

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 علوم الطبيعة والحياة
Institut des Sciences de la Nature et de la Vie
قسم البيوتكنولوجيا
Département des Biotechnologies



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

Chapitre I : La biosystématique	1
I. Les classifications : utilitaires, morphologiques et phylogénétiques	1
1. La taxonomie :	1
2. La systématique :	1
3. Historique de la classification botanique :	1
3.1 L'antiquité :	1
3.2 Le moyen âge :	2
3.4 La Classification morphologique :	2
3.5 Le 17ème siècle, les bases de la botanique moderne :	3
3.6 Le 18ème et le 19ème siècle :	4
3.7 Les classifications évolutives :	5
3.8 La classification phylogénétique (ou cladistique) :	7
3.9 Limites de la phylogénie :	9
3.10 Apport de la biologie moléculaire :	10
4. La Nomenclature binomiale :	11
5. But des taxonomistes :	12
6. Intérêt de la systématique :	12
I. Le règne végétal : Royaume Plantae	13
1. Les Algues : Algae	14
1.1 La reproduction chez les algues :	14
1.2 Les utilités des algues :	14
2. Les bryophytes :	15
2.1 La reproduction chez les bryophytes :	16
2.3 Les utilisations des bryophytes :	17
3. Les ptéridophytes :	17
3.2 La reproduction chez les ptéridophytes :	18
4. Les gymnospermes :	19
4.1 La reproduction chez les gymnospermes :	20
4.2 La classification phylogénétique des gymnospermes :	21
5. Les angiospermes (Magnoliophyta) :	22
5.2 La reproduction chez les angiospermes :	22
5.3 La double fécondation chez les angiospermes :	23
5.4 La classification phylogénétique des angiospermes :	23
5.5 Quelques angiospermes d'intérêt :	25
Chapitre II : La biodiversité végétale	31
I. La biodiversité, un sujet d'actualité :	31
1. Définitions	31
2. Les composantes de la biodiversité :	31
2.1 La diversité génétique (intraspécifique) :	31
2.2 La diversité des espèces (interspécifique) :	33
2.2.1 La richesse spécifique :	33
2.2.2 Abondance spécifique :	34

3. Importance de la biodiversité :	35
4. Les Hotspot de la biodiversité :	36
5. Les menaces qui pèsent sur la biodiversité :	37
II. État de la biodiversité en Algérie :	39
1. Ecosystème montagneux forestier :	40
2. Les prairies :	41
3. Les zones humides :	42
4. Les écosystèmes côtier-marin :	43
5. Le désert :	43
Chapitre III : Conservation de la biodiversité.....	45
1. La protection de la biodiversité : une préoccupation mondiale.....	45
2. Les Conventions internationales pour la biodiversité :	45
2.1 La convention sur la biodiversité :	46
2.2 Le Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture :	46
2.3 Convention africaine sur la conservation de la nature et des ressources naturelles :	47
3. Organisations internationales pour la préservation de la biodiversité :	48
3.1 L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature :	48
4. Les réserves de biosphère :	49
5. Les actions mondiales pour la biodiversité :	50
5.1 La convention de Rio :	50
5.2 Le protocole de Kyoto :	51
6. Préservation « in situ » et « ex situ » :	52
7. En Algérie :	53
7.1 Mise en œuvre d'une politique nationale de la protection de l'environnement	53
7.2 La protection des obtentions végétales :	53
7.3 Le certificat d'obtentions végétales (COV) :	54
7.3.1 Cas des chercheurs :	54
7.3.2 Conditions d'octroi de COV :	55
7.4 Les Organismes génétiquement modifiés	55
7.4.1 Définition :	55
7.4.2 La transgénèse :	56
8. Les OGM dans l'agriculture :	58
8.1 Les plantes génétiquement modifiées :	58
8.2 Risques liés aux OGM :	59
8.2.1 Risques liés à la santé :	59
8.2.3 Risques liés à l'environnement :	59
8.2.4 L'évaluation des risques :	60
9. OGM et biodiversité :	61
10. La réglementation des OGM :	62
10.1 La réglementation internationale.....	62
10.2 La réglementation des OGM en Algérie :	63

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 **Plinie**, 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 Plinie** » (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-Baytar, 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.

3.4 La Classification morphologique :

3.4.1 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 Cesalpino 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.

3.5 Le 17ème siècle, les bases de la botanique moderne :

3.5.1 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.

Jusque-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.

3.6 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).

3.7 Les classifications évolutives :

3.7.1 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).

3.7.2 L'adaptatisme :

Avec l'idée de sélection naturelle et donc l'adaptation et la réponse des espèces à leurs milieu apparaît une nouvelle façon de considérer la classification botanique. A 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 important, 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.

3.7.3 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).

3.8 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.

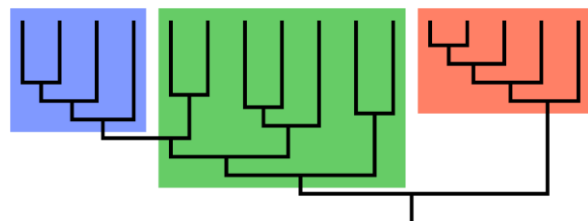
Introduite par **Bremer** et **Wantorp**, l'approche phylogénétique a rapidement changé la façon dont les plantes étaient classées. Dans un système phylogénétique, les classifications ne doivent considérer que les taxons monophylétiques (également traités comme « holophylétiques » par certains). Les 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.

3.8.1 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 clodus) 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 »).

3.8.2 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.

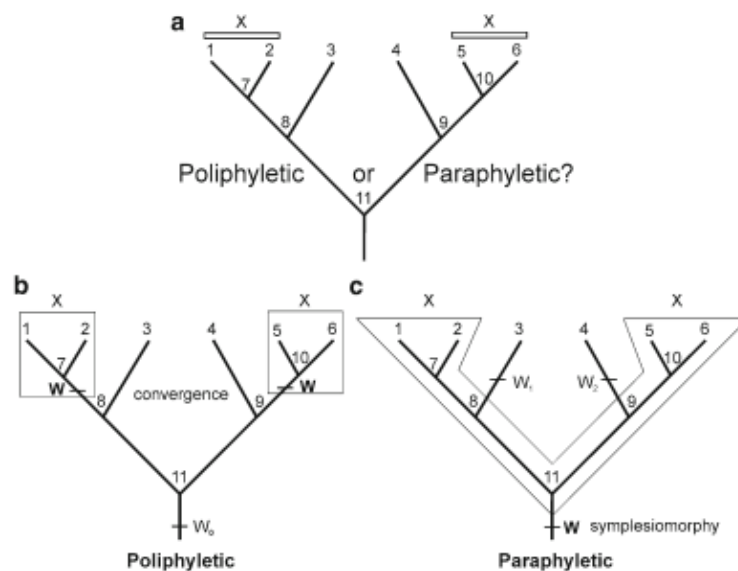


Figure 1.2 : Arbre phylogénétique, avec les bornes (1 – 6) et les nœuds internes (7 – 11) numérotés. Le taxon X est reconnu par la caractéristique W et comprend les bornes 1, 2, 5 et 6 (a). Grâce à ces informations, il est possible de conclure que X n'est pas monophylétique. Cependant, pour décider de 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.

3.9 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 ; phylogénétiquement 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.

3.10 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 graminoïdes 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.

I. 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.

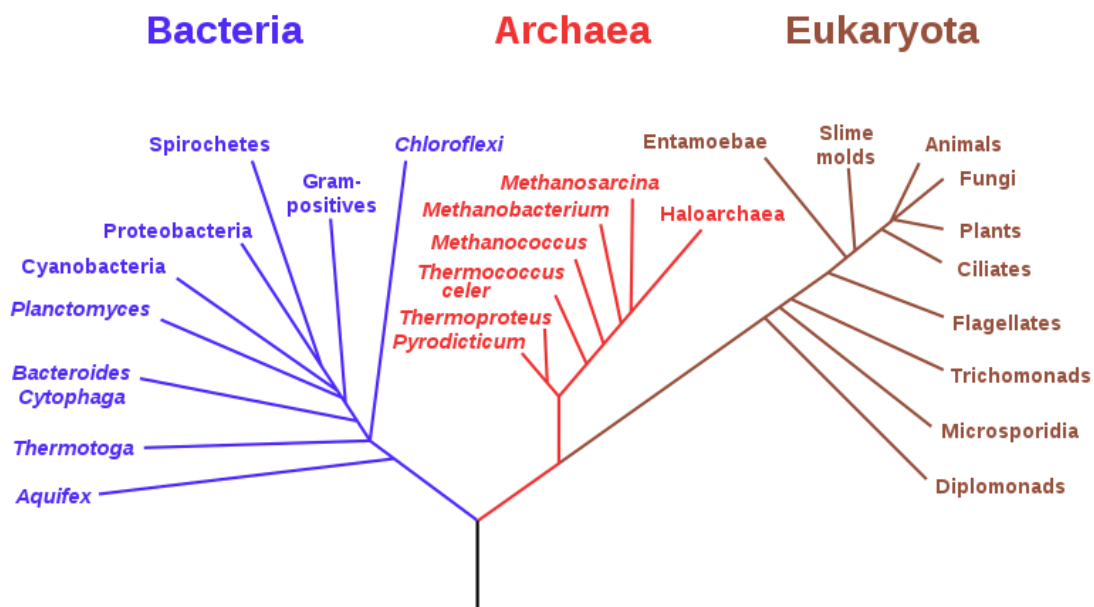


Figure 2.1 : Un arbre phylogénétique des êtres vivants, basé sur des données d'ARN et proposé par Carl Woese (**Carl Woese et al.** 1990), montrant la séparation des bactéries, des archées et des eucaryotes. Les arbres construits avec d'autres gènes sont généralement similaires, bien qu'ils puissent 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 décrirons 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'algine (algues brunes) et la carraghénine (algues rouges) qui sont utilisées

commerciallement. La géllose, 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.

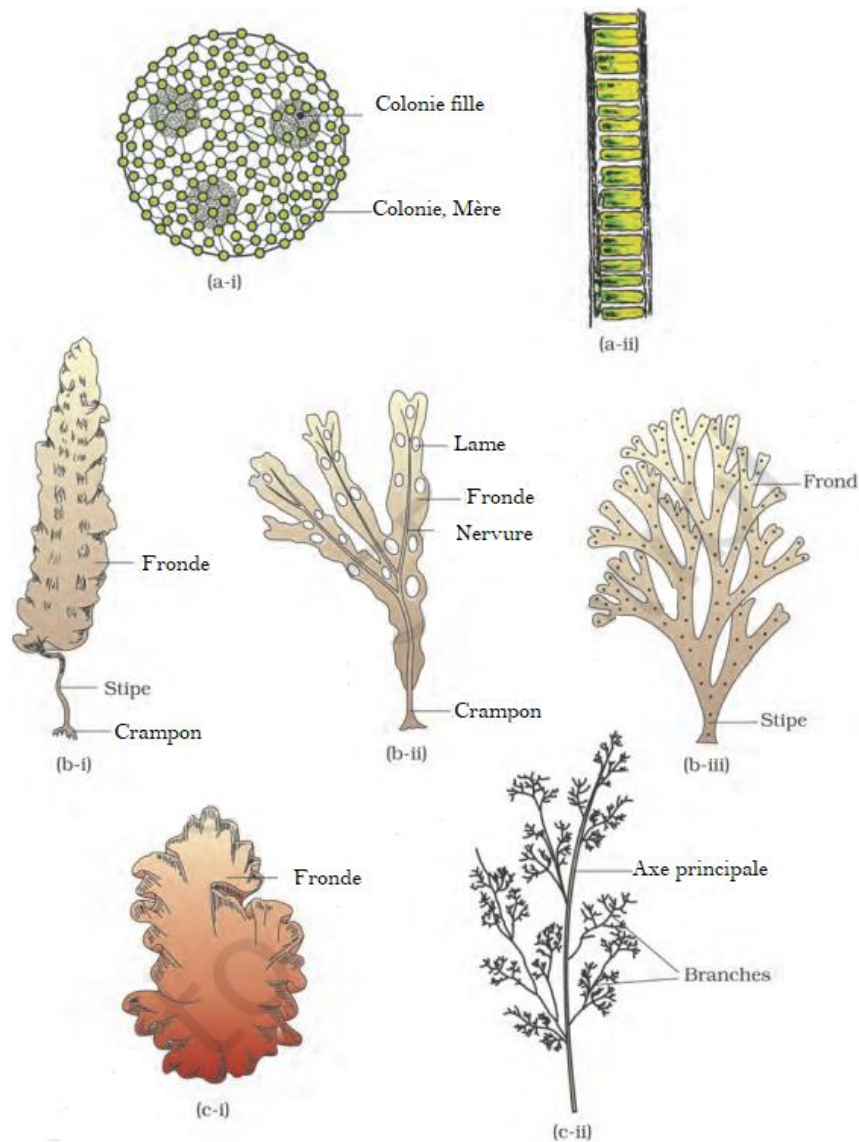


Figure 2.2 : Algae : (a) Algues vertes (i) Volvox (ii) Ulothrix
 (b) Algues brunes (i) Laminaria (ii) Fucus (iii) Dictyota
 (c) Algues rouges (i) Porphyra (ii) Polysiphonia

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).

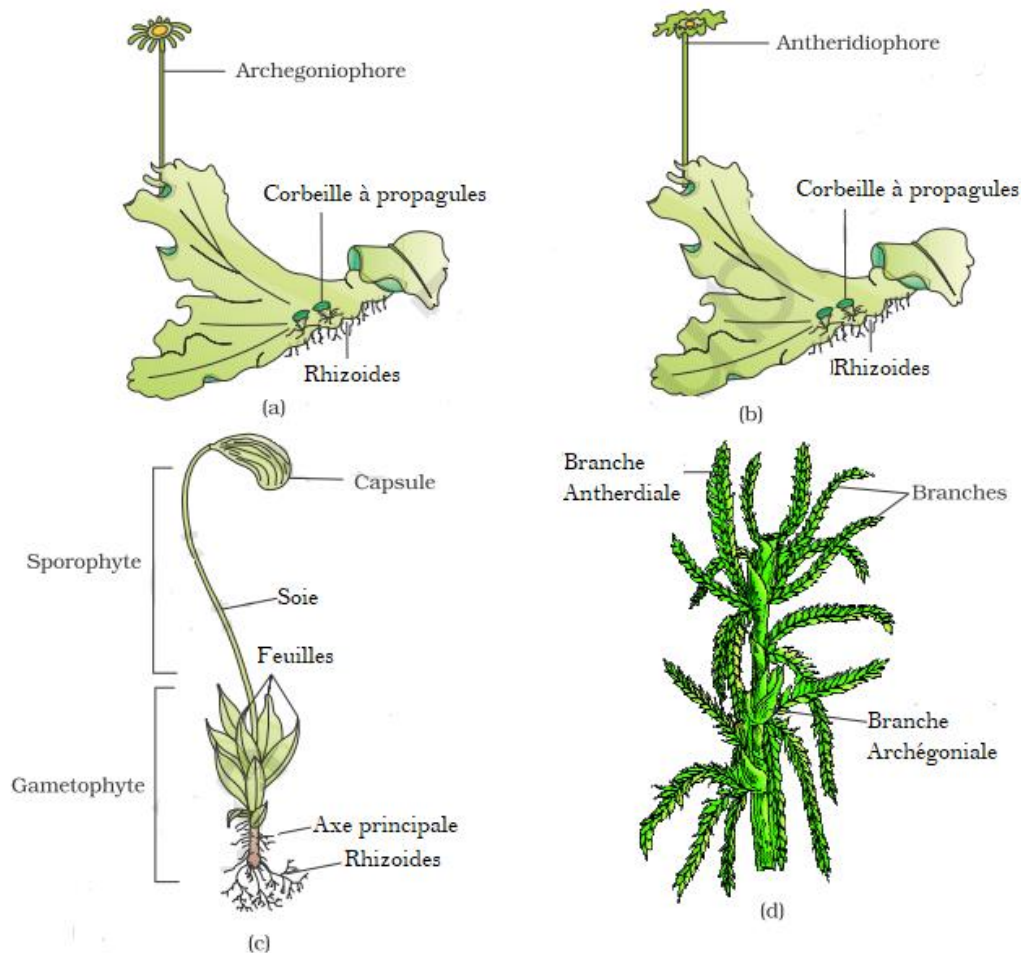


Figure 2.3 : Bryophytes

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.

2.3 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 :

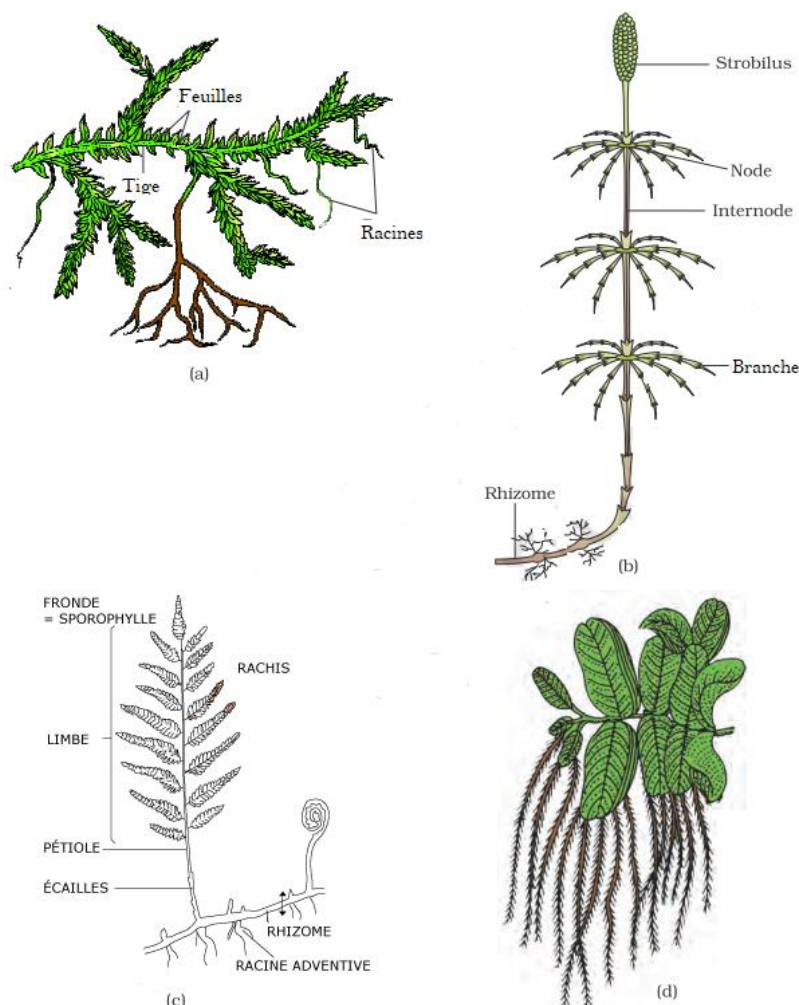


Figure 2.4 :
Ptéridophytes :
 (a) Selaginella
 (b) Equisetum
 (c) Fougère
 (d) Salvinia

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.

3.2 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 archégones. L'eau est nécessaire pour le transfert des anthérozoïdes - les gamètes mâles libérés des anthéridies vers l'embouchure de l'archégone. La fusion du gamète mâle avec l'œuf présent dans l'archégone 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.

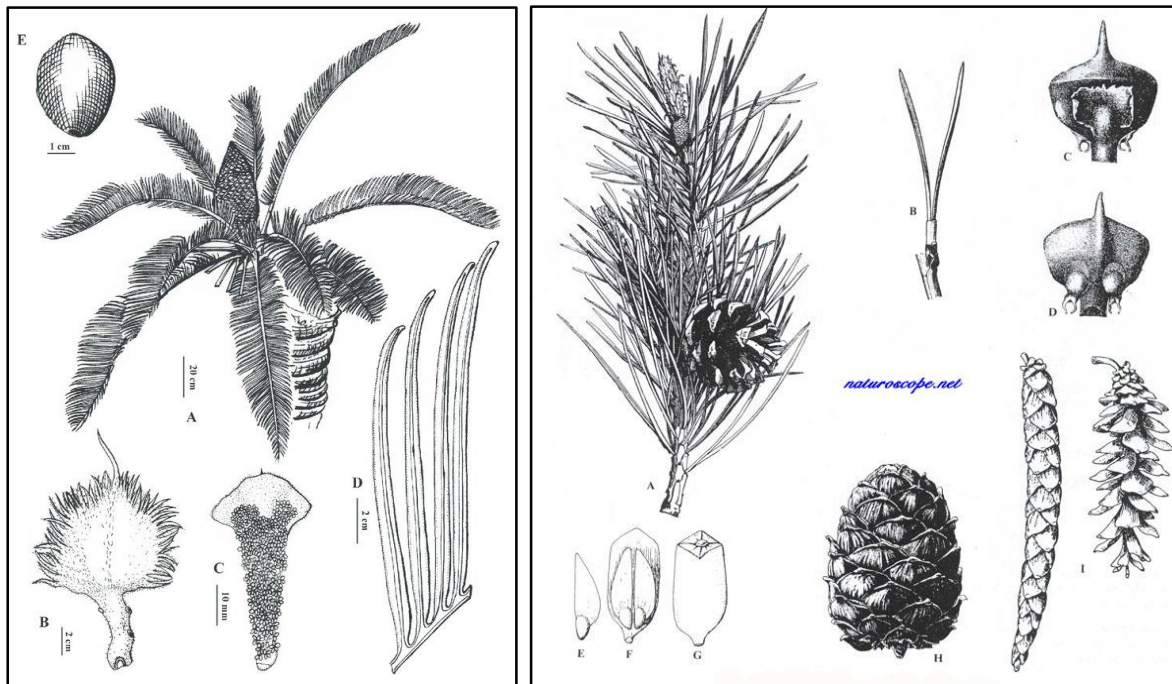


Figure 2.5 : Quelques gymnospermes :

- **Cycas sp** : A. Port générale ; B. Mégasporophylle ; 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 réduisent 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.

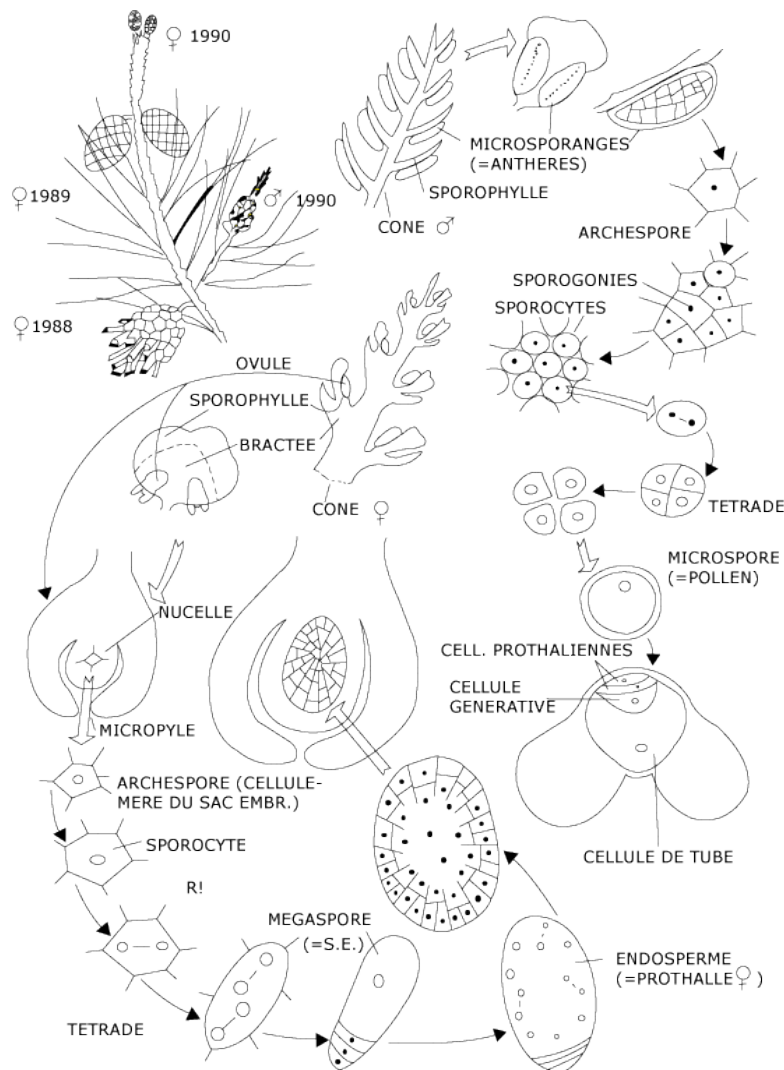


Figure 2.6 : Cycle de développement du Pinus - Production des mégaspores et microspores et différenciation des gamétophytes femelle et mâle.

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.

5.2 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.

5.3 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.

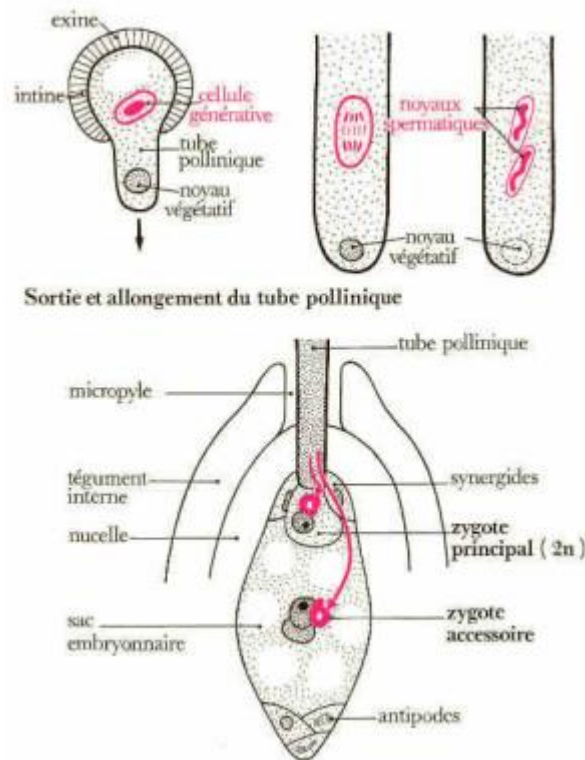


Figure 2.7 : La double fécondation chez les angiospermes.

5.4 La classification phylogénétique des angiospermes :

5.4.1 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.

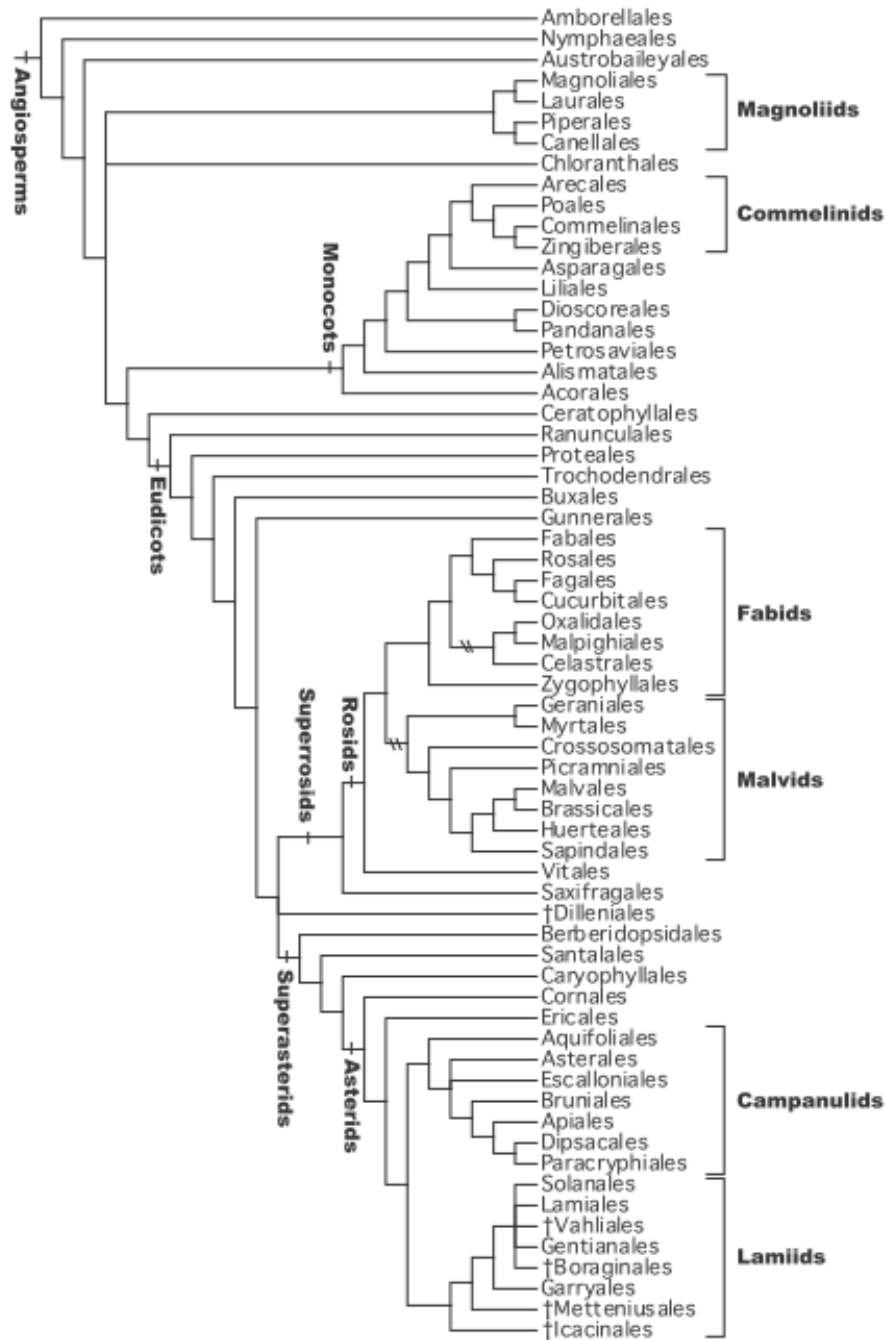


Figure 2.8 : Interrelations des ordres APG IV et de certaines familles. Dans les analyses à grande échelle des angiospermes. Les emplacements alternatifs représentant une incongruité entre les résultats nucléaires/mitochondriaux et plastidiaux pour le clade Celastrales/Oxalidales/Malpighiales (COM) sont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

5.5 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)

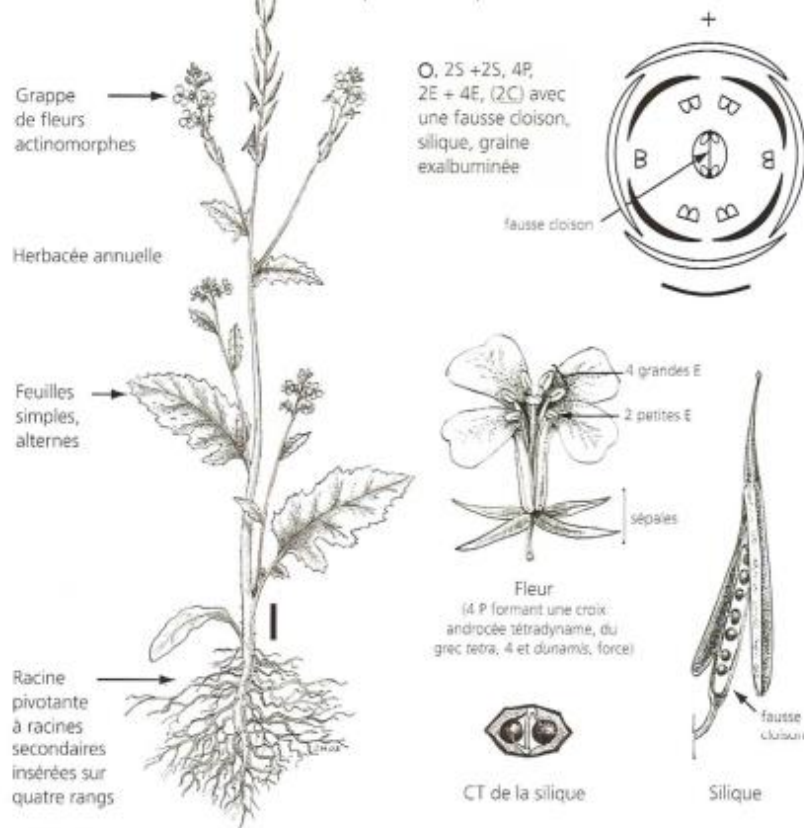
Dans certaines parties du monde, certaines espèces individuelles revêtent une importance primordiale en raison de leur variété d'utilisations, par exemple le cocotier (*Cocos nucifera*) sur les atolls du Pacifique et l'olivier (*Olea europaea* L.) dans la région méditerranéenne. (Loumou A, Giourga C,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

Nasturtium officinale, le cresson de fontaine. Aquatique, sources, eaux claires. Cultive pour consommation en salade. Détail de la fleur.



Brassica oleracea var. *gongylodes*, chou rave. Tige tubérisée ou corne.

Draba sp. Annuelle, pionnière des rochers nus, murs, pelouses ouvertes.

RENONCULACÉES

2 000 espèces - *Ranunculus ficaria*

Fleur actinormorphe
à carpelles libres

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

Feuilles simples,
alternes,
sans stipules

akènes
multiples



CL de la fleur



Akène



CL d'un akène

Diversité : herbacées généralement vivaces, parfois liane (clématite *Clematis*). Anatomie monocotylédoide (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, pulsatille *Pulsatilla vulgaris* antibactérienne). Surtout ornementale (ancolie *Aquilegia*, populage *Caltha*, dauphinelle *Delphinium*).



Ranunculus ficaria, le ficaria. Vernale, sous-bois frais.



Caltha palustris, le populage des marais. Fruit : akène multiple.



Aquilegia vulgaris, l'ancolie vulgaire. Lieu frais et ombragé.



Ranunculus aquatilis, le renoncule aquatique. Eau calme. Héliophile.



Pulsatilla alpina, la pulsatille printanière. Pelouse alpine.



Helleborus foetidus, l'hellébore fétide. Printanière, sous-bois et pelouses calcaires.



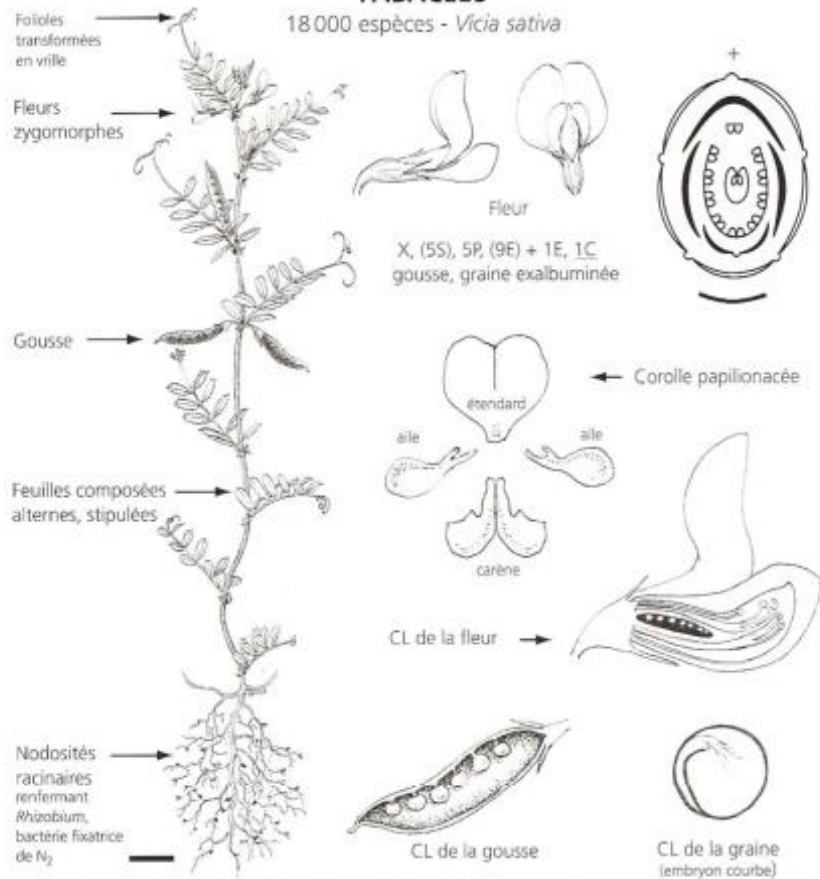
Clematis vitalba, la clématite vigne blanche. Fleurs.



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

FABACÉES

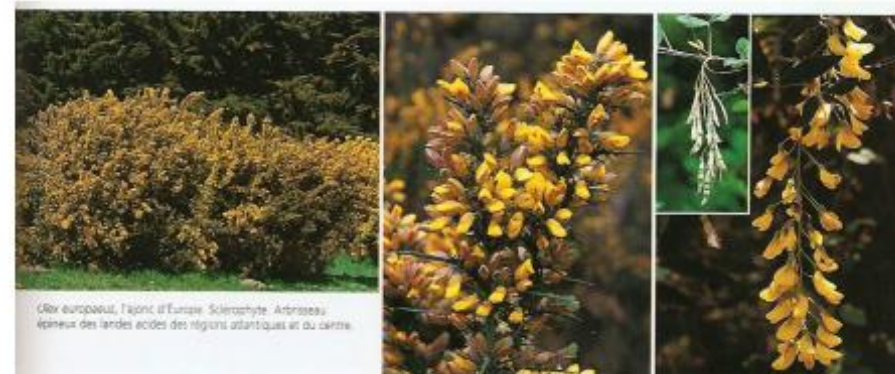
18 000 espèces - *Vicia sativa*



Diversité : herbacées, arbustes, arbres ou lianes. Feuilles alternes ou opposées. Trois sous-familles : Mimosoideae (mimosa *Acacia*), Cesalpinoideae (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.

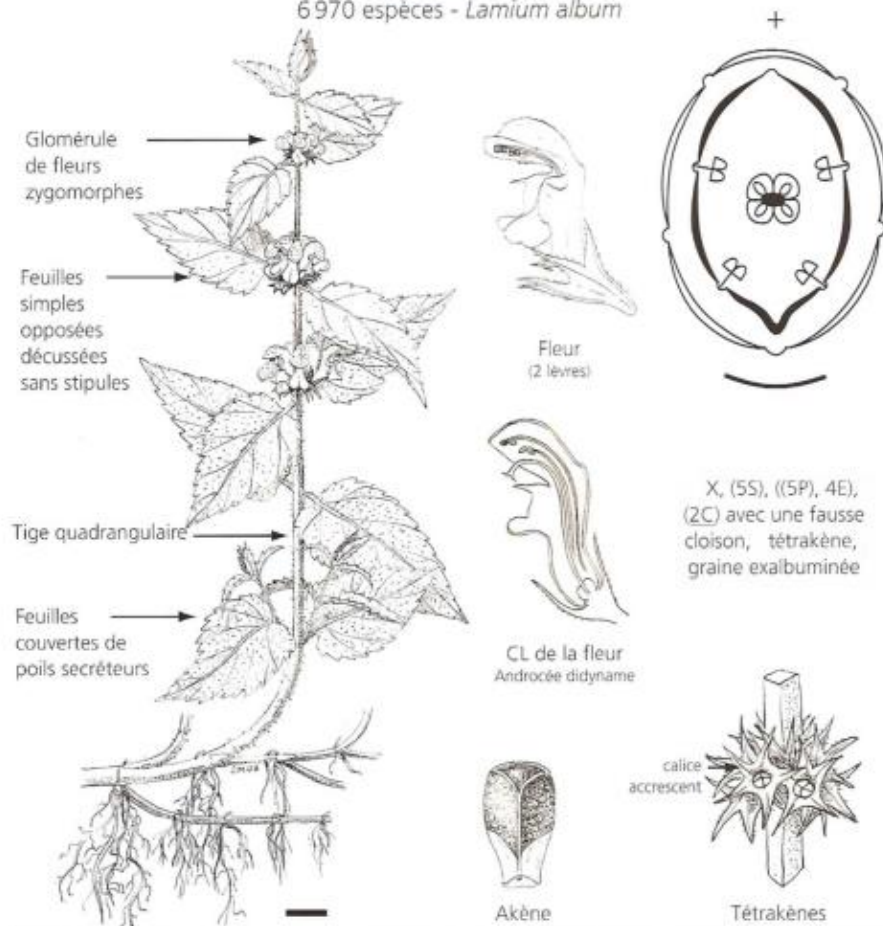
Biologie : entomogamie. Fleurs cléistogames et gousse souterraine chez l'arachide (*Arachis hypogaea*). Parfois myrmécochorie des graines (genêt). Autotrophie pour N_2 par symbiose avec *Rhizobium*.

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*).



LAMIACÉES

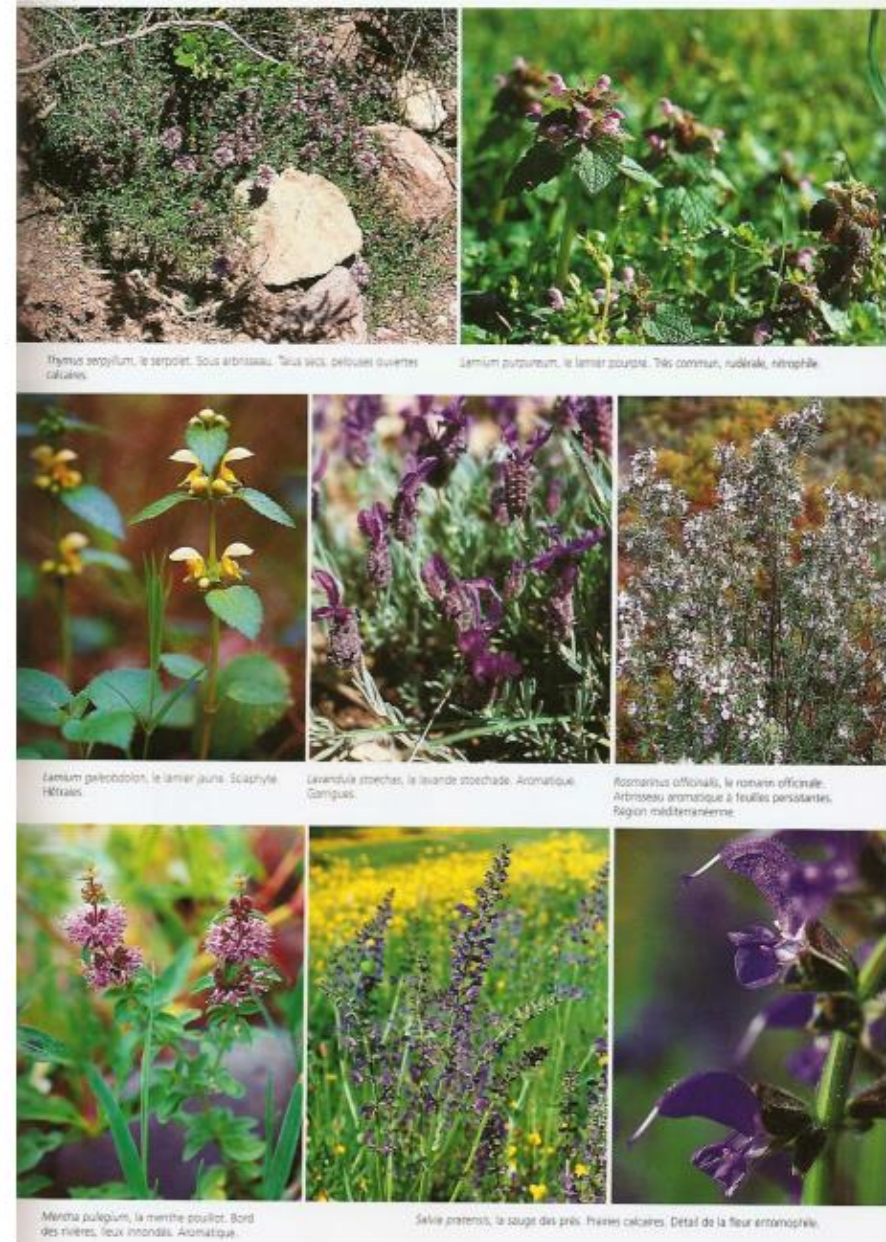
6970 espèces - *Lamium album*



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.

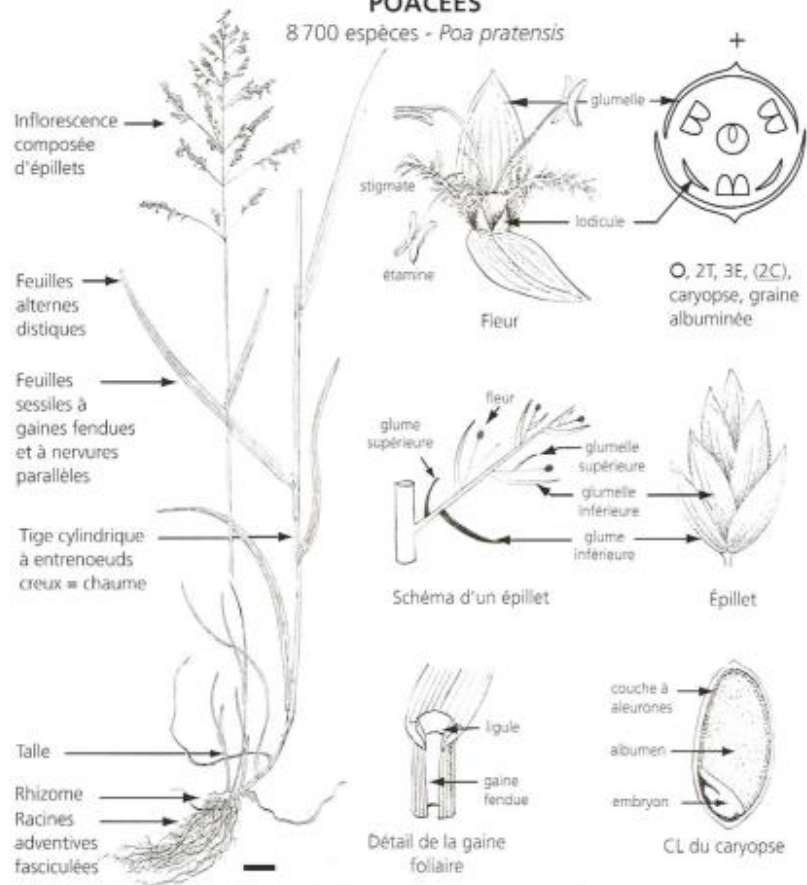
Biologie : entomogamie (forme de la corolle), protandrie. Anémochorie, hydrochorie, ornithochorie.

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*).



8 700 espèces - *Poa pratensis*

8 700 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 roselière: peuplement monospécifique de roseaux, bord des eaux.



Zea mays, la maïs. Monoïque à épis unisexués.
Plante C4. Céréale, cultivée pour ses caryopses.
Forta demande en eau (irrigation souvent nécessaire).



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



Avena barbata, l'avoine barbe. Pelouses sèches, méditerranéennes.



Triticum aestivum, le blé tendre. Épillets solitaires sur chaque dent de l'axe. Céréale, cultivée pour ses caryopses.



Bromus erectus, le brome érigé. Fétuilles sèches calcinées, chemin.



Stipa pensata, la stipe pennée. Glumelle terminée par une arête plumbeuse. Pelouses sèches, steppiques.



Anthoxanthum odoratum, le fougère odorante.
Plante fougère. Odeur (coumarine).
Prairies acidophiles, bois clairs.



Hordeum murinum, l'orge des rats. Rudérale.



(*Colium perenne*, L'usine). Caryopse toxique (alcaloïde provoquant l'ivresse). Plante fourragère. Nitrophile. Prés, pâturages, chemins.

Chapitre II : La biodiversité végétale

I. La biodiversité, un sujet d'actualité :

On attribue à Edward O. Wilson, célèbre biologiste américain, l'invention du mot « biodiversité ». En réalité, en 1986, le compte rendu du premier forum américain sur la diversité biologique prit pour titre *Biodiversity*, contraction de *Biological diversity*, contre l'avis de Wilson. Ce dernier publia néanmoins les actes de cette rencontre dans un ouvrage qui rencontra un grand succès et contribua à populariser ce terme. L'équivalent français, biodiversité, entra dans le dictionnaire à la même époque.

La biodiversité, comme on appelle cet assemblage de formes de vie, est désormais reconnue comme le fondement des moyens de subsistance durables et de la sécurité alimentaire.

1. Définitions

La diversité biologique fait référence à la variété et à la variabilité des organismes vivants et des complexes écologiques dans lesquels ils se trouvent. La diversité peut être définie comme le nombre d'organismes différents et leur fréquence relative. Pour la diversité biologique, ces éléments sont organisés à de nombreux niveaux allant des écosystèmes complets aux structures chimiques qui sont la base moléculaire de l'hérédité. Ainsi, le terme englobe différents écosystèmes, espèces, gènes et leur richesse et abondance relatives (B. Bahadur et al.).

L'Article 2 de la Convention sur la diversité biologique de 1992 en donne la définition suivante :

« Variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes ».

2. Les composantes de la biodiversité :

2.1 La diversité génétique (intraspécifique) :

La diversité génétique fait référence à la diversité intraspécifique et est souvent mesurée en termes de contenu total en ADN, de taille du génome en termes de nombre de paires de bases, de nombre de gènes et par certains du nombre, de la taille et de la morphologie des chromosomes. Des études de diversité génétique ont été menées non seulement sur des taxons sauvages mais aussi sur des taxons domestiqués et cultivés par

l'homme. En fait, une plus grande attention a été accordée à ces derniers groupes de taxons, en particulier sur les plantes agricoles et horticoles.

La diversité génétique fait aussi référence à la variation de l'acide désoxyribonucléique (ADN) parmi les individus (et les populations et les espèces). Il existe de nombreux mécanismes qui peuvent être responsables de ce type de variation parmi la population de la même espèce, par ex. Mutation, recombinaison, polyploïdisation, flux de gènes, dérive génétique, etc. modification de la protéine histone, modification de la chromatine ou autre. Sa différence fondamentale avec d'autres types de variation (comme les différences entre les individus qui résultent de la croissance dans différents environnements) est qu'elle se transmet de génération en génération.



Image 1 : Variabilité génétique chez la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) à droite et la tomate (*Solanum lycopersicum* L.) à gauche.

Cette composante de la biodiversité est importante car elle permet aux populations de s'adapter aux changements environnementaux par la survie et la reproduction d'individus au sein d'une population qui possèdent des caractéristiques génétiques particulières leur permettant de résister à ces changements. Le maintien d'une diversité génétique élevée au sein des populations est donc une priorité de conservation et de gestion car cela offre la plus grande capacité à toute population de s'adapter à un large éventail de changements environnementaux. À l'inverse, l'incapacité à maintenir la diversité génétique limite la capacité d'adaptation d'une population, la rendant vulnérable aux changements même minimes de l'environnement et augmentant la probabilité de son extinction. (Hayley Gorsuch, Reef and rain forests Research Center).

Exemple : Dans les années 1970 une épidémie appelée virus du rabougrissement, qui avait détruit plus de 160 000 ha de riz en Asie, a pu être maîtrisée à partir d'un seul échantillon de riz sauvage *Oryza nivara* de l'Inde centrale, qui s'est avéré être la seule source génétique connue de résistance au rabougrissement herbacé. Aujourd'hui, 20 gènes majeurs

issues de variétés sauvages du riz sont utilisés pour la résistance aux maladies et aux ravageurs dans les programmes d'amélioration du riz.

2.2 La diversité des espèces (interspécifique) :

Sur la planète Terre, il y a environ 30 millions d'insectes ; 15 210 mammifères, reptiles et amphibiens ; 9 225 oiseaux ; 21 000 poissons ; environ 4 80 000 plantes ; et 3 millions d'autres invertébrés et micro-organismes. Beaucoup d'entre eux n'ont pas été identifiés. Par exemple, sur 30 millions d'insectes, seuls 751 000 ont été identifiés. Les chiffres pour les autres organismes identifiés sont (nombre total d'espèces entre parenthèses) : mammifères, reptiles et amphibiens 14 484 (15 210) ; oiseaux 9 040 (9 225); poisson 19 056 (21 000) ; les plantes 3 22 311 (4 80 000); et autres invertébrés et micro-organismes 2 76 594 (3 000 000), soit un total de 1 392 485 (33 525 435).



Image 2 : Diversité spécifique, il y a des animaux et des plantes (organismes macroscopiques) mais elle concerne aussi tous les organismes microscopiques invisibles à l'œil nu comme les bactéries, la microfaune, etc. (<https://www.aquaportail.com/definition-3097-diversite-specifique.html>).

2.2.1 La richesse spécifique :

La richesse spécifique est devenue une composante importante de l'évaluation de la biodiversité. Aujourd'hui, elle est couramment utilisée comme synonyme de diversité des espèces. De même, la biodiversité mondiale est très souvent considérée en termes de nombre global d'espèces dans chacun des différents groupes taxonomiques. En d'autres termes, les mesures de la biodiversité pour des zones, des habitats ou des écosystèmes particuliers sont souvent largement réduites à une simple mesure de la richesse des espèces (Krishnamurthy 2003).

Bien que les données sur la richesse spécifique puissent fournir relativement peu d'informations importantes sur le plan écologique, dans la pratique, ces données sont les plus faciles à obtenir. Ainsi, ils sont peut-être les indices les plus utiles pour les comparaisons de diversité à une plus grande échelle géographique. De plus, à l'heure actuelle, les données sur la richesse des espèces sont le seul type d'information disponible pour la plupart des régions du monde.

L'une des principales limites des mesures de la diversité des espèces est qu'elles traitent toutes les espèces (même au sein d'un groupe spécifique d'organismes) de manière égale, c'est-à-dire qu'elles ne tiennent pas compte des différences entre les espèces en fonction de leur place dans un système hiérarchique naturel. Une approche de la diversité taxinomique est donc basée sur l'idée que « les espèces individuelles varient énormément dans la contribution qu'elles apportent à la diversité en raison de leur position taxinomique ».

Les espèces taxinomiquement isolées ou les espèces de genres taxinomiquement isolés sont d'une très grande valeur (par exemple *Ginkgo biloba*) dans l'évaluation de la diversité dans une zone. Une zone contenant des espèces taxinomiquement diverses est considérée comme ayant une plus grande diversité qu'une zone avec des espèces étroitement apparentées en nombre égal.

2.2.2 Abondance spécifique :

Comme nous venons de le mentionner, les données simples sur la richesse des espèces peuvent avoir une valeur écologique très limitée. Plus significatives sont les mesures de l'abondance des espèces, en particulier l'abondance relative des différentes espèces dans une zone. En général, comme indiqué précédemment, plus les diverses espèces d'une zone ou d'un écosystème sont abondantes, plus elles sont considérées comme diversifiées. Les données sur l'abondance des espèces fourniront une interprétation significative de la taille de la population de n'importe quelle espèce dans n'importe quelle zone. La population est l'unité de base de l'étude de la diversité génétique dans un taxon d'espèce.

1.1 La diversité des écosystèmes :

La diversité des écosystèmes peut être défini comme la variété des différents habitats, communautés et processus écologiques. Une communauté biologique est définie par les espèces qui occupent une zone particulière et les interactions entre ces espèces. Une communauté biologique avec son environnement physique associé est appelée un écosystème.

La grande variété des caractéristiques physiques et des situations climatiques a entraîné une diversité d'habitats écologiques comme les forêts, les prairies, les zones humides,

les écosystèmes côtiers et marins et les écosystèmes désertiques, qui abritent et soutiennent l'immense biodiversité.

La diversité des écosystèmes est le résultat des interactions que les espèces qu'ils abritent ont développées entre elles et avec leur milieu. Relations qui assurent à chaque espèce les conditions et les ressources nécessaires à sa survie. Les écosystèmes ont nécessité des millions d'années d'évolution et d'adaptation pour permettre l'établissement de ces relations entre espèces. La biodiversité se manifeste à toutes les échelles de taille et d'espace : des micro-organismes aux éléphants, de la flaque d'eau et du camembert (oui, c'est un écosystème !) à la forêt amazonienne ou même à l'ensemble de la biosphère.

3. Importance de la biodiversité :

La biodiversité est importante pour les humains pour de nombreuses raisons. La biodiversité est également considérée par beaucoup comme ayant une valeur intrinsèque, c'est-à-dire que chaque espèce a une valeur et a le droit d'exister, qu'elle soit connue ou non pour avoir une valeur pour les humains. Le livre sur la biodiversité de l'Organisation de recherche scientifique et industrielle du Commonwealth (CSIRO ; Morton & Hill 2014) décrit 5 valeurs fondamentales que les humains accordent à la biodiversité :

- **Économique** : la biodiversité fournit aux humains des matières premières pour la consommation et la production. De nombreux moyens de subsistance, tels que ceux des agriculteurs, des pêcheurs et des travailleurs du bois, dépendent de la biodiversité.
- **Soutien de la vie écologique** : la biodiversité fournit des écosystèmes fonctionnels qui fournissent de l'oxygène, de l'air et de l'eau propres, la pollinisation des plantes, la lutte antiparasitaire, le traitement des eaux usées et de nombreux services écosystémiques.
- **Loisirs** : de nombreuses activités récréatives reposent sur notre biodiversité unique, comme l'observation des oiseaux, la randonnée, le camping et la pêche. Notre industrie touristique dépend aussi de la biodiversité.
- **Culturelle** : la culture est étroitement liée à la biodiversité à travers l'expression de l'identité, la spiritualité et l'appréciation esthétique.
- **Scientifique** : la biodiversité représente une mine de données écologiques systématiques qui nous aident à comprendre le monde naturel et ses origines.

Toute perte ou détérioration de l'état de la biodiversité peut compromettre toutes les valeurs décrites ci-dessus et affecter le bien-être humain. L'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire en 2005 a été le premier effort mondial visant à examiner les liens entre le bien-être humain et la biodiversité. L'évaluation a révélé des avantages pour les sociétés de la

biodiversité dans le bien-être matériel, la sécurité des communautés, la résilience des économies locales, les relations entre les groupes au sein des communautés et la santé humaine. Il a également souligné le terme « services écosystémiques » dans quatre grandes catégories (Morton & Hill 2014) :

- Services d'approvisionnement, la production de nourriture, de fibres et d'eau
- Services de régulation, le contrôle du climat et des maladies
- Services de soutien, cycle des éléments nutritifs et pollinisation des cultures
- Les services culturels, essentiellement le tourisme.

4. Les Hotspot de la biodiversité :

Les points chauds de la biodiversité est une méthode pour identifier les régions du monde où une attention est nécessaire pour lutter contre la perte de biodiversité et pour guider les investissements dans la conservation de cette dernière. Ils ont été développés pour la première fois par **Norman Myers** en 1988 pour identifier les « points chauds » des forêts tropicales caractérisés à la fois par des niveaux exceptionnels d'endémisme des plantes et par de graves niveaux de perte d'habitat. Myers a ensuite mis à jour le concept en 1990, en ajoutant huit points chauds, dont quatre dans les régions méditerranéennes.

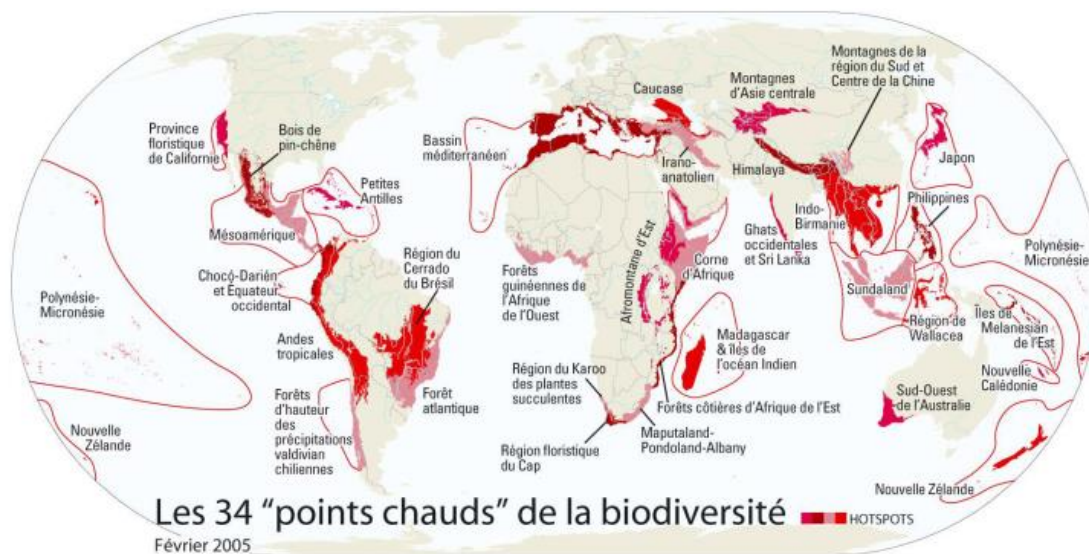


Figure 3.1 : Carte de répartition des 34 hotspots de la biodiversité mondiale. © Conservation International. Ces hotspots de biodiversité sont définis selon des critères basés principalement sur la flore, en prenant en compte les notions d'endémisme et le degré de menace qui pèse sur les espèces (Myers et al. 2000).

L'organisation « Conservation International » qui a pour but de protéger la biodiversité a adopté les hotspots de Myers comme plan institutionnel en 1989, et en 1996, l'organisation a pris la décision d'entreprendre une réévaluation du concept de hotspots, y compris un examen pour savoir si des zones clés avaient été négligées. Trois ans plus tard, un

examen mondial approfondi a été entrepris, qui a introduit des seuils quantitatifs pour la désignation des points chauds de la biodiversité.

Pour être considérée comme un hotspot, une région doit répondre à deux critères stricts :

- Elle doit contenir au moins 1 500 espèces de plantes vasculaires (> 0,5 % du total mondial) en tant qu'endémiques,
- Et elle doit avoir perdu ≥ 70 % de son habitat d'origine.

Actuellement, 34 points chauds de la biodiversité ont été identifiés (Figure 3.1), dont la plupart se trouvent dans les forêts tropicales. Entre eux, ils contiennent environ 50 % des espèces végétales endémiques du monde et 42 % de tous les vertébrés terrestres, mais ont perdu environ 86 % de leur habitat d'origine. Les hotspots ne sont pas des zones officiellement reconnues ou régies. Cependant, l'identification de ces zones comme des points chauds augmente la probabilité d'investissements dans la conservation. En outre, d'autres désignations pour la conservation de la biodiversité sont susceptibles d'être présentes dans ces vastes zones qui peuvent avoir des structures de gestion plus formelles.

5. Les menaces qui pèsent sur la biodiversité :

L'érosion de la biodiversité est préjudiciable à plusieurs titres : elle entraîne une perte du patrimoine génétique (extinction d'espèces, perte de populations) ; elle affecte également le fonctionnement des écosystèmes terrestres et aquatiques (modification des habitats, déplacement des espèces, eutrophisation des eaux de surface, etc.) ainsi que leur capacité à s'adapter aux changements des conditions physiques et biotiques (résilience). Or, les écosystèmes procurent de nombreux bénéfices à l'homme (nourriture, eau, ressources génétiques, etc.). Ces services, dits « écosystémiques », sont dégradés, et à long terme, leur pérennité est menacée.

Cette érosion de la biodiversité est due à une augmentation des pressions que sont :

- **La dégradation des milieux naturels et le changement d'usage des sols** : (ex : la forêt disparaît à un rythme de l'ordre de 0,5 % par an (9,8 millions d'hectares par an).
- **L'augmentation des pollutions chimiques et organiques** : (ex : les effets considérables sur les espèces animales et sur la santé humaine des polluants organiques persistants, l'effondrement des populations d'abeilles qui menace la pollinisation de nombreuses plantes cultivées).
- **La surexploitation des ressources naturelles** : (ex : si 57 % des stocks halieutiques sont pleinement exploités, 30 % des stocks dans le monde sont aujourd'hui surexploités).

- **L'introduction, volontaire ou accidentelle, d'espèces invasives** : (ex : l'introduction des pestes végétales et de ravageurs notamment dans les milieux insulaires, facteur de dégradation des milieux, accrue par l'intensification du commerce international, l'introduction d'algues et de bivalves transportés par les navires).
- **La désertification** : du fait des activités humaines (déboisement, surpâturage, labour) et du réchauffement climatique.
- **Le changement climatique** :

Le changement climatique auquel sont associées les évolutions de température, de précipitation et de pH des eaux agit sur l'érosion de la biodiversité de différentes manières :

- Espèces invasives ;
- Modification des cycles de vie de la faune et de la flore (périodes de migration, de reproduction, de floraison, de ponte, chaîne trophique, etc.) ;
- Modification des habitats en raison des migrations des espèces végétales qui suivent les isothermes et les isohyètes qui leur conviennent ;
- Rupture des relations complexes, symbiotiques ou commensales, encore largement sous estimées, entre des espèces animales et végétales ayant établi au cours d'une coévolution longue des liens obligatoires nécessaires à leur reproduction ou survie (pollinisation de certaines plantes par les insectes, équilibre ravageurs / prédateurs, etc.) ;
- Acidification des océans ;
- Le changement climatique fragilise les écosystèmes par les changements rapides de la végétation, la rupture de liens entre espèces animales et végétales résultant de lentes coévolutions et l'acidification des océans ;
- La destruction des écosystèmes émet des gaz à effet de serre : déforestation et dégradation des forêts, changement d'usage des sols, déstructurations des sols et des paysages cultivés par de mauvaises pratiques agricoles. (AFD, 2016).

La perte en biodiversité a un coût économique évalué à 14 billions d'euros d'ici 2050, d'après le rapport The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB 2010). 80 % de cette perte de biodiversité affectent directement la subsistance et la vie quotidienne des 3,2 milliards d'humains vivant avec moins de 2\$ par jour. Le capital naturel représente en effet un tiers de la richesse nationale des pays pauvres. Par exemple, presque la moitié de la richesse totale du Mozambique repose sur les ressources naturelles (AFD, 2016).

Si la reconnaissance de la valeur économique de la biodiversité peut constituer un argument en faveur de la mise en œuvre de politiques visant à une amélioration de sa gestion et de sa protection, elle ne suffit pas pour comprendre :

- 1/ le fonctionnement des écosystèmes et leurs rôles clés dans la production de services,
- 2/ et la contribution de la diversité biologique à la résilience des écosystèmes,

c'est-à-dire à la capacité des écosystèmes à maintenir dans le temps la fourniture de services dans des situations de chocs et de dégradation, quelles que soient les causes de ces dégradations. Une stratégie en faveur de la biodiversité ne peut pas, par conséquent, se limiter à l'élaboration de politiques environnementales et de protection de la biodiversité mais doit proposer également des mesures dans les politiques sectorielles telles que l'agriculture, la pêche, la forêt, l'énergie, les industries extractives, les transports, le tourisme et la santé (AFD, 2016).

II. État de la biodiversité en Algérie :

De par son aire géographique étendue (2,382 millions Km²) l'Algérie dispose d'une grande diversité **Eco systématique**, Elle présente une grande diversité climatique, puisqu'on y rencontre l'ensemble des étages bioclimatiques méditerranéens allant de l'humide au Saharien.

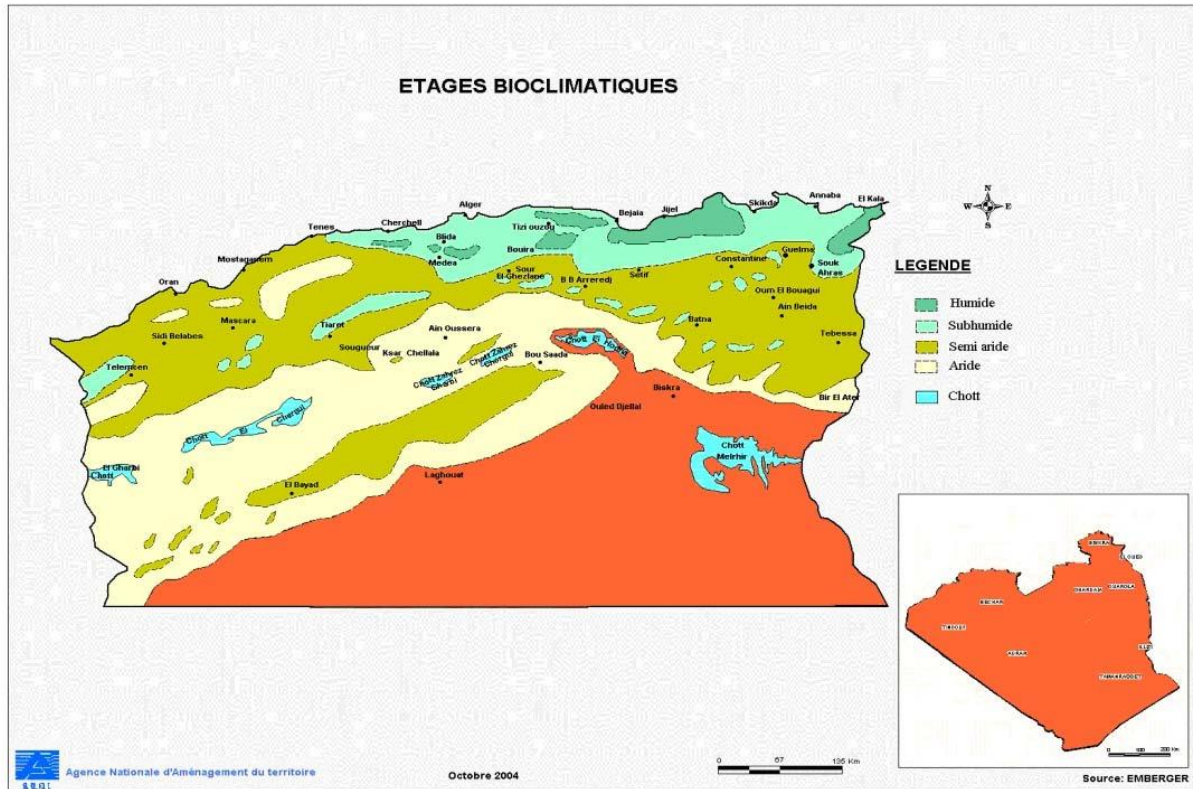


Figure 3.2 : Étages bioclimatiques présents en Algérie.

Sur le littoral qui borde la méditerranée on trouve les écosystèmes marins et côtier (sur plus de 1600 Km) ainsi que les écosystèmes humides (ex : El Kala). A l'intérieur des terres Deux chaînes montagneuses importantes, l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud, séparent le pays en trois types de milieux qui se distinguent par leur relief et leur morphologie, donnant lieu à une diversité climatique (Hamdani, H. FAO), on distingue dans ces régions les écosystèmes montagneux forestiers (Chelia, Chéria), steppiques (Hodna) et les prairies (Métidja). L'écosystème désertique occupe la majorité du territoire national au sud de l'Atlas Saharien.

L'Algérie compte 3.139 espèces floristiques, dont 1.611 sont considérées comme rare à rarissime, ce qui totalise près de 51 % de flore algérienne menacée de disparition, selon la Direction générale des forêts (DGF, 2021). La DGF a recensé 289 espèces "assez rares", 647 espèces "rares", 640 espèces "très rares" et enfin 35 espèces "rarissimes », l'étude de la DGF explique que cet état des lieux est lié à "la dégradation des habitats naturels, suite au développement de multiples infrastructures, l'urbanisation croissante, les incendies récurrents, les défrichements et labours des écosystèmes fragiles, l'érosion des sols, la sécheresse prolongée, et l'exploitation anarchique des ressources".

1. Ecosystème montagneux forestier :

Un écosystème forestier est une unité boisée naturelle composée de toutes les plantes, animaux et micro-organismes (composants biotiques) de cette zone fonctionnant conjointement avec tous les facteurs physiques (abiotiques) non vivants de l'environnement.

L'Algérie dispose d'une grande diversité d'arbres et d'arbustes. Sur les 70 taxons arborés de la flore spontanée algérienne (QUEZEL et SANTA, 1962), 52 espèces se rencontrent dans les zones montagneuses (Laouar, S.), on peut citer le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus Atlantica* L.) le Sapin de Numidie (*Abies numidica* L.) espèce rare et en danger d'extinction, ainsi que le chêne vert (*Quercus ilex* L.), la figure 3.3 du rapport national pour la FAO sur les ressources forestière algérienne démontre les principales espèces forestières algérienne.

La biodiversité forestière est en régression dans la plupart des régions forestières d'Algérie. En effet, outre la vulnérabilité naturelle qui caractérise la forêt méditerranéenne et les formations subforestières, la forêt algérienne continue à subir des pressions diverses et répétées réduisant considérablement ses potentialités végétales, hydriques et édaphiques. Les feux de forêts de ces dernières années ont considérablement réduit la surface forestière algérienne chaque année, en moyenne, 12 % des superficies forestières (48 000 ha) sont

parcourus par les incendies. Les feux de forêt sont à l'origine des dégâts parfois irréversibles en termes de biodiversité (destruction des biotopes de la faune sauvage). Pour la seule période 2004-2008, les incendies ont ravagé près de 140 515 ha en superficies forestières (DGF, 2009) (Laouar, S.) ; de plus, le surpâturage sur ces zones diminue les chances de régénération des forêts.

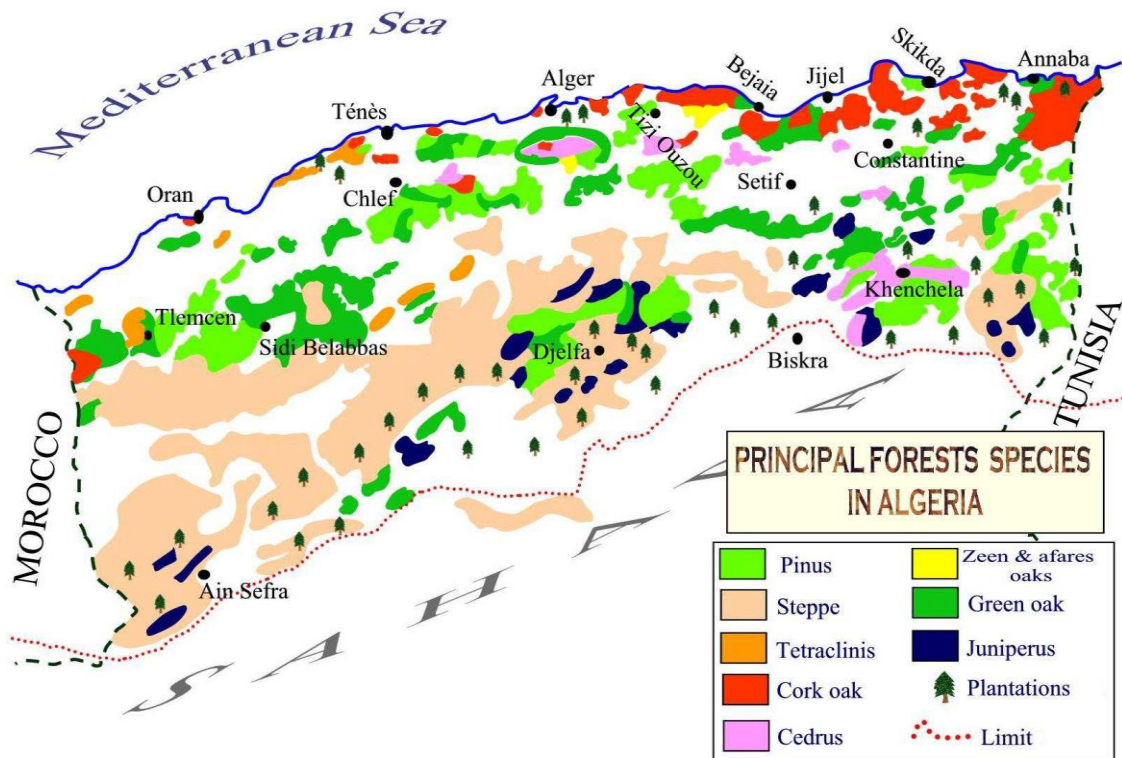


Figure 3.3 : Les principales espèces forestières algérienne

2. Les prairies :

Les prairies sont des types de végétation avec une prédominance d'espèces herbacées et apparentées. Les prairies sont une partie importante des nombreuses communautés écologiques, couvrant à l'origine jusqu'à 25 % de la surface de la Terre ; Ils fournissent de vastes pâturages pour les animaux sauvages et domestiques et offrent des zones plates qui ont été labourées pour faire pousser des cultures. Les prairies se trouvent dans des zones où les températures estivales sont chaudes et les précipitations faibles. Les zones avec moins de précipitations sont des déserts et les zones avec plus de précipitations ont tendance à être boisées. Il existe deux grands types de prairies dans le monde : les savanes tropicales et les prairies tempérées.

Les prairies tempérées ont moins de précipitations (25-90 cm) que les prairies tropicales et une gamme de températures beaucoup plus grande de l'hiver à l'été que la savane. Il existe deux grands types de prairies sous les latitudes tempérées : les prairies et les steppes.

Les prairies herbeuses se trouvent partout dans le monde. Ces zones ont des sols riches et profonds et sont dominées par des herbes hautes ; les arbres et les arbustes sont limités aux vallées fluviales, aux zones humides et à d'autres zones plus humides. Au fil des ans, les espèces de graminées indigènes sur les vastes zones de terrain plat ont été labourées et les champs ensemencés. Beaucoup de ces prairies ont été perdues au profit des cultures céréalières.

C'est dans ces zones que l'action de l'homme est la plus néfaste notamment à cause des engrais chimiques et autres pesticides causant la disparition progressive des abeilles essentielles à la pollinisation des plantes.

3. Les zones humides :

Les zones humides sont des zones de transition qui occupent une position intermédiaire entre les terres arides et les eaux libres. Ces écosystèmes sont dominés par l'influence de l'eau ; ils englobent des habitats divers et hétérogènes allant des rivières, des plaines inondables et des lacs pluviaux aux marécages, estuaires et marais salants. Les zones humides sont des écosystèmes productifs qui servent d'habitat à une variété de plantes et d'animaux. Les zones humides remplissent des fonctions essentielles, notamment le contrôle des crues, le traitement naturel des eaux usées, la stabilisation des rives contre l'érosion par les vagues, la recharge des aquifères et le maintien d'une riche biodiversité. De nombreuses zones humides servent d'habitats d'hiver aux oiseaux migrateurs.

De nombreuses zones humides ont été drainées et remises en état pour l'expansion agricole et urbaine. Les problèmes d'envasement, en particulier dans les zones humides peu profondes, sont également soumis à des contraintes telles que les ruissellements agricoles, les pesticides et la construction de barrages.

De par sa position géographique au nord de l'Afrique et à la limite du grand Sahara, l'Algérie compte très peu de zone humide, la plus importante étant celle de la région d'Ekala riche d'une biodiversité importante elle principalement menacée par les changements climatiques et les actions anthropologiques.



Image 3 : La parc national d'El Kala.

4. Les écosystèmes côtier-marin :

L'écosystème côtier-marin fait référence à la région marine s'étendant des « limites supérieures des marées à travers le plateau continental, la pente et la montée » ; il comprend ainsi des rivages rocheux, des plages de sable, des forêts de varech, du benthos subtidal et la colonne d'eau sur le plateau, la pente et la montée. Les écosystèmes marins couvrent environ 71 % de la surface de la Terre et contiennent environ 97 % de l'eau de la planète. Ils génèrent 32 % de la production primaire nette mondiale.

La flore marine algérienne est estimée, à 713 espèces regroupées dans 71 genres et 38 familles. Si l'on rajoute la végétation littorale et insulaire, la faune ornithologique marine et littorale, la biodiversité totale connue de l'écosystème marin côtier algérien est de 4150 espèces, dont 4014 sont confirmées pour un total de 950 genres et 761 familles. Mais, il faut souligner que ces chiffres ne reflètent pas la biodiversité réelle, mais plutôt celle connue (Laouar, S.).

5. Le désert :

Les déserts sont des régions arides, recevant généralement moins de 10mm de précipitations par an, ou des régions où le taux d'évaporation potentiel est deux fois plus élevé que les précipitations. L'écosystème désertique est caractérisé par de faibles précipitations, des terres arides, avec des étendues de sable, de roche ou de sel, qui sont en grande partie stériles, à l'exception d'une couverture végétale clairsemée ou saisonnière.

L'écosystème saharien en Algérie compte un peu plus de 500 taxons avec un fort taux d'endémisme. Outre les recensements et les prospections effectuées par le passé de nouveaux taxons sont découverts dans le cadre des travaux de recherche et de prospection.

On l'aurait compris la biodiversité est d'une importance capitale pour l'être humain sur tous les plans : l'économie, la santé pour ne citer que ces deux domaines clés, et donc des actions doivent être prises pour conserver cette biodiversité si précieuse dont dépend la survie de l'homme, ces actions seront détaillées dans le 3^{ème} chapitre du cours qui suit.



Diversité des écosystèmes montagneux en Algérie - [El watan.dz](http://Elwatan.dz)

Chapitre III : Conservation de la biodiversité.

1. La protection de la biodiversité : une préoccupation mondiale

La biodiversité représente le tissu vivant de la Terre. Contrairement à une idée répandue, la prise de conscience par la communauté scientifique de l'érosion de la biodiversité n'est pas si récente : c'est en 1923 qu'a été organisé à Paris le premier Congrès international sur la protection de la nature et l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) a vu le jour en 1948. Cependant, la prise de conscience a été plus tardive chez les citoyens, les décideurs et les gouvernements.

Le premier programme ayant explicitement pour but de réduire la perte de biodiversité, intitulé « *Man and Biosphere* » a été lancé par l'Unesco en 1971. En 1972, lors de la première Conférence des Nations unies sur l'environnement humain à Stockholm, la conservation de la diversité biologique apparaît pour la première fois comme une préoccupation internationale et le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) voit le jour.

Les premières réserves de biosphère sont créées l'année suivante. En 1980, les questions relatives à la diversité biologique sont liées pour la première fois à un type de développement qualifié en anglais de « sustainable / développement durable » dans la « Stratégie mondiale de la conservation » publiée par l'UICN. Cette publication affirme que l'humanité, en tant que partie intégrante de la nature, est condamnée à disparaître si la nature et les ressources naturelles ne sont pas préservées.

2. Les Conventions internationales pour la biodiversité :

Six conventions internationales se concentrent sur les questions de biodiversité : la *Convention sur la diversité biologique* (année d'entrée en vigueur : 1993), la *Convention sur la conservation des espèces migratrices*, la *Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction* (1975), le *Traité sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture* (2004), la *Convention de Ramsar sur les zones humides* (1971) et la *Convention du patrimoine mondial* (1972). Chacune des conventions liées à la biodiversité s'efforce de mettre en œuvre des actions aux niveaux national, régional et international afin d'atteindre des objectifs communs de conservation et d'utilisation durable. Pour atteindre leurs objectifs, les conventions ont développé un certain nombre d'approches complémentaires (sites, espèces, ressources génétiques et/ou écosystémiques) et d'outils opérationnels (par exemple, programmes de

travail, permis et certificats commerciaux, système multilatéral d'accès et de partage des avantages, accords régionaux, listes de sites, fonds).

2.1 La convention sur la biodiversité :

Les objectifs de la CDB sont la conservation de la diversité biologique, l'utilisation durable de ses éléments et le partage juste et équitable des avantages découlant de l'utilisation commerciale et autre des ressources génétiques. L'accord couvre tous les écosystèmes, espèces et ressources génétiques.

La Convention sur la diversité biologique (CDB) a été formée lors d'une réunion à Rio de Janeiro en 1992 et est entrée en vigueur, avec 133 pays membres, en décembre 1993. La CDB vise à protéger les ressources biologiques du monde contre une érosion supplémentaire ou au moins à ralentir ce taux d'érosion. Jusqu'à l'entrée en vigueur de la CDB, les organismes vivants étaient considérés comme un héritage commun de l'humanité, mais la CDB les accepte comme propriété souveraine des États-nations. La CDB doit promouvoir la conservation de la diversité biologique, une utilisation durable de ses composants et un partage équitable des avantages qui en résultent. Ainsi, il y a une différence entre les objectifs de l'UICN et de la CDB, bien qu'ils s'efforcent tous deux de conserver les ressources biologiques du monde.

La Convention sur la diversité biologique a trois objectifs principaux :

1. Conservation de la biodiversité.
2. Utilisation durable de ses composants.
3. Partage juste et équitable des avantages découlant des ressources génétiques.

2010 était l'Année internationale de la biodiversité. Le Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique est le point focal de l'Année internationale de la biodiversité. La 11e Conférence des Parties (COP) à la Convention sur la diversité biologique s'est tenue à Hyderabad. Le 22 décembre 2010, l'ONU a déclaré la période 2011-2020 Décennie des Nations Unies pour la biodiversité. Ils ont donc suivi une recommandation des signataires de la CDB lors de la COP10 à Nagoya en octobre 2010.

2.2 Le Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture :

Les objectifs du Traité sont la conservation et l'utilisation durable des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture et le partage juste et équitable des avantages découlant de leur utilisation, en harmonie avec la Convention sur la diversité biologique, pour une agriculture durable et la sécurité alimentaire.

Le Traité couvre toutes les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture, tandis que son système multilatéral d'accès et de partage des avantages couvre une liste spécifique de 64 cultures et fourrages. Le traité comprend également des dispositions sur les droits des agriculteurs.

Adopté le 3 novembre 2001 par la 31^e Conférence de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), le Traité est entré en vigueur le 29 juin 2004.

2.3 Convention africaine sur la conservation de la nature et des ressources naturelles :

Adoptée en 2003, la Convention africaine de Maputo sur la conservation de la nature est entrée en vigueur en 2016, mais la 1^{ère} Conférence des Parties, essentielle pour la rendre opérationnelle, n'a pas encore eu lieu. D'où l'urgence de la convoquer au plus tôt. L'UICN pourrait fournir un appui technique à cette fin, dans la lignée de son soutien continu à la promotion du droit de l'environnement en Afrique, ainsi que dans la perspective d'assumer les fonctions de Secrétariat de la Convention.

Originellement conclue à Alger en 1968, la Convention africaine sur la conservation de la nature et des ressources naturelles a été refondue 35 ans plus tard à la faveur d'une réforme en profondeur qui a notablement étoffé et actualisé son contenu normatif. Le texte ainsi révisé de la Convention a été adopté à Maputo en 2003. Il a ensuite fallu attendre pas moins de 13 ans pour qu'il entre en vigueur, le 10 juillet 2016, après le dépôt du 15^{ème} instrument de ratification requis à cet effet. Par comparaison, la Convention initiale d'Alger était rapidement entrée en vigueur, dès 1969.

Cette entrée en vigueur tardive de la Convention de Maputo tient à la lenteur de sa ratification, pour ainsi dire au compte-gouttes. Elle n'a en effet été ratifiée jusqu'ici que par 16 Etats africains – moins du tiers des pays du continent – et de façon assez sporadique. Là encore la comparaison avec la Convention d'Alger est édifiante : celle-ci compte 32 Etats parties, soit le double de ceux qui ont souscrit à la Convention de Maputo.

L'article 1 et 2 de la convention détaillent du champ d'application et des objectifs de cette dernière ainsi que l'article 8 sur le couvert végétal :

Article I. CHAMP D'APPLICATION

La présente Convention s'applique :

- ☞ À toutes les zones qui se trouvent à l'intérieur des limites de la juridiction nationale de toute Partie.

- ☞ Aux activités entreprises sous la juridiction ou le contrôle de toute Partie que ce soit à l'intérieur de la zone relevant de sa juridiction nationale ou en dehors des limites de sa juridiction nationale.

Article II. OBJECTIFS

La présente Convention a pour objectifs de :

- ☞ Améliorer la protection de l'environnement.
- ☞ Promouvoir la conservation et l'utilisation durable des ressources naturelles.
- ☞ Harmoniser et coordonner les politiques dans ces domaines en vue de mettre en place des politiques et des programmes de développement qui soient écologiquement rationnels, économiquement sains et socialement acceptables.

Article VIII. COUVERT VEGETAL

Les Parties prennent toutes les mesures nécessaires de protection, de conservation, d'utilisation durable et de restauration du couvert végétal. A cette fin, elles :

- ☞ Adoptent des plans scientifiquement établis et qui s'appuient sur une tradition judicieuse pour la conservation, l'utilisation et l'aménagement des forêts, terres boisées, pâturages, zones humides et autres zones de couvert végétal, en tenant compte des besoins sociaux et économiques des populations concernées, de l'importance du couvert végétal pour le maintien de l'équilibre hydrologique d'une région, pour la productivité des sols et pour conserver les habitats des espèces.
- ☞ Prennent des mesures concrètes en vue de contrôler les feux, l'exploitation des forêts, le défrichement, le pâturage par les animaux domestiques et sauvages, et les espèces envahissantes.
- ☞ Créent des réserves forestières et appliquent des programmes de reboisement là où ils s'avèrent nécessaires.
- ☞ Limitent le pâturage en forêt à des saisons et à une intensité qui n'empêche pas la régénération forestière.

3. Organisations internationales pour la préservation de la biodiversité :

3.1 L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature :

L'UICN a été créée en 1948. Elle s'appelait initialement Union internationale pour la protection de la nature et des ressources naturelles (1948-1956) et a également été connue sous le nom d'Union mondiale pour la nature (1990-2008).

L'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN ; officiellement Union internationale pour la conservation de la nature et des ressources naturelles) est une

organisation internationale travaillant dans le domaine de la conservation de la nature et de l'utilisation durable des ressources naturelles. Il est impliqué dans la collecte et l'analyse de données, la recherche, les projets sur le terrain et l'éducation. La mission de l'UICN est d'influencer, d'encourager et d'aider les sociétés du monde entier à conserver la nature et à garantir que toute utilisation des ressources naturelles est équitable et écologiquement durable.

L'UICN compte plus de 1 400 organisations gouvernementales et non gouvernementales. Quelque 16 000 scientifiques et experts participent bénévolement aux travaux des commissions de l'UICN. Elle emploie environ 1 000 personnes à temps plein dans plus de 50 pays. Son siège est à Gland, en Suisse.

L'UICN a le statut d'observateur et consultatif auprès des Nations Unies et joue un rôle dans la mise en œuvre de plusieurs conventions internationales sur la conservation de la nature et la biodiversité. Il a participé à la création du Fonds mondial pour la nature et du Centre mondial de surveillance de la conservation. Dans le passé, l'UICN a été critiquée pour avoir placé les intérêts de la nature avant ceux des peuples autochtones. Ces dernières années, ses relations plus étroites avec le monde des affaires ont suscité la controverse.

L'UICN publie sur son site web une liste rouge (https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_rouge_de_l%27UICN), mise à jour périodiquement, destinée à répertorier les espèces animales ou végétales en danger dans le monde. Lorsque les données concernant une espèce sont en quantité suffisante, elle fait l'objet d'une évaluation et d'un suivi sur plusieurs années.

4. Les réserves de biosphère :

Les réserves de biosphère sont des « lieux d'apprentissage du développement durable ». Ce sont des sites qui permettent de tester des approches interdisciplinaires afin de comprendre et de gérer les changements et les interactions entre systèmes sociaux et écologiques, y compris la prévention des conflits et la gestion de la biodiversité. Ce sont des endroits qui apportent des solutions locales à des problèmes mondiaux. Les réserves de biosphère comprennent des écosystèmes terrestres, marins et côtiers. Chaque réserve favorise des solutions conciliant la conservation de la biodiversité et son utilisation durable (UNESCO, 2019).

Les réserves de biosphère sont proposées par les gouvernements nationaux et restent sous la juridiction souveraine des États où elles sont situées. Les réserves de biosphère sont désignées dans le programme intergouvernemental MAB par le Directeur général de

l'UNESCO à la suite des décisions du Conseil international de coordination du MAB (MAB ICC). Leur statut est reconnu internationalement et les États membres peuvent soumettre des sites par le biais du processus de désignation (UNESCO, 2019).

Les réserves de biosphère ont impliqué les communautés locales et tous les acteurs intéressés dans la planification et la gestion, en intégrant trois "fonctions" principales :

- ☞ Conservation de la biodiversité et de la diversité culturelle.
- ☞ Développement économique durable sur le plan socioculturel et environnemental.
- ☞ Soutien logistique, soutenant le développement par la recherche, le suivi, l'éducation et la formation.

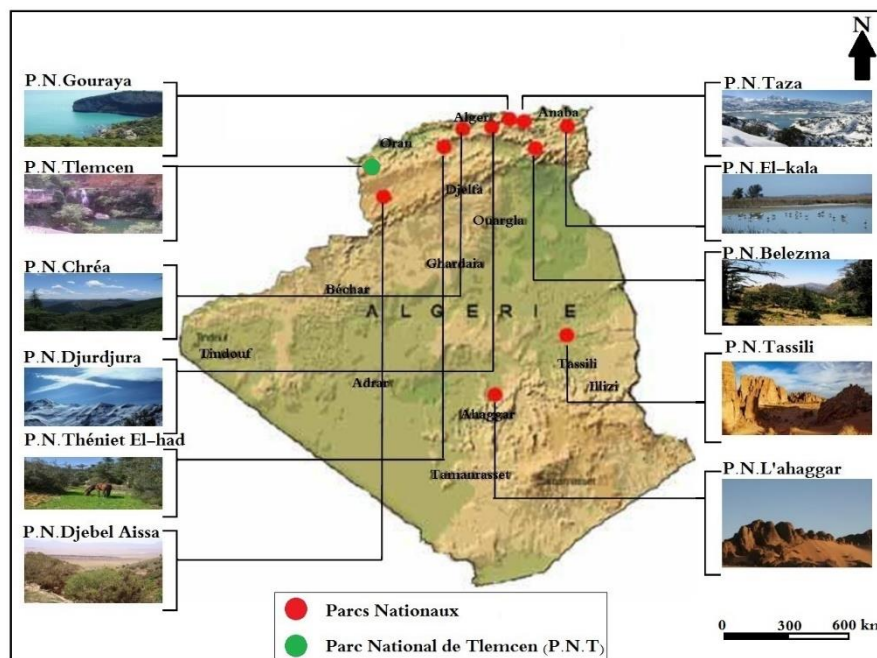


Figure 4.1 : Les parcs nationaux algériens (image, P.N. de Tlemcen).

5. Les actions mondiales pour la biodiversité :

5.1 La convention de Rio :

Le Fonds pour l'environnement mondial est créé par l'ONU en 1990 pour financer les surcoûts liés aux projets du PNUE dans les pays en développement. L'année suivante, l'UICN, le PNUE et le WWF (World Wildlife Fund, Fonds mondial pour la nature) publient « Sauver la planète – Stratégie pour l'avenir de la Vie », document préparatoire à la Convention sur la diversité biologique qui sera adoptée au Sommet de Rio, en 1992. Entrée en vigueur en 1993, ratifiée aujourd'hui par 190 états plus l'Union européenne, elle souligne que : « les ressources et les équilibres naturels ont conditionné l'émergence de l'humanité. L'avenir et l'existence même de l'humanité sont indissociables de son milieu naturel ».

5.2 Le protocole de Kyoto :

En 1997, le Protocole de Kyoto rappelle la nécessité de lutter contre le réchauffement climatique pour protéger la biodiversité et l'avenir de l'humanité. Assurer un environnement durable sera, en l'an 2000, l'un des huit « Objectifs du Millénaire pour le développement » définis lors de l'Assemblée générale des Nations unies. Destinés à aboutir en 2015, leur réalisation a déjà pris un sérieux retard. De même, en 2002, les gouvernements se sont engagés « à assurer, d'ici 2010, une forte réduction du rythme actuel d'appauvrissement de la biodiversité aux niveaux mondial, régional et national, à titre de contribution à l'atténuation de la pauvreté et au profit de toutes les formes de vie sur Terre », mais on voit bien que cet objectif est encore loin d'être atteint. À partir des années 2000, une initiative destinée à évaluer régulièrement l'état des écosystèmes de la planète est lancée. Le rapport d'évaluation, publié en 2005, a mobilisé 1 360 experts. Il établit les faits suivants :

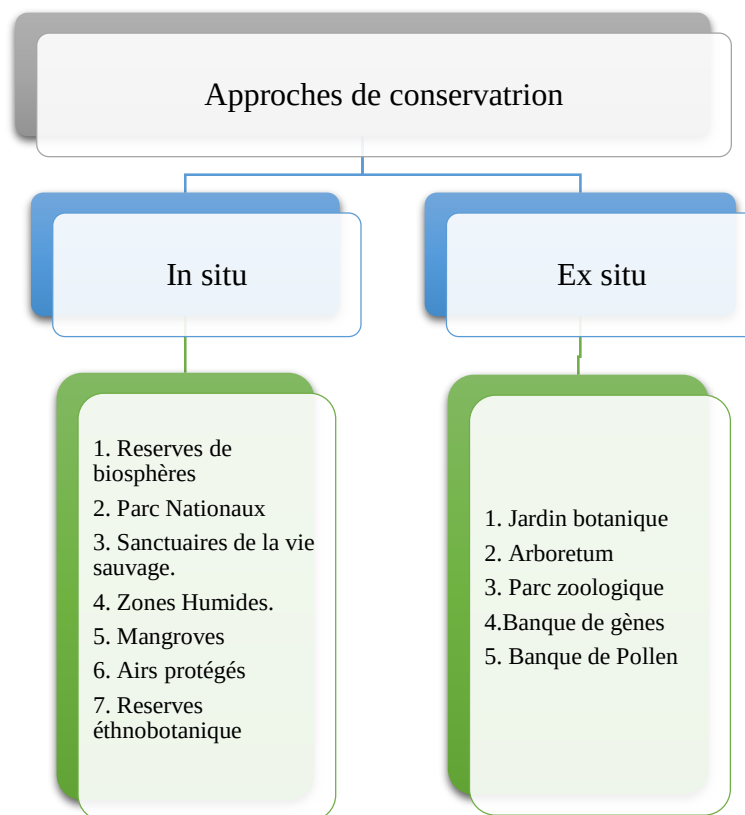
- ☞ La biodiversité contribue entre autres à la sécurité, à la santé et au bien-être de l'espèce humaine ;
- ☞ L'appauvrissement de la biodiversité causé par des facteurs anthropiques a été plus rapide ces 50 dernières années que lors de l'ensemble de l'histoire humaine ;
- ☞ La dégradation des écosystèmes pourrait s'aggraver considérablement au cours de la première moitié de ce siècle et faire obstacle aux objectifs du millénaire si des efforts sans précédent ne sont pas réalisés pour la réduire.

Aujourd'hui, la communauté internationale a structuré son action en faveur de la biodiversité selon quatre axes. Le premier est **la Convention sur la biodiversité** qui en constitue l'aspect politique. Le second est **la recherche** : les efforts de recherche scientifique sont organisés par le réseau **Diversitas** mis en place par l'UNESCO et le Conseil international pour la science, avec pour objectif de créer une communauté de chercheurs spécialistes. Le troisième axe est celui de **l'évaluation des connaissances accumulées**, dévolue au **Millenium Ecosystem Assesment** (évaluation des écosystèmes pour le millénaire) et l'IPBES (**Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services**, Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écologiques) qui devrait être l'équivalent pour la biodiversité de ce qu'est le GIEC (Groupe international d'experts sur l'évolution du climat) pour le climat. Enfin, le quatrième axe consiste à **mesurer les changements subis par la biodiversité et à modéliser son évolution future**. Pour cela, le réseau GEO BON (**Group on Earth Observation Biodiversity Observation Network**) installe depuis 2009 sur tous les continents des stations d'observation permettant un suivi périodique et global.

6. Préservation « *in situ* » et « *ex situ* » :

La diversité biologique peut être préservée pour la postérité de deux manières : *in situ* et *ex situ*. La maintenance *ex situ* des espèces est assurée par les jardins botaniques, les zoos et les aquariums et des pools de gènes par les banques de matériel génétique (magasins de semences, collections *in vitro* et banques de gènes de terrain) et les collections de base de cultivars de plantes et de races animales. Les jardins botaniques ont probablement une plus grande capacité en ce qui concerne les espèces végétales. Mais il est clair qu'il n'est possible de maintenir *ex situ* qu'une infime fraction des espèces du monde.

La conservation *in situ* se fait en protégeant des zones riches en biodiversité. Il s'agit notamment des réserves de biosphère, des parcs nationaux, des sanctuaires, etc. Le concept de réserves de biosphère est le fruit du programme sur l'Homme et la biosphère de l'UNESCO. L'objectif principal de ce concept est de sauvegarder, pour l'usage présent et futur, la diversité et l'intégrité des communautés biotiques de plantes et d'animaux au sein des écosystèmes naturels et de sauvegarder la diversité génétique des espèces dont dépend leur évolution continue. Ces réserves doivent comprendre des écosystèmes terrestres et marins et coïncider avec les parcs nationaux et les sanctuaires (un plus haut dans le cours).



7. En Algérie :

Comme on vient de le lire, la mobilisation mondiale pour la conservation de la biodiversité est une réalité, l'Algérie située dans un hotspot de la biodiversité n'échappe pas au mouvement et plusieurs actions sont entreprises dans ce sens :

- Participation aux travaux de la première Conférence Mondiale à Stockholm en 1972 sous l'égide des Nations Unies : l'Environnement est un problème Planétaire ; toute politique à long terme n'est envisageable que dans un contexte international.
- Création du Comité National de l'Environnement (C.N.E) en 1974 : organe consultatif qui a pour mission de proposer les éléments essentiels de la politique environnementale dans le cadre de l'aménagement du territoire et du développement économique et social.
- Elaboration de Loi 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement.
- Création de l'Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement (A.N.P.E.).

7.1 Mise en œuvre d'une politique nationale de la protection de l'environnement

Loi 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement a pour but de

- Protéger, restaurer et valoriser les ressources naturelles du pays.
- Prévenir et lutter contre toute forme de pollution et nuisance.
- Améliorer le cadre et la qualité de vie du citoyen algérien en respectant l'environnement.

Depuis l'indépendance, l'Algérie a ratifié une vingtaine de conventions et protocoles internationaux conclus dans le domaine de l'environnement et portant sur :

- La protection de la mer
- La protection des ressources biologiques naturelles
- La protection de l'atmosphère.
- La lutte contre la désertification.
- Le contrôle des déchets dangereux.

7.2 La protection des obtentions végétales :

La création variétale est le fruit de plusieurs années de recherches, aux prix d'investissements financiers importants. Mais une fois obtenue et mise sur le marché, une nouvelle variété végétale peut-être facilement reproduite. A cet effet, il est important qu'elle soit protégée, de la même façon que d'autres créations telles que les inventions par les brevets, les œuvres littéraires par les droits d'auteurs...etc, garantissant aux obtenteurs leurs droits de

propriété intellectuelle. La protection des obtentions végétales en Algérie est définie par la loi n° 05-03 du 27 Dhou El hidja 1425 correspondant au 06 Février 2005 relative aux semences, aux plants et à la protection des obtentions végétales (DGRSDT, 2018).

Cette dernière a pour objectif de déterminer les conditions :

- D'homologation, de production, de multiplication et de commercialisation des semences et plants utilisés dans la production végétale ;
- De protection des obtentions végétales.

En vertu de la Loi n° 05-03 du 06 février 2005, relative aux semences, aux plants et à la protection de l'obtention végétale, est qualifiée d'obtention végétale toute variété végétale nouvelle, créée, découverte, ou mise au point, résultant d'un processus génétique particulier ou d'une composition particulière des processus héréditaires, différente de tout autre groupe végétal, et qui constitue une entité autonome eu égard à sa capacité multiplicative (DGRSDT, 2018).

La convention de l'Union internationale pour la protection des obtentions végétales (UPOV) définit la variété végétale comme étant "un ensemble végétal d'un taxon botanique du rang le plus bas connu, qu'il réponde ou non pleinement aux conditions pour l'octroi d'un droit d'obtenteur, peut être défini par l'expression des caractères résultant d'un certain génotype ou d'une certaine combinaison de génotypes, distingué de tout autre ensemble végétal par l'expression d'au moins un desdits caractères et considéré comme une entité eu égard à son aptitude à être reproduit conforme" (DGRSDT, 2018).

7.3 Le certificat d'obtentions végétales (COV) :

Le certificat d'obtention végétale est un titre de propriété incorporelle, qui confère à son titulaire, le droit exclusif sur l'exploitation commerciale de la variété concernée, et cela en interdisant notamment à quiconque de reproduire, de multiplier, de produire ou de vendre la variété à des fins commerciales sans son consentement (DGRSDT, 2018).

En Algérie, c'est l'autorité nationale phytotechnique, créé auprès du ministre chargé de l'agriculture qui délivre le COV. Elle assure :

- L'homologation des variétés de semences et plants et le contrôle des conditions de leur production, leur commercialisation et leur utilisation.
- De la protection des obtentions végétales.

7.3.1 Cas des chercheurs :

Si une obtention végétale est créée, découverte ou mise au point par un agent public chercheur, dans le cadre de l'exercice de ces fonctions, l'établissement public dont il dépend

est le seul habilité à introduire la demande pour l'octroi du COV et également pour l'inscription de la nouvelle variété au catalogue national. Le nom de l'agent créateur est porté au certificat d'obtention. Ainsi, il faut distinguer entre deux notions : agent créateur et déposant (DGRSDT, 2018).

L'Agent créateur : chercheur, ingénieur ou technicien ayant participé à la création, découverte ou mise au point de l'obtention végétale.

Le déposant : toute personne morale ou physique qui effectue la demande de COV.

7.3.2 Conditions d'octroi de COV :

Afin d'obtenir la protection par COV, la variété végétale doit obligatoirement être nouvelle, remplir trois critères techniques : distinction, homogénéité et stabilité et avoir une désignation générique (DGRSDT, 2018).

a. La Nouveauté : La variété est qualifiée de nouvelle si à la date de dépôt de la demande de droit d'obtenteur, elle n'a pas été vendue ou remise à des fins commerciales à des tiers par l'obtenteur, ou avec son consentement, aux fins de l'exploitation de la variété :

- Sur le territoire national depuis plus d'un an,
- Sur le territoire autre que le territoire national depuis plus de 4 ans ou dans le cas des arbres et de la vigne depuis plus de six 6 ans. ·

b. La distinction : La variété doit se distinguer de toutes les variétés figurant au catalogue officiel, par différents caractères qui peuvent être de nature morphologique ou physiologique.

c. L'homogénéité : La variété présentée à l'inscription doit être homogène pour l'ensemble des caractères qui l'identifient.

d. La stabilité : la variété doit être stable pour l'ensemble de ses caractères qui l'identifient au cours de la multiplication.

e. La désignation générique : la variété doit porter une appellation générique, permettant de l'identifier. Elle ne se compose que de chiffres, ne peut être susceptible d'induire en erreur, ou de prêter à confusion sur les caractéristiques, la valeur ou l'identité de la variété (DGRSDT, 2018).

7.4 Les Organismes génétiquement modifiés

7.4.1 Définition :

Un OGM (ou Organisme génétiquement modifié) est un organisme vivant (animal ou végétal) dont le patrimoine génétique a été modifié par l'Homme, de par des techniques de génie génétique ou de sélection artificielle.

7.4.2 La transgénèse :

Pour modifier génétiquement un organisme, il faut avoir accès à son ADN. Car c'est dans son ADN que l'on va trouver les gènes qui contiennent les informations sur les caractères des organismes vivants (la couleur des fleurs, des fruits, la production de racines, la production de molécules pour réaliser la photosynthèse, etc.).

La technique employée pour obtenir des OGM se nomme la transgénèse. Cela consiste à introduire un gène étranger (que l'on nomme transgène) dans le génome d'un organisme.

Il faut cependant faire attention à ne pas confondre cette technique avec celle de la mutagenèse, qui consiste à générer des mutations au sein d'un génome. Elle modifie l'information génétique mais sans rajouter de gène(s), contrairement à la transgénèse.

7.4.2.1 Les étapes de la transgénèse :

☞ **Étape 1 : Identifier, isoler, intégrer et multiplier un gène d'intérêt**

La première étape est le choix d'un caractère que l'on veut introduire dans la plante, comme par exemple des caractères de qualité nutritionnelle, la résistance à certains insectes, à certaines maladies, à des herbicides, etc. Ensuite, il faut procéder à l'identification et au clonage du ou des gènes à l'origine du caractère recherché.

Le gène d'intérêt peut provenir de tout organisme vivant, plante, animal ou bactérie puisque le code génétique est universel. Puis, il est intégré dans une construction génique associant souvent un gène marqueur. Ce gène marqueur permet de sélectionner les cellules qui ont intégré le gène d'intérêt. La construction est ensuite multipliée (clonée) afin de disposer d'une quantité suffisante d'ADN pour son introduction dans les cellules végétales que l'on veut transformer.

☞ **Étape 2 : Transférer le gène**

Il y a plusieurs méthodes pour introduire un gène dans une cellule :

a. La transformation biologique. Cette technique utilise une bactérie du sol, *Agrobacterium*, qui a la propriété de réaliser naturellement la transformation génétique d'une plante, afin de la parasiter. Ainsi, une construction génique introduite dans la bactérie (rendue avirulente au préalable) sera transférée dans la plante et intégrée à son génome. Cette technique est la plus couramment utilisée.

b. Le transfert direct. Cette technique fait intervenir :

- Soit une projection d'ADN (biolistique) dans les cellules de la plante par l'utilisation d'un canon à particules qui projette dans les cellules des microparticules de métal (or ou tungstène) enrobées des constructions géniques,

- Soit l'introduction d'ADN dans des protoplastes, par action d'un agent chimique ou d'un champ électrique (électroporation).

Les cellules issues de différents types de tissus végétaux peuvent être soumises à la transformation. Selon les espèces, ce seront des disques foliaires, des sections de tige, des cotylédons, des embryons, des microspores ou des protoplastes. On utilise le plus fréquemment des disques foliaires comme pour le tabac ou la tomate.

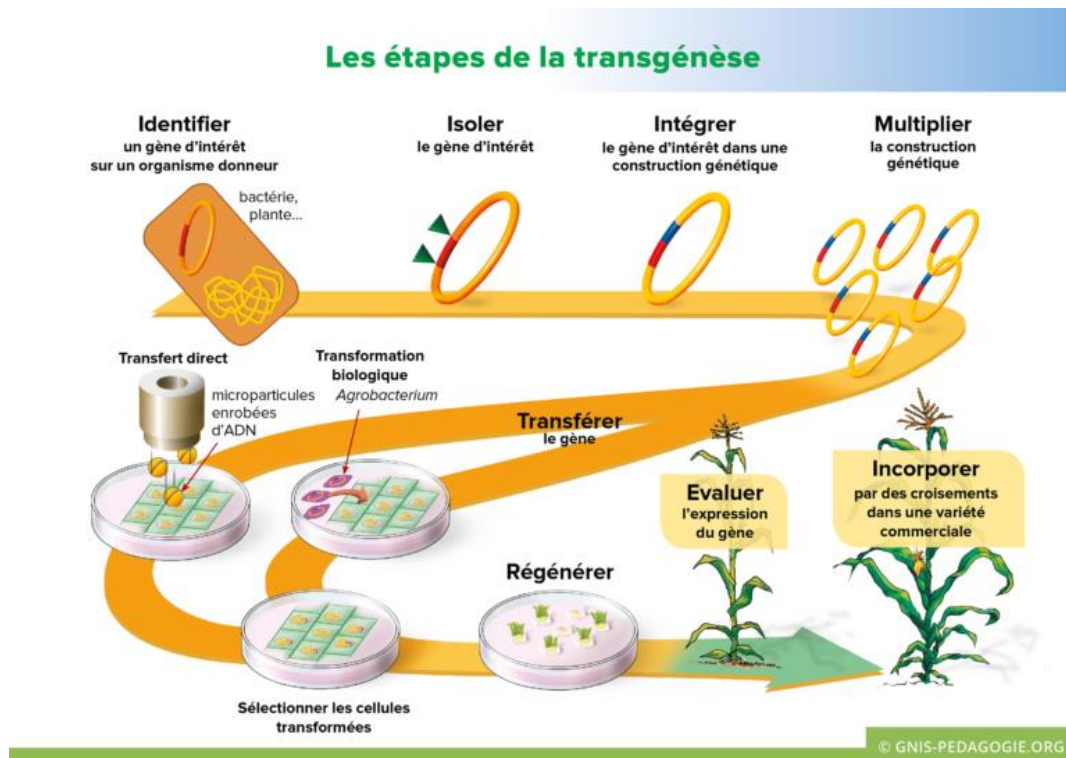


Figure 4.2 : Les étapes de la transgénèse.

(<https://www.semiae-pedagogie.org/sujet/biotechnologies-etapes-transgenese/>)

➡ Étape 3 : Régénérer et évaluer les plantes transformées

Après sélection des cellules transformées, il faut régénérer les nouvelles plantes transgéniques. Les cellules transformées se développent d'abord en cals, larges amas de cellules indifférenciées. Après quelques semaines, on observe le développement de pousses. Elles sont alors placées dans un nouveau milieu de culture permettant le développement des racines. Quand les racines sont suffisamment développées, les plantules sont repiquées en pot et acclimatées en serre.

La régénération *in vitro* des cellules transformées est une étape difficile à maîtriser. Aussi, le génotype, le type de tissus et les conditions de culture sont choisis en fonction de leur aptitude à la régénération. Les plantes régénérées sont ensuite analysées à différents niveaux :

- Moléculaire : nombre de copies de transgène et intensité de son expression.
- Biochimique : présence de l'enzyme traduite et de son activité.
- Physiologique : morphologie de la plante, paramètres de croissance, photosynthèse, reproduction.
- Agronomique : comportement en champ et paramètres agronomiques.
- Ecologique : effet éventuel sur l'environnement.

☞ **Étape 4 : Incorporer dans une variété commerciale**

Les plantes transformées obtenues sont soumises à des croisements contrôlés pour étudier les modalités de transmission du nouveau caractère à la descendance. La transformation et la régénération étant des opérations délicates, le génotype de la plante choisie est celui facilitant ces étapes. C'est pourquoi les plantes retenues sont ensuite soumises à une succession de rétrocroisements afin d'introduire le gène dans le matériel élite et d'obtenir de nouvelles variétés commerciales exprimant ce caractère.

8. Les OGM dans l'agriculture :

Les OGM sont utilisés dans l'agriculture, pour leur résistance à certains parasites, champignons, maladies mais également pour leur résistance aux pesticides. Les OGM actuellement disponibles permettent ainsi d'avoir des champs de maïs et de coton résistants aux insectes, ce qui permet de réduire les dégâts causés par ces derniers, ou encore d'avoir des plantations de soja résistantes aux herbicides, permettant d'éliminer les mauvaises herbes sans porter atteinte aux cultures.

8.1 Les plantes génétiquement modifiées :

Les espèces végétales génétiquement modifiées les plus cultivées dans le monde sont le soja, le maïs, le coton et le colza. Le soja et le maïs occupent à eux seuls plus de 81 % des surfaces cultivées d'OGM (dont 50 % des surfaces pour le soja). Le riz, la papaye, l'aubergine, la pomme de terre ou la betterave font aussi régulièrement l'objet de modifications génétiques, mais couvrent des surfaces de culture moins importantes.

Les modifications génétiques portent essentiellement sur l'introduction de deux caractères dans les cultures : tolérance à un ou plusieurs herbicides et résistance aux ravageurs (insectes nuisibles pour les cultures agricoles) par production d'une molécule insecticide, ou une combinaison de ces deux caractères.

D'autres caractéristiques sont en développement (autres résistances aux maladies, efficacité de la photosynthèse ou de l'utilisation de l'azote, tolérance à la sécheresse,

développement de qualités organoleptiques), mais ne font pas encore l'objet de mise en culture importante.

En 2017, les organisations internationales ont recensé 189,8 millions d'hectares cultivés dans 24 pays, par 17 millions d'agriculteurs. Les surfaces des cultures OGM ont augmenté de 3 % en 2017 par rapport à 2016.

Les principaux producteurs sont les États-Unis (75 millions d'hectares), le Brésil (50,2 millions d'hectares), l'Argentine (23,6 millions d'hectares), le Canada (13,1 millions d'hectares), et l'Inde (12,2 millions d'hectares). Le Vietnam a cultivé des plantes génétiquement modifiées pour la première fois en 2015.

8.2 Risques liés aux OGM :

8.2.1 Risques liés à la santé :

L'utilisation des OGM soulèvent certaines inquiétudes quant aux risques potentiels qu'ils peuvent présenter pour la santé :

- Toxicité et allergies liées à la présence du gène inséré ;
- Risques liés à la consommation de produits dérivés d'animaux nourris aux OGM ;
- Développement de résistance aux antibiotiques ;
- Diminution de la valeur nutritive de certains aliments ;
- Risques imprévisibles associés à la consommation d'aliments avec OGM.

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) considère que les aliments avec OGM présentent les mêmes risques pour la santé que les aliments classiques. Dans un rapport intitulé « Biotechnologie alimentaire moderne, santé et développement : étude à partir d'exemples concrets » publié en 2005, l'OMS présentait une analyse des risques pour la santé et l'environnement des OGM. Selon ce rapport, les nouveaux aliments GM peuvent renforcer la santé et le développement.

L'OMS précise que les OGM présentement commercialisés ont subi toutes les évaluations de risques nécessaires avant leur commercialisation et qu'ils sont examinés plus soigneusement que les aliments traditionnels pour la recherche d'effets potentiels sur la santé et l'environnement.

❖ À ce jour, la consommation d'OGM n'a pas provoqué d'effets indésirables connus sur la santé.

8.2.3 Risques liés à l'environnement :

Le débat que les OGM suscitent dans le monde entier a donné lieu à des alliances entre des groupes disparates s'intéressant à la sécurité sanitaire des aliments et à la protection de

l'environnement, mais il semble que les risques concernant l'environnement diffèrent à plusieurs égards de ceux qui concernent la sécurité sanitaire des aliments. L'expérience acquise au fil de plusieurs décennies d'évaluations de l'impact sur l'environnement donne à penser qu'il faudra attendre longtemps, peut-être des dizaines d'années, avant de connaître les répercussions des nouveaux éléments biologiques sur les écosystèmes (FAO, 2001).

Les effets écologiques ou génétiques de l'introduction d'OGM dans l'environnement peuvent inclure :

- des effets non voulus sur la dynamique des populations dans le milieu récepteur résultant des impacts sur les espèces non ciblées pouvant subir des répercussions directes du fait de la prédation ou de la concurrence, ou indirectes à cause des changements intervenus dans l'utilisation des terres ou les pratiques agricoles;
- des effets non voulus sur la biogéochimie, en particulier à cause des influences sur les populations microbiennes du sol qui régulent les flux d'azote, de phosphore et d'autres éléments essentiels;
- le transfert du matériel génétique inséré à d'autres populations domestiquées ou présentes à l'état sauvage, phénomène généralement appelé flux de gènes, par suite de la pollinisation, de croisements entre des espèces différentes, de la dispersion de ce matériel génétique ou de transferts microbiens.

Vu qu'il est établi que des espèces non transgéniques ont déjà été exposées à de tels effets qui pourraient avoir des conséquences graves, il est important de réglementer et de contrôler efficacement tous les cas d'introduction d'OGM. En matière d'écologie, il faut plusieurs mois ou plusieurs années pour valider les expériences réalisées sur le terrain. Toutes les données actuellement disponibles à ce sujet doivent être considérées comme reflétant les conditions propres à un endroit donné, et toute extrapolation à partir d'observations en laboratoire ou de simulations sur ordinateur requiert une grande prudence (FAO, 2001).

8.2.4 L'évaluation des risques :

Les risques potentiels sont actuellement évalués à l'aide des méthodes couramment employées pour évaluer les risques de toxicité et d'allergies associés à la consommation des produits alimentaires classiques lancés sur le marché. Des méthodes d'évaluation des risques imprévisibles sont en cours d'expérimentation (FAO, 2001).

Dans le contexte de la sécurité sanitaire des aliments, le risque inclut deux éléments :

- Le danger potentiel, un facteur intrinsèque (par exemple un agent biologique, chimique ou physique présent dans une denrée alimentaire ou l'état de cette denrée susceptible de porter préjudice à la santé) qui indique les dégâts que pourrait causer un événement donné ;
- et la probabilité que cet événement se produise. Ainsi, pour ce qui est des substances chimiques, on considère que le risque est le danger potentiel x la probabilité d'exposition ; dans le cas de la quarantaine, c'est l'éventuel dommage pouvant être infligé par le ravageur x la probabilité d'introduction, etc.

L'évaluation du risque est un processus fondé sur des données scientifiques comportant les étapes suivantes :

- l'identification du danger potentiel ;
- la caractérisation de ce danger ;
- l'évaluation de l'exposition ;
- et la caractérisation du risque. Les dangers potentiels, et leur probabilité de concrétisation, sont donc étudiés ainsi, et des modèles sont élaborés pour prévoir le risque. Ces prévisions peuvent aussi être vérifiées ultérieurement, par exemple au moyen d'études statistiques (épidémiologiques).

Les deux composantes du risque présentent un degré d'incertitude faisant l'objet de nombreux débats. Par exemple, on peut se demander si les méthodologies utilisées pour estimer le risque relatif à d'autres facteurs connexes (présence de résidus de pesticide dans les denrées alimentaires et introduction de ravageurs) ont une valeur prédictive suffisante pour les OGM. La composante de l'analyse du risque concernant le danger potentiel fait, en particulier, l'objet d'un examen attentif (FAO, 2001).

9. OGM et biodiversité :

La diversité génétique des cultures pourrait diminuer en raison du développement de souches GM supérieures qui évincent les autres du marché. Les effets indirects peuvent affecter d'autres organismes. Dans la mesure où les produits agrochimiques ont un impact sur la biodiversité, les modifications qui augmentent leur utilisation, soit parce que des souches efficaces en ont besoin, soit parce que le développement d'une résistance qui les accompagne nécessitera des quantités accrues de produits chimiques pour compenser la résistance accrue des organismes cibles.

Des études comparant la diversité génétique du coton ont révélé qu'aux États-Unis, la diversité a augmenté ou est restée la même, tandis qu'en Inde, elle a diminué. Cette différence

a été attribuée au plus grand nombre de variétés modifiées aux États-Unis par rapport à l'Inde. Un examen des effets des cultures Bt sur les écosystèmes du sol a révélé qu'en général, ils "semblent n'avoir aucun effet cohérent, significatif et à long terme sur le microbiote et leurs activités dans le sol" (Carpenter, JE.2011 ; Icoz et al. 2008).

Il a été démontré que la diversité et le nombre de populations de mauvaises herbes diminuent lors d'essais à l'échelle des exploitations agricoles au Royaume-Uni et au Danemark lorsque l'on compare les cultures résistantes aux herbicides à leurs homologues conventionnelles. L'essai britannique a suggéré que la diversité des oiseaux pourrait être affectée par la diminution des graines de mauvaises herbes disponibles pour la recherche de nourriture. Les données agricoles publiées impliquées dans les essais ont montré que les oiseaux granivores étaient plus abondants sur le maïs conventionnel après l'application de l'herbicide, mais qu'il n'y avait aucune différence significative dans toute autre culture ou avant le traitement herbicide. Une étude de 2012 a trouvé une corrélation entre la réduction de l'asclépiade dans les fermes qui cultivaient des cultures résistantes au glyphosate et le déclin des populations de papillons monarques adultes au Mexique. Le New York Times a rapporté que l'étude « soulève l'idée quelque peu radicale que peut-être les mauvaises herbes dans les fermes devraient être protégées.

Une étude de 2005, conçue pour « simuler l'impact d'une pulvérisation directe sur une zone humide » avec quatre produits agrochimiques différents (carbaryl (Sevin), malathion, acide 2,4-dichlorophénoxyacétique et glyphosate dans une formulation Roundup) en créant des écosystèmes artificiels dans des réservoirs puis l'application de « chaque produit chimique aux taux d'application maximum recommandés par le fabricant » a révélé que « la richesse en espèces était réduite de 15 % avec Sevin, 30 % avec le malathion et 22 % avec le Roundup, alors que le 2,4-D n'avait aucun effet". L'étude a été utilisée par des groupes environnementaux pour affirmer que l'utilisation de produits agrochimiques cause des dommages involontaires à l'environnement et à la biodiversité.

10. La réglementation des OGM :

10.1 La réglementation internationale

Dans le cadre des échanges internationaux, **le Protocole de Carthagène** sur la prévention des risques biotechnologiques, entré en vigueur le 11 septembre 2003 et ratifié par 171 États (au 1er janvier 2019), prévoit des dispositions précises relatives au commerce d'organismes génétiquement modifiés (OGM : animaux, plantes, graines, micro-organismes...).

Le protocole prévoit l'identification des OGM et l'information préalable du pays importateur sur la base d'une évaluation des risques. Il a été assorti en 2010 du protocole additionnel de Nagoya Kuala Lumpur, entré en vigueur le 5 mars 2018. Son objectif est d'établir des règles et des procédures internationales en matière de responsabilité et de réparation en cas de dommages pour la biodiversité liés à des mouvements transfrontières d'organismes vivants modifiés. Quelques grands pays producteurs ou utilisateurs de semences génétiquement modifiées n'ont pas ratifié le protocole de Carthagène, notamment les États-Unis, le Canada ou l'Argentine.

10.2 La réglementation des OGM en Algérie :

Arrêté ministériel n°910 du 24 décembre 2000 interdisant l'importation, la production, la distribution, la commercialisation et l'utilisation du matériel végétal génétiquement modifié.

Celui-ci stipule que « l'importation, la distribution, la commercialisation et l'utilisation de matériel végétal ayant fait l'objet d'un transfert artificiel de gène en provenance d'un autre individu appartenant à une espèce différente, voire d'un gène bactérien est interdite ». Par référence à l'article 13 de la loi 87-17 du 1^{er} août 1987, il est entendu par matériel végétal « les plantes vivantes ou parties vivantes de plantes y compris les yeux, greffes, greffons, tubercules, rhizomes, boutures, pousses et semences, destinés à la multiplication ou à la reproduction ». Les institutions scientifiques et certains organismes de recherche pourront, à des fins d'analyses et de recherche et sur demande, être autorisés par l'autorité phytosanitaire représentée par la Direction de la Protection des Végétaux et des Contrôles Techniques du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural à « introduire, détenir, transporter et utiliser, sous des conditions préalablement définies, du matériel végétal génétiquement modifié ». La demande d'autorisation d'importation devra comporter « le nom et le prénom, la raison sociale du demandeur, la nature du matériel végétal à introduire, l'objectif, le lieu, les conditions et la durée de la manipulation ou de l'utilisation ».

B. Bahadur et al. (eds.), *Plant Biology and Biotechnology: Volume I: Plant Diversity, Organization, Function and Improvement*, DOI 10.1007/978-81-322-2286-6_6

Rapini A (2004) Classes or individuals? The paradox of systematics revisited. *Stud Hist Philos Biol Biomed Sci* 35:675–695

PLANTEFOL L, 2001. Botanique. Encyclopaedia UNIVERSALIS.[CD ROM]. [version 7].

Felsestein J (1978) Case in which parsimony and compatibility will be positively misleading. *Syst Zool* 27:401–410

APG III (2009) An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants. *Bot J Linn Soc* 161:105–121

Woese CR, Fox GE (November 1977). "Phylogenetic structure of the prokaryotic domain: the primary kingdoms". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 74 (11): 5088

Angiosperm Phylogeny Group (2016), "An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV", *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181 (1): 1–20, [doi:10.1111/boj.12385](https://doi.org/10.1111/boj.12385)

MEYER, S., C. REEB & R. BOSDEVEIX (2008). *Botanique. Biologie et physiologie végétales*. Maloine, Paris, 2e édition

Zhang, Shu-Dong; Jin, Jian-Jun; Chen, Si-Yun; Chase, Mark W.; Soltis, Douglas E.; Li, Hong-Tao; Yang, Jun-Bo; Li, De-Zhu; Yi, Ting-Shuang (2017). "Diversification of Rosaceae since the Late Cretaceous based on plastid phylogenomics". *New Phytologist*. 214 (3): 1355–1367. [doi:10.1111/nph.14461](https://doi.org/10.1111/nph.14461)

"RUTACEAE". *Botanical Dermatology Database*. Archived from the original on 19 July 2019.

Loumou A, Giourga C (2003). "Olive groves: The life and identity of the Mediterranean". *Agriculture and Human Values*. 20 (1): 87–95. [doi:10.1023/a:1022444005336](https://doi.org/10.1023/a:1022444005336)

Hayley Gorsuch (<https://eatlas.org.au/content/what-biodiversity>).
Myers N (1990) The biodiversity challenge: expanded hotspots analysis. *Environmentalist* 10:243–256

Myers N, Mittermeiers RA, Mittermier CG, da Fonseca GAB, Kent J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403(6772):853–858

AFD, 2016. Biodiversité Cadre d'intervention transversal 2013-2016, Agence française de développement.

Hamid HEMDANI, L'ÉTAT DE LA BIODIVERSITÉ POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE EN ALGÉRIE, FAO.