

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE FERHAT ABBAS – SETIF 1
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES ETUDES DE BASE

BOTANIQUE

Polycopié de Cours

*Destiné aux étudiants de 2ème Année Sciences
de la Nature et de la Vie (L2 - SNV)*



*Présenté par :
Dr. HARRAG Abdelmalek
Grade : MCB*

SOMMAIRE

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : INTRODUCTION GÉNÉRALE ET TAXONOMIE	1
1. Définition et Étymologie	1
2. Les critères de classification	1
3. Nomenclature et Systématique moderne	2
PREMIÈRE PARTIE :	4
LES THALLOPHYTES (ALGUES, CHAMPIGNONS ET LICHENS)	4
CHAPITRE II : LES ALGUES (PHYCOLOGIE)	5
1. Introduction et Définition	5
1.1. Écologie et Rôle Biologique	5
2. Classification et Groupes de Thalles	5
3. Les Algues Procaryotes : Les Cyanobactéries (Cyanophyta)	6
3.1. Caractéristiques Cytologiques	6
3.2. Formes et Différenciation cellulaire	7
3.3. Reproduction et Multiplication	8
4. Les Algues Eucaryotes	8
4.1. Cytologie et Structure Cellulaire	8
5. Reproduction et Cycles de développement	9
5.1. La reproduction asexuée (Multiplication végétative)	9
5.2. La reproduction sexuée (Gamie)	9
5.3. Les cycles de développement (Alternance de phases)	10
6. Diversité et classification des lignées algales	12
6.1. Les Glaucophytes (Glaucophyta)	12
6.2. Les Algues Rouges (Rhodophyta)	12
6.3. La Lignée Verte (Chlorobionta)	13
6.4. Les Algues Brunes (Ochrophyta / Phaeophyceae)	13

CHAPITRE III : LES CHAMPIGNONS ET LICHENS	15
1. Introduction à la Mycologie	15
1.1. Problèmes posés par la classification	15
1.2. Structure des thalles	15
2. Reproduction et Multiplication des Fungi	16
2.1. Multiplication végétative (Asexuée)	16
2.2. Reproduction sexuée (Plasmogamie et Caryogamie)	16
3. Systématique et particularités des principaux groupes	17
4. Les Lichens : L'association symbiotique Algue-Champignon	18
4.1. Morphologie et types de thalles	18
4.2. Organisation anatomique	18
4.3. Modes de reproduction	19
4.4. Importance écologique et Bio-indication	20
DEUXIÈME PARTIE :	21
LES EMBRYOPHYTES (BRYOPHYTES, PTÉRIDOPHYTES ET SPERMAPHYTES)	21
CHAPITRE IV : LES BRYOPHYTES	22
1. Introduction aux Embryophytes	22
2. Les Bryophytes (Les Mousses sensu lato)	22
2.1. Morphologie et Organisation	22
2.2. Cycle de reproduction : L'alternance de générations	22
2.2.1. Le Gamétophyte (n):	23
2.2.2. La Fécondation:	23
2.2.3. Le Sporophyte (2n):	23
CHAPITRE V : LES PTÉRIDOPHYTES	24
1. Les Ptéridophytes : Les premiers végétaux vasculaires	24
1.1. Organisation et innovations anatomiques	24
1.2. Biologie de la reproduction	24
3. Classification et Diversité des Ptéridophytes	25
3.1. Les Lycophytes (Lycophyta)	25
3.2. Les Sphenophytes (Equisétinées)	25
3.3. Les Filicophytes (Fougères vraies)	26
4. Cycle de développement : L'exemple de la fougère (Dryopteris)	26

CHAPITRES VI : LES SPERMAPHYTES (PLANTES À GRAINES)	28
1. Introduction et Innovations évolutives	28
2. Les Gymnospermes : Les plantes à ovules nus	28
3. Les Coniférophytes : L'exemple du Pin (Pinus)	28
3.1. Appareil reproducteur : Les Cônes	29
3.2. De l'ovule à la graine	29
4. Les Angiospermes : Les plantes à fleurs et à fruits	30
4.1. L'Appareil végétatif et la Morphogenèse	30
4.2. Morphologie Florale : L'organisation de la fleur	30
4.3. Biologie florale : Microsporogénèse et Double fécondation	32
4.4. Graines et Fruits	32
4.5. Notion de systématique moderne et principaux taxons	33
4.5.1. Distinction entre Monocotylédones et Eudicotylédones	34
BIBLIOGRAPHIE	35
GLOSSAIRE DES TERMES BOTANQUES	36

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Comparaison schématique entre la fission binaire (chez les Procaryotes) et la mitose (chez les Eucaryotes).	3
Figure 2 : Représentation de la diversité morphologique des thalles chez les algues (unicellulaires, coloniaux et pluricellulaires).	6
Figure 3 : Organisation cellulaire d'une cyanobactérie filamenteuse montrant les hétérocystes et les thylakoïde.	7
Figure 4 : Organisation ultrastructurale d'une cellule d'algue verte (Eucaryote).	9
Figure 5 : Schémas comparatifs de l'isogamie, l'anisogamie et l'oogamie.	10
Figure 6 : Représentation théorique de l'alternance des générations chez les algues (Cycle haplodiplophasique).	11
Figure 7 : Exemple d'une algue rouge pluricellulaire : <i>Porphyra</i> sp. (Nori) montrant la structure du thalle foliacé	13
Figure 8 : Organisation morphologique du thalle chez une algue brune pluricellulaire (<i>Laminaria digitata</i>).	14
Figure 9 : Organisation d'un mycélium montrant les hyphes siphonnées (non cloisonnées) et les hyphes septées (cloisonnées).	16
Figure 10 : Cycle de vie typique d'un champignon supérieur montrant l'alternance entre les phases haploïdes, dicaryotique et diploïde.	17
Figure 11 : Structure interne d'un thalle de lichen montrant la répartition des cellules algales au sein du réseau d'hyphes fongiques.	19
Figure 12 : Détails des structures de dissémination végétative chez les lichens : (A) Sorédies et (B) Isidies.	20
Figure 13 : Cycle biologique d'une mousse montrant la dépendance du sporophyte (2n) vis-à-vis du gamétophyte (n).	23
Figure 14 : Organisation générale d'une fougère (<i>Dryopteris</i>) montrant le rhizome, les frondes et les sores.	25
Figure 15 : Comparaison morphologique entre un Lycopode, une Prêle (<i>Equisetum</i>) et une Fougère (<i>Dryopteris</i>).	26
Figure 16 : Cycle de vie de <i>Dryopteris filix-mas</i> montrant l'alternance entre le grand sporophyte feuillé et le petit prothalle thalloïde.	27
Figure 17 : Morphologie des appareils reproducteurs chez <i>Pinus</i> : (A) Cône mâle et grain de pollen ailé, (B) Écaille ovulifère et structure de l'ovule.	29
Figure 18 : Organisation schématique d'une fleur d'Angiosperme en coupe longitudinale.	31
Figure 19 : schéma comparatif entre un ovule de Gymnospermes (nu sur l'écaille) et un ovule d'Angiosperme enfermé dans l'ovaire)	31
Figure 20 : Schéma détaillé de la double fécondation chez les Angiospermes : formation de l'embryon et de l'albumen.	33
Figure 21 : Différences morphologiques et anatomiques entre les Monocotylédones et les Eudicotylédones.	34

CHAPITRE I : INTRODUCTION GÉNÉRALE ET TAXONOMIE

1. Définition et Étymologie

Le terme Botanique provient du grec ancien *botanikē* (féminin de *botanikos*, « relatif aux herbes »), lui-même dérivé de *botanē*, signifiant « herbe, plante, fourrage ». Dans une acception moderne et académique, la botanique est la science biologique consacrée à l'étude des végétaux.

Elle ne se limite pas à la simple description des plantes, mais englobe l'étude de leur structure (morphologie et anatomie), de leur fonctionnement (physiologie), de leurs relations avec le milieu (écologie) et de leur classification (systématique).

Historiquement, la botanique incluait les algues, les champignons et les lichens. Bien que la systématique moderne (phylogénétique) place aujourd'hui les champignons dans un règne à part (le règne des *Fungi*), l'étude de ces organismes reste une composante fondamentale du cursus de botanique en raison de leur importance écologique et de leurs interactions biologiques avec les plantes.

2. Les critères de classification

La classification des végétaux repose sur des critères morphologiques, anatomiques et reproducteurs. Historiquement, on distingue deux grands niveaux d'organisation basés sur la complexité de l'appareil végétatif :

A. Les Thallophytes

Ce groupe rassemble les végétaux dont l'appareil végétatif est un thalle. Un thalle est une structure simple, dépourvue de racines, de tiges et de feuilles vraies. Il n'existe pas de tissus conducteurs différenciés (xylème et phloème). Ce groupe comprend traditionnellement les *Algues* et les *Champignons*.

B. Les Cormophytes

Ces organismes possèdent un cormus, c'est-à-dire un appareil végétatif différencié comprenant des racines (pour l'ancrage et l'absorption), des tiges (pour le soutien) et des feuilles (sièges de la

photosynthèse). Ils sont dotés de tissus conducteurs spécialisés permettant la circulation de la sève. Ce groupe inclut les *Bryophytes*, les *Ptéridophytes* et les *Spermaphytes*.

On peut également classer les végétaux selon leur mode de reproduction :

1. **Les Cryptogames** : Plantes dont les organes reproducteurs sont peu apparents (*Mousses, Fougères, Algues*).
2. **Les Phanérogames** : Plantes dont les organes reproducteurs sont visibles (Fleurs ou Cônes).

3. Nomenclature et Systématique moderne

La nomenclature botanique est régie par le Code International de Nomenclature (ICN). Chaque plante est désignée par un binôme latin écrit en *italique* : le *Genre* (majuscule) et l'épithète *spécifique* (minuscule).

Un point fondamental de distinction entre les groupes réside dans leur mode de division cellulaire

- **La Fission Binaire (ou scissiparité)** : Concerne les Procaryotes (ex : *Cyanobactéries*). C'est une division simple par étranglement de la cellule sans formation de fuseau mitotique.
- **La Mitose** : Caractéristique des Eucaryotes. Elle implique une réorganisation complexe du noyau et une séparation précise des chromosomes grâce à un fuseau microtubulaire.

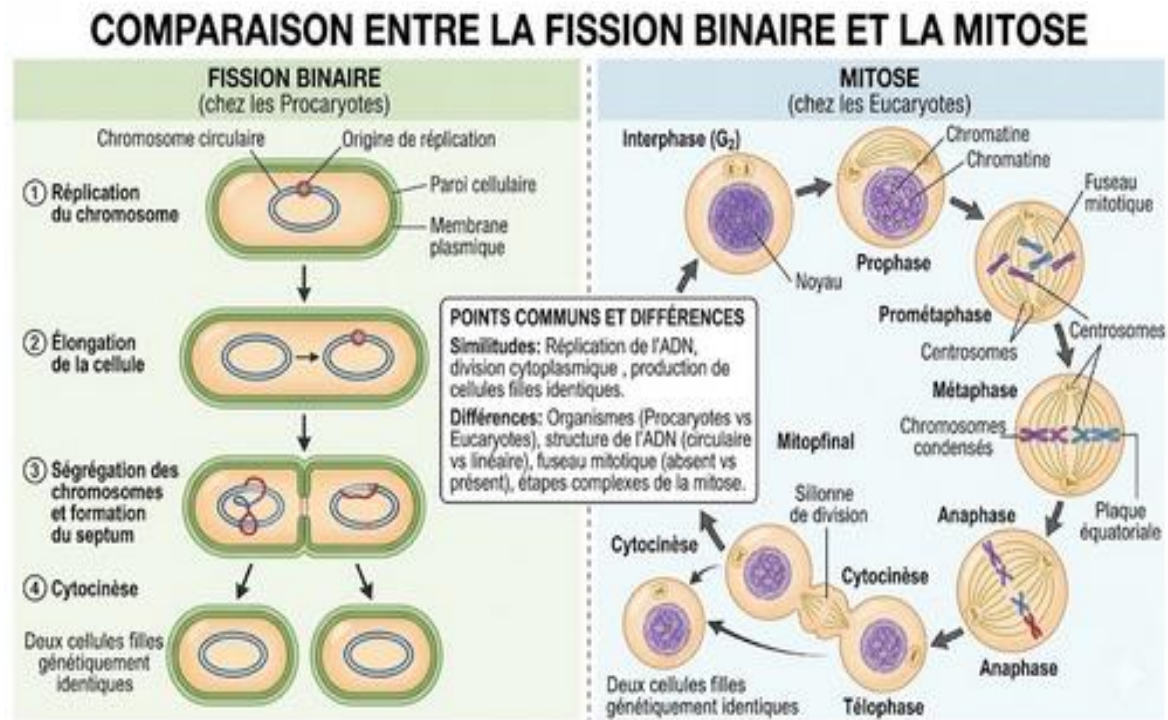


Figure 1: Comparaison schématique entre la fission binaire (chez les Procaryotes) et la mitose (chez les Eucaryotes).

PREMIÈRE PARTIE :

**LES THALLOPHYTES (ALGUES,
CHAMPIGNONS
ET LICHENS)**

CHAPITRE II : LES ALGUES (PHYCOLOGIE)

1. Introduction et Définition

Les Algues constituent un groupe vaste et hétérogène d'organismes capables de réaliser la photosynthèse oxygénique. Bien qu'elles partagent la présence de chlorophylle avec les plantes terrestres, elles s'en distinguent par une organisation végétative de type thalle, dépourvue de racines, de tiges et de feuilles vraies, ainsi que par l'absence de tissus conducteurs complexes.

1.1. Écologie et Rôle Biologique

Les algues colonisent des milieux variés, principalement aquatiques (océans, lacs), mais aussi des milieux terrestres humides (écorces d'arbres, sols). Elles jouent des rôles cruciaux :

- **Producteurs primaires** : Elles forment la base des réseaux trophiques aquatiques (phytoplancton).
- **Production d'Oxygène** : Elles génèrent plus de 50 % de l'oxygène atmosphérique terrestre.
- **Indicateurs biologiques** : Leur présence renseigne sur la qualité de l'eau (eutrophisation).

2. Classification et Groupes de Thalles

La diversité morphologique des algues est immense. On distingue les groupes selon l'organisation de leur thalle :

1. **Algues Unicellulaires** : Formes isolées (ex : *Chlamydomonas*).
2. **Algues Coloniales** : Groupements de cellules (ex : *Volvox*).
3. **Algues Pluricellulaires** : Thalles complexes (filamenteux, foliacés ou massifs).

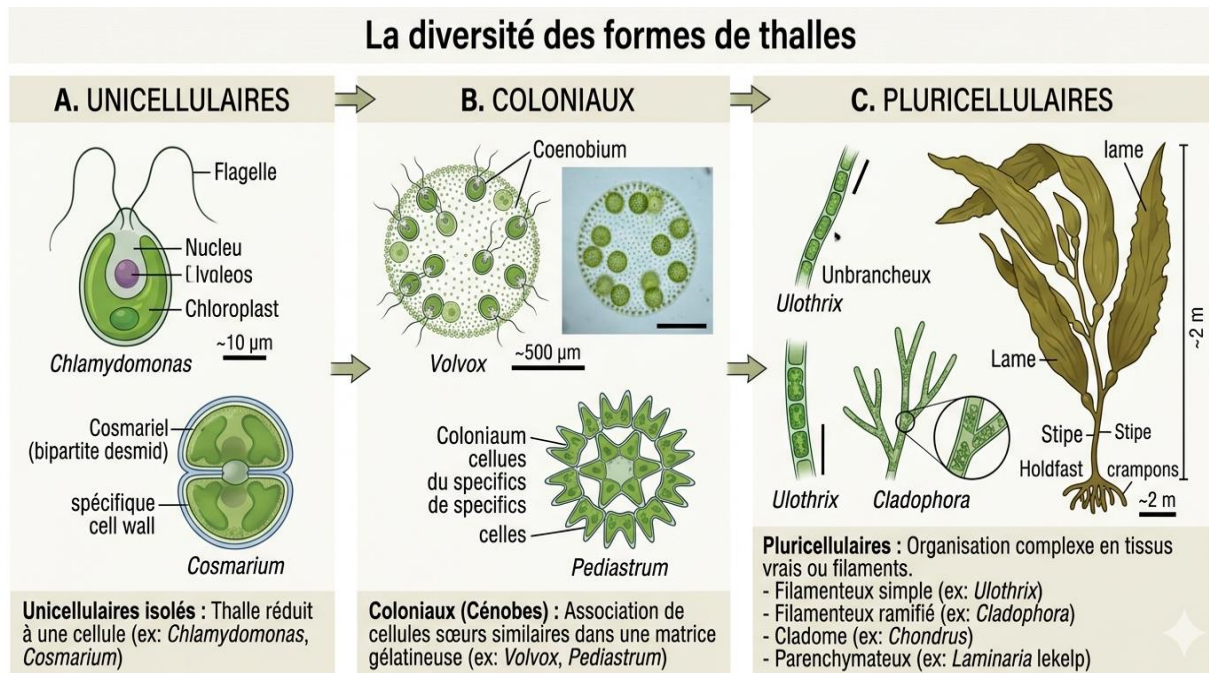


Figure 2: Représentation de la diversité morphologique des thalles chez les algues (unicellulaires, coloniaux et pluricellulaires).

3. Les Algues Procaryotes : Les Cyanobactéries (Cyanophyta)

Les Cyanobactéries, souvent appelées « algues bleues », sont les plus anciens organismes photosynthétiques connus (datant d'environ 3,5 milliards d'années). Bien qu'étudiées en botanique, ce sont des Procaryotes.

3.1. Caractéristiques Cytologiques

Leur structure cellulaire est simplifiée mais extrêmement efficace :

- **Absence de noyau** : Le matériel génétique (ADN circulaire) baigne directement dans le cytoplasme (nucléoïde).
- **Système photosynthétique** : Elles ne possèdent pas de chloroplastes. La photosynthèse a lieu dans des replis de la membrane plasmique appelés thylakoïdes.
- **Pigments** : Outre la chlorophylle *a*, elles possèdent des pigments accessoires caractéristiques : la phycocyanine (bleu) et la phycoérythrine (rouge), regroupés dans des complexes appelés phycobilisomes.
- **Paroi cellulaire** : De type Gram négatif, composée de peptidoglycane.

3.2. Formes et Différenciation cellulaire

Les Cyanobactéries peuvent être unicellulaires ou filamenteuses. Chez certaines espèces filamenteuses (*ex : Anabaena*), on observe des cellules spécialisées :

1. **Les Hétérocystes** : Cellules à paroi épaisse dédiées à la fixation de l'azote atmosphérique (N_2).
2. **Les Akinètes** : Cellules de résistance (spores) permettant de survivre à des conditions défavorables.

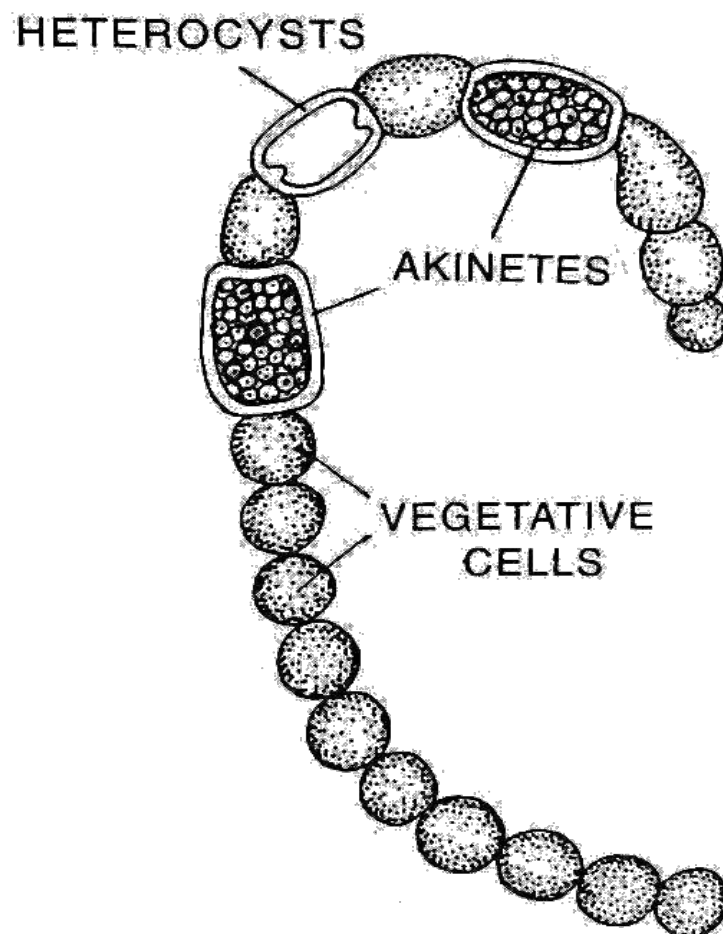


Figure 3 : Organisation cellulaire d'une cyanobactérie filamenteuse montrant les hétérocystes et les thylakoïde.

3.3. Reproduction et Multiplication

Chez les Cyanobactéries, la reproduction est exclusivement asexuée. Elle se réalise selon deux modalités principales :

- **La Fission Binaire (Scissiparité) :** C'est le mode le plus commun chez les formes unicellulaires. La cellule mère se divise en deux cellules filles génétiquement identiques après duplication de l'ADN.
- **La Fragmentation :** Chez les formes filamenteuses, le trichome (file de cellules) se rompt en segments appelés hormogonies, qui s'éloignent pour former de nouveaux filaments.

4. Les Algues Eucaryotes

Contrairement aux Cyanobactéries, les algues eucaryotes possèdent une structure cellulaire complexe avec un noyau compartimenté et des organites spécialisés.

4.1. Cytologie et Structure Cellulaire

1. **Le Noyau :** Contient l'information génétique sous forme de chromosomes, délimité par une double membrane (enveloppe nucléaire).
2. **Les Chloroplastes :** Sièges de la photosynthèse, ils contiennent les thylakoïdes regroupés ou non en grana. Ils possèdent leur propre ADN.
3. **La Paroi :** Généralement composée de cellulose, elle peut être imprégnée de silice (Diatomées) ou de calcaire (Corallinales).
4. **Vacuoles et Flagelles :** Assurent respectivement le maintien de la pression osmotique et la mobilité.

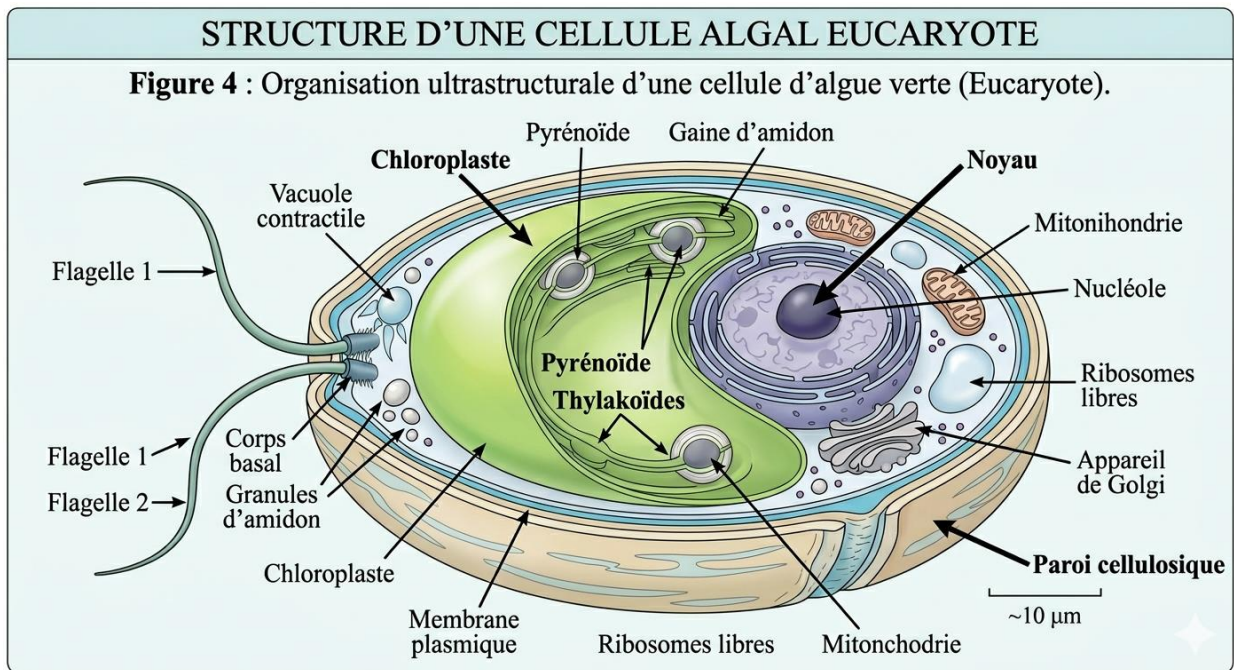


Figure 4 : Organisation ultrastructurale d'une cellule d'algue verte (Eucaryote).

5. Reproduction et Cycles de développement

Chez les algues eucaryotes, la reproduction est d'une grande diversité. Elle peut être de deux types :

5.1. La reproduction asexuée (Multiplication végétative)

Elle permet une colonisation rapide du milieu. Elle se fait par:

- **Bipartition** : Division simple de la cellule (chez les unicellulaires).
- **Fragmentation du thalle** : Un morceau de thalle se détache et redonne un individu entier.
- **Sporulation** : Production de spores (zoospores mobiles ou aplanospores immobiles) dans des sporocystes.

5.2. La reproduction sexuée (Gamie)

Elle implique l'union de deux gamètes pour former un zygote. On distingue plusieurs modalités selon la morphologie des gamètes :

1. **Isogamie** : Gamètes mâles et femelles identiques.
2. **Anisogamie** : Gamètes différents (souvent le femelle est plus gros).
3. **Oogamie** : Gamète femelle gros et immobile (oosphère), gamète mâle petit et mobile (anthérozoïde).

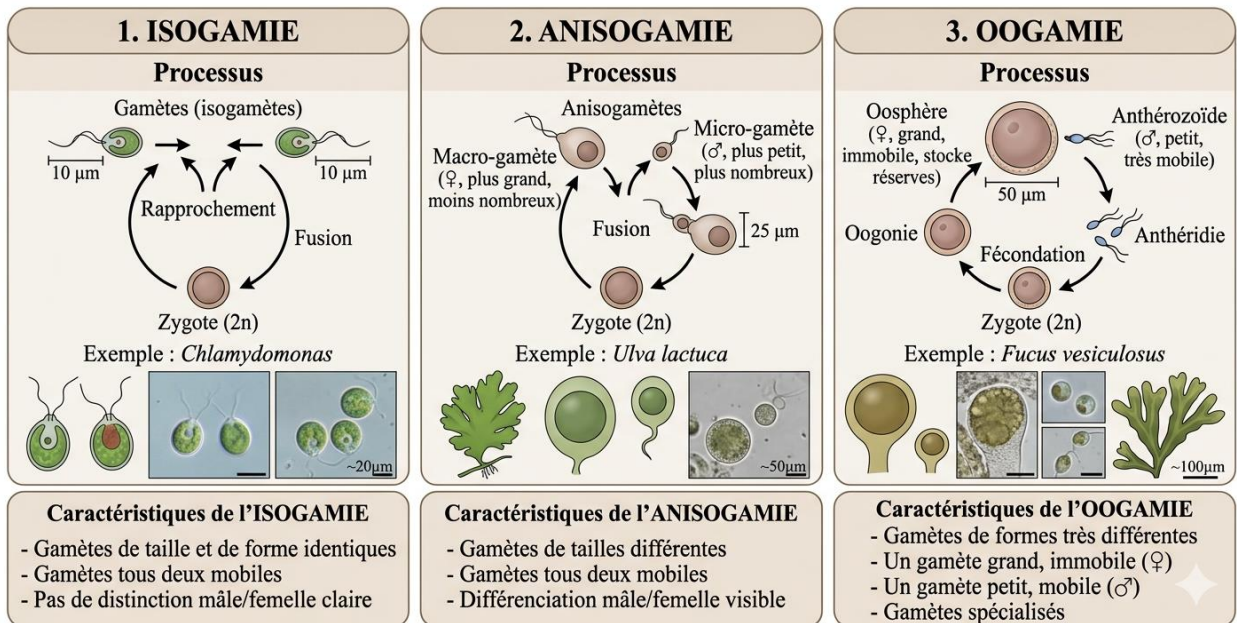


Figure 5: Schémas comparatifs de l'isogamie, l'anisogamie et l'oogamie.

5.3. Les cycles de développement (Alternance de phases)

Un cycle de développement (ou cycle biologique) est la période pendant laquelle s'enchaînent les événements allant de la formation d'un zygote jusqu'à la production de nouveaux gamètes par l'individu arrivé à maturité.

Il est marqué par deux événements clés :

- **La Caryogamie (fécondation)** : Passage de l'état haploïde (n) à l'état diploïde (2n).
- **La Méiose** : Passage de l'état diploïde (2n) à l'état haploïde (n).

Selon la place de la méiose dans le cycle, on distingue trois types principaux chez les algues :

A. Le Cycle Monogénétique (Une seule génération)

Le cycle ne comporte qu'une seule génération d'individus.

1. **Haploïde** : La méiose suit immédiatement la fécondation (ex : *Chlamydomonas*).
2. **Diploïde** : La méiose a lieu lors de la formation des gamètes (ex : *Fucus*).

B. Le Cycle Digénétique (Deux générations)

Il y a alternance entre deux individus morphologiquement identiques ou différents :

1. **Le Gamétophyte (n)** : Produit les gamètes.
2. **Le Sporophyte ($2n$)** : Produit les spores.

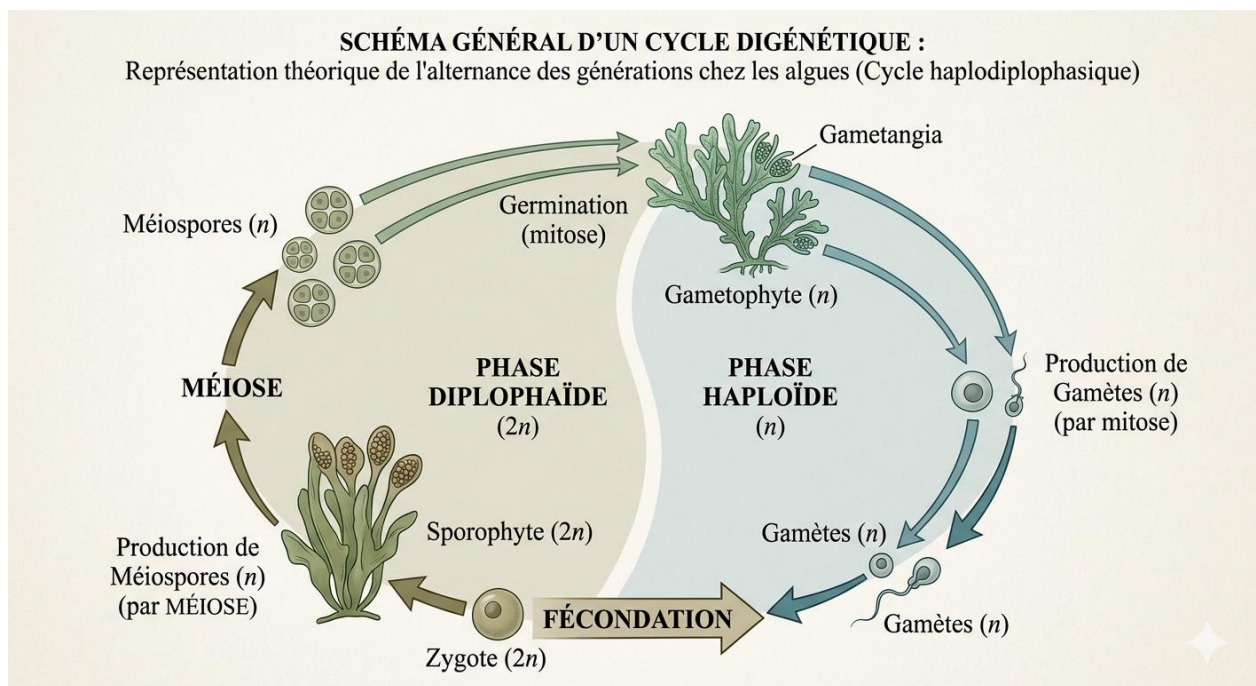


Figure 6: Représentation théorique de l'alternance des générations chez les algues (Cycle haplodiplophasique).

6. Diversité et classification des lignées algales

La classification moderne des algues repose sur la nature des pigments, la structure des chloroplastes, la composition de la paroi et la nature des réserves glucidiques. On distingue plusieurs lignées évolutives majeures :

6.1. Les Glaucophytes (Glaucophyta)

Ce sont de petites algues unicellulaires d'eau douce. Elles sont d'un intérêt évolutif majeur car leurs chloroplastes, appelés cyanelles, possèdent encore une paroi résiduelle de peptidoglycane, témoignant de l'origine endosymbiotique de l'organite à partir d'une cyanobactérie.

6.2. Les Algues Rouges (Rhodophyta)

Principalement marines et pluricellulaires, elles se caractérisent par :

- **Pigments** : Chlorophylle *a* et *d*, ainsi que des phycobiliprotéines (phycoérythrine) qui leur donnent leur couleur rouge.
- **Absence de flagelles** : À aucun stade de leur cycle de développement.
- **Réserves**: Amidon floridéen (cytoplasmique).
- **Usage** : Source de gélose (Agar-agar) et carraghénanes (industries agroalimentaires).

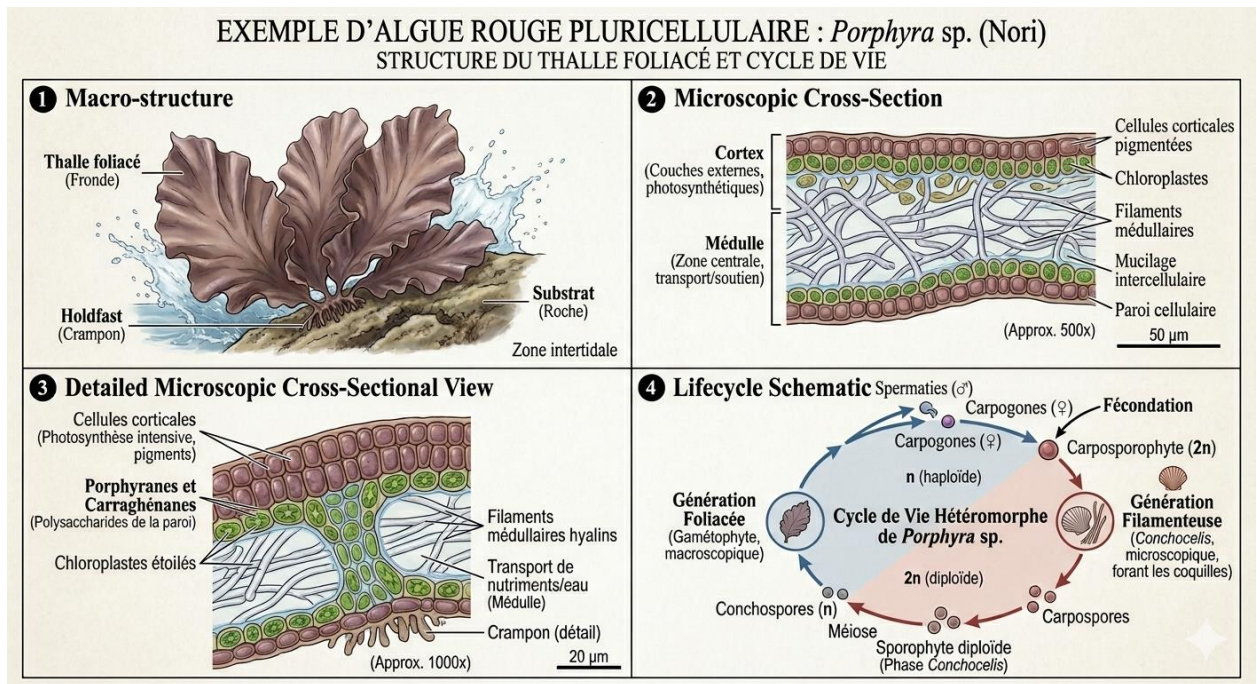


Figure 7: Exemple d'une algue rouge pluricellulaire : *Porphyra* sp. (Nori) montrant la structure du thalle foliacé

6.3. La Lignée Verte (Chlorobionta)

Cette lignée regroupe les organismes partageant la présence de chlorophylles *a* et *b*, et le stockage de l'amidon à l'intérieur du chloroplaste. Elle se divise en deux groupes principaux :

- **Les Chlorophytes (Chlorophyta) :** Très diversifiées, elles occupent tous les milieux (marins, dulcicoles, terrestres). Exemple : *Ulva lactuca* (Laitue de mer), dont le thalle foliacé ressemble à une feuille de salade.
- **Les Streptophytes :** Comprennent certaines algues vertes d'eau douce (Charophytes) et l'ensemble des plantes terrestres (Embryophytes).

6.4. Les Algues Brunes (Ochrophyta / Phaeophyceae)

Les algues brunes sont presque exclusivement marines. Elles se distinguent par :

- **Pigmentations :** La fucoxanthine (pigment brun) qui masque les chlorophylles.
- **Morphologie :** Thalles souvent très complexes, différenciés en crampons (ancrage), stipe (soutien) et fronde (photosynthèse).

- **Rôle économique :** Source d'alginate pour les industries cosmétiques et pharmaceutiques.
-

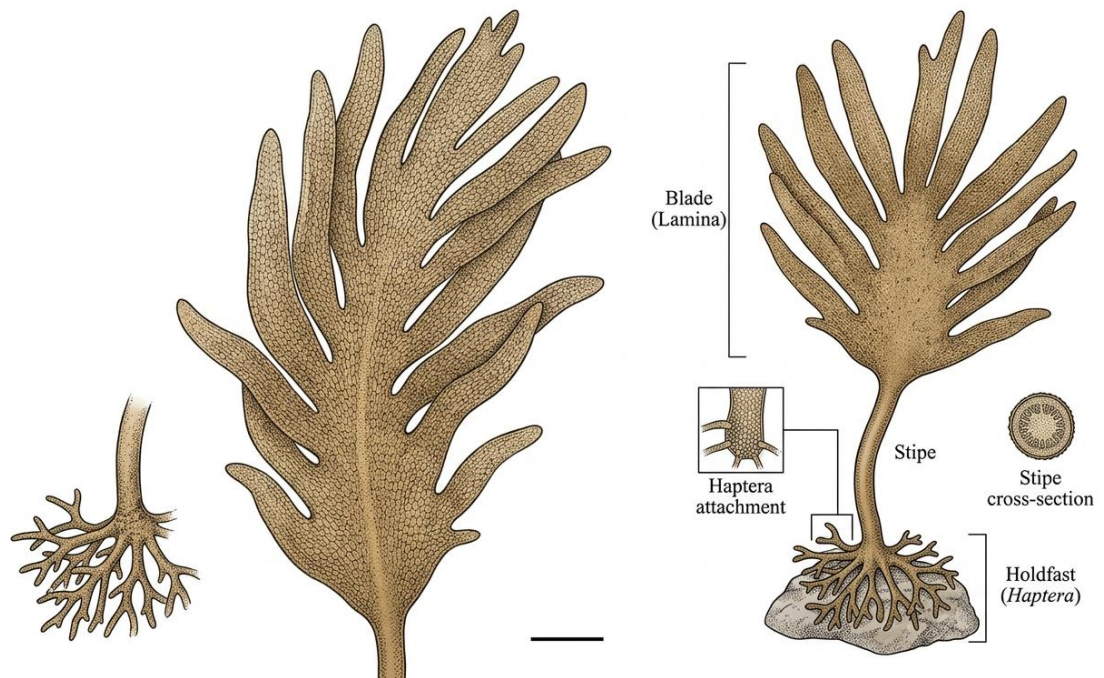


Figure 8 : Organisation morphologique du thalle chez une algue brune pluricellulaire (*Laminaria digitata*).

CHAPITRE III : LES CHAMPIGNONS ET LICHENS

1. Introduction à la Mycologie

Les champignons ne sont plus considérés comme des végétaux. Ils appartiennent au règne des Fungi (ou Mycètes). Ce sont des organismes Eucaryotes hétérotrophes pour le carbone, ce qui signifie qu'ils doivent absorber de la matière organique préexistante (saprophytisme, parasitisme ou symbiose).

1.1. Problèmes posés par la classification

La classification des champignons a longtemps été débattue. Contrairement aux plantes, leur paroi est composée de chitine (et non de cellulose) et leurs réserves glucidiques sont stockées sous forme de glycogène (comme chez les animaux). On distingue aujourd'hui:

- Les "**Vrais Champignons**" (**Eumycota**) : Opisthocontes liés à la lignée animale.
- Les "**Pseudo-champignons**" (ex : **Oomycota**) : Liés à la lignée des algues brunes (Straménopiles).

1.2. Structure des thalles

L'appareil végétatif des champignons est un thalle appelé mycélium, composé de filaments microscopiques : les hyphes. On distingue:

- Le **Mycélium diffus** : Ensemble d'hyphes explorant le substrat.
- Le **Stroma** : Amas compact d'hyphes protégeant les organes reproducteurs.
- Le **Sclérote** : Forme de résistance condensée permettant de survivre à l'hiver.

ORGANISATION DU MYCÉLIUM : HYPHES SIPHONNÉES (COENOCYTIQUES) ET SEPTÉES

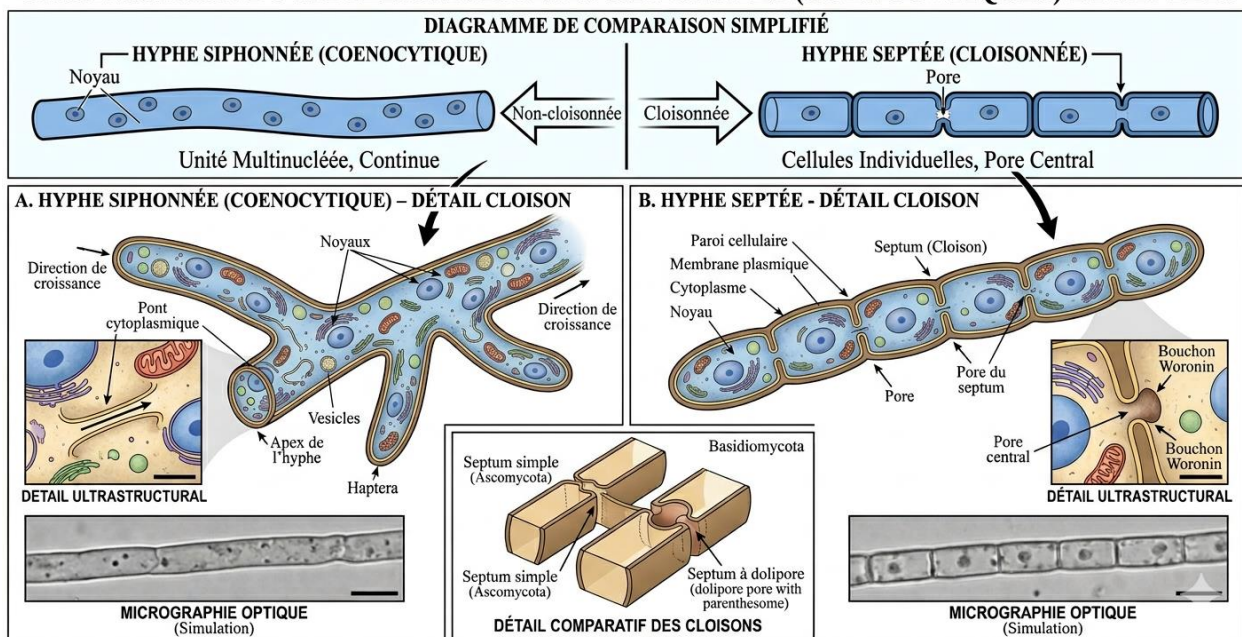


Figure 9 : Organisation d'un mycélium montrant les hyphes siphonnées (non cloisonnées) et les hyphes septées (cloisonnées).

2. Reproduction et Multiplication des Fungi

La reproduction chez les champignons est complexe et souvent caractérisée par une alternance de phases. Elle peut être décomposée en deux modalités majeures :

2.1. Multiplication végétative (Asexuée)

C'est le mode prédominant durant la phase de croissance active. Elle assure la dissémination rapide de l'espèce via :

- **La fragmentation du mycélium** : Chaque segment peut redonner un nouvel individu.
- **Le bourgeonnement** : Typique des levures (*Saccharomyces*).
- **La production de spores asexuées** : On distingue les conidies (produites à l'extérieur) et les sporangiospores (produites à l'intérieur de sporocystes).

2.2. Reproduction sexuée (Plasmogamie et Caryogamie)

Elle intervient généralement en conditions défavorables et se déroule en trois étapes chronologiques fondamentales :

La Plasmogamie : Fusion des cytoplasmes de deux cellules compatibles. Elle aboutit souvent à un état unique : le **dicaryon ($n+n$)**, où les deux noyaux cohabitent sans fusionner.

La Caryogamie : Fusion des deux noyaux pour former un zygote diploïde ($2n$).

La Méiose : Division réductionnelle qui rétablit l'haploïdie (n) et permet la production de spores sexuées (Ascospores ou Basidiospores).

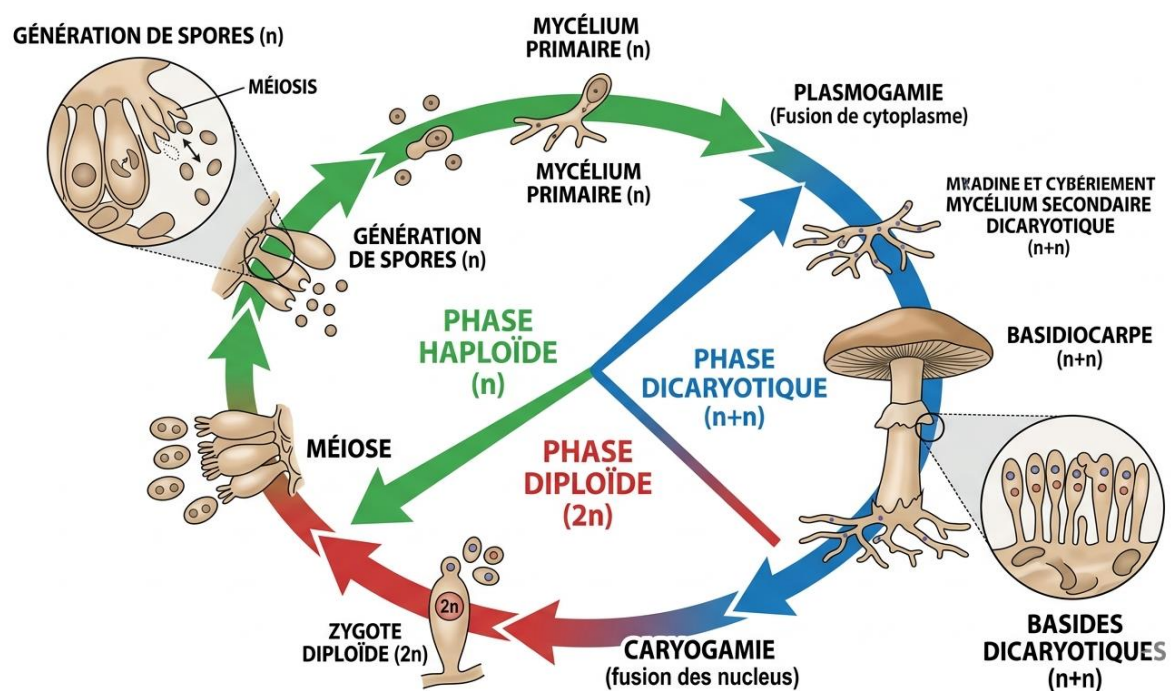


Figure 10 : Cycle de vie typique d'un champignon supérieur montrant l'alternance entre les phases haploïdes, dicaryotique et diploïde.

3. Systématique et particularités des principaux groupes

Le règne des Fungi est subdivisé en plusieurs embranchements basés sur le mode de reproduction sexuée :

- **Chytridiomycota :** Champignons primitifs, souvent aquatiques, possédant des spores flagellées (zoospores).

- **Zygomycota** : Caractérisés par la formation d'une **zygospore** à paroi épaisse (ex : *Rhizopus nigricans*, la moisissure noire du pain).
- **Ascomycota** : Le groupe le plus vaste. Les spores sexuées (**ascospores**) sont produites à l'intérieur de sacs appelés **asques**. Exemples: Morilles, Levures, *Penicillium*.
- **Basidiomycota** : Comprend les champignons à chapeau. Les spores (**basidiospores**) sont portées par des structures appelées **basides**.

4. Les Lichens : L'association symbiotique Algue-Champignon

Le lichen n'est pas un organisme unique, mais une association symbiotique stable entre deux partenaires de natures différentes :

1. **Le Photobionte (Partenaire photosynthétique)** : Une algue verte (80 % des cas) ou une cyanobactérie. Il fournit la matière organique (sucres) via la photosynthèse.
2. **Le Mycobionte (Partenaire fongique)** : Généralement un Ascomycète (95 % des cas). Il assure le soutien, la protection contre la dessiccation, ainsi que l'absorption de l'eau et des sels minéraux.

4.1. Morphologie et types de thalles

La morphologie du lichen est déterminée par le champignon. On distingue quatre types principaux selon l'aspect visuel :

- **Thalles Crustacés** : Forment une croûte indissociable du substrat (roches, écorces).
- **Thalles Foliacés** : En forme de lames rappelant des feuilles, fixés par des rhizines.
- **Thalles Fruticuleux** : En forme de petits buissons dressés ou pendants (ex : *Usnea*).
- **Thalles Complexes** : Présentent une base crustacée et une partie dressée.

4.2. Organisation anatomique

Si l'on réalise une coupe transversale d'un lichen foliacé, on observe une structure stratifiée (thalle hétéromère) :

1. **Cortex supérieur** : Hyphes compactes pour la protection.
2. **Couche algale** : Zone où les cellules de l'algue sont entourées par les hyphes.
3. **Médulle** : Zone centrale aérée composée d'hyphes lâches (stockage d'eau).
4. **Cortex inférieur** : Muni de rhizines pour l'ancrage.

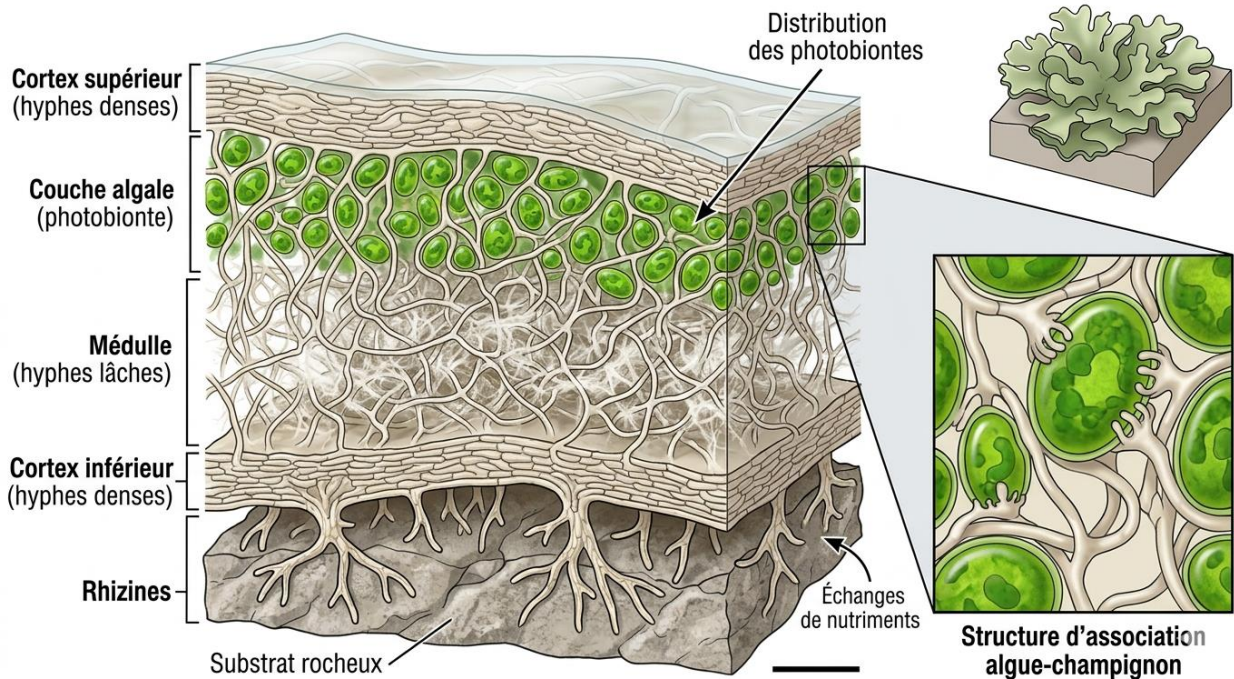


Figure 11 : Structure interne d'un thalle de lichen montrant la répartition des cellules algales au sein du réseau d'hyphes fongiques.

4.3. Modes de reproduction

La reproduction des lichens doit assurer la pérennité de l'association des deux partenaires. Elle s'effectue principalement par voie asexuée (végétative) :

- **La Fragmentation** : Un simple morceau de thalle desséché devient cassant, se détache et peut régénérer un nouveau thalle complet s'il tombe sur un substrat favorable.
- **Les Sorédies** : Petits amas de cellules algales entourées d'hyphes fongiques, s'échappant par des déchirures du cortex (soralies).

- **Les Isidies** : Excroissances du thalle, de forme cylindrique ou coralloïde, qui se brisent pour assurer la dissémination.

4.4. Importance écologique et Bio-indication

Les lichens sont des organismes pionniers capables de coloniser des milieux hostiles (roches nues). Ils jouent un rôle majeur en tant que bio-indicateurs de la qualité de l'air. Dépourvus de cuticule, ils absorbent directement les polluants atmosphériques (dioxyde de soufre, métaux lourds). Leur disparition ou leur changement de couleur dans une zone donnée est un signal d'alerte sur le niveau de pollution.

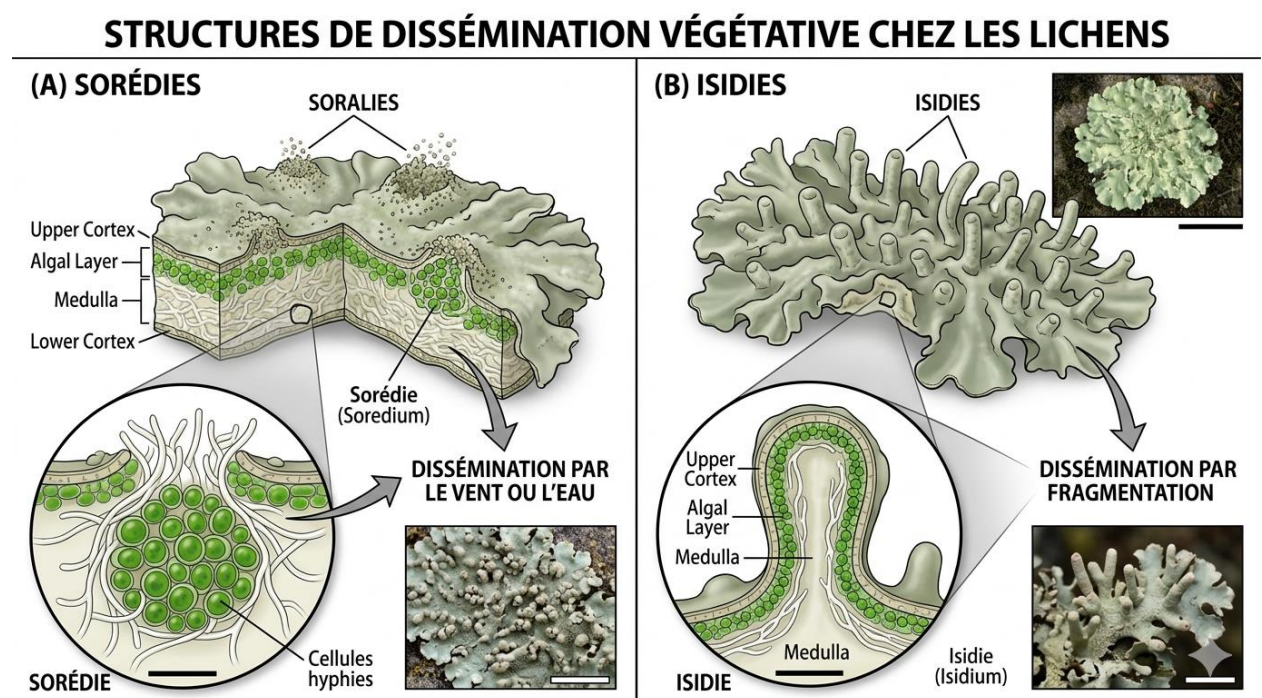


Figure 12 : Détails des structures de dissémination végétative chez les lichens : (A) Sorédies et (B) Isidies.

DEUXIÈME PARTIE :

LES EMBRYOPHYTES
(BRYOPHYTES, PTÉRIDOPHYTES
ET SPERMAPHYTES)

CHAPITRE IV : LES BRYOPHYTES

1. Introduction aux Embryophytes

Le passage de la vie aquatique à la vie terrestre a nécessité des adaptations majeures. Les Embryophytes se distinguent des Algues par :

- La présence d'une cuticule (couche cireuse) limitant la dessiccation.
- La protection de l'embryon au sein des tissus maternels.
- Le développement de structures de soutien.

2. Les Bryophytes (Les Mousses sensu lato)

Les Bryophytes sont des plantes terrestres de petite taille, encore très liées à l'humidité car elles ne possèdent pas de véritables tissus conducteurs lignifiés. On distingue trois embranchements :

1. **Marchantiophytes (Hépatiques)** : Thalle aplati ou axe feuillé, souvent plaqué au sol.
2. **Anthocérotophytes** : Possèdent un sporophyte en forme de petite corne.
3. **Bryophytes s.str. (Mousses)** : Axes dressés munis de "feuilles" (phylloïdes) disposées en hélice.

2.1. Morphologie et Organisation

L'appareil végétatif des Bryophytes est soit un thalle (Hépatiques à thalles), soit une tige feuillée (Mousses). En l'absence de racines vraies, l'ancrage est assuré par des rhizoïdes. L'absorption de l'eau se fait sur toute la surface de la plante, ce qui explique leur petite taille et leur sensibilité à la pollution.

2.2. Cycle de reproduction : L'alternance de générations

Le cycle est haplo-diplophasique avec une dominance marquée du gamétophyte (n).

2.2.1. Le Gamétophyte (n): C'est la plante verte visible. Il porte les organes reproducteurs : les **anthéridies** (mâles, produisant des anthérozoïdes flagellés) et les **archégones** (femelles, contenant l'oosphère).

2.2.2. La Fécondation: Elle est impérativement **aquatique**. Les anthérozoïdes nagent dans une pellicule d'eau pour atteindre l'archégone.

2.2.3. Le Sporophyte ($2n$): Issu du zygote, il vit en parasite sur le gamétophyte. Il est composé d'un pied (soie) et d'une capsule (urne) où se produit la méiose pour libérer les spores.

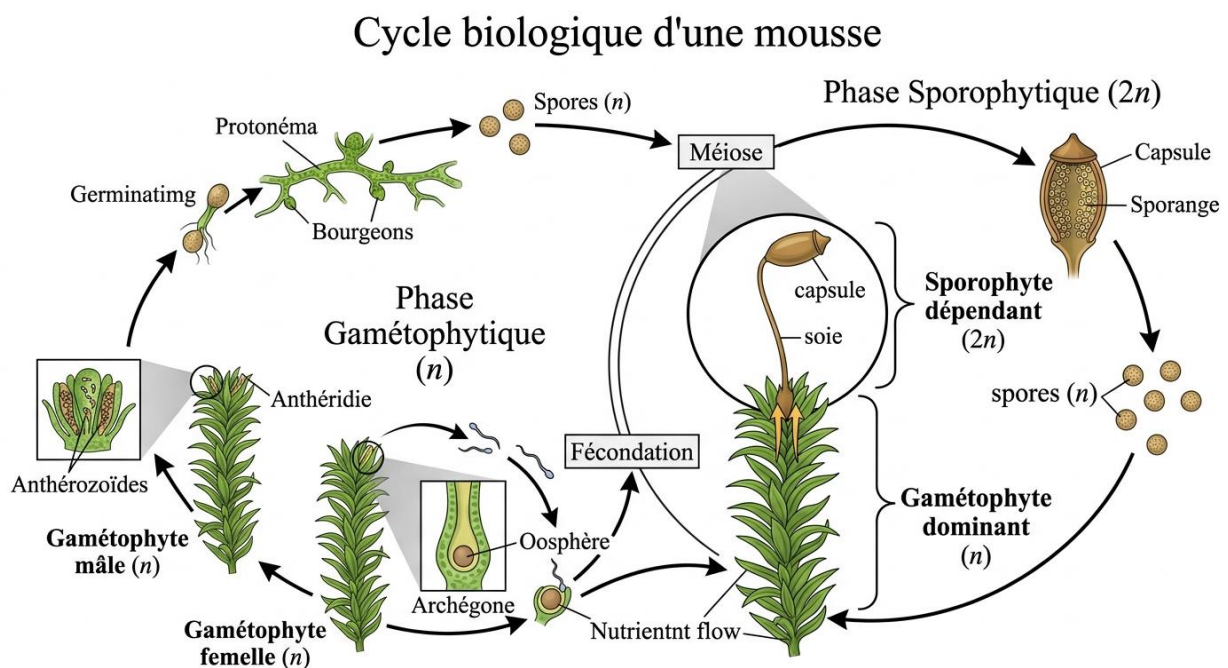


Figure 13 : Cycle biologique d'une mousse montrant la dépendance du sporophyte ($2n$) vis-à-vis du gamétophyte (n).

CHAPITRE V : LES PTÉRIDOPHYTES

1. Les Ptéridophytes : Les premiers végétaux vasculaires

Les Ptéridophytes marquent un tournant majeur dans l'évolution du règne végétal par l'apparition de la lignine. Cette innovation biologique a permis le passage d'une flore rampante (Bryophytes) à une flore dressée, capable de s'affranchir partiellement de la proximité immédiate de l'eau.

1.1. Organisation et innovations anatomiques

Contrairement aux mousses, le sporophyte des Ptéridophytes est un cormus vrai et constitue la phase dominante et pérenne. Il présente trois innovations majeures:

- **Le Système Vasculaire** : Présence de trachéides (xylème) pour la conduction de la sève brute et de tubes criblés (phloème) pour la sève élaborée.
- **La Lignification** : Assure la rigidité mécanique nécessaire au port dressé.
- **La spécialisation des organes** : Différenciation nette entre racines, tiges (souvent des rhizomes souterrains) et feuilles complexes appelées frondes.

1.2. Biologie de la reproduction

Bien que vasculaires, les Ptéridophytes restent des Cryptogames (reproduction cachée).

- **Les Spores** : Situés généralement à la face inférieure des frondes, ils sont regroupés en amas appelés sores.
- **La Fécondation** : Elle reste une zoïdogamie, nécessitant impérativement de l'eau pour que les anthérozoïdes atteignent l'archégone sur le prothalle (gamétophyte).

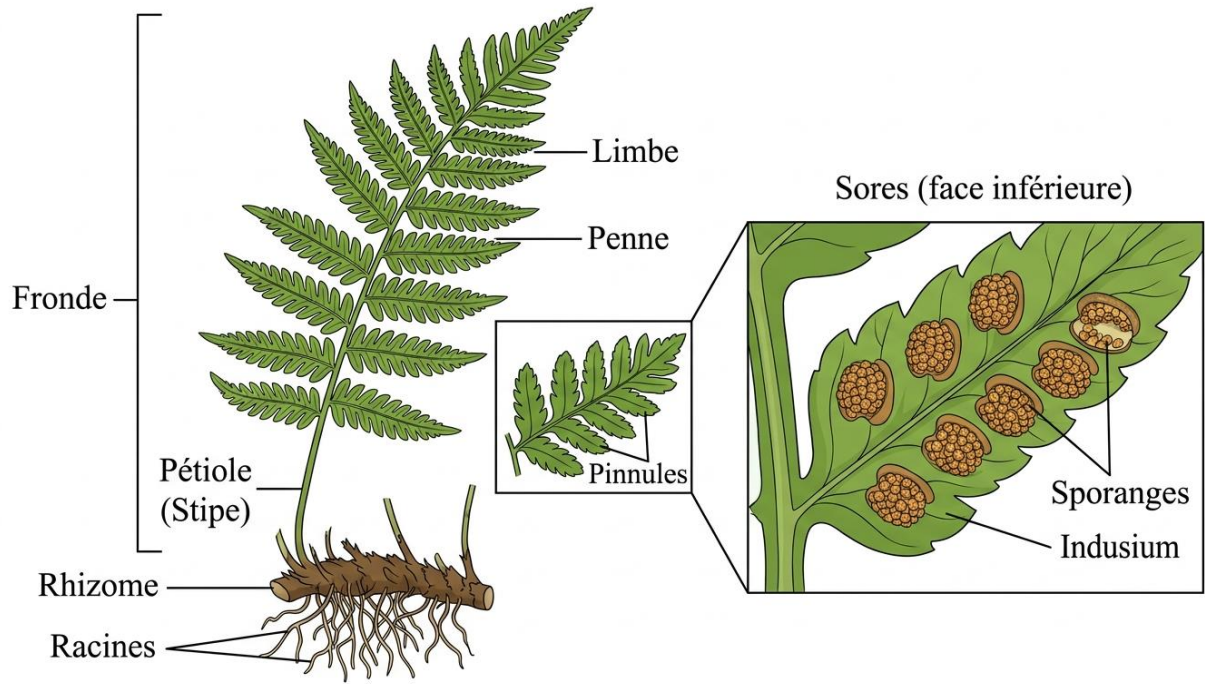


Figure 14 : Organisation générale d'une fougère (*Dryopteris*) montrant le rhizome, les frondes et les sores.

3. Classification et Diversité des Ptéridophytes

La classification des Ptéridophytes a été profondément remaniée par les données de la phylogénie moléculaire. On distingue traditionnellement trois lignées majeures :

3.1. Les Lycophytes (Lycophyta)

Ce sont les plus anciens végétaux vasculaires encore vivants. Ils se caractérisent par des feuilles de petite taille appelées microphylls, ne possédant qu'une seule nervure non ramifiée. Les sporanges sont portés à l'aisselle des feuilles, souvent regroupés en épis terminaux nommés strobiles.

3.2. Les Sphenophytes (Equisétinées)

Représentés aujourd'hui par un seul genre, *Equisetum* (la Prêle), ces végétaux possèdent des tiges cannelées et articulées, riches en silice. Les feuilles sont réduites à des écailles disposées en verticilles au niveau des nœuds.

3.3. Les Filicophytes (Fougères vraies)

C'est le groupe le plus diversifié. Leurs feuilles sont des mégaphylles (ou frondes) à nervation complexe et ramifiée. La préfoliation est dite circinée : les jeunes frondes se développent en s'enroulant sur elles-mêmes (en forme de crosse).

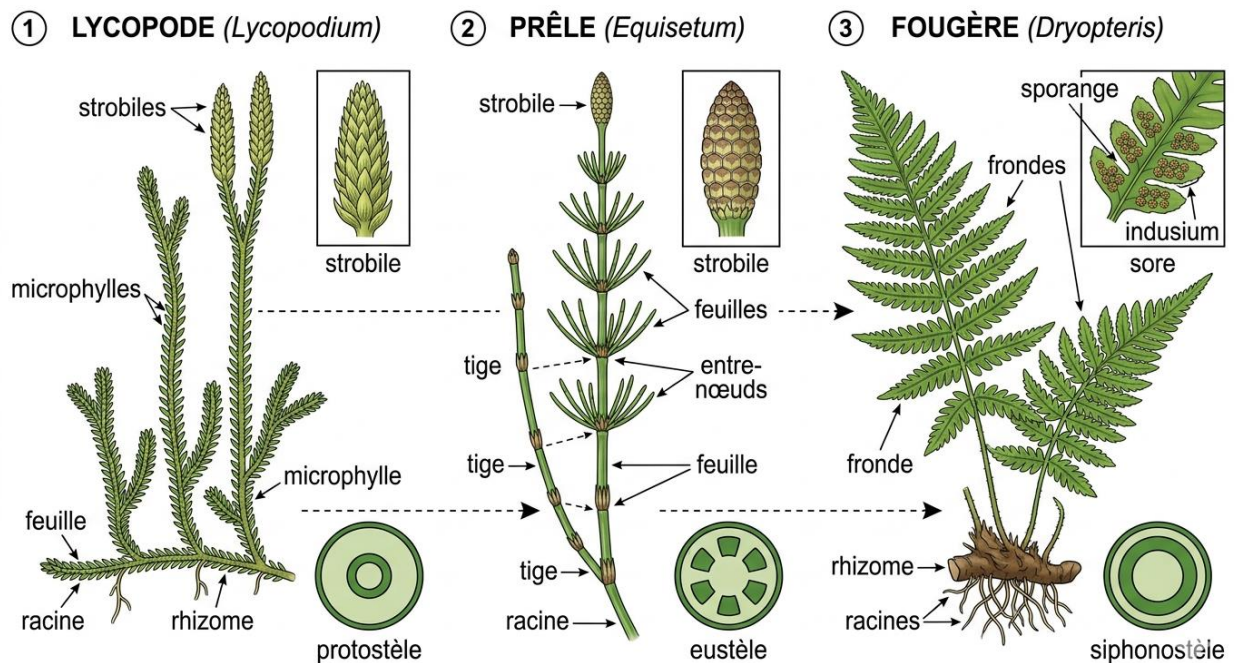


Figure 15 : Comparaison morphologique entre un Lycopode, une Prêle (*Equisetum*) et une Fougère (*Dryopteris*).

4. Cycle de développement : L'exemple de la fougère (*Dryopteris*)

Le cycle de vie des Ptéridophytes est haplo-diplophasique, marqué par une dominance absolue du sporophyte ($2n$).

- 1. Phase Diplophasique (Le Sporophyte) :** À maturité, les sporanges situés sous les frondes produisent, par méiose, des spores haploïdes (n). Ces spores sont libérées par un mécanisme de déshydratation de l'anneau mécanique du sporange.

2. **Phase Haplophasique (Le Gamétophyte) :** La spore germe au sol pour donner le prothalle. C'est une petite lame verte cordiforme (en forme de cœur), photosynthétique et bisexuée.
3. **La Fécondation :** Les anthéridies libèrent des anthérozoïdes multiflagellés qui nagent vers les archégones. La fécondation aboutit à un zygote qui se développe en un jeune sporophyte, lequel devient rapidement autonome tandis que le prothalle dégénère.

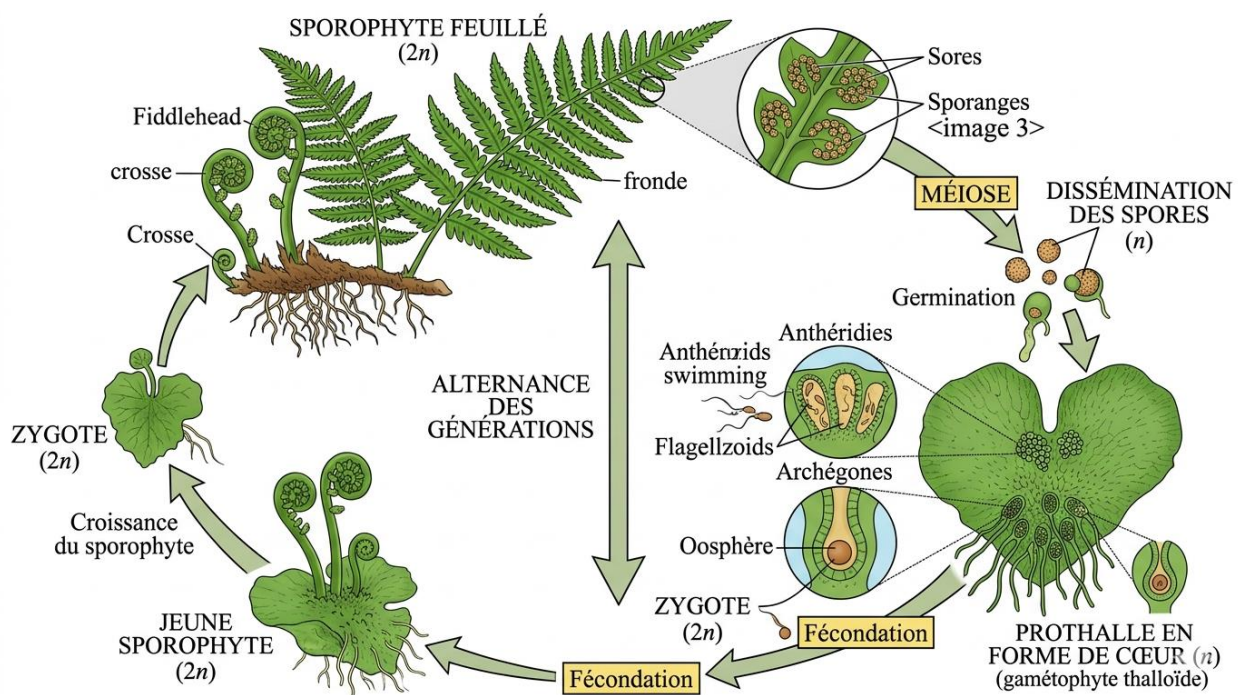


Figure 16 : Cycle de vie de *Dryopteris filix-mas* montrant l'alternance entre le grand sporophyte feuillé et le petit prothalle thalloïde.

CHAPITRES VI : LES SPERMAPHYTES (PLANTES À GRAINES)

1. Introduction et Innovations évolutives

Les Spermaphytes (du grec *sperma*, semence) représentent l'apogée de l'adaptation des végétaux à la vie terrestre. Leur succès évolutif repose sur deux innovations fondamentales qui les affranchissent totalement du milieu aquatique pour la reproduction :

- **Le Pollen** : Le gamétophyte mâle est réduit à un grain de pollen protégé par une paroi résistante (sporopollénine). Sa dispersion par le vent ou les animaux remplace la nécessité de l'eau liquide pour la fécondation (Siphonogamie).
- **L'Ovule et la Graine** : L'ovule est une structure complexe protégeant le gamétophyte femelle. Après fécondation, il se transforme en graine, un organe de dissémination contenant l'embryon, des réserves nutritives et protégé par des téguments.

2. Les Gymnospermes : Les plantes à ovules nus

Les Gymnospermes (du grec *gymnos*, nu) se caractérisent par des ovules portés par des écailles ovulifères, sans être enfermés dans un ovaire clos. On distingue quatre groupes principaux :

1. **Les Cycadophytes** : Aspect de palmier, reproduction par spermatozoïdes flagellés (notion d'ovule).
2. **Les Ginkgophytes** : Représentés par une seule espèce actuelle, *Ginkgo biloba*.
3. **Les Coniférophytes (Conifères)** : Le groupe le plus important (Pins, Sapins, Cèdres).
4. **Les Gnétophytes** : Groupe charnière présentant certains caractères proches des Angiospermes.

3. Les Coniférophytes : L'exemple du Pin (*Pinus*)

Le genre *Pinus* est le modèle d'étude classique pour comprendre la biologie des Gymnospermes. Ce sont des végétaux ligneux, pérennes, présentant des feuilles aciculaires (en forme d'aiguilles) adaptées à la réduction de la transpiration.

3.1. Appareil reproducteur : Les Cônes

Les Gymnospermes ne possèdent pas de fleurs au sens strict (avec périanthe), mais des cônes (strobiles) unisexués portés par le même individu (espèce monoïque) :

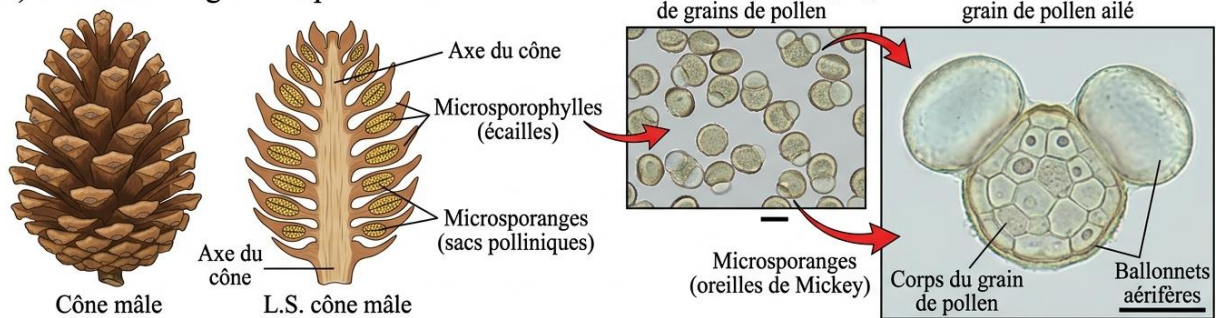
1. **Cônes mâles** : De petite taille, situés à la base des rameaux. Ils sont constitués d'écaillés portant des sacs polliniques où sont produits les grains de pollen munis de ballonnets aérifères pour le transport par le vent (anémochorie).
2. **Cônes femelles** : Plus volumineux, situés à l'extrémité des rameaux. Chaque écaille porte deux ovules nus.

3.2. De l'ovule à la graine

La fécondation chez le Pin est un processus lent qui s'étale sur deux ans. Le grain de pollen germe pour former un tube pollinique (Siphonogamie) qui conduit les noyaux mâles vers l'oosphère. Après fécondation, l'ovule se transforme en une graine ailée, assurant une dissémination efficace par le vent.

Morphologie des appareils reproducteurs chez *Pinus*

(A) Cône mâle et grain de pollen ailé



(B) Écaille ovulifère et structure de l'ovule

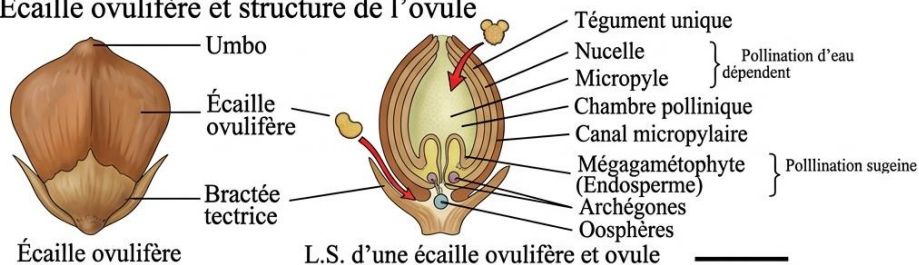


Figure 17 : Morphologie des appareils reproducteurs chez *Pinus* : (A) Cône mâle et grain de pollen ailé, (B) Écaille ovulifère et structure de l'ovule.

4. Les Angiospermes : Les plantes à fleurs et à fruits

Les Angiospermes (du grec *angeion*, vase) se caractérisent par la protection des ovules à l'intérieur d'une structure close : l'ovaire. C'est le groupe le plus diversifié, ayant colonisé tous les écosystèmes terrestres grâce à une coévolution étroite avec les pollinisateurs.

4.1. L'Appareil végétatif et la Morphogenèse

Le cormus des Angiospermes présente une complexité maximale. La croissance est assurée par des méristèmes (primaires et secondaires) :

- **La Racine** : Assure l'ancrage et la symbiose (mycorhizes).
- **La Tige** : Organe de soutien et de conduction (xylème avec vaisseaux parfaits).
- **La Feuille** : Siège de la photosynthèse, présentant une grande diversité de formes et de nervations.

4.2. Morphologie Florale : L'organisation de la fleur

La fleur est un rameau à croissance limitée dont les feuilles sont métamorphosées en pièces florales. Une fleur complète s'organise en quatre verticilles :

1. **Le Calice** : Ensemble des sépales (protection).
2. **La Corolle** : Ensemble des pétales (attraction).
3. **L'Androcée** : Appareil reproducteur mâle formé par les étamines.
4. **Le Gynécée (Pistil)** : Appareil reproducteur femelle formé par les carpelles.

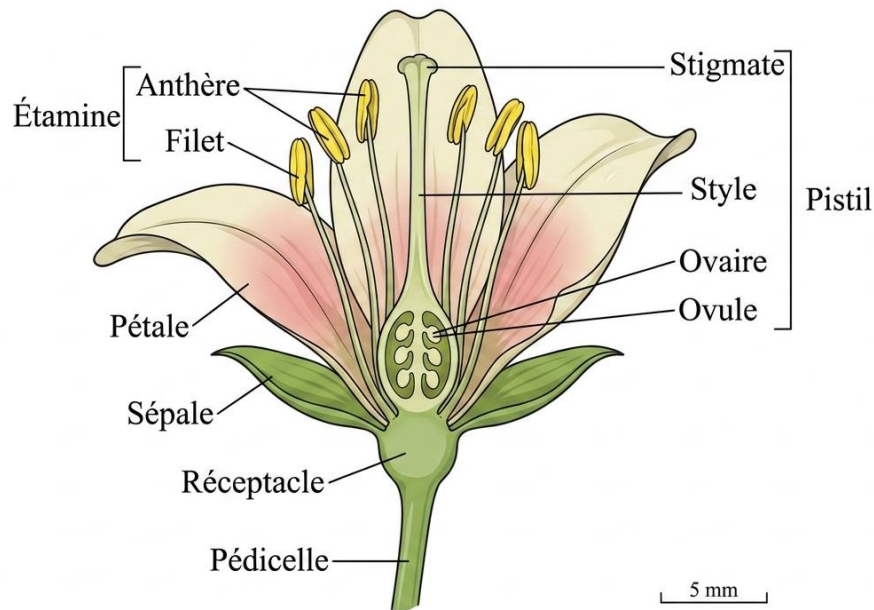


Figure 18 : Organisation schématique d'une fleur d'Angiosperme en coupe longitudinale.

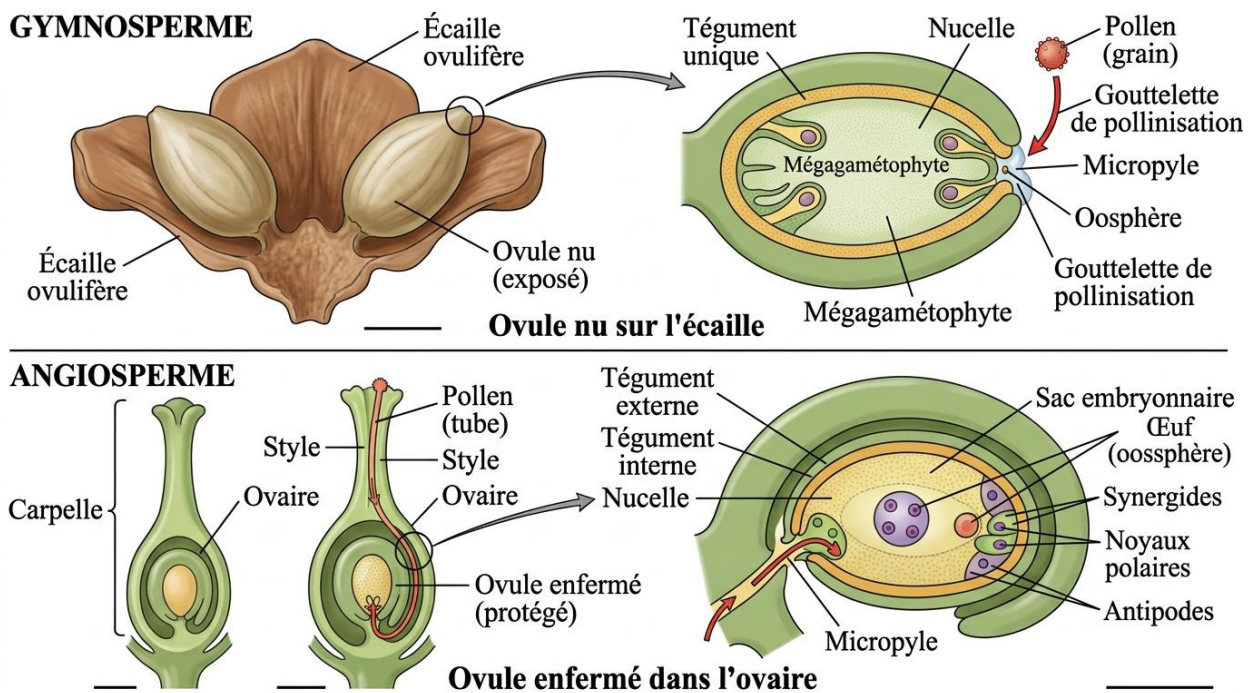


Figure 19 : schéma comparatif entre un ovule de Gymnospermes (nu sur l'écaille) et un ovule d'Angiosperme enfermé dans l'ovaire)

4.3. Biologie florale : Microsporogénèse et Double fécondation

La reproduction des Angiospermes est caractérisée par un mécanisme unique dans le monde vivant : la Double Fécondation. Ce processus garantit que les réserves nutritives ne se développent que si l'ovule est effectivement fécondé.

La Pollinisation : Le grain de pollen (gamétophyte mâle) est déposé sur le stigmate. Il germe en émettant un tube pollinique qui traverse le style pour atteindre l'ovule.

La Double Fécondation : Le tube pollinique libère deux anthérozoïdes (noyaux spermatiques) dans le sac embryonnaire :

Le **premier anthérozoïde** fusionne avec l'**oosphère** pour donner le **zygote principal (2n)**, qui deviendra l'embryon.

Le **second anthérozoïde** fusionne avec les **deux noyaux polaires** pour former le **zygote accessoire (3n)**, qui donnera l'**albumen** (tissu de réserve triploïde).

4.4. Graines et Fruits

Après la fécondation, l'ovule se transforme en graine et l'ovaire (paroi du carpelle) se métamorphose en fruit. Le fruit assure la protection des graines et favorise leur dissémination (par le vent, l'eau ou les animaux).

Schéma détaillé de la double fécondation chez les Angiospermes : formation de l'embryon et de l'albumen

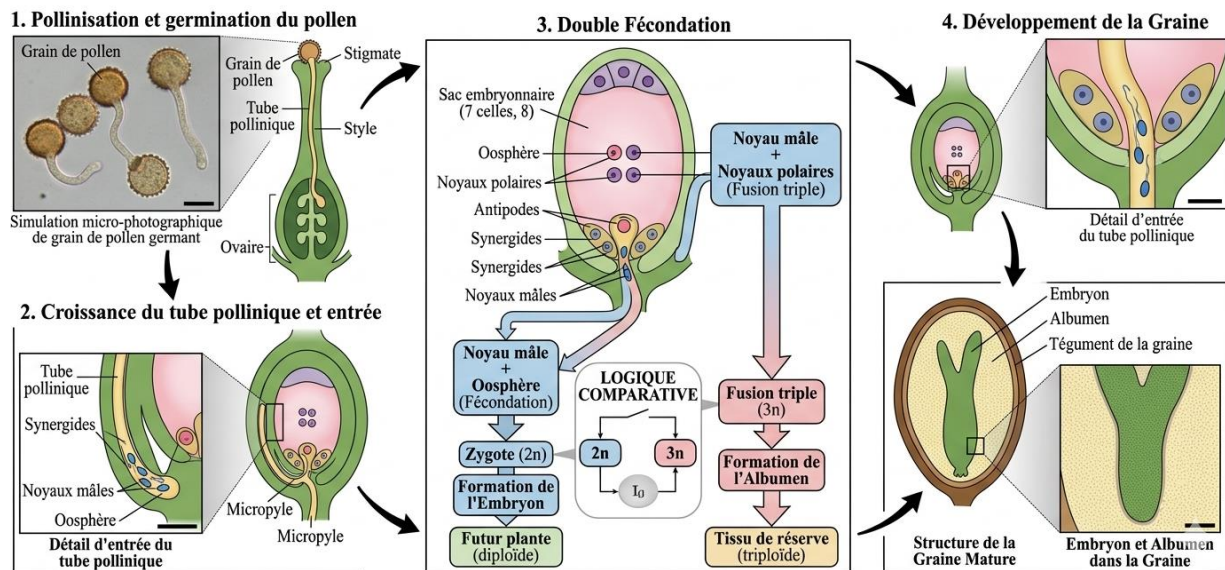


Figure 20 : Schéma détaillé de la double fécondation chez les Angiospermes :
formation de l'embryon et de l'albumen.

4.5. Notion de systématique moderne et principaux taxons

La classification des végétaux a radicalement changé avec l'avènement de la biologie moléculaire. On distingue deux approches majeures dans l'histoire de la botanique :

1. **La Classification Classique (ex : Engler, 1924) :** Basée essentiellement sur des critères morphologiques (nombre de pétales, position de l'ovaire). Bien qu'utile pour la détermination rapide sur le terrain, elle ne reflète pas toujours les liens de parenté réels.
2. **La Classification Phylogénétique (APG IV, 2016) :** C'est le système de référence actuel. Elle classe les plantes selon leur ADN et leur histoire évolutive. Elle a conduit à la suppression de certains groupes anciens (comme les Dicotylédones au sens strict) au profit de groupes monophylétiques.

4.5.1. Distinction entre Monocotylédones et Eudicotylédones

Malgré les remaniements, une distinction fondamentale demeure pour l'étudiant :

1. **Monocotylédones** : Un seul cotylédon, nervation foliaire parallèle, fleurs souvent de type 3 (ex : Lis, Graminées).
2. **Eudicotylédones** : Deux cotylédons, nervation réticulée, fleurs souvent de type 4 ou 5 (ex : Rose, Chêne).

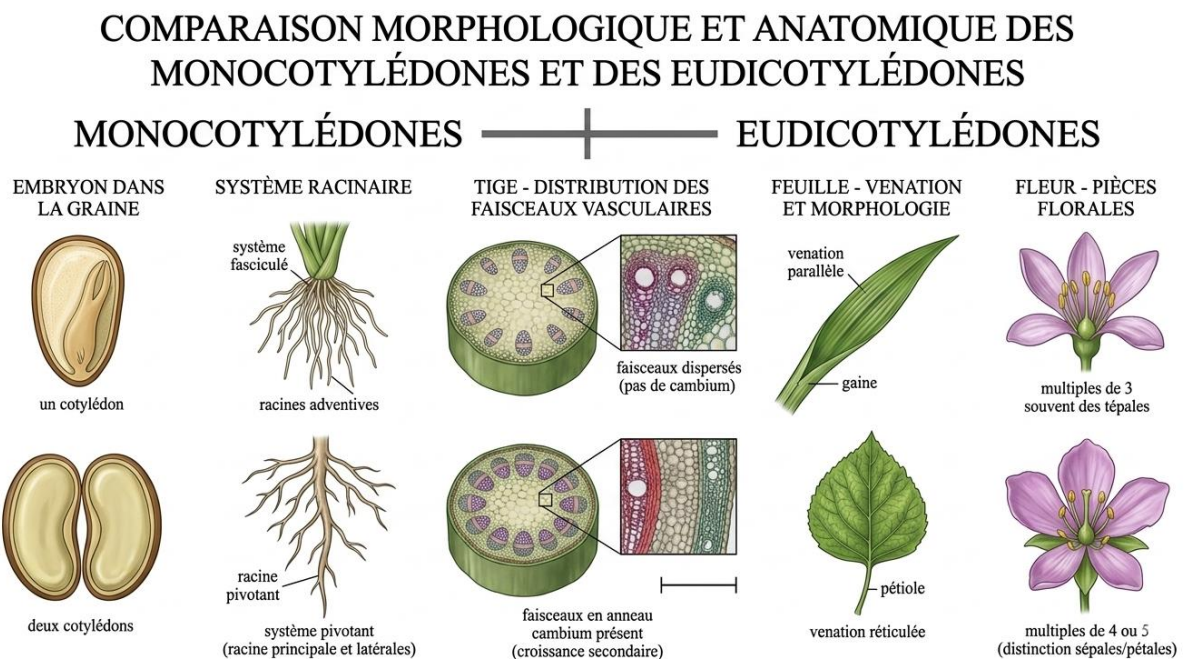


Figure 21 : Différences morphologiques et anatomiques entre les Monocotylédones et les Eudicotylédones.

BIBLIOGRAPHIE

1. **A.P.G. IV** (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1-20.
2. **Campbell, N. A., & Reece, J. B.** (2020). *Biologie* (11e éd.). Pearson Education.
3. **De Reviers, B.** (2002). *Biologie et phylogénie des algues* (Tomes 1 & 2). Belin Sup.
4. **Engler, A.** (1924). *Syllabus der Pflanzenfamilien*. Borntraeger.
5. **Guignard, J. L., & Cosson, L.** (2015). *Abrégé de Botanique* (16e éd.). Masson.
6. **Meyer, S., Reeb, C., & Bosdeveix, R.** (2019). *Botanique : Biologie et physiologie végétales* (3e éd.). Maloine.
7. **Raven, P. H., Evert, R. F., & Eichhorn, S. E.** (2014). *Biologie végétale*. De Boeck Supérieur.
8. **Selosse, M. A.** (2017). *Jamais seul : Ces microbes qui construisent les plantes, les animaux et les civilisations*. Actes Sud.

GLOSSAIRE DES TERMES BOTANQUES

Akinète : Cellule de résistance à paroi épaisse chez certaines Cyanobactéries.

Albumen : Tissu de réserve triploïde ($3n$) de la graine des Angiospermes, issu de la double fécondation.

Angiosperme : Plante dont les ovules sont enfermés dans un ovaire et dont les graines sont dans un fruit.

Anthéridie : Organe reproducteur mâle (gamétange) produisant les anthérozoïdes.

Archégone : Organe reproducteur femelle (gamétange) en forme de flacon contenant l'oosphère.

Cormus : Appareil végétatif différencié comprenant racines, tiges et feuilles.

Cyanobactérie : Organisme procaryote photosynthétique (algue bleue).

Dicaryon : État d'une cellule fongique possédant deux noyaux haploïdes non fusionnés ($n+n$).

Embryophyte : Plante terrestre protégeant son embryon au sein des tissus maternels.

Gamétophyte : Phase haploïde (n) du cycle de développement produisant les gamètes.

Gymnosperme : Plante à graines dont les ovules sont nus (portés par une écaille).

Hétérocyste : Cellule spécialisée des Cyanobactéries assurant la fixation de l'azote (N_2).

Hyphe : Filament microscopique constituant le mycélium des champignons.

Lignine : Macromolécule complexe assurant la rigidité et l'imperméabilité des vaisseaux conducteurs.

Mycorhize : Symbiose entre les racines d'une plante et le mycélium d'un champignon.

Phylloïde : Structure ayant l'apparence d'une feuille mais dépourvue de vrais tissus conducteurs (chez les mousses).

Siphonogamie : Mode de fécondation via un tube pollinique, s'affranchissant de l'eau liquide.

Sporophyte : Phase diploïde ($2n$) du cycle de développement produisant les spores par méiose.

Thalle : Appareil végétatif simple, sans racines, tiges, ni feuilles vraies.

Zoïdogamie : Mode de fécondation nécessitant de l'eau pour le déplacement des gamètes flagellés.

BOTANIQUE

Semestre : 4ème Semestre

U.E: Unité d'Enseignement Fondamentale 1

Matière : Botanique

Objectifs pédagogiques du cours Cette matière a comme objectif l'initiation à la classification et à la caractérisation anatomique des grands groupes du règne végétale. L'enseignement dispensé tente également à fournir aux étudiants les modalités de reproduction. Connaissances préalables recommandées L'étudiant doit avoir des connaissances en biologie végétale (morphologie, anatomie, physiologie).

Botanique

Contenu de la matière

Introduction à la botanique - Définitions, notions et critères de classification. Systématique des grands groupes du règne "végétal"

PREMIERE PARTIE :

ALGUES ET CHAMPIGNONS

1. Les Algues

1.1. Les Algues procaryotes (Cyanophytes / Cyanobactéries)

1.2. Les Algues eucaryotes

1.2.1. Morphologie

1.2.2. Cytologie

1.2.3. Reproduction (notion de gamie, de cycle de développement)

1.3. Systématique et particularités des principaux groupes

1.3.1. Les Glaucophyta

1.3.2. Les Rhodophyta

1.3.3. Les Chlorophyta et les Streptophyta

1.3.4. Les Haptophyta, Ochrophyta, Dinophyta, Euglenozoa, Cryptophyta, Cercozoa

2. Les champignons et lichens

2.1. Problèmes posés par la classification des champignons

2.2. Structure des thalles (mycéliums, stroma, sclérote)

2.3. Reproduction

2.4. Systématique et particularités des principaux groupes de champignons

2.4.1. Les Myxomycota

2.4.2. Les Oomycota

2.4.3. Eumycota (Chytridiomycota, Zygomycota, Glomeromycota, Ascomycota, Basidiomycota)

2.5. Une association particulière algue-champignon : les lichens

2.5.1. Morphologie

2.5.2. Anatomie

2.5.3. Reproduction

DEUXIEME PARTIE :

Les Embryophytes

1. Les Bryophytes : Morphologie et reproduction des différents embranchements

1.1. Marchantiophytes

1.2. Anthocérotophytes

1.3. Bryophytes *s. str.*

2. Les Ptéridophytes : Morphologie et reproduction des différents embranchements

2.1. Lycophytes

2.2. Sphenophytes (= Equisétinées)

2.3. Filicophytes

3. Les Gymnospermes sensu lato

3.1. Les Cycadophytes: notion d'ovule

3.2. Les Ginkgophytes

3.3. Les Coniférophytes: notion de fleur, d'inflorescence et de graine

3.4. Les Gnétophytes : groupe charnière

4. Les Angiospermes

4.1. Appareil végétatif et notion de morphogénèse : croissance des tiges, feuilles et racines

4.2. Morphologie florale (organisation de la fleur, inflorescences)

4.3. Biologie florale : microsporogénèse et macrosporogénèse

4.4. Graines et fruits

4.5. Notion de systématique moderne, cladogénèse et principaux taxons. Présentation des des classifications (Engler 1924, APG II)

Travaux Pratiques (3^h hebdomadaire) :

TP N° 1. Algues (Phycophytes) Morphologie et reproduction de quelques espèces comme *Ulva lactuca* et *Cystoseira mediterranea*.

TP N°2. Champignons (Fungi) Morphologie et reproduction de *Rhizopus nigricans* (Zygomycètes), *Agaricus campestris* (Basidiomycètes)

TP N°3. Lichens Morphologie des différents types de lichens et étude de *Xanthoria parietina*

TP N° 4. Bryophytes Morphologie et reproduction de *Bryum sp.*

TP N°5. Ptéridophytes Morphologie et reproduction de *Polypodium vulgare* et de *Selaginella denticulata*

TP N°6. Cycadophytes Morphologie et reproduction de *Cycas revoluta*

TP N°7. Coniférophytes (Gymnospermes sensu stricto) Morphologie et reproduction de *Pinus halepensis* et *Cupressus sempervirens*

TP N°8 et 9 : Les Angiospermes Monocotylédones et Eudicotylédones. Illustration de la notion de trimérie et pentamérie, de la notion d'actinomorphie et zygomorphie ; dialypétalie, gamopétalie, fleur hypogyne, fleur épigyne....

TP N°8. Morphologie florale des Angiospermes Monocotylédones sur des exemples comme *Asphodelus* (ou *Allium*)

TP N°9. Morphologie florale des Angiospermes Eudicotylédones sur des exemples comme *Lathyrus* ou *Vicia*

TP N°10. Reproduction sexuée chez les Angiospermes Grain de pollen, pollinisation et fécondation chez les angiospermes Types de fruits et types de graines.