

Floristique



SCIENCES DE LA VIE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

Support de cours de Floristique

Le Pr. Libiad Mohamed



Licence fondamentale (S4)

Année universitaire 2019-2020

La systématique des plantes vasculaires

Chapitre I : Concepts, principes et méthodes de la systématique

1. Introduction

La systématique est l'étude de la diversité biologique. Elle a pour objet de reconstituer la phylogénie ; c-à-d la description et l'explication de l'origine de la diversité du monde vivant, l'identification des organismes et leur classement en groupes appelés taxons et l'étude comparées des caractères des espèces. Elle cherche à mettre en évidence des relations évolutives entre divers organismes. Alors que **la taxonomie (ou taxinomie)** étudie et énonce les règles concernant la nomenclature et la coordination des catégories des organismes. C'est la science de la théorie et de la pratique de la classification. Elle a pour objet de nommer et de classer les espèces. La taxonomie et la systématique sont indissociables.

Concept de la classification : Le philosophe David Hull (1986) considère que la classification est l'un des aspects les plus fondamentaux de la science. Aristote [*4e siècle avant notre ère*] a joué un rôle de pionnier de la classification : il a su expliciter les fondements d'une classification rationnelle des êtres vivants tout en construisant un système des animaux. Toute classification se constitue à partir de principes communs. La création et la hiérarchisation des classes (ou taxons) peuvent être considérées comme deux actes différents. Regrouper des éléments ou des individus dans des classes (ou taxons) selon leurs ressemblances est une chose. Établir une hiérarchie de classes (taxons) emboîtées les unes dans les autres selon différents degrés de généralité en est une autre. Cette opération consiste véritablement à créer une systématique. En biologie, la **classification** est l'arrangement des êtres vivants en groupes selon des critères variables : typologiques, phénétiques ou phylogénétiques.

Importance de la classification du vivant.

L'inventaire de toutes les espèces existantes sur notre planète est une tâche immense, qui occupe les scientifiques depuis des centaines d'années. Depuis l'Antiquité, les hommes ont cherché à classer les espèces vivantes. À l'origine, l'objectif de la classification était avant tout utilitaire (différencier les plantes médicinales, les organismes comestibles) ou purement philosophique « classer pour classer ». Au-delà de ces motifs, la systématique permet surtout de classer pour comprendre l'histoire de la vie sur Terre et l'évolution des êtres vivants à l'origine de la biodiversité actuelle (Intérêt scientifique). La systématique est une discipline capitale pour la préservation de cette biodiversité ; cette dernière ne peut être correctement étudiée et protégée que s'il existe de bonnes connaissances taxonomiques des organismes qui la composent. Cette science est à présent le résultat de plusieurs révolutions dans les connaissances des processus biologiques et dans l'avancée des techniques.

Notion d'espèce.

L'unité de base de la classification est l'**espèce**. Sa définition a évolué avec le temps. C'est **Carl von Linné** (1707-1778) qui consacra l'espèce comme unité de base dans sa classification hiérarchique des entités naturelles. Toutefois, Linné n'a pas donné une définition rigoureuse de l'espèce. Il réunissait dans une même espèce tous les individus qui se ressemblent suffisamment pour être désignés sous le même nom. A cette époque, on croyait que du fait de leur ressemblance,

les membres d'une espèce devaient constituer la descendance d'un couple apparu lors de la création du monde et dont ils étaient tous des copies conformes. L'espèce était ainsi caractérisée par un type : c'est le **concept typologique ou essentialiste** de l'espèce. On admettait qu'en de rares occasions, des accidents puissent causer des écarts par rapport au type, et Linné lui-même reconnut la 'variété' comme une catégorie systématique de rang inférieur à l'espèce. Toutefois, l'identification d'organismes comme membres d'une même espèce restait fondée sur la possession de caractères communs.

Le concept typologique de l'espèce est incompatible avec la définition moderne basée sur l'idée de Charles Darwin (1809-1882) et couramment acceptée de nos jours, selon laquelle la sélection naturelle est à l'origine de transformations des espèces au cours du temps car il n'est pas de sélection possible sans variabilité, et la sélection n'est pas efficace que si cette variabilité est héréditaire. La variabilité à l'intérieur de l'espèce est donc la règle et non l'exception comme le croyait Linné, et c'est même un attribut essentiel de l'espèce. Par conséquent, la définition moderne de l'espèce ne peut être fondée sur la seule ressemblance.

Il est universellement admis que toutes les formes actuelles et fossiles sont apparentées, et on représente généralement cette parenté sous forme d'un arbre qui constitue par lui-même une classification phylogénétique dont les unités de classification sont les rameaux terminaux qui sont des unités évolutives vouées à diverger de façon irréversible ou à s'éteindre. Pour cela, il faut que les échanges génétiques entre ces unités soient impossibles. Ce raisonnement a conduit à une nouvelle définition dynamique de l'espèce basée sur le **concept biologique**. Ce concept définit non seulement l'espèce mais aussi un processus évolutif essentiel qu'est l'éclatement d'une espèce en deux espèces distinctes, ou **spéciation**. Ce concept est basé sur le fait que les espèces sont des groupes de populations entre lesquels les échanges génétiques sont rendus impossibles par des mécanismes d'isolement reproductifs.

La délimitation concrète des espèces est souvent un travail très compliqué. L'existence d'hybride entre deux formes constitue une première difficulté. L'absence de caractères distinctifs facilement décelables en est une autre. Quelquefois, il est impossible de savoir de façon certaine si deux formes appartiennent ou non à la même espèce. C'est le cas lorsqu'elles vivent sur des territoires géographiquement isolés. *Platanus orientalis* L. et *Platanus occidentalis* L. montrent de grandes différences morphologiques. Mais, ces deux formes sont capables de se croiser et de donner les hybrides parfaitement fertiles. Faut-il pour autant considérer qu'elles appartiennent à la même espèce ? La réponse n'est pas évidente, car il n'est pas certain que ces deux espèces soient aptes, sans l'intervention humaine, à cohabiter d'assez près pour se croiser. Ceci a amené des systématiciens à penser que les populations qui présentent des différences géographiques sont considérées comme des espèces à part car ces différentes formes ont évolué séparément et ont une histoire évolutive unique. C'est le concept de **l'espèce phylogénétique**, concept adopté par de nombreux cladistes.

Définition actuelle de l'espèce : elle réunit tous les individus semblables, vivant au contact les uns aux autres et interféconds, dont la descendance est en moyenne semblable aux parents et fertile ; et cette similitude se transmette de génération en génération.

La flore est l'inventaire des différentes espèces végétales d'une région. Elle est le résultat de la phylogénèse et l'expression d'une évolution historique des conditions écologiques. Il existe environ 600 000 espèces végétales dans le monde. La flore vasculaire du Maroc est estimée à présent à plus de 4500 espèces et sous-espèces, appartenant à 940 genres et 135 familles botaniques ; l'état actuel de connaissance permet d'inscrire 1641 taxa sur la liste des plantes rares ou menacées du Maroc, dont 75% sont très rares. Les taxa endémiques sont estimés à 951, soit 21 % des plantes vasculaires marocaines.

2. Aperçu historique de la systématique et diversité de la classification

2.1. Les classifications vernaculaires

Pour les utilisateurs ordinaires, de toutes époques, les plantes font l'objet de classifications vernaculaires, c'est-à-dire basées sur des noms et des concepts locaux. Ces concepts utilisent des caractères liés à l'usage potentiel, l'allure, l'écologie, l'odeur, ... Ces classifications empiriques sont nommées parataxonomies.

Ces classifications vernaculaires utilisent rarement les caractères utilisés prioritairement par les taxonomistes scientifiques, comme les organes floraux, et utilisent un langage régional, inadapté à la transmission globale de l'information. Ainsi, les noms vernaculaires, compris de l'autochtone, sont source de confusion à plus grande échelle. En effet, ils sont souvent très variables d'un pays à l'autre. Selon les régions d'un même pays, une plante peut aussi être désignée de manière différente ou bien un même nom peut désigner des espèces différentes.

2.2. Classifications classiques

Face à la diversité du monde vivant (environ 1 800 000 espèces décrites en ce début XXI^e siècle, soit, statistiquement 10 ou 100 fois moins que le nombre d'espèces prédites), les biologistes ont toujours essayé de regrouper des êtres vivants entre eux. La botanique systématique (ou classification botanique) consiste à identifier, nommer et classer le végétal. La classification botanique classique ordonnait des entités considérées comme immuables (ne change pas).

2.2.1. Classification Greco-Romaine

Theophraste (372-275 avant J-C)

Elève d'Aristote comme directeur du Jardin botanique, il est considéré comme le fondateur de la botanique. Il était un pionnier dans le domaine de description et de classification des plantes sur la base de leur durée de vie (annuelles, bisannuelles, ...), type biologique (arbre, herbe, ...), plantes avec ou sans fleurs et l'utilité médicale. Tout en cherchant à comprendre l'influence de leur milieu sur leur développement et leur reproduction. Au total, il a classé quelques 500 plantes. Parmi ces plantes, *Daucus*, *Asparagus* et *Narcissus*.

Caius Plinius secundus (23-79 av. J-C)

Il était frère de l'empereur de Rome. Il a publié "**l'histoire naturelle**". A l'époque romaine, la première encyclopédie fut publiée.

Discorides (premier siècle après J-C)

Il a écrit "**le matériel médical**". Le premier manuel de plantes, où 600 espèces de plantes sont décrites, et subdivisé en 6 livres consacrés successivement aux plantes aromatiques, plantes alimentaires, plantes médicinales (2 livres), plantes vineuses et plantes vénéneuses. Ce livre a été utilisé pendant 1500 ans comme source d'information sur les plantes.

2.2.2. Classification médiévale

Durant le 11^{ème} siècle, la botanique a connu dans les pays musulmans un grand développement grâce à quelques auteurs comme **Ibnou Sina** (Avicenne) (980-1037) et **El Bayrouni** (973-1048). Ces auteurs ont le grand mérite de traduire les grandes œuvres des grecs auxquelles ils ont ajouté un grand nombre de nomenclatures surtout, des plantes médicinales.

Avicenne a produit « **Le canon en médecine**, achevé vers 1020 », ce livre se servirait comme une base de l'enseignement de la médecine en Europe jusqu'au 17^{ème} siècle.

Albertus Magnus (1200-1280) a produit un système de classification qui reconnaît les monocotylédones et les dicotylédones.

2.2.3. Classification de la renaissance

La première imprimerie fût inventée. Pendant cette période, les explorations de nouvelles régions géographiques a permis la découverte d'un nombre important de nouvelles plantes inconnues jusqu'à lors en Europe et dans la région méditerranéenne. A partir de ce moment, le nombre d'espèces répertoriées est devenu assez important, au point où il est devenu nécessaire d'inventer un système pour les classer.

Otto Brunfels, Leonhart Fuchs et Jerome Bock. Ces trois auteurs sont considérés comme les pères de la botanique allemande durant le 15^{ème} et le 16^{ème} siècle. Leurs travaux étaient surtout en relation avec la médecine et l'agriculture. Plus de 100 plantes étaient répertoriées mais aucun **système de classification** n'était encore proposé.

2.3. Classification artificielle

Les recherches botaniques de la flore européenne durant et après la renaissance ont produit une quantité énorme d'information sur la diversité biologique. La création d'un système de classification simple et efficace est devenue une nécessité.

Pour répondre à ce besoin, plusieurs systèmes de classification purement artificiels ont vu le jour. Le plus célèbre est celui inventé par **Carl Linné** (1753, Suède) dans son encyclopédie '**Species Plantarum**' (23 volumes) où il a classé quelques 6000 espèces qu'il a groupées en 1000 groupes appelés genres. Il était le premier auteur à avoir utilisé la **nomenclature binomiale** avec le premier nom pour le genre et le second pour l'espèce. Ex. *Quercus suber* pour le chêne liège. Linné avait plus de 180 élèves.

Sa méthode était basée sur la différence sexuelle entre les espèces. Linné a répartie les angiospermes en 24 classes en se basant sur le nombre, la soudure et la longueur des étamines. Dans un deuxième temps, il a séparé les classes en ordres selon le gynécée et surtout le nombre de

style. L'application de cette approche artificielle, qui représente un moyen rapide d'identification et de classification a produit des groupes non naturels.

2.4. Le système naturel

Pour combler les lacunes du système artificiel de Linné, les botanistes de 18^{ème} siècle et du début du 19^{ème} siècle ont élargi le nombre de caractères utilisés et ont attribué à ces caractères une importance inégale. Ils ont créé donc une hiérarchisation ou subordination de caractères.

Parmi les auteurs les plus connus, **De Condolle** (Suisse) a écrit '**Flore du Monde**', **Bernard et Antoine-Laurent De Jussieu**, **George Bentham** (1800-1884) et **Joseph Hooker** (1817-1911). **Antoine-Laurent De Jussieu** a réussi à produire '**Genera Plantarum**' où il a collectionné plus de 7000 espèces provenant de 200 familles. C'était le dernier grand travail produit selon la supposition que les taxa d'angiospermes sont des entités fixes dans le temps.

2.5. Classifications contemporaines pré-moléculaires

a- Système de Robert Thorne (1920-)

Il traite les plantes à fleurs comme une classe qui a bifurquée en deux sous-classes (mono- et dicotylédone). Ensuite, des super-ordres (18 et 9) rassemblant des ordres qui vont contenir les familles. Son système est plus détaillé puisqu'il contient des sous-familles et des tribus pour plusieurs familles. Il est aussi riche en informations concernant la diversité relative et la répartition géographique des familles.

b- Système de Armen Takhtajan

Armen Takhtajan (1910-) développe un système phylogénétique pour les Angiospermes. Il considère les plantes à fleurs comme monophylétiques. Selon lui, les Magnoliales constituent l'ordre le plus primitif à partir duquel les autres Angiospermes ont évolué. Il traite les plantes à fleurs comme une division ou phylum (Magnoliophyta) avec deux classes (mono- et dicotylédone) qui sont organisées en sous-classes. Son niveau d'organisation est similaire à celui de Cronquist mais plus complexe. Aussi, il utilise les super-ordres comme une unité de base de sous-classes comme dans le système de Thorne.

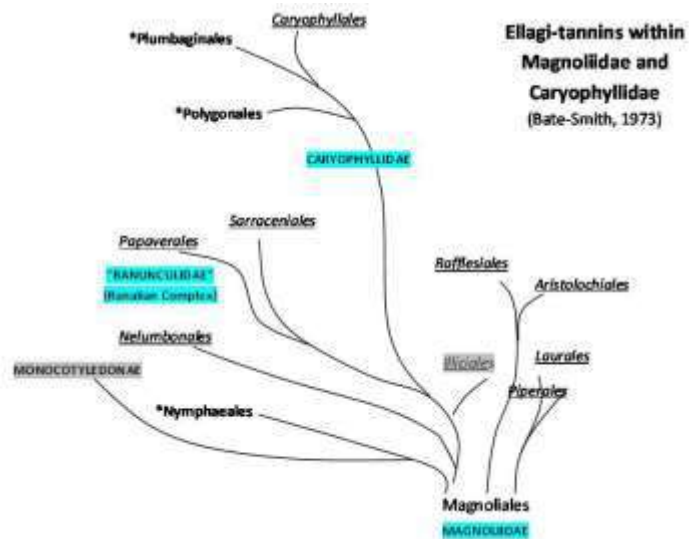


Figure 1. L'arbuste phylogénétique de Takhtajan (1966)

c- Système de Cronquist

Ce système, le plus utilisé actuellement, est basé sur la division des plantes à fleurs en deux classes : les Magnoliopsida ou dicotylédones avec 6 sous-classes (Magnoliidae, Hamamelidae, Caryophyllidae, Dilleniidae, Rosidae et Asteridae) et les Liliopsida ou monocotylédones avec 5 sous-classes (Alismatidae, Arecidae, Commelinidae, Zingiberidae et Liliidae). Chaque classe est ensuite subdivisée en ordres, familles et espèces.

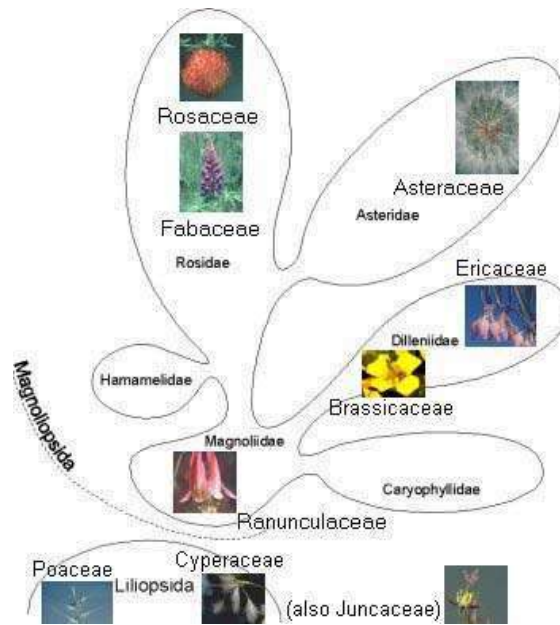


Figure 2. Classifications de Cronquist (1919-1992), très utilisées encore, mais basées essentiellement sur des caractères morphologiques

2.6. Classification phylogénétique

Début XIX^{ème} siècle, **Jean-Baptiste Monet, chevalier de Lamarck** (1744-1829) émet clairement l'hypothèse que les taxons peuvent changer au cours du temps, en donnant naissance à de nouveaux groupes. Aux piliers traditionnels de la systématique, que sont la morphologie, l'anatomie et le milieu, il ajoute celui du facteur temps. En exposant une méthode analytique pour l'identification des plantes, il est également précurseur des clefs dichotomiques de détermination modernes.

Les concepts de la **sélection naturelle** et les **relations de lignées** (descendances avec modifications) présentés dans **l'origine des espèces**, publié par **Charles Darwin** en 1859, ont encouragé les botanistes à incorporer les concepts évolutifs dans leur classification.

Depuis L'Origine des espèces de Darwin, on sait que la classification doit être phylogénétique. Contrairement aux classifications classiques, la classification phylogénétique permet de classer le vivant à partir de liens de parenté entre les différents organismes vivants. La phylogénie consiste à retracer l'histoire et à retrouver les liens de parenté entre les organismes, en mesurant des distances évolutives entre groupes de taxons.

L'adoption du principe d'évolution a permis la mise au point, par l'entomologiste allemand Willi Henning (1913-1976), en 1950, d'une méthode phylogénétique basée sur la reconnaissance de

caractères primitifs (plésiomorphes) et dérivés (apomorphes) : le cladisme (ou système phylogénétique). Un caractère primitif est un caractère qui n'a pas évolué entre les ancêtres et les descendants.

Cette méthode cladistique, qui sera acceptée plus tardivement par les botanistes, met en évidence trois types de groupes : les groupes monophylétiques constitués d'un ancêtre commun et de l'ensemble de ses descendants, les groupes polyphylétiques qui regroupent des taxons issus de plusieurs ancêtres et les groupes paraphylétiques qui contiennent un ancêtre et une partie de ses descendants.

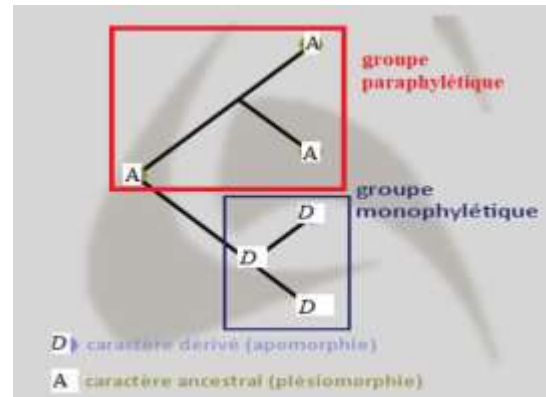


Figure 3. Différence entre groupes monophylétiques et paraphylétiques

Tous les systématiciens modernes rejettent les groupes polyphylétiques et paraphylétiques, qu'ils considèrent artificiels car incomplets. **Henning** a compris, le premier, qu'on ne pouvait pas regrouper les espèces sur la base d'un état de caractère primitif (ou ancestral) partagé (symplesiomorphie). Seuls les états de caractères dérivés partagés (synapomorphies) témoignent d'une parenté : ces caractères spécialisés sont hérités de l'ancêtre commun qui les a acquis. Les regroupements réalisés à partir de ces états conduisent à la création de groupes **monophylétiques**. Le principe fondamental de cette méthode est que la preuve d'une parenté phylogénétique entre différents taxons n'est fournie que lorsqu'ils partagent les mêmes caractères dérivés. Ainsi, les organismes vivants ne sont pas classés selon la présence ou l'absence d'un caractère, mais selon leur appartenance à un lignage évolutif.

L'analyse cladistique donne donc un diagramme en branches appelé **cladogramme**, composé de clades (du grec *klados*, rameau), décrivant à la fois les similitudes et les relations évolutives entre les espèces. Le **clade** est une lignée évolutive constituée par l'ancêtre commun et ses descendants (voir figure 4).

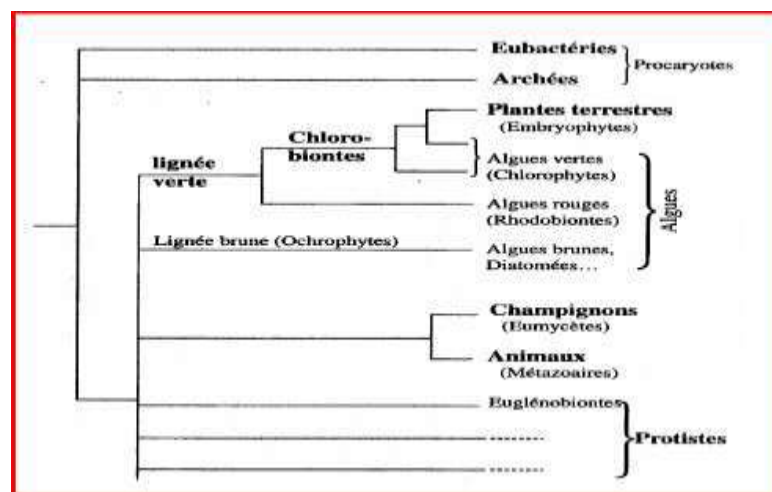


Figure 4. Cladogramme général des êtres vivants

Un **cladogramme** correspond à plusieurs clades successivement emboîtés. Les bifurcations (ou noeuds) correspondent à l'acquisition d'un nouveau caractère, par exemple l'apparition de chlorophylle b, pour les chlorobiontes. Ces bifurcations doivent être les moins nombreuses possibles (principe de parcimonie) de façon à rechercher le cladogramme le plus simple donnant de l'évolution l'idée la plus efficace.

Le problème dès lors était de définir les caractères les moins évolués (primitifs ou anciens) des caractères les plus évolués (récents ou dérivés). Le deuxième problème était de répondre à la question suivante : Est-ce que les espèces qui se ressemblent actuellement descendent d'un ancêtre commun ou bien elles ont des origines différentes mais ont évolué vers le même phénotype ? Ce phénomène est appelé **convergence évolutive**.

Plusieurs systèmes modernes de classification sont basés sur le modèle de **Charles Bessey** (1845-1915) qu'a essayé d'organiser les angiospermes dans un schéma qui reflète les relations évolutives en se basant sur une séparation des **caractères anciens (plésiomorphes)** versus **caractères dérivés (apomorphes)**, (tableau 1).

Tableau 1. Tableau récapitulatif des plésiomorphies (caractères ancestraux) et apomorphies (caractères dérivés) supposées chez les Angiospermes ; il est à noter que de nombreuses réversions existent.

Caractères ancestraux (Plésiomorphes)	Caractères dérivés (Apomorphes)
Vivace	Annuelle
Feuilles simples	Feuilles composées
Feuilles persistantes	Feuilles caduques
Fleurs solitaires polymères	Inflorescences de fleurs oligomères
Fleurs spiralées	Fleurs verticillées (cycliques)
Monoïques	Dioïques
Actinomorphes (symétrie radiale)	Zygomorphes (symétrie bilatérale)
Dialy-pétalie, sépalie, carpellie, stémonie	Gamo-(sym-) pétalie, sépalie, carpellie, stémonie
Polystémonie	Oligo-(méio-, pauci-)stémonie
Ovaire supère (fleur hypogyne)	Ovaire infère (fleur épigyne)
Nombreux ovules par carpelle	1-2 ovules par carpelle
Graine albuminée	Graine exalbuminée
Fruits simples (capsule)	Baies et drupes, fruits composés

2.7. La classification numérique

En 1973, Sneath et Sokal définissent les principes de la phénétique, considérée comme synonyme de taxonomie numérique. Dans cette discipline, le maximum de caractères sont codés puis un algorithme mathématique permet de reconstruire un arbre « généalogique ». En résumé, la méthode phénétique estime plus le nombre de caractères communs entre deux espèces est grand, plus elles se ressemblent et plus elles sont proches.

La phénétique est donc purement logique, nominale, basée sur la ressemblance et ne renvoie à aucune théorie sur l'origine du taxon qu'elle étudie : elle définit mathématiquement des groupes d'organismes. Si ces conditions évolutives extrinsèques sont introduites, les phénogrammes (arbres phénétique) peuvent alors être interprétés en termes d'arbres évolutifs, puis donner lieu à une classification.

La phénétique présente cependant l'inconvénient de se baser sur la ressemblance globale entre les organismes et de ne pas éliminer convergences et parallélismes. En outre, cette méthode ne distingue pas les caractères primitifs (ou plésiomorphes) des caractères évolués (ou apomorphes ou « caractères dérivés »).

2.8. La classification phylogénétique moléculaire

Dans les années 1990, la génétique moléculaire propulse la systématique des plantes dans une nouvelle dimension : celle de la systématique moléculaire. Les données moléculaires ne sont pas moins aléatoires que les données morphologiques (elles sont soumises aux mêmes aléas évolutifs), mais elles sont beaucoup plus nombreuses et plus simple à interpréter. Alors que les morphologistes étudient l'organisme entier, l'approche moléculaire ne permet d'analyser qu'une portion infime du génome. Toutefois, en comparant les séquences d'un gène d'environ 1500 paires de bases, ce sont plusieurs centaines de caractères qui sont analysés, donc beaucoup plus que dans une analyse morphologique.

Actuellement, hormis l'étude de caractères morphologiques, la réalisation d'arbres phylogénétiques repose notamment sur l'étude de molécules informatives telles que les acides nucléiques (ADN ou ARN) et les protéines. En effet, les différences de séquences entre des molécules homologues issues de différentes espèces, reflètent les modifications que ces molécules ont subi au cours du temps et donc de l'histoire de ces molécules. Plus les molécules étudiées ont des séquences semblables et plus les liens de parenté entre les individus portant ces molécules sont forts.

En botanique, l'ADN chloroplastique est largement utilisé. D'origine monoparentale, il a une petite taille (environ 150 000 paires de bases), mais se trouve en très grande quantité dans les cellules végétales. Il contient plusieurs gènes et intergènes évoluant différemment. Le gène le plus utilisé est *rbcL*, qui code pour la grande (L=large) sous-unité de RUBISCO, un des enzymes les plus importants de la photosynthèse. Il existe actuellement environ 10 000 séquences de *rbcL* disponible pour l'ensemble des plantes à fleurs et leur nombre continue de progresser.

Cette dernière technique cherche aussi à établir des jugements objectifs sur les connexions phylogénétiques en confrontant ses résultats avec les données provenant de l'étude des fossiles, de l'anatomie comparée, de la biochimie, ...

L'explosion de la systématique moléculaire et l'énorme quantité de publications qu'elle a engendrée, dans lesquelles est inclus au moins un arbre phylogénétique basé sur l'analyse de *rbcL*, a abouti à la formation d'un groupe de botanistes, le « Angiospermes Phyloeny Group ». En 1998, ce groupe a publié une classification ordinaire des plantes à fleurs (APG I, 1998), en 2002 (APG II), en 2009 (APG III) et en 2016 (APG IV).

3. Catégorie et hiérarchies taxinomiques.

En nomenclature biologique, on nomme rangs taxinomiques, ou rangs taxonomiques, les différents niveaux de la classification, c'est à dire les niveaux hiérarchiques de la classification scientifique du monde vivant. La classification hiérarchique des êtres vivants a été créée en 1758 (publiée dans *Systema Natura*) par le naturaliste Carl Von Linné (1707- 1778). Ce dernier est

également à l'origine de la nomenclature binomiale permettant de nommer les êtres vivants par le genre et l'espèce exprimée en latin.

Cette classification est définie par une hiérarchie des rangs (catégories) taxonomiques principaux tels que : Règne, Embranchement, Classe, Ordre, Famille, Genre et Espèce. Les taxonomistes ajoutent d'autres catégories de rangs taxonomiques secondaires, lorsqu'ils effectuent des études plus détaillées, comme : sous-embranchement, super-ordre, sous-ordre, super-famille, sous-famille. En plus de la tribu entre la famille et le genre, la section et la série entre le genre et l'espèce, ainsi que la sous-espèce, la variété et la forme au-dessous de l'espèce.

Les désinences (partie terminale du nom collectif d'un groupe de plantes, permettant en général de savoir à quel niveau taxinomique se situe ce groupe) utilisées pour désigner les principales subdivisions de la hiérarchie botanique sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2. Les désinences utilisées pour désigner les principales subdivisions de la hiérarchie botanique.

Catégories taxonomiques	Taxon	Suffixe
Règne	<i>Plantae</i>	
Embranchement	<i>Magnoliophyta</i>	ophyta
Classe	<i>Magnoliopsida</i>	opsida
Sous-classe	<i>Rosidae</i>	idae
Ordre	<i>Rosales</i>	ales
Famille	<i>Rosaceae</i>	ceae
Genre	<i>Rosa</i>	
Espèce	<i>Rosa canina</i> L.	

En taxonomie, au-dessous du rang de genre, tous les noms de taxons sont appelés combinaisons. On distingue plusieurs catégories de combinaisons :

- ❖ Au rang d'espèce : les combinaisons sont spécifiques et binomiales, une telle combinaison se nomme tout simplement un binôme.
- ❖ Au-dessous de l'espèce : les combinaisons sont infraspécifiques et trinomiales. On utilise des combinaisons contenant trois éléments : le genre, l'espèce et la sous-espèce, une telle combinaison se nomme un trinôme.

4. Description et diagnose : critères de classification.

4.1. La diagnose botanique

En biologie, une diagnose, est une description scientifique, concise, permettant d'isoler un taxon (espèce, genre, famille, etc.), actuellement présent sur terre, ou connu par ses fossiles. Cette description précise d'un taxon permet de le reconnaître et de le caractériser. Par exemple, chaque espèce connue a été décrite par une diagnose, qui est suffisamment précise pour la distinguer des autres espèces proches. En botanique, jusqu'en 2011, une diagnose devait être publiée en latin pour être valide. Le code de nomenclature botanique, amendé lors du XVIII^{ème} congrès international de botanique qui s'est tenu à Melbourne en juillet 2011, autorise aussi, depuis le 1^{er} janvier 2012, la publication d'une diagnose en anglais.

Dans la diagnose botanique, de nombreux caractères sont liés à plusieurs caractéristiques de la plante ; à savoir les fleurs, tels que le type de symétrie, le nombre d'organes (sépale, pétale, étamine, carpelle) et leurs formes ou leurs positions, etc. Les caractères peuvent aussi décrire d'autres parties de la plante (tige, feuille, racine). La description donne l'aspect caractéristique sous lequel se présente chaque plante : taille, type biologique, aspect de la tige, aspect des feuilles, couleur, forme et disposition des fleurs et fruits. Ce sont des indicateurs précieux pour l'identification qui nécessite une connaissance du glossaire (lexique) botanique spécialisé, également la période de floraison qui dépend des conditions climatiques saisonnières, et également de l'endroit où se développe la plante.

Les principaux caractères utilisés en taxonomie :

- Les caractères morphologiques : qui ont donné naissance à la systématique descriptive qui se base sur les formes de différents organes (tiges, racines, feuilles, fleurs, ...) et également du pollen (Palynologie).
- Les caractères anatomiques microscopiques : structure des organes comme les stomates, le type de stèle.
- Les caractères cytologiques : se référant à la garniture chromosomique (nombre et forme de chromosomes).
- Les caractères physiologiques : tel que l'adaptation écologique des plantes à la sécheresse et/ou à la vie aquatique.
- Les caractères biochimiques : se référant à la production ou non des métabolites secondaires.

Les critères mentionnés ci-dessus vont être détaillés par la suite.

4.2. La morphologie comparée

La première approche de la systématique est celle qui repose sur la morphologie comparée d'abord de l'**appareil reproducteur** et ensuite de l'**appareil végétatif**. C'est l'approche principale abordée dans ce cours car elle permet aisément de faire des exercices pratiques de détermination, et donc de se former relativement vite à la botanique systématique dans son ensemble.

Une question fondamentale se pose en systématique ; qu'il est l'origine des ressemblances et des différences ?

La similitude d'un caractère traduit-elle une transmission à partir d'un ancêtre commun, ou une adaptation à des environnements semblables ? d'où, la nécessité de s'assurer de la pertinence des caractères morphologiques. Donc distinguer entre caractères **homologues** et caractères **analogues**. Pour classer les plantes il faut éviter de choisir un caractère analogue (due au convergence).

Exemple d'analogie due à la convergence : le caractère succulent de la tige est une adaptation à la sécheresse. *Euphorbia resinifera* (*Euphorbiaceae*) et *Cereus hildmannianus* (*Cactaceae*), appartiennent à des familles différentes, mais sous des forces sélectives comparables (adaptation à la sécheresse par succulence des tiges), ces plantes présentent une apparence semblable. Donc :

- Le caractère « tige succulente » conduit à donner une apparence semblable à des espèces qui n'ont aucune parenté.
- Le caractère « tige succulente » n'est pas un caractère pertinent : c'est une **analogie**.
- Un caractère analogue a une fonction commune, mais des origines évolutives différentes.

Pour classer les plantes, on utilise les caractères **homologues** = structures dont l'origine est commune, mais la fonction ne l'est pas nécessairement.

4.2.1. Exemples de de caractères diagnostiques

Les études de phylogénie ont permis la reconnaissance d'une série de caractères primitifs (**plésiomorphes**) et de caractères évolués (**apomorphes**), se rapportant aussi bien à l'appareil reproducteur qu'à l'appareil végétatif.

4.2.1.1. Critères de classification basés sur l'appareil reproducteur

Parmi les caractères morphologiques liés à l'appareil reproducteur utilisés pour distinguer entre les taxa, nous citons :

- l'axe floral : allongé —→ raccourci
- position des pièces florales par rapport à l'ovaire : hypogyne —→ périgyne —→ épigyne
- position de l'ovaire : supère —→ infère
- les fleurs spiralées —→ fleurs cycliques
- fleurs actinomorphes —→ fleurs zygomorphe
- pièces florales en nombre élevé —→ pièces florales en nombre réduit
- pièces florales libres —→ pièces florales soudées
- fleurs dichlamydées (périanthe double) —→ fleurs monochlamydées —→ fleurs achlamydées
- graines périspermes —→ graines albuminées —→ graines exalbuminées

Convergences dans l'appareil reproducteur

L'appareil reproducteur apparaît aussi bien plus malléable (façonnable). Par exemple la multiplication des étamines par **méristémonie** se rencontre chez les *Rosaceae*, le genre *Citrus* (*Rutaceae*, Sapindales), les *Hypericaceae* ; c'est un exemple de **réversion** (retour au caractère primitif).

L'ovaire infère traduit un progrès dans la protection des organes sexuels, mais ce caractère a été plusieurs fois réinventé au cours de l'évolution et n'est pas hérité d'un ancêtre commun : il ne peut définir de grands ensembles ; c'est une convergence.

C'est le cas aussi de l'**apétalie** qui ne peut être utilisée car, si elle est originelle chez les espèces primitives, elle est chez les espèces moyennes et évoluées très souvent secondaire et due à une perte des pétales. L'**apétalie** est donc un exemple fréquent de réversion.

4.2.1.2. Critères de classification basés sur l'appareil végétatif

La Phyllotaxie : c'est l'étude de la disposition et de l'arrangement des feuilles d'un végétal.

Les structures phyllotaxiques appartiennent, pour la plupart, à deux familles : les structures verticillées et les structures hélicoïdales (ou spiralées).

Les structures verticillées de feuilles

- Deux par deux : labiées, scrofulaires, salicaire, lilas, cistes, oliviers, myrtes.
- Par trois : bruyères, genévriers, lauriers-roses.
- Par quatre, six... (Chez les *Rubiaceae*).

Les structures spiralées

- *Apiaceae* ex : (Ombellifères)

L'évolution des parties végétatives :

- Feuilles simples → feuilles composées.
- Feuilles alternes → feuilles opposées.
- Arbre → Arbuste ou Liane → Herbe vivace → Herbe annuelle.
- Organes végétatifs à fonction normale → Organes végétatifs à fonction adaptée
- Ainsi des plantes **holoparasites** de racines, entièrement décolorées, sont évoluées par rapport à des plantes vertes à assimilation normale.

Homoplasie (ou Analogie)

L'**homoplasie** est la similitude d'un état de caractère chez différentes espèces qui, contrairement à l'homologie, ne provient pas d'un ancêtre commun. Il existe différents types d'homoplasie : la convergence, le parallélisme et la réversion.

- **La convergence** : acquisition indépendante du même trait par des lignées non reliées phylogénétiquement. Ex. ailes chez les insectes, oiseaux et chauves-souris, tige cactiforme chez quelques *Euphorbiaceae* et *Cactaceae*.
- **Le parallélisme** : l'expression indépendante d'un caractère au sein de deux lignées apparentées, en raison d'une prédisposition génétique, alors qu'il n'était pas exprimé chez l'ancêtre commun.
- **La réversion** : est la perte indépendante d'un caractère évolué dans plusieurs lignées d'un arbre phylogénétique (retour au caractère primitif). L'homoplasie de fonction est une **analogie**, c'est-à-dire une ressemblance de caractères remplissant les mêmes fonctions biologiques.

4.3. L'anatomie comparé

4.3.1. La structure de la stèle

La structure de la stèle est caractéristique des grands groupes de plantes vasculaires

(ex.: eustèle chez les Dicotylédones, atactostèle chez les Monocotylédones).

4.3.2. Trichomes = poils= indument

Les trichomes (du grec τρίχωμα - trikhoma qui signifie « croissance de poil ») sont de fines excroissances ou appendices chez les plantes (sur les racines, tiges et/ou feuilles). Ils sont également des caractères taxonomiques.

4.3.3. Concrecence des étamines.

Les étamines peuvent être complètement indépendantes les unes des autres, ou plus ou moins soudées entre elles (androcée gamostemone), plus précisément :

- Etamines soudées par les filets en formant une colonne creuse : androcée monadelphie (*Malvaceae*, une partie des *Fabaceae*)
- Etamines soudées par les filets en 2 faisceaux égaux ou inégaux androcée diadelphie (une partie des *Fabaceae*)
- Etamines soudées en plusieurs faisceaux indépendants : androcée polyadelphie (triadelphie : 3 faisceaux, ...)
- Etamines soudées par les anthères, filets libres : androcée synanthérée (*Asteraceae*).

4.4. La caryologie

La caryologie est, stricto sensu, l'étude globale du noyau cellulaire. Or, le noyau cellulaire est essentiellement le conteneur des chromosomes. Les chromosomes sont eux-mêmes le support de l'information génétique. Par caryologie on sous-entend généralement l'étude des seuls chromosomes, et leur seule étude physique, c.à.d. en tant qu'organites cellulaires et non pour leurs propriétés génétiques.

4.5. La palynologie

La forme de la spore ou du grain de pollen est un caractère très conservateur, peu sujet à la variation sous l'action des agents externes. Toute une science nouvelle, avec ses techniques particulières, s'est développée pour en faire l'étude approfondie.

- Les grains de pollen peuvent être libérés des anthères isolément ou en groupes de deux, quatre ou beaucoup plus. Chez de nombreuses *Apocynaceae* et *Orchidaceae*, le pollen est réuni en masses appelées pollinies.
- Les grains de pollen les plus petits que l'on connaisse ont un diamètre d'environ 10µm et les plus volumineux (chez les *Annonaceae*), mesurent 350µm.
- Les grains de pollen peuvent avoir une forme sphérique ou en bâtonnet (19 x 520 µm chez certaines *Acanthaceae*).

Les deux caractéristiques structurales les plus importantes des grains de pollen sont les **apertures et la paroi externe**.

Les ouvertures sont les régions de la paroi pollinique d'où sortent les tubes polliniques à la germination. Les ouvertures peuvent être situées au pôle ou à l'équateur du grain de pollen ou réparties plus ou moins uniformément à la surface du grain. La nature et le nombre des ouvertures est constant chez beaucoup de taxons végétaux, on trouve :

- ✓ Les grains de pollen avec un seul pore de germination ; caractéristiques des Paléodicotés et des Monocotés.
- ✓ Les grains de pollen avec un trois pores de germination ; caractéristiques des Eudicotés.

La surface de la paroi pollinique ou exine peut être plus ou moins lisse, comme chez beaucoup d'espèces pollinisées par le vent ou diversement ornementée d'épines, de stries, de crêtes réticulées, de verrues et d'autres traits. Ces protubérances superficielles, qui fixent le grain de pollen aux animaux pollinisateurs, sont une riche source de caractères taxonomiques.

4.6. Biochimie comparée - Chimiotaxonomie

On utilise les caractères biochimiques des plantes en taxonomie depuis plus de 100 ans et, indirectement, par l'utilisation des odeurs, des goûts et de caractéristiques médicinales, depuis bien plus longtemps. On a beaucoup utilisé les composés chimiques en systématique des plantes en partant d'analyses de la variation infraspécifique pour aller jusqu'à la détermination des relations phylogénétiques entre familles et autres groupes taxonomiques de rang élevé.

On peut distinguer deux types principaux de composés chimiques utiles en systématique ; les **métabolites secondaires**, substances dont les fonctions ne sont pas indispensables à la plante, et **les protéines, l'ADN et l'ARN** qui sont porteurs d'une information.

4.6.1. Les métabolites secondaires

La plupart des métabolites secondaires (près de 40 000 structures connues) interviennent dans la défense contre les prédateurs et les pathogènes, comme agents allélopathiques ou pour attirer les agents chargés de la pollinisation ou de la dissémination des fruits. Ces composés ne sont pas nécessaires à la croissance de la plante, mais nécessaires à leur survie.

Les principales catégories de métabolites secondaires sont envisagées rapidement ci-dessous, et certains aspects de leur distribution au sein des angiospermes sont abordés.

A- Composés phénoliques ou aromatiques : composés d'un noyau aromatique et d'un groupement -OH, on peut trouver :

- les **acides phénoliques** : comme l'acide salicylique et ac. vanillique.
- les **flavonoïdes** : plus de 7000 structures : contribuent, entre autres, à colorer les fleurs et les fruits ; comme les anthocyanes qui sont des pigments du rose au bleu violacé qui colorent les fleurs et les fruits de la plupart des plantes (pélargoniums, cerises, raisins, ...).
- les **hétérosides** : comme les bétalaïnes sont des pigments azotés rouges et jaunes limités à l'ordre des Caryophyllales (sauf chez les *Caryophyllaceae* et des *Molluginaceae*). L'exemple le plus connu de ces plantes est la betterave rouge (*Beta vulgaris*).
- **les hétérosides cardiotoniques ou cardiotoxiques** : ont une action spécifique sur le cœur. Ils sont très abondants chez *Convallaria majalis* (*Asparagaceae*) et le *Nerium oleander* (Laurier rose ; *Apocynaceae*).

- **les hétérosides cyanogènes (ou cyanogéniques)** : fréquents chez les *Rosaceae* ; amandes amères, et dans les graines d'abricot, de pêche, de prune, ...

B- Composés terpéniques (plus de 15 000 structures) : ils dérivent de l'isoprène (C₅ H₈) et classés selon le nombre d'atomes de carbones.

- **Monoterpènes (C₁₀)** : ex. les huiles essentielles, à savoir le menthol, le camphre, ...

- **Diterpènes (C₂₀)** : ex. les acides résiniques des conifères.

- **Tétraterpènes (C₄₀)** : ex. les pigments caroténoïdes.

- **Polyterpènes** : au-delà de 40 carbones jusqu'à 5000 unités isoprènes. Exemples : le latex abondant chez les *Euphorbiaceae* (caoutchouc naturel extrait d'*Hevea brasiliensis*) et le latex du Sapotillier (*Sapotaceae*) donnait autrefois le chewing-gum.

C- Alcaloïdes (12 000 structures connues) : se caractérisent par la présence d'azote. Ils possèdent des propriétés pharmacologiques et une toxicité fréquente. Les alcaloïdes sont rares chez les Ptéridophytes et chez les Gymnospermes (exception chez l'If : taxine), et ils sont rencontrés essentiellement chez les Angiospermes Dicotylédones. Exemples : les *Solanaceae* (atropine, solanine, nicotine), les *Papaveraceae* (morphine), ...

4.6.2. Les protéines et les acides nucléiques

Les protéines et les acides nucléiques sont utilisées en systématique de plusieurs manières ; les principales méthodes sont le séquençage, l'électrophorèse, ... (voir classification phylogénétique moléculaire).

5. Concepts de la nomenclature botanique.

5.1. La nomenclature binomiale

La **nomenclature botanique** est réglementée par le Code Internationale de la Nomenclature Botanique (revu environ tous les cinq ans lors des congrès internationaux de botanique). La nomenclature internationale rigoureuse a commencé au XVII^{ème} siècle avec **Tournefort** (botaniste français). Ensuite, de nombreuses règles de nomenclature qui persistent dans le Code actuel ont été proposées par Linné. Ainsi tout individu porte un nom d'espèce composé de deux noms à consonance latine dont le premier est le nom du genre et le second est l'épithète d'espèce ; c'est la **nomenclature binomiale** ou **linnéenne**. Le genre s'écrit toujours avec la première lettre en majuscule. Le nom d'espèce (l'épithète s'écrit toujours avec une minuscule même quand il dérive d'un nom propre, ex. *Geranium robertianum*). Les 2 termes sont écrits avec des caractères différents du reste du texte : en *italiques*. Le binôme est suivi du nom complet ou plus ou moins abrégé du 1^{er} auteur-descripteur (ayant publié après 1753) en écriture normale, suivi d'un point quand le nom est abrégé. Exemples : L. pour Linné (le seul auteur signalé par une seule lettre), Lam. ; Lamarck, A. DC ; Alphonse Pyrame de Candolle, Bonnier ; Gaston Bonnier, ...

L'attribution des noms correctes suit les règles édictées par le Code international de la nomenclature botanique. Ce Code définit les unités de classification et leur hiérarchie ainsi que les grands principes et les règles d'attribution du nom. Parmi ces principes, figurent les suivants :

- **la règle d'antériorité** : un taxon ne peut porter qu'un seul nom, à savoir le plus ancien respectant les règles de nomenclature ;

- **le principe de l'unicité** : une espèce doit toujours être nommée par son binôme et il n'existe qu'une seule espèce portant ce binôme ;

- **la méthode des types** : l'application des noms d'espèces (et taxons de rang inférieur) est basée sur des échantillons-types de référence déposés dans les herbiers du monde entier ; ...

En plus de la nomenclature binomiale, on peut trouver **les noms vernaculaires**, vulgaires ou familiers, qui sont des noms issus parfois de traductions usuelles mais surtout les plus utilisés aussi bien par la littérature botanique que par les usagers ; ce sont les noms français, arabe, classique, ou berbère et dialectal marocain.

5.2. Familles et genres

Depuis la fin du XIX^{ème} siècle (article 18 du Code), la règle en vigueur veut que les noms de familles soient formés à partir d'un genre, qui généralement leur sert de type et en constitue le radical, suivi de la **terminaison -aceae**. Bien que, par respect des traditions, le Code de Nomenclature en tolère l'ancien vocable. Ainsi les graminées empruntent leur nom au genre *Poa* (paturin) et se nomment les *Poaceae*, les crucifères s'appellent les *Brassicaceae* en rappel du genre *Brassica* (chou) ; la fève prête son nom latin (*Faba*) à l'ancienne famille des Légumineuses qui devient celle des *Fabaceae* ; du genre *Aster*, aux nombreuses variétés horticoles, nous vient le nom d'*Asteraceae* qui remplace celui des Composées. Les Ombellifères, dont l'étymologie rappelle l'inflorescence caractéristique, doivent leur nom d'*Apiaceae* au céleri (*Apium*). De même, la famille des *Lamiaceae*, qui remplace les Labiacées, tire son nom du genre *Lanium* (lamier).

Les noms de genres sont basés, souvent sur des noms de personnages célèbres dont de nombreux botanistes ; à savoir *Lamarckia* (Lamarck), *Linnaea* (Linné), ... Un **Genre** comprend de quelques espèces à plusieurs milliers (*Carex*, 2000 espèces). Certains genres ne comptent qu'une seule espèce, ils sont dits monospécifiques (*Ginkgo* avec une seule espèce, *Ginkgo biloba*).

* Un nom de genre suivi de sp. signifie "une espèce de ce genre sans autre précision"

* Un nom de genre suivi de spp. signifie "plusieurs espèces ou toutes les espèces de ce genre"

5.3. L'espèce

Les noms d'espèces sont souvent basés sur une **caractéristique de la plante** :

- **Morphologie**

- nombre de feuilles : *bifolia*, *trifolia*, *quadrifolia*, ...
- largeur des feuilles : *angustifolia*, *latifolia*, ...
- forme des feuilles : *digitatus*, *palmatus*, *lanceolatus*...

- **Fleur**

- couleur : *alba*, *niger*, *purpureum*, ...
- nombre : *uniflora*, *biflorus*, ...

- **Propriété** : *dulcis*, *deliciosus*, ...

- **Utilisation** : *officinalis*, ...

- **Origine** : *montana*, *alpina*, *africanus*, ...

- **Odeur** : *graveolens*, *citriodora*, ...

- **Epoque de croissance ou de floraison** : *autumnale*, *aestivalis*, ...

Régulièrement, les **plantes changent de nom d'espèce**, de **genre** voire changent de **famille**. Ceci est dû au fait que le nom scientifique ne sert pas qu'à nommer, il sert également à situer les espèces

dans le monde vivant. Ces changements proviennent donc ; soit d'une meilleure connaissance de leur **position systématique** résultant d'études taxonomiques récentes, soit de la nécessité de changer une nomenclature **contraire aux règles**.

Ex. 1 : *Lychnis dioica* appartient en fait au genre *Silene* et doit être nommé *Silene dioica*

Ex. 2 : les digitales sont passées des *Scrofulariaceae* aux *Plantaginaceae* mais appartiennent toujours au genre *Digitalis*.

5.4. Les synonymes et les homonymes

Très souvent, depuis 1753 plusieurs noms latins ont été attribués à des espèces qui ont été décrites par différents auteurs ignorant que ces espèces avaient déjà été nommées. On parle alors de **synonymes**. Le nom valide est alors le premier nom donné à partir de 1753, à condition qu'il soit juste : c'est la "règle d'antériorité".

Ex. *Polygonatum odoratum* (Miller) Druce (Sceau de salomon odorant), quelques synonymes :

Convallaria odorata Miller (1768, le genre n'est pas bon)

Convallaria angulosa Lam. (1779, le genre n'est pas bon)

Polygonatum officinale All. (1785, le genre est bon)

Polygonatum vulgare Desf. (1807, le genre est bon)

Polygonatum angulosum Bubani (1902, le genre est bon)

Polygonatum odoratum (Miller) Druce (1906, nom valide actuel, le genre est bon et il reprend le nom d'espèce donné en premier par Miller en 1768).

Les synonymes des noms de famille sont souvent anciens et sont plus parlants et restent plus pratiques à identifier que les récents, exemple de la famille des *Brassicaceae*, n'évoque à priori rien de particulier, alors que l'ancien nom Crucifères (Cruci = croix, fère = porter) évoque la structure en croix des pièces florales sur les plantes qui lui appartiennent.

Les homonymes on a les mêmes noms de genre et d'espèce pour des espèces en fait différentes. Par exemple, *Convallaria bracteata* Thomas et *Convallaria bracteata* Dulac [nom. illeg.], non Thomas sont deux espèces différentes.

Convallaria bracteata Thomas correspond à *Polygonatum multiflorum* (L.) All.

La plante nommée *Convallaria bracteata* par Thomas est en fait le sceau de salomon commun, *Polygonatum multiflorum* (L.) All.

Convallaria bracteata Dulac [nom. illeg.], non Thomas correspond à *C. majalis* L.

Actualisation de la nomenclature : quand une espèce est transférée dans un autre genre, le nom d'espèce (l'épithète) est conservé : *Geranium cicutarium* L. (bec de grue) est devenu *Erodium cicutarium* (L.) L'Hér. ; sauf si ce nom d'espèce est déjà utilisé dans ce genre. Il faut alors renommer l'espèce : *Spartium biflorum* Desf. est devenu *Cytisus fontanesii* Spachcar ; puisqu'il existait déjà une espèce valide appelée *Cytisus biflorus* L'Hér. Ou si le nouveau nom crée un problème de tautonymie (répétition) ; *Arum dracunculus* L. (1753), déplacé dans le genre *Dracunculus* est devenu *Dracunculus vulgaris* Schott. (1832).

5.5. Les rangs de nothotaxons (rangs hybrides)

Ce sont le **nothoggenre** et la **nothoespèce**, ce sont les mêmes rangs que le genre et l'espèce, dont seuls les termes d'indication de rang diffèrent pour marquer leur caractère hybride. Pour indiquer une nouvelle variété issue d'un croisement naturel ou artificiel entre deux individus d'espèces (races ou de variétés différentes) différentes (Hybride), la lettre **X** est utilisée avant l'épithète de l'espèce, Ex : *Origanum ×fontequeri* Pau. Pour indiquer une nouvelle variété issue d'un croisement entre deux genres différents, la lettre **X** est utilisée avant le nom du genre, Ex : *x Lealiocattleya hybrida*.

5.6. Sous-espèces, variété et cultivar

Pour nommer une **sous-espèce** on utilise l'expression ssp. ou subsp., ex le lotier des Alpes, *Lotus corniculatus* ssp. *alpinus*

La **variété** est basée souvent sur un seul caractère tel que la couleur de la corolle ou la forme des feuilles. Pour une variété on utilise l'abréviation var., ex. des choux, *Brassica oleracea* L. :

Brassica oleracea var. *botrytis* L. : chou-fleur, chou romanesco

Brassica oleracea var. *capitata* L. : chou pommé, chou cabus, chou rouge

Brassica oleracea var. *italica* Plenck : brocoli

Le terme cultivar est synonyme de « **variété cultivée** » ou « **variété horticole** » ; il s'agit d'une variété de plante (arbres compris) obtenue en culture, généralement par sélection. Il peut s'agir de qualités morphologiques, esthétiques, techniques, de vitesse de croissance (pour les arbres par exemple), d'adaptation à un biotope ou de résistance à certaines maladies.

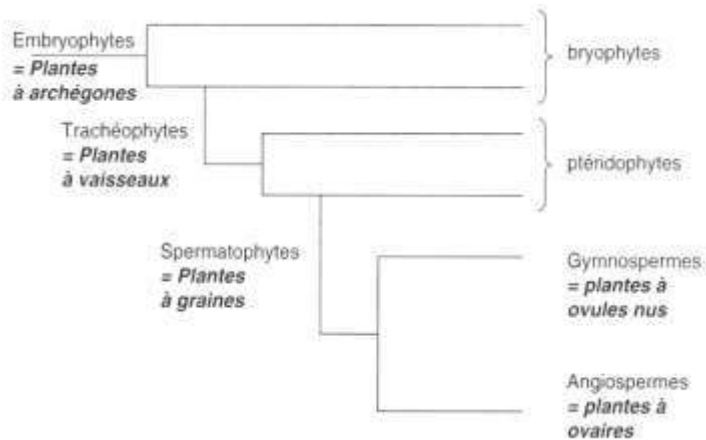
Chapitre II. Classification des principaux groupes botaniques vasculaires actuels du Maroc (Trachéophytes)

Introduction

Au cours de son histoire, la terre a connu différentes flores successives, à savoir :

- **La flore du Précambrien** : Peu d'activités biologiques, surtout des procaryotes, en fin de cette période tous les groupes d'algues sont représentés.
- **La flore du Primaire** : Début riche en fossiles d'algues, présence de spores et sporanges de plantes terrestres. Les premiers fossiles de ptéridophytes datent de silurien. Au carbonifère les fossiles des ptéridophytes arborescentes donnent le charbon. En fin de primaire des fossiles de gymnospermes sont rencontrés.
- **La flore du Secondaire** : Régression des ptéridophytes, et extension des gymnospermes. Fin Jurassique « apparition brutale » des angiospermes on parle d'explosion des angiospermes, leur apparition coïncide avec celle des insectes.
- **Depuis le Tertiaire soit - 65 MA** : Régression des ptéridophytes et des gymnospermes. Et, une très large domination des angiospermes avec environ plus de 250 000 espèces décrites.

Les **Trachéophytes** (du grec *Trakheia*, conduit raboteux) ou Trachéobiontes (*Tracheobionta*), appelées aussi **plantes vasculaires** associent différents groupes : les Ptéridophytes, les Préspermaphytes, les Gymnospermes, les Chlamydospermes et les Angiospermes. Les caractères principaux sont l'existence de racines et la présence de vaisseaux conducteurs contenant des trachéides, (d'où le nom de *Tracheophyta*) assurant la circulation de la sève.



Cladogramme des Embryophytes (y compris les trachéophytes)

A. Embranchement des Ptéridophytes

(Pteris = fougères ; phyton = plante)

Les Ptéridophytes sont des cryptogames vasculaires (trachéophytes) qui forment un groupe hétérogène. Le cycle se caractérise par l'alternance de 2 générations indépendantes et hétéromorphes avec une nette dominance du sporophyte qui constitue la plante feuillée. Le gamétophyte est très réduit et ne présente aucun organe végétatif différencié et il est appelé dans ce cas prothalle. Les Ptéridophytes actuelles sont généralement de petites plantes vivaces (grâce au rhizome) vivant dans les lieux humides et ombragés, dans les sous-bois et au bord des cours d'eau.

1- Le sporophyte

C'est le produit de la fécondation des deux gamètes, mâle et femelle. Il se présente sous forme de la plante feuillée, l'appareil vasculaire est de type simple et la ramification des tiges et des racines est souvent dichotomique ; sauf pour les Equisétinées où la ramification est verticillée.

1.1- Les feuilles

Il existe deux types de feuilles, micro- et mégaphylles. L'innervation peut être simple ou complexe. Ces critères de feuillage sont utilisés comme des critères de classification.

1.2- Les sporanges

Ce sont des sacs qui contiennent et libèrent les spores. On trouve deux types fondamentaux de ptéridophytes en fonction du type de sporange.

Les Eusporangiés : Où le sporange naît à partir d'un groupe de cellules épidermique. La paroi est formée d'au moins deux assises de cellules. Le nombre de spores étant plus élevé et très variable.

Les Leptosporangiés : dans ce cas, le sporange se développe à partir d'une seule cellule épidermique et le nombre de spores est réduit et fixe.

1.3- Les spores

Il existe deux types de spores :

Isosporie : Spores nombreuses, identiques donnant des prothalles hermaphrodites.

Hétérosporie : Deux types de spores ; des microspores qui donnent, après germination, des gamètes mâles, et des macrospores qui donnent, après germination, des gamètes femelles.

2- Le gamétophyte

Après la réduction chromatique des spores, elles germent à la surface du sol et donnent des prothalles ou gamétophytes. Ces organismes sont de petite taille, autonomes et différents des sporophytes.

Les isosporés sont généralement isoprothallés. Par contre, chez les hétérosporés, il arrive que tout le développement du prothalle se fasse à l'intérieur de la spore. Il arrive même que la mégaspore reste elle-même enfermée dans le mégasporange. Le gamétophyte femelle est ainsi protégé par le sporophyte précédent. On voit ici la tendance à la formation de la graine qui se réalisera chez les spermaphytes.

3- Aperçu sommaire sur la classification des Ptéridophytes

3.1- Classe des Psilophytinées

Ce groupe n'est représenté que par la famille des *Psilotaceae* qui contient deux genres. De tous les végétaux vasculaires, ils sont les plus anciens et les plus simples en organisation. Elles ne sont pas représentées au Maroc.

- Plantes de petite taille vivant dans les pays tropicaux.
- Eusporangiés, et homosporées.
- Pas de racines et les feuilles (microphylls) sont de petite taille.
- Système vasculaire simple.

3.2- Classe des Lycopodinées

Cette classe est formée par des ptéridophytes à microphylls. Leurs principaux caractères sont :

- Type herbacé
- Sporophylles peu différentes des feuilles stériles
- Sporophylles groupées en cônes terminaux ou épis
- Eusporangiés

Il existe quatre ordres : Lycopodiales (genre *Lycopodium*) vivant dans les zones humides, Lepidodendrales (fossiles), **Selaginellales** et **Isoetales**.

Seuls les deux derniers ordres existent au Maroc.

3.2.1. Ordres des Selaginellales

3.2.1.1. Famille des *Selaginellaceae*

Le genre *Selaginella* :

- Tiges allongées et rampantes
- Sporophylles : androphylle en haut et gynophylle en bas
- Spermatozoides biciliés

Au Maroc, il existe un seul genre et 2 espèces : *Selaginella denticulata* et *Selaginella balansae* (synonyme : *S. rupestris*)

3.2.2. Ordres des Isoetales

3.2.2.1. Famille des *Isoetaceae*

Le genre *Isoetes* :

- Plante vivace, presque toutes les espèces sont hygrophiles
- Tiges réduites et souterraines
- Feuilles linéaires en touffes élargies à la base
- Gamètes mâles polyciliés

Au Maroc, il existe 3 espèces : *Isoetes histrix*, *Isoetes duriei* et *Isoetes velata*

3.3 Classe des Equisétinées (Articulées)

3.3.1 Ordre des Equisetales

3.3.1.1. Famille des *Equisetaceae*

C'est le groupe qui était le plus représenté au carbonifère. Actuellement, il est représenté par le genre *Equisetum* (Prêle) :

- Tige divisée en articles successifs, cannelés
- Feuilles réduites verticillées
- Sporangies portés par sporangiophores
- Sporangiohores groupés en épi terminal
- Eusporangiés
- La périspore forme des élatères qui vont se dérouler par dessiccation pour la dissémination des spores.

Actuellement, un seul genre subsiste : *Equisetum*. Au Maroc, il existe 2 espèces : *Equisetum ramosissimum* et *Equisetum telmateia* (synonyme : *E. maximum*).

3.4. Classe des Filicinées

Existence de megaphylles, Sporangies petits et nombreux sont placés en position marginale ou sur la face inférieure du limbe.

On distingue 4 ordres au Maroc.

3.4.1. Ordre Ophioglossales

3.4.1.1. Famille des *Ophioglossaceae*

- Plante de petite taille, vivace par rhizome tubérisé.
- Eusporangiés et homospories.
- Feuilles non enroulées lorsqu'elles sont jeunes
- Limbe stérile avec une partie fertile en panicule. Le pétiole porte 2 segments distincts
- Sporange isolé et directement insérés sur rachis (voir annexe 1)

Au Maroc, il existe deux genres et 4 espèces : *Ophioglossum vulgatum*, *O. lusitanicum*, *O. polyphyllum* et *Botrychium lunaria*.

3.4.2. Ordre des Osmundales

3.4.2.1. Famille des *Osmundaceae*

C'est un groupe de plantes homosporées qui présentent un mélange de caractères Eusporangiés et de caractères Leptosporangiés. En effet, une seule cellule épidermique se développe en sporange, mais des cellules voisines contribuent à la formation du pédoncule du sporange.

Il existe une seule espèce au Maroc : *Osmunda regalis*.

3.4.3. Ordre des Polypodiales

3.4.3.1. Famille des *Polypodiaceae*

Cette famille est la mieux représentée au Maroc, avec 14 genres et 44 espèces. Ce sont toutes des fougères leptosporangiées et homosporées.

- Tige souterraine ou rhizome.
- Jeunes feuilles enroulées à pétiole rigide prolongé en rachis.
- Sporangies groupés en sores sont souvent recouverts par une membrane appelée indusie.
- Sporangie formé d'un anneau dont les cellules sont en U. Lors de la dessiccation, il y a éclatement de cet anneau et libération des spores.

Exemples d'espèces : *Pteridium aquilinum*, *Dryopteris filix-mas*, ...

3.4.4. Ordre des Salviniales

3.4.4.1. Famille des *Azollaceae*

- Plantes aquatiques flottantes, non enracinées.
- Appareil végétatif composé d'une tige ramifiée, à chaque nœud, il apparaît 3 feuilles présentant un dimorphisme marqué :
 - ✓ 2 feuilles chlorophylliennes étalées à la surface de l'eau (rôle dans la flottaison),
 - ✓ la troisième feuille est réduite à ses nervures (ressemble à des racines). Cette dernière porte les fructifications (sporangies).

Une seule espèce au Maroc : *Azolla filiculoides*

3.4.4.2. Famille des *Marsileaceae*

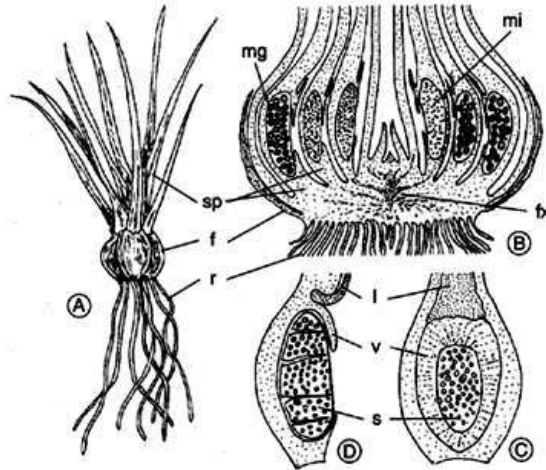
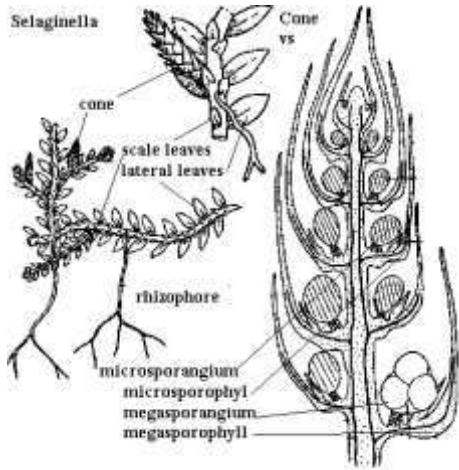
- Plantes vivaces à rhizome, surtout aquatique
- Hétérosporées et leptosporangiées

Le genre *Marsilea* (voir annexe) se reconnaît par :

- Feuilles à 4 folioles longuement pétiolées
- Sporophylles = sporocarpes (enveloppe stérile qui entoure les organes reproducteurs) très différents des feuilles végétatives.
- Limbe coriace, réniforme.
- Sporangies groupés en sores portés par les sporocarpes.
- Chaque sore contient un macrosporange au centre et portant un seul gynospore entouré par plusieurs microsporangies qui contiennent plusieurs androspores chacun.

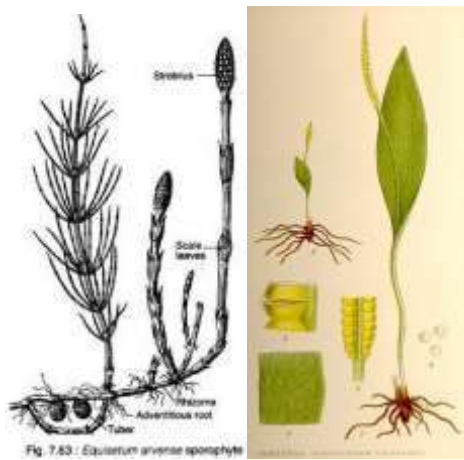
Au Maroc, cette famille contient 2 genres et 3 espèces : *Marsilea strigosa*, *M. minuta* et *Pilularia minuta*.

Annexe 1



Selaginella sp.

Isoetes sp. (sp ; sporophylle, mg ; mégasporange, mi ; microsporange)



Equisetum arvense à gauche et *Ophioglossum vulgatum* à droite



Osmunda regalis



Pteridium aquilinum



Marsilea sp.



B. Taxon des Préspermaphytes (Ginkgoales, Cycadales)

C'est un groupe de plantes qui constitua, avec les ptéridophytes, l'un des éléments essentiels de la flore de l'aire primaire. Ils sont apparus vers le dévonien, il y a 400 MA et auraient atteint leur apogée au permien-carbonifère il y a 300 MA.

La grande **caractéristique évolutive de ce groupe concerne la miniaturisation des gamétophytes et leur intégration dans des structures protectrices**. Cela assure une meilleure adaptation au milieu terrestre. Ce mouvement évolutif avait été amorcé par les ptéridophytes hétérosporés et hétéroprothallés du type sélaginelles. Il conduit à la formation de structures reproductrices particulières : l'ovule, les étamines et les grains de pollens.

1. Ordre des Cycadales

Cet ordre regroupe les cycas qu'il ne faut pas confondre avec les palmiers. Car les cycas présentent de larges cônes et leur sperme flagellé représente un caractère primitif. Il y a 200 millions d'années, ce groupe représentait une partie importante de la flore terrestre. Actuellement, il reste juste une dizaine de genre avec 100 espèces vivant surtout dans les forêts tropicales.

2. Ordre des Ginkgoales

Qui contient une seule espèce *Ginkgo biloba* qui pousse spontanément en Chine. Cette espèce possède des caractères anciens (spermatozoïdes flagellés de grande taille et nervation dichotomique).

C. Embranchement des Spermaphytes (Plantes à graines)

Les Spermaphytes (du Grec sperma ; graine et phyton ; plante) sont différents des Ptéridophytes et des préspermaphytes par :

- Les trachéides à ponctuation scalariformes sont remplacées par des trachéides à ponctuations aréolées (Gymnospermes) puis par des vaisseaux parfaits (Angiospermes).
- L'apparition de la pollinisation (dissémination des éléments reproducteurs mâles, grain de pollen)
- La fécondation indépendante de l'eau et réalisée par l'intermédiaires d'un tube pollinique.
- La production de graines.

Classification

Les spermaphytes forment deux sous-embranchements : les **Gymnospermes** et les **Angiospermes** auxquels on rattache les **Chlamydospermes**.

Les gymnospermes possèdent des ovules nus, portés par une écaille ovulifère. Le grain de pollen tombe directement sur le micropyle et germe au sommet du nucelle. Le tissu de réserve dans la graine est l'endosperme (=prothalle femelle).

Les angiospermes ont des ovules qui sont contenus dans une cavité close ou ovaire couvert par les feuilles sporangifères appelées feuilles carpellaires ou carpelles. Le tissu de réserve dans la graine est l'albumen ($3n$).

Les chlamydospermes sont un groupe intermédiaire entre les gymnospermes et les angiospermes.

C.a. Sous-embanchement des Gymnospermes (Conifères ou résineux)

Les gymnospermes sont des phanérogames (ovule nu) vasculaires, qui possèdent donc un appareil vasculaire bien développé et de véritables graines. Elles seraient apparues au carbonifère (300 millions d'années). Les gymnospermes ont acquis une nouvelle propriété par rapport aux ptéridophytes et qui est la pollinisation, en général par le vent. Ceci assure donc une fécondation sans l'exigence de l'eau. Par contre, leur ovule n'est pas encore complètement enveloppé par un ovaire comme chez les angiospermes. En fin, il y a une seule fécondation, celle de l'oosphère qui donne l'embryon proprement dit, alors que chez les angiospermes, il y a une double fécondation. Il y aurait quelques 700 espèces dont la majorité sont communément désignées sous le nom Conifères (Angiospermes plus de 250 000 espèces).

Les gymnospermes ont connu durant les temps géologiques une grande extension. C'est pendant le Jurassique et le début de Crétacé qu'elles étaient les plus abondantes sur terre. Depuis lors, elles sont en déclin en parallèle avec l'apparition et l'explosion des angiospermes. Actuellement, elles ne sont représentées que par 600 à 700 espèces réparties en 8 familles. Au Maroc, il y a seulement 3 familles et 12 espèces.

1- Caractères généraux des Conifères

Les conifères sont généralement des arbres ou des arbustes. Ils possèdent 2 ou 3 types de rameaux différents qui sont :

- Rameaux longs ou auxiloblastes, ont une différenciation indéfinie.
- Rameaux courts ou mésoblastes, ont une différenciation définie.
- Rameaux nains ou brachyblastes, ont une différenciation définie et sont caduques.

Leurs feuilles sont généralement persistantes, de tailles variables et peuvent être simples, opposées ou verticillées. Elles sont le plus souvent en aiguilles ou linéaires aplaties ou en écailles et généralement persistantes

Leurs appareils reproducteurs sont groupés en cônes unisexués. Il n'y a pas de fleurs typiques chez les conifères. Mais on admet en général que par rapport aux angiospermes, le cône mâle est l'équivalent d'une fleur mâle, alors que le cône femelle serait l'équivalent de l'inflorescence. En effet, le cône mâle est hélicoïdal, acyclique et chaque étamine porte de 2 à 20 anthères (microsporange), alors que le cône femelle possède un axe principal portant des bractées. Chaque bractée porte un axe secondaire ovulifère. L'ovule (mégasporange) produit 4 mégasporos dont une seule subsistera et donnera un prothalle femelle portant à son sommet plusieurs archégones. Le prothalle femelle est appelé endosperme (n chromosomes) et il est considéré comme l'équivalent du sac embryonnaire chez les angiospermes.

2- Fécondation des Conifères

Le grain de pollen se divise et se développe en prothalle mâle formé de plusieurs cellules à n chromosomes. Une seule de ces cellules va donner les deux gamètes qui vont assurer la fécondation de l'ovule. Pendant cette opération, la germination du pollen va donner un tube pollinique qui va traverser le nucelle. Puis, les deux noyaux (équivalent à deux spermatozoïdes non ciliés et immobiles) vont être acheminés vers l'oosphère par le tube. Ce phénomène est appelé **siphonogamie**. Ensuite, un des deux noyaux dégénère et l'autre fusionne avec l'oosphère pour

donner un zygote puis un embryon. Enfin, l'ovule va se développer en graine, le cône femelle croîtra et donnera le fruit caractéristique des conifères qui est le cône.

3- Classification des Gymnospermes

3.1. Ordre des Pinales

3.2.1. Famille des *Pinaceae*

La famille des *Pinaceae* (ordre des **Pinales**) comprend 3 genres et 5 espèces. Les trois genres se distinguent par leurs types de rameaux et de feuilles.

Genre	R. nains	R. courts	R. longs	Feuilles (aiguilles)
<i>Pinus</i>	+ (A, E)	+ (E)	+ (E)	2 à 3 aiguilles
<i>Cedrus</i>	0	+ (A, E)	+ (A, E)	Bouquet d'aiguilles
<i>Abies</i>	0	0	+ (A, E)	Aiguilles plates

A : aiguilles, E : Ecailles de cônes, + : présence, 0 : absence

Pinus (tayda) : Pin, les trois espèces du Maroc ont toujours des feuilles en aiguilles groupées par deux et des cônes ligneux avec des écailles persistantes.

Pinus pinaster Aiton (Pin maritime), on le trouve entre 1400 et 2200m et côte atlantique, écorce riche en tanins, utilisée contre l'insuffisance veineuse.

Pinus halepensis Mill. (Pin d'Alep), on le trouve entre 1100 et 2200m.

Pinus nigra Arnold (Pin noir), limité aux zones humides du Rif (comme J. Bouhachem).

Cedrus (L'aarz, Idil) : le cèdre

- Sa longévité dépasse 600 ans.
- Il occupe les endroits froids et humides, les sols caillouteux.
- Les feuilles sont en aiguilles groupées en rosettes.
- Cônes lisses à écailles caduques

Cedrus atlantica, se trouve entre 1400 et 2600m dans le Rif, moyen et haut Atlas.

Abies (chouh) : le Sapin

- Feuilles aplaties, branches verticillées
- Cônes ligneux à écailles caduques

Abies marocana : endémique des hautes montagnes calcaires du Rif occidental.

3.2. Ordre des Cupressales

3.3.1. Famille des *Cupressaceae*

Cette famille comprend 3 genres et 6 espèces. Elles se caractérisent par des cônes femelles souvent globuleux, sphériques à écailles soudées.

❖ ***Tetraclinis*** (Arâar) : le Thuya

Cônes ligneux à 4 angles formés de 4 écailles cordiformes verticillées.

Tetraclinis articulata : Thuya qu'on trouve au Maroc dans l'étage semi-aride où il peut former des peuplements que l'on appelle callitriaies ou tetraclinaies.

❖ ***Juniperus*** (Arâar) : Genévrier

Cône charnus possédant 3 à 6 écailles portant un seul ovule.

Juniperus oxycedrus L. (taqqua), a des feuilles piquantes et donne l'huile de cade.

Juniperus phoenicea L. (genévrier rouge), on le trouve dans les montagnes semi-arides et dans les dunes du littoral.

Juniperus thurifera L., aime l'altitude, il succède au cèdre et vit dans des altitudes allant jusqu'à 3000m.

Juniperus communis L., se rencontre dans les pentes rocheuses ou rocailleuses des moyennes et hautes montagnes calcaires dans le haut et moyen Atlas et dans le Rif.

❖ ***Cupressus*** (Arâar) Cyprès

A une longévité qui peut dépasser 500 ans. Il se rencontre dans les hauts Atlas jusqu'à 2000m.

Son cône sec sphérique peut posséder de 8 à 14 écailles, ses cônes sont riches en tanins utilisés contre l'insuffisance veineuse.

Cupressus atlantica Gaussen est le seul représentant au Maroc.

3.3.2. Famille des *Taxaceae*

Il existe un seul genre *Taxus* (if) et une seule espèce *Taxus baccata* L. (Dakhs). Arbuste ramifié dès la base, ses feuilles sont linéaires aplaties, 2-3 cm sur 2 rangs, vert foncé, non piquantes. Son fruit est formé d'une enveloppe appelée arille (ouverte au sommet et contenant une seule graine). L'arille est charnu, de couleur rouge et consommable à maturité. Les autres parties sont très toxiques. On utilise les taxols, extraits de l'If du pacifique (*Taxus brevifolia*) pour soigner certains cancers.

C.b. Sous-embanchement des Chlamydospermes (*Ephedra*, *Gnetum*, *Welwitschia*)

Cette division, appelée aussi phanérogame vasculaire à ovule nu, contient seulement 3 genres (***Ephedra***, ***Gnetum***, ***Welwitschia***). Leurs traits les place comme des intermédiaires entre les gymnospermes et les angiospermes. Mais ces genres possèdent plusieurs caractères d'angiospermes comme la présence de vaisseaux parfaits dans leur xylème. Leur pollen produit des structures superficielles qui ressemblent aux étamines, mais il n'y a pas encore de double fécondation et les graines possèdent deux cotylédons. Les plantes de ce groupe ne sécrètent pas de résine. Les ovules apparaissent entourés par des bractées qui ressemblent à des téguments mais les ovules sont encore nus et il n'y a pas encore l'apparition de vraies fleurs, d'où leur rattachement aux Gymnospermes. **Actuellement** les *Ephedraceae*, les *Gnetaceae* et les *Welwitschiaceae* sont classées dans l'Ordre des **Gnetales** et le sous-Embranchement des Gymnospermes.

- ***Ephedra*** est le seul genre qui est représenté au Maroc avec 5 espèces dont les plus fréquents sont *Ephedra alata* et *E. mollandii* que l'on trouve dans les sables, les lits d'oueds et dépressions sablonneuses désertiques.
- ***Gnetum*** est surtout une liane tropicale.
- ***Welwitschia*** est présente sur les côtes sud-ouest de l'Afrique (désert du Kalahari en Namibie) ; elle peut vivre jusqu'à 200 ans.



Ephedra alata



Welwitschia



Gnetum

C.c. Sous-embranchement des Angiospermes

La sous division des angiospermes comprend l'immense majorité (95%) des plantes vasculaires, soit environ 250 000 espèces. Elles ont connu une explosion depuis la fin du Jurassique. Ce sont des plantes à fleurs, dont l'ovule qui est complètement enveloppé dans un ovaire muni d'un stigmate, est le siège d'une double fécondation donnant naissance à l'embryon d'une part, et à l'albumen d'autre part.

1. Caractères généraux des angiospermes

1.1.Appareil végétatif

1.1.1. Organes souterrains

1.1.1.1. Racine (figure 1)

La racine principale provient du développement de la radicule embryonnaire après la germination de la graine. L'ensemble, racine principale et radicelles, constitue le système racinaire de la plante. Si la racine principale primaire prédomine par ses dimensions, le système radicalaire est **pivotant**. Si toutes les racines forment un faisceau de même dimension, on parle de système **fasciculé**, fréquent chez les Monocots. Il existe d'autres types de racine :

Racines adventives, elles prennent naissance directement à partir de la tige en certains points déterminés. Chez les plantes gazonnantes (Poaceae), les tiges couchées sur le sol émettent des racines latérales, c'est le **tallage**.

Racines aériennes et **racines crampons** qui vont servir surtout dans la fixation de la plante sur les murs.

Racines suçoirs qu'on trouve surtout chez les plantes parasites (fixation et nutrition).

Pneumatophores sont des racines à géotropisme négatif existent chez certains arbres poussant dans l'eau (milieu pauvre en oxygène).

1.1.1.2.Tiges souterraines

Les rhizomes (roseau), les tubercules (pomme de terre) et les bulbes (Oignon). (**figure 2**)

1.1.2. Organes aériens

1.1.2.1. La tige

La tige est un axe de forme plus ou moins cylindrique, le plus souvent dressé et généralement aérien (cependant il existe des tiges rampantes, horizontales (ex. fraisier, gazon) et des tiges souterraines (rhizomes : ex roseau), chez certaines plantes on peut avoir les 2 types : ex roseau : tiges aériennes dressées et tiges souterraines horizontales).

D'après le port de la plante, on distingue : les plantes **dressées**, **prostrées** ou rampantes (tiges couchées horizontalement), **radicantes** (fixées au sol par des racines adventives), **volubiles** (s'enroulent par leur tige au tour d'un support).

Une tige typique est subdivisée en nœuds, au niveau desquels sont insérées les feuilles, et en entrenœuds (segment situé entre 2 nœuds successifs). La tige peut être herbacée (relativement mince et souple, ex. tige du Haricot) ou ligneuse (dure et épaisse : tronc) comme chez les plantes vivaces ligneuses tels que les arbres et les arbustes. Elle peut être simple ou ramifiée, creuse ou pleine. La section transversale peut être circulaire, quadrangulaire, angulaire, cannelée ou ailée (**figure 3**). Il y a deux types de ramifications de tige. Chez certaines plantes, la tige peut être très réduite à tel point qu'on la considère comme absente : c'est le cas des plantes en rosette dites aussi plantes

acaules. Ex : Pissenlits, Laitue, Navet, Coriandre. Les *Cactaceae* présentent en générale des tiges charnues et leurs feuilles sont réduites en épines.

1.1.2.2. La feuille

Une feuille complète est constituée d'un limbe, un pétiole et une base foliaire souvent dilatée en gaine et pouvant comporter des stipules (Dicots) ou des ligules (Monocots). Les feuilles sans pétiole sont dites sessiles. Les feuilles peuvent être verticillées, opposées ou alternes. Le limbe est de formes variables. (figure 4)

1.2. Appareil reproducteur

Les organes reproducteurs se regroupent en fleurs qui peuvent être hermaphrodites, ou unisexuées. Selon le type de la symétrie de fleur, on distingue les fleurs actinomorphes lorsqu'on a une symétrie axiale et les fleurs zygomorphes lorsqu'on a une symétrie par rapport à un plan. La fleur est constituée des éléments suivants : (figure 5)

1.2.1. Le périanthe

C'est la partie stérile de la fleur. Il est composé de deux formations : **le calice** formé de sépales et **la corolle** formée de pétales. Parfois, les sépales ont l'aspect et la structure des pétales ; ils sont appelés **tépales** (*Lilium*). Certaines fleurs ne possèdent pas de périanthe, elles sont nues. Lorsque ces pièces sont libres on parle de **dialysépale** ou **dialypétale**. Par contre, lorsqu'elles sont soudées, on parle de **gamosépale** ou **gamopétale**. (figure 6, 7a et 7b)

1.2.2. L'Androcée

C'est la partie mâle de la fleur. Elle est constituée d'étamines qui sont constituées de trois parties : **le filet**, **l'anthère** et **le connectif**.

L'androcée est **isostémone** lorsqu'il présente le même nombre d'étamines et de pétales et de sépales. Lorsque le nombre d'étamines est le double du nombre de sépales ou de pétales, nous avons deux cas : l'androcée est **diplostémone** quand les étamines du verticille externe sont alternes avec les pétales et **obdiplostémone** quand les étamines du verticille externe sont opposées aux pétales.

L'androcée peut être **monadelphie** lorsque tous les filets sont soudés entre eux. **Diadelphie** lorsque les filets se soudent en deux groupes. **Polyadelphie** lorsque les filets se soudent en plusieurs groupes. Lorsque les étamines se soudent par leurs anthères, on parle d'androcée **synanthéré**.

Selon le type d'insertion du filet sur l'anthère, on distingue les anthères **basifixes**, les anthères **médifixes** et les anthères **apifixes** (figure 8).

Dans certains cas, les étamines d'une même fleur ne se ressemblent pas, il y a **hétérostémonie**. En fin, les **staminodes** sont des étamines stériles.

1.2.3. Le Gynécée

Le gynécée ou le pistil est l'organe femelle de la fleur. Il est constitué de l'ensemble des carpelles. Le carpelle est constitué de trois parties ; l'ovaire, le style et le stigmate.

L'ovaire est une cavité close dans la base du carpelle. L'ovaire peut contenir un ou plusieurs ovules. Il est surmonté par le style, formation effilée terminée par le stigmate sur lequel va germer les grains de pollen.

Il existe plusieurs types de gynécées. Le gynécée **apocarpe (dialycarpellé)** si les carpelles sont libres ou **syncarpe (gamocarpellé)** si les carpelles sont soudés. Selon le point d'insertion de l'ovaire par rapport aux pièces florales, on distingue des fleurs à ovaire **supère** ou à insertion **hypogène**, à ovaire **supère** et à insertion **périgyne**, à ovaire **semi-infère** et à insertion périgyne et à ovaire **infère** ou à insertion épigyne (**figure 9**).

Le **placenta (figure 10)** est le tissu du carpelle sur lequel l'ovule est fixé. La placentation définit la disposition des ovules à l'intérieur de l'ovaire. Cette placentation constitue un critère de systématique important. Dans la **placentation foliaire** qui s'oppose à la **placentation caulinnaire**, la partie du carpelle sur laquelle les ovules sont insérés permet de distinguer entre différents types de placentations :

- La placentation marginale dans un ovaire uniloculaire, les ovules sont insérés sur les bords de la feuille carpellaire.
- La **placentation pariétale** dans l'ovaire syncarpe uniloculaire, les ovules y sont fixés le long des sutures des carpelles ouverts.
- La **Placentation axile** des ovaires syncarpes pluriloculaires. Dans ce type qui est le plus fréquent, les ovules sont insérés dans l'angle interne de chaque loge, au centre de l'ovaire, point de rencontre des carpelles fermés.
- La **placentation laminaire**, les ovules couvrent toute la face carpellaire interne des gynécées uniloculaires ou dialycarpellés ou des gynécées gamocarpellés.
- La **placentation médiane**, les placentas se développent sur la nervure médiane.

Dans la **placentation caulinnaire**, les ovules sont indépendants de la paroi de l'ovaire et paraissent d'origine caulinnaire (tige). Ils peuvent être fixés sur le réceptacle floral (placentation basilaire souvent avec un ovule unique) ou dans le prolongement de celui-ci (placentation centrale avec plusieurs ovules).

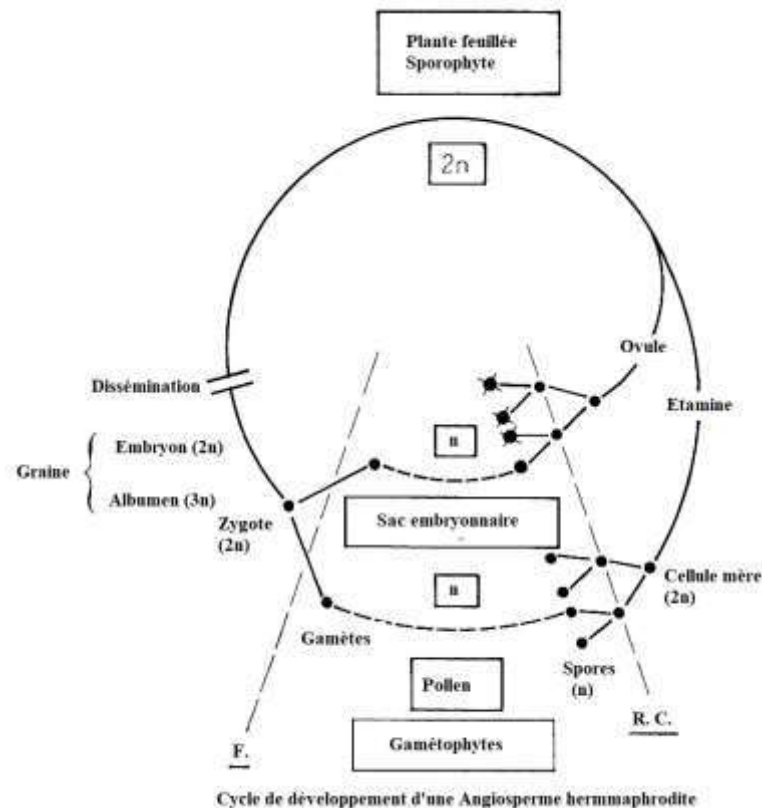
1.2.4. Inflorescence

C'est la disposition générale de la fleur sur la tige de la plante. Deux types principaux se distinguent d'après le sort réservé au bourgeon apical.

Inflorescence indéfinie ou racémeuse (**figure 11a**) : l'axe terminal n'est jamais terminé par une fleur. Les fleurs du sommet sont plus jeunes que les fleurs de la base. Les cas les plus connus sont : grappe, corymbe, ombelle, épi, spadice, capitule.

Inflorescence définie ou cymeuse (**figure 11b**) : dans ce cas, le bourgeon de l'axe primaire de l'inflorescence produit rapidement une fleur, ce qui entraîne l'arrêt de sa croissance. Ex. cyme unipares, bipares, multipares, glomérules.

1.2.5. La reproduction sexuée



1.2.6. Le fruit (figure 12)

Une fois la fécondation des ovules est réalisée, toutes les pièces florales tombent, à l'exception de l'ovaire. Les parois de l'ovaire vont se transformer en **péricarpe** (paroi du fruit) et les ovules en graines.

1.2.6.1. Fruits secs indéhiscents

Ce sont des fruits qui ne s'ouvrent pas à maturité. On trouve, **akène**, **caryopse** (péricarpe soudé aux téguments chez les graminées), **samars** et **disamare**.

1.2.6.2. Fruits secs déhiscents

Ce sont tous les fruits polyspermes qui s'ouvrent à maturité. Ils sont classés selon le nombre et la relation des carpelles entre eux dans l'ovaire.

- Fruits monocarpiques ou dialycarpiques, proviennent d'ovaires à un ou plusieurs carpelles libres.
- **Follicule** : s'ouvre le long du placenta, par la ligne de suture ventrale des bords du carpelle.
- **Gousse** : s'ouvre en deux valves par deux fentes, une ventrale, l'autre dorsale (*Fabaceae*).
- Fruits gamocarpiques, dérivent d'ovaires à carpelles soudés.
- **Capsule** : caractérisée par son type de déhiscence ou d'ouverture (**figure 13**).
- **Silique** : issue d'un ovaire composé de deux carpelles. Fruit typique des *Brassicaceae*. Elle peut se terminer ou non par un bec indéhiscents (important dans la systématique).

1.2.6.3. Fruits charnus

Selon les parties qui deviennent charnues, on distingue les baies et les drupes.

- Baies : la plupart des fruits à pépins. Toutes les parties du péricarpe sont charnues et en contact direct avec la graine. Quelquefois, la baie peut être monosperme (avocatier, dattier).
- Drupes : fruit à noyau, l'endocarpe devient scléreux ou cartilagineux. Monosperme comme la prune, la cerise, ... polysperme comme le lierre, le pommier

1.2.6.4. Faux fruits ou pseudo-fruits

On parle de faux fruits quand le fruit résulte de la combinaison de l'ovaire avec d'autres organes de la fleur comme le réceptacle dans les cas de la pomme, la fraise, le poire, ...

2. Différences avec les autres groupes

2.1. Réduction du gamétophyte

Chez les angiospermes, il y a réduction supplémentaire de la taille du gamétophyte au profit du sporophyte.

2.2. Protection de l'ovule

Contrairement aux gymnospermes où l'ovule est nu. Chez les angiospermes, il y a apparition de téguments protecteurs. Ces téguments assurent à l'ovule une meilleure protection contre les parasites et la sécheresse. Aussi, la transformation de ces téguments en tissus protecteur des graines va assurer une meilleure dispersion de ces graines (animaux qui mangent ces fruits et protection contre la dessiccation).

2.3. Double fécondation

La deuxième fécondation assure le développement de l'endosperme, tissu de réserve qui va être utile à la graine ultérieurement.

2.4. Pollinisation entomophile

Chez les gymnospermes, la pollinisation se fait surtout par le vent (anémophilie). Chez les angiospermes, les insectes jouent un rôle important dans la dissémination du pollen (entomophilie). Plusieurs caractères évolutifs assurent une meilleure attirance des insectes comme la couleur, l'odeur et la forme des pétales, les glandes nectarifères. Depuis l'apparition des angiospermes au tertiaire, on a assisté à une **coévolution** importante entre les insectes et les angiospermes.

2.5. Evolution de la fleur des angiospermes

Le carpelle est évolué à partir d'une feuille pliée qui a été modifiée dans plusieurs voies.

Les étamines auraient évolué à partir d'une structure qui ressemble à une feuille.

Les sépales ont probablement dérivé directement des feuilles.

Les pétales ont probablement évolué à partir de feuilles dans certains groupes et à partir des étamines dans la majorité des groupes.

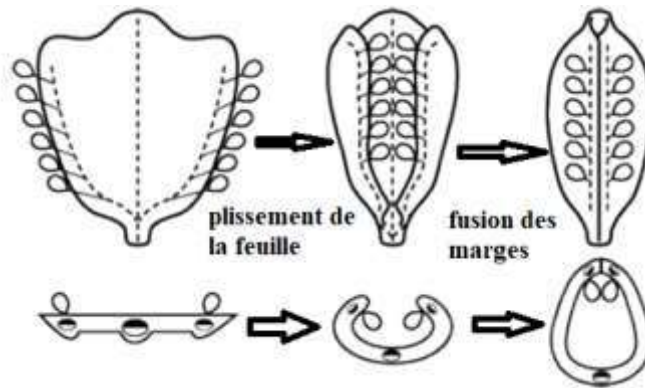
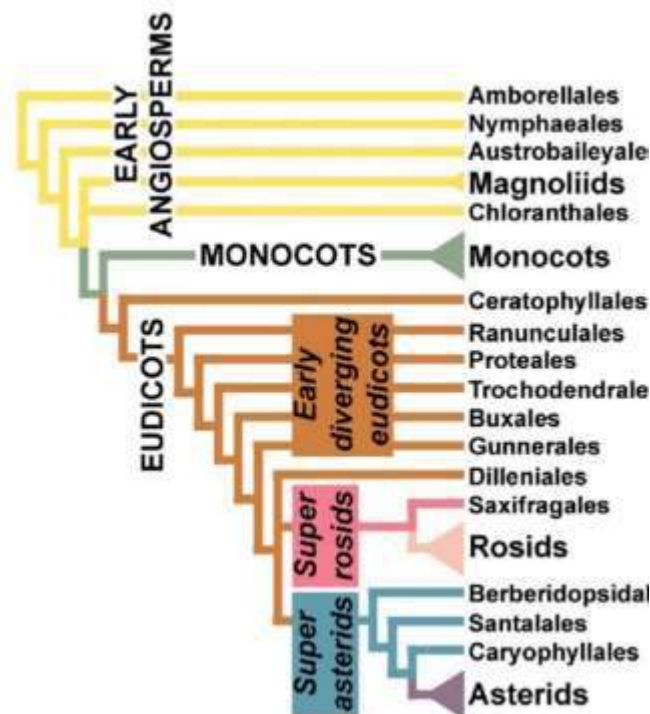


Schéma montrant la transformation d'une feuille en carpelle.

3. Classification des Angiospermes du Maroc

L'utilisation de seuls caractères morphologiques n'est pas suffisante pour établir une **classification objective des Angiospermes** à cause des problèmes de **convergence**. Actuellement, la systématique moléculaire apparaît comme une nouvelle approche, mais là aussi les convergences ne sont pas exclues. Les caractères chimio-taxinomiques, basés sur les composés secondaires de défense contre les herbivores, seront utilisés aussi.

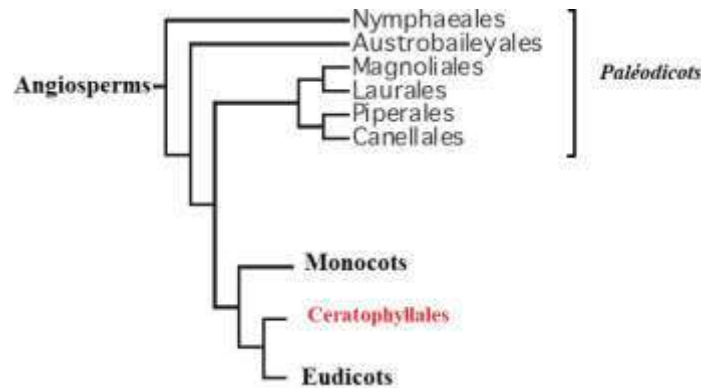
La figure suivante représente un aperçu sommaire de la classification des Angiospermes d'après la classification phylogénique (APG IV ; Angiosperm Phylogeny Group). Les angiospermes sont subdivisées en trois classes ; les Paléodicotés, les Monocots et les Eudicotés.



Phylogénie simplifiée des angiospermes (D'après APG IV)

Classe des Paléodicots

Les Paléodicots (paléodicotylédones) sont des dicotylédones à pollen monoaperturé comme chez les conifères. Ce groupe primitif, d'environ 9000 espèces, est issu du stock ancestral à l'origine des plantes à fleurs. Il est représenté par une trentaine de familles regroupant plusieurs ordres, Nymphaeales, Magnoliales, Laurales et Piperales. Les Lauraceae (2500 espèces) et les Piperaceae (2000 espèces) sont significativement importantes.



Classification des Paléodicots (d'après Angiosperm Phylogeny Group, APG IV)

NB : Ordre Ceratophyllales est placé entre les Monocots et les Eudicots

Dans les cladogrammes APG, les auteurs se sont servis des séquences de gènes chloroplastiques *rbcl* qui code pour le grand sous-unité L de la Rubisco et des séquences de l'ADN ribosomique 18S.

Les plantes de groupe possèdent des caractères qui attestent leur ancienneté. En effet, au niveau de l'anatomie, il y a encore présence de trachéides à ponctuation aréolées. Les *Degeneria* possèdent des carpelles ouverts par leurs bords lorsqu'ils sont encore jeunes.

Les plantes sont riches en composées chimiques (dérivés aromatiques et terpéniques) de défense contre les herbivores.

Les feuilles sont simples, généralement sans stipules.

Les fleurs sont souvent de grande taille (*Magnolia*, *Nenuphar*, ...). Leurs pièces florales sont disposées en hélice sur un réceptacle allongé (le thalamus qui rappelle le cône mâle des conifères).

Les pétales ne sont pas encore différenciés, mais les sépales peuvent avoir un aspect pétaloïde (*Magnolia*, *Aristolochia*).

Les carpelles sont libres (à cause de leur disposition en hélice).

1. Ordre des Piperales

1.1. Famille des *Aristolochiaceae*

Cette famille comprend des arbres et arbustes tropicaux et des herbes vivaces ou des lianes dans les régions tempérées qui développent des fleurs en cornet ronflé à la base après la soudure des sépales.

Les fleurs hermaphrodites sont protogynes (protérogynes), c'est-à-dire que les étamines sont matures avant le pistil. Dans le renflement basal, les insectes (diptère) sont piégés par des poils dirigés vers le bas. La maturation des étamines coïncide avec le dessèchement des poils qui permet aux insectes de sortir et d'aller féconder les fleurs à gynécée mûr après s'être chargés de pollen.

Cette famille (600 espèces) est représentée au Maroc par 4 espèces du genre *Aristolochia* (Berraztam) qui sont *A. baetica*, *A. paucinervis*, *A. pistolochia*, et *A. sempervirens*.

2. Ordre des Nymphaeales

2.1. Famille des *Nymphaeaceae*

Les Nénuphars et les Victoria, espèces aquatiques, sont les plus célèbres de cette famille. Leurs sépales et leurs étamines sont insérés en hélice. Les carpelles sont soudés en un ovaire pluriloculaire plus ou moins enfoncé dans la coupe florale (ovaire supère des Nénuphars, semi infère des Nymphaea et infère des Victoria). Au Maroc, il y a une seule espèce *Nymphaea alba* qu'on trouve à merja Bokka (Larache) et dans la région de Tétouan.

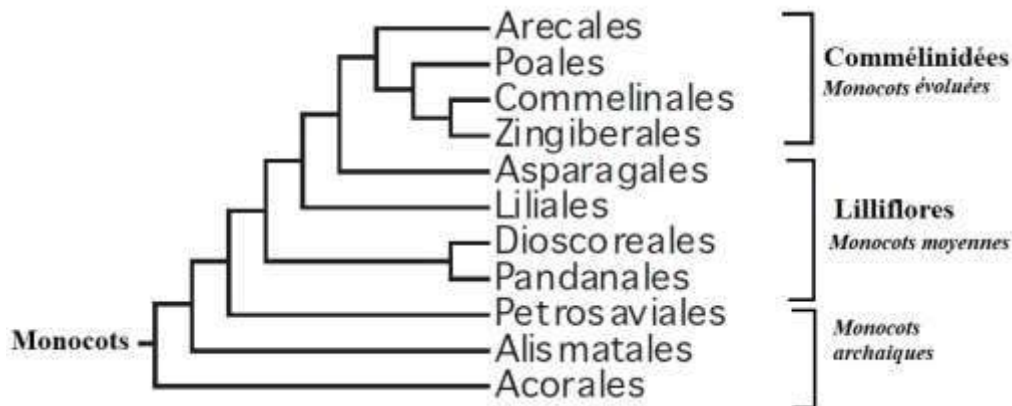
3. Ordre des Laurales

3.1. Famille des *Lauraceae*

Au Maroc, cette famille est représentée par seulement deux espèces du même genre *Laurus* (Laurier noble). *Laurus nobilis* (chajarate sidna moussa) est un arbre ou arbuste à fleurs unisexuées de très petite taille. C'est une plante cultivée pour son utilisation culinaire. Naturellement, on la trouve dans les fonds des ravins et dans les rochers humides du Rif. L'autre espèce, *Laurus azorica* se trouve dans le moyen atlas, elle est cultivée comme plante ornementale sur le littoral.

Classe des Monocots (Monocotylédones)

Les Monocots constituent un groupe qui s'est individualisé très tôt à partir de l'ancêtre commun des plantes à fleurs, ce qui explique la présence chez les plantes de ce groupe, d'une part de caractères archaïques (grains de pollen avec un seul pore de germination, cycle trimère, absence de pétales et graines à albumen persistant), et d'autre part, la présence de caractères particuliers (un seul cotylédon, feuilles toujours simples ou réduites au pétiole, nervation parallèle, absence de formations secondaires). Au Maroc, cette classe est représentée par environ 610 espèces réparties sur 24 familles.



Cladogramme des Monocots (d'après APG IV)

1. Monocots à caractères archaïques

Quelques espèces possèdent encore des trachéïdes à ponctuations scalariformes et des pièces florales disposées en hélices et des carpelles libres qui vont donner un fruit en akènes ou follicule.

1.1. Sous-classe Alismatidae

1.1.1. Ordre des Alismatales

1.1.1.1. Famille des *Alismataceae*

Cette famille ne contient que 4 espèces réparties en 3 genres. Ces plantes sont aquatiques et vivent dans les eaux douces peu profondes, au bord des lacs et des ruisseaux. Les principales espèces sont *Alisma plantago-aquatica*, *Baldellia ranunculoides*, *Damasonium alisma*.

1.1.1.2. Famille des *Hydrocharitaceae*

Cette famille est représentée au Maroc par 2 genres (17) et 2 espèces (80), ce sont des plantes aquatiques. *Elodea canadensis* (élodée ; très utilisée dans les cultures en aquariums) et *Hydrocharis morsus-ranae*.

2. Sous-classe Liliidae (Monocots moyennes)

Les fleurs sont de couleurs vives et riche en nectar. La coévolution insectes-plantes trouve son épanouissement chez les *Orchidaceae* à fleurs zygomorphes.

2.1. Ordre des Liliales

2.1.1. Famille des *Alliaceae* (ancienne *Liliaceae*)

Cette famille est représentée au Maroc par environ 26 espèces réparties sur 2 genres. Les plantes de cette famille sont généralement herbacées pérennes par des organes de réserves souterraines (bulbes tuniqueés). Les feuilles sont en général toutes basales, linéaires à elliptiques, parfois quelques feuilles caulinaires ± longuement engainantes. Inflorescence ombelliforme et terminal.

Les fleurs trimères sont de tailles variables et actinimorphes. Le périanthe simple est constitué de 6 tépales disposés en deux cycles. L'androcée est formé de 3+3 étamines libres en général. Le gynécée quant à lui est formé de 3 carpelles soudés en un ovaire supère comme chez *Allium*.

Les plantes de cette famille présentent un intérêt économique important pour l'homme comme plantes comestibles ; Oignon, *Allium cepa* ; Ail, *A. sativum*.

CA³CO³A⁶G⁽³⁾

2.2. Ordre des Asparagales

2.2.1. Famille *Amaryllidaceae*

Cette famille est représentée au Maroc par 27 espèces réparties sur 7 genres. Les plantes de cette famille sont bulbeuses. Les feuilles toutes basales, sessiles. Fleurs solitaires ou en cyme ombelliformes, involuquées par une spathe membraneuse, uni- ou bivalve. Fleurs trimères, hermaphrodites et actinomorphe. Tépales (3+3), libres ou souvent soudées à la base. Etamines (3+3), introrses. Ovaire infère ou semi-infères triloculaires. Le fruit est capsulaire, parfois ± charnu.

Ex. *Narcissus tingitanus* (endémique du Maroc)

2.2.2. Famille des *Asphodelaceae* Juss. (Ancienne classification : *Liliaceae*)

Cette famille est représentée au Maroc par 11 espèces réparties sur 2 genres. Le feuillage de cette famille est en rosette de feuilles étroites et linéaires, la tige nue portant une hampe florale plus ou moins ramifiée selon les espèces. Les fleurs sont groupées en grappes fleurissant du bas vers le haut, on trouve sur la même grappe les fruits en bas, les fleurs épanouies au centre et les « boutons » en haut. La fleur est constituée de 6 tépales, 6 étamines et 3 carpelles soudés. Les fruits sont des capsules rondes, vertes ou brun-orange. La racine, tubéreuse, est comestible.

Ex. *Asphodelus ramosus* L.

2.2.3. Famille des *Orchidaceae*

Cette famille est la deuxième en nombre d'espèces dans le monde (plus de 22000 concentrées dans les zones tropicales). Au Maroc, on compte environ une quarantaine d'espèces. La majorité des Orchidées sont épiphytes et possèdent de fortes associations avec un champignon du genre *Rhizoctonia*. Vu que les graines des Orchidées sont presque dépourvues de réserves (albumen), ces graines ne peuvent germer que si elles sont envahies par le mycélium de ce champignon qui leur procure les aliments organiques nécessaires. Cette famille est considérée comme étant la plus évoluée à cause des mécanismes ingénieux de leur pollinisation. En effet, dans le cas d'*Ophrys* par exemple, les fleurs imitent dans leurs formes et même dans les odeurs qu'elles dégagent, les individus femelles des agents pollinisateurs (insectes spécialisés, mouches, abeilles, fourmis, ...). Une fois le mâle atterri sur les pétales, il est condamné à toucher et à décrocher les structures qui portent le pollen qu'il va porter sur sa tête comme des antennes (=pollinie). Ainsi, lors de sa prochaine visite d'une autre fleur, il va automatiquement fertiliser ses ovaires.

La majorité des Orchidées sont utilisées par l'homme comme plantes ornementales. L'espèce comestible la plus célèbre de cette famille est le Vanillier, originaire du Mexique oriental.

CA³COZ²⁻¹A¹⁻²G⁽³⁾

2.2.4. Familles des *Asparagaceae*

La famille des *Asparagaceae* est considérée ici au sens de APG. Huit anciennes familles y sont regroupées ; à savoir : *Agavaceae*, *Hyacinthaceae*, *Ruscaceae*, *Anthericaceae*, *Aphyllanthaceae*, *Asparagaceae*, *Convallariaceae* et *Dracaenaceae*.

Cette famille est représentée au Maroc par 49 espèces appartenant à 16 genres.

Ex. *Agave americana* (sabra), *Drimia maritima* (bossila), *Muscari neglectum*, *Ruscus aculeatus* (plante ornementale), *Asparagus acutifolius* (sekkoum).

2.2.5. Famille des *Iridaceae*

Cette famille est représentée au Maroc par 25 espèces appartenant à 5 genres. Ce sont des plantes herbacées, à souche bulbeuse, tuberculée ou rhizomateuse. La majorité des *Iridaceae* sont utilisées par l'homme comme plantes ornementales (très belles fleurs ; genre *Iris*). C'est la famille de la célèbre *Crocus sativus* (safran, zaâfarane) cultivée pour ses stigmates et styles utilisées dans la cuisine.

[(3+3 T) 3 E] G⁽³⁾

3. Sous-classe Commelinidae (Monocots évoluées)

Les plantes de ce groupe contiennent un marqueur chimique, l'acide férulique au niveau de la paroi pectocellulosique et des vaisseaux parfaits.

3.1. Ordre des Arecales (Palmiales)

3.1.1. Famille des *Arecaceae* (Palmaceae)

Cette famille est représentée au Maroc par 2 genres (194) et 3 espèces (2500). Ces espèces sont *Chamaerops humilis* (Doum), *Phoenix canariensis* (arbre ornemental d'avenue dans les villes) et *Phoenix dactylifera* (Palmier dattier ; Nkhal). Le troc (stipe) simple, rarement rameux. Feuilles ordinairement disposées en un bouquet terminal, entières puis lacérées. L'inflorescence est un spadice (épi entouré par une spathe).

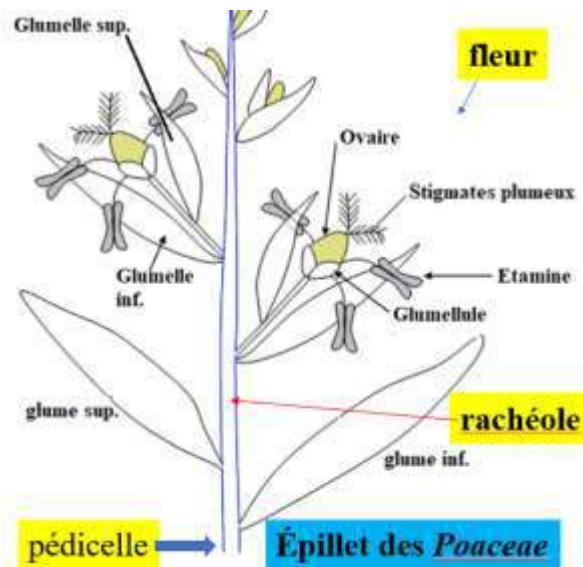
3.2. Ordre des Poales

3.2.1. Famille des *Poaceae* (Graminées)

Cette famille présente une grande richesse spécifique au Maroc. Ses 300 (10 035) espèces réparties sur 120 genres (500) font d'elle la troisième famille en nombre d'espèces parmi les angiospermes du Maroc (cinquième dans le Monde).

Les graminées sont présentes dans presque tous les habitats surtout dans les zones ouvertes (prairies, savanes). Les plantes de cette famille sont caractérisées par une tige cylindrique creuse et cloisonnée. Les limbes présentent une nervation parallèle. Au niveau de la liaison entre la feuille et la gaine, la feuille peut présenter une ligule et deux oreillettes.

L'inflorescence élémentaire est l'épillet qu'est formé d'un axe très court ou rachéole, portant un nombre variable de fleurs de taille réduite. A la base de cet axe, deux bractées stériles latérales, les glumes, de dimensions inégales sont insérées à des niveaux légèrement différents. Sur la rachéole, chaque fleur se développe à l'aisselle d'une bractée qui la recouvre complètement, la glumelle inférieure ou lemme. A l'opposé, se trouve une seconde bractée, la glumelle supérieure ou paléole. La fleur comporte un pistil et habituellement trois étamines entourées des glumellules ou lodicules au nombre de deux ou trois ; ces pièces sont considérées par certains auteurs comme périanthe rudimentaire.



L'androcée est constitué en général de 3 étamines, mais souvent le nombre d'étamines varie entre 1 et 3.

Le gynécée possède un ovaire supère formé d'une loge uniovulée surmontée par un ou deux stigmates plumeux. Le fruit est un caryopse. Il est souvent contenu dans les deux glumelles (orge).

Les plantes de cette famille présentent un très grand intérêt économique pour l'homme vue qu'elle contient toutes les espèces céréalières comme le blé (*Triticum aestivum*) pour le pain, l'orge (*Hordeum vulgare*) pour le pain, le fourrage et la bière. Le riz (*Oryza sativa*), la maïs (*Zea mays*), la canne à sucre (*Saccharum officinarum*) et le Mill (*Sorghum bicolor*). Plusieurs espèces sont utilisées aussi comme fourragères et pour obtenir un gazon (*Cynodon* et *Poa*). L'Alfa (*Stipa tenacissima*) pour la production du papier et pour l'industrie artisanale.

CA⁰CO⁰A^{1 ou 3}G^{(2) ou (3)}

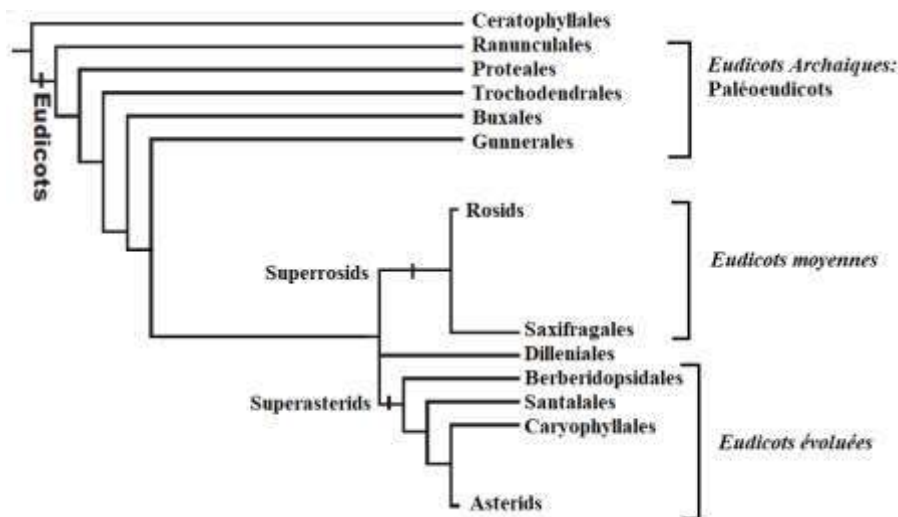
Classe des Eudicots (Eudicotylédones)

Les plantes de cette classe possèdent deux cotylédons et un pollen à trois apertures. Par rapport au monocots, elles possèdent une racine pivotante, une tige ramifiée, des stipules et leurs feuilles comprennent un pétiole, un limbe à nervation pennée ou palmée et possèdent souvent une stipule à la base.

Leurs fleurs diffèrent de celles des Pléodicots et des Monocots par leur forme qui est en général de type 5 (pentamère) ou 4 (tétramère). Ex. 5S+5P+ (5+5)E + 5C et par l'apparition de pétales généralement colorés.

Les Eudicots sont classées en trois sous-classes (**voir cladogramme**) :

- Les **Eudicots archaïques** chez lesquelles la fleur est généralement apétales.
- Les **Eudicots moyennes** : généralement dialypétales.
- Les **Eudicots évoluées** : généralement sympétales.



Cladogramme des Eudicots (d'après APG IV)

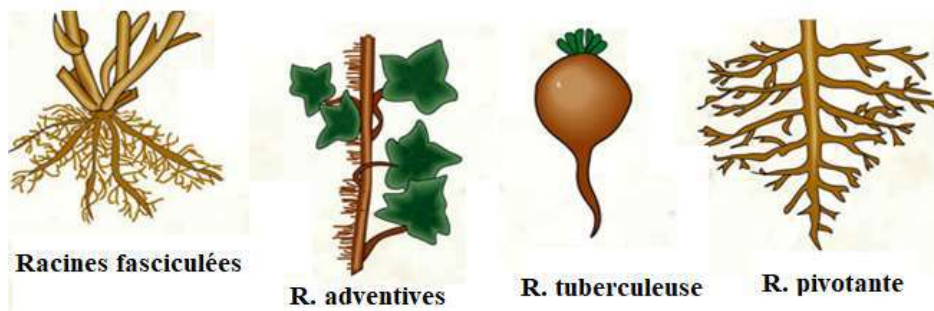


Figure 1. Différents types de racines d'angiospermes.



(a) **Rhizomes.** Tiges souterraines horizontales, généralement épaissies, émettant des tiges dressées et des racines ; ils sont, par exemple, à la base d'un plant d'iris.

(b) **Tubercules.** Un certain nombre de plantes, comme la patate douce, forment des tubercules, tiges souterraines renflées stockant de l'amidon.

(c) **Bulbes.** L'oignon est un exemple de bulbe, tige courte recouverte de feuilles charnues.

(d) **Cormes.** Le glaïeul possède une corme, qui ressemble à un bulbe mais dont les feuilles sont petites et fines et les réserves sont stockées dans la tige plutôt que dans les feuilles.

Figure 2. Tiges souterraines.

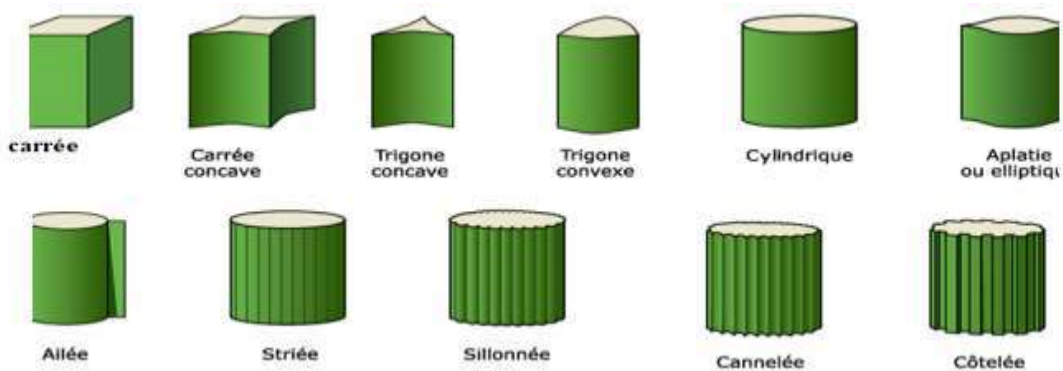
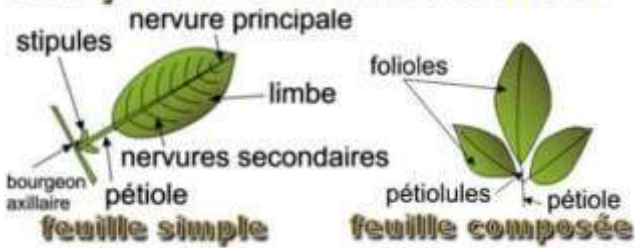


Figure 3. Différentes formes de la section transversale de la tige d'angiospermes

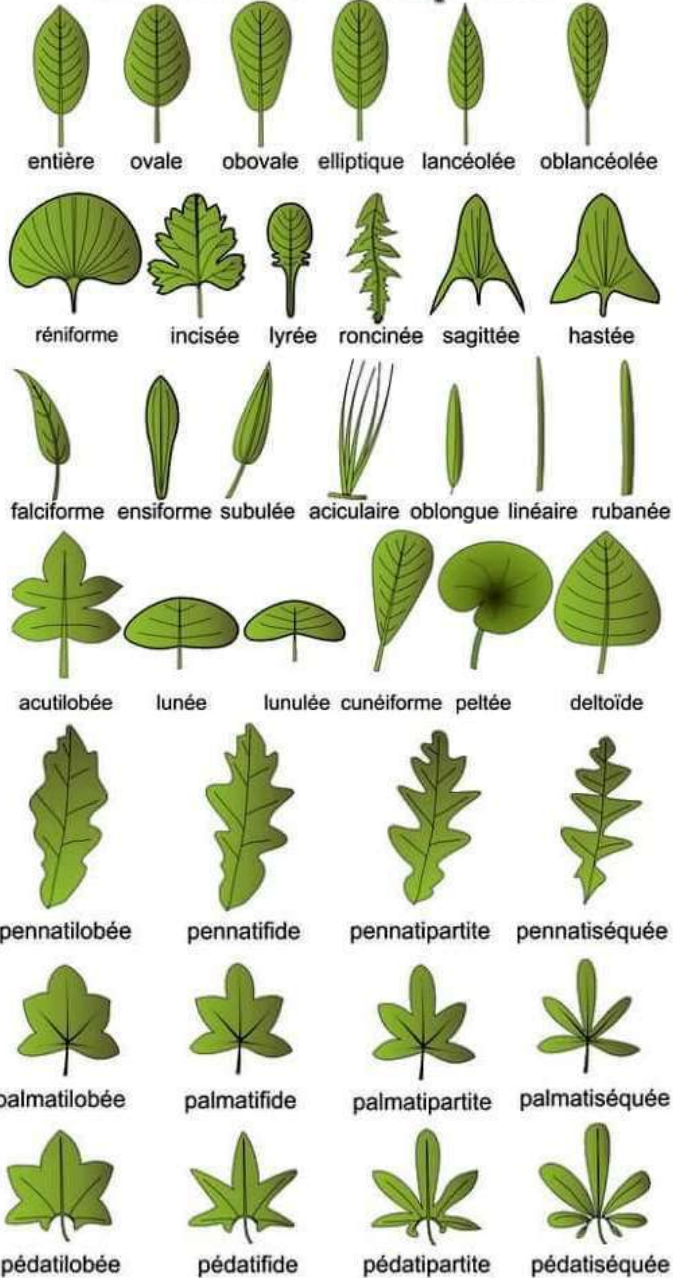
les parties d'une feuille



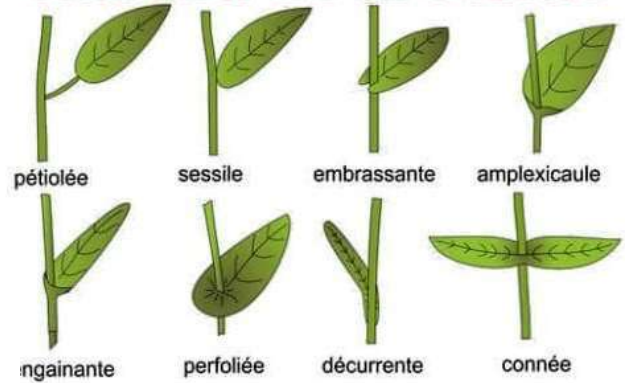
feuille simple

feuille composée

feuilles simples



fixation de la feuille



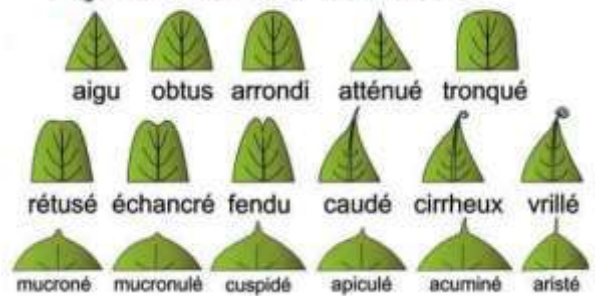
feuilles composées



bordure du limbe



apex de la feuille



base du limbe

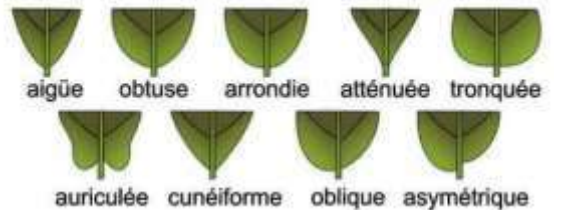


Figure 4. Caractéristiques des feuilles d'angiospermes

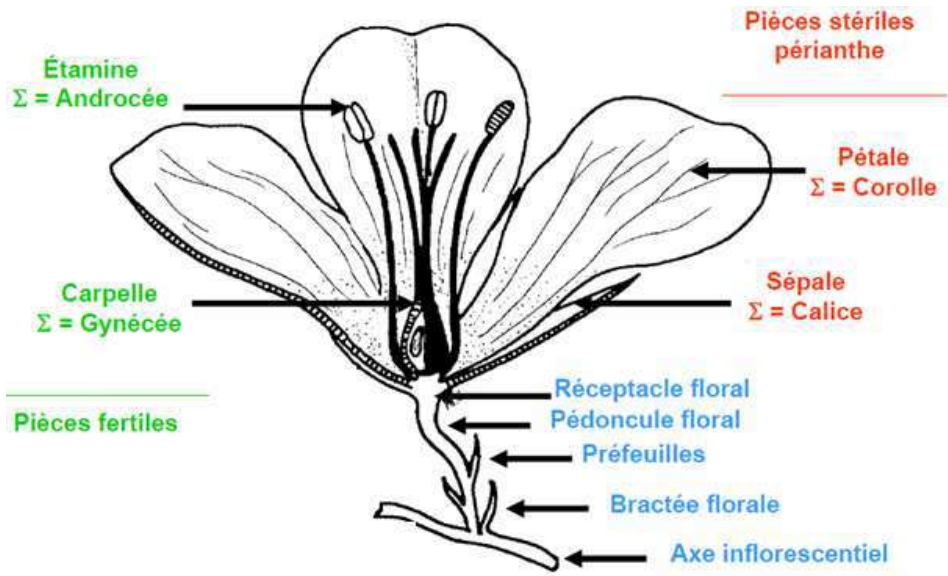


Figure 5. Coupe longitudinale d'une fleur 'type' d'Angiosperme.

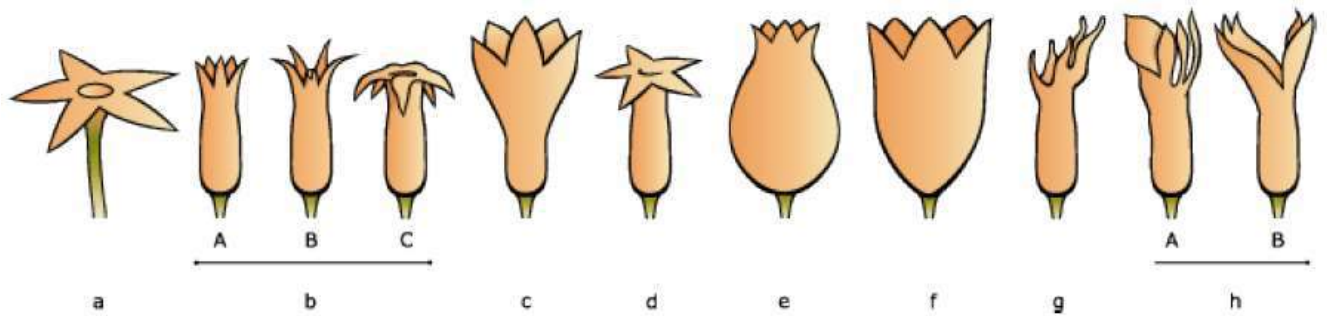


Figure 6. Principaux types de calices. a-f : calices actinomorphes; g-h : calices zygomorphes.

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

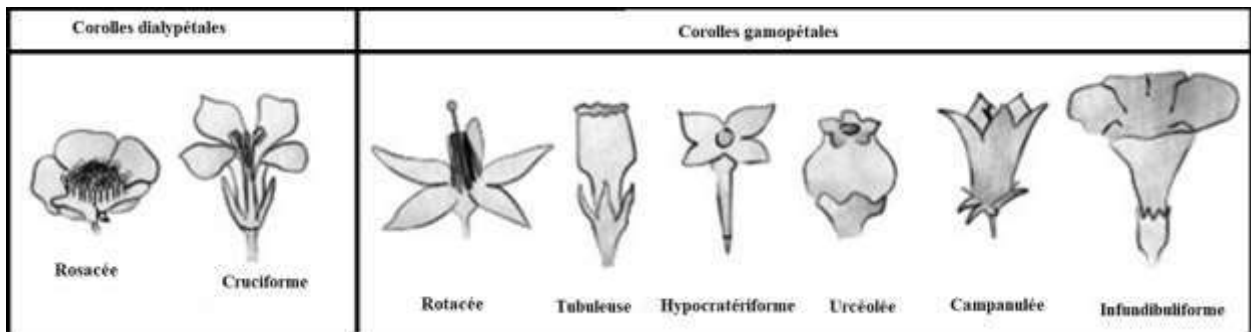


Figure 7a. Principaux types de corolles actinomorphes

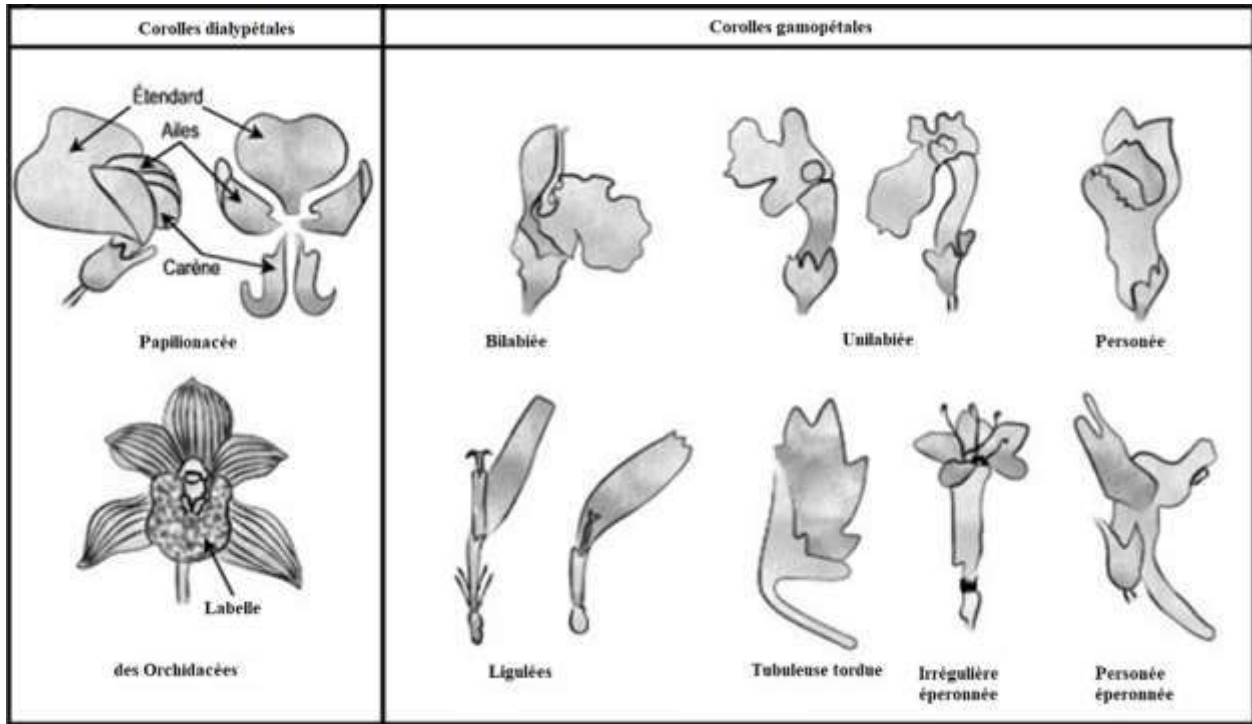


Figure 7b. Principaux types de corolles zygomorphes

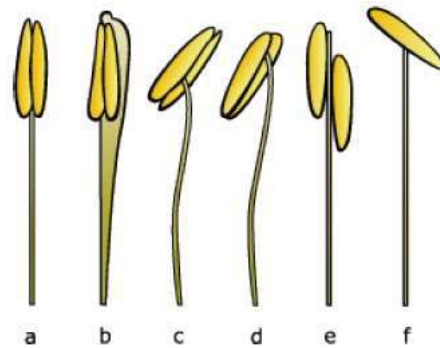


Figure 8. Principaux types de position des anthères par rapport au filet : a. basifixe ou innée - b. adnée -c. médifixe -d. apicifixe -e. à thèques décalées -f. monothèque (médifixe)

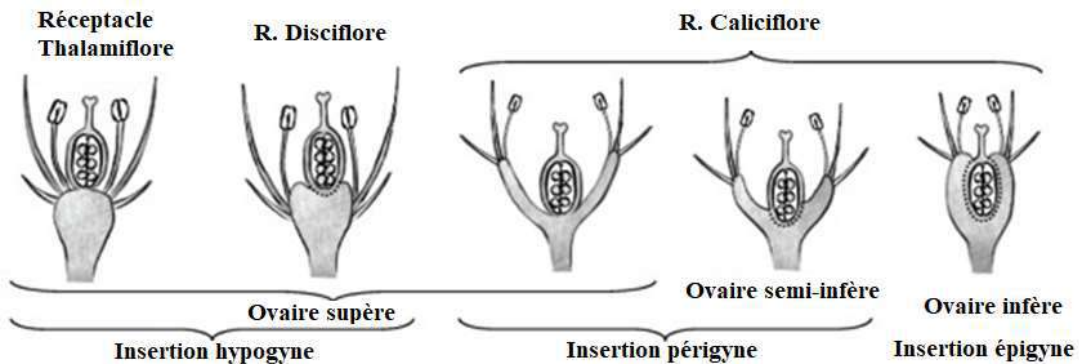


Figure 9. Position relative du gynécée dans la fleur

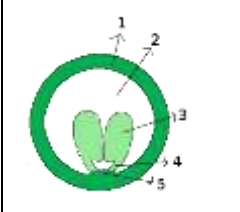


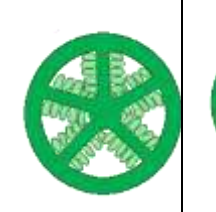
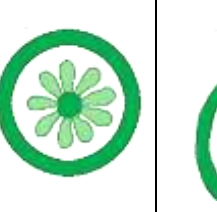

					
Placentation marginale.	Placentation axile	Placentation pariétale	Placentation laminaire	Placentation centrale	Placentation basale

Figure 10. Principaux types de placentation : Légende : 1 ; paroi de l'ovaire, 2 ; loge, 3 ; ovule, 4 ; funicule, 5 ; placenta.

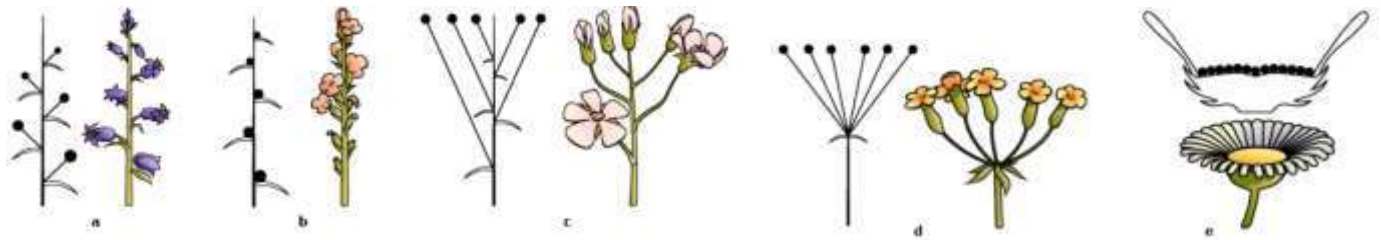
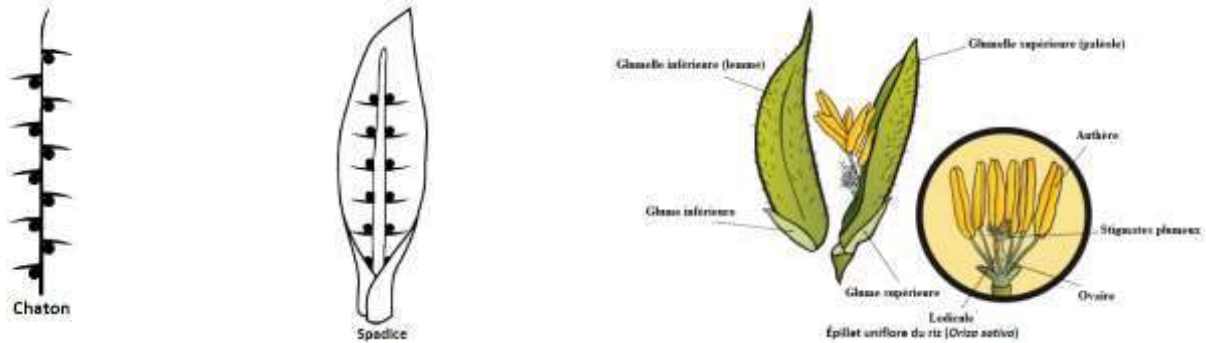


Figure 11a. Inflorescences simples monopodiales (ou racémeuses ou indéfinies) : a ; grappe, b ; épi, c ; corymbe, d ; ombelle, e ; capitule

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



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

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

(3) l'**épillet** : inflorescence partielle des *Poaceae*, sorte d'épi extrêmement spécialisé.

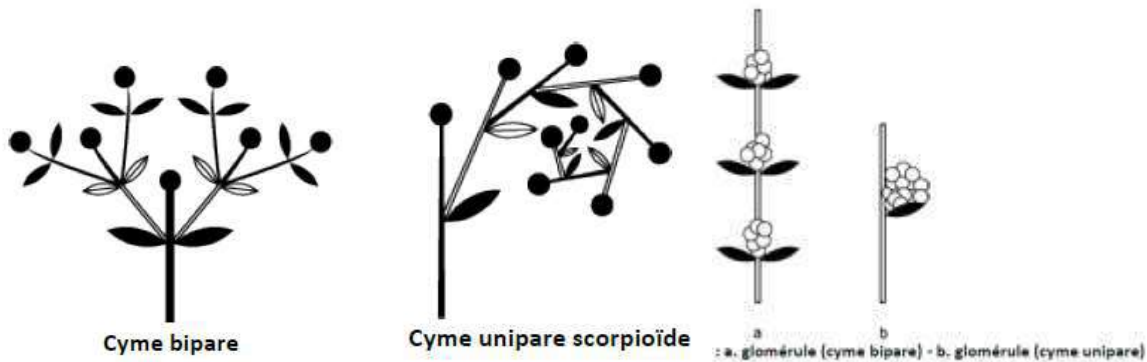


Figure 11b. Les inflorescences simples sympodiales (ou cymeuses ou définies).

Dans un fruit, on reconnaît trois ensembles cellulaires (**fig. 12.1**) qui forment le **péricarpe** :

- l'**épicarpe** correspondant à l'épiderme externe du fruit ;
- le **mésocarpe** (le tissu médian) ;
- l'**endocarpe** ou épiderme interne.

Les transformations peuvent affecter, aussi, le réceptacle floral qui peut s'hypertrophier comme chez la pomme (**fig. 12.2**). Dans ce cas, on n'est plus en présence d'un fruit, *sensu stricto*, mais de quelque chose de complexe qui porte le nom de **pseudo-fruit**, ou **faux fruit**. On l'oppose donc au **vrai fruit**.

Ces notions de vrais et faux fruits sont à rattacher à la position de l'ovaire sur le réceptacle. Ainsi, l'ovaire supère donne de vrais fruits et l'ovaire infère, invaginé et protégé par les parois du réceptacle donne des faux fruits.

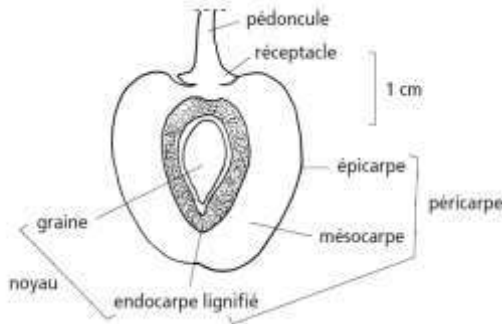


Figure 12.1. Formation d'un fruit

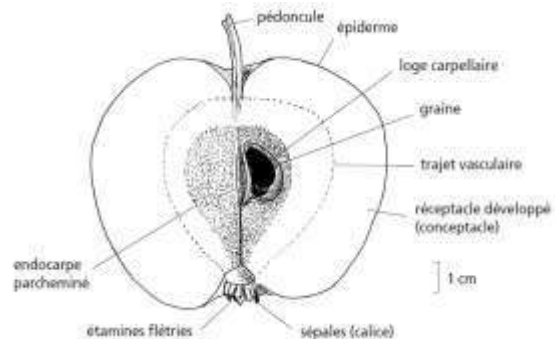


Figure 12.2. Coupe longitudinale d'une pomme.

a. Les vrais fruits

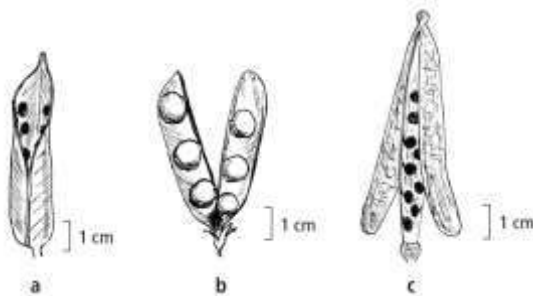


Figure 12.3. Exemples de fruits secs déhiscents : **a**, follicule de l'hellébore ; **b**, la gousse de pois ; **c**, la silique de la moutarde.

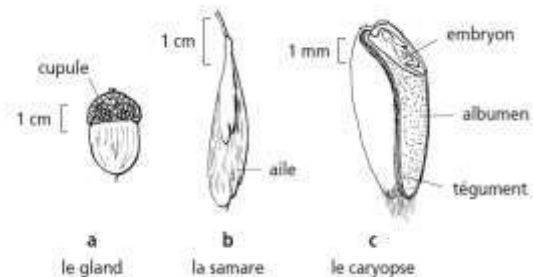


Figure 12.4. Exemples de fruits secs indéhiscents : **a**, le gland du chêne est un akène ; **b**, la samare du frêne ; **c**, le caryopse de blé (coupe).

Dans les **fruits charnus**, les parois du mésocarpe s'hypertrophient pour donner la pulpe. Deux types sont reconnaissables :

- les **baies** entièrement charnues comme le raisin (**fig. 12.5**) et la tomate ou globuleuse : l'orange ;
- les **drupes** dont l'endocarpe lignifié forme un **noyau** qui protège les graines appelées aussi **amandes** : la cerise (**fig. 12.6**).

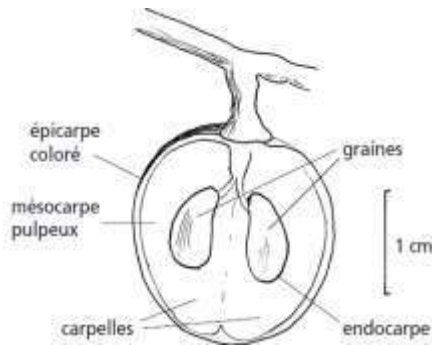


Figure 12.5. La baie de raisin.

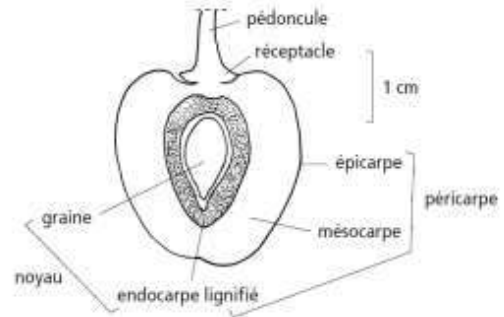


Figure 12.6. La drupe de cerise.

b. Les pseudo-fruits ou faux fruits

La pomme est l'exemple classique de pseudo-fruit. Elle comporte 5 loges centrales, aux parois membraneuses, qui contiennent chacune deux graines (les pépins) (fig. 12.2). La partie charnue peut être comprise de diverses manières suivant l'interprétation que l'on donne aux limites de l'ovaire infère. La paroi membraneuse des loges représente l'endocarpe tandis que la partie charnue serait pour partie d'origine péricarpique et pour partie d'origine réceptaculaire. Pour d'autres auteurs, la paroi membraneuse des loges correspondrait à la totalité du carpelle.

Chez le fraisier (fig. 12.7) la partie charnue est d'origine réceptaculaire et les fruits sont les akènes disposés dessus selon des spirales génératrices.

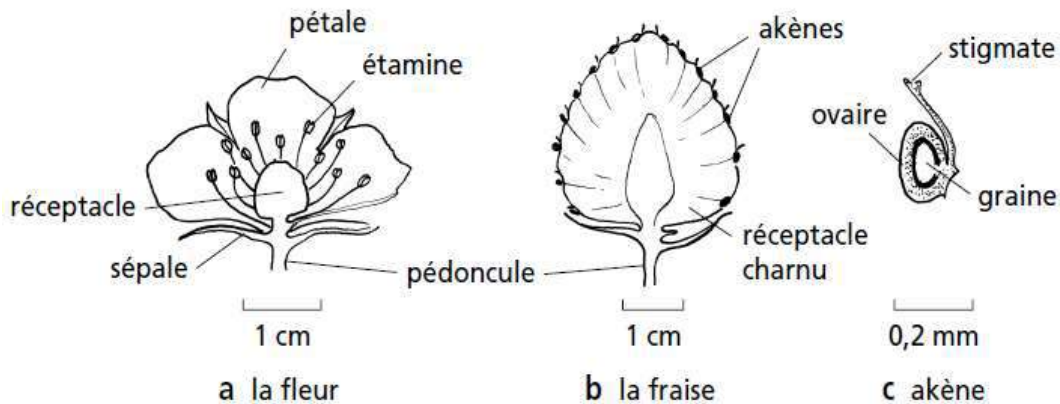


Figure 12.7. Le fraisier : a, coupe longitudinale de la fleur ; b, coupe longitudinale du « fruit » ; c, détail d'un akène.

c) Les fruits composés

La liste des fruits ne serait pas complète sans les fruits composés, qui sont des ensembles auxquels participe l'ensemble des fleurs d'une inflorescence. Chez la figue (fig. 12.8) c'est le réceptacle de l'inflorescence qui est charnu et creux. Les fruits sont des akènes disposés à l'intérieur. L'ananas est la coalescence des baies, des bractées et de l'axe d'une inflorescence.

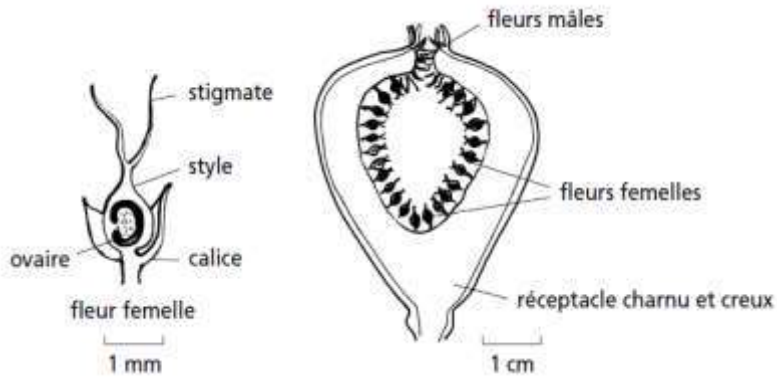


Figure 12.8. Le figuier : a, détail de l'une des fleurs femelles ; b, coupe longitudinale du fruit (la figure est l'homologue d'un capitule invaginé).

Figure 12. Les différents types de fruits d'Angiospermes

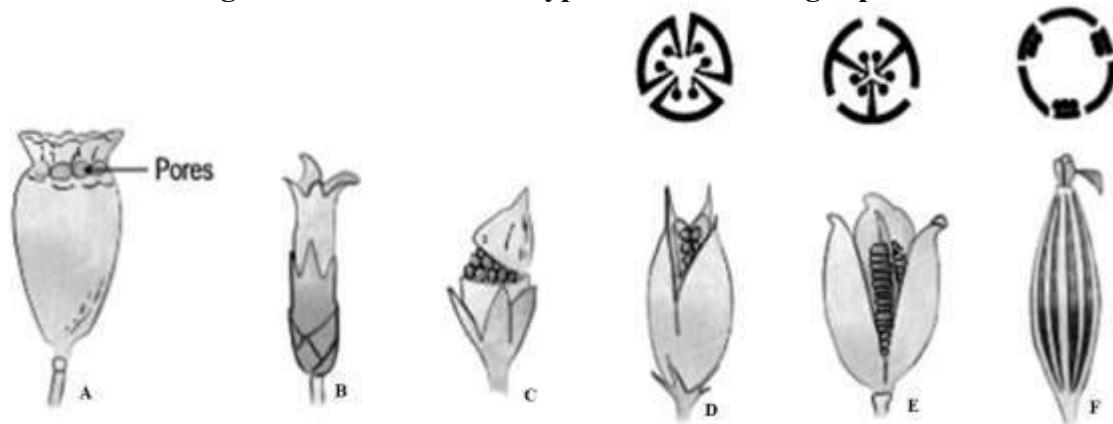
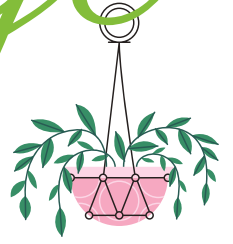


Figure 13. Type de déhiscence ou d'ouverture de capsules : A ; poricide, B ; denticide, C ; pyxide, D ; septicide, E ; loculicide, F ; valvicide.

Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

