

UNIVERSITE AMAR TELIDJI - LAGHOUAT

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Polycopié de cours

Destiné aux étudiants de la
2^{ème} année Licence académique :
Filière : Sciences agronomiques

BOTANIQUE

Réalisé par :
Dr. Mériem MARFOUA

Liste des tableaux

Tableau 01 : La terminaison (ou suffixe) des différents rangs taxinomiques.	06
---	----

Liste des figures

Figure 01 : Guide des plantes médicinales en arabe.	04
Figure 02 : Classification actuelle des êtres vivants.	07
Figure 03 : Les différents types d'algues.	10
Figure 04 : Organisation d'une cellule de diatomée.	11
Figure 05 : La répartition des algues du bas vers le haut.	16
Figure 06 : Cycle monogénétique haplophasique de la Spirogyre.	23
Figure 07 : Cystogamie chez la Spirogyre.	24
Figure 08 : Cycle monogénétique diplophasique du Fucus vésiculeux.	24
Figure 09 : Coupe transversale d'un conceptacle de Fucus.	25
Figure 10 : Cycle digénétique haplodiplophasique de la laitue de mer.	26
Figure 11 : Cycle trigénétique d' <i>Antithamnion</i>	27
Figure 12 : Septomycètes. Filaments cloisonnés appelés hyphes.	34
Figure 13 : Siphomycètes. Filaments non cloisonnés appelés siphons.	34
Figure 14 : Multiplication végétative (en haut du schéma) et cycle monogénétique haplophasique du Mucor (en bas du schéma).	39
Figure 15 : Cycle digénétique chez un basidiomycètes.	39
Figure 16 : Cycle trigénétique à deux sporophytes chez les ascomycètes.	40
Figure 17 : Coupe verticale à travers le corps d'un lichen.	45
Figure 18 : Les trois grands types de thalles.	46
Figure 19 : Une structure pluricellulaire appelée gamétange femelle (ou archégone).	Erreur ! Signet non défini.
Figure 20 : Arbre phylogénétique simplifié des embryophytes.	53
Figure 21 : Cycle digénétique haplodiplophasique à dominance du gamétophyte chez les bryophytes.	54
Figure 22 : Morphologie des spores et élatères chez les Marchantiales.	57

Figure 23 : Morphologie de <i>Marchantia polymorpha</i> montrant les anthéridiophores et les archégoniophores.....	57
Figure 24 : Morphologie et pseudo-étatères de <i>Anthoreros laevis</i> (Anthocérôtés).....	58
Figure 25 : Schéma de la germination d'une spore.	59
Figure 26 : Morphologie de <i>Funaria hygrometrica</i>	60
Figure 27 : Morphologie d'une Sphaigne.....	61
Figure 28 : Le cycle de vie d'une mousse.	62
Figure 29 : Arbre phylogénétique simplifié des Trachéophytes.....	64
Figure 30 : Aspect général d'une fougère.....	66
Figure 31 : Gamétophyte et du sporophyte d'une ptéridophyte.	67
Figure 32 : Les sporanges d'une fougère.....	68
Figure 33 : Les gamétanges d'une fougère.....	68
Figure 34 : Cycle de vie d'une fougère.	69
Figure 35 : Schéma d'une Lycopode avec 5 épis sporifères terminaux.	70
Figure 36 : Appareil végétatif de <i>Selaginella denticulata</i>	71
Figure 37 : Schéma de sporophylles montrant les sporanges mâles et femelles chez la sélaginelle.	71
Figure 28 : Le cycle de vie d'une mousse.	62
Figure 29 : Arbre phylogénétique simplifié des Trachéophytes.....	64
Figure 30 : Aspect général d'une fougère.....	66
Figure 31 : Gamétophyte et du sporophyte d'une ptéridophyte.	67
Figure 32 : Les sporanges d'une fougère.....	68
Figure 33 : Les gamétanges d'une fougère.....	68
Figure 34 : Cycle de vie d'une fougère.	69
Figure 35 : Schéma d'une Lycopode avec 5 épis sporifères terminaux.	70
Figure 36 : Appareil végétatif de <i>Selaginella denticulata</i>	71
Figure 37 : Schéma de sporophylles montrant les sporanges mâles et femelles chez la sélaginelle.	71
Figure 38 : Aspect morphologique d' <i>Equisetum arvensis</i>	72
Figure 39 : Aspect général d'un exemple de Filicophytes (<i>Polypodium vulgare</i>), prothalle et sporange.....	73
Figure 40 : Cycle de vie d'un polypode.	73
Figure 41 : Arbre phylogénétique simplifié des Spermaphytes.....	75
Figure 42 : Appareil reproducteur mâle de <i>Cycas</i>	77

Figure 43 : Morphologie d'un pied femelle et appareil reproducteur femelle de <i>Cycas</i> . a : appareil végétatif femelle, b : cône femelle fermé (fleur femelle), c : cône femelle ouvert, d : feuille ovulifère (mégasporophylle) de <i>Cycas</i>	77
Figure 44 : Coupe longitudinale d'un ovule de <i>Cycas</i>	78
Figure 45 : Cycle de reproduction des Cycadophytes.	78
Figure 46 : <i>Ginkgo biloba</i> Pied mâle.....	79
Figure 47 : <i>Ginkgo biloba</i> Pied femelle.	79
Figure 48 : Arbre phylogénétique des Pinophytes.....	80
Figure 49 : Ramification portant l'appareil reproducteur de <i>Pinus halepensis</i>	81
Figure 50 : Cycle de Reproduction de <i>Pinophyta</i>	82
Figure 51 : Les pseudo-fleurs femelles.....	83
Figure 52 : Ovule Gnétophyte et Angiosperme.	83
Figure 53 : Les pseudo-fleurs mâles.....	84
Figure 54 : <i>Gnetum africanum</i> : Inflorescence femelle ; b - Inflorescence mâle ; c - Graines.	85
Figure 55 : <i>Welwitschia mirabilis</i> : a - Inflorescence mâle ; b - Inflorescence femelle ; c - Graines.....	86
Figure 56 : <i>Ephedra alata</i> : a - Inflorescence mâle ; b - Inflorescence femelle ; c - Plante ; d - Graines.....	86
Figure 57 : Organisation générale de l'appareil végétatif des angiospermes herbacées.	89
Figure 58 : Orientation des tiges : a . dressée - b . couchée - c . ascendante. Tiges stoloniforme (a) et volubile (b).	90
Figure 59 : Différentes parties d'une feuille.	91
Figure 60 : Différentes parties d'une racine.	92
Figure 61 : Différentes parties d'une fleur.	93
Figure 62 : Types de réceptacle : a . Thalamiflore - b . Caliciflore - c . Disciflore.	94
Figure 63 : Symétrie radiale (a - actinomorphe) et bilatérale (b - zygomorphe).	94
Figure 64 : Principaux types de calices.	95
Figure 65 : Pétales libres (a - dialypétale) et soudés (b - gamopétale).....	96
Figure 66 : Principaux types de corolles (terminologie en partie applicable aux périgones).	97
Figure 67 : Disposition, nombre et symétrie des pièces florales du périanthe.	97
Figure 68 : a . trimère - b . tétramère - c . pentamère - d . polymère.	98
Figure 69 : Capitule radié.	99
Figure 70 : Etamine et coupes transversales d'anthères.....	99

Figure 71 : Soudure des étamines : a. monadelphes - b. diadelphes.....	100
Figure 72 : Principaux types de position des anthères par rapport au filet : a. basifixe ou innée - b. adnée - c. médifixe - d. apicifixe - e. à thèques décalées - f. monothèque (médifixe).	101
Figure 73 : Déhiscence des anthères : a. loculicide longitudinale - b. loculicide transversale - c. valvaire - d. poricide.	102
Figure 74 : Surface des grains de pollen.....	102
Figure 75 : Styles et stigmates : a. capité - b. linéaire - c. punctiforme - d. discoïde - e. papilleux - f. plumeux.	103
Figure 76 : Carpelle d'hellébore : a. vue légèrement de profil - b. vue partiellement ouverte - c. lame carpellaire étalée - d. coupe transversale d'un carpelle fermé.	103
Figure 77 : Gynécée syncarpe (ou coenocarpe).	105
Figure 78 : Cloisonnement de l'ovaire : a. ovaire composé pluriloculaire (syncarpe) - b. ovaire composé uniloculaire (paracarpe).	105
Figure 79 : Position de l'ovaire : a. supère - b. semi-infère - c. infère.	106
Figure 80 : Principaux types de placentation (gynécée coenocarpe) : a. pariétale - b. axile - c. centrale - d. basale - e. subapicale.	107
Figure 81 : Organisation florale.....	108
Figure 82 : Répartition des sexes chez les Angiospermes : a. plante à fleurs hermaphrodites - b. plante monoïque dicline - c. plantes dioïques diclines.	110
Figure 83 : Formule florale.	111
Figure 84 : Formule et diagramme floraux de <i>Nicotiana tabacum</i> L.	111
Figure 85 : Formule et diagramme floraux du géranium : a. axe de l'inflorescence - b. bractée - p. préfeuille.	111
Figure 86 : Types de fleurs isolées.	112
Figure 87 : Formation des fleurs dans un racème (croissance indéfinie).	112
Figure 88 : Formation des fleurs dans une cyme (croissance définie).	113
Figure 89 : Différentes parties d'inflorescence.	113
Figure 90 : Inflorescences simples monopodiales : a. grappe - b. épi - c. corymbe - d. ombelle - e. capitule.	114
Figure 91 : Epillet uniflore du riz (<i>Oriza sativa</i>).	115
Figure 92 : Structure schématique d'un épillet de <i>Poaceae</i> (composée de 3 fleurs).	116
Figure 93 : Deux variantes de glomérule : a. glomérule (cyme bipare). b. glomérule (cyme unipare).	117

Figure 94 : Inflorescences composées : a. panicule - b. ombelle composée - c. corymbe de corymbes - d. racème de cymes.	119
Figure 95 : Différentes étapes de formation du fruit.	120
Figure 96 : Cycle de la formation d'une plante.	121
Figure 97 : Transformation de la fleur en fruit.	122
Figure 98 : Structure anatomique du fruit.....	123
Figure 99 : Fruits charnus déhiscent (les baies).	124
Figure 100 : Fruits charnus déhiscent (les drupes).....	124
Figure 101 : Fruits secs déhiscent gousse (pois), capsule (coton), silique (moutarde). ..	125
Figure 102 : Différents types de fruits secs déhiscent.....	126
Figure 103 : Fruits secs indéhiscent (akénoïdes) (maïs, samare érable).	127
Figure 104 : Différents types de fruits secs indéhiscent (akénoïdes).	127
Figure 105 : Faux fruits : a- Fraise, b- Poire.	128
Figure 106 : Classification des fruits.	129
Figure 107 : Fruits simples, multiples, complexes et composés.....	130
Figure 108 : Différences entre une plante monocotylédone et dicotylédone.....	131
Figure 109 : Phylogénie simplifiée des angiospermes (APGIII, 2009).	132
Figure 110 : Phylogénie simplifiée des Protoangiospermes (APGIII, 2009).	132
Figure 111 : Phylogénie simplifiée des Magnoliidées (APGIII, 2009).	133
Figure 112 : Phylogénie des Monocotylédones selon APG III (2009).....	133
Figure 113 : Phylogénie simplifiée selon des Eudicotylédones APG III (2009).....	134

AVANT-PROPOS

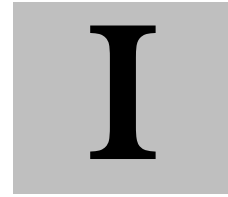
La matière de botanique est un module semestriel dispensé en semestre 2, sous forme de cours et de travaux pratiques dans le cadre de la formation des étudiants de la 2^{ème} année filière sciences agronomiques (voir annexe 1).

Le volume horaire de ce module est de quatre heures par semaine (1h30 de cours et 2h30 de travail pratique).

Les objectifs de la matière sont de permettre aux étudiants d’:

- ✓ Avoir une initiation à la classification et à la caractérisation anatomique des grands groupes du règne végétale.
- ✓ Avoir des connaissances sur les modalités de reproduction.

INTRODUCTION A LA BOTANIQUE



Sommaire

I.1.- DEFINITION D'UN VEGETAL	04
I.2.- HISTORIQUE DE LA BOTANIQUE	04
I.3.- DEFENITION DE LA BOTANIQUE	05
I.4.- RANG TAXONOMIQUE (BOTANIQUE)	05
I.5.- CLASSIFICATION DES VEGETAUX.....	07
I.5.1.- Classification classique	07
I.5.2.- Classification actuelle.....	07
a.- Le règne des Monères.....	07
b.- Le règne des Protistes	08
c.- Le règne des Mycètes.....	08
d.- Le règne des Végétaux	08
e.- Le règne des Animaux.....	08

I.1.- DEFINITION D'UN VEGETAL

Un végétal est un être vivant caractérisé par :

- ✓ La faculté de photosynthèse,
- ✓ L'immobilité et la fixation au sol,
- ✓ La grande plasticité (souplesse),
- ✓ La facilité de régénération.

I.2.- HISTORIQUE DE LA BOTANIQUE

Les Arabes perfectionnent le raffinage du sucre, venu de Perse, et introduisent la confiserie dans l'alimentation et la conservation des végétaux. On leur doit l'extension jusqu'à l'Atlantique de la culture de la canne à sucre, du riz, du coton. Leur acquis principal réside dans la création de jardins botaniques expérimentaux (*Al-Andalus*), l'*Al-munia* est à la fois lieu d'acclimatation, de plaisir et d'étude où les plantes sont considérées sous tous leurs aspects : alimentaire, parfum, médicinale, utilitaire et décoratif (**Fig. 01**).



Figure 01 : Guide des plantes médicinales en arabe.

La zone de culture de certains fruits (bigarades, citrons, bananes, dattes) et de certaines fleurs (*Crocus sativus* dont on tire le safran, jasmin), de plantes utilitaires (murier à soie) connaît une expansion qui suit celle de l'islam. Grâce à la maîtrise de l'hydraulique des méditerranéens qu'ils améliorent avec les moulins, grâce à leur curiosité pour les techniques agricoles et les connaissances botaniques, et surtout grâce à l'immensité des territoires qu'ils mettent en relation, les agronomes arabo-musulmans font considérablement évoluer la triade méditerranéenne antique blé-vigne-olivier.

I.3.- DEFINITION DE LA BOTANIQUE

Les végétaux sont notamment à la base de la chaîne alimentaire. C'est pourquoi il est primordial de chercher à toujours mieux les connaître. La botanique est une discipline scientifique qui s'intéresse aux végétaux sous bien des facettes. Certains botanistes se focalisent ainsi sur la taxonomie, tandis que d'autres ont plus d'affinités pour la systématique, la morphologie, l'anatomie, la physiologie, l'histologie ou la pathologie végétale.

Les études botaniques peuvent être menées à de nombreux niveaux, en partant du moléculaire, en passant par la génétique, pour finalement aboutir, après bien d'autres étapes, à la communauté dans son ensemble.

La mycologie, l'étude des champignons, et la phycologie, l'étude des algues, sont régulièrement associés à la botanique. L'explication est historique. À ses débuts, cette discipline rassemblait tous les êtres vivants qui n'étaient pas des animaux.

I.4.- RANG TAXONOMIQUE (BOTANIQUE)

Un taxon (du grec *taxis*, « placement », « mise en ordre ». Pluriel *grec* : *taxa* ; pluriel français : taxons) est une entité conceptuelle qui est censée regrouper tous les organismes vivants possédant en commun certains caractères taxinomiques ou diagnostiques bien définis.

Une hiérarchie en 7 **rangs principaux** et 5 **rangs secondaires** est présentée, dans l'ordre décroissant, de la façon suivante :

Règne → **Embranchement, Division** ou **Phylum** → **Classe** → **Ordre** → **Famille** → **Tribu** → **Genre** → **Section** → **Série** → **Espèce** → **Variété** → **Forme**.

L'**espèce**¹ constitue le rang de taxon de base de la classification systématique. Plus le rang du taxon est élevé et plus le degré de ressemblance entre les individus concernés (plantes, animaux, champignons, bactéries) diminue, et inversement.

Le second en importance est le genre (en latin *genus*), une espèce ne pouvant pas recevoir un nom scientifique sans être affectée à un genre. Le rang de troisième importance est la famille (en latin *familia*).

¹ On dit que les individus morphologiquement identiques appartiennent à la même espèce, si par fécondation réciproque donnent des graines fertiles d'où naissent des individus présentant les mêmes caractères morphologiques que les parents.

En plus, d'autres critères ont été introduits pour une définition plus exacte de l'espèce.

- Critères physiologiques : nature du sol, exposition, époque de floraison,
- Critères chimiques : substances chimiques caractéristiques pour certaines espèces,
- Critères cytologiques : caryotype, nombre de chromosomes, leur taille, leur forme.

Mais, le seul critère morphologique semble être le plus pratique dans l'identification et la détermination des espèces. En général, ce sont les organes sexuels.

La nomenclature a établi une terminologie codifiée qui permet, au vu de la seule terminaison (ou suffixe) d'un taxon quelconque, de savoir quel est son **rang taxinomique** dans la hiérarchie systématique (**Tab. 01**) :

Tableau 01 : La terminaison (ou suffixe) des différents rangs taxinomiques.

Domaine \ Empire	Procaryote	Eucaryote			
Rang \ Règne	Bactéries et Archées <i>Bacteria</i> et <i>Archaea</i>	Plantes <i>Plantae</i>	Algues <i>Algae</i>	Champignons <i>Fungi</i>	Animaux ⁴ <i>Animalia</i>
Embranchement, Division ou Phylum	...	-phyta		-mycota	...
Sous-embranchement, Sous-division ou Sous-phylum	...	-phytina		-mycotina	...
Classe	...	-opsida	-phyceae	-mycetes	...
Sous-classe	...	-idae	-phycidae	-mycetidae	...
Super-ordre	...	-anae [réf. nécessaire]		...	...
Ordre		-ales			...
Sous-ordre		-ineae			...
Infra-ordre	...	-aria [réf. nécessaire]		...	...
Super-famille	...	-acea		...	-oidea
Famille		-aceae			-idae
Sous-famille		-oideae			-inae
Tribu	-eae		-eae, ae		-ini
Sous-tribu	-inae				-ina
Genre	-us, -a, -um, -is, -os, -ina, -ium, -ides, -ella, -ula, -aster, -cola, -ensis, -oides, -opsis...				

Au rang d'espèce, la dénomination est **binominale**. Toute espèce du monde vivant est désignée par un binôme latin. Ce binôme spécifique se compose d'un **nom de genre** suivi d'un **nom d'espèce**, dont l'ensemble constitue le nom scientifique international sous lequel tout « individu » identifié à cette espèce peut être désigné.

Les deux termes du binôme sont appelés respectivement **nom générique** et **nom spécifique** (ou **épithète spécifique**). Toutefois, le nom scientifique complet de l'espèce exige l'ensemble du binôme et pas seulement l'épithète spécifique.

Exemple : *Prunus armeniaca* L. (1753)

- *Prunus* constitue le nom de genre (au nominatif latin, avec première majuscule et en italique), origine du mot grec « *proumnon* », qui signifie prune.
- *armeniaca* provient d'un adjectif latin (en minuscule italique) signifiant « abricot », et qui désigne ici l'espèce.
- Linné identifie le nom du naturaliste qui a nommé et décrit l'espèce.
- 1753 situe l'année de publication de la diagnose, ou de sa validation.

I.5.- CLASSIFICATION DES VEGETAUX

I.5.1.- Classification classique

Les êtres vivants ont été classés en premier temps en **deux principaux règnes** : un règne animal, et un règne végétal qui regroupe les végétaux supérieurs, les algues, les champignons, les mousses, ainsi que les bactéries. Ensuite, cette classification a été modifiée.

I.5.2.- Classification actuelle

La tendance actuelle est de distinguer plusieurs grands ensembles. Tout d'abord, on classe les êtres vivants en 5 grands règnes ; ensuite, on divise ces derniers-ci en embranchements, classes, ordres, familles genres et espèces. Il est à noter qu'un nouveau système comprenant une vingtaine de règnes est de plus en plus admis dans le milieu scientifique. Ces nouveaux règnes sont rendus nécessaires, entre autres, dû à la découverte de beaucoup de nouvelles bactéries (**Fig. 02**).

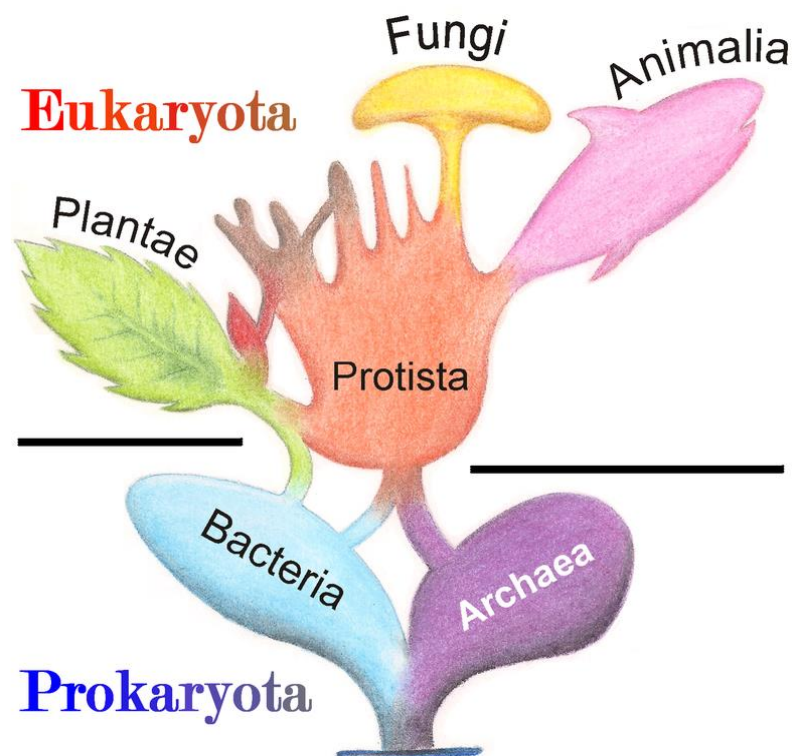


Figure 02 : Classification actuelle des êtres vivants.

Les 5 grands règnes sont :

a.- Le règne des Monères

La principale caractéristique de ce règne est que tous les êtres vivants s'y retrouvant sont des procaryotes. Il comprend toutes les bactéries et les cyanobactéries. On retrouve dans ce règne des autotrophes et des hétérotrophes.

b.- Le règne des Protistes

Il est constitué surtout de microorganismes eucaryotes unicellulaires mais aussi de leur descendant pluricellulaires. On classe dans ce règne les protozoaires et les algues. Encore une fois, on retrouve dans ce règne des autotrophes et des hétérotrophes.

c.- Le règne des Mycètes

Il comprend les champignons. Les champignons sont des eucaryotes qui se procurent les nutriments dont ils ont besoin en décomposant de la matière organique morte ou vivante. Ce sont donc, des hétérotrophes.

d.- Le règne des Végétaux

En générale, il est constitué des êtres vivants eucaryotes pluricellulaires autotrophes et capables de faire la photosynthèse.

e.- Le règne des Animaux

Ce sont des êtres vivants eucaryotes pluricellulaires et hétérotrophes. Pour obtenir les nutriments essentiels à leur survie, ils doivent ingérer et digérer d'autres êtres vivants.

PREMIERE PARTIE :

Les Thallophytes

LES ALGUES



Sommaire

II.1.- LES ALGUES	10
II.1.1.- Généralités.....	10
II.1.2.- Caractéristiques cytologiques	10
II.1.3.- Structure de l'appareil végétatif	13
II.1.4.- Mode de nutrition	14
II.1.5.- Répartition	15
II.1.6.- Habitats.....	18
II.1.7.- Reproduction.....	22
II.1.8.- Les principaux groupes des algues.....	27
II.1.5.- Répartition	15
II.1.6.- Habitats.....	18
II.1.7.- Reproduction.....	22
II.1.8.- Les principaux groupes des algues.....	27

II.1.- LES ALGUES

II.1.1.- Généralités

Les algues (phycophytes) sont :

- ✓ Des végétaux inférieurs, cryptogames, thallophytes ;
- ✓ Le cycle biologique se déroule, au moins en partie, en milieu aquatique ;
- ✓ Abondantes dans les milieux aquatiques, mais elles peuvent vivre dans des conditions écologiques très diverses à condition de la présence de l'humidité (par exemple la rosée): tels que les surfaces rocheuses humides, les troncs d'arbres, les mousses ou la terre humide, sur la neige ou la glace. Certaines sont aériennes, d'autres sont endophytes dans les tissus végétaux ;
- ✓ La présence de chlorophylle, qui leur donne la faculté de photosynthèse par le cycle de Calvin ;
- ✓ Leur morphologie est assez diversifiée (2 à 3 μm de diamètre jusqu'à 30 à 50 m de long) ;
- ✓ Elles sont de couleurs variées, vertes, jaunes, rouges, brunes, etc.

II.1.2.- Caractéristiques cytologiques

Tout d'abord, on distingue deux catégories des algues :

- **Algues procaryotes** : Ce sont en effet, comme les Bactéries, mais en particulier, les thylacoïdes, qui supportent les pigments photosynthétiques, n'y sont pas rassemblés dans des plastes individualisés comme chez les autres végétaux chlorophylliens mais dispersés dans la partie périphérique (chromatoplasme) du cytoplasme de la cellule. Aucune espèce ne possède de flagelles. Elles sont représentées par Les **Cyanophytes (Cyanophycées Cyanobacteries** ou les **algues bleues**) et les **Prochlorophytes**.

- **Algues eucaryotes** : Ce sont des eucaryotes unicellulaires libres ou associées sous forme des colonies, ou elles forment des structures diverses (filamenteuses, tubulaires ou foliacées...). Leurs cellules contiennent Les organites habituels d'une cellule eucaryote, telles que le plaste, le noyau, la vacuole pulsatile, les mitochondries etc. En plus, elles possèdent dans la plupart des cas un appareil cinétique ou flagelle (**Fig. 03**).

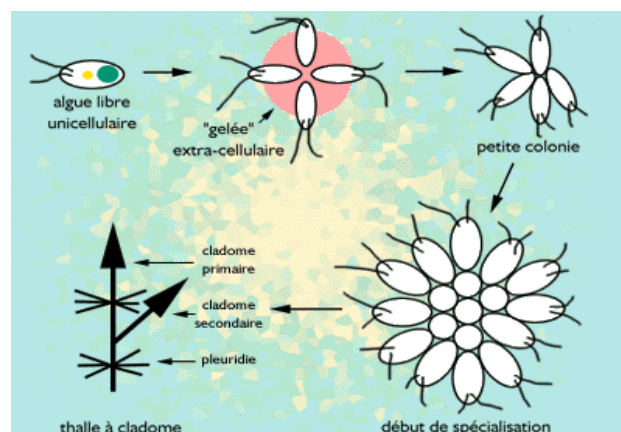


Figure 03 : Les différents types d'algues.

a.- Paroi cellulaire

- ✓ La membrane externe de la cellule est fondamentalement pecto-glucidique, comme chez végétaux supérieurs ;
- ✓ La cellulose est souvent remplacée par d'autres glucides (Xylanes, Mannanes) ou par des dérivés glucidiques (acide alginique notamment) ;
- ✓ Les substances mucilagineuses sont abondantes et la couche superficielle de la membrane est souvent gélifiée, en plus, ces membranes ont la capacité de se minéralisent.

Chez les diatomées, la paroi ou la frustule est constituée de deux valves inégales (**Fig. 04**) : Les frustules sont entourée de couches de silice hydratée, associé à des matériaux organiques. Après la mort des cellules, les frustules résistent à la putréfaction et leur accumulation forme les boues siliceuses, fréquentes aux fonds des océans.

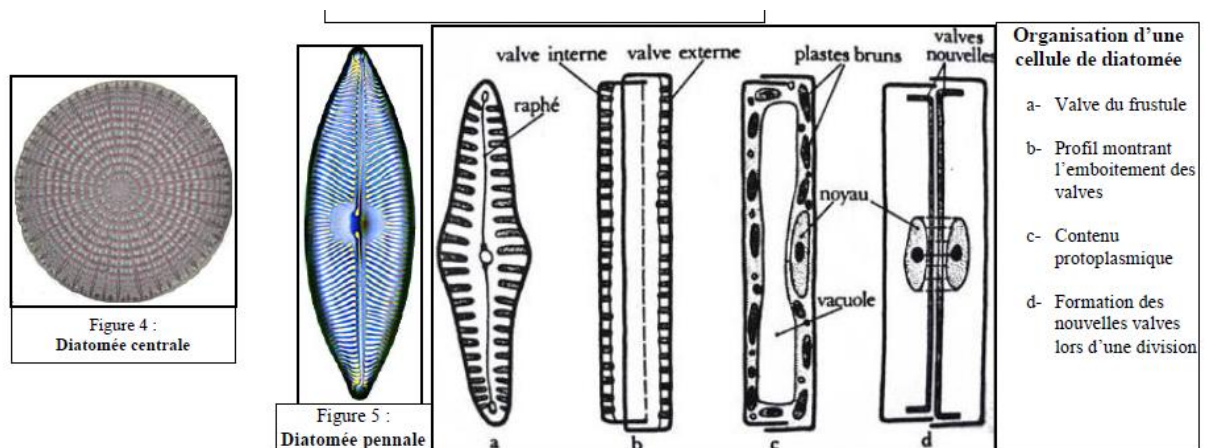


Figure 04 : Organisation d'une cellule de diatomée.

b.- Noyau

Les cellules des Algues sont tantôt uninucléées, tantôt plurinucléées selon l'espèce algale, l'organe et le stade de développement (exemple : les algues à structure siphonnée).

c.- Appareil cinétique (flagelles)

Un appareil cinétique composée des flagelles est nécessaire pour assurer la motilité de plusieurs algues unicellulaires et coloniales ainsi que les organites reproducteurs (spores et gamètes). Cependant, la diversité au niveau de cette appareil peut être due aux :

- ✓ La présence ou non des flagelles ;
- ✓ Nombre des flagelles ;
- ✓ La position des flagelles ;
- ✓ La forme des flagelles ;
- ✓ La présence ou non de mastigonèmes (très minces prolongements latéraux filamenteux) ;
- ✓ La forme de mastigonèmes (un aspect plumeux, lisses ou écailleux...).

d.- Vacuoles

Le système vacuolaire est généralement bien développé chez les Algues, la différence peut être signalé au niveau de :

- ✓ La forme ;
- ✓ Les dimensions ;
- ✓ La couleur ;
- ✓ La composition du le suc vacuolaire : peut renfermer de nombreuses substances dissoutes présentes dans l'eau (iodures et sels de potassium chez les Laminaires) ou résultant du métabolisme (laminarine et mannitol) chez les Phéophycées.

e.- Les plastes et leurs pigments

Les algues renferment toujours de la chlorophylle. Celle-ci est souvent associée avec d'autres pigments qui donnent alors une coloration caractéristique au thalle.

Selon la nature des pigments surnuméraires associés à la chlorophylle, les plastes sont tantôt verts (chloroplaste des Chlorophytes) tantôt jaunes, dorés ou bruns (phéoplastes des Chromophytes), tantôt rouges (rhodoplastes des Rhodophytes).

- **Infrastructure des plastes** : Dans tous les groupes, leur structure infra-microscopique est du même type que chez les plantes supérieures ; les plastes sont toujours entourés d'une membrane plastidiale et renferment au sein d'un stroma amorphe, des lamelles formées de vésicules aplaties ou thylacoïdes ; ces derniers sont indépendants les uns des autres (Rhodophycées ou empilés par deux ou trois (Chrysophycées, Chlorophytes). Le chloroplaste contient parfois un pyrénoïde avec ses produits de réserve.

La morphologie des plastes et leur situation dans la cellule varient considérablement selon les groupes d'Algues.

- **Pigments** : Les pigments sont situés dans les chloroplastes. Ce sont les thylacoïdes qui contiennent la chlorophylle et qui sont le site des réactions photochimiques.

On trouve quatre types de chlorophylles (*complexes porphyrine-magnésium de couleur verte*) dans les algues : **a**, **b**, **c** (c^1 et c^2) et **d**. La chlorophylle **a** est un est présente dans toutes les algues photosynthétiques tandis que la chlorophylle **b** et **c** ne se trouve que facultativement chez certaines espèces. Par contre, la chlorophylle **d** est un constituant négligeable de plusieurs espèces d'algues rouges.

Les chloroplastes, en plus des pigments de chlorophylle, contiennent d'autres **pigments accessoires** ou les **pigments surnuméraires** :

* Les caroténoïdes sont des pigments jaune ou orange. On en distingue deux types : carotène (alpha et bêta) et xanthophylle. On les rencontre chez toutes les algues et notamment sous forme de fucoxanthine chez les phéophycées.

* Les phycobilines sont des pigments rouges (phycoérythrine) ou bleus (phycocyanine).

On les rencontre chez les rhodophycées et chez les cyanophycées.

Les proportions des pigments diffèrent notablement, soit dans les proportions relatives des caroténoïdes par rapport à la chlorophylle ; Ces derniers sont en quantité suffisante chez certains groupes pour masquer la couleur verte de la chlorophylle et donner à la cellule une couleur brune ou jaune-brun (par exemple algues brunes, diatomées). Soit par la présence de pigments surnuméraires spéciaux (phycobilines).

Phéophycées	a, c
Rhodophycées	a, d
Chlorophycées et Prochlorophytes	a, b
Cyanophytes	a

La chlorophylle a joué un rôle essentiel dans la photosynthèse, mais les autres pigments interviennent également, notamment en captant l'énergie lumineuse des régions du spectre non utilisées par la chlorophylle *a* et en transférant à celle-ci l'énergie captée. Ainsi, chez les Algues rouges marines –dont beaucoup vivent à des profondeurs où les radiations rouges font défaut –la photosynthèse est facilitée par la présence de phycoérythrine qui absorbe les radiations vertes que la chlorophylle. Les pics d'absorption des radiations lumineuses varient en fonction des molécules :

- ✓ Les chlorophylles présentent deux pics (≈ 450 et ≈ 650 nm),
- ✓ Les caroténoïdes ont un maximum d'absorption vers 480 à 500 nm,
- ✓ Les phycobilines présentent un pic d'absorption vers 520 et 620 nm.

II.1.3.- Structure de l'appareil végétatif

Les algues présentent une grande diversité morphologique :

- ✓ Des algues flagellées : unicellulaires mobiles ou coloniales ;
- ✓ Des algues non flagellées : unicellulaires non mobiles (coccoïdes) ou des formes coloniales non mobiles (palmelloïde) « seules les cellules reproductrices sont mobiles ».

L'association des cellules a lieu soit par :

- ✓ Une gelée extracellulaire amorphe (mucilage),
- ✓ L'association directe des cellules les unes aux autres chez les colonies plus cohésives,
- ✓ Des cellules externes flagellées assurent la mobilité, alors que les cellules centrales perdent leurs flagelles et se spécialisent dans l'assimilation photosynthétique.

Certaines espèces se forment des thalles de formes différentes. On note aussi l'existence des algues **siphonnées** ou coenocytiques (certains ordres de Chlorophycées et de Xanthophycées) où le thalle est formé de fins filaments à l'intérieur desquels le

protoplasme renfermant de nombreux noyaux, n'est pas séparé en cellules par des cloisons sauf pour la production de structures.

Chez certaines autres Chlorophycées et surtout chez les Phéophycées et les Rhodophycées, l'appareil végétatif, formé de filaments associés, ou parfois de véritables tissus, dont le degré de différenciation aboutit à des structures plus compliquées.

Également, au contact de l'élément terrestre, les algues se sont fixées aux rochers pour former des structures pluricellulaires beaucoup plus complexes que les algues libres. Certains filaments associent pour former des axes plus épais c'est le passage vers les algues à thalles massifs, il s'agit de filaments compactés en faux tissus. Certaines d'autres ont l'aspect d'une fine membrane qui dérivent directement d'une structure filamenteuse.

Il existe plusieurs types de thalles :

- **Thalle tubulaire** : Les filaments se sont associés pour former une structure en tube creux avec une seule couche de cellule à la périphérie du tube.
- **Thalle filamenteux** : Il est constitué d'une seule file de cellules, filament non ramifié ou filaments ramifiés prostrés et/ou érectés.
- **Thalle foliacé** : Il dérive du thalle filamenteux par juxtaposition de filaments pour former une lame repliée sur elle-même, le thalle est ainsi formé de deux couches de cellules pressées les unes contre les autres. Des cellules se spécialisent pour la fonction de reproduction.
- **Thalle à cladome** : C'est le cas le plus complexe, dans lequel le thalle est constitué de plusieurs catégories d'axes à fonction déterminée ; Le cladome est une organisation structurale comprenant un axe dressé à croissance indéfinie et des ramifications latérales (pleuridies) à croissance définie, et formés de cellules riches en plastides.

Exp : Algues rouges méditerranéennes, Algues brunes.

- **Thalle dichotomique** : C'est un mode de ramification produisant deux rameaux égaux et symétriques qui donnent un aspect régulièrement fourchu au thalle. La dichotomie résulte d'un dédoublement de la cellule initiale apicale produisant deux cellules initiales filles semblables, celles-ci initient à leurs deux portions de la thalles rigoureusement identiques (rameaux jumeaux) le même phénomène se répète en générale plusieurs fois au cours du temps.

Exp. : Algues brunes (côtières).

II.1.4.- Mode de nutrition

Les algues constituent une part importante de l'écologie aquatique, elles adoptent des modes de vie très divers. Bien qu'elles soient toutes pourvues de chlorophylle, elles peuvent être autonomes (autotrophes ou saprophytes), parasites ou vivre en symbiose.

a.- Algues autotrophes

Un nombre très important des algues autotrophes existe dans divers milieux naturels. Ce type des algues assure ses besoins trophiques grâce à la capacité photosynthétique qu'il possède.

b.- Algues saprophytes

Il s'agit des algues qui ont perdues leur pigment assimilateur et vivre en saprophyte à partir des matières organiques du milieu. C'est le cas dans divers groupes unicellulaires : quelques Diatomées, et surtout des Euglènes. Quelques-unes peuvent être prédatrices par phagocytose.

c.- Algues symbiotiques

C'est le mode le plus important dont on distingue deux catégories des symbioses :

- Les algues vivant en association avec des organismes animaux, les organismes concernés sont des éponges, des hydraires, des bryozoaires ou des protozoaires. On appelle zoochlorelles ou zooxanthelles, selon qu'il s'agit d'algues vertes ou d'algues brunes. Ces Algues symbiotiques sont souvent très modifiées par leur vie endozoïques (perte, au moins partielle, de l'appareil cinétique ; réduction ou disparition de la paroi cellulaire, etc).
- Les algues vivant en association avec des champignons : les lichens. Toutes les algues qui prennent part la formation des lichens sont des chlorophycées, la plupart unicellulaires.

d.- Parasitismes

Se développent dans des spongiaires, cœlentérés ou bryozoaires. Elles sont surtout des Algues unicellulaires, en particulier de Dinophycées, et quelques Rhodophycées et Chlorophycées chez les pluricellulaires.

II.1.5.- Répartition

La répartition des algues que l'on observe sur littoral est le résultat de l'effet de plusieurs facteurs qui sont les suivants :

a.- Les facteurs physiques

- **La lumière** : L'absorption des radiations lumineuses dans la mer est progressive et sélective il y a à la fois diminution de la qualité d'énergie lumineuse et disparition successive de certaines radiations plus rapidement absorbées que d'autres.

L'intensité lumineuse diminue avec la profondeur, la limite inférieure de la végétation des algues est très variable suivant les mers. Naturellement, les espèces se distribuent verticalement suivant leurs exigences plus ou moins photophiles.

La profondeur maximale est fonction de la transparence des eaux ; en effet, l'eau de mer se comporte comme un filtre qui absorbe progressivement les radiations lumineuses dans l'ordre décroissant de leurs longueurs d'onde (700 à 400 nm pour le spectre visible). Les radiations rouges disparaissent complètement vers 10 mètres de profondeur. Toutes les radiations sont ainsi absorbées jusqu'au vert et au bleu qui sont seules à subsister en faible quantité vers -75 à -100 mètres.

L'adaptation de la nature des pigments assimilateurs a permis aux divers groupes d'algues la colonisation des différents niveaux du littoral marin.

Toutes les algues possèdent des chloroplastes renfermant de la **chlorophylle a** qui leur permettent d'être photosynthétiques en absorbant dans le rouge et le bleu, tandis que les **caroténoïdes** des algues brunes absorbent dans le bleu et la **phycoérythrine** des algues rouges sont adaptées à l'utilisation des radiations vertes. Cela explique que les Algues rouges soient plus abondantes en profondeur que les Algues vertes.

La répartition des algues sur le littoral se fait donc globalement du bas vers le haut : des algues rouges, brunes et vertes (**Fig. 05**).

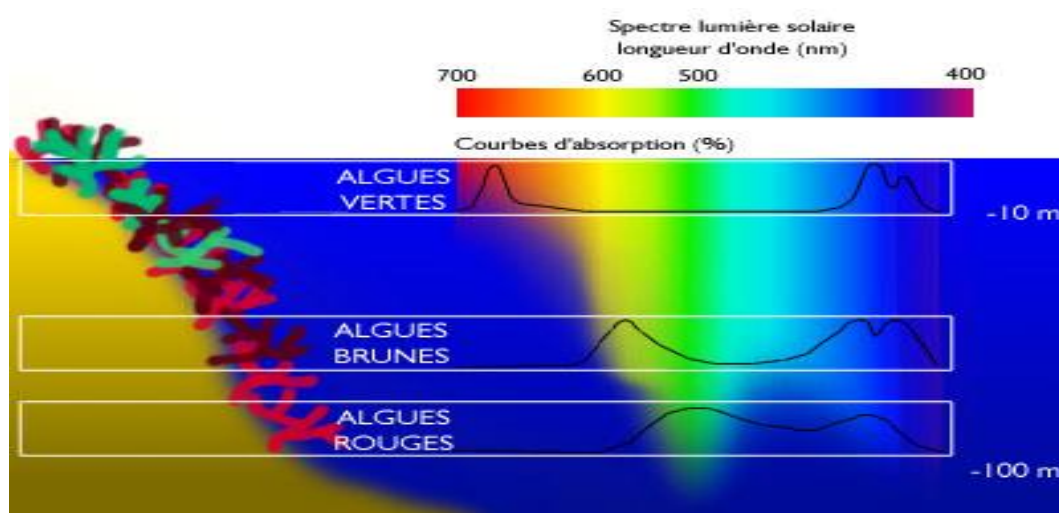


Figure 05 : La répartition des algues du bas vers le haut : des algues rouges, brunes et vertes.

- **La température :** La température de l'eau joue un rôle important sur la distribution des algues, dont on distingue les groupes suivants :

* Des espèces **eurythermes** qui supportent de fortes variations de température (de +5 à +35°C) ; elles ont une distribution géographique étendue et colonisent de manière permanente les étages supra et médiolittoral, c'est le cas de l'algue verte *Enteromorpha compressa*.

* Des espèces **sténothermes** qui ne supportent pas de grandes variations thermiques ; elles se rencontrent dans les niveaux inférieurs où l'homogénéisation des masses d'eau est plus grande.

Il semble que ce facteur interagisse avec la photopériode ce qui expliquerait le développement optimum des espèces saisonnières (variations des températures en hiver et en été).

- **La nature physique du substrat :** La texture du substrat joue un rôle important puisque seuls les substrats durs qui offrent de nombreux points d'ancrage (rochers, blocs, cailloux) permettent l'installation durable des macroalgues benthiques contrairement aux substrats meubles (graviers, sables, vases) dont la mobilité empêche la germination des semences.

- **Les mouvements de l'eau :**

*** Agitation de l'eau ou l'hydrodynamisme :**

Ce facteur dont l'intensité est variable selon l'état de la mer est difficile à apprécier directement. Il suffit, pour se rendre compte de son importance pour la répartition des Algues et leur étagement, de comparer la végétation d'une côte battue, à l'extrémité d'un cap, à celle d'une anse plus abritée.

L'agitation de l'eau a pour résultat l'homogénéisation des couches d'eau superficielles, contribuant à limiter les variations de températures et favorisant le renouvellement de l'eau en contact avec les Algues. Dans les stations battues, la fixation des algues est tantôt favorisée, tantôt défavorisée selon les espèces. Dans les stations calmes " abrité ", le dépôt de sédiments à la surface du substrat a également un rôle tantôt favorable, tantôt défavorable à la fixation des spores. Les peuplements peuvent varier en fonction de l'agitation de l'eau et de la force des vagues entre le "mode battu" et le "mode abrité".

*** Emersion :**

Dans les mers où la marée a une amplitude notable comme la Manche, la durée de l'émersion bi-quotidienne lors des basses mers détermine la répartition des différentes espèces dans la zone de balancement des marées. La durée d'émersion varie en effet du haut en bas depuis l'émersion continue jusqu'à la submersion constante.

Pour certaines Algues, l'émersion périodique semble une nécessité, ce qui limite leur extension en profondeur. Mais pendant la période d'émersion, les Algues perdent une grande quantité de l'eau imprégnant leurs parois cellulaires, souvent épaisses et gélifiées.

L'émersion va entraîner :

- Dessiccation
- Changement de température
- Changement de concentration des sels minéraux

En fonction de ces conditions et de la résistance des algues, il y aura répartition des espèces à différents niveaux et donc formation de ceintures.

- Les facteurs chimiques :

Ces facteurs ont peu d'influence sur les grands océans mais il peut être important dans des zones particulières comme les estuaires ou les lagunes où il existe de fortes variations de pH, de salinité et de teneur en sels dissous.

*** La salinité :**

Selon que les algues vivent dans les eaux à salinité constante ou à salinité variable on distingue :

- Les espèces **euryhalines** tolèrent d'importantes variations de salinité : elles peuvent vivre à proximité des fleuves ou même dans des lagunes saumâtres ; elles ont souvent une large répartition géographique.
- Les espèces **sténohalines** ne tolèrent pas de grandes variations de salinité : elles sont localisées plus profondément.

Le potentiel hydrogène ou pH de l'eau de mer qui est alcalin à cause de la présence de carbonate et bicarbonates alcalins (pH compris entre 8,1 et 8,3) peut varier rapidement dans l'eau des mers côtières notamment ; en effet le pH augmente avec l'accroissement de l'absorption du dioxyde de carbone par les Algues sous l'effet de l'ensoleillement (lumière et température qui favorisent la photosynthèse).

*** Composition de l'eau :**

Les sels nutritifs sont essentiellement les nitrates et les phosphates, dont la teneur varie considérablement selon les régions et les saisons. Les oligo-éléments sont aussi indispensables aux algues. Également, certaines algues ont absolument besoin de vitamine B12 qui provient de l'activité bactérienne marine. Un certain nombre d'Algues fixent des substances minérales telles que les carbonates de calcium ou la silice (Diatomées).

II.1.6.- Habitats

Les algues se répartissent dans le monde entier et croissent partout où il y a de la lumière et de l'eau. On rencontre elles dans les eaux douces, saumâtres ou salées, troncs d'arbre, etc. On en trouve même dans les milieux désertiques chauds. Elles sont faciles à voir sur les côtes rocheuses de tous les continents. Elles forment des masses flottantes et s'attachent à des roches submergées ou à de grandes plantes aquatiques dans les lacs, les étangs et les cours d'eaux peu profondes.

Les algues unicellulaires constituent parfois des amas flottants dans les mers, Les formes microscopiques, en majorité planctoniques, constituent un maillon essentiel de la chaîne alimentaire dans tous les milieux aquatiques.

En revanche, La plupart des algues pluricellulaires vivent fixées à un support rocher, coque de bateau, etc. Il existe de nombreuses espèces marines, particulièrement abondantes sur les rochers des zones littorales et infralittorales, jusqu'à des profondeurs pouvant atteindre 250 m.

Parmi l'ensemble des algues on distingue les catégories suivantes :

- Algues flottantes unicellulaires (le phytoplancton) et algues flottantes de grande taille (les sargasses).

- Algues thermophiles

- Algues aériennes

- Algues fixées

- Sur des rochers : épilithes

- Sur des animaux : épizoïques

- Sur des végétaux : épiphytes

- Sur du bois : épixyles

Également, on distingue :

- Les algues benthiques (de fond) dans les milieux peu profonds ;

- Les algues épipeliques se trouvent sur les sédiments submergés ;

- Les algues épiphytes s'attachent aux plantes submergées ainsi qu'aux autres algues ;

- Les algues épilithiques et épipsammiques s'attachent aux roches et aux grains de sables respectivement.

Les algues peuvent également vivre dans des habitats aériens où il y a suffisamment d'humidité, comme le sol sec ou les pores de roches dans le désert. Dans les milieux humides, on trouve les algues sur les troncs d'arbres, les champignons, les mousses et les hépatiques ainsi que sur les roches, le ciment et d'autres objets d'origine non naturelle. Certaines algues vivent dans des sources d'eau minérale et les eaux thermales, certaines d'autres poussent sur la neige et sur la glace.

Quelques espèces vivent dans de grandes concentrations de divers produits chimiques (par exemple le sodium, le magnésium, le chlore et le soufre).

Quelques espèces vivent sur des animaux (épizoïques) ou dans des animaux (endozoïques) ainsi que sur d'autres organismes. Une algue verte du genre *Cephaleuros* est responsable de la rouille rouge du thé. D'ailleurs, dans certaines régions du monde, c'est la maladie la plus importante du thé et elle peut causer des pertes économiques considérables dans des cultures telles que celles du citron et du poivre.

a.- Algues marines

Les algues comme les autres organismes marins sont soumises à des facteurs physiques chimiques, biologiques et énergiques qui constituent leur environnement.

Les algues marines peuvent être classées en deux catégories selon quelles sont fixes ou flottantes. Parmi ces dernières on distingue :

- Les algues flottantes (le phytoplancton marin) :

Une partie importante du plancton, c'est-à-dire des organismes vivants de petite taille flottant dans l'eau, est constituée par des algues unicellulaires.

Les divers organismes du plancton sont conventionnellement répartis selon un certain nombre de catégories dimensionnelles.

Les algues constituent le phytoplancton appartiennent aux plus petites de ces catégories :

* Le microplancton, qui comprend les organismes mesurant entre 50 et 500 μm et où dominent les grandes Diatomées et Dinophycées.

* Le nanoplancton (organismes entre 10 et 50 μm), qui renferme les petites Diatomées, de nombreuses Chrysophycées et des Cryptophycées.

* L'ultraplancton (organismes de 0,5 à 10 μm), qui comprend des Chrysophycées de petite taille et les Bactéries.

Les Diatomées planctoniques appartiennent surtout au groupe des Diatomées centriques. Elles présentent souvent des adaptations à la vie pélagiques : frustule très mince et pauvre en silice (*Rhizosolenia*) ou pourvue de cornes ou de soies (*Chaetoceros*, *Bacteriastrum*) ; elles sont souvent réunies en chaîne. Tous ces dispositifs facilitent la flottabilité en augmentant la surface portante par rapport au volume des cellules.

La flore planctonique présente des variations saisonnières importantes. En hiver, ce sont les Diatomées qui dominent alors que les Péridiniens sont plus nombreux en été et dans les mers chaudes.

L'abondance du phytoplancton est fonction de la température de l'eau et de sa richesse en sels nutritifs (phosphate et nitrate en particulier).

Le phytoplancton néritique (c'est-à-dire voisin des côtes) est plus riche et plus varié que le phytoplancton océanique du large, du fait, en particulier, de l'apport par les fleuves d'éléments nutritifs variés. De plus, le phytoplancton néritique comprend des Diatomées benthiques mises en suspension par l'agitation de l'eau.

- Les grandes algues flottantes :

Outre que, les Algues benthiques arrachées aux côtes et qui peuvent survivre comme organismes pélagiques, il existe des Algues de grande taille flottant en surface, telles que, certaines Algues brunes spécialisées, les Sargasses, (mer des Sargasses) et appartenant à deux espèces (*Sargassum natans* et *S. fluitans*), forment de volumineuses touffes de plus d'un mètre de diamètre, maintenues en surface par des flotteurs pleins de gaz (aérocystes).

b.- Les algues d'eau douce

De même que dans le milieu marin, il existe dans les eaux douces des algues benthiques et des algues planctoniques.

Contrairement à l'eau de mer, où la proportion relative des différents sels dissous est très constante et où seule varie leur concentration totale, les eaux douces, très peu minéralisées en général, présentant de grandes variations dans la nature des sels dissous.

On dit qu'une eau est douce si elle contient généralement moins de 1000 milligrammes par litre de matières solides dissoutes comme les sels, les métaux, les éléments nutritifs, etc...

Généralement, ce qui a été dit des facteurs écologiques du milieu marin s'applique aux milieux dulçaquicoles.

- Eaux stagnantes :

Qu'il s'agisse de lacs étendus et profonds, d'étangs ou de mares, la flore planctonique (Hétoplancton) diffère selon le pH des eaux et leur teneur en calcaire. On y rencontre de nombreuses algues unicellulaires ou coloniales :

La diversité des espèces et l'abondance des individus du phytoplancton des lacs varient selon les saisons, en fonction de la température, de la lumière et de la teneur de l'eau en phosphates nitrates et silice.

Parmi les algues benthiques des eaux stagnantes, on peut citer en particulier, les Charophycées (*Chara* dans les eaux riches en calcaire, *Nitella* dans les eaux qu'en sont dépourvues) et des chlorophycées filamenteuses (*Cladophora*, *Oedogonium*, ... etc).

- Eaux courantes :

Les cours d'eau sont surtout riches en diatomées et en chlorophycées unicellulaires ou coloniales (potamoplancton). L'existence et la croissance des espèces algales sont une relation importante avec les caractéristiques de l'eau (sa température et sa teneur en oxygène, en nitrate et en phosphore, et même avec son débit d'écoulement).

b.- Eaux thermales

L'eau des sources thermales est surtout peuplée de cyanobactéries qui peuvent supporter des températures supérieures à plus de +80°C. Les algues proprement dites ne peuvent vivre à de telles températures et celles que l'on rencontre dans les sources chaudes (chlorophycées unicellulaires et diatomées) ne supportent pas en général, des températures supérieures à +50°C. Elles semblent d'ailleurs plus thermotolérantes que thermophiles.

c.- Algues aérophiles

De nombreux substrats aériens (en contact direct avec l'air, c.-à-d. non aquatique) sont peuplés par des algues.

- ✓ Les sols humides et même les sols plus secs (algues unicellulaires variées : Xanthophycées, Diatomées, Chlorococcales, Ulotrichales, ...etc. Elles constituent, associées à des Cyanobactéries, des Champignons et des Bactéries, la flore du sol dont l'activité métabolique est considérable.
- ✓ Les rochers, les troncs d'arbres, les feuilles et même sur les glaciers
- ✓ La « neige rouge », la plus fréquente, est surtout colorée par un Chlamydomonas, dépourvu de flagelle à l'état végétatif et dont les cellules renferment de nombreuses gouttelettes lipidiques colorées en rouge-orangé par des caroténoïdes. On appelle ces organismes algues cryophiles.

II.1.7.- Reproduction

Chez les algues, comme chez les champignons, les cellules reproductrices sont situées dans des sacs, les sporocystes ou gamétocystes. Les algues ont deux modes de reproduction à leur disposition : la voie sexuée et la voie asexuée.

a.- Multiplication végétative des algues

En conservant le génome, les algues peuvent être multipliées par :

- ✓ Division mitotique (végétative) pour des espèces unicellulaires,
- ✓ Fragmentation de thalles, chaque fragment régénère un thalle complet,
- ✓ Reproduction asexuée par des spores formées par division mitotique, ces spores redonnent un individu identique avec le même nombre de chromosomes.

b.- Reproduction sexuée avec recombinaison génétique

De nombreuses algues se reproduisent de façon sexuée. Elles sont homothalliques ou hétérothalliques et se reproduisent par isogamie, anisogamie ou oogamie. La fertilisation produit un zygote. Certains zygotes accumulent des réserves de nourriture, forment des parois cellulaires épaisses et résistantes et sont capables de survivre à une dessiccation prolongée.

La reproduction sexuée n'intervient, chez les unicellulaires, que dans des conditions particulières. Il existe également un certain nombre de formes chez lesquelles toute reproduction sexuée est inconnue. Les cellules de la reproduction sexuée sont des gamètes.

Bien que la reproduction asexuée assure la conservation du génome, la reproduction sexuée permette, grâce à la fécondation, un brassage génétique des algues.

Chez les algues, les gamètes présentent une grande diversité de structures de comportement et d'origine. Chez les espèces primitives ils sont morphologiquement identiques (isogamie).

Exp : chez les chlamydomonas les gamètes sont semblables entre eux et aux cellules parentales.

L'évolution tend à établir une ségrégation : gamètes males petites mobiles et gamète femelles chargées de réserves progressivement immobiles c'est (l'anisogamie). La forme la plus évoluée est l'oogamie : gamètes males petits mobiles et gamètes femelles grands, chargés, et immobiles.

Dans les types précédents au moins un gamète est flagellé et actif on parle de planogamie ; Il y a des cas où aucun des gamètes n'est mobile et leur rencontre se fait passivement, la fécondation est une aplanogamie.

Exp : algues rouges ce sont des formes de fécondation bien adaptées au milieu aquatique qui imposent des phases liquides.

La cystogamie : c'est un mode de fécondation particulière qui ne mettant pas en jeu des gamètes libres, ce sont les gamétocystes eux-mêmes qui fusionnent.

Exp : spirogyre les cellules de deux filaments voisins établissent des tubes de copulation dans passent le protoplasme d'une des cellules la cystogamie s'adapte bien à un mode de vie aérien, elle devient la règle chez les espèces terrestres.

En matière de reproduction sexuée, les algues présentent une très grande variété de cycles de reproduction :

- Cycle monogénétique haplophasique (Fig. 06) :

Dans le cas du cycle monogénétique haplophasique, on a un gamétophyte haploïde qui donne des gamètes. La fusion de deux gamètes mâle et femelle conduit à la formation d'un zygote diploïde qui va donner par méiose des spores haploïdes. Dans ce cas, la phase chromosomique diploïde est réduite au zygote. La méiose a lieu directement dans le zygote. La fécondation se fait par cystogamie (Fig. 07). Le contenu d'un gamétocyste mâle se déverse par l'intermédiaire d'un tube de conjugaison dans un gamétocyste femelle. L'espèce qui présente un tel cycle est un haplonte.

Exp : la Spirogyre

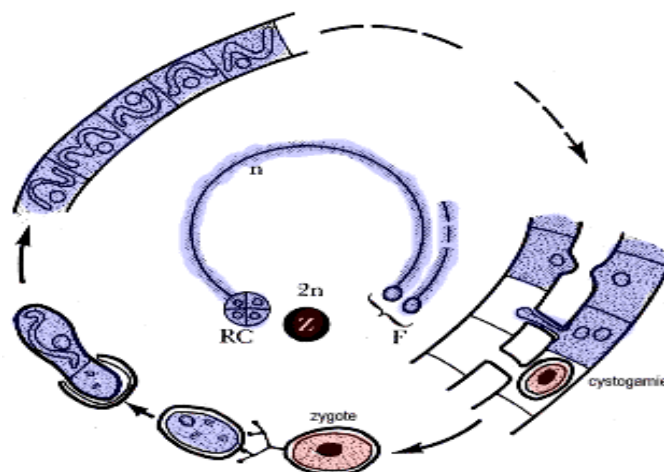


Figure 06 : Cycle monogénétique haplophasique de la Spirogyre.



Figure 07 : Cystogamie chez la Spirogyre.
Le contenu d'une cellule passe dans l'autre par un tube de conjugaison.

- Cycle monogénétique diplophasique du Fucus vésiculeux (Fig. 08) :

Pour le cycle monogénétique diplophasique, on a un individu diploïde qui donne naissance à des gamètes haploïdes par méiose. L'union de ces gamètes donne un zygote diploïde qui par mitoses successives donne naissance à un nouvel individu diploïde.

Exp : Fucus vésiculeux

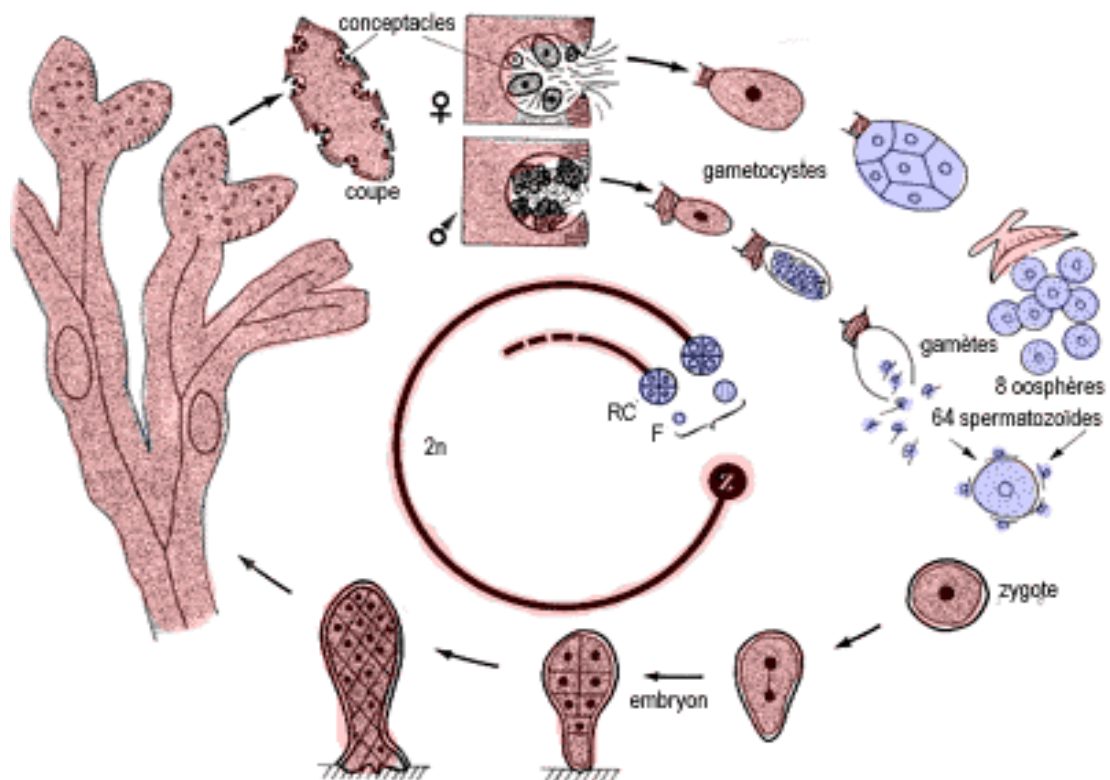
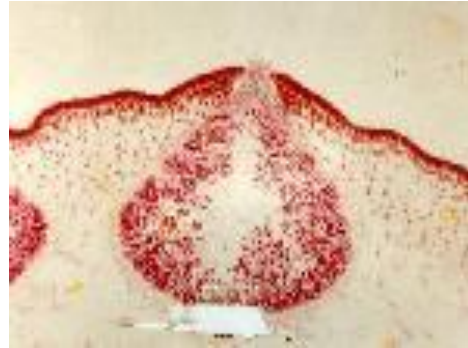


Figure 08 : Cycle monogénétique diplophasique du Fucus vésiculeux.

La maturité sexuelle se reconnaît à l'apparition de renflements à l'extrémité des thalles (réceptacles sexuels) où se trouvent les gamétocystes produisant les gamètes : spermatozoïdes pour les thalles mâles et oosphères pour les thalles femelles (**Fig. 09**).



Fucus femelle



Fucus mâle

Figure 09 : Coupe transversale d'un conceptacle de Fucus.

Les gamétocystes sont le siège de la réduction chromatique à la quelle succède la gamétogenèse dans le gamétocyste mâle quatre (4) divisions succèdent à la méiose et 64 spermatozoïdes sont produits, ils sont petits et pourvu d'un stigma et très mobiles grâce à un appareil cinétique (2 flagelles). Dans les gamétocystes femelles une division succède à la méiose et 08 oosphères sont produites, elles sont volumineuses, chargées de réserves, et dépourvues d'appareil locomoteur. Le cycle comporte une seule génération pluricellulaire diploïde.

- Cycle digenetique (deux generations) haplodiplophasique (Fig. 10) :

Chez ce type des algues il y a l'alternance de deux générations l'une haploïde, il autre diploïde. Les thalles mâles et femelles des gamétophytes et des sporophytes sont identiques. La première est constituée de cellules haploïdes. Au sein de ses organes reproducteurs, elle élabore par simples mitoses des cellules reproductrices à n chromosomes : les gamètes. Cette génération est donc le gamétophyte (végétal qui génère les gamètes).

La fusion d'un gamète mâle et d'un gamète femelle donne naissance à un zygote diploïde qui est l'origine d'un organisme à cellules diploïdes qui représentent la seconde génération. Celle-ci forme par méiose dans ses organes reproducteurs des cellules haploïdes appelés spores méiotiques (tétraspoires ou méiospoires). Cette génération est donc le sporophyte (tétrasporophyte ou méiosporophyte). Chacune des spores, par mitoses successives, se développe en un nouveau gamétophyte haploïde.

Exp : La laitue de mer

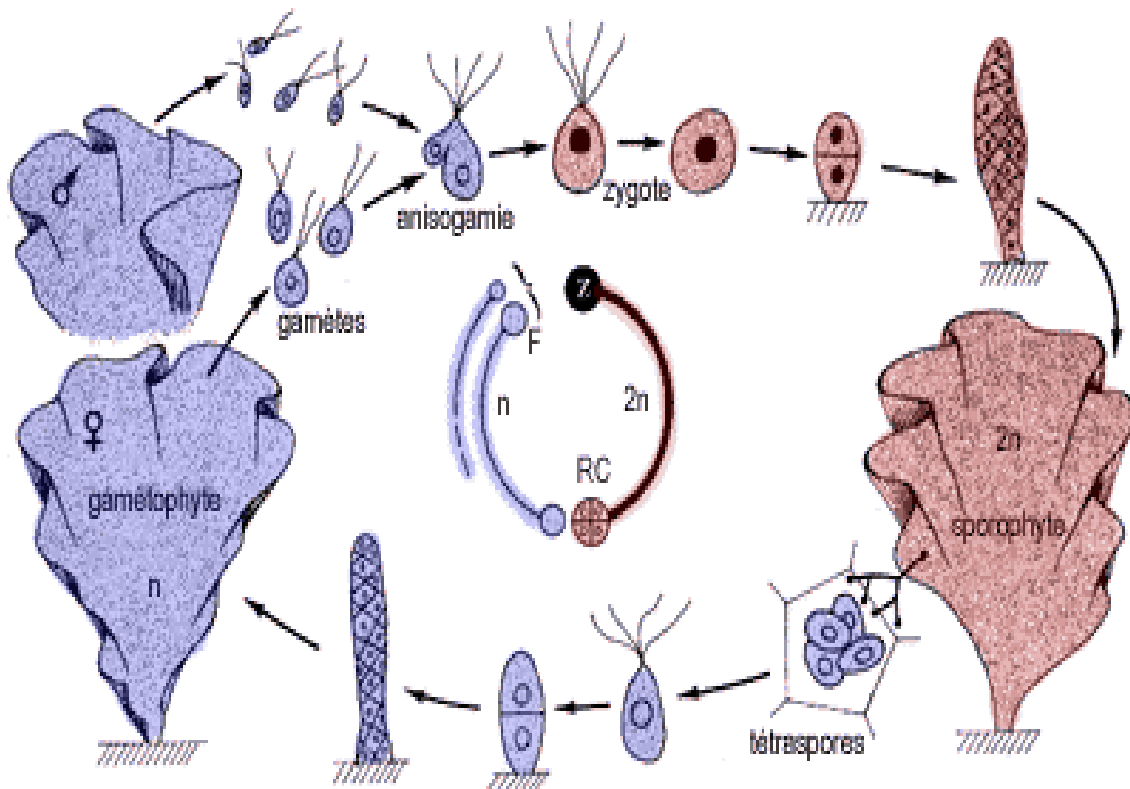


Figure 10 : Cycle digénétique haplodiplophasique de la laitue de mer.

- Cycle trigénétique (Fig. 11) :

Trois générations se succèdent dans le cycle trigénétique ; La première génération est constituée d'individus mâles et femelles (individus haploïdes). Le gamétophyte mâle libère des gamètes dépourvus de mobilité propre, les spermaties, à l'inverse des gamètes femelles, les carpogones, prolongés par un filament, le trichogyne. La spermatie se fixe sur le trichogyne, et féconde le carpogone localisé sur le pied de l'algue femelle.

L'œuf fécondé se développe en un bouquet de cellules représentant la seconde génération du cycle. Les individus de cette génération, les carposporophytes, vivent en parasites sur le pied femelle. Ils libèrent des spores diploïdes, les carpospores, qui germent en tétrasporophytes diploïdes indépendants, représentants de la troisième génération. La dernière étape est la transformation en gamétophytes, en divisant le matériel génétique par deux.

Exp : les algues rouges.

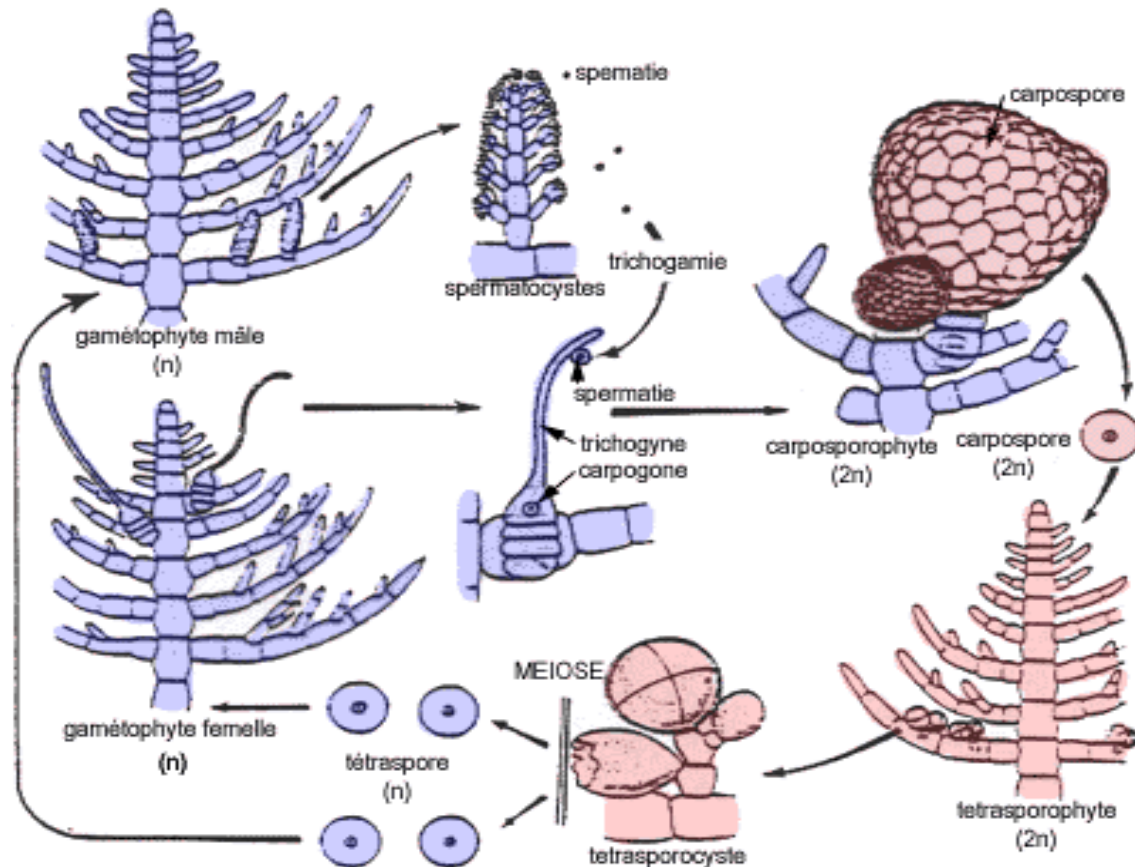


Figure 11 : Cycle trigénétique d'*Antithamnion*.

II.1.8.- Les principaux groupes des algues

L'ensemble des Algues a été classé en Chlorophytes, Rhodophytes, et Chromophytes (Phéophytes). Cette classification est basée sur la nature des pigments et d'autres caractéristiques morphologiques et physiologiques.

a.- Embranchement : Chlorophytes (Algues vertes)

- ✓ Constituent le plus grand groupe d'algues. Elles
- ✓ Possèdent deux chlorophylles (a et b).
- ✓ Leurs réserves carbonées issues de la photosynthèse sont constituées d'amidon accumulé dans les plastes,
- ✓ Leurs parois cellulaires ont la cellulose pour principal composant.
- ✓ Leurs modes de reproduction sont très divers.
- ✓ Les algues vertes incluent quelques espèces marines macroscopiques (*Ulve*, *Entéromorphe*, *Codium*, ... etc.), mais la plupart sont microscopiques, libres, et forment parfois des colonies importantes.
- ✓ Les algues vertes unicellulaires sont majoritairement des algues d'eau douce, et constituent une grande part du phytoplancton.

- Classe 1 : Les Chlorophycées

- ✓ Couleur un vert franc, à
- ✓ Chloroplastes pariétaux porteurs de pyrenoïdes et élaborant de l'amidon.
- ✓ Membrane cellulosique souvent avec couche pectique externe,
- ✓ Thalle unicellulaire dans une grande partie des Chlorophycées, filamenteux dans des autres, foliacé ou massif dans les plus évolués.
- ✓ Zoospores typiques piriformes à 2 (parfois 4 ou plus) flagelles apicaux égaux,
- ✓ Vacuole contractile oculiforme rouge.
- ✓ Comptent environ 10 000 espèces, qui peuvent être réparties en sept ordres.

- Classe 2 : Les Zygothécées

- ✓ Renferment plus de 50 genres et près de 5000 espèces,
- ✓ Diffèrent des Chlorophycées par l'absence de tout élément reproducteur flagellé.
- ✓ Les cellules sont uninucléées, groupées en filaments non ramifiés ou isolées.
- ✓ Subdivisent selon la structure de la membrane et la morphologie cellulaire en deux ordres :
 - Les Zygnémales
 - Les Desmidiées (plus de 4000 espèces).

- Classe 3 : Les Charophycées

- ✓ Ne comprend qu'un seul ordre et une seule famille, celle des Characées, avec deux genres principaux Chara et Nitella.
- ✓ L'appareil végétatif est constitué d'axes et de rameaux articulés et agencés suivant une architecture précise.
- ✓ Chaque article est uninucléé (cellule) à l'état jeune, puis plurinucléé.

b.- Embranchement : Chromophytes (Algues brunes) = (Phéophytes)

- ✓ Comptent quelque 1500 espèces,
- ✓ Contiennent trois chlorophylles (a, c1 et c2), masquées par divers pigments jaunes et orangés.
- ✓ Les parois des cellules sont riches en un polysaccharide particulier, l'acide alginique, présent sous forme d'alginate (sels de l'acide alginique).
- ✓ Présence du pyrénoïde (corpuscule contenu dans le plaste et impliqué dans la photosynthèse).
- ✓ L'amidon est toujours absent chez les phéophytes.
- ✓ Les individus sont mâles, femelle, ou les deux à la fois (hermaphrodite).
- ✓ Leur cycle peut comporter une ou deux générations.

b.1. -Sous-embranchement 1 : Pyrrophytes**- Classe 1 : Euglénophycées**

- ✓ Groupe des Algues unicellulaires très communes dans les eaux douces et saumâtres.
- ✓ Possèdent deux flagelles inégaux insérés au fond d'une dépression apicale,
- ✓ Les réserves sont constituées par du paramylon, substance glucidique non colorable par l'iode.
- ✓ Les unes sont plastidiées, les autres incolores, et certaines peuvent facilement perdre leurs plastides.

- Classe 2 : Dinophycées

- ✓ Les Dinophycées ou Péridiens sont :
- ✓ Des organismes unicellulaires dont les formes typiques sont revêtues des plaques cellulodiques généralement interrompues par deux sillons, l'un équatorial et l'autre méridien,
- ✓ Deux flagelles circulaires.
- ✓ La paroi est souvent ornée de prolongements en cornes ou ailes.
- ✓ Le noyau, appelé dinocaron est particulier par sa grande taille,
- ✓ La cellule se divise fréquemment suivant un plan oblique par rapport à son axe de symétrie.
- ✓ On connaît un millier d'espèces, pour
- ✓ La plupart marines (phytoplancton)
- ✓ Certaines sont agglomérées en formes coloniales mais reconnaissables à leurs flagelles. D'autres sont fixées, filamenteuses, ou parasites dans les animaux.

b.2.-Sous-embranchement 2 : Chrysophytes**- Classe 1 : Bacillariophycées (ou Diatomées) plus de 10 000 espèces,**

- ✓ Constituent le plus vaste ensemble d'algues brunes unicellulaires vivent libres ou en colonies.
- ✓ Constituent la part la plus importante du phytoplancton marin et d'eau douce,
- ✓ Paroi constituée de deux valves siliceuses appelée "frustule".
- ✓ La forme générale de la cellule est lancéolée (Pennées), circulaire ou du moins à symétrie radiale chez les autres (Centriques).
- ✓ Le cytoplasme contient deux, ou parfois davantage, chloroplastes colorés en brun (chromatophores) par les caroténoïdes.
- ✓ Les réserves sont constituées surtout par des gouttelettes lipidiques.
- ✓ Elles sont présentes dans tous les milieux aquatiques, dans les sols humides ou non, et jusque dans les sables des déserts les plus chauds.

- Classe 2 : Chrysophycées

- ✓ Algues unicellulaires, parfois filamenteuses,

- ✓ 1 ou 2 plastes colorés en jaune doré par l'abondance de fucoxanthine,
- ✓ Les réserves lipidiques.
- ✓ Les cellules sont très variables : à 1 ou 2 flagelles inégaux, ou immobiles ; beaucoup d'espèces peuvent s'enkyster.
- ✓ La classe des Chrysophycées qui
- ✓ Renferme environ deux cents genres et plus de mille espèces, se diviser en quatre sous- classes suivant le type des cellules flagellées :
 - Les Acontochrysophycidées : formes sans cellule flagellée, à zoospores amiboïdes sans flagelles.
 - Les Isochrysophycidées : cellules flagellées à deux flagelles identiques sans mastigonèmes.
 - Les Hétérochrysophycidées : cellules avec un seul ou à deux flagelles inégaux et différents, l'un nu, l'autre avec mastigonèmes.
 - Les Craspédomonadophycidées : cellules le plus souvent incolores et possédant un flagelle axial entouré d'une collerette cytoplasmique.

- Classe 3 : Xanthophycées

- ✓ Des algues unicellulaires ou filamenteuses
- ✓ Plastides de couleur verte ou vert jaunâtre, renferment de la chlorophylle a et c et des caroténoïdes (b carotène) et des xanthophylles
- ✓ Les réserves sont surtout constituées par des matières grasses et aussi parfois par un polyholoside, la chrysolaminarine.
- ✓ Peuvent former des kystes siliceux endogènes ou statospores de forme globuleuse mais constitués par deux valves évoquant une boîte et son couvercle.
- ✓ L'absence d'amidon et l'inégalité de taille et de structure des flagelles permettent de distinguer facilement les Xanthophycées des Chlorophycées.
- ✓ La couleur des plastides et la forme des kystes séparent les Chrysophycées des Xanthophycées.

b.3.- Sous-embranchement 3 : Phéophytes

- Classe 1 : Phéophycées

- ✓ Algues de couleur brune ou olivâtre,
- ✓ Jamais unicellulaire,
- ✓ À appareil végétatif souvent complexe.
- ✓ Les cellules, uninucléées,
- ✓ Les plastides pariétaux bruns (phéoplastes), le plus souvent nombreux, discoïdes ou bilobés, plus rarement uniques ou en forme de plaquette irrégulière ou de bandelette ramifiée, pourvus ou non de pyrénoides externes. Outre les chlorophylles a et c, les plastides renferment des quantités notables de pigments caroténoïdes (fucoxanthine en particulier).
- ✓ Il y a souvent des lipides mais jamais d'amidon.
- ✓ Les produits du métabolisme, dissous dans les vacuoles, sont surtout de la

laminarine et du mannitol.

- ✓ Les parois cellulaires pauvres en cellulose, sont surtout formées d'alginate et de fucoïdine.
- ✓ Reperter sur dix à douze ordres : les Ectocarpales, les Cutlériales, les Dictyotales, les Laminariales et les Fucales....

c.- Embranchement 3 : Rhodophytes (Algues rouges)

- ✓ La majorité sont des espèces marines,
- ✓ Ils existent sur les côtes tropicales et subtropicales,
- ✓ Leur couleur varie du noirâtre à de multiples nuances de rouge,
- ✓ La présence des perforations de parois entre les cellules, et sur la composition chimique des parois cellulaires, riches en gélose ou carraghénane selon les espèces etc.
- ✓ Les réserves carbonées produites par la photosynthèse sous forme d'amidon floridéen (pas d'amidon proprement dit mais un glucide de plus faible poids moléculaire analogue au glycogène, qui se colore en brun et non en bleu par l'iode), et d'hétérosides du glycérol ou de l'acide glycérique,
- ✓ Le cycle de vie est de type trigénétique.
- ✓ La plupart ne mesurant que quelques centimètres ou quelques décimètres de long ; certaines sont microscopiques ; très rares sont celles qui dépassent le mètre.
- ✓ Les formes unicellulaires constituent une faible proportion de l'ensemble des algues rouges.
- ✓ Renferment une seule classe " Rhodophycées ", et qui comportent plus de 4000 espèces et dans 600 genres environ, réparties en deux sous-classes.

* Sous-classe 1 : Bangiophycidées

Elle est caractérisée par un appareil végétatif peu évolué, à croissance intercalaire. Elle comprend trois ordres principaux : Les **Porphyridiales**, Les **Bangiales** et Les **Compsopogonales**.

* Sous-classe 2 : Floridées

Bien plus nombreuses que les Bangiophycidées, les Floridées se caractérisent généralement par un thalle cladomien à croissance apicale, très souvent complexe ; toutes les cellules sont unies entre elles par des synapses. Les Floridées comprennent une dizaine d'ordres, dont les principaux sont : les **Némationales**, les **Gigartinales**, les **Rhodyméniales**, les **Cryptonémiales** et les **Céramiales**.

PREMIERE PARTIE :

Les Thallophytes

CHAMPIGNONS ET LICHENS



Sommaire

III.1.- LES CHAMPIGNONS	33
III.1.1.- Généralités	33
III.1.2.- Structure des champignons	33
III.1.3.- Nutrition.....	34
III.1.4.- Habitat.....	36
III.1.5.- Dispersion	36
III.1.6.- Reproduction	36
III.1.7.- Les principales classes des mycètes.....	40
III.2.- LES LICHENS	45
III.2.1.- Généralités	45
III.2.2.- La morphologie des lichens	45
III.2.3.- Organes particuliers du thalle	46
III.2.4.- L'écologie des lichens.....	47
III.2.5.- L'intérêt des lichens	48
III.2.6.- Les lichens et la pollution atmosphérique.....	48

II.2.- LES CHAMPIGNONS

II.2.1.- Généralités

Les Champignons (mycètes) sont des organismes :

- ✓ Eucaryotes,
- ✓ Ne possèdent pas de chlorophylle et donc incapable de photosynthèse « hétérotrophes » (algues) ;
- ✓ Parmi les caractéristiques biochimiques qui les distinguent des végétaux verts leur synthèse fréquente de la chitine dans les parois (polymère d'un dérivé aminé du glucose, constituant également l'exosquelette des insectes),
- ✓ La mise en réserve de glucides sous forme de glycogène (comme les animaux) ;
- ✓ La prédominance d'un métabolisme azoté sur le métabolisme glucidique.

II.1.2.- Structure des champignons

L'organisation cellulaire de base des champignons est le **thalle** qui constitue l'appareil végétatif (généralement en phase haploïde). Celui-ci se caractérise par une grande variété de structures, qui vont **d'une forme unicellulaire (levure)** à, le plus souvent, une **forme filamenteuse**, pouvant présenter un degré considérable de différenciation.

L'ensemble des filaments (ou **hyphes**) est appelé **mycélium**, caractérisée par une structure tubulaire, ramifiée, et plurinucléée. Le diamètre des hyphes varie considérablement en fonction des conditions de l'environnement, de leur position dans la colonie, et surtout d'une espèce à l'autre, de 3-4 μm à plus de 10 μm . Il n'existe jamais de véritables tissus comme chez les plantes supérieures ou chez les animaux. Ils se reproduisent par des spores, selon un mode asexué et/ou sexué.

La différence de morphologie au niveau du thalle permet de distinguer les formes les plus usuelles du mycélium :

a.- Les siphomycètes

Possèdent des siphons, qui s'allongent et se ramifient sans se cloisonner (Eumycètes inférieurs) (**Fig. 12**).

b.- Les septomycètes

Possèdent un mycélium cloisonné, constitués de segments (**articles**) similaires à des cellules plurinucléées (Eumycètes supérieurs) (**Fig. 13**).

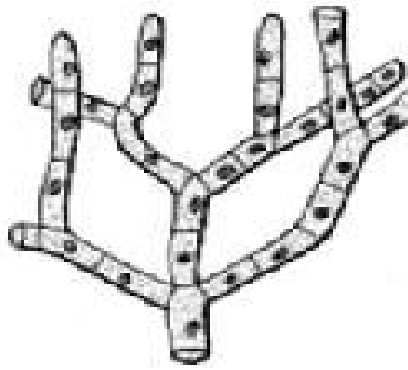


Figure 12 : Septomycètes.
Filaments cloisonnés appelés hyphes

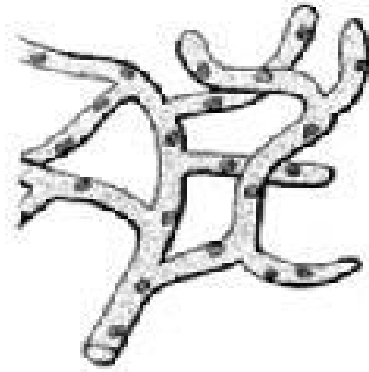


Figure 13 : Siphomycètes.
Filaments non cloisonnés appelés siphons

Selon les groupes de champignons, le nombre de noyaux par segments varie d'un à plus d'une centaine ; généralement, est plus élevé dans les segments apicaux où le champignon est en phase de croissance active.

La croissance fongique ne se déroule pas seulement en surface du milieu de culture, mais également en profondeur et en hauteur. La pénétration des hyphes dans le substrat facilite l'accès aux éléments nutritifs, tandis que la production de filaments aériens permet l'accès à de nouveaux substrats non immédiatement en contact avec le milieu de culture déjà colonisé (stolons).

Au cours de la phase végétative, les hyphes restent généralement indifférenciés et inorganisés. Cependant, certaines espèces sont capables de produire certaines structures différenciées de leurs filaments végétatifs, telles que la formation de vésicules ; d'épaississements terminaux (organes pectinés) ou d'un article (cellules en noisettes) ; de **chlamydospores** (formes de résistance) ; de boucles (système de capture de nématodes).

Les filaments peuvent également s'agglomérer et former des structures variables*, telles que des mèches (ou cordons, simple agglomération de filaments parallèles) ; des corémies (ou synémas ou graphiums, mèches se terminant par un bouquet de spores) ; des sclérotes (Enchevêtrement sphérique de filaments, entourés de filaments plus épais et mélanisés jouant un rôle de conservation).

Un certain nombre de champignons présentent un thalle unicellulaire (comme chez les levures). Quelquefois, le thalle est fait de **pseudo-filaments**, formé de levures très allongées qui restent attachées les unes aux autres.

Selon les circonstances, certains champignons peuvent se développer sous forme de filaments sur les milieux de cultures usuels et dans la nature, et sous forme de levures dans les tissus parasités (**dimorphisme**).

II.1.3.- Nutrition

La nutrition des mycètes varie grandement, mais peut être divisée en deux composantes :

Le carbone (ou énergie) et les minéraux. La métabolisation du carbone ressemble à celle des animaux et comprend habituellement l'oxydation d'hexoses (sucres à six carbones) tels que le glucose. Cela se produit le plus souvent de façon aérobie par le processus normal de la respiration, mais peut aussi se faire de façon anaérobie (c'est-à-dire par fermentation).

La nutrition minérale des mycètes est comparable à celle des plantes, dans laquelle tous les minéraux nécessaires (azote, phosphore, soufre, fer et autres) peuvent être assimilés en formes inorganiques simples. D'un autre côté, la plupart des mycètes peuvent également assimiler des minéraux assemblés en molécules organiques.

Le caractère le plus distinctif des mycètes est leur aptitude à digérer des sources complexes d'éléments nutritifs à l'extérieur de leurs cellules et d'en absorber ensuite les produits. Ce processus est réalisé par des enzymes extracellulaires spécialisées pour la digestion d'une ou de quelques substances spécifiques. Ces enzymes sont produites par les mycètes pour digérer la cellulose, la pectine, le bois, les poils, la peau et de nombreuses autres substances. Chaque mycète produit un ensemble particulier de ces enzymes mais aucun ne les produit toutes.

On distingue selon le mode de vie des champignons les catégories suivantes :

a.- Champignons saprophytes

Ils exploitent la matière organique morte ou en décomposition (débris végétaux ou animaux, excréments).

b.- Champignons symbiotiques

Ils vivent en association avec des autres végétaux autotrophes, chacun des deux organismes tirant profit de cette association. Parmi ces associations, les mieux connues sont celles des **lichens** et des **mycorhizes**. Les lichens proviennent de la symbiose entre un mycète et une algue. Tandis que, les mycorhizes résultent du mutualisme entre un mycète et les racines d'une plante vasculaire. Dans cette symbiose le champignon bénéficie de l'apport trophique de la plante autotrophe (glucides) ; Réciproquement les hyphes facilitent l'approvisionnement en eau et le drainage du sol en sels minéraux, la croissance des plantes vasculaires en particulier celles des jeunes plants est fortement stimulée.

c.- Champignons parasites (avec suçoir ou haustorium)

Les champignons parasites exploitent la matière organique vivante, qu'il s'agisse de végétaux, d'animaux (y compris les hommes). Le thalle des champignons parasites s'introduit dans les tissus de l'hôte il atteint les cellules dont il détournera à son profit les produits du métabolisme.

Dans le cas d'un parasitisme de plante vasculaire les filaments mycéliens profitent d'une ouverture naturelle (stomate de l'épiderme) d'une blessure ou bien ils digèrent une

portion de la paroi de l'hôte ; Ils cheminent ensuite dans l'organe à travers les méats et s'immiscent entre les cellules en digérant les lamelles pectiques aux moyens d'enzymes pectinolytiques. Ils causent souvent de lourdes pertes. De plus, ils provoquent parfois la production des toxines dangereuses.

Beaucoup d'espèces deviennent des parasites intracellulaires en produisant des suçoirs caractéristiques ou haustoriums ; les suçoirs assurent une large surface d'absorption et un contact très intime avec le protoplasme de l'hôte sans toutefois déterminer au moins pendant un certain temps, les cellules infestées mais affaiblissent plus au moins, l'hôte.

Remarque : Il existe des champignons saprophytes obligatoires et des saprophytes facultatives, et le même cas pour les champignons parasites.

II.1.4.- Habitat

Leur nombre est très élevé, ils adaptent presque avec tous les types d'environnement, depuis les tropiques jusqu'en Arctique, dans le sol, l'eau douce, l'eau salée et en association avec plusieurs autres organismes. Et la quasi-totalité des champignons sont aériens, vivent en saprophytes dans le sol, sur des plantes mortes ou vivantes, mais uniquement à leur surface et sans leur causer de lésions. En outre, presque toutes les plantes et presque tous les animaux sont parasités par au moins une espèce de mycètes. Un nombre plus restreint, quelques centaines, sont opportunistes et peuvent devenir pathogènes pour l'homme et les animaux. Enfin, diverses espèces sont symbiotiques, soit associées à des algues (dans les lichens), soit associées à des racines (constituant les mycorrhizes).

II.1.5.- Dispersion

Outre que la dissémination aérienne des spores des mycètes, les travaux de recherche ont montré que les Insectes, les mythes et autres Arthropodes jouent un rôle très important dans la dispersion des mycètes. En plus, on compte d'autres modes de dispersion, tel que les courants d'eau et les éclaboussures, le passage dans le tube digestif d'invertébrés et de vertébrés ainsi que la mobilité de certaines espèces de champignons.

II.1.6.- Reproduction

Le processus de propagation le plus simple ne fait intervenir que des phénomènes de croissance (**bouturage**).

Les champignons se propagent d'une façon plus efficace quand il y a différenciation d'organes. Les champignons peuvent alors se multiplier selon un **mode asexué** ou un **mode sexué** (selon les espèces, les champignons possèdent ces deux modes de reproduction, ou le premier seulement). Dans le premier type de multiplication (**mode anamorphe**, ou forme "imparfaite"), des processus de différenciation aboutissent, sans phénomène méiotique (avec conservation du génome), à la formation de spores asexuées. Dans le second type de multiplication (**mode téléomorphe**, ou forme "forme parfaite") interviennent la conjugaison de thalles différents, la conjugaison des noyaux, une réduction

chromatique, pour conduire à la formation de spores sexuées (zygospores, ascospores ou basidiospores). L'existence des deux modes de reproduction, qui peuvent être présents simultanément ou séparément, réalise l'**holomorphe**.

Lorsque seuls des phénomènes de croissance sont observés, on parle de **mycéliums stériles** qui sont généralement non identifiables.

a.- Multiplication asexuée

Il peut y avoir une **multiplication végétative** avec conservation du génome par :

- ✓ Fragmentation du mycélium,
- ✓ Production de stolons.

Également, Il peut y avoir une multiplication par production de spores selon deux modes différents :

- **Le mode endogène**, où les spores (**endospores**) sont formées et contenues à l'intérieur d'une enveloppe portée par un filament mycélien (Zygomycètes : Mucorales, Entomophthorales),
- **Le mode exogène**, où les spores (spores externes ou **conidies**) sont formées et émises successivement à l'extérieur du mycélium qui leur a donné naissance (Ascomycètes et Basidiomycètes).

Ce mode de **reproduction asexué** par production de spores en grande quantité assure à ces organismes une grande capacité de prolifération. La spore est aussi un organe de résistance aux conditions défavorables du milieu.

Certains champignons présentent simultanément plusieurs types de reproduction asexuée (polymorphisme). Certaines espèces produisent des conidies de différentes tailles : micro- et macroconidies ; d'autres présentent simultanément plusieurs types de conidiogénèse.

Les levures sont un cas particulier de forme fongique unicellulaire possédant un seul noyau par cellule, existant dans de nombreux groupes de champignons.

Les levures se distinguent en premier lieu par leur mode de division cellulaire : le **bourgeonnement** ou, beaucoup plus rarement, le **fissionnement**. Dans le premier cas, la cellule mère produit un bourgeon (blastoconidie), qui va se séparer après formation d'un cloison (septum) et donner naissance à une cellule fille. Dans le deuxième cas, la cellule ne bourgeonne pas mais s'allonge, et sa division par le milieu après formation d'un septum donnera naissance à deux cellules filles. Certaines levures possèdent une capsule polysaccharidique (*Cryptococcus*).

Certaines levures peuvent présenter une étape filamenteuse au cours de leur cycle de multiplication ou selon leur condition de vie (*Candida albicans*).

b.- Reproduction sexuée

Alors que les noyaux de spores asexuées se forment par simple mitose, les noyaux des spores sexuées se forment après des processus plus complexes.

La première étape est la **plasmogamie** qui réunit dans un même thalle deux noyaux compatibles (à noter que deux thalles fusionnent, non pas parce qu'ils sont de sexe différent, mais parce qu'ils sont dotés d'une **compatibilité génétique** : on désigne les thalles complémentaires par + et - ou A et a) ; avant de fusionner, les noyaux vont cohabiter durant une phase (**dicaryophase**) plus ou moins longue (le couple de noyaux compatibles prend le nom de **dicaryon**) ;

La deuxième étape, appelée **caryogamie**, correspond à la conjugaison de noyaux haploïdes pour donner un noyau diploïde ;

La troisième étape est une division réductrice ou méïose, qui conduit à des noyaux à nouveau haploïdes.

Chez de nombreuses espèces, la reproduction sexuée implique des organes de fécondation morphologiquement similaires (**isogamie**) auxquels il n'est pas possible d'attribuer un sexe. Chez d'autres, la fusion cellulaire a lieu entre cellules différenciées (**anisogamie**). A noter que, dans ce dernier cas, les champignons sont **hermaphrodites**, c'est-à-dire que chaque thalle produit des organes mâles **et** femelles.

Les organes qui donnent naissance aux **spores sexuées (méïospores)** sont appelés **gamétocystes**, et prennent le nom d'**anthéridie** (organe mâle) et d'**oogone** (organe femelle) lorsqu'ils sont différenciés.

Les champignons sont aussi capables de réaliser la reproduction sexuée par trois types de cycles biologiques :

- Cycle monogénétique haplophasique :

La reproduction sexuée se fait par cystogamie (**antonyme à l'isogamie**) : les progamétocystes grandissent et se divisent chacun en deux segments, le suspenseur et la gamétocyste plurinucléé.

Les gamétocystes fusionnent pour former un coenozygote contenant plusieurs noyaux diploïdes. La paroi du coenozygote s'épaissit, pour former une structure résistante aux conditions défavorables du milieu extérieur. Lorsque les conditions redeviennent favorables, un sporocyste se développe.

Les noyaux subissent la méïose pour former des spores méïotiques qui après dissémination se développeront pour former de nouveaux mycéliums (dissémination des spores par formation d'un "sporocyste de germination") (**Fig. 14**).

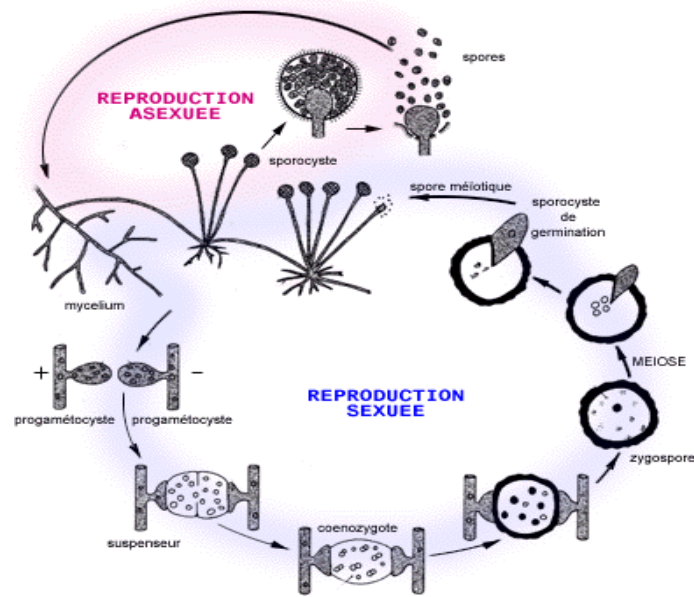


Figure 14 : Multiplication végétative (en haut du schéma) et cycle monogénétique haplophasique du *Mucor* (en bas du schéma).

- Cycle digénétique (Fig. 15)

Chez les basidiomycètes, la génération gamétophytique est représentée par des filaments mycéliens haploïdes. Ces filaments (le mycélium primaire) réalisent la reproduction sexuée en s'unissant deux à deux.

Dans un premier temps, seuls les cytoplasmes des cellules fusionnent (**plasmogamie**). Ceci donne naissance à un **mycélium dicaryotique** (mycélium secondaire), c'est à dire constituer de cellules à deux noyaux haploïdes. Cette phase dicaryotique spécifique des champignons constitue la génération sporophytique. Le mycélium dicaryotique s'organise en pseudotissus et forme le **sporocyste** ;

Au niveau auquel a lieu la fusion de deux noyaux haploïdes (**caryogamie**), bientôt suivie d'une méiose qui génèrera quatre spores méiotiques exogènes. Les sporocystes sont des basides et les spores méiotiques des basidiospores. Ces spores seront à l'origine du mycélium gamétophytique haploïde et le cycle est bouclé.

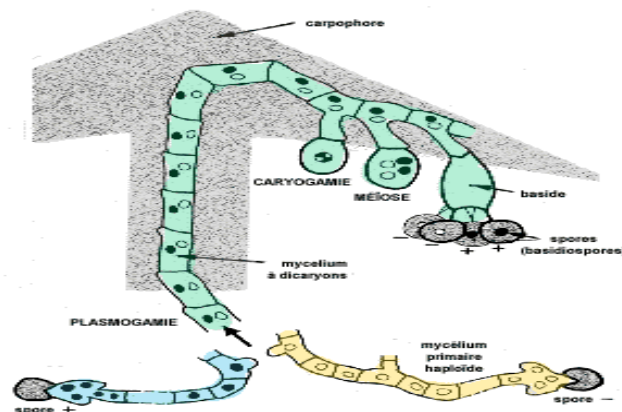


Figure 15 : Cycle digénétique chez un basidiomycètes.

- Cycle trigénétique à deux sporophytes (Fig. 16)

Chez les ascomycètes, la génération gamétophytique est représentée par un mycélium primaire haploïde. La **plasmogamie** donne naissance à une structure très particulière, un mycélium myctohaploïde qui représente la première génération sporophytique.

De cette première génération sporophytique est issue la seconde génération sporophytique constituée d'un mycélium dicaryotique.

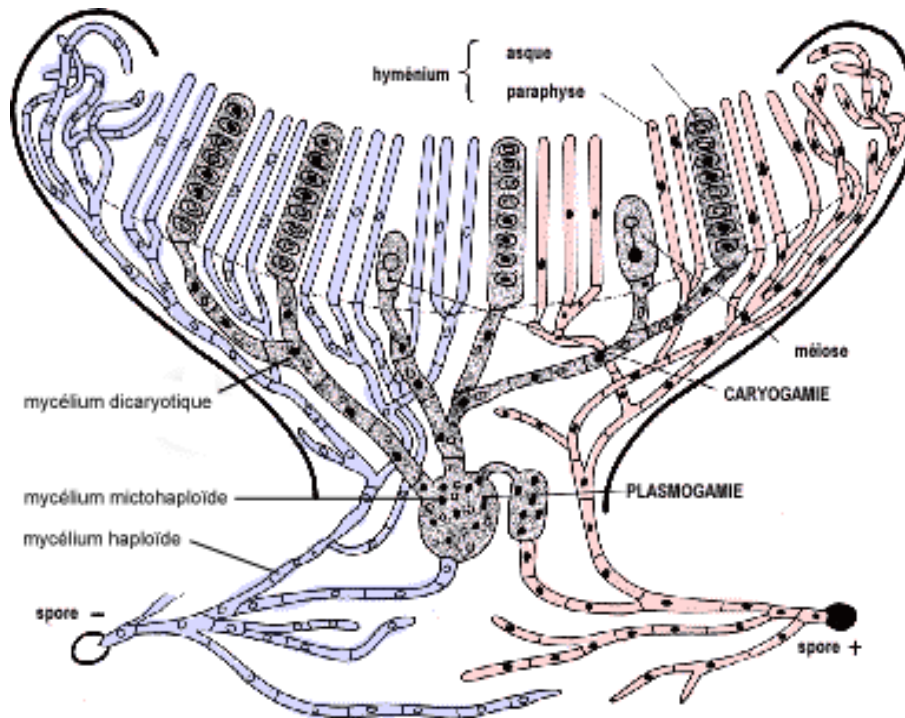


Figure 16 : Cycle trigénétique à deux sporophytes chez les ascomycètes.

Au niveau des sporocystes ou **asques**, a lieu la fusion des noyaux (**caryogamie**) suivie d'une méiose et d'une mitose complémentaire pour engendrer huit spores méiotiques endogènes, les **ascospores**. Chaque ascospore sera à l'origine d'un mycélium primaire haploïde.

II.1.7.- Les principales classes des mycètes

La classification des mycètes connue une grande différence, à cause des caractéristiques et les méthodes scientifiques employés, ainsi que les moyens disponibles et les conclusions tirés par chaque savant dont on note les principaux caractères utilisés dans les célèbres classifications :

- ✓ La présence ou l'absence des articulations dans le thalle ;
- ✓ La présence ou l'absence des organes mobiles dans le cycle de vie ;
- ✓ La forme et la position des flagelles chez les gamètes ou les spores mobiles ;
- ✓ La formation des spores sexuées et leurs différences.

Clé de détermination des mycètes

1- Des mycètes possèdent des gamètes et des spores mobiles

1-1- des spores mobiles grâce aux flagelles

1-1-1- thalle siphonné avec paroi structurée : des mycètes primitives **Phycomycètes**

1-1-2- thalle gélatineux sans paroi structurée : des mycètes gélatineuses .. **Myxomycètes**

1-2- des spores mobiles grâce au mouvement amibien

1-2-3- thalle filamenteux **Trichomycètes**

2- Des mycètes possèdent des gamètes et des spores immobiles

2-4- la fécondation s'effectue grâce aux spores conjuguées **Zygomycètes**

2-5- la fécondation s'effectue par des sporophytes produisant des ascospores

..... **Ascomycètes**

2-6- la fécondation s'effectue par des sporophytes produisant des basidiospores

..... **Basidiomycètes**

2-7- des mycètes dont leur reproduction sexuée est inconnue **Deutéromycètes**

Remarque :

1) La taxinomie des champignons est soumise à une hiérarchie, les divers suffixes utilisés permettant de visualiser les rangs taxinomiques de cette hiérarchie. Sachant que le sommet de la hiérarchie est le domaine (en l'occurrence, celui des Eucaryotes ou Eukaryota), suivi du règne (ici les Fungi ou champignons), le reste de la nomenclature se fait selon les terminaisons latines suivantes :

- -mycota : division (ou embranchement) ;
- -mycotina : subdivision (sous-embranchement) ;
- -mycetes : classe ;
- -mycetideae : sous-classe ;
- -ales : ordre ;
- -ineae : sous-ordre ;
- -aceae : famille ;
- -oideae : sous-famille.

La systématique actuelle rassemble les champignons dans un règne séparé «Fungi», dont les espèces sont classées selon les embranchements suivants :

- ✓ Embranchements des mycètes nues....**Gymnomycota** (renferme les Myxomycètes)
- ✓ Embranchements des mycètes mobiles **Mastigomycota** (renferme les Phycomycètes)
- ✓ Embranchements des mycètes immobiles **Amastigomycota**
 - Sous-embranchements des **Zygomycotina**
 - Sous-embranchements des **Ascomycotina**
 - Sous-embranchements des **Basidiomycotina**
- ✓ Embranchements des mycètes imparfaites (complètes) **Deutéromycota**

2) Il existe aussi un autre mode de classification dont les oomycètes (Phycomycètes) et les myxomycètes sont écartés de vrais champignons (eumycètes), et donc la classification actuelle des champignons distingue quatre divisions (ou embranchements) :

- ✓ **Chytridiomycota**, ou **Chytridiomycètes** : espèces aquatiques dont les spores portent un flagelle.
- ✓ **Zygomycota**, ou **Zygomycètes** : espèces à spores non flagellées, et des cellules non cloisonnées.
- ✓ **Ascomycota**, ou **Ascomycètes** : les spores sont produites à l'intérieur de sacs (les asques) et sont projetées, à maturité, à l'extérieur par ouverture de l'asque.
- ✓ **Basidiomycota**, ou **Basidiomycètes** : les spores se développent à l'extrémité de cellules spécialisées (les basides) et sont dispersées par le vent à maturité.

Classe des Phycomycètes

- Des mycètes hétérogènes
- Thalles siphonnés et non cloisonnés
- Paroi cellulaire de nature cellulosique ou cellulósique et calosique en même temps, ou pectinique.
- Les cellules reproductrices sont soit des gamètes mobiles « zoogamètes » soit des spores mobiles « zoospores »
- La fécondation a lieu grâce à des isogames, anisogames oosphère ou cystogames.
- Le cycle de vie est digénétique haplo-diplophasique chez la majorité, à l'exception de certaines espèces qui ont un cycle monogénétique haplophasique.
- Les espèces sont classées en trois sous-classe selon le nombre et la position des flagelles :
 - ✓ Sous-classe des **diplomastigomycetidae** (deux flagelles)
 - ✓ Sous-classe des **haplophthomastigomycetidae** (un seul flagelle à position postérieure)
 - ✓ Sous-classe des **diplomastigomycetidae** (un seul flagelle à position antérieure)

Exemple : *Phytophthora infestans*

Classe des Myxomycètes

- Les gamètes et les spores sont uniflagellés ou biflagellés ou amibiens,
- Le thalle est composé d'une masse cellulaire plurinucléique ou de l'ensemble des corps amibiens uninucléique,

- En fin de son cycle le thalle produit des spores avec une paroi de nature glucidique,
- Pendant la phase de développement le corps de champignon est appelé « plasmodium » : une masse plurinucléique sans paroi cellulaire, se nourrit par phagocytose,
- Ils nourrissent sur des bactéries, des levures, des spores, des plantes, ...

Classe des Trichomycètes

Ce sont des mycètes microscopiques,

Parasites de l'appareil digestif des insectes, les eaux douces, les crustacées et polypodiacées

- **Ordre : Amoebidiales**
- **Ordre : Eccrinales**
- **Ordre : Harpellales**

Classe des Zygomycètes

- Très répandue dans la nature,
- Le thalle siphonné (non cloisonné)
- La majorité saprophyte avec certaines espèces parasites facultatives,
- L'absence des spores mobiles,
- La reproduction asexuée se réalise par des stolons ou par des filaments aériens plus épais, et portant des sporanges dans leurs extrémités, et changent leurs couleurs de blanc en noir au moment de la maturité,
- La reproduction sexuée se réalise par cystogamie
- Referme 60 genres et 600 espèces répartissent sur 3 ordres :
 - **Ordre : Mucorales (moisissures noirs)**
 - **Ordre : Entomophthorales (terminateurs des insectes)**
 - **Ordre : Zoopagales**

Classe des Ascomycètes

- Les Ascomycètes sont utilisés pour la fabrication d'antibiotiques, de médicaments, pour des fermentations. Certaines sont très recherchées pour leur valeur gastronomique (Morilles, Truffes). Quelques-unes sont de redoutables parasites des végétaux, des animaux et des hommes.

- Le thalle cloisonné
- Mode de nutrition variable,
- Grande diversité des formes,
- La reproduction asexuée par des spores exogènes ou conidies (de forme variables),
- La reproduction sexuée par un cycle trigénétique : la fécondation de l'oogone (qui prend le nom d'**ascogone**) par l'anthéridie donne naissance à des filaments ascogènes qui vont porter des **asques** (équivalent au sporocyste), sortes de poches à paroi mince à l'intérieur desquelles se forment les méiospores (**ascospores**) « généralement 8 dans chaque asque ». Selon les genres, les asques restent dispersés ou sont regroupées au sein de structures (**ascocarpes**) de complexité variable.
- Leur classification est basée sur :
 - ✓ Types des asques : nues ou formé à l'intérieur des ascocarpes,
 - ✓ Couleurs des ascocarpes, des asques et ascospores,
 - ✓ Mode de formation et de répartition des asques à l'intérieur des ascocarpes (dispersé, organisé, parallèle, ...),
 - ✓ La nature des parois des ascocarpes
- Représentent 30 mille espèces répartissent sur 1800 genres 3 ordres :

Classe des Basidiomycètes

- Ces champignons comportent des espèces dont l'appareil de fructification ou **carpophore** est massif et de formes très caractéristiques (comestibles ou non). Mais les basidiomycètes primitifs n'élaborent pas le carpophore.
- Le thalle cloisonné
- Mode de nutrition variable,
- Grande diversité des formes,
- La reproduction asexuée par des spores exogènes,
- La reproduction sexuée par un cycle digénétique : caractérisés par des méiospores (**basidiospores**) formées à l'extrémité de cellules spécialisées (les **basides**) « 4 basidiospores par basides ».

Classe des Deutéromycètes

Ce sont des champignons hétérogènes, et le seul caractère commun entre eux est l'ignorance de leurs reproductions sexuées.

III.2.- LES LICHENS

III.2.1.- Généralités

Un lichen est un organisme composite résultant de l'association entre deux êtres vivants : un champignon et une algue unicellulaire ou un champignon et une cyanobactérie.

Chacun des deux partenaires tient un rôle important dans la survie de l'autre. Le champignon fournit un abri à l'algue ou à la cyanobactérie (protection contre les pertes d'eau trop brutales, contre les rayonnements solaires trop intenses, contre les animaux, etc.) ainsi que les sels minéraux, l'eau et les antibiotiques nécessaires à leur bon développement.

L'algue ou la cyanobactérie, quant à elle, par son activité photosynthétique, va fournir au champignon la matière organique (entre autres les glucides) nécessaire à son existence. Cette association étroite et à bénéfice réciproque entre ces deux êtres vivants se nomme **symbiose**.

Le champignon est responsable de la morphologie des lichens, c'est-à-dire de la forme du corps du lichen. Le corps d'un lichen est appelé thalle. Le **thalle** est formé par un réseau de filaments nommés **hyphes** (ils sont comparables au mycélium des champignons). C'est au milieu d'un enchevêtrement de ces filaments que se trouvent les algues.

Au niveau de la partie inférieure du thalle, on observe un nouvel entrelacement de filaments servant à fixer le lichen à un support, ce sont les **rhizines** (Fig. 17).

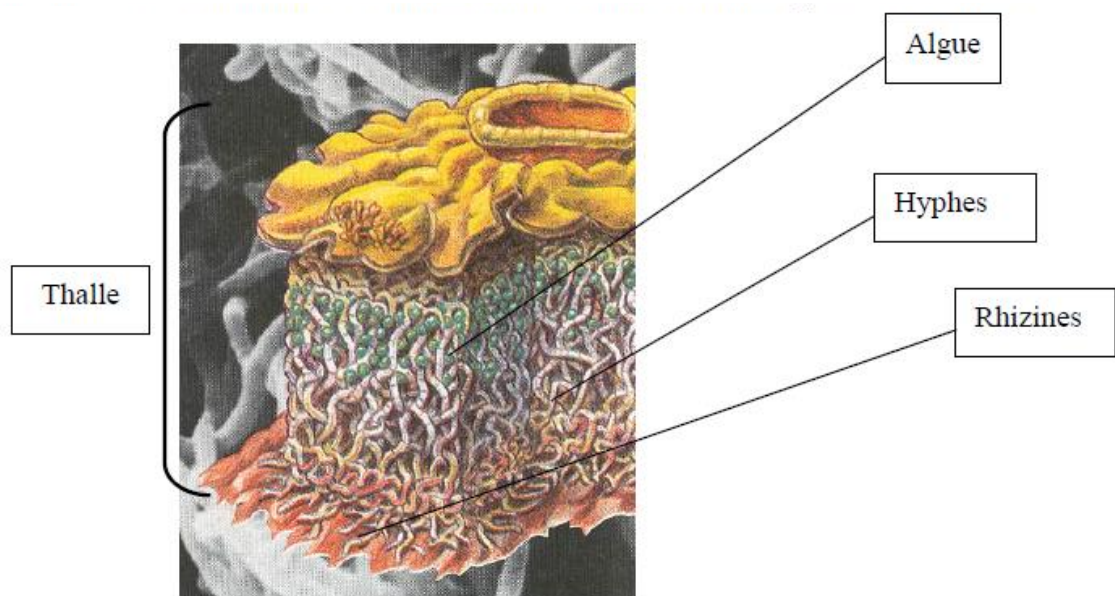


Figure 17 : Coupe verticale à travers le corps d'un lichen.

III.2.2.- La morphologie des lichens

Le thalle est l'appareil végétatif du lichen qui assure sa nutrition, sa survie et sa croissance. Il va présenter une morphologie spécifique, différente de celle des algues et des

champignons libres. Selon leur morphologie, on peut distinguer plusieurs grands types de thalles, les 3 principaux étant : les thalles crustacés, foliacés et fruticuleux (**Fig. 18**).

La distinction de ces principales morphologies permet, par l'observation à l'œil nu ou à la loupe, de suivre les premiers critères des clés de détermination.

a. Thalles crustacés forment des thalles ressemblant à des croûtes, ils adhèrent au support sur toute leur surface ; ils ne peuvent en être détachés.

b. Thalles foliacés forment des thalles en forme de lames ou de feuilles, ils sont faiblement appliqués au substrat et sont facilement détachables par endroits.

c. Thalles fruticuleux présentent des formes barbues ou en lanière et sont fixés en un seul point au support.

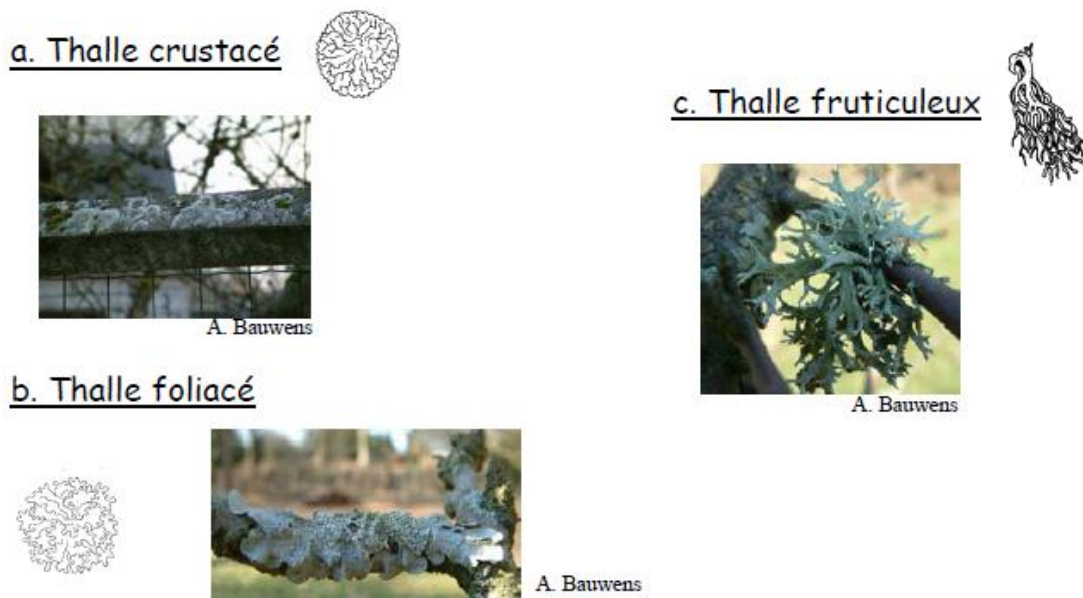


Figure 18 : Les trois grands types de thalles.

III.2.3.- Organes particuliers du thalle

Le thalle porte différents types d'organes à sa surface. Ces organes ont différentes fonctions. Nous les découvrirons ci-dessous car ils aident à la détermination des différentes espèces de lichens.

a.- Les organes végétatifs

- Les cils : prolongements des hyphes se trouvant sur la **face supérieure** du thalle.
- Les rhizines : organes de fixation des lichens formés par un prolongement d'hyphes à la **surface inférieure** du thalle.
- Pseudocyphelles : petites ouvertures à la surface du thalle. Elles permettent les échanges gazeux avec l'atmosphère.

b.- Les organes de la multiplication végétative et de la reproduction

Les lichens sont des organismes **reviviscents**. Ils sont capables de subsister longtemps à l'état sec, c'est-à-dire qu'ils sont capables de passer de l'état de vie active à une vie ralentie quand ils ne sont plus hydratés. Ils deviennent cassants. Piétinés, les débris du lichen se fixent à la plume, au poil ou à la semelle. Les fragments dispersés par le vent ou les animaux et réhydratés, peuvent engendrer de nouveaux individus.

Des organes plus spécialisés vont également participer à ce mode de dispersion nommé **multiplication végétative**. Les **isidies** et les **soralies** sont de petites excroissances détachables formées d'algues et d'hyphes. Ce sont des clones du lichen « parent » qui ont tout ce qu'il faut pour former un nouveau lichen (le champignon et l'algue ou cyanobactérie associée). Ces excroissances sont légères et sont facilement transportées par le vent, la pluie, les insectes et permettent la dissémination de l'espèce.

Certains hyphes, sexuellement différenciés, fusionnent et donnent, à la surface du thalle, des **apothécies** ou des **périthèces**. Ce sont des boutons ou coupes arrondies sur le thalle, qui contiennent les spores nécessaires à la reproduction sexuée du champignon constituant le lichen. Elles peuvent être enfouies dans le thalle ou portées par un petit pied. Les périthèces se différencient des apothécies par leur structure, ce sont des coupes plus ou moins fermées. Les apothécies et les périthèces contiennent des spores (8 en général) agglomérées les unes aux autres au fond des coupes. Après leur libération, les spores germent et donnent des hyphes qui devront capturer des algues (ou cyanobactéries) pour pouvoir redonner un nouveau thalle lichénique.

Toutefois, le champignon a généralement besoin d'une espèce d'algue (ou cyanobactérie) bien précise pour sceller son union et former à nouveau un thalle lichénique. Les différentes espèces de lichens vont donc développer différentes astuces pour pallier à ce problème. Certaines espèces auront leurs spores agglutinées avec quelques cellules de l'algue ou de la cyanobactérie de manière à avoir plus de chances de se développer qu'une spore isolée. D'autres peuvent survivre dans un premier temps grâce à d'autres algues ou encore, peuvent insinuer leurs hyphes dans un lichen voisin pour lui dérober quelques algues.

III.2.4.- L'écologie des lichens

Chaque espèce de lichen a besoin, pour se développer, de conditions écologiques particulières. Certains lichens poussent uniquement sur un substrat acide (roche, écorce, ...). D'autres ne pousseront que sur un substrat neutre ou basique. Certains exigeront des conditions de luminosité très élevée, d'autres non. L'humidité, la sécheresse, la température (déserts polaires ou déserts chauds), la présence d'azote (rochers fréquentés par les oiseaux), de calcaire (roches calcaires), de sel (rochers en bord de mer), de certains métaux, etc., sont autant de facteurs écologiques influençant le développement des différentes espèces de lichens. On trouve même des lichens capables de coloniser des matières plastiques ou de vieux pneus !

La diversité de ces exigences et les propriétés des différentes espèces de lichens telles que la reviviscence et la résistance aux températures extrêmes entraîne qu'ils sont répandus à travers presque toutes les régions du monde. On les trouve des zones les plus extrêmes (pôles, sommets des montagnes jusqu'à la limite des neiges éternelles, déserts rocheux, ...), aux zones les plus communes (dans les bois, sur les murs, etc.).

Par ailleurs, on peut considérer les lichens comme des espèces pionnières. Ils sont les premiers, avec les mousses, à coloniser des substrats nus tels que la roche.

Les lichens sont donc présents dans le monde entier et en fonction de certains critères tels que la nature du substrat on peut les classer :

- Les **lichens saxicoles** se développent sur la roche.
- Les **lichens corticoles** se développent sur l'écorce des arbres.
- Les **lichens lignicoles** se développent sur le bois mort.
- Etc.

III.2.5.- L'intérêt des lichens

Les lichens ont été utilisés depuis l'Antiquité comme plantes médicinales et pour de multiples autres usages alimentaires ou artisanaux. Voici quelques usages :

- Usages alimentaires : certains lichens constituent un fourrage pour des animaux comme par exemple, les rennes de Laponie. D'autres peuvent également être source de glucose et dans certaines régions ils sont consommés comme aliment pour l'homme (Japon, Canada).

- Usages médicaux : aujourd'hui, le principal intérêt des lichens en médecine est leur potentiel antibiotique. Ils sont également utilisés en homéopathie pour la fabrication de sirops et de pastilles.

- Usages industriels : les huiles essentielles de certaines espèces de lichens sont utilisées pour la fabrication de parfums et de savons. Les lichens sont également connus pour la fabrication artisanale de teintures. Enfin, d'autres utilisations telles que la décoration des tables, la confection des maquettes (où ils représentent des arbres) et celle de couronnes funéraires sont courantes dans certains pays.

- Usage en bio-indication : de nombreuses espèces de lichens ont une écologie très précise (cf. p. 8), de sorte que leur présence est susceptible de donner des indications sur les caractères physiques ou chimiques du milieu considéré. L'utilisation des lichens permet donc d'étudier, par exemple, la chimie et la stabilité des sols, la hauteur moyenne de l'enneigement (certaines espèces ne supportent pas l'humidité permanente due à la couverture nivale), le degré de pureté de l'atmosphère, etc.

III.2.6.- Les lichens et la pollution atmosphérique

Le choix des lichens comme **bioindicateurs** s'explique par de nombreuses particularités de ces végétaux et notamment par quelques différences fondamentales avec les végétaux supérieurs :

✓ Les lichens ne possèdent pas de racines pour puiser leur nourriture, mais des filaments fixateurs (rhizines) avec lesquels ils s'accrochent à leur support. Dans cette situation, seuls l'air, le vent, la pluie et le brouillard leur apportent les éléments minéraux et l'eau nécessaires à leur croissance. Les lichens absorbent indistinctement, par leurs pseudocyphelles (cf. p. 6), l'ensemble des substances qui leur parviennent, les substances nutritives tout comme les substances qui leur sont toxiques. Ainsi, dans un environnement où l'air est pollué, les lichens sont particulièrement exposés à la pollution et ils en subissent les effets (diminution de l'activité photosynthétique, modification des voies métaboliques, etc.).

✓ Les lichens sont des végétaux dont l'activité est continue quelle que soit la saison car ils sont capables de réaliser la photosynthèse à des températures inférieures à -10°C . En hiver, ils sont alors soumis à une pollution très importante résultant de l'augmentation des émissions de polluants (entre autres par le chauffage domestique). Cette activité hivernale est un élément essentiel permettant d'expliquer leur sensibilité à la pollution atmosphérique.

✓ Les lichens ont un métabolisme lent (car la proportion d'algues est très faible) qui se traduit par une vitesse de croissance faible et par une longévité qui permet de suivre l'évolution de la pollution (certains lichens peuvent vivre plus de 100 ans !). Les mesures par l'observation des lichens seront très différentes de celles réalisées par des méthodes chimiques. En effet, contrairement aux mesures biologiques, les mesures chimiques sont ponctuelles, elles ont lieu à un endroit précis, à un moment donné. Elles sont également plus précises pour analyser un type de polluant et la quantité de chacun des polluants testés. Toutefois, des variations dans le temps des facteurs de l'environnement se traduisent assez rapidement par des variations détectables de la végétation lichénique.

C'est ainsi, par exemple, que près de Maubeuge, une nette régression de l'industrie sidérurgique s'est accompagnée d'un développement rapide de la flore lichénique. Les mesures biologiques ont donc l'avantage d'intégrer le temps.

✓ Les lichens sont très diversifiés et leur sensibilité à divers polluants (ozone, métaux lourds, azote, etc.) est différente en fonction des espèces et leur inventaire peut fournir une réponse très nuancée aux divers agents polluants se trouvant dans l'air. Ceci implique une grande prudence dans l'interprétation des résultats.

Les méthodes biologiques sont intéressantes par leur simplicité, leur rapidité et leur coût nettement moins élevé que celui des méthodes chimiques. Les méthodes biologiques sont complémentaires des méthodes chimiques : en général, les deux méthodes sont conseillées pour évaluer la qualité d'un environnement avec précision.

✓ Les lichens ont un grand pouvoir d'accumulation. Ils accumulent de façon sélective des quantités très importantes de substances prélevées dans l'atmosphère comme le soufre, le plomb, le fluor, les éléments radioactifs, etc. Cette propriété permet d'utiliser les lichens comme bio-indicateurs d'une pollution spécifique.

Un exemple connu d'accumulation d'éléments par les lichens est celui des rennes de Laponie. Après l'explosion de Tchernobyl, les lichens ont accumulé une série d'éléments radioactifs. Or, les lichens contribuent au régime alimentaire des rennes qui ont continué de se nourrir de ces lichens gorgés d'éléments radioactifs. Les rennes ont donc été éliminés afin qu'ils ne contaminent pas à leur tour les hommes.

✓ Il est à noter que les espèces crustacées, aux échanges faibles et à la croissance plus lente que les espèces foliacées et fruticuleuses, sont moins affectées par la pollution atmosphérique et résistent mieux à l'environnement industriel et urbain. Ainsi, lors d'une première observation de la flore lichénique d'un environnement, un premier diagnostic de la qualité de l'air peut être avancé en fonction des types de thalles majoritairement présents sur les troncs d'arbres.

DEUXIEME PARTIE :

Les Embryophytes

LES BRYOPHYTES



Sommaire

IV.1.- LES BRYOPHYTES.....	53
IV.1.1.- Généralités	53
IV.1.2.- Morphologie.....	54
IV.1.3.- Physiologie.....	55
IV.1.4.- Habitat et répartition	55
IV.1.5.- Classification.....	55
IV.1.5.1- MARCHANTIOPHYTES (OU HEPATIQUES)	55
a.- Morphologie	55
b.- Ecologie et habitat	56
IV.1.5.2- ANTHOCEROPHYTES (OU ANTHOCEROTES)	57
a.- Morphologie	57
IV.1.5.3.- BRYOPHYTES sensu stricto (OU MOUSSES OU MUSCINEES).....	59
a.- Morphologie	59
b.- Classification des mousses	60
c.- Reproduction des mousses	61

LES EMBRYOPHYTES

INTRODUCTION

Le clade des **Embryophytes** ou **Archégoniates** ou « plantes terrestres » passent à un certain moment de leur cycle par un **état embryonnaire**. L'œuf se développe dans une structure pluricellulaire appelée **gamétange** femelle (ou **archégone**, **Fig. 19**) en un embryon se nourrissant, dans les premiers temps, aux dépens du gamétophyte. Ce clade est caractérisé par la présence de :

- ✓ Un **embryon** ;
- ✓ Un **gamétange** (structure pluricellulaire produisant des gamètes) femelle (appelé **archégone**) ou mâle (appelé **anthéridie**) ;
- ✓ Un **sporange** (structure pluricellulaire des spores) ;
- ✓ Une phase diploïde multicellulaire dans le cycle : **le sporophyte** ;
- ✓ Une **cuticule** recouvrant l'épiderme ;
- ✓ Une molécule spécifique la **sporopollénine** dans les spores et grain de pollen ;
- ✓ Une **bande préprophasique** : lors de la mitose, les microtubules se rassemblent autour du noyau avant la prophase, marquant l'emplacement de la future paroi entre les deux nouvelles cellules.

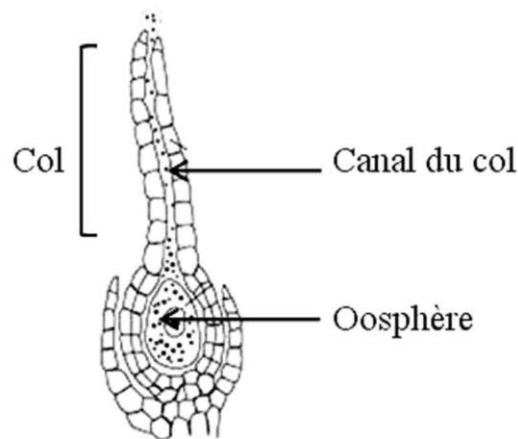


Figure 19 : Une structure pluricellulaire appelée gamétange femelle (ou archégone).

Les **Embryophytes** (**Fig. 20**) regroupent :

- Les **bryophytes sensu lato** avec 25 000 espèces ;
- Les **ptéridophytes sensu lato** avec 11 000 espèces ;
- Les **spermaphytes** ou **plantes à ovules** avec 270 000 espèces.

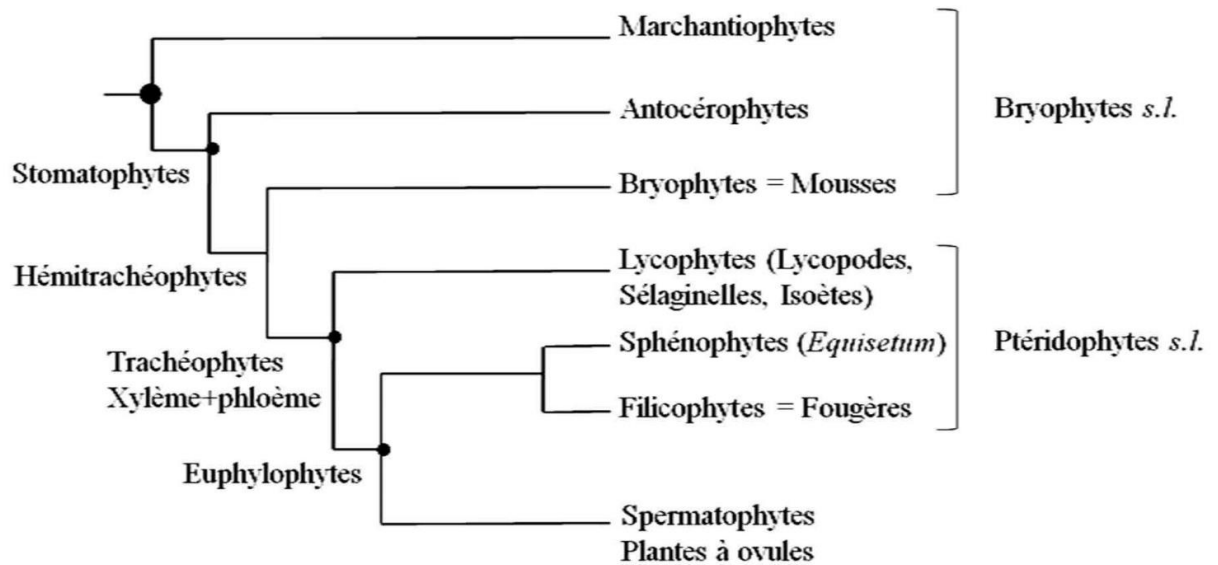


Figure 20 : Arbre phylogénétique simplifié des embryophytes.

IV.1.- LES BRYOPHYTES

IV.1.1.- Généralités

Appartenant au règne des plantes, les bryophytes sont le groupe le plus primitif des **cormophytes** car elles ne contiennent pas les tissus vasculaires ni des racines (présence de **rhizoïdes**). Ce sont des plantes en majorité terrestres, qui poussent généralement dans des lieux humides, sur le sol, les troncs d'arbres ou les rochers. Les bryophytes sont caractérisées par :

- ✓ La présence d'un **embryon** ;
- ✓ La présence d'une **cuticule** ;
- ✓ La présence de **spores haploïdes** résistantes à la dessiccation ;
- ✓ La présence de cellules reproductrices plus protégées dans des **gamétanges** ou dans des **sporangies** ;
- ✓ Un cycle digénétique haplodiplophasique à **dominance du gamétophyte** haploïde et un sporophyte parasite du gamétophyte femelle.

Deux voies de reproduction sexuée et végétative se rencontrent chez les bryophytes. La multiplication végétative est un mode de reproduction qui favorise une occupation rapide des sols nus, livrés à la colonisation (propriété importante pour les bryophytes). Elle est assurée soit par la **fragmentation du protonéma** (chaîne de cellules chlorophylliennes qui constitue le début de la phase haploïde du cycle de vie d'une bryophyte) soit par des propagules ou par des tubercules formés par les rhizoïdes.

Le cycle de développement sexué des bryophytes (**Fig. 21**) est un cycle **digénétique haplodiplophasique hétéromorphe à dominance du gamétophyte haploïde** avec un sporophyte parasite du gamétophyte femelle.

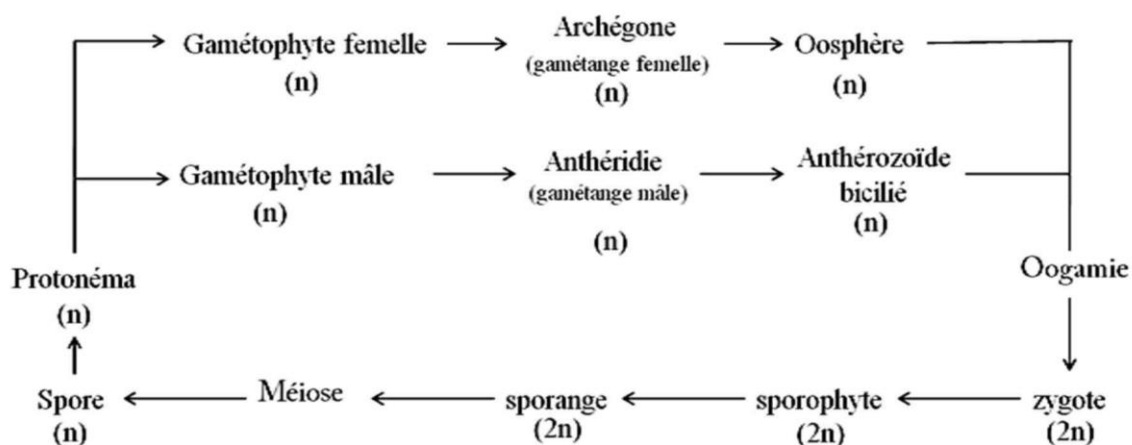


Figure 21 : Cycle digénétique haplodiplophasique à dominance du gamétophyte chez les bryophytes.

IV.1.2.- Morphologie

En général, l'appareil végétatif est un **cormus** constitué d'axes rudimentaires possédant des tissus peu différenciés. L'épiderme est souvent dépourvu de stomates et il n'existe pas de tissus conducteurs vrais.

Les Bryophytes ne disposent pas de xylème ni de phloème (tissus conducteurs de l'eau et des nutriments). Ces deux tissus ne sont apparus que plus tard au cours de l'évolution, chez les plantes vasculaires. Certaines bryophytes disposent cependant de tissus conducteurs spécialisés, mais ces derniers ne sont pas lignifiés : les « leptoides » et les « hydroïdes ».

Les pseudophylles n'ont pas l'histologie des vraies feuilles.

Il n'existe pas d'organes comparables aux racines chez les bryophytes mais des organes « rhizoïdes » (mono ou pluricellulaires) les fixent au substrat mais n'absorbent pas la solution du sol. Ces pseudos racines sont en fait d'anciens **cormus** (tige + feuille) qui en l'absence de photosynthèse se nécrose, se décolore et forment ainsi un humus primitif.

Les bryophytes ne pouvant absorber l'eau par leurs rhizoïdes ont la faculté de permettre à l'eau de rentrer par toutes les parties de la plante. De plus en cas de forte sécheresse la plante peut entrer en état de vie ralentie (reviviscence) en attendant des conditions de développement mieux adaptées.

Comme les plantes vascularisées, les bryophytes peuvent profiter d'une symbiose avec des champignons.

IV.1.3.- Physiologie

Grâce à leur capacité de reviviscence, ces végétaux sont capables de supporter de longues périodes de sécheresse, ils peuvent en effet se déshydrater fortement et entrer dans un état de vie ralentie pendant plusieurs semaines. Ils reprennent une activité normale lorsque l'eau est à nouveau disponible. Ce sont donc des végétaux très résistants, et à ce titre ils constituent avec les lichens, les végétaux pionniers capables de coloniser des milieux minéraux, c'est pourquoi on en trouve en abondance sur les murs ou les toits des maisons. Ils participeront alors à la formation des sols permettant aux végétaux plus exigeants de s'installer à leur tour.

IV.1.4.- Habitat et répartition

Capables de tirer leurs nutriments de l'air et des aérosols, comme les lichens qu'ils accompagnent souvent, les bryophytes sont en tant que groupe taxonomique très ubiquistes. Grâce à de nombreuses adaptations, ils ont colonisé presque toute la planète, jusqu'aux zones subpolaires. Ils sont toutefois absents (plus que les lichens) du milieu marin, et des milieux extrêmement arides. Grâce à des spores aéroportées, ils comptent parmi les premières espèces à pouvoir coloniser les nouveaux habitats (ex : terrils, îles volcaniques nouvelles...) De nombreuses espèces vivent sur le sol, d'autres sont saxicoles (ou devenues muricoles) ou épiphytes, ou encore se développent sur les bois-morts tombés au sol. Dans les réserves naturelles et en forêt dans les îlots de sénescence.

IV.1.5.- Classification

Les bryophytes est un embranchement de végétaux de petite taille, comprenant les **Marchantiophytes** (ou Hépatiques), les **Anthocérophytes** (ou Anthocérotes) et les **Bryophytes *sensu stricto*** (ou Mousses ou Muscinées).

IV.1.5.1- MARCHANTIOPHYTES (OU HEPATIQUES)

Les **marchantiophytes** (ou hépatiques) sont une classe de plantes invasculaires terrestres qui ont conservé le plus de caractères ancestraux. Ce sont des thallophytes. Le plant a l'apparence des lobes de foie d'un animal, d'où vient son nom.

a.- Morphologie

Les hépatiques sont généralement de petite taille et peu spectaculaires. Elles colonisent des milieux humides et ombragés comme les troncs ou les branches des arbres, milieux pierreux ou sols proches de sources, cours d'eau, mares...

L'appareil végétatif est formé d'un large ruban chlorophyllien ramifié dichotomiquement et appliqué au substrat. Il est constitué de deux couches de tissus différenciés. En coupe transversale on y voit plusieurs types de cellules parenchymateuses. Les hépatiques ont une symétrie dorso-ventrale et sont souvent appliquées contre leur substrat.

Elles sont en général plus sensibles à la sécheresse que les mousses. Leur sporophyte est éphémère et porte une capsule ronde s'ouvrant par valves ou se déchirant en plateaux. De nombreuses espèces contiennent des oléocorps dans leurs cellules, rendant certaines très aromatiques.

On les trouve sur divers substrats (bois en décomposition, sol, conglomérats, écorces, cailloux, etc.). Leurs principales caractéristiques particulières des hépatiques sont :

- ✓ Présence d'inclusions lipidiques appelées oléocorps (ce sont des gouttelettes d'huile) ;
- ✓ Synthèse d'acide lunularique ;
- ✓ Perte des stomates au profit de pores aériens.

b.- Ecologie et habitat

Parfois épiphytes, les Hépatiques sont une des constituantes de la Bryoflore épiphyte corticole (ou sur les feuilles en zone tropicale humide). Parmi les épiphytes, on trouve par exemple : Des espèces assez fréquemment corticoles : *Frullania dilata*, *Radula complanata*, *Leujeunea carvifolia* et quelques espèces de *Metzgeria* (*Metzgeria furcata*, *Metzgeria conjugata*,...).

Des espèces plus rarement corticoles (espèces accessoirement corticoles) ; *Porella arboris-vitae*, *Porella platyphylla*, *Frullania tamarisci* ou corticoles rares ou très localisées : *Cololejeunea minutissima* (euryméditerranéo-atlantique strictement littorale), etc.

Parfois symbiotiques, une grande partie des hépatiques sont mycorhizées par des champignons (Glomerales), ce qui permet aussi probablement à certaines d'entre elles de mieux survivre dans les écosystèmes froids (toundra, taïga et localement en Antarctique).

Se présentent sous forme d'un thalle plus ou moins différencié ou d'une tige feuillée. Les hépatiques expriment de nombreux caractères originaux :

- ✓ Rhizoïdes généralement unicellulaires ;
- ✓ Gamétophyte mature à symétrie dorsi-ventrale ;
- ✓ Synthèse d'acide lunularique ;
- ✓ Cellules contenant des oléocops (corps lipidiques) ;
- ✓ Capsule simple sans opercule ni péristome ni columelle avec 4 valves (fentes de déhiscence verticales) ;
- ✓ Présence d'élatères (**Fig. 22**), cellules très allongées dont la paroi squelettique présente des épaisissements en spirale ;
- ✓ Protonéma faiblement développé parfois inexistant ;
- ✓ Présence de gamétangiophores (anthéridiophores, archégoniophores) (**Fig. 23**).

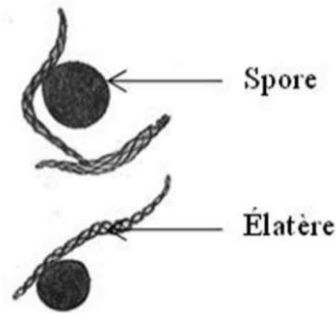


Figure 22 : Morphologie des spores et élatères chez les Marchantiales.



Figure 23 : Morphologie de *Marchantia polymorpha* montrant les anthéridiophores et les archégoniophores.

VI.1.5.2.- ANTHOCEROPHYTES (OU ANTHOCEROTES)

Les **Anthocérophytes** sont peu nombreux, peut-être 150 espèces mondialement réparties entre quatre à six genres.

C'est une classe de plantes invasculaires terrestres aux caractères ancestraux. Ils ressemblent aux hépatiques, mais ils diffèrent par leurs sporophytes dont la capsule s'allonge comme une corne. Cette classe comprend l'ordre des Anthocerales seulement.

Certaines espèces tropicales sont des épiphytes sur les feuilles, les rameaux ou les troncs des arbres.

a.- Morphologie

Attaché au substrat (généralement le sol) par des rhizoïdes (filaments allongés servant à la fixation et théoriquement à l'absorption), le gamétophyte est une lame foliacée verte aplatie dorso-ventralement. Ce thalle présente des cavités qui sont en communication avec l'extérieur par des ouvertures, les pseudo-stomates, dans sa surface inférieure et parfois supérieure.

Il y a présence d'un pyrénôïde dans leur chloroplaste qui est unique.

Des algues symbiotiques établissent des colonies dans ces cavités. Les pseudo-stomates serviraient à permettre l'entrée de ces algues dans le thalle. Les sporophytes sont presque toujours présents. Constitués d'un pied haustorial et d'une capsule cylindrique photosynthétique se développant à partir d'une zone méristématique basale, ils n'ont pas

de soie. Ils possèdent donc une croissance indéterminée. Cette zone méristématique est protégée par un involucre formé par les tissus du gamétophyte. Le sporange cylindrique s'ouvre en deux valves par le sommet pour libérer les spores et des élatères au faciès très particulier. Ces élatères, souvent objets de grande beauté, sont des éléments unicellulaires stériles présents dans les capsules d'anthocérotes et d'hépatiques et qui jouent un rôle dans la dispersion des spores auxquelles ils sont mêlés.

Reconnaissables par leur unique plaste avec pyrénoides. Les gamétophytes sont dans des cryptes à l'intérieur de la plante. Une fois fécondés, le sporophyte sort sous forme de tube et la déhiscence se fait par fente de ce tube. Au centre il y a columelle.

Ce sont des organismes thalloïdes. Leur monophylie est confirmée par des caractères cellulaires et des caractères propres à leurs gamétophytes.

Ce groupe est caractérisé par :

- ✓ Cloisonnement vertical du zygote ;
- ✓ Croissance continue du sporophyte (présence de méristème) ;
- ✓ Sporophyte cylindrique (**Fig. 24**) ;
- ✓ Présence de columelle ;
- ✓ Présence de stomates au niveau de la capsule ;
- ✓ Ouverture de la capsule par deux valves ;
- ✓ Un plaste unique par cellule et présentant un pyrénoidé ;
- ✓ Présence de pseudo-élatères formés de 4 cellules ;
- ✓ Protonéma filamenteux puis thalloïde.

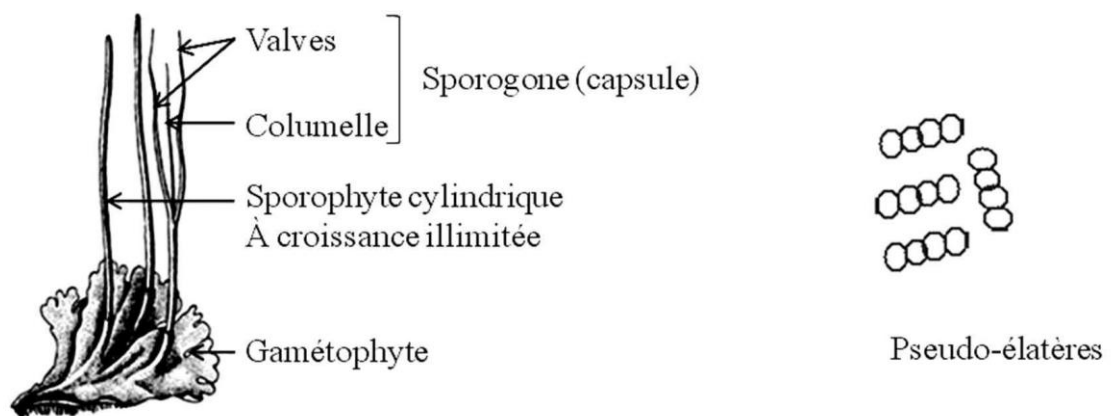


Figure 24 : Morphologie et pseudo-élatères de *Anthoreros laevis* (Anthocérotes).

IV.1.5.3.- BRYOPHYTES *sensu stricto* (OU MOUSSES OU MUSCINEES)

Les mousses constituent un embranchement des végétaux in-vasculaires terrestres, elles ne possèdent ni racines ni vrai système vasculaire lignifié.

Les Mousses sont les Bryophytes les plus répandues et les plus riches en espèces. On les rencontre dans le monde entier. Elles ne mesurent en général que quelques centimètres.

Elles sont caractérisées par :

- ✓ Présence d'un protonéma bien développé filamenteux ;
- ✓ Gamétophyte différencié en tige feuillée à symétrie radiale ;
- ✓ Présence de **rhizoïdes multicellulaires** ;
- ✓ La **croissance sporophytique** se fait à partir d'une cellule apicale ;
- ✓ Présence d'une capsule sporangiale dont la déhiscence se fait par un **opercule** ;
- ✓ Présence de **stomates au niveau de la capsule** ;
- ✓ Présence d'un **système vasculaire non lignifié** (hydroïdes, leptoides).

a.- Morphologie

Chez les **mousses**, c'est un **cormus** dont la partie prostrée est réduite à de simples filaments pluricellulaires ramifiés, issu du développement de la spore méiotique : le protonéma (**Fig. 25**), dont la durée de vie est éphémère.

La structure du protonéma est relativement proche de celle du thalle de certaines algues vertes filamenteuses.

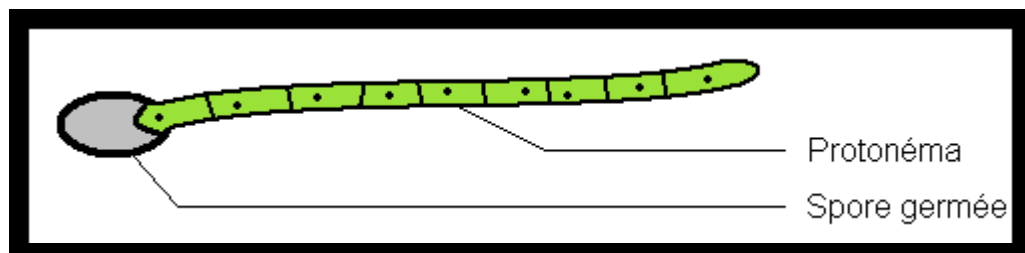


Figure 25 : Schéma de la germination d'une spore.

Des axes primaires érects bourgeonnent à partir du protonéma. Ils sont munis d'appendices foliacés chlorophylliens et sont fixés au sol par des rhizoïdes. La présence de rhizoïdes au lieu de racines et l'absence de feuilles vraies sont considérées comme des caractères primitifs.

Au contraire, l'absence de tissus conducteurs résulterait d'une évolution régressive liée à une adaptation à des milieux très humides s'accompagnant d'une réduction de la taille de l'appareil végétatif. A l'extrémité des gamétophytes, il se développe des corbeilles ou involucre constituées d'appendices foliacés, au sein desquels se développent les gamétanges.

b.- Classification des mousses

La classe des mousses comporte 3 ordres qui se différencient par des caractères morphologiques et anatomiques : **les Bryales, les Sphagnales et les Andraeales.**

A. Les Bryales :

C'est de loin, le groupe des mousses le plus riche (plus de 15 000 espèces). Un pied des Bryales est formé d'un gamétophyte végétatif et d'un sporophyte qui va donner des spores (**Fig. 26**).

Le gamétophyte est de couleur vert clair de 2 à 3 cm de haut, formé de :

- **Rhizoïde** : Poil filamenteux permettant à la mousse de se fixer sur son support et d'absorber de l'eau et des sels minéraux.

- **Tige** : Partie principale de la mousse, qui porte les feuilles en spirale tout autour d'elle. Elle peut être dressée ou couchée.

- **Feuille** : Partie de la moussenaissant sur la tige, spécialisée dans la captation de la lumière, la fonction de photosynthèse et l'absorption d'eau. Le sporophyte est formé de **Pédicelle ou soie** : Axe long et mince supportant la capsule et permettant son alimentation en substances nutritives. **Capsule** : Organe creux fabriquant de petits grains servant à la reproduction, les spores. Fermée avec un couvercle qui s'ouvre pour libérer les spores mûres.

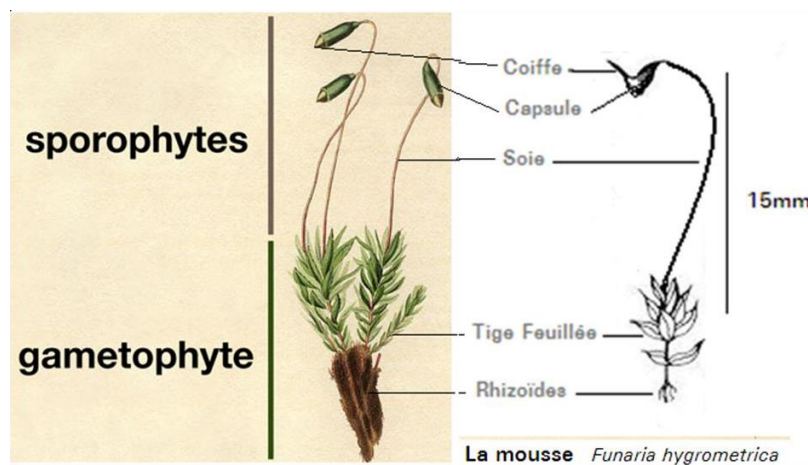


Figure 26 : Morphologie de *Funaria hygrometrica*.

B. Les Sphagnales :

Cet ordre contient une seule famille : Sphagnacées et un seul genre Sphagnum, avec 300 espèces, très utilisées dans l'industrie cosmétique (**Fig. 27**).

Plante moyenne à robuste, jusqu'à 20 cm de long, en touffes denses ou lâches de couleur très variable, verte avec une coloration jaunâtre, brunâtre ou parfois rougeâtre.

Bryophyte typique de milieux très humides et sur sols acides.

La plante contient des cellules mortes qui se gorgent d'eau.

Ce sont des espèces dioïques, Le pied est formé d'un gamétophyte végétatif et d'un sporophyte.

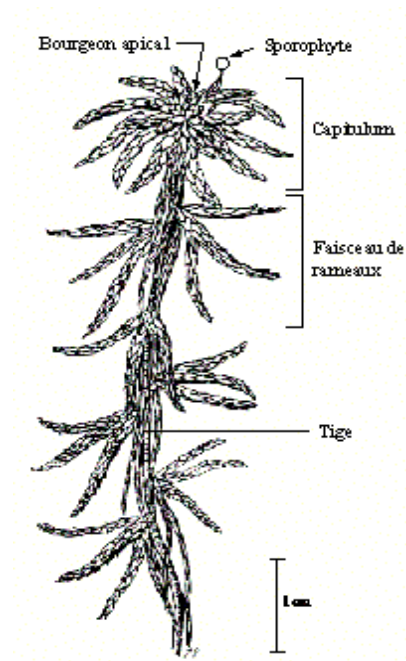


Figure 27 : Morphologie d'une Sphaigne.

Les gamétophytes n'ont pas de rhizoïdes, l'absorption se fait par les feuilles et la tige.

Les feuilles sont disposées en spirales autour de la tige ou des rameaux contrairement aux hépatiques à thalles.

L'extrémité de la tige (capitulum) est pourvue de nombreux rameaux, mais de plus en plus courts vers le sommet (donne un aspect d'étoile).

Les sporophytes est formé d'un pédicelle hyalin et capsule brune.

Les rameaux sont arqués vers le bas, ce sont des rameaux pendants. Cette plante meurt par le bas et continue à croître.

C. Les Andréales :

Ce sont des mousses qui vivent dans les roches siliceuses et aussi dans les régions froides. La structure du gamétophyte est identique à celle des Bryales

Elle possède une tige avec des feuilles en spirales, un pédicelle chlorophyllien et une capsule globuleuse.

Cette capsule s'ouvre en 4 (C'est une exception : les autres mousses n'ont pas de capsule qui s'ouvre en 4).

c.- Reproduction des mousses

Les mousses sont des espèces dioïques. La reproduction est sexuée et la fécondation est une oogamie.

Les cellules reproductrices, spores et gamètes, sont respectivement formées dans les sporanges (capsules contenant les spores) et les gamétanges (anthéridie et archégone), qui sont des organes spécialisés munis d'une enveloppe pluricellulaire.

Chez la plupart des espèces de mousses, les gamétophytes mâles et femelles sont distincts. Les mâles portent des anthéridies et les femelles des archégonies

Chez les mousses, les gamétanges se différencient à l'extrémité des axes des gamétophytes.

Les gamétanges mâles ou anthéridies sont de petits sacs ovoïdes portés par un court pédicelle et limités par une enveloppe pluricellulaire. A maturité, ils sont remplis d'anthérozoïdes biflagellés (les gamètes mâles) qui seront disséminés.

Les gamétanges femelles ou archégonies ont la forme de petites bouteilles.

Le spermatozoïde nage dans une mince couche humide vers l'archégonie et féconde l'oosphère.

Le zygote diploïde se divise par mitose et devient un embryon de sporophyte à l'intérieur de l'archégonie.

Le jeune sporophyte, encore rattaché au gamétophyte femelle, laisse croître une longue tige.

Au bout de la tige se développe un sporange, c'est-à-dire une capsule dans laquelle se développent des spores haploïdes par méiose. Les spores se dispersent quand le sporange éclate.

La spore se développe par mitose et forme un protonéma filamenteux qui ressemble à une algue verte.

Le protonéma continue sa croissance pour former un nouveau gamétophyte. Le cycle est digénétique haplodiphasique (**Fig. 28**).

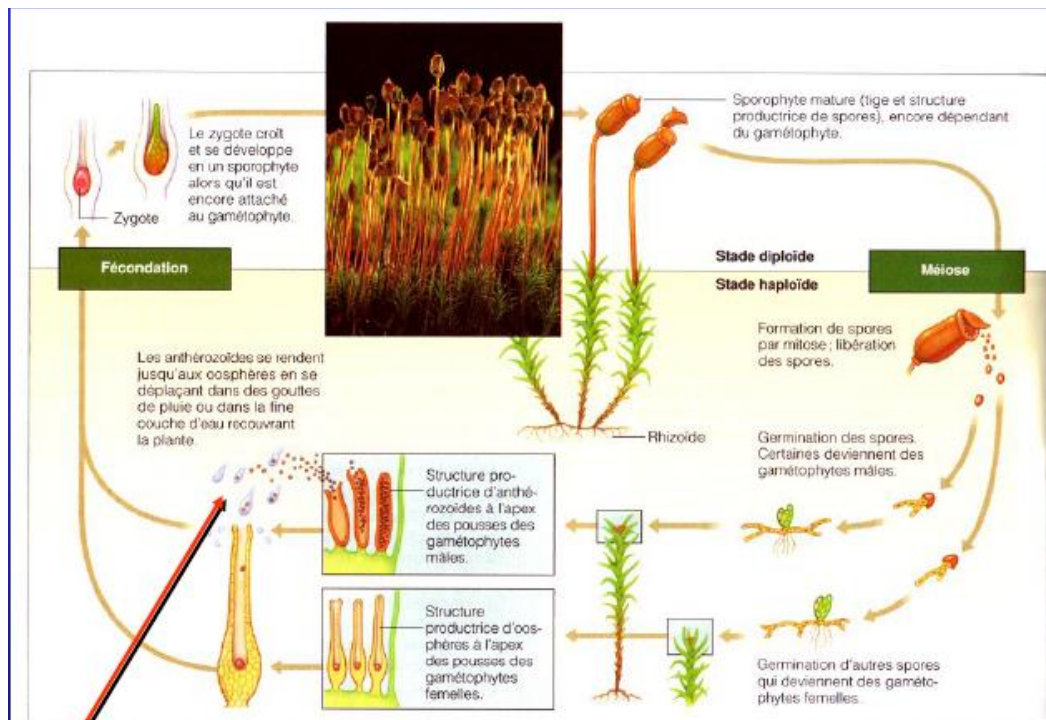


Figure 28 : Le cycle de vie d'une mousse.

DEUXIEME PARTIE :

Les Embryophytes

LES PTERIDOPHYTES



Sommaire

V.1.- LES PTERIDOPHYTES.....	65
V.1.1.- Généralités	65
V.1.2.- Morphologie	65
V.1.2.1.- SPOROPHYTES.....	66
a.- Les racines.....	66
b.- Les feuilles ou frondes.....	66
V.1.2.2.- GAMETOPHYTES	66
V.1.3.- Physiologie	67
V.1.4.- Reproduction.....	67
V.1.4.1.- LES ORGANES REPRODUCTEURS	67
a.- Les sporanges.....	67
b.- Les gamétanges	68
V.1.4.2.- REPRODUCTION ASEXUEE.....	68
V.1.4.3.- REPRODUCTION SEXUEE.....	69
V.1.5.- Classification	69
V.1.5.1.- LES LYCOPIDINEES	70
V.1.5.2.- LES EQUISETINEES	72
V.1.5.3.- LES FILICINEES.....	72

LES TRACHEOPHYTES

INTRODUCTION

Les **Trachéophytes** ou **plantes vasculaires** sont caractérisées par la présence de **tissus conducteurs spécialisés** (phloème, xylème).

Chez les Trachéophytes (**Fig. 29**), on distingue les **Lycophytes** (sous-groupe basal des ptéridophytes sens large) caractérisés par des **sporophylles petites** avec des sporanges à leur surface supérieure et les **Euphylophytes** à feuilles grandes ou **mégaphylles**. Au sein des Euphylophytes, on trouve deux clades essentiels : les **Moniliformes** et les **Spermatophytes** ou **Plantes à ovules**.

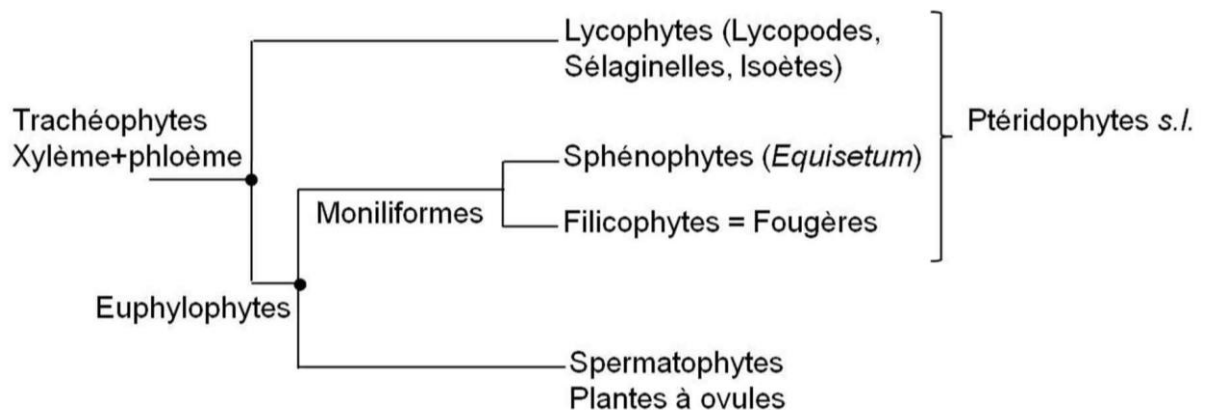


Figure 29 : Arbre phylogénétique simplifié des Trachéophytes.

Les Trachéophytes ont les caractères essentiels suivant :

- ✓ Synthèse de **lignine**, substance imprégnant la paroi cellulosique (le rendant beaucoup plus rigide) qui leur permet un port arborescent ;
- ✓ Présence de **trachéides** ou **vaisseaux imparfaits** qui sont des cellules conductrices allongées à parois imprégnées de **lignine** mais possédant des perforations à différentes dispositions. Les trachéides **annelées** et **spiralées** forment le **protoxylème**, les trachéides **scalariformes** forment le **métaxylème**. Les tissus conducteurs sont organisés en **stèles** ou **pachytes** (du grec, colonne pilier). Dans la stèle le xylème et le phloème sont entourés d'un **endoderme en U** et d'un **péricycle**. Il existe différents types de stèles qui dérivent du type fondamental, la **protostèle** ;
- ✓ Le sporophyte est **ramifié** et **indépendant du gamétophyte** ;
- ✓ La phase correspondant au **sporophyte** devient **dominante** ;
- ✓ Présence d'une **paroi cellulosique** (homologue de celle des végétaux supérieurs) ;
- ✓ Présence de la **cuticule** de nature lipidique limitant l'évapotranspiration.

V.1.- LES PTERIDOPHYTES

IV.1.1.- Généralités

Les Ptéridophytes (*Ptéros* = ailes) sont un groupe de végétaux apparus il y'a moins de 400 millions d'années. Grace à leur port arborescent, elles constituent d'immenses forêts dont la fossilisation est à l'origine des gisements de charbon. Par rapport aux bryophytes, les ptéridophytes montrent un appareil végétatif plus adapté à la vie terrestre. Cependant la fécondation nécessite encore la présence de l'eau puisque les gamètes mâles sont nageurs. Ce sont des **cormophytes** avec de véritables racines, des **Trachéophytes** avec des éléments de vascularisation et des **polysporangiophytes** avec un sporophyte ramifié à plusieurs sporanges.

Le cycle de développement des ptéridophytes est un cycle digénétique diplohaplophasique avec **prédominance du sporophyte**. Le gamétophyte est réduit, il porte le nom de **prothalle**.

Les Ptéridophytes ont une sexualité discrète, comme tous les végétaux inférieurs (ni fleurs, ni graines, ni fruit) les phénomènes de reproduction sont cachés elle appartient à donc au même titre que les algues, champignons et bryophytes au monde des **Cryptogames** (*Kryptos* = caché, *Gamas* = union) ; mais les ptéridophytes forment un embranchement à part puisqu'elles **possèdent un appareil vasculaire**, ce qui est une nouveauté biologique. C'est pourquoi, les Ptéridophytes sont appelées **Cryptogames vasculaires**.

Les sporanges se différencient au niveau des feuilles du sporophyte. Ils sont regroupés en **sores** à la face inférieure des feuilles chez les fougères, ou disposés à l'aisselle des microphylls, elle-même regroupées en épis sporangifères à l'extrémité des tiges chez les prêles et les sélaginelles.

Les sporanges de fougères sont munis d'un anneau mécanique constitué de cellules aux parois plus épaisses et rigides qui permettent la déhiscence de la structure et la libération des spores méiotique haploïdes. Celle-ci sont protégées par une épaisse paroi imprégnée de **sporopollénine** et constituent comme chez les bryophytes l'organe de dissémination des ptéridophytes.

V.1.2.- Morphologie

Ce sont des végétaux possédant des racines, tiges et feuilles, mais, dépourvus de fleurs (**Fig. 30**).

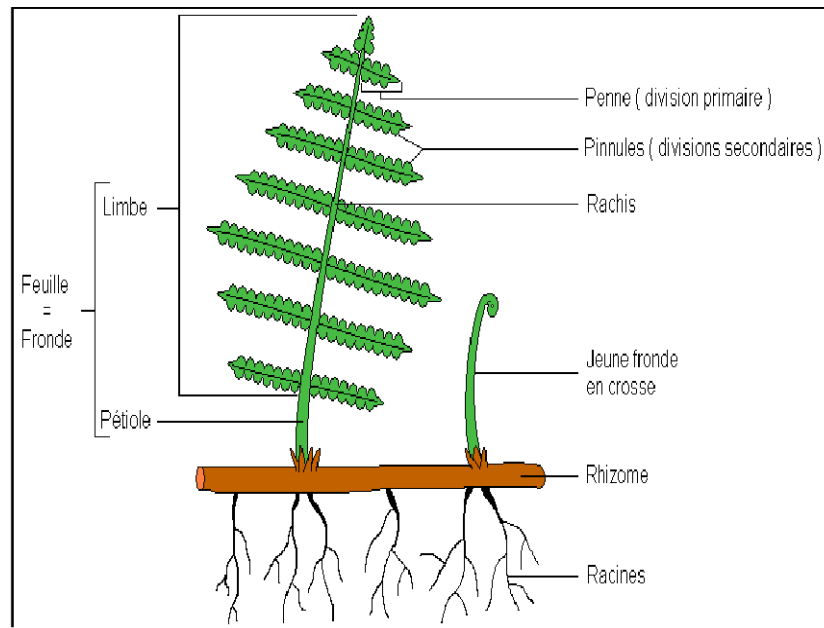


Figure 30 : Aspect général d'une fougère.

V.1.2.1.- SPOROPHYTES

La génération sporophytique diploïde est prédominante chez les ptéridophytes. Ceci se traduit par un appareil végétatif perfectionné, muni d'organes et de tissus Structuellement et fonctionnellement différenciés.

a.- Les racines

L'appareil racinaire apparait avec les ptéridophytes grâce à la présence des tissus conducteurs. Il permet une meilleure tenue de la plante au sol mais surtout de puiser les sels minéraux et l'eau en profondeur. De plus il permet une résistance relative aux températures froides.

b.- Les feuilles ou frondes

C'est avec la ramification des tiges que sont apparues les feuilles proprement dites. Structuellement parlant, une feuille possédera ainsi un pétiole, un rachis et un limbe divisé en pennes et pinnules.

V.1.2.2.- GAMETOPHYTES

Contrairement à ce que l'on connaît des premières plantes terrestres ou les générations sporophytiques et gamétophytiques étaient sensiblement de même morphologie, les ptéridophytes se caractérisent par une génération gamétophytique très réduite. Cette réduction se serait faite par une évolution régressive conduisant à une organisation thallophytique, d'où le nom de prothalle que l'on donne à la génération gamétophytique des ptéridophytes.

Ces prothalles ont en effet l'aspect de lames cordiformes de quelques millimètres de long chez les fougères, ou de minuscules tubercules chez les lycopodiales. Ils sont munis de rhizoïdes, mais dépourvus d'organes (feuilles, tiges, racines) et de tissus conducteurs. Les prothalles portent les organes de reproduction sexuée (gamétanges) (**Fig. 31**).

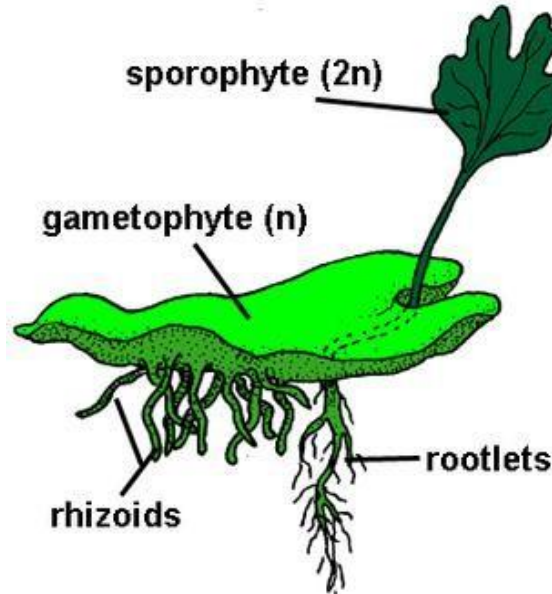


Figure 31 : Gamétophyte et du sporophyte d'une ptéridophyte.

V.1.3.- Physiologie

Ce sont des végétaux chlorophylliens, autotrophes qui puisent l'eau et les sels minéraux du sol et fabriquent la matière organique par la photosynthèse.

V.1.4.- Reproduction

V.1.4.1.- LES ORGANES REPRODUCTEURS

La génération sporophytique diploïde est prédominante chez les ptéridophytes. Ceci se traduit par un appareil végétatif perfectionné, muni d'organes et de tissus structurellement et fonctionnellement différenciés.

a.- Les sporanges

Les sporanges se différencient au niveau des feuilles du sporophyte. Ils sont regroupés en sores à la face inférieure des feuilles chez les fougères, ou disposés à l'aisselle des microphylls, elle-même regroupées en épis à l'extrémité des tiges chez les prêles et les sélaginelles. Les sores sont protégés par une lame très mince, l'indusie (certaines espèces en sont dépourvues) (**Fig. 32**).

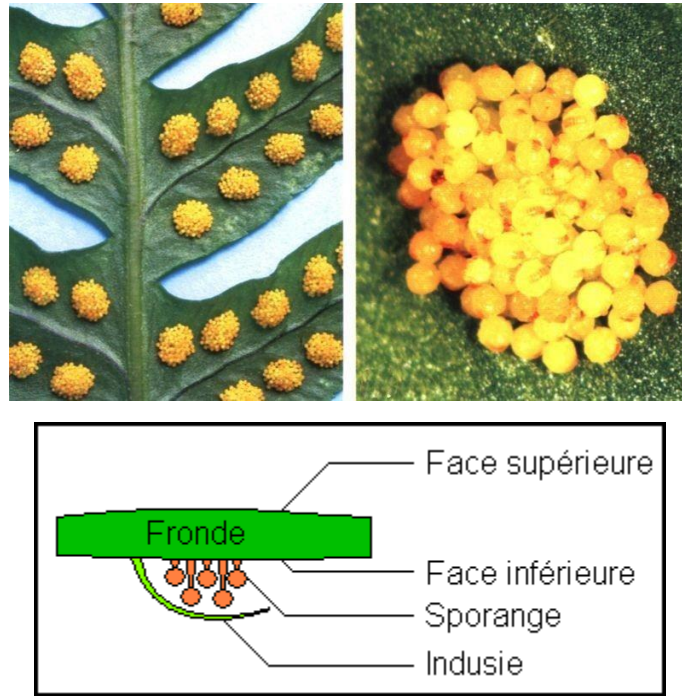


Figure 32 : Les sporanges d'une fougère.

b.- Les gamétanges

Ils se différencient sur la face inférieure du prothalle chez les fougères et sur la partie saillante des prothalles chez les sélaginelles. Les anthéridies au sein desquelles se différencient des anthérozoïdes multi flagellés sont très réduites et ressemblent à de petites sphères avec une paroi d'une seule couche de cellules.

Les archégonies dont la structure générale rappelle en plus petit celles des bryophytes sont formés d'un col réduit et d'un ventre, inclus dans les tissus du prothalle, au sein duquel se différencie l'oosphère (**Fig. 33**).

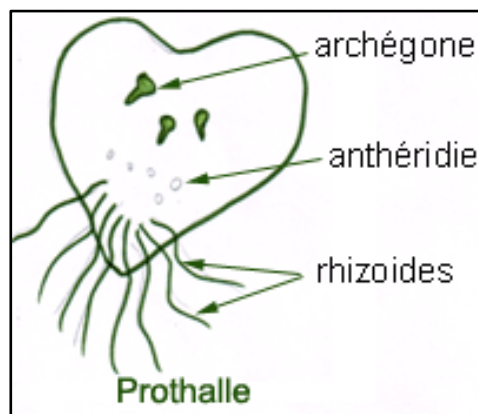


Figure 33 : Les gamétanges d'une fougère.

V.1.4.2.- REPRODUCTION ASEXUEE

Elle se fait essentiellement par fragmentation du rhizome à croissance indéfinie. Certaines espèces ne se reproduisent que par cette méthode (exemple : *Pteridium aquilinum* ou Fougère aigle).

V.1.4.3.- REPRODUCTION SEXUEE

La fécondation est une oogamie, et les plantes peuvent être monoïques ou dioïques selon l'espèce.

Les anthéridies et les archégonies arrivent à maturité à des moments différents pour assurer une fécondation croisée. Les gamètes mâles, les anthérozoïdes, nagent dans l'eau du milieu extérieur et sont attirés par chimiotactisme vers les archégonies, pour aller féconder l'oosphère.

L'œuf se développe au sein de l'archégonie pour former le jeune sporophyte qui vivra dans les premiers temps en parasite du gamétophyte qui finira ensuite par dégénérer et disparaître.

On a deux cas, Généralement l'**isosporie** est associé à l'**isoprothallie** (thalles identiques et monoïques). En cas d'**hétérosporie**, on a des plantes dioïques, avec généralement des petites spores donnant des petits thalles mâles, et des gros spores donnant des gros thalles femelle (**hétérothallie**). Le cycle biologique des ptéridophytes est typiquement digénétique, diplohaplophasique avec une forte prédominance de la génération sporophytique sur la génération gamétophytique (**Fig. 34**).

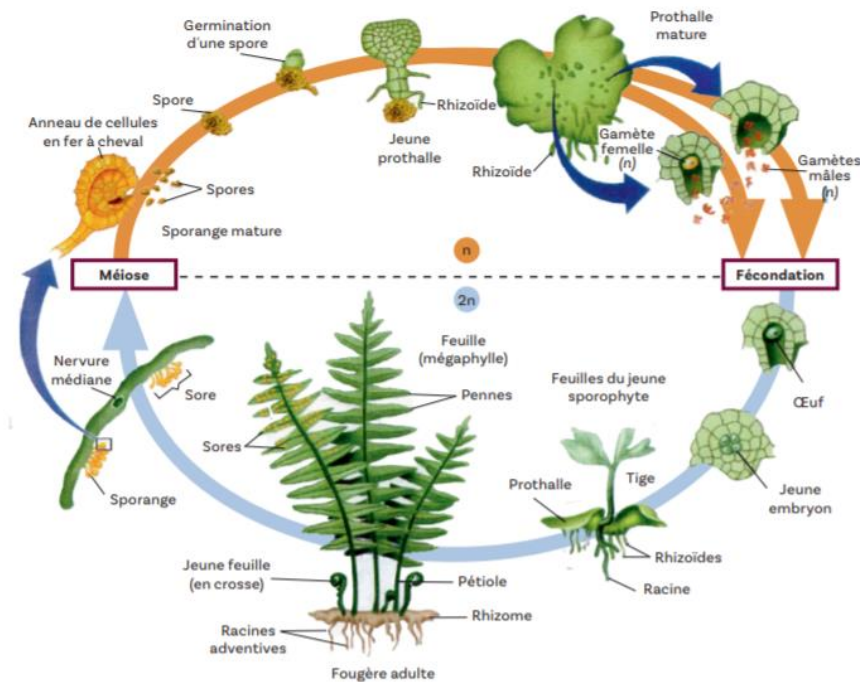


Figure 34 : Cycle de vie d'une fougère.

V.1.5.- Classification

L'embranchement des ptéridophytes comprend trois classes :

V.1.5.1.- LES LYCOPIDINEES : ont des petites feuilles en forme d'écailles ;

V.1.5.2.- LES EQUISETINEES : sont les prêles ;

V.1.5.3.- LES FILICINEES : sont les fougères bien connues par leurs frondes.

V.1.5.1.- LES LYCOPIDINEES

Les Lycophytes (sous-groupe des ptéridophytes *sensu large*) forment une branche basale dans l'arbre des **Trachéophytes**. Elles se distinguent des autres trachéophytes par le type de feuilles (**microphylls**) qui sont pourvues d'une seule nervure médiane. Ce sont des plantes **vasculaires** avec un gamétophyte généralement en forme de carotte et blanc survivant sur ou dans le sol grâce aux mycorhizes endossymbiotiques.

Les sporanges sont portés par les sporophylles disposées en **strobiles** ou **épi sporifères**. Les archégones et les anthéridies sont sur les faces supérieures de gamétophytes souvent sur le même pied (**monoïcie**).

Les Lycophytes se divisent en deux clades : les **Lycopodiaceae** qui présentent des spores identiques (**Isoporie**) et les **Sellaginellaceae** qui présentent des spores différentes (**Hétérosporie**).

a.- Les Lycopodiaceae

Présentent une tige rampante, pourvue de racines et porte des axes dressés (**Fig. 35**) sur lesquels se forment les sporanges dispersés le long de la tige ou groupés en **strobile**, sorte d'épi. Les sporanges sont généralement situés sur la face supérieure des feuilles. Les méiospores sont toutes de même taille (**Isoporie**).

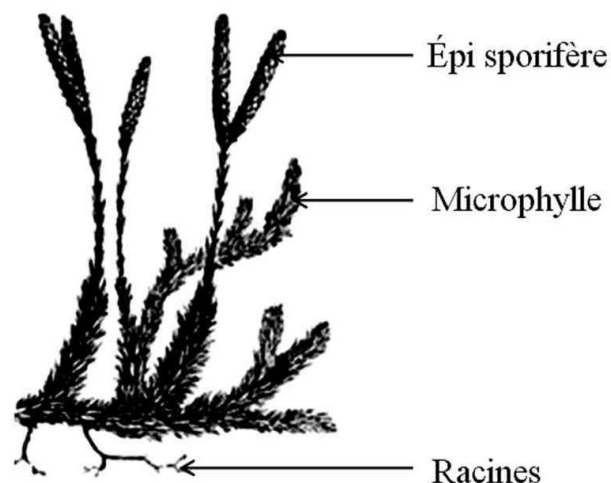


Figure 35 : Schéma d'une Lycopode avec 5 épis sporifères terminaux.

b.- Les Sellaginellaceae

Elles sont très importantes sur le plan évolution car c'est au sein de ce groupe qu'apparaît l'**hétérosporie**, associée à une **hétérosporangie** marquée.

Les plante feuillée (**Fig. 36**) présente des **microphylls** portées par des tiges dressées dichotomiques avec deux rangées de feuilles portant à leurs bases un appendice court ou **ligule**. Les racines ne sont pas directement portées par les tiges rampantes mais par des portes racines ou **rhizophores**.

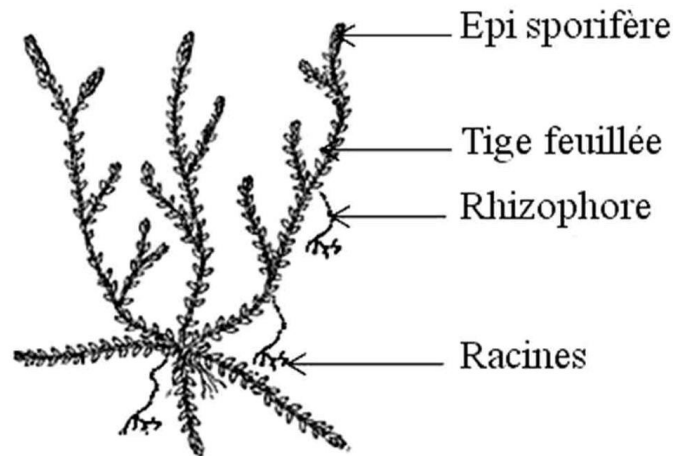


Figure 36 : Appareil végétatif de *Selaginella denticulata*.

Les sporanges se forment aux extrémités des rameaux végétatifs transformés en épis sporifères ou **strobiles**. Chaque sporophylle ne porte qu'un sporange. Il existe deux types de sporanges les **macrospores** ou **mégasporanges** portés par les mégasporophylles à la base de l'épi et les **microspores** portés par les microsporophylles au sommet de l'épi.

Les mégasporanges produisent 4 macrospores et les microspores une multitude de microspores. Chez *Selaginella* il y a **hétérosporie** et **hétéroprothallie** (Fig. 37).

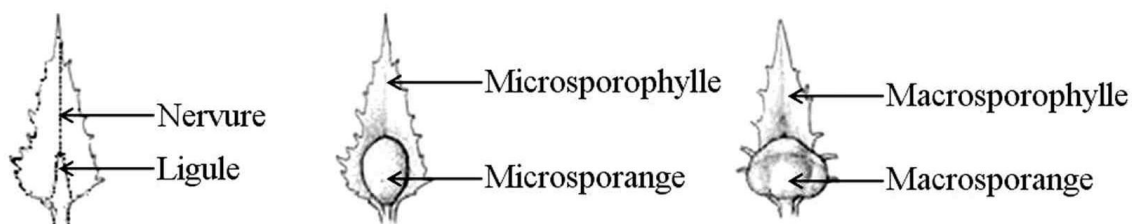


Figure 37 : Schéma de sporophylles montrant les sporanges mâles et femelles chez la sélaginelle.

- Les microspores commencent leur développement à l'intérieur de microsporangies, puis il se produit après leur libération. La microspore subit des divisions répétées aboutissant à la formation d'un prothalle inclus dans l'enveloppe sporale : c'est l'**endoprothallie**. Le prothalle est formé d'une seule cellule prothallienne supportant une anthéridie formée de 8 cellules de la paroi et de 4 cellules spermatogènes qui donneront des spermatozoïdes biciliés.

- Les macrospores débutent également leur développement à l'intérieur des macrosporangies puis poursuivent lorsqu'elles sont disséminées. Un prothalle se forme à l'intérieur de l'enveloppe sporale. Il y a **endoprothallie**. Les macrospores produisent des prothalles femelles plus volumineux que les prothalles mâles. Il y a **hétéroprothallie**. La fécondation est une **oogamie** nécessitant de l'eau.

V.1.5.2.- LES EQUISETINEES

Les **Equisétophytes** (Sphénophytes) sont des euphyllophytes représentés actuellement par le seul genre *Equisetum*, les **prêles**. La tige souterraine (rhizome) porte des ramifications aériennes annuelles divisées en **articles successifs** cannelés. Au niveau de chaque nœud s'insèrent de verticilles de feuilles réduites en gaine (**Fig. 38**).

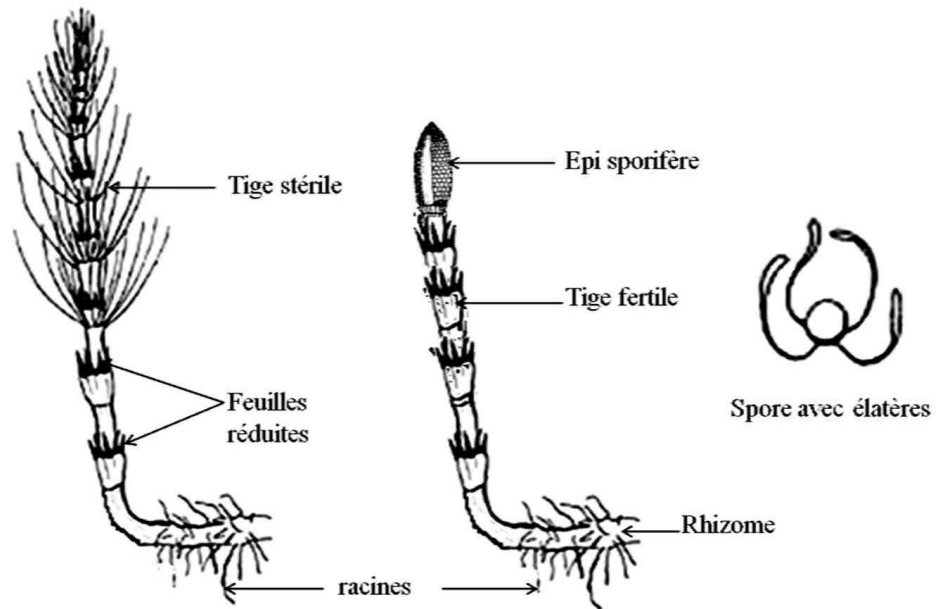


Figure 38 : Aspect morphologique d'*Equisetum arvensis*.

Les sporanges sont groupés en épis à l'extrémité des axes végétatifs ou d'axes spécialisés, les **sporangiophores**. Les spores sont identiques morphologiquement (**isoporie morphologique**) mais elles produisent des prthalles mâles ou femelles (**hétérosporie génétique**) origine d'une hétéroprothallie. Les spores des prêles possèdent des expansions de leurs parois appelées élatères très sensibles aux variations d'hybridation. Ils contribuent à la dissémination en se déployant brutalement lorsque le taux d'hygrométrie diminue.

V.1.5.3.- LES FILICINEES

Les **Filicophytes** constituent un groupe **monophylétique ?** des **leptosporangiés**. Leurs synapomorphies sont liées aux sporanges : ils sont munis d'un anneau mécanique (cellules lignifiées en U) et issus chacun des divisions d'une seule cellule. Une autre synapomorphie est l'organisation de leur système conducteur en **dictyostèle**.

La hauteur des filicophytes varie entre quelques centimètres dans les régions tempérées à 20m dans les climats tropicaux et équatoriaux où elles sont majoritairement arborescentes. L'appareil végétatif est constitué d'un rhizome riche en réserve et ramifié portant des racines adventives et de grandes feuilles appelées **mégaphylles** ou **froudes**.

Les sporanges contenant les spores sont regroupés en **sores** protégées ou non par une **indusie** qui sont localisées sur la face inférieure des folioles ou **pinnules**. La tige feuillée représente donc le sporophyte diploïde. Les spores haploïdes (méiospores) sont morphologiquement identiques : il y a **isoporie**.

La spore une fois libérée peut germer sur le sol et former une lame aplatie chlorophyllienne en forme de cœur d'environ une centimètre appelé **prothalle** (Fig. 39). Celui-ci porte à la fois anthéridies (gamétanges contenant les gamètes mâles) et les archégonies (gamétanges contenant les gamètes femelles). Le prothalle est donc le gamétophyte. Il est haploïde. La fécondation est une zoïdogamie (spermatozoïdes x oosphère) nécessitant la présence d'eau dans le milieu extérieur (rosée ou pluie). Le zygote situé dans le ventre de l'archégonie subit un ensemble de mitoses et forme l'embryon l'embryon qui vit aux dépens de prothalle chlorophyllien. L'embryon donne une nouvelle tige feuillée devenant rapidement autonome.

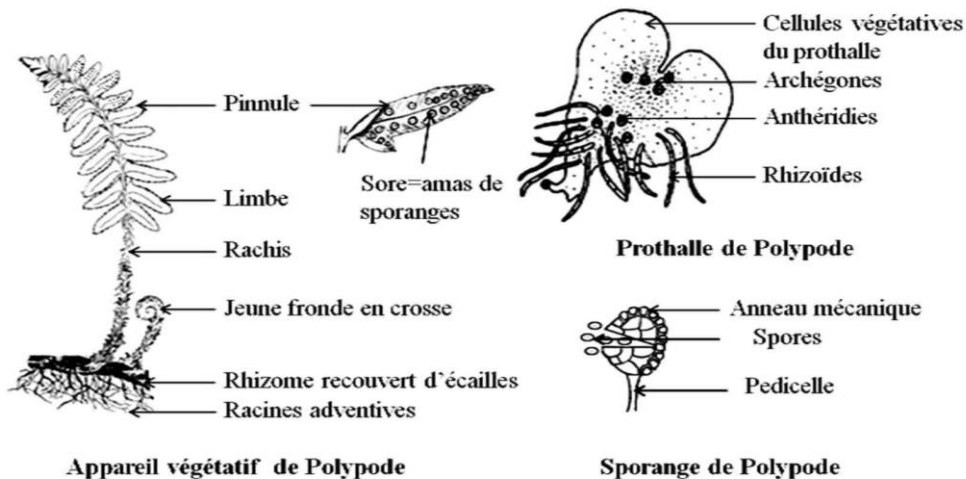


Figure 39 : Aspect général d'un exemple de Filicophytes (*Polypodium vulgare*), prothalle et sporange.

Le cycle de développement est donc **digénétique haplodiplophasique hétéromorphe à diplophase dominante** (Fig. 40).

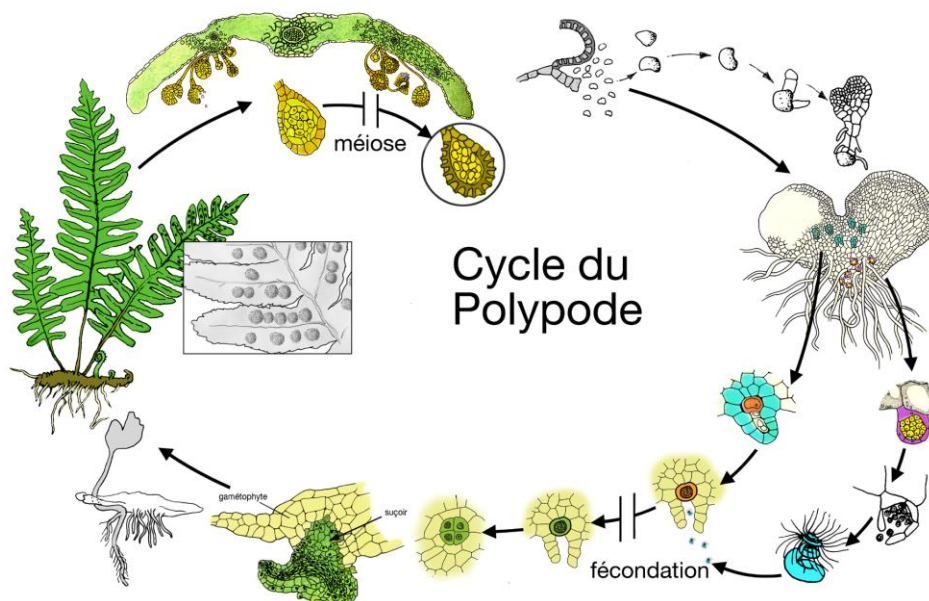


Figure 40 : Cycle de vie d'un polypode.

DEUXIEME PARTIE :

Les Embryophytes

LES GYMNOSPERMES



Sommaire

VI.1.- LES GYMNOSPERMES.....	76
VI.1.1.- Généralités	76
VI.1.1.1.- LES CYCADOPHYTES	76
a.- Appareil végétatif	76
b.- Appareils reproducteurs	76
c.- Cycle de reproduction des Cycadophytes	78
VI.1.1.2.- LES GINGKOPHYTES	79
a.- Appareil végétatif	79
b.- Appareils reproducteurs	79
VI.1.1.3.- LES PINOPHYTES	80
a.- Anatomie	80
b.- Appareils reproducteurs	80
c.- Classification	80
VI.1.1.4.- LES GNETOPHYTES	82
a.- Généralités	82
b.- Appareil végétatif	82
c.- Appareils reproducteurs	83
d.- Reproduction	84
e.- Classification	84

LES SPERMAPHYTES

INTRODUCTION

Les **Spermaphytes** sont des **plantes à ovules**. L'ovule est une structure sexuée femelle à la fois diploïde et haploïde. Il est constitué de macrosporophylles (téguments de l'ovule) adhérentes aux macrosporangies (appelé **nucelle**, à $2n$) qui contient les macrospores prothallisées (gamétophyte femelle réduit). Ce gamétophyte correspond à l'**endosperme** chez les Gymnospermes, et au **sac embryonnaire** chez les Angiospermes. Il forme les gamètes femelles ou oosphères. L'ensemble reste fixé sur le sporophyte (**endoprothallie** complète). La reproduction des spermaphytes s'affranchit du milieu aquatique. Le transfert du gamète mâle s'effectue par transport du gamétophyte (**grain de pollen**).

Les Spermatophytes comprennent les **Gymnospermes** (Cycadophytes, Ginkgophytes, Pinophytes, Gnétophytes) et les **Angiospermes** (Fig. 41).

Les relations phylogénétiques entre ces taxons restent très incertaines.

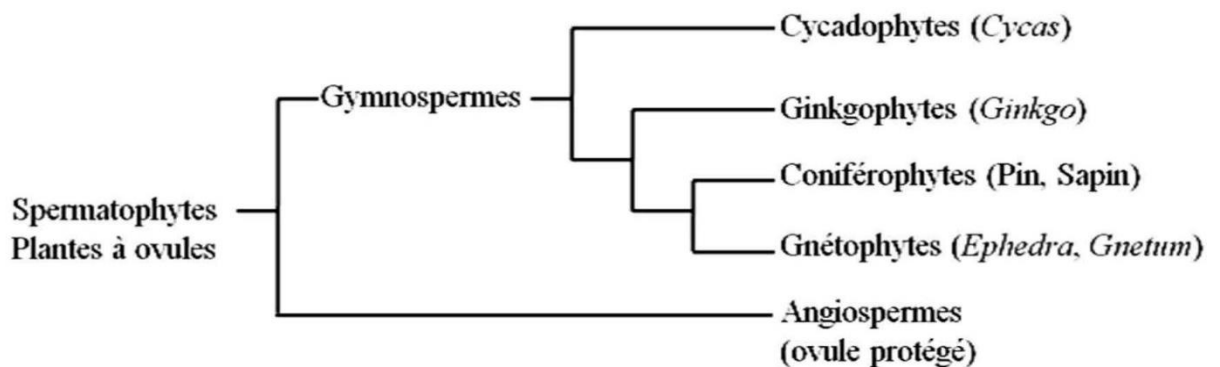


Figure 41 : Arbre phylogénétique simplifié des Spermaphytes.

Les Spermaphytes ont les caractères essentiels suivant :

- ✓ Gamétophyte femelle protégé par tégument : ovule ;
- ✓ Gamétophyte mâle réduit au grain de pollen ;
- ✓ Bourgeons donnant des ramifications situées à l'aisselle des feuilles ;
- ✓ Croissance secondaire des tiges et racines grâce à un méristème IIaire (cambium bifacial Bois IIaire vers l'intérieur, Liber IIaire vers l'extérieur), sauf chez Angiospermes Monocotylédones.

VI.1.- LES GYMNOSPERMES**VI.1.1.- Classification**

L'embranchement des gymnospermes comprend quatre classes :

VI.1.1.1.- LES CYCADOPHYTES**VI.1.1.2.- LES GINKGOPHYTES****VI.1.1.3.- LES PINOPHYTES****VI.1.1.4.- LES GNETOPHYTES****VI.1.1.1.- LES CYCADOPHYTES**

Les **cycadophytes** sont des gymnospermes dioïques c'est-à-dire les pieds mâles et femelles sont distincts. Ils sont originaires des régions tropicales et subtropicales. Les cycadophytes sont représentés actuellement par trois familles (*Zamiaceae*, *Cycadaceae*, *Strangeriaceae*) et 11 genres.

Etude d'un exemple : *Cycas revoluta*.

a.- Appareil végétatif

Cycas revoluta présente un tronc épais comportant une tige type non ramifiée (stipe) qui s'accroît en épaisseur grâce au fonctionnement d'un **cambium bifacial** donnant de part et d'autre du bois et du liber. Le tronc est recouvert par la base de pétiole des feuilles tombées. Les feuilles (mégaphylles) sont composées pennées disposées en couronne au sommet du tronc. Les racines pivotantes et réalisent une symbiose avec des cyanobactéries fixatrices d'azote. Certaines racines prennent un aspect contourné et épaissi typique : elles sont dites **coralloïdes**.

Une coupe transversale au niveau du rachis des feuilles montre une disposition particulière des faisceaux libéroligneux en forme d'**Omega inversé**. Chaque faisceau est constitué d'une zone cambiale (cambium libéroligneux) qui sépare le liber des éléments de bois **homoxylé**. La moelle, très importante contient de nombreux canaux sécréteurs de gommes toxiques ; les **cycasines**.

b.- Appareils reproducteurs

Les cycadophytes sont dioïque : les appareils reproducteurs mâle et femelle sont portés par des pieds différents.

- Appareil reproducteur mâle

L'appareil reproducteur mâle (**Fig. 42**) est constitué par un cône de 2cm à 50cm de long. Chaque cône est formé d'écailles ou **microsporophylles** portant, sur la face inférieure, de nombreux microspores appelés **sacs polliniques**.

Chaque écaille ou microsporophylle est l'homologue d'une étamine des angiospermes et donc le cône mâle est l'homologue d'une fleur mâle. Le grain de pollen est constitué des trois cellules (cellule végétative, cellule basale). Chaque grain de pollen produit deux spermatozoïdes ciliés.

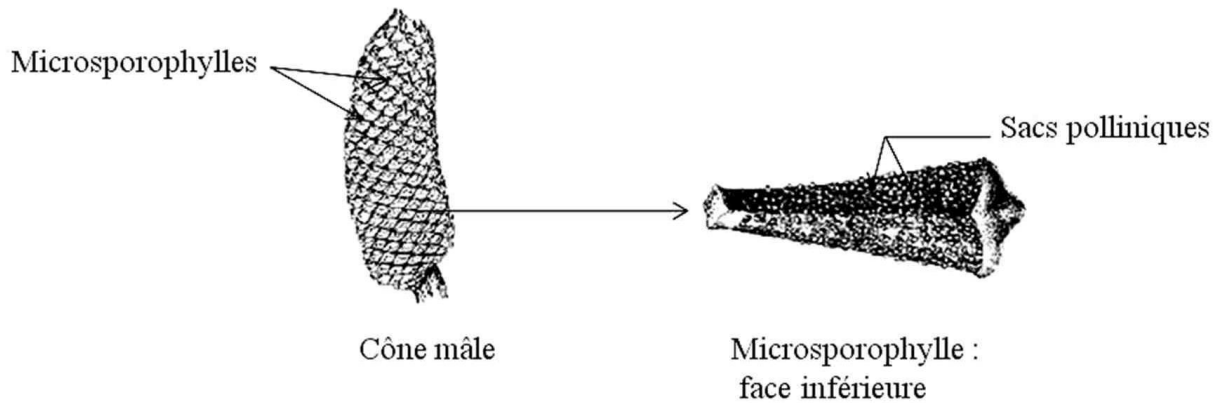


Figure 42 : Appareil reproducteur mâle de *Cycas*.

- Appareil reproducteur femelle

L'appareil reproducteur femelle (**Fig. 43**) est constitué par un cône de 40cm de diamètre. Chaque cône est formé **feuilles fertiles ovulifères** ou **macrosporophylles**. Les **macrosporophylles** sont de petite taille (10 à 15cm) et dépourvues de chlorophylle. Elles présentent dans la partie inférieure du rachis deux rangées d'ovules orangés.

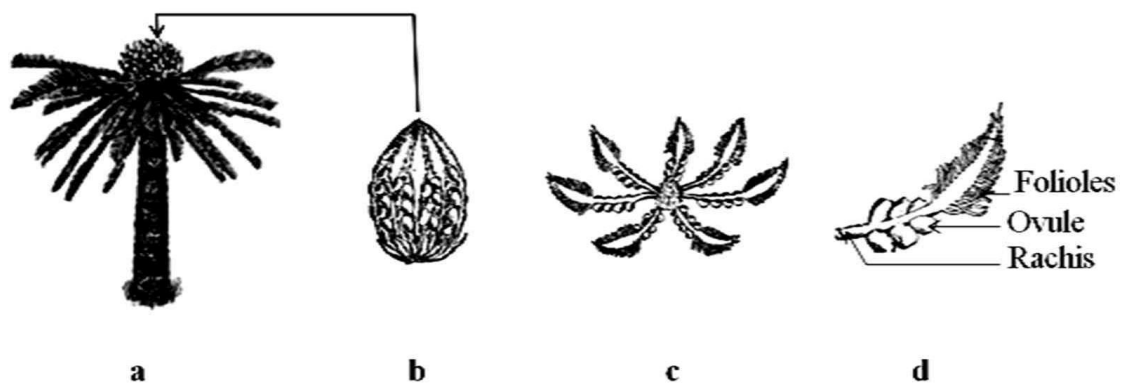


Figure 43 : Morphologie d'un pied femelle et appareil reproducteur femelle de *Cycas*.

a : appareil végétatif femelle, **b :** cône femelle fermé (fleur femelle),

c : cône femelle ouvert, **d :** feuille ovulifère (mégasporophylle) de *Cycas*.

Les ovules sont volumineux (6 à 7cm de long) car ils accumulent des réserves avant la fécondation. Chaque ovule est constitué de (**Fig. 44**) :

- Un seul tégument tripartite vascularisé formé de 3 couches : **sarcotesta**, charnue ; **sclérotesta**, dure et sclérifiée et l'**endotesta**, mince.

- Une ouverture dans le tégument ou **micropyle** qui se ferme lorsque la pollinisation est effectuée.

- Un **nucelle** (ou macrosporange) creusé d'une **chambre pollinique** (ou chambre micropylaire) dans sa partie apicale.
- Un **endosperme** ou gamétophyte femelle portant des archégones dans sa partie supérieure.

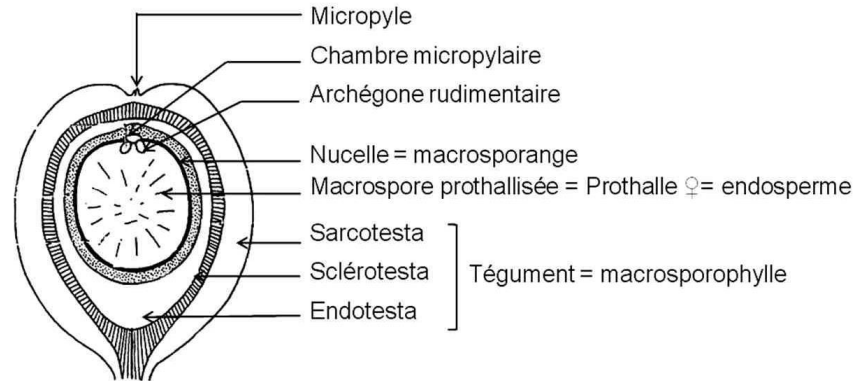


Figure 44 : Coupe longitudinale d'un ovule de *Cycas*.

c.- Cycle de reproduction des Cycadophytes (Fig. 45)

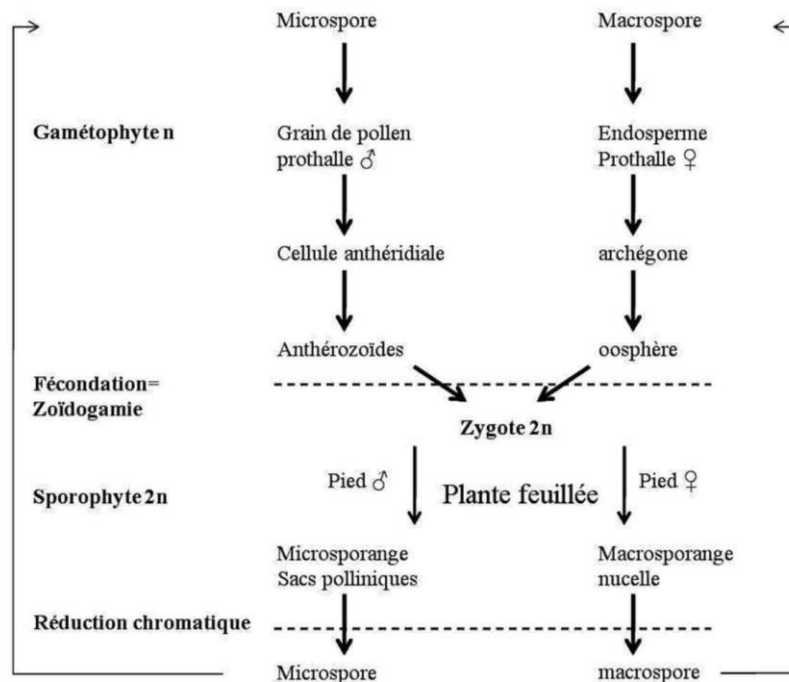


Figure 45 : Cycle de reproduction des Cycadophytes.

Les spermatozoïdes nagent dans la gouttelette de liquide provenant du tube pollinique et pénètrent dans l'oosphère qu'ils fécondent. La fécondation est de type **zoïdogamie**. Plusieurs oosphères peuvent être fécondées mais un seul embryon se développe en une plantule à deux cotylédons. Le développement de l'embryon s'effectue alors que l'ovule fécondé est en cours de maturation.

VI.1.1.2.- LES GINGKOPHYTES

Etude d'un exemple : *Ginkgo biloba*.

a.- Appareil végétatif

- La plante a croissance lente, Peut atteindre 40m de haut, Dioïque
- Tige ramifiée qui porte des feuilles caduques avec un limbe éventail
- Fleur (fausse fleur) male est en chaton pendants, chaque fleur est réduite à une étamine à 2 sacs polliniques
- Fleur (fausse fleur) femelle est portée d'un long pédoncule
- L'amande est ovoïde, charnue à l'extérieur, jaunâtre, l'endosperme riche en amidon
- Le bois est dit homoxylé car formé d'un seul type d'élément (trachéides)

b.- Appareils reproducteurs (Fig. 46 et Fig. 47)

- Même cycle de reproduction chez les cycadophytes
- Ovules par paire de 3cm, mais un ovule est avorté
- La formation des microspores comme les cycadophytes sauf qu'ils contiennent 4 cellules
- Pollinisation est anémophile en mai
- L'ovule pourrit sur le sol et dégage une odeur fétide (acide butanoïque et hexanoïque).



Figure 46: *Ginkgo biloba* Pied mâle.



Figure 47 : *Ginkgo biloba* Pied femelle.

VI.1.1.3.- LES PINOPHYTES

La division ou l'embranchement des Pinophytes (ou **Conifères**), anciennement connue sous le nom de **coniférophytes** (ou **Coniferophyta**), (150 millions d'années) ne comprend qu'une classe : celle des **Pinopsida**. Ce sont des plantes vasculaires à ovules nus portés par une écaille dite ovulifère ou séminale. Ce sont des plantes ligneuses soit des arbres (cèdres, cyprès, sapin, pin, séquoia) soit des arbustes (genévrier). Ce sont des arbres toujours sempervirents sauf quelques exceptions (mélèze, cyprès chauve).

Le port des Pinophytes est caractéristique en cône ou en pyramide car la croissance apicale est très marquée. En général, les rameaux portent des vraies feuilles : les **euphylls** à limbe simple et large chez *Podocarpusi* et *Agathis*, en aiguilles chez le cèdre et le sapin ou en écailles chez les pins. Certaines *Pinaceae* (*Pinus*) possèdent en plus des **pseudophylles** en longues aiguilles.

a.- Anatomie

Les pinophytes sont caractérisés par la présence des formations secondaires grâce à la présence d'un **cambium bifacial**. Le bois est homoxylé constitué de trachéides à **ponctuations aréolées**. La structure anatomique est de type **eustélisque** (polystèles interconnectées transversalement). Le phloème est **dépourvu de cellules compagnes**. Il y a présence de **canaux résinifères**.

b.- Appareils reproducteurs

Les organes reproducteurs des cônes mâles et des cônes femelles d'où le nom conifères (du latin *conus*=cône et *fero*=porter). Les cônes (ou strobiles) sont dits aussi 'pommes de pin'. Les cônes femelles sont formés d'écailles portant deux sacs polliniques sur la face inférieure. Les cônes sont parfois groupés en chatons. La pollinisation est **anémophile**. Certains conifères (if, genévrier) ne possèdent pas de cônes typiques mais ont parfois les graines entourées d'**arilles** (enveloppe charnue plus ou moins développée autour d'une graine).

c.- Classification

Les pinophytes sont divisés en 07 familles, 50 genres et 550 espèces environ. La famille des *Pinaceae* représente le groupe frère de toutes les autres familles (**Fig. 48**).

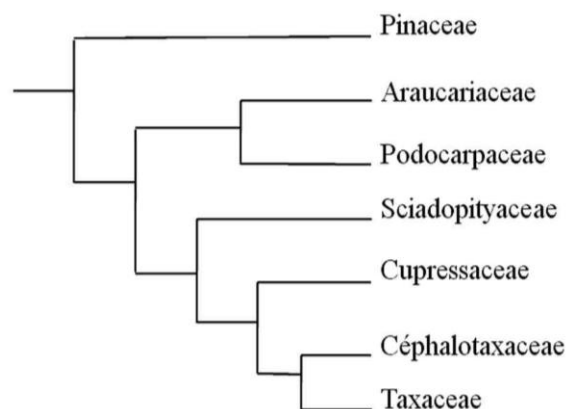


Figure 48 : Arbre phylogénétique des Pinophytes.

C.1.- Les *Pinaceae*

Cette famille comporte 9 genres et de 220 à 230 espèces. Les différents genres sont : *Pinus* (Pins), *Cedrus* (Cèdre), *Larix* (Mélèze), *Abies* (Sapin), *Picea* (Epicéa), *Pseudotsuga* (Pin d'Oregon), *Tsuga* (Pruche, au Canada), *Keteleeria* (Chine) et *Pseudolarix* (Amérique du Nord, Eurasie).

Etude d'un exemple : *Pinus halepensis*.

- Appareil végétatif

Ce sont des arbres de grandes taille, arbustes ou buissons. Les rameaux sont de différents types : rameaux longs = auxiblastes, rameaux courts = mésoblastes, rameaux nains= brachyblastes. Les différents genres sont caractérisés par l'un, les deux ou les trois types de rameaux.

- Appareil reproducteur

Les plantes sont monoïques à fleurs unisexuées (**Fig. 49**).

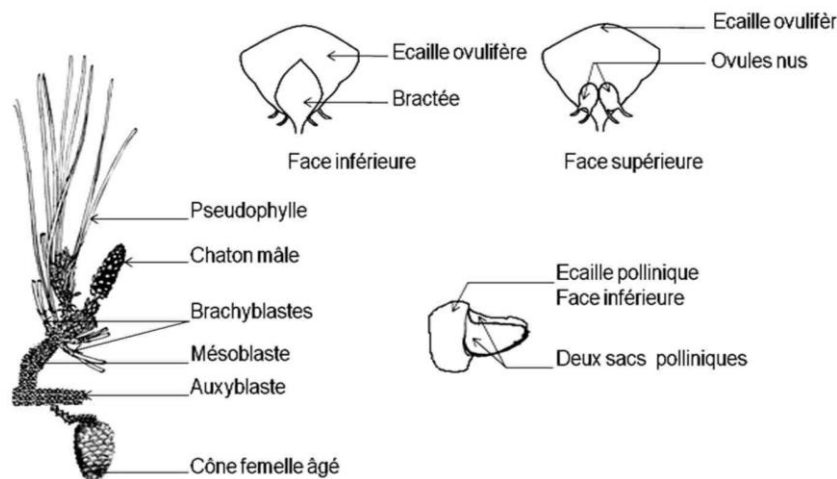


Figure 49 : Ramification portant l'appareil reproducteur de *Pinus halepensis*.

Les cônes mâles sont groupés en épis (chatons) sur la plante (sporophyte). Chaque cône comporte un axe autour duquel sont disposées suivant une spirale très serrée de nombreuses feuilles sporangifères (écailles staminales, écaille pollinique) ou étamines. Chaque écaille porte sur sa face inférieure deux sacs polliniques. **Le cône mâle est donc l'homologue d'une fleur d'angiospermes.** Dans les sacs polliniques des jeunes étamines, des cellules mères subissent la méiose pour produire chacune quatre microspores qui donnent chacune un grain de pollen. L'enveloppe du grain de pollen comprend deux couches superposées ; l'**intine** de nature pectocellulosique et l'**exine** imprégnée de **sporopollénine**. Le décollement latéral de l'exine donne deux ballonnets aérifères qui facilitent la dissémination par le vent. La pollinisation est dite **anémophile**. Le grain de pollen est le **gamétophyte mâle** et la cellule reproductrice du grain de pollen est à l'origine des gamètes mâles.

- Cycle de reproduction des pinophytes (Fig. 50)

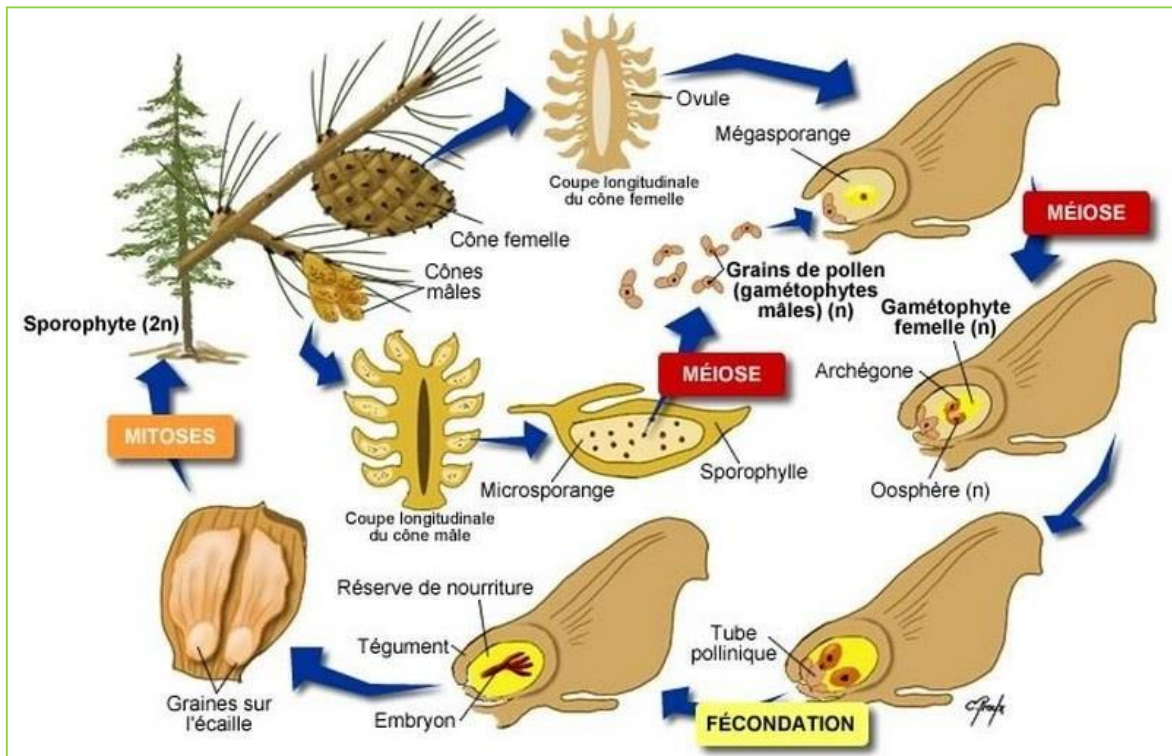


Figure 50 : Cycle de Reproduction de *Pinophyta*.

VI.1.1.4.- LES GNÉTOPHYTES

a.- Généralités

Les Gnétophytes comptent seulement quelques dizaines d'espèces. Ce sont des plantes ligneuses, dioïques (rarement monoïques).

Les Gnétales sont un ordre de plantes-phanérogames-gymnospermes qui tire son nom du genre *Gnetum* qui comprend une quinzaine d'espèces de lianes habitant dans les régions tropicales de l'Amérique et qui fournissent des fibres textiles. Dans les régions tempérées vit le genre *Ephedra*, dont l'aspect rappelle assez celui des Prêles. L'*Ephedra vulgaris* vit dans la région méditerranéenne et sur les bords de l'Océan Atlantique, où elle contribue à consolider les dunes.

b.- Appareil végétatif

- Caractérisé par un port arbustif, liane sauf pour l'espèce *Welwitschia mirabilis* qui a un port très particulier.
- Les feuilles sont simples parfois très réduites, opposées ou verticillées
- Le bois se structure de trachéides, des vaisseaux (cellules très adaptées au transport de la sève brute) et du parenchyme ligneux (tissu de soutien et ou de réserve) dans ce cas on parle de bois hétéroxylé.

c.- Appareils reproducteurs

- La pollinisation est soit anémophile soit entomophile grâce à la production de nectar.
- Ressemble à des fleurs réduites (pseudo-fleurs) regroupées en épis ou en chatons ou parfois en cônes.
- Les pseudo-fleurs femelles possèdent un seul ovule droit (**Fig. 51**)



Figure 51 : Les pseudo-fleurs femelles.

- Chez les Gymnospermes, l'ovule est nu. Il est situé sur une écaille, excepté chez les Gnétophytes ; une enveloppe ouverte à son extrémité protège les ovules d'où le nom de chlamydospermes (*klamys* : manteau et *sperma* : graine) (**Fig. 52**)

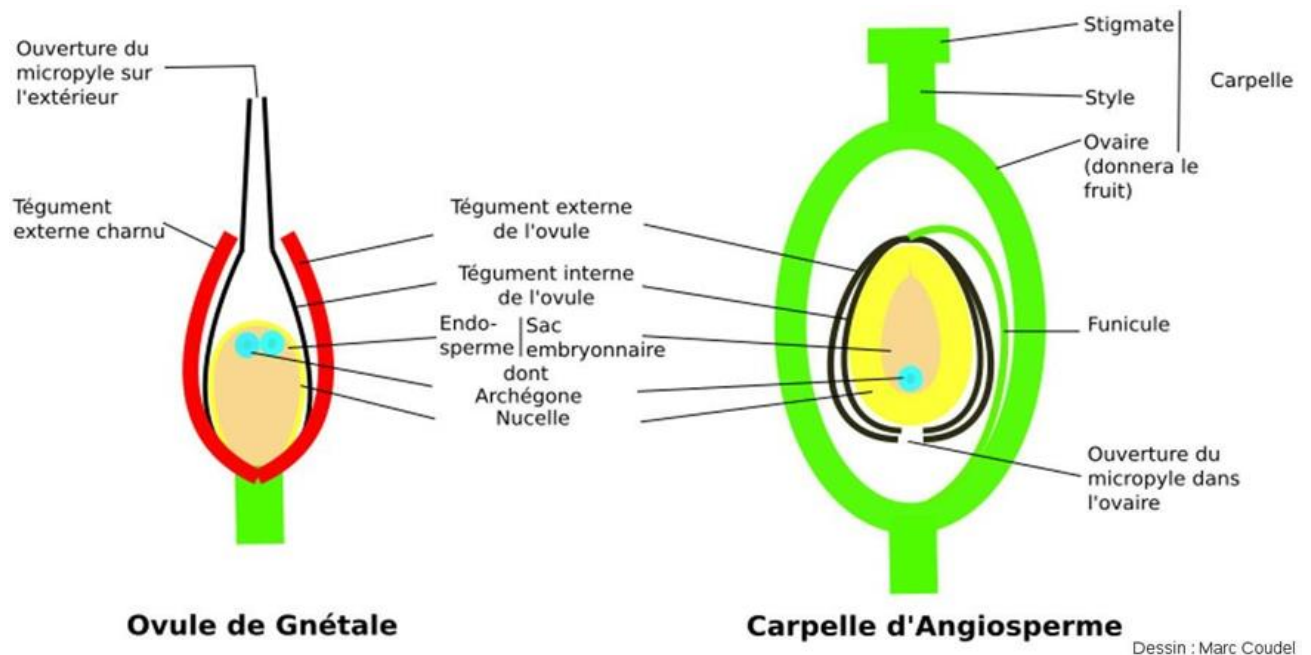


Figure 52 : Ovule Gnétophyte et Angiosperme.

- Les pseudo-fleurs mâles sont réduites à des étamines pourvues d'un filet (**Fig. 53**)

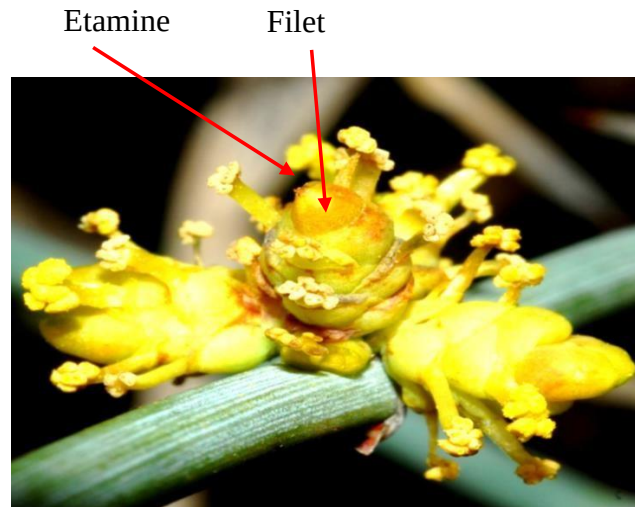


Figure 53 : Les pseudo-fleurs mâles.

- Les graines sont entourées par des enveloppes charnues. Ces dernières ne sont pas complètement fermées donc on ne parle pas de fruits.

d.- Reproduction

- Le cycle de reproduction est le même que chez les conifères.
- Le transport des gamètes males par le tube pollinique (siphonogamie).
- La différence entre les Coniférophytes et les Gnétophytes est :

📖 Chez les Coniférophytes, deux gamètes males sont libérés mais un seul réalise la fécondation et l'autre dégénère

📖 Chez les Gnétophytes, les deux gamètes males réalisent la fécondation (double fécondation), l'un fusionnant avec l'oosphère, et l'autre avec une cellule de l'endosperme, aboutissant à la formation de deux embryons dont un seul se développe.

e.- Classification

Les Gnétophytes comptent 3 ordres :

➤ **Ordre Gnétale**, Famille *Gnétaceae*, Genre *Gnetum* (30 espèces) :

Ce sont des lianes. Les feuilles sont larges, pétiolées, à nervure pennée. Les graines sont entourées par une enveloppe externe charnue (jaune, rose ou rouge). Ces plantes sont principalement rencontrées dans les régions tropicales humides de l'Asie du Sud Est.

Etude d'un exemple : *Gnetum africanum* (**Fig. 54**)



Figure 54 : *Gnetum africanum*.

a- Inflorescence femelle ; **b-** Inflorescence mâle ; **c-** Graines.

➤ **Ordre Welwitschiales**, Famille *Welwitschiaceae* : Une seule espèce *Welwitschia mirabilis*

Etude d'un exemple : *Welwitschia mirabilis* (**Fig. 55**)

- C'est une plante dioïque se rencontre uniquement dans les déserts de Namibie
- Une tige réduite avec un disque ligneux massif. Sur ce dernier prennent naissance deux feuilles opposées, à nervation parallèle et à croissance basale continue qui s'enroulent sur leur partie terminale ensuite se dessèchent et se déchirent.
- Racine profondément enfouie dans le sol avec à la surface du sol.
- Les inflorescences mâles sont en épis et portent "fleurs" à six étamines possédantes chacune trois loges.
- Les fleurs femelles, disposées en cône, possèdent une aile et un ovule à micropyle tubulaire.
- Les graines sont entourées par une enveloppe membraneuse et ailée.



Figure 55 : *Welwitschia mirabilis* :
a- Inflorescence mâle ; **b-** Inflorescence femelle ; **c-** Graines.

➤ **Ordre Ephedrale**, Famille *Ephedraceae*, Genre *Ephedra* (35 espèces) :

Etude d'un exemple : *Ephedra alata* (**Fig. 56**)

Ce sont des arbustes ou lianes dioïques ou monoïques de 4 espèces en Algérie, ramifiées à petites feuilles et tiges vertes. Les ovules sont entourés de deux bractées fusionnées qui deviennent charnues ou coriaces à maturité. On les rencontre dans les régions arides et désertiques, chaudes ou froides.

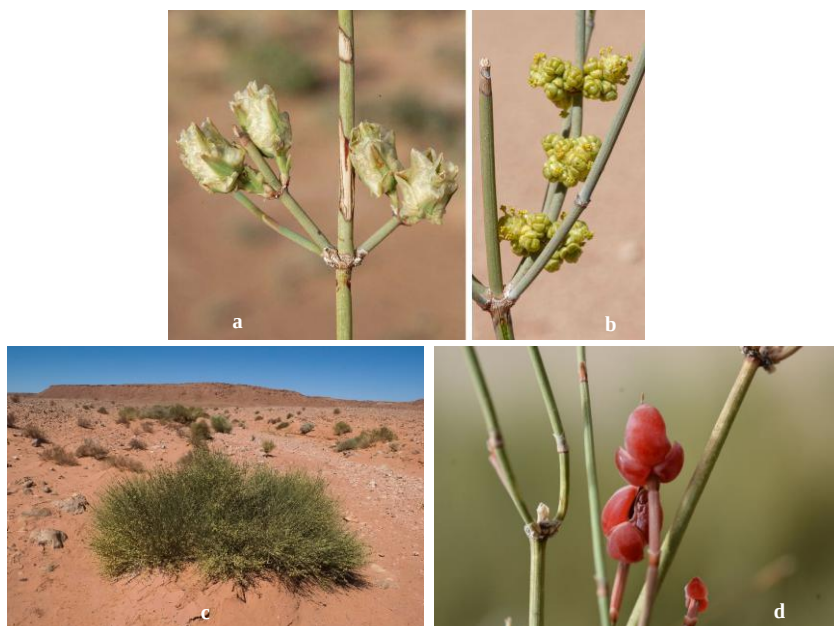


Figure 56 : *Ephedra alata* :
a- Inflorescence mâle ; **b-** Inflorescence femelle ; **c-** Plante ; **d-** Graines.

DEUXIEME PARTIE :

Les Embryophytes

LES ANGIOSPERMES



Sommaire

VII.1.- LES ANGIOSPERMES	88
VII.1.1.- Généralités.....	88
VII.1.2.- Appareil végétatif	89
VII.1.2.1.- TIGE	90
VII.1.2.2.- FEUILLE.....	91
VII.1.2.3.- RACINE	92
VII.1.3.- Appareil reproducteur	92
VII.1.3.1.- FLEUR	93
VII.1.3.2.- INFLORESCENCE.....	112
VII.1.3.3.- FRUITS ET GRAINES	120
VII.1.4.- Différences entre une plante monocotylédone et dicotylédone.....	131
VII.1.5.- Notion de systématique classique et moderne, cladogénèse et principaux taxons. Présentation de la classification APG III (2009)	132

VII.1.- LES ANGIOSPERMES

VII.1.1.- Généralités

Dès le début du tertiaire, les angiospermes se diversifient et occupent rapidement des régions libérées par la disparition des Ptéridophytes et des Gymnospermes et colonisent ainsi pratiquement tous les biotopes. Les facteurs qui peuvent expliquer cette expansion sont :

- Leur capacité adaptative grâce à leurs appareils végétatifs et reproducteurs particulièrement performants. Cette capacité de diversification est aussi liée à une activité méristématique bien supérieure à celle d'autres groupes.

- Leur coévolution avec les insectes et les vertébrés impliqués dans la pollinisation et la dispersion.

Les angiospermes forment ainsi un ensemble très évolué. Ils sont de ce fait très diversifiés :

- **Sur le plan morphologique** (herbacées, ligneuses arbustives, arborescentes ... etc.) ;
- **Sur le plan des types biologiques** : on retrouve tous les types biologiques selon la classification de Raunkier ;
- **Sur le plan du développement** : on retrouve les trois types de développement fondamentaux : plantes annuelles, plantes bisannuelles et plantes vivaces ou pérennes.

Ils se distinguent ainsi des gymnospermes par :

- ✓ Une fleur typique constitué d'un périanthe entourant des organes sexuels. Les fleurs peuvent être unisexués mais le plus souvent hermaphrodites ;
- ✓ Un ovule, protégé et enfermé dans un **carpelle clos** ou **ovaire** (d'où le nom de l'embranchement Angiospermes (*Angeion* = récipient, pot, vase et *sperma* = graine). Après fécondation l'ovule se transforme en graine et l'ovule en **fruit** ;
- ✓ **Une double fécondation** : chacun des 2 gamètes mâles féconde 1 cellule différente du gamétophyte femelle. Les 2 zygotes formés ont une destinée différente ;
- ✓ **La siphonogamie** ;
- ✓ La présence d'un bois **hétéroxylé** (vaisseaux conducteurs + fibres + parenchymes) ;
- ✓ Un phloème avec des tubes criblés et des cellules de compagnes.

VII.1.2.- Appareil végétatif

Du point de vue de sa morphologie externe, un végétal typique est constitué de 3 organes différents : tiges, feuilles et racines (*cormus* typique) (**Fig. 57**).

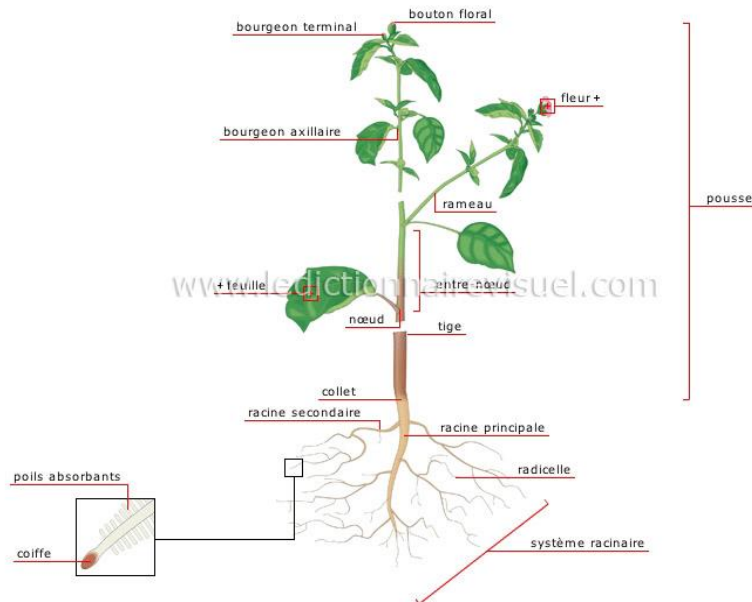


Figure 57 : Organisation générale de l'appareil végétatif des angiospermes herbacées.

Bouton floral : Bourgeon qui, une fois éclos, donne naissance à une fleur.

Radicelle : Ramification la plus fine de la racine d'une plante.

Système racinaire : Ensemble des racines qui fixent une plante dans le sol et lui permettent de se nourrir de l'eau et des sels minéraux qu'il contient.

Racine principale : Prolongement souterrain de la tige ; elle est le résultat de la croissance de la radicule.

Collet : Point de jonction entre la racine et la tige.

Feuille : Partie d'un végétal naissant sur la tige ou le rameau, en général mince et aplatie, spécialisée dans la captation de la lumière et la fonction de photosynthèse.

Pousse : Jeune plante née dans l'année qui se développe à partir d'une graine.

Racine secondaire : Ramification naissant de la racine principale.

Tige : Partie principale de la plante située entre le sol et le bourgeon terminal.

Nœud : Point d'attache d'une feuille ou d'un rameau sur la tige.

Rameau : Ramification de la tige d'une plante.

Fleur : Partie souvent colorée et odorante de certains végétaux qui porte les organes reproducteurs. Elle produit les fruits, puis les graines.

Bourgeon axillaire : Bourgeon poussant au point d'attache d'une feuille plus âgée avec la tige ; il donnera naissance à un rameau.

Bourgeon terminal : Bourgeon poussant à l'extrémité de la tige ; il assure la croissance de la tige en longueur.

Entre-nœud : Partie de la tige située entre deux nœuds.

Poils absorbants : Prolongements des cellules des racines assurant le ravitaillement en eau et sels minéraux ; ils permettent d'augmenter la surface d'absorption des racines.

Coiffe : Enveloppe protectrice recouvrant l'extrémité de la racine ; elle protège la racine contre les frottements lorsqu'elle s'enfonce dans le sol.

VII.1.2.1.- TIGE

Ce sont les tiges des plantes supérieures (plantes vasculaires) qui abritent les réseaux des vaisseaux conducteurs de sève. Ceux-ci assurent :

- la distribution de l'eau et des sels minéraux indispensables à l'alimentation de la plante (sève brute)
- et dirigent, les produits de la photosynthèse (sève élaborée) vers les organes de réserve.

La tige peut être : Dressée, Montante, Couchée ou rampante, Volubile ou grimpante (Fig. 58).

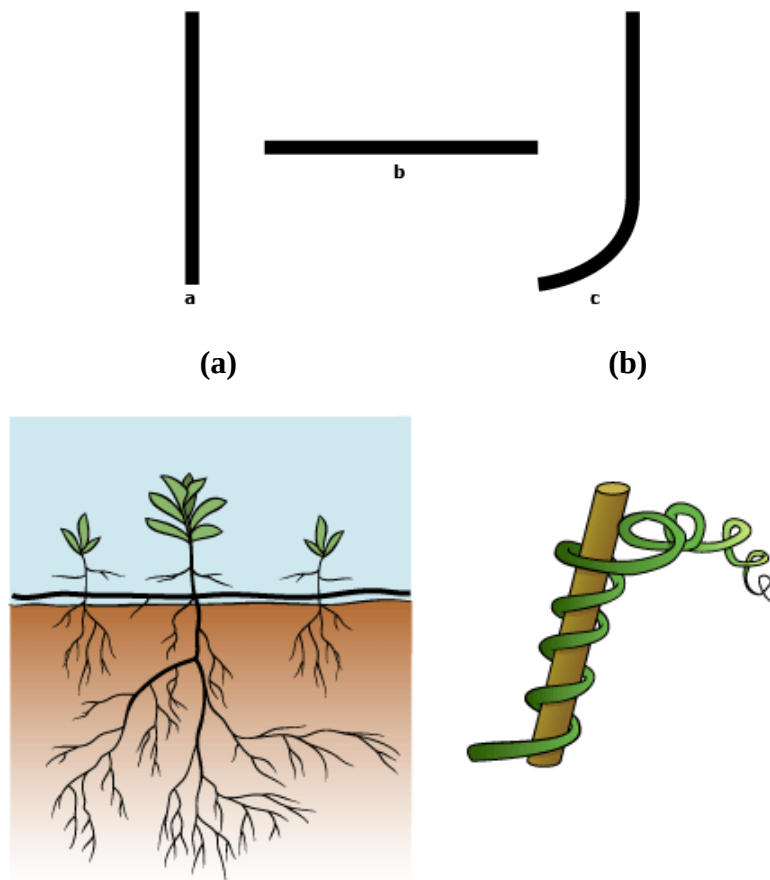


Figure 58 : Orientation des tiges : **a.** dressée - **b.** couchée - **c.** ascendante.
Tiges stoloniforme **(a)** et volubile **(b)**.

- Dressée : la tige est suffisamment robuste pour se développer à la verticale.
- Montante : concerne souvent des plantes dont la souche est vivace et robuste mais dont les tiges aériennes sont grêles et herbacées.
- Couchée ou rampante : les tiges sont étalées au sol et ne montent pas ou peu. On parle également de plantes prostrées.
- Volubile : entoure un support pour y prendre appui.
- Grimpante : se fixe sur un support par des crampons qui sont des racines adventives ou par des vrilles, qui sont des feuilles transformées.

Un cas particulier : les plantes acaules !

Les plantes acaules sont des plantes à tiges court-nouée, formant une rosette basilaire. Les fleurs sont portées par une hampe florale (dernier entre-nœud qui s'allonge). C'est le cas par exemple du pissenlit.



Une plante acaule

VII.1.2.2.- FEUILLE

La feuille est généralement constituée, en partant de la tige, d'une base dilatée (gaine) entourant plus ou moins la tige. La gaine se prolonge en un axe étroit appelée "pétiole" qui, à sa base, peut porter des appendices foliacés, les stipules (les stipules sont parfois directement insérées sur la tige). Le corps de la feuille (partie généralement aplatie et élargie) prolongeant le pétiole est le limbe. Le limbe est parcouru de nervures qui correspondent au prolongement et à la ramification du pétiole. Certaines feuilles présentent deux petites glandes ou nectaires à la base du limbe (**Fig. 59**).

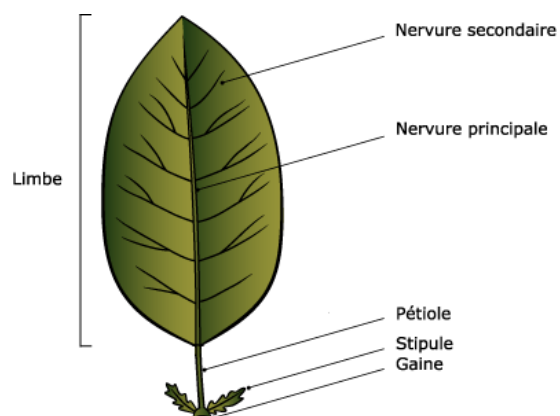


Figure 59 : Différentes parties d'une feuille.

VII.1.2.3.- RACINE

L'ensemble des racines forme le **système racinaire** de la plante et permet la fixation du végétal dans le sol ainsi que l'absorption de l'eau et des substances dissoutes nécessaires au développement de la plante. Pour rappel, la racine ne porte jamais de feuilles et n'a pas de nœuds ; sa structure anatomique est également différente et elle porte une coiffe terminale.

On distingue **quatre zones** sur une racine en croissance (**Fig. 60**) :

1. une zone **terminale effilée (point végétatif)** formée de petites cellules indifférenciées qui se multiplient activement et qui sont protégées par la **coiffe**. La coiffe protège le méristème racinaire pendant la croissance de la racine en évitant le contact immédiat avec les particules solides du sol. La desquamation continue de la coiffe facilite la progression de la racine dans le sol.

2. une zone **glabre** de quelques millimètres ou **zone de croissance** séparant la coiffe de la zone pilifère.

3. une zone **pilifère**, garnie de nombreux poils absorbants permettant les échanges entre la racine et le sol. Les poils au début de la zone pilifère sont courts (ils viennent de se former) et ceux situés à l'endroit où la zone pilifère s'achève sont plus longs et flétris. Ils disparaîtront prochainement.

4. une zone **subéreuse**, dépourvue de poils, mais où apparaissent des ébauches de jeunes racines, les racines secondaires (ramifications).

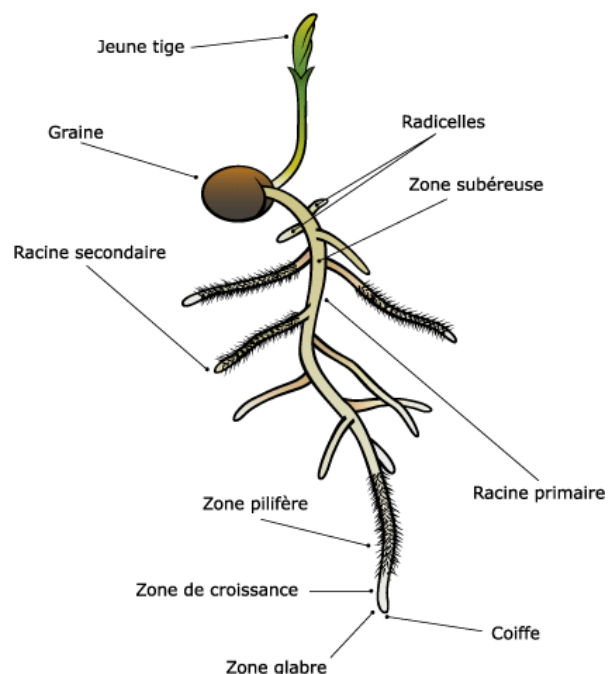


Figure 60 : Différentes parties d'une racine.

VII.1.3.- Appareil reproducteur

Les angiospermes regroupent les plantes à fleurs dont le(s) ovule(s) est (sont) enfermé(s) dans un ovaire.

Une fleur type d'angiosperme peut être considérée comme une tige hautement modifiée à croissance déterminée.

De manière générale, les pièces florales (sépal, pétale, étamine et carpelle) sont homologues de feuilles. Dans les groupes primitifs, la structure d'une fleur est similaire à une tige feuillée.

VII.1.3.1.- FLEUR

Classiquement, la fleur d'angiosperme est constituée d'un ensemble de **pièces florales** fixées sur l'extrémité élargie ou **réceptacle** floral, d'un axe nommé **pédicelle*** floral. Le pédicelle floral est lui-même inséré sur une tige à l'aisselle d'une feuille modifiée (plus petite et plus coriace que les feuilles normales) appelée **bractée** (**Fig. 61**).

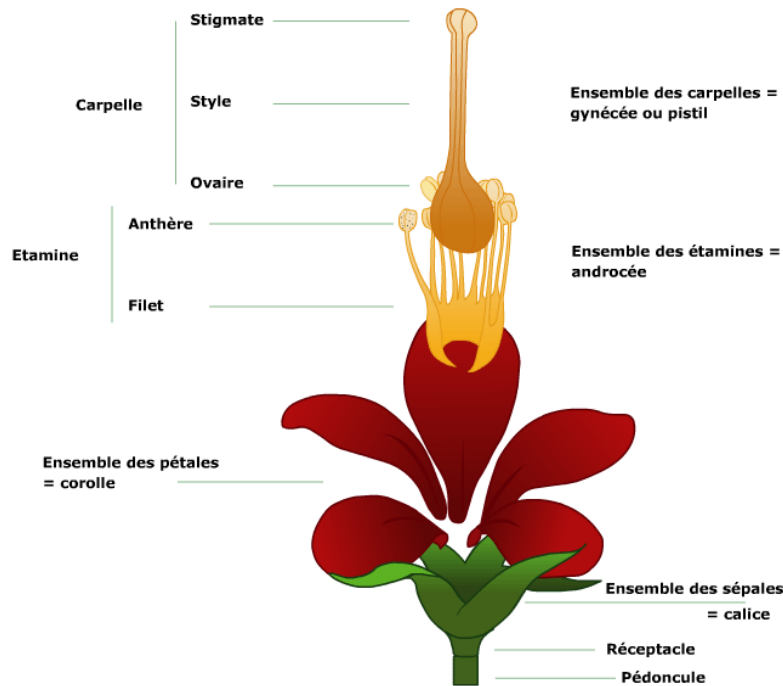


Figure 61 : Différentes parties d'une fleur.

a.- Le réceptacle et le mode d'insertion des pièces florales

Le réceptacle est l'extrémité renflée de l'axe floral où s'insèrent les pièces florales ; en réalité c'est un axe dont les nœuds et entre-nœuds sont très rapprochés.

Dans une fleur complète, le réceptacle porte les pièces florales, c'est-à-dire le périanthe composé du calice et de la corolle, l'androcée et le gynécée.

Les pièces florales s'y insèrent en verticilles concentriques (fleur **cyclique**) ou parfois hélicoïdalement (fleur **acyclique** ou spiralee). Les fleurs dont une partie des pièces s'insère hélicoïdalement et l'autre est disposée en verticilles, sont dites **hémicycliques**.

Ce réceptacle prend différentes formes. On distingue schématiquement le réceptacle (**Fig. 62**) :

- (a) **Thalamiflore** : de forme conique ou convexe
- (b) **Caliciflore** : en forme de calice (concave ou en coupe)
- (c) **Disciflore** : comprenant un disque nectarifère

La forme du réceptacle détermine dans une large mesure la position relative du gynécée par rapport aux autres pièces florales.

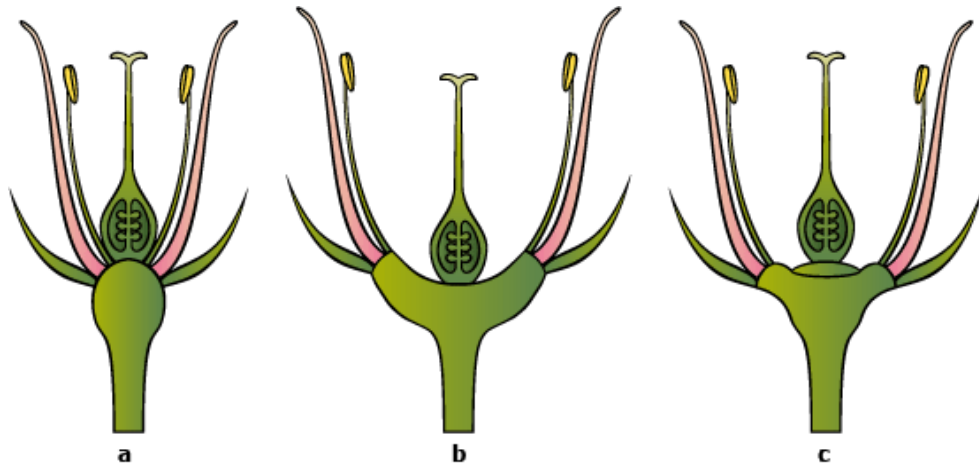


Figure 62 : Types de réceptacle : **a.** Thalamiflore - **b.** Caliciflore - **c.** Disciflore.

b.- Le périanthe

Le périanthe est constitué de deux types de pièces florales :

- (1) les **sépales**, formant le **calice**, généralement verts, parfois bruns et scarieux, rarement colorés (sépales pétaloïdes) ;
- (2) les **pétales**, formant la **corolle**, généralement plus grands que les sépales, blancs ou vivement colorés, rarement réduits.

Il existe néanmoins certains cas particuliers (**Fig. 63**) :

- les fleurs **apérianthées** : dans ce cas, elles sont dépourvues d'enveloppe florale (fleurs nues). Le calice et la corolle manquent.
- les fleurs à **périanthe simple** : dans ce cas, elles ne possèdent qu'une seule sorte de pièce. On utilise de préférence le terme de **périgone** et de **tépales** pour désigner respectivement une telle enveloppe florale et les pièces.



Figure 63 : Symétrie radiale (**a** - actinomorphe) et bilatérale (**b** - zygomorphe).

On distingue deux cas : les fleurs à périanthe simple **sépaloïdes** (exemple des chénopodes) à tépales simulant le calice et les fleurs à périanthe simple **pétaloïdes** à tépales simulant la corolle.

- Le calice

Le calice est formé des sépales. Il peut prendre différentes formes :

-les sépales sont libres (calice **dialysépale**)

-les sépales sont soudés entre eux (calice **gamosépale**). Dans ce cas, on nomme généralement **tube** la portion soudée et **dents** les extrémités libres ; ces dernières peuvent être dressées, étalées ou réfléchies.

Les sépales présentent une symétrie radiale (**actinomorphe**) par rapport à plusieurs plans ou une symétrie par rapport à seul un plan (**zygomorphe**).

Les principales formes de calices *actinomorphes* sont les suivantes (**Fig. 64**) :

Étoilées, **tubuleuses**, **infundibuliformes** (en entonnoir), **hypocratériformes** (en trompette), **urcéolées** (en grelot) et **campanulées** (en cloche).

En ce qui concerne les calices *zygomorphes*, des formes dérivées des précédentes peuvent se rencontrer ; le cas le plus fréquent est le type **bilabié**, c'est-à-dire à deux lèvres.

On distingue notamment le :

- bilabié à lèvre supérieure entière et lèvre inférieure trilobée
- bilabié à lèvre supérieure trilobée et lèvre inférieure bilobée

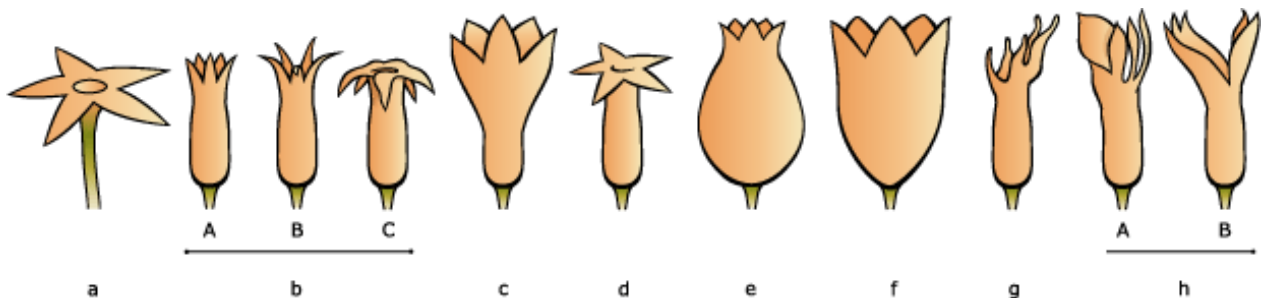


Figure 64 : Principaux types de calices.

a-f : calices actinomorphes; **g-h** : calices zygomorphes.

a : étoilé; **b** : tubuleux (**A** : à dents dressées; **B** : à dents étalées; **C** : à dents réfléchies); **c** : infundibuliforme; **d** : hypocratériforme; **e** : urcéolé; **f** : campanulé;
g : urcéolé-bilabié; **h** : bilabié (**A** : à lèvre supérieure entière et lèvre inférieure trilobée; **B** : à lèvre supérieure trilobée et lèvre inférieure bilobée).

La persistance du calice est également variable :

- il est **caduc** lorsqu'il tombe aussitôt la fleur épanouie ;
- il est **persistant** lorsqu'il subsiste jusqu'à la maturation du fruit. Suivant que l'ovaire est supère ou infère, il se maintiendra à la base ou au sommet du fruit ;
- parfois le calice se transforme lors de la maturation du fruit, devient plus grand, prend la forme d'ailes ou de poils ou se transforme en enveloppe charnue ; on parle alors de calice **accrescent**.
- La corolle

La corolle est formée de pétales généralement colorés. On distingue des corolles de différentes formes (**Fig. 65**) :

- les pétales sont libres (corolle **dialypétale**). On distingue alors le limbe (L) et l'onglet (O) ou partie inférieure rétrécie du pétale.
- les pétales sont soudés entre eux (corolle **gamopétale**). Dans ce cas, on nomme généralement **tube** la portion soudée, **gorge** la portion élargie et **lobes** (ou **limbe**) les extrémités libres ; ces dernières peuvent être dressées, étalées ou réfléchies.

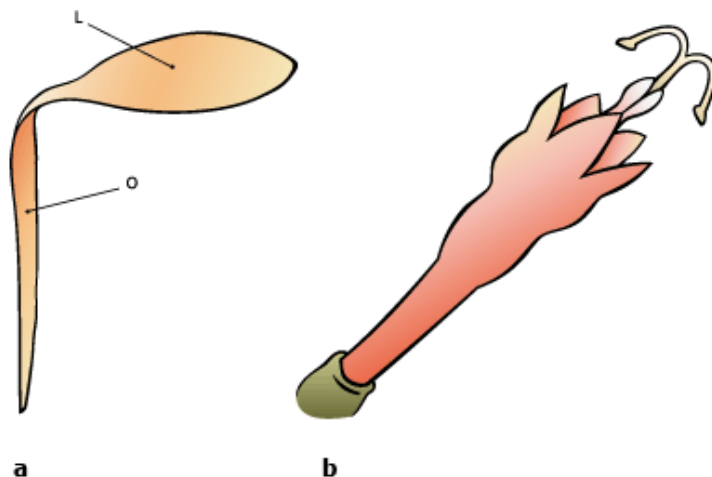


Figure 65 : Pétales libres (**a** - dialypétale) et soudés (**b** - gamopétale).

Comme le calice, la symétrie de la corolle peut être actinomorphe ou zygomorphe.

Les principales formes de corolles *actinomorphes* sont les suivantes (**Fig. 66**) :

Cruciforme (en croix), **étoilée** ou **rotacée** (en roue) suivant le degré de soudure des pétales, **tubuleuse**, **infundibuliforme**, **hypocratéiforme**, **urcéolée** et **campanulée**.

Les corolles *zygomorphes* sont beaucoup plus variées que les calices de ce type ; on distingue les corolles **unilabiées**, **bilabiées**, **personnées** (à deux lèvres mais à gorge complètement fermée par un bourrelet de la lèvre inférieure), **ligulées** (fendu et étalé en languette vers le haut) et **papilionacées**.

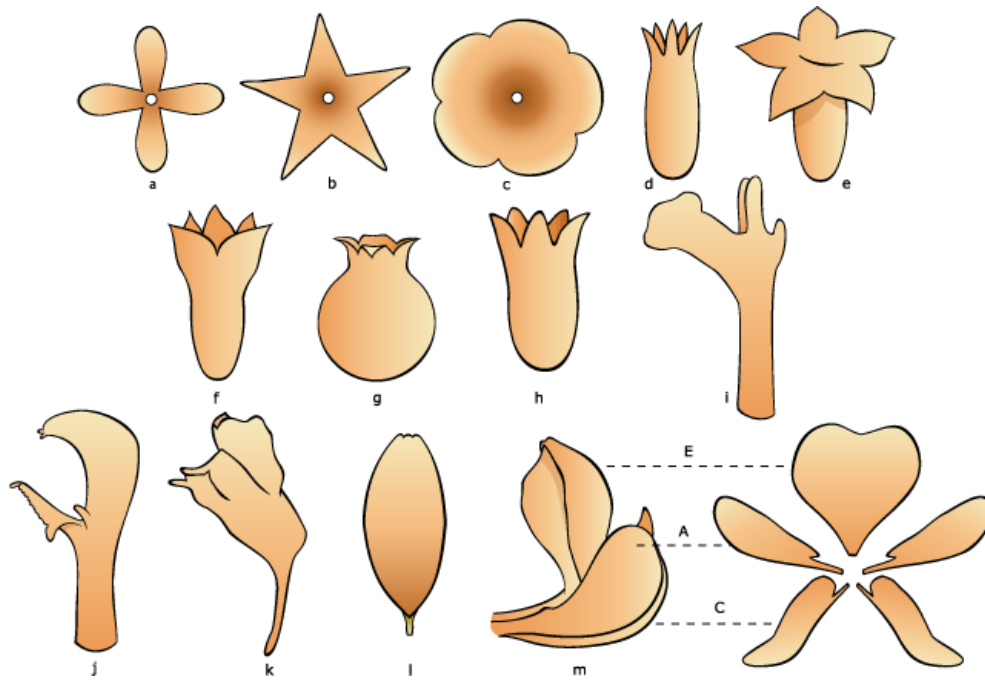


Figure 66 : Principaux types de corolles (terminologie en partie applicable aux périgones).

a-h : corolles actinomorphes ; **i-m :** corolles zygomorphes

a : cruciforme; **b :** étoilée; **c :** rotacée; **d :** tubuleuse; **e :** infundibuliforme;

f : ypcratériforme; **g :** urcéolée; **h :** campanulée; **i :** unilabiée; **j :** bilabiée;

k : personnée-éperonnée; **l :** ligulée; **m :** papilionacée (A : ailes; C : carène; E : étendard).

La petite pervenche possède un calice gamosépale et une corolle gamopétale **calice gamosépale, corolle gamopétale (Fig. 67).**

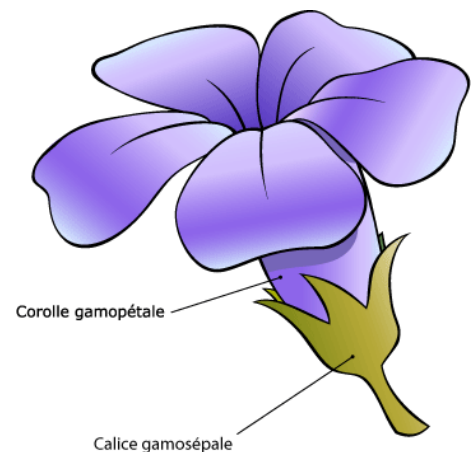


Figure 67 : Disposition, nombre et symétrie des pièces florales du périanthe.

c.- Disposition des pièces florales

En ce qui concerne la disposition des pièces florales sur le réceptacle, on rencontre les cas suivants :

-disposition spiralée ou acyclique ;

-disposition hémi-spiralée ou hémicyclique : certaines pièces ayant une disposition spiralée, les autres, généralement celles du périanthe, étant verticillées ;

-disposition verticillée ou cyclique (cas le plus fréquent).

La fleur est dite hypogyne lorsque le périanthe et les étamines sont insérées plus bas que l'ovaire, ce qui implique un réceptacle cylindrique, conique, convexe ou peu près plan. Elle est pérygyne lorsque le périanthe et les étamines sont insérés plus haut que le niveau d'insertion de l'ovaire, mais que celui-ci est libre ou partiellement libre du réceptacle ; ce-dernier est donc creusé en outre ou en tube. Enfin, la fleur est dite épigyne quand le périanthe et les étamines sont insérées plus haut que l'ovaire et que celui-ci est totalement enfoncé dans le réceptacle.

d.- Nombre de pièces florales

Le nombre de pièces florales par verticille varie également.

On distingue les fleurs (**Fig. 68**) :

- trimères ou fleurs constituées de verticilles successifs de 3 pièces chacun
- tétramères,
- pentamères,
- polymères.

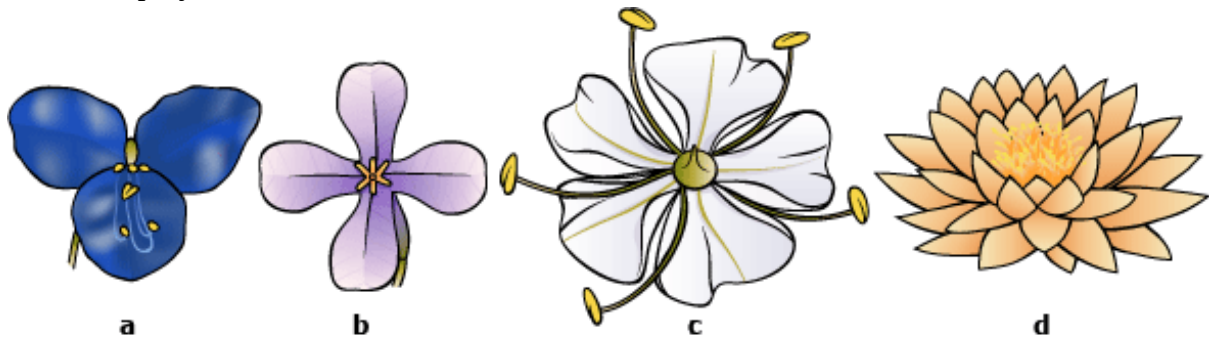
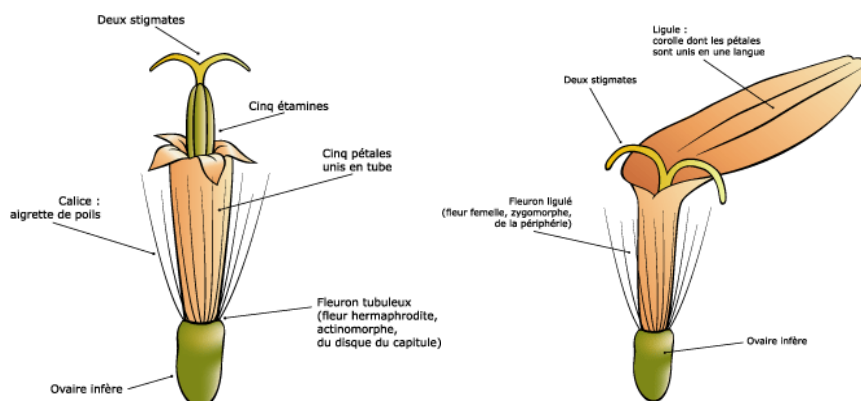


Figure 68 : a. trimère - b. tétramère - c. pentamère - d. polymère.

Cas particulier : les Astéracées (fleurs composées)

Il ne s'agit pas d'une fleur, mais de plusieurs fleurs regroupées en un **capitule** (inflorescence formée de fleurs sessiles, serrées au niveau du sommet élargi du pédoncule).

Les capitules regroupent deux types de fleurs : - les fleurs **tubulées**, gamopétales actinomorphe ; - les fleurs **ligulées** dont les pétales réunis forment une langue (gamopétales zygomorphes).



On distingue trois types de capitules (**Fig. 69**) :

- capitule composé uniquement de fleurs tubulées (chardons)
- capitule composé uniquement de fleurs ligulées (pissenlit)
- capitule composé de fleurs tubulées au centre et de fleurs ligulées en périphérie (marguerite)

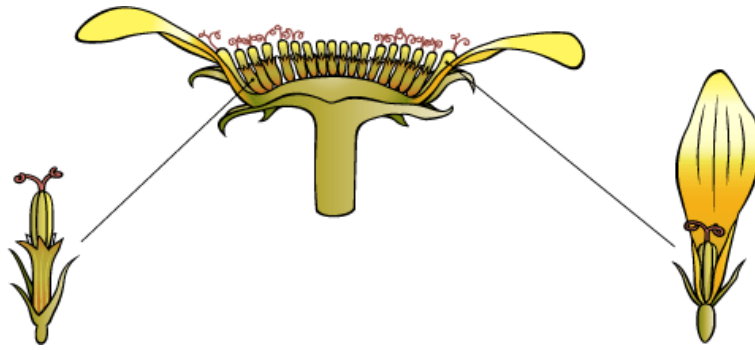


Figure 69 : Capitule radié.

e.- Les organes reproducteurs

- Androcée

Pour rappel, les **étamines**, dont l'ensemble constitue l'**androcée**, sont les organes mâles de la fleur, dans lesquels se forment les grains de pollen ; tandis que le gynécée en est la partie femelle. L'androcée et le gynécée constituent les pièces florales fertiles en opposition au périanthe constitué de pièces florales stériles (**Fig. 70**).

Chaque étamine est typiquement constituée d'une partie inférieure le plus souvent cylindrique, grêle et allongée (nommée **filet**) assurant sa fixation sur le réceptacle et d'une partie supérieure de forme très variable, appelée **anthère**. Cette dernière est généralement formée de deux **thèques**, unies par un **connectif** (prolongement du filet) ; chaque thèque renferme habituellement deux **sacs polliniques** (microsporangies), communiquant entre eux au moment de la libération du pollen – celle-ci se fait par déhiscence des anthères.

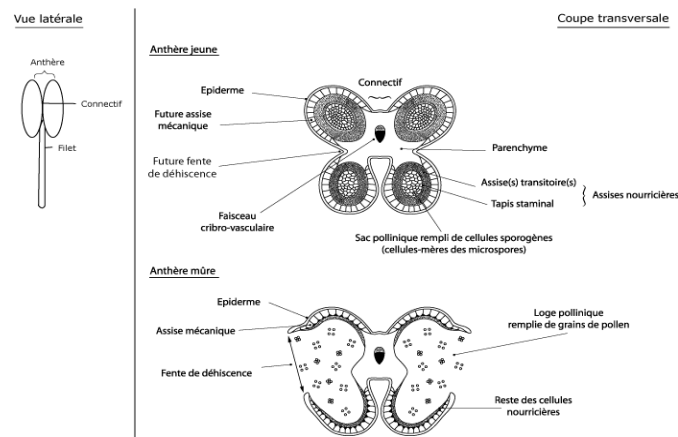


Figure 70 : Etamine et coupes transversales d'anthères.

Les étamines sont extrêmement variées tant pour leur forme que pour leur couleur, parfois au sein de la même fleur.

f- Nombre et disposition des étamines dans la fleur

Les étamines sont implantées directement sur le réceptacle ou soudées au tube d'une corolle gamopétale ou d'un périgone gamotépale. Elles sont disposées en spirales ou en verticilles. Les étamines disposées en spirales sont habituellement présentes en grand nombre.

Dans le cas de la disposition en verticilles, on distingue cinq cas principaux, illustrés ci-dessous à l'aide de diagrammes floraux :

- l'androcée polystémone : étamines en grand nombre, habituellement plus de 20 disposés en plus de 2 verticilles ou en spirales (ex. : *Ranunculus*) ;

- l'androcée diplostémone : étamines en deux verticilles (en nombre double des pétales ou des tépales), les externes alternant avec les pièces du verticille interne du périanthe (ex. : *Oxalis*) ;

- l'androcée obdiplostémone : étamines en deux verticilles, les externes opposées aux pièces du verticille interne du périanthe (ex. : *Geranium*) ;

- l'androcée isostémone : étamines en un verticille, alternant avec les pièces du verticille interne du périanthe. Les étamines sont épisépales ou alternipétales (ex. : *Apiaceae*) ;

- l'androcée obstémone : étamines en un verticille, opposées aux pièces du verticille interne du périanthe. Les étamines sont dites épipétales ou alternisépales (ex. : *Rhamnus*).

On groupe parfois les deux dernières dispositions sous le vocable commun d'haplostémonie.

g.- Soudure des étamines entre elles ou avec d'autres pièces florales

Les étamines peuvent être rapprochées en faisceaux (étamines fasciculées), tout en gardant chacune un filet individualisé ; dans ce cas, on parle de **polyadelphie**. Dans certains cas, les étamines, dites alors **monadelphes**, sont toutes soudées entre elles par leur filet - jusqu'à une certaine hauteur ou à peu près jusqu'au sommet - ; elles forment une sorte de tube. Parfois aussi, l'on peut retrouver sur une même fleur, un groupe d'étamines soudées accompagné d'une étamine libre ; elles sont qualifiées alors de **diadelphes** (cas typique de nombreuses Fabaceae) (**Fig. 71**).

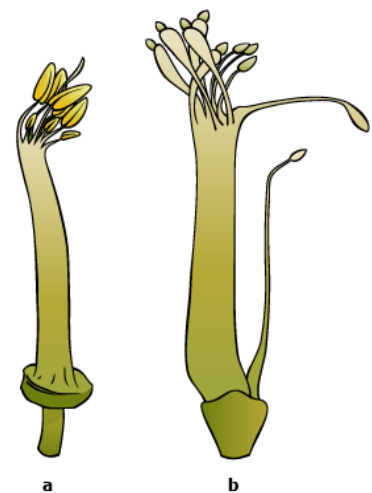


Figure 71 : Soudure des étamines : **a.** monadelphes - **b.** diadelphes.

h. Position des anthères par rapport au filet

La coalescence intéresse parfois non les filets mais les anthères : soudées en un tube (androcée **synanthérée**) ou bien simplement rapprochées.

Les étamines sont parfois soudées aux autres pièces florales. C'est en général par le filet que se réalise cette soudure.

Dans la majorité des espèces, le filet est fixé à la base de l'anthère et le connectif se trouve dans son prolongement : l'anthère est dite dans ce cas **innée** ou **basifixe**. Dans d'autres cas, le filet est fixé sur toute la longueur de l'anthère, qui est dite **adnée**. Enfin, la connexion du filet peut être limitée à un point, souvent médian (anthère **médifixe**), rarement apical (anthère **apicifixe**).

Les deux thèques sont d'ordinaire opposées, mais il arrive aussi qu'elles soient **décalées** l'une par rapport à l'autre. Certaines anthères sont **monothèques** (Fig. 72).

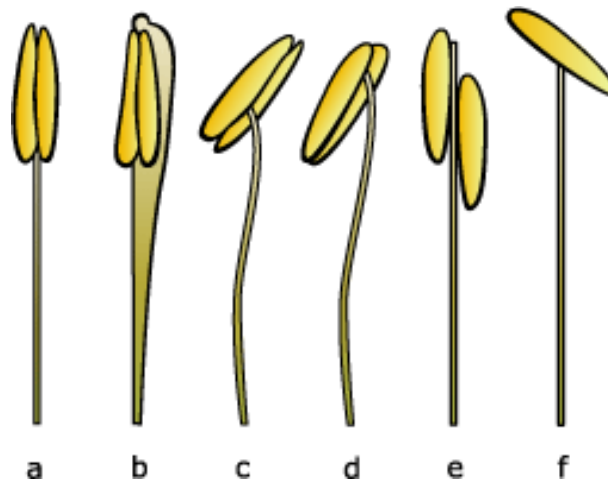


Figure 72 : Principaux types de position des anthères par rapport au filet :
a. basifixe ou innée - **b.** adnée - **c.** médifixe - **d.** apicifixe - **e.** à thèques décalées
 - **f.** monothèque (médifixe).

i.- Autres variantes

Les thèques, habituellement droites, prennent différentes formes comme par exemple chez les *Cucurbitaceae* où elles sont en U ou de forme annulaire. Elles se terminent parfois en pointes plus ou moins allongées.

Les sacs polliniques, ordinairement au nombre de quatre (deux par thèque), sont parfois réduits à deux ou même à un seul ; ils sont rarement plus nombreux.

Les filets, ordinairement simples, se ramifient dans certains cas. Généralement cylindriques, ils sont parfois aplatis en forme de lames et pourvus de longs poils, dits staminaux.

Il existe également des étamines stériles (comme par exemple chez le cacaoyer), appelées **staminodes**, ayant une morphologie très variée. La distinction avec des pétales ou des tépales n'est parfois pas toujours facile.

j.- Libération du pollen (déhiscence des anthères)

La libération du pollen se fait par déhiscence des anthères selon différentes possibilités (**Fig. 73**) :

- la déhiscence **loculicide longitudinale** : via une fente longitudinale dans le sens de l'axe de la thèque.
- la déhiscence **loculicide transversale** : via une fente transversale à l'axe de la thèque. Cas plus rare.
- la déhiscence **valvaire** : ouverture par de petits clapets, généralement en position latérale.
- la déhiscence **poricide** : ouverture par un petit trou, généralement en position apicale.

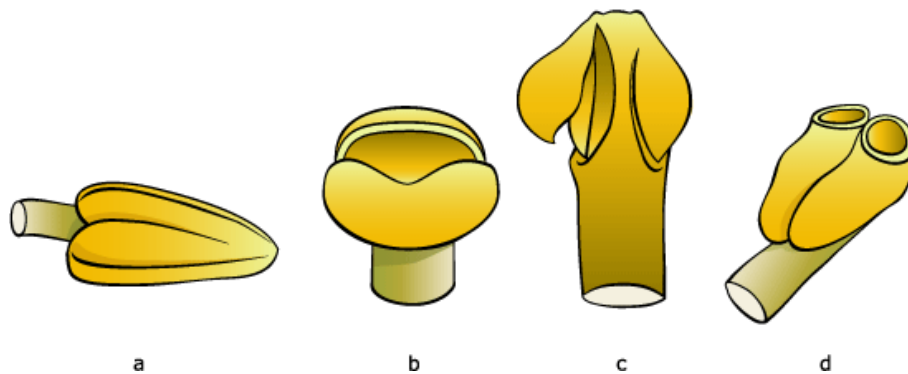


Figure 73 : Déhiscence des anthères :

a. loculicide longitudinale - **b.** loculicide transversale - **c.** valvaire - **d.** poricide.

k.- Surface des grains de pollen

La surface des grains de pollen est très variable d'une espèce à l'autre. A titre illustratif, vous trouverez quatre formes différentes ci-contre (**Fig. 74**).

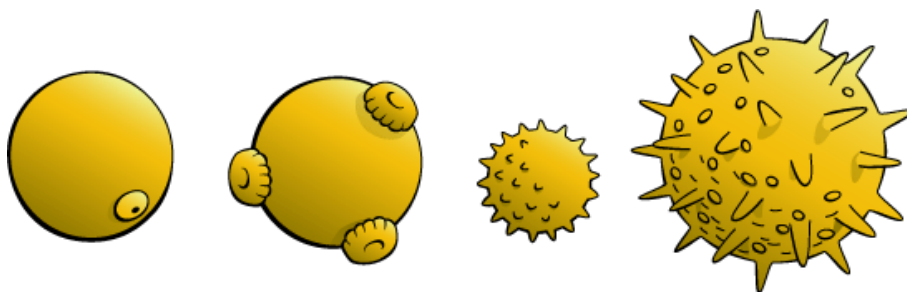


Figure 74 : Surface des grains de pollen.

I.- Gynécée ou Pistil

Pour rappel, le *gynécée* ou *pistil* ou *organe femelle* est l'ensemble des carpelles d'une même fleur. Une partie importante du gynécée persiste après la fécondation et évolue en fruit. Le gynécée est parfois réduit à un seul carpelle. S'ils sont plusieurs, les carpelles sont **libres** ou **soudés** entre eux selon différents types d'organisation que nous décrirons ci-après.

Le carpelle, généralement vert, comprend typiquement de la base au sommet : une partie basilaire dilatée et creuse, nommée **ovaire** contenant un ou plusieurs ovules, une partie médiane, le **style**, et une partie terminale, le **stigmate** papilleux. Le stigmate est normalement un collecteur de pollen et le style, une voie de passage du tube pollinique vers la cavité de l'ovaire. Le style et le stigmate prennent différentes formes (**Fig. 75**).

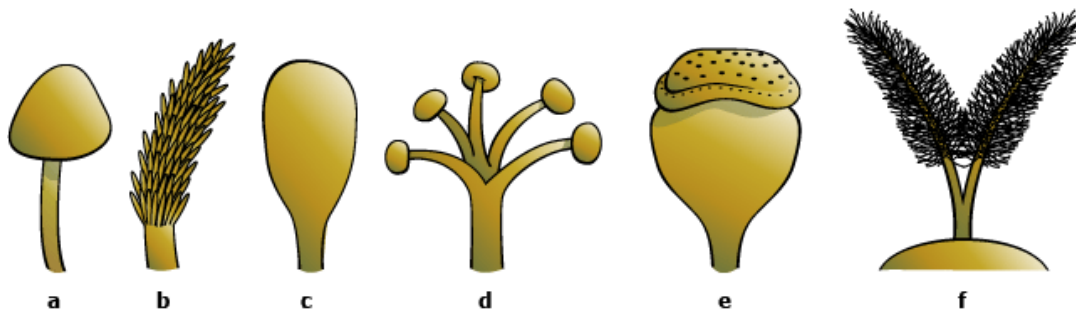


Figure 75 : Styles et stigmates :

a. capité - **b.** linéaire - **c.** punctiforme - **d.** discoïde - **e.** papilleux - **f.** plumeux.

Le cas de l'hellébore fétide (*Helleborus foetidus*), dont le gynécée est composé de cinq carpelles libres et de grande taille, va nous permettre de définir l'organisation fondamentale d'un carpelle. Chaque carpelle est parcouru d'un sillon (fig. a) qui est en réalité le point de soudure des bords carpellaires constituant les placentas sur lesquels sont fixés les ovules. Un jeune carpelle ouvert artificiellement au même endroit (fig. b) présente l'aspect d'une feuille plane (fig. c) portant près de ses bords épaissies (placentas) deux rangées d'ovules (**Fig. 76**).

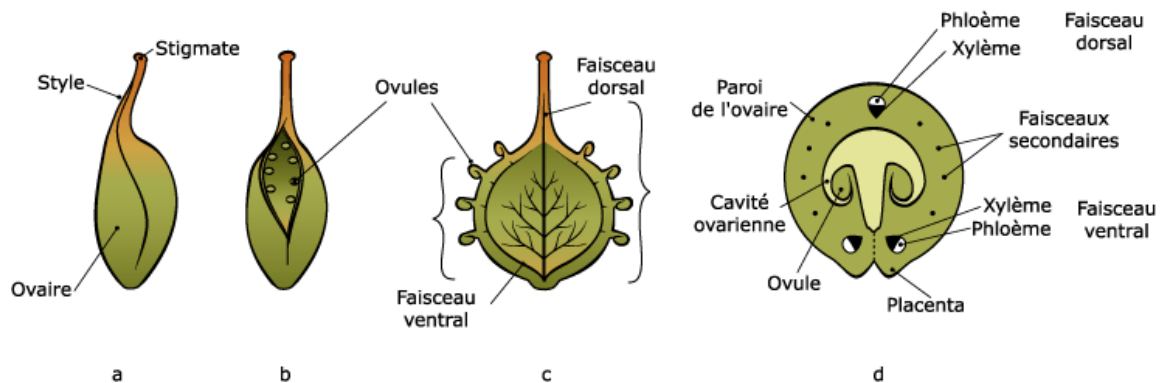
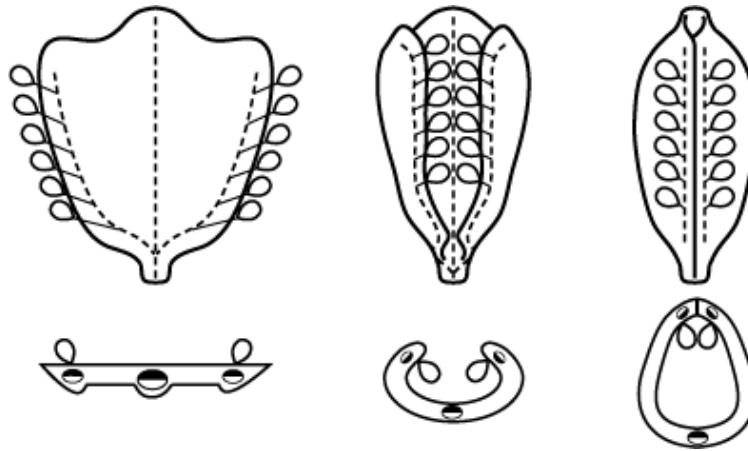


Figure 76 : Carpelle d'hellébore : **a.** vue légèrement de profil - **b.** vue partiellement ouverte - **c.** lame carpellaire étalée - **d.** coupe transversale d'un carpelle fermé.

Les carpelles proviennent de l'involution d'un organe foliacé modifié (**mégasporophylle**) suivant le schéma suivant :



- Formation d'un carpelle

Un carpelle d'ellébore est donc une formation lamellaire portant des ovules et repliée sur elle-même. Après fécondation, les ovules deviendront les **graines**.

- Degrés de soudure des carpelles

Selon que les carpelles sont indépendants ou soudés et selon que chaque lame carpellaire est refermée sur elle-même ou forme un ovaire constitué de plusieurs lames, on distingue les principaux types de gynécées suivants :

Le gynécée **apocarpe** : gynécée formé de carpelles indépendants ou d'un carpelle unique (gynécée uniloculaire).

Les gynécées apocarpes formés de plusieurs carpelles indépendants se rencontrent principalement chez les angiospermes primitives (magnoliacées, etc.). La présence d'un carpelle unique n'est pas considérée comme un caractère primitif, mais au contraire, comme la simplification d'un gynécée multicarpellé.

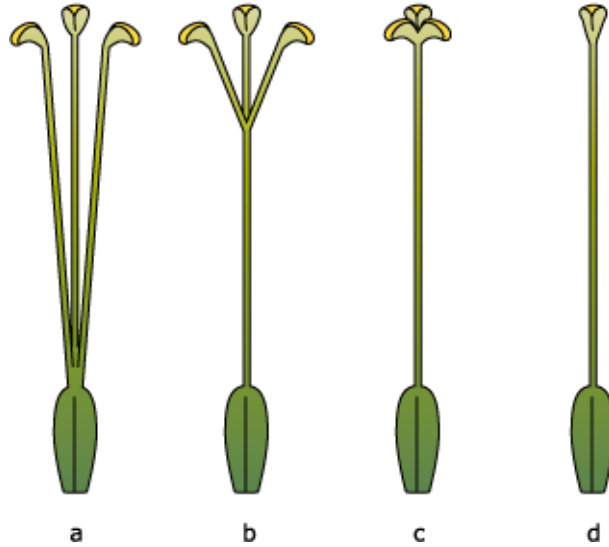
Le gynécée **coenocarpe** (ou syncarpe) : gynécée formé de carpelles partiellement ou totalement soudés.

On distingue plusieurs cas (**Fig. 77**) :

- soudure peu intime des carpelles (carpelles dits coalescents), limitée éventuellement à la base de ceux-ci ;
- soudure plus accentuée, avec constitution d'un ovaire unique, les styles restants cependant toujours indépendants ;
- soudure affectant les ovaires et les styles : il en résulte un ovaire et un style uniques, mais les stigmates restent autonomes, indiquant le nombre de carpelles ;
- soudure complète ; le pistil ne comprend donc plus qu'un ovaire, un style et un stigmate ;

Figure 77 : Gynécée syncarpe (ou coenocarpe).

- a) union totale des ovaires, les styles demeurants indépendants –
- b) union totale des ovaires, union partielle des styles –
- c) union totale des ovaires et des styles, les stigmates demeurants libres –
- d) union totale des ovaires, styles et stigmates.



- Cloisonnement de l'ovaire

L'union des carpelles, ou plus précisément des lames carpellaires, varie également dans le cas des gynécées syncarpes (**Fig. 78**) :

- les lames carpellaires sont fermées sur elles-mêmes (carpelles fermés) et soudées entre elles par leurs faces dorsales ; la cavité de l'ovaire comprend autant de loges que de carpelles délimités par des cloisons ou septums (ovaire biloculaire, triloculaire ou pluriloculaire). On parle dans ce cas de gynécée coenocarpe **syncarpe**.

- les lames carpellaires sont ouvertes et soudées par leurs bords ; la cavité de l'ovaire ne comprend alors qu'une seule grande loge sans cloison mais formée par plusieurs carpelles (ovaire uniloculaire). Le gynécée coenocarpe est alors qualifié de **paracarpe**.

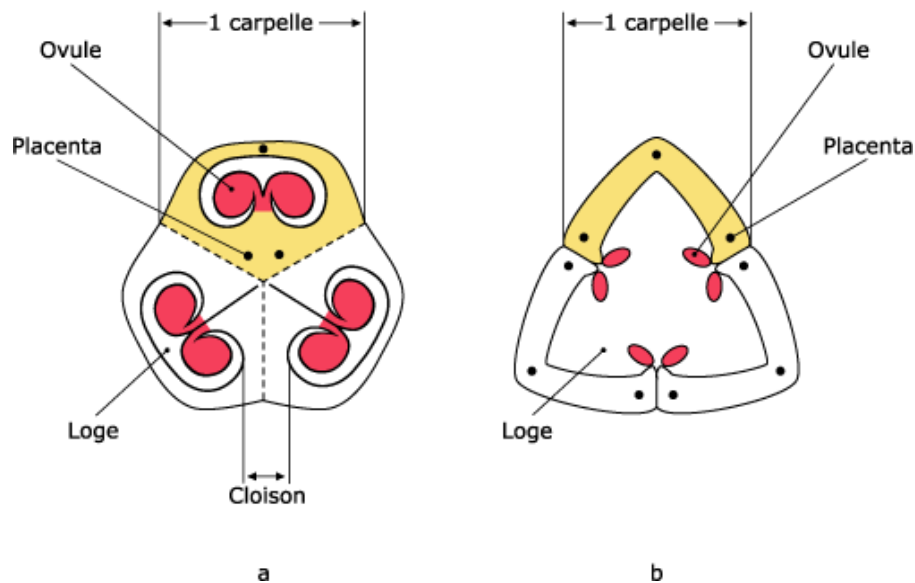


Figure 78 : Cloisonnement de l'ovaire : **a.** ovaire composé pluriloculaire (syncarpe)
b. ovaire composé uniloculaire (paracarpe).

- Position de l'ovaire

Le réceptacle floral se développe différemment d'une espèce à l'autre et détermine des positions différentes entre le gynécée et les autres pièces florales.

L'ovaire est dit **semi-infère** s'il est partiellement enfoncé et soudé dans le réceptacle ; **infère**, s'il est totalement enfoncé et soudé et **supère**, s'il ne l'est pas du tout, que le réceptacle soit creusé ou non (**Fig. 79**).

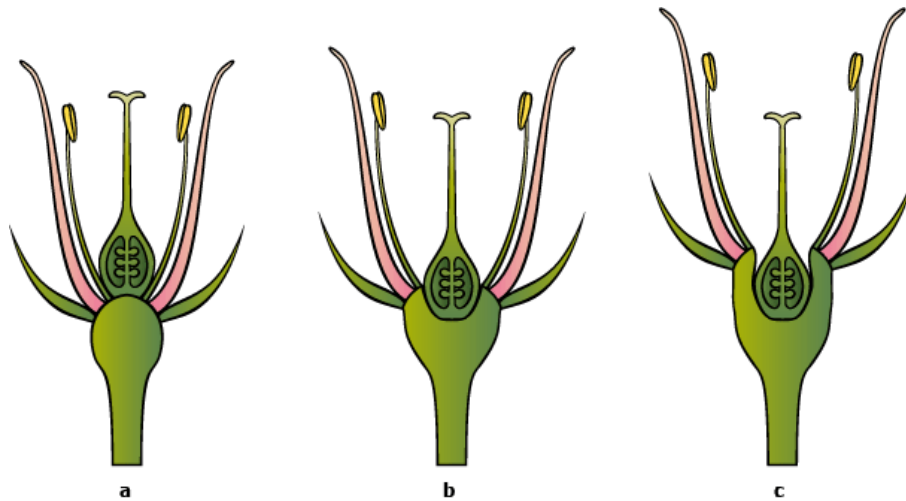


Figure 79 : Position de l'ovaire : **a.** supère - **b.** semi-infère - **c.** infère.

- Placentation (ou insertion des ovules dans l'ovaire)

La placentation est la disposition des placentas, donc des ovules, à l'intérieur de l'ovaire. Les placentas apparaissent sur la paroi interne des carpelles ou sur un prolongement de l'extrémité de l'axe de la fleur :

L'insertion est :

- **marginale** quand les placentas sont fixés à la paroi carpellaire et que l'insertion des ovules se fait sur le bord du carpelle ;

- **laminale** quand l'insertion se fait sur la surface de cette paroi ;

- enfin, cette insertion peut se faire sur l'extrémité de l'axe de la fleur, soit sur une colonne prolongeant cet axe (insertion **axiale**), soit à la base de l'ovaire (insertion **basale**), soit au sommet d'un ovaire uniloculaire (insertion **apicale** - ou **subapicale**).

Dans le cas d'un gynécée *apocarpe* (formé de carpelles indépendants), la placentation est la plus souvent marginale. Dans un gynécée uniloculaire, elle est marginale, ou basale, ou encore apicale.

S'il s'agit d'un gynécée *syncarpe* (carpelles partiellement ou totalement soudés), la combinaison de la *syncarpie* ou de la *paracarpie* avec le mode d'insertion des ovules permet d'établir trois types fondamentaux et deux types accessoires de placentation (**Fig. 80**) :

(a) la placentation **pariétale** (Fig. a.) : ovaire parcarpe (composé uniloculaire) avec insertion marginale ou laminaire des ovules ; les placentas sont donc situés sur la paroi interne de l'ovaire ;

(b) la placentation **axile** ou axillaire (Fig. b.) : ovaire syncarpe (composé pluriloculaire) avec insertion interprétée comme marginale ou comme axiale ; les placentas sont donc situés dans la partie axiale de l'ovaire, dans l'angle interne de chaque loge ;

(c) la placentation **centrale** (Fig. c.) : ovaire parcarpe (composé uniloculaire) avec insertion axiale sur une columelle ; les placentas sont donc situés sur un corps central isolé au milieu de la cavité de l'ovaire ;

(d) placentation **basale** (Fig. d.) : fréquemment considérée comme une variante de la précédente, caractérisée par l'absence ou le faible développement de la columelle ;

(e) placentation **(sub)apicale** (Fig. e.), considérée également comme un dérivé de la placentation centrale mais dont l'interprétation est plus délicate.

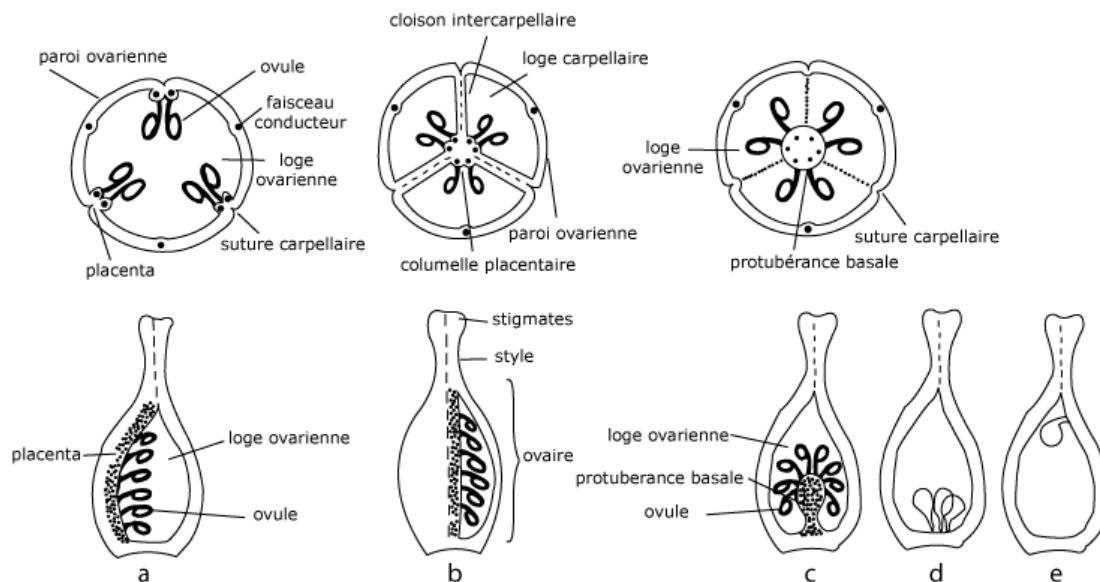


Figure 80 : Principaux types de placentation (gynécée coenocarpe) :

a. pariétale - **b.** axile - **c.** centrale - **d.** basale - **e.** subapicale.

- Eléments constitutifs d'un ovule

L'ovule, malgré sa petite taille, présente une organisation relativement complexe. On distingue (**Fig. 81**) :

- le funicule : portion inférieure de l'ovule, attachant celui-ci au placenta. Le funicule forme bientôt un petit cordon, plus ou moins allongé suivant les espèces, au bout duquel est fixé ou suspendu l'ovule d'abord, puis la graine ensuite ;
- la chalaze : point où se ramifie le faisceau conducteur de l'ovaire ;
- le nucelle : partie interne de l'ovule qui contient le sac embryonnaire ;
- le sac embryonnaire : gamétophyte femelle qui, après fécondation, abritera un embryon diploïde et un albumen triploïde ;
- le(s) tégument(s) : enveloppes généralement au nombre de deux, un interne et un externe ;

L'ouverture apicale étroite ménagée par le(s) tégument(s) porte le nom de micropyle.

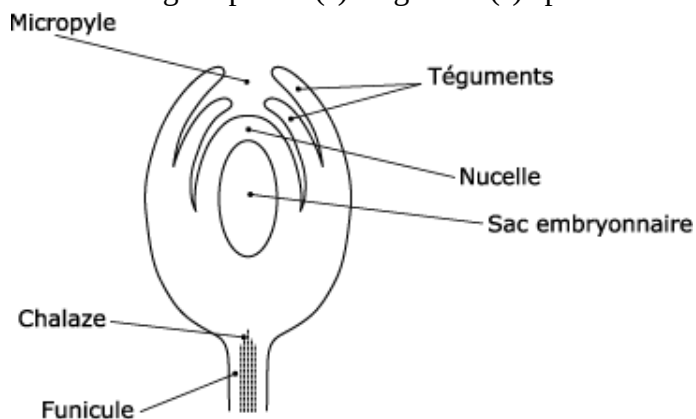
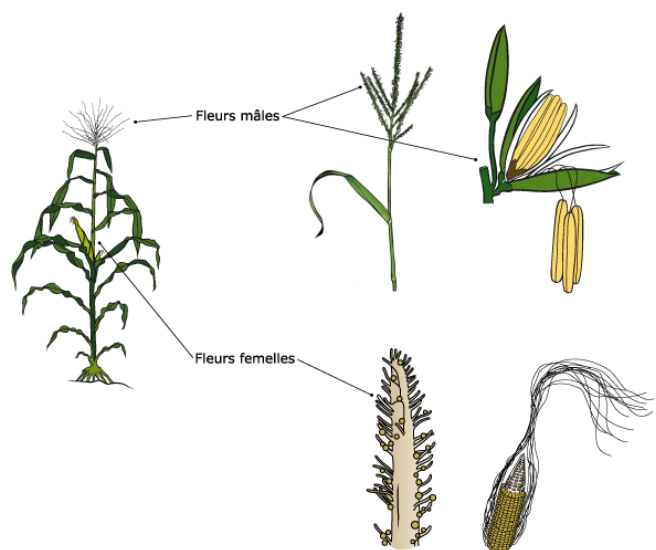


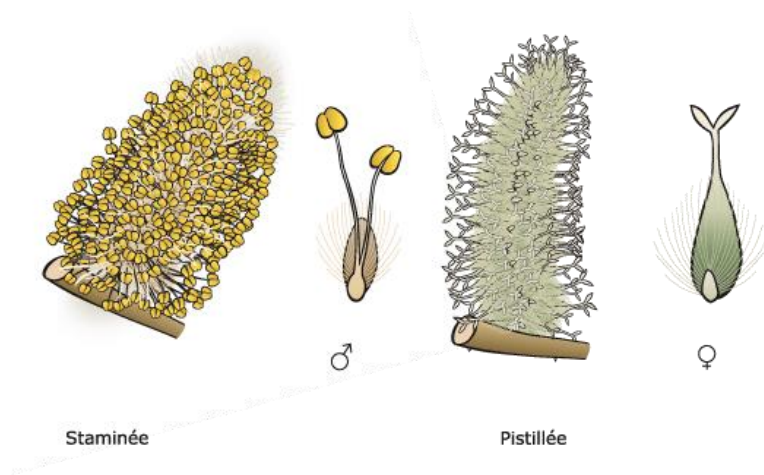
Figure 81 : Organisation florale.

- Répartition des sexes

Les espèces hermaphrodites, c'est-à-dire munies à la fois d'un androcée et d'un gynécée, sont les plus nombreuses ; on distingue néanmoins des espèces monoïques (plante dont les organes reproducteurs mâles et femelles sont portés par le même individu) et des espèces dioïques (plante dont les organes reproducteurs mâles et les organes reproducteurs femelles sont portés par des individus différents).

Plante monoïque : le maïs



Plante dioïque : le saule

Lorsqu'on passe au niveau des fleurs elles-mêmes, on qualifie de **monocline** les fleurs hermaphrodites (organes mâles et femelles sur la même fleur) et de **dicline** les fleurs unisexuées.

La répartition des sexes au niveau des individus et des fleurs permet de déterminer 4 catégories différentes (**Fig. 82**) :

(1) l'hermaphrodisme (= plante monoïque monocline)

Une espèce est dite **hermaphrodite** lorsque chacune de ses **fleurs est-elle même hermaphrodite** (monocline), c'est-à-dire munie à la fois d'un androcée et d'un gynécée, par opposition aux fleurs unisexuées. C'est le cas de la très grande majorité des angiospermes.

(2) la monoécie (= plante monoïque dicline)

Dans ce cas, chaque individu produit, comme chez les espèces hermaphrodites, des étamines et des carpelles, mais ces organes sont portés par des **fleurs unisexuées différentes sur le même individu**. Une plante monoïque portera donc des fleurs mâles (**fleurs staminées**) et des fleurs femelles (**fleurs pistillées**) sur le même individu. Un même génotype est donc à l'origine des cellules reproductrices mâles et femelles (comme pour l'hermaphrodisme).

(3) la dioécie (= plante dioïque dicline)

Une espèce est dioïque quand ses fleurs mâles et ses fleurs femelles sont portées par des pieds différents. Il existe des **plantes mâles** portant uniquement des fleurs staminées et des **plantes femelles** portant uniquement des fleurs pistillées. Les organes reproducteurs mâles et femelles sont donc portés par des **fleurs unisexuées différentes sur des individus différents**. Avec la dioécie, les cellules reproductrices mâles et femelles sont formées à partir de deux génotypes différents.

(4) la polygamie

Les espèces polygames forment à la fois des fleurs hermaphrodites et des fleurs diclines.

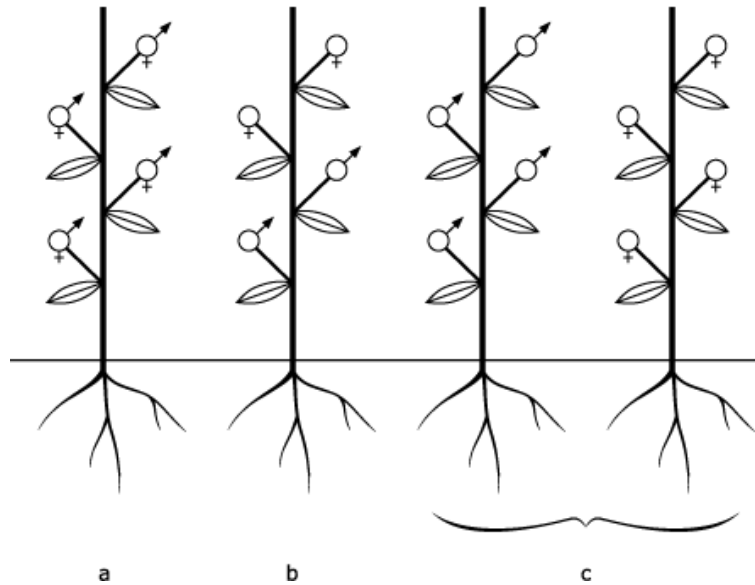


Figure 82 : Répartition des sexes chez les Angiospermes :
a. plante à fleurs hermaphrodites -**b.** plante monoïque dicline
 - **c.** plantes dioïques diclines.

- Formule et diagramme floraux

La formule florale est une représentation de la morphologie d'une fleur sous forme de formule. Elle indique le nombre de pièces florales en groupe de sigles (S : sépales ; P : pétales ; E ou A : étamines ; C ou G : carpelles) précisant la nature des pièces présentes dans une fleur et leur nombre, éventuellement aussi leur disposition (en un ou deux cycles par exemple).

Pour la famille des géraniums, nous aurons par exemple :

S5 P5 E5+5 C5, soit une fleur de type 5 (pentamère) qui possède 5 sépales, 5 pétales, 10 étamines (en 2 verticilles) et 5 carpelles.

La formule comprend également des informations complémentaires :

1. les parenthèses : pour indiquer que des pièces florales sont soudées entre elles :

- carpelles libres : Cx

- carpelles soudés : C(x)

2. le trait : pour préciser la position de l'ovaire

- "supportant" le nombre de carpelles (C5) pour indiquer qu'il s'agit d'un ovaire supère ou

- "coiffant" le nombre de carpelles (C5) pour indiquer qu'il s'agit d'un ovaire infère.

3. la lettre "T" : pour désigner les tépales.

4. le sigle "infini" indique un nombre indéterminé de pièces ou un nombre élevé de celles-ci

5. le type de symétrie est représenté par :

- pour les fleurs actinomorphes.

- pour les fleurs zygomorphes.

6. les exposants et indices associés aux carpelles.

- exposant pour préciser le nombre de loges ovariennes.

- indice pour préciser le nombre d'ovules par loges.

Une formule florale complète s'écrit donc comme suit (**Fig. 83 et Fig. 84**) :

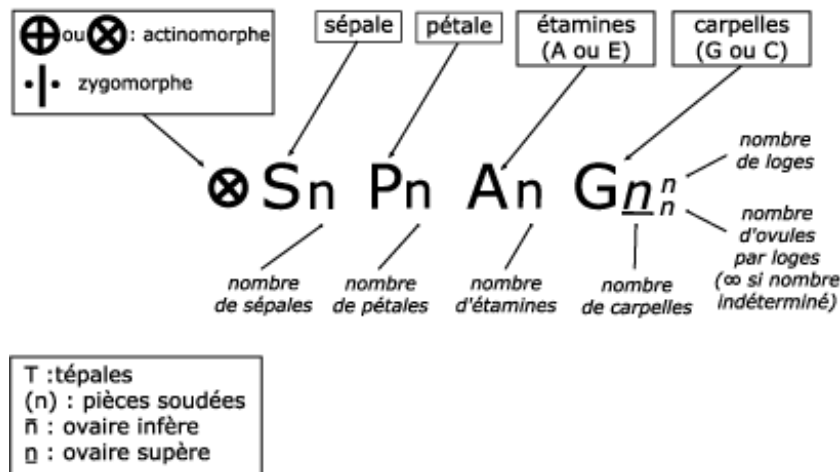


Figure 83 : Formule florale.

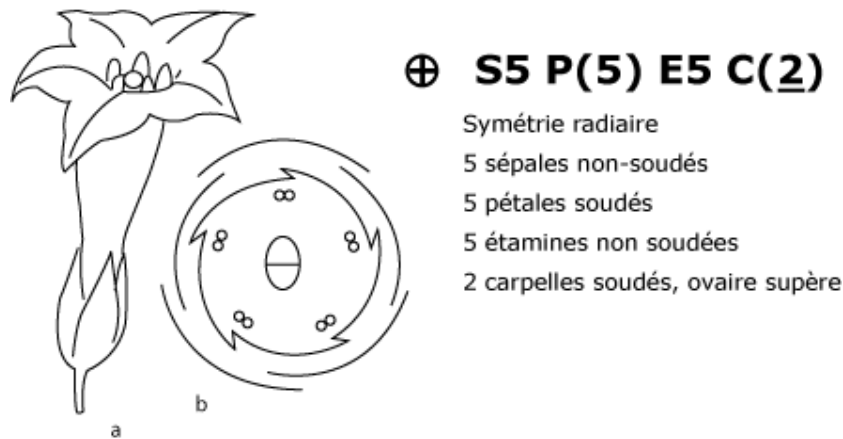


Figure 84 : Formule et diagramme floraux de *Nicotiana tabacum* L.

Quant au **diagramme floral** (**Fig. 85**), il s'agit d'une représentation graphique de la structure de la fleur en coupe transversale à travers les différentes pièces florales (calice, corolle, androcée au niveau des anthères, gynécée au niveau des placentas). Par convention, on oriente le diagramme en situant vers le haut la section transversale de l'axe portant la fleur et vers le bas, celle de la bractée sous-tendante. Les soudures entre pièces voisines sont indiquées par des traits ou des pointillés.

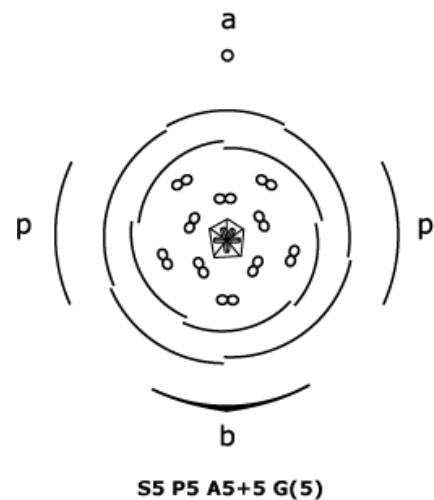


Figure 85 : Formule et diagramme floraux du géranium :
a. axe de l'inflorescence - **b.** bractée - **p.** préfeuille.

VII.1.3.2.- INFLORESCENCE

- Définition et éléments constitutifs

Une inflorescence est un ensemble de fleurs groupées sur un rameau. Chacun des rameaux de l'axe principal ou *rachis*, qui soutient une fleur, se nomme pédicelle.

Chez certaines Angiospermes, la fleur est **unique** et terminale (*Tulipa sylvestris*) mais la plupart du temps une plante porte plusieurs fleurs qui peuvent être dispersées dans l'appareil végétatif (fleurs **solitaires**) ou groupées en des ensembles bien définis ou **inflorescences** (Fig. 86).

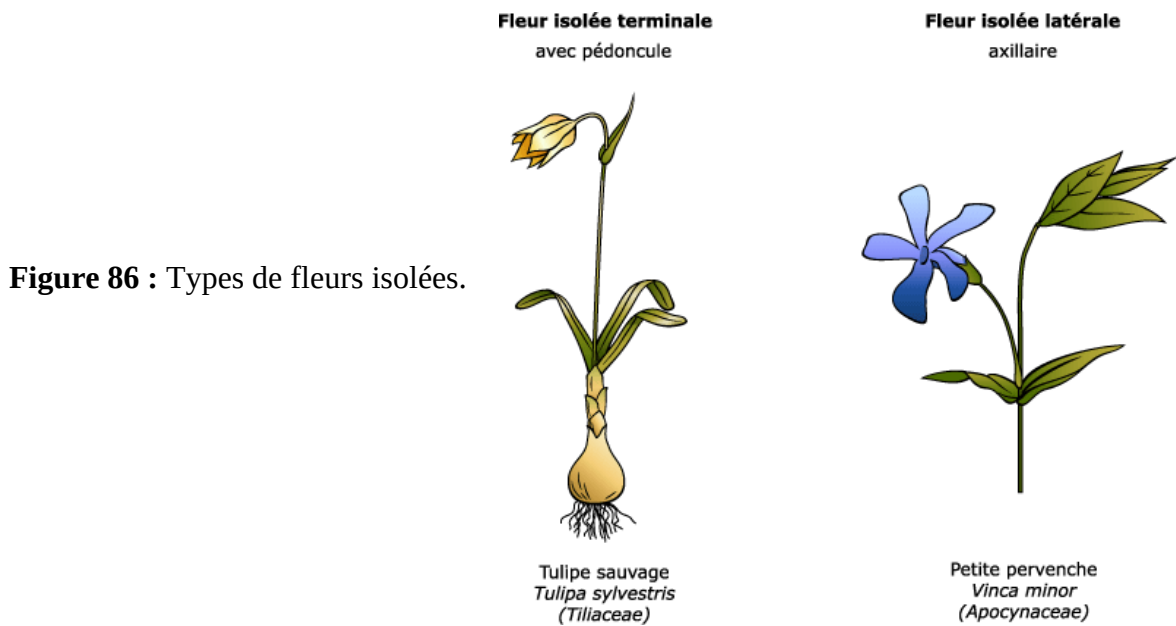


Figure 86 : Types de fleurs isolées.

Les inflorescences paraissent très variées, mais en fait il s'agit d'une combinaison :

--> **de deux types fondamentaux** (qui correspondent aux deux modes principaux de croissance des tiges) :

(1) les inflorescence **monopodiale** ou **racémeuse** (la croissance est **indéfinie**, le méristème terminant l'axe à un fonctionnement similaire à un point végétatif caulinaire) (Fig. 87).

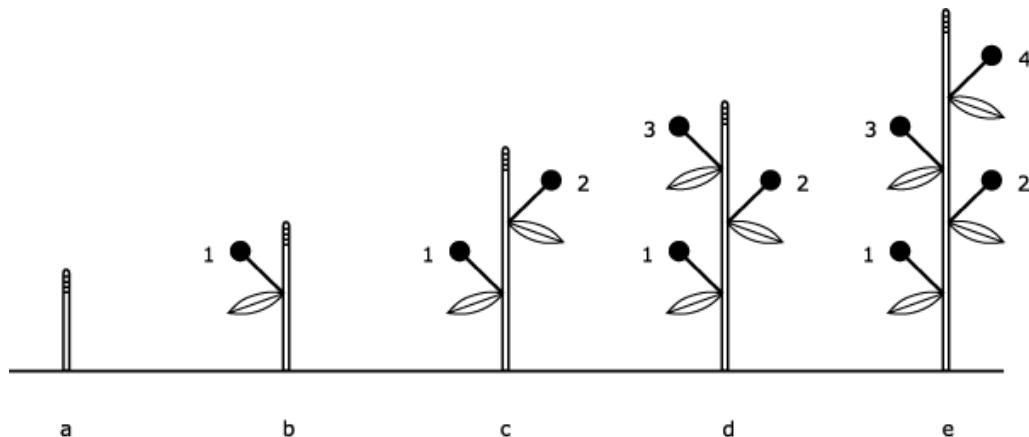


Figure 87 : Formation des fleurs dans un racème (croissance indéfinie).

(2) les inflorescence **sympodiale** ou **cymeuse** (la croissance est **définie**, une fleur occupe toujours le sommet de l'axe) (**Fig. 88**).

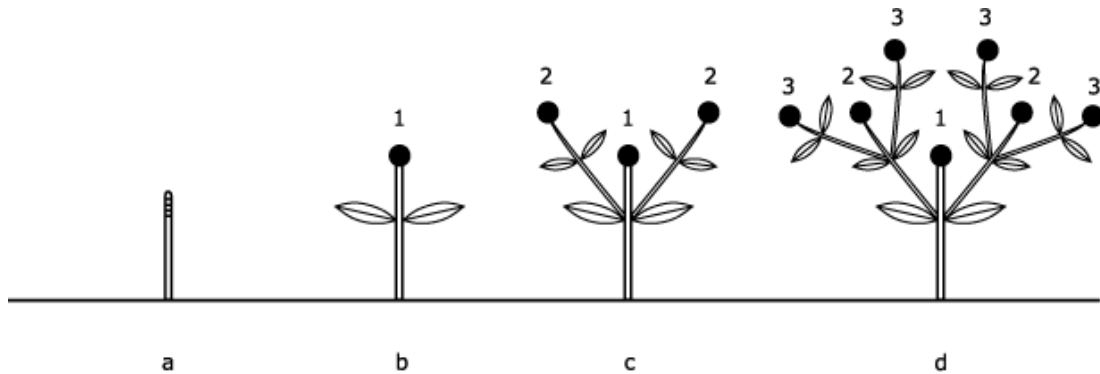


Figure 88 : Formation des fleurs dans une cyme (croissance définie).

Au sein d'une inflorescence, on distingue typiquement, en plus des fleurs (fl) proprement dites, les éléments suivants (**Fig. 89**) :

- le **rachis** (r) : axe primaire d'une inflorescence.
- le **pédoncule** (p) : axe d'une inflorescence sur lequel sont insérés les pédicelles ou axe d'une fleur solitaire axillaire ou encore axe d'une fleur solitaire ;
- les **pédicelles** (pl) : axe portant chacun une fleur ;
- les **bractées** (br) : feuilles transformées, souvent réduites, vertes, colorées ou scarieuses, situées à la base du pédoncule de l'inflorescence, des rameaux et des pédicelles. Il existe des bractées particulières : les **spathes** et les **involucre**s. Une spathe est une grande bractée entourant une inflorescence ou une partie d'inflorescence (ex. : *Araceae*). Tandis qu'un involucre est un ensemble de bractées insérées au même niveau ou à des niveaux rapprochés, sous une fleur (ex. : anémone), ou, le plus souvent, à la base d'une inflorescence.
- les **préfeuilles** et les **bractéoles** (bl) : petits appendices, souvent réduits, situés sur les pédicelles eux-mêmes.

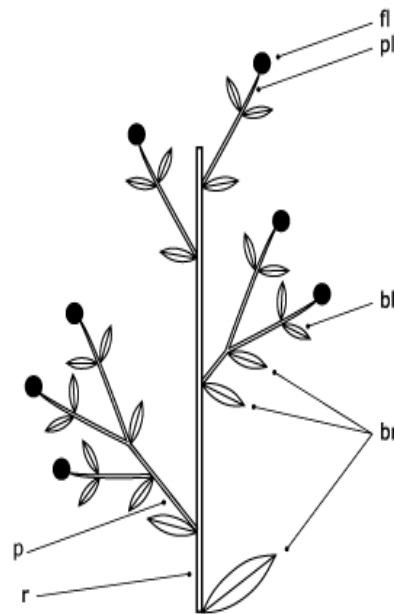


Figure 89 : Différentes parties d'inflorescence.

Malgré cela, la **classification** des inflorescences reste un problème complexe, du fait du grand nombre de dispositions rencontrées et de l'existence de cas plus ou moins intermédiaires. Des termes purement descriptifs sont parfois utilisés pour décrire une inflorescence. C'est le cas notamment pour des inflorescences compactes ne permettant que difficilement l'analyse de la ramification (ex. : les glomérules).

- Inflorescences simples

Elles sont dites "**indéfinies**" (ou monopodiales ou racémeuses) lorsque le bourgeon qui occupe le sommet de l'axe central n'est pas florifère (dans ce cas, la croissance est théoriquement illimitée) et "**définies**" (ou sympodiales ou cymeuses) lorsque l'axe principal porte une seule fleur à son extrémité.

a. Inflorescences simples monopodiales (ou racémeuses ou indéfinies)

L'axe principal présente en principe une croissance prolongée et les pédicelles floraux naissent directement sur cet axe. La floraison est acropète ou centripète, c'est-à-dire qu'elle se fait progressivement de la base vers le sommet ou de l'extérieur vers l'intérieur.

On distingue principalement dans cette catégorie (**Fig. 90**) :

- le **racème** ou **grappe** : l'axe allongé central porte des fleurs dont les pédicelles diminuent de longueur au fur et à mesure que l'on s'approche du sommet de l'axe ;
- l'**épi** : qui est une grappe (racème) à fleurs sessiles (c'est-à-dire dépourvues de pédicelle) ;
- le **corymbe** : variante de la grappe (racème) dans laquelle les pédicelles floraux sont de longueur inégale, amenant toutes les fleurs à peu près au même niveau horizontal ;
- l'**ombelle** : l'axe principal demeure extrêmement court et tous les pédicelles sont insérés pratiquement au même point ; les bractées forment souvent des spathes ou des involucre ;
- le **capitule** : l'axe raccourci mais en même temps plus ou moins élargi, souvent en forme de plateau, porte des fleurs sessiles, les bractées sont souvent disposées en involucre ;

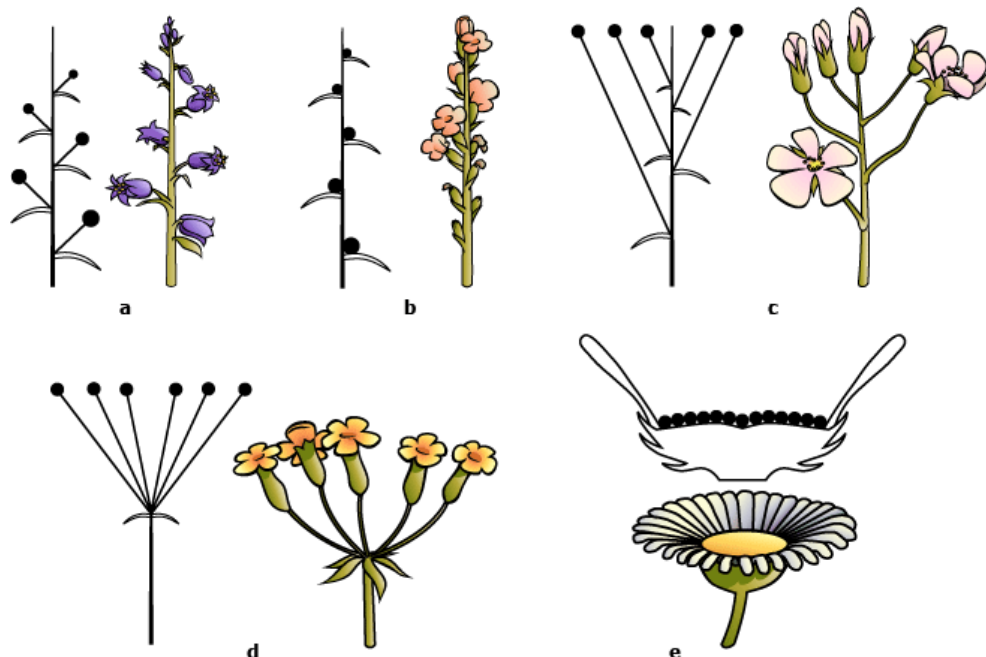


Figure 90 : Inflorescences simples monopodiales :
a. grappe - b. épi - c. corymbe - d. ombelle - e. capitule.

A côté de ces cas, il faut citer quelques variantes remarquables de l'épi :

- le **chaton** : axe grêle et flexible, fréquemment pendant, portant des fleurs réduites unisexuées nues ou à périgone plus ou moins réduit (ex. : *Salicaceae*) ;



- le **spadice** : axe charnu, portant des fleurs réduites, souvent associé à une spathe (ex. : *Araceae*) ;



- L'**épillet** : inflorescence partielle des *Poaceae*, sorte d'épi extrêmement spécialisé. Chaque épillet comprend typiquement à sa base deux bractées dénommées " glumes", une inférieure et une supérieure. Chaque fleur est elle-même entourée de deux bractées, appelées glumelles, la supérieure (paléole ou paléa) souvent plus étroite et plus membraneuse que l'inférieure (lemme ou lemma) ; la fleur elle-même est considérée comme nue ou presque, le périgone étant le plus souvent représenté par deux ou trois très petites écailles, nommées glumellules ou lodicules (Fig. 91).

Par exception, l'axe portant l'épillet est nommé pédicelle plutôt que pédoncule, pour le distinguer des axes de l'inflorescence générale groupant les divers épillets (Fig. 92).

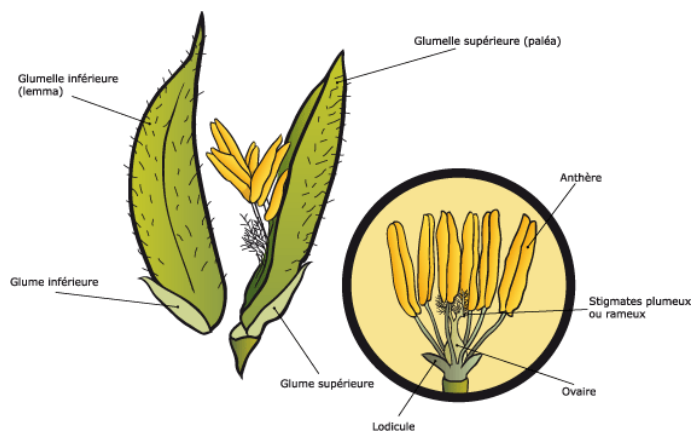


Figure 91 : Epillet uniflore du riz (*Oriza sativa*).

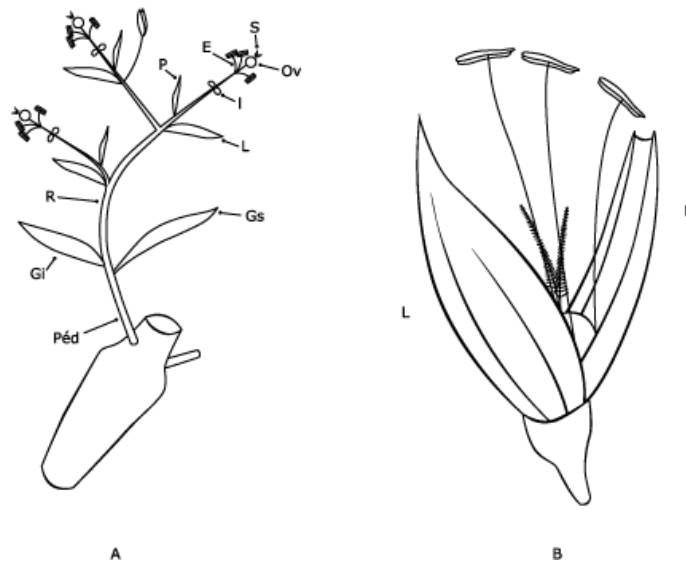


Figure 92 : Structure schématique d'un épillet de *Poaceae* (composée de 3 fleurs) :
A : schéma d'un épillet constitué de 3 fleurs hermaphrodites (**Péd** : pédicelle ; **Gi** : glume inférieure ; **Gs** : glume supérieure ; **R** : rachis ou axe de l'épillet ; **L** : lemme ou lemma ; **P** : paléole ou paléa ; **I** : glumellules ou lodicules ; **E** : étamines ; **Ov** : ovaire ; **S** : stigmates ;
B : structure d'une fleur hermaphrodite avec ses deux glumelles écartées l'une de l'autre (**L** : glumelle inférieure ou lemme ; **P** : glumelle supérieure ou paléole).

b. Inflorescences simples sympodiales (ou cymeuses ou définies)

L'axe principal a une croissance arrêtée (avec souvent formation d'une fleur terminale) ; un, deux ou plusieurs rameaux latéraux se développent rapidement, dépassant l'extrémité de l'axe principal ; à leur tour, ces rameaux voient en général leur croissance arrêtée et ils sont relayés par des rameaux latéraux de deuxième ordre et ainsi de suite.

La floraison est centrifuge, c'est-à-dire qu'elle se fait progressivement de l'intérieur vers la périphérie.

Toutes ces inflorescences portent le nom de **cymes**. Une cyme est donc une inflorescence ramifiée. On en distingue trois types fondamentaux.

(1). La cyme **bipare** (ou dichasiale ou pseudo-dichotomique) : sous une fleur terminale, apparaissent, à l'aisselle de deux bractées opposées (les bractées ne sont pas toujours présentes), deux fleurs de second ordre. Ce motif, se répétant de nombreuses fois forme la cyme bipare. La cyme bipare est donc constituée de deux rameaux latéraux par nœud ;

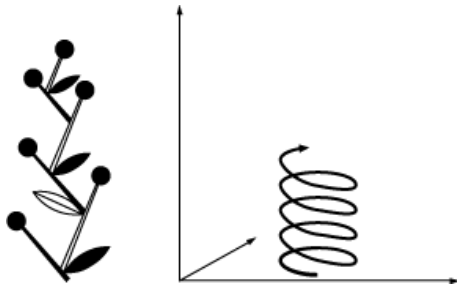


(1) Cyme bipare

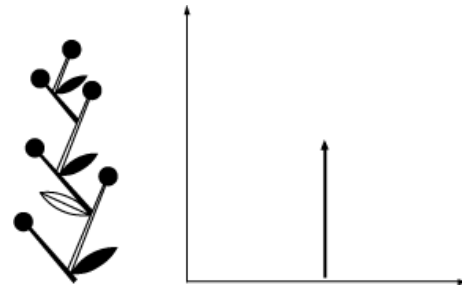
(2). la cyme **unipare** (ou monochasiale) : un seul rameau continue la croissance de l'axe. La cyme unipare se décline en plusieurs variantes selon l'alternance ou l'alignement des ramifications de la cyme :

(a) cyme unipare **hélicoïde** : les rameaux alternent régulièrement et sont en hélice. Ils miment un pseudo-axe.

(b) cyme unipare en **éventail** : les rameaux alternent régulièrement mais sont dans un même plan.

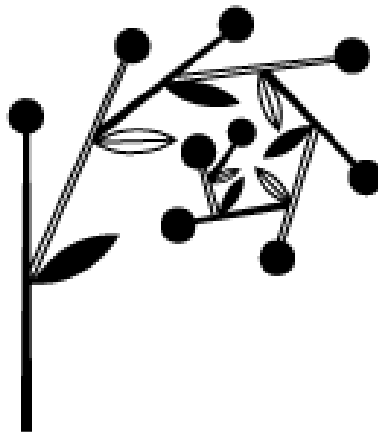


(a) Cyme unipare hélicoïde



(b) Cyme unipare en éventail

(c) cyme unipare **scorpioïde** : les rameaux se développent dans un même plan et du même côté. La cyme unipare s'enroule alors en spirale.



(c) Cyme unipare scorpioïde

- le **glomérule** : cyme, généralement bipare, à ramifications raccourcies avec des groupes de fleurs sessiles insérées au même niveau (**Fig. 93**).

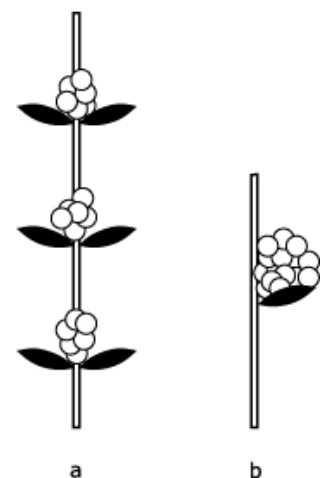


Figure 93 : Deux variantes de glomérule :
a. glomérule (cyme bipare). **b.** glomérule (cyme unipare).

c. Inflorescences composées

L'axe principal de l'inflorescence porte non pas des fleurs mais des inflorescences secondaires (dites **partielles**). Ces dernières sont du même type que l'inflorescence principale (inflorescence composées **homogènes** ou homomorphes ou homotactiques) ou d'un type différent (inflorescences composées **mixtes** ou hétérotactiques) (**Fig. 94**).

--> Les principaux cas rencontrés parmi les *inflorescences composées homogènes* sont les suivants :

- la **panicule** : racème composée de racèmes ;



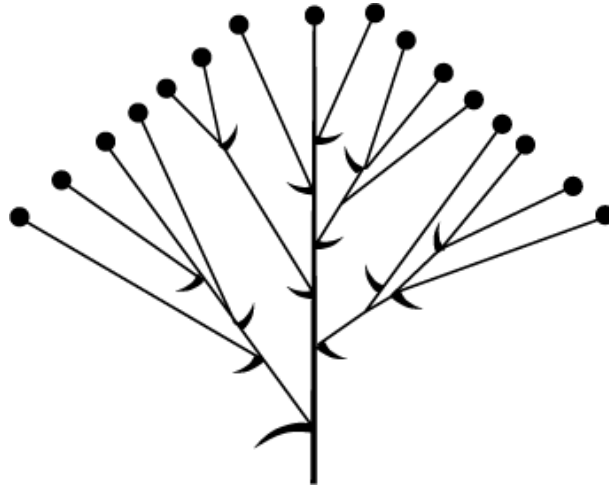
a- Panicule

- l'**ombelle composée** : ombelle composée elle-même de petites ombelles, appelées ombellules ;



b- Ombelle composée

- le **corymbe de corymbes** ;



c- L'épi d'**épillets** (nombreuses Graminées) ;

--> Les principaux cas rencontrés parmi les *inflorescences composées mixtes* sont :

- le **racème de cymes** (Vigne, Thyrse) ;



d- **Racème de cymes**

Figure 94 : Inflorescences composées :

a. panicule - **b.** ombelle composée - **c.** corymbe de corymbes - **d.** racème de cymes.

VII.1.3.2.- FRUITS ET GRAINES

En botanique, un fruit (organe végétal) est la structure porteuse de graines dans les plantes à fleurs ce qui est caractéristique des Angiospermes. Le fruit est formé à partir de l'ovaire après la floraison, il succède à la fleur par transformation du pistil, la paroi de l'ovaire forme le péricarpe du fruit et l'ovule donne la graine.

Le fruit résulte ainsi de la transformation de l'ovaire et de son contenu après fécondation (connu comme un vrai fruit) : les carpelles une fois fécondés, les ovules deviennent des graines et la fleur se transforme en fruit, ce qui implique **une pollinisation**. Cependant, il existe des espèces parthénocarpiques ; elles peuvent produire des fruits sans qu'il y ait eu pollinisation, ce qui donne des fruits dépourvus de graine (ex : la banane, mandarine sans pépins) (**Fig. 95**).

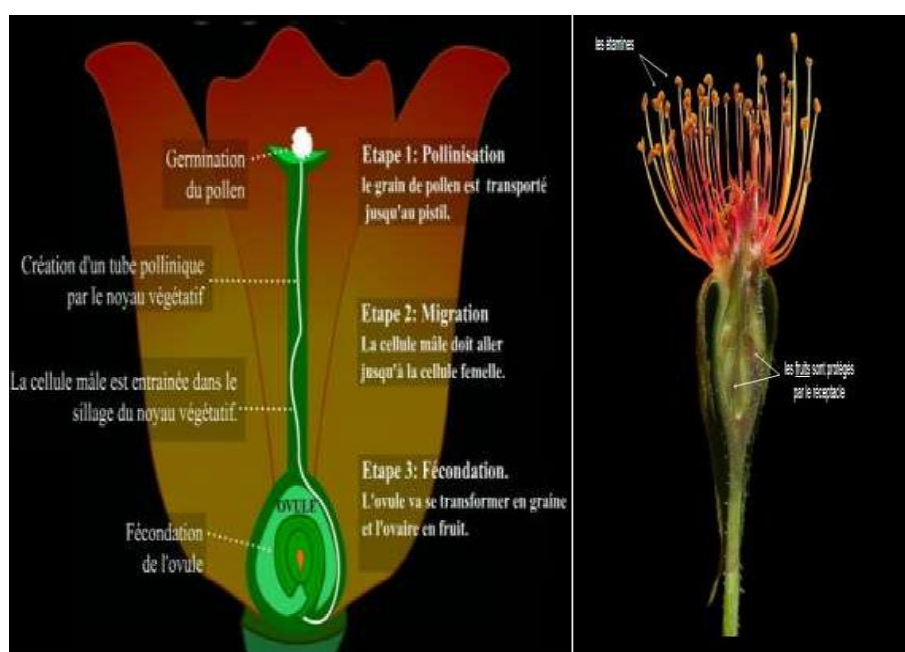


Figure 95 : Différentes étapes de formation du fruit.

85% des plantes à fleurs (Angiospermes) sont colonisées par des insectes qualifiés de pollinisateurs. Les insectes sont de véritables « transporteurs » de pollen, ce qui constitue une lutte contre l'immobilisme des végétaux. La reproduction chez les végétaux correspond à la rencontre d'un gamète mâle et d'un gamète femelle (par le vent, l'eau ou les insectes).

Le dépôt de pollen de l'étamine (organe mâle) d'une fleur vers le stigmate (organe femelle) d'une autre fleur par ces agents permet la fécondation croisée et la reproduction de ces végétaux. Sans fécondation, aucune production de fruits n'est possible. La fécondation croisée chez les végétaux permet une meilleure diversité génétique des populations. Lorsque les ovules sont prêts à être fécondés le stigmate sécrète un liquide visqueux qui retient les grains de pollen. Ceci permet de favoriser la germination et donc la fécondation du gamète mâle avec le gamète femelle. Cette fécondation permet la formation d'un fruit ou d'un légume (**Fig. 96**).

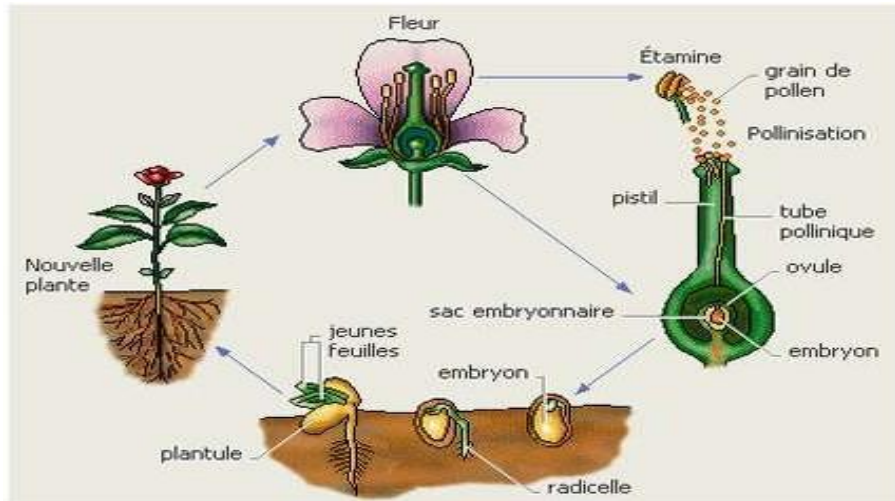


Figure 96 : Cycle de la formation d'une plante.

• a.- Fonctions du fruit

Le fruit favorise la reproduction de l'espèce, en protégeant la ou les graines et en favorisant leur dissémination. Ainsi sa fonction est de protéger les graines au fur et à mesure de leur développement et d'aider leur dispersion.

-La protection des graines en formation se fait **contre les animaux** (le jeune fruit n'attire pas les animaux) et **les contraintes climatiques**.

-Le fruit mûr favorise ensuite **la dissémination des graines**. Cette dissémination se fera d'une manière spécifique au type de fruit par :

- **Les animaux (Zoochorie)** pour les fruits en général colorés, sucrés (mûres) ou riches en nutriments (**châtaigne**),

- **Le vent (Anémochorie)** pour les fruits disposant de parachute (**pappus ou akène de pissenlit**) ou d'une aile (**samare d'érable**),

- **L'eau (Hydrochorie)** pour les fruits flotteurs (**noix de coco**).

• - Transformation de la fleur en fruit

Pendant la transformation de la fleur en fruit on constate les modifications suivantes :

- Le pédoncule floral devient le pédoncule du fruit
- Le réceptacle floral devient le réceptacle du fruit
- Les pièces périnthaires peuvent parfois persister
- La paroi ovarienne (+ la paroi du conceptacle) devient la paroi du fruit.

La paroi du fruit = **péricarpe** résulte de l'évolution post-fécondation de l'enveloppe de l'ovule. En détaillant le péricarpe : épicarpe, mésocarpe, endocarpe, de l'extérieur à l'intérieur. Il y a des restes de style, ou même de stigmate ; on peut retrouver le calice persistant ; aussi le pédoncule floral qui devient **le pédoncule fructifère**. On peut dire que le fruit est l'étape finale de la fleur (**Fig. 97**).

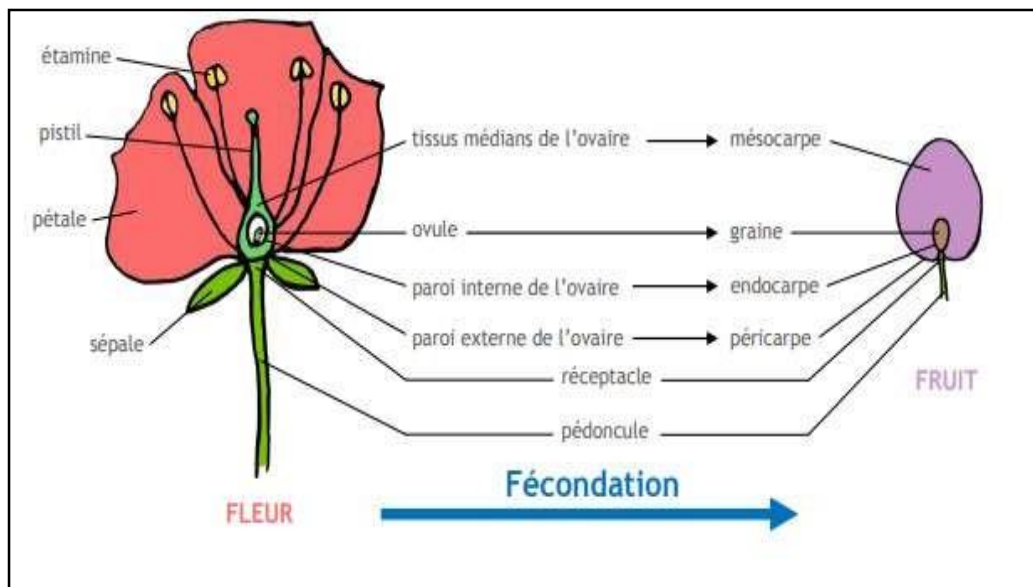


Figure 97 : Transformation de la fleur en fruit.

• b.- Structure anatomique du fruit

Le péricarpe représente la couche externe du fruit, souvent comestible, il est formé à partir de l'ovaire et entourant les graines (**Fig. 98**). Chez certaines espèces, d'autres tissus contribuent à la partie comestible ou en forment la partie comestible.

Le **péricarpe** est la paroi du fruit issue de la transformation après la fécondation de la paroi de l'ovaire. Pour les faux-fruits, il résulte de la transformation du réceptacle floral.

De l'extérieur vers l'intérieur, le péricarpe peut être décrit **en trois couches** :

• - Epicarpe ou l'exocarpe

En botanique, l'épicarpe est **la paroi extérieure d'un fruit**, généralement coloré, usuellement nommé la peau du fruit ou écorce. Il recouvre la couche appelée mésocarpe.

• - Mésocarpe

Il représente la deuxième couche qui est collée à la première et qui donne la partie juteuse des fruits charnus ; Le **mésocarpe** constitue la partie intermédiaire du fruit communément appelée **pulpe** quand il s'agit de fruits charnus. Il dérive de la transformation du parenchyme de la paroi de l'ovaire. Dans le cas particulier des agrumes, la partie externe du mésocarpe, blanche et spongieuse, se nomme albédo.

• - Endocarpe

Il est parfois lignifié et forme le noyau. L'**endocarpe** est le feuillet le plus interne du péricarpe, tissu du fruit entourant la graine. **Il permet notamment de différencier une baie d'une drupe parmi les fruits charnus.** S'il est sclérifié, il forme un noyau autour de la graine (le fruit sera une drupe), s'il ne l'est pas, la graine sera nommée pépin (le fruit sera une baie).

Ainsi, en botanique, on considérera par exemple que l'avocat contient un pépin et la pêche un noyau.

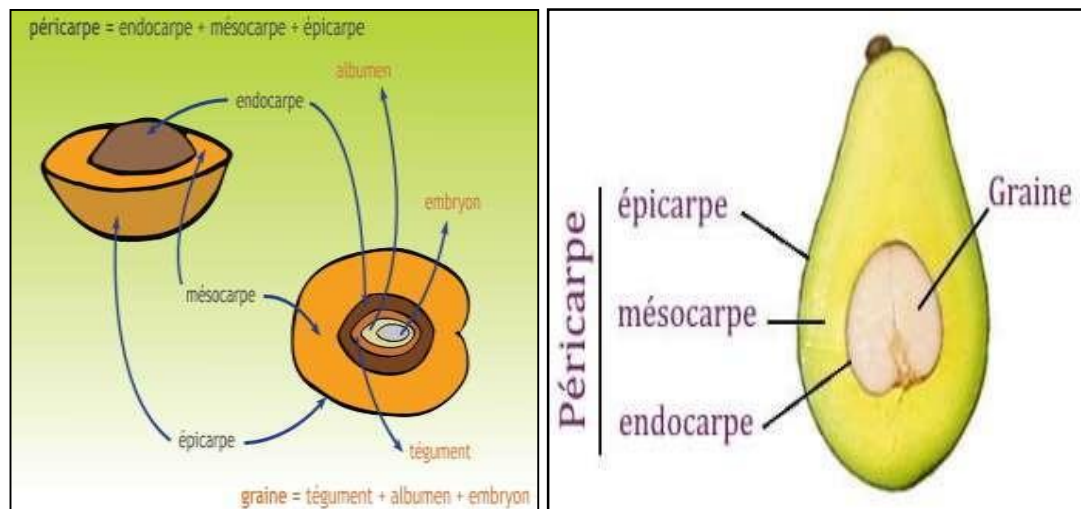


Figure 98 : Structure anatomique du fruit.

c.- Morphologie du fruit

- Fruits simples

Les fruits simples peuvent être secs ou charnus, et résultent de la maturation d'un ovaire simple ou composé dans une fleur avec un seul pistil. Les fruits secs peuvent être soit déhiscents (ils s'ouvrent pour libérer les graines), soit indéhiscents (ils ne s'ouvrent pas pour libérer les graines).

• Fruits charnus

Ce sont des fruits dont une partie ou la totalité du péricarpe (paroi du fruit) est charnu à maturité. L'épicarpe et le mésocarpe deviennent charnus et succulents (parfois d'autres parties). La composition chimique des fruits charnus change selon que le fruit est vert ou à maturité. Lorsqu'il est vert on constate la présence de l'amidon, tanins, acides organiques (dont de l'acide tartrique, malique, citrique).

Cette composition se modifie pendant la maturation du fruit et ces substances tendent à disparaître et on voit apparaître plusieurs sucres : glucose, lactulose, saccharose. On note aussi la disparition de la chlorophylle et la formation des nouveaux pigments dans les fruits murs, souvent des anthocyanes (ex; baie de Troène), des carotènes.

Les fruits charnus sont répartis en deux grandes catégories, les **baies** et les **drupes**.

- Fruits charnus déhiscent (Les baies)

Les baies sont **des fruits à pépins**. Se caractérisent par un épicarpe plus ou moins cutinisé généralement, un mésocarpe charnu, et surtout un endocarpe tendu, c'est-à-dire relativement fin et ténu (Ex. de baies raisins, tomates, pomme, grenade, datte, orange, banane) (**Fig. 99**).



Figure 99 : Fruits charnus déhiscent (les baies).

- Fruits charnus indéhiscent (Les drupes)

Les drupes sont **des fruits à noyaux** contenant une graine nommée amande, leur endocarpe est lignifié. Ex : olive, prune, pêche, cerise, noix de coco. Il y a des drupes multiples (associées) par ex. la framboise (**Fig. 100**).



Figure 100 : Fruits charnus indéhiscent (les drupes).

- **Fruits intermédiaires** dont l'endocarpe n'est pas dur comme un noyau, ni fin non plus. Exemple : la pomme.

• Fruits secs

Les fruits secs sont des fruits à teneur en eau réduite (péricarpe sec), ce qui leur permet une longue conservation, ils sont divisés en deux groupes :

- Fruits secs déhiscent (capsuloides)

C'est des fruits **qui s'ouvrent à maturité par des fentes ou des pores et libèrent ainsi les graines**. Exemple : Capsule (Coton, pavot, iris) ; Follicule et gousse (Pois et Genêt) ; Silique (Chou, moutarde).

Ils sont classés d'après leur mode de déhiscence, c'est-à-dire d'ouverture (**Fig. 101** et **Fig. 102**) :

***Gousses** : ouverture au niveau de la soudure carpellaire et la pliure de la feuille carpellaire ; ex : le haricot. Exception : l'arachide, qui se développe sous terre, ne s'ouvre pas.

***Follicules** : ouverture sur la ligne de suture ; ex : Ancolie, Hellébore.

***Siliques** : c'est le cas des Crucifères ; on parle de silique quand le fruit est plus long que large.

***Silicules** : chez les Crucifères ; quand le fruit est aussi large que long. Dans les 2 cas, il y a soudure de 2 feuilles carpellaires et il s'installe une fausse cloison : le replum. Il y a ouverture par une fente, de part et d'autre du replum. Ex : la Monnaie du Pape, qui est une silicule.

***Pyxides** : petite boîte ronde avec une fente de déhiscence perpendiculairement. Par ex. les Campanulacées.

***Capsules** : fentes à déhiscences diverses ; il y a de nombreuses sortes de capsules : loculicides (fentes au milieu de la paroi de chaque carpelle ayant participé à l'élaboration de l'ovaire), denticides, poricides (des pores peuvent se différencier au sommet ou à la base).



Figure 101 : Fruits secs déhiscentes gousse (pois), capsule (coton), silique (moutarde).

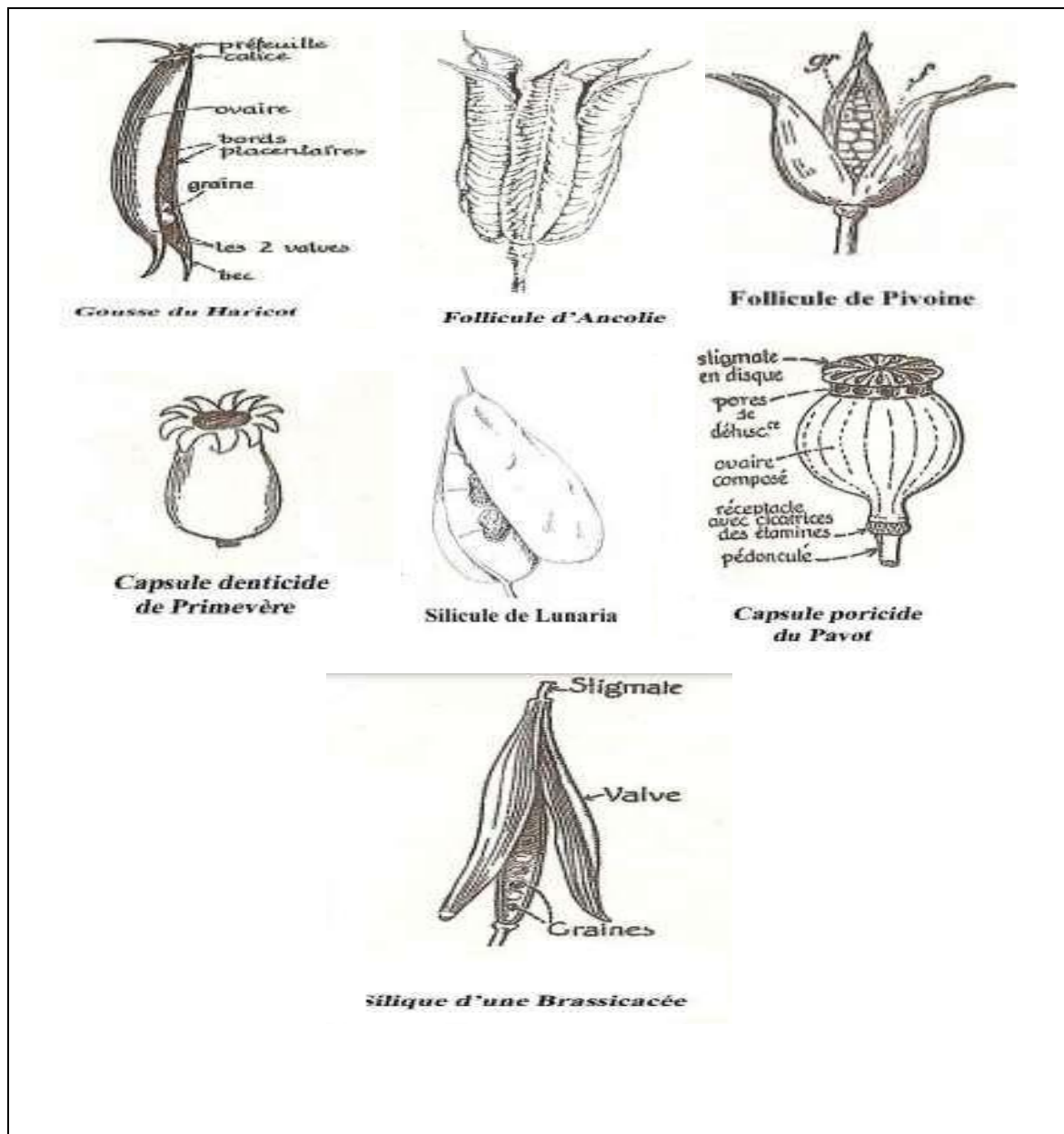


Figure 102 : Différents types de fruits secs déhiscents.

- Fruits secs indéhiscents (akénoïdes)

C'est des fruits qui ne s'ouvrent pas à maturité (**Fig. 103** et **Fig. 104**).

Akène : la graine reste libre à l'intérieur du fruit (Samare, tournesol, fraise) le péricarpe sec enveloppe une seule loge (ovaire uniloculaire) qui ne contient qu'une seule graine. C'est l'akène qui est disséminé avec la graine qu'il contient.

- **Akènes provenant d'ovaires libres :** Fraise (dont les fruits sont les seuls points noirs)
- **Akènes dérivés d'ovaires adhérents :** glands du Chêne, faîne du Hêtre, châtaigne.

- **Samares** : Erable, Orme.

- **Nucules** : noisette.

- **Schizocarpes** : akènes qui proviennent d'ovaires pluricarpellés ; à maturité, ils se divisent en autant de parties que de carpelles constitutifs ; ex : les Malvacées, aussi certaines Apiacées (biakènes), aussi chez les Lamiacées (tétrakènes).

- **Caryopses** : la graine adhère au fruit, c'est le fruit des Graminées : maïs et blé (caryopse de maïs : graine associée à la paroi du fruit)



Figure 103 : Fruits secs indéhiscents (akénoïdes) (maïs, samare érable).

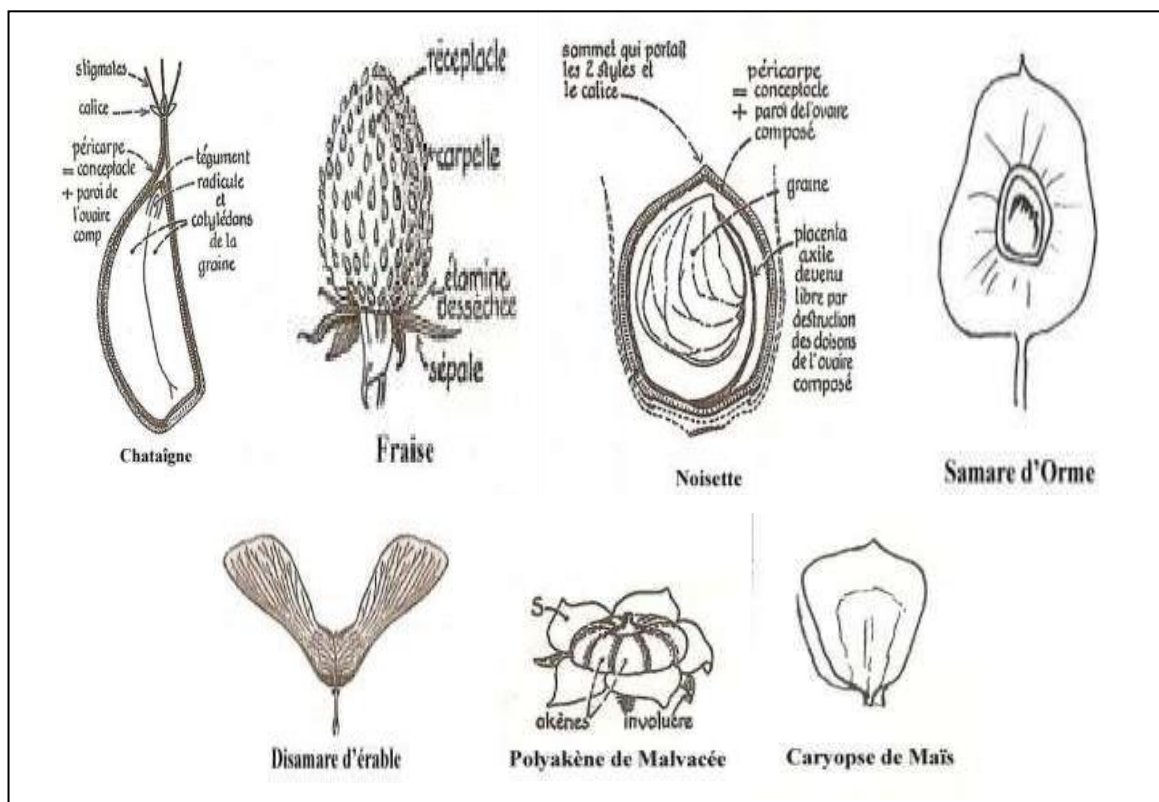


Figure 104 : Différents types de fruits secs indéhiscents (akénoïdes).

- Fruits vrais et faux fruits (Fig. 105, Fig. 106 et Fig. 107)

• Fruits vrais

Les fruits vrais proviennent de la croissance de l'ovaire ou des carpelles. Il n'y a pas de différence entre le fruit et la graine, exemple le blé, la presque totalité est occupée par le fruit qui est l'amande.

• Faux fruits

Dans certains cas, le fruit ne résulte pas de la transformation du pistil et peut avoir une origine plus complexe, c'est un faux fruit. En général, le faux-fruit n'est pas un organe, mais la combinaison de plusieurs organes (**Fig. 105**). Sa formation peut résulter soit :

- De la transformation d'une autre partie de la fleur, le réceptacle floral. L'exemple le plus connu de faux-fruit est la pomme ou la fraise.



- De la transformation d'une autre partie de la fleur, les carpelles, devenant des drupéoles. Ces fruits multiples sont donc des petites drupes agglomérées, on parle alors de polydrupes. C'est le cas de la framboise et de la mure (fruit de la ronce).

- De la transformation de plusieurs fleurs d'une inflorescence que l'on appelle une infrutescence. C'est par exemple le cas de l'ananas, de la figue ou de la mure (fruit du mûrier).

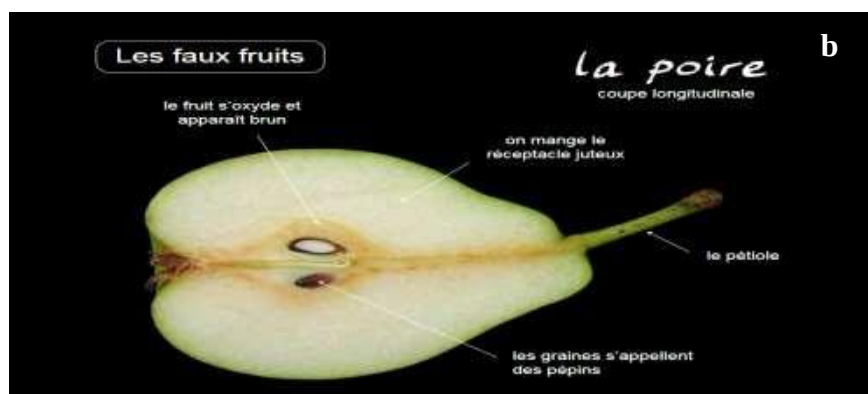


Figure 105 : Faux fruits : a- Fraise, b- Poire.

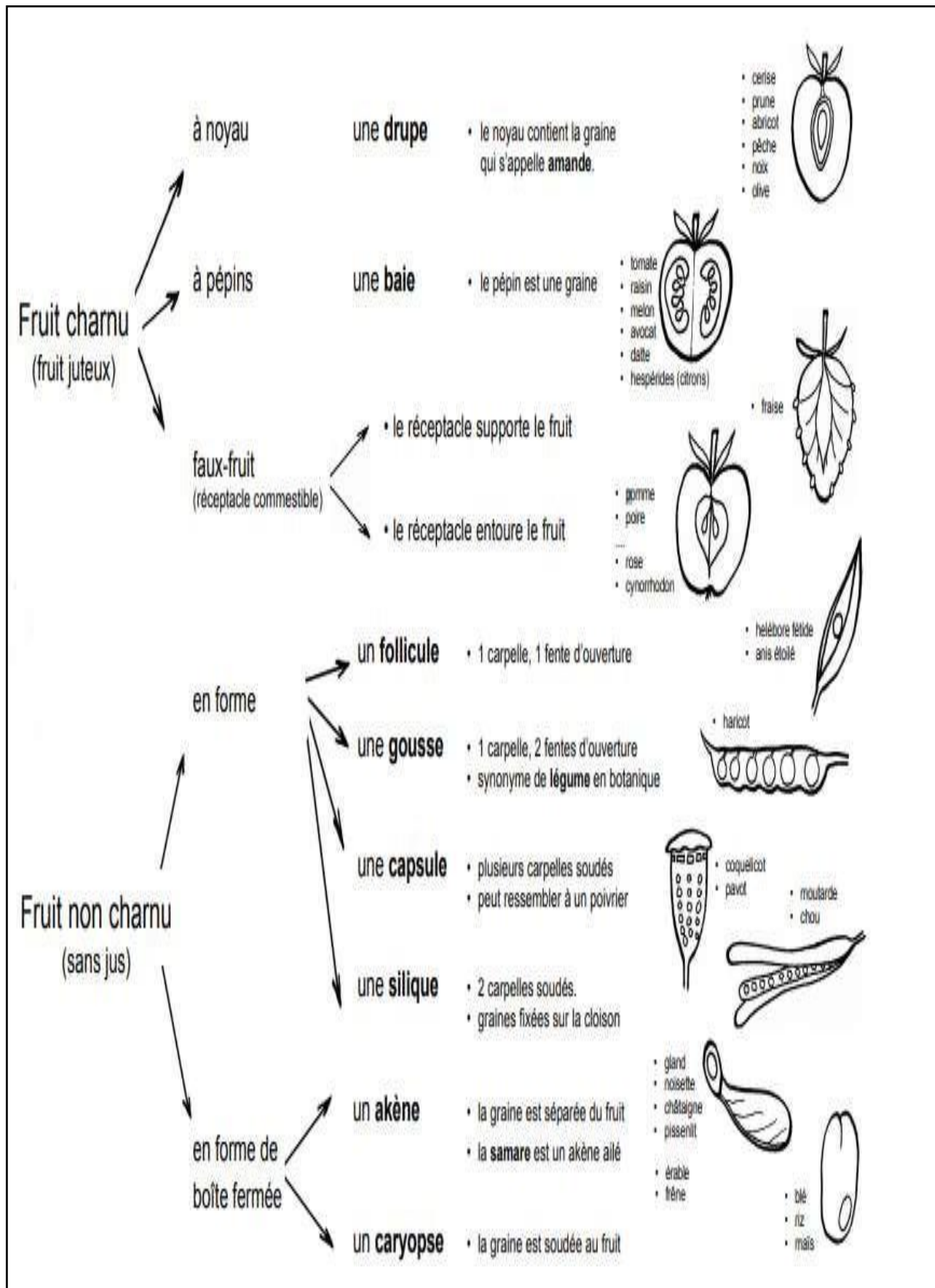


Figure 106 : Classification des fruits.

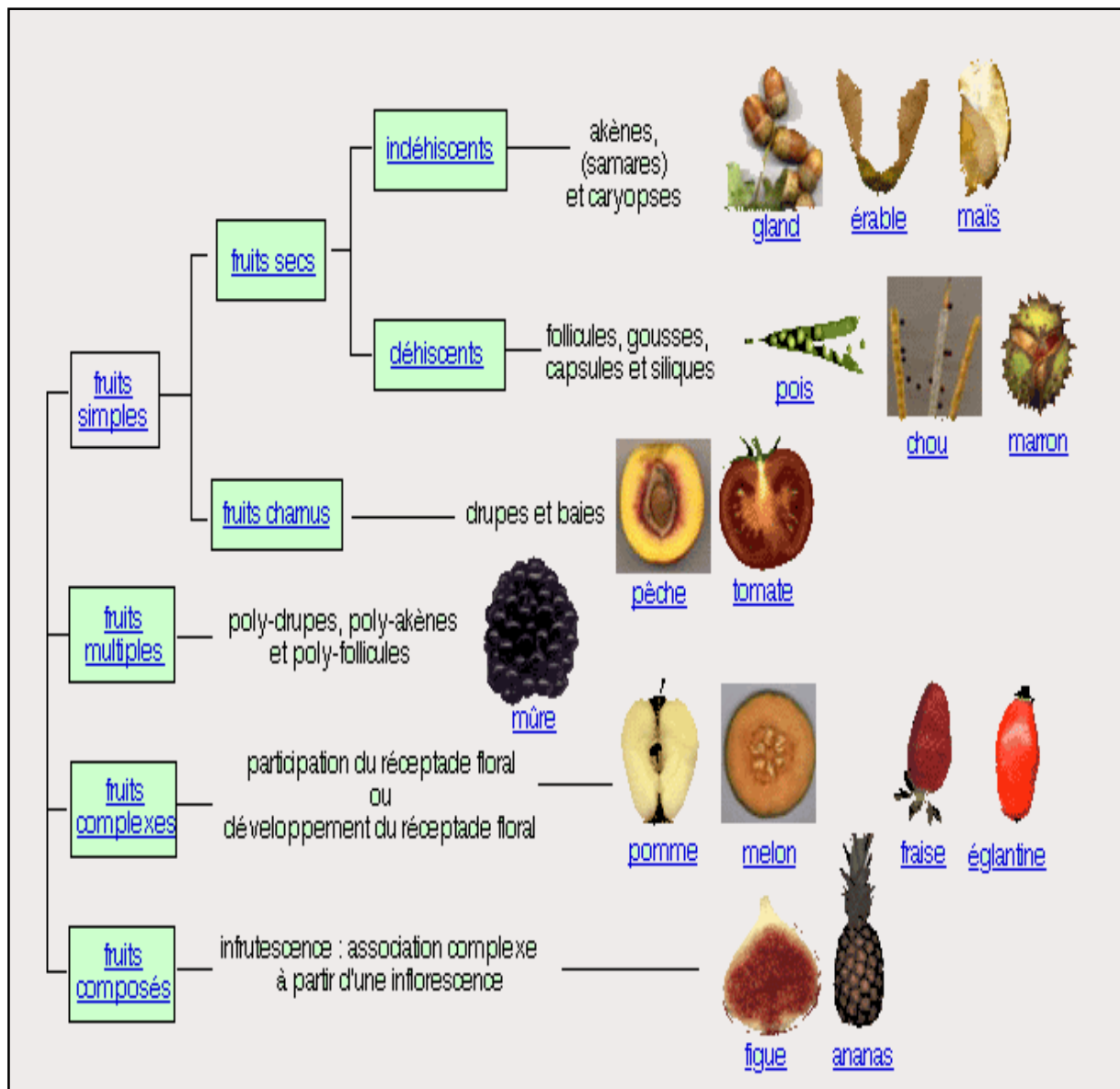


Figure 107 : Fruits simples, multiples, complexes et composés.

VII.1.4.- Différences entre une plante monocotylédone et dicotylédone

Selon les différents organes végétaux étudiés, nous pouvons différencier une plante monocotylédone d'une plante dicotylédone à travers les points suivants qui sont illustrés dans la **figure 108** ci-dessous :

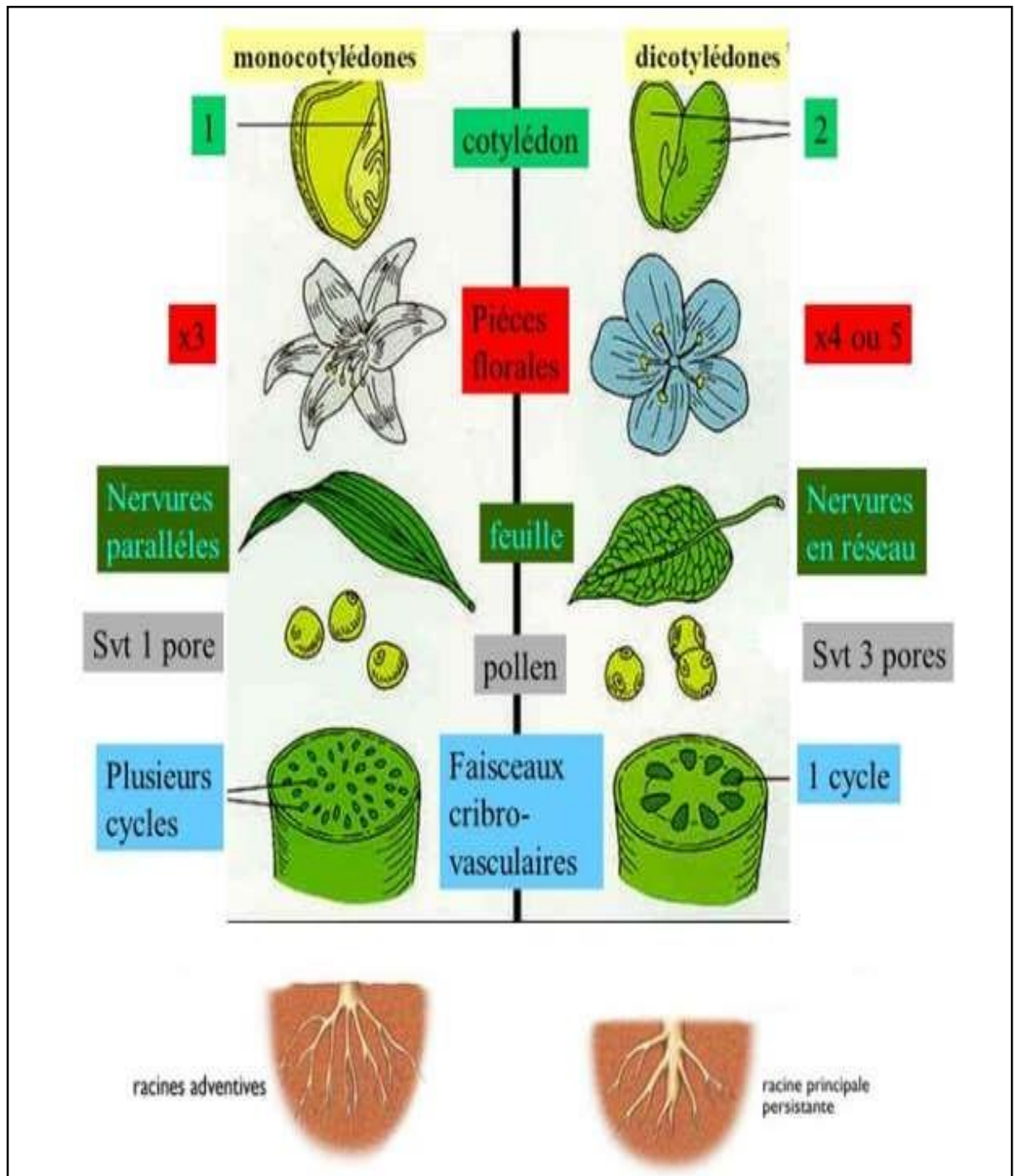


Figure 108 : Différences entre une plante monocotylédone et dicotylédone.

VII.1.5.- Notion de systématique classique et moderne, cladogénèse et principaux taxons. Présentation de la classification APG III (2009)

Traditionnellement, on distinguait chez les plantes à fleurs deux classes (monocotylédones et les dicotédones sur la base du nombre de cotylédons de leur embryon.

La nouvelle classification, basée sur des études moléculaire et morphologique (essentiellement la structure des grains de pollen) est mise au point par des chercheurs regroupés dans l'**Angiosperm Phylogeny Group (APG)**. Au niveau moléculaire, c'est essentiellement l'ADN chloroplastique qui est étudié. Le gène le plus utilisé est le gène *rbcL* qui code la grande sous-unité de la protéine RUBISCO (protéine ayant un rôle dans la photosynthèse). La séquence inter-génique ITS (**I**nternal **T**ranscribed **S**pace) ou IGS (**I**nternal **G**ene **S**pace) qui est une région non codante de l'ADN ribosomique (18S) est également utilisée.

Ce nouveau système, qui est la référence actuelle, distingue chez les Angiospermes, les clades suivants (**Fig. 109**) :

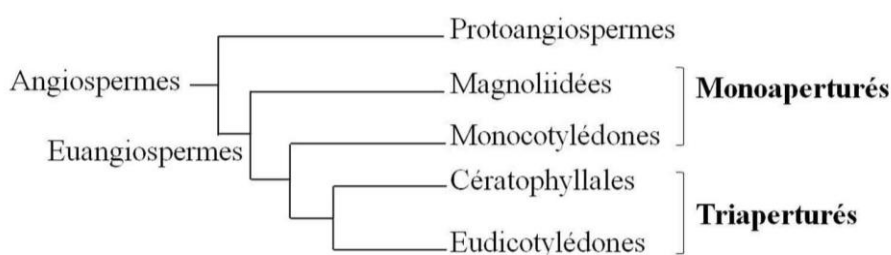


Figure 109 : Phylogénie simplifiée des angiospermes (APGIII, 2009).

Les **Protoangiospermes** sont dites également **paléohérbes**. Elles sont aquatiques ou arbustives et présentent une soudure incomplète des carpelles (fermés par des sécrétions). L'insertion des pièces florales est plus souvent spiralée. Le périanthe est tépaloïde, le pollen monoaperturé et les carpelles sont libres. Ce groupe paraphylétique regroupe les **Amborellales**, les **Austrobaileyales**, les **Chloranthales**, le **Nymphaeales** (**Fig. 110**).

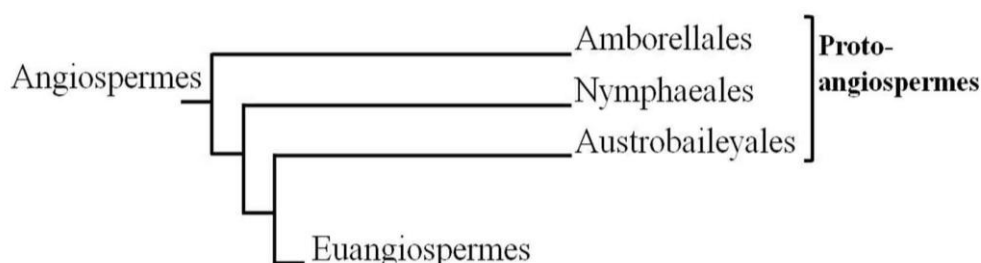


Figure 110 : Phylogénie simplifiée des Protoangiospermes (APGIII, 2009).

Les **dicotylédones archaïques** ou les **Magnoliidées** sont monoaperturés (pollen à un seul pore ou aperture) et dicotylés (deux cotylédons). Ce sont les angiospermes les plus anciennes qui étaient auparavant classées parmi les dicotylédones. Le pollen monoaperturé est une apomorphie partagée aussi par les monocotylédones (groupe proche). En revanche, la présence de deux cotylédons est pour elles une synplésiomorphie, héritée de l'ancêtre commun à toutes les Angiospermes. La fleur est trimère ou à disposition spiralée et le périanthe indifférencié. Les Magnoliidées regroupent les **Canellales**, **Laurales**, **Magnoliales** et les **Pipérales**. Elles correspondent aux Magnoliidae de Cronquist et Takhtajan sans les Renonculales et les Papaverales (**Fig. 111**).

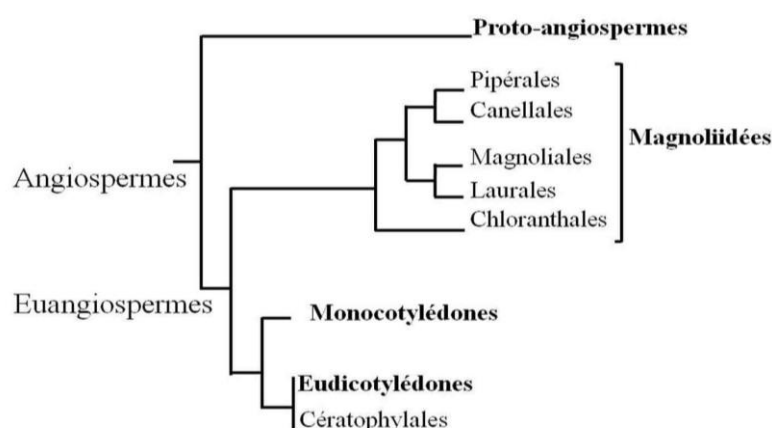


Figure 111 : Phylogénie simplifiée des Magnoliidées (APGIII, 2009).

Les **Monocotylédones** sont **monoaperturés** et **monocotylés**. L'unique cotylédon de l'embryon est une **synapomorphie** des Monocotylédones. Ce caractère proviendrait d'une perte de l'un des cotylédons, présents chez l'ancêtre commun à toutes les Angiospermes. Nous distinguons (**Fig. 112**) :

- Les **Monocotylédones archaïques** proches du stock ancestral (Alismatales, Acorales) ;
- Les **Liliidées** ou **Monocotylédones supérieures homoiochlamidées** : Asparagales, Dioscoréales, Liliales, Pandanales ;
- Les **Commelinidées** ou **monocotylédones supérieure hétérochlamidées** : Commélinales, Zingibérales, Poales, Arécales.

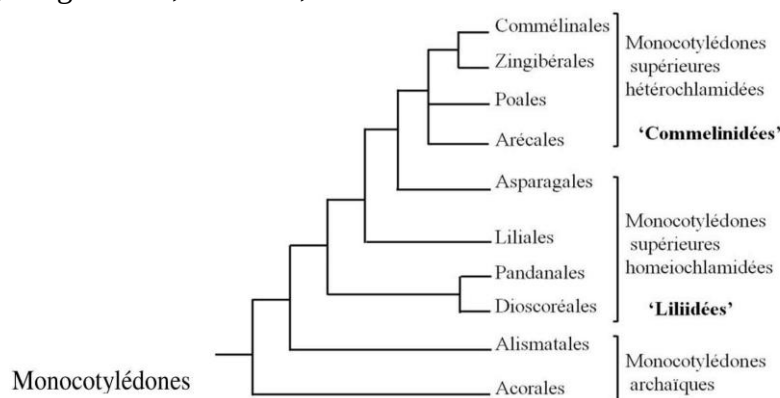


Figure 112 : Phylogénie des Monocotylédones selon APG III (2009).

Les **Dicotylédones vraies** ou **Eudicotylédones (Eudicots)** sont **triaperturés** (ou **tricolpés**) et **dicotylés**. Les grains de pollen à trois apertures sont une **synapomorphie** des Eudicotylédones. D'après les arbres construits à partir des gènes rbcL et ITS, les Eudicotylédones dérivent d'un ancêtre commun, le caractère triaperturé est donc apparu une seule fois au cours du temps. Le caractère monoaperturé du pollen partagé par les autres Angiospermes serait une symplesiomorphie héritée de l'ancêtre commun à toutes les Angiospermes. Dans ce clade des Eudicots, on retrouve.

- **Eudicotylédones archaïques** : souvent à périanthe tépaloïde et à dialycarpie fréquente (Renonculacées, Papavéracées)
- **Eudicotylédones évoluées** dialypétales ou gamopétales le plus souvent (parfois apétales). On retrouve trois sous clade :

***Eudicotylédones Atypiques** ou **Caryophyllidées** à position systématique incertaine (Caryophyllales, Santalales) ;

***Eudicotylédones Supérieures Dialypétales** ou **Rosidées** à pièces florales en verticilles et à calice et corolle différenciés et pentamères (parfois tétramères). On y retrouve les Rosales, Cucurbitales, Fabales, Malpighiales, Brassicales, Malvales et les Sapindales ;

***Eudicotylédones Supérieures Gamopétales** ou **Astéridées** à pièces florales en verticilles et à calice et corolle différenciés pentamères (parfois tétramères). On y retrouve les Ericales, Gentianales, Lamiales, Solanales, Apiales, Dipsacales et les Astérales. Une phylogénie simplifiée des Eudicotylédones est donnée dans la **figure 113**.

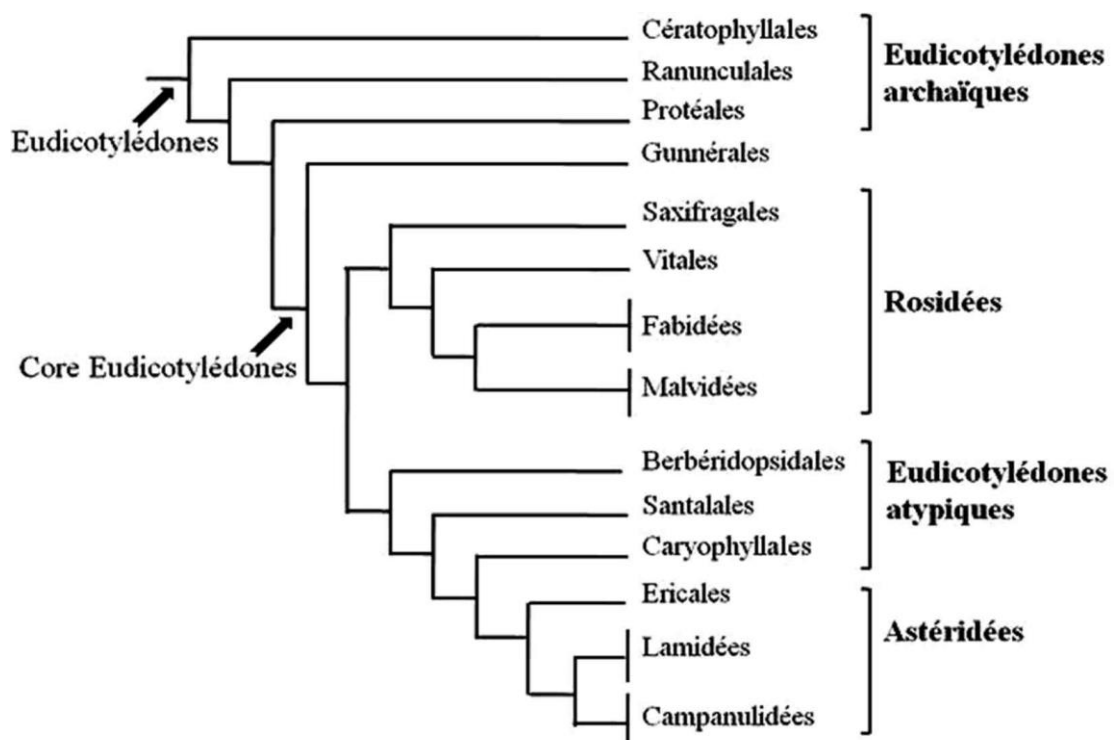


Figure 113 : Phylogénie simplifiée selon des Eudicotylédones APG III (2009).

LEXIQUE BOTANIQUE

Accrescent : Organe continuant à s'accroître ou qui persiste après la floraison.

Acidophile (ou acidiphile) : Plante se rencontrant de préférence ou exclusivement sur sol acide.

Acuminé : Organe dont l'extrémité se termine par une pointe fine et allongée (acumen).

Adulte : Organe ou individu qui est parvenu au terme de sa croissance.

Adventif : Relatif à un organe qui apparaît dans une position bien particulière, en dehors des processus normaux de ramification. Exemple – racines adventives : Racines qui prennent naissance directement sur la tige.

Aigrette : Touffe de poile ou de soies surmontant certains fruits, facilitant leur dispersion par le vent.

Aiguillon : Formation piquante, d'origine épidermique, susceptible de tomber en laissant une cicatrice sur l'organe porteur (à ne pas confondre avec le mot épine (voir ce mot). Ex : rosier.

Aile, ailé : Pétales « latéraux » d'une feuille de légumineuses. Ou membrane mince, longitudinale, sur la tige, le fruit ou une graine, facilitant dans ces deux derniers cas leur dissémination par le vent.

Aisselle : Angle formé par une feuille avec la partie supérieure de la tige. Les bourgeons axillaires se forment à l'aisselle des feuilles.

Akène : (nom masculin, s'écrit aussi achaine, akène ou achaine)
Fruit sec ne s'ouvrant pas à maturité (indéhiscence) et contenant une seule graine libre.

Albumen : Partie de la graine des angiospermes (c'est à dire des plantes à ovules enfermés dans un ovaire (voir ces mots) constituant des réserves consommées par l'embryon lors de son développement.

Alène : Se dit d'un organe en forme de lame mince allongée et effilée.

Alterne : Disposition de diverses pièces ou organes qui sont placés alternativement et non en face de l'autre le long de la tige.

Amphitétanique : Une grande variation de la teneur en eau du sol au cours de l'année.

Amplexicaule : Feuilles ou bractée opposées, embrassant la tige ou le rameau qui les porte.

Annuelle : Plante qui naît, fleurit, fructifie et meurt en moins de 12 mois. On différencie les annuelles d'hiver qui germent généralement en automne et fleurissent au printemps suivant, et les annuelles d'été qui germent au printemps et terminent leur cycle avant l'hiver.

Anthère : Partie terminale d'une étamine, généralement renflée, contenant le pollen. Les anthères sont portées par le filet des étamines.

Apicule : Organe dont le sommet se rétrécit brusquement en pointe courte aiguë (apicule).

Apprimé : Organe appliqué sur un autre sans y adhérer.

Arête, aristé : Appendice filiforme droit et raide prolongeant un organe (généralement une feuille ou une pièce florale).

Article : Portion d'un organe se séparant naturellement d'une autre partie ou de la portion principale de l'organe par des articulations ou des étranglements.

Auriculé : Muni d'oreillettes ou auricules (fréquemment à la base du limbe des graminées).

Autogame : Plante dont la pollinisation de la fleur se fait directement du pollen de celle-ci sur son propre stigmate.

Axillaire : Qualifie un bourgeon, un rameau naissant à la base (à l'aisselle) d'une feuille ou d'un autre rameau.

Baguette : Reste, adhérent à la semence, du pédoncule des fleurs des graminées.

Baie : Fruit de consistance charnue, ne s'ouvrant pas naturellement (indéhiscence), et ne présentant pas de noyau.

Basophile (ou basiphile)

Plante se rencontrant de préférence ou exclusivement sur sol basique.

Bifide : Fendu en 2 jusque vers le milieu de la longueur.

Bipennatifide : Feuille pennatifide dont les segments secondaires sont également pennatifides.

Bipennatiséqué : Feuilles pennatiséquées dont les segments secondaires sont également pennatiséqués.

Bisannuelle : Plante produisant dans une première période de végétation une rosette de feuilles (qui persiste souvent pendant l'hiver) et dans la seconde une tige florifère ; son cycle de développement s'effectue généralement au printemps ou en début d'été, et la plante ne fructifie que la deuxième année.

Bractée : Feuille particulière en forme, couleur et consistance, à l'aisselle de laquelle naît une fleur.

Bractéole : Petite bractée se trouvant à l'aisselle des pédicelles floraux d'une inflorescence composée.

Bulbe, bulbeux : Tige souterraine courte, renflée, lieu d'accumulation des réserves du végétal.

Bulbille : Une sorte de bourgeon renflé accompagnant les fleurs, les feuilles ou les bulbes chez certaines plantes.

Caduc : Relatif à un organe qui se détache tôt de la plante ou d'un autre organe.

Calcicole : Plante qui croît préférentiellement sur sols calcaires. Mais l'apparente préférence pour les sols calcaires peut masquer un besoin de sols chauds et secs.

Calcifuge : Plante qui ne se trouve jamais dans les sols bien pourvus en calcaire.

Calice : Ensemble des pièces florales les plus extérieures de la fleur. Il est composé des sépales.

Calicule : Une sorte de petit calice situé en dessous de ce dernier et constitué de folioles, bractées ou écailles.

Canalicule : Creusé longitudinalement d'un petit sillon en forme de canal.

Capitule : Groupement de fleurs (inflorescence) serrées en « tête » sur un réceptacle commun, simulant une seule fleur.

Capsule : Fruit sec, s'ouvrant spontanément (déhiscent) par des fentes ou des pores, contenant plusieurs graines (issu d'un ovaire à plusieurs carpelles, voir ces mots).

Carène, caréné : Forme d'une feuille ou d'une glume présentant sur le dos une partie saillante longitudinale comme une étrave de bateau. Ou pétale « inférieur » de la fleur des légumineuses

Carpelle : Feuille spécialisée à vocation femelle portant les ovules dans sa partie inférieure. Chez la plupart des plantes supérieures, les carpelles de chaque fleur sont plus ou moins soudés entre eux et constituent le pistil. Ils peuvent aussi rester libres et dans ce cas ils donneront naissance chacun à un akène.

Carpophore : Partie du fruit des ombellifères et de certaines astéracées qui restent fixée à l'inflorescence après la chute du fruit (akène).

Caryopse : Fruit sec indéhiscent à fruit unique des graminées, différent de l'Akène (voir ce mot) par la coalescence des parois du fruit à celui-ci.

Caulinaire : Relatif à la tige : qui appartient à la tige, qui naît sur la tige.

Cespiteux : Qui croît en touffe compacte.

Chaume : Tige des Graminées. Le chaume est creux, sauf au niveau des nœuds.

Cireux : Surface qui à la consistance de la cire.

Cléistogame : Fleur qui ne s'ouvre pas à maturité. La fécondation ne peut s'opérer que par autogamie avec le pollen de la même fleur.

Coalescent : Pièces ou organes soudés

Coléoptile : Gaine cotylédonaire enveloppant l'embryon et la plantule naissante des Graminées.

Collet : Point de jonction de la racine et de la tige. Il peut être indistinct, renflé ou rétréci.

Composé : Feuille formée de plusieurs parties (folioles) apparaissant comme autant de petites feuilles insérées directement sur la nervure centrale. Il existe des feuilles composées pennées et palmées (voir ces mots).

Corolle : Ensemble des pièces florales constitué de Pétales libres ou soudés, généralement colorés, formant la deuxième enveloppe de la fleur (entre le calice et les étamines).

Corymbe : Groupe de fleurs (inflorescence) sur des pédoncules portés par des axes secondaires, tertiaires etc. Partant de points différents mais arrivant à peu près à la même hauteur.

Cotylédon : Première feuille, de forme généralement simple, se développant à partir de l'embryon. Le nombre des cotylédons est généralement de 1 ou 2 : 1 pour les monocotylédones, 2 pour les dicotylédones. Seuls ceux des dicotylédones sont bien différenciés et visibles. Certains cotylédons n'apparaissent pas au-dessus du sol : la germination est dite hypogée (voir ce mot)

Crénelé, crénelure : Bordé de petites dents arrondies plus ou moins égales.

Crépu : Formé de poils frisés en touffes serrées.

Crête : Expansions saillantes ou allongées appartenant à différents organes.

Cyme : Groupe de fleurs (inflorescence), sur des pédoncules rameux latéraux dont chacun dépasse le sommet du rameux précédent. L'extrémité de l'inflorescence est occupée par la fleur la plus ancienne, les ramifications successives peuvent se développer d'un même côté (cyme bipare).

Découpé : Feuilles formées de parties (entières, lobées, crénelées, dentées : voir ces mots) séparées par des échancrures dépassant la moitié de la largeur du demi-limbe ; ces feuilles sont découpées en divisions primaires. Dans le cas de feuilles à division secondaires, ce sont ces divisions qui peuvent-elles même être découpées.

Décurrent : Qualificatif appliqué souvent aux feuilles dont la partie basale du limbe se prolonge en aile foliacée sur la tige ou les rameaux.

Déhiscence, déhiscent : Organe qui s'ouvre naturellement à maturité pour libérer son contenu (graines pour un fruit, grains de pollen pour une étamine).

Dent, denté, dentelé, denticulé : Petites incisions aiguës plus ou moins égales sur le bord de certains organes, les feuilles en particulier.

Dichotome, dichotomique : Divisé en deux parties semblables qui se divisent elles-mêmes en deux parties, et ainsi de suite.

Dioïque : Espèce qui possède des fleurs unisexuées mâles ou femelles sur des individus différents.

Distique : Organes disposés sur un même axe, diamétralement opposés, et se développant dans un même plan.

Divariqué : Qualifie généralement des rameaux ou des tiges, qui se divisent abondamment en formant à chaque fois un angle très obtus.

Drupe : Fruit plus ou moins charnu, ne s'ouvrant pas naturellement (indéhiscent), contenant un noyau à une seule graine.

Duvet, duveteux : Pilosité légère et molle.

Ecaille, écailleux : Petite lame, beaucoup plus courte que les feuilles généralement blanchâtres, scarieuse ou brune qui protège certains organes.

Embrassante : Feuille sans pétiole (sessile) dont la base enserre plus ou moins la tige.

Enroulé : (préfoliation, voir ce mot)

Forme plus ou moins arrondie de la section des gaines et limbe des jeunes feuilles apparaissant enrouler en cigare.

Entière : Feuille dont le limbe ne possède aucune échancrure.

Eperon : Prolongement fin en forme de tube, vers la base des pièces du périanthe (voir ce mot) de certaines fleurs.

Epi : Ensemble de fleurs ou de groupe de fleurs (inflorescence) non pédonculés s'échelonnant le long d'un axe.

Epillet : Élément d'un épi ou d'une panicule (voir ces mots) formé d'une ou plusieurs fleurs insérées par les glumes (voir ce mot).

Epine, épineux : Organe piquant faisant corps avec la tige et le rameau (à ne pas confondre avec aiguillon, voir ce mot). Ex. : prunellier, aubépine.

Espèce : Ensemble des individus présentant un certain nombre de caractères communs plus caractéristiques que ceux définissant le genre, et qui peuvent se croiser en donnant une descendance féconde.

C'est le deuxième terme du binôme définissant une espèce.

Exemple : *Alopecurus myosuroides* – Genre : *Alopecurus*, espèce : *myosuroides*.

Etamine : (nom féminin)

Organe mâle de la fleur composé d'un filet et d'une anthère (voir ces mots) et situé entre la corolle et le pistil.

Fasciculé : S'applique à différents organes de forme allongée qui sont groupés en faisceaux, c'est-à-dire réunis à une des extrémités.

Feuille, feuillé, foliacé : Organe fondamental des végétaux supérieurs, généralement constitué d'un pétiole ou d'un limbe et d'une gaine (graminées).

Feutré : Aspect d'un organe dont la pilosité est courte, dense et en chevêtre.

Filet : Partie amincie de l'étamine d'une fleur, qui porte l'anthère.

Fleur : Appareil de la fructification composé d'organes protecteurs stériles (sépalés, Pétales) et d'organes reproducteurs étamines, pistil. Ou femelles et alors portées par un seul individu (plante Monique) Ou deux (plante Dioïque).

Foliole : (nom féminin)

Division d'une feuille composée.

Fruit : Organe sec ou charnu contenant des plusieurs semences. Il résulte de la croissance du pistil, après la fécondation des ovules.

Gaine, engainante : Base de la feuille ou du pétiole de la feuille entourant plus ou moins complètement la tige. Les gaines des Graminées sont emboîtées les unes dans les autres et recouvrent une grande Les fleurs sont généralement bisexuées (hermaphrodites), mais peuvent être unisexués mâles partis de la tige.

Genouillé : Généralement employé pour qualifier : Un coude au niveau des nœuds de la tige des Graminées. Ou une pliure au niveau des arêtes des fleurs de Graminées.

Genre : Ensemble des individus présentant un certain nombre de caractères communs, moins caractéristiques que ceux définissant l'espèce. C'est le premier terme du binôme définissant une espèce.

Exemple : *Alopecurus myosuroides*- Genre : *Alopecurus*, espèce : *myosuroides*.

Glabre : Dépourvu de toute pilosité.

Glabrescent : Presque glabre ou à pilosité très discrète.

Glanduleux : Qualifie fréquemment un limbe contenant, des glandes situées au niveau des poils et donnant un aspect verruqueux aux feuilles.

Glauc, glaucescent : D'un vert bleuâtre ou blanchâtre.

Glomérule : Groupe de fleurs (inflorescence) sessiles et denses.

Glume : Chacune des 2 pièces externes qui protègent chaque groupe de fleurs (épillet) dans une inflorescence de graminées. On distingue une glume supérieure et une glume inférieure.

Glumelle : Chacune des 2 pièces externes qui protègent chaque fleur à l'intérieur de l'épillet dans une inflorescence de graminées. On distingue une glumelle supérieure et une glumelle inférieure éventuellement munie d'une arête (voir ce mot).

Gousse : Fruit sec, plus long que large, s'ouvrant généralement par 2 valves, sans cloison intérieure, à plusieurs graines, caractéristiques de la famille des légumineuses.

Graine : Unité renfermant l'embryon (issu de la fécondation) et des tissus de réserve, à l'origine de la germination de la nouvelle plante. Les graines sont contenues dans des fruits (baie, gousse) qui peuvent constituer la semence (voir ce mot).

Grappe : Groupe de fleurs (inflorescence) formée d'un axe primaire allongé, portant des axes secondaires échelonnés, terminés chacun par une fleur. Dans une grappe, les fleurs les plus anciennes sont situées dans la partie inférieure de l'inflorescence.

Hasté : En forme de fer muni à la base de 2 lobes plus ou moins étalés horizontalement.

Hérissé : Muni de poiles droits et raides.

Hermaphrodite : Fleur qui comporte les organes reproducteurs mâles (étamines) et femelles (pistil) (voir ces mots)

Hispide : Garni de poils longs, raides, presque piquants.

Hygrophile : Plante vivant dans les graines dont les cotylédons restent sous terre.

Indéhiscent : Fruit qui ne s'ouvre pas naturellement à maturité.

Involucelle : Ensemble de feuilles florales (bractées) insérées en cercle à la base d'une ombellule (voir ce mot).

Involucre : Ensemble de feuilles florales (bractées) insérées en cercle à la base de certaines inflorescences (ombelles, capitules, ...).

Laciniure, lacinié : Découpure étroite, profonde et irrégulière.

Lancéolé : En Forme de fer de lance (atténué aux 2 extrémités).

Latex : Sécrétion blanchâtre ou jaunâtre observable dans les organes jeunes (feuilles, tige, racines) de certaines plantes.

Ligule, ligulé, ligulaire : Terme utilisé pour qualifier différentes formations :

-Chez les Graminées, la ligule est une petite membrane à la jonction de la gaine et du limbe, opprimée sur le chaume.

-Chez les Astéracées, qualifie la Forme des fleurs périphériques (en Forme de languette).

Limbe : Partie élargie de la feuille des dicotylédones ou partie libre, plane, en «V» ou en «U» chez les monocotylédones.

Lobe, lobé : Echancrures plus ou moins arrondies sur le pourtour des feuilles (lobées).

Mésophile : Plant dont les besoins en eau et en humidité atmosphérique sont moyens.

Monoïque : Se dit d'une espèce qui possède des fleurs unisexuées mâles et femelles sur un même individu.

Mucron, mucroné : Pointe courte, droite et raide terminant une feuille.

Multifide : Divisé en lanières nombreuses.

Nectaire, nectar, nectarifère : Glande, située généralement sur les fleurs ou les stipules de feuilles, sécrétant un liquide attirant les insectes (nectar).

Nervation : Disposition des nervures sur le limbe d'une feuille. On distingue les nervations pennées, palmées et réticulées (voir ces mots).

Nervure, nervé : Prolongement et ramifications du pétiole dans le limbe, particulièrement visible sur la face inférieure des feuilles.

Neutrophile : Plante qui croît dans les sols voisins de la neutralité.

Nœud : Point d'insertion d'une feuille sur une tige, quelquefois renflé ou genouillé (voir ce mot).

Oblong : Plus long que large et arrondi aux deux bouts.

Obovale : De la Forme d'un œuf dont la partie la plus large est située à l'extrémité de l'organe.

Obtus : A sommet arrondi.

Ochréa : (nom féminin)

Terme utilisé pour qualifier différentes formations :

-Chez les polygonacées, l'ochréa est une petite gaine, issue des stipules transformées, à la base de la feuille, entourant la tige au-dessus du pétiole.

-Chez les cypéracées, l'ochréa est constituée par une petite gaine qui entoure la base du limbe.

Ombelle : Ensemble de fleurs (inflorescence) dont les pédoncules floraux, égaux entre eux, naissent tous en même point (Forme d'ombrelle) et supportent des fleurs se situant sensiblement sur le même plan. Inflorescence caractéristique de la famille des ombellifères.

Ombellule : Ombelle secondaire portée par chaque rayon d'une ombelle.

Ombilic, ombiliqué : Organe qui présente en son centre une dépression.

Opposé : Disposition de diverses pièces ou organes qui sont placés deux à deux au même niveau et vis l'un de l'autre et non alternativement le long de la tige.

Orbiculaire : Arrondi en forme de cercle.

Oreillette : Petits prolongements arrondis ou aigus (toujours par 2) situés de chaque côté de la base du limbe des graminées.

Ovaire : Partie inférieure du pistil (voir ce mot) formé par la réunion des carpelles (voir ce mot) et contenant les ovules (voir ce mot).

Ovale, ovoïde : De la forme d'un œuf.

Ovule : Cellule femelle contenue dans l'ovaire et qui donnera l'embryon contenu dans les graines ou les fruits après la fécondation.

Paillette : Petite lame insérée sur le réceptacle du capitule de certaines espèces et mêlée aux fleurs.

Palmatifide : Feuille découpée à nervation palmée, à divisions atteignant environ la moitié ou demi limbe.

Palmatilobé : Feuille découpée à nervation palmée (voir ces mots), à divisions n'atteignant pas la moitié du demi-limbe.

Palmatipartite : Feuille découpée à nervation palmée, à divisions dépassant la moitié du limbe.

Palmatiséqué : Feuille découpée à nervation palmée, à divisions atteignant presque le pétiole.

Palmé : Feuille composée dont les folioles se réunissent en un point commun imitant une main ouverte.

Panicule : Ensemble de fleurs (inflorescence) disposées en grappe sur des axes plus ou moins longs et ramifiés. Les fleurs les plus âgées sont situées à la base de l'inflorescence.

Pédoncule, pédonculé : Axe plus ou moins long, généralement non ramifié, issu de la tige et portant les fleurs et les fruits.

Pédicelle, pédonculé : Support de chaque fleur lorsque le pédoncule (voir ce mot) est ramifié (petit rameau fructifère).

Pennatifide : Feuille découpée dont les divisions sont disposées de chaque côté de la nervure principale et dont les échancrures atteignent environ la moitié du demi-limbe.

Pennatilobé : Feuille découpée dont les divisions sont disposées de chaque côté de la nervure principale et dont les échancrures n'atteignent pas la moitié du demi-limbe.

Pennatipartite : Feuille découpée dont les divisions sont disposées de chaque côté de la nervure principale et dont les échancrures dépassent la moitié du demi-limbe.

Pennatiséqué : Feuille découpée dont les divisions sont disposées de chaque côté de la nervure principale et les et dont les échancrures atteignent presque la nervure principale.

Penné : Feuille composée dont les folioles sont disposées de chaque côté du pétiole comme les barbes d'une plume.

Perfolié : Qualifie une feuille embrassant totalement la tige, si bien que celle-ci semble traverser la feuille.

Périanthe : Ensemble des enveloppes de la fleur généralement constitué du calice et de la corolle (voir ces mots).

Pétale (nom masculin), **Pétaloïde**

Chaque des pièces, généralement colorée, constituant la corolle (voir ce mot) de la fleur.

Pétale, pétiolé : Partie inférieure et étroite de la feuille, assurant la jonction entre le limbe et la tige.

Pétiolule, pétiolulé : Petite pétiole portant une foliole d'une feuille composée.

Pistil (nom masculin)

Ensemble constitué de l'ovaire, du style et du stigmate (voir ces mots), constituant la partie femelle d'une fleur.

Pivotant : Se dit d'une racine principale particulièrement développée assurant l'ancrage de la plante.

Plantule : Dans ce logiciel, la plantule désigne les premiers stades de développement d'une plante :

- Pour les dicotylédones, présence des cotylédons et de quelques feuilles.
- Pour les monocotylédones, la plantule correspond au stade 4 feuilles (c'est à partir de ce stade que la plantule peut être identifiée).

Pliée (préfoliation)

Gaines aplaties et limbe des jeunes feuilles apparaissant plier longitudinalement.

Pollen : Poussière s'échappant des étamines (voir ce mot) de la fleur, constituée de cellules mâles (grains de pollen) qui assureront la fécondation de l'ovule (voir ce mot).

Préfoliation (des Graminées)

Disposition et forme des feuilles non encore développées et encore contenues dans les gaines.

Pruineux : Qualifie l'aspect cireux blanchâtre de certains organes.

Psammophile : Qui croît préférentiellement sur sols sableux.

Pubérulent : Faiblement et brièvement pubescent.

Pubescence, pubescent : Caractère d'un organe qui possède des poils. La forme, la disposition et la couleur des poils caractérisent la pubescence.

Pyxide : Fruit sec sphérique (capsule) s'ouvrant circulairement à la maturation (déhiscent) et contenant plusieurs graines.

Racine, radicelle : Organe végétatif d'une plante, généralement souterrain, souvent divisé (radicelle), assurant la fixation et l'alimentation de la plante.

Réceptacle : Sommet élargi du pédoncule portant les éléments constitutifs de l'inflorescence.

Réticulé : Se dit de nervures entrecroisées en réseau comme les mailles d'un filet.

Rhizome, rhizomateux : Tige souterraine vivace, gorgée de réserves, souvent horizontale, portant tiges et racines souterraines.

Ronciné : Feuille pennatifide (voir ce mot), à lobes aigus dirigés vers le bas.

Rosette : Ensemble de feuilles partant du collet (voir ce mot), souvent appliquées au sol et régulièrement étalées.

Sagitté : En forme de fer de flèche.

Scabre : Très rude au toucher.

Scarieux : Mince, membraneux et transparent

Scorpioïde : Roulé en crosse ou en queue de scorpion. Ce terme s'applique essentiellement aux inflorescences particulières, en cyme, des Borraginacées.

Semence : Élément de dispersion par semis. Généralement les semences sèches sont constituées de la graine (voir ce mot) nue ou de la graine munie des enveloppes du fruit (voir ce mot).

Sépale (nom masculin)

Chacune des pièces, généralement verte, constituant le calice (voir ce mot) de la fleur.

Silicule : Petite silique (voir ce mot) dont la longueur n'excède pas beaucoup la largeur.

Silique : Fruit sec, plus long que large, s'ouvrant naturellement par 2 valves, avec une cloison inférieure, à plusieurs graines, caractéristique de la famille des Crucifères.

Simple (feuille) :

Une feuille simple est une feuille à limbe entier ou plus ou moins découpé, dont les échancrures n'atteignent pas la moitié de chaque demi- limbe.

On distingue les feuilles entières, dentées, crénelées, lobées (voir ces mots).

Sinué : Feuille présentant des lobes arrondis séparés par des dépressions également arrondies appelées sinus.

Sommité : Extrémité d'une tige ou d'une plante. Dans ce logiciel, correspond au stade plantule (voir ce mot) ou à la phase non reproduction de la plante.

Sous espèce (subsp.) : Ensemble des individus présentant un certain nombre de caractères communs plus caractéristiques que ceux définissant l'espèce, et qui peuvent se croiser en donnant une descendance féconde.

C'est le troisième terme qui peut apparaître dans la définition d'une espèce.

Exemple : *Arrhenatherum elatius* subsp. *Bulbosum*- Genre : *Arrhenatherum*, espèce : *elatius*, sous espèce : *bulbosum*.

Soyeux, soie : Couvert de poils fins, longs et doux (soies).

Spadice : Ensemble des fleurs unisexuées (inflorescence) portées par un axe simple chez les Aracées. Les fleurs mâles occupent le sommet, les fleurs femelle la base.

Spathe : Grande bractée qui enveloppe, au stade jeune, l'inflorescence en spadice (voir ce mot) des Aracées.

Spatulé : En forme de spatule, c'est à dire élargi à l'extrémité.

Spiciforme

En forme d'épi (voir ce mot).

Sporange

Dans ce logiciel, sorte de capsule renfermant les spores (unité de reproduction) des équisétacées.

Stigmate, stigmatique

Extrémité glanduleuse du pistil ; le stigmate est porté par le style (voir ce mot).

Stipules : (nom féminin), **Stipulé**

Paire d'appendices saillants foliacés ou membraneux, situés à la base de la feuille.

Stolon, stolonifère : Tige aérienne rampante portant çà et là des tiges et des racines permettant la multiplication végétative.

Style : Petit filet qui surmonte l'ovaire (voir ce mot) et qui porte le ou les stigmates (voir ce mot).

Thalle : (nom féminin)

Chacune des ramifications qui naissent de la tige d'une graminée et qui constitue peu à peu une touffe plus ou moins dense.

Tomenteux : Couvert d'une pubescence cotonneuse entrecroisée et feutrée.

Tripennatipartite : Feuille pennatipartite (voir ce mot) dont les segments secondaires et tertiaires sont également pennatiséqués.

Tubercule, tuberculeux : Renflement souterrain de la tige (ou de la racine) rempli de substances de réserves permettant la multiplication de la plante.

Valve : Pièce généralement allongée composant l'enveloppe des fruits déhiscent (voir ce mot) en particulier chez les légumineuses et les crucifères.

Variété (var.) : Ensemble des individus présentant un certain nombre de caractères communs plus caractéristiques que ceux définissant l'espèce.

C'est le troisième terme qui peut apparaître dans la définition d'une espèce.

Exemple : *Setaria viridis* var. *major*- Genre : *Setaria*, espèce : *viridis*, variété : *major*.

Végétatif : Dans ce logiciel, correspond au stade plantule (voir ce mot) ou à la phase non reproductrice de la plante.

Verticille, verticillé : Plus de 2 organes rangés en cercle autour d'un axe.

Vivace : Plante dont la durée de vie dépasse largement un an grâce à son appareil végétatif (bulbes, rhizomes, ...).

Volubile : Tige grimpante qui s'enroule autour de son support.

Vrille, vrillé : Filament volubile (voir ce mot) terminant ou remplaçant des feuilles.

Xérophile : Plante vivant dans les habitats secs, soit par leur substrat, soit par leur atmosphère.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **APG II. 2003.** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. Bot. J. Linnean Society 141:399–436.
- [2] **APG III. 2009.** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. Bot. J. Linnean Society 161:105–121.
- [3] **Lecointre G. et Le Guyader H. 2001.** Classification phylogénétique du vivant. Ed. Belin.
- [4] **Reviers de B. 2002.** Biologie et Phylogénie des algues. Tome 1 et 2. Ed. Belin.
- [5] **Meyer S., Reeb C. et Bosdeveix R. 2004.** Botanique : Biologie et Physiologie végétales. Ed. Maloine.
- [6] **Dupont F., Guignard J.L. 2012.** Botanique Les familles de plantes. Ed. Elsevier-Masson

ANNEXES

Annexe 01 : Fiche d'enseignement de la matière.

Unité d'Enseignement (UE) : Fondamentale

Enseignant (s) responsable (s) de l'UE :

Semestre d'étude de l'UE : Semestre 2

Matière enseignée : Botanique

Enseignant (s) responsable (s) de la matière : Mériem MARFOUA

Volume horaire hebdomadaire : Cours : 1h30 / TD : 00 / TP : 2h30

Modes d'évaluation :

1 / Durée de l'examen de fin de semestre : Epreuve de Moyenne Durée (1h30) et celui du rattrapage (1h30).

2 / Contrôles continus (Préciser la pondération de chaque élément du tableau suivant selon la composition de la matière) :

Travaux dirigés			Travaux pratiques			Exposés	
Assiduité	Participation	Interro	Assiduité	Participation	Comptes-rendus	Ecrit	Oral
pts	pts	pts	05 pts	05 pts	10 pts	pts	pts

Objectifs de la matière (2 à 4 lignes) :

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.

Contenu de la matière (Chapitres et paragraphes, 10 lignes maximum)

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. Les 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 classifications (Engler 1924, APG II)

Travaux pratiques :

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. 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...etc.

TP N°9. Angiospermes : Monocotylédones.

Morphologie florale des Angiospermes Monocotylédones sur des exemples comme *Asphodelus* (ou *Allium*)

TP N°10. Angiospermes : Eudicotylédones.

Morphologie florale des Angiospermes Eudicotylédones sur des exemples comme *Lathyrus* ou *Vicia*.

TP N°11. Reproduction sexuée chez les Angiospermes

Grain de pollen, pollinisation et fécondation chez les angiospermes, types de fruits et types de graines.

Références (ouvrages et photocopiés, sites internet, etc.).

Table des matières

AVANT-PROPOS	01
CHAPITRE I : INTRODUCTION A LA BOTANIQUE	03
I.1.- DEFINITION D'UN VEGETAL	04
I.2.- HISTORIQUE DE LA BOTANIQUE.....	04
I.3.- DEFENITION DE LA BOTANIQUE	05
I.4.- RANG TAXONOMIQUE (BOTANIQUE).....	05
I.5.- CLASSIFICATION DES VEGETAUX	07
I.5.1.- Classification classique.....	07
I.5.2.- Classification actuelle	07
a.- Le règne des Monères	07
b.- Le règne des Protistes.....	08
c.- Le règne des Mycètes	08
d.- Le règne des Végétaux.....	08
e.- Le règne des Animaux	08
PREMIERE PARTIE : Les Thallophytes	09
CHAPITRE II : LES ALGUES	09
II.1.- LES ALGUES.....	10
II.1.1.- Généralités	10
II.1.2.- Caractéristiques cytologiques	10
II.1.3.- Structure de l'appareil végétatif	13
II.1.4.- Mode de nutrition.....	14
II.1.5.- Répartition	15
II.1.6.- Habitats	18
II.1.7.- Reproduction	22
II.1.8.- Les principaux groupes des algues	27
II.1.5.- Répartition.....	15
II.1.6.- Habitats	18
II.1.7.- Reproduction	22
II.1.8.- Les principaux groupes des algues	27
CHAPITRE III : CHAMPIGNONS ET LICHENS	32
III.1.- LES CHAMPIGNONS.....	33
III.1.1.- Généralités.....	33
III.1.2.- Structure des champignons	33
III.1.3.- Nutrition	34
III.1.4.- Habitat	36
III.1.5.- Dispersion	36
III.1.6.- Reproduction.....	36
III.1.7.- Les principales classes des mycètes	40

III.2.- LES LICHENS.....	45
III.2.1.- Généralités.....	45
III.2.2.- La morphologie des lichens.....	45
III.2.3.- Organes particuliers du thalle	46
III.2.4.- L'écologie des lichens	47
III.2.5.- L'intérêt des lichens	48
III.2.6.- Les lichens et la pollution atmosphérique	48
DEUXIEME PARTIE : Les Embryophytes	52
CHAPITRE IV : LES BRYOPHYTES	53
IV.1.- LES BRYOPHYTES	53
IV.1.1.- GENERALITES	53
IV.1.2.- MORPHOLOGIE.....	54
IV.1.3.- PHYSIOLOGIE.....	55
IV.1.4.- HABITAT ET REPARTITION	55
IV.1.5.- Classification	55
IV.1.5.1- MARCHANTIOPHYTES (OU HEPATIQUES).....	55
a.- Morphologie	55
b.- Ecologie et habitat	56
IV.1.5.2- ANTHOCEROPHYTES (OU ANTHOCEROTES).....	57
a.- Morphologie	57
IV.1.5.3.- BRYOPHYTES sensu stricto (OU MOUSSES OU MUSCINEES).....	59
a.- Morphologie	59
b.- Classification des mousses.....	60
c.- Reproduction des mousses.....	61
CHAPITRE V : LES PTERIDOPHYTES	64
V.1.- LES PTERIDOPHYTES	65
V.1.1.- GENERALITES	65
V.1.2.- MORPHOLOGIE	65
V.1.2.1.- SPOROPHYTES	66
a.- Les racines	66
b.- Les feuilles ou frondes	66
V.1.2.2.- GAMETOPHYTES	66
V.1.3.- PHYSIOLOGIE	67
V.1.4.- Reproduction	67
V.1.4.1.- LES ORGANES REPRODUCTEURS.....	67
a.- Les sporanges	67
b.- Les gamétanges.....	68
V.1.4.2.- REPRODUCTION ASEXUEE	68
V.1.4.3.- REPRODUCTION SEXUEE	69
V.1.5.- Classification	69
V.1.5.1.- LES LYCOPIDINEES	70
V.1.5.2.- LES EQUISETINEES.....	72
V.1.5.3.- LES FILICINEES	72

CHAPITRE VI : LES GYMNOSPERMES	74
VI.1.- LES GYMNOSPERMES	76
VI.1.1.- GENERALITES	76
VI.1.1.1.- LES CYCADOPHYTES	76
a.- Appareil végétatif	76
b.- Appareils reproducteurs	76
c.- Cycle de reproduction des Cycadophytes	78
VI.1.1.2.- LES GINGKOPHYTES	79
a.- Appareil végétatif	79
b.- Appareils reproducteurs	79
VI.1.1.3.- LES PINOPHYTES.....	80
a.- Anatomie	80
b.- Appareils reproducteurs	80
c.- Classification	80
VI.1.1.4.- LES GNETOPHYTES	82
a.- Généralités	82
b.- Appareil végétatif	82
c.- Appareils reproducteurs	83
d.- Reproduction	84
e.- Classification.....	84
CHAPITRE VII : LES ANGIOSPERMES	87
VII.1.- LES ANGIOSPERMES.....	88
VII.1.1.- Généralités	88
VII.1.2.- Appareil végétatif	89
VII.1.2.1.- TIGE.....	90
VII.1.2.2.- FEUILLE	91
VII.1.2.3.- RACINE	92
VII.1.3.- Appareil reproducteur.....	92
VII.1.3.1.- FLEUR	93
VII.1.3.2.- INFLORESCENCE	112
VII.1.3.3.- FRUITS ET GRAINES.....	120
VII.1.4.- Différences entre une plante monocotylédone et dicotylédone	131
VII.1.5.- Notion de systématique classique et moderne, cladogénèse et principaux taxons. Présentation de la classification APG III (2009).....	132
LEXIQUE BOTANIQUE	135
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	148
ANNEXES	149