

## BCPST2

SV-A. L'organisme vivant en lien avec son environnement

SV-A3 Regards sur les organismes unicellulaires

**REGARDS SUR LES ORGANISMES UNICELLULAIRES**

Il existe **plusieurs millions d'espèces d'organismes unicellulaires**.

Cette biodiversité est invisible à l'œil nu pourtant elle agit de manière **essentielle sur les écosystèmes** et donc le biotope visible : **acteurs du cycle de l'azote et du carbone** dans les sols et les océans, **régulateurs du développement des organismes pluricellulaires** par l'intermédiaire d'interactions **parasitaire ou symbiotique**. Il est donc justifié d'explorer le monde des unicellulaires.

L'organisation de ces cellules, leurs types trophiques expliquant comment elles utilisent la matière prélevée dans le milieu ainsi que leurs interactions permettront d'explicitier la biodiversité.

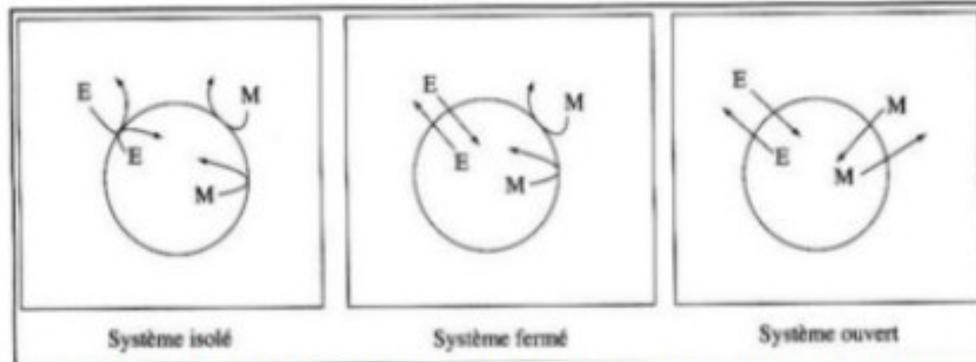
Les organismes unicellulaires appartiennent à des groupes très variés du vivant et reflètent l'histoire évolutive complexe du vivant.

**Problématique** : *Comment des organismes constitués d'une seule cellule réalisent-ils l'ensemble des fonctions du vivant ? Comment expliquer leur importance majeure dans les écosystèmes ? Et enfin, en quoi sont ils des moteurs de l'évolution ?*

## I. Les organismes unicellulaires réalisent l'ensemble de leurs fonctions au niveau d'une seule cellule

### 1. La diversité des types trophiques

#### Document 1 : les différents systèmes thermodynamiques

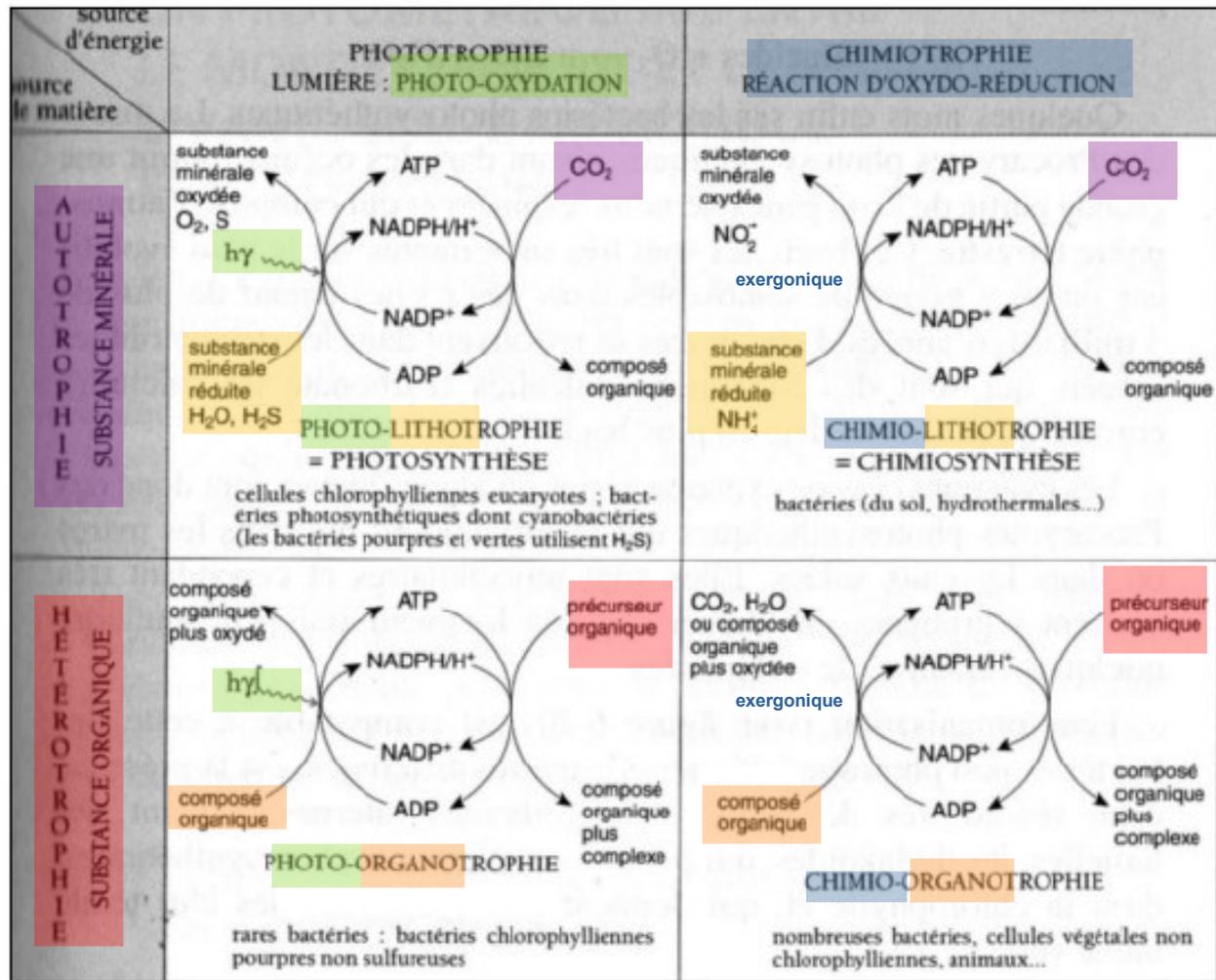


*ystème* : portion de l'univers contenant la matière que l'on veut étudier, limitée par une surface réelle ou fictive.

*environnement* : ce qui est extérieur au système.

→ Préciser ce qui distingue un système thermodynamiquement ouvert par rapport aux autres systèmes.

## Document 2 : les différents types trophiques



→ Définir les différents types trophiques en fonction de :

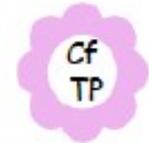
- la source d'électrons permettant la synthèse d'ATP et de coenzyme réduit
- la source d'énergie
- la source de matière carbonée

## 1.1 exemples d'unicellulaires autotrophes

En fonction de la source d'énergie, on distingue :

### 1.1.1 exemples de photolithotrophes

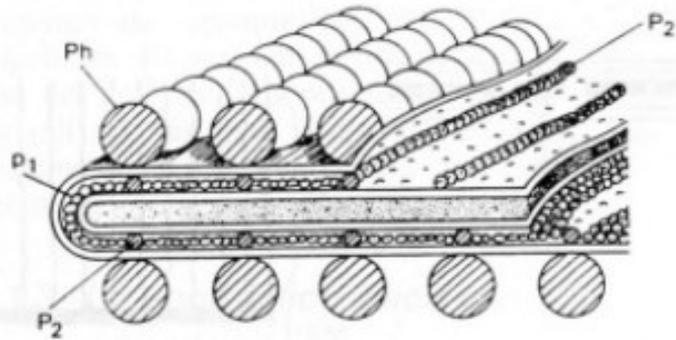
➤ Parmi les procaryotes, on peut prendre l'exemple des cyanobactéries



Hétérocystes  
cellules  
fixatrices  
de N<sub>2</sub>

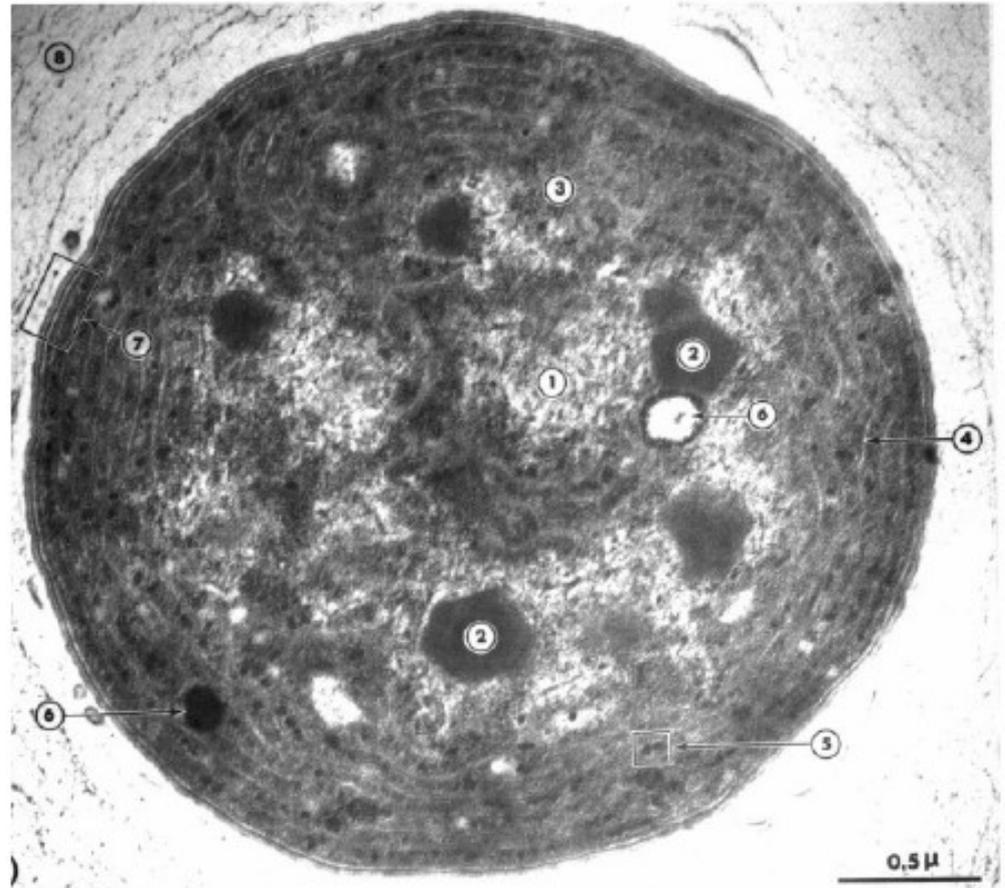
Cellules  
photosynthétiques  
banales

Cyanobactéries, MO x 400

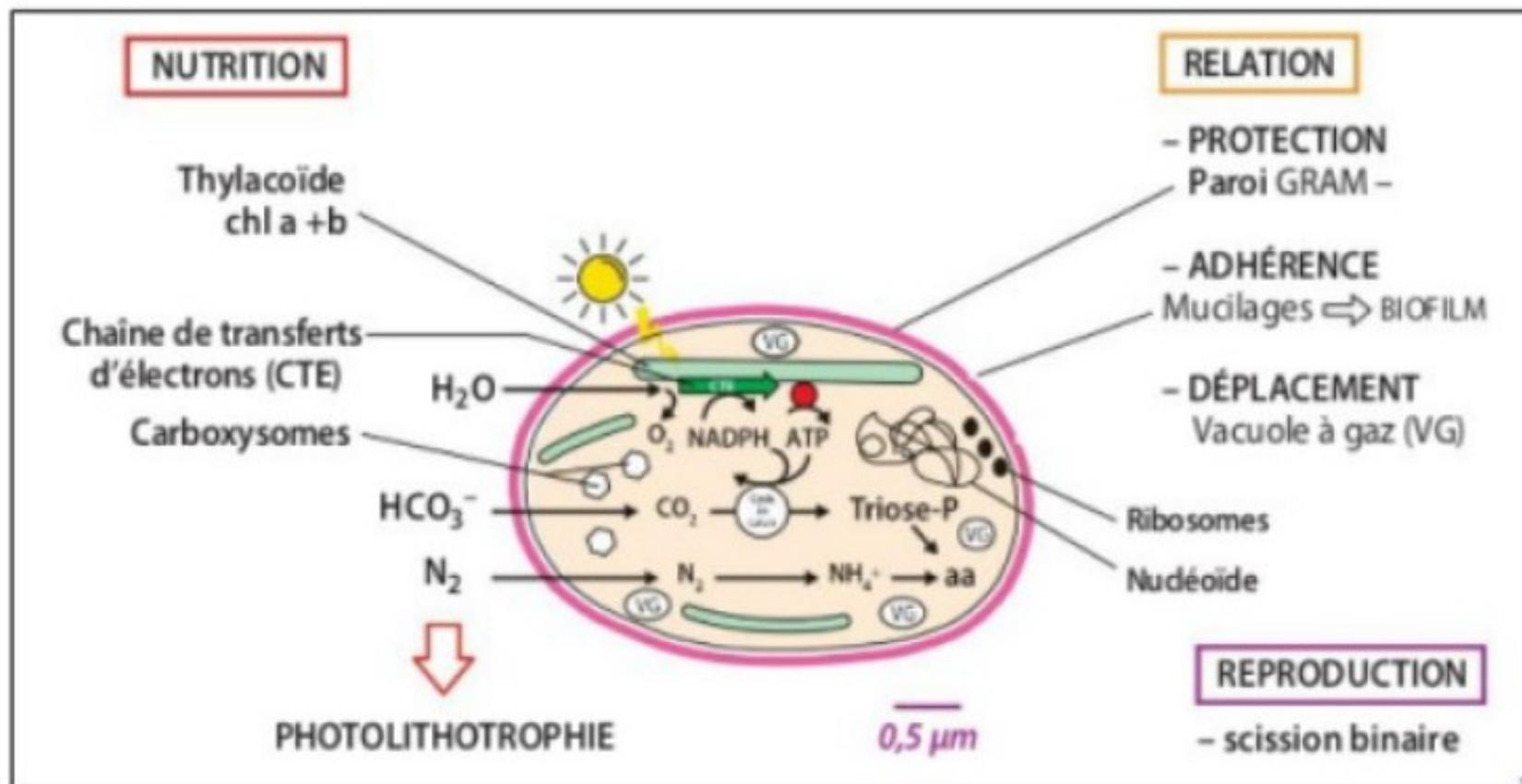


Interprétation de la structure des thylakoïdes de Cyanophycées à partir d'observations en M.E.B. après cryodécapage (d'après LEFORT-TRAN).

Document 11 : schéma montrant l'organisation des thylakoïdes de cyanobactéries



Document 12a : observation d'une cyanobactérie au MET



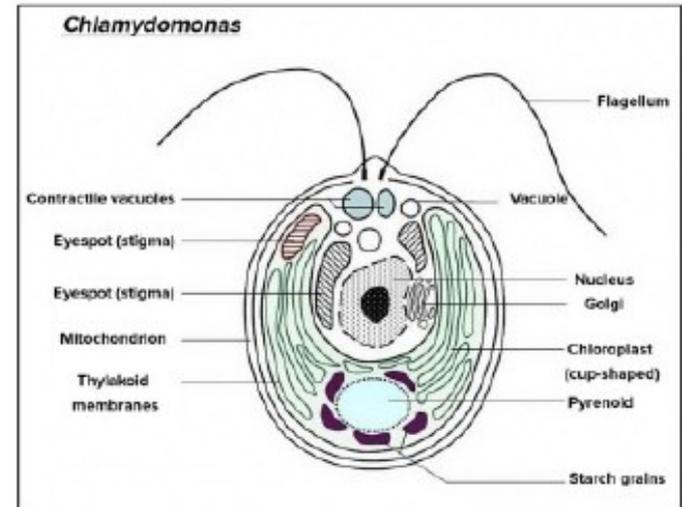
Les Cyanobactéries, des Procaryotes photolithotrophes

➤ Parmi les eucaryotes, on peut citer Chlamydomonas de la Lignée Verte et les Diatomées de la Lignée Brune

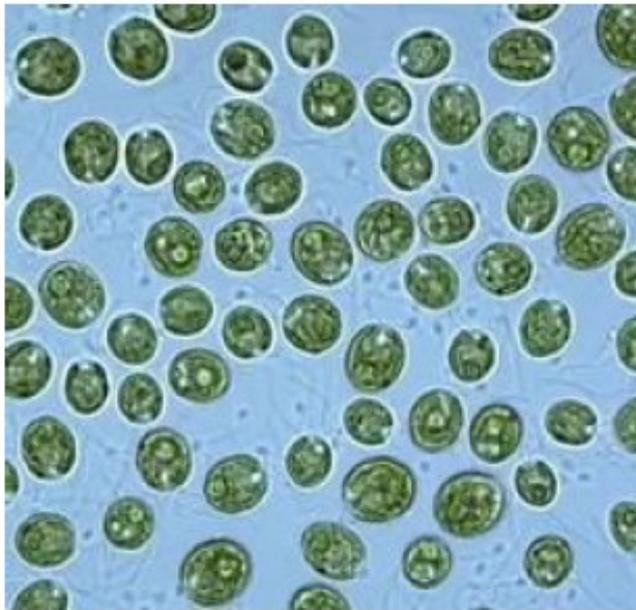
- L'algue verte Chlamydomonas,

**Chlamydomonas** est une **algue verte unicellulaire** d'environ 10 µm appartenant aux **Chlorobiontes**, elle peut se déplacer activement dans l'eau douce grâce à 2 **flagelles tracteurs** et par **phototropisme positif** du fait d'un granule de pigments, le **stigma**, dans son chloroplaste.

Ce chloroplaste à 2 membranes (chlorophylles a et b) possède également un **pyrénoïde**.

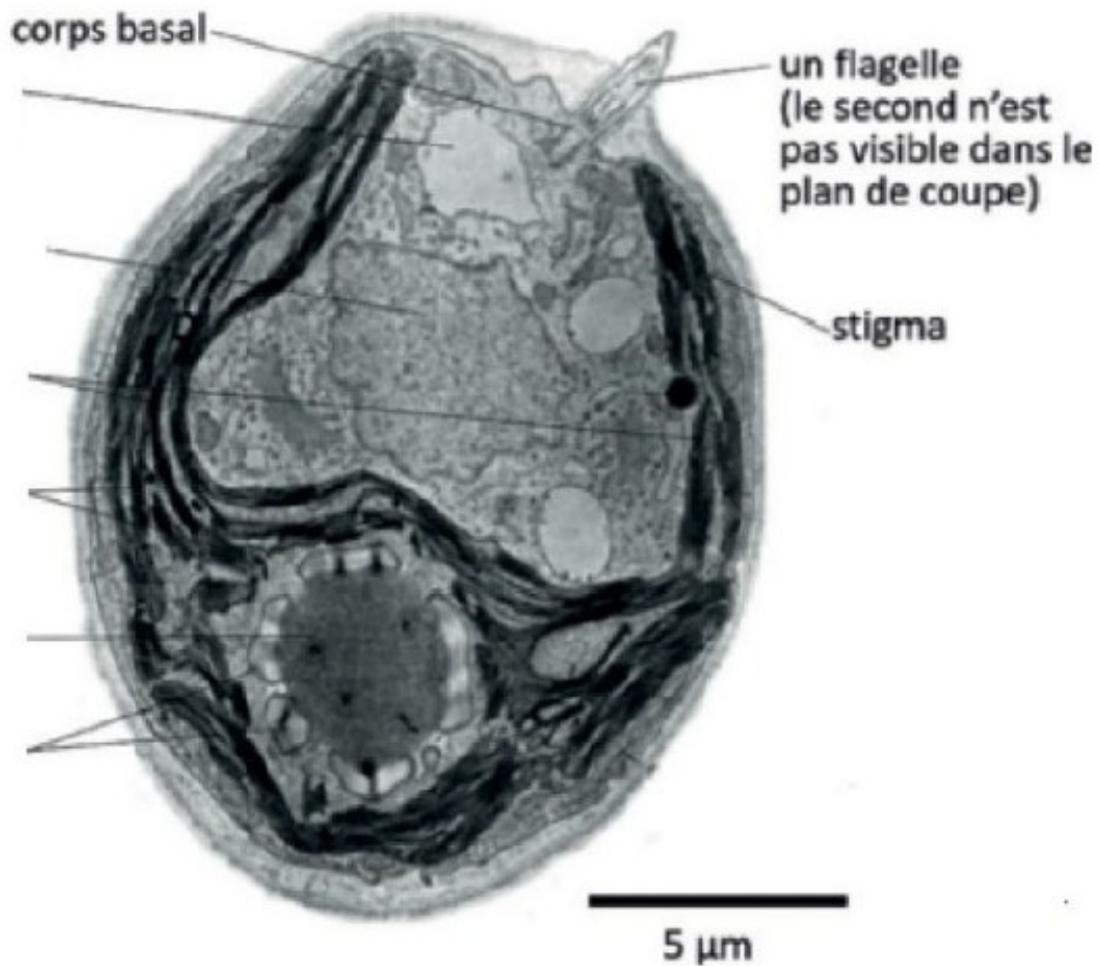


: organisation cellulaire de Chlamydomonas

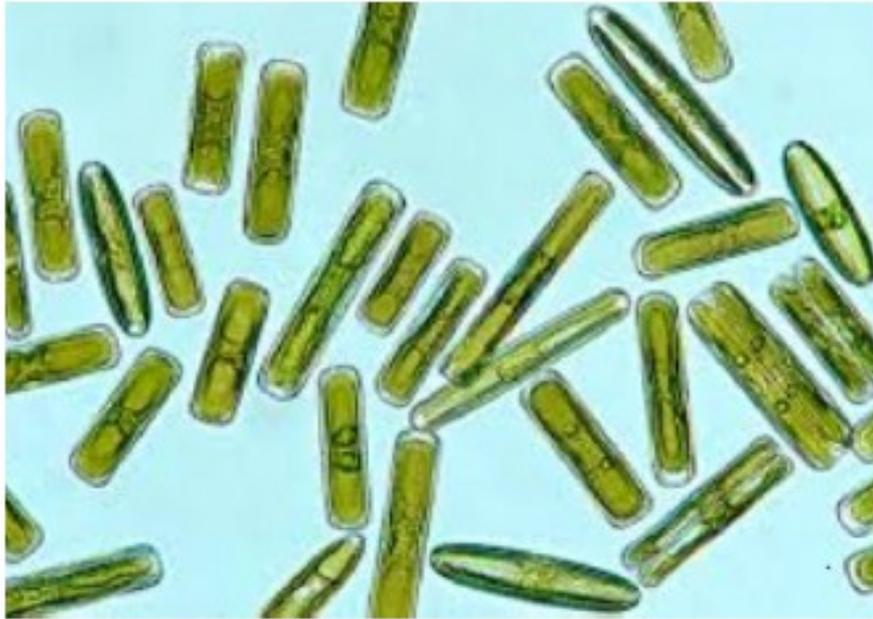


Chlamydomonas au MO

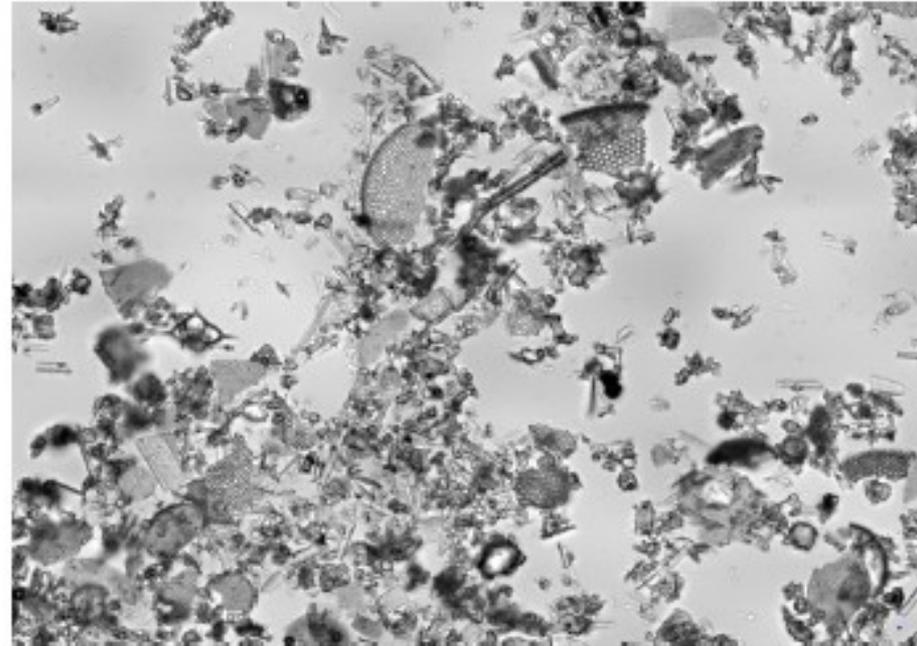




Document 28 : observation de Chlamydomonas au MET



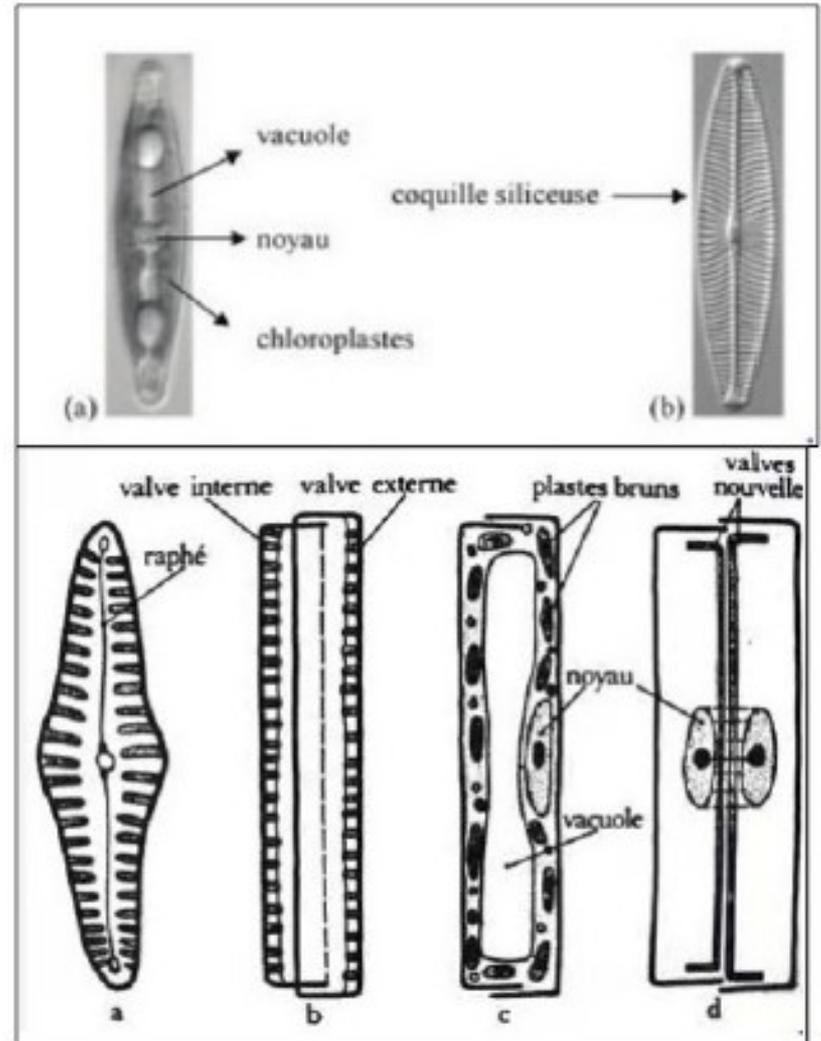
Diatomées vivantes au MO



Frottis de diatomite

Les Diatomées sont des **Eucaryotes unicellulaires photolithotrophes** appartenant au **taxon des Straménopiles de la Lignée Brune**. Elles se caractérisent par la présence de **chloroplastes à 4 membranes** qui témoignent d'une **endosymbiose secondaire**, possédant de la **chlorophylle a et c** et un **pyrénoïde**, analogue des carboxysomes de cyanobactérie, qui concentre grâce à l'anhydrase carbonique, le **CO<sub>2</sub>** à proximité de la Rubico.

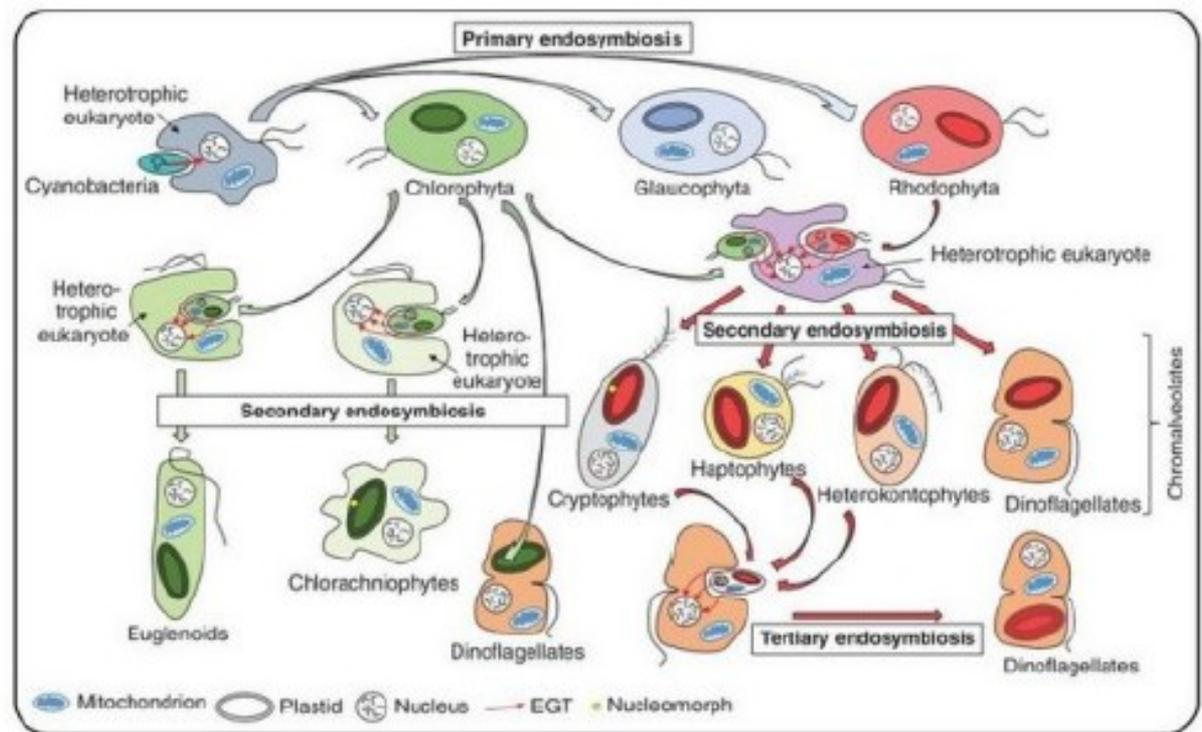
Elles sont présentes dans tous les milieux aquatiques avec une préférence pour les eaux froides. Elles peuvent vivre isolées ou en colonie, être libres ou fixées. Les formes pélagiques appartiennent au phytoplancton, les formes benthiques au microphytobenthos. Les diatomées sont un **constituant majeur du phytoplancton participant à 50 % de la production primaire océanique globale**. Les Diatomées se déplacent également par **phototactisme positif**, elles sont **capables d'adapter leur flottabilité** en faisant varier le volume de **globules lipidiques** dans leur cytosol, qu'elles utilisent également comme réserve énergétique.



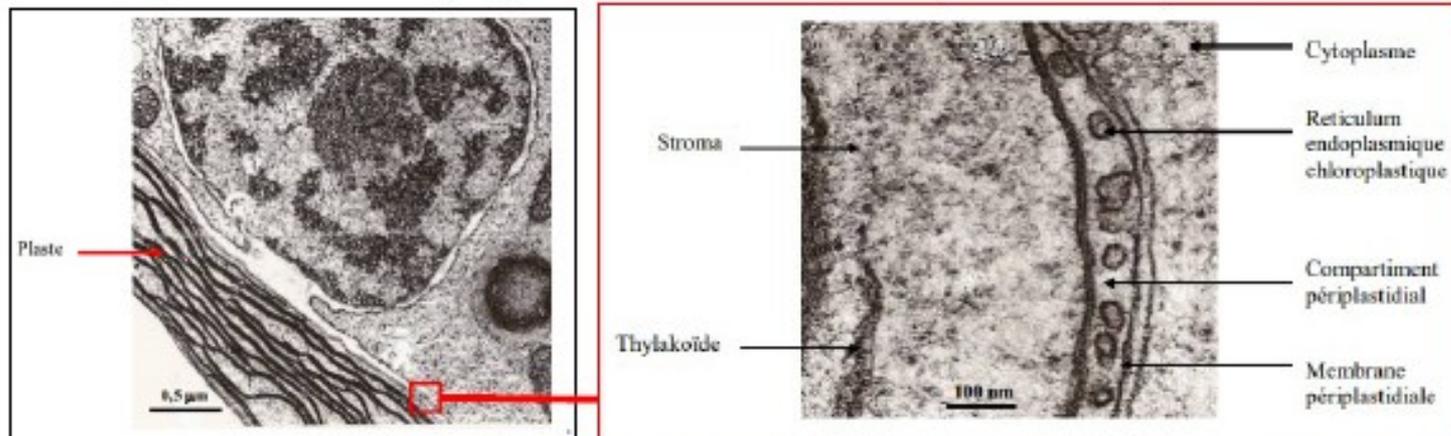
observation et schéma de l'organisation des Diatomées

**Document 3 : endosymbioses primaire, secondaire et tertiaire**

Ces événements ont permis l'apparition des divers eucaryotes photosynthétiques. EGT correspond aux transferts de gènes endosymbiotiques du génome chloroplastique vers le génome nucléaire. Figure issue de (Hoppe and Mock, 2015).



Les chloroplastes des Straménopytes présentent 4 membranes qui témoignent d'une endosymbiose secondaire.

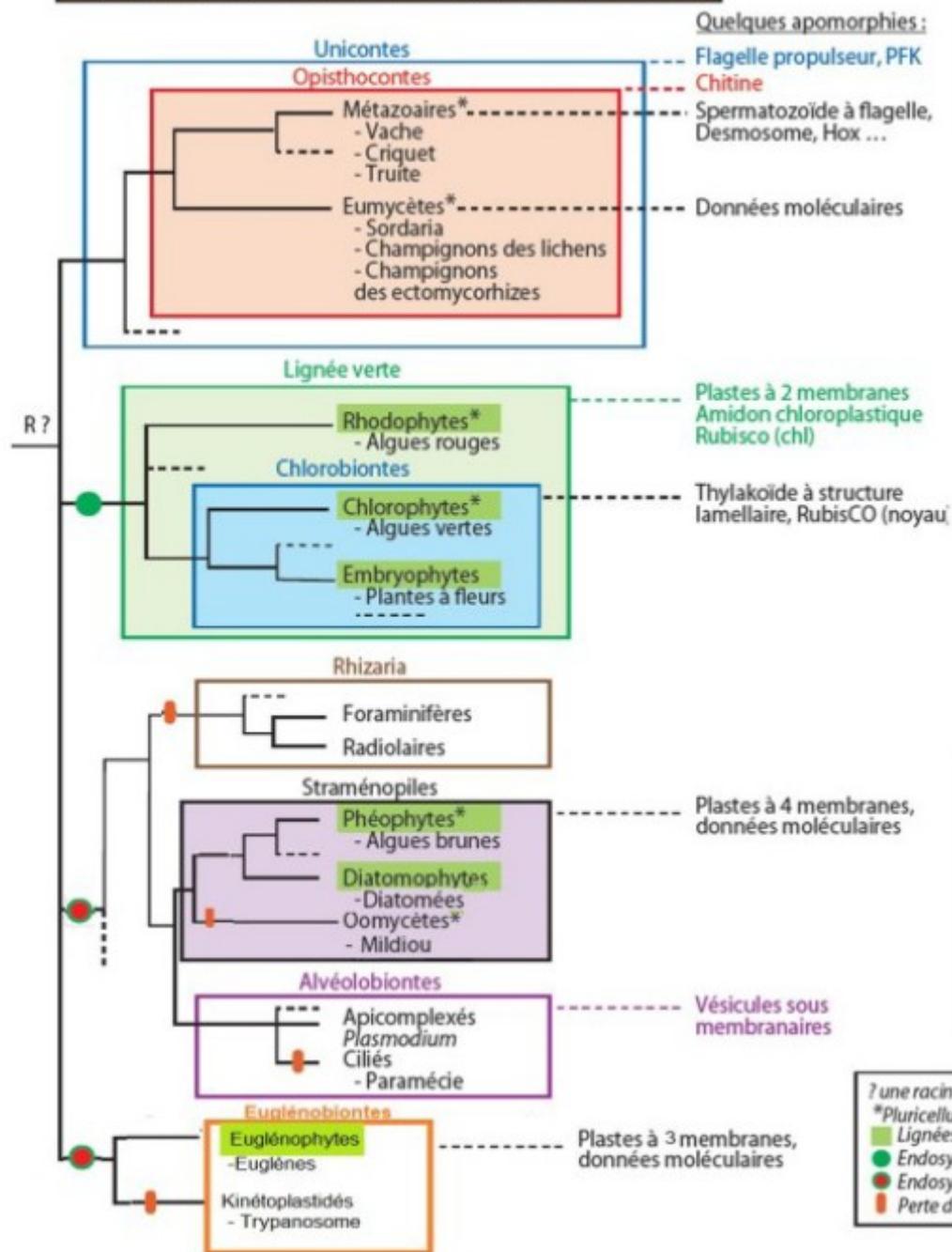


Document 13 : ultrastructure d'une cellule de Cryptophytes possédant des chloroplastes à 4 membranes comparables à ceux des Phéophytes et zoom montrant le détail des membranes plastidiales

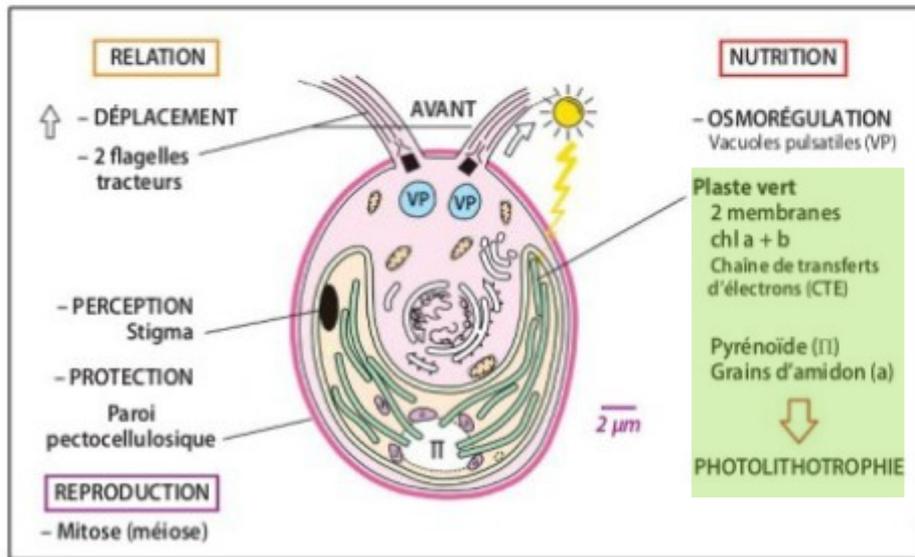


ARBRE PHYLOGÉNÉTIQUE SIMPLIFIÉ DES EUCARYOTES

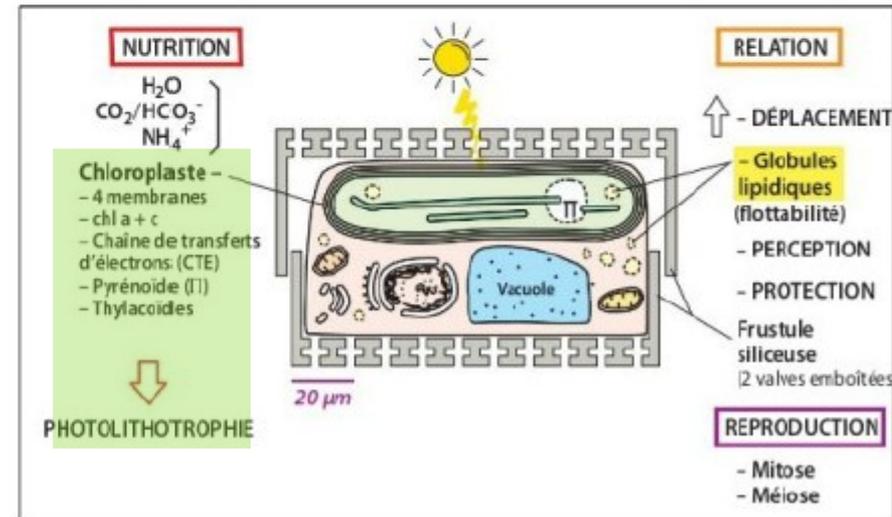
Document 4 : arbre phylogénétique simplifié des eucaryotes



Chez ces unicellulaires photolithotrophes, les chaînes photosynthétiques réalisent une conversion photochimique nécessaire à la réduction du NADP en NADPH<sub>2</sub> et à la synthèse d'ATP par couplage chimio-osmotique. L'ATP et le NADPH<sub>2</sub> formés servant par la suite à la réduction du CO<sub>2</sub> en G3P au cours du cycle de Calvin.

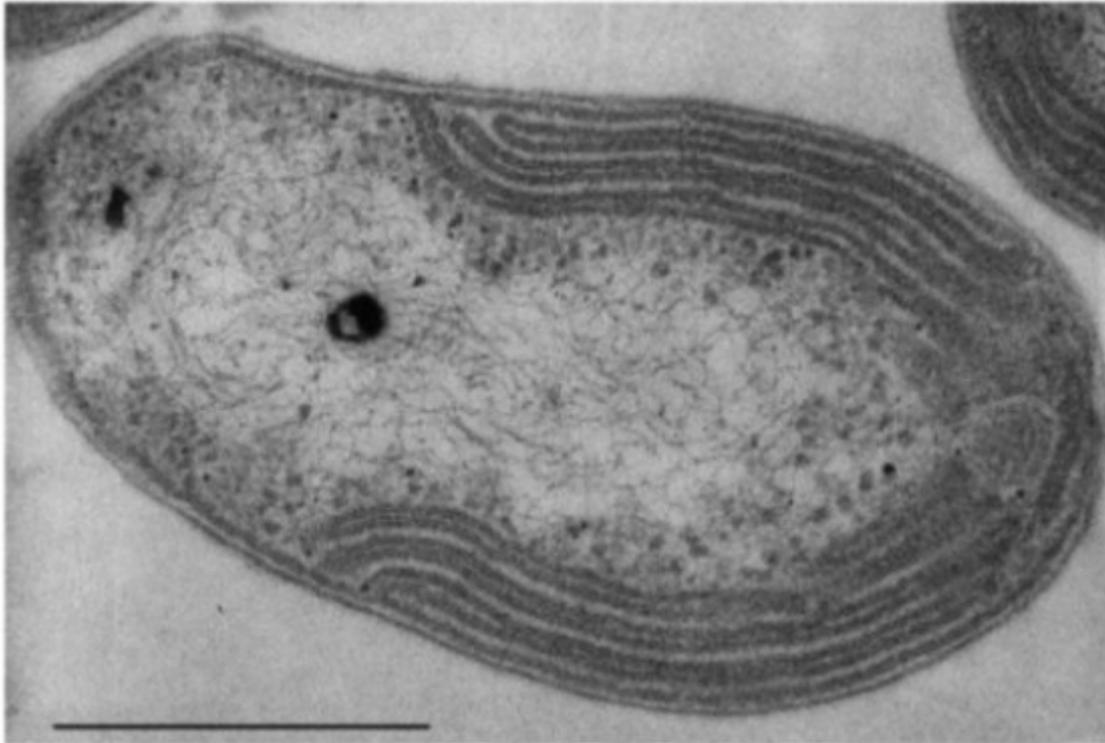


Chlamydomonas, un Eucaryote Chorobionte photolithotrophe

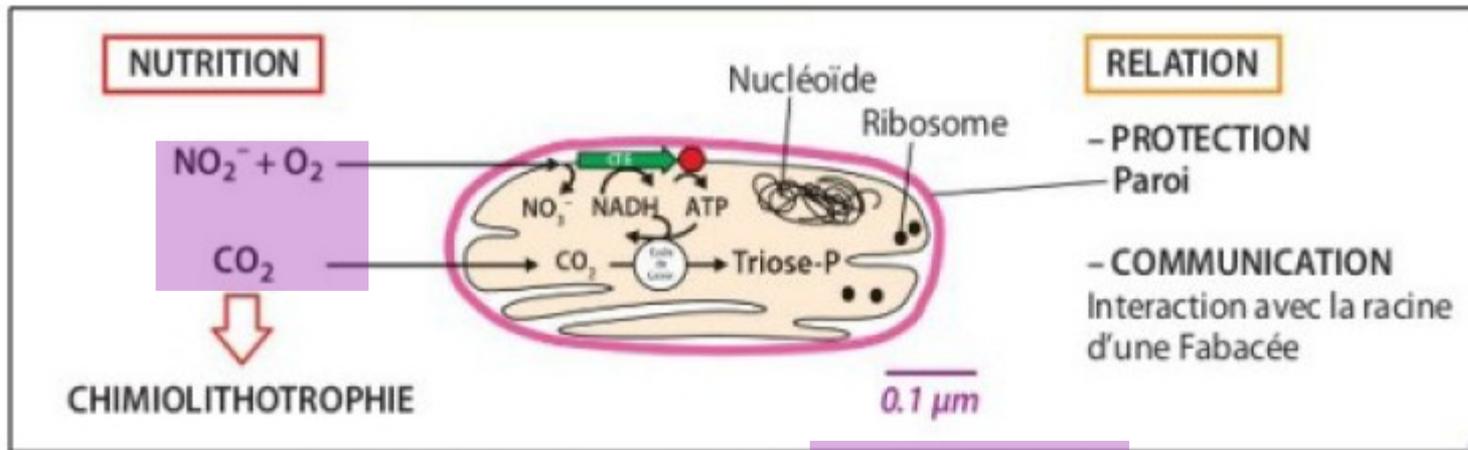


Les Diatomées, des Eucaryotes Straménopiles photolithotrophes

### 1.1.2 exemples de chimiolithotrophes (cf BGA et 1e année)



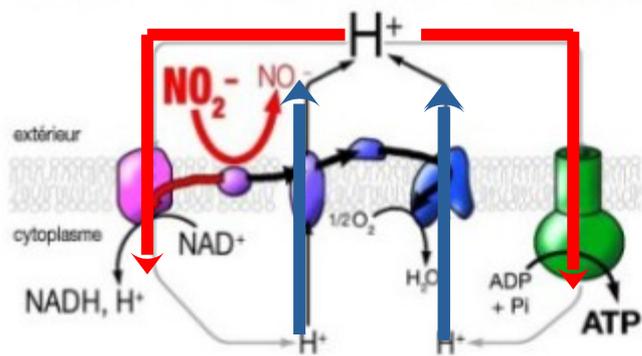
Document 13 : observation de Nitrobacter au MET



Nitrobacter, un Procaryote chimiolithotrophe

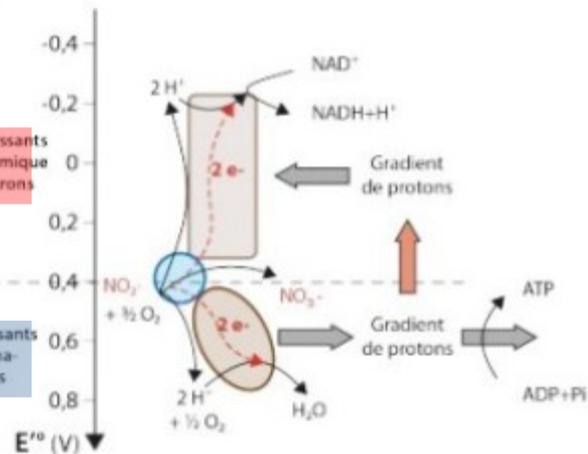
**Document 5 : aspects thermodynamiques de la nutrition de Nitrobacter**

Une partie de la force proton-motrice est utilisée pour la réduction de  $\text{NAD}^+$ .



Sens des potentiels décroissants  
= « montée » thermodynamique  
non spontanée des électrons

Sens des potentiels croissants  
= « chute » thermodynamique spontanée des



**Nitrobacter** Bactérie essentielle du sol, elle participe à la minéralisation de l'azote organique.

Elle oxyde les ions nitrites en NITRATES = **nitrata**tion. Cette oxydation est exergonique :  $-75 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$\text{NADPH} + \text{H}^+$  n'est pas formé directement par l'oxydation des  $\text{NO}_2^-$ , car son potentiel rédox est trop bas ( $-0,32 \text{ V}$ ) par rapport au potentiel rédox  $\text{NO}_2^- / \text{NO}_3^- = +0,42 \text{ V}$ .

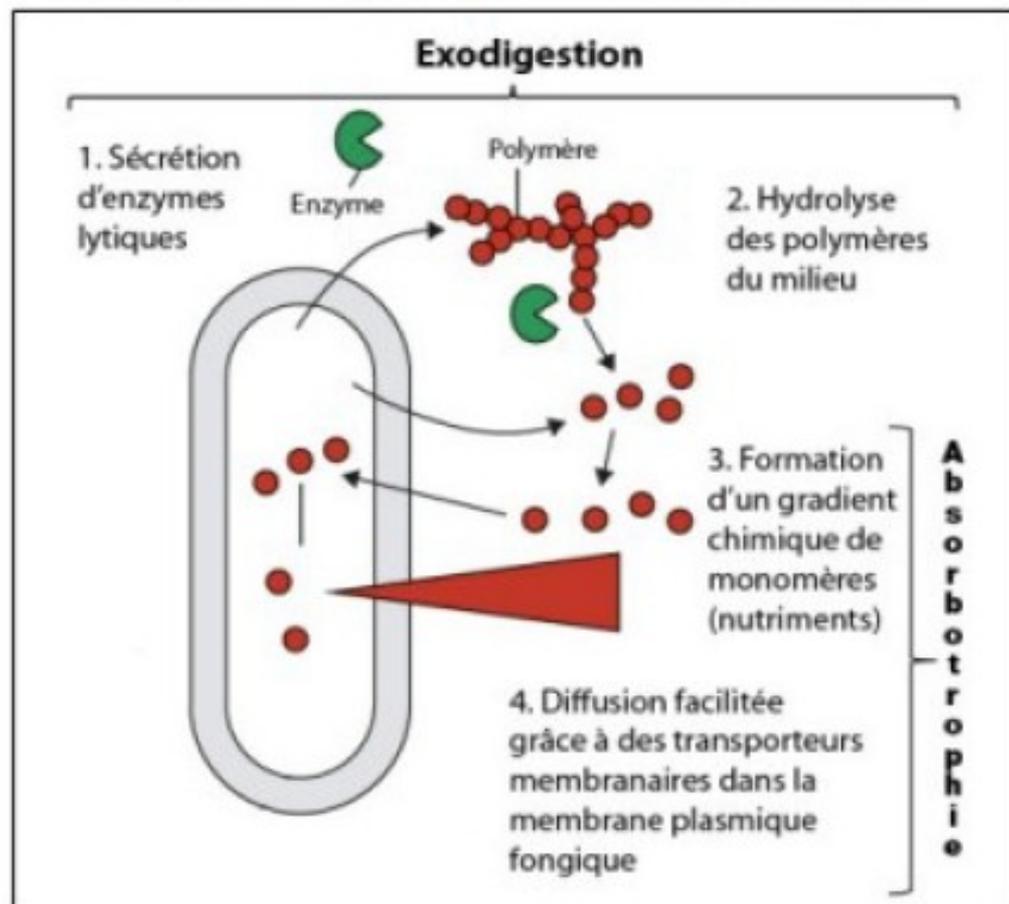
Conséquence écologique : oxydation d'une très grande quantité de  $\text{NO}_2^-$  pour leur développement.

**Bilan** : La nitrification a un effet minéralisateur exceptionnellement intense.

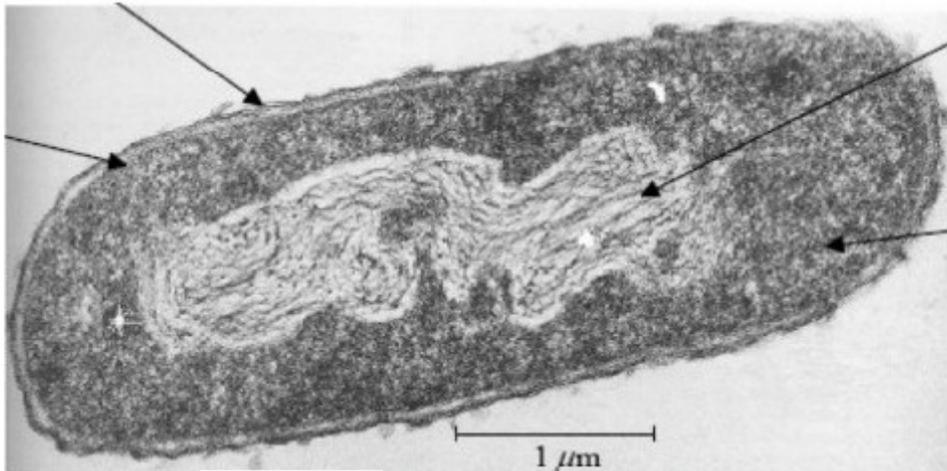
## 1.2 exemples d'unicellulaires hétérotrophes

### 1.2.1 l'absorbotrophie .

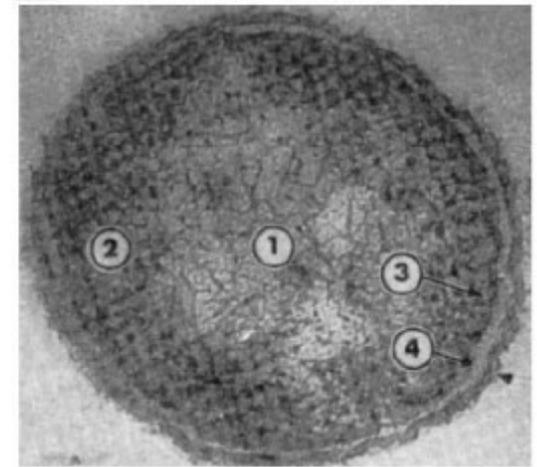
#### Document 6 : principe de l'absorbotrophie



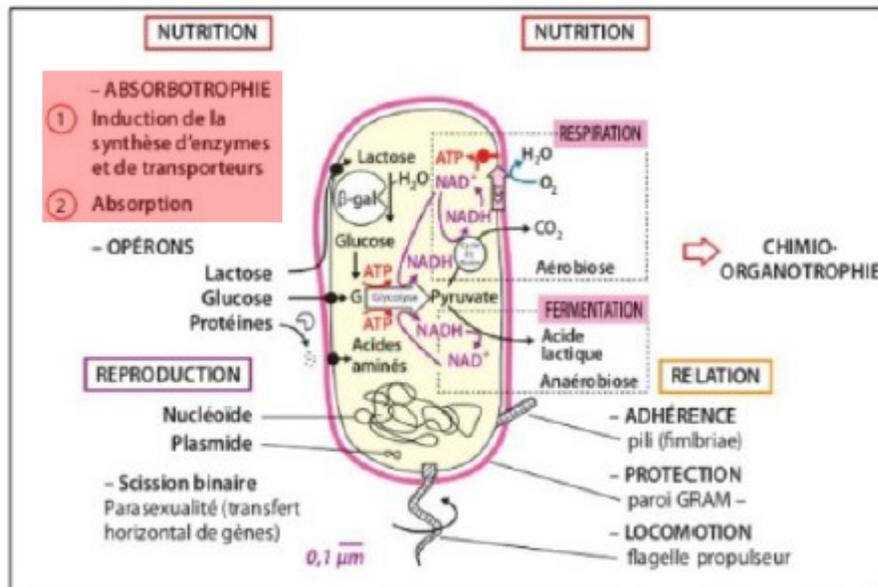
➤ E.coli et Rhizobium qui sont des bactéries Gram - : leur paroi est formée d'une couche de peptidoglycane et d'une bicouche lipidique externe.



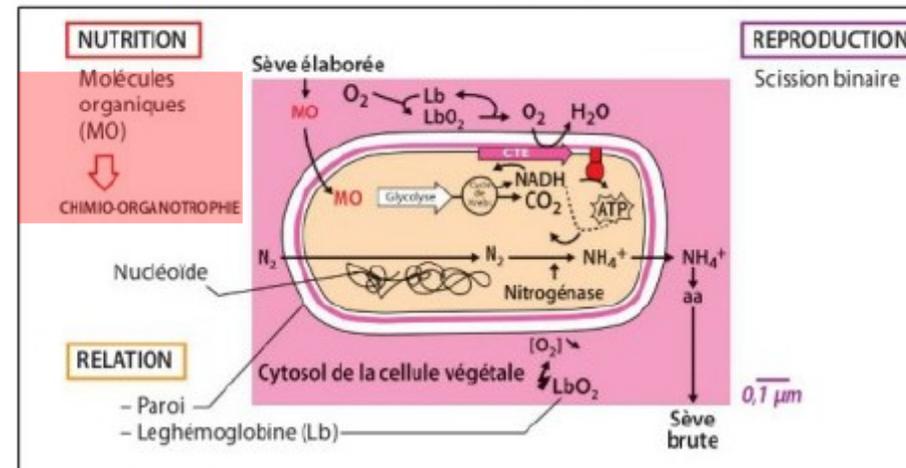
observation de E.coli au MET



Coupe transversale de Rhizobium trifolii (batonnet)

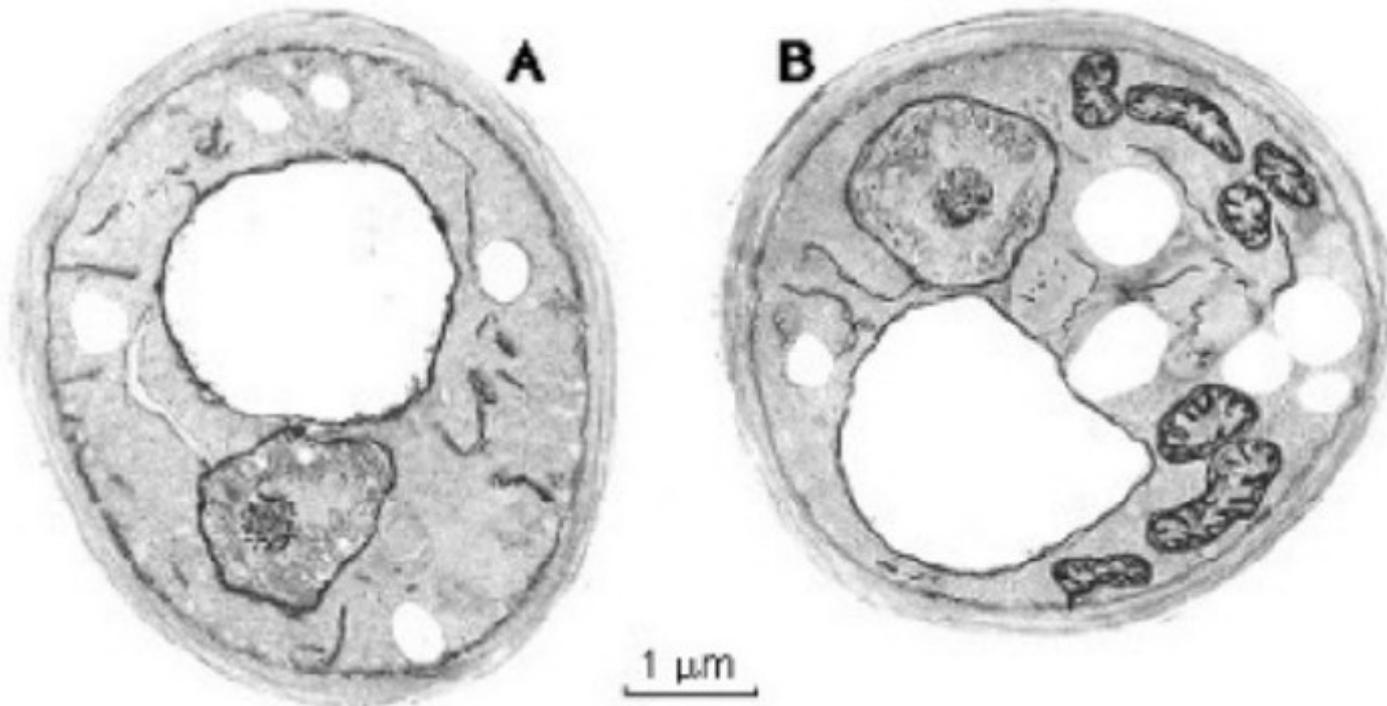


Escherichia coli, un Procaryote chimoorganotrophe absorbotrophe

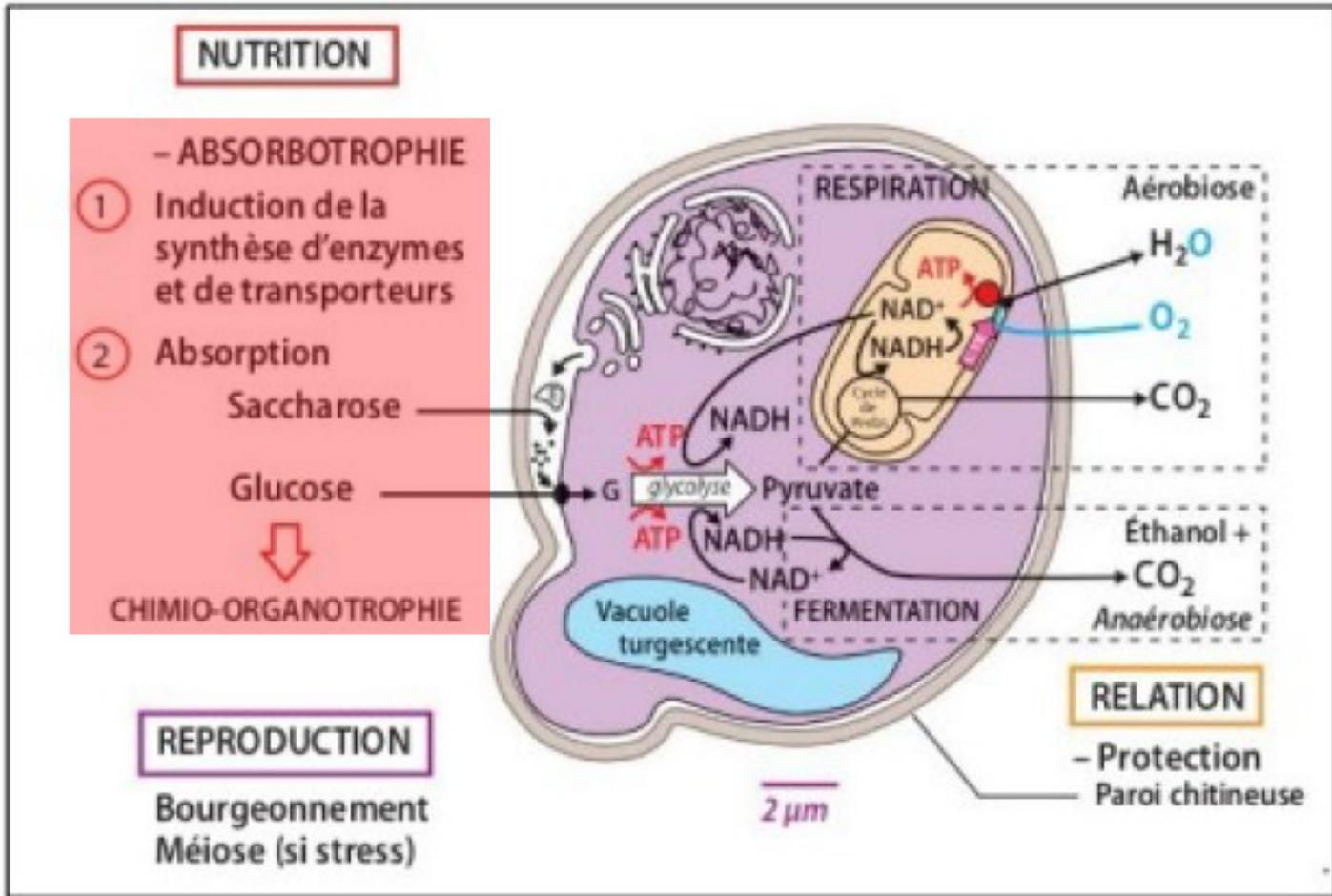


Rhizobium, un Procaryote chimoorganotrophe absorbotrophe mais autotrophe à l'azote

➤ Saccharomyces, une levure appartenant aux **Eumycètes** possède une matrice extracellulaire rigide contenant de la chitine.



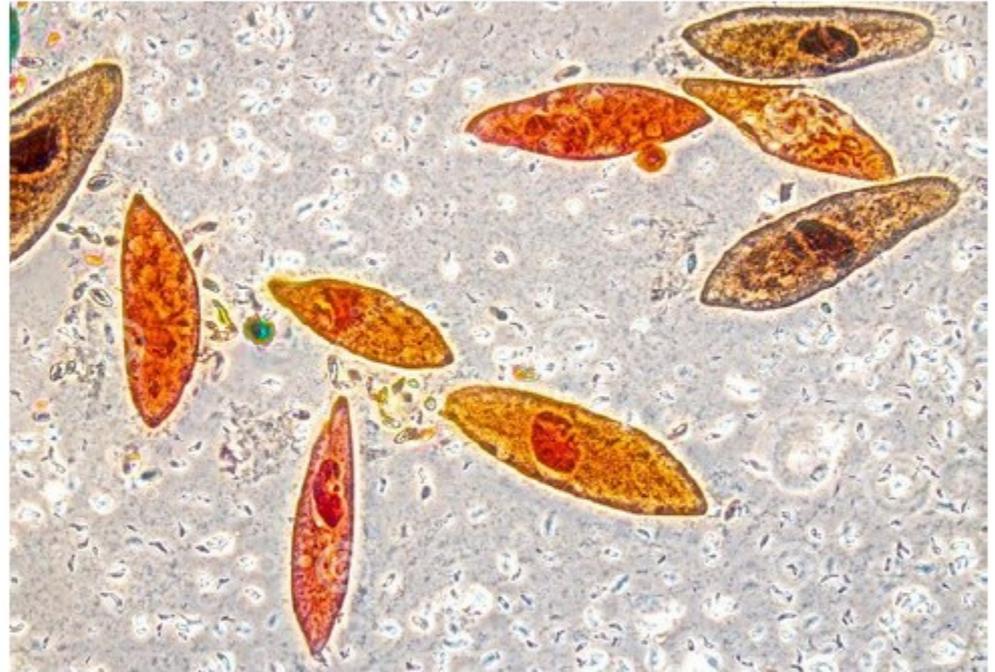
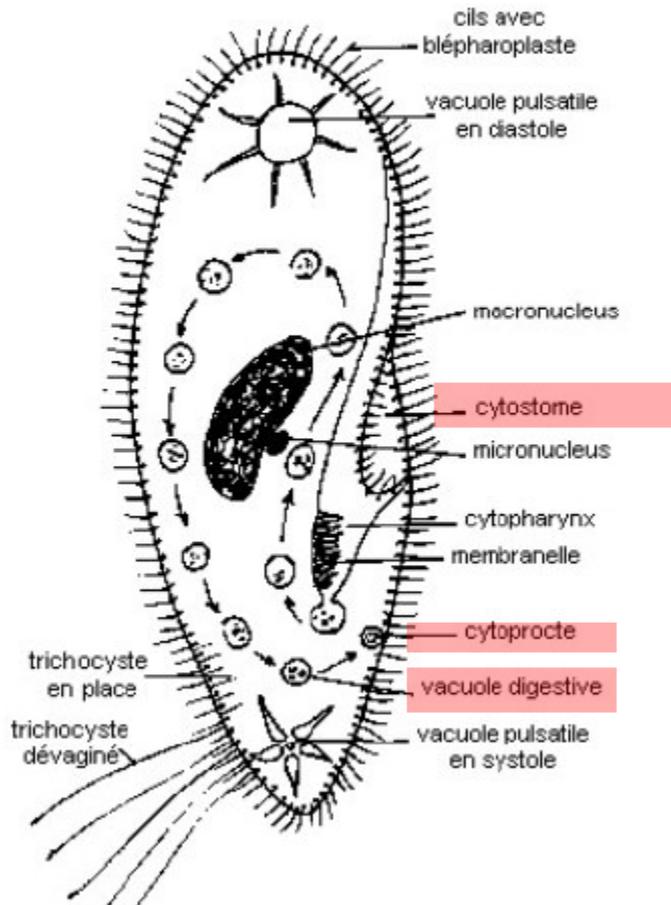
Document 14 : observation de levure au MET en conditions anaérobies (à gauche) et en aérobie (à droite)



Saccharomyces cerevisia, un Eucaryote Eumycète chimioorganotrophe absorbotrophe

## 1.2.2 la phagotrophie

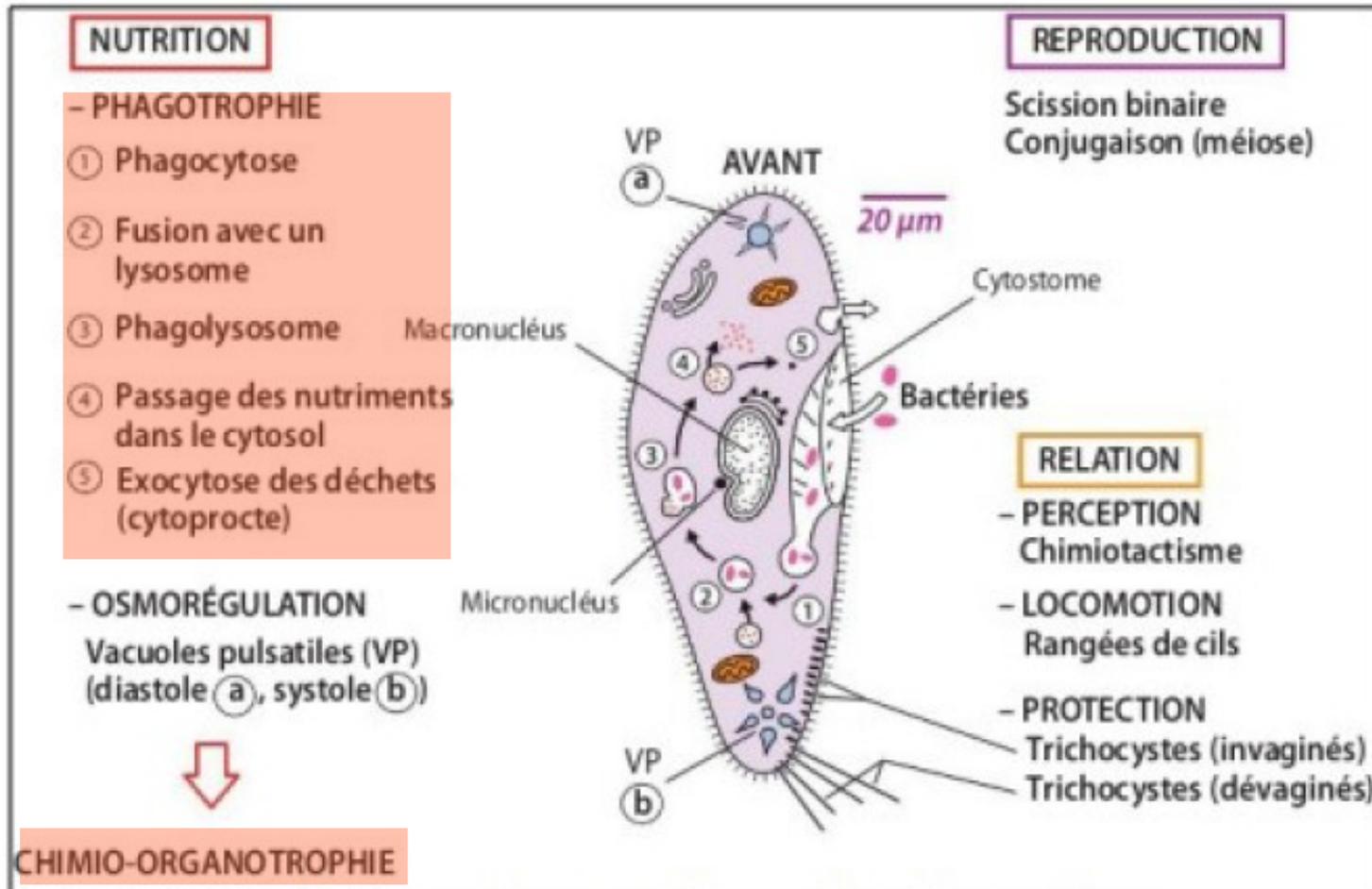
On peut prendre comme exemple la Paramécie, appartenant aux **Alvéobiontes Ciliés**.



organisation d'une Paramécie



observation d'une paramécie au MEB après cryodécapage et colorisation



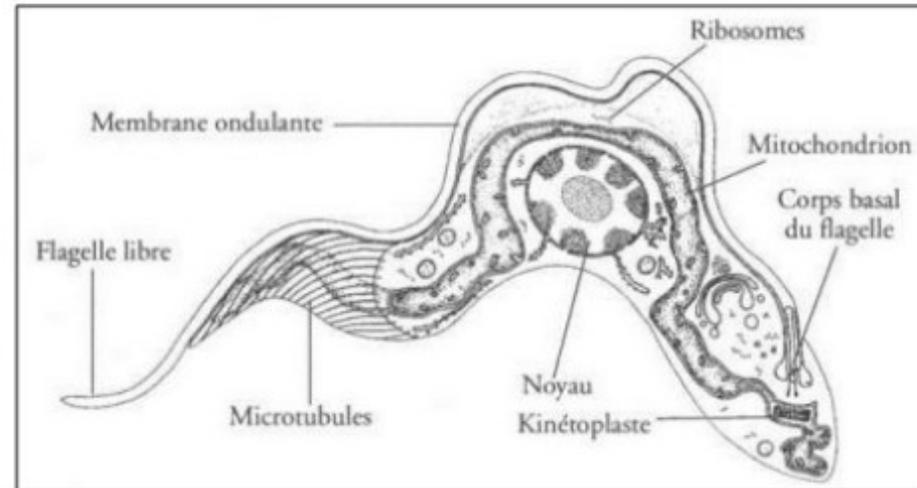
Les paramécies, des Eucaryotes Alvéobiontes chimioorganotrophes absorbotrophes

### 1.2.3 l'absorbotrophie couplée à la phagotrophie

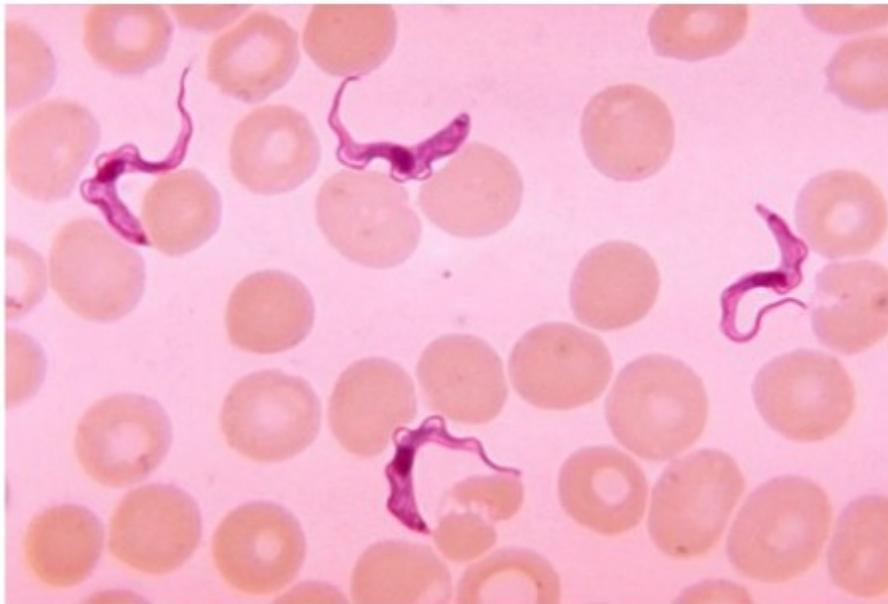
➤ Le trypanosome appartenant aux **Euglénobiontes Kinétoplastidés**,

Le trypanosome puise **les nutriments (glucose et aa)** par **absorbotrophie** dans le sang, le liquide céphalo-rachidien de l'Homme et l'hémolymphe de la glossine et récupère les **macromolécules par phagocytose**.

Il possède **une mitochondrie unique** ramifiée dans tout le cytoplasme mais dont le métabolisme et la taille varie selon la phase du cycle (cf cours), l'**ADN mitochondrial** forme une structure particulière à la base du flagelle, appelé **kinétoplaste**.



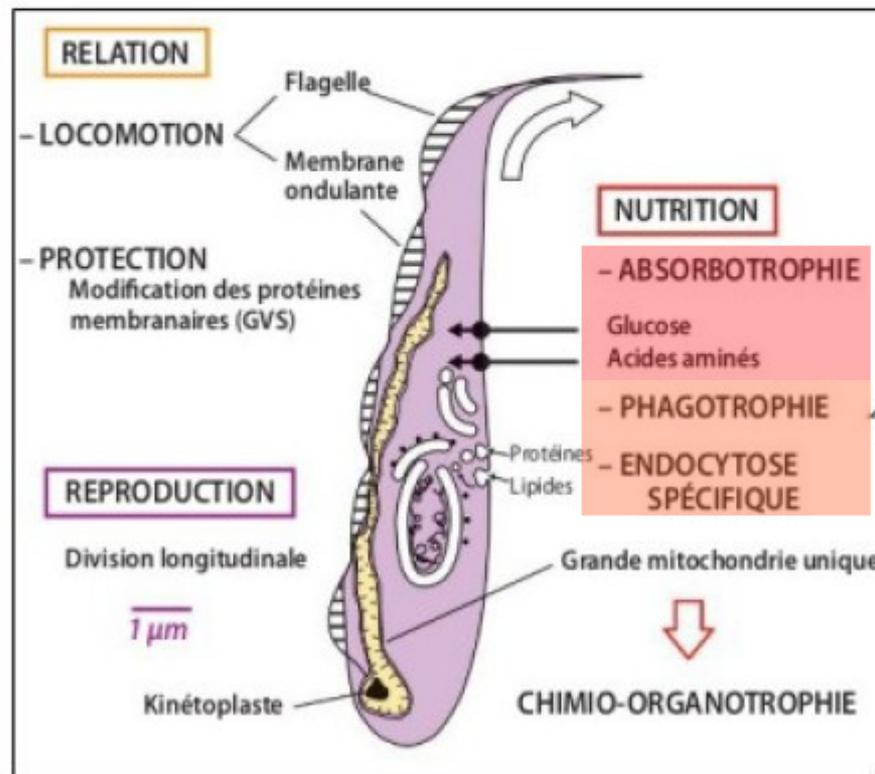
Document 22 : organisation cellulaire du Trypanosome



Document 23 : observation de trypanosome dans un frottis sanguin

Le trypanosome possède une mitochondrie unique de très grande taille, ramifiée dans tout le cytoplasme mais dont l'organisation varie selon les changements métaboliques qui interviennent au cours du cycle parasitaire :

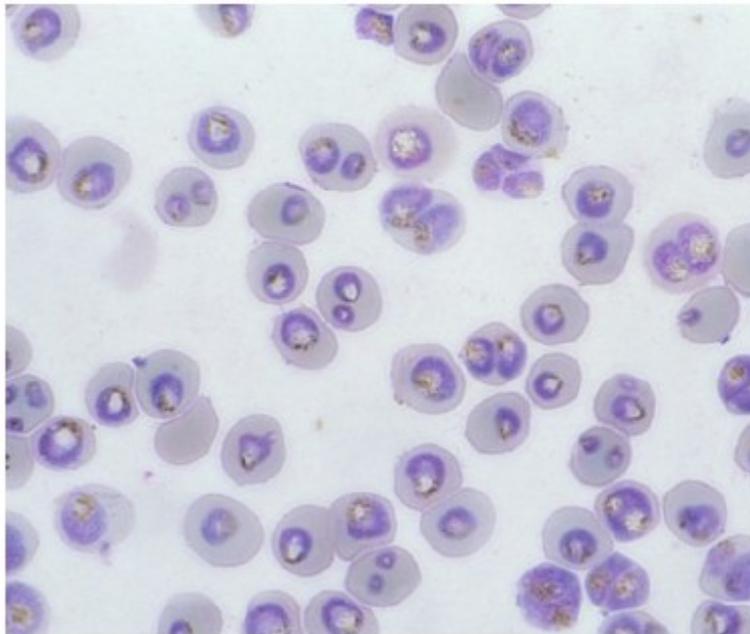
- dans l'hémolymphe de la glossine, l'ATP est produit par respiration mitochondriale à partir d'aa.
- dans le sang de l'Homme, l'ATP est produit par une glycolyse particulière ayant lieu dans des péroxysomes spécifiques, les glycosomes et la mitochondrie a alors une taille très réduite.



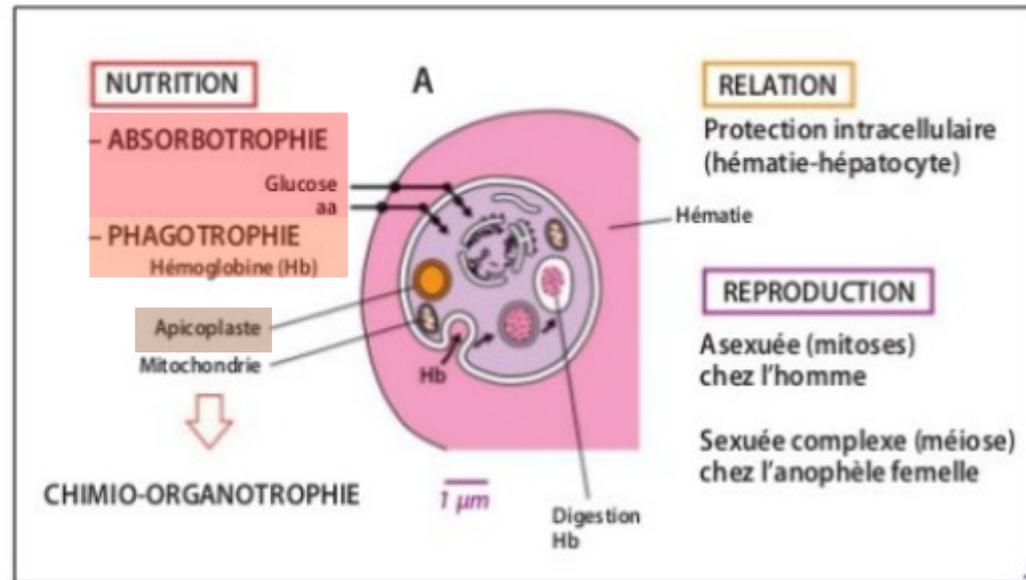
Le Trypanosome, un Eucaryote Euglénobionte chimioorganotrophe absorbotrophe et phagotrophe

➤ Le Plasmodium, appartenant aux **Alvéobiontes Apicomplexes**, est un **endoparasite intracellulaire**, il puise le **glucose par absorbotrophie** dans les **hématies** de son hôte principal, l'Homme, ou dans l'hémolymphe de son hôte intermédiaire, un moustique : l'anophèle femelle. Chez l'humain, il récupère également **l'hémoglobine et d'autres macromolécules** des hématies **par phagocytose**.

Le Plasmodium métabolise les nutriments via **respiration mitochondriale et/ou les transforme en lipides** dans un **plaste limité par quatre membranes et non photosynthétique** : l'apicoplaste.



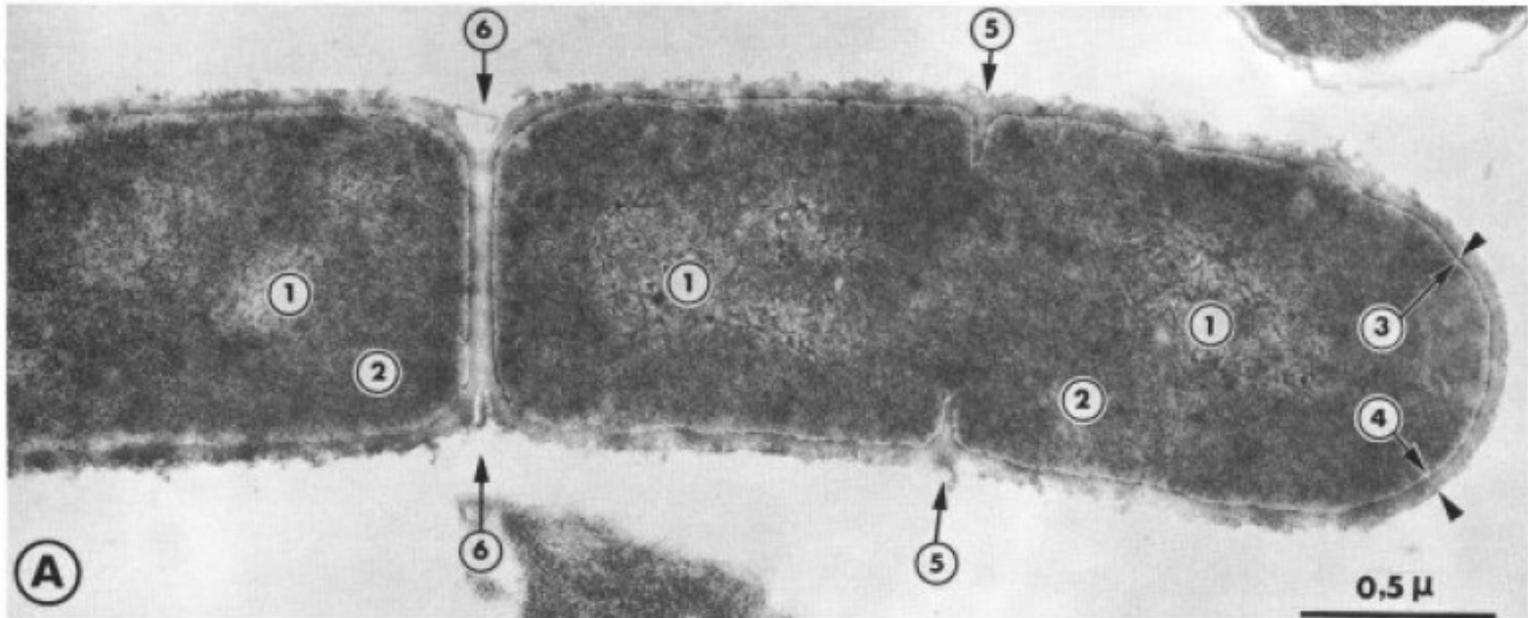
Document 20 : observation de trophozoïtes de Plasmodium dans des hématies au MO



Le Plasmodium, un Eucaryote Apicomplexe chimioorganotrophe absorbotrophe et phagotrophe

## 2. La diversité des modalités de reproduction

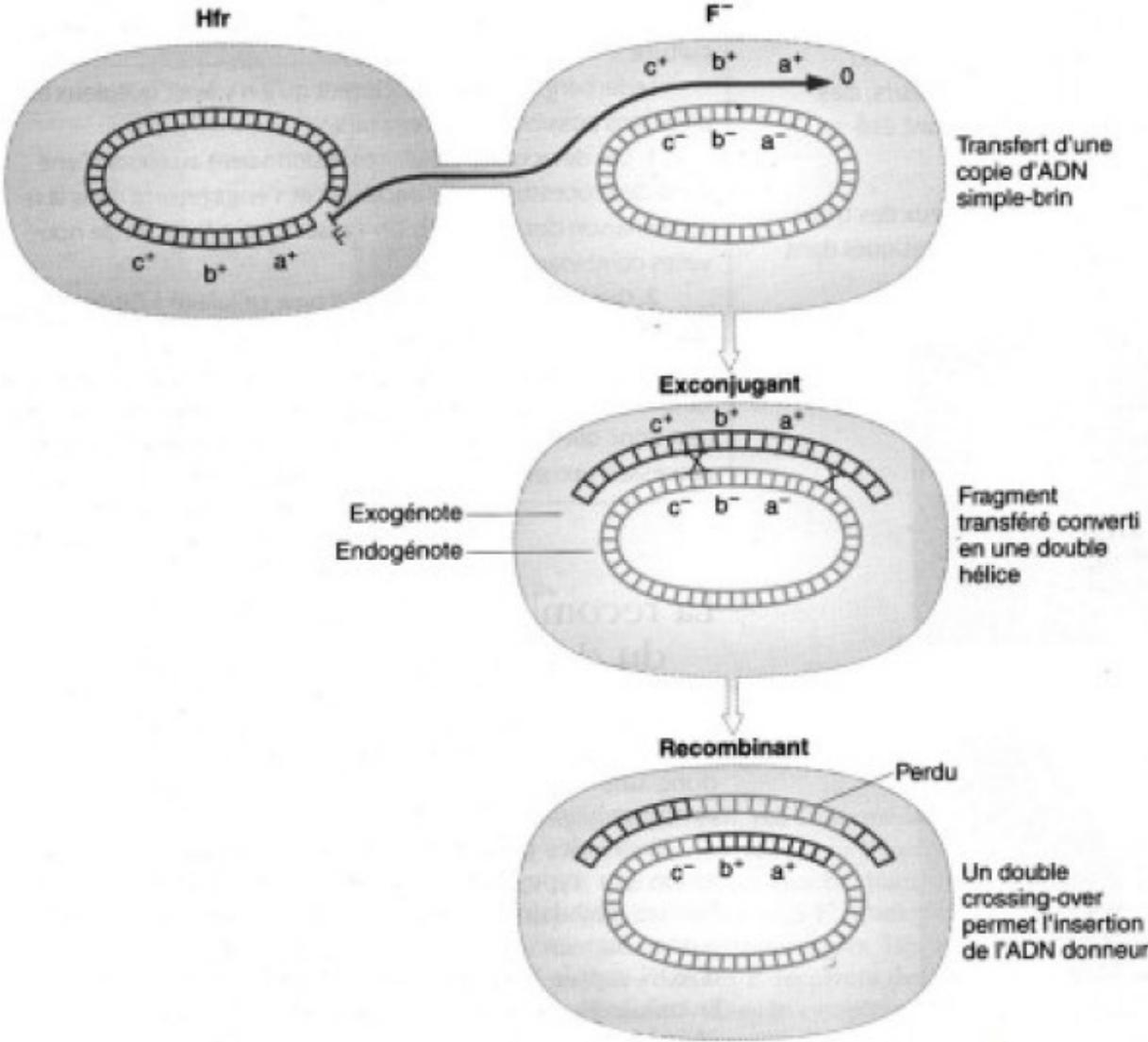
2.1 procaryotes se multiplient par scissiparité et se recombinent par transferts de gènes horizontaux et innovent par mutations



Document 4 : Observation de bacillus megatherium en cours division au MET



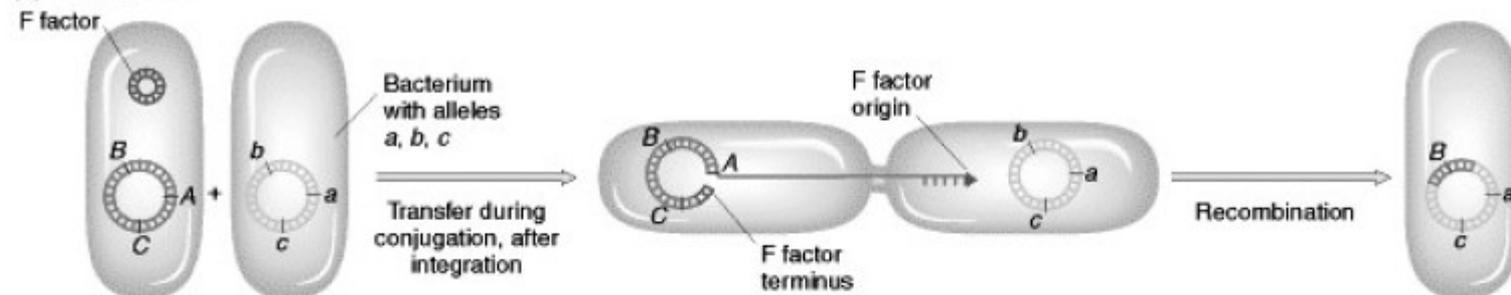
# Document 15 : Recombinaison génétique par la conjugaison



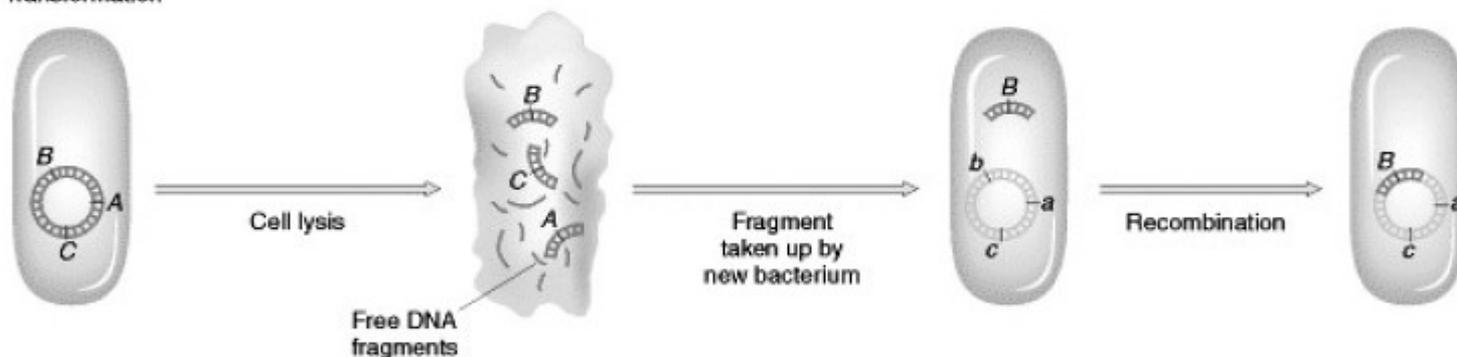
# Document 11 : les 3 grands mécanismes de recombinaison chez les bactéries



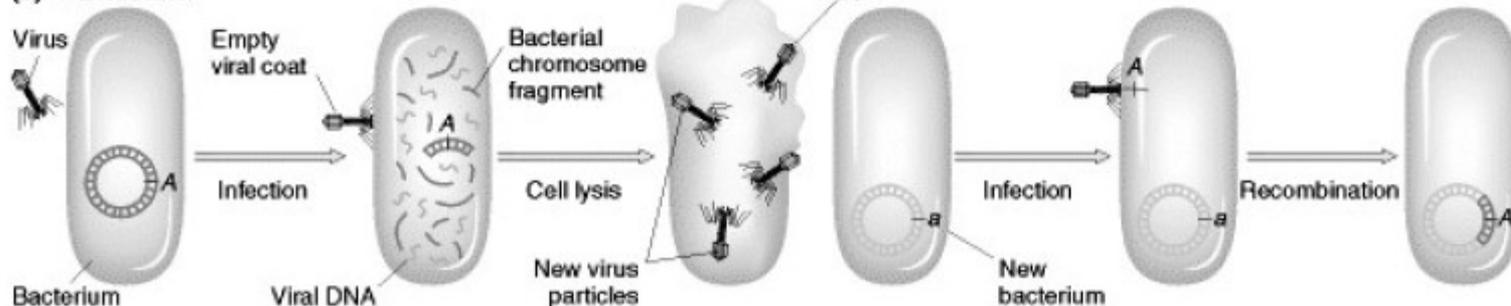
## (a) Conjugation



## (b) Transformation



## (c) Transduction

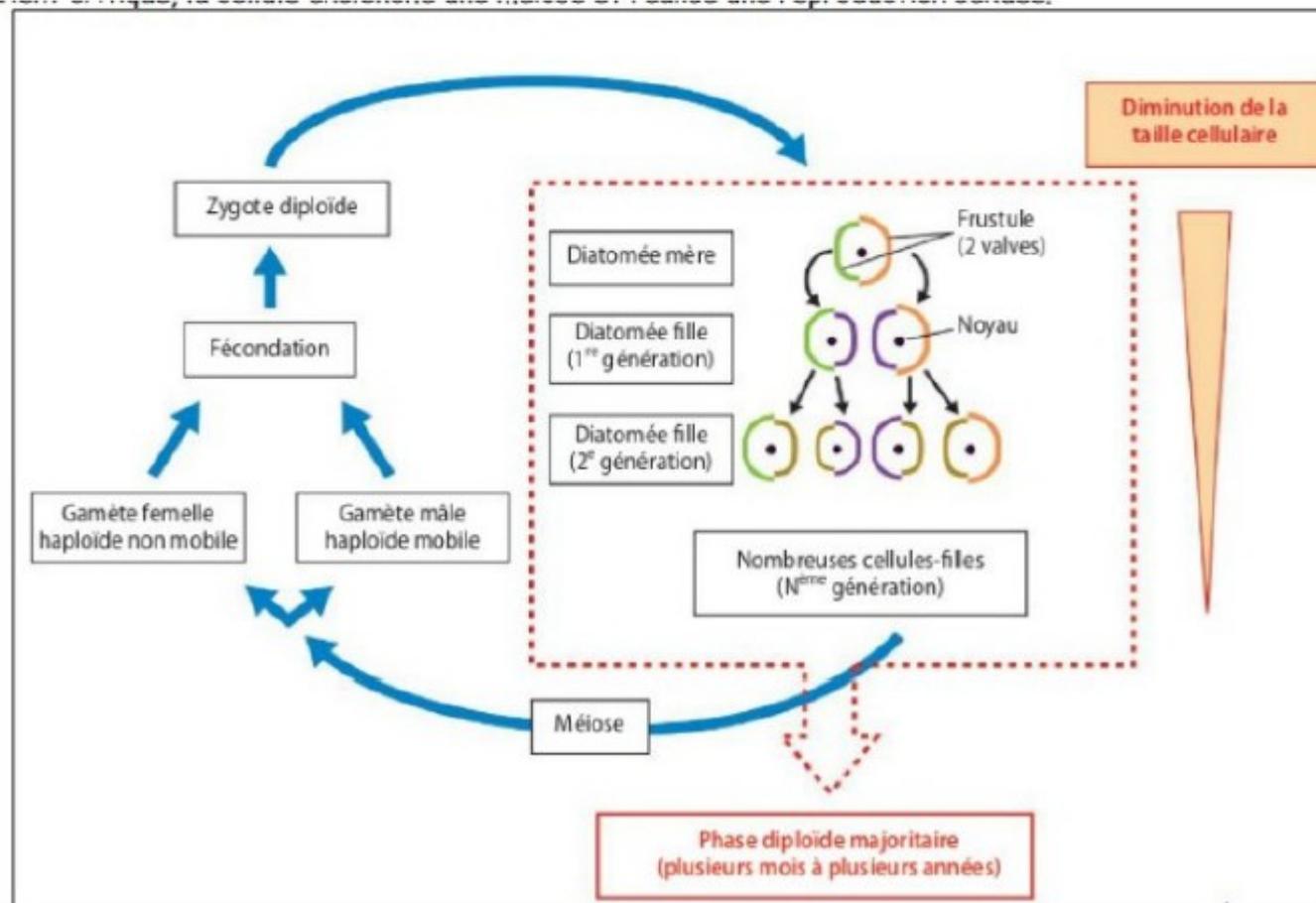


## 2.2 les eucaryotes unicellulaires peuvent se reproduire par multiplication sexuée ou asexuée.

### 2.2.1 Cas de la reproduction sexuée

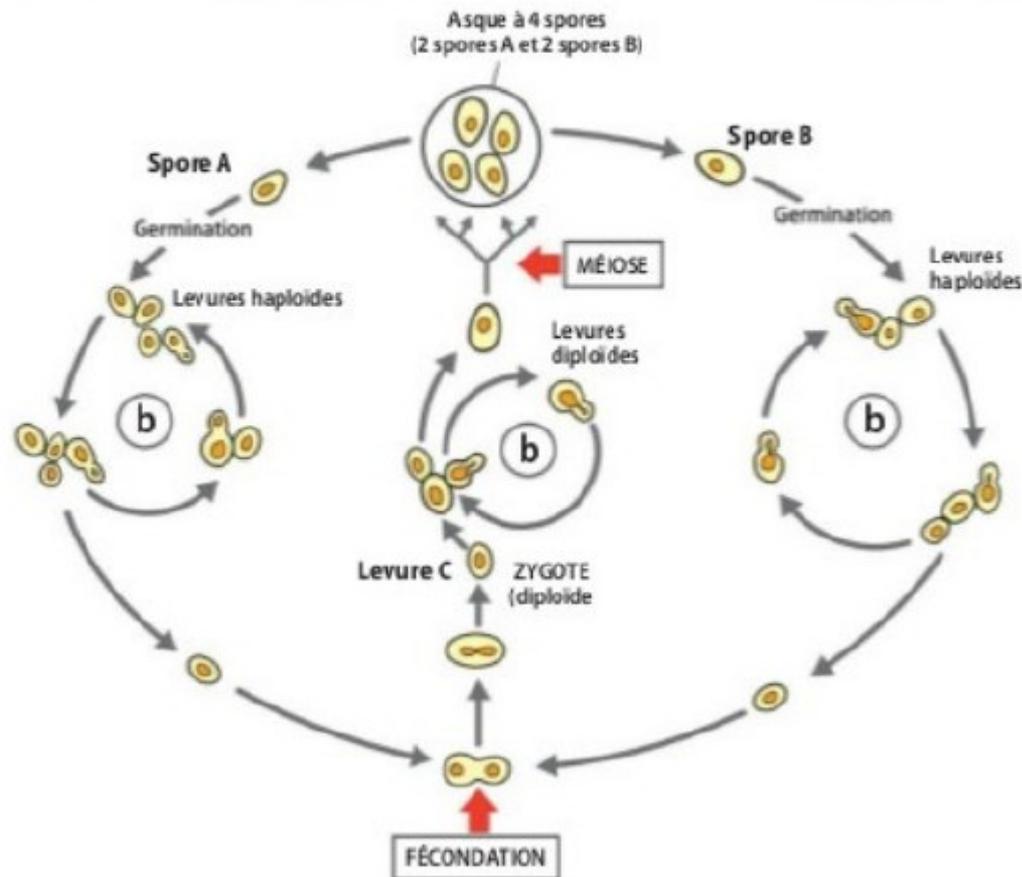
En généralisant, on peut remarquer que la reproduction sexuée des unicellulaires eucaryotes se met en place lorsque des conditions défavorables l'imposent.

➤ Chez les Diatomées, on l'observe quand survient une carence ou une taille minimale, sinon c'est la reproduction asexuée qui se manifeste intensément.



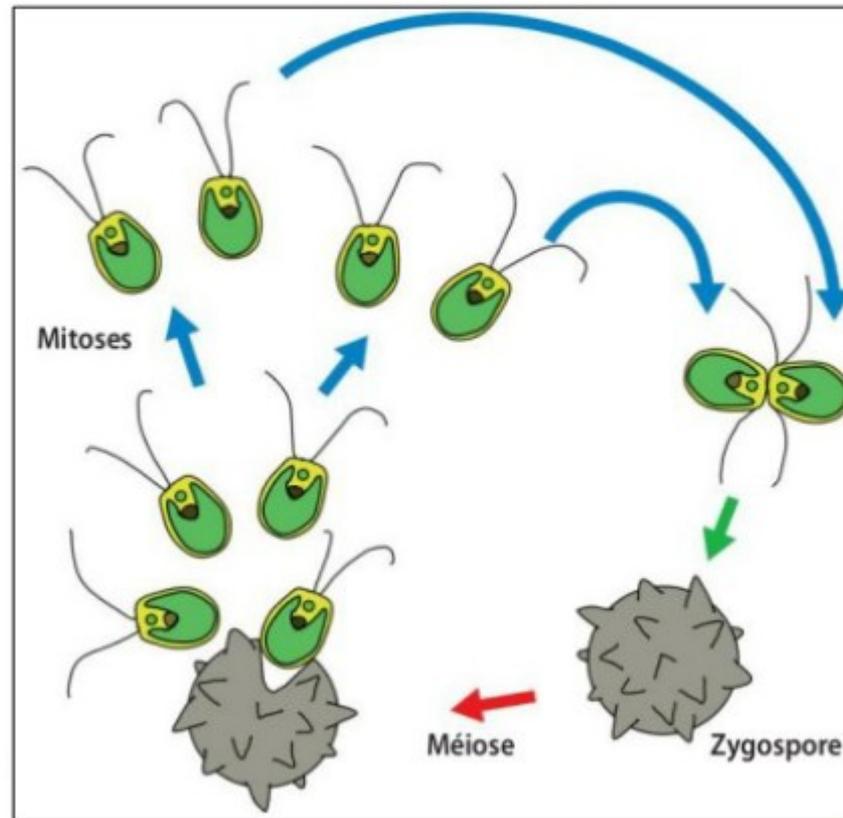
Document 25 : cycle de développement des Diatomées

➤ Chez les Levures, le **cycle de développement** est **haplophasique**, la succession des phénomènes fécondation – méiose permet à des cellules haploïdes de former une cellule-œuf diploïde subissant la méiose et formant 4 Levures haploïdes génétiquement distinctes et on observe la **mise en place de cette reproduction sexuée en cas de modification du milieu**, elle permet alors l'apparition de nouvelles combinaisons alléliques potentiellement adaptables à ce nouveau milieu.



Document 15 : cycle de vie des levures et observation de figures de bourgeonnement

➤ Chez Chlamydomonas, le cycle de développement est également haplophasique, lorsque le milieu est carencé, il y a formation d'un zygote par fusion de deux individus formant alors un zygote non flagellé qui subit immédiatement une méiose pour libérer quatre nouvelles cellules haploïdes qui se multiplieront ensuite par mitoses.



Document 27 : cycle de développement de Chlamydomonas

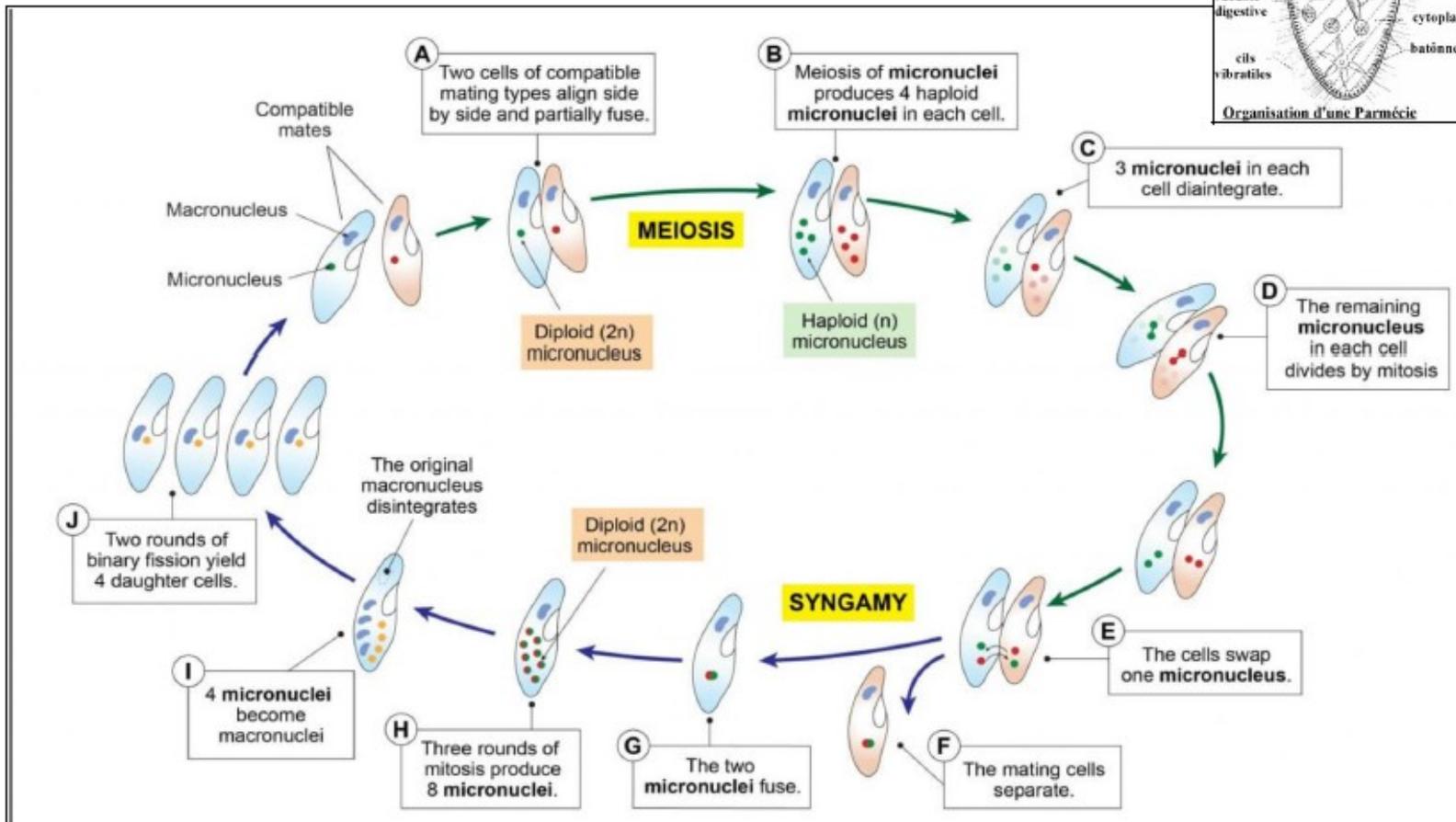
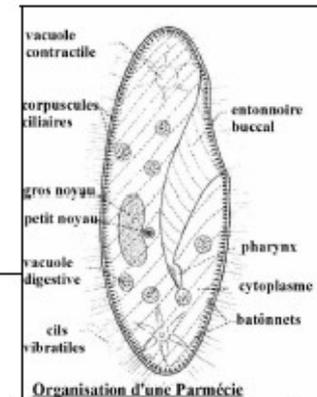
➤ Chez les Paramécies

**Document 7 : la reproduction sexuée atypique des Paramécies ou conjugaison**

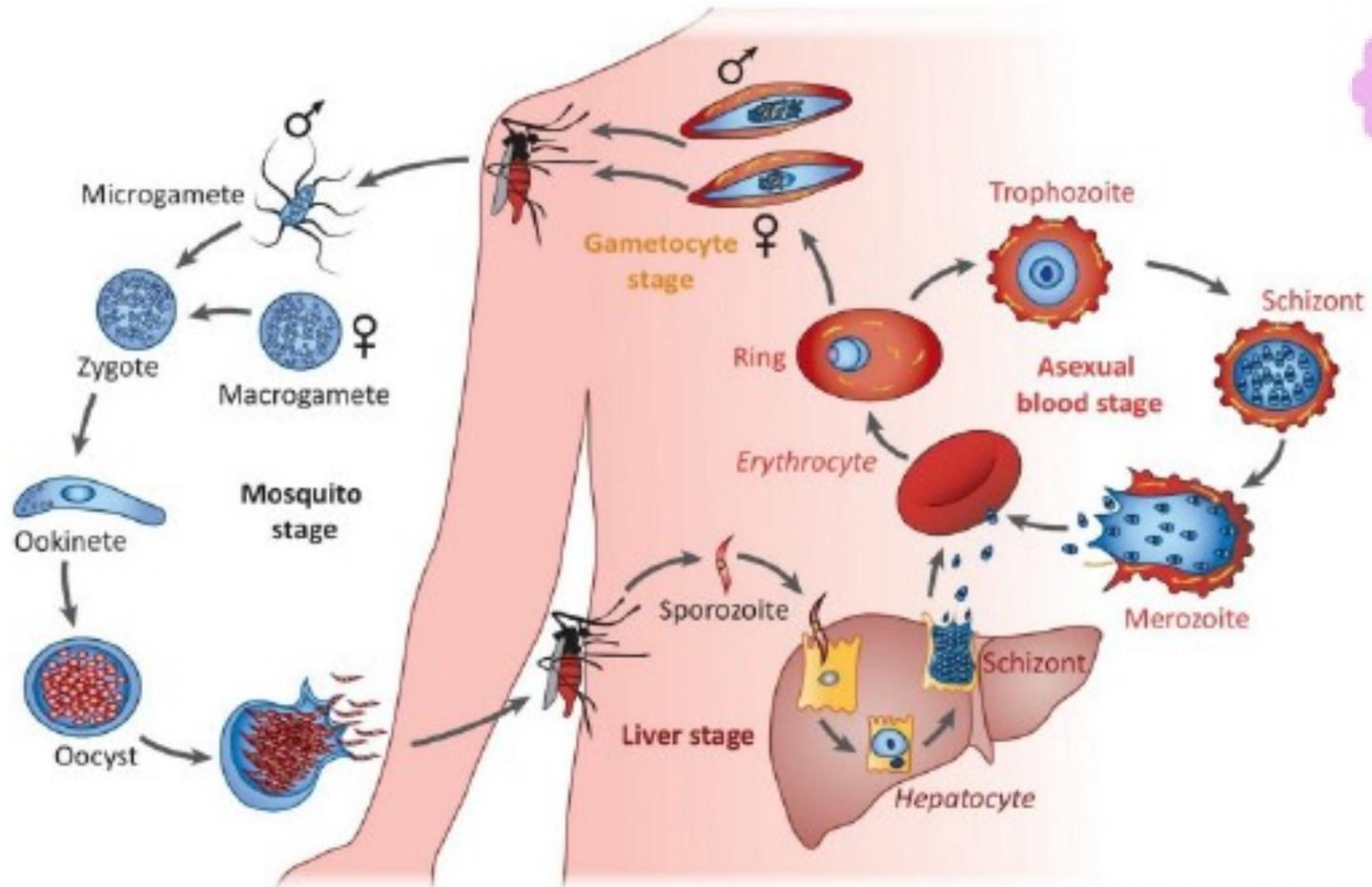
Les Paramécies sont des Protozoaires Ciliés vivant dans les mares d'eau douce, fossés et d'une façon générale dans les eaux croupissantes, riches en matière organique (végétaux en décomposition). Ces animaux unicellulaires ont une **reproduction sexuée** tout à fait **particulière** nommée **conjugaison**.

→ **Quelle particularité présente la Paramécie au niveau de son matériel génétique ?**

→ **En quoi la conjugaison présente toutes les caractéristiques d'une reproduction sexuée ?**



➤ Le plasmodium se reproduit de manière sexuée chez son hôte primaire, dans l'intestin de l'Anophèle par fusion des gamontes mâles et femelles formés chez l'hôte principal.



Cf  
TP

Trends in Parasitology

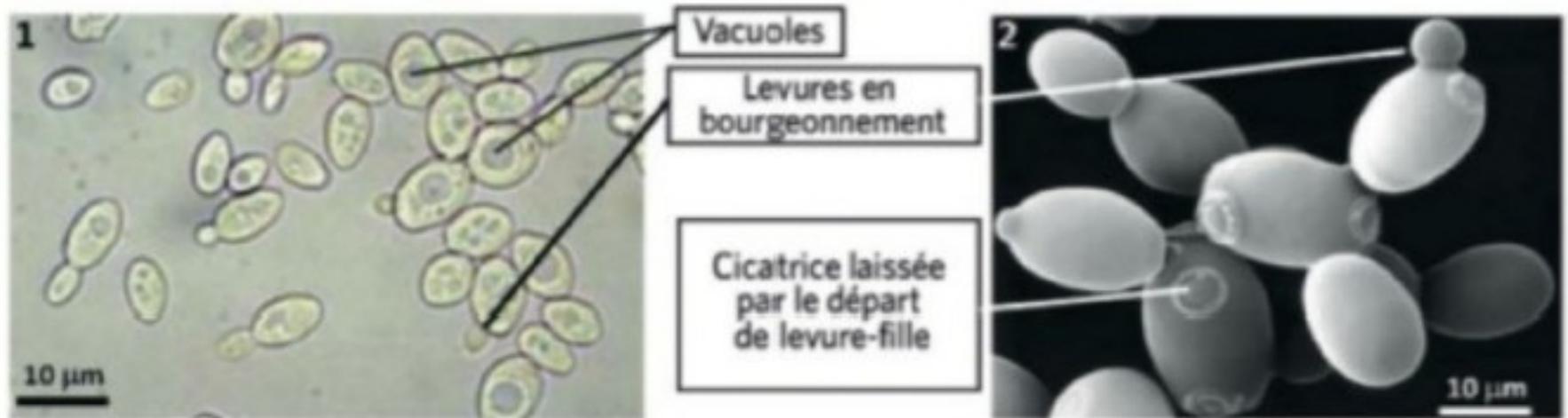
cycle de développement de Plasmodium sp

### 2,2,2 Cas de la reproduction asexuée

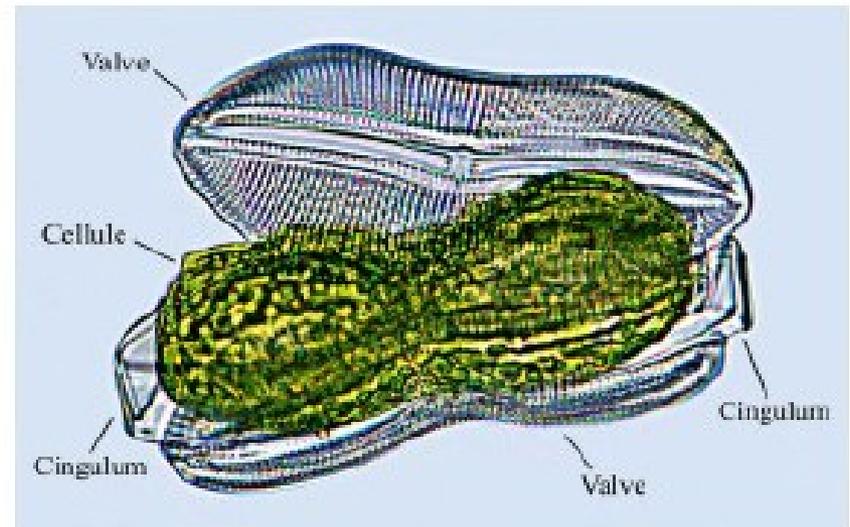
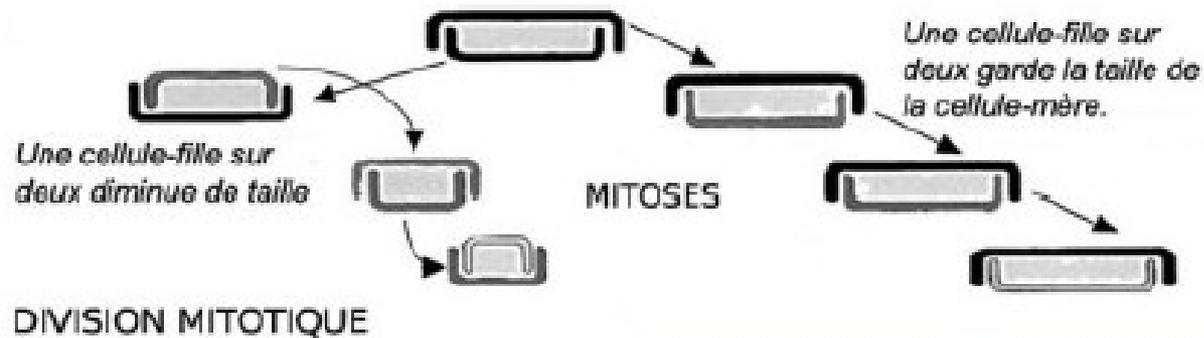
Les formes de **multiplication végétative** sont **variées** mais **se réalisent de façon intense** chez les eucaryotes unicellulaires.

Cette reproduction sexuée **permet une colonisation rapide du milieu favorable**, dans un contexte de **compétition interspécifique très fort**. Les ressources sont rapidement exploitées.

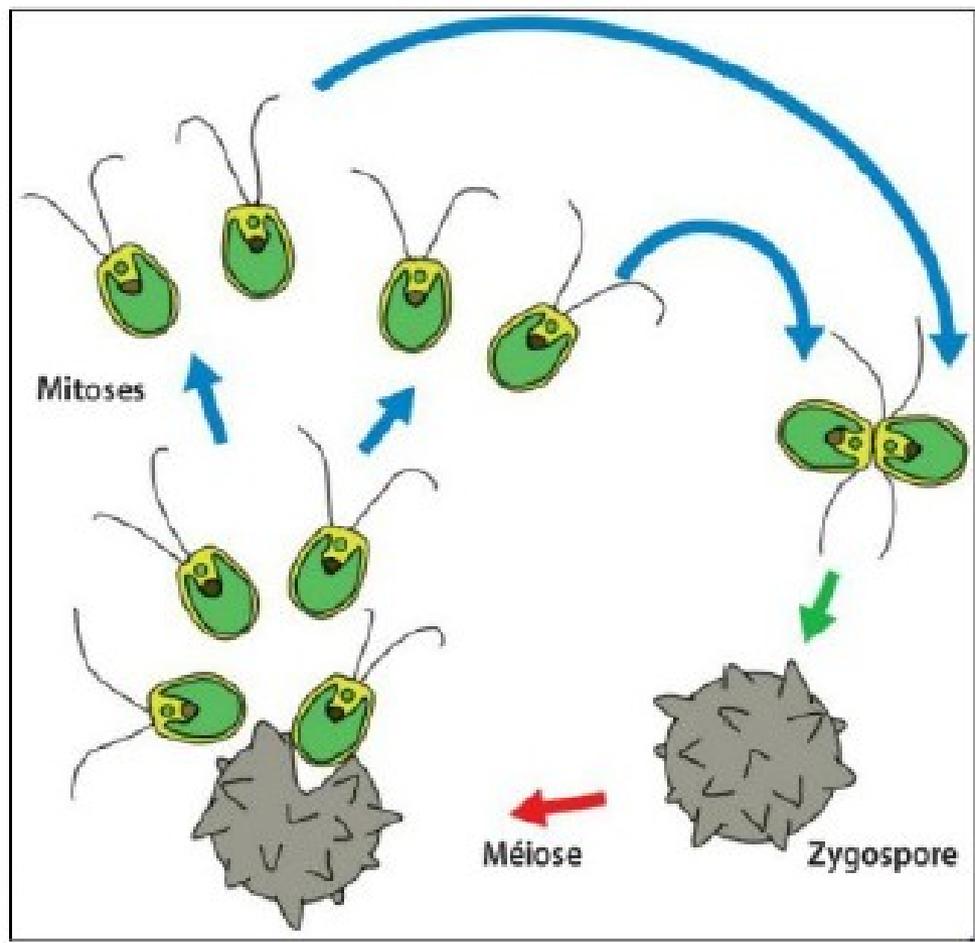
➤ Chez les levures comme Saccharomycès, on observe ainsi des **figures de bourgeonnement** lors de la séparation de la cellule fille.



- Les Diatomées possèdent une MEC siliceuse formée de 2 valves, appelée la **frustule**. À chaque division cellulaire, chaque cellule-fille reçoit une valve et synthétise l'autre à partir du modèle et de taille inférieure assurant ainsi un emboîtement et une protection de la Diatomée. Cela induit une **décroissance de la frustule jusqu'à une taille minimale limite qui déclenche la reproduction sexuée** qui produit une cellule-œuf de grande taille... et le cycle asexué reprend .



- Chlamydomonas se multiplie activement en milieu favorable par mitoses haploïdes

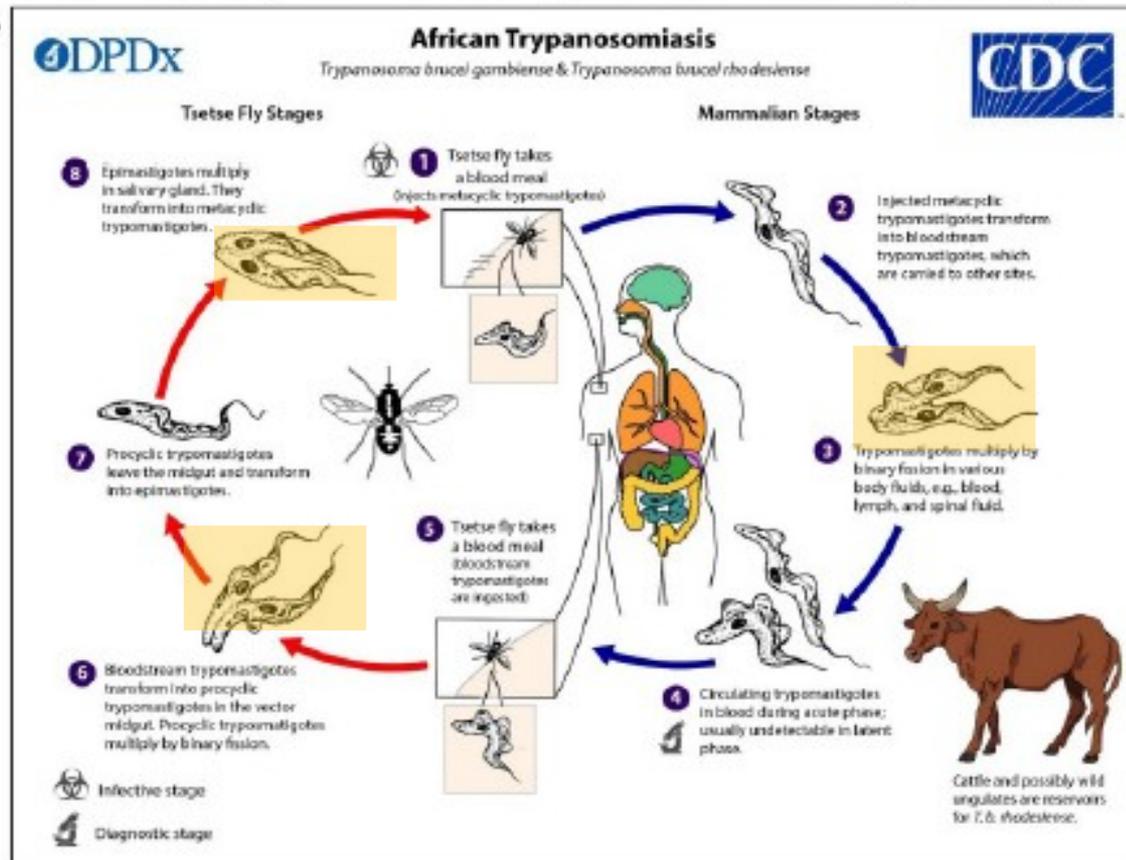


➤ Le trypanosome se multiplie activement par **fission binaire chez ces deux hôtes**

Le trypanosome est un eucaryote unicellulaire flagellé faisant partie du taxon des Euglénobiontes parasite extracellulaire de l'Homme à cycle dixène.

Grâce à ce flagelle, il se déplace activement dans le sang et le liquide céphalo-rachidien de l'Homme et dans l'hémolymphe des la glossine (mouche tsé tsé).

Il prolifère dans les deux hôte par **reproduction asexuée grâce à une division longitudinale** après duplication des organites.



Document 21 : cycle de développement du Trypanosome

➤ Le plasmodium se multiplie très activement par reproduction asexuée ou schizogonie d'abord dans les hépatocytes de l'Homme puis dans les hématies

Le Plasmodium a un cycle dixène (2 hôtes) à haplophase dominante et alterne entre une phase de multiplication asexuée (ou schizogonie) chez l'Homme et une phase de reproduction sexuée chez le Moustique.

• La multiplication asexuée ou schizogonie se déroule chez l'Homme et permet l'extension de la maladie chez le Paludéen. Elle comprend deux phases distinctes :

- une phase exoérythrocytaire.

Les sporozoïtes (petite cellule très allongée) inoculés par le Moustique sont véhiculés par le sang et pénètrent d'abord dans les cellules hépatiques. Les sporozoïtes s'y transforment en de volumineux schizontes qui se multiplient et donnent de très nombreux schizozoïtes qui pénètrent dans des cellules hépatiques saines ou dans les hématies. L'évolution hépatique dure 7 jours.

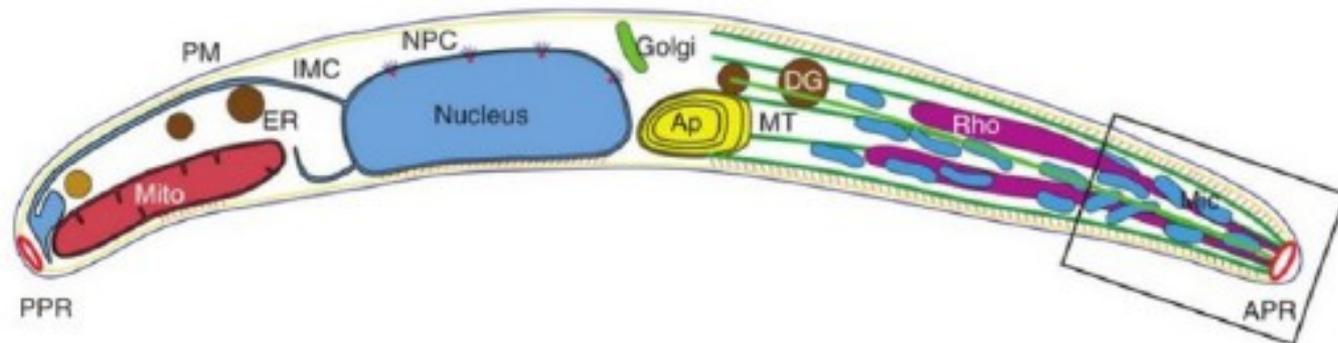


Schéma montrant la position et la taille relative des organites d'un sporozoïte de *Plasmodium*. PPR : anneau polaire proximal, Mito : mitochondrie, PM : membrane plasmique (en bleu), ER : réticulum endoplasmique, IMC : complexe membranaire interne (en jaune), NPC : complexes des pores nucléaires, Ap : apicoplaste, MT : microtubules (en vert), DG : granules denses, Rho : rhoptries, Mic : micronèmes (en bleu), APR : anneau polaire apical.



## II. Les organismes unicellulaires sont en interaction permanente avec leur environnement

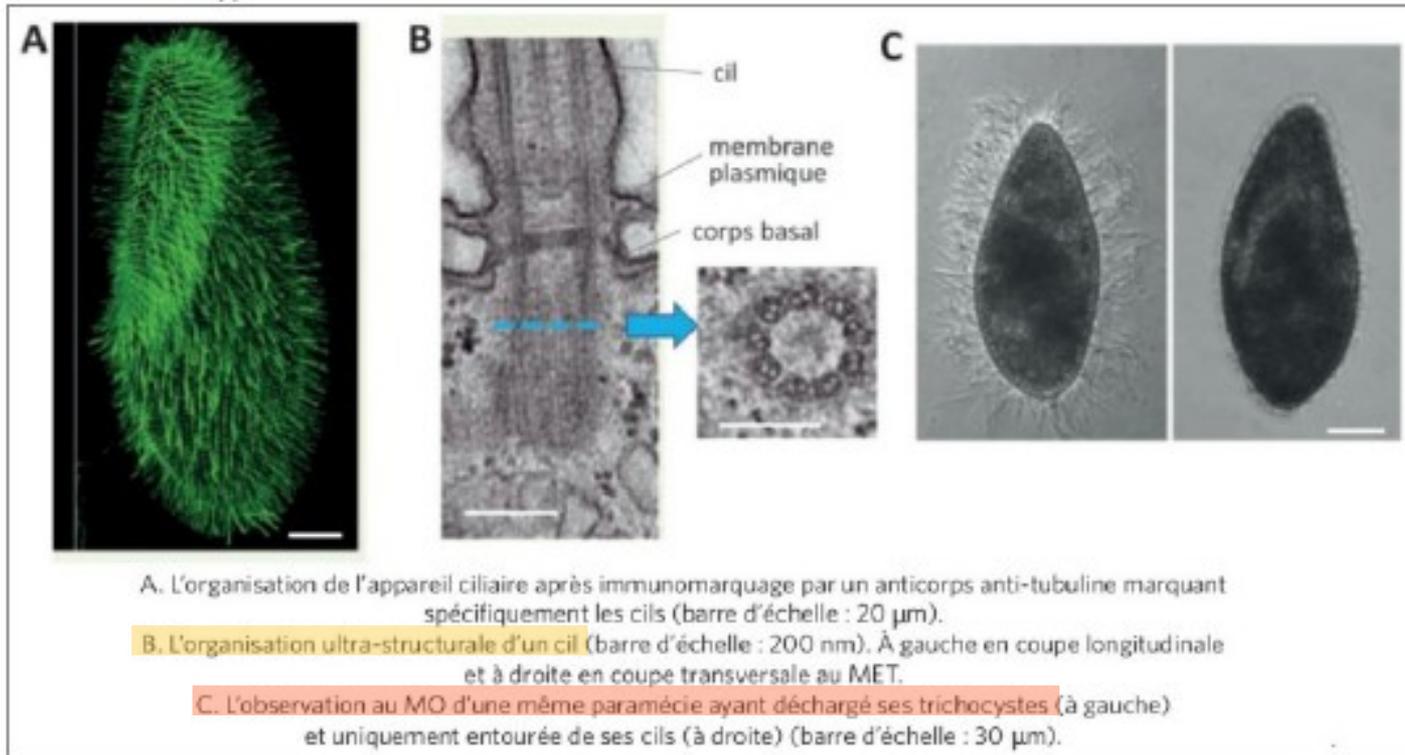
Comme tous les êtres vivants, le fonctionnement et la **survie des unicellulaires**, qu'ils soient autotrophes ou hétérotrophes, **dépend de l'environnement abiotique et biotique**.

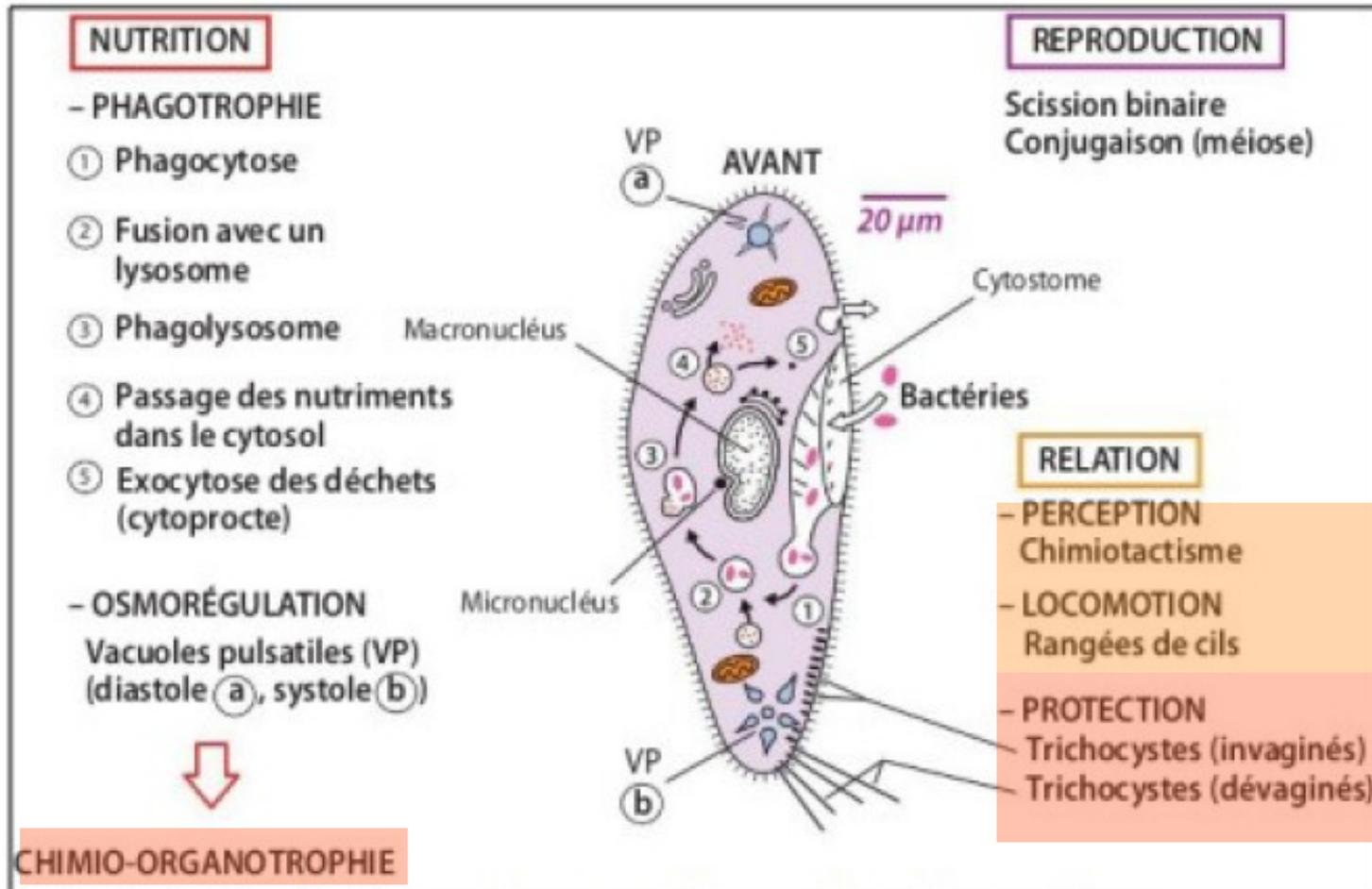
### 1. cas des unicellulaires libres

La **locomotion est essentielle pour permettre l'acquisition des ressources et les interactions** avec les autres organismes vivants.

#### ➤ La paramécie

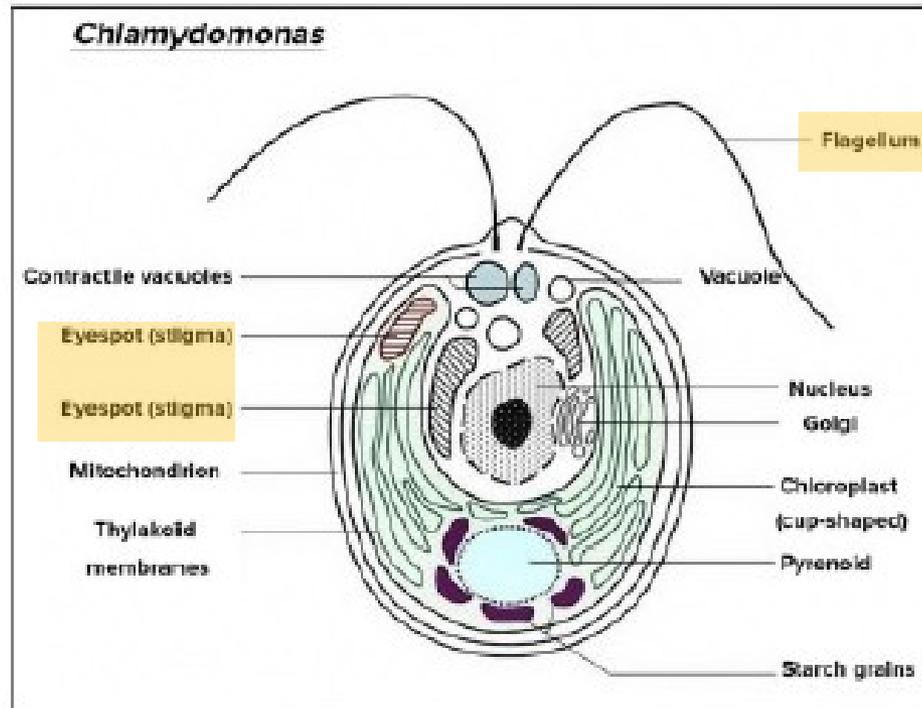
#### Document 8 : l'appareil ciliaire des Paramécies





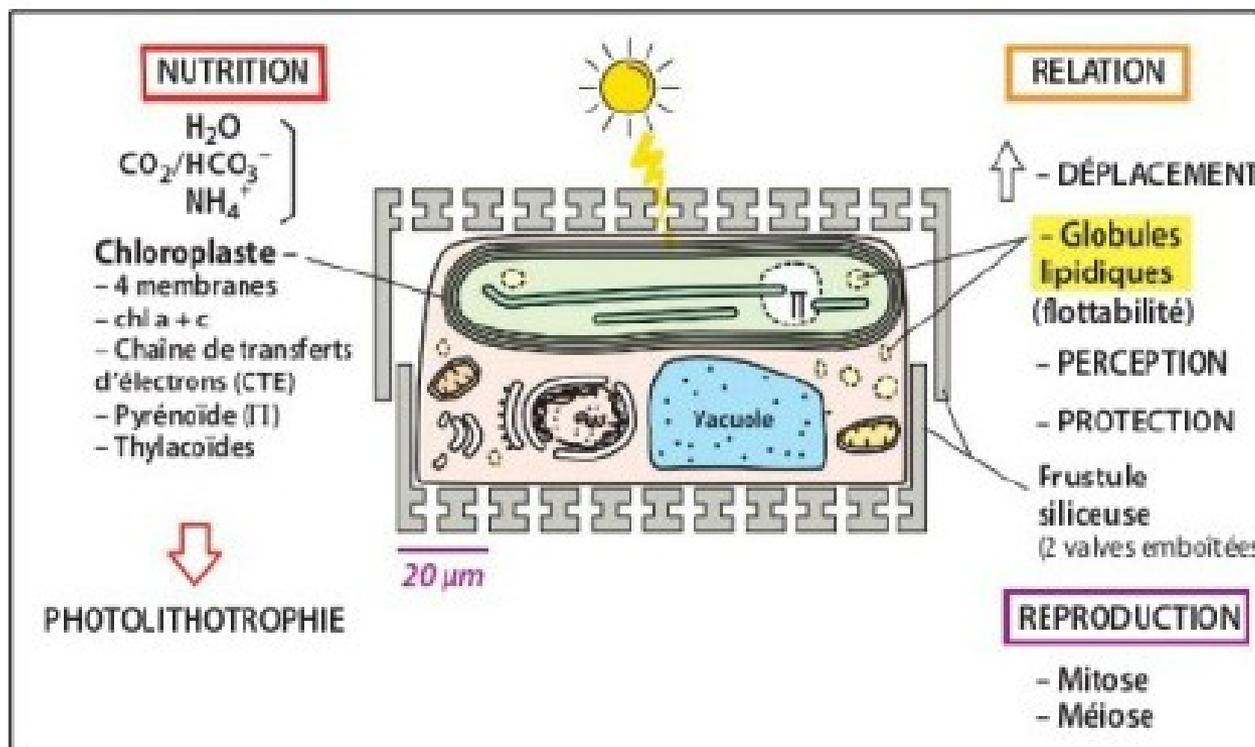
Les paramécies, des Eucaryotes Alvéobiontes  
chimioorganotrophes absorbotrophes

- L'algue verte *Chlamydomonas* se **déplace également activement** dans l'eau douce, elle présente un **phototactisme positif** grâce à un photodétecteur contenu dans le chloroplaste, le **stigma**. Ses déplacements sont permis grâce à **deux longs flagelles tracteurs**



Document 26 : organisation cellulaire de *Chlamydomonas*

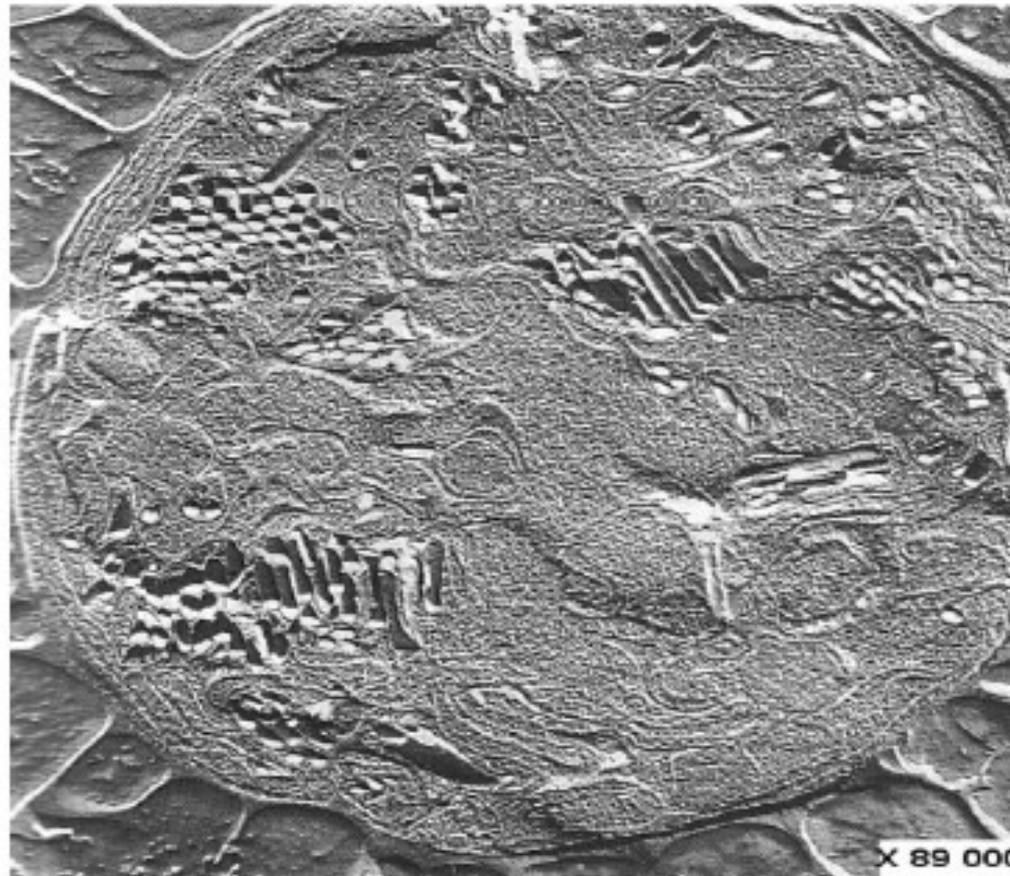
- les Diatomées se déplacent également par **phototactisme positif**, elles sont **capables d'adapter leur flottabilité en faisant varier le volume de globules lipidiques** dans leur cytosol, qu'elles utilisent également comme réserve énergétique.



Les Diatomées, des Eucaryotes Straménopiles photolithotrophes

➤ Les cyanobactéries renferment des « **vacuoles** » gazeuses, ce sont des coques protéiques remplies de gaz leur permettant également **d'adapter leur flottabilité**.

Les cyanobactéries sont entourées d'une **paroi de type Gram –** et d'une **couche de mucilage**, gel polysidique qui se gorge d'eau et permet aux Cyanobactéries de s'assembler au sein d'un **biofilm**.

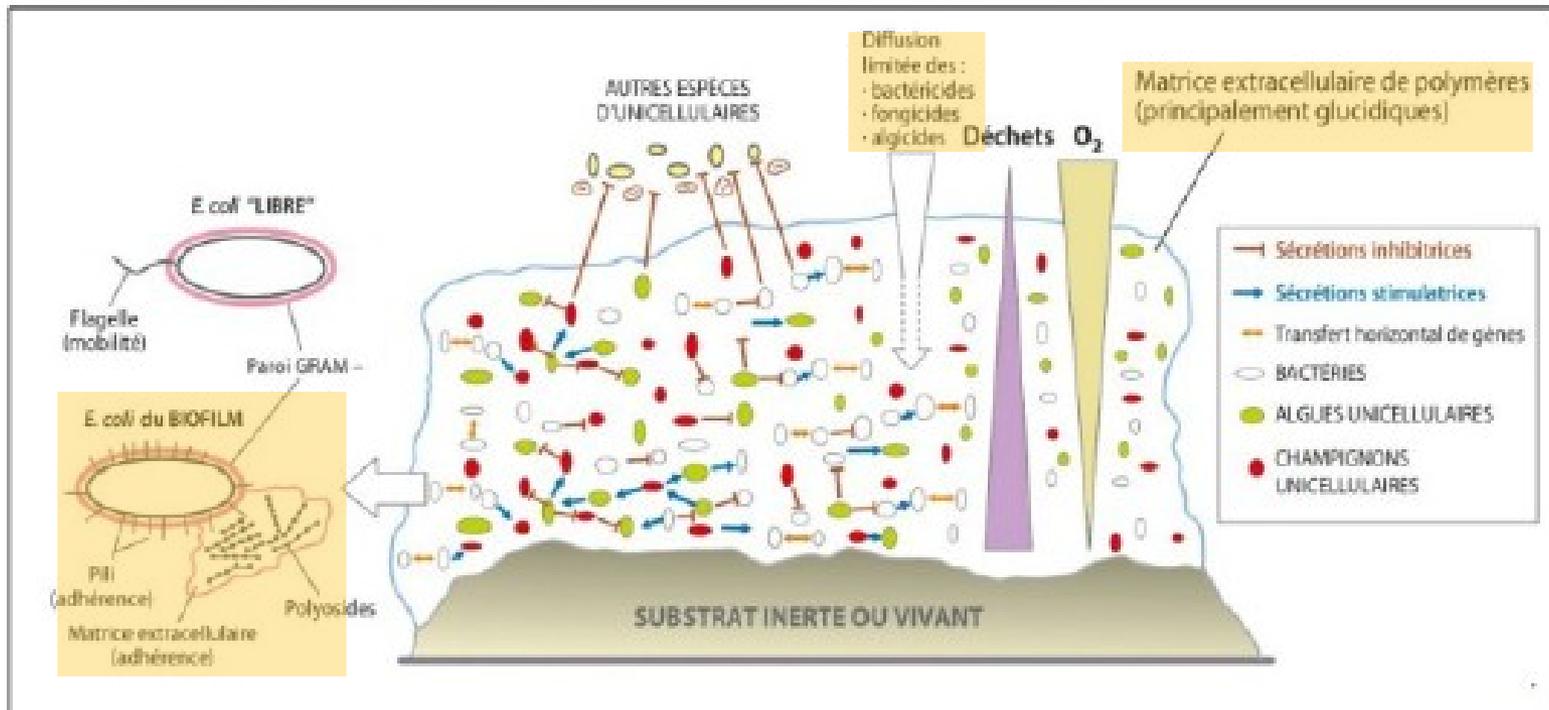


Document 12b : observation d'une cyanobactérie au MEB  
après cryodécapage

## 2. cas des unicellulaires vivants au sein de biofilms

### Document 9 : les interactions au sein d'un biofilm

→ *Quels sont les avantages conférés par un biofilm aux organismes y vivant ?*

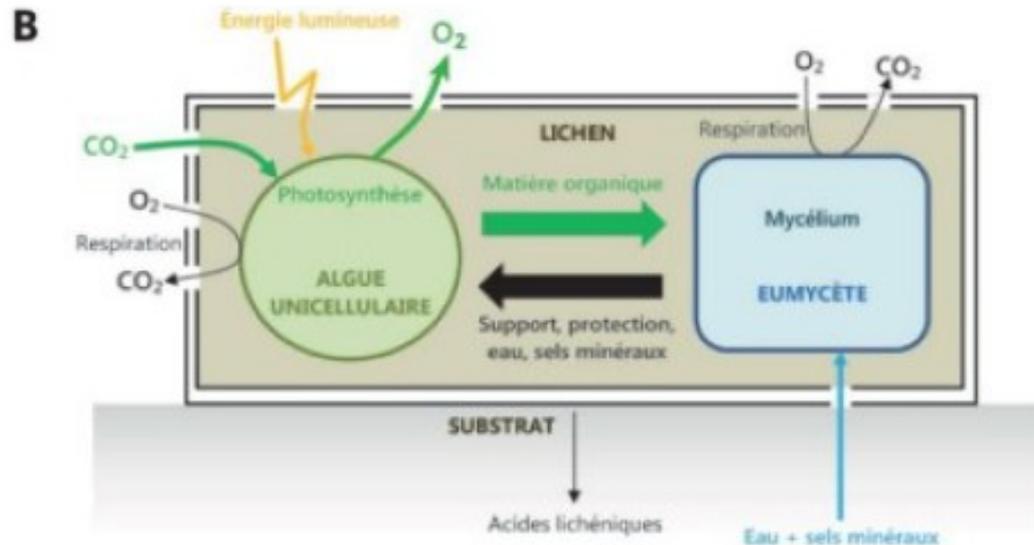
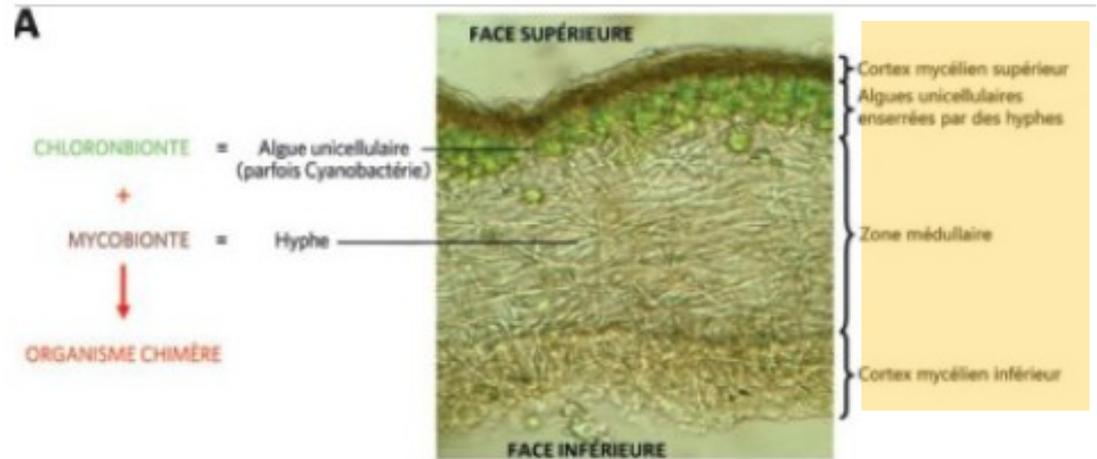


Biofilm riche en Cyanobactéries

### 3. cas des unicellulaires symbiotiques

#### 3.1 cas des lichens

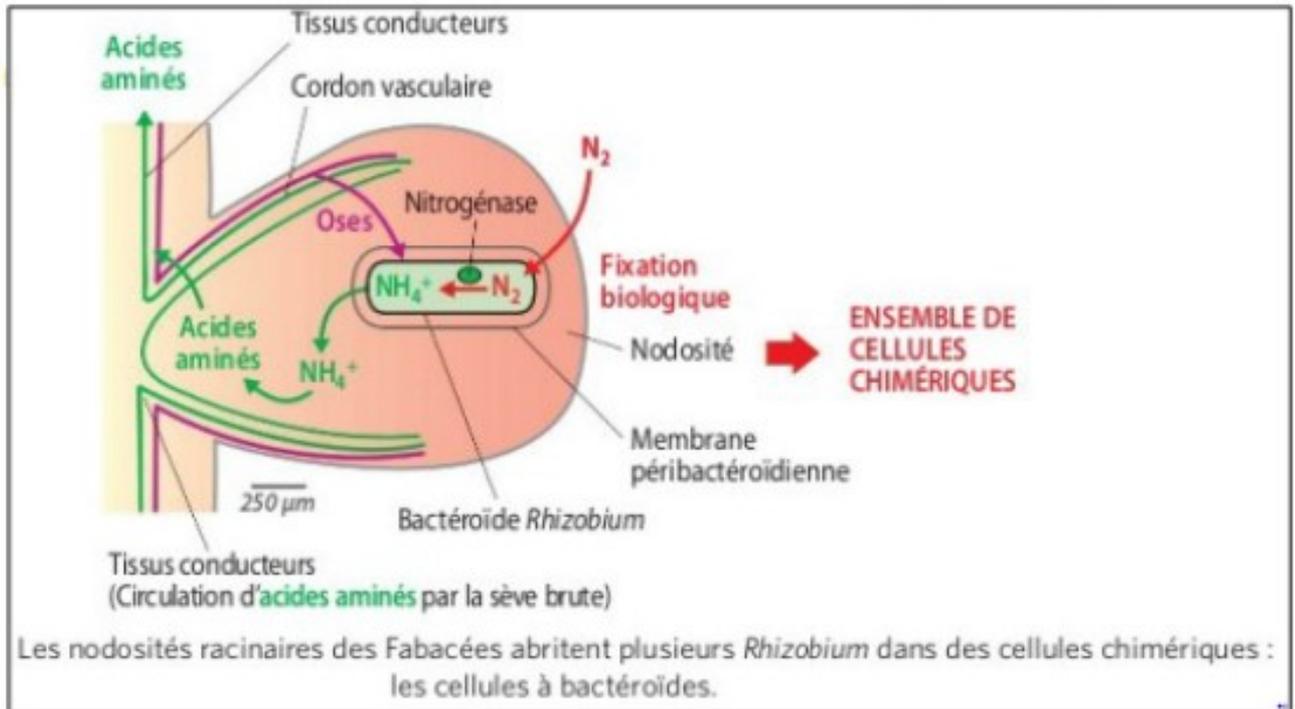
Document 10 : organisation d'un lichen et bénéfices réciproques entre les protagonistes



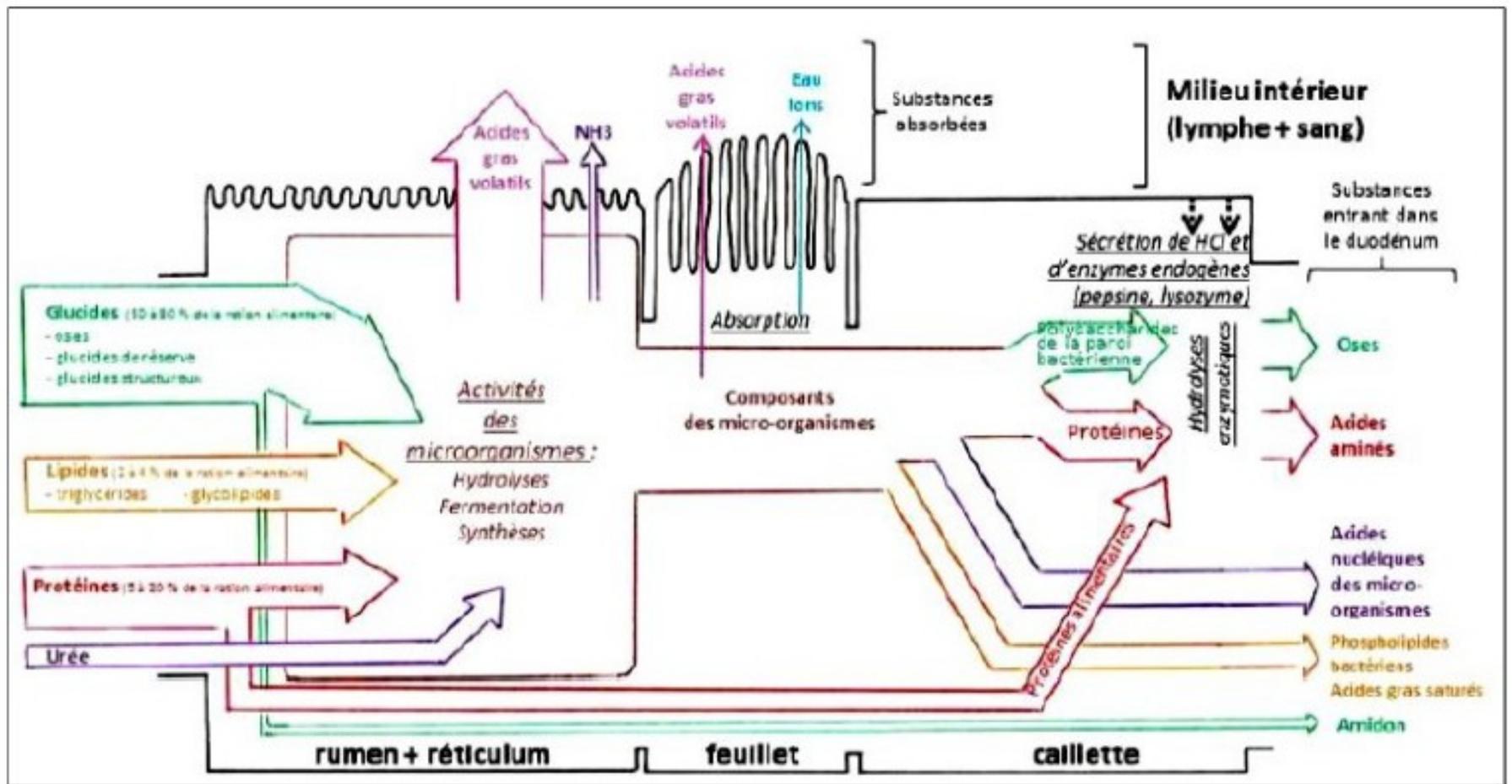
### 3.2 cas des bactéries *Rhizobium* en association avec les Fabacées (Cf SVA2)

Documents : Cf TP et bilan

Document 11 : les bénéfiques





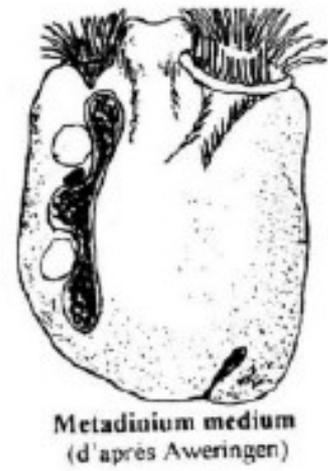
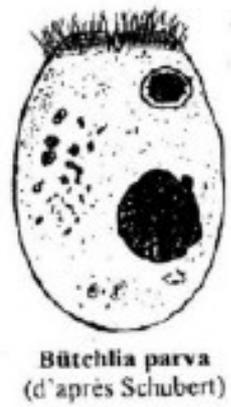
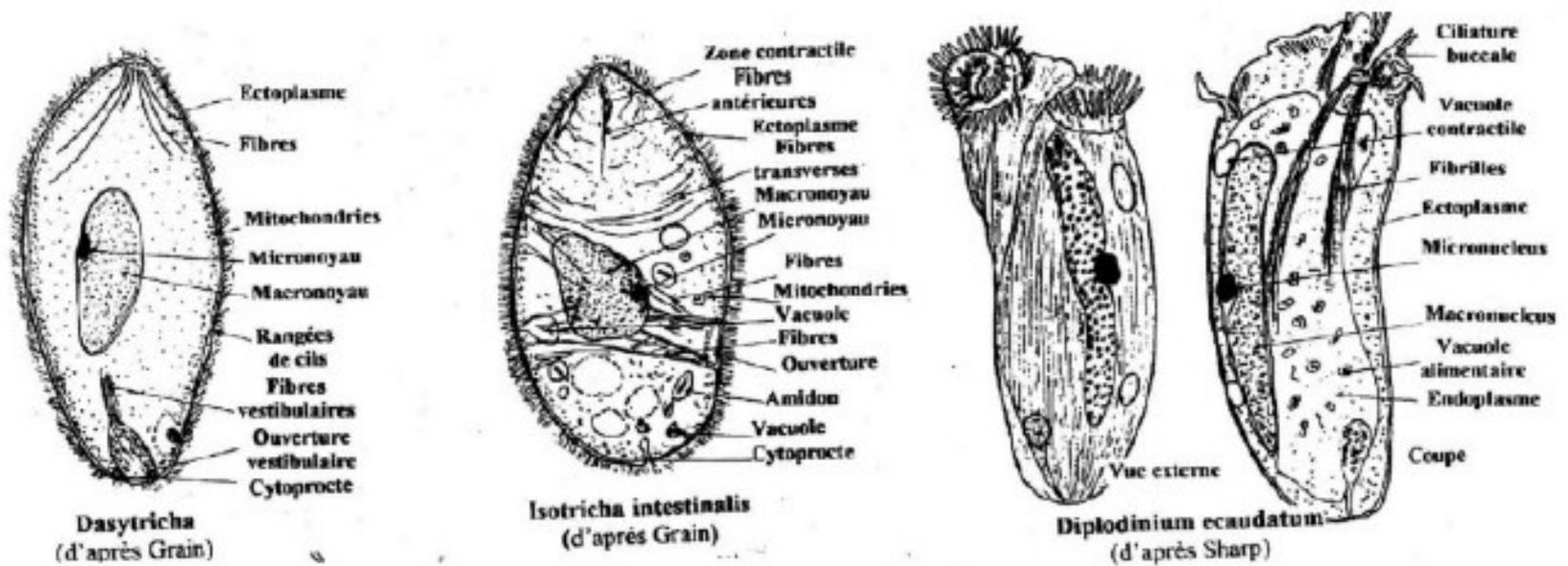


→ Récapituler d'après le documents ci dessus les rôles des différents compartiments de « l'estomac » des Ruminants.

## Document 13 : composition de la flore microbienne du rumen

	Abondance	Quelques espèces	Molécules hydrolysées
Bactéries	$10^9$ à $10^{10}$ /mL de jus de rumen	<i>Bacteroides succinogenes</i> <i>Ruminococcus albus</i> <i>Ruminococcus flavefaciens</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	cellulose
	1 kg de bactéries chez un bovin	<i>Bacteroides ruminicola</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	hémi-celluloses protéines
		<i>Bacteroides amylophilus</i> <i>Streptococcus bovis</i> <i>Bacteroides ruminicola</i>	Amidon protéines
Ciliés	$10^4$ à $10^6$ /mL de jus de rumen  2 kg de ciliés chez un bovin	Entodiniomorphes	Glucides, certaines espèces sont cellulolytiques Protéines Lipides (galactolipides)
Champignons (moisissures)	$10^4$ /mL de jus de rumen		Fibres indigestibles par les autres micro- organismes

Flore microbienne du rumen

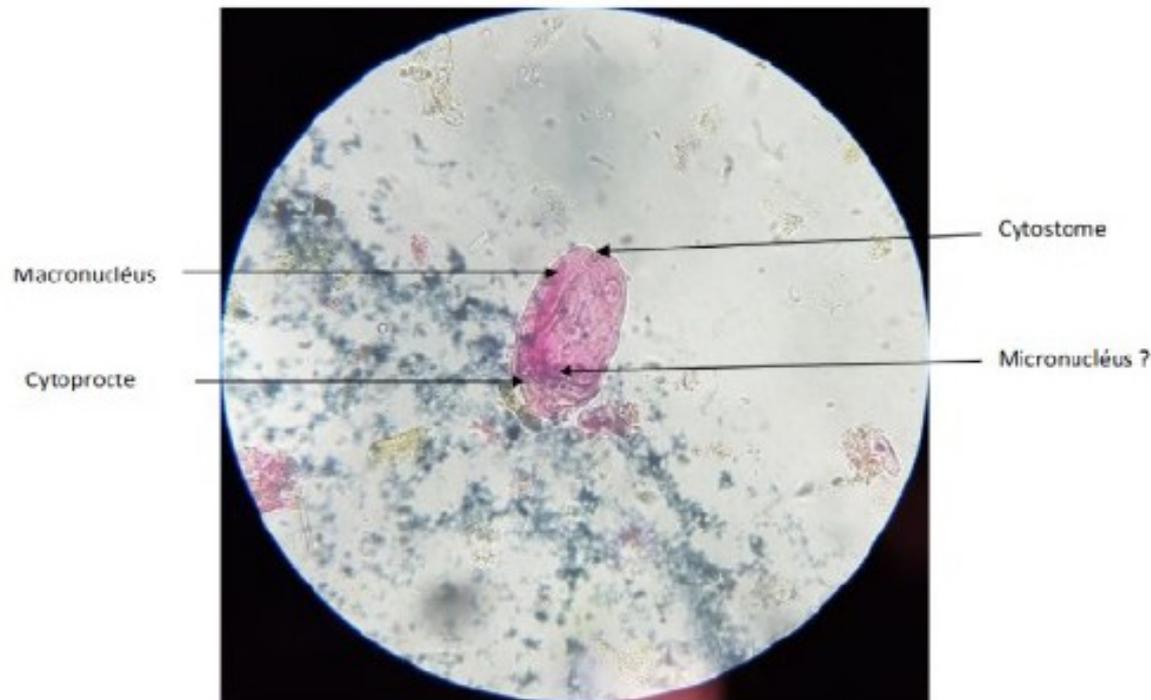


Document 17 : quelques Ciliés de la panse du Rumen

Les Holotriches dégradent les sucres rapidement fermentescibles et les Hétérotriches ou Entodiniomorphes moins nombreux, sont capables de dégrader la cellulose et l'hémicellulose. Le rôle essentiel des Protozoaires dans la panse est cependant, celui de prédateurs envers les bactéries.

La prédation par les Ciliés, en permettant une croissance permanente de la population bactérienne, permet donc une dégradation optimale de la cellulose.

→ Observer une préparation microscopique de jus de Rumen et identifier des Ciliés à l'aide du document 17.

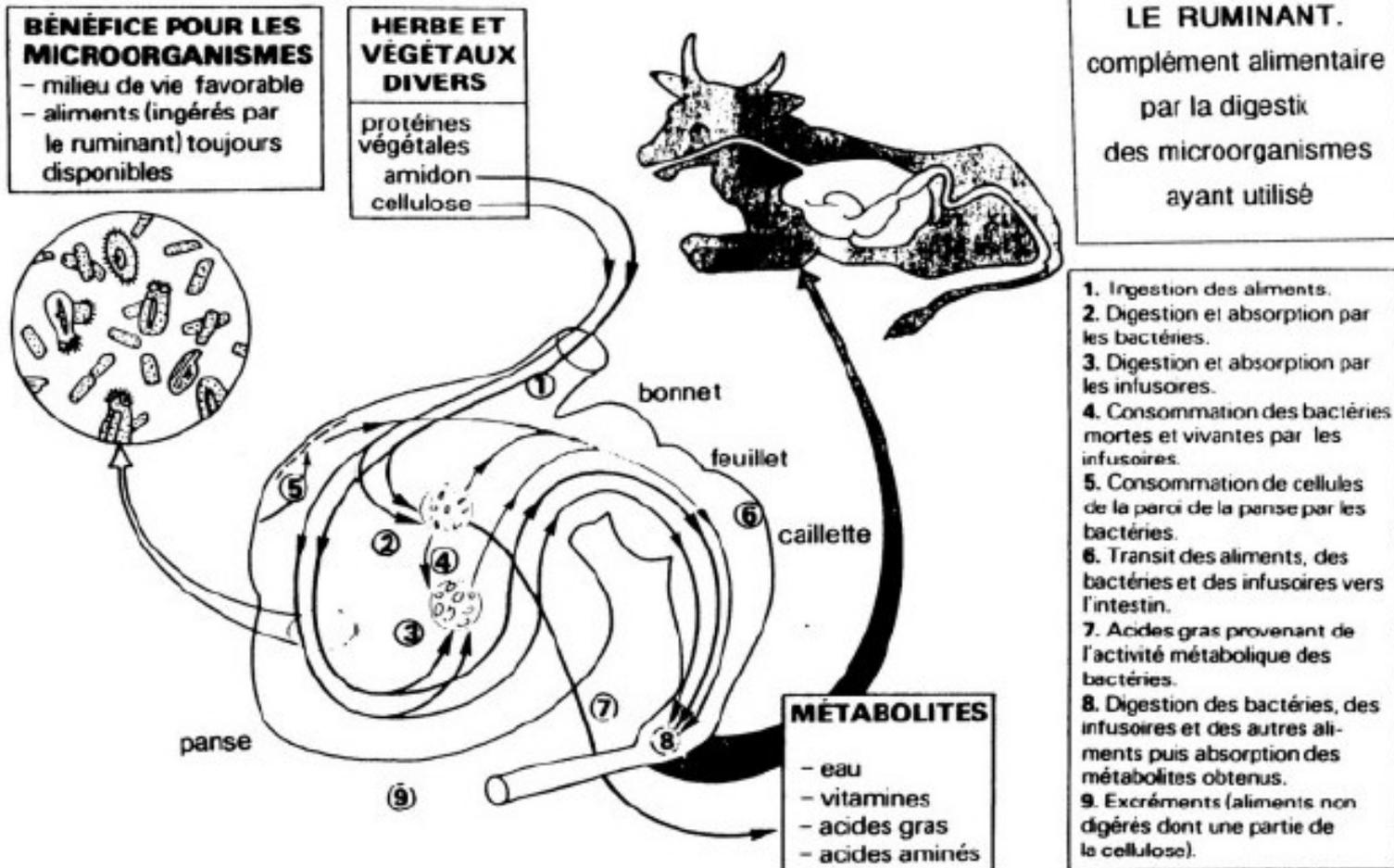


Photographie 1: Observation microscopique d'organisme unicellulaire : le cilié

## Document 14 : bénéfices réciproques entre le ruminant et les micro-organismes de la panse

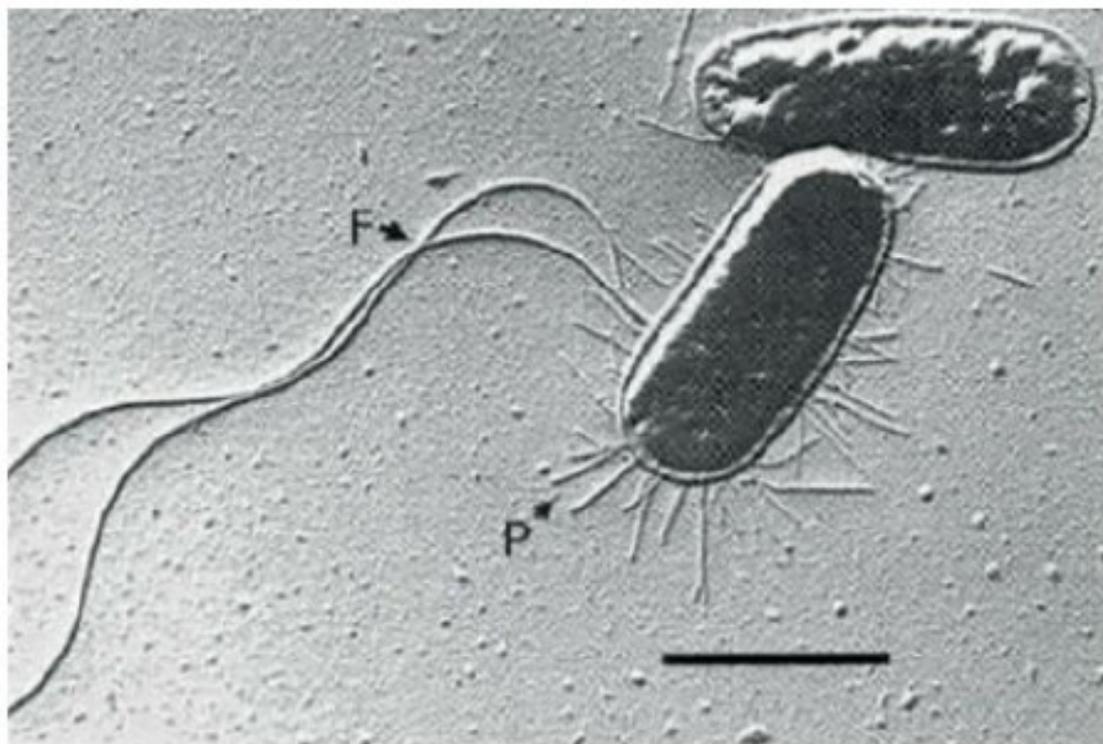
→ *Quels sont les bénéfices de cette symbiose pour les micro-organismes d'une part et les Ruminants d'autre part ?*

### UNE ASSOCIATION À BÉNÉFICES RÉCIPROQUES



### 3.4 cas d'E Coli dans l'intestin des Mammifères

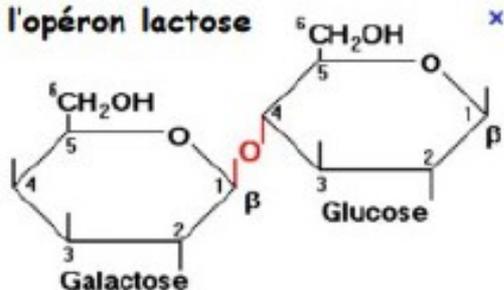
Document 15 : Observation d'E coli au MEB flagellée ou non



*Escherichia coli* est une Bactérie symbiotique qui prolifère dans l'intestin des Mammifères : elle s'y fixe grâce à ses pili (P) et peut s'y déplacer grâce à ses flagelles (F) (barre d'échelle : 3  $\mu\text{m}$ ).

## Document 16 : fonctionnement de l'opéron lactose

### 16a : structure du lactose



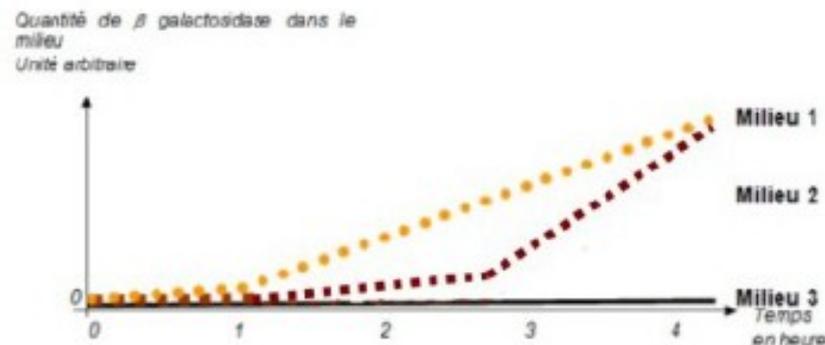
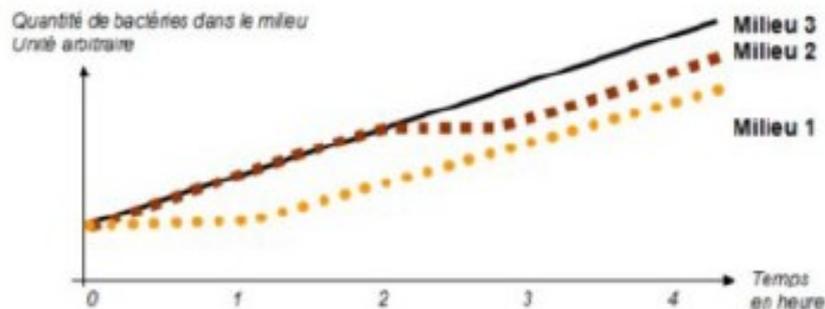
### 16b : expérience de mise en culture

Trois souches identiques de bactéries E. Coli sont mises en culture dans trois milieux liquides différents :

1. le milieu 1 ne contient que du lactose
2. le milieu 2 contient du lactose et du glucose
3. le milieu 3 ne contient que du glucose

Au cours des heures d'incubation, on suit la croissance des bactéries d'une part et la production de l'enzyme  $\beta$  galactosidase (enzyme permettant l'hydrolyse du lactose en un glucose et un galactose)

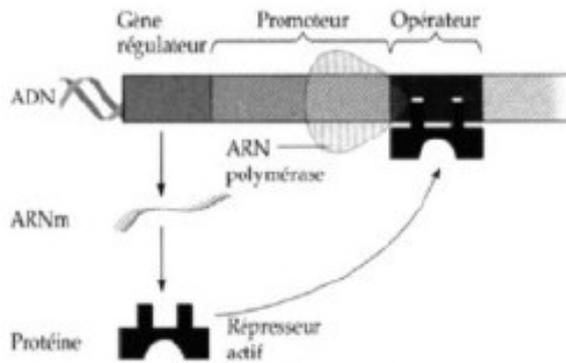
Les résultats sont présentés dans les graphiques ci-dessous :



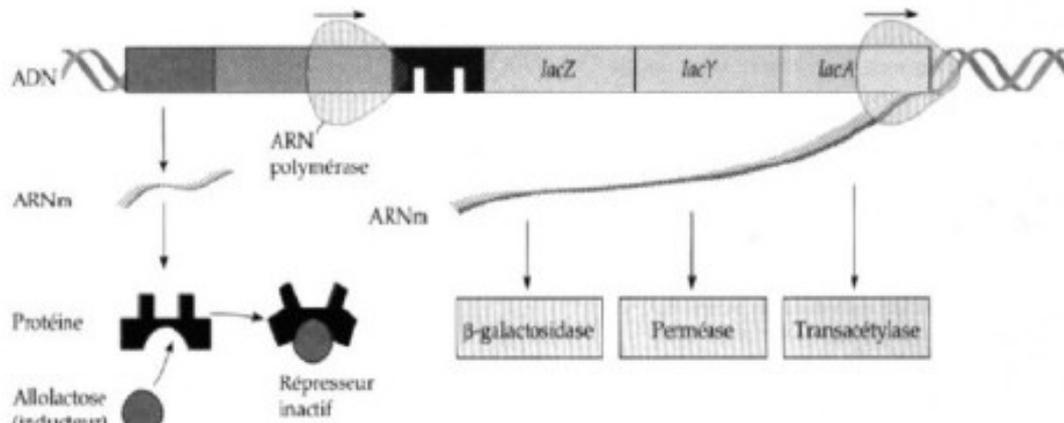
→ Analyser et mettre en relation les résultats de ces deux expériences.

## 16c : mécanisme de régulation de la synthèse de $\beta$ galactosidase

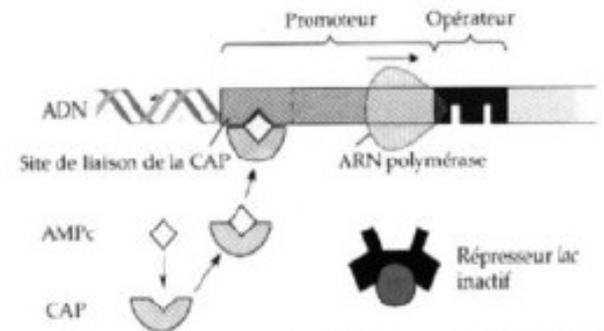
→ Expliquer le fonctionnement de l'opéron lactose et préciser en quoi il s'agit d'un opéron induit.



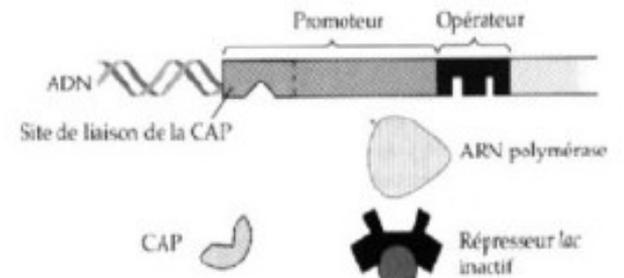
(a) Lactose absent, répresseur actif, opéron inactivé



(b) Lactose présent, répresseur inactif, opéron activé

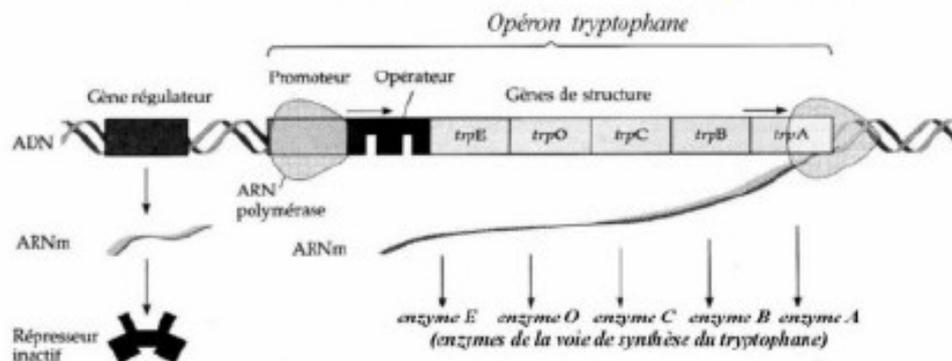


(a) Lactose présent, glucose absent (forte concentration d'AMPc): de grandes quantités d'ARNm lac sont synthétisées

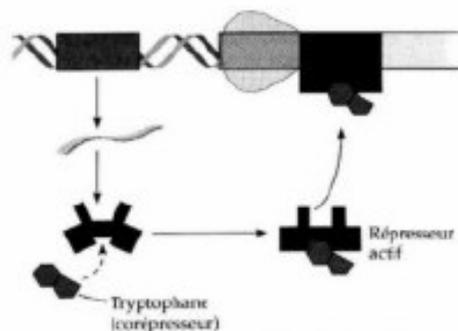


(b) Lactose présent, glucose présent (faible concentration d'AMPc): de petites quantités d'ARNm lac sont synthétisées

## Document 17 : fonctionnement de l'opéron tryptophane (pour information)



(a) Tryptophane absent, répresseur inactif, opéron activé



(b) Tryptophane présent, répresseur actif, opéron inactivé

### L'Opéron tryptophane : régulation de la synthèse des enzymes :

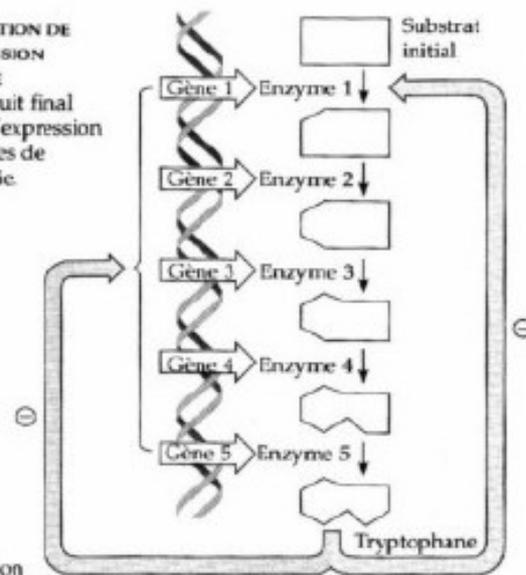
Le tryptophane est un acide aminé produit par une voie anabolique (voie de synthèse), catalysée par des enzymes dites répressibles. En effet l'accumulation du tryptophane, produit final de cette voie métabolique, a pour effet de réprimer la synthèse des enzymes en bloquant l'opéron tryptophane par l'intermédiaire d'un répresseur de l'opéron, actif quand il est lié au tryptophane.

Un autre gène distinct de l'opéron Trp, *trpR*, code pour une protéine appelée **répresseur** car elle agit au niveau de l'opérateur en empêchant la transcription, mais uniquement en présence de tryptophane.

Cet opéron code pour une seule unité de transcription qui permet de traduire cinq protéines responsables de la chaîne de synthèse du tryptophane. C'est donc un opéron anabolique.

Une séquence de terminaison est présente entre l'opérateur et le gène codant pour la première enzyme : on lui donne le nom d'**atténuateur** car cette séquence peut ainsi mettre fin prématurément à la transcription, notamment en présence de Trp intracellulaire.

**RÉGULATION DE L'EXPRESSION GÉNÉTIQUE**  
Le produit final inhibe l'expression des gènes de cette voie.



**RÉGULATION DE L'ACTIVITÉ ENZYMATIQUE**  
Le produit final inhibe l'activité de la première enzyme de la voie.

Répression

Rétro-inhibition

#### 4. cas des unicellulaires parasites

➤ Le Plasmodium est un **parasite intracellulaire**, comme tous les Apicomplexés, injecté dans le sang d'un animal lors de la piqûre par son vecteur, l'Anophele.

**Bénéfices pour le parasite :** il consomme des glucides et de l'hémoglobine présents dans le globule rouge qui lui fournissent l'énergie nécessaire à sa multiplication asexuée et à la formation des gamétocytes qui présents dans le sang pourront être prélevés par le moustique dans l'organisme duquel s'effectue la fécondation

**Conséquences pour l'hôte :** destruction des hématies parasitées provoquant une anémie et des fièvres puis à longue échéance, la mort.

➤ Le Trypanosome, est un **parasite extracellulaire** injecté dans le sang du Mammifère lors de la piqûre par son vecteur, la **Glossine**. Il circule dans le sang et y prolifère par reproduction asexuée et échappe à la réponse immunitaire grâce à un système génétique sophistiqué de variation de protéines membranaires (coévolution selon le modèle de la Reine rouge, cf SVK).

**Bénéfices pour le parasite :** il consomme le glucose du sang qui lui fournit l'énergie nécessaire à sa multiplication asexuée.

**Conséquences pour l'hôte :** Multiples symptômes qui ne facilitent pas le diagnostic : fièvre, maux de tête, fatigue, inflammation des nœuds lymphatiques... En l'absence de traitement, les parasites envahissent le système nerveux central en franchissant la barrière hémato-encéphalique et provoque la mort

**Le mode de vie parasitaire présente trois avantages** qui peuvent expliquer le succès de son évolution par sélection naturelle :

- ★ un être vivant constitue comme habitat un **milieu plus stable** que le milieu extérieur **et protégé des prédateurs**
- ★ les jeunes ou les œufs peuvent être dispersés tout au long des déplacements de l'hôte (si celui-ci est un animal), et assurent ainsi une **dissémination efficace**
- ★ les **dépenses énergétiques pour la recherche de nourriture sont très réduites**

Cependant le parasitisme représente **également certaines contraintes** auxquelles le parasite doit s'adapter :

- ★ la **discontinuité dans l'espace**, chaque hôte pouvant être apparenté à un îlot dispersé dans un environnement hostile.
- ★ la **discontinuité dans le temps**, l'hôte étant mortel
- ★ **l'hostilité de l'hôte** avec ses défenses immunitaires
- ★ la **capacité d'évolution de l'hôte**

**L'impact des parasites dépend de leur nombre et la charge parasitaire** peut affecter la croissance, la fécondité mais aussi la longévité des hôtes directement ou non.

## 5. Ces interactions sont essentielles au fonctionnement des écosystèmes

Document 18 : les différentes interactions possibles entre deux espèces au sein des écosystèmes

Interactions	Espèce A	Espèce B
Neutralisme	0	0
Compétition	-	-
Amensalisme (B amensale inhibe A)	-	0
Parasitisme (A parasite B)	+	-
Prédation (A est le prédateur et B la proie)	+	-
Commensalisme (A est commensale et B est l'hôte)	+	0
Coopération (interaction non obligatoire)	+	+
Mutualisme (interaction obligatoire)	+	+

0 : les espèces ne sont pas affectées  
+ : la vie de l'espèce est rendue possible ou améliorée  
- : la vie de l'espèce est réduite ou impossible

**Les organismes unicellulaires sont des composantes clés de la biocénose.**

Leurs interactions variées jouent des rôles clés sur les populations d'organismes pluricellulaires.

➤ Par leur association en biofilms, ils participent à :

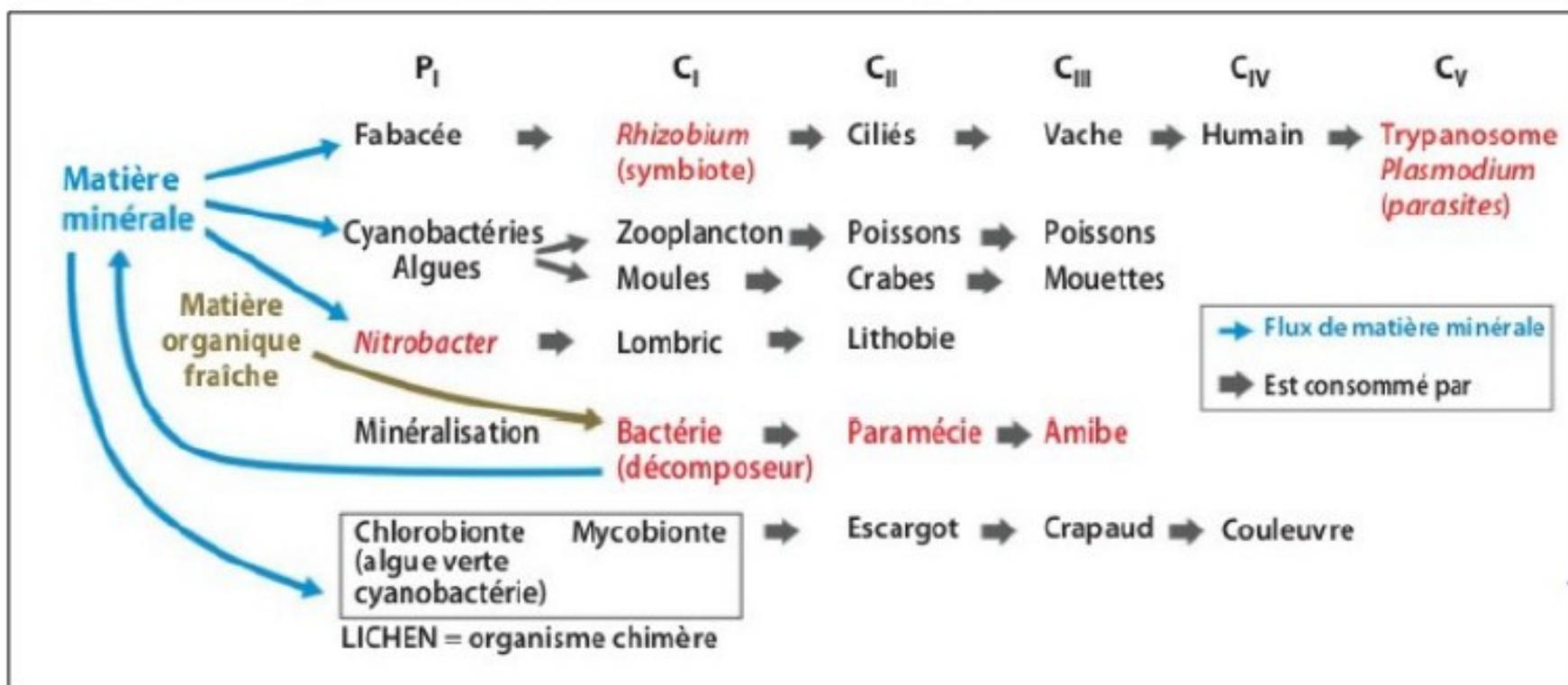
- l'altération de la roche-mère et la formation des sols
- l'exploitation en ressources sur ou sein d'un organisme, dont ils tirent profit

➤ Par leur association avec un organisme pluricellulaire, ils améliorent (symbiose) ou pénalisent (parasitisme) sa valeur sélective. Cela accélère (symbiose) ou ralentit (parasitisme) les flux de matière et d'énergie réalisés par cet organisme pluricellulaire ou par la population d'individus pluricellulaires.

➤ Par leurs diverses capacités métaboliques, les organismes unicellulaires sont des acteurs irremplaçables de la circulation de la matière au sein des écosystèmes où ils occupent tous les niveaux trophiques.

Document 19 : place des unicellulaires dans les flux de matière au sein des écosystèmes

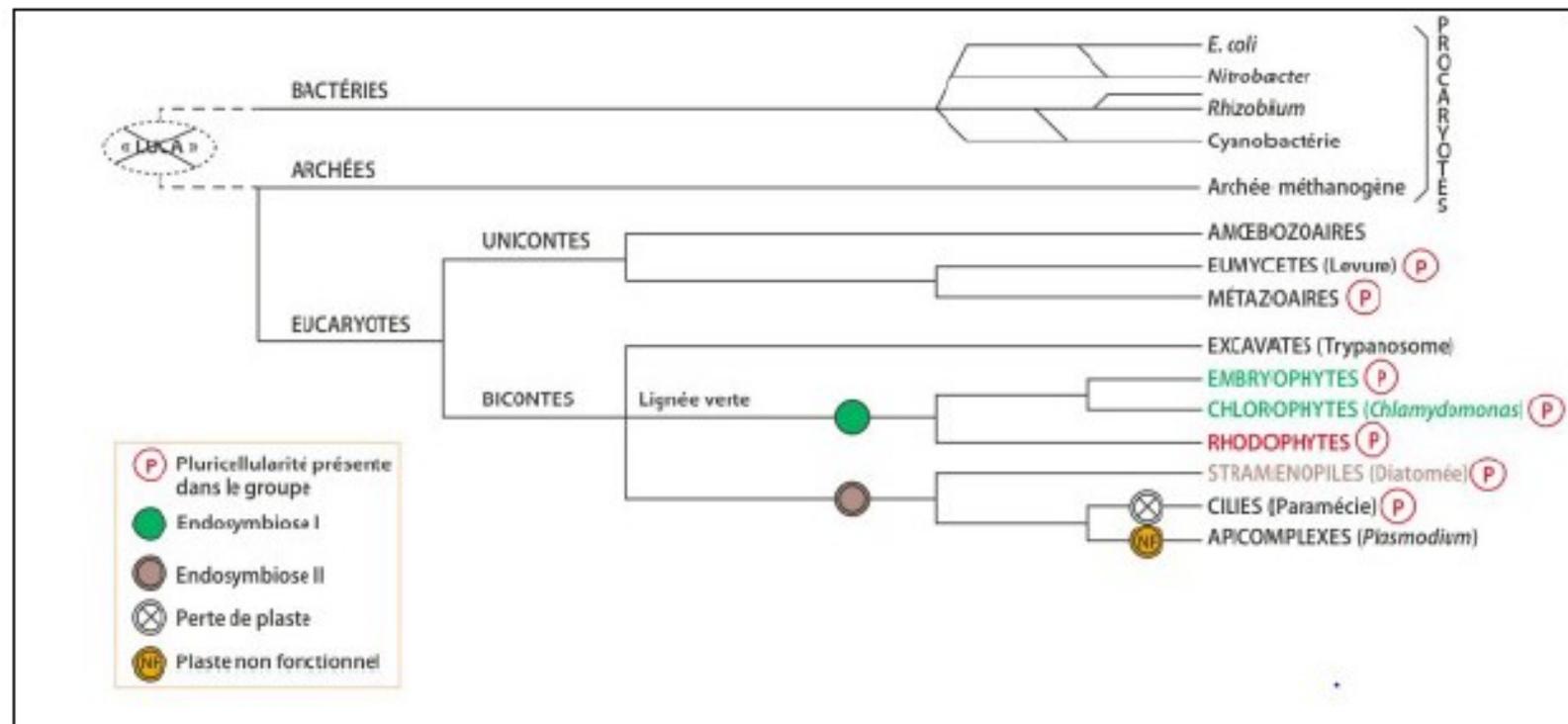
→ *Quelle place occupent les micro-organismes dans les réseaux trophiques ?*



### III. Les unicellulaires reflètent une histoire évolutive complexe du vivant

#### 1. Les unicellulaires appartiennent à des groupes très variés de l'arbre du vivant et forment un groupe paraphylétique

Document 20 : arbre phylogénétique simplifié du vivant centré sur les unicellulaires



On peut donc discuter autour de la définition phylogénétique du groupe des « Protistes », le regroupement des unicellulaires eucaryotes peut être défini comme polyphylétique puisqu'il exclut à partir de l'ancêtre commun un grand nombre de descendants cependant un **groupe polyphylétique est construit sur le partage d'un caractère dérivé** comme par exemple le groupe des « algues » construit sur la « capacité photosynthétique » alors **qu'un groupe paraphylétique est construit sur le partage d'un caractère ancestral**. L'état unicellulaire étant une forme ancestrale du caractère, on considérera donc le groupe des unicellulaires eucaryote comme un groupe paraphylétique.

## 2. Les unicellulaires sont des moteurs pour l'évolution

### 2.1 Les unicellulaires participent à l'évolution réticulée

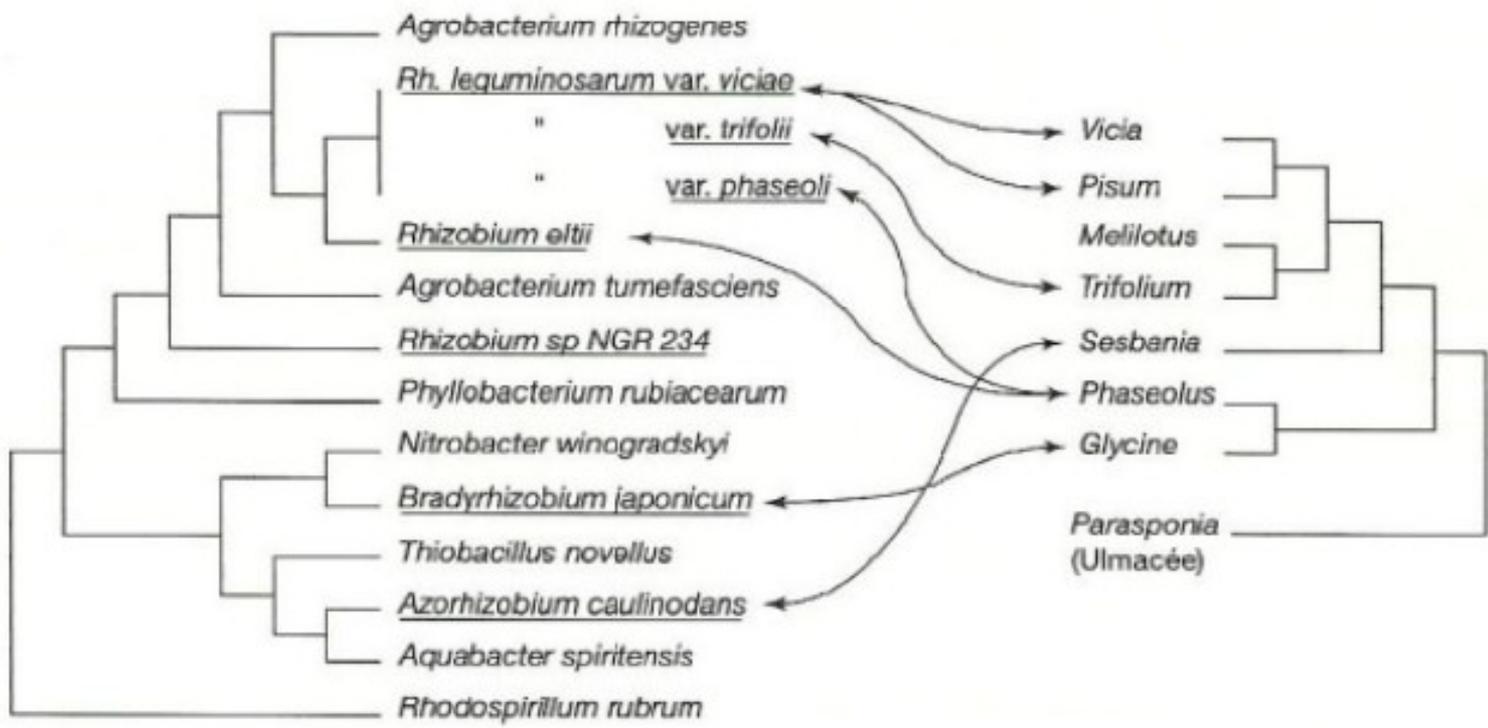
#### Document 21 : importance des transferts horizontaux dans la complexification des arbres phylogénétiques

→ *En quoi les transferts horizontaux complexifient les arbres phylogénétiques ?*

Lorsqu'on reconstitue un arbre phylogénétique\* des Rhizobiacées\* et des bactéries voisines, par exemple en comparant leur ADN ribosomique 16S, deux paradoxes apparents émergent. D'une part, les Rhizobiacées ne forment pas un groupe unique, mais apparaissent réparties en plusieurs endroits de l'arbre obtenu, mélangées avec des bactéries non symbiotiques . Il n'y a pas d'ancêtre commun propre à toutes les Rhizobiacées, qui sont donc **polyphylétiques** (= elles descendent de plusieurs ancêtres distincts). D'autre part, des espèces symbiotiques proches interagissent avec des légumineuses hôtes très éloignées évolutivement ; inversement, des légumineuses très proches peuvent abriter des Rhizobiacées non apparentées entre elles (croisements entre les flèches sur la figure ). Par exemple, au sein des légumineuses du sous-groupe des Phaseoleae, le Haricot est associé à *Rhizobium leguminosarum* var. *phaseoli* dont les proches parents,

*R. leguminosarum* var. *viciae* et var. *trifolii* s'associent à des légumineuses n'appartenant pas aux Phaseoleae . Il ne semble donc pas y avoir de coévolution entre les Rhizobiacées et les Légumineuses.

Tout s'éclaire si l'on se rappelle que les gènes *nod* intervenant dans la mise en place et la spécificité de l'association sont généralement portés sur un plasmide , quoique parfois secondairement intégrés au génome (*Bradyrhizobium*). Ces gènes peuvent donc être transférés (et avec eux le spectre\* d'hôte !) à d'autres bactéries, même d'espèces différentes : ce qui explique que des bactéries non symbiotiques puissent le devenir, tandis que des bactéries apparentées, qui ont acquis des plasmides différents, ont des hôtes très différents. Ceci souligne l'importance des transferts horizontaux de gènes entre bactéries !



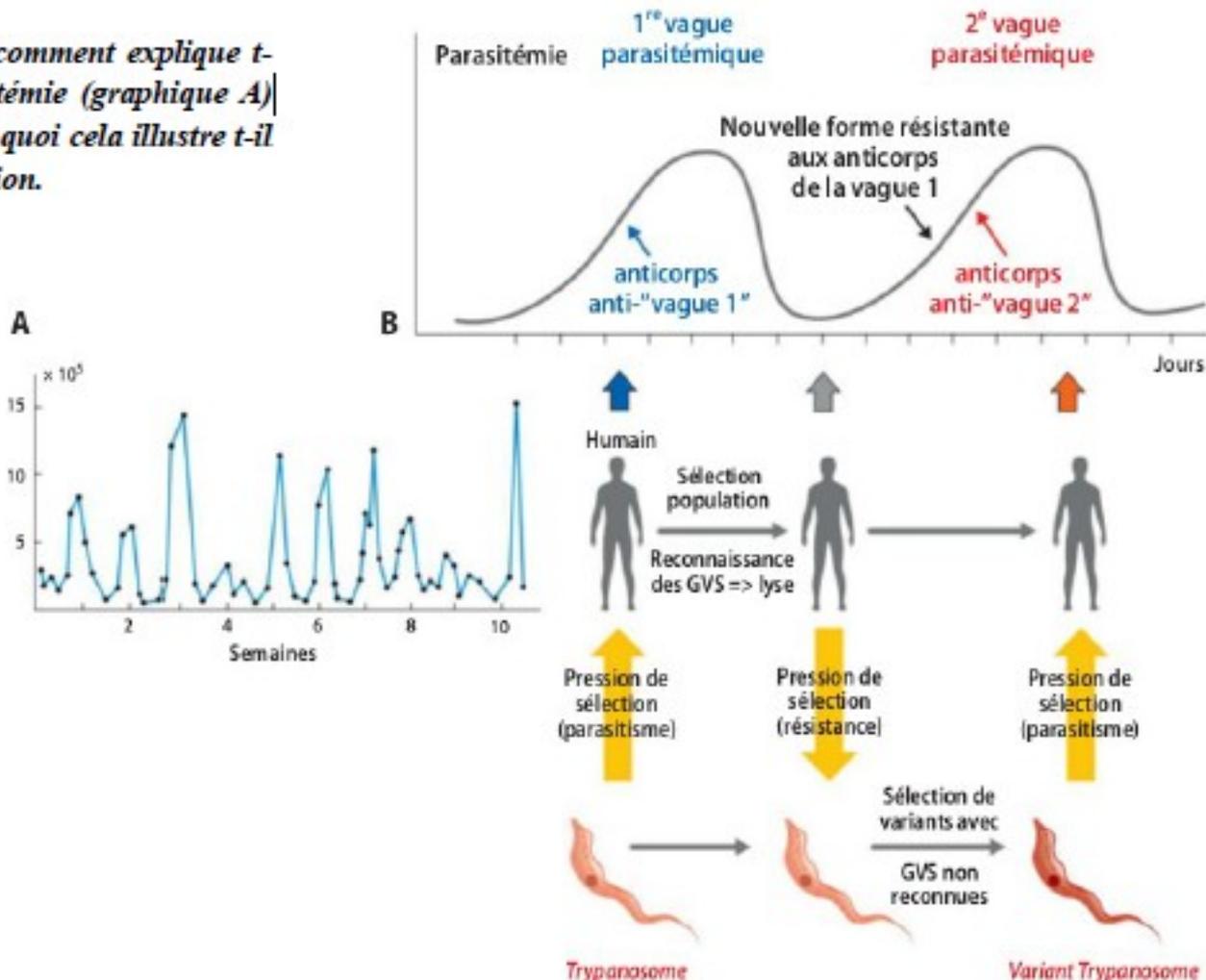
**TRANSFERTS HORIZONTAUX DE SYMBIOTES ET POLYPHYLÉTISME CHEZ LES RHIZOBIACÉES** . Les arbres phylogénétiques des bactéries (à gauche, Rhizobiacées avec leurs parents non symbiotiques) et des légumineuses (à droite) ont été mis en regard ; les Rhizobiacées sont soulignées et une flèche les relie à leur hôte, à l'exception de la souche NGR234 qui nodule toutes les plantes mentionnées.

Modifié de Young et Haukka, 1996.

## 2.2 Les unicellulaires participent à la coévolution

Document 22 : importance des relations interspécifiques dans la co-évolution, exemple de la relation parasitaire du Trypanosome avec l'Homme

→ D'après ce document, comment explique-t-on l'évolution de la parasitémie (graphique A) dans le sang de l'hôte et en quoi cela illustre-t-il un phénomène de co-évolution.



### IV. En conclusion

Les vagues de parasitémie du trypanosome sont le résultat d'une coévolution. A. La variation de la parasitémie (en nombre de trypanosome par mL de sang). B. Les vagues parasitémiques sont issues des pressions de sélection entre hôte et parasite.

#### IV. En conclusion

Les unicellulaires malgré leur simplicité apparente sont capables de réaliser toutes les fonctions biologiques et de peupler tous les écosystèmes terrestres y compris les plus extrêmes.

Ce sont des acteurs majeurs de l'évolution et leur place dans l'arbre du vivant montre que l'évolution peut être régressive.

#### L'Homme se sert de ces unicellulaires dans

- les transformations alimentaires : fermentations et productions de métabolites primaires tels des protéines alimentaires, des acides aminés ac glutamique, thréonine , des acides organiques acide acétique, acide citrique, de l'éthanol, des polysaccharides dextrane, alginate, des vitamines B12, B2, précurseur vitamine C...

- la fabrication de médicaments fermentations et productions de métabolites secondaires tels des antibiotiques (pénicilline), des produits actifs ergotamine pour migraines, valiomaline pour diabète, des arômes géraniol, des insecticides, des hormones végétales gibbérellines...

- les biotechnologies : rôle fondamental des plasmides dans les transferts génétiques et la production d'OGM