

**TP-SV-K-2-2 Analyser des arbres phylogénétiques pour construire des scénarios évolutifs.**  
**Diversité des algues.**

Rappel du programme :

- Exploiter des données afin de discuter l'histoire évolutive d'un groupe, les données et les arbres phylogénétiques étant fournies.
- Argumenter la théorie endosymbiotique des plastes ainsi que les endosymbioses primaires et secondaires des plastes.
- Identifier et expliquer des convergences évolutives.
- Réaliser des observations macroscopiques et microscopiques, avec ou sans coloration, afin de mettre en évidence des caractères des algues exploitables dans le cadre d'une analyse phylogénétique.
- Exploiter des données biochimiques et des clichés de microscopie électronique d'algues et d'organismes unicellulaires pour discuter leur place dans l'arbre phylogénétique ou la signification évolutive d'un de leurs caractères.

Précisions et limites :

Cette partie s'appuie sur les organismes vus par ailleurs dans le programme, au cours des travaux pratiques et des sorties. L'arbre des Eucaryotes est fourni aux étudiants pour conduire une analyse phylogénétique.

Les endosymbioses primaires et secondaires sont étudiées à partir de l'exemple des algues hétérocontes (algues brunes et diatomées) et des Archéoplastidés (ou Lignée verte).

Les pertes de la pluricellularité sont traitées avec l'exemple des levures.

La diversité des algues est abordée notamment en travaux pratiques avec les exemples des algues unicellulaires, filamentées (Antithamnion ou Polysiphonia), en lame (Ulva) et à thalle ramifié/complexes (Fucus).

**Buts de la séance :** à partir de l'étude de différentes algues, analyser différents caractères structuraux ou fonctionnels afin d'en tirer des informations sur l'histoire évolutive de certains organismes. Connaitre la diversité des algues et leur place dans la classification du vivant.

### 1.- La diversité des algues.

#### 1.1. Diversité des pigments et premiers éléments de classification.

Comme tous les végétaux, les algues possèdent des chloroplastes et de la chlorophylle a. Elles sont donc autotrophes. On peut distinguer plusieurs groupes d'algues en fonction de leurs pigments accessoires. Une chromatographie permet de séparer les différents pigments. On distingue plusieurs groupes d'algues :

**Lignée des Archéoplastidées = lignée verte.**

Rhodophytes = algues rouges

Chloroplastidés, comprenant les algues vertes (chlorophytes) et les embryophytes

**Lignée des Straménopyles = hétérocontes = lignée brune.**

Phéophycées = algues brunes

Bacillariophycées

**TP :** faire une chromatographie des trois macro-algues proposée : voir figures 1 et 2.

Exercice de phylogénie à partir de la matrice proposée : voir feuille exercice annexe.

#### 1.2. Diversité des organisations végétatives.

Le **thalle** désigne l'appareil végétatif des algues

a. Des algues unicellulaires.

##### L'exemple des Chlamydomonas (Chloroplastidés) : voir figure 3.

Algues unicellulaires pourvus de deux flagelles et d'un chloroplaste unique en forme de cloche, elle est devenue l'un des organismes modèle en biologie. Elle vit en eau douce. Elles ont des chloroplastes à 2 membranes.

##### L'exemple des diatomées (Straménopiles = hétérochontes, Bacillariophycées) : voir figure 4.

Groupe d'algues très répandues, aussi bien en eau douce qu'en eau de mer, elles ont une paroi faite de couches de silice hydratée associée à des matériaux organiques. Cette paroi siliceuse = frustule (nom masculin) est constituée de deux valves inégales qui s'emboitent l'une dans l'autre comme les deux parties d'une boîte de pétri. Les ornementsations du frustule sont très géométriques et permettent l'identification des espèces. Elles ont le même équipement pigmentaire que les phéophycées (Fucus) et des chloroplastes à 4 membranes (voir 2). L'accumulation des frustules de Diatomées donne naissance à des roches siliceuses : les diatomites. C'est une roche claire, légère et poreuse. Elle est utilisée comme abrasif ou comme absorbant, par exemple dans la dynamite.

**TP :** observation et schémas des lames microscopiques fournies  
Observation des figures de microscopie électronique

### b. Des algues pluricellulaires

L'organisation du thalle est très variable d'une algue à l'autre. Il est caractérisé par l'absence de racines (attention le crampon n'a qu'un rôle de fixation, aucun rôle dans la nutrition, tiges, feuilles, par opposition à l'appareil végétatif des embryophytes (végétaux majoritairement terrestres). On distingue plusieurs types de thalle :

Thalle unicellulaire : voir a.

Thalle pluricellulaire :

- Thalle filamenteux : il est constitué d'une file de cellules. C'est l'exemple du *Nostoc* (cyanobactérie, voir séance biofilm), des *spirogyres* (hors programme) et le programme rattache les algues rouges au type filamenteux. Dans le cas des algues rouges, des auteurs indiquent cependant un thalle cladomien.

- Thalle membraneux : il est constitué d'une simple ou double lame de cellules, c'est le cas de l'*Ulve*.

- Thalle cladomien : il a une organisation plus complexe avec des axes dont la croissance est assurée par une cellule apicale et des lames portées par l'axe (= pleuridies).

Exemple 1 : *Ulva lactuca* (Chloroplastidés, Chlorophytes) : thalle lamelleux : figure 7

Exemple 2 : *Polysiphonia* (Rhodophycées) : thalle filamenteux : figure 6

Exemple 3 : *Fucus* (Phéophycées) : thalle cladomien : figure 8

Dans le cas du *Fucus*, une coupe transversale permet de repérer plusieurs zones :

- une couche externe, = méristoderme, qui assure la croissance en épaisseur. Elle est recouverte d'un revêtement d'alginate (les alginate sont des polysaccharides constitutifs de la paroi des algues brunes).

- un cortex formé par des cellules jointives,

- une zone médullaire constituée par des filaments ramifiés qui semblent avoir un rôle de conduction.

**TP :** pour chaque algue, faire un schéma de l'appareil végétatif.

Pour le *fucus* : faire une coupe transversale du thalle

Pour l'*Ulve* : montage d'un morceau de thalle et observation de la coupe transversale de thalle

## 2.- Plusieurs endosymbioses

Suivant les algues : les chloroplastes peuvent être à 2, 3 ou 4 membranes (figures 3 à 9)

L'endosymbiose primaire désigne la première endosymbiose entre une cellule eucaryote hétérotrophe et une cyanobactérie.

L'endosymbiose secondaire désigne une endosymbiose entre une cellule eucaryote hétérotrophe et une cellule eucaryote autotrophe.

**TP :** à partir des documents proposés en exercice, dégager les arguments vis-à-vis des endosymbioses

Sur l'arbre des eucaryotes (figures 10 et 11), replacer les événements d'endosymbioses, et les pertes des chloroplastes

## 3.- Bilan : les algues, un ensemble polyphylétique

Les algues forment donc un groupe polyphylétique. On peut conserver la notion d'algue au sens écologique : les algues sont un ensemble de végétaux souvent aquatiques, qui regroupe des lignées évolutives différentes mais ayant trois points communs :

- un appareil végétatif sous forme d'un thalle (absence de racine, tige, feuille : tout l'organisme forme une surface d'échanges, il n'y a pas ou peu de spécialisation) ;

- un équipement pigmentaire avec de la chlorophylle a qui permet l'autotrophie (sauf régression parasitaire).

- des structures reproductrices sous forme de cyste : gamétocyste, sporocyste, c'est-à-dire formées par une seule cellule (par opposition aux gamétanges et sporanges des Embryophytes qui sont des organes pluricellulaires), ce dernier point étant hors programme.

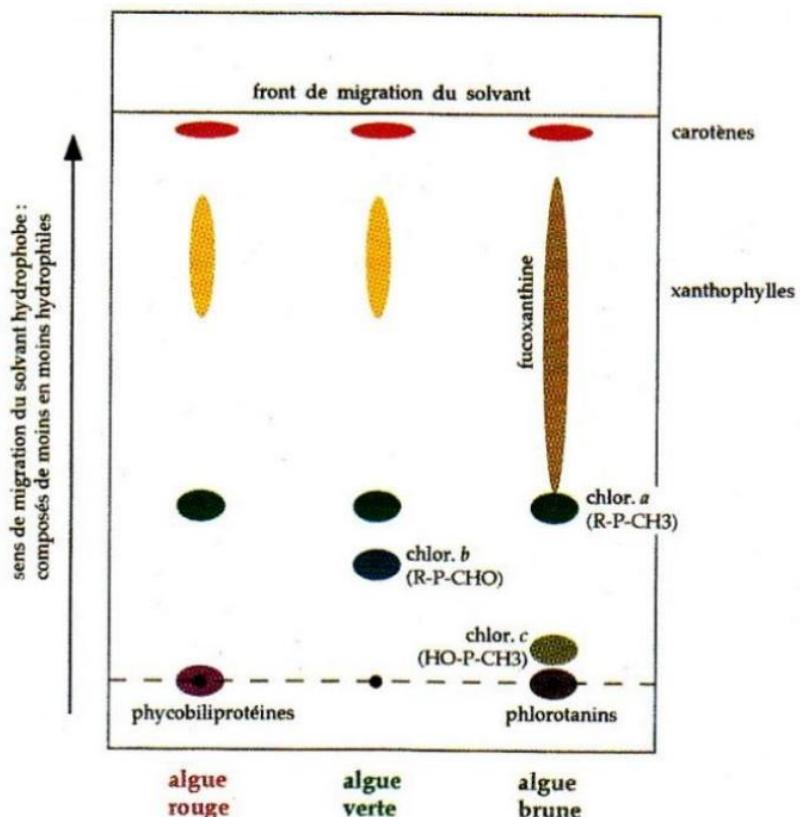


Figure 1 : Chromatographie d'extrait d'algues, source : revue de l'APBG, 4/2000.

Tableau III-2 : Principaux pigments des Algues et des Cyanobactéries.

L'extrême diversité des pigments caroténoïdes contenus dans les plastides des Chromophytes est responsable de la grande variété de couleurs observée au niveau du thalle des organismes appartenant à ce groupe (voir tableau III-1).

		CHLOROPHYLLES	CAROTÉNOÏDES	PHYCOCILINES
EUCARYOTES	Rhodophycophytes	a	$\alpha$ et $\beta$ -carotènes Lutéine	Phycocyanine Phycérythrine Allophycocyanine
	Pyrrophytophytes	a et c	$\beta$ -carotène et parfois $\alpha$ -carotène Péridinine Vauchériaxanthine	Chez les Cryptophycées seulement
	Euglénophycophytes	a et b	$\beta$ -carotène Diadinoxanthine	
	Chrysophycophytes	a et c	$\beta$ -carotène Fucoxanthine Vauchériaxanthine	
	Phaeophycophytes	a et c	$\beta$ -carotène Violaxanthine Fucoxanthine	
	Chlorophycophytes	a et b	$\beta$ -carotène Lutéine	
PROKARYOTES	Cyanobactéries	a	$\beta$ -carotène	Phycérythrine Phycocyanine Allophycocyanine
	Prochlorophytes	a et b	$\beta$ -carotène Zéathantine	

Figure 2 : quelques pigments dans des algues, dans Robert et Rolland. Biologie végétale tome 1 organisation cellulaire. Doin.

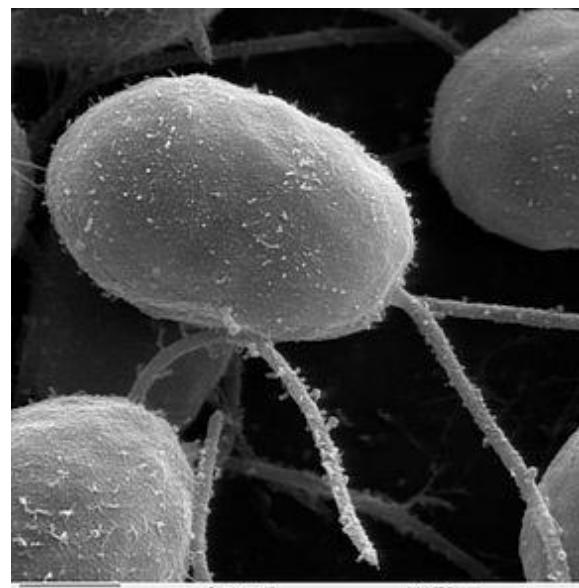
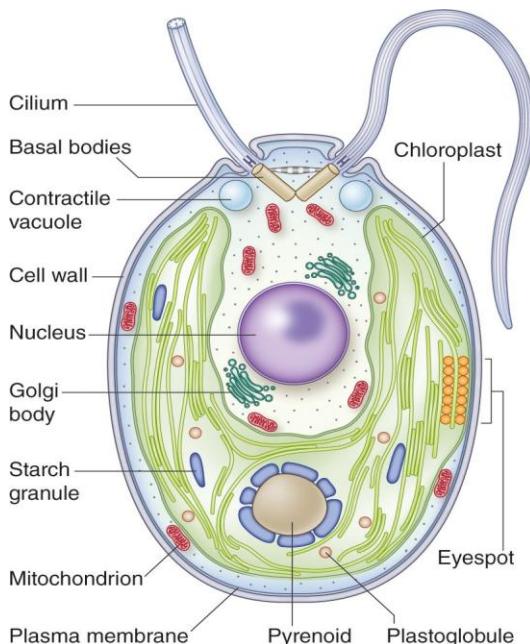
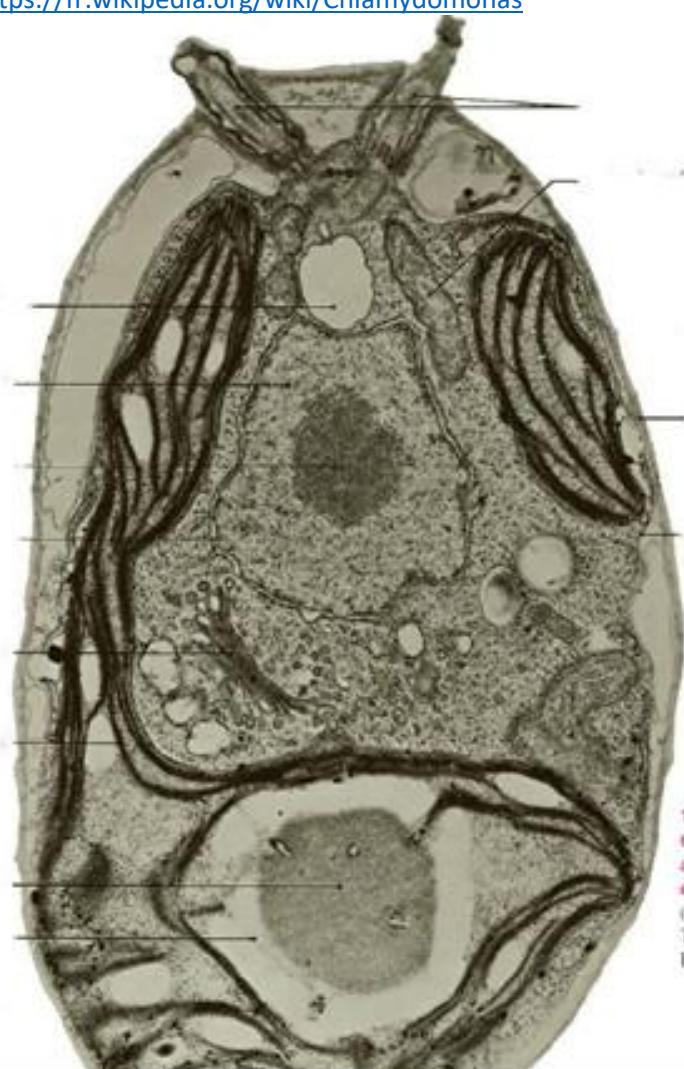


Image de gauche, source : [https://www.researchgate.net/figure/Cell-diagram-of-C-reinhardtii-figure-taken-from-Ref-10\\_fig1\\_396988947](https://www.researchgate.net/figure/Cell-diagram-of-C-reinhardtii-figure-taken-from-Ref-10_fig1_396988947)

Image de droite, source : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Chlamydomonas>



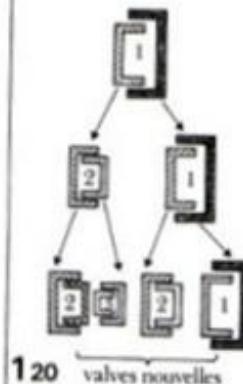
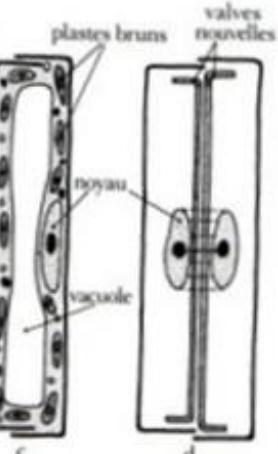
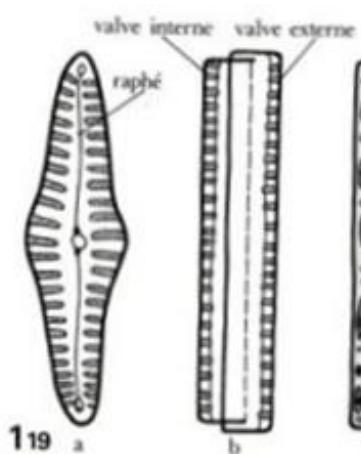
1-10. Coupe d'un Chlamydomonas vue au microscope électronique.  
( $\times 22\,500$ ) (Cliché R.E. Triemer et R.M. Brown).

Source : atlas Rolland biologie végétale tome 1. Dunod.

**Figure 3 : Clamydomonas.**

Parois siliceuses de diatomées (MEB).

Pour l'espèce présentée ici, la symétrie est bilatérale, avec une fente médiane : le raphé.  
Frustule de diatomées en MEB. Dans Atlas Rolland de biologie végétale tome 1. Dunod.



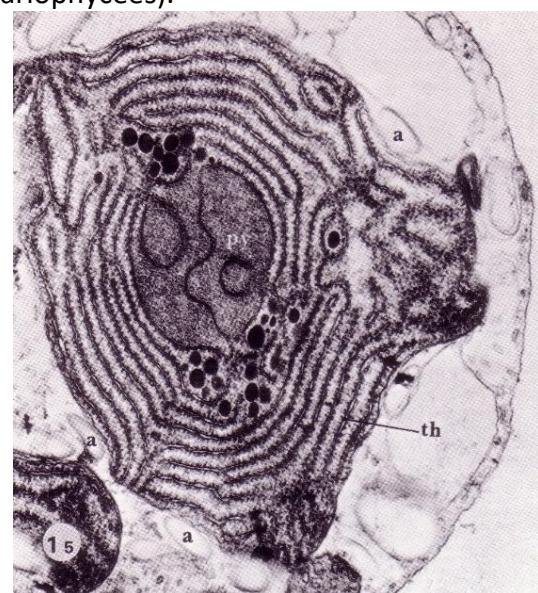
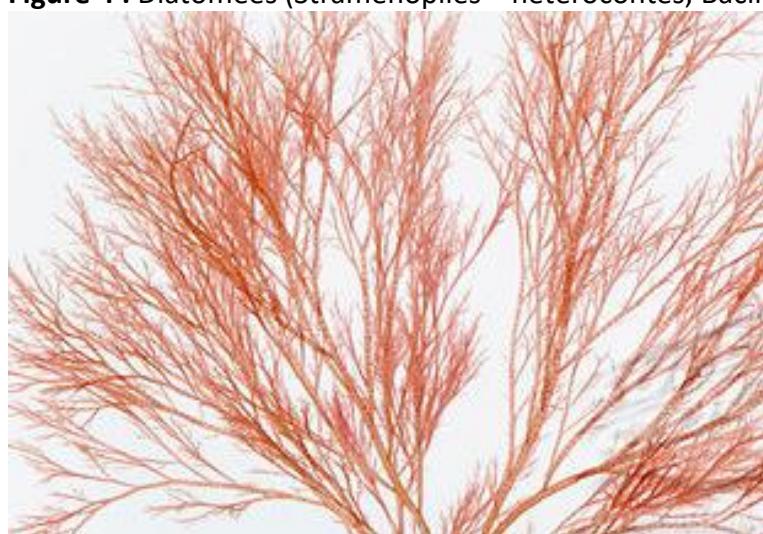
#### 1-19 Organisation d'une cellule de Diatomée.

- a. Valve du frustule.
- b. Profil montrant l'emboîtement des valves.
- c. Contenu protoplasmique.
- d. Formation des nouvelles valves lors d'une division.

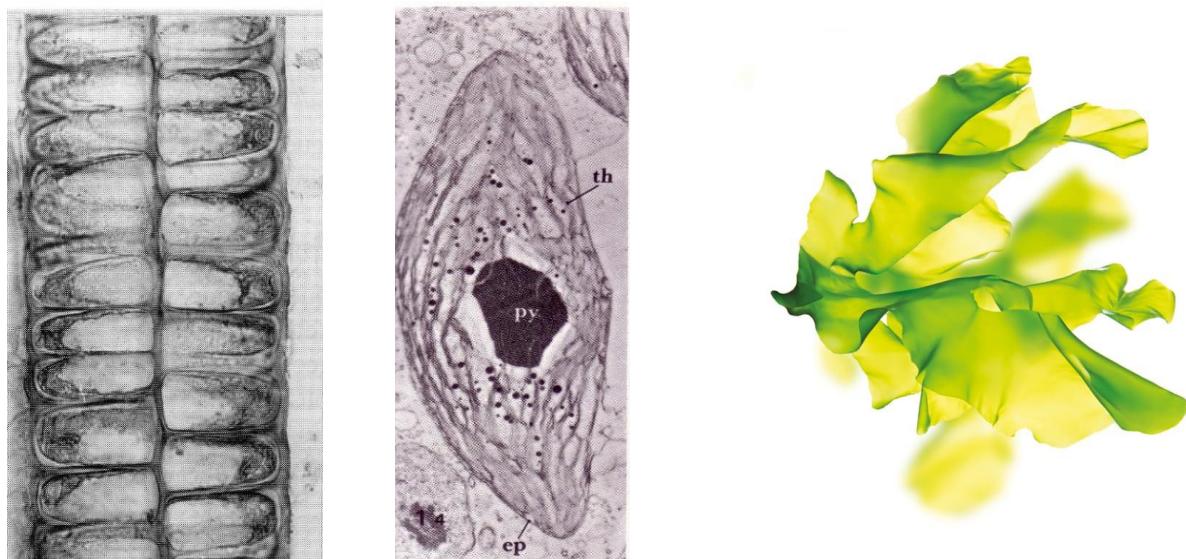
#### 1-20. Divisions successives.

Les valves régénérées étant les valves internes, les descendants ont des tailles hétérogènes et décroissantes (les chiffres indiquent des individus de dimensions identiques).

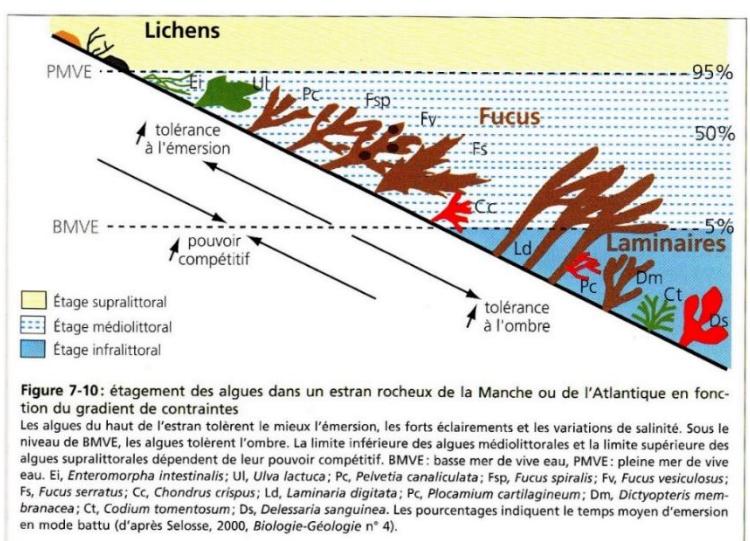
Division des diatomées d'après Atlas de biologie végétale Rolland.

**Figure 4 : Diatomées (Straménopiles = hétérocontes, Bacillariophycées).****Figure 5 : Polysiphonia, un exemple d'algue rouge, (source : [www.marbef.org](http://www.marbef.org)).**

Plaste d'algue rouge, source : atlas Rolland

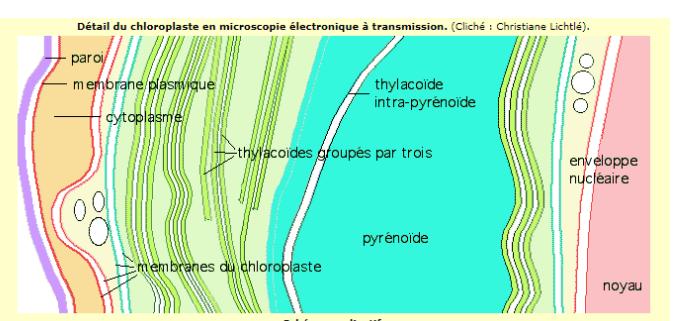
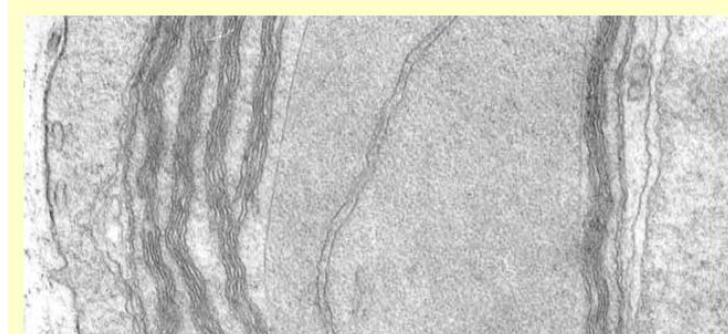


**Figure 6 :** *Ulva lactuca*, sources de gauche à droite : Images de la reproduction des végétaux, M. Reille. Université d'Aix-Marseille 3, Atlas Rolland tome 1, <https://algotherm.lv/fr/algue/ulva-lactuca/>



**Figure 7 :** *Fucus vesiculosus* et position de quelques algues le long du littoral.

Sources :Fucus, Atlas Rolland et zonation : Meyer et al, botanique.



**Figure 8 :** Plaste de *Giraudyopsis* (lignée des cryptophytes), un exemple de plaste à 4 membranes, source : SNV Jussieu.

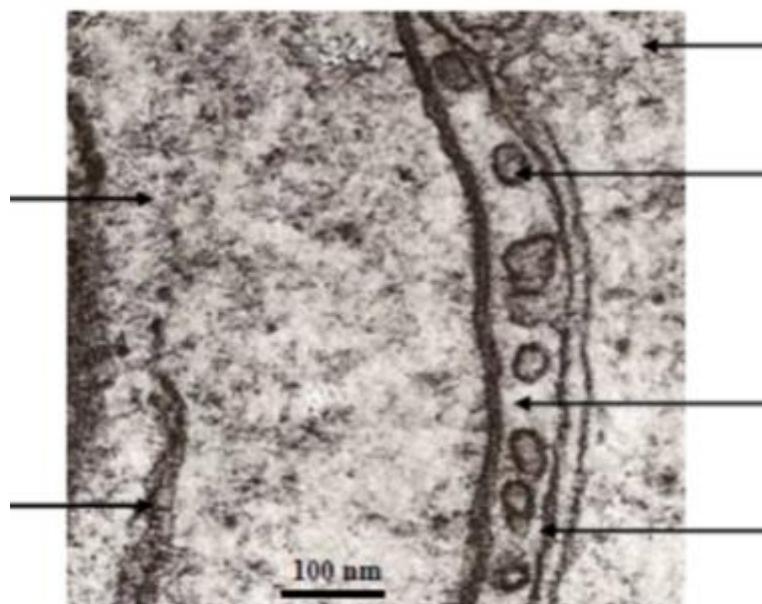


Figure 9 : détail d'un chloroplaste à 4 membranes de *Cryptomonas*.

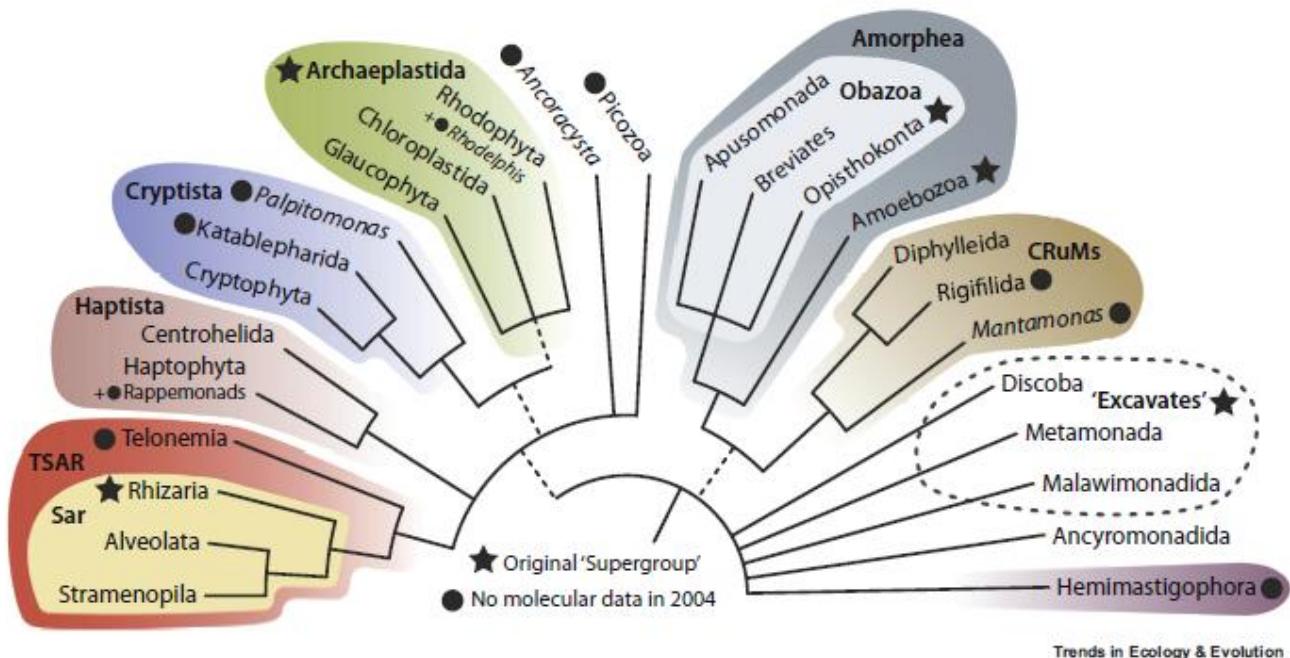
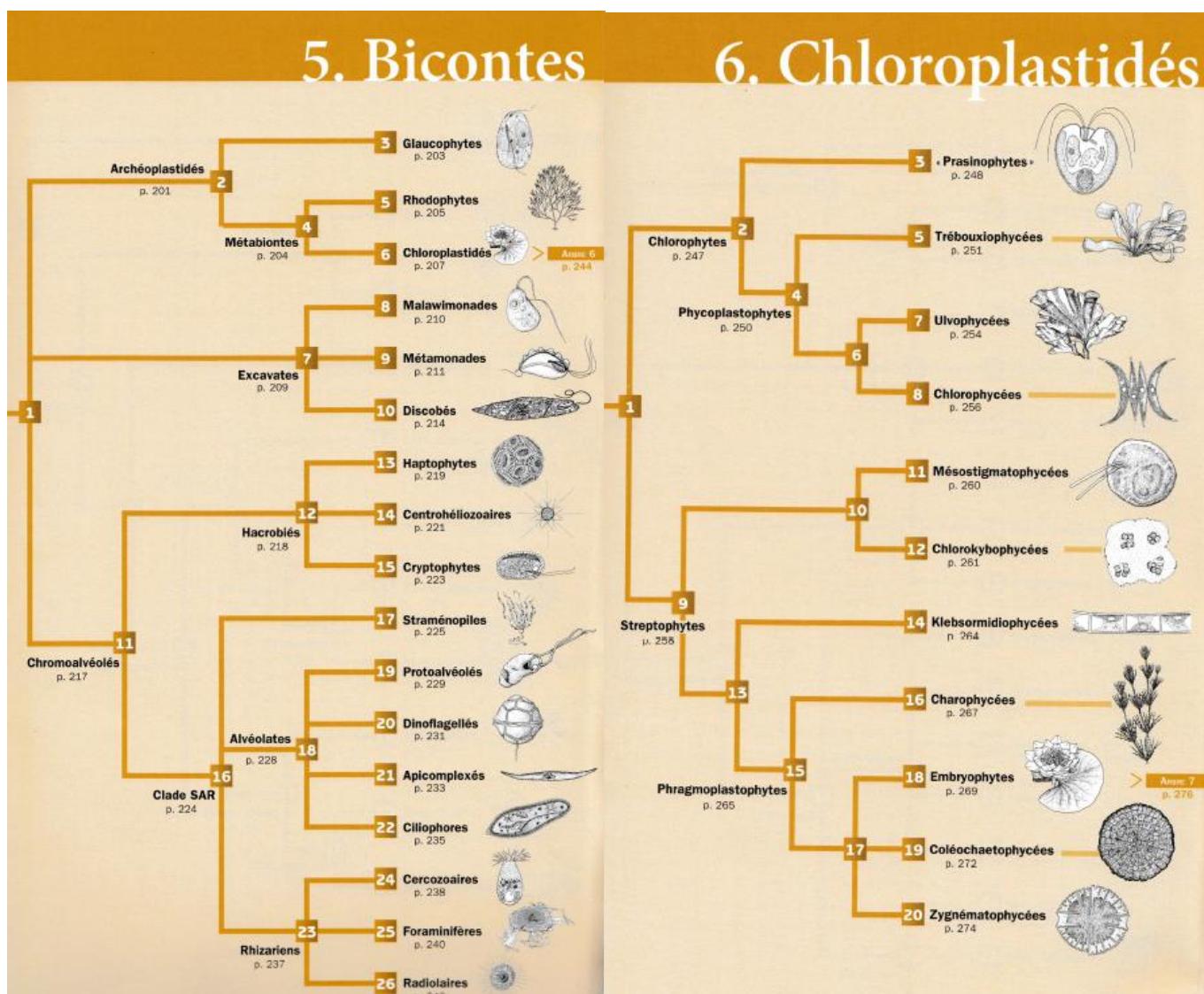


Figure 1. The New Tree of Eukaryotes.

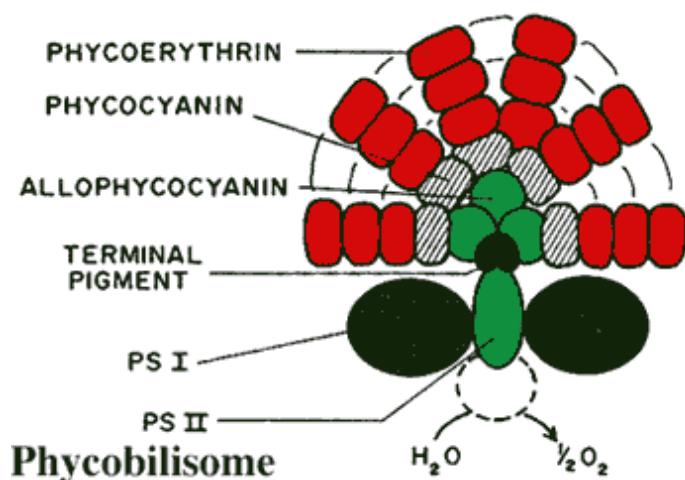
Figure 10 : Arbre des eucaryotes, version 2020. Source : F. Burki et al. The new tree of Eukaryotes. Trend in ecology et evolution. Janvier 2020.

Dans cette version, la notion de bicontes et d'uniconte disparaît

La mémorisation des arbres phylogénétiques n'est pas au programme, seule l'exploitation des arbres peut être demandée.



**Figure 11 :** Classification des bicontes d'après « Classification phylogénétique du vivant ». Lecointre, Le Guyader. Belin, édition 2016.



**Compléments :** structure d'un phycobilisome : certains groupes d'organismes photosynthétiques marins tels que les algues rouges (Rhodophyta) et la plupart des cyanobactéries (Cyanophyta) ne possèdent pas d'antennes photosynthétiques intrinsèques aux membranes photosynthétiques contrairement par exemple aux plantes terrestres : il est extrinsèque à la membrane thylakoïdale et constitué de phycobiliprotéines. Il est présent chez les Cyanobactéries et des Rhodophytes ainsi que les Glaucophytes.