

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
معهد العلوم و التكنولوجيا
Institut des sciences et de la technologie
قسم علوم الطبيعة و الحياة
Département des sciences de la nature et de la vie



Cours de Biodiversité et Biosystématique

Dr. Y. Torche



Année 2021/2022

Fiche Matière

Matière : Biodiversité et biosystématique.

Unité d'Enseignement : UE Découverte.

Semestre : 1 (master 2) - **Année Universitaire :** 2021/2022 - **Crédit :** 02 - **Coefficient :** 02.

Volume horaire d'enseignement hebdomadaire :

- 1h Cours.
- 1h TD.

Évaluation : Continue, Examen final

Pour toute information vous pouvez joindre le responsable de la matière :

- ❖ **Par email :** torche.yacine@yahoo.fr
- ❖ **Ou au département SNV les Jeudis de 11h00 à 12h00.**

Objectifs du cours et prérequis

❖ *Objectif de l'enseignement :*

a. La Biosystématique :

- ☞ Se familiariser avec la systématique botanique.
- ☞ Connaître les grandes familles botaniques.
- ☞ Connaître les différentes classifications du vivant.
- ☞ Assimiler la biosystématique moléculaire.

b. La biodiversité végétale :

- ☞ Comprendre ce que c'est que la biodiversité.
- ☞ Connaître la menace qui pèse sur la biodiversité.
- ☞ Prendre conscience de l'état actuel de la biodiversité en Algérie.
- ☞ Se familiariser avec les espèces endémiques et en danger d'extinction en Algérie.
- ☞ Prendre conscience de la nécessité de protéger la biodiversité et influencer son entourage dans ce but.

❖ *Prérequis :*

Pour que l'apprenant soit en mesure de suivre ce cours il doit préalablement avoir des connaissances sûres :

- ☞ La botanique.
- ☞ La reproduction des végétaux.
- ☞ La systématique Linnéenne.
- ☞ L'écologie générale.

Table des matières

Aucune entrée de table des matières n'a été trouvée.

Chapitre I : La biosystématique

I. Les classifications : utilitaires, morphologiques et phylogénétiques

A plant's name is the key to its literature, (Van Steenis, 1957).

One of the greatest assets of a sound classification is its predictive value, (Mayr, 1969).

1. La taxonomie :

La taxonomie est la théorie et la pratique de la description, de la dénomination et de la classification des organismes (Lincoln, Boxshall et Clark 1998). Elle est chargée d'ordonner la diversité du vivant : elle fournit une méthode synthétique pour classer et désigner les organismes, permettant une communication efficace. En taxonomie, les organismes sont les objets et les taxons sont les classes ou les espèces naturelles d'une sorte. Les taxons sont des concepts ou des énoncés définis par des propriétés communes ou les relations de leurs membres : ils sont créés mais n'ont pas d'existence physique ; ils peuvent être modifiés mais n'évoluent pas ; ils peuvent être abandonnés mais ne s'éteignent pas (Rapini A, 2004).

2. La systématique :

La systématique est un terme connexe, parfois utilisé comme synonyme, mais implique une discipline plus large consistant à découvrir des relations phylogénétiques grâce à des méthodes expérimentales modernes utilisant l'anatomie comparative, la cytogénétique, l'écologie, la morphologie, les données moléculaires ou d'autres données (Stuessy 1990). Il pourrait également être plus généralement défini comme la science du développement de méthodes pour le groupement systématique des organismes.

3. Historique de la classification botanique :

3.1 L'antiquité :

La première classification à connotation biologique est celle d'*Aristote* (384-322 av. J.-C.). Aristote à classer ses substances dans « le buissonnement gigantesque des êtres ». Il affirmait que les plantes constituent la transition entre le monde inanimé et le monde animé et croyait en de possibles transitions des plantes aux animaux.

Théophraste (371-287 av. J. -C.) a décrit environ 500 plantes. Il fut le premier à nommer les plantes et à réfléchir à la manière dont elles devraient être ordonnées en utilisant plusieurs caractères. D'ailleurs il utilisera ces caractères pour écrire ces 9 livres composant le « *Historia Plantarum* », la classification des plantes étudiées par ce dernier repose de façon importante sur le caractère utilitaire des plantes décrites : 1) L'anatomie des plantes, 2) Les plantes domestiquées et leur culture, 3) les plantes sauvages, 4) Les arbres et les arbrisseaux, 5) les caractéristiques des différents bois, 6) les herbes vivaces, 7) les légumes et leur culture, 8) les céréales, 9) les drogues médicinales. Après que les livres d'Alexandrie eurent été brûlés,

la contribution de Théophraste fut largement ignorée pendant plus de 1 500 ans, jusqu'à ce que son Enquête sur les plantes soit retraduite en latin par Teodoro de Gaza au XVe siècle à partir d'un manuscrit arabe découvert dans la bibliothèque du Vatican.

Théophraste a été suivi par *Dioscoride*, un médecin grec qui a produit un guide de terrain sur les plantes utiles, en particulier pour la médecine, et par *Pline*, un avocat romain qui a compilé la plupart des informations d'histoire naturelle accumulées jusqu'à son temps. « *La Materia Medica* » de Dioscoride (environ 600 plantes) et « *l'Histoire Naturelle de Pline* » (environ 800 plantes) ont été publiés presque en même temps (60-80 apr. J. -C) et sont devenus les principales références botaniques au Moyen Âge (Ve au XVe siècles apr. J. -C).

3.2 Le moyen âge :

À l'époque médiévale, les contributions arabes à la connaissance des plantes se focalisaient aux innovations dans l'agriculture et la médecine, en plus des reproductions de manuscrits de l'antiquité, les érudits musulmans se sont intéressés à l'étude de la botanique et de ses nombreux aspects. Parmi les plus célèbres de leurs savants dans ce domaine se trouve *Ibn al-Bitar* (1197-1248 apr. J. -C), auteur du livre « *Al-Jami` fi al-Dawa' al-Mufradah* » principale œuvre d'Ibn al-Bitar, cette pharmacopée, classée par ordre alphabétique, s'appuyant notamment sur les œuvres de Dioscoride, *Galien*, *Al-Razi* et *Avicenne*, auxquelles il ajoute ses propres observations et corrections, Ibn al-Bitar répertorie et décrit l'usage d'environ 1 400 substances d'origine végétale, animale et minérale. Son œuvre sera utilisée et traduite durant tout le Moyen Âge.

3.3 La Classification morphologique :

3.3.1 La renaissance :

L'histoire naturelle croit à la Renaissance. Les herboristes allemands *Brunfels*, *Bock*, *Cordus* et *Fuchs* ont produit leurs propres livres botaniques et médicaux, et les plantes médicinales se sont répandues dans tout le pourtour méditerranéen. Avec les grands voyages exploratoires de cette période, de nombreuses nouvelles plantes curieuses sont arrivées en Europe en provenance d'Orient et du Nouveau Monde, et au XVIe siècle, les universités ont commencé à s'intéresser à l'étude des plantes. Les planteurs étaient également intéressés à décrire les plantes et pas seulement leurs utilisations, comme le faisaient la plupart des herboristes. En Italie, *Luca Ghini* a créé le premier jardin botanique européen à Pise, et son élève *Andrea Cesalpino* a préparé un herbier (collection de plantes séchées) à Bologne, aujourd'hui conservé au Musée d'histoire naturelle de Florence.

Cesalpino (1519-1603) renouvelle la recherche d'ordre de Théophraste et prône une méthode pour organiser les plantes selon leurs affinités. Il a également utilisé la croissance

des plantes, un caractère récurrent dans plusieurs systèmes, mais l'a associée aux propriétés des fruits et des graines.

La méthode de Césalpino pour la classification des plantes a été encore améliorée par **John Ray**. Ray avait inclus plus de 18 500 « espèces » de plantes dans son « *Historia Plantarum* » (1686-1704), une méthode pour l'arrangement de ces plantes était donc nécessaire. Ray a utilisé la croissance des plantes comme critère principal, l'associant au nombre de cotylédons, un caractère influent dans les systèmes ultérieurs. Selon « *le Methodus Plantarum Emendata* » de Ray (1703), la méthode de classification doit être suggérée par les plantes et non imposée : les groupes doivent être ordonnés selon leurs affinités, et ils doivent être clairement reconnus et suffisamment stables pour éviter toute confusion. Ray établissait une nouvelle discipline scientifique pour les planteurs : la taxonomie (un terme introduit seulement par **Augustin Pyramus** de Candolle plus d'un siècle plus tard), établissant ainsi un cours pour les contributions de Linné.

3.3.2 Le 17^{ème} siècle, les bases de la botanique moderne :

3.3.2.1 Linné, inventeur de la nomenclature moderne :

Le grand mérite de Linné dans la classification des plantes est d'avoir synthétisé les données de ses prédécesseurs en reprenant la notion de genre (mise au point par **Tournefort**) ainsi que celle d'espèce (mise en place par Ray) afin d'établir une classification totalement artificielle ne tenant compte que d'un critère qu'il a basé sur les organes sexuels. Cela lui permet toutefois de classer l'ensemble du monde végétal connu à l'époque (Plantefol L, 2001).

Dans « *Species Plantarum* », publié en 1753, le botaniste suédois **Carl Linné** a nommé 5 890 espèces de plantes et 1 097 genres de différentes parties du monde. Linné fut le premier à appliquer les binômes latins de manière cohérente et à utiliser un système de classification hiérarchique prenant en compte cinq catégories : espèces, genres, ordres, classes et royaumes ; la plupart des traitements antérieurs utilisaient des étiquettes polynomiales décrivant des caractéristiques diagnostiques et des catégories à peine reconnues au-dessus du genre. Son concept d'espèce était dérivé de John Ray, tandis que son concept de genre était basé sur les près de 700 genres considérés par Joseph Pitton de Tournefort dans les années 1700.

Jusqu'à-là, les plantes étaient décrites par de courtes phrases latines rappelant leurs principales caractéristiques (polynômes). Linné invente et fixe la nomenclature binomiale (2 termes) en faisant suivre le nom du genre par celui de l'espèce.

Exemple : La pâquerette, par exemple, qui était décrite par le polynôme suivant « *Bellis scapo nudo unifloro* » devint « *Bellis perennis* » (*Bellis* étant le genre, *Bellis perennis* l'espèce) nom encore utilisé actuellement.

La standardisation simple promue par Linné pour nommer les taxons a été incorporée dans la botanique depuis et est toujours utilisée aujourd'hui. Son système sexuel a été l'un des premiers à mettre l'accent sur les caractéristiques florales dans la classification, reconnaissant 24 classes basées sur le nombre et la disposition des étamines et subdivisant ces classes en ordres selon le nombre de pistils. Néanmoins, Linné n'était pas strict avec sa propre méthode artificielle et a finalement inclus des espèces avec différents nombres d'étamines dans le même genre, espèces qui autrement seraient traitées comme des classes différentes. A la suite de Ray, Linné pensait aussi que les caractères devaient être désignés par taxons, et non le contraire, et croyait que des groupes naturels existaient, bien qu'il soit impossible que ces groupes soient révélés à cette époque. Une avancée dans ce sens devra attendre « *Genera Plantarum* », qui fut publié par *Antoine Laurent de Jussieu* en 1789.

3.3.3 Le 18^{ème} et le 19^{ème} siècle :

Décrire les genres et les ordres (actuellement appelés familles) et en les regroupant en classes (maintenant, des ordres), le travail de de Jussieu sur 100 familles est la base de notre système actuel. Il a reconnu les groupes de plus de 1 et de moins de 100 membres, une fourchette raisonnable pour favoriser la mémorisation. De Jussieu a également proposé un système synthétique basé sur des similitudes générales, définissant des groupes basés sur une combinaison de caractères différents ; il considérait les caractéristiques au sein des groupes comme invariables, une classification naturelle faisant intervenir un maximum de caractères en les hiérarchisant. Il crée trois grands groupes acotylédones, monocotylédones et dicotylédones divisés en 15 classes et 100 sous-groupes.

Le système de De Jussieu a été suivi par d'autres systèmes naturels. Le professeur suisse de botanique *Augustin Pyramus de Candolle*, par exemple, a essayé de décrire les plantes vasculaires dans son « *Prodromus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis* ». Ce travail a commencé en 1824 et a été poursuivi par son fils et son petit-fils, *Alphonse* et *Casimir de Candolle*, respectivement, pour ne pas avoir terminé les dicotylédones jusqu'en 1873. À cette époque, le nombre d'espèces approchait dix fois le nombre que Linné avait considéré. Des systèmes naturels ont également été construits, par exemple, par les Anglais *Bentham* et *Hooker*, qui ont préparé le « *Genera Plantarum* » en 3 volumes (1862-1883), et plus tard, par les Allemands *Engler* et *Prantl* dans leurs 23 volumes « *Die Natürlichen Pflanzenfamilien* » (1887–1915).

3.4 Les classifications évolutives :

3.4.1 Fixisme et transformisme :

En 1800, *Lamarck* (1744-1829) remît en cause, devant l'Académie des Sciences de Paris, le fixisme adopté depuis Aristote et défend l'idée selon laquelle les espèces peuvent dans leur descendance subir des transformations et être à l'origine d'autres espèces (théorie du transformisme). Cette notion d'évolution qui provoqua de très violents débats avec les tenants du fixisme allait s'imposer quelques années plus tard avec *Charles Darwin*.

Ce dernier dans son ouvrage controversé « *On the origin of species* » allait exposer ses thèses et révolutionner la pensée naturaliste. Il met fin à la théorie du fixisme en proposant l'idée d'évolution des espèces par la sélection naturelle (celle que dicte le milieu). Pour Darwin, de nouvelles espèces apparaissent alors que d'autres disparaissent. C'est le milieu naturel qui sélectionne les espèces possédant les nouveaux caractères qui permettent qu'elles perdurent ou au contraire les fassent disparaître. Darwin n'était pas d'accord avec les systèmes naturels de son temps car ils ne tenaient pas compte des relations généalogiques dans leurs classifications. Pour lui, les degrés de similitude ne devraient être utilisés que pour révéler un descendant d'un ancêtre commun sur lequel les taxons devraient être basés. Si Darwin faisait déjà appel à un type de classification phylogénétique, il faudrait plus d'un siècle pour qu'il se consolide en botanique (Padian K, 1999 ; Goujet D., Le Thomas A, 2001)

Cette théorie n'est pas tout à fait la même que celle de Lamarck dont Darwin avait étudié les travaux. En effet, pour Lamarck, c'est l'être vivant qui s'adapte au milieu par la survenue d'un nouveau caractère qu'il transmet ensuite à sa descendance alors que pour Darwin, c'est le milieu qui sélectionne les êtres vivants chez lesquels l'apparition d'un nouveau caractère favorise l'adaptation d'une espèce (Piroux A, 2002).

3.4.2 L'adaptatisme :

Avec l'idée de sélection naturelle et donc l'adaptation et la réponse des espèces à leurs milieux apparaît une nouvelle façon de considérer la classification botanique. À côté des classifications naturelles de plus en plus élaborées (car tenant compte d'un nombre de plus en plus important de critères, notamment avec l'apparition de nouveaux matériels tel que le microscope) vont apparaître des classifications évolutives, c'est à dire basées sur la filiation des espèces en fonction de leur degré à s'adapter et à évoluer dans un milieu donné.

En 1915, l'Américain *Charles Bessey*, proposa un système influent, dans sa « *Phylogenetic Taxonomy of Flowering Plants* ». Malgré le titre, son système était évolutionniste. À la suite de Ray et de Jussieu, Bessey a également utilisé le nombre de cotylédons comme caractères importants, et la plupart des systèmes évolutifs ultérieurs jusqu'à

la fin du XXe siècle, tels que ceux proposés par *Armen Takhtajan*, *Arthur Cronquist*, *Robert Thorne* et *Rolf Dahlgren*, ont continué à diviser les plantes à fleurs en dicotylédones et monocotylédones. Ces auteurs évolutionnistes ont utilisé une énorme quantité d'informations, de la phytochimie et de l'anatomie à la morphologie et à l'écologie ordinaires, pour déduire des relations évolutives. Les taxons ont ensuite été construits sur la base de groupes, comme le révèle une combinaison d'évolution commune et de degré de similitudes et de différences.

3.4.3 La phénétique :

La phénétique est une méthode de classification fondée sur l'évaluation mathématique de la ressemblance globale entre les organismes et prenant en compte, de manière équivalente, le maximum de caractères (Dictionnaire LAROUSSE). Cette méthode regroupe des plantes ayant en commun une partie de leur génome, et donc plusieurs caractères, ces plantes présentent un taux de ressemblance phénotypique élevé. Tous les caractères étant susceptibles de varier, le nombre de caractères étudiés est donc infini.

On pourrait penser qu'une telle classification refléterait la généalogie si le degré de ressemblance était une fonction linéaire du temps (Piroux A, 2002), la différence morphologique suffirait alors à rendre compte de la proximité ou de l'éloignement généalogique entre les organismes. Cependant, l'expérience a montré que les similitudes entre deux organismes ne témoignent pas systématiquement d'un passé commun.

Les classifications naturelles (expliquées plus haut dans le cours) furent souvent basées sur la variation de critères morphologiques, elles sont aujourd'hui basées en partie encore sur ceux-ci (en effet c'est ce qu'on voit en premier chez une plante) mais aussi sur de nouveaux critères observables grâce aux progrès des sciences biologiques (biologie cellulaire, biochimie, et surtout la biologie moléculaire).

Parmi les critères utilisés, citons :

- Les caractères morphologiques (anatomie des feuilles, des tiges, des racines).
- Les caractères palynologiques (la taille, la forme et l'ornementation des grains de pollen)
- Les caractères cytologiques (forme et nombre des chromosomes par exemple).
- Les caractères physiologiques (différents modes de photosynthèse et de métabolisme).
- Les caractères écologiques (aptitudes des espèces à se développer dans des milieux précis).
- Les caractères chimiques : de nombreuses substances ne sont en effet synthétisées que par un groupe bien particulier de plantes, par exemple les hétérosides cardiotoniques (utilisés dans l'insuffisance cardiaque) de la digitale ne se trouvent que dans le genre *Digitalis*.
- Les caractères moléculaires : Bases des classifications modernes. (Piroux A, 2002).

3.5 La classification phylogénétique (ou cladistique) :

Bien que l'entomologiste allemand *Willi Hennig* ait publié le livre « *Phylogenetic Systematics* » au milieu des années 1950, la phylogénétique n'est devenue populaire en botanique que des décennies plus tard.

Introduite par **Bremer** et *Wantorp*, l'approche phylogénétique a rapidement changé la façon dont les plantes étaient classées. Dans un système phylogénétique, les classifications ne doivent considérer que les taxons monophylétiques (également traités comme « holophylétiques » par certains). Les groupes monophylétiques (ou **clades**, puis cladistiques) sont ceux qui comprennent un ancêtre commun et tous ses descendants ; par conséquent, ces groupes sont reconnus par des synapomorphies, c'est-à-dire des caractéristiques partagées en raison de leur ascendance commune.

Par conséquent, une classification phylogénétique nécessite avant tout des hypothèses de relations ancestrales, qui sont généralement représentées dans un arbre phylogénétique : un diagramme ramifié composé de nœuds internes, représentant des ancêtres hypothétiques, et de terminaux, représentant des organismes. Semblable à un système artificiel, les classifications phylogénétiques reposent également sur une propriété unique de leurs membres, également établie a priori : l'ascendance exclusive commune, même si de nombreux caractères sont habituellement considérés pour reconstituer cette relation.

3.5.1 Les clades :

Un clade (du grec ancien κλάδος (kládos) « branche »), également connu sous le nom de groupe monophylétique ou groupe naturel, est un groupe d'organismes monophylétiques, c'est-à-dire composé d'un ancêtre commun et de tous ses descendants en ligne directe. - sur un arbre phylogénétique.[2] Plutôt que le terme anglais, le terme latin équivalent clade (pluriel cladus) est souvent utilisé dans la littérature taxonomique.

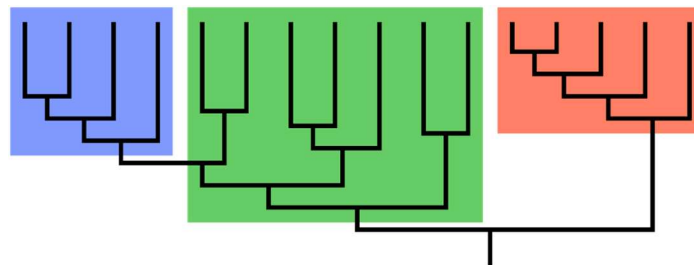


Figure 1.1 : Cladogramme (arbre généalogique) d'un groupe biologique. Le dernier ancêtre commun est la tige de la ligne verticale en bas. Les sous-groupes bleu et rouge sont des clades ; chacun montre sa tige ancêtre commune au bas de la branche du sous-groupe. Le sous-groupe vert n'est pas un clade ; c'est un groupe paraphylétique (réuni sur d'autres considérations), car il exclut la branche bleue qui descend du même ancêtre commun. Les sous-groupes vert et bleu forment à nouveau un clade.

L'ancêtre commun peut être un individu, une population ou une espèce (éteinte ou existante). Les clades sont imbriqués les uns dans les autres, chaque branche se scindant à son tour en branches plus petites. Ces divisions reflètent l'histoire de l'adaptation alors que les populations ont divergé et évolué indépendamment. Les clades sont appelés groupes monophylétiques (en grec : « un clan »).

3.5.2 Les groupes polyphylétiques et paraphylétiques :

Les systèmes évolutifs et phylogénétiques ne reconnaissent que les groupes dérivés d'un ancêtre commun, empêchant ainsi la reconnaissance de groupes polyphylétiques, ceux reconnus par homoplasies (convergences ou réversions), c'est-à-dire des traits qui apparaissent plus d'une fois indépendamment. Néanmoins, en plus des clades, les systèmes évolutifs reconnaissent également des grades (groupes paraphylétiques), qui sont commodément découplés des clades immédiatement imbriqués en raison de leur degré de dissemblance.

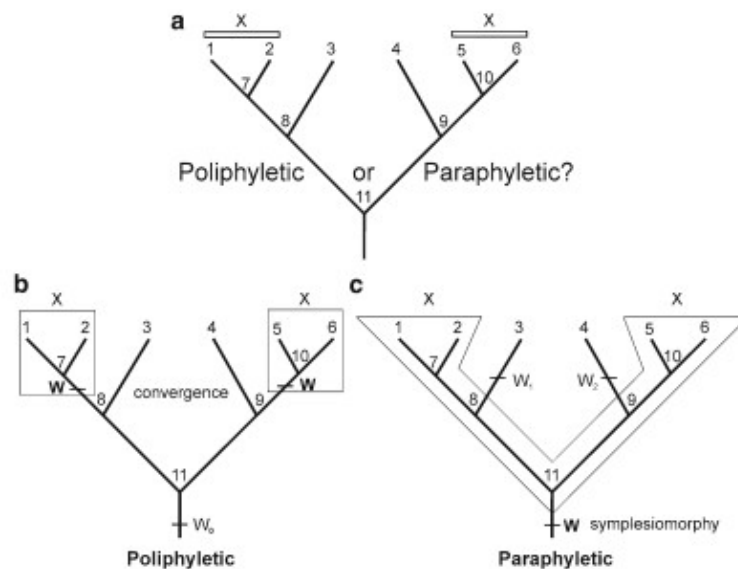


Figure 1.2 : *Arbre phylogénétique, avec les bornes (1 – 6) et les nœuds internes (7 – 11) numérotés. Le taxon X est reconnu par la caractéristique W et comprend les bornes 1, 2, 5 et 6 (a). Grâce à ces informations, il est possible de conclure que X n'est pas monophylétique. Cependant, pour décider de la nature phylogénétique d'un taxon, il est nécessaire de vérifier si l'ancêtre commun de ses membres (11, dans cet exemple) est inclus, auquel on ne peut accéder que par convention ou en comprenant l'évolution de l'intention du taxon (W, dans cet exemple). Si la caractéristique W est apparue deux fois indépendamment (convergence), alors le taxon X est polyphylétique (b). Cependant, si le trait W n'est apparu qu'une seule fois, le Taxon X est reconnu par un trait présent dans l'ancêtre mais pas dans toutes ses descendances (symplesiomorphie) ; c'est-à-dire que X est reconnu par l'absence de W 1 et W 2 (c).*

Les grades sont reconnus par des symplesiomorphies (ou l'absence de synapomorphies), c'est-à-dire des caractéristiques qui étaient présentes chez leur ancêtre

commun mais dérivées seulement dans certains de ses descendants. Les membres de grade ne sont pas nécessairement étroitement liés les uns aux autres et peuvent partager un ancêtre plus récent avec les membres d'un autre groupe. En n'acceptant que des groupes monophylétiques, les systèmes phylogénétiques réduisent la subjectivité de la reconnaissance des notes en fonction de leur degré de similitude. Néanmoins, de nombreuses classifications alternatives de clade sont également possibles sur la base d'un arbre phylogénétique. Ainsi, les principes secondaires de classification doivent être pris en compte pour aider les décisions taxonomiques.

3.5.3 Limites de la phylogénie :

Bien que différentes hypothèses, analyses et sources de données puissent être utilisées pour reconstituer la phylogénie d'un groupe, rien ne peut garantir que la véritable phylogénie sera complètement révélée. L'ajout de données et l'amélioration des procédures analytiques sont des stratégies évidentes pour obtenir des résultats proches des bons, et les progrès dans notre connaissance des relations avec les plantes affectent directement la taxonomie de ces groupes. Jusqu'aux années 1980, la plupart des études phylogénétiques avec des plantes incluaient peu de terminaux et étaient principalement basées sur des données morphologiques utilisant la parcimonie.

***La parcimonie, définition :** En phylogénétique, la parcimonie maximale est un critère d'optimalité sous lequel l'arbre phylogénétique qui minimise le nombre total de changements d'état de caractère doit être préféré. Sous le critère de parcimonie maximale, l'arbre optimal minimisera la quantité d'homoplasie (c'est-à-dire l'évolution convergente, l'évolution parallèle et les inversions évolutives). En d'autres termes, selon ce critère, l'arbre le plus court possible qui explique les données est considéré comme le meilleur. Certaines des idées de base derrière la parcimonie maximale ont été présentées par James S. Farris en 1970 et Walter M. Fitch en 1971.*

Selon le critère de parcimonie, devant des hypothèses alternatives, la plus simple doit être préférée ; phylogéniquement parlant, cela signifie des arbres avec moins d'homoplasie. Cependant, la parcimonie est un critère philosophique et non biologique : la nature n'est pas forcément simple, et la parcimonie, dans plusieurs situations, peut être inconsistante (Felsestein J, 1978). Quoi qu'il en soit, la morphologie est une source de données extrêmement complexe, et différents auteurs l'interprètent souvent différemment. De plus, les comparaisons morphologiques ne sont pas possibles ou sont discutables entre des groupes distants, et les caractéristiques sont souvent affectées par l'environnement, offrant des preuves

falsifiées de relations. En effet, les arbres phylogénétiques basés uniquement sur la morphologie sont généralement mal résolus, et les quelques clades sont à peine supportés.

3.5.4 Apport de la biologie moléculaire :

Au milieu des années 1990, les preuves basées sur les données moléculaires dépassaient déjà la morphologie, et elles sont rapidement devenues la principale source de données dans les études phylogénétiques, en combinaison ou non avec des données morphologiques. Ce changement a été possible principalement en raison du séquençage moléculaire et des progrès informatiques et a été à l'origine d'importants progrès dans la systématique des plantes. Parce que l'ADN est la source de l'héritabilité, les données moléculaires sont la preuve la plus directe des relations ancestrales disponibles. Les séquences nucléotidiques sont stockées dans des bases de données électroniques, telles que GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>), contenant actuellement plus de 135 millions de séquences d'ADN, et sont facilement accessibles par la communauté scientifique. La tâche de reconnaître les quatre états de caractères d'une séquence de nucléotides est simple, bien que les séquences ne soient pas disponibles pour chaque taxon et que leurs comparaisons ne soient pas toujours simples ou sans ambiguïté.

Avec la prédominance des données moléculaires, les analyses de parcimonie perdent également de la place aux analyses basées sur des modèles. Les avancées empiriques et théoriques sur l'évolution moléculaire ont favorisé la mise en œuvre de modèles plus fiables de substitution de nucléotides. Actuellement, la plupart des études phylogénétiques chez les plantes utilisent des séquences d'ADN, éventuellement combinées à la morphologie ou, dans une approche génomique, considérant l'ADN du plaste entier, et emploient des analyses de maximum de vraisemblance et/ou d'inférence bayésienne, souvent associées aux résultats d'analyses de parcimonie.

L'impact de la systématique phylogénétique dans la taxonomie botanique a été énorme. Les systèmes de classification complets, tels que ceux proposés pour les plantes à fleurs (APG III, 2009) et les fougères, sont enracinés dans des résultats phylogénétiques et ont émergé de travaux collaboratifs consensuels. Les plantes vasculaires ont été divisées en Lycophytina et Euphyllophytina (y compris les plantes à graines et les monilophytes), et les ptéridophytes ne sont plus reconnus comme un groupe taxonomique. Pour les monilophytes, les Psilotaceae et Equisetaceae sont connues pour être plus proches des fougères eusporangées respectivement Ophioglossaceae et Marattiaceae. Pour les angiospermes, Amborella trichopoda est sœur du reste des angiospermes, formant un grade avec les Nymphaeales, y compris les graminoides Hydatellaceae. Dans les systèmes évolutifs (par

exemple) Amborella (à Laurales) et Nymphaeales appartenait à la sous-classe Magnoliidae de Magnoliopsida (dicotylédones), tandis que les Hydatellaceae étaient traitées comme Liliopsida (monocotylédones).

Des groupes traditionnels, comme les dicotylédones, ont été abandonnés, et des groupes secondaires, comme les eudicots, ont été intégrés dans la classification. Les changements aux niveaux inférieurs sont également remarquables : certaines familles se sont désintégrées, dont les Scrophulariaceae, dont les membres ont été divisés en cinq familles, tandis que d'autres, comme les Apocynaceae et les Asclepiadaceae, ont été fusionnées. La plupart des résultats phylogénétiques sont absorbés relativement rapidement par les botanistes et sont intégrés dans la littérature.

À l'heure actuelle, les systèmes de classification phylogénétique basés sur les relations évolutives entre les divers organismes sont acceptables. Cela suppose que les organismes appartenant au même taxon ont un ancêtre commun. Nous utilisons maintenant également des informations provenant de nombreuses autres sources pour aider à résoudre les difficultés de classification. Ceux-ci deviennent plus importants lorsqu'il n'y a aucune preuve fossile à l'appui. La taxonomie numérique qui est maintenant facilement réalisée à l'aide d'ordinateurs est basée sur toutes les caractéristiques observables. Des numéros et des codes sont attribués à tous les caractères et les données sont ensuite traitées. De cette façon, chaque caractère se voit attribuer une importance égale et en même temps des centaines de caractères peuvent être considérés. La cytotaxonomie basée sur des informations cytologiques telles que le nombre, la structure, le comportement et la chimiotaxonomie des chromosomes qui utilise les constituants chimiques de la plante pour résoudre les confusions est également utilisée par les taxonomistes de nos jours.

4. La Nomenclature binomiale :

Le code de nomenclature des plantes est composé d'articles, recommandations, exemples et notes et est indépendant des codes pour les animaux, les bactéries, les virus et les plantes cultivées. Les noms sont latins ou latinisés et doivent être valablement publiés pour être reconnus ; ils suivent *le système binomial*, hiérarchique, établi depuis Linné, il y a 260 ans.

Les taxons sont nommés en fonction de leur rang taxonomique. Les noms d'espèces sont binomiaux et composés de l'épithète spécifique suivant le nom du genre ; les noms au-dessus du niveau de l'espèce sont uninominaux et commencent par une majuscule. Les noms au niveau du genre et en dessous sont écrits en italique ; celles ci-dessous espèces comportent également une épithète infraspécifique et doivent avoir leur rang explicitement indiqué : *sous-*

espèce (subsp.), variété (var.) ou forme (f.). Les cultivars peuvent être écrits en langage moderne en utilisant des guillemets simples. Les hybrides sont désignés par le signe de multiplication « × » ou le préfixe « Notho- » et peuvent être écrits sous forme de formule (ou comme sa propre combinaison), comme *Oenothera biennis* × *O. villosa* (ou *O. × tiroirtii*). Au-dessus du niveau du genre, les catégories sont généralement signalées par un suffixe x indiquant leur rang. Sept catégories taxonomiques sont obligatoires :

—espèce,
Genre,
Famille (**-aceae**),
Ordre (**-ales**),
Classe (**-opsida**),
Embranchement ou division (**-phyta**) et
Royaume (**-bionta**)—

Mais d'autres peuvent être reconnues à un niveau entre eux, en utilisant généralement le préfixe « sous » ou « super », tel que la sous-classe (**-idae**) et le super-ordre (**-anae**).

5. But des taxonomistes :

Quel que soit le terme choisi, les taxonomistes sont essentiellement impliqués dans :

- La détermination des espèces (ou leurs subdivisions, en tant que sous-espèce),
- Distinguer ces espèces des autres par des clés et des descriptions et des limites géographiques et cartographier leurs distributions,
- Enquêter sur leurs interrelations, et
- Déterminer les noms propres des espèces et les rangs d'ordre supérieur (en tant que genres ou familles) en utilisant les règles internationales de nomenclature. De plus, certains taxonomistes étudient les processus d'évolution qui conduisent au modèle existant des espèces et à leurs interrelations.

6. Intérêt de la systématique :

Il existe de nombreuses justifications pour la systématique biologique, y compris la nécessité

- De comprendre le monde qui nous entoure et pour le conceptualiser et l'ordonner à travers des classifications les plus proches de la réalité.
- Avoir des classifications pour l'identification et la communication ;
- Pour un système de recherche d'informations pratique ;
- D'utiliser des noms stables qui maintiennent la continuité de la littérature ;
- Construire une classification prédictive ;

- Pour construire un cadre utile pour comprendre les relations phylogénétiques.
- Fournir un système de référence utile pour la conservation de la biodiversité.

II. Le règne végétal : Royaume Plantae.

Whittaker (1969) a suggéré la classification du vivant en cinq royaumes, à savoir. Monera, Protista, Fungi, Animalia et Plantae. Le système à trois domaines est une classification biologique introduite par *Carl Woese et al.* en 1990 qui divise les formes de vie cellulaires en domaines archées, bactéries et eucaryotes. La principale différence avec les classifications précédentes est la séparation des archaea des bacteria.

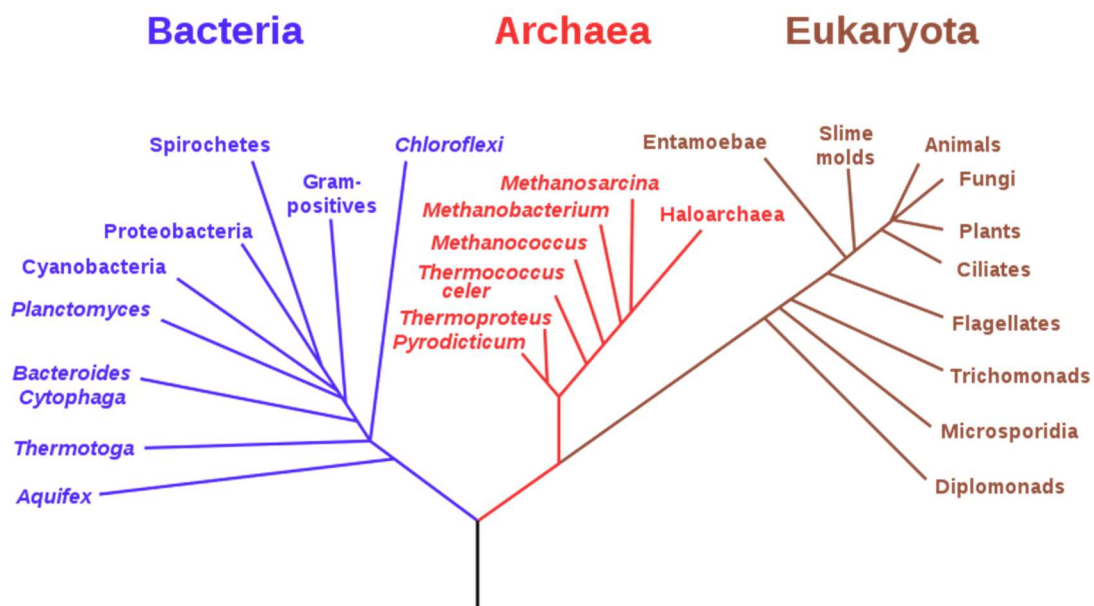


Figure 2.1 : Un arbre phylogénétique des êtres vivants, basé sur des données d'ARN et proposé par Carl Woese (*Carl Woese et al.* 1990), montrant la séparation des bactéries, des archées et des eucaryotes. Les arbres construits avec d'autres gènes sont généralement similaires, bien qu'ils puissent placer certains groupes à ramifications précoces très différemment, grâce à l'attraction des longues branches. Les relations exactes des trois domaines sont encore débattues, tout comme la position de la racine de l'arbre. Il a également été suggéré qu'en raison du transfert latéral de gènes, un arbre peut ne pas être la meilleure représentation des relations génétiques de tous les organismes. Par exemple, certaines preuves génétiques suggèrent que les eucaryotes se sont développés à partir de l'union de certaines bactéries et archées (l'une devenant un organite et l'autre la cellule principale).

Dans ce point, nous traiterons en détail d'une classification plus poussée au sein du Royaume Plantae, communément appelé « règne végétal ». Nous devons souligner ici que notre compréhension du règne végétal a changé au fil du temps. Les champignons et les membres des Monera et Protista ayant des parois cellulaires ont maintenant été exclus des Plantae bien que des classifications antérieures les plaçaient dans le même royaume. Ainsi, les cyanobactéries également appelées algues bleu-vert ne sont plus des « algues ». Dans ce

chapitre, nous décrivons les principales divisions (phylum) du règne végétal : les Algues, Bryophytes, Ptéridophytes, Gymnospermes et Angiospermes sous Planta.

1. Les Algues : Algae.

Les algues sont des organismes chlorophylliens, simples, thalloïdes, autotrophes et largement aquatiques (d'eau douce et marins). Ils se produisent dans une variété d'autres habitats : pierres humides, sols et bois. Certains d'entre eux se produisent également en association avec des champignons (*lichen*) et des animaux (par exemple, sur l'ours paresseux). La forme et la taille des algues sont très variables, allant des formes coloniales comme **Volvox** aux formes filamenteuses comme **Ulothrix** et **Spirogyra** (Figure 3). Quelques-unes des formes marines telles que le varech, forment des corps végétaux massifs.

1.1 La reproduction chez les algues :

Les algues se reproduisent par des méthodes végétatives, asexuées et sexuées. La reproduction végétative se fait par fragmentation. Chaque fragment se développe en un thalle. La reproduction asexuée se fait par la production de différents types de spores, les plus courantes étant les zoospores. Ils sont flagellés (motiles) et lors de la germination donnent naissance à de nouvelles plantes. La reproduction sexuée se fait par fusion de deux gamètes. Ces gamètes peuvent être flagellés et de taille similaire (comme dans *Ulothrix*) ou non flagellés (non mobiles) mais de taille similaire (comme dans *Spirogyra*). Une telle reproduction est appelée isogamie. La fusion de deux gamètes de taille différente, comme chez les espèces d'**Eudorina**, est qualifiée d'anisogamie. La fusion entre un grand gamète femelle immobile (statique) et un gamète mâle plus petit et mobile est appelée oogamie, par exemple chez *Volvox* et **Fucus**.

1.2 Les utilités des algues :

Les algues sont utiles à l'homme de diverses manières. Au moins, la moitié de la fixation totale du dioxyde de carbone sur terre est réalisée par les algues via la photosynthèse. Étant photosynthétiques, ils augmentent le niveau d'oxygène dissous dans leur environnement immédiat. Ils sont d'une importance capitale en tant que producteurs primaires de composés riches en énergie qui constituent la base des cycles alimentaires de tous les animaux aquatiques. De nombreuses espèces de *Porphyra*, *Laminaria* et Sargasses font partie des 70 espèces d'algues marines utilisées comme nourriture. Certaines algues marines brunes et rouges produisent de grandes quantités d'hydrocolloïdes (substances qui retiennent l'eau), par exemple l'alginate (algues brunes) et la carraghénine (algues rouges) qui sont utilisées commercialement. La gélose, l'un des produits commerciaux obtenus à partir de *Gelidium* et de *Gracilaria*, est utilisée pour faire pousser des microbes et dans des préparations de glaces et

de gelées. La *Chlorella* une algue unicellulaire riche en protéines est utilisée comme complément alimentaire même par les voyageurs spatiaux. Les algues sont divisées en trois classes principales : les Chlorophyceae, les Phéophyceae et les Rhodophyceae.

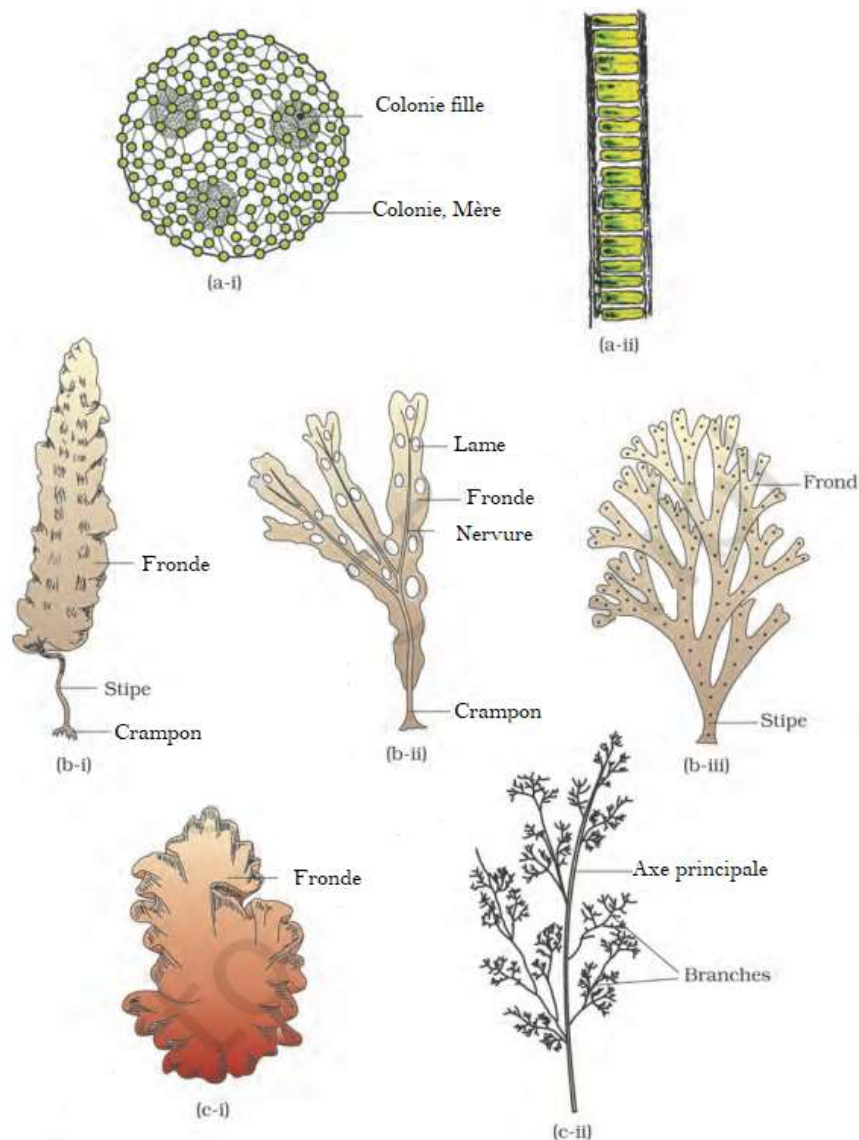


Figure 2.2 : Algae : (a) Algues vertes (i) Volvox (ii) Ulothrix
 (b) Algues brunes (i) Laminaria (ii) Fucus (iii) Dictyota
 (c) Algues rouges (i) Porphyra (ii) Polysiphonia

2. Les bryophytes :

Les bryophytes comprennent les diverses mousses et hépatiques que l'on trouve couramment dans les zones humides et ombragées des collines (figure 4).

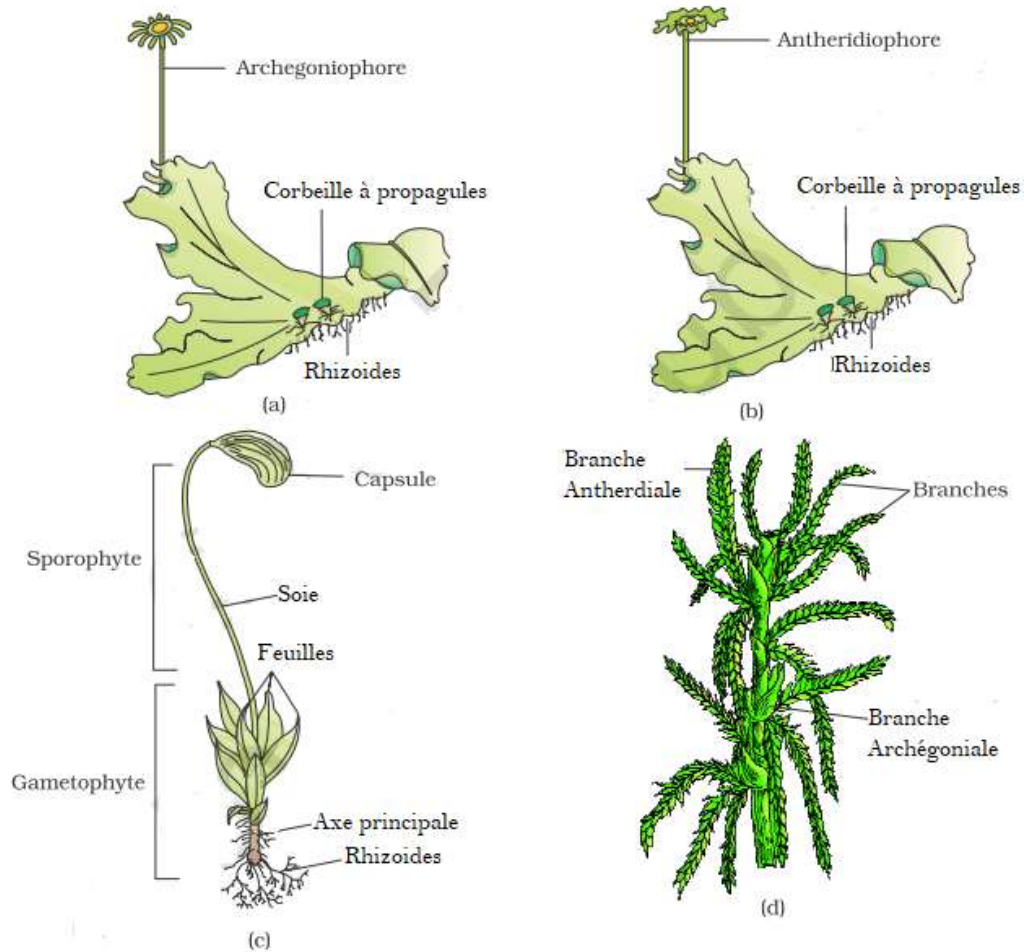


Figure 2.3 : Bryophytes

Une hépatique : *Marchantia* (a) Thalle femelle (b) Thalle mâle

Mousses : (c) *Funaria*, gamétophyte et sporophyte (d) Gamétophyte de sphaigne

Les bryophytes sont également appelées amphibiens du règne végétal car ces plantes peuvent vivre dans le sol mais dépendent de l'eau pour leur reproduction sexuée. Ils se produisent généralement dans des localités humides, humides et ombragées. Ils jouent un rôle important dans la succession végétale sur les roches/sols nus. Le corps végétal des bryophytes est plus différencié que celui des algues. Il ressemble à un thalle et est prostré ou dressé, et attaché au substrat par des rhizoïdes unicellulaires ou multicellulaires. Il leur manque de vraies racines, tiges ou feuilles. Ils peuvent posséder des structures en forme de racine, de feuille ou de tige.

2.1 La reproduction chez les bryophytes :

Le corps végétal principal des bryophytes est haploïde. Il produit des gamètes, c'est pourquoi on l'appelle gamétophyte. Les organes sexuels des bryophytes sont multicellulaires. L'organe sexuel masculin est appelé anthéridium. Ils produisent des anthérozoïdes biflagellés. L'organe sexuel féminin appelé archégone est en forme de flacon et produit un seul œuf. Les anthérozoïdes sont libérés dans l'eau où ils entrent en contact avec l'archégone. Un

anthérozoïde fusionne avec l'œuf pour produire le zygote. Les zygotes ne subissent pas une division de réduction immédiatement. Ils produisent un corps multicellulaire appelé sporophyte. Le sporophyte n'est pas libre mais attaché au gamétophyte photosynthétique et s'en nourrit. Certaines cellules du sporophyte subissent une division de réduction (méiose) pour produire des spores haploïdes. Ces spores germent pour produire un gamétophyte.

2.2 Les utilisations des bryophytes :

Les bryophytes en général ont peu d'importance économique mais certaines mousses fournissent de la nourriture aux mammifères herbacés, aux oiseaux et à d'autres animaux. Les espèces de sphaigne, une mousse, fournissent de la tourbe qui a longtemps été utilisée comme combustible et comme matériau d'emballage pour le transport de matières vivantes en raison de leur capacité à retenir l'eau. Les mousses ainsi que les lichens sont les premiers organismes à coloniser les roches et sont donc d'une grande importance écologique. Ils décomposent les roches rendant le substrat propice à la croissance des plantes supérieures. Étant donné que les mousses forment des tapis denses sur le sol, elles réduisent l'impact des chutes de pluie et empêchent l'érosion du sol.

3. Les ptéridophytes :

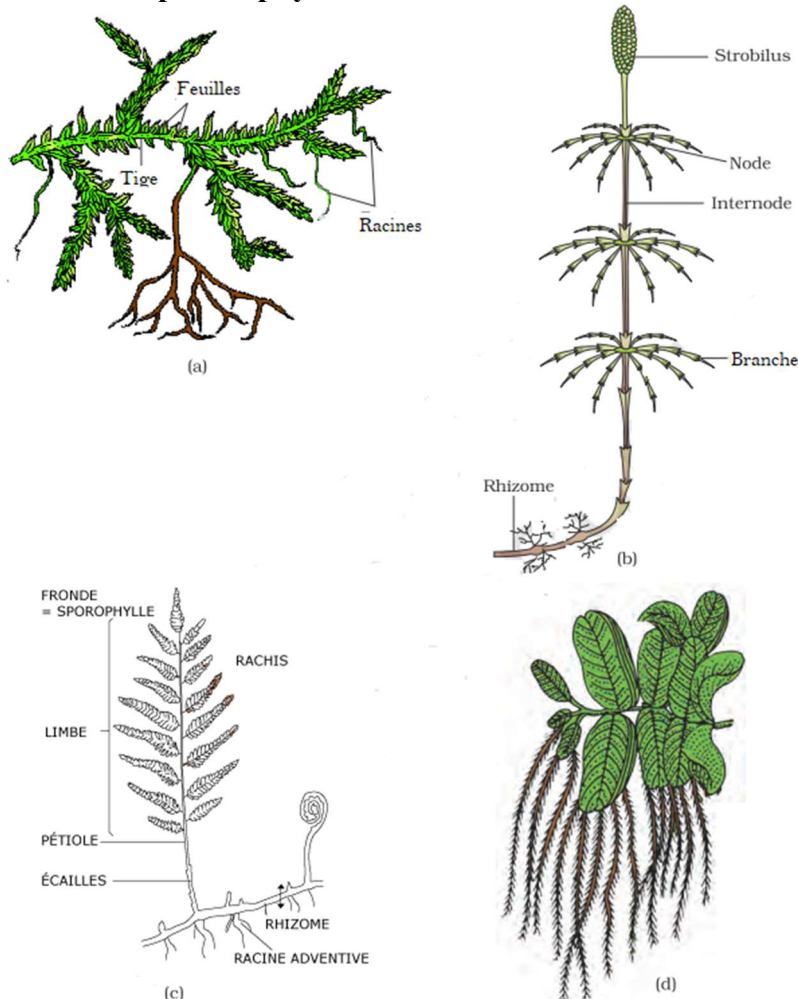


Figure 2.4 :
Ptéridophytes :
 (a) Selaginella
 (b) Equisetum
 (c) Fougère
 (d) Salvinia

Les ptéridophytes comprennent les prêles et les fougères. Ce sont les premières plantes terrestres à posséder des tissus vasculaires : le xylème et le phloème. Les ptéridophytes se trouvent dans des endroits frais, humides et ombragés, bien que certains puissent bien s'épanouir dans des conditions de sol sablonneux. Les ptéridophytes sont en outre classés en quatre classes : Psilopsida (Psilotum) ; Lycopsida (Selaginella, Lycopodium), Sphenopsida (Equisetum) et Pteropsida (Dryopteris, Pteris, Adiantum).

Alors que chez les bryophytes, la phase dominante du cycle de vie est le corps végétal gamétophytique, chez les ptéridophytes, le corps végétal principal est un sporophyte qui se différencie en vraie racine, tige et feuilles (Figure 5). Ces organes possèdent des tissus vasculaires bien différenciés. Les feuilles des ptéridophytes sont petites (microphylls) comme chez Selaginella ou grandes (macrophylls) comme chez les fougères.

Les ptéridophytes sont utilisées à des fins médicinales et comme liants du sol. Ils sont aussi fréquemment cultivés comme plantes ornementales.

3.1 La reproduction chez les ptéridophytes :

Les sporophytes portent des sporanges qui sont sous-tendus par des appendices en forme de feuille appelés sporophylles. Dans certains cas, les sporophylles peuvent former des structures compactes distinctes appelées strobiles ou cônes (Selaginella, Equisetum). Les sporanges produisent des spores par méiose dans les cellules mères des spores. Les spores germent pour donner naissance à des gamétophytes thalloïdes discrets, petits mais multicellulaires, libres, principalement photosynthétiques, appelés prothalle. Ces gamétophytes ont besoin d'endroits frais, humides et ombragés pour se développer. En raison de cette exigence restreinte spécifique et du besoin d'eau pour la fertilisation, la propagation des ptéridophytes vivants est limitée et restreinte à des régions géographiques étroites.

Les gamétophytes portent des organes sexuels mâles et femelles appelés respectivement anthéridies et archégonies. L'eau est nécessaire pour le transfert des anthérozoïdes - les gamètes mâles libérés des anthéridies vers l'embouchure de l'archégonie. La fusion du gamète mâle avec l'œuf présent dans l'archégonie entraîne la formation du zygote. Le zygote produit ensuite un sporophyte multicellulaire bien différencié qui est la phase dominante des ptéridophytes. Dans la majorité des ptéridophytes, toutes les spores sont de types similaires ; ces spores sont appelées homospores. Des genres comme Selaginella et Salvinia, qui produisent deux types de spores, les macro (grandes) et les micro (petites) spores, sont appelés hétérospores. Les mégaspores et les microspores germent et donnent respectivement naissance à des gamétophytes femelles et mâles. Les gamétophytes femelles

de ces plantes sont retenus sur les sporophytes parents pendant des périodes variables. Le développement des zygotes en jeunes embryons a lieu au sein des gamétophytes femelles.

4. Les gymnospermes :

Les gymnospermes (gymnos : nus, sperma : graines) sont des plantes dont les ovules ne sont enfermés par aucune paroi ovarienne et restent exposés, aussi bien avant qu'après la fécondation. Les graines qui se développent après la fécondation ne sont pas couvertes, c'est-à-dire qu'elles sont nues.

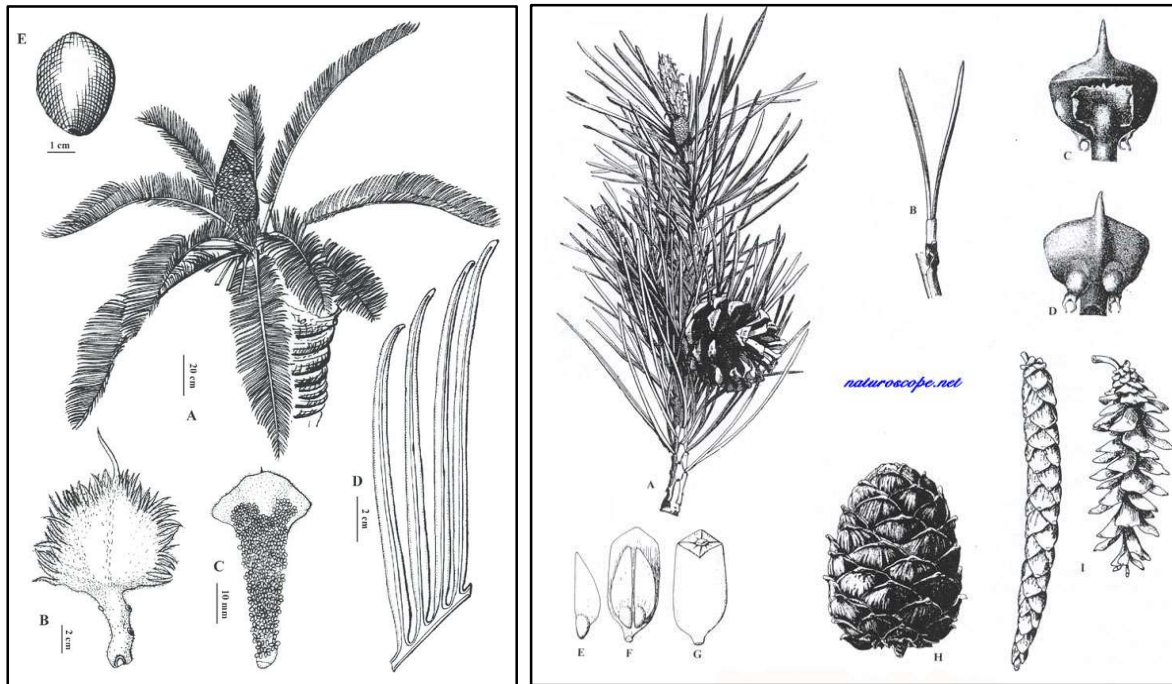


Figure 2.5 : Quelques gymnospermes :

- **Cycas sp** : A. Port générale ; B. Megasporophylle ; C. Microsporophylle ; D. Feuilles pinnate ; E. Graine. Dessiné par G.-S. Yin des spécimens de référence GJMY001 & GJMY002.
- **Pinus sp** : A. Rameau avec cône mâle et femelle ; a. Feuille en aiguilles ; E. graine ; H. Cône femelle ; I. Cône male.

Les gymnospermes comprennent des arbres de taille moyenne ou de grande taille et des arbustes. L'un des gymnospermes, le séquoia géant est l'une des espèces d'arbres les plus hautes. Les racines sont généralement des racines pivotantes. Les racines de certains genres ont une association fongique sous la forme de mycorhizes (Pinus), tandis que dans d'autres (Cycas), de petites racines spécialisées appelées racines coralloïdes sont associées à des cyanobactéries fixatrices d'azote. Les tiges sont non ramifiées (Cycas) ou ramifiées (Pinus, Cedrus). Les feuilles peuvent être simples ou composées. Chez Cycas, les feuilles pennées persistent pendant quelques années. Les feuilles des gymnospermes sont bien adaptées pour résister aux températures extrêmes, à l'humidité et au vent. Chez les conifères, les feuilles en

forme d'aiguille réduit la surface. Leur cuticule épaisse et leurs stomates enfoncés contribuent également à réduire la perte d'eau.

4.1 La reproduction chez les gymnospermes :

Les gymnospermes sont hétérospores ; ils produisent des microspores haploïdes et des mégaspores. Les deux types de spores sont produits dans des sporanges qui sont portés sur des sporophylles qui sont disposées en spirale le long d'un axe pour former des strobiles ou des cônes lâches ou compacts. Les strobiles portant des microsporophylles et des microsporangies sont appelés microsporangies ou strobiles mâles.

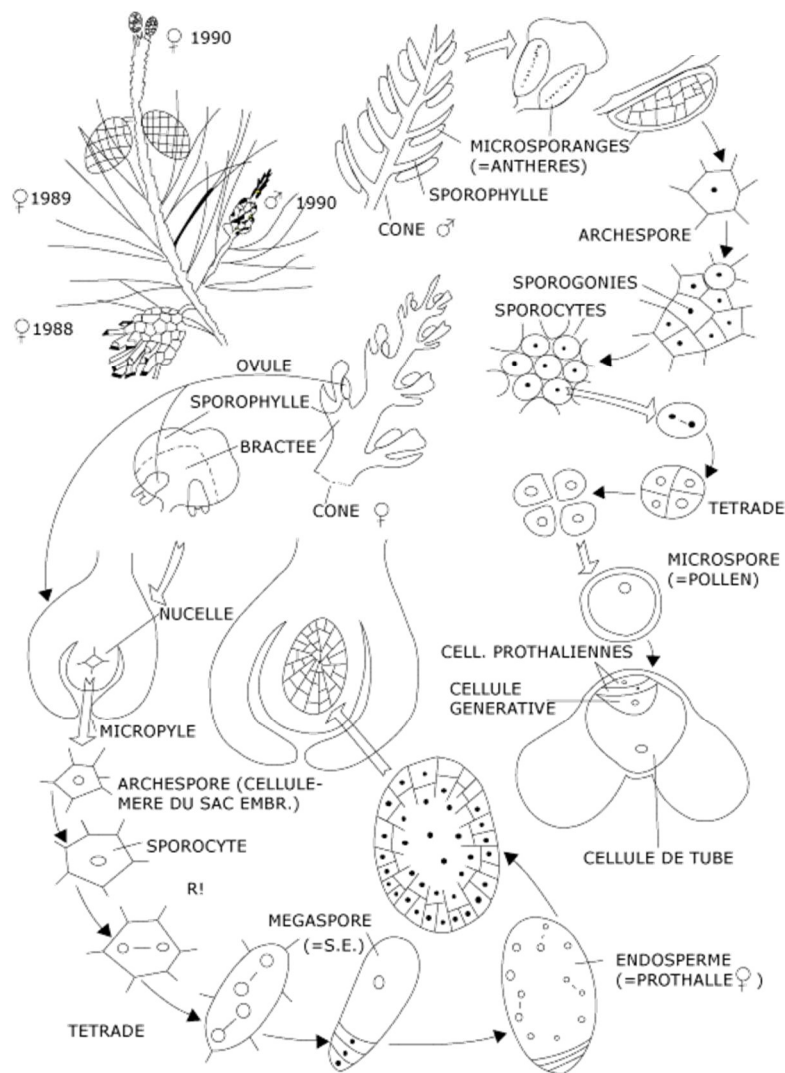


Figure 2.6 : Cycle de développement du Pinus - Production des mégaspores et microspores et différenciation des gamétophytes femelle et mâle.

Les microspores se développent en une génération gamétophytique mâle qui est fortement réduite et se limite à un nombre limité de cellules. Ce gamétophyte réduit est appelé grain de pollen. Le développement des grains de pollen a lieu au sein des microsporangies. Les cônes portant des mégasporophylles avec des ovules ou des mégasporanges sont appelés

macrosporangies ou strobiles femelles. Les cônes ou strobiles mâles ou femelles peuvent être portés sur le même arbre (*Pinus*). Cependant, chez les cycas, les cônes mâles et les mégasporophylles sont portés sur des arbres différents. La cellule mère mégaspore est différenciée de l'une des cellules du nucelle. Le nucelle est protégé par des enveloppes et la structure composite s'appelle un ovule. Les ovules sont portés sur des mégasporophylles qui peuvent être groupées pour former les cônes femelles. La cellule mère de la mégaspore se divise méiotiquement pour former quatre mégaspores. L'une des mégaspores enfermées dans le mégasporange se développe en un gamétophyte femelle multicellulaire qui porte au moins deux archégonies ou organes sexuels féminins. Le gamétophyte femelle multicellulaire est également retenu dans le mégasporange.

Contrairement aux bryophytes et aux ptéridophytes, chez les gymnospermes, les gamétophytes mâles et femelles n'ont pas d'existence indépendante et libre. Ils restent dans les sporanges retenus sur les sporophytes. Le grain de pollen est libéré du microsporange. Ils sont transportés par les courants d'air et entrent en contact avec l'ouverture des ovules portés par les mégasporophylles. Le tube pollinique portant les gamètes mâles se développe vers les archégonies dans les ovules et évacue leur contenu près de l'embouchure des archégonies. Après la fécondation, le zygote se développe en embryon et les ovules en graines. Ces graines ne sont pas couvertes.

4.2 La classification phylogénétique des gymnospermes :

Dans la nature actuelle, c'est un groupe peut-être paraphylétique, regroupant Cycadophytes, Ginkgoales et Coniférophytes avec les Gnétophytes supposées apparentées aux Angiospermes sur des critères morphologiques. Mais les analyses moléculaires les plus récentes attestent plutôt la monophylie du groupe, les seules Gymnospermes plus proches des Angiospermes étant des groupes fossiles. Les Gnétales seraient le groupe frère des Pinales, voire des Pinacées. Les gymnospermes comprennent les 6 ordres en 4 divisions suivants :

1. Division : Pinophyta

Ordre : Pinales

Familles (7) : Araucariacées, Céphalotaxacées, Cupressacées, Pinacées, Podocarpacees, Sciadopityacées, Taxacées.

2. Division : Ginkgophyta

Ordre : des Ginkgoales

Famille : Ginkgoacées

3. Division : Cycadophyta

Ordre : Cycadales

Familles (3) : Cycadacées, Stangeriacées, Zamiacées.

4. Division : Gnetophyta

Ordre : Gnétales

Famille : Gnetaceae

Ordre : Ephédrales

Famille : Ephedraceae

Ordre : Welwitschiales

Famille : Welwitschiaceae

5. Les angiospermes (Magnoliophyta) :

Contrairement aux gymnospermes où les ovules sont nus, chez les angiospermes ou plantes à fleurs, les grains de pollen et les ovules se développent dans des structures spécialisées appelées fleurs. Chez les angiospermes, les graines sont enfermées dans les fruits. Les angiospermes sont un groupe exceptionnellement grand de plantes présentes dans un large éventail d'habitats. Leur taille varie du plus petit **Wolffia** aux grands arbres d'**Eucalyptus** (plus de 100 mètres). Ils nous fournissent de la nourriture, du fourrage, du carburant, des médicaments et plusieurs autres produits commercialement importants.

Les angiospermes se divisent en deux classes : les dicotylédones et les monocotylédones (Figure 3.5). Les dicotylédones sont caractérisées par des graines ayant deux cotylédons, des nervures réticulées dans les feuilles et des fleurs tétramères ou pentamères, c'est-à-dire ayant quatre ou cinq membres dans chaque verticille floral. Les monocotylédones, quant à elles, sont caractérisées par des graines cotylédones uniques, des nervations parallèles dans les feuilles et des fleurs trimères ayant trois membres dans chaque verticille floral.

5.1 La reproduction chez les angiospermes :

L'organe sexuel mâle d'une fleur est l'étamine. Chaque étamine est constituée d'un mince filament avec une anthère à l'extrémité. Au sein des anthères, la cellule mère du pollen se divise par méiose pour produire des microspores qui mûrissent en grains de pollen.

L'organe sexuel féminin d'une fleur est le pistil. Le pistil se compose d'un ovaire gonflé à sa base, d'un style long et effilé et d'un stigmate. À l'intérieur de l'ovaire, des ovules sont présents. Généralement, chaque ovule a une cellule mère mégaspore qui subit une méiose pour former quatre mégaspores haploïdes. Trois d'entre eux dégénèrent et un se divise pour former le sac embryonnaire. Chaque sac embryonnaire a un appareil ovulaire à trois cellules - un ovule et deux synergides, trois cellules antipodales et deux noyaux polaires. Les noyaux polaires fusionnent finalement pour produire un noyau secondaire diploïde. Les grains de pollen, après dispersion des anthères, sont transportés par le vent ou divers autres agents jusqu'au stigmate d'un pistil. C'est ce qu'on appelle la pollinisation.

5.1.1 La double fécondation chez les angiospermes :

Les grains de pollen germent sur le stigmate et les tubes polliniques résultants se développent à travers les tissus du stigmate et du style et atteignent l'ovule. Les tubes polliniques pénètrent dans le sac embryonnaire où deux gamètes mâles sont déchargés. L'un des gamètes mâles fusionne avec l'ovule (syngamie) pour former un zygote. L'autre gamète mâle fusionne avec le noyau secondaire diploïde pour produire le noyau primaire triploïde de l'endosperme (PEN). En raison de l'occurrence de deux fusions, c'est-à-dire la syngamie et la triple fusion, cet événement est appelé **double fécondation**, un événement unique aux angiospermes. Le zygote se développe en embryon (avec un ou deux cotylédons) et le PEN se développe en endosperme qui nourrit l'embryon en développement. Les synergides et les antipodes dégénèrent après la fécondation. Au cours de ces événements, les ovules se développent en graines et les ovaires se développent en fruits.

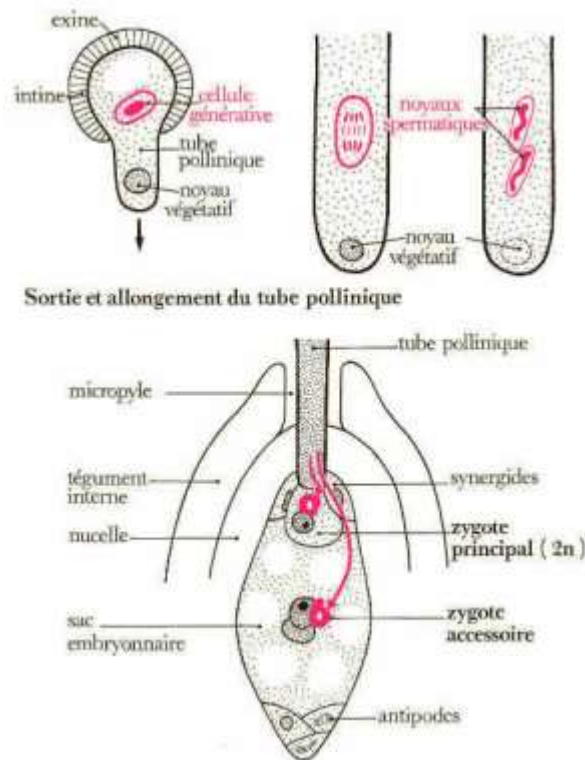


Figure 2.7 : La double fécondation chez les angiospermes.

5.2 La classification phylogénétique des angiospermes :

5.2.1 Système APG :

Le système APG (de l'Anglais : *Angiosperm Phylogeny Group system*) ou classification phylogénétique, est une classification botanique des angiospermes. La première classification de l'APG fut en 1998, les suivantes étant la classification phylogénétique APG II (2003), puis APG III (2009) et la dernière version APG IV (2016). L'APG est une

classification moderne de taxonomie des plantes angiospermes au sens strict, principalement à base moléculaire.

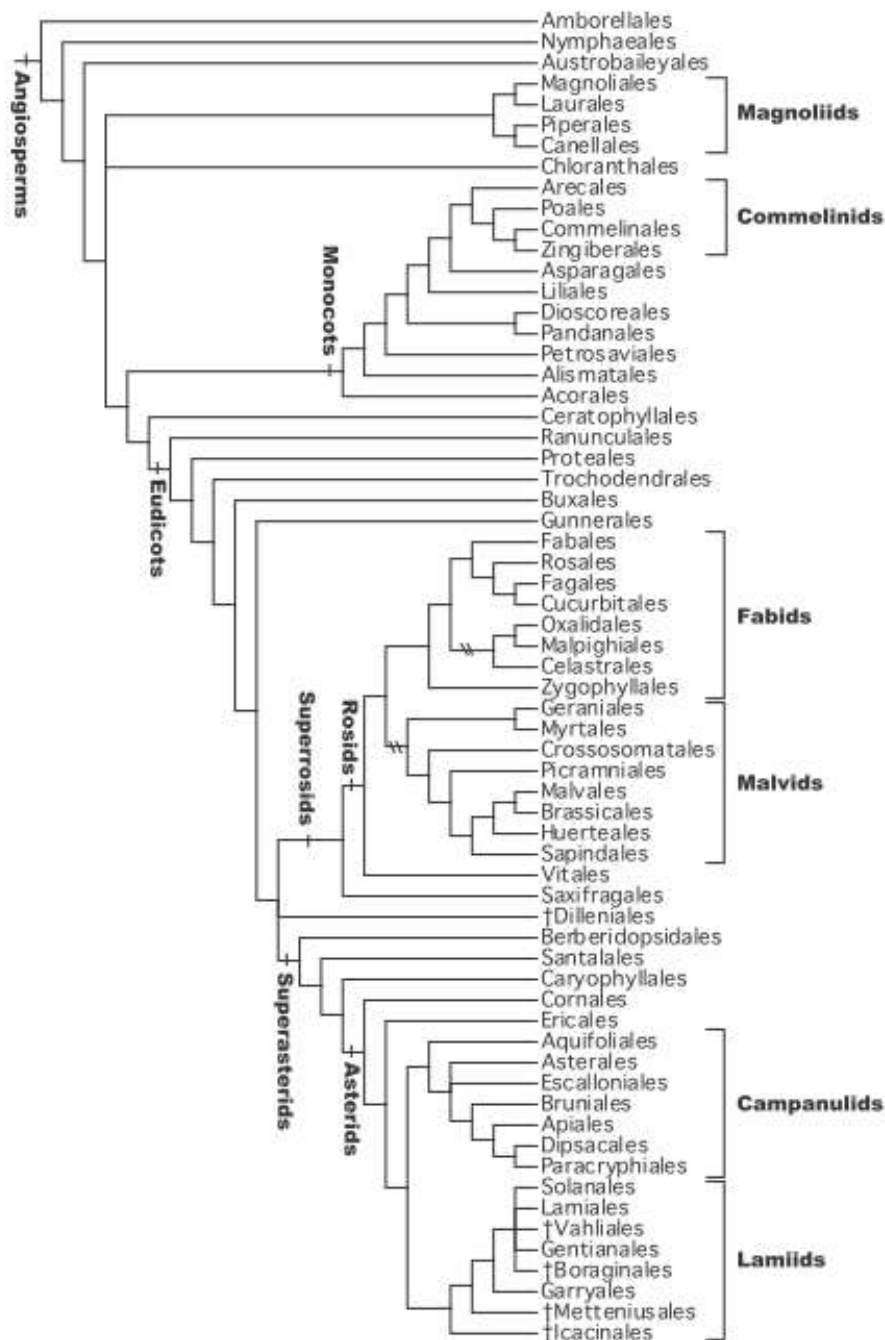


Figure 2.8 : Interrelations des ordres APG IV et de certaines familles. Dans les analyses à grande échelle des angiospermes. Les emplacements alternatifs représentant une incongruité entre les résultats nucléaires/mitochondriaux et plastidiaux pour le clade Celastrales/Oxalidales/Malpighiales (COM) sont indiqués par des barres obliques (//). †Ordres nouvellement reconnus dans APG.

Par rapport au système APG III, le système APG IV reconnaît cinq nouveaux ordres (Boraginales, Dilléniales, Icacinales, Metteniusales et Vahliales), ainsi que quelques nouvelles

familles, soit un total de 64 ordres d'angiospermes et 416 familles. En général, les auteurs décrivent leur philosophie comme « conservatrice », basée sur des modifications à partir de l'APG III uniquement lorsqu'un « besoin bien soutenu » a été démontré. Cela a parfois abouti à des placements qui ne sont pas compatibles avec les études publiées, mais où des recherches supplémentaires sont nécessaires avant que la classification puisse être modifiée (APG, 2016).

5.3 Quelques angiospermes d'intérêt :

Les Angiospermes ont une importance économique de premier ordre pour les sociétés humaines.

L'agriculture dépend presque entièrement des angiospermes, qui fournissent pratiquement tous les aliments à base de plantes, et fournissent également une quantité importante d'aliments pour le bétail. De toutes les familles de plantes, **les Poacées**, ou la famille des graminées (les céréales), est de loin la plus importante, fournissant l'essentiel de toutes les matières premières (riz, maïs, blé, orge, seigle, avoine, mil, canne à sucre, sorgho). **La famille des Fabacées**, ou légumineuses, vient en deuxième position. **La famille des solanacées** (pommes de terre, tomates et poivrons, entre autres) est également d'une grande importance ; **la famille des cucurbitacées** ou courges (y compris les citrouilles et les melons); **la famille des Brassicacées** ou moutardes (y compris le colza et les innombrables variétés de l'espèce de chou *Brassica oleracea* L.) ; et **la famille des Apiacées**, ou persil. Beaucoup de nos fruits proviennent de **la famille des rutacées**, ou rue (comprenant les oranges, citrons, pamplemousses, etc.), et de **la famille des rosacées**, ou roses (comprenant pommes, poires, cerises, abricots, prunes, etc.). (Zhang S, et al. 2017 ; Botanical Dermatology Database, 2019)

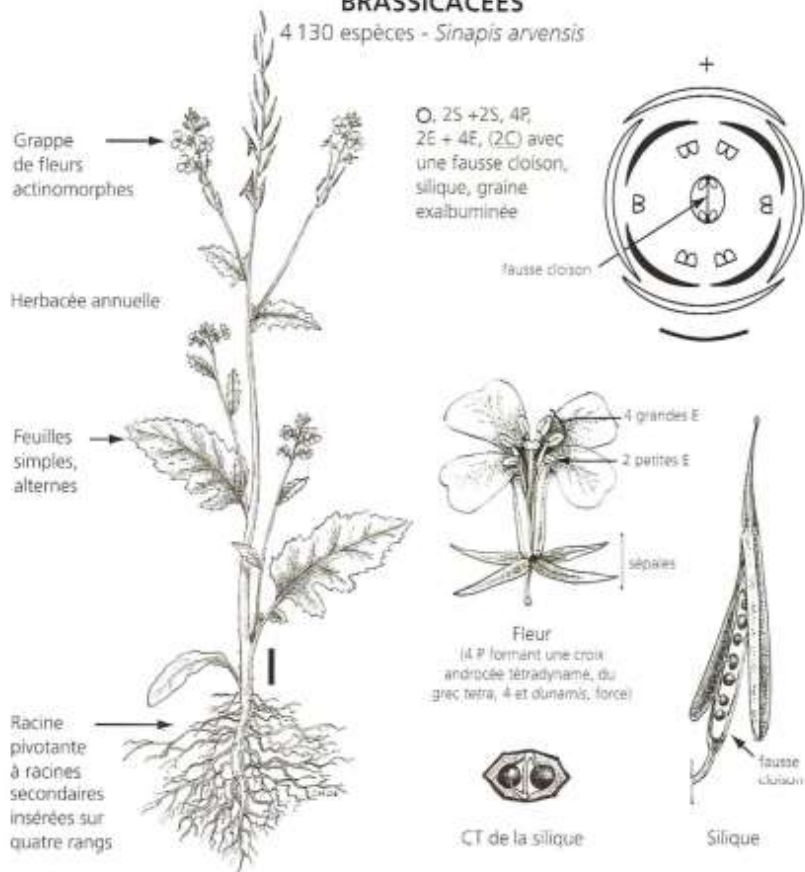
Dans certaines parties du monde, certaines espèces individuelles revêtent une importance primordiale en raison de leur variété d'utilisations, par exemple le cocotier (*Cocos nucifera*) sur les atolls du Pacifique et l'olivier (*Olea europaea* L.) dans la région méditerranéenne. (Loumou A, Giourga C, 2003).

Les plantes à fleurs fournissent également des ressources économiques sous forme de bois, de papier, de fibres (coton, lin et chanvre, entre autres), de médicaments (digitalis, camphre), de plantes décoratives et paysagères et de nombreuses autres utilisations. Le café et le cacao sont les boissons courantes obtenues à partir des plantes à fleurs. Le principal domaine dans lequel ils sont dépassés par d'autres plantes, à savoir les conifères (Pinales), qui ne fleurissent pas (gymnospermes), est la production de bois et de papier.

D'après MEYER *et al.* (2008)

BRASSICACÉES

4 130 espèces - *Sinapis arvensis*



Diversité : arbres, buissons ou herbacées annuelles, parfois vivaces (griffée *Erysimum*) ou bisannuelles (chou *Brassica*). Plantes à glycosides sulfurés (sénévois) anti-herbivores. Leur hydrolyse suite à une blessure est responsable de l'odeur de chou et de la saveur piquante. Cosmopolites.

Biologie : entomogamie (nectar), pollinisation par oiseaux ou chauve-souris chez les espèces tropicales (*Capparis*). Protogynie, mais autogamie fréquente. Absence de mycorhize.

Utilisation : alimentaire (chou *Brassica*, moutarde *Sinapis*, radis *Raphanus*, câprier *Capparis*, huile de colza *Brassica napus*). Ornementale (monnaie du pape *Lunaria*). Recherches en biologie moléculaire et génétique sur l'arabette (*Arabidopsis thaliana*), herbacée pionnière eurasiatique.



Brassica napus ssp. Oleifera, le colza cultivé pour l'huile dans ces graines.



Détail des siliques de colza.

Matthiola incana, malthiola: Dures blanches.

Nelturium officinale, le cheson de fontaine: Aquatique, souterr, à eau douce. Cultivé pour consommation en salade. Détail de la fleur.



Brassica oleracea var. gongylodes, chou rave: Tige tubérisée ou cime.

Arabis alpina: Annuelle, pionnière des rochers nus, murs, pelouses ouvertes.

RENONCULACÉES

2 000 espèces - *Ranunculus ficaria*

Fleur actinomorpe
à carpelles libres.

○, 5S, 5P, nE, nC.
akènes multiples,
graine albuminée

Feuilles simples,
alternes,
sans stipules

akènes multiples



Diversité : herbacées généralement vivaces, parfois liane (clématite *Clematis*). Anatomie monocotyléide (peu de formations secondaires). Certaines espèces à fleur zygomorphe (aconit *Aconitum*). Carpelles libres donnant un fruit multiple (follicules multiples d'hellébore, akènes multiples de renoncule), rarement baie. Surtout dans les zones tempérées froides de l'hémisphère nord.

Biologie : entomogamie (nectar, pollen) ; quelques cas d'anémogamie (pigamon *Thalictrum*).
Dissémination des fruits très variable selon les espèces. Plantes généralement toxiques (alcaloïdes).

Utilisation : médicinale (hépatique *Hepatica nobilis* vulnérable, pulsatile *Pulsatilla vulgaris* antibactérienne). Surtout ornementale (arcolie *Aquilegia*, populage *Caltha*, dauphinelle *Delphinium*).



Ranunculus ficaria, le faïon; ventails; sous-bois frais.

Caltha palustris, le populage des marais; fruit; akène multiple.

Aquilegia vulgaris, l'arcolie vulgaire; lieux frais et ombragés.



Ranunculus aquatilis, le renoncule aquatique; eaux calmes; Holarctique.



Pulsatilla alba, le pulsatile printanier; Forêt de sapin.



Adonis vernalis, l'hellébore printanier; sous-bois et pelouses calciques.



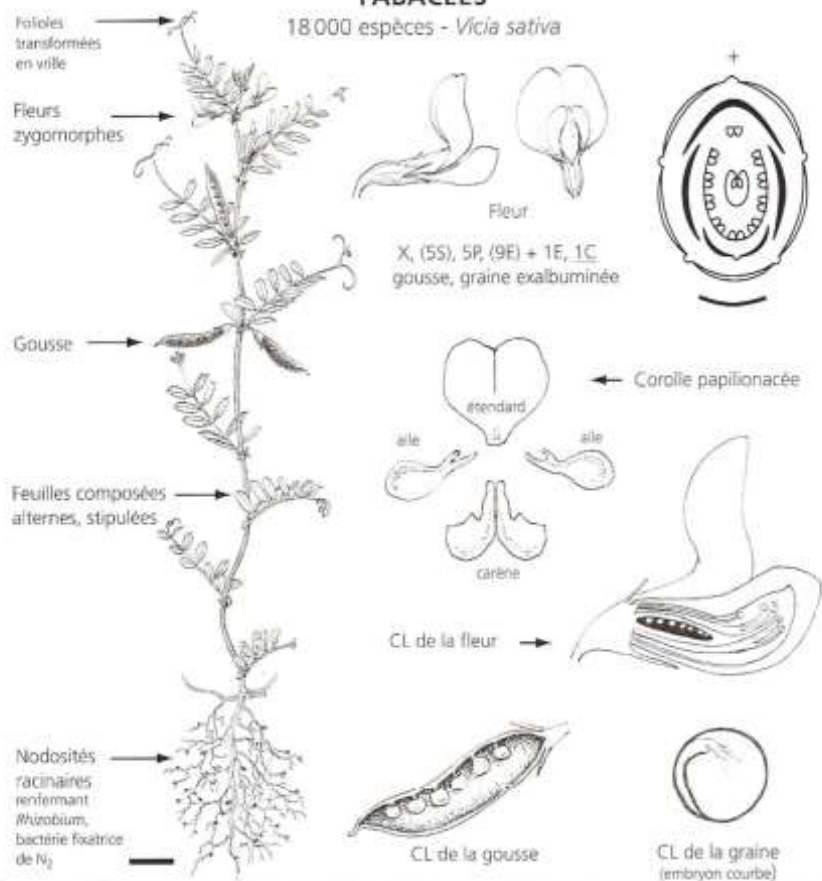
Clematis vitalba, la clématite vigne blanche; Fleurs.



Clematis vitalba, fruits; Liane des haies et des forêts; Akènes surmontés d'une aigrette (anémochorie).

FABACÉES

18 000 espèces - *Vicia sativa*



Diversité : herbacées, arbustes, arbres ou lianes. Feuilles alternes ou opposées. Trois sous-familles : Mimosoideae (mimosa *Acacia*), Cesalpinioideae (arbre de Judée *Cercis*) et Faboideae (pois *Pisum*). Fleur à 10E soudées par les filets (E monadelphes, cas du genêt *Cytisus*) ou 9E soudées + 1E libre (E diadelphes, cas de la vesce *Vicia*). Cosmopolite.

Biologie : entomogamie. Fleurs cléistogames et gousse souterraine chez l'arachide (*Arachis hypogea*). Parfois myrmécochorie des graines (genêt). Autotrophie pour N₂ par symbiose avec *Rhizobium*.

Utilisation : alimentaire (pois, lentille, soja, haricot). Fourrage (trèfle, luzerne, vesce). Engrais vert à rôle d'amendement azoté du sol (trèfle, luzerne). Ornementale (mimosa *Acacia*, cytise *Laburnum*).



Laburnum anagyroides, l'ajonc d'Europe. Solénochète. Arbrisseau épineux des landes acides des régions atlantiques et du centre.

Laburnum europaeum. Détail fleurs et gousses.

Laburnum anagyroides, le cytise. Arbre naturalisé, traquant en lisière de chênaie pubescente. Très toxique. Détail de gousse.



Pisum sativum, le trèfle de pré. Poises grasses, chersins.

Pisum sativum, le pois cultivé. Ornemental et fourrage. Cultivé dans les jardins. Riches.



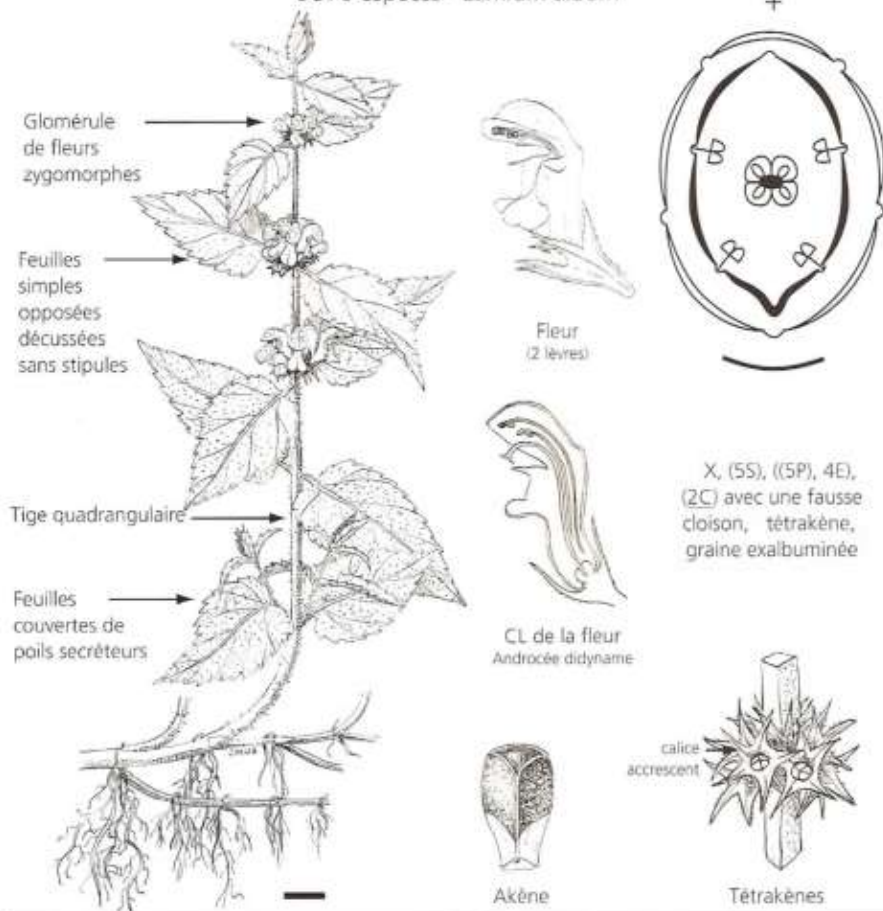
Ononis spinosa, l'ononis ligneux. Parquet calcicole. Arbusteaux des montagnes sèches.

Crocus sativus, l'ononis à feuilles rondes. Détail d'une gousse. Focilles et bois de montagne.

Medicago sativa, la luzerne cultivée. Plante fourragère, bords des chemins, riches. Gousse typique, enroulée.

LAMIACÉES

6970 espèces - *Lamium album*



Diversité : herbacées, buissons ou arbres. Fleur parfois à une lèvre (bugle *Ajuga*). Deux carpelles redivisés par une fausse cloison d'où ovaire à 4 loges. Cosmopolites, souvent en milieu ouvert.

Biologie : entomogamie (forme de la corolle), protandrie. Anémochorie, hydrochorie, ornithochorie.

Utilisation : alimentaire (crosne de *Stachys tubifera*). Aromates (menthe *Mentha*, basilic *Ocimum*, sauge *Salvia*, sarriette *Satureja*, thym *Thymus*, origan *Origanum*, romarin *Rosmarinum*). Bois (teck *Tectona*). Médicinale grâce aux huiles essentielles (lavande *Lavandula*, antiseptique ; mélisse *Melissa officinalis* digestif). Ornementale (*Salvia*, *Coleus*).



Thymus serpyllum, le serpolet. Sous arbrisseau. "Sous bois, petites queues calvaires."

Lamium purpureum, le lamier pourpre. Très commun, rudéral, néophyte calvaire.



Centum galocoron, le centaurie. Sous arbrisseau. Hérissé.

Lavandula stoechas, le lavande stoechas. Aromatique. Sempiternel.

Rosmarinus officinalis, le romarin officinal. Arbrisseau aromatique à feuilles persistantes. Région méditerranéenne.

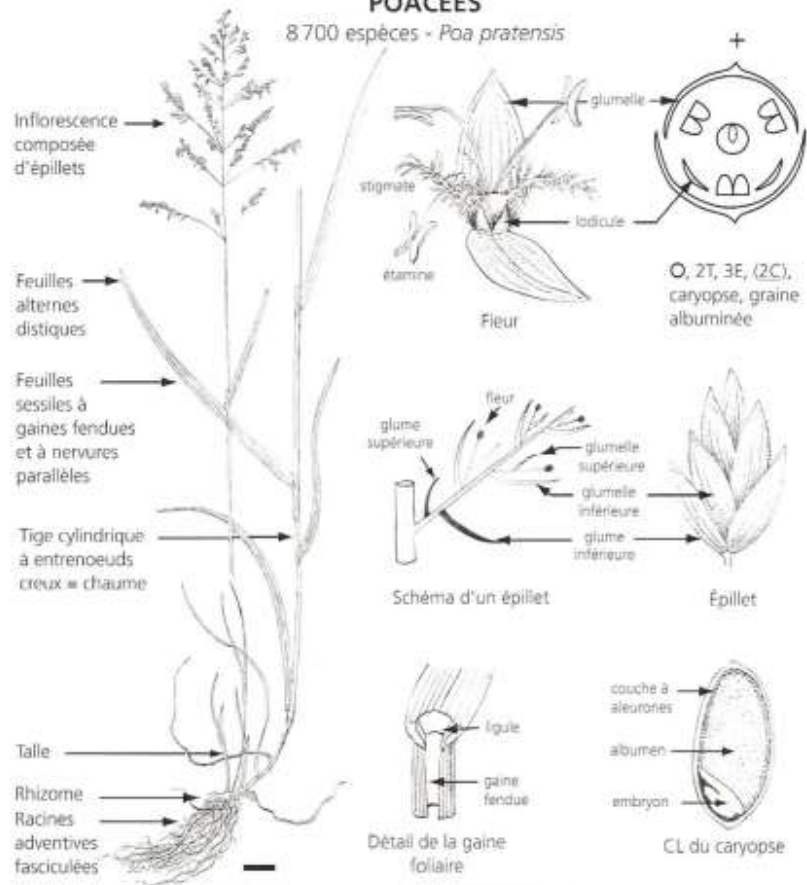


Mentha pulegium, la menthe pouliot. Bord des rivières, lieux humides. Aromatique.

Salvia pratensis, la sauge des prés. Prairie calcareuse. Détail de la fleur entomogamie.

POACÉES

8700 espèces - *Poa pratensis*



Diversité : herbacées annuelles ou vivaces rhizomateuses (certains bambous arborescents).
Reconnaissance des espèces par l'organisation des épillets (présence ou non d'arêtes). Cosmopolites ;
constituent des formations typiques (prairies, steppe, pampas, savane, jungle de bambous).

Biologie : anémogamie et anémochorie. Espèces C4 en régions tropicales chaudes (maïs *Zea mays*,
sorgho *Sorgho sp.*). Multiplication végétative par tallage (une talle : pousse latérale à partir du collet).

Utilisation : alimentation (blé, orge, seigle, riz, canne à sucre, maïs, avoine), fourrage (dactyle) ;
bière (orge germé). Engrais (tourteaux à partir des feuilles de maïs). Construction (bambous).



Phragmites australis, le roseau. Vue d'une touffière : peuplement monospécifique de roseaux, bord des eaux.



Zea mays, le maïs. Monocque à esp. univoques. Plante C4. Céréale, cultivée pour ses caryopses. Forte demande en eau (irrigation souvent nécessaire).



Zea mays. Vue des stigmates de l'épi femelle.



Avena barbata, l'avoine barbue. Pénurie sèche, méditerranéennes.



Panicum asiaticum, le blé tendre. Feuilles solitaires sur chaque dent de l'axe. Céréale, cultivée pour ses caryopses.



Bromus erectus, le bromé érigé. Pénurie sèche calcicole, chemins.



Sorghum pennata, la stipe penne. Glumelle terminée par une arête plumeuse. Pénurie sèche, steppiques.



Lolium perenne, l'ovine. Caryopse laïque (alcaloïde provoquant l'ivresse). Plante fourragère. Nitrophile. Prés. pâturages, chemins.



Hordeum murinum, l'orge des sots. Rudérale.

Andropogon odoratum, la fleur odorante. Plante fourragère. Odorante (casuarine). Prairies acido-philiques, sols clairs.