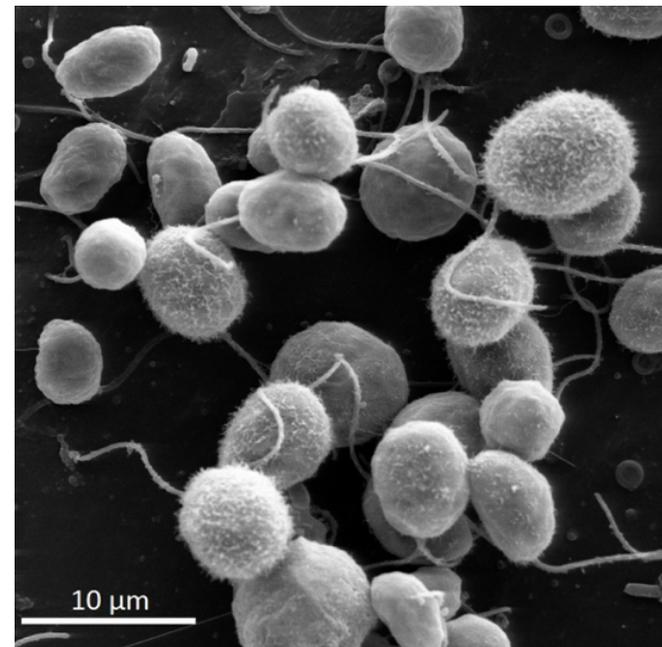
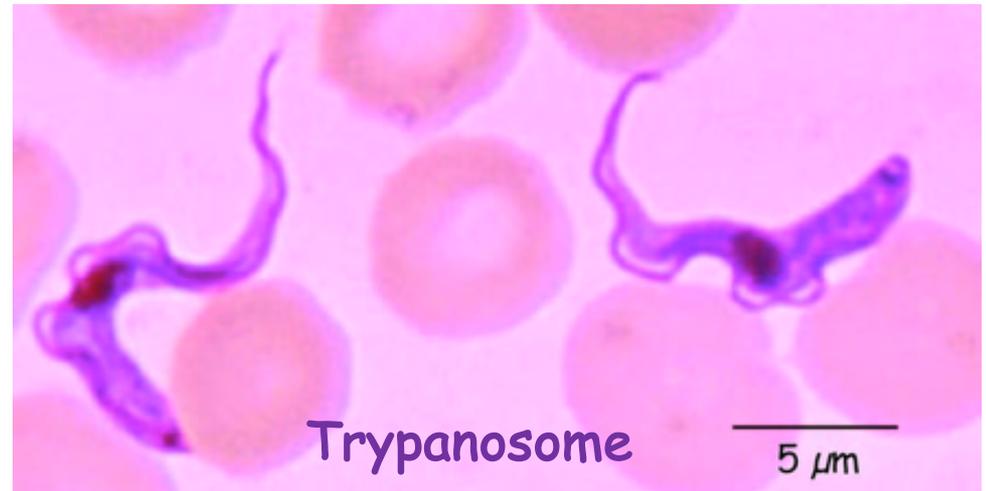
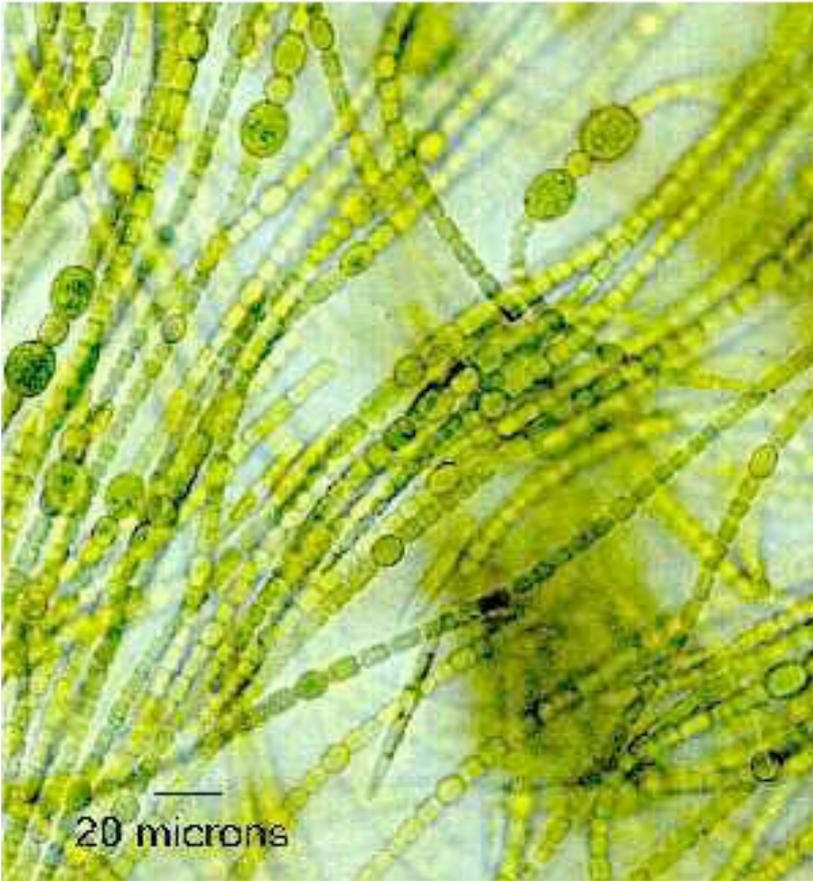


SV-A-3 Regards sur les organismes unicellulaires (3h)

Nostoc



Chlamydomonas

Savoirs visés	Capacités exigibles
<p>Les organismes unicellulaires appartiennent à différentes branches de l'arbre du vivant. Leur organisation (procaryote ou eucaryote) recouvre une grande diversité de morphologies et de cytologies.</p> <p>Les organismes unicellulaires assurent l'ensemble des fonctions (nutrition, relation, reproduction) au niveau d'une seule cellule.</p> <p>Les unicellulaires ont des vies libres ou sont regroupés au sein de biofilms dans lesquels ils sont en interactions.</p> <p>Les organismes unicellulaires sont aussi en interactions interspécifiques avec des organismes pluricellulaires.</p> <p>Les types trophiques (photolithotrophie, chimolithotrophie, chimioorganotrophie) très divers rencontrés chez les unicellulaires sont essentiels au fonctionnement des écosystèmes en particulier pour l'assimilation et le recyclage de la matière.</p> <p>Les variations du milieu extérieur modifient le fonctionnement cellulaire en particulier l'expression génétique des opérons bactériens (ex. : opéron lactose chez <i>Escherichia coli</i>).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Exploiter des arbres phylogénétiques pour discuter : <ul style="list-style-type: none"> • du caractère ancestral de l'état unicellulaire ; • de l'existence de réversions ; • de la paraphylie des Eucaryotes unicellulaires. - Identifier la diversité des organisations unicellulaires (paroi, compartimentation, polarité, cils ou flagelles, etc.) pour positionner les microorganismes dans un arbre phylogénétique à l'aide de : <ul style="list-style-type: none"> • préparations microscopiques (colorées ou non) fraîches ou du commerce ; • clichés de microscopie optique et électronique. - Conduire l'analyse macroscopique et microscopique d'un biofilm (<i>Nostoc</i>). - Illustrer la diversité des modes trophiques : autotrophie, hétérotrophie (associée à de la phagotrophie, de l'absorbotrophie, de l'exodigestion) à l'aide des exemples vus en travaux pratiques. - Identifier un type trophique en fonction de l'origine de l'énergie, la nature des donneurs et des accepteurs d'électron. - Expliquer comment le double contrôle de l'opéron lactose constitue une réponse physiologique de la bactérie à la disponibilité des ressources du milieu.

Précisions et limites :

*Les organismes étudiés dans cette partie ou d'autres parties du programme sont le support de cette étude sur les unicellulaires : *E.coli*, *Nitrobacter sp.*, *Rhizobium sp.*, *Saccharomyces cerevisiae*, paramécies, diatomées, *Chlamydomonas sp.*, *Trypanosoma sp.*, *Plasmodium sp.**

Colorations utilisables mises en oeuvre par les étudiants : Gram, lugol, rouge neutre, vert de méthyle.

Une séance de travaux pratiques est mixte avec le thème portant sur la phylogénie.

Les exemples d'interactions unicellulaires – pluricellulaires sont restreints aux exemples développés dans d'autres parties du programme. Les études expérimentales qui portent sur l'opéron lactose ne sont pas exigibles

INTRODUCTION

Diversité de vivant représentée essentiellement par les organismes unicellulaires, procaryotes ou eucaryotes chez lesquels l'ensemble des fonctions (nutrition, relation, reproduction) est assuré au niveau d'une seule cellule.

Estimation de la biodiversité possible par les méthodes de séquençage haut débit de l'ADN : plus de 5000 espèces dans le rumen d'une vache et environ 10 000 dans 1 m² de prairie.

- ✓ Quelle est la place des unicellulaires dans l'arbre du vivant ?
- ✓ Comment les organismes unicellulaires parviennent-ils à assurer toutes leurs fonctions vitales ?
- ✓ Quelle est l'importance fonctionnelle des microorganismes dans les écosystèmes ?

INTRODUCTION

I. PLACE DES UNCELLULAIRES DANS L'ARBRE DU VIVANT

II. QUELQUES ORGANISMES AUTOTROPHES AU CARBONE

II.1 LES CYANOBACTÉRIES, PROCARYOTES PHOTOSYNTHÉTIQUES.

II.2 LES DIATOMÉES, ALGUES UNICELLULAIRES PHOTOSYNTHÉTIQUES

III. LES ORGANISMES HÉTÉROTROPHES AU CARBONE

III.1 LES ORGANISMES À MODE DE VIE LIBRE

III.1.1 *Saccharomyces cerevisiae*, un organisme absorbotrophe

III.1.2 La paramécie, un organisme microphage

III.2 LA VIE SYMBIOTIQUE

III.2.1. Les rhizobium, bactéries symbiotes des Fabacées

A. *La fixation symbiotique de l'azote*

B. *La formation des nodosités résulte d'un dialogue moléculaire*

III.2.2. Les lichens, organismes symbiotiques

A. *Quelles sont les modalités des échanges ?*

B. *Une relation vraiment à bénéfices réciproques ?*

C. *Des organismes pionniers mais à croissance lente*

III.2.3. Une association mutualiste : *E. coli* et l'intestin humain

III.3 TRYPANOSOME ET PLASMODIUM, DEUX PARASITES DU SANG HUMAIN

III.3.1. Un endoparasite extracellulaire : le trypanosome (excavobionte)

III.3.2. Le plasmodium, agent du paludisme

IV. LES RELATIONS DES UNICELLULAIRES AVEC LEUR MILIEU

IV.1 LES RELATIONS DES UNICELLULAIRES AVEC LES PLURICELLULAIRES

IV.2 LES RELATIONS DES UNICELLULAIRES ENTRE EUX : LES BIOFILMS

IV.3 VARIATIONS DES CONDITIONS DU MILIEU ET PLASTICITÉ PHÉNOTYPIQUE

IV.4 LES UNICELLULAIRES ET LE FONCTIONNEMENT DES ÉCOSYSTÈMES

IV. LA RÉALISATION DES FONCTIONS CHEZ LES UNICELLULAIRES

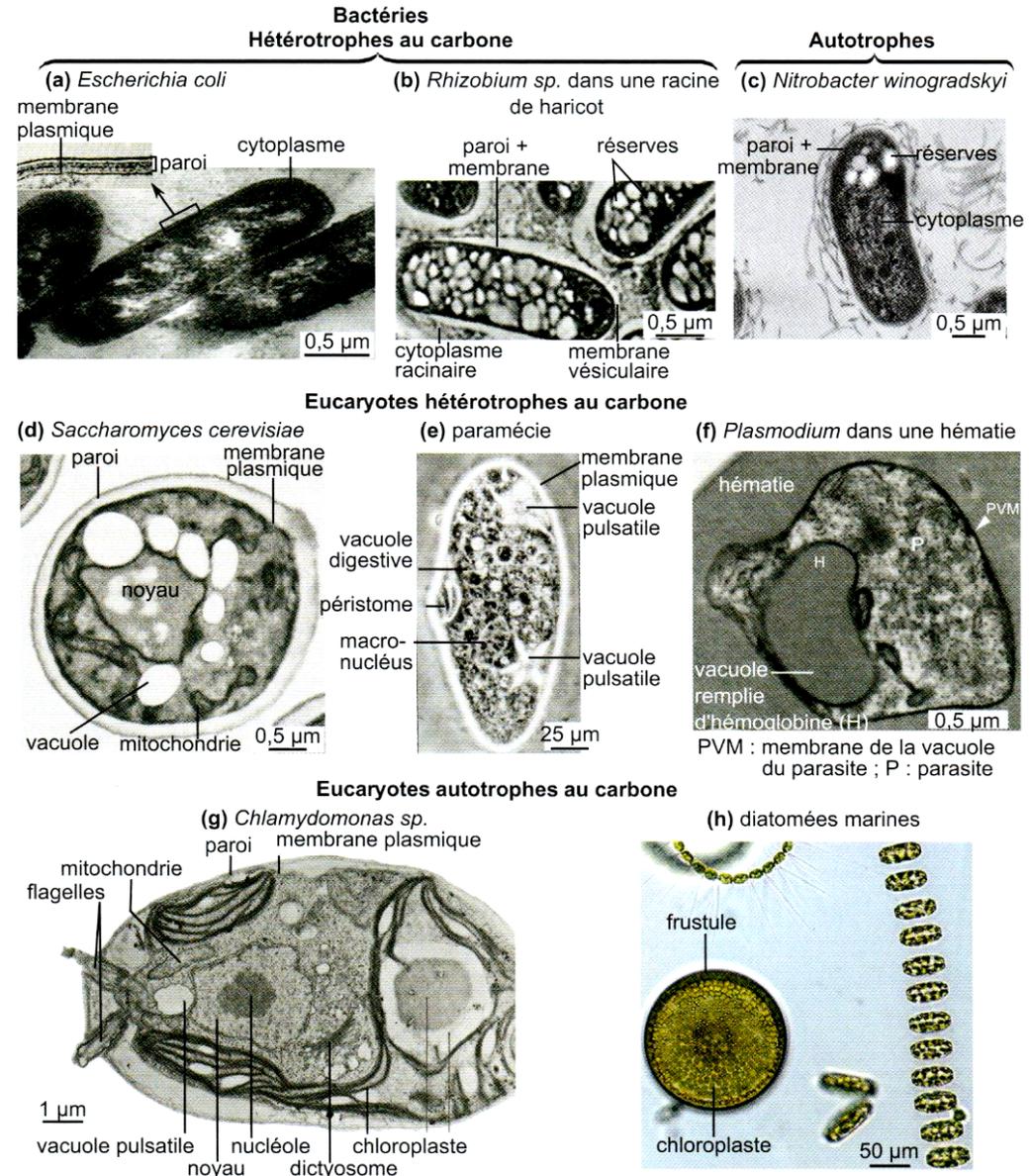
CONCLUSION

I. PLACE DES UNICELLULAIRES DANS L'ARBRE DU VIVANT

Procaryotes : Diversité des types trophiques

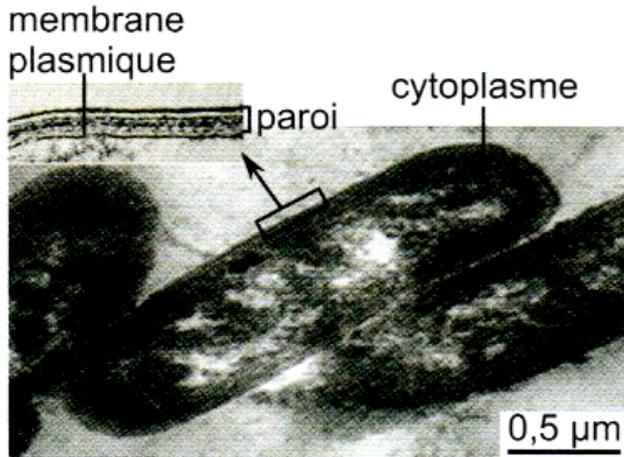
Eucaryotes hétérotrophes non parasites et parasites

Eucaryotes chlorophylliens



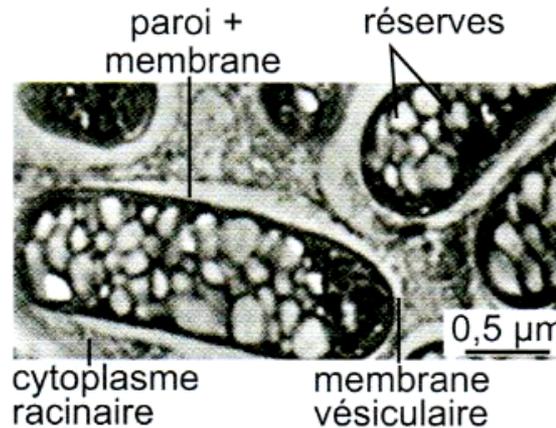
Bactéries
Hétérotrophes au carbone

(a) *Escherichia coli*



Symbionte du microbiote intestinal

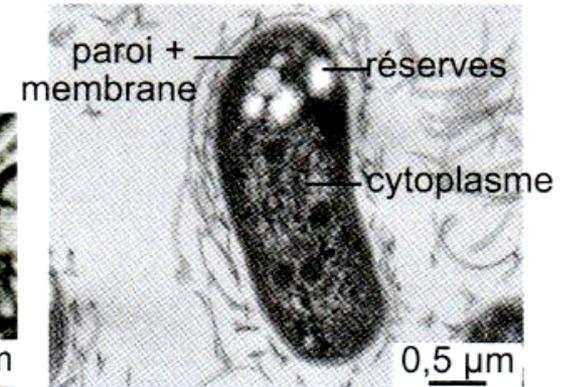
(b) *Rhizobium* sp. dans une racine de haricot



Bactérie symbionte diazotrophe

Autotrophes

(c) *Nitrobacter winogradskyi*



Bactérie nitratante du sol

Critère de distinction :

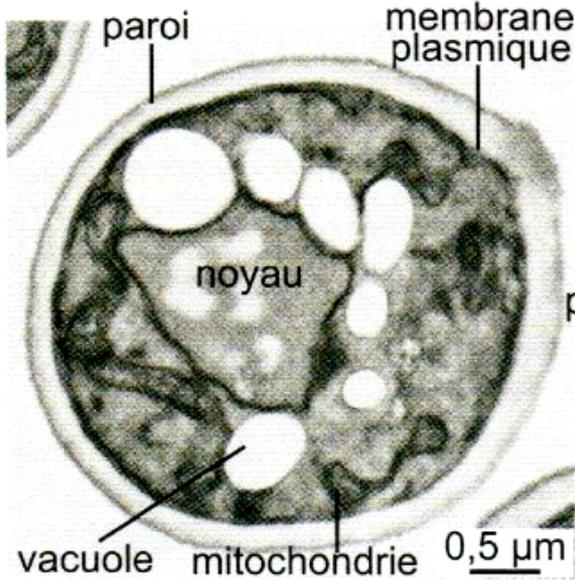
Nature du milieu de croissance,

Test de coloration Gram + et Gram-,

Test biochimique (galerie API): détection d'une activité enzymatique

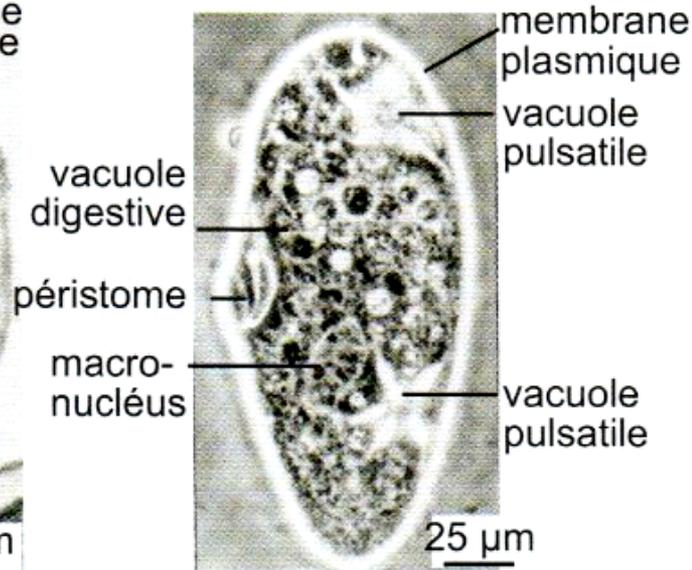
Eucaryotes hétérotrophes au carbone

(d) *Saccharomyces cerevisiae*



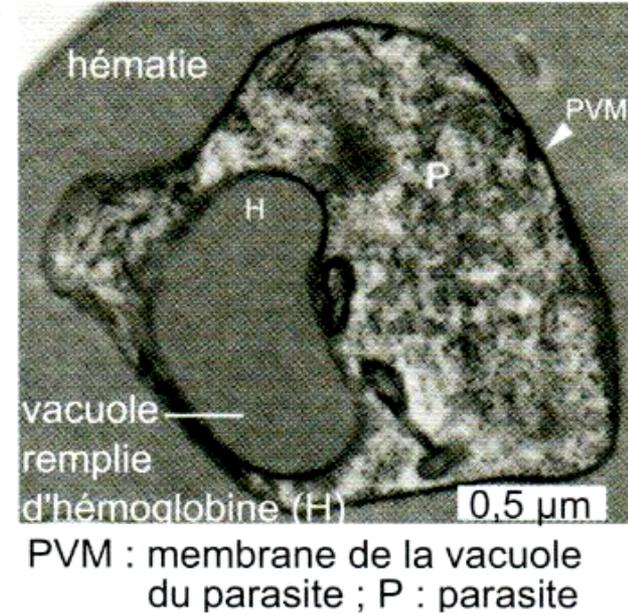
Eumycètes

(e) paramécie



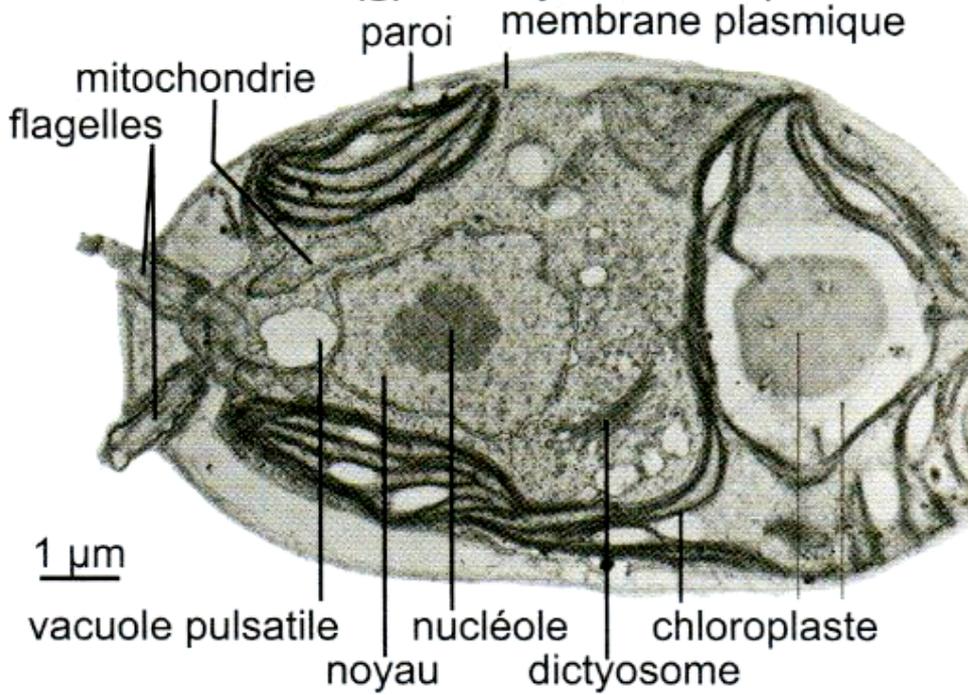
Alvéolobiontes

(f) *Plasmodium* dans une hématie



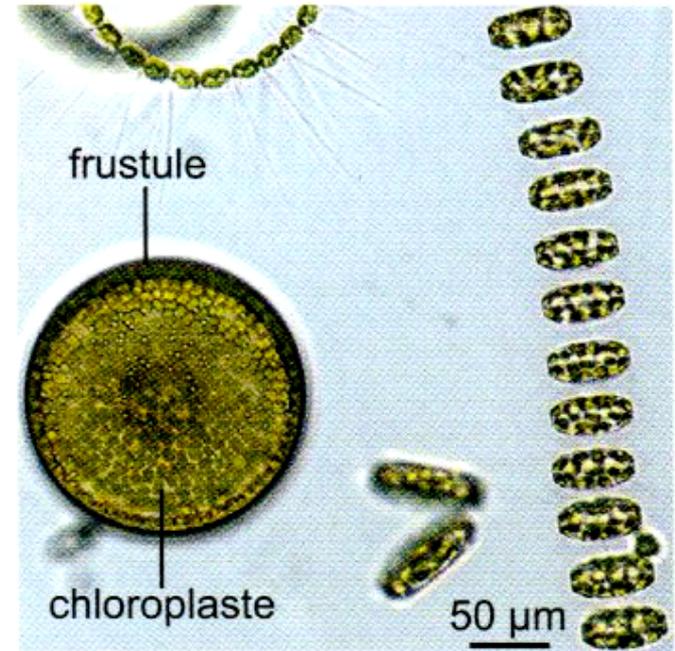
Eucaryotes autotrophes au carbone

(g) *Chlamydomonas* sp.



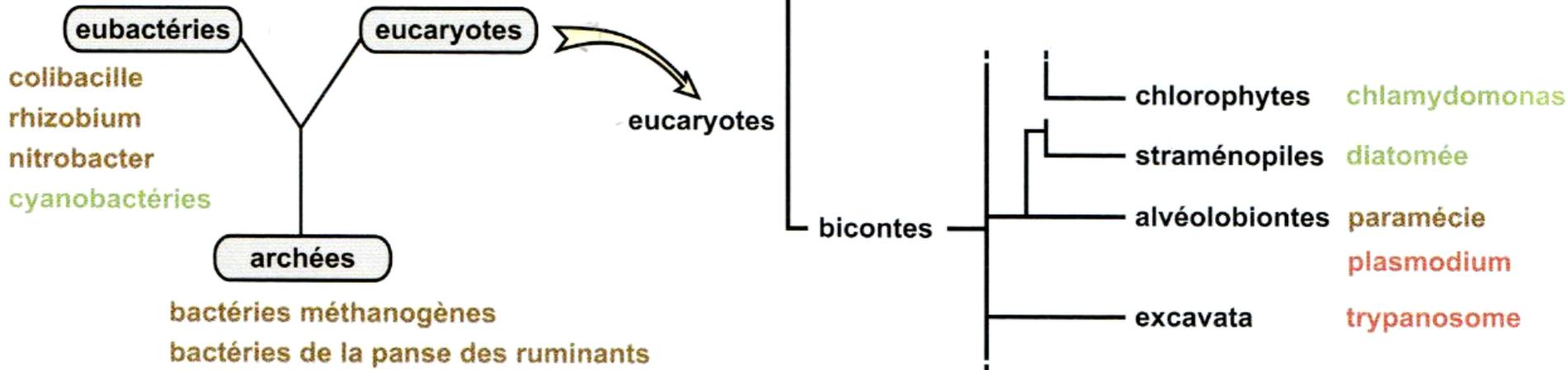
Chlorophyte

(h) diatomées marines



Straménopile

Éléments de phylogénie moléculaires des organismes unicellulaires (séquence des ARNr)



Organismes photosynthétiques

Parasites

Hétérotrophes à vie libre ou symbiotique

II. QUELQUES ORGANISMES AUTOTROPHES AU CARBONE

II.1 LES CYANOBACTÉRIES, PROCARYOTES PHOTOSYNTHÉTIQUES.

II.2 LES DIATOMÉES, ALGUES UNICELLULAIRES PHOTOSYNTHÉTIQUES



Que sont les cyanobactéries?

Microorganisme procaryote pratiquant la **photosynthèse oxygénique**
Eubactéries

Coloration bleu-verte due à un pigment, la **phycocyanine**

Plus anciens organismes photosynthétiques connus (Traces à 3,5 Ga)

100 à 800 microgrammes / litre d'eau

Aquatiques
Planctoniques
Eau douce ou saumâtre

Composant important
du phytoplancton

Morphologie : simple, avec 2 types principaux:

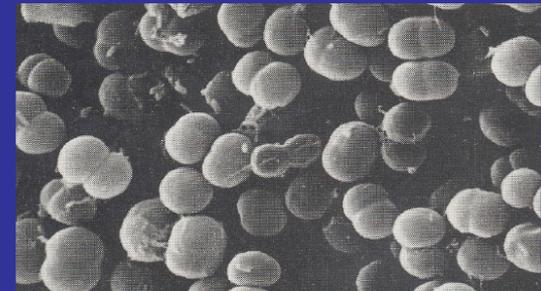
coccoïdes : petites cellules, ± sphériques, solitaires ou en colonies

filamenteuses : simples filaments avec la plupart des cellules similaires

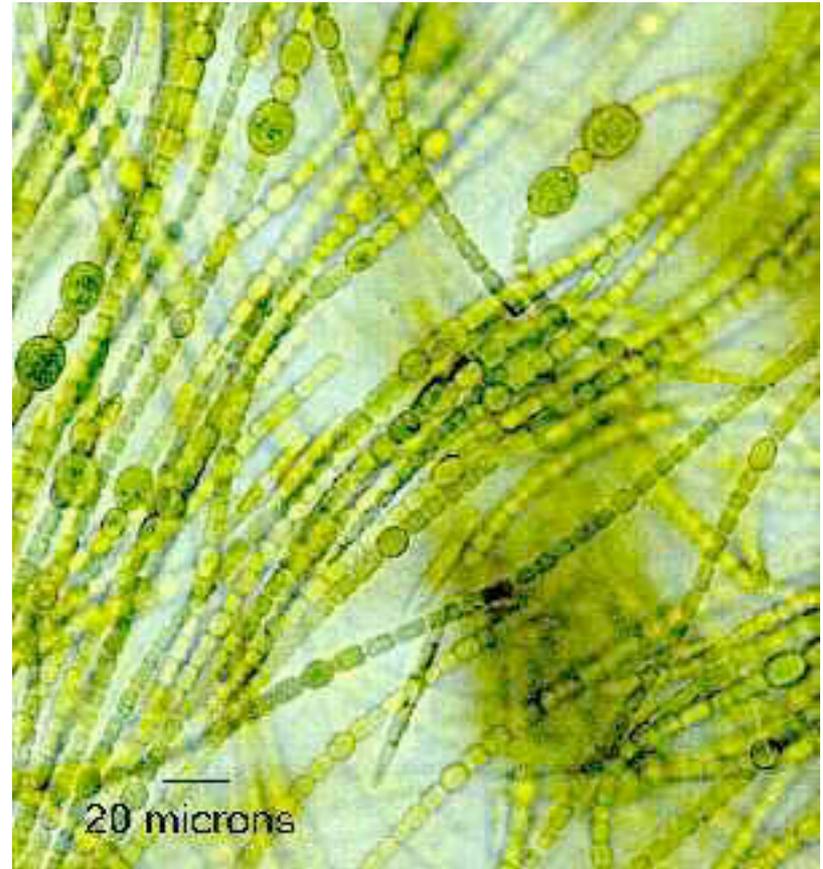


Copyright © 2001 Dennis Kunkel Microscopy, Inc. / Dennis Kunkel

type filamenteuse : *Anabaena*

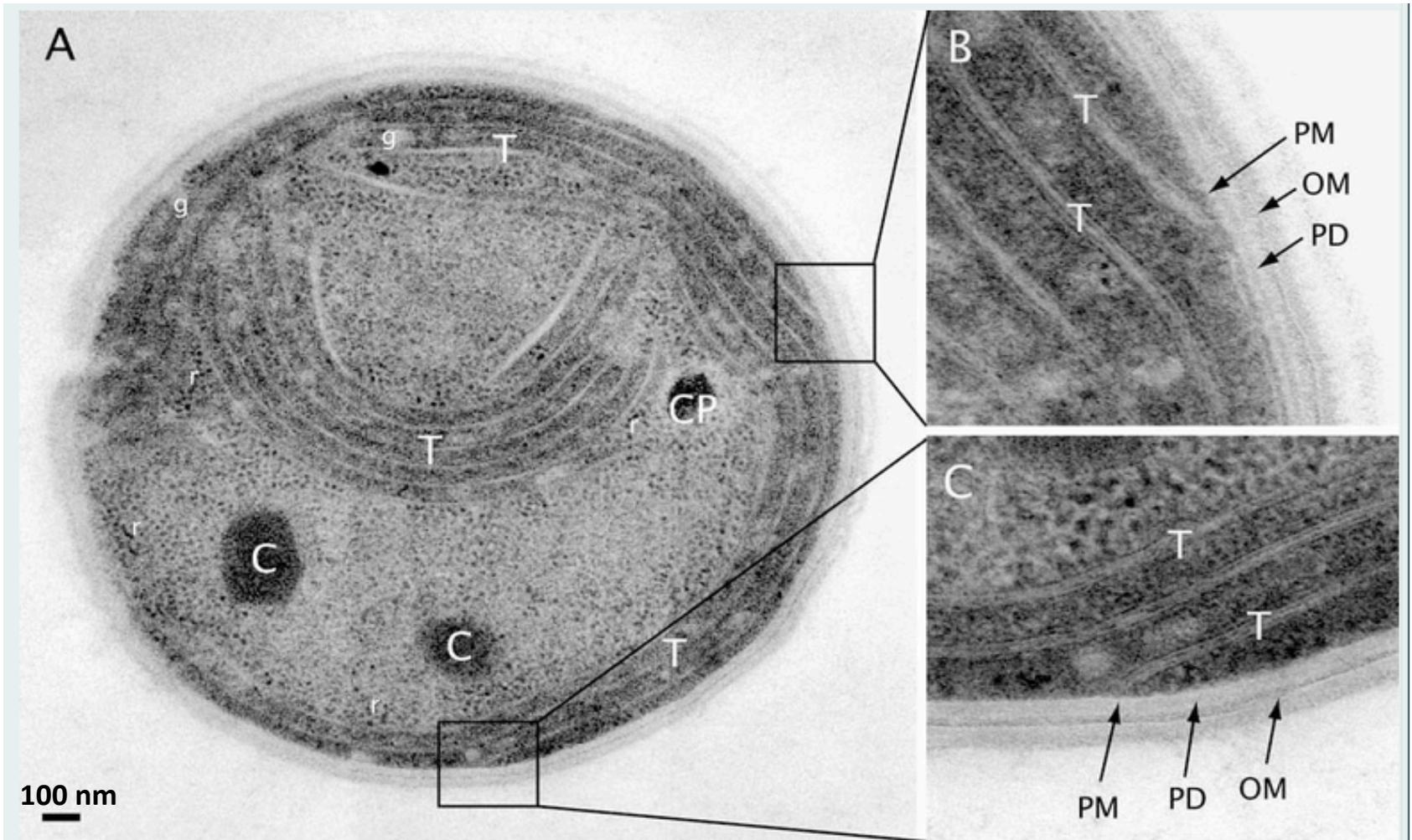


type coccoïde : *Microcystis*



Les *Nostoc* ou crachat du diable peuvent résister à des périodes de sécheresse en vie ralentie.

Deux *Spirulina* en tire-bouchon et une *Oscillaria*.



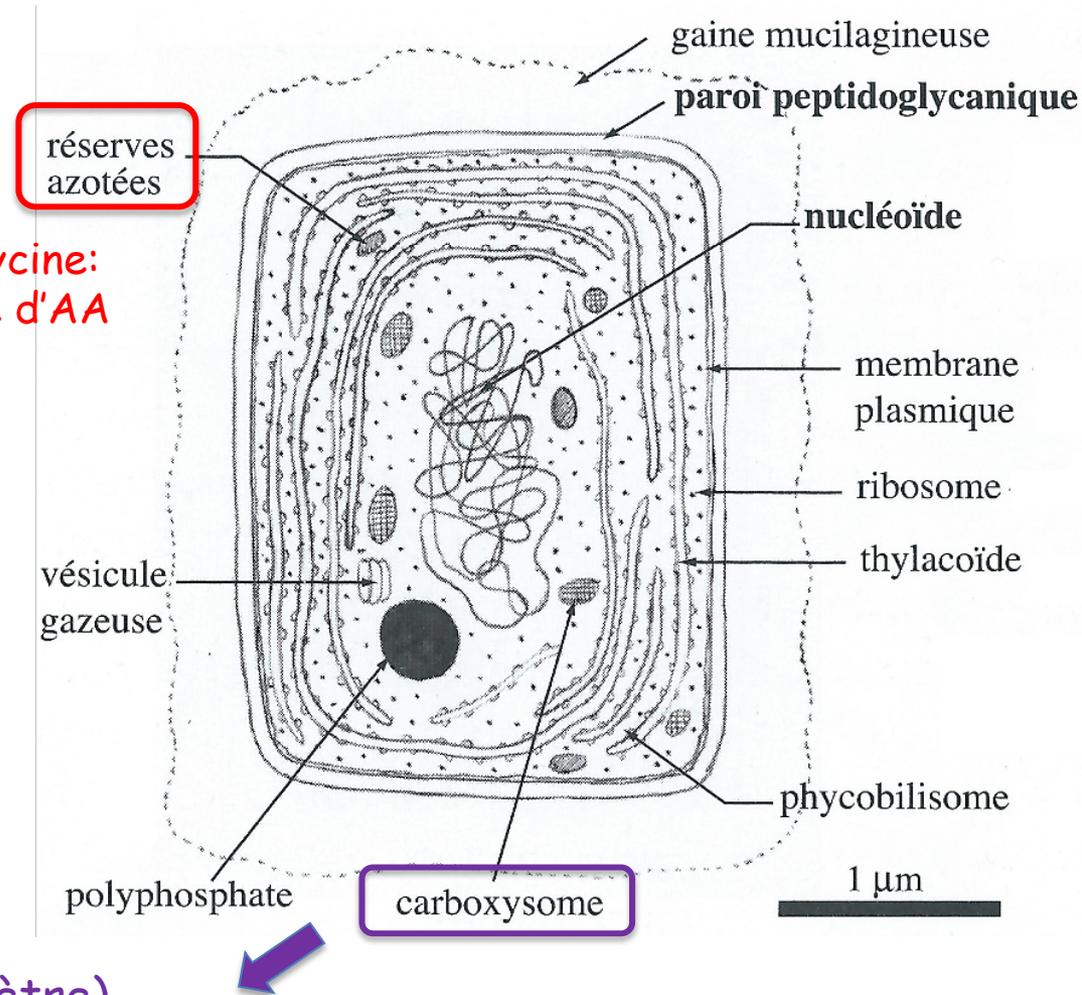
A - Coupe transversale de la Cyanobactérie *Synechocystis*. B et C détails des Thylakoïdes et de la membrane. **T** membranes des Thylakoïdes; **C** carboxysome; **CP** granule de cyanophycine (réserve d'azote sous forme de polymères d'acides aminés); **g** granule de glycogène (réserves de glucose); **r** ribosomes; **PM** membrane plasmique; **OM** membrane externe; **PD** couche de peptidoglycane . Echelle : 100 nm. (Liberton et al. , 2006)

Unicell 2c Organisation d'une cyanobactérie, unicellulaire procaryote

(in Meyer & al, Maloine, 2002)

Toute la cellule se comporte comme un chloroplaste

Cyanophycine: polymère d'AA



Présent chez toutes les cyanoB

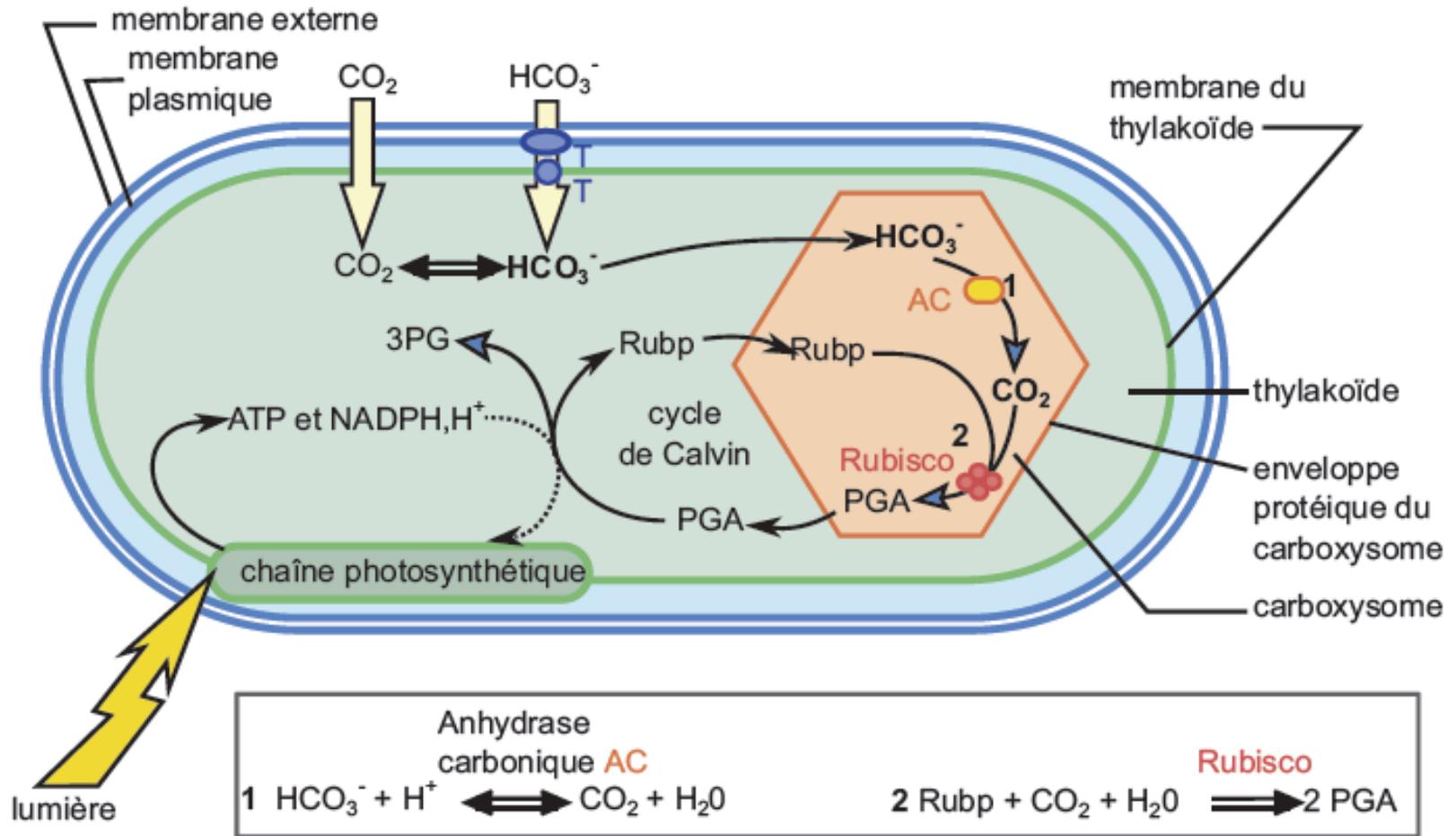
Coque protéique (80-140 nm de diamètre)

Enzymes permettant de concentrer le CO₂ → activité carboxylase de la RUBISCO

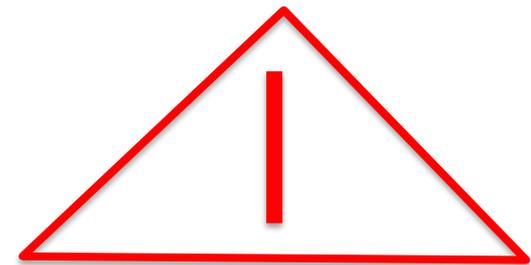
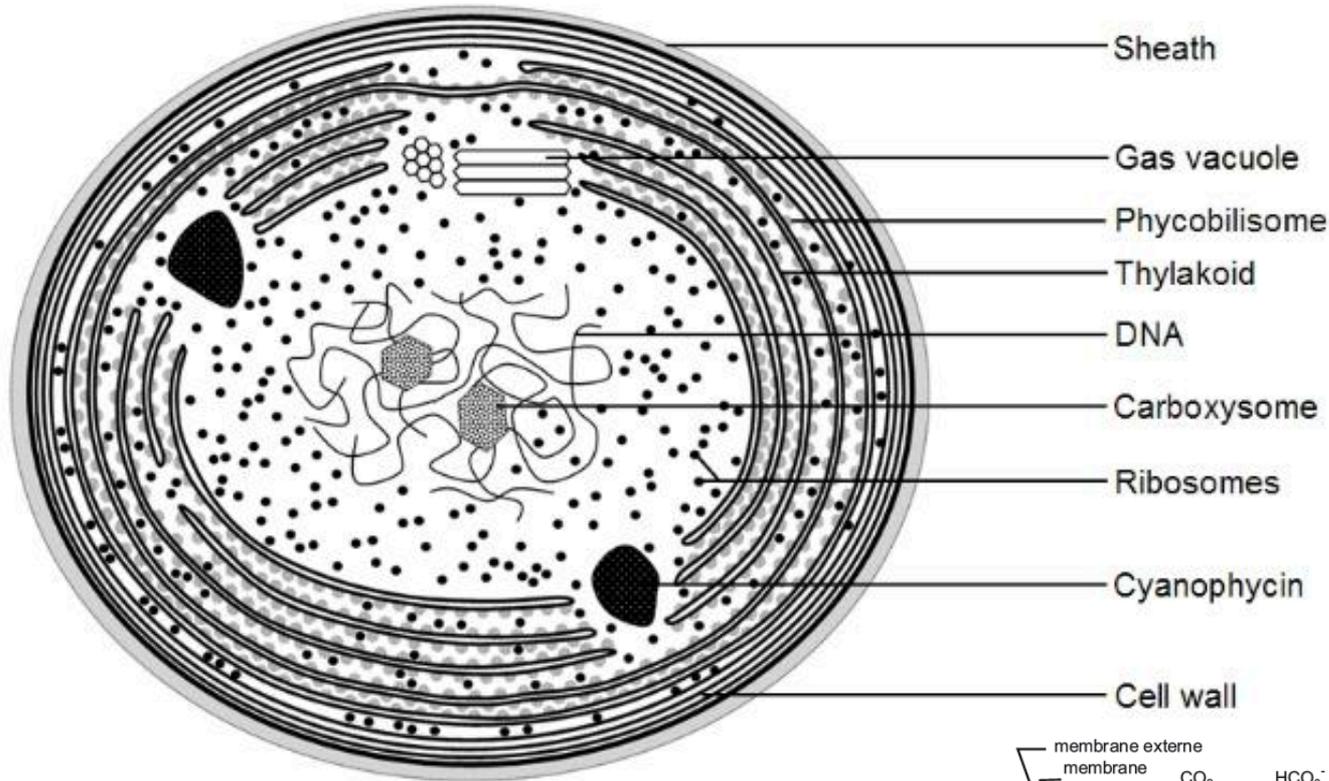
Rôle fondamental du phytoplancton (40 à 50% de la productivité I^{aire} mondiale)

Unicell 2c: Modèle de fonctionnement du carboxysome ((in Tout-En-Un, Dunod, 2014, modifié)

T : transporteurs d'ions HCO_3^- ; *AC* : anhydrase carbonique ; *PGA* : phosphoglycérate ; *3PG* : phosphoglyceraldéhyde ; *Rubp* : ribulose 1-5 biphosphate

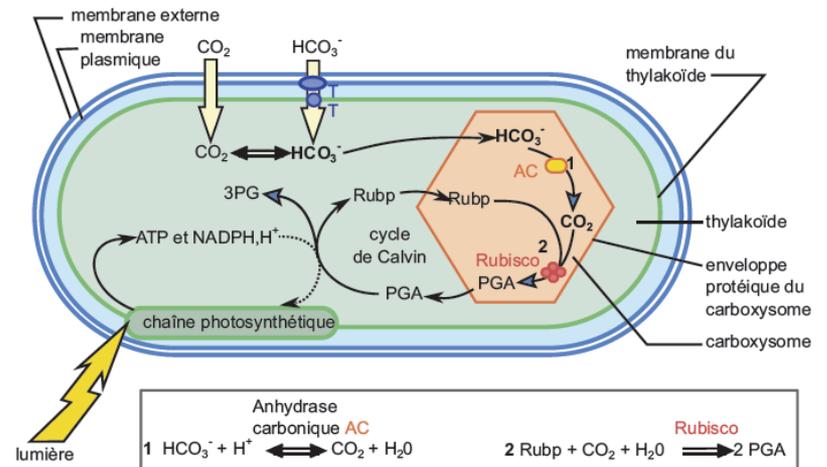


Cross-section through a cyanobacterial cell



Carboxysome dans le cytosol et non dans le thylakoïde

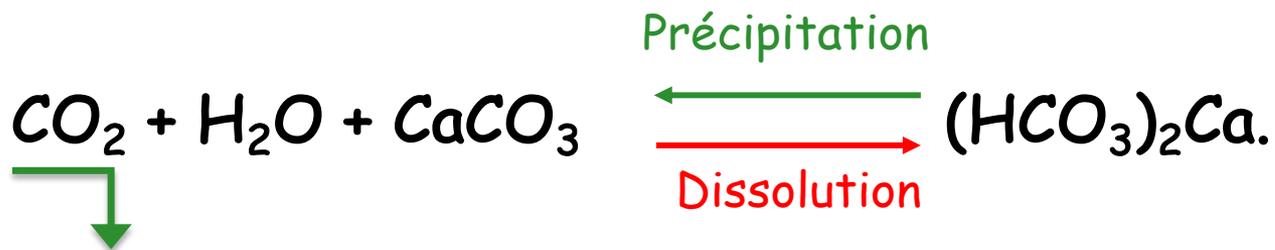
500 nm
0.5 μm

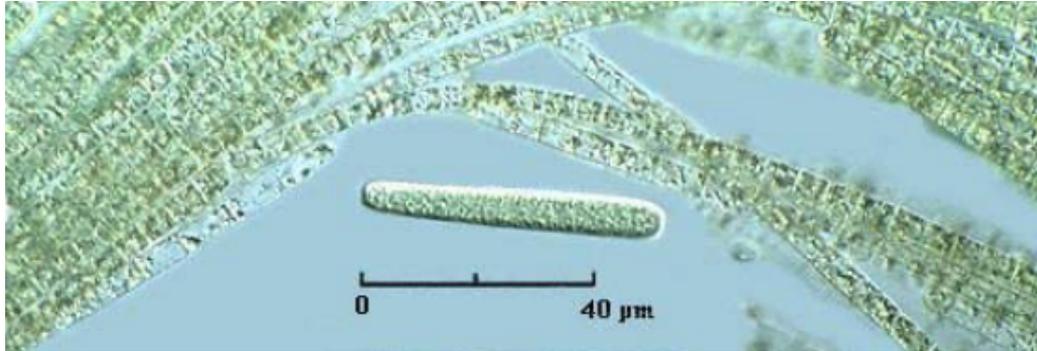




**Unicell 2d: Un stromatolithe
(cliché du mnhn, Paris)**

Les perforations à la base du stromatolithe sont des loges de larves d'insectes (phryganes), ce qui montre que le lac était très peu profond à cet endroit. L'échantillon mesure une vingtaine de centimètres.

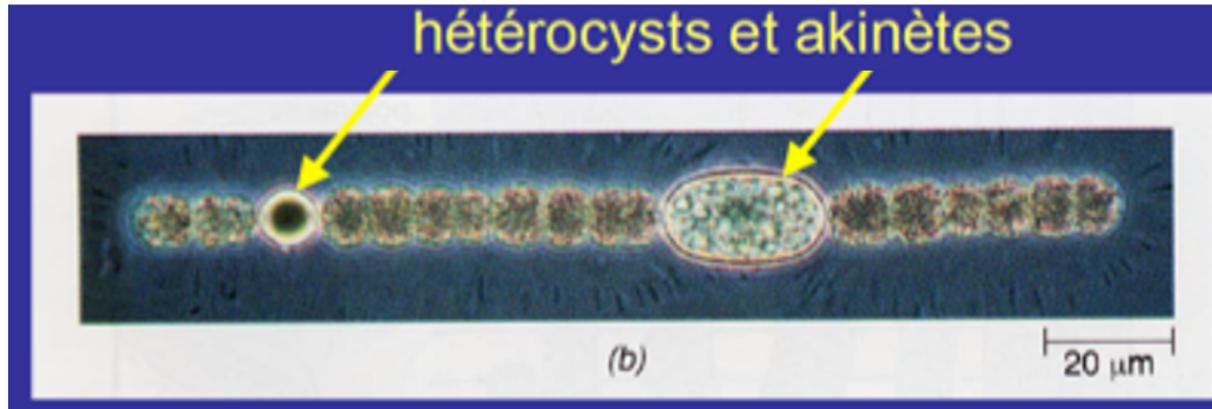




Les vacuoles gazeuse apparaissent comme des corps brillants et irrégulier dans les cellules

Les vacuoles gazeuses permettent d'ajuster la position dans la colonne d'eau:

- ✓ Migration vers le bas → accès aux nutriments (N,P) des eaux profondes
- ✓ Maintien dans la couche d'eau ou photoΣ optimale (lacs stratifiés notamment)



Hétérocystes : cellules de fixation du N₂ (enzyme nitrogénase)

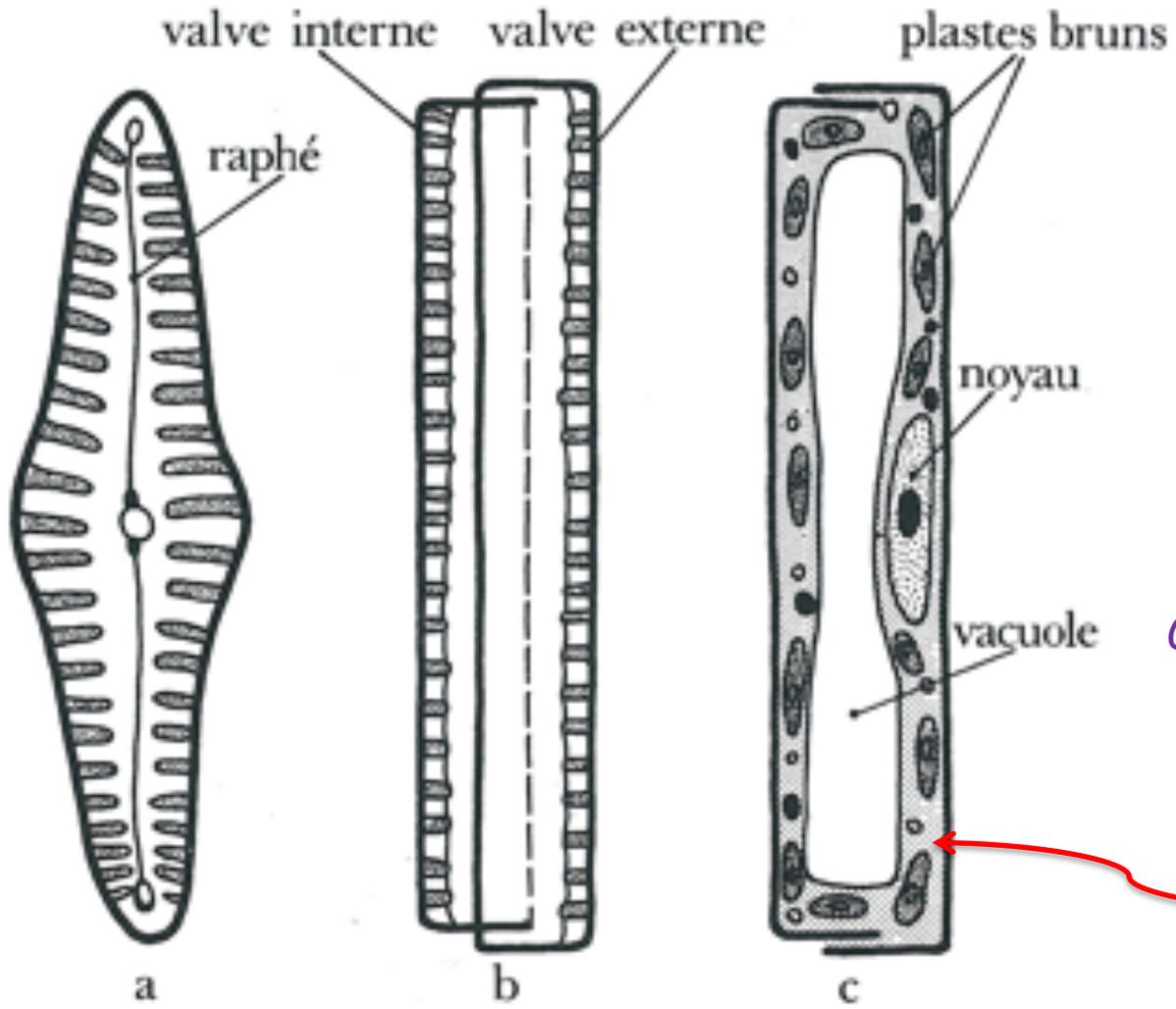
Akinètes : spore au repos (survie en période hivernale)

Les diatomées: algues brunes (hétérochontes), phytoplancton des mers froides



Unicell 3a : Les diatomées, unicellulaire eucaryote straménopile (in Roland, Masson 1981)

a : valve du frustule ; b : profil montrant l'emboîtement des valves ; c : organisation interne



Présence d'un
pyrénoïde /
chloroplaste

Grande vacuole centrale

Forme de réserve =
goutelettes
lipidiques dans le
cytosol

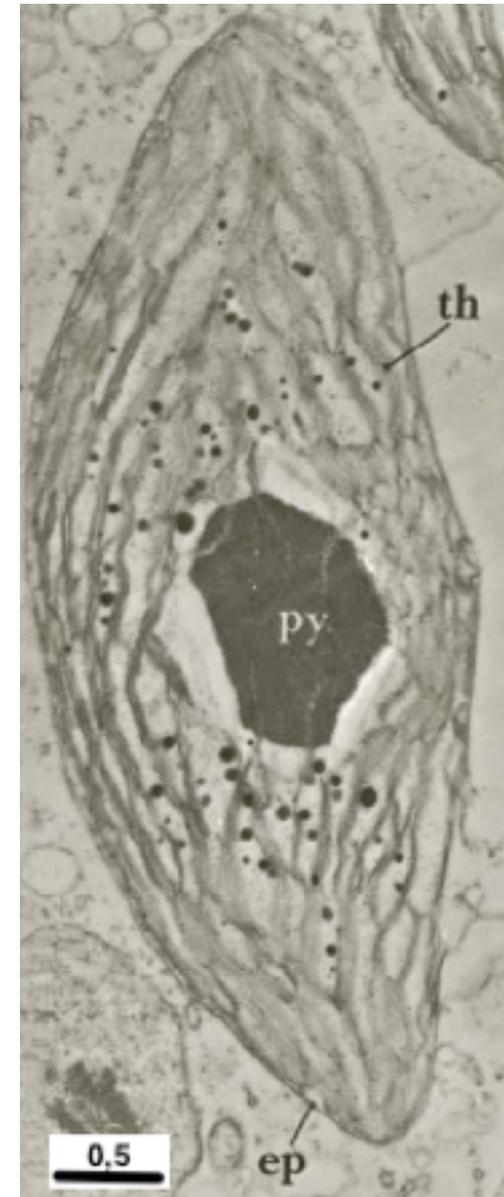
Unicell 3b : Un pyrénnoïde observé au MET

Le pyrénnoïde,
présent dans les plastes de nombreuses algues,
structure protéique dense aux e^-
En contact avec quelques expansions de thylacoïdes
Constitué à plus de 90 % de Rubisco
Contient une anhydrase carbonique comme le lumen.
Req 1: chez les algues vertes, il est entouré d'une gaine
d'amidon # algues brunes ne produisant pas d'amidon.
Req 2: le substrat de la Rubisco est le CO_2

Architecture variable du pyrénnoïde :

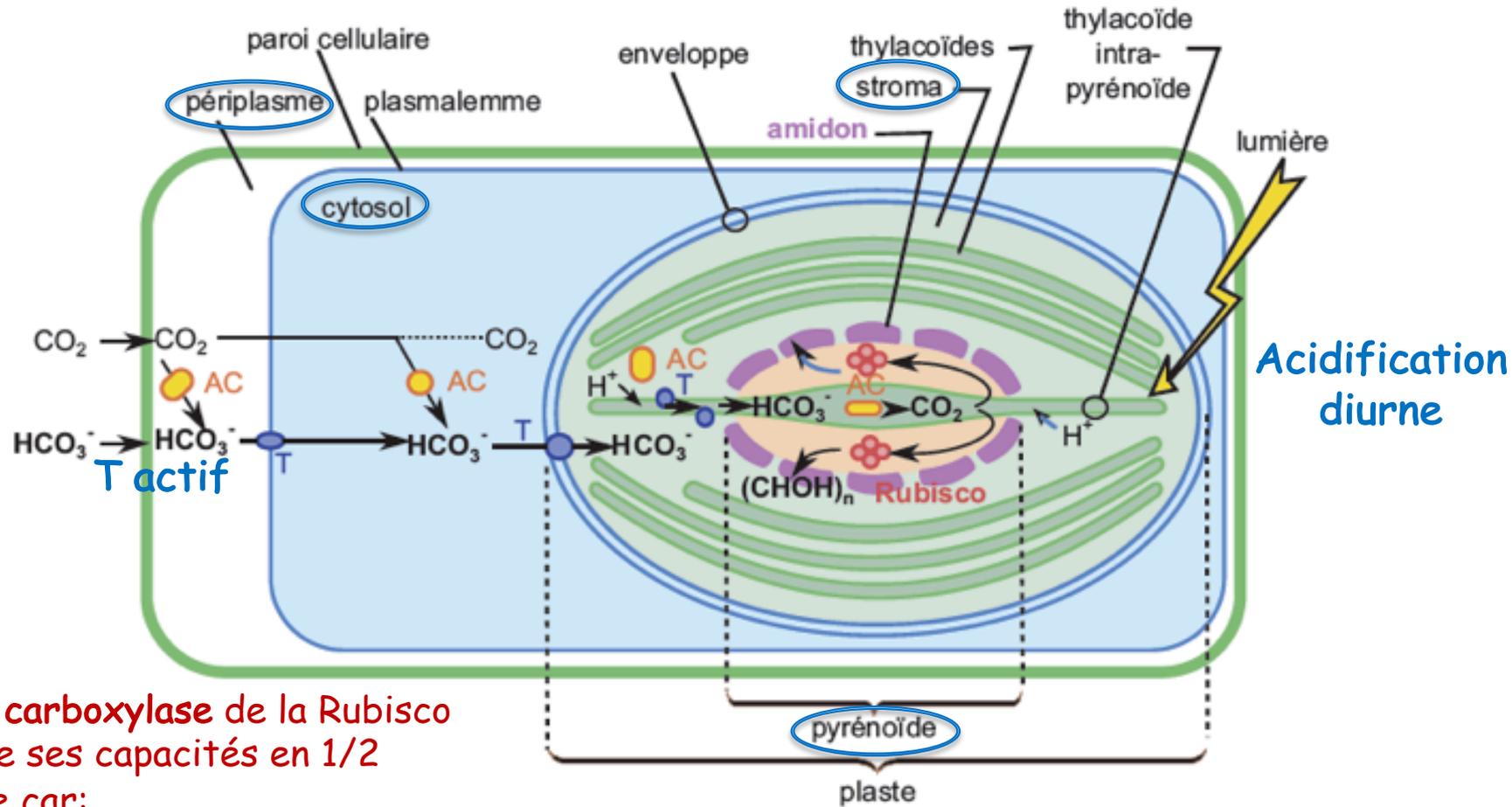
- Pour $[CO_2 \text{ dissous}]$ élevée, en partie désorganisé et Rubisco dispersée dans le stroma tout comme les grains d'amidon.
- Pour $[CO_2 \text{ dissous}]$ faible, mieux individualisé, concentre l'essentiel de la Rubisco et est engainé de grains d'amidon (algues vertes).

Pbtique : Rôle dans l'activité photosynthétique ?



Unicell 3c : Modèle de fonctionnement du pyrénioïde (in Tout-En-Un, Dunod, 2014)

T : transporteurs d'ions HCO_3^- ; AC : anhydrase carbonique ; PGA : phosphoglycérate ; 3PG : phosphoglyceraldéhyde ; Rubp : ribulose 1-5 biphosphate



Fonction carboxylase de la Rubisco
 = 25 % de ses capacités en 1/2
 aquatique car:

Faible $[\text{CO}_2]$, faible affinité vis-à-vis de celui-ci et compétition CO_2/O_2 .

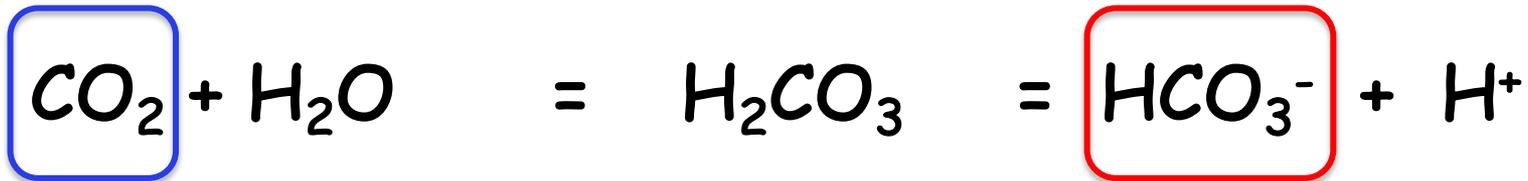
Diffus° CO_2 moins rapide dans l'eau / air → approvisionnement des cellules en CO_2 limité.

La question de l'acidification diurne

En milieu basique



Forme majoritaire

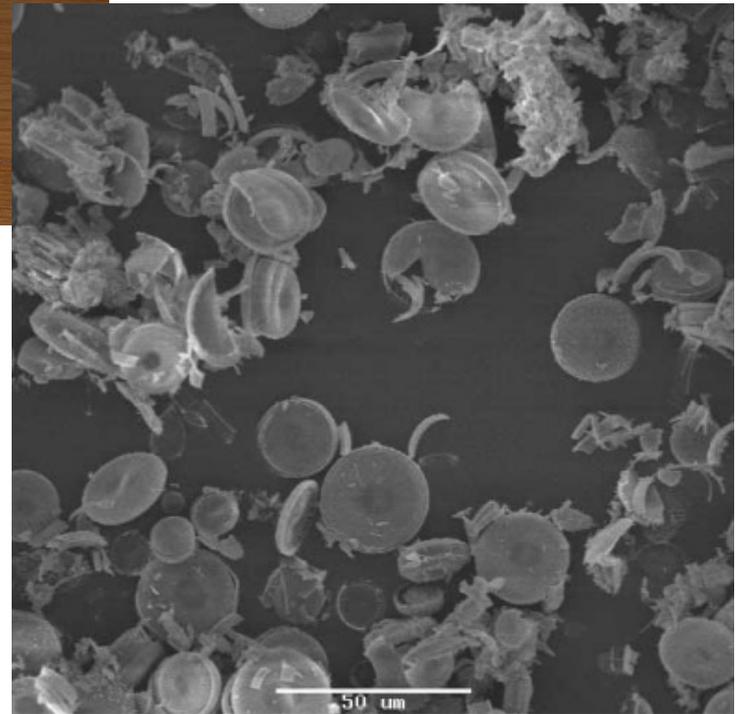
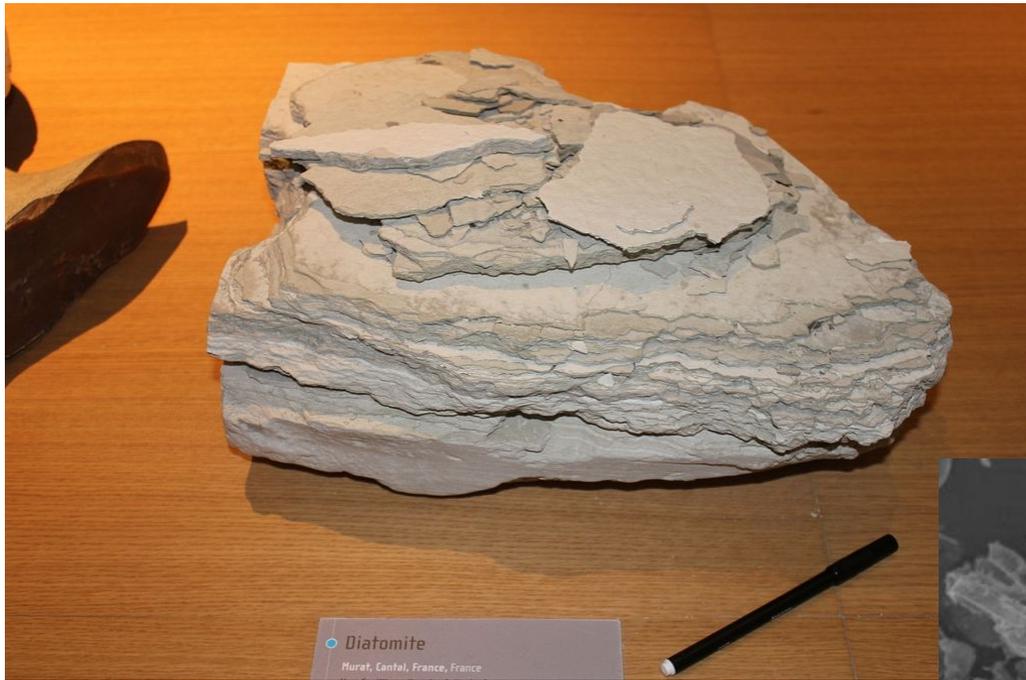


En milieu acide

(journée car photosynthèse = expulsion de H^+)

Forme majoritaire

Substrat de la Rubisco



Accumulation des frustules
→ boues siliceuses
au fond des océans

Bilan :

Autotrophie au carbone réalisée chez êtres vivants appartenant à des taxons très différents : des procaryotes (cyanobactéries) et des eucaryotes (algues vertes).

Dans les deux cas, des structures permettent d'optimiser le fonctionnement de la Rubisco en mode carboxylase : carboxysomes des cyanobactéries, pyrénoides chez de nombreuses algues eucaryotes.

La nature chimique des réserves diffère selon les taxons :

- ✓ Algues vertes : amidon (comme les embryophytes)
- ✓ Euglénophytes : paramylon (polymère de glucoses en $\beta 1 \rightarrow 3$)
- ✓ Phéophycophytes : lipides chez diatomées

III. LES ORGANISMES HÉTÉROTROPHES AU CARBONE

III.1 LES ORGANISMES À MODE DE VIE LIBRE

III.1.1 *Saccharomyces cerevisiae*, un organisme absorbotrophe

III.1.2 La paramécie, un organisme microphage

III.2 LA VIE SYMBIOTIQUE

III.2.1. Les rhizobium, bactéries symbiotes des Fabacées

A. La fixation symbiotique de l'azote

B. La formation des nodosités résulte d'un dialogue moléculaire

III.2.2. Les lichens, organismes symbiotiques

A. Quelles sont les modalités des échanges ?

B. Une relation vraiment à bénéfices réciproques ?

C. Des organismes pionniers mais à croissance lente

III.2.3. Une association mutualiste : *E. coli* et l'intestin humain

III.3 TRYPANOSOME ET PLASMODIUM, DEUX PARASITES DU SANG HUMAIN

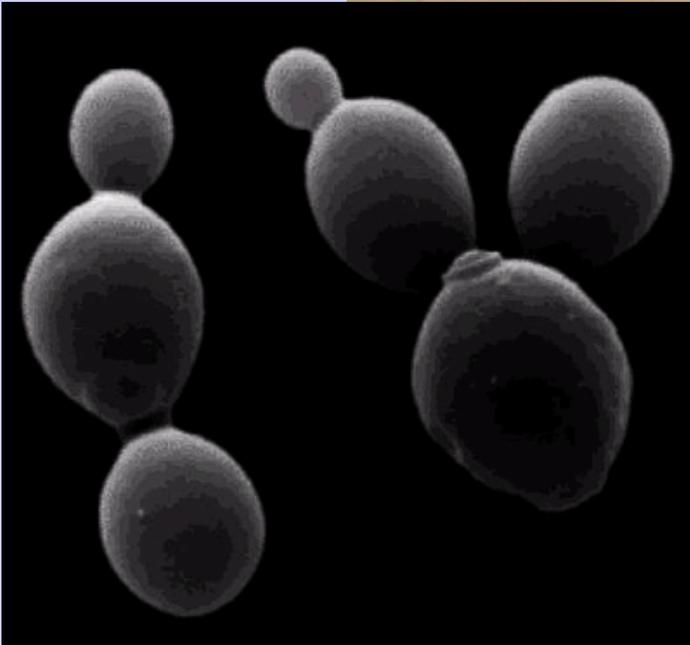
III.3.1. Un endoparasite extracellulaire : le trypanosome (excavobionte)

III.3.2. Le plasmodium, agent du paludisme

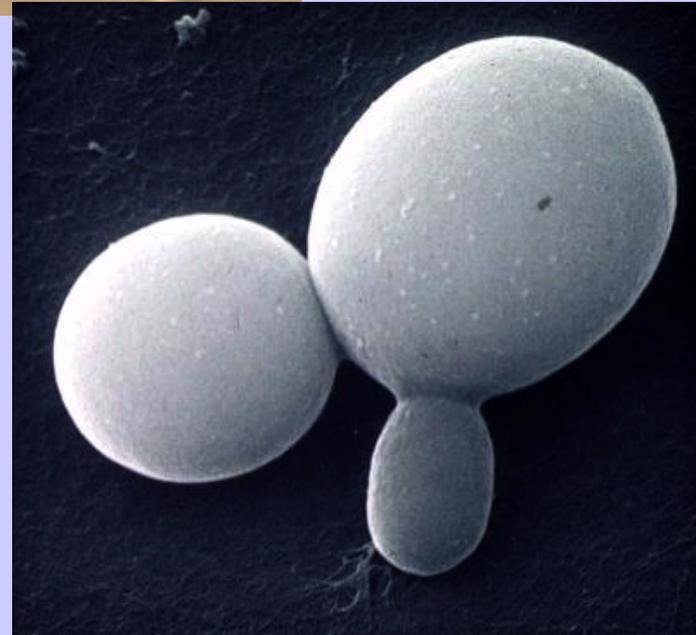
Hétérotrophe au C
Fruits en
décomposition =
1/2 riche en
glucides
Culture sur 1/2
solide ou en
solution aqueuse



Levures



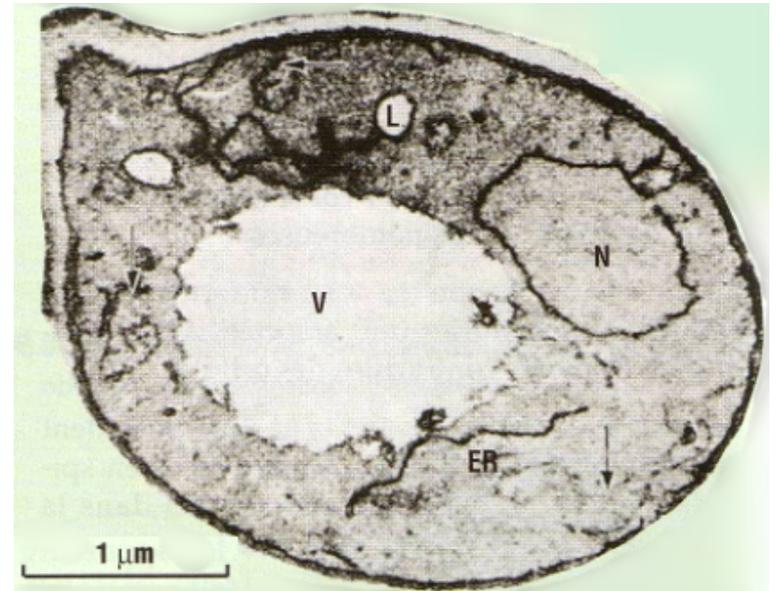
Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*)



Candida albicans

Unicell 4 : La levure *Saccharomyces cerevisiae*

Electronographies d'une levure de bière cultivée en conditions aérobies (à G) et anaérobie (à D).



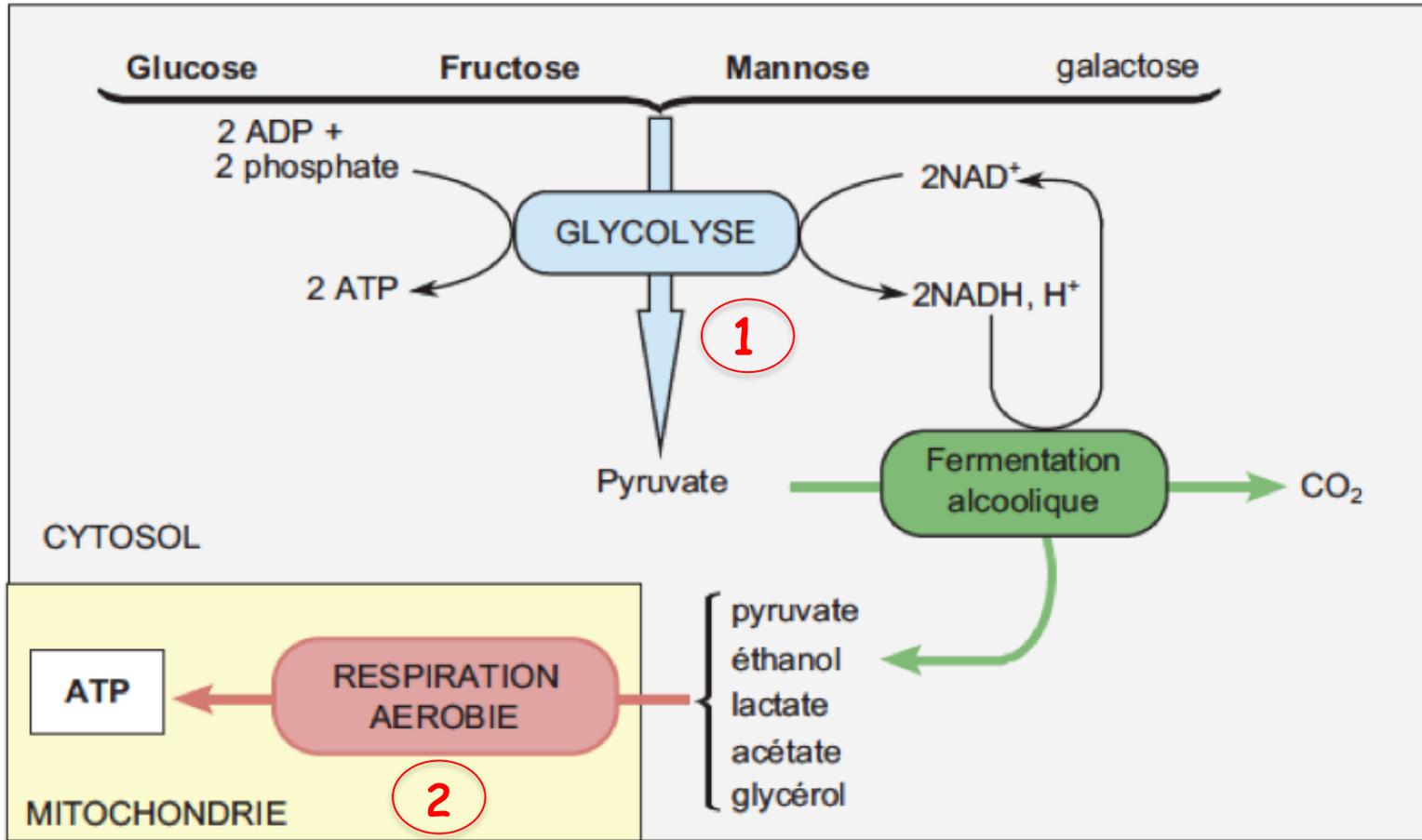
Substrats les plus utilisés : glucose, fructose et mannose

Oses absorbés à travers la paroi la membrane plasmique =
(absorbotrophie) :

L'absorption membranaire repose sur des symports hexose/H⁺.

Amidon ni absorbé par les cellules ni hydrolysé dans le milieu.

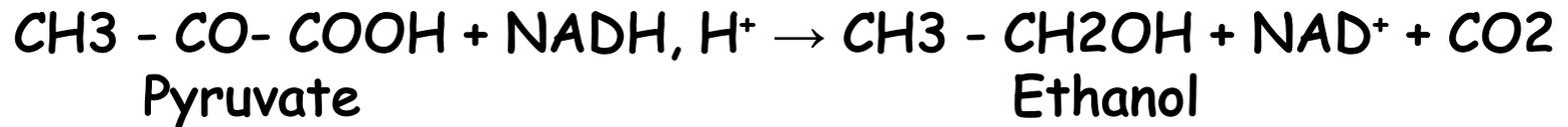
Diauxie = croissance de population en deux phases : les cellules épuisent une source de carbone avant d'en utiliser une deuxième.



- 1: Utilisation d'un substrat fermentescible : Période de prolifération par bourgeonnement
- 2. Epuisement du substrat et oxydation mitochondriale. Prolifération moins rapide (faible teneur en O₂ et lenteur de sa diffusion)

1: Utilisation d'un substrat fermentescible : prolifération par bourgeonnement

Fermentation alcoolique cytosolique



2. Epuisement du substrat et oxydation mitochondriale. Prolifération moins rapide (faible teneur en O_2 et lenteur de sa diffusion)



De 250 à 500 μm , nombreuses vacuoles digestives et pulsatiles



Eucaryote unicellulaire dulçaquicole

Prédateur des bactéries et des levures → proies ingérées puis séquestrées et confinées dans une vacuole de phagocytose ou phagosome.

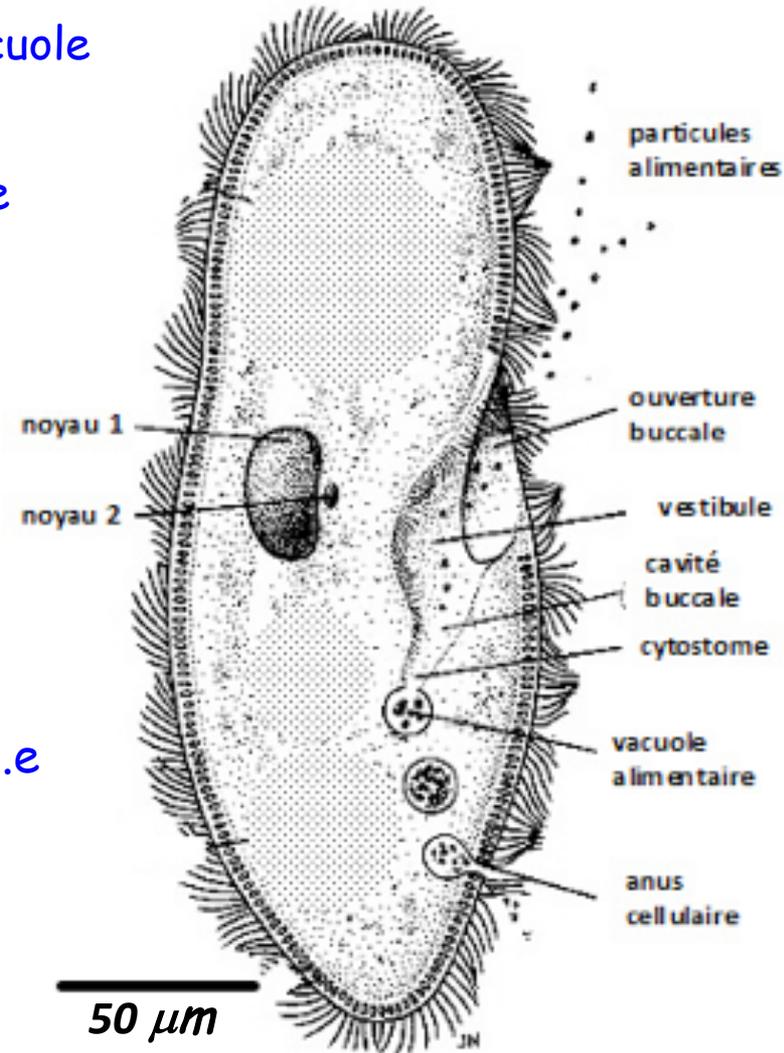
Fusion avec un lysosome = **phagolysosome**, vacuole digestive remplie d'enzymes lysosomiales → digest° des proies → petites molécules qui gagnent le cytosol (diffusion simple, diffusion facilitée, transport actif, pinocytose).

Σ petites molécules (oses, acides gras, acides aminés, nucléotides) → élaborat° de ses constituants → **paramécie hétérotrophe au carbone.**

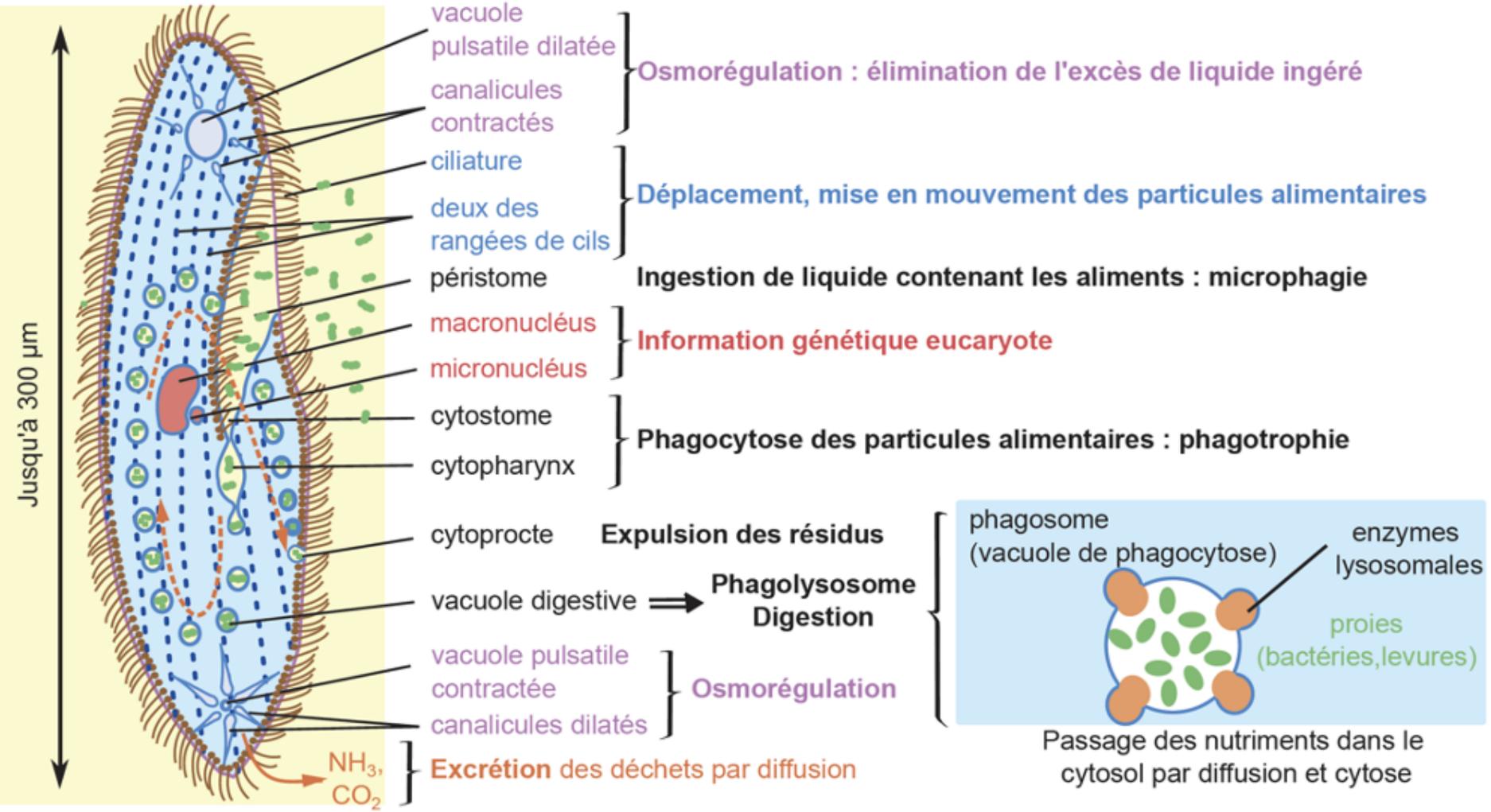
Phagotrophie, réalisée dans les phagolysosomes, i.e hors du cytosol.

Microphagie : ingest° en masse des particules alimentaires qu'elle ne sait prélever séparément. Excès d'eau ingérée rejeté par les vacuoles pulsatiles.

La paramécie, protiste alvéolobionte (in www.zoology-uclouvain)



Unicell 5 : La paramécie, un exemple de cellule plurifonctionnelle (In P.Peycru & al, Tout-En-Un, 4^e ed, Dunod 2018)



III. LES ORGANISMES HÉTÉROTROPHES AU CARBONE

III.1 LES ORGANISMES À MODE DE VIE LIBRE

III.1.1 *Saccharomyces cerevisiae*, un organisme absorbotrophe

III.1.2 La paramécie, un organisme microphage

III.2 LA VIE SYMBIOTIQUE

III.2.1. Les rhizobium, bactéries symbiotes des Fabacées

A. La fixation symbiotique de l'azote

B. La formation des nodosités résulte d'un dialogue moléculaire

III.2.2. Les lichens, organismes symbiotiques

A. Quelles sont les modalités des échanges ?

B. Une relation vraiment à bénéfices réciproques ?

C. Des organismes pionniers mais à croissance lente

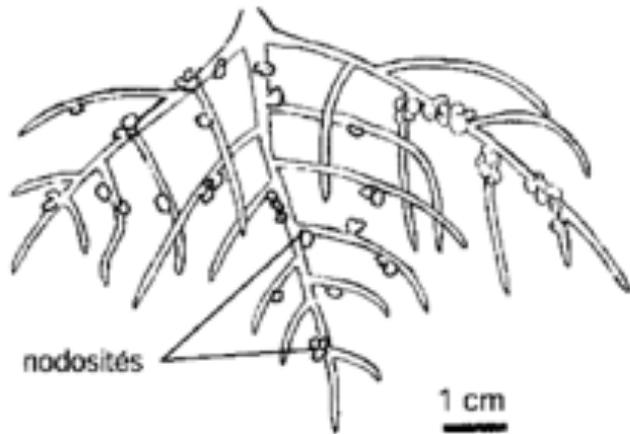
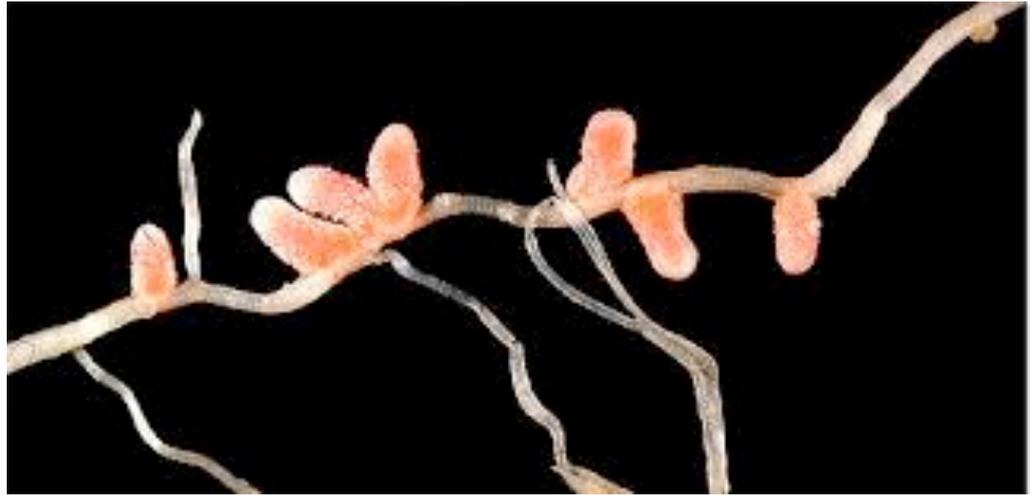
III.2.3. Une association mutualiste : *E. coli* et l'intestin humain

III.3 TRYPANOSOME ET PLASMODIUM, DEUX PARASITES DU SANG HUMAIN

III.3.1. Un endoparasite extracellulaire : le trypanosome (excavobionte)

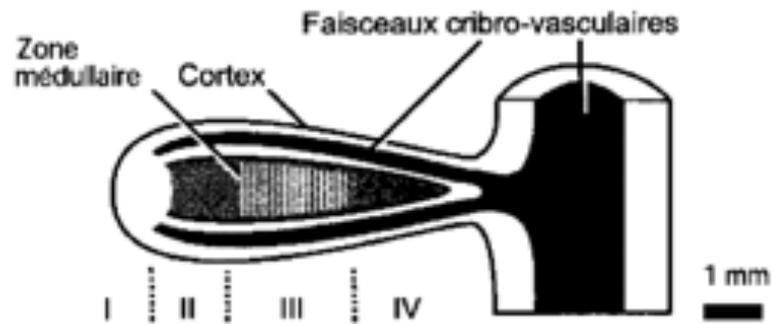
III.3.2. Le plasmodium, agent du paludisme

**Unicell 6a : Les nodosités
des Fabacées (in M-
A.Sélosse, 2000)**



Système racinaire nodulé

*Zone I: méristématique,
sans bactéroïde*

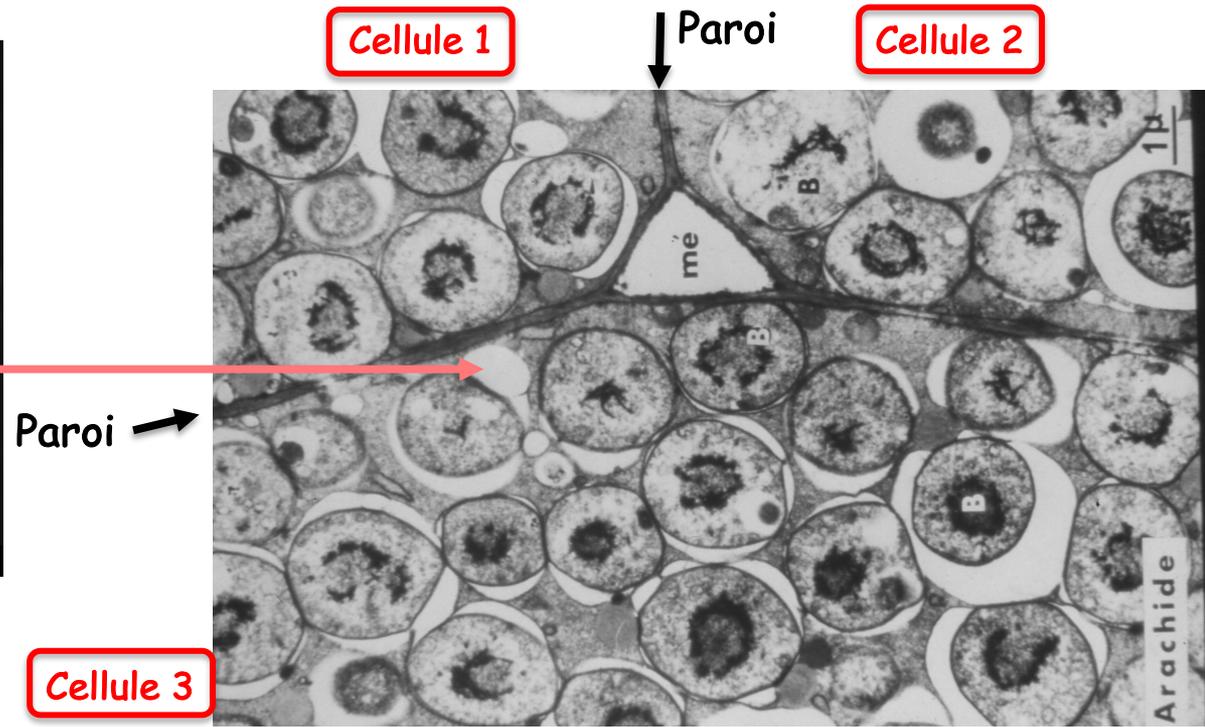
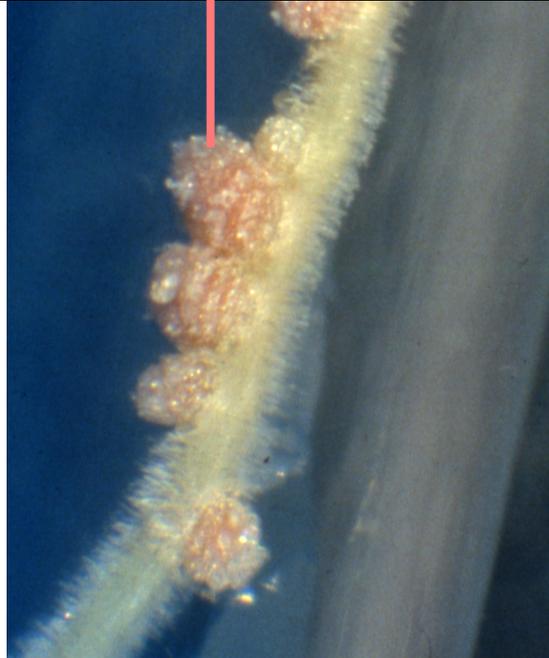
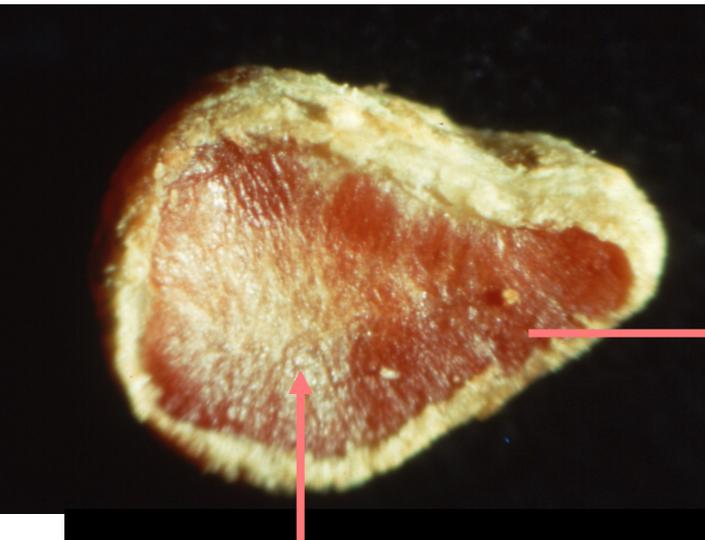


Coupe d'une nodosité

*Zone II: infection,
cellules en croissance,
polyplôïdes*

*Zone III: physiologiquement
active, meurt dans la zone IV*

LES NODOSITES FIXATRICES DE DIAZOTE

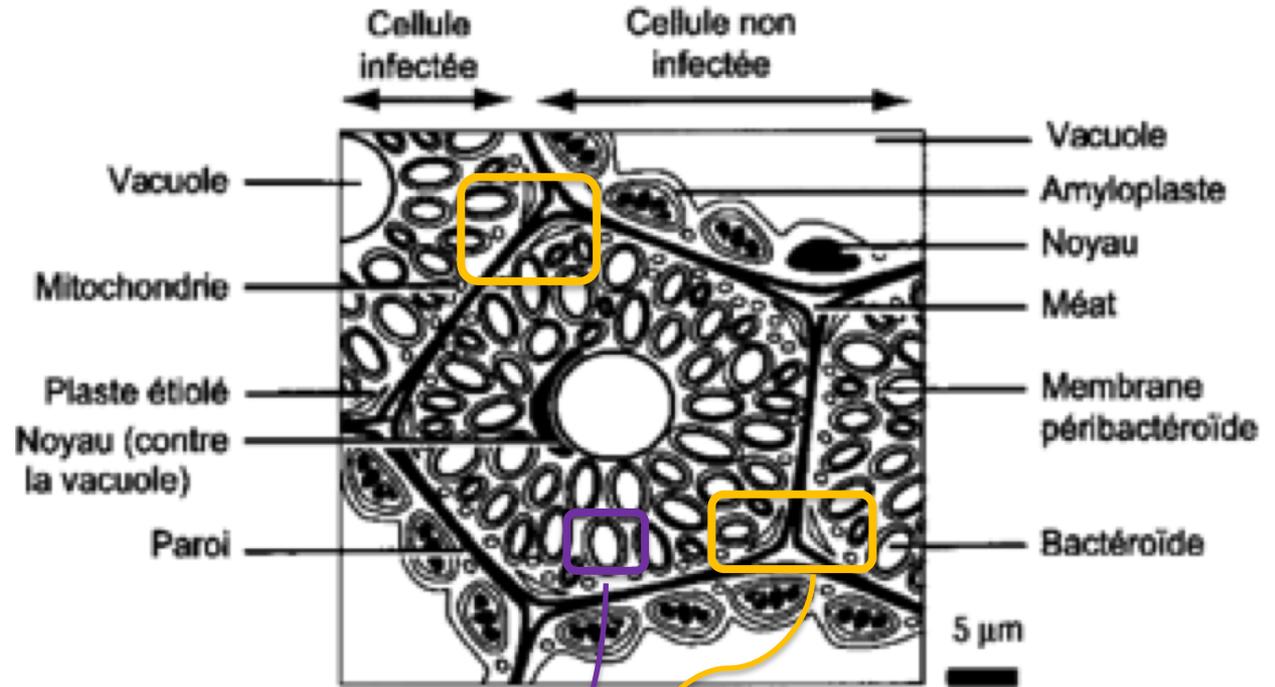


Légumineuses
&
Rhizobiums

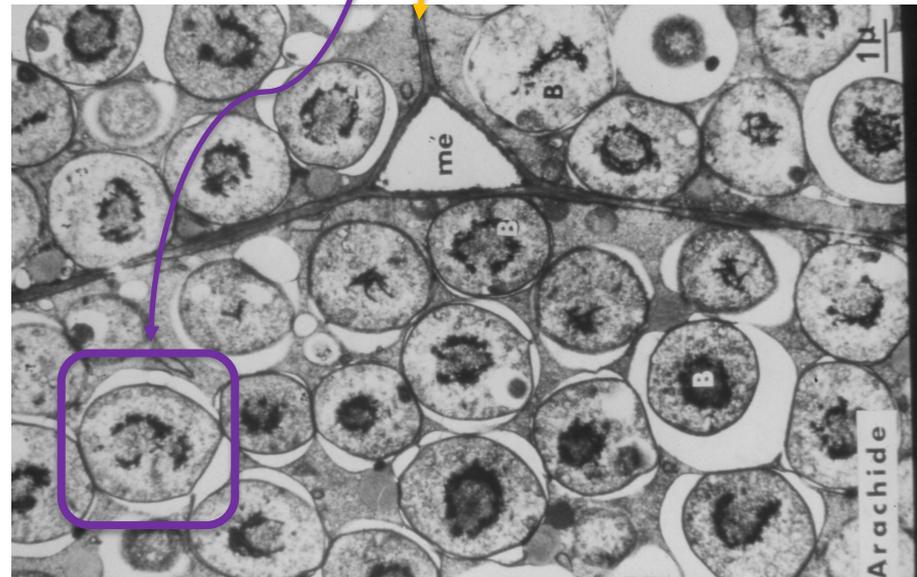


Unicell 6a Les nodosités des Fabacées (in M-A.Sélosse, 2000)

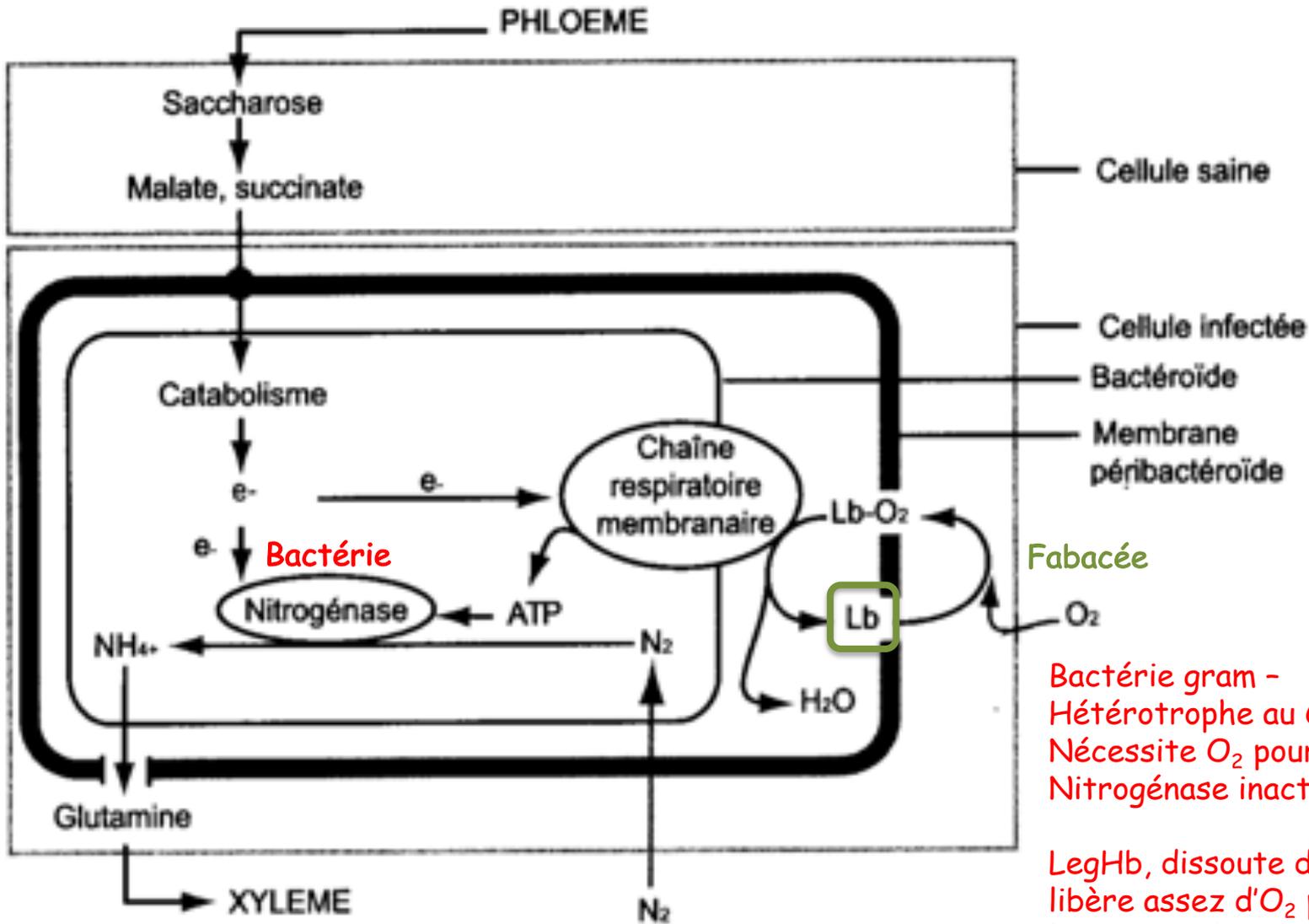
Détail de la zone III, infectée



*Zone III:
physiologiquement
active, meurt dans la
zone IV.*



Unicell 6b : Les relations rhizobium- Fabacées au niveau des nodosités (in M-A.Sélosse, 2000)



Bactérie gram -
Hétérotrophe au C
Nécessite O_2 pour sa respirat° mais
Nitrogénase inactivée par $O_2 \rightarrow Pb$

LegHb, dissoute dans le cytosol libère assez d' O_2 pour la resp et limite PO_2 évitant l'inactivat° de l'enzyme

Nitrogénase



Unicell 6c : Mise en place d'une nodosité sur une racine de Fabacées (in M-A.Sélosse, 2000)

1: Proliférat° des bactéries et dialogue moléculaire Plant/bact: flavonoïdes produits par la plante → gène Nod du rhizobium exprime facteur Nod perçu par la plante → cascade d'évènements de nodulat°

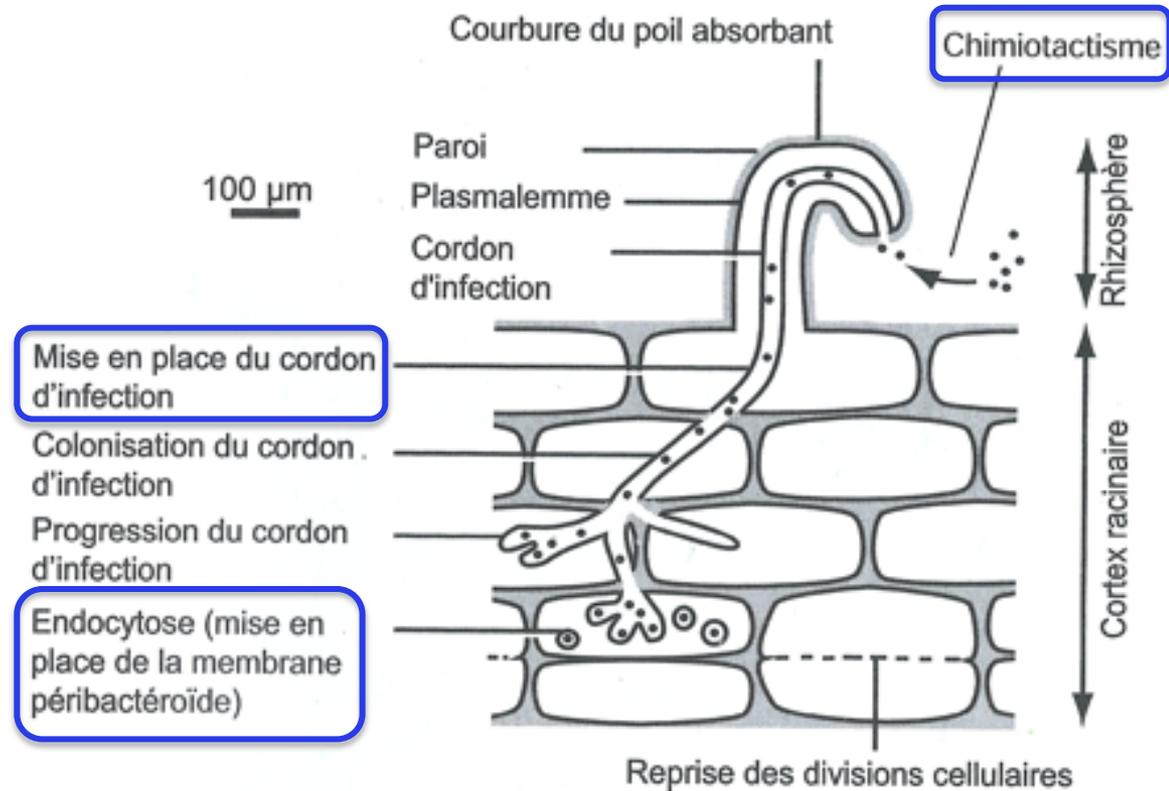
2: Déformat° des p. absorb. en crosse.

3: Pénétrat° et progress° des bactéries endiguées dans un cordon d'infection jusqu'à la zone corticale

4: Pénétrat° des bactéries ds les cellules racinaires par endocytose → mb pér bactéroïde des symbiosomes apparentée à mb.pl de la cellule-hôte.

5: Dans les symbiosomes: -déformat° des bactéries et product° de nitrogénase -hypertrophie cell-hôtes et product° de legHb.

6: #ciat° des tissus conducteurs autour du parenchyme médullaire et connect° aux FCV de la racine.



Bilan : Fixat° de N₂ nécessite la présence de nitrogénase produite par les bactéries et de LegHb produite par les cellules-hôtes. Les bactéries peuvent vivre libres mais elles sont alors incapables de fixer N₂ ; idem pour la plante non nodulée. Fixat° de N₂ = oeuvre commune des 2 symbiontes et chacun tire bénéfice de cette association.

Bilan :

La fixation de l'azote moléculaire nécessite la présence de nitrogénase produite par les bactéries et de leghémoglobine produite par les cellules-hôtes.

Les bactéries peuvent vivre libres mais elles sont alors incapables de fixer le diazote ; il en est de même pour la plante non nodulée.

La fixation de l'azote moléculaire est donc l'oeuvre commune des deux symbiontes et chacun tire bénéfice de cette association.

III. LES ORGANISMES HÉTÉROTROPHES AU CARBONE

III.1 LES ORGANISMES À MODE DE VIE LIBRE

III.1.1 *Saccharomyces cerevisiae*, un organisme absorbotrophe

III.1.2 La paramécie, un organisme microphage

III.2 LA VIE SYMBIOTIQUE

III.2.1. Les rhizobium, bactéries symbiotes des Fabacées

A. La fixation symbiotique de l'azote

B. La formation des nodosités résulte d'un dialogue moléculaire

III.2.2. Les lichens, organismes symbiotiques

A. Quelles sont les modalités des échanges ?

B. Une relation vraiment à bénéfices réciproques ?

C. Des organismes pionniers mais à croissance lente

III.2.3. Une association mutualiste : *E. coli* et l'intestin humain

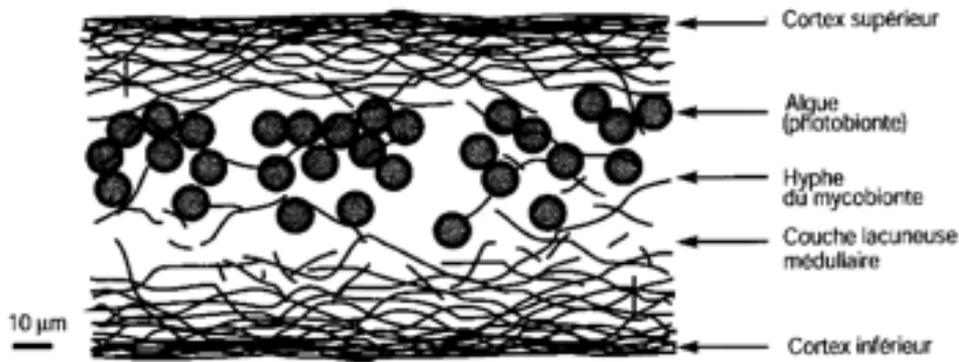
III.3 TRYPANOSOME ET PLASMODIUM, DEUX PARASITES DU SANG HUMAIN

III.3.1. Un endoparasite extracellulaire : le trypanosome (excavobionte)

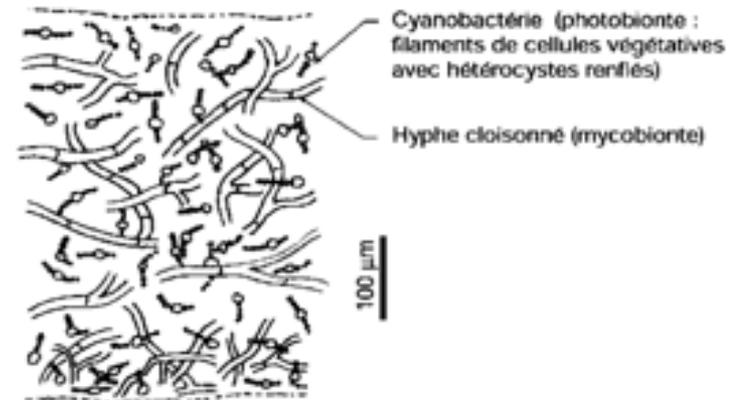
III.3.2. Le plasmodium, agent du paludisme

Les lichens (in M-A.Sélosse, 2000)

Association d'un hétérotrophe
et d'un autotrophe.



Lichen foliacé à thalle ordonné (hétéromère).
Le photobionte est une algue unicellulaire.



Lichen foliacé à thalle homogène
(homomère).

Mycobiontes = ascomycète souvent, beaucoup plus rarement un basidiomycète

Photobionte = algue verte (85% des cas) ou cyanobactérie (15% des cas)

Contact phytobionte/mycobionte très étroit:

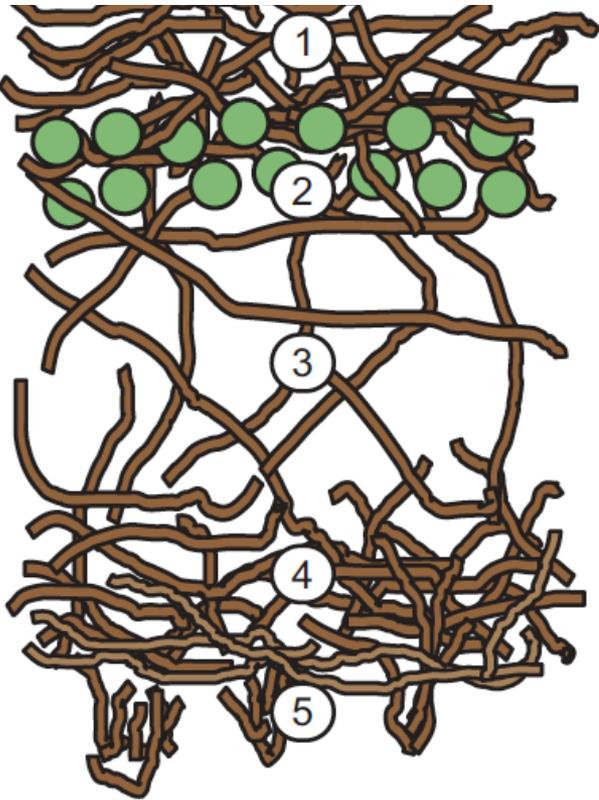
- filaments mycéliens des expansions ou appressorium qui pénètrent la paroi du phytobionte.
- Liaison de protéines pariétales du mycélium à des composants glucidiques pariétaux du phytobionte → faible distance entre partenaires → échanges par diffusion :

Grande diversité de lichens (20 000 sp) surtout due au mycobionte

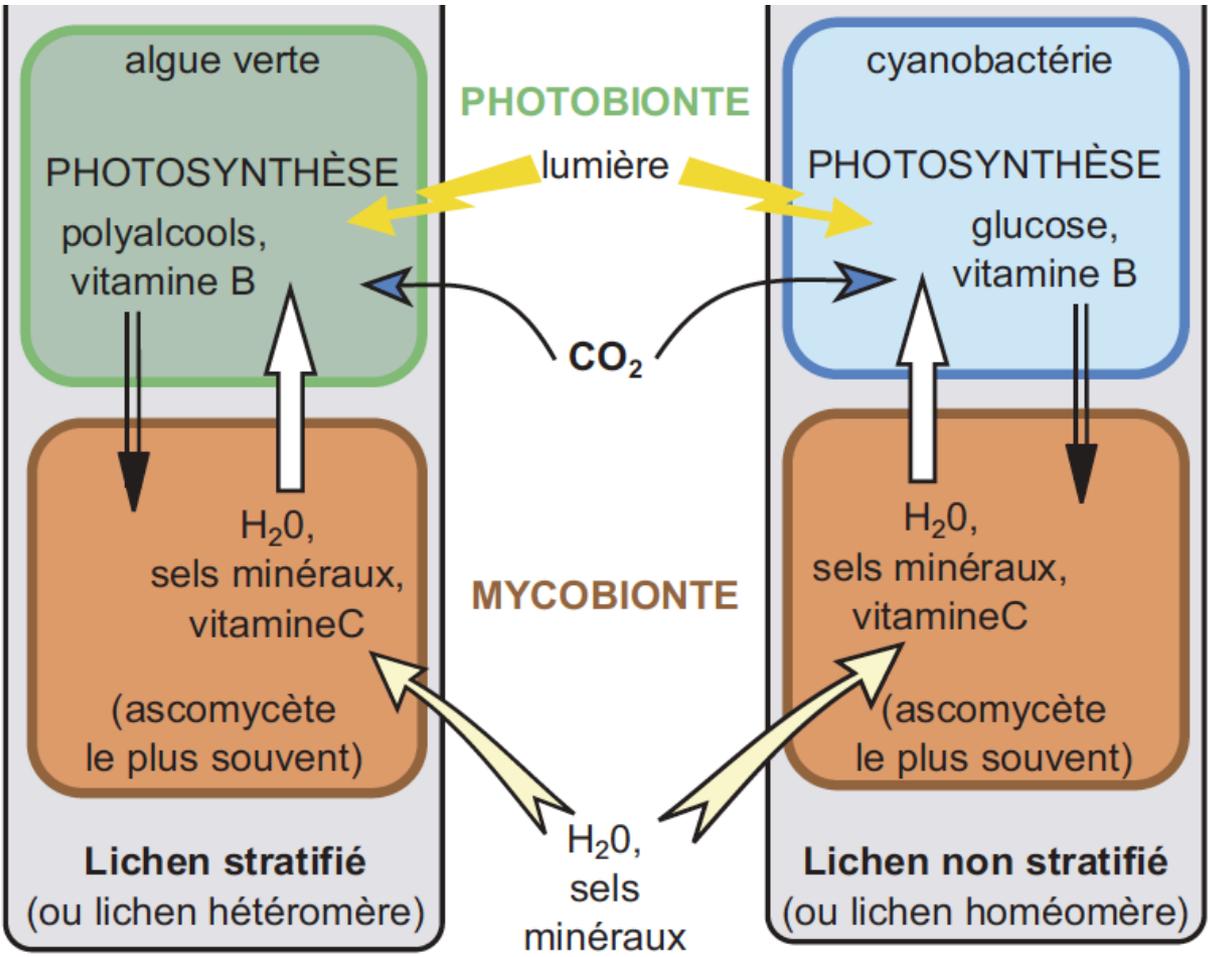
Niveau de spécificité très variable : 1 sp de mycobionte associé à une ou plusieurs esp de photobiontes.

Lichens = eumycètes hébergeant des algues vertes unicellulaires ou/et des cyanobactéries

Unicell 7 : Les lichens: bilan fonctionnel (in Tout-en-Un, Dunod, 2014)



- 1 - cortex supérieur
- 2 - couche algale
- 3 - zone médullaire
- 4 - cortex inférieur



Bilan sur les lichens

Un lichen constitue un réseau trophique qui fonctionne en grande partie en circuit fermé entre un chimioorganotrophe (le mycobionte) et un photolithotrophe (le photobionte).

L'énergie y entre sous forme de lumière captée par le photobionte et de molécules organiques captées par le mycobionte (absorbotrophie) ; chaque partenaire fournit à l'autre une partie de sa production... il en reste donc peu pour assurer la croissance du lichen.

Symbiose à bénéfices réciproques ou bien symbiose teintée de parasitisme ? → Théorie de l'esclavage du photobionte par le mycobionte émise par certains auteurs.

III. LES ORGANISMES HÉTÉROTROPHES AU CARBONE

III.1 LES ORGANISMES À MODE DE VIE LIBRE

III.1.1 *Saccharomyces cerevisiae*, un organisme absorbotrophe

III.1.2 La paramécie, un organisme microphage

III.2 LA VIE SYMBIOTIQUE

III.2.1. Les rhizobium, bactéries symbiotes des Fabacées

A. La fixation symbiotique de l'azote

B. La formation des nodosités résulte d'un dialogue moléculaire

III.2.2. Les lichens, organismes symbiotiques

A. Quelles sont les modalités des échanges ?

B. Une relation vraiment à bénéfices réciproques ?

C. Des organismes pionniers mais à croissance lente

III.2.3. Une association mutualiste : *E. coli* et l'intestin humain

Eubactérie Gram -

Hétérotrophe au C

Absorbotrophe : diverses molécules (lactose, maltose, galactose, glucose) qu'elle absorbe par symport H^+ /oses.

Récepteurs membranaires → **réponse chimiotactique** positive à différentes molécules.

Diauxie : En présence de glucose et de lactose, elle utilise d'abord le glucose puis le lactose

Catabolisme énergétique : chaîne respiratoire membranaire.

- ✓ Présence d' O_2 : respiration aérobie (O_2 = accepteur terminal d' e^-).
- ✓ Absence d' O_2 : respiration anaérobie sur Nitrate (Nitrate = accepteur terminal d' e^-)
- ✓ Absence d' O_2 , de NO_3^- : diverses fermentations cytosoliques

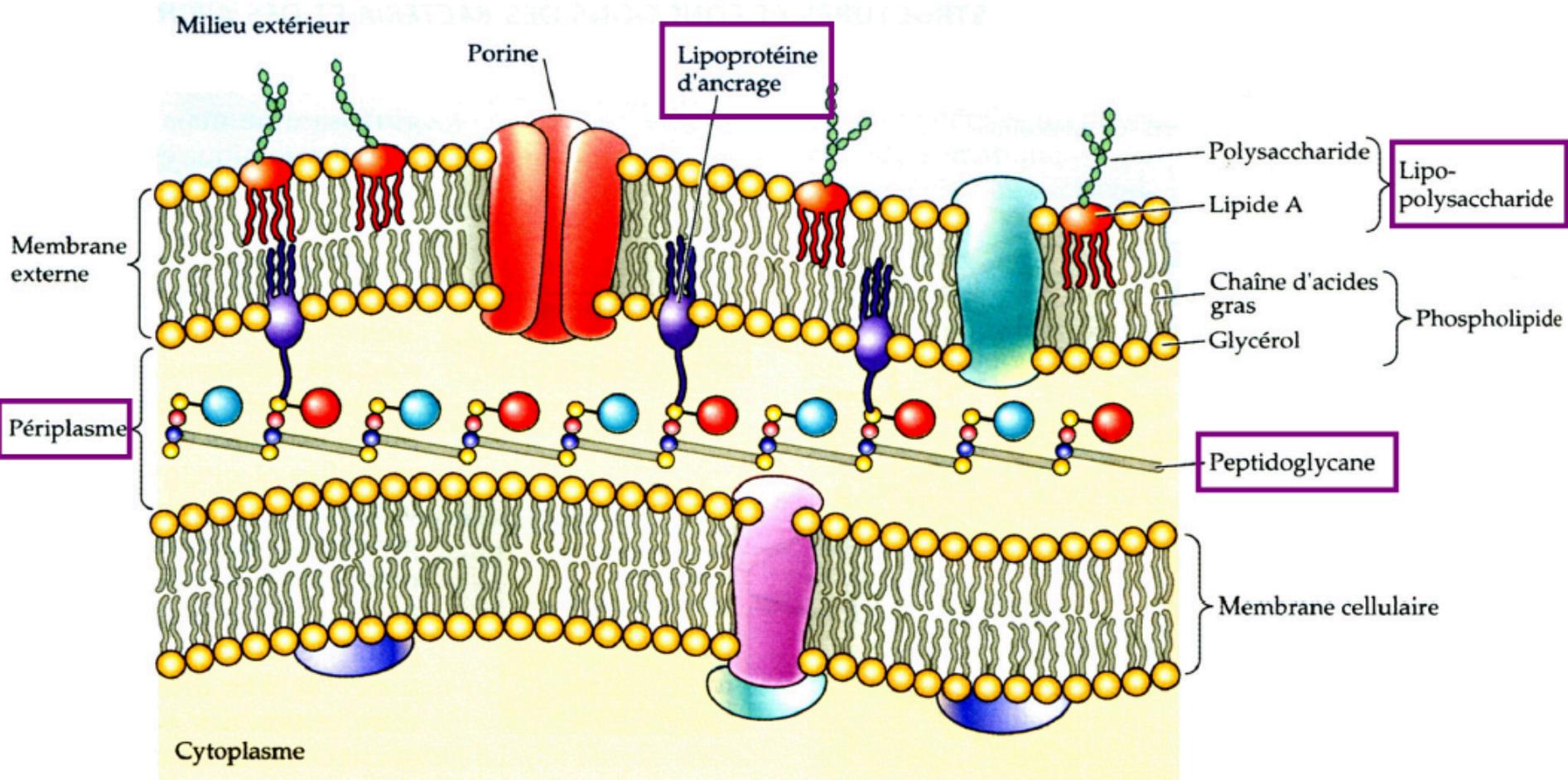
Apparente simplicité de son organisation mais extraordinaire capacité d'adaptation.

- ✓ Lumière intestinale : forte [MO], T idéale mais diversité des sources nutritives et hypoxie.
- ✓ Eau du sol et des rivières : T très variable et éléments nutritifs très dilués.

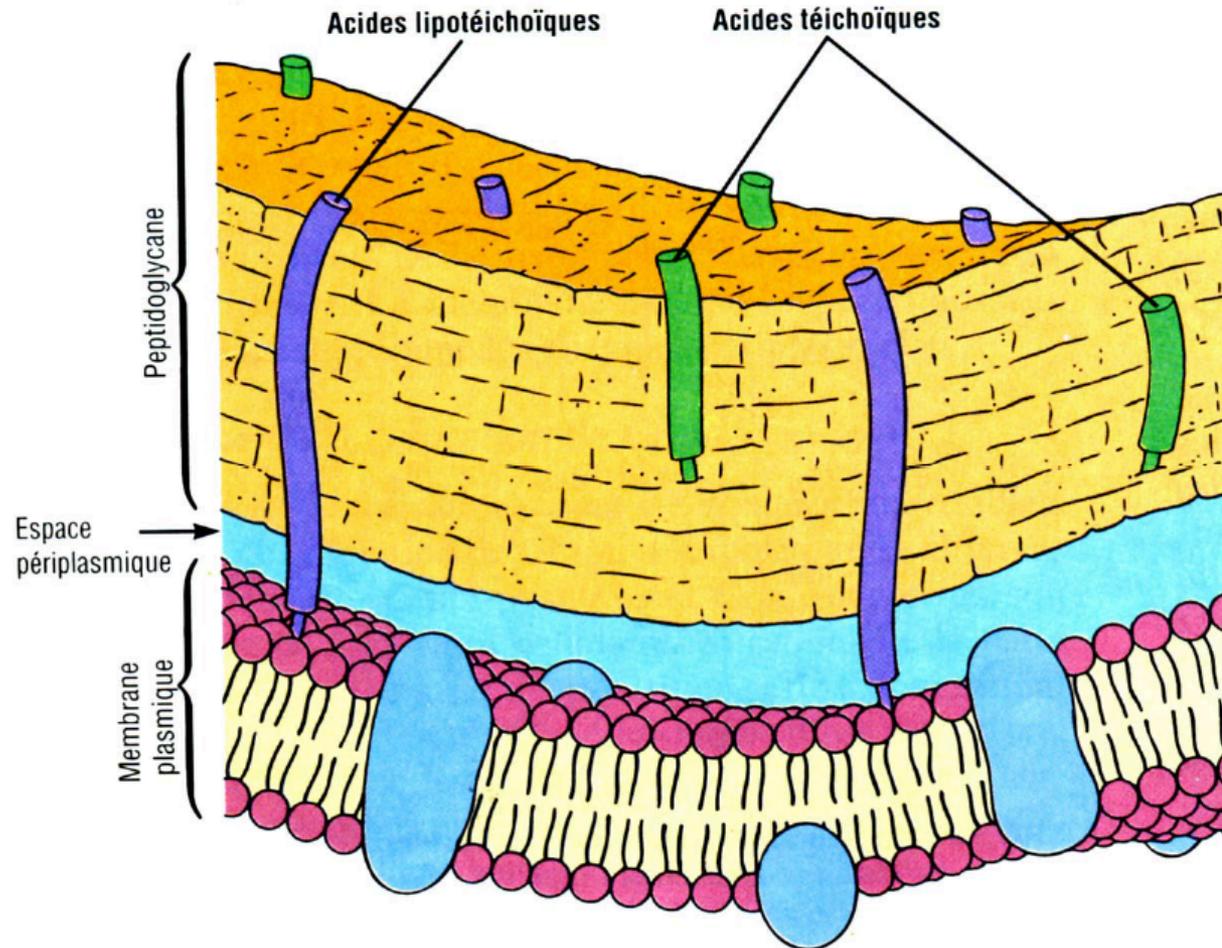
Forte adaptabilité due à:

- ✓ Diversité des protéines codées par son génome,
- ✓ Caractère inductible
- ✓ Fort potentiel de variation par mutations de son matériel génétique.

Structure d'une bactérie Gram-



Structure de la paroi d'une bactérie Gram⁺



III. LES ORGANISMES HÉTÉROTROPHES AU CARBONE

III.1 LES ORGANISMES À MODE DE VIE LIBRE

III.1.1 *Saccharomyces cerevisiae*, un organisme absorbotrophe

III.1.2 La paramécie, un organisme microphage

III.2 LA VIE SYMBIOTIQUE

III.2.1. Les rhizobium, bactéries symbiotes des Fabacées

A. La fixation symbiotique de l'azote

B. La formation des nodosités résulte d'un dialogue moléculaire

III.2.2. Les lichens, organismes symbiotiques

A. Quelles sont les modalités des échanges ?

B. Une relation vraiment à bénéfices réciproques ?

C. Des organismes pionniers mais à croissance lente

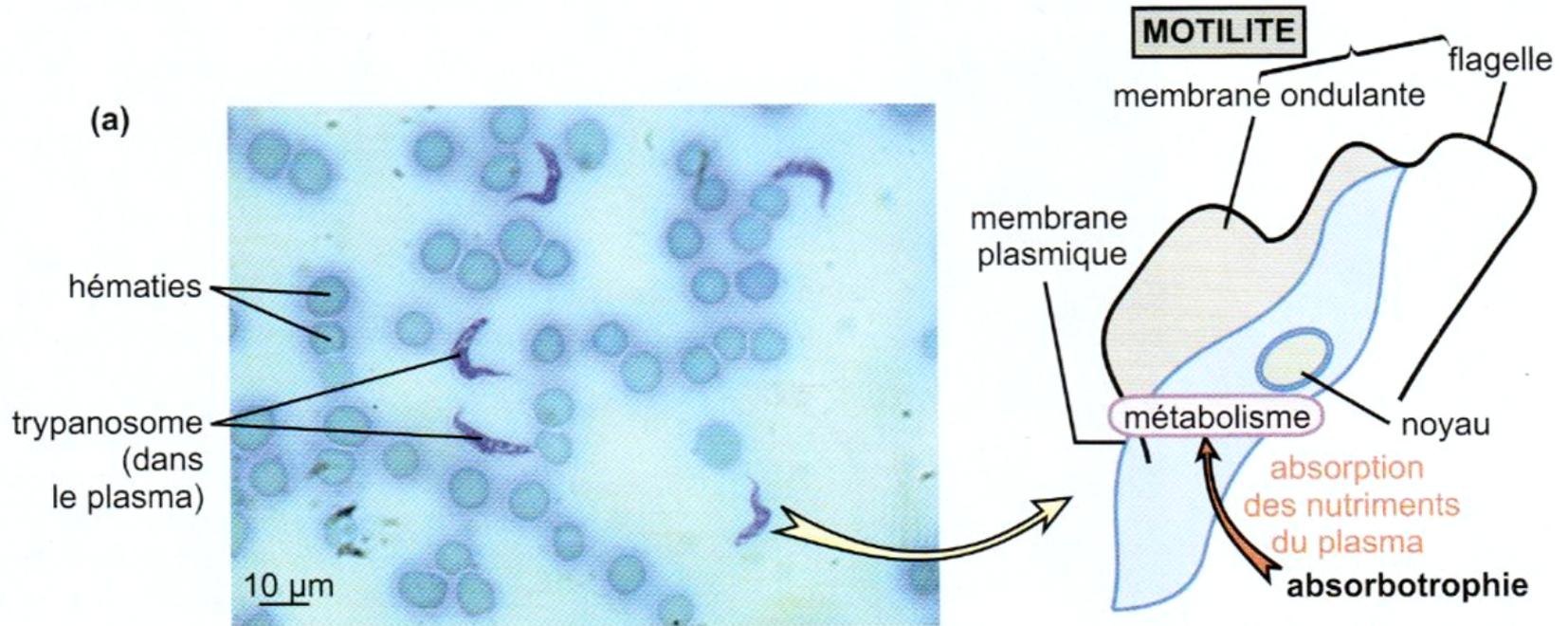
III.2.3. Une association mutualiste : *E. coli* et l'intestin humain

III.3 TRYPANOSOME ET PLASMODIUM, DEUX PARASITES DU SANG HUMAIN

III.3.1. Un endoparasite extracellulaire : le trypanosome (excavobionte)

III.3.2. Le plasmodium, agent du paludisme

Unicell 8 : Le trypanosome, parasite du sang (in P.Peycru & al, Tout-En-Un, 4e ed, Dunod 2018)



Trypanome = organisme eucaryote responsable de la maladie du sommeil.

Transmis à l'homme par la mouche tsé-tsé (*Glossine*), insecte hématophage.

Forme extracellulaire très mobile (flagelle et membrane ondulante). Cycle complexe.

Hétérotrophe (chimioorganotrophe) sanguicole,

Absorbotrophe (sans exodigestion : récupère aa et glucose du sang) + grosses molécules : lipides, protéines par endocytose, assimilé à de la phagotrophie

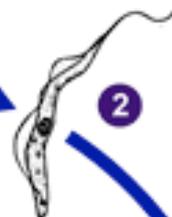
Etape de la mouche tsé tsé

Etape humaine

Les épimastigotes se multiplient dans les glandes salivaires et se transforment en promastigotes métacycliques.

La mouche tsé tsé prend un repas de sang (injection de trypomastigotes métacycliques)

Les trypomastigotes métacycliques injectés se transforment en trypomastigotes circulants transportés dans d'autres sites



Les trypomastigotes procycliques quittent l'intestin et se transforment en épimastigotes.

La mouche tsé tsé prend un repas de sang

Les trypomastigotes se multiplient par scissiparité dans différents fluides biologiques, sang, lymphe, LCR.



Les trypomastigotes circulants se transforment en trypomastigotes procycliques dans l'intestin de la mouche tsé tsé. Les trypomastigotes procycliques se multiplient par scissiparité.

Ingestion de trypomastigotes circulants

Trypomastigotes dans le sang

i = Étape infectieuse

d = Étape diagnostique

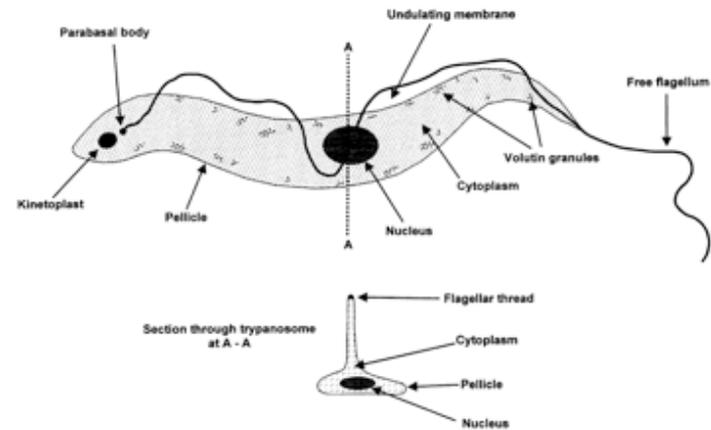
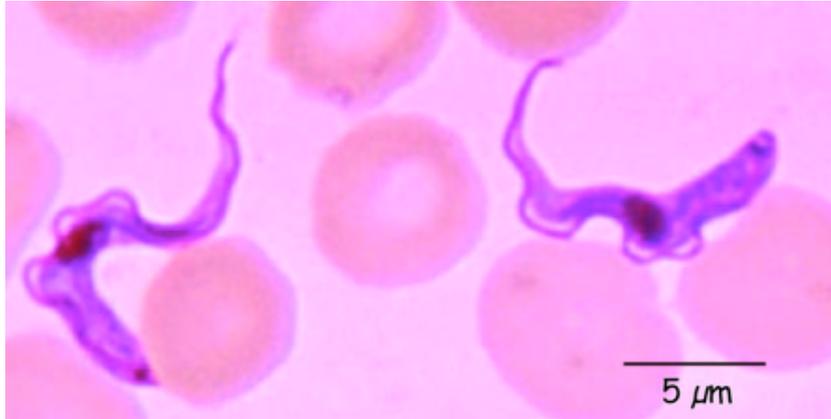


SAFER • HEALTHIER • PEOPLE™

<http://www.dpd.cdc.gov/dpdx>

Le trypanosme, un eucaryote unicellulaire kinétoplastidé parasite

frottis sanguin montrant les trypanosomes entre les hématies et schéma montrant l'organisation



Absorbotrophie (oses, AA)

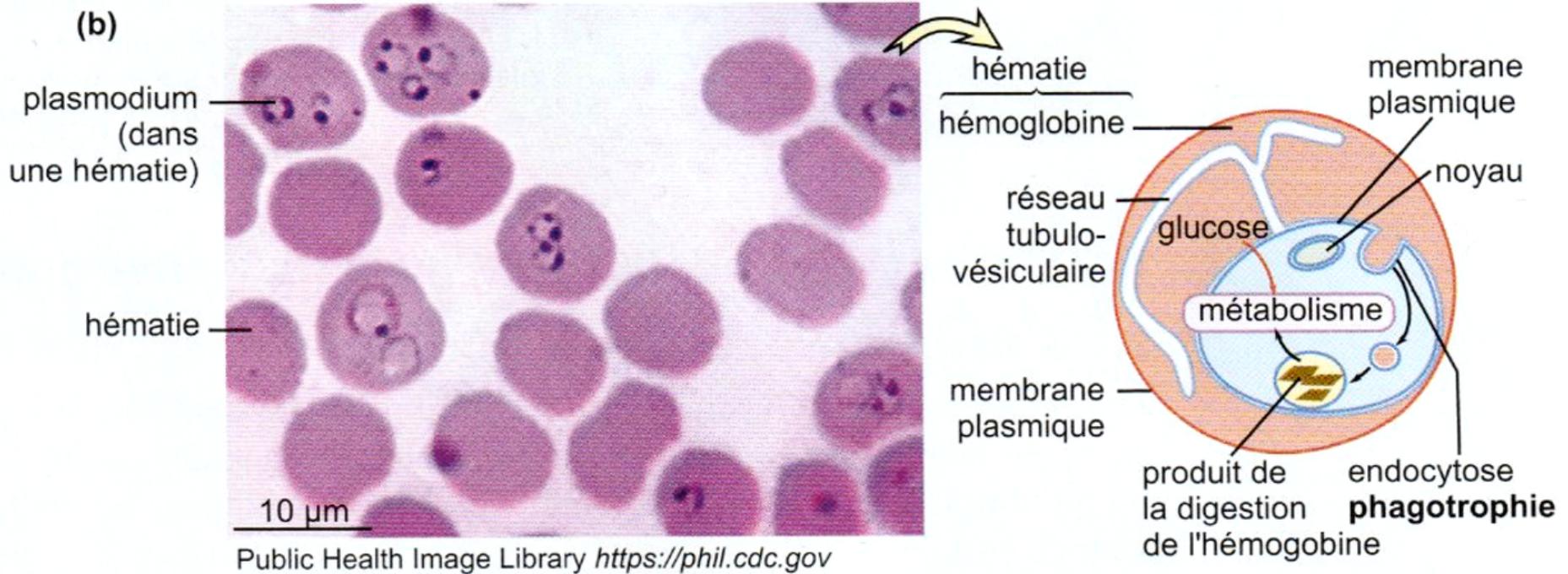
Mitochondries atrophiées: catabolisme = glycolyse → forte consommat° de glucose car rdt faible

Volutine: complexe de polyphosphates inorganiques

Glucose importé dans des glycosomes, organe à 1 membrane (= compartiment) séquestrant enzymes de la glycolyse et apparentés aux péroxysomes.

Présence de protéines membranaires (cf modèle Reine rouge, cours évolut°)

Unicell 8 : Plasmodium, parasite intracellulaire du sang (in P.Peycru & al, Tout-En-Un, 4e ed, Dunod 2018)



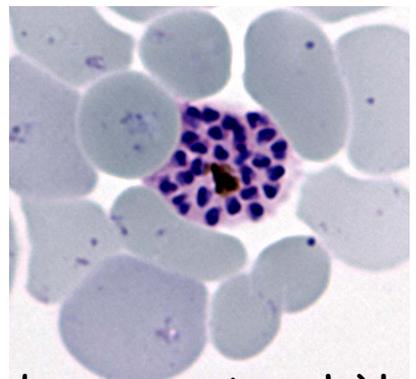
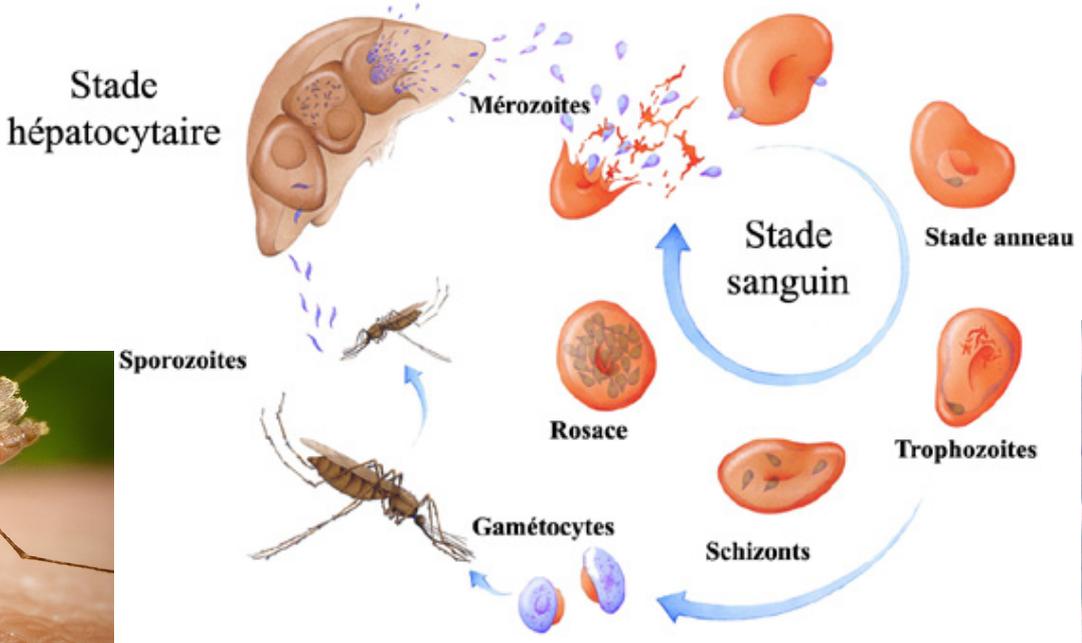
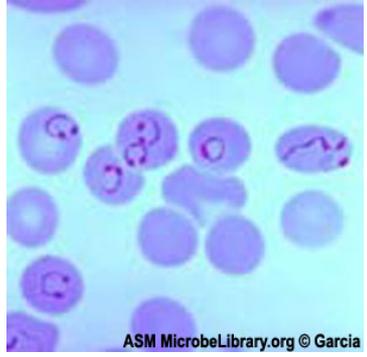
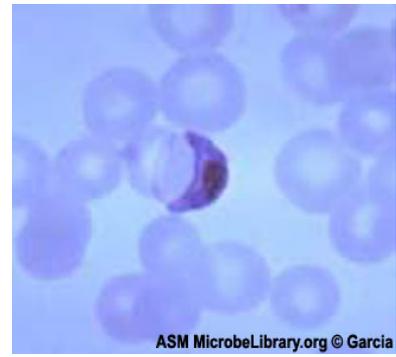
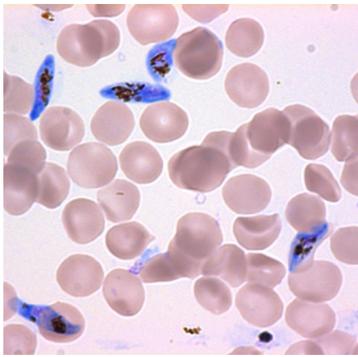
Endoparasite extra et intracellulaire

Hétérotrophe (chimioorganotrophe) sanguicole

Absorbotrophe (sans exodigestion : récupère aa et glucose du sang) + Hb récupéré : assimilé à de la phagotrophie

Plasmodium (alvéolobionte) endoparasite extra et intracellulaire responsable du Paludisme.

Infecte les hématies dont il provoque l'éclatement.



Transmissions entre humains par l'intermédiaire d'un moustique du genre Anophèle. Selon l'OMS en 2020 : 240 millions de personnes dans le monde → 627 000 décès.

IV. LES RELATIONS DES UNICELLULAIRES AVEC LEUR MILIEU

IV.1 LES RELATIONS DES UNICELLULAIRES AVEC LES PLURICELLULAIRES

IV.2 LES RELATIONS DES UNICELLULAIRES ENTRE EUX : LES BIOFILMS

IV.3 VARIATIONS DES CONDITIONS DU MILIEU ET PLASTICITÉ PHÉNOTYPIQUE

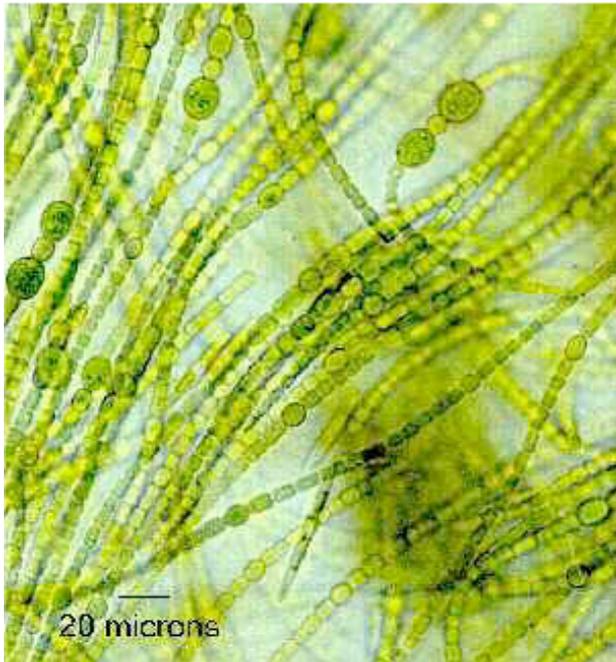
IV.4 LES UNICELLULAIRES ET LE FONCTIONNEMENT DES ÉCOSYSTÈMES

Associations mutualistes	Symbiose microbiote ruminal et ruminants Bactéries du genre Rhizobium et fabacées Bactéries du microbiote intestinal et l'humain Algues unicellulaires ou cyanobactéries et mycètes : lichens
Parasitisme	Trypanosomes et trypanosomiasés Plasmodium et paludisme

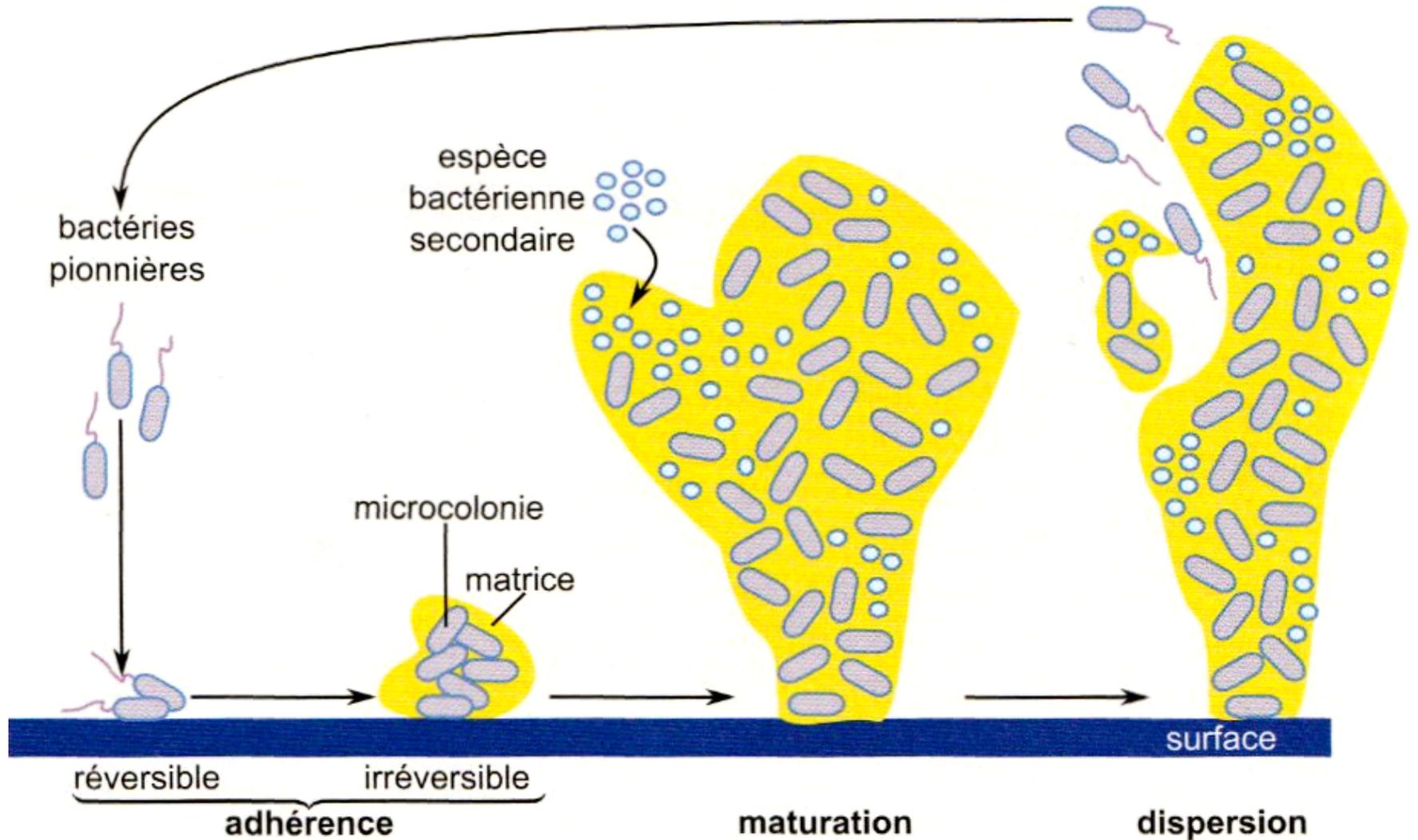
IV. LES RELATIONS DES UNICELLULAIRES AVEC LEUR MILIEU

IV.1 LES RELATIONS DES UNICELLULAIRES AVEC LES PLURICELLULAIRES

IV.2 LES RELATIONS DES UNICELLULAIRES ENTRE EUX : LES BIOFILMS



Unicell 9 : les étapes de la formation et de la dispersion d'un biofilm bactérien (in Tout-En-Un, Dunod 2022)

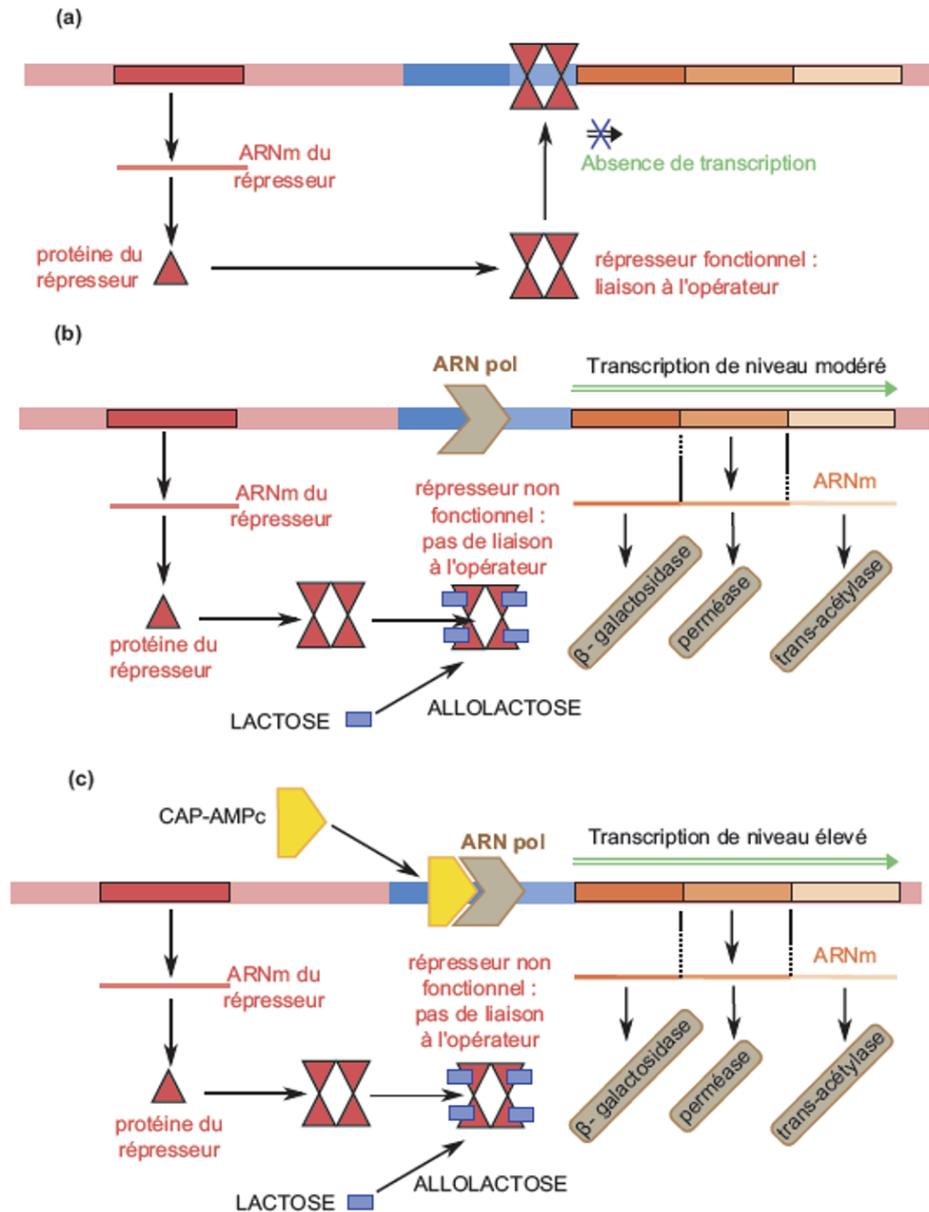


Unicell 10 : Contrôle de l'expression de l'opéron lactose d'*Escherichia coli* (in Tout-En-Un, Dunod 2022)

lacZ : gène de la β -galactosidase qui catalyse l'hydrolyse du lactose en glucose et galactose.

lacY : gène de la lacto perméase qui permet l'entrée du lactose dans la cellule.

lacA : gène de la thiogalactoside-transacétylase qui participe au métabolismes de molécules voisines du lactose, les thiogalactosides.



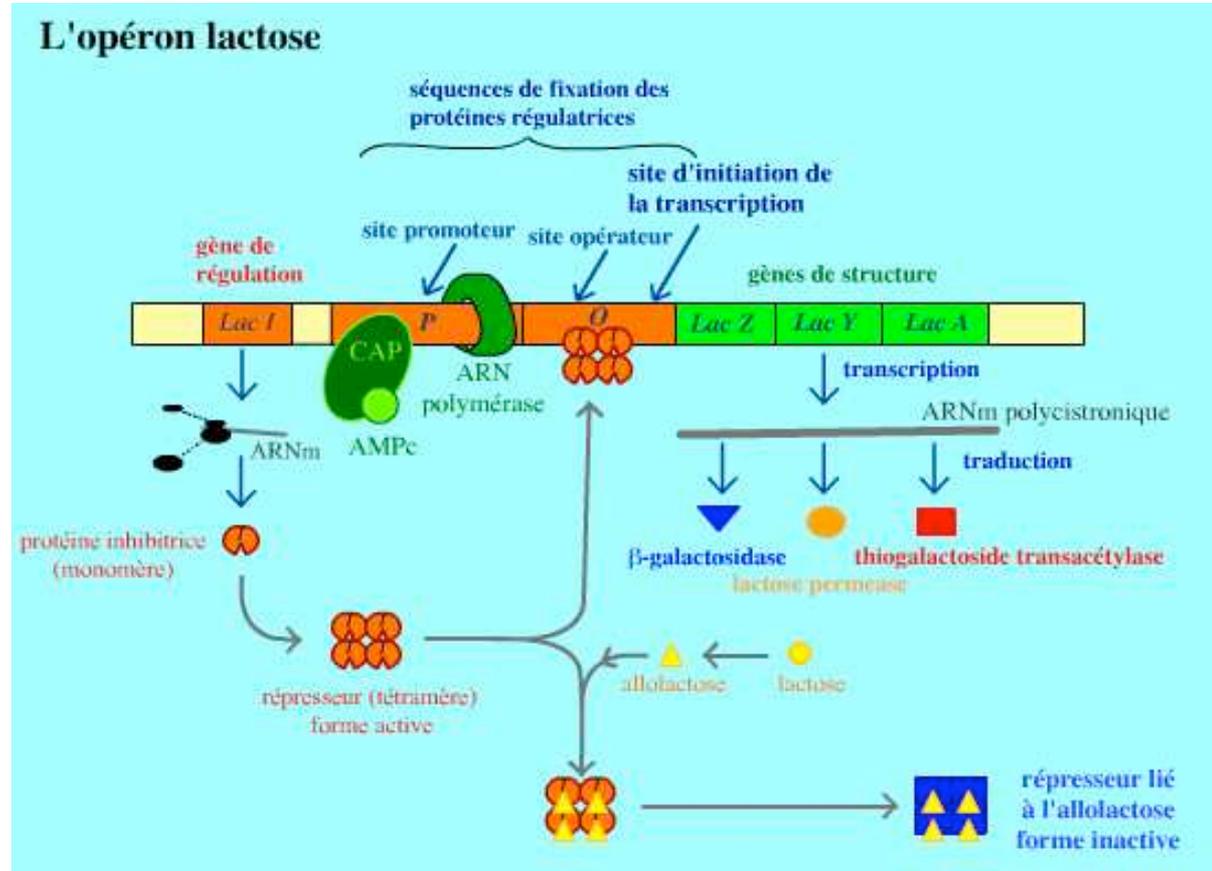
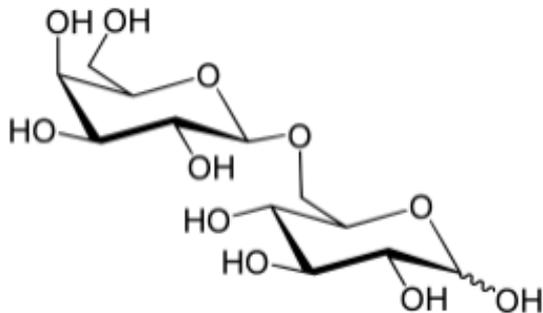
L'opéron lactose: Contrôle de la transcription chez les bactéries (in UMPC)

Situation métabolique en présence de lactose dans le 1/2

[AMPc] inversement proportionnelle à celle du glucose.
= « signal de carence ».

Qd [glucose] faible, [AMPC] élevée
→ + de complexe CAP-AMPc se fixe à la séquence CRE → stimule transcription (x50).

Qd [glucose] élevée, [AMPC] faible
→ protéine CAP seule ne suffit pour augmenter le niveau de transcription qui reste modéré



Allolactose (galactose-(β 16)-glucose) = **isomère** du lactose (galactose-(β 14)-glucose). Conversion catalysée par la β -galactosidase.

Type trophique	Source ou origine de			Exemples	Rôles dans les écosystèmes
	énergie	électrons	carbone		
Photo litho trophie	Lumière Photo	Minéral (H ₂ O) Litho	Minéral (CO ₂) Autotrophie	Cyanobactéries Diatomées Chlamydomonas	Producteurs Iaires = Base des réseaux trophiques Phytoplancton, Puits de C dans l'océan
Chimio Litho trophie	Molécule réduite Chimio	Minéral (NO ₂ ⁻) Litho		Nitrobacter	Oxydation des nitrites en nitrates dans le sol : cycle de l'azote
Chimi organo trophie		Organique Organo	Organique Hétérotrophie	Colibacille Rhizoboium Levures Paramécie Trypanosome Plasmodium	Minéralisation de la MO du sol (bactéries et mycètes) Sources de nourriture pour la microfaune du sol → réseaux trophiques du sol

IV. LA RÉALISATION DES FONCTIONS CHEZ LES UNICELLULAIRES

Unicell 11 : La réalisation des fonctions chez différents unicellulaires

Fonctions de relation	Locomotion	Vie en suspension dans le milieu ou sous forme de biofilm. Déplacement passif (levure, bactéries sans flagelle) ou actif à l'aide de flagelles bactériens , de cils (paramécie) ou flagelles (2 chez chlamydomonas, 1 seul chez le trypanosome) Le flagelle bactérien diffère de celui des eucaryotes : flagelle protéique fait de flagelline avec un moteur moléculaire à sa base ; cils et flagelles des eucaryotes sont faits de microtubules.
	Sensibilité	Déplacement orienté par un facteur du milieu (chimiotactisme positif des bactéries pour O ₂ , positif pour certains glucides et chez le colibacille). Photosensibilité chez chlamydomonas grâce à son stigma (zone du chloroplaste formée d'un assemblage de membranes et de caroténoïdes dont l'activation par la lumière contrôle les battements des flagelles). Exocytose de vésicules contenant des filaments (trichocystes) en réponse à différents stimuli chez la paramécie.
	Protection	Émission de substances antibiotiques ; formation de biofilms.
Fonctions de nutrition	Alimentation	Uniquement pour les hétérotrophes. <ul style="list-style-type: none"> • Phagotrophes comme la paramécie : les proies sont ingérées dans une vacuole de phagocytose qui fusionne avec des lysosomes en une digestive (phagosome). La digestion intracellulaire se fait hors du cytosol. Élimination des particules indigestes par exocytose au niveau du cystoprocte. • Absorbotrophes (bactéries, levure, trypanosome) : absorption membranaire de substrats du métabolisme issu d'une exodigestion ou présents dans un liquide biologique pour les parasites et les symbiotes.
	Osmorégulation	Vacuoles pulsatiles (paramécie, <i>trypanosome</i> , <i>chlamydomonas</i>)
	Échanges gazeux	Par diffusion gazeuse à travers la membrane plasmique et éventuellement la paroi Diverses exigences vis à vis de l'O ₂ : organismes aérobies stricts (<i>nitrobacter</i> , <i>rhizobium</i> , paramécie, cyanobactérie, algues unicellulaires), anaérobies facultatives (<i>colibacille</i> , <i>levure</i> , <i>trypanosome</i>) anaérobies stricts (bactéries dénitrifiantes du sol).
Fonctions de reproduction	R. asexuée	Par division bactérienne ou mitose chez les eucaryotes. Rythme de division intense de milieu récemment colonisé ou pour les parasites (<i>trypanosome</i> , <i>plasmodium</i>) : croissance exponentielle
	R. sexuée	Cycle de reproduction avec méiose et fécondation chez les eucaryotes (levures, chlamydomonas, paramécie, plasmodium, trypanosome chez qui la collection sexuée a été récemment qualifiée).

CONCLUSION

Les organismes unicellulaires bactériens ou eucaryotes appartiennent à différents taxons du vivant. Ils assurent les mêmes fonctions que les organismes pluricellulaires (nutrition, relation, reproduction) et échangent directement avec leur milieu de vie à travers vraiment de la membrane plasmique.

En augmentant le rapport Surface/Volume qui a pour effet de faciliter les échanges, la petite taille des cellules des unicellulaires met la machinerie métabolique en prise directe avec le milieu de vie, qu'il s'agisse d'un milieu aquatique, d'un milieu terrestre ou d'un milieu biologique.

Leur mode de vie sont libres, symbiotiques ou parasitaire. Certains peuvent constituer des biofilms qui augmentent la résistance.

Les types trophiques rencontrés son divers, essentiels au bouclage des cycles biogéochimiques et au fonctionnement des écosystèmes

Tara Oceans studies plankton at PLANETARY SCALE

By P. Bork,¹ C. Bowler,² C. de Vargas,^{3,4} G. Gorsky,^{5,6} E. Karsenti,^{2,7} P. Wincker⁸

Podovirus



50 nm

Siphovirus



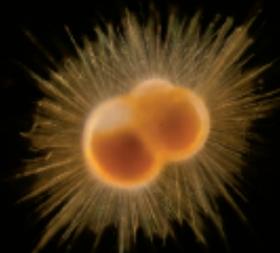
100 nm

Coccolithophore,
Rhabdosphaera sp.



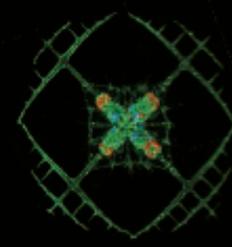
5 μ m

Foraminiferan,
Globigerinoides sp.



50 μ m

Acantharian,
Lithoptera sp.



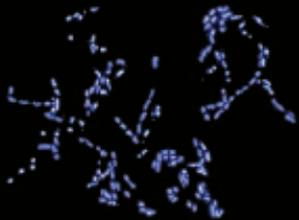
60 μ m

Copepod,
Centropages sp.



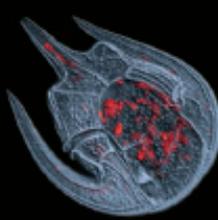
500 μ m

Eubacteria,
Bacteroidetes sp.



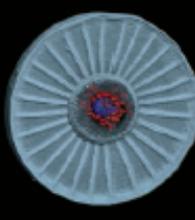
10 μ m

Dinoflagellate,
Ceratium sp.



20 μ m

Diatom,
Planktoniella sp.



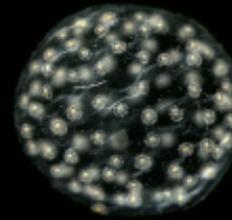
20 μ m

Polychaete annelid,
Myrianida sp.



500 μ m

Colonial radiolarian,
Sphaerozoum sp.



1000 μ m

Siphonophore,
Lensia sp.



2000 μ m