

Biologie des Organismes Végétaux



SCIENCES DE LA
VIE ET DE LA TERRE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE



LES ALGUES



EUCARYOTES



Algologie ??

ou

Phycologie??

QU'EST-CE QUE LES ALGUES EUCARYOTES?

Les algues eucaryotes sont (pour la plupart) des organismes autotrophes dont l'appareil végétatif est un **thalle** et dont les organes reproducteurs sont des **sporocystes** ou des **gamétocystes**.

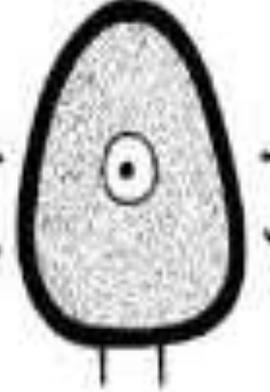
Elles présentent une très grande diversité de tailles, de formes et de structures: allant des types unicellulaires microscopiques aux formes pluricellulaires macroscopiques (jusqu'à 75 m de longueur).

La grande majorité des algues vit en milieu aquatique bien qu'on en rencontre aussi en milieux aériens souvent humides (les sols, les rochers, les arbres, dans la terre, dans la neige..).

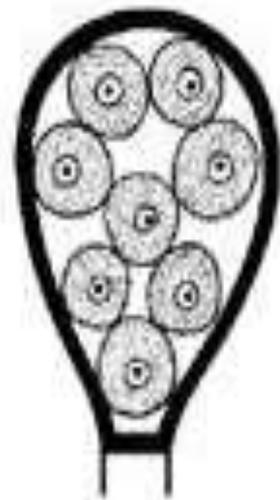
Ce n'est pas un taxon mais un regroupement artificiel

THALLOPHYTES

CORMOPHYTES



CELLULE-MÈRE



SPOROCYSTE



GAMÉTOCYSTE



SPORANGE



GAMÉTANGE

Parmi les algues qui vivent dans l'eau,

- ▶ Certaines sont en suspension dans l'eau; elles se laissent le plus souvent entraîner passivement par les courants (bien que quelques fois capables de mobilité)

 Le phytoplancton

- ▶ D'autres de plus grande taille (parfois flottantes après arrachage), sont le plus souvent fixées sur le fond ou sur d'autres organismes constituant

 Le phytobenthos

Origine des algues eucaryotes

Il semble que les premières algues eucaryotes unicellulaires
Apparurent il y a environs $2,7-1,8 \cdot 10^9$ d'années (vers la fin du précambrien)

→ Conséquence d'une **association et fusion**
d'organisme hôte eucaryote avec des 'parasites procaryotiques' !!!
Formation d'eucaryotes unicellulaires photosynthétiques)

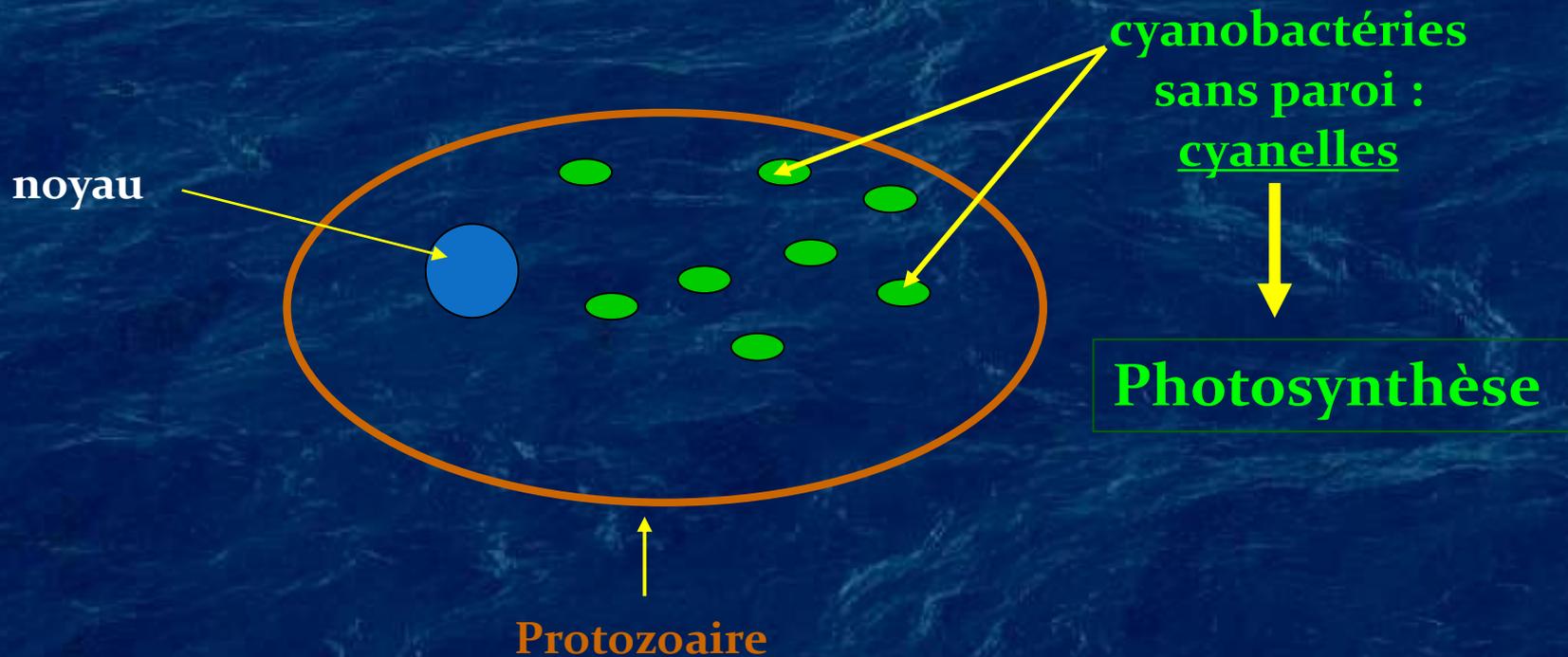
→ **endosymbiose.**

L'arrangement de ces protistes, d'abord en colonies, puis
la spécialisation de certains individus, aurait permis ensuite
la formation de véritables organismes végétaux pluricellulaires
ou Métaphytes dont les algues pluricellulaires qui
auraient apparues il y a environ $9 \cdot 10^8$ années.

Théorie endosymbiotique

Dès le début du XX^{ème} siècle les chercheurs ont pensé que les **plastides** et les mitochondries pouvaient provenir de bactéries. Celles-ci auraient été ingérées par des cellules primitives en suit elles y vivraient à l'intérieur en **symbiose**.

Certaines espèces de Cyanobactéries forment une symbiose avec des Protozoaires (unicellulaires, eucaryotes) sans chloroplastes



Observations :

- Cyanobactéries possèdent un brin d'ADN circulaire non associé à des histones.
En 1950-1960 découverte que chez les **Chloroplastes** on trouve un ADN de mêmes caractéristiques.
- Cyanobactéries possèdent des **Ribosomes** de type procaryote
- Chloroplastes ont des **Ribosomes** de type Procaryote différents de ceux présents dans le cytoplasme de la cellule eucaryote qui en contient
- Les Chloroplastes sont **semi-autonomes**
- La division des chloroplastes suit un rythme indépendant de la division du noyau

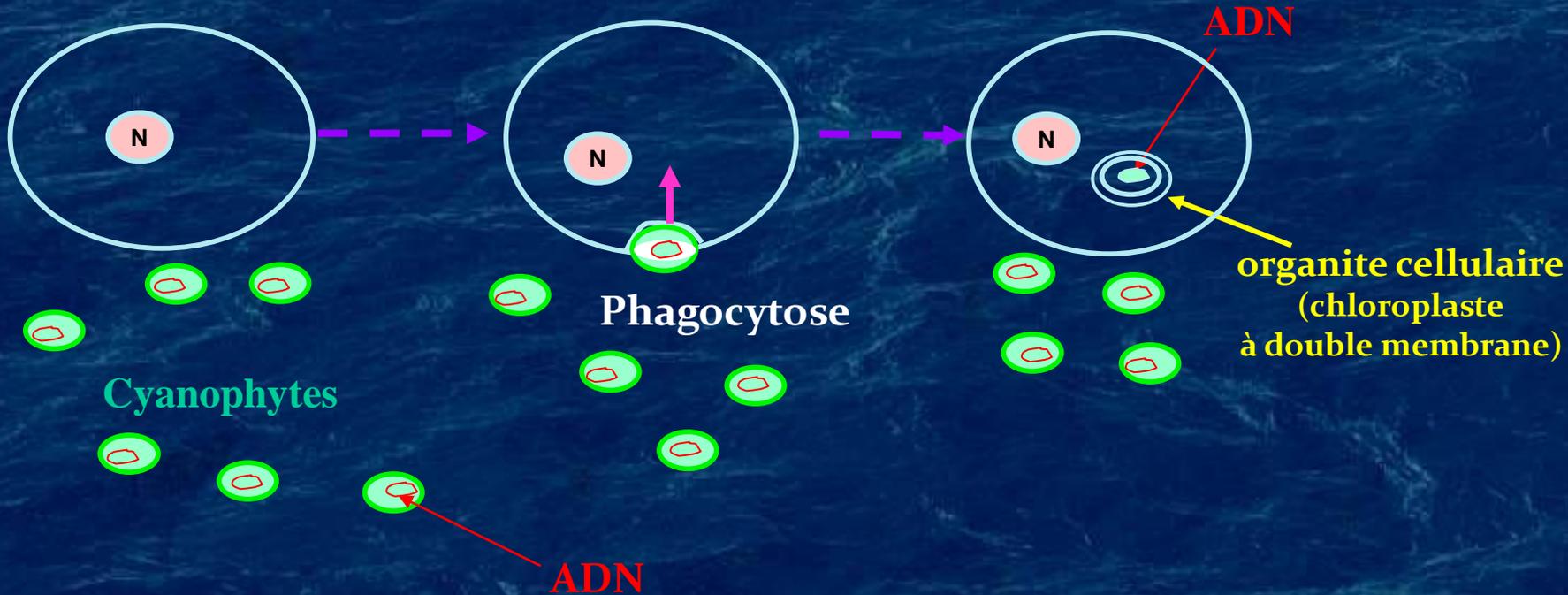


Théorie :

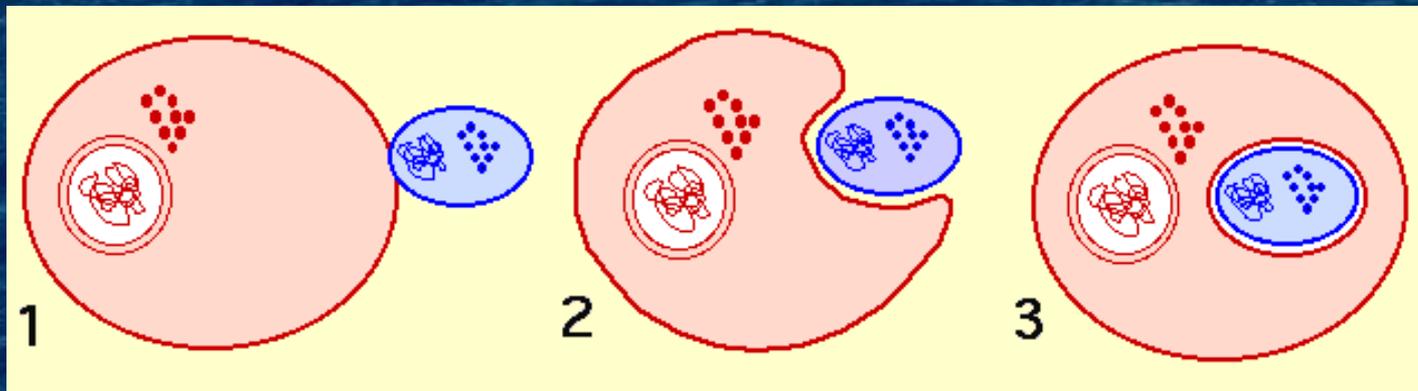
les **chloroplastes** auraient pour origine des **cyanobactéries** "phagocytées" par des cellules eucaryotes ancestrales :
on parle d'**endosymbiose** I^{aire}
(même théorie pour les mitochondries mais bactéries phagocytées)

L'Endosymbiose

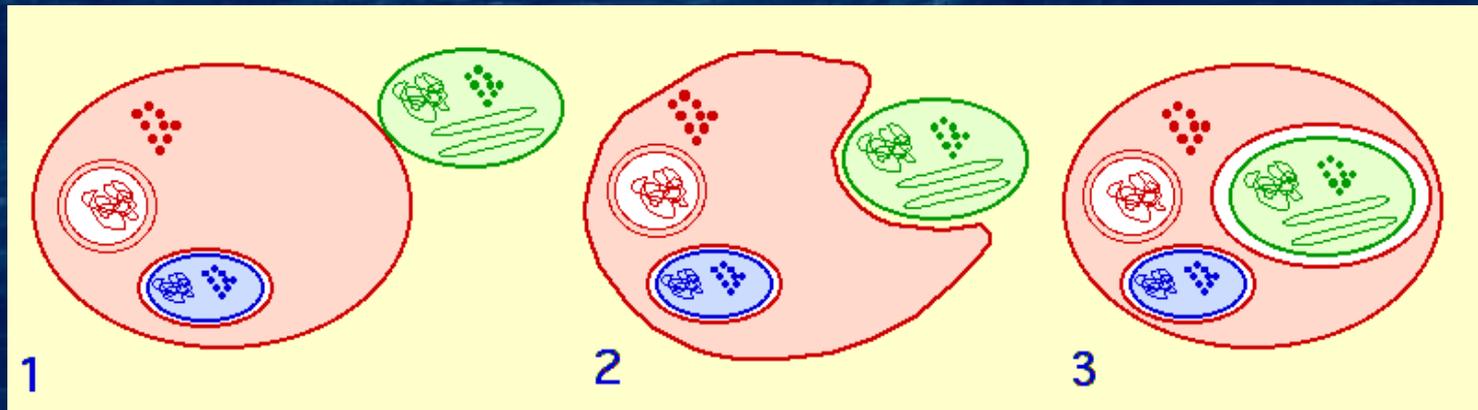
Cellule eucaryote



L'endosymbiose de cyanobactéries par des cellules eucaryotes aurait donné naissance à la "Lignée Verte"



Absorption d'une α protéobactérie bactérie par une cellule eucaryote primitive et formation d'une cellule eucaryote hétérotrophe aérobie. Les bactéries absorbées deviennent des mitochondries et réalisent la respiration



Formation d'une cellule eucaryote autotrophe par absorption d'une bactérie photosynthétique par une cellule eucaryote hétérotrophe. Cette bactérie devient un chloroplaste, dont la membrane interne a une origine bactérienne. La membrane externe de l'enveloppe a pour origine la membrane plasmique de la cellule elle-même.

Utilisation des algues

Alimentation

Humaine: Elles sont utilisées directement en salades ou dans la fabrication de repas (Sushi...) . La fabrication de gelées (E 401 à E 407).

Animale : La nourriture pour animaux domestiques.

Produits cosmétiques toute une gamme de ces produits (shampooing, produits de beauté, crème à raser) sont à base d'algues.

Les traitements et enveloppements aux algues dans les centres de Balnéothérapie .

Produits pharmaceutiques : A partir d'algues séchées et broyées, on obtient une poudre utilisée pour des composés pharmaceutiques.

Dans le textile : A partir d'algues séchées et broyées, on obtient une poudre, utilisée dans le domaine du textile (l'impression de la soie).
De même des utilisations imprimerie .

La fabrication d'insecticides

Les diatomées sont utilisées comme insecticides naturels

Production de biocarburants une production en quantité significative sans déforestation massive. Une production de biodiesel moins polluante et plus efficace que l'agriculture intensive de végétaux terrestres.

La fabrication de fertilisants naturels

Les anciens les utilisaient telles quelles comme matière organique ajoutée au sol. De nos jours elles sont utilisées sous forme de concentré fertilisant en horticulture ornementale.

Intérêt dans la recherche scientifique plusieurs laboratoires étudient avec beaucoup d'intérêts leurs propriétés biologiques et médicinales (antivirale, antibiotiques...)

Plusieurs sont utilisées en industries.

Actuellement, plusieurs laboratoires étudient avec beaucoup d'intérêts leurs propriétés biologiques et médicinales (antivirale, antibiotiques, anti-tumorales...)

Les algues regroupent plusieurs milliers d'espèces (>>25 000) depuis des organismes unicellulaires (*Chlamydomonas*). Jusqu'à des algues **géantes** atteignant 70 m (*Macrocystis*).

La classification des grands groupes d'algues se base sur les **critères biochimiques** (complexe pigmentaire), **cytologiques** et **la structure de l'appareil locomoteur** des cellules qui en possèdent.

Toutefois, il est clair que les algues forment un ensemble artificiel largement polyphylétique

Plusieurs classifications peuvent être adoptées.

Diverses révisions ont été faites et feront sans doute l'objet des travaux futurs. Sans préciser l'équipement pigmentaire caractéristique des différents groupes,

On distingue à titre d'exemples:

Chlorophytes, ou algues vertes (+Streptophytes ex: Charophyceae)

Rhodophytes, taxon frère des Chlorobiontes (Plantae)

Glaucophytes, flagellé, eau douce, bleu (pigments surnuméraires)

Cryptophytes, unicellulaires, appareil flagellaire particulier

Euglenophytes (Euglenozoa), appareil flagellaire particulier,
crêtes mitochondriales discoïdes

Cercophytes (Cercozoa), amoeboflagellées pourvues de chloroplastes

Haptophytes, pigments caroténoïdes, haptonème (~ flagelle)

Phaeophytes, ou algues brunes, nombreux types différents

Dinophytes, structure cellulaire spécifique: alvéoles corticales
subplasmiques

Bacillariophytes ou **Diatomées**: Jaunes et brunes, unicellulaires (1µm à 2mm) présentes dans tous les milieux aquatique (préférence pour les eaux froides). Présentant un cytosquelette externe siliceux formé de deux **thèques** (valves) emboîtées à symétrie remarquable.

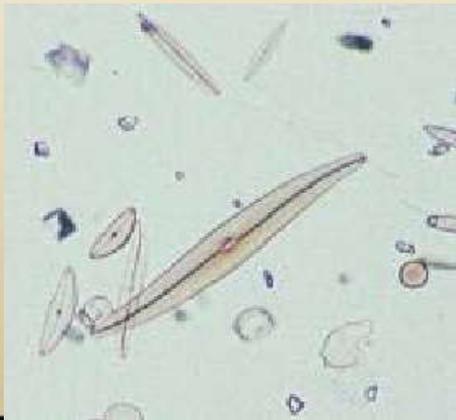
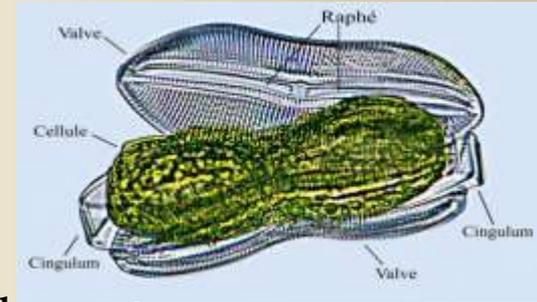
Ce **frustule** se compose de silice faiblement cristallisée, s'associe à des composés organiques.

Les diatomées forment un constituant majeur du phytoplancton

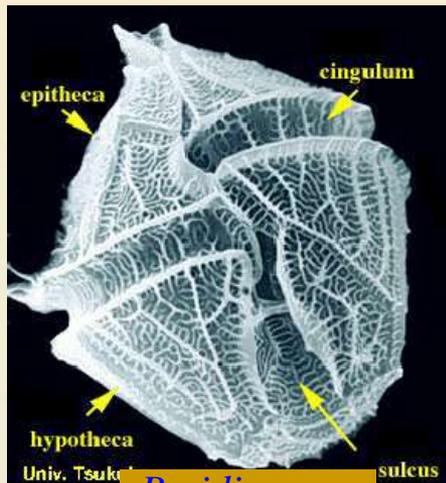
- jouent un rôle primordial dans la vie des écosystèmes aquatiques,
 - à l'origine des réseaux alimentaires de nombreuses espèces.

Les dépôts ont constitués une roche fort appréciée pour ses caractéristiques abrasives, la **diatomite**.

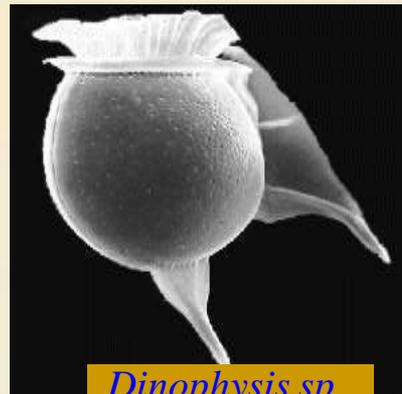
Très bons **indicateurs de la qualité des eaux** (IBD : Indice Biologique Diatomées)



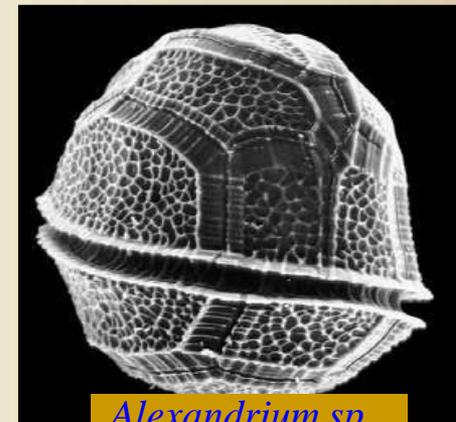
Pyrrhophytes ou **Dinoflagellés**: Unicellulaires de couleur brunâtre,
Paroi = plaques de celluloses placées en dessous de la membrane plasmique.
Font partie du phytoplancton → phénomène des marées rouges.
Certaines, ne possèdent pas de pigments photosynthétiques et sont alors
interprétés comme intermédiaires avec les animaux.



Peridium sp.



Dinophysis sp.



Alexandrium sp.

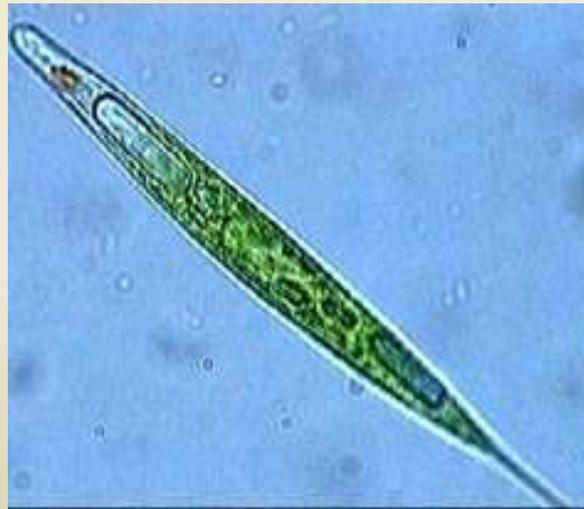


@ PJS Franks

Marée rouge

Euglenophyta ou **Euglenophytes**: Algues unicellulaires flagellées de couleur vertes, vivant dans les eaux stagnantes (*Euglène*).

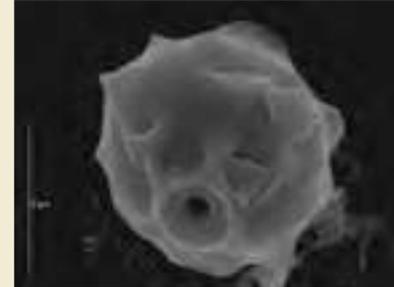
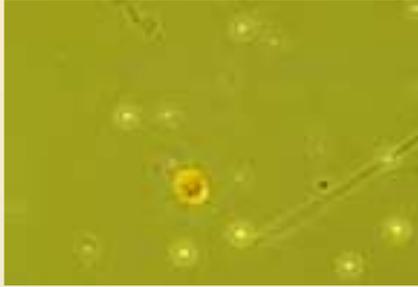
L'enveloppe protectrice est constituée de plaques protéiques plus ou moins flexibles, situées sous la membrane plasmique, constituant un **cytosquelette**. Certaines n'ont plus de chlorophylle, sont **Hétérotrophes** et peuvent ingérer ou absorber leur nourriture (par **Phagocytose** ou **osmose**).
Peuvent alors être confondues avec des animaux.



Chrysophytes ou Algues Dorées ou jaune à brune

Unicellulaires biflagellées, font parties du plancton d'eau douce, souvent coloniales. Forment des kystes pendant mauvaises conditions.

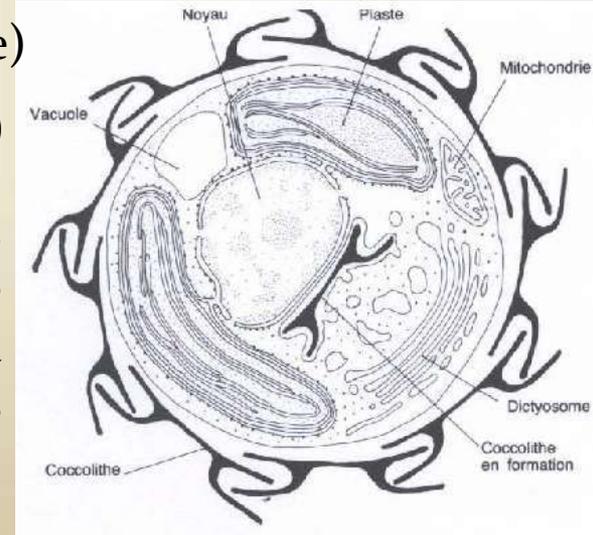
La paroi est composée de pectine imprégnée de silice.



Haptophytes = (Coccolithophoridées), pigments caroténoïdes, haptonème (appendice ~ flagelle)

(coccolithes : écailles de calcite)

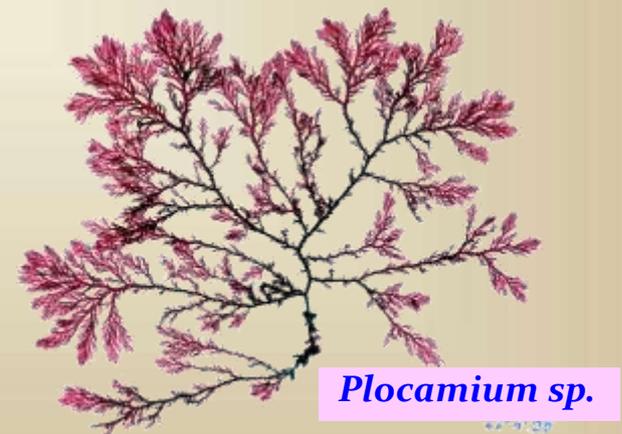
Les coccolithes sont formées l'un après l'autre dans une vésicule étroitement associée à l'enveloppe nucléaire, puis expulsés hors de la cellule.



Phaeophyta ou **Algues Brunes**: vivent en eaux salées plutôt froides, se développent à jusqu'à une vingtaine de mètres de profondeur. La paroi est également composée de cellulose + d'autres polysaccharides. Tout les représentants sont pluricellulaires.



Rhodophyta ou **Algues Rouges**: principalement en eaux salées tempérées-chaudes et peuvent se développer à de grandes profondeurs (jusqu'à 200 m). Leur paroi comprend de la cellulose mais aussi d'autres polysaccharides. La plupart des composants de ce phylum sont pluricellulaires



Chlorophyta ou **Algues Vertes**: Plusieurs représentants de ce phylum, vivent dans la zone de balancement des marées, mais certaines descendent jusqu'à plus de 10 mètres de profondeur.

Leur paroi est uniquement composée de cellulose qui peut se substituer avec d'autres polymères. Nombreux éléments de ce phylum sont pluricellulaires.



Codium sp.



Entereomorpha sp.



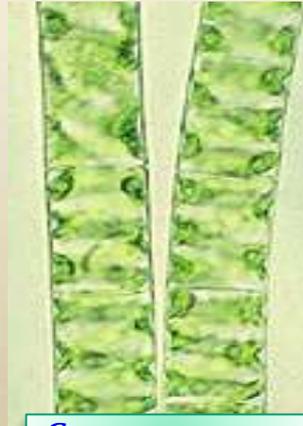
Caulerpa sp.



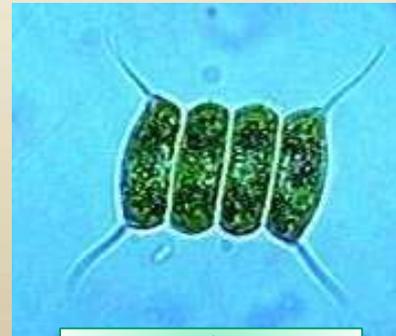
Acetabularia sp.



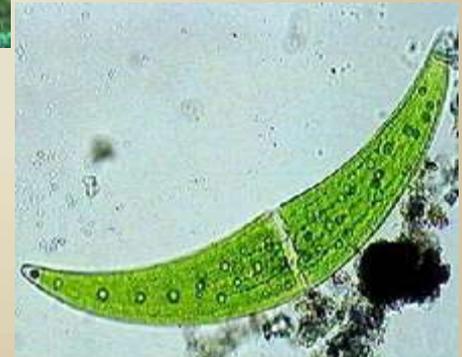
Ulva sp.



Spyrogyra sp.



Scenedesmus quadricauda



Closterium sp.

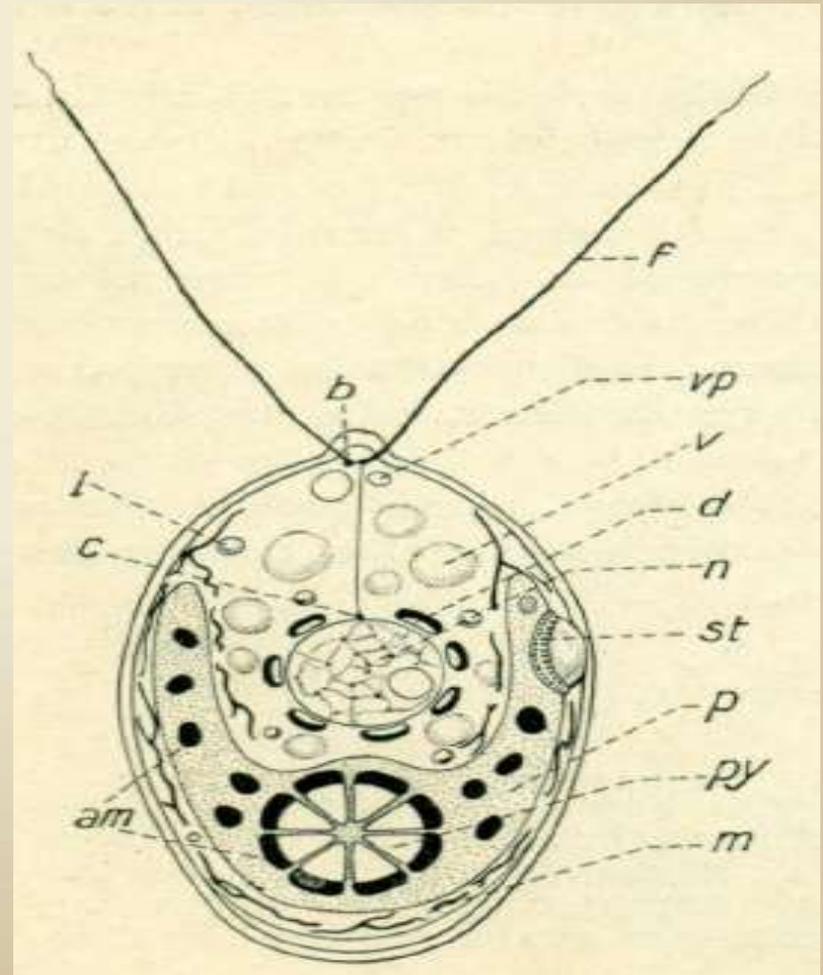
Aperçu sur la cytologie des algues

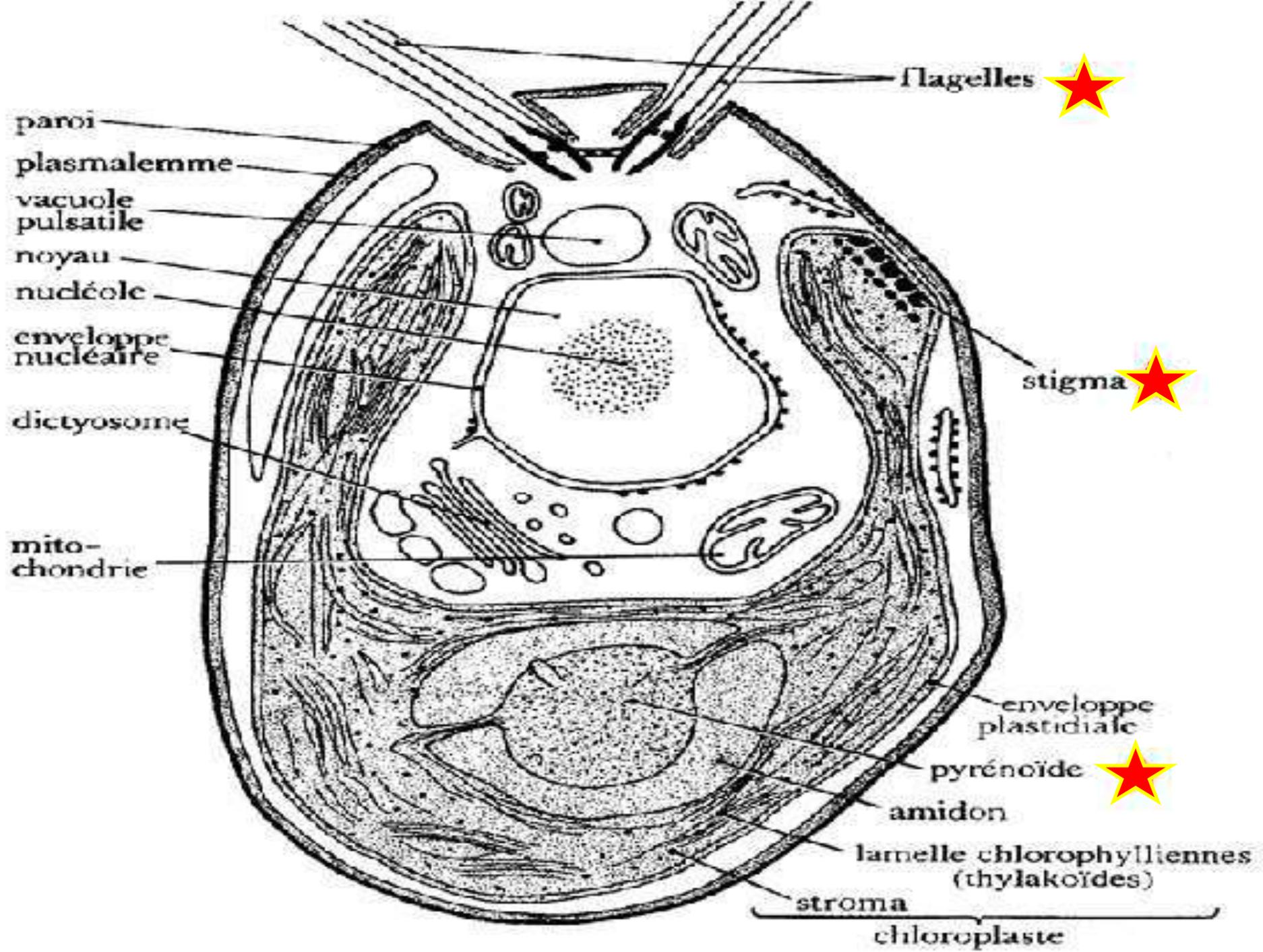
Les algues ont des caractères remarquables:

- **Pigments, Appareil végétatif (???)**, **Reproducteurs (???)**.
- Elles sont constituées d'une ou de plusieurs cellules.

La cellule algale peut avoir des caractéristiques particulières

- Une cellule d'Algue : *Chlamydomonas* sp. observée en microscopie photonique: *n*, noyau; *c*, centrosome; *b*, blepharoplaste; *f*, flagelle; *p*, plaste; *py*, pyrénoloïde; *am*, amidon; *st*, stigma; *m*, mitochondries; *d*, dictyosomes; *v*, vacuoles; *vp*, vacuoles pulsatiles; *l*, gouttelettes lipidiques.





paroi
plasmalemme
vacuole pulsatile
noyau
nucléole
enveloppe nucléaire
dictyosome
mitochondrie

flagelles

stigma

enveloppe plastidiale

pyrénoïde

amidon

lamelle chlorophylliennes (thylakoïdes)

stroma

chloroplaste

Quelques constituants cellulaires (particularités).

La paroi squelettique :

Chez la plupart, on note la présence d'une paroi, souvent pluristratifiée et de nature pectocellulosique. Chez certains groupes, la cellulose peut être substituée par un autre polymère glucidique tel est le cas des mannanes chez les **Codiales**, les xylanes chez les **Caulerpales**, les esters sulfuriques de rhamnanes chez les **Ulvales**.

► Enrichissement en certaines substances:

Organiques

♣ Esters sulfuriques de galactane dans la paroi de plusieurs **Rhodophytes** (**Gelidiales et Gracilariales**) sont à la base de la production de composés chimiques tels l'**Agar-agar** ou gélose et des **Carraghénanes**.

Au Maroc l'espèce *Gelidium sesquipedale* (Clé.) Thu. est la plus utilisée p.c. fins.

♣ Sels de l'acide alginique (chaînes \pm longues de l'acide D-mannuronique et l'acide L-guluronique) contenus dans les parois cellulaires des algues brunes, sont à la base de leur utilisation dans la production des **alginates**.

Minérales

Les dépôts de carbonates (de calcium ou de magnésium) ou encore de la calcite ou de l'aragonite peuvent se présenter sous forme d'une:

⇒ **légère calcification sur le thalle** de certaines espèces



Halimeda tuna



Padina pavonica



Liagora distenta

⇒ **imprégnation**, donnant à la plante un aspect pierreux (Corallinales).



Orolithon onkodes



Corallina elongata

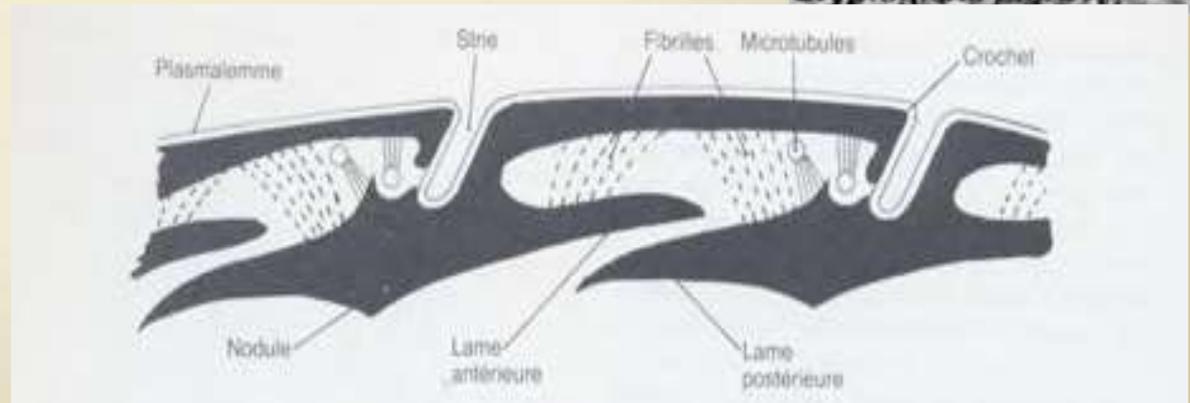
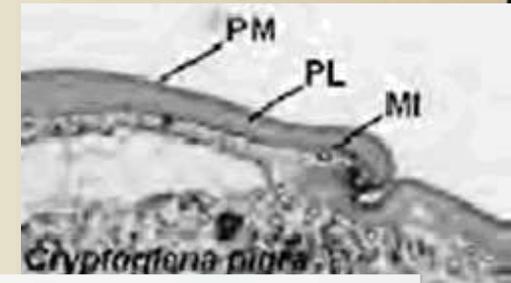
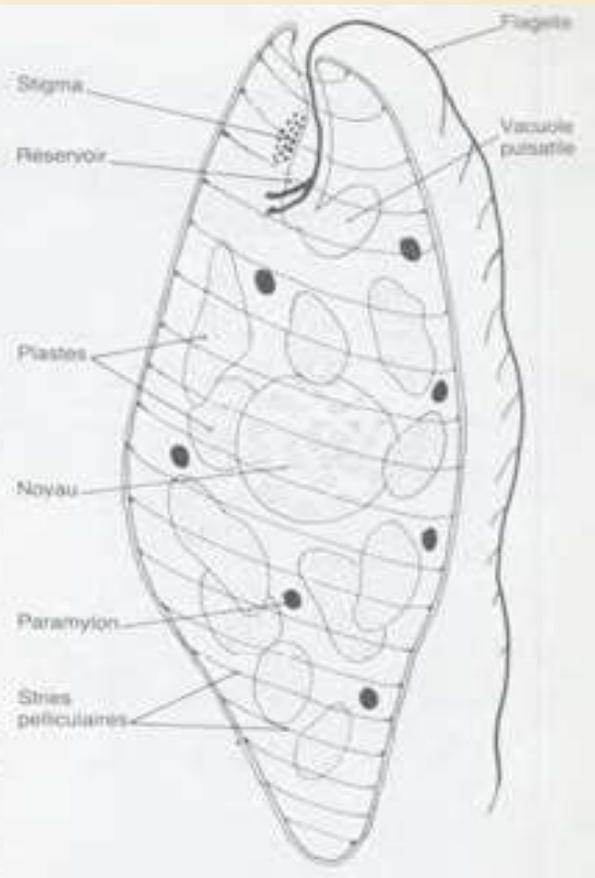


Lithophyllum lichenoides

► Absence de paroi pectocellulosique

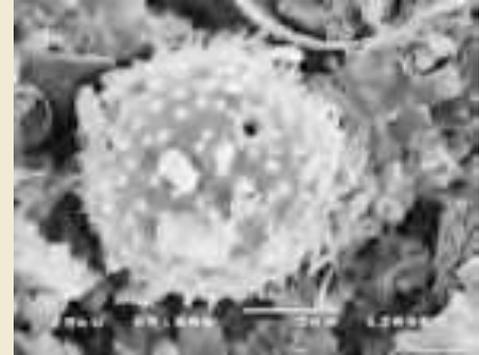
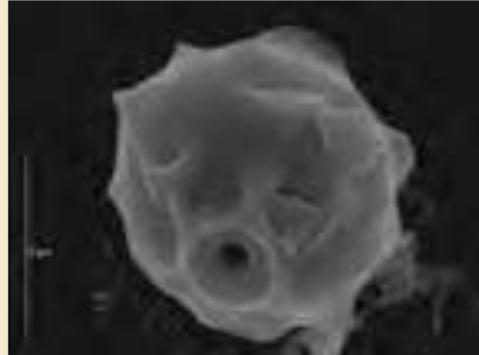
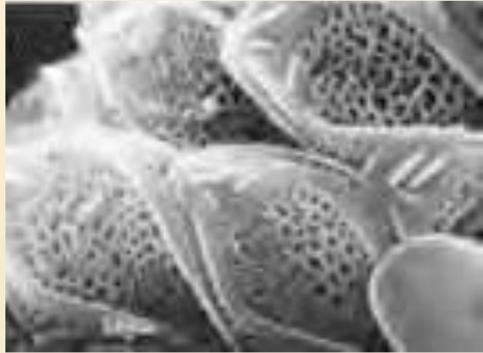
Dans ce cas le rôle de cytosquelette périphérique ou paroi est assuré par d'autres structures, telles que :

→ **La pellicule** (Euglenophytes): formée de bandelettes protéiques disposées en hélice en dessous du plasmalemme.

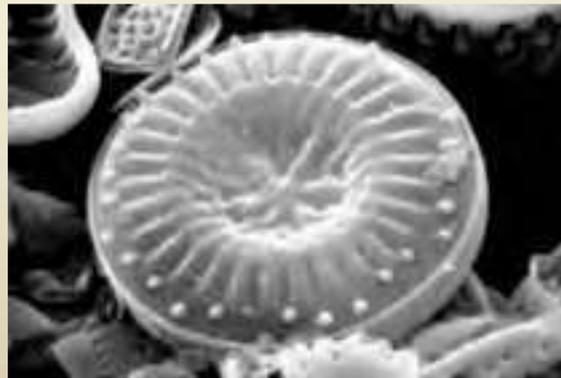
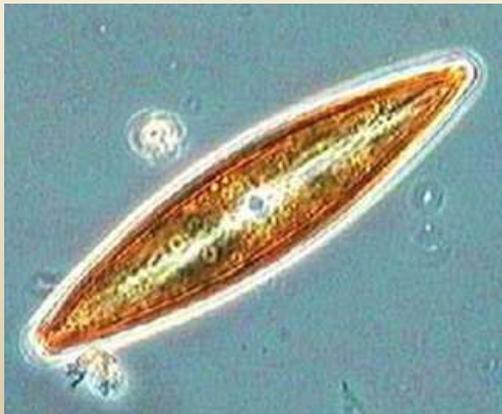


Coupe transversale à travers les bandes hélicoïdales situées dans le cortex de la cellule. Ces bandes sont de nature essentiellement protéique et étroitement associées aux microtubules. L'ensemble de ces bandes parallèles forme une "paroi" rigide mais déformable

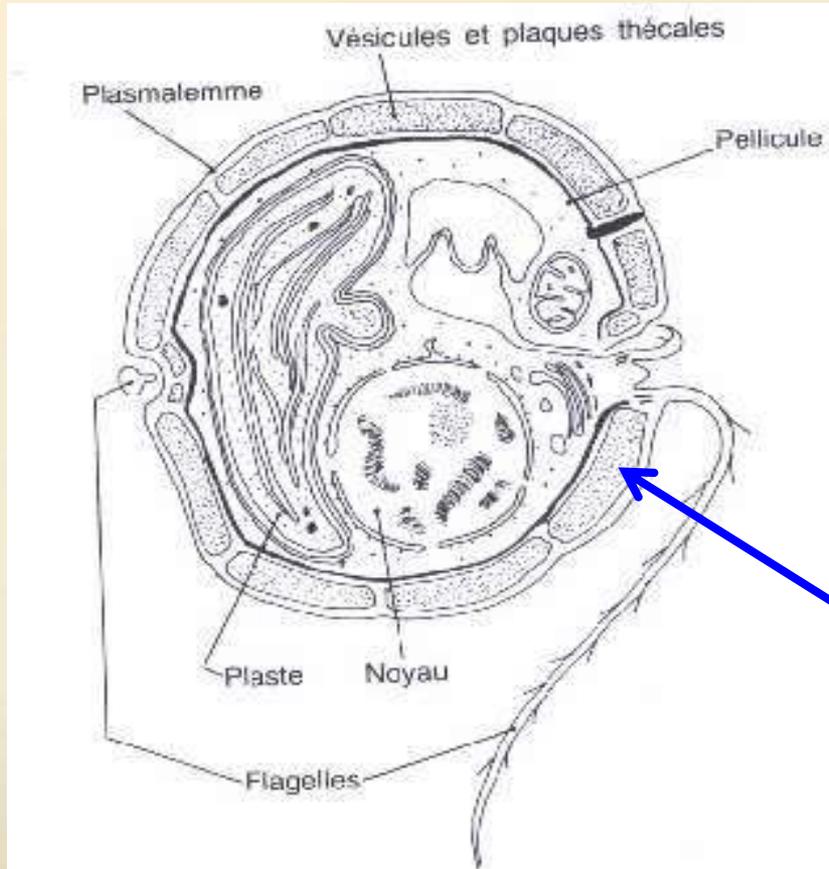
→ **Écailles siliceuses (Chrysophytes)** : Il s'agit d'écailles siliceuses, finement ornementées qui tapissent la surface externe de la cellule



→ Les coques ou **frustules siliceuses** ou parfois calcaires composées de **deux valves** emboîtées chez les **Bacillariophytes**.



→ Les **thèques** ou **plaques cellulodiques** disposées côte à côte tapissant la surface cellulaire des **Pyrrhophytes** ou **Dinophyceae**.

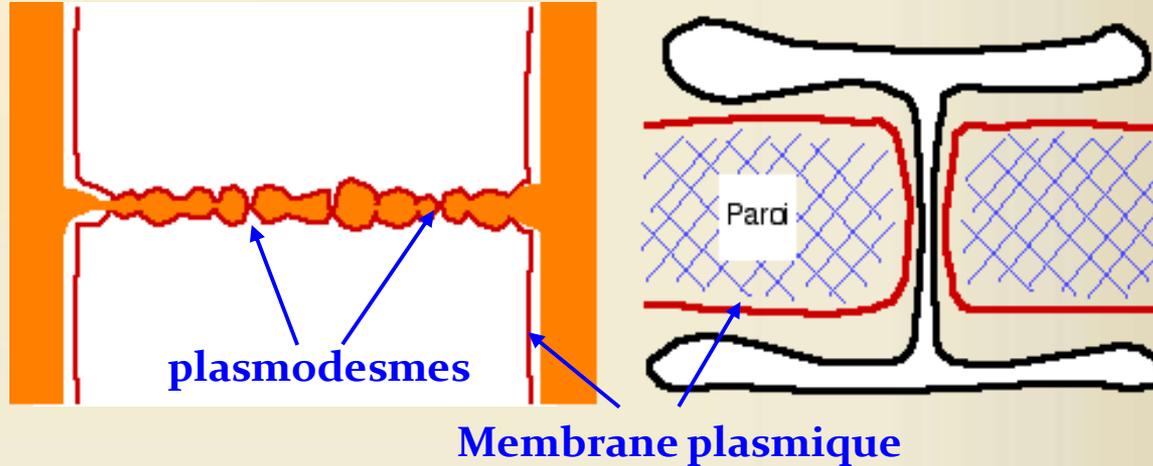


Notez que les plaques sont enfermées dans des vésicules délimitées par une membrane (Alvéolobiontes)

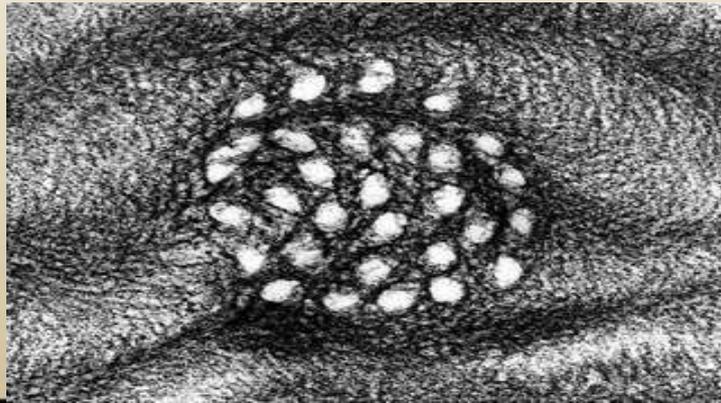
Coupe d'une Dinophyceae à armure (*Péridinium sp.*)

► Communication entre les cellules voisines

💧 Chez les algues pluricellulaires, elle est réalisée par des "ouvertures" ou plasmodesmes au niveau desquels les cytoplasmes sont en pseudo contact.



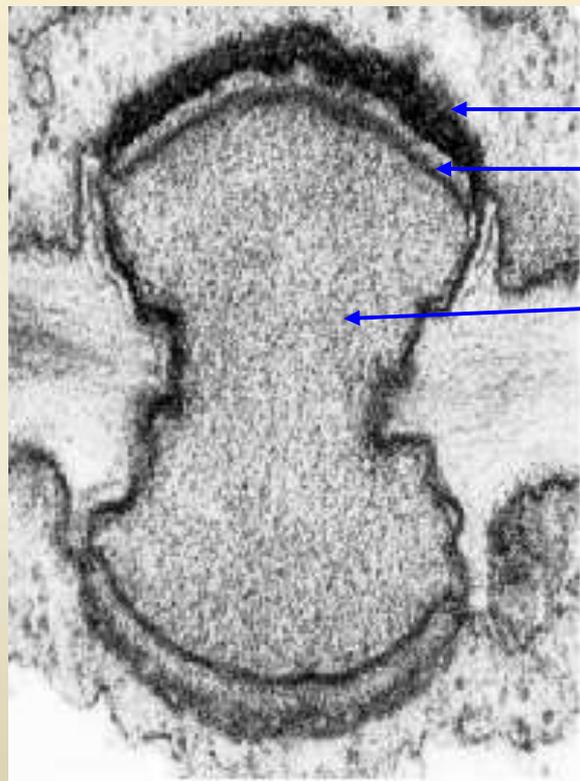
A gauche, formation des plasmodesmes à la télophase de la mitose; *à droite* détail. Le plasmodesme représente une continuité entre les cytoplasmes de cellules voisines. En son centre, on trouve un canalicule qui a pour origine le réticulum endoplasmique.



Plasmodesmes vus de face dans une section tangentielle de la paroi.

• Chez les algues rouges on trouve à ce niveau des dispositifs particuliers appelés **synapses** qui obturent l'ouverture.

Ce bouchon a une structure hétérogène et une nature probablement lipoprotéique. Son rôle semble être la sélection et l'orientation des informations morphogénétiques.



Couche externe aplatie

Couche interne

Capuchon

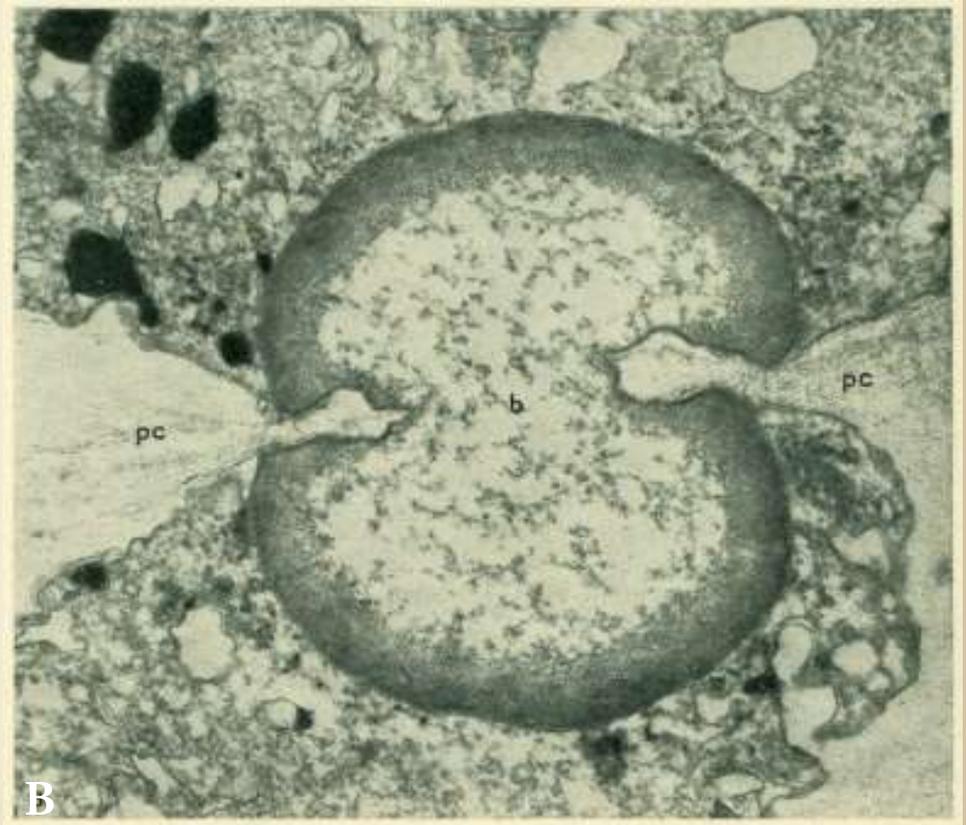
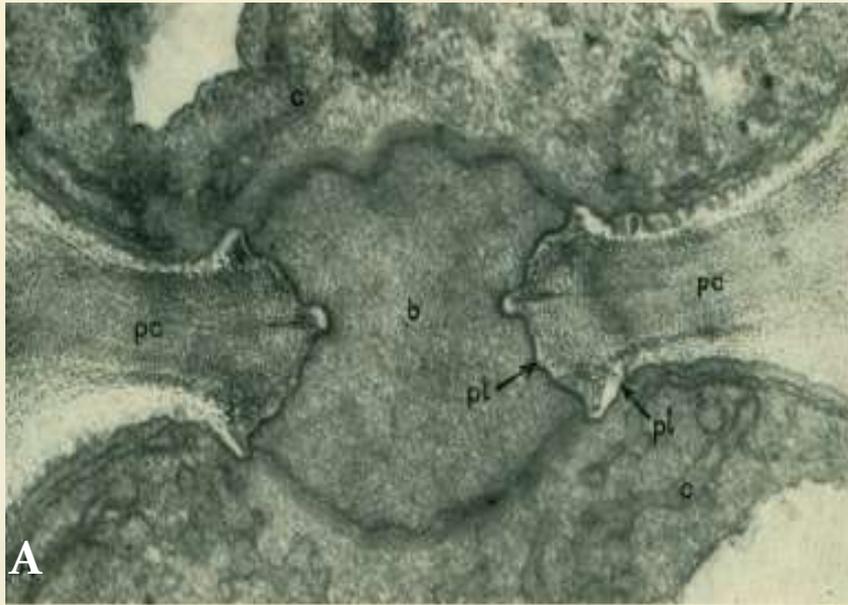
Cœur du bouchon synaptique



La synapse assure la relation entre les cytoplasmes des cellules voisines

Orifice de la paroi → RE → Protéines
et polysaccharides acides → bouchon synaptique

Architecture du bouchon synaptique variable / ordre



Synapses de Rhodophytes au microscope électronique.

A: Nemaion x 42800; B: Asparagopsis x 23400;

pc= paroi cellulaire; b: bouchon synaptique; c: réticulum endoplasmique; pl: plasmalemma.

Le cytoplasme ou hyaloplasme est entouré d'une membrane cytoplasmique (plasmalemme) vivante à travers laquelle se font les échanges nutritifs et les communications avec l'extérieur.

Les organites cytoplasmiques les plus remarquables sont:

► **Les plastes** sont de nature lipoprotéique et ont une origine endosymbiotique.

Sont porteurs du complexe pigmentaire responsable de la photosynthèse.

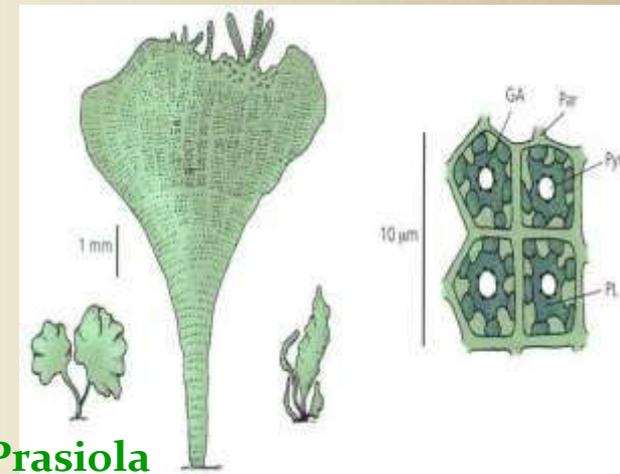
Selon la nature du pigment dominant, ses organites (chromoplastes/chromatophores) sont nommés **chloroplastes**, **rhodoplastes**, **phéoplastes**, **chrysoplastes** etc.

Les chloroplastes sont généralement des vésicules ovoïdes ~ 3 à 10 μm de \emptyset et sont porteurs de pigments de dominance chlorophyllienne.

Les autres catégories de **chromoplastes** sont porteuses d'un complexe à dominance de pigments surnuméraires ou de pigments accessoires.

► **Diversité:** Chez les phycophytes l'appareil plastidial est très diversifié

* **Au niveau du positionnement** et de la forme on peut distinguer :
Les plastes **focaux** de forme étoilée, avec un corps plastidial occupant le foyer cellulaire, émettant des rayons plastidiaux s'appliquant contre la paroi



Plastes **pariétaux** ont une position pariétale (appliqués contre la paroi) et des formes variables:
en lame perforée (*Acrosiphonia sp.*) ou non perforée (*Draparnaldia glomerata*, *Ulothrix sp.*, *Mougeotia sp.*),
en hélice (*Spirogyra sp.*), en croissant (*Ulva sp.*),

* **Au niveau de la taille, du nombre et la structure** on peut reconnaître :

La structure dite **Archéoplastidiée** → un seul ou quelques plastes de taille volumineuse pourvu (s) d'un ou de plusieurs pyrénoides.



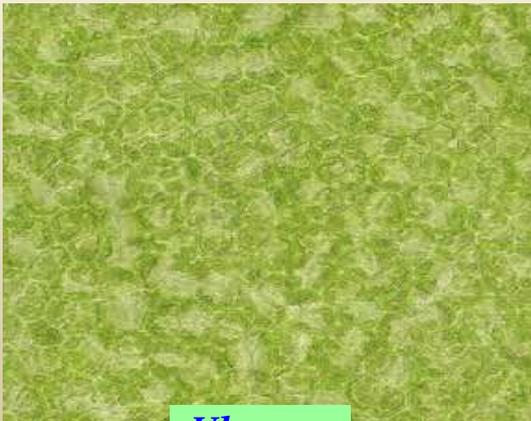
Draparnaldia sp.



Ulothrix sp.



Mougeotia sp.



Ulva sp.

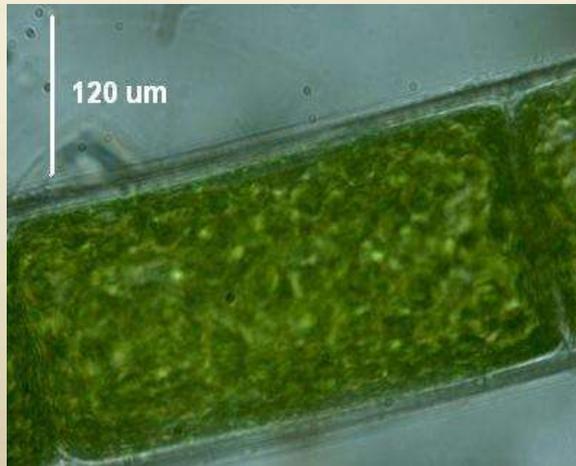
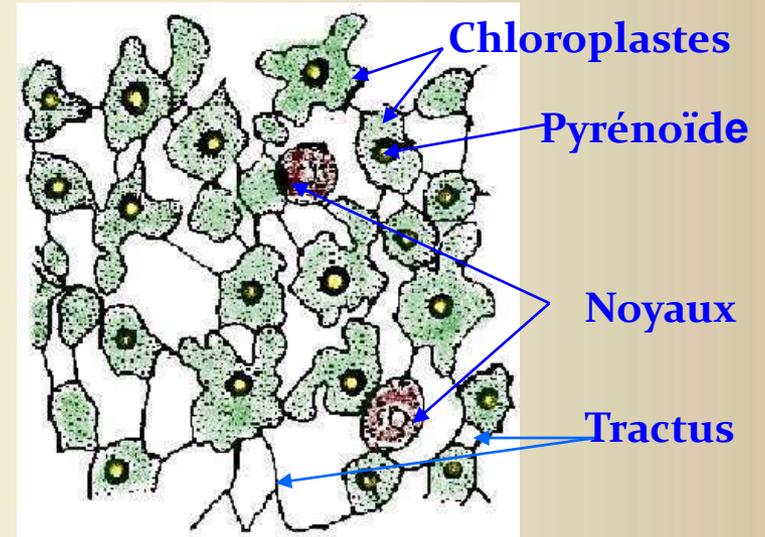


CT de lame d'*Ulva sp.*

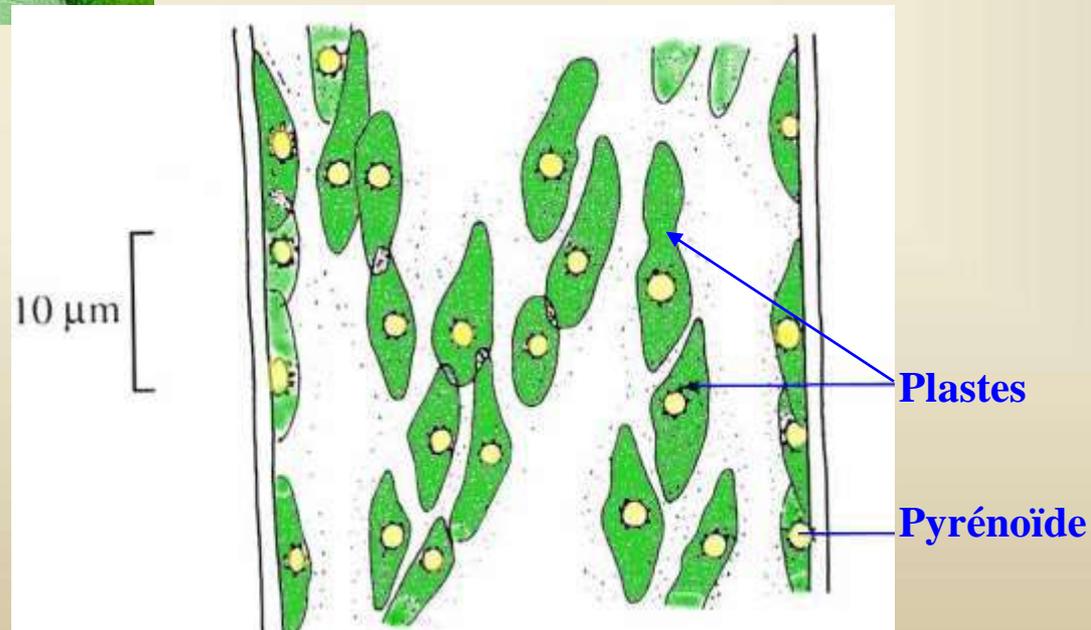
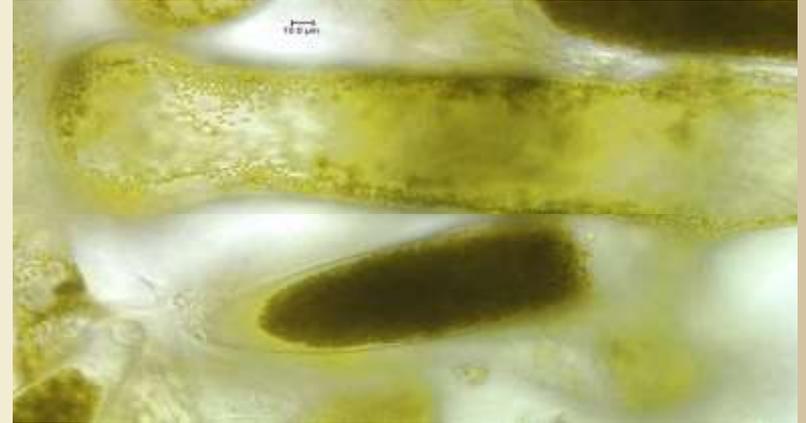
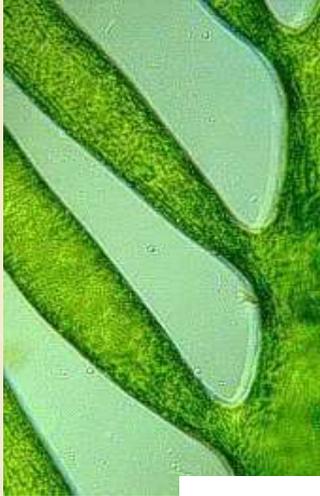


Spirogyra sp.

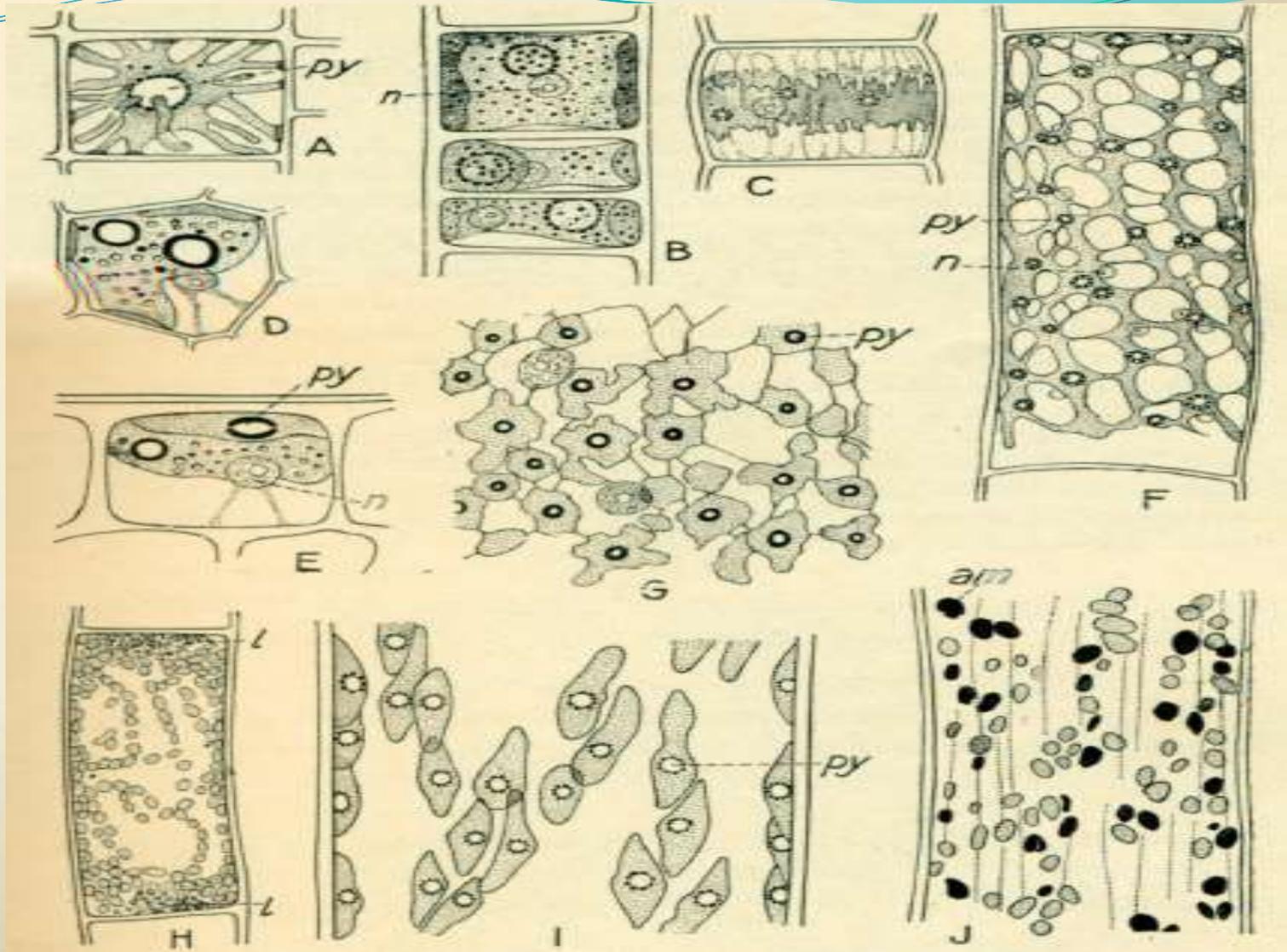
L'organisation **Mésoplastidiée** → un nombre important de petits plastes, souvent pourvus d'un pyrénioïde et qui sont encore reliés entre eux par des rayons plastidiaux. (*Cladophora sp.pl.*, *Cladophoropsis sp.*).



La structure **Néoplastidiée** → un nombre important de petits plastes, +/- lenticulaires et libres entre eux, pourvus ou dépourvus de pyrénioïde.



Morphologie des plastes chez les Chlorophycées



A: Prasiola; B: Ulothrix; C: Draparnaldia; D et E: Ulva; F: Acrosiphonia;

G: Siphonocladus; H: Trentepohlia; I: Derbesia; J: Udotea.

n: noyau; *py*: pyrénoloïde; *am*: amidon; *l*: gouttelettes lipidiques. (D'après Schmitz)

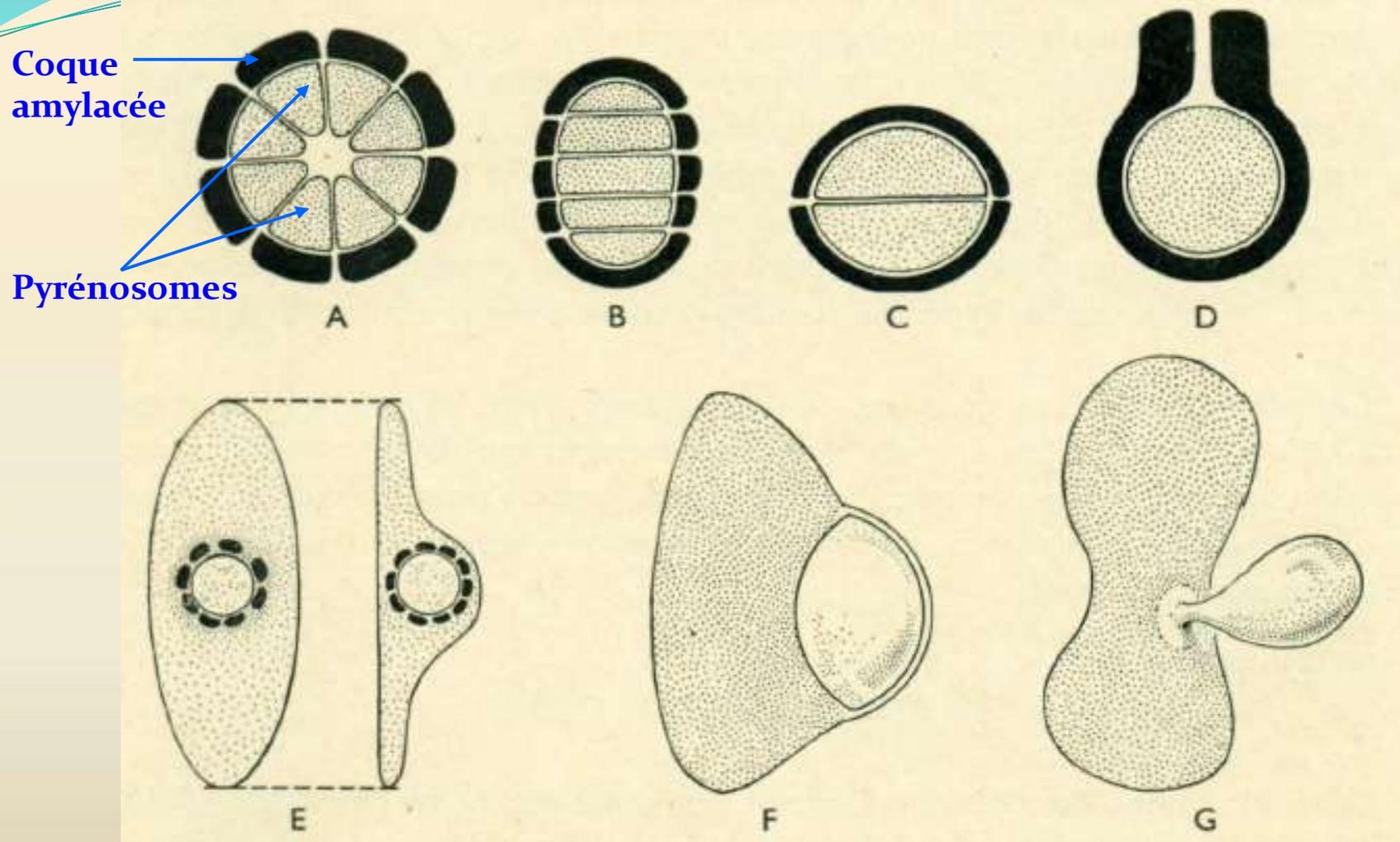
L'organisation plastidiale est qualifiée de **homoplastidiée** s'elle ne comporte que des plastes colorés. Alors qu'elle sera dite **hétéroplastidiée** quant elle est composée de plaste colorés (Chromatophores) et des plastes qui auront perdu la fonction assimilatrice et se sont spécialisés en stockage (amyloplastes).

► **Le pyrénioïde** est un granule qu'on reconnaît dans les plastes de plusieurs algues (un même plaste volumineux, peut en comporter plusieurs).

Chez les **Chlorophytes**, le pyrénioïde est logé à l'intérieur du plaste. Il est dit **intraplastidial**. Dans ce cas il sera subdivisé en unités plus petites dites **pyrénosomes**.

Au contraire, chez d'autres groupes d'algues, le pyrénioïde est dit **extraplastidial**. Dans ce cas il est entier et expulsé vers la périphérie du corps plastidial .

Structure ou type des Pyrénosomes et leur position



A-E: Chlorophycées: A: polypyramidal ou rayonnant; B: zoné; C: bilenticulaire; D: en bouteille; E: vue de face et de profil, situation du pyrénosome et coque amilifère; F: xanthophycées, pyrénosome repoussé sur le côté du plaste; G: Phaeophycées, pyrénosome sailli à l'extérieur.

Les Pigments

Le complexe pigmentaire comprend:

Chlorophylles:

a, b, c (c₁, c₂, ..), d, f

Caroténoïdes:

*α & β- carotènes
oxycarotènes*

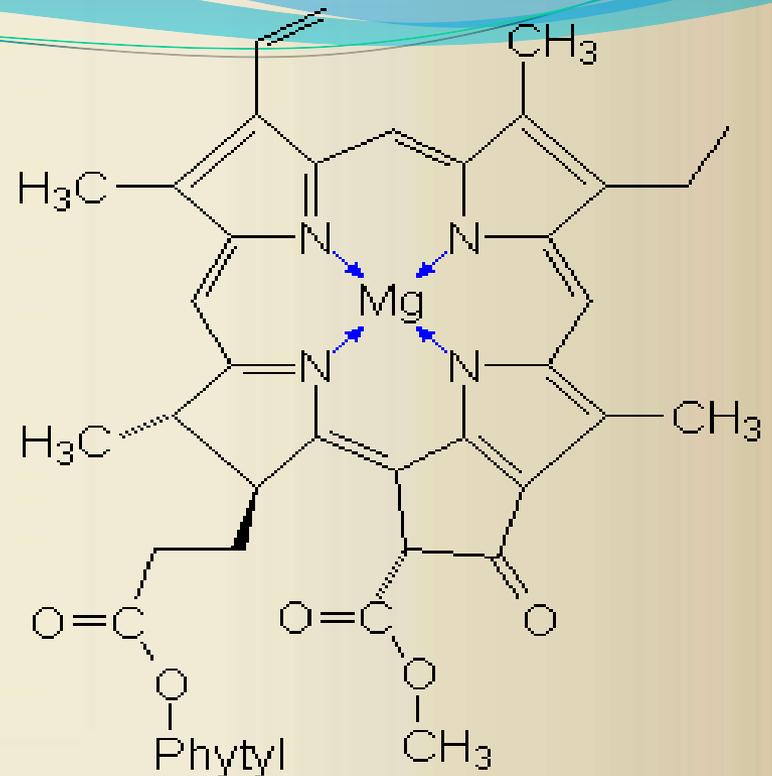
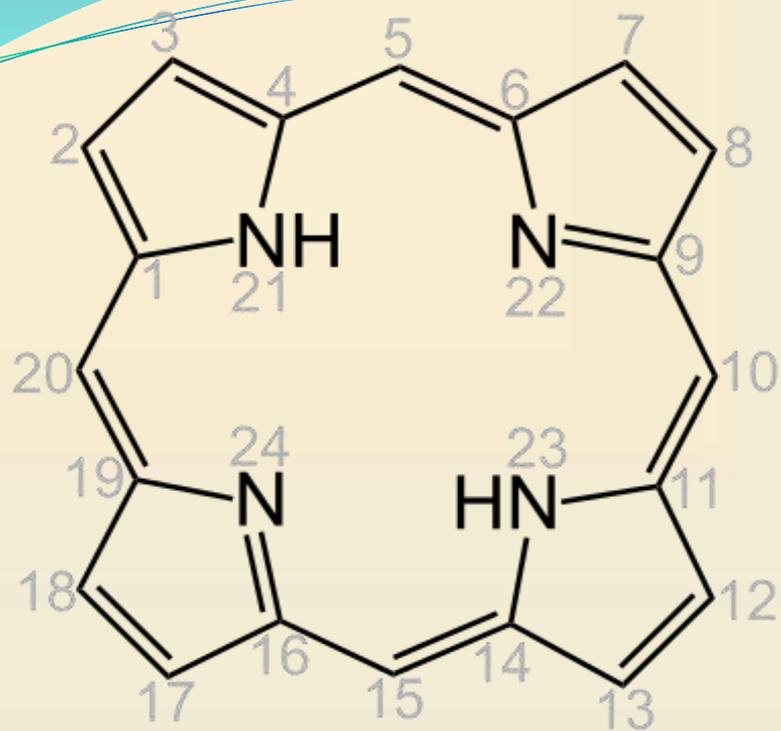
Phycobiliprotéines:

*phycoérythrine r & c
phycocyanine c & r.*

Les Chlorophylles

Pigments verts, solubles dans les alcools et les solvants organiques. Hétéroprotéines, *chromoprotéines* dont le groupement prosthétique est une *porphyrine* hydrophile à 4 noyaux pyrroliques, associés au centre sur un atome de *magnésium* et un alcool à longue chaîne le *phytol* hydrophobe.

Il existe plusieurs chlorophylles nommée *chlorophylle a*, *b*, *c*,....qui ne diffèrent que par des détails structuraux (différences au niveau des propriétés spectrales), ainsi la *chlorophylle b*: $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$, qui ne se rencontre que chez les Végétaux Supérieurs et les Algues vertes, ne diffère de la *chlorophylle a*, $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$, présente chez tous les végétaux.



Chl. a: C₅₅ H₇₂ O₅ N₄ Mg

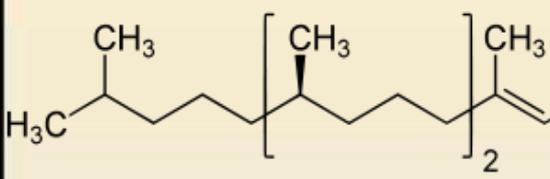
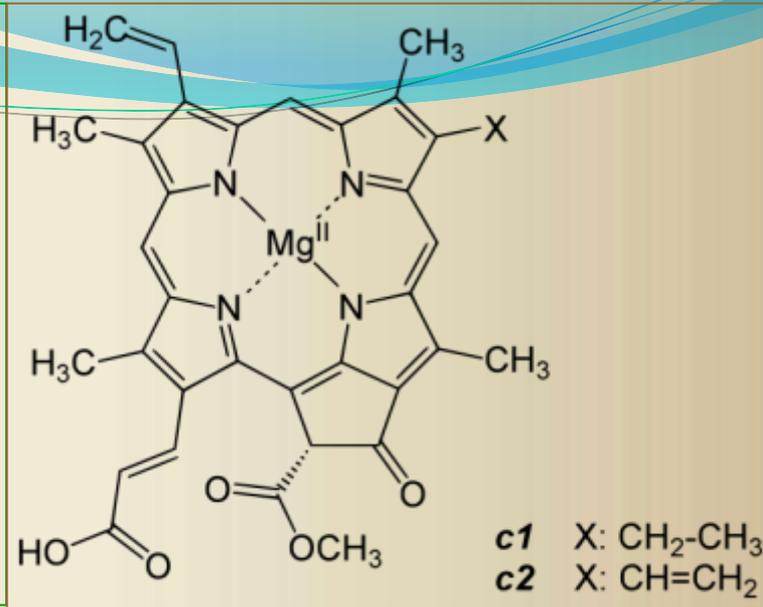
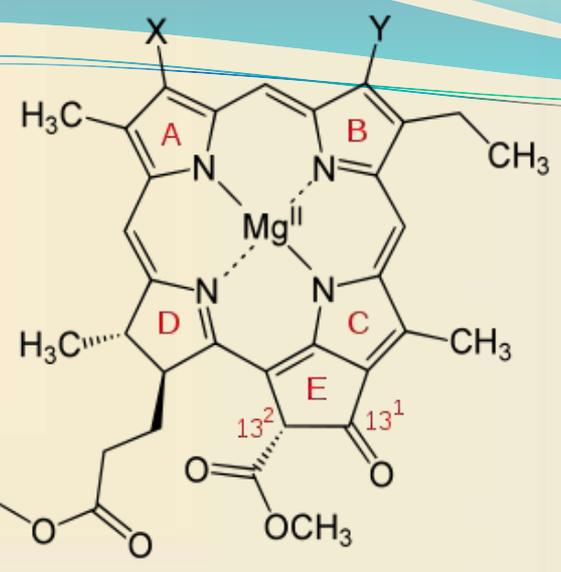
Chl. b: C₅₅ H₇₀ O₆ N₄ Mg

Chl. c1: C₃₅ H₃₂ O₅ N₄ Mg

Chl. c2: C₃₅ H₂₈ O₅ N₄ Mg

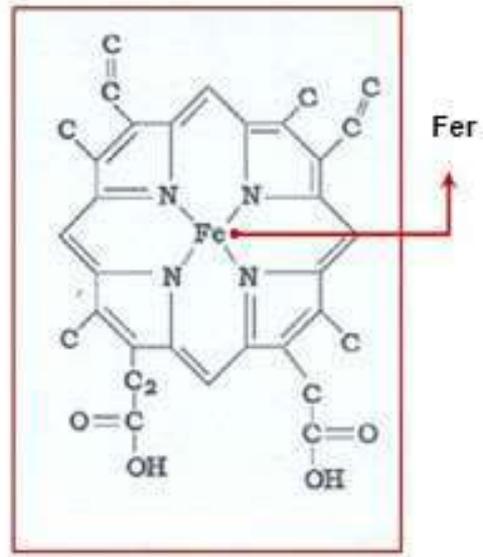
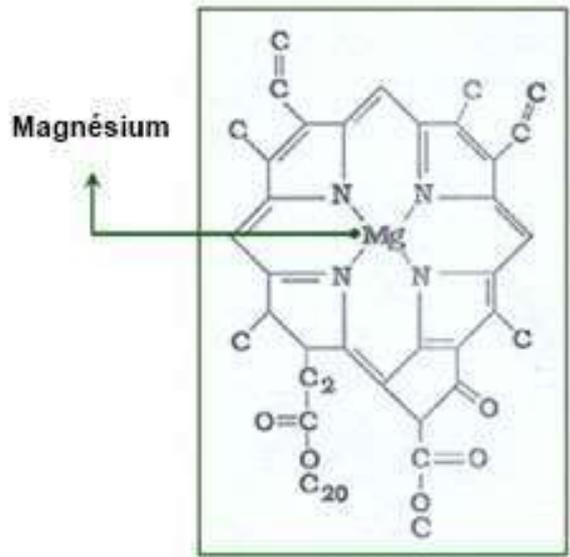
Chl. d: C₅₄ H₇₀ O₆ N₄ Mg

- a X: CH=CH₂ Y: CH₃
- b X: CH=CH₂ Y: CHO
- d X: CHO Y: CH₃



CHLOROPHYLLE VÉGÉTALE

HÉMOGLOBINE HUMAINE



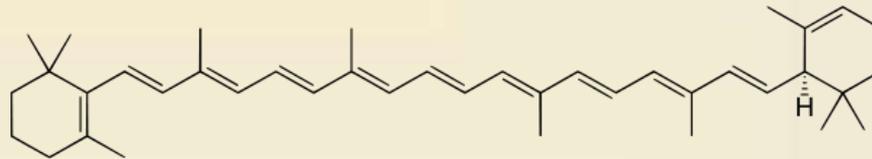
Les caroténoïdes

Pigments surnuméraires, de couleurs rouges oranges et jaunes.

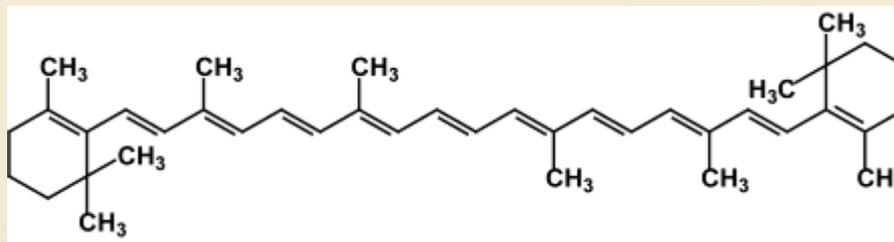
Longues chaînes hydrocarbonées à doubles liaisons conjuguées avec une cyclisation sur une ou plus souvent aux deux extrémités. On distingue:

les **Carotènes** $C_{40}H_{56}$ et les **Xanthophylles (oxycarotènes)** $C_{40}H_{56}O_2$.

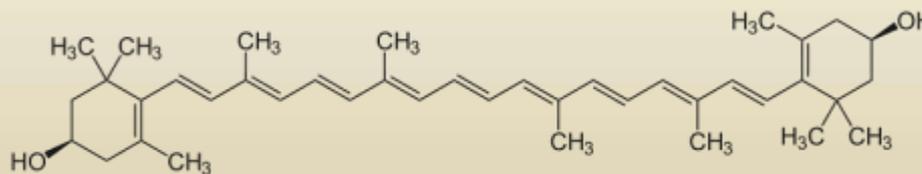
Ces deux composés sont très proches chimiquement, mais dépourvus de radicaux hydrophobes; très solubles dans les lipides et les solvants organiques.



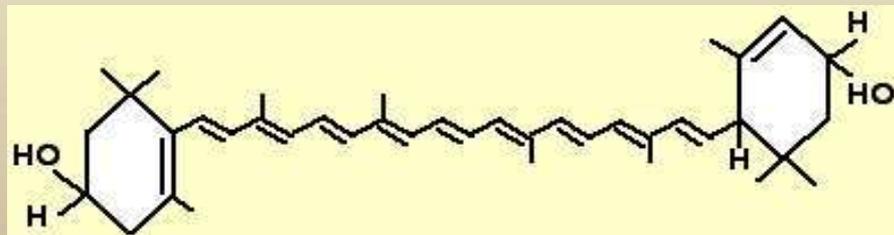
α - carotènes



β - carotènes



Zéaxanthine



Lutéine

Les Bilichromoprotéines

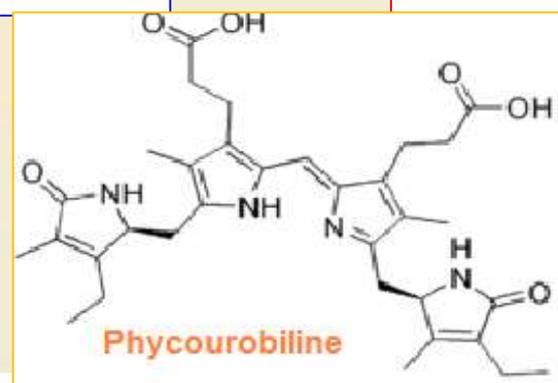
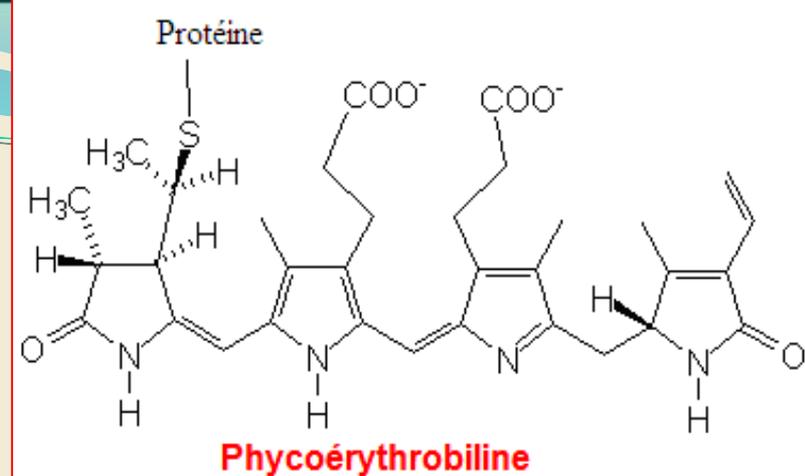
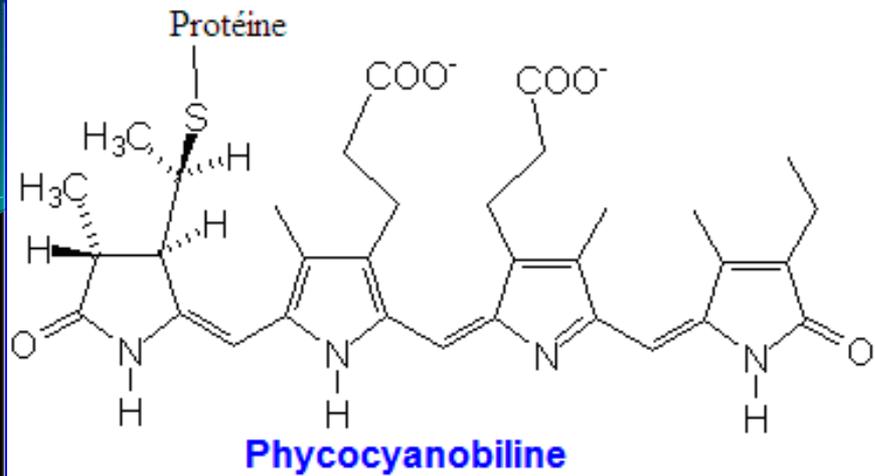
Pigments accessoires, de couleur rouge, orange, bleue ou violet, solubles dans l'eau.

Il s'agit d'hétéroprotéines dont la partie protéique est une globuline et le groupement prosthétique est une *phycobiline* hydrophile à quatre noyaux pyrroles reliés en une chaîne linéaire.

On distingue les phycoérythrines (rouge), les phycocyanines (bleue) et les phycourobilines (orange). Cette catégorie de pigments est très **photolabile**.

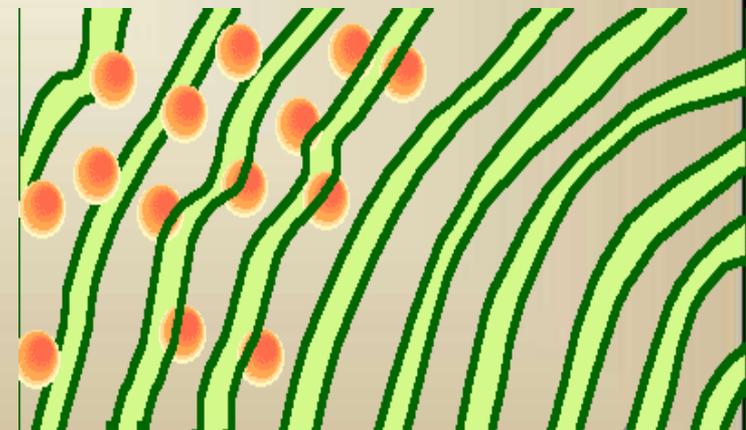
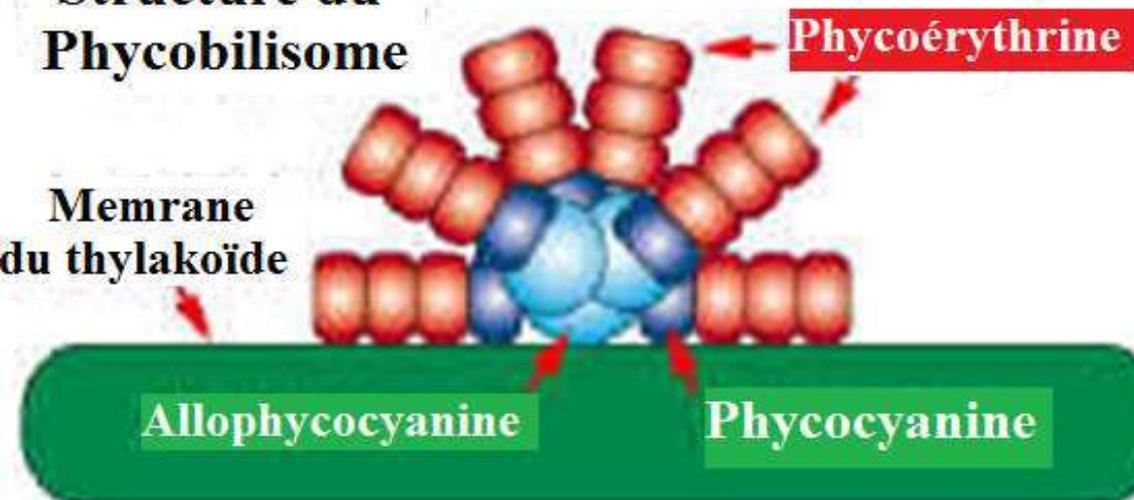
Phycobiliprotéines: *phycoérythrine r & c* *phycocyanine c & r*.

Ce sont des chromoprotéines (hétéroprotéines) solubles dans l'eau et groupés sous forme d'agrégats de phycobilisomes macromoléculaires attachés à la surface externe de la membrane des thylakoïdes.

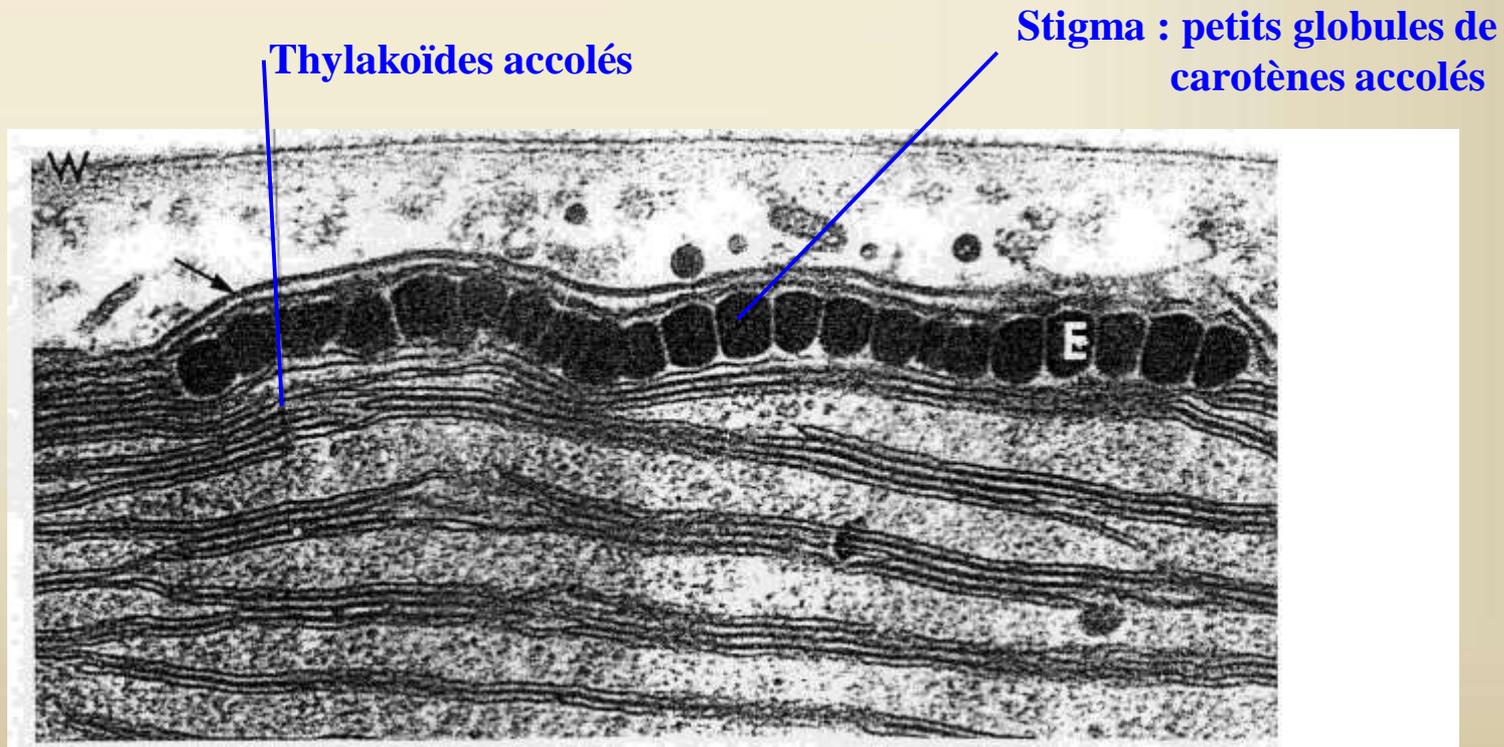


Structure du Phycobilisome

Membrane du thylakoïde



Le stigma: structure qu'on ne trouve que chez les **cellules mobiles** ou celles qui ont tendance à la **motilité**. Son rôle semble être photorécepteur. Il se situe souvent vers la périphérie du corps plastidial, dans certains cas, il se localise au voisinage de l'insertion des flagelles. Le stigma résulte de la transformation (dédifférenciation) d'une partie ou de la totalité du plaste, accompagnée de l'accumulation de pigments caroténoïdes.



Caractéristiques des plastes chez les algues vertes :

Membranes : 2

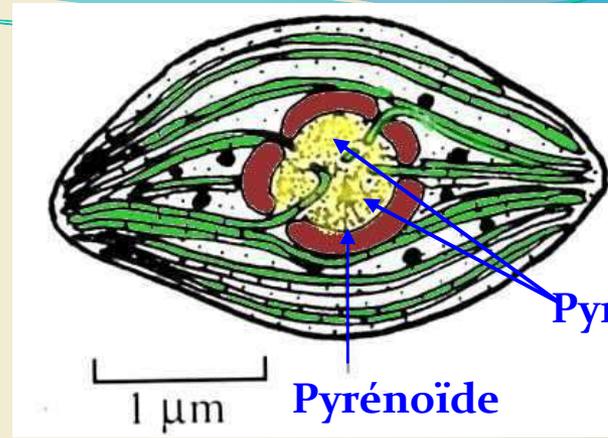
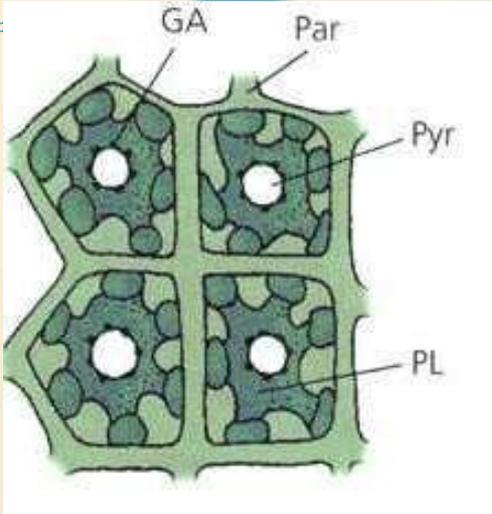
Thylakoïdes : Groupés par 3 à 6, avec des thylakoïdes qui joignent les groupes entre eux, présence d'organisation granaire

Pigments : Chlorophylles a et b, carotènes α et β , lutéine....

Pyrénoïde : Intraplastidial, parfois entouré d'amidon, contient la RuBisCO

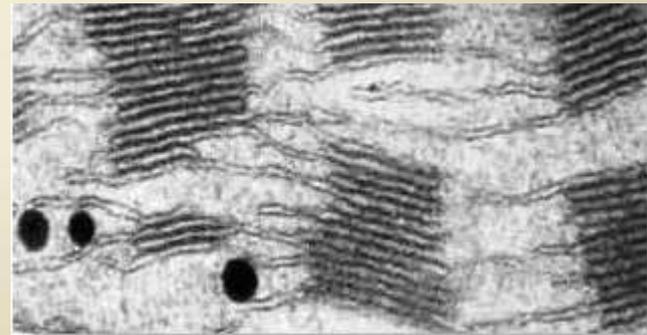
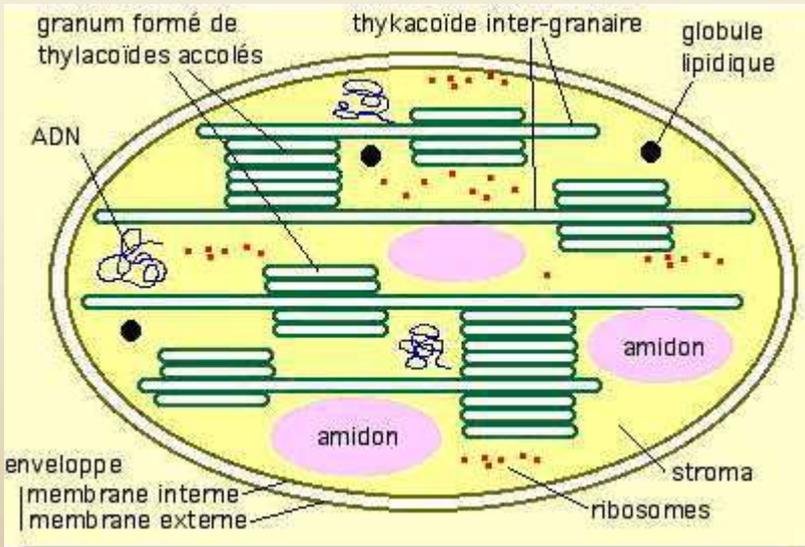
Stigma : Intraplastidial

Réserves : Amidon intraplastidial



Pyrénosomes

Pyrénoïde



Chez les végétaux supérieurs

Ultrastructure d'une euglène



Caractéristiques des plastes rappelant celles des algues vertes :

Membranes: 2 (-4)

Thylakoïdes : Groupés par 3 à 6, avec des thylakoïdes qui se rejoignent les rouples entre eux

Pigments : Chlorophylles a et b, α & β carotènes, lutéine....

Pyrénoïde : Intraplastidial, parfois entouré d'amidon, contient la RuBisCo

Stigma : Intraplastidial

Réserve : Amidon intraplastidial

Caractéristiques des plastes des algues brunes et al.:

- **Membranes** : 2 parfois 4 dont la plus externe porte des ribosomes en continuité avec la membrane nucléaire externe (notion de "complexe nucléoplastidial")
- **Thylakoïdes** : groupés par 3, en bandes séparées entre elles.
- **Pigments** : Chlorophylles a, **c₁**, et **c₂**, β - carotène, **fucoxanthine**
- **Pyrénoïde** : Appendu au plaste, contient la RuBisCo
- **Stigma** : Intra ou extraplastidial

NB : Particularité cytologique chez les algues brunes: Présence de **Physodes** = vacuoles contenant des diphénols, parfois excrétés, absents à l'ombre, issus du bourgeonnement des chloroplastes.

Section de zoospore de *Pylaiella littoralis* (algue brune)



Tonoplaste

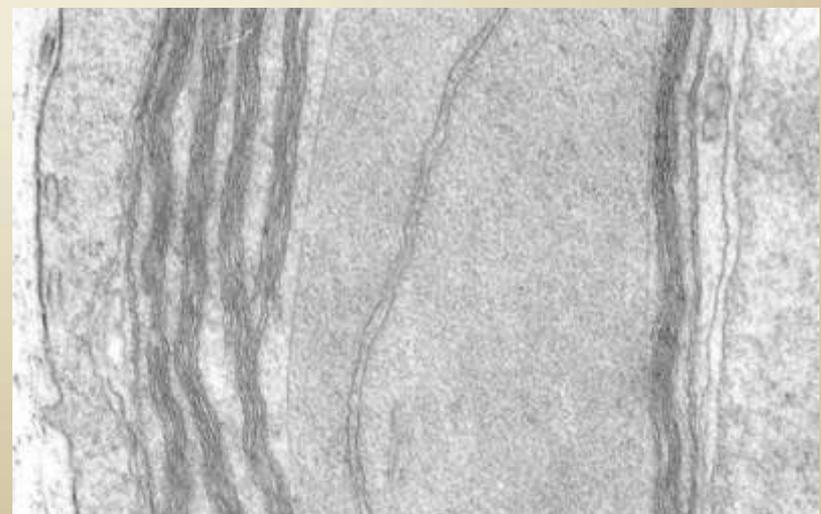
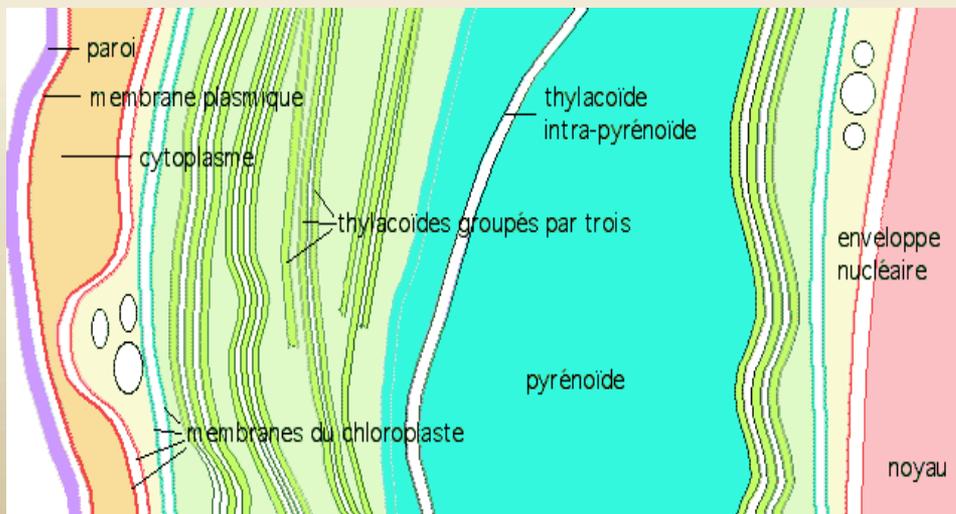
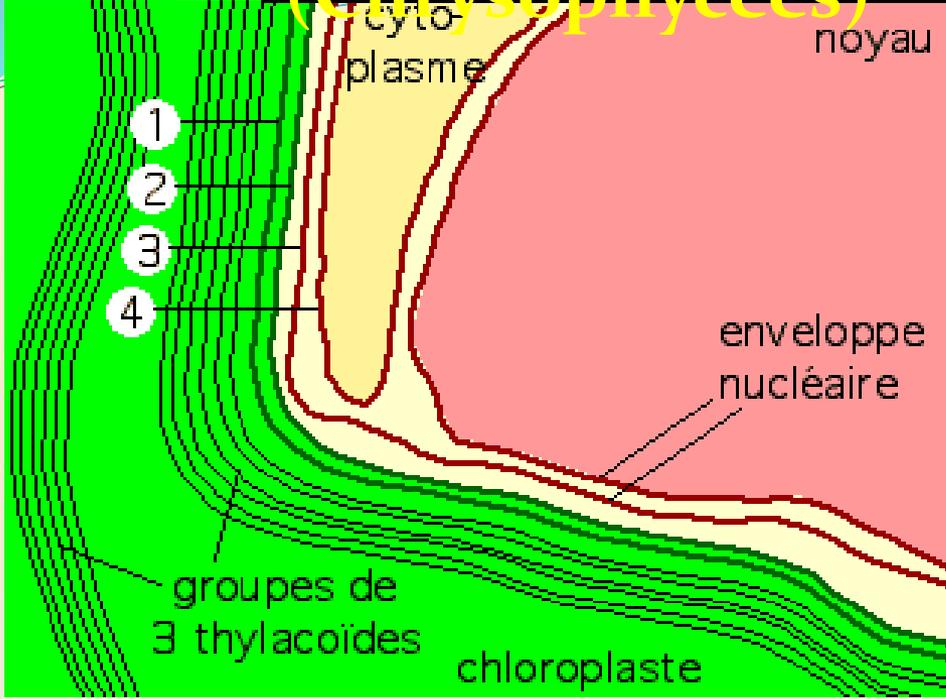
Mitochondries à crêtes tubulaires particularité des Hétérocontés

Physode

Pyrénoïde

Thylakoïdes par 3

Giraudyopsis sp. (Chrysophycées)

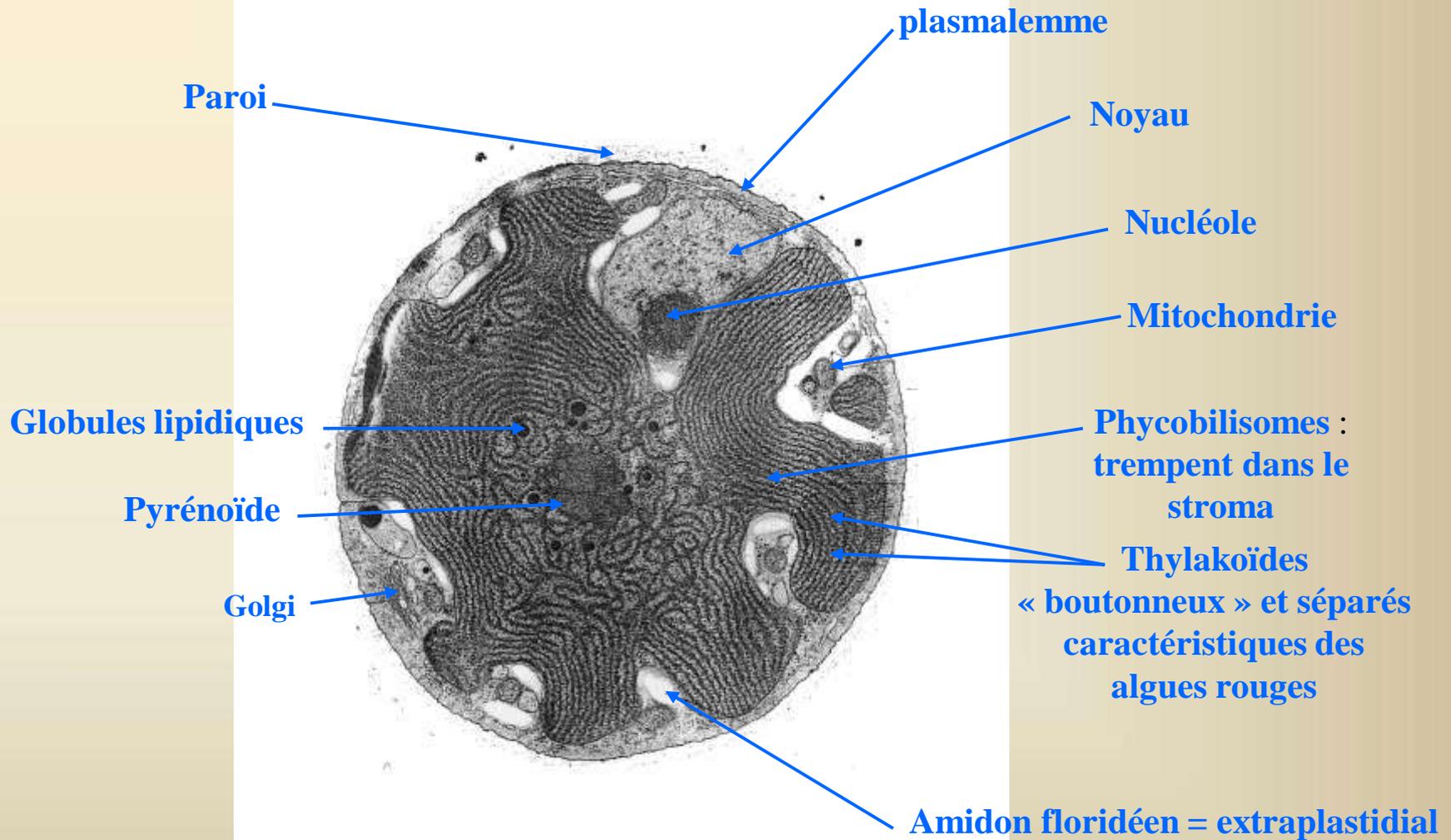


Caractéristiques des chloroplastes des algues rouges:

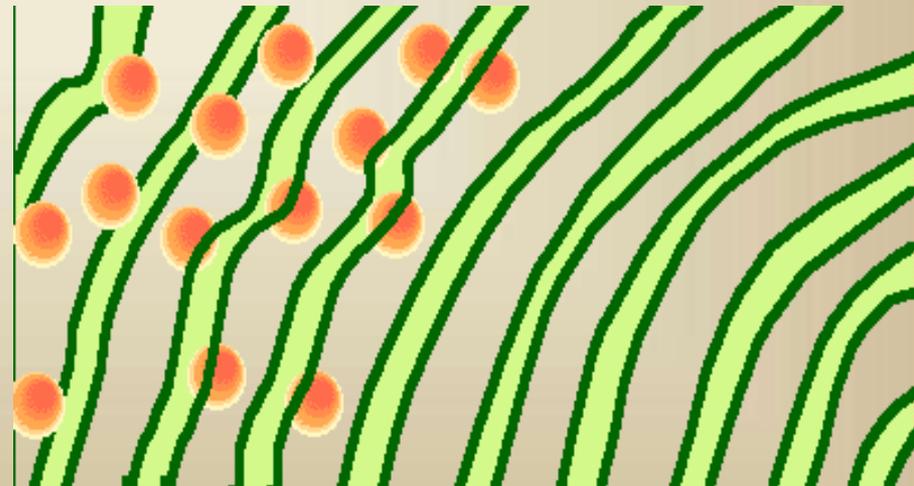
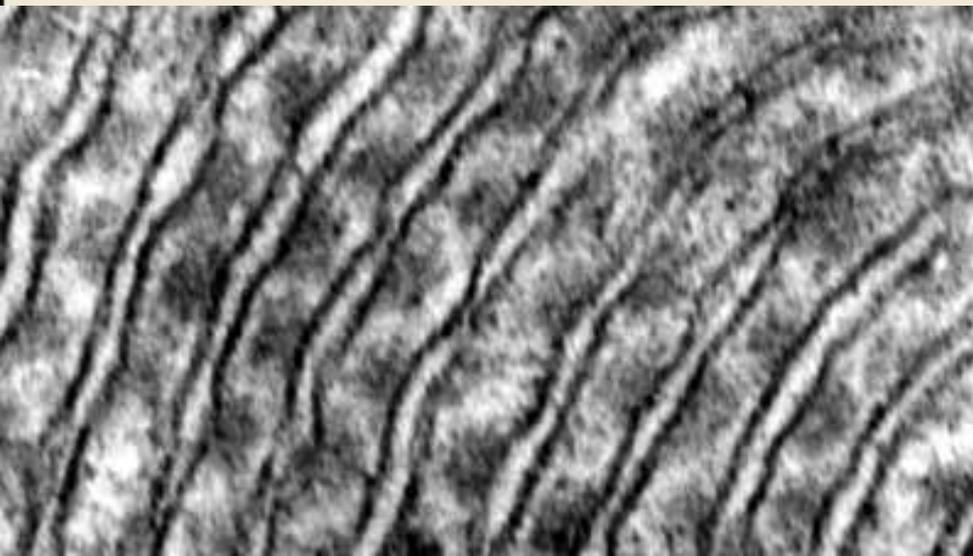
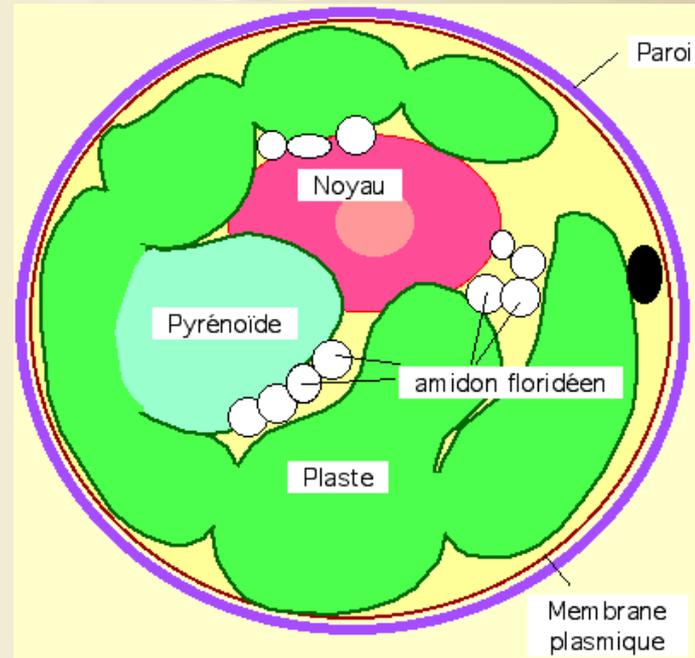
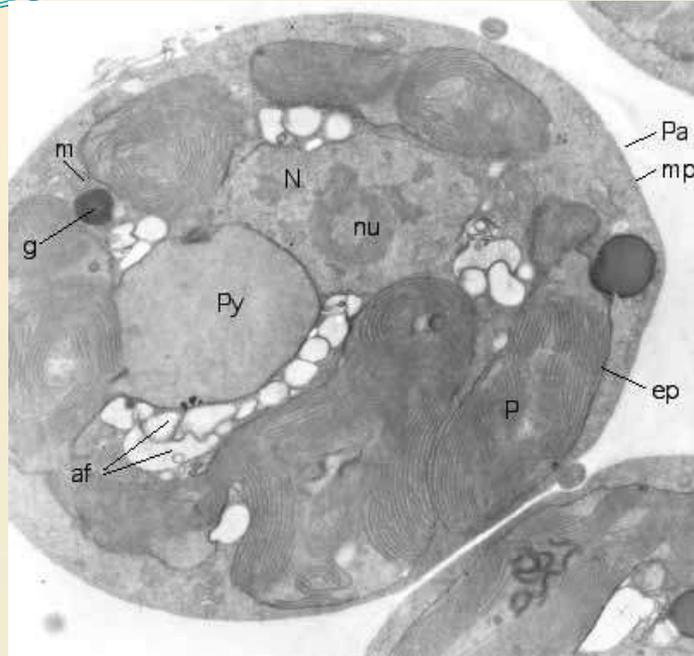
- Membranes** : **2**
- Thylacoïdes** : **Isolés**, avec **phycobilisomes**, parfois un thylacoïde ceinturant tout le stroma.
- Pigments** : Chlorophylle **a** et '**d**' + **β** & **α** carotène, Oxycarotènes (lutéine) + **Bilichromoprotéines**
- Pyrénoïde** : Extra ou intraplastidial, absent chez les plus évoluées, contient la RuBisCo
- Stigma** : **Absent**

NB : il existe chez les algues rouges de l'amidon extraplastidial ou ***amidon floridéen*** encore appelé ***rhodamylon*** (α 1-6 glucane proche de l'amylopectine, très ramifié)

vue médiane de *Porphyridium rubrum*



Algue Rouges *Rhodella* sp.



Le plaste est protégé par une double membrane, formant l'enveloppe plastidiale. La membrane interne s'invagine vers l'intérieur de l'organite donnant naissance à un système de membranes ou thylakoïdes qui sont les supports des différents pigments photorécepteurs et des protéines nécessaires à la photosynthèse.

La disposition et l'arrangement des thylakoïdes à l'intérieur du plaste varient en fonction des groupes d'algues.

Remarque : Chez certains Chrysophycées l'enveloppe plastidiale est dédoublée extérieurement par du réticulum endoplasmique en continuité avec l'enveloppe nucléaire (plaste entouré par 4 membranes). Ce complexe nucléoplastidial, suggère une interdépendance structurale et peut être fonctionnelle, entre ces deux organites .

Les mitochondries en saccules allongés (1µm-10µm) ou en forme de granules.

Organites entourés d'une double membrane = enveloppe mitochondriale.

La membrane interne forme des replis ou crêtes qui baignent dans une matrice ou stroma contenant des ribosomes, des enzymes,...

→ oxydation totale de la matière organique en énergie utilisable (respiration): elles sont le siège de la production d'énergie nécessaire à la vie.

Les produits d'accumulation ou de réserve issus de l'activité photosynthétique,

- ♦ sont ± solides (**grains d'amidon**, globules de lipides, **amidon floridéen**)
- ♦ liquides (en solution dans le suc vacuolaire, comme la Laminarine par exemple).

La nature et les taux des produits biosynthétisés varient en fonction des groupes.

La présence de certains produits peut être un élément de reconnaissance de l'espèce, du genre, de la famille, de l'ordre ou même de la classe ou de l'embranchement.

Les dictyosomes piles de saccules → lieux de tri, d'emballage et de transit des produits de sécrétion, donnant naissance par bourgeonnement à des vésicules où sont concentrées les sécrétions avant leur expulsion par exocytose.

Parfois l'appareil peut être réduit à un seul dictyosome volumineux.

Les vacuoles cavités ± hypertrophiées contenant des substances dissoutes (alcools, pigments non assimilateurs, glucides, ions, ...) et délimitées par un Tonoplaste. Certaines formes unicellulaires, (état végétatif ou reproducteur), peuvent avoir des vacuoles spécialisées (vacuoles pulsatiles, digestives,...).

Le noyau bien individualisé entouré d'une enveloppe nucléaire qui fait opposer les algues **eucaryotes** aux **Cyanophytes**. La double membrane nucléaire est percée de pores à travers desquels se fait le transfert de l'information génétique (ARNm). Le noyau porte 1 ou 2 nucléoles baignant dans un suc nucléaire ou nucléoplasme.

Les chromosomes, très longs, se fissent longitudinalement et les deux chromatides se disposent ensuite dans le prolongement l'une de l'autre avant de se séparer ce qui avait fait croire que les chromosomes se scindaient transversalement.

Chez les Dasycladales (*Acetabularia*), le noyau diploïde résultant de la caryogamie demeure unique pendant toute la durée du développement végétatif. D'abord de petite taille (10-15 μ) et pourvu d'un nucléole sphérique, il s'accroît considérablement pour atteindre 100 μ de diamètre. Il présente alors un nucléole complexe en forme de boudin ramifié. Ce noyau géant serait, pour certains auteurs (Puisseux-Dao, 1962), devenu polyploïde à la suite d'endomitoses successives.

Le nombre de chromosomes est très variable chez les Algues : $n = 4$ chez *Porphyra*, $n = 32$ chez *Fucus*. Chez les Dinophycées, il peut être plus élevé ($n = 60$ et plus) et il atteint 200 chez une Zygoptycée (*Micrasterias rotata*).

- Les dicaryons ou les mésocaryons des Dinophytes caractérisées par des Chromosomes qui demeurent apparents même pendant l'interphase.

- Dinomitoses = mitoses pendant lesquelles l'enveloppe nucléaire persiste.

Pas de centrioles ni de fuseau achromatique. Les chromosomes dépourvus de centromères, sont attachés directement à l'enveloppe nucléaire lors des divisions.

Appareil cinétique

Si présent = flagelles jouissant de grande variation: nombre, formes et insertions.

Une cellule flagellée (végétative ou sexuelle) est généralement munie de deux flagelles.
Parfois on ne rencontre qu'un seul ou à l'inverse plusieurs.

Un flagelle peut être simple ou en fouet (bifurqué).
lisse ou porteur d'expansions appelées mastigonèmes.

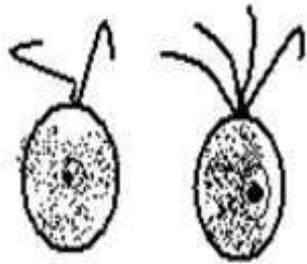
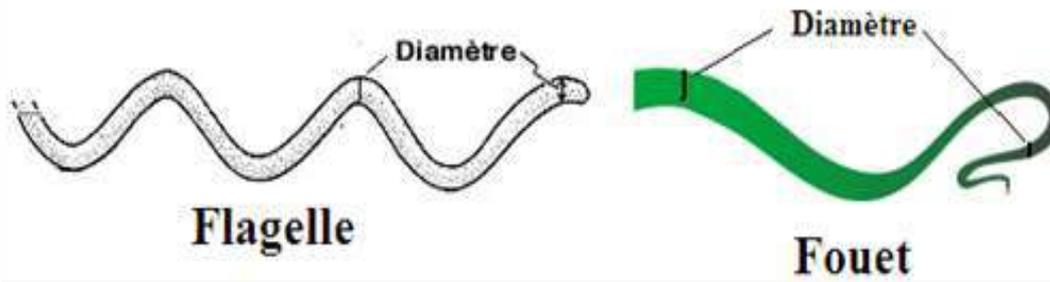
Suivant la disposition des mastigonèmes, le flagelle est dit:
stichonématé (pectiné) , soit pleuronématé (plumeux).

flagelles identiques		cellule dite <u>isokontée</u> .
flagelles dissemblables		cellule dite <u>hétérokontée</u> .

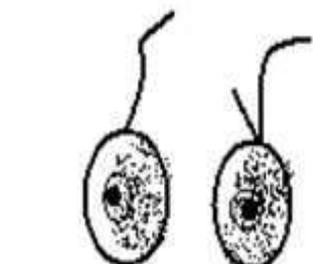
Suivant l'insertion des flagelles, une cellule peut être dite :

- ★ **Acrokontée** flagelles insérés à l'apex.
- ★ **Stéphanokontée** flagelles insérés sur une auréole ou couronne.
- ★ **Basikontée** les flagelles insérés à la base.
- ★ **Amphikontée** flagelles ont une position latérale.

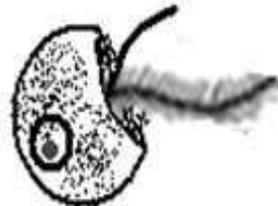
L'absence ou la présence des cellules flagellées ainsi que la structure des flagelles sont des caractères qui peuvent désigner certains groupes d'algues eucaryotes.



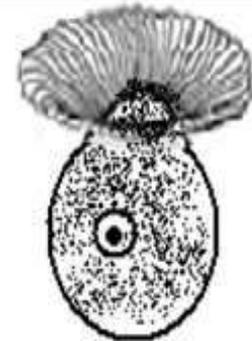
Cellules **isokontées**



Cellules **anisokontées**



Cellule **hétérokontée**



Cellule **stéphanokontée**



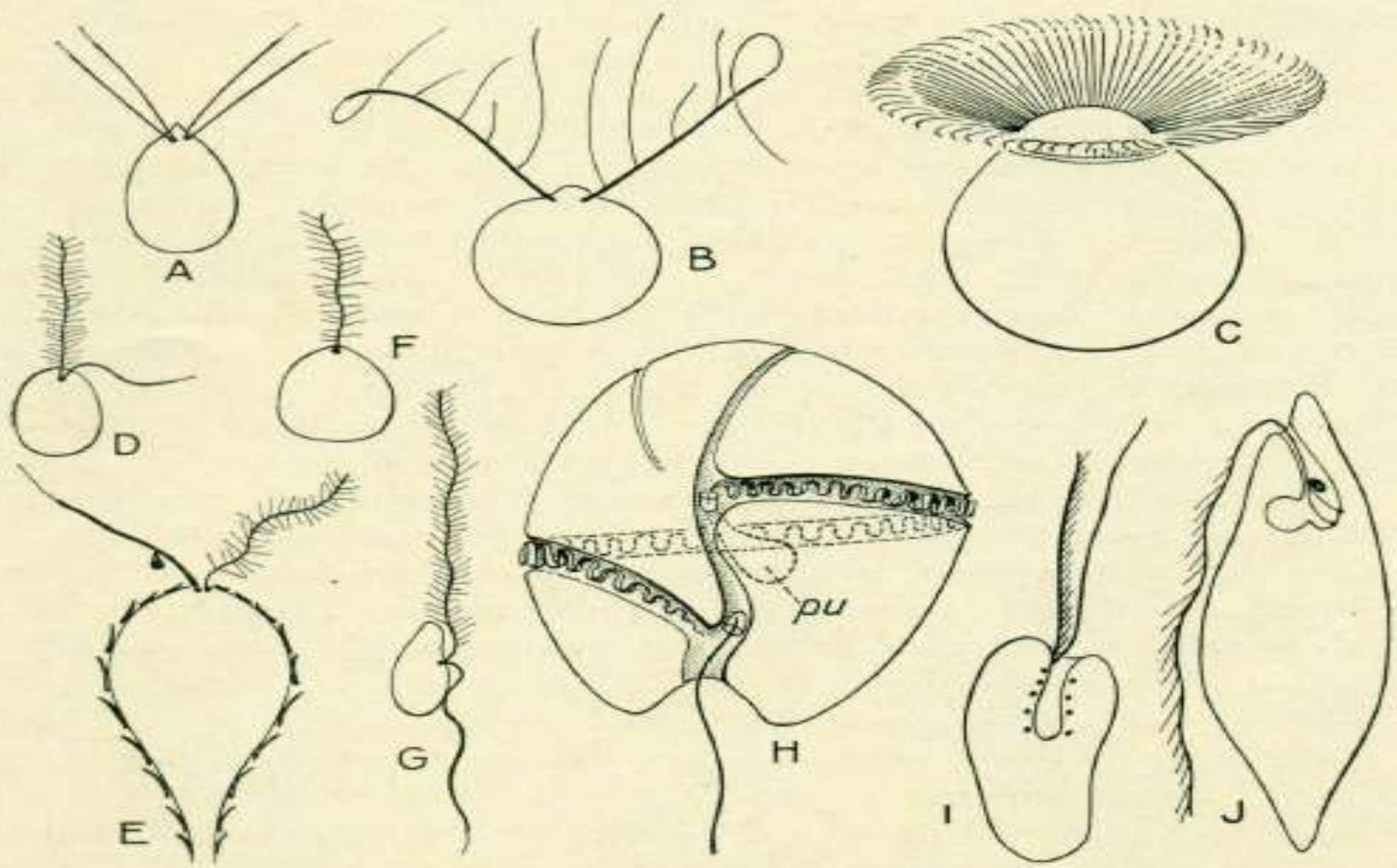
Disposition **basikontée**



Disposition **acrokontée**



Disposition **amphikontée**

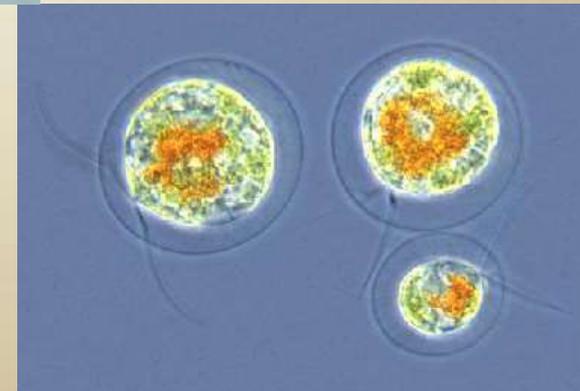
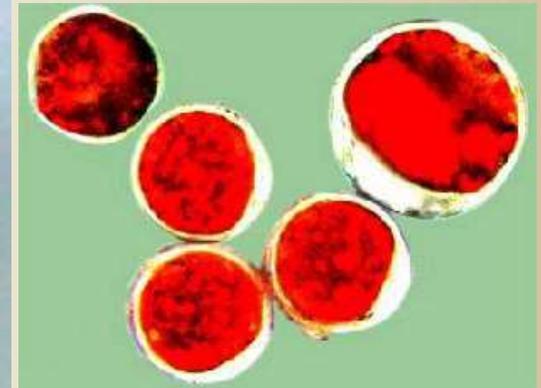
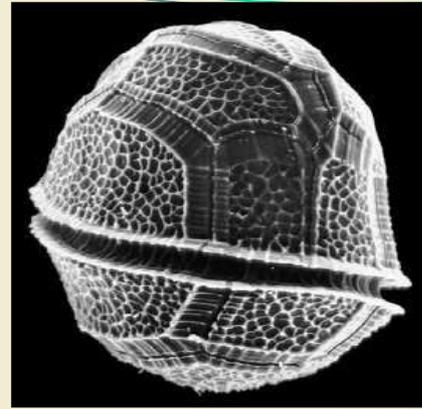


A-C: **Cellules isokontées**. A: tétraflagellée acrocontée à flagelles simples; B: biflagellée acrocontée à flagelles en fouets; C: stéphanocontée.

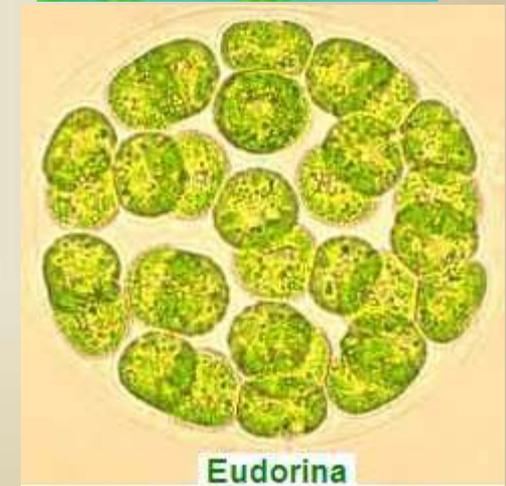
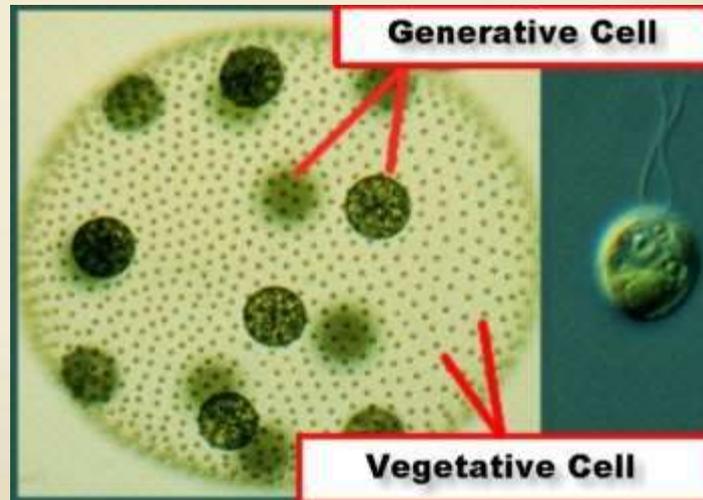
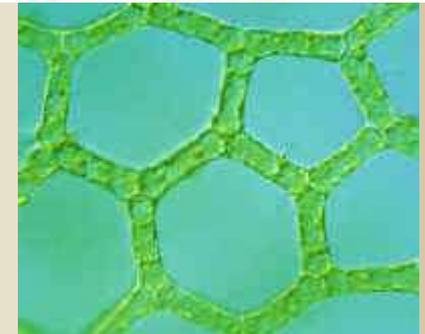
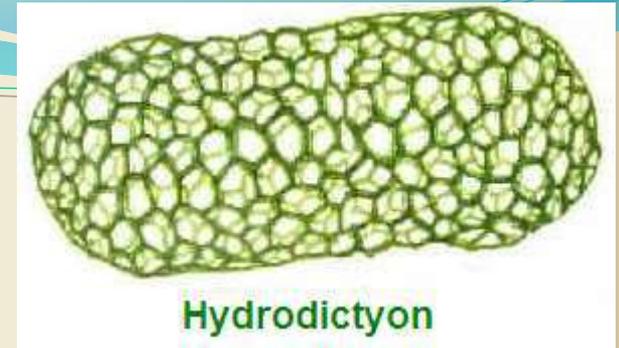
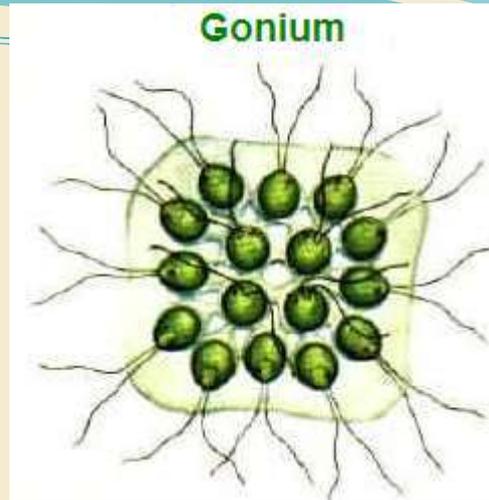
D- J: **Cellules hétérocontées**. D: biflagellée acrocontée à l'un des flagelles plumeux; E: idem avec un flagelle portant un photorécepteur; G: Amphicontée; H: flagelles logés dans deux sillons \perp , et insérés dans des puits vestibulaires, et présence de pustule; I: un des flagelles est stichonématé; F: un seul flagelle pleuronématé; J: flagelle 'unique' à base double insère dans une invagination et pourvu de photorécepteur

Morphologie des algues

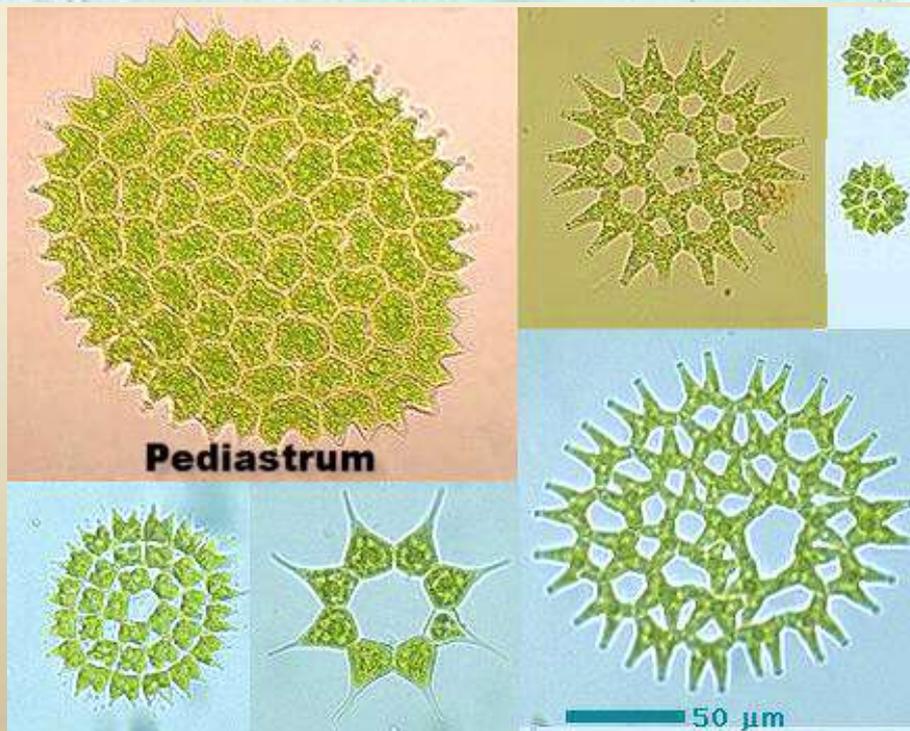
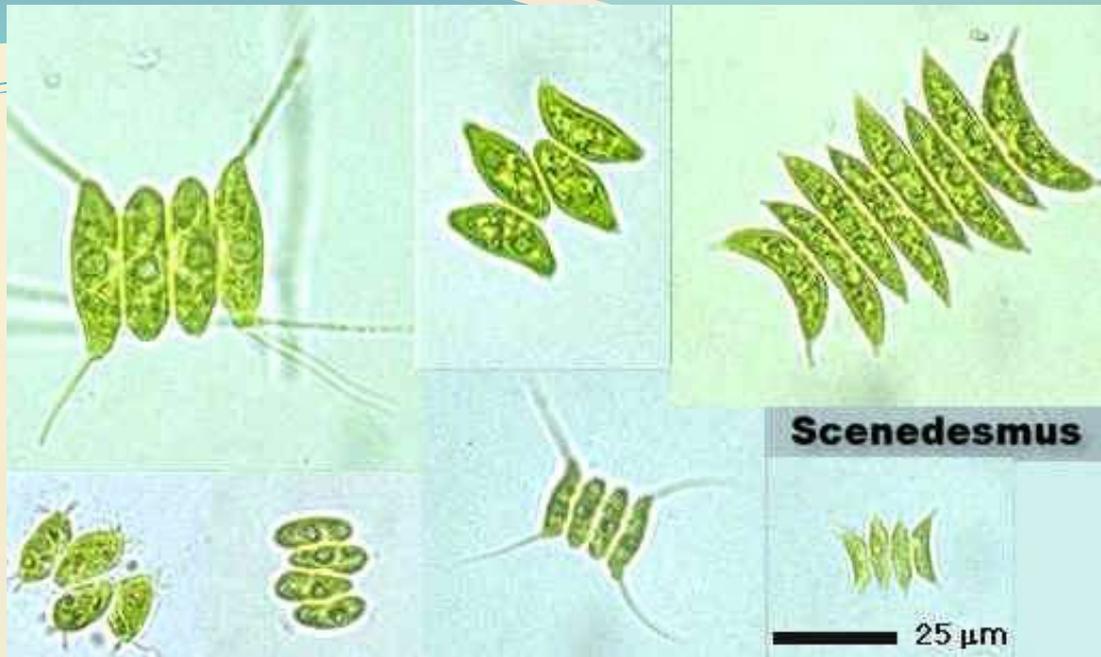
Unicellulaires



Coloniales



Coloniales



Siphonnés ou cœnocytique



Pluricellulaires

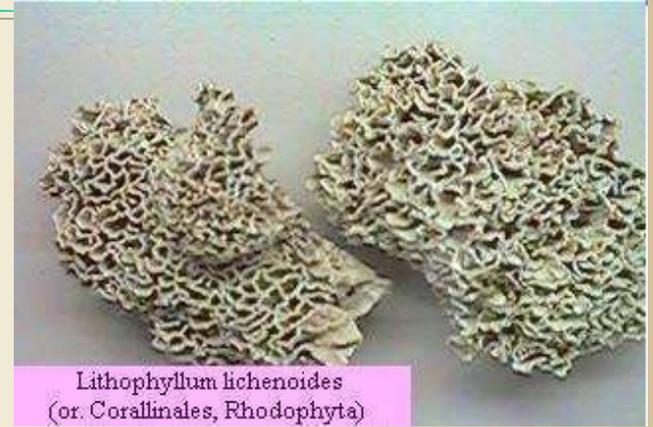
Thalles encroûtants



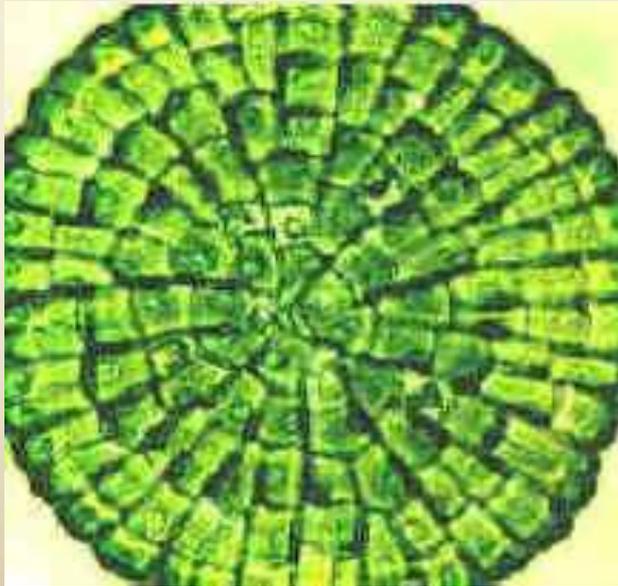
Lithophyllum incrustans
(or. Corallinales, Rhodophyta)



Ralphsia sp.



Lithophyllum lichenoides
(or. Corallinales, Rhodophyta)



Coleochaete sp.

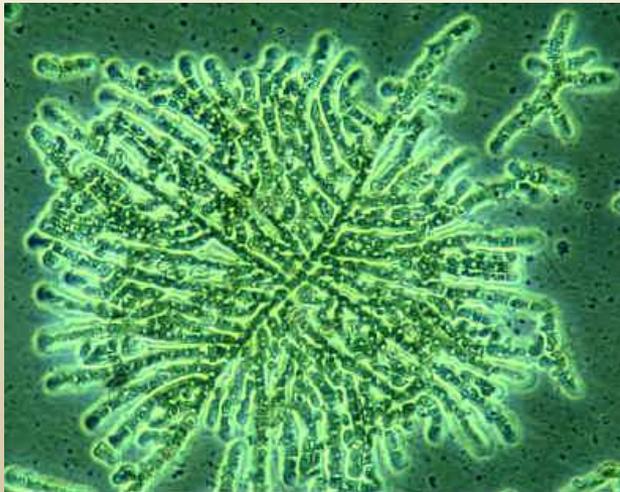
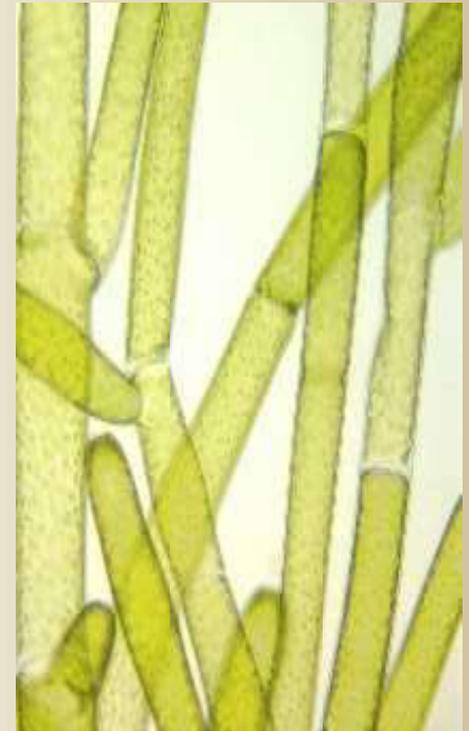
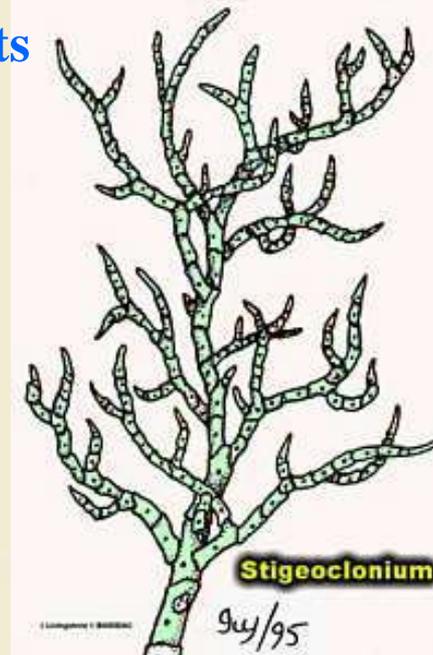
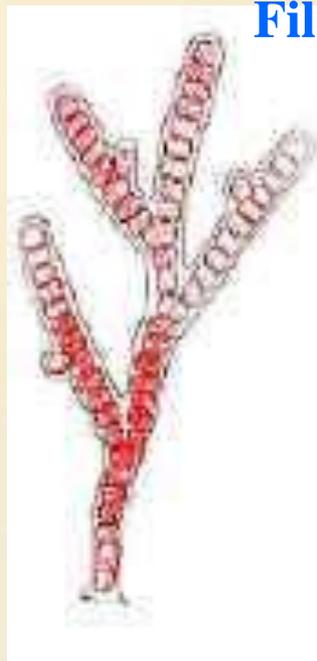
Acellulaire



Codium sp.

Pluricellulaires Thalles non encroûtants = dressés ou prostrés

Filaments



Coleochaete sp

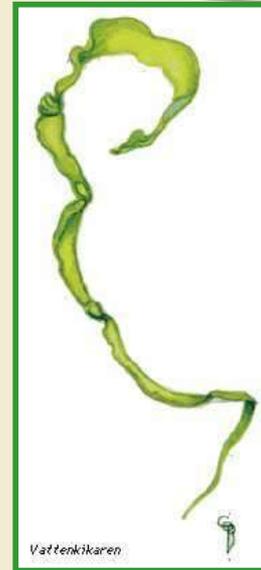
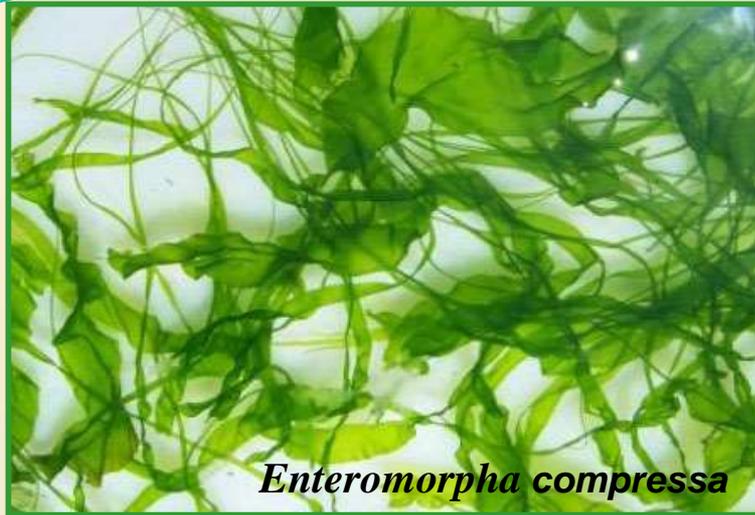


Cladophora sp.



Pluricellulaires

En tube



Scytosiphon lomentaria

Siphonné

En cordon

En vésicule



Cellulaire

En vésicule

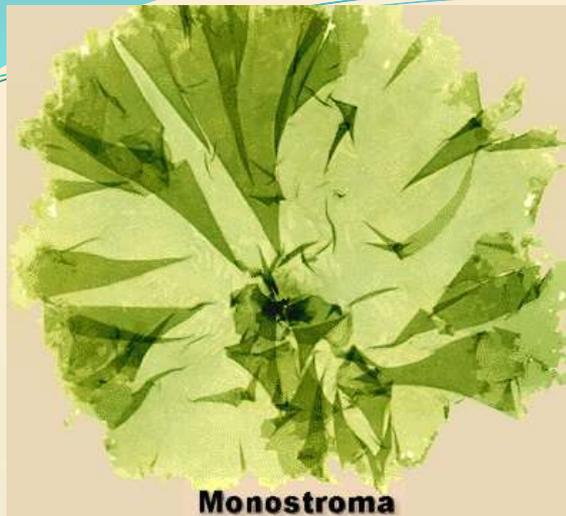
En cordon



Maurice Lodi

Pluricellulaires

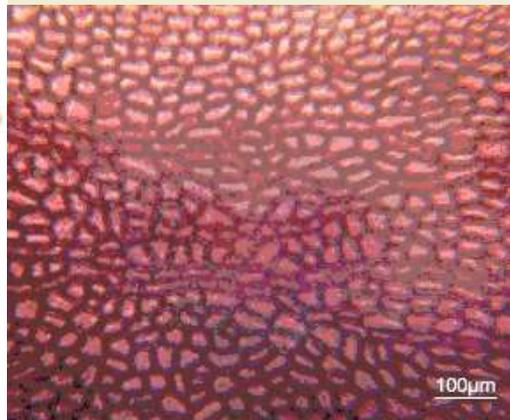
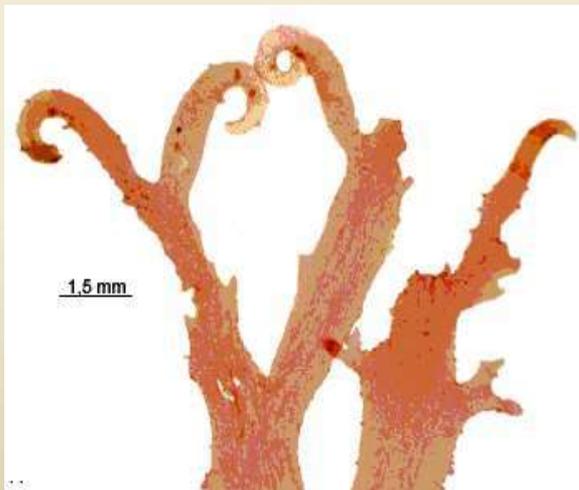
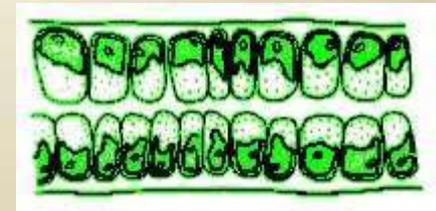
En lame



Unistrate



Bistrate



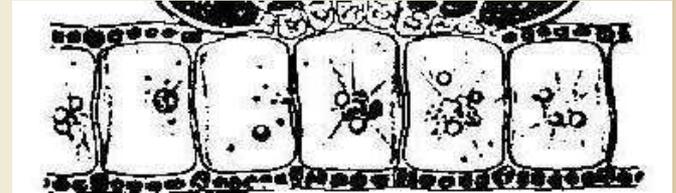
Acrosorium uncinatum

Pluricellulaires

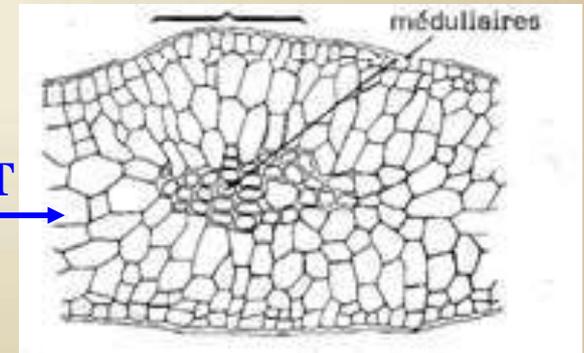
En lanières ou ruban

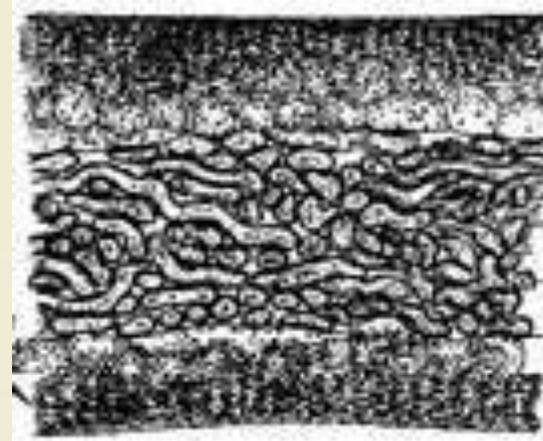


CT →



CT →





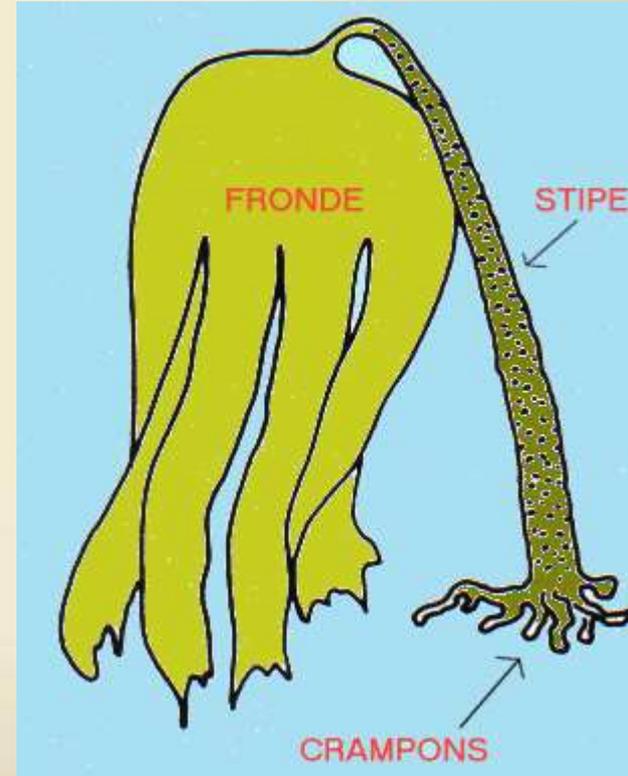
zone corticale

zone médullaire à hyphes

Assise externe chlorophyllienne

CT

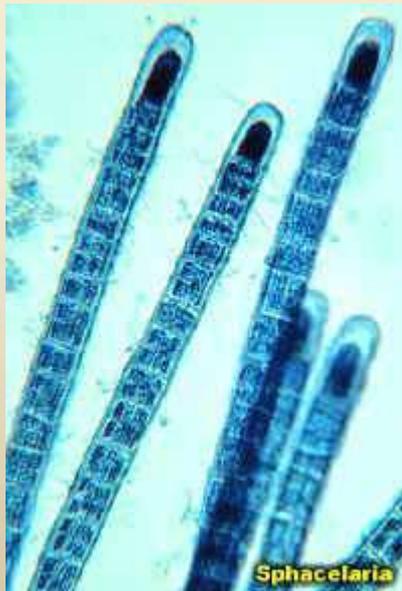




Filaments haplostiques



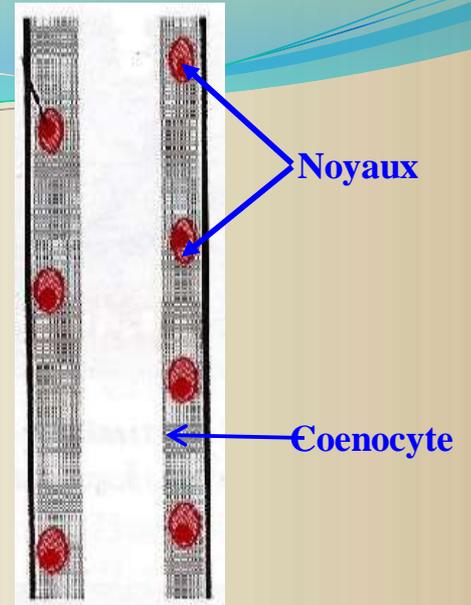
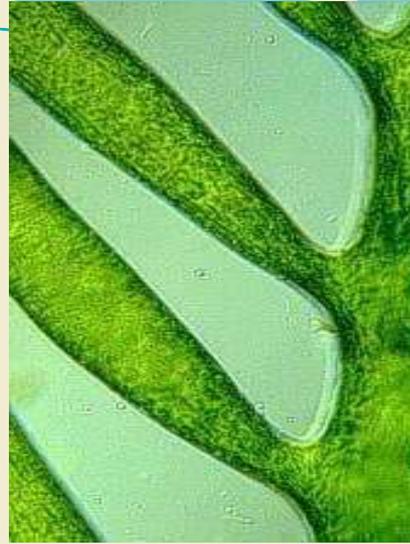
Filaments polystiques



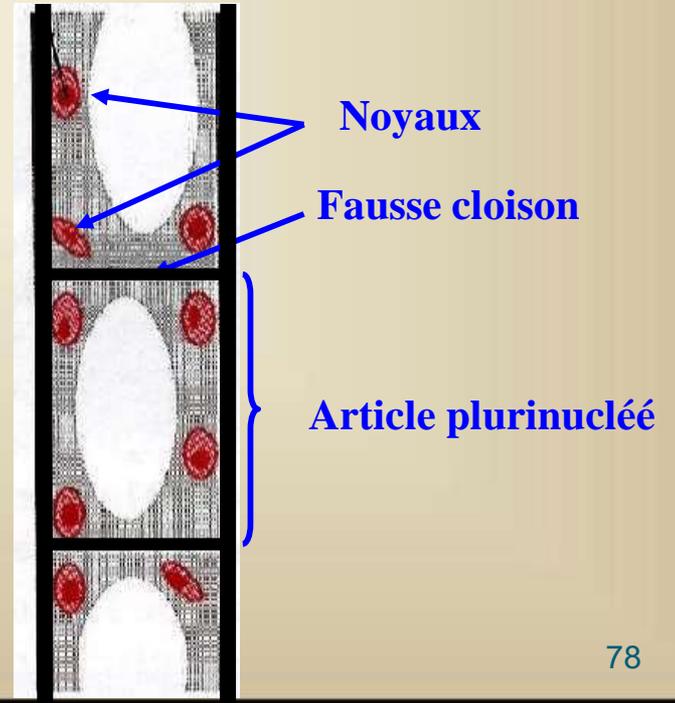
Filaments polystiques ou à structure parenchymateuse



Filaments siphonnés eusiphonnés



Filaments siphonnés hémisiphonnés

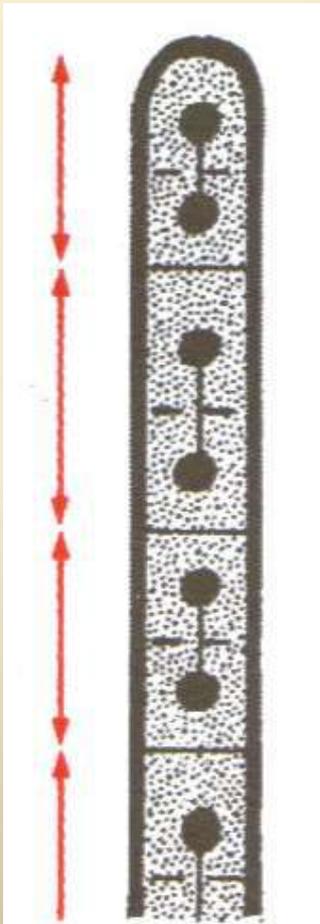


Modalités de la croissance

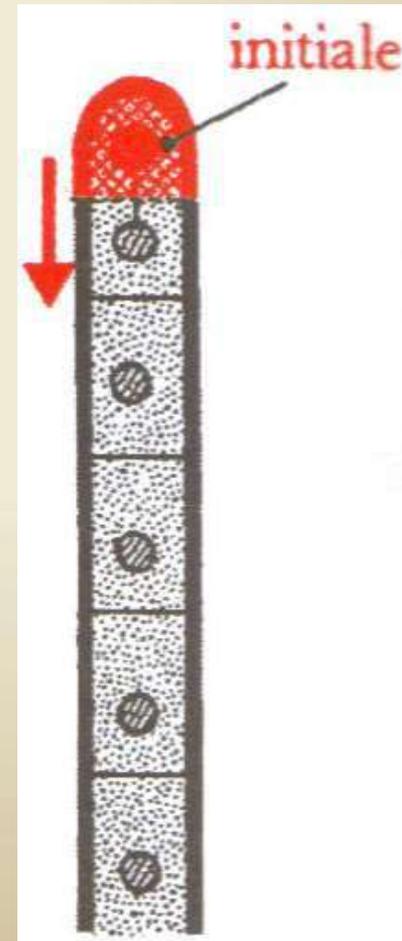
Croissance en longueur

Non localisée ou diffuse

Toutes les cellules sont capables de se diviser



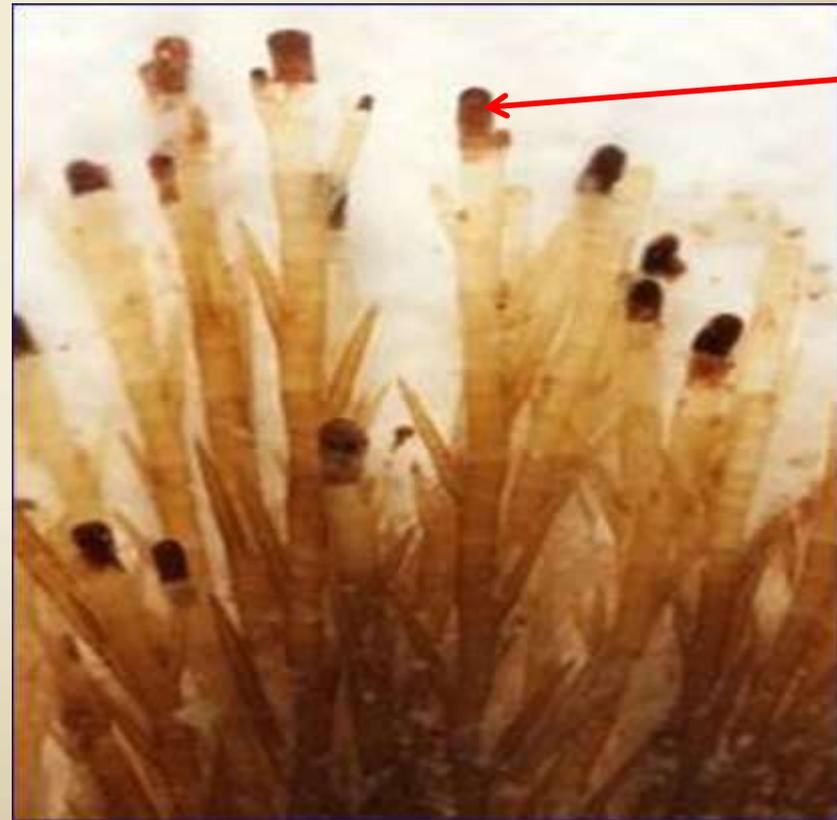
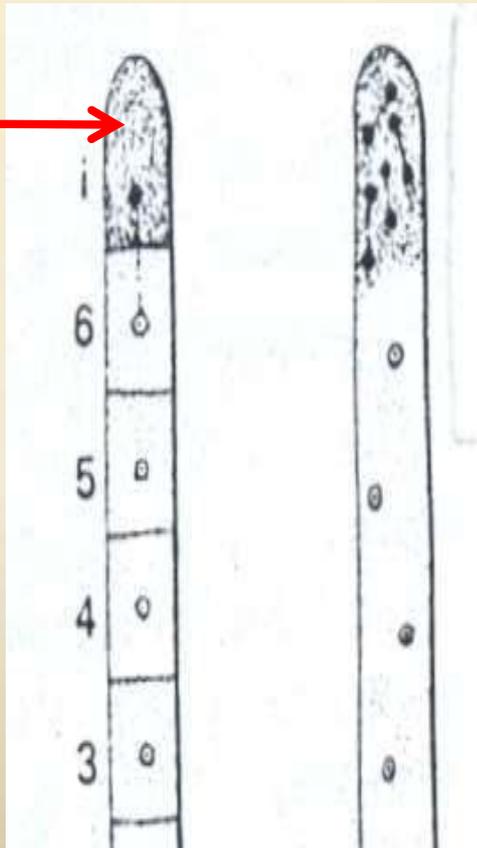
Localisée par la présence d'initiales



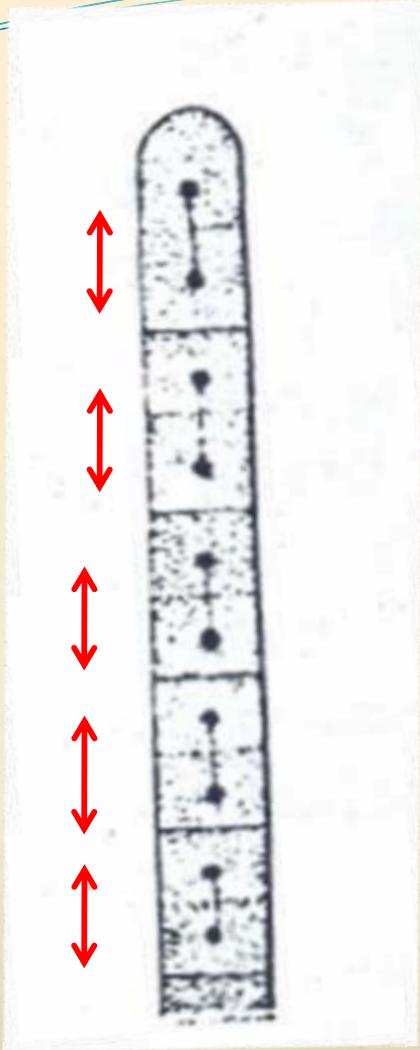
La croissance apicale

Elle est réalisée par une cellule apicale (située à l'extrémité du filament) assurant la croissance en longueur.

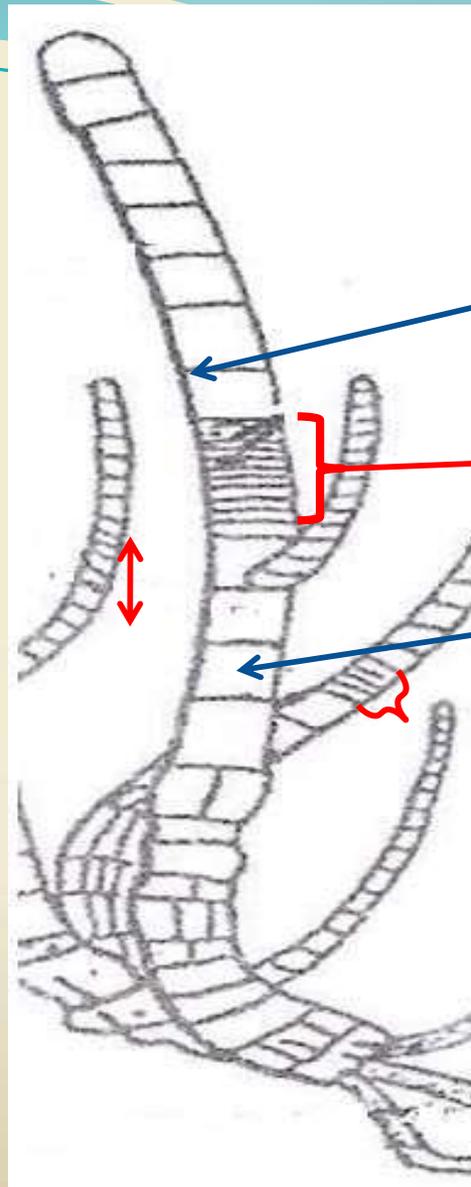
.Cellule
apicale



Stypocaulon scoparium



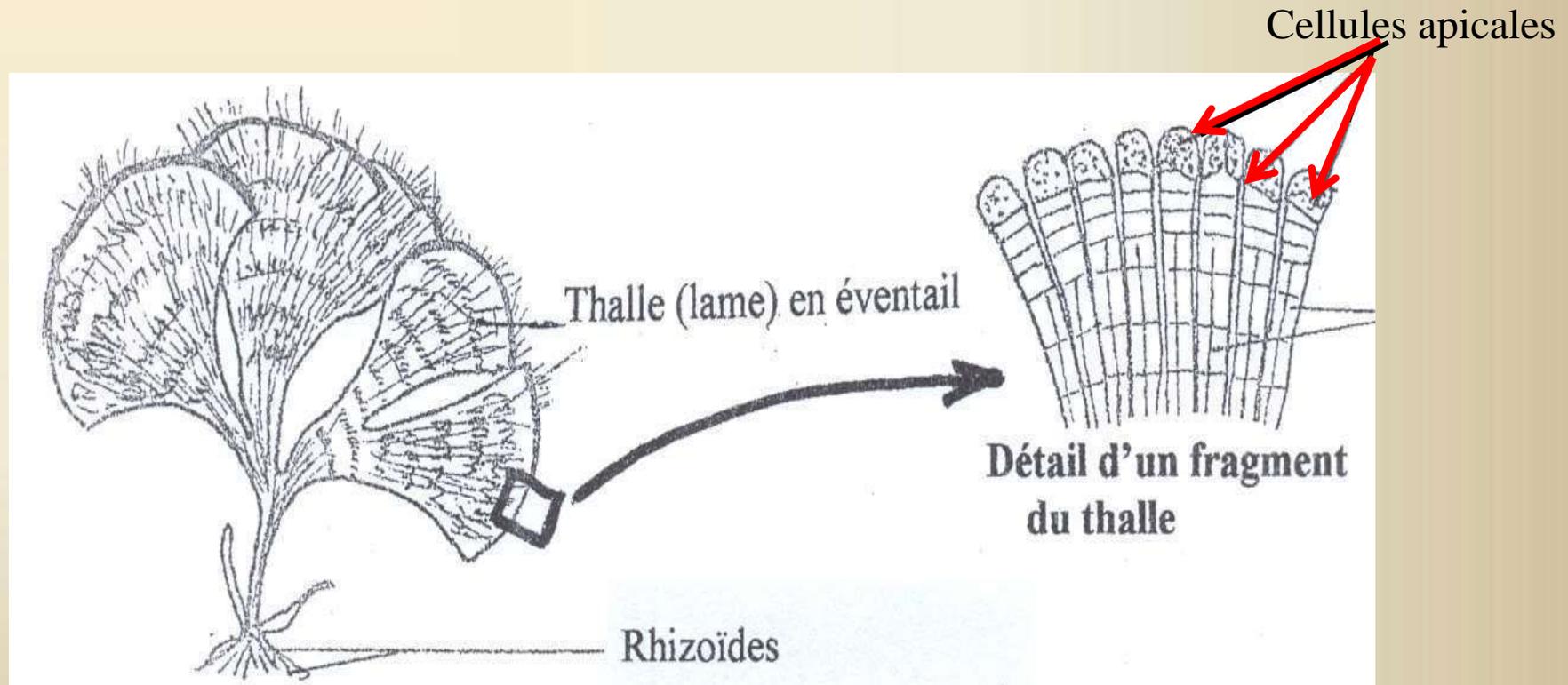
Filament ayant une **croissance diffuse**



Filament de *Bachelotia sp.* montrant une **croissance intercalaire**

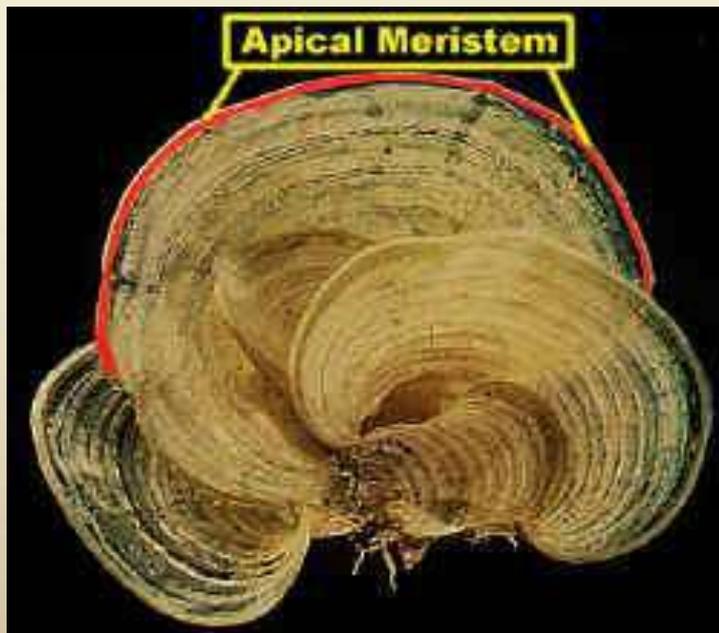
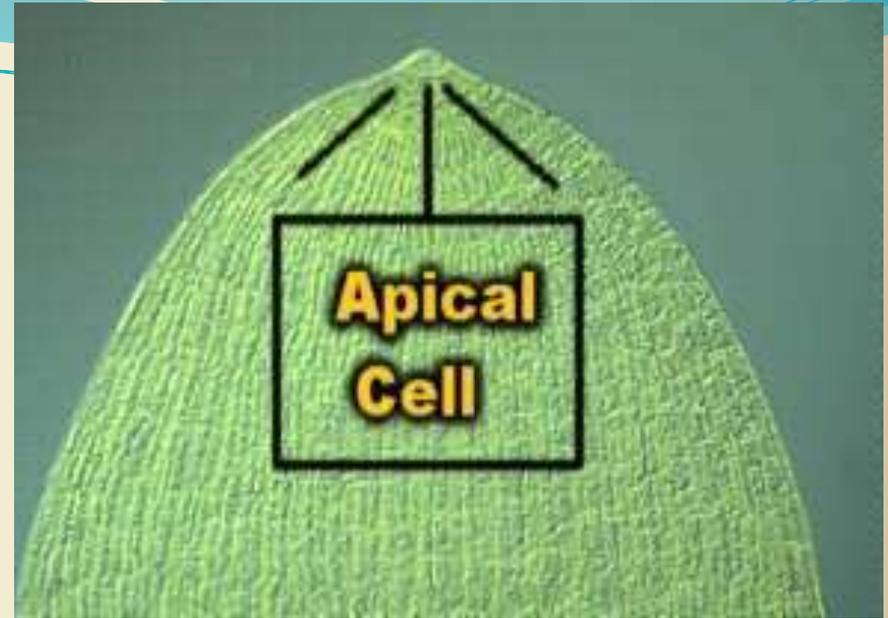
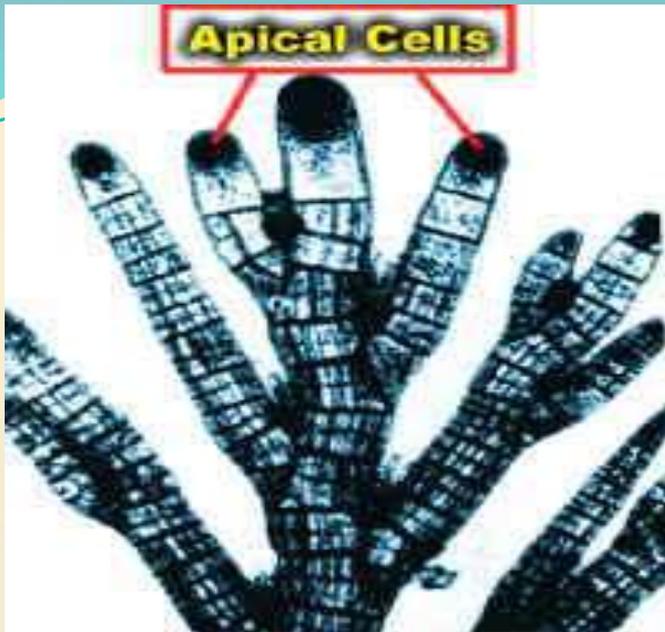
La croissance marginale

Elle se fait par toutes les cellules apicales de la bordure du thalle (thalle est en éventail).

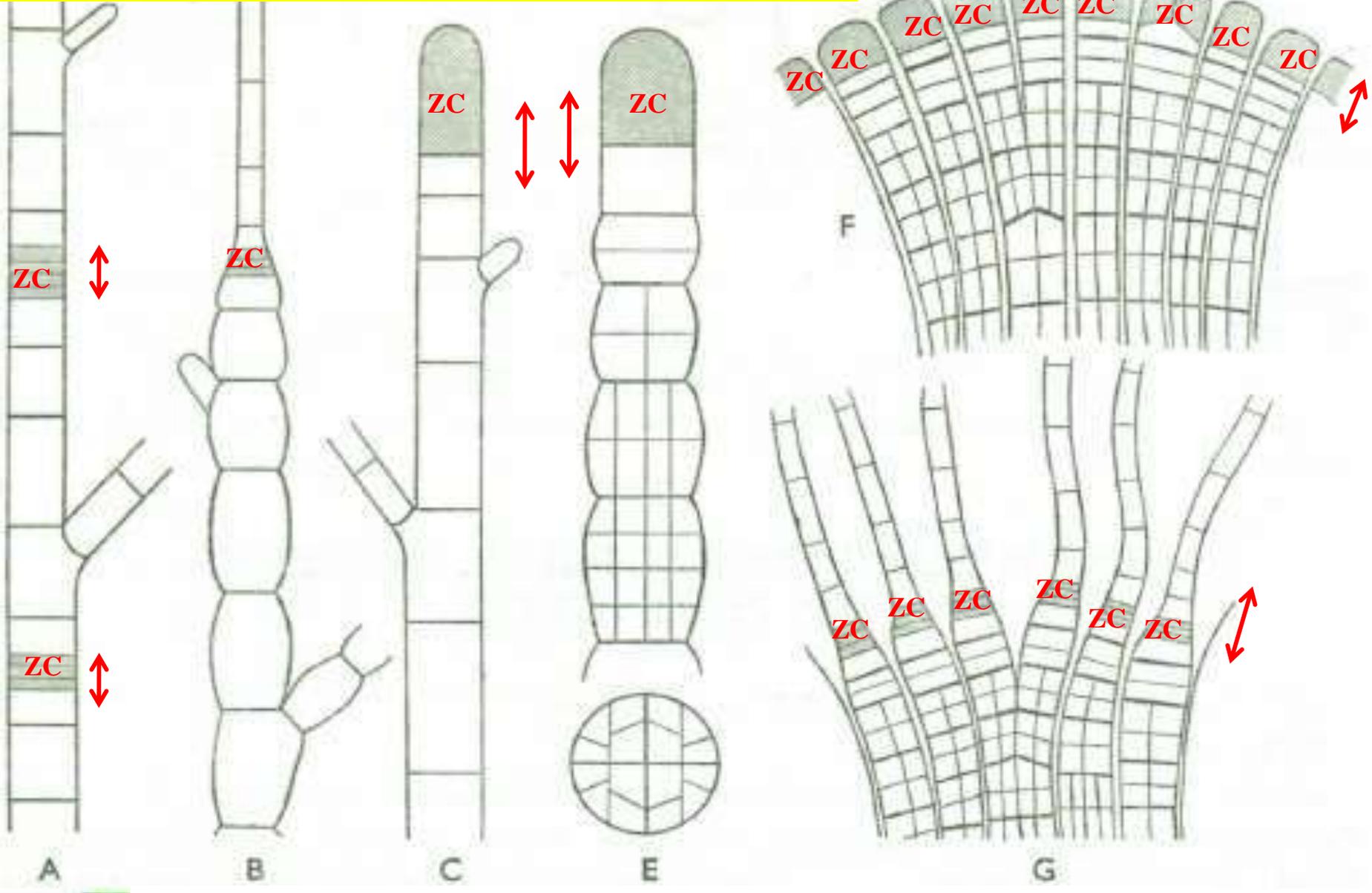




Padina pavonica



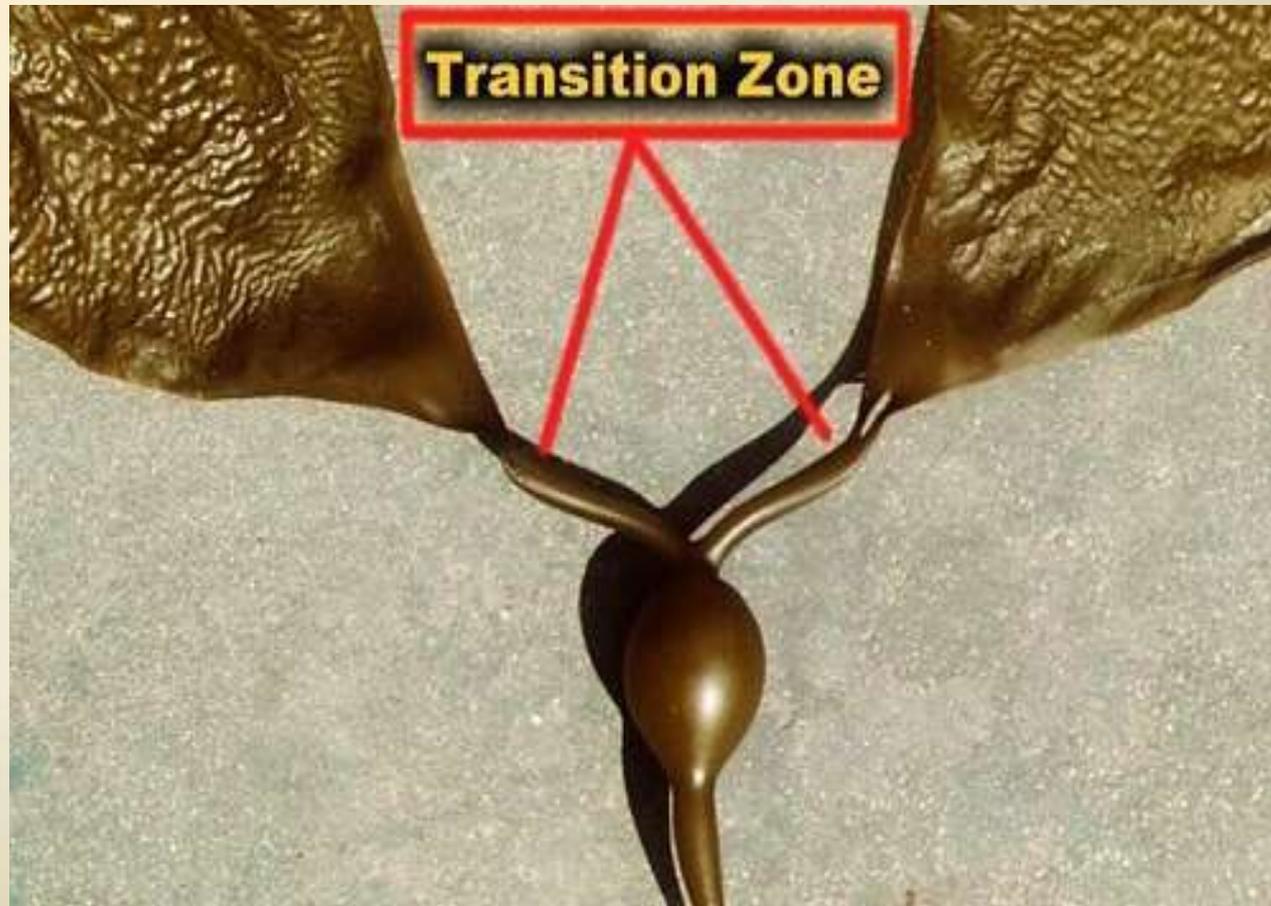
Selon l'emplacement de l'initiale (s) on distingue:



A: Croissance intercalaire; B & G: Cr. Trichothallique; C, E: Cr. Terminale ou apicale ; F: Cr. Marginale par une bordure de cellules initiales. ZC:= Zone de croissance.

Méristème intercalaire

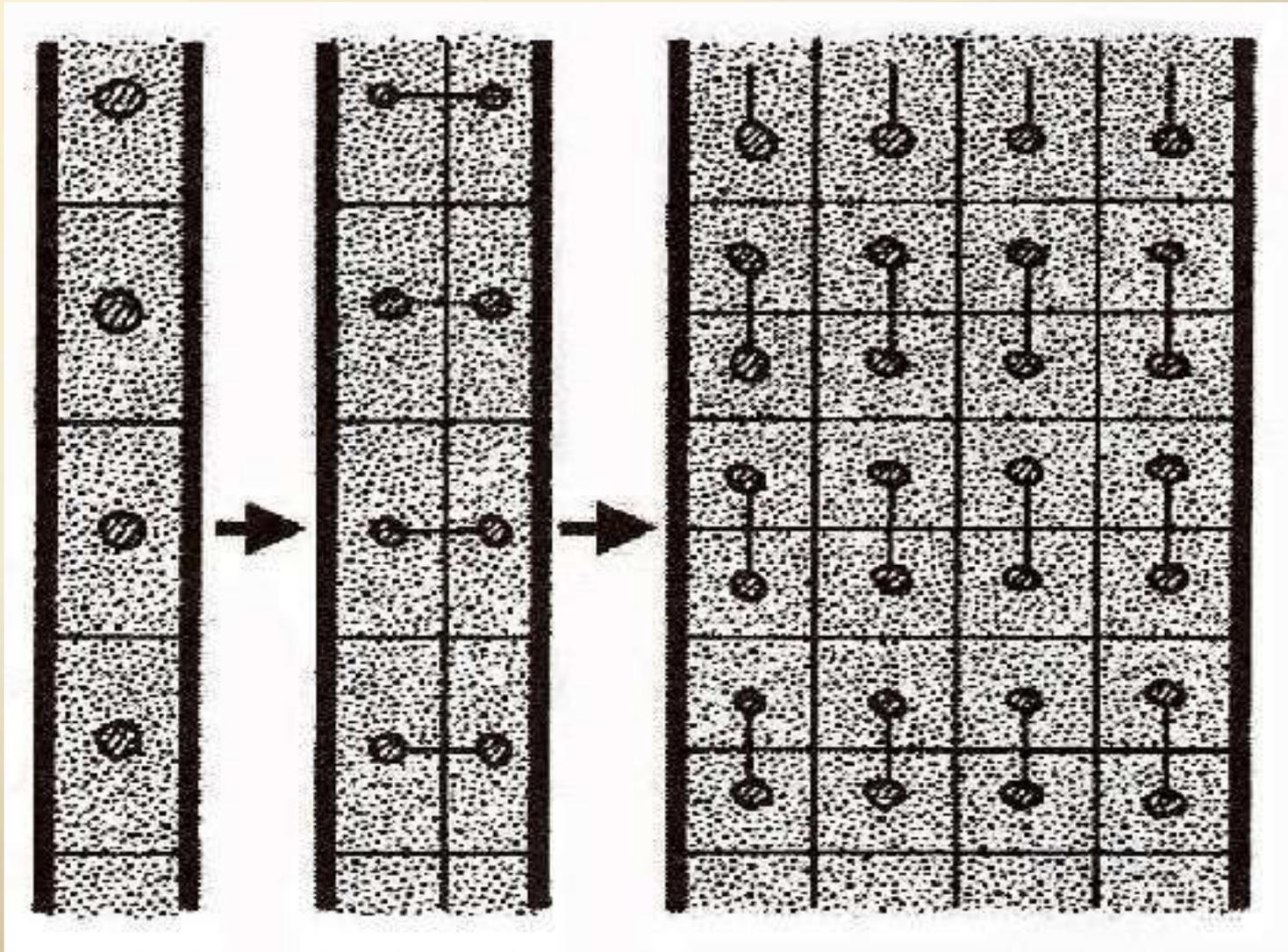
=



**Situé à la base de la lame
produit des dérivés dans les deux directions.
Par conséquent, il contribue à la formation de la lame et du stipe.**

Croissance en épaisseur

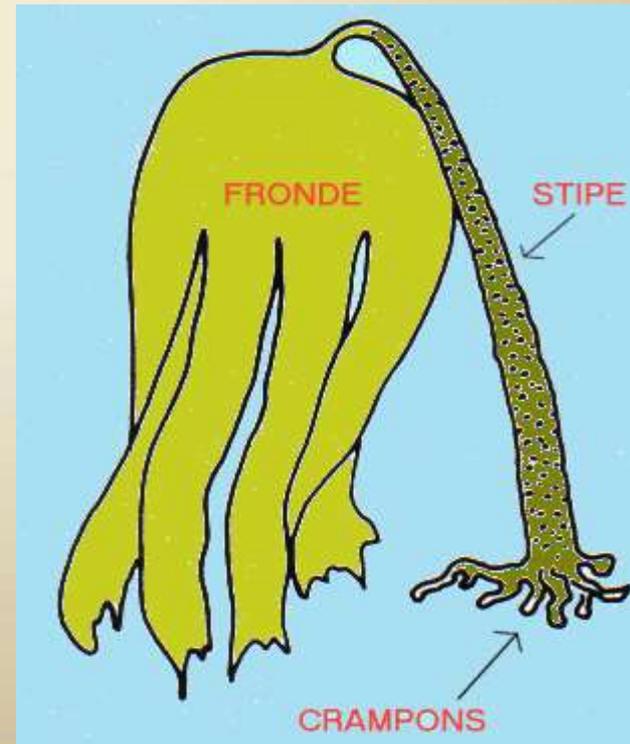
Dans la majorité des cas: org. haplostique  org. polystique

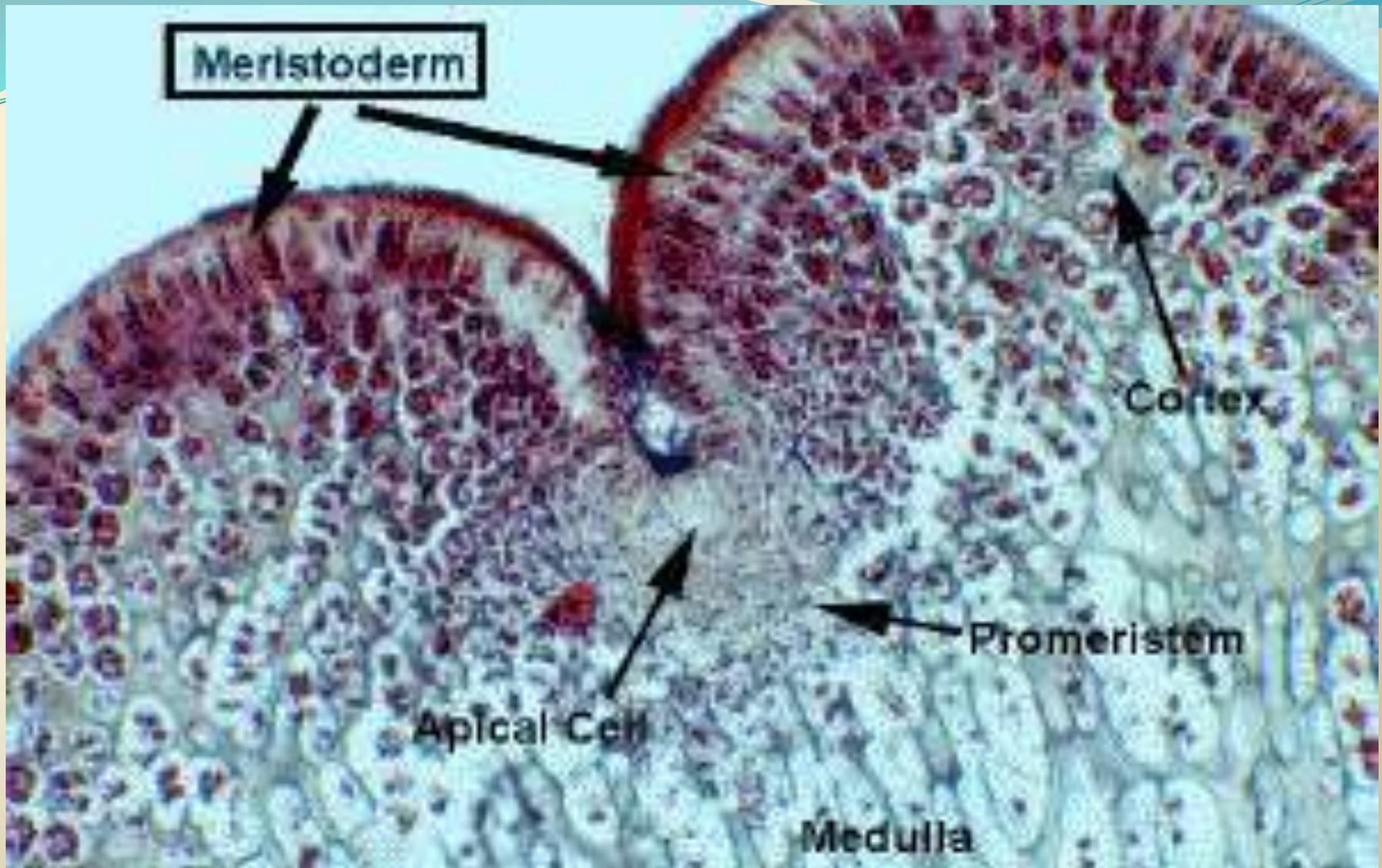


Cas des laminaires: on reconnaît une structure méristématique superficielle nommée **Méristoderme**:

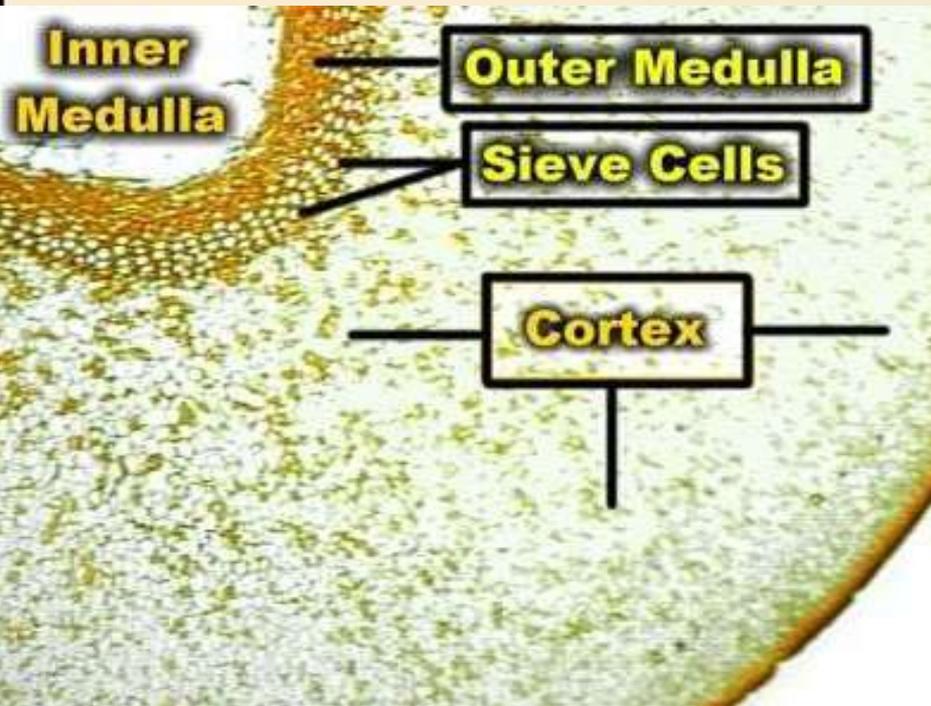


Trois zones distinctes de tissus peuvent être observées chez beaucoup de thalles avec des lames et stipe (pied). Il s'agit de **Moelle**, **Ecorce** et **Méristoderme** (Epiderme). La Moelle centrale a généralement des filaments lâches. Toutefois, des parties de la moelle du stipe montrent un Parenchyme dont les cellules ont une paroi épaisse. Celles-ci supportent le Stipe.

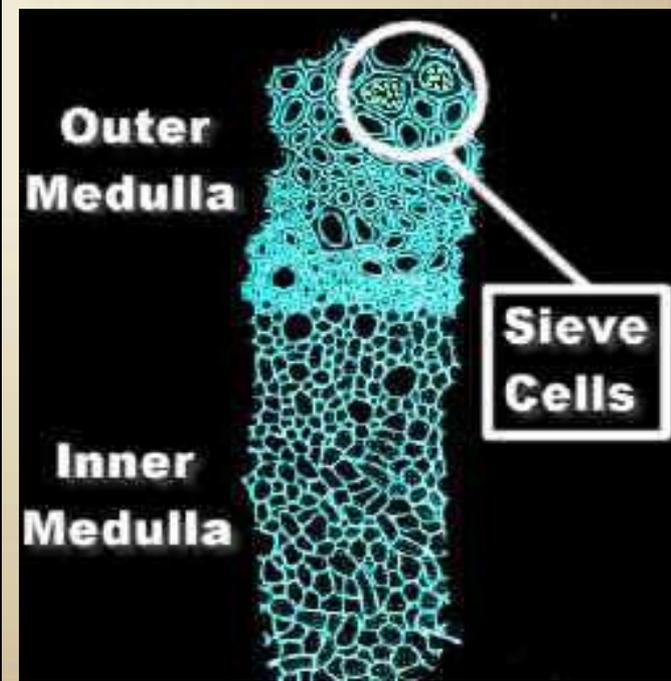
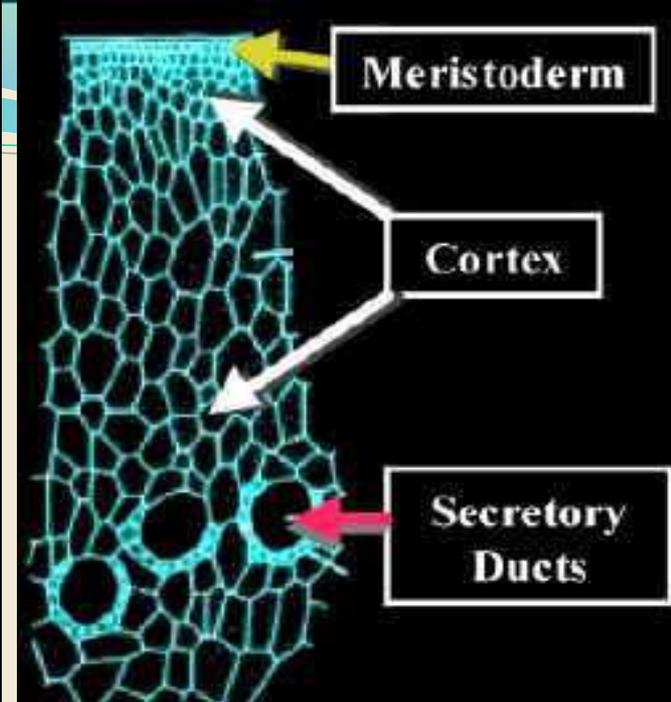




Une cellule apicale produit le Méristoderme et le Proméristème.
Le Méristoderme produit la couche dermique et l'écorce.
Le Proméristème produit la Moelle.

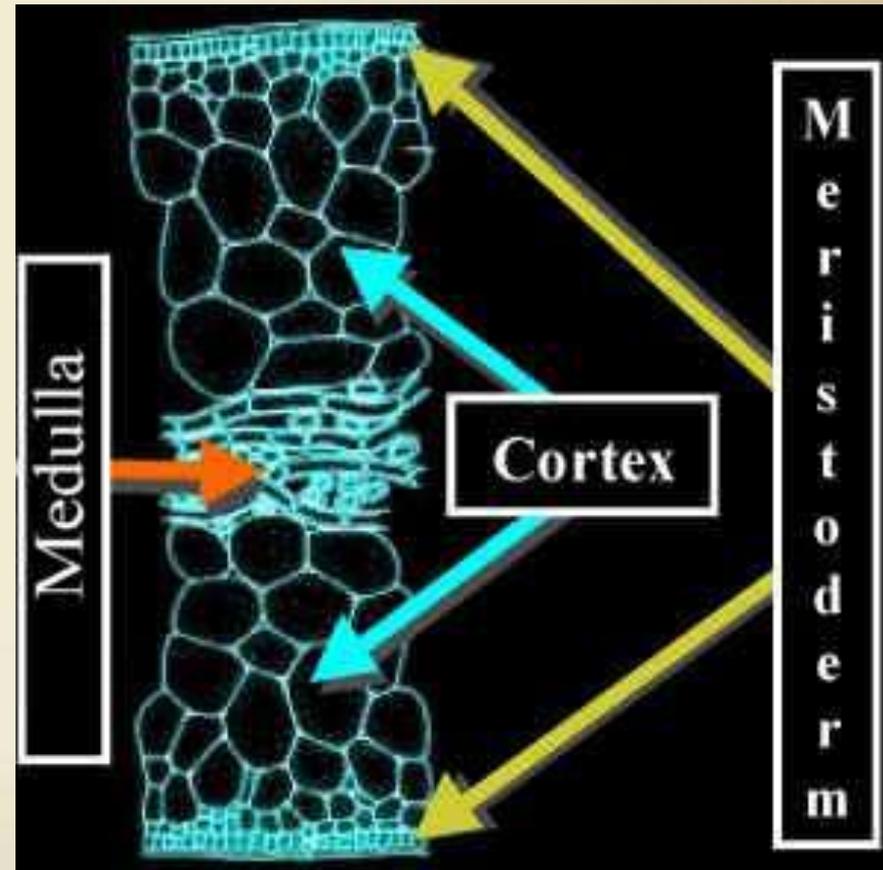


Section à travers un Stipe de Laminaires

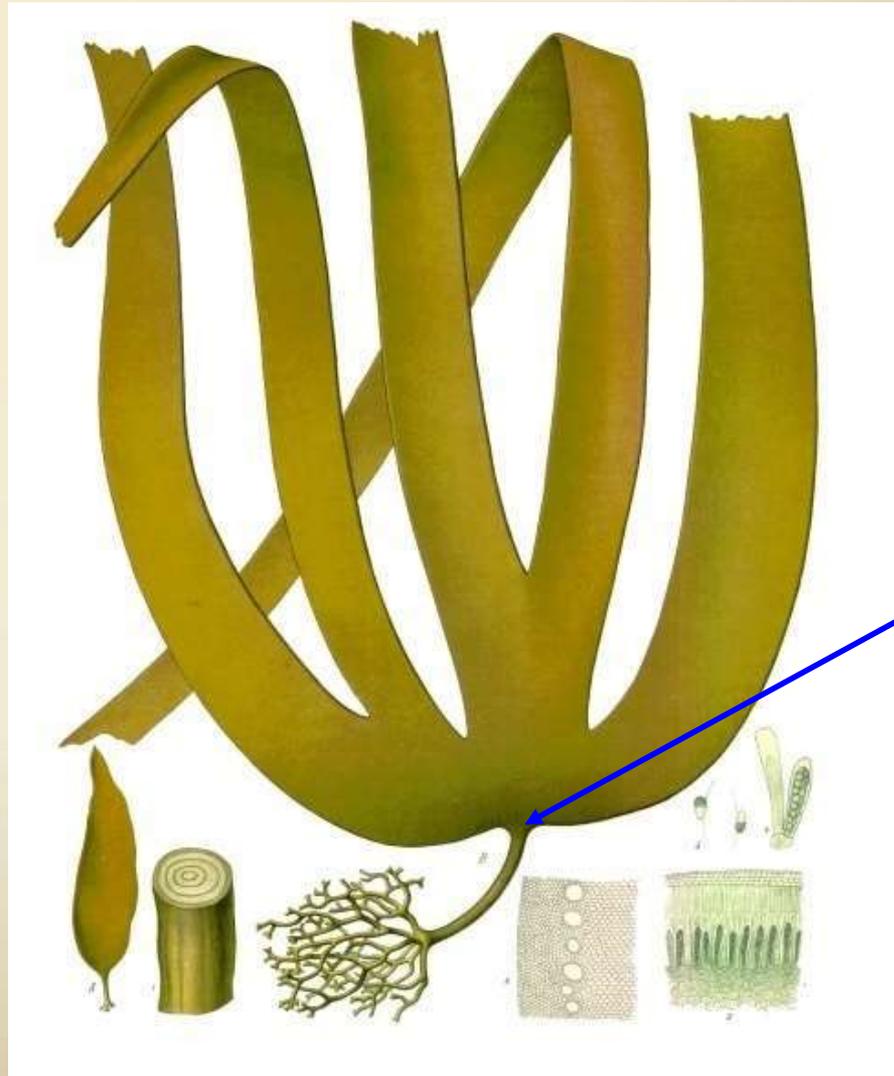




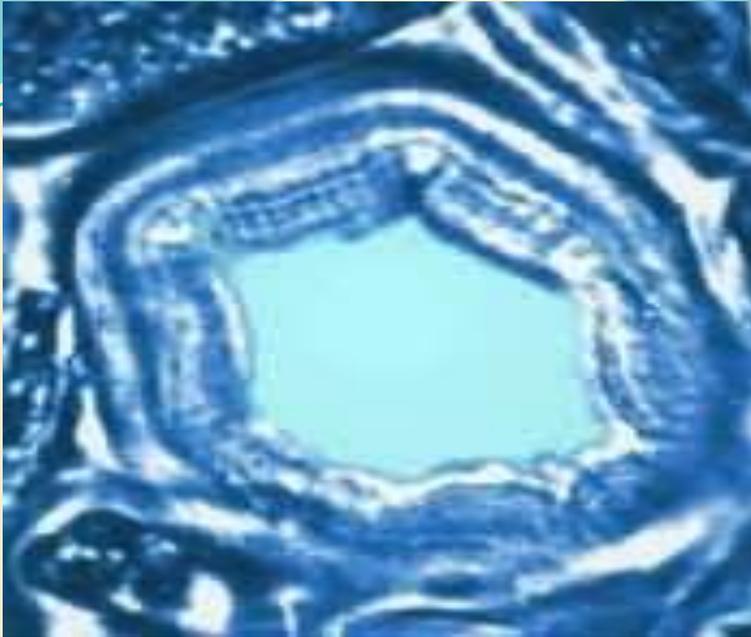
Lame de *Nereocystis sp.*



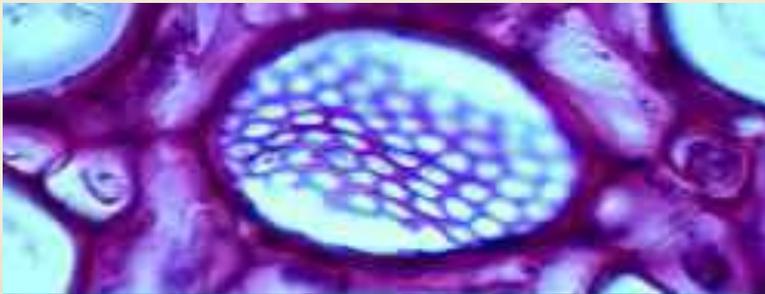
Section à travers la lame



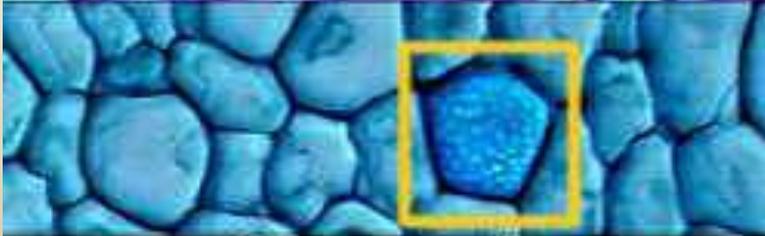
**Méristème
intercalaire**



Cellule criblée: cellule qui a une paroi cellulaire relativement épaisse



Comparaison des plaques criblées chez Macrocytis et Cucurbita

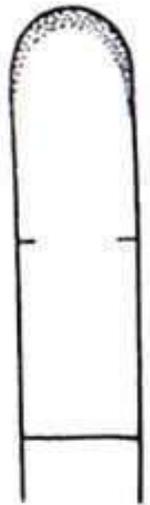


Sieve-plates

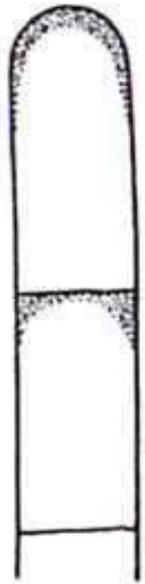
Top *Macrocytis*
Bottom *Cucurbita*

Ramification

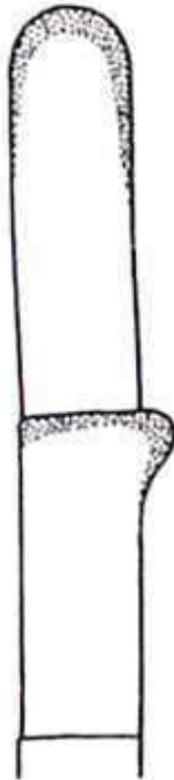
(Formation des rameaux)



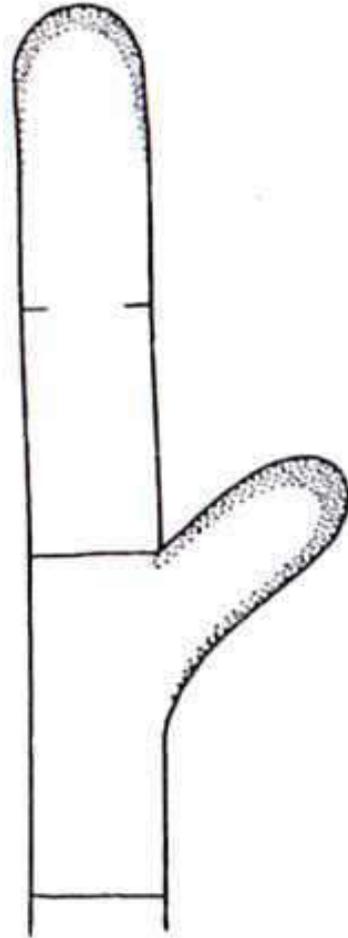
(c)



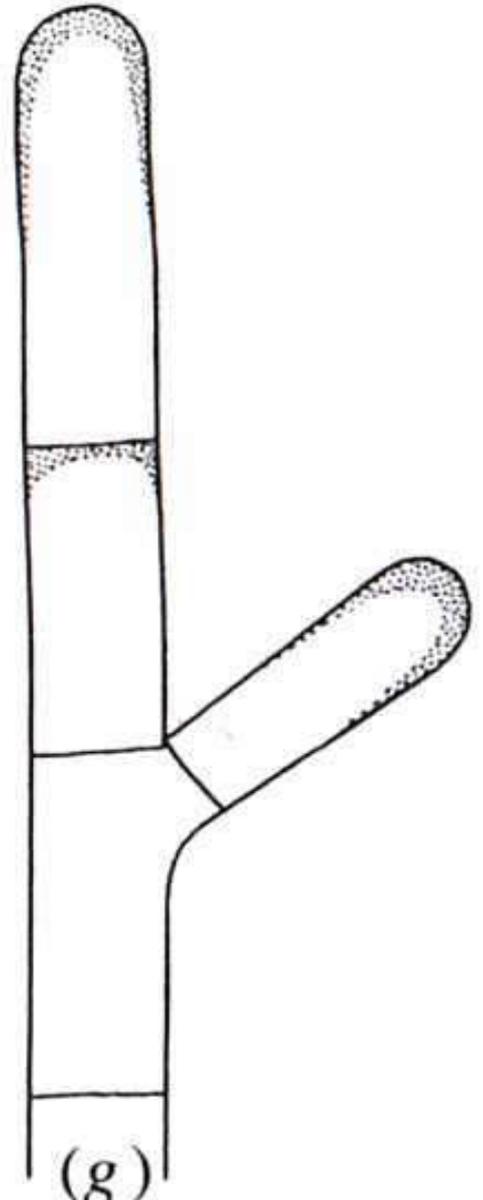
(d)



(e)

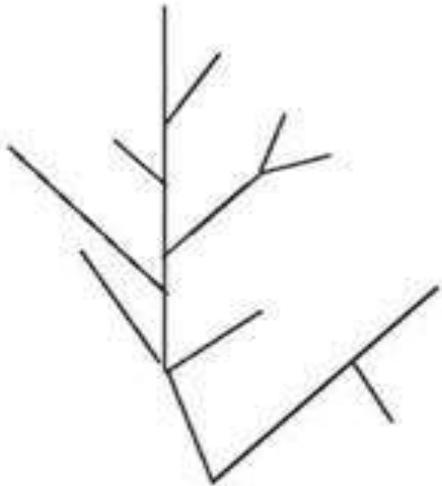


(f)

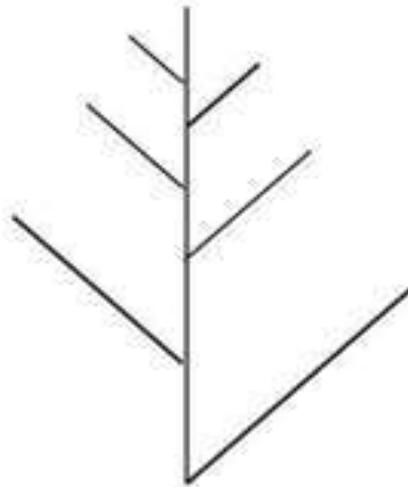


(g)

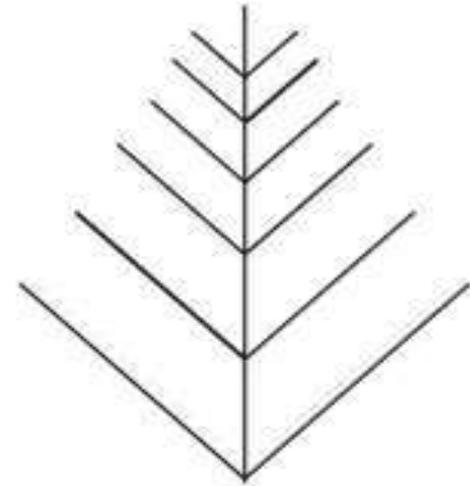
Latérale



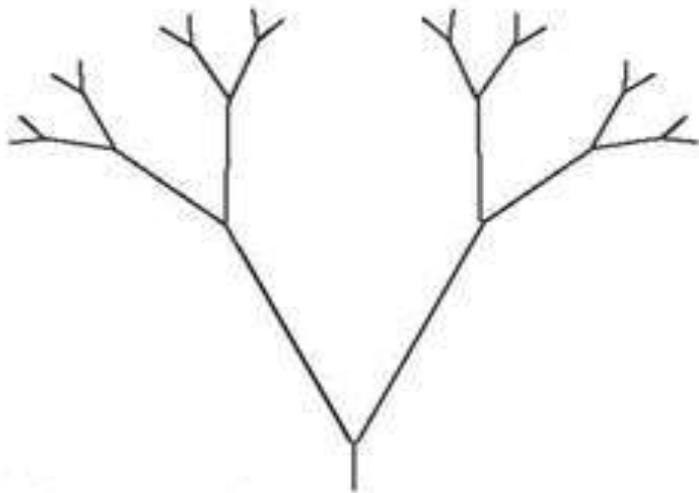
Irrégulière



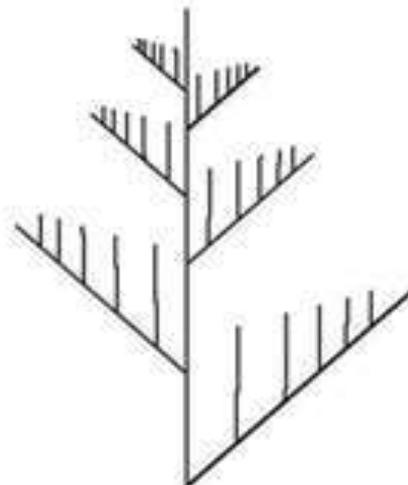
Alterne



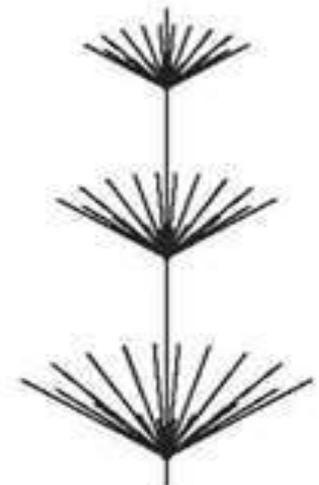
Opposée



Dichotome

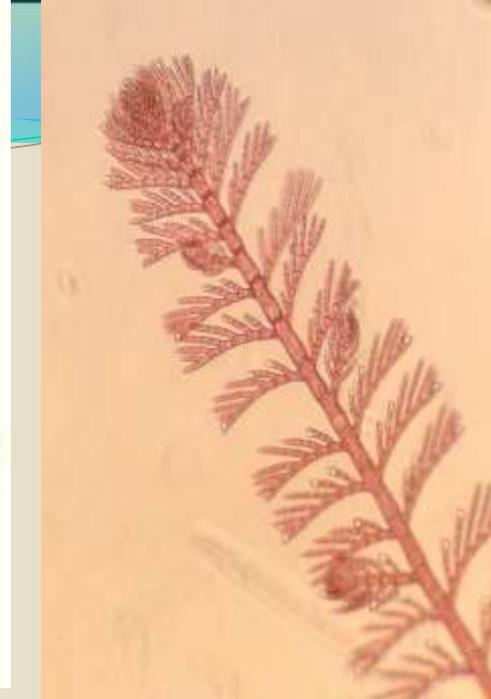


Pectinée



Verticillée

Ramification latérale



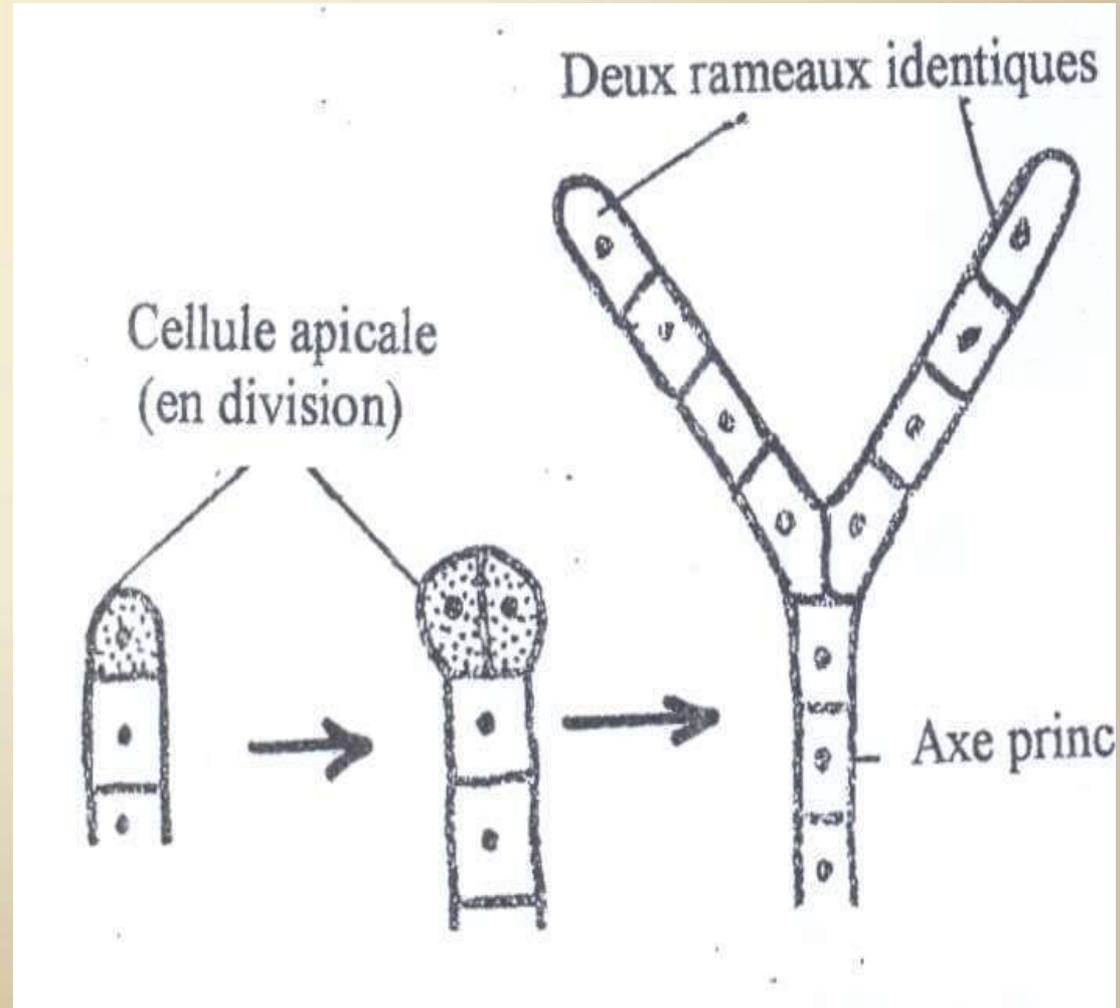
Ramification subdichotomique



Codium sp.

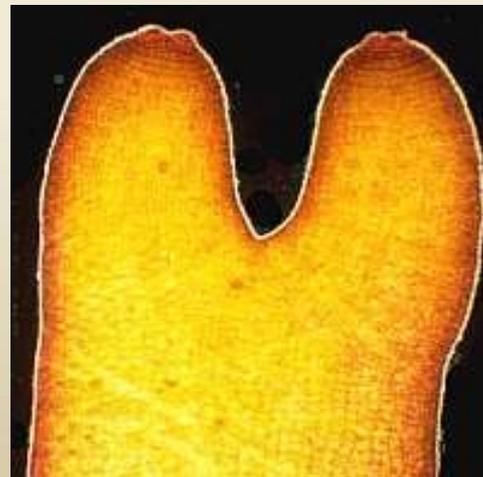
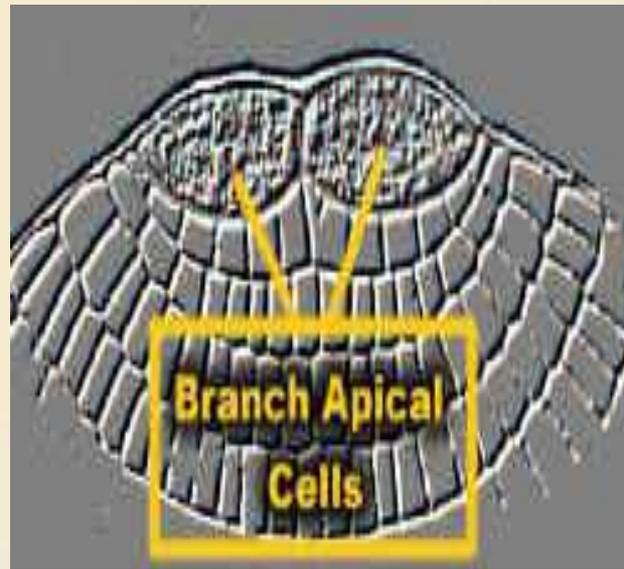
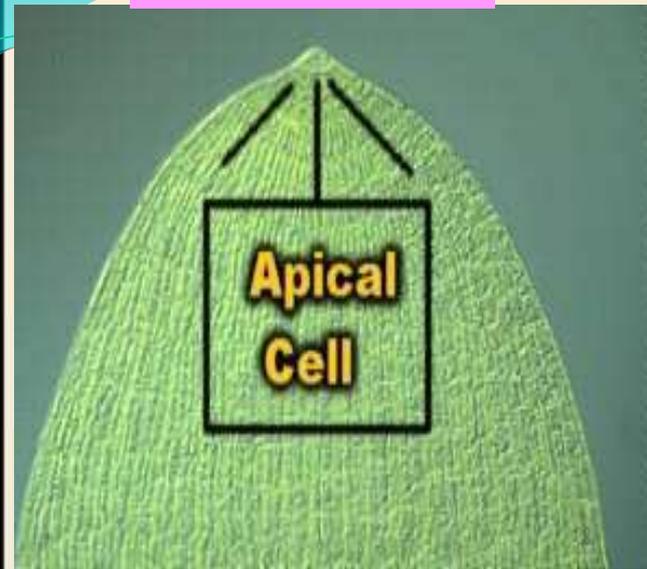
La ramification dichotomique

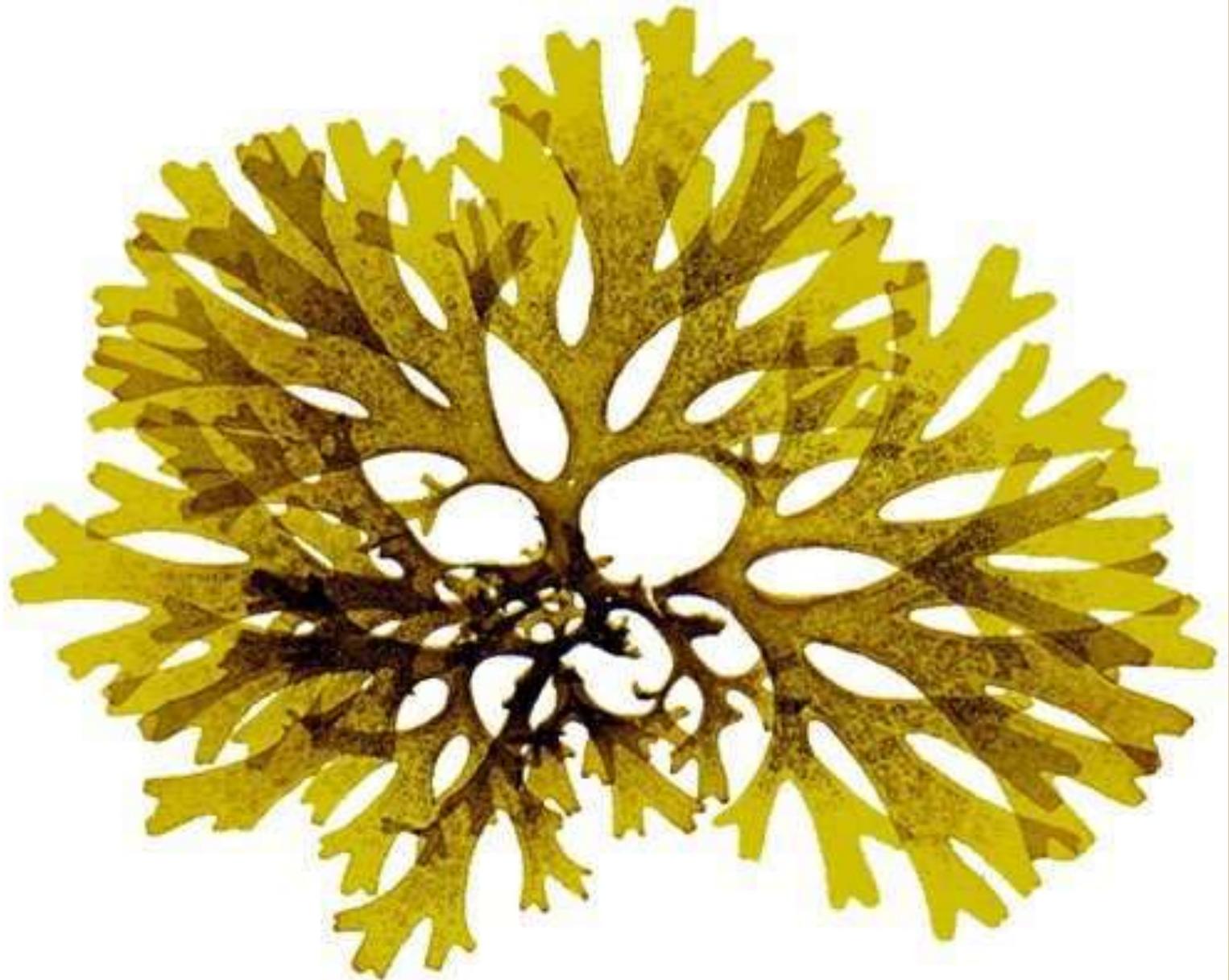
La cellule apicale se divise latéralement en donnant 2 rameaux identiques.



Dictyota dichotoma

Dichotomique



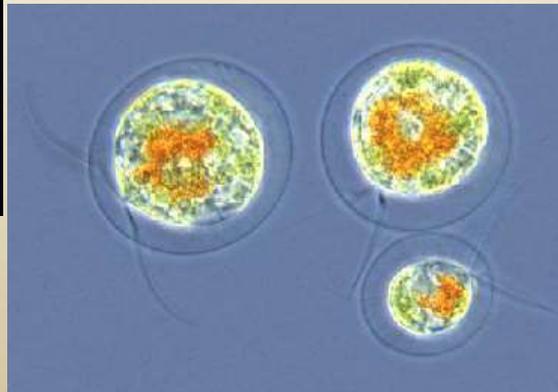
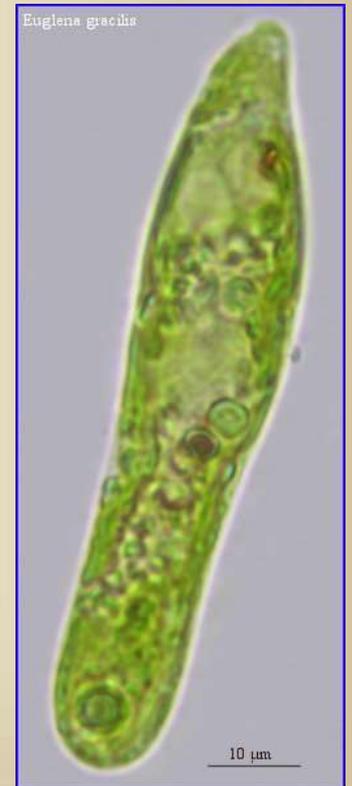
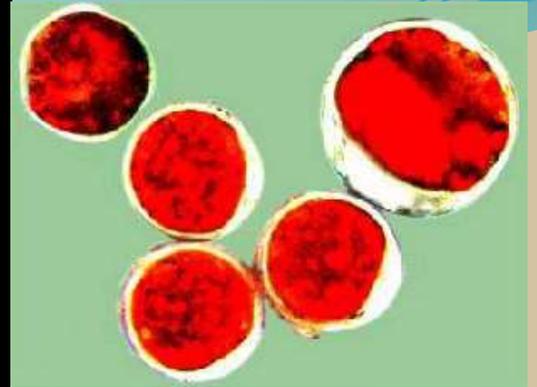
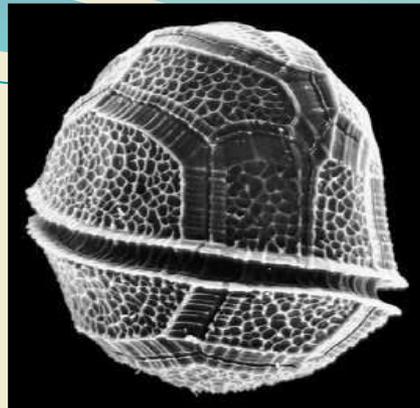


Les types morphologiques

Les appareils végétatifs des algues, et ceux des champignons (quelle que soit la morphologie) appartiennent à l'un des trois types morphologiques:

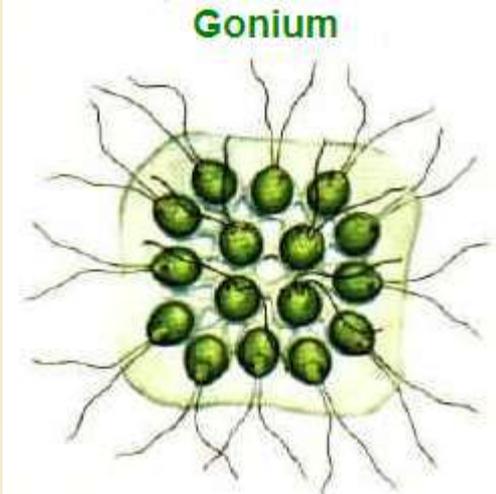
Les archéthalles

- Appareils végétatifs les plus simples. Les cellules sont, en principe, toutes morphologiquement semblables et ont toutes les mêmes capacités.
 - Pas de véritables régions spécialisée à des fonctions particulières.
 - Par conséquent elles seront le plus souvent libres (non fixées).
 - En général dans les archéthalles il n'y a pas de communication intercellulaire.
 - Les archéthalles peuvent être soit
 - ♦ unicellulaires (*Chlamydomonas*, Euglène, Diatomées,...)
 - ♦ soit coloniaux ou cénobiaux (*Volvox*, *Pediastrum*, *Pandorina*...).
- Certaines algues filamenteuses simples dont la croissance est non localisée ont un appareil végétatif de type archéthalle **trikoïde** (*Spirogyra*, *Zygnéma*). Les archéthalles peuvent être mobiles «monadoïdes» ou immobiles.
- Parfois les cellules sont agrégées dans un mucilage, l'archéthalle est dit **palmelloïde**.

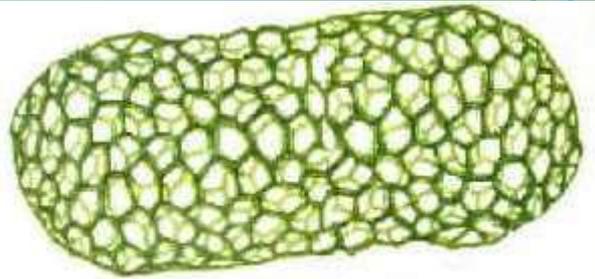




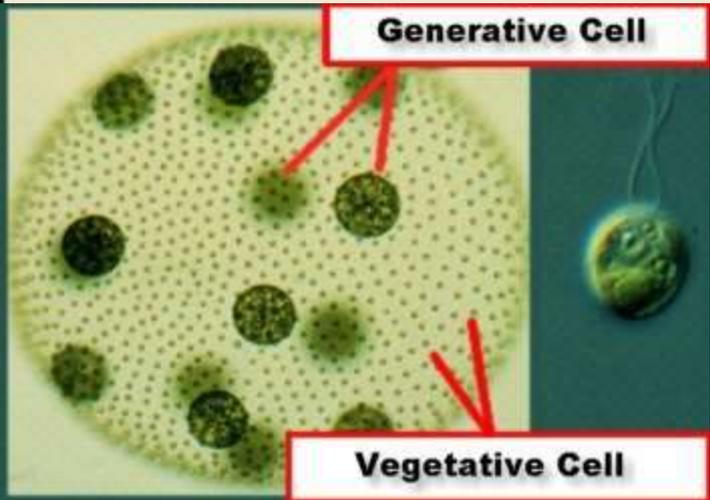
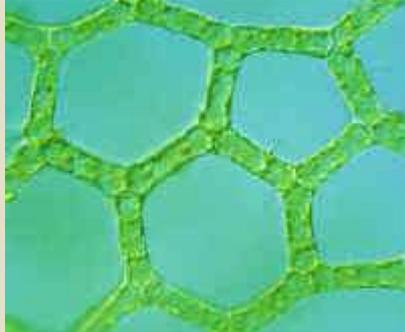
Pandorina



Gonium

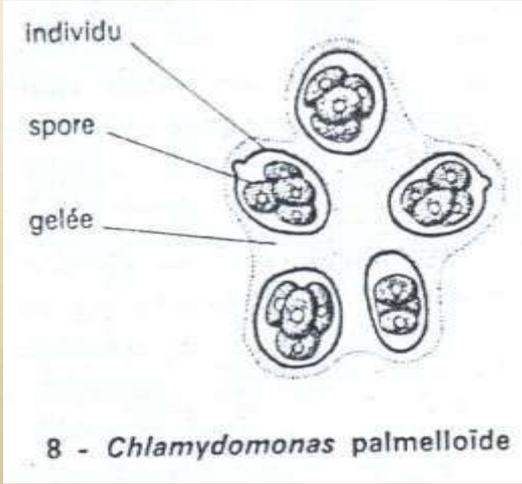


Hydrodictyon

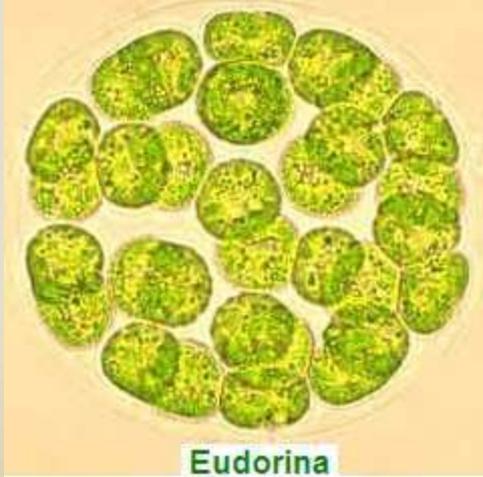


Generative Cell

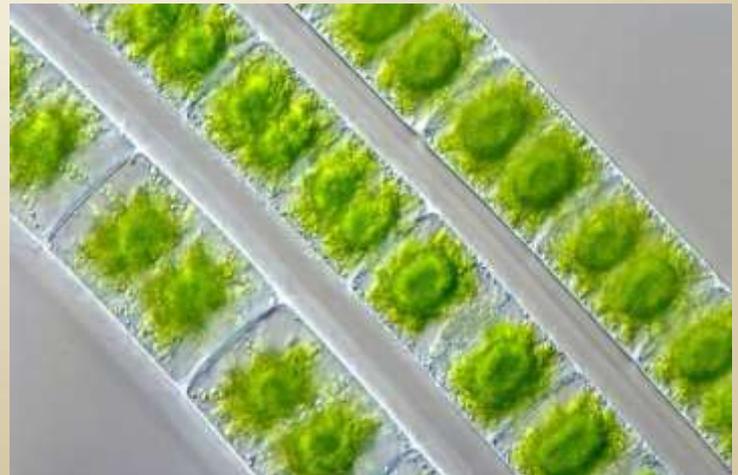
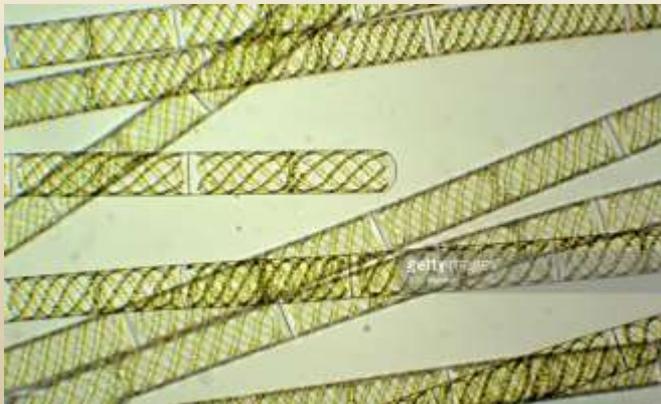
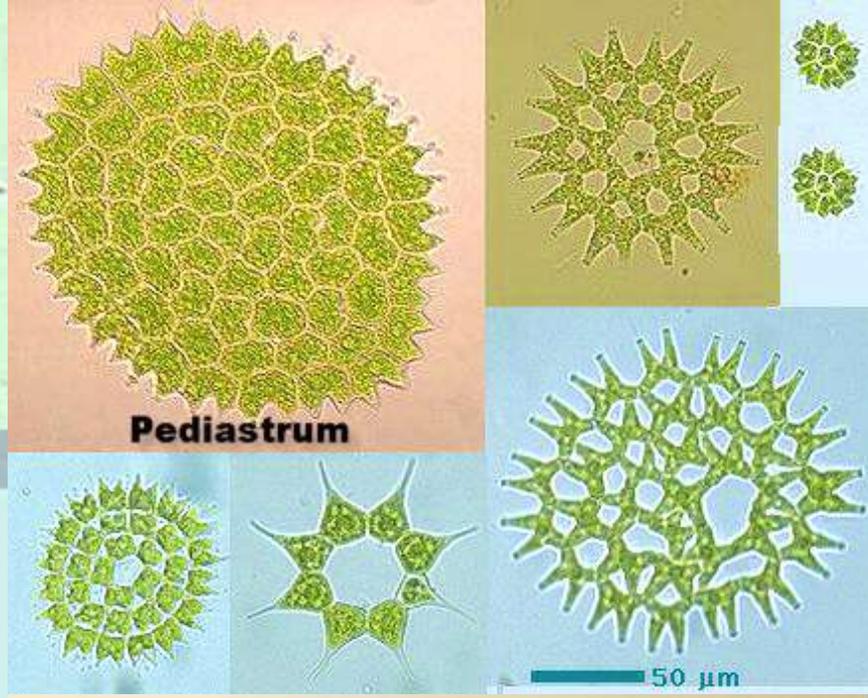
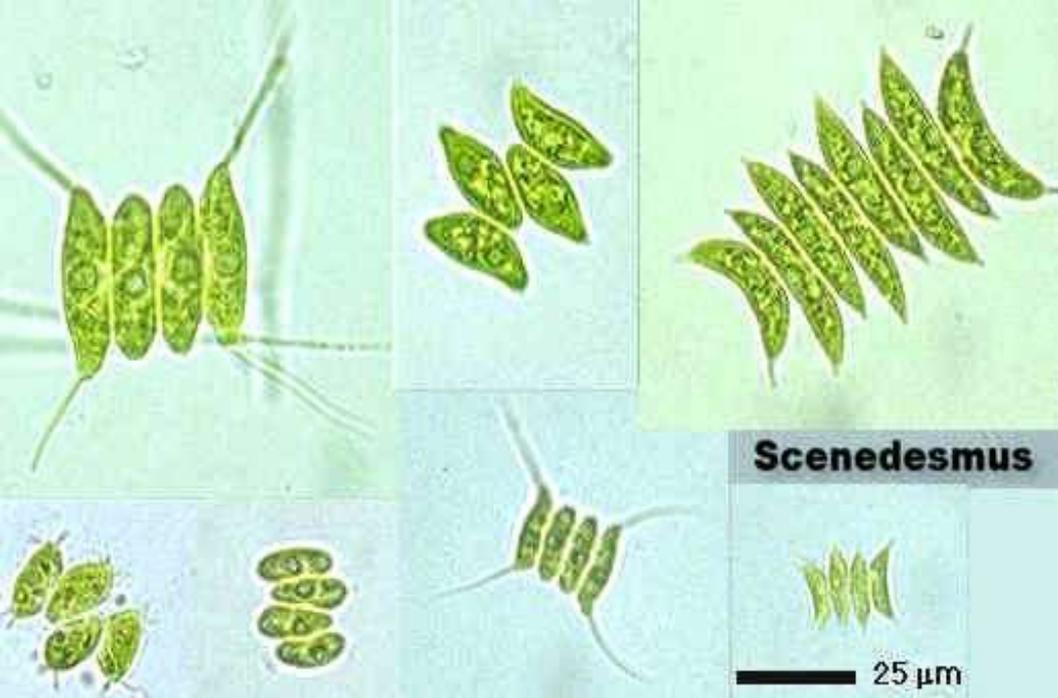
Vegetative Cell



8 - *Chlamydomonas palmelloide*



Eudorina



Les protothalles ou nématothalles

Se sont des appareils végétatifs à degré de différenciation supérieur du précédent. On reconnaît une **spécialisation des régions**. Ces thalles se composent souvent de filaments constitués, soit de cellules disposées en files, soit de siphons.

Les filaments ont une **croissance continue** et sont souvent ramifiés.

Les communications intercellulaires sont souvent présentes.

Chez ces thalles, on peut reconnaître :

- ♦ une **partie prostrée** fixée dans ou sur le substratum
- ♦ une **partie dressée** ou érigée.

♦ Les deux parties sont bien développées le protothalle est dit complet ou **hétérotriche**.

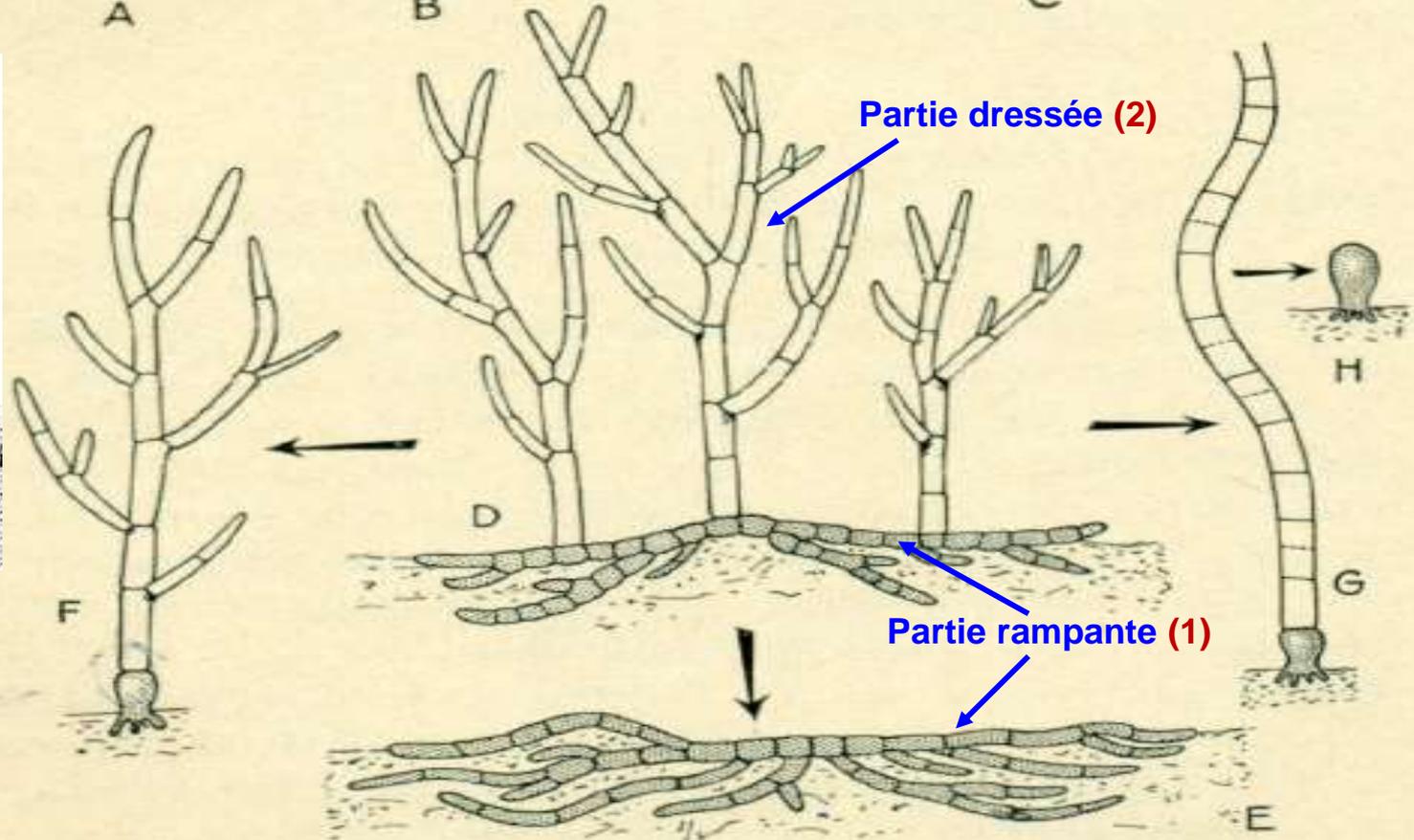
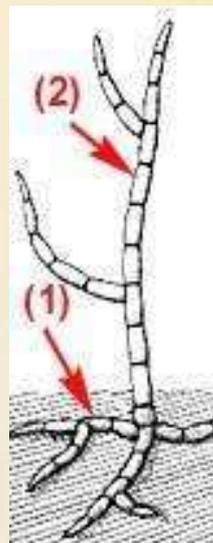
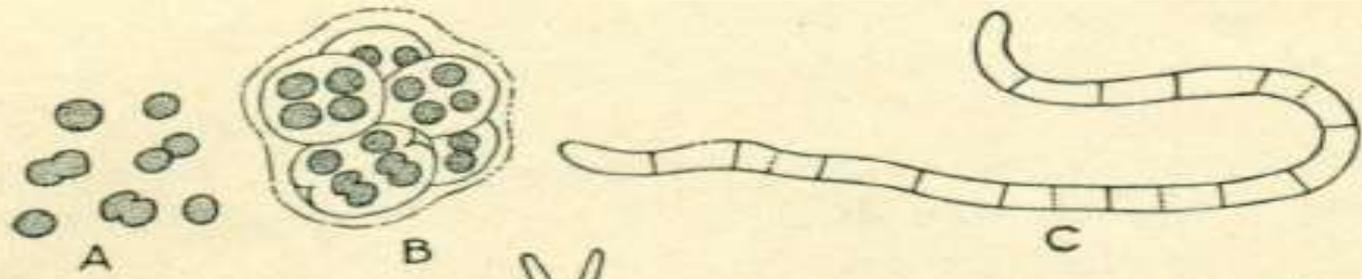
♦ Dans le cas inverse il est dit **homotriche**.

♦ S'il y a réduction de la partie dressée le prothalle est dit **rampant** ou **prostré**.

♦ Si la partie rampante est réduite, le protothalle est dit **dressé** ou **érigé**.

La structure filamenteuse n'est pas toujours conservée, les nématothalles peuvent prendre des aspects variés.

Les Archéthalles et les Protothalles



Archéthalles ⇒ A: unicellulaire dissocié; B: Palmelloïde; C: Trichoïde.

Protothalles ⇒ D: Type hétérotriche ou complet; E: Suppression de la partie dressée (Rampant); F: réduction de la partie prostrée (Dressé); G: Partie dressée non ramifiée; H: cellule basale réduite. (E,F,G,H: évolution du type hétérotriche).

Les thalles cladomiens ou Cladothalles

Le cladothalle est une amélioration et une spécialisation du type précédent. Ces thalles représentent chez les algues, les appareils végétatifs de degré de différenciation morphologique le plus avancé et donc le **plus évolué**.

La partie dressée est souvent formée de filaments porteurs de ramifications de différents types. L'architecture rappelle souvent un rameau d'arbre, un petit arbuste, un buisson, **Les cladothalles peuvent prendre des aspects très variés**.

Sur un thalle cladomien on reconnaît deux catégories de filaments:

Des filaments principaux qui ont une croissance continue, appelés **axes**.

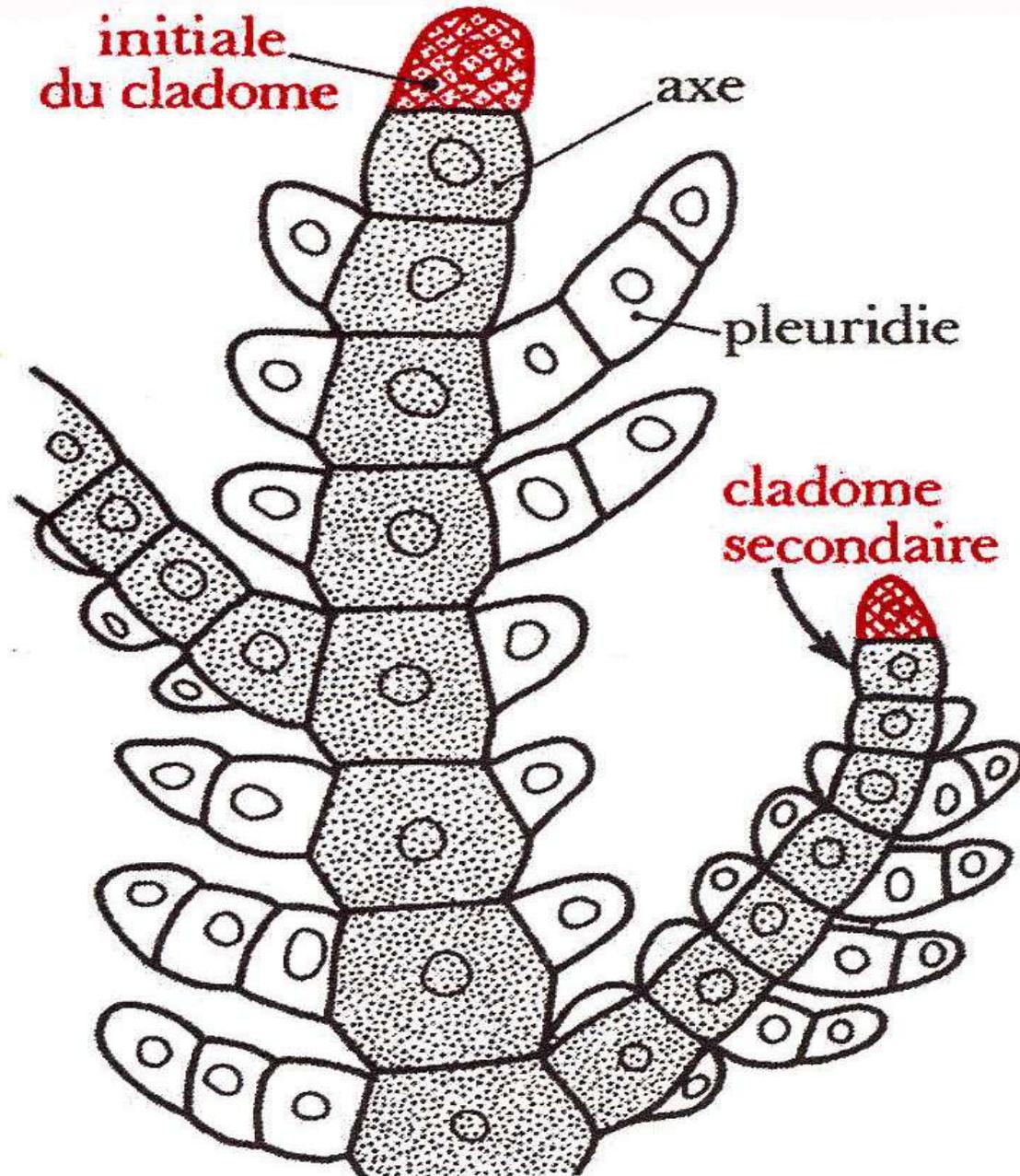
Des rameaux qui ont une croissance limitée, appelés **Pleuridies**.

L'articulation entre axe et pleuridies se fait au niveau des **cellules coxales**.

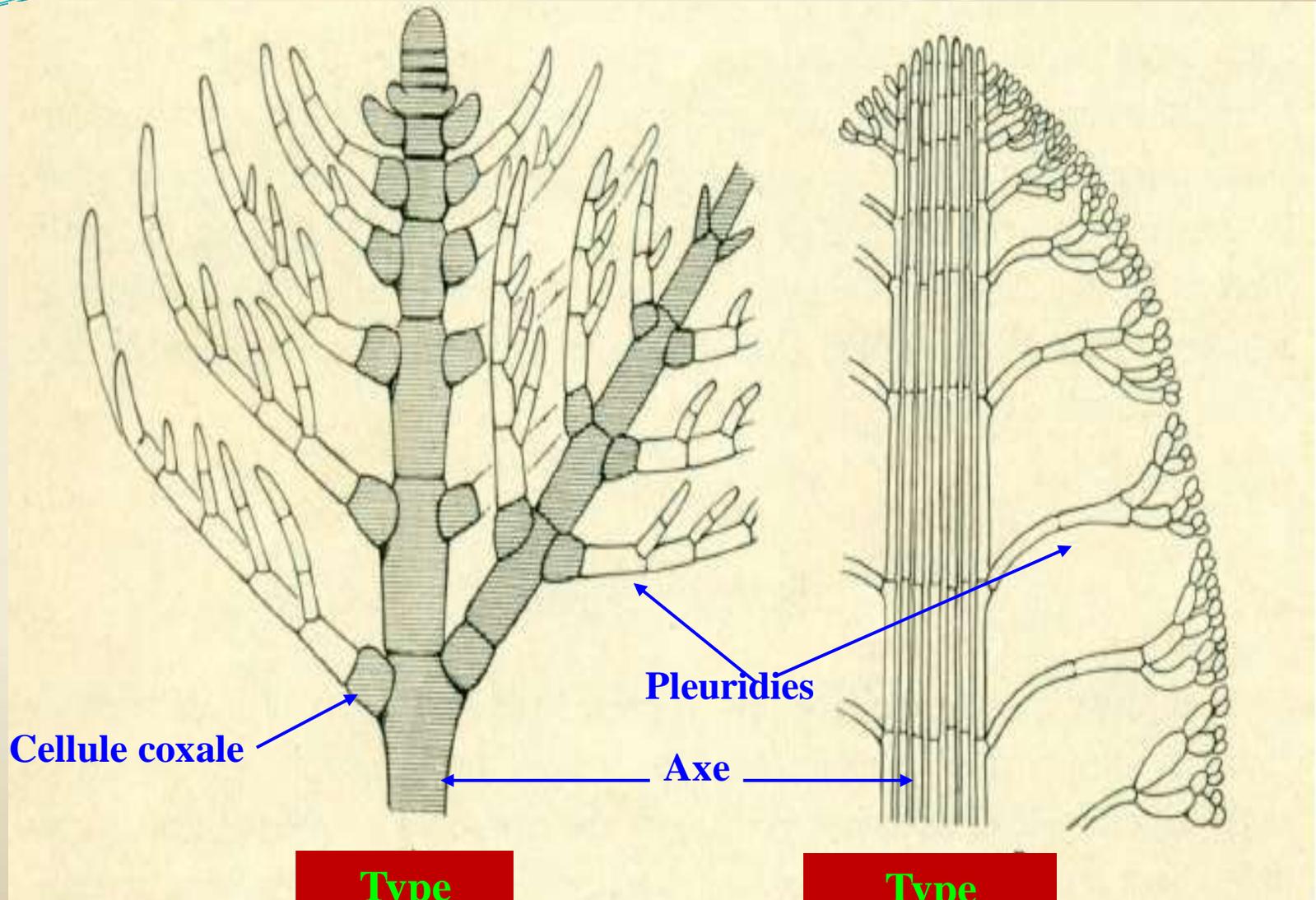
La partie dressée peut être constituée:

- ♦ d'un seul filament axial ou central (filament haplostique ou un seul siphon) qui croît à partir d'une seule cellule initiale: Ce cladome sera dit **uniaxial** (*Antithamnion plumula*)

- ♦ d'un faisceau d'axes ou filaments centraux (polystique ou *plieurs* siphons): le cladome dans ce cas sera dit **multiaxial**, sa croissance se fait à partir de plusieurs cellules initiales. (*Udotea petiolata*, *Nemalion helminthoides*)



Les Cladotalles



Type uniaxial

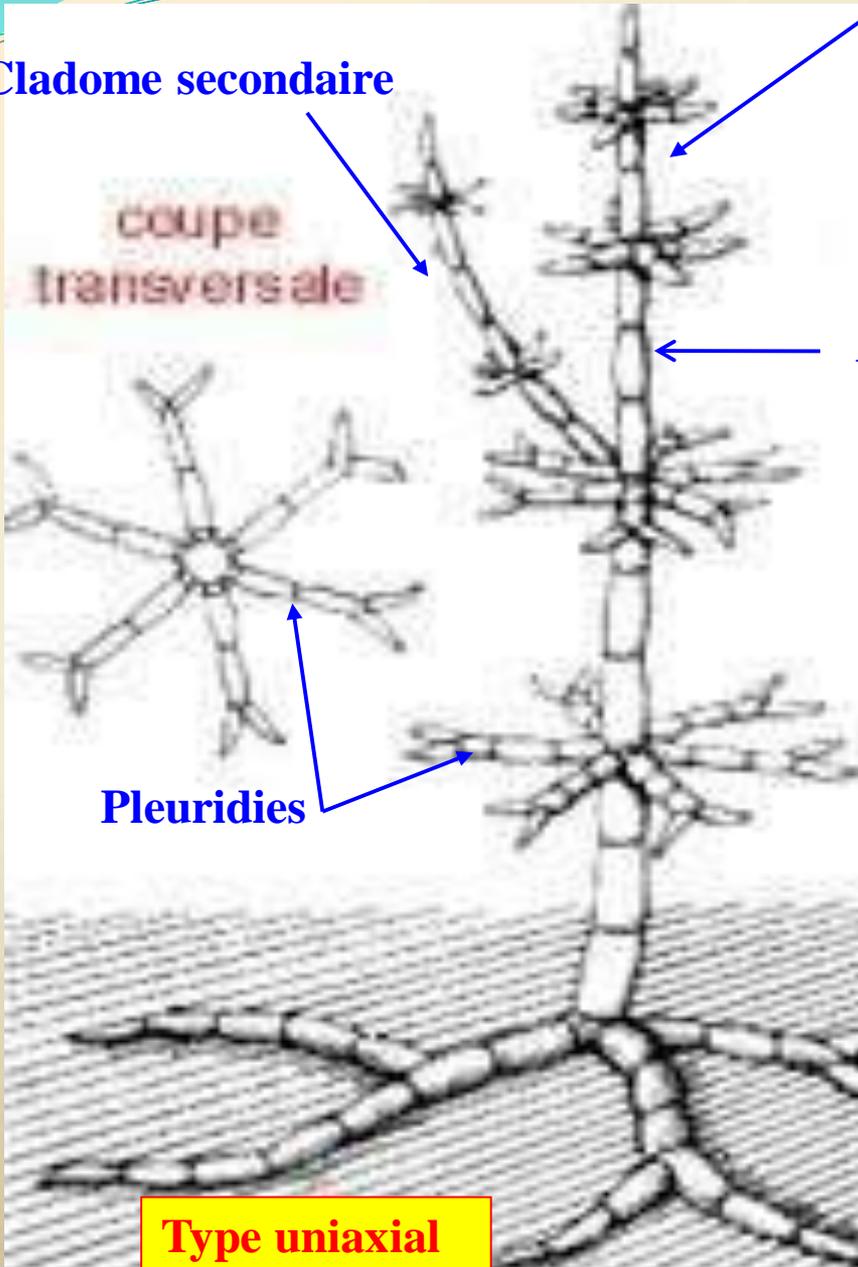
Type multiaxial

Les Cladothalles

Cladome primaire ou principal

Cladome secondaire

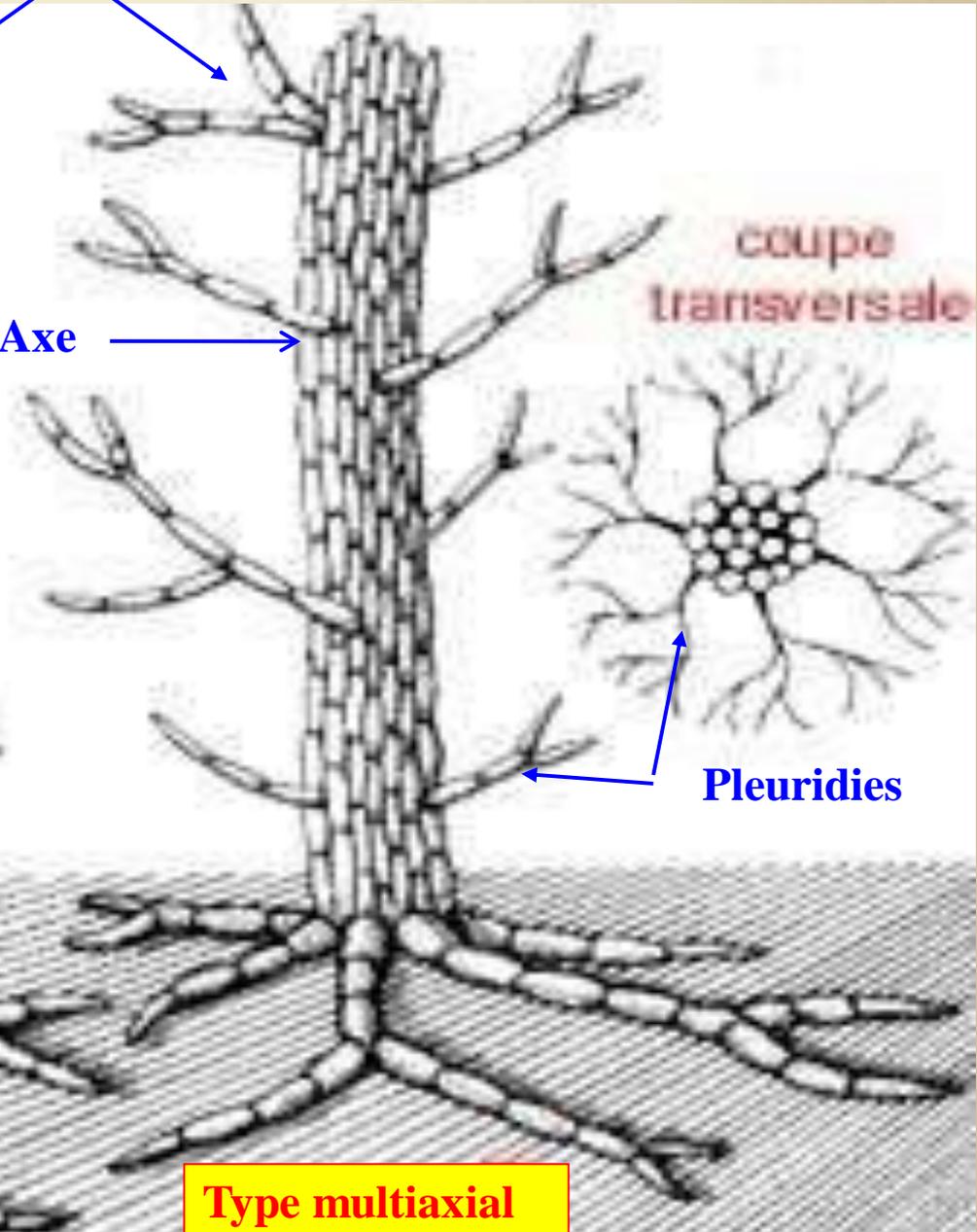
coupe
transversale



Pleuridies

Type uniaxial

Axe



coupe
transversale

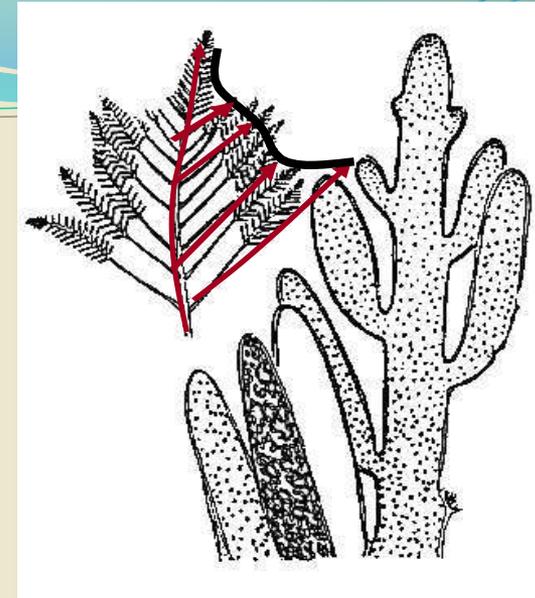
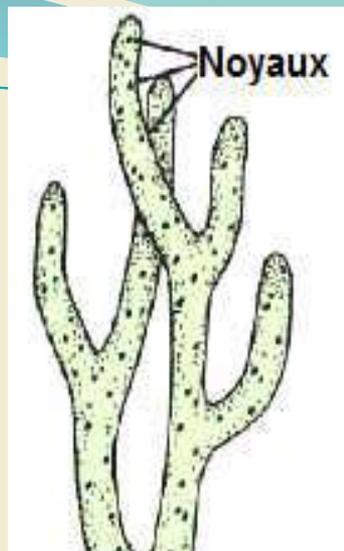
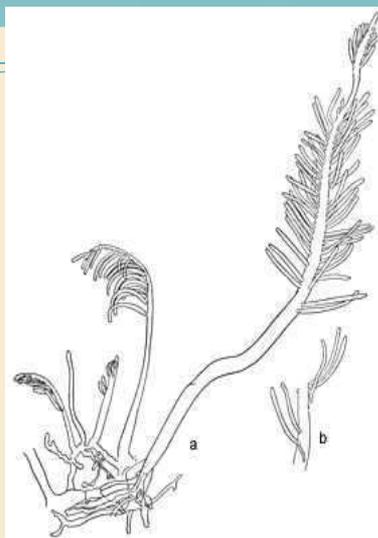
Pleuridies

Type multiaxial

Cladome uniaxial



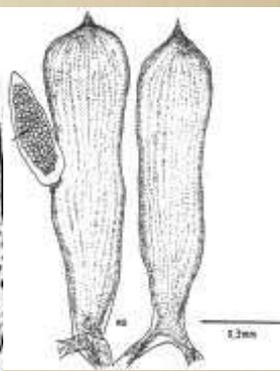
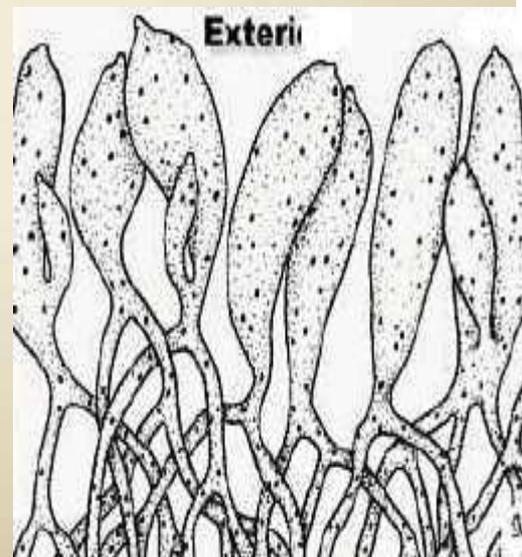
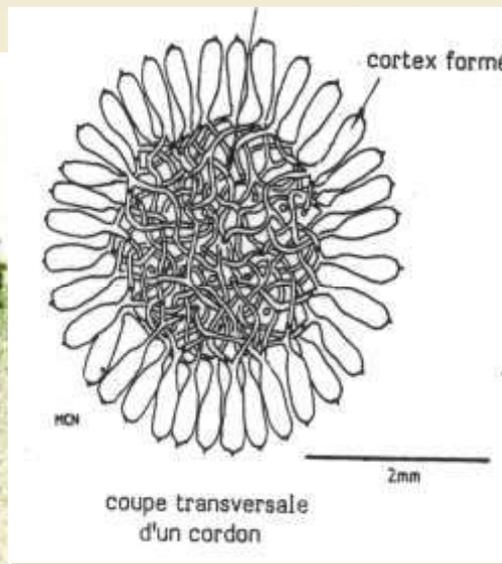
© D. Rostron



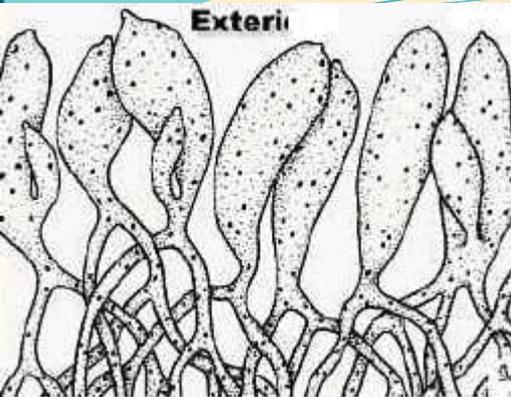
Vue d'ensemble

Coupe longitudinale

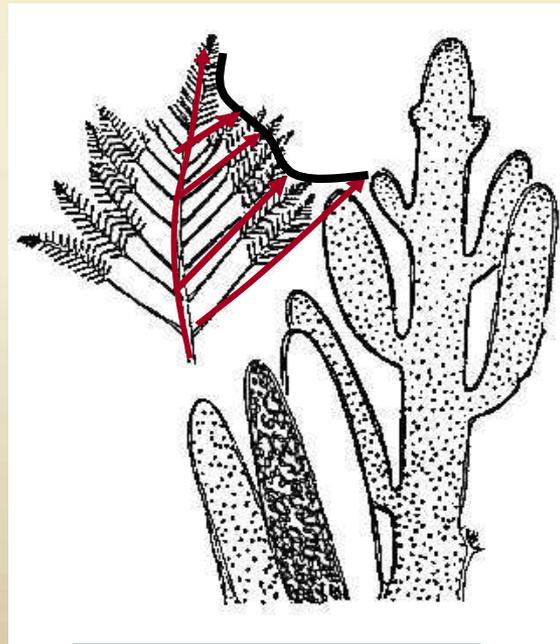
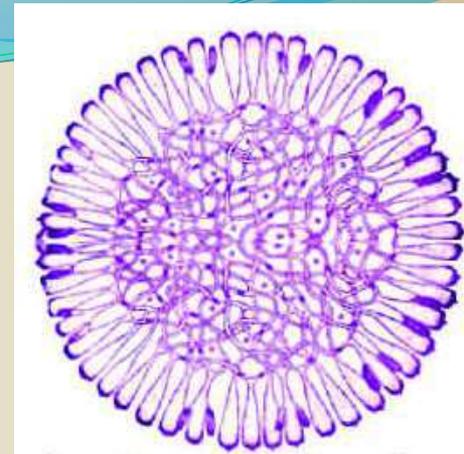
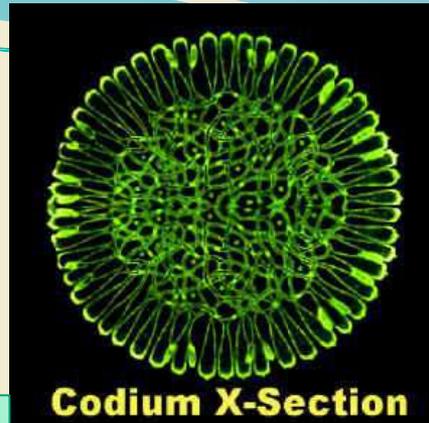
Cladome multiaxial



Coupe transversale



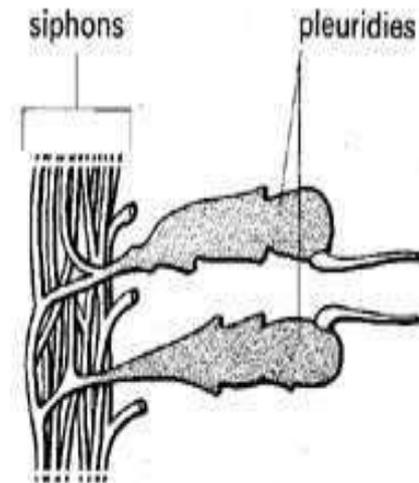
Cladome multiaxial



Cladome uniaxial



Codium tomentosum (fragment de thalle)

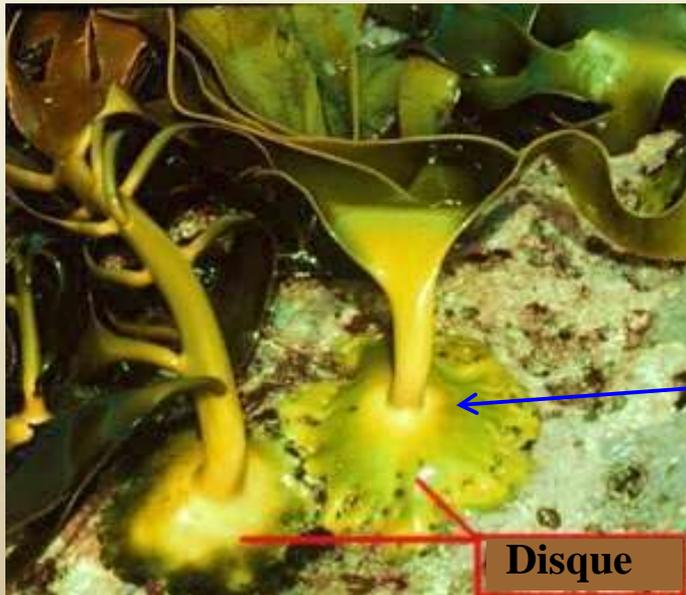
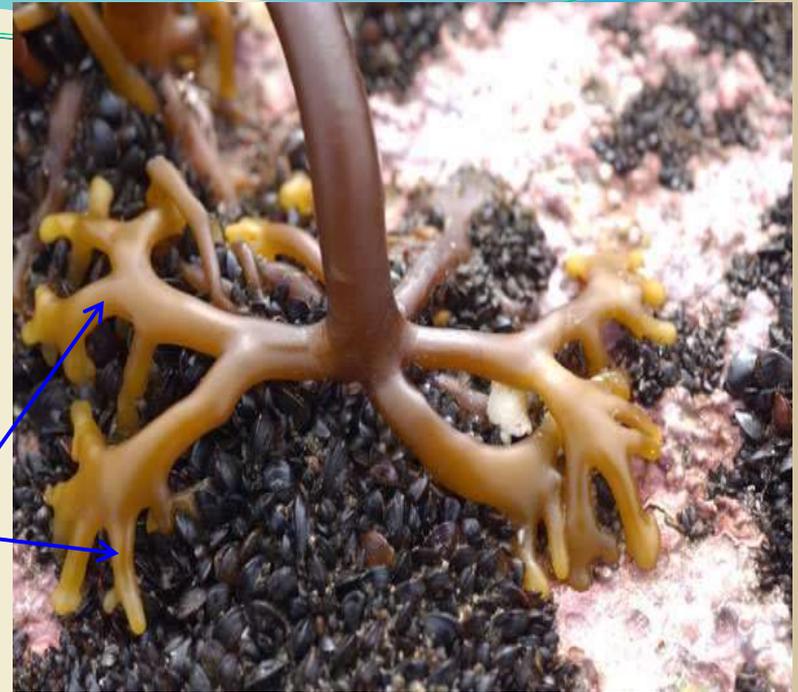


Codium tomentosum (détail)

Les structures de fixation



Crampons



Disque prolongé
par des crampons

Disque

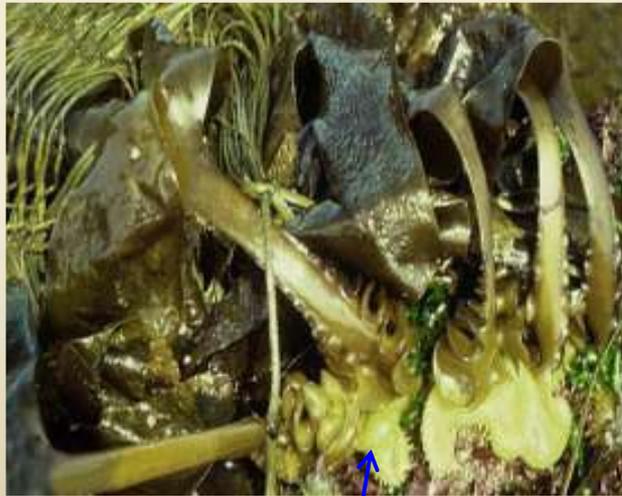




Rhizoïdes



**Crampons
rhizoidaux**



Bulbe





Selon la nature du substratum on peut parler d'algue,

→ **Épilithe** ou saxicoles: substratum est de nature minérale.

→ **Épiphyte**: support végétal

→ **Épizoïque** quand le support est un animal.

} Support organique

Dans ces deux cas l'algue vit sur le support.

A l'inverse, certaines algues se développent dans les tissus de l'hôte et seront dites: → espèces **endophytes** hôte de nature végétale.

→ espèces **endozoïques** hôte de nature animale.

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DE LA REPRODUCTION

Deux modalités de reproduction peuvent être décrites. Celles-ci peuvent coexister chez un même individu avec une dominance relative plus ou moins prononcée.

La reproduction asexuée

La modalité de reproduction la plus fréquente chez les organismes primitifs. Parfois, elle constitue le seul mode de reproduction.

L'organisme est capable d'assurer sa descendance par des phénomènes, ne faisant intervenir ni organes ni cellules sexuelles.

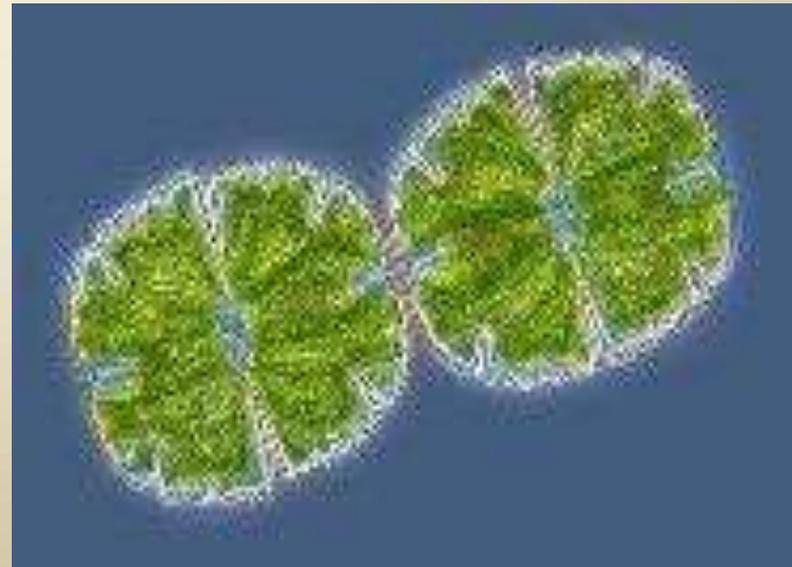
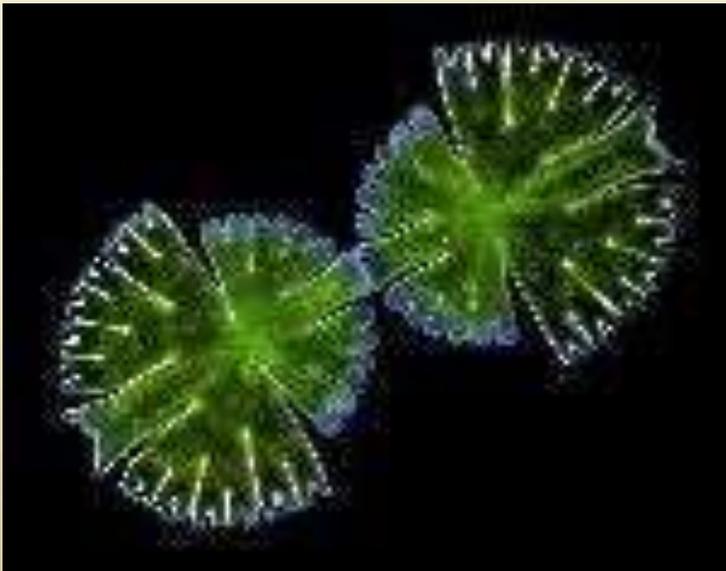
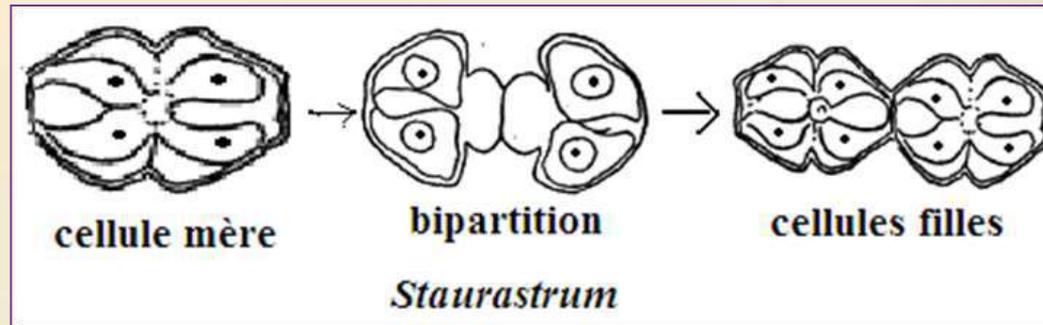
Le génotype est conservé. Les organismes obtenus sont génétiquement identiques entre eux et à l'individu souche.

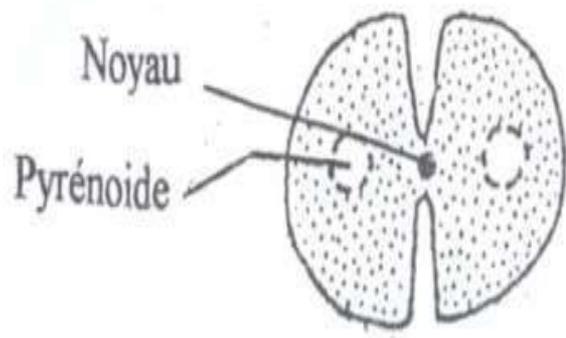


Bipartition chez les algues unicellulaires,

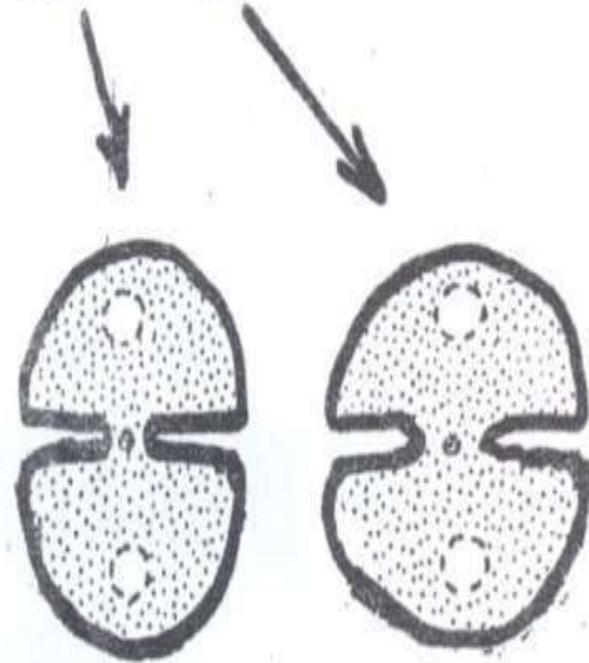
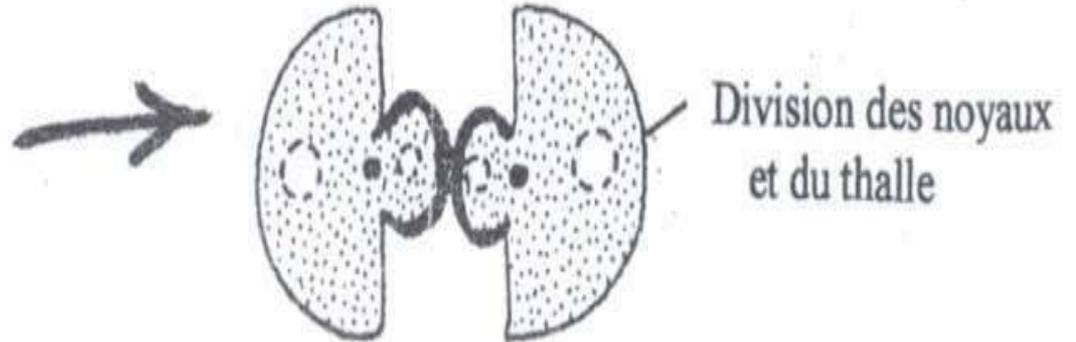
Exemple d'une algue verte (Chlorophyte) haploïde *Mictasteria sp.*

La multiplication végétative se réalise par bipartition de la cellule: chaque moitié reconstitue son symétrique.





Thalle

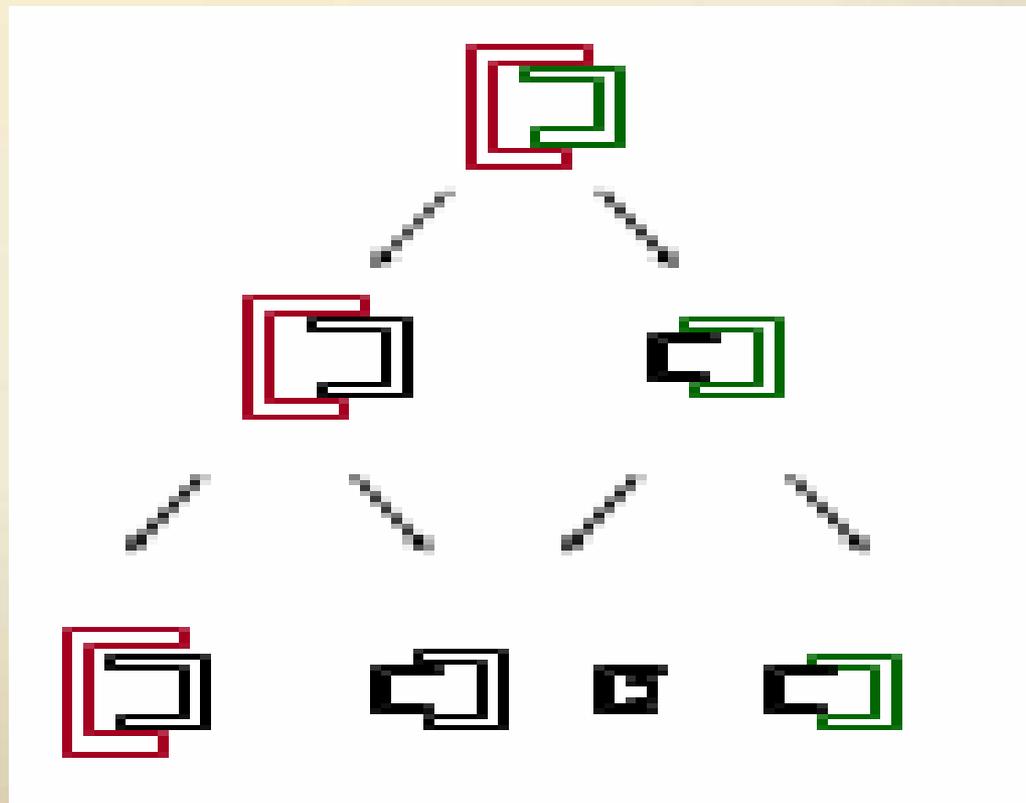


Deux jeunes Thalles

Exemple de Diatomées

Le frustule, **inextensible**, impose aux cellules un mode de division particulier :

- Mitose : chaque nouvelle cellule entraîne une des valves de la paroi
- Chaque partie reconstruit l'autre frustule à l'**intérieure** de celle existante
- **Diatomées de + en + petites**



Quand la cellule devient trop petite → **Reproduction Sexuée**

Fragmentation des thalles Chaque fragment reconstituant alors un thalle entier.

Le cas le plus fréquent (unique) chez les archéthalles trikoïdes ou les cénobiaux.

Chez les Algues rouges (*Asparagopsis* et *Griffithsia*), les vertes (*Caulerpa*) et les brunes (*Fucus*, *Ascophyllum*, et *Sargassum*), une partie du thalle se brise, après qu'elle soit emportée par les courants et les vagues, se fixe et donnera un nouvel individu.

Dans plusieurs cas la polarité du fragment doit être conservée.

Il s'agit d'un véritable **bouturage**.

Chez les *Valonia* (Chlorophytes), il y'a formation de territoires plurinucléés sur le côté d'une vésicule, qui par **bourgeonnement** donneront des thalles fils.

Stolonification, modalité de propagation très fréquente chez les *Caulerpa sp.* leur donnant un aspect très envahissant.

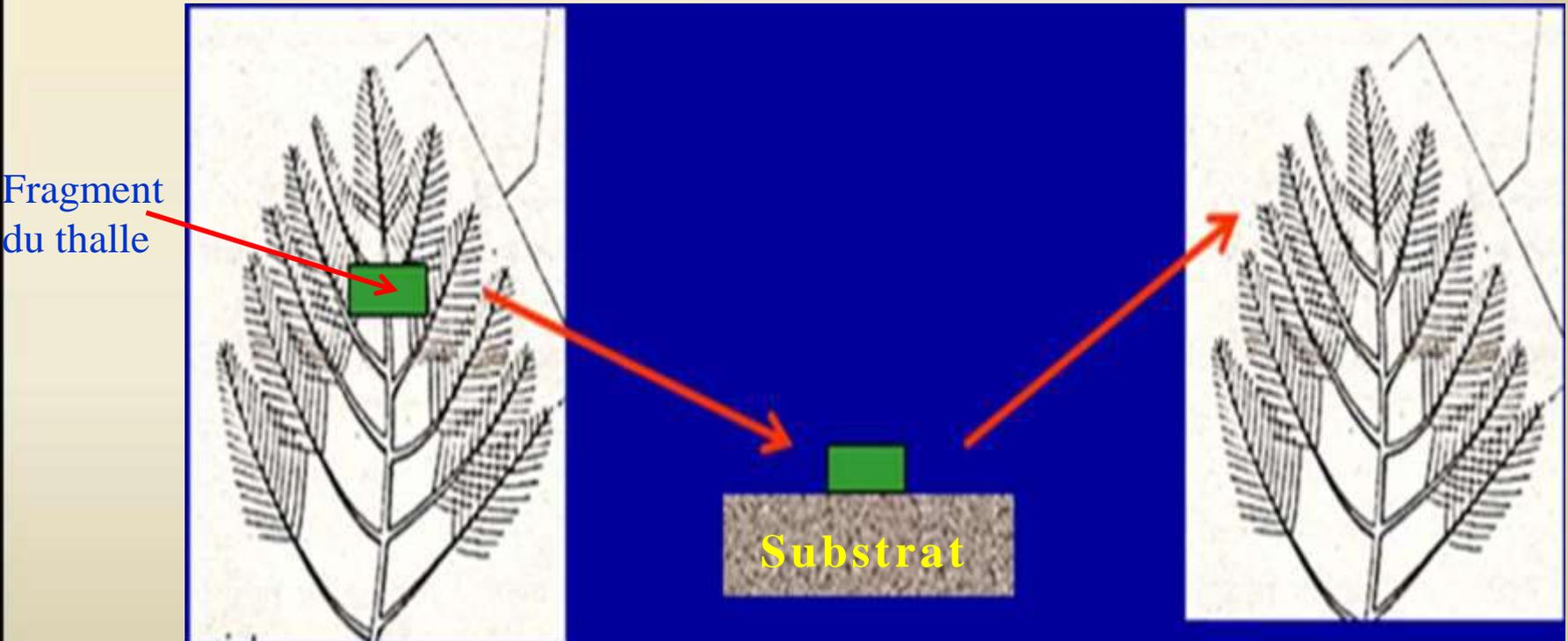
Les **propagules**: sont des formations +/- massives pluricellulaires ou plutôt des organes spécialisés, de petite dimension et de forme caractéristique, qui se détachent du thalle qui les engendre, pour se fixer au substrat et reconstituer un thalle entier.

Ces structures sont connues chez les *Sphacelaria sp.*

Plusieurs auteurs suggèrent l'édification, chez certains *Sargassum*, de structures assez comparables aux précédentes dites **proliférations**.

Fragments simples

Chaque fragment du thalle peut régénérer un thalle complet.
C'est le principe du bouturage des végétaux supérieurs.



Reproduction par bouturage



Bourgeonnement
chez chez *Valonia sp.*



Stolons
chez
*Caulerpa
prolifera*

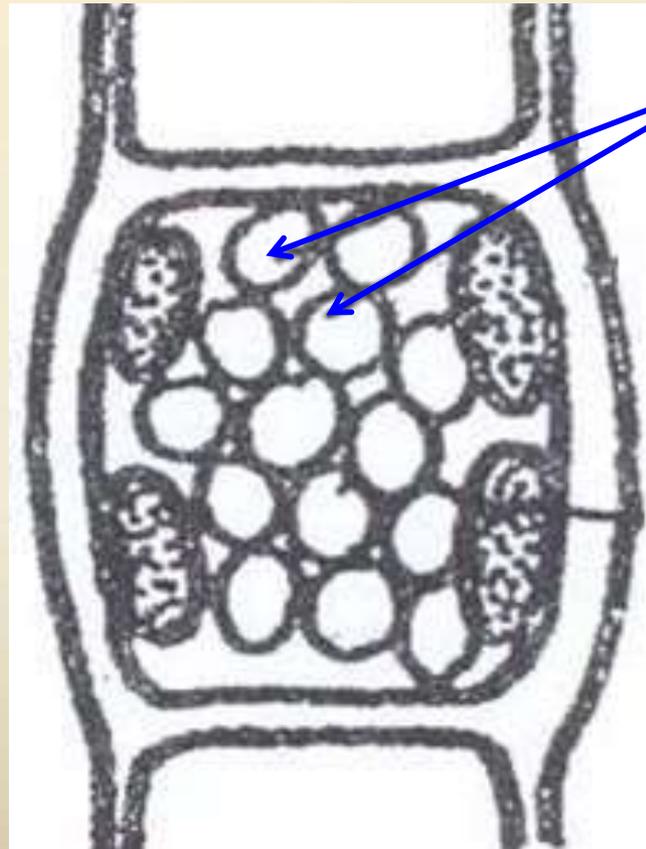
Rhizoïdes

Propagule spécialisée
chez
Sphacelaria tribuloides
(Chromobiontes,
Straménopiles)



Les organes de conservation: les akinètes

Ce sont des cellules végétatives à paroi épaisse qui accumulent des réserves lipidiques.



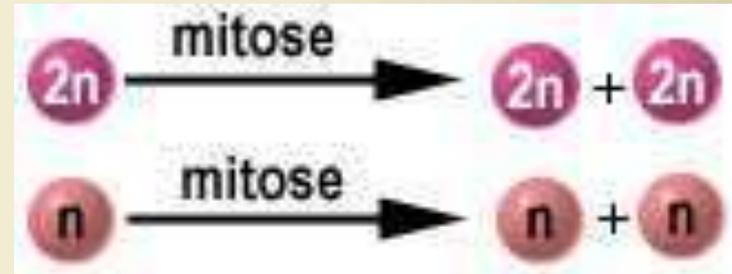
Réserves lipidiques

Une akinète

Formation de cellules spécialisées ou spores souvent unicellulaires

Issues de **sporocystes**, qui sont des cellules végétatives modifiées ou, de la totalité du thalle (**holocarpie**)

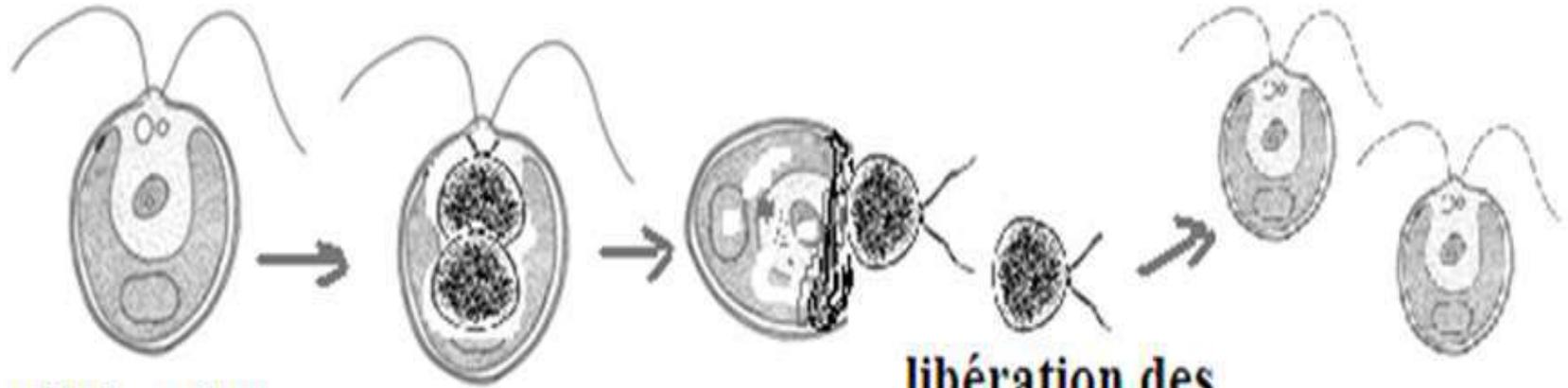
Ces spores se forment par mitose.



Elles peuvent être flagellées \longrightarrow **zoospores** issues de zoosporocystes ou dépourvues de flagelles \longrightarrow **aplanospores** issues des aplanosporocystes.

Ces spores sont haploïdes ou diploïdes et engendrent toutes, après fixation au substrat, de nouveaux individus haploïdes ou diploïdes

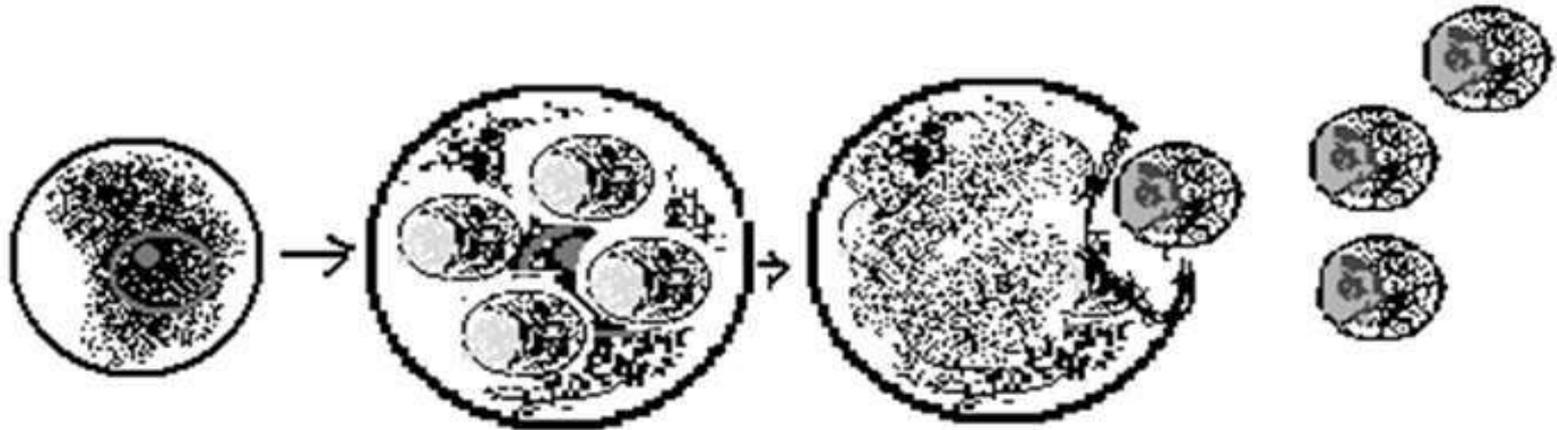
Les spores peuvent être douées ou non de capacités de résistance ou de conservation



cellule mère

sporocyste

libération des
sporocystes



cellule mère

sporocyste

libération des autospores

La reproduction asexuée chez les algues (thallophytes) est beaucoup plus riches (modalités) que chez les végétaux supérieurs.

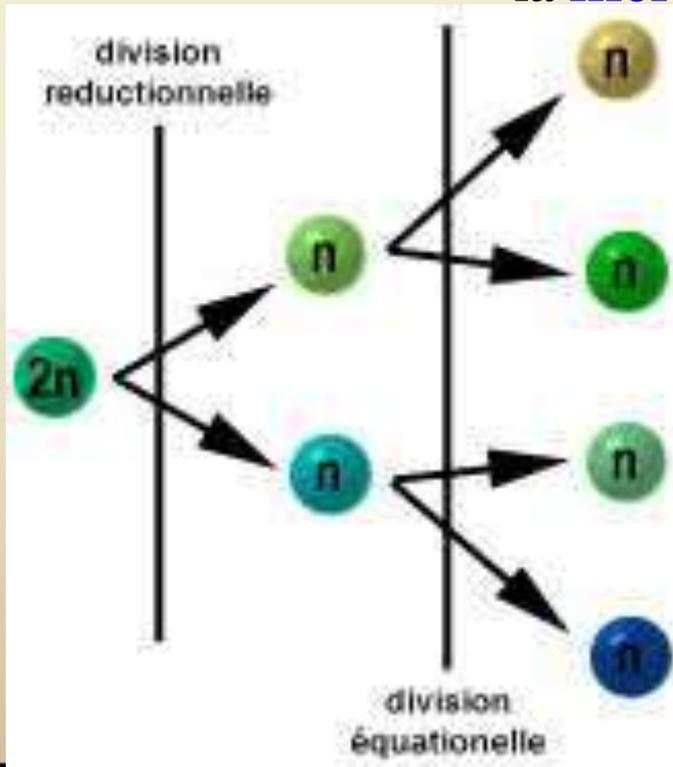
Cette modalité de reproduction assure

- ♣ le maintien de l'espèce,**
- ♣ sa dissémination dans un milieu plus ou moins éloigné.**
- ♣ Elle peut assurer la multiplication immédiate et sur place des espèces.**
- ♣ A ces rôles peut s'ajouter le rôle de conservation ou pérennité.**

La reproduction sexuée

- ♠ Constitue un mode de reproduction moins fréquent chez les formes primitives.
- ♠ Mais elle est la seule modalité de reproduction chez les formes évoluées.
- ♠ Dans tout les cas, elle en représente le mode le plus aléatoire, mettant en jeu deux génotypes souvent différents. En effet, le cycle sexué est marqué par la succession de deux événements biologiques complémentaires:

la **méiose** et la **fécondation**.



- ✓ Elle fait intervenir des cellules spécialisées que l'on appelle **gamètes**.
- ✓ Ces cellules sexuelles ne possèdent qu'un seul exemplaire de matériel génétique. On dit qu'elles sont **haploïdes**.
- ✓ La rencontre des deux phases haploïdes complémentaires (cellules reproductrices) forment un œuf ou **zygote**. Le matériel génétique est alors dédoublé (chaque moitié provient d'un partenaire), on dit que c'est une cellule **diploïde**.
- ✓ Les gamètes peuvent naître de
 - ◆ la totalité du thalle (hologamie ou holocarpie)
 - ◆ de cellules mères sur des régions du thalle (mérogamie). Celles-ci sont à l'origine des **gamétocystes**, qui par divisions donneront les cellules reproductrices ou gamètes.
- ✓ Les gamétocystes engendrant les gamètes mâles sont dit **gamétocyste mâles**, ceux qui produisent les gamètes femelles sont dit **gamétocystes femelles**.
- ✓ Les gamètes peuvent être mobiles ou immobiles

- ✓ Les gamétocystes qui donnent naissance à des gamètes mâles sont dits gamétocystes mâles ou **spermatocystes**.

Les gamètes mâles mobiles sont dits spermatozoïdes ou encore **anthérozoïdes**.

Chez les Algues rouges, les gamètes mâles sont dépourvus de flagelles et sont nommés **spermaties**.

- ✓ Les gamétocystes qui donnent naissance à des gamètes femelles immobiles sont des gamétocystes femelles, ou **oocystes** ou encore oogones, les gamètes femelles sont dits des **oosphères**.

Chez les Algues rouges (*Floridées*), le gamétocyste femelle est appelé **carpogone**, qui est prolongé (à son sommet) d'un filament grêle ou poil plus ou moins long le **trichogyne** qui sert de collecteur des spermaties.

Gamétophyte = Thalle haploïde (produisant les gamètes).

Sporophyte = Thalle diploïde (produisant des méiospores).

→ Lorsque les organes reproducteurs mâles (♂) ou femelles (♀) sont portés par des individus distincts. Il y a donc des thalles mâles et des thalles femelles. Dans ce cas, l'espèce est à thalles ou à sexes séparés, elle est dite **dioïque** ou unisexuée.

→ Si un même individu (thalle) porte les 2 catégories de gamétocystes, il produit par conséquent les 2 catégories de gamètes (♂ & ♀). Dans ce cas, l'espèce a un seul type de thalle, elle est dite **monoïque** ou bisexuée ou "hermaphrodite".

Remarque : Dans le cas général (Chez les algues et chez les champignons), la notion de **monoécie** et de **diécie** se base sur des faits phénotypiques.

Par contre, la notion d'homothallisme-hétérothallisme se base sur les complémentarités génétiques. Une espèce dioïque peut être homothallique ou hétérothallique, de même pour les espèces monoïques.

En effet, dans certains cas, malgré la disponibilité des structures copulatrices, la fécondation (auto ou inter) ne peut avoir lieu. Elle est sous le contrôle d'une compatibilité génétique. La présence de gènes compatibles portés par des allèles sœurs est obligatoire pour que la gamie (fécondation) puisse avoir lieu. Cette compatibilité est défini sous le nom de l'**hétérothallisme**.

Dans l'absence de tout obstacle génétique on parle plutôt de l'**homothallisme**.

Qu'il est le devenir des gamètes ?

La fusion de deux gamètes complémentaires assure la **fécondation**. Cet événement peut être externe ou interne. Il en résulte un œuf ou **zygote**. Le matériel génétique est alors présent en deux exemplaires (l'un venant du gamète femelle, l'autre du gamète mâle), on dit qu'il y'a eu naissance d'une cellule **diploïde**. Celle-ci, par division successive, évoluera en un nouvel organisme possédant la moitié de l'information génétique de chaque parent.

Dans certains cas le zygote subit immédiatement la méiose.

Quand les structures copulatrices sont identiques, on parle d'**isogamie**.

Si ces structures sont dissemblables on parle d'**anisogamie** ou d'**hétérogamie**.

L'anisogamie morphologique est plus ou moins apparente.

L'isogamie morphologique est parfois accompagnée d'une anisogamie qui peut être physiologique, structurale ou de comportement et c'est **l'anisogamie qui l'emporte** .

Modalités de la fécondation

- ♣ **Planogamie**: quand il y'a fusion de gamètes mobiles. Celle-ci peut être
 - ♦ isogame «isogamie» (*Chlamydomonas*, *Ulothrix sp.*, *Allomyces cystogenus*)
 - ♦ anisogame ou hétérogame «hétérogamie» (*Ulva sp.*, *Codium sp.*, *A. arbusculus*).
- ♣ **Oogamie**: quand il y'a fusion entre un gamète femelle immobile et un gamète mâle flagellé (*Laminariales*, *Fucales*, *Monoblepharis sp.*).
- ♣ **Trichogamie**: une oogamie particulière, réalisée entre gamète mâle dépourvu de flagelles et un gamète femelle qui reste inclus dans le gamétocyste surmonté d'un trichogyne. (Cas des Floridées et des Ascomycètes)
- ♣ **Cystogamie**: Ce sont les gamétocystes qui fusionnent. Elle peut être qualifiée d'isogame ou hétérogame. (Chez les *Zygothycées* et les *Zygomycètes*)
La différenciation et la libération des gamètes n'auront pas lieu.
Chez certains thalles unicellulaires, on parle plutôt de **conjugaison**.
- Chez les champignons on peut reconnaître deux autres modalités de fécondation
 - ♣ **Perittogamie**: fécondation réalisée entre deux cellules somatiques compatibles.
 - ♣ **Siphonogamie**: le gamétocyste mâle émet un tube qui le connectera avec le gamétocyste femelle. Les noyaux mâles passent par ce tube pour rencontrer les oosphères.

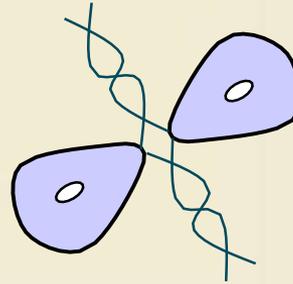
Diversité des modalités de fécondation

Fécondation : union de deux "gamètes" haploïdes \longrightarrow un zygote diploïde

Planogamie Isogamie

fécondation mettant en présence deux gamètes morphologiquement et physiologiquement identiques.

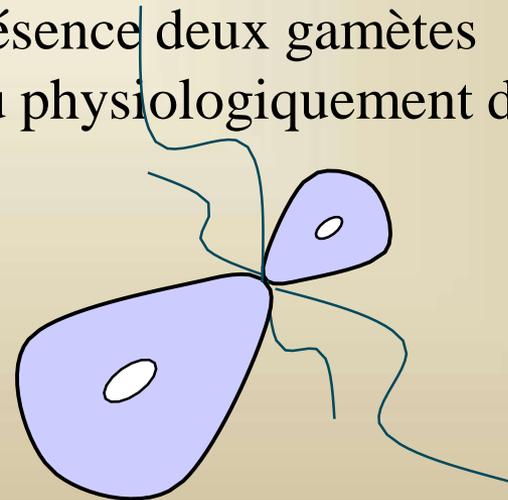
Ex : *Chlamydomonas*



Planogamie Anisogamie

fécondation mettant en présence deux gamètes morphologiquement et/ou physiologiquement différents.

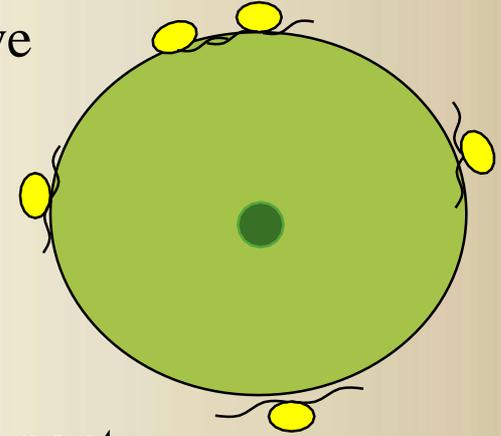
Ex : *Ulva lactuca*



Oogamie

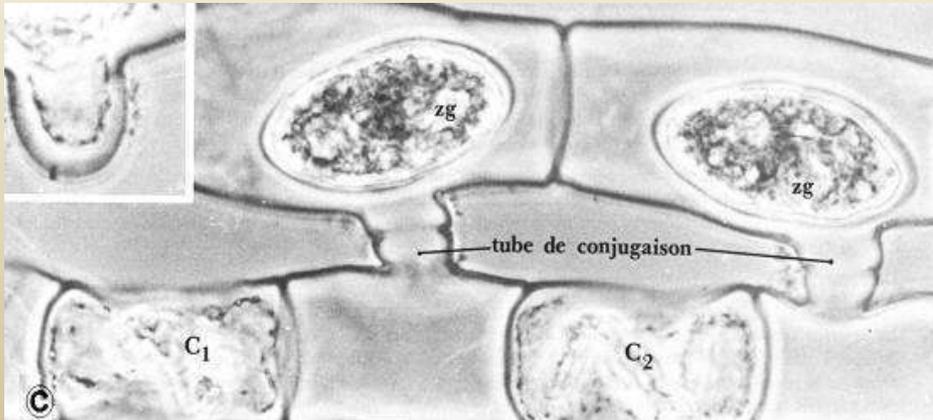
1 gamète petit, mobile, produit en grand nombre
1 gamète gros, immobile, chargé en réserve

Ex : *Fucus sp.*

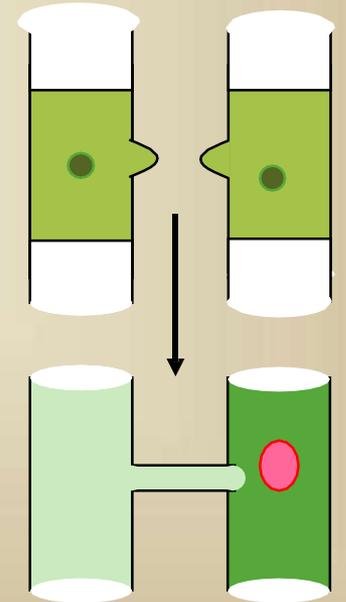


Cystogamie

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



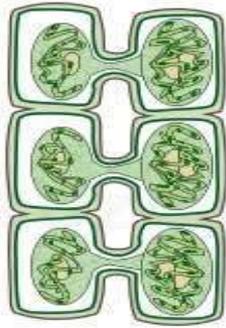
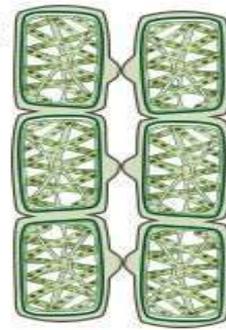
Ex: *Spirogyra sp.*





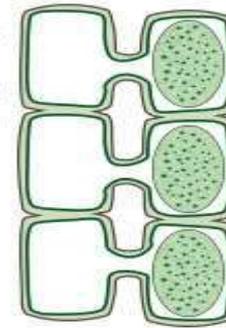
1
Two filaments
come side by side

2
Conjugation
tubes develop

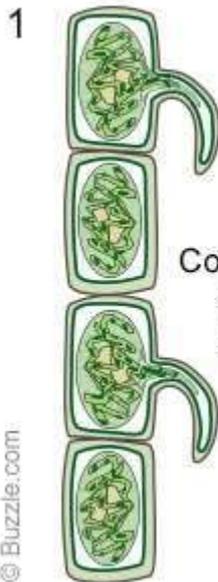


3
Conjugation
canals form

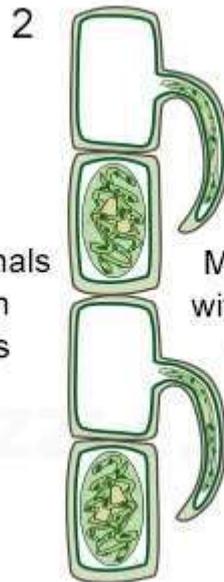
4
Male gametes
fuse with female
gametes to form
zygotes



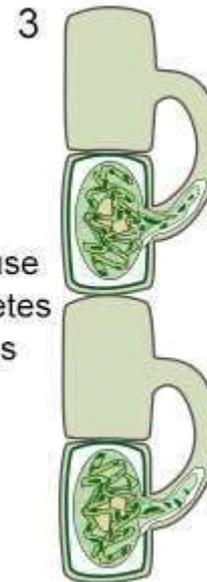
© Buzzle.com



1
Conjugation canals
form between
adjacent cells



2
Male gametes fuse
with female gametes
to form zygotes



© Buzzle.com

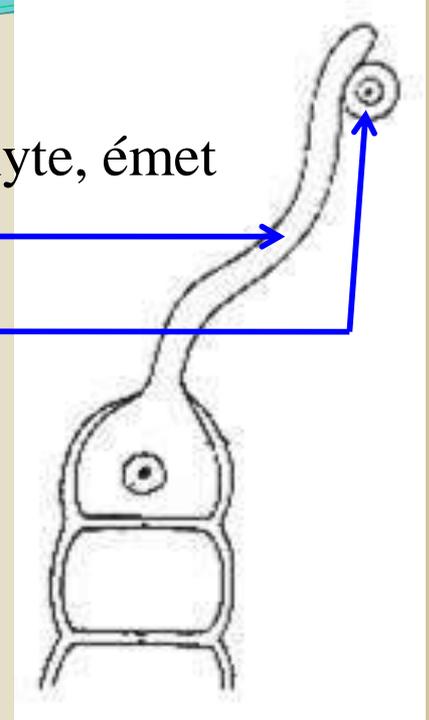
Aplanogamie

Trichogamie

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

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

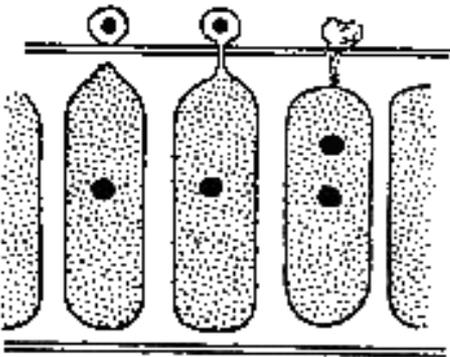
Ex : *Les Rhodophyta (Floridiophycideae)*



Gamète femelle reste dans gamétophyte, gamète mâle sans flagelle = spermatie.

Pas de chimiotactisme : fécondation au hasard.

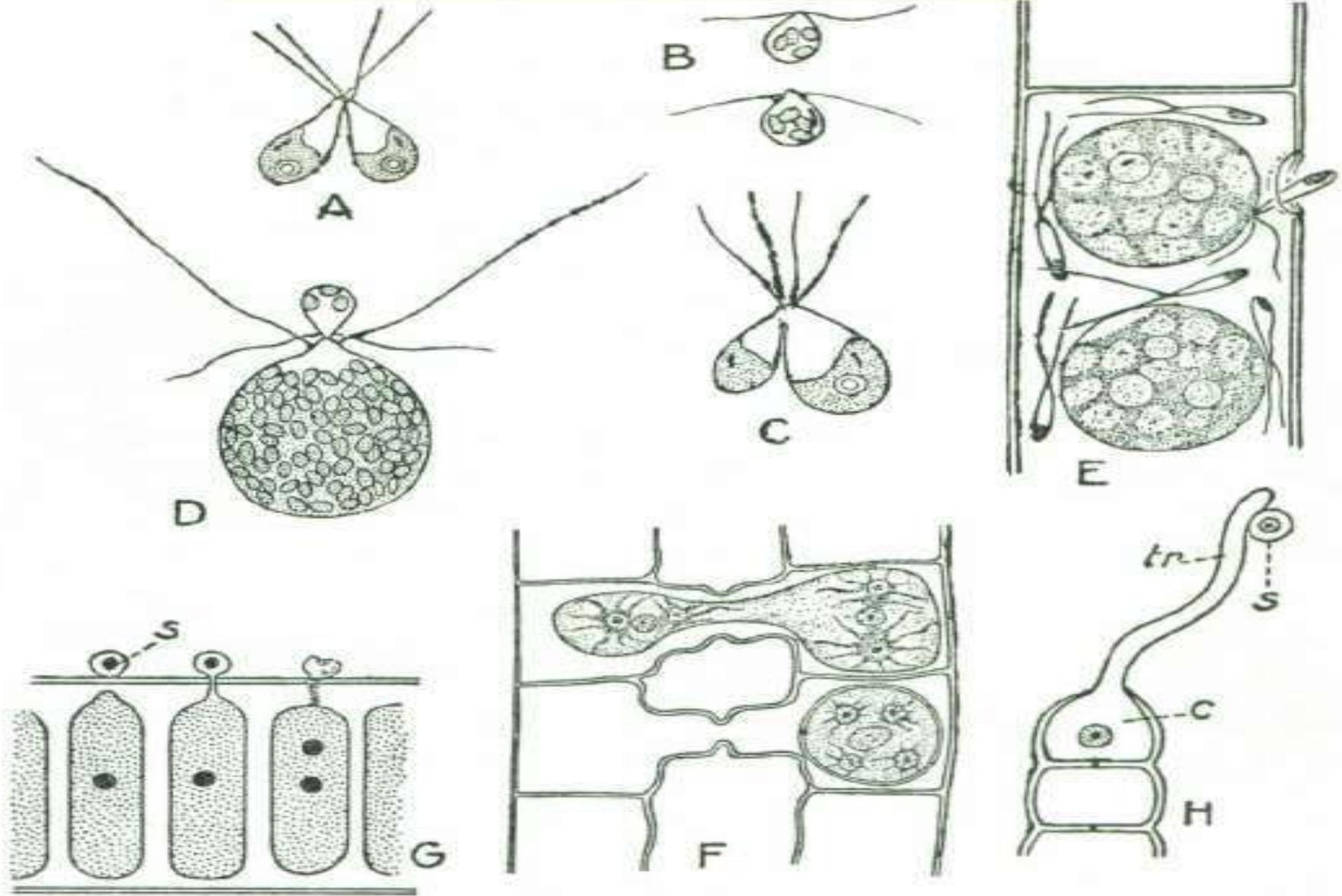
Trichogamie atypique



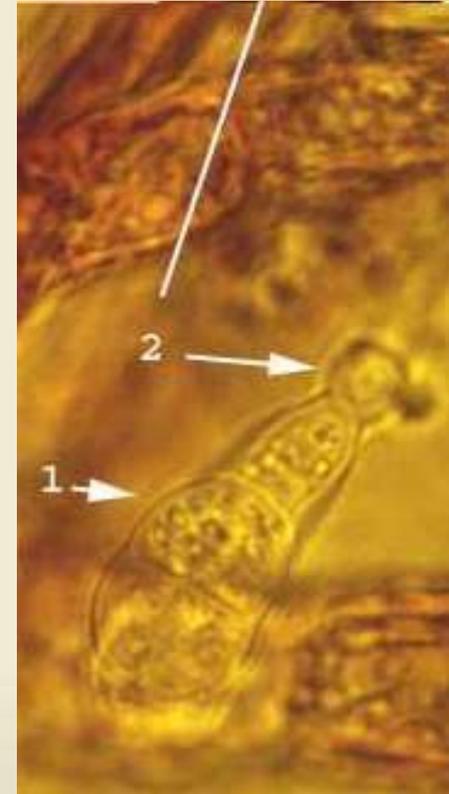
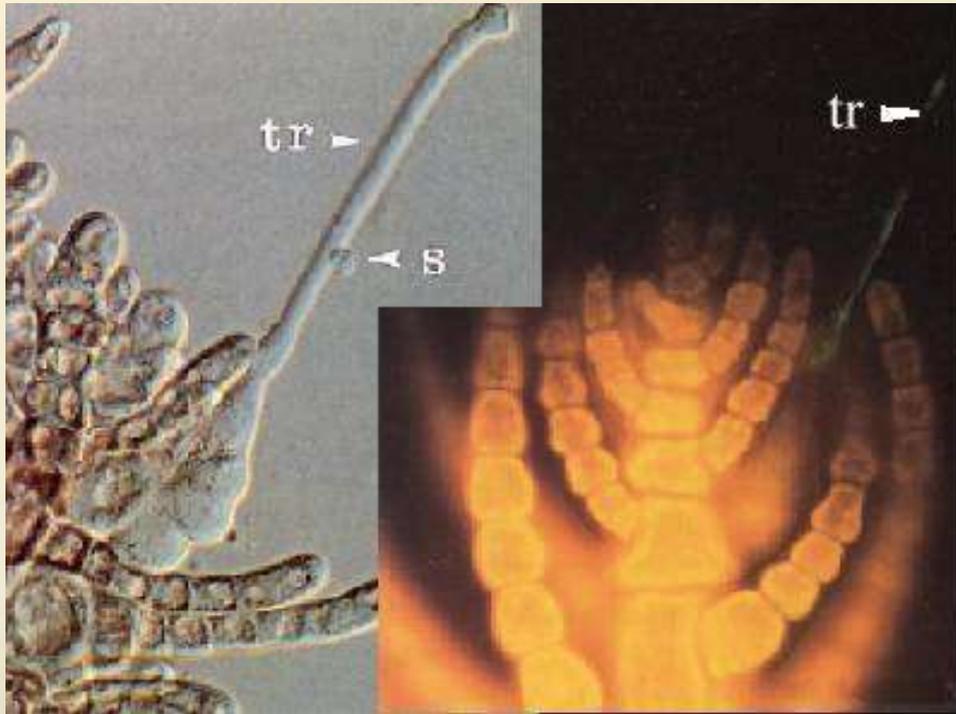
Il existe une papille sur le gamète femelle pour faciliter la fécondation

Ex : *Porphyra sp.* *Rhodophyta (Bangiophyycideae)*

Quelques modalités de la fécondation



A: Planogamie isogame; B, C, D: Planogamie anisogame; E: Oogamie; F: Cystogamie anisogame; G: Pseudo-trichogamie; H: Trichogamie. C: carpogone; s: spermatie; tr: trichogyne



tr= 1= Trichgyne
S= 2= Spermatie

Qu'est que la différenciation sexuelle ?

On parle de l'existence d'une éventuelle différenciation sexuelle, quand il est possible de distinguer entre des structures mâles et des structures femelles.

Les structures mâles seront celles de taille plus réduite, plus motiles, plus riches en caroténoïdes et les moins enrichis en réserves.

La différenciation sexuelle peut se manifester à différents niveaux: gamètes, gamétocystes, structures porteurs des gamétocystes, organes reproducteurs, des régions des thalles ou mêmes des thalles entiers.

A propos du déterminisme du sexe

Le déterminisme du sexe peut être soit phénotypique soit génotypique.

Lorsqu'il phénotypique, le sexe de l'organisme est influencé par les conditions du milieu de vie (facteurs physiques, substances chimiques, facteurs biotiques).

Par contre, le déterminisme génotypique est lié à la présence de gènes sexuels, masculinisants ou féminisants, localisés dans des chromosomes homologues qui se répartissent, lors de la méiose, entre les noyaux haploïdes qui en résultent

Quel est le devenir du zygote ?

Une série d'évènements se succèdent à partir du zygote jusqu'à l'apparition d'un nouveau zygote formant le cycle de développement complet (**Biocycle**).

Selon l'emplacement de la gamie et de la méiose, plusieurs types de biocycles peuvent être décrits.

Notion de Génération Morphologique et Notion de Phase Cytologique

Qu'est ce que une génération ?

Une génération est l'étape du cycle d'un organisme, débutant par une structure reproductrice (méiospore, zygote, gamète) et aboutissant, après une certaine activité végétative +/- marquée à la production de nouvelles cellules reproductrices différentes ou identiques à celles ayant donner la génération de départ (Feldmann).

Par conséquent, une génération peut être représentée par un organisme (thalle), un organe (groupe de cellules), ou même une seule cellule (douée d'activités biologiques).

Quand est ce qu'on parle de phase cytologique?

Un état nucléaire haploïde ou diploïde ne pourra être considéré comme une phase cytologique que s'il y a des mitoses pendant cet état.

Cas des cycles monogénétiques

Dans ce cas il n'y a qu'une seule génération, qui peut être haploïde ou diploïde.

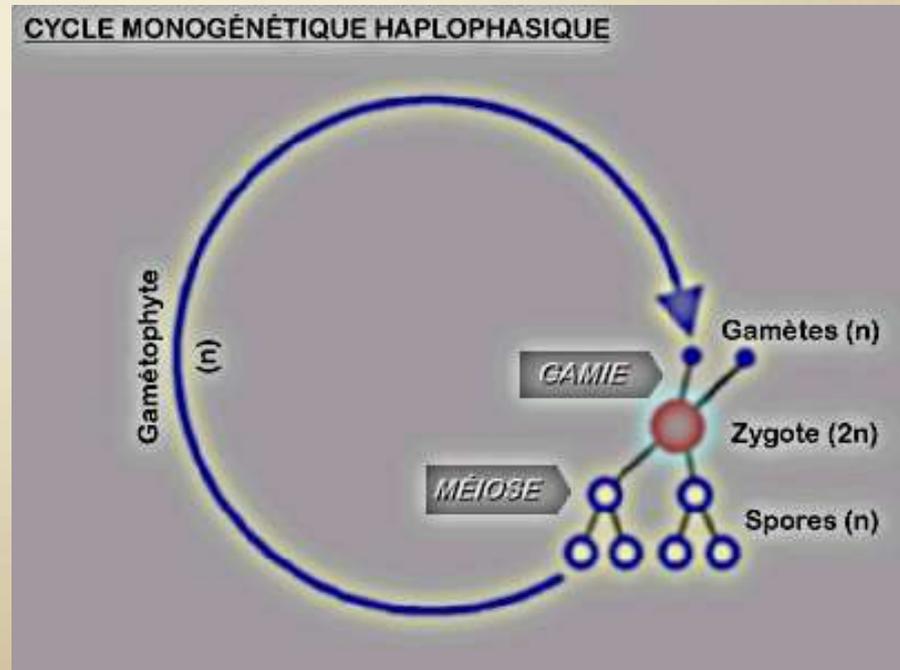
☹ Exemples : *Spirogyra sp.*, *Ulothrix zonata*; *Pediastrum boryanum*; *Absidia glauca*
Chez ces différents exemples, le thalle produisant les organes reproducteurs est un gamétophyte à n chrs, fournissant les gamètes ♂ et/ou ♀ qui après libération et copulation, donneront un **zygote** qui (après possible étape de repos) subira la méiose souvent suivie de mitoses (spores méiotiques) donnera un nouvel individu.

Le zygote à $2n$ ch ne représente qu'un simple état nucléaire sans mitoses ni activités particulières.

On parle dans ce cas de cycle **monogénétique haplophasique**.

Il existe un seul type de thalle ou une seule génération, qui est haploïde:
le biocycle se déroule en haplophase.

Remarque: Le gamétophyte peut être représenté par un seul ou par deux individus ou deux thalle (voir monoécie et diécie).



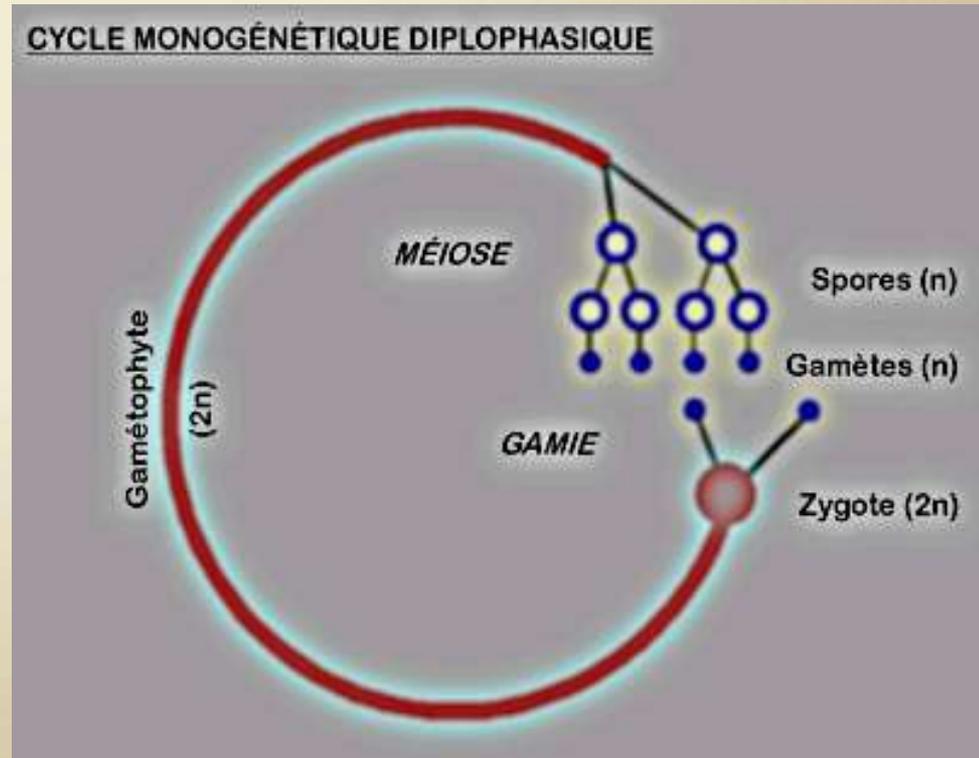
☺ Exemples : *Codium tomentosum*, *Fucus vesiculosus*; *Saprolegnia monoïca*

Chez ces exemples, le thalle qui produit les organes reproducteurs est un Sporophyte à $2n$ chromosomes, fournissant les gamètes mâles et/ou femelles qui après libération et fécondation, donneront le zygote qui évoluera en un nouvel individu diploïde.

La réduction chromatique n'aura lieu que lors de la formation des gamètes (le sporophyte porte un gamétophyte réduit aux gamétocystes).

Dans ce cas le cycle est **monogénétique diplophasique**, il existe un seul type de thalle ou une seule génération qui est diploïde, le cycle se déroule en diplophase.

Remarque importante: Si on tient en compte la définition exacte de la génération morphologique et de la notion de phase cytologique nous serons emmenés à préciser que les cycles dits monogénétiques diplophasiques sont en réalité des cycles digénétiques diplo-haplophasiques à génération diploïde très dominante ou à génération haploïde très réduite, car il y aura au moins quelques mitoses pendant l'haplophase.



Cas des cycles digénétiques

Le passage du zygote au zygote est marqué par l'alternance de 2 générations :

- ♦ l'une sexuée représentée par le gamétophyte qui fournit les gamètes.
Ce gamétophyte peut être représenté par
 - ♦ un seul individu qui porte des organes reproducteurs mâles et des organes femelles
 - ♦ 2 individus l'un produisant des gamètes mâles et l'autre les femelles.
- ♦ l'autre "asexuée" représentée par le sporophyte, issue du développement du zygote et qui fournit des spores qui engendreront de nouveaux gamétophytes.
(Ces spores sont des méiospores ou des spores de passage à ne pas confondre avec les spores de la reproduction asexuée qui sont des spores dites directes).

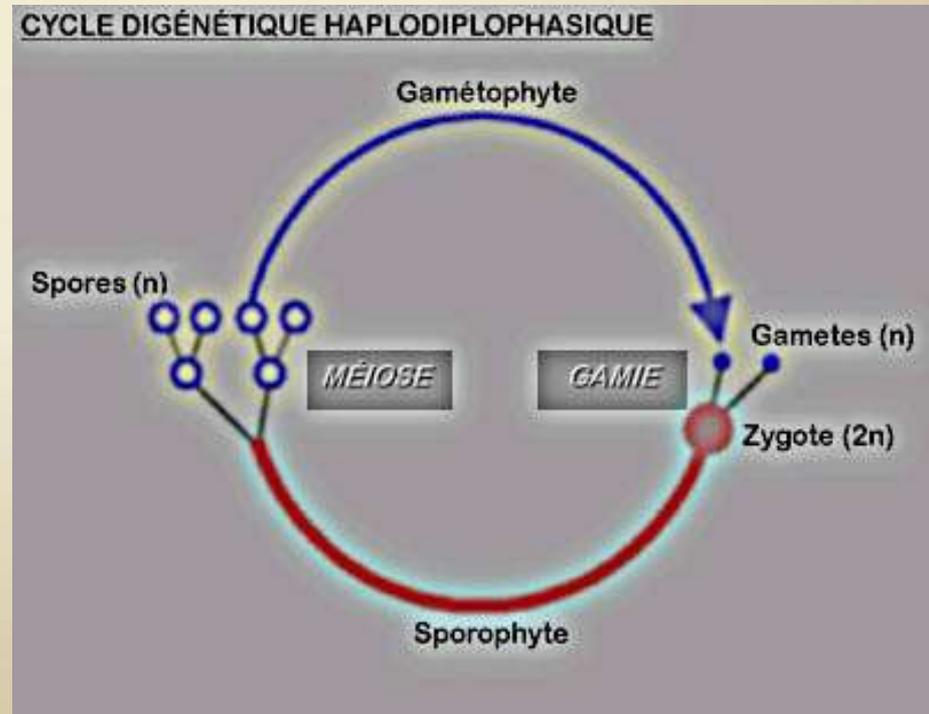
Dans ce cas le cycle est donc : **Digénétique haplo-diplophasique**

- digénétique : il y a alternance de 2 génération ou encore 2 catégories de thalles.
- haplo-diplophasique: il se déroule en 2 phases, dont l'une peut dominer l'autre: la diplophase est une phase à $2n$ chromosomes, l'haplophase est la phase à n chrs..

Un tel cycle peut être dit **isomorphe**, si les différents thalles ou générations se ressemblent morphologiquement (*Ulva lactuca*, *Dictyota dichotoma*, *Allomyces arbusculus*). On ne les distinguera que lors de l'apparition des organes reproducteurs.

Mais, il sera dit **hétéromorphe**, quand les générations sont de formes différentes. L'hétéromorphie peut être plus ou moins accusée. Parfois, elle si marquée jusqu'au point que les deux générations d'un même cycle étaient décrites sous deux noms différents. (*Cutleria multifida*-*Aglaozonia parvula*, *Derbesia tenuissima*-*Halicystis parvula*).

Cas du biocycle d'une espèce dont les deux générations ont la même importance.



Cas de certains Basidiomycètes

Le cycle digénétique peut être **haplo-dicaryophasique**. Dans ce cas, les deux étapes de la fécondation ne sont pas simultanées. Il y a d'abord une **plasmogamie**. La structure (génération) résultante est donc **dicaryotique**. Représentée par des filaments à structure cellulaire, mais chaque cellule comporte deux noyaux compatibles: un **dicaryon**.

Ces filaments, dont les noyaux se divisent d'une manière synchrone, croissent grâce au phénomène du crochet dont les vestiges s'apprécient à la surface de ces filaments dicaryotiques sous forme de diverticules dites **anses d'anastomose** ou les dangeardies (par hommage à P. Dangeard qui a découvert le phénomène).

Cette génération va s'achever par la **caryogamie** qui aura lieu dans la cellule terminale du filament dite cellule basidiogène

Donc deux générations: une haploïde et l'autre dicaryotique

Ce sont des biocycles hétéromorphes. (Les Basidiomycètes: *Coprinus sp.*)

Cas des cycles trigénétiques

Dans ce cas, Il y a **alternance de 3 générations** qui se succèdent dans le temps:

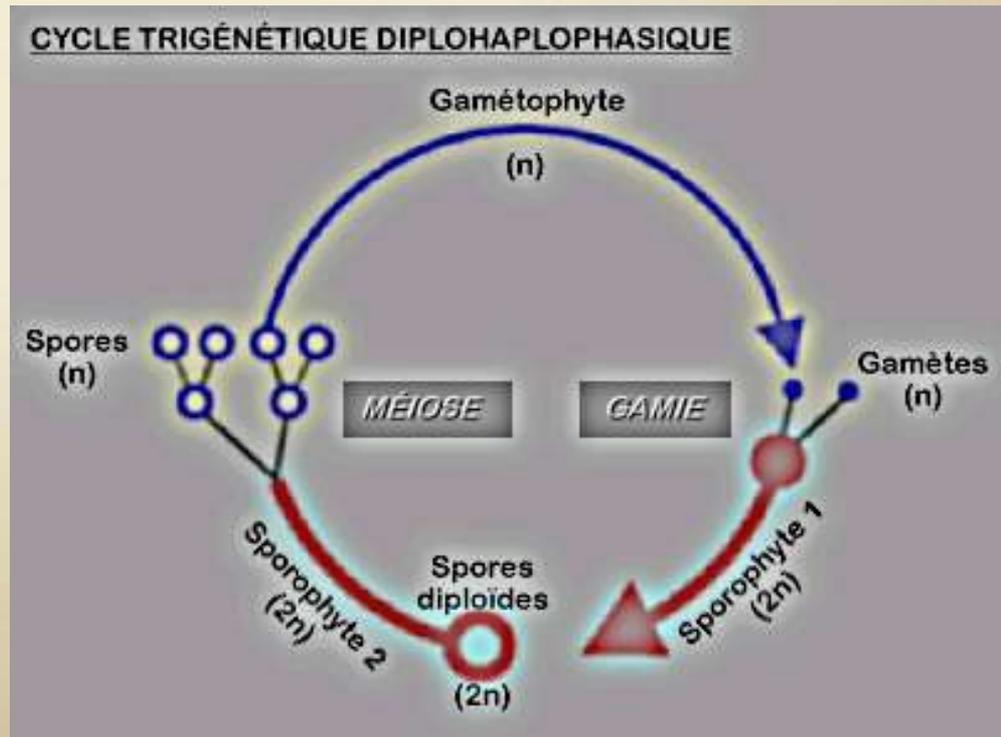
- ♦ l'une sexuée représentée par le ou les **gamétophyte(s)** fournissant les gamètes, qui par fusion donneront le zygote. Ce dernier se développe directement au dépens du gamétophyte, qui portait le carpogone, donnant naissance à une nouvelle génération diploïde asexuée (2^{ème} génération) représentée par,
- ♦ le **carposporophyte** à 2n chromosomes (génération de taille réduite, vivant au dépens du gamétophyte) produit des carpospores, dont la finalité est d'engendrer la troisième génération appelée
- ♦ **tétrasporyte** ou Méiosporophyte qui fournit des spores méiotiques (**méiospores** ou **tétraspores**) d'où seront issus les nouveaux gamétophytes.

Remarque : Il est important à souligner que dans le cas des Algues rouges nous avons trois générations morphologiques mais que deux phases cytologiques.

De tels cycles seront :

- ♦ **haplodiplophasique**: car ils se déroulent en succédant 2 phases: une **phase haploïde** et une **phase diploïde**.
- ♦ **isomorphe** quand les thalles libres (gamétophytes et tétrasporophyte) sont morphologiquement semblables. Il semble impossible de les distinguer avant l'apparition des organes reproducteurs (*Leptosiphonia schousboei*, *Polysiphonia sp.*).
- ♦ **hétéromorphe** si les deux générations libres sont morphologiquement différentes. Pour *Asparagopsis armata*, le tétrasporophyte est très différent du gamétophyte à tel point que, pendant longtemps on a cru qu'il s'agissait d'une espèce différente décrite sous le nom *Falkenbergia rufolanosa*.

Cas d'une espèce
monoïque
homothallique



Cas de certains Ascomycètes

Dans ce cas, le biocycle **trigénétiques** est **haplo-myctohaplo-dicaryophasique**.

Aux trois générations correspondent trois phases cytologiques.

La caryogamie n'est pas simultanée à la plasmogamie.

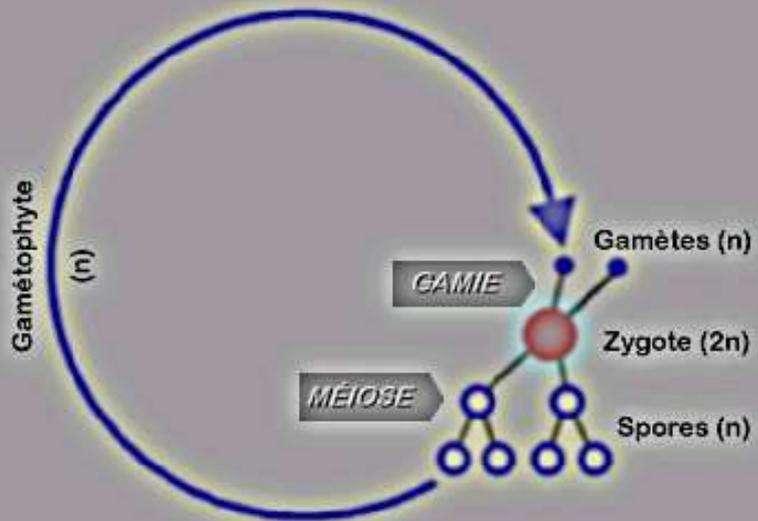
Il en résulte dans ce cas, une génération qui est au départ, du point de vue cytologique, composée de **noyaux haploïdes** compatibles (mâles et femelles) qui vont se diviser indépendamment les uns des autres, ce qui définira une génération plurinucléé dite **myctohaploïde**.

Après cette étape (limitée dans la temps et dans l'espace), l'organisme **cœnocytique** (génération ou masse) va bourgeonner des ébauches de filaments, où pénétreront des **dicaryons** composés de 2 noyaux compatibles (deux noyaux compatibles vont pénétrer dans chaque ébauche).

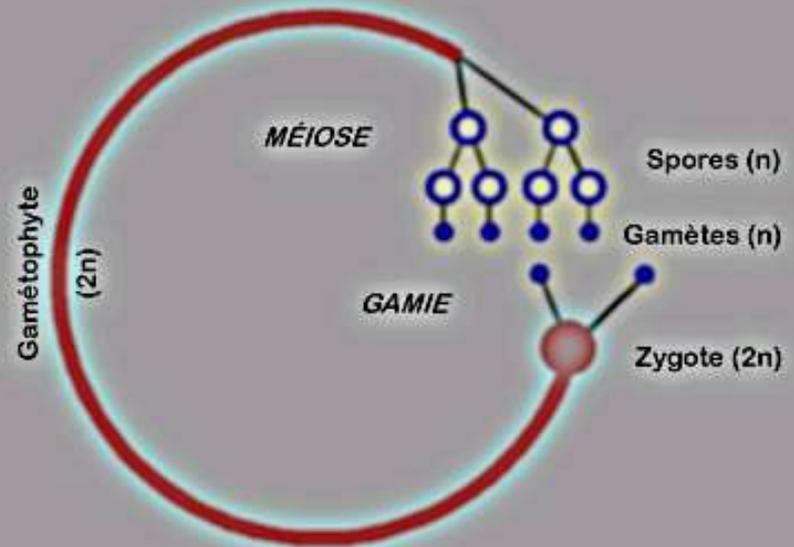
Le développement de ces **filaments dicaryotiques** (**filaments ascogènes** ou **filaments dangeardiens**) forme la génération et la phase dicaryotiques qui s'achèveront par la caryogamie qui aura lieu dans la cellule terminale dite **cellule ascogène**

(*Neurospora crassa*, *Sordaria fimicola*).

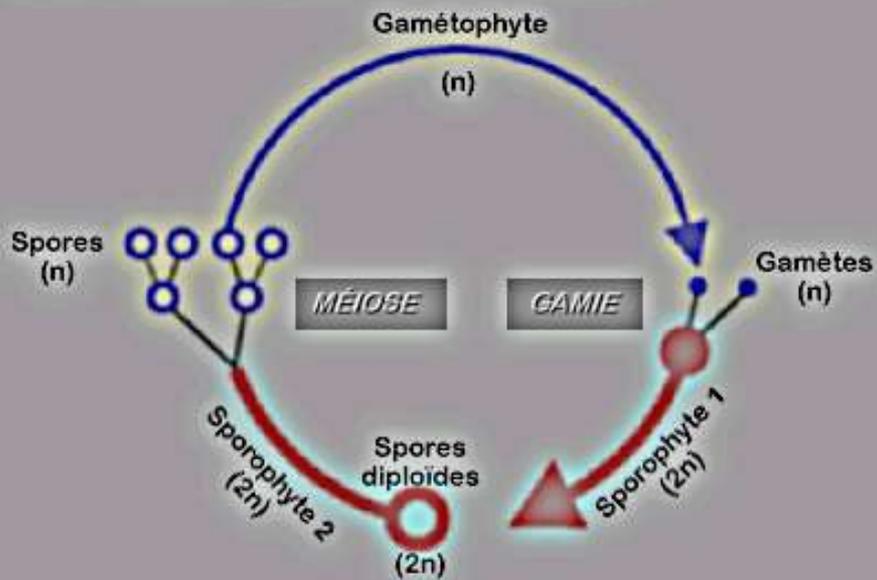
CYCLE MONOGÉNÉTIQUE HAPLOPHASIQUE



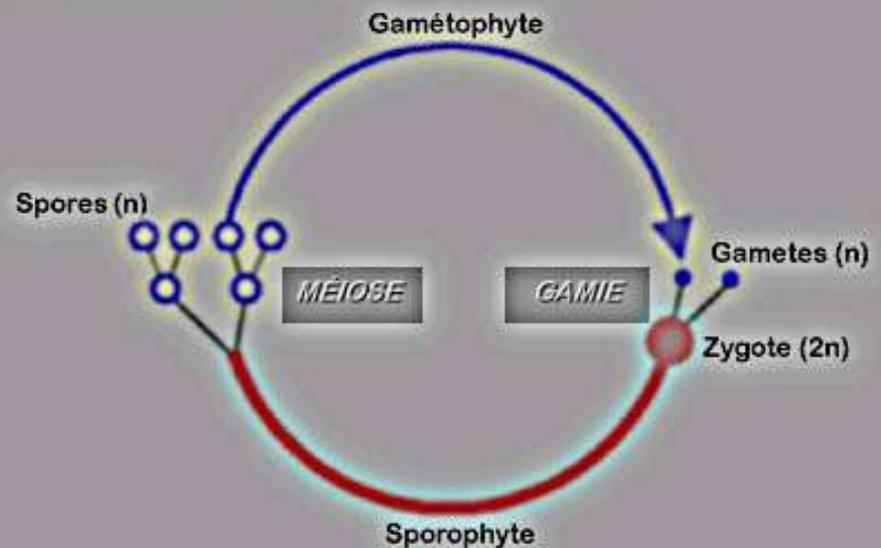
CYCLE MONOGÉNÉTIQUE DIPLOPHASIQUE



CYCLE TRIGÉNÉTIQUE DIPLOHAPLOPHASIQUE



CYCLE DIGÉNÉTIQUE HAPLODIPLOPHASIQUE



Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

