

REGARDS SUR LES ORGANISMES UNICELLULAIRES

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

➤ La diversité des types trophiques

1.1 exemples d'unicellulaires autotrophes

1.1.1 exemples de photolithotrophes

1.1.2 exemples de chimiolithotrophes

1.2 exemples d'unicellulaires hétérotrophes

1.2.1 l'absorbotrophie

1.2.2 la phagotrophie

1.2.3 l'absorbotrophie couplée à la phagotrophie

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

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

2.2.1 Cas de la reproduction sexuée

2.2.2 Cas de la reproduction asexuée

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

1. cas des unicellulaires libres

2. cas des unicellulaires vivants au sein de biofilms

3. cas des unicellulaires symbiotiques

3.1 cas des lichens

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

3.3 cas des bactéries et Ciliés de la panse des Ruminants (cf SVA1)

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

4. cas des unicellulaires parasites

5. Ces interactions sont essentielles au fonctionnement des écosystèmes

III. Des 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

2. les unicellulaires sont des moteurs pour l'évolution

2.1 les unicellulaire participent à l'évolution réticulée

2.2. Les unicellulaires participent à la coévolution

IV. En conclusion

Extrait du programme officiel

SV-A-3 Regards sur les organismes unicellulaires (BCPST 2)	
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. Les organismes unicellulaires assurent l'ensemble des fonctions (nutrition, relation, reproduction) au niveau d'une seule cellule. Les unicellulaires ont des vies libres ou sont regroupés au sein de biofilms dans lesquels ils sont en interactions. Les organismes unicellulaires sont aussi en interactions interspécifiques avec des organismes pluricellulaires. Les types trophiques (photolithotrophie, chimiolithotrophie, chimioorganotrophie) très divers rencontrés chez les unicellulaires sont essentiels au fonctionnement des écosystèmes en particulier pour l'assimilation et le recyclage de la matière. 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>).	- Exploiter des arbres phylogénétiques pour discuter : • 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 : • 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 : <i>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.</i> <i>Colorations utilisables mises en œuvre par les étudiants : Gram, lugol, rouge neutre, vert de méthyle.</i> <i>Une séance de travaux pratiques est mixte avec le thème portant sur la phylogénie.</i> <i>Les exemples d'interactions unicellulaires – pluricellulaires sont restreints aux exemples développés dans d'autres parties du programme.</i> <i>Les études expérimentales qui portent sur l'opéron lactose ne sont pas exigibles.</i>	

Définitions et mots clés :

Autotrophie : synthèse de sa propre matière organique à partir de matière minérale, sans précision, cela concerne l'autotrophie au carbone dont la source est le CO_2 atmosphérique.

Hétérotrophie : synthèse de sa propre matière organique à partir de matière organique préexistante

Lithotrophie : les électrons permettant la réduction du NADPH_2 proviennent de l'oxydation d'un composé minéral réduit comme H_2O ou NO_2^-

organotrophie : les électrons permettant la réduction du NADPH_2 proviennent de l'oxydation d'un composé organique.

Phototrophie : le transfert des électrons permettant de former le NADH_2 est endergonique et nécessite l'apport de l'énergie lumineuse

Chimiotrophie : le transfert des électrons permettant de former le NADH_2 est exergonique

Absorbotrophie : mode de nutrition de certains organismes par diffusion des nutriments après ou non digestion extracellulaire, à travers une paroi et la membrane plasmique.

Phagotrophie : mode de nutrition de certains hétérotrophes par phagocytose.

Carboxysome : granule protéique permettant de concentrer le CO_2 au voisinage de la rubisco et des enzymes impliquées dans le cycle de Calvin chez les cyanobactéries et plus généralement chez les bactéries autotrophes

Leghémoglobine : protéine chimère (la partie protéique est codée par le génome de la plante, l'hème a codé à partir du génome bactérien) synthétisée par les bactéroïdes des nodosités qui colore les nodosités en rose et permet de capter une partie du dioxygène.

Mutualisme : interaction plus ou moins durable à bénéfices réciproques entre deux espèces.

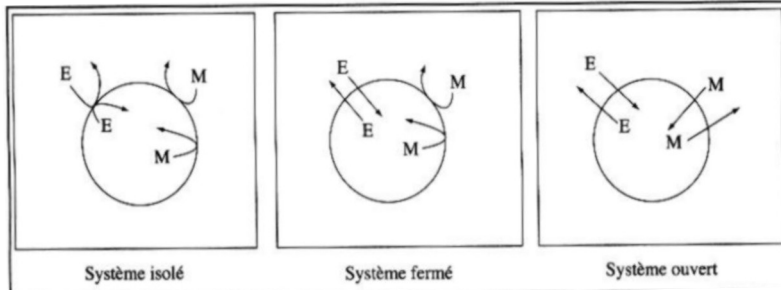
Parasitisme : interaction durable entre deux espèces à bénéfices non réciproques (avantageuse pour l'un, invalidante pour l'autre).

Symbiose : relation intime et durable entre deux espèces à bénéfices réciproques.

Phycobilisome : équivalent des photosystèmes situé à la surface des thylacoïdes des cyanobactéries.

Pyrénoïde : structure intraplastidial des algues équivalent des carboxysomes qui permet une concentration du dioxyde de carbone au voisinage de la RubisCO.

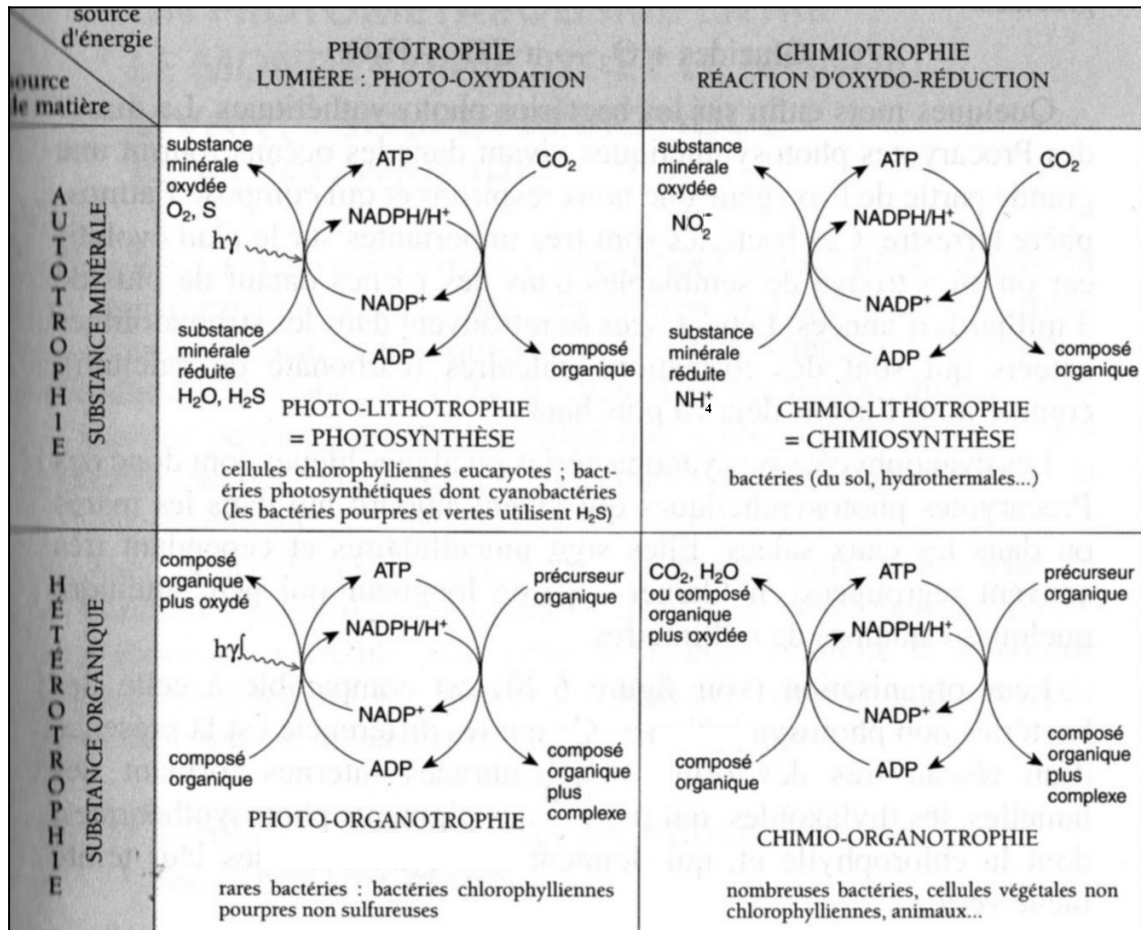
Thalle : appareil végétatif non différencié ou peu différencié et ne possédant ni racines, ni tiges, ni feuilles.

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**

système : 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

1.1.1 exemples de photolithotrophes

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

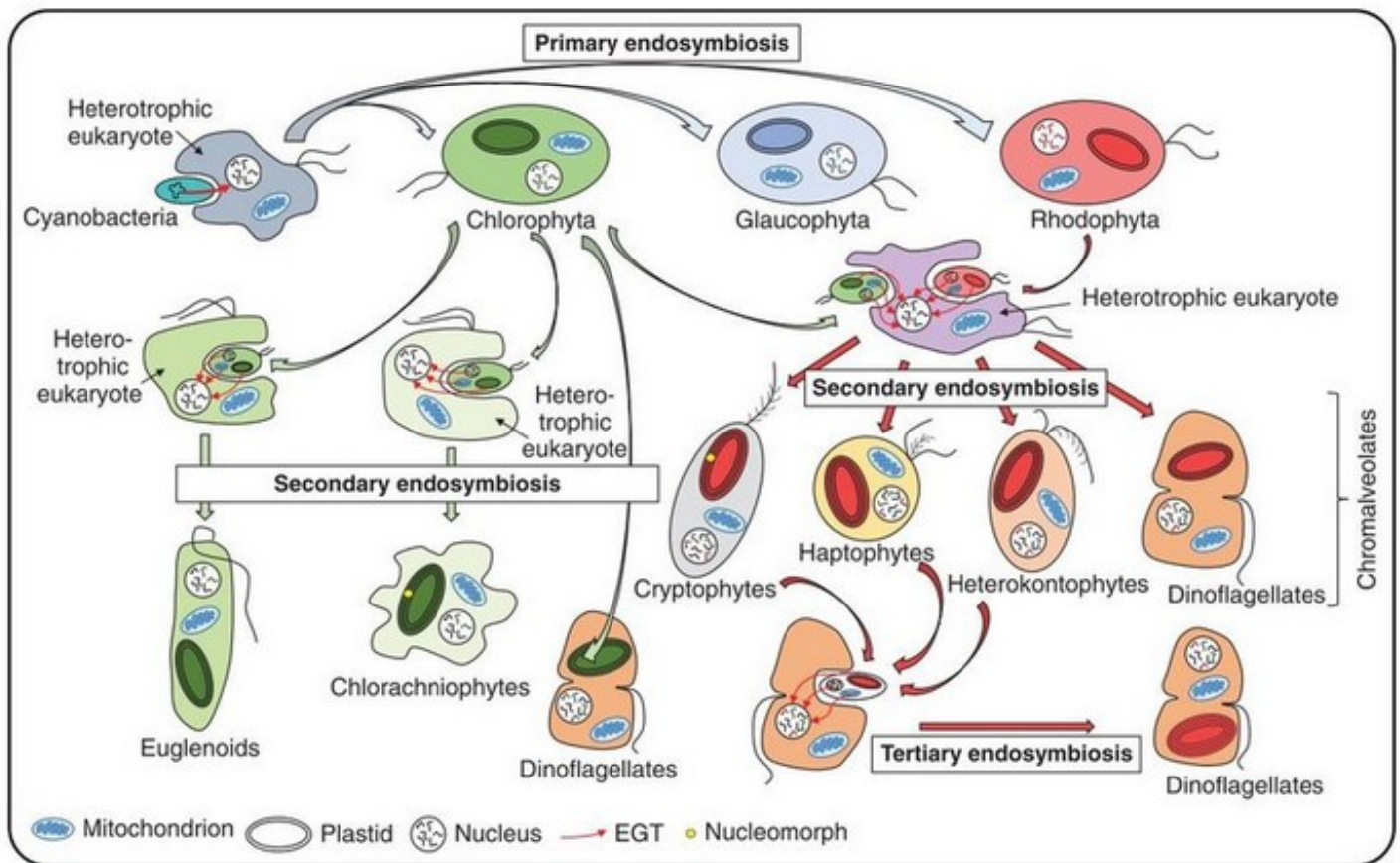
Document : Cf TP et bilan

➤ Parmi les eucaryotes, *Chlamydomonas* de la Lignée Verte et les Diatomées de la Lignée Brune

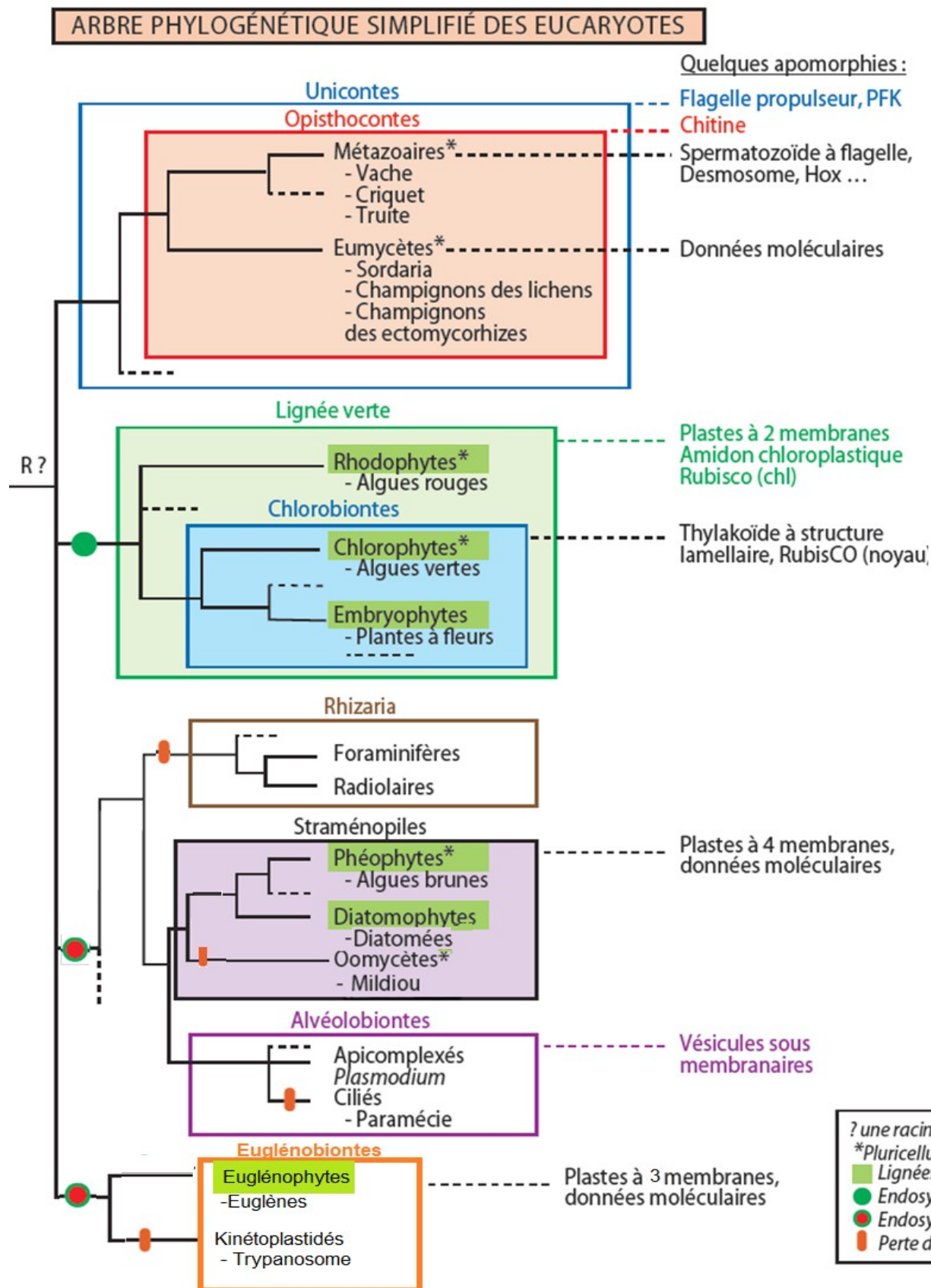
Documents : Cf TP et bilan

Document 3: endosymbioses primaire, secondaire et tertiaire

Ces évènements 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 (Hopes and Mock, 2015).



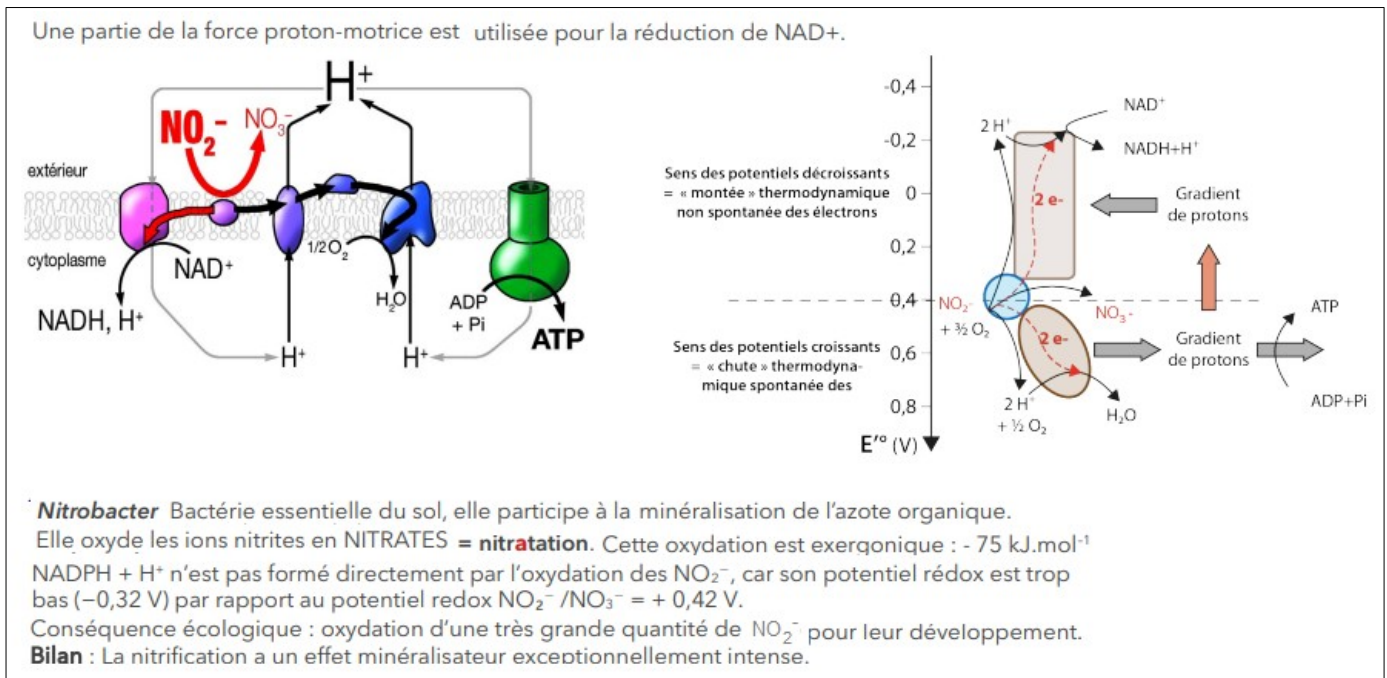
Document 4 : arbre phylogénétique simplifié des eucaryotes



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

Documents : Cf TP, bilan et BGA (document 24)

Document 5 : aspects thermodynamiques de la nutrition de Nitrobacter



1.2 exemples d'unicellulaires hétérotrophes

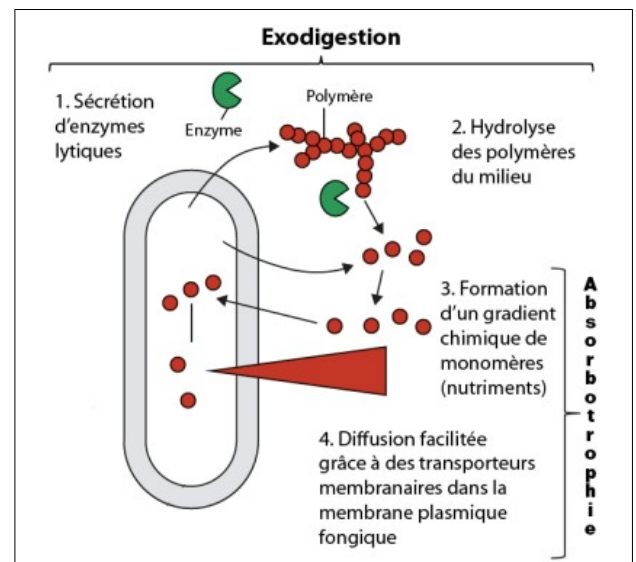
Documents : Cf TP et bilan

1.2.1 l'absorbotrophie

Document 6 : principe de l'absorbotrophie

→ Expliquer d'après ce document, en quoi consiste l'absorbotrophie.

- E.coli et Rhizobium qui sont des bactéries Gram -
- Saccharomyces, une levure appartenant aux Eumycètes



1.2.2 la phagotrophie

- exemple la Paramécie, appartenant aux Alvéobiontes Ciliés.

1.2.3 l'absorbotrophie couplée à la phagotrophie

- le trypanosome, appartenant aux Euglénobiontes Kinétoplastidés
- Le Plasmodium, appartenant aux Alvéobiontes Apicomplexes

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

Documents : Cf TP et bilan

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

2.2.1 Cas de la reproduction sexuée

> Chez les Diatomées

Documents : Cf TP et bilan

> Chez les Levures

Documents : Cf TP et bilan

> Chez Chlamydomonas.

Documents : Cf TP et bilan

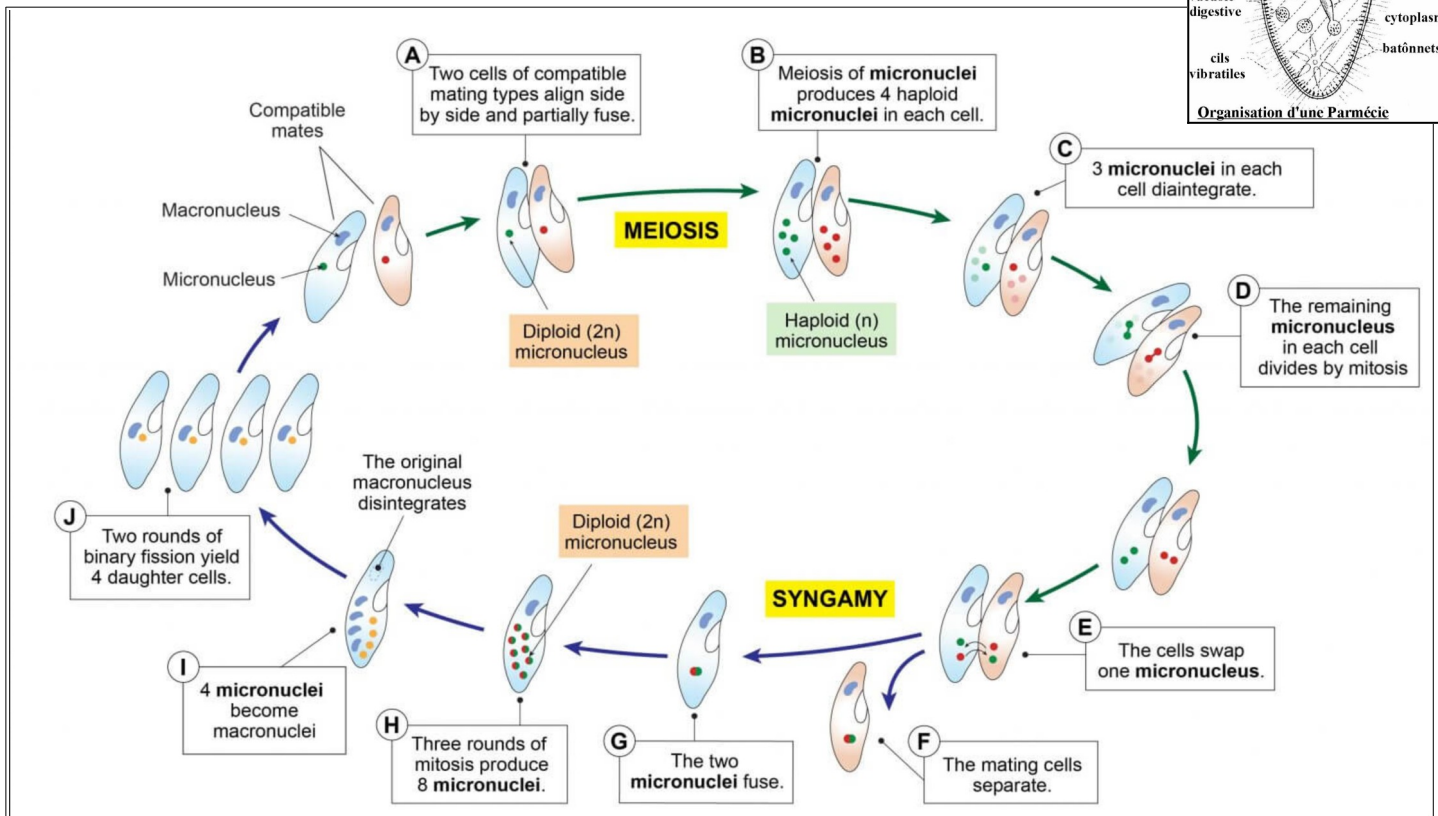
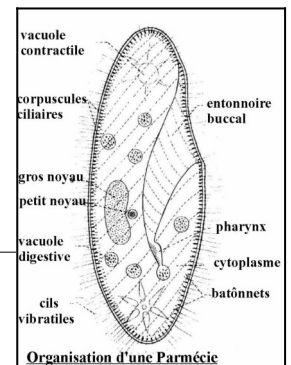
> Chez les Paramécies

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

Documents : Cf TP et bilan

2.2.2 Cas de la reproduction asexuée

Documents : Cf TP et bilan

- [Chez les levures](#)
- [Les Diatomées](#)
- [Chlamydomonas](#)
- [Le trypanosome](#)
- [Le plasmodium](#)

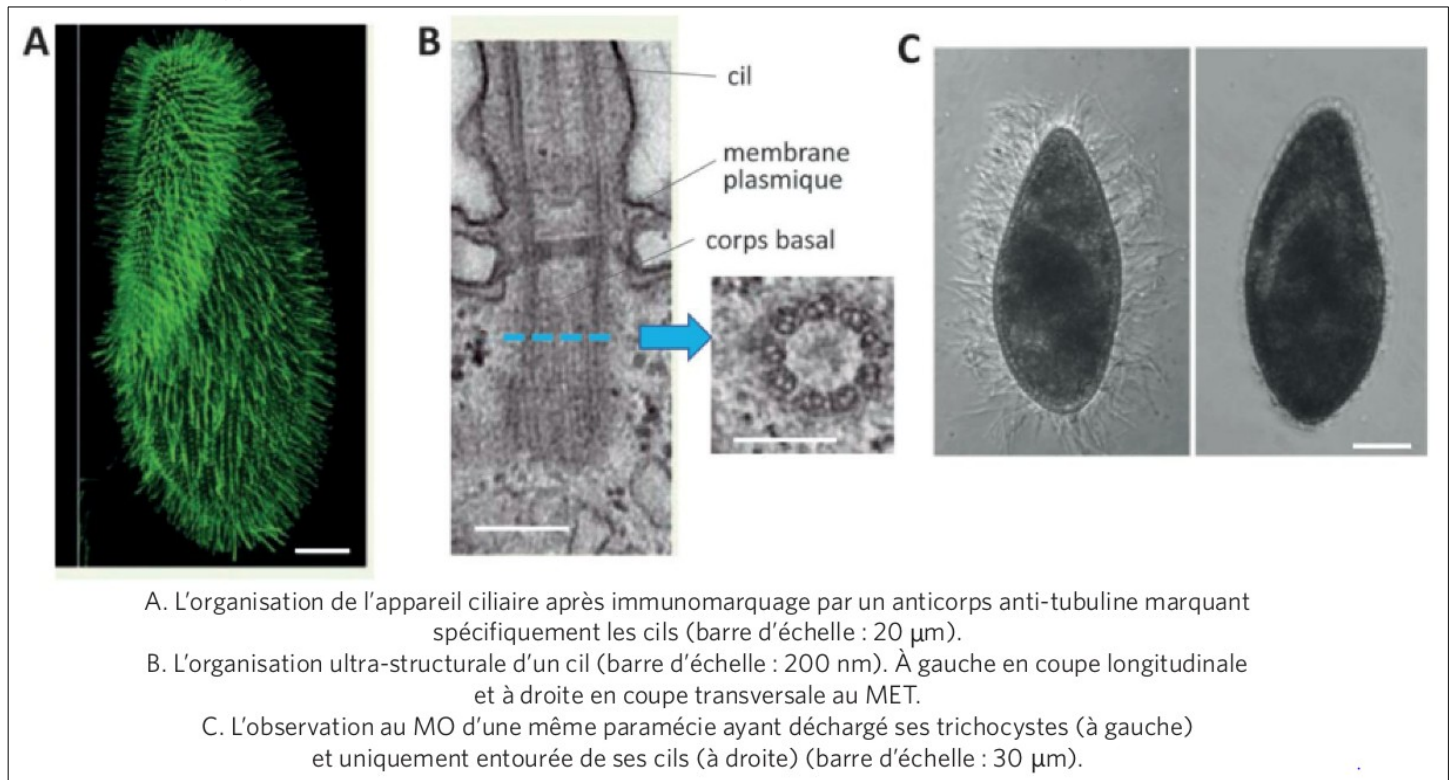
II. Les organismes unicellulaires sont en interaction permanente avec leur environnement

1. cas des unicellulaires libres

- [La paramécie](#)

Documents : Cf TP et bilan

Document 8 : l'appareil ciliaire des Paramécies



- [L'algue verte Chlamydomonas](#)

Documents : Cf TP et bilan

- [les Diatomées](#)

Documents : Cf TP et bilan

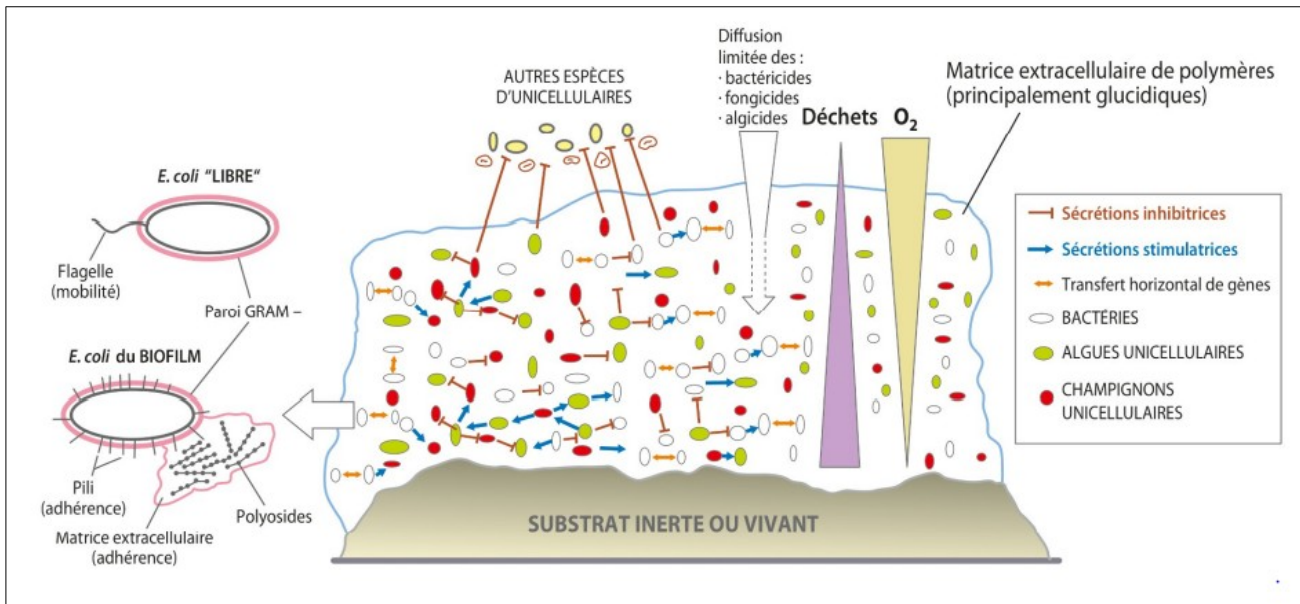
- [Les cyanobactéries](#)

Documents : Cf TP et bilan

2. cas des unicellulaires vivants au sein de biofilms

Document 9 : les interactions au sein d'un biofilm

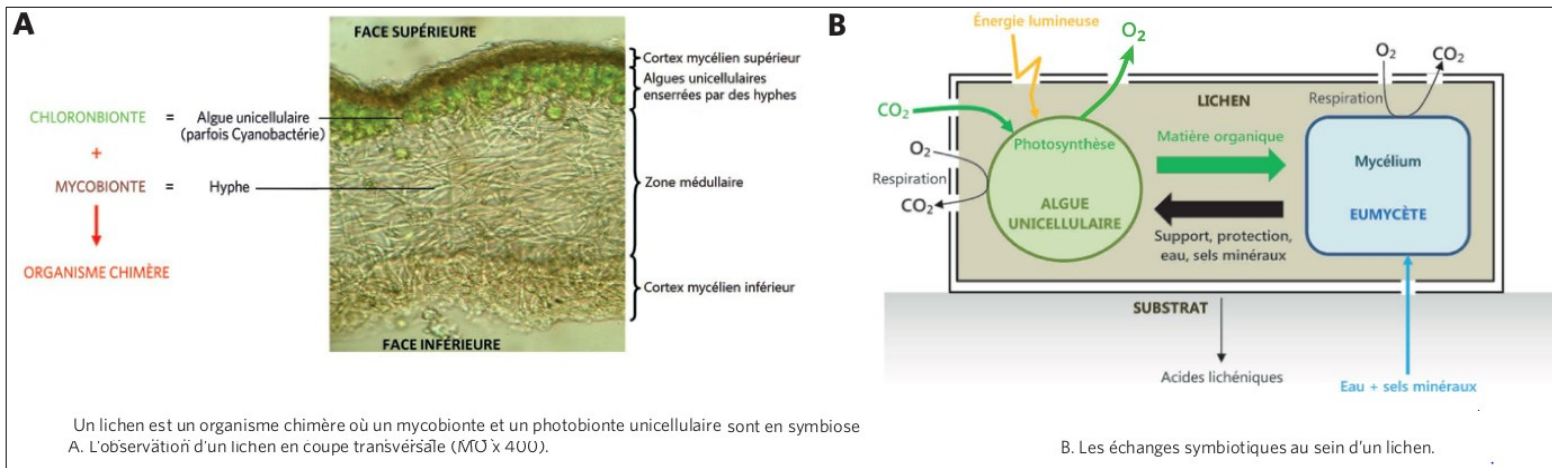
→ Quels sont les avantages conférés par un biofilm aux organismes y vivant ?



3. cas des unicellulaires symbiotiques

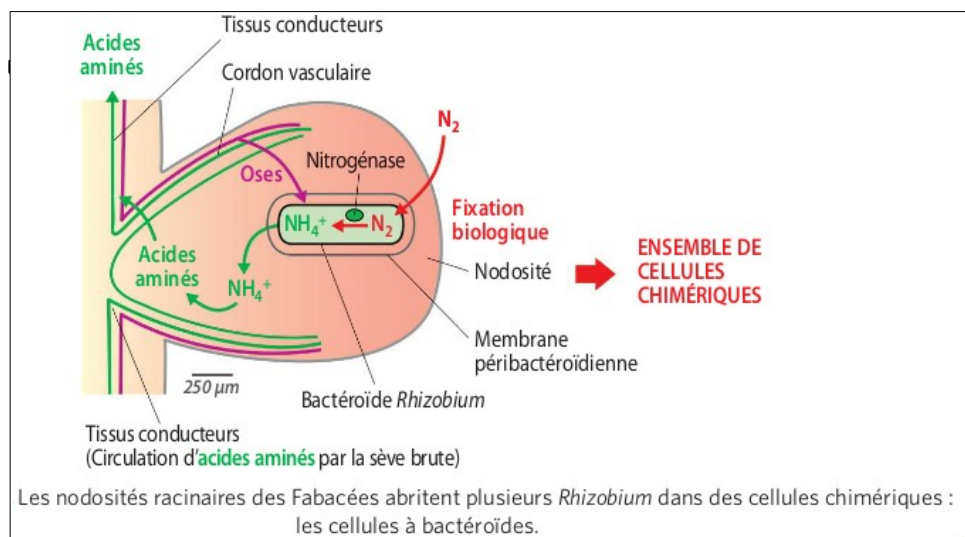
3.1 cas des lichens

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

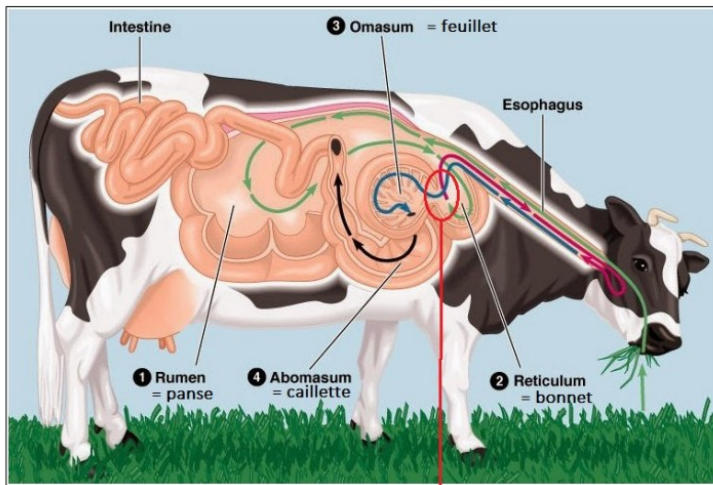
Document 11 : les bénéfices



3.3 cas des bactéries et Ciliés de la panse des Ruminants (cf SVA1)

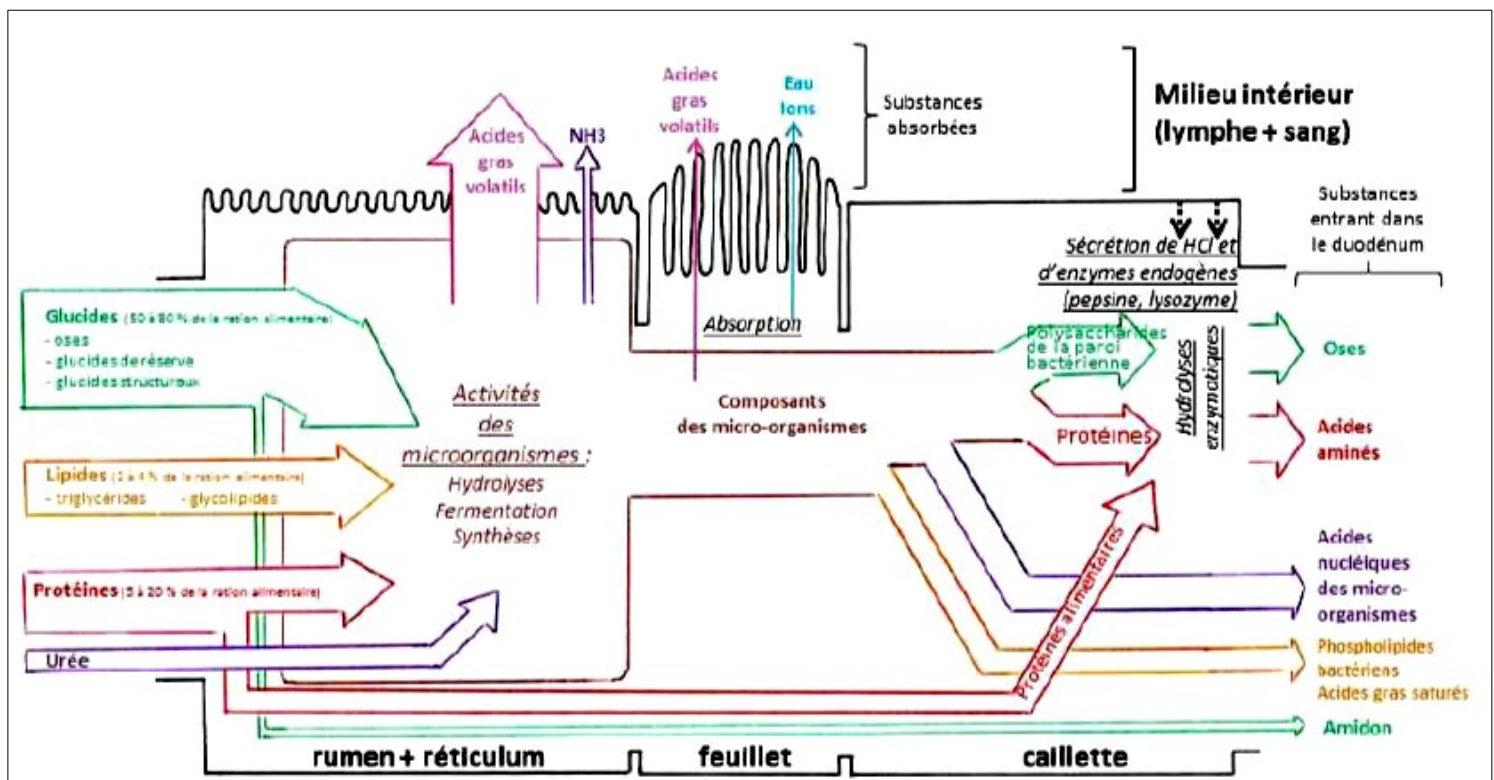
Documents : Cf TP et bilan

Document 12 : organisation fonctionnelle de l'estomac polygastrique des Ruminants



sphincter réticulo-omasal qui permet le tri des particules ayant été digérées dans le rumen, dont la taille doit être $< 2\text{mm}$!!! Les aliments solides retournent alors vers la cavité buccale pour être ruminés à nouveau (flèche violette). Les aliments liquides passent en revanche directement dans l'omasum sans passer par le réticulum (flèche bleue)

	Segments du tube digestif	Proportions relatives en % du volume total	Fonction	Substances absorbées
Partie antérieure du tube digestif	Cavité buccale		Broyage des aliments Sécrétion d'urée	
	Œsophage		Déglutition, régurgitation	
	Panse = Rumen	71 %	Digestion par l'activité des micro-organismes Brassage Eructation Absorption	Acides gras volatils
	Réticulum = Feuillet			
	Omasum		Compression du bol alimentaire Absorption	Eau, acides gras volatils, ions minéraux
	Caillette = Abomasum		Digestion par hydrolases gastriques	



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

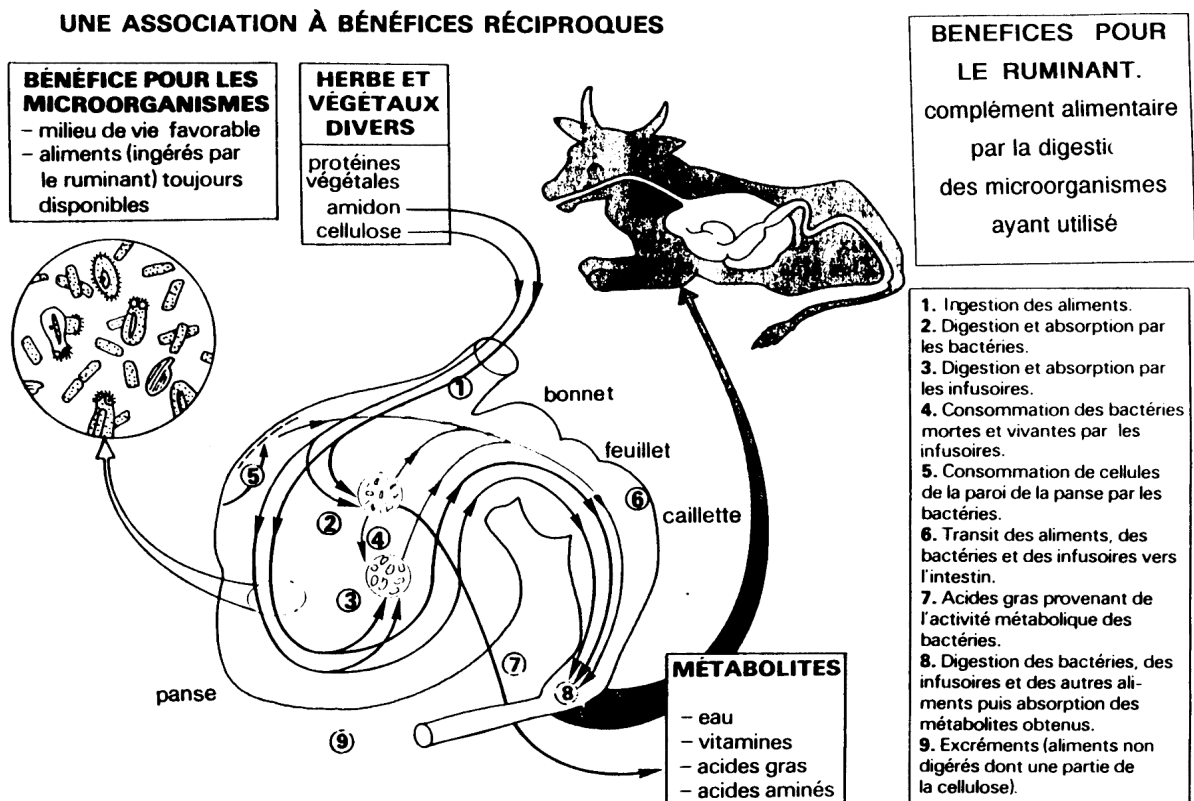
Document 13 : composition de la flore microbienne du rumen

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

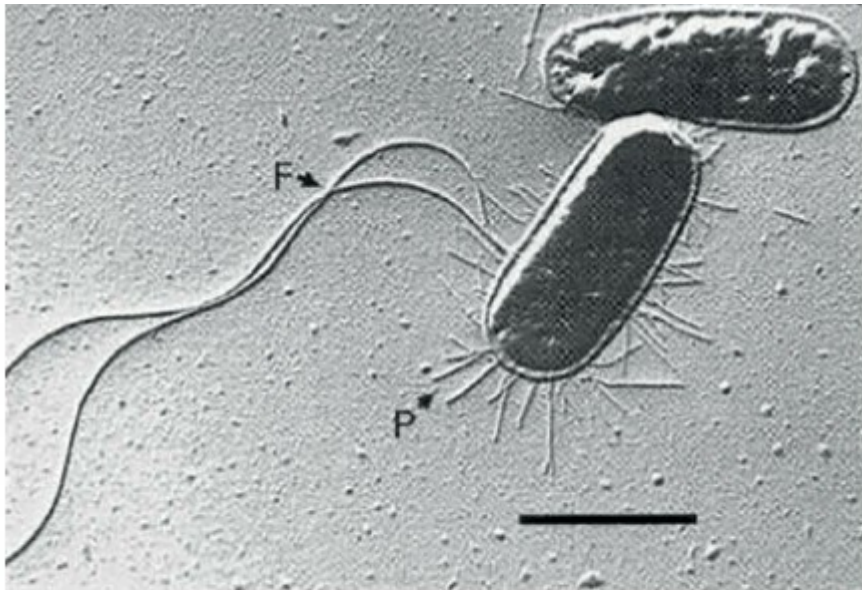
→ Quels sont les bénéfices de cette symbiose pour les micro-organisme d'une part et les Ruminants d'autre part ?



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

Documents : Cf TP et bilan

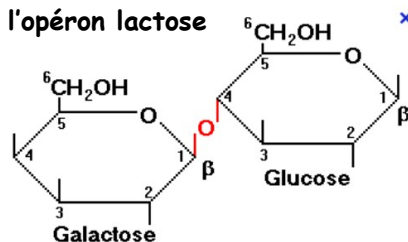
Document 15 : Observation d'E coli au MEB flagellée ou non



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 μm).

Document 16 : fonctionnement de l'opéron lactose

16a : structure du lactose



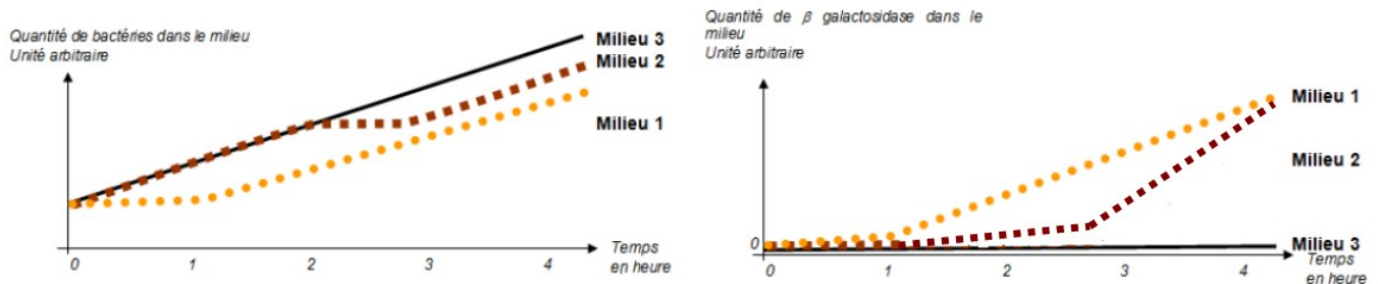
16b : expérience de mise en culture

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 β galactosidase (enzyme permettant l'hydrolyse du lactose en un glucose et un galactose)

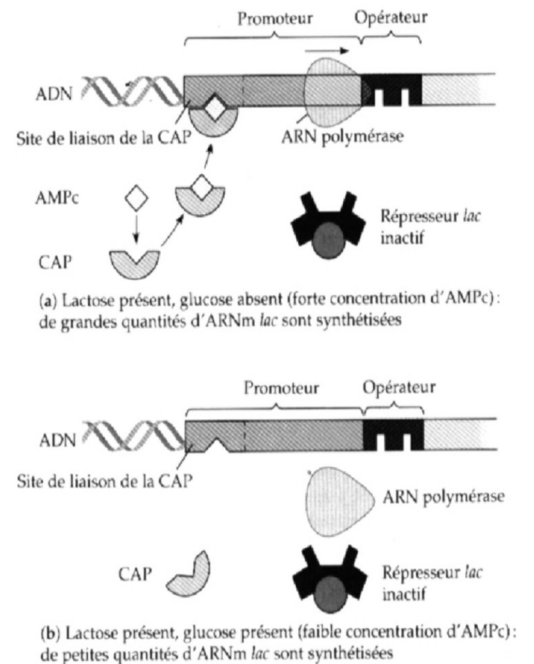
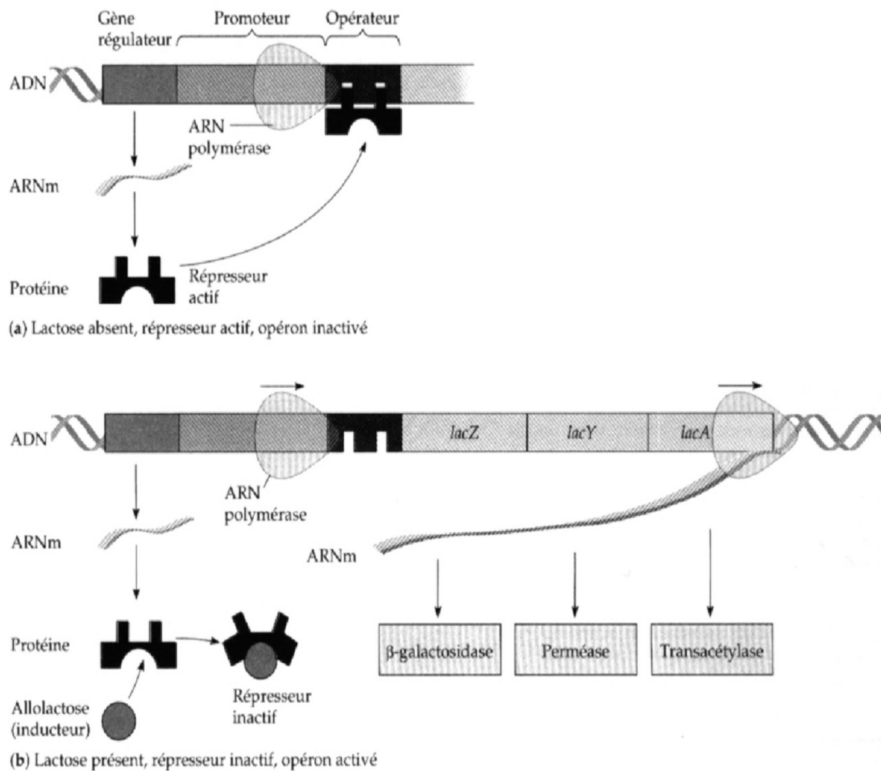
Les résultats sont présentés dans les graphiques ci-dessous :



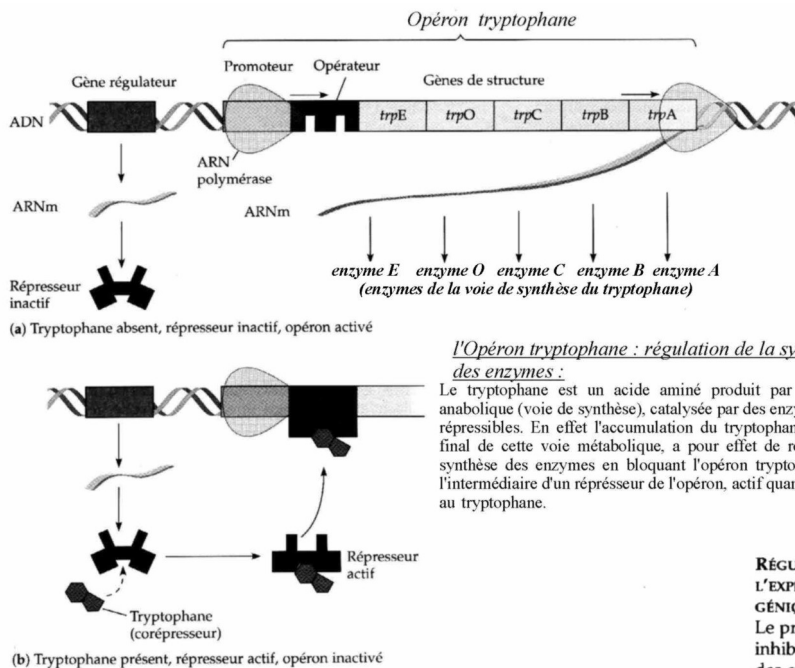
→ Analyser et mettre en relation les résultats de ces deux expériences.

16c : mécanisme de régulation de la synthèse de β galactosidase

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



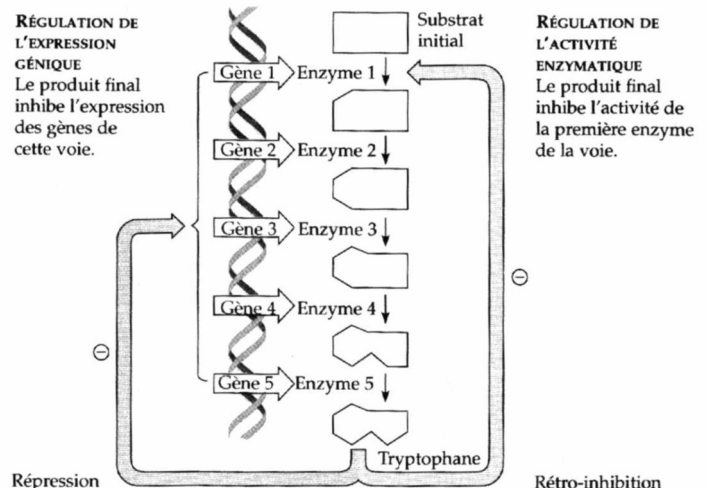
Document 17 : fonctionnement de l'opéron tryptophane (pour information)



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.

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.



4. cas des unicellulaires parasites

Documents : Cf TP et bilan

- [Le Plasmodium](#)
- [Le Trypanosome](#)

5. Ces interactions sont essentielles au fonctionnement des écosystèmes

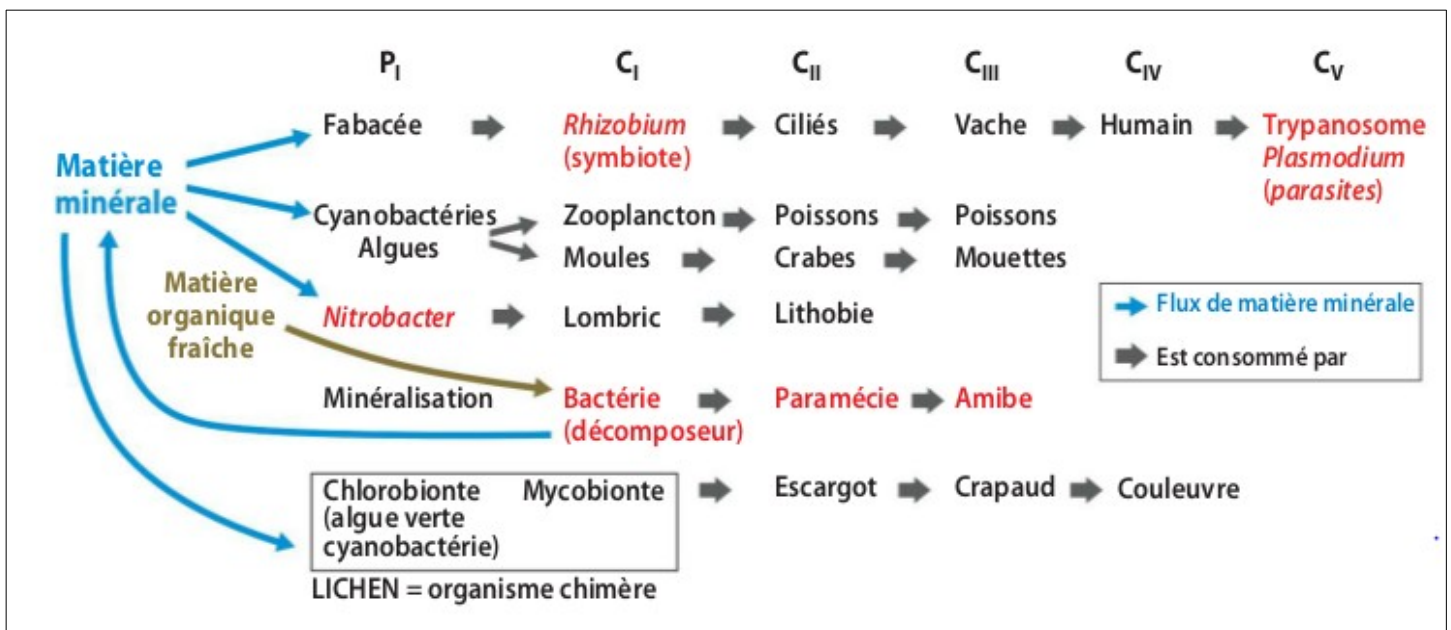
Document 18 : les différentes interactions possibles entre deux espèces au sein des écosystèmes

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

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

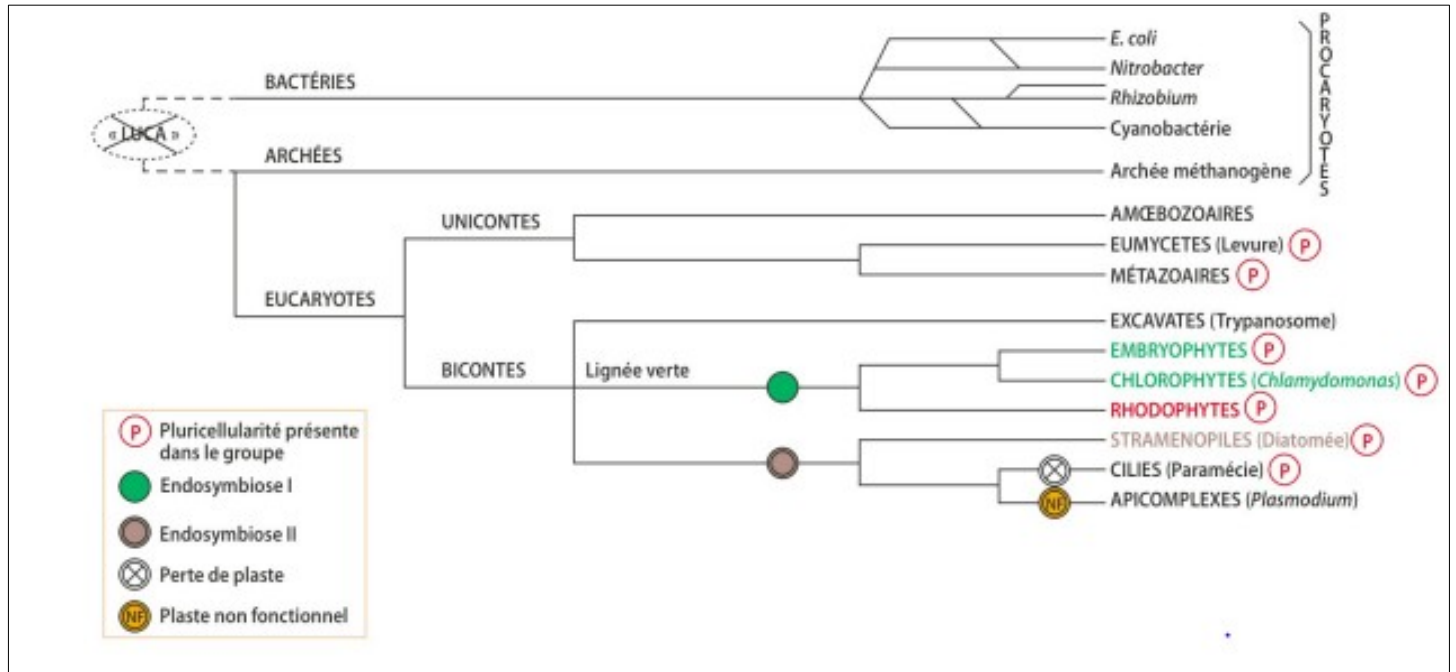
→ Quelle place occupent les micro-organismes dans les réseaux trophiques ?



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



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,

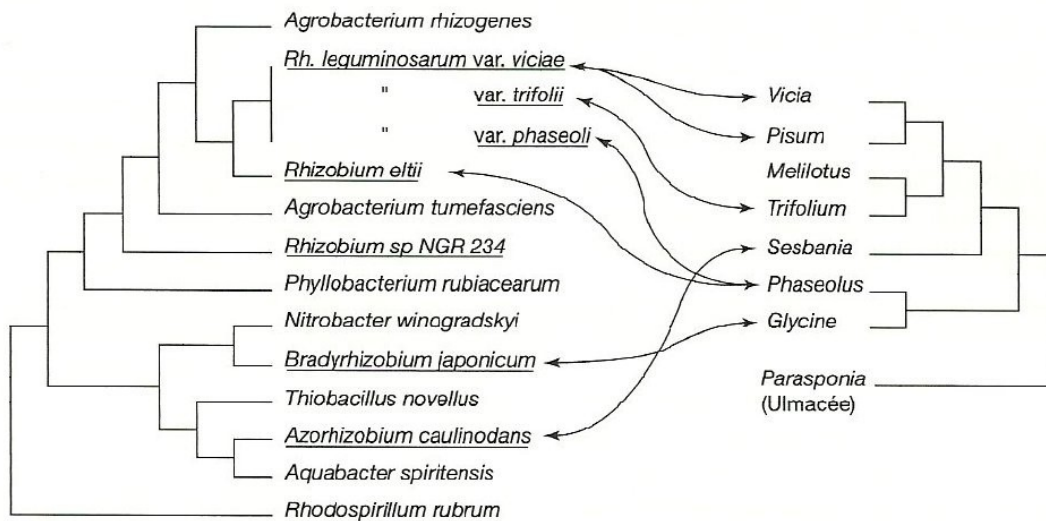
R. leguminosarum var. *viciae* et var. *trifolii* s'associent à des légumineuses n'appartenant pas aux Phaseoleae. Il ne semble donc pas y

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 !

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

SV-A3 Regards sur les organismes unicellulaires



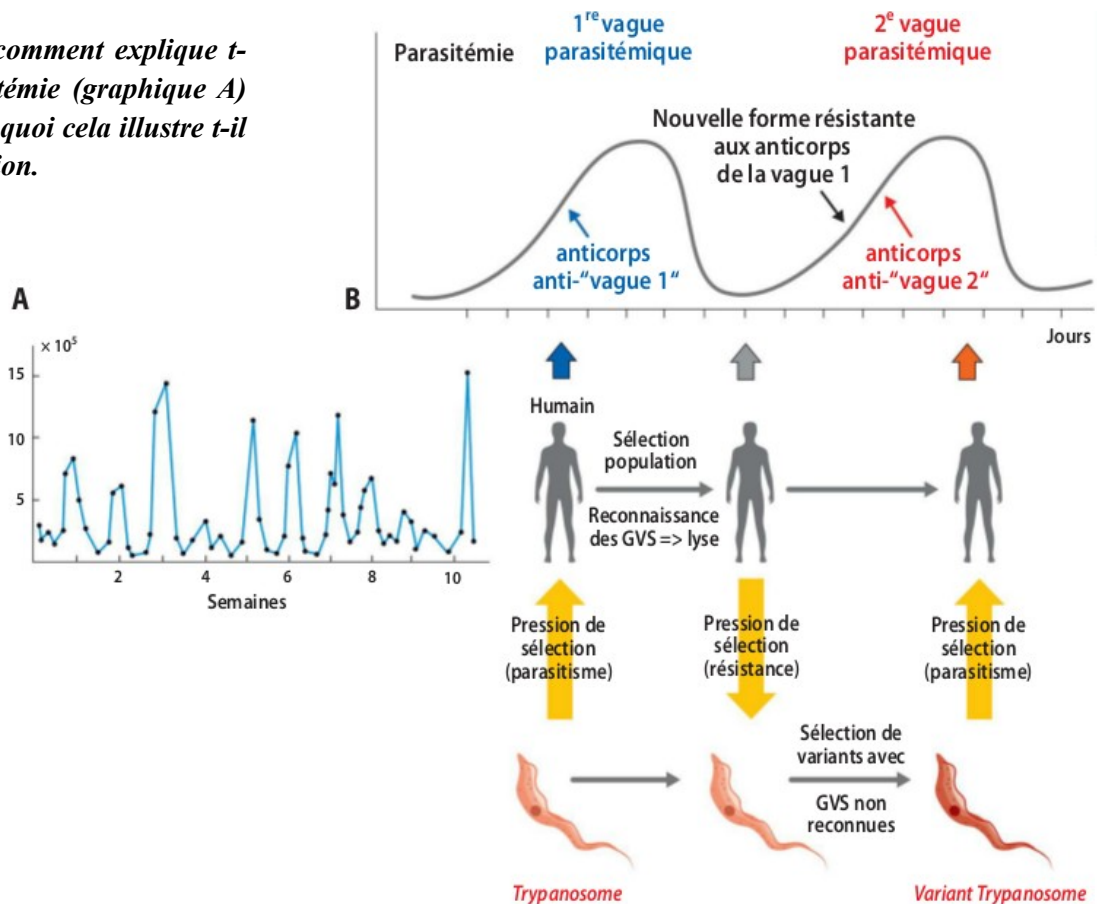
TRANSFERTS HORIZONTAUX DE SYMBIOTES ET POLYPHYLÉTISME CHEZ LES RHIZOBIACÉES . Les arbres phylogénétiques des bactéries (à gauche, Rhizobiacées avec leurs parents non symbiotiques) et des légumineuses (à droite) ont été mis en regard ; les Rhizobiacées sont soulignées et une flèche les relie à leur hôte, 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.