

II. ALGOLOGIE

Les Algues



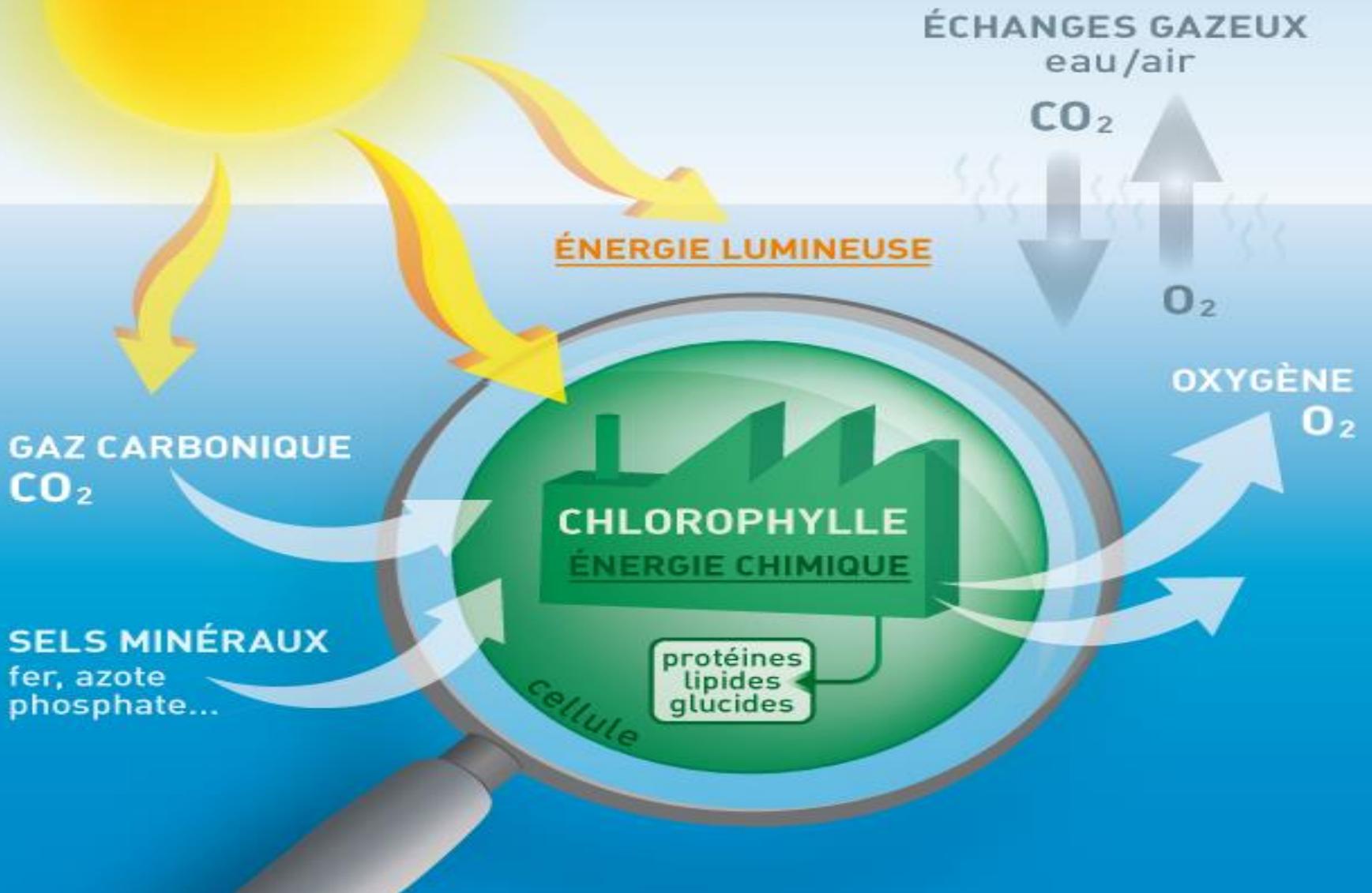
Caractéristiques générales

- Organismes **Eucaryotes** (excepté les **cyanobactéries** qui sont des procaryotes photosynthétiques)
- **Thallophytes** : Absence de racines, de tige et de feuilles
- Présence de la **chlorophylle**
- La taille des algues peut varier de la **cellule microscopique** unique, à quelques **cellules en colonie** et jusqu'à 75 m pour certaines **formes multicellulaires**.

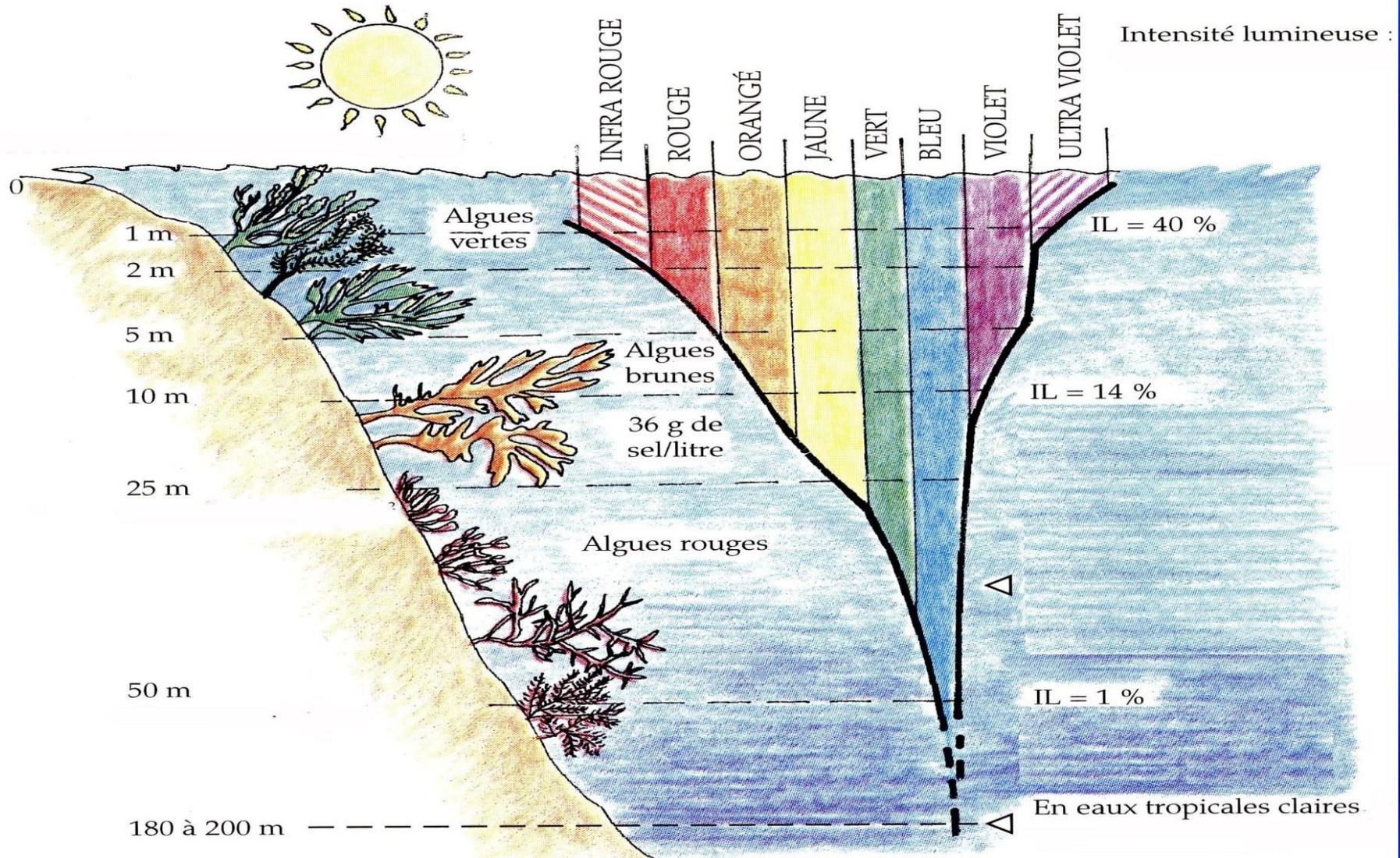
- Composition

- **Protéines**, une faible quantité de **lipides** comparativement au fort pourcentage de **glucides**
- Fortes teneurs en **minéraux** : K, Cl, Na, Ca, Mg, S, P, I₂, Fe, Cu, Mn et **des oligo-éléments**.
- **Vitamines** (A, B1, B2, B6, B12, C, D3, E, K) + des **phytohormones** et des **pigments**.

Le principe de la photosynthèse



C'est la luminosité en fonction de la profondeur qui détermine les peuplements d'algues



HABITAT

- La plupart des algues : développement en milieu aquatique d'eau douce, saline ou saumâtre



- Certaines : terrestres (sol ou sur le tronc des arbres)



- Certaines algues se développent sur des rochers humides ou sur un sol mouillé



- D'autres sont des endosymbiotes de protozoaires , de plantes, de mollusques ou de vers.

Lichens

- Des algues vivent en **symbiose** avec des champignons pour former les **lichens**.



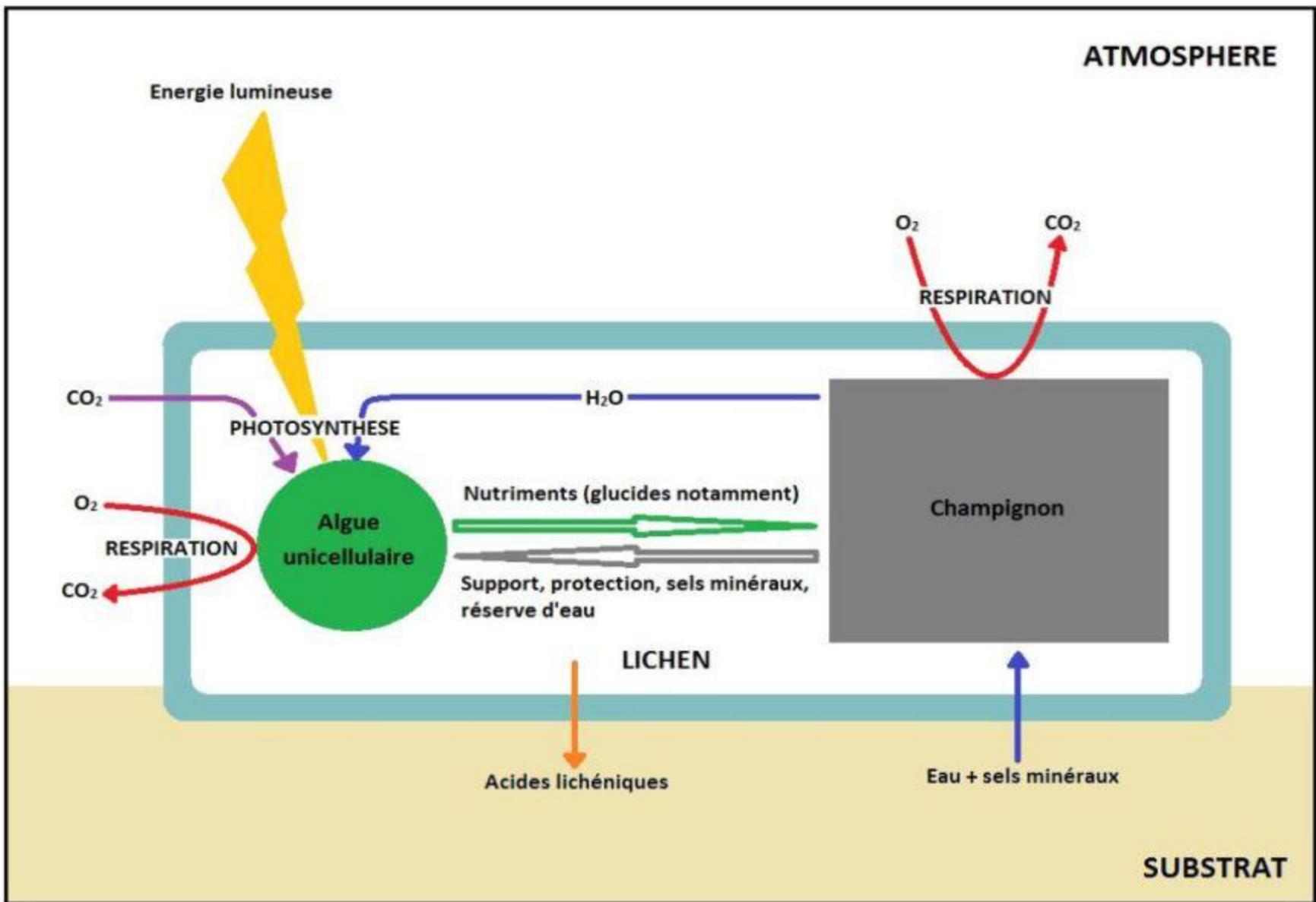


Schéma des échanges nutritionnels entre les cellules de l'algue et les cellules du champignon

Rôles des Algues

Production d'oxygène

Processus de la photosynthèse: les algues

libèrent l'O₂ contenu dans H₂O.

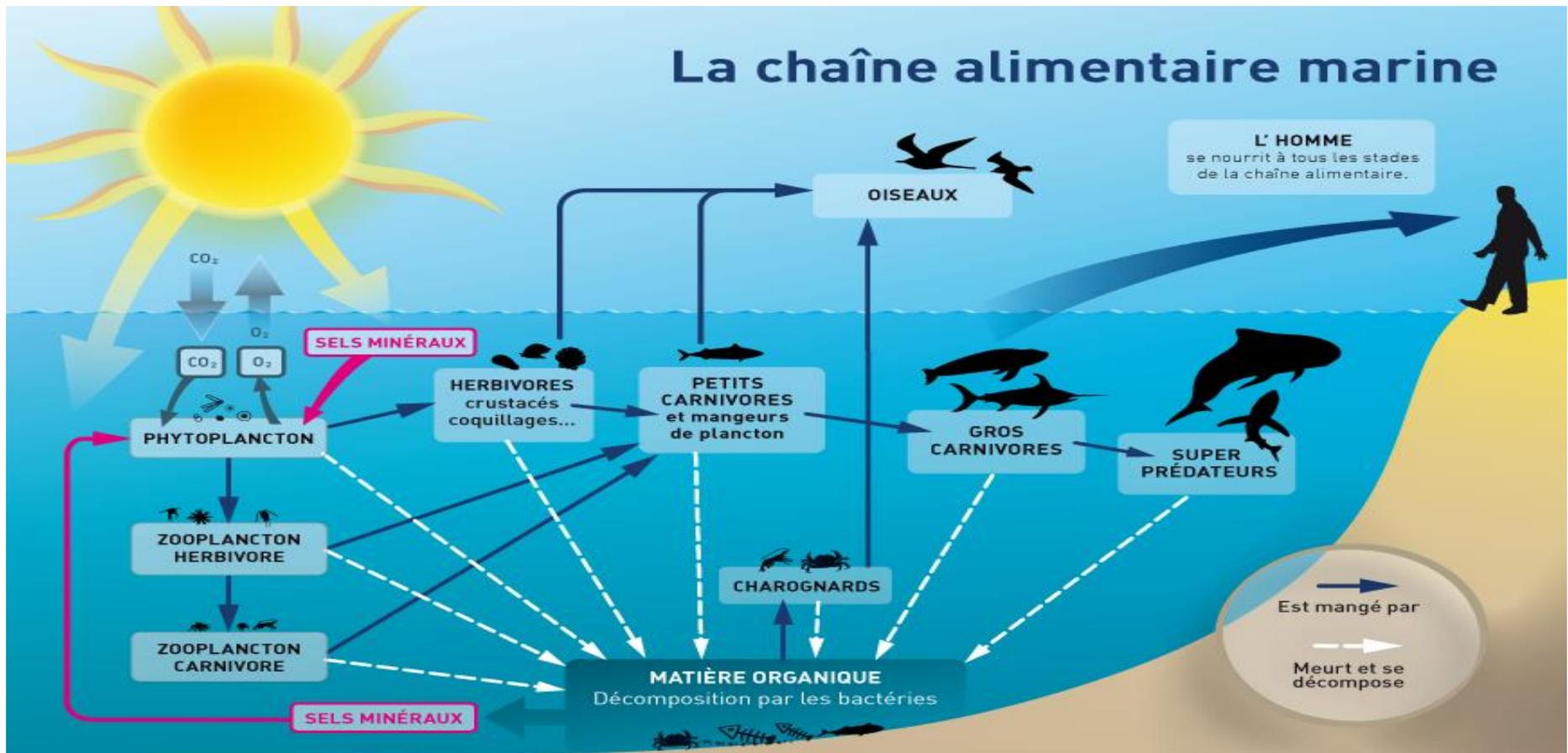
**L'oxygène libéré participe à la respiration des
organismes aquatiques.**

Source de nourriture

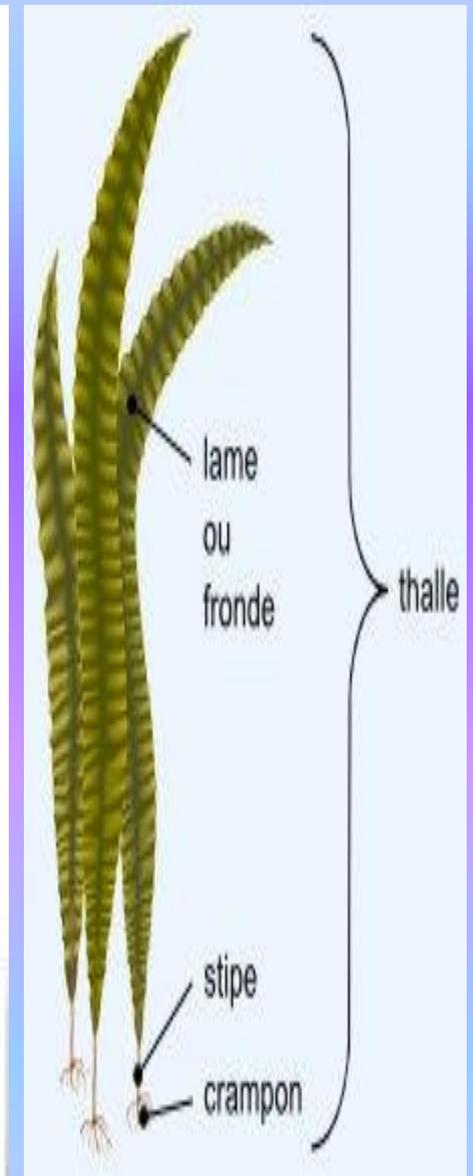
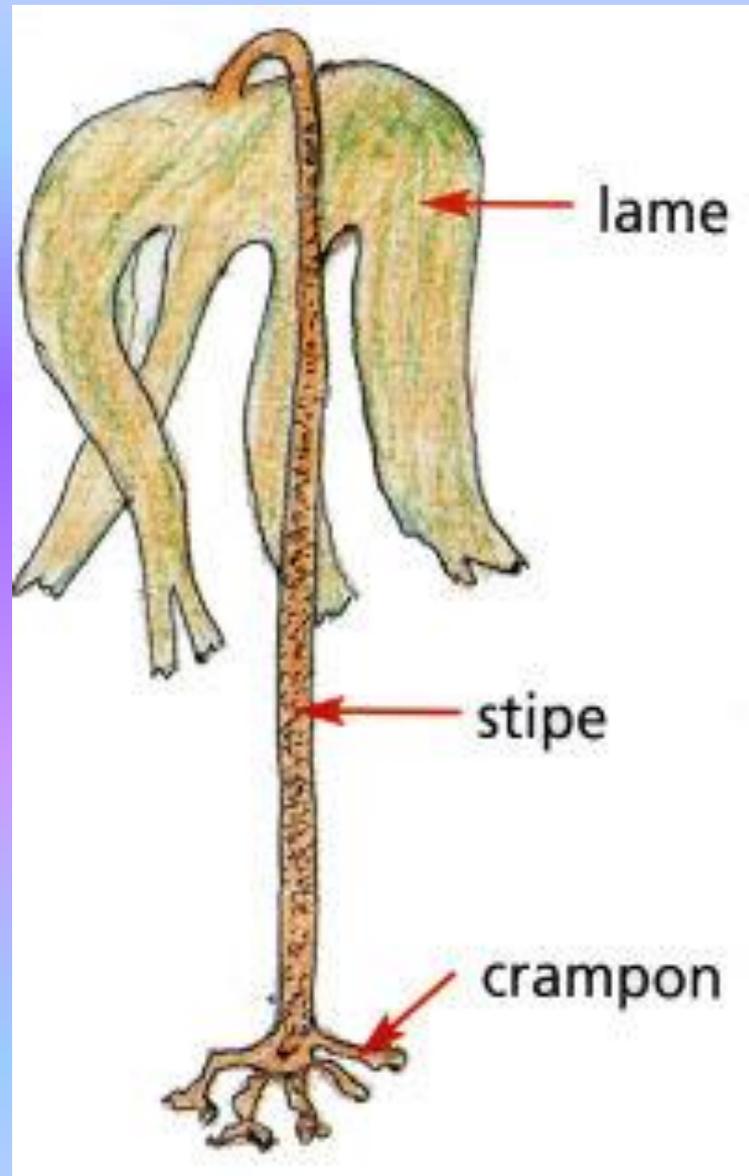
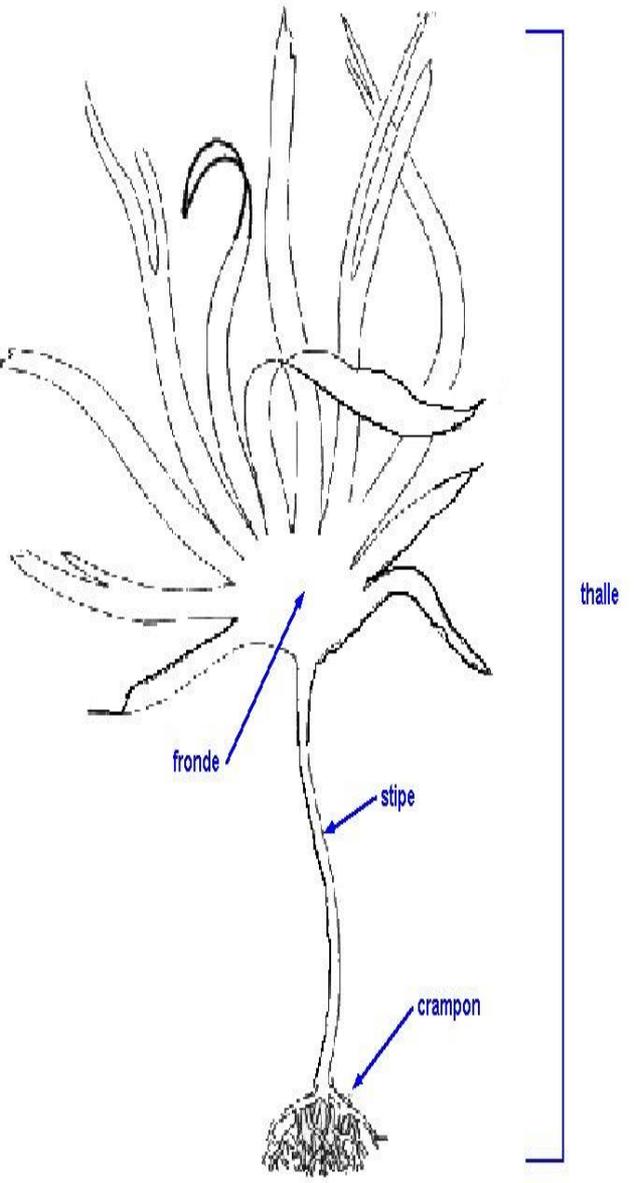
Premier maillon de la chaîne alimentaire

Un lieu de vie pour de nombreux animaux sous marins

Pompes à absorber le CO₂ et fournir de l'O₂ par photosynthèse.



Appareil végétatif



Morphologie

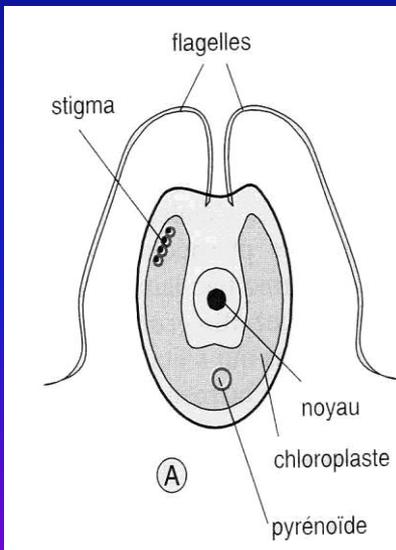
Thallophytes: différents types de thalles

D'**une cellule** unique jusqu'à un **grand nombre de cellules associées**.

- ❑ **Les thalles les moins élaborées** : unicellulaires, coloniaux ou filamenteux non ramifiés (**pas de communications cytoplasmiques** entre les cellules).
- ❑ **Les thalles intermédiaires** : filaments + ou - ramifiés, (**cellules communiquent** entre elles) avec une partie rampante et une partie dressée.
- ❑ **Les thalles fucoïdes (*Fucus*)**: complexes, ramifiés et très structurés.

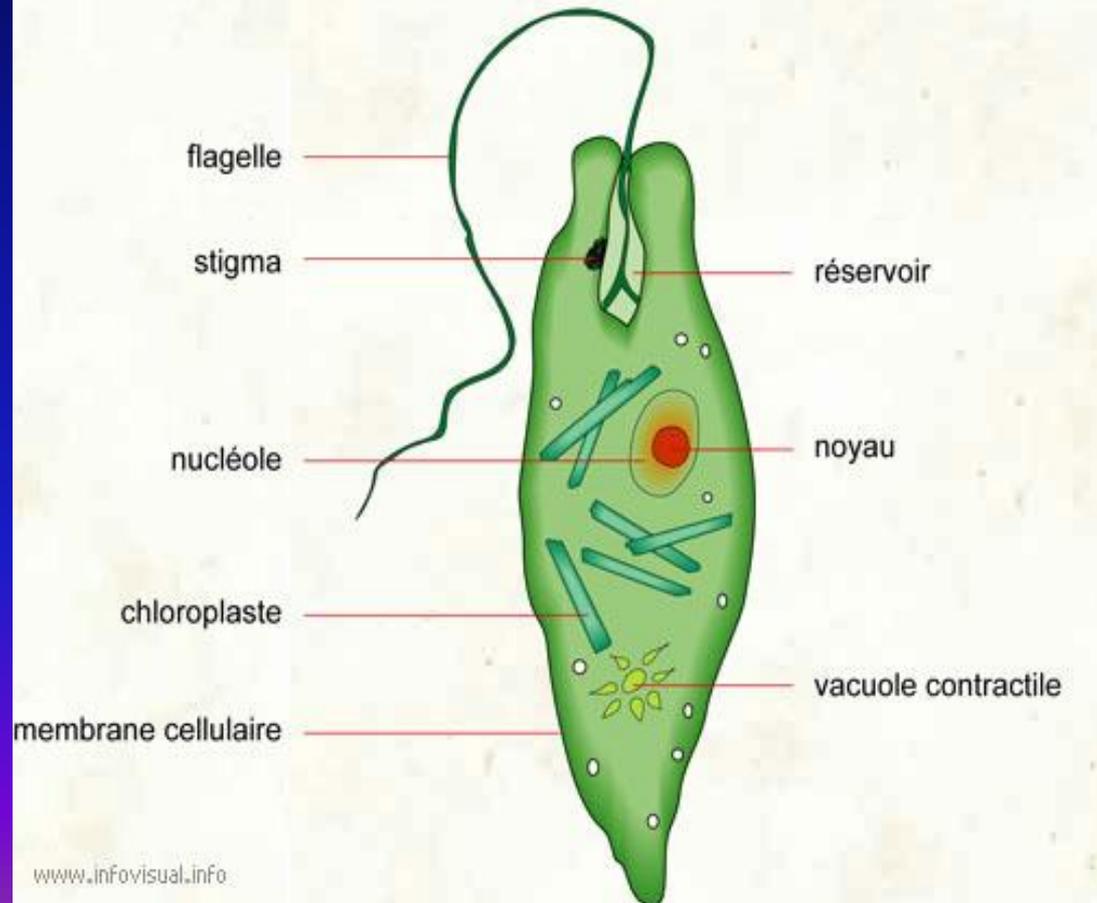
Morphologie

Thalle unicellulaire



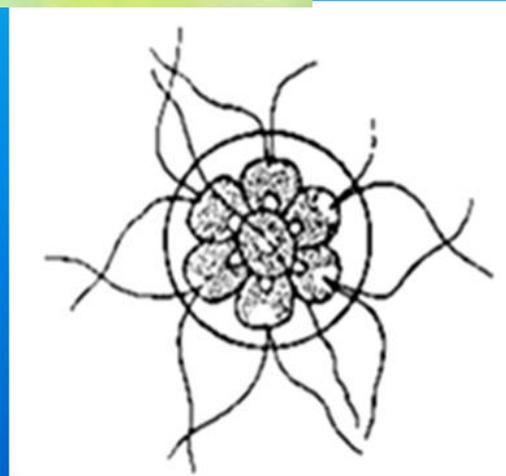
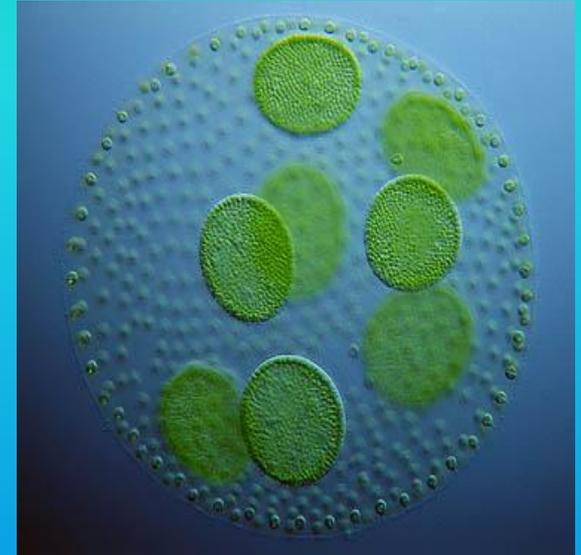
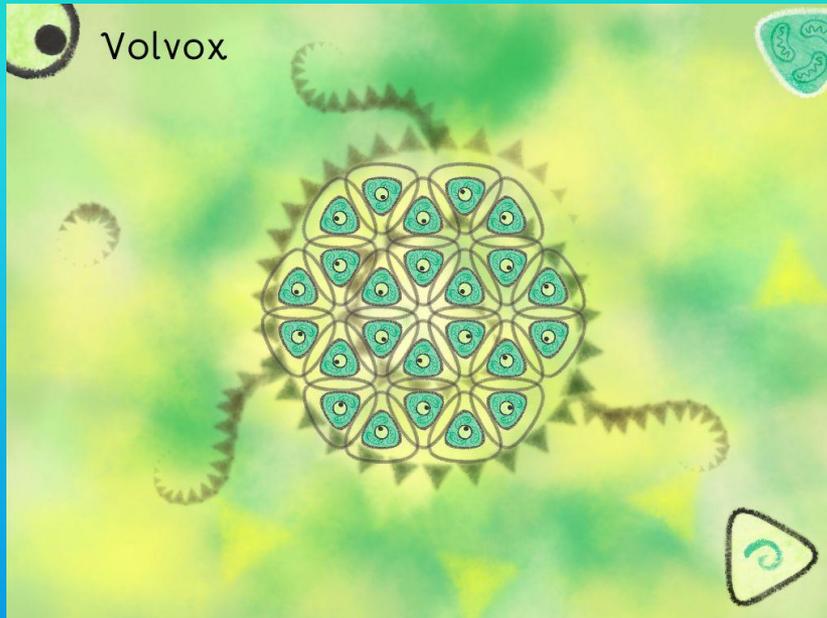
Chlamydomonas sp.

STRUCTURE D'UNE EUGLÈNE



Morphologie

Petite colonie de cellules

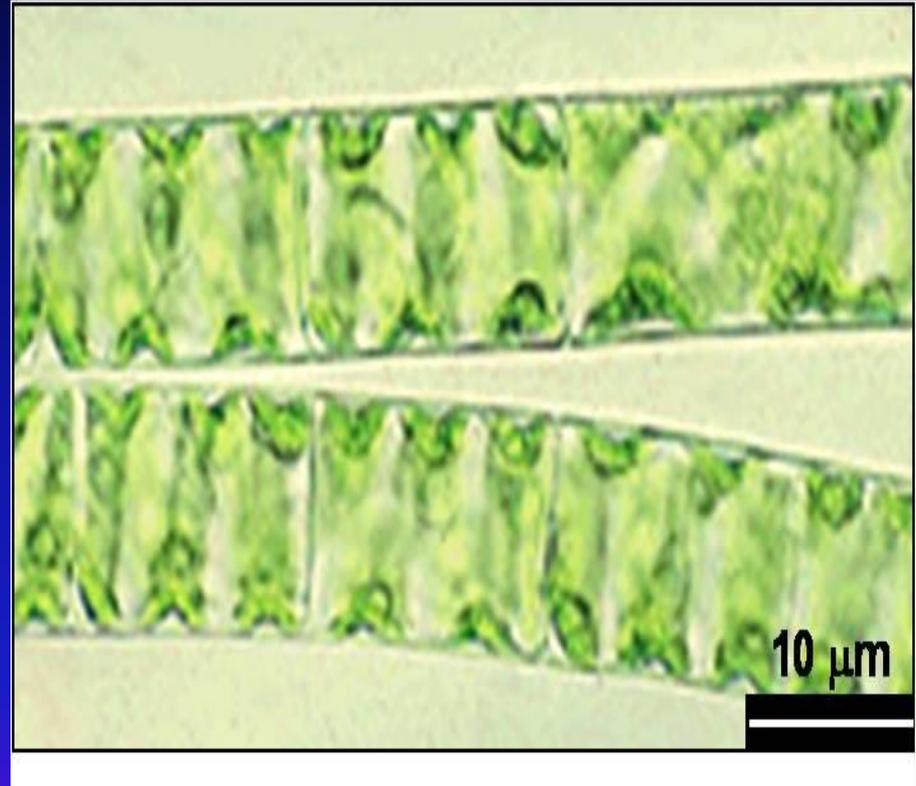


Morphologie

Thalle filamenteux



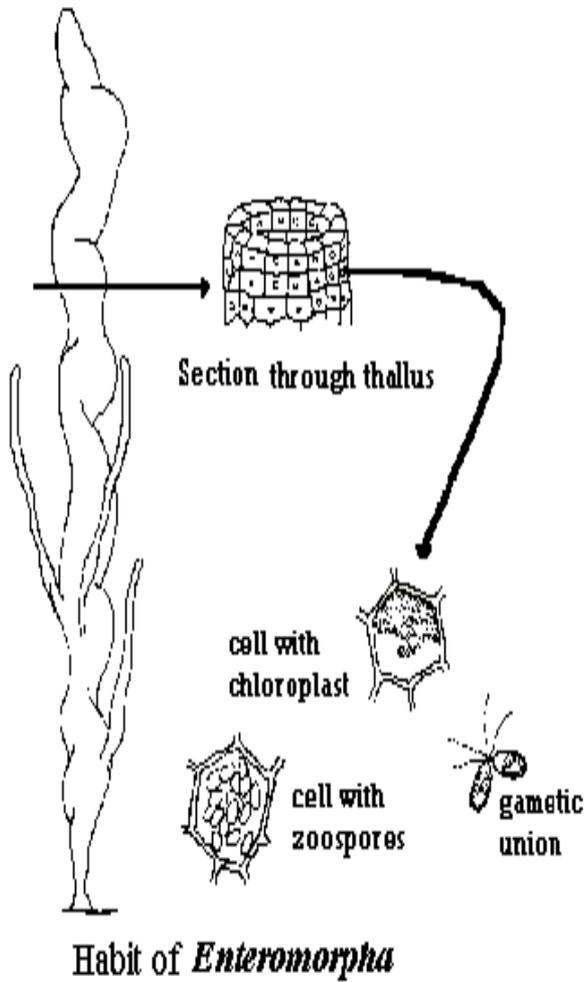
Oscillatoria sp



Spirigyra sp

Morphologie

Thalle tubulaire



Morphologie

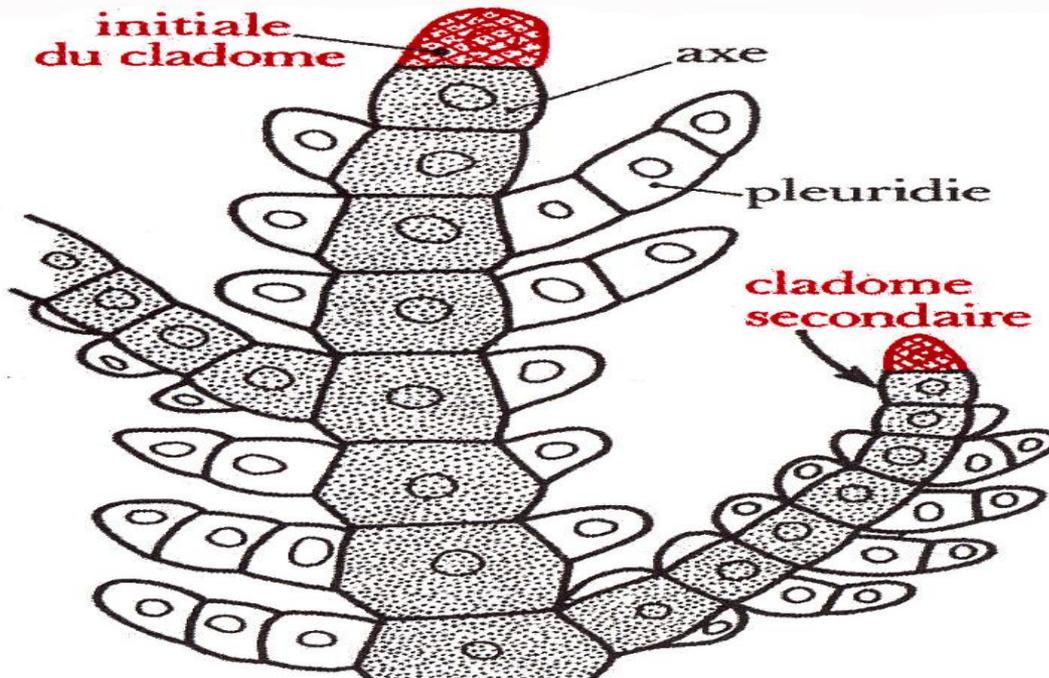
Thalle foliacé



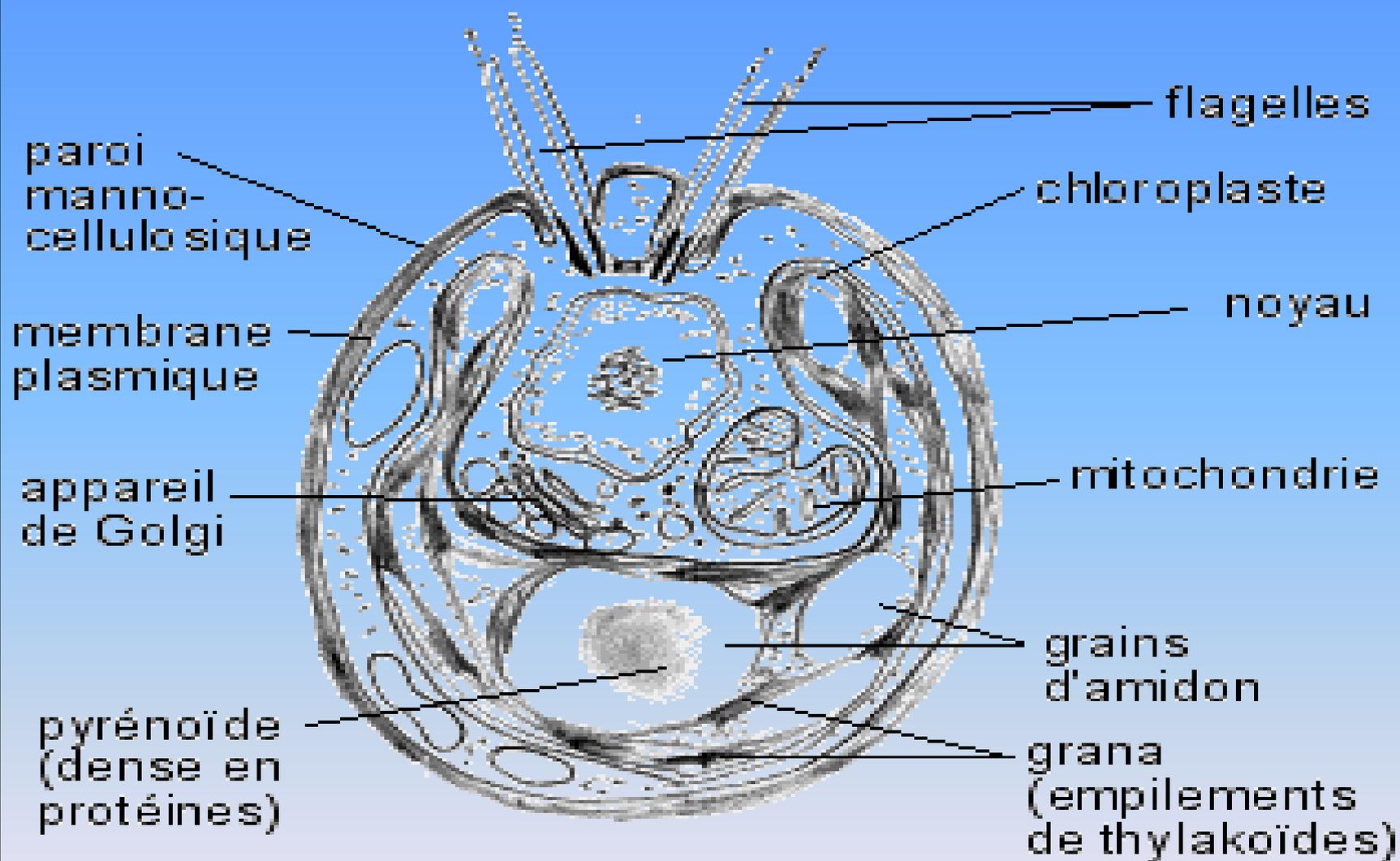
Morphologie

Thalle cladomien

- Un axe à croissance indéfinie : le cladome primaire
- Des cellules coaxiales desquelles partent des axes secondaires, les cladomes secondaires et qui portent eux-mêmes des axes à croissance définie : les pleuridies



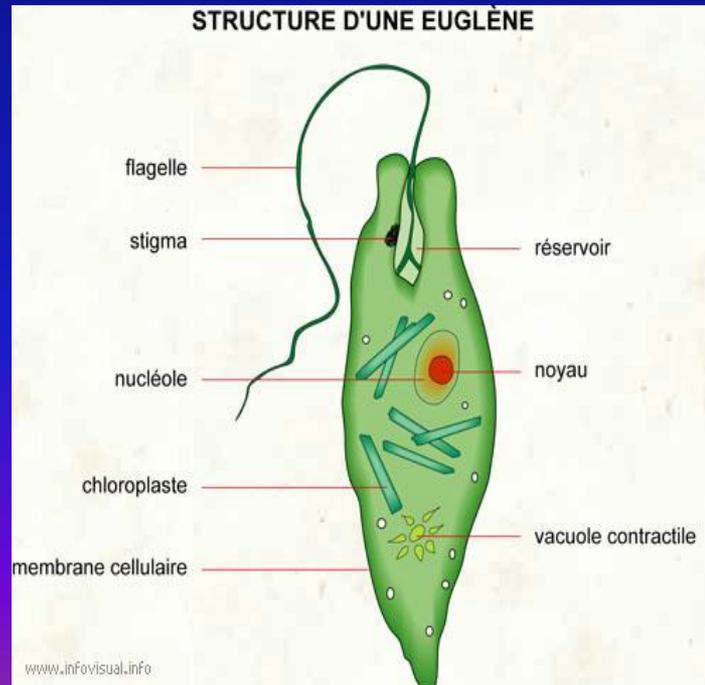
Structure des Algues



Ultrastructure de *Chlamydomonas*
(coupe, ME, $l \approx 100 \mu\text{m}$)

- Les cellules d'algues sont isolées ou en colonies plus ou moins structurées.
- Paroi composée de **cellulose** (exception: les Euglènes, pas de paroi rigide)
- La chlorophylle est contenue dans des chloroplastes chez les eucaryotes et dans des **membranes lamellaires** chez les **cyanobactéries**.

- Certaines algues unicellulaires mobiles (Euglènes, *Chlamydomonas*) possèdent un stigma, tâche orangée (photorécepteur et locomoteur).
- Les flagelles: présents en permanence chez certaines cellules (*Chlamydomonas* ou les Euglènes).
- Chez d'autres espèces, les flagelles sont absents ou présents seulement sur les spores.



Utilisation des Algues

Utilisation agroalimentaire

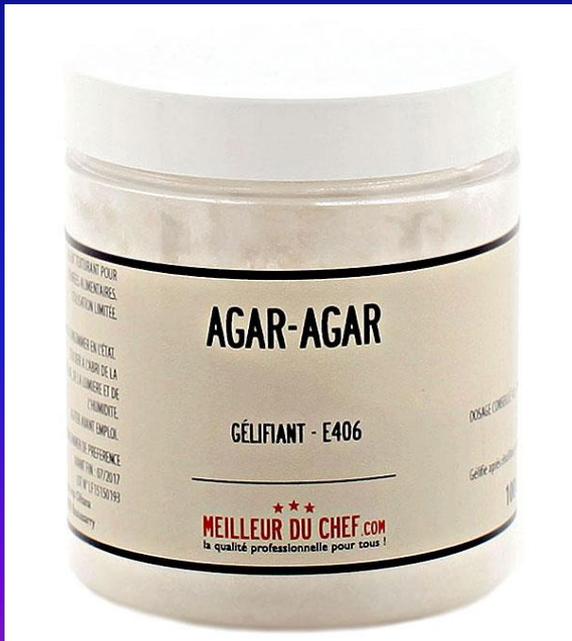
- **Les carraghénanes**

- Polysaccharides extrait d'algues rouges servant d'agent d'épaississement et de stabilisation dans l'industrie alimentaire.
- Pouvoir gélifiant particulièrement élevé dans les laits et les viandes ; utilisés dans les **préparations lactées** (crème dessert, glace laits chocolatés..) et les **conserves** (alimentations pour animaux).



• L'agar

- Gélifiant dans l'agroalimentaire (60 %) sous forme de nappages, ou de matrice pour les confiseries
- Outils de laboratoire (milieux de culture)
- Composant pour l'industrie pharmaceutique pour l'enrobage de médicament, laxatif



- **Matrice calcaire**

- Supplément calcium dans l'alimentation « Soja et calcium d'origine végétale »

- Prothèse osseuse



- **Alimentation directe**

Laitue de mer (*Ulva Lactuca*), spaghetti de mer, pain à la farine d'algues (algues séchées), pâte d'algues



Chimie fine



Cosmétique/Pharmacie : agents texturants, actifs

Nutrition animale

Farine ou tourteaux



Utilisation agronomique

- Amendement calcaire pour les terres acides (Maërl)



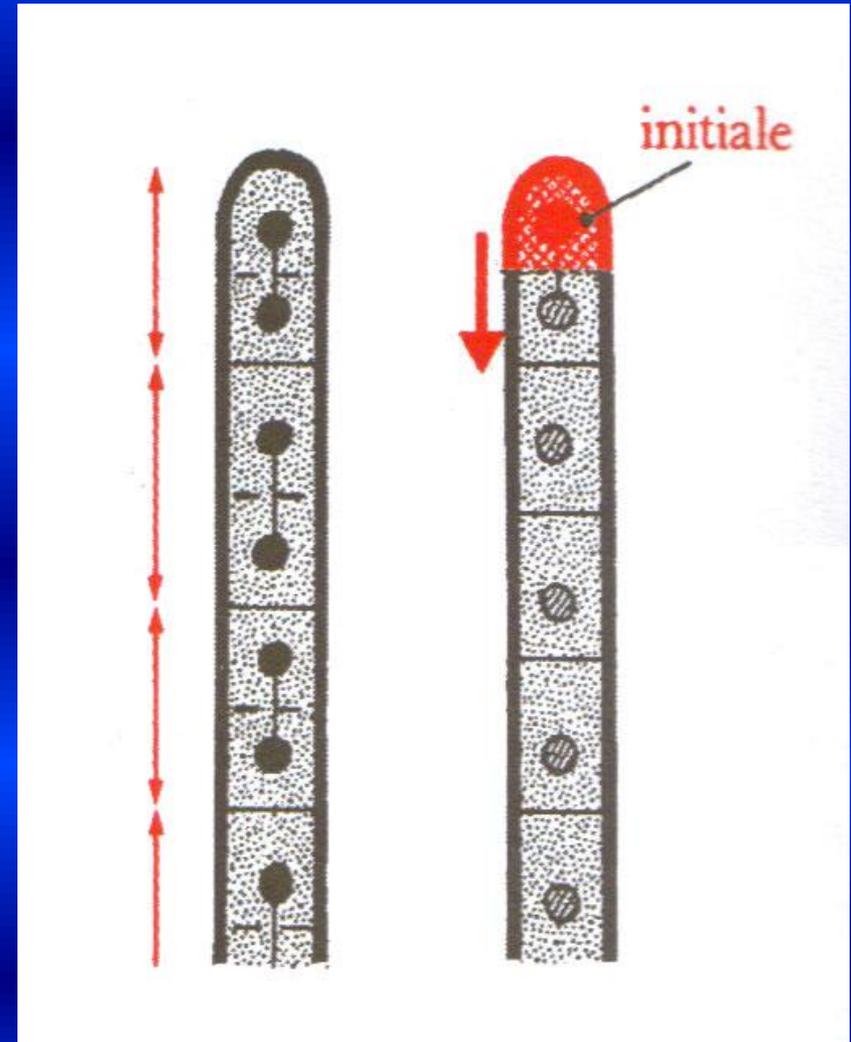
Croissance

La croissance chez les algues

Modes de croissance

A. Croissance apicale

Division limitée à certaines
cellules, les cellules
initiales, localisées à
l'apex du thalle



Croissance / A- C. apicale

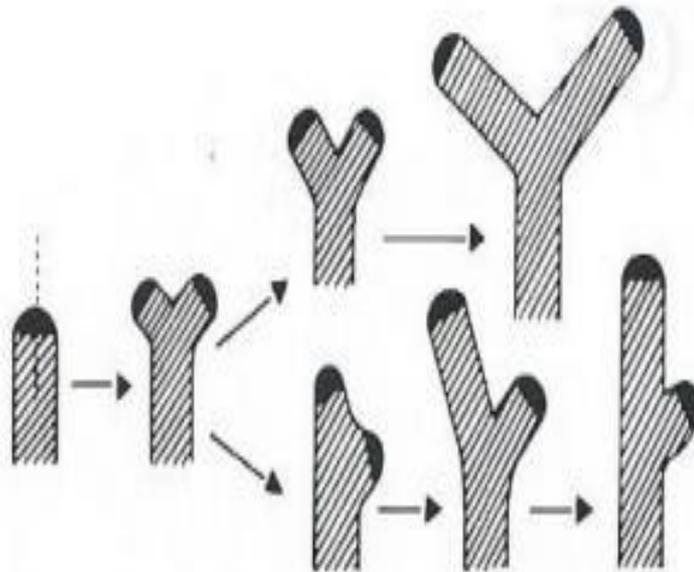
Ex : *Sphocelaria*



La croissance chez les algues

B. Croissance apicale dichotomique

- Division latérale de la cellule apicale
- Existe chez tous les types de thalles
- Formation de 2 axes de même diamètre



*Ramification dichotomique,
isotone (en haut) et anisotone (en bas)
(in EMBERGER, 1960).*

Croissance / B- C. apicale dichotomique

Fucus



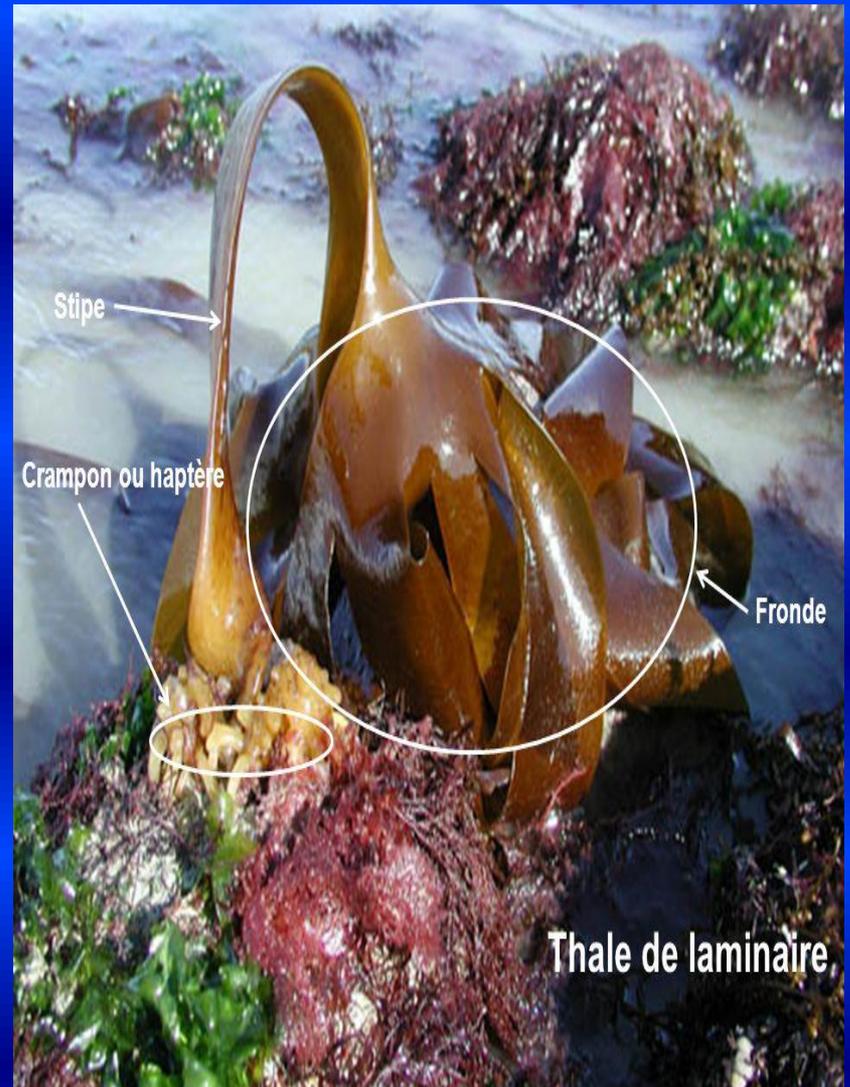
Dictyota dichotoma



La croissance chez les algues

- C. Croissance intercalaire

Méristème à la frontière
stipe-fronde



Croissance / B- C. apicale dichotomique

- Ex: *Laminaria*

Formation du nouveau méristème tous les ans.

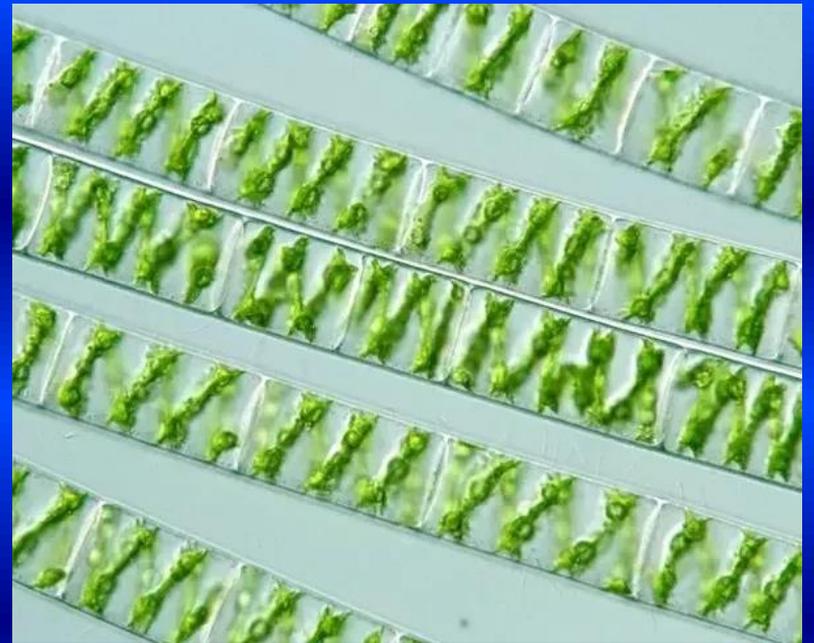
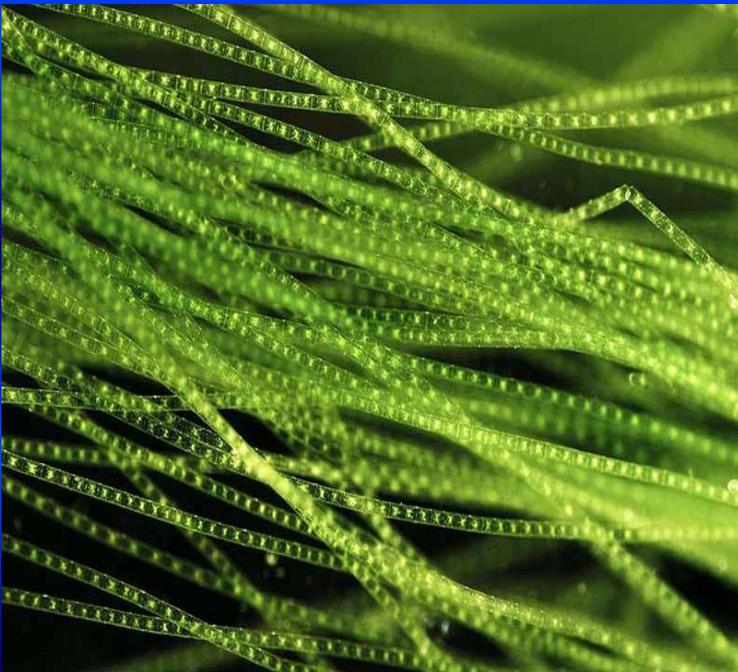


La croissance chez les algues

D. Croissance diffuse

- Pas de zone spéciale de croissance, toutes les cellules peuvent se diviser.

Ex . *Spirogyra*



Multiplication des algues

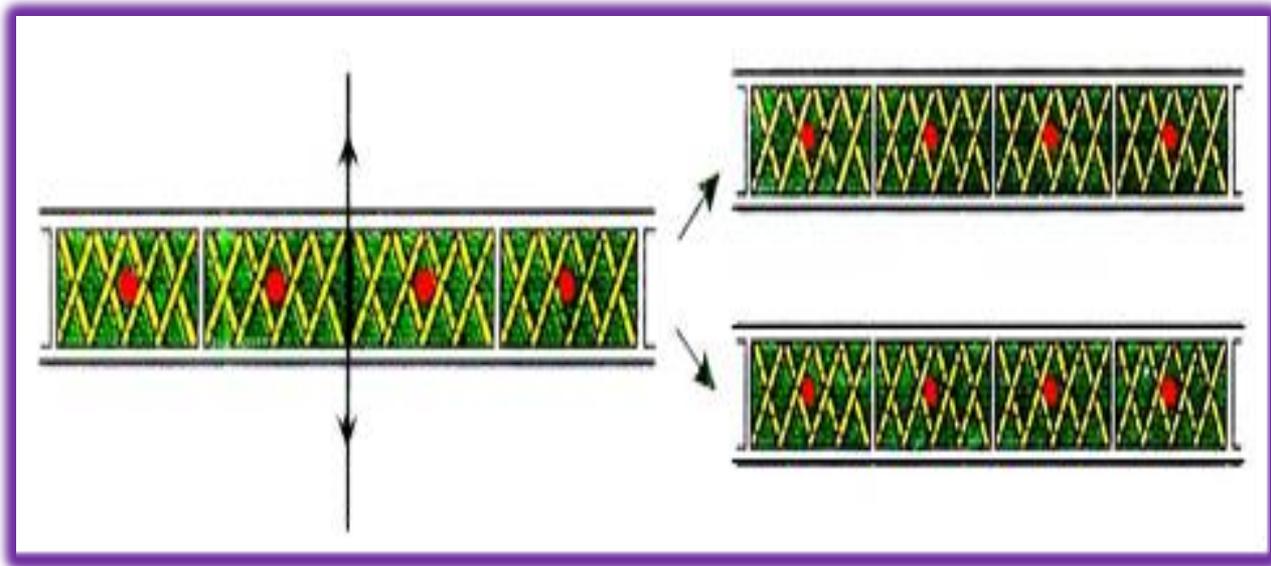
Cycle de vie des algues: 2 phases;

- Sporophytique**
- Gamétophytique**

Multiplication végétative

- **Division mitotique des espèces unicellulaires**
- **Fragmentation de thalle**

Chaque fragment régénère un thalle



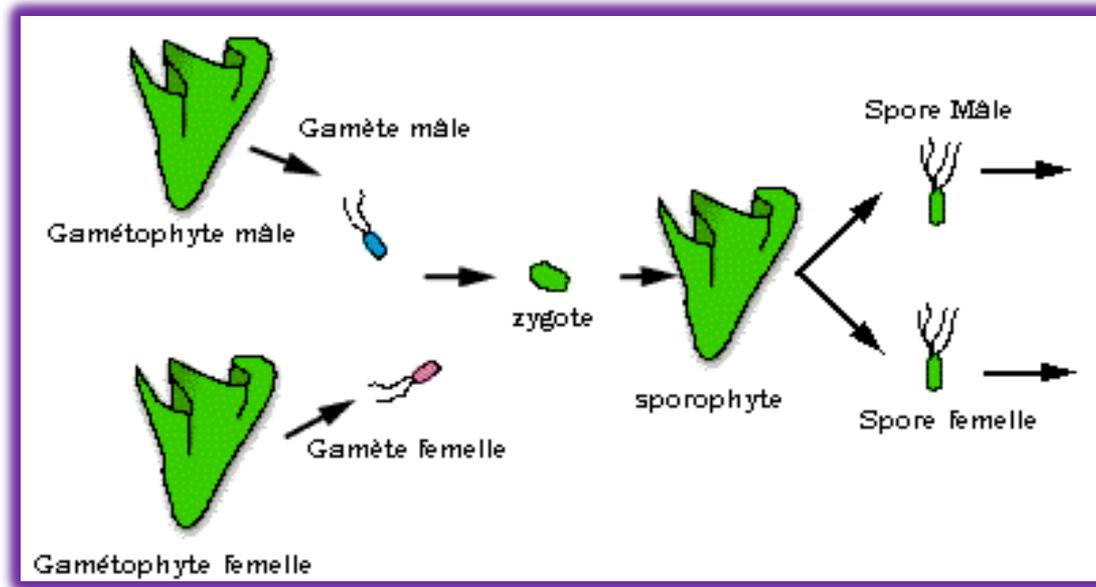
Fragmentation in Spirogyra

- **Reproduction asexuée par spores directes :**
 - **Formées à l'intérieur du sporocyste par mitose**
 - **Donnent des individus identiques au parent avec le même nombre de chromosomes**

Reproduction sexuée

- Modes de fécondation

- Isogamie



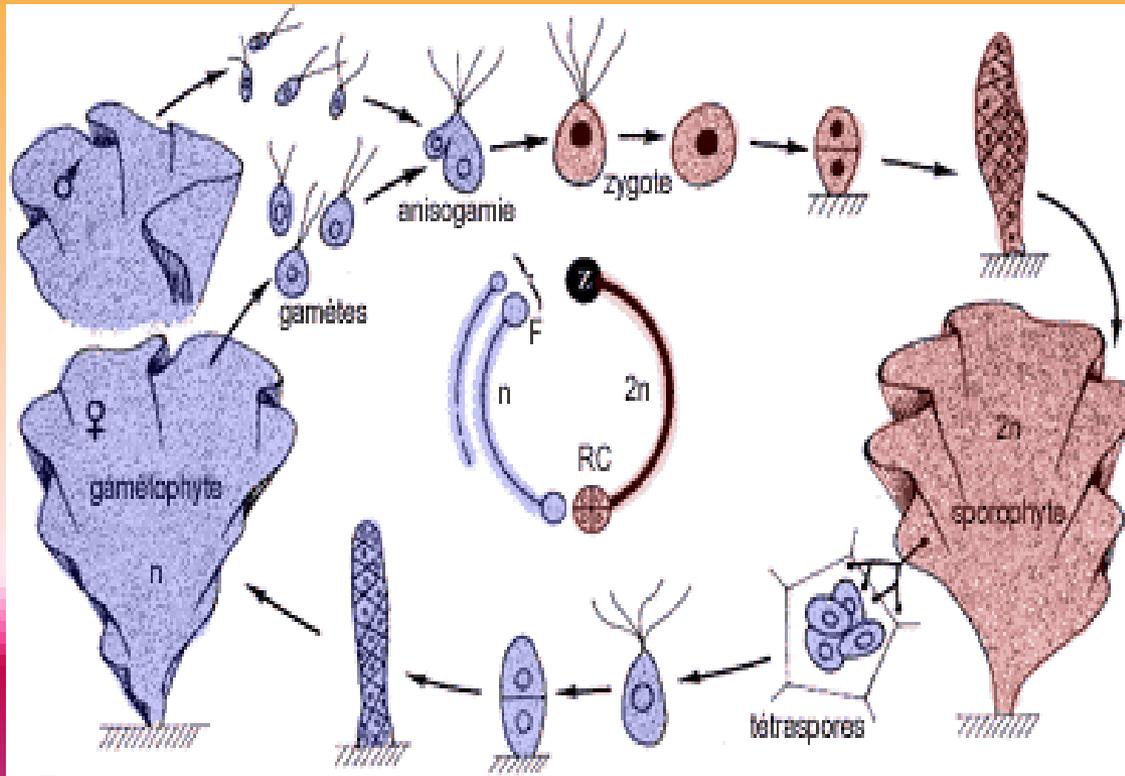
Exp.



Reproduction sexuée

- Modes de fécondation

- Anisogamie



Ulva lactuca



Reproduction sexuée

- Modes de fécondation

- Oogamie



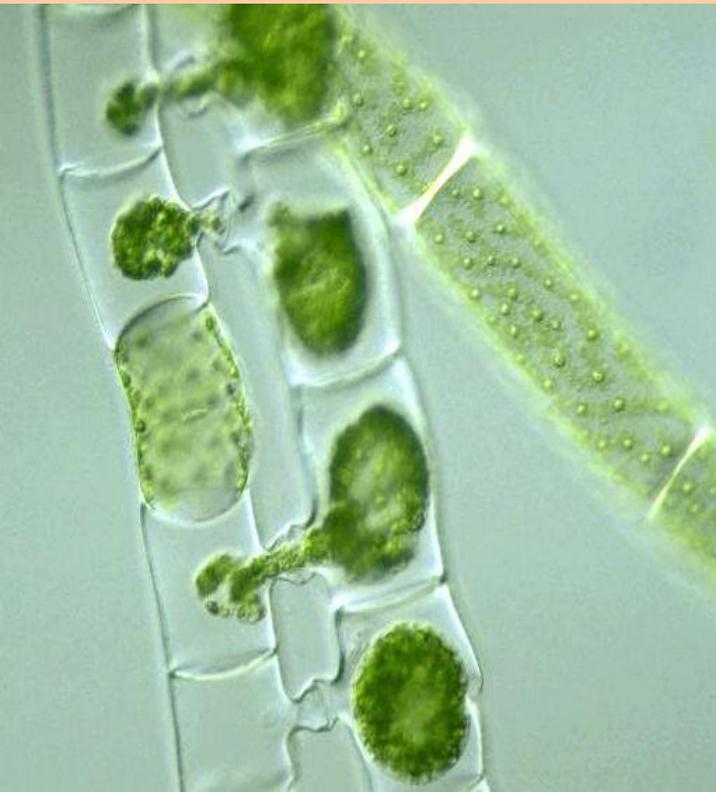
Fucus vesiculosus

Reproduction sexuée

- Modes de fécondation

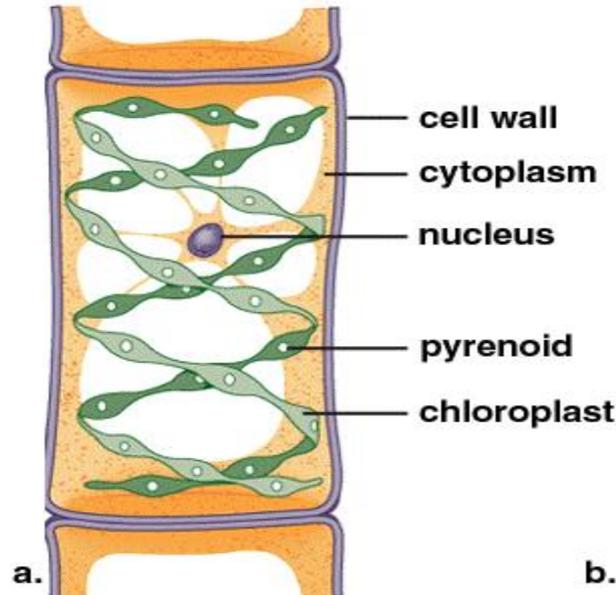
- Cystogamie

Formation d'un pont cytogamique
(ou pont de conjugaison) entre 2 filaments : gamètes
jamais libérés hors du thalle.



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

Spirogyra



20 μ m

© M.I. Walker/Science Source/Photo Researchers, Inc.

Reproduction sexuée

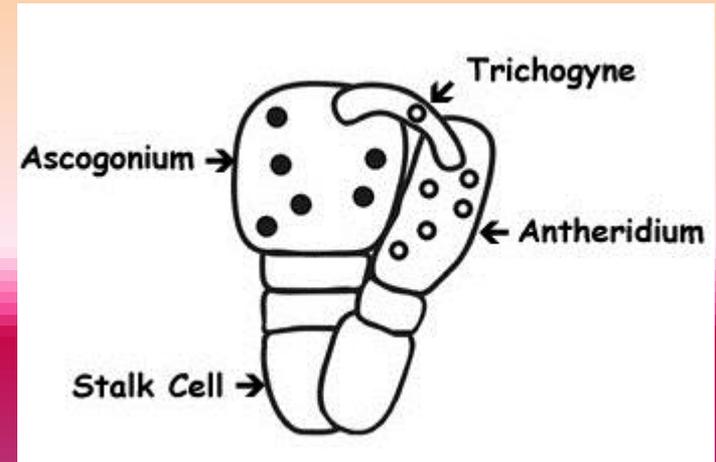
- Modes de fécondation

- Trichogamie

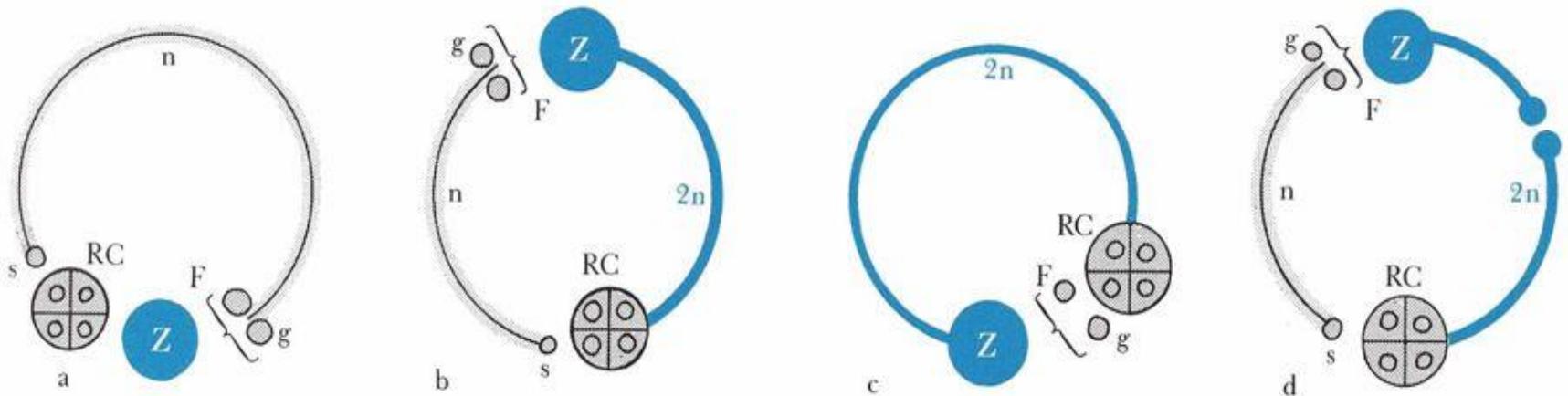
Le gamète femelle reste dans le gamétophyte, émet un poil : le trichogyne

Le gamète mâle sans flagelle (spermatie) se colle sur le trichogyne

Ex : Les Rhodophytes



Diversité des cycles de reproduction des algues



Cycles de développement.

- Cycle haplophasique (Chlamydomonas, Ulothrix, Spirogyre).
- Cycle haplo-diplophasique (Ulve, Dictyota).
- Cycle diplophasique (Fucus, Codium, Diatomées).
- Cycle à trois générations successives (Algues Rouges).

F, fécondation; **g**, gamètes; **RC**, réduction chromatique; **s**, spore; **Z**, zygote.

Reproduction sexuée

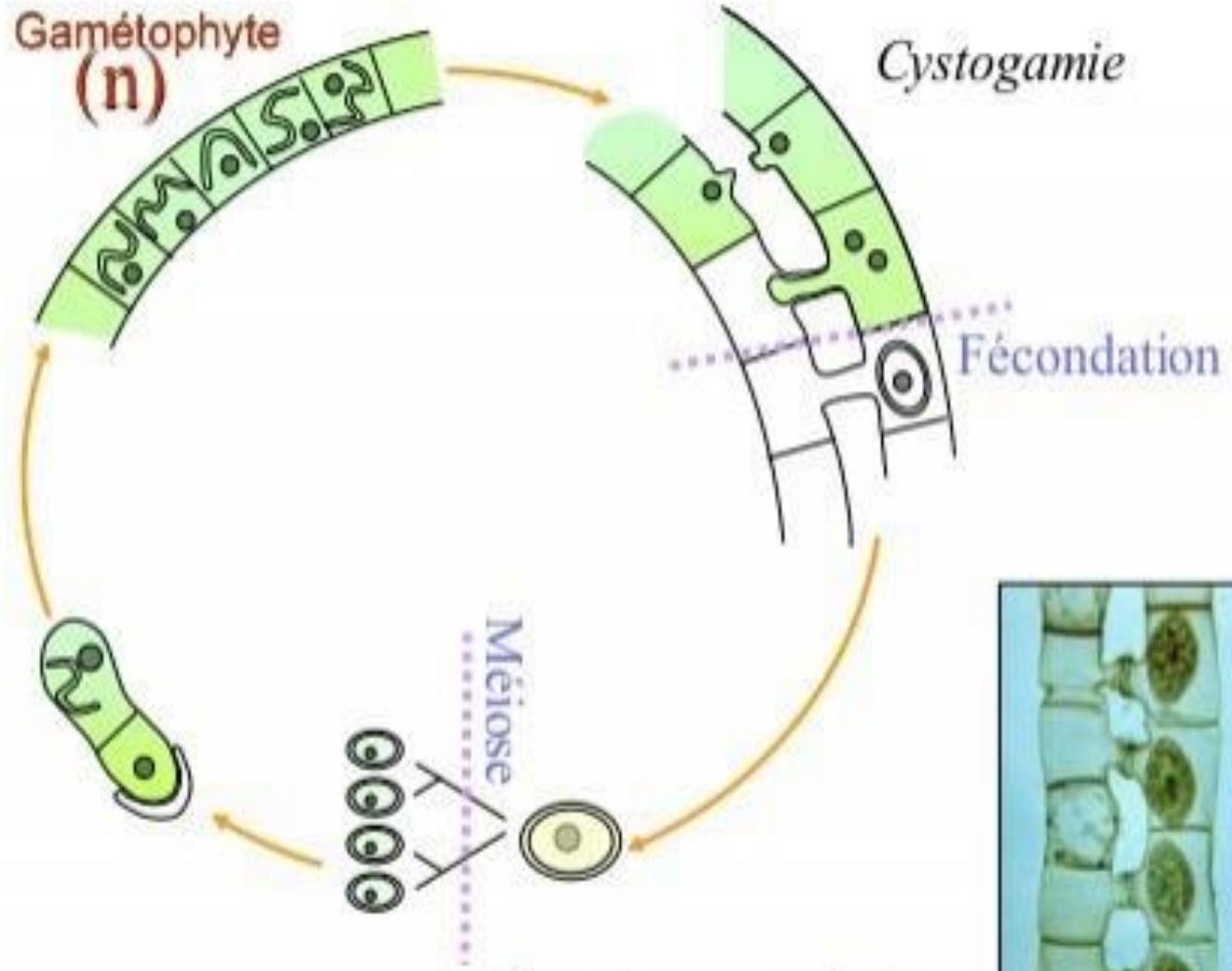
- Cycles de reproduction

- Cycle monogénétique haplophasique

L'exemple de la spirogyre (Chlorophycée) = Algue Verte
(Chlorophyte)



Spirogyra



Cycle monogénétique haplophasique
Cystogamie

Zygote = sporophyte
(2n)

Reproduction sexuée

- Cycles de reproduction

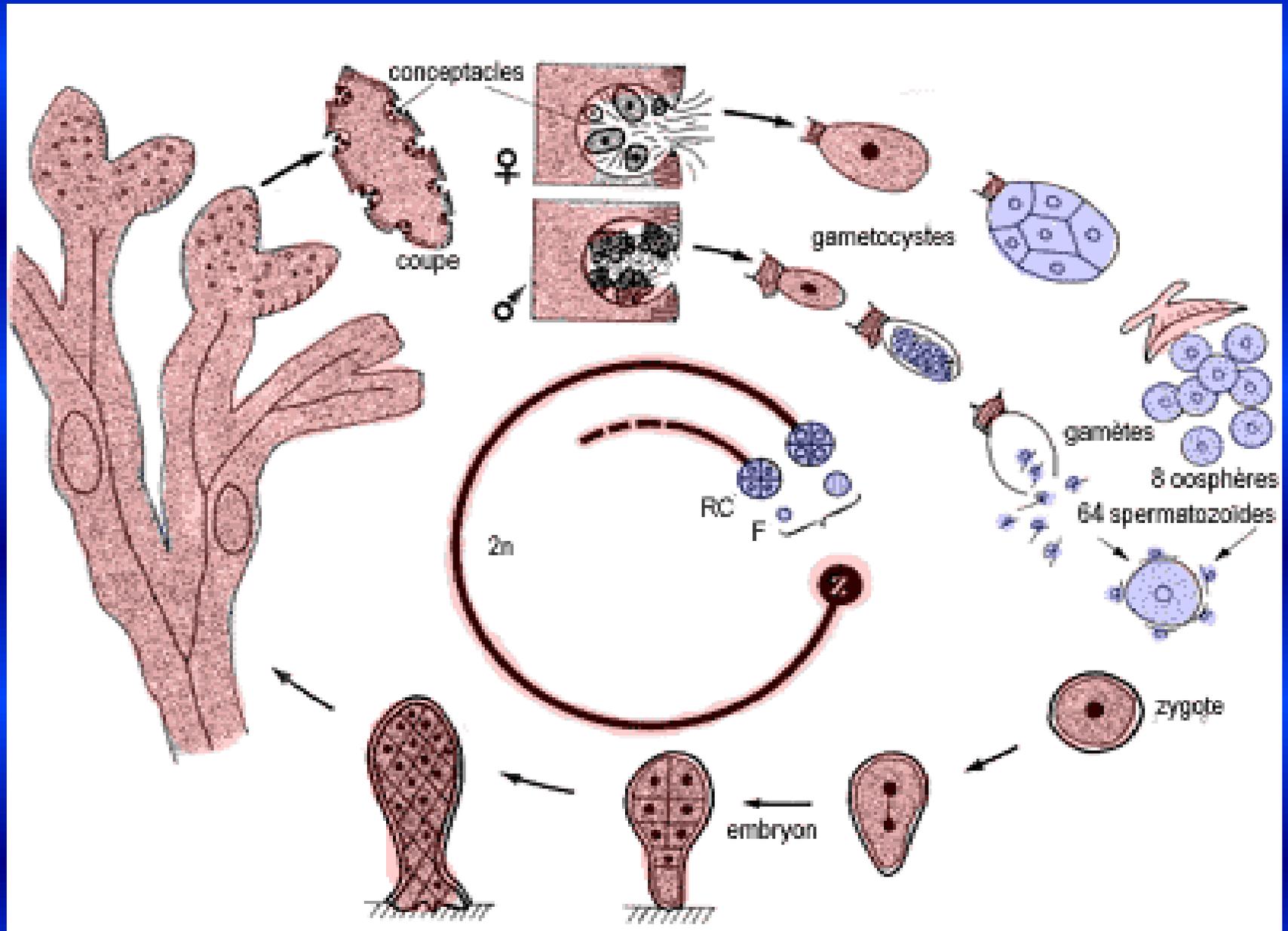
- Cycle monogénétique diplophasique

L'exemple *Fucus vesiculatus* (Phéophycée)

Algue brune (Chromophyte)



Reproduction sexuée/ monogénétique diplophasique



La reproduction sexuée d'une algue: le fucus vésiculeux

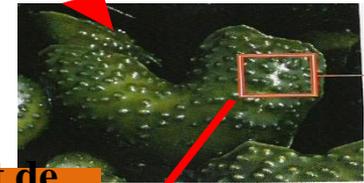
Le fucus est une algue marine
(bord de mer) sur les côtes rocheuses



Vers février-mars, les extrémités du fucus enflent, se couvrent de petits boutons et changent de couleurs: vert pour les pieds mâles et jaune pour les pieds femelles.

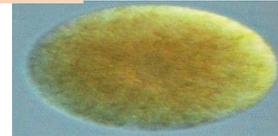


Renflement de pied femelle



Renflement de pied mâle

Ces renflements libèrent des gelées dans la mer. Ces gelées contiennent les cellules reproductrices mâles ou femelles.



Cellule reproductrice femelle

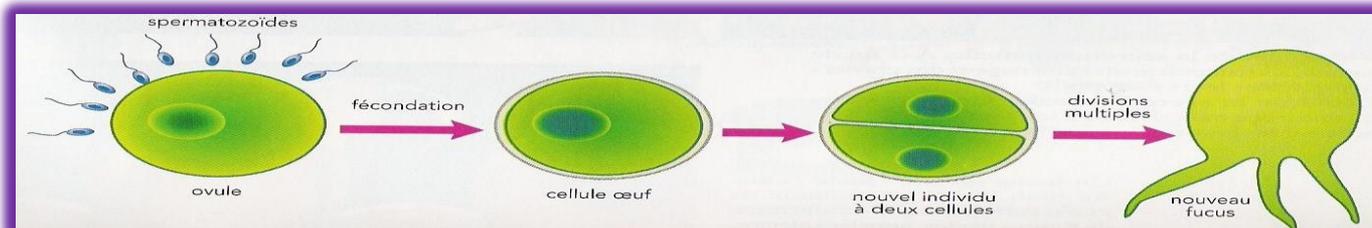


Cellule reproductrice mâle

Les cellules reproductrices vont se rencontrer dans la mer: la fécondation. La cellule œuf va se diviser et donner un nouveau fucus.



La fécondation

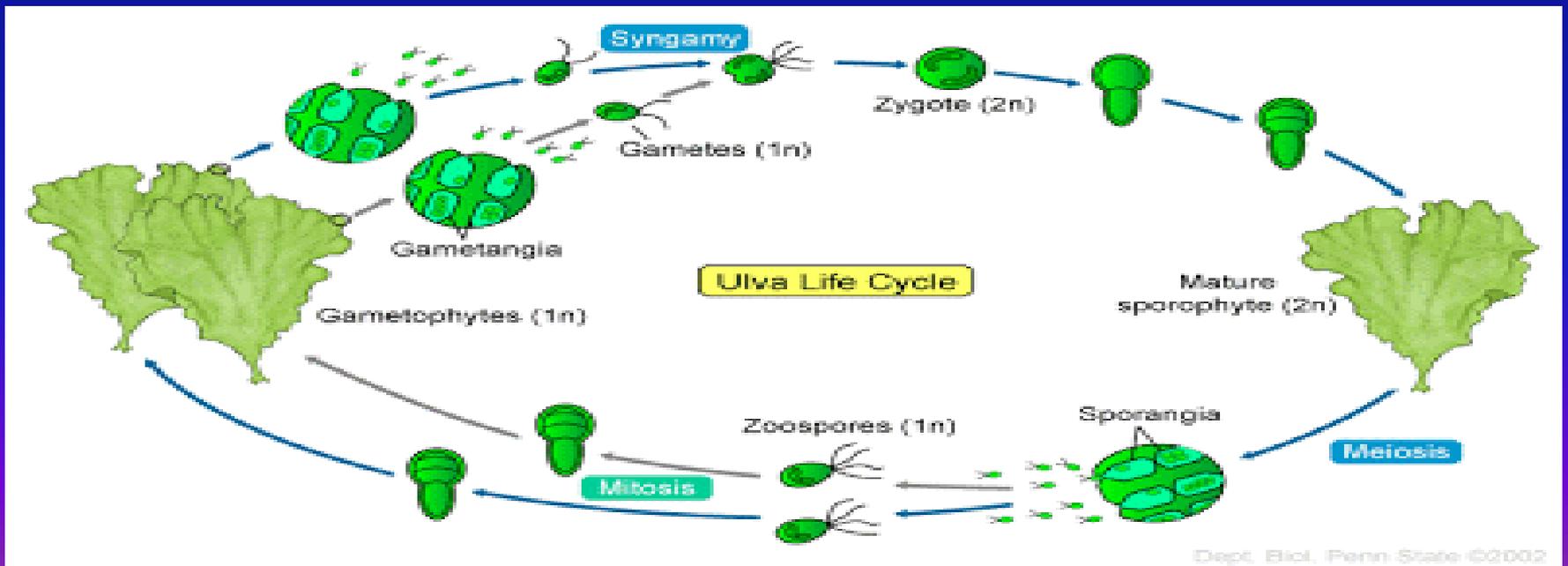
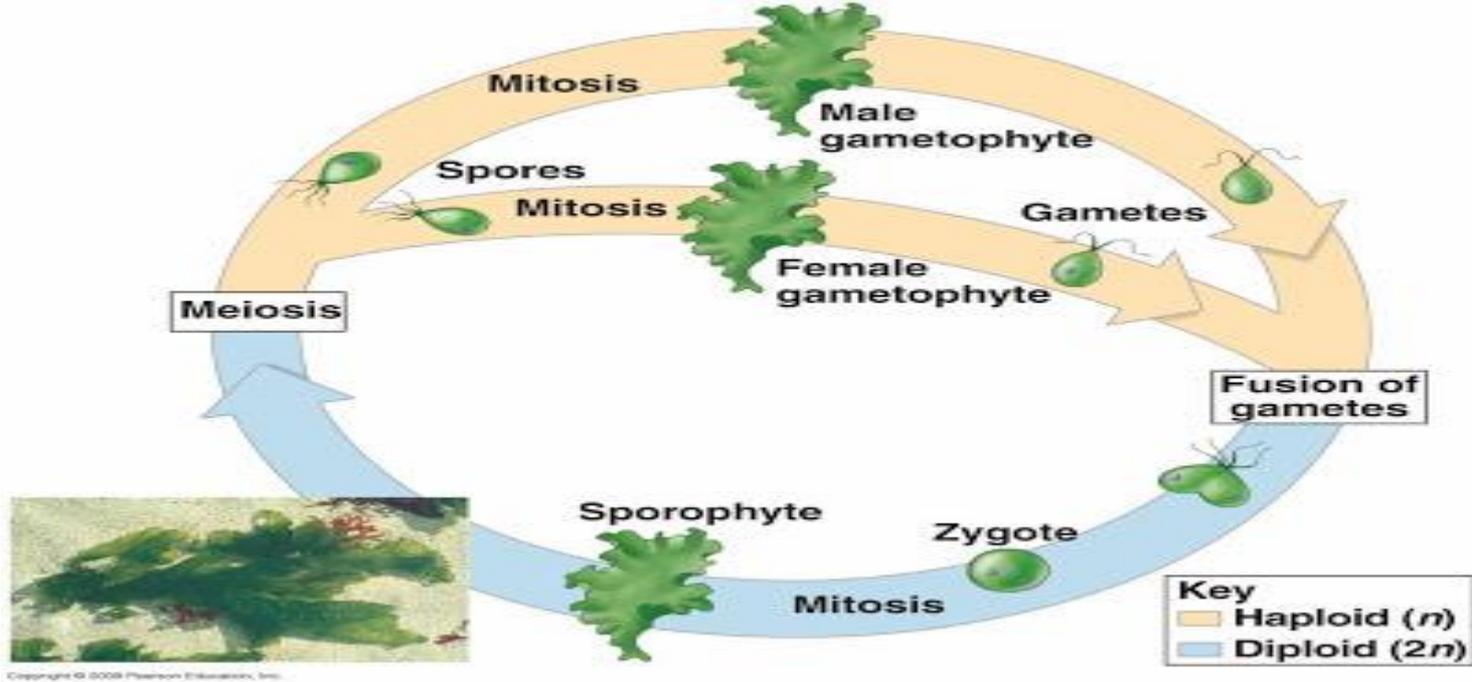


Reproduction sexuée

- Cycles de reproduction
 - Cycle digénétique

L'exemple *Ulva lactuca* (Chlorophycée)
Algue verte (Chlorophyte)





Reproduction sexuée

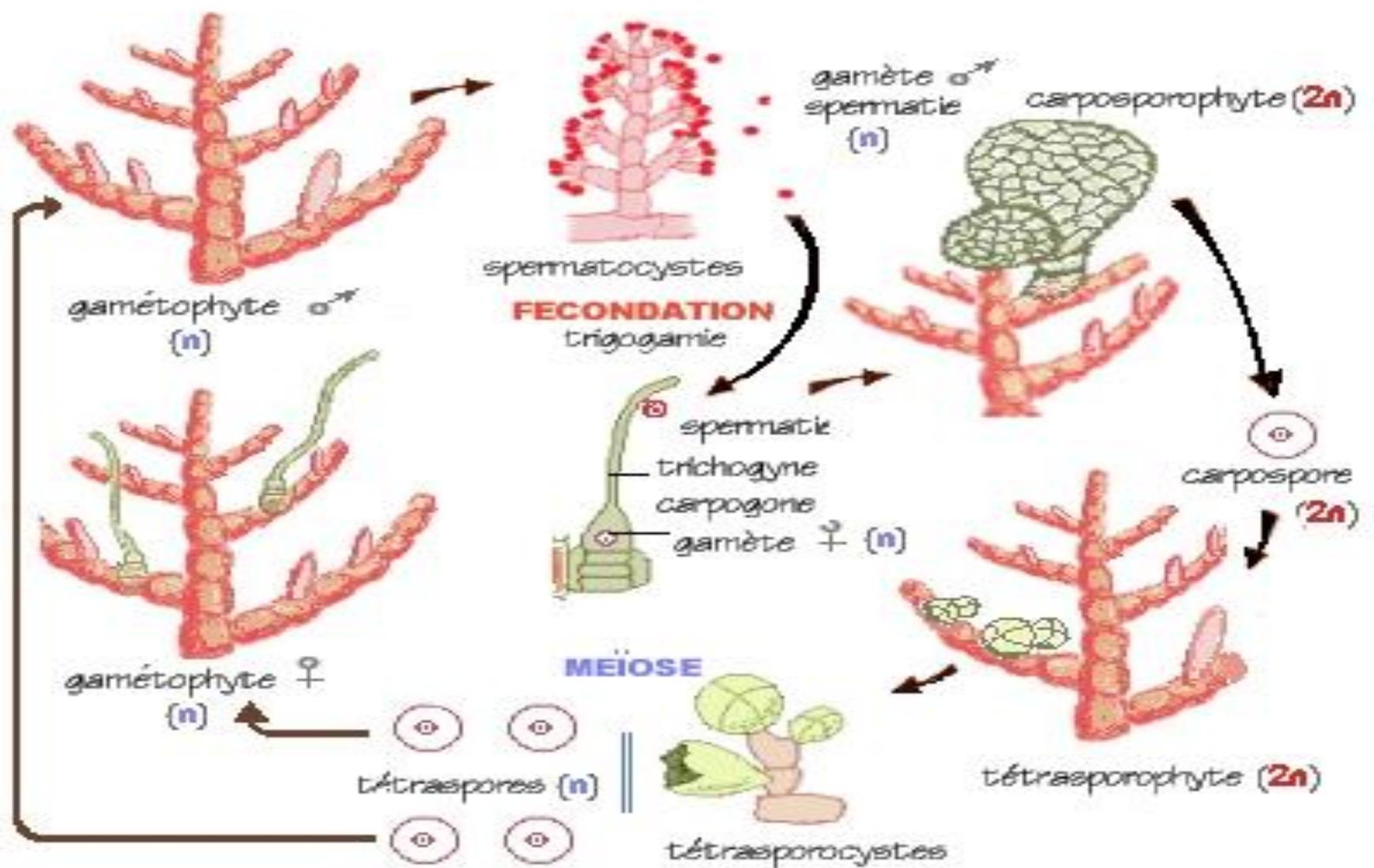
Cycles de reproduction

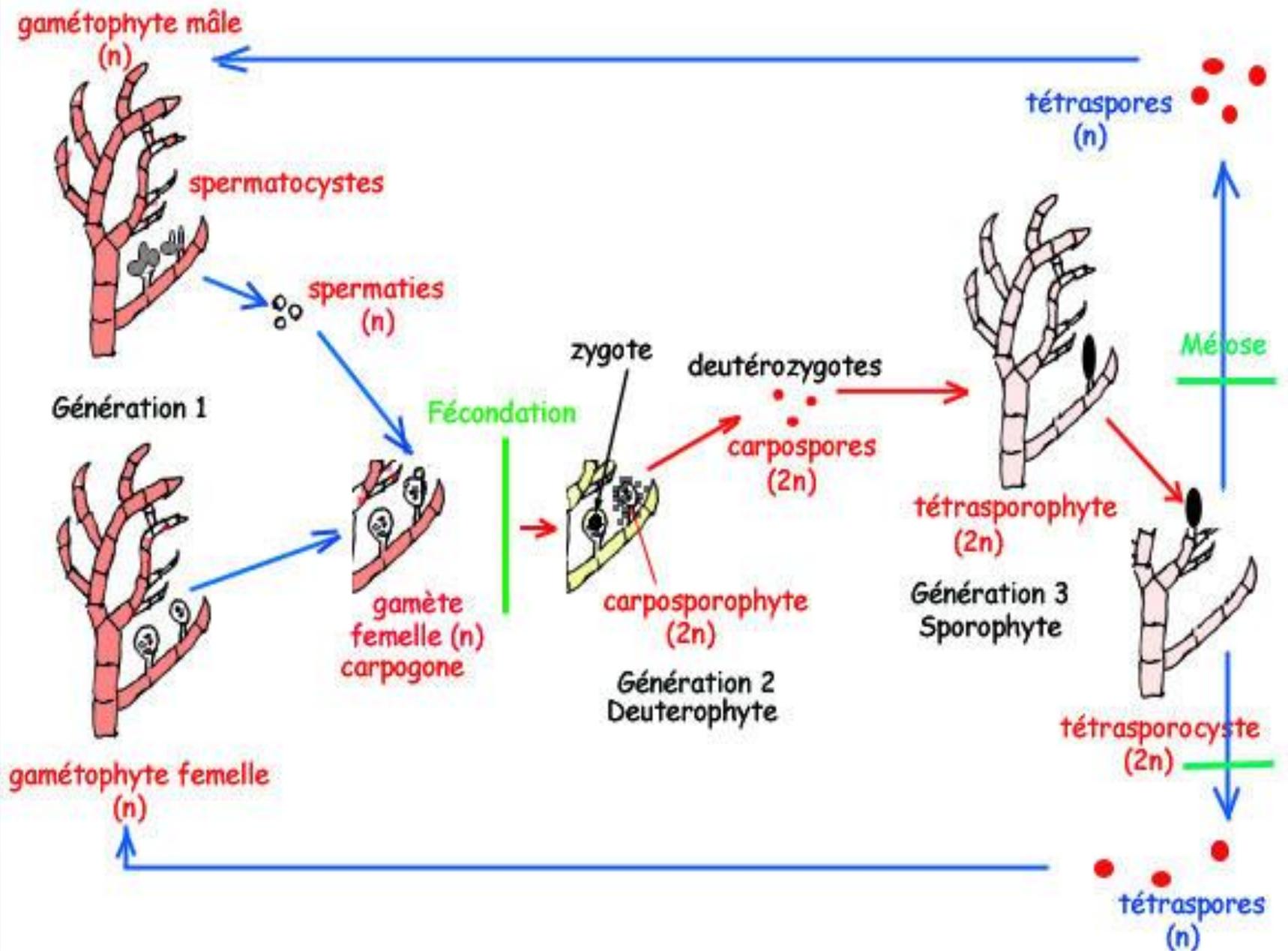
□ Cycle trigénétique

- Exemple de *Antithamnion plumula* (Rhodophycée)

Algue rouge (Rhodophyte)







- ❑ La génération sexuée est représentée par des thalles ou **gamétophytes à n chromosomes** producteurs de gamètes non flagellés qui par fusion donnent le zygote.
- ❑ La 2^{ème} génération **carposporophyte (ou deutérophyte) à 2n chromosomes** est issu du zygote. Ce dernier se divise de nombreuses fois et se développe en **parasite** sur le gamétophyte femelle donnant naissance à un organe **deutérophyte** qui engendre des carpospores (deutérozygotes)

Les deutérozygotes s'entourent d'une membrane protectrice et nourricière donnant des carpospores qui germeront pour donner de nouveaux thalles.

- ❑ la 3^{ème} génération ou **(tétra)sporophyte à 2n chromosomes** qui fournit des spores (tétraspores) d'où seront issus les gamétophytes.

Classification / groupes

Ce sont **les pigments**, chlorophylliens ou non, présents dans leurs tissus qui permettent de classer les algues en groupes.

➤ **Les algues vertes** (Chlorophycées) Chlorophylle A + B

Ulva lactuca

➤ **Les algues rouges** (Rhodophycées): *Euchema cottonii*

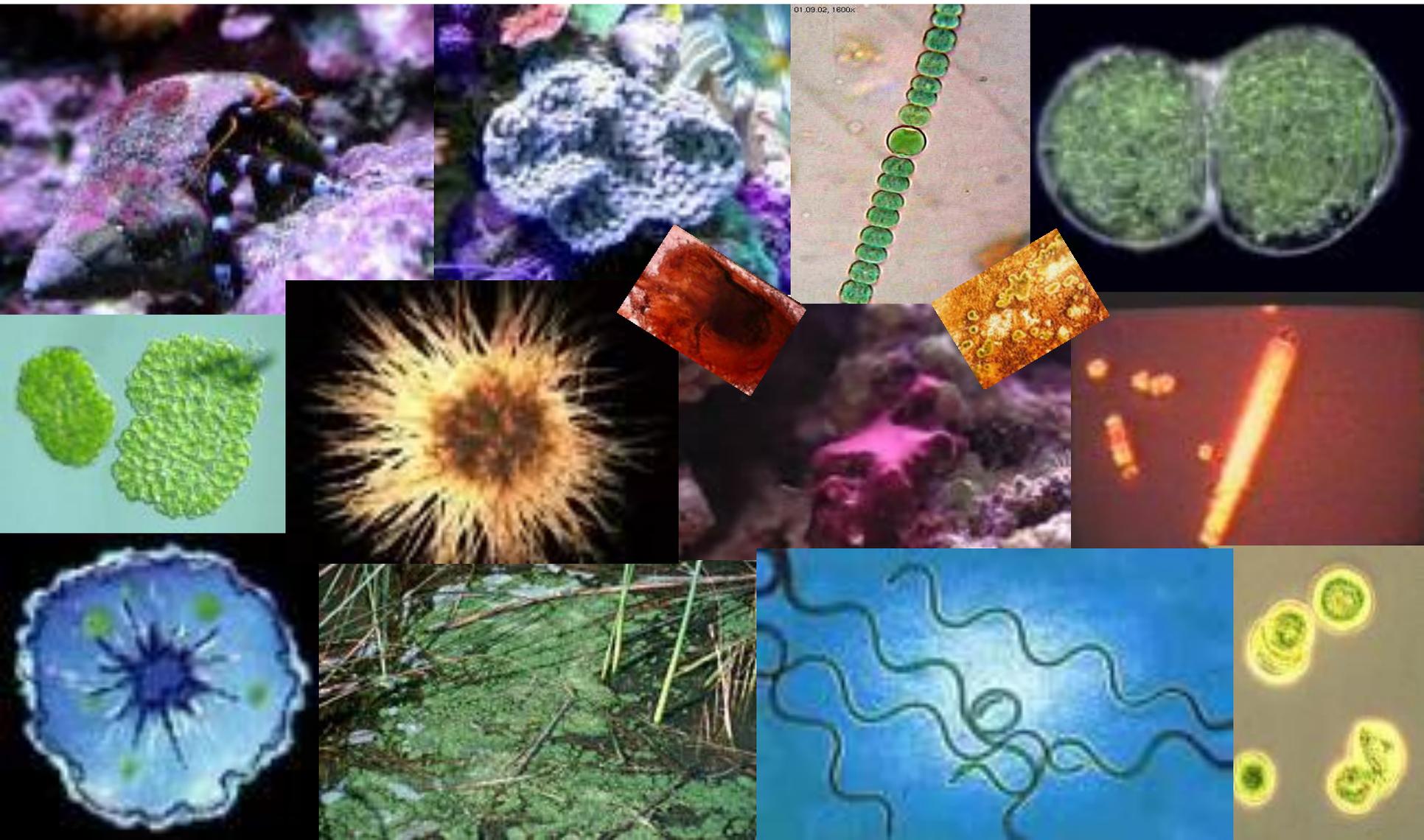
Chlorophylle A + D + Phycoérythrines + Phycocyanines

➤ **Les algues brunes** (Phéophycées): *Ascophyllum nodosum*

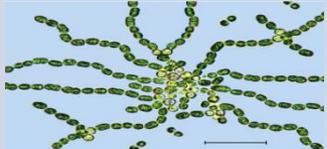
Chlorophylle A + C + Xanthophylle + Fucoxanthine



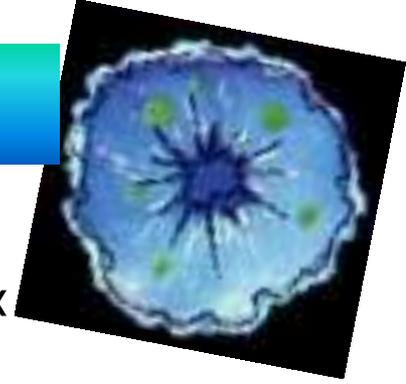
Les cyanobactéries



Les algues bleues (les cyanophycées)

Embranchement (Règne)	Nom commun	Représentants	Pigments
Cyanophytes (Procaryotes)	Cyanobactéries Algues bleues	<i>Anabaena</i>   	chloro. a, allophycocyanines phycocyanine, phycoérythrine, phycoérythrocyanine

Les algues bleues (les cyanophycées)



- Nom venant de "**Cyan**" qui signifie "**bleu-vert**"
- Développement: eaux peu profondes, tièdes, calmes et riches en nutriment (azote, phosphore...)
- Colonisation de tous les **milieux** même **extrêmes** (glaces polaires, eaux ferrugineuses...)
 - Production possible d'**endotoxines** contrôlée par des facteurs génétiques et environnementaux
 - Toxines libérées lors de la lyse ou de la mort de la bactérie

Les algues bleues (les cyanophycées)

Les **Dermatotoxines**

- Irritent la peau et les muqueuses

Les **Hépatotoxines**

- Affectent le foie

Les **Neurotoxines**

- Affectent le système nerveux

Les différents
types de toxines

Les algues bleues (les cyanophycées)

❖ Lors du simple contact avec de l'eau :
Irritation du nez , des yeux et de la peau

□ Lors de l'ingestion d'une eau contaminée:
Maux de ventre, nausées, diarrhées, et vomissements

○ Plus rarement : étourdissements, maux de tête, fièvre,
dommage au foie, dommage au système nerveux !

Personnes à risques : Enfants , personnes âgées ou
immunitairement affaiblies.

Les algues vertes (Les chlorophytes)

Embran. (Règne)	Nom commun	Nbre d'esp	Représentants	Pigments	Réserves	Paroi	Habitat
Chlorophytes	Algues vertes	7500	<i>Chlorella</i> ,  <i>Spirogyra</i>	Chloro.a,b Xanthophylle Carotènes	Sucres, Amidon, Fructane	Cellulose, Mannanes Protéines, CaCO3	eau douce, saumâtre, salée et terrestre
							
							

Les algues vertes (Les chlorophytes)

Contiennent :

- Des chlorophylles a et b
 - Du carotène (pigment rouge)
 - Des xanthophylles (pigments jaunes)
-
- ❖ Grande diversité de forme, depuis le type **unicellulaire** jusqu'au type en **colonie** ou **filaments**.
 - ❖ Certaines espèces ont un **crampon** qui leur permet de **se fixer**.

Les algues vertes (Les chlorophytes)

Les algues vertes filamenteuses forment des masses chevelues et plus ou moins gluantes au toucher dans les mares



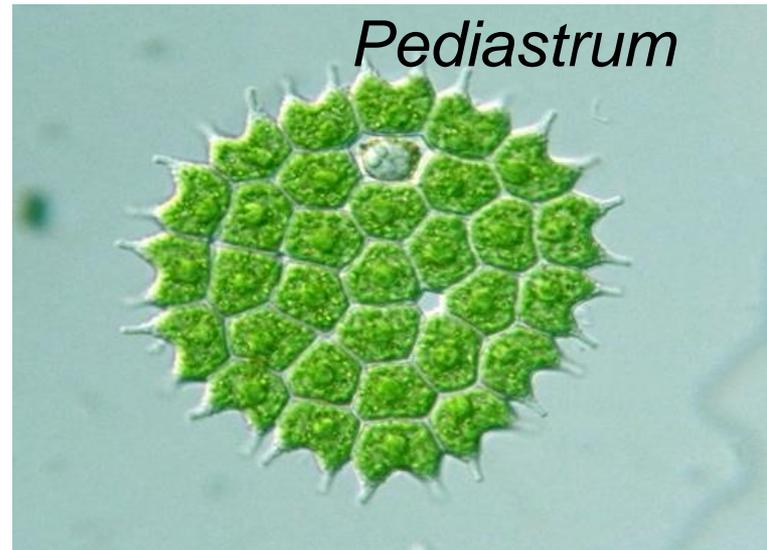
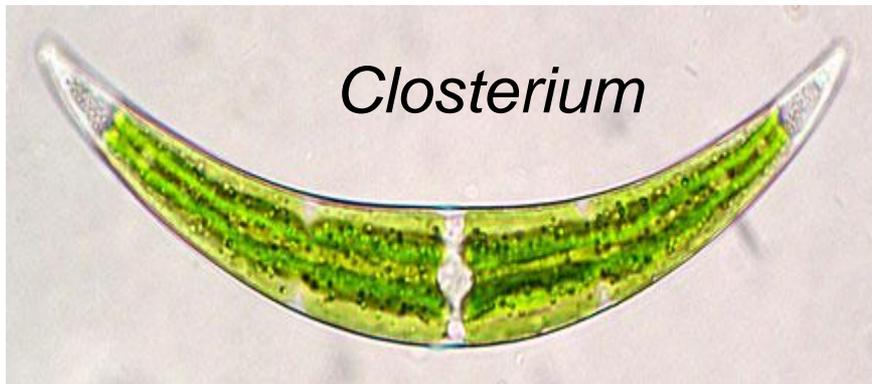
Zygnema



Spirigyra

Les algues vertes (Les chlorophytes)

Les Chlorophytes **non filamenteuses** peuvent être **isolées** ou bien en **colonies** plus ou moins importantes.



Les algues vertes (Les chlorophytes)



Ulva : Laitue de mer

- ❑ Apporte jusqu'à 30% de son poids en **protéines** ainsi que tous les acides aminés.
- ❑ Constituée **de fibres**,
un tiers de son poids = minéraux.
- ❑ Riche en **I2**, en **K** et en **S**, excellente source en **oligo-éléments**
- ❑ Plus riche en **vitamine C**, renferme de la **vitamine B3** et un stock de **vitamine A**.
- ❑ Enfin, il y a **cinquante fois** plus de **calcium** dans cette algue que dans les produits laitiers !

Les algues brunes (les phéophycées)

Embran (Règne)	Nom commun	Nbre d'esp	Représentants	Pigments	Réserves	Paroi	Habitat
Phaeophytes	Algues brunes	1500	<p><i>Laminaria</i></p>  	<p>Chloro. a,b, c</p> <p>Xanthophylle</p> <p>fucoxanthine</p> <p>Carotènes</p>	<p>Mannitol</p> <p>Huiles</p>	<p>cellulose,</p> <p>alginate,</p> <p>fucoïdane</p>	Eau salé et saumâtre



Les algues brunes (les phéophycées)

- Utilisent la chlorophylle C et la **fucoxanthine** (p.brun) comme pigment collecteur de lumière;
- Taille : varie de l'échelle microscopique à environ 10 m de long;
- + abondantes des mers tempérées et froides;
- Produisent des polysaccharides de haute viscosité (agar-agar ou les alginates);
- Thalle + plus complexe.

Les algues brunes (les phéophycées)

- ***Laminaria digitata***
 - ❑ Riche en sucres complexes
 - ❑ Riches en fer et en minéraux : Ca, Mg, K et Na.
 - ❑ Réservoir à iode
 - ❑ Nettoie le système digestif en éliminant les résidus de pesticides, les métaux lourds et même les ions radioactifs (acide alginique)



Les algues brunes (les phéophycées)

- *Himanthalia elongata*

Ces filaments de mer apportent:

- ✓ des **protéines**, des **fibres** et des **minéraux**
- ✓ Autant de **fer** que les coquillages
- ✓ Enormément de **vitamine C** (cinq fois plus que le kiwi et dix fois plus qu'une orange).
- ✓ C'est une impressionnante réserve naturelle de **Mg**



Les algues rouges (les rhodophytes)

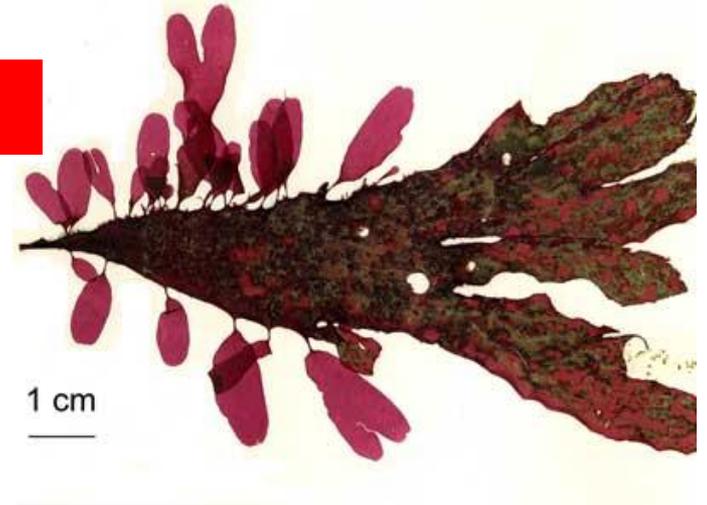
Chondrus crispus

Production des polysaccharides (**carraghénanes**)
utilisés comme **épaississants alimentaires**, ainsi
que pour **immobiliser enzymes et cellules**



Les algues rouges (les rhodophytes)

Palmaria palmata



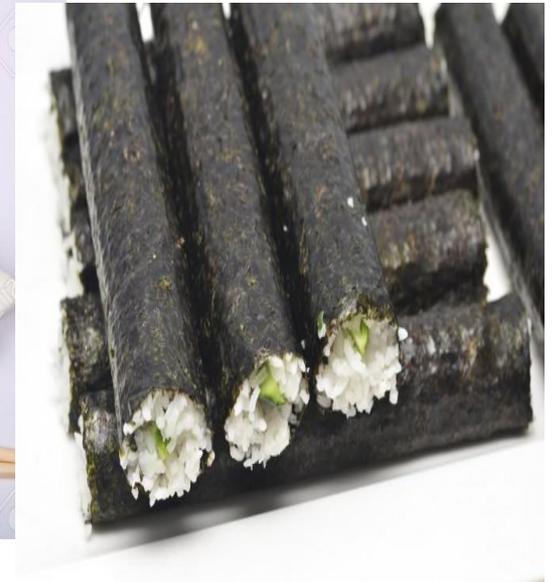
- Riche en **glucides**, en **protéines** et en **minéraux**, c'est une réserve énergétique
 - Bourrée de **K**. Elle contient de **Mg**
- De **nombreux antioxydants** en font un **aliment** utile pour la prévention de certaines maladies dégénératives.

Les algues rouges (les rhodophytes)



Porphyra

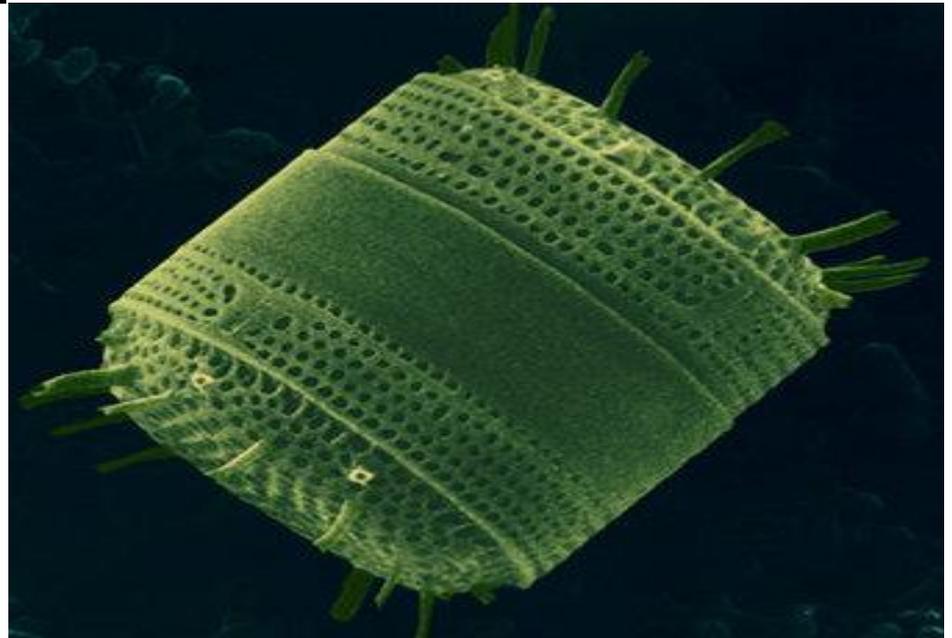
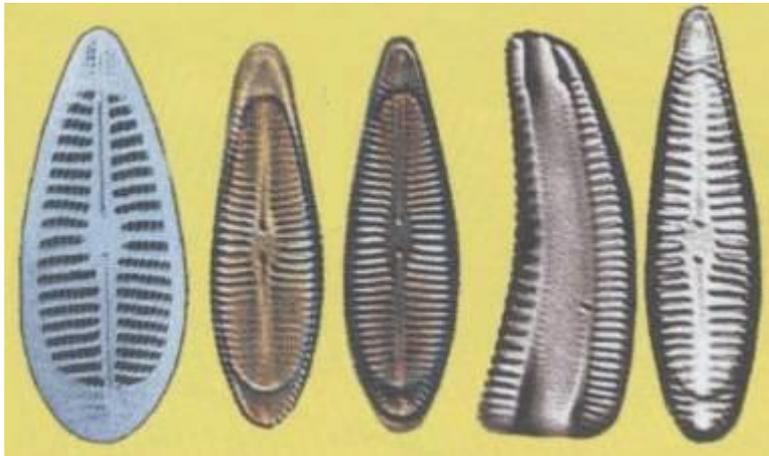
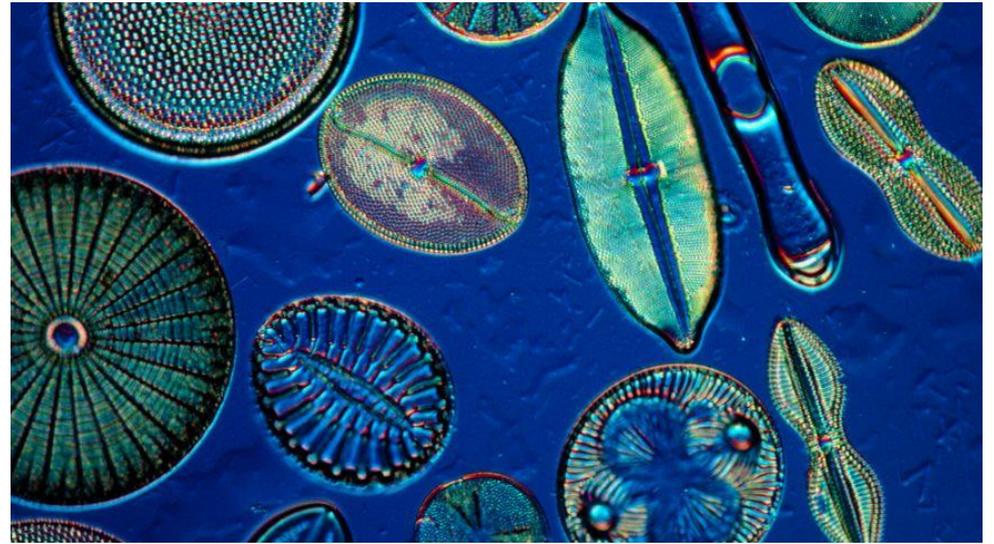
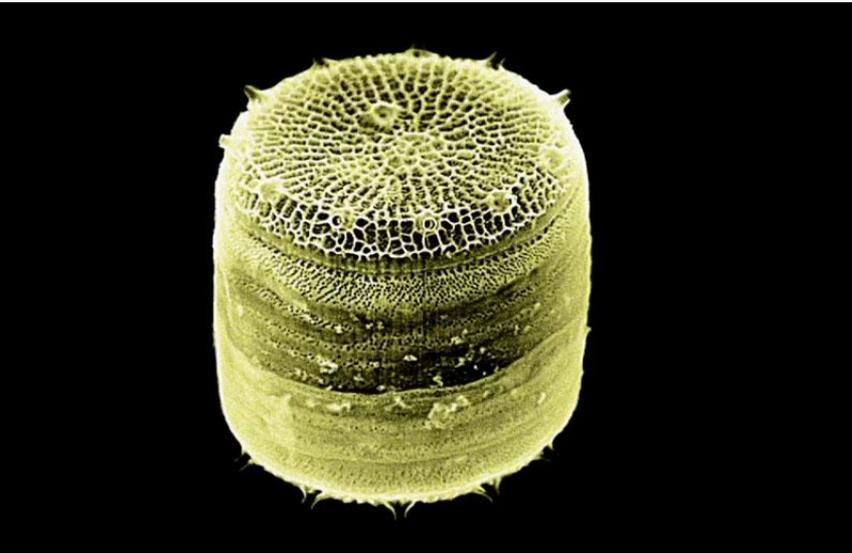
Composition de plats japonais sous le nom de
« **Nori** »



Les Bacillariophyta (Diatomées)

Embr (Règne)	Nom commun	Nbre d'esp	Représenta nts	Pigments	Réser ves	Paroi	Habit at
Chrysophytes	Algues brunes jaunes, et diatomées	6000	<p><i>Dinobryon</i></p>  <p><i>Surirella</i></p> 	<p>Chloro. a, C</p> <p>Carotènes</p> <p>Fucoxanthine</p> <p>Xanthophylle</p>	huiles	<p>Cellulose,</p> <p>Silice,</p> <p>CaCO₃</p>	<p>eau douce</p> <p>, saumâtre, salée et terrestre</p>

Les Bacillariophyta (Diatomées)

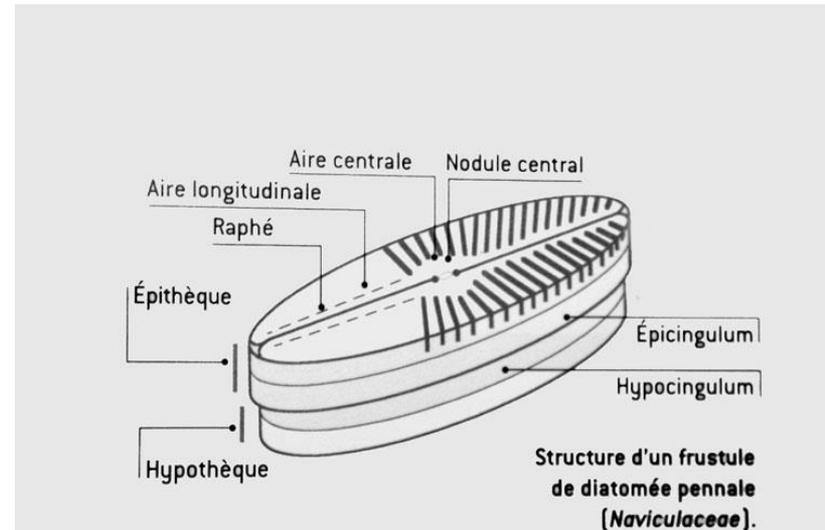
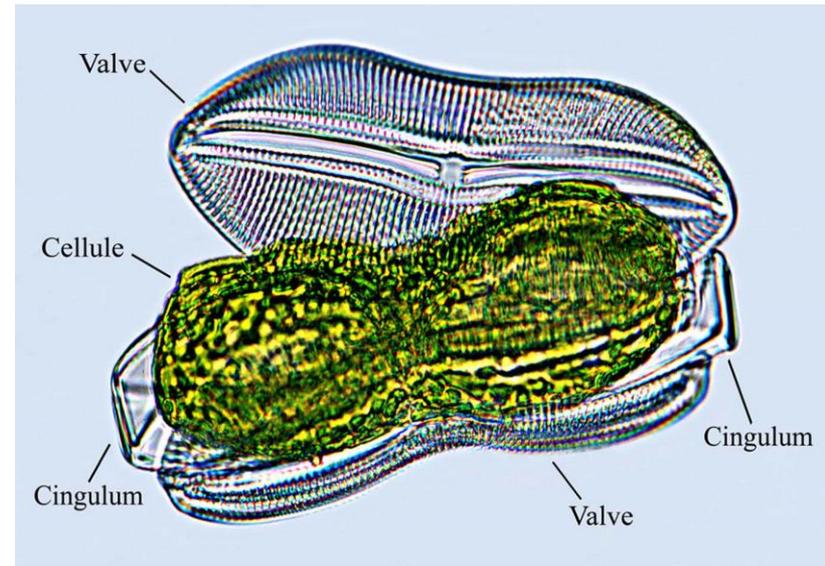


Les Bacillariophyta (Diatomées)

- **Algues unicellulaires , Jaunes et brunes**
- **Taille: 2 μm et 1 mm**
- **Habitat: Tous les milieux aquatiques**
- **Vivent en suspension dans l'eau ou sur des supports immergés dans l'eau**
- **Milieu suffisamment humide
(parois des grottes)**

Structure / Diatomées

- Squelette siliceux (SiO_2)
- 02 thèques: formation de frustule (coque/carapace)
- Chaque thèque: Valve (partie horizontale) et cingulum (p. verticale)

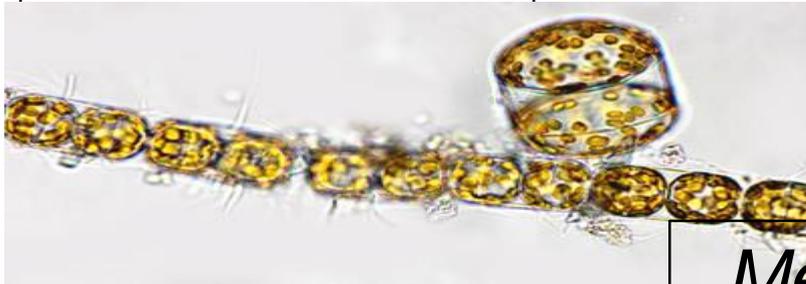


Classification / Diatomées

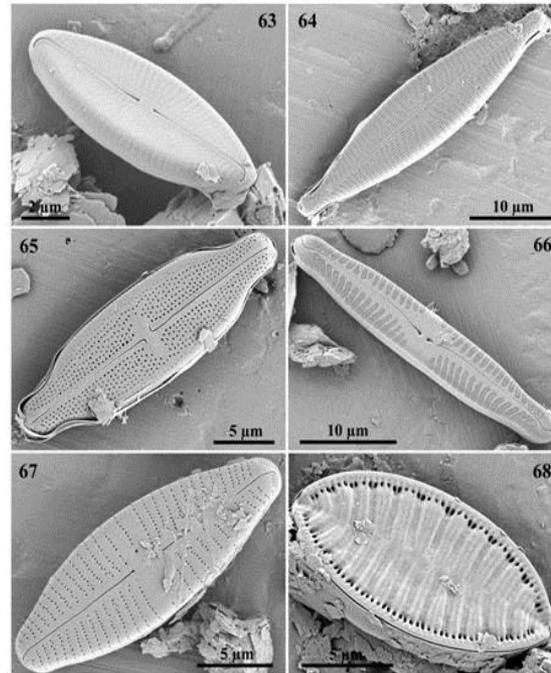
Diatomées

Diatomées
Centrales

- Frustule: forme de disque ou tube
- Symétrie radiale



Melosira sp



Diatomées
Pénnales

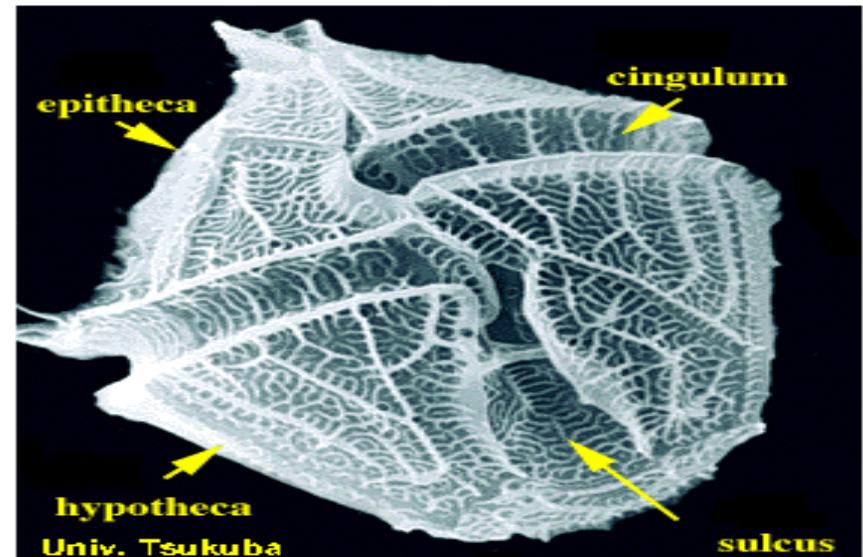
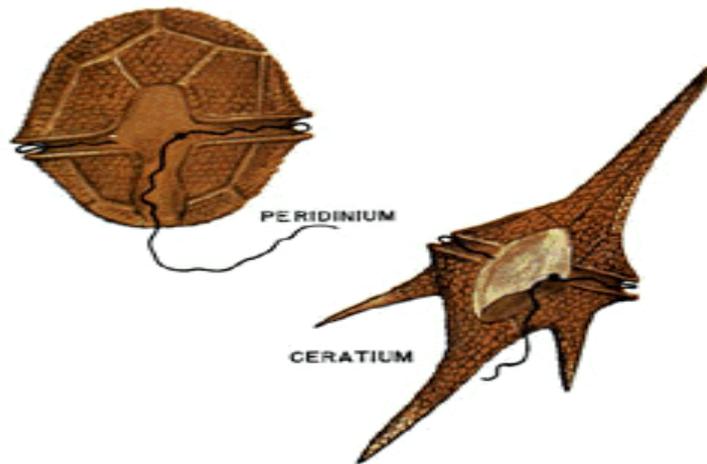
- Frustule: forme + ou - allongée
- Symétrie bilatérale

Navicula sp

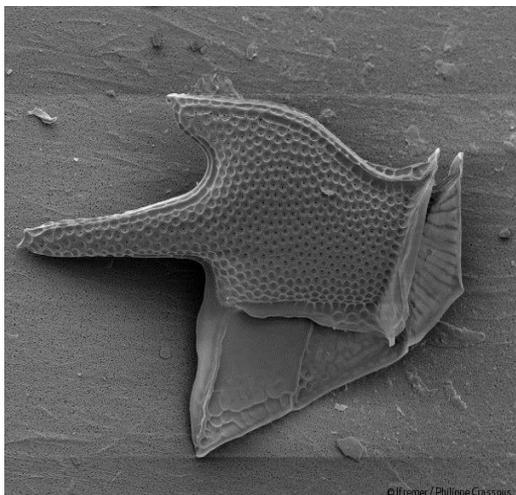
Les Dinophyta (Dinoflagellata)



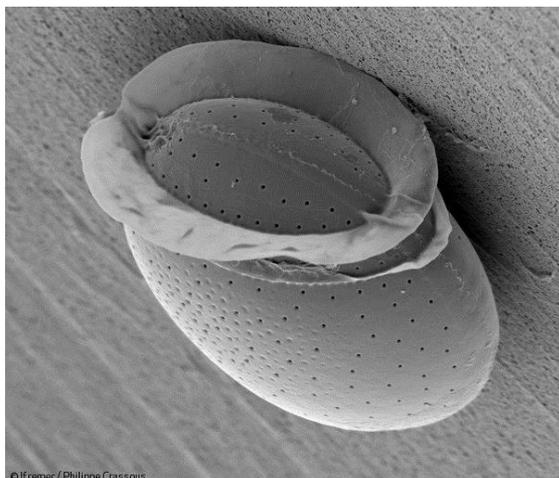
Dinoflagellates



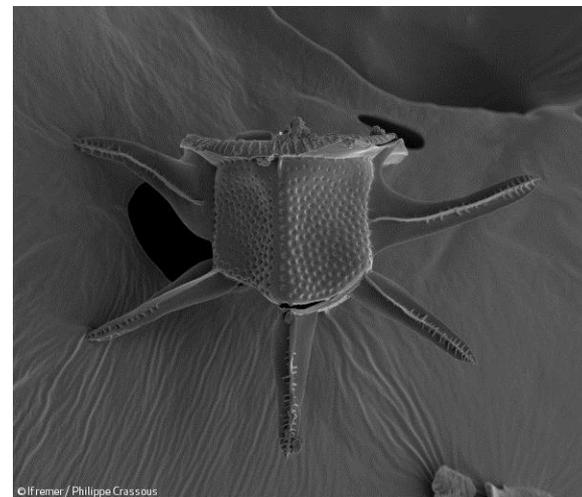
Les Dinophyta (Dinoflagellata)



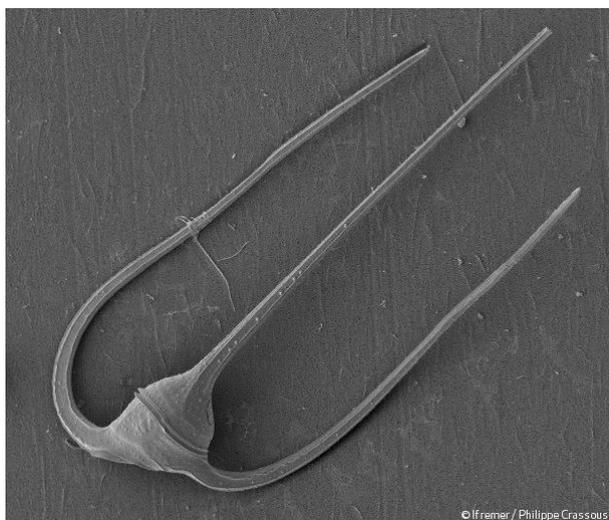
© Ifremer / Philippe Crassous



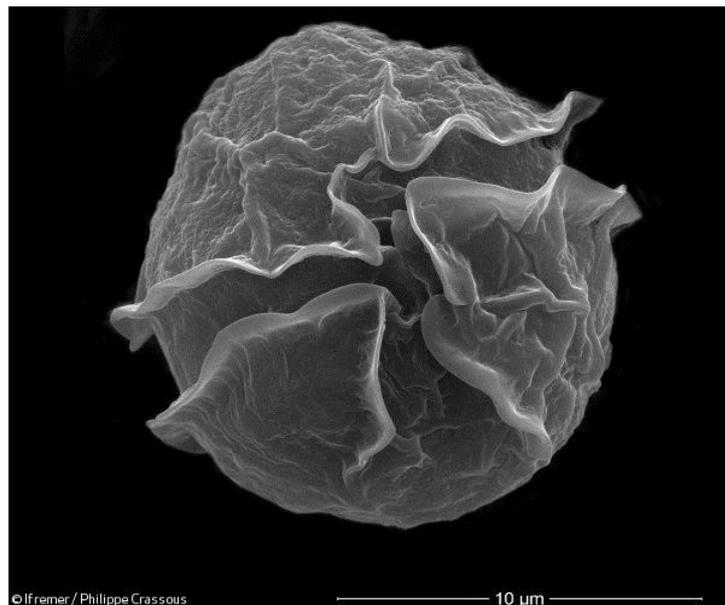
© Ifremer / Philippe Crassous



© Ifremer / Philippe Crassous



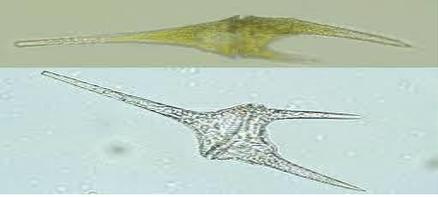
© Ifremer / Philippe Crassous



© Ifremer / Philippe Crassous

10 μ m





Les Dinophyta (Dinoflagellata)

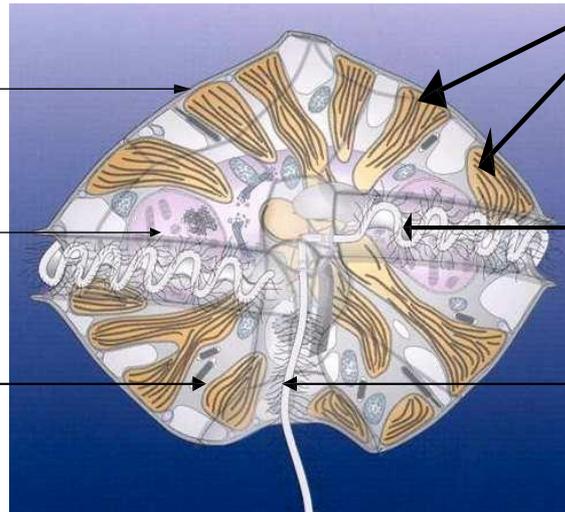
- Microalgues unicellulaires essentiellement marins
(qq μm à qq mm)
- Les formes classiques sont entourées d'une thèque (carapace) cellulosique, formée de deux valves séparées transversalement par un sillon (cingulum)
- Deux flagelles différenciés insérés généralement dans des sillons de la cellule (cingulum et sulcus):
 - **Longitudinal**, cylindrique: fonctionnant comme une **godille** (aviron)
 - **Transversal**, rubané; provoquant de fines et rapides ondulations (**Tourbillon** autour de la cellule)

Les Dinophyta (Dinoflagellata)

**Thèque = enveloppe
externe
cellulosique
(facultative)**

**Noyau (contenant les
chromosomes)**

**Intérieur de la
cellules et
divers organites**



**Chloroplastes
(facultatifs)**

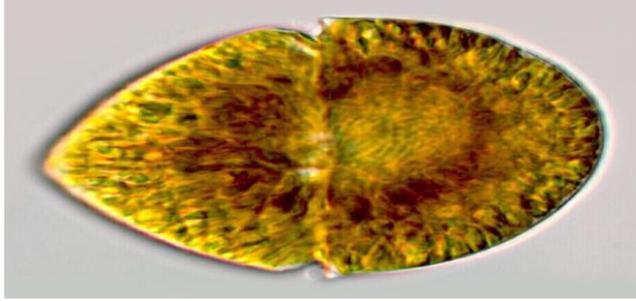
**Flagelle transversal situé
dans le « cingulum »**

**Flagelle longitudinal situé
dans le « sulcus »**

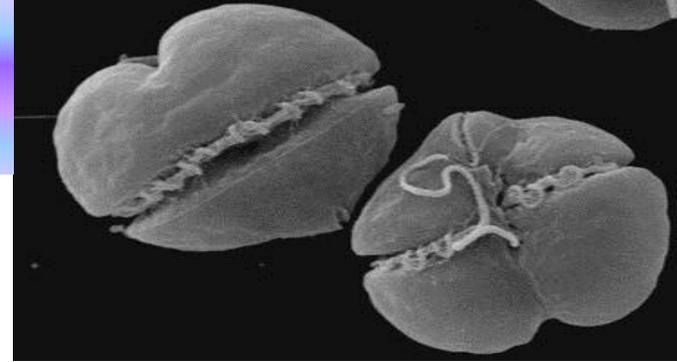
Anatomie d'un dinoflagellé

Les Dinophyta (Dinoflagellata)

- Cellules sont le plus souvent isolées mais quelquefois coloniales.
- Planctoniques, benthiques, symbiotiques ou parasites
- Certaines sp: autotrophes, mixotrophes, hétérotrophes
- Certains dinoflagellés peuvent produire des toxines dangereuses pour l'Homme (diarrhéiques ou paralysantes).



Les Dinophyta (Dinoflagellata)



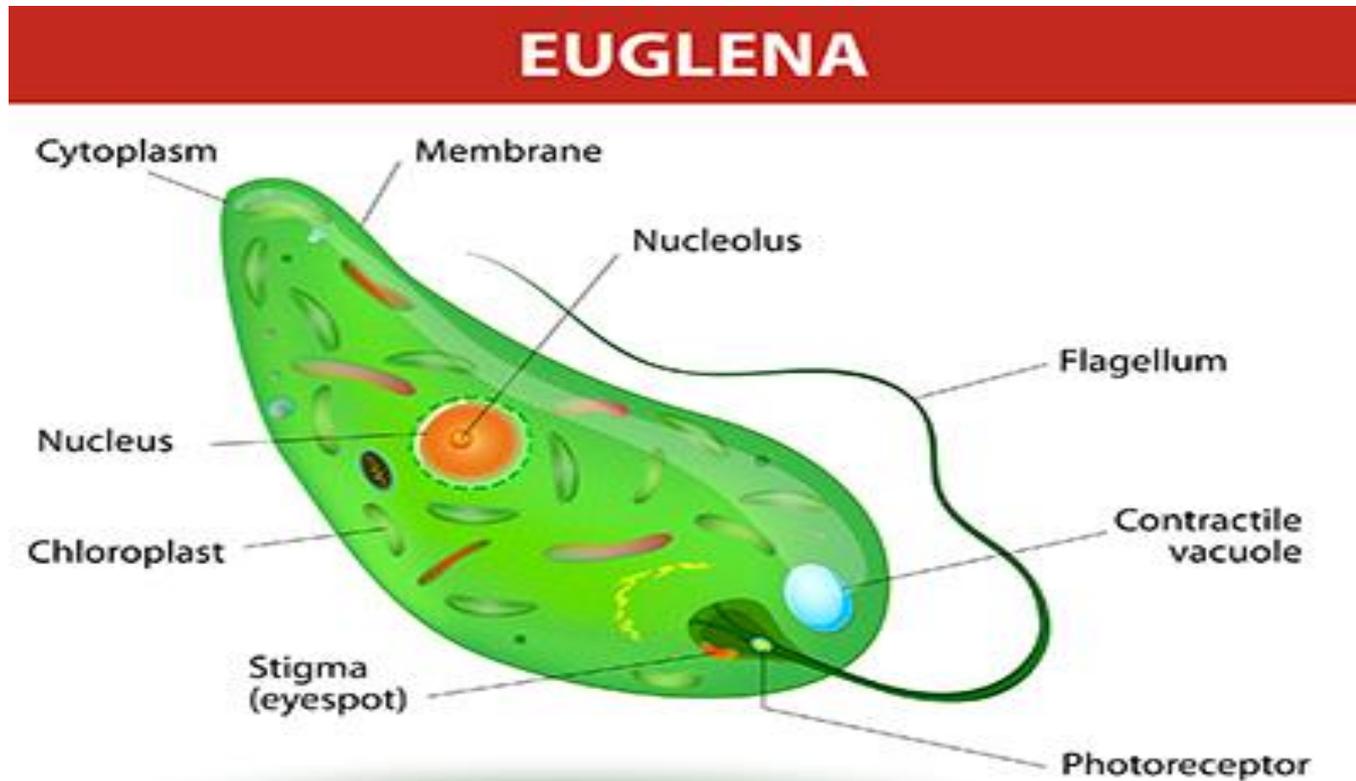
- ***Gymnodinium***

- **Responsable des "marées rouges"** où l'eau peut contenir jusqu'à 46 millions de cellules d'algues /L d'eau.
- Libération de substances toxiques provoque une grave pollution des coquillages et de la faune aquatique (lors de la mort des cellules)



Les euglénophycées

- Les cellules d'euglènes sont souvent déformables et la plupart d'entre elles possèdent un flagelle



Les euglénophycées

- ❖ Le métabolisme des Euglènes est polyvalent:
 - ☐ En présence de lumière, ils sont **photo-autotrophes**
 - ☐ En absence de lumière ou après la perte de leurs chloroplastes, ils deviennent **organotrophes**

Effets délétères des algues

Effets délétères des algues

- **Cyanobactéries:** production de toxines potentiellement dangereuses

 « *une paralysie rapide des muscles respiratoires* ».

- Les algues vertes en décomposition fabriquent un « **gaz très toxique** » (sulfure d'hydrogène)

Ulva armoricana (laitue de mer).

- **Non toxique à l'état vivant (verte)**
- **Deviens dangereuse lors de la décomposition**

Ulve: Un véritable problème de santé publique !

1. Dessèchement des algues



2. Formation d'un dépôt (à plusieurs mètres de hauteur)

3. Le dépôt se recouvre d'une croûte blanche imperméable à l'air.

4. Sous cette croûte, les algues en décomposition fabriquent du sulfure d'hydrogène, un gaz très toxique qui sent l'œuf pourri.

5. Attaque les voies respiratoires, et peut tuer un animal ou un homme en quelques minutes.

Merci et bon courage !

