

République Algérienne Démocratique & Populaire  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR & DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA  
VIE

DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE  
L'ENVIRONNEMENT

# *Polycopié*

*Présenté par* BENNABI Faiza

*Intitulé*

*Aperçu sur les plantes vasculaires et non vasculaires*

Ce polycopié est destiné aux étudiants de :

✓ 1<sup>ème</sup> année SNV

2016 / 2017

## Préambule

Ce polycopié est destiné aux étudiants de 1<sup>ère</sup> année SNV, afin de compléter leurs connaissances dans le domaine de la Botanique.

Le document ne prétend pas traiter tous les aspects dans le domaine de la botanique, mais, il aiderait néanmoins l'étudiant à mieux appréhender l'aspect général des plantes. Etant donné que ce domaine soit en perpétuel progression, il est par conséquent nécessaire de consulter régulièrement des ouvrages spécialisés afin d'actualiser les connaissances.

# TABLE DES MATIERES

## I introduction générale

### Chapitre I : Les Bryophytes

#### I-1 introduction

#### I-2 classification des bryophytes

##### I-2-1-la classe des hépatiques

##### I-2-2-la classe des mousses

##### I-2-3-la classe des anthocérotes

### Chapitre II : Les Ptéridophytes

#### II-1 introduction

#### II-2 classification des Ptéridophytes

##### II-2-1- la classe des Filicinées

##### II-2-2- la classe des Lycopodiniées

##### II-2-3 -la classe des Equisétiniées

## **II-2-4 -la classe des Psilophytinées**

### **Chapitre III : Les Spermaphytes**

#### **III-1 Introduction**

#### **III-2 classification**

##### **III-2-1 les Gymnospermes**

###### **III-2-1-1- la classe des cycadophytes**

###### **III-2-1-2- la classe des coniférophytes**

###### **III-2-1-3- la classe des Gnétophytes**

##### **III-2-2- Les Angiospermes**

###### **III-2-2-1- les dicotylédones**

###### **III-2-2-2- les monocotylédones**

##### **III-3-2 bilan sur les angiospermes**

### **Références Bibliographiques**

## **I-Introduction générale**

Les végétaux sont des organismes qui ont une place importante dans le monde vivant, en effet leur métabolisme est primordial pour le reste des êtres vivants qui profitent de l'oxygène rejeté par ces organismes autotrophes. Le règne des végétaux se caractérise au niveau de leur structure, d'abord par leurs cellules, puis par la structure de leurs tissus (Bouزيد, 2016).

Les plantes supérieures sont des archégoniates, eucaryotes, faisant parti des végétaux. Elles possèdent un cormus, il est constitué de rameaux feuillés (sauf les bryophytes et certaines ptéridophytes). Les archégoniates possèdent des racines. Pour la plupart, des tissus bien différenciés mis en place par les méristèmes primaires ou secondaires, ils sont des formations de cellules embryonnaires indifférenciées à paroi fine, pouvant se multiplier activement.

Les gamètes sont renfermés dans les gamétanges (qui sont les anthéridies mâles ou les archégonies femelles), qui sont toujours entourés par une enveloppe constituée d'au moins une assise de cellules (Bouharmont, 2013)

La classification des végétaux s'appuie sur plusieurs critères cytologiques, anatomiques et morphologiques, ainsi, le règne végétal est traditionnellement subdivisé en deux grands groupes en fonction de l'organisation structurale du végétal : il s'agit de la présence d'un Thalle ou d'un Cormus, et donc on distingue les Thallophytes et les Cormophytes

**1. Les Thallophytes** : Ce sont des végétaux dont la structure est très simple appelé thalle, le thalle est composé par des cellules qui se ressemblent sans différenciation physiologiques où on ne peut distinguer ni racine, ni tige, ni feuilles ni vaisseaux conducteurs. Ils sont constitués soit par des cellules isolées soit par des filaments. En

fonction des espèces, certaines thallophytes sont unicellulaires comme les cyanobactéries (les algues bleues), et des fois le thalle présente des structures complexes et pluricellulaire, comme les champignons et les levures. La reproduction se fait par des spores ou des gamètes

**2. Les Cormophytes** : Ce groupe est composé par les végétaux supérieurs qui correspondent à des organismes toujours pluricellulaires et dont les cellules eucaryotes sont réunies en tissus formant à leur tour des organes beaucoup plus complexe qu'un thalle appelé cormus d'où le nom de cormophyte ; Les cormophytes sont divisées en plusieurs embranchements :

**1er Embranchement: Bryophytes** : La plante est formée de sortes de "tiges" et de "feuilles", par contre il n'y a ni racines ni de tissus conducteurs, on a l'exemple des mousses .

**2ème Embranchement: Ptéridophytes** :Le système racinaire et l'appareil conducteur apparaissent mais il n'y a pas de fleurs ni de graines, on a le cas des fougères.

**3ème Embranchement: Préspermaphytes (Préphanérogames)** : C'est un groupe intermédiaire entre les ptéridophytes et les spermaphytes.

**4ème Embranchement: Spermaphytes (Phanérogames)** : Il est caractérisé par l'apparition de la fleur et de la graine d'où le nom de spermaphytes (du grec, sperma : graine ; phytes:végétal...), il a été subdivisé en 3 sous-embranchement :

**1- Gymnospermes:** (Gymnos : nu ; sperma:graine), dans lesquelles les ovules (ébauches des futures graines) et les graines elles-mêmes ne sont pas entourées d'enveloppes closes.

**2. Chlamydospermes:** (Chlamydos : enveloppe ; sperma : graine), leurs organes reproducteurs sont entourés d'une enveloppe simple. Ces végétaux sont isolés dans la flore actuelle et considérés comme des intermédiaires entre les gymnospermes et les angiospermes.

**3. Angiospermes:** Regroupe les plantes à fleurs, et donc les végétaux qui portent des fruits. Angiosperme signifie « graine dans un récipient » en grec par opposition aux gymnospermes (graine nue). Ils représentent la plus grande partie des espèces végétales terrestres, avec de 250 000 à 300 000 espèces. Les Angiospermes comprennent les Dicotylédones et les Monocotylédones (**Bretagnolle, 2010**).

On distingue chez les plantes supérieures plusieurs types de fécondation (**Figure1**):

- **Zoïdogamie:** le gamète mâle est beaucoup plus petit, mobile et flagellé tant dis que le gamète femelle est plus gros immobile (oosphère), ce qui correspond à l'oogamie.
- **Siphonogamie:** le gamète femelle est immobile, le gamète mâle n'est ni flagellé ni cilié mais la fécondation se fait par un siphon ou par un tube pollinique. Les spores sont formées dans les sporanges, toujours après une méiose.

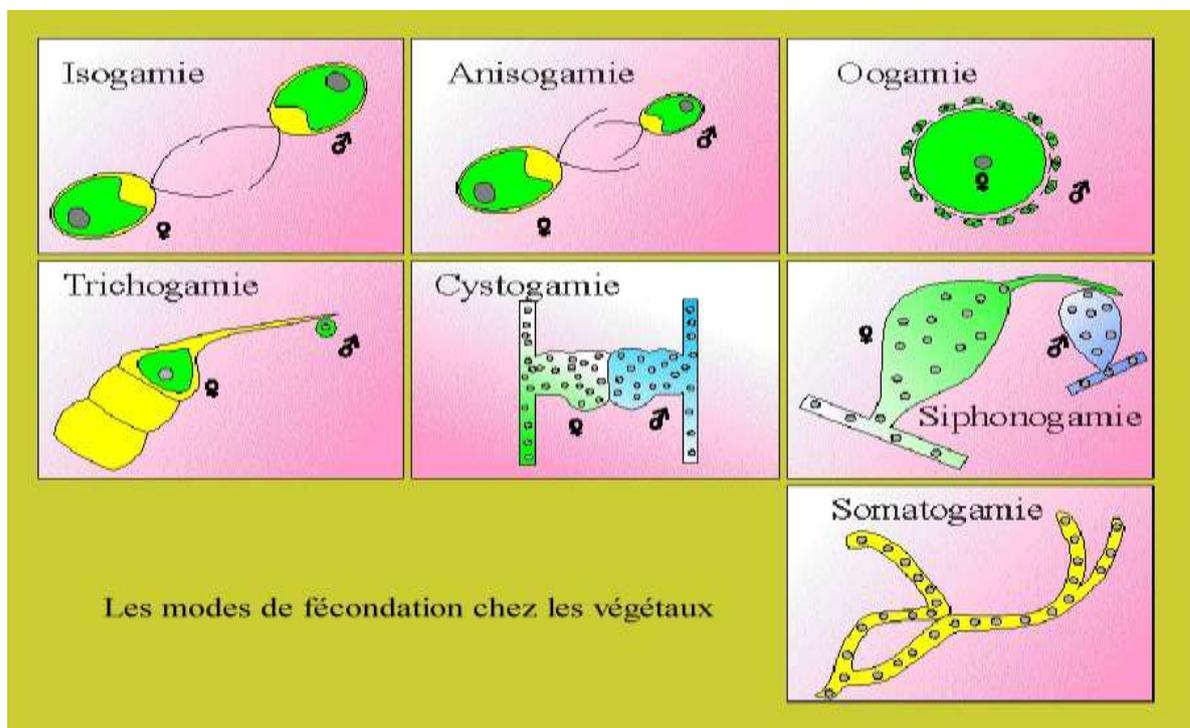


Figure 1: Mode de fécondation des végétaux (webmaster1)

# *Les Bryophytes*

## I-1 Introduction.

Les bryophytes constituent le groupe le plus primitif des Embryophytes. En fait, si elles produisent effectivement une structure de type embryonnaire au cours de leur cycle de développement, elles ne forment jamais de cormus *vrai*.

Leur appareil végétatif ne possède pas de racines mais différencie des rhizoïdes ayant un rôle de fixation et d'absorption. La partie aérienne, quoique relativement complexe et constituée, dans certains cas, d'un axe pourvu d'organes foliacés, ne peut jamais être assimilée à une tige portant des feuilles, tant sa structure anatomique est différente de celle des groupes plus évolués.

Les bryophytes sont séparées des autres archégoniates par le fait qu'elles sont dépourvues de vaisseaux pour la conduction de la sève ; cependant, chez les espèces les plus évoluées, il y a un début de

différenciation des tissus. Il existe une grande domination du gamétophyte par rapport au sporophyte qui est, toute sa vie, parasite du gamétophyte.

Les bryophytes vivent le plus souvent en milieu humide. On observe sur ces mousses le phénomène de reviviscence: elles peuvent supporter une dessiccation prolongée, en passant à un état de vie ralentie. Quand des conditions viables reviennent, elles font repartir leur métabolisme.

Certaines espèces des bryophytes peuvent toutefois tolérer des climats relativement secs où la disponibilité en eau est réduite ; elles possèdent notamment la capacité de capter directement l'humidité de l'atmosphère et de résister au dessèchement. D'autres acceptent des périodes prolongées de froid intense et survivent donc en Antarctique. Enfin, quelques espèces aquatiques subsistent ; elles ne sont jamais marines.

Les Bryophytes comprennent plusieurs classes (rassemblant près de 20.000 espèces), les trois principales étant les mousses (Bryophytes vrais), les hépatiques et les anthocérotes. Elles ont en commun différents caractères qui justifient leur maintien actuel dans un même embranchement.

## **I-2 classification des Bryophytes**

### **I-2-1 La classe des hépatiques, avec *Riccia Sp.***

#### **❖ Le gamétophyte.**

Le développement est réalisé par les divisions successives de la cellule apicale, ce qui donne un thalle prostré sur le sol. Ce dernier a l'aspect d'une rosette à plusieurs branches. Sur le thalle, on peut distinguer deux zones : Le parenchyme ventral, riche en réserves et portant les rhizoïdes et les écailles (les amphigastes).

- La zone supérieure est formée par un parenchyme chlorophyllien ou assimilateur. On trouve de nombreux canaux aérifères. L'assise supérieure (ou épiderme) est non chlorophyllienne.

❖ **L'appareil reproducteur de *Riccia Sp.***: Il est composé des anthéridies et des archégonies sur la partie dorsale du thalle.

- **Les anthéridies**: Elles sont formées par une cellule superficielle du thalle qui, par divisions successives, donne un sac formé par une enveloppe externe constituée d'une assise de cellules. A l'intérieur, les nombreuses cellules sont obtenues par mitose: c'est la différenciation en anthérozoïdes. Il y a libération des méiospores grâce à la résorption de la paroi externe. Ces spores sont formées de gros noyaux et possèdent deux flagelles.
- **Les archégonies**: C'est une cellule superficielle, qui, à maturité, a la forme d'une «bouteille » attachée au thalle par un pied

pluricellulaire (ou pédicelle). Quand le développement de l'archégone est complet, le ventre est surmonté d'un col (ou calyptra) constitué d'une seule couche de cellules. L'oosphère est à l'intérieur du ventre.

❖ **La fécondation** : A maturité, l'archégone s'ouvre au sommet.

Les cellules qui se trouvent à l'intérieur du col se gélifient. Les anthérozoïdes, attirés par chimiotactisme (à cause des sucres et des substances de mucilage), se déplaçant dans une goutte d'eau, vont pénétrer dans le col et un seul des anthérozoïdes va s'unir à l'oosphère, ce qui va donner un œuf. C'est la première cellule (à 2N) du sporophyte dont la fécondation s'effectue par zoïdogamie

❖ **Le sporophyte à 2n**: L'œuf, par divisions successives, donne un sporophyte globuleux inclus dans le ventre de l'archégone. Il présente deux zones distinctes :

- **une zone externe** : l'amphithécium qui forme la paroi du sporophyte
- **une zone interne** : l'endothécium qui par mitoses va donner des cellules nourricières et les cellules mères des archéspores. Les cellules mères subissent la réduction chromatique et chacune d'elles donnera 4 méiospores libérées après la destruction des tissus du thalle (en général, un an après). La nouvelle génération donne un protonéma.

**Remarque:** Par liquéfaction, les cellules nourricières et l'amphithécium forment un liquide nutritif. Les archéspores sont toujours dans le ventre des archégonies. Le sporophyte a une existence transitoire, c'est un parasite du gamétophyte. Il disparaît après la réduction chromatique.

**I-2-2 La classe des mousses, (*Funaria hygrometrica*):** On la trouve dans le sous-bois clair, dans les landes après les incendies.

- **Le gamétophyte : l'appareil végétatif.**

Une méiospore à N qui germe sur un sol humide donne naissance à un filament chlorophyllien unisériel, rampant : le protonéma. Ce filament se ramifie et émet des rhizoïdes. Sur ces filaments naissent des cellules renflées qui après s'être divisées, donnent les tiges feuillées de la Funaria : c'est le **gamétophyte**.

Le protonéma disparaît et laisse un ensemble de gamétophytes groupés. Chaque pied présente la seconde partie de l'appareil végétatif. Celle-ci est représentée par une tige parfois ramifiée au sommet, portant des petites feuilles à la base et des rhizoïdes unisériels. La tige possède une anatomie simple. Les feuilles de petites tailles (les microphylls) sont formées d'un limbe d'une seule assise de cellules. La nervure centrale présente des cellules superficielles épidermiques et des cellules internes qui sont des conducteurs.

- **L'appareil reproducteur monoïque.**

**Les anthéridies.** Elles sont situées à l'extrémité des rameaux latéraux des gamétophores. Elles se trouvent dans des corbeilles spécifiques, dites «anthéridies», fermées par un ensemble de feuilles modifiées par rapport aux autres: ce sont les feuilles périgoniales. Entre les anthéridies, se développent des poils stériles : les paraphyses. Les anthéridies se développent à partir d'une cellule superficielle. Les cellules internes se divisent par méiose et donnent des anthérozoïdes qui sont à N chromosomes.

**L'archégone.** Il y en a de 2 à 5 par pied. Elles sont situées à l'extrémité de la tige principale, entourées de feuilles périgoniales mais pas de paraphyses. Le développement a lieu à partir d'une cellule unique superficielle. Sa morphologie rappelle celle du *Ricciasp.*, mais le pied est plus épais et le ventre est constitué de 2 ou 3 assises de cellules.

**La fécondation** : A maturité, les cellules de canal du col (à l'extrémité supérieure) se gélifient. Les anthérozoïdes sont attirés par chimiotactisme et se déplacent vers l'archégone en nageant dans l'eau de pluie ou dans de la rosée, puis ils pénètrent dans le col. Un anthérozoïde fusionne avec l'oosphère et donne un zygote entouré par une membrane cellulosique.

**Le sporophyte** : L'œuf grossit par mitose et donne le sporophyte (ou sporogone). Il se développe ensuite en entraînant l'archégone qui donnera naissance à la coiffe. Le sporophyte est constitué par le pied (suçoir) fixé en parasite sur le gamétophyte, la soie (long filament), la capsule (ou urne) qui est obturée par les dents du péristome et fermée par l'opercule et le tout est recouvert par la coiffe. Cette urne contient les méiospores à maturité.

**L'urne.** Elle se différencie à partir d'une cellule provenant des divisions de l'œuf. Ces cellules (de l'urne) s'organisent en endothécium et amphithécium..

**Les archéspores:** En se divisant, les archéspores donnent naissance à des cellules nourricières et aux cellules mères. Ces dernières subissent la réduction chromatique et donnent 4 méiospores (ou tétraspores). Lorsque ces spores sont mûres, la coiffe et l'opercule tombent, les dents s'écartent, la soie se courbe et les spores peuvent être disséminées et donneront un protonéma quand le temps deviendra humide (**Figure 2**).

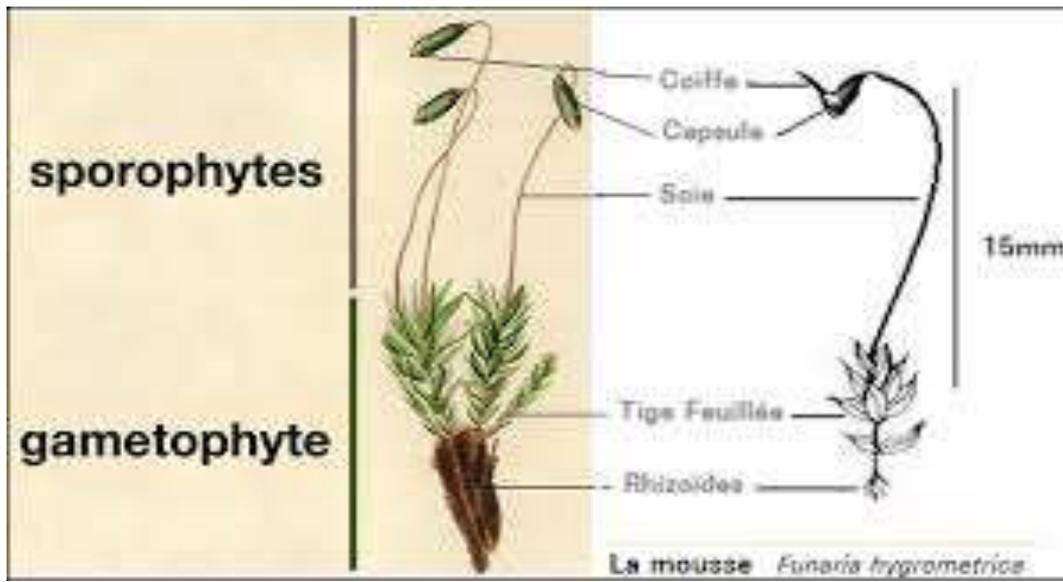


Figure 2 : *Funaria hygrometrica* (Webmaster 2)

**I-2-3: la classe des anthocérotes (*Anthoceros Punctatus*):** apparaît à la fin de l'été sur les limons frais dénudés. Le gamétophyte est un thalle en forme de rosette de 1-2 cm de diamètre, et pourvu de rhizoïdes. Les sporophytes qui s'y développent sont une dizaine de minces colonnes cylindriques qui se déchirent au sommet et libèrent les spores sous forme d'une poussière noire, grâce à des élatères. L'aspect général des anthocérotes les rapproche des hépatiques, mais la constitution très simple du sporophyte et la structure de l'unique chloroplaste de chaque

cellule du thalle, que l'on ne rencontre ailleurs que chez certaines algues, en font des bryophytes archaïques (Zerhouni, 2016).

Le schéma suivant illustre le cycle de vie d'une mousse est dans le schéma suivant :

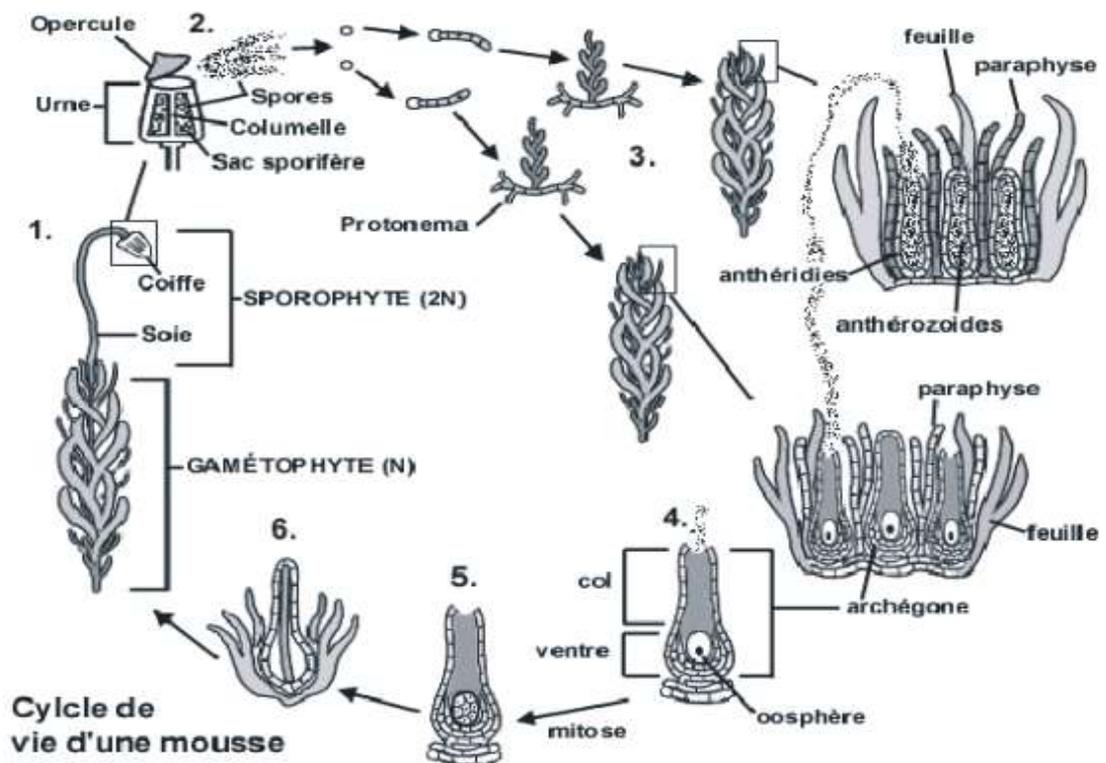


Figure 3 : Cycle de vie des mousses (Web master 3)

## *Les Ptéridophytes*

## I-1 -Introduction

Les Ptéridophytes font partie de l'embranchement des archégoniates. Ce sont des cormophytes. Les gamètes sont formés dans les gamétanges. Les ptéridophytes sont des cryptogames vasculaires car ils possèdent des vaisseaux du bois de type scalariforme. Morphologiquement, on a une tige, des feuilles et des racines. Le sporophyte est la forme prédominante, chlorophyllien, rapidement autonome par rapport au gamétophyte. Ce dernier est souvent thalloïde et dépourvu de vaisseaux conducteurs. Les ptéridophytes vivent en général dans les milieux humides, et certains sont aquatiques (ex : *Azolla*). On trouve de nombreuses espèces de ptéridophytes fossiles, ce qui est une preuve de leur épanouissement pendant les périodes du Carbonifère et du Permien (les restes forment le charbon). Des groupes importants comme les Equisétinées étaient arborescentes.



## Les Ptéridophytes

### II-2- Classification des Ptéridophytes

On trouve quatre classes de ptéridophytes: les Psilophytinées, les Lycopodinées, les Equisétinées et les Filicinées.

**II 2-1: La classe des Filicinées, avec *Dryopteris Filix Mas* :** Elle est aussi appelée «la fougère mâle ».

## **A- Le sporophyte ou l'appareil végétatif.**

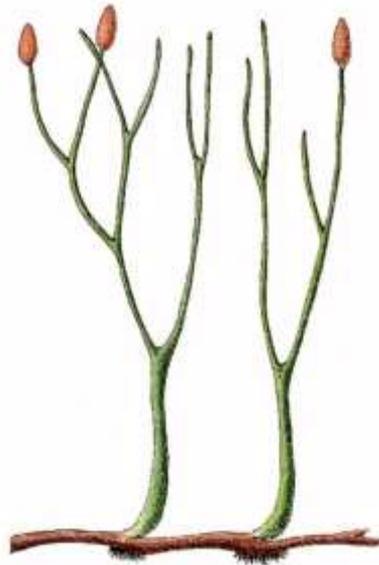
C'est une plante feuillée constituée, par une tige souterraine (rhizome) portant un bouquet de grandes feuilles pennatiséquées à son extrémité supérieure, par un pétiole, un rachis (l'axe central) et par des feuilles (pennes) divisées en pinnules.

**1- Les racines** : Elles sont adventives, avec une stèle (ou cylindre central) à deux pôles ligneux à différenciation centripète ainsi que deux pôles libériens (Zerhrac, 2013).

**2- Le rhizome** : C'est le cylindre central. Il est composé d'un épiderme, d'un sous-épiderme (en assises de cellules), de parenchymes à réserves amyloacées (avec de l'amidon), et de deux cercles concentriques de stèles. Le cercle externe donne les traces foliaires qui donneront les feuilles. Le cercle interne permet la vascularisation propre du rhizome.

**3- Les feuilles** : Elles sont chlorophylliennes avec des stomates.

**4- Les sporanges**: Ils sont à la face inférieure des pinnules. Les sporanges se développent en amas (ou sores) constitués par une colonne centrale sur laquelle sont fixés les sporanges protégés par une membrane (c'est l'indusie). Le sporange n'a pour origine qu'une seule cellule superficielle. La tête du sporange est constituée par un archéspore et des cellules pariétales (autour de la première) puis elles se divisent. On obtient deux assises de cellules. L'assise externe donne le tapis qui est composé de cellules nourricières et l'assise interne donnera les cellules mères des tétraspores.



## Filicophytes

**5- La réduction chromatique, formation des spores :** Les cellules mères subissent la réduction chromatique et donne, chacune 64 spores à N chromosomes. Les spores sont entourées d'une membrane épaisse formée de trois couches. Les spores sont libérées par l'ouverture du sporange et germent par temps humide. Ils donneront un gamétophyte ou prothalle.

## **B- Le gamétophyte, à N chromosomes.**

### **1- l'appareil végétatif**

Les spores donnent des filaments de 5 ou 6 cellules portant des rhizoïdes incolores : c'est le prothalle. Quand il se développe, il donne une lame aplatie et cordiforme (en forme de cœur). Cette lame est composée d'une seule assise cellulaire sauf dans le coussinet (la région médiane) portant les rhizoïdes. Le prothalle est chlorophyllien, autotrophe et autonome.

**2- Les anthéridies.** : Sur la partie inférieure du prothalle, il y a apparition des nombreuses premières anthéridies. Chaque cellule a pour origine une cellule épidermique. Les anthéridies sont constituées d'une paroi (4 ou 5 cellules) et par un couvercle (2 ou 3 cellules). A l'intérieur, les cellules donnent 32 anthérozoïdes rubanés avec un bouquet de flagelles et

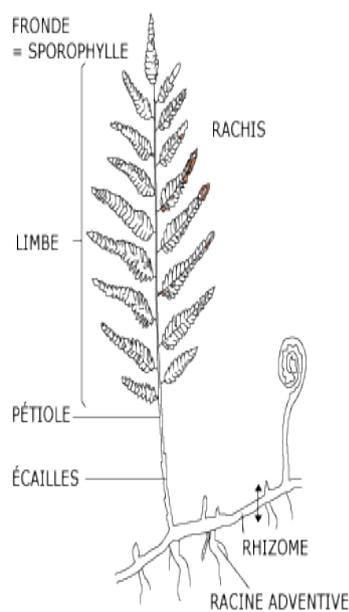
des vésicules qui se résorbent, puis ces anthérozoïdes sont libérés par l'ouverture du couvercle.

**3- L'archégone.** : Elle apparaît plus tardivement, à partir d'une cellule superficielle. Celle-ci se trouve à la face inférieure du prothalle (à terre, comme le «mâle »). Sous le col, composé de 7 ou 8 cellules, se trouvent l'oosphère et des cellules du canal du col. L'espèce est monoïque et homothallique.

**4- La fécondation** : L'apex de la cellule s'ouvre et les cellules du col se gélifient en donnant un mucilage. Les cellules mâles sont attirées par chimiotactisme et pénètrent et vont féconder l'oosphère. Ceci donnera un zygote à 2N. C'est une zoïdogamie (ce qui est différent d'un oogamie).

**5- Le retour du sporophyte** : Le zygote se transforme en embryon qui développe une racine, une tige et une feuille, plus un pied suçoir qui se fixe (pas longtemps) sur le thalle. Il gagne rapidement son autonomie.

**C- Conclusion** : Le sporophyte devient prépondérant, autonome. Le cycle est haplodiplophasique, digénétique. Il y a zoïdogamie avec un milieu extérieur liquide. L'espèce est isosporée (même taille des spores) et homothallique.



**Figure 4:** Appareil végétatif de *Dryopteris filix-mas* (Web master 4)

## II-2-2: La classe des lycopodiniées, avec *Selaginellasp.*

### A- Le sporophyte.

#### 1- L'appareil végétatif

C'est une plante feuillée de type herbacé. Ses tiges sont vascularisées, se ramifient de manière dichotomique et portent de petites feuilles (les lancéoles) en disposition spiralée ou opposée. Sur la face supérieure, près de l'insertion de la tige, on a quatre ligules (des petites languettes). Les racines ne sont pas directement fixées sur la tige mais sur des axes rhizophores.

**2- Le sporange:** Il se développe à l'aisselle de feuilles dites fertiles: les sporophylles. Elles sont groupées en épis sporangifères.



## Lycopside

On trouve deux types de sporanges sur le même pied :

- Les mégasporanges qui donnent quatre tétraspoires volumineuses.
- Les microsporangies qui donnent de nombreuses microspores.

Les épis sporangifères portent les mégasporanges à leur base et les microsporangies à leur apex.

**Remarque** : on les a parfois sur deux rangs verticaux chacun.

Dès les premiers stades, le développement de méga et microsporanges sont identiques. Ils ont : une paroi composée de plusieurs cellules, de cellules nourricières en manchon qui vont donner le tapis et les cellules mères des tétraspores.

### **3- La réduction chromatique.**

Dans les microsporanges, les cellules mères subissent la réduction chromatique et donnent de nombreuses microspores. Dans les mégasporanges, toutes les cellules mères avortent, sauf une, qui va subir la réduction chromatique et donnera quatre tétraspores volumineuses.

## **B- Les prothalles.**

### **1- Le gamétophyte mâle, ou, le microgamétophyte.**

Une fois que les microspores sont libérées des microsporanges, on obtient deux prothalles dont un qui est à l'origine des anthéridies

(l'anthéridie, après de multiples divisions, est formée d'une paroi entourant quatre cellules spermatogènes : les gamétogènes). Les cellules spermatogènes donnent plusieurs anthérozoïdes biflagellés, libérés après la rupture de la spore.

## **2- Le gamétophyte femelle.**

Son développement débute dans le mégasporange. Le noyau se divise plusieurs fois et donne un prothalle coenocytique (un noyau dans une cellule), puis il y a apparition de cellules à l'un des pôles. Le prothalle adulte est chlorophyllien au niveau de l'ouverture et porte des rhizoïdes. Du côté opposé à l'ouverture, on a une zone riche en amidon. La partie supérieure des archégonies réduites est constituée d'un col de 2 ou 3 cellules (de chaque côté). L'oosphère est entourée par des cellules prothalliennes et par deux cellules du canal du col. L'espèce est dioïque.

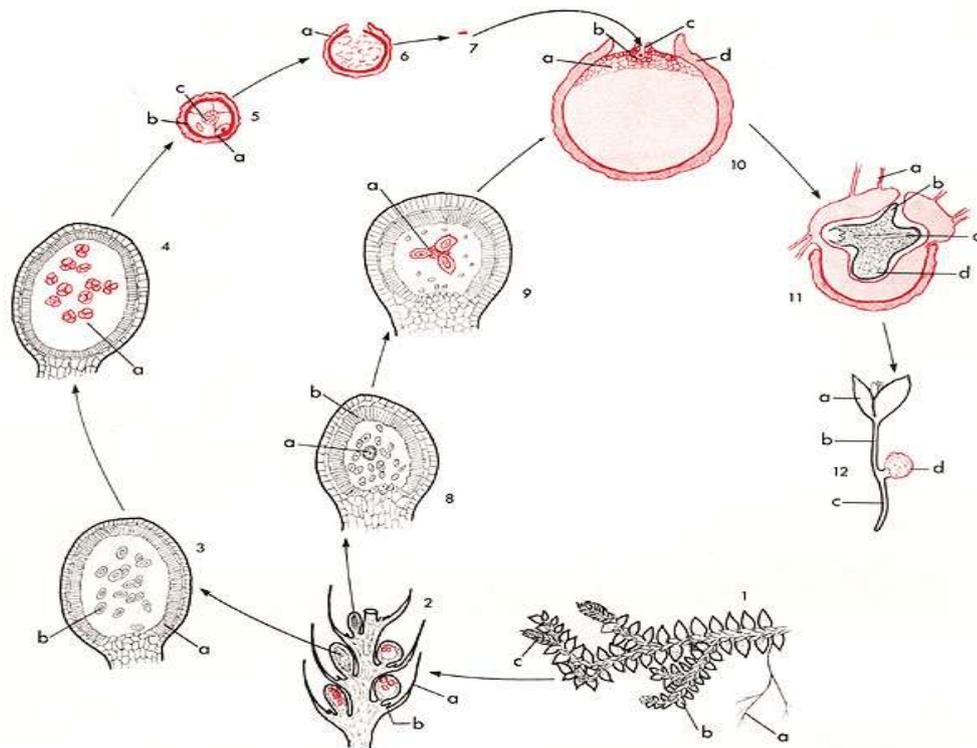
**3- La fécondation** : Les anthérozoïdes libérés, nagent dans l'eau vers les archégonies (ils sont attirés par chimiotactisme). Il y a alors, fécondation d'une ou plusieurs oosphères, qui entraînera le développement d'un zygote. La fécondation est une zoïdogamie en milieu extérieur liquide (Figure 5).

#### **4- Le développement du nouveau sporophyte à 2N.**

L'œuf se divise en deux et donne alors une cellule supérieure et une cellule inférieure qui, en se divisant, va donner un embryon avec une tige, une racine et un pied, fixant au départ, l'embryon sur le prothalle.

L'embryon et la jeune plantule restent un peu fixés au prothalle puis deviennent autonomes. On a un cycle avec deux types de spores : c'est une hétérosporie. Ce phénomène entraîne la formation de deux types de gamétophytes, d'où l'hétérothallisme. Il y a réduction du gamétophyte et de ses organes reproducteurs.

C'est une espèce haplodiplophasique, digénétique dont les spores sont une forme de résistance et de dissémination de l'espèce.



**Figure 5** Cycle de vie du genre *Selaginella*. Les structures haploïdes sont dessinées en rouge. (Web master 5)

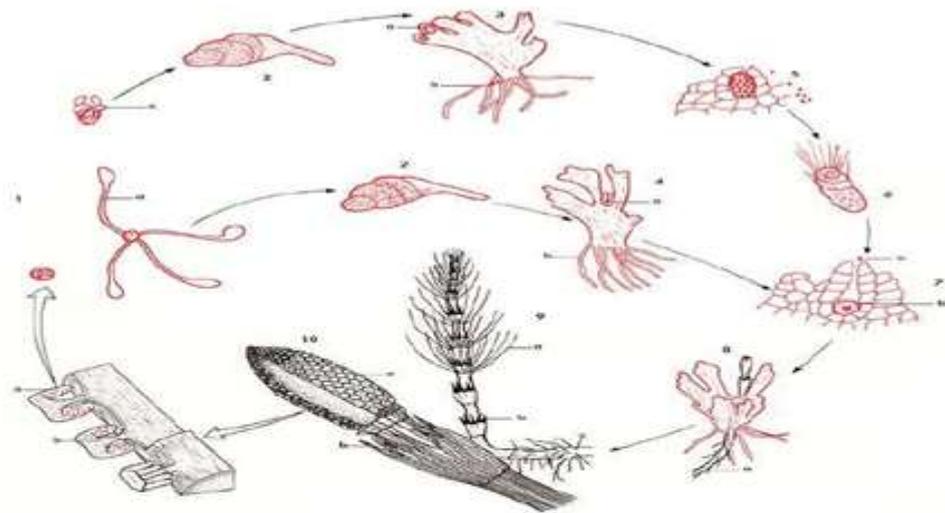
- 1 Sporophyte mature** ( a Rhizophore, b Feuille, c Strobile) **2 Strobile**(a Sporophylle, b Ligule) **3 Microsporange**(a Tapetum, b Cellule-mère de microspore)**4 Microsporange** (a Tétrade de microspores) **5 Microgamétophyte**(a Cellule prothalliale, b Cellule d'enveloppe, c Jeunes anthérozoïdes) **6 Microgamétophyte mature**(a Paroi de la microspore) **7 Anthérozoïde**, **8 Mégasporange** (a

Mégagamétocte, b Tapetum) ,9 **Mégasporange** (a Tétrade de mégaspores), 10 **Mégaspore** (a Mégagamétophyte, b O(v)osphère, c Col de l'archégone, d Paroi de la mégaspore)11 **Sporophyte embryonnaire** (a Rhizoïde, b Suspenseur, c Rhizophore primaire, d Pied) 12 **Développement du sporophyte** (a Cotyledon, b Tige sous cotylédons, c Rhizophore primaire, d Paroi de la mégaspore).

**II-2-3- Classe des équisétinées (*Equisetum* (Prêle):** est une classe caractérisée par un rhizome souterrain d'où surgissent des tiges verticales divisées en articles successifs, cannelées, creuses, portant à chaque noeud des feuilles réduites disposées en cercle (verticillées). Les sporanges sont portés par des organes spéciaux, en épi terminal d'une tige fertile (**Figure 6**).

Les équisétinées comprennent 7 ordres dont 4 fossiles

- **Protoarticulatales** : fossilles du Dénozien
- **Pseudoborniales** : fossilles du Dénozien supérieur
- **Sphenophyllales** : fossilles du Dénozien supérieur et Triassique inférieur
- **Cheirostrobales** : fossilles du Carbonifère inférieur
- **Tristachyales** : fossiles du Carbonifère
- **Talamitales** : la famille des **Asterocalamitacées** fossille du Dénozien moyen et du Carbonifère la famille des **Calamitées** fossiles du Carbonifère jusqu'au Permien inférieur
- **Equisetales** : la famille des **Équisetacées** représentée par un seul genre **Equisetum**



**Gamétophyte:**

- 1 Spores
- a Elatères
- 2 Spores germant
- 3 Prothalle
- a Anthéridie
- b Rhizoïdes
- 4 Prothalle
- a Archégone
- b Rhizoïdes
- 5 Anthéridie

**Figure 6:** cycle de vie d'une prêle du genre *Equisetum*, (web master 6)

**II-2-4- la classe Psilophytinées ou Psilophytes (Psilotum.)** : Classe la plus primitive, elle ne possède pas de vraies racines et seules quelques espèces possèdent des micros feuilles (microphylls). Elle est certainement la plus ancienne, représentée aujourd'hui par trois espèces Psilotaales-Rhyniales, et Psilophytales. Ces plantes croissent dans les endroits secs aussi bien que dans des lieux humides

# Les spermaphytes

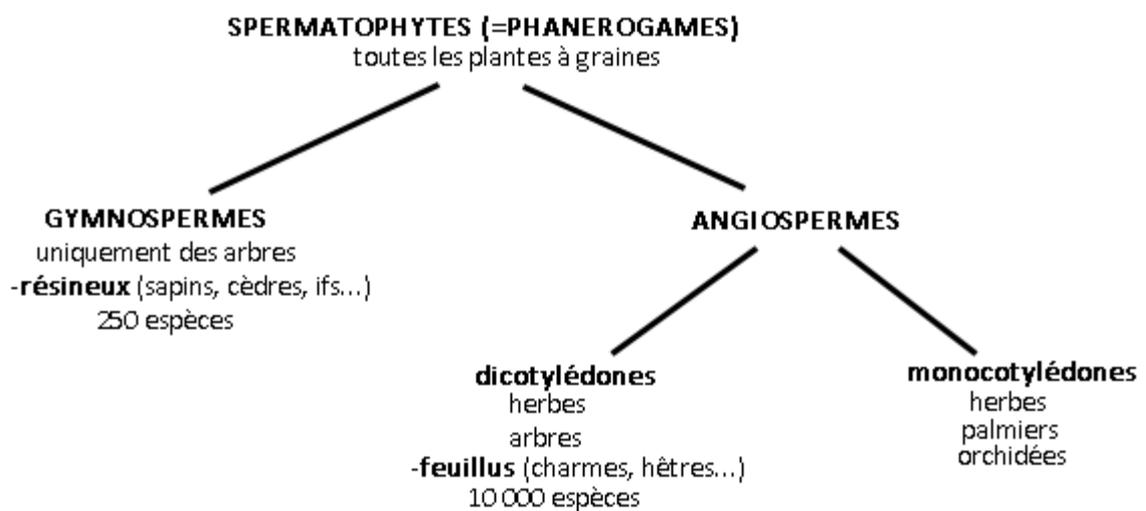
### III-1 Introduction

Les **Spermaphytes**, ou **Spermatophytes**, **Spermatophyta**, anciennement appelés, sont des plantes qui produisent des graines (plantes à graines). L'apparition de la graine est une étape importante dans l'histoire de l'évolution des plantes. O, trouve les gamétophytes :

- gamétophyte mâle immature sous forme de grain de pollen.
- gamétophyte femelle portant après la fécondation un embryon, gamétophyte lui-même contenu dans les téguments du mégasporange, l'ensemble constituant une graine.

Parmi les spermaphytes, certains ont des graines nues entourées de l'Albumen. D'autres, développant en plus une double fécondation produisant des tissus nourriciers supplémentaires, protègent leurs graines à l'intérieur de l'ovaire qui donnera le fruit : ce sont les Angiospermes avec l'embranchement des Magnoliophyta

Les spermatophytes actuels sont représentés par 250 à 300 mille espèces. Une très grande majorité d'entre eux sont des Angiospermes, encore appelées plantes à fleurs, qui sont caractérisées notamment par le fait que les ovules sont enveloppés dans une structure close appelée carpelle (dont la base qui contient les ovule, est nommée ovaire). Le reste des spermatophytes est représenté par les Gymnospermes environ 1000 esp (Zerhrac, 2013).



On deux groupes: les gymnospermes et les angiospermes :

## III-2 -classification

### III 2-1- Les Gymnospermes.

Ce sont des végétaux vasculaires dont la fécondation est indépendante du milieu extérieur et dont les éléments reproducteurs (gamétophytes) sont les grains de pollen chez les mâles et les ovules chez les femelles.

Les Gymnospermes : (Gymnos : nu ; sperma:graine), dans lesquelles les ovules (ébauches des futures graines) et les graines elles-mêmes ne sont pas entourées d'enveloppes closes. On a deux sous-ensembles majeurs: les gymnospermes dont les ovules et les graines sont nus, et les angiospermes chez qui la graine est dans un fruit. Ils apparaissent au Dévonien. Leur épanouissement a lieu à la fin de l'ère primaire et pendant l'ère secondaire. Maintenant, ce groupe est en déclin. Les plus nombreux sont les coniférales. Ce sont surtout des arbres et arbustes à feuilles persistantes.

### **Leur anatomie :**

- trachéïdes à ponctuations aréolées.
- le bois secondaire est homoxylé.
- ils possèdent de nombreux canaux à résine (d'où le terme de résineux).

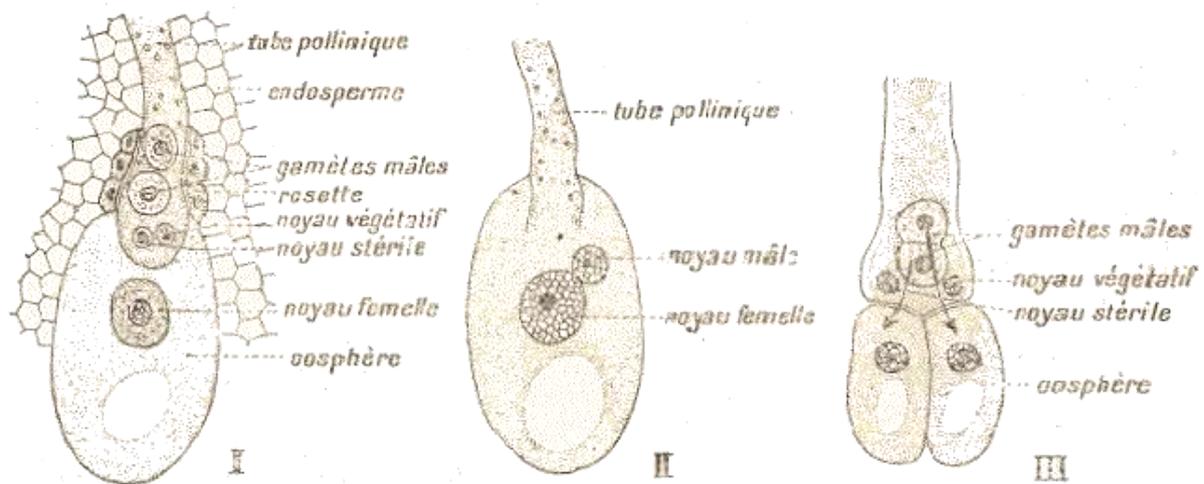
On trouve trois classes : les Cycadophytes, les Coniférophytes, les Gnétophytes. On a toutefois un autre type de classification avec quatre subdivisions: les Cycophyta, les Ginkgophyta, les Coniférophyta, les Gnétophyta.

### **Fécondation et formation de graine :**

Le phénomène de la fécondation consiste, selon la règle générale dans la fusion d'une oosphère avec un gamète mâle. Or, les fleurs mâles et les fleurs femelles se développant séparément sur des rameaux différents

d'un même arbre, la fécondation consiste dans le transport des gamètes mâles sur les fleurs femelles, acte qui porte le nom de pollinisation.

Quand les fleurs mâles sont mûres, leurs sacs polliniques ou microsporanges se fendent longitudinalement et laissent échapper leurs microspores ou grains de pollen ; la moindre agitation des rameaux causée par le vent détermine une chute si abondante de pollen qu'on l'a comparée à une pluie de soufre, et il est bien rare que le hasard n'en fasse pas tomber sur les fleurs femelles situées sur les rameaux voisins. Ce pollen s'immisce alors entre les bractées, arrive au sommet du micropyle et s'accumule dans une chambre spacieuse ou chambre pollinique creusée dans le nucelle, au fond du micropyle. Là, les grains trouvent les conditions d'humidité nécessaires et germent; il leur faut généralement plusieurs semaines pour développer complètement leur tube pollinique (**Figure 7**).



**Figure 7 : Fécondation chez les Gymnospermes.** I, Le tube pollinique s'est engagé dans le col de la rosette et a atteint une oosphère. - II, un gamète mâle s'est combiné avec le noyau femelle. - III, les deux gamètes fécondent chacun une oosphère (Genévrier) (**Web master 7**)

**II-2-1-1-la classe de Cycadophytes**,: ce sont des plantes de petite taille, pourvues de feuilles pennées. Ce groupe comprend les fougères à graines, les cycas et plusieurs plantes fossiles. Les Cycadophytes se divisent en Ptéridospermales, Cycadales et Bennettiales.

-Les **Ptéridospermales** (fougères à graine) sont un vaste embranchement de plantes vasculaires éteintes qui vécurent du Dévonien jusqu'au Jurassique. Elles sont caractérisées par l'association de frondes filicéennes et d'un appareil reproducteur sous forme d'ovules, comme chez les plantes supérieures.

**L'appareil végétatif** est apparenté aux fougères tandis que l'appareil reproducteur est comparable à celui des conifères actuels. En fait, ces plantes ne portent jamais de graines véritables mais des ovules et l'état de graine n'est atteint que lorsque l'ovule est séparé de la plante mère. Le caractère intermédiaire de ce groupe du paléozoïque joue un rôle essentiel dans la phylogénie des plantes vasculaires en établissant un jalon entre les ptéridophytes et les spermatophytes. Les ptéridospermales renferment deux familles, les **Lyginopteridacées** et les **Medullossagées**.

-Les **Cycadales** : Ce sont des petits arbres à port de palmier. Les fleurs mâles en forme de cône et les fleurs femelles sont produits sur des plants séparés. À l'origine les fleurs mâles et femelles étaient réunies comme dans les fleurs hermaphrodites. Plusieurs genres sont présents dans la famille des cycadacées; *Cycas*, *Stangeria*, *Bowenia*, *Dioon*, *Ceratozamia*, *Zamia*, *Macrozamia*, *Microcycas* et *Encephalartos*.

-Les **Bennettiales** : groupe fossile du secondaire, étaient proches, quant à leur port, des Cycadales; les fleurs étaient hermaphrodites ou diclines et la fécondation zoïdogame; la graine était embryonnée.

**III-2-1-2 La classe de coniférophytes (pin, Coniferophyta).** : Ce sont des arbres de grande taille dont les feuilles sont groupées par deux en aiguilles. L'espèce est monoïque. L'appareil végétatif constitue le sporophyte. Cette espèce entraîne une acidification du sol qui devient alors moins fertile.

## Les appareils reproducteurs (sur le sporophyte).

- 1 L'appareil mâle.

Il est constitué de cônes groupés en épis à la base de jeunes pousses.

Les cônes sont des associations, autour d'un axe de feuilles modifiées (ou écailles), qui forment les étamines (Figure 7). Le sporange (le sac pollinique) est situé à la face inférieure des écailles. Le pollen est libéré par une ouverture longitudinale. Chaque grain est limité par une paroi riche en sporopollénine, dilatée latéralement en bâtonnets, ce qui favorise la dissémination par éochorie. Une microspore haploïde donne un grain de pollen. Le gamétophyte mâle se développe dans le sac pollinique, puis, à maturité, le grain est constitué de deux cellules prothalliennes, d'une cellule reproductrice et d'une cellule végétative (Laberche, 2014). Le grain est disséminé pendant sa phase de vie ralentie.

- **L'appareil femelle.**

Des cônes se développent au sommet des jeunes pousses et sont une association d'écaillés à l'aisselle des bractées. Au printemps de la première année, deux ovules sont à la face supérieure de chaque écaille. Les ovules ne sont pas protégés par une formation sporophytique, ce qui les laisse nus. Le nucelle est entouré d'un tégument laissant une ouverture apicale (le micropyle). Quand l'archéspore augmente de taille, elle subit la méiose qui donne quatre mégaspores dont seule, la plus profonde, persiste. Le noyau se divise plusieurs fois et donne le gamétophyte femelle. L'endosperme coenocytique arrête vite de se développer.

- **La pollinisation.**

Elle est assurée par le vent. Les grains de pollen sont captés par le mucilage et arrivent au contact du nucelle. Ils germent alors en produisant un tube pollinique dans lequel s'engage le noyau de la cellule végétative. Puis

la cellule reproductrice se divise en deux cellules dont une cellule spermatogène (anthéridie). Le développement s'interrompt alors jusqu'au printemps suivant.

### ➤ La fécondation.

Le développement du gamétophyte femelle reprend car il y a formation de cellule dans l'endosperme. Quand celle-ci a terminé, il y a individualisation de 2 ou 3 archégonies. Les archéspores donnent une oosphère volumineuse à col réduit.

Le pollen a une reprise de métabolisme plus tardive (seulement quelques jours avant la fécondation). L'anthéridie se divise en deux gamètes mâles non limités par une paroi. Quand le tube pollinique, dans le col de l'archégonie, déverse son contenu dans l'oosphère, on a une cellule mâle qui dégénère et une qui s'unit à l'oosphère pour former un zygote à  $2N$ . Le gamète mâle n'a jamais été mobile : c'est une fécondation par siphonogamie.

### ➤ **Le zygote.**

Après s'être divisé deux fois, le zygote donne un embryon coenocytique à quatre noyaux dans la partie basale (à l'opposé du col de l'archégone). Les cellules les plus basales sont les cellules embryonnaires. La croissance donne une séparation de quatre cellules embryonnaires qui donnent quatre embryons dont trois qui dégénèrent. L'embryon qui reste s'organise en une jeune plantule (Guern, 2014).

### ➤ **La graine.**

Pendant le développement de l'embryon, les cellules de l'endosperme et des jeunes feuilles de la plantule (cotylédons) se chargent de réserves ; le tégument s'épaissit, se lignifie ; l'endosperme et la plantule se déshydratent et sont accompagnés d'une réduction des activités métaboliques. C'est le passage à la vie ralentie. L'ovule est transformé en une graine pourvue d'une aile. Après une période de vie ralentie, quand les

conditions sont favorables, la graine germe et donne une nouvelle plante  
feuillée.

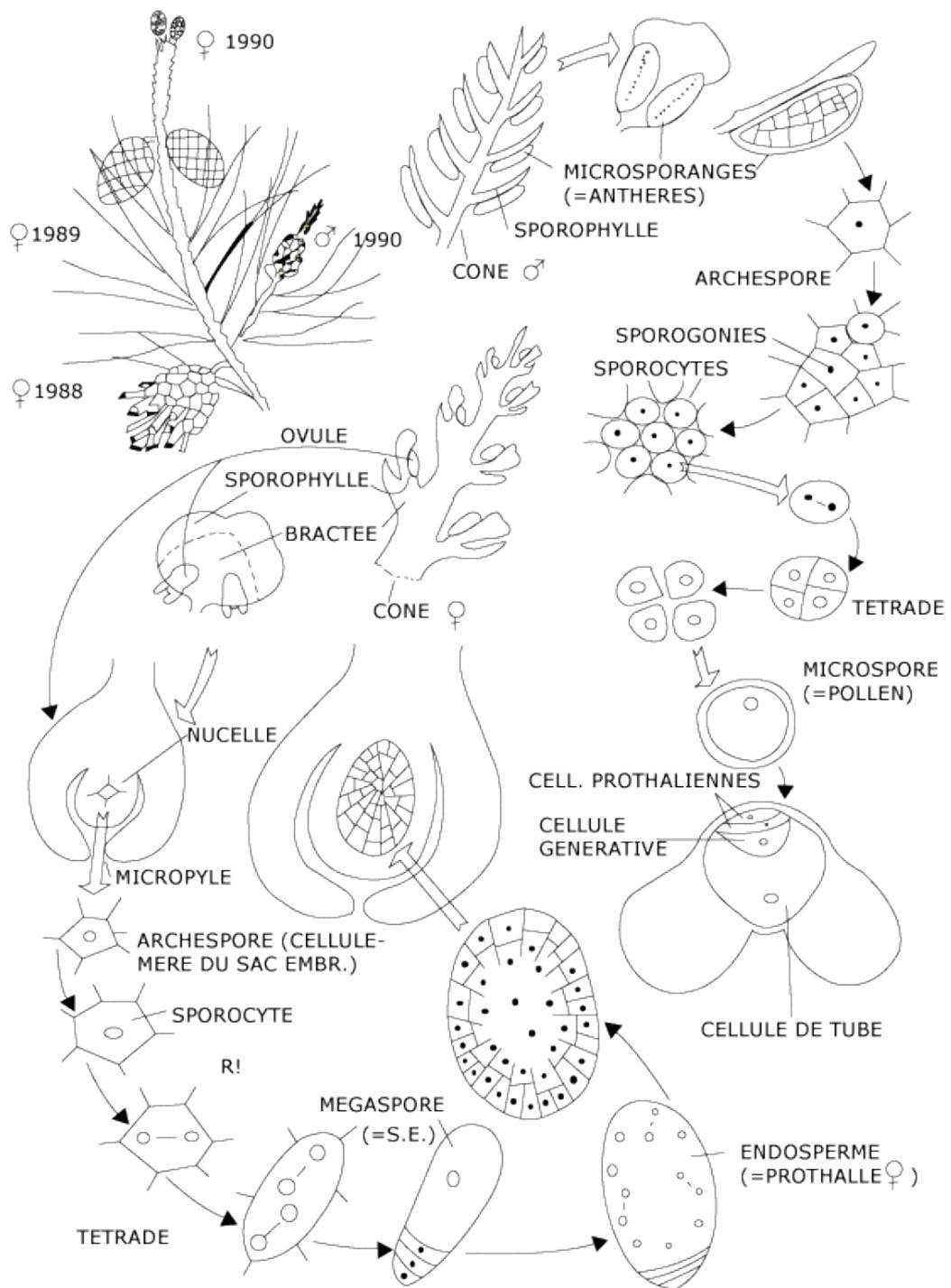


Figure 8 : Cycle de développement du *Pinus* (Web master 8)

**II- 2-1-3- La classe des Gnétophytes (*Gnetophyta*) :** Ce sont des plantes ligneuses sans canaux résinifères. Les fleurs mâles se rassemblent en en inflorescence conique; les fleurs femelles sont munies d'écailles formant une ébauche d'ovaire. Les Gnétophytes à disposition appelée chlamydosperme , et sont groupées en inflorescence , le tégument de l'ovule se prolonge en un faux stigmate. la fécondation est de type très variable et la graine est embryonnée , quand elle se détache .ce sont les seules Gymnospermes qui aient un bois.

Les étranges **Gnétophytes** comprennent les genres *Ephedra*, *Welwitschia*, *Gnetum*.

-Les gnètes (*Gnetum*), comprend des plantes qui rappellent un peu des lianes ou des arbres et arbustes. Les feuilles sont ovales à nervuration pennée. Le bois est comme celui des conifères. Les cônes ressemblent à des simples fleurs. Les cônes et les graines sont comestibles.

-**Les éphédres (*Ephedra*)**, forment des buissons bas dont les feuilles ont l'aspect d'écailles. Ils produisent des cônes mâles et femelles semblables à ceux des conifères. La structure de son bois montre une organisation plus évoluée comme celle des angiospermes.

-**Le *Welwitschia*** : plante qui pousse que dans les déserts du sud-ouest africain. Elle possède une coute tige ligneuse, renflée et non ramifiée, épaisse de 10 cm. et qui affecte la forme d'un coussin. Cette tige s'effile en une longue racine pivotante. Elle n'a que deux feuilles qui persistent pendant toute la vie de la plante, cent ans et plus. Ces feuilles coriaces, sans pétioles, semblent formées d'un large ruban que le vent déchire en longues lanières. La base des feuilles ne cesse de croître. À l'aisselle des feuilles apparaissent de nombreuses inflorescences garnies de cônes.

**Les Chlamydospermes** : (Chlamydos : enveloppe ; sperma : graine), leurs organes reproducteurs sont entourés d'une enveloppe simple. Ces végétaux sont isolés dans la flore actuelle et considérés comme des intermédiaires entre les gymnospermes et les angiospermes. C'est un groupe en voie de disparition assez hétéroclite. Seule une espèce est assez commune : ephedra dont on tire l'éphedrine, un stimulant cardiaque. Le genre compte environ une cinquantaine d'espèces. C'est une petite plante frêle mais pouvant atteindre le mètre de hauteur. Ces longs rameaux articulés portent de petites fleurs tout justes visibles à leur extrémité. Les vaisseaux du liber ont des cellules compagnes qui interviennent dans leur croissance. Ce sont des espèces des milieux désertiques et subdésertiques. Chez Ephedra les ovules sont mieux protégés et, après fécondation, des écailles, situées sous l'ovule, gonflent et entourent la graine formant une sorte de fruit charnu (Marc Philippe, 2001).

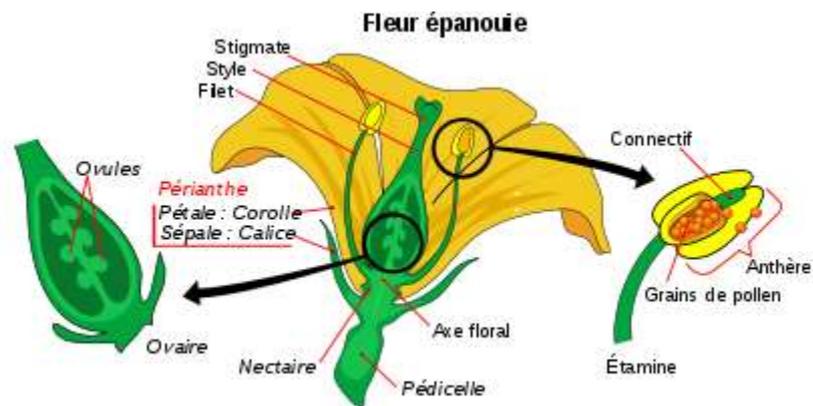
**III-2-2 Les Angiospermes** : D'un point de vue systématique, les Angiospermes forment un Taxon considéré comme Monophylétique. Les plus proches parents des Angiospermes sont les Gnétophyte, les cycadophyte, les Ginkgophyte et les coniférophyte, c'est-à-dire principalement les Conifères. Avec ces groupes, ils constituent les plantes à graines Spermaphyte

Les angiospermes signifient « graine dans un récipient » en grec par opposition aux gymnospermes (graine nue). Ils regroupent les plantes à fleurs, et donc les végétaux qui portent des fruits.). Ils représentent la plus grande partie des espèces végétales terrestres, avec de 250 000 à 300 000 espèces. Les Angiospermes comprennent les Dicotylédones et les Monocotylédones. Les Angiospermes diffèrent des autres plantes à graines par la présence des caractères suivants:

- Condensation des organes reproducteurs en une Fleur

- Présence d'un Ovaire enveloppant les Ovules", et qui se développera pour donner un Fruit
- Double fécondation de l'ovule, qui donnera l'embryon et son tissu nourricier, l'albumen.

La fleur et le Fruit, qui sont propres à ce groupe, entraînent, pour de nombreuses espèces, une interaction avec les animaux dans la Reproduction .Les angiospermes est un sous-embranchement des spermaphytes qui est divisé en deux sous-classes: les monocotylédones et les dicotylédones. Ils sont caractérisés par la présence de l'ovule dans un ovaire et de la graine dans un fruit. Les organes reproducteurs (à l'origine des gamètes) sont placés dans une structure particulière : la fleur. Certaines plantes possèdent des fleurs hermaphrodites, ce qui rend possible l'autofécondation. Cependant, chez la plupart des plantes à fleurs, divers mécanismes l'empêchent, la fécondation croisée est alors obligatoire



**Figure 9 : coupe longitudinale d'une fleur (Web master 9).**

**La reproduction asexuée des Angiospermes :** La renouée du Japon est capable de coloniser très rapidement un milieu par reproduction asexuée.

À partir d'un fragment de tige, ce végétal peut reformer une plante entière. En effet, les végétaux possèdent, au niveau des méristèmes, des cellules indifférenciées qui peuvent se multiplier sans limite, permettant une croissance indéfinie. De plus, les cellules végétales sont totipotentes. Elles peuvent ainsi se différencier en tous les types cellulaires de la plante : tissus de racine, de tige ou de feuille. •

La reproduction asexuée, appelée aussi multiplication végétative, permet aux horticulteurs de cloner à l'infini en laboratoire des plantes toutes identiques entre elles et présentant les caractéristiques recherchées

### **III-2-2-1 Cas d'une dicotylédone avec *Ranunculus acris*.**

#### **➤ L'appareil reproducteur mâle (les étamines)**

Les étamines sont constituées d'un filet (pédicelle rattaché au réceptacle floral) et d'une anthère où se différencie le pollen. Chaque anthère est constituée de deux loges, symétriques par rapport au filet, qui comportent chacune deux sacs polliniques. Dans une étamine jeune, chaque étamine jeune comprend une masse centrale de grosses cellules à noyaux volumineux : ce sont les archéspores. Elles sont entourées de plusieurs assises de cellules : par les cellules nourricières qui forment le tapis, par plusieurs assises transitoires, par une assise mécanique dont les cellules lignifiées interviennent dans l'ouverture de l'anthère et par un épiderme.

Les archéspores subissent la réduction chromatique et donnent, chacun, quatre microspores (à N chromosomes).

**Remarque** : chez les dicotylédones, il y a cloisonnement toutes les deux divisions.

Les microspores se divisent une nouvelle fois et s'entourent d'une paroi épaisse, ornementée, et constituée de deux couches (l'exine et l'intine). L'exine est percée de pores germinatifs. A maturité, chaque grain de pollen contient une cellule végétative à gros noyau et une cellule reproductrice à petit noyau. Le grain de pollen est le gamétophyte mâle qui va se disséminer. Ce grain a commencé son développement dans l'anthère, avant de se charger en matériaux de réserve et de subir la déshydratation qui le fait passer à l'état de vie ralentie (parfois, on a seulement des loges polliniques). L'ouverture des anthères se fait grâce à la dessiccation. La longévité d'un grain de pollen est variable (graminées : un jour, rosacées : 100 jours).

➤ **L'appareil reproducteur femelle.** Il est constitué par :

- Les carpelles qui sont, chacun, formés par une partie renflée et creuse qui contient un ovule.
- Un style court, terminé par un stigmate formé de papilles.
- L'ovule est constitué par une partie tégumentaire formée de deux membranes. Ces deux membranes sont interrompues par un minuscule pore : Le micropyle. L'ovule est inséré sur la partie renflée de l'ovaire, sur le placenta. Cet ovule est relié au funicule.

**Remarque** : On a différents types d'ovules : droits (ou orthotropes), les axes du funicule et du nucelle sont confondus ; courbes (ou campylotropes), les axes du funicule et du nucelle sont perpendiculaires.

➤ **La réduction chromatique.**

Le sac embryonnaire, dans le nucelle, représente le prothalle femelle. A l'origine, c'est une cellule épidermique qui s'est divisée en une cellule pariétale (qui avorte) et en une cellule sporogène. C'est cette dernière qui va subir la réduction chromatique en donnant quatre tétraspores dont trois qui vont dégénérer. La spore la plus interne va subsister et va constituer le sac embryonnaire.

➤ **Le gamétophyte femelle.**

Après les divisions du mégaspore, les noyaux se répartissent en trois complexes :

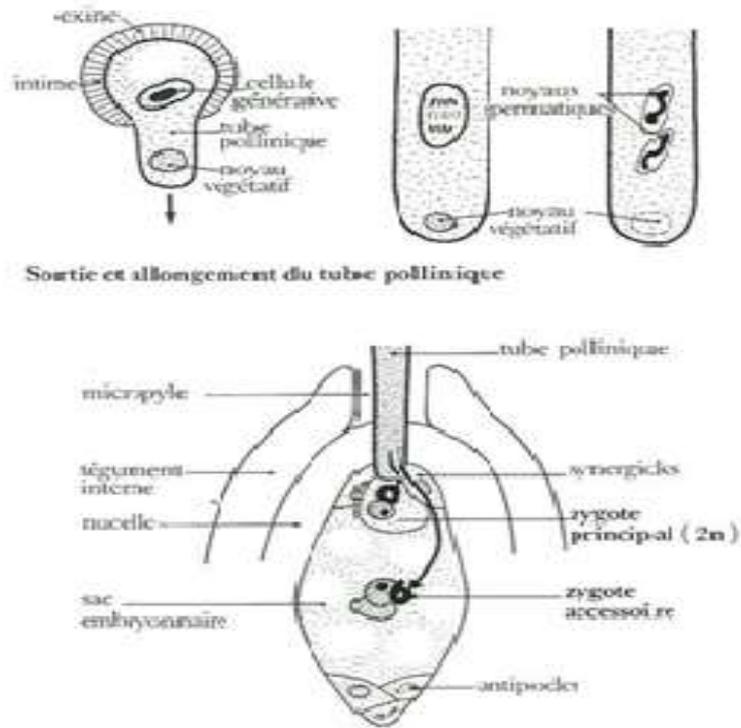
- **Le pôle microplylaire** : l'oosphère est associée à deux synergides.
- **Le pôle de la chalaze** : c'est un groupe de trois cellules, les antipodes
- **La zone centrale** qui contient deux noyaux « polaires ».

## ➤ Pollinisation et germination.

La pollinisation se fait par les insectes et par le vent. Le grain de pollen va se déposer sur le stigmate, va germer en produisant un long tube pollinique qui s'enfonce dans le nucelle jusqu'à l'ovule. Le noyau reproducteur du pollen se divise en deux spermatozoïdes. Le tube peut pénétrer par le micropyle : c'est une porogamie. La durée de croissance du tube va de quelques heures à quelques mois.

- **La fécondation**

Le contenu du tube se décharge dans le sac embryonnaire. L'un des spermatozoïdes s'unit avec l'oosphère et donne le zygote principal (à 2N). L'autre spermatozoïde s'associe aux noyaux polaires et va former un zygote accessoire (à 3N). C'est la double fécondation des angiospermes (**Figure 10**).



**Figure10: Double fécondation des Angiospermes (Web master 10)**

- **La graine.**

Le zygote principal donne une plantule avec deux feuilles embryonnaires (les cotylédons). Le zygote triploïde va donner l'albumen. Au cours du développement de la plantule, les réserves s'accumulent dans l'albumen et dans les cotylédons. Les téguments se lignifient (durcissement). Passage à l'état de vie ralentie, puis, dispersion. La graine peut être plus ou moins

déshydratée. La longévité étant proportionnelle au degré de déshydratation.

### Formation des graines

Chez les Angiospermes, la reproduction sexuée est assurée au niveau de la fleur où se trouvent les organes reproducteurs. • Les fleurs possèdent des caractéristiques favorables à la fécondation. Les gamètes femelles sont protégés par les parois de l'ovaire situé à la base du pistil. Les gamètes mâles sont contenus dans les grains de pollen libérés par les étamines. • Les grains de pollen qui arrivent sur les stigmates, situés à l'extrémité du pistil, peuvent germer et former un tube pollinique. Celui-ci pénètre dans le pistil et grandit à travers les tissus, permettant la libération des gamètes mâles au contact des ovules dans l'ovaire pour la fécondation. Certaines plantes possèdent des fleurs hermaphrodites, ce qui rend possible

l'autofécondation. Cependant, chez la plupart des plantes à fleurs, divers mécanismes l'empêchent, la fécondation croisée est alors obligatoire

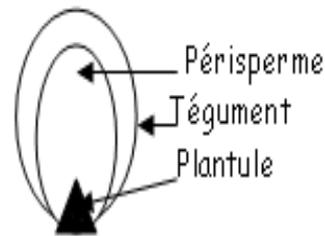
**On a différents types de téguments :**

- La caroncule, qui est un bourgeonnement au niveau du micropyle du ricin.
- L'arille, qui est un bourgeonnement au niveau du hile.
- L'arillade qui est un revêtement recouvrant la graine.
- **Les différents types de graines.** Selon l'évolution du nucelle,

on obtient :

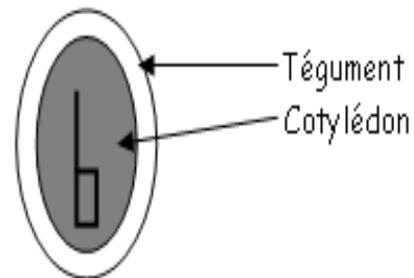
- Des graines à périsperme :

La digestion du nucelle est incomplète et donne une partie restante qui s'enrichit en réserves



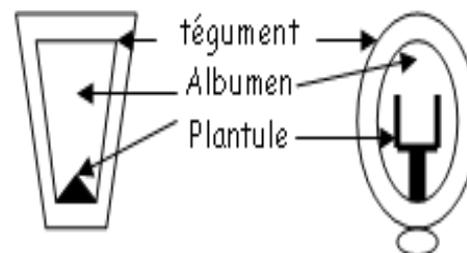
- Des graines exalbuminées :

Pas de développement d'albumen, la Graine est sans réserve (crucifères, Orchidées)



- des graines albuminées :

L'embryon est petit et les Cotylédons sont foliacés



- **La germination.**

Elle a lieu quand la graine est dans un bon état physiologique et quand les conditions du milieu sont favorables. Un bon état physiologique est caractérisé par un grand pouvoir germinatif qui dépend de l'état de maturité des graines (certaines germent immédiatement mais pendant un temps très court, d'autres ont une germination différée : elles ne peuvent germer qu'après une «dormance » ayant plusieurs origines: les téguments de l'embryon sont immatures, des inhibiteurs de levée de dormance sont présents et doivent être éliminés par des conditions favorables du milieu: réhydratation). Cette germination a lieu quand des conditions favorables comme la concentration en oxygène, la température, la quantité de lumière, ou, des facteurs biologiques sont réunies. Il y a alors croissance de la radicule et émission d'un bourgeon (la gemmule) qui donnera les premières

feuilles. Il y a parfois une tigelle entre la radicule et la gemmule. (Jauzein, 2011)

**On a deux types de germination :**

- La germination épigée (exemple, le haricot). La graine est soulevée hors du sol car il y a un accroissement rapide de la tigelle qui donne l'axe hypocotyl qui soulève les deux cotylédons hors du sol. La gemmule se développe (après la radicule) et donne une tige feuillée au-dessus des deux cotylédons. Le premier entre-nœud donne l'épicotyl. Les premières feuilles, au-dessus des cotylédons sont les feuilles primordiales (elles sont plus simples que les futures feuilles).
- La germination hypogée (exemple, le maïs). La graine reste dans le sol, la tigelle ne se développe pas et les cotylédons restent dans le sol.
-

**III-2-2-2 Cas des Monocotylédones ou Liliopsida** ; sont des plantes qui constituent l'un des deux grands groupes de végétaux phanérogames, l'autre regroupement étant celui des dicotylédones). Comme leur nom le suggère, les monocotylédones sont principalement caractérisées par la présence d'un seul cotylédon dans leurs . Cet embryon est cylindrique ou ovoïde et désigné sous le nom d'embryon. A l'extrémité, on n'aperçoit guère qu'une petite fente longitudinale; mais si l'on fait passer une coupe par cette fente, on voit une petite ouverture correspondant à la gemmule ou petit bourgeon qui termine l'axe supérieur de la jeune plante. La racine des monocotylédones n'est jamais persistante; elle est rarement annuelle.

La majorité des monocotylédones est vivace ou arborescente. Quelques graminées seules font exception et périssent tous les ans. Les ramifications de la tige se rencontrent très rarement; celle-ci présente les faisceaux de fibres longitudinales épars et sans ordre, qui ont des zones

concentriques et un canal médullaire. Les arbres ne s'accroissent pas en diamètre dans les palmiers; mais ce caractère n'est pas général, car la tige du sang-dragon prend souvent beaucoup de développement dans sa circonférence. Les feuilles sont la plupart pourvues de nervures longitudinales parallèles.

L'inflorescence est indéfinie et souvent en grappe; les cymes sont très rares ou problématiques. La fleur est pourvue d'une enveloppe composée de deux verticilles, chacun de trois parties, l'un externe, l'autre interne. Autrefois, Tournefort considérant que le calice est la partie de l'enveloppe florale la plus constante dans les fleurs, la désigna sous le nom de calice. Aujourd'hui, on tend à reconnaître deux verticilles, et l'on admet généralement comme calice le verticille externe, et comme corolle le verticille interne. Dans certaines familles, ce calice et cette corolle,

quoiqu'il existe presque toujours entre eux quelque différence, paraissent semblables de forme et de coloration.

En général, la disposition des organes floraux des monocotylédones est ternaire, c'est-à-dire que les parties sont au nombre de trois ou multiples de trois. Les asparaginées, les nayadées et les aroïdées font exception à ce caractère et présentent 4 pièces à l'enveloppe florale. Cette enveloppe est régulière dans les liliacées, irrégulière dans les iridacées, les orchidées (orchidacées).

Dans les graminées, les aroïdées, les pendanées, elle est remplacée par des écailles de l'inflorescence qui protègent seules les organes sexuels. Le nombre des étamines est ordinairement 6. Dans les iridées, il est réduit à 3 ; dans les graminées, il y en a tantôt 2, tantôt 3, et même 6; dans les orchidées, l'étamine est unique et représentée par deux masses polliniques.

Le pistil présente d'ordinaire 3 carpelles; celui des graminées et des cyperacées n'en possède qu'un seul. Le fruit est tantôt une capsule.

L'endosperme de la graine fournit de bons caractères pour la distribution des ordres de monocotylédones. Dans la plupart des familles, l'endosperme est aussi développé; il occupe la plus grande portion de la graine, et l'embryon n'est alors représenté que par un très petit corps; l'endosperme est tantôt farineux, comme dans les broméliacées, les cyperacées, les graminées, tantôt complètement dépourvu de fécule et charnu ou corné, comme dans les liliacées

## II-2-3 Bilan sur les angiospermes :

### Introduction

Les Angiospermes (en latin Angiospermae ou Magnoliophyta) rassemblent les plantes terrestres (Embryophytes) qui sont caractérisées par la présence de fleurs - structures dans lesquelles sont regroupés les organes reproducteurs -, qui donneront les fruits après fécondation. Pour cette raison, ce groupe est également appelé plantes à fleurs. Les Angiospermes constituent avec les Gymnospermes (représentées essentiellement par les Conifères) le clade (groupe monophylétique, c'est-à-dire comprenant un ancêtre commun et tous ses descendants) des plantes à graines, encore appelé clade des Spermatophytes (du grec *sperma* qui signifie « semence ») et qui se caractérise par la présence d'ovules, structures reproductrices femelles qui se transforment en graines (semences) après fécondation. Les Angiospermes se différencient des Gymnospermes par le fait que l'ovule

est enveloppé dans une structure close appelée carpelle (la racine angio- vient du grec *aggeion*, qui signifie « capsule »).

## **Les Angiospermes**

Le e terme « angiosperme » provient du grec *aggeion* signifiant « capsule » et *sperma* signifiant « semence ». Il désigne des plantes faisant partie d'un sous-embranchement des spermaphytes (les anciennes phanérogames), des plantes à graines.

Les angiospermes sont des végétaux dont les organes reproducteurs sont condensés en une fleur et dont les graines fécondées sont enfermées dans un fruit, à la différence des gymnospermes dont la graine est à nu. Ainsi, les angiospermes sont communément appelées « plantes à fleurs ».

Les Angiospermes sont les espèces végétales les plus populaires dans la nature dont les graines sont enfermées à l'intérieur d'une fleur, les angiospermes représentent un sous-embranchement des phanérogames.

Représentées par un nombre d'espèces compris entre 250 000 et 300 000 selon les estimations, les Angiospermes constituent le groupe de plantes terrestres le plus diversifié. Ce succès évolutif est généralement attribué à une innovation majeure : la fleur. Celle-ci est classiquement définie comme un axe court terminé par une zone plus ou moins élargie (le réceptacle floral) qui porte des organes reproducteurs mâles et femelles - formant respectivement l'androcée (ensemble des étamines) et le gynécée ou pistil (ensemble des carpelles) - entourés d'organes stériles formant le périanthe, différencié ou non en deux enveloppes distinctes appelées calice (ensemble des sépales, enveloppe la plus externe) et corolle (ensemble des pétales). Les variations extraordinaires déployées par les Angiospermes au niveau de la forme, la taille, la couleur et le parfum des fleurs sont plus ou moins directement liées à l'interaction avec les agents

pollinisateurs, des insectes pour la plupart, qui jouent un rôle important dans la reproduction de ces végétaux.

Bien qu'il existe des angiospermes dioïques ou monoïques, la plupart des fleurs sont hermaphrodites car elles ont à la fois des organes mâles et femelles. Dans ce cas, divers mécanismes empêchent souvent l'autofécondation. Par exemple, les organes mâles mûrissent avant les organes femelles -fleur protandre ou protérandre (du grec "proteros" = "le premier" et "andros" = "mâle")- ou inversement -fleur protogyne ou protérogynie (du grec "proteros" = "le premier" et "gunê" = "femelle")-. Ces mécanismes assurent la pollinisation croisée. Les angiospermes ont un cycle haplo-diplophasique (surtout sporophytique). Les gamètes femelles sont parasites du sporophyte. La fécondation est une siphonogamie (**Figure 11**).

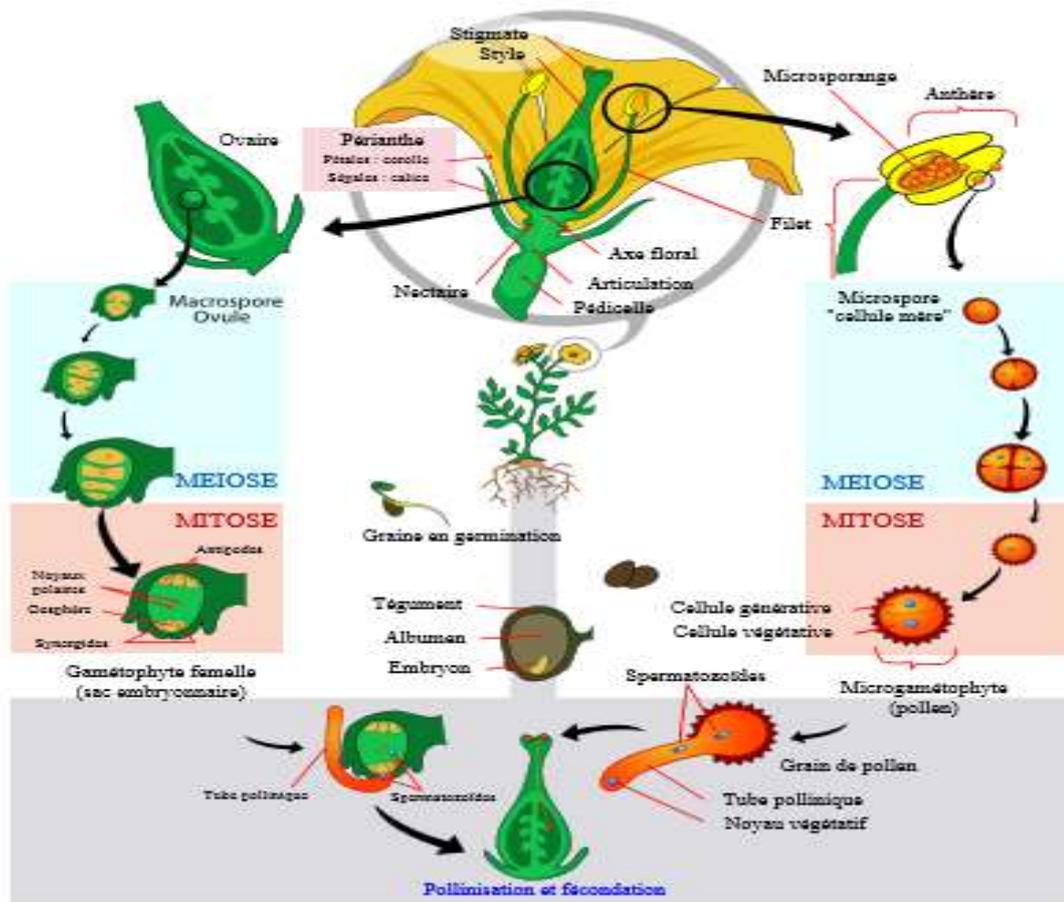


Figure 11 Le cycle de reproduction des Angiospermes" (Web master

11)

Chez les angiospermes, la pollinisation des fleurs permet la reproduction sexuée. Il en résulte des graines contenues dans les fruits agent de

dispersion des espèces. Chez les autres végétaux, les spores sont les formes de dispersion, le prothalle est le support de la reproduction sexuée.

Graines et spores sont les formes de colonisation des nouveaux milieux.

La reproduction asexuée ou végétative permet l'envahissement des milieux colonisés.

Les plantes font beaucoup de graines, quelques graines seulement germent ; cette stratégie de reproduction est qualifiée de "quantitative", l'Homme se sert de cette caractéristique pour se nourrir, nous le verrons dans la quatrième partie.

Pour les êtres vivants qui font très peu de petits mais qui élèvent chaque petit jusqu'à l'âge adulte, on parle de stratégie de reproduction de "qualité".

**Organes et reproducteurs males**

L'androcée constitue l'ensemble des organes reproducteurs mâles des Angiospermes. Il est formé des étamines dont le nombre varie d'un (cas de la plupart des orchidées) à une multitude (cas de la renoncule). Chacune des étamines est constituée d'un filet (partie stérile plus ou moins allongée) terminé par une anthère (partie fertile produisant les grains de pollen). Les anthères comportent généralement quatre sacs polliniques (microsporangies) et sont, pour cette raison, qualifiées de tétrasporangées. Les sacs polliniques sont répartis en deux paires, de part et d'autre du connectif, et s'ouvrent à maturité le long de zones dites de déhiscence pour permettre la dispersion des grains de pollen (renfermant les gamètes mâles). Certains groupes (taxons) d'Angiospermes ont subi une réduction secondaire du nombre de sacs polliniques. C'est le cas, par exemple, chez les Malvaceae [Malvacées] (par exemple, l'hibiscus) dont les anthères ne présentent que deux sacs polliniques.

Le pollen est présent chez tous les Spermatophytes actuels, mais il présente deux particularités propres aux Angiospermes. Tout d'abord, le nombre de cellules est réduit à une cellule végétative (qui formera le tube pollinique) et une ou deux cellules génératives (qui donneront les gamètes mâles). Dans le cas (le plus fréquent) du pollen à deux cellules, le noyau de la cellule générative se divise tardivement, une fois le pollen dispersé et la germination de celui-ci commencée. La seconde particularité du pollen des Angiospermes concerne sa paroi externe appelée exine. Cette dernière est structurée en trois strates dont la plus externe (le tectum) présente des ornements qui sont très variables d'une Angiosperme à l'autre. L'étude du pollen fait l'objet d'une discipline à part entière : la palynologie.

### **Diversité morphologique des Angiospermes**

Au-delà des traits communs qui définissent les Angiospermes, il existe une très grande variation morphologique au sein du groupe, tant au niveau de

l'appareil végétatif (racines, tige et feuilles) que de l'appareil reproducteur (fleurs et inflorescences).

### **Port des Angiospermes**

Les plantes à fleurs se répartissent en quatre grandes catégories selon leur aspect général (on parle de port) et leur mode de croissance. Le port arborescent (arbres) qualifie les plantes dont la tige principale, fortement lignifiée, atteint une hauteur de plus de 2 ou 3 mètres (cette limite étant souple) et ne présente pas de ramifications dans sa partie inférieure. Le port buissonnant (buissons) désigne les plantes ligneuses ramifiées à la base et dont la hauteur est comprise entre 50 centimètres et 2 ou 3 mètres. Les plantes ligneuses mais non autoportantes, c'est-à-dire qui utilisent d'autres plantes comme support pour croître, sont qualifiées de lianes. Enfin, la dernière catégorie, les plantes herbacées, rassemble les plantes dont la partie aérienne est peu lignifiée et disparaît à la fin de la

période de floraison. Les plantes herbacées peuvent être annuelles ou pérennes, leurs parties souterraines leur permettant dans ce dernier cas de subsister pendant la mauvaise saison.

## **Feuilles des Angiospermes**

Les feuilles peuvent être simples ou composées de folioles. Dans le cas d'une feuille composée, il n'y a pas de bourgeon à l'aisselle des folioles, ce qui permet de faire la distinction entre une feuille (qui présente un bourgeon dit axillaire car situé à l'aisselle des feuilles) et une foliole. Le limbe peut être entier ou découpé plus ou moins profondément. Le bord (marge) des feuilles peut présenter des dents ou des poils. La forme des feuilles est un caractère très utilisé pour identifier les arbres et distinguer les espèces proches entre elles comme les érables par exemple.

## **Racines des Angiospermes**

De même que les tiges, les racines des plantes à fleurs peuvent présenter de grandes variations. Les racines souterraines se répartissent en deux grandes catégories : les systèmes racinaires pivotants (une racine principale nettement plus développée que les racines secondaires) et les systèmes racinaires fasciculés (toutes les racines ayant la même importance). Le système fasciculé est fréquent chez les Monocotylédones, qui ne possèdent que des racines adventives (racines formées à partir d'organes autres que la radicule, qui est la forme embryonnaire de la racine principale d'une plante).

### **Inflorescence des Angiospermes**

Les fleurs peuvent être solitaires ou regroupées en inflorescences qui comprennent un nombre de fleurs pouvant atteindre plusieurs milliers comme chez certains palmiers. Les inflorescences se répartissent en deux

grandes catégories définies selon le mode de croissance des axes : monopodial, c'est-à-dire dont la croissance est assurée par le bourgeon terminal (grappe, épi, corymbe, ombelle, capitule), ou sympodial, c'est-à-dire dont la croissance est assurée par un ou plusieurs bourgeons axillaires (cyme unipare, bipare ou multipare). Certaines familles d'Angiospermes sont caractérisées par un type particulier d'inflorescence dont elles ont d'ailleurs tiré leur nom dans les anciennes classifications. C'est le cas des Apiaceae [Apiacées] (anciennement appelées Ombellifères, dont le nom venait de l'inflorescence en ombelle de la plupart des espèces) ou des Asteraceae [Astéracées] (anciennement Composées, dont l'inflorescence en capitule composé de multiples fleurs est semblable à une fleur). Certains taxons produisent des inflorescences « mixtes », c'est-à-dire formées de la combinaison d'un axe primaire à croissance monopodiale et d'axes secondaires à croissance sympodiale. C'est le cas par exemple de la menthe.

L'inverse (un axe primaire à croissance sympodiale portant des axes secondaires à croissance monopodiale) n'existe pas.

## **Fleurs des Angiospermes**

Si l'ordre d'insertion des pièces florales sur le réceptacle (de l'extérieur vers l'intérieur : calice, corolle, androcée et gynécée) est quasi immuable pour toutes les Angiospermes, à l'exception du genre *Lacandonia* qui présente une inversion de position entre le gynécée et l'androcée (les étamines se trouvant donc au centre de la fleur),

## **Classification des Angiospermes**

Chez les angiospermes, le regroupement des espèces en genres puis en familles est relativement aisé. En revanche, les regroupements de

« niveau » plus élevé, tel que l'ordre, sont encore l'objet de discussions. La classification traditionnelle divise les angiospermes en deux classes : les monocotylédones et les dicotylédones, selon que, au stade embryonnaire, la jeune plante a une ou deux feuilles primordiales, ou cotylédons (Gomez, V 2015.).

Si les progrès de la génétique moléculaire ont permis de confirmer que les monocotylédones forment bien un groupe homogène, il n'en est pas de même des dicotylédones. En fait, la présence de deux cotylédons est un caractère primitif, qui ne peut donc être retenu pour la classification. Ainsi, les lauriers (lauracées), les magnolias (magnoliacées), les poivriers (pipéracées) et les aristoloches (aristoloches) forment des familles primitives de dicotylédones, qui ont précédé la séparation entre les monocotylédones et les dicotylédones plus évoluées (qualifiées d'eudicotylédones).

## Angiospermes et relation avec autres êtres vivants

Peu d'Angiospermes vivent de façon totalement autonome, sans interactions avec d'autres êtres vivants au sein de leur écosystème. Ces interactions peuvent être des relations symbiotiques qui impliquent une interaction physique étroite, des relations mutualistes dans lesquelles chaque partenaire tire un bénéfice de l'interaction, ou des relations de parasitisme dans lesquelles l'un des partenaires se développe au détriment de l'autre.

Les symbioses impliquant les Angiospermes sont de deux types : les symbioses bactériennes fixatrices d'azote, rencontrées principalement chez les Fabaceae [Fabacées] (trèfle, soja), avec la formation, au niveau racinaire, de nodosités au sein desquelles l'azote atmosphérique ( $N_2$ ) est fixé par les bactéries et transformé en azote minéral assimilable par les racines ; les mycorhizes, associations entre un champignon et le système

racinaire d'une plante, qui permettent une optimisation de l'absorption des minéraux du sol, notamment du phosphore et de l'azote. On distingue deux types de mycorhizes : d'une part les endomycorhizes - les filaments ou hyphes du champignon pénètrent à l'intérieur des cellules végétales -, qui sont très répandues chez les Angiospermes où elles concernent près de 80 p. 100 des espèces ; d'autre part, les ectomycorhizes - les hyphes du champignon se développent entre les cellules racinaires en provoquant une déformation des racines -, apparues plus récemment dans l'évolution, qui ne concernent que quelques familles d'Angiospermes (comme les Ericaceae [Éricacées] représentées par exemple par le rhododendron, la bruyère, le myrtillier, l'airelle) présentes dans les forêts boréales, tempérées, méditerranéennes ou subtropicales.

Les relations de parasitisme impliquant des Angiospermes sont variées. Le parasite peut être l'Angiosperme elle-même, qui exploite les ressources

d'une autre plante (comme l'exemple bien connu du gui ou celui des figuiers étrangleurs) ou d'un champignon (**Gardens, 2012** ).

Dans ce dernier cas, la plante, dite mycohétérotrophe, obtient tout ou partie de ses nutriments, dont le carbone, grâce au champignon plutôt que par la photosynthèse ; les orobanches (plantes dépourvues de chlorophylle) en sont un exemple. Dans d'autres cas, c'est la plante elle-même qui est parasitée par divers types d'organismes (bactéries, champignons nématodes ou encore arthropodes), provoquant par exemple la formation de structures appelées galles au niveau des tiges ou des feuilles (**Steven B 2016**).

La relation entre plantes et pollinisateurs est une relation de type mutualiste qui associe des coûts et des bénéfices pour chacun des partenaires. On estime à plus de 80 p. 100 le pourcentage d'espèces d'Angiospermes dont le pollen est transporté par des agents biotiques

- généralement des insectes, plus occasionnellement des oiseaux ou des mammifères (principalement les chauves-souris) - qui tirent leurs ressources alimentaires du pollen ou du nectar produit par les fleurs (Campbell 2015).

On parle de pollinisation biotique. Les pollinisateurs peuvent être spécialistes, c'est-à-dire se nourrissant de façon exclusive dans les fleurs d'une seule et même espèce, ou généralistes, trouvant alors leur nourriture dans des fleurs d'espèces variées. Dans certains cas, la relation est qualifiée de mutualisme obligatoire : la plante et l'insecte dépendent totalement l'un de l'autre pour assurer leur reproduction, l'animal pondant ses œufs dans les fleurs (c'est le cas, par exemple, des figuiers et des guêpes des figuiers, ou encore du trolle d'Europe et des mouches du genre *Chiastocheta*). Les autres espèces d'Angiospermes produisent des fleurs qui s'autofécondent ou dont le pollen est dispersé par le vent (c'est

le cas notamment des graminées, ou Poaceae, et de la plupart des arbres des régions tempérées). Les fleurs dont le pollen est dispersé par le vent (on parle alors de pollinisation anémophile) sont généralement caractérisées par leur taille réduite, leur couleur terne, l'absence de parfum et de nectar et une production abondante de pollen. Ces fleurs sont souvent unisexuées et dépourvues de périanthe **(Cédric, 2018 )**

### **Les archégoniates cormophytes.**

A partir des mousses, l'évolution des gamètes mâles et femelles donne une diminution du territoire végétatif du prothalle et la perte de son indépendance. Passage au milieu aérien et mode de vie **(A. Bartiromo, 2012)**.

Le gamétophyte mâle se développe à partir des réserves accumulées dans les spores. Il y a diminution du nombre d'anthéridies.

Le gamétophyte femelle : le prothalle cesse d'accumuler des réserves, elles seront élaborées après la fécondation. Ce sont les gamétophytes les plus évolués.

La réduction des gamétophytes et des gamétanges est une stratégie évolutive. Cette stratégie entraîne, un allongement du cycle de développement (80 heures pour les champignons et plusieurs années pour les fleurs), la suppression partielle de la génération haploïde indépendante (fragile), l'affranchissement des aléas d'un approvisionnement énergétique et en eau, en permettant le développement de prothalles parasites du sporophyte. ( David, 1999)

L'évolution a d'abord formé des gamètes mobiles dans l'eau pour les algues et les mousses, puis des gamètes véhiculés, pour les archégoniates, par les tubes polliniques grâce à la siphonogamie. Celle-ci permet un affranchissement de l'eau pour effectuer la fécondation. C'est aussi le

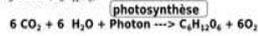
passage d'une fécondation simple à une fécondation double qui conduit chez les angiospermes à la formation d'un embryon « nourrice » ou albumen.

Bilan : Vie fixée des plantes (cas des Angiosperme (Voir Figure n12)

## Bilan : Vie fixée des plantes (cas des Angiospermes)

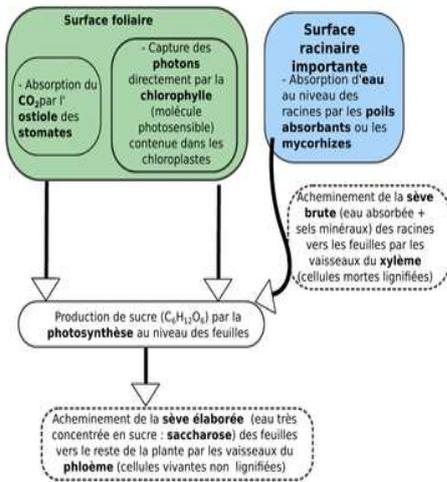
La nutrition est basée sur la synthèse de matière organique (servant de base à la croissance et au fonctionnement de la plante).

Cette synthèse a lieu dans les **chloroplastes** des cellules du parenchyme des feuilles grâce à une réaction fondamentale transformant l'énergie lumineuse (photon), le CO<sub>2</sub> (air) et H<sub>2</sub>O (sol) en glucide (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>).



**Contraintes n°1** : L'eau, le CO<sub>2</sub> et les photons sont des éléments **ubiquistes**. Ils conviennent donc à la nutrition d'un organisme fixé. Par contre leur concentration est faible. Une plante devra donc développer des **surfaces d'échanges très importantes** pour assurer la capture suffisante de ces éléments.

**Contrainte n°2** : L'eau est dans le sol, tandis que la photosynthèse se fait dans la partie aérienne. Il faudra acheminer l'eau du sol vers les feuilles. Les glucides produits dans les feuilles devront quant eux être distribués à l'ensemble de la plante (tige, racine, feuille, bourgeons...)



**Contraintes particulières à la vie fixée** : L'impossibilité de se déplacer entraîne des conséquences **fonctionnelles** et **structurelles** pour la plante, confrontée aux mêmes impératifs que les organismes mobiles : Assurer sa **nutrition**, sa **reproduction** et sa **défense** face aux agressions de l'environnement.

La reproduction est basée sur deux phénomènes dont l'organe clé est la **fleur** (ensemble de pièces florales : sépales, pétales, étamines et pistil (ou carpelle))

- La **pollinisation** de l'**ovule** par un grain de **pollen** amenant à la production d'une **graine** (contenant l'embryon de plante)

- La **dissémination** du **fruit** contenant la (ou les) graine(s).

Remarque : La majorité des fleurs étant hermaphrodites. La plante favorise l'**allogamie** (fécondation croisée)

**Contrainte n°1** : Les plantes étant éloignées les unes des autres, les grains de pollen doivent être transportés d'une plante à l'autre.

**Contrainte n°2** : L'embryon de plante (graine) devant germer au sol, il devra limiter la concurrence avec la plante mère et donc s'en éloigner pour trouver une zone

### Pollinisation

- Production d'un très grand nombre de **grains de pollen** (dans les **anthères** des **étamines**).
- Transport des grains de pollen par :

**Insectes (entomogamie)**  
**Vent (anémogamie)**

- Rencontre du pollen avec le **stigmate** du pistil.
- **Germination** du pollen (tube pollinique) dans le style
- **Fécondation** de l'**ovule** (dans l'ovaire) par le noyau du grain de pollen

Les structures de défenses contre les agressions du milieu sont majoritairement liées à l'appareil

**Contrainte** : Comparée à un organisme mobile la plante est dans l'impossibilité :

- de s'abriter des agressions climatiques saisonnières ou accidentelles
- de fuir un éventuel prédateur
- de se débarrasser mécaniquement d'un invasif

### Protection

**Contre évapotranspiration** (sécheresse) :

- **Cuticule** (couche étanche à la surface des cellules de l'épiderme)
- Contrôle de l'**ouverture de l'ostiole des stomates** et position des stomates sur la face inférieure uniquement

**Contre prédateur herbivore** :

- Epines ligneuses

**Contre invasifs** (virus, bactérie, champignons...)

- Cuticule

**Contre incendie** :

- Graines résistantes avec un pouvoir de germination fort après incendie (espèce pyrophyte)

### Protection

- **Production de molécules répulsives** : Ethylène (contre les herbivores : Kououdous)

- **Nécrose des tissus infectés** (autodestruction des cellules du parenchyme infectées) limitant la propagation de l'invasif.

- **Emission de molécules de défenses** contre les invasifs dans les cellules du parenchyme

### Dissémination

- Le **zygote** issu de la fécondation se transforme en **graine**.

- La **paroi de l'ovaire** (du carpelle) se transforme en **fruit** (sec ou charnu) assurant une protection de la graine et facilitant sa dissémination.

- Le fruit est disséminé par :

- **Les animaux** (Zoochorie)
- **Le vent** (Anémochorie)
- **Par la plante** (Autochorie)

## Références bibliographiques

A. Bartiromo, 2012« An An Early Cretaceous flora from Cusano Mutri, Benevento, southern Italy », *Cretaceous Research*, vol. 33, n° 1, , p. 116-34

-Balzeau, K,2014: Un guide de terrain pour comprendre la nature végétale de nos forêts, Edition Dunod., 200p

-Bouharmont J,2013 : Biologie végétale , 8e édition américaine,84 p

-Bouزيد S, 2016 : Cours de Biologie Végétale. Université Des Frères Mentouri Constantine, 80p

-Bretagnolle F, 2010 : cours sur l'évolution et diversité des végétaux. Université de la Bourgogne, 54p

**B. Gomez, V 2015.** . Dilcher, « *Montsechia*, an ancient aquatic angiosperm », *PNAS*, vol. 112, n° 35, 2015, p. 10985-8

**Campbell P, 2015** : BIOLOGIE "Chapitre 30: La diversité des Végétaux  
II: l'évolution des plantes à graines"

**Cédric D 2018** : « The highest vascular plants on Earth », *Alpine Botany*, vol. 128, n° 2, octobre, p. 97-106 ([DOI 10.1007/s00035-018-0208-](https://doi.org/10.1007/s00035-018-0208-3)

3

**David G 1999,** : « The Co-Radiations of Pollinating Insects and Angiosperms in the Cretaceous », *Annals of the Missouri Botanical Garden*, vol. 86, n° 2, p. 373-406 ([DOI 10.2307/2666181](https://doi.org/10.2307/2666181))

**-Gorenflot 1986** : Biologie végétale: plantes supérieures, Edition Dunod,  
100p

-Guern, M .2014 : cours de botanique : Encyclopædia Universalis,  
Éditions Belin, Collection des Fous de Nature, 50p

Gardens, p. 2012 : (ISBN 978-1-84246-628-5)<sup>↑</sup> « Les plus grandes familles des Angiospermes (les plantes à fleurs) »

Jauzein, P 2011 : *Flore des champs cultivés*, éditions Quæ, , p. 91

-Laberche JC, 2014 : *Classification des végétaux*, Edition Dunod, 100p

-Roland JC, 1989 : *Biologie caractéristique et stratégie évolutive des plantes*, Edition Dunod, 100P

- Semah - A 2015: *biodiversité-végétale* : Edition Eyrolle-, 250p

Steven B 2016, *State of the World's Plants Report. 2016*, Royal Botanic

10-Zerhrac, 2013 : *Cours de Biologie Végétale*, Université de FES, 30P

**11-Zerhouni, Z 2016:** Travaux pratiques de la Biologie des organismes végétaux, Université de sidi Mohamed Ben Abdellah, Faculté des sciences Dhar El Maahraz Fés, 50p.

**Biblio net:**

**Webmaster1:** <http://ww2.creaweb.fr/bv/sommaire.html>

**Web master 2** <http://www.afblum.be/bioafb/cyclbryo/cyclbryo.htm>

**Web master 3:** <http://www.tela-botanica.org/bdtfx-nn-51911>

**Web master 4:** [www.afblum.be/bioafb/cyclpter/cyclpter.htm](http://www.afblum.be/bioafb/cyclpter/cyclpter.htm)

**Web master 5** [www.vdsciences.com/pages/sciences](http://www.vdsciences.com/pages/sciences)

**Web master 6** <https://www.researchgate.net/>.

**Web master 7** [www.cosmovisions.com/gymnospermesFecondation.htm](http://www.cosmovisions.com/gymnospermesFecondation.htm)

**Web master 8** [www.vdsciences.com/pages/](http://www.vdsciences.com/pages/)

**Web master 9:** [www.lacsdemontagne.fr/pages%20web/flore](http://www.lacsdemontagne.fr/pages%20web/flore)

**Web master 10:** [www.botanic06.com/site/EvolVie/angio1.htm](http://www.botanic06.com/site/EvolVie/angio1.htm)

**Web master 11:** <https://www.biologievegetale.be/index.php>