

## I. Classification, Taxonomie et Systématique :

### I.1. Classification

On appelle classification, le classement des êtres vivants en groupes plus ou moins importants, en utilisant des critères bien choisis (un critère est un caractère que possèdent les êtres vivants et qui peut être utilisé pour les classer). Les disciplines impliquées dans la classification sont : la systématique et la taxonomie.

- **Systématique** : elle cherche à établir une description des espèces et les organiser les unes par rapport aux autres au sein d'une classification en s'intéressant aux relations évolutives entre les espèces.
- **Taxonomie** : elle s'occupe de l'attribution des noms (la nomenclature) et de la construction des systèmes hiérarchiques.

- **Hiérarchisation taxonomique**

Devant l'immensité du nombre des organismes, il est nécessaire de ranger et de mettre en ordre les taxa (taxon : **une entité conceptuelle qui est censée regrouper tous les organismes vivants possédant en commun certains caractères taxonomiques bien définis**) dans un système hiérarchique.

Les taxa les plus utilisés sont **Règne, Embranchement, Sous-embranchement, Classe, Ordre, Famille, Genre et Espèce**.

### I.2. Règles de nomenclature botanique

La nomination des espèces repose sur le code international de nomenclature botanique. Le dernier code remis à jour a été adopté par le 17<sup>ème</sup> congrès de botanique de Vienne en 2005. Le nom d'une plante est toujours **un binôme latinisé**. Le nom de genre débute par une Majuscule et s'écrit en *italique* ou est souligné comme par exemple : *Ulva*, *Avena*, *Medicago*, *Lens*.

Le nom d'espèce est écrit en minuscule, en *italique* ou souligné : *lactuca*, *sterilis*, *truncatula*, *culinaris*. Le binôme nomenclatural est suivi du nom (ou du nom abrégé) du premier auteur qui a décrit la plante, par exemple : *Avena sterilis* L. (L. pour Linné), *Lens culinaris* Medik. (Medik. pour Medikus).

## II. Classification du monde du vivant et place des végétaux :

### II.1. La classification des deux règnes de Linné (1753)

Linné (1753) a divisé les êtres vivants en **animaux** et **végétaux (plantes)**. Il a classé les champignons dans le règne végétal. Les organismes unicellulaires ou protistes se répartissent entre les deux règnes.

### II.2. La classification des cinq (5) règnes de Whittaker (1969)

Whittaker en 1969 a développé la classification du monde du vivant pour aboutir à la constitution des cinq règnes selon la biologie : **les procaryotes, les protistes, les champignons, les animaux et les végétaux**. Le règne végétal est traditionnellement subdivisé en deux grands groupes en fonction de l'organisation structurale du végétal :

- **Thallophytes** : ce sont des organismes **non vascularisés**. Leur appareil végétatif est un organe foliacé peu différencié, parfois ramifié (**thalle**) dont les cellules ne sont pas organisées en tissus avec absence de tige, feuilles et racines ; les cellules reproductrices (spores et gamètes) sont produites dans des cystes (sporocystes et gamétocystes).
- **Cormophytes ou embryophytes** : ces plantes sont caractérisées par un corne (cormus = rameau ou tronc). Les cellules sont organisées en tissus regroupés en organes (tige, feuilles et racines). Les cellules reproductrices sont produites dans des structures reproductrices pluricellulaires (gamétange et sporange).

### II.3. La classification actuelle dite « phylogénétique »

Actuellement, sur la base de l'analyse des séquences génétiques codant pour la petite sous-unité des ARN ribosomiques 16S présente chez tous les êtres vivants procaryotes et la petite sous-unité des ARN ribosomiques 18S présente chez tous les êtres vivants eucaryotes, le monde vivant est subdivisé en **3 grands domaines : Bacteria, Archeae et Eucarya**.

La classification phylogénétique postule que toutes les espèces proviennent d'un ancêtre commun hypothétique. Elle suppose que l'on regroupe les êtres vivants en fonction de leur lien de parenté (**phylogénie = qui est proche de qui**).

Les eucaryotes sont subdivisés aux 5 règnes : Plantae, Animalia, Fungi, Chromista et Protozoa

Les plantes sont à leur tour, subdivisées en :

- Lignée brune (algues brune)
- Lignée verte : divisée en : Glaucophytes, Rhodobiontes (Algues rouges) et Chlorobiontes (Plantes vertes)

Les chlorobiontes sont subdivisée en chlorophytes (algues vertes) et embryophytes.

## PREMIERE PARTIE: les thallophytes (Algues et Champignons)

### I. Les Algues

Les algues sont des êtres vivants **autotrophes photosynthétiques** unicellulaires ou pluricellulaires. Les algues sont des **cryptogames** (c'est-à-dire des végétaux dont l'appareil reproducteur est caché) et **thallophytes** (appareil végétatif est un thalle). Leurs habitats sont variés, mais leur cycle de reproduction nécessite absolument de l'eau (pour la reproduction). Leur morphologie est très diversifiée.

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

Les cyanophytes ou cyanobactéries « algues bleues » c'est un groupe primitif renfermant 150 genres et 2000 espèces. Ce sont les seules algues procaryotes. Elles ne possèdent jamais de flagelles.

Elles sont des organismes formés de cellules ou de filaments microscopiques mais qui se développent souvent simultanément pour former des colonies visibles à l'œil nu (amas ou filaments). Il n'y a pas de reproduction sexuée chez les cyanobactéries. Elles se reproduisent par scissiparité binaire (division végétative). La reproduction peut se faire aussi par des spores unicellulaires : endospores ou exospores.

#### I.2. Les Algues eucaryotes (Phycophytes)

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

L'appareil végétatif (thalle) des Phycophytes est de formes très variées, depuis le type unicellulaire jusqu'aux filaments ramifiés.

##### ➤ Reproduction (asexuée et sexuée)

**La reproduction asexuée** se fait soit par fragmentation de thalles ou par formation des spores à l'intérieur du sporocyste qui redonnent un individu identique avec le même nombre de chromosomes.

**Reproduction sexuée** implique la méiose et la fécondation. Elle fait intervenir la formation de gamètes. La fusion d'un gamète mâle et d'un gamète femelle (= fécondation ou gamie) donne naissance à un œuf (=zygote) diploïde.

##### I.2..1. Cycle de développement

Le cycle développement fait intervenir deux notions importantes : La notion **génération** et la notion de **phase nucléaire**.

➤ **Définition d'une génération** : une génération est une étape du développement d'un organisme débutant par une cellule reproductrice (méiospore ou zygote) et aboutissant à la production d'autres cellules différentes ou non de celle ayant produit la génération envisagée.

On appelle **gamétophyte** ou **sporophyte la génération** produisant respectivement des **gamètes** ou des **spores**.

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

- **Un gamétophyte (n) qui produit les gamètes mâles et femelles de la plante.** Il commence avec la germination de la spore jusqu'à la formation des gamètes par mitose. Le gamétophyte n'est pas toujours haploïde (par exemple chez le *Fucus*).
- **Un sporophyte (2n) qui produit les spores (n) après la méiose (spores méiotiques ou tétraspores ou méiospores).** Le sporophyte commence après la fécondation et la formation de zygote diploïde jusqu'à la formation de méiospores par méiose.

➤ **Notion de phase nucléaire** : elle correspond au stock de chromosome. Un individu peut être haploïde à **n** chromosome ou diploïde à **2n** chromosomes.

Lorsque le cycle de développement est haploïde, on parlera de cycle **haplophasique ou haplontique**: qui s'étend de la méiose jusqu'à la fécondation (fusion des gamètes) et formation de zygote.

Lorsque le cycle de développement est diploïde, on parlera de cycle **diplophasique ou diplontique**: qui dure de la fécondation à la méiose

Il existe plusieurs types de cycles définis par l'importance relative des périodes séparant la méiose de la fécondation et la fécondation de la méiose.

- a. Le cycle **mono génétique**: qui présente une seule génération.
- b. Le cycle **di génétique** : qui présente une succession de deux générations alternativement, un gamétophyte (n) issu de la germination d'une méiospore et un sporophyte (2n) issu d'un œuf (zygote).
- c. Le cycle **tri génétique** avec trois générations: un gamétophyte et deux sporophytes.

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

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

## II. Les champignons

Les Champignons ou *Mycophytes* (*myco* = champignon) sont des **thallophytes** qui se distinguent fondamentalement des algues par **l'absence de chlorophylle**. Les Champignons sont **hétérotrophes** pour le carbone. Ce sont des végétaux inférieurs, ils sont qualifiés de **cryptogames** (appareil végétatif caché) et ils ne possèdent pas de tissus conducteurs de sève (**avasculaires**). Ces organismes nécessitent beaucoup d'eau pour accomplir leur cycle biologique.

### II.1. Spécificité du mode de vie des Mycophytes

On distingue trois modes de vie chez les champignons: **les saprophytes** (qui exploitent les substances organiques mortes), **les parasites** (qui utilisent les substances organiques des êtres vivants, qu'ils rendent malades, et même tuent) et **les symbiotes** (qui vivent en symbiose avec d'autres êtres vivants comme **les mycorhizes** et **les lichens**).

### II.2. Organisation de l'appareil végétatif

Le thalle des champignons peut être **unicellulaire** associé en colonies (cas des levures) ou pluricellulaire constituant des **filaments** très fins (peuvent mesurer plusieurs centimètres de long mais n'avoir que quelques microns de diamètre) et ramifiés dont l'ensemble forme un **mycélium**.

Chez les champignons supérieurs, les hyphes s'organisent en pseudo tissu ou **stroma**, pour former une structure de reproduction sexuée, c'est le carpophore.

**Le carpophore** (littéralement « porte-fruit »): ou autrefois **le sporophore** (littéralement « porte-spores »), appelé aussi **sporocarpe** (« fruit à spores ») est l'appareil reproducteur des champignons dits supérieurs. Il contient les sporocystes (basides et asques) qui se différencient dans l'hyménium et qui produisent des spores, sous diverses formes (basidiospores ou ascospores).

Les filaments peuvent être **cloisonnés** (ils sont dits **hyphes**) ou **non cloisonnés**, ils sont dits **siphon (cénocyte)**.

### II.3. La reproduction et les cycles de développement

- **La reproduction asexuée se fait** par la fragmentation du mycélium, par la production de stolons comme chez *Rhizopus nigricans*, par bourgeonnement chez les levures **et** par production

de spores directes (mitotiques) qui soit exogènes (conidies) (*Penicillium*, *Aspergillus*), soit endogènes (endospores produites à l'intérieur d'un sporocyste) (*Rhizopus nigricans*)

➤ **La reproduction sexuée**

Le cycle sexué (la fécondation) des champignons comporte 2 phases :

- a. **Plasmogamie ou cystogamie (fusion des cytoplasmes)** : c'est uniquement le cytoplasme des deux cellules qui fusionne. Il se produit une fusion des cytoplasmes (**plasmogamie**) mais pas des noyaux qui restent individualisés dans la cellule. 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.
- b. **Caryogamie** : c'est la fusion des deux noyaux donnant un noyau diploïde. Le zygote diploïde qui en résulte va évoluer différemment selon le champignon :
  - Soit il subit une méiose assez rapidement. Il prend alors le nom **de spore de germination**. Le cycle de reproduction est dit **haplobiontique** (*Rhizopus nigricans*)
  - Soit il forme un mycélium diploïde (le sporophyte). Il prend alors le nom de spore de passage. Le cycle de reproduction est dit **haplodiplobiontique**.

Parfois, il y a fusion immédiate de noyaux (caryogamie) et du cytoplasme (plasmogamie), mais plus fréquemment la fusion de noyaux est retardée, entraînant la formation d'une cellule avec deux noyaux haploïdes (stade dicaryotique).

Les zygotes peuvent se transformer **en spores méiotiques (basidiospores, zygosporos, ascospores)** qui servent la dissémination des champignons.

#### **II.4. Systématique et particularités des principaux groupes de champignons**

Actuellement, plus de 120 000 espèces de champignons ont été recensées.

**La classification phylogénétique des Mycota donne les groupes suivants :**

- a. **Chytridiomycota**
- b. **Zygomycota**

C'est un groupe qui renferme 1000 espèces. Ils possèdent des thalles siphonnés. Les spores sont produites au sein du sporocyste et libérées après rupture de la paroi du sporocyste (voir TP).

- c. **Glomeromycota**
- d. **Ascomycota**

Constituent un groupe très vaste (environ 40 000 espèces) et très important sur le plan économique. *Penicillium* en pharmacologie, *Saccharomyces* en agroalimentaire, les morilles et les truffes sont comestibles. Certains Ascomycètes sont parasites des plantes provoquant des maladies.

Le mycélium des Ascomyza est **cloisonné**. L'organisation des hyphes en pseudo tissu ou stroma, pour former une structure de reproduction sexuée, c'est **le carpophore**. Les Ascomycètes sont caractérisés par des spores formées à l'intérieur de cellules mères sous forme de sacs appelées **asques**. De ce fait, les spores sont nommées **ascospores** qui seront rejetées par ouverture de l'asque.

**La reproduction asexuée** des ascomycètes se fait par des conidiospores ou conidies qui germent pour donner de nouveaux hyphes cloisonnés qui vont développer des conidiophores et des conidies et ainsi de suite.

Le cycle de reproduction sexuée des Ascomycètes est trigénétique haplodicaryodiplophasique (3 générations : haploïde, dicaryotique et diploïde) (voir TP champignons).

### e. Basidiomycota

C'est un groupe renfermant environ 25.000 espèces. Ce sont des champignons supérieurs. Leur thalle est cloisonné (septé). L'organisation des hyphes en pseudo tissu ou **stroma**, pour former une structure de reproduction sexuée, c'est le carpophore. La classification est fondée sur le type de développement du carpophore (chapeau et pied). On les appelle souvent champignons à chapeaux. Les Basidiomycètes sont des champignons à **basides**. Ils sont caractérisés par des spores formées à l'extrémité de cellules spécialisées : **les basides**.

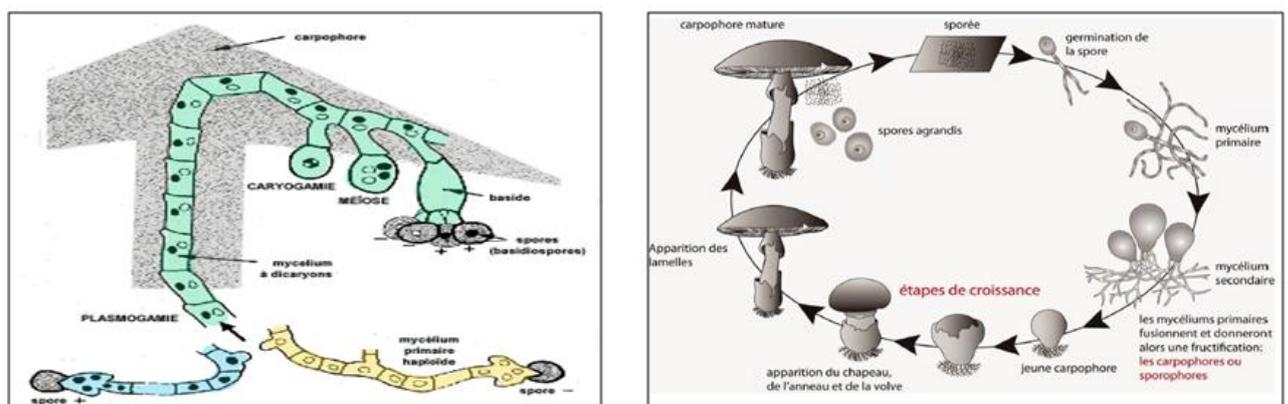
L'hyménium des basidiomycètes est constitué de la partie inférieure du chapeau et est composé de plusieurs basides (ce sont des sacs de forme sphérique qui se développent à l'extrémité de certains hyphes généralement situés sous le chapeau) terminés par des basidiospores.

Les basidiomycètes se caractérisent par des basides qui ne renferment pas les cellules sexuelles jusqu'à maturité. La fusion des noyaux haploïdes et la méiose se déroulent dans la baside. La méiose transforme le noyau diploïde en quatre noyaux haploïdes. Ces derniers sortent de la baside grâce à des filaments (**stérigmates**) où ils poursuivent leur maturité et intègrent chacun une basidiospore. Sur chaque baside, on va avoir la production de 4 spores (**basidiospores**).

**La reproduction asexuée** des Basidiomycètes se fait par des spores asexuées (appelées conidies).

**La reproduction sexuée** se fait suivant les étapes suivantes (C'est un cycle digénétique haplodipliasique) (**Fig. 1**).

- Des mycéliums haploïdes de types sexuels différents fusionnent (Plasmogamie) donnant un mycélium dicaryote (à deux noyaux).
- Le mycélium dicaryote se développe et forme des masses compactes qui deviennent des basidiocarpes (un champignon avec son chapeau).
- Sous le chapeau (hyménium), il se développe des basides où se fait la **caryogamie** donnant naissances à des noyaux diploïdes qui subissent la méiose (formation de 4 noyaux haploïdes).
- Les noyaux migrent vers l'extrémité des basides. Ils continuent leur maturité à l'extérieur. Il en résulte 4 spores exogènes (basidiospores) qui, à maturité, sont éjectées et dispersées par le vent. Les basidiospores haploïdes germent dans un environnement adéquat et deviennent des mycéliums haploïdes et le cycle se recommence.



**Fig. 1** : La reproduction sexuée chez les Basidiomycètes

### III. les Lichens : Une association particulière algue-champignon

Les lichens par définition : c'est une association symbiotique réciproque entre un partenaire fongique appelé **mycobionte** et une population d'algues ou de cyanobactéries unicellulaires ou filamenteuses nommée **photobionte**.

Ils sont des **thallophytes non vasculaires**.

## DEUXIEME PARTIE: Les cormophytes ou Embryophytes

Le «Cormus» (tige en latin et «phuton» : plante en grec) est un appareil végétatif comportant une tige feuillée. Anatomiquement, le cormus présente différents types cellulaires qui peuvent être associés en tissus, ensemble de cellules spécialisées dans une même fonction.

Les Cormophytes sont l'ensemble des plantes qui possèdent une tige portant des feuilles ou des frondes ou autrement dit ce sont des plantes qui possèdent des organes (tiges, feuilles, racines) différenciés qui sont la majorité des plantes terrestres (Embryophytes : bryophytes, ptéridophytes, spermaphytes).

### I. Les Bryophytes

Les bryophytes ne contiennent ni les tissus vasculaires, ni de vraies racines (mais seulement **des rhizoïdes filamenteux qui ont un rôle de fixation**). Ce sont des végétaux chlorophylliens, faisant la transition évolutive entre les algues (toutes à thalle) et les végétaux vasculaires ou supérieurs, tels que les ptéridophytes (fougères et prêles) et les plantes à graines.

Ce sont des **cryptogames**. Les Bryophytes sont de petite taille, terrestres mais se développant dans les endroits humides. L'absorption de l'eau et des substances dissoutes se fait par toute la surface de la tige et des feuilles.

#### I.1. Appareil reproducteur (gamétanges)

Il y a production sur l'appareil végétatif (gamétophyte) des organes reproducteurs. Les gamètes sont produits dans **un gamétange** (une structure végétale qui produit et qui contient des gamètes chez les Cormophytes).

Le gamétange mâle est une **anthéridie**. A maturité, l'anthéridie éclate à son sommet et libère des anthérozoïdes biflagellés.

Le gamétange femelle est **un archégone** en forme de bouteille, il est constitué d'un col et d'un ventre où il y a l'oosphère.

#### I.2. Reproduction et cycle de développement des Bryophytes

##### A. Reproduction sexuée

L'élément de dissémination de l'espèce est **une spore haploïde**. La génération haploïde issue de la spore, porte les organes reproducteurs sexués : c'est **le gamétophyte**. La génération diploïde résulte de la fécondation et produit par méiose les spores : c'est **le sporophyte**, appelé ici sporogone. Ce dernier se développe en parasite sur le gamétophyte et n'est jamais autonome. C'est un cycle de reproduction digénétique haplo-diplophasique à haplophase dominante (gamétophyte) (**Fig. 2**).

**Le gamétophyte** (la plante feuillée) porte les anthéridies et/ou archégone. Il donne après fécondation un zygote qui se développe dans l'archégone en un sporophyte particulier. Ce dernier est constitué d'un sporange appelé sporogone ou capsule qui produit des spores. Les spores sont contenues dans un organe clos, **le sporange**. Ces spores germent pour donner un protonéma sur lequel se développe le gamétophyte.

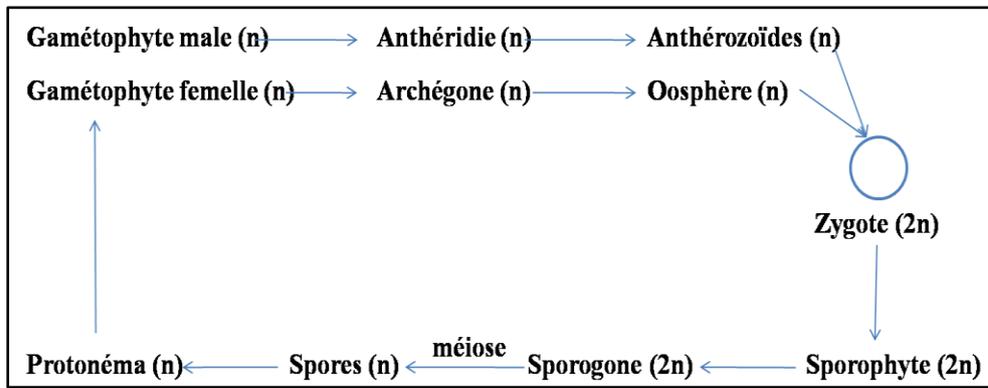


Fig. 2 : Cycle de développement des Bryophyta

### B. Reproduction asexuée (végétative)

Les Bryophytes peuvent aussi se multiplier par voie végétative (sans fécondation) ; par la fragmentation du protonéma.

### I.3. Classification des bryophytes

Il y a environ 25 000 espèces de Bryophytes dans le Monde divisées en 3 sous-embranchements.

- Marchantiophyta : les Hépatiques (6000 à 8000 espèces)
- Anthocerophyta : les Anthocérotes (100 espèces)
- Bryophyta : Mousses (15 200 espèces) et Sphaignes (150 espèces)

## II. Les Ptéridophytes

Les Ptéridophytes sont des végétaux chlorophylliens **pourvus de tiges, feuilles et vraies racines** (Cormophytes) et d'un appareil conducteur (système vasculaire). Ils sont ainsi les premières plantes vasculaires ou **«Trachéophytes»**, elles possèdent de véritables vaisseaux (phloème et xylème avec éléments lignifiés typiques : les trachéïdes à ponctuations scalariformes).

Les Ptéridophytes sont des **cryptogames** car se reproduisent par **spores**. Ils ne portent pas de fleurs, et par suite ne peuvent pas se reproduire par des graines et les appareils reproducteurs restent peu apparents donc, les Ptéridophytes sont des **Cryptogames Vasculaires**.

Les représentants actuels des Ptéridophytes constituent quatre classes: **Psilophytes, Lycophytes, Sphénophytes et Filicophytes**

### II.1. Caractères morphologiques

#### II.1.1. Appareil végétatif

Les ptéridophytes sont généralement de petites plantes, vivaces par une tige souterraine horizontale ou rhizome.

#### II.1.2. Appareil reproducteur (Prothalle ou gamétophytes : mâle et femelle)

Les ptéridophytes se caractérisent par une génération gamétophytique très courte. Elle porte le nom de **Prothalle**.

Les spores germent, dès qu'elles ont atteint le sol et forment des **prothalles discrets, fugaces** et aériens. Ces prothalles ont l'aspect d'une lame cordiforme de quelques millimètres de long chez les fougères ou de minuscules tubercules chez les lycopodiales.

Les prothalles sont munis de rhizoïdes, mais dépourvus d'organes (feuilles, tiges et racines) et de tissus conducteurs.

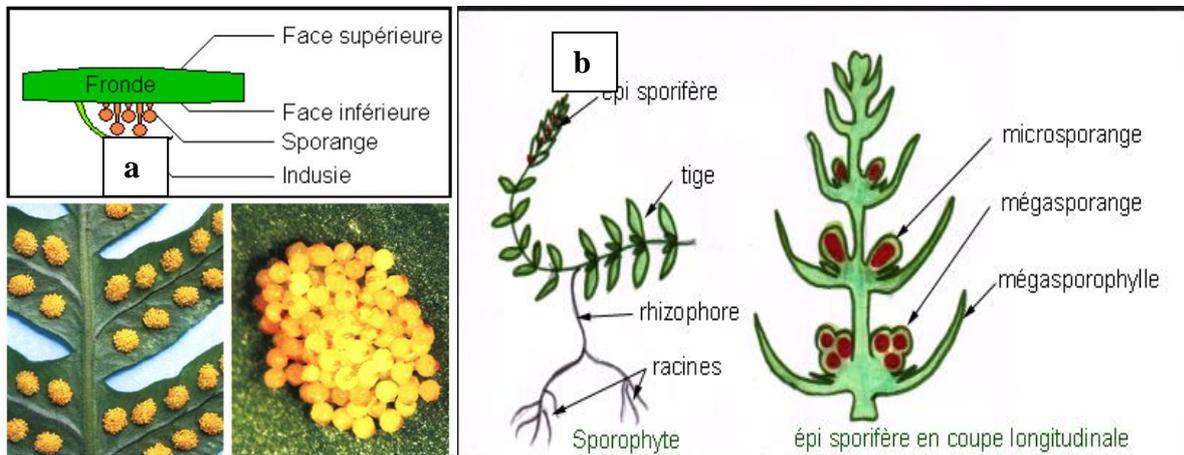
Sur la face inférieure du prothalle apparaissent les gamétanges mâles et femelles. Il s'agit des **anthéridies** qui, en se déchirant à maturité, libèrent des **spermatozoïdes** hélicoïdaux flagellés qui vont pouvoir nager dans l'eau du sol et des **archégones**.

➤ **Le sporophyte**

Le sporophyte chez les ptéridophytes correspond à **la plante feuillée**.

Les **sporangies se différencient au niveau des feuilles du sporophyte. Ils sont regroupés en sores** à la face inférieure des feuilles chez les fougères (**Fig. 3a**), ou disposés à l'aisselle des microphylls, elle-même regroupées en épis à l'extrémité des tiges chez les prêles et les sélaginelles (**Fig. 3b**).

Les **sores** sont protégés par une lame très mince, l'indusie (certaines espèces en sont dépourvues).

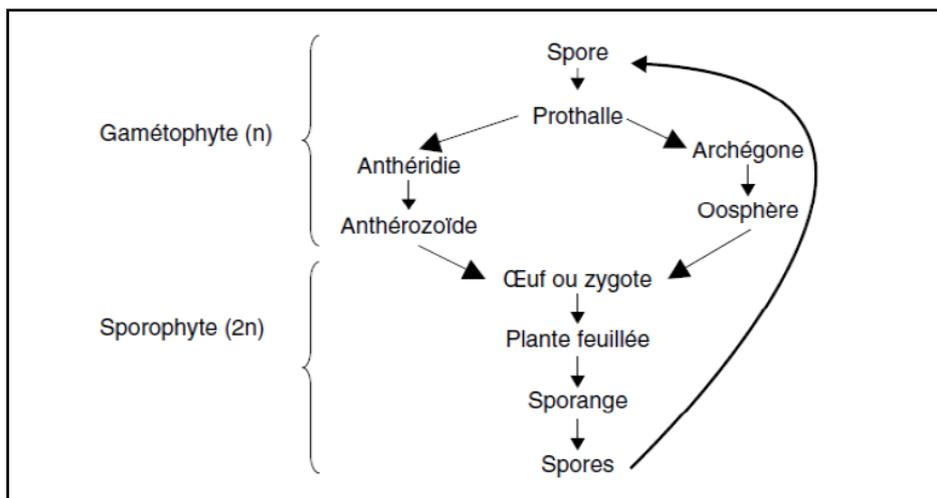


**Fig. 3** : les sporanges (a : chez les fougères ; b : chez la sélaginelle)

**II.1.3. Reproduction chez les ptéridophytes et cycle de développement** Les ptéridophytes se multiplient par deux voies sexuée et asexuée.

La reproduction asexuée se fait essentiellement par fragmentation du rhizome à croissance indéfinie.

La reproduction sexuée se fait par des spores. Le « cycle vital » est fermé. On peut le schématiser ainsi (**Fig. 4**):



**Fig. 4** : Cycle de développement des ptéridophytes

**III. Les Phanérogames (Spermaphytes)**

Les **Phanérogames** ou plantes à fleurs (du grec, phaneros= visible et gamos= mariage) désigne l'ensemble des plantes qui ont leurs organes reproducteurs **visibles**. D'autre part, elles ont la capacité de former des **graines** d'où le nom de **Spermaphytes** qu'on leur donne aussi.

Au cours de l'histoire évolutive des végétaux, on assiste à une réduction de la phase gamétophytique (réduction de taille mais aussi du temps de vie) au profit de la phase sporophytique (la plante feuillée à 2n).

Les Phanérogames se divisent en trois sous-embranchements, les Préphanérogames, les Gymnospermes et les Angiospermes.

### III.1. Les Préphanérogames

Il ne reste aujourd'hui qu'une centaine d'espèces. Les Préphanérogames (Préspermaphytes, Fougères à graines, Gymnospermes primitives, Gymnospermes archaïques) est un groupe intermédiaire entre les Ptéridophytes et les vrais Spermaphytes.

Les caractères distinctifs des Préphanérogames sont essentiellement:

- C'est un groupe qui a perfectionné l'ovule (Un nouvel organe de dissémination). Mais pas de véritable graine.
- Gamétophyte femelle protégé par tégument : ovule (endoprothallie)
- ovules à réserves faites avant la fécondation
- Gamète mâle est encore mobile
- Appareil floral archaïque.
- Morphologiquement, un ovule fécondé est identique à un ovule non fécondé, par contre chez les phanérogames un ovule après fécondation change d'aspect et se transforme.
- La fécondation se réalise en milieu liquide : les anthérozoïdes sont ciliés mais ne nagent pas, ils descendent par gravité.
- Le développement de l'œuf en embryon se fait toujours lorsque l'ovule fécondé tombe dans le sol, il continue sa croissance puis la jeune plantule s'enracine et donne un nouvel individu.

#### III.1.1. Appareil reproducteur

Chez les préspermaphytes, les appareils reproducteurs sont des **cônes pendants, portés par des individus différents** : espèces **dioïques**.

##### ➤ L'appareil reproducteur femelle : l'ovule

Le cône femelle est formé de **feuilles fertiles ou ovulifères** regroupées en cône. Les feuilles ovulifères sont composées d'un rachis et de folioles et de couleur brunâtre (**dépourvues de chlorophylle**). Elles portent à leur base deux rangées d'**ovules de grosseur variable**.

L'ovule est **nu** et constitué de (Fig. 5) :

- un **tégument** unique, vascularisé et tristratifié (sarcotesta, sclérotesta, endotesta).
- un **nucelle** central, massif dans lequel se différencie :
- le **prothalle** femelle ou endosperme **C**
- les **archéogones** (situés au sommet de l'endosperme)

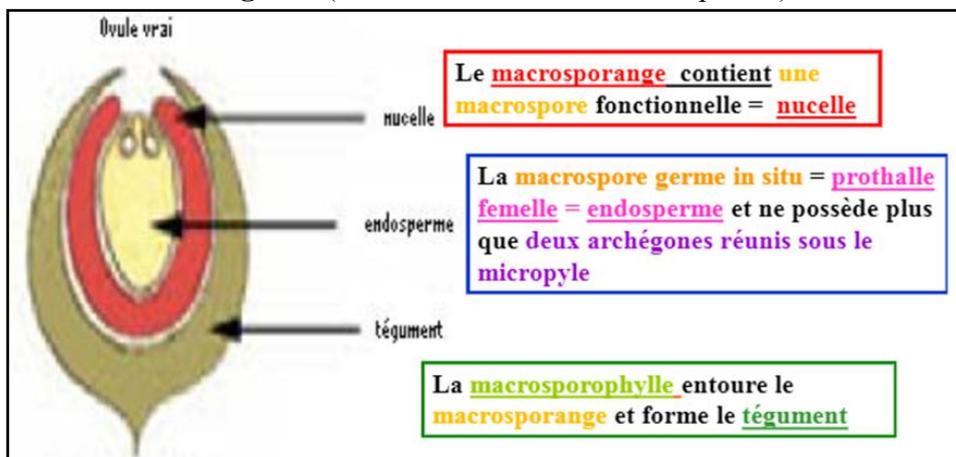


Fig. 5: Ovule des Préphanérogames

##### ➤ L'appareil reproducteur male : étamines et grains de pollen

Les pieds mâles sont rares dans la nature. Le cône mâle est constitué par un ensemble de petites feuilles modifiées et emboîtées. Elles portent sur leur face inférieure de très nombreux sporanges contenant des spores provenant de la transformation d'une cellule ayant subi la méiose. Ces spores disséminées sont des **grains de pollen** et représentent le gamétophyte mâle, ou prothalle mâle.

Tout naturellement et par ressemblance avec les organes mâles des plantes à fleurs, les feuilles modifiées seront appelées **étamines** et les sporanges, **sacs polliniques**.

### ➤ Cycle de développement des Préphanérogames

Le cycle est donc constitué de deux générations successives différentes. Il est haplodiplophasique, digénétique à dominance sporophytique.

Par rapport aux Ptéridophytes, des différences apparaissent.

1. **On parle dorénavant d'ovule comme organe de reproduction femelle.** L'ovule est nu.
2. **Le gamétophyte femelle** (l'endosperme), diminue de taille et est constitué d'un tissu, et de une ou deux archégones.
3. **Le nucelle peut être considéré comme le sporange femelle (macrosporange).** Il est lui-même protégé par des tissus spécifiques : les téguments.
4. **Les grains de pollen constituent le prothalle, ou gamétophyte mâle. Ils sont disséminés** maintenant en milieu aérien. Ces grains de pollen sont formés à partir de cellules issues de la méiose dans des sporanges mâles : les sacs polliniques, portés par des étamines.
5. **Les gamètes mâles sont toujours des spermatozoïdes et la fécondation peut encore être considérée** comme « aquatique » dans la chambre pollinique.
6. **L'embryon se développe grâce aux réserves accumulées dans l'endosperme avant la fécondation.**
7. **C'est l'ovule qui est disséminé et non une graine.**

### ➤ Classification

- **Cycadophytes** : Représentés par 3 familles (Zammiaceae, Cycadaceae et Stangeriaceae) et 11 genres (exemple : l'espèce *Cycas revoluta* ; Cycadaceae ; Cycadales)
- **Ginkgophytes** : représentés uniquement par l'espèce *Ginkgo biloba*

### III.2. Les Spermaphytes ou Phanérogames (Plantes à graines, plantes à fleurs)

Les Spermaphytes actuelles sont représentés par 250 000 à 300 000 espèces, dont une très grande majorité représentée par les Angiospermes (plantes à fleurs) et le reste est représenté par les Gymnospermes (environ 1 000 espèces actuelles). **Les caractères généraux des Spermaphytes sont :**

- Ce sont des plantes à graines et à ovules.
- Des phanérogames, parce qu'elles ont une sexualité visible; Plantes à fleurs.
- Ce sont des plantes terrestres (Embryophytes) qui possèdent des ovules se transformant en graines après fécondation ;
- Des cormophytes : des végétaux qui possèdent des tiges, des feuilles, des racines ;
- Des trachéophytes,
- L'ovule renferme le gamétophyte réduit haploïde qui produit le gamète femelle l'oosphère. L'ensemble reste dépendant du sporophyte (endoprothallie complète).
- Végétaux les plus perfectionnés et les plus adaptés à la vie terrestre;
- L'élément de dissémination et de conservation de l'espèce, chez les spermaphytes, est un sporophyte (diploïde) appelé **graine**.
- La plante feuillée est un sporophyte qui développe des organes sexuels.
- Les gamètes mâles, porté par des grains de pollen, se fixent sur le stigmate et arrivent aux gamètes femelles qui restent toujours fixées aux sporophytes. Ainsi, la fécondation a lieu sur

le sporophyte pour donner un zygote diploïde qui se développe et donne une graine qui va assurer la dissémination et la conservation de l'espèce. Chez les spermaphytes, le stade gamétophyte (haploïde) est très réduit et vit toujours en parasite sur le sporophyte. La fécondation chez les spermaphytes ne se fait pas dans l'eau comme chez les autres végétaux.

Les Spermaphytes sont divisés en deux grands groupes : les Gymnospermes et les Angiospermes

### III.2.1. Les Gymnospermes

Les Gymnospermes actuelles typiques sont essentiellement représentées par les Conifères. Leur cycle de vie est caractérisé par une phase végétative plus longue que la phase reproductive.

#### III.2.1.1. Appareil végétatif

Les Gymnospermes sont toutes ligneuses. Ce sont très souvent des arbres de grande taille, moins souvent un arbuste ou un arbrisseau. Ils ont un cycle de développement s'étalant sur plusieurs années. Leur longévité peut être élevée; le Pin longue vie (*Pinus longaeva*) vit plus de 4 000 ans. Leur Cycle de vie est lent.

Ils ont un port **pyramidal ou conique**, du fait d'une très forte dominance apicale.

Les feuilles sont petites, soit en forme d'aiguille (pins, mélèzes, cèdres), soit en forme d'écailles (cyprès, thuyas). Ces feuilles sont soit alternes, opposées ou verticillées. Dans la majorité des cas, les feuilles sont persistantes, c'est pourquoi les arbres sont toujours verts (Voir TP Gymnospermes).

#### III.2.1.2. Appareil reproducteur

Les Gymnospermes sont généralement monoïques (pins, sapins) à l'exception de certaines espèces qui sont dioïques (ifs). Les organes sexuelles sont groupés en cônes unisexués soit mâles, soit femelles qui sont portés par le même pied. Ils portent des cônes ligneux à l'âge adulte (d'où le nom de conifères).

Les organes sexuels mâles sont représentés par des feuilles sporangifères (écailles) ou étamines portant des microsporanges (sacs polliniques) contenant des microspores (graines de pollen).

Les organes sexuels femelles (les ovules), parfois d'origine caulinaire (issu de la tige), sont nus ; ils peuvent être situés sur la face dorsale des écailles dont l'ensemble forme en cône femelle.

#### III.2.1.3. Reproduction des Gymnospermes

La reproduction des Gymnospermes est sexuée ; La pollinisation se fait toujours par le vent. Les processus de reproduction (fécondation, embryogénèse) sont de longue durée, de sorte qu'il y a souvent, par exemple chez les pins, plusieurs générations de cônes femelles visibles sur les mêmes branches.

Les écailles, d'abord petites et écartées, laissent arriver librement le pollen ; puis, elles grandissent et se referment en protégeant les ovules qui se transforment en graines. En général, les cônes se lignifient (pins, épicéas, cyprès) et s'ouvrent finalement par dessiccation en laissant échapper leurs graines. Exceptionnellement, ils deviennent charnus (« baies » de genévriers).

La fécondation s'effectue par **siphonogamie**. Ce type de fécondation se rencontre chez les Gymnospermes les plus évoluées et chez l'ensemble des Angiospermes. Le grain de pollen émet des gamètes mâles non ciliés qui sont conduit aux archégonies à travers un tube pollinique.

*N.B : La siphonogamie est un mode de fécondation des plantes à graines par l'intermédiaire d'un tube pollinique qui libère les anthérozoïdes dans une synergide chez les angiospermes ou près de l'oosphère dans l'archégonie chez les gymnospermes.*

*La siphonogamie s'oppose à la zoïdogamie. Elle est simple (chez les gymnospermes) ou double (chez les angiospermes, un autre gamète mâle féconde l'endosperme). Elle représente un mode d'adaptation à*

*l'environnement terrestre, puisque les gamètes mâles ne sont jamais libérés dans l'environnement externe.*

Des caractéristiques nouvelles apparaissent chez les Gymnospermes par rapport aux *Cycas* :

- 1.- Les gamètes mâles ne sont plus ciliés, ils sont incapables de se mouvoir par eux mêmes.
2. La fécondation s'affranchit du milieu hydrique pour se réaliser. C'est une siphonogamie.
3. Les téguments de l'ovule, après fécondation, se durcissent protégeant ainsi la plantule.
4. Pendant le développement de l'embryon, les cellules de l'endosperme et celles des cotylédons accumulent des réserves, qui seront utilisées au moment de la germination.
5. La plantule se déshydrate et entre en vie ralentie en attendant des conditions favorables de germination.

C'est une graine qui est disséminée.

#### III.2.1.4. Position systématique des Gymnospermes

Les Gymnospermes sont divisées en deux grandes classes : Pinopsida et Gnetopsida, cette dernière renferme 3 genres (*Ephedra*, *Gnetum* et *Welwitschia*)

##### Exemples de quelques espèces importantes :

Espèce	Nom commun	Famille
<i>Pinus halepensis</i>	Pin d'Alep	Pinaceae
<i>Pinus maritima</i>	Pin maritime	Pinaceae
<i>Pinus nigra</i>	Pin noir	Pinaceae
<i>Abies numidica</i>	Sapin de Numidie	Pinaceae
<i>Cedrus atlantica</i>	Cèdre de l'Atlas	Pinaceae
<i>Juniperus communis</i>	Genévrier commun	Cupressaceae
<i>Cupressus sempervirens</i>	Cyprès commun	Cupressaceae

#### III.2.2. Les Angiospermes

Les Angiospermes ou plantes à ovaires représentent actuellement la grande majorité des plantes terrestres (200 000 à 250 000 espèces) groupées en 400 à 500 familles et dont la morphologie est très variables

Les Angiospermes (qui possèdent une graine enfermée dans un fruit) sont des organismes :

- **Trachéophytes** : les angiospermes sont des plantes vasculaires, pourvus de vaisseaux conducteurs.
- **Phanérogames** : pourvus des organes de reproduction visibles,
- Adaptés à la vie terrestre : Les angiospermes ont colonisé quasiment tous les milieux terrestres,
- **Cormophytes** : Leur appareil végétatif, constitué d'une tige feuillée et de racines, est un cormus.
- **Plantes à fleurs** : elles réalisent la reproduction sexuée grâce à des fleurs de ce groupe, appelé les plantes à fleurs.
- **Spermatophytes** : Tout comme les gymnospermes, les Angiospermes sont des spermatophytes car elles possèdent des ovules.
- Le gamétophyte femelle, situé dans l'ovule et appelé sac embryonnaire, est le siège d'une double fécondation, l'une, classique, à l'origine de l'embryon, l'autre à l'origine de *l'albumen*, tissu de réserve des graines.
- Les fleurs peuvent être unisexuées ou hermaphrodites (Voir TD Angiospermes).

Les angiospermes sont classées selon la classification classique en Monocotylédones et Dicotylédones. Classification phylogénétique est adoptée **APG (Angiosperm Phylogeny Group)**.

### III.2.2.1. Classe des Monocotylédones

Les monocotylédones ne se distinguent pas seulement des dicotylédones par le nombre des cotylédons mais par **toute une série de caractères anatomiques et morphologiques** qui confèrent aux monocotylédones une part spécial permettant de les reconnaître à première vue.

- La racine principale issue de la radicule, avorte en générale dès la germination et elle est remplacée par de nombreuses racines adventives qui naissent. Ces racines sont peu épaisses et peut ramifiées (Système racinaire **fasciculé**).
- La tige de type essentiellement **herbacée non ramifiée (Chaume)**. Les tiges sont trouvées aussi sous formes de rhizomes (Tige souterraine) ou des bulbes (tige feuillée). Dans certains cas, elle es ligneuse (**Stipe**).
- Les feuilles sont habituellement isolées, sessiles et sans stipules pourvue d'une gaine plus ou moins embrassantes. Le limbe n'est généralement pas composé à **nervure parallèle**.
- La fleur est de type 3 (**trimère**) c.à.d. qu'il y a 3 pièces florales par verticilles
- Chez les monocotylédones, on ne différencie pas entre sépales et pétales: **Tépale**
- La graine est albuminée.

### III.2.2.2. Classe des Dicotylédones

- **Racines** : L'appareil racinaire est pivotant : une racine primaire bien développée, le pivot, porte des racines latérales formées par des ramifications.
- **Tiges** : **La tige, herbacée ou arborescente, est très ramifiée. Certaines Dicotylédones ont en** conséquence une structure ligneuse et sont arborescentes. Elles sont extrêmement variées (Dressées, Rampantes, Grimpantes), il présente tous les types possibles de l'arbre à l'herbe en passant par les formes des lianes, succulentes, xérophytes.
- **Feuilles** : **Les feuilles sont sessiles ou pétiolées à formes très variées (Simples, dentées lobées décomposées et Composées)**. Elles possèdent des feuilles à nervures généralement Réticulée (palmée, pennée).
- **Fleur et Inflorescences**: Chez les Eudicot, les inflorescences et fleurs sont très variées. Les fleurs des Eudicots, étonnamment diverses, se caractérisent par l'apparition de sépales, pièces périnthaires généralement vertes à rôle protecteur. Le calice et la corolle sont en générale, nettement différents  
La fleur est fondamentalement du type 5 (**pentamère**), **plus rarement du type 4 (tétramère)**. Formule florale générale.
- La graine à albumen persistant

### II.1.4. Reproduction chez les Angiospermes

La reproduction peut être sexuée et asexuée. Comme toutes les plantes, les Angiospermes présentent une alternance entre deux états : l'état sporophytique et l'état gamétophytique.

Cependant cette alternance fait partie d'un cycle très déséquilibré : la phase gamétophytique est très réduite dans l'espace et dans le temps.

Les gamétophytes mâle et femelle correspondent respectivement au grain de pollen et au sac embryonnaire chez les Angiospermes.

#### II.1.4.1. La gamétogenèse

La gamétogenèse est la formation des gamètes qui entre dans la reproduction sexuée des plantes, elle est différente selon le sexe de l'organe de la fleur qui produit le gamète.

Si elle se produit dans les anthères des étamines, il s'agira alors de gamétogenèse mâle (aussi nommée microgamétogenèse).

La gamétogenèse qui a lieu dans un ovule de la plante, à la base d'un carpelle, est appelée la gamétogenèse femelle (aussi nommée macrogamétogenèse ou mégagamétogenèse), le gamète femelle résultant de cette gamétogenèse sera l'oosphère contenu dans le sac embryonnaire.

On appelle :

**mégagamétogenèse** : la formation du sac embryonnaire = la formation du gamétophyte femelle ou mégagamétophyte et l'oosphère = gamète femelle

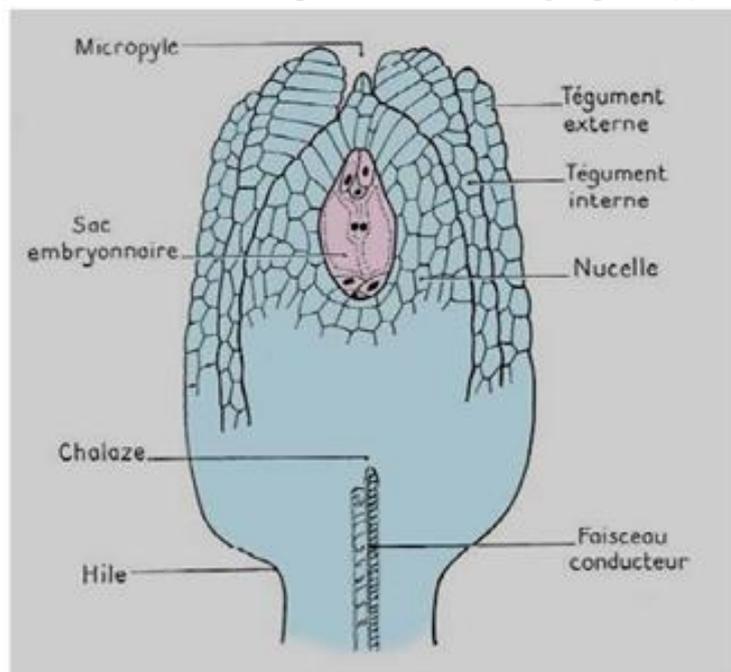
On appelle **microgamétogenèse** la formation du grain de pollen = la formation du gamétophyte mâle ou microgamétophyte et des cellules spermatiques = gamètes mâles.

#### II.1.4.1.1. La gamétogenèse femelle ou mégagamétogenèse

La gamétogenèse femelle est la formation du gamétophyte femelle et dans le cas des Angiospermes c'est la formation du sac embryonnaire qui se trouve à l'intérieur de l'ovule qui se trouve dans l'ovaire (carpelle).

**L'ovule**, Malgré sa petite taille, il présente une organisation relativement complexe. On distingue:

- **le funicule** : sorte de cordon dans le coté inférieur de l'ovule, attachant celui-ci au placenta (puis la graine après la transformation du fruit)
- **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;
- **le micropyle** : c'est l'ouverture apicale étroite ménagée par le(s) tégument(s)



**Fig. 6:** l'ovule chez les Angiospermes

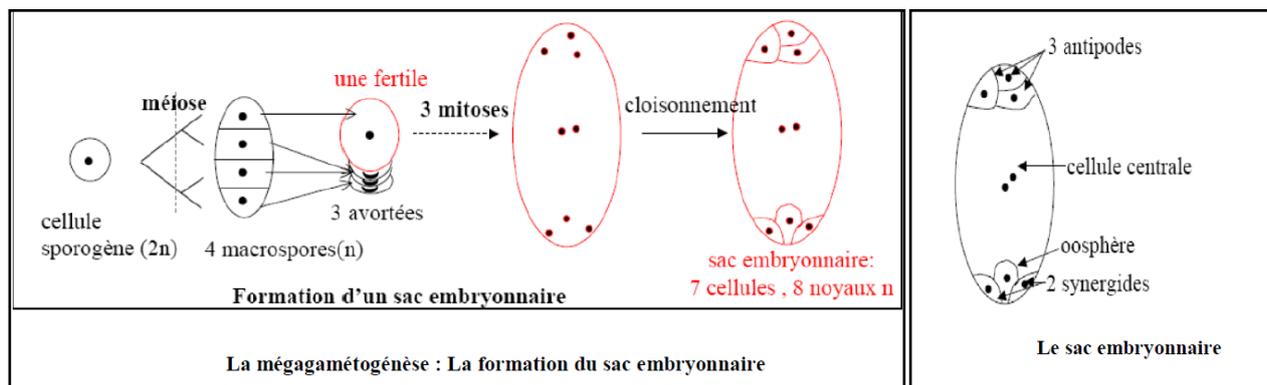
- **La formation de l'ovule** : L'ovule est produit par une prolifération locale du placenta : un massif cellulaire se soulève d'abord pour former le nucelle; ensuite par des divisions, deux bourrelets circulaires, sont produits: ce sont les téguments (T1 et T2). Chez certains groupes d'Angiospermes (les monocotylédones), un seul tégument est formé. Les téguments grandissent en couvrant progressivement le nucelle mais en laissant libre un pore donnant accès au nucelle, le micropyle. L'ovule ayant atteint sa taille maximale est fixé au placenta par l'intermédiaire d'un petit pied, le funicule. Les téguments et nucelle sont soudés à la base.

- **La formation du sac embryonnaire :** Au cours de la différenciation de l'ovule, une cellule, le plus souvent sous-épidermique, augmente en volume et devient l'unique cellule archésporiale (archéspore) puis le mégasporocyte, celui-ci subit la méiose donnant 4 cellules haploïdes, les mégaspores, qui sont disposées en tétrade linéaire.

Le plus souvent, les 3 cellules les plus proches du micropyle dégèrent et la mégaspore fonctionnelle subit 3 vagues de divisions nucléaires successives conduisant à la formation de huit noyaux haploïdes qui se répartissent en groupes de quatre à chacun des deux pôles du sac embryonnaire.

Un des noyaux de chaque groupe migre alors vers le centre de la cellule formant les noyaux polaires (provenant des pôles). La cytokinèse (ensemble des modifications du cytoplasme lors de la division cellulaire) se produit ensuite terminant la formation du sac embryonnaire qui est constitué de 7 cellules :

- deux synergides
- l'oosphère au pôle micropylaire ;
- trois antipodes au pôle opposé et
- une grande cellule centrale qui contient les 2 noyaux polaires,



#### II.1.4.1.2. La gamétogenèse mâle ou microgamétogénèse

La gamétogenèse mâle est la formation du gamétophyte mâle et dans le cas des Angiospermes c'est le grain de pollen qui se trouve à l'intérieur des anthères (étamine).

**Le grain de pollen :** Le grain de pollen est le gamétophyte mâle qui produit les gamètes mâles et qui est disséminé pour permettre la fécondation. Les grains de pollen sont produits dans les loges polliniques des anthères (partie supérieure des étamines).

Le grain de pollen est généralement de structure sphérique d'un diamètre qui va de 7  $\mu\text{m}$  à 150  $\mu\text{m}$ , ceux qui sont de moins de 10  $\mu\text{m}$  sont réputés le plus souvent d'être **allergènes**.

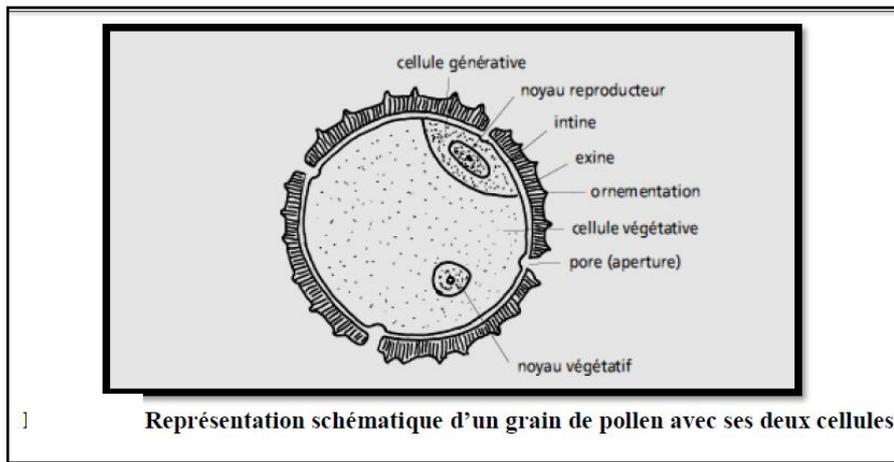
**Le grain de pollen est constitué d'un manteau pollinique épais formé d'exine à l'extérieur et d'intine à l'intérieur ;**

**L'exine:** Cette couche comporte des ouvertures (points de moindre résistance, qui permettront l'émission du tube pollinique qui fécondera l'ovule), elle est ornée et fortement cuticularisée, résiste à la plupart des dégradations chimiques et biologiques, permettant au pollen d'être diffusé dans l'environnement sans être abîmés.

Le grain de pollen est généralement formé de seulement 2 cellules haploïdes :

**La cellule végétative,** sa première fonction est d'assurer la survie du grain de pollen, sa seconde fonction est de fabriquer le tube pollinique. Ensuite le noyau de cette cellule va dégénérer.

**La cellule reproductrice** est petite, excentrée et entourée par la cellule végétative, le noyau génératif, aussi appelé spermatogène, contient le matériel génétique et qui donnera les noyaux spermatisés qui sont les deux gamètes mâles ou spermatozoïdes qui auront chacun leur rôle lors de la double fécondation de l'ovule.



### ➤ La formation du grain de pollen

Pendant la différenciation de l'étamine, les sacs polliniques s'individualisent. Ils renferment un massif central d'archéosporés complètement entouré d'une assise nourricière, le tapis, qui se désintègrera au cours de la maturation du pollen.

Vers l'extérieur de l'anthere, le tapis est renforcé par plusieurs assises cellulaires dites assises intermédiaires et d'un épiderme.

Les archéosporés évoluent en sporocytes ou cellules-mères de microspores qui subissent la méiose qui conduit à la formation d'une tétrade de cellules haploïdes. Celles-ci finissent par s'individualiser en microspores isolées possédant une paroi externe (l'exine) et une paroi interne (l'intine).

La microspore isolée subit une mitose asymétrique qui conduit à la formation d'une grande cellule végétative et d'une petite cellule générative.

Au moment de la fécondation le grain de pollen déposé sur le stigmate, évolue en tube pollinique, et la cellule génératrice subit une nouvelle mitose pour donner deux cellules spermatiques, ce sont les gamètes mâles (deux spermatozoïdes).

### II.1.4.1.3. La Reproduction sexuée

La reproduction sexuée nécessite un gamète mâle et femelle pour qu'il y ait fécondation.

Elle permet le mélange génétique et maintient la diversité génétique. Elle s'effectue dans les fleurs

**Après fusion des cellules sexuelles haploïdes, elles donnent naissance à un zygote diploïde qui se développera pour** donner un nouvel individu dont certaines cellules subiront la méiose et ainsi de suite.

Il se produit une alternance de générations, l'une est haploïde, c'est l'**haplophase** ; on est en présence du **gamétophyte**. L'autre est diploïde, donc appelée **diplophase** ; on a alors le **sporophyte**.

### ➤ La fécondation chez les Angiospermes

Le grain de pollen tombe sur le stigmate. Le pollen ne peut pas arriver directement jusqu'à l'ovule et doit germer ; il germe et développe un tube pollinique qui pénètre dans le style, ensuite dans l'ovule, jusqu'au sac embryonnaire : (**Siphonogamie**).

La fécondation se déroule en 3 étapes:

#### a) Pollinisation:

C'est le transfert du pollen d'une plante jusqu'au stigmate. Elle peut être directe (Autopollinisation ou autogamie) quand le pollen fécondant provient de la même fleur ou du même individu. Elle peut être croisée (allopollinisation ou allogamie) quand le pollen fécondant provient d'une fleur d'un individu différent.

Il existe différents agents de transports des grains de pollen :

**Le vent** : pollinisation anémophile.

**Les insectes** : pollinisation entomophile.

### b) Germination du pollen

Le grain de pollen germe sur le stigmate en émettant un long tube pollinique qui sort par une ouverture. Le noyau végétatif et les deux noyaux spermatiques passent par le tube pollinique qui traverse le stigmate et poursuit sa croissance dans le style, pénètre dans la cavité ovarienne et va jusqu'à l'ovule où il pénètre par le micropyle et traverse le nucelle et arrive au sac embryonnaire.

### c) Décharge du tube pollinique

Deux gamètes mâles sont émis par le tube pollinique. L'un d'eux s'unit avec l'oosphère pour donner le zygote et le second va s'associer au noyau polaire pour donner l'albumen (zygote accessoire triploïde) qui est le tissu de réserve de la graine : **c'est la double fécondation**, propre aux angiospermes.

#### ➤ La formation de la graine

Après la fécondation, les trois cellules antipodales ainsi que les deux synergides dégénèrent. La cellule principale (l'embryon) subit des mitoses successives donnant ainsi les premières structures embryonnaires, radicule, cotylédons et gemmule (bourgeon terminale). L'œuf accessoire subit des multiplications pour former des amas cellulaires renfermant des nutriments appelés albumen. Ainsi la graine formée subit une dessiccation et rentre en phase de vie ralentie (dormance) où les échanges nutritionnelles et respiratoires sont faibles lui permettant de supporter les conditions défavorables.

#### ➤ Le fruit et la fructification

Tandis qu'après fécondation l'ovule se transforme en graine, l'ovaire devient un fruit. Le fruit renferme une ou plusieurs graines qu'il protège.

Dans certains cas, la fructification peut se faire de manière accidentelle, en absence de pollinisation et de fécondation ou de développement des graines; on parle de parthénocarpié. Les espèces parthénocarpiques produisent des fruits sans graines (bananes, clémentine).

#### ➤ Reproduction asexuée (multiplication végétative)

La reproduction asexuée désigne tous les autres moyens de reproduction où n'interviennent ni gamètes ni fécondation et les individus obtenus sont strictement identiques à ceux dont ils sont issus. Dans ce cas le matériel génétique des parents et des descendants restent identiques. C'est une forme de clonage naturel.

Elle peut se faire sans organe particulier par :

- la fragmentation des organes d'une plante comme la tige ou les racines. Elle peut se faire naturellement (plantes vivaces) ou artificiellement (par l'homme). L'appareil végétatif de la plante est fragmenté, chaque fragment obtenu pouvant redonner un nouvel individu.
- cassures accidentelles ou nécroses de tiges de la plante mère (courant chez les plantes à rhizomes).
- la formation d'organes spécialisés, soit par production ou fragmentation d'organes (bulbes, tubercules, rhizomes...) par différents procédés : Marcottage naturel, Bouturage naturel, Bulbilles, Stolons, Racines drageonnantes et Racines ou tiges tubérisées.

#### ➤ Le cycle de développement des Angiospermes

Le cycle de vie d'une **plante à fleurs est donc un ensemble de processus continus et périodiques**. De génération en génération, à partir d'une graine, se répètent germination, croissance de l'appareil végétatif, mise à fleur, fructification...

Le cycle de vie d'une Angiosperme apparaît comme l'aboutissement d'une longue évolution ébauchée par les **plantes sans fleurs. Il est caractérisé par la dominance du sporophyte (2n) alors que les gamétophytes (n), mâle (contenu du grain de pollen) et femelle (sac embryonnaire), sont devenus microscopiques.**

Le cycle des Angiospermes est donc constitué de deux générations successives différentes. Il est digénétique haplo-diphasique, à dominante sporophytique.

Les angiospermes diffèrent des Gymnospermes par :

- a. **Un sac embryonnaire octonucléé.**
- b. Une double fécondation avec la formation du vrai zygote diploïde et du zygote accessoire qui en se développant donnera un tissu particulier, l'albumen. Ce dernier aura un rôle de tissu de réserve.**
- c. Une nouvelle protection de l'ovule qui est enfermée dans le carpelle.**