

PREMIERE PARTIE: Algues et Champignons (les thallophytes)

Chapitre I : Les Algues =Phycophytes (sensu lato)

Les algues sont des êtres vivants autotrophes photosynthétiques qui contiennent toujours de la chlorophylle a et divers autres pigments surnuméraires. Elles peuvent être unicellulaires ou pluricellulaires.

- Les algues sont des organismes vivants photosynthétiques (possèdent la chlorophylle a)
- Leur appareil végétatif est un thalle, structure sans tige, ni feuille, ni racine
- Leur organe de reproduction est des **cystes: sporocystes** et **gamétocystes** qui sont des structures cellulaires renfermant respectivement les spores et les gamètes.
- Les algues sont des cryptogames (c'est-à-dire des végétaux dont l'appareil reproducteur sont cachés) et thallophytes (appareil végétatif est un thalle).
- Leurs habitats sont variés, mais leur cycle de reproduction nécessite absolument de l'eau (pour la reproduction). Leur morphologie est très diversifiée.

Classification: les algues ne constituent pas un groupe ou unité systématique (taxon), mais un ensemble hétérogène, elles forment des groupes polyphylétiques (plusieurs groupes d'algues n'ont pas d'ancêtre commun direct)

Elles sont réparties en 11 groupes: dont un de nature procaryote « **les cyanobactéries** » appartenant au règne des Eubacteria, les 10 autres groupes **d'algues eucaryotes** sont répartis dans plusieurs lignées évolutives.

La classification des algues est basée également sur:

- l'ultrastructure des plastes,
- la présence des pigments: chlorophylles a, b, c, et pigments surnuméraires,
- la morphologie du thalle,
- le type de réserves et leur localisation,
- la reproduction sexuée

I.1. Les Algues procaryotes (Cyanophytes / Cyanobactéries)

Les Cyanophytes ou cyanobactéries « algues bleues » renferment 150 genres et 2000espèces, Ce sont les seules algues procaryotes (sans enveloppe nucléaire).

- Possèdent de la chlorophylle a, elles contiennent des des phycobilisomes (pigments surnuméraires: des phycocyanines-pigments bleues et phycoérythrines-pigments rouges) sur les thylakoïdes avec l'absence de plastes, de mitochondries, d'appareil de Golgi et de réticulum endoplasmique
- Présentent une gaine mucilagineuses communes à plusieurs cellules qui leur donne la capacité de bougé par glissement
- Elles possèdent une capacité de flottaison par la présence de vacuoles gazeuses
- Elles ne possèdent Jamais de flagelles.
- Les cyanobactéries sont des organismes formés de cellules ou de filaments microscopiques mais qui se développent souvent simultanément pour former des colonies visibles à l'œil nu (amas ou filaments).

- Les cyanobactéries ont un intérêt écologique: réduisent le CO₂ en matière organique (séquestration du C), réalisent la photosynthèse (production d'O₂) et fixation de l'azote atmosphérique (bon fertilisant azoté) et intérêt économique: production de protéines, vitamines, acides gras, pigments et compléments alimentaires (cas de la spiruline par exemple).

I.1.1. L'appareil végétatif: le thalle se présente sous différentes formes:

- Les cyanobactéries vivent soit en unicellulaires: coccoïde (*Chroococcus*), (fig.1/a),
- en colonies non filamenteuses: Colonial (*Merismopedia*), (fig.1/b)
- ou en colonies filamenteuses : filamenteux =trichome (*Oscillatoria, Nostoc*) (fig.1/c).

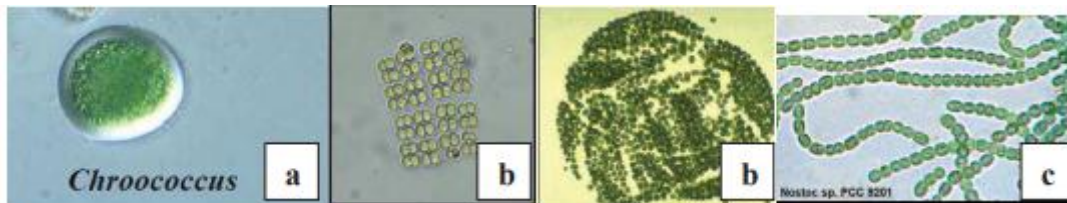


Figure 1: Différentes formes des cyanobactéries sous microscope

I.1.2. Caractères cytologiques

L'ultra structure des cyanobactéries confirme l'absence de noyau et d'organites cellulaires.

Les cellules des cyanobactéries sont entourées d'une gaine mucilagineuse hygroscopique plus ou moins importante, commune à plusieurs cellules. Le rôle de cette gaine mucilagineuse est de doter les cyanobactéries de mouvement par glissement (fig.2).

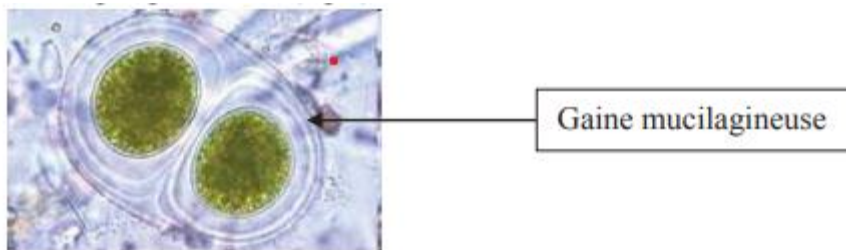


Figure 2: Cellules de cyanobactéries entourées d'une gaine mucilagineuse (*Chroococcs turgidus*)

La paroi cellulaire est une paroi constituée de quatre couches. Les trois premières, sont composées de glucides, lipides et protéines et la couche interne d'acide muranique. Cette dernière couche est un peptidoglycane complexe ou l'unité glyco protéique élémentaire est constituée d'un dioside sur lequel se fixe un tétra peptide latéral.

Au microscope électronique, on distingue deux zones différenciées :

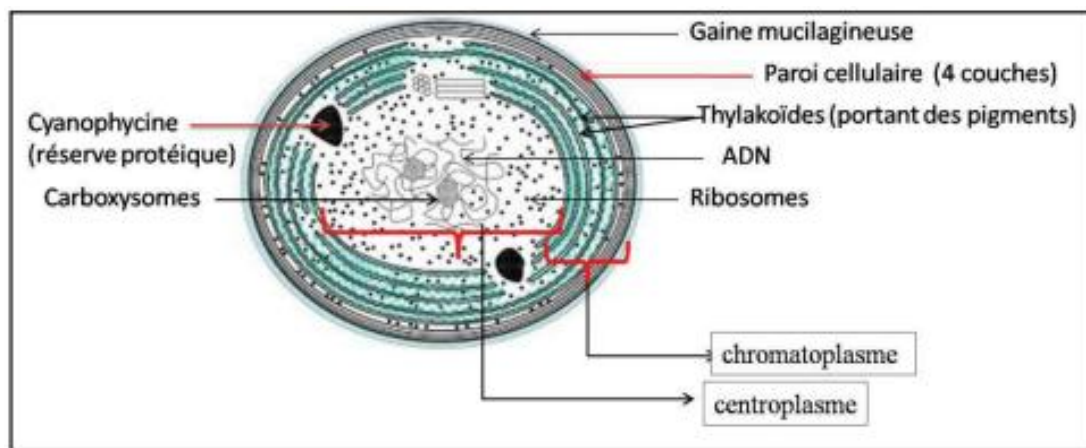


Figure 3: Morphologie d'une cellule de cyanobactérie

- **Le centroplasma:** situé dans le centre de la cellule, contient l'ADN, des plasmides circulaires et des réserves.
- **Le chromatoplasme:** une zone périphérique, contient les thylakoïdes (compartiments membranaires) qui assurent la photosynthèse, la respiration et fixation d'azote (certaines espèces Gaine mucilagineuse seulement qui fixent l'azote). Les thylakoïdes portent, en plus des pigments photosynthétiques (chlorophylle a et c), le carotène, la phycocyanine et la phycoérythrine.

I.1.3. Multiplication et reproduction: la multiplication peut se faire par:

- Spores: il existe des endospores, qui se forment à l'intérieur d'une cellule végétative
- Il existe exospores: se formant par une succession de divisions transversales qui bourgeonnent en spores

I.1.4. La reproduction chez les cyanobactéries

Il n'y a pas de reproduction sexuée chez les cyanobactéries. Elles se reproduisent par :

- **scissiparité binaire (division végétative)** par des cellules particulières: les hétérocystes, nécridies, cellules disjonctrices (fig. 4).

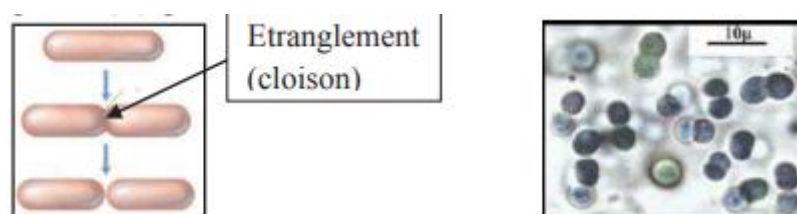


Figure 4: Scissiparité binaire chez les cyanobactéries

- La reproduction peut se faire aussi par **des spores unicellulaires (coccospores):**
 - **Endospores :** qui se forment à l'intérieur d'une cellule végétative mère dont le cytoplasme se divise et dont la paroi devient l'enveloppe du sporocyste.
 - **Exospores** qui se forment par une succession de divisions transversales qui bourgeonnent en spores ou peuvent restés attachés en chaplet.

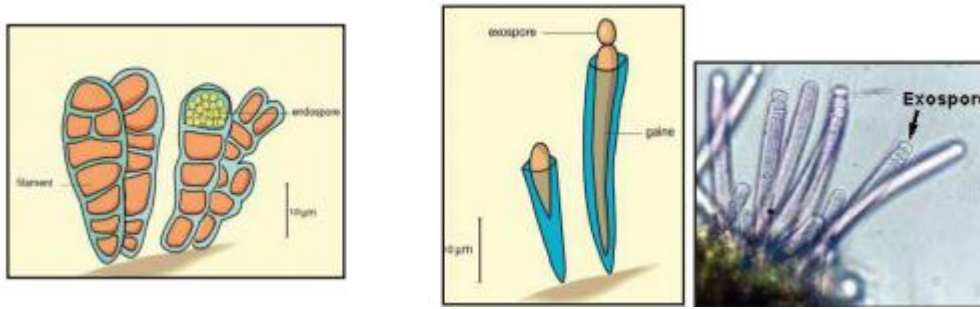


Figure 5: les endospores et les exospores chez les cyanobactéries

- Les akinètes sont des spores de résistance
- Ainsi, les fragments de thalles libérés peuvent se développer et former un nouveau thalle. Ces fragments de thalles sont dits: hormogonies. Les hormogonies : un groupe de cellules qui s'échappent à l'extrémité de la gaine chez certaines cyanobactéries filamenteuses. Les hormogonies peuvent aussi être le résultat de la germination **des akinètes**.

I.2. Les Algues eucaryotes

Les algues eucaryotes (uni ou pluricellulaires) peuvent être vertes, brune ou rouge.

I.2.1. Morphologie de l'appareil végétatif (Organisation du thalle):

- Absence d'organes et de tissus différenciés vrais
- Le thalle peut être unicellulaire ou pluricellulaire
- On distingue trois types principaux:

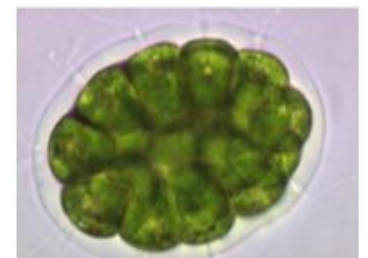
1/Archéthalle: Thalle où toutes les cellules ont le même rôle, ce type de thalle se rencontre chez les formes les plus simples. Ils concernent les algues unicellulaires coccoides et les simples colonies de cellules libres, les archéthalles peuvent être:

- ✓ Archéthalle unicellulaire: cellule mobile (*Chlamydomonas*, *Euglena*) ou cellule immobile (Diatomée)

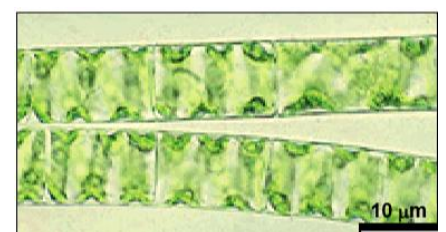


Chlamydomonas

- ✓ Archéthalle massif: colonies de cellules ou Cénobe, ce sont des groupes de cellules souvent unies entre elles par un gelée (*Eudorina*, *Volvox*)



- ✓ Archéthalle filamenteux: non ramifié (*Spirogyra*, *Zygnema*)



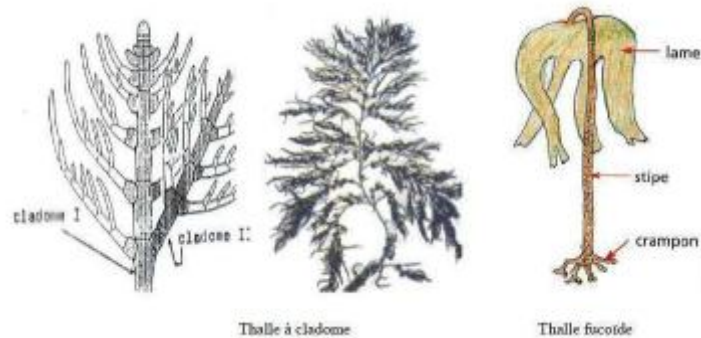
Spirogyre

2/Protothalle (nématothalle): Thalle avec spécialisation dont 1 zone de croissance, ce sont des thalles filamenteux ramifiés, ils peuvent être foliacés à une, deux ou plusieurs couches de cellules

Exemple: *Ulva lactuca*



3/ Cladomothalle: Thalle avec 1 axe préférentiel de croissance : le cladome primaire, ce sont des thalles présentant des axes croissances indéfinie et des axes courts (pleuridies) à croissances définie



I.2.2. Cytologie:

- Possèdent un vrai noyau.
- L'appareil flagellaire montre une grande diversité concernant la structure, le nombre et la disposition des flagelles, il est absent chez les algues rouges.
- Dans leur cytoplasme on observe les plastes qui contiennent le complexe pigmentaire chlorophyllien et qui peuvent élaborer des inclusions protidiques: les pyrénoides (structure protéique qui regroupe les réserves glucidiques: amidon).

On peut trouver:

- 1- **Les plastes focaux:** occupant le centre de la cellule volumineux et massifs exemple *Chlamydomonas*, *Volvox*
- 2- **Plastes pariétaux:** nombreux et alignés dans la couche périphérique du cytoplasme, ils sont soit libres soit réunis entre eux pour former des rubans exemple: *Spyrogyra*

Réserves : de nature chimique différente selon les classes d'algues et elles se trouvent dans le cytoplasme hors plastes. • Algues vertes : Amidon • Algues rouges : glucide proche de l'amidon • Algues brune : variable mais jamais de l'amidon.

I.2.3. Reproduction:

Reproduction asexuée: le mode de reproduction le plus fréquent, se fait par:

- Fragmentation du thalle : chaque fragment régénère un thalle entier
- Formation de propagules, de stolons
- Formation de spores directes

Reproduction sexuée: elle implique la méiose et la fécondation, elle fait intervenir la formation de gamètes et de spores méiotiques ont a (fig 6):

- **Isogamie:** la fécondation est entre deux gamètes mobiles et identiques (*Chlamydomonas*)
- **Anisogamie:** la fécondation est entre deux gamètes mobiles et différents (*Ulva lactuca*)
- **Oogamie:** la fécondation est entre gamète femelle de grande taille immobile (oosphère) et gamètes mâles nombreux petits et mobiles (anthérozoïdes) (*Fucus vesiculatus*)
- **Trichogamie:** la fécondation est entre gamète femelle (oosphère) et des gamètes mâles immobiles (spermaties)
- **Cystogamie:** ou conjugaison, pas de vrais gamètes, fusion entre cytoplasmes (*Spirogyra*)

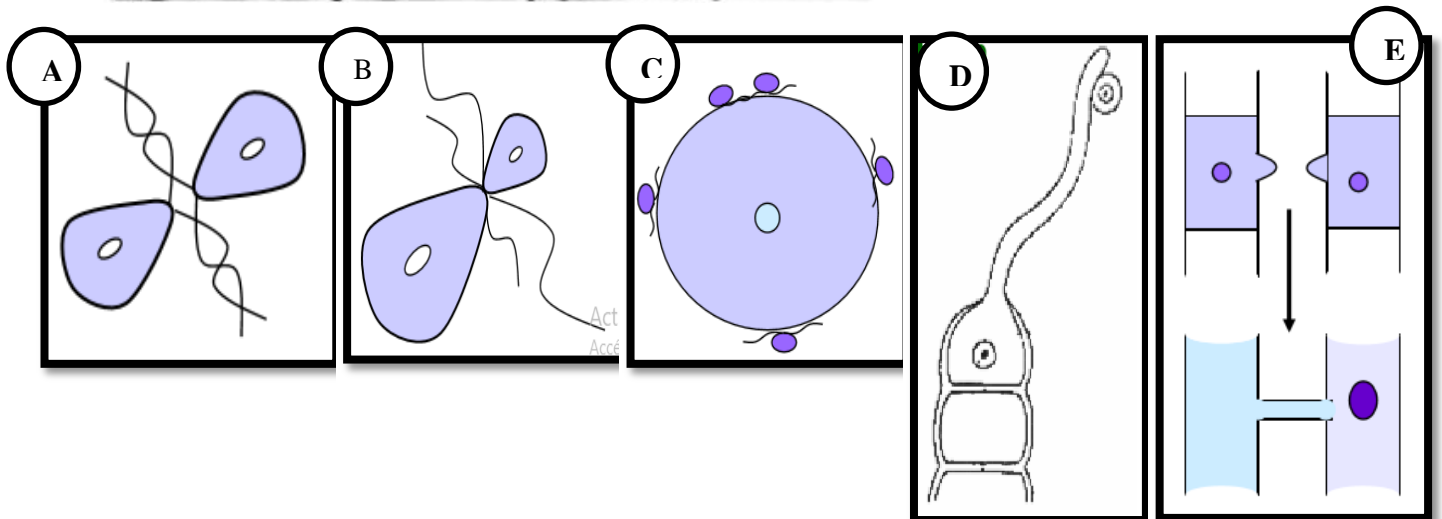
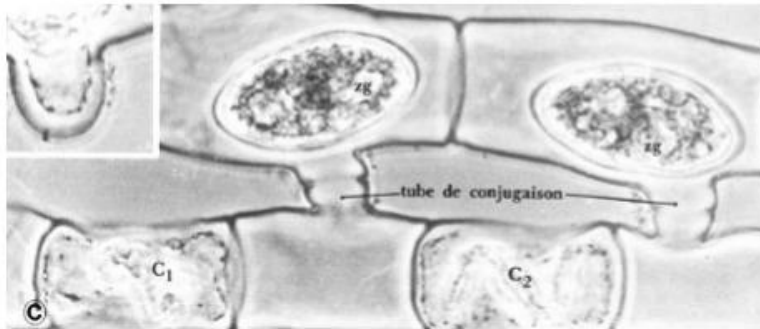


Figure 6: Différentes des modes de fécondation chez les Phycophytes (a : isogamie, b : anisogamie, c : oogamie, d : trichogamie, e : cystogamie)

I.2.4. Le cycle de développement: fait intervenir 2 notions très importantes: la notion de **génération** et la notion de **phase nucléaire**

1- Génération: une génération est une étape du développement d'un organisme débutant par une cellule reproductrice (meiospore ou zygote) et aboutissant, après une activité végétative marquée, à la production d'autres cellules reproductrices dérivées ou non de celle ayant produit la génération envisagée »

- les gamètes produisant la génération gamétophyte,
- les spores produisant la génération sporophyte

L'alternance des générations se compose de deux parties distinctes :

• **Un gamétophyte (n) qui produit les gamètes mâles et femelles de la plante.** Il commence avec la germination de la spore jusqu'à la formation des gamètes par mitose. Le gamétophyte n'est pas toujours haploïde (par exemple chez le *Fucus*).

• **Un sporophyte ($2n$) qui produit les spores (n) après la méiose (spores méiotiques ou tétraspores ou méiospores).** Le sporophyte commence après la fécondation et la formation de zygote diploïde jusqu'à la formation de méiospores par méiose. Cette génération peut prendre le nom de tétrasporophyte ou méiosporophyte.

2-La phase nucléaire: correspond au stock de chromosomes, un individu peut être haploïde à n chromosome ou diploïde à $2n$ chromosomes

- Lorsque le cycle de développement est **haploïde**, on parlera de cycle **haplophasique** ou **haplontique**
- lorsque le cycle est **diploïde** on parlera de cycle **diplophasique** ou **diplontique** Les types de cycle de développement: Il existe 3 types de cycles de développement:
 - Le cycle **monogénétique**: une seule génération le gamétophyte
 - Le cycle **digénétique**: présence de 2 générations: un gamétophyte et un sporophyte
 - Le cycle **trigénétique**: avec 3 générations: un gamétophyte et 2 sporophytes

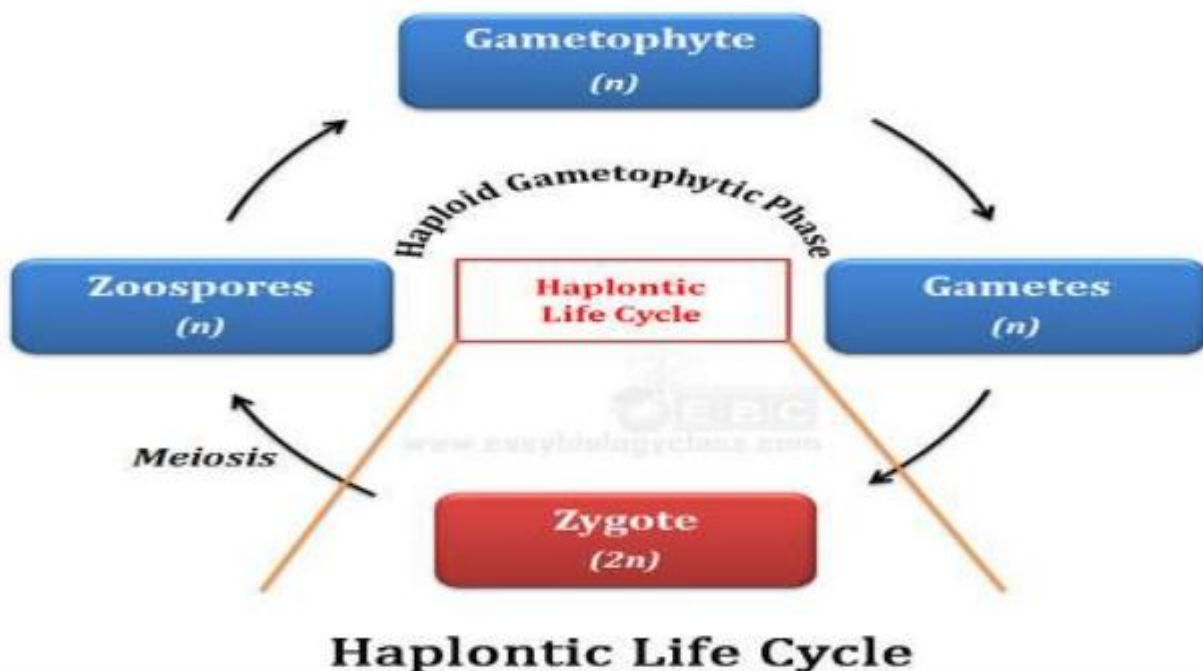
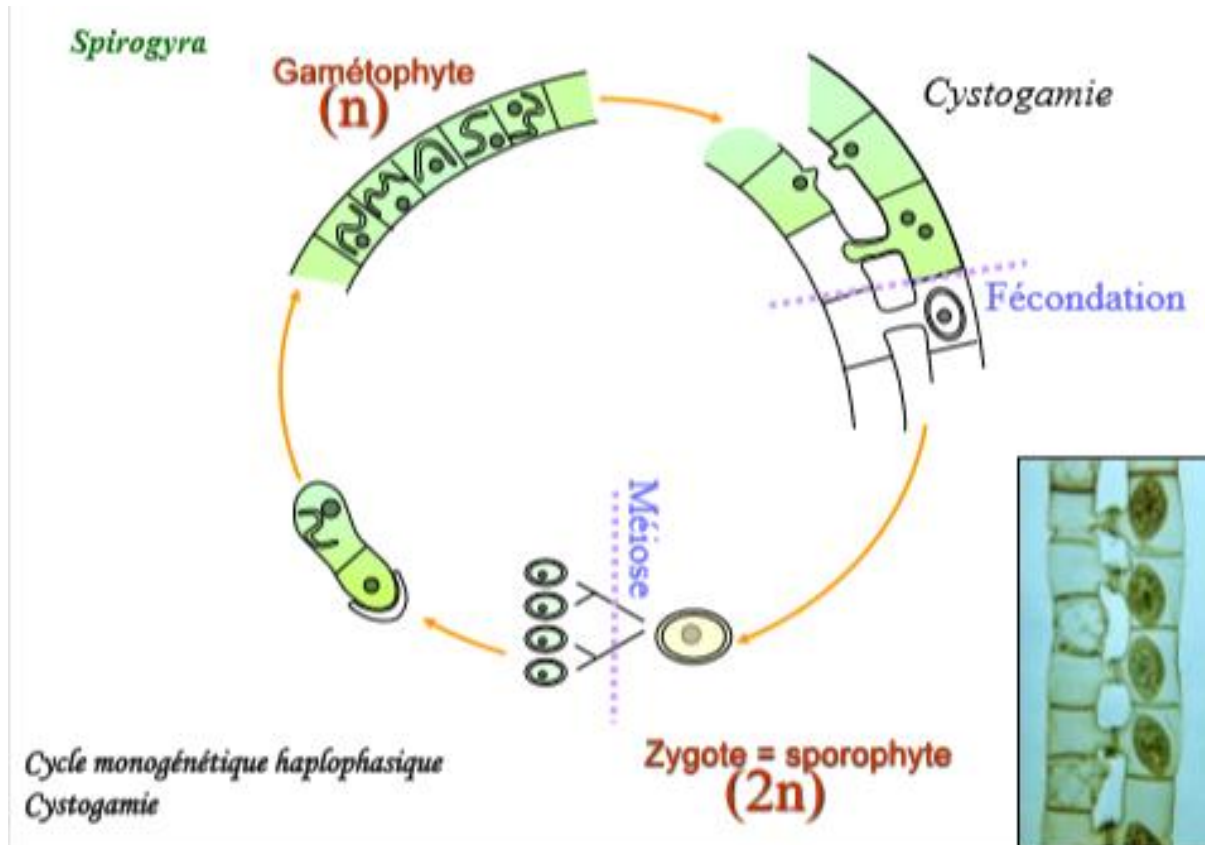
Sur le plan cytologique: Dans un cycle, la méiose peut avoir lieu à des moments différents par rapport à la gamie (la fécondation), il en résulte trois types de cycles :

- **Haplophasiques** : La méiose se situe juste après la gamie. Dans ce cas seul le zygote est diploïde. La plante n'est représentée dans ce cas que par le gamétophyte qui est haploïde.
- **Diplophasique** : La méiose se déroule immédiatement avant la gamie. La plante est diploïde et seules les cellules issues de la méiose sont haploïdes.
- **Diplo-haplophasiques** : La méiose à lieu vers le milieu du cycle, elle est donc toujours plus ou moins éloignée de la gamie. Donc on va avoir une alternance entre une haplophase et une diplophase.

A) Cycle monogénétique l'exemple de *Spirogyra*, *Chlamydomonas*, *Ulothrix* (Chlorophycée) Algue Verte (Chlorophyte)

Cycle monogénétique (haplophasique) :

- Gamétophyte haploïde donne des gamètes.
- La fusion de 2 gamètes donne le zygote diploïde (2n).
- La méiose à lieu directement dans le zygote pour donner des spores haploïdes (n).



b) Cycle monogénétique l'exemple *Fucus vesiculatus* (Phéophycée) Algue brune (Chromophyte)

Cycle monogénétique diplophasique

- Individus diploïde donne des gamètes haploïdes (n) par méiose.
- Fusion des 2 gamètes haploïdes (n) donnent un zygote diploïdes (2n) qui y par mitose donne un individu diploïde.
- La phase haploïde est réduite en gamètes.

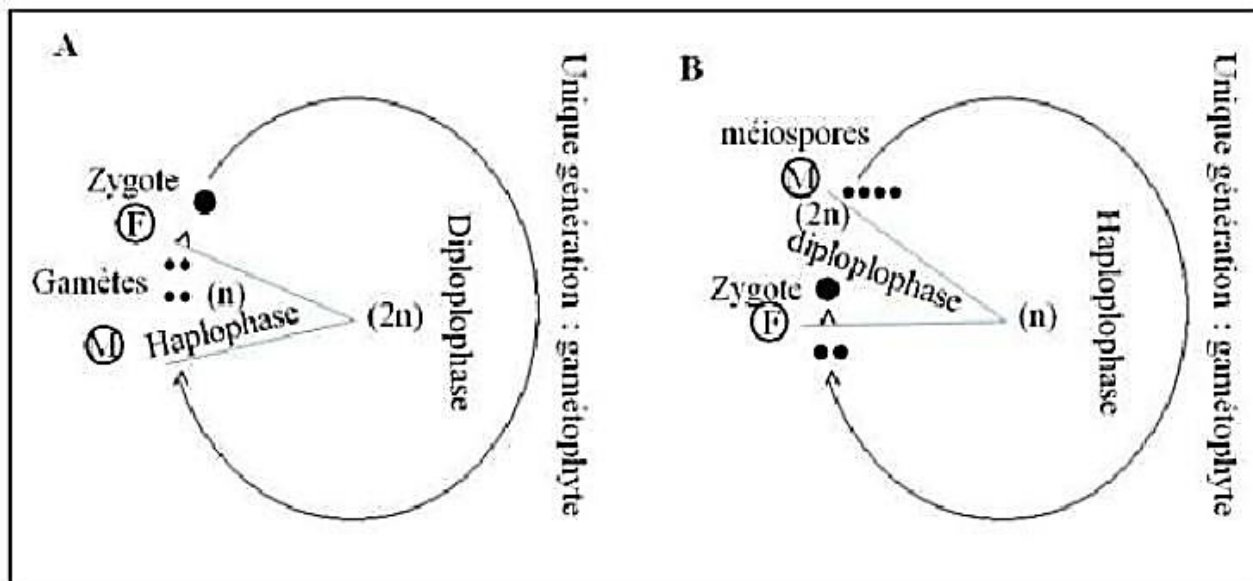
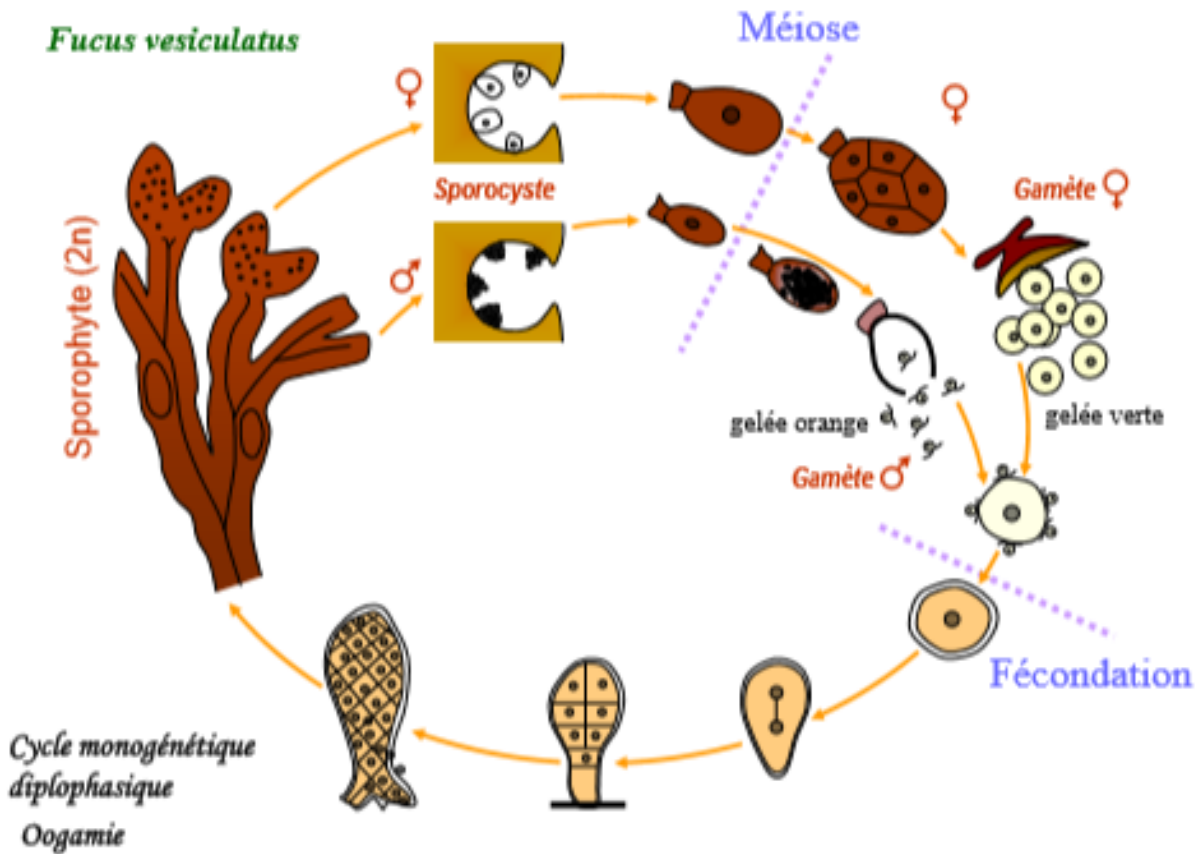
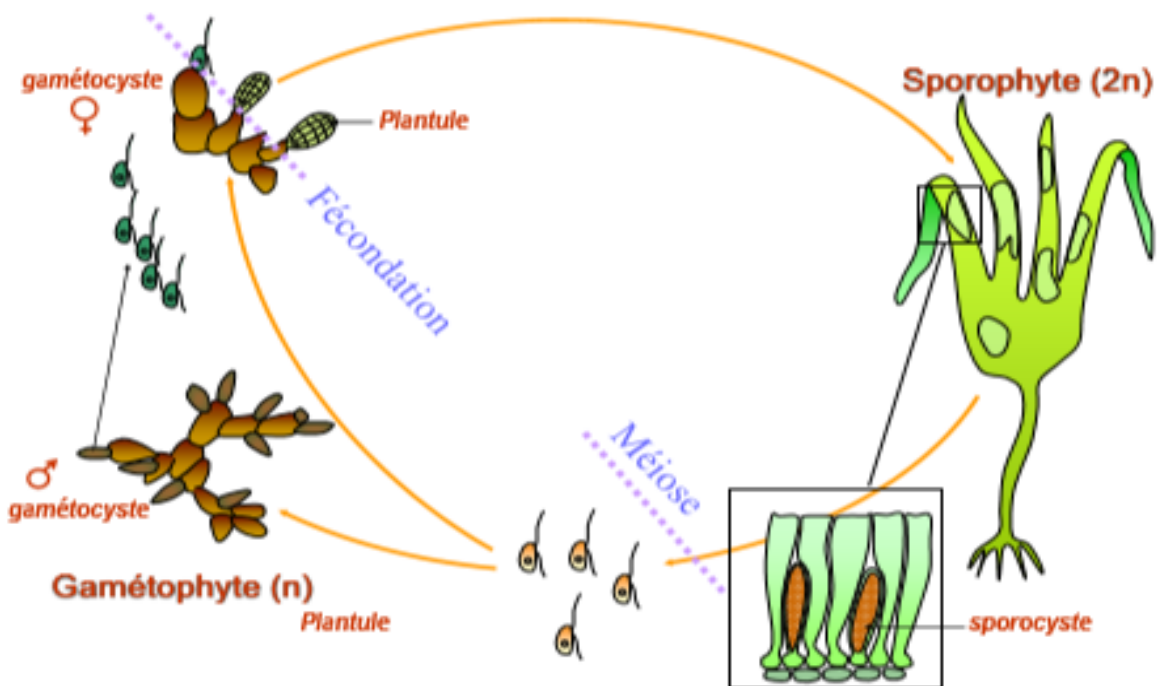
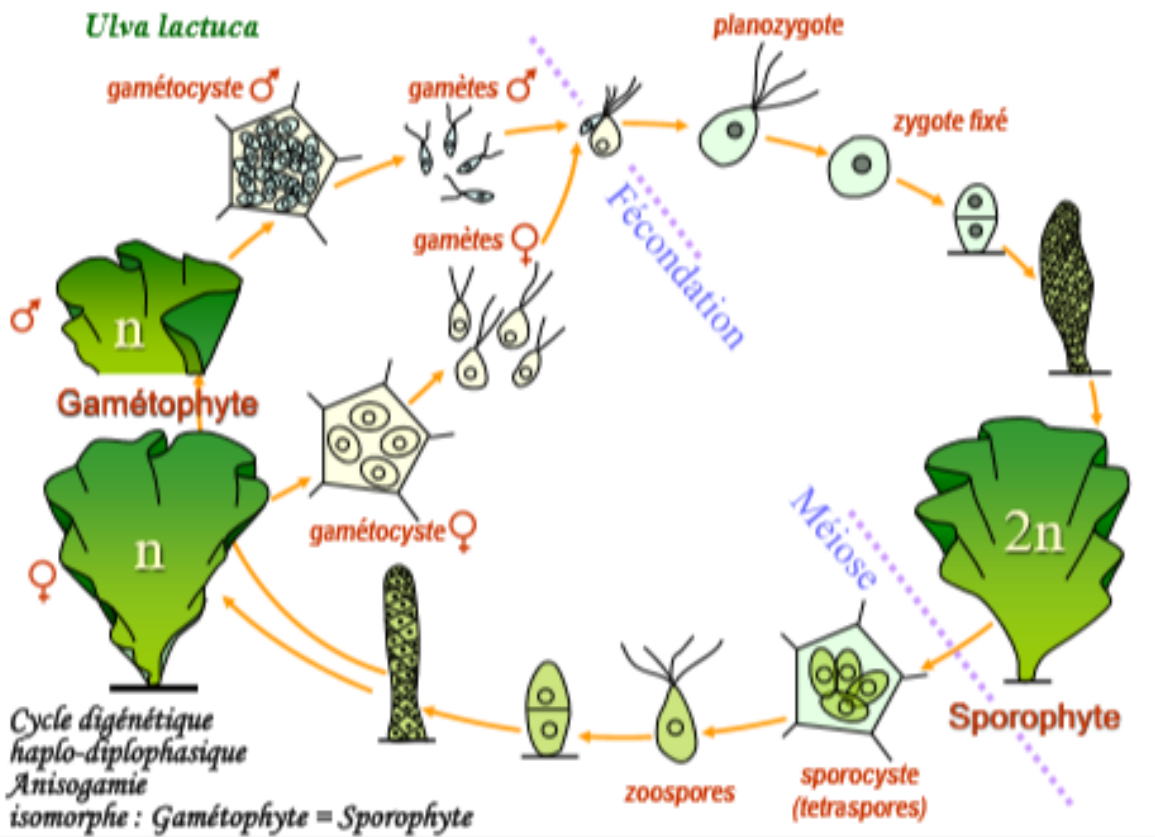


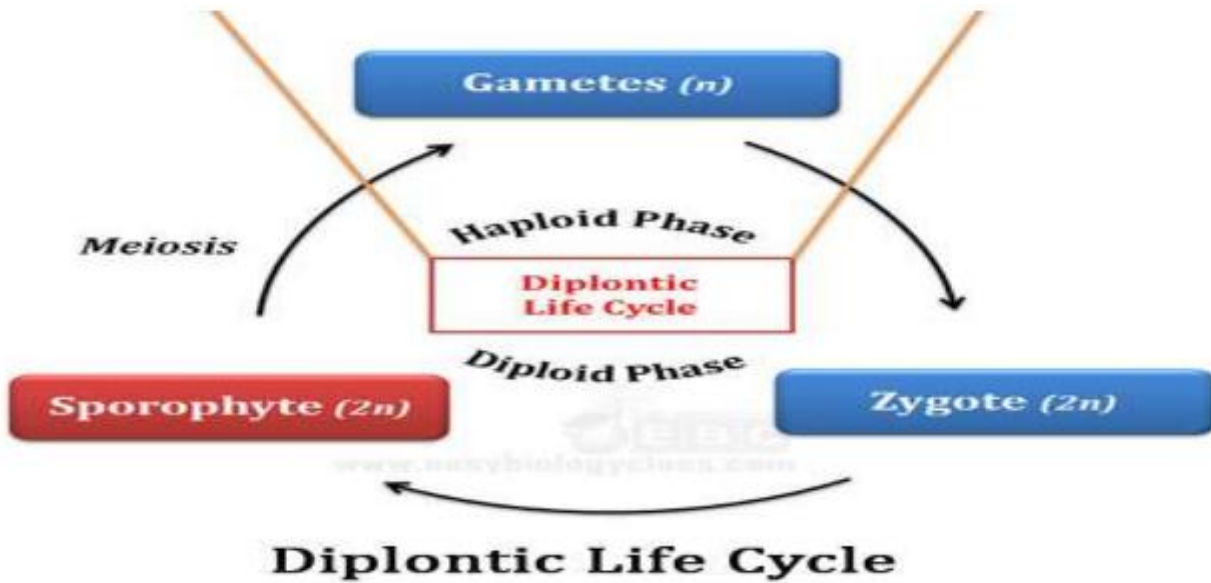
Fig. 11. Cycles monogénétiques. A. diplophasique, B. haplophasique.

c) Cycle digénétique l'exemple *Ulva lactuca* (Chlorophycée) Algue verte (Chlorophyte) 2 générations isomorphes

Cycle digénétique haplo-diplophasique :

- Le zygote est diploïde se transforme en thalle diploïde et il produit des spores haploïdes portant les gamètes haploïdes.
- Une alternance de 2 générations.

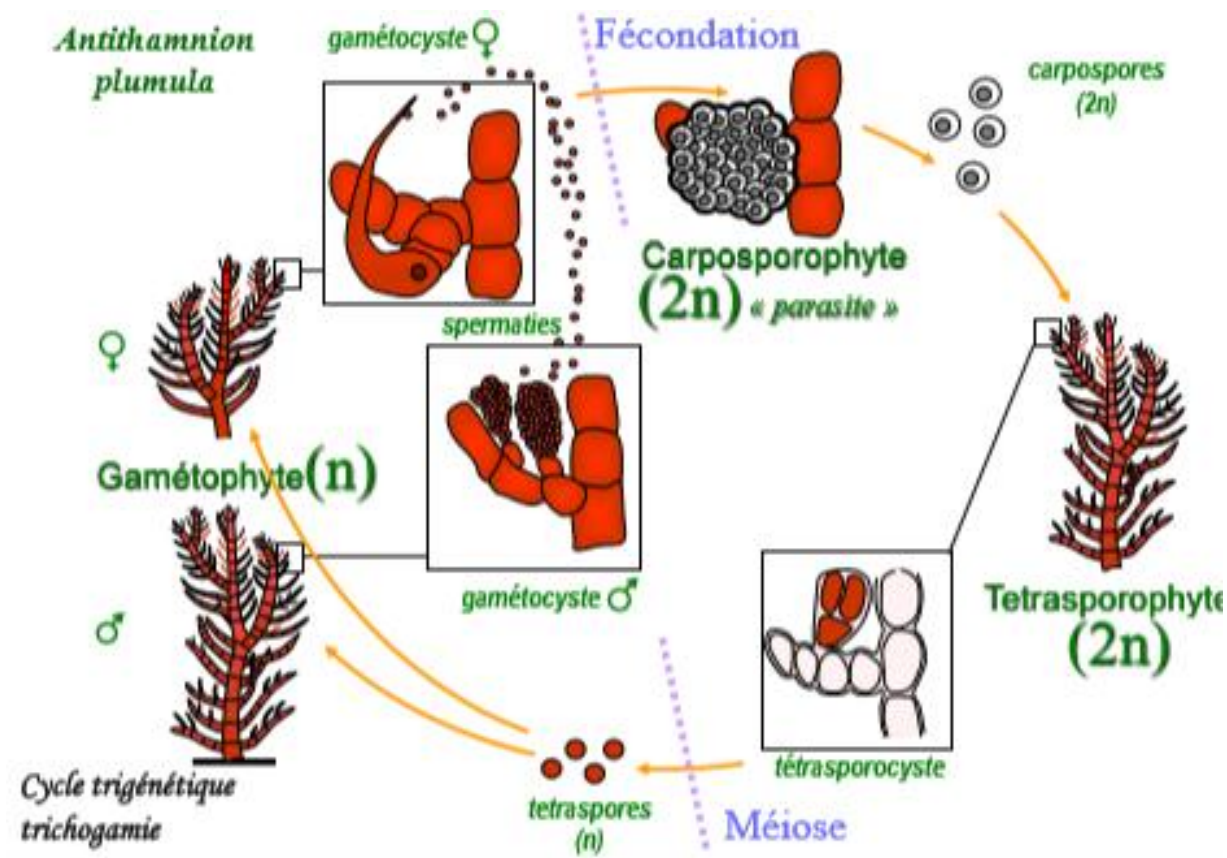


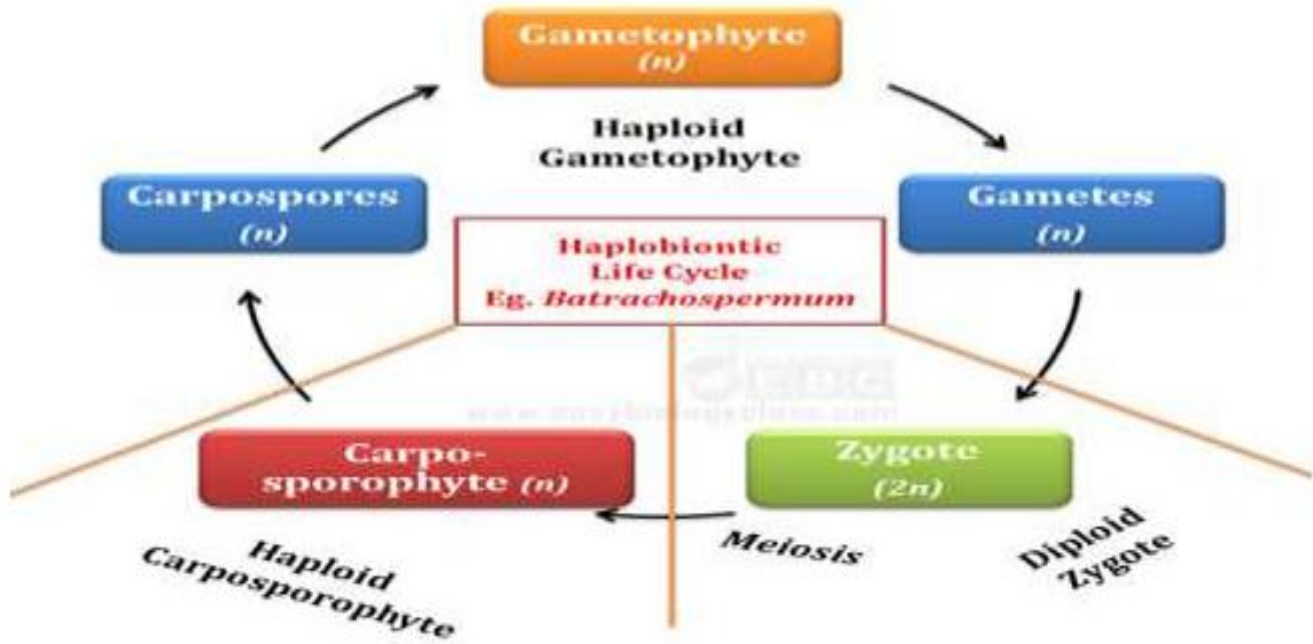


d) Cycle trigénétique l'exemple de *Antithamnion plumula* (Rhodophycée) Algue rouge (Rhodophyte)

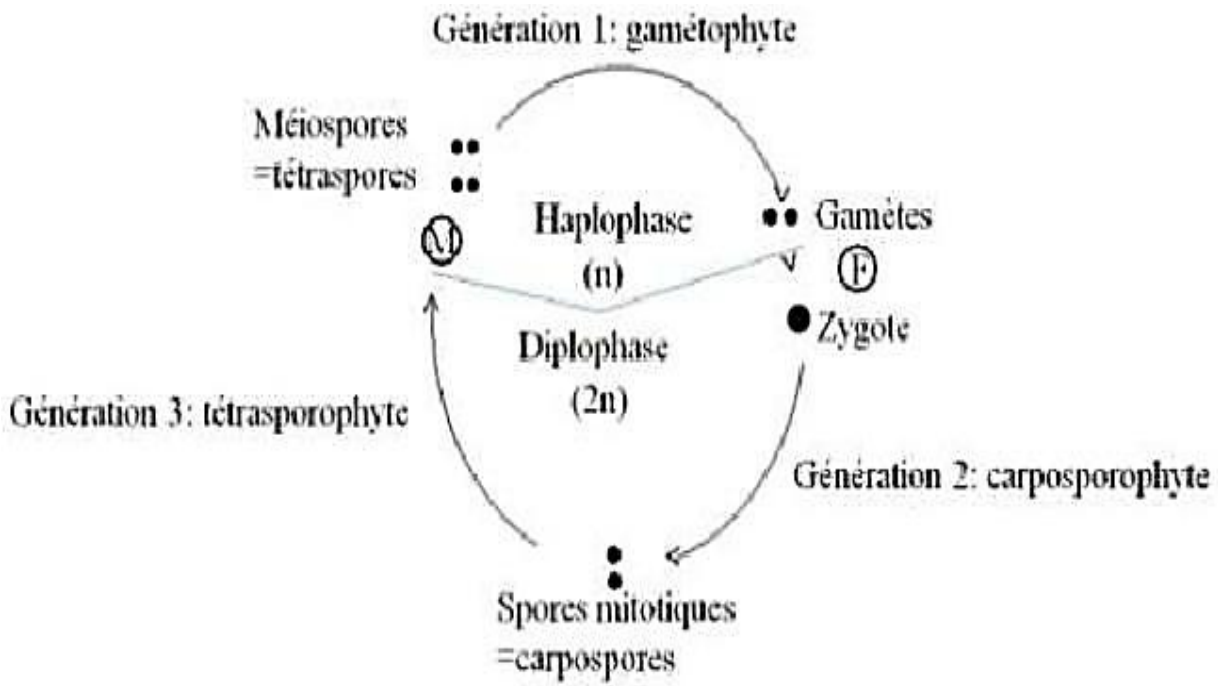
Cycle tri-génétique il y'a 3 génération :

- La première génération est un gamétophyte haploïde, elle produit les gamètes.
- Les deux autres générations sont des sporophytes diploïdes, le premier sporophyte produit par mitose des spores équationnelles diploïdes donnant naissance au 2ème sporophyte, qui produire des spores méiotiques à l'origine des nouveaux gamétophytes.





Haplobiontic Life Cycle



Cycle Trigénétique

I.2.5. Etude de quelques embranchements

- Les **Algues Vertes** ou **Chlorophycées**, chez lesquelles la chlorophylle est prépondérante ;
- et les **Algues Rouges** ou **Rhodophycées** chez lesquelles c'est la phycoérythrine qui domine.
- les **Algues Brunes** ou **Phéophycées** chez lesquelles la caroténoïde (phycoxantine) domine

Mais les algues brunes sont tellement diversifiées que certains auteurs en font plusieurs embranchements.

Embranchement (phylum, division): -phyta

Classe: - phyceae

Sous-classe ou Super-ordre -phycidae

Ordre -ales

Famille -aceae

Sous-famille -oideae

Tribu -eae

Sous-tribu -ineae

Genre

Espèce

En gras: les principaux rangs, les autres: secondaires

I.2.6. Systématique et particularités des principaux groupes

Règne	Groupe/ Embranchement	Classes/Familles	
Eubacteria	Cyanobacteria	Cyanophyceae, Algues bleues	
Plantae	Glaucophyta	Glaucophytes, Glaucophyceae, Petites flagellés d'eau douce	Lignée verte
Plantae	Rhodophyta	Florideophyceae, Algues rouges	
Plantae	Chlorophyta	Ulvophyceae, Chlorophyceae, Algues vertes	
Plantae	Streptophyta	Zygnematophyceae, Charophyceae, Algues vertes	
Incertain	Haptophyta	Haptophytes, Pavlovophyceae algues unicellulaires flagellées	Lignée brune
Incertain	Ochrophyta	Diatomophyceae, Phaeophyceae, Algues brunes	
Incertain	Dinophyta	Dinophyceae, Unicellulaires biflagellés	
Incertain	Euglenozoa	Euglenophyceae, Unicellulaires biflagellés	
Incertain	Cryptophyta	Cryptophytes	
Incertain	Cercozoa	Chlorarachnophyceae, Amiboflagellés avec chloroplastes	