

## Chapitre I. RAPPELS DE BOTANIQUE

### 1. Présentation

Le terme Botanique vient du grec “Botanē” qui signifie une plante ou une herbe. Il désigne la science qui a pour objet les végétaux. Les termes : plante et végétal sont synonymes. Depuis longtemps, le terme végétal désignait l'immense diversité d'organismes chlorophylliens qui ne sont pas des animaux. Actuellement, une plante est définie comme un organisme pluricellulaire photosynthétique représentant un groupe naturel autotrophe avec une paroi constituée de cellulose

### 2. Historique

L'étude des plantes est très ancienne :

- A l'antiquité, 2200 ans avant l'ère Chrétienne, une centaine d'espèces étaient cultivées. En 372-287 avant notre ère, Théophraste, élève d'Aristote, donne dans son ouvrage Histoire des plantes un système de classification qui distingue entre les herbes, lianes, arbres et arbrisseaux. Il liste 480 espèces en les groupant de **manière artificielle**.

Pline, dans son Histoire naturelle et Dioscoride classent les plantes selon leur utilisation médicinale, alimentaire..... et donnent des noms de plantes.

- Au 17<sup>ème</sup> siècle, John Ray (1628-1705) répartit 18 000 espèces en Imperfectae (cryptogames). Monocotylédones et Dicotylédones (Historia plantarum).

En France, c'est Tournefort (1656-1708) qui décrit 10 000 plantes en 700 espèces et 22 classes de manière artificielle. Les familles sont séparées sur la base des pièces florales (apétales, monopétales, polypétales). Il est le père du concept de genre.

- Au 18<sup>ème</sup> siècle, Carl Von Linné (1707-1778) présente un système basé sur des caractères numériques en donnant une grande importance aux étamines. 24 classes basées sur le nombre et la disposition des étamines (monandra, diandra) et 67 ordres sur la disposition et le nombre de pistils y sont distingués. Il développe la nomenclature binomiale. La première flore mondiale Species plantarum est ainsi publiée en 1753 avec 40 000 genres. Ce type de classification a montré ses limites puisque des espèces n'ayant

aucune ressemblance générale mais présentant un caractère en commun étaient regroupées en divisions alors que des espèces qui se ressemblaient étaient séparées.

Des progrès sont alors réalisés au cours du 20<sup>e</sup> siècle grâce à l'utilisation du microscope. C'est la classification naturelle qui prend le pas sur la classification artificielle. A partir des espèces décrites par Linné et les genres inventés par Tournefort. Bernard et Antoine Laurent de Jussieu (1759) créent le concept de famille qui regroupe des plantes ayant en commun un certain nombre de caractères. Sur le même principe, d'autres botanistes inventent des divisions supérieures : ordres, classes, embranchements.

- A partir de la 2<sup>e</sup> moitié du 19<sup>e</sup> siècle, avec les idées de Lamarck et Darwin sur l'évolution. Les espèces sont considérées comme une forme issue de l'évolution d'espèces parentales. Ces espèces peuvent elles-mêmes évoluer vers d'autres espèces sous l'influence des conditions de milieu ou de brusques mutations. En 1950, l'entomologiste Hennig a élaboré des concepts basés sur le principe de parenté phylogénétique ou cladistique, la preuve d'une parenté phylogénétique entre différents taxons n'est fournie que lorsqu'ils partagent les mêmes caractères dérivés. Les premiers **cladogrammes** ont été construits à partir de caractères morphologiques. Cette classification phylogénétique tient donc compte du lien de parenté entre divisions voisines et les regroupe suivant leur degré d'évolution et leur étape d'apparition. Elle fait appel aux espèces disparues ou **fossiles (paléobotanique)** pour établir l'ordre d'apparition des groupes. Dans cette classification un certain nombre de caractères morphologiques sont pris en considération, certains considérés comme primitifs d'autres comme évolués. Ces caractères sont appelés par De Bessey et Hutchinson les caractères **morphologiques de la phylogénie**.

Ainsi, plusieurs classifications phylogénétiques furent proposées : Engler et Pranti (1887), De Bessey (1915), Hutchinson (1926), Emberger (1960), Takhtajan (1968), Dahlgren (1975), Cronquist (1981).

Depuis 1985, le développement de la biologie moléculaire a fait révolutionner la systématique. La comparaison des séquences complètes des ARN 16 S. macromolécules présentes chez tous les êtres vivants, a permis à Carl Woese et Gary Folsen d'établir le premier arbre du vivant. La phylogénie moléculaire est née et la classification des êtres vivants devient de plus en plus précise

### Méthodologies d'identification : des caractères morphologiques aux marqueurs moléculaires

L'identification des espèces fait généralement appel à l'observation et à la mesure de caractères morphologiques stables. Cependant, l'utilisation de plus en plus répandue des marqueurs moléculaires a permis le développement d'une méthodologie d'identification basée sur le séquençage de fragments d'ADN (code-barres ADN ou DNA barcode). Idéalement, cette méthode devrait permettre d'identifier tout spécimen, à l'aide de la séquence d'un fragment d'ADN unique, en l'assignant à une espèce donnée. Initiée sur les animaux pour lesquels le gène mitochondrial du cytochrome oxydase Cox1 a été élu comme référence universelle (Herbert et al., 2003), la méthode du code-barres génétique s'est avérée plus difficile à mettre en œuvre chez les plantes. Pour ces dernières, par analogie aux animaux, un gène plastidique a été proposé comme référence (Savolainen et al., 2005). L'utilisation d'une séquence plastidique unique s'est cependant révélée insuffisante pour obtenir une bonne assignation à l'espèce, et la combinaison de différentes séquences s'est rapidement imposée (CBOL Plant Working Group, 2009). Le succès de l'assignation d'un spécimen donné à son espèce à l'aide des codes-barres génétiques se heurte néanmoins aux mêmes problèmes que ceux rencontrés pour la définition de l'espèce (quantité nécessaire de divergence). Il souffre également d'autres phénomènes perturbants tels que l'existence de pseudogènes ou celle de la capture de chloroplastes faisant suite à des événements d'hybridations interspécifiques, phénomènes qui aboutissent souvent à une mauvaise assignation. L'utilisation de séquences chloroplastiques comme codes-barres privilégiés est également remise en cause au profit de séquences nucléaires, a priori plus à même de traduire l'appartenance à l'espèce (Naciri et al., 2012). Bien que la méthode des codes-barres ADN soulève de nombreuses critiques, son utilisation s'est avérée prometteuse dans différents domaines tels que la composition en espèces végétales d'échantillons environnementaux, la détection d'espèces invasives en milieu naturel, ou encore l'identification d'espèces cryptiques

### 3. Systématique et nomenclature

En sciences naturelles, il s'agit dans un premier temps d'identifier, de décrire et d'inventorier : c'est la systématique. Dans un second temps, il s'agit de rendre accessible cette diversité ; c'est la classification. Ces 2 concepts reposent sur la hiérarchisation et la nomenclature.

#### 3.1. Hiérarchisation taxonomique

Devant l'immensité du nombre des organismes, il est nécessaire de ranger et de mettre en ordre les taxa dans un système hiérarchisé. Les taxa les plus utilisés sont donnés ici avec l'exemple du blé, selon la classification de Takhtajan-Cronquist (1964-1968):

Règne	Plantae
Embranchement	Liliophyta Phanérogames
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Liliopsida Monocotylédones
Sous-classe	Commelinidae
Ordre	Graminales
Famille	Poaceae Gramineae
Sous-famille	Pooideae
Tribu	Triticeae
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>durum L.</i>

Les suffixes utilisés pour désigner les groupes régis par le code de nomenclature botanique (De Riviers, 2002) sont les suivants :

### 3.2 La nomenclature botanique

Le fait de nommer les organismes, en particulier ceux qui ont une utilité médicale, culinaire ou pratique, ou qui sont toxiques ou dangereux, est un élément fondamental dans l'histoire de l'humanité. Les noms représentent un moyen important d'échanger les informations sur les êtres vivants et aussi de transmettre les connaissances de génération en génération.

Il existe différentes façons de nommer les êtres vivants: par un nom commun, un nom descriptif composé de phrases ou un nom binominal. Le nom commun, ou nom vernaculaire, donné à une plante ou un groupe de plantes, est celui utilisé dans le langage courant. Des lors une même espèce peut avoir plusieurs noms communs selon la langue, mais également différents noms dans la même langue. Par exemple, le chêne est le nom commun français de nombreuses espèces appartenant au genre *Quercus L.* et le chêne pédonculé et le rouvre étant les deux noms communs pour *Quercus robur L.* La même espèce est connue comme English oak en anglais,

---

Stieleiche en allemand, farnia en italien et roble común en espagnol. Certaines espèces communes comme le gui possèdent jusqu'à 33 noms dans la Péninsule ibérique. Par ailleurs, ces noms sont souvent basés sur des ressemblances superficielles plutôt que sur une notion de parenté comme pour les laurier rose, laurier sauce, laurier cerise, laurier tin ou laurier des bois, appartenant tous à des familles différentes ! Enfin, un seul nom peut correspondre à diverses plantes selon les régions comme l'herbe de la Saint-Jean qui dénomme une dizaine d'espèces très différentes fleurissant en juin. L'utilisation des noms communs peut donc apporter des confusions et créer des difficultés de communication. Ceux-ci peinent à désigner de manière unique les espèces et leurs caractéristiques propres, encore plus à les intégrer dans un système de classification. C'est la raison pour laquelle la communauté scientifique a adopté un système univoque et international de nomenclature. C'est le système établi par Carl von Linné en 1753.

La nomenclature est donc une branche de la taxonomie liée à l'utilisation et à l'application de noms scientifiques aux organismes, en tenant compte d'un schéma de classification et de règles de nomenclature établies par la communauté scientifique. L'utilisation pour un taxon d'un nom scientifique univoque facilite la communication scientifique au niveau international. Le respect consensuel de la nomenclature introduit une plus grande stabilité des noms et des concepts.

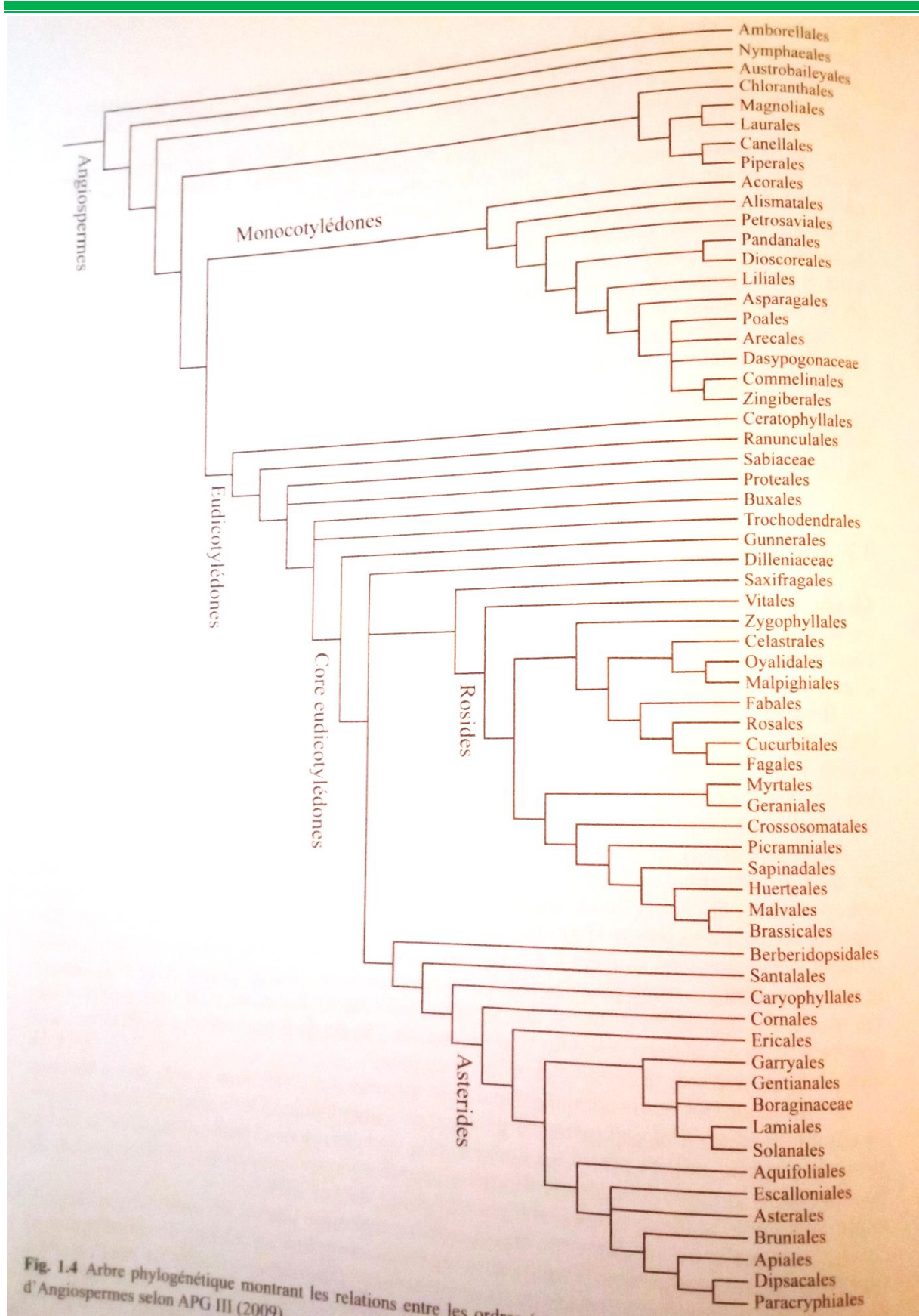


Fig. 1.4 Arbre phylogénétique montrant les relations entre les ordres d'Angiospermes selon APG III (2009)

Figure 1. Arbre phylogénétique montrant les relations entre les ordres d'angiospermes selon APG III

### 3.3 La composition des noms scientifiques dans la botanique

Depuis le 1<sup>er</sup> mai 1763 date la parution du “*Species Plantarum*” de Linné, un nom d'espèce est constitué de deux noms latins (binôme): le genre et l'espèce suivi du (ou des) nom(s) latin(s) d'auteur(s). Les épithètes générique et spécifique sont des noms latins, ont une version latinisée d'un mot d'une autre langue.

Par exemple, le nom scientifique pour la pâquerette est *Bellis perennis* L. «Bellissima» l'épithète générique, «perennis» est l'épithète spécifique et «L.» indique que cette espèce a été décrite par Carl Linnaeus.

Des catégories inférieures à l'espèce sont parfois utilisées. Aujourd'hui, il s'agit essentiellement de la sous-espèce et de la variété, mais autrefois bien d'autres catégories ont été utilisées (sous-variété, forme, sous-forme, etc.). Pour ces cas infraspécifiques on utilise un trinôme, c'est-à-dire qu'on fait suivre le nom d'espèce par une 3<sup>e</sup> épithète en spécifiant le rang et son auteur (par ex. *Silene vulgaris* subsp. *angustifolia* Hayek, *Solanum tuberosum* var. *aethiopicum* Alef).

De plus, la nomenclature botanique est liée à la classification des plantes, ce qui implique que l'espèce comme le genre entrent dans le système classique de classification constitué d'un emboîtement de catégories (règne, embranchement, classe, ordre, famille, genre et espèce). On parle de «taxon» pour désigner indifféremment l'une ou l'autre de ces catégories sans en spécifier le rang. D'un point de vue formel, chacune des catégories au-dessus du genre est nommée à partir de l'un des genres qui la compose suivi d'un suffixe. Ainsi, les *Rosaceae* désignent la famille contenant le genre *Rosa*, le suffixe *-aceae* étant réservé à la famille, celui *-ales* à l'ordre, «*-opsida*» à la classe, *-phylum* à l'embranchement et «*-biota*» au règne. Ainsi la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) appartient à la famille des *Solanaceae*, l'ordre des *Solanales*, la classe des *Magnoliopsida* et l'embranchement des *Spermatophyta*.

### 3.4 Le code de nomenclature et ses règles

L'attribution d'un nom à une espèce est gouvernée par un jeu de règles dénommé «code de nomenclature». Il existe à ce jour cinq codes sur les organismes vivants, respectivement pour les plantes et les champignons, les animaux, les bactéries, les plantes cultivées et les virus. Ces divers codes de nomenclature fournissent un système pour guider le processus d'attribution et de priorité des noms scientifiques aux organismes.

Pour les plantes et les champignons, il existe six principes fondamentaux (tab. 1.1). Pour qu'un nom scientifique soit validé, il doit être publié selon ces principes dans un journal scientifique



reconnu. Pour les plantes, depuis le 1 janvier 2012, il est toutefois possible de publier dans une revue électronique. Ce nom doit être accompagné d'une diagnose (brève description) et être lié à un spécimen type déposé dans un herbier reconnu. Le type doit être correctement désigné et cité en conformité avec les articles du code. En botanique, c'est la référence aux échantillons d'herbier qui fixe l'application du nom.

La première version du code de nomenclature pour les plantes et les champignons a été créée en 1867 lors du Congrès de botanique de Paris (lois de Candolle, rédigées en français). Depuis 1952, le nom officiel du code pour les plantes est le Code international de nomenclature botanique et, depuis 1988, ce code est uniquement rédigé en anglais britannique. Les traductions sont préparées et publiées séparément, mais ne font pas autorité. Le récent Congrès international de botanique qui s'est tenu à Melbourne (18-22 juillet 2011) a donné lieu à plusieurs changements importants: le titre du code est changé en Code international de nomenclature pour les algues, les champignons et les plantes (CIN) (McNeill et al., 2012) et les diagnoses des espèces peuvent être rédigées aussi bien en latin qu'en anglais.

En botanique, le code définit l'attribution correcte d'un nom, détermine les règles de propriété qui permettent de désigner le nom valide dans le cas d'un conflit de nomenclature, et dicte la manière de citer les noms dans la littérature scientifique. Le code est un ensemble de principes qui réglementent le traitement des noms, leur publication et leur attribution correcte à un taxon donné.

Le code est principalement utilisé par les taxonomistes pour décrire de nouvelles espèces, mais aussi pour réorganiser et corriger la taxonomie des genres et des espèces déjà décrits lorsque ces derniers font face à divers problèmes comme: homonymies (noms identiques donnés à deux taxons différents); noms publiés de façon invalide (sans description du taxon, sans spécification d'un spécimen type); conflits de priorité (lorsque deux noms désignent le même taxon); synonymies (homotypique et hétérotypique); typifications (un des principes les plus importants dans le code est la règle concernant les types).

### **3.4.1. Quelques concepts de nomenclature**

Le type est l'élément auquel le nom d'un taxon est rattaché. Pour une espèce ou un taxon infraspécifique, le type est un échantillon, ou plus rarement une illustration. L'holotype est l'échantillon unique désigné par l'auteur comme le type nomenclatural. Un isotype est un doublon de l'holotype (autre échantillon de la même récolte). Un syntype est n'importe quel échantillon cité dans la description originale (protologue) lorsque l'holotype n'est pas spécifié



ou lorsque plusieurs échantillons pouvant être issus de récoltes différentes sont désignés simultanément comme les types. Un lectotype est un échantillon désigné à partir du matériel original si un holotype n'est pas désigné lors de la publication du nom ou s'il est manquant. Pour un genre, le type est un nom d'espèce. Pour une famille, le type est un nom de genre.

La «typification» est la démarche scientifique utilisée pour choisir l'élément (type) qui constituera la référence pour le nom d'un taxon ou pour désigner un élément si aucun type n'a été désigné par l'auteur lors de la publication du nom.

Les synonymes sont les noms qui ont été appliqués par divers auteurs au même taxon.

Deux cas principaux peuvent se présenter :

1) Lorsque le même taxon a fait l'objet de deux descriptions séparées, basée chacune sur un type différent, et que l'on juge qu'il s'agit du même taxon, on parle de synonymie hétérotypique. Dans ce cas, c'est le nom publié en premier qui est retenu (règle de priorité) et le nom d'espèce le plus récent est placé en synonymie. Une synonymie hétérotypique est indiquée avec le symbole <<=>>. Ce lien synonymique peut à tout instant être brisé, par exemple si des études ultérieures démontrent qu'il s'agissait quand même de deux taxons différents.

2) Si une espèce s'avère appartenir à un autre genre ou à un autre rang taxonomique que celui où elle a été décrite à l'origine, elle est transférée dans un autre genre (ou à un autre rang), sans être à nouveau décrite, et reste donc basée sur le même type. On parle alors de synonymie homotypique entre le nom créé à cette occasion (appelé recombinaison) et le nom précédent ; elle est indiquée avec le symbole <<=>>. L'auteur de la description originale reste attaché à ce nom mais il est mis entre parenthèses et il est suivi par le nom du nouvel auteur de ce transfert. Ce lien ne pourra jamais être brisé, on pourra en revanche choisir de revenir à l'ancien nom si des études démontrent que l'attribution originale était la plus adéquate.

### 3.4.2. Classification botanique

De manière de citer également la source du nom (nom de la publication suivi de son numéro, des pages et de l'année) comme dans l'exemple ci-dessous.

- *Poa annua* L. in Sp. Pl. 1: 68. 1753.

= *Catabrosa pumila* (Pursh) Roem. & Schult, in Syst. Veg. 2: 696, 1817. = *Aira pumila* Pursh in Fl. Amer. Sept. 1: 76. 1814.

- *Poa aestivalis* J. Presl in Reliq. Haenk. 1(4-5): 272. 1830.

=*Eragrostis infirma* (Kunth) Steud. in Nomencl. Bot. (ed. 2)1: 563. 1840.

=*Megastachya infirma* (Kunth) Roem. & Schult. in Syst. Veg. 2: 585. 1817.

=*Poa infirma* Kunth in Nov. Gen. Sp. (quarto ed.) 1: 158. 1815.

Le Code international de nomenclature pour les algues, les champignons et les plantes est modifié environ tous les six ans au cours d'une session de nomenclature précédant le Congrès international de botanique. La «Nomenclature Session» est organisée à chaque congrès par International Association for Plant Taxonomy» (IAPT). C'est à ce moment seulement que des modifications du code peuvent intervenir.

Les propositions de modifications du code sont publiées dans *Taxon*, le journal de l'IAPT. Entre les congrès, des comités de nomenclature discutent des propositions publiées qui seront ensuite présentées à la session de nomenclature du congrès à venir. Les membres de l'IAPT participant au congrès (les taxonomistes représentants des herbiers et d'autres institutions scientifiques du monde) débattent et votent au sujet des questions étudiées et des modifications proposées. Tout changement accepté est ensuite introduit dans le nouveau code qui annule tous les codes précédents.

Les six principes du Code international de nomenclature pour les algues, les champignons et les plantes (voir: <http://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php>).

Principe I

La nomenclature botanique est indépendante des nomenclatures zoologique et bactériologique. Le Code s'applique uniformément à tous les noms de groupes taxonomiques considérés comme des plantes ou les champignons, même si à l'origine ils n'ont pas été traités comme tels.

Principe II

L'application des noms de groupes taxonomiques est déterminée par la méthode des types nomenclaturaux

Principe III

La nomenclature d'un groupe taxonomique se fonde sur la priorité de la publication.

Principe IV

Chaque groupe taxonomique de délimitation, position et rang donnés ne peut porter qu'un nom correct, à savoir le plus ancien en conformité avec les Règles, sauf exceptions spécifiées.

Principe V

Les noms scientifiques des groupes taxonomiques sont reconnus en latin, quelle que soit leur origine.

Principe VI

Les Règles de la nomenclature ont un effet rétroactif, sauf indication contraire.

#### 4. Classification du monde vivant et place des végétaux

Le monde vivant séparé en animaux et végétaux existe depuis le 4<sup>ème</sup> siècle (figure 1). Cette présentation à coté d'un monde minéral est attribuée à Aristote. A cette époque, Aristote et ses contemporains admettaient un continuum qui va du minéral au végétal, du végétal au minéral pour aboutir à l'homme. Ce concept s'est perpétué jusqu'au 17<sup>ème</sup> siècle. On met en évidence quand même l'existence d'organismes présentant à la fois des caractères animaux et végétaux. Ces organismes sont alors classés à part (Zoophyton) dès le 30<sup>ème</sup> siècle et constituent l'interface entre l'animal et le végétal.

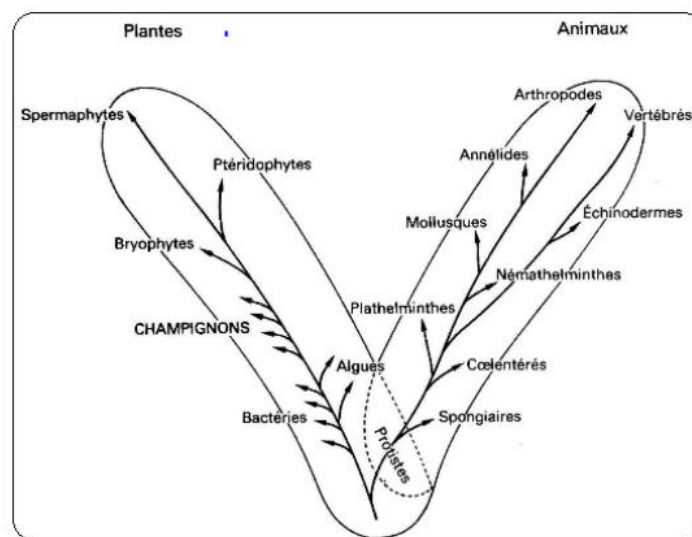


Figure 2. Système de classification de Linné (D'après Moreau, 1978)

A la fin du 18<sup>me</sup> siècle ce continuum est remis en question et un règne supplémentaire est proposé pour les organismes ni végétaux ni animaux (Protistes). Au 20<sup>ème</sup> siècle, avec les progrès de la microscopie, on a pu observer et décrire les organismes unicellulaires et jusque vers les années 1950, le monde vivant est subdivisé en trois règnes bactérie, végétal, animal car la séparation des êtres vivants est basée sur la notion procaryote eucaryote. Dans le système à trois règnes, les végétaux qui comprennent aussi les algues bleues (bien que procaryotes) sont subdivisés en thallophytes et cormophytes.

Le placement des algues bleues parmi les végétaux plutôt qu'avec les bactéries, les insuffisances de la subdivision en animaux et végétaux qui ne rend pas compte de la diversité des eucaryotes ont nécessité la mise en place de règnes supplémentaires, celui des

champignons (Fungi) du fait de leur hétérotrophie et celui des organismes unicellulaires mobiles photosynthétiques ou fixés et non-photosynthétiques (Protistes) (figure 2).

Néanmoins, ce système à 5 règnes ne rend pas compte des liens de parenté entre organismes

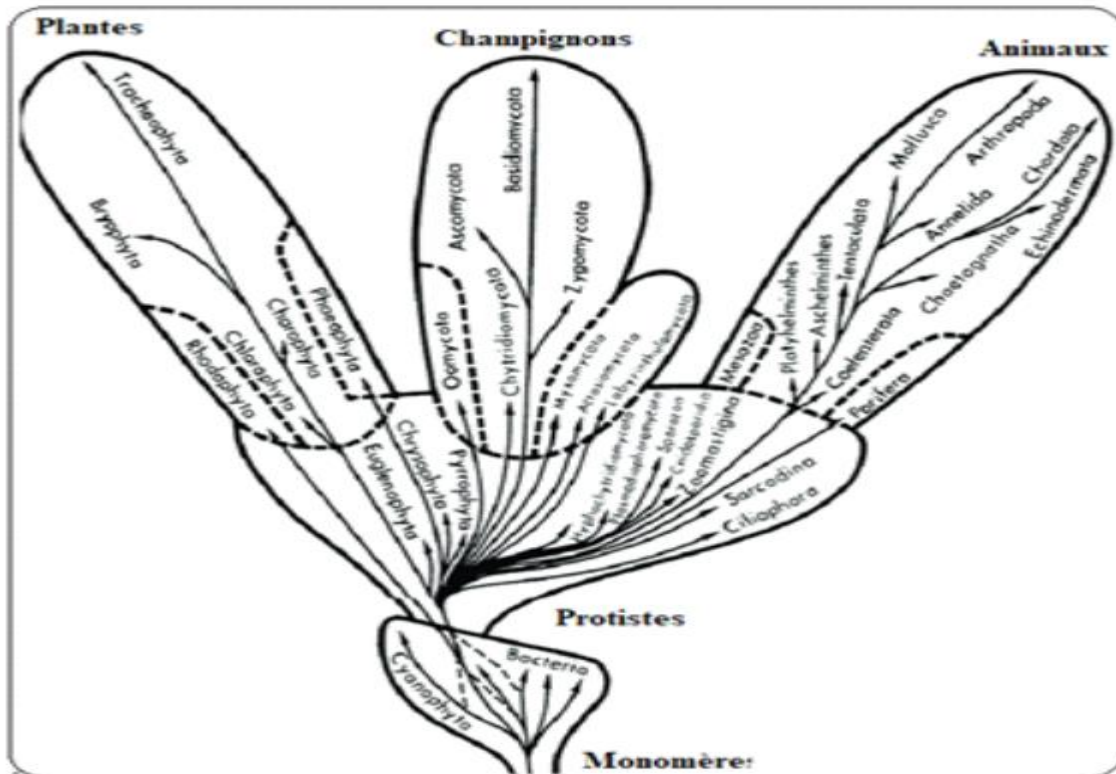


Figure 3. Classification des êtres vivants: système à 5 cinq règnes (Whittaker, 1969)

Actuellement, sur la base de l'analyse des séquences génétiques codant pour la petite sous-unité des ARN ribosomiques 16 S présente chez tous les êtres vivants, le monde vivant est subdivisé (figure 3) en trois lignées principales = super règnes, empires ou domaines (Woese et al. 1990). Il s'agit de:

- Bacteria
- Archaea
- Eucarya

Ce système montre une coupure importante dans les procaryotes (Eubactéries et Archaeobactéries). En effet, l'analyse du degré d'homologie des ARN ribosomiques a montré que la distance entre les Archaeobactéries et les Eubactéries est aussi importante qu'entre ces 2 groupes et les Eucaryotes. Les lignées végétales se répartissent entre les Eubactéries (Cyanobactéries) et les Eucaryotes. Les Eubactéries photosynthétiques ne sont pas incluses dans les végétaux.

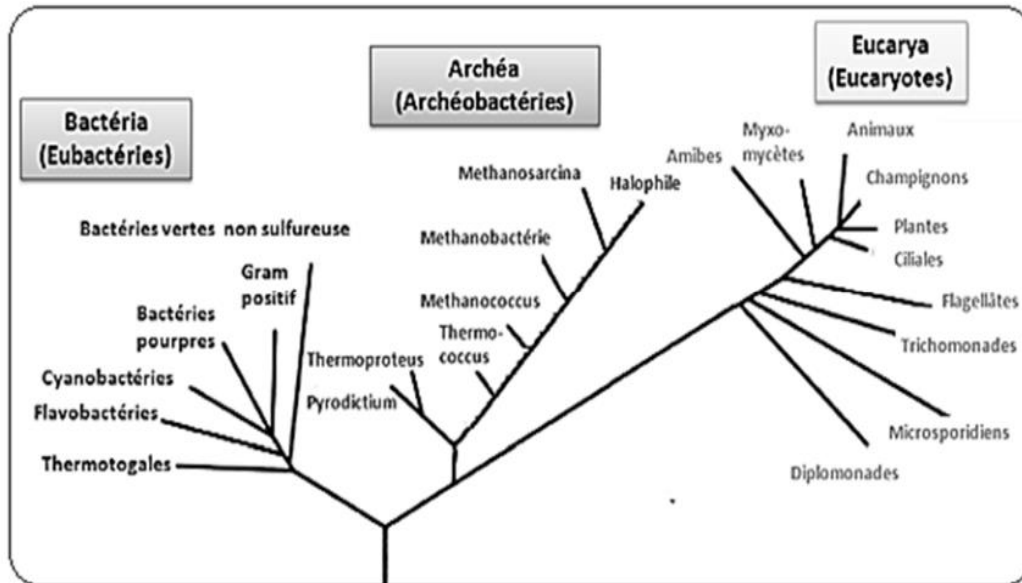


Figure 5. Subdivision du monde vivant en trois domaines (Woese et al., 1990)

Les Eucaryotes sont subdivisés en 5 règnes (Cavalier-Smith, 1998)

- Règne des Plantae

Les plantes autotrophes avec une paroi cellulaire constituée de cellulose

- Règne des Fungi

Les champignons comme décomposeurs de la biomasse, saprophytes, symbiotiques ou parasites, avec une paroi constituée de chitine

- Règne des Animalia

Les animaux comme consommateurs avec un mode nutritionnel digestif sans paroi cellulaire.

- Règne des Chromista = Straménopiles = lignée brune
- Règne des Protozoa

CLASSIFICATION SIMPLIFIÉE



**EUCARYOTES**

- **Lignée verte**
  - -Glaucophytes
  - Rhodobiontes (Algues rouges)
  - -Chlorobiontes (Chlorophytes (Algues vertes))
  - **-Chlorobiontes Embryophytes -Bryophytes**
  - **-Ptéridophytes**
  - **-Spermatophytes : - Cycadophytes**
    - **Ginkgophytes**
    - **Coniferophytes**
    - **Gnétophytes**
    - **Angiospermes**
- Gymnospermes**

**- Lignée brune**

- Straménopiles (Algues brunes + Oomycota Hyphochytridiomycota + Labyrinthulomycota)
  - Oomycètes
  - Haptophytes

**- Dinophytes**

**- Cryptophytes**

**- Euglénobiontes**

**- Champignons= Fungi =Mycophytes**

- Eumycètes
  - Chytridiomycetes
  - Zygomycetes
  - Gloméromycetes
  - Ascomycètes
  - Basidiomycètes

**-Mycétozoaires**

- Myxomycetes

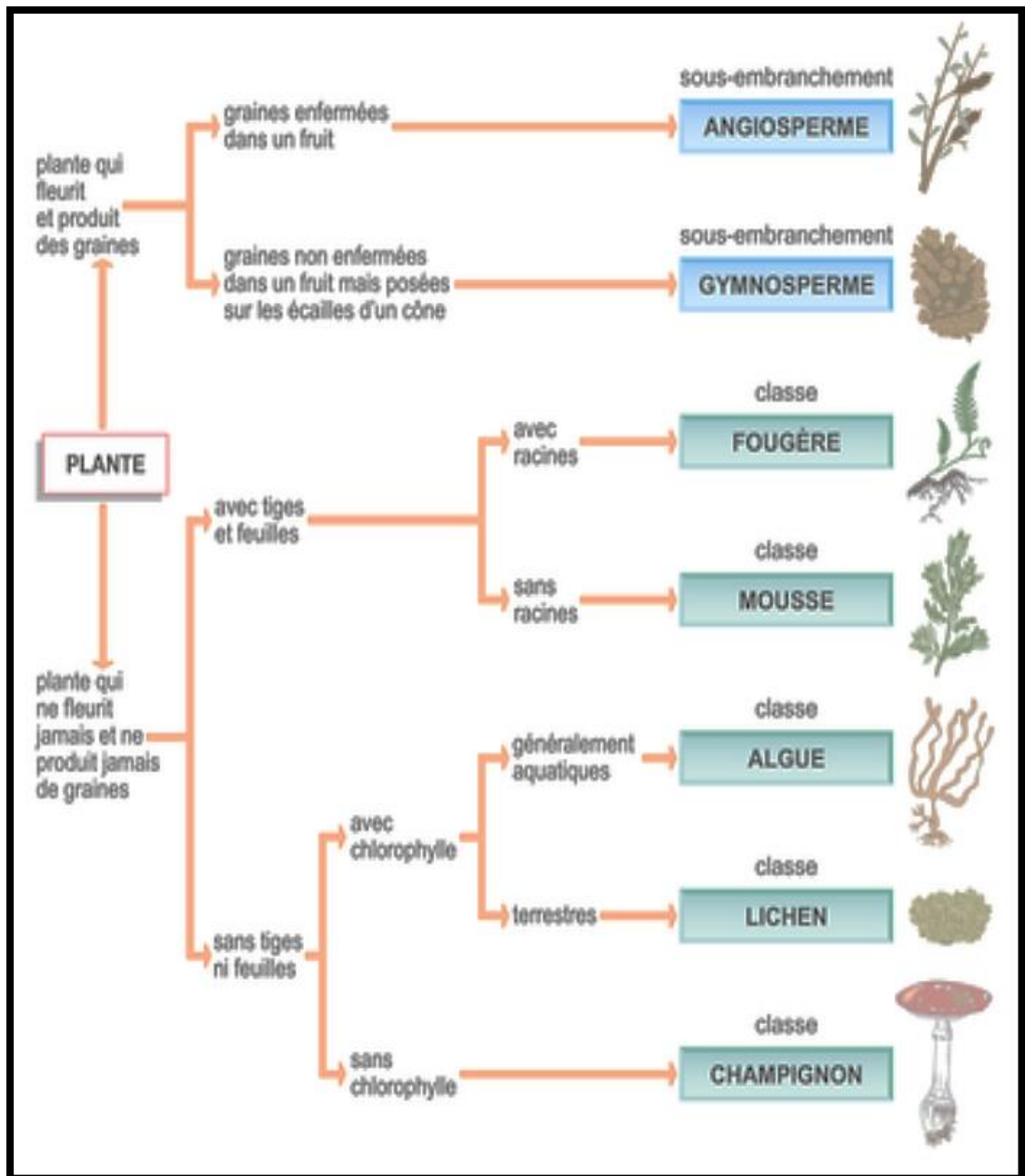


Figure 4. Classification Végétale



## Chapitre II Classification des embryophytes

### 1. Notion de thallophytes et cormophytes

Selon les critères classiques, les notions de thallophytes et de cormophytes sont basées sur l'organisation de l'appareil végétatif et de l'appareil reproducteur.

- **Thallophytes:** l'appareil végétatif est un 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:** l'appareil végétatif est un cormus dont les cellules sont organisées en tissus regroupés en organes (tige, feuille et racine). Les cellules reproductrices sont produites dans des structures reproductrices pluricellulaires (gamétanges et sporanges)

### 2. Généralités sur les embryophytes

Les Embryophytes ou plantes terrestres sont des organismes eucaryotes, chlorophylliens, pluricellulaires et fixés (à l'exception de certaines espèces aquatiques). Ils constituent un groupe monophylétique de la lignée verte dont le caractère qui a donné le nom au groupe (clade) est la présence d'un embryon. Ils sont caractérisés par:

- La présence d'un embryon pluricellulaire qui se nourrit aux dépens de la plante mère
- L'apparition d'une bande pré-prophasique. Au cours de la mitose, les microtubules se rassemblent autour du noyau avant la prophase puis disparaissent (ils marquent l'endroit de la future paroi)
- La présence de sporopollénine dans la paroi de la spore
- La présence d'une cuticule, sauf quelques exceptions
- La présence de gamétanges (archégone et anthéridie) et de sporanges (par opposition aux cystes» des thallophytes) Les embryophytes sont aussi nommés Archégoniates car le gamétange femelle est l'archégone.
- La présence d'un appareil végétatif avec tige, feuilles et racines; le cormus constitué de tissus véritables (c'est la raison pour laquelle les Embryophytes étaient nommés également Cormophytes).
- La présence de chloroplastes à deux membranes
- La présence de chlorophylles a et b et de réserves amylicées dans le plaste
- La présence d'un cycle de développement digénétique hétéromorphe avec l'alternance d'un gamétophyte et d'un sporophyte bien distincts et de formes très différentes

- La présence de nombreux caractères moléculaires comme l'intégration de certains gènes dans le génome nucléaire.

L'acquisition de certains de ces caractères ont permis aux Embryophytes de s'adapter au milieu terrestre, comme la protection des organes reproducteurs (gamétange pluricellulaire protégeant l'embryon en milieu aérien), la protection de la plante contre la dessiccation par l'apparition de la **cuticule** (couche imperméable autour de l'assise cellulaire la plus externe) et l'apparition de la **sporopollénine** autour des spores (cellules de dissémination) les protégeant aussi contre la dessiccation. Les traces les plus anciennes de spores à paroi sporopollinique remontent au **Silurien inférieur**, vers 435 millions d'années (ce sont des spores de Marchantiophytes).

Selon Tourte et al. (2005), les Embryophytes (figure 5) regroupent:

- les Bryophytes» (sensu lato) avec 25 000 espèces
- les Pteridophytes avec 11 000 espèces
- les Spermatophytes avec 270 000 espèces

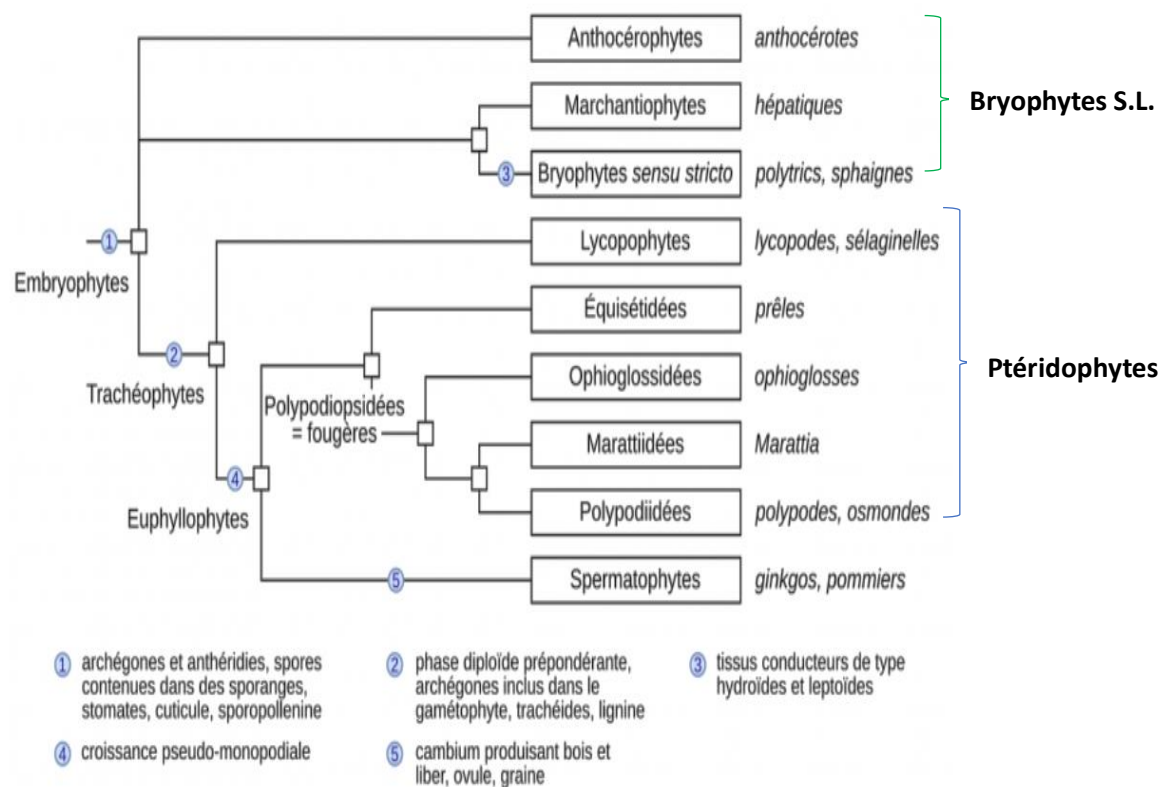


Figure 5. Arbre phylogénétique simplifié des Embryophytes

Tableau 2. Représente:

## Les grands groupes des Cormophytes

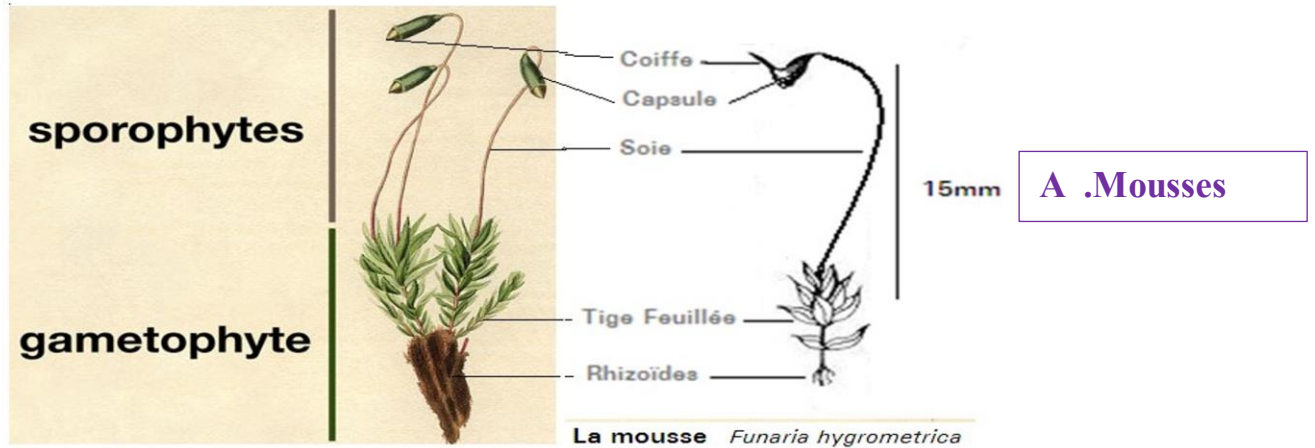
	CARACTERISTIQUE	EXEMPLE
<u>Bryophytes</u>	Apparition du cormus : Organes végétaux	<i>Mousses, Hépatiques</i>
<u>Ptéridophytes</u>	Appareil vasculaire et racines	<i>Fougères, Prêles</i>
Phanérogames = <u>Spermaphytes</u> = Spermatophytes	Formation d'une graine.	<i>Gymnospermes (Conifères)</i>
	Formation d'un fruit.	<i>Angiospermes - Monocotylédones (blé, maïs) - Dicotylédones (Bryone, rose)</i>

### 3. Bryophytes

Ensemble de végétaux de petite taille, comprenant les Mousses, les Hépatiques et les Anthocérotées. Ce sont des plantes en majorité terrestres, qui poussent généralement dans des lieux humides, sur le sol, les troncs d'arbres ou les rochers. Le niveau d'organisation des Bryophytes les situe entre les algues vertes et les plantes vasculaires les plus simples.

- a) Mousses : Les Mousses sont les Bryophytes les plus répandues et les plus riches en espèces. On les rencontre dans le monde entier. Elles ne mesurent en général que quelques centimètres.
- b) Hépatiques : Elles sont formées soit par des tiges aplaties garnies de feuilles disposées symétriquement de chaque côté, soit par une lame aplatie qui rappelle le thalle des algues.
- c) Anthocérotées : Elles renferment un genre unique, Anthoceros, sont des Bryophytes que l'on peut voir sur la terre nue des champs humides. Elles se reconnaissent à la forme de leurs capsules, très étirées.

## Observation de la mousse : *Funaria hygrometrica*



## Observation de l'Hépatique : *Marchantia polymorpha*



L'hépatique *Marchantia polymorpha*

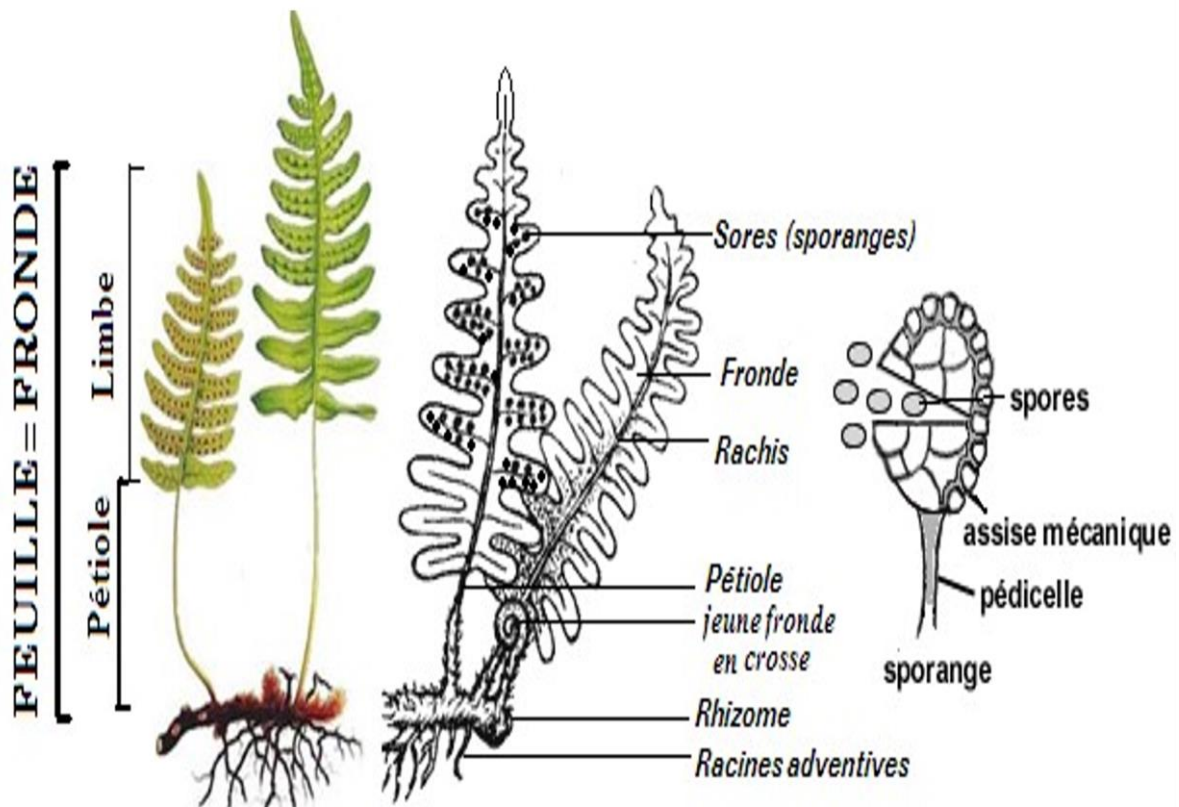


Les autres cormophytes se distinguent des bryophytes par la possession de véritables racines et par la présence de tissus conducteurs formés de vaisseaux, dont le rôle est de véhiculer la sève. Ce sont des plantes vasculaires, ou Trachéophytes. La sève brute, composée d'eau et de sels minéraux dissous absorbés par les racines, circule dans les vaisseaux du xylème ; la sève élaborée, enrichie par les produits de la photosynthèse, circule des feuilles vers les tiges et vers les racines dans les vaisseaux du phloème.

#### 4. Les ptéridophytes

Ensemble de végétaux vasculaires sans fleurs ni graines (Cryptogames), une caractéristique de ce groupe réside dans le cycle de développement qui est en deux étapes, l'une sexuée et l'autre asexuée. On distingue cinq groupes de Ptéridophytes selon le degré d'évolution de la vascularisation et de l'embryon : Psilophytes, Lycophytes (les lycopodes), Sphénophytes ou Équisétinées (les prêles), Noeggérathiophytes et Filicophytes (les fougères).

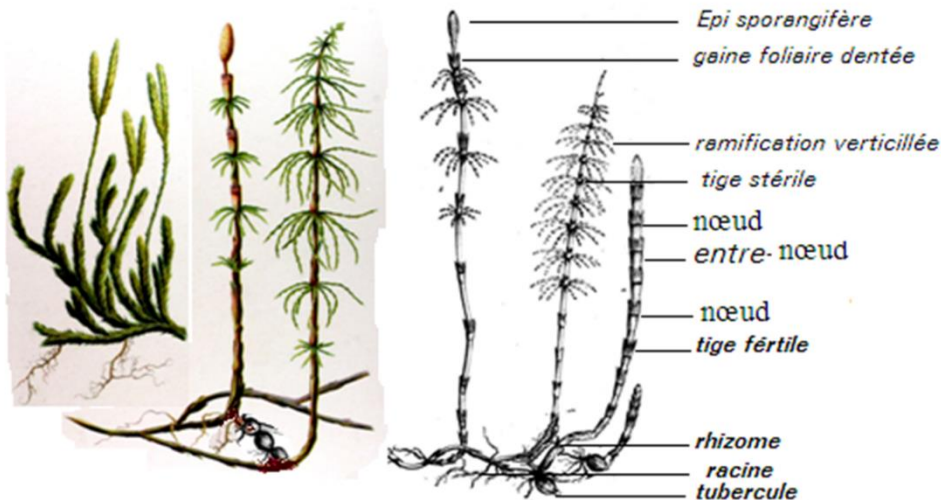
## Observation de la Fougère : *Polypodium vulgare*



La Fougère: *Polypodium vulgare*



## Observation de la prêle des champs : *Equisetum arvens.*



La prêle des champs *Equisetum arvense*

Tableau 3. Caractéristiques des gamétophytes et des sporophytes chez les Hépatophytes; Anthocérophytes et Bryophytes

Sous-Embr.	Gamétophyte	Sporophyte
Hépatophytes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominant et indépendant</li> <li>• Thalloïde ou feuillé</li> <li>• Pas de stomates mais pores chez certaines hépatiques à thalle</li> <li>• Rhizoïdes unicellulaires</li> <li>• Généralement, cellules à plusieurs chloroplastes</li> <li>• Propagules fréquentes</li> <li>• Chez certaines, protonéma</li> <li>• Méristème apical</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Petit et dépendant du gamétophyte</li> <li>• Non ramifié, limité à un sporange dans certains genres ; à un pied, une courte soie et un sporange chez d'autres</li> <li>• Pas de stomates</li> </ul>
Anthocérophytes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominant et indépendant</li> <li>• Thalloïde arrondi</li> <li>• Rhizoïdes unicellulaires</li> <li>• Généralement, cellules à un chloroplaste avec pyrénioïde</li> <li>• Structures de type stomate (seul cas sur le gamétophyte), non fonctionnelles</li> <li>• Unisexué ou bisexué</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Petit et dépendant du gamétophyte</li> <li>• Non ramifié, composé d'un pied et d'un sporange cylindrique allongé</li> <li>• Méristème entre le pied et le sporange</li> <li>• Cuticule, stomates</li> <li>• Pas de tissu conducteur. Peut survivre longtemps après dissémination des spores (semi-indépendant)</li> </ul>
Bryophytes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominant et indépendant</li> <li>• Feuillé</li> <li>• Rhizoïdes pluricellulaires</li> <li>• Généralement, cellules à plusieurs chloroplastes</li> <li>• Propagules fréquentes</li> <li>• Protonéma</li> <li>• Méristème apical (temporairement marginal chez les <i>Sphagnidae</i>)</li> <li>• Leptoïdes et hydroïdes non lignifiées dans certains genres</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Petit et dépendant du gamétophyte</li> <li>• Non ramifié, composé d'un pied, d'une longue soie et d'un sporange chez les <i>Bryidae</i></li> <li>• Stomates</li> <li>• Leptoïdes et hydroïdes non lignifiées dans certains genres</li> </ul>

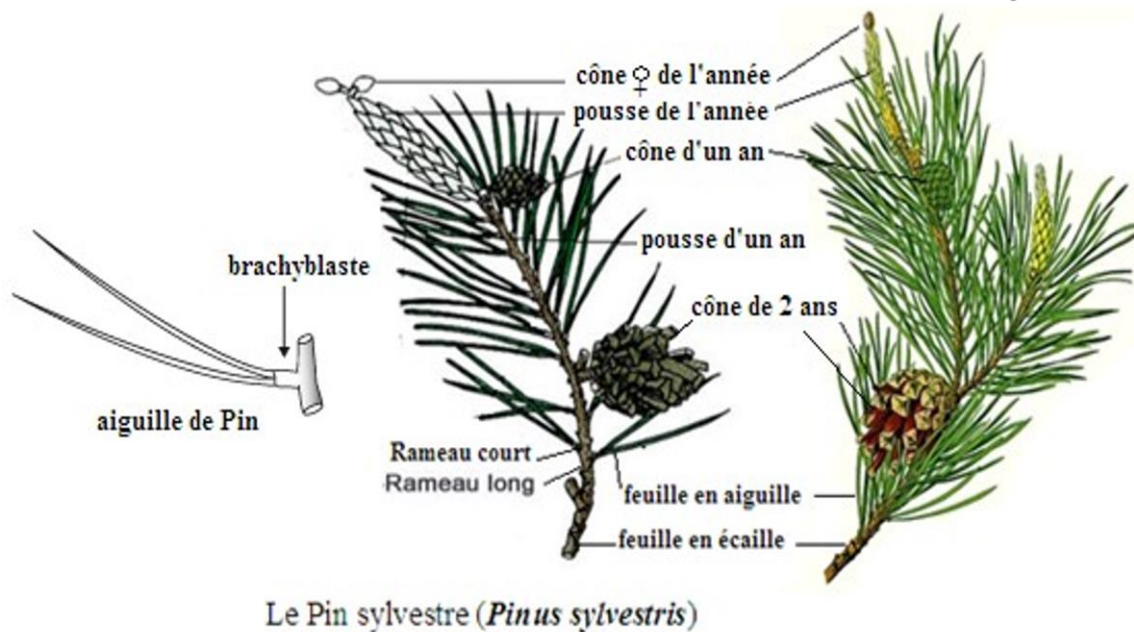
## 4. Phanérogames

Elles sont divisées en Gymnospermes (plantes à graines nues) comme le pin, le sapin et autres Conifères, et en Angiospermes (plantes à graines enfermées dans un fruit).

### 4.1. Les gymnospermes

Groupe de plantes vasculaires chez lesquelles les ovules, puis les graines sont portées par des écailles et ne sont pas enfermés dans les carpelles clos d'un ovaire, puis dans un fruit, comme chez les angiospermes. Les gymnospermes se divisent en quatre ordres : les Cycadales, les Ginkgoales, les Conifères (familles des pinacées, cupressacées, taxodiacées, etc.) et les Gnétales (ou Chlamydospermes).

## Observation du Pin : *Pinus sp*



### 4.2. Les Angiospermes

Groupe réunissant les plantes à fleurs et constituant la forme la plus évoluée du règne végétal. Chez les Angiospermes, les ovules sont enfermés dans un ovaire, ils sont divisés en deux classes : les dicotylédones, dont les graines possèdent deux cotylédons, et les monocotylédones, dont les graines n'en ont qu'un.

- Les graines conservent la forme de l'ovule dont elles dérivent ; seule la taille évolue de manière plus ou moins marquée. Les graines présentent trois parties :
  - l'embryon formé par les cotylédons, la radicule et l'hypocotyle.
  - l'albumen, dont la durée de vie au sein de la graine est variable.



- les téguments séminaux, à la surface desquels sont visibles le hile et le micropyle.

## *Phasiolus vulgaris*

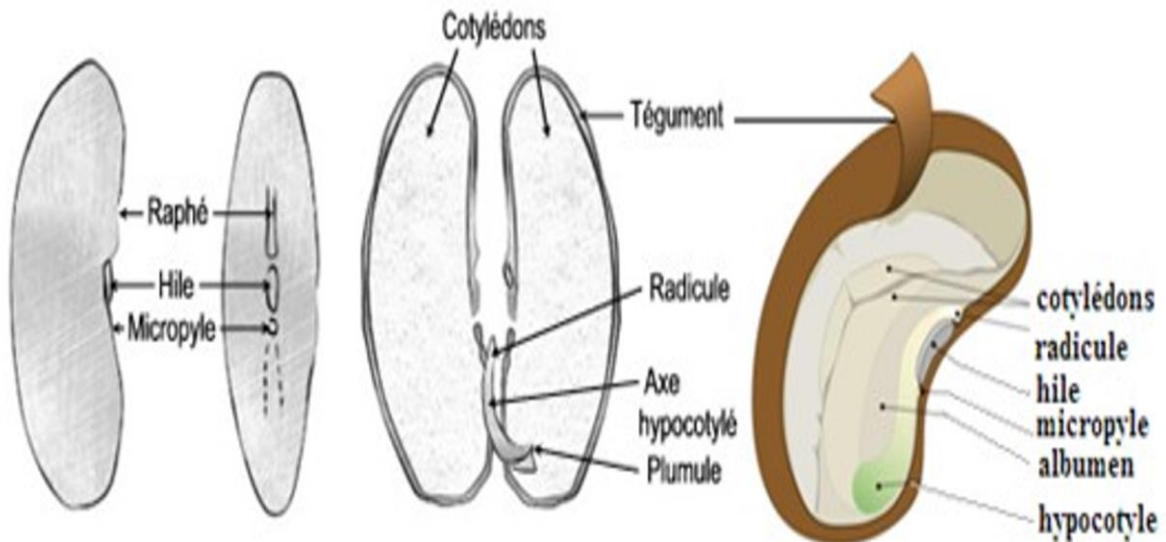


Figure 12 : Structure de la graine de l'Haricot *Phasiolus vulgaris* (Dicotylédones)

### Les feuilles

Les principales caractéristiques des dicotylédones sont:

- Les feuilles ont des nervures réticulées.
- Les fleurs partagent avec l'implantation des feuilles une symétrie d'ordres 4 ou 5. La fleur typique présente quatre verticilles (sépales, pétales, étamines et carpelles).
- Dans la plupart des espèces, la racine est de type pivotant.
- Au niveau des tiges, la présence de cambium permettant la formation de bois secondaire vers l'intérieur et de liber vers l'extérieur.
- Chez la majorité des dicotylédones, le bois est hétéroxylé, c'est-à-dire qu'il comporte des vaisseaux, des fibres, et éventuellement, des trachéides.

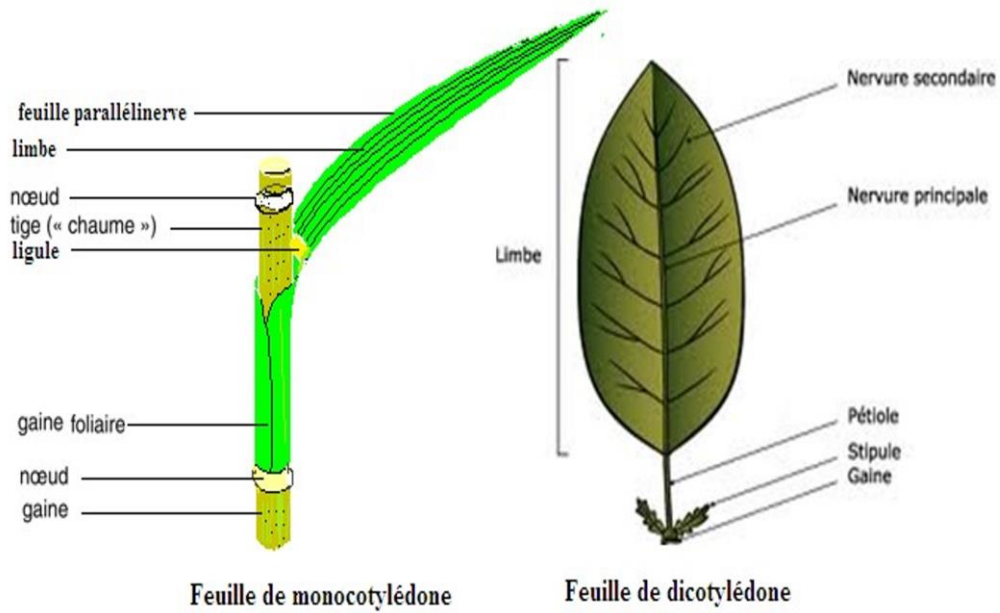
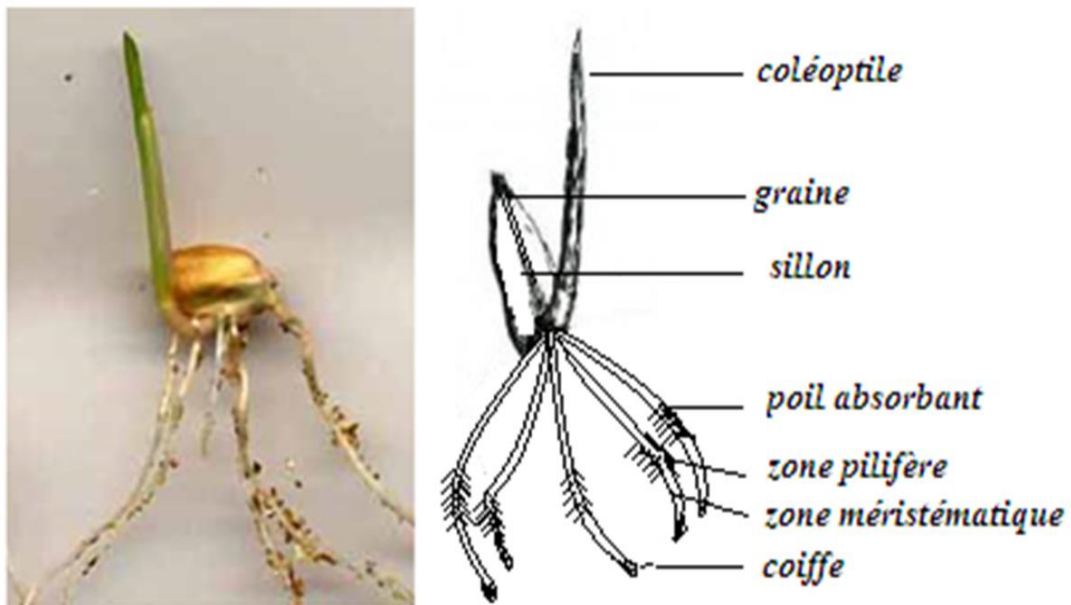


Figure 13: Différences entre une feuille monocotylédone et une feuille dicotylédone



Germination du blé *Triticum sp* (Monocotylédones)

Figure 14: Grain du blé lors de la germination

## La fleur

- Chez les Angiospermes, la fleur est constituée par l'ensemble des organes de la reproduction et des « enveloppes » qui les entourent.

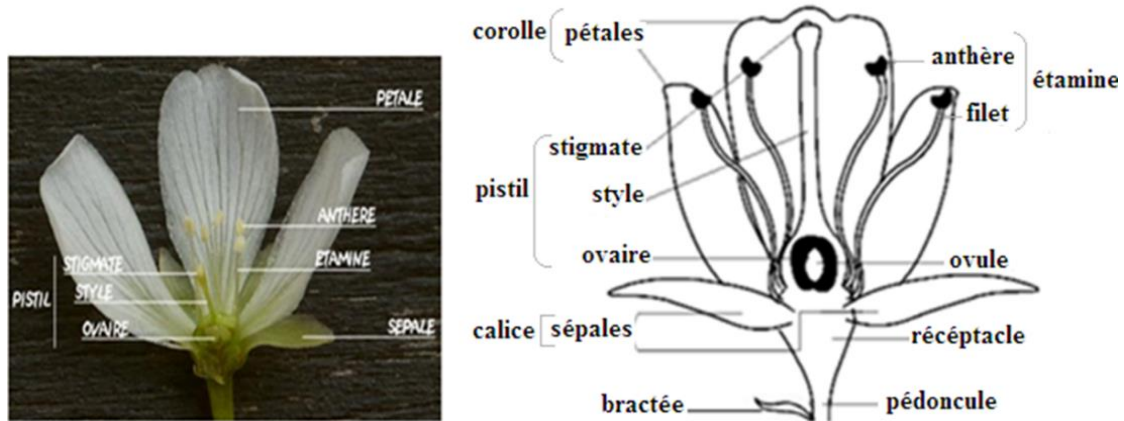


Figure 15 : Structure d'une fleur

### Les constituants de la fleur

Pétale : élément constitutif de la corolle

Pistil : organe femelle de la fleur, portant l'ovaire à sa base qui est renflé

Réceptacle : renflement à la base de la fleur, au bout du pédoncule

Sépale : élément constitutif du calice et présent sur les fleurs de dicotylédone

Stigmate : extrémité du pistil

Style : partie du pistil supportant le stigmate

### Chapitre III. Les Spermatophytes

#### 1. Caractères généraux

Le terme Spermatophytes veut dire plantes à ovule alors que celui de Spermaphytes les plantes à graines. Les Spermatophytes sont des Tracheophytes, monophyletiqa (apparition unique de l'ovule) (mais pas les Spermaphytes). L'ovule est un organe malernd la fois diploïde et haploïde. Il renferme le gamétophyte réduit haploïde qui produira le gamète femelle l'oosphère. L'ensemble reste dépendant du sporophyte (endoprothallie complete)

La fécondation n'est plus tributaire du milieu aquatique. Le transfert des noyaux reproducteurs mâles se fait par l'intermédiaire du pollen. Ce dernier peut être homologue à un gamétophyte mâle ayant acquis une biologie particulière lui permettant de conduire st gamètes dans l'appareil reproducteur femelle. L'ovule fécondé est l'organe de dissémination de certaines spermatophytes. C'est alors une prégraine, organe formant ses réserves avant la pollinisation et donc ne passant pas par l'état de vie ralentie. Chez la plupart des Spermatophytes, l'ovule fécondé se transforme en graine qui accumule ses réserves après la fécondation et devient l'organe de dissémination qui passe par l'état de vie ralentie.

Les Spermatophytes comprennent les «Fougères à graines» ou Pteridospermales, les Cycadophyta, les Ginkgophy, les Coniférophyta (= Pinophytes), les Gnetophyta, (tous ces taxons étaient autrefois regroupés en Gymnospermes) et les Angiospermes (figure 42).

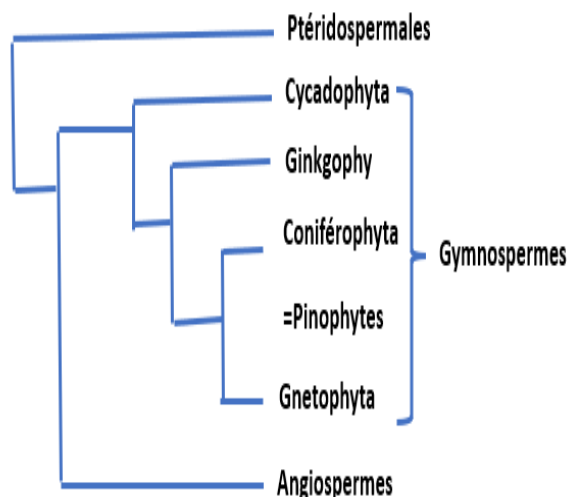
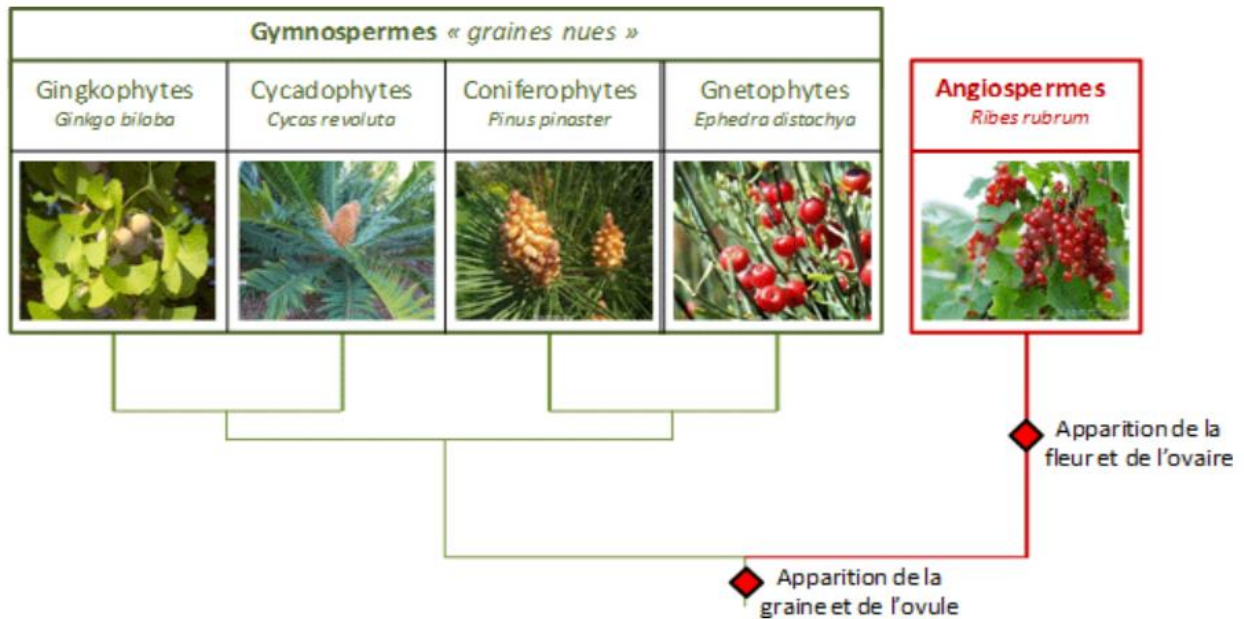


Figure 16. Arbre phylogénétique des Spermatophytes

## 2. Les gymnospermes



### 2.1. Caractères généraux

Les gymnospermes se substituent aux fougères arborescentes dès la fin du Primaire. Leur cycle de vie est caractérisé par une phase végétative plus longue que la phase reproductive.

En reproduction, il y a une endoprothallie avec un gamétophyte plus réduit que le sporophyte. L'appareil reproducteur est caractérisé par :

- La présence d'ovules nus (femelle)
- La présence de grains de pollen (mâle)
- La fécondation quasi indépendante de l'eau
- Les organes reproducteurs groupés en cônes unisexués mâles ou femelles.

Les Gymnospermes sont composés de:

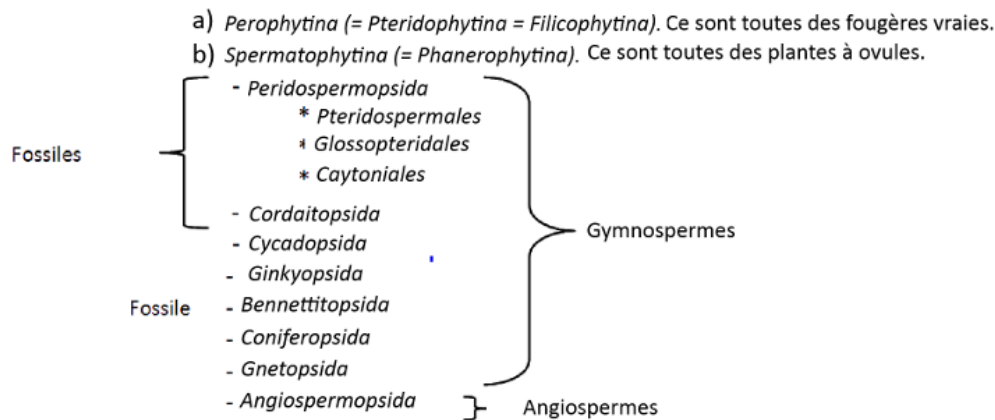
- **Cycadophytes**
- **Ginkgophytes**
- **Coniférophytes**
- **Gnetophytes (= Chlamydospermes)**

Dans les classifications actuelles, les Pteridospermales ne sont pas toujours inclus dans les Gymnospermes; ils formeraient un groupe à part. De plus, les Gnétophytes anciennement appelés Chlamydospermes sont maintenant inclus dans les Gymnospermes.

Les **Ptéridospermales**, qui ne sont ni des fougères ni de véritables plantes à graines, forment un groupe paraphylétique entièrement fossile. Quatre groupes peuvent être cités:

- **Les Liginopteridae;**
- **Les Medullosales;**
- **Les Calamopityales;**
- **Les Callistophytales.**

Souvent dans les ouvrages, les fougères à « graine » regroupent toutes les Gymnospermes fossiles à feuillage en fronde.



## 2.2. Les Cycadophytes

Ce sont des plantes de petite taille ; à tronc court et à grandes feuilles pennées.

### 2.2.1. Appareil végétatif et reproducteur

Les Cycas ont un port de palmier ou de fougère arborescente. Ils sont caractérisés par une croissance très lente.

Exemple de : *Cycas revoluta* Thunb. **Sagou du Japon** (figure 17)

Cette gymnosperme archaïque, au feuillage persistant et à la croissance très lente, est spontanée en Asie du sud-est et au Japon. Son port est celui d'un petit palmier ou d'une fougère arborescente. Depuis quelques années, c'est une plante vendue en pot par certaines pépinières. Les feuilles très rigides sont composées-pennées, disposées en couronne au sommet du tronc. Leur préfoliation est circinée, comme chez les fougères. Il y a diécie "plante dioïque" et la floraison ne survient pas avant plusieurs décennies, de sorte que lorsqu'on acquiert un cycas en pot on ne se sait pas si c'est un pied mâle ou un pied femelle avant qu'il ait fleuri. Sur les pieds mâles, l'unique fleur mâle est un long strobile, qui peut atteindre presque 1 m., apparu au milieu de la couronne de feuilles. Il porte plusieurs centaines d'écailles coriaces qui sont des étamines. Chacune d'elles "porte à sa face inférieure de nombreux groupes de 3 à 6 sacs polliniques" (Camefort et Boué 1980). Le cône femelle se forme au sommet du tronc des pieds femelles. C'est un groupement serré de feuilles ovulifères "les feuilles ovulifères sont petites (10 à 15 cm de long) et dépourvues de chlorophylle. Leur partie supérieure présente des folioles rappelant celles observées sur les feuilles végétatives ; leur partie inférieure supporte 2 rangées d'ovules orangés qui occupent la place des folioles.... Les ovules des cycas sont parmi les plus gros que l'on connaisse, ils peuvent atteindre la taille d'un œuf de poule". Leur organisation est la même



que celle des ovules de ginkyo et leur devenir identique : la germination est immédiate sans la période de repos qui caractérise toujours les vraies graines. "Le tronc épais, non ramifié, est complètement recouvert par la base des pétioles des feuilles tombées"



Figure 17: *Cycas revoluta* Thunb. Sagou du Japon

### 2.2.2. Classification

Anciennement appelés Préphanérogames, les Cycadophytes sont des végétaux représentés actuellement par 3 familles et 11 genres. Leur apogée a eu lieu au Jurassique. Ils vivent dans les régions tropicales d'Amérique, d'Afrique, et d'Australie. Les trois familles actuelles sont :

- **Zamiaceae,**
- **Cycadaceae,**
- **Stangeriaceae** (parfois ramenées aux deux premières),

Elles semblent s'être différenciées assez récemment puisqu'on ne trouve pas de fossiles de ces familles antérieurs au Tertiaire (50 à 60 millions d'années).

### 2.3. Les Ginkgophytes

Les Ginkgophytes (anciennement appelés **Préphanérogames**) ne sont plus représentés actuellement que par un genre: **Ginkgo** et une espèce: *Ginkgo biloba*. Les Ginkgophytes sont connues depuis le Permien et elles ont atteint leur apogée au Jurassique. ***Ginkgo biloba*** est une



espèce arborescente vivant à l'état spontané en chine (espèce relique). Actuellement elle se trouve dans de nombreux jardins d'ornementation.

### 2.3.1. Appareil végétatif

Le Ginkgo est un arbre qui peut atteindre 40 m de haut. Les ramifications sont de 2 types: pousses longues ou auxiblastes possédant des entre-nœuds allongés et pousses courtes ou mésoblastes qui ont des entre-nœuds très courts (figure 18).

Les feuilles caduques pétiolées ont un limbe en forme d'éventail souvent partagé en 2 lobes à nervures dichotomes



1 Grand pied mâle de ginkyo



2 Feuille de ginkyo. Elle est divisée en deux lobes et la nervation est dichotomique.



3 Bouquets d'ovules de ginkyo ayant passé l'hiver pendus au sommet de brachyblastes.

Figure 18: *Ginkgo biloba*

### 2.3.2. Appareils reproducteurs

Il y a dioécie et la floraison précède l'apparition des feuilles. Les fleurs mâles se forment au sommet de brachyblastes. Elles sont pédonculées, longues de 4 à 7 cm et formées d'étamines apifixes pourvues de 2 sacs polliniques. Sur les pieds femelles, les ovules, de la taille d'un pois, apparaissent solitaires ou par 2 à l'extrémité de longs pédicelles (porte-ovules), bordés par un bourrelet formant une sorte de cupule. C'est à l'extrémité de ce pédicelle que l'ovule va mûrir. L'ovule mûr qui tombe sur le sol a toute l'apparence d'une petite prune mirabelle et la décomposition de la partie externe et charnue de son tégument dégage une odeur nauséabonde vraiment repoussante. L'écorce épaisse et grise est longuement crevassée.

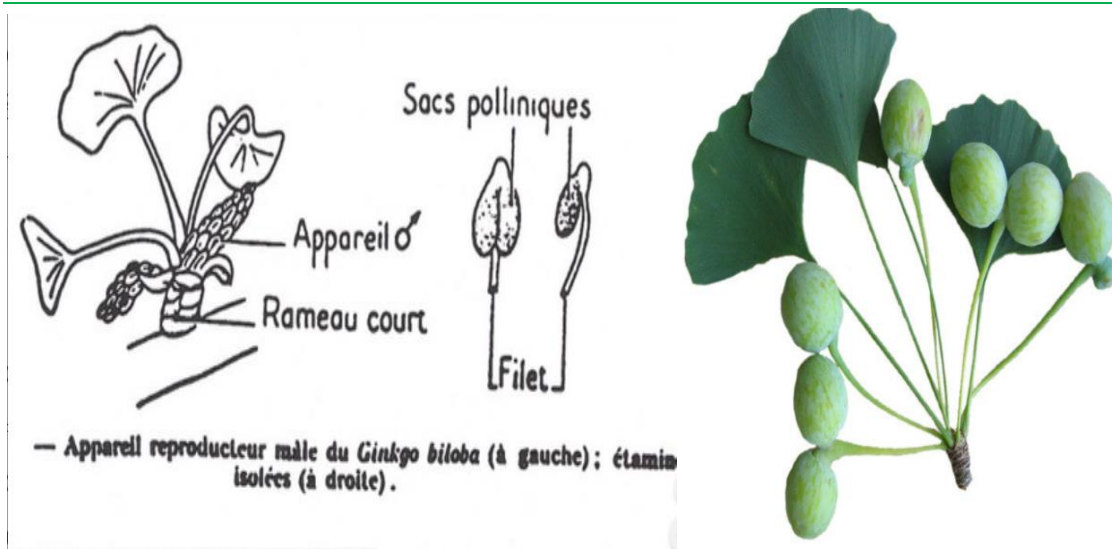


Figure 19. Appareil reproducteur femelle de *Ginkgo biloba*

## 2.4. Les Coniférophytes

Ils comprennent les conifères actuels et les fossiles formant les Voltziales et les Cordaites.

Les Cordaites: C'est un groupe fossile représenté par des espèces arborescentes pouvant atteindre une quarantaine de mètres de hauteur. Les ramifications du tronc portent le plus souvent des feuilles alternes et de grande taille parcourue par de nombreuses nervures parallèles. Les feuilles sont en général au sommet de l'arbre (figure 20).



Figure 20. Appareil végétatif d'une Cordaite

## 2.4.1. Caractères généraux des Coniférophytes

### 2.4.1.1. Appareil végétatif

Les Coniférophytes représentent les gymnospermes actuelles produisant de véritables graines. La plupart sont des arbres à feuilles persistantes (sauf *Larix decidua*, le mélèze ou *Taxodium distichum*, le cyprès chauve) dont la taille peut être très grande (*Sequoia-dendron gigantea*). Certains sont des petits buissons (*Juniperus*). Le port des Conifères est caractéristique en cône ou en pyramide. En général, les rameaux portent des vraies feuilles les **euphylls** à limbe simple et large chez *Podocarpus* et Agathis, en aiguilles chez le cèdre et le sapin ou en écailles chez les pins. Certaines *Pinaceae* possèdent en plus des **pseudophylls** en longues aiguilles. Les coniférophytes sont caractérisées par la présence de formations secondaires. Le bois est homoxylé constitué de trachéides à ponctuations aréolées. La tige et la racine ont une structure primaire de type eustélisque à xylème centrifuge ou centripète. Le phloème est dépourvu de cellules compagnes. La moelle est moins importante que celle des angiospermes. Il y a présence fréquente de canaux résinifères. Un tissu de transfusion est présent dans les feuilles (**pseudophylls**).

### 2.4.1.2. Appareil reproducteur

Il est sous forme de « cône » d'où le nom de conifères (du latin « conus » = cône et « fero » = je porte): strobiles d'écailles portant les ovules sur la face supérieure de chaque écaille ou les sacs polliniques sur la face inférieure. Les cônes sont parfois groupés en châtons (*Pinaceae*). La pollinisation est anémophile. Certains conifères (If, genévrier) ne possèdent plus de cônes typiques mais ont parfois les graines entourées d'arilles.



1 Fleur mâle isolée (5 mm) à l'extrémité d'un rameau de *Cupressus arizonica*. Il n'y a pas de périanthe.



2 Fleur mâle isolée de *Pinus pinaster*. Le pollen a été libéré. La pièce stérile à la base est assimilable à un bref périanthe.



3 Ces fleurs mâles à la face inférieure d'un rameau de Douglas sont presque aussi longues que les aiguilles (1cm).



4 *Cedrus atlantica*. Chez les cèdres les fleurs mâles sont cylindriques et dressées (5 cm) et réunissent plusieurs centaines d'étamines.

Figure 21. Fleur mâle de certains conifères



Figure 22. Cône femelle de certains conifères

**2.4.2. Classification**

La classification la plus récente (2000) divise les Coniférophytes en 06 familles, 50 genres 550 espèces environ. Il s'agit de:

- 1. Pinaceae
- 2. Cupressaceae (inclus les anciennes Taxodiaceae)
- 3. Araucariaceae
- 4. Podocarpaceae
- 5. Cephalotaxaceae
- 6. Taxaceae
- 7. Sciadopityaceae

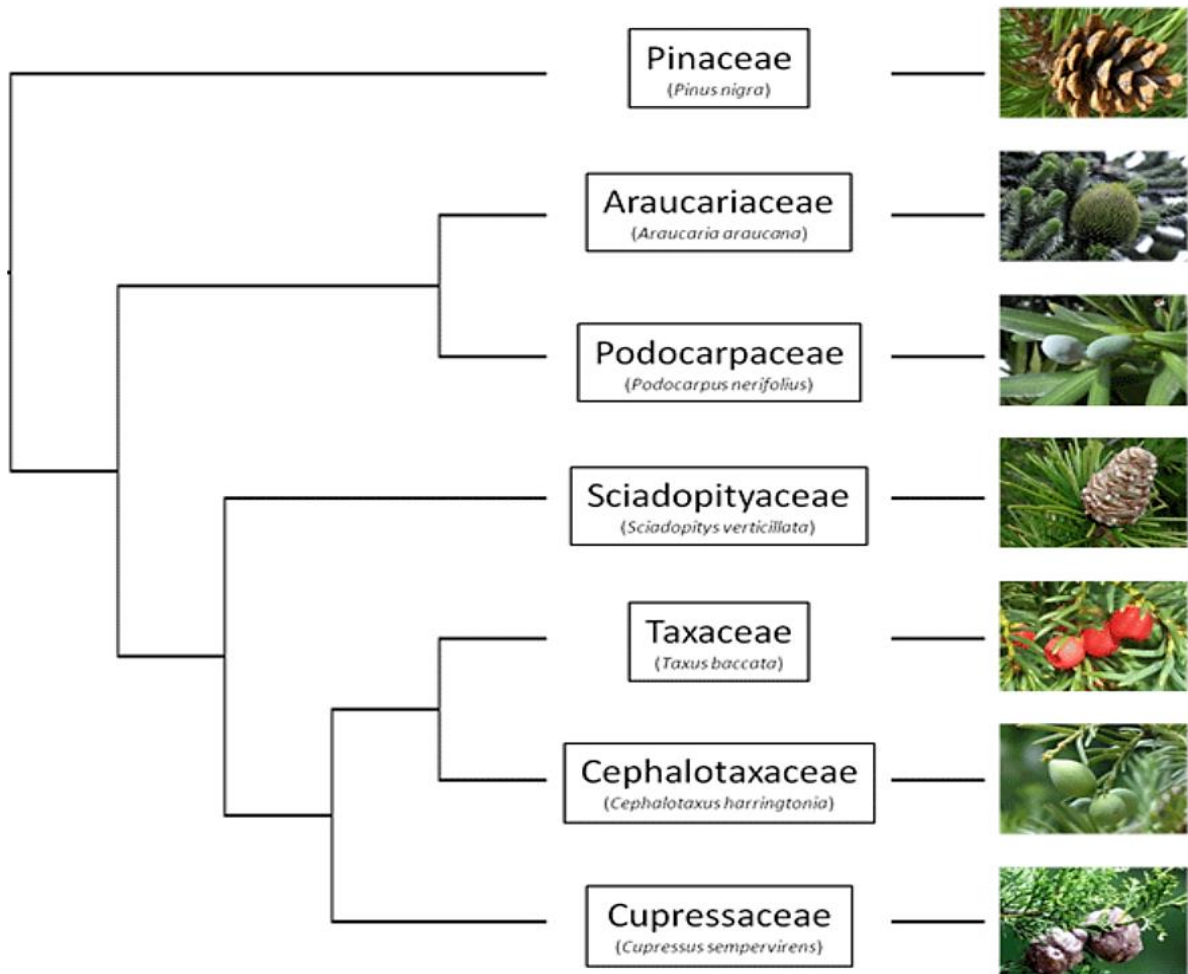


Figure 23. Arbre phylogénétique décrivant les relations entre les 7 familles de conifères



### 2.4.2.1. Les Pinaceae

La famille des *Pinaceae* comporte 9 genres et de 220 à 230 espèces d'arbres. Ces arbres sont limités à l'Hémisphère Nord. Ils sont l'une des ressources de bois de coupe les plus importantes :

- *Pinus* (*Pin*) (en Algérie plusieurs représentants),
- *Abies* (*Sapin*),
- *Cedrus* (*Cèdre*),
- *Larix* (*Mélèze*),
- *Picea* (*Epicéa*).



**FIGURE 23. CONIFERAE—PINOPSIDA.** Pinaceae. **A,B.** *Abies bracteata*, bristlecone fir. **C.** *Abies concolor*, white fir. **D.** *Abies fabri*, Faber's fir, seed cone. **E.** *Abies grandis*, grand fir, vegetative shoot. **F.** *Cedrus* sp., cedar, with short shoots and erect seed cones. **G.** *Picea orientalis*, oriental spruce. **H–J.** *P. sitchensis*, sitka spruce. **H.** Shoot with stiff, pungent leaves. **I.** Twig with persistent, knob-like, leaf bases (distinctive of spruces). **J.** Seed cone. **K–L.** *Pinus coulteri*, coulter pine, having most massive pine cones. **M.** *Pinus muricata*, with serotinous cones, opening only after fire. **N.** *Pinus lambertiana*, sugar pine, the tallest pine, with longest cones. **O.** *Pinus sabiniana*, gray pine. **P,Q.** *Pseudotsuga menziesii*, douglasfir, with bracts elongated from ovuliferous scales. **R,S.** *Hesperopeuce [Tsuga] mertensiana*, mountain hemlock, with pendant seed cones.

## Appareil végétatif

Ce sont des arbres de grande taille, arbustes ou buissons. Les rameaux sont de différents types (longs, courts et nains). Les différents genres sont caractérisés par l'un, les deux ou les trois types de rameaux.

## Appareils reproducteurs

La plante (sporophyte) porte des cônes développés au sommet des pousses de l'année (chaton et cône femelle isolé). Les plantes sont monoïques à fleurs unisexuées.

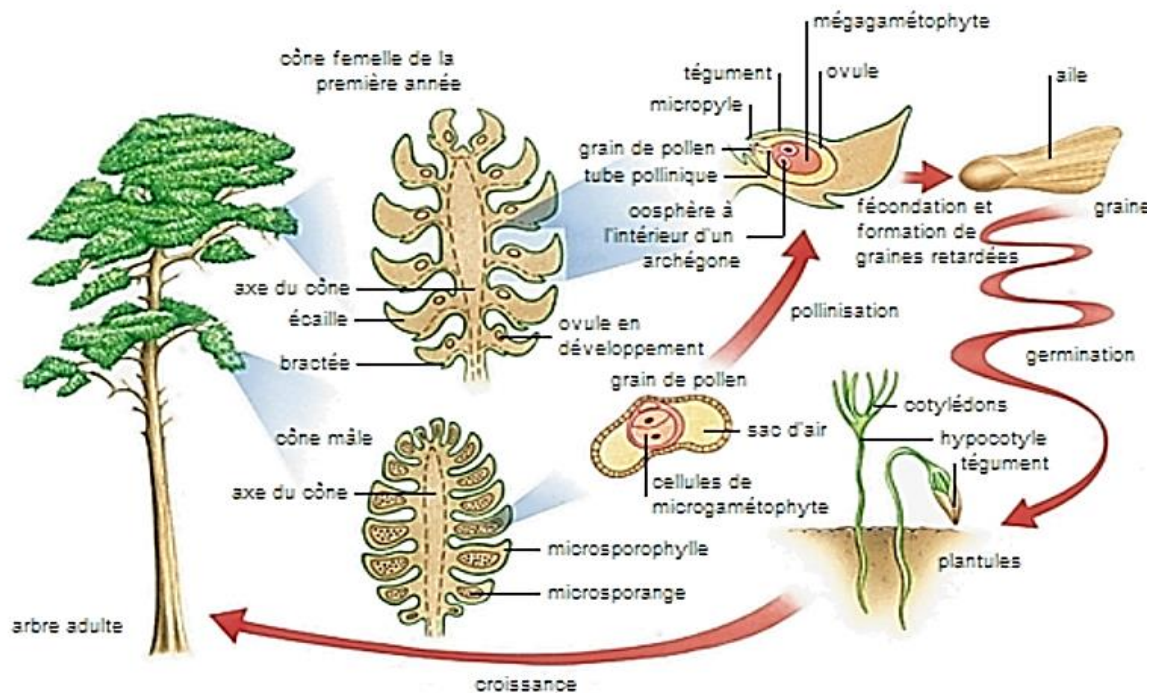


Figure 24. Cycle de développement de Pin

La famille des Pinaceae compte 11 genres dont:

- Les Pins (*Pinus*) : *Pinus halepensis* (pin d'Alep), principale espèce des forêts algériennes.
- *Pinus pinaster* ou *Pinus maritima* (pin maritime) dont les rameaux nains sont à 2 aiguilles
- *Pinus incinata* (pin à 2 crochets) des régions de haute montagne.
- *Pinus pinea* (pin pignon) dans les régions méditerranéennes.
- *Pinus canariensis* (pin des îles canaries) présente 3 aiguilles
- *Pinus laricio* (pin de corse)
- *Pinus nigra* (pin noir)
- Les Cèdres (*Cedrus*): les feuilles, en aiguilles courtes sont persistantes. *Cedrus libanotica ssp. atlantica*
- Les Mélèzes (*Larix*): les feuilles en aiguilles courtes sont caduques. *Larix decidua (= europea)*.

- Les **Sapins** (*Abies*): les feuilles sont en aiguilles et orientées de part et d'autre des tiges comme les dents d'un peigne (tige lisse). *Abies numidica* et *Abies pectinata*
- Les **Epicéas** (*Picea*): les feuilles en aiguilles aplaties sont disposées tout autour de la tige qui porte des coussinets foliaires très saillants. Leur face inférieure porte deux lignes blanches correspondant aux alignements des stomates. *Picea excelsior* vit dans les Alpes, Jura (Europe)

**Clé de détermination de la famille PINACEAE**

**PINALES**

**2a.** Deux ovules par écaille ; écailles stérile et fertile distinctes..... **PINACEAE**

**GENRES** 11: *Abies, Cathaya, Cedrus, Keteleeria, Larix, Picea, Pinus, Pseudolarix, Pseudotsuga, Tsuga*

**ESPECES** : 210

**DISTRIBUTION** Hémisphère nord, régions tempérées, jusqu'aux limites du cercle polaire.

**DESCRIPTION DE LA FAMILLE**

**Habitus**: arbres, rarement arbustes. Monoïques. Ramification monopodiale. Résine odorante.

**Feuilles**: simples, linéaires, uninervées, sessiles ou à pétiole court, spiralées ou fasciculées par 2 à 5 chez *Pinus*, persistantes sauf chez *Larix* et *Pseudolarix*

**Cônes** : unisexués.

**Cônes mâles** : petits, solitaires ou en glomérules. Microsporophylles (écailles ou étamines foliacées) disposées en spirale, portant chacune 2 microsporangies (ou sacs polliniques) abaxiaux. Pollen avec sacs aérifères, sauf chez *Larix* et *Pseudotsuga*. Prothalle pluricellulaire contenant 2 anthérozoïdes nus.

**Cônes femelles** : latéraux ou terminaux, ligneux. Ensemble d'écailles stériles portant à leur base une écaille fertile distincte (macrosporophylle) sur laquelle naissent 2 ovules. Prothalle multicellulaire (endosperme)

**Graines** : sur des cônes. Graines généralement ailées, 2-15 cotylédons.

**PLANTES UTILITAIRES**

La famille est bien connue pour l'utilisation de son bois et fait l'objet de nombreuses plantations pour la sylviculture. De nombreuses espèces sont également utilisées pour leurs résines (térébenthine): divers *Pirtus, Picea, Larix*, et leurs huiles essentielles: *Pinus silvestris, Pinus nigra, Pinus mugo*.

**Alimentaire**:

*Pimus pinea*: graines (pignons).

Médicinales: *Abies pectinata, Abies balsamea*: désinfectant bronchique.



Les principales espèces du genre *Pinus*



1 Feuilles réduites à des écailles sur un rameau de **pin noir**



2 Les 2 aiguilles du **pin sylvestre** sont portées par un court brachyblaste recouvert de feuilles écailleuses.



3 Brachyblastes de **pin cembro** (= arolle) portant 5 aiguilles.



4 Cône femelle conique de **pin maritime** (à gauche) et cône globuleux de **pin laricio**.



5 Partie médiane d'un cône de **pin maritime**. Les écussons losangiques imbriqués sont traversés par une crête médiane au centre de laquelle se trouve l'ombilic.



6 Chez de nombreuses espèces de pin, l'ombilic est terminé par une pointe centrale, le mucron.

L'espèce la plus répandue en Algérie le pin d'Alep = *Pinus halepensis*



Épi de cônes mâles (= fleurs mâles) à l'extrémité d'un rameau de pin d'Alep.



5 Jeune cône femelle (inflorescence femelle) de pin d'Alep. L'écaïlle et sa bractée sont charnues et de tailles comparables.



6 Cône femelle de pin d'Alep à l'automne de sa première année. Les écaïlles masquent les bractées qui n'ont subi presque aucune croissance.



7 Paire de pommes de pin ouvertes sur un rameau de pin d'Alep.



8 Graines ailées de pin d'Alep





Le cèdre= *Cedrus*



3 Aiguilles éparses sur un auxiblaste peu pubescent de cèdre



4 Bouquets d'aiguilles à l'extrémité de brachyblastes de cèdre



5 Cône femelle juvénile (=inflorescence femelle) à l'extrémité d'un brachyblaste de cèdre, en octobre.



6 Fleur mâle de cèdre, isolée. Les étamines sont nombreuses et serrées en un petit cône mâle.



7 Tailles comparées des cônes femelle (à gauche) et mâle de cèdre.

### 2.4.2.2. Les Cupressaceae

Les Cupressaceae s.l. ont longtemps été scindés en deux familles,

- Les Cupressaceae s.s: *Cupressus*, le cyprès; *Juniperus*, le genévrier
- Les Taxodiaceae: *Sequoia* et Sequoia-dendron sur la base des différences morpho-anatomiques de leurs feuilles. Mais de nombreux caractères plaident pour des caractères dérivés communs et pour leur monophylie.

Les cônes femelles, formés d'écaillés épaisses et dures, axillant des ovules au nombre de 2 à 3 (*Thuja*) ou davantage (*Cupressus*). *Cupressus sempervirens* (cyprès) présente un cône femelle

sphérique. Les genévriers (*Juniperus*) forment des baies caractéristiques : *Juniperus oxycedrus* (huile de cade) et *Juniperus phoenicea*.

**Clé de détermination des Cupressaceae**

**CUPRESSALES**

Un seul ovule par écaille ; écailles stérile et fertile soudées.....**CUPRESSACEAE**

**Genres 30** : *Callitris, Callitropsis, Calocedrus, Chamaecyparis, Cryptomeria, Cupressus, Juniperus, Metasequoia Sequoia, Sequoiadendron Taxodium, Thuya*

**Espèces 133**

**Distribution** Surtout hémisphère nord, régions chaudes et tempérées.

**DESCRIPTION LA FAMILLE**

**Habitus** : arbres ou arbustes. Monoïques ou dioïques (*Juniperus*). Résine odorante

**Feuilles** : simples, linéaires ou en écailles, opposées-décussées, alternes ou verticillées par 3-4, généralement persistantes (sauf *Taxodium*). Parfois dimorphisme foliaire, les jeunes feuilles en aiguilles souvent caduques.

**Cônes** : unisexués

**Cônes mâles** : terminaux et solitaires. Microsporophylles (écailles ou étamines foliacées) en spirale, portant cha cane 2-10 microsporangies (ou sacs polliniques) abaxiaux. Pollen sans sacs aérifères. Prothalle très

**Cônes femelles** : réduit terminaux et solitaires, ligneux ou charnus (*Juniperus*). Macrosporophylles et écailles ovulifères parfois indistinctes et soudées. Un à 9 ovules par écaille. Prothalle réduit (endosperme).

**Graines** : sur des cônes charnus ou «baies» (*Juniperus*). Graines avec parfois 2 petites ailes latérales, 2-15 cotylédons.

**TAXOMIE** : Les ex Taxodiaceae sont incluses dans les Cupressaceae s. 1.

**PLANTES UTILITAIRES**

Surtout connue pour ses essences ornementales souvent spectaculaires par leur grande taille (séquoia, métaséquia, wellingtonin, etc.), cette famille est aussi utilisée pour ses résines (térébenthine): *Thuya* et huiles essentielles: *Juniperus sabama*. Certains pollens (*Juniperus*) sont allergènes.

**Alimentaire:**

*Juniperus communis* (genièvre) hate: aromatique

Le cyprès toujours vert *Cupressus sempervirens* L. Gymnosperme, Famille des Cupressacées



1 Cyprès au port fastigié



2 Cyprès au port étalé, dans un cimetière.



3 Les feuilles, réduites à des écailles, sont opposées-décussées et recouvrent complètement le rameau. Ce type de feuille qui existe chez d'autres gymnospermes est justement qualifié de cupressoïde.



4 Rameaux fleuris de cyprès, en avril. Chaque petit cylindre terminal est une fleur mâle portant des étamines imbriquées comme les feuilles.



5 Les inflorescences femelles apparaissent en avril sous la forme de petits glomérules aux écailles charnues



6, 7 Les cônes femelles de cyprès sont globuleux. Ils sont mûrs au cours de l'été de l'année qui suit leur formation. Les écailles s'écartent et libèrent de nombreuses graines.



8 Cette coupe transversale dans un cône mûr de cyprès, montre que les écailles qui sont opposées-décussées, sont des organes peltés ayant un peu l'allure d'un clou à large tête.



9 Les graines de cyprès sont renflées et leur tégument s'étale en aile.



10 Le tronc du cyprès a une écorce grisâtre parcourue de longs sillons sinueux.



2.4.2.3. Les Araucariaceae

La famille comprend 2 genres : *Araucaria* et *Agathis*. Ce sont des arbres à feuilles en alènes effilées chez *Araucaria* ou larges chez *Agathis*. Les ramifications sont étagées pour *Araucaria*. L'écaille ovulifère entièrement soudée à la bractée ne supporte qu'un seul ovule. Le cône femelle est volumineux comme chez *Agathis*

**Araucaria du Chili**

Désespoir des singes

*Araucaria araucana* (Molina) K. Koch = *Araucaria imbricata* Pav.

Famille des Araucariacées



2 Tronc encore feuillé d'un très jeune araucaria du Chili. Les feuilles très piquantes et sessiles sont insérées selon une spirale serrée.



3 Coupe longitudinale d'une fleur mâle d'araucaria du Chili. L'axe de la fleur est très trapu. Il porte à sa base quelques pièces florales stériles. Les étamines sont très nombreuses à "limbe" vert longuement effilé au sommet. Les sacs polliniques sont visibles à leur base sessile (partie gauche de la coupe).

1. Araucaria du Chili



4 Cône femelle au début de sa seconde année, à l'extrémité d'un rameau d'araucaria du Chili



5 Tronc d'un jeune araucaria du Chili (celui de la photo 1). Les coussinets foliaires forment à ce stade des bourrelets transversaux.

#### 2.4.2.4. Les Podocarpaceae

La famille ne compte qu'un seul genre : *Podocarpus*. Les arbres portent des feuilles à limbe large ou réduit. Les cônes femelles parfois très lâches, portent des ovules munis chacun d'une excroissance qui lors de la maturation de la graine devient charnu.



Figure 26. Morphologie foliaire et florale de *Podocarpus*

#### 2.4.2.5. Les Cephalotaxaceae

Cette famille comprend un seul genre : *Cephalotaxus* et quelques espèces d'Extrême-Orient tropical. Les cônes femelles sont des petits groupes d'ovules pédonculés. Une enveloppe épaisse charnue entoure la graine.

#### 2.4.2.6. Les Taxaceae

Les Taxacées comprennent 5 genres et 20 espèces. Du genre *Taxus*, l'if, originaire d'Europe, on extrait le taxol, molécule utilisée dans les traitements anti-cancéreux. Elle induit l'assemblage des microtubules qui deviennent tellement stabilisés que la mitose des cellules malignes ne peut plus se faire, empêchant leur prolifération. Ce sont des arbres ou arbustes généralement dioïques ; les feuilles en aiguilles sont lancéolées. L'appareil reproducteur femelle est très simple (absence de cônes), il est réduit à un ovule terminant un rameau. L'ovule est entouré à la base par une cupule ou arille formée par la base du tégument ovulaire. L'arille se colore en rouge (fruit) quand la graine est mûre.





*Taxus baccata* (If) (figure 27)

## 2.5. Les Gnétophytes

### 2. 5.1. Caractères généraux

Les Gnétophytes comprennent environ 70 espèces actuelles, réparties en 3 genres. Welwitschia, Ephedra et Gnetum. Les Gnétophytes présentent à la fois des caractères de Gymnospermes (graines non enfermées dans un fruit) et des caractères d'Angiospermes (double fécondation, structures florales réduites, vaisseaux). Les analyses phylogénétiques basées sur des caractères morfo-anatomiques placent les Gnétophytes comme groupe frère des Angiospermes (partage de caractères "floraux" et acquisition de la double fécondation). (Antophytes). Les dernières analyses moléculaires, notamment sur un ensemble de gènes mitochondriaux (cox1, atpA), chloroplastiques (rbcL) et nucléaires (gènes homéotiques) rejettent l'hypothèse du clade des Anthophytes et placent les Gnétophytes comme groupe frère des Pinaceae.

Tableau 4: Caractères distinctifs des Gnétophytes

Caractères	les rapprochant des Coniférophytes	les rapprochant des Angiospermes
-cône femelle est une inflorescence.....	+	
-ovule entouré par une enveloppe non entièrement fermée.....	+	
-micropyle saillant: ovule directement pollinisé.....	+	
-prothalle femelle: endosperme.....	+	
-plantes à deux cotylédons.....		+
-parfois ébauche d'une double fécondation.....		+
-bois hétéroxylé: trachéides et vaisseaux.....		+
-vaisseaux à ponctuations aréolées .....	+	
-présence de vaisseaux ephédroides .....		+
-cellules criblées sans cellules compagnes sauf chez ( <i>Gnetum</i> ).....	+	

### Chapitre III. Réalisation d'un herbier

Que noter sur le terrain ?

- Le nom de la famille, le nom scientifique de l'espèce (genre + espèce) si on le connaît, le nom vernaculaire (français), le lieu et la date de récolte, l'écologie du lieu de récolte (habitat ou milieu), une description morphologique de l'espèce (herbacée, arbuste, arbre) avec indication de la taille de la plante vivante et de la couleur des fleurs.
- Les noms seront ensuite systématiquement vérifiés dans des flores (= ouvrages permettant de déterminer les plantes).
- Un échantillon doit être représentatif du végétal que l'on veut illustrer.
- Un spécimen d'herbier doit obligatoirement présenter les fleurs ou les fruits, avec si possible les graines. Un échantillon stérile n'a pas grand intérêt, sauf dans certains cas particuliers, comme pour la plupart des arbres et des arbustes de nos régions qui sont facilement identifiables sur les parties végétatives.
- Il faut récolter également un fragment représentatif de rameau ou de la tige, pour montrer de quelle manière sont insérées les feuilles, car l'insertion des feuilles est caractéristique pour une espèce donnée (feuilles opposées, alternes ou en verticille, présence de stipules, d'épine, de gaine, feuilles simples ou composées, etc.). L'écorce est aussi une caractéristique de l'espèce.
- Si la plante est très grande et qu'il est impossible de la mettre en l'état dans l'herbier, on peut préciser la taille de la plante, et quel est le morceau prélevé, exemple : morceau d'inflorescence terminale pour la grande Consoude, *Symphytum officinale* ou préciser si c'est une feuille basale ou caulinaire. Les feuilles basales n'ont pas toujours la même forme que les feuilles se trouvant sur la tige. De même, les feuilles proches de l'inflorescence peuvent avoir une forme différente de celles qui en sont éloignées. Et c'est évidemment une caractéristique de l'espèce en question.

Exemple : *Hedera helix*, le Lierre grimpant : coller juste une feuille n'est pas représentatif. Il faut avoir un morceau de tige, sur laquelle sont insérées des feuilles, ainsi que les crampons qui accroche la plante sur son support.

- Pour la plupart des plantes, les faces supérieures et inférieures des feuilles ne sont pas identiques, il faut donc avoir au minimum deux feuilles par plante. Les graines peuvent être mises dans des petits sachets en papier.