
Eléments de botanique

Cours 4

Algues

11/02/2015

Bac1 sciences pharmaceutiques et sciences biologiques

Denis Michez

Denis.michez@umons.ac.be

Cours 1-2

Introduction générale

- Caractéristiques de la vie
- Caractéristiques des végétaux
- Métabolisme végétal
- Les premiers végétaux
 - Cyanobactéries
 - Eucaryotes: reproduction et cellule

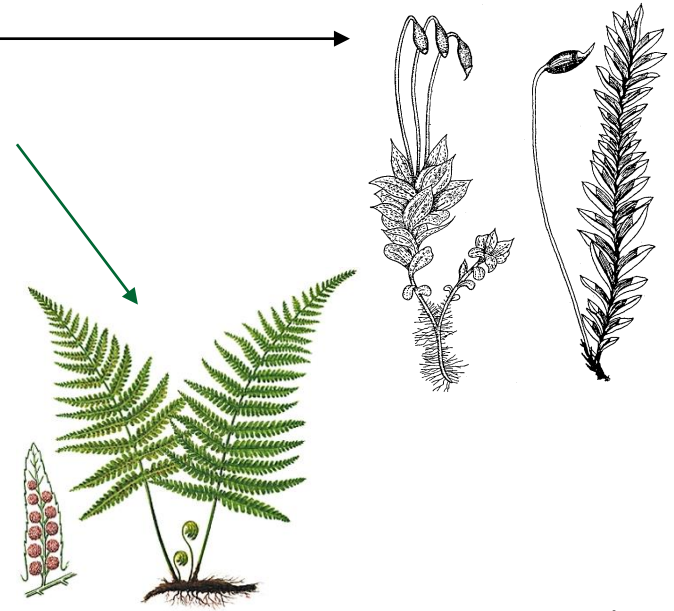
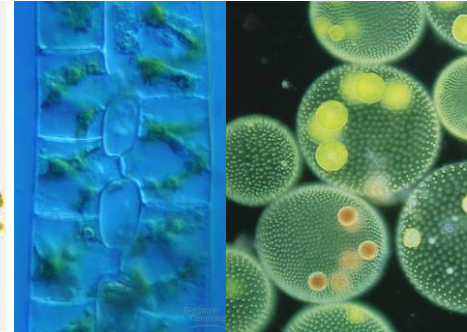
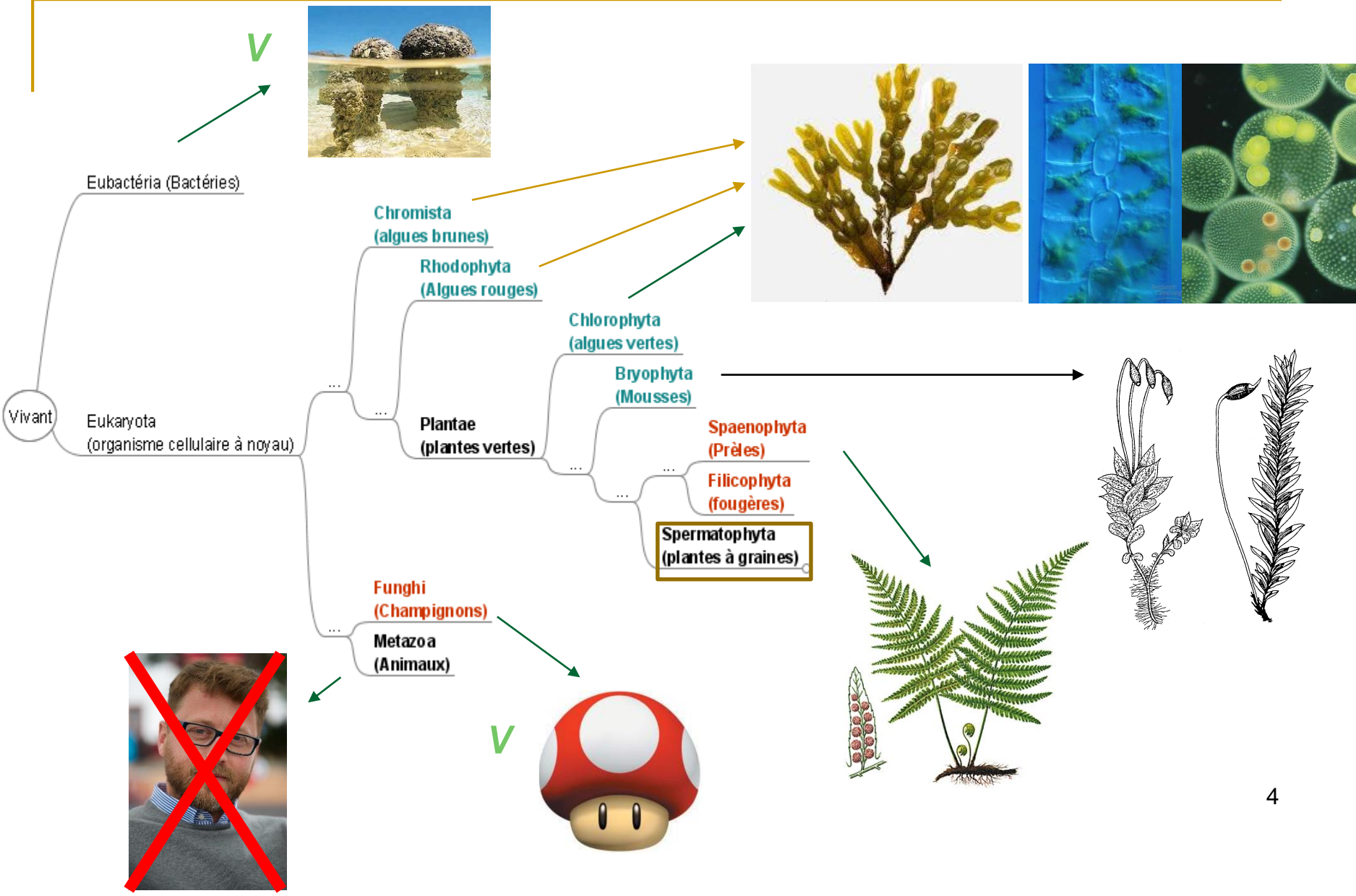


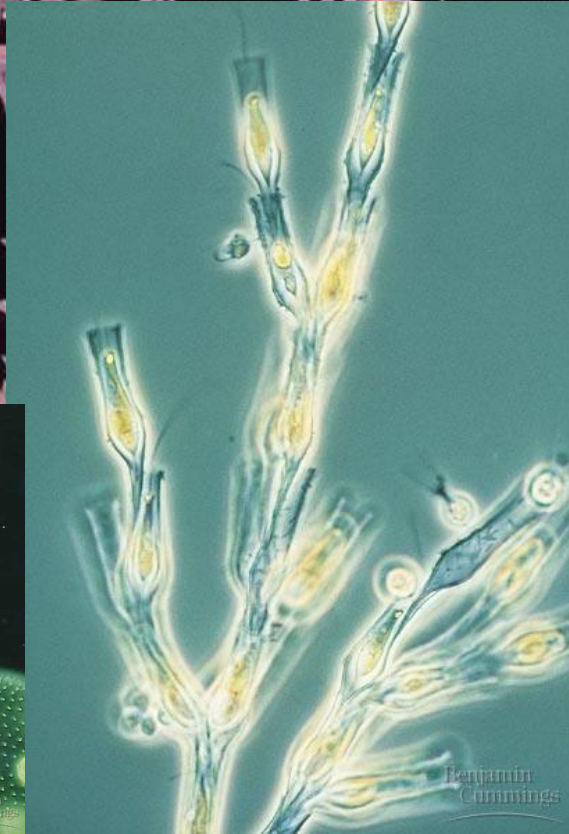
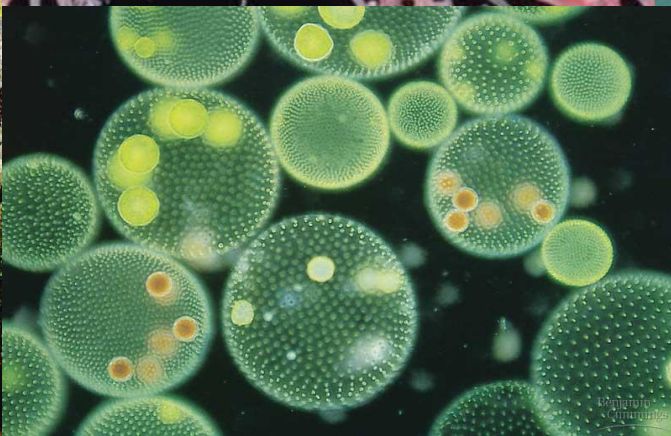
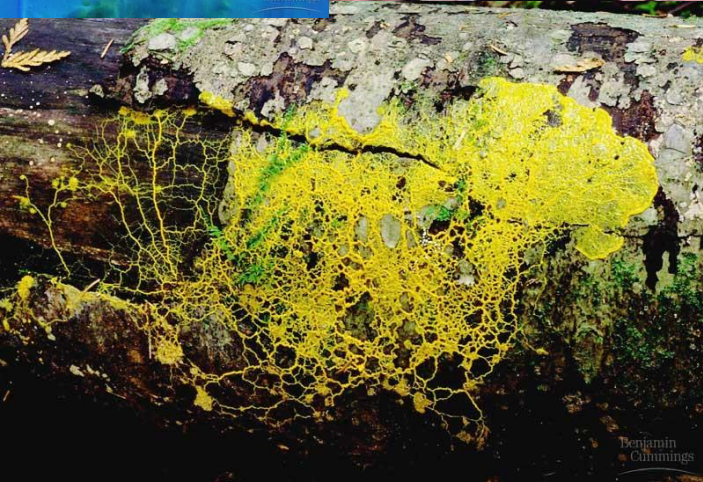
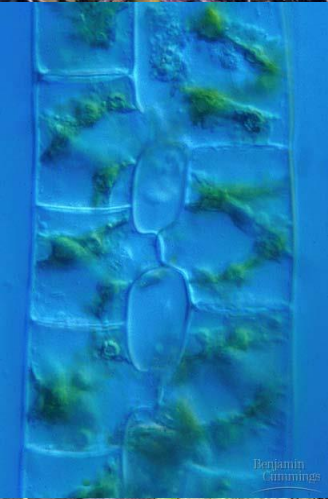
Cours 3-4

Evolution et caractéristiques des végétaux eucaryotes

- *Champignons*
- Algues







Benjamin Cummings

Benjamin Cummings

Benjamin Cummings

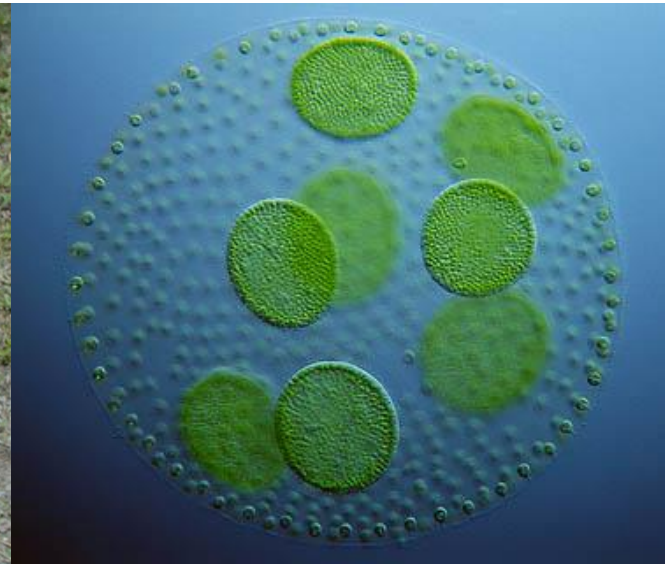
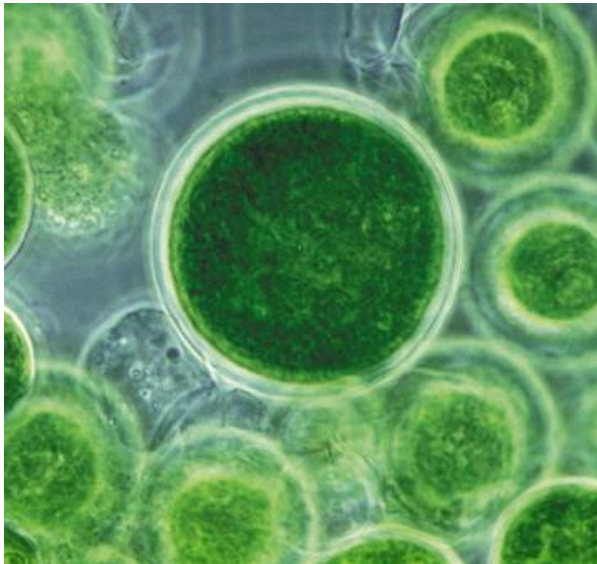
Chapitre 7 – Les algues

- 1. Généralités**
- 2. PYRRHOPHYTA**
- 3. EUGLENOPHYTA**
- 4. CHRYSOPHYTA**
- 5. CHLOROPHYTA**
- 6. RHODOPHYTA**
- 7. PHAEOPHYTA**

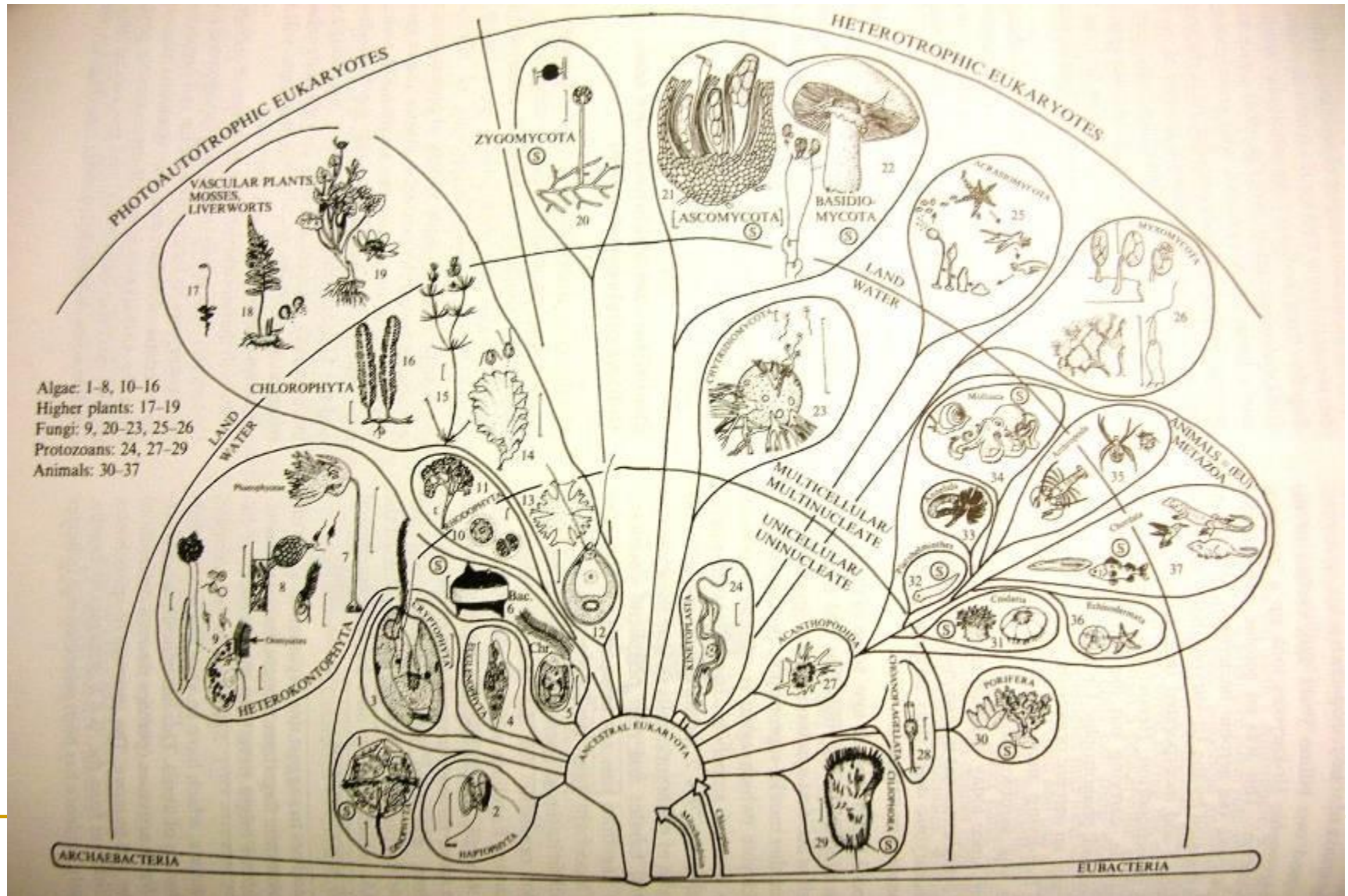
Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités

- Embranchements des Protocistes comprenant une majorité d'espèce autotrophe, groupe paraphylétique



Fan-Shaped Phylogenetic Tree

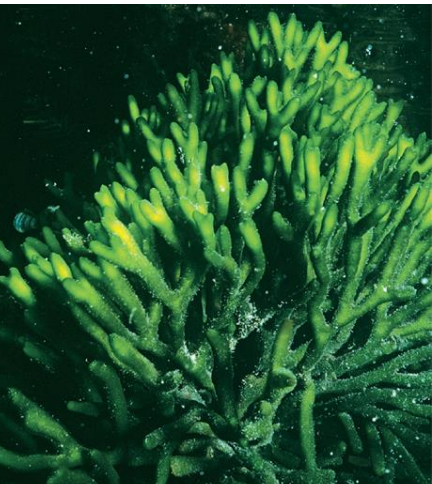


Algae: 1-8, 10-16
Higher plants: 17-19
Fungi: 9, 20-23, 25-26
Protozoans: 24, 27-29
Animals: 30-37

Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités

- *Embranchements des Protocistes comprenant une majorité d'espèce autotrophe, groupe paraphylétique*
- Structure végétative = Thalle
- Grande variation en taille des algues
- Niveau de différenciation cellulaire faible, sans organe spécialisé (pas de racine vraie)

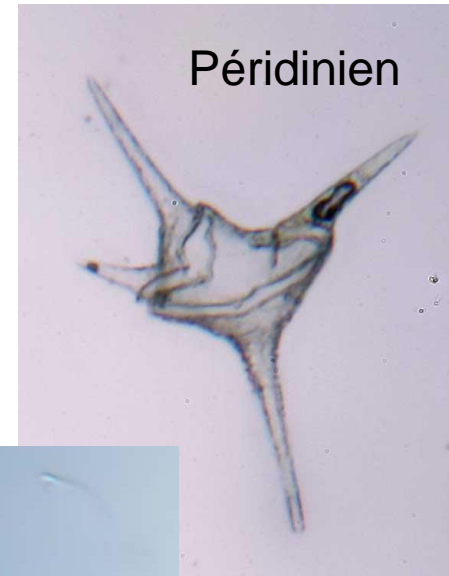


Chapitre 7 – Les algues

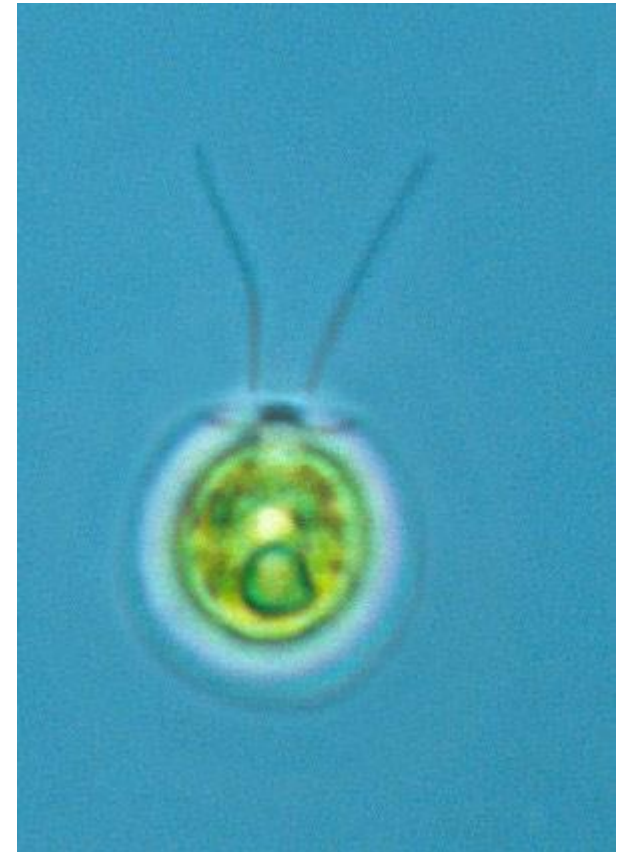
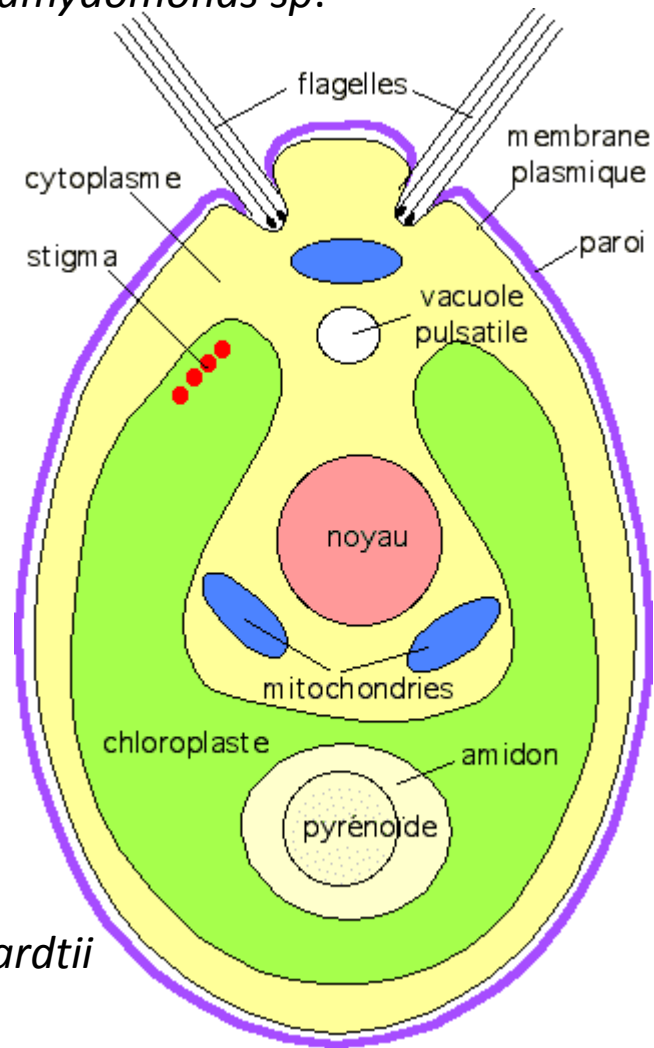
1. Généralités – Diversité de l'appareil végétatif

1.1. Thalle unicellulaire

- ✓ Algue unicellulaire flagellée



Exemple : *Chlamydomonas* sp.



Taille 10U

Chlamydomonas reinhardtii

Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités – Diversité de l'appareil végétatif

- Thalle unicellulaire
 - ✓ Algue unicellulaire non flagellée



Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités – Diversité de l'appareil végétatif

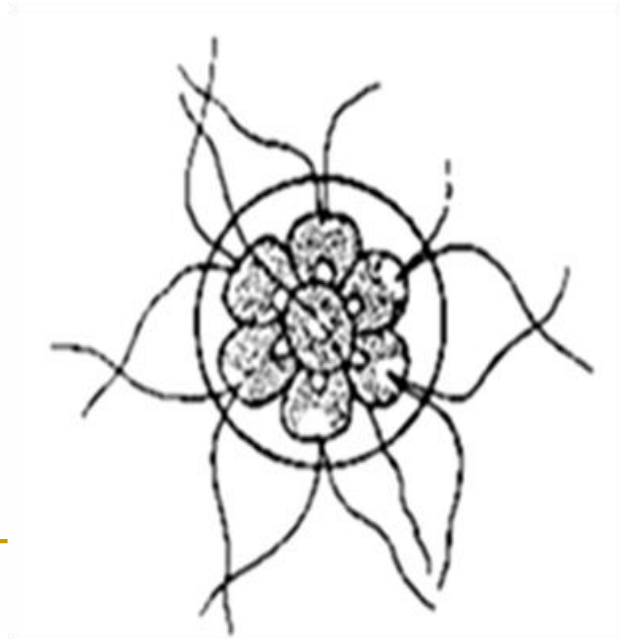
- Thalle unicellulaire
 - ✓ Forme plésiomorphe
 - ✓ reproduction par bipartition ou endosporulation
 - ✓ premier fossile de -1 milliards d'années

Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités – Diversité de l'appareil végétatif

1.2. Passage à la multicellularité : état cénobial

Colonie cellulaire avec un nombre déterminé de cellules assemblées par un gel polysaccharidique



Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités – Diversité de l'appareil végétatif

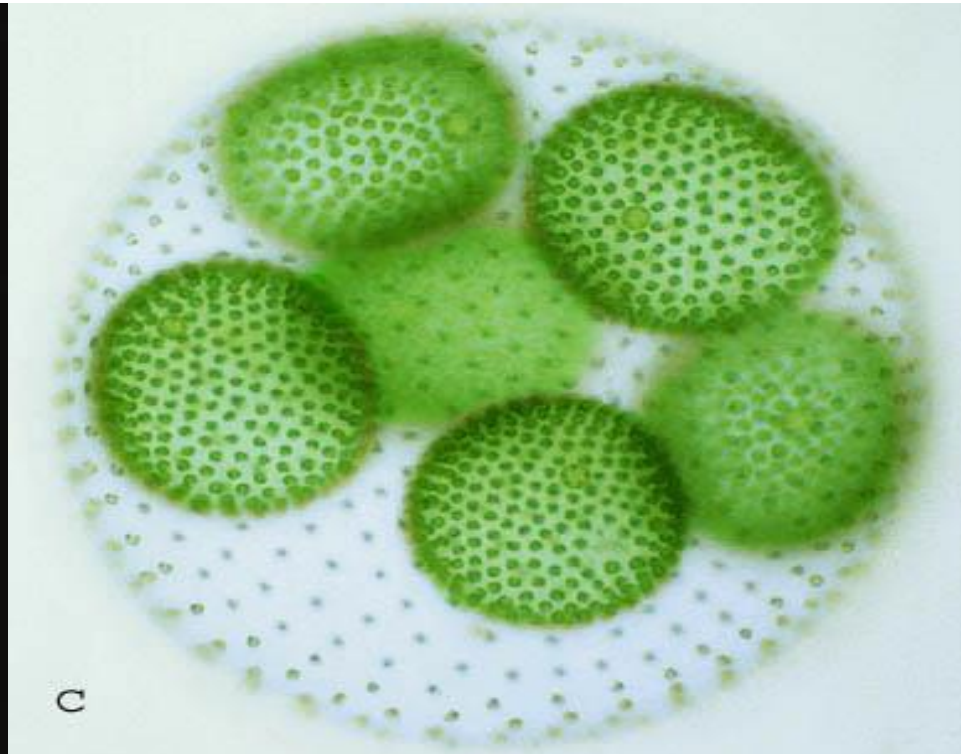
- Passage à la multicellularité : état cénobial

Reproduction par bipartition ou endosporulation

Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités – Diversité de l'appareil végétatif

- Passage à la multicellularité : cas plus complexe du *Volvox*, cellules reliées par des ponts cytoplasmiques, début différenciation cellulaire pour la production des gamètes



Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités – Diversité de l'appareil végétatif

- Passage à la multicellularité : premier fossile fin précambrien et diversification rapide !

Avantages sélectifs ???

Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités – Diversité de l'appareil végétatif

- Passage à la multicellularité : Taille plus grande



- Vitesse de sédimentation réduite
- Diminution de la prédation
- Diminution du rapport surface volume qui facilite l'homéostasie

Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités – Diversité de l'appareil végétatif

- Passage à la multicellularité : Division du travail



- Permet aux cellules reproductives de se spécialiser et aux autres d'assurer les fonctions végétatives

Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités – Diversité de l'appareil végétatif

- Passage à la multicellularité : Survie du parent



- Une cellule germinale donne deux individus
- Doublement de l'accroissement de la population

Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités – Diversité de l'appareil végétatif

1.3. Thalle foliacé : cellules forment une nappe unistrate ou pluristrate

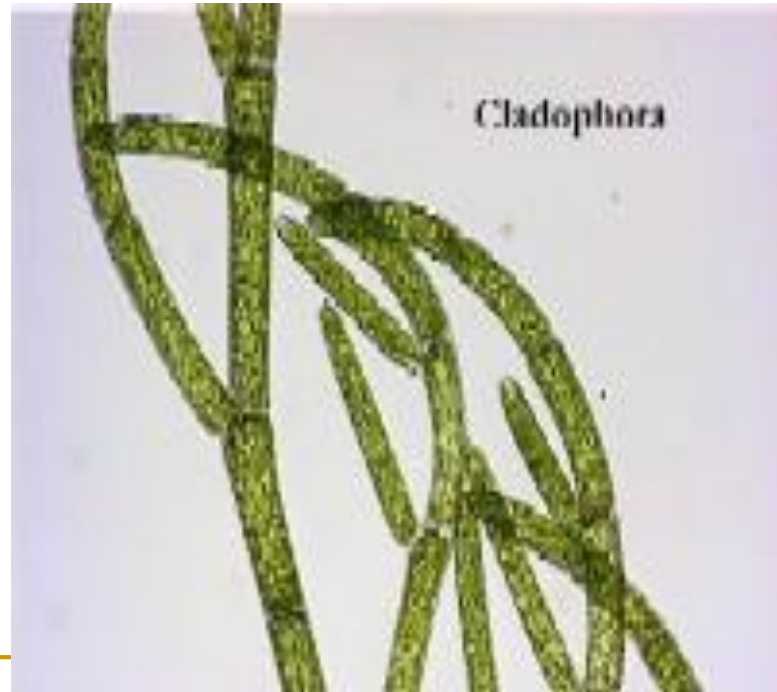
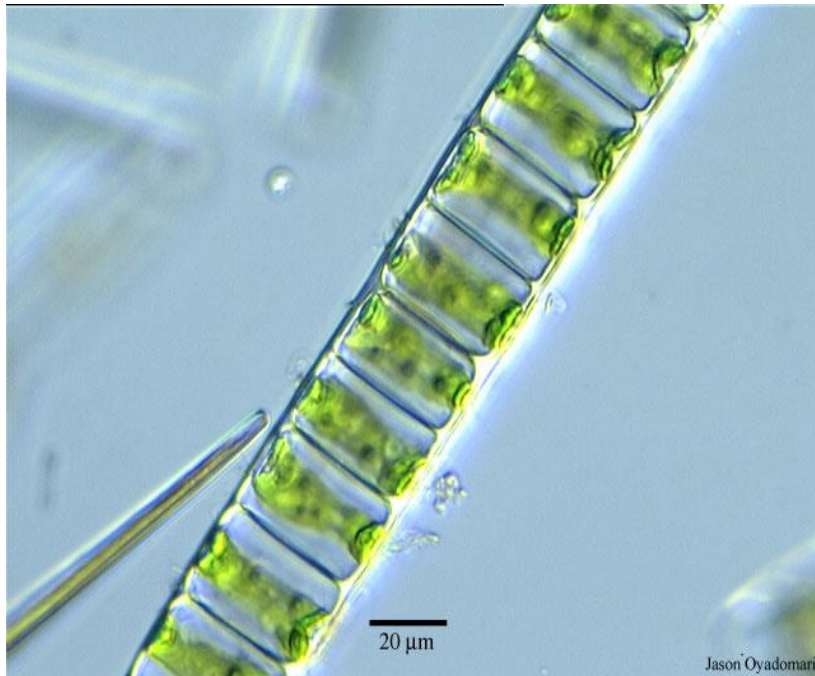


- Pas de différenciation cellulaire forte hormis les sporocystes et les gamétocystes

Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités – Diversité de l'appareil végétatif

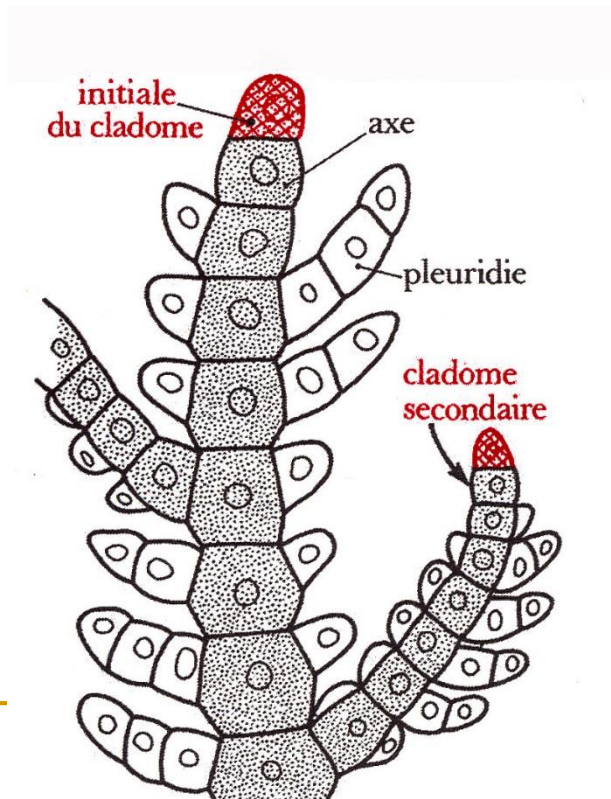
1.4. Thalle filamenteux et cladomes : cellules assemblées en filament simple ou ramifié



Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités – Diversité de l'appareil végétatif

1.4. Thalle filamenteux et cladomes : cellules assemblées en filament simple ou ramifié



- Ramification plus complexe des cladomes

Thalle à cladome



Chara

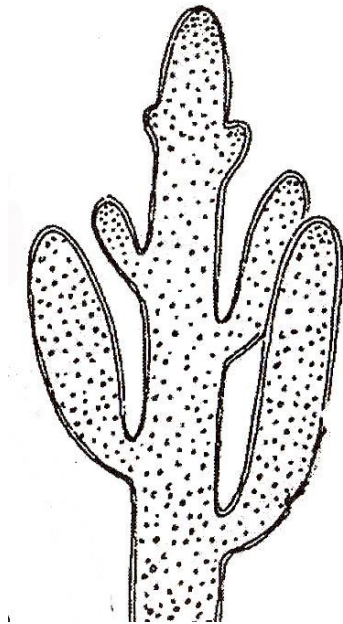


Chara

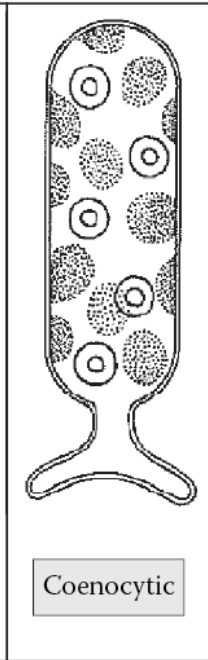
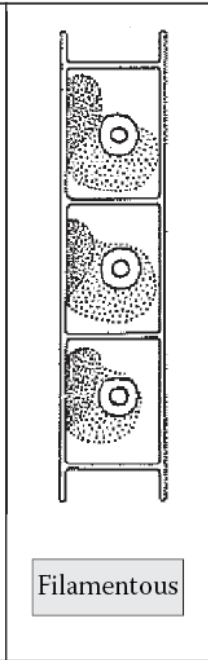
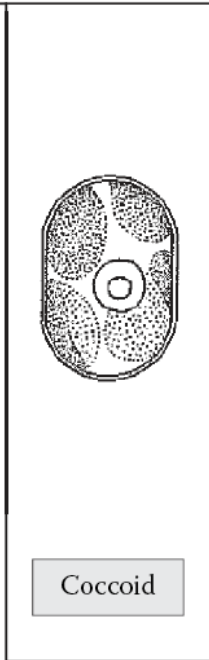
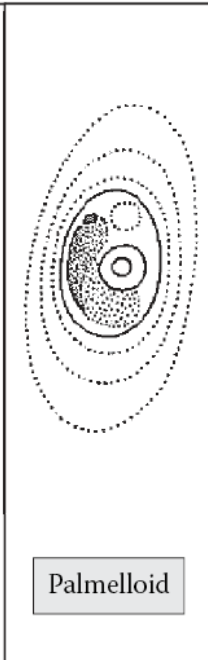
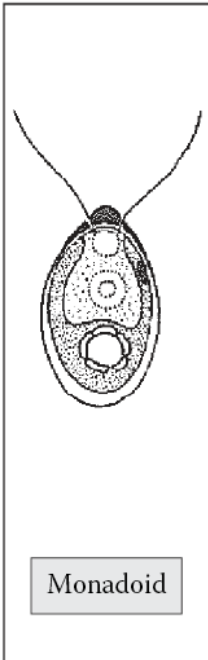
Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités – Diversité de l'appareil végétatif

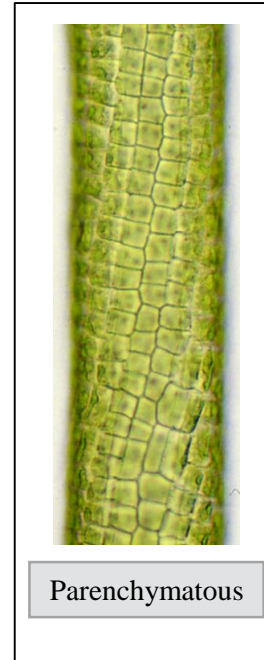
1.5. Thalle siphonal : cellules tubuliformes de grande taille, organisation cénocytique



- Cellules polynuclées



Pröschold & Leliaert. 2007.



Photos by Huang Su-fang.

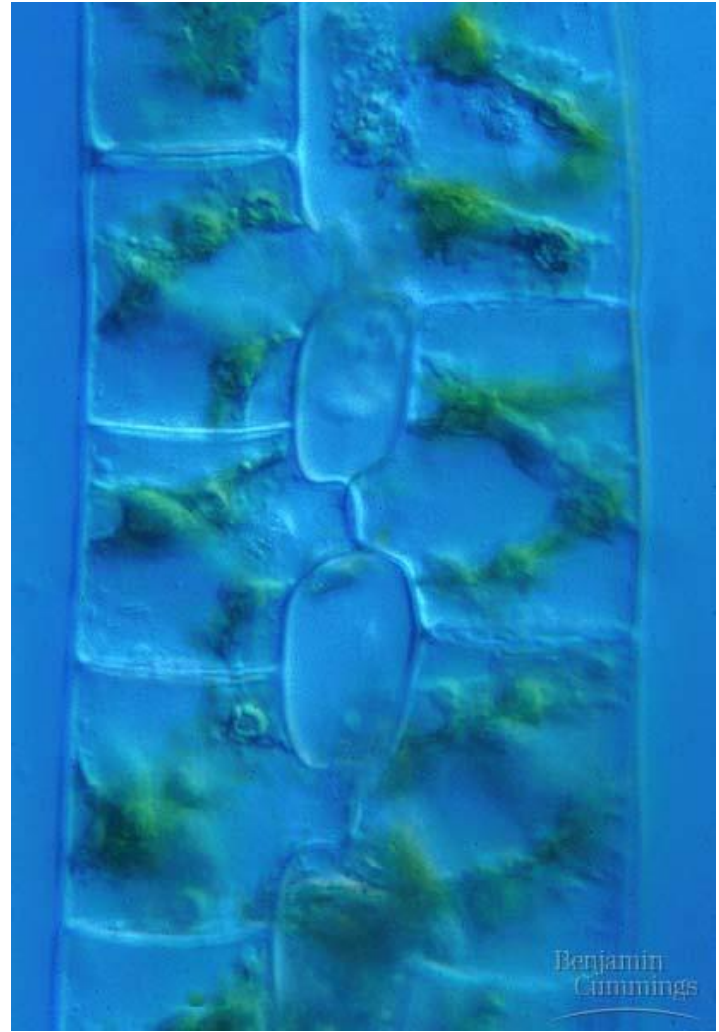
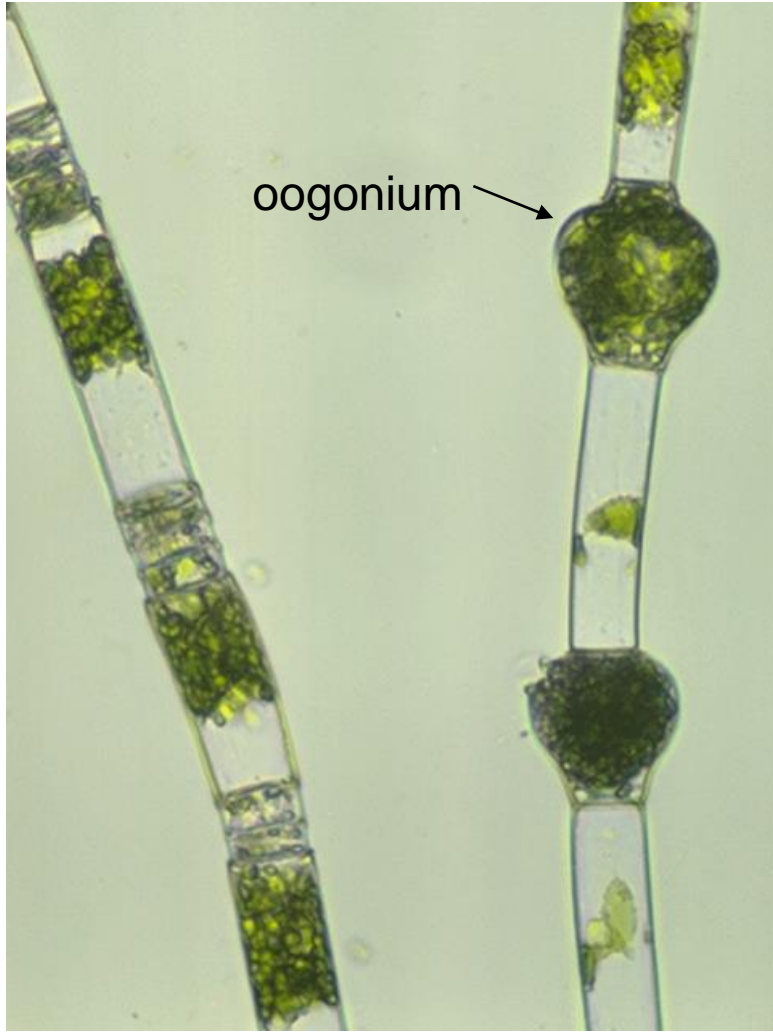
Evolution de la complexité structurale

Chapitre 7 – Les algues

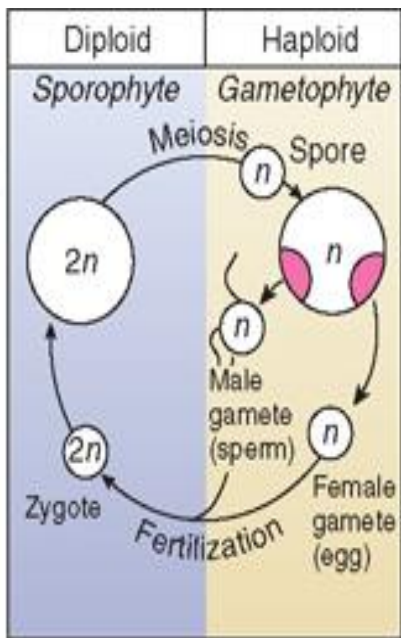
1. Généralités

- Majoritairement aquatique, avec une phase flagelle
- Diversité de pigments : chlorophylle a, b et pigments accessoires rouge, bleu et brun
- Reproduction sexuée et asexuée (mitose)
- Oogonium et anthridium chez les pluricellulaires



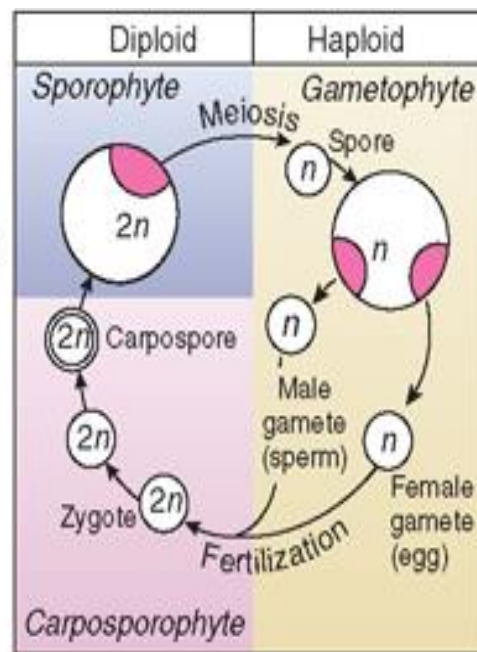


Examples:
sea lettuce
(sporophyte same
size as
gametophyte),
kelps (sporophyte
much larger than
gametophyte)



Separate male
and female
thalli in some

ALTERNATION
OF
GENERATIONS

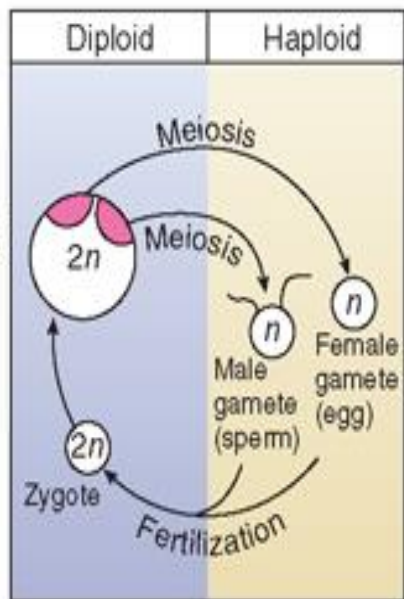


Separate male
and female
thalli in some

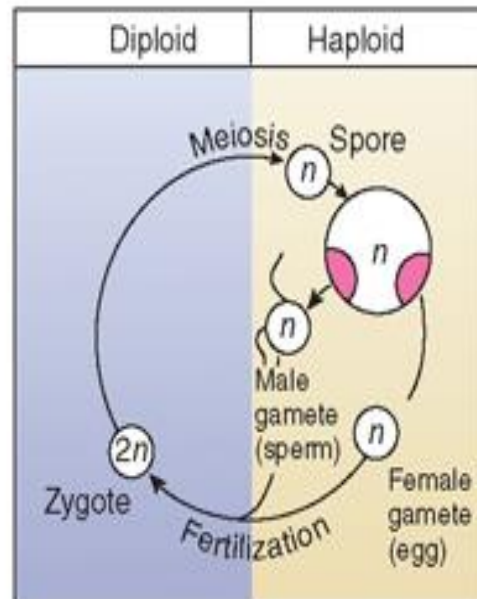


Example:
many red
algae

Example:
rockweeds



NO ALTERNATION
OF
GENERATIONS



Example:
some green
algae

(a)

(b)

(c)

(d)

Chapitre 7 – Les algues

Ecologie

- Ecosystèmes marins: phytoplancton
- Ecosystèmes eaux douces: phytoplancton
- Ecosystème terrestre: lichen



Marine Biomes



Freshwater habitats



Terrestrial habitats



Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités – importance écologique et écon.

- Production oxygène
- Base de la chaîne alimentaire aquatique







Hippocampe



Oursin melon



Poulpe



Lièvre de mer



Dragonnet

Oursins consomment les algues



Les loutres consomment les oursins



Chapitre 7 – Les algues

Importance écologique et économique

- Pollution
- Aquaculture
- Alimentation



Chapitre 7 – Les algues

■ Actuellement

- Alimentation
- Hydrocolloids et autres substances chimiques
- Fertilisant

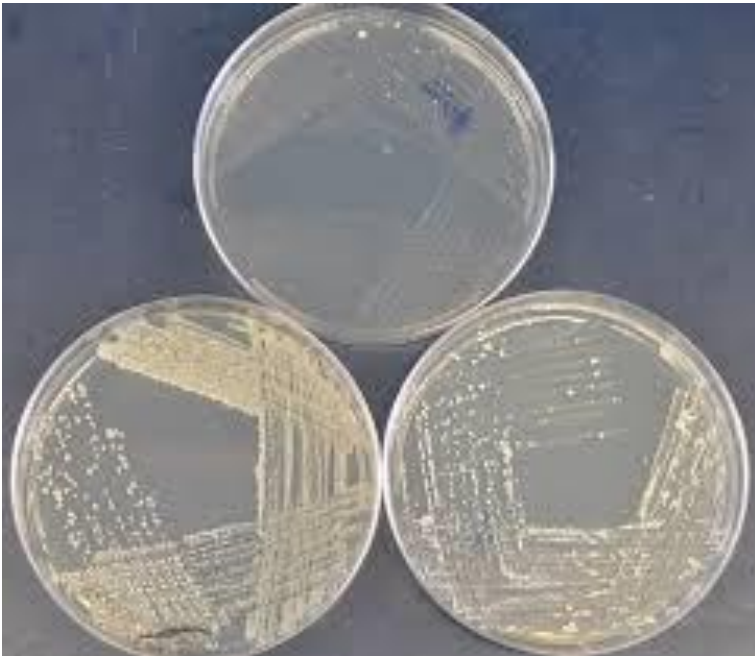
■ Potentielle

- Energie/composte par digestion
- Traitement des eaux



Chapitre 7 – Les algues

- Phycocolloïdes : gel pour augmenter la viscosité des liquides
- Agar : gel pour analyse microbiologie et cuisine



Culture d'algue rouge

www.algaebase.org



Eucheuma cultivation – Zanzibar, E. Africa

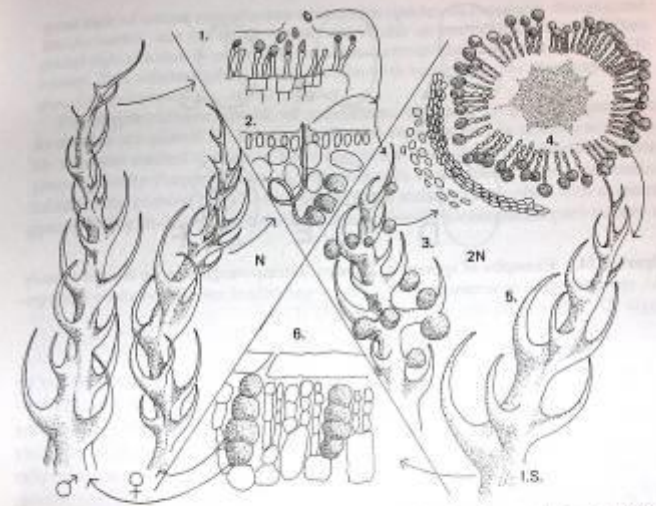


Figure 6-23. The life history of the tropical red alga *Eucheuma isiforme*. The fleshy carrageenophyte (see Fig. 6-31) has a triphasic life history. Male gametophytes produce nonmotile spermata (1) whose nucleus fuses with the carpegonium (2) to produce diploid carposporophytes (4) that in turn form cystocarps (3) on the female gametophyte. The carposporophytes release carpospores that grow into the diploid tetrasporophytes (5) that are isomorphic with the gametophytes. The tetrasporophytes produce haploid tetraspores (6) that grow into male and female gametophytes.

Seamoss drinks (made from either *Eucheuma isiforme* or *Hydropuntia cornea*) are bottled commercially in the Lesser Antilles.



Free-lying thalli of *Eucheuma isiforme* among the seagrass *Thalassia testudinum* on Glover's Reef, Belize. This alga is harvested for the preparation of "seamoss porridge" and seamoss drinks (see p. 121).



Rhodophyta: mariculture of *Eucheuma* in Indonesia: ropes with young attached specimens.



Rhodophyta: mariculture of *Eucheuma* in Indonesia: underwater image (seagrasses on the seabottom).



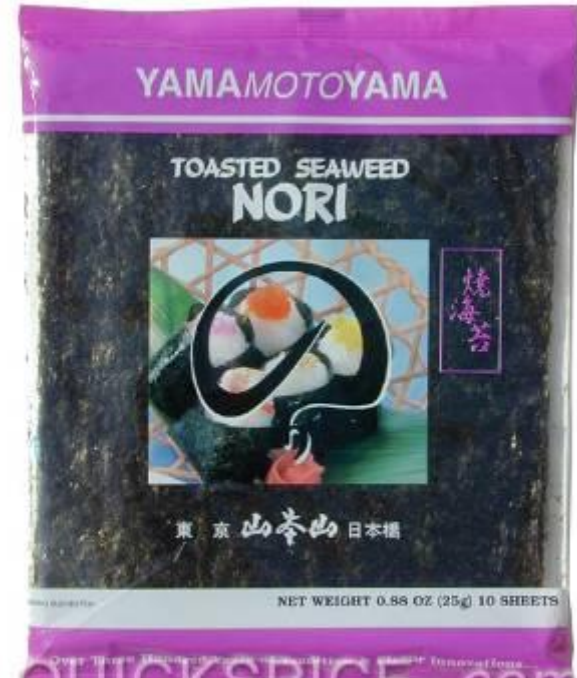
Rhodophyta: mariculture of *Eucheuma* in Indonesia: fully grown specimens ready for collecting.

Chapitre 7 – Les algues

- Algin: stabilisateur de crème glacée



■ Consommation directe



Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités – diversité très grande



brown alga

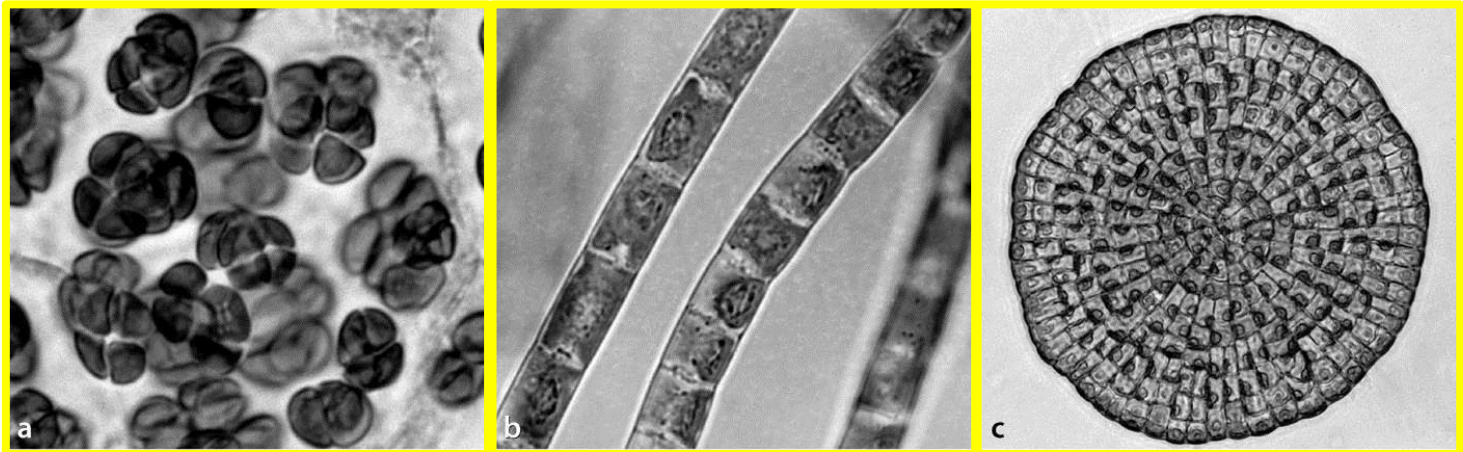
red alga

green alga

Problems with Morphological Concept !

- Pressions de sélection font converger les morphologies
 - Biologically/genetically distinct species appear similar

Charophyceae



Chlorophyceae
Ulvophyceae

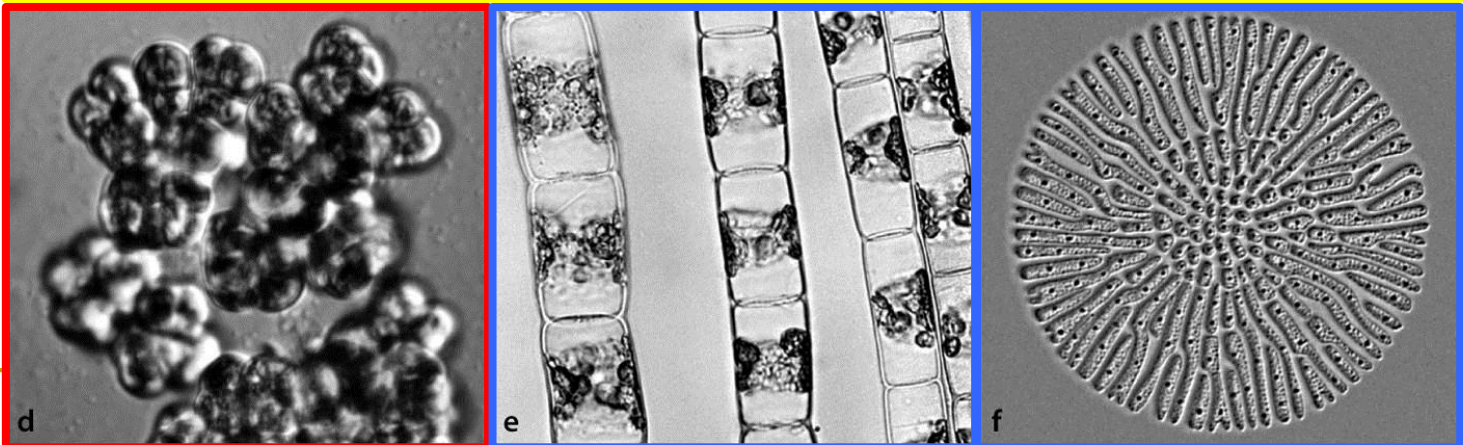


Fig. 16.18 Graham et al. 2008.

Morphological Convergence w/in Class



Class: Ulvophyceae

Order: Ulvales

Genus: *Ulvaria*



Ulvophyceae

Ulotrichales

Monostroma

Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités – critères de classification, pigment



- Dominance de phycoérythrine (= phycobilines): algues rouges (Rhodophyta)
- Dominance de xanthophylles: algues brunes et dorées (Cryptophyta, Chrysophyta, Phaeophyta, Pyrrhophyta)
- Dominance des chlorophylles: algues vertes (Euglenophyta et Chlorophyta *sensu lato*)

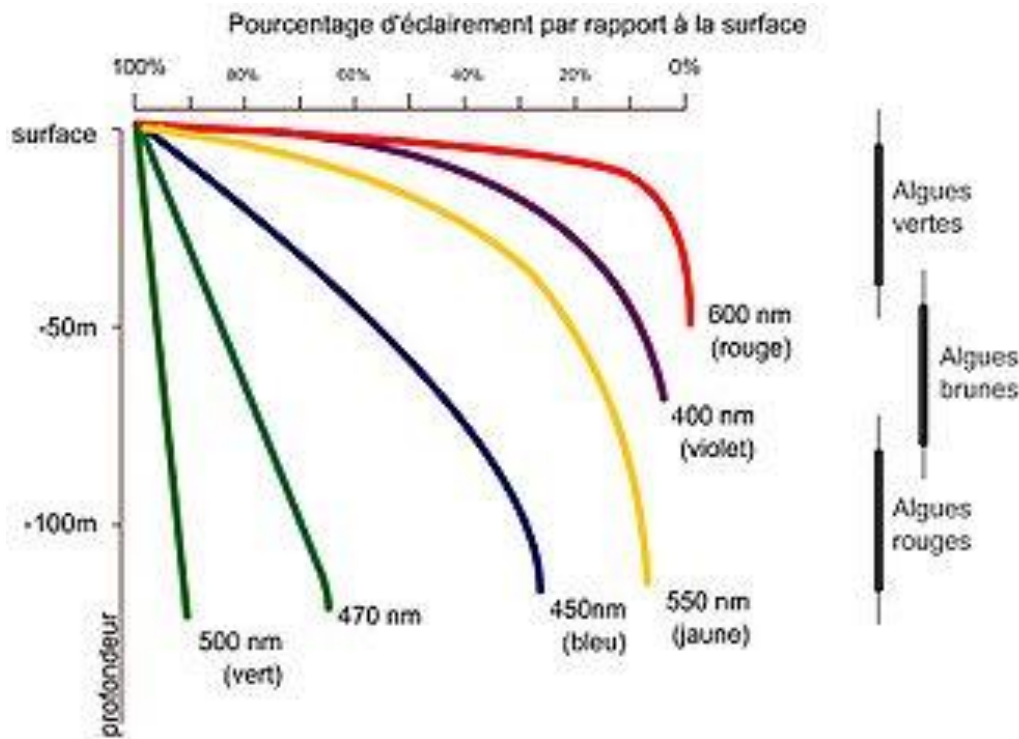
Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités – critères de classification, pigment



Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités – critères de classification, pigment



Spectre d'absorption

Chlorophyles: 440, 670nm

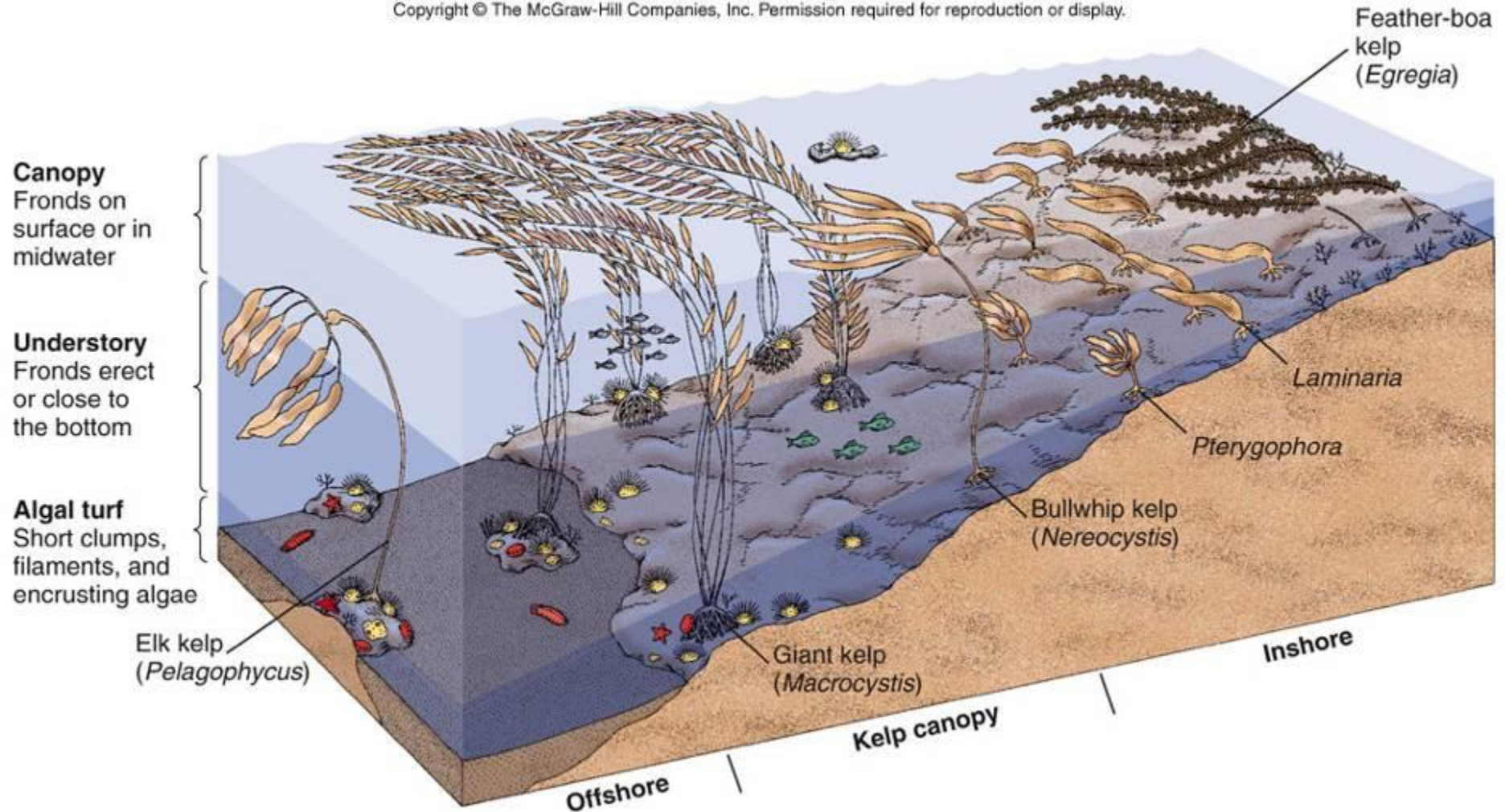
Fucoxanthine: 440-460nm

Phycobilines – phycoerythrin : 540nm

Phycocyanine : 620nm

Aussi zonation à l'intérieur d'un groupe

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités – critères de classification

- Les matières de réserve
 - ✓ Réserve figurée (visible au microscope)
 - . l'amidon, caractéristique des Chlorophyta, où il est stocké dans les plastes;
 - . le rhodamylon ou amidon floridéen, caractéristique des Rhodophyta (extraplastidial);
 - . le paramylon caractéristique des Euglenophyta, le cryptamylon (Cryptophyta), etc.
 - ✓ Réserve non figurée (en solution dans la vacuole)
 - . la laminarine, polymère de glucose des Phaeophyta
 - . le mannitol, polyalcool dérivé du mannose, présent chez de nombreuses algues, en particulier les Phaeophyta.
-

Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités – critères de classification

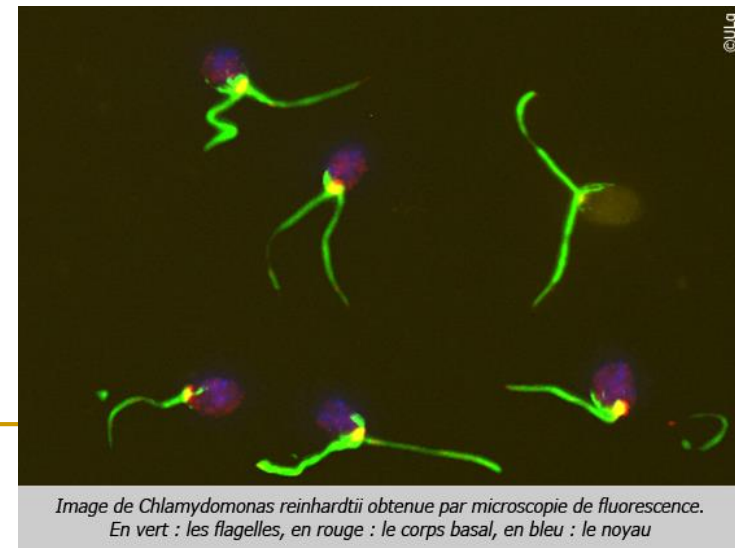
- Cytologie, la paroi
 - ✓ Cellulose : algues vertes
 - ✓ Phycocolloïdes : algues brunes et rouges
 - ✓ Minéralisée avec de la silice chez les Chrysophyta
 - ✓ Minéralisée avec du carbonate de calcium chez les Rhodophyta et les Chlorophyta.
-

Chapitre 7 – Les algues

1. Généralités – critères de classification

- Cytologie, position et morphologie des flagelles
 - ✓ Insérés latéralement
 - ✓ Insérés au sommet

- ✓ Semblables entre eux (cellule isokontée)
- ✓ Différents (cellule hétérokontée)



Chapitre 7 – Les algues

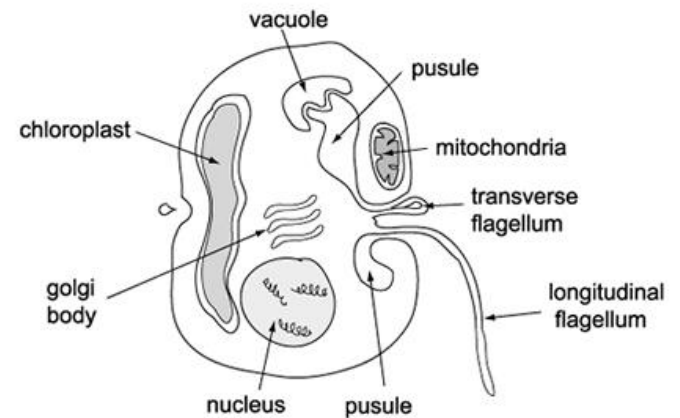
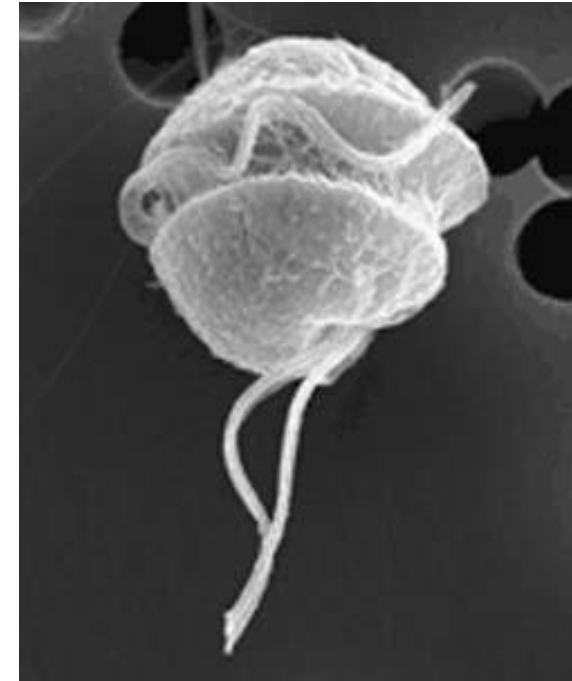
- 1. Généralités**
- 2. PYRRHOPHYTA**
- 3. EUGLENOPHYTA**
- 4. CHRYSOPHYTA**
- 5. CHLOROPHYTA**
- 6. RHODOPHYTA**
- 7. PHAEOPHYTA**



Chapitre 7 – Les algues

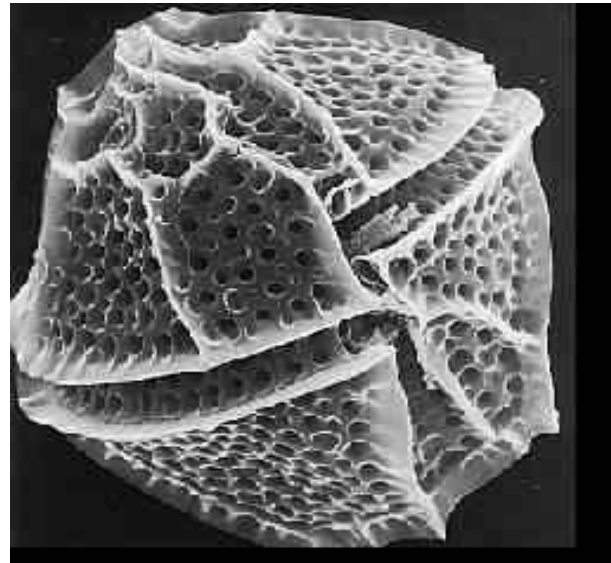
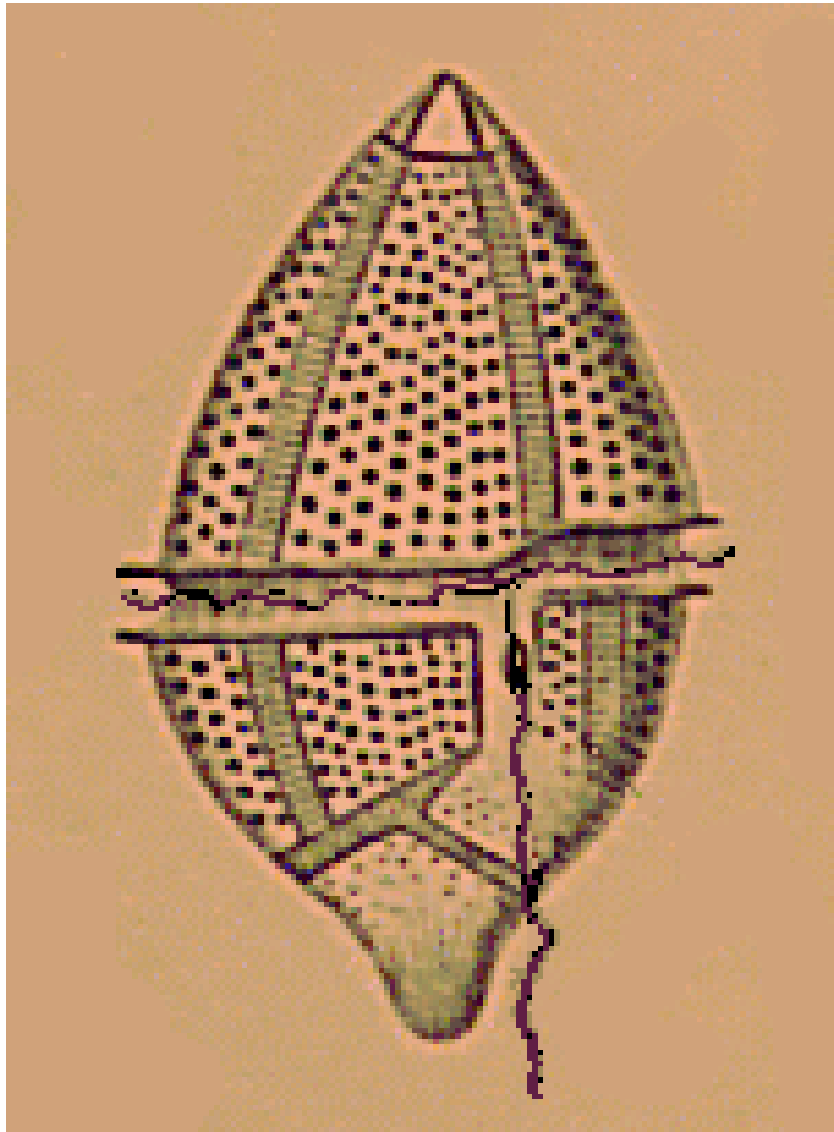
2. Pyrrhophyta (Dinophycées)

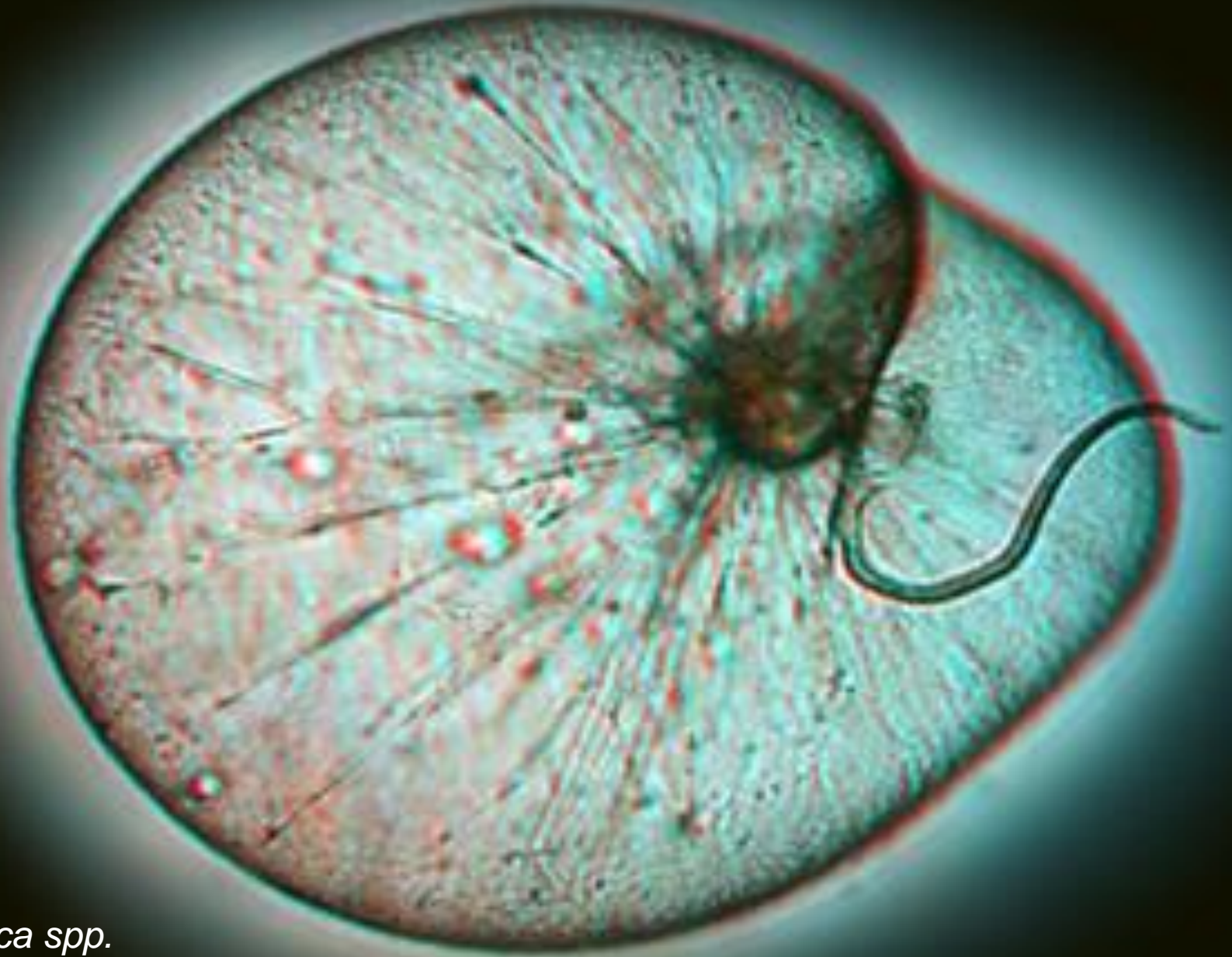
- 2000-3000 espèces
- Chl a et caroténoïdes
- Paroi cellulose
- Amidon
- 2 flagelles
- Unicellulaire
- Reproduction asexuée





Ceratium furca

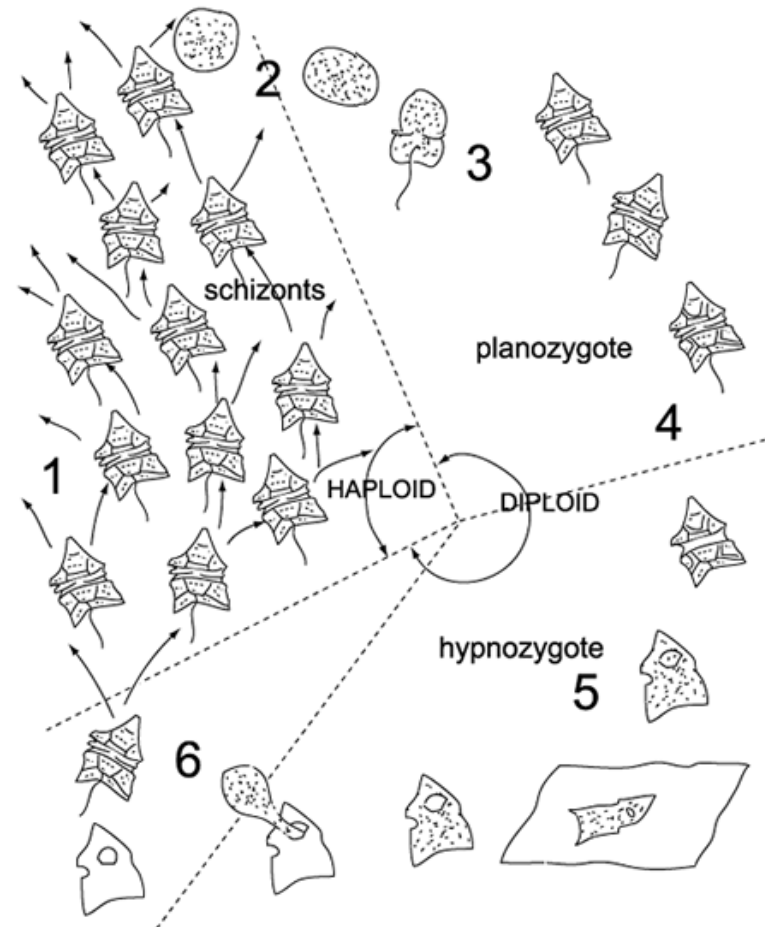




Noctiluca spp.

Cycle de reproduction des Dinoflagellates

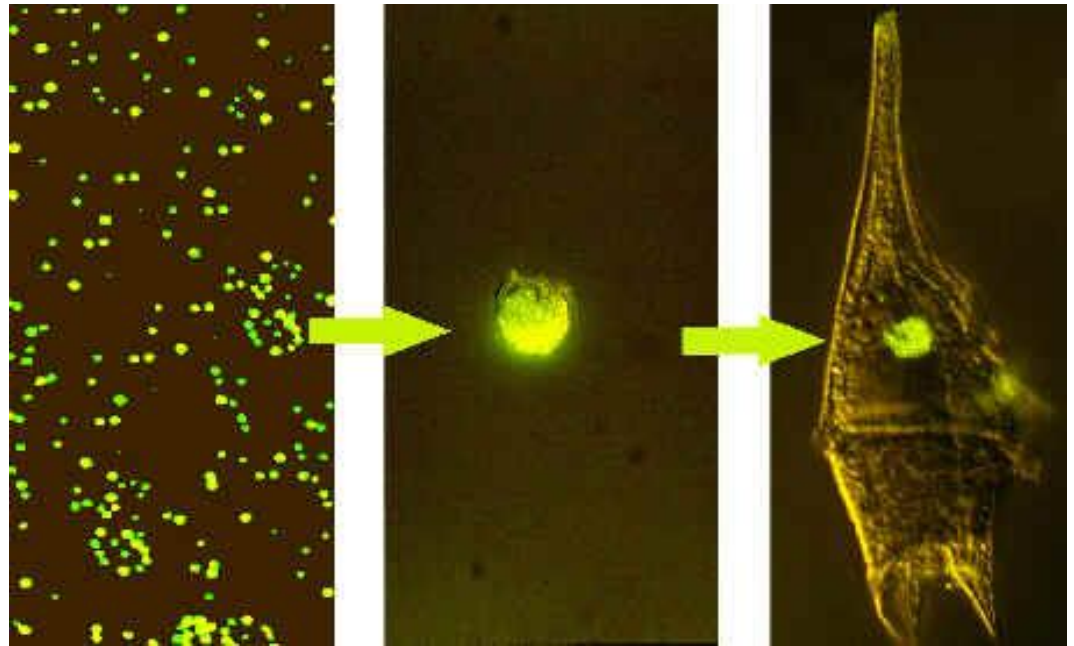
1. Reproduction asexuée de la phase haploïde
2. Formation gamètes, fécondation, and formation du zygote diploïdes
3. Nouvelle thèque
4. Flagelle perdu, thèque brisée et production des pigments
5. Dinoflagellés en dormance
6. Levée de dormance et division



Chapitre 7 – Les algues

Pyrrhophyta (Dinophycées), écologie

- Hétérotrophe
- Autotrophe
- Les deux

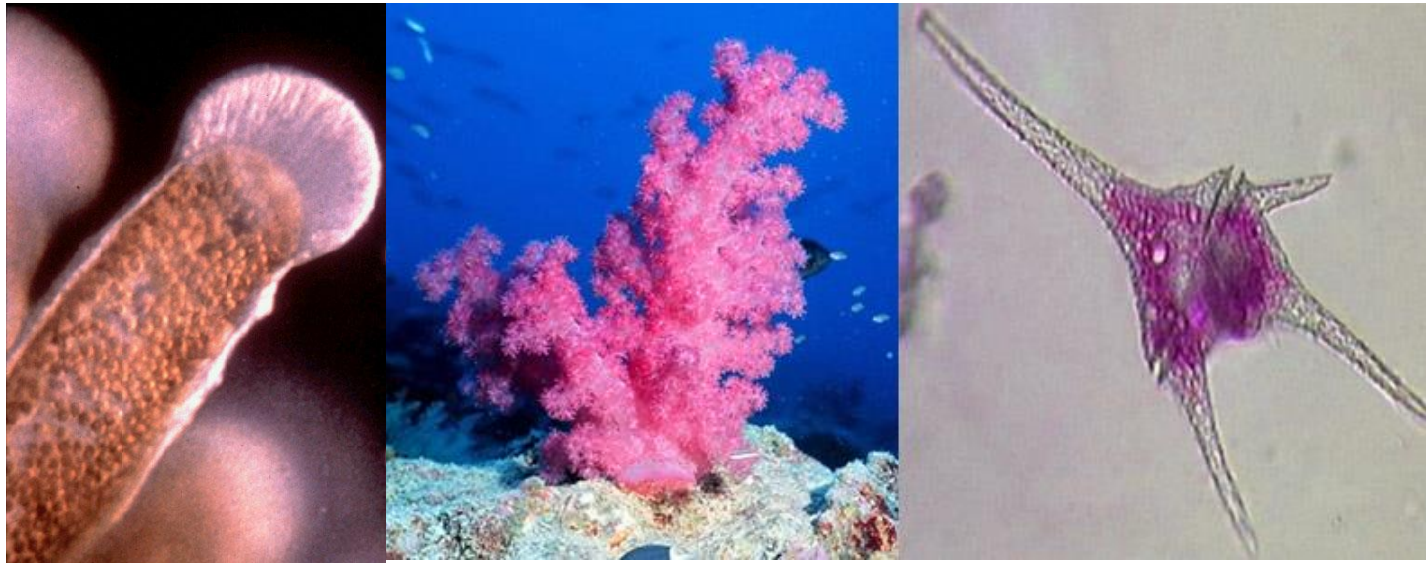


mixotrophic dinoflagellate *Ceratium furca*

Chapitre 7 – Les algues

Pyrrhophyta (Dinophycées), écologie

- Mutualisme avec coraux (Zooxanthellae)





Oblique Coral, Vadoo Diving
Paradise, Maldives, Feb 1997



Oblique Coral, Vadoo Diving
Paradise, Maldives, Dec 1997



Oblique Coral, Vadoo Diving
Paradise, Maldives, Mar 1999

Chapitre 7 – Les algues

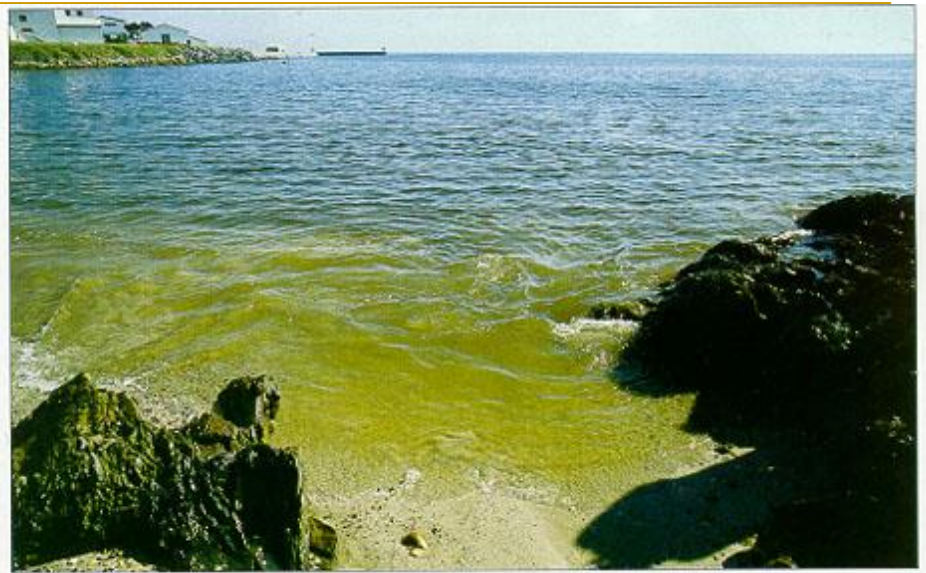
Pyrrhophyta (Dinophycées), écologie

- Marée rouge





Florida Red Tide Bloom of *Gymnodinium breve*



*Olive green discolouration of the waters of False Bay by the dinoflagellate *Gymnodinium cf. mikimotoi* – In addition to faunal mortalities, this species is also the cause of a type of NSP and the production of aerosol toxins causing skin and respiratory irritations to humans.*
(Photograph - G. C. Pitcher)



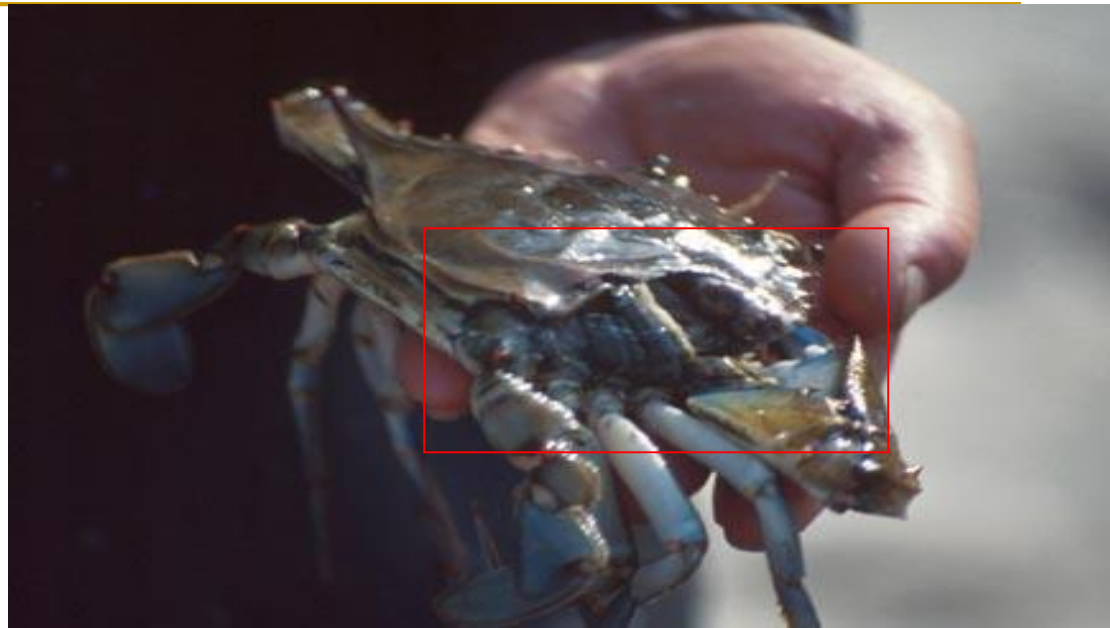
Fish kill caused by *Ceratium furca* and *Prorocentrum micans*. 60 tons of lobster and 1500 tons of fish washed up on shore on West African west coast, Mar 1994.



White mussel mortalities-An estimated five million white mussels *Donax serra* washed onto the beach at Elands Bay on the west coast of South Africa, following a bloom of *Alexandrium catenella* in March 1980. (Photograph -D.A. Horstman)

Pyrrhophyta (Dinophycées), écologie

- Espèces parasites animaux

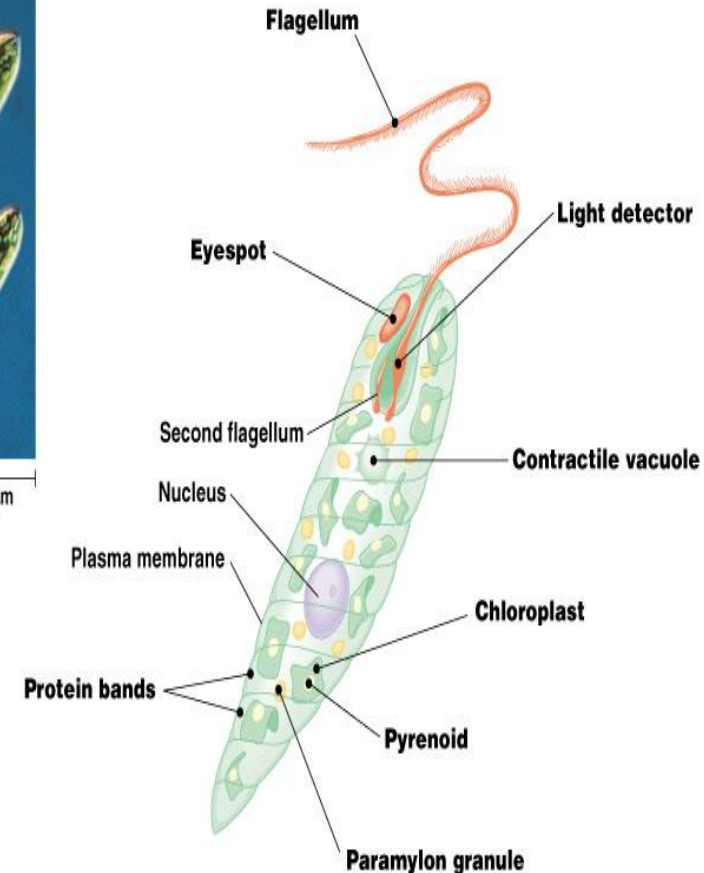


Pfiesteria piscicida lesions on crab and fish

Chapitre 7 – Les algues

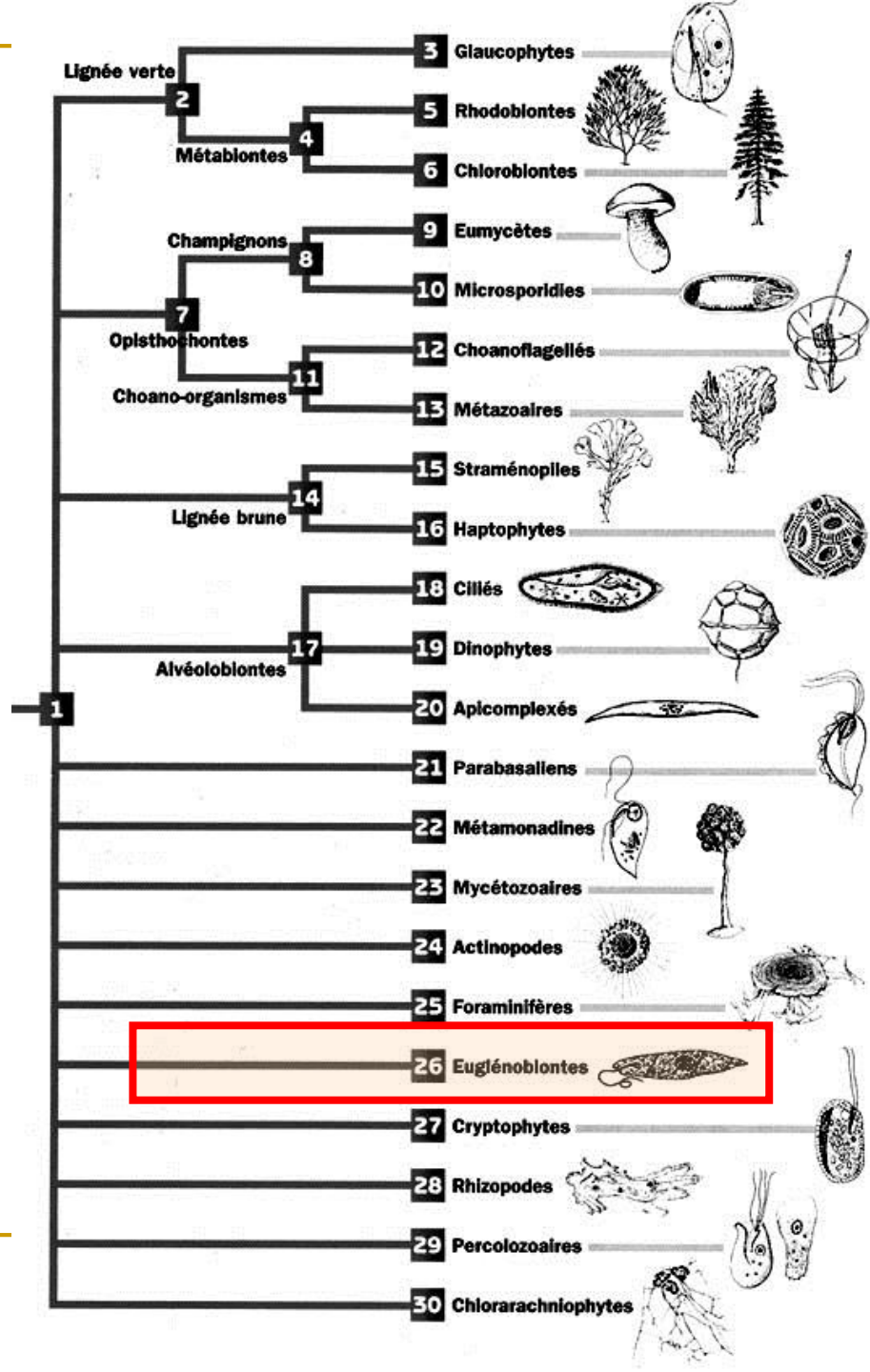
2. Euglenophyta

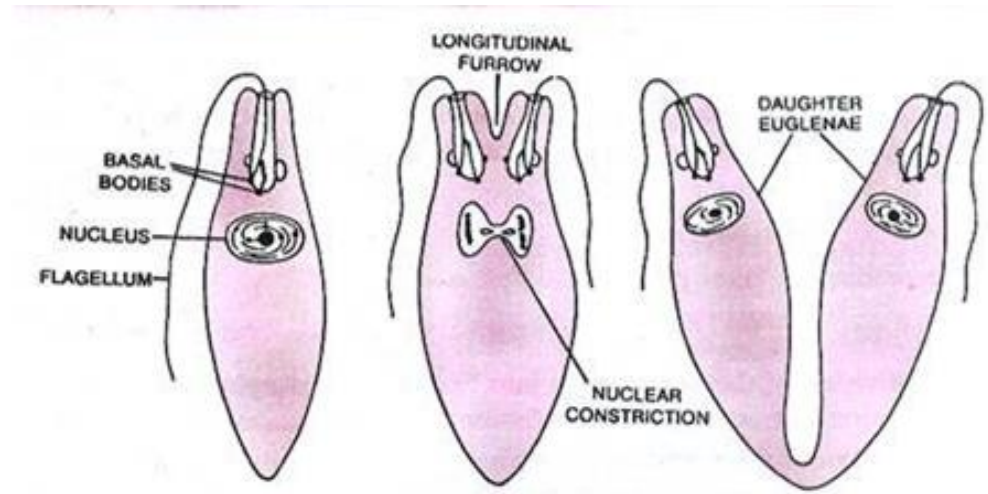
- Euglènes
- 1000 espèces
- Caractéristiques animales et végétales
- Hétérotrophie facultative
- Chl a et b, caroténoïdes
- Stocke paramylon
- Unicellulaires, 2 flagelles
- Reproduction asexuée
- Eaux douces



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

3. Euglenophyta

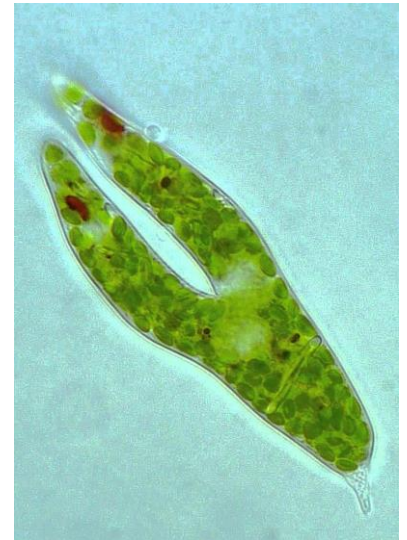




Longitudinal Binary Fission in *Euglena*.

Reproduction asexuée

Pas de paroi en cellulose mais pellicule protéique



Chapitre 7 – Les algues

4. CHRYSOPHYTA

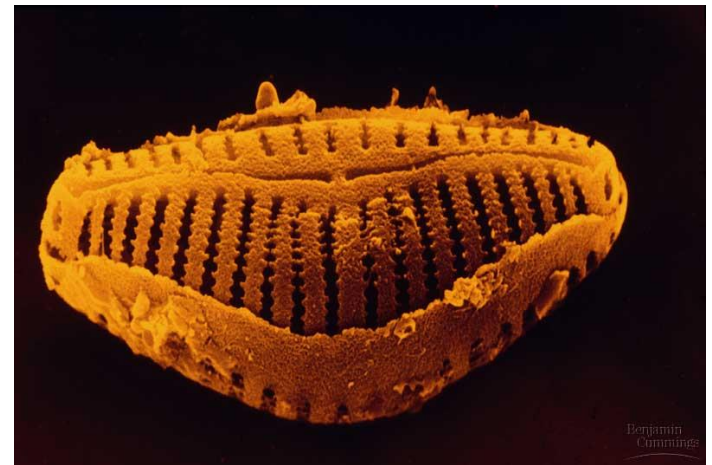
- Algues dorées
- 6700 espèces
- Chl a et caroténoïdes
- Hétérotrophie facultative
- Paroi cellulose
- 2 flagelles apicaux



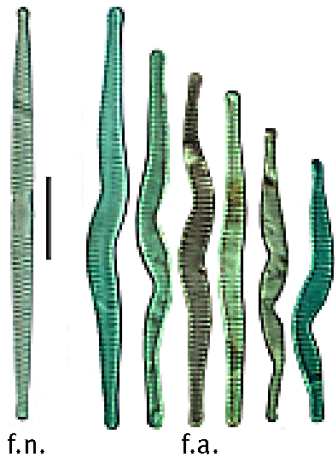
Chapitre 7 – Les algues

4. CHRYSOPHYTA

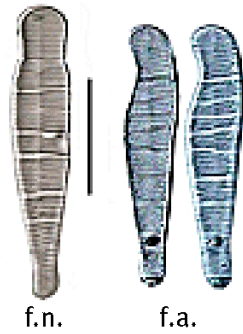
- Essentiellement diatomées
- Unicellulaires
- Centrique ou pennée
- Reproduction asexuée ou sexuée monogénique diploïde
- Bioindicatrices



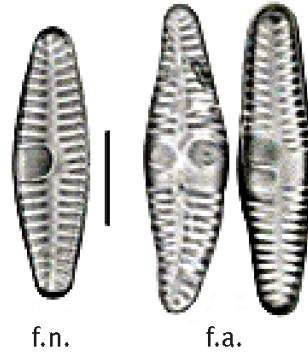
Chapitre 7 – Les algues



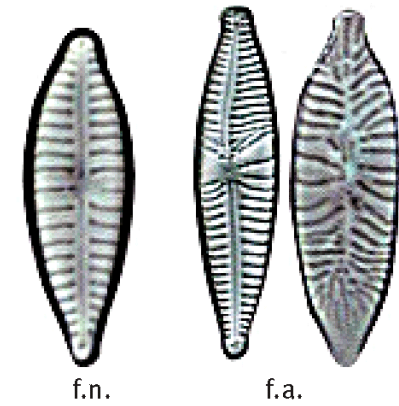
Fragilaria gracilis



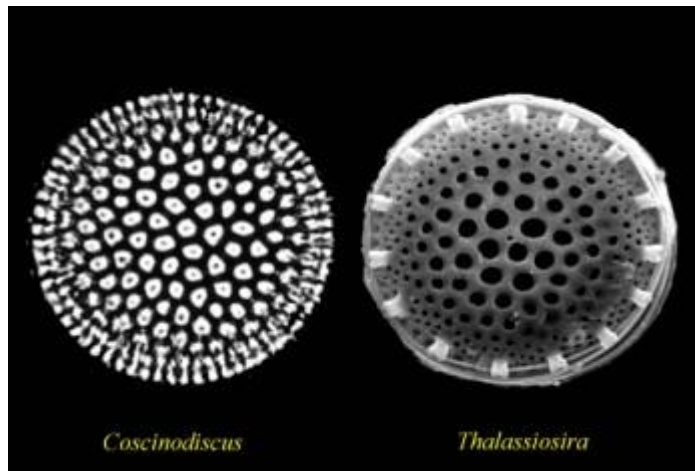
Meridion circulare



Planothidium frequentissimum



Gomphonema parvulum

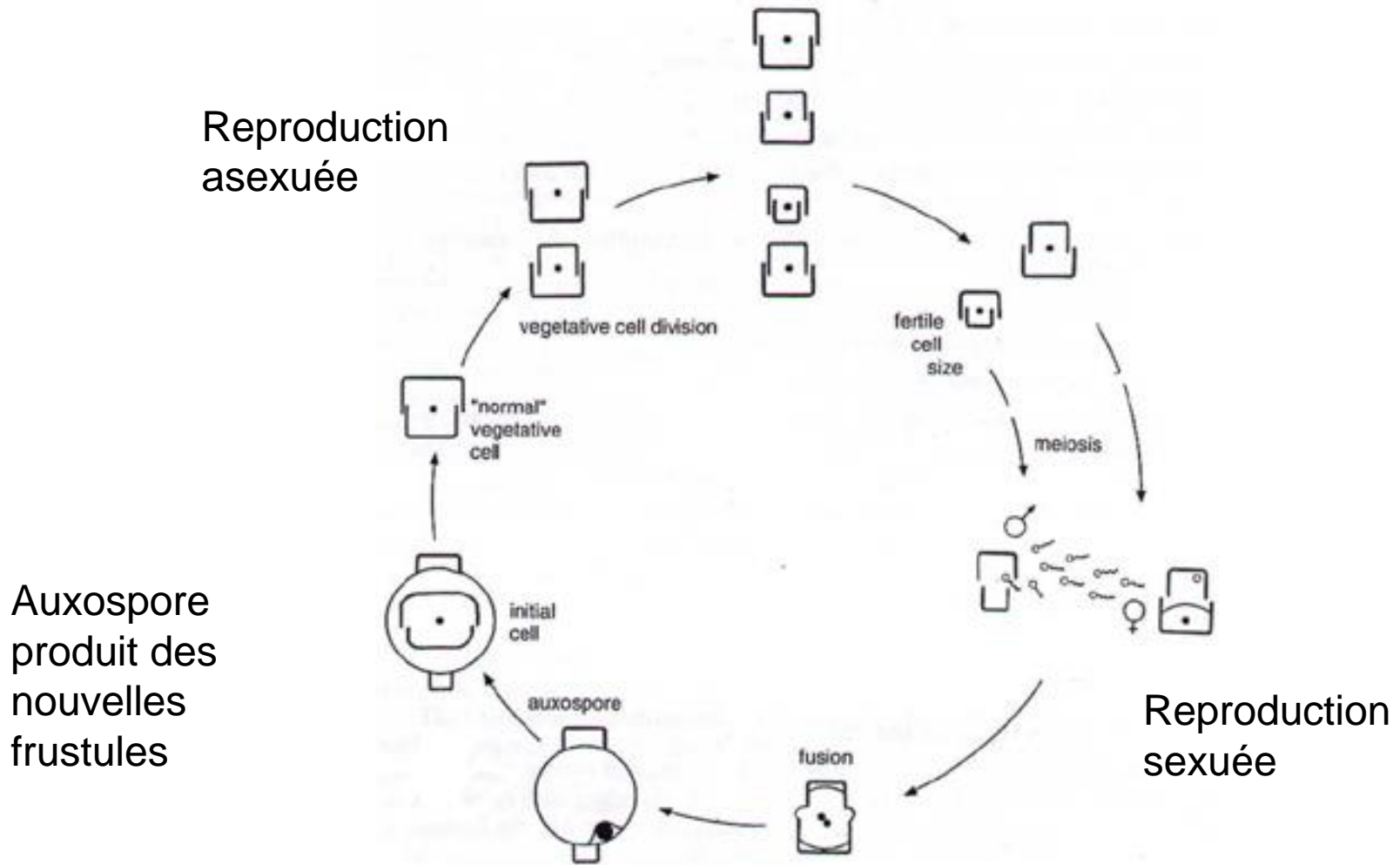


Coscinodiscus

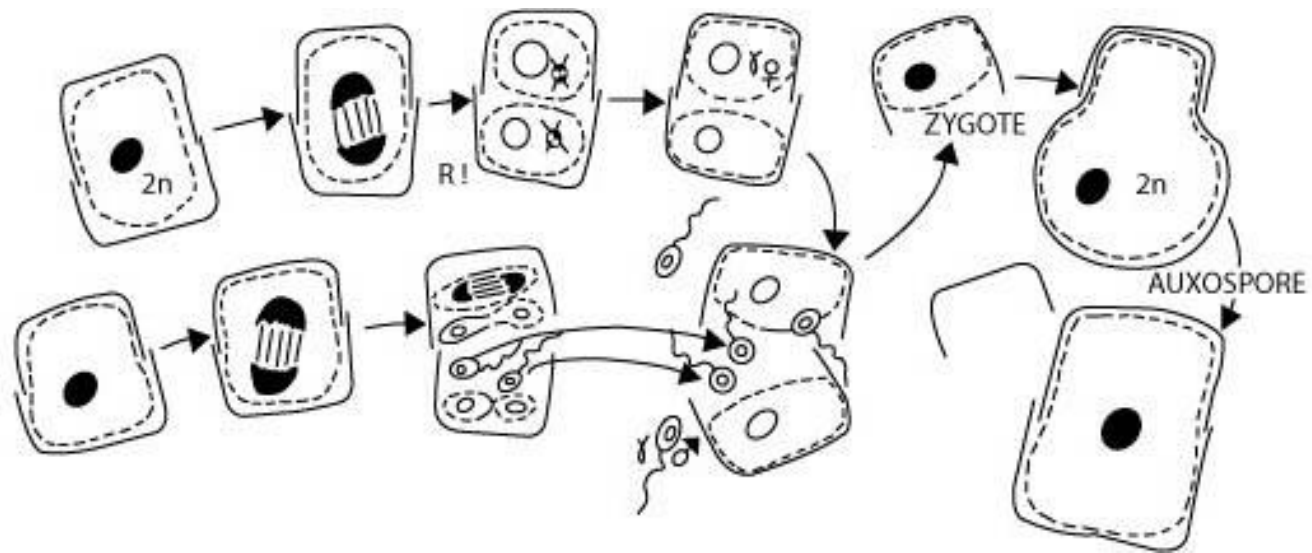
Thalassiosira



Reproduction asexuée et sexuée



Reproduction sexuée



Chapitre 7 – Les algues

5. CHLOROPHYTA

- Algues vertes
- 7000 espèces, 10% marine
- Uni-, pluricellulaire
- Chl. a, b
- Réserve amidon
- Paroi cellulose





Codium

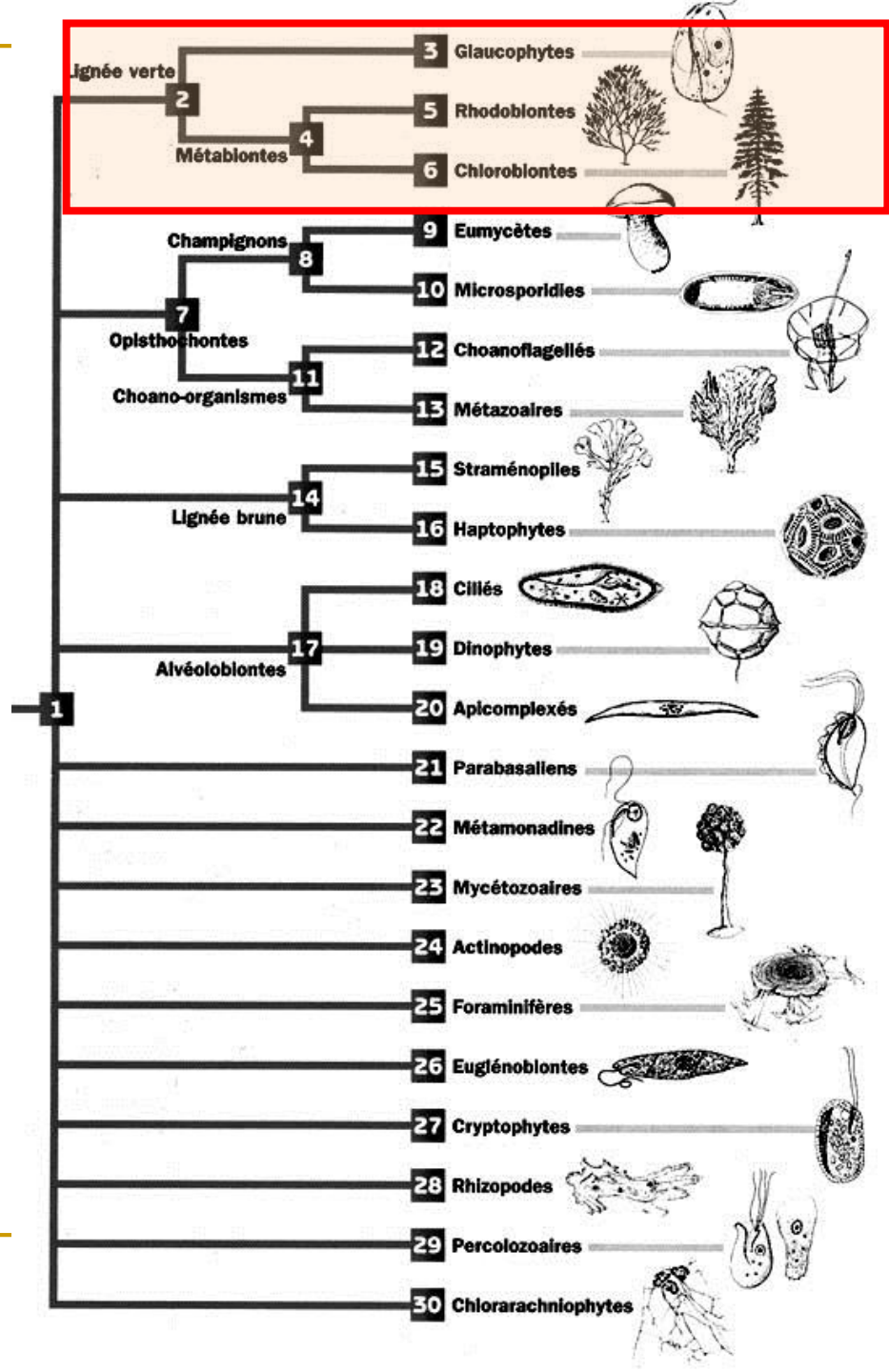


Ulva

Chlorophyta

Lignée verte

Proches des ancêtre des plantes supérieurs



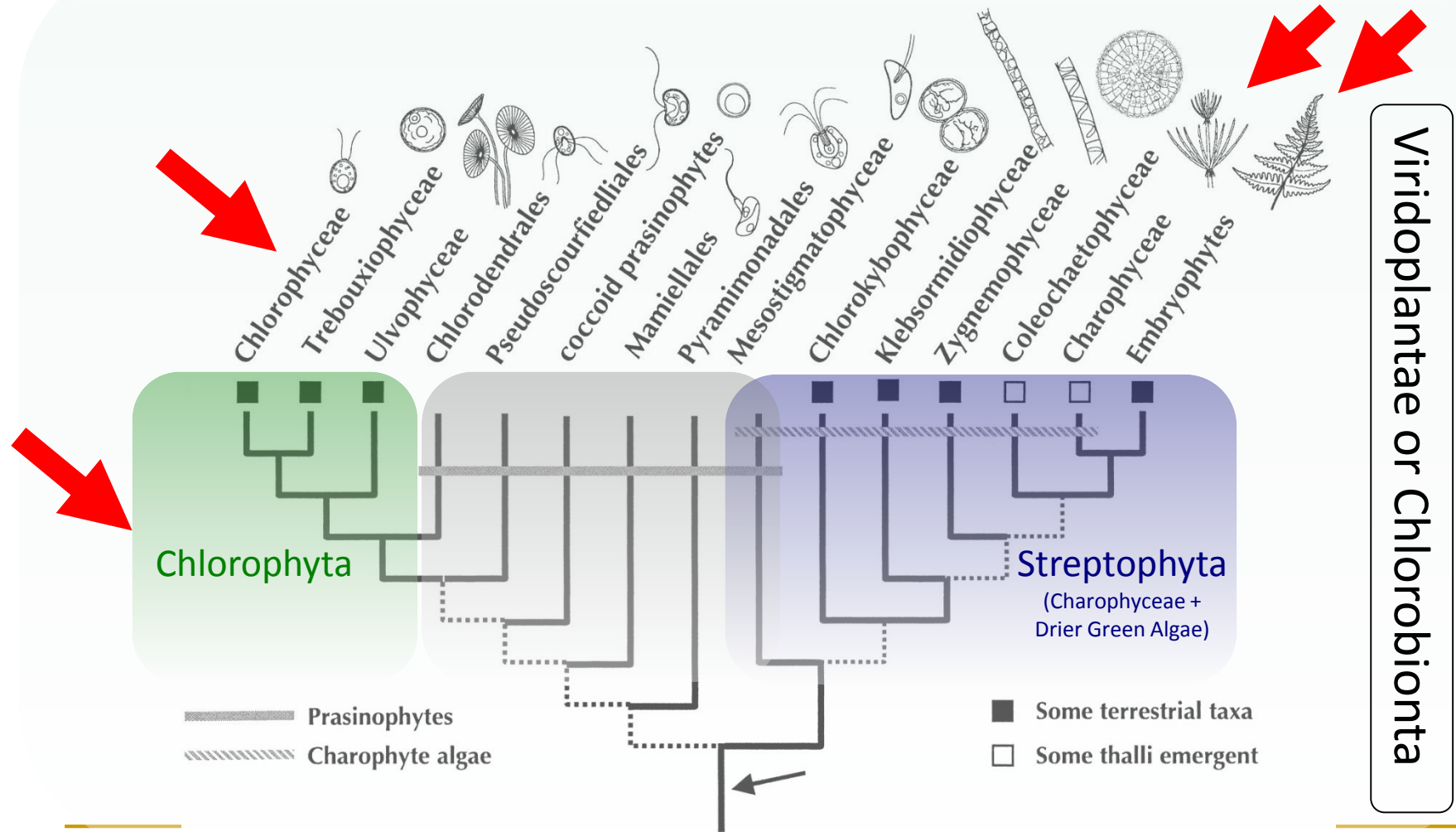
Chapitre 7 – Les algues

CHLOROPHYTA, 3 classes

- (Zygothycées)
- Chlorophycées
- Charophycées

Molecular Concept (McCourt & Lewis 2004, Working Classification)

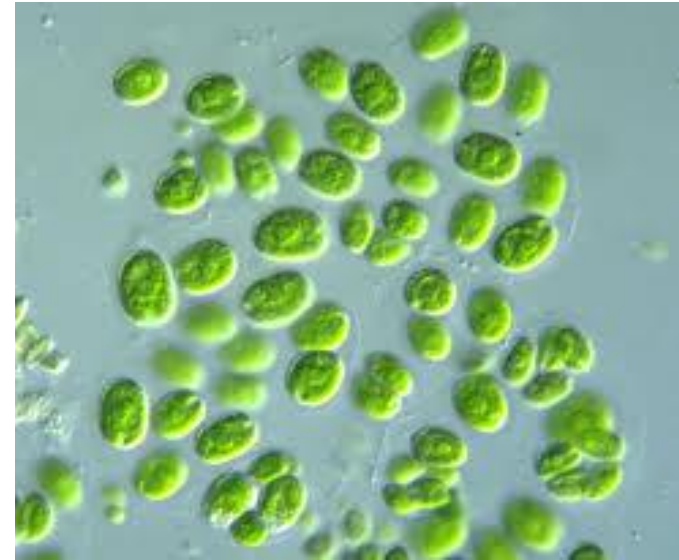
molecular data support the recognition of two phyla and a poorly resolve graded of early diverging flagellates informally known as **Prasinophytes**



Chapitre 7 – Les algues

CHLOROPHYTA, Chlorophycées

- 2 flagelles apicaux
- Unicellulaire, cénobial ou pluricellulaire
- Chlamydomonas, Ulva



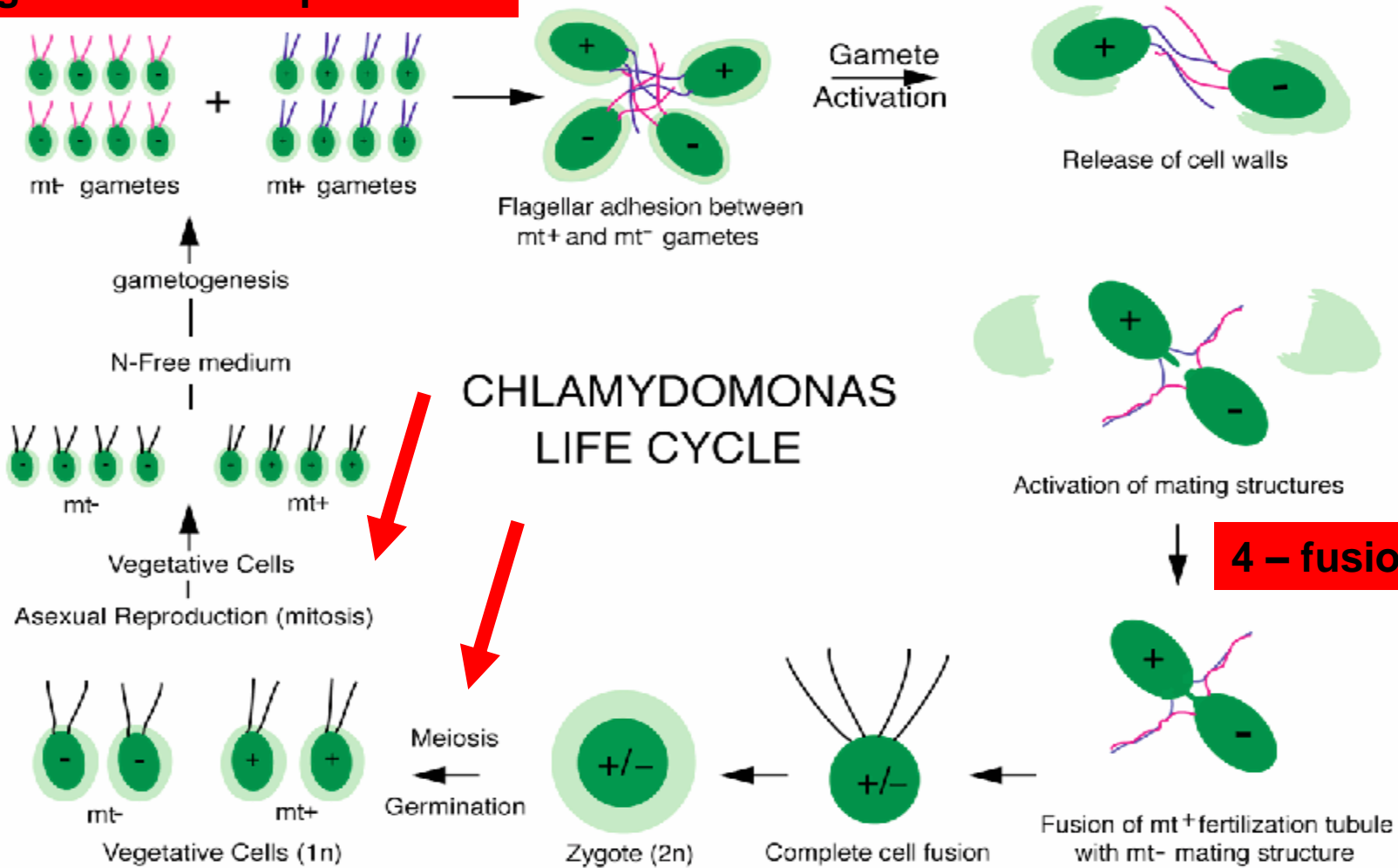
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Cycle monogénique haploïde

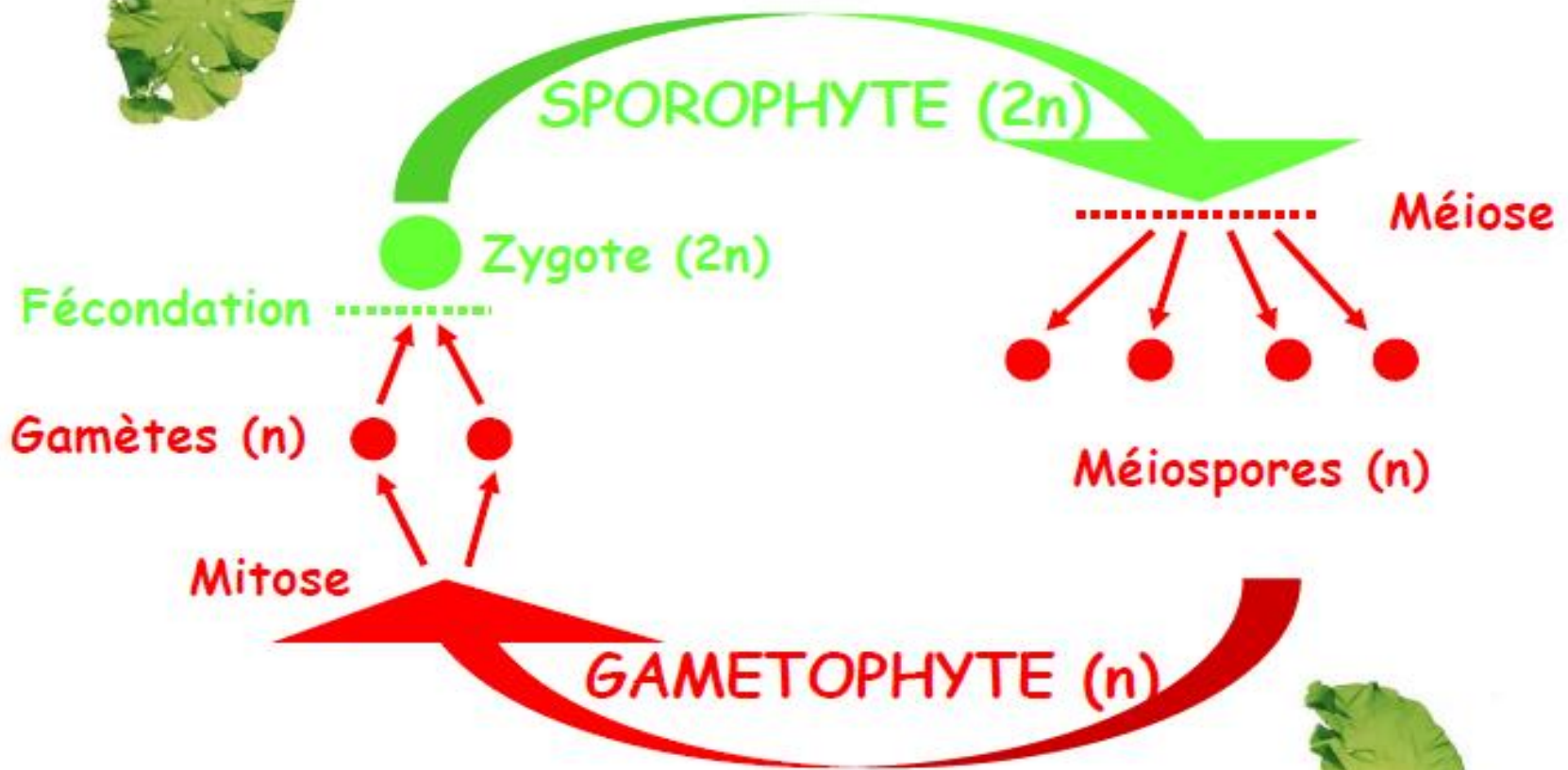
2 – gamètes n indépendants

3 – Assemblage en fin de saison



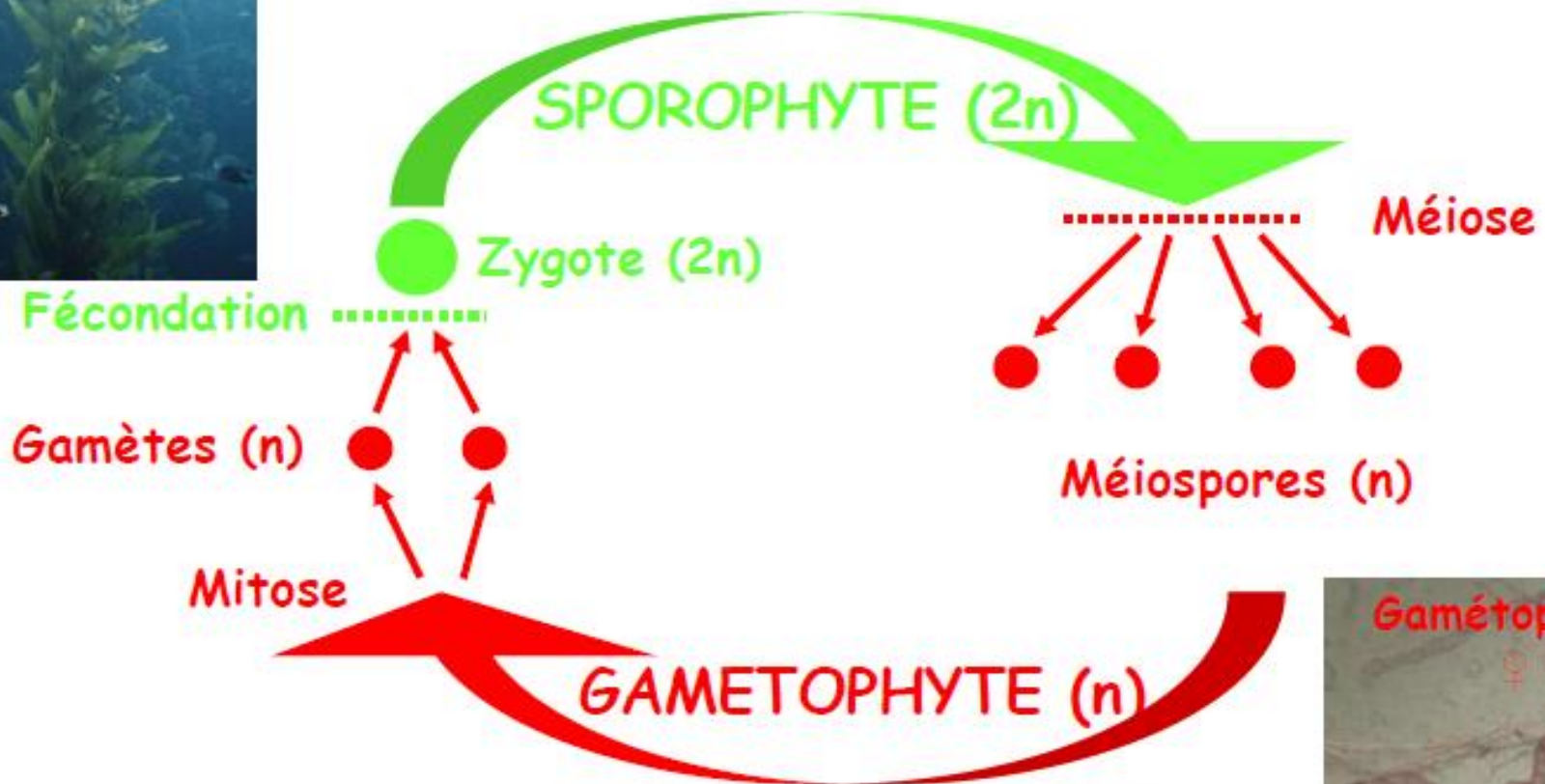
1 – individus 2n

Cycle digénétique isomorphe



Ulva lactuca

Cycle digénétique hétéromorphe

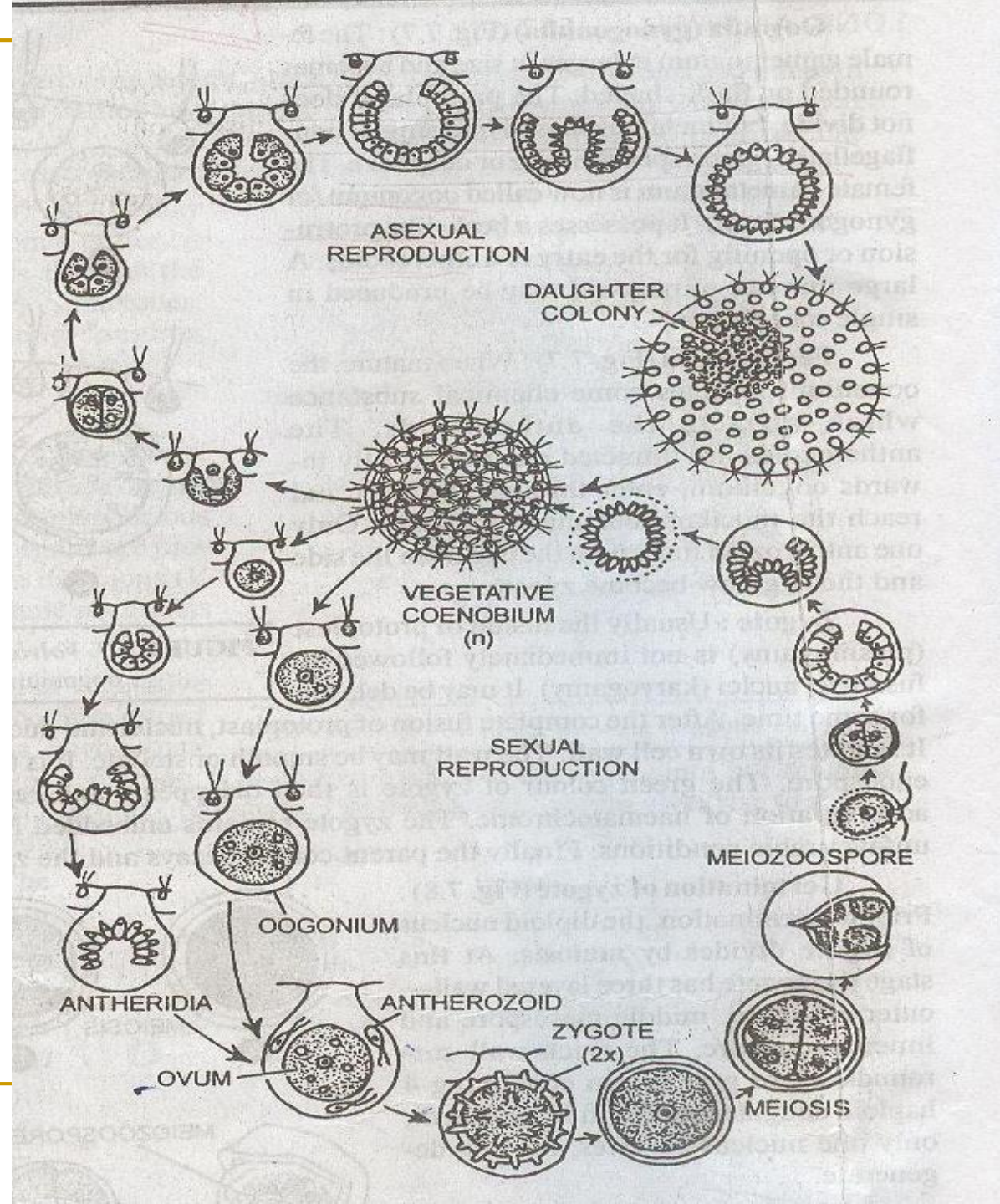


*Macrocystis
pyrifera*



Reproduction asexuée des Volvox

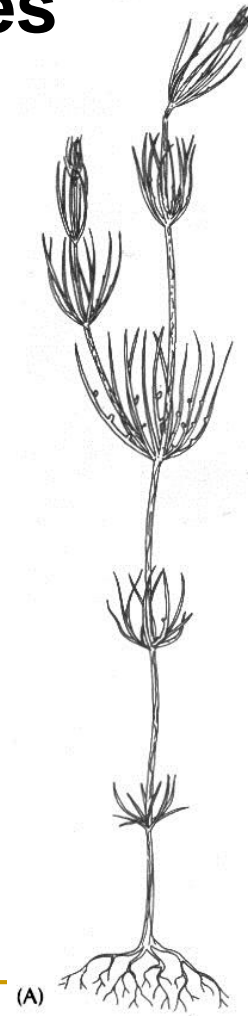
https://www.youtube.com/watch?v=MDY2SZ_-tc8



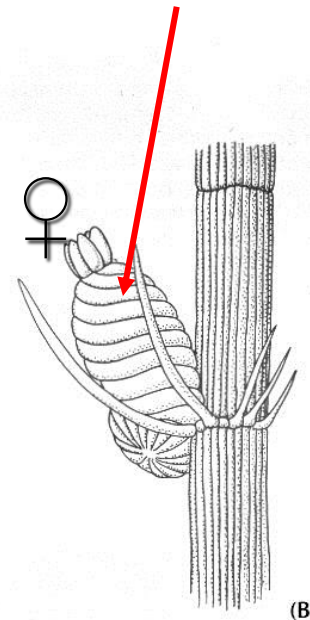
Chapitre 7 – Les algues

CHLOROPHYTA, Charophytes

- Rameaux verticillés
- Cycle monogénétique haploïde
- Gamétocyste complexe



produits sexuels
entourés de cell. spiralées
+ cell. réceptrices



(A)

(B)



Charophyta: left: dense vegetation;
Right: detail.

Chapitre 7 – Les algues

RHODOPHYTA

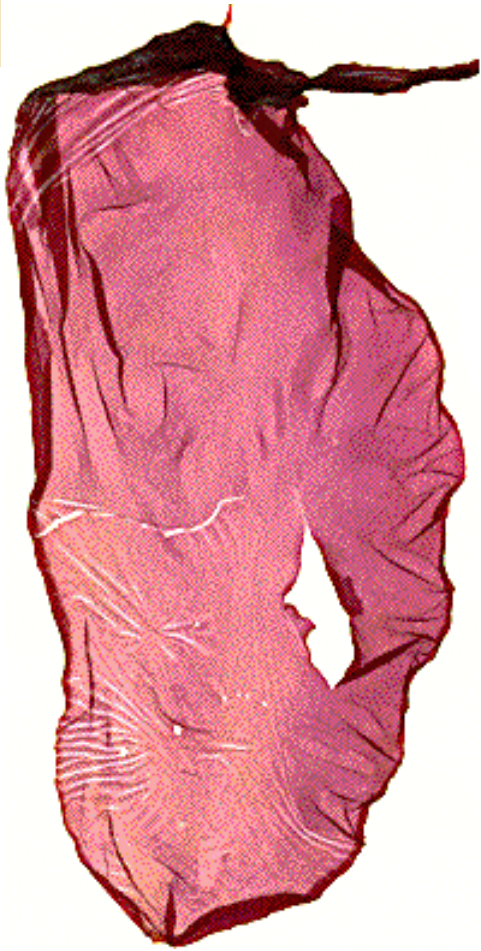
- Algues rouges
- 4000-5000 espèces
- 97% marines
- Phycobiline masque la Chl a
- Pas de flagelle

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



© Charlie Arneson





Porphyra - nori use to wrap uncooked fish & other food items

Smithora naiadum - a epiphyte on eel and surf grass

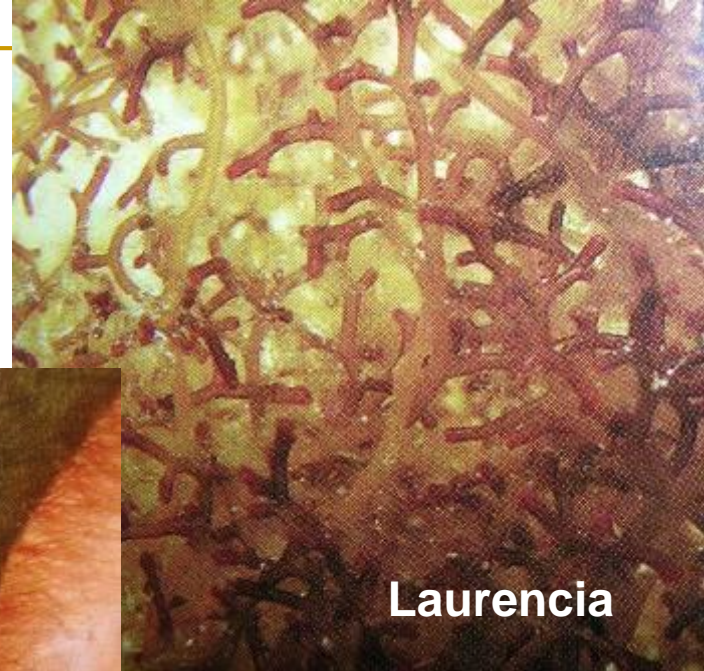


Pikea robusta





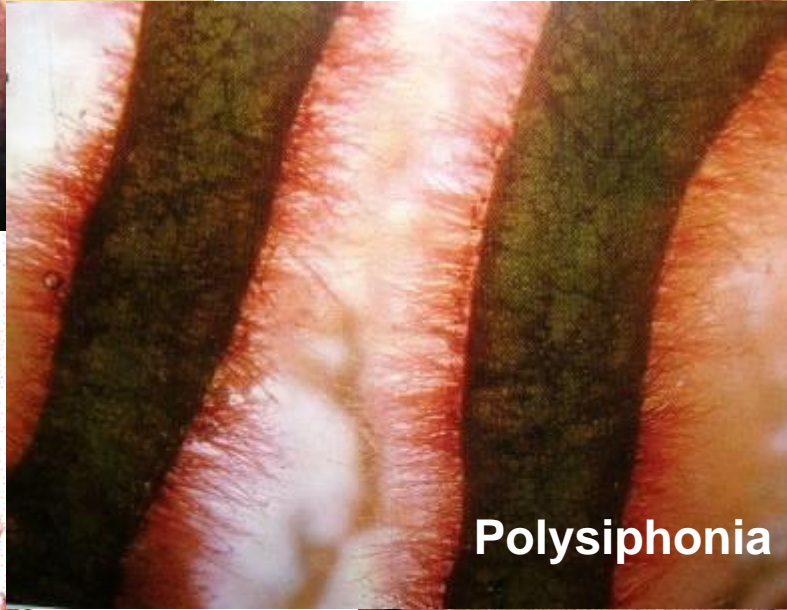
Caloglossa



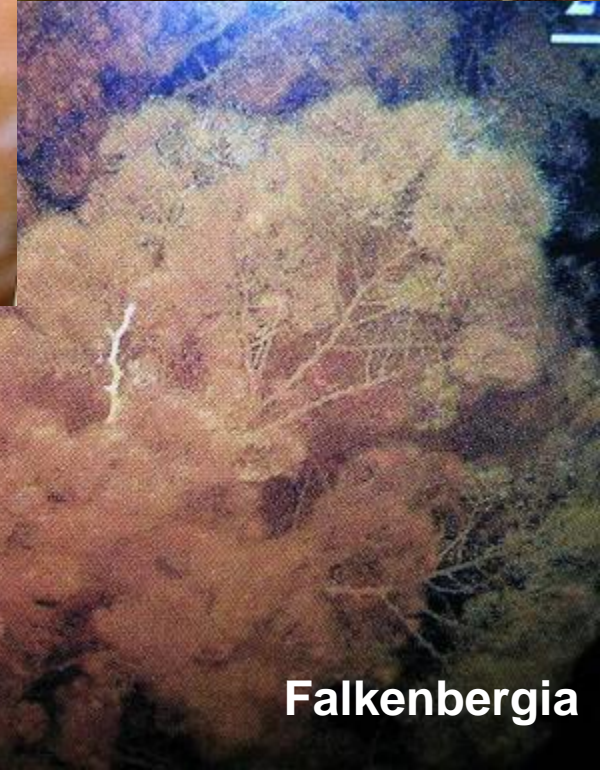
Laurencia



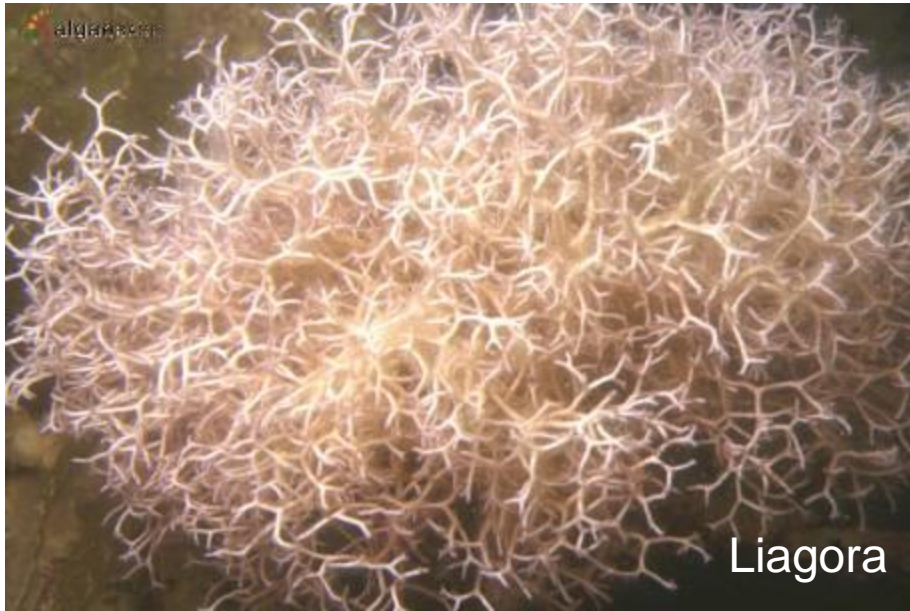
Kallymenia



Polysiphonia



Falkenbergia





Hypnea

www.algaebase.org



Eucheuma

algaebase



Gracilaria

www.algaebase.org



Kallymenia

Champia



Botryocladia



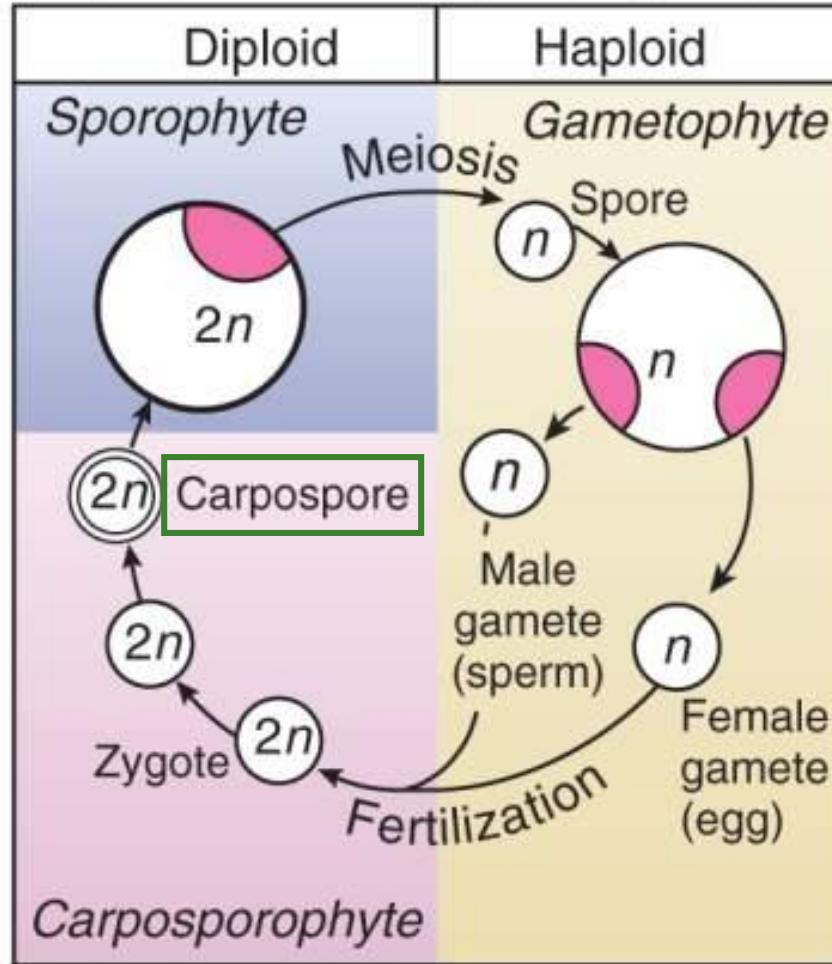
Chrysymenia

2 cm

RHODOPHYTA : reproduction

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

ALTERNATION
OF
GENERATIONS



Separate male
and female
thalli in some



Example:
many red algae

(b)

Asparagopsis - gametophyte



Falkenbergia - sporophyte



Chapitre 7 – Les algues

7. PHAEOPHYTA

- Algues brunes
- 1500 espèces
- Parmi les plus grandes algues





Fucus sp.



Nereocystis luekeana





Sargassum



Padina



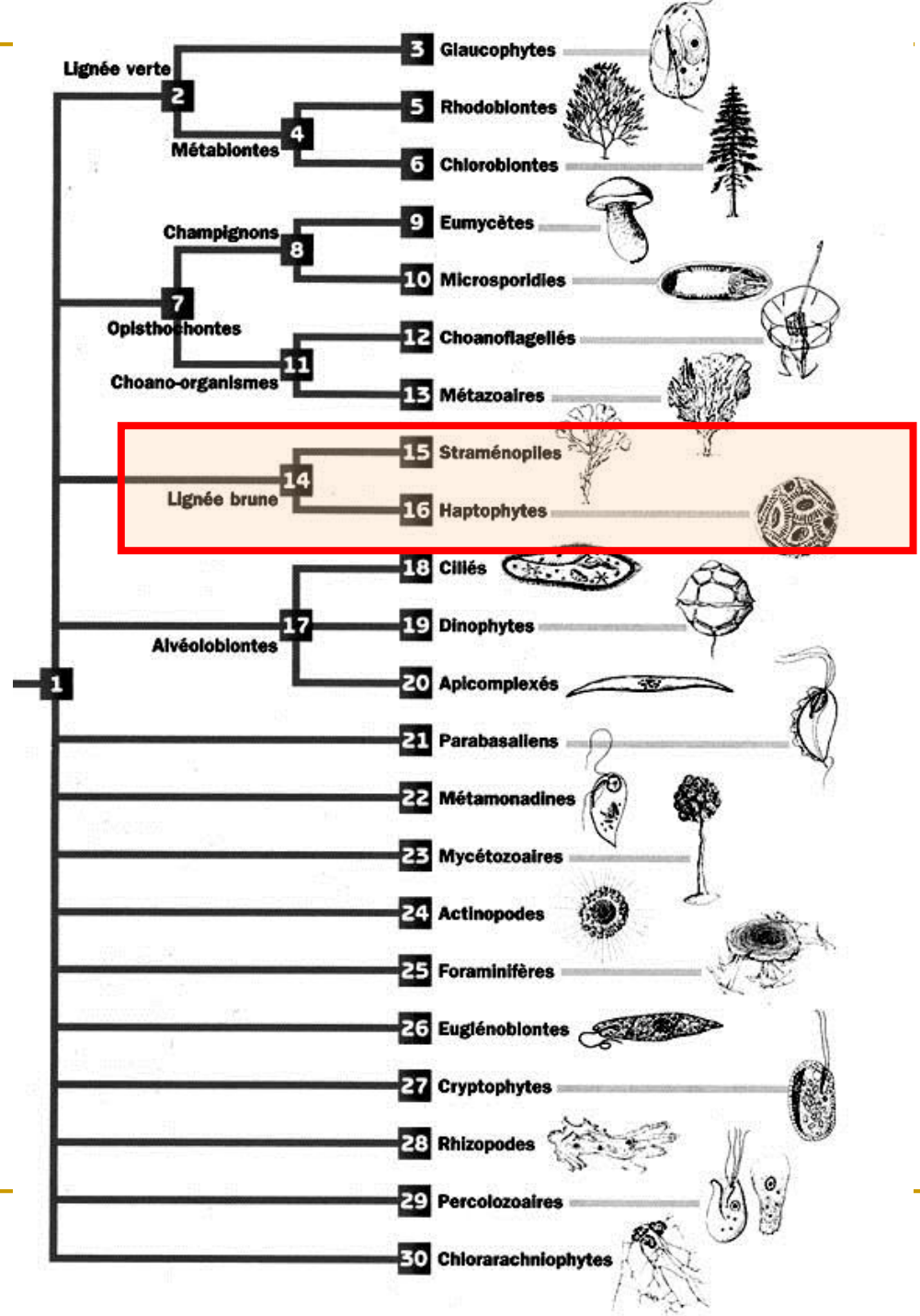
Dictyota



Laminaria

Phaeophyta

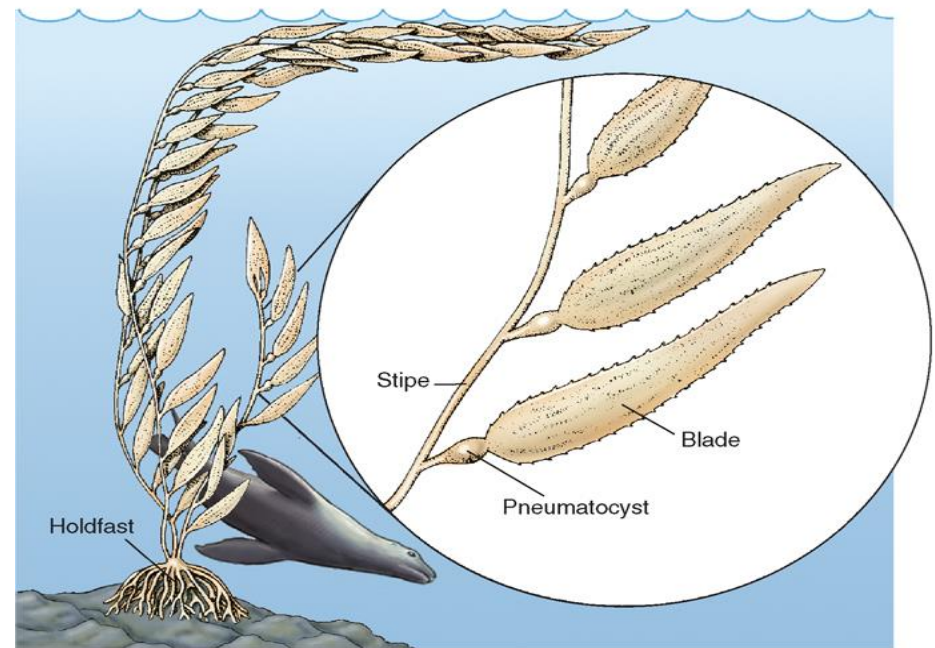
Lignée brune



Chapitre 7 – Les algues

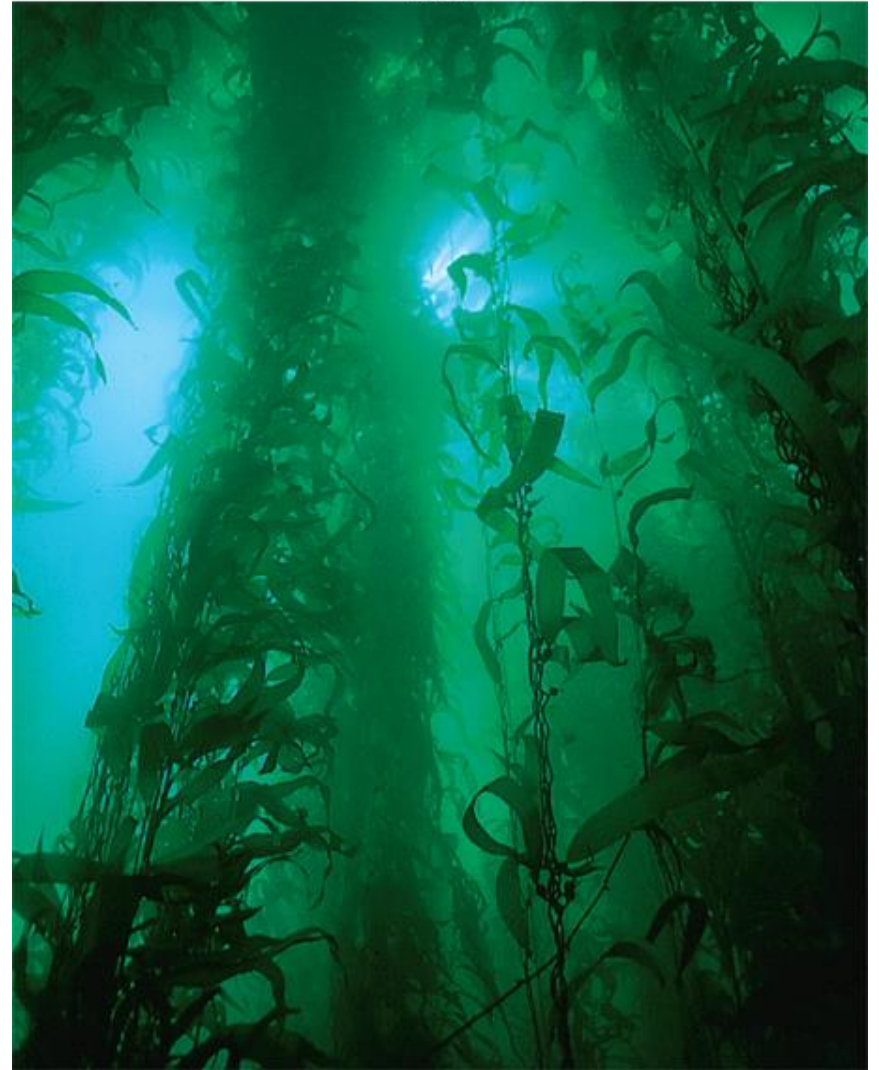
PHAEOPHYTA

- Pigment fucoxanthine
- Cellules flagellées
- Éléments essentiels des forêts d'algues (latitude subpolaires)





**Pneumatocystes
des varechs**

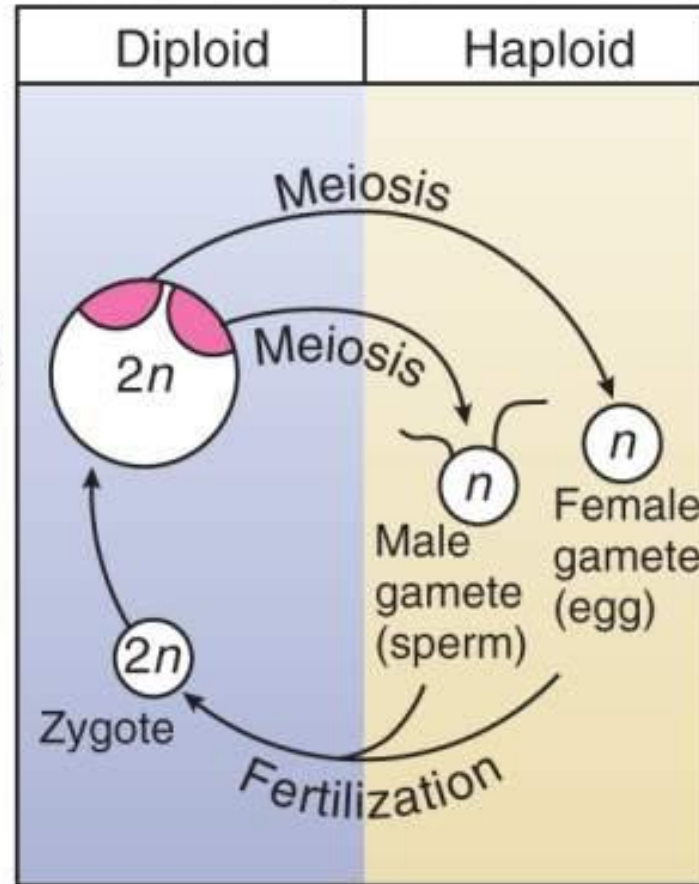


Phaeophyta : reproduction

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Example:
rockweeds



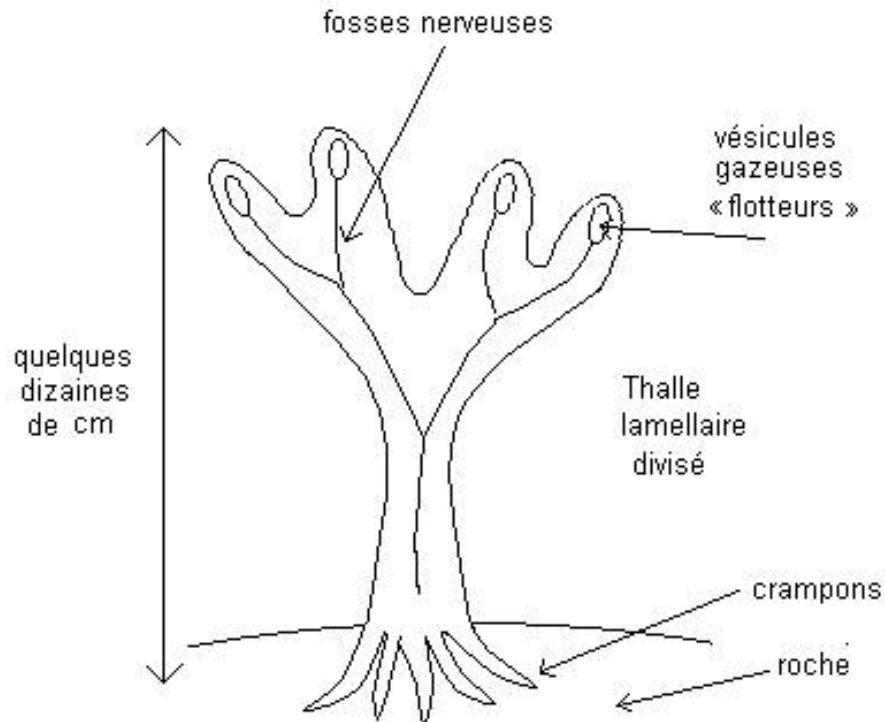
(c)

NO ALTERNATION
OF
GENERATIONS

Phaeophyta : reproduction

C'est une algue brune, marine, qui vit dans la zone de balancement des marées, fixée aux rochers. (zone entre marée haute et marée basse dans l'océan).

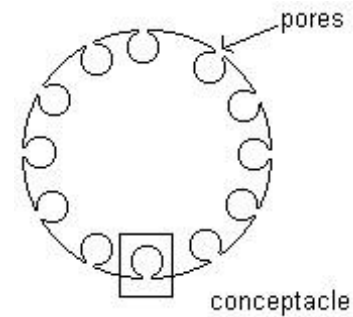
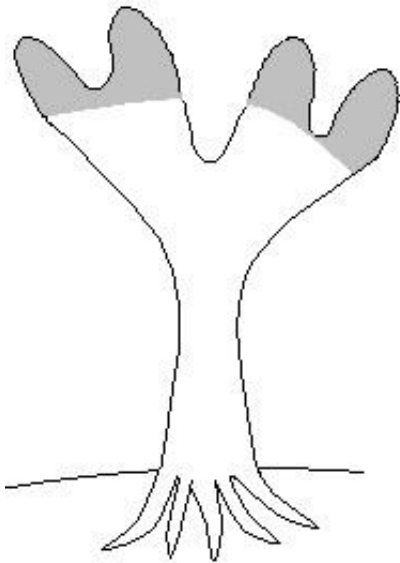
Le Thalle est brun, lamellaire et divisé fixé aux rochers par un crampon.



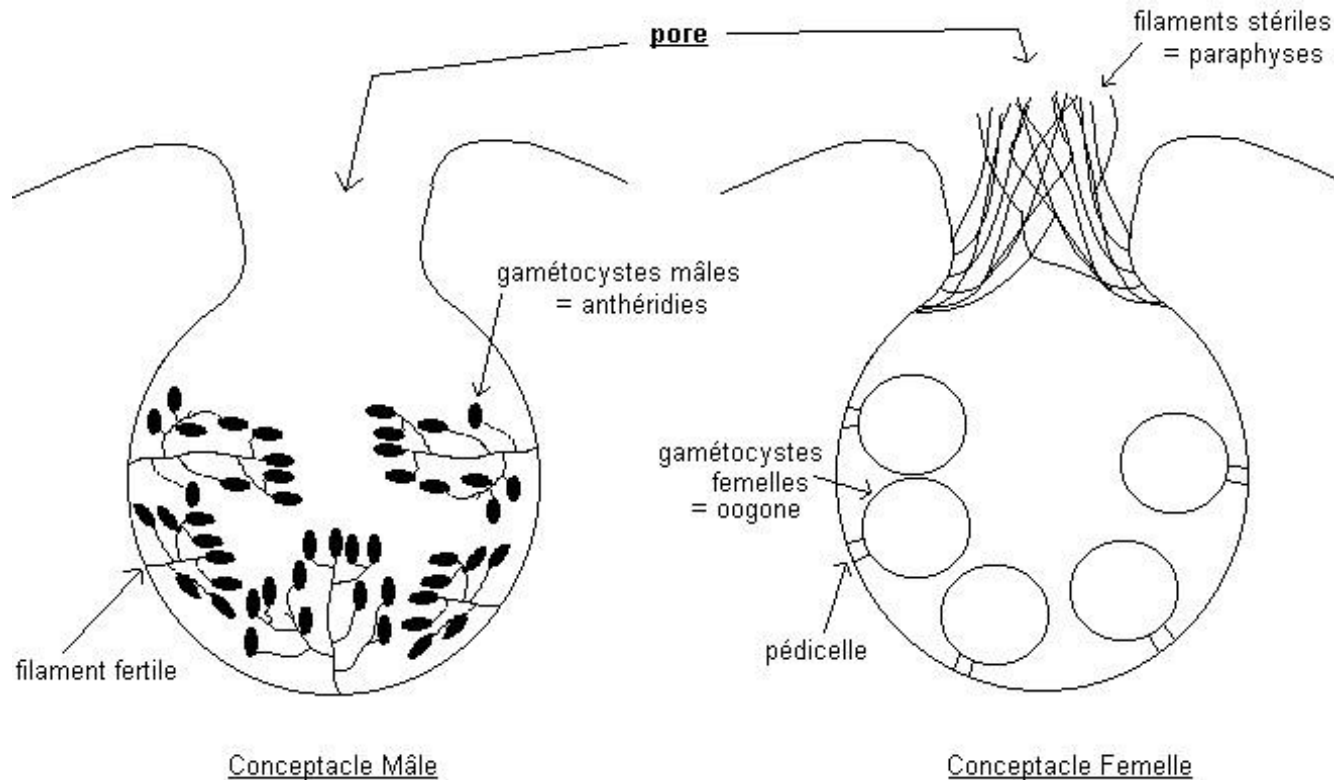
Fucus vesiculosus

Phaeophyta : reproduction

- Il apparaît des renflements à l'extrémité du Thalle à structure granuleuse. Ces renflements sont des structures reproductrices. Ce qui leur donne l'aspect granuleux ce sont des pores.



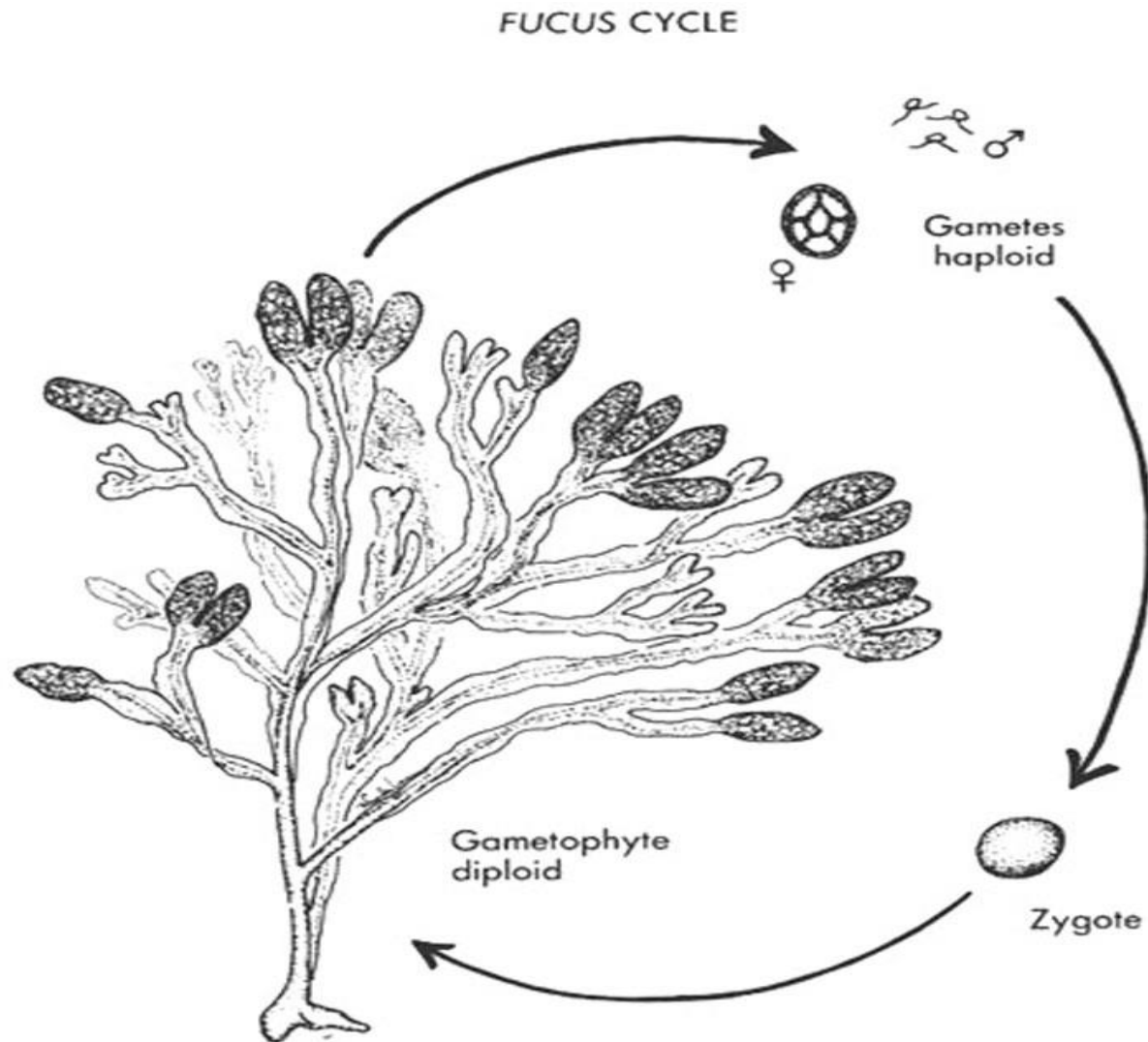
Coupe de l'extrémité du Thalle



A l'intérieur des conceptacles on trouve des gamétocystes. Par les pores, sortent les produits sexuels du fucus, qui sont rouge-orangé; les gamètes mâles et brun-vert; gamètes femelles. On parle d'espèce dioïque : il y a des pieds mâles et des pieds femelles.

Les gamétocystes femelles sont beaucoup plus grosses et en moins grand nombre que les gamétocystes mâles.

Phaeophyta : reproduction



	N Spp.	Pigments	Réserves	Paroi	Flagelle	Uni ou pluricellulaires	Habitat
Pyrrhophyta	2000 - 3000	chl a, c, caroténoïdes (péridinine)	amidon	cellulose en plaques	0 ou 2, latéraux inégaux	uni	mer + eau douce
Euglenophyta	1000	Chl a, b, caroténoïdes	Paramylon	pellicule souple protéinique	1-3 apicaux inégaux	uni	eau douce
Chrysophyta	6700	Chl a, c, caroténoïdes (fucoxanthine)	chrysolamina rine + lipides				mer + eau douce
Chrysophyceae				cellulose (+ silice, + calcaire)	2, apicaux, inégaux	uni-pluri	
Xanthophyceae				cellulose	2, apicaux, inégaux	uni-pluri	
Diatomophyceae				silice + cellulose	0	uni	
Chlorophyta	7000	Chl a, b, caroténoïdes	Amidon	cellulose + autres polysac.		uni-pluri	mer + eau douce + terrestres
Chlorophyceae					2 (4) apicaux égaux	uni - pluri	mer + eau douce + terrestres
Charophyceae					2 subapicaux	pluri	eau douce
Rhodophyta	4000 - 5000	Chl a, phycobilines, caroténoïdes	rhodamylon	cellulose + agar ou carragéen (+ CaCO ₃)	aucune cellule flagellée	pluri	Marines (eaux chaudes)
Phaeophyta	1500	Chl a, c, caroténoïdes (fucoxanthine)	Mannitol Laminarine	cellulose + alginates	2, latéraux inégaux	pluri	mer (eaux froides)

Questions

- Quels sont les pigments communs aux diatomées et aux algues brunes ? Lequels de ces pigments sont responsables de la couleur de ces algues ?
 - Certaines varechs (algues brunes) sont parmi les algues les plus différenciées. Expliquez.
 - Expliquez pourquoi le phytoplancton est la « grande prairie de la mer »
-

Questions

- Variabilité des modes de reproduction chez les Chlorophyta ?
 - Différence entre algues rouge et algue verte ?
 - Répartition des niches écologiques chez les algues.
 - A certains point de vue, les *Fucus* ont un cycle de développement commun au nôtre. Expliquez.
-