

Sommaire du cours de
Cormophytes.

Partie 1 : Diversité des cormophytes (bryophytes, ptéridophytes, spermaphytes).

I\ Evolution des végétaux.

- A\ Les thallophytes.
- B\ Les bryophytes.
- C\ Les ptéridophytes.
- D\ Les gymnospermes.
- E\ Les angiospermes.

II\ Evolution de l'appareil reproducteur.

- A\ Les bryophytes.
- B\ Les ptéridophytes.
- C\ Les gymnospermes.
- D\ Les pré-spermaphytes, exemple de *Ginkgo biloba*.
- E\ Les angiospermes.

III\ Les bases de la classification (classe, ordre, famille, genre, espèce).

IV\ Les bryophytes : classification, écologie, utilisation.

- A\ Les hépatiques.
- B\ Les mousses.

V\ Les ptéridophytes : classification, écologie, utilisation.

- A\ Les lycopodiniées.
- B\ Les Equisetiniées.
- C\ Les Filiciniées.

VI\ Les gymnospermes.

- A\ Les Cycadophytes.
- B\ Les Ginkopsides.
- C\ Les Coniférospides.
- D\ Les Taxopsides.
- E\ Les Gnétopsides.

VII\ Les angiospermes.

- A\ La classification des Angiospermes.
- B\ La classe des monocotylédones.
- C\ Les dicotylédones archaïques.
- D\ Les Eudicotylédones.

Partie 2 : Structures et modalités adaptatives des cormophytes.

I\ Introduction.

II\ Les rythmes biologiques.

- A\ Mode de végétation.
- B\ La phénologie foliaire.

III\ Les types écologiques.

IV\ Multiplication et dissémination sous forme végétative.

- A\ Multiplication par organes non spécialisés.
- B\ Multiplication par organes spécialisés.

V\ Reproduction sexuée et stratégie de pollinisation.

A\ La répartition des sexes.

B\ La Pollinisation.

IV\ Conservation et dissémination des graines.

A\ Durée de conservation de la graine.

B\ La dissémination de la graine ou du fruit.

V\ La fixation des plantes.

A\ Le système racinaire.

B\ Modes particuliers de stabilisation.

C\ Les xérophytes, adaptation des racines.

D\ Fixation en milieu aériens (lianes, épiphytes).

Biologie Végétale, Cormophytes

Partie 1 : Diversité des cormophytes (bryophytes, ptéridophytes, spermaphytes).

Le cormus est l'appareil végétatif, constitué d'une tige différenciée.

Les végétaux apparaissent il y a 2 milliards d'années. Les premiers « végétaux » sont les cyanophycées (chlorophylliennes). Grâce à la photosynthèse, elles permettent de faire diminuer la concentration en CO_2 et d'augmenter la concentration en O_2 .

Il y aurait un milliard d'années seraient apparus les eucaryotes. On explique cette apparition par la **théorie de l'endosymbiose** : procaryote pris par un eucaryote. Les végétaux deviennent pluricellulaires, mais toujours marins.

La conquête du milieu terrestre a eu lieu vers -600 millions d'années. Il y a alors obligation de s'adapter : *modifications des organes reproducteurs et apparitions de vaisseaux conducteurs*. Peu à peu, apparaissent alors des plantes vasculaires (ptéridophytes : cryptogames vasculaires).

Le développement des fougères se fait surtout durant l'ère primaire. Elles seront remplacées, durant le secondaire, par les gymnospermes.

Il y a 130 millions d'années apparaissent les angiospermes (graine enveloppée). De -130 à -90 millions d'années, on assiste à un big-bang des angiospermes. A la fin du crétacé, c'est la domination des angiospermes qui dure jusqu'à l'actuel. Le succès des angiospermes est dû aux facultés d'adaptation, de migration...

I\ Evolution des végétaux.

A\ Les thallophytes.

Des *algues unicellulaires*, on passe aux *algues pluricellulaires* avec apparition de thalle. Il n'y a pas d'organe bien différencié sauf chez les *laminaires* qui ont des organes rudimentaires avec spécialisation d'organes reproducteurs.

B\ Les bryophytes.

Chez les bryophytes apparaissent des organes permettant la conquête du milieu terrestre : **folioles** et **tige rudimentaire**. Ce sont les *premiers cormophytes*, bien que leur cas soit litigieux car ils n'ont pas de racine mais des *rhizoïdes*. Il existe encore des bryophytes à structure avec thalle.

C\ Les ptéridophytes.

Les **ptéridophytes** ont de **vraies tiges** avec des *vaisseaux conducteurs de sève* (→ **trachéophytes**). Ce type de végétaux est *apparu dès le dévonien*. Il y avait des forêts constituées de *Rhynia* (disparus aujourd'hui). Ces derniers **ont des crampons mais pas de racine**. Il existait des **fungi symbiotiques** avec les *Rhynia* (→ **endomycorhizes**).

Le *Psilotum* ressemble aux *Rhynia* : ils présentent toujours un appareil conducteur mais avec une *tige simplifiée* : le **télome**.

Les *Lépidodendrons* constituèrent des forêts. Ils pouvaient atteindre une hauteur de 40 mètres. Ils ont eu une apogée au carbonifère.

Ce groupe présente une *grande diversité de l'appareil végétatif*.

D\ Les gymnospermes.

Les gymnospermes remplacèrent les ptéridophytes à la fin du primaire. Ils **sont uniquement ligneux**, avec un **développement de xylème secondaire** (→ « bois »). Au niveau du xylème, on trouve des *trachéides* qui ont un rôle de transport et de soutien.

E\ Les angiospermes.

Les angiospermes ont un développement maximal entre -130 et -90 millions d'années. Il y a apparition de *vaisseaux dont le rôle est uniquement de conduire les sèves*. Il y a un **partage des tâches** (*vaisseaux + cellules à lignine*).

II\ Evolution de l'appareil reproducteur.

La **méiose** donne des **spores haploïdes** qui ne sont *pas directement des gamètes*. Les spores subissent donc une *phase de développement et de croissance*. Une fois apparu, le *gamétophyte produira des gamètes*.

Il y a donc développement d'un *gamétophyte qui est haploïde*. Il est *issu d'une méiospore* et va *produire les gamètes*.

Les *méiospores* viennent du *sporophyte* qui est *diploïde* et qui, en subissant la méiose, va donner les *méiospores*.

On trouve une *part respective au sporophyte* et une *respective au gamétophyte*.

A\ Les bryophytes.

La **partie visible, chlorophyllienne** est un **gamétophyte** (à N chromosomes).

Les *spores* donnent un **protonéma** (≈ thalle) à courte durée de vie où se développent une *tige avec des rhizoïdes* (= **gamétophyte**).

Il y a *développement de gamétanges sur le gamétophyte* : ce sont les organes qui produisent les gamètes. Les *gamétanges mâles* donnent les **anthéridies** alors que les *gamétanges femelles* donnent les **archégones**. Selon les cas, les organes mâles et femelles sont portés par des pieds différents ou bien par le même pied. Les *anthérozoïdes* sont les *gamètes mâles*, ciliés. *L'oosphère* est le *gamète femelle*.

L'anthérozoïde est porté par une goutte d'eau, attiré par **chimiotactisme**. Il y a ensuite rencontre puis fusion des gamètes au sein de l'archégone : le développement du **sporophyte** est constitué par l'ensemble : **soie + capsule + coiffe**.

Ce sporophyte donne alors des méiospores et le cycle peut recommencer.

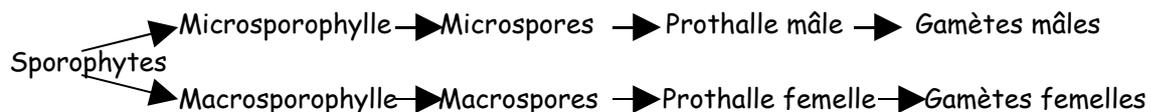
→ C'est un cycle **digénétique, haplodiplophasique** avec une **dominance de la phase haploïde gamétophytique**.

B\ Les ptéridophytes.

Visuellement, on observe le **sporophyte** (à 2N). Sur la *face inférieure des frondes*, on a des **amas de sporanges**. Ces derniers donneront les **spores qui eux, donneront un gamétophyte** de quelques millimètres. Le *gamétophyte* donne des *gamétanges mâles et femelles*. Les gamétanges mâles forment des anthérozoïdes ciliés qui iront féconder l'oosphère. Il y a apparition d'un **zygote qui donne un sporophyte**. Ce dernier se développe sur le gamétophyte.

→ C'est un cycle **digénétique, diplohaplophasique**, avec **dominance de la phase sporophytique** (homosporie et homo-prothallie).

Chez les *Sélaginelles*, il y a une *évolution supplémentaire*. A l'aisselle de certaines feuilles, on peut voir des *organes reproducteurs* : les *hétérosporophylles*.



Les gamètes mâles (anthérozoïdes) et femelles vont fusionner (fécondation) et redonner un sporophyte. Le **prothalle femelle** reste au niveau de au **niveau du sporophyte** (est donc *dépendant*) : C'est l'**endoprothallie**.

C\ Les gymnospermes.

Les *gymnospermes* sont des arbres à 2N chromosomes. Ils présentent des *macrosporophylles* ou des *microsporophylles*. L'appareil femelle est au niveau des « pommes de pin » ; l'appareil mâle est au niveau des organes mâles.

Les *macrosporangies* sont formés par une enveloppe qui entoure la *macrospore* → l'**ovule**. La macrospore va se diviser de nombreuses fois et donner l'**endosperme** où se forment les *archégonies* et les *oosphères* (le *prothalle femelle* est l'**endosperme**).

Les **microsporophylles** donnent des **microsporangies** (*sacs polliniques*). Ils vont subir la **réduction chromatique** et donner des **grains de pollen** (= *prothalle mâle*).

La *fécondation* est réalisée avec *élaboration d'un tube pollinique* qui permet un *affranchissement du milieu aqueux*. Il va y avoir fusion des noyaux puis formation de la graine.

D\ Les pré-spermaphytes, exemple de *Ginkgo biloba*.

Le *Ginkgo* est appelé « *fossile vivant* » ; c'est une *espèce dioïque*.

La fécondation a lieu après la séparation de l'ovule avec la plante mère. L'*ovule* et l'*endosperme* se développent sans qu'il y ait *obligatoirement* fécondation.

Les *anthérozoïdes* sont *ciliés*. Ils entrent en contact avec l'ovule et pénètrent dans la chambre pollinique. La fécondation peut avoir lieu dès que l'ovule est tombé par terre.

Après la fécondation, il n'y a **pas de dormance**, mais développement.

→ On trouve encore des *anthérozoïdes ciliés* et on note l'absence de tube pollinique.

E\ Les angiospermes.

Chez les angiospermes, la plante est le sporophyte à $2N$. Il va produire des spores qui vont se développer en microsporophylles (étamines) ou en macrosporophylles.

Les *étamines* donnent des *microsporangies* (sacs polliniques) qui libèrent des *microspores*. Les *macrosporophylles* donneront un *ovule* entouré d'un *ovaire* ou d'un *carpelle* (l'appareil reproducteur).

Après une série de divisions, suivies de la méiose, le *gamétophyte mâle* (ou prothalle) donne les grains de pollen (ce sont aussi le gamétophyte). Ce gamétophyte est très réduit. La **paroi** est constituée de **deux parties** : l'**exine** et l'**intime**. L'*exine* est *résistante* et forme des ornements qui permettent de déterminer les genres et familles de végétaux. A l'intérieur, on trouve **une cellule spermatogène et une cellule végétative**.

Au moment de la pollinisation, la **cellule végétative** donnera le **tube pollinique** et la **cellule spermatogène** donnera **deux noyaux reproducteurs** (deux spermatozoïdes).

Chez l'appareil femelle, le *carpelle* se met en place avec une *macrospore* qui se divise en *sacs embryonnaires* qui constituent le *prothalle femelle* (le gamétophyte femelle). Ce prothalle reste inclus dans le sporophyte. Dans la **partie supérieure**, on trouve **trois cellules** : les **antipodes**. Au milieu, on trouve **deux noyaux polaires**. A la **base**, on a l'**oosphère** et **deux synergides** (deux cellules proches).

Au moment de la fécondation, quand le tube pollinique atteint le sac embryonnaire, il y a **double fécondation**. Les deux *anthérozoïdes* pénètrent dans le sac embryonnaire. L'un d'eux va **fusionner avec l'oosphère** et **donner l'œuf embryon**. Le **second**, **fusionne avec les deux noyaux polaires** et donne une *cellule* à $3N$.

→ C'est l'œuf albumen.

La double fécondation est caractéristique des angiospermes. Elle permet l'obtention d'un **embryon et de réserves, synthétisées par l'œuf**.

L'ovule va évoluer en *téguments* (durcissement des téguments de la graine) et le *sac embryonnaire* en *embryon et albumen*.

L'ovule des végétaux est différent de l'ovule des animaux.

III\ Les bases de la classification (classe, ordre, famille, genre, espèce).

La classification vient de la nomenclature binomiale, officialisée par un suédois. Il a mis en place un système de classification, différent pour les végétaux et pour les animaux :

Pour les végétaux, il y a prise en compte des appareils reproducteurs (surtout des étamines). → Ce système est artificiel car on regroupe des espèces qui ne se ressemblent pas au niveau végétatif.

Par exemple, les plantes grasses peuvent appartenir à des familles très diverses car leur appareil sexuel est distinct même si elles possèdent un appareil végétatif très comparable.

IV\ Les bryophytes : classification, écologie, utilisation.

Les bryophytes sont divisées en deux groupes :

- **Les hépatiques.** Ces plantes présentent une sorte de *lame foliacée* ou une *tige feuillée* à symétrie bilatérale.
- **Les mousses.** La tige est *foliée*, à symétrie axiale. Les **sporogones** sont bien développés.

A\ Les Hépatiques.

1\ Hépatiques à tige feuillée. (Ordre des Jungermanniales).

On observe une **symétrie bilatérale** car les *feuilles sont incluses dans un plan*. Elles vivent dans les *milieux humides* (environ 7500 espèces).

2\ Hépatiques à thalle. (Ordre des Marchantiales).

Exemple de *Marchantia polymorpha*.

Cette plante vit au bord des ruisseaux, des fontaines. L'appareil végétatif est constitué d'une **tige foliacée**. C'est une des premières plantes à recoloniser les sites incendiés. Elle peut se reproduire, soit par multiplication végétative, soit par reproduction sexuée.

- La multiplication végétative. Il y a **élaboration de corbeilles à propagules** (avec des *morceaux de thalle* qui seront disséminés par le vent ou par l'eau).
- La reproduction sexuée. Le thalle va former des **gamétophytes** qui donnent des **gamétanges** (les « parapluies »). Les gamétanges mâles donnent des *anthéridies qui vont féconder les archégonies* produits par les gamétanges femelles. Cette **fécondation donne un sporophyte à 2N qui reste sous le « parapluie »**.

B\ Les Mousses.

Les **mousses** présentent une **symétrie axiale**. Elles sont regroupées en deux ordres principaux : les **sphagnales** avec *deux sortes de feuilles* et les **bryales** avec *une seule sorte de feuilles*.

1\ Les Sphagnales.

On ne trouve qu'une famille, les **Sphagnaceae**, et un seul genre, *Sphagnum* (sphaigne). Les espèces sont environ 300 et 35 sont présentes en France. Ce sont des plantes typiques des tourbières.

Ce sont les *Sphagnum* qui sont à l'origine de la tourbe.

Les tourbières sont un *biotope avec des eaux stagnantes*. Le milieu montre une minéralisation extrêmement lente de la matière organique. Très peu de végétaux peuvent coloniser ces milieux. Les *sphaignes ont une croissance apicale*. La partie inférieure de la tige se dessèche, meurt, mais reste présente et s'accumule. → Il y a un *épaississement de la tourbe au fil du temps*. Les tourbières sont généralement présentes dans les milieux de hautes latitudes. Les tourbières sont riches en azote et le pH des eaux est acide.

Dans les tissus des Sphaignes, on distingue **deux types cellulaires** :

- *Des cellules allongées* qui vont donner un **réseau chlorophyllien**.
- *Des cellules particulières*, les **hyalocystes** (ou hydrocystes), qui sont de *grandes cellules mortes rigidifiées par un épaississement*. Elles ont la *capacité de se remplir d'eau* (par capillarité). → Elles sont l'explication de la qualité de réservoirs d'eau des sphaignes.

Les feuilles vont avoir un développement le long de la tige ou perpendiculaire à la tige.

2\ Les Bryales.

Les bryales sont divisées en **deux familles** : les **bryales acrocarpes** et les **bryales pleurocarpes**.

Chez les *acrocarpes*, les **archégonies sont en position terminale**. Chez les *pleurocarpes*, les **archégonies sont latérales**, sur la tige. Ces dernières ont aussi, généralement, des tiges couchées, contrairement aux *acrocarpes* qui ont des tiges dressées.

La famille des polytriches ou des *Polytrichaceae*. Genre *Polytrichum*.

Les plantes de ce genre sont souvent de bons indicateurs des conditions d'un milieu. Par exemple :

- *Polytrichum commune* vit dans les milieux humides, voir tourbeux. Elle est d'assez grande taille.
- *Polytrichum juniperinum*. Cette plante est typique des sols secs, voir très secs.
- *Polytrichum formosum* est une espèce des milieux humides, qui se dessèche rapidement.

V\ Les ptéridophytes : classification, écologie, utilisation.

Les **Psilophytinées** sont des cas très primitifs. Il n'en reste qu'un seul genre (*Psilotum*).

Les **Lycopodiinées**. Elles ont une tige aérienne rampante et un aspect mousseux. Elles existent aussi sous forme aquatique.

A\ Les Lycopodiinées.

Elles ont des **spores regroupés à la base des feuilles**.

La famille des **Isoètes** est généralement immergée. Elles ont des *allures de graminées*. A la base des frondes, on a un *renflement* qui correspond au *sporange*. Ce dernier donne un microsporange ou un macrosporange. Dans les deux cas, **le gamétophyte reste dans les feuilles**.

Chez certaines espèces d'Isoètes, il y a *peu de stomates* et la *cuticule est très épaisse* au niveau des feuilles. Le CO_2 pour la photosynthèse est pris dans les sédiments.

Tous les lycopodiées ont un aspect de mousse.

1\ Les lycopodiaceae.

Tous les sporanges sont semblables. Le genre *Lycopodium* est dominant. Les sporanges sont regroupés à une extrémité et forment des épis.

Ces plantes sont beaucoup utilisées en pharmacie ; pour les poudres de lycopodes, faites à partir des spores. Elles ont des propriétés adoucissantes et anti-inflammatoires. Elles sont aussi utilisées pour faire des pilules.

Au XVII^{ème} et au XVIII^{ème} siècle, les lycopodes étaient employés pour les feux d'artifices.

2\ Les Sélaginellaceae.

Les sporanges sont à l'aisselle des feuilles. Il va s'en différencier des macrospores et des microspores.

B\ Les Equisétinées.

La tige souterraine porte des tiges aériennes, articulées, dressées, avec des feuilles verticillées.

Les *Equisetaceae* sont un ordre des Equisétinées. On trouve par exemple *Equisetum arvense*, la **prêle**. Les feuilles sont extrêmement réduites et forment une gaine autour de la tige (articulée).

On trouve des tiges fertiles (*vernales et printanières*) qui ont des sortes d'épis à l'extrémité, contenant des sporanges. Les autres tiges sont stériles. Les deux types de tiges sont riches en silice.

C\ Les Filicinées.

Les filicinées sont les fougères actuelles. Elles n'ont pas de feuilles mais des frondes.

A l'intérieur, on peut distinguer les *Ophioglossaceae*, à fronde solitaire ; les *Polypodiaceae* à frondes plus nombreuses ; les *Osmundaceae* et les *Hydroptérydales*, plantes aquatiques ou semi-aquatiques.

1\ Les Ophioglossaceae.

Deux cas sont possibles.

- Soit, une fronde entière : c'est le genre *Ophioglossum*, relativement rare. Les plantes de ce genre mesurent 10 à 20 centimètres de haut et poussent dans les prairies humides. Elles sont rares car les prairies humides sont rares.

- Soit, on trouve **une fronde stérile découpée et une fronde fertile** avec des sporanges. C'est le genre *Botrychum*. Ces plantes mesurent 10 centimètre de haut et *sont en montagnes* (exemple : *Botrychum lunaria*). *Botrychum loceolatum* est une espèce disparue de France. En 1926, elle était observée dans toute la région du Mont Blanc. En 1943, il n'en restait qu'un seul pied. Elle a disparu à cause des botanistes. *Botrychum multifidum* est la plante la plus rare de France. Elle n'existe qu'en un endroit et présente un ou deux pieds tous les deux ans.

2\ Les Polypodiaceae.

Parmi les Polypodiaceae, on trouve la **fougère aigle** (*Ptéridium aquilinum*) qui existe sur les 5 continents. *Ce sont des plantes qui repartent après les feux.*

3\ Les Osmundaceae.

Osmunda regalis est la **plus grande fougère de France** : elle mesure entre deux mètre et deux mètre cinquante. Elle *pousse en milieu humide, au bord des ruisseaux.*

4\ Les Hydroptérydales.

Ce sont des **fougères aquatiques.**

La famille des Marsileacées, genre *Marsilea*. Les espèces de ce genre *ressemble à des trèfles à quatre feuilles* mais n'en sont pas.

Il y a **existence de sporocarpes au niveau du rhizome** qui permettent la reproduction de ces fougères.

Exemple : *Marsilea quadrifolia strigosa*, est une espèce que l'on ne trouve que dans l'Hérault, avec seulement trois populations.

VI\ Les gymnospermes.

Les gymnospermes font parti de l'embranchement des spermaphytes. Ils n'ont **pas de fruit.**

Ce sont des **végétaux ligneux, souvent arborescents.** Toutefois, il existe des genévriers rampants, de 10 centimètres de haut.

Le limbe des feuilles est généralement peu développé : **petites feuilles en aiguilles ou en écailles.**

Les gymnospermes sont très minoritaires par rapport aux angiospermes. Toutefois, ce sont des arbres de ce sous-embranchement qui possèdent divers records :

- Record de hauteur : Séquoia, 120 mètres.
- Record de taille : Taxodium, 6 mètre de diamètre.
- Record de longévité : Pin de 4600 ans aux USA, *Pinus longaeva*.

Ce sous-embranchement est divisé en :

- **Cycadophytes** : *pré-spermaphytes*, avec Ginkgo.
- **Coniférophytes** : les *vrais gymnospermes sensus stricto.*

- **Gnétophytes** : ce sont des *clamidospermes*, des *intermédiaires* entre les *gymnospermes* et les *angiospermes*.

A\ Les Cycadophytes.

Chez les cycadophytes, il y a encore **zoïdogamie** : la fécondation peut encore avoir lieu alors que l'ovule présente déjà des réserves.

On se trouve chez des **espèces dioïques** (pied mâle et pied femelle).

La « fleur » male constitue un **cône**, constitué de centaines de **microsporophylles**. A la surface inférieure de ces microsporophylles, on trouve des **microsporangies** qui libèrent des **grains de pollen**.

Le « cône » femelle est constitué de **mégasporophylles** qui portent à leur base, des ovules. **Le cône femelle est l'équivalent de la fleur femelle des angiospermes.**

Au moment de la fécondation, les grains de pollen nagent dans le liquide sécrété par l'ovule. Après cette fécondation, il y a *développement embryonnaire, formation de la plantule* → On n'a pas de véritable graine car on n'assiste pas à une quelconque dormance.

Les Cycadopsides.

Ordre : Cycadales ; Famille : Cycadacées.

- Le genre des Cycas.

L'allure des Cycas est proche de celle du palmier. Ce sont des plantes de petite taille ; le tronc est court et les feuilles sont pennées.

Les Bennettitales.

Les bennettitales sont un *groupe de fossiles, éteints au crétacé.*

B\ Les Ginkopsides.

Les ginkopsidés sont des *arbres dioïques*. Les *étamines* sont portées par un *pédoncule*. La **fleur femelle est extrêmement réduite**. Les plantes de ce groupe *ont conservé une certaine dichotomie*.

C\ Les Coniférospides.

1\ F : Pinales / O : Pinacées.

Ces végétaux ont des **feuilles en aiguilles alternes**. Elles sont en aiguilles ou linéaires, **généralement persistantes** (exception pour le mélèze).

Les **cônes femelles sont ligneux**. Les *macrosporophylles* portent deux ovules. Une *écaille* porte deux ovules, avec une *bractée indépendante de l'écaille*.

Cette bractée est importante car elle montre que cet ensemble correspond à une fleur. **Le cône femelle de pin est une inflorescence.**

Organisation de l'appareil végétatif.

Un Abiès (sapin) montre une organisation différente de celle d'un cèdre ou d'un pin : on a trois types différents. **Les différences portent sur les rameaux et les feuilles.**

L'organisation la plus originale est celle des pins. Les *rameaux courts (brachiblastes)* portent les *aiguilles* (les **pseudophylles**) qui sont des **rameaux transformés**. *Les vraies feuilles sont sur les brachiblastes (en écailles) mais ne sont pas chlorophylliennes.*

Le genre *Pinus*.

- *Pinus sylvestris*.

Ce pin a une **écorce typique**. La **partie supérieure du tronc est orangée**. *Les pseudophylles sont de petite taille. Les cônes sont très petits.*

C'est une espèce majeure car **elle est l'espèce principale de la taïga** (forêts boréales de hautes altitudes). *Cela représente le tiers de la surface forestière mondiale.*

Un peu plus haut vers le nord, il n'y a pas d'arbre, c'est la toundra.

- *Pinus uncinata* (Le pin à crochets).

Ce pin porte de **petites aiguilles** et de **petits cônes**. Le tronc n'est jamais orangé. Au niveau des cônes, **l'écusson possède un crochet** (écusson recourbé en crochet).

Pinus uncinata est parfois introgressé avec *Pinus sylvestris* → zones d'hybridation.

Pinus uncinata est uniquement présent en haute montagne. → Il **constitue la limite supérieure de la forêt** (entre 2,5 et 3 kilomètres).

- *Pinus cembra* (Le pin cembro ou arolle).

Ce pin est *caractéristique des alpes*. Il est reconnaissable car *il présente des pseudophylles aux brachiblastes*. Il monte jusqu'à 2,5km d'altitude. (*P. cembra* = *P. siberica*).

Les **graines de ce pin sont relativement lourdes** et ont donc un problème de dissémination. Les **oiseaux de type *Nucifraga* servent à leur dissémination** (80 à 90% des graines). Ils tapent sur les pédoncules et détachent les cônes de l'arbre qu'ils vont emporter à une certaine distance, sur une « enclume » naturelle. Ils décortiquent les cônes. Ils avalent les graines ou les stockent en les enfouissant par paquet, dans l'humus du sol. Il reste toujours des stocks oubliés qui permettront la germination de nouveaux individus.

- *Pinus longaeva* (USA).

Ces pins *se développent entre 3000 et 3500 mètres d'altitude*, dans les *environnements arides*. Le plus vieux des *P. longaeva* est âgé de 4767 ans. Le plus grand d'entre eux fait 11 mètres de circonférence.

Les **aiguilles peuvent vivre une trentaine d'années**, ce qui est une considérable *économie d'énergie* : **métabolisme restreint**. On observe que **peu de xylème (bois) est fonctionnel** : les besoins énergétiques sont donc moins importants. Ces arbres ne connaissent pas les invasions de bactéries, d'insectes, de champignons grâce à la **grande quantité de résine**. Ils sont très espacés les uns des autres et ceci leur permet d'avoir un **système racinaire très développé**.

Les fleurs et les fruits ne sont formés que lorsque l'arbre est relativement âgé.

- *Pinus pinaster* : le pin maritime.

Ce pin est **de couleur vert foncé, piquant et extrêmement gros**. Il existe à l'état spontané et a beaucoup été planté dans la forêt landaise. Cette forêt fait environ un million d'hectares (100km × 100km). C'est une forêt artificielle (à l'origine c'était une chênaie). Elle fut plantée au 19^{ème} siècle. En 1945 et 1949 elle subit des incendies.

- *Pinus halopensis* (le pin d'Alep).

Ce pin est méditerranéen, adapté à ce climat. *Il est reconnaissable à ses aiguilles et son feuillage léger. Les cônes sont groupés par deux ou trois.* Les pins sont des espèces héliophiles.

- Pinus coultheri.

Ce pin présente des **cônes très longs**, entre 30 et 40 centimètres de long.

Le genre *Abies* (sapin).

- En France, on a une espèce spontanée : *Abies alba* aussi appelée *Abies pectinata*. C'est une espèce typique de l'étage montagnard (sapin et hêtre). Les sapins sont fréquemment utilisés pour faire des bateaux, d'où les diverses sapinières.

Remarque : En Andalousie, *Abies pinsapo* pousse sur la sierra.

- *Picea abies* (Épicéa).

Cette espèce n'est pas spontanée dans les Pyrénées mais il en a existé il y a 20 000 à 30 000 ans. Les pessières sont des plantations d'épicéa (qui existent dans la montagne noire). L'épicéa est classique dans les alpes et les vosges.

Les différences entre l'épicéa et les sapins :

- Les **sapins ont des branches beaucoup plus horizontales.**
- Les cônes restent, s'ils sont entiers et allongés, proviennent sûrement d'un épicéa car les **cônes de sapins se désagrègent sur l'arbre** et il *n'en reste que des écailles.* Le **cône est dressé chez l'épicéa**, pendant chez le sapin.
- Le **feuillage montre deux ramifications latérales chez les sapins et six chez l'épicéa.**
- Les **rameaux ont un aspect rugueux chez l'épicéa** car il reste les coussinets qui portaient les aiguilles.

L'**épicéa** est comme le pin sylvestre, **typique de la forêt boréale (taïga)** : *les aiguilles d'épicéa restent vivantes en dessous de -30°C et peuvent assimiler jusqu'à -10°C.*

Dans les alpes, l'épicéa permet de donner des *populations clonales par marcottage* (multiplication végétative).

Le genre *Cedrus*.

- *Cedrus deodora* (Himalaya) ; *Cedrus atlantica* (Maroc, Algérie) ; *Cedrus libani* (Liban).

Les caractères de différenciation des cèdres sont la longueur des aiguilles et la grosseur du cône. Le cèdre du Liban n'existe plus que sur 70 à 80 hectares et a des problèmes de régénération.

2\ F : Pinales, O : Cupressacées.

Le genre *Juniperus*.

Les *cupressacées* sont à *feuilles opposées ou verticillées, en écailles ou en aiguilles/cône bacciforme ou arrondi-cubique.*

On trouve des **cônes en forme de baies.** Les **cônes charnus** (les **galbules**) sont caractéristiques du genre *Juniperus*. Les *écailles deviennent charnues.*

Le passage de ces galbules par le tube digestif d'animaux est obligatoire pour la dissémination.

- *Juniperus communis*.

Il possède des **feuilles en aiguilles piquantes**. On le trouve un peu partout. Ses *galbules* sont **bleutées à maturité**. La **feuille** montre **une bande de stomates**.

- *Juniperus oxycedrus*.

Il possède les mêmes **feuilles piquantes** que le genévrier commun. Une différence tout de même, on trouve **deux bandes de stomates et non une**. Les **galbules sont rouges**. Ce sont des plantes méditerranéennes. Elles servaient à faire de l'huile de cade.

- *Juniperus thurifera*.

C'est un arbre aux **dimensions impressionnantes**. Il participe à la constitution de la *limite supérieure de la forêt* (≈ 2800 mètres d'altitude). Ces *Juniperus thurifera* peuvent atteindre plus de 2 mètres de diamètre. Ils n'ont **pas de feuilles en aiguilles mais en écailles**, identiques aux feuilles de cyprès. Les **feuilles ne sont jamais alternes**. Le **cône est charnu**.

Le genre *Cupressus*.

Ce sont les **cyprès**. On trouve *Cupressus sempervirens* (dans les cimetières) ; *Cupressus dupreziana* qui n'existent que dans le sud de l'Algérie, il n'en reste que quelques centaines d'individus.

3\ F : Pinales ; O : Taxodiacées.

Exemple : *Taxodium distichum*. C'est le **cyprès chauve** : *il perd ses feuilles en hiver*. On note la **présence de pneumatophores** (racines aériennes).

D\ Les Taxopsides.

Le genre *Taxus*.

Ce genre est parfois classé avec les conifères, pourtant, il **n'a pas de canaux sécréteurs de résine**.

L'appareil végétatif est comparable à celui d'Abies. Par contre, la **graine est complètement différente** : *l'arille, enveloppe charnue rouge, porte la graine*.

C'est une espèce **très toxique** (des feuilles et des graines).

Le taxol en est extrait ; c'est une substance anticancéreuse. Elle est présente chez *Taxus breviflora*, dans l'écorce.

Chez *Taxus baccata*, le taxotère peut être isolé du feuillage et il est encore plus puissant que le taxol.

E\ Les Gnétopsides.

Ces **gnétopsides** sont *parfois complètement exclus des gymnospermes* et forment alors le *groupe des Clamidospermes*.

La graine commence à être entourée par une sorte d'enveloppe.
On y trouve **trois familles importantes**.

1\ Les Gnétacées ; genre *Gnetum*.

On trouve ces plantes dans les forêts tropicales humides. Leurs **feuilles ressemblent à celles d'angiospermes**.

2\ Les Ephedracées ; genre *Ephédra*.

On les trouve *sur l'arrière des dunes des plages*. Leurs **rameaux sont articulés**. Elles *peuvent être des espèces rupicoles* (poussant sur les rochers).

3\ Les Welwitschiacées ; genre *Welwitschia*.

Il n'existe ici **qu'un genre avec une unique espèce** : *Welwitschia mirabilis*.

Elle n'existe **que dans le désert du Kalahari** (au sud de l'Afrique) : milieu extrêmement sec. *L'appareil végétatif ne présente que feuilles dilacérées*. Elle peut aller chercher l'eau jusqu'à 75 centimètres de profondeur. *Grâce à ses deux feuilles, très larges, elle peut capter l'eau des rosées*.

VII\ Les angiospermes.

A\ La classification des Angiospermes.

Les analyses moléculaires ont montré que l'ancienne classification mettait ensemble des plantes sans grand rapport génétique.

On différencie maintenant les angiospermes en Eudicotylédones et Monocotylédones. *Certains dicotylédones se sont retrouvés avec les monocotylédones*.

B\ La classe des monocotylédones.

On trouve **sept super-ordres**.

α \ Morphologie foliaire.

Dans la grande majorité, les **feuilles sont simples, à nervures parallèles**. Dans certains cas, on trouve des feuilles proches de celles des dicotylédones.

Les dioscoréacées et le palmier (palmacées) ont des feuilles composées complexes.

β \ Caractère embryonnaire et plantule.

Les monocotylédones n'ont **qu'un cotylédon**.

γ \ Anatomie.

Les **vaisseaux vasculaires sont nombreux** et répartis uniformément dans le cylindre central (= **atactostèle**).

Il n'y a **jamais de cambium, donc pas de formations secondaires** (enfin, presque jamais).

Remarque : certains dicotylédones sont aussi atactostèles (les Pipérales).

δ\ Morphologie florale.

Les fleurs sont généralement trimères. L'ovaire est supère, altère.

Ce type de fleurs trimères existe aussi chez les magnoliales, dicotylédones primitifs, ne faisant pas parti des eudicotylédones.

ε\ Les apertures polliniques.

L'aperture pollinique est un amincissement de la paroi qui permettra la pollinisation. Chez les monocotylédones, les sacs polliniques sont mono-aperturés.

1\ Le super-ordre des Liliiflorae.

Ce super-ordre regroupe beaucoup de plantes ornementales et alimentaires. Avant on distinguait deux ordres : les Liliales (Liliaceae) et les Orchidales (Orchidiaceae).

Les Liliales ont des fleurs actinomorphes. Les étamines sont normales, non soudées au gynécée. La graine est grosse, avec beaucoup d'albumen.

Les Orchidales ont des fleurs zygomorphes. Les étamines sont gymnostèmes (soudées) et la graine est minuscule, sans albumen.

Les Liliales sont divisées en Iridaceae ou Amaryllidaceae (ovaire inférieur) et en Liliaceae (six étamines et ovaire supère).

a\ L'ordre des Asparagales.

Exemple de la famille des Agavaceae.

Cette famille contient des yuccas et des agaves. Avant, le yucca faisait parti des Liliacées et les agaves des amaryllidaceae. Ce classement était fait car les yucca ont un ovaire supère et les agaves l'ont infère. Maintenant, ils sont regroupés car

- L'appareil végétatif est composé de feuilles un peu grasses, épineuses, charnues.
- L'écologie est assez proche : milieu aride.
- Ils ont tous deux des formations secondaires.
- Leur garniture chromosomique est originale : N=30.

→ La position de l'ovaire semble, dans ce cas, un mauvais marqueur phylogénique.

Les agaves ont une unique floraison. Après celle-ci, c'est la mort de la plante.

Le mescal est une boisson obtenue à partir de la sève de certains agaves.

b\ L'ordre des Dioscoreales.

Cet ordre est original dans les monocotylédones : les feuilles sont différentes des autres monocotylédones → elles sont cordiformes.

Les dioscoreales sont presque toujours des lianes (plantes volubiles). Les espèces sont dioïques.

Remarque : Sur 13500 genres de plantes à fleur, 7% des genres contiennent des espèces dioïques. Sur 240 000 espèces, 6% sont dioïques. Parmi les espèces dioïques, beaucoup sont des lianes.

Les dioscoréales contiennent **trois genres principaux**.

α\ Le genre *Tamus*.

Exemple : *Tamus communis*, « l'herbe aux femmes battues ». Cette plante a des *propriétés anti-contusions venant du rhizome*. Elle provoque des traces rouges si elle est appliquée sur la peau.

β\ Le genre *Dioscorea*.

Les **fleurs mâles** sont composées de **6 tépales**, **6 étamines**. Les **fleurs femelles** portent **6 tépales**, **six étamines vestigiales** et un **ovaire divisé en trois loges**.

On a une **trimérie** : 3+3 tépales.

γ\ Le genre *Borderea*.

Le genre *Borderea* est plutôt tropical. C'est une **plante rupicole**.

Les espèces de *Borderea* sont des survivances du tertiaire (climat tropical).

Elles sont **herbacées**, *perdent leurs feuilles* et laissent des *écailles sur le haut du bulbe*.

On trouve deux exceptions : *Borderea pyrenaica* et *Borderea chouardii* qui n'existent que dans les Pyrénées.

→ Les dioscoreales comprennent environ 60 espèces.

L'**Igname** est utilisée pour la consommation (son tubercule) et pour la synthèse de DHEA (enzymes, protéines).

c\ L'ordre des Liliales.

Les **liliales** sont des **herbes vivaces**, possédant des **organes souterrains de réserves** (*rhizomes, bulbes ou tubercules*).

Au niveau de la **fleur**, par exemple chez les **muguets**, on a **6 tépales** (*3+3 tépales pétaloïdes*), **6 étamines** et **3 carpelles à ovaire supère**. La fleur est régulière : **actinomorpe**.

L'espèce *Fritillaria meleagris* présente une corolle en damier.

c1\ La famille des Liliaceae.

α\ Le genre *Tulipa*.

Toutes ces plantes sont des **espèces originaires du proche orient**. *Tulipa gesneriana* est la tulipe cultivée classique. On trouve quelques tulipes « sauvages » qui deviennent de plus en plus rares. Les tulipes cultivées ont été introduites au 16^{ème} siècle.

Les formes sauvages sont différentes : elles sont soit indigènes, soit furent introduites plus tôt que l'espèce cultivée (invasion sarrasine, croisades...)

Les trois espèces suivantes sont des espèces menacées :

- *Tulipa platystigma* : il n'en reste que *quelques pieds dans les Hautes Alpes*.

- *Tulipa agenensis* : ce sont des adventices des cultures, c'est à dire, des plantes qui se développent en association avec les cultures (dans les champs cultivés). Cela correspondait à des pratiques culturales traditionnelles maintenant abandonnées. → forte régression.
 - *Tulipa praecox* : c'est aussi une espèce adventice. Elles furent combattues car elles étaient trop envahissantes. Maintenant, elles sont prêtes à disparaître.
- Ce sont des plantes liées à l'Homme.

β\ Le genre *Lilium*.

Le lys.

c2\ La famille des Iridaceae (Iris, glaïeuls, crocus).

Les Iridaceae sont généralement des herbes vivaces, avec des rhizomes, des bulbes ou des tubercules. La fleur peut être actinomorphe ou zygomorphe. L'ovaire est infère. On trouve 3 étamines et 3+3 tépales. La fleur d'Iris a des stigmates pétaloïdes.

Exemple : *Crocus sativus* (le safran).

Le condiment correspond aux stigmates. La culture de cette plante est longue (une livre de safran = 35 000FF). *Crocus sativus* est originaire d'Asie mineure. Le safran était cultivé 500 à 600 avant JC. Il fut introduit en Europe par l'intermédiaire des conquêtes arabes. La forme sexuée ne se reproduit que par multiplication végétative → La fleur est stérile.

Au moyen-âge, la fraude au safran valait la pendaison. Cette fraude se fait avec du carthame (*Cartamus*) car la fleur ressemble aux stigmates de safran.

c3\ La famille des Orchidaceae.

Les orchidaceae sont des herbes terrestres ou épiphytes (vivant dans les arbres). Elles peuvent être saprophytes.

La fleur est zygomorphe. On trouve 3+3 pétales dont un qui forme l'épéron. L'épéron va avoir un rôle dans la pollinisation. Le filet des étamines, le style, le stigmate sont soudés et constituent le gynostème.

Les grains de pollen sont groupés au niveau de pollinies (deux).

Les graines sont minuscules, sans albumen → La double fécondation ne fonctionne pas.

Il va y avoir mycotrophie : symbiose avec un champignon qui permet le développement de l'embryon pendant la germination. Le champignon concerné est du genre *Rhizoctonia*.

La graine est constituée d'environ 100 à 150 cellules indifférenciées, infestées par les filaments du champignon.

La mycorhize est nécessaire pour la croissance de la plante et aide le champignon par les apports de substances carbonées.

Les pièces florales sont adaptées à la pollinisation entomophile (par les insectes).

On trouve deux groupes principaux : Orchis et Ophrys (un pétale ressemble à un insecte).

D'un point de vue alimentaire, chez la vanille, la « gousse » vient du développement de l'ovaire infère.

2\ Le super-Ordre des Commeliniflorae.

a\ L'ordre des Poales.

La famille des Graminées (gramineae).

Les **graminées** ont une **tige particulière (chaume) creuse** sauf au niveau des nœuds. Elle est **cylindrique**.

Les **feuilles sont distiques** (*insérées sur deux rangs*). L'**inflorescence de base est un épillet**. L'épillet est un *ensemble de feuilles réduites, situées au dessus de deux pièces* (les **glumes**). Le **fruit** est particulier : c'est un **caryopse**, un *fruit sec indéhiscent où le péricarde adhère à la graine*.

Un certain nombre de formations comme les steppes, les savanes, les prairies, les pelouses et les pampas sont dominées par les graminées. **Ce sont souvent des formations de dégradation**.

Par exemple, dans le bassin méditerranéen, on a des steppes à Alfa (*Stipa stenacissima*) qui couvrent des millions de km². Cet Alfa sert à la fabrication de pâte à papier, de tapis... Dans les steppes, on a des touffes de graminées séparées (discontinues). Il y aurait des arbres dans ces zones (Afrique du nord) de plus les steppes sont sur-exploitées.

Les dunes littorales. Ce sont des dunes mouvantes avec une graminée bien adaptée : *Ammophila arenaria* (l'oyat). Ce sont des milieux peu dépendant du climat général. L'oyat va former un système de rhizomes très performant (réseau dans la dune) qui filtre et ralentit les mouvements des dunes.

Les pelouses calcaires sont des formations de dégradation, dominées par les graminées.

Les graines de graminées constituent l'essentiel des céréales. Le sarrasin (ou blé noir) n'est pas une graminée mais un Polygonacées (*Fagopyrum*), un dicotylédone.

La canne à sucre est *Saccharus officinarum* ; *Zea mais* est le maïs.

α1\ Le genre *Triticum* (les blés).

On trouve trois groupes différents.

- Les engrains, *Triticum monococcum*.

Ce sont les blés les plus anciens. Ils ont 2N = 14 chromosomes. Ils sont diploïdes.

- Les blés durs, *Triticum durum*.

Ils ont 2N = 28 chromosomes. Ils sont largement cultivés ; servent aux pâtes alimentaires.

- Les blés tendres, *Triticum aestivum* ou *T. vulgare*.

Ils ont 2N = 42 chromosomes. Ils sont utilisés pour la fabrication du pain.

Trois graminées sauvages seraient à l'origine de ce blé actuel, dont deux du genre *Aegilops*.

α2\ Le genre *Oryza*, le riz : *Oryza sativa*.

Le riz est l'espèce la plus cultivée après le blé. Environ 6000 variétés de riz sont connues. *Oryza glaberrima* est une espèce d'Afrique occidentale.

Le riz récolté est le riz paddy : c'est un caryopse (fruit) avec les glumes et les glumelles. Quand il n'y a que le caryopse, on parle de riz brun ; Le riz brun auquel on a enlevé le péricarpe est le riz blanc. Le péricarpe contient des vitamines A et B.

b\ L'ordre des Cypéales.

La famille des cypéraceae.

Les épis de cypéraceae sont généralement unisexués. Le genre principal est *Carex* (la laïche). On trouve aussi le genre *Cyperus* qui comprend des plantes de milieux humides (*Cyperus papyrus*).

3\ Le super-ordre des Areciflorae

L'ordre des Arecales

La famille des Palmae = Arecaceae.

C'est chez les Palmae que l'on trouve les palmiers. On trouve environ 2500 espèces.

Ils ont la taille d'arbres. Le tronc est formé par la soudure de la base des feuilles. Les feuilles sont dites palmées ou pennées.

Elæis guineensis est le palmier à huile.

Phoenix dactylifera est le palmier dattier (les dattes sont sur les pieds femelles). Dans les palmeraies cultivées, on trouve 90% de pieds femelles pour 10% de pieds mâles. Dans la nature, on trouve un équilibre de 50% de chaque sexe.

Le palmier nain (*Chamærops humilis*) sert pour fabriquer de la ficelle... Il est représentatif du thermo-méditerranéen : en dessous de Barcelone.

Le cocotier (*Cocos nucifera*) donne la noix de coco qui est une drupe dont la dissémination se fait par hydrochorie. Il sert aussi à donner le coprah.

4\ Conclusion sur les Monocotylédones.

Les monocotylédones ont des feuilles à nervures parallèles. La fleur est trimère.

Ils constituent une réussite extraordinaire au niveau morphologique, écologique (en biodiversité)... Par exemple, les Orchidaceae regroupent 750 genres différents et 18000 espèces distinctes.

Actuellement, les gymnospermes comprennent 800 espèces. A elles seules, les graminées présentent 660 genres pour 8000 à 10 000 espèces. Les cypéraceae comprennent 90 genres pour 4000 espèces.

Les monocotylédones sont un groupe très diversifié, avec de fortes divergences :

- Les Orchidaceae présentent une fleur élaborée (pour la zoogamie), des graines minuscules et innombrables, des graines fragiles.
- Les Poaceae montrent des fleurs petites, discrètes avec une grande quantité de pollen (anémogamie). Les graines sont albuminées, souvent solitaires. L'inflorescence est particulière (épis et épillets). Les graines sont résistantes.

C\ Les quatre ordres de dicotylédones archaïques.

Ces dicotylédones archaïques (ou paléoarbres/paléoherbes) sont regroupés avec les monocotylédones. Ils sont dits archaïques car ils ont un pollen uni-aperturé, des vaisseaux imparfaits, des fleurs encore trimères et une disposition spiralée des pièces florales.

1\ Super-ordre des Magnoliales, Ordre des Magnoliaceae.

Magnolia/Liriodendron tulipifera.

Ce sont des espèces, introduites en France, qui possèdent des caractères archaïques :

- Disposition spiralée des pièces florales.
- Anthères à filet large qui donne des étamines lamellaires.
- Le nombre des étamines est non fixé.
- Le carpelle donne un follicule (fruit déhiscent) qui continue sur une graine suspendue au funicule.
- Il n'y a pas de différenciation entre mes sépales et les pétales : que des tépales. Le périanthe est homochlamydé.
- On ne trouve que des trachéides : le bois est homoxylé, comme les gymnospermes. (les espèces à bois hétéroxylé ont des vaisseaux parfaits et des fibres).

2\ Les Iliciaceae.

On trouve *Illicium anisatum* : la badine ou anis étoilé.

3\ Les Laurales/Ordre des Lauraceae.

C'est une famille d'arbres ou d'arbustes odorants des régions tropicales ou sub-tropicales. Les feuilles sont simples. On trouve entre autre *Laurus nobilis*, le laurier sauce.

Remarque sur les autres "Lauriers" :

- *Nerium oleander*, le laurier rose fait partie des Apocynaceae ;
- *Virburnum tinus*, le laurier tin fait partie des Caprifoliaceae ;
- *Prunus laurocerasus*, le laurier cerise, fait partie des Rosaceae.

Ce sont des plantes triplostémones : trois fois plus d'étamines que le nombre de base. Les étamines ont un clapet. La feuille est tétramère (*Laurus nobilis*). *Persea americana* est l'avocatier ; donne les avocats qui sont des baies. *Cinnamomum verum* est le cannellier : *Cinnamomum camphora* est le camphrier.

D\ Les Eudicotylédones.

Les eudicotylédones sont aussi appelés angiospermes supérieurs.

On trouve parmi eux, des cas à caractères archaïques, comme : la spiralisation, la présence de tépales, des cas de trimérisie et la dialycarpie.

→ L'évolution va dans le sens de la soudure des pièces.

1\ Les Ranunculales.

α\ Les Papaveraceae.

Les papaveraceae ont toujours du latex. Les fleurs sont tétramères, gamocarpellées. Elles sont toujours herbacées et présentent deux sépales qui deviennent rapidement caduques.

Les quatre pétales ont une préfloraison chiffonnée.

L'ovaire est supère, uniloculaire à placentation pariétale.

Le fruit est particulier : c'est un pyxide. Il s'ouvre par des pores apicaux. La chélidoine (*Chelodonium majus*) a un fruit déhiscent, de type silique avec diminution du nombre de carpelles.

Coquelicot = *Papaver rheas* ; Pavot = *Papaver somniferum*.

L'opium est obtenu à partir d'une incision dans la capsule du pavot (trois semaines après la fécondation) : un latex va s'écouler et coaguler. On peut en faire de la morphine ou de la codéine. Si l'on rajoute deux groupements acétyles, on obtient de l'héroïne. Les graines de pavot sont consommables.

β\ Les Ranunculaceae.

Les ranunculaceae n'ont pas de latex. Les fleurs seront trimères ou pentamères et généralement dialycarpellées.

Ce sont des herbes pérennes (vivaces) ou annuelles. Les fleurs sont spiralo-cycliques : le périanthe a des pièces spiralées et/ou cycliques. Les fleurs sont actinomorphes ou zygomorphes (*Aconitum* est zygomorphe). Les ranunculaceae sont toujours dialytépales ou dialypétales/dialysépales.

On trouve de nombreuses étamines (polystémonie) en nombre non fixe.

Les carpelles sont plus ou moins nombreux ; l'ovaire est supère.

Les fruits sont des akènes ou des follicules.

Les ranunculaceae sont peu évoluées mais présente une tendance à la gamocarpellie (cas de *Nigella* : trois carpelles soudés) et à la diminution du nombre de carpelles.

Les plantes zygomorphes commencent à exister (exemple : *Aconitum*).

C'est une famille avec des plantes toxiques voir mortelles ; beaucoup de *Ranunculus* sont toxiques. *Aconitum vulparia* (aconit tue-loup) contient de l'aconitine (alcaloïde) dans les racines. Elle est le cas le plus toxique en Europe. Toutes les parties de la plante sont toxiques. L'ingestion de 2 à 4 grammes de racines est mortelle.

L'Hellébore a des graines toxiques.

Le développement de nombreuses renoncules se fait en milieu humide.

2\ Les Caryophyllales.

Dans la graine, l'embryon est courbe, voir même enroulé, en fer à cheval. Il s'enroule autour des tissus de réserve → centrospermales (= Caryophyllales).

De nombreuses espèces sont des xérophytes.

On trouve aussi des plantes halophytes, comme la famille des chénopodiaceae.

α\ Les Cactaceae.

Les cactaceae sont une famille presque exclusivement américaine. En Europe, elles ont été introduites par l'Homme.

Cactus n'existe pas comme genre.

Ce sont toujours des plantes succulentes dont les tissus font de la rétention d'eau. Elles sont généralement épineuses. Elles peuvent être en forme de cierge, de raquette ou en « coussin de belle-mère ».

Seul le genre *Pereskia* possède des feuilles. Habituellement, elles sont transformées en épines.

Les tiges présentent des aréoles (petites dépressions) souvent remplies de poils, avec la sortie des épines.

Les fleurs sont à nombre indéfini de pièces : $nT + nE + 3$ à nC .

Opuntia ficus indica (figuier de barbarie) présente des raquettes charnues. Il joue un grand rôle dans les régions d'Afrique du nord. Sa fleur a la même formule que précédemment. L'ovaire est infère et, une fois fécondé, il donne un faux fruit. C'est un ovaire uniloculaire à placentation pariétale.

Dans cette famille, on trouve Peyotl : *Lophophoria échinocactus* qui contient de la mescaline : hallucinogène puissant. Le peyotl n'est pas épineux et pousse dans le nord de l'Amérique.

β\ Les Caryophyllaceae.

Ce sont des plantes herbacées à feuilles opposées, portées au niveau des nœuds, renflés. L'inflorescence est une cyme bipare. La fleur est pentamère avec dix étamines (double du nombre de base → diplostémonie). Le cycle externe d'étamines est en face des pétales → obdiplostémonie.

Les carpelles sont généralement au nombre de cinq, à placentation centrale : ovaire uniloculaire.

Dans cette famille, on distingue deux tribus (sous-familles) :

- Tribu à sépales libres : les Alsiniées. Exemples : *Stellaria*, *Cerastium*.
- Tribu à sépales soudés : les Silénées. Les sépales se soudent en un tube. Le limbe sort de ce tube par un onglet. Exemples : *Dianthus* (œillet), *Lychnis*, *Silène*, *Saponaria*.

Ce sont des plantes liées aux moissons (messicoles), comme par exemple, la nielle (*Agrostemma githago*).

3\ Les Fabales.

Les Fabaceae (= Légumineuses).

Les fabaceae sont une famille homogène car un caractère est typique : le fruit, ou le « légume », est une gousse. La gousse est un fruit dérivant d'un seul carpelle et s'ouvrant habituellement par deux valves (une ventrale et une dorsale).

Ces légumineuses abritent des bactéries, fixant l'azote atmosphérique, au niveau de racines : les nodosités (bactéries du genre *Rhizobium*).

Ce sont des plantes pouvant coloniser de nombreux milieux grâce à ces nodosités. Les feuilles sont composées.

α\ Première sous-famille.

La fleur est actinomorphe. Les fleurs sont petites, groupées en inflorescence compacte avec n étamines. → Mimosoïdæ. Ce sont toujours des arbres ou des arbustes.

L'appareil végétatif est constitué de feuilles composées de nombreuses folioles. Dans certains cas, les feuilles arrivent à disparaître et ce sont les phylums - rachis aplatis - qui assurent la fonction chlorophyllienne. Chez certaines familles, on trouve souvent des stipules, petits appendices à la base des feuilles. Ces stipules peuvent être transformées en épines.

La fleur : Chaque petite boule correspond à une inflorescence. C'est une fleur actinomorphe régulière avec de nombreuses étamines.

Le genre *Acacia*.

Les Acacias sont africains et australiens. En France, ce que l'on appelle mimosa est du genre *Acacia*. On trouve des espèces africaines spontanées, typiques des milieux sub-désertiques. Quand il fait trop chaud et trop sec, les arbres perdent leurs feuilles.

Acacia senegal donne la gomme arabique.

Mimosa pudica a des folioles qui se referment quand on les touche.

On trouve aussi les albizzias.

La symbiose *Acacia*/fourmis ou myrmécophilie.

Certains Acacias hébergent, dans leurs stipules, des fourmis. *Acacia conigera* abrite des fourmis *Pseudomyrmex ferrugina*. Ces fourmis sont nourries par l'acacia. En retour, elles débarrassent l'arbre des plantes épiphytes et le protègent contre les herbivores.

Des Acacias proches de *conigera* existent mais sont sans fourmis ; ils ont des défenses chimiques (cyanogènes) à la place.

β\Seconde et troisième sous-familles.

Dans les deux cas, les fleurs sont zygomorphes avec jusqu'à dix étamines.

- Les Faboïdeae.

La préfloraison est vexillaire ; présence de dix étamines (diadelphes).

Les feuilles sont composées, pennées. On note la présence de stipules parfois modifiées en feuille ou vrille.

La fleur est zygomorphe avec une corolle papillonacée, typique de la préfloraison vexillaire. Cette fleur est pentamère avec : un pétale supérieur formant l'étendard, deux pétales latéraux (les ailes) et deux pétales inférieurs (la carène).

Les étamines sont au nombre de dix (diplostémonie). Elles sont soit toutes soudées entre par le filet et forment le tube : androcée monadelphie, soit neuf étamines sont soudées et une est libre (à côté de l'étendard) : androcée diadelphie.

On trouve un carpelle à ovaire supère qui donne une gousse pouvant avoir plusieurs allures différentes. Par exemple, la luzerne va donner des gousses enroulées sur elles-mêmes.

La cacahuète (*Arachis hypogea*), à maturité, montre un phototropisme négatif qui fait que le pédoncule se rapproche du sol et enfonce la gousse dans la terre. Le trèfle (*Trifolium*) a une gousse minuscule. Le genêt pour sa dissémination, pratique une ouverture violente de la gousse (autochorie).

Les Faboïdeae ont des rôles alimentaires importants :

- *Arachis* → huile et cacahuète.
- *Cicer arietinum* : le pois chiche.
- *Lens culinaris* : les lentilles.
- *Phaseolus* : les haricots.

- *Pisum sativum* : les pois.
- *Vicia faba* : les fèves.

Elles peuvent aussi avoir un rôle pour les fourrages : *Trifolium* (le trèfle), *Medicago* (la luzerne). Elles sont aussi utilisées pour les teintures avec *Indigofera* (l'indigo) et ont un rôle écologique en formant les landes à genets et à ajoncs.

- Les Cesalpinoideae.

La préfloraison est carénale et l'on a dix étamines libres.

Ce sont généralement des arbres, avec quelques arbustes. Au niveau de cette sous-famille, on a :

- *Cercis siliquastrum* : arbre de Judée. Cet arbre fleurit avant d'avoir des feuilles. Ces dernières ont leur pétale supérieur interne, contrairement aux papilionaceae. Les étamines sont libres.
- *Cassia gloditschia* : il peut former de grands arbres avec des épines regroupées par trois au niveau du tronc.

Le caroubier (*Ceratonia siliqua*) forme des gousses que l'on appelle « caroube ». Ce végétal est une espèce thermo-méditerranéenne (de basse altitude).

4\ Les Rosales.

Famille des Rosaceae.

Dans ce groupe, on trouve les fraisiers, les cerisiers... Ils peuvent être des arbres, arbustes ou des herbacés. Les feuilles sont alternes avec présence de stipules. La fleur est généralement cyclique, basée sur le type 5 (pentamère). Celle-ci est hétéroclamydée : pétales et sépales sont différenciés. C'est une fleur dialypétale, polystémone (nombreuses étamines).

L'ovaire peut être libre ou soudé au réceptacle. Les différentes sous-famille sont : les Rosoideae, les Prunoideae, les Spiracoideae, les Maloideae.

Les Rosoideae ont de nombreux carpelles avec un ovule. On distingue trois cas. Les carpelles sont portés par un thalamus : c'est le cas de la fraise. Chez *Rubus*, la ronce, on a un certain nombre de petites drupes. Le réceptacle s'est retourné et la partie basale de la fleur entoure les carpelles (périgyne) : c'est le cas de *Rosa*.

Les Prunoideae ont un carpelle unique (prunier, cerisier).

Les Spiracoideae ont cinq carpelles et les fruits sont appelés « follicules ». Ce sont des fruits secs déhiscents).

Les Maloideae sont caractérisés par un ovaire infère soudé au réceptacle (pommier, poirier).

On peut distinguer une tendance à l'apparition d'un ovaire infère et à la réduction du gynécée. C'est une famille majeure d'un point de vue alimentaire : *Malus* (pommier), *Cydonia vulgaris* (cognassier), *Prunus avium* (cerisier), *Pyrus communis* (poirier), *Fragaria vesca* (fraisier).

Ces Rosaceae contiennent un certain nombre d'hétérosides cyanogéniques (avec du cyanure) et sont, pour certaines, toxiques (notamment les noyaux mais aussi certains fruits).

Les Rosaceae ont aussi un rôle écologique important, puisque, un certain nombre d'espèce sont pionnières dans l'héliophilie (par exemple le Prunellier [*Prunus spinosa*] qui supporte la lumière directe).

Sorbus latifolia est une des seules espèces arborées protégée. Cette plante est intéressante car elle est un hybride entre deux espèces : *Sorbus aria* à feuilles non découpées et *Sorbus torminalis* à feuilles découpées.

5\ Les Fagales.

La famille des Fagaceae.

Cette famille comporte trois genres principaux qui constituent les forêts françaises : *Quercus* (chêne), *Fagus* (Hêtre), *Castanea* (Châtaignier).

Les Fagaceae appartiennent au groupe des arbres à chatons ou amentifères. On dit cela car les inflorescences mâles constituent des chatons.

Les espèces sont monoïques.

Si l'on regarde un chaton mâle de châtaignier, on observe un épi de cymes de fleurs. Ce chaton possède un nombre constant d'éléments qui chacun donne une cyme bipare. Toutes ces cymes sont réduites à une seule fleur ; cette dernière étant elle-même très réduite.

La différenciation des trois genres principaux se fait au niveau des fleurs mâles et du fruit qui est toujours un akène monosperme.

Le châtaignier donne trois akènes monospermes car la cyme femelle possède trois fleurs. Chez le hêtre, on trouve deux akènes. Le chêne ne porte lui, qu'un akène car il n'y a qu'une seule fleur au niveau de la cyme femelle.

Ces akènes sont enveloppés par des bractées ligneuses soudées entre elles. Ces dernières constituent un organe : la cupule ; ce qui explique le nom de « cupulifère » donné à ces fagaceae.

On observe de nombreuses espèces de chênes différents. En France, on en a environ sept espèces importantes au niveau écologique qui se répartissent en deux groupes : les chênes à feuillage caduque et les chênes à feuillage persistant (sempervirent). Les quercus caduques sont composés du chêne pédonculé et du chêne sessile. Les quercus persistant regroupent les chênes verts (*Quercus ilex*), le chêne liège (*Quercus suber*) et le chêne kermes (*Quercus coccifera*).

Le chêne liège est une espèce intéressante : c'est une plante calcifuge (qui fuit le calcaire). On le trouve dans les régions méditerranéennes et sur le littoral atlantique. Ce chêne possède un suber provenant du fonctionnement de l'assise subéro-phélocodermique, ce qui constitue une bonne protection contre les incendies. On en fait entre autre, des bouchons pour les bouteilles de vin.

La subériculture : la première opération pour enlever le liège est le démusclage ; c'est comme avec les crêpes, la première est ratée.

6\ Les Brassicales.

On note une tendance à la zygomorphie chez les *Ibérus*.

Les Brassicaceae (Crucifères).

Les inflorescence mime une fleur unique : les pétales externes sont plus grands.

Les crucifères se mangent, notamment les brassica (*Napus*). *Napus esculenta* = navet ; *Napus oleifera* = colza.

Brassica oleaceae : c'est le chou. C'est une espèce spontanée sur les littoraux d'Europe du Nord. *Brassica sativus* est le radis.

Certaines crucifères ont des propriétés médicinales et elles sont souvent riches en vitamine C : ce sont des anti-scorbutiques.

Certaines crucifères sont ornementales, par exemple, *Lunaria biennis* aussi appelée, la monnaie du pape.

Cheranthus chereis est la giroflée.

Chez la moutarde, on note la présence de cellules à myrosine : c'est une enzyme qui dégrade les glucosides sulfurés (très présents dans les graines). C'est ce qui donne l'huile de moutarde. En fait, c'est un système de défense.

Lors de la mastication, il y a mélange des enzymes et de l'huile de moutarde, ce qui libère des composés sulfurés au goût de moutarde.

Le pastel (*Isatis tinctoria*) est utilisé comme plante tinctoriale pour sa couleur bleue. Elle était fortement cultivée au 16^{ème} siècle. Sa chute est due à la découverte de l'indigo (*Indigofera sulfructosia*). On récupère les feuilles de pastel, on les fait macérer, on les broie puis on en fait des boules : la cocagne.

La rose de Jéricho (*Anastatica hierochuntica*). Quand ses feuilles tombent, s'il fait sec, la plante se recroqueville en boule → elle se fait arracher par le vent et est transportée, ce qui est un bon moyen de dissémination.

7\ Les Ericales.

La famille des Ericaceae.

Les éricaceae forment la famille des bruyères, de la myrtille. Ce sont des plantes ligneuses, en arbustes dont les feuilles sont très variables ; généralement simples, plus ou moins développées. Elles sont du genre érocoïdes : feuilles en aiguille souvent persistantes.

Les landes à bruyère sont sur les sols pauvres.

La taille réduite des feuilles n'est pas explicable par le manque d'eau, mais peut-être à cause de la pauvreté des sols.

Les fleurs sont pentamères : 5S, 5P, 10^E, 5C. C'est une famille gamopétale. Les étamines sont à déhiscence poricide. Certaines étamines ont des petites « cornes », des appendices.

Les Ericaceae sous divisées en quatre tribus :

α\ Les Rhododendroideae.

La fleur est légèrement zygomorphe avec un ovaire supère. Les étamines sont sans appendice.

Le rhododendron est typique de l'étage sub-alpin. En ce moment, il y a recolonisation de ce milieu.

β\ Les arbutoïdeae.

Arbutus unedo : l'arbousier. Le fruit est une baie ou drupe. Les feuilles sont bien développées. *Arctostaphylos uva ursi* est le « raisin d'ours ».

γ\ Les Vaccinoïdeae.

Dans ce groupe, on trouve la myrtille.
L'ovaire est infère ; la feuille développée ; les étamines cornues.

δ\ Les Ericoïdeae.

Le genre *Erica* est la bruyère.
Le périanthe est persistant → la fleur se dessèche sur l'arbre.
Le fruit est une capsule.

8\ Les Lamiales.

Les Lamiaceae.

Les lamiaceae sont des plantes aromatiques.
La tige est carrée (quadrangulaire), les feuilles sont opposées, décussées (perpendiculaire par rapport au niveau de la feuille).
Elles présentent des adaptations aux climats secs (thym, lavande).
On trouve des poils sécréteurs.
Les inflorescences sont généralement en cymes concentrées.
La fleur est : 5Ss, 5P (2 pour la lèvre inférieure et 3 pour la supérieure). La zygomorphie augmente. Ces plantes sont gamopétales, gamopétales.
Chez *Ajuga*, la lèvre supérieure a disparu.
On a quatre étamines soudées à la corolle. Chez *Salvia* (la sauge), on trouve un système de basculement qui permet de déposer le pollen sur le dos d'un insecte. On a deux carpelles mais qui donnent un tétrakène : il y a formation de fausses cloisons qui sépare les deux carpelles.
La pollinisation est entomophile.
Dans les lamiales, on trouve : *Lavandula*, la lavande ; *Rosmarinus*, le romarin ; *Thymus*, le thym ; *Salvia*, la sauge ; *Satureia*, a sarriette ; *Mentha*, la menthe.

9\ Les Apiales.

Les Apiaceae (anciennement Umbellifères).

Les apiaceae sont généralement herbacées sauf *Bupleurum* qui est ligneux.
Les feuilles sont composées, découpées (carotte, fenouil) sauf *Bupleurum* (feuilles simples).
L'inflorescence est en ombelle. On a soit une ombelle simple avec une bractée à la base du pédoncule de chaque fleur, soit une ombelle d'ombellule avec les bractées à la base des pédoncules fixés sur l'ombellule. Les ombelles, en se resserrant, vont imiter une fleur unique.

Chez *Seseli*, la formule florale est : 5S_i, 5P_i, 5E, 2C.
Le fruit est un schizocarpe (= 2 méricarpes) : exemples, graine de cumin, de carvi.

Exemples de plantes alimentaires :

Anethum graveolens, l'aneth ; *Antriscus cerofolium*, le cerfeuil ; *Coriandrum sativum*, la coriandre ; *Cuminum cyminum*, le cumin ; *Daucus carota*, la carotte ; *Foeniculum vulgare*, le fenouil.

Exemples de plantes dangereuses :

Conium maculatum, la grande ciguë ; *Cicuta virosa*, la ciguë aquatique.

10\ Les Astérales.

Les Asteraceae (anciennement Composées).

L'inflorescence est en capitule. Les fleurs sont insérées sur un réceptacle. Le tout simule une fleur unique. A la base de celle-ci, on a un involucre de bractées comme chez les apiaceae.

L'ovaire est nettement infère. Le fruit est un akène, souvent surmonté par un papus (ensemble de poils aidant à la dissémination de la graine par le vent).

Ce sont des plantes à fort pouvoir de colonisation.

Exemple d'Asteraceae :

Cichorium endiva, l'endive ; *Lactuca sativa*, la laitue ; *Taraxacum officinale*, le pissenlit ; *Helianthus annuus*, le tournesol ; *Cynara scolymus*, l'artichaut ; *Artemisia absinthium*, l'absinthe ; *Artemisia glaciatis*, le genépi ; *Arnica montana*, l'arnica.

α \ Les tubuliflores.

Les fleurs sont actinomorphes, tubuleuses. Exemple : le bleuet, *Centaurea*.

Les anthères sont soudées et forment un tube d'où émerge le style et deux stigmates.

β \ Les liguliflores.

La fleur est ligulée, zygomorphe, avec cinq dents.

γ \ Les radiées.

Les fleurs sont ligulées avec trois dents périphériques. Au centre, elles sont tubuleuses. On trouve chez les radiées, la marguerite, le chrysanthème.

→ C'est la meilleure simulation de fleur unique.

Biologie Végétale, Cormophytes

Partie 2 : Structures et modalités adaptatives des cormophytes.

I\ Introduction.

Une adaptation est différent d'un accommodation.

Quand des plantes se maintiennent dans un biotope donné, on considère qu'elles ont toutes les réponses face à ce milieu : elles y sont adaptées. Il faut toutefois éviter toutes les interprétations finalistes : les plantes n'ont pas de conscience. Tout vient de la concurrence, de la compétitivité. Certaines plantes répondent mieux à certains milieux que d'autres. Ces adaptations sont au niveau héréditaires (niveau génotypique).

Adaptation : propriété héréditaire, physiologique, anatomique ou morphologique permettant à une espèce de se maintenir et de se développer dans des conditions écologiques particulières.

L'adaptation est plus ou moins stricte.

Exemple du chêne vert. Le feuillage est persistant ; les feuilles petites, dures. C'est une espèce sclérophylle, sempervirente. Il se développe bien sous climat méditerranéen (avec période sèche estivale). Ce chêne n'est pas exclusif à ce climat. On le trouve aussi en climat océanique.

Les facteurs qui jouent le plus sont les facteurs de compétition entre espèces. Les plantes les plus adaptées à un milieu seront les plus compétitives.

Accommodation : Pour une même espèce, avec deux pieds plantés à des endroits différents (plaine/montagne), on aura des plantes à morphologie différente. La graine n'est pas touchée → les modifications touchent le niveau phénotypique.

Définition : une accommodation est une modification réversible des caractères anatomiques, physiologiques d'un organisme selon les variations des facteurs du milieu.

Dans la Sierra Nevada espagnole, au sud de Grenade, en montagne sèche, quand on passe de 1500 mètres à 3000 mètres, on retrouve des genets purgatifs (papillonacées). A 1500 mètres, ils sont érigés (1,5 à 3 mètres), à 2500 mètres, ils sont beaucoup plus petits et à 3000 mètres, ils sont un port en boule comme des xérophytes épineuses en coussinet.

II\ Les rythmes biologiques.

A\ Mode de végétation.

Le plus important est de voir le mode de végétation et la capacité à fleurir.

1\ Les plantes à une floraison.

α \ Plantes annuelles (thérophytes).

Exemples : le blé, le coquelicot.

La graine donne une tige et une(des) fleur(s) puis des graines et un pied qui meurt.

β \ Plantes bisannuelles.

La première année, ces plantes forment l'appareil végétatif qui accumule des réserves. La seconde année, il y a utilisation des réserves pour fleurir, fructifier puis mourir.

Exemples : Oignon (*Allium cepa*), la cardère ou cabaret des oiseaux (*Dipsacus sylvestris*).

Allium donne une rosette, la cardère donne un capitule.

La cardère était utilisée pour carder la laine.

γ \ Plantes pluriannuelles.

Ce sont des plantes vivaces (vivent 10 à 15 ans) qui ne fleurissent qu'une fois puis meurent. On y trouve l'agave (*Agave americana*).

Ces plantes sont aussi appelées espèces monocarpiques.

On trouve aussi la carline à feuilles d'acan (*Carlina acanthifolia*) qui présente un gros capitule. Elle est acaule (= sans tige). Pendant plusieurs années, il y a fabrication de rosettes de feuilles et mises en réserve dans les racines pivotantes. Cette plante fleurit ensuite puis disparaît.

2\ Les plantes à plusieurs floraisons.

On trouve ce cas chez les arbres, les arbustes, les buissons : les plantes ligneuses. On en trouve aussi chez des herbacées avec rhizomes (exemple : Iris. C'est aussi le cas de plante à bulbe comme la tulipe. Ce dernier exemple n'est pas parfait car il se présente d'autres problèmes.

B\ La phénologie foliaire.

On distingue les feuillages caduques des feuillages persistants.

Les feuillages persistants sont souvent présents dans les climats méditerranéen mais aussi en forêts boréales. Le renouvelage des feuilles se fait tous les ans et demande une grande dépense en énergie. Toutefois, les feuilles sont neuves et donc, plus efficaces.

La phénologie est la façon dont se succèdent les étapes de la vie d'une plante.

III\ Les types écologiques.

Selon la taille d'un végétal, de là où sont les bourgeons, on peut classer les végétaux en grands types biologiques. Ces types ont été définis par Raunkiaer (originaire de l'Europe du Nord).

La neige est une protection pour les bourgeons contre le gel. Ces plantes ainsi protégées, vont différer des non-protégées. On a donc des différences qui permettent de classer ces végétaux en divers types écologiques.

On prend en compte la bonne saison et la mauvaise saison selon les différents lieux du monde.

- Si les bourgeons sont à plus de 50 centimètres, on parle de **Phanérophytes**.
- Les **chaméphytes** (comme la myrtille) sont des végétaux ligneux, vivaces dont la hauteur n'excède pas 50 centimètres.
- Les **hémicrophytes** (comme le pissenlit, les orties) ont des bourgeons souvent au ras du sol et ont un système de plante en rosette.
- Les **géophytes** ont des bourgeons de rénovation dans le sol (bulbe, rhizome, tubercule). Ils ont aussi souvent de gros organes de réserve.
- Les **thérophytes** sont des plantes annuelles, sans bourgeon, qui persistent à l'état de graine.

Il a été montré que la période de développement de la plante est variable. Elle est fonction des conditions écologiques du milieu. Pour une plante saharienne, de la germination à la fructification, il ne se passe qu'entre 8 et 15 jours. Ces plantes sont dites **éphémérophytes**. Elles ont des feuilles naines et de petites fleurs. Elles sont parfaitement adaptées au milieu saharien. (absence de pluie ou pluie localisée dans le temps). Une averse de 4 à 5mm permet le développement de la plante.

Une autre classification est basée à partir du premier bouton floral jusqu'au premier fruit fertile. Si l'intervalle de temps est inférieur à 20 jours, on a des plantes **tachythérophytes**. Entre 20 et 30 jours, ce sont des **sténotherophytes**. Entre 30 et 50 jours, ce sont des **mésotherophytes**. S'il se passe plus de 50 jours, ce sont des **eurythérophytes**.

A partir des types biologiques, dans un milieu donnée, on définit des spectres biologiques. Ces spectres sont donc variables en fonction du milieu et chaque milieu aura une ou deux espèces dominantes.

IV \ Multiplication et dissémination sous forme végétative.

Les plantes issues de la multiplication végétative ont le même génotype : elles perpétuent les caractères de la plante mère. Il n'y a pas de brassage génétique. → Les individus sont tous des clones.

Pour les plantes dioïques, tous les clones ont le même sexe.

Par exemple, l'Elodée du Canada, en France, b'est présente que sous forme femelle, qui se reproduit donc par multiplication végétative.

A \ Multiplication par organes non spécialisés.

1 \ Marcottage naturel.

Exemple de la ronce (*Rubus*).

On a isolement d'une partie d'un végétal en enracinement. Une tige se courbe en anneau et entre en contact avec le sol : il y a formation de racines adventives qui fixent la tige au sol. Après la coupure, on a un nouvel individu, isolé, identique au pied mère.

Le marcottage existe aussi chez les arbres.

Exemple de l'Epicéa des Alpes, dans les dolomites Italiennes.

Les branches basses sont plaquées au sol par la neige. Elles vont s'enraciner et donner un nouvel Epicéa en aval du premier. Le nouvel individu se séparera de la plante mère. Ce phénomène peut se répéter de nombreuses fois.

On trouve la même chose pour le rhododendron dans les Pyrénées.

2\ Le bouturage.

Les racines se forment après séparation (naturelle) de la plante mère. A l'état naturel, on observe ce phénomène chez les figuier de barbarie, chez *Sédum* (crassulaceae).

→ La nouvelle plante est toujours un clone de la plante mère.

B\ Multiplication par organes spécialisés.

1\ Les stolons.

Exemple du fraisier.

Les stolons sont des rameaux spécialisés, à croissance horizontale dont les entre-nœuds sont fortement étirés et portent des feuilles très courtes, réduites à des écailles. Les stolons permettent l'exploration du milieu puis la prise de racine a lieu plus loin.

2\ Les racines drageonnantes (ou drageons).

Ce sont des racines généralement horizontales sur lesquelles apparaissent les bourgeons. Exemples : framboisier, peuplier.

3\ Les organes de réserve.

Les organes de réserve jouent un rôle de réserve mais aussi de dissémination.

α\ Les tubercules.

- Les tubercules racinaires.

Des racines adventives vont se tubériser (se renfler de réserves). Exemple : le dahlia dont les racines se renflent et accumulent de l'inuline. Il y aura séparation des tubercules et donc, autant de nouvelles plantes que de tubercules. Exemple : la ficaire (*Ranunculus ficaria*) a des tubercules avec amidon. Elle possède aussi des bulbilles permettant la dissémination.

- Les tubercules caulinaires.

Exemple : la pomme de terre (*Solanum tuberosum*). Les tubercules ont un rôle de réserve et de dissémination. On trouve aussi les topinambours (*Heliantus tuberosus*) et *Stachystubifera*, le crosne du Japon.

β\ Les bulbilles.

Les bulbilles sont aussi des organes de réserve. Ce sont des petites bulbes apparaissant à l'aisselle d'une feuille ou d'une inflorescence.

Exemple : le lys (*Lilium bulbifera*) possède des bulbes qui se détachent, ce qui permet la dissémination de la plante

Ces organes existent aussi chez la ficaire où les bulbilles restent dormantes si elles ne se détachent pas du pied mère.

Chez certains ails, les bulbilles sont entre les fleurs, au niveau de l'inflorescence. *Allium* est un genre de Liliaceae.

Les saxifragaceae sont des plantes rupicoles (qui poussent sur les rochers) où la base de la tige montre des bulbilles rougeâtres pouvant assurer la multiplication asexuée.

Les bulbilles ou bourgeons épiphyllés (*Bryophyllum*) ont des bourgeons qui se répartissent tout autour de la feuille. Ils vont se détacher et donner de nouveaux individus. Ils n'ont pas de réserves (ce ne sont pas de vraies bulbilles).

V\ Reproduction sexuée et stratégie de pollinisation.

- Emission de grains de pollen.
- Transport du pollen et dépôt sur les stigmates (fleur de même espèce).
- Développement du tube pollinique, une fois le pollen déposé.

A\ La répartition des sexes.

Les fleurs sont le plus souvent hermaphrodites (à 75%) mais on trouve aussi des fleurs monoïques ou dioïques.

Le frêne (*Fraxinus excelsior*) possède des samares (fruits) servant à la dissémination des graines. Dans une population de frênes, on trouve 40% de mâles, 4% de femelles et 56% d'hermaphrodites (dans une population d'une région donnée, étudiée). → Cet arbre a la potentialité d'être hermaphrodite.

On peut définir trois grands types de pollinisation :

- Autogamie directe :

Le grain de pollen féconde la fleur d'où il vient. Il y a autofécondation. Le transport est court.

- Autogamie indirecte :

Le grain de pollen va féconder une fleur du pied ou bien une fleur d'un clone de la plante dont il est issu. L'autogamie indirecte est aussi appelée *Geitonogamie*. Cette pollinisation existe chez les hermaphrodites et les monoïques.

- Allogamie :

Le grain de pollen va féconder la fleur d'un individu génétiquement. La pollinisation est croisée. Cette pollinisation existe chez les espèces monoïques ou dioïques.

Il existe des cas où l'autogamie est obligatoire. Par exemple, chez la violette odorante (*Viola Odorata*), on trouve deux types de fleurs. Les fleurs de printemps s'ouvrent (corolle ouverte) et permettent tous les cas de pollinisation. Les fleurs d'été ne s'ouvrent jamais : ce sont des fleurs cléistogames ne présentant qu'une pollinisation par autogamie directe.

Ce phénomène existe aussi chez *Oxalis acetosella*.

Le paradoxe : Les deux sexes sont rapprochés, ce qui laisse penser que l'autogamie est de règle. En fait c'est toujours l'allogamie qui domine.

→ L'allogamie est créatrice de diversité, augmente le brassage génétique → elle accroît les capacités d'adaptation des espèces.

L'autogamie diminue, elle, les capacités d'adaptation par diminution du brassage.

Il existe des pressions de consanguinité.

Pour les espèces cultivées ou sélectionnées, il faut diminuer, le plus possible, le brassage génétique. Chez beaucoup de plantes principalement allogames, l'autogamie peut intervenir en dernier recours (s'il n'y a pas de pollinisation croisée) pour assurer la reproduction.

Exemple de la stratégie du rhododendron (*Ferrugineum*), une éricaceae. C'est une plante entomogame. Elles ont 10 étamines dont 5 grandes et autant de petites.

La pollinisation, par un système de tulle montre que la plante est autogame (aucun échange de pollen avec l'extérieur n'est possible). Si l'on refait la même expérience mais en enlevant les petites étamines, on voit que l'on n'obtient jamais de graine. L'autogamie est donc réalisée à partir des petites étamines ; les grandes servent à la pollinisation croisée.

→ L'autogamie est un système de « roue de secours », une adaptation aux conditions.

Pour diminuer l'autogamie, il y a décalage temporaire de la maturation des anthères et des stigmates (dichogamie). On trouve deux cas : la protandrie, les anthères sont mures avant les stigmates (tournesol) ; la progynie, la partie femelle est mure avant la partie mâle (exemple, l'arum).

Exemple de l'avocatier (*Persea gratissima*).

Le développement de l'avocatier se fait sur deux jours.

	Premier jour		Deuxième jour	
	Matin	Après-midi	Matin	Après-midi
Etat des fleurs	Ouvertes	Fermées	Fermées	Ouvertes
Individu 1	Stigmates réceptifs ; Pollen non mature			Stigmates non réceptifs ; Pollen mature
Individu 2	Stigmates non réceptifs ; Pollen mature			Stigmates réceptifs ; Pollen non mature.

Il y a obligation de pollinisation croisée. Les individus sont soit protandres, soit protogynes.

Dans une même fleur, il a souvent séparation spatiale maximale des étamines et des stigmates. Par exemple, les étamines, dans de nombreux cas, sont beaucoup plus grandes ou petites que les stigmates → C'est l'erchogamie.

Le plus efficace pour empêcher l'autogamie est une incompatibilité génétique entre le pollen et les stigmates (comme chez les primevère). Chez la primevère, on note la présence de deux types de fleurs : fleurs à étamines longues et styles courts ; fleurs à étamines courtes et à styles longs. On a dans ce cas, erchogamie et auto-incompatibilité.

Les allocations de ressources.

Quand on analyse les comportements de végétaux ou d'animaux, on observe en terme de coût (énergie, ressources...).

L'autogamie demande peu de ressources pour les grains de pollen (peu de grains avec peu de ressources), donc, un faible investissement. On verra chez ces mêmes espèces, une augmentation des ressources des ovules et des graines.

La primevère (*Primula farinosa*), allogame stricte, a été étudiée et comparée à trois autres espèces autogames. → Les trois autogames produisent 5 à 10 fois moins de pollen mais deux fois plus d'ovules. On peut faire le rapport P/O (pollen fabriqué/Ovaires fabriqués). Le P/O de *farinosa* est de 2000 environ et chez les autres, il n'est que de l'ordre de 200.

Il a aussi été montré que la corolle des autogames était plus petite que celle des autres.

Une espèce allogame a un P/O \approx 6000 ; un autogame a un P/O \approx 30 et une espèce clestogame a un P/O \approx 5.

B\ La Pollinisation.

1\ L'anémogamie.

L'anémogamie concerne 20% des espèces florales françaises dont les graminées (les Poaceae). Il faut que le pollen soit de petite taille (10 à 30 μ m), léger et transportable par le vent. De plus, les plantes « pratiquant » l'anémogamie ne doivent pas regarder sur la quantité de pollen produit.

Par exemple, un pied de maïs donne 50 millions de grains de pollen et seul 1 grain sur 50000 sera utilisé. Le noisetier porte des chatons qui libèrent chacun, 4 millions de grains de pollen par jour. Les chatons se développent avant les feuilles car ces feuilles feraient obstacle au pollen.

Chez les Poaceae, le pollen est fabriqué par des étamines à filet long et mobile.

Pour les espèces anémogames, les fleurs femelles possèdent des stigmates collants (noyer) ou plumeux et longs (Poaceae).

Les fleurs mâles et femelles sont habituellement, relativement simples. Le périanthe, peu développé. Certaines espèces sont même dans pétale, comme les chênes et les orties.

2\ La zoogamie.

Dans la zoogamie, le vecteur est un animal, souvent un arthropode. Dans la grande majorité des cas, ce sont des insectes et l'on parle d'entomogamie. D'autres animaux peuvent aussi intervenir, comme le colibri. Les baobabs (*Andosonia*) sont pollinisés par une chauve-souris : les fleurs s'ouvrent donc à la tombée de la nuit.

Dans le cas des interactions plantes/insectes, le phénomène peut aller jusqu'à une co-évolution : un seul type d'insecte pourra polliniser un seul type de plante.

Les stratégies d'attraction :

- Les signaux optiques.

Les pétales peuvent être vivement colorés et chez les liliaceae, même les sépales sont pétaloïdes. Le développement des bractées joue aussi un rôle : chez l'arum, une grande bractée se développe et piège les insectes.

Les étamines aussi peuvent être colorées.

Chez les orchideae, il y a développement d'une corolle représentant un insecte : c'est un leurre.

Chez les sauge, il se développe une « piste d'atterrissage » pour les insectes.

- Les signaux olfactifs.

Les *Lonicera periclymenum* sont des fleurs surtout parfumées la nuit car elles sont pollinisées par des papillons (Sphinx). La rafflésie donne une fleur d'environ un mètre de diamètre à odeur de viande pourrie (se trouve vers Sumatra). L'Orchis bouc dégage une odeur de bouc. Certaines Ophrys émettent des phéromones sexuelles d'abeilles.

L'arum émet une odeur renforcée par émission de chaleur (+35/40°C).

- Les apports nutritifs.

Les insectes recherchent de la nourriture. Cela peut être du pollen (comme au début de l'évolution) ou des nectaires (glandes synthétisant du nectar) situés à la base des pétales ou des étamines. La production de nectar a aussi un coût énergétique.

- Le groupement des fleurs.

Ce groupement donne une inflorescence plus ou moins compacte qui permet d'augmenter l'attraction envers les insectes.

Le cas des composées ; le capitule de marguerite.

A l'extérieur, les fleurs sont ligulées et souvent stériles et jouent un rôle dans l'attraction des insectes. Les fleurs en tube, internes, jouent un rôle dans la reproduction.

Le problème est que cette compaction favorise la géitonogamie (les étamines d'une fleur vont féconder les fleurs du même pied).

La digitale (*Digitalis purpurea*), une scrophulariaceae a des fleurs qui se développent de bas en haut. De plus, ces fleurs sont protandres. La quantité énergétique du nectar diminue en allant du bas vers le haut. Les insectes vont d'abord aller voir les fleurs du bas puis remonter.

Le cas des orchidaceae (monocotylédones).

La fleur présente trois tépales dont une plus développée que les autres (le labelle) qui est souvent mimétique. Le labelle peut être poursuivi en arrière par un éperon.

Les étamines, le style et les stigmates sont soudés en un organe : le gynostème. Le pollen est agglutiné au niveau de deux pollinies.

L'ovaire est infère, uniloculaire, constitué de trois carpelles.

Sur les trois stigmates, deux sont fertiles et un forme une petite structure particulière : le rostellum. Ce dernier est situé entre les pollinies et les stigmates fertiles. Il a séparation de l'appareil mâle et femelle dans une même fleur : c'est une erchogamie qui fait diminuer l'auto-pollinisation.

La fécondation est réalisée par les insectes. L'insecte va se poser sur le labelle et les pollinies vont se coller sur la tête de l'insecte.

Exemple de la vanille (orchidée) :

Vanillia planiflora. Cette plante est originaire d'Amérique du sud et d'Amérique centrale. Dans ces milieux, elle est pollinisée par un hyménoptère (*Melipona*), spécifique de la vanille. Cette vanille a été introduite dans d'autres milieux où elle est restée stérile car il n'y avait pas l'insecte. Il a donc été mis au point une pollinisation artificielle.

Exemple de l'orchidée malgache (*Angecum sesquipedale*).

En 1860, Darwin observe un éperon nectarifère d'une trentaine de centimètres. 40 ans plus tard, on a découvert un paillon nocturne physiquement adapté à la pollinisation de cette orchidée.
→ Il y a un mutualisme entre une espèce de plante et une espèce d'insecte (mutualisme exclusif).

La Pollinisation chez les Arum (*Arum maculatum*).

Dans la région Midi-Pyrénées, on trouve plutôt l'espèce *Arum italicum*. L'inflorescence est particulière : une bractée (la spathe) et le spadice. Au niveau de la zone d'étranglement de la spathe sort la massue (partie stérile de l'inflorescence).

Dans la partie basse, on trouve des fleurs femelles fertiles ; un peu plus haut, on a les fleurs mâles fertiles. Dans la partie supérieure, des fleurs stériles bouchent l'entrée.

Le spadice va émettre une odeur nauséabonde (pour nous). La massue s'échauffe (facilement + 15°C par rapport à la température extérieure). Cette augmentation de température accroît l'odeur et attire des diptères. Ces insectes arrivent, entrent et fécondent les fleurs femelles. Après 24 heures, les étamines s'ouvrent, en même temps, les fleurs stériles se fanent. L'ouverture permet la libération diptères, chargés de pollen. La spathe libère des sécrétions pour la nutrition des insectes.

Le figuier, *Ficus carica*, Moraceae.

La fécondation de ce figuier est complexe et a été bien étudiée.

L'inflorescence du figuier est particulière : clinanthe. C'est un réceptacle replié sur lui-même et qui possède plusieurs centaines de fleurs sur les parois. Un diptère du genre *Blastophaga* assure la pollinisation.

On trouve trois types de réceptacles selon les saisons et deux générations de mouches. Les réceptacles diffèrent de part le type de fleurs présentes à l'intérieur.

Les femelles de diptères passent dans les fleurs de type B. Elles pondent des œufs dans les fleurs femelles stériles. Les embryons se développent et donnent mâles et femelles. Ils s'accouplent aussitôt après l'éclosion (comme dans « *loftstory* », cf. le prof.). Les nouvelles femelles sont jusqu'aux réceptacles des fleurs mâles B.

En C, les femelles ne peuvent pas pondre car les fleurs femelles fertiles ont de longs styles. Elle déposent uniquement le pollen et ressortent pondre dans les réceptacles A dans des fleurs stériles. En A, les mouches sont sous forme de larves. En mars, il y a éclosion puis accouplement. Les femelles vont pondre en B et la boucle est bouclée.

La primevère (*Primula*).

La primevère présente des fleurs brévistylées (à gros pollen et papilles peu développées) ou des fleurs longistylées (à petit pollen à papilles bien développées).

Les grains de pollen d'une même fleur a du mal à polliniser cette même fleur à cause des papilles. Il y a aussi incompatibilité génétique.

La sauge (*Salvia*).

Les sauges ont, au niveau du périanthe, une expansion qui permet l'atterrissage des insectes. La fleur est protandre. L'insecte va appuyer sur la « palette », ce qui fait se replier l'étamine sur l'insecte. Il va sur la fleur au stade au stade femelle, le style et les stigmates sont au niveau du dos des insectes, il y a récolte de pollen. Il y a très peu d'exclusivité pour les insectes.

3\ L'hydrogamie.

L'hydrogamie est un cas relativement rare car le pollen est peu résistant à l'eau. Chez les hydrophytes (immergées en permanence), les grains de pollen ont des substances collantes pour pouvoir être captés. Ils sont souvent en forme de fuseau.

4\ La répartition des différents types de gamie.

On a environ 10% d'anémogamie (20% en France). Les steppes herbeuses à graminées en ont beaucoup plus.

Les forêts fermées utiliseront plutôt l'entomogamie.

IV\ Conservation et dissémination des graines.

La graine est un organe de conservation au stade diploïde. Elle est le résultat de la transformation de l'ovule après la fécondation. Elle contient l'embryon avec la radicule (donnera les racines), la gemmule (donnera la tige), le ou les cotylédons (donnent les premières feuilles, plus ou moins modifiées) et une coque protectrice (tégument). On trouvera aussi des réserves qui peuvent être dans l'albumen, dans l'embryon ou dans le nucelle.

A\ Durée de conservation de la graine.

1\ Les graines macrobiontiques.

Ces graines peuvent germer après des dizaines ou des centaines d'années. Une graine de lotus a germé après 250 ans. Dans ces cas, les téguments sont durs, épais et résistants.

2\ Les graines mésobiontiques.

Elles peuvent attendre 3 à 10 ans après leur formation. C'est le cas des céréales, comme le blé.

3\ Les graines microbiontiques.

Ce sont des graines qui ne vivent que quelques jours à quelques mois.

Le cas le plus extrême est le cas des plantes vivipares : la graine germe dans le fruit encore accroché à la plante mère.

Exemple des palétuviers de mangrove.

Les mangroves sont les forêt tropicales d'estuaire ou de bord de mer. Ce sont des formations soumises au balancement des marées. On trouve peu d'espèces arborées.

Après fécondation et si à marée basse, la plantule tombe dans la vase et se fixe immédiatement. Elle n'a plus qu'à se développer. La plantule peut aussi tomber dans l'eau (à marée haute) : elle va permettre la dissémination.

Dans la région, on trouve *Poa bulbosa* qui est une espèce vivipare.

Les fruits secs (akènes) offrent une bonne protection à la graine. Les drupes, fruits charnus avec noyau en offrent aussi une.

B\ La dissémination de la graine ou du fruit.

1\ L'autochorie.

Ce sont des plantes qui disséminent leurs graines en les expulsant plus ou moins loin.

On peut citer :

- Les fruits turgescents qui éclatent au moindre frottement (capsules d'impatience d'oxalis).
- Les gousses de fabaceae qui, lorsqu'elles se dessèchent, se tordent et s'ouvrent en expulsant les graines.
- On trouve aussi les légumineuses méditerranéennes qui expulsent les graines au moment des incendies.
- Les plantes comme *Arachis*, à phototropisme négatif, qui font s'enfoncer la gousse dans le sol, par le pédoncule.

2\ L'hydrochorie.

Cette dissémination demande une résistance à l'eau.

Cas de l'iris (*Iris pseudocorus*) : il fait de grandes fleurs jeunes et les graines sont cireuses, ce qui les rend imperméables.

La noix de coco peut flotter sur des milliers de kilomètres.

3\ L'anémochorie.

Les graines sont de petite taille (exemple : orchidées).

Les fruits sont renflés en vessie (Bagueaudier). Chez les papillonacées, la gousse forme une vessie remplie d'air.

Les graines portent des plumes, des aigrettes. Exemple : les graines de peuplier, de saule.

Pappus des akènes (pissenlit).

Graines à ailes : samares de frêne.

→ Il y a un gaspillage important, donc, besoin d'une forte production pour compenser.

4\ La zoochorie.

Les vertébrés ont un rôle prépondérant dans cette dissémination. Il y a production de fruits et de graines riches en nutriments, ce qui représente un coût énergétique payé par les végétaux pour attirer les animaux.

α\ L'exozoochorie.

Il y a dissémination par fixation des graines sur les poils, les chaussettes : dissémination passive sans avantage pour l'animal. L'accrochement peut se faire par des glochidies qui sont comme des harpons, des épines.

β\ La synzoochorie.

Il y a récolte et stockage pour la consommation ultérieure. Les graines vont être transportées (par des fourmis) (élaïosomes : diverticules enrichis en lipides) ou par des écureuils qui cachent leurs glands ou noisettes.

γ\ L'endozoochorie.

L'animal va ingérer le fruit ou la graine. Il faut que la graine soit restituée par régurgitation ou par défécation. Il y a alors séparation des réserves alimentaires pour l'animal et pour la graine sclérifiée → résistance au broyage ou à la corrosion par les sucs digestifs.

Le transit par le tube digestif devient obligatoire car l'attaque par les sucs ou par les bactéries intestinales va favoriser la germination de la graine.

Etude du Lierre (*Hedera hélix*), comparaison du taux de germination.

Les graines extraites de baies mûres (directement sur l'arbre) donnent 74% de germination. On remarque que ces graines sont rapidement envahies par des mycéliums.

Si les graines sont extraites de baies vertes (pas mûres), il y a 100% de germination : les baies sont aptes tôt à germer.

Les graines récoltées au sol après ingestion et rejet par les oiseaux donne 94%% de germination, mais, sans développement de mycélium → les graines sont nettoyées par les sucs, ce qui permet de ne pas avoir de pourrissement.

L'endozoochorie montre aussi des cas de mutualisme : bénéfiques réciproques pour les deux partenaires.

Les vertébrés auraient joué un rôle important dans la recolonisation des terres après les glaciations et autres phénomènes.

Après les glaciations, les hêtres ont recolonisé 3000Km en 3000 ans, soit 1 km par an : l'action des animaux est obligatoire.

5\ La barochorie.

Les fruits ou graines tombent sous l'action de la gravité : marronnier, chêne, cocofesse (*Lodoïcea*).

Cette forme de dispersion a une importance relative.

En milieu forestier, on voit qu'il y a une large domination de la dissémination par les animaux.

A leur début, les forêts sont ouvertes et l'anémochorie domine. Au fil du temps, la forêt se referme et le type de pollinisation évolue. Plus la formation est ouverte, plus la pollinisation est réalisée par le vent.

V\ La fixation des plantes.

La majorité des plantes est fixée dans le milieu souterrain. D'autres, comme les épiphytes, ont une fixation aérienne.

A\ Le système racinaire.

On a une racine principale, issue de la radicule, et des racines secondaires (2^{ème} ou 3^{ème} ordre). Dans certains cas, on a des racines adventives. En général, elles naissent au niveau de rhizome, mais elles peuvent apparaître sur des tiges aériennes.

Les racines pivotantes : la carotte. Ce sont des expansions verticale avec peu de racines secondaires.

Les racines fasciculées. Il n'y a pas de racine principale dominante : les ramifications sont importantes. Exemple : le hêtre adulte. Les graminées ne sont pas vraiment dans ce groupe car elles ont des racines adventives.

Pour une même espèce, le système racinaire peut changer avec l'âge mais aussi, en fonction du type de sol.

En fonction du temps :

Le jeune hêtre a des racines pivotantes pour aller chercher l'eau et les sels minéraux. Au bout de 4 à 5 ans, il développe des racines secondaires. Ensuite, il va mettre en place un système de racines fasciculées.

En fonction du type de sol.

Exemple 1 : *Pinus sylvestris*.

On trouve deux types de racines : des racines superficielles captant les précipitations et des racines pivotantes qui sont en contact avec la nappe phréatique. Si la nappe phréatique descend, il y aura diminution de la croissance de l'arbre.

Exemple 2 : Une graminée, *Ligeum spartum*.

Ces graminées sont souvent sur des sols avec une croûte gypseuse (le pH augmente). Les racines vont se développer sous la couche sableuse qui se trouve au dessus de la couche dure.

Exemple 3 : Les podzols (sol de la forêt landaise, indifférencié).

L'horizon A2 est appauvri et essentiellement constitué de sable : il ne retient ni l'eau ni les éléments nutritifs.

Dans cet horizon, les racines ne se développent pas du tout. Un système de racines superficielles existe ainsi qu'un système pivotant.

Exemple 4 : Les sols bruns.

Dans les sols bruns, très homogènes, les racines se répartissent uniformément..

B\ Modes particuliers de stabilisation.

1\ Les racines de contrefort.

Elles existent uniquement chez les arbres tropicaux. Elles se développent dans la partie basse du tronc.

2\ Les racines échasses.

On les trouve, par exemple, dans les zones de mangrove. Ces racines partent du tronc et plongent dans le sol (*Rhizophora*). Elles permettent au tronc de se retrouver au dessus du niveau de l'eau quand il y a marée haute.

Les pneumatophores sont des racines aériennes arrivant à la surface du sol et permettent d'alimenter la plante en O_2 (*Avicennia*).

C\ Les xérophytes, adaptation des racines.

Les xérophytes font des prospections profondes, jusqu'aux nappes phréatiques (→ plantes phréatophytes). Exemple : l'Acacia du Sahel, il peut avoir des racines de plusieurs dizaines de mètres de profondeur. Les nappes doivent être bien alimentées en eau, sinon les plantes meurent.

Il peut y avoir enracinement latéral, peu profond, pour profiter de la moindre goutte de pluie (pour les plantes annuelles). En quelques heures, il y a formation de racines de pluie qui disparaîtront en quelques heures.

Le *Zygophyllum* d'Israël a des racines dormantes qui deviennent fonctionnelles en cas de pluie.

D\ Fixation en milieu aériens (lianes, épiphytes).

1\ Les lianes.

Les lianes sont des plantes à tige longue qui s'appuie sur divers supports (souvent une autre plante) pour élever son feuillage et le reste (recherche de la lumière).

α \ Système non préhensile (Rosier).

Par circumnutation, la tige, quand elle pousse, a son sommet qui ne reste pas immobile : il y a enroulement autour d'un support, sans organe particulier.

β\ Système préhensile.

Dans ce cas, il y a développement d'organes particuliers pour s'accrocher.
Par exemple, le lierre développe des racines adhésives.

Pour les vrilles, on distingue deux cas : les vrilles caulinaires où la tige donne les vrilles (exemple : *Vitis vinifera*) et les vrilles foliaires où les feuilles donnent les vrilles.

Les vrilles vont s'enrouler dans les deux sens, ce qui leur procure une meilleure élasticité et qui rapproche le support de la plante (Bryone : feuille → vrille).

Les pois ont une partie de la feuille qui donne la vrille.

Lathyrus aphaca : Il y a apparition de stipules développés qui assurent l'assimilation chlorophyllienne car les feuilles sont transformées en vrille

La salsepareille (*Smilax aspera*) a des stipules transformés en vrille.

2\ Les épiphytes.

Ce sont des plantes vivant sur d'autres végétaux. Ces derniers servent de support sans servir de nourriture à l'hôte (pas de parasitisme). C'est le cas des lichens, des mousses, des fougères. Beaucoup d'orchidées sont épiphytes.

Il n'y a pas de sol, ni de réservoir d'eau. Les arbres supports doivent avoir des aspérités pour que les épiphytes se développent dessus (réserves d'eau, de terre dans les creux de l'écorce).

Les épiphytes xérophytes comme *Tillandsia* absorbent l'eau par leur tige.

Les plantes carnivores ont des apports nutritionnels par les animaux consommés et les apports azotés viennent aussi des animaux.

Parfois, des lianes deviennent épiphytes: problème de classement.

A l'inverse, des *Ficus* (épiphytes) développent des racines qui s'insèrent dans le sol : ils deviennent des lianes).

Exemple : le ficus étrangleur du palmier à huile. Les racines descendent le long du tronc et arrivent au sol. Là, il a une bonne alimentation et étrangle la plante hôte qu'il gardera comme support.