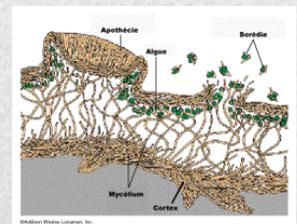
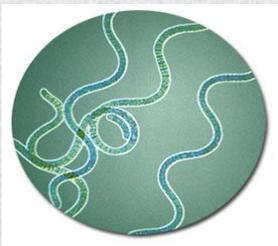


Université du 8 mai 1945 de Guelma
Faculté des sciences de la nature et de la vie et
sciences de la terre et de l'univers



Cours de botanique systématique

1^{ère} partie



2^{ème} année tronc commun

sciences de la nature et de la vie

Mr ZITOUNI ALI

Maitre de conférences classe « B »

Département d'écologie et génie de l'environnement

2017

SOMMAIRE

Généralités	1
- Les unités taxonomiques	1
- L'espèce et ses subdivisions	1
- Les unités super spécifiques	1
- La nomenclature	2
- Les règnes du vivant	2
- Caractères généraux des espèces du règne végétal	3
- Les grands groupes du règne végétal	3
Chapitre I : Cyanoschizophytes (cyanobactéries); Algues bleues	5
1. La cytologie des algues bleues	5
2. Les réserves	5
3. Reproduction	5
4. Le thalle	5
5. Les spores	6
6. Systématique	6
7. Exemples de cyanobactéries	6
- <i>Nostoc ellipsosporum</i>	6
- <i>Oscillatoria margaritifra</i>	7
- <i>Spirulina sp.</i>	7
Chapitre II : Phycophytes (Algues eucaryotes) ; Algues rouges, brunes et vertes	8
1. Caractères généraux des algues eucaryotes	8
2. Systématique des algues eucaryotes	10
2.1 Embranchement des algues rouges: Rhodophycophytes	10
2.1.1 Caractères généraux des algues rouges	10
2.1.2 Systématiques des algues rouges	10
2.2 Embranchement des algues brunes: Chromophycophytes	11
2.2.1 Caractères généraux des algues brunes	11
2.2.2 Systématiques des algues brunes	11
2.2.2.1 Sous embranchement des Pyrrophyces	11
Classe des Euglénophycinées	11
Caractères généraux des Euglénophycinées	11
La reproduction sexuée chez les Euglénophycinées	12
2.2.2.2 Sous embranchement des Crysophycées	12
Classe des Bacillaryophycinées (Diatomées)	12
Caractères généraux des diatomées	12
Systématique des diatomées	13
La reproduction chez les diatomées	13
La reproduction asexuée chez les diatomées	13
La reproduction sexuée chez les diatomées	13
La mobilité chez les diatomées	13
L'Intérêts des Diatomées	13
Classe des Xanthophycinées	13
2.2.2.3 Sous embranchement des phéophycées	14
Classe des Phéophycées	14
2.3 Embranchement des algues vertes: chlorophycophytes	15
2.3.1 Caractères généraux des algues vertes	15
2.3.1 Systématique des algues vertes	15
La reproduction chez la <i>Chlamydomonas</i>	16
La reproduction chez la laitue de mer <i>Ulva lactuca</i>	16

Chapitre III : Les champignons «MYCOPHYTES»	18
1- Généralité	18
2- Caractères généraux des champignons «MYCOPHYTES»	18
3. La reproduction chez les champignons	19
4. Systématique des champignons	19
1- Sous embranchement des myxomycètes	19
2- Sous embranchement des Eumycophytes	21
2.1- Classe des Archimycètes (Chytridiomycètes)	22
2.1.1 - Caractères généraux des Chytridiomycètes	22
2.1.2 - Les différents types de thalles des Chytridiomycètes	22
2.1.3 - La reproduction chez les chytridiomycètes	22
2.2 - Classe des Phycomycètes	23
2.2.1 - Caractères généraux des phycomycètes	23
2.2.2 - Systématiques des phycophytes	23
2.2.2.1 - Sous classe des zygomycètes	23
2.2.2.2 - Sous classe des Oomycètes	25
2.3 Classe des Ascomycètes	26
2.2.1 Caractères généraux des ascomycètes	26
2.2.2 Systématique des ascomycètes	26
2.2.3 La reproduction sexuée chez les ascomycètes	26
2.2.3. 1- La reproduction sexuée chez les espèces unicellulaires	27
2.2.3. 2- La reproduction sexuée chez les espèces filamenteuses	28
2.4-Classe des Basidiomycètes	30
2.4.1- Caractères généraux des basidiomycètes	30
2.4.2- Types de basides	30
2.4.3- Type de cycle chez basidiomycètes	31
2.4.4- Les différents types de plasmogamie chez les basidiomycètes	31
2.4.5- La croissance du mycélium secondaire (la dangeardie)	31
2.4.6- La reproduction chez les basidiomycètes	31
2.4.7- Systématique des basidiomycètes	32
2.5.-Classe des Deutéromycètes	35
Les mycorhizes	36
Chapitre IV: Les Lichens	38
1. Définition	38
2. La Structure des lichens	38
3. Morphologie et anatomie	38
3.1 Les lichens gélatineux (homéomères)	38
3.2 Les lichens secs (hétéromères)	38
3.2.1. Les lichens foliacés	38
3.2.2. les lichens crustacés	38
3.2.3. les lichens fruticuleux	38
4. Les organes portés par le thalle	40
5. La reproduction des lichens	40
5.4.1- la dissémination du complexe lichénique	40
5.4.2- La reproduction du champignon	40
6. La relation trophique du complexe lichénique	40
7. Usages des lichens	41

BOTANIQUE

Généralités:

Définition : Le terme **botanique** vient du grec «*bataniké* = adjectif de *botanē* » qui signifie une plante ou une herbe, la botanique systématique ou **taxonomie** végétale, est un terme latin composé de deux mots : **taxix & nomos** ; **taxix** = classification ; **nomos** = lois c'est-à-dire **lois de classification**.

La botanique systématique a pour but la **description**, la **nomenclature** et la **classification** des espèces végétales, et leur représentation dans un seul corps hiérarchisé **phylogénétiquement ordonné**.

Les unités taxonomiques : ou taxons

Les unités taxonomiques sont par ordre décroissant :

- Règne végétal

- Embranchement

- sous embranchement

- Classe

- sous classe

- Ordre

- sous ordre

- Famille

- sous famille

- tribu

- Genre

- sous genre

- section

-Espèce

- sous espèce (ou race)

- variété

- sous variété

L'espèce et ses subdivisions :

L'espèce est l'unité élémentaire de la systématique on peut la définir comme étant :

Un Groupe d'individus **morphologiquement et génétiquement semblables** capables de se **reproduire entre eux** dans les conditions favorables et **donnant naissance à des individus fertiles**.

Sous espèce (race):

- les appellations de race ou sous-espèce s'adressent à des plantes très voisines non isolées génétiquement mais isolées dans l'espace ou dans le temps et séparées par un certain nombre de caractères.

Variété :

- c'est une unité rattachée directement à l'espèce elle n'a pas toujours un sens bien défini, sa limite avec la sous-espèce est difficile à fixer, généralement une variété représente un ensemble d'individus de la même espèce issus de l'expérimentation (par les chercheurs au laboratoire ou par les cultivateurs sur champ) par contre le regroupement naturel des individus de la même espèce forme la sous-espèce.
- **Clone** : une population issue d'un seul individu par voie purement végétative (bouturage, marcottage, greffage...) exemple : une variété de pommes de terre est un clone.

Les unités super spécifiques :

Genre :

- le genre groupe un certain nombre d'espèces qui se ressemblent et il se définit par des caractères plus généraux que ceux qui servent à identifier l'espèce.

Famille :

- la famille groupe un certain nombre de genres qui se ressemblent, beaucoup de familles sont formées de genres assez divers, mais qui se relient les uns aux autres et dont les caractères se groupent autour d'une moyenne qui est en fait l'unité.

Ordre :

- l'ordre groupe un certain nombre de familles qui se ressemblent.

Ainsi le cas du reste des unités (classe et embranchement)

Nomenclature :

- La nomenclature a été codifiée au cours des congrès internationaux, notamment le congrès international de Vienne 1902.

Nomenclature de l'espèce :

- Au XVIII^{ème} siècle Linné (1707 - 1778) propose un système qui s'imposera : la **nomenclature binomiale**.

Chaque espèce est identifiée par deux mots latins : **genre** et **espèce**.

Ex. : *Prunus armeniaca* L. l'abricotier.

armeniaca = espèce

Prunus = genre

L. = Linné : nom du premier taxonomiste qui a répertorié et nommé cette espèce suivant le système Linnéen.

*Ainsi, tous les organismes répertoriés puis nommés par Linné sont suivis de la lettre L.

*Les organismes nommés par Miller sont suivis de mill. Ex. : la tomate *Lycopersicon esculentum* Mill.

*Les organismes nommés par Desfontaines sont suivis de Desf. Ex. : le blé dur *Triticum durum* Desf.

*Les organismes nommés par Lamarck sont suivis de Lmk.

On groupe à l'intérieur d'un même genre plusieurs espèces semblables ; ainsi dans le genre *Prunus* on trouve :

Prunus insititia L. Prunier

Prunus spinosa L. Prunier sauvage

Prunus amygdalus Amandier

Le genre s'écrit toujours avec une **Majuscule** et l'espèce avec des lettres minuscule. On doit souligner ou écrire en *italique* les deux mots. Pour désigner une espèce, les deux mots (genre et espèce) doivent être mentionnés. Ainsi, *armeniaca* employé seul est insuffisant pour l'abricotier.

Cette nomenclature dite binomiale est l'un des grands mérites de Linné

Nomenclature de la famille :

- La famille est désignée par un nom dérivé du genre le plus commun dans la famille, suivi par le radical **acées**. Ex. : **Rosacées**
- On ne dit cependant pas cruciféracées, ombelliféracées, composacées, mais crucifères, ombellifères, composées, ces noms désignant des familles reconnues depuis très longtemps (Ex. Ombellifères signalées par Césalpin au XVI^{ème} siècle).
- Sous-famille : a la terminaison en **-oidées**. Ex. : Fam. Rosacées, sous fam. **Rosoidées**
- L'ordre : a la terminaison **-ales**. Ex. : ordre des Rosales, ordres des malvales...
- La classe : a souvent celle d'...**innées** ex. : Lycopodinnées, Filicinées,...

Les règnes du vivant :

- Linné divisait le monde vivant en deux grands règnes : les **animaux** et les **végétaux**. Cependant, de nombreux organismes difficiles à placer dans l'une ou l'autre de ces catégories ont été découverts par la suite tels que les champignons qui ressemblent aux plantes (cellules à paroi cellulosique, immobilité) ; les myxomycètes (groupe de champignons) se nourrissent comme les animaux en digérant de la matière organique. D'autre part, Linné ne pouvait ignorer le monde des organismes microscopiques unicellulaires : Par exemple l'Euglène, (Algue brune unicellulaire) se nourrissant de bactéries ou faisant de la photosynthèse.
- Aujourd'hui la plupart des biologistes s'entendent pour reconnaître 5 règnes :

1- Monère
2- Protistes
3- Champignons

4- Animaux pluricellulaires
5- Végétaux pluricellulaires

Caractères généraux des espèces du règne végétal :

- Vivent presque tous fixés à un substrat.
- Leur sensibilité et leur motilité ne sont pas immédiatement perceptibles.
- Beaucoup sont chlorophylliens, et par suite autotrophes c'est-à-dire capables de vivre aux dépens d'aliments purement minéraux.

- **Ils sont formés de cellules tuniquées, c'est-à-dire revêtues d'une paroi glucidique résistante (celluloso-pectique).**
- **Ils n'ingèrent pas les aliments solides, mais se contentent d'absorber, par imbibition et osmose, des substances gazeuses ou dissoutes dans l'eau.**

- On distingue deux grands types de cellules : les cellules *procaryotes* qui ne contiennent pas un vrai noyau et les cellules *eucaryotes* qui contiennent un vrai noyau, par conséquent on peut distinguer deux groupes d'êtres vivants : le groupe des procaryotes à cellules imparfaites, et le groupe d'eucaryotes à cellules parfaites :

1- **Procaryotes** : (schizophytes).

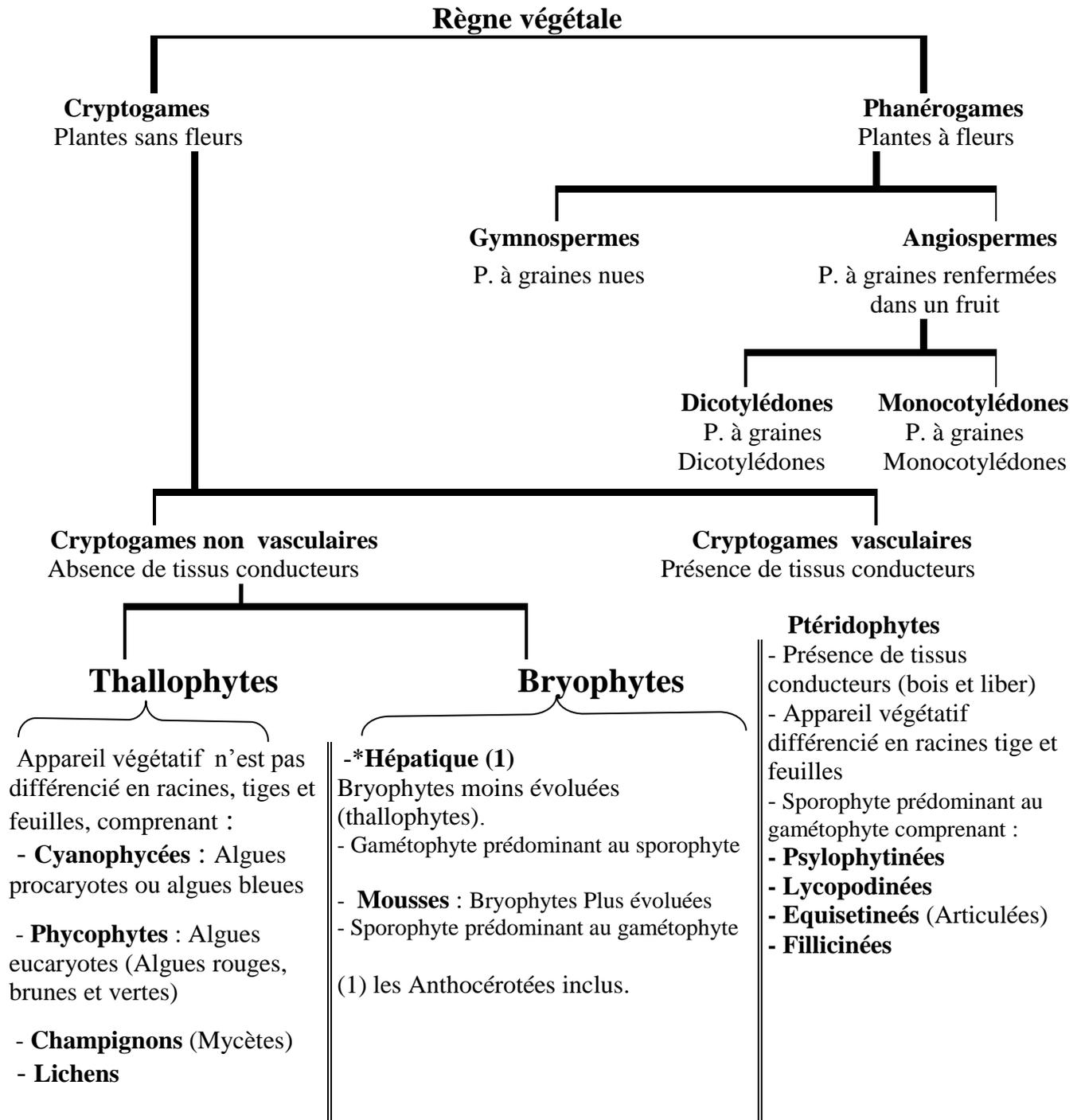
- cellules imparfaites, sans noyau, ni plastes ni mitochondries ou corps de golgi.
- Organismes toujours petits et de **nature végétale**, sans reproduction sexuée, comprenant :
 - a) Cyanoschizophytes (**cyanophycées = Algues bleues**).
 - b) Bactérioschizophytes (Bactéries)

2- **Eucaryotes** :

- Cellules parfaites, avec noyaux cellulaires typiques, des mitochondries, des plastes, et des corps de Golgi.
- Organismes très variés, les uns animaux, les autres végétaux généralement doués de reproduction sexuée typique avec gamètes et zygotes, ce sont :
 - a) Les Algues eucaryotes (Rouges, Brunes et Vertes) : Phycophytes.
 - b) Les Champignons : Mycophytes.
 - c) Les Lichens.
 - d) Les Cormophytes – Bryophytes
 - Ptéridophytes
 - Prè-spermaphytes (Pré-phanérogames) plantes à fleurs
 - Phanérogames (plantes à fleurs)
 - e) Les Animaux : Zoaires
 - Métazoaires
 - Protozoaires

Les grands groupes du règne végétal :

- Les Cryptogames : Végétaux sans graines (non spermaphytes).
{**Algues eucaryotes, champignons, Lichens, Bryophytes et Ptéridophytes**}.
- Les Thallophytes : Végétaux ayant un appareil végétatif sous forme de **thalle**, où on ne peut distinguer ni racines ni tiges ni feuilles. { **Algues, Champignons et lichens** } .
- Les Cryptogames vasculaires ou Ptéridophytes: Végétaux sans fleurs qui possèdent un système vasculaire (composé de bois et liber).
{ **Psilophytinnées, Articulées, Lycopodinées, et Fillcinées** } .
- Préphanérogames : Plantes vasculaires à ovules ne formant pas de graines. { **Cycas et Gynkyo** }.
- Phanérogames : Plantes à fleurs { **Gymnospermes et angiospermes** } .

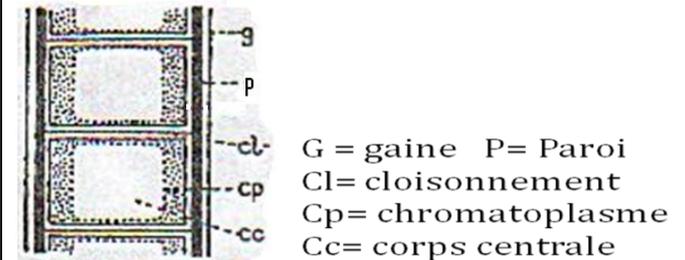


Algues bleues

1. La cytologie des algues bleues

Les cyanobactéries comprennent des espèces unicellulaires et des espèces multicellulaires, ces derniers, massives, ou filamenteuses, ont des cellules pourvues de parois glucidiques, et à un contenu comparable à celui des cellules imparfaites. Le protoplasme des cellules est subdivisé en deux phases:

Fig. 01 : la cytologie des algues bleues



• a- **Phase externe** : ou chromatoplasme à laquelle demeurent alliées aux substances plastidiales et mitochondriales et de petites vacuoles, et qui par suite pigmentée par le complexe chlorophyllien :

- - chlorophylle a (vert)
- - Carotène β et flavons (Myxoxanthine, Myxoxanthophylle) jaune - marron.
- - Bili-protéides (Phycocyanine= bleu, Phycoérythrine= rouge)

La teinte résultante varie du vert-bleu au rouge en passant par le violet.

b- **Phase interne**: corps central, incolore, tantôt massif, tantôt au contraire ramifié, doué de propriétés osmotiques, auxquelles les cellules doivent sa turgescence, il n'est séparé du chromatoplasme par aucune membrane distincte, le cytoplasme du corps central peut contenir des vacuoles, et du glycogène, la principale substance nucléaire est la chromatine (composée de thymonucléoprotéides) qui forme dans le corps central un appareil chromatinien ou chromatinome

2. Les réserves :

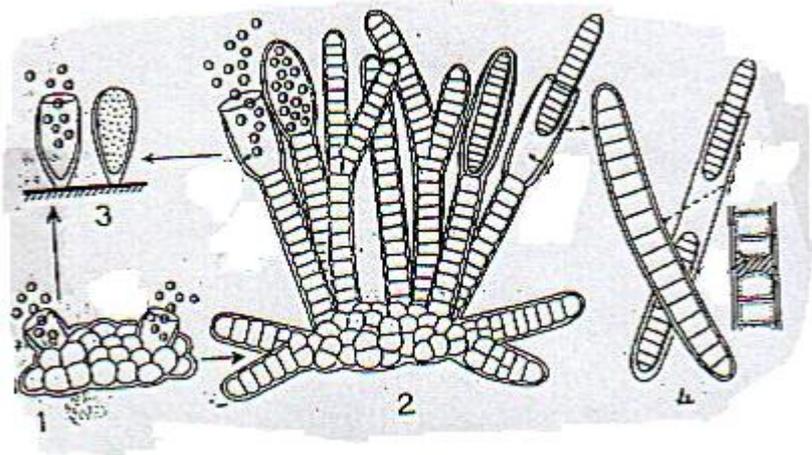
- Masse de glycogène, située dans le chromatoplasme ou le corps central.
- Des grains incolores riches en lipides, localisés dans le chromatoplasme.

3. Reproduction :

- Les algues bleues ne produisent pas de gamètes, par suite la reproduction sexuée est absente.
- Se multiplient végétativement par fragmentation de thalle ou asexuellement par la production de spores inertes unicellulaires ou multicellulaires.

4. Le thalle des algues bleues:

Fig. 02 : le thalle des algues bleues



4.1- Archéthalle : paquet de cellules inertes qui se multiplient par bipartitions végétatives, puis peuvent devenir des sporocystes, émettant des spores.

4.2- Prothalle : systèmes de filaments ramifiés, les uns rampants les autres dressés, dont les cellules se multiplient également par bipartitions végétatives, et peuvent ensuite se changer en sporocystes
4.3- Unique sporocyste : réduction de l'algue à un unique sporocyste qui après une phase végétative plus au moins longue produit des spores. Ce sporocyste peut être :

- * soit arrondi : c'est un thalle coccoïde ou coccothalle .
- * soit filamenteux : un trichome.

5. Les spores

Les spores peuvent être des coccospores unicellulaires et inertes ou des hormospores (hormogonies) pluricellulaires vermiformes.

6. Systématique :

Selon la nature des spores, type de thalle, les cyanophycées sont subdivisées en cinq ordres :

- 1- Ordre des chroococcales : Archéthalle, spores coccoïdes
- 2- Ordre des pleurocapsales : Prothalle, spores coccoïdes, (pas d'hétérocystes)
- 3- Ordre des stigonémales : Prothalle hormospores (souvent des hétérocystes)
- 4- Ordres des Chamaesiphonales : Thalle réduit à un sporocyste qui constitue un thalle coccoïde (Coccothalle) à coccospores (pas d'hétérocystes)
- 5- Ordres des nostocales : Thalle réduit à un sporocyste qui constitue un Trichome à hormospores (souvent des hétérocystes .)

7. Exemples de cyanobactéries

Les algues bleues sont des procaryotes autotrophes forment un groupe immense, très varié, réparti dans de nombreux milieux, sur tous pendant les mois chauds (les eaux stagnantes, les eaux lacustres, et même sur l'écorce des arbres et les rochers ou les falaises humides et ombragées.)

Ordre des nostocales

Les nostocales sont réduits à un filament sporogène ou trichome, rempli par une file de cellules qui se multiplient en se divisant transversalement, et parmi lesquelles se différencient des hétérocystes, ce trichome se comporte d'abord comme un filament végétatif, qui s'allonge en se multipliant, sans se ramifier, puis son contenu se divise en hormospores (hormogonie) qui se séparent par des cellules mortes et désorganisées (neucridies) une fois libérée, chaque hormospore se transforme en un nouveau trichome.

Hétérocyste : cellule incolore, à paroi épaisse, et à cytoplasme transparent, plus grande que les autres, intervient dans la fixation de l'azote

Exemple 1. : *Nostoc ellipsosporum* appartient à la famille des *Nostocées*

Trichome plus ou moins nettement moniliforme (grains de chapelet), garni d'hétérocystes (het) chaque trichome est entouré d'une gaine gélatineuse, le trichome s'allonge en se repliant sur lui-même.

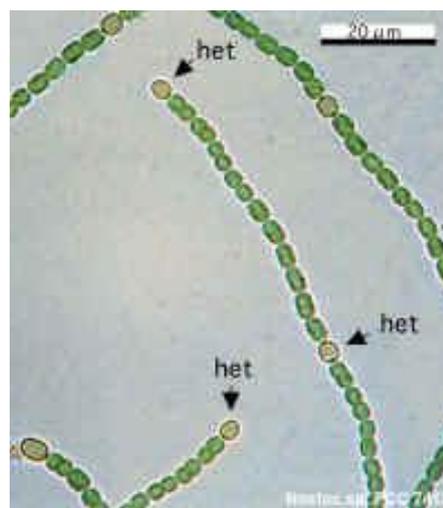


Fig. 03 : *Nostoc ellipsosporum*

Exemple 2 : *Oscillatoria margaritifra* appartient à la famille des *Oscillariacées*

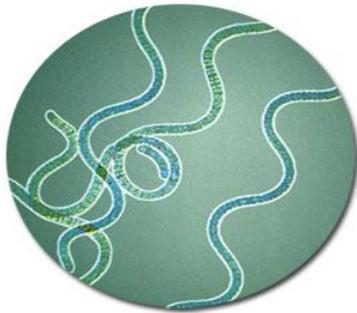
Le trichome de cette espèce est sous forme de filament cylindrique très allongé, vert-bleu cloisonné en cellules courtes (sans hétérocystes peut se déplacer par un mouvement en spirale (mouvement oscillatoire conique des extrémités auquel il doit son nom).



Fig. 04 : *Oscillatoria*

Exemple 3 : *Spirulina*

Dihé au lac Tchad, *tecuitlatl* lac Texcoco en Amérique centrale, La spiruline est une **algue de 0.2 mm de long**. Ainsi nommée en raison de sa forme spiralée appartient à la famille des *Spirulinacées*, ce genre comprend 36 espèces :



Spirulina platensis
Spirulina laxissima
Spirulina lonar
Spirulina major
Spirulina subsalsa

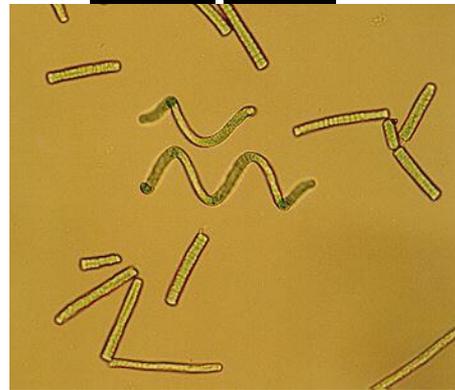


Fig. 05 : *Spirulina sp.*

- La spiruline contient de 55 % à 70 % de **protéines**, véritable concentré d'énergie, par son apport en fer, en vitamine B12, en bêta-carotène sera d'un grand intérêt pour les sportifs notamment sur le plan de l'oxygénation des muscles, les acides gras essentiels intervenant au bon fonctionnement du système immunitaire.
- Les vitamines : A (provitamine A), B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9 (acide folique), B12, E (biotine) couvrent une grande majorité des besoins nutritionnels journaliers.
- Des minéraux et des oligo-éléments tels que (Fe, Mg, Mn, P, Mo, Se, Zn, Cu,) le fer, le magnésium, manganèse, phosphore, molybdène, sélénium, zinc, cuivre pour éviter les carences nutritionnelles.
- Les pigments comme la chlorophylle, le bêta-carotène, les caroténoïdes, superoxyde dismutase : Ce sont de puissants antioxydants qui luttent activement contre les radicaux libres responsables du vieillissement des cellules.

Algues rouges, brunes et vertes

1. Caractères généraux des algues eucaryotes :

1.1 Les algues rouges brunes et vertes sont des eucaryotes

1.1.1 Leurs cellules possèdent toujours un vrai noyau, parfois plusieurs, avec une membrane nucléaire, nucléoles, chromosomes, et se divisent par mitose.

1.1.2 Dans leur cytoplasme on observe une phase plastidiale et une phase mitochondriale, totalement distinctes de la phase cytoplasmique fondamentale.

1.1.3 la phase plastidiale (Plastes) : formée de plastides, qui contiennent le complexe pigmentaire chlorophyllien et qui peuvent élaborer des inclusions protidiques appelées pyrénoides, leur ensemble forme un appareil plastidial, contient un, deux ou plusieurs plastides et comprenant :

a. Plastides focaux (pf.) : Occupant le centre de la cellule, ils sont en principe volumineux et massif.

Ex. Bangia, chlamydomonas et Volvox.

b. Plastides pariétaux (pp.) : nombreux et régulièrement alignés dans la couche périphérique du cytoplasme, ils sont soit libres soit réunis entre eux pour former des rubans.

Ex1. Plastides pariétaux libres : vauchéria

Ex2. Plastides pariétaux réunissent entre eux en rubans Spirogyra.

c. Rayons plastidiaux (rp.) qui relient les plastides entre eux.

.pp : Plaste pariétal

.py : Pyrénouide

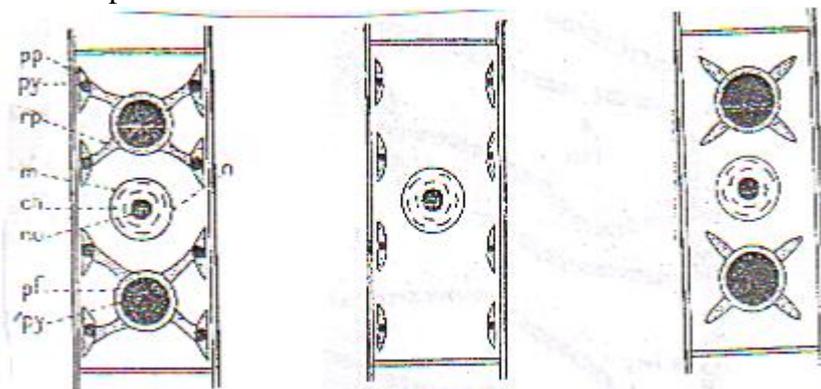
.pf : Plaste focal

.rp : Rayons plastidiaux

.m : Membrane nucléaire

.ch : Chromosome

.nu : Nucléole



1.1.4 Phase mitochondriale (Mitochondries)

Incolore, formée de mitochondries granuleuses ou filamenteuses elles ont la même structure que celles des organismes supérieurs

2- Les Algues eucaryotes sont douées de reproduction sexuée typique.

L'existence d'une reproduction sexuée entraîne celle de deux sortes d'individus (Individus haploïdes 1n et individus diploïdes 2n) et quatre sortes d'éléments reproducteurs « *spores et gamètes* »

Les éléments reproducteurs : voir TD

Types de gamies : voir TD

Cycles d'alternance de générations : voir TD

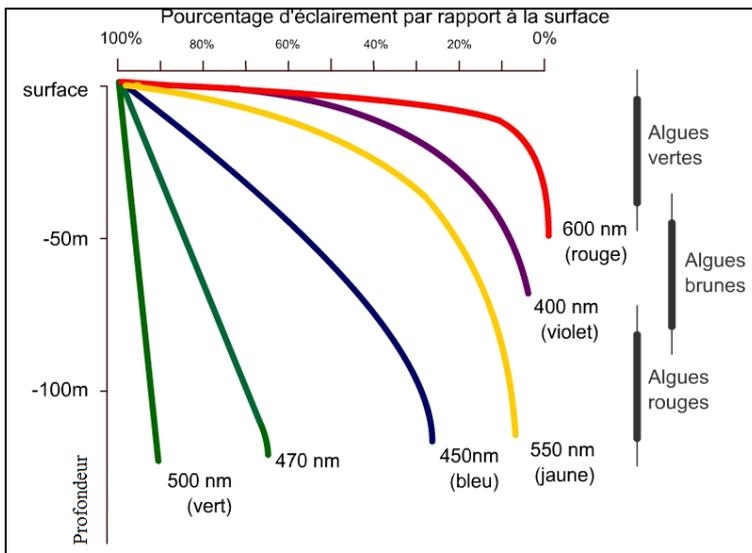
3- Les Algues eucaryotes sont des végétaux chlorophylliens (autotrophes)

3-1 – Ce sont des végétaux parce que leurs cellules ont une paroi glucidique, généralement cellulose-pectique, à l'intérieur desquelles sont turgescentes, c.à.d. pourvues de grandes vacuoles gorgées d'eau.

3-2 – Elles n'absorbent aucun aliment solide.

3-2 – Elles sont chlorophylliennes parce que leurs plastides renferment un complexe pigmentaire vert, formé de : - **Chlorophylle, (a, b, c, et d)** - **Xanthophylle** - **Un peu de carotène**

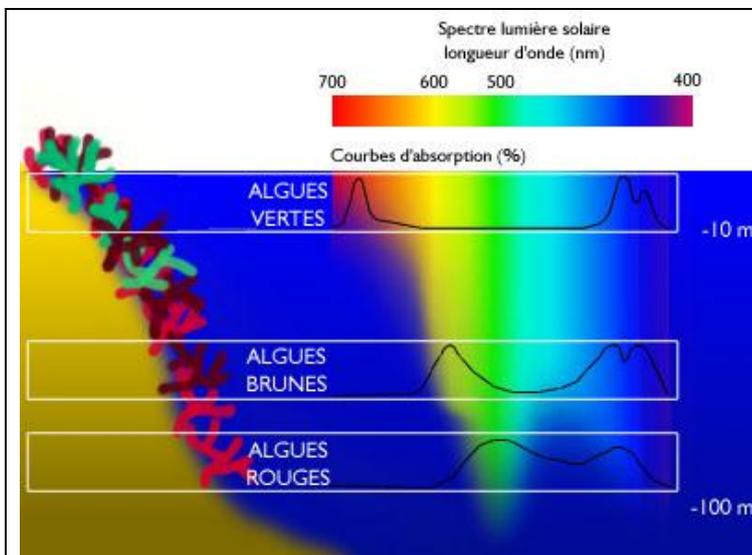
Ce complexe pigmentaire est tantôt directement visible (Algues vertes), tantôt masqué par des billi-protéïdes bleues ou rouges (Algues rouges) ou par des oxycarotènes bruns ou jaunes (Algues brunes).



Lors de la pénétration de la lumière en milieu aquatique, les radiations rouges de longueur d'onde supérieure à 600 nm, sont absorbées entre 0 et 15 mètres de profondeur, puis les jaunes et les orangées alors que les radiations vertes et bleues disparaissent plus profondément entre 75 et 100 mètres; à 200 mètres subsistent une faible quantité de radiations bleues

-Les algues possèdent des pigments (Chlorophylles et pigments accessoires) qui absorbent ces radiations.

Fig. 06 : l'absorption des radiations de la lumière visible selon la profondeur en milieu marin



Ainsi la *chlorophylle a* des algues vertes absorbe les radiations lumineuses dans le rouge et le bleu (et réfléchit les autres radiations qui sont donc responsables de la couleur verte de ce pigment).

Les *caroténoïdes* des algues brunes (*carotènes α , β* et *xanthophylles jaunes*) absorbent dans le bleu.

Les *phycobilines* (*phycocyanine* et *phycoerythrine*) des algues rouges absorbent dans le vert.

Fig. 07 : l'absorption des radiations par les différents types de pigments

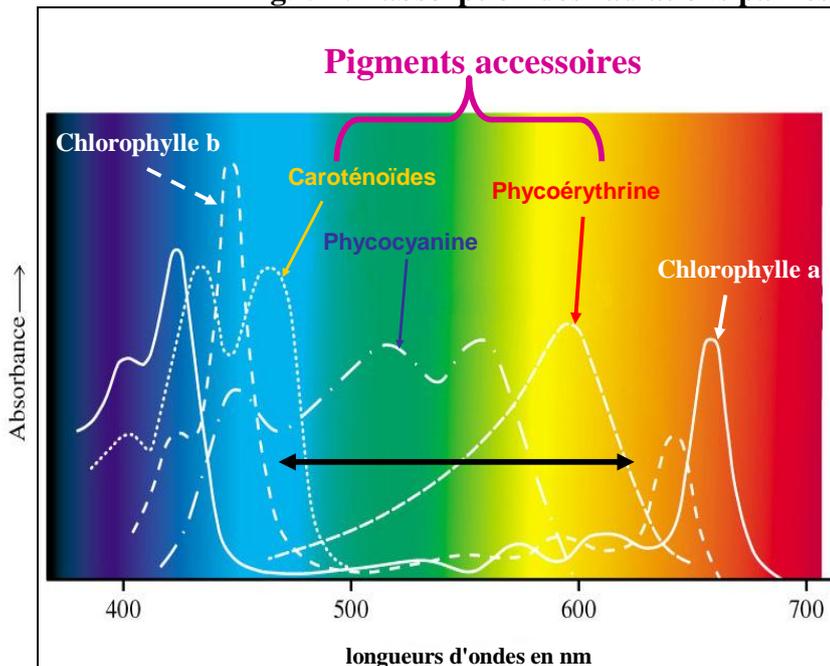


Fig. 08 : Spectres d'absorption des principaux pigments

Conclusion

L'équipement pigmentaire (dont dépend l'efficacité de l'absorption des différentes radiations) et la profondeur de compensation (au-delà de laquelle les échanges respiratoires sont supérieurs aux échanges photosynthétiques rendant la survie de l'algue impossible) semblent être responsables de la distribution bathymétrique des algues.

4- Les Algues eucaryotes sont des thallophytes

Leur appareil végétatif est un simple thalle sans racines ni tiges ni feuilles véritables, les principaux thalles sont : (voir TD)

1 - Archéthalle 2 – Prothalle 3 – Thalle à cladome.

2. Systématique des algues eucaryotes (selon CHADEFEAUD 1960)

La systématique des algues eucaryotes repose sur des critères surtout cytologiques et cytochimiques, les caractères morphologiques et anatomiques n'intervenant que pour établir les coupures du second ou du troisième ordre.

- | | |
|--|--|
| 1- Embranchement : Rhodophycophytes (A. rouges) | 3- Embranchement: Chlorophycophytes (A. vertes) |
| Sous embranchement: Profloridées . | - Sous embranchement: Zygothécées |
| Sous embranchement : Floridées | - Sous embranchement: Euchlorophycées |
| 2- Embranchement: Chromophycophytes (A. brunes) | - Sous embranchement: Charophycées |
| Sous embranchement : Propyrophytées | |
| Sous embranchement : Pyrrophytées | |
| Sous embranchement : Chrysophycées | |
| Sous embranchement : Phéophycées | |

2.1 Embranchement des algues rouges: Rhodophycophytes

2.1.1 Caractères généraux des algues rouges :

- a- absence de cellules nageuses (cellules végétatives, spores ou gamètes)
- b- chloroplastes colorés en rouge, violet ou bleu en présence de biliprotéides ; **phycoerythrines (rouge)** et **phycoyanine (bleu)**, les plastes comprennent aussi de la chlorophylle α et β du **carotène α** et **β** et des **oxycarotènes (jaunes)**.
- c- Réserves glucidiques constituées par des amyloons extra-plastidiaux (amidons florididés), proches des dextrines et du glycogène.
- d- Parois cellulaires celluloso-pectiques, riches en cellulose.
- e- gamétophytes toujours haploïdes souvent dioïques.
- f- sporophytes produisent des spores non nageuses, pigmentés, sans parois celluloso-pectiques, souvent amiboïdes

On compte environ 3700 espèces de rhodophycophytes, presque tous marines, la plupart d'entre eux vivent fixés aux rochers, aux coquilles, assez souvent dans les endroits sombres, ou en profondeur, la présence de phycobiline leur permet l'enrichissement du milieu marin en oxygène.

2.1.2 Systématique des algues rouges

Embranchement : Rhodophycophytes

Selon le type de thalle et le mode de fécondation, les **Rhodophycophytes** sont subdivisées en deux sous embranchements

➤ Sous embranchement: Profloridées

- Aplanogamie (gamètes non nageuses) Atrychogamie (carpogone non surmonté d'une trichogyne)
- Les cellules ne sont pas reliées entre elles par des appareils synaptiques

Il comprend les ordres suivants : 1- Bangiales (l'appareil végétatif est un prothalle)

1- Compsopogonales (l'appareil végétatif est un cladome)

➤ Sous embranchement : Floridées

- Aplanogamie (gamètes non nageuses) trychogamie(carpogone surmonté d'une trichogyne)
- Les cellules sont reliées entre elles par des appareils synaptiques
- Cycle sexué souvent trigénétique.
- Il comprend plusieurs ordres (1- Némalonales. 2-Géliidiales, 3-Céramiales...)

Exemple 1- Bangia fusco-purpurea

Ordre des Bangiales, Famille des Bangiacées

Exemple 2- Antithamnion Plumula

Ordres des : Ceramiales , Fam. des : Ceramiacées

Exemple 3- Nemalion multifidum

Ordre des : Nemalonales . Fam. des Nemalionacées

2.2 Embranchement des CHROMOPHYCOPHYTES

2.2.1 Caractères généraux :

- a- Les algues brunes rappellent les algues rouges par leur appareil plastidial :
 1. complexe pigmentaire chlorophyllien masqué par d'autres pigments
 2. pas d'Amidon vrai
- b- Mais ils en diffèrent par :
 1. chez la plupart des espèces l'absence des billi-proteides (rouges & bleues).
 2. chez la plupart des espèces la chlorophylle est associée d'oxy-carotène (jaune ou brunes).
 3. La présence de cellules nageuses flagellées soit (cellules végétatives, zoospores, ou zoogamètes)
- c- Réserves : élaborent dans leur cytoplasme, des grains d'amylon extraplastidiaux, ou des réserves glucidiques étant généralement formées de corps solubles dissous dans les vacuoles, tels que Laminarine, Leucosine ou lipides.

2.2.2 Systématique :

En se basant sur la structure des cellules nageuses et de leurs fouets, la présence ou l'absence de grains d'amylon et la pigmentation des plastes, les chromophycophytes peuvent subdiviser en quatre sous embranchements et 12 classes.

Embranchement des algues brunes : Chromophycophytes

<p>1- Sous embranchement des Propyrophytées</p> <p>1-1 -Classe des Pocillophytinées</p> <p>1-2 - Classe des Paracryptophytinées</p> <p>2- Sous embranchement des Pyrrophytées</p> <p>2-1- Classe des Cryptophytinées</p> <p>2-2- Classe des Dinophytinées</p> <p>2-3- Classe des Raphidophytinées</p> <p>2-4- Classe des Euglénophytinées</p> <p>2-5- Classe des Craspédophytinées</p>	<p>3- Sous embranchement des Crysophytées</p> <p>3-1- Classe des Crysophytées</p> <p>3-2- Classe des Xanthophytinées</p> <p>3-3- Classe des Silicophytinées</p> <p>3-4- Classe des Bacillariophytinées (Diatomées)</p> <p>4- Sous embranchement des phéophytées</p> <p>4-1- Classe des Phéophytées</p>
---	---

2.2.2.1 Sous embranchement des Pyrrophytées

Classe des Euglénophytinées

- Caractères généraux

- Thalle unicellulaire nageur.
- Se nourrit sans ingérer des proies solides (sauf rarement).
- Se multiplie par bipartition.
- Certaines espèces deviennent palmelloïdes en perdant ses fouets et s'entourant de mucus.
- Fouet antérieur pleuronématé (à un seul rang de mastigonèmes) souvent rubané, la paroi est pectique.
- Pas de tunique cellulosique, espèces presque toutes des eaux douces pourvues de chloroplastes verts (autotrophes)
- Certaines espèces comme *Euglena gracilis* ont tendance à se dépigmenter soit réversiblement ou définitivement, cette dépigmentation est provoquée par la vie à l'obscurité ou l'effet des antibiotiques, ces espèces deviennent hétérotrophes, ils sont alors soit saprophytes ou capables de phagocytose.

St : stigma, **vp** : vacuole pulsatile, **p** : paroi, **ml** : mastigonème.

Stigmas : structure composée de caroténoïdes, c'est un photosystème qui intervient dans l'orientation

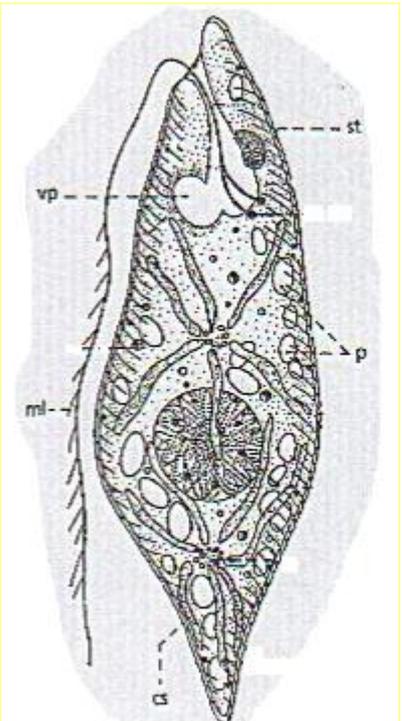


Fig. 09 : *Euglena gracilis*

La reproduction sexuée chez les Euglénophycinées :

Deux individus adultes se transforment en deux gamètes, puis se fusionnent en un zygote.

- I- conjugaison de deux individus nageurs.
- II- La première mitose dans chaque cellule
- III- méiose, avec avortement d'un des deux noyaux fils
- IV- seconde mitose méiotique, après ces deux mitoses chaque individu devient un gamète réductionnel.
- V- par leur gamie, les deux individus se transforment en un zygote.
- VI- Enkystement de zygote.

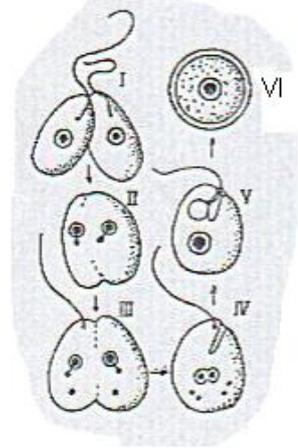


Fig. 09 : La reproduction sexuée chez

2.2.2.2 Sous embranchement des Cryspophycées

Classe des Bacillaryophycinées(Diatomées)

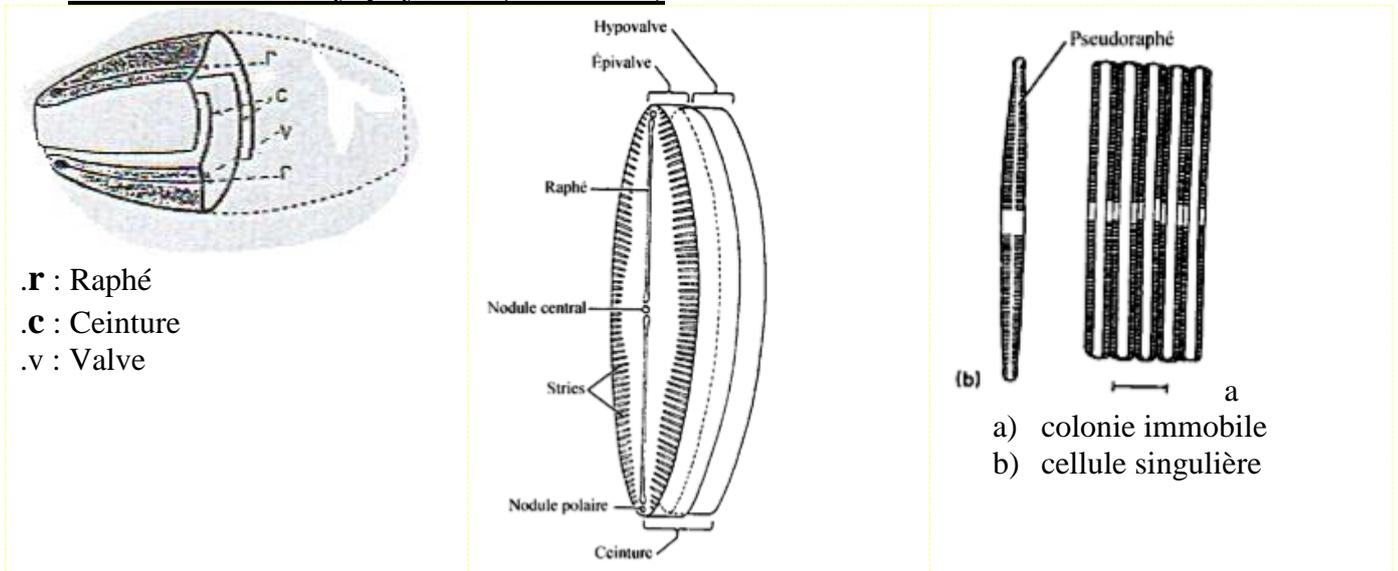


Fig. 10 : la cellule des diatomées

- Caractères généraux des diatomées

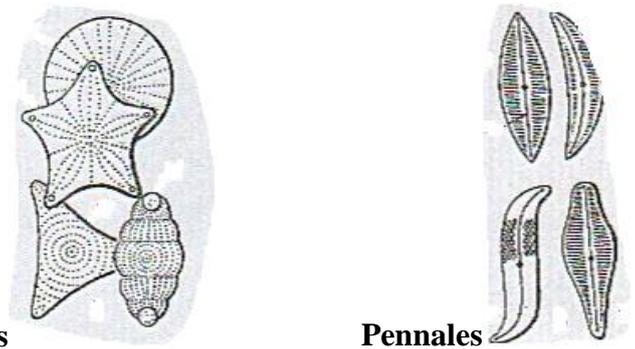
- Les Bacillariophycées, ou Diatomées sont des microorganismes unicellulaires photosynthétiques, Leur taille varie de 20 à 200 μm environ, quoique certaines puissent atteindre 2 mm.
- Elles peuvent se présenter en cellules isolées (b) ou regroupées en colonies (a), elles se caractérisent par une paroi rigide faite de silice.
- La cellule est entourée d'une carapace siliceuse bivalve, appelée **Frucule**, comme une boîte et son couvercle, (le couvercle portant le nom d'**épivalve** ou épithèque et le fond celui d'**hypovalve** ou hypothèque) les deux parties sont réunies par un cerclage appelé **ceinture**, chez les diatomées pénales chaque plaque valvaire est en principe pourvu d'un raphé (fente longitudinale permet la sortie du cytoplasme ou le mucus, qui permet un mouvement amiboïdes aux diatomées pénales).
- la forme générale de la cellule est lancéolée, circulaire,...
- les valves sont presque toujours ornées.
- Le cytoplasme contient deux, ou parfois davantage de chloroplastes colorés en brun par des caroténoïdes qui accompagnent la chlorophylle.
- ils ne forment pas d'amidon, les réserves sont constituées surtout par des gouttelettes lipidiques.
- la reproduction se fait par division du contenu cellulaire où chaque moitié conserve une valve et secrète ensuite une seconde valve emboîtée dans la première, **de ce fait, l'un des deux individus sera plus petit.**
- les réserves : constituées plus particulièrement de lipides.

Systématique des diatomées:

- 10 000 espèces environ, abondantes dans les eaux douces, saumâtres et marines.

Selon la symétrie du Frustule on distingue deux ordres :

- 1-Ordre des diatomées **Pennales** :
à symétrie axiale
- 2- Ordre des diatomées **Centrales** :
à symétrie centrale



Centrales

Pennales

Fig. 11 : Les diatomées centrales et les diatomées pénales

La reproduction chez les diatomées :

La reproduction asexuée:

- Lorsqu'une chaque une cellule se divise, il se forme entre ces valves une nouvelle pièce en forme « H » chaque cellule fille reçoit comme epivalve l'une des deux valves de la cellule-mère et comme hypovalve l'une des cupules de la nouvelle pièce en « H », ce qui lui constitue une frustule complète.
- Par ce mécanisme, et par bipartitions successives, il se forme des valves de plus en plus petites, il résulte naturellement une diminution progressive de la taille de la cellule. cet amenuisement a pour effet de déclencher la reproduction sexuée.

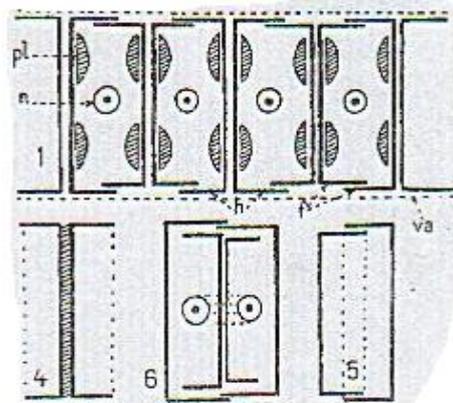


Fig. 12 : les étapes de la mitose chez les diatomées pénales

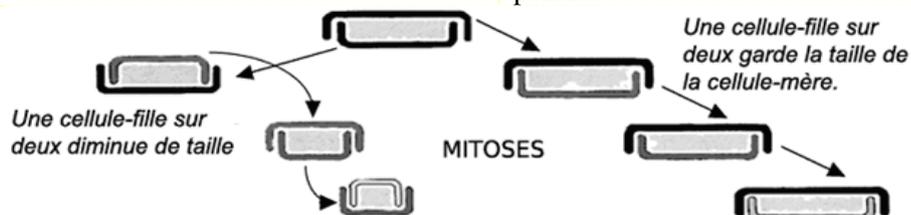


Fig. 13 : la reproduction sexuée chez les diatomées

Reproduction sexuée :

Après réduction de leur taille, (30% de la taille initiale) les cellules ne se divisent plus, elles deviennent des **gamétocystes, producteurs de gamètes**. Par leur **gamie** ceux-ci forment des **zygotes**, qui augmentent de taille, et se **transforment en cellules de grande taille, les auxopores**, aptes à subir de nombreuses bipartitions

- Les diatomées ont un **cycle monogénétique diploïde** avec gamétophytes diploïdes (avec gamètes réductionnels).

Cellules gamétophytiques (2n) (se multipliant par mitose) ---> gamètes réductionnels 1n -----> zygotes 2n (devenant des auxopores) ---> nouvelles cellules gamétophytiques (2n).

- **Chez les diatomées centrales** : elles sont généralement **Oogames planogamie** ; les cellules sont hermaphrodites, les cellules les plus grosses deviennent des cellules fertiles femelles et les plus petites deviennent des cellules mâles.
 1. chaque cellule femelle devient directement un gamétocyste ♀ donnant avec division chromatique une ou deux oosphères.
 2. chaque cellule mâle devient directement un gamétocyste ♂ qui émet quatre spermatozoïdes nageuses.

- **Chez les diatomées pennales** : elles sont généralement **cystogames**. Quand leurs cellules se transforment en gamétocystes, elles se conjuguent. Dans chacune d'elles, par divisions réductionnelles, les noyaux diploïdes engendrent quatre noyaux haploïdes, dont trois dégèrent puis leur contenu se subdivise en autant de gamètes non flagellés qu'il subsiste de noyaux non dégénérés, finalement, chacun des gamètes de chaque cellule s'unit avec l'un de ceux de la cellule conjointe pour former un zygote qui se développe ensuite en une auxospore. Selon les espèces :

- Soit deux gamètes par gamétocyste qui conduit à la formation de deux auxospores.
- Soit un seul gamète par gamétocyste qui conduit à la formation d'une seule auxospore.

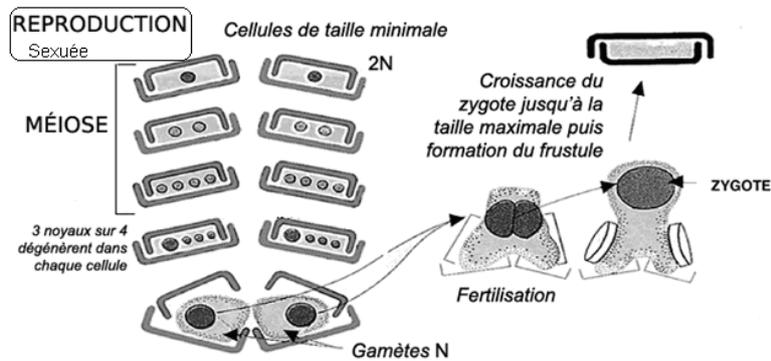
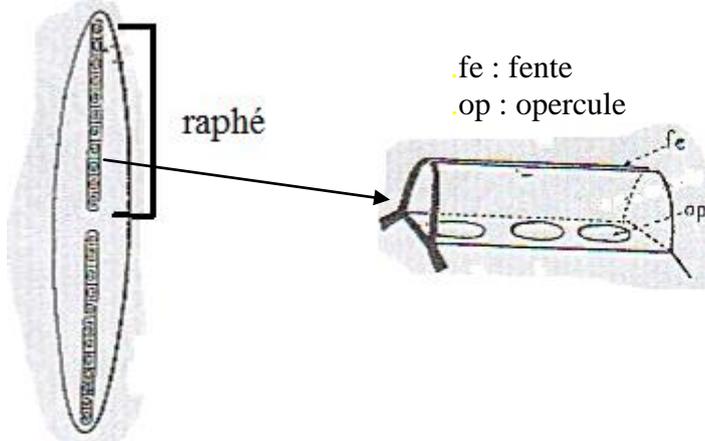


Fig. 14 : la reproduction sexuée chez les diatomées pennales

La mobilité des diatomées :



La présence d'une fente longitudinale « le raphé » sur les valves de certaines diatomées pennales, permet la communication avec le milieu extérieur, et la sortie du cytoplasme ou le mucus, qui permet un mouvement améboïde

Si cette fente (le raphé) est ou **peu marquée**, on parle de **pseudo-raphé**, tandis que les diatomées Pennales **sans raphé** sont appelées **Diatomées araphidées qui ne sont pas motiles**

Quant aux **diatomées centrales ils ne sont pas motiles**

Fig. 15 chez les diatomées pennales Système de mobilité

Intérêts des Diatomées :

- Les Diatomées constituant une part importante du phytoplancton, elles contribuent largement à la fixation de dioxyde de carbone atmosphérique, et donc au cycle du carbone, ainsi qu'au cycle du silicium.
- Les Diatomées d'eau douce sont des indicateurs de qualité des eaux : des eaux de bonne qualité et des eaux de qualité médiocre ne présenteront pas les mêmes associations d'espèces.
- Les coquilles des diatomées peuvent s'accumuler et former des dépôts rocheux (la diatomite) utilisés dans certains processus industriels (dentifrice, feux d'artifice...)

Classe des Xanthophycinées

- Présence de cellules nageuses.
- Plastés verts jaunes.
- Les réserves nutritives sont formées de lipides, de leucosine et de sucres solubles.
- La paroi des cellules quand elle existe est essentiellement pectique.

Exemple *Vaucheria cecsilis*

Un thalle siphonné (multi nucléé) composé de filaments ramifiés fixés au substrat.

2.2.2.3 Sous embranchement des phéophycées

Classe des **Phéophycées**

Exemple *Ficus vésiculosus*:

2.3 Embranchement des algues vertes : chlorophycytes

2.3.1 Caractères généraux :

Algues eucaryotes qui diffèrent de toutes les autres, et se rapprochent des plantes supérieures, par leur appareil plastidial, dans lequel :

- Le complexe pigmentaire chlorophyllien est toujours **vert** il contient :
 - de la **chlorophylle a et b**
 - du **β - carotène** accompagné d'**α -carotène**.
 - **Aucun biliprotéides** (bleu ou rouge).
- Il y a élaboration d'**amidon vrai**, sous forme de grains d'amidon intra plastidiaux .
- Le plus souvent il y a présence de cellules nageuses

2.3.2 Systématique des algues vertes :

Cet embranchement compte environ 350 genres, et 8000 espèces connues, vivant dans les mers, les eaux douces et même sur les sols humides dans les endroits ombragés. L'ensemble forme trois sous embranchements, selon le type de gamie et la présence ou l'absence des cellules nageuses.

1- Sous Embranchement des Zygothécées

- cystogamie
- présence de cellules nageuses
- absence de spores équationnelles

* Il comprend une seule classe celle des **Zygothécées** et trois ordres :

- 1 Mesoténiales
- 2 Zygnémales
- 3 Desmédiales

2- Sous Embranchement des Euchlorophycées

- planogamie
- présence de cellules nageuses
- présence de spores équationnelles
- **2-1- Classe des prasinophycinées**
- **2-2- Classe Euchlorophycinées.** : Comprenant les ordres suivants : 1- Euchlorovolvocales
2- Ulotrichales

3- Sous Embranchement des Charophycées

- Oogamie
- Présence de cellules nageuses (des gamètes ♂) | ➤ Absence de spores équationnelles
- | ➤ Thalle à cladome
- Il comprend une seule classe celle des Charophycées et 06 genres :
- ex. Chara et Nitella

Exemple 1 : *Chlamydomonas probascegera*

Ordre des : Euchlorovolvocales fam. : Chlamydomonacées

- Le chlamydomonas est une algue unicellulaire qui doit son nom à la présence d'une paroi épaisse et à deux flagelles (du grec chlamys, -ydos manteau et monas, flagelle). Le contenu cellulaire comprend un chloroplaste focal (plf.) en forme de coupe porteur d'un pyrénioïde (py), un noyau (n) et un cytoplasme dans lequel on observe, près de la base du flagelle, une tache colorée photosensible appelée tache oculiforme ou stigma (st) riche en caroténoïdes « structure composée de caroténoïdes, un photosystème qui intervient dans l'orientation »

[pa = papille, p = paroi, ms = mastigosome, mr mastigorhize, cs = centrosome, n= noyau, m = mitochondrie, v= vacuole, p = paroi, py =pyrénioïde, a = amidon, plf = plaste focal, plp = plaste pariétal, st = stigma]

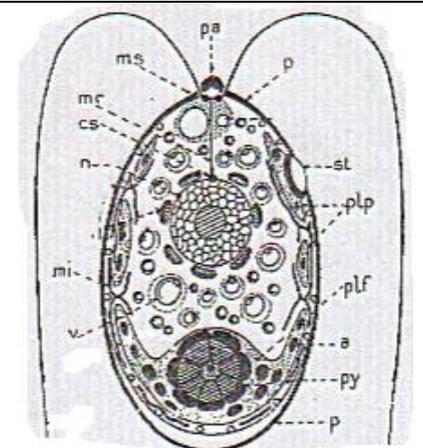


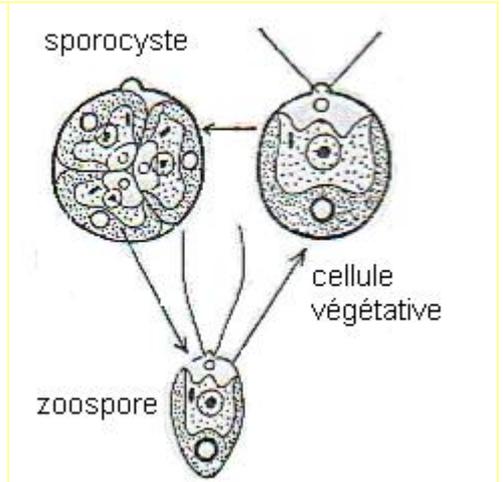
Fig. 16 : la cellule du *Chlamydomonas*

○ **La reproduction chez la Chlamydomonas :**

1. reproduction asexuée :

➤ la reproduction asexuée est assurée par la fragmentation de la cellule en un groupe de zoospores biflagellées dont chacune ressemble, à une cellule mère plus petite, qui redonne par simple croissance un nouveau thalle de chlamydomonas.

- La cellule végétative perd ces flagelles et devient un sporocyste.
- Le contenu de la cellule subit une ou deux mitoses, pour donner deux ou quatre zoospores.
- La paroi se déchire en libérant les zoospores, ressemblant chacune à la cellule mère, et donnent un nouvel individu après sa croissance.
-



Reproduction sexuée :

Fig. 17 : la reproduction asexuée chez la *Chlamydomonas*

➤ La reproduction sexuée est assurée par des gamètes, ayant le même contenu que les cellules adultes (et les zoospores) mais une taille plus réduite ; suivant les espèces les gamètes sont identiques ou différents par leur taille ; dans ce dernier cas certaines espèces sont hétérothalliques, d'autres sont homothalliques.

➤ La cellule du gamétophyte {A}, haploïde se divise à l'intérieur de sa paroi et devient alors un gamétocyste contenant 8- 16 ou 32 gamètes à deux flagelles. La rupture de la paroi du gamétocyste libère les gamètes dans le milieu, les gamètes peuvent être semblables (espèces isogames) { C&B } ou de tailles différentes (espèces anisogames) Les gamètes se fusionnent lors de la fécondation {D}.

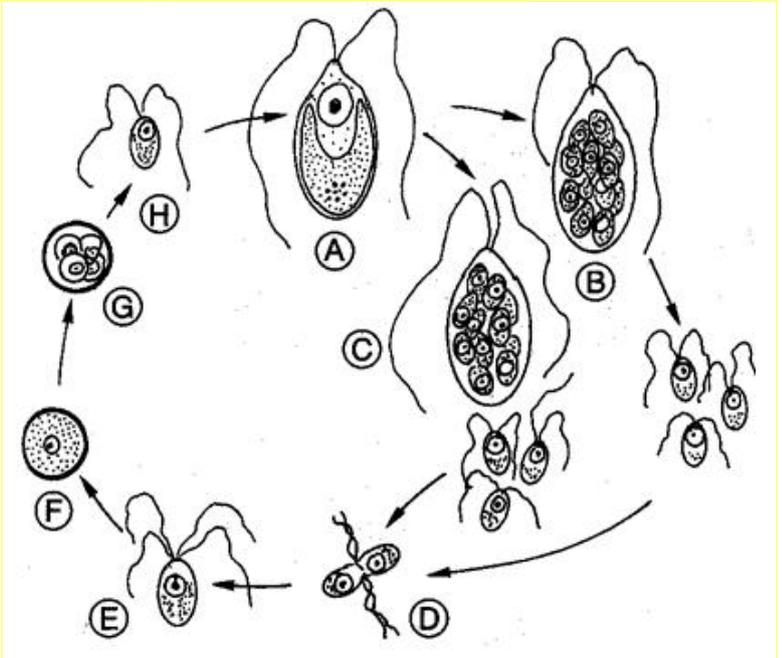


Fig. 17 : Cycle de la reproduction sexuée chez la *Chlamydomonas*

- La fécondation donne un zygote diploïde, mobile grâce à quatre flagelles : planozygote {E}.
- Le planozygote perd ses flagelles et s'entoure d'une paroi épaisse {F} .
- Dans les conditions favorables le zygote germe en subissant immédiatement la méiose en donnant 4 spores haploïdes {G}., zoospore libre {H}

Type de gamie : planogamie isogamie ou anisogamie

Cycle d'alternance de générations : cycle monogénétique haplophasique

La reproduction chez la laitue de mer : *Ulva lactuca*

Ordre des Ulotrichales Fam. des Ulotrichales

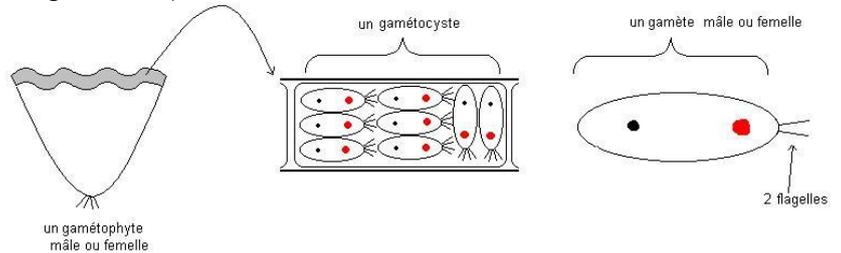
L'ulve ou « **laitue de mer** » vive dans la zone recouverte périodiquement par les marées, le thalle est une mince lame lobée, verte, fixée sur les rochers par des rhizoïdes.

Reproduction sexuée: (A---> G)

➤ Sur le bord du thalle, apparaît une zone de couleur sombre, 0.5 à 1.5cm de larges où naissent les gamètes. Cette espèce est hétérothallique (dioïque) :

- {A} Thalle femelle haploïde ($1n$) – **gamétophyte** ♀ - à marge verte sombre, dont les cellules de la marge deviennent des gamétocystes qui se différencient par mitoses successives pour donner 8-16 gamètes haploïdes (g) munis chacun de deux flagelles.
- {B} Thalle mâle haploïde ($1n$) – **gamétophytes** ♂ - à marge jaunâtre, dont les cellules de la marge deviennent des gamétocystes qui se différencient par mitoses successives pour donner 16-32 gamètes haploïdes (g) semblables, plus petits, que les gamètes ♀.

Fig. 18 : gamétogénèse chez la laitue de mer *Ulva lactuca*



- {C} Après la rupture de la paroi des gamétocystes les gamètes sont libérés dans le milieu. La fécondation concerne ici deux gamètes mobiles de tailles différentes, aboutit à la formation d'un zygote à quatre flagelles. (planogamie, anisogamie)
- {D} le zygote perd ses flagelles, se fixe sur le substrat se développent en un filament puis en un thalle foliacé diploïde.
- {E} thalle diploïde « **sporophyte** »
- {F} Les cellules à la marge du thalle du sporophyte deviennent des sporocystes chacune subit une méiose suivie ou non d'une division supplémentaire pour donner 4 à 8 cellules haploïdes : les spores réductionnelles à quatre flagelles.
- {G} les spores sont plus grosses que les gamètes, mobiles et munies de 4 flagelles : ce sont des zoospores. Ces zoospores vont se fixer sur le substrat pour donner un thalle gamétophyte ♀ ou ♂.

Fig. 19 : production de spores réductionnelles chez la laitue de mer *Ulva lactuca*

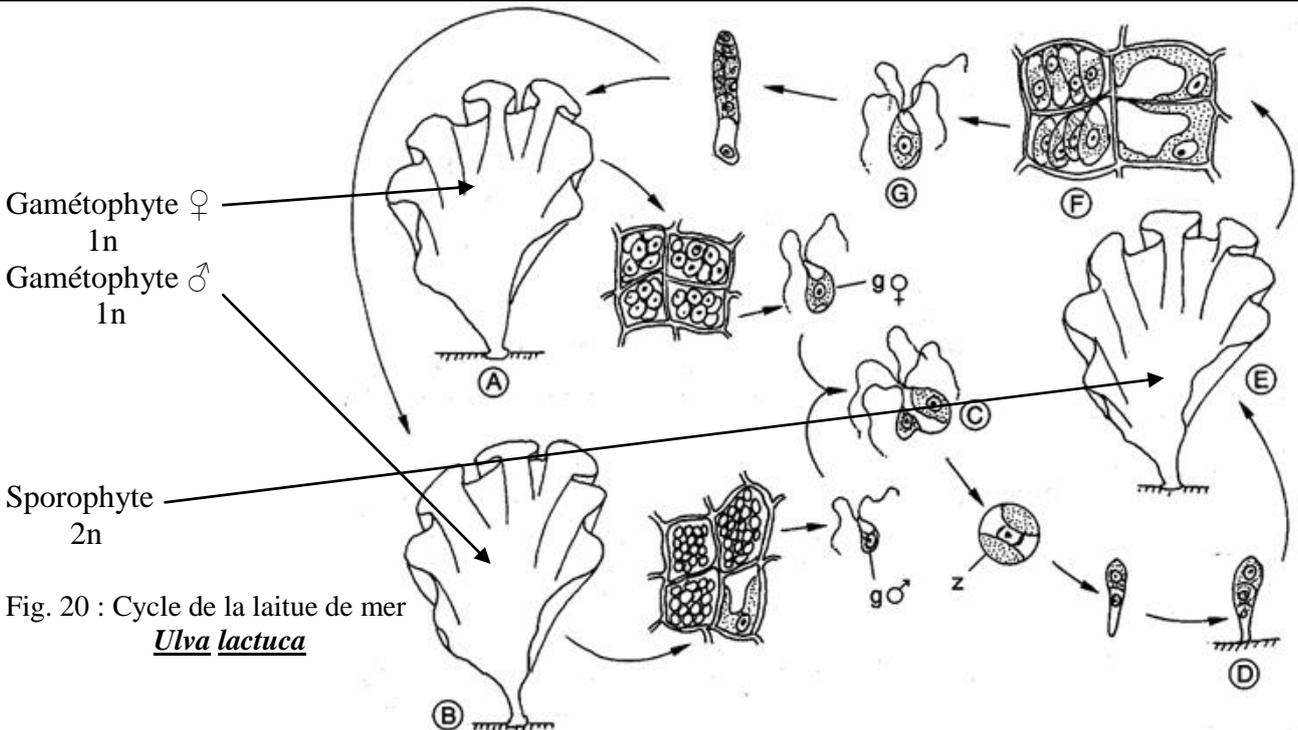
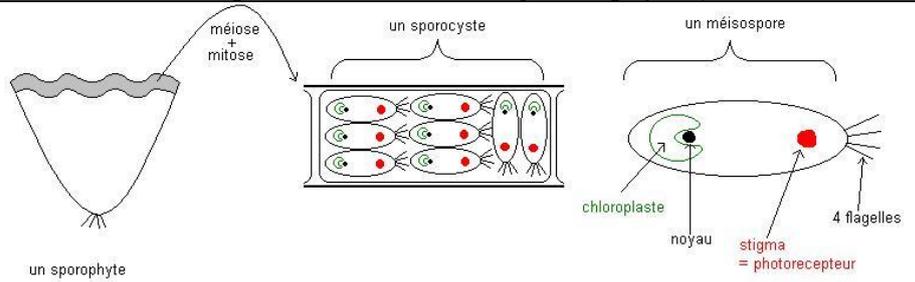


Fig. 20 : Cycle de la laitue de mer *Ulva lactuca*

Chapitre III: Les champignons «MYCOPHYTES»

1- Généralité

La majorité des champignons est représentée par des organismes filamenteux ou même unicellulaires ; leur morphologie, leur reproduction, et leurs modes de vie sont si diversifiés que les champignons sont souvent divisés en plusieurs embranchements distincts. Il est parfois proposé de faire des champignons un cinquième règne, à l'égal des Procaryotes, Protistes, végétaux et animaux. Ils sont caractérisés par :

2- Caractères généraux des champignons «MYCOPHYTES»

2.1 Hétérotrophe :

Leur hétérotrophie : faute de chlorophylle, les champignons sont tous incapables d'assimiler le gaz carbonique par voie photosynthétique. En conséquence, tous sont **hétérotrophes**, ce qui leur impose d'exploiter des milieux organiques, par suite ils jouent, dans la nature, un rôle très important. Cette hétérotrophie peut présenter quatre modalités.

a) **Saprophytes** : exploitent des substances organiques, dont ils provoquent la décomposition (débris des végétaux, débris des animaux).

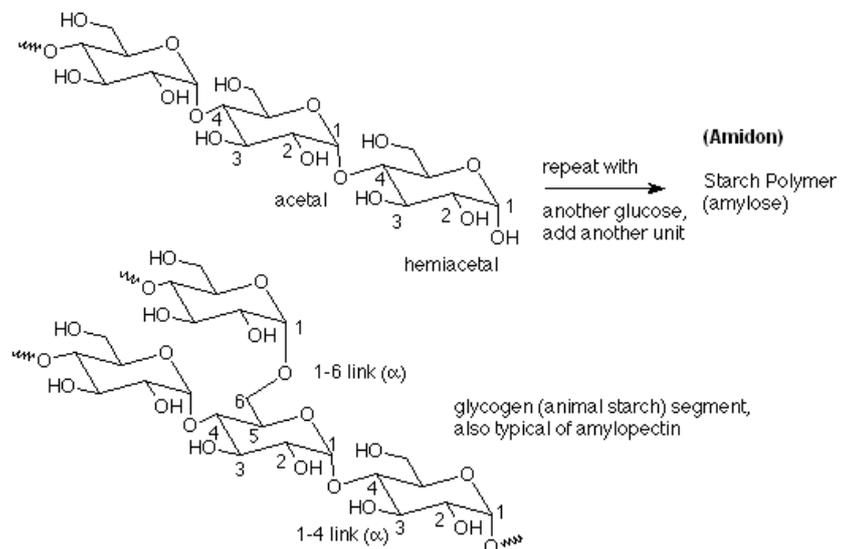
b) **Parasites** : utilisent les substances organiques des êtres vivants, qu'ils rendent malades. Les champignons parasites sont les agents des mycoses des animaux, et des maladies cryptogamiques des plantes.

c) **Prédateurs** : capturent des proies ; ce phénomène est très rare chez les champignons (des chytridiomycètes et des oomycètes aquatiques). Cas du **Trichoderma** ; la prédation se manifeste par la destruction de l'agent pathogène lorsque **le champignon** s'enroule autour de sa proie en l'étranglant, en pénétrant à l'intérieur et/ou en lui « injectant » des substances (enzymes) qui le détruisent.

d) **Symbiotes** vivent en symbiose avec d'autres êtres vivants, qui les supportent sans souffrir, ou même profitent de leur présence et de leur activité. Ces champignons sont associés, selon les cas :

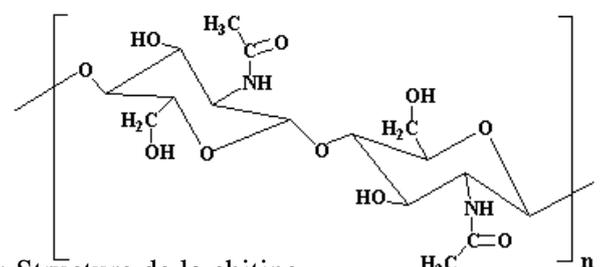
- 1-à des algues, avec lesquelles ils forment les **lichens**
- 2-aux racines de diverses plantes supérieures (arbres ; -pin..., - plantes herbacées ; -orchidées..., ptéridophytes...) avec lesquelles ils constituent des formations appelées **mycorhizes**

2.2 Ils stockent du glycogène



2.3 Leur cellule possède une paroi contenant en général de la chitine

- La membrane ne contient qu'exceptionnellement de la cellulose, elle est formée surtout de **chitine**, dérivée de glucide contenant des groupements azotés, est voisine de la chitine des arthropodes.



2.4 L'appareil végétatif soit **unicellulaire** soit de type thalle à base de **filaments**, ou massif et structuré (pas de parenchyme), le type unicellulaire est peut répandu et ne se rencontre que dans une partie des chytridiomycètes et ascomycètes, le type filamenteux est plus général : siphon, ou des hyphes cloisonnés, **un thalle filamenteux est appelé mycélium**, le type massif ou pleuctenchyme, à fructifications dites carpophores, ne se rencontre que chez les plus évolués des champignons supérieurs

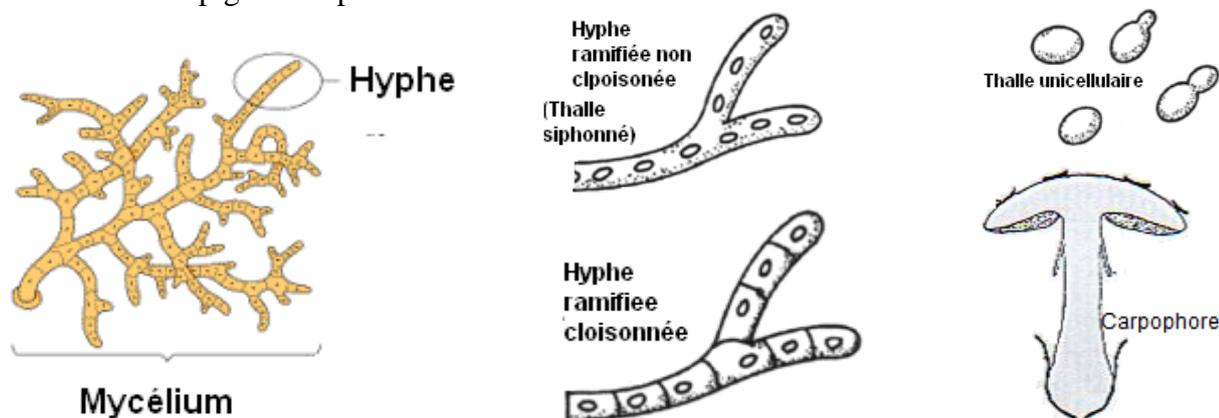


Fig. 23 : structure du thalle des champignons

2.5 La mitose et la méiose et du type fermé : se traduisent par une persistance de l'enveloppe nucléaire et le nucléole lors de la division cellulaire. Mise à part les chytridiomycètes on ne rencontre pas de centrioles chez les champignons mais des structures voisines au rôle analogue : les corpuscules polaires.

3. La reproduction chez les champignons :

3.1- **multiplication végétative** : il peut y avoir une multiplication végétative par :

- Fragmentation du mycélium.
- Multiplications par production de **spores asexuées** (équationnelles), ils se forment

végétativement sur le mycélium.

- * - **Sporangiospores** (ils se forment à l'intérieur d'un sac dit sporange).

Ex. *Rhizopus nigricans*

* - **Conidiospores ou conidies** (se forment par étranglement d'hyphes, portées sur des conidiophores en une chaîne de conidies). Ex. *Penicillium italicum*

* - **Chlamydo-spores** : (spores qui se forment par fragmentation de mycélium en pièces – une ou deux cellules pour chaque pièce - Ex. les champignons responsables des rouilles, les charbons et les caries)

3.2- **Reproduction sexuée** :

Les champignons sont capables de réaliser la reproduction sexuée, par la production de **spores sexuées** (se forment après la fécondation et suite à la différenciation des zygotes) se sont :

- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| Des Oospores. | Des Zygosporés |
| Des Ascospores | Des Basidiosporés. |

Tous les **types de cycles biologiques** existent chez les champignons :

- 1- cycle monogénétique haplophasique: phycomycètes et zygomycètes (ex. *Rhizopus* et *Mucor*)
- 2- cycle digénétique : certains basidiomycètes et ascomycètes.
- 3- cycle trigénétique : certains ascomycètes et basidiomycètes (ex. *Aspergillus*)

4. Systématique des champignons : selon Martin, 1960

Les champignons (Mycophytes) comprennent 300 000 espèces connues se sont en général immobiles, considérer comme des êtres de nature végétale, à cause de deux caractères :

- a) leur cellule possède une paroi glucidique :
- b) n'ingérent pas d'aliments solides.

On se basant sur la **structure de la paroi cellulaire**, les **filaments**, et les **organes de la reproduction (spores) sexuées et asexuées**, les champignons sont divisés en deux sous-embranchements et neuf classes à savoir :

Embranchement des mycophytes

- | | |
|---|--|
| <p>1- Sous embranchement des myxomycophytes</p> <p>1.1-classe des myxomycètes</p> <p>1.2-classe des acrassiomycètes</p> <p>1.3-classe des hydromyxomycètes</p> <p>1.4-classe des plasmodiophoromycètes</p> | <p>2- Sous embranchement des eumycophytes</p> <p>2.1-Classe des Archi mycètes (Chytridiomycètes)</p> <p>2.2-Classe des Phycomycètes</p> <p>2.3-Classe des Ascomycètes</p> <p>2.4-Classe des Basidiomycètes</p> <p>2.5-Classe des Deutéromycètes</p> |
|---|--|

1- Sous embranchement des myxomycètes

- Les myxomycètes (champignons gélatineux) sont des organismes **saprophytes** (fréquents sur les humus ou bois en décomposition) en partie **prédateurs** par phagocytose ou **parasites** des animaux ou des végétaux, formés de masses protoplasmiques nues dite **plasmode** (absence de paroi cellulaire), sa structure est cénocytique (multinucléée), et doués de lents mouvements amiboïdes.
- Les myxomycètes sont souvent considérés comme des organismes animaux voisins des protozoaires; **la présence de la cellulose dans la paroi des sporanges** est cependant un caractère qui les rapproche des végétaux.



schéma 24 : spore typique des myxomycètes est une haploïde, globeuse, structure unicellulaire. sa surface est épineuse.

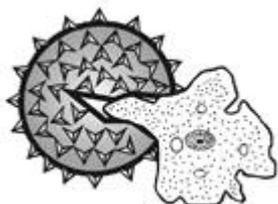


schéma 25 : La germination du spore en libérant un myxamibe chez *P. polycephalum*.

Exemple : *Plasmodiophora brassicae*:

Parasite responsable de la hernie du chou qui déforme les racines des crucifères.

Sous Emb. des plasmodiophoromycètes

Ordre : Plasmodiophorales

Famille : plasmodiophoracées

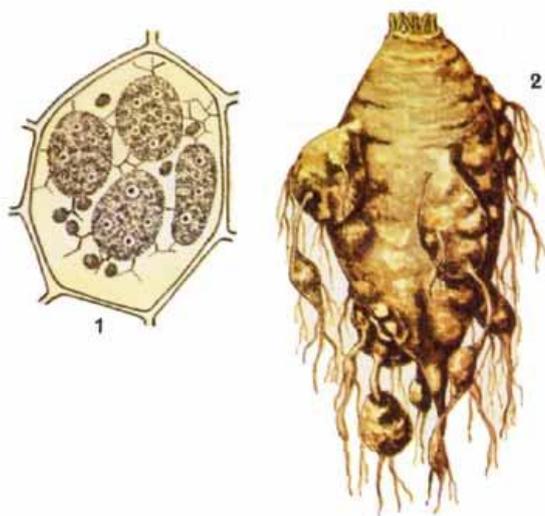


Fig.26 : la hernie du chou (1- multiplication du plasmode à l'intérieur de la cellule, 2- racine du chou déformée)

Cycle de reproduction :

- Vers la fin du 19^{ème} siècle une épidémie grave de racine de chou a détruit une grande quantité de la récolte de chou à Saint-Petersbourg en Russie, afin d'obtenir plus d'informations sur la maladie la société de jardinage russe a offert un prix à n'importe qui pourrait identifier la cause de la maladie, **Woronin, un scientifique russe** a identifié avec succès la cause comme un **plasmode**, en 1875 et lui a donné le nom de

Plasmodiophora brassicae. Cette espèce peut infecter plus de 300 espèces dans 64 genres des crucifères cultivés et sauvages (**le chou, le chou-fleur, la moutarde, le radis, et la rave...**).

- *Plasmodiophora brassicae* est un parasite obligatoire, il survit dans le sol, en vie ralentie sous forme de spores (**hypnospores**) qui peuvent survivre de 6-8 années, les hypnospores germent en réponse aux sécrétions des racines des crucifères, ils deviennent des zoospores qui infectent les poils absorbants des racines.
- Les spores se développent en amibe, à l'intérieur des poils absorbants des racines, les cellules amiboïdes du microbe se joignent ensemble pour former un plasmodium multi nucléé.
- Ce plasmodium subit une division réductionnelle pour former des zoogamètes (1n) libérés dans le sol, après la fécondation, les zygotes se développent en zoospores à quatre flagelles qui pénètrent dans les cellules des racines et deviennent des cellules amiboïdes émigrant dans le cortex jusqu'au tissu conducteur des racines de la plante hôte.
- Une fois dans le cortex, le microbe pathogène amiboïde peut se multiplier dans les cellules, sous l'effet du microbe le tissu sécrète des hormones de croissances qui font agrandir les cellules hôtes jusqu'à 20 fois de leurs tailles normales.
- Le plasmodium dans les cellules mortes subit la méiose et se transforme en spores (hypnospores) qui seront déchargées dans le sol.

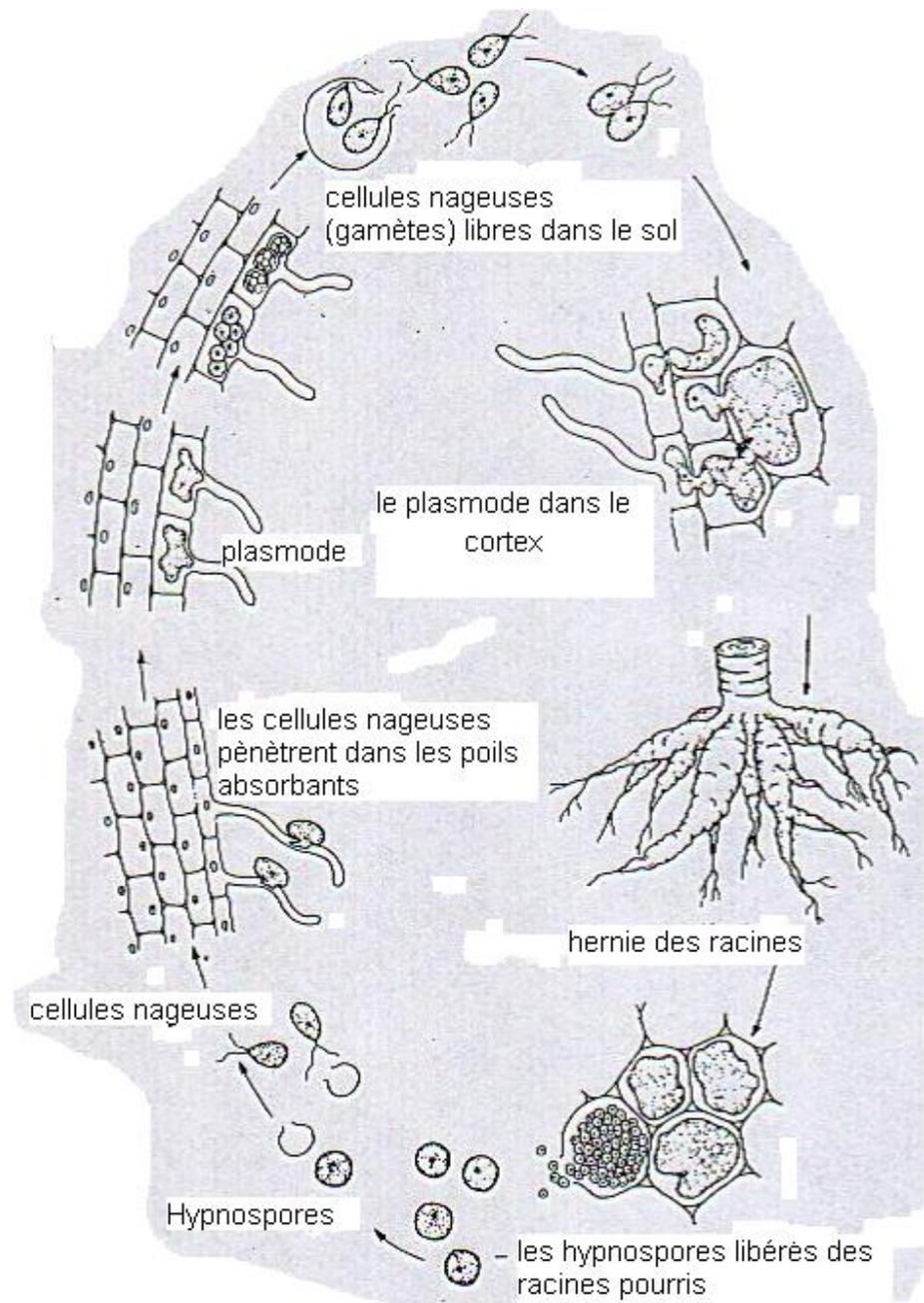


Fig. 27 : Cycle du *Plasmodiophora brassicae*
Parasite responsable de la hernie du chou

2- Sous embranchement des Eumycophytes

Contrairement aux myxomycètes les **Eumycophytes** sont soit unicellulaires ou filamenteuses: siphons, (cénocytiques) ou des hyphes cloisonnés.

- Ne peuvent pas ingérer les aliments solides par phagocytose.
- Absence de plasmode ; (formes amiboïdes).

2.1- Classe des Archimycètes (Chytridiomycètes)

2.1.1 -Caractères généraux des chytridiomycètes

- Les espèces de cette classe sont unicellulaires ou à thalle mycélien.

- La paroi de leurs cellules est composée de chitine.

- Les Hyphes sont cénocytiques .
- La reproduction s'effectue par des **spores uniflagellées**.
- La plus part des espèces sont aquatiques.

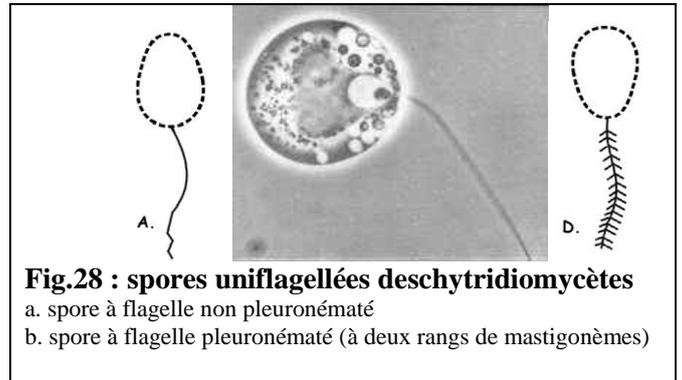


Fig.28 : spores uniflagellées deschytridiomycètes
a. spore à flagelle non pleuronématé
b. spore à flagelle pleuronématé (à deux rangs de mastigonèmes)

2.1.2 Les différents types de thalles des chytridiomycètes :

On distingue deux types de thalles :

a. **thalle eucarpique** : constitué d'une structure reproductrice produisant des spores uniflagellées, liée à une structure végétative (rhizoïdes.), se différencies en:

1- **thalle monocentrique**: constitué d'une seule structure reproductrice durant toute sa vie, peut-être:

1-1- **thalle épi biotique** la structure reproductrice se développe sur le substrat et la structure végétative se développe à l'intérieur du substrat

1-2- **thalle endobiotique** : les deux structures du thalle (reproductrice et végétatif) se développent à l'intérieur du substrat

2- **thalle polycentrique**: constitué de plusieurs structures reproductrices

b. **thalle holocarpique**: constitué d'une structure reproductrice de forme sphérique ou cylindrique, produisant des spores uniflagellées, absence de rhizoïdes.

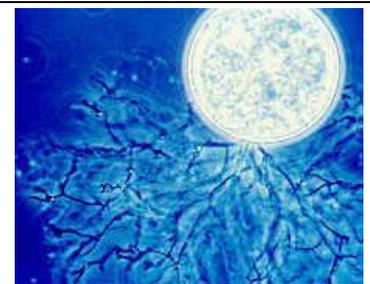


Fig.29 : Thalle eucarpique

Les chytridiomycètes comprenant trois ordres: 1- Chytridiales.

2- Blastocladiales.

3- Monoblépharidales

a- Thalle Eucarpique		b- Holocarpique
2-Polycentrique	1-Monocentrique	
	1-2 Epibiotique	1-1 Endobiotique

Fig.30 : Les différents types de thalles des chytridiomycètes

2.1.3 La reproduction chez les chytridiomycètes:

Reproduction asexuée:

Les spores uniflagellées produites par les structures reproductrices germent sur les frustules des diatomées, les coquilles ou sur les roches, et se transforment en un nouveau thalle (structure reproductrice "sporocystes" ± structure végétatif)

Reproduction sexuée

Les spores uniflagellées produites par les structures reproductrices, au lieu de se transformer en un nouveau thalle elles produisent des gamétocystes ♂ et ♀, les gamétocystes se fusionnent entre eux (le contenu du gamétocyste ♂ se déplace vers le gamétocyste ♀ = cystogamie), la fécondation mène à la production de zygote (2n), qui germe après une phase de repos, la réduction chromatique se produit lors de la germination produisant des spores uniflagellées .

*- le cycle sera donc monogénétique haplophasique

*- la fécondation peut être planogamie, isogamie ou anisogamie c'est le cas des **lastocladiales** , ou Oogamie c'est le cas des **Monoblépharidales** où les gamètes ♀ se différencient en oosphères.

2.2 -Classe des phycomycètes

2.2.1 - Caractères généraux des phycomycètes

➤ L'appareil végétatif est toujours un thalle filamenteux "mycélium" à base d'hyphes non cloisonnés "siphons" appelés hyphes cénocytiques.

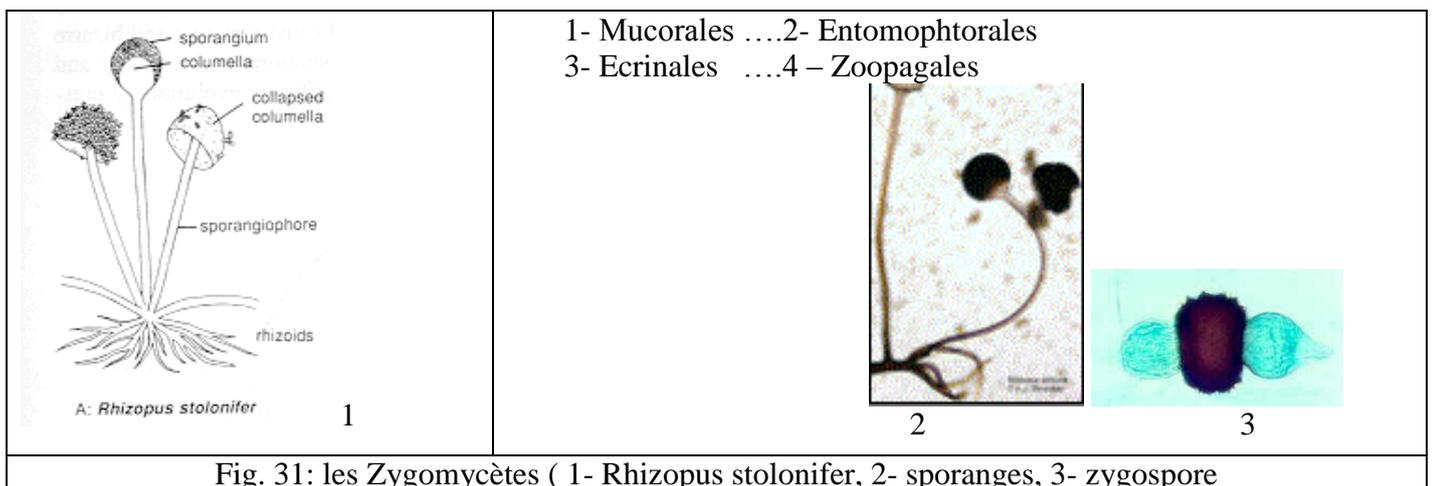
2.2.2 - Systématiques des phycophytes

➤ selon le type de spores produites lors de la reproduction sexuée on distingue 2 sous classe

1. Sous classe des zygomycètes → Zygosporés
2. Sous classe des Oomycètes---→Oospores

2.2.2.1 -Sous classe des zygomycètes

1. absence de cellules nageuses
2. les spores produites lors de la reproduction sexuée après cystogamie (fig. 3) sont des Zygosporés diploïdes (2n) à paroi épaisse résistante.
3. les spores produites lors de la reproduction asexuée sont généralement des Sporangiosporés, "spores asexués produites dans un sac appelé **Sporange** ou sporocystes (fig.1&2), comprenant quatre ordres :



Ordre des mucorales : les espèces de cette famille forment une partie des moisissures, les espèces *Mucor mucedo* et *Rhizopus nigricans*, ou moisissures blanches du pain, (appartenant à la famille des Mucoracées) forment un thalle filamenteux cénocytique qui se développe en saprophyte sur la matière amylacée (pain), de couleur blanche (du mycélium) transformée en noir, la couleur des (sporangiospores) après le développement du champignon.

On note qu'il existe deux sortes de hyphes les uns dressés portent les organes reproducteurs, les autres sont horizontales servent à fixer le mycélium sur le substrat "rhizoïdes". Ces thalles sont haploïdes et comportent deux sexes, morphologiquement indiscernables chez ces espèces et que l'on note donc (+) & (-)

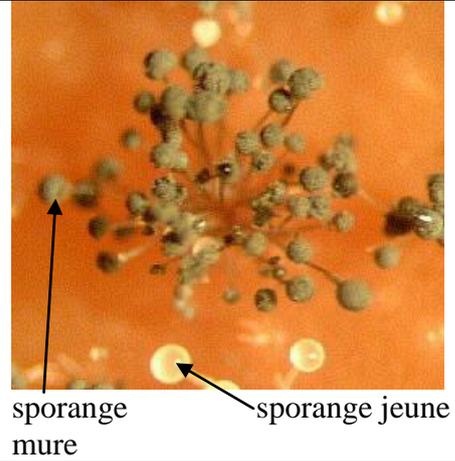
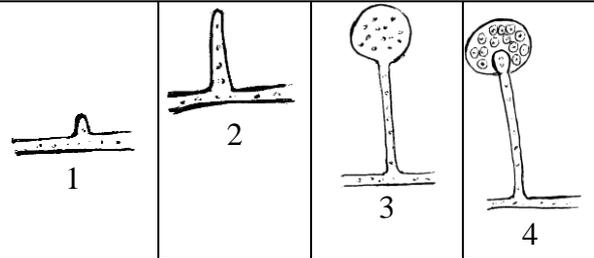


Fig. 32: les sporanges *Rhizopus nigricans*

la multiplication végétative :

Est assurée par les sporanges naissant à l'extrémité de filaments dressés et produisant des spores, à maturité ces spores ont une paroi de couleur noire, qui donne la couleur du champignon (Fig en face)

Fig. 33 : formation des sporanges chez le *Rhizopus nigricans*



La multiplication sexuée : se fait par contact de deux hyphes (siphons) dont chacun différencie un article plurinucléé ayant valeur de gamétange, la fusion des deux gamétanges donne naissance à un zygote à noyaux diploïdes; qui se différencie en une **zygospore** à parois très épaisses qui passent en une vie ralentie; lors de la germination, les noyaux subissent la méiose, puis de nombreuses divisions mitotiques, ce qui aboutit à la formation des hyphes, qui donnent naissance à un sporange (fig. Ci-dessous).

La fécondation :

Par Cystogamie, appelée aussi "gamétangie" c'est-à-dire fusion globale de deux gamétanges plurinucléés, sans que les gamètes se soient individualisés.

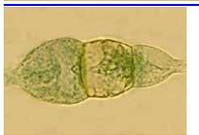
Cycle d'alternance de générations : Cycle monogénétique haplophasique.



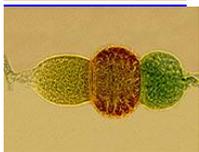
1 : Paire de progamétange: "+" et "-" développer l'un vers l'autre. La migration des noyaux se produira dans les bouts de deux progamétanges.



2 : les progamétanges sont fixés à l'apex pour former l'isogametangie. les cellules qui soutiennent les gamétanges dits suspenseurs.



3 : **Plasmogamie** se produit après la fusion des gamétanges suivit de **caryogamie** immédiatement pour former un zygote multinucléé.



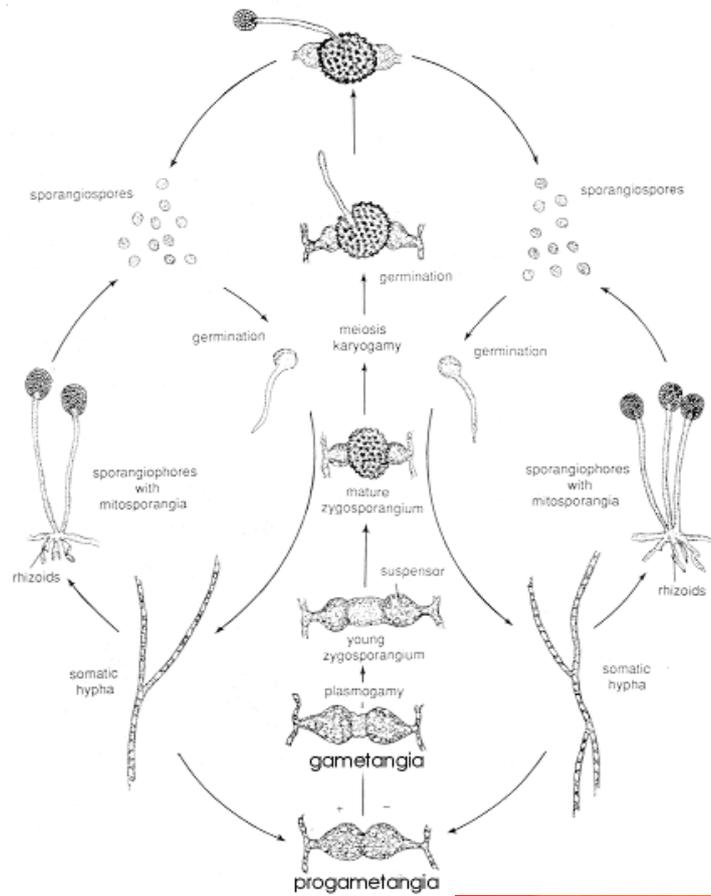
4 : Le zygote s'entoure d'une paroi épaisse pour former la zygospore.

Fig. 34 : les étapes de la formation des zygospores

Fig. 35 - Cycles asexué à gauche et à droite

- Cycle sexué au centre

Rhizopus nigricans



2.2.2 Sous classe des Oomycètes

-* lors de la reproduction asexuée les oomycètes produisent des **zoospores biflagellées** (fig.36 ,B & C)-

.- * .les gamétocystes femelles ♀ sont différenciés en oogones" qui contiennent généralement plusieurs noyaux (fig.36, D)

* la plupart des espèces sont parasites des végétaux et des animaux.

.* lors de la reproduction sexuée produisent des Oospores.

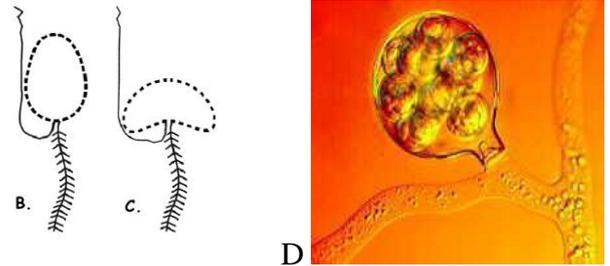


Fig. 36 : Les spores biflagellées des Oomycètes (B et C), D - Oogone

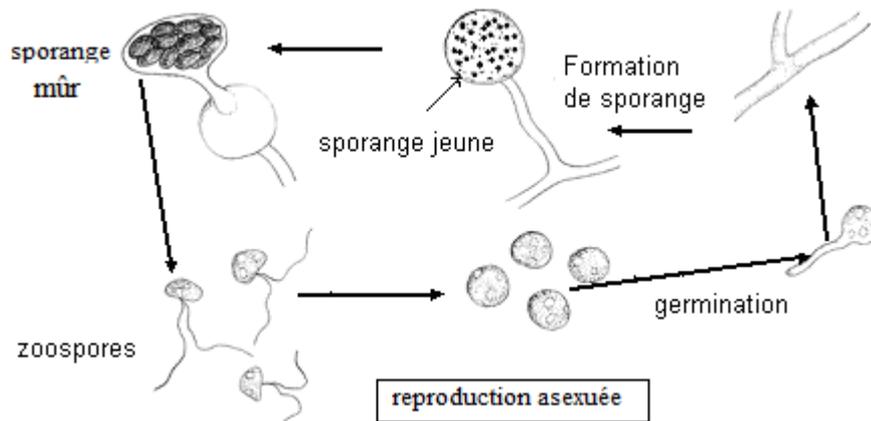


Fig. 37 : Cycle asexué des Oomycètes

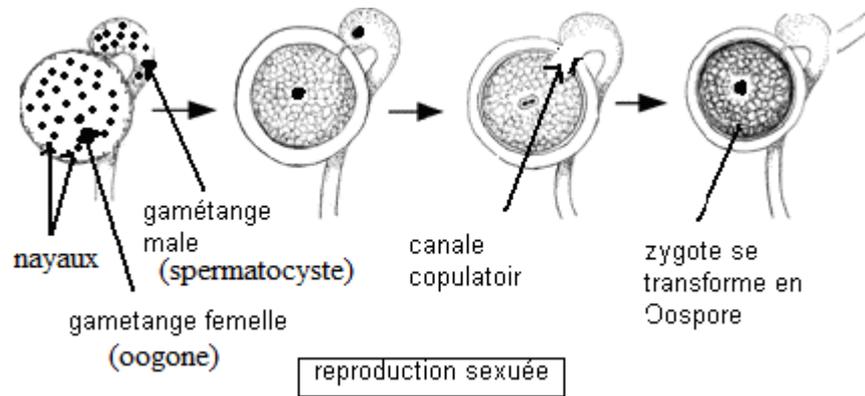


Fig. 38 : Cycle sexué des Oomycètes

- 1 - formation de deux gamétocystes multinucléés (Oogone sphérique entouré d'un spermatocyste allongé)
- 2 - le spermatocyste émet un prolongement, dit le tube copulateur qui traverse le périplasma et pénètre dans l'oosphère ou il divise son contenu
- 3 - l'oosphère se transforme en un zygote multinucléé.
- 4 - L'oosphère devient une Oospore entourée de deux membranes très résistantes qui passe à la vie ralentie.

Les Oomycètes comprennent trois ordres : 1- péransporales
2- saprolegnales
3- lagendiales

Exemple : 1- *Phytophthora infestans*: agent du mildiou de la pomme de terre.

Ordre : Péronosporales

Famille : péronosporacées

Exemple : 2 - *Plasmopara viticola*: agent du mildiou de la vigne

Ordre : Péronosporales

Famille : Péronosporacées

2.2 Classe des Ascomycètes

2.2.1 Caractères généraux des ascomycètes

* Absence de cellules nageuses.

* lors de la reproduction sexuée, les ascomycètes produisent des spores méiotiques, « les ascospores », chez les espèces filamenteuses, la cystogamie et la caryogamie ne sont pas synchronisées, ce qui aboutit à la formation des **hyphes à dicaryons** (chaque cellule a deux **noyaux conjugués**).

* La plupart des espèces sont saprophytes, certains sont soit parasites ou symbiotiques en lichens.

* Le mycélium est composé d'hyphes cloisonnés.

2.2.2 Systématique des ascomycètes

Les ascomycètes constituent la classe la plus nombreuse des champignons, ils sont divisés en sous classes suivant le mode et le lieu de la formation des asques, en deux sous-classes :

1- Sous-classe des protoascomycétidae (protoascomycètes):

a) Les espèces filamenteuses : les asques naissent isolément, sur le mycélium (asques nus).

b) Les espèces unicellulaires : les asques naissent par la transformation du zygote en un seul asque.

Les protoascomycètes comprennent trois ordres : 1- Endomycétales 2 - Sacharomycétales
3 - Taphrinales

2 - Sous classe des carpoascomycétidae (carpoascomycètes):

Toutes les espèces de cette classe sont filamenteuses, les asques apparaissent groupés dans des fructifications dites Ascocarpe : **l'apothécie** en forme de plateau, **le périthèce** en forme de bouteille, **le cleistothèce** fermé et plus ou moins sphérique.

Comprends Neuf ordres :

1- Aspergillales	4 - Myrinagiales	7 - (Pezizales)	2- Erysiphales	5 - Sphaeriales	8 -
Helotiales	3- Pseudophaeriales	6 - Clavicipales	9 - Tuberales		

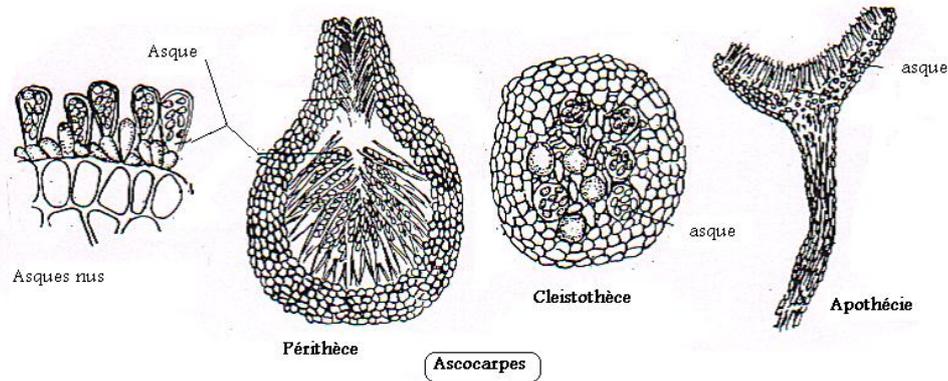


Fig 39. Les différents types d'ascocarpes

2.2.3 La reproduction sexuée chez les ascomycètes :

Lors de la reproduction sexuée les ascomycètes produisent des ascospores qui se forment à l'intérieur d'un sac dit **asque** (du grec ascus qui veut dire sac), qui contient huit ascospores.

2.2.3.1- La reproduction sexuée chez les espèces unicellulaires :

la levure = "*Saccharomyces cerevisiae*"

Deux cellules se rapprochent, puis se fusionnent, la fusion des cytoplasmes (**plasmogamie**) est suivie de la fusion des deux noyaux (**caryogamie**), ainsi le zygote est formé, son noyau à 2n subit une division réductionnelle (méiose) pour donner quatre noyaux à 1n, suivit d'une mitose pour donner huit noyaux, chacun s'enveloppe dans une paroi et devient une ascospore, tandis que la cellule se transforme à un asque

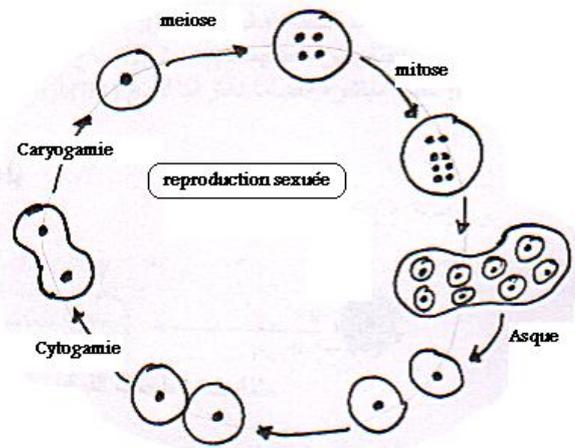


Fig 40 : La reproduction sexuée chez les ascomycètes unicellulaires

2.2.3.2- La reproduction sexuée chez les espèces filamenteuses

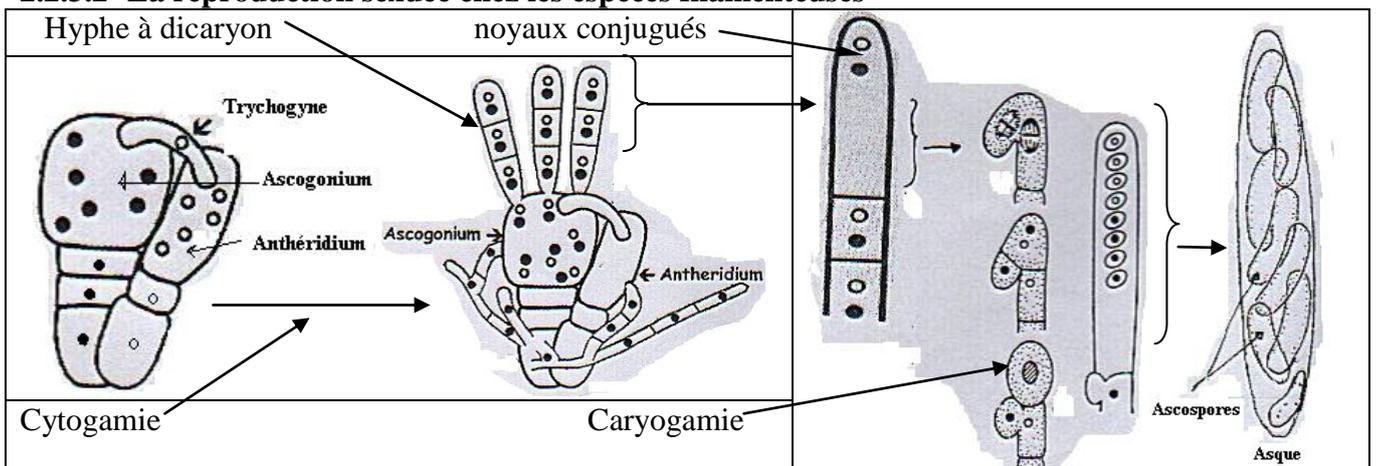


Fig 41 : La reproduction sexuée chez les ascomycètes filamenteuses

- 1- formation des deux spermatocystes multinucléés (anthéridium ♂ et ascogonium♀ ce dernier et surmonté d'une trichogyne)
- 2 - Le trichogyne se pénètre dans l'antheridium.
- 3 - C'est par l'intermédiaire du trichogyne que les noyaux de l'antheridium vont migrer vers l'ascogonium.
- 4 - À l'extrémité des hyphes à dicaryon se forment les asques:

- l'extrémité de l'hyphe se courbe en arc, les deux noyaux conjugués se divisent en quatre noyaux, et deux cloisons s'apparaissent pour séparer, un noyau à l'extrémité de l'hyphe, deux noyaux au milieu de l'arc et un noyau à la base. C'est la cellule au milieu de l'arc qui donnera naissance à un asque.

- a- les deux noyaux se fusionnent (caryogamie), en un noyau $2n$.
- b) le noyau $2n$ subit une méiose pour donner quatre noyaux $1n$.
- c) chaque noyau subit une mitose, le résultat est huit noyaux qui vont devenir huit ascospores.
- c) la cellule devient un asque.

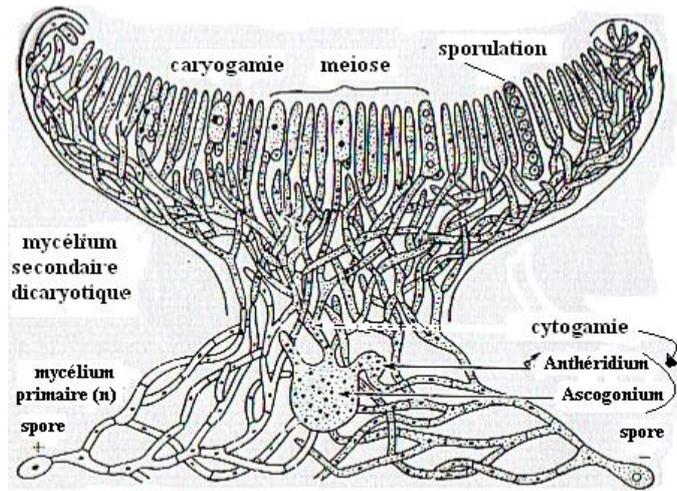


Fig. 42: Reproduction sexuée chez un ascomycète supérieur avec la formation d'un ascocarpe en plateau (périthèce)

Remarque:

- Les asques restent isolés, sur le mycélium (**asques nus**) chez les **protoascomycètes**, ou renfermés dans des fructifications, « **les Ascocarpe** », chez les **Carpoascomycètes**.
- De nombreux ascomycètes supérieurs, surtout des parasites, produisent des **sclérotés** ce sont des masses d'hyphes serrées, durcies et déshydratées, qui peuvent persister en une vie ralentie et assurer la permanence de l'espèce à travers la mauvaise saison; au retour des conditions favorables, ils germent en donnant des conidies.
- **Cycle d'alternance de générations : tri génétique**
 - 1^{ère} génération : ascospores (n) germination mycélium primaire [hyphes cloisonnés chaque cellule contient un seul noyau (n)]
 - 2^{ème} génération : mycélium secondaire [hyphes cloisonnés chaque cellule contient deux noyaux conjugués ($n+n$)]
 - 3^{ème} génération : formation de l'ascocarpe

Exemple 1- *Saccharomyces cerevisiae* la levure

Ordre : saccharomycetales

Fam : sacharomycetales

Les levures se présentent sous forme de cellules rondes, ovales ou cylindriques, ordinairement de 4 à 6 μm de largeur sur 5 à 8 μm de longueur, et pourvues d'un seul noyau. Les réserves consistent surtout des grains de glycogène, les cellules contiennent en outre des réserves protéiques riches en vitamines, la plupart des espèces se divisent par bourgeonnement, c'est-à-dire par formation sur l'un des points de leur surface d'un petit bourgeon pédicellé qui une fois séparé de la cellule-mère, continue à s'accroître pour atteindre la dimension de la cellule-mère, puis il se bourgeonne à leur tour. Il arrive fréquemment que les cellules filles restent quelque temps attachées aux cellules-mères qui leur ont donné naissance, en sorte qu'il se forme alors de petites colonies de cellules bourgeonnantes réunies les unes aux autres.

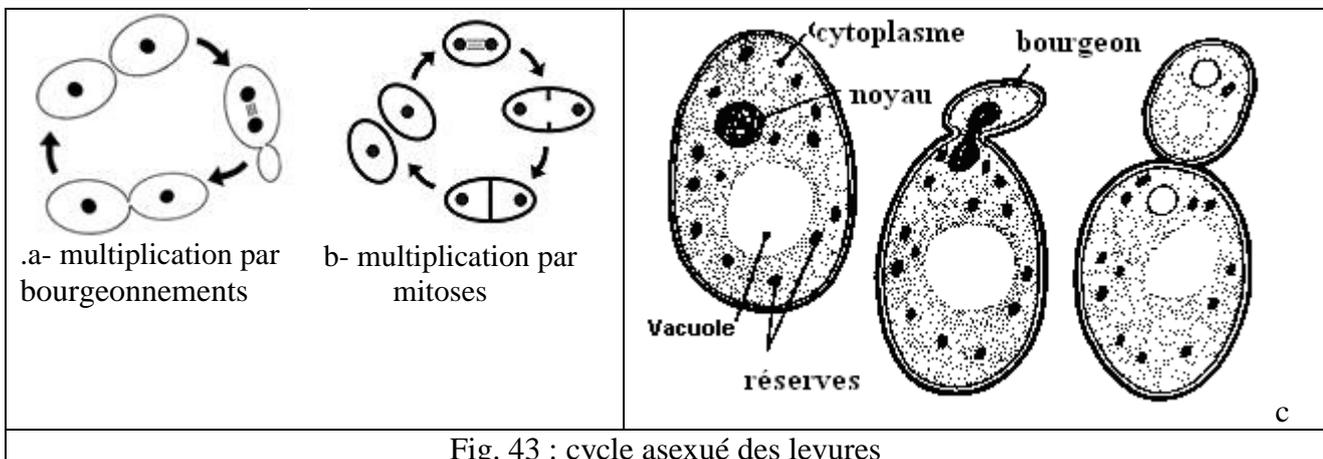


Fig. 43 : cycle asexué des levures

Chez certaines levures la multiplication s'effectue non par bourgeonnement, mais par cloisonnement transversal (mitose).

La reproduction sexée s'opère par accollement de deux cellules, formation de becs de copulation, puis la fusion des contenus cytoplasmique suivit par la fusion des deux noyaux (n) en un seul noyau diploïde (2n), celui-ci peut alors, aussitôt ou d'une manière différée après de nombreuses divisions, subir une méiose qui aboutit à la formation de 4, parfois 8 cellules filles qui ont l'équivalent d'ascospores.

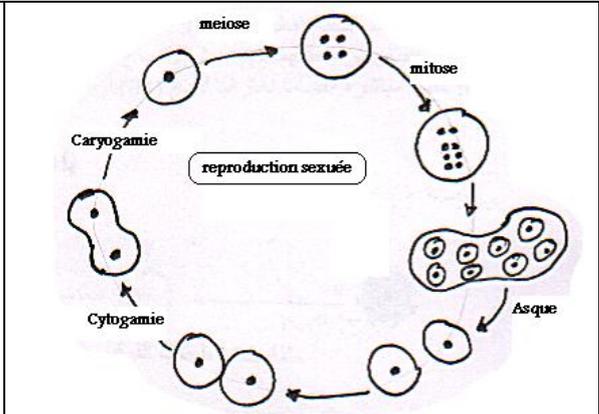


Fig. 44 : cycle sexué des levures

Cycle d'alternance de génération :

- On peut distinguer ainsi 3 cas de cycles :
- 1- Cycle monogénétique haplophasique,
- 2- Cycle digénétique haplodiplophasique
- 3- Cycle monogénétique diplophasique : où la génération haploïde disparaît car les ascospores aussitôt mises en liberté se fusionnent deux à deux pour donner à nouveau des cellules diploïdes

Modes de vie :

Les levures sont anaérobiques facultatives. En présence de l'oxygène elles dégradent les glucides suivant une respiration normale « $C_6 H_{12} O_6 \rightarrow CO_2 + H_2O$ », mais en milieu peu aéré, elles déterminent la fermentation alcoolique avec dégagement du "gaz carbonique" CO_2 et production d'alcool éthylique « $C_6 H_{12} O_6 \rightarrow 2CH_3 CH_2 OH + 2CO_2$ », cette propriété est utilisée dans la fabrication des boissons alcoolisées, et celle du pain que le CO_2 , fait "lever".

Les levures du vin appartiennent en général aux *Saccharomyces ellipsoïdeus* et *Saccharomyces apiculatus* (par la fermentation des raisins), le cidre est obtenu par la fermentation des pommes et poires par les deux espèces précédentes, la bière est fabriquée avec ce que l'on appelle le malt, c'est-à-dire avec des grains d'orge ayant commencé à germer, en présence du *Saccharomyces serevisiae*

Ordre : Aspergillales,

Fam.: *Aspergillacées*
Exemples - *Aspergillus*, et *Penicillium*

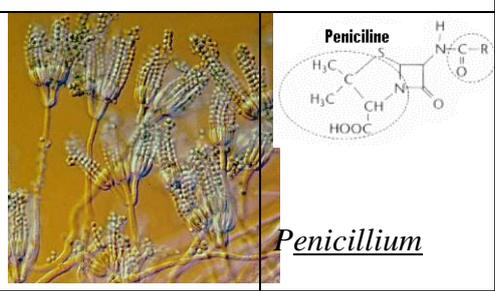
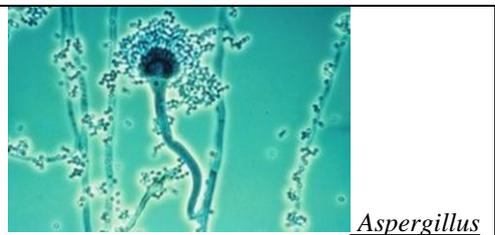
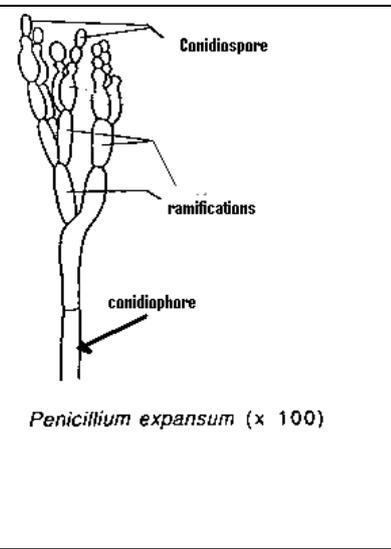
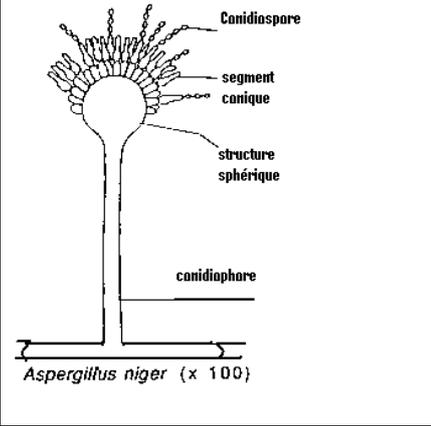


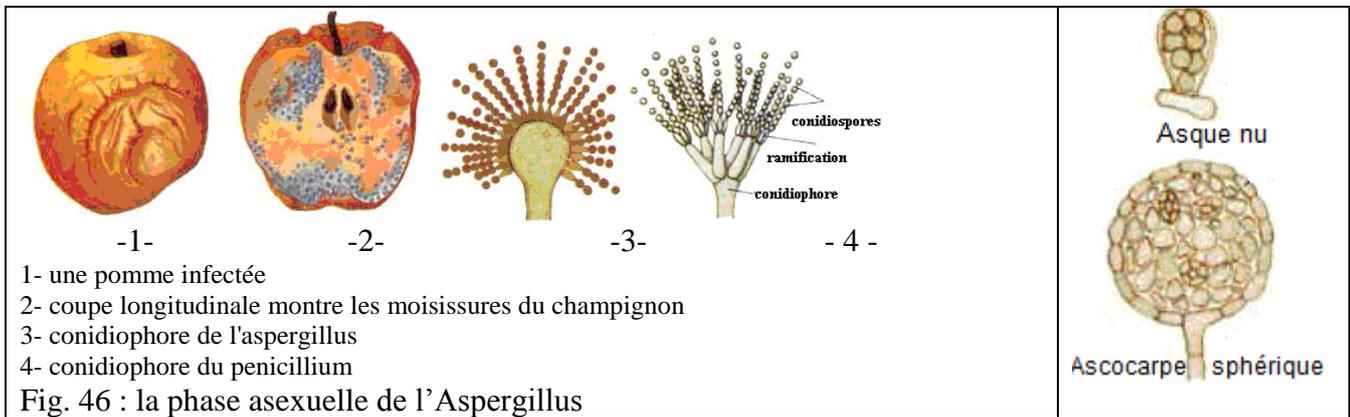
Fig. 45 : la phase asexuelle de l'Aspergillus et du Penicillium

Moisissures bleu verdâtre

Les deux espèces se différencient nettement par leurs conidiophores, le *penicillium* présente un conidiophore cloisonné, et ramifié se termine par une structure "ressemble à un balai", les rameaux produisent des conidies par étranglement, les conidies sont rangées en une chaîne de conidiospores, tandis que le chromatophore chez l'aspergillus n'est pas cloisonné, et se termine par une structure sphérique qui porte deux rangés de segments coniques, la deuxième rangée porte des chaînes de conidiospores.

Lors de la reproduction sexée produisent des ascocarpes sphériques «Cleistothèces»

Cycle : trigénétique



1- une pomme infectée
 2- coupe longitudinale montre les moisissures du champignon
 3- conidiophore de l'aspergillus
 4- conidiophore du penicillium
 Fig. 46 : la phase asexuelle de l'Aspergillus

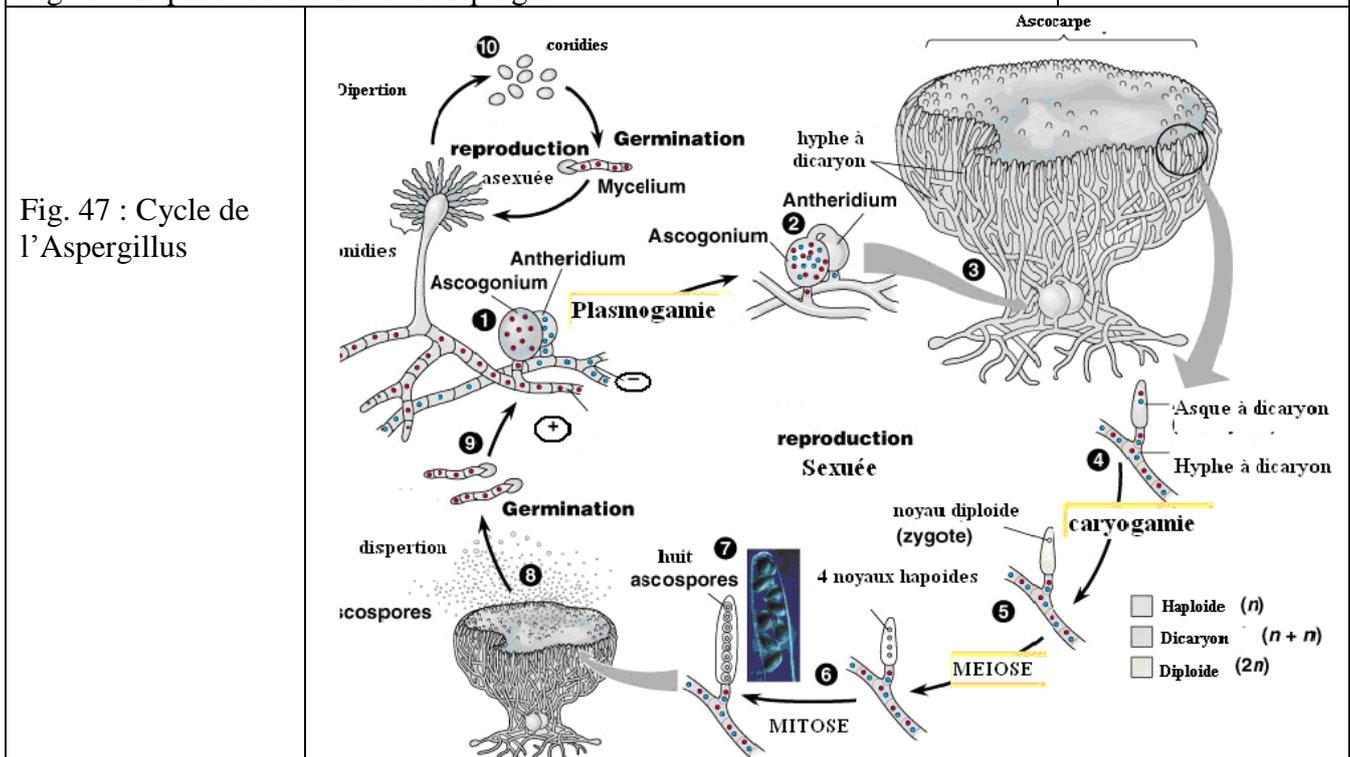


Fig. 47 : Cycle de l'Aspergillus

2.4-Classe des Basidiomycètes

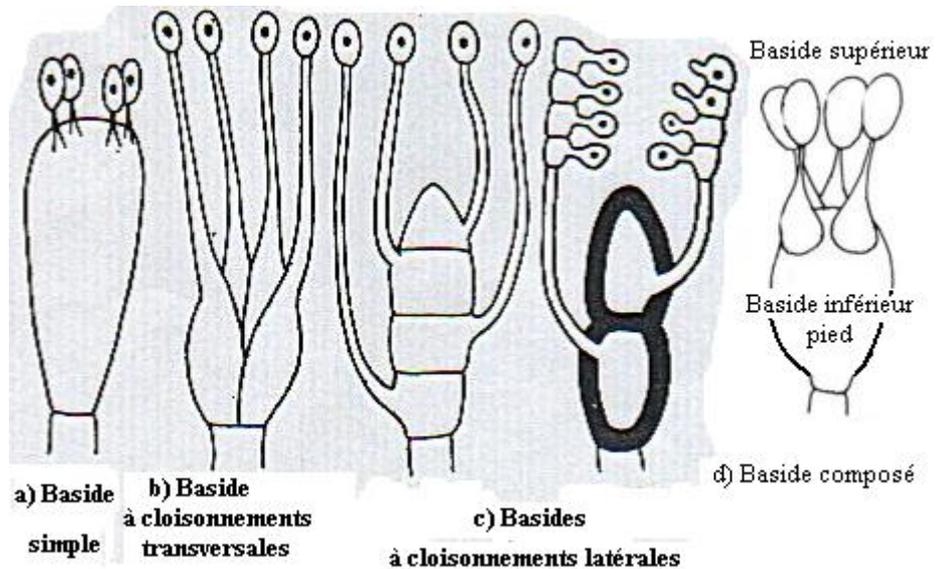
2.4.1-caractères généraux des basidiomycètes

- Les basidiomycètes sont un groupe important de champignons qui comprend les champignons de couche de nos forêts. Ils sont en général **saprophytes** ou **symbiotiques**, mais on y trouve aussi les plus redoutables ravageurs des cultures (**parasites**).
 - Ils sont caractérisés par un **mycélium cloisonné**.
 - Champignons sans cellules motiles (ni zoospores ni zoogamètes)
 - lors de la reproduction sexée, **la cystogamie et la caryogamie ne sont pas synchronisées**, le mycélium primaire (n), après la cystogamie devient un mycélium **secondaire dicaryotique** ($n+n$) aux crochets caractéristiques, dits **crochets dangeardiens** .
 - Les spores sexées sont des **basidiospores**, portées sur des basides au bout des stérigmates, la systématique des basidiomycètes repose sur la structure de ces basides (fig. 1)
 - la partie fertile du sporophyte constitué par des stromas basidiogènes souvent volumineux (fruits à basides), appelée **carpophores**.

2.4.2-Types de basides :

- a)- baside simple
- b)- baside à cloisons transversales
- c)- baside à cloisons latérales
- d) baside composée

fig.48 : Types de basides



:

2.4.3-Type de cycle des basidiomycètes:

-Cycle trigénétique

- 1^{ère} génération : basidiospore → germination → mycélium primaire (hyphes cloisonnés, les cellules à un seul noyau "n")
- 2^{ème} génération : mycélium primaire → cystogamie → Mycélium secondaire dicaryotique (hyphes cloisonnés, chaque cellule a deux noyaux conjugués "n+n").
- 3^{ème} génération : mycélium secondaire → multiplication → la formation du carpophore.

2.4.4-Les différents types de plasmogamie chez les basidiomycètes (transformation du mycélium primaire en mycélium secondaire)

- a) fusion entre deux hyphes : le noyau de chaque cellule opposée se divise en deux noyaux, un canal copulatoire se forme permet une permutation de l'un des deux noyaux, ce qui aboutit à la formation de cellules dicaryotiques.
- b) fusion d'une spore (1n) (généralement une conidie) avec un hyphe (1n).
- c) fusion de deux spores, deux conidies ou deux basidiospores ce qui aboutit à la formation d'une cellule dicaryotique.

2.4.5- la croissance du mycélium secondaire : la multiplication se fait par la dangeardie.

Formation des crochets dangeardiens:

la croissance aura lieu seulement à l'extrémité des hyphes :(fig. 2)

- a) cellule terminale binucléée d'un hyphe.
- b) allongement de la cellule terminale
- c) Les deux noyaux conjugués se divisent simultanément, et la formation d'un crochet qui se dirige vers l'arrière, un noyau fils (a) reste emprisonné dans ce nouveau croché.
- d) à la base du crochet se forme une cloison, deux noyaux fils (á b') se dirigent vers le sommet de l'hyphe.
- e) se forme une autre cloison qui sépare les deux noyaux (á b') au bout de l'hyphe, en ce moment la fusion du bout du croché avec la cellule adjacente libère le noyau b, un nouvel article ou boucle est ainsi formé.

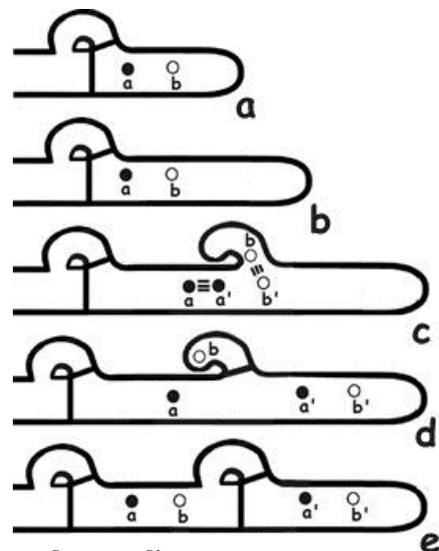


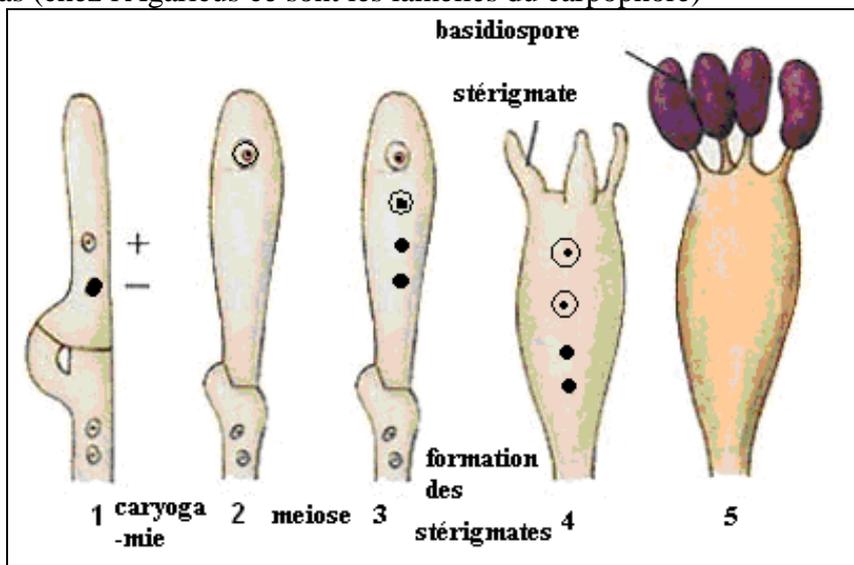
Fig. 49:La croissance des hyphes par les crochets dangeardiens

2.4.6- La reproduction chez les basidiomycètes:

2.4.6-1- La reproduction asexuée : la reproduction asexuée généralement par la production de chlamydo-spores ou des **conidies** selon les espèces.

2.4.6-2 La reproduction sexuée : production de basidiospores, naissent au bout des hyphes à dicaryons, dans la partie fertile stromas (chez l'Agaricus ce sont les lamelles du carpophore)

Fig. 50 : la reproduction sexuée des basidiomycètes



- 1- Allongement de la cellule terminale dicaryon (noyau conjugués +, -)
- 2- fusion des noyaux conjugués (**caryogamie**) à un seul noyau $2n$.
- 3- le noyau diploïde subit directement la méiose, pour donner 4 noyaux, suivit par la formation de 4 bourgeons au sommet de la cellule (stérigmates), les noyaux émigrent dans chaque bourgeon, et la cellule devient une baside, qui porte quatre basidiospores (5), les basides peuvent être simples (fig.1,a) ou divisées par des cloisons transversales (fig.1,b) ou horizontales (fig.1c).

2.4.7. Systématique :

La systématique des basidiomycètes repose sur la **forme des basides**.

Classe des **BASIDIOMYCETES**

1- Sous classe des **Eubasidiomycétidae**

- baside simple, formée d'une seule cellule n'est pas divisée.(fig.1, a).

Comprends les ordres suivants : 1- Exobasidiales 5- Sclerodermatales

2- Aphylophorales 6- Lycoperdales

3- **Agaricales** 7- Nudilatales

4- Hymenogastrales

2- Sous classe des **Hétérobasidiomycétidae**

-Les basides sont composées de deux pièces, la cellule supérieure devient une baside à laquelle la cellule inférieure sert de pied, qui peut bourgeonner une dangeardie secondaire dans laquelle émigrent les noyaux conjugués. Comprend plusieurs ordres : Auriculariales...(fig, 1, d)

3- Sous classe des **Phragmobasidiomycétidae**

-La baside formée d'une seule cellule divisée latéralement ou longitudinalement en quatre pièces chacune porte une seule basidiospore fig.1 , b, c). Comprends deux ordres:

1- **Urédinales** : champignons des rouilles des plantes

2- **Ustilaginales** : champignons des "charbons" et "caries" des plantes

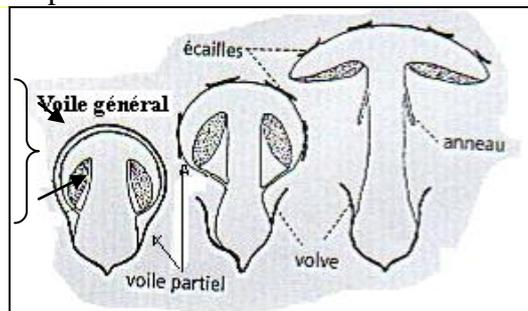
Exemple :1 **Agaricus**

Ordre des agaricales

Fam. des agaricacées

_ Carpophores d'abord revêtus d'un voile ensuite nus, la voile s'étant détruit ou déchiré, avec surface fertile faite de lamelles rayonnantes. Fig. : 51

Fig. 51 développement du carpophores chez l'Agaricus



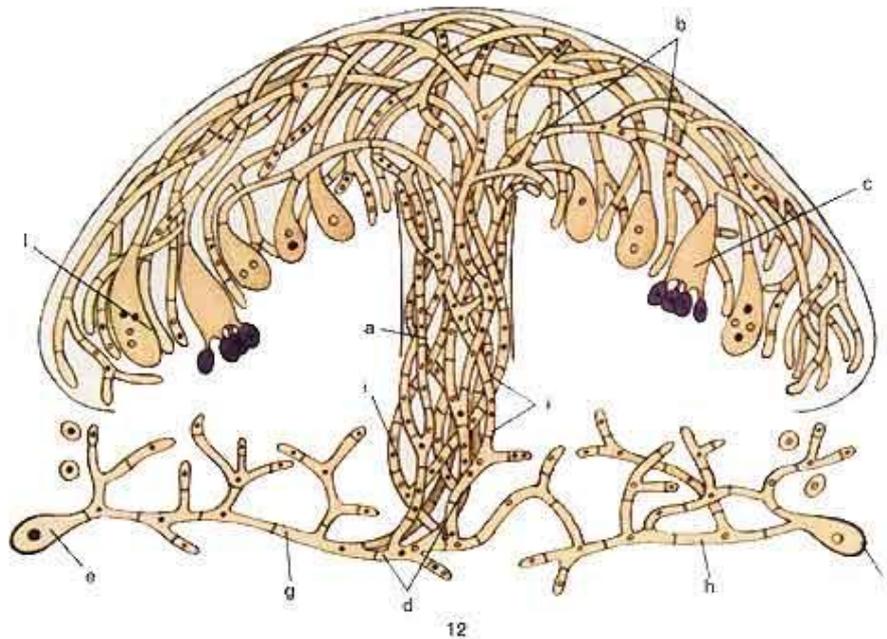


Fig. 52: le cycle sexué de l'Agaricus

Cycle de développement

* cycle trigénétique: (1, 2, 3)

1- Basidiospores (n) germination (1) Mycélium primaire (n)

2- Mycélium primaire (n) cystogamie (Fusion de deux hyphes) (2) mycélium secondaire (n+n) Mycélium secondaire (n+n) formation du carpophore. (3) carposporophyte

2- Carpophore → Pied

→ Chapeau partie inférieur → la partie fertile (stromas basidiogènes) → basidiospores

Urédinales : champignons des rouilles des plantes

La plupart des espèces sont des parasites spécifiques ne peuvent se développer que sur certaines espèces bien définies de plantes hôtes.

- **Les espèces à cycle complet** possèdent en principe cinq sortes d'organes reproducteurs **basides**, **pycnies**, **écidies**, **urédies** et **téliés**. Chez les espèces **autoïques**; tous les organes s'observent sur le même hôte, si elles sont **héroïques**, il y a un hôte pour pycnies et écidies, une autre pour urédies et téliés.

- **Les espèces à cycle incomplet** sont de deux sortes :

1°- espèces sans basidiosporophytes : leurs gamétophytes, seuls conservés, produisent des pycnies (qui peuvent manquer) et des proécidies.

2°- espèces sans gamétophytes, leurs basidiosporophytes, seuls conservés, ne produisent que des urédies (qui peuvent manquer) et des proécidies.

Puccinia graminis : (Rouille noir du blé)

Fam. des Puccinacées

Cycle du champignon : l'espèce est à cycle complet, hétéroïque, sur deux hôtes différents : l'épine- vinette (Berberis vulgaris), et le blé triticum

a) sur le berbérus. (Stade haploïde)

Le stade haploïde est le gamétophyte. Les **basidiospores** sont capables d'infecter seulement les feuilles de l'épine-vinette, elles germent sur les feuilles en donnant un mycélium primaire dont les cellules sont uninucléées, le mycélium envoie des suçoirs dans les cellules de l'épiderme de la feuille de la plante hôte. Ce parasite produit des taches jaunes orangées sur les feuilles. Les taches sur la face supérieure sont des **pycnides** (spermogonies) et sur la face inférieure ce sont des **écidies**.

Les pycnides : sont organisés en forme de bouteille, logées dans des cavités de la feuille, ouverte vers l'extérieur. On observe deux sortes de filaments : les uns se fragmentent en chapelets de cellules

uninucléées (**pycnidiospores**), leur dissémination est assurée par les insectes, ils ne germent pas (des gamètes males). Les autres sont des filaments qui sortent de la pycnide : ce sont des hyphes récepteurs (des gamètes femelles). **La fécondation se fait par la fusion des pycnospores avec les hyphes récepteurs** (ils ont le rôle de trichogyne).

A la face inférieure des feuilles infectées de l'épine-vinette, naissent des enchevêtrements d'hyphes dicaryotiques qui constituent des nodules.

Si une pycnospore rentre en contact avec un hyphe récepteur d'un mycélium de signe opposé, le noyau pénètre dans l'hyphe, et les cellules deviennent dicaryotiques. Dans un premier temps, les noyaux + et - ne fusionnent pas. Le développement donne naissance à un organe en forme de cupule : l'écidie mature. Sa taille augmente et déchire l'épiderme de la face inférieure de la feuille. Un filament donne naissance à l'écidiospore à deux noyaux (n+n) à paroi épaisse, les écidiospores ne germent que sur le blé. Il y aura formation d'un mycélium dicaryotique, entre les cellules du blé.

b) Sur le blé (Stade diploïde)

Dans la feuille du blé, le mycélium donne des fructifications allongées sous-épidermiques : Ils se différencient en urédospores binucléées (n+n), qui se trouvent à l'extrémité d'un long pédicelle. Elles font éclater l'épiderme, donnant à la feuille une couleur de rouille. Les urédospores peuvent germer sur le blé, ce qui propage la maladie, avec formation de filaments dicaryon (infection secondaire).

En fin de saison le mycélium dicaryotique forme un autre type de fructifications de couleur noire (c'est un groupement sous forme de téléospores bicellulaires binucléées [(n+n)+(n+n)] fig 7. Ils sont dicaryotiques qui passent l'hiver dans le sol. Au printemps, la cellule de la téléospore germe en émettant un filament, promycélium, les deux noyaux se fusionnent, et subissent directement une division méiotique pour donner quatre noyaux, qui s'isolent par des cloisons et donnent des basidiospores (sporidies), qui infectent l'épine-vinette.

Remarque :

- L'épine-vinette n'est infectée que par l'infection primaire, des basidiospores.
- L'infection primaire du blé produite par les écidiospores, et l'infection secondaire produite par les urédospores.
- la cystogamie se fait par la fusion entre une spore et un hvphe

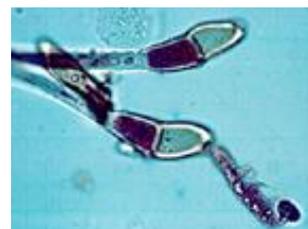


Fig. 53: téléospores

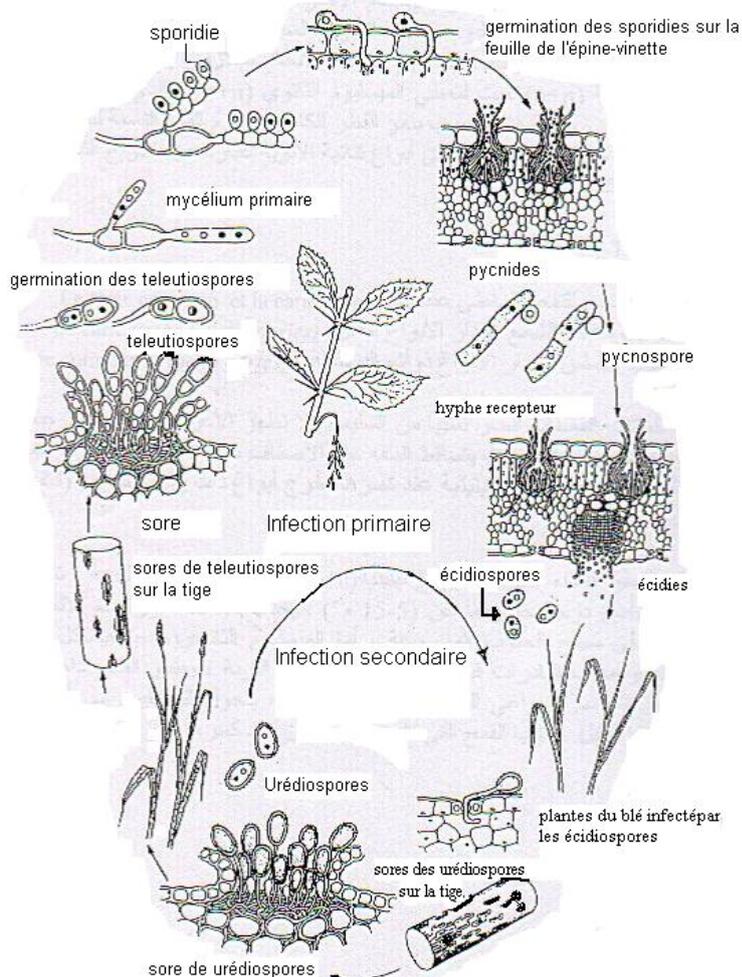


Fig. 54: Cycle du Puccinia graminis

2.5 - Classe des Deutéromycètes

On réunit dans le groupe des Deutéromycètes ou «champignons imparfaits» des organismes à hyphes cloisonnés dont on ne connaît que la multiplication végétative mais ne présentent pas de sexualité, donc ni asques ni basides. Ces champignons sont presque tous parasites de Végétaux, quelques-uns D'animaux.

L'absence de reproduction sexuée peut avoir plusieurs causes :

- Une dégradation en rapport avec la vie parasitaire.
- La séparation des thalles de signes différents (+ & -) sur des hôtes distincts.
- Ou plus simplement une lacune de nos connaissances.

Les Deutéromycètes se multiplient par des spores analogues aux conidies des Ascomycètes, leur forme, leur structure, leur couleur et leur mode de formation sont très variés et permettent de reconnaître les espèces.

Le nombre des espèces évalué à 20 000, classés en ordres selon le mode de **formation des spores asexuée** :

a) Sphaeropsidales

Les conidies se forment dans des sphérules creuses ressemblent aux pycnides de certains Ascomycètes. Ex. *Zythia fragariae* forme des marbrures sur les feuilles de Fraisier. (A et B)

b) Mélanconiales

Les conidies se forment sur des stromas, le symptôme fréquent est l'apparition sur la plante infestée de taches brunes ou noires dites anthracnose.

c) Moniliales

C'est le groupe le plus nombreux. Les conidies se forment en arbuscules sur des filaments dressés sur la surface du thalle. Ex. *Fusarium* ce genre contient plusieurs espèces parasites notamment des solanacées (pomme de terre, tomate...) et des rosacées (pêchés, abricotiers, pruniers...), l'une elle cause de grands ravages sur le palmier dattier de nos oasis du sud ouest (maladie du «bayoud») causé par *Fusarium oxysporum* (C, D, E)

d) Mycéliums stériles

Un quatrième groupe est formé de mycélium complètement stérile, ne produise même pas de conidies. Exemple: Le genre *Rhizoctonia*

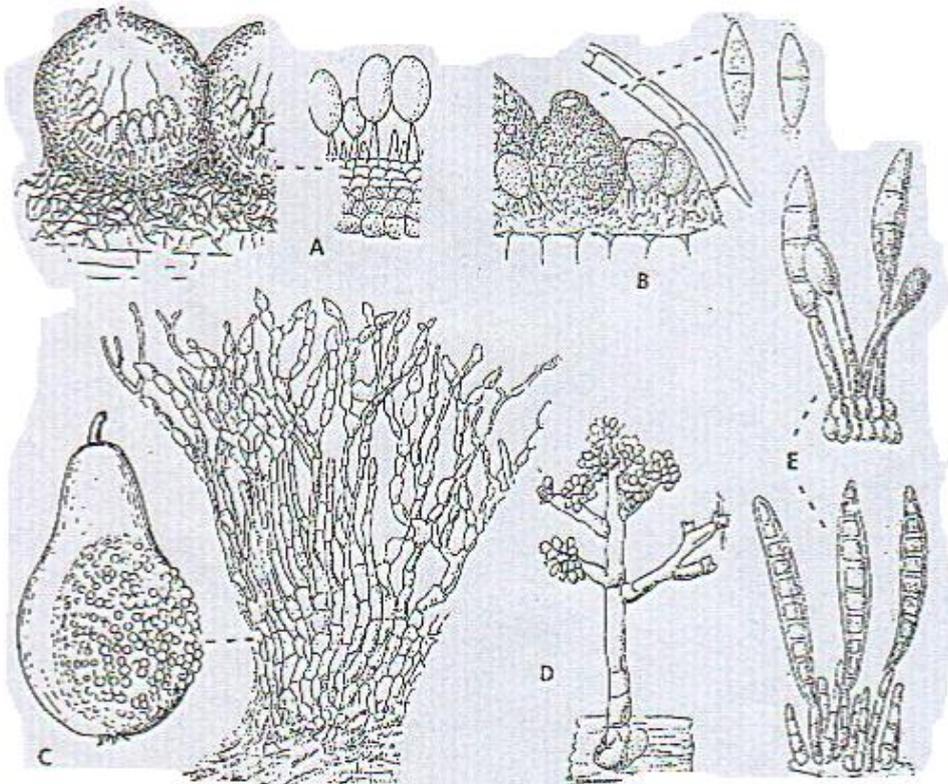


Fig. 53: types de conidies des deutéromycètes

Les mycorhizes

Les mycorhizes sont constitués par des radicelles associées symbiotiquement au mycélium de divers champignons. **Le champignon fournit à son partenaire sa nourriture minérale et reçoit de celui-ci des substances carbonées, sans le faire nuire**, notons que les champignons peuvent absorber les sels minéraux en faibles concentrations, indisponibles pour les racines des végétaux supérieurs.

Il y a un équilibre plus ou moins stable, dans les racines mycorhizées, entre le mycélium endotrophe et la racine. Si le mycélium devient trop virulent, la racine meurt, s'il est au contraire trop peu virulent, il est digéré par les cellules qui le contiennent.

On trouve les mycorhizes sur les racines des forestiers (Pins, Hêtres, Chênes...), de nombreuses Angiospermes herbacées (Solanacées, Orchidées...) et même sur les Ptéridophytes (*Lycopodium*, sur le sporophyte ou sur le gamétophyte).



Fig. 54: Racines mycorhizées d'une plantule du pin

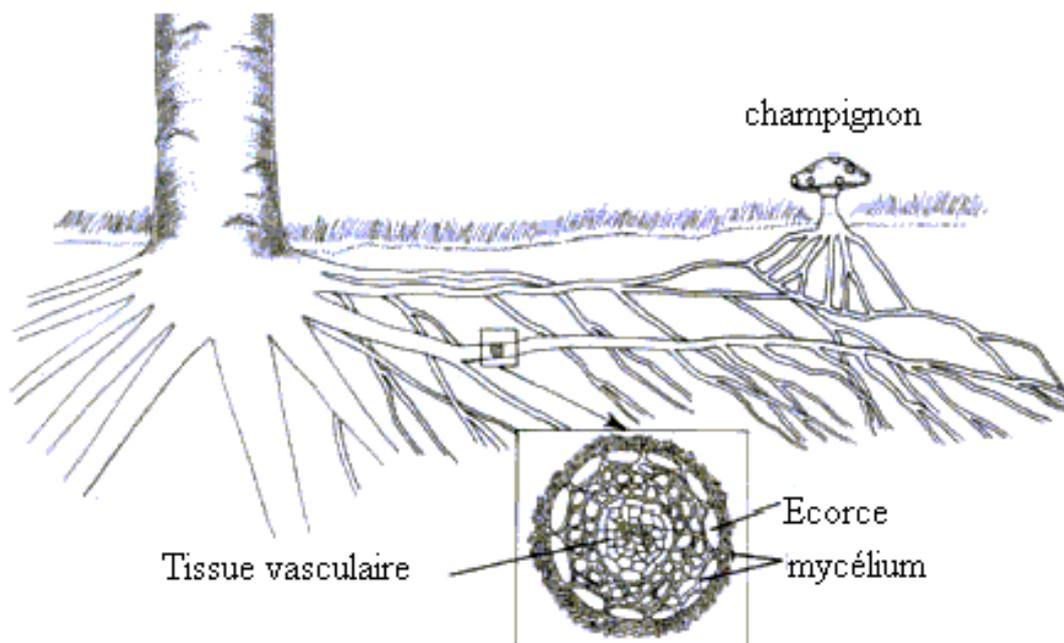


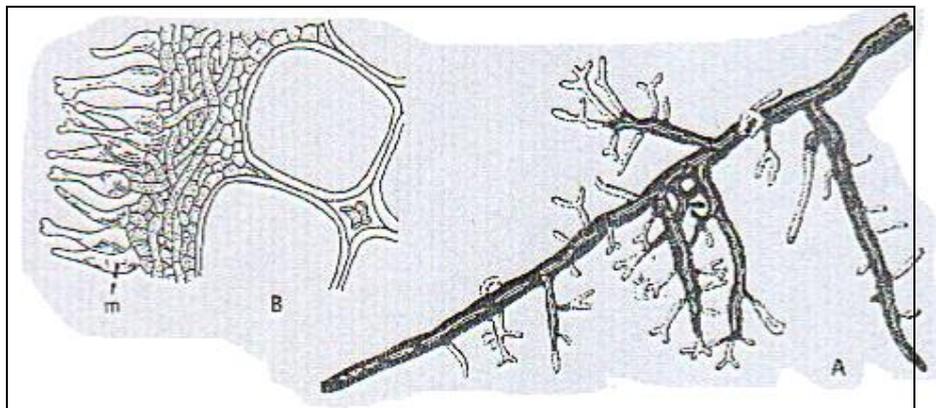
Fig. 55: une basidiomycète en symbiose avec un arbre

Les champignons des mycorhizes sont souvent des basidiomycètes, et certains ascomycètes et quelques zygomycètes. Très souvent chacune des espèces de champignons des mycorhizes ne peut s'unir qu'aux racines d'une seule espèce de plantes.

Par rapport aux racines avec lesquelles il est associé, le mycélium des champignons des mycorhizes peut être :

1. Mycorhizes externe : formant autour de la racine un manchon, garni ou non, vers l'extérieur, d'hyphes libres, qui s'allongent dans le sol, à la façon de poils absorbants. Cela donne un **mycorhize éctotrophe**

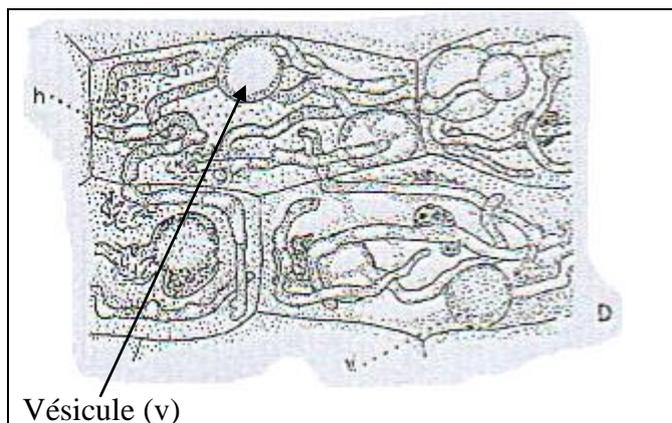
Fig. 56: Mycorhizes externe
 A- Vue générale d'une racine mycorhizées du pin sylvestre en blanc les extrémités mycorhizées



B- Coupe transversale dans une racine de Hêtre avec le mycélium (m) du champignon symbiotique disposé en un manchon autour de la racine

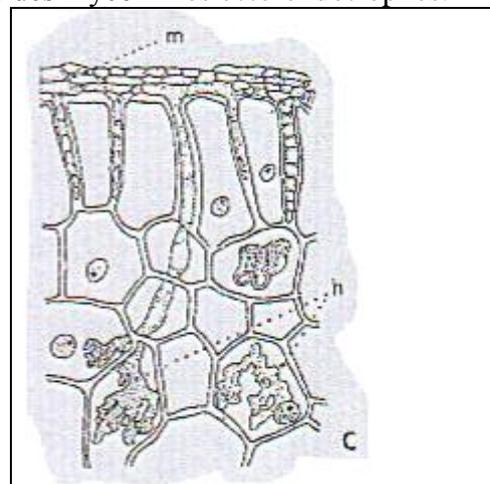
2. Mycorhizes internes : entièrement logé dans les cellules de la racine dans lesquelles il forme des pelotons, garnis de vésicules ou d'arborescences. Cela donne un **mycorhize endotrophe**.

Fig. 57: Mycorhizes internes
 D- coupe d'un mycorhize endotrophe: le mycélium symbiotique (h) est logé dans les cellules, ou il s'est garni de vésicules



- 3° Mycorhizes en partie internes et en partie externe : c'est le cas des mycorhizes ecto-endotrophes.

Fig. 58 : Mycorhizes ecto-endotrophes
 C- Mycorhizes ecto-endotrophes : coupe dans un mycorhize ecto-endotrophe , le mycélium disposé d'une part en un manchon (m) autour de la racine et d'autre part en fines hyphes qui pénètrent dans la racine



Chapitre 4: Les Lichens

- 1- **Définition** : Un lichen est une structure autonome, résultant de l'association symbiotique, entre deux catégories de partenaires :
 - Le partenaire fongique, hétérotrophe, un ascomycète ou basidiomycète, qui représente plus de 90% de la biomasse lichénique, dont les hyphes sont microscopiques enchevêtrées emprisonnent,
 - Le partenaire chlorophyllien, autotrophe, qui est une algue verte ou une cyanophycée.
 - certains botanistes considèrent les lichens comme des champignons lichénisés, adaptés à la vie symbiotique, le constituant fongique prédomine, en effet, dans la morphologie et la reproduction du lichen.

2- La Structure des lichens

La majorité des champignons des lichens appartiennent aux ascomycètes supérieurs (Carpoascomycètes), ils ont conservé dans l'organisme lichénique leurs fructifications caractéristiques, il existe quelques espèces de lichens dont le constituant fongique est un basidiomycète.

Les cellules d'algues, appelées **gonidies** paraissent être au nombre d'une centaine d'espèces seulement, représentent 10% environ de la biomasse du lichen, ce sont des **chlorophycées** ou cyanophycées, dont les cellules sont isolées ou réunies en petits amas; elles conservent en général leur gaine mucilagineuse ou les lichens qu'elles forment sont appelés lichens gélatineux.

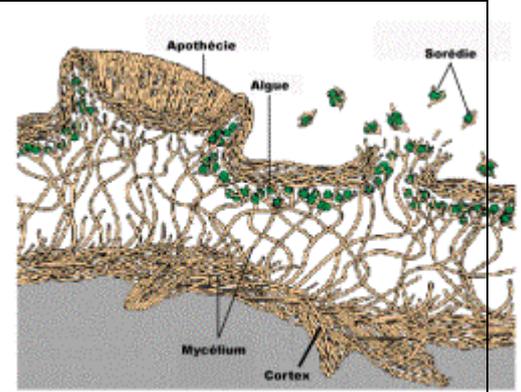


Fig. 59 : Coupe transversale d'un thalle de lichen

Les gonidies des chlorophycées, sont des cellules vertes, isolées, sphériques, ou en chaînes courtes.

3- Morphologie et anatomie

3.1 Les lichens gélatineux (homéomères)

La structure est homogène (algue + champignon) sans strates différenciées, les gonidies sous forme de colonies de cyanobactéries comme le genre nostoc, qui conservent en général leurs gaines mucilagineuses.

3.2 Les lichens secs (hétéromères)

Représentent un thalle sec, différencié en strates.

3.2.1- Les lichens foliacés : ce sont des lichens à lames lobées lâchement fixées au substrat par des organes piliformes d'une partie de leur face inférieure, les rhizoïdes. La structure du thalle est hétéromère, sous forme de strates :

- 1- cortex supérieur, composé d'hyphes enchevêtrés assez fortement serrés.
- 2- couche gonidiale associée à des hyphes de champignons peut serrée.
- 3- médulle, (hyphes de champignons faiblement serrée).
- 4- cortex inférieur, composé d'hyphes enchevêtrés assez fortement serrés.

3.2.2-les lichens crustacés : formant une croûte étroitement adhérente au substrat, **par toute la face inférieure du thalle**, le thalle est généralement inséparable du support, une coupe microscopique réalisée verticalement montre de haut en bas:

- 1-un cortex supérieur, constitué d'hyphes enchevêtrés assez fortement serrés.
- 2- une couche algale "gonidiale" (médulle + gonidies)
- 3- la médulle constituée d'hyphes faiblement serrées, inséparables du substrat.

3.2.3-les lichens fruticuleux : thalle en forme d'arbuscules, tubuleuses, lié au substrat par des rhizoïdes, la structure anatomique est également stratifiée, mais à symétrie radiale, une coupe microscopique réalisée verticalement montre de l'extérieur vers l'intérieur:

- 1-un cortex supérieur, formé d'hyphes enchevêtrés assez fortement serrés.
- 2- une couche algale "gonidiale" (médulle + gonidies)
- 3- la médulle constituée d'hyphes faiblement serrées.

Remarque : Il existe des lichens crustacés ou foliacés dont le constituant fongique est un ascomycète supérieur (carpoascomycète) la face supérieure du thalle porte des tiges appelées podétion se terminent par des apothécies

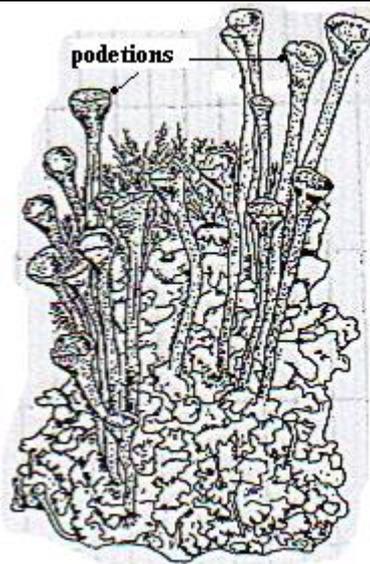


Fig. 59 : Thalle foliacé avec des fructifications en plateau (podétion)

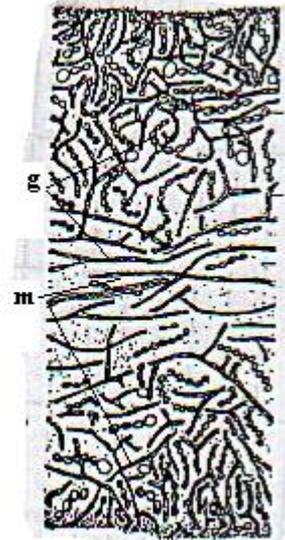
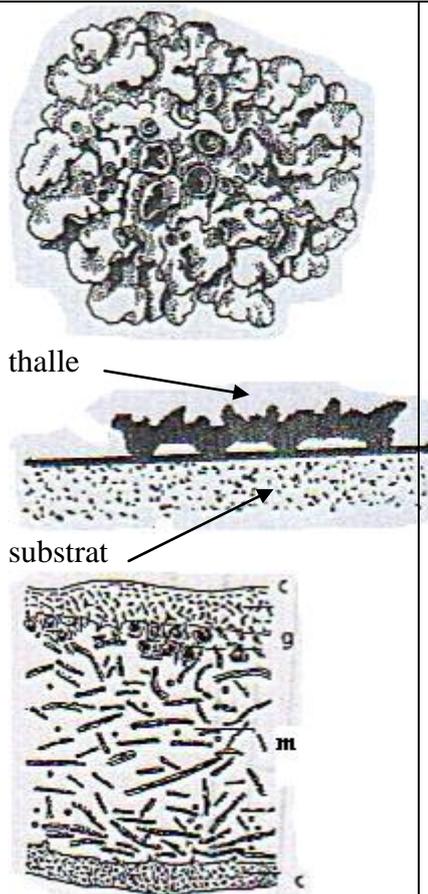


Fig. 60 : Coupe transversale d'un thalle homéomère



Coupe transversale
Fig. 61 : Thalle foliacé

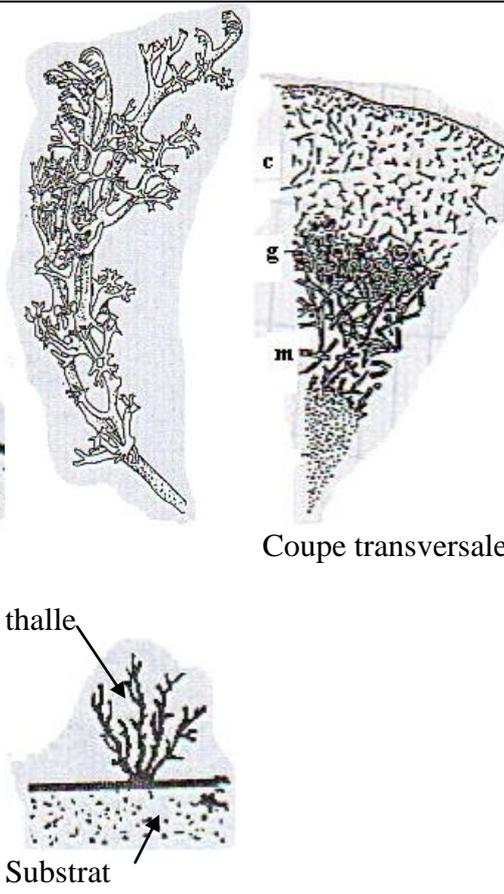
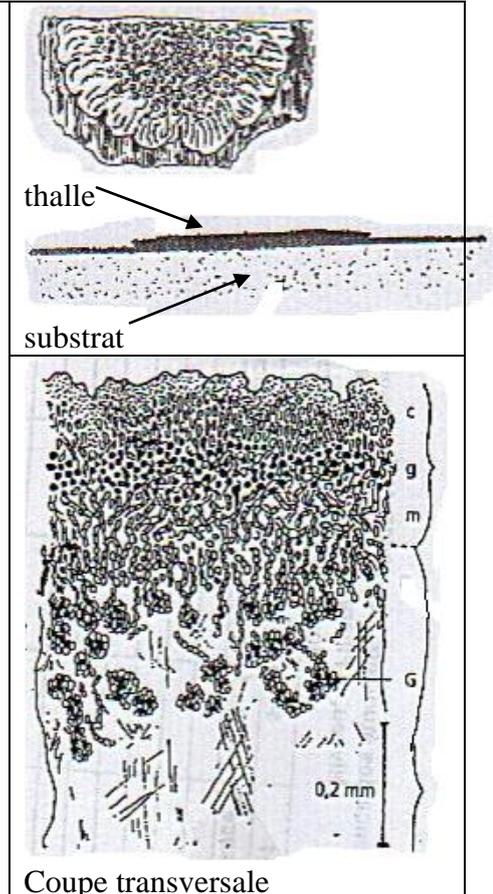


Fig. 62 : Thalle foliacé



Coupe transversale
Fig. 63 : Thalle foliacé

4- Les organes portés par le thalle :

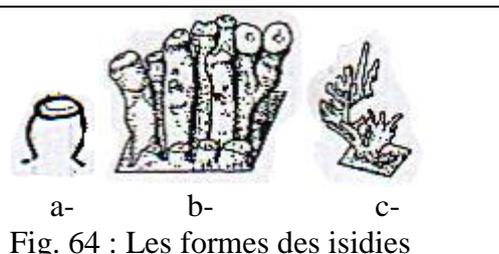
Poils : visibles à la loupe, ils correspondent aux prolongements libres des hyphes du cortex (supérieur ou inférieur) parfois nombreux et serrés.

Cils : formations filiformes, de teinte habituellement sombre, visibles à l'œil nu, constitués par le prolongement de plusieurs hyphes accolées ; se trouve généralement sur les bords du thalle

Rhizoïdes : (ou rhizines) Organes de fixation du thalle foliacé, simples ou ramifiés, composés d'un faisceau d'hyphes plus ou moins soudées et recouvertes d'une gaine gélatineuse facilitant l'adhésion au substrat.

Sorédies : (ou soralies) après les déchirures du thalle, il y a émission de "granules", les sorédies, formées d'un enchevêtrement d'algues et d'hyphes. Leur couleur est généralement différente de celle du thalle, les sorédies ne sont pas entourées de cortex.

Isidies: À la surface du thalle on trouve de petits bourgeons (a- sphériques, b- cylindriques, c- ramifiés) contenant les cellules algales et le mycélium du champignon. Recouvertes par un cortex, les isidies ont en général la même couleur que le thalle.



Céphalodies: Structures en forme de tumeurs, sur la face supérieure du thalle, parfois deviennent gélatineuses, le partenaire algale est une cyanophycée (en général Nostoc), alors que le partenaire algale est une algue verte, toutefois sa nature longtemps ignorée, est considérée comme une infection provoquée par des cellules des algues bleues, parasites, sur la surface du thalle, maintenant est considérée comme étant des organes portés par le thalle des lichens.

5- La reproduction des lichens

- par dissémination du complexe lichénique lui-même :

Fragmentation de thalle, ou émission de sorédies ou isidies.

- par la production de spores du champignon, après leur germination les hyphes capturent des cellules d'algues on donnant naissance à un nouveau thalle. En revanche, les gonidies ne se multiplient que par bipartition.

5.1- la dissémination du complexe lichénique :

1.1- fragmentation du thalle : le complexe lichénique peut se disséminer globalement, sous forme de fragments de thalle (les lichens, organismes reviviscents, peuvent subsister longtemps à l'état sec, ils sont alors très cassants et leurs débris, dispersés par divers agents, vent, animaux, constituent autant de boutures).

1.2- les sorédies: les sorédies sont facilement transportées par le vent, la pluie, les insectes et permettent une dissémination de l'espèce.

1.3- les isidies : les isidies plus lourdes que les sorédies, ne peuvent être transportées aussi loin, elles assurent plutôt une colonisation du substrat.

5.2- La reproduction du champignon :

Les lichens portent généralement sur la surface du thalle des fructifications en coupe (apothécies) ou bouteille (périthèces) contiennent des asques, après leur libération les ascospores germent et donnent naissance à des hyphes qui capturent des cellules d'algues, pour donner un nouveau thalle lichénique.

Les gonidies ne se multiplient que par voie asexuée, même pour les chlorophycées.

6. La relation trophique du complexe lichénique

La symbiose apparaît comme l'association de deux partenaires avec bénéfices réciproques, dans une interdépendance nutritionnelle, il y a transfert des photosynthétats vers le champignon et en échange, le transfert de l'eau, de substances dissoutes et de certaines substances organiques vers les cellules de l'algue.

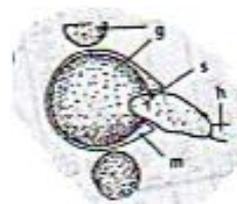


Fig. 65 : La relation trophique du complexe lichénique (un suçoir du champignon pénétrant dans une gonidie de l'algue)

L'association lichénique apporte des propriétés qu'on ne trouve pas chez l'un ou l'autre des partenaires :

- la reviviscence : la capacité de passer rapidement et répétitivement de l'état sec à l'état hydraté.
- Un pouvoir lithogène qui leur permet de s'installer en pionnier sur des substrats difficiles.
- La résistance aux températures extrêmes.

L'observation par le microscope électronique montre une pénétration de suçoirs dans la cellule gonidiale, tantôt ils paraissent tuer rapidement les cellules, tantôt, au contraire, stimuler leur division et ensuite infester les cellules filles.

Pour qu'un végétal puisse croître, il faut que l'assimilation du carbone l'emporte sur la respiration. Or, dans un lichen, la masse du champignon (hétérotrophe) est toujours très supérieure à celle des gonidies (autotrophe); le calcul montre que le lichen a du mal à équilibrer son budget carboné. C'est pour cette raison que les lichens se développent dans les régions froides (sur les rochers dans les montagnes nordiques et même dans la région polaire), au contraire dans les régions à haute température les lichens sont absents ou rares. la croissance du thalle est très lente, de l'ordre d'un millimètre par an..

7- Usages des lichens :

Les lichens ont été utilisés dès l'antiquité comme plantes **médicinales**, et **alimentaires** ou **artisansaux**. Ils ont été employés comme nourriture pour l'homme et le bétail, l'extraction des colorants. De nos jours ce n'est que dans les régions subarctiques qu'ils ont conservées, du fait de leur possibilité de récolte en grande quantité et de la pauvreté des ressources naturelles. Toutefois, leur utilisation possible comme source d'antibiotique ou comme bio indicateurs sensibles à la pollution de l'air.

Usages alimentaires : un petit nombre d'espèces seulement sont utilisées dans la pratique, elles doivent leur pouvoir nutritif à la lichénique, susceptible de libérer par hydrolyse du glucose au cours de la digestion, du moins chez les ruminants.

Dans l'alimentation humaine, seule *Cetraria islandica*, dite " Mousse d'Islande", a été utilisé autrefois d'une manière assez régulière dans les pays nordiques, sous forme de farine.

Diverses espèces d'*Umbilicaria* ont été occasionnellement consommées au Canada par les trappeurs et au Japon, *Lecanora esculenta* a été utilisé dans les déserts asiatiques.

Il est possible que les lichens jouent un rôle très important dans la nutrition des animaux herbivores, dans les alpes en Europe et en Amérique du nord.

Usages industriels :

- Les matières colorantes : actuellement les lichens, en tant que fournisseurs de matières colorantes, ne sont plus guère utilisés en raison de l'emploi de colorants synthétiques; mais ils font encore l'objet d'une exploitation artisanale dans les pays nordiques.

- Différents lichens peuvent donner, par extraction à l'eau chaude, des substances mucilagineuses qui ont été utilisés comme succédanés de gomme arabique.

- quelques espèces utilisées pour la préparation de l'alcool par hydrolyse de la lichénine.

- **Parfums** : C'est la seule utilisation industrielle des lichens qui conserve aujourd'hui une importance notable; c'est aussi l'une des plus anciennes. *Evernia prunastri* est le plus utilisé, pour la plupart dérivés de l'acide usnique à la suite d'estérification par les alcools.

Usages médicaux: Le principal intérêt des lichens en médecine semble être actuellement la possibilité d'en extraire des antibiotiques, L'acide usnique des usnées semble actif contre une vingtaine de bactéries, récemment ont été découvertes des propriétés antitumorales et inhibitrice de la réplication du virus du SIDA. Une autre substance antibactérienne a été obtenue à l'état cristallisé à partir de *Ramalina reticulata* ; elle est actif contre divers Pneumocoques.

D'autre part, *Cetraria islandica* est encore utilisé en pharmacie dans la fabrication des pâtes pectorales en raison des propriétés émoullientes de la lichénine.

Letharia vulpina est toxique et a été utilisé autrefois pour fabriquer des appâts empoisonnés contre les loups et les renards.

Usages comme indicateurs de condition de milieu : les lichens sont sensibles aux polluants atmosphériques (fumées et poussières), et de nombreuses espèces disparaissent lorsque la qualité de l'air se dégrade, leur abondance et leur degré de vitalité, définir des indices de pureté atmosphérique

-Les lichens peuvent être aussi des accumulateurs de retombés radioactives.

Systematique

- Certains botanistes considèrent les lichens comme un embranchement autonome, séparé des algues et champignons. Ils sont divisés en deux classes selon la nature du partenaire fongique, à savoir:

- 1- Classe des asco-lichens
- 2- Classe des basidio-lichens

La systématique moderne montre que les lichens ne constituent pas une unité taxonomique spécifique, mais résultent de processus de lichénisation qui affecte plus de 20% des champignons actuellement connus comme des champignons lichénisés.

Critères d'identification des lichens :

- Type de thalle : foliacé, crustacé ou fruticuleux.
- Couleur du thalle : jaune, orangé, vert, vert bleu, brun,...
- La forme, la couleur et localisation des organes portés par le thalle : Poils, cils, rhizines, isides, sorédies et céphalodies...
- Les caractères microscopiques de l'appareil reproducteur : apothécie, périthèce, asques, paraphyses et ascospores.
- Les réactions colorées avec certains produits : l'eau de javel concentrée "C" (hypochlorite de sodium Na OCl) le potasse "K" (KCl), Paraphénylénédiamine "p". le réactif est déposé à l'aide d'une allumette effilée, sur le cortex supérieur ou la médulle préalablement dégagée avec une lame de rasoir, les résultats de ces réactions colorés sont notés C+, P+, K+ suivi du nom de la couleur obtenue (ex: K+ rouge si on obtient une coloration rouge après avoir déposé de la potasse), ou C-, P-, K- si la couleur ne change pas.

Références bibliographiques (Botanique)

1. Amirouche N. (2009) : Botanique : algues champignons lichens, Ed., Editions houma.
2. Chadeaud M. et Emberger L. (1960) : Traité de Botanique systématique: Tome 1 : les végétaux non vasculaires, cryptogamie ; Ed. Paris.
3. Emberger L. et Chadeaud M. et (1960) : Botanique systématique: Tome 2 : les végétaux vasculaires, Ed. Paris.
4. Couplan F. (2002) : Dictionnaire Etymologique de botanique, Ed., Delachaux.
5. Ducreux G. (2002) : Introduction à la botanique, Ed., Belin.
6. Dupont F. (2007) : Botanique : Systématique moléculaire (**14e édition**), Ed., Elsevier masson.
7. Genevès L. (1990): BIOLOGIE VEGETALE Thallophytes et microorganismes, Biosciences DUNOD.
8. Hoquet T. (2005) : Les fondements de la botanique Linné et la classification des plantes, Ed. Vuibert.
9. Marouf A. (2007) : La botanique de A à Z, Ed., Dunod.
10. Meyer S.(2008) : Botanique: Biologie Et Physiologie Végétales 2^{ème} édition, Ed. Maloine
11. Reland J-C.(1999) : BIOLOGIE VEGETALE 1- Organisation des plantes sans fleurs 6^{ème} édition DUNOD.
12. Robert D., Dumas C., et Bajon C., (1998) : Biologie végétale volume 3 « La reproduction » DOIN.
13. Robert G. et Bruno D.F. (2005) : Biologie végétale les cormophytes 7^{ème} édition DUNOD.
14. Rodolphe-E. S., et al. (2002): Botanique systématique des plantes à fleurs une approche phylogénétique nouvelle des Angiospermes des régions tempérées et tropicales, 3^{ème} édition, Presses polytechniques et universitaires romandes.
15. Walter S. J., Christopher S. C., Elizabeth A. K. et , Peter S. () : Botanique Systématique Une Perspective Phylogénétique, Ed. DeBoeck .
16. Wilhelm N. (1998) : Botanique Générale, 10^{ème}, DeBoeck Université.
- 17.

Stes web :

- 1- www.biodeug.com
- 2- www.creaweb.fr
- 3- <http://ispb.univ-4-lyon1.fr/cours/botanique/>
- 4- www.botanique.org/

1. أحمد محمد مجاهد (2009): النباتات الكبدية والحزازية، جامعة الملك سعود.
2. أنور الخطيب (1991): التكاثر النباتي في الزمر النباتية د.م.ج.
3. جي ج.مانرز (2000): أساسيات أمراض النبات الهيئة القومية للبحث العلمي.
4. عبد الرزاق الصادق الشريف (2002): أساسيات علم النبات: الجزء الأول، ELGA
5. عبد الرزاق الصادق الشريف (2002): أساسيات علم النبات: الجزء الثاني، ELGA
6. عبد الله عبد الحكيم القاضي (2002): النبات العملي: الجزء الأول، ELGA .
7. عبد الله عبد الحكيم القاضي (1995): النبات العملي: الجزء الثاني، ELGA .
8. عيسى بوروينة (1991): مغلفات البذور: علم التقسيم النباتي، د.م.ج.
9. محمد عبد الرسول (1998): (النبات العام، مراجعة علي رأفت، جامعة عين شمس.
10. محمد عبد الوهاب الناغي (2005): أساسيات علم النبات العام ، مكتبة الدار العربية للكتاب.
11. مهدي مجيد الشكري (1994): مبادئ الفطريات و أمراضها النباتية، منشورات جامعة السابع من إبريل.
12. وفاء بغدادى (1991) : بيولوجيا الفطريات، د.م.ج.
13. وفاء بغدادى (1991) تصنيف الفطريات، د.م.ج.