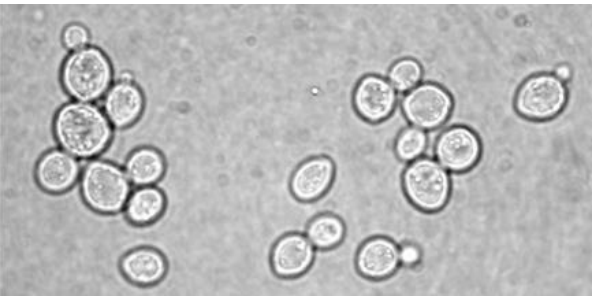
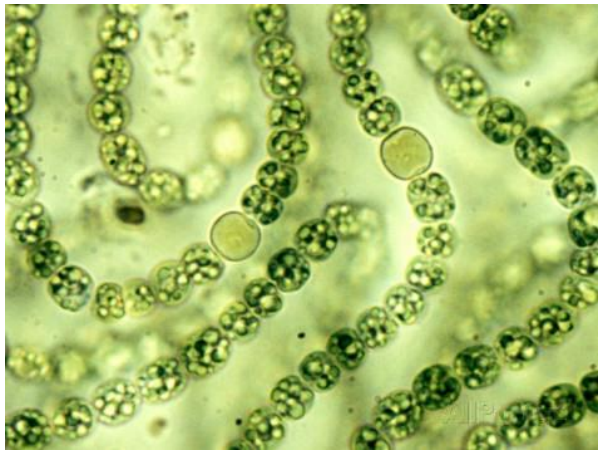
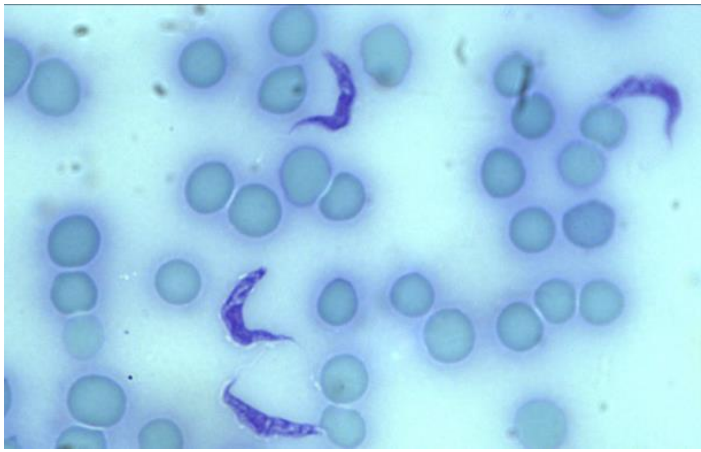
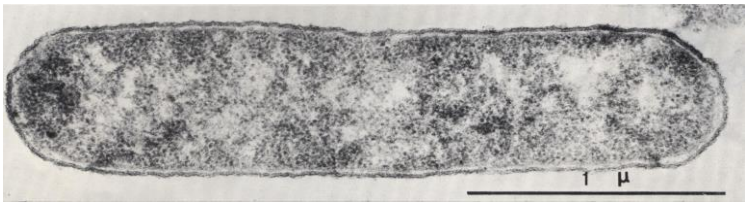
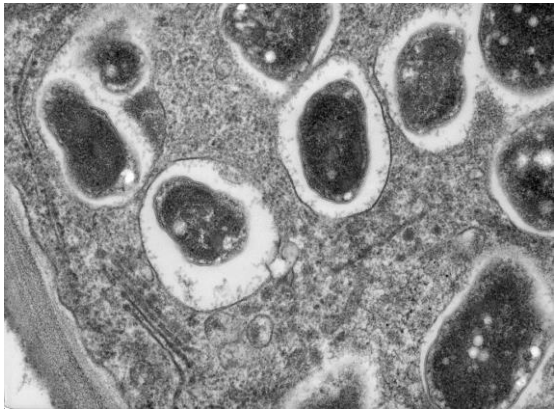
SV – A – 3 :
Regards sur les organismes unicellulaires



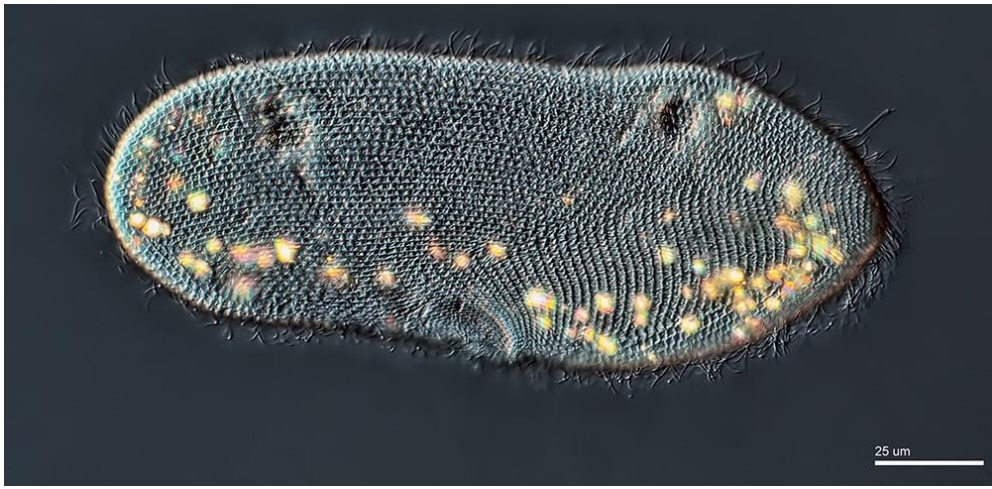


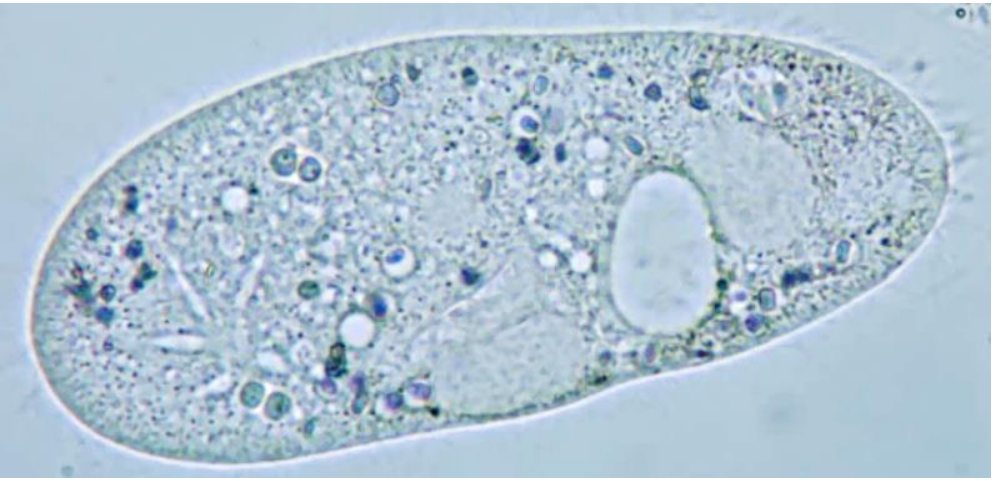






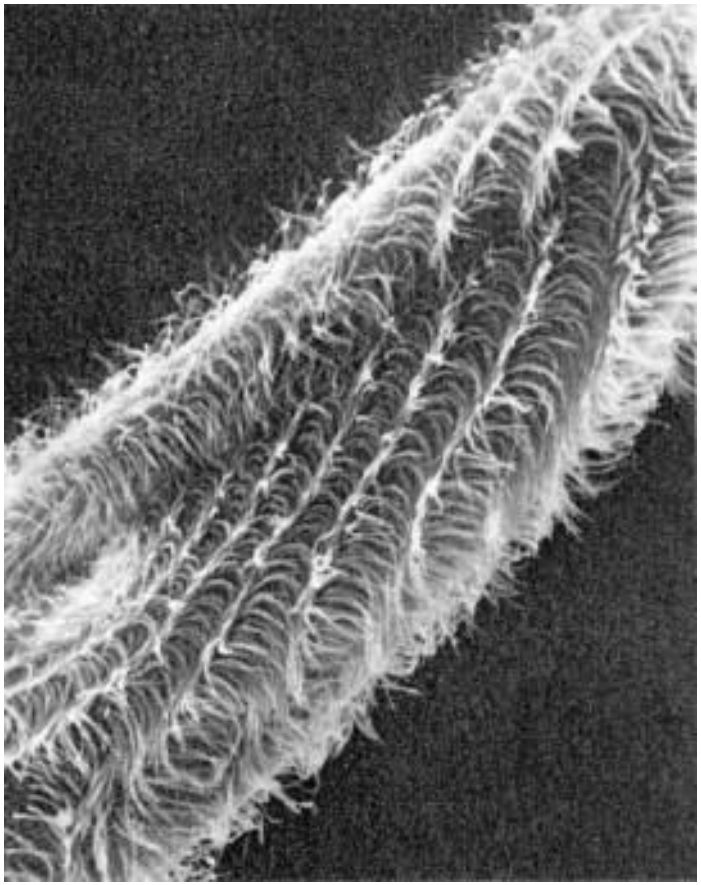
Observations de Paramécie



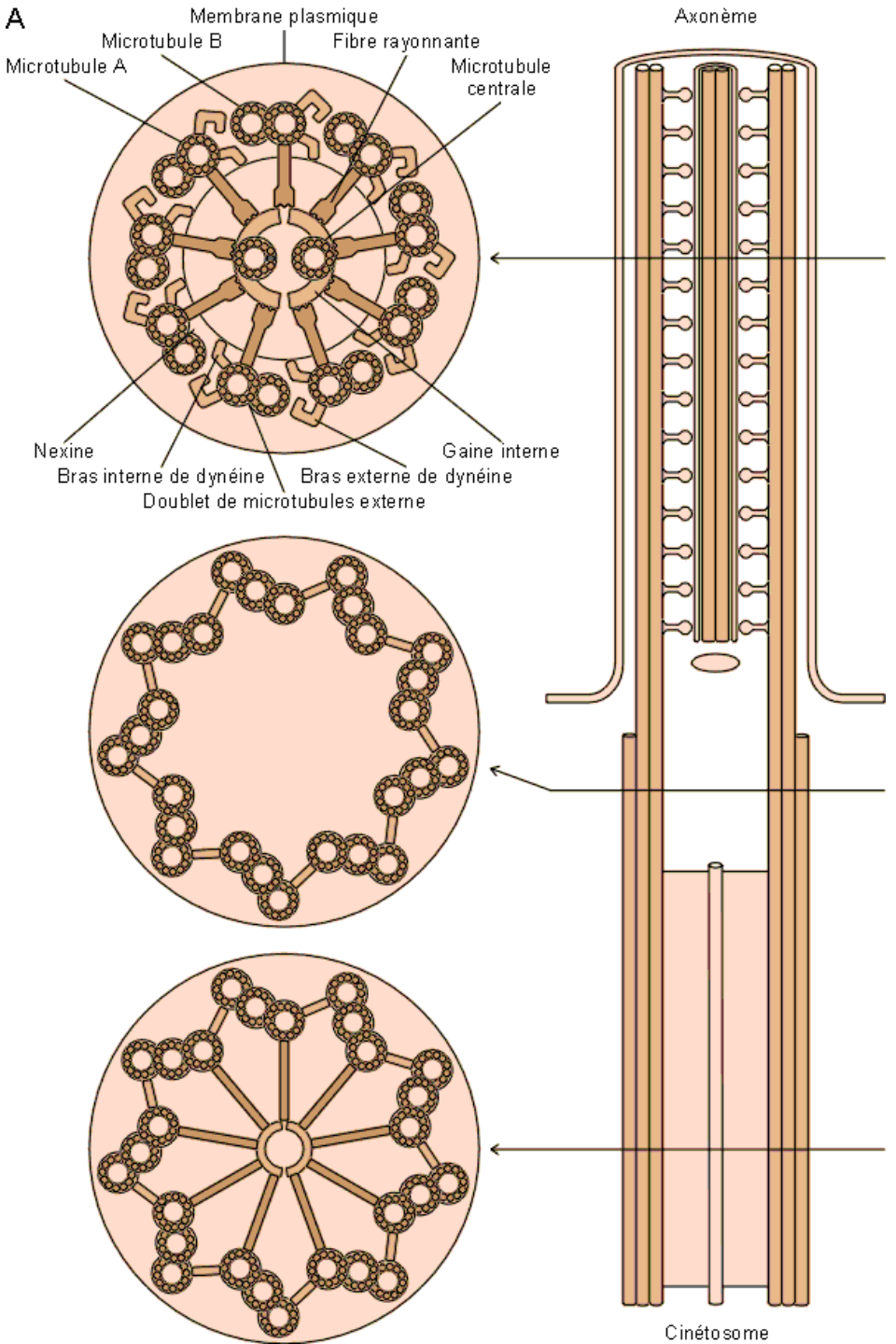


Photographie Y. Krauss. cahierenligne.free.fr
http://ssaft.com/Blog/dotclear/?post/2015/11/05/Eucaryotes-et-caetera-Si-Vis-Veto-Paramecium

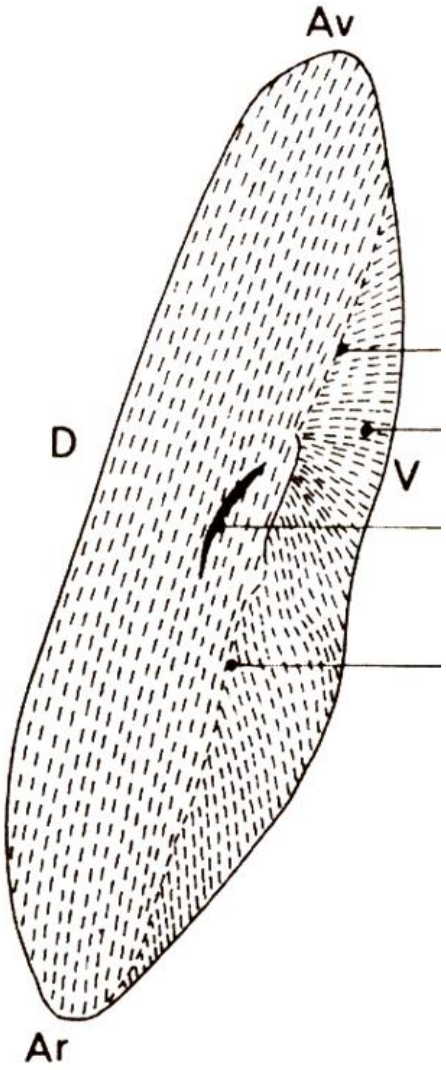
L’organisation des cils

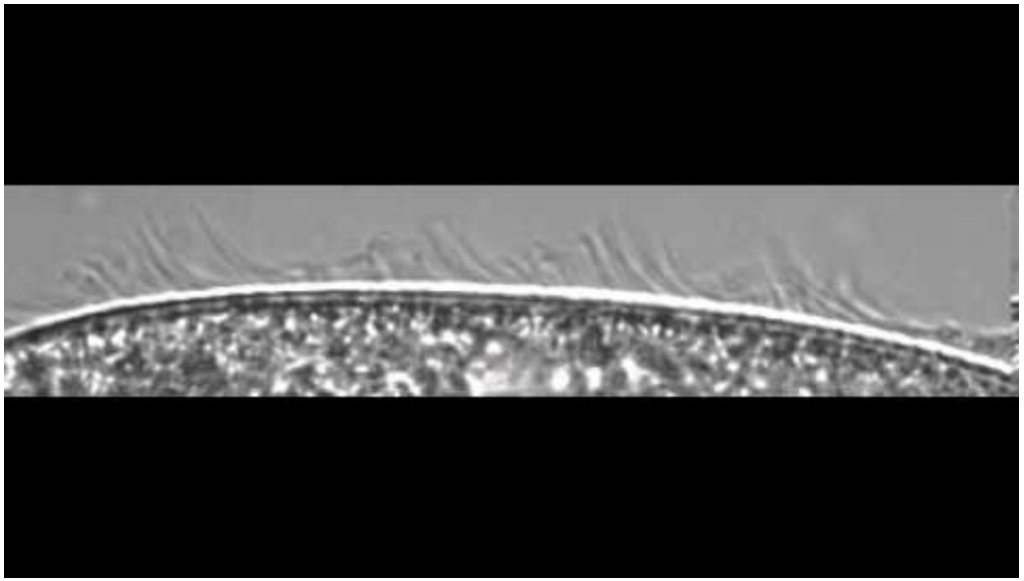


Site Planet Vie

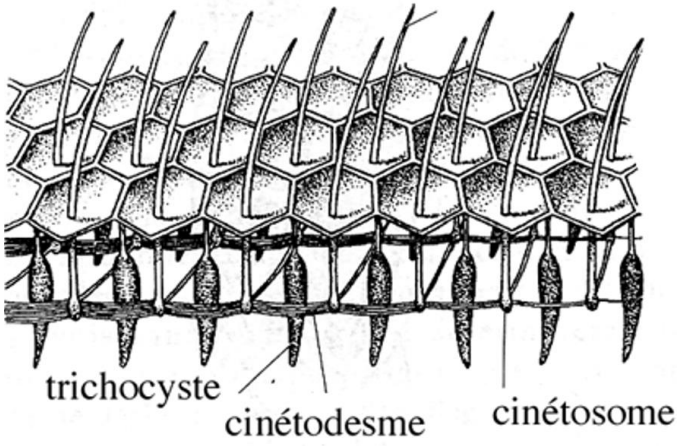


Battements des cils et locomotion





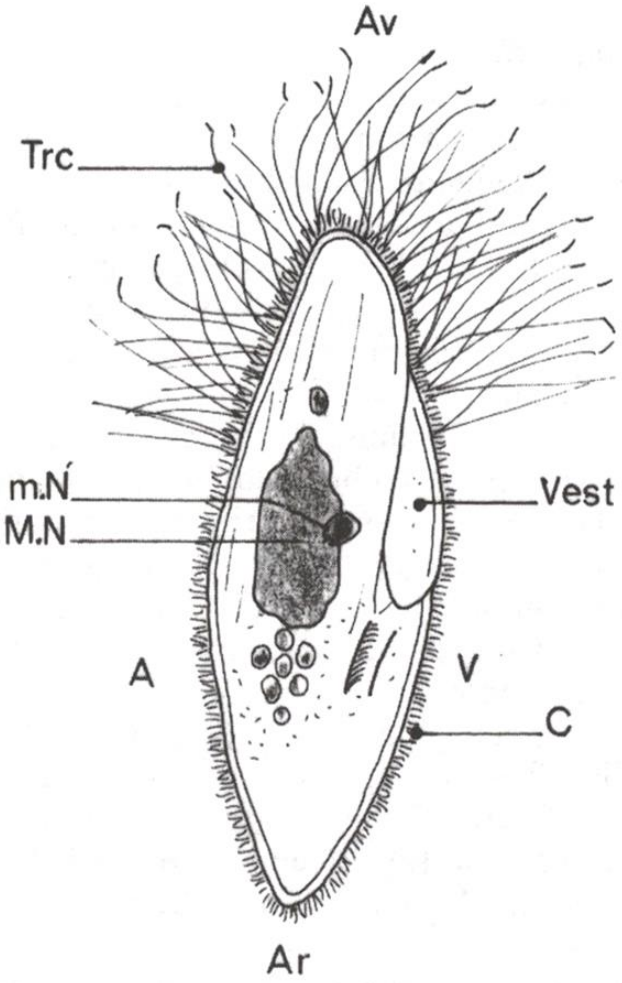
Onde de contraction parcourant une ligne de cils vibratiles

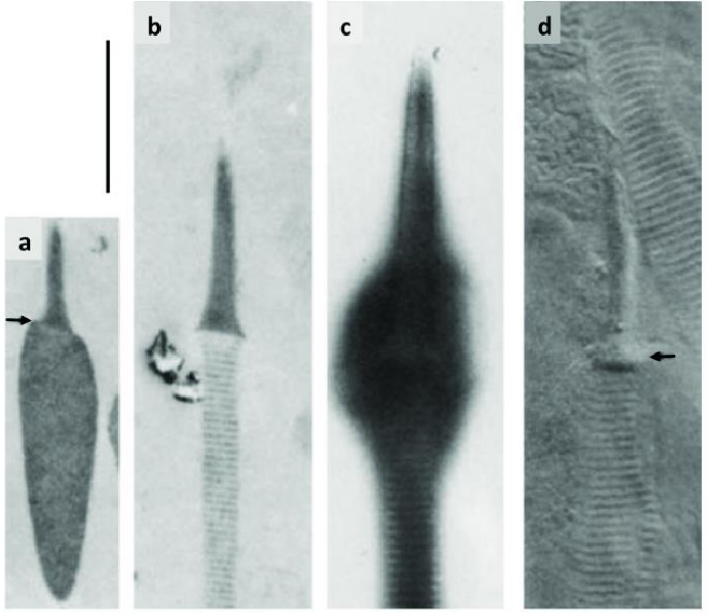


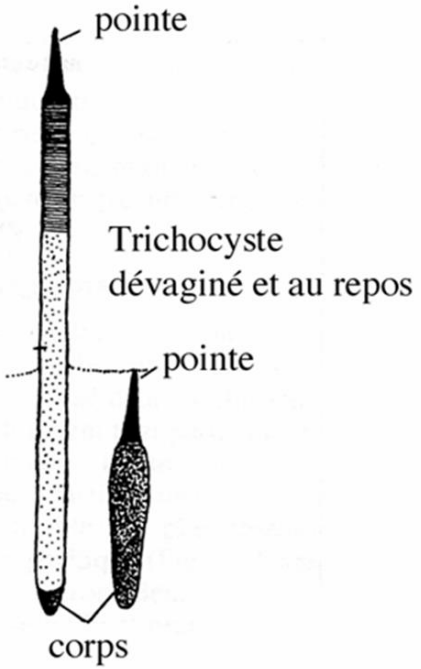
A. Beaumont, P. Cassier TP de biologie animale, Dunod Ed. 3e Ed. 1998

http://ssaft.com/Blog/dotclear/?post/2015/11/05/Eucaryotes-et-caetera-Si-Vis-Veto-Paramecium

Trichocystes et protection

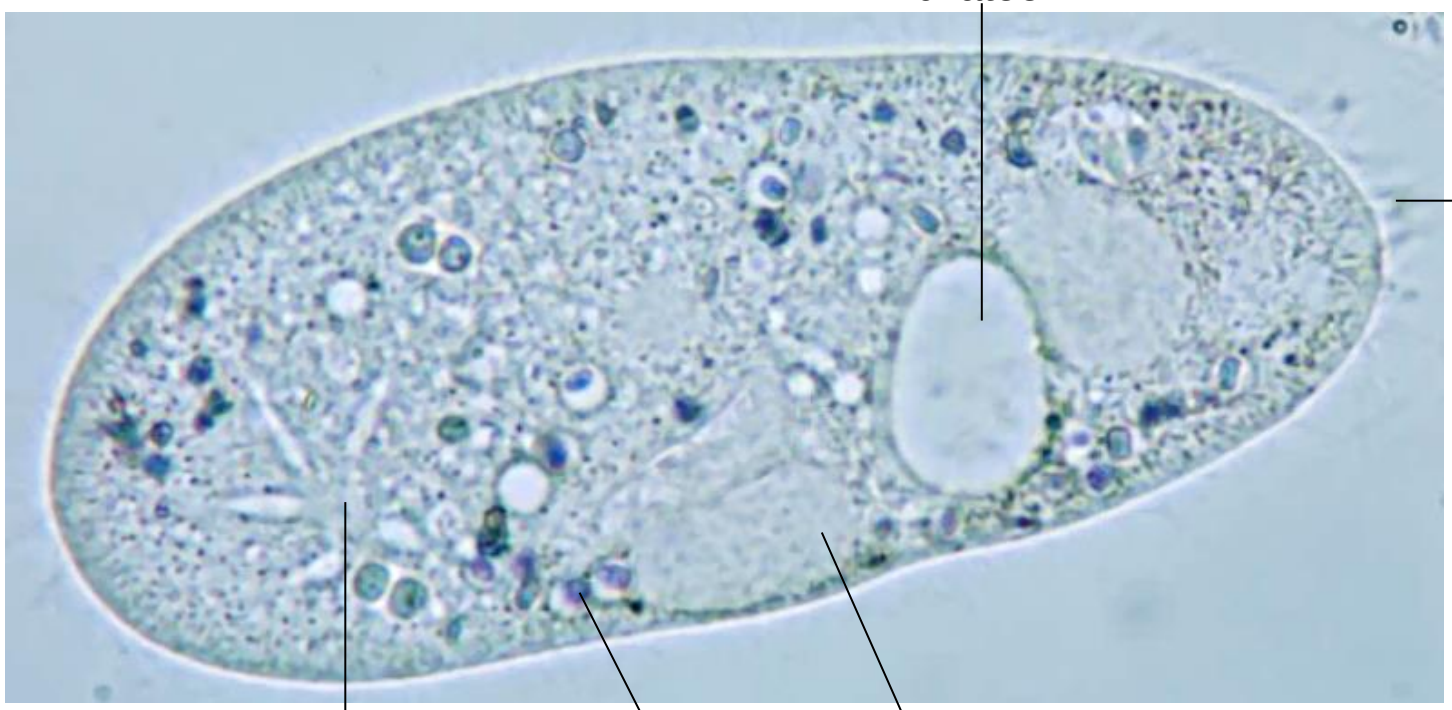






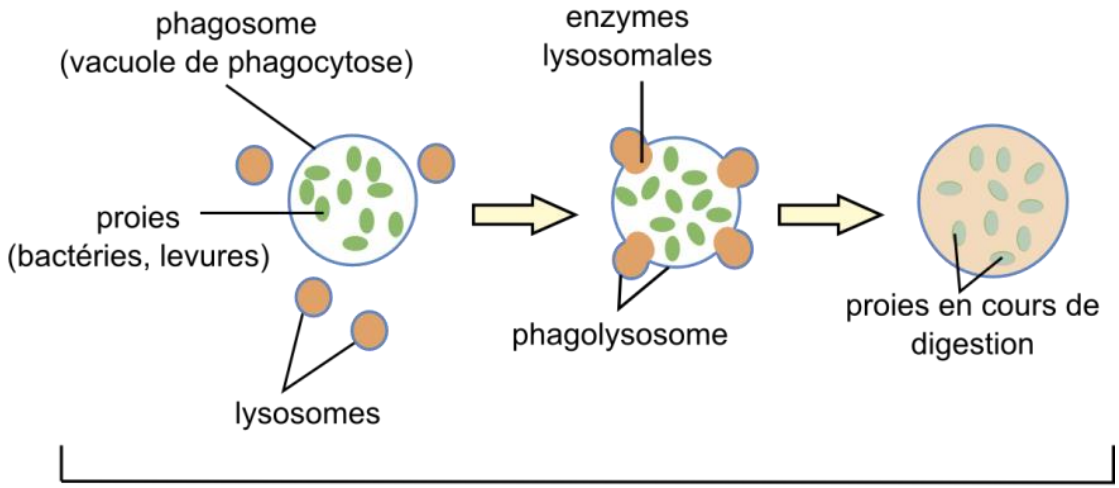
A. Beaumont, P. Cassier TP de biologie animale, Dunod Ed. 3e Ed. 1998
https://www.researchgate.net/figure/Trichocyst-contents-isolated-from-Paramecium-tetraurelia-wildtype-Trichocysts-are-shown_fig2_303768370

Observation d'une Paramécie vivante



Photographie Y. Krauss. cahierenligne.free.fr

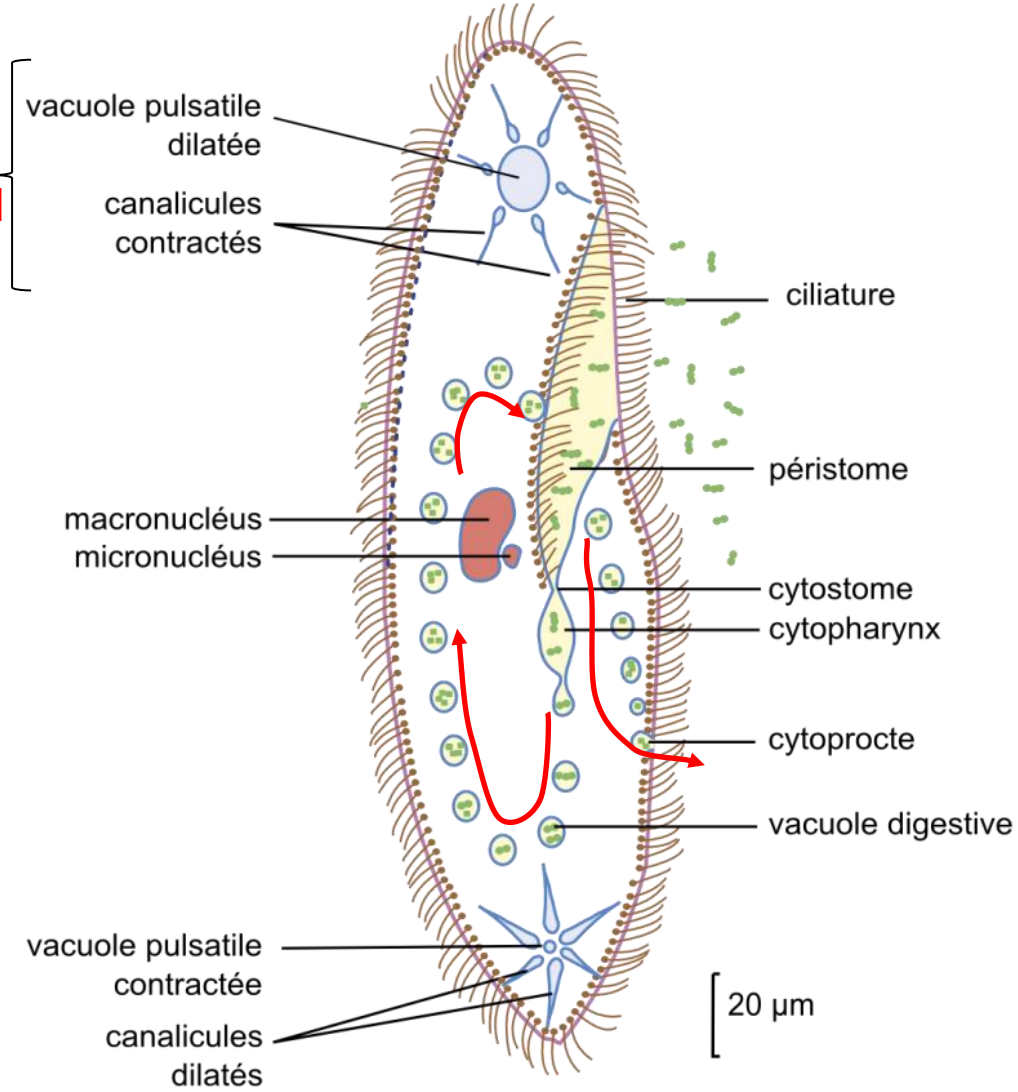
Vacuoles digestives et nutrition



b) Etapes de la digestion intracellulaire

<u>Document 1</u>. La Paramécie, un exemple de cellule plurifonctionnelle.

Document 1. La Paramécie, un exemple de cellule plurifonctionnelle.

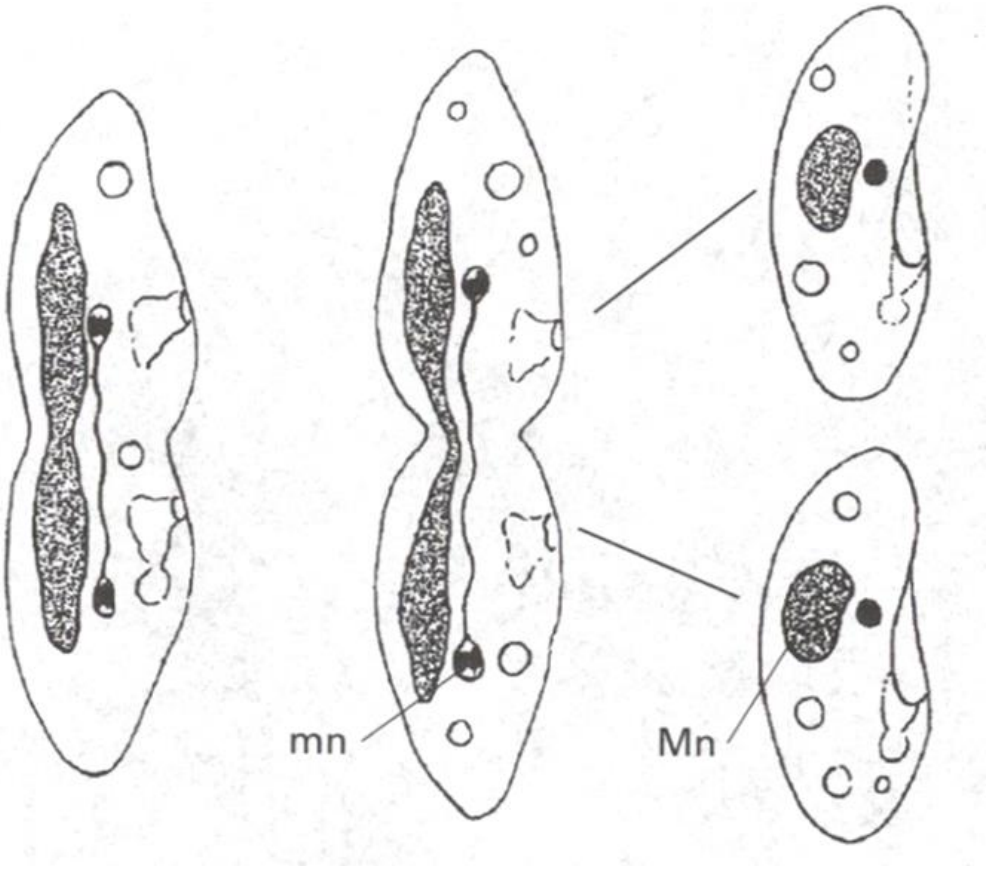


EXCRETION OSMOREGULATION

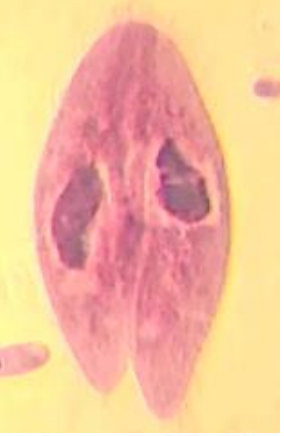
DIGESTION

a) Vue d'ensemble de l'organisation cellulaire

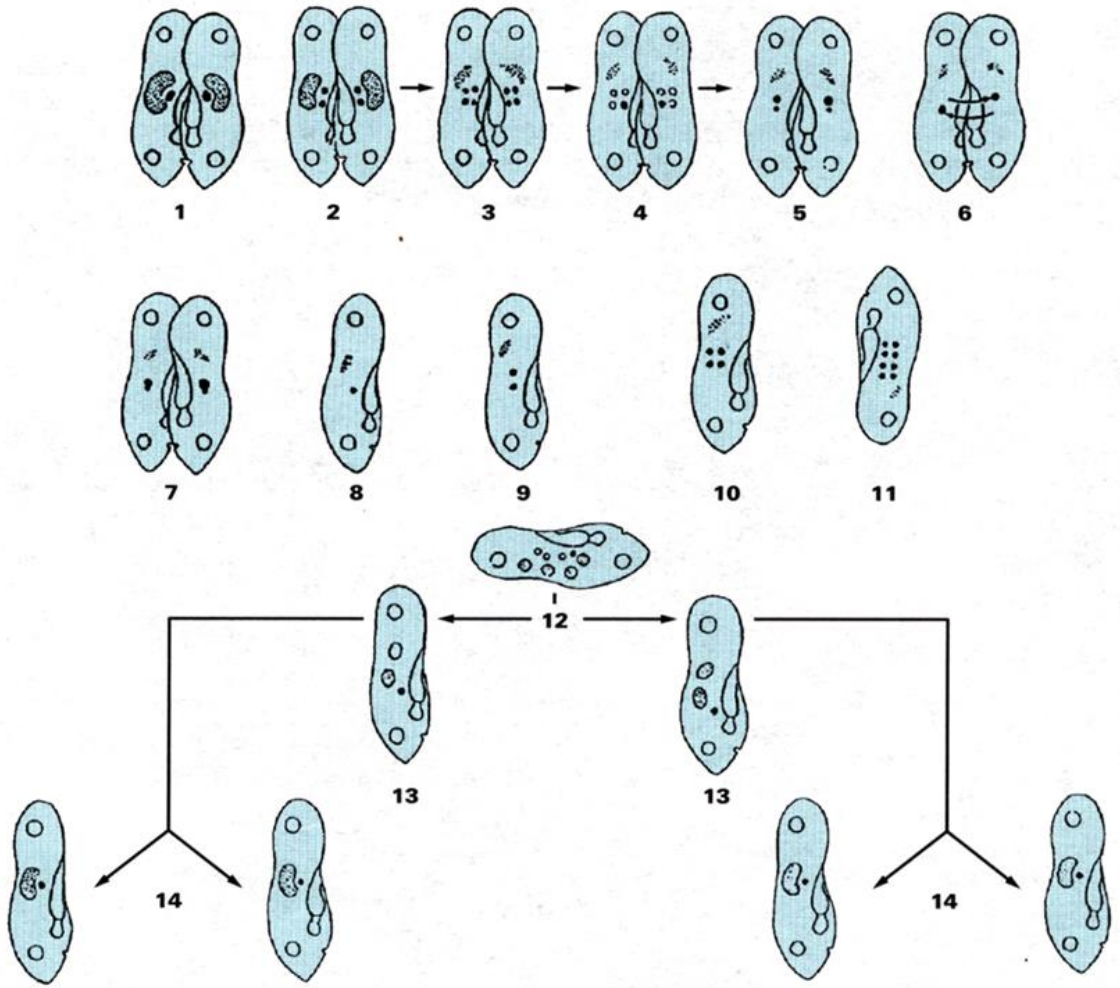
Reproduction asexuée par scissiparité



A. Beaumont, P. Cassier TP de biologie animale, Dunod Ed. 3e Ed. 1998
http://ssaft.com/Blog/dotclear/?post/2015/11/05/Eucaryotes-et-caetera-Si-Vis-Veto-Paramecium

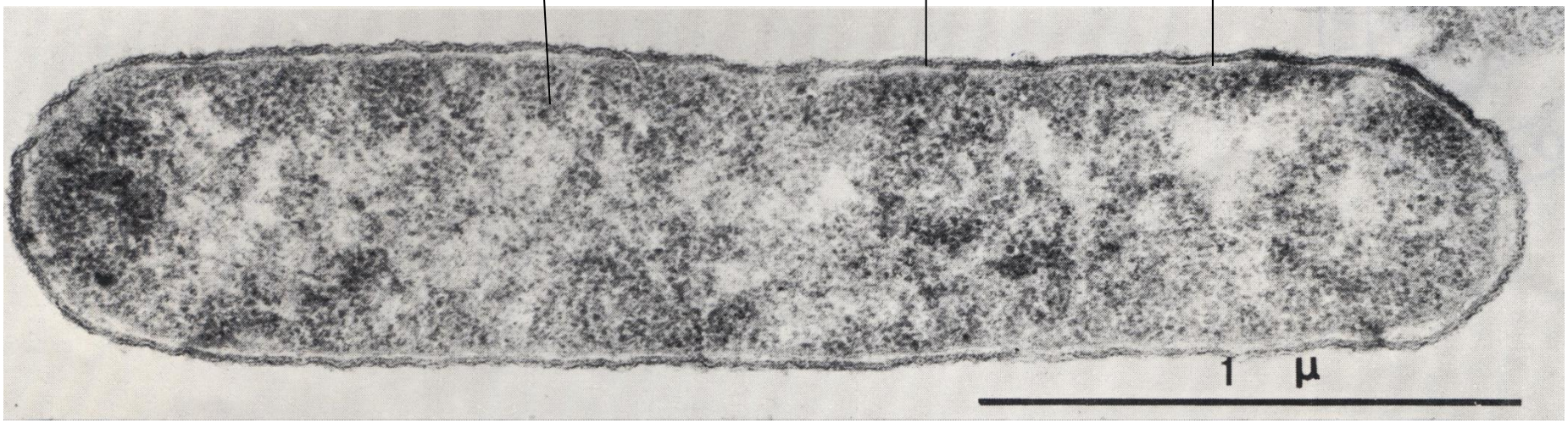


Reproduction sexué par conjugaison

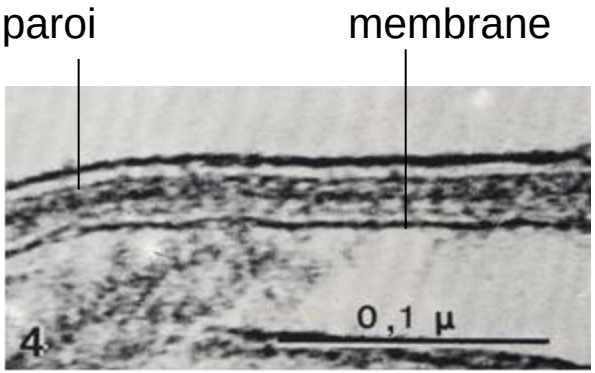


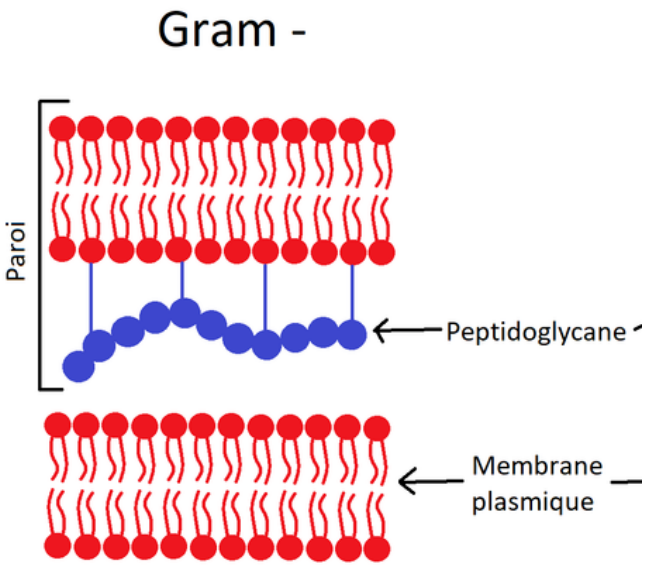
1. Accolement
2-3. Division méiotique des micronucléi et dégénérescence des macronucléi
4-5. Dégénérescence de trois micronuclei, le 4e se divise en un noyau « stationnaire » et un noyau « migrateur »
6-7. Echange des noyaux migrateurs et fécondation
8-12. Séparation des conjugants (un seul est suivi ensuite) et division du noyau de fécondation → 4 macronuclei et 4 micronuclei (3 dégénèrent)
12-14. Divisions cellulaires → 4 paramécies par conjugant

Vues d'un Colibacille en MET



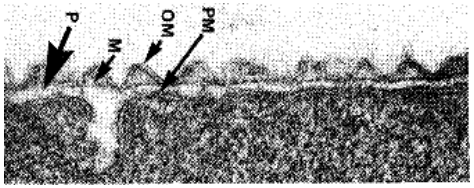
Détail du nucléoïde





https://fr.wikipedia.org/wiki/Peptidoglycane

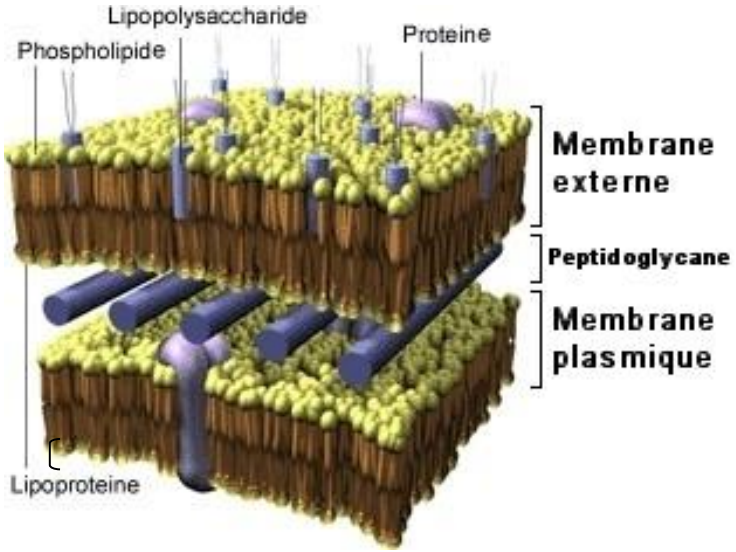
Coloration de Gram : diversité des parois des Bactéries

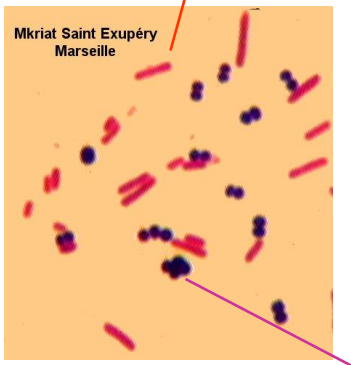


Bactéries Gram $^-$

(Ex : Escherichia coli)

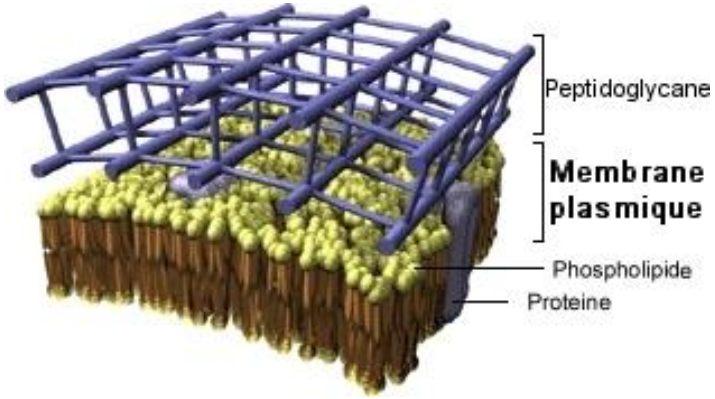
périplasme



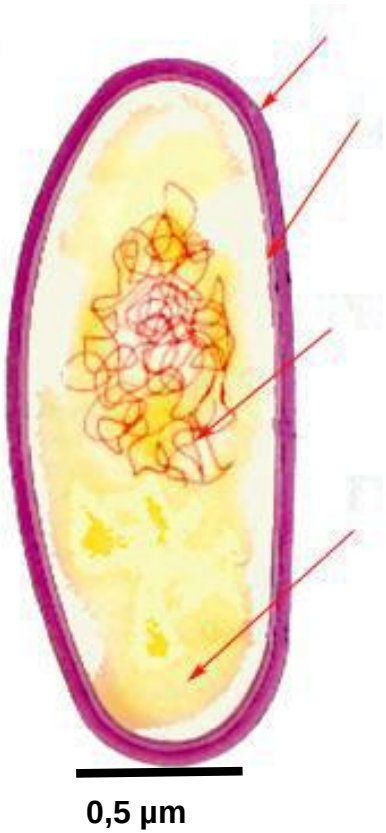


Bactéries Gram +

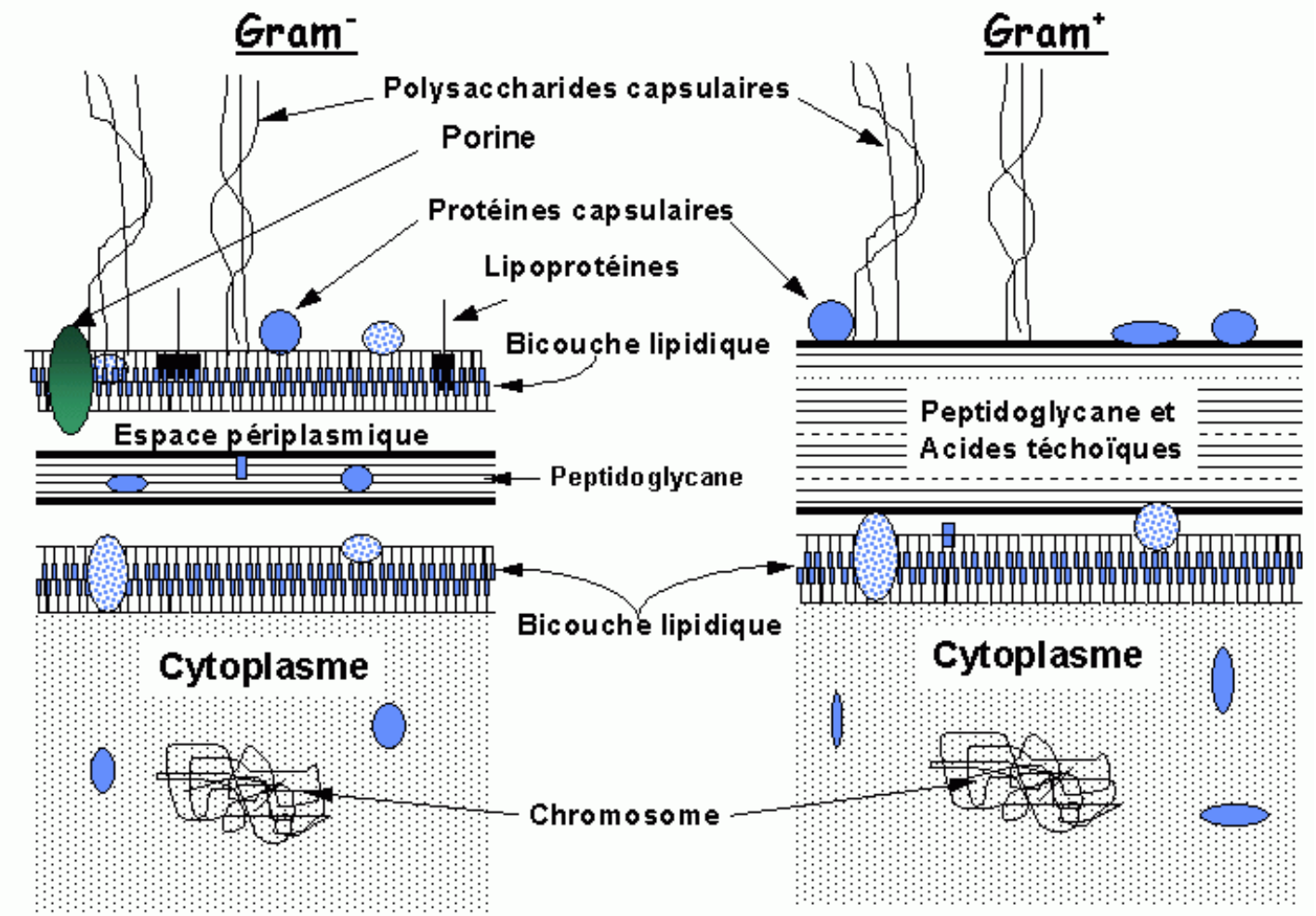
(Ex : Bacille subtil)



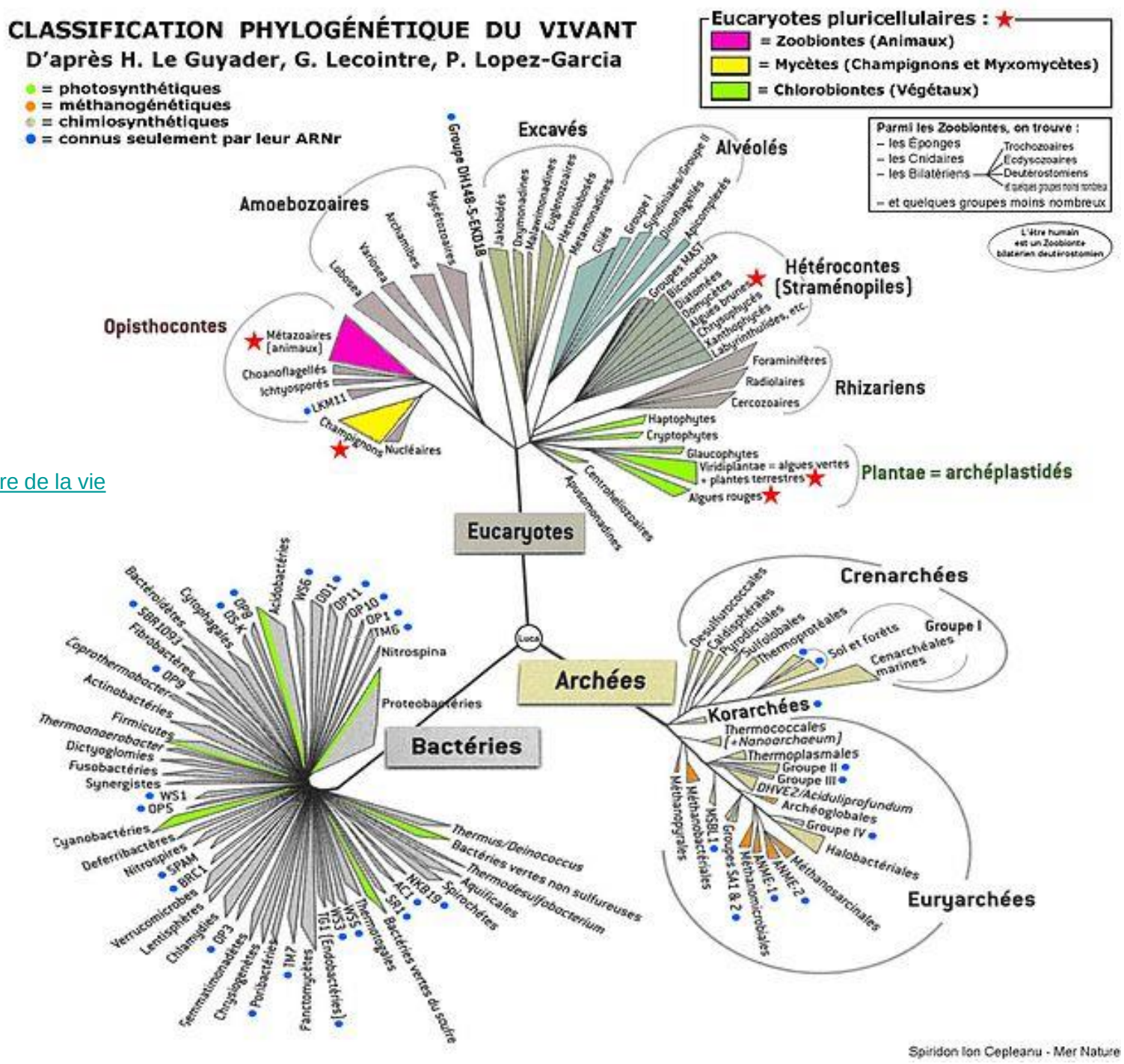
Document 2. Parois des bactéries Gram – et Gram +.



Structure d'une bactérie



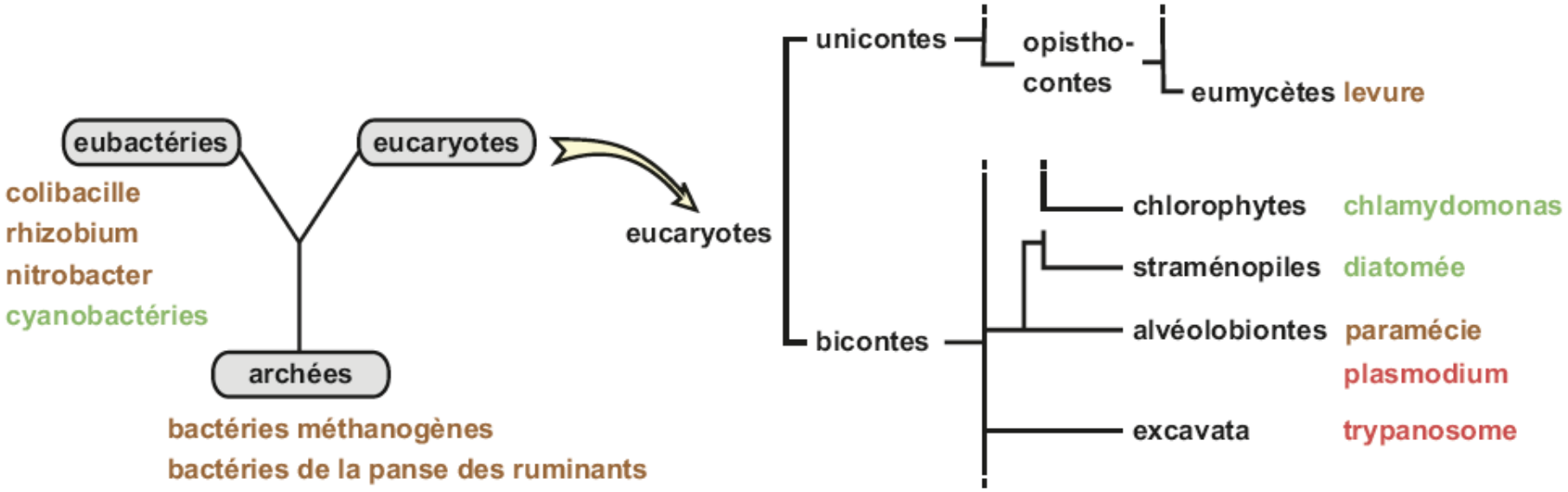
http://www.unige.ch/cyberdocuments/theses2001/BisognanoC/these_body.html



lifemap arbre de la vie

Spiridon Ion Cepleanu - Mer Nature

Document 3. Les unicellulaires dans l'arbre du vivant.



Photoautotrophes

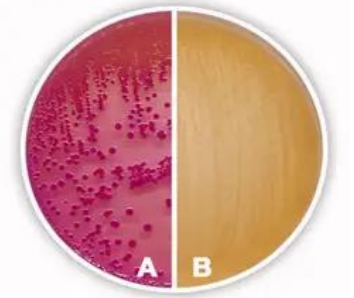
Hétérotrophes parasites

Hétérotrophes à vie libre ou symbiotique

Perrier C et Beaux JF, Biologie-Géologie BCPST2, Dunod 2022

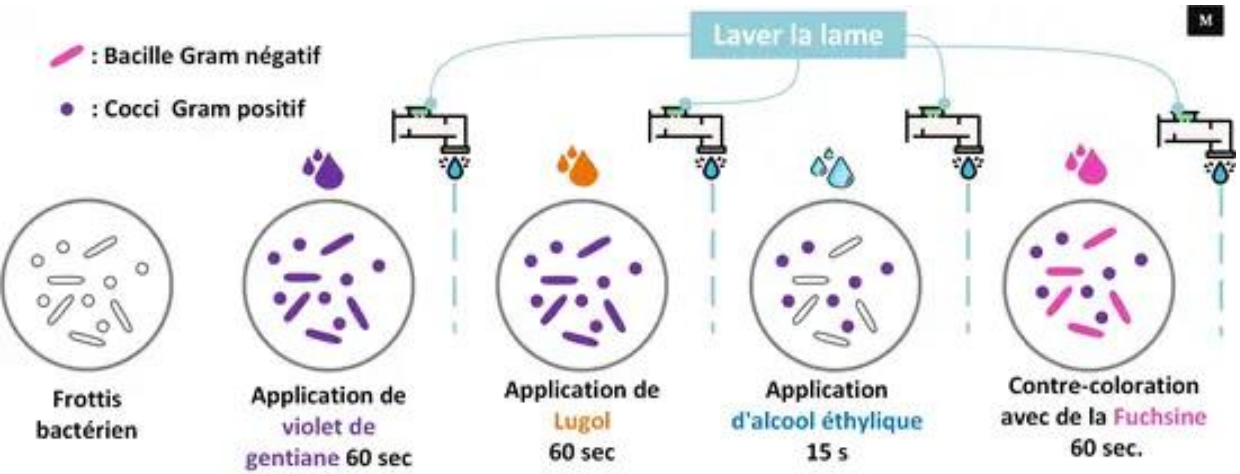
L'identification des bactéries

Critères métaboliques



Fermentation du lactose (A) vs non fermentation du lactose (B)

Coloration de Gram



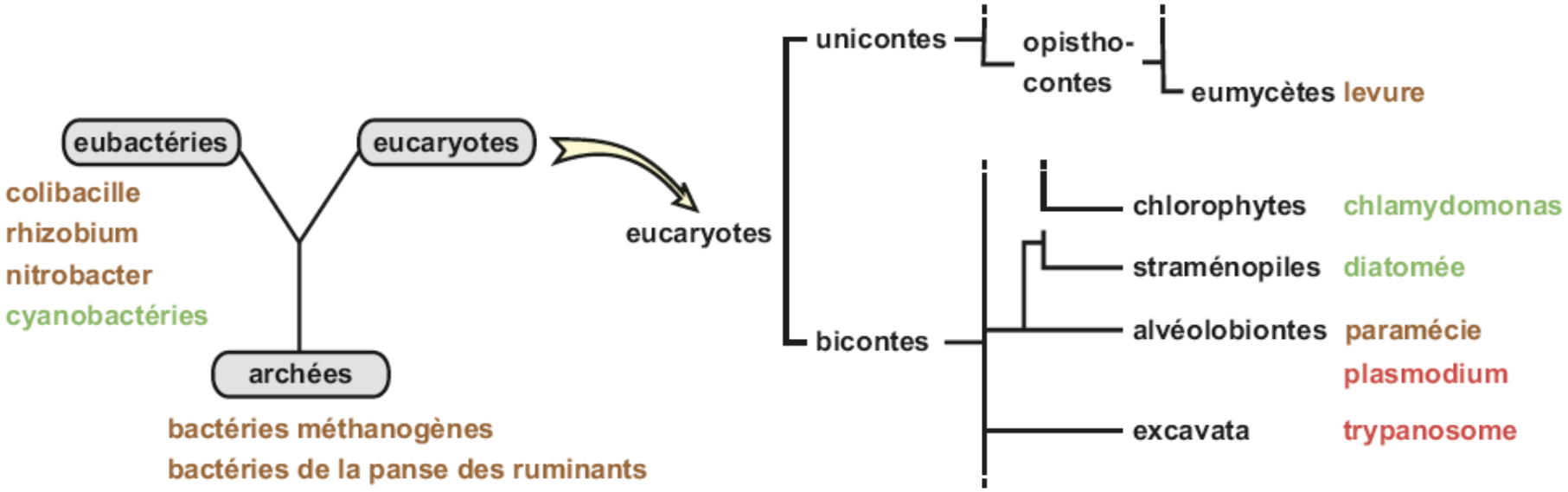
Capacité à pousser sur un milieu sélectif

Tests biochimiques : galeries API®

Galerie API 20E pour *E. coli*

https://fr.wikipedia.org/wiki/Galerie_API

Document 3. Les unicellulaires dans l'arbre du vivant.



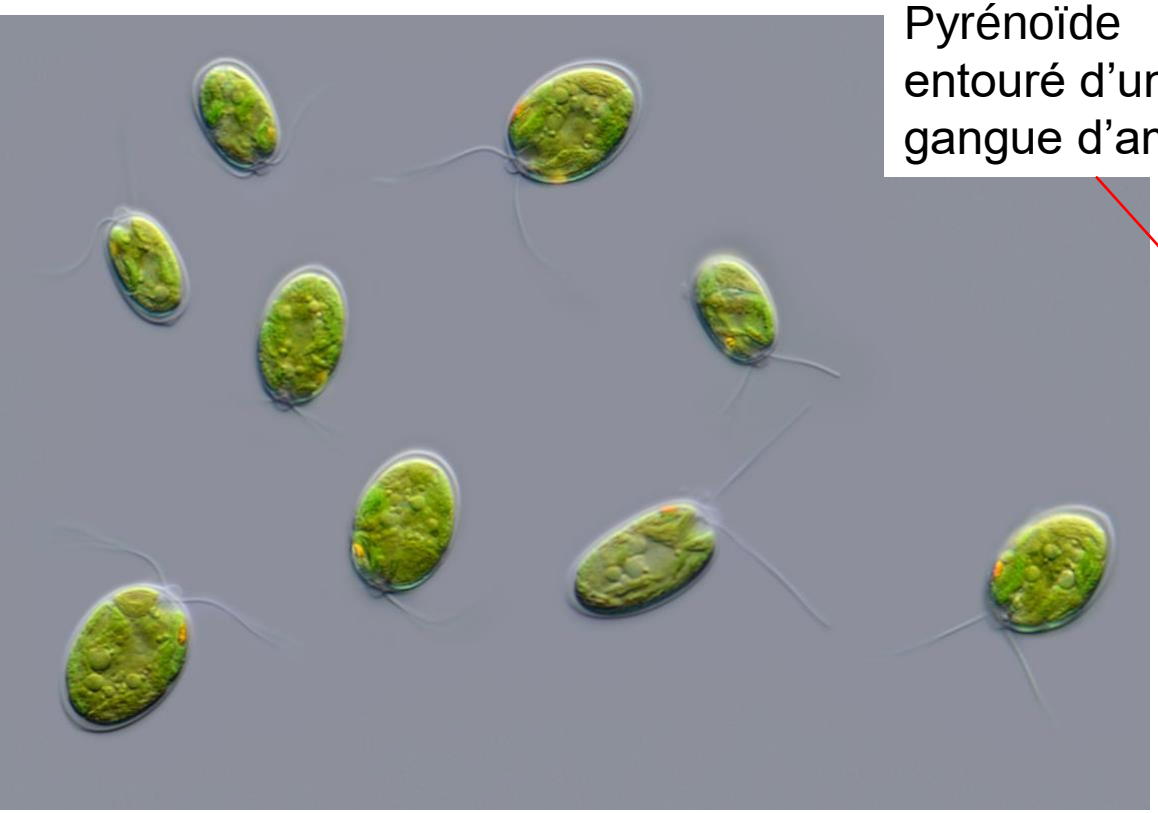
Photoautotrophes

Hétérotrophes parasites

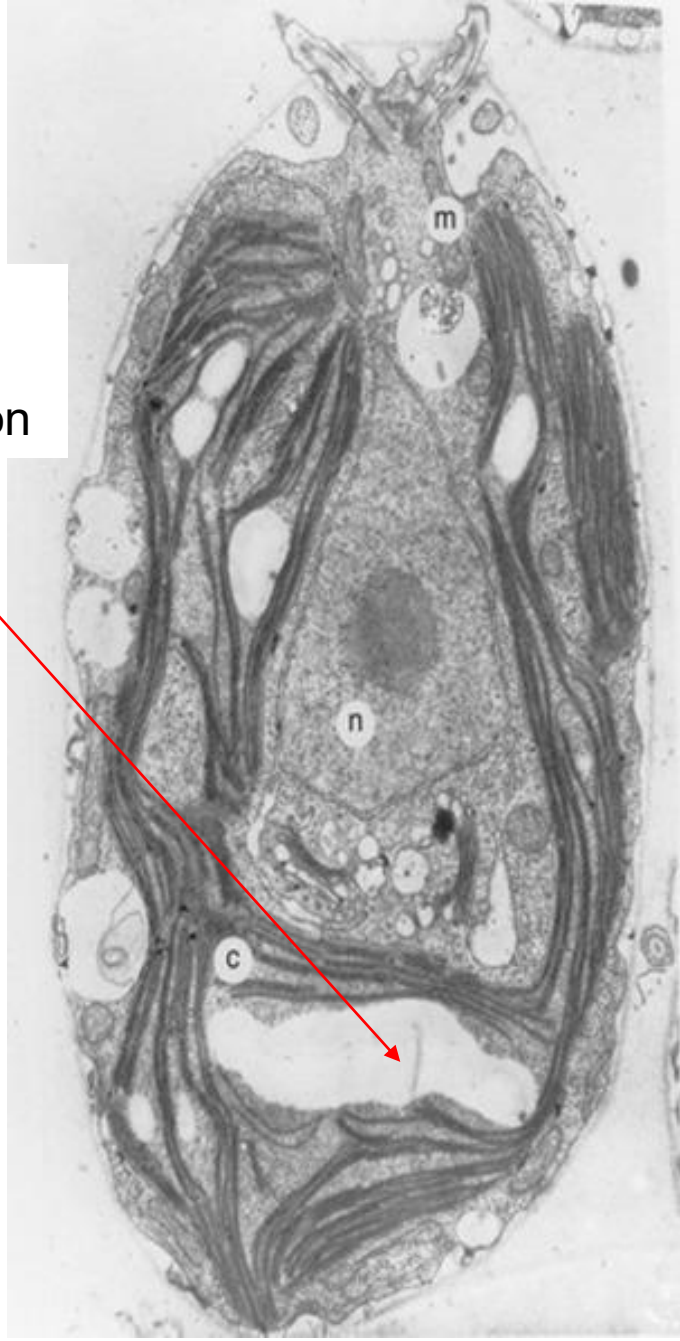
Hétérotrophes à vie libre ou symbiotique

Perrier C et Beaux JF, Biologie-Géologie BCPST2, Dunod 2022

Observations de *Chlamydomonas reinhardtii*



Pyrénoïde entouré d'une gangue d'amidon

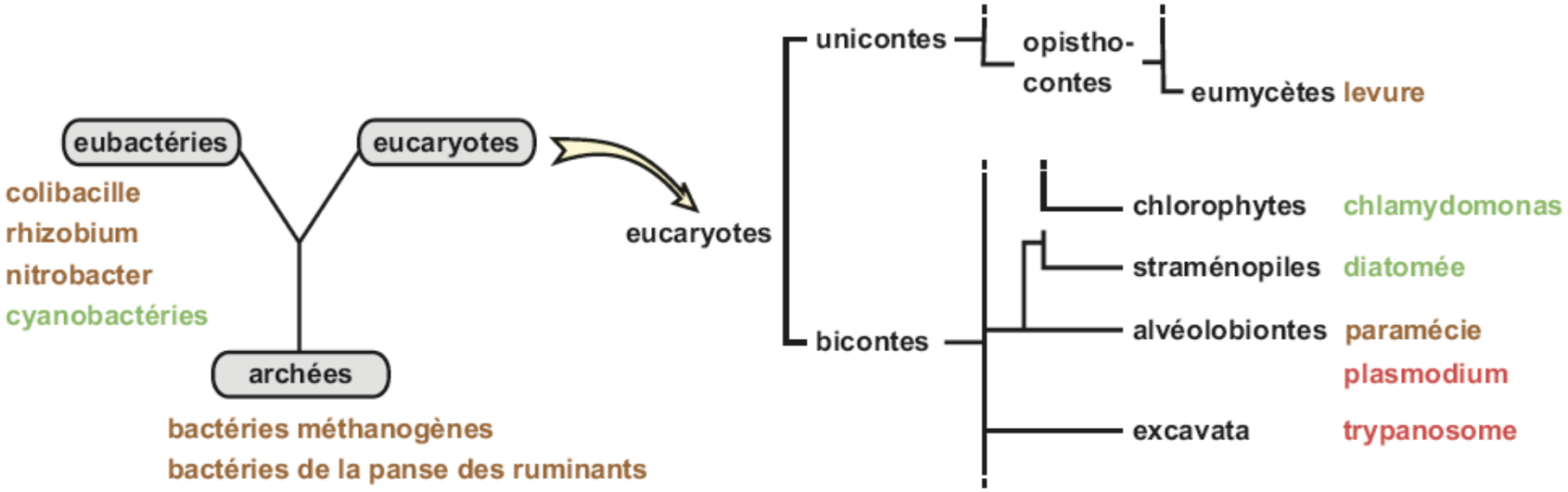


En MO : repérer les deux flagelles

En MET
(c) Chloroplaste
(n) Noyau
(m) Mitochondrie

https://www.micropia.nl/en/discover/microbiology/Chlamydomonas-reinhardtii/
https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/chlamydomonas-reinhardtii

Document 3. Les unicellulaires dans l'arbre du vivant.



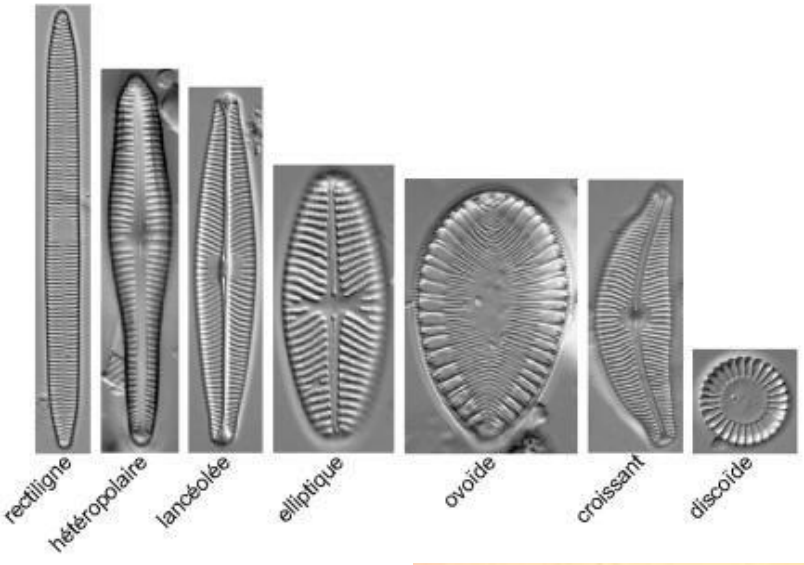
Photoautotrophes

Hétérotrophes parasites

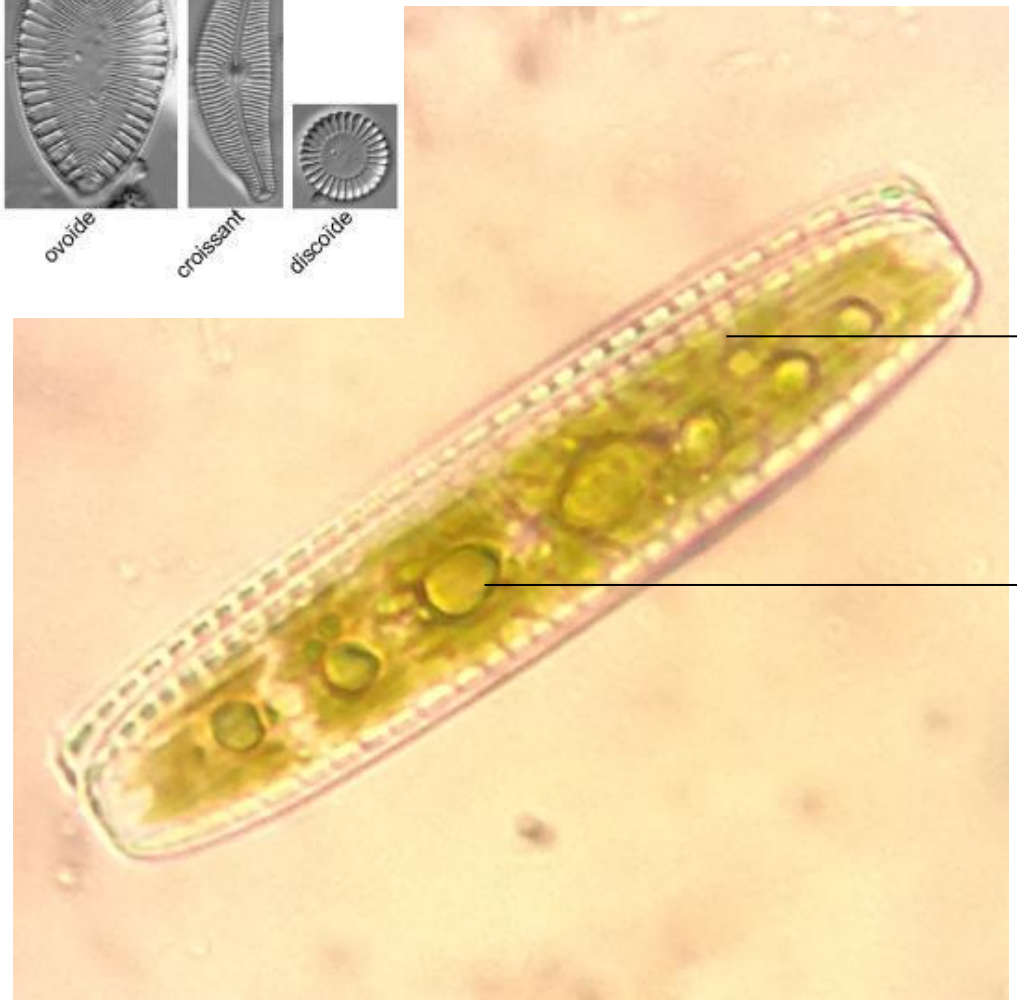
Hétérotrophes à vie libre ou symbiotique

Perrier C et Beaux JF, Biologie-Géologie BCPST2, Dunod 2022

Observation de Diatomée au microscope optique

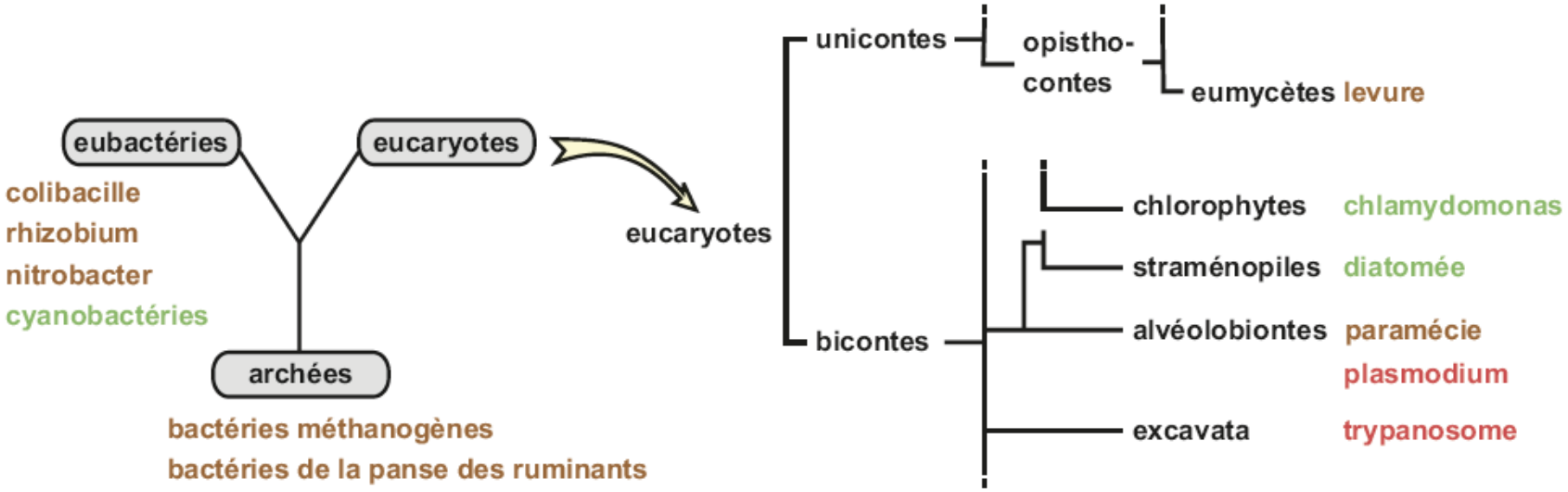


Morphologies et tailles variables (2 µm à 1 mm)



https://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/biodiversite/dossiers-thematiques/biosurveillance-et-bioindicateurs/les-diatomees-bio-indicatrices-de-la-qualite-des-cours-d2019eau

Document 3. Les unicellulaires dans l'arbre du vivant.



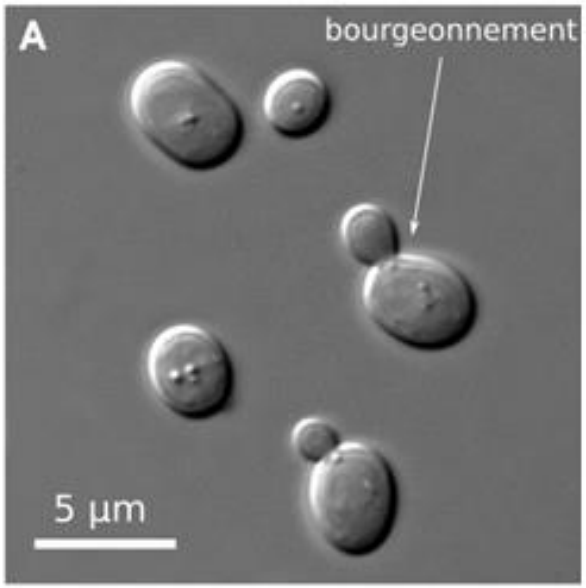
Photoautotrophes

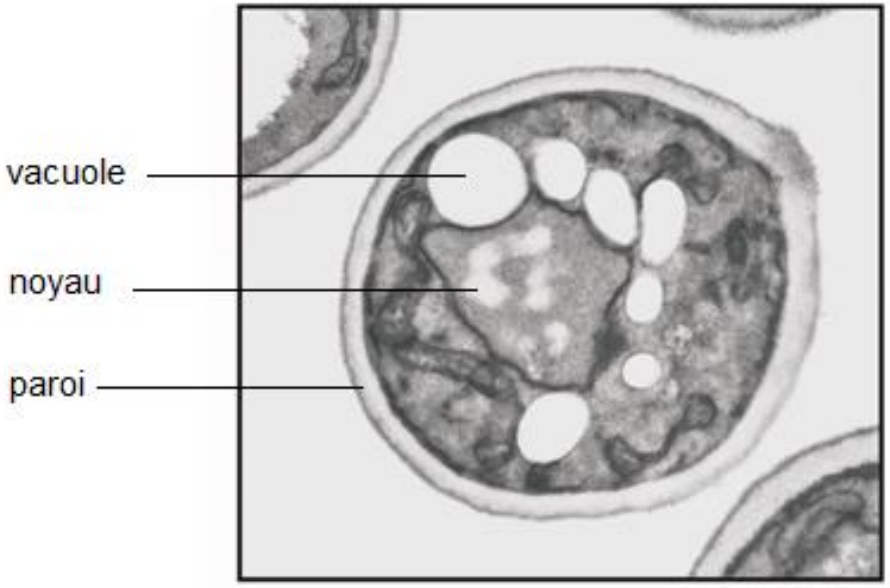
Hétérotrophes parasites

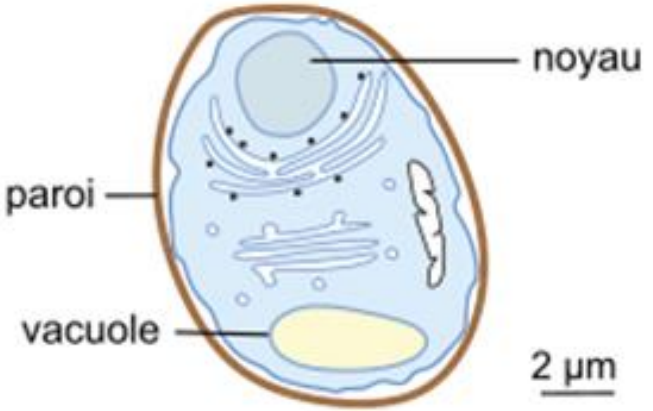
Hétérotrophes à vie libre ou symbiotique

Perrier C et Beaux JF, Biologie-Géologie BCPST2, Dunod 2022

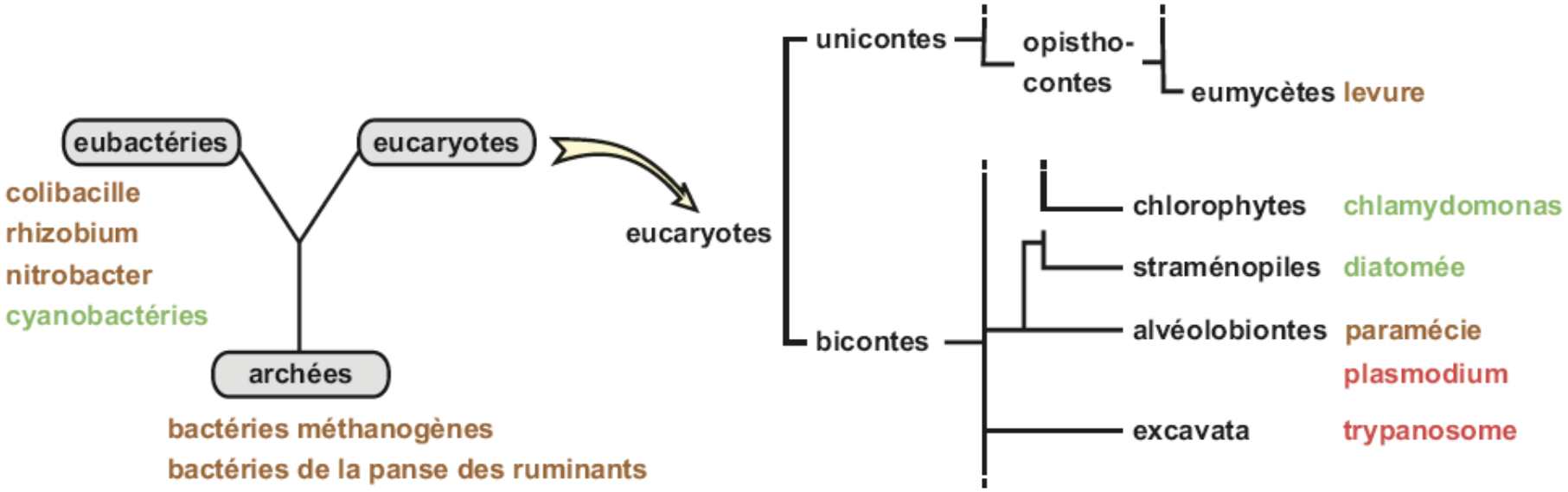
<u>Document 4</u>. La levure de bière : *Saccharomyces cerevisiae*, Eumycète unicellulaire.







Document 3. Les unicellulaires dans l'arbre du vivant.



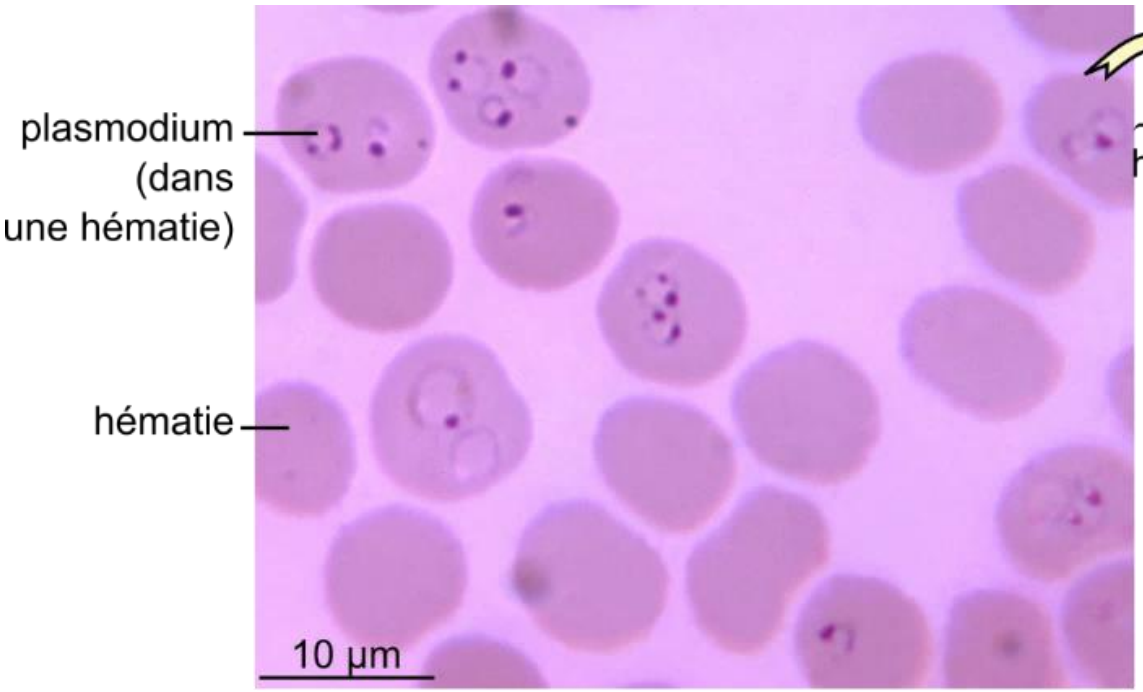
Photoautotrophes

Hétérotrophes parasites

Hétérotrophes à vie libre ou symbiotique

Perrier C et Beaux JF, Biologie-Géologie BCPST2, Dunod 2022

Document 5. Le *Plasmodium*.



Public Health Image Library *https://phil.cdc.gov*

Frottis sanguin avec *Plasmodium*

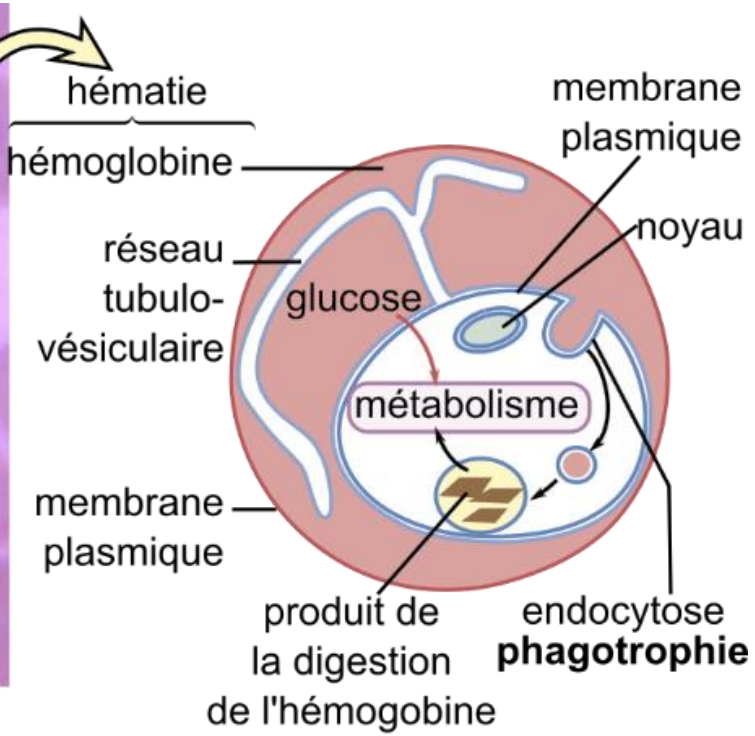
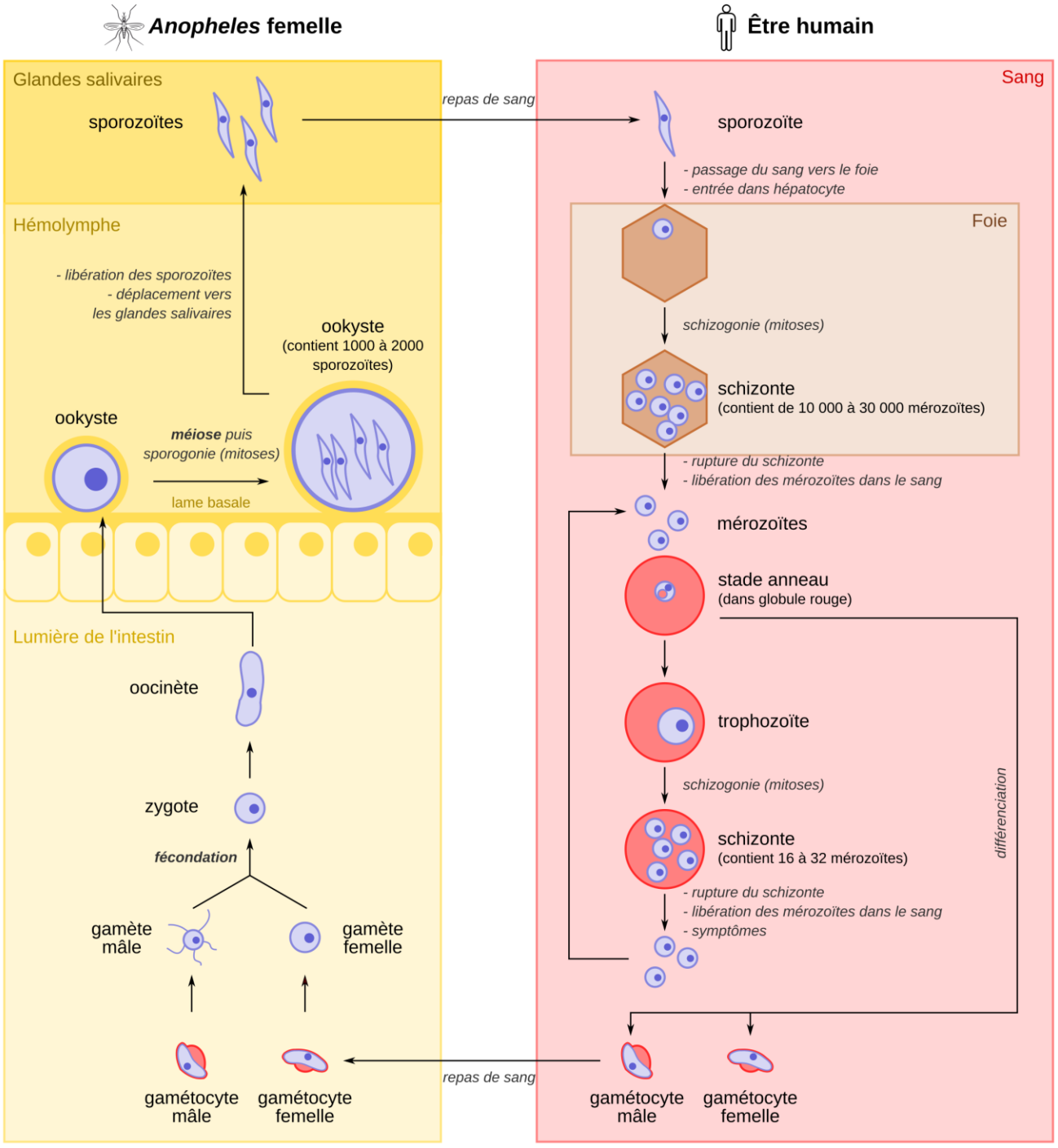


Schéma d'organisation

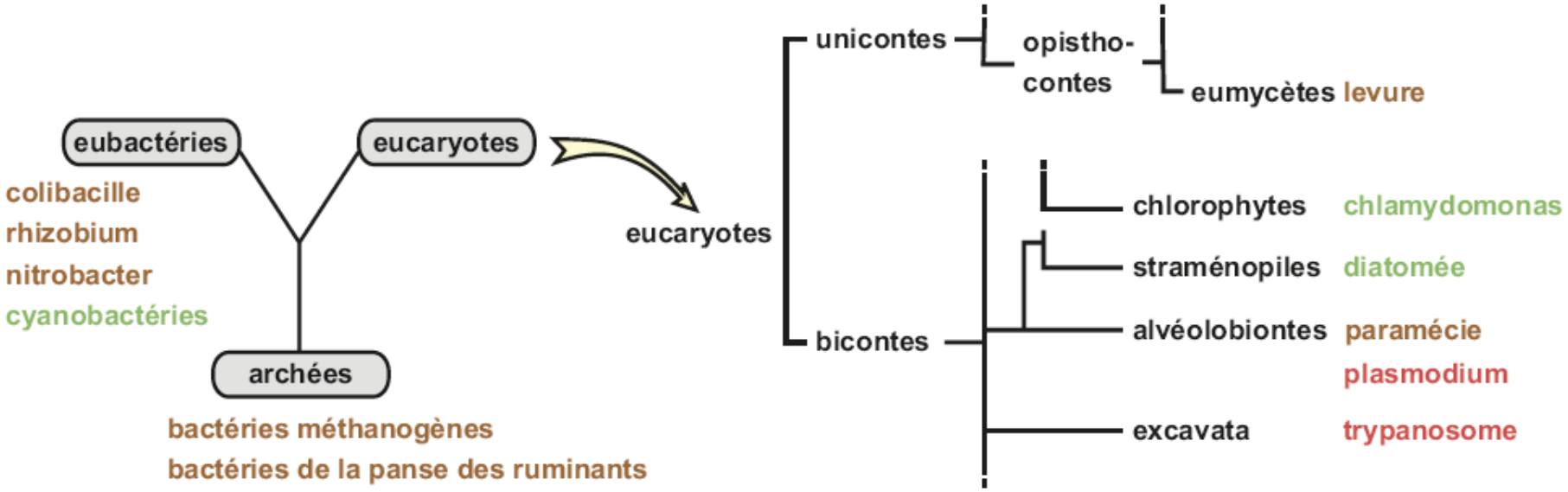
Perrier C et Beaux JF, Biologie-Géologie BCPST2, Dunod 2022

Le cycle du *Plasmodium*

Deux hôtes : l'Anophèle et l'être humain



Document 3. Les unicellulaires dans l'arbre du vivant.



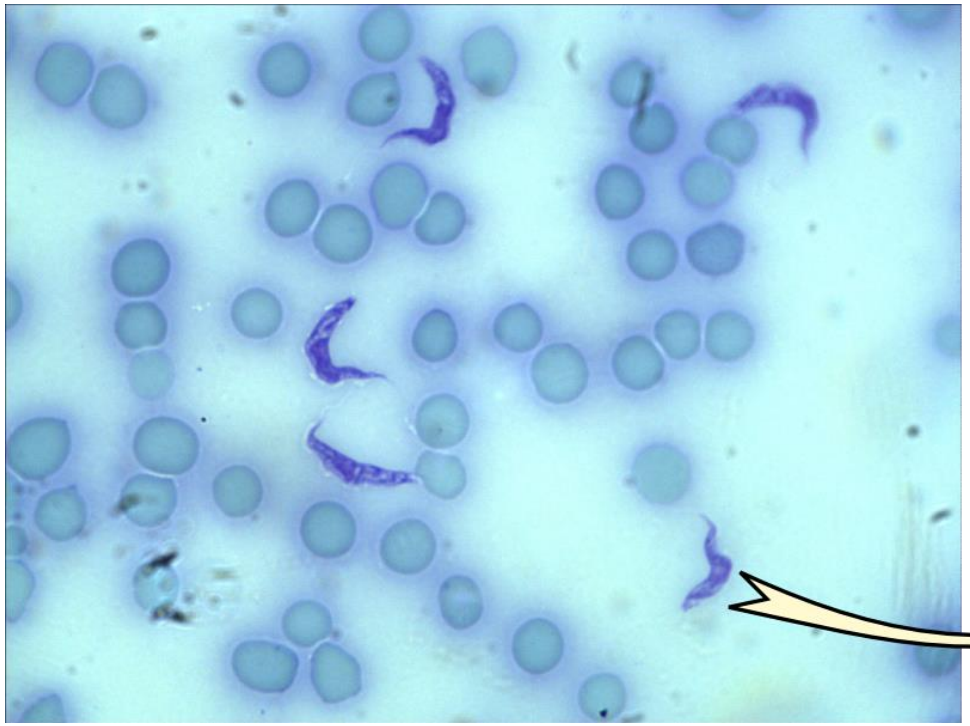
Photoautotrophes

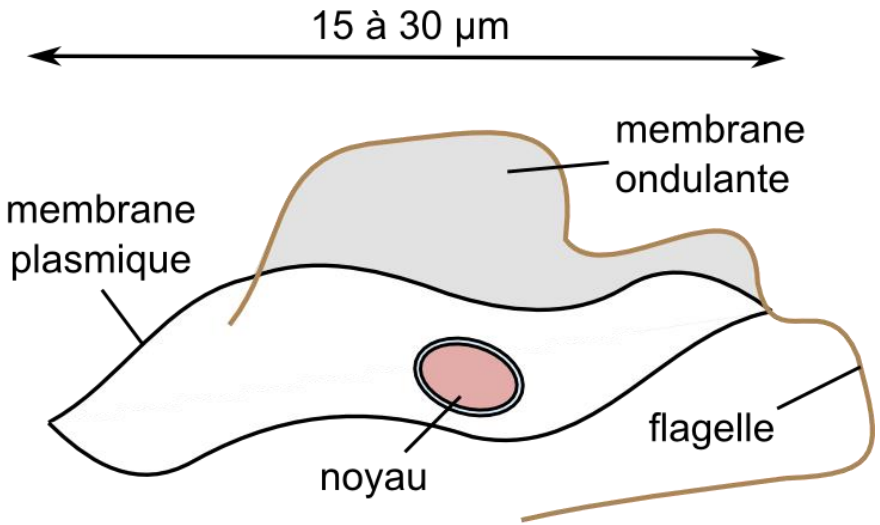
Hétérotrophes parasites

Hétérotrophes à vie libre ou symbiotique

Perrier C et Beaux JF, Biologie-Géologie BCPST2, Dunod 2022

Document 6. Le Trypanosome.





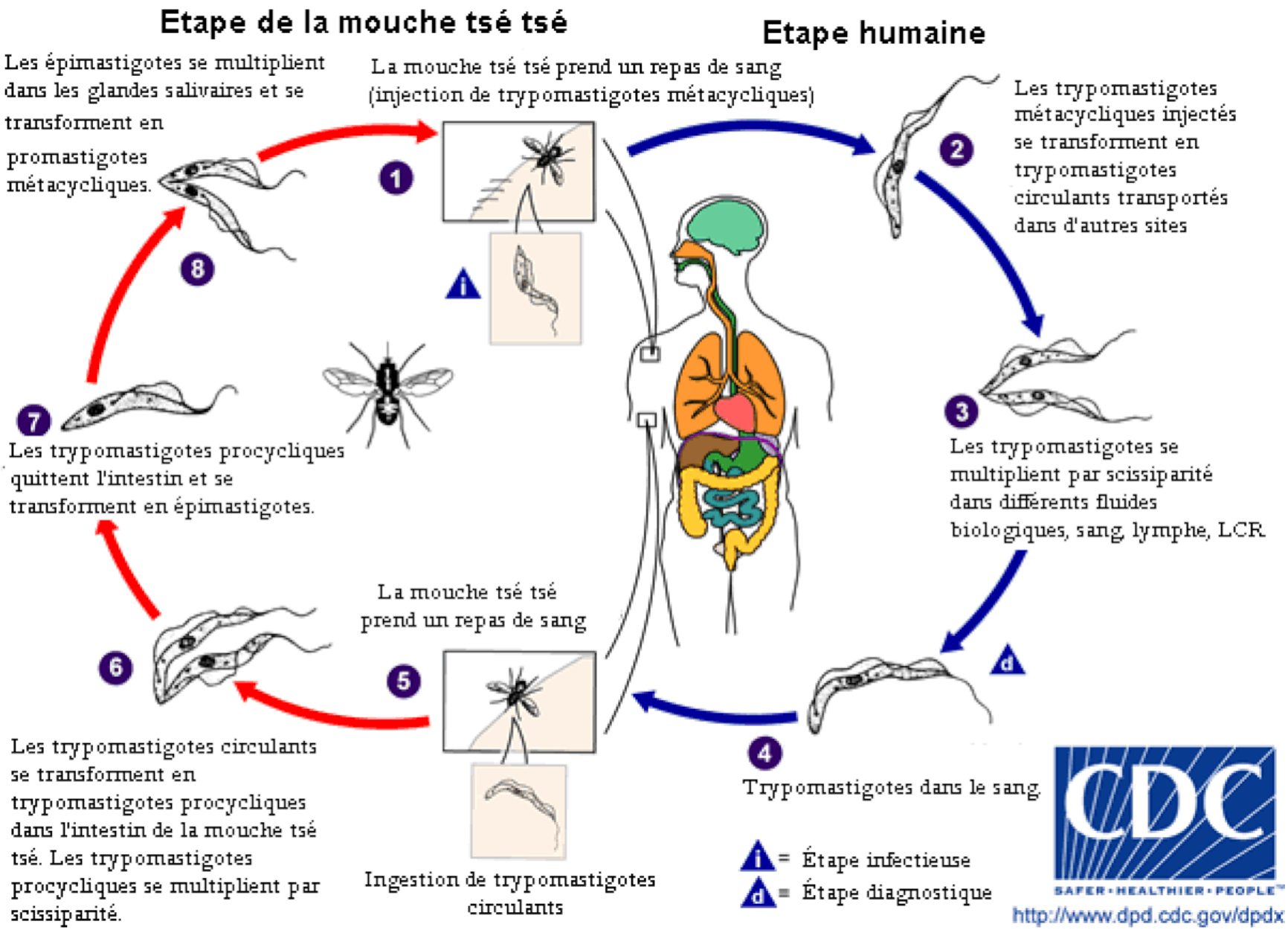
Frottis sanguin avec Trypanosome

Schéma d'organisation

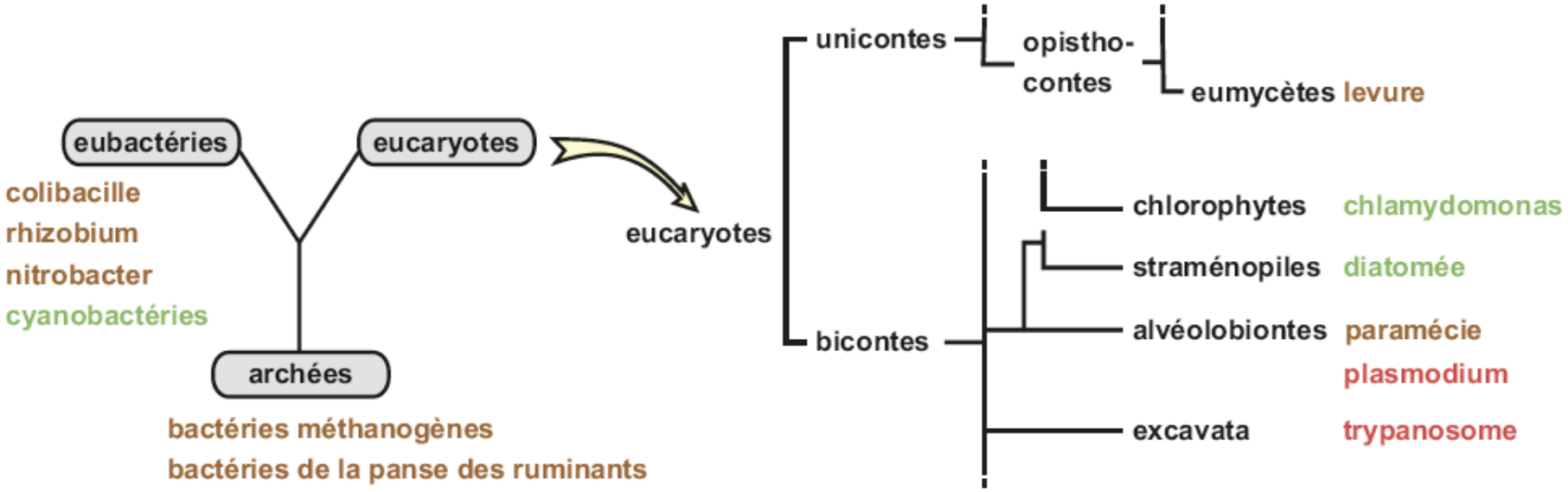
Perrier C et Beaux JF, Biologie-Géologie BCPST2, Dunod 2022

Cycle du Trypanosome

Deux hôtes :
la mouche tsé tsé (glossine) et l'être humain



Document 3. Les unicellulaires dans l'arbre du vivant.



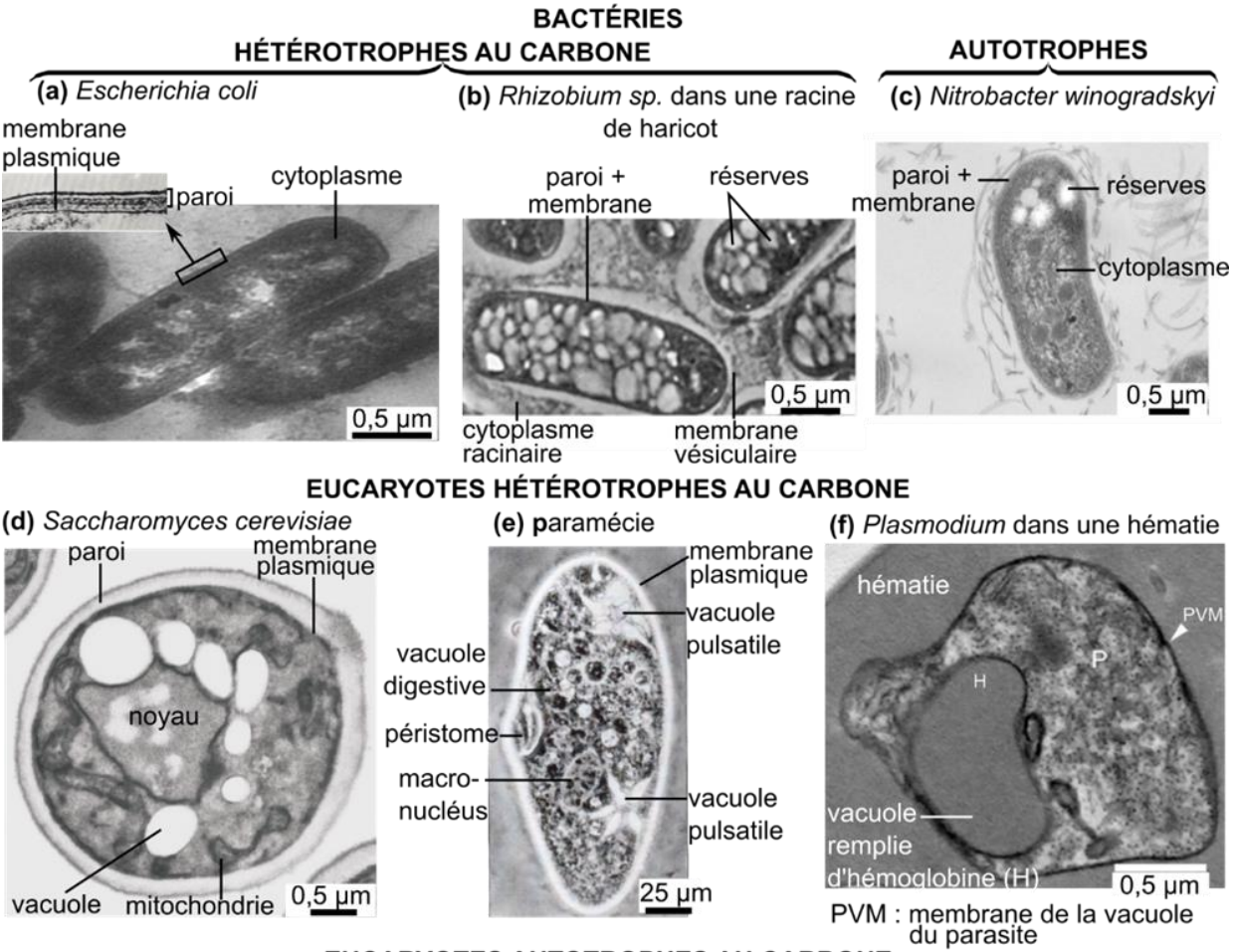
Photoautotrophes

Hétérotrophes parasites

Hétérotrophes à vie libre ou symbiotique

Perrier C et Beaux JF, Biologie-Géologie BCPST2, Dunod 2022

Document 7. Diversité des organisations des unicellulaires.



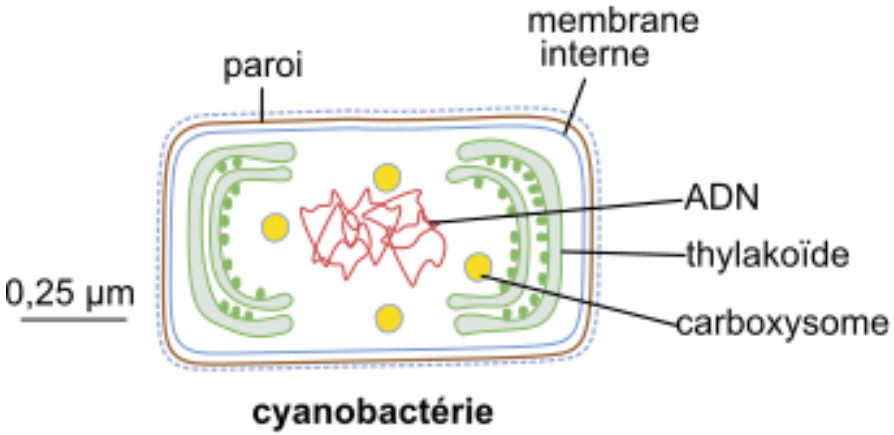
Perrier C et Beaux JF, Biologie-Géologie BCPST2, Dunod 2022

Principales caractéristiques des Eubactéries, Eucaryotes et Archées

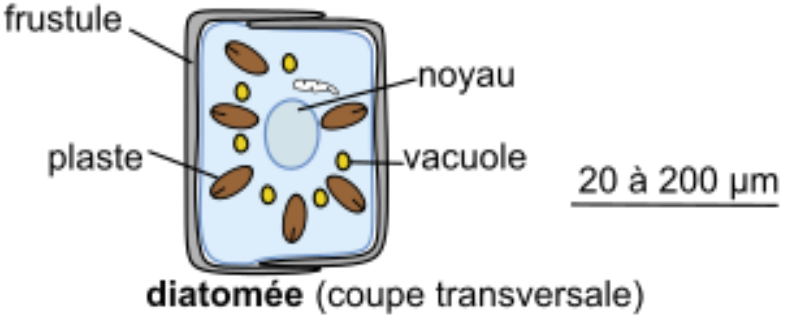
		eubacteries (eubacteria)	archaebactéries (archeae)	eucaryotes (eukarya)
caractères généraux	structure cellulaire	procaryote	procaryote	eucaryote
	division	fission binaire	fission binaire	mitose/méiose
	taille	10 mm^3	<10 mm^3	>10 000 mm^3
	présence dans les milieux extrêmes?	non	oui	non
paroi/membrane	acide muramique dans la paroi (peptidoglycane)	oui	non	non
	membrane	ester d'acides gras	éther d'isoprènes	ester d'acides gras
	présence de stérols	non	non	oui
métabolisme	photo-autotrophie à photosystèmes chlorophylliens	oui	non	oui mais dans les plastes
	photo-autotrophie à rhodopsine	oui	oui	non
	chimio-autotrophie	oui	oui	non
	fixation de l'azote N2	oui	oui	non
	phagotrophie	non	non	oui
information génétique	ARN polymérase	simple	complexe	complexe
	promoteur	pribnow box	tata box	tata box
	ribosome	70S	70S	80S
	ARNt initiateur	formylméthionine	méthionine	méthionine
	structure des gènes	opéron	opéron	monocistron
	introns	rare	rare	nombreux
	structure du génome	circulaire ou linéaire	circulaire	linéaire
	plasmides	nombreux	nombreux	rares sauf dans les organelles
	nucléosomes	non	oui	oui

Document 8. Comparaison de l'organisation de deux unicellulaires photoautotrophes : une Cyanobactérie et une Diatomée.

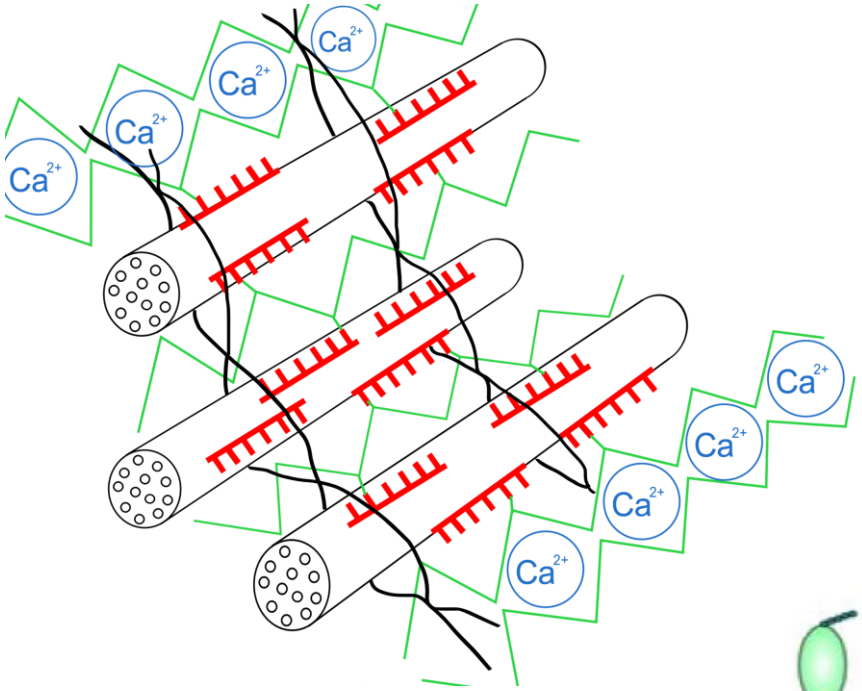
PHOTOAUTOTROPHES



cyanobactérie

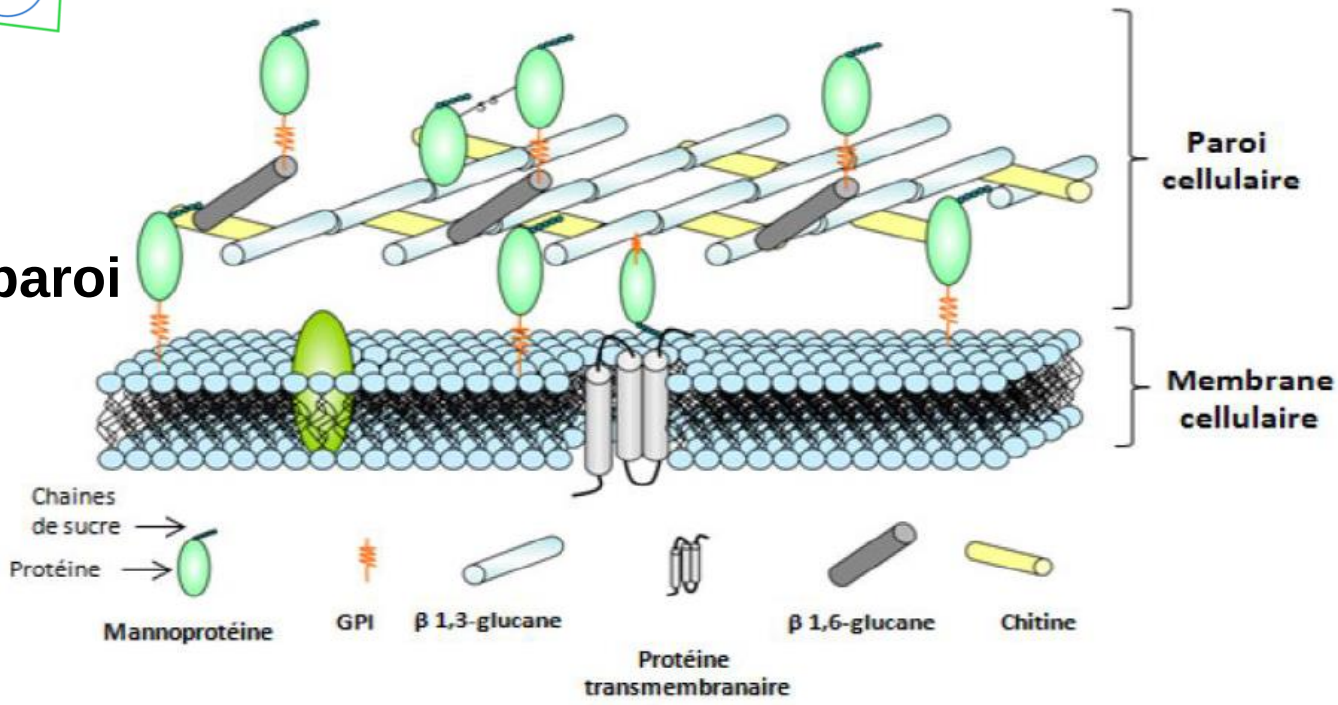


diatomée (coupe transversale)



Organisation de la paroi pectocellulosique des végétaux chlorophylliens

Organisation de la paroi de *Saccharomyces cerevisiae*



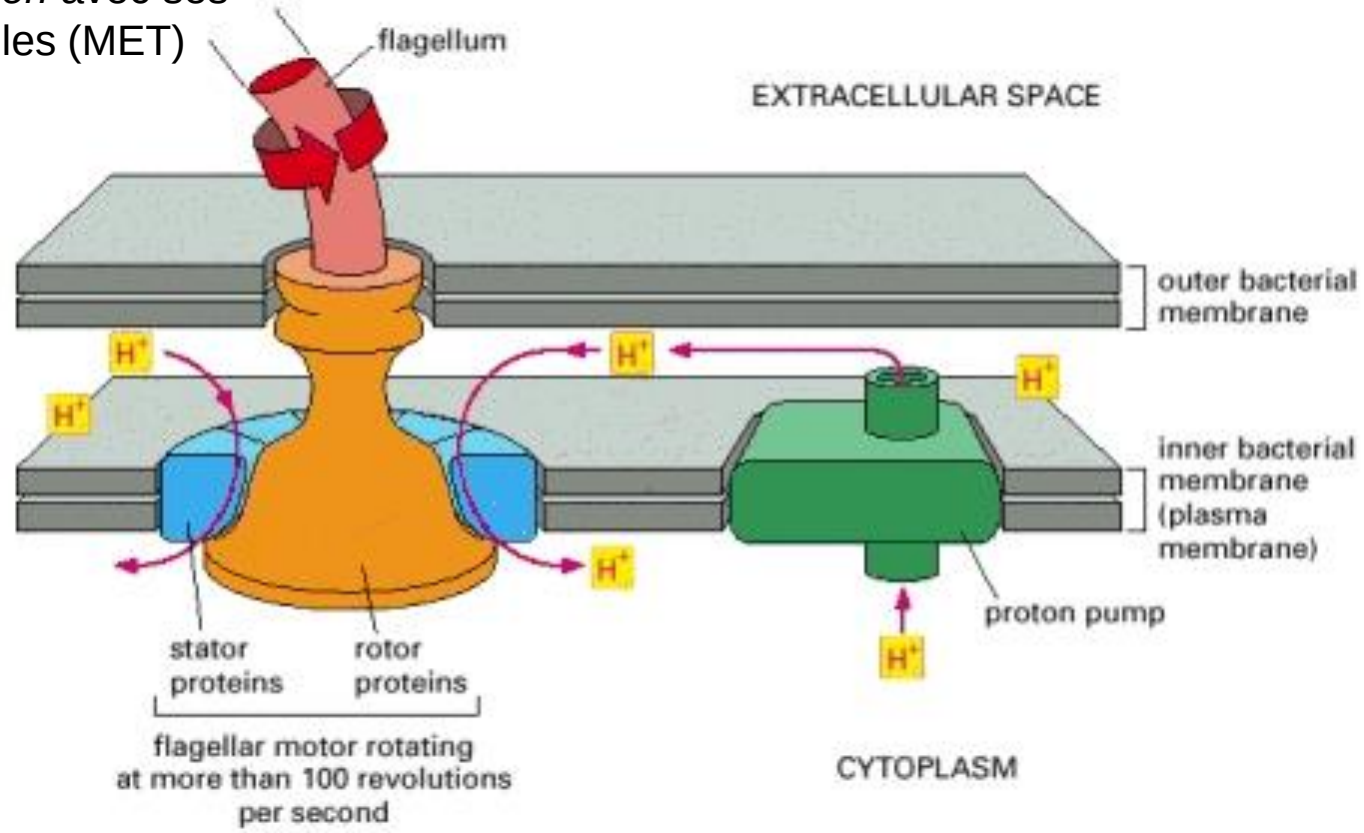
https://fr.wikipedia.org/wiki/Paroi_pectocellulosique

QB VO-VAN, Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne Agrosup Dijon, 2015

Le flagelle bactérien

Helicobacter pylori avec ses nombreux flagelles (MET)

La rotation du flagelle bactérien est entraînée par un flux de protons



Molecular Biology of the Cell. 4th edition. Alberts B, Johnson A, Lewis J, et al. New York: Garland Science; 2002.

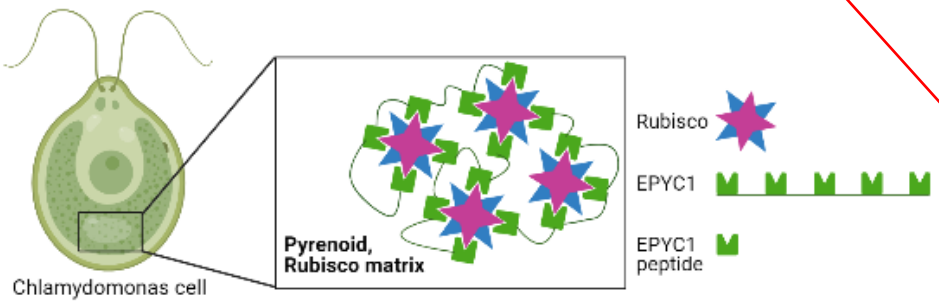
Document 9. Diversité trophique des unicellulaires.

Type trophique	Origine de l'énergie	Origine des électrons	Source de carbone	Exemples
photolithotrophie	lumière → photo-	donneur minéral (H_2O) → litho	minérale (CO_2) → autotrophie	Cyanobactéries (*Nostoc*) *Chlamydomonas* Diatomées
chimiolithotrophie	molécule réduite → chimio-	donneur minéral (ex : NO_2^-) → litho	minérale (CO_2) → autotrophie	*Nitrobacter*
chimioorganotrophie	molécule réduite → chimio-	donneur organique → organo	molécules organiques → hétérotrophie	*Escherichia coli* *Rhizobium* Levure (*Saccharomyces*) Paramécie Trypanosome *Plasmodium*

Pyrénoïde
chez *Chlamydomonas reinhardtii*

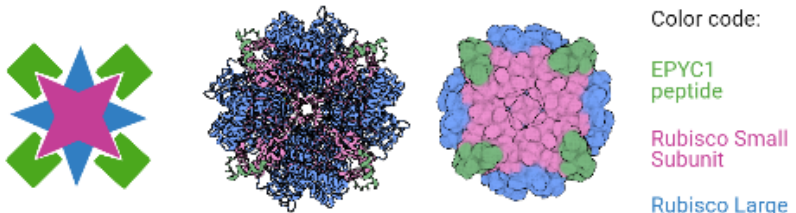
Pyrénoïde entouré d'une gangue d'amidon

The Chlamydomonas pyrenoid has a liquid-like matrix composed of the CO_2-capturing enzyme Rubisco held together by EPYC1



Top view of Rubisco-EPYC1 peptide complex

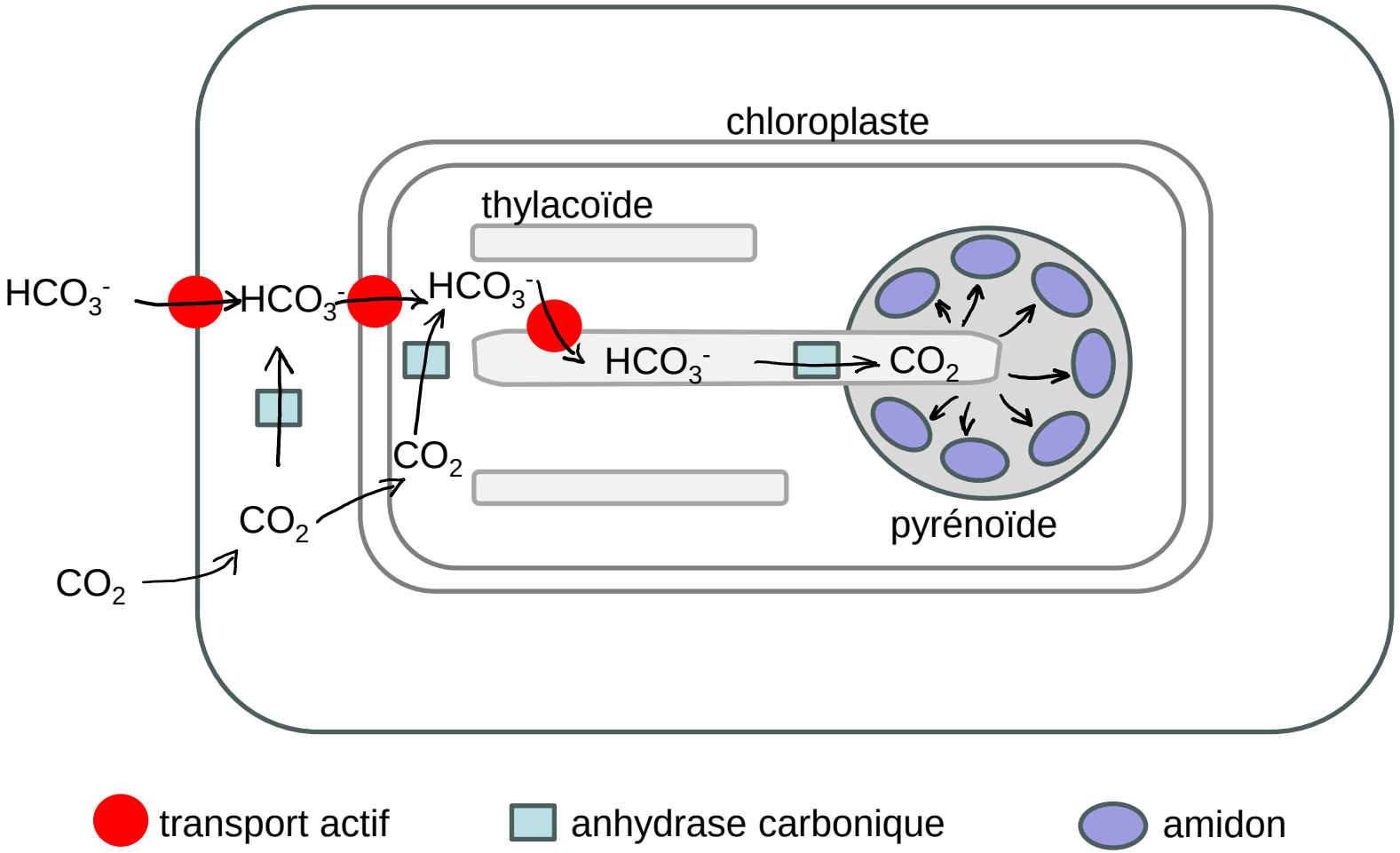
The authors identified a short region (or peptide) on the EPYC1 protein necessary for Rubisco binding. By combining purified Rubisco and EPYC1 together, they discovered the structure of the complex that these proteins form.



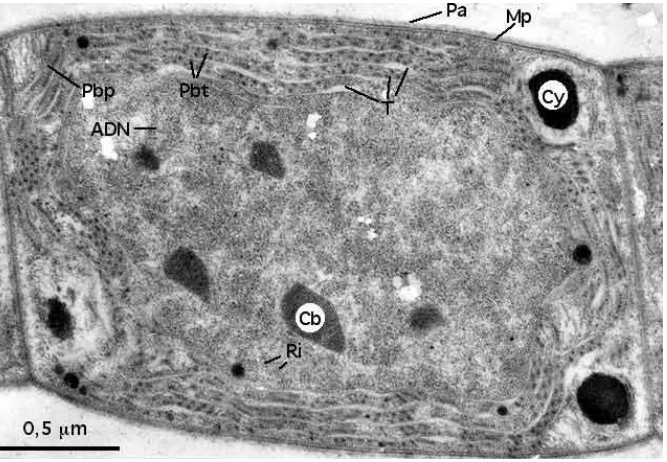
Created in BioRender.com bio

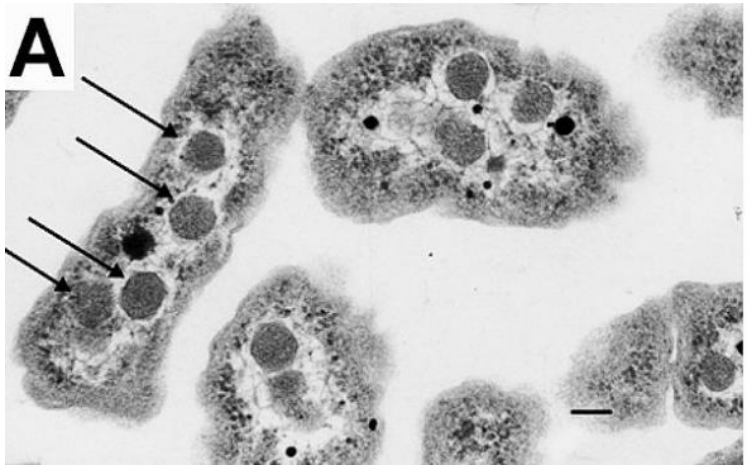
https://insights.princeton.edu/2021/05/structural-insights-pyrenoid/
https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/chlamydomonas-reinhardtii

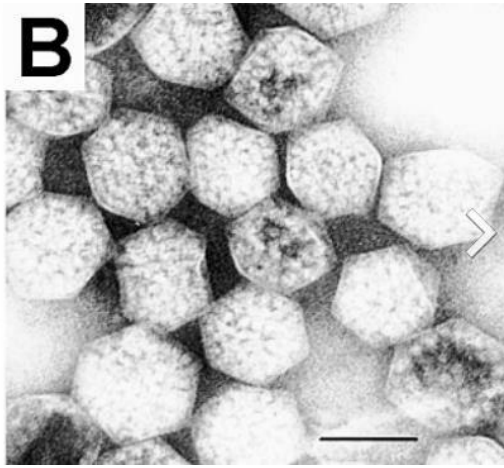
Document 10. Modèle de fonctionnement du pyrénoïde.



Carboxysomes



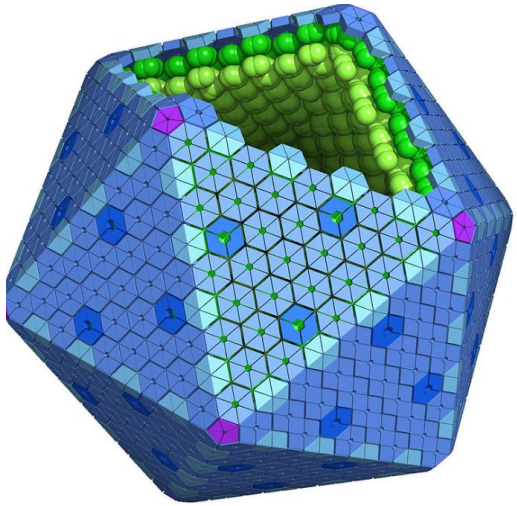




Cyanobactérie *Oscillatoria splendida* en MET.
Cb : **carboxysomes**
Pbt et Pbp : phycobilisomes en CT ou vus de profil
Cy : cyanophycine, polymère de réserves azotées
Po : granules de polyphosphates

A. Cellules de *Halothiobacillus neapolitanus* dont **les carboxysomes sont indiqués par des flèches**. MET
B. Carboxysomes isolés d'*H. neapolitanus.* MET
La barre d'échelle indique une longueur de 100 nm.

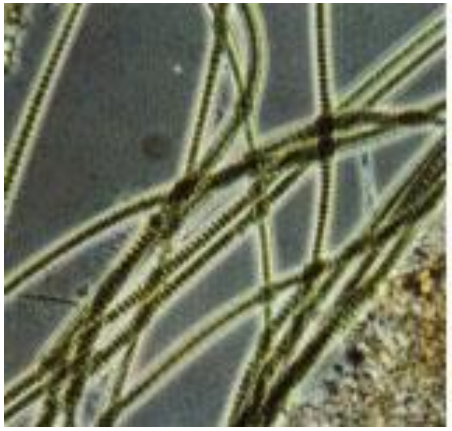
Représentation d'un carboxysome
En bleu, les protéines constitutives de la capsule,
En vert, les enzymes encapsulées (dont la RubisCO).



http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Chloroplaste/oscillatoria.htm
https://fr.wikipedia.org/wiki/Carboxysome

Cyanobactéries

Oscillaires

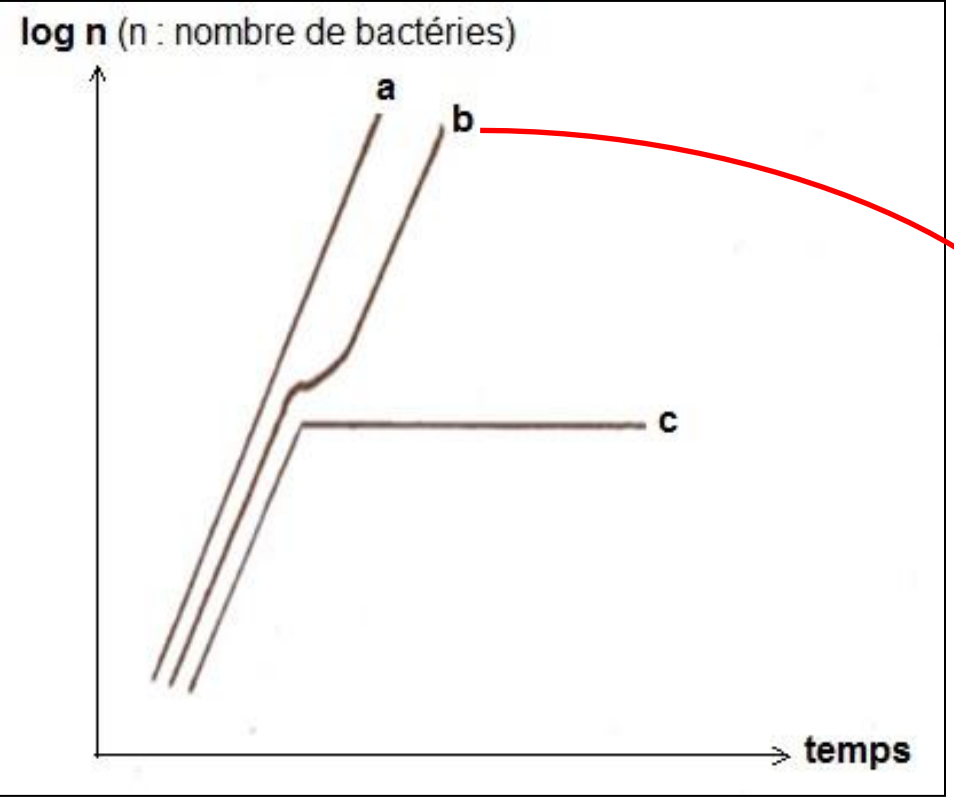


Nostoc

Anaboena

Synechococcus

Près de 25 % de la productivité des écosystèmes marins



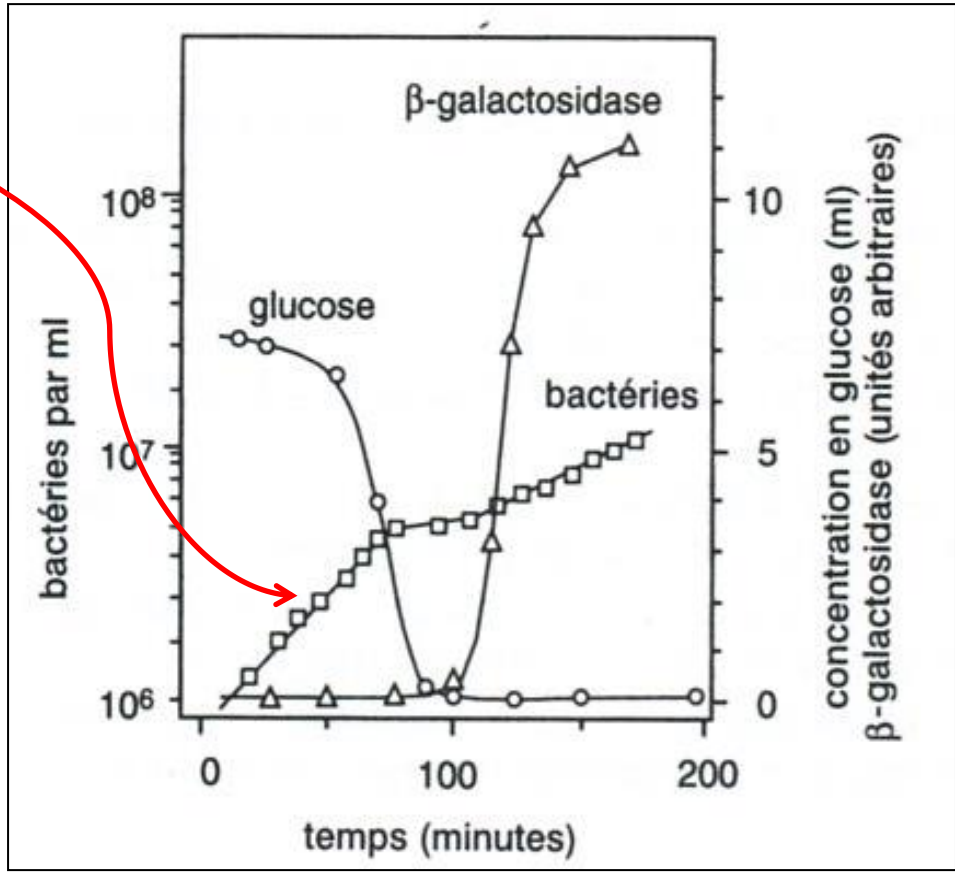
Mise en évidence du phénomène de diauxie.

Souches d'E. coli :

(a) lac$^+$ sur lactose

(b) lac$^+$ sur glucose limitant et lactose

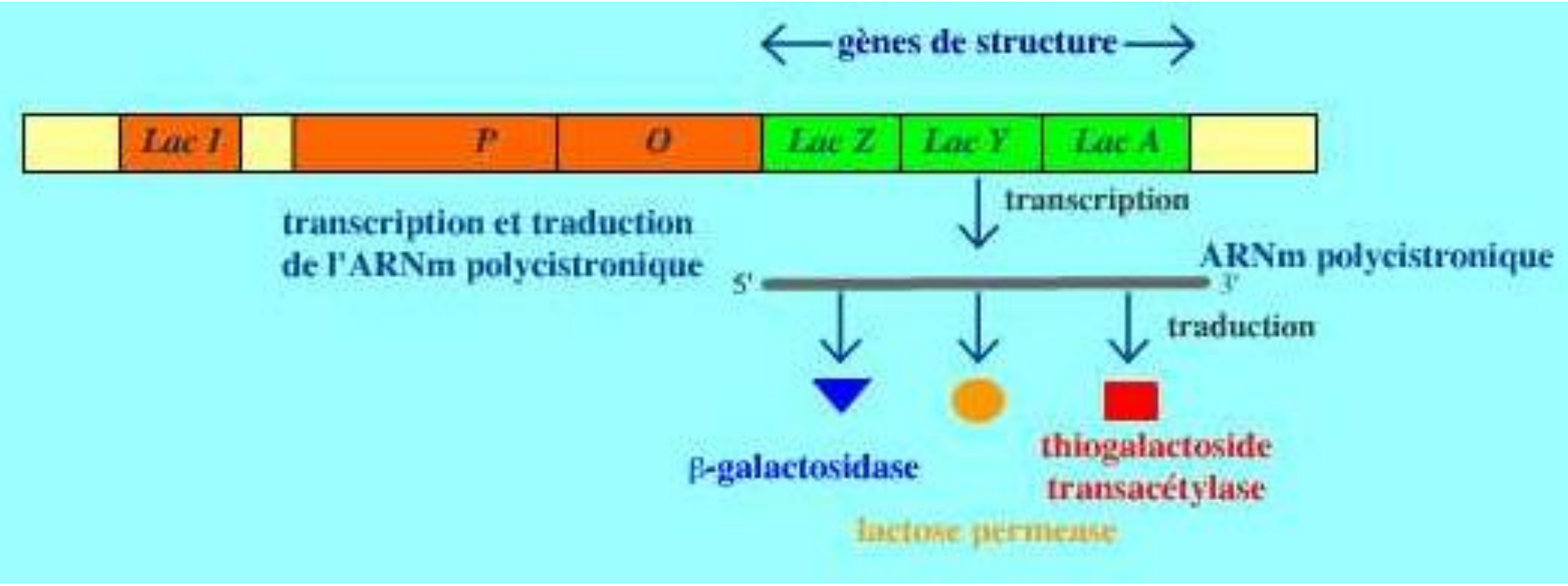
(c) lac$^-$ sur glucose limitant et lactose



<u>Document 11.</u> Mise en évidence expérimentale du contrôle de l'opéron lactose.

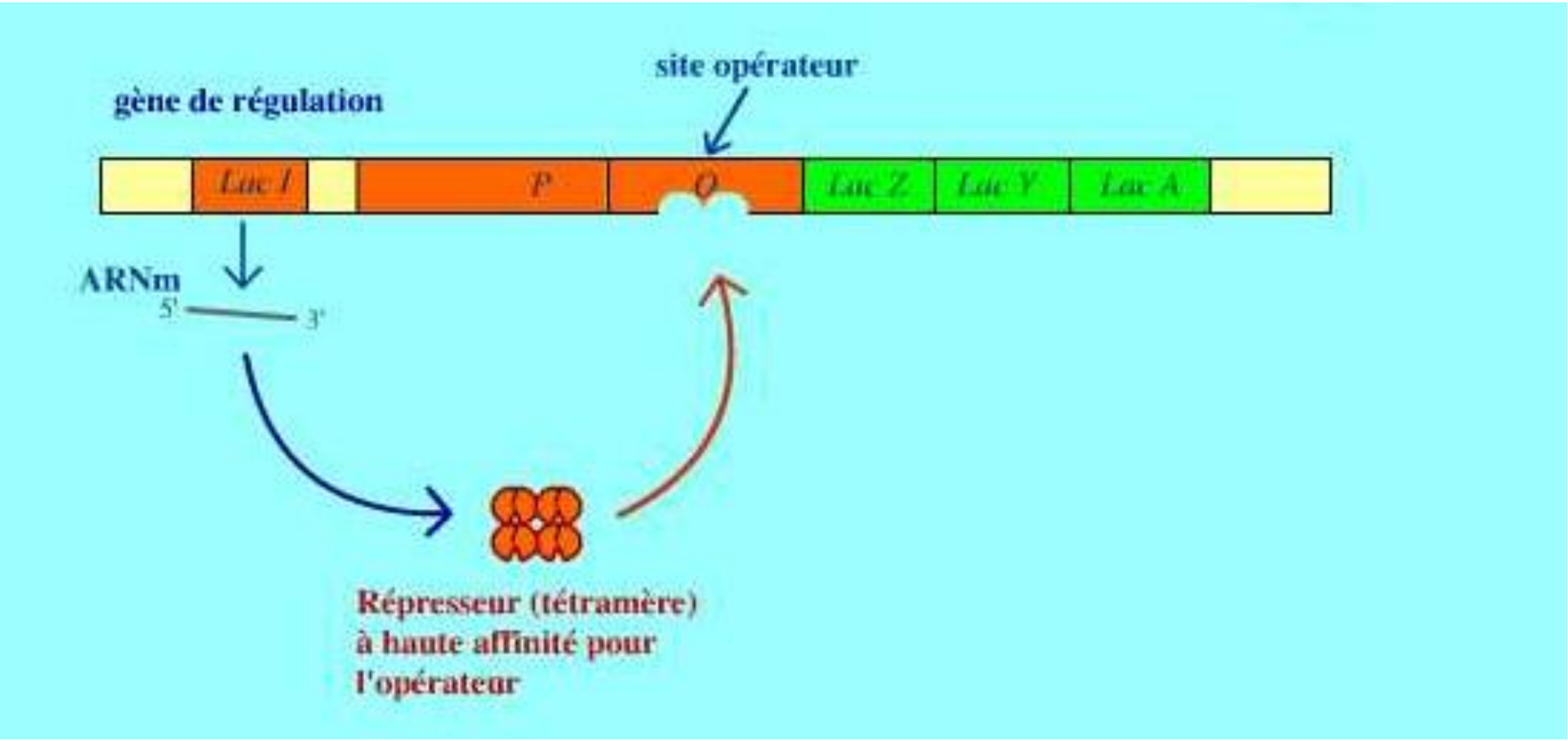
(WILSON J. et HUNT T., " Biologie moléculaire de la cellule – livre d'exercices ", 3e edition, Médecine-Sciences - Flammarion Ed., 1995).

Document 12. Organisation de l'opéron lactose.



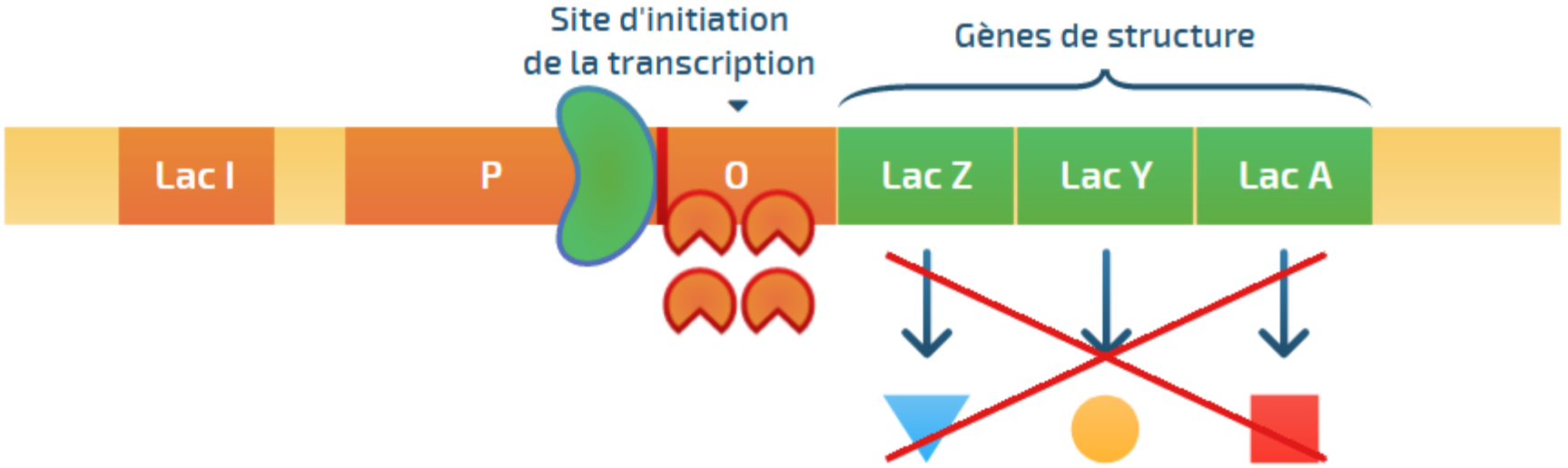
Expression constitutive de LacI

→ synthèse du répresseur



Animation : https://rnbio.upmc.fr/bio-mol_operon-lactose_operon3

Document 13. Répression de l'opéron lactose en l'absence de lactose.



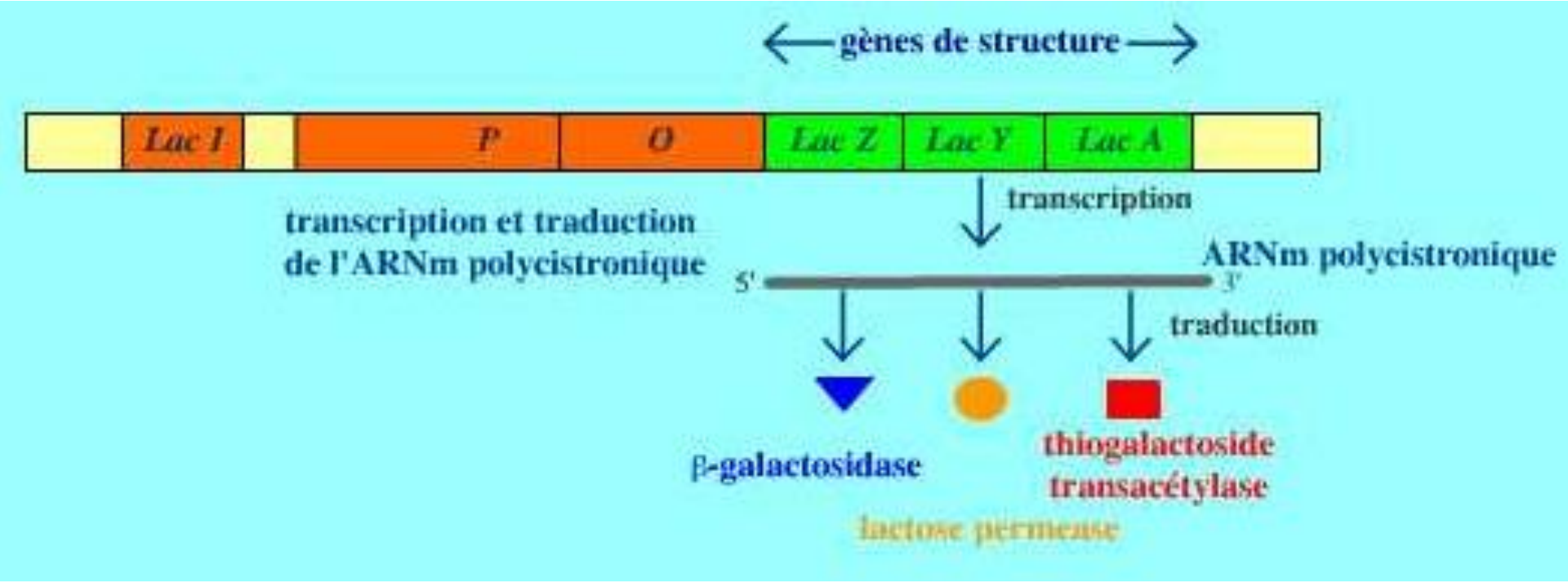
Les gènes structuraux ne sont pas exprimés

L' ARN polymérase peut se lier au promoteur
mais elle est bloquée au niveau de l'opérateur
et ne peut pas atteindre le site d'initiation de la transcription.

Liaison du répresseur au niveau
de l'opérateur de l'opéron lactose

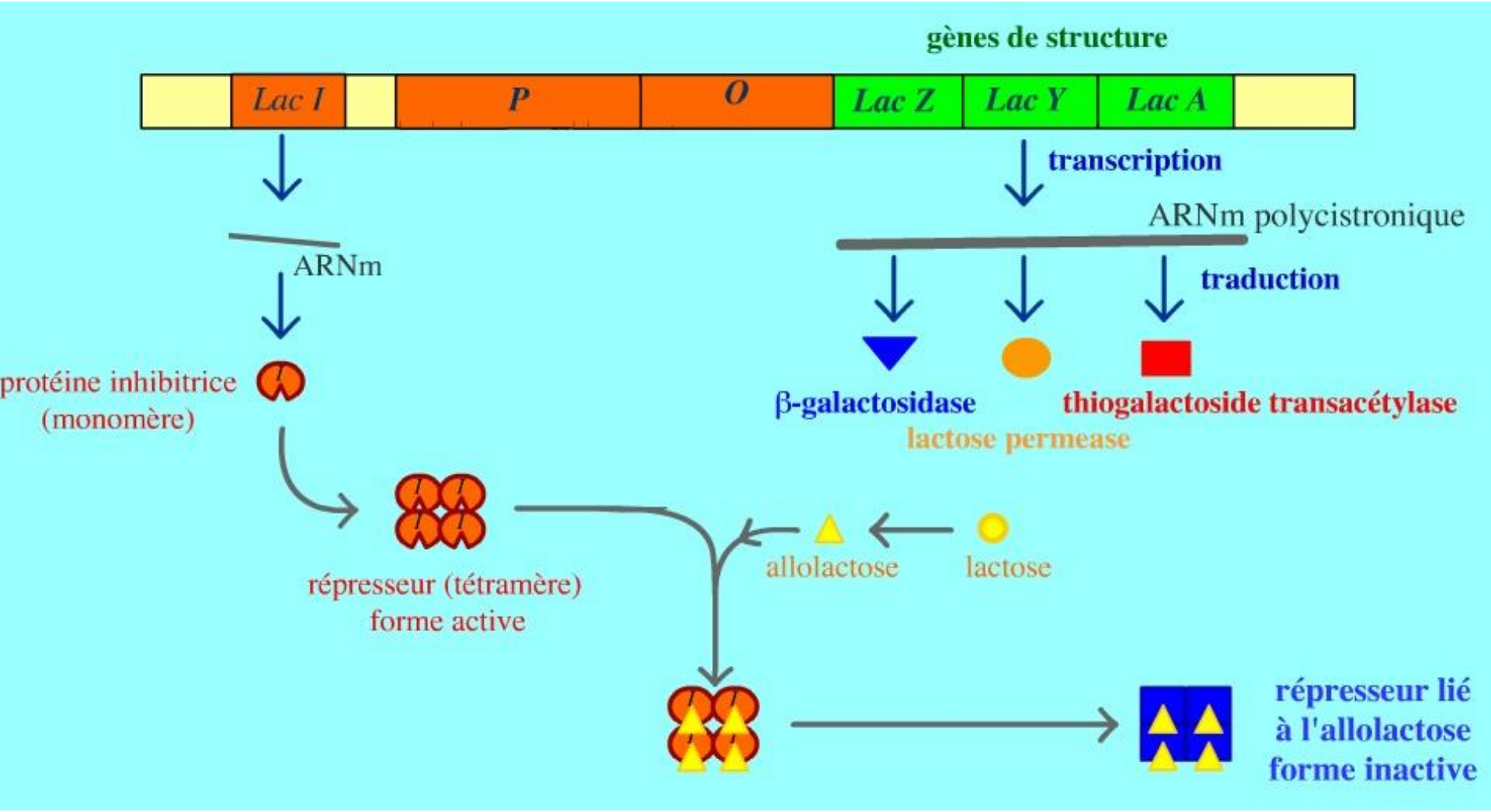
Animation :
https://rnbio.upmc.fr/sites/default/files/animations/bio_mol/operon_lactose_3/operon_lactose_3.html

Expression des gènes de l'opéron lactose en présence de lactose



Animation :
https://rnbio.upmc.fr/sites/default/files/animations/bio_mol/operon_lactose_4/operon_lactose_4.html

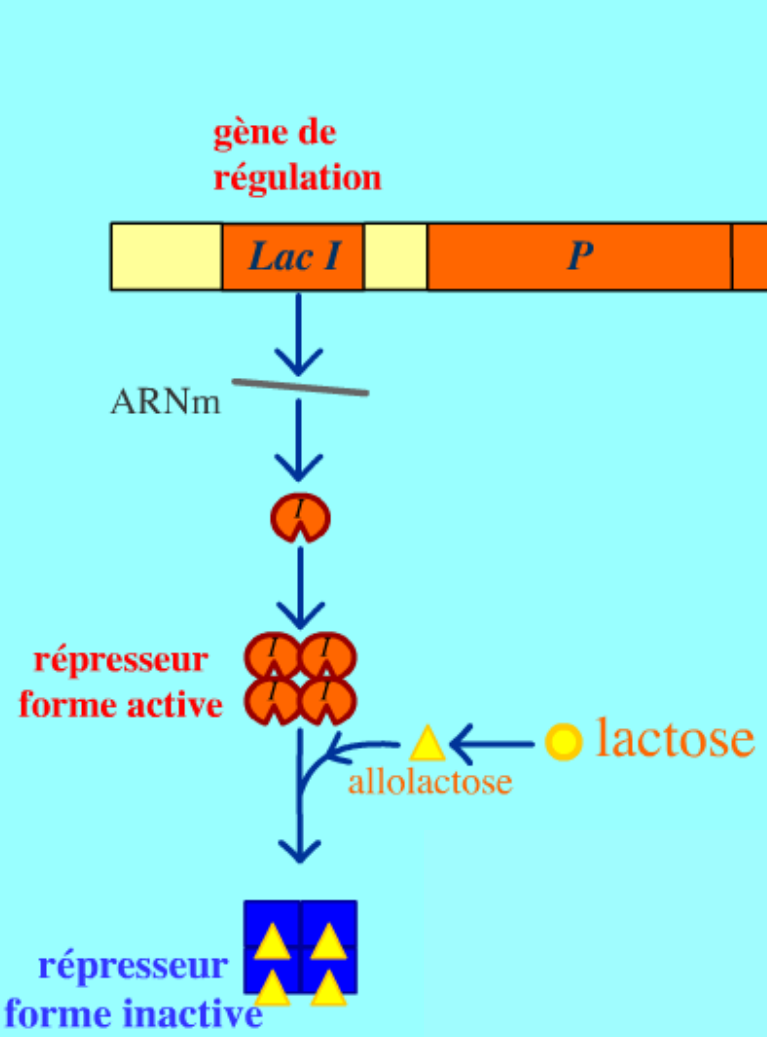
Régulation de l'opéron lactose en présence de lactose



Animation : https://rnbio.upmc.fr/bio-mol_operon-lactose_operon3

Régulation de l'opéron lactose

mélange de lactose + glucose



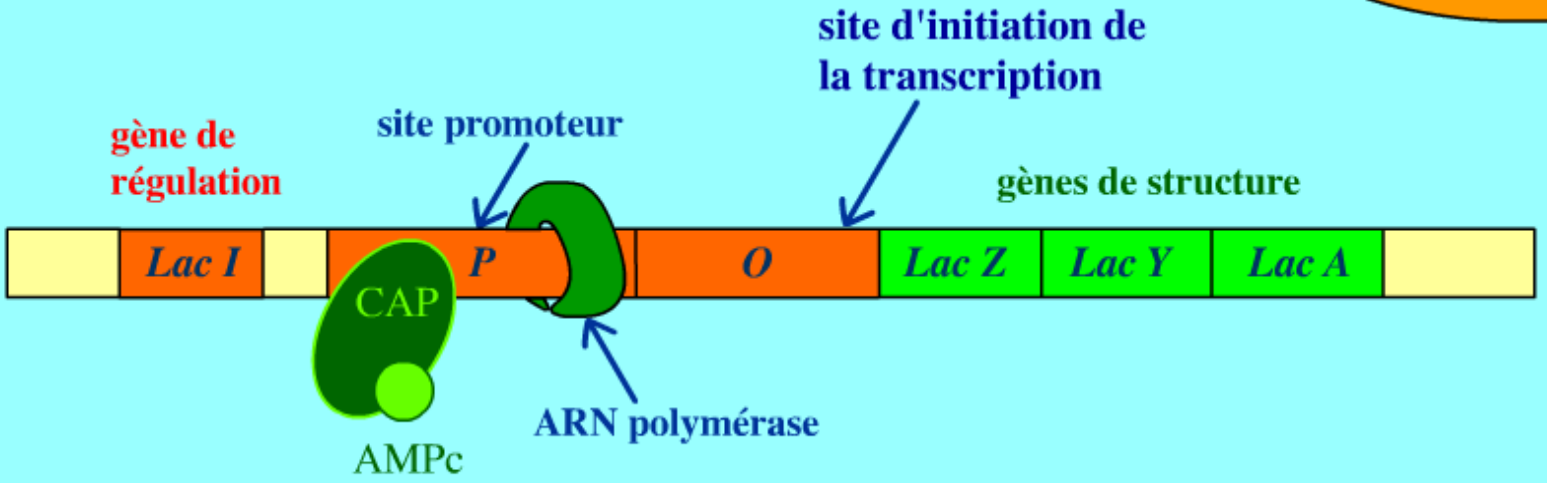
En présence d'un mélange de glucose et de lactose, le répresseur est inactivé mais il n'y a pas d'expression des gènes de l'opéron lactose. L'expression de ces gènes n'est indispensable qu'en absence de glucose.

Animation : http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/operonlactose/

Lorsque le glucose vient à manquer…

Régulation de l'opéron lactose

mélange de lactose + glucose

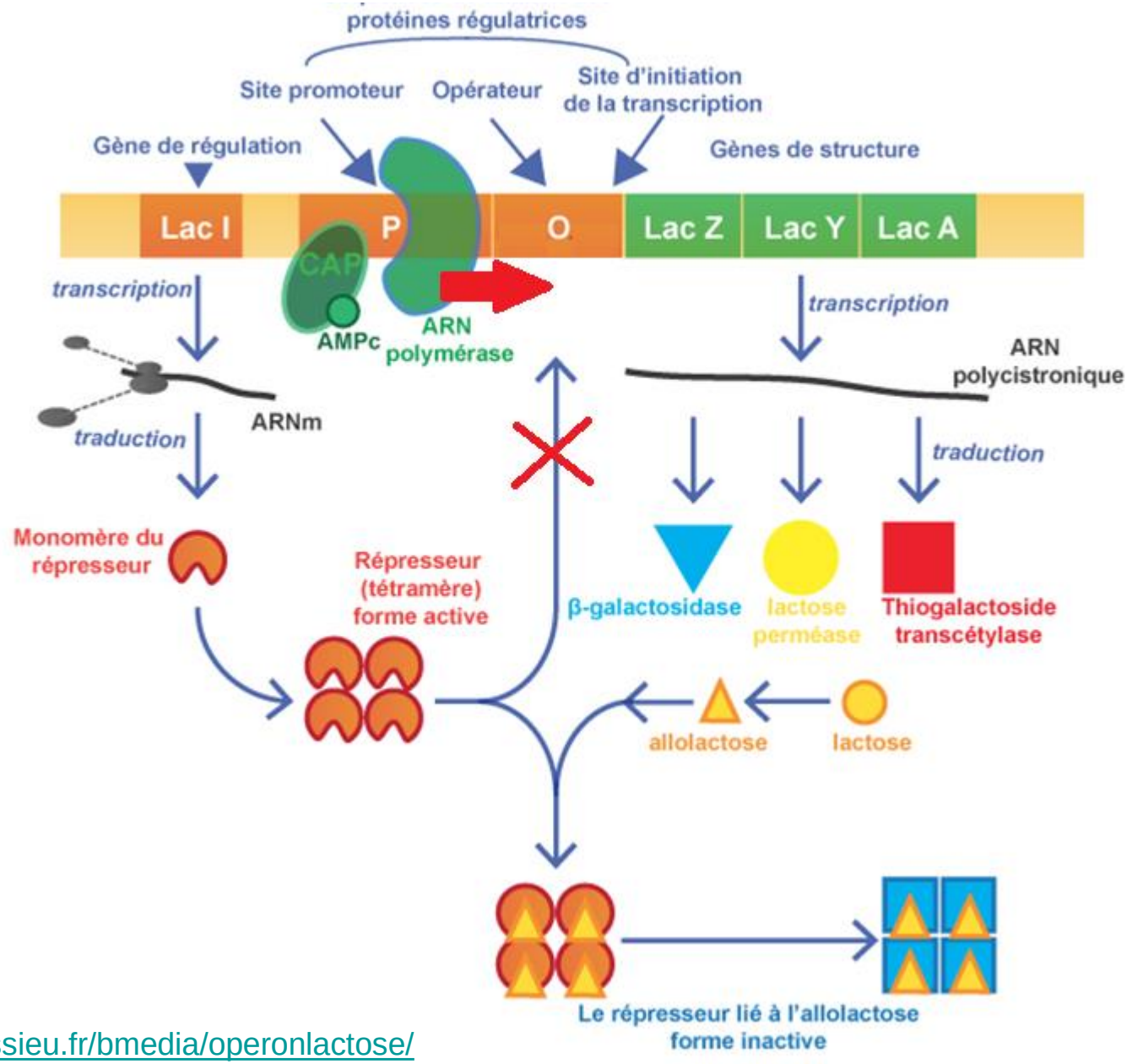


↓ glucose → ↑ AMPc (signal de carence alimentaire)

L'interaction du complexe CAP-AMPc avec l'ADN permet d'augmenter l'affinité de l'ARN polymérase pour le promoteur de l'opéron. La transcription est alors fortement augmentée.

Répression catabolique : régulation positive par le CAP et l'AMPc

Document 14. Induction de l'opéron lactose en présence de lactose et en l'absence de glucose.

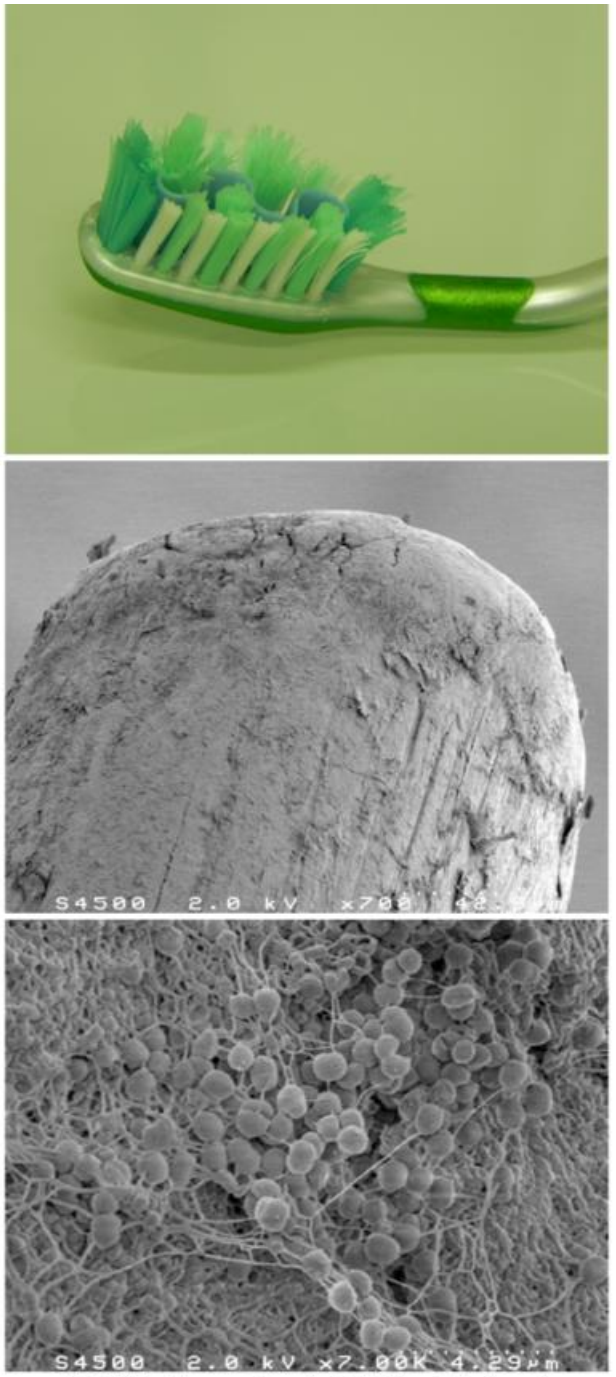


http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/operonlactose/

Exemples de biofilms

Colonie de *Nostoc*

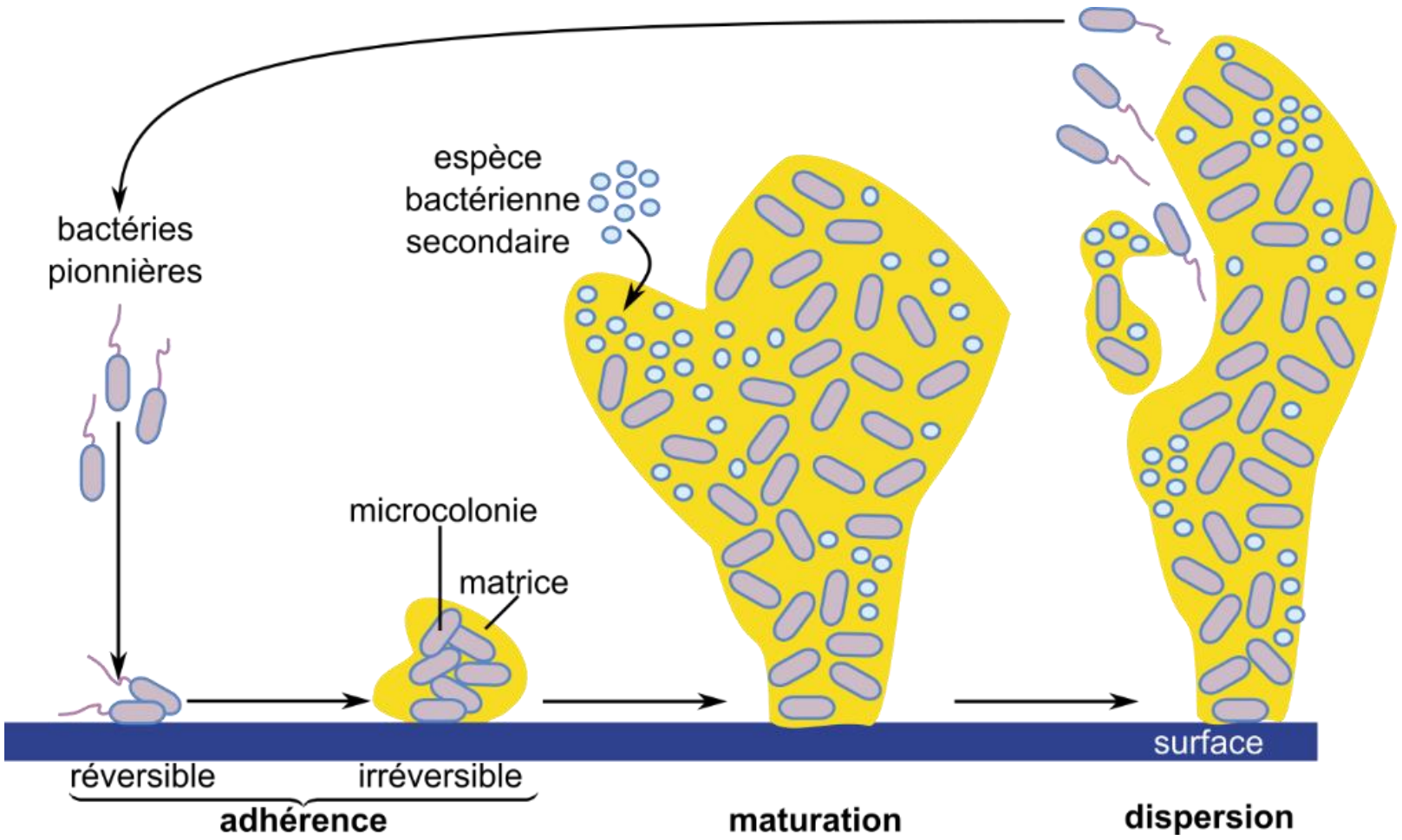
http://photomacrography.net/forum/viewtopic.php?p=19503&sid=51973626ca75e3f895ffa2f86b0db6cf



Biofilm sur une brosse à dents

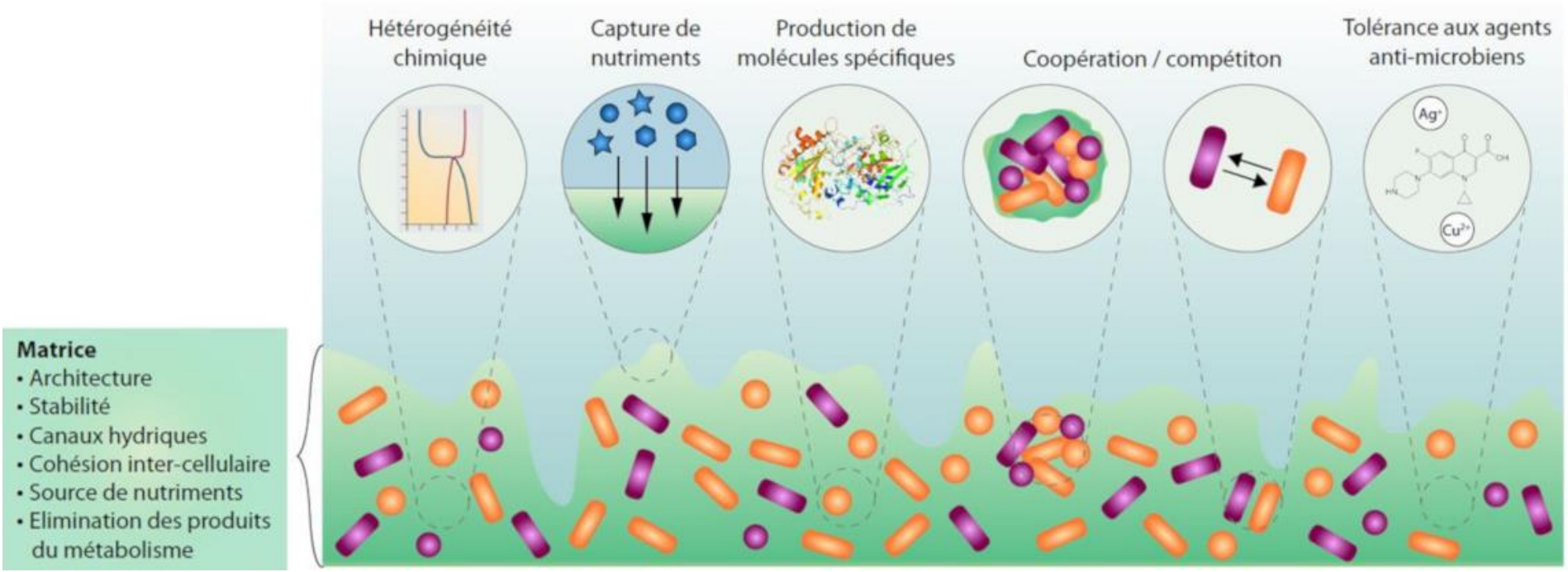
© T. Meylheuc (Inra), R. Briandet (Inra)

<u>Document 15</u>. Les étapes de la formation et de la dispersion d'un biofilm bactérien.



Perrier C et Beaux JF, Biologie-Géologie BCPST2, Dunod 2022

Le biofilm bactérien, une structure hétérogène

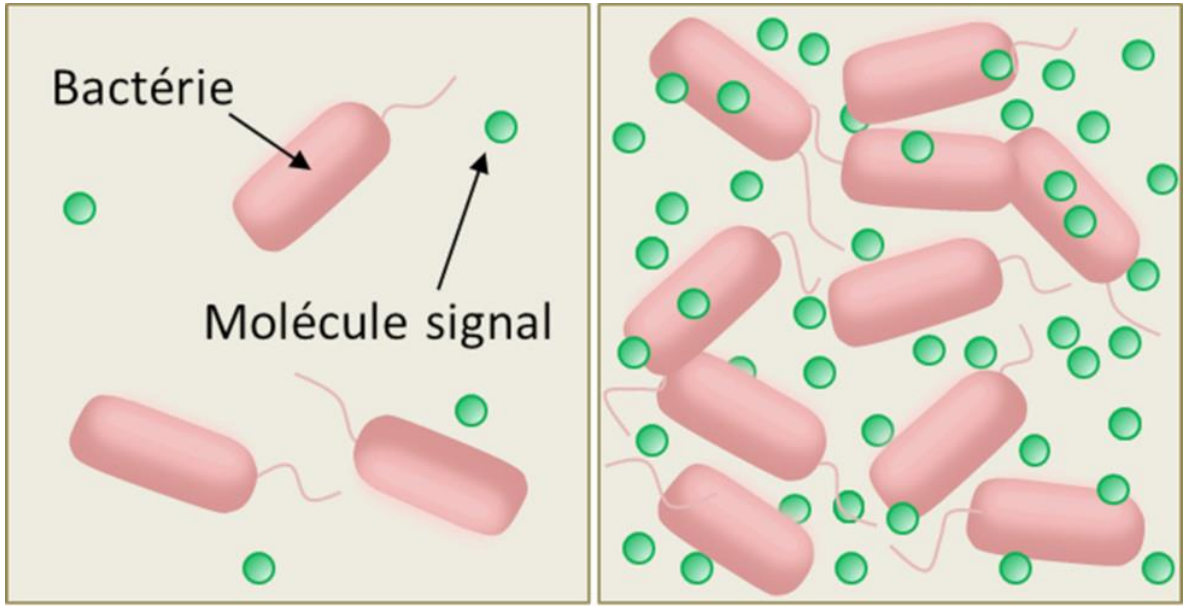


Les variations locales de composition en nutriments, enzymes, et autres molécules produites par les bactéries créent des microenvironnements différents au sein du biofilm.
Certaines bactéries modifient leur état physiologique et adoptent un état de tolérance vis-à-vis des agents anti-microbiens.

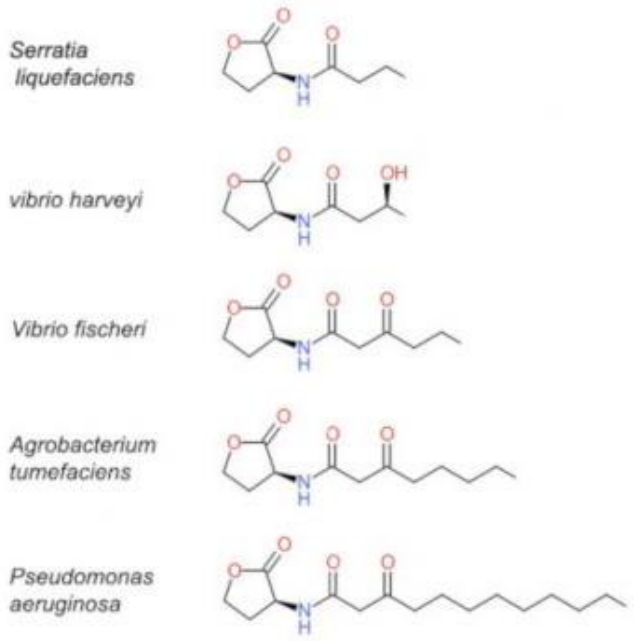
https://www.encyclopedie-environnement.org/sante/biofilms-bacteriens/

Le quorum sensing : dialogue et coopération des bactéries au sein d'un biofilm

Détection du quorum (quorum sensing) chez les bactéries



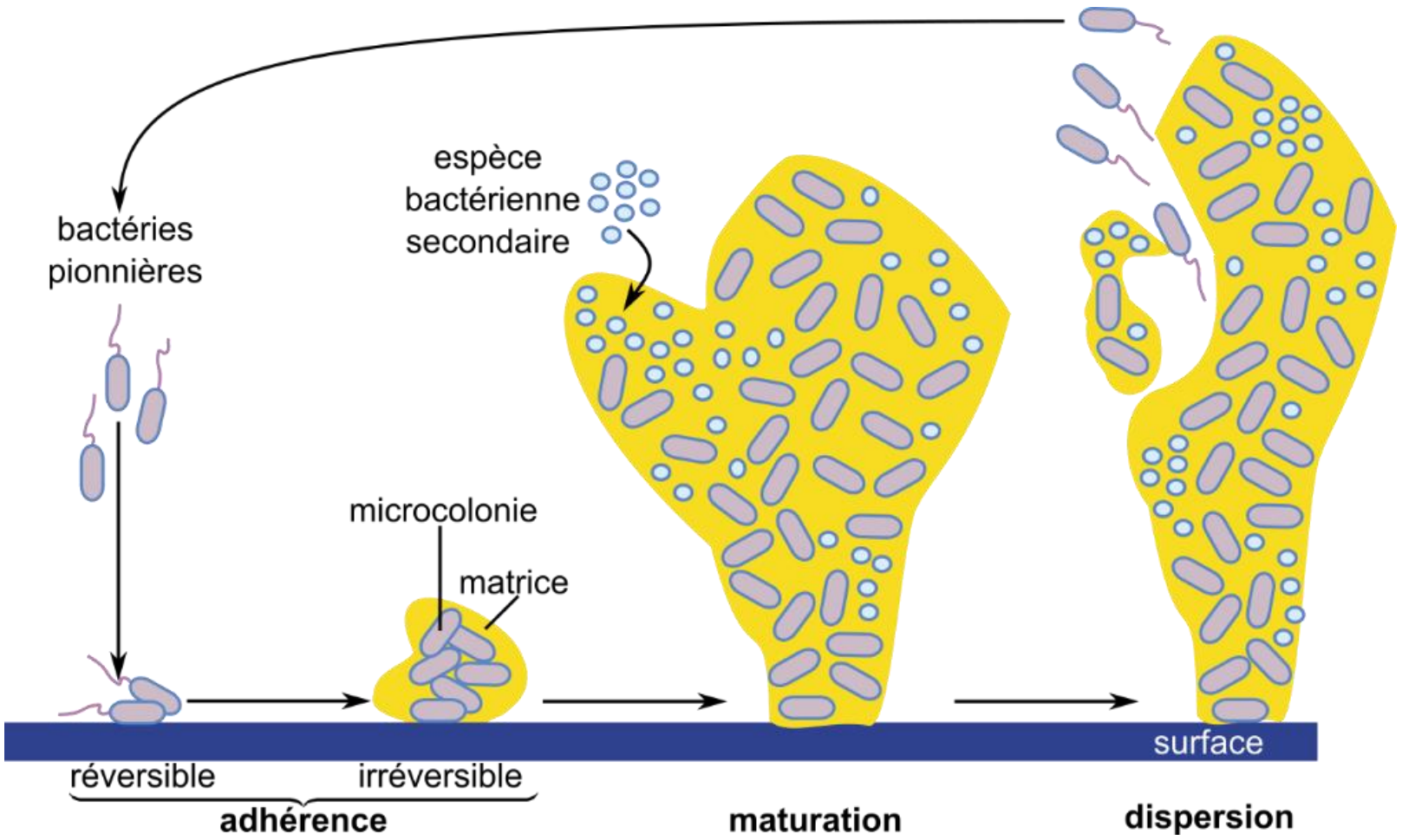
Quelques molécules du quorum sensing bactérien



A gauche : la concentration des molécules « signal » est faible lorsque le milieu contient peu de bactéries.
A droite : la concentration des molécules « signal » est élevée lorsque le milieu contient beaucoup de bactéries.
La concentration élevée de la molécule signal induit l'expression de gènes spécifiques.

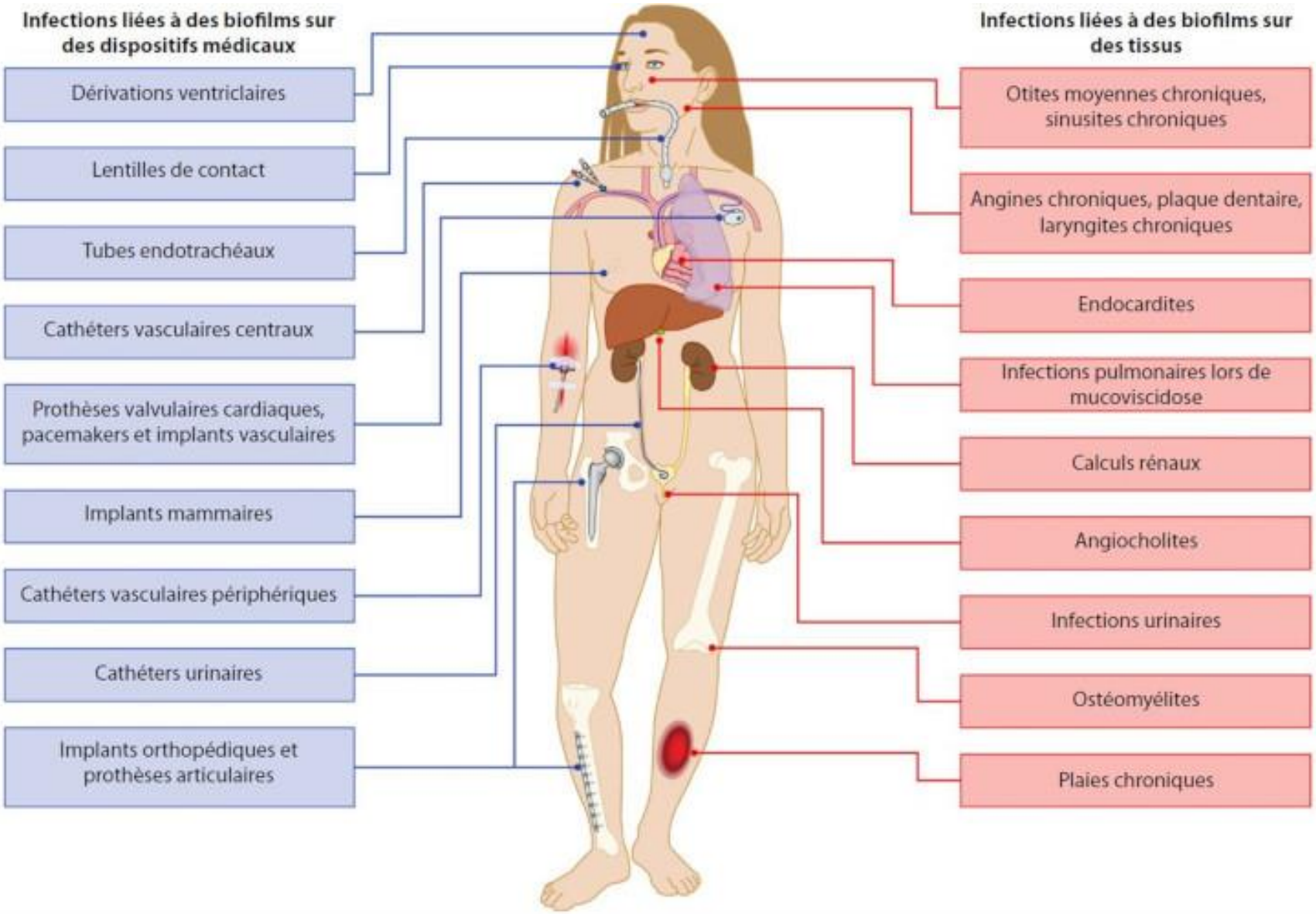
https://www.encyclopedie-environnement.org/vivant/dialogues-et-cooperation-chez-les-bacteries/
https://www.medecinesciences.org/en/articles/medsci/full_html/2019/01/msc180205/F2.html

<u>Document 15</u>. Les étapes de la formation et de la dispersion d'un biofilm bactérien.



Perrier C et Beaux JF, Biologie-Géologie BCPST2, Dunod 2022

Les biofilms, source d'infection



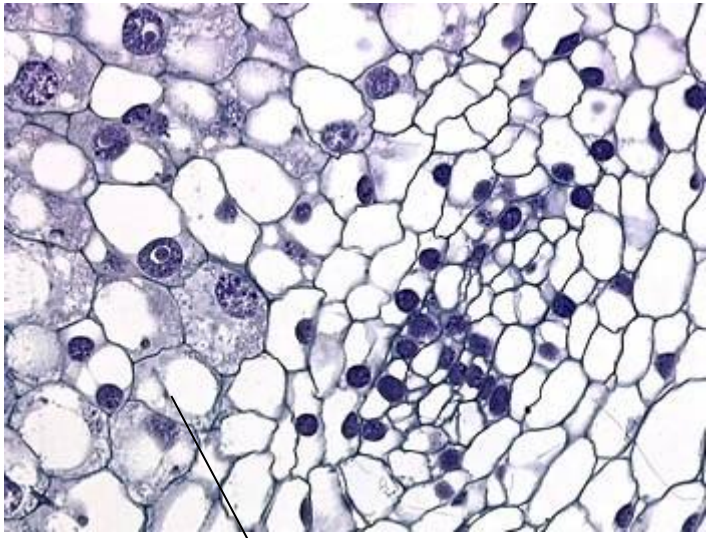
https://www.encyclopedie-environnement.org/sante/biofilms-bacteriens/

Symbiose *Rhizobium* – Fabacées

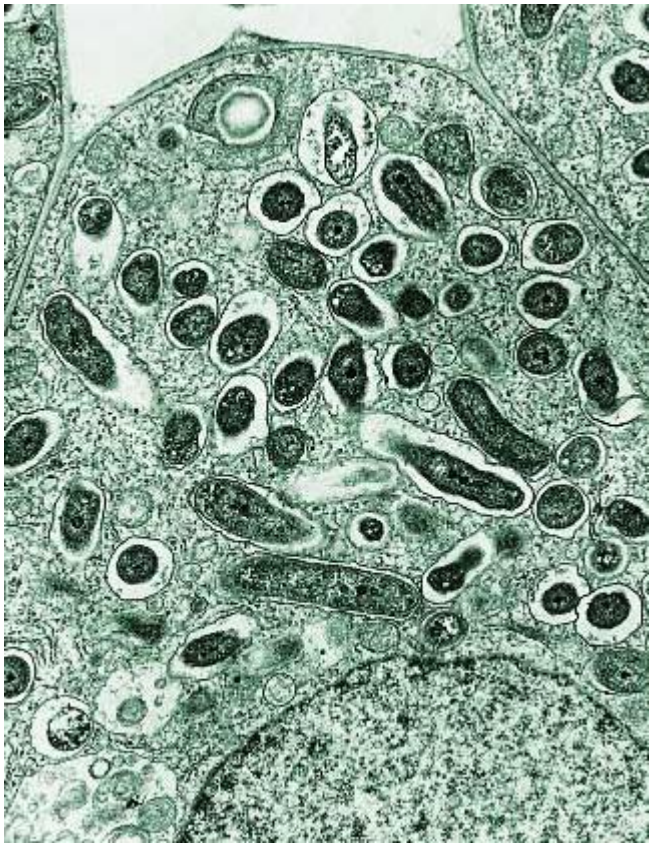
5 mm ⟷

Nodosités sur des racines de luzerne
Vue externe

100 µm ⟷



Cellules infectées par Rhizobium
MO x 40

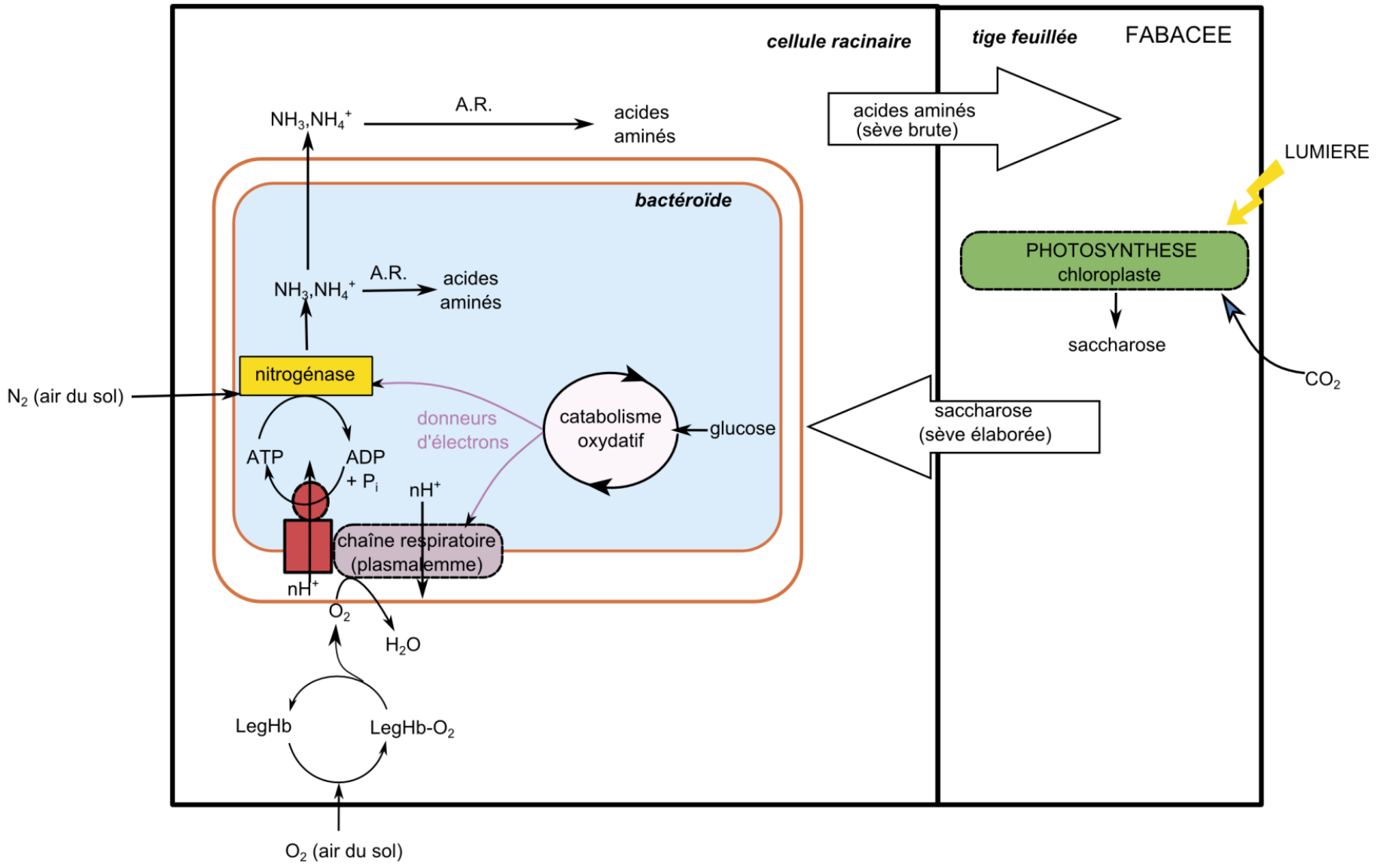


Cellules infectées
MET

http://www.microscopy-uk.org.uk

Diazotrophie : $N_2 + 8\ H^+ + 8\ e^- \rightarrow 2\ NH_3 + H_2$

Document 16. Nature des échanges *Rhizobium* – Fabacées.



<u>Document 17</u>. Réalisation des fonctions avec une seule cellule plurifonctionnelle.

Fonctions de relation	Locomotion	En suspension dans le milieu ou au sein d'un biofilm Déplacement passif (Bactéries sans flagelle, Levures) Déplacement actif à l'aide de flagelles bactériens, de cils (Paramécies) ou flagelles
	Sensibilité	Chimiotactisme positif pour certains glucides (*E. coli*), pour O_2 (Paramécies) Photosensibilité (stigma de *Chlamydomonas*)
	Protection	Émission de substances antibiotiques Formation de biofilms
Fonctions de nutrition	Alimentation	Uniquement pour les hétérotrophes Phagotrophes : proies ingérées dans une vacuole de phagocytose fusionnant avec des lysosomes en vacuole digestive (Paramécies) Absorbotrophes : absorption membranaire de composés organiques déjà hydrolysés (Bactéries, Levures, Trypanosomes)
	Osmo-régulation	Par des vacuoles pulsatiles (Paramécies, Trypanosomes, *Chlamydomonas*)
	Échanges gazeux	Diffusion à travers la membrane plasmique ou la paroi - aérobies stricts (*Nitrobacter*, *Rhizobium*, Paramécies, Cyanobactéries, algues unicellulaires) - anaérobies facultatifs (Colibacille, Levures, Trypanosomes) - anaérobies stricts (microbiote ruminal)
Fonctions de reproduction	Asexuée	Par division bactérienne ou mitoses chez les eucaryotes
	Sexuée	Méiose, fécondation chez les Eucaryotes