

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID - TLEMCEM
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE
LA TERRE ET DE L'UNIVERS
Département des Ressources Forestières



Intitulé du polycopié

**Cours de Biologie végétale
(Première année LMD)
Spécialité Foresterie**

Présenté par :

M^{elle} BARKA FATIHA

Année universitaire : 2016/2017

PRODUCTION PEDAGOGIQUE

LE PROGRAMME

Intitulé de la matière : Biologie Végétale (Unité fondamentale)

- **Volume horaire** : 14 à 16 semaines (67.5 H)
- **Volume horaire hebdomadaire** : (C : 1.5H, TD : 0H, TP : 3H)

Objectifs de l'enseignement : Cette matière étudie les différents types de tissus, l'anatomie et la morphologie des végétaux supérieurs en axant sur les ligneux ainsi que la gamétogenèse et la fécondation.

Contenu de la matière :

I. Introduction à la biologie végétale

II. Différents types de tissus

II.1. Méristème primaire (racinaire et cellulaire)

- Tissus primaires
- Tissus protecteurs (épiderme)
- Tissus de remplissage (parenchyme)
- Tissus de soutien (collenchyme et sclérenchyme)
- Tissus conducteurs (xylème primaire, phloème primaire)
- Tissus sécréteurs

II.2. Méristèmes secondaires (latéraux) (le cambium et le phellogène)

- Tissus secondaires
- Tissus conducteurs (xylème secondaire et Phloème secondaire)
- Tissus protecteurs (suber ou liège, phelloderme)

III. Anatomie des végétaux supérieurs

- Etude de la racine
- Etude de la tige
- Etude de la feuille
- Anatomie comparée ente mono et dicotylédones

IV. Morphologie des végétaux supérieurs et adaptation

- Racines
- Feuilles
- Tiges
- Fleurs
- Graines
- Fruits

V. Gamétogenèse

- Grain de pollen
- Ovule et sac embryonnaire

VI. Fécondation

- OEuf et embryon
- Notion de cycle de développement

Travaux pratiques

- **TP N° 01.** Etude morphologique des Angiospermes (racines-tiges-feuilles-fleurs)
- **TP N° 02.** Etude morphologique des Gymnospermes (racines-tiges-feuilles-fleurs)
- **TP N° 03.** Méristèmes primaires (racinaire et caulinaire)
Histologie primaire
- **TP N° 04.** Tissus de revêtements (Epiderme, assise pilifère, assise subéreuse, subéroïde)
- **TP N° 05.** Parenchymes (chlorophyllien, réserve, aërifère, aquifère)
- **TP N° 06.** Tissus de soutien (collenchyme, sclérenchyme)
- **TP N° 07.** Tissus sécréteurs (poils, glandes, cellule à tanins, laticifères)
- **TP N° 08.** Tissus conducteurs primaires (phloème-xylème)
Histologie secondaire
- **TP N° 09.** Tissus conducteurs et de revêtements secondaires : (liber, bois homoxylé, bois hétéroxylé, cambium, suber, phelloderme, phellogène)
- **TP N°10.** Anatomie comparée Tige-Racine
- **TP N°11.** Structure anatomique comparée Monocotylédones-Dicotylédones (racine-tige)

Mode d'évaluation : contrôle continu + Examen

SOMMAIRE

Introduction

I-	Les grands critères de classification du monde végétal.....	01
II-	La classification des végétaux.....	03
	1. Les algues	03
	2. Les mousses	03
	3. Les fougères	03
	4. Les gymnospermes	03
	5. Les angiospermes	03
III-	La morphologie des gymnospermes.....	04
	1. Caractéristiques des gymnospermes	04
	2. Reconnaître les grands types d'arbres des gymnospermes	05
	3. Organisation générale d'une gymnosperme	06
IV-	La morphologie des angiospermes	11
	1. Organisation et précision sur les angiospermes	11
	2. Organisation générale de la racine.....	12
	3. La tige (Caule, tronc)	15
	4. La feuille.....	23
	5. Structure de la fleur.....	34
	6. Fruits et graines.....	42
V-	Histologie des différentes parties de la plante	45
	1. Les méristèmes.....	45
	2. Deux assises génératrices.....	47
	3. Tissus d'une feuille.....	50
	4. Tissus d'une tige.....	55
	5. Tissus d'une racine	60
VI-	La gamétogenèse.....	67
	1. Etamines et pollen.....	68
	2. Formation du grain de pollen.....	69
	3. Pistil ovaire et ovule.....	70
	4. Type d'ovule.....	70
	5. Etude du sac embryonnaire.....	71
	6. Pollinisation.....	72
	Références bibliographiques	77

LISTE DES FIGURES

- **Fig N°01 : Les principales branches de la biologie**
- **Fig N°02 : Les grands critères de classification du monde végétal**
- **Fig N°03 : La classification des végétaux**
- **Fig N°04 : Caractéristiques botaniques des gymnospermes**
- **Fig N°05 : Les grands types d'arbres des gymnospermes**
- **Fig N°06 : Organisation générale d'une angiosperme**
- **Fig N°07 : Cônes mâles et femelles**
- **Fig N°08 : Feuilles des gymnospermes**
- **Fig N°09 : Les conifères**
- **Fig N°10 : Organisation des conifères**
- **Fig N°11 : La production chez les gymnospermes (Pin d'Alep)**
- **Fig N°12 : Appareil reproducteur mâle**
- **Fig N°13 : Cycle reproducteur d'une gymnosperme**
- **Fig N°14 : Appareil reproducteur femelle d'une gymnosperme**
- **Fig N°15 : Organisation d'une plante spermaphyte**
- **Fig N°16 : Organisation d'une espèce type angiospermes**
- **Fig N°17 : La racine**
- **Fig N°18 : Système racinaire**
- **Fig N°19 : Racines divers**
- **Fig N°20 : Schéma du méristème apical racinaire**
- **Fig N°21 : Étapes de la ramification racinaire**
- **Fig N°22 : La tige (caule, tronc)**
- **Fig N°23 : Les formes de tiges**
- **Fig N°24 : Les tiges souterraines**
- **Fig N°25 : Le port de la tige**
- **Fig N°26 : Types de tige**
- **Fig N°27 : La section de la tige**
- **Fig N°28 : Types de bourgeons**
- **Fig N°29 : La croissance de la tige**
- **Fig N°30 : Les cellules méristématiques**
- **Fig N°31 : La différenciation des cellules**
- **Fig N°32 : La ramification**
- **Fig N°33 : La structure d'une feuille**
- **Fig N°34 : Feuille complète et incomplète**
- **Fig N°35 : Types nervures**
- **Fig N°36 : Les types de feuilles**
- **Fig N°37 : Forme du limbe**
- **Fig N°38 : Types des stipules**
- **Fig N°39 : Bords du limbe**
- **Fig N°40 : Position des feuilles sur la tige**
- **Fig N°41 : Le limbe composé de folioles**

- **Fig N°42 : Le méristème apical et les méristèmes marginaux**
- **Fig N°43 : La fleur**
- **Fig N°44 : La structure de la fleur**
- **Fig N°45 : Les types de fleurs**
- **Fig N°46 : Schéma de l'anatomie florale**
- **Fig N°47 : Structure florale de quelques espèces**
- **Fig N°48 : Diagramme floral**
- **Fig N°49 : Types d'inflorescences**
- **Fig N°50 : Insertion des pièces florales**
- **Fig N°51 : Formation des grains de pollen**
- **Fig N°52 : Cycle de vie d'une plante à fleurs (genre Liliium)**
- **Fig N°53 : Les fruits**
- **Fig N°54 : Les méristèmes primaires**
- **Fig N°55 : Les zones de croissance**
- **Fig N°56 : Les méristèmes**
- **Fig N°57 : Les parenchymes**
- **Fig N°58 : Coupe d'une racine**
- **Fig N°59 : La structure des stomates**
- **Fig N°60 : Xylème et phloème**
- **Fig N°61 : Les tissus conducteurs primaires**
- **Fig N°62 : Le cambium**
- **Fig N°63 : Le Xylème**
- **Fig N°64 : Le Phloème**
- **Fig N°65 : Structure primaire de la racine**
- **Fig N°66 : Structure primaire de la tige**
- **Fig N°67 : Feuille de dicotylédone avec formation secondaire**
- **Fig N°68 : Cambium en coupe longitudinale**
- **Fig N°69 : Fonctionnement d'une cellule d'assise génératrice**
- **Fig N°70 : Anatomie du bois**
- **Fig N°71 : Les cernes du bois homoxylé**
- **Fig N°72 : Le liber**
- **Fig N°74 : les rayons**
- **Fig N°75 : Apparition et localisation du phelloderme**
- **Fig N°76 : Phellogène et phelloderme**
- **Fig N°77 : Écorce du chêne liège**
- **Fig N°78 : Structure primaire d'une racine**
- **Fig N°79 : L'écorce et ramification endogène d'une racine**
- **Fig N°80 : L'endoderme en bande de caspary d'une racine**
- **Fig N°80 : Coupe transversale d'une racine de monocotylédone**
- **Fig N°81 : Cylindre central**
- **Fig N°82 : Faisceaux criblo-vasculaire**
- **Fig N°83 : Ramification exogène de la tige**
- **Fig N°84 : Coupe histologique de la tige**

- **Fig N°85 : Les Caractères propres aux monocotylédones**
- **Fig N°86 : Comparaison entre une tige de monocotylédone et une tige de dicotylédone**
- **Fig N°87 : Symétrie bilatérale**
- **Fig N°88 : Mésophylle hétérogène d'une feuille de dicotylédone**
- **Fig N°89 : Nervation réticulée dans une feuille de dicotylédone**
- **Fig N°90 : Coupe transversale d'une feuille de monocotylédone**
- **Fig N°91 : Formation des gamètes**
- **Fig N°92 : La méiose chez les plantes**
- **Fig N°93 : Grain de pollen**
- **Fig N°94 : Types des ovules**
- **Fig N°95 : Coupe d'un ovule**
- **Fig N°96 : Double fécondation chez les plantes à fleurs**
- **Fig N°97 : La pollinisation**

Introduction

La biologie étant une science d'observation, il faut savoir reconnaître les différentes parties qui composent les plantes puis les nommer correctement. C'est la science qui étudie la vie sous toutes ses formes qui a pour but l'étude scientifique des phénomènes et des propriétés vitales des êtres vivants.

Elle englobe toutes les sciences ayant pour objet l'étude de tous les êtres vivants dont l'homme. Il est difficile de comprendre les grands débats sur l'écologie sans connaître quelques notions de base en biologie, notamment sur les notions d'écosystème, de biome, de milieu, de biotope ou de vivants. La conception large donne aujourd'hui une bonne représentation des principales branches de la biologie. La biologie rassemble les sciences suivantes :

Botanique, zoologie, anthropologie : Classification des êtres vivants.

Ecologie, éthologie, sociologie : Analyse et étude des sociétés et organisation des êtres vivants.

Embryologie : Développement, des êtres vivants.

Morphologie - Anatomie : Description de la forme intérieure et extérieure des êtres vivants.

Psychologie : Comportements des êtres vivants pris individuellement et entre eux.

Physiologie : Analyse des fonctions et du fonctionnement des êtres vivants.

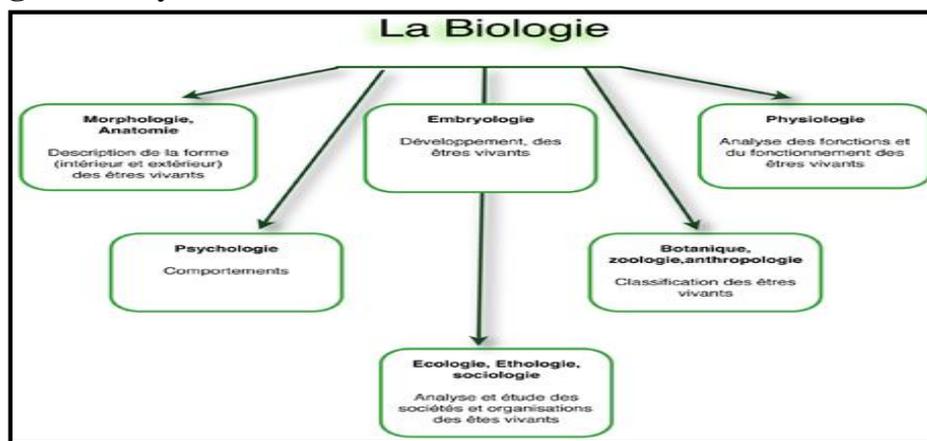


Fig N°01 : Les principales branches de la biologie

I- Les grands critères de classification du monde végétal

Le monde vivant est constitué d'une collection infinie d'organismes en perpétuelle évolution. Les premiers êtres vivants, apparus sur terre il y a environ 3,5 milliards d'années, étaient des bactéries dépourvues de noyau cellulaire: des **Procaryotes** à partir de ces procaryotes des êtres plus complexes sont apparus : les **Eucaryotes**.

Les plantes font partie de la lignée végétale, c'est-à-dire d'un ensemble d'organismes autotrophes et phototrophes. La lignée végétale traverse divers règnes. Elle prend naissance au sein des procaryotes avec les cyanobactéries (algues bleues) et les chloroxybactéries. Elle inclut de nombreux organismes appartenant au règne des protistes/protocistes (Rassemblés communément sous le vocable "algues") et s'épanouit avec les plantes. Selon les classifications, les plantes sont également appelées Embryophytes, Cormophytes ou Archégoniates.

Eucaryote : Se dit des cellules dont le noyau (qui contient les chromosomes, support du matériel génétique) est séparé du cytoplasme par une enveloppe, par opposition à procaryote. Plus généralement, on dit aussi qu'un être vivant est eucaryote si ces cellules le sont.

Procaryote : Se dit des cellules dont le matériel génétique n'est pas clairement séparé du cytoplasme par une membrane, ce par opposition aux eucaryotes. Les bactéries et les algues bleues sont des procaryotes.

Le règne végétal est traditionnellement subdivisé en trois grands groupes en fonction de l'organisation structurale du végétal:

- **Présence d'un Thalle ou d'un Cormus**

Thallophyte : Plantes où tige, feuille, racine ne sont pas différenciés.

Cormophytes : «Cormus» : tige en latin et «phuton» : plante en grec). Ensemble des plantes qui possèdent une tige portant des feuilles ou des frondes (organes - tiges, feuilles, racines - différenciés).

- **Présence ou absence de vascularisation**

Trachéophytes : Plantes vascularisées

- **Expression de la sexualité**

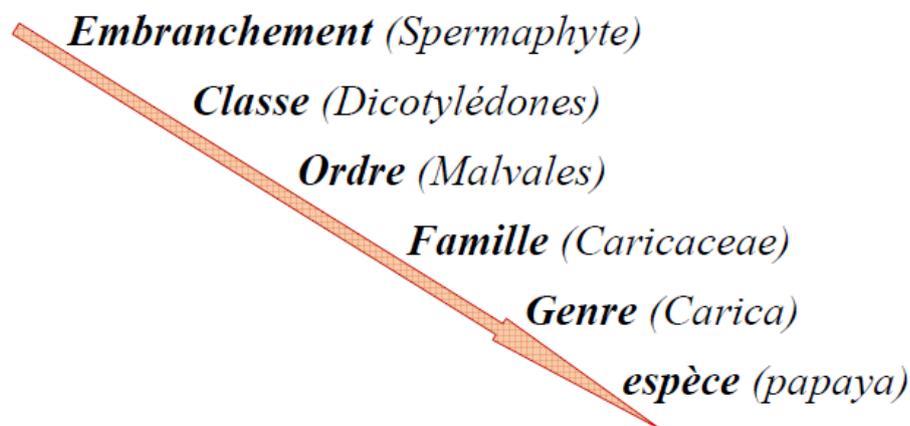
Cryptogames : Plantes où les organes de reproduction ne sont pas visibles

Phanérogames : Plantes où les organes de reproduction sont apparents

Spermaphytes : Plantes à graines.

En effet, pour opérer un classement, il est indispensable de définir des principes qui ne sont ni uniques ni immuables : Ils dépendent du but que l'on se fixe et des concepts biologiques qui prévalent.

Exemple :



Pour le biologiste, l'idéal est une classification naturelle épousant au plus près les cheminements de l'évolution. Les principes sur lesquels se fondent les classifications modernes seront examinés plus en détail dans d'autres cours.

- **Taxonomie** : Science du classement des êtres vivants.
- **Classification** : Arrangement des êtres vivants en groupes ou taxons d'après l'étude comparative de leurs caractères.
- **Systématique** : Terme plus large recouvrant tous les aspects de la classification du vivant, y compris les aspects évolutifs.

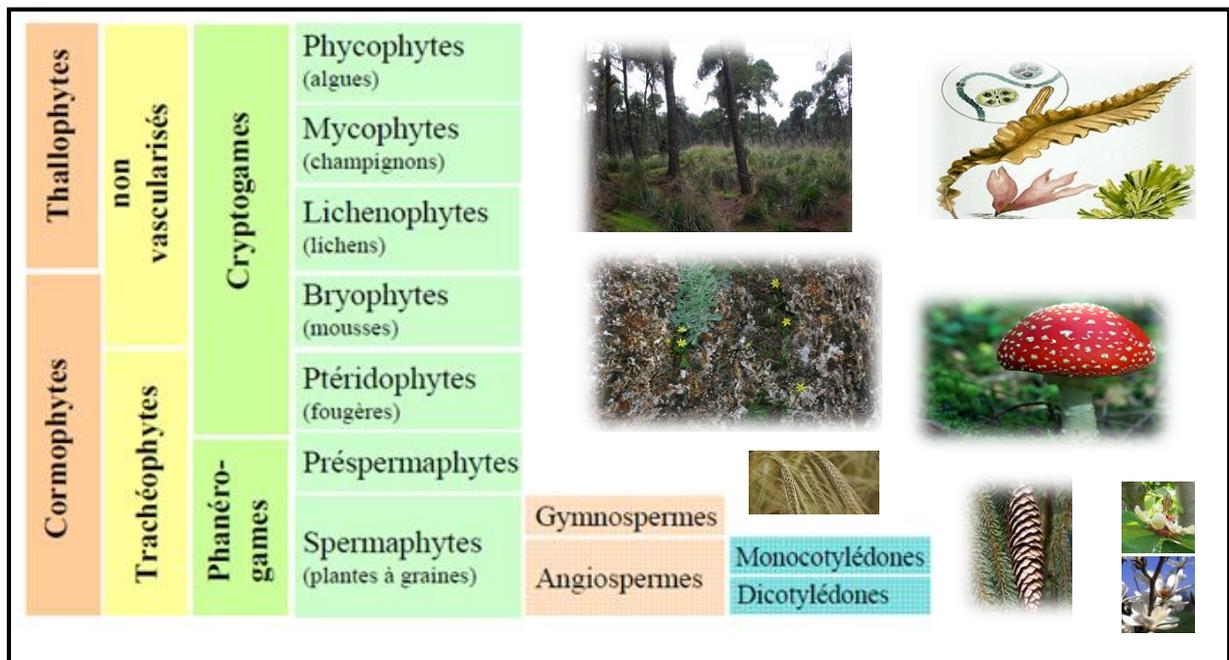


Fig N° 02 : Les grands critères de classification du monde végétal

II- La classification des végétaux

Le terme végétal est généralement associé à la plante, et fait ainsi référence à l'ensemble des êtres vivants comprenant des racines, des tiges, des feuilles, et très souvent des fleurs et des fruits. Les végétaux ne peuvent pas se déplacer car ils sont généralement fixés au sol par des racines.

Ils reçoivent l'énergie du soleil qu'ils transforment par leurs feuilles, pour se développer et se multiplier, et fabriquent eux-mêmes des sucres grâce à la photosynthèse. Il existe 5 grandes familles de végétaux :

- 1. Les algues :** Ce sont des plantes chlorophylliennes et aquatiques (qui vivent dans l'eau) qui ne possèdent pas de tiges, ni de racines.
- 2. Les mousses :** Ce sont des végétaux chlorophylliens terrestres (qui se développent sur le sol ou la roche) qui possèdent des tiges, mais pas de racines. Aujourd'hui, on en dénombre environ 10 000 espèces connues.
- 3. Les fougères :** Ce sont des végétaux chlorophylliens qui possèdent des tiges et des racines, mais pas de grains de pollen. Environ 20 000 espèces connues ont été recensées.
- 4. Les gymnospermes :** Ce sont des végétaux chlorophylliens qui possèdent des tiges et des racines, mais ils ne font pas de fleurs. On en dénombre environ 900 espèces connues.
- 5. Les angiospermes :** Ce sont des végétaux chlorophylliens qui possèdent des tiges et des racines, et ont des fleurs. Environ 300 000 espèces connues ont été recensées.



Fig N° 03 : La classification des végétaux

Systematiquement, les spermatophytes sont divisés en deux groupes distincts selon que l'ovule est nu, c'est-à-dire non enfermé dans un organe clos, chez les spermatophytes gymnospermes (du grec "**gymnos**" = "nu" et "**sperma**" = "la semence"), ou enfermé dans la cavité d'un organe clos appelé carpelle chez les spermatophytes angiospermes (du grec "**aggeion**" = "la capsule" et "**sperma**" = "la semence").

III- La morphologie des gymnospermes

Les gymnospermes : Actuellement ils sont essentiellement représentés par les Conifères (5 000 espèces environ). Tous ces conifères sont ligneux ; ce sont des arbres (pins, cèdres, séquoias), ou des arbustes (genévriers).

Dans lesquelles les ovules (ébauches de futures graines) et les graines elles-mêmes sont "nues" (Non-entourés d'enveloppes closes). Ce sont des plantes ligneuses à feuilles réduites à aiguilles ou écailles, très résistants à la sécheresse et au froid (les pins, sapins, cèdres, cyprès, genévriers,...etc.). Les organes sexuels sont groupés dans des cônes unisexués soit mâle soit femelle mais généralement par un même pied. (Espèce monoïque).

III-1- Caractéristiques des gymnospermes

Les gymnospermes sont des plantes faisant partie du sous-embranchement des phanérogames, comprenant des plantes ligneuses arbres ou arbustes dont le port en cône est très caractéristique.

Leurs **feuilles** sont petites, soit en forme d'écailles et plus ou moins appliquées sur la tige comme chez les cyprès, soit en forme d'aiguilles comme chez les sapins. Elles sont également très résistantes à la sécheresse, ainsi qu'au gel et elles assimilent le gaz carbonique jusqu'à des températures basses.

Leurs **fleurs** apérianthées unisexuées sauf chez Taxus. Les espèces sont monoïques ou dioïques. Elles sont disposées en chatons unisexués, qu'elles soient mâles ou femelles.

Leur **fruit** est soit un véritable cône à écailles plus ou moins nombreuses, soit un galbule ou cône dont les bractées accrescentes sont charnues et donnent à l'ensemble un aspect baccien, soit un fruit très spécial constitué par une graine ovoïde entourée par une sorte de coupe verte, puis rouge (Aricille), l'ensemble étant bacciforme, cas du *Tetraclinis articulata*.



Fig N°4 : Caractéristiques botaniques des gymnospermes

Leurs **organes sexuels** sont groupés en cônes unisexués soit mâles, soit femelles mais généralement portés par un même pied appelé espèce monoïque.

Leurs **tissus** sécrètent des oléorésines, qui ensuite se rassemblent dans des canaux sécréteurs à résine, d'où le nom de « résineux » qui leur est donné par les forestiers en opposition aux « feuillus ».

La plupart des conifères possèdent des cellules (canaux) sécrétrices de résines, dans leurs écorces, leurs feuilles ou leur bois, d'où l'appellation courante de « résineux ».

Les résineux ont la particularité de sécréter de la résine, une substance visqueuse utilisée dans la fabrication de nombreux produits.

- Arbres ou arbrisseaux toujours verts. le plus souvent résineux (exceptions : *Taxus sp.*).
- Fleurs périnthées unisexuées. les espèces sont monoïques ou dioïques. les fleurs, qu'elles soient mâles ou femelles, sont disposées en *chatons* unisexués. le chaton peut être pauciflore et, dans certains cas même, la fleur peut être solitaire.
- Enfin, le fruit est : soit un véritable cône à écailles ± nombreuses, soit un *galbule* ou cône dont les bractées accrescentes sont charnues
- Clé des familles : «fruit, axillaire comportant une enveloppe charnue (*arille*). Feuilles disposée sur deux rangs opposés (Taxacées).
- Fleurs femelles en chatons donnant naissance : soit à un vrai cône, soit à un galbule.
- Deux feuilles opposées, verticillées ou étroitement imbriquées, aciculaires (**Cupressacées**)
- feuilles alternes, toujours aciculaires (Pinacées)

III-2- Reconnaître les grands types d'arbres des gymnospermes

Ces illustrations représentent pour chaque arbre, sa silhouette en hiver et en été, sa feuille et son fruit. Les pins comme les autres conifères, sapins, épicéas, mélèzes, cèdres mais aussi ifs et genévriers sont des arbres pouvant atteindre une grande taille.

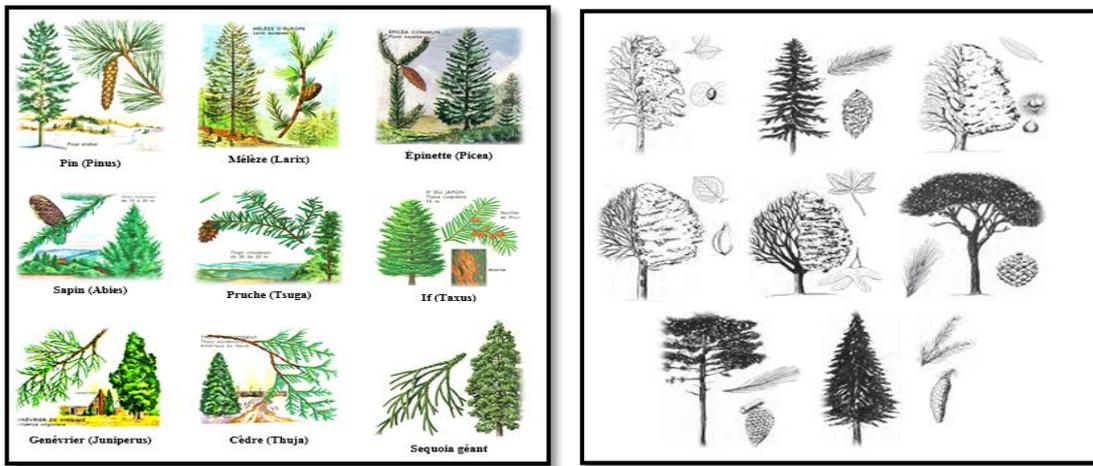


Fig N°05 : Les grands types d'arbres des gymnospermes

III-3- Organisation générale d'une gymnosperme

Les cônes ont un aspect caractéristique d'où le nom de conifères (du latin cône père je porte).

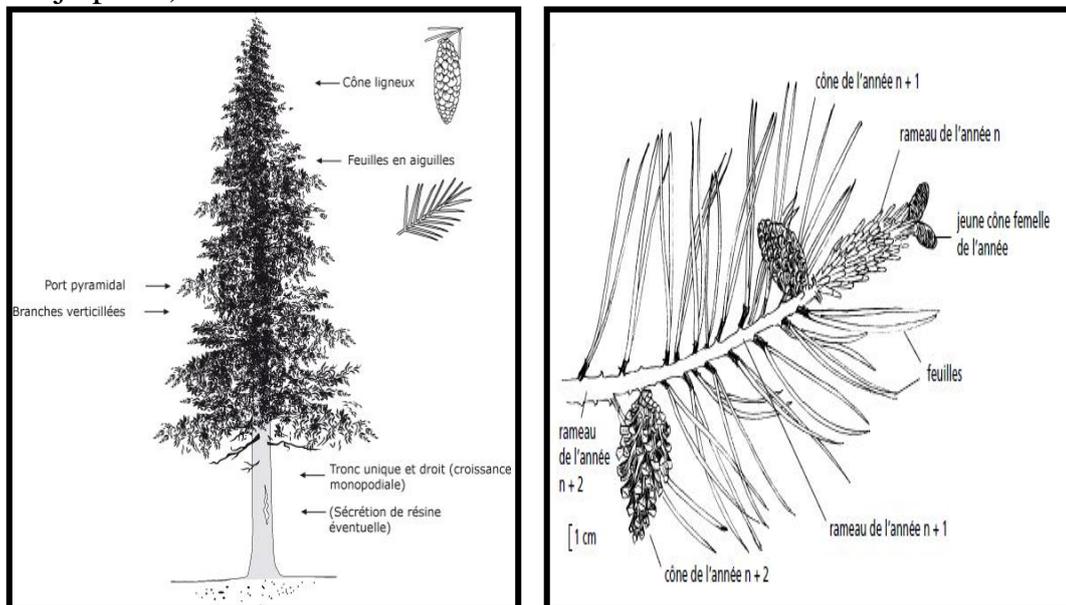
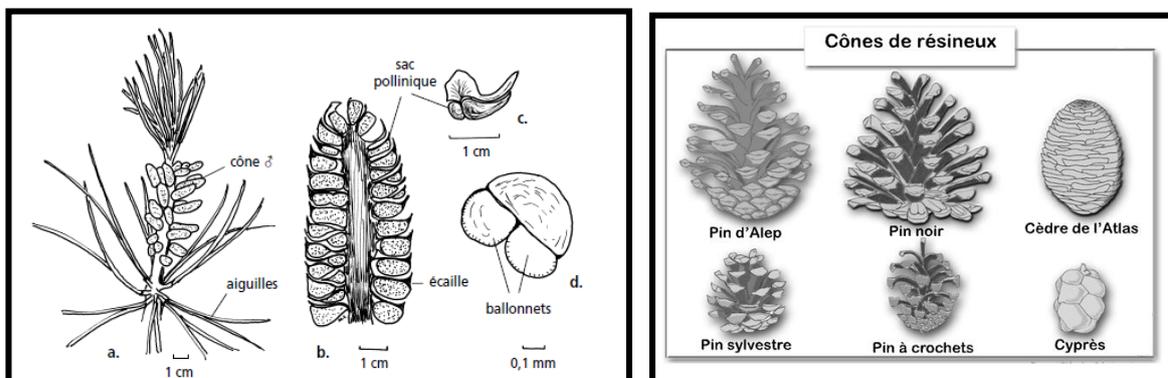


Fig N°06 : Organisation générale d'une angiosperme

Le Pin : Les cônes femelles et mâles sur une branche de pin à la fin du printemps.



FEMELLES

MALES

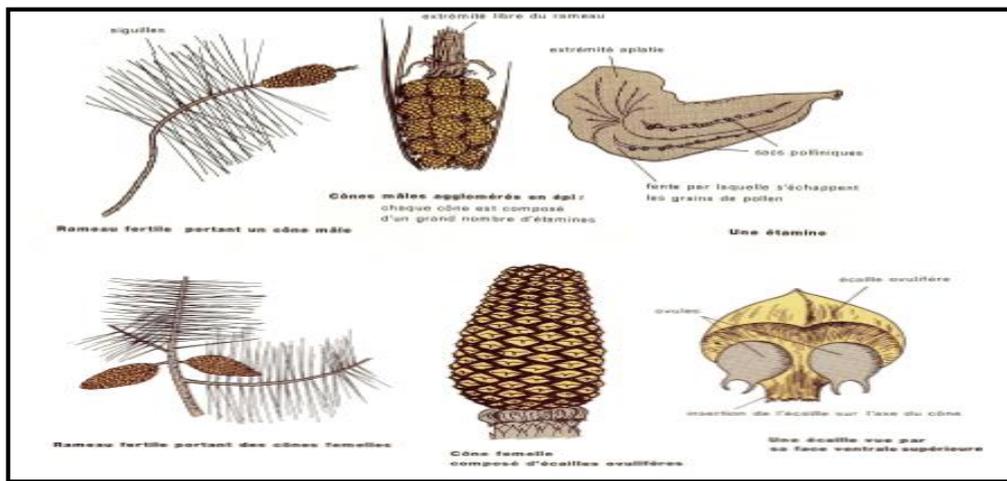


Fig N°07 : Cônes mâles et femelles

- **Types de feuilles**

Les feuilles sont des aiguilles et chez le pin sylvestre elles sont disposées par deux. Ce sont des arbres monoïques, portant à la fois des cônes mâles et femelles. Ce sont essentiellement les cônes femelles que l'on aperçoit en premier sur l'arbre.



Fig N°08 : Feuilles des gymnospermes

Les **Conifères** sont classés en plusieurs familles d'importance inégale. En Europe se rencontrent des plantes de la famille des **Cupressacées** (cyprés, genévriers) et surtout des **Pinacées** (pins, épicéas, mélèzes). Ces derniers forment de grands peuplements forestiers, surtout en régions froides (forêts nordiques) ou montagneuses (massif alpin), où elles interviennent de façon prépondérante dans l'aspect de la végétation et se répartissent en étages caractérisés par la dominance de certaines espèces.

- Plantes dont les feuilles sont transformées en aiguilles.
- Ils gardent leur feuillage.
- Ils portent des cônes.



Aiguilles



Chute des aiguilles



Cône de Pin

Fig N° 09 : Les conifères

Beaucoup d'essences de familles américaines ou asiatiques sont importées et utilisées comme arbres d'ornement :



Fig N° 10 : Organisation des conifères

Taxodiacées (Sequoia, Taxodium), **Araucariacées** (Araucaria) ou pour réaliser des haies « toujours vertes » :

Cupressacées (Thuja, Biota, Chamaecyparis).

D'une façon générale, les Conifères sont peu exigeants. Ils se contentent de sols pauvres et de climats rudes, de sorte qu'ils sont abondamment utilisés comme essences de reboisement (Landes). C'est parmi les Conifères que se trouvent les végétaux de plus grande dimension (séquoia : 120 mètres de haut) et de plus grande longévité (if : 1 000 ans ; séquoia : 3 000 ans ; le record étant détenu par une espèce de l'Arizona, le pin aristé : plus de 4000 ans).

- **La reproduction** (Cas du Pin d'Alep)
 - **La microspore** : est dans les cônes mâles et produit le gamétophyte mâle (pollen ailé).
 - **La mégaspore** : est dans les cônes femelles et produit le gamétophyte femelle (ovules).

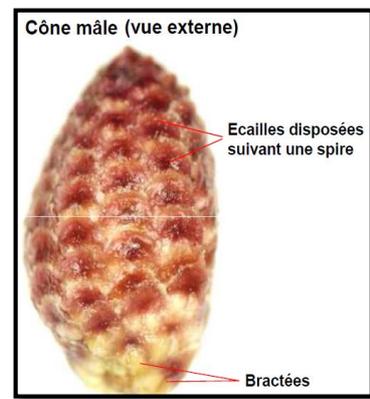
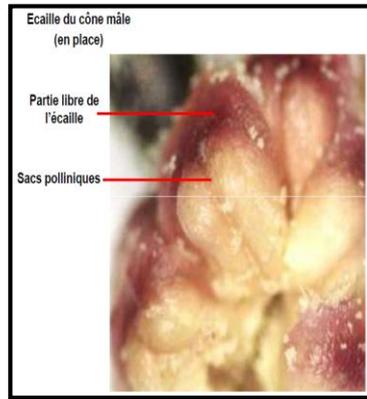


Fig N°11 : La production chez les gymnospermes (Pin d'Alep)

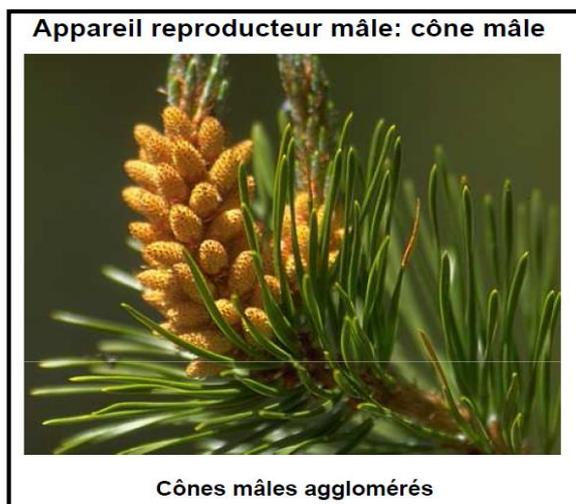


Fig N°12 : Appareil reproducteur mâle

Au printemps, chaque écaille d'un cône mâle produit le pollen par méiose. La pollinisation arrive, le pollen tombe sur les écailles ouvertes des gros cônes femelles et se prennent dans un liquide collant.

- Le pollen est poussé vers les ovules et féconde l'ovule.
- Les écailles du cône femelle ouvrent et libèrent ses graines.

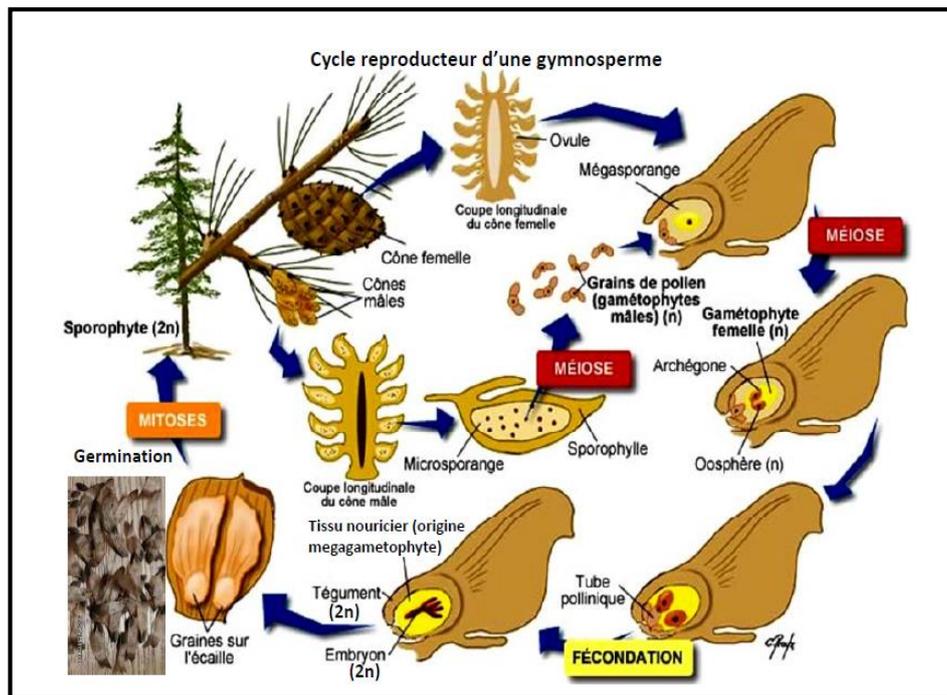


Fig N° 13 : Cycle reproducteur d'une gymnosperme

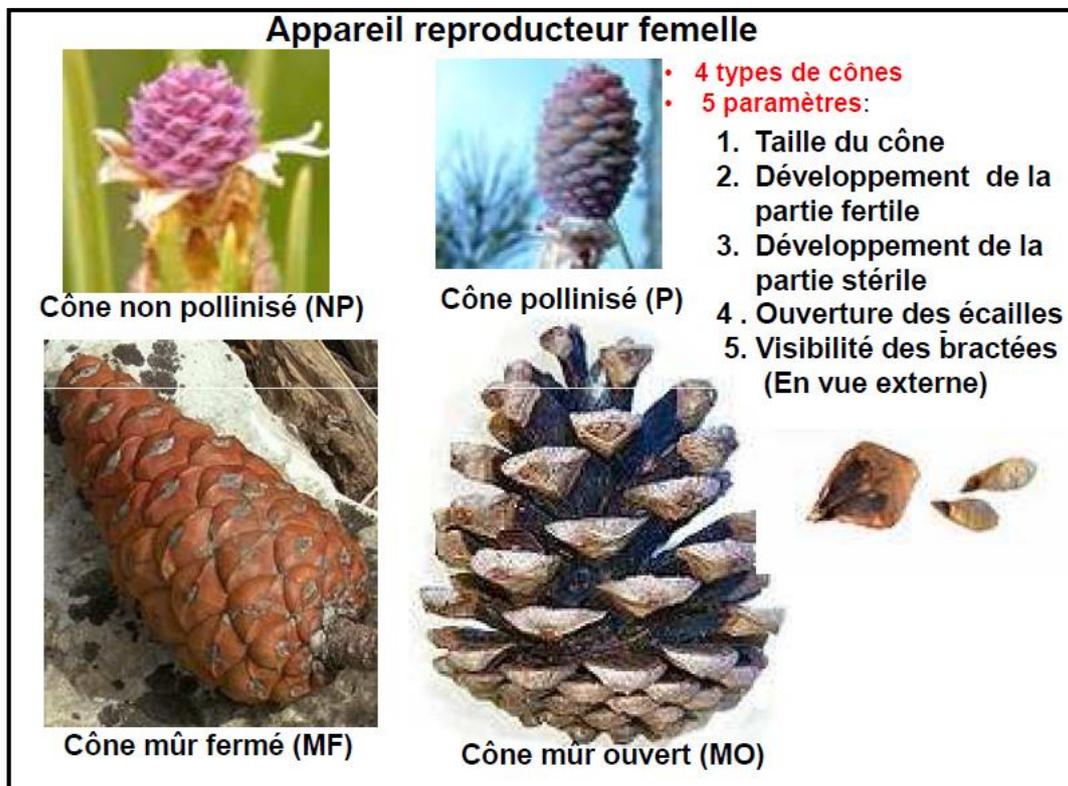


Fig N° 14 : Appareil reproducteur femelle d'une gymnosperme

IV- La morphologie des angiospermes

Les angiospermes regroupent toutes les plantes à fleurs, depuis les Magnolia primitifs (Plante angiosperme primitive, très ancienne) jusqu'aux orchidées encore en pleine évolution (Plante angiosperme évoluée, récente).



Magnolia sprengeri (Magnoliacées)



Ophrys incubacea (Orchidacées)

IV-1- Organisation et précision sur les angiospermes

Définir une plante, de manière simple, est chose plus malaisée qu'il n'y paraît. S'il est vrai qu'en principe les plantes ont en commun un certain nombre de caractères, elles ne les possèdent pas nécessairement de manière exclusive et par ailleurs ne les possèdent pas nécessairement tous.

Considérées individuellement, ces caractéristiques ne constituent pas toujours un élément décisif de classement. L'appareil végétatif des spermatophytes (le cormus) organisation fondamentale « tiges, feuilles, racines et fleur », c'est l'ensemble des organes d'une plante qui assurent sa croissance.

Il s'oppose à l'appareil reproducteur et il s'adapte aux conditions extérieures. Les Angiospermes (plantes à fleurs) sont plus particulièrement étudiées et illustrées dans les travaux pratiques que les gymnospermes.

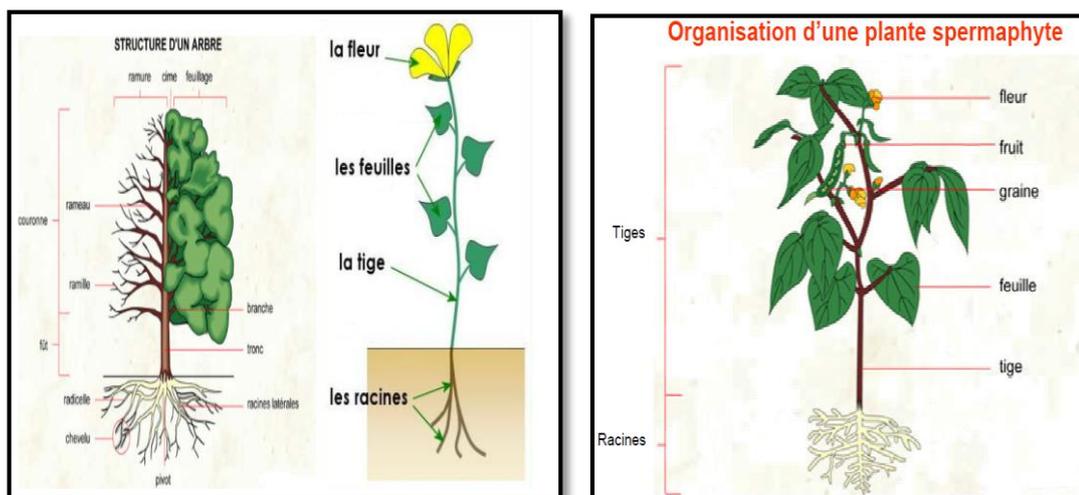


Fig N°15 : Organisation d'une plante spermatophyte

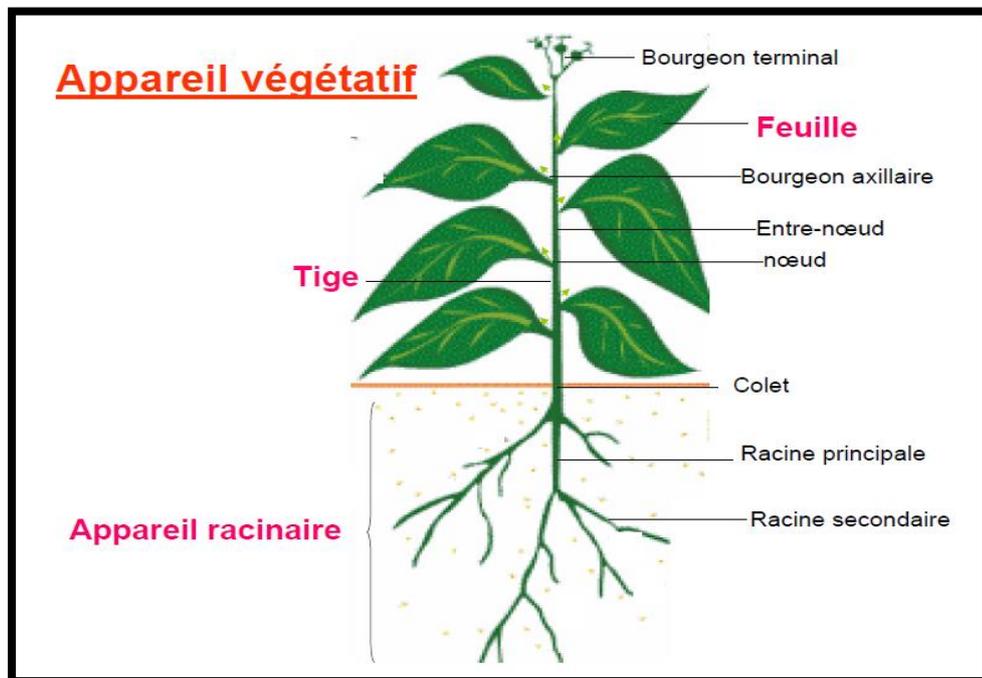


Fig N°16 : Organisation d'une espèce type angiospermes

- **Organographie** des angiospermes = Description des organes des espèces végétales
 - Sous embranchement des Angiospermes
 - Plantes herbacées, ou arbres (arbustes) non résineux
 - Feuilles, racines, tissus vasculaires
 - Reproduction par graine
 - Ovules enfermés dans un ovaire clos
 - Deux classes : les Dicotylées (Eudicots) et les Monocotylées (Monocots)
 - Appareils végétatif (tiges, feuilles, racines) et reproducteur (fleurs)

IV- 2- Organisation générale de la racine

- **La racine** : Organe souterrain le plus souvent, dépourvu de chlorophylle, assurant les rôles suivants : Fixation de la plante au substrat, absorption de l'eau et des matières nutritives, mise en réserve (parfois).

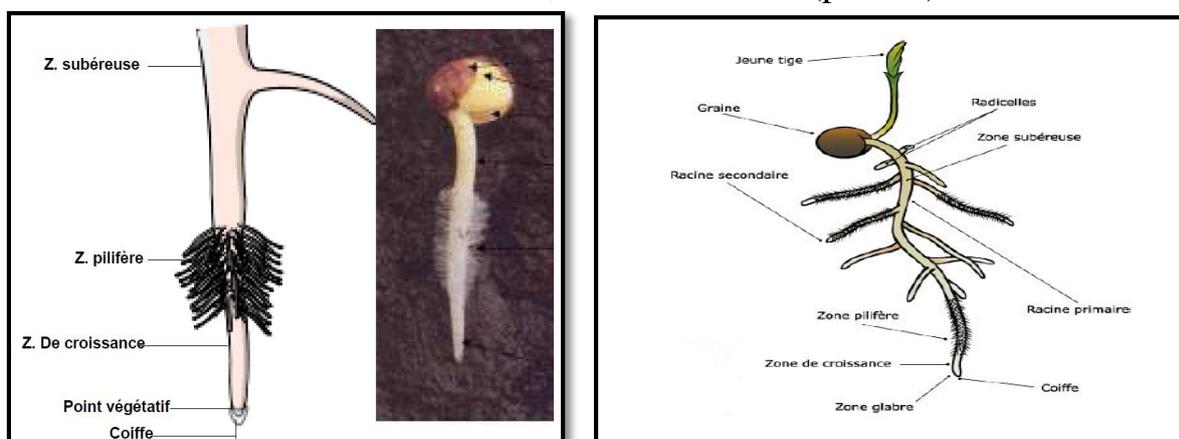


Fig N°17 : La racine

- **Types de Racine :** Racine principale, racine secondaires (les plus fines = radicelles) et racines adventives.

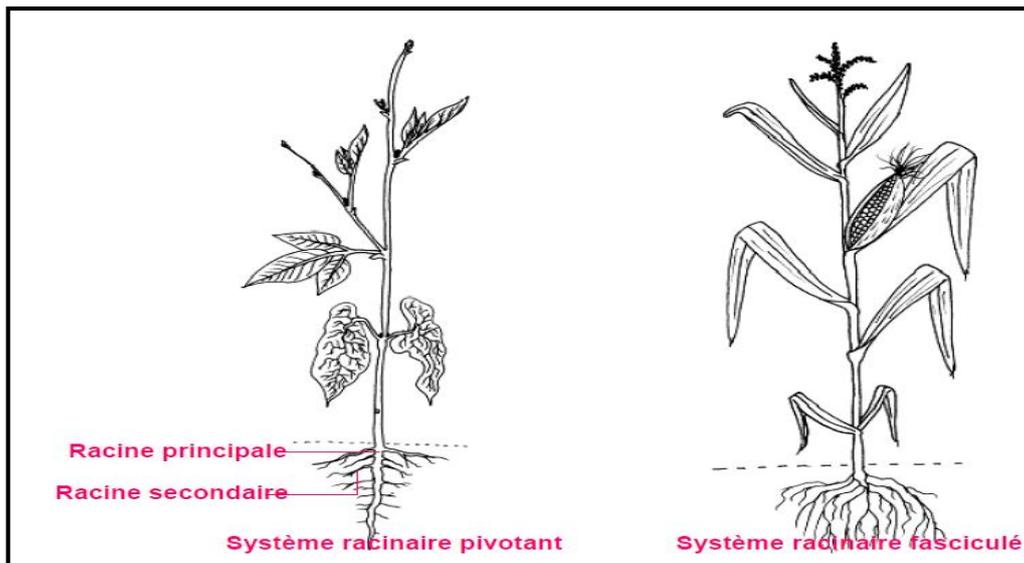


Fig N°18 : Système racinaire

- **Types de systèmes racinaires**
 - ✓ **Dicotylées :** Système pivotant (extension verticale). Ex. Carotte, Système superficiel (extension latérale) ex. Peuplier, Système mixte (combinaison des premiers) ex. hêtre
 - ✓ **Monocotylées :** Système fasciculé typique (pas de racine principale) ex. Poireau
 - **Variantes et modifications**
 - **Pas de racines** (ex. plantes aquatiques flottantes, certains parasites)
 - **Racines crampons :** du lierre, aériennes et à rôle fixateur surtout
 - **Racines tubérisées :** mise en réserve de substances nutritives (carotte, radis).

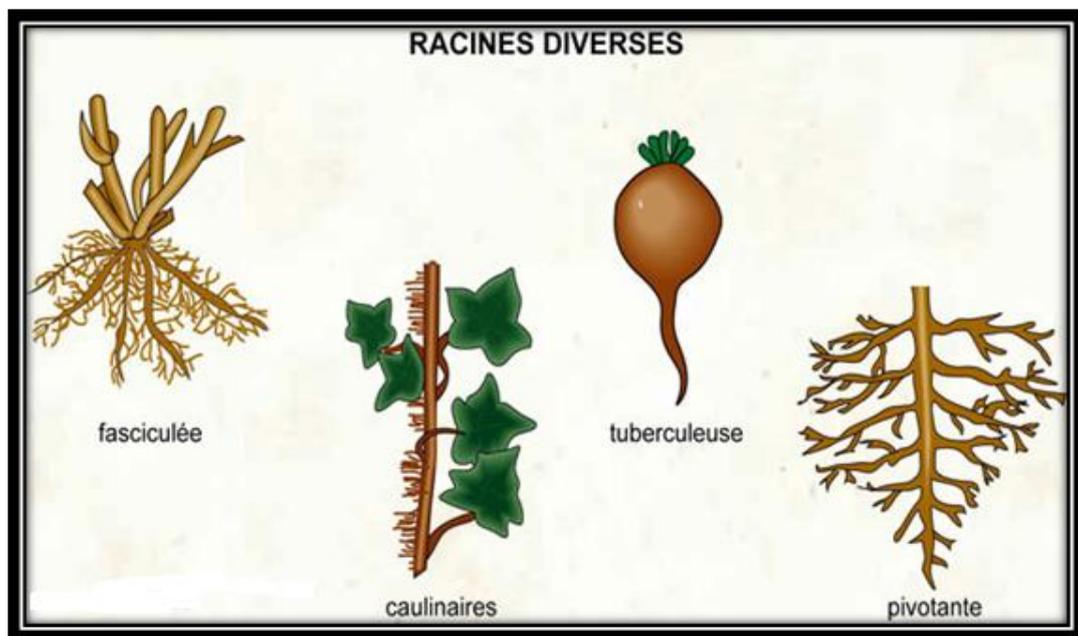


Fig N°19 : Racines divers

• **Croissance de la racine**

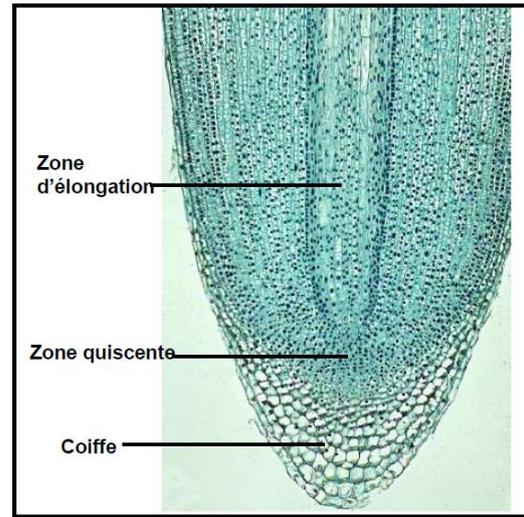
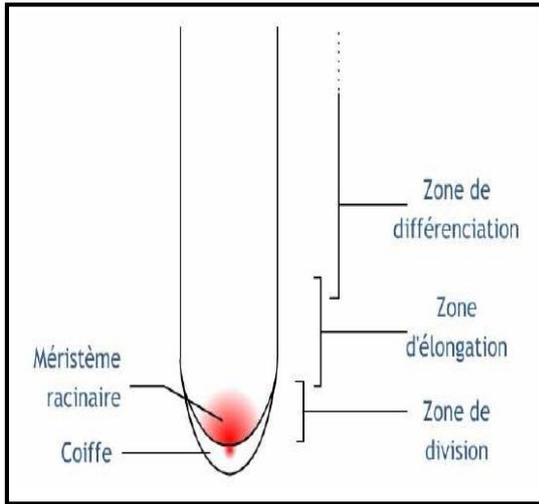


Fig N°20 : Schéma du méristème apical racinaire

• **Ramification de la racine**

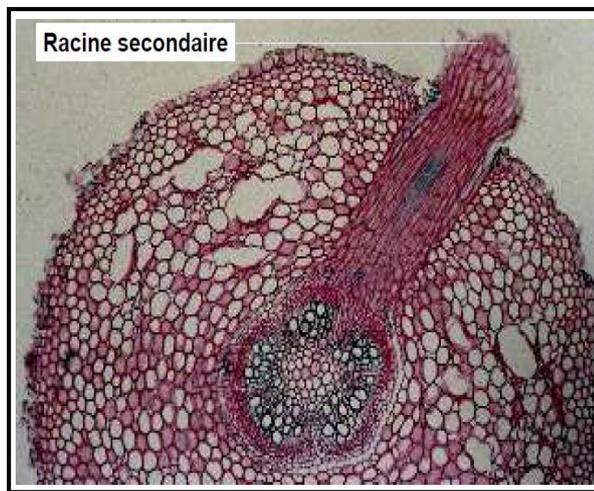
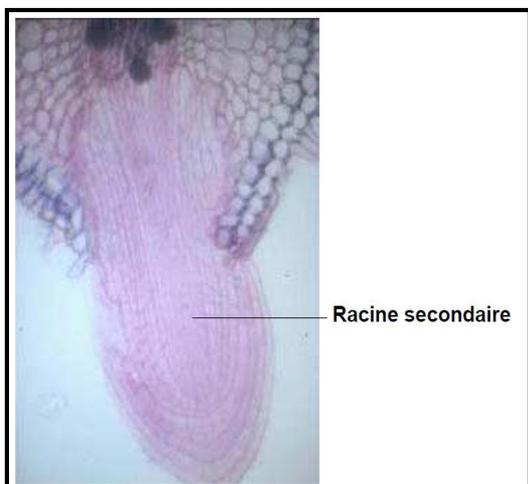
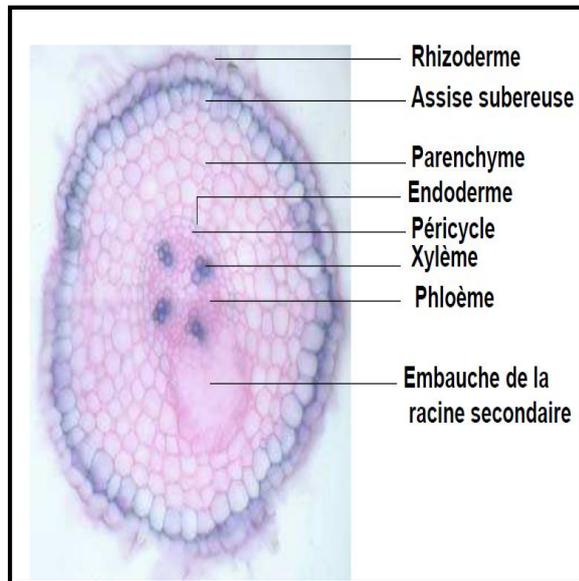
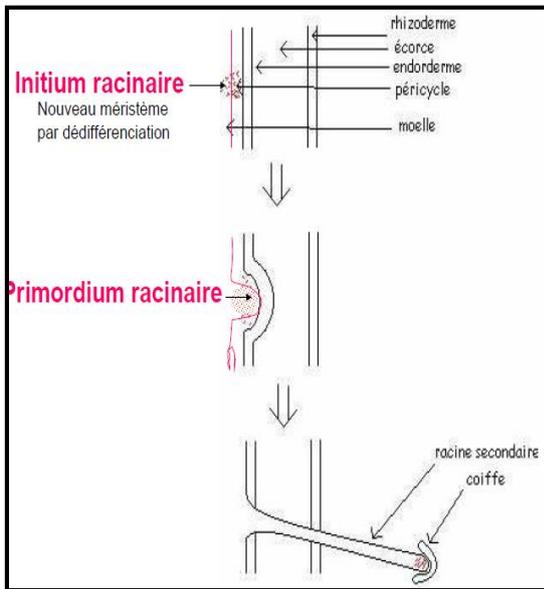


Fig N°21 : Étapes de la ramification racinaire

IV- 3- La tige (Caule, tronc) : Organe aérien le plus souvent, plus chlorophyllien, nœuds (niveau d'insertion des feuilles) et entrenœuds, bourgeons terminaux et axillaires (aisselle des feuilles), Herbacée ou ligneuse (arbres, arbustes, arbrisseaux et lianes), Plantes herbacées annuelles (**ex.** coquelicot), bisannuelles (**ex.** berce commune) ou vivaces (**ex.** pissenlit, chélidoine), Plantes ligneuses toujours vivaces.

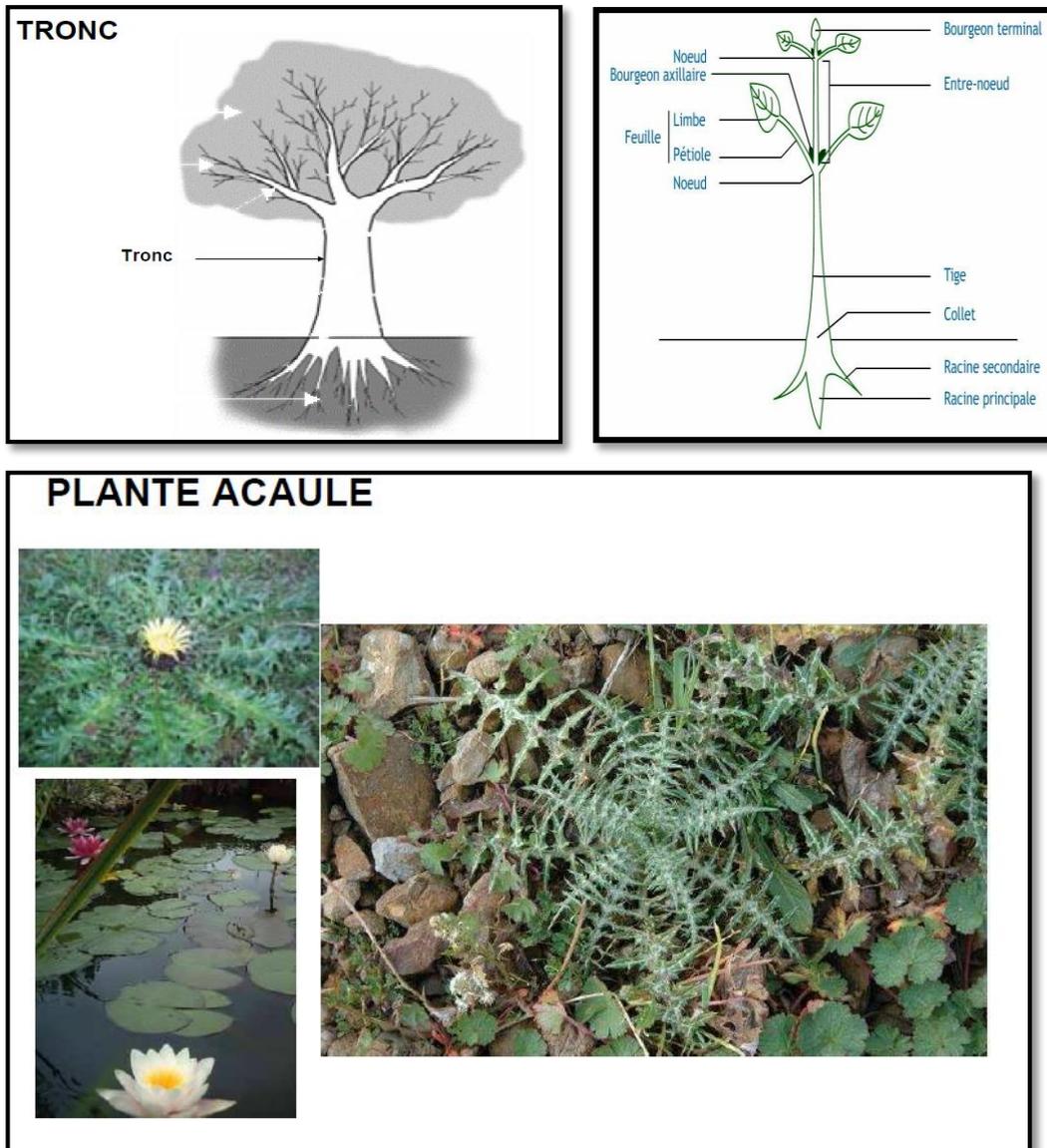


Fig N°22 : La tige (caule, tronc)

- **Variantes et modifications**

- ✚ **Rhizomes:** Tiges souterraines, souvent pourvues de racines adventives (**ex.** anémone sylvie, ortie).
- ✚ **Tubercules:** tiges renflées
- ✚ **Stolons:** tiges rampantes (**ex.** fraisier)
- ✚ **Bulbes:** tiges à entrenœuds très courts, recouvertes d'écailles (feuilles transformées) **ex.** oignon
- ✚ **Plantes acaules:** tige très courte (ou absente), et feuilles en rosette basilaire, par **ex.** la pâquerette

✚ **Chaume:** tige des graminées

- ✓ **Section des tiges:** cylindrique (ex. angélique), quadrangulaire (ex. Lamiacées), trigone (ex. Carex), cannelée (ex. berce), fistuleuse (creuse) ou pas
 - **Cladode:** rameau court ressemblant à une feuille (ex. petit houx)
 - **Rameaux transformés** en épines (ex. aubépine) ou en vrille (ex. vigne, concombre)

• **Forme et caractéristiques de surface :**

Il existe une grande diversité dans les formes de tiges, de même que dans les diverses caractéristiques que l'on peut trouver à leur surface.

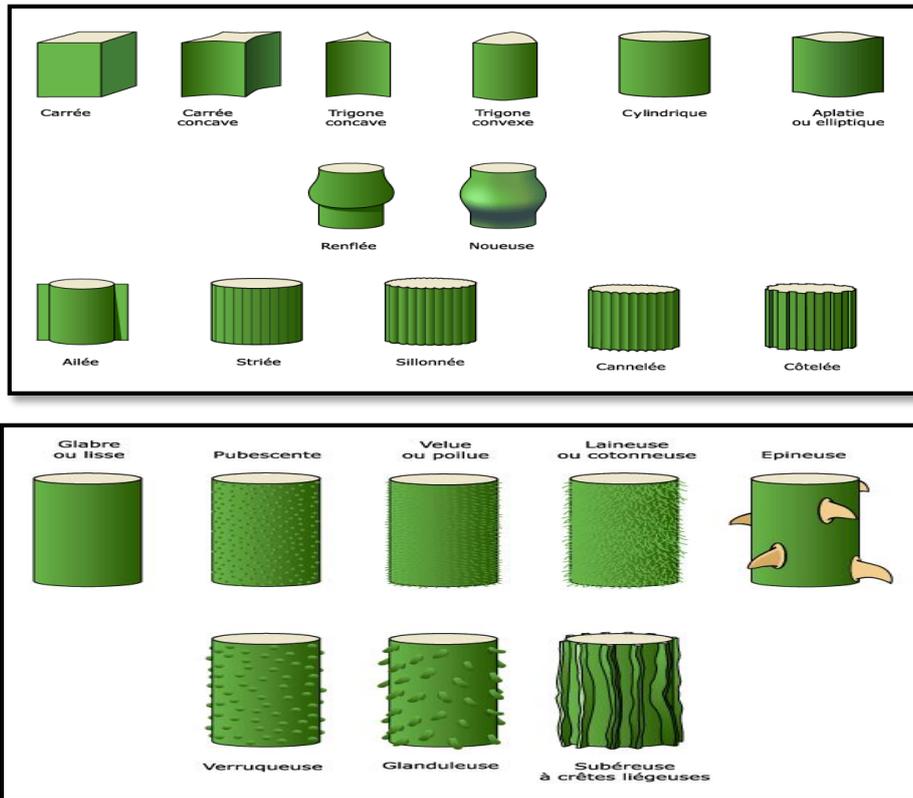


Fig N°23 : Les formes de tiges

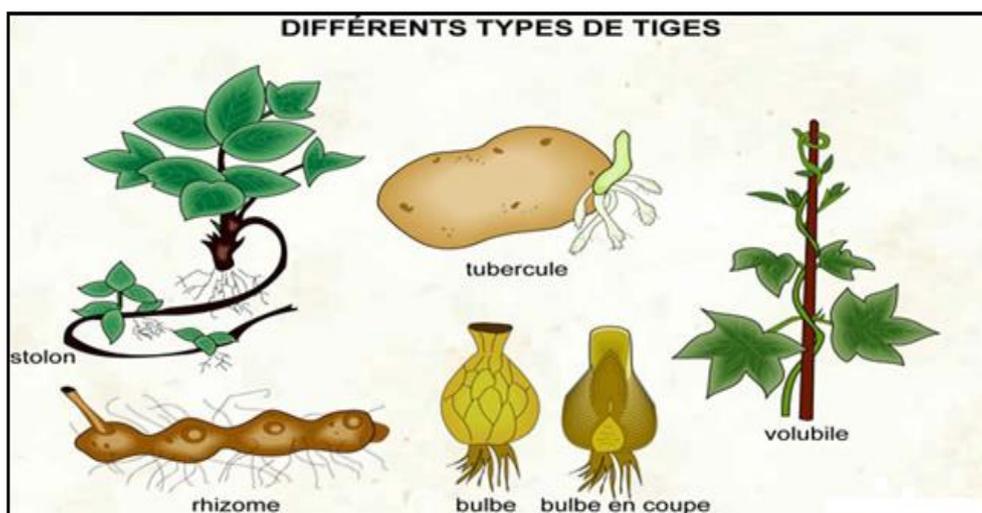


Fig N°24: Les tiges souterraines

La tige peut être:

➤ dressée (se développe à la verticale),



➤ couchée ou rampante (étalée au sol et ne monte que peu ou pas),



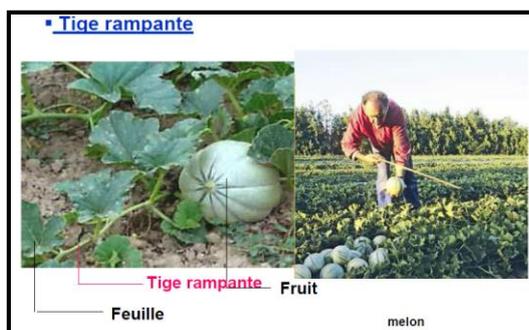
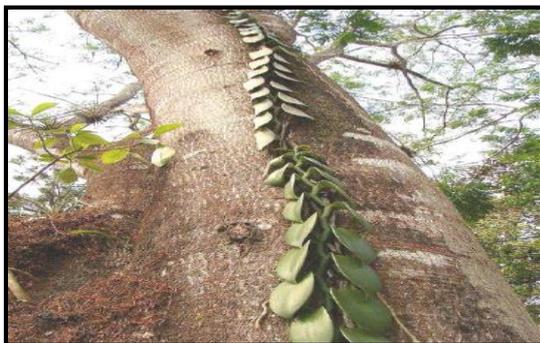
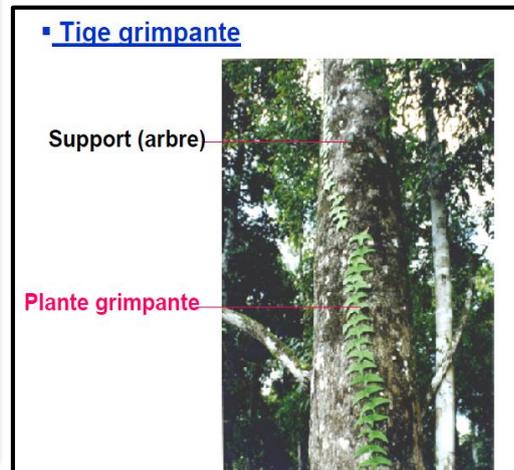
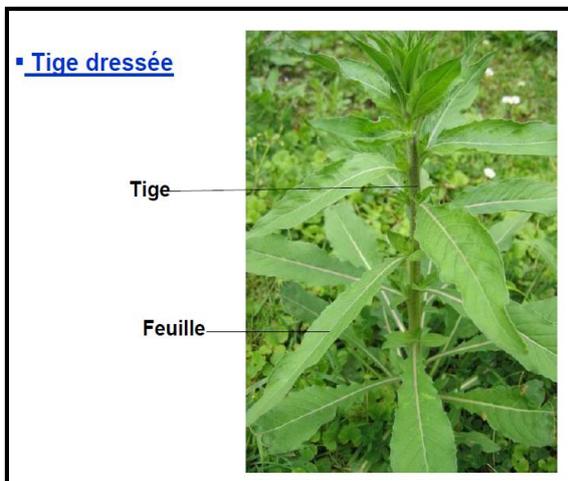
➤ volubile (entoure un support),



➤ grimpante (se fixe sur un support).



Fig N°25 : Le port de la tige



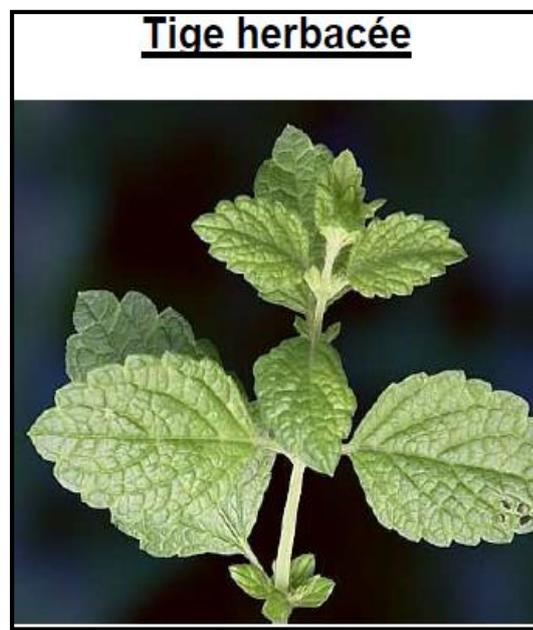
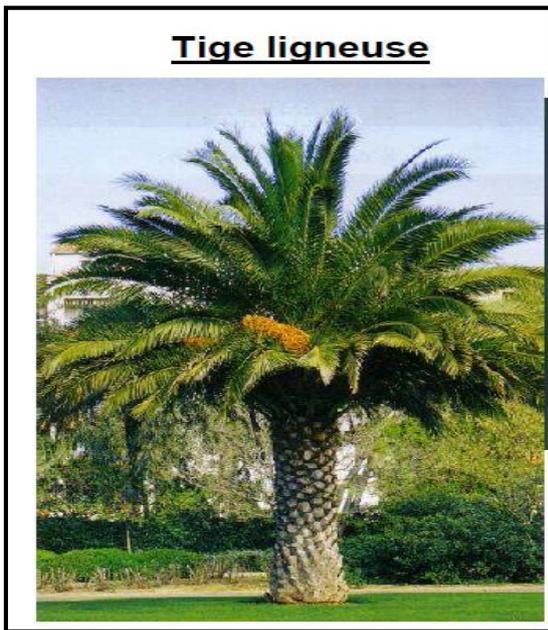
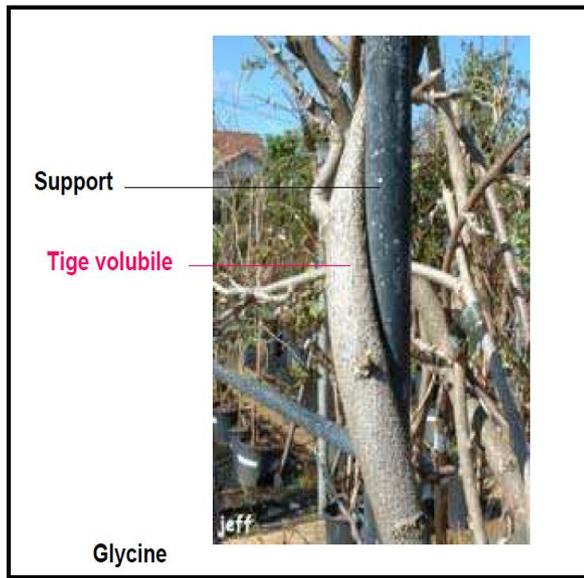
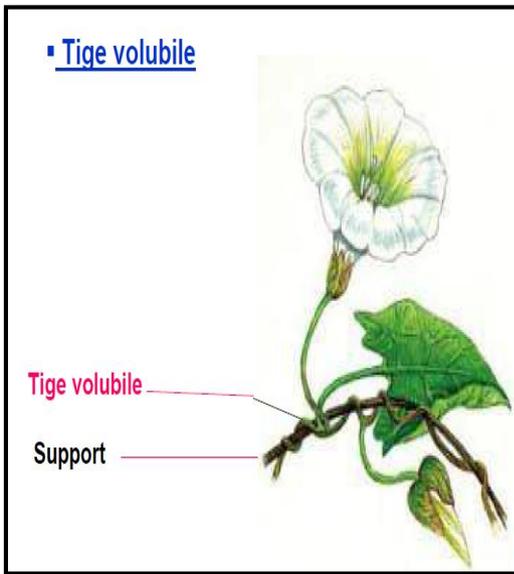


Fig N°26 : Types de tige

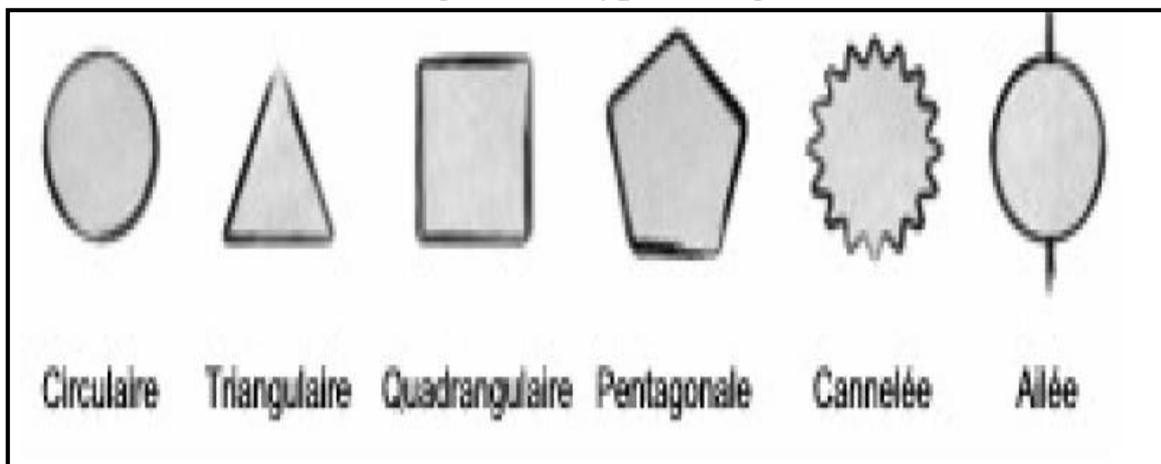
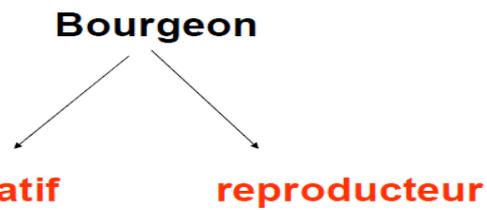


Fig N°27 : La section de la tige

- Les bourgeons de la tige

BOURGEON = organe de croissance



- Bourgeons reproducteurs

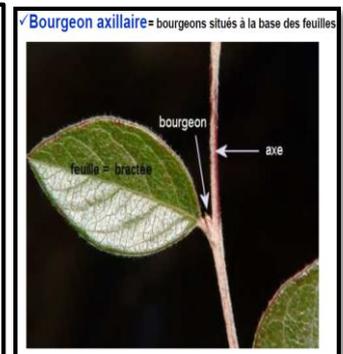
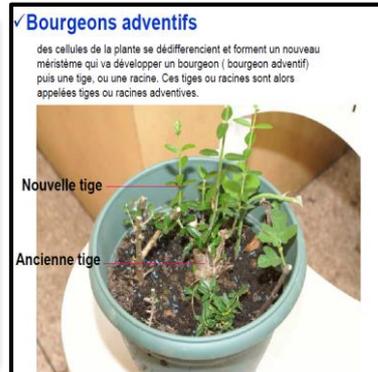
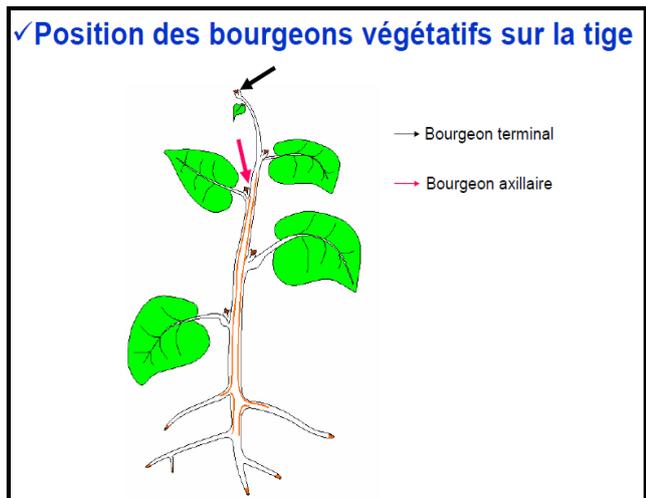
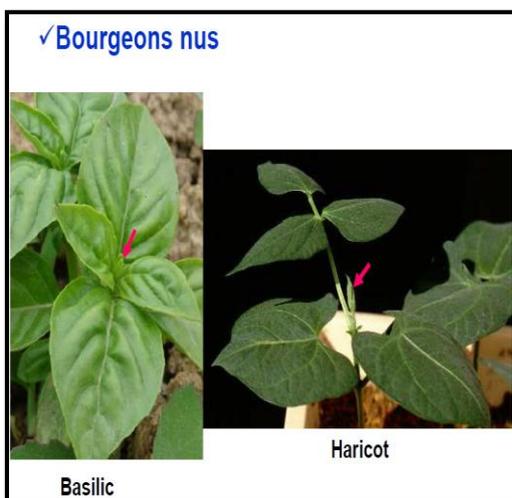
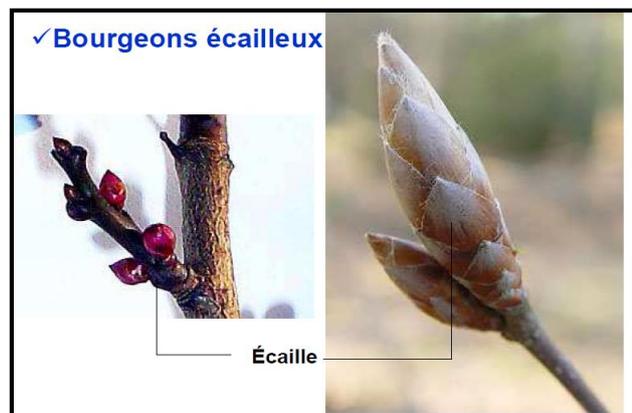
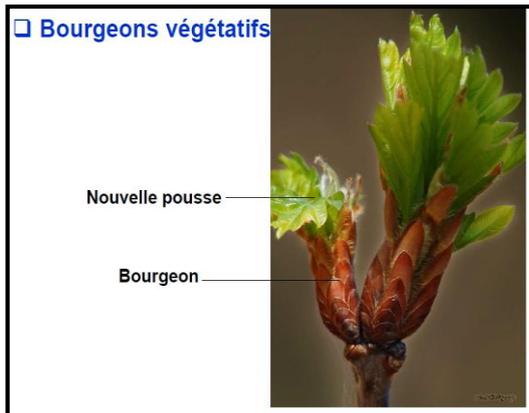


Fig N° 28 : Types de bourgeons

• La croissance de la tige

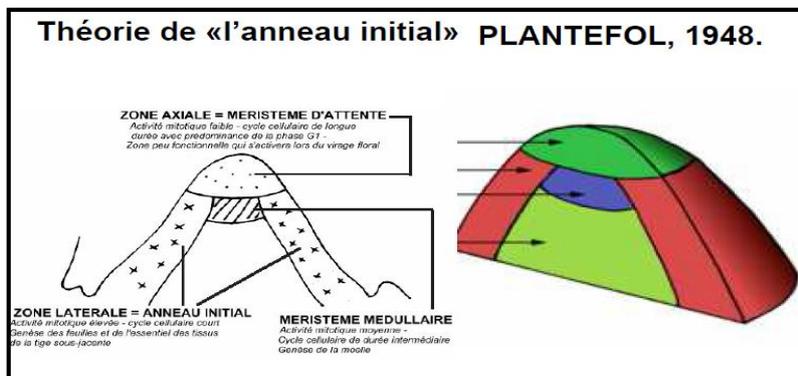
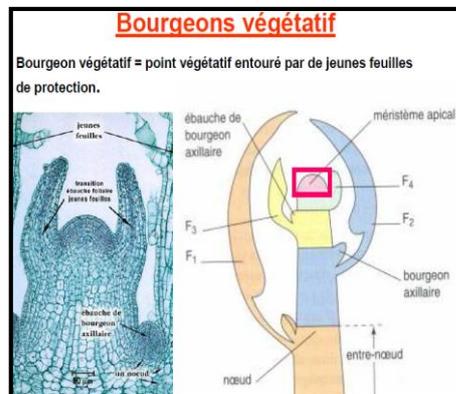
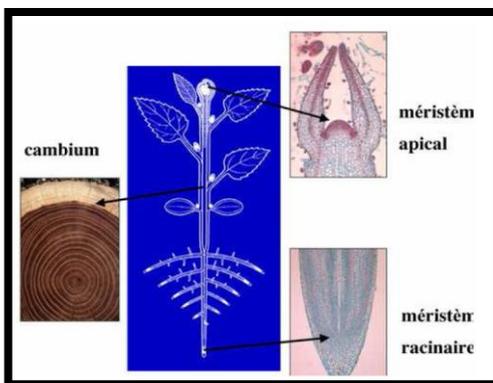
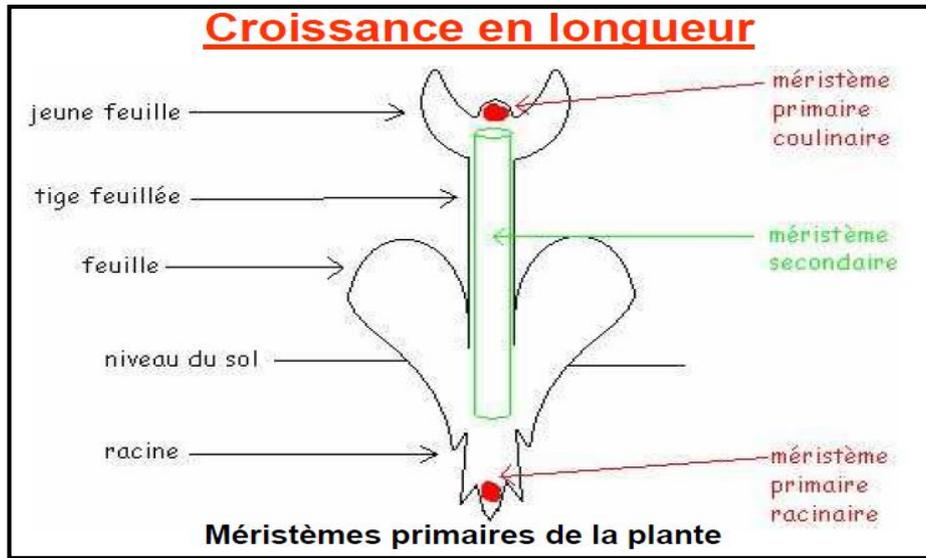
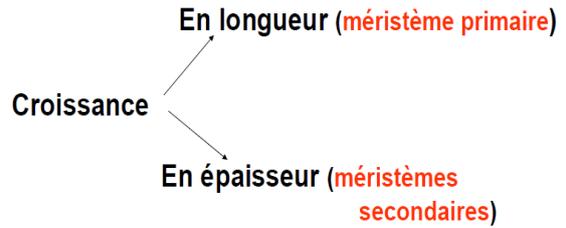


Fig N° 29 : La croissance de la tige

- **Mérèse**

C'est l'augmentation du nombre de cellules par **mitoses** successives. La mérese a lieu dans les **méristèmes** qui sont situés au niveau des bourgeons de la tige et au niveau de l'extrémité ou apex de la racine. Toutes les cellules de la plante sont produites au niveau de ces méristèmes. Cette caractéristique est à l'origine de la croissance indéfinie des végétaux. Les autres cellules se différencient et forment l'architecture de la plante.

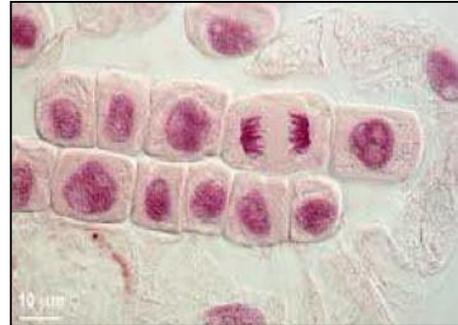
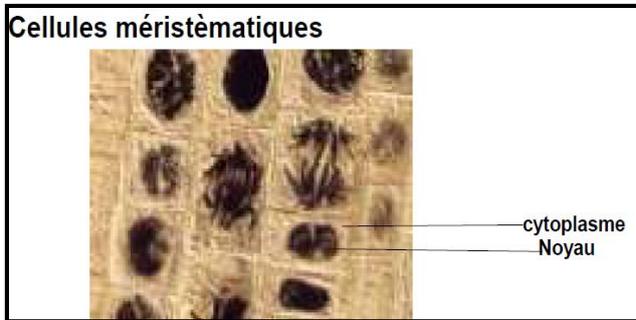


Fig N° 30 : Les cellules méristématiques

- **Auxèse**

C'est l'augmentation de la taille des cellules. La croissance cellulaire implique la modification de la structure de la paroi sous l'action d'une **hormone**, l'**auxine**, ainsi que sa déformation sous l'action mécanique de la pression de turgescence exercée par l'eau contenue dans la **vacuole**.

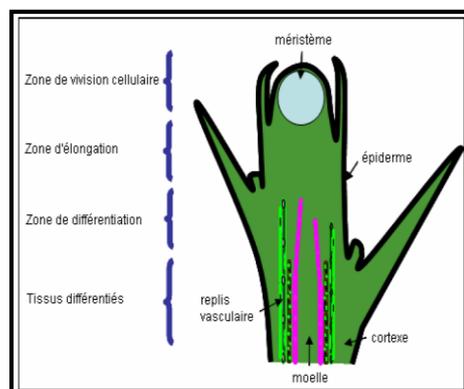
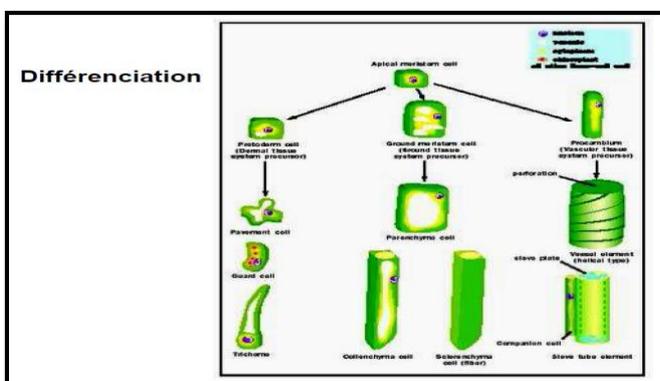
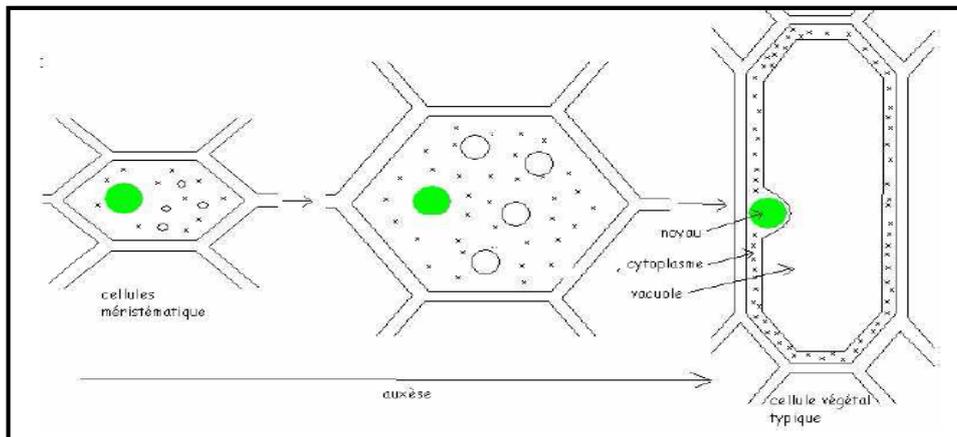
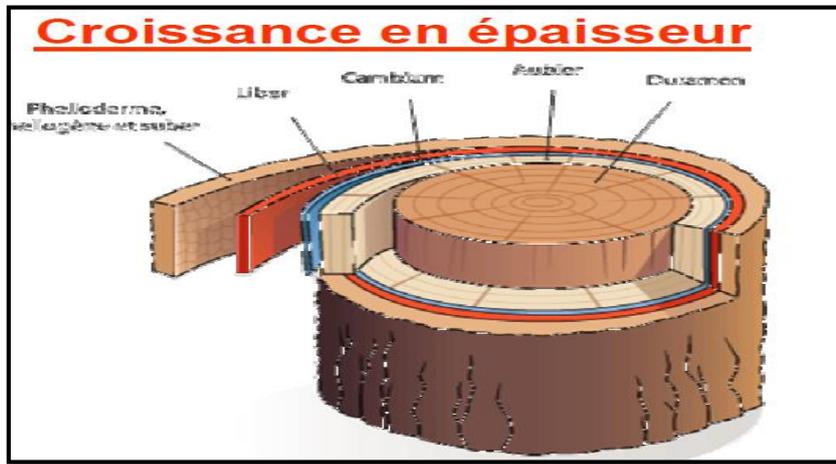


Fig N°31 : La différenciation des cellules



- **Ramification de la tige**

➤ **R. Terminale dichotomique**

- ✓ isotone
- ✓ anisotone

➤ **R. Latérale**

- ✓ Ramification monopodique
 - Monopode simple
 - Monopode ramifié
- ✓ Ramification sympodique
 - Sympode monochasiale
 - Sympode dichasiale

➤ **Ramification terminale dichotomique**

✓ R.dichotomique isotone ✓ R.dichotomique anisotone

The diagrams show three types of terminal dichotomous branching: 1. Isotone (equal branches), 2. Anisotone (unequal branches), and 3. Another variation of branching.

➤ **Ramification monopodique**

☐ **Monopode simple**

palmier

Ramification dichotomique isotone

☐ **Monopode ramifié**

The images show a pine branch with a main axis (A1) and lateral branches (A2) arising from it, illustrating monopodial branching.

sapin

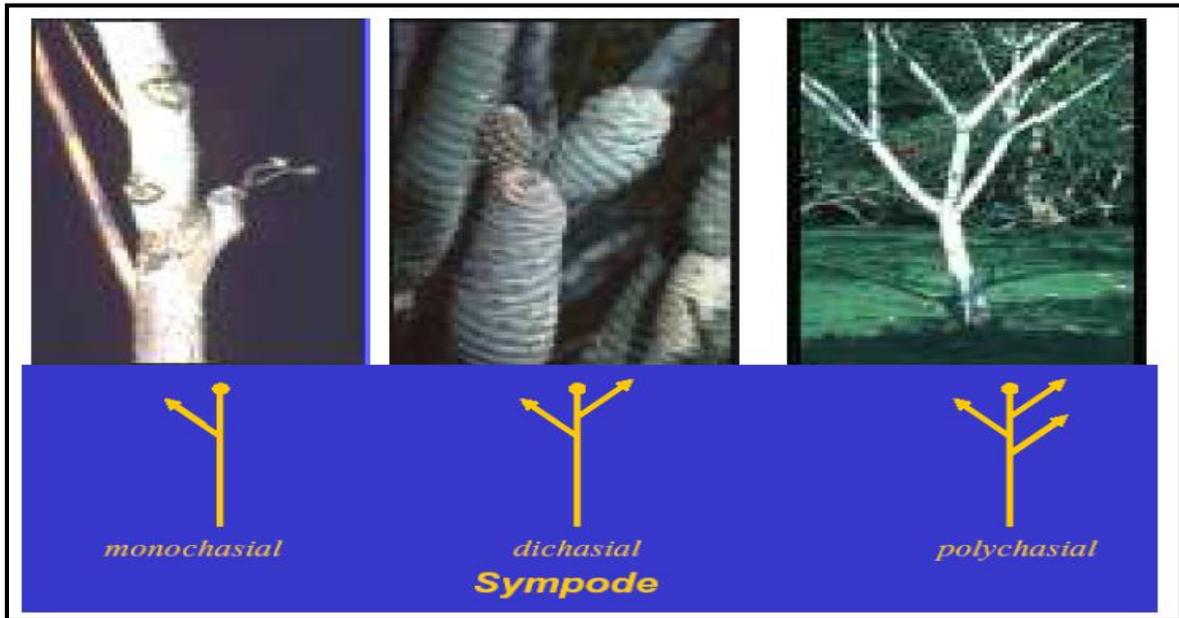
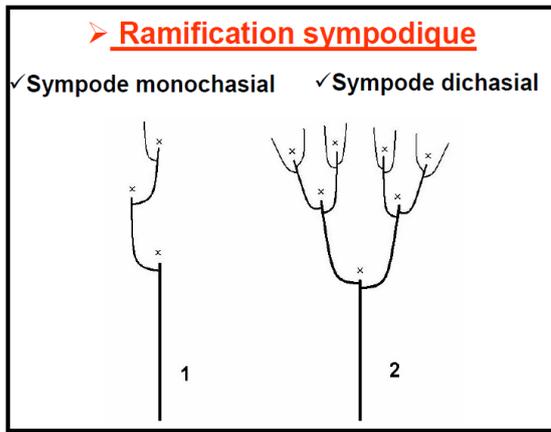


Fig N°32 : La ramification

IV- 4- La feuille : Organe assurant l'essentiel de la photosynthèse, à croissance limitée, comprenant 3 parties :

- **Le Limbe**
- **Le pétiole**, reliant limbe et tige
- **La gaine** : dilatation du pétiole, embrassant plus ou moins la tige au niveau d'un nœud.

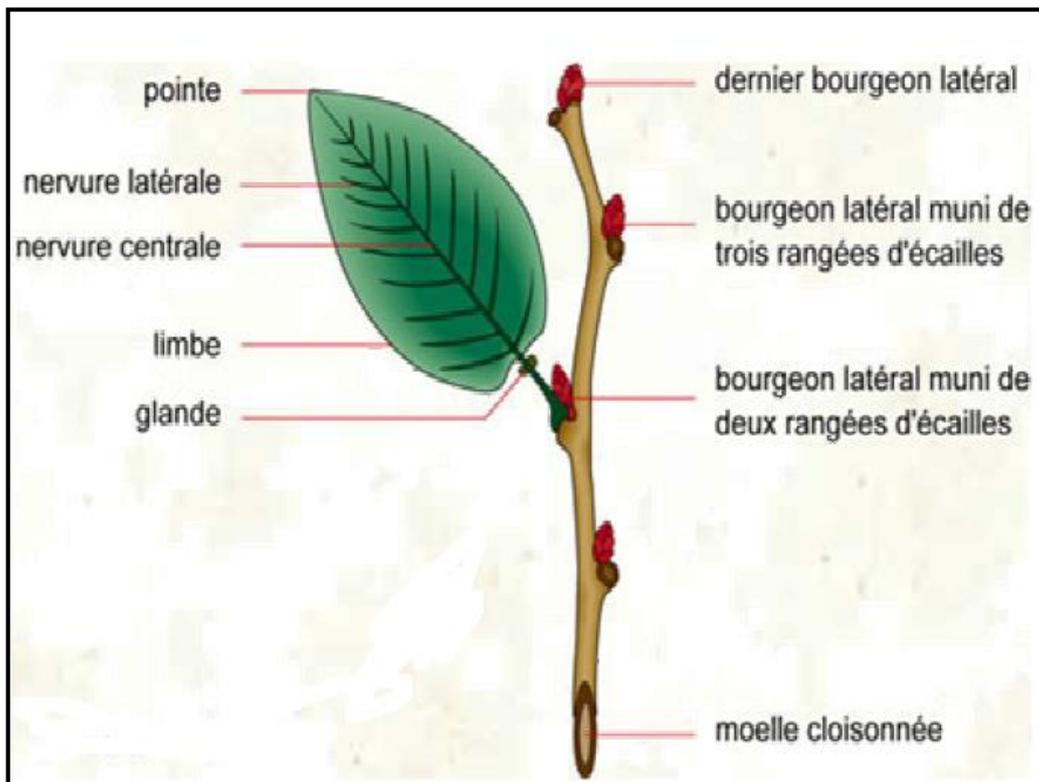
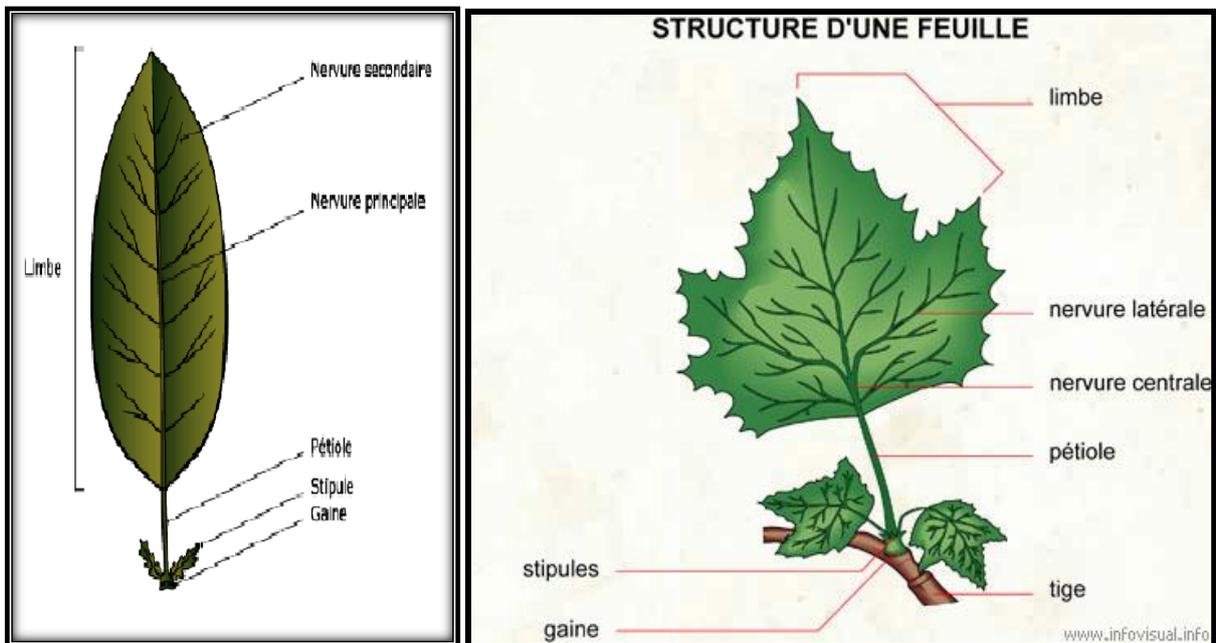


Fig N°33 : La structure d'une feuille

- **Le limbe :**
 - ✚ **Feuille simple,**
 - ✚ **Feuille composée** (foliole, pétiolule, rachis): bifoliée, trifoliée (ex. trèfle)
 - ✚ **plus de trois folioles:** composée palmée (ex. marronnier),
 - ✚ **composée imparipennée** (ex. frêne),
 - ✚ **composée paripennée** (ex. pois).

Forme générale du limbe, forme du sommet, de la base

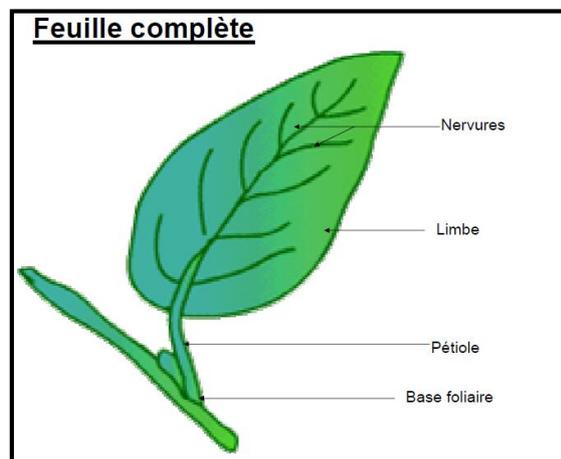
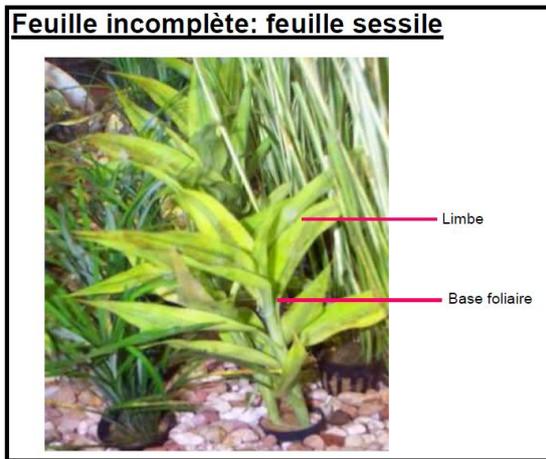
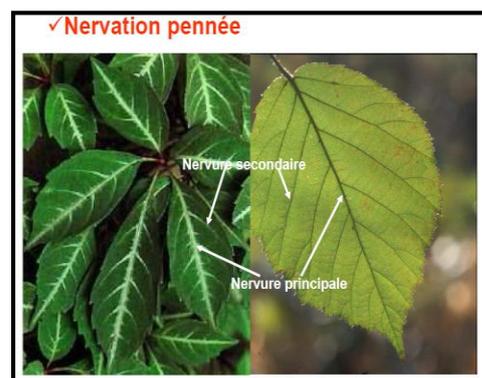
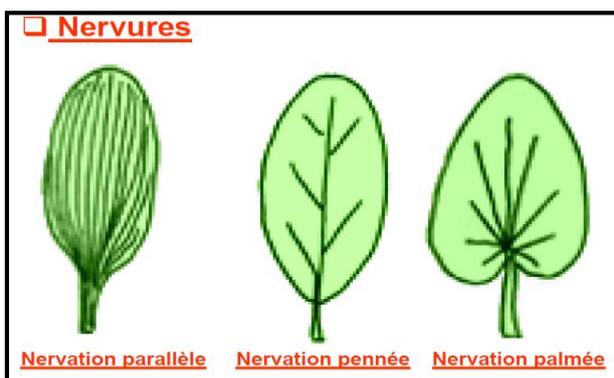


Fig N°34 : Feuille complète et incomplète

• **Nervation**

- + **palmée** (plusieurs nervures principales, en éventail)
- + **pennée (nervure principale unique)**
- + **Découpure**
- + **aucune** (ex. limbe entier ou ondulé)
- + **légère**, sans affecter la forme générale (ex. limbe denté)
- + **profonde**, modifiant la forme générale du limbe (ex. limbe lobé)
- + **Le pétiole:** cas particuliers
- + **Feuille (ou foliole) sessile**, pouvant entourer la tige (embarrassante ou semi embrassante)
- + **Feuille décurrente (ex. consoude)**
- + **Stipules** (ex. églantier)
- + **Feuille pétiolée engainante (ex. graminées)**



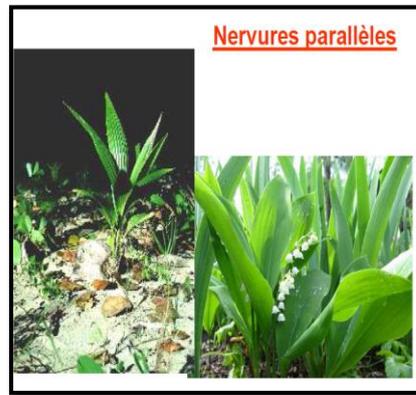
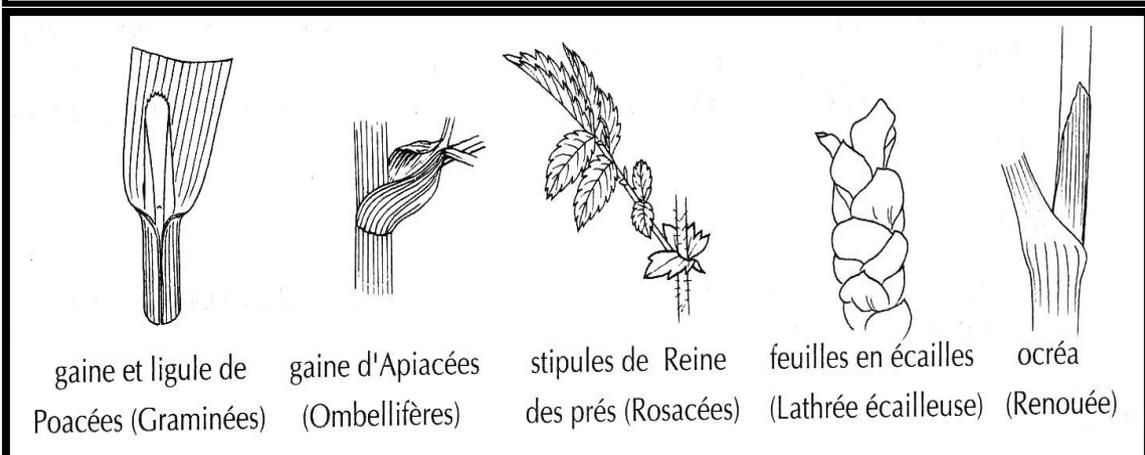
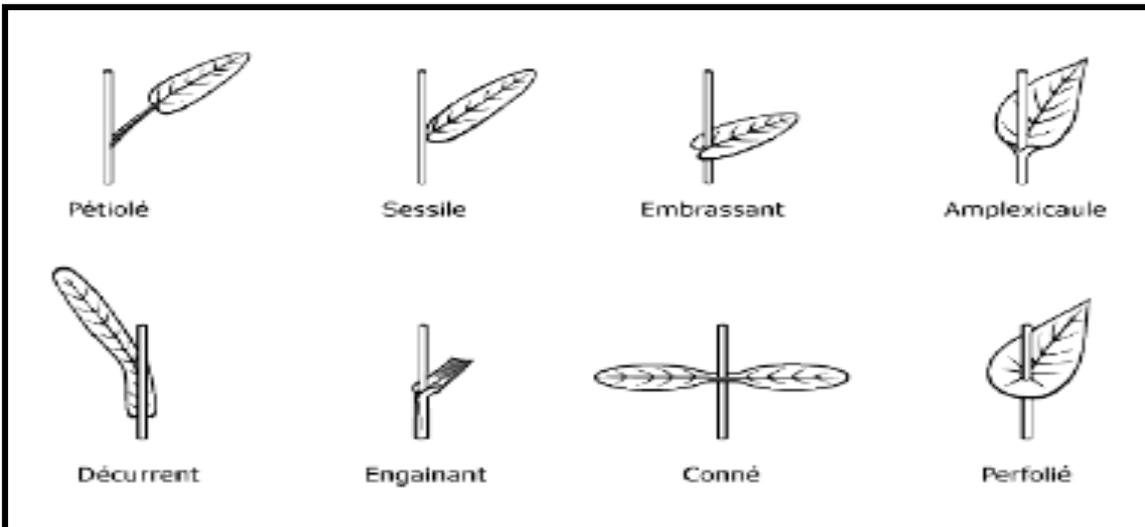
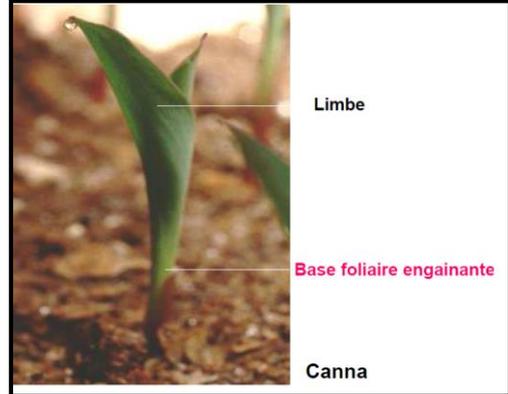
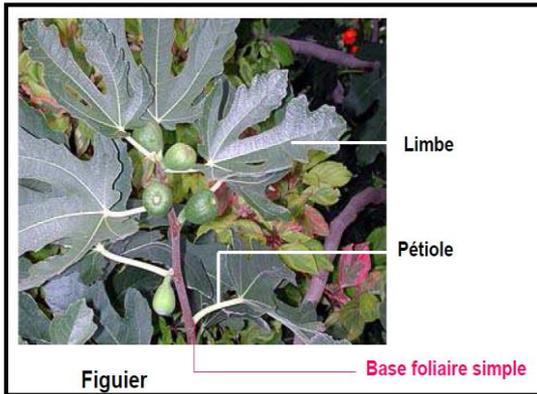
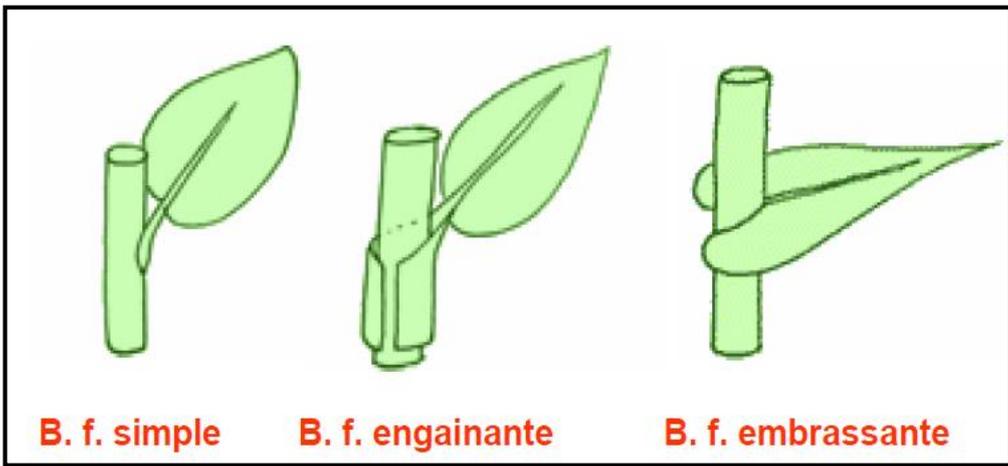


Fig N°35 : Types nervures

- **Positions des feuilles sur la tige**
 - ✚ **Alternes** (1 seule feuille par noeud) ex. le hêtre
 - ✚ **Opposées** (2 feuilles par noeud) ex. le lilas
 - ✚ **Verticillées** (3 ou plus de 3 feuilles par noeud) ex. bruyère quaternée, parisette
- **Durée**
 - ✚ **Persistante** (ex. houx)
 - ✚ **Caducue** (hêtre)
 - ✚ **Marcescente** (charme, jeunes chênes)
- **Consistance**
 - ✚ **Herbacée** (mince et molle) ex. tulipe
 - ✚ **Papyracée** (souple mais résistante) ex. hêtre
 - ✚ **Coriace** (épaisse et rigide) ex. le houx
 - ✚ **Charnue** ou succulente ex. orpin
- **Variantes et modifications**
 - ✚ **Feuilles transformées en épines** (ex. houx, cactus)
 - ✚ **Feuilles transformées en vrilles** (ex. foliole terminale des vesces)
 - ✚ **Feuilles transformées en cornets** « pièges à insectes » (plantes carnivores)
- ✓ **Hétérophyllie** = variation de la forme des feuilles sur une même espèce suivant l'habitat ou la partie de la plante
- ✓ – **Lierre** (feuilles lobées sur les rameaux stériles, entières sur les rameaux florifères)
- **La surface des organes**
 - ✚ **Glabre**: dépourvu de poils
 - ✚ **Pubescent**: couvert de poils mous, courts et droits
 - ✚ **Villeux**: couvert de poils mous, longs et droits
 - ✚ **Tomenteux**: couvert de poils mous et entrecroisés
 - ✚ **Laineux**: couvert de longs poils abondants, très emmêlés
 - ✚ **Soyeux**: couvert de poils mous et droits, appliqués sur l'organe
 - ✚ **Hérissé**: couverts de poils rigides et droits



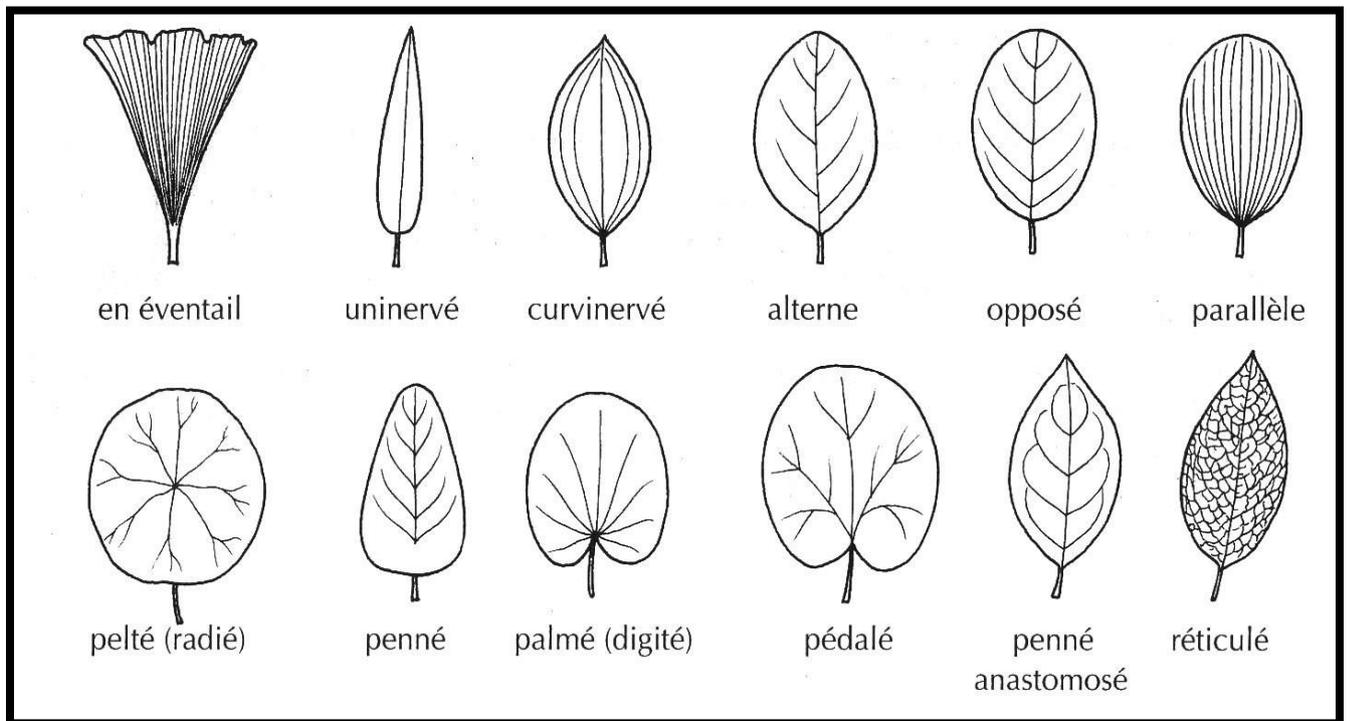
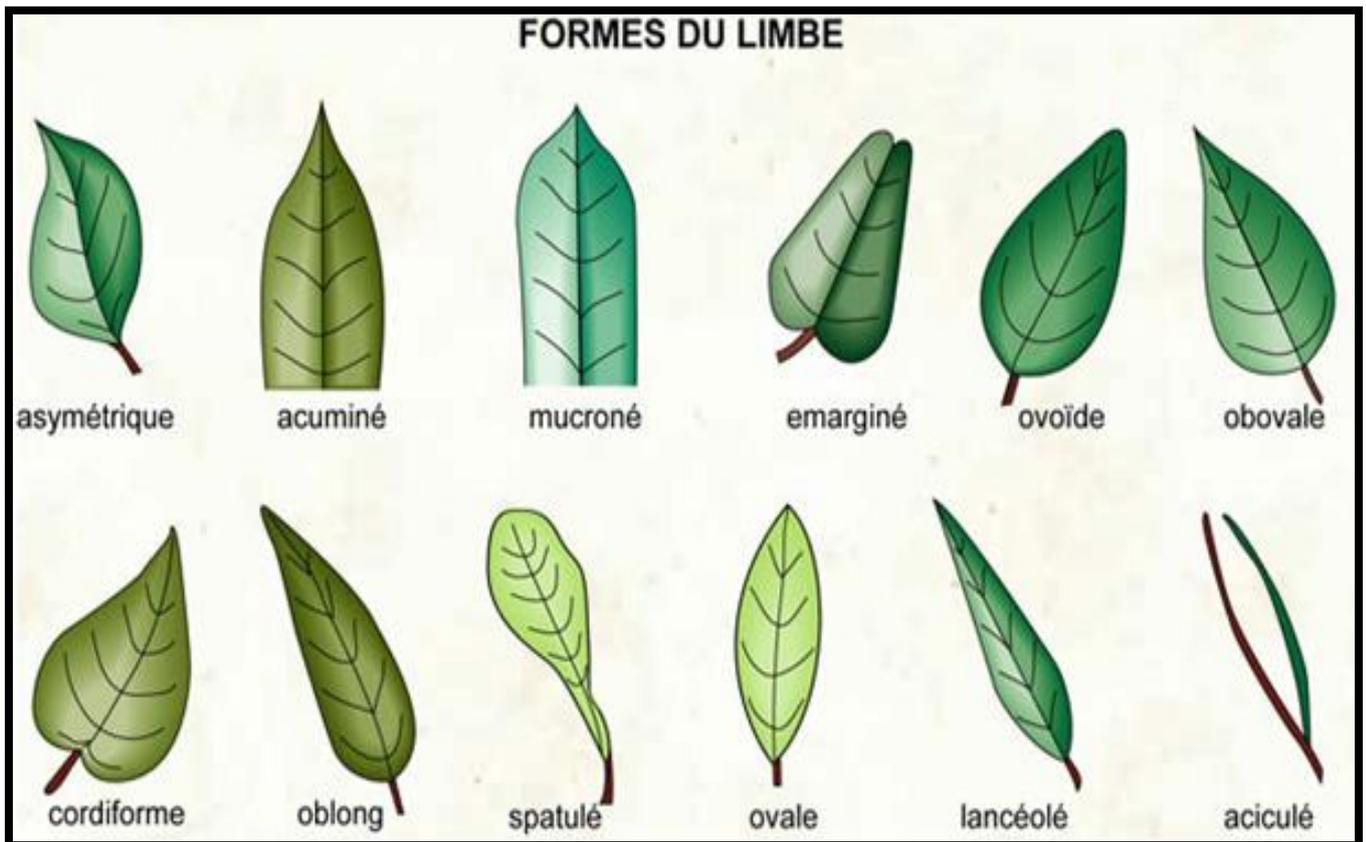


Fig N°36 : Les types de feuilles



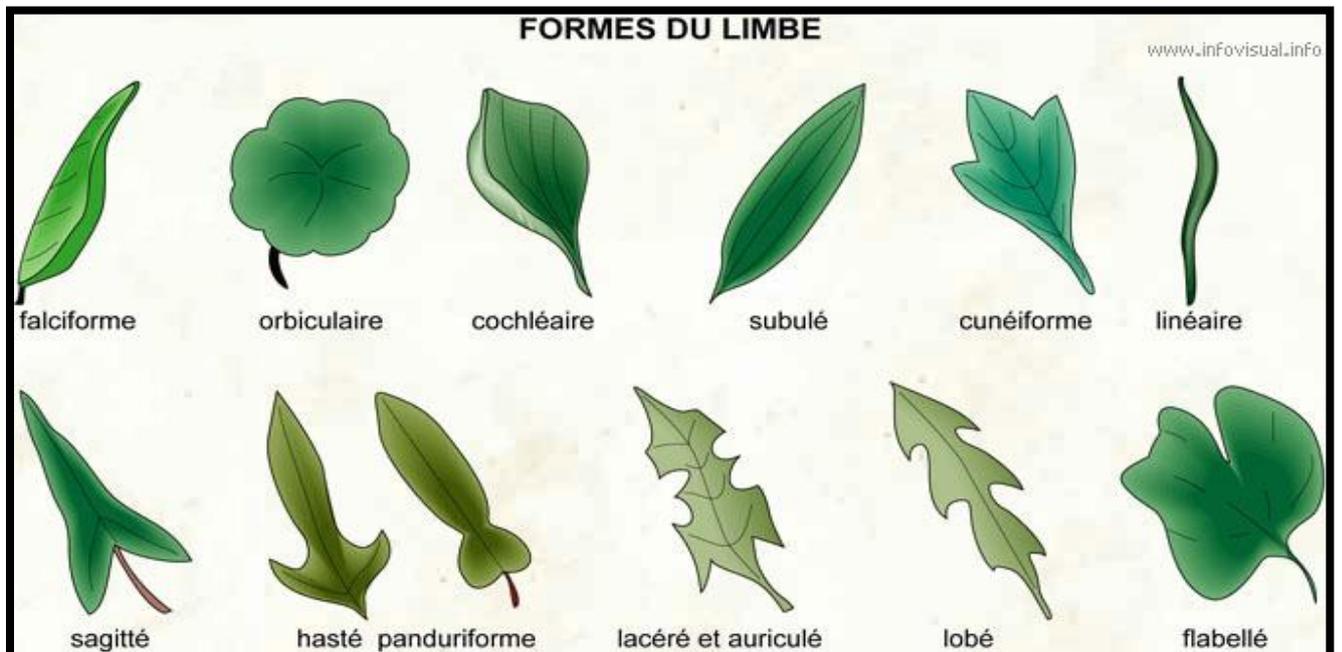


Fig N°37 : Forme du limbe

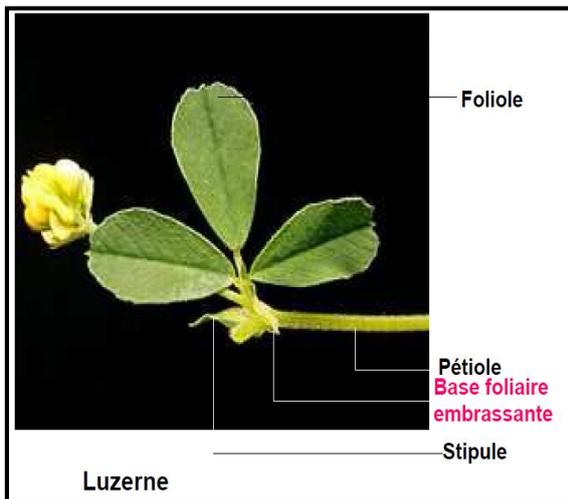
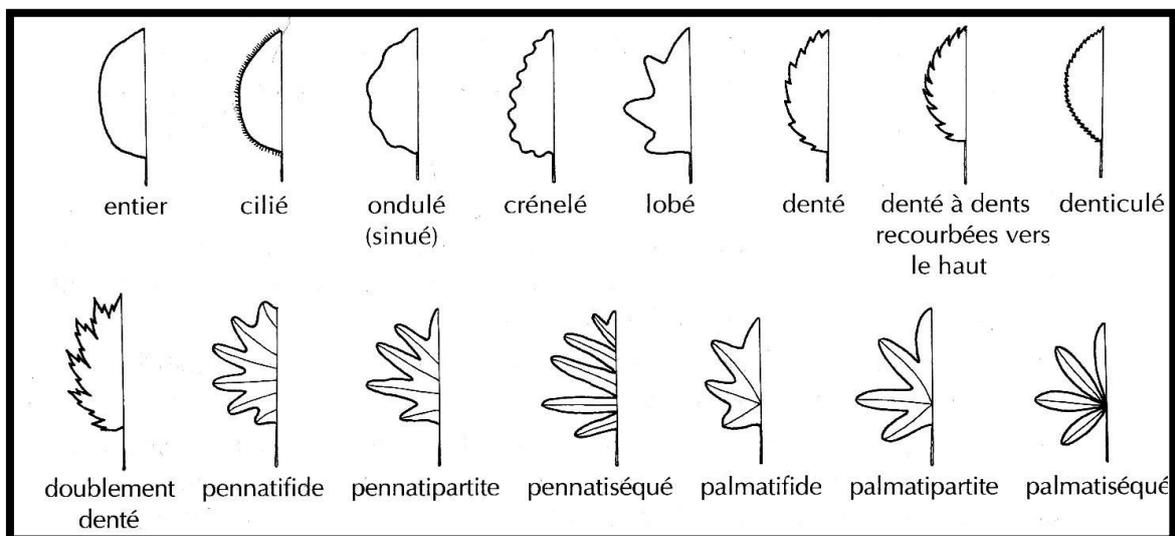


Fig N°38 : Types des stipules



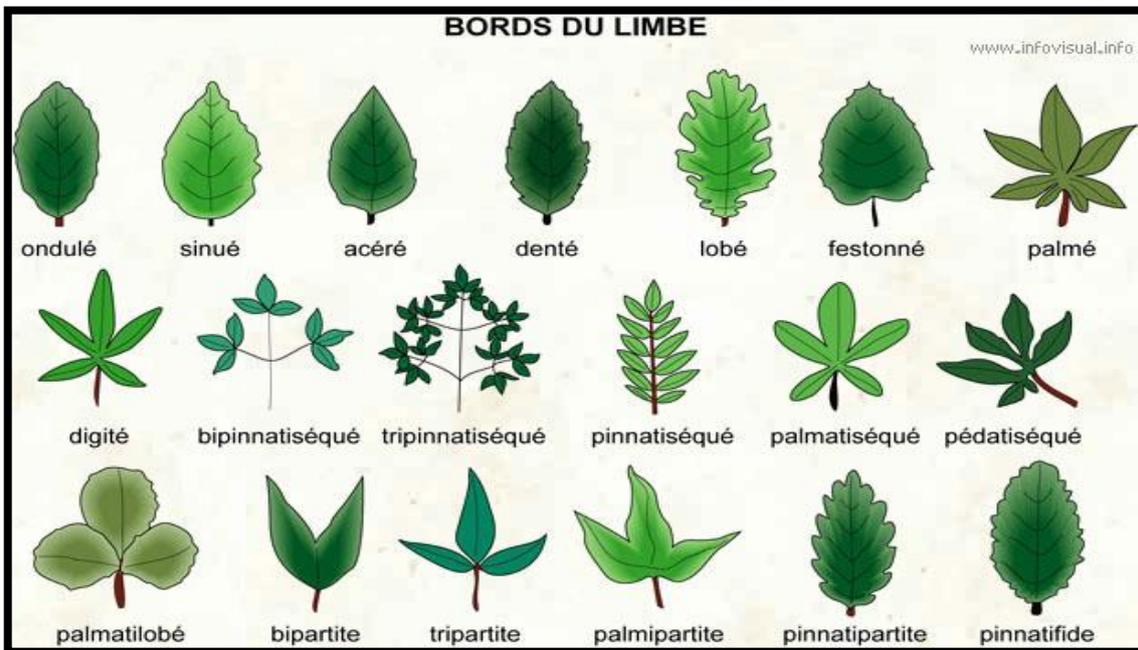
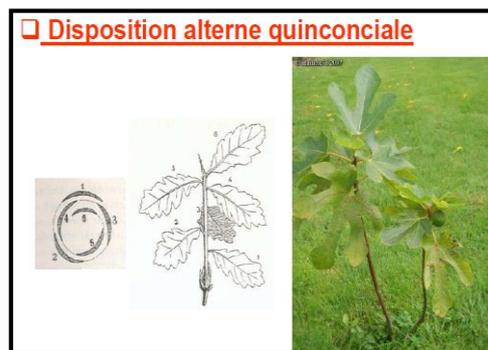
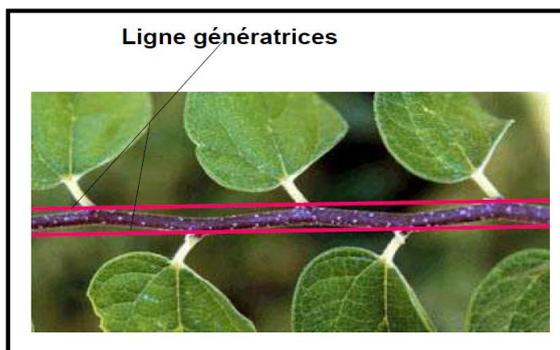
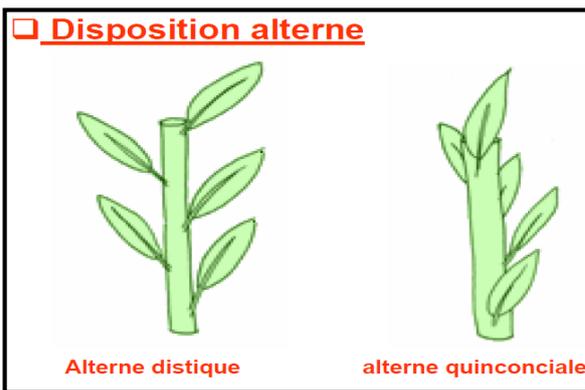


Fig N°39 : Bords du limbe

Disposition des feuilles

Phyllotaxie (du grec *phullon*, « feuille », et *taxis*, « ordre »)



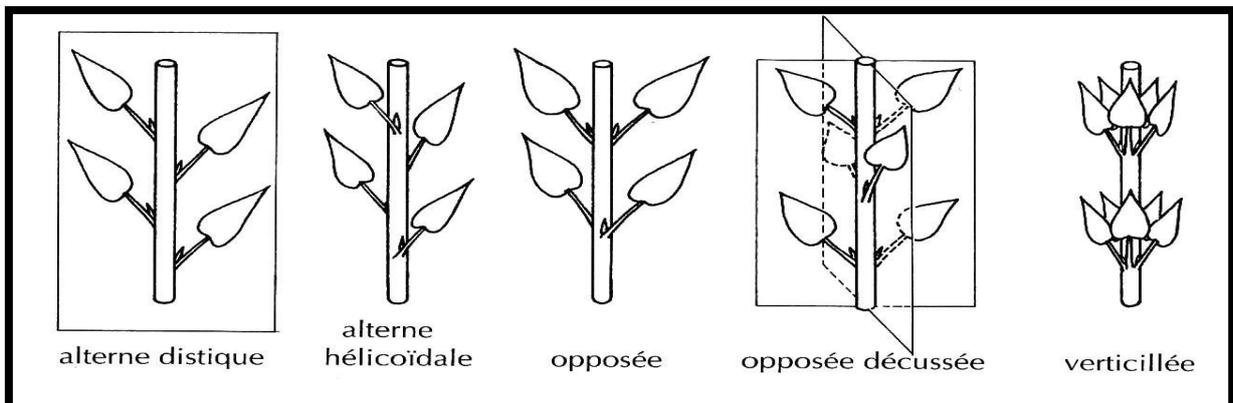
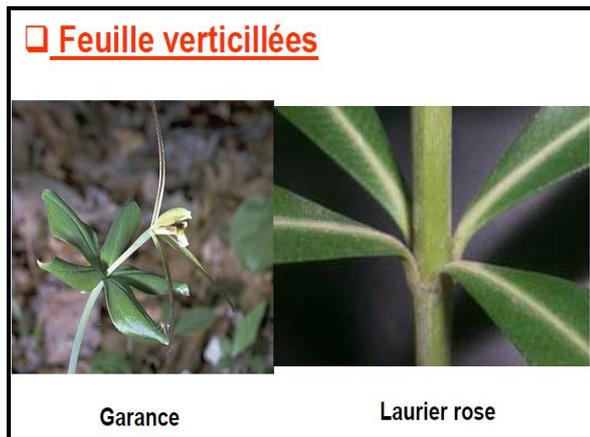
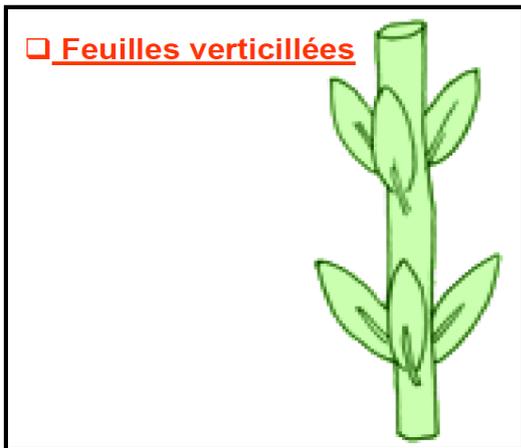
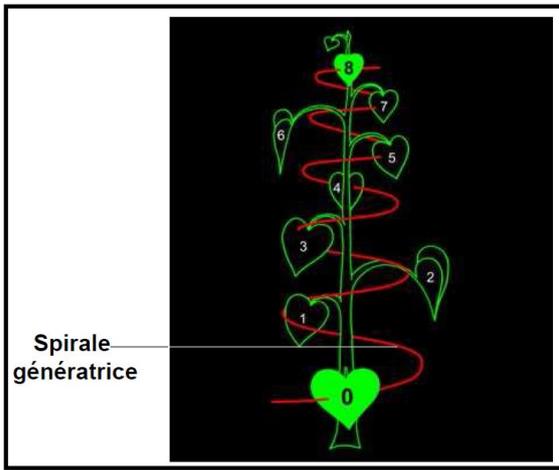


Fig N°40 : Position des feuilles sur la tige

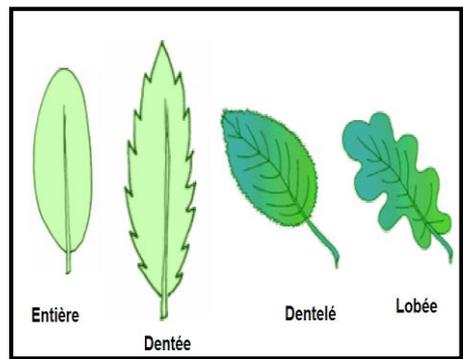
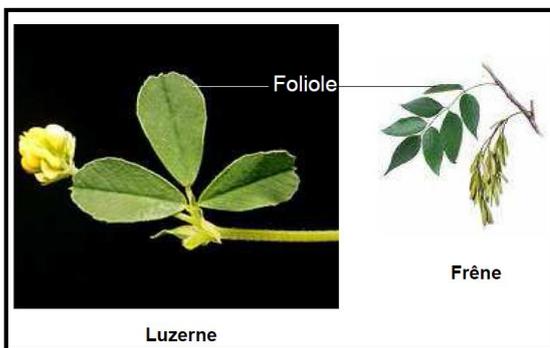
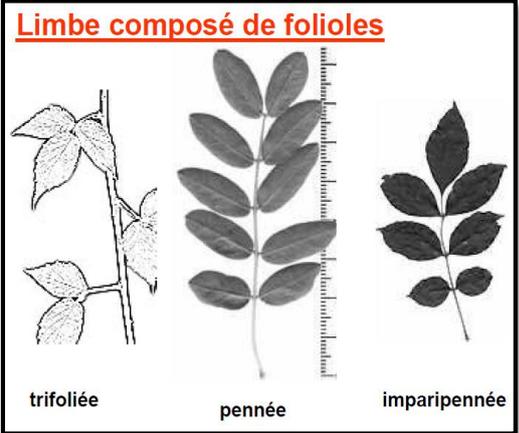
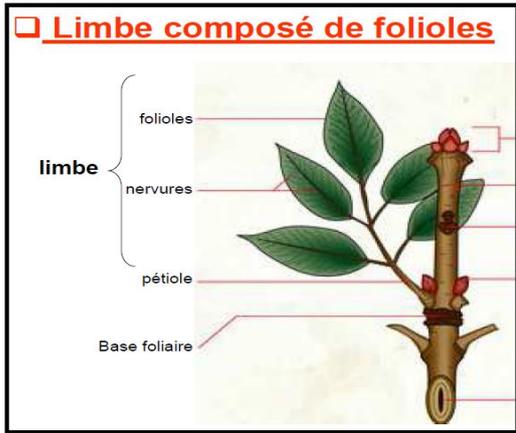
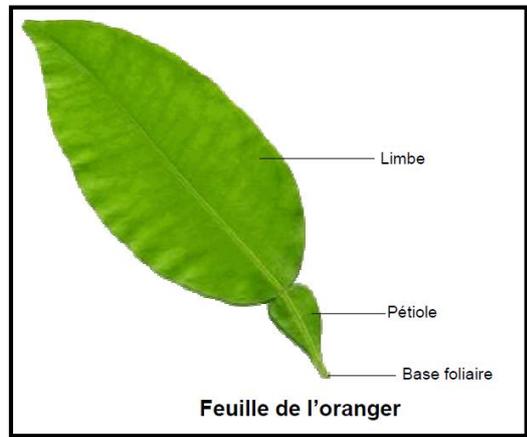
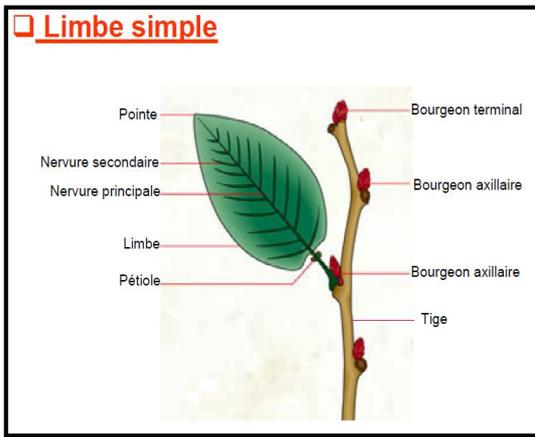
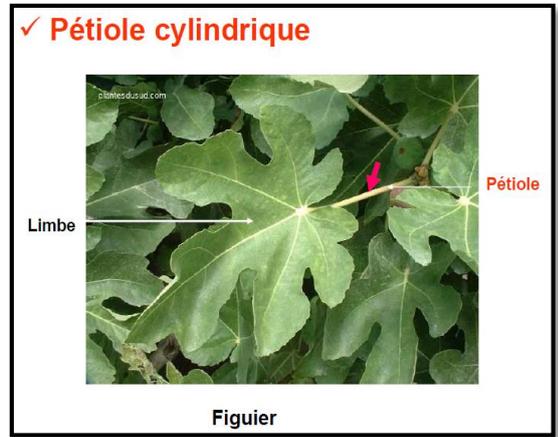
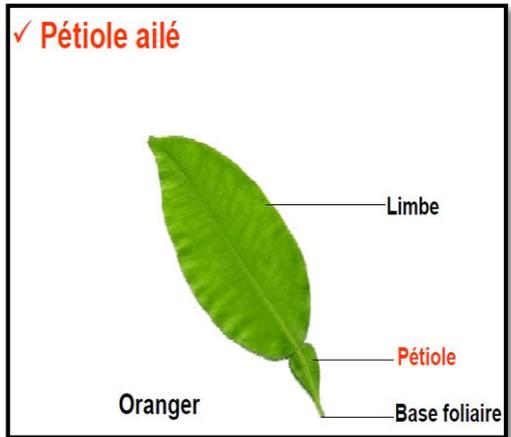
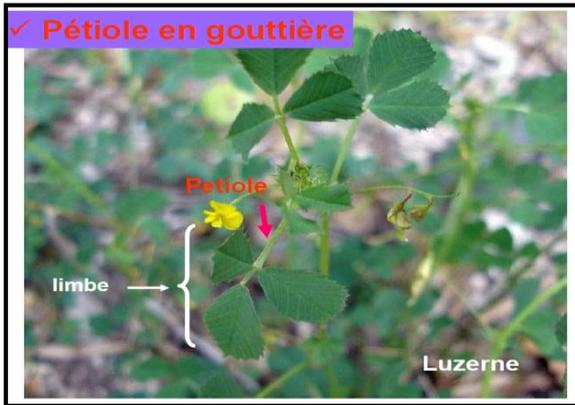


Fig N°41 : Le limbe composé de folioles

✚ Pétiole

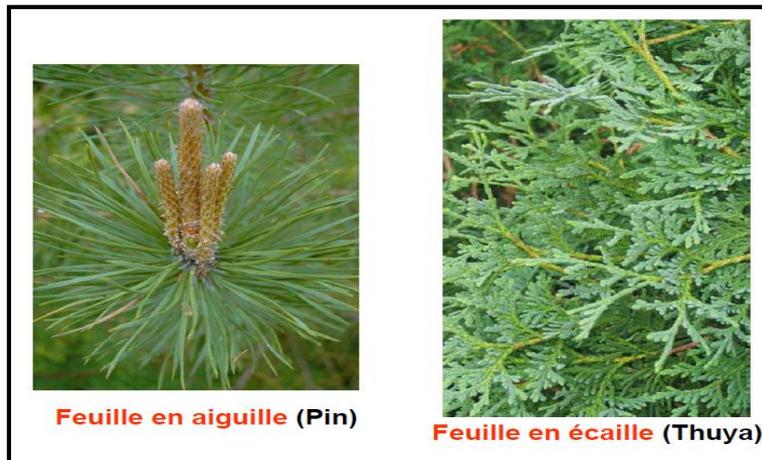




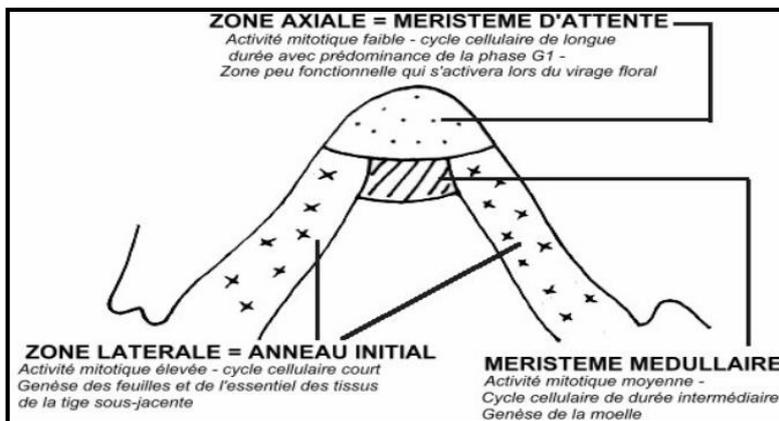
✚ **Feuille de monocotylédones**



✚ **Feuille de gymnospermes**



✚ **Étapes de formation des feuilles**



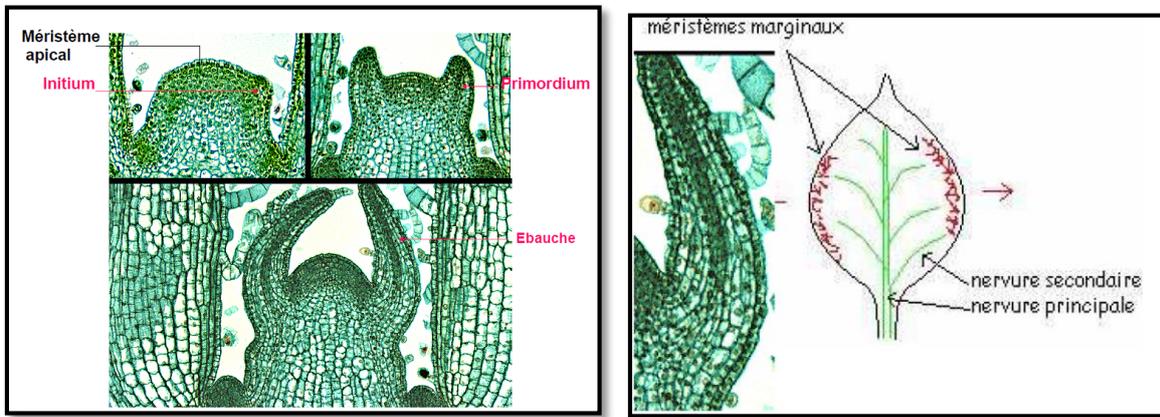


Fig N°42 : Le méristème apical et les méristèmes marginaux

IV- 5- Structure de la fleur

Une fleur est faite d'un ensemble de pièces correspondant à des feuilles très transformées au cours de l'évolution et insérées à l'extrémité d'un **pédoncule** (ou d'un **pédicelle** dans le cas d'un groupe de fleurs ou **inflorescence**) sur un **réceptacle**. C'est un axe court à croissance limitée qui provient du développement d'un bourgeon floral terminal ou latéral axile par une feuille qui constitue sa bractée. La fleur caractérise les Phanérogames ou Spermaphytes, elle est apparente chez les Angiospermes.

La fleur présente soit une symétrie radiaire (comme une roue), dite **actinomorphe**, soit bilatérale (gauche-droite), dite **zygomorphe**.



Fig N°43 : La fleur

On distingue de l'extérieur vers l'intérieur :

- 1- le calice** : Formé de pièces généralement verdâtres appelées sépales. Ces sépales peuvent être : libres, la fleur est alors dite dialysépale ou soudés, la fleur est gamosépale.
- 2- la corolle** : Formée de pièces en général colorées :
- 3- Les pétales**. On parle de fleur gamopétale si la corolle est formée de pièces soudées et de fleur dialypétale dans le cas contraire. Ces deux verticilles forment le périanthe. Si ces deux verticilles sont difficiles à différencier, on parle de tépales, formant le périgone.

- 4- l'androcée** est l'appareil reproducteur mâle de la fleur. Il est formé par des étamines. Chaque étamine est formée par un filet qui porte l'anthère. A maturité, les anthères s'ouvrent pour laisser échapper les grains de pollen. Les étamines peuvent être libres ou soudées (au niveau des filets ou des anthères).
- 5- Le gynécée** est l'appareil femelle de la fleur. Il est formé de carpelles qui sont des feuilles repliées longitudinalement, et renferment un ou plusieurs ovules. Une fleur peut avoir un ou plusieurs carpelles qui peuvent être soit séparés, soit soudés, partiellement ou totalement. Les carpelles soudés totalement forment le pistil. Dans une fleur, les carpelles isolés ou groupes de carpelles soudés sont différenciés en une partie renflée, l'ovaire, qui se prolonge par le style et se termine par le stigmate. A l'intérieur de l'ovaire, les ovules restent fixés au placenta jusqu'à leur maturité.
- **Axe à développement limité, porteur d'appendices spéciaux**
 - **réceptacle** = renflement du sommet du pédicelle, formant le point d'insertion des pièces florales (ou fleurs dans le cas d'un capitule)
 - **pièces florales** : périanthe ou périgone (sauf fleur nue) et appareil reproducteur en lui-même
 - **Le périanthe : 2 types de pièces**
 - **Les sépales**, formant le calice, libres (calice dialysépale ou soudés entre eux (calice gamosépale)
 - **Les pétales**, formant la corolle, libres (corolle dialypétale ou soudés entre eux (corolle gamopétale)
 - **Symétrie radiaire ou bilatérale**
 - **Le périgone** : 1 seul type de pièce
 - **Les tépales** (ex. tulipe)
 - **Fleurs nues** (ex. saules)

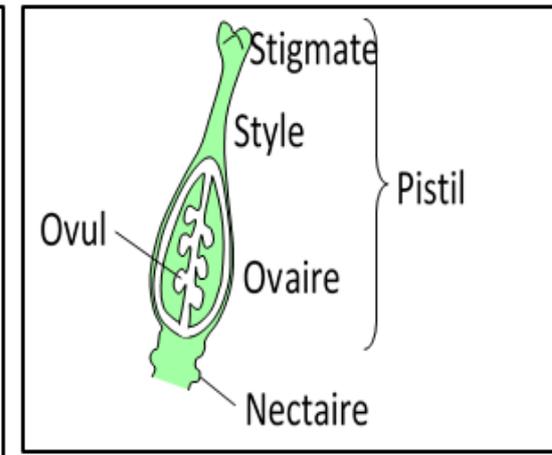
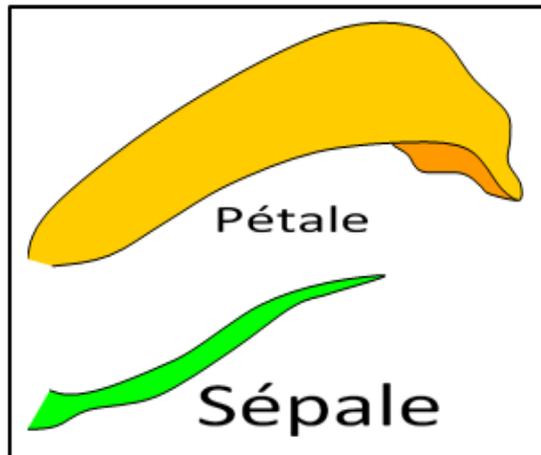
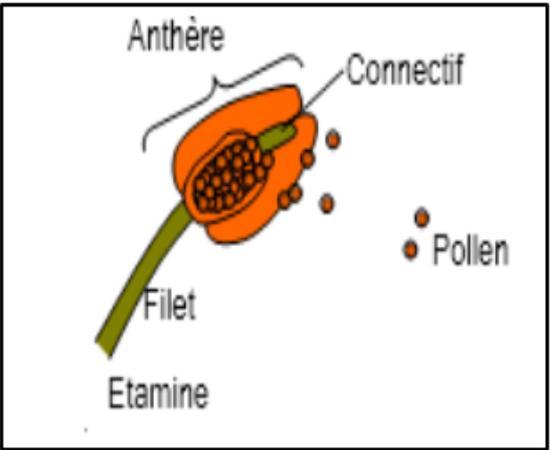
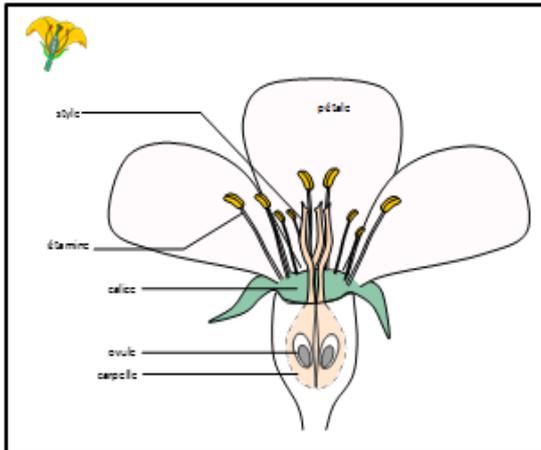
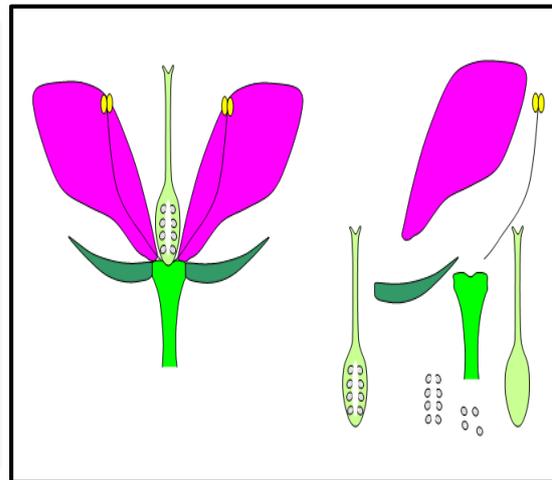
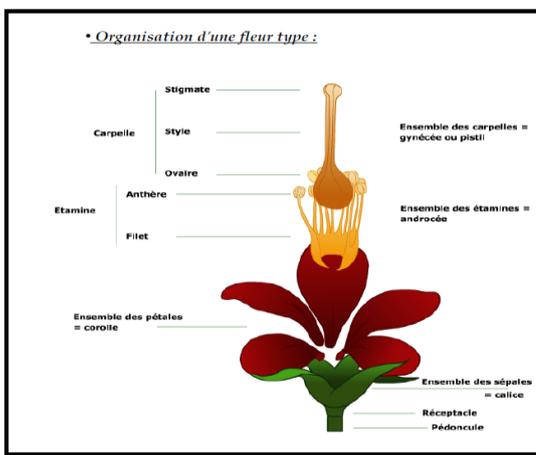
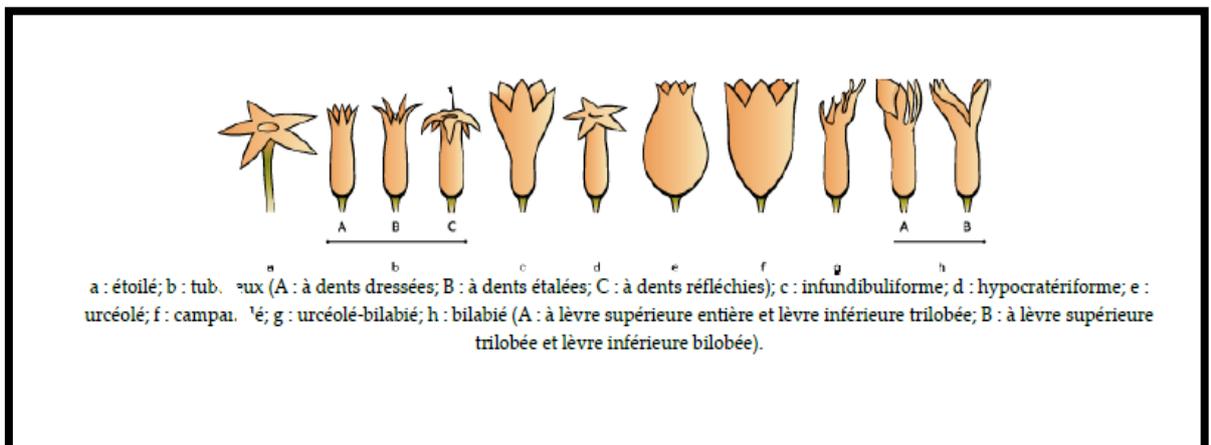


Fig N°44 : La structure de la fleur



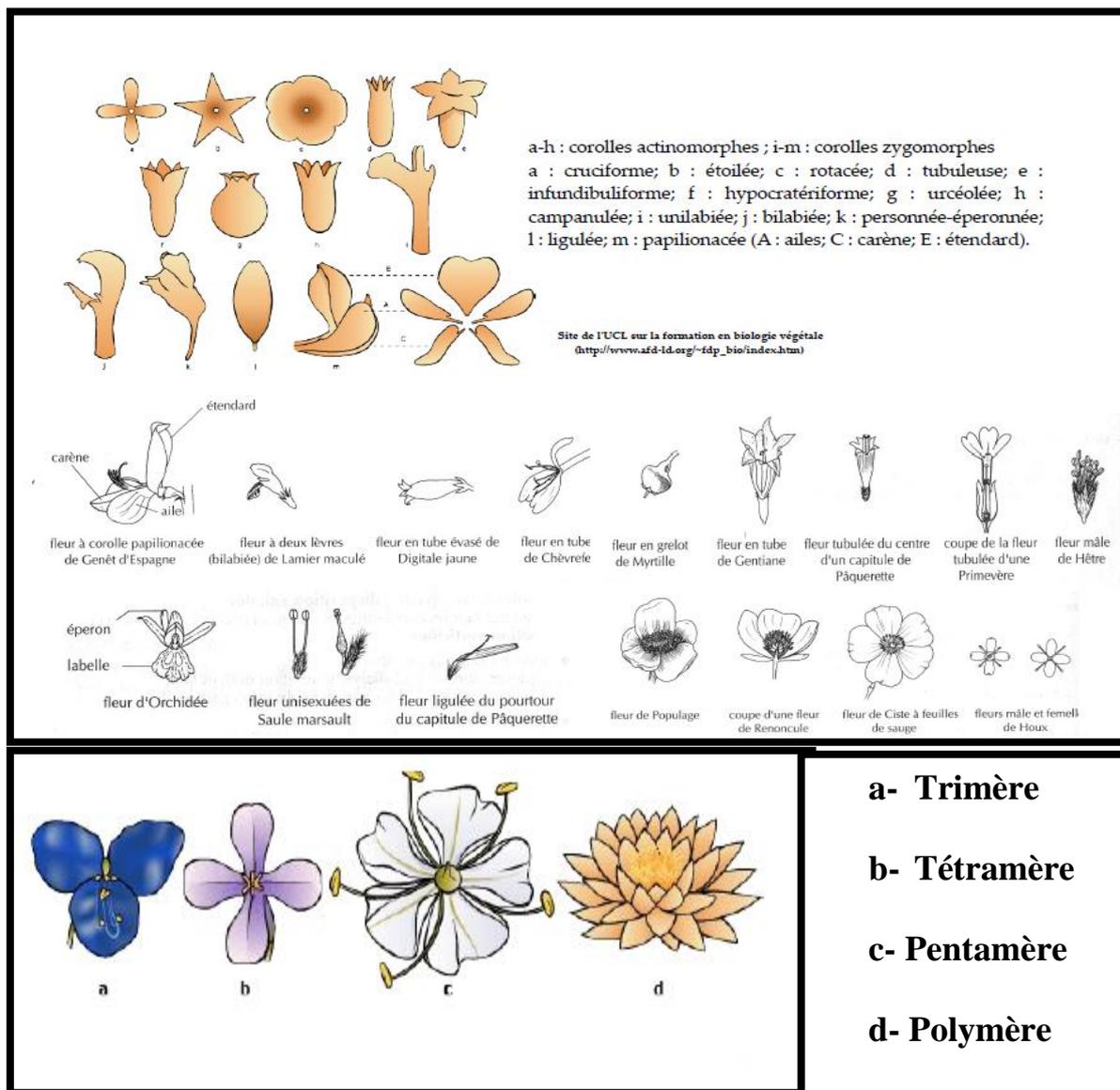


Fig N°45 : Les types de fleurs

Bien qu'il existe des angiospermes dioïques ou monoïques, la plupart des fleurs sont **hermaphrodites** car elles ont à la fois des organes mâles et femelles. Dans ce cas, divers mécanismes empêchent souvent l'autofécondation.

Par exemple, les organes mâles mûrissent avant les organes femelles -fleur **protandre** ou protérandre (du grec "proteros" = "le premier" et "andros" = "mâle") ou inversement -fleur **protogyne** ou protéogyne (du grec "proteros" = "le premier" et "gunê" = "femelle"). Ces mécanismes assurent la **pollinisation croisée**.

L'ensemble des **tépales**, c'est-à-dire des pièces qui entourent les organes sexuels et les protègent dans un **bouton** avant l'**anthèse** forment le **périanthe**. Extérieurement, ce sont des pièces vertes, chlorophylliennes, appelées **sépales**, qui forment le **calice**. Plus intérieurement, une ou plusieurs séries de **pétales** colorés forment la **corolle** ; ils sont généralement colorés pour attirer visuellement

les insectes pollinisateurs, et souvent pourvus de nectar, un liquide sucré qui attire car nourrit ces mêmes insectes pollinisateurs.

Au centre de la fleur, la partie femelle appelée **pistil** ou **gynécée** est faite d'un ou de plusieurs **carpelles** libres ou soudés dont la cavité interne ou **ovaire** abrite des **ovules**. Chaque carpelle est surmonté d'un **style** -les styles peuvent être libres, se joindre ou même fusionner- terminé par le **stigmate**, sorte de plate-forme visqueuse pour recevoir le pollen.

Autour du gynécée, la partie mâle ou **androcée** est composée des **étamines**, dont chacune est faite d'un long filet dont l'extrémité porte une **anthère**, renflement habituellement constitué de deux **loges** où se forment les grains de pollens dans des sacs polliniques (deux par loge).

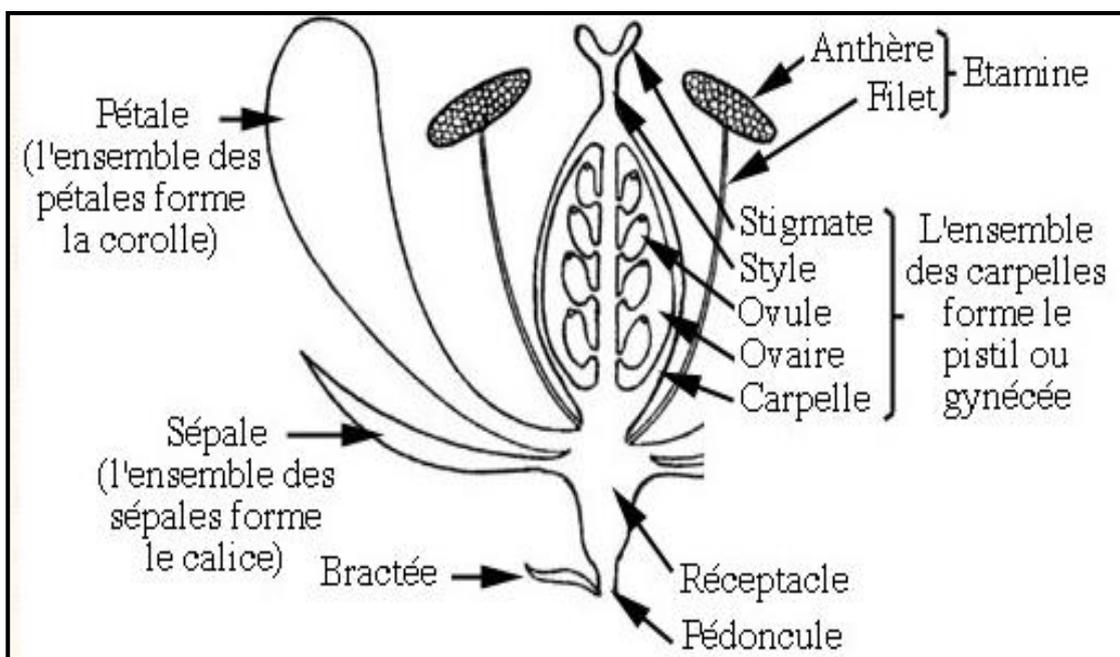
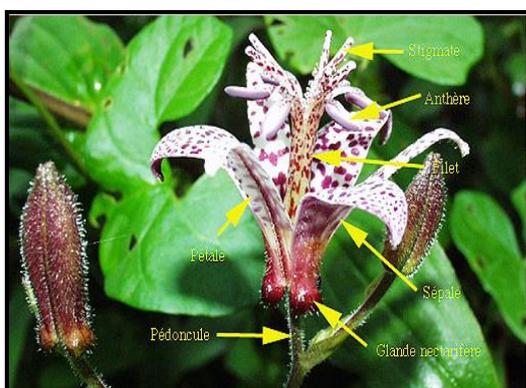
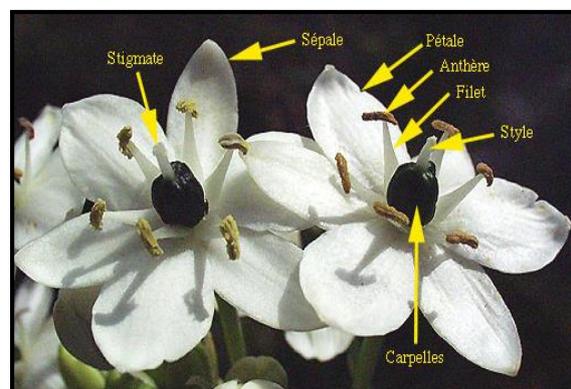


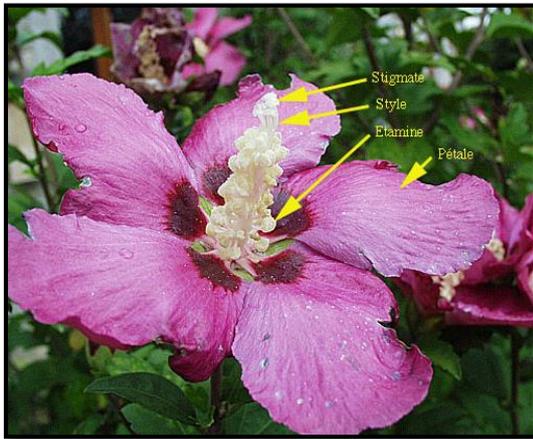
Fig N°46 :Schéma de l'anatomie florale



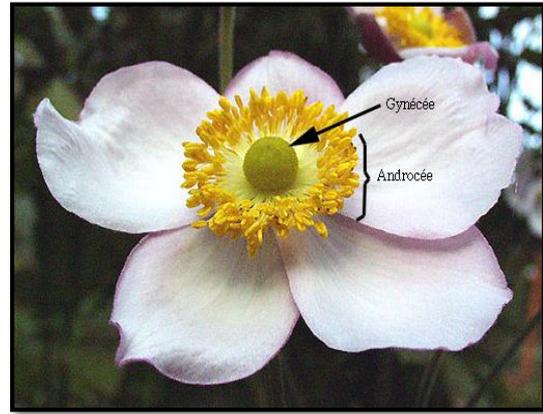
Tricyrtis formosana (Liliacées)



Ornithogalum arabicum (Liliacées)



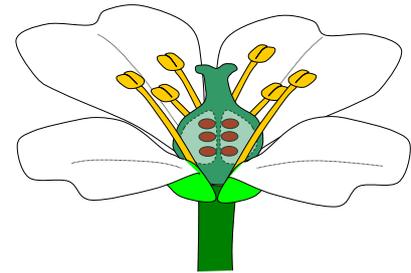
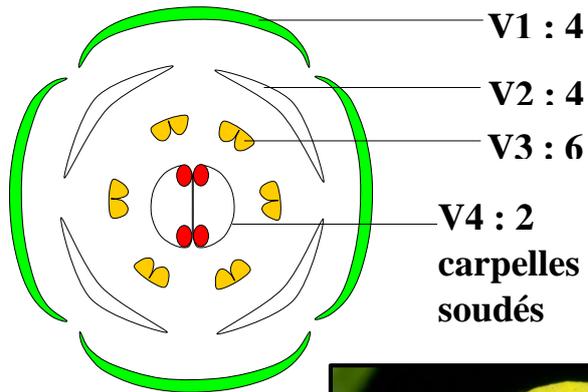
Hibiscus syriacus (Malvacées)



Anemone Xhybrida (Ranunculacées)

Fig N°47 : Structure florale de quelques espèces

- **Le diagramme floral** : On appelle diagramme d'une fleur le plan en projection horizontale de cette fleur, c.-à-d. des différents verticilles qui la composent. Les pièces de ces verticilles viennent se placer sur des circonférences concentriques, les sépales ou pièces du calice sur la circonférence la plus extérieure, les pétales ou pièces de la corolle sur la deuxième circonférence, les étamines sur la troisième, ou sur la troisième et la quatrième, etc., selon le nombre de verticilles que comprend l'androcée, enfin l'ovaire sur la circonférence la plus interne.



Potentille tormentille
(*Potentilla erecta*)

Fig N°48 : Diagramme floral

- **Formule florale**

Afin de décrire plus rapidement une fleur, on utilise la formule florale. Les différentes pièces étant disposées en verticilles, il suffit d'indiquer le type de pièce et leur nombre : $nS + nP + nE + nC$

S représentant les sépales, **P** les pétales, **E** les étamines, **C** les carpelles. On utilise **T** pour les tépales.

Par exemple, une fleur ayant deux verticilles de 3 tépales, un verticille de 3 étamines et 3 carpelles sera décrite de la manière suivante : (3+3) T + 3E + 3C

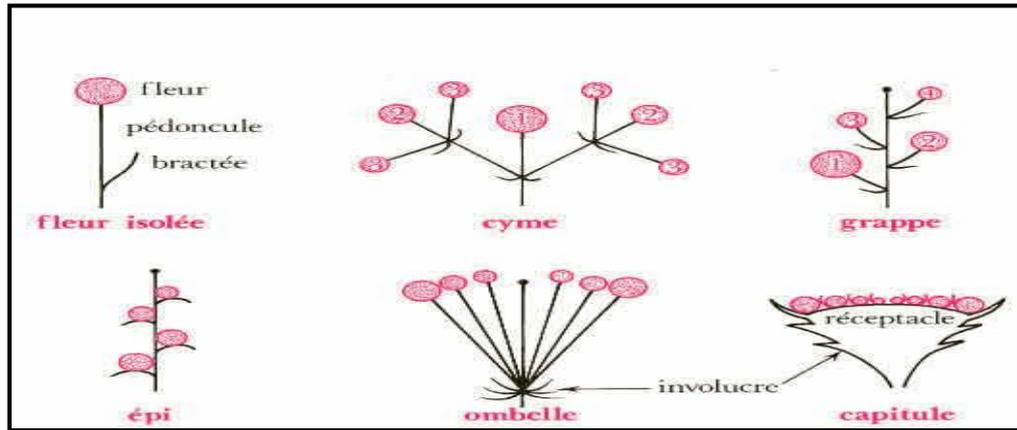
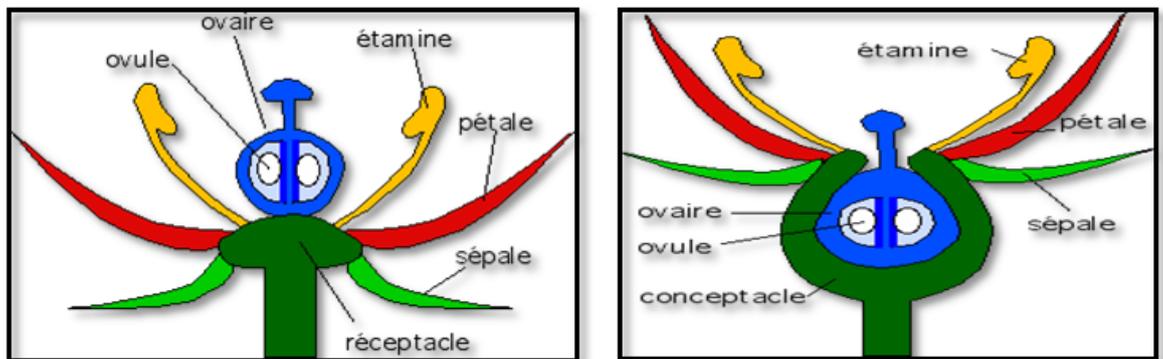


Fig N°49 : Types d'inflorescences

Insertion des pièces florales



Ovaire supère / fleur hypogyne Ovaire infère / fleur épigyne

Fig N°50 : Insertion des pièces florales

- **Cycle de vie des angiospermes**

Le sporophyte diploïde est la plante feuillée portant les fleurs. Comme chez les gymnospermes, les sacs polliniques, ici situés par deux dans les loges des anthères, correspondent à des microsporangies ne libérant pas les (micro)spores qui s'y forment par méiose, mais ce que ces cellules haploïdes ont produit, soit un gamétophyte mâle (= microgamétophyte), haploïde : le grain de pollen. Et, de même, à l'intérieur de la double enveloppe cellulosique sphérique, le grain de pollen est formé de deux cellules, l'une végétative, l'autre générative car elle formera deux gamètes mâles.

La paroi d'un carpelle équivaut à une mégasporophylle, c'est-à-dire une feuille transformée portant les mégasporangies ou ovules diploïdes. L'ovule, attaché par le **funicule**, est composé d'un nucelle central partiellement entouré de deux enveloppes concentriques : les téguments.

Par méiose apparaît dans le nucelle diploïde une mégaspore tétranucléée qui, par division, forme un gamétophyte ou prothalle femelle nommé **sac embryonnaire**. Ce sac contient, outre 3 **cellules antipodiales** ou **antipodes**, une oosphère, gamète femelle situé du côté où s'interrompent les téguments, deux **synergides** qui dégénéreront, cellules homologues à l'oosphère qu'elles flanquent, et 2 **noyaux polaires** centraux.

Lorsque le grain de pollen arrive sur le stigmate, il germe et développe un tube pollinique qui s'enfonce dans le style, la paroi de l'ovaire et le nucelle. A son extrémité, le tube pollinique contient deux gamètes mâles réduits à leur plus simple expression : deux noyaux baptisés **énergides**. Libérés par l'ouverture du tube pollinique, l'un des deux féconde l'oosphère qui devient zygote, et l'autre, au lieu de disparaître comme il le fait chez les conifères, s'unit aux 2 noyaux polaires du sac embryonnaire pour former un second zygote, **triploïde** celui-ci. Le développement de ce second zygote donnera l'**albumen**, réserves nutritives inorganisées pour l'embryon qui se développe à partir du premier zygote diploïde.

On assiste donc à une **double fécondation** pour former une graine faite d'une plantule, dont les premières feuilles sont les cotylédons, de réserves albumineuses et des téguments ovulaires. L'ovaire, lui, se transforme en un **fruit** abritant les graines : il s'agit donc d'un organe sporophytique de la plante maternelle, totalement indépendant de la fécondation et donc du pollen reçu.

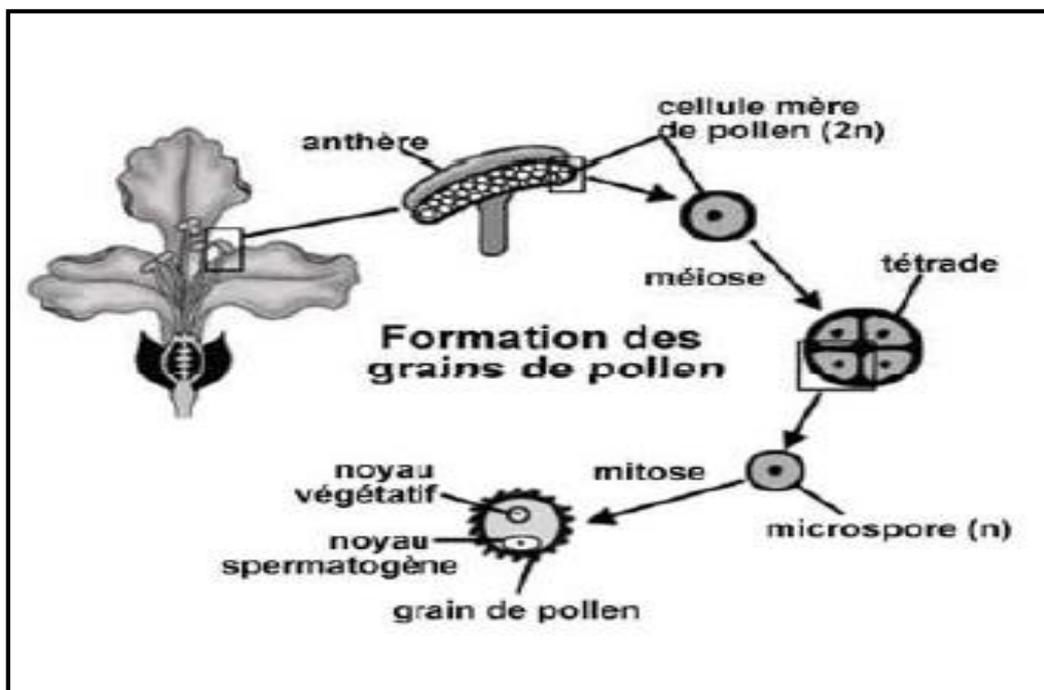


Fig N°51 : Formation des grains de pollen

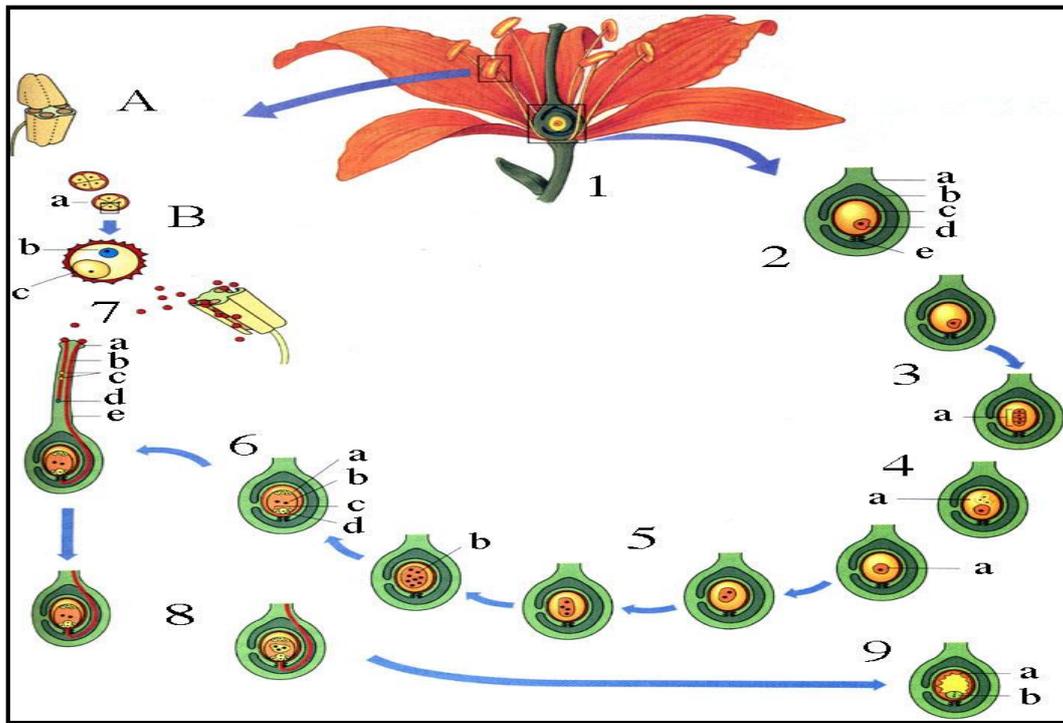


Fig N° 52 : Cycle de vie d'une plante à fleurs (genre Lilium)

IV- 6- Fruits et graines

A- Les fruits :

La transformation de l'ovaire en un fruit est essentiellement une croissance de cette partie du pistil associée à une différenciation histologique de la paroi ovarienne, cette dernière est formée d'un parenchyme recouvert de deux épidermes, l'un interne et l'autre externe, au cours du développement du fruit, cette paroi se transforme en **péricarpe**, l'épiderme externe devient l'**épicarpe**, le parenchyme devient **mésocarpe** et l'épiderme interne devient **endocarpe**. Les fruits peuvent être classés de différentes manières, la plus acceptée est la suivante :

1 - Fruits Simples :

Ils proviennent de la transformation de l'ovaire unique (uni ou pluricarpe) d'une fleur suivant que la paroi du fruit est charnue ou sèche à maturité, on distingue :

- Les Fruits Charnues :

* **Baie** : ce sont les fruits à pépins. Ex : raisin, date, tomate, banane, pastèque, kiwi, avocat.

* **Drupe** : ce sont les fruits à noyaux car l'endocarpe lignifié (sclérifié) forme une coque dure ou « noyau » autour de la graine proprement dite « amande ». Ex : cerise, olive, amande, pêche, abricot, noix, noix de coco.

- Les Fruits Secs :

On distingue des fruits qui s'ouvrent et libèrent leurs graines à maturité (déhiscent) et ceux qui ne s'ouvrent pas à maturité (indéhiscent).

* Déhiscent :

- **La Gousse** : C'est un fruit caractéristique des fabacées (Légumineuses).

Ex : fève, petit pois, haricot, soja.

- **La Silique** : C'est un fruit caractérisé au Brassicacées. Ex : les Choux.

- **La capsule** : Elle est dérivée de n carpelles soudés. Ex : le pavot.

* **Indéhiscents** : Le principale type, c'est les akènes (ex : gland de chêne). Certains akènes sont aillées (samare) (ex : disamare d'érable). D'autres, ont un péricarpe intimement soudé au tégument de la graine (caryopse) fruit caractéristique des poacées (blé, mais...).

2- Fruits Multiples :

Ils proviennent de fleurs à plusieurs carpelles indépendants ou fleurs polycarpiques ou encore fleurs pluricarpellées. Ex : polydrupes du framboisier ou la mure « mûre » de ronce. Polyakènes de renoncule.

3- Fruits Complexes :

Appelées aussi « faux-fruits » ou pseudo-fruits, ils dérivent de l'ovaire auquel sont associées d'autres pièces florales comme le réceptacle, le calice.

***Premier cas :**

Réceptacle devenant charnue soudé à l'ovaire (ce type de fruits s'appelle péricarpe). C'est le cas lorsque la fleur possède un ovaire infère adhérent au réceptacle. Ex : la pomme. Le réceptacle floral est en forme de coupe qu'on appelle conceptacle.

Remarque :

Ce type de fruit est souvent appelé fruit complexe pour bien montrer que son origine n'est pas essentiellement due au développement de l'ovaire. En fait dans la pomme, ce que l'on mange est le conceptacle (devenu charnue) et le fruit au sens strict (dérive de l'ovaire) est ce que l'on appelle le trionion.

*** Deuxième cas :**

Réceptacle devenant charnue mais non soudé à l'ovaire. Le réceptacle lui-même devient charnue, il porte les fruits, ce sont en général des akènes (fruits simples dérivées chacun d'un carpelle unique et contenant une seule graine) ; le fruit « apparent » consommé est donc le réceptacle et pour cette raison ces fruits sont aussi qualifiés de « faux fruits ». Ex : la fraise.

4- Fruits Composés :

Les fruits composés dérivent du développement d'une inflorescence. On peut les qualifier d'infrutescences. Ils sont formés par le développement de l'ovaire de chaque fleur, auquel peuvent s'ajouter le réceptacle floral, l'axe de l'inflorescence et les bractées florales.

Exemples :

- **Cas de l'ananas** : Une infrutescence charnue. Toute l'infrutescence (axe, bractées, ovaires) est charnue, ces différentes parties sont soudées les unes aux autres.
- **Cas de la figue** : L'axe de l'inflorescence devient charnu et se creuse en une outre à petite ouverture (ostiole). Elle est tapissée par les multiples fleurs dont les ovaires deviennent des akènes à maturité. Ce fruit charnu particulier est appelé sycone.

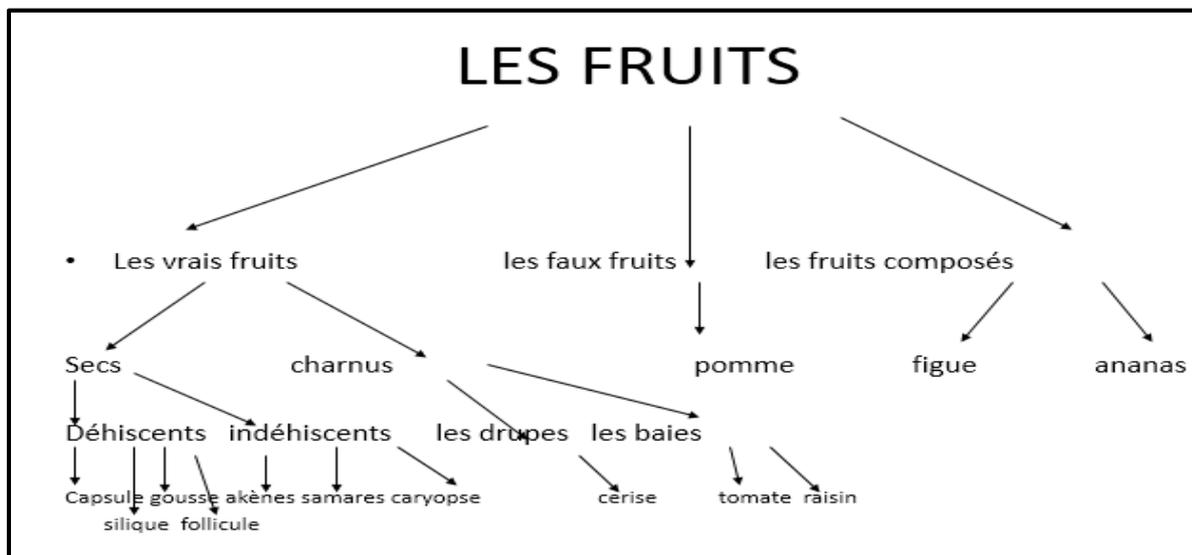


Fig N°53 : Les fruits

B- Les graines :

La gaine représente la phase finale de l'évolution de l'ovule fécondé. La transformation de ce dernier en graine, comporte le développement de l'embryon, l'accumulation de réserves, l'épaississement des téguments et le passage à l'état de vie ralentie.

La graine est l'organe de dissémination chez les Spermaphytes. Malgré leur diversité morphologique, les graines sont fondamentalement construites sur le même modèle. En effet, une graine comprend un embryon qui baigne ou non dans un tissu de réserve ; cet embryon est une véritable plante en miniature, qui comporte les ébauches des organes végétatifs de la future plantule, à savoir : radicule, tigelle, gemmule et un cotylédon (chez les Monocotylédones) ou deux cotylédons (chez les Dicotylédones).

Les cotylédons sont des feuilles embryonnaires. Il existe divers types de graines, dont deux principaux, à noter :

- **Graines albuminées** : Dans ce type de graine, l'albumen se développe et se charge de réserves beaucoup plus vite que l'embryon qui a un développement moins important et qui occupe une faible partie. Exemple des graines albuminées : graine de blé, d'orge, de maïs et graine de Ricin.

- **Graines exalbuminées** : Dans ces graines, tout l'albumen est digéré par l'embryon. Les réserves sont alors mobilisées et accumulées dans les cotylédons qui occupent la principale partie.

Ce type de graine se rencontre chez de nombreuses familles, entre autre, les Légumineuses (=Fabacées) et les Composées. (Voir exemple : Graine de Haricot).

- **Conditions de la germination :**

La graine ne peut germer que si certaines conditions internes et externes se trouvent réunies :

- **Conditions internes** : la graine doit être complètement mûre mais pas trop vieille (détail encours).

- **Conditions externes** : la semence mature ne peut germer que si certaines conditions du milieu sont convenables et dont les plus importantes sont l'humidité, l'aération, la température et la lumière. (détail en cours).
- **L'eau** : Il assure l'imbibition de la graine et permet la réhydratation des téguments et leur ramollissement ainsi qu'une hydrolyse des réserves pour une reprise des activités métaboliques.
- **L'oxygène** : Il est nécessaire car la germination s'accompagne d'une brusque augmentation des échanges gazeux.
- **La température** : doit être comprise entre deux valeurs limites avec optimum. Ces températures sont variables suivant les graines considérées.

Remarque :

Une semence (graine) n'étant pas une entité homogène, l'étude de sa physiologie de sa germination doit prendre en compte sa complexité structurale. La graine n'est pas réellement un organe mais un véritable organisme complet et indépendant.

- **Anatomie de l'appareil végétatif des spermaphytes**

Histologie : c'est l'étude des différents tissus composant un organisme.

Les différents tissus végétaux : Les tissus végétaux sont une organisation de cellules végétales entre elles ayant la même organisation et la même fonction.

Les tissus formeront des organes tels que les racines, les tiges, les fleurs...

Il existe plusieurs tissus végétaux :

- les tissus de croissance
- les tissus superficiels et protecteurs
- les tissus de remplissage et de soutien
- les tissus conducteurs
 - Chez la plupart des végétaux, les différentes fonctions vitales sont assurées par des organes différents, formés de tissus spécialisés.
 - Un tissu est un groupement de cellules de même origine, assurant les mêmes fonctions.
 - Les tissus se forment à partir des méristèmes, massifs organisés de jeunes cellules indifférenciées qui sont le siège de divisions orientées actives.
 - Ces méristèmes peuvent être fonctionnels peu de temps (plantes annuelles), ou pendant de nombreuses années.

Structure primaire ou secondaire

On distingue deux types de méristèmes :

- les méristèmes primaires, d'origine embryonnaire, situés à l'apex des tiges (méristèmes caulinaires) et des racines (méristèmes racinaires), et à la base des feuilles. Ils forment les tissus primaires qui constituent la structure primaire.
- les méristèmes secondaires, cambium, apparaissent après les méristèmes primaires. Ils assurent la croissance en épaisseur et donnent les tissus secondaires qui constituent la structure secondaire.

V- Histologie des différentes parties de la plante

Groupe de cellules non différenciées, dont les divisions actives permettent la formation d'organes et la croissance en longueur et en épaisseur.

V- 1- Les méristèmes :

- Primaires (apicaux) → **Tissus primaires**

• Secondaires (cambium et phelloderme) → **Tissus secondaires**

• **Méristèmes primaires racinaires et caulinares**

Les **méristèmes** sont formés de cellules embryonnaires indifférenciées, responsables de la croissance des plantes en longueur et en épaisseur.

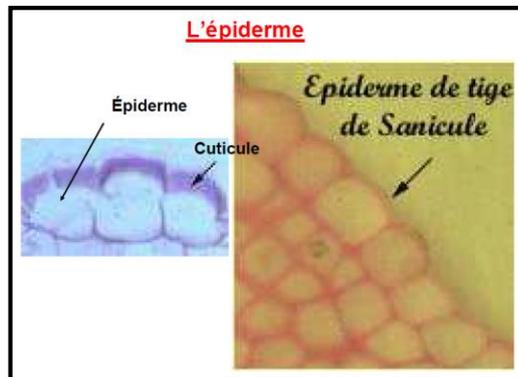
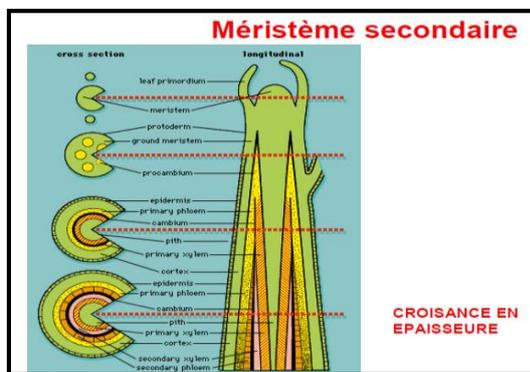
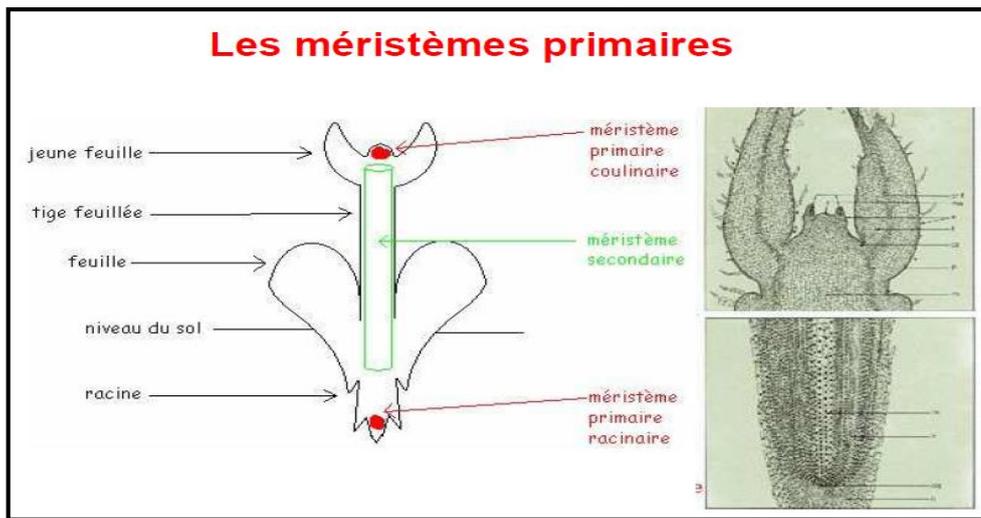


Fig N°54 : Les méristèmes primaires

On reconnaît deux grands types de méristèmes :

- **Méristème apical** : Responsable de la croissance primaire = croissance en longueur localisés dans les bourgeons et à l'extrémité des racines
- **Méristème latéral** : responsable de la croissance secondaire = croissance en épaisseur situés à la périphérie des tiges et racines
- **Méristème caulinaire ou point végétatif**
- **méristème radulaire** : Elle parcourt plusieurs étapes pendant sa vie
 - phase de jeunesse
 - phase de maturation
 - phase de sénescence (elle se vide de son protoplasme mais grâce à la membrane pectocellulosique elle demeure en place assurant la fonction de soutien.

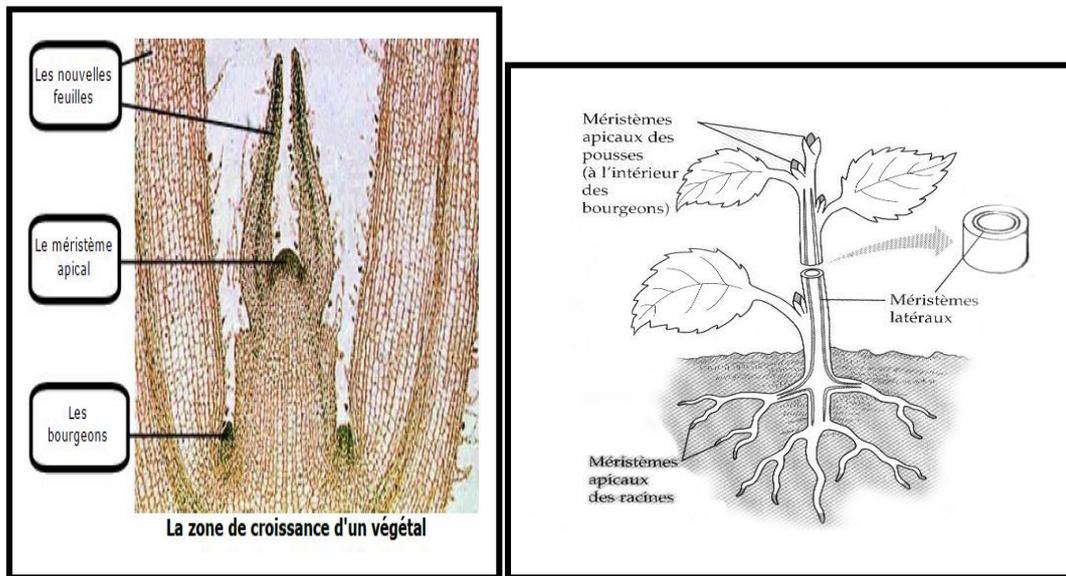


Fig N°55 : Les zones de croissance

V- 2- Deux assises génératrices :

a- assise suberophellodermique : Dans l'écorce de la racine et de la tige

b- assise libéroligneuse : Dans le cylindre central de la tige et de la racine
 Parenchymes ou tissus fondamentaux. Tissus peu différenciés issus des méristèmes

• Du point de vu fonction :

a/parenchymes chlorophylliens : Formés de cellules riches en chloroplastes assure la photosynthèse. Se situe dans les régions externes des tiges et limbe des feuilles.

b/ parenchymes de réserves : Dans les organes souterrains racines ou tiges souterraines rhizome, tubercules ; dans les graines ; et dans la moelle.

Réserves : lipides, protides et glucides.

c/ parenchymes aquifères et aérifères : Eau plantes xériques, ou grasses ; air plantes aquatiques.

d/Parenchymes avec des amyloplastes

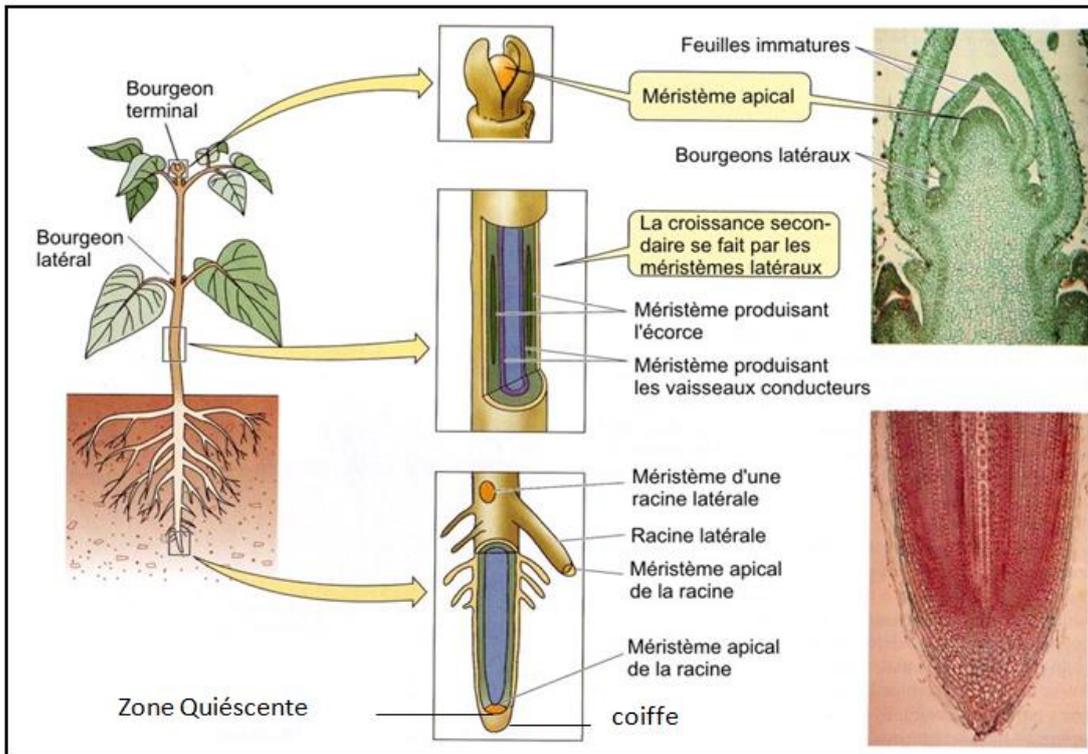
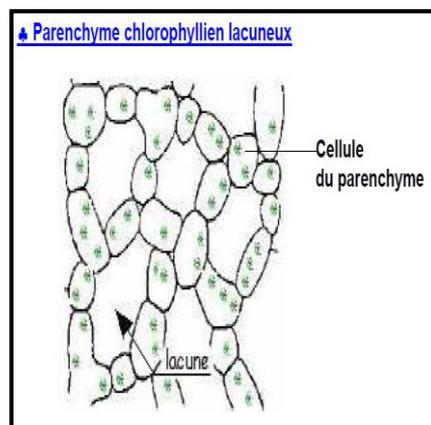
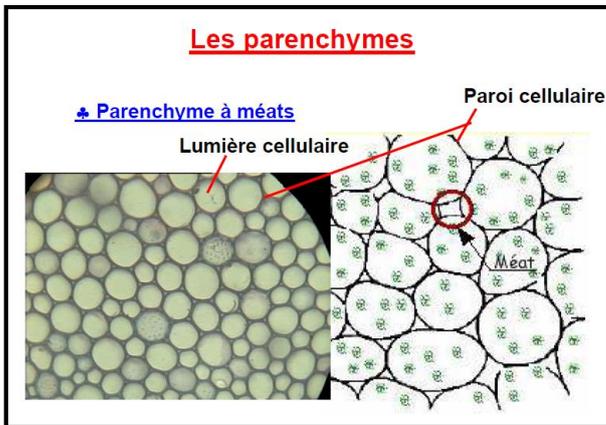
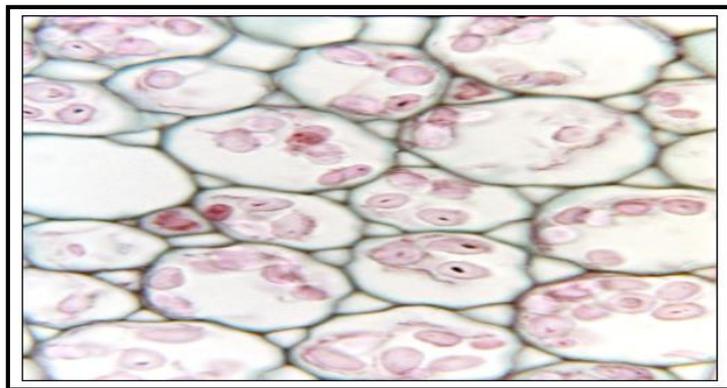


Fig N°56 : Les méristèmes



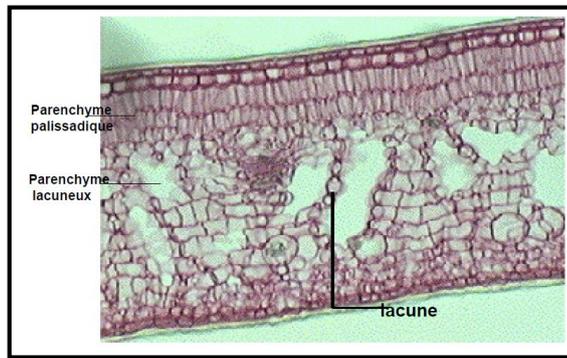
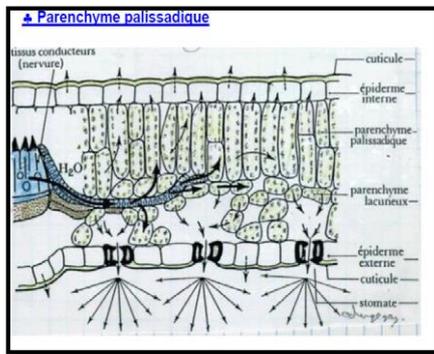


Fig N°57 : Les parenchymes

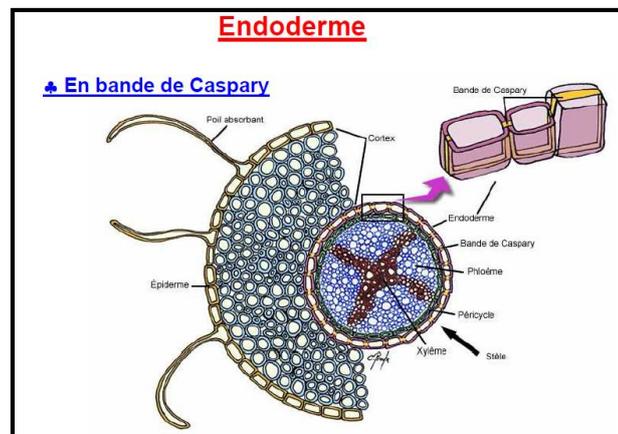
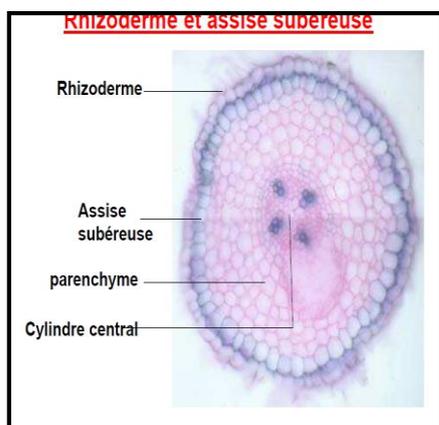
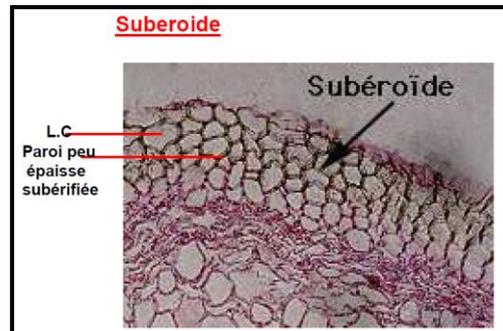
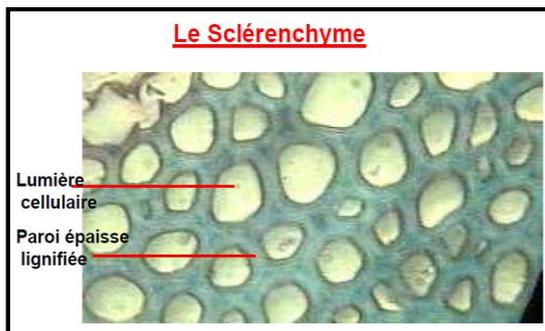
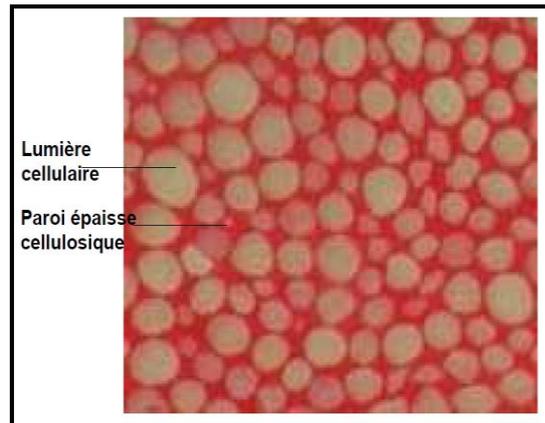
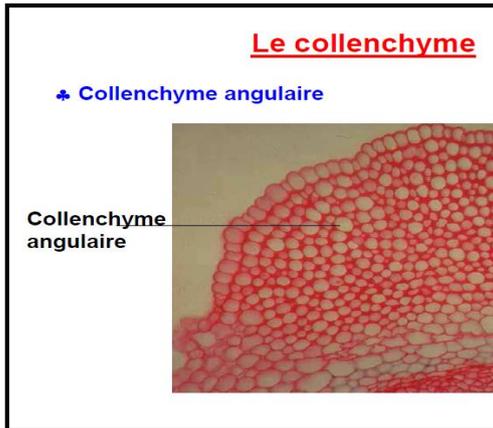


Fig N°58 : Coupe d'une racine

- Cellules peu différenciées.
- Paroi primaire mince et flexible ; pas de paroi secondaire.
- Effectuent la plupart des fonctions métaboliques (synthèse, photosynthèse).
- Peuvent accumuler des réserves (amidon sous forme d'amyloplastés généralement).
- Peuvent se transformer en d'autres types de cellules dans certaines conditions (blessure, par exemple).

IV- 3- Tissus d'une feuille

- **Du point de vue forme**

a/parenchyme palissadique

b/parenchyme à méats

c/parenchyme lacuneux

- **Les tissus parenchymateux** : Les tissus parenchymateux sont les plus volumineux au sein de la plante (tiges, racines, feuilles...). Ils peuvent être présents soit dès le début soit apparaître par la suite. Ils présentent des cellules cellulodiques qui peuvent parfois être lignifiés. On les distingue suivant leur rôle au sein de la plante.
- Le parenchyme simple a un rôle de remplissage.
- Le parenchyme chlorophyllien a un rôle d'assimilation grâce à la chlorophylle.
- Le parenchyme de réserve un rôle d'accumulation (par exemple de l'amidon).
- Le parenchyme ligneux a un rôle de soutien.
- Sont des tissus peu différenciés issus du fonctionnement des divers méristèmes
- Forme variable ; vacuole bien développé ; plastes abondants vivantes
- Parenchymes chlorophylliens
- De réserve
- Aquifère
- **Tissu de protection ou de revêtements**

A/ L'épiderme

L'épiderme est une assise continue de cellules qui recouvre les organes aériens et les protège contre la dessiccation et les agressions extérieures tout en permettant de réguler les échanges gazeux avec l'atmosphère. C'est un tissu vivant constitué d'une assise unique de cellules de revêtement jointives, de cellules stomatiques et parfois de poils.

B/les stomates

L'épiderme est interrompu au niveau des stomates. Ce sont des structures épidermiques spécialisées, souvent présentes à la face inférieure des feuilles non exposé au soleil (épiderme inférieur), et jouant un rôle indispensable dans les régulations de la transpiration de la plante, ainsi que dans les échanges gazeux. Les stomates sont formés de deux cellules de garde qui possèdent de nombreux chloroplastes et qui sont capables de faire varier l'ostiole par des mécanismes osmotiques. L'ostiole correspond à l'orifice présent entre les deux cellules stomatiques réniformes. Les cellules de garde sont plus épaisses du côté interne

qui délimite l'ostiole, et sont souvent accompagnées de cellules compagnes, dépourvues de chloroplastes, avec lesquelles elles sont intimement en contact par leur face externe.

Les stomates peuvent être comparés aux glandes sudoripares chez l'Homme.

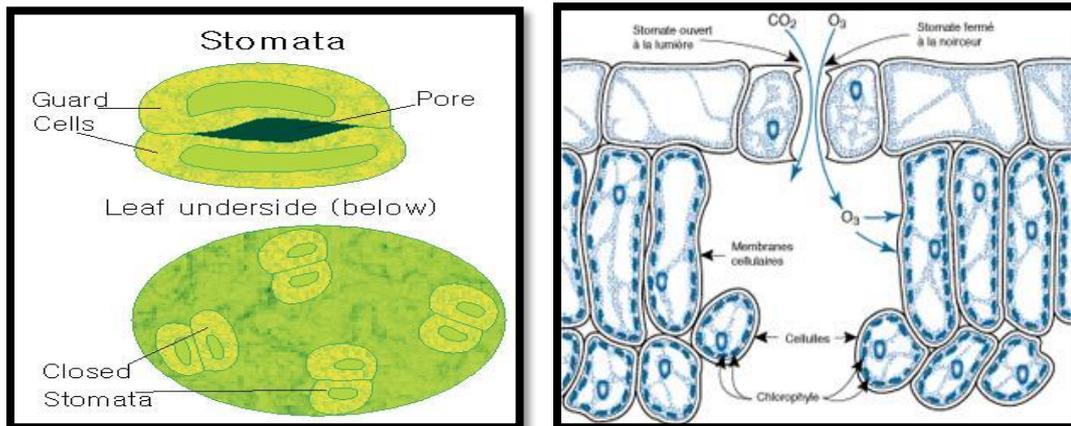


Fig N°59 : La structure des stomates

C/ L'assise pilifère

Comme dit précédemment, les cellules épidermiques peuvent être remplacées au niveau de la racine (plus particulièrement au niveau des radicelles) par l'assise pilifère, mais attention les poils sont toujours associés à l'épiderme. Cette assise est présente au niveau de jeune racine au niveau de la région absorbante. L'assise pilifère contient des cellules très perméable et indispensable à l'assimilation de l'eau et des nutriments solubles (sels). Certaines de ces cellules sont hypertrophiées et prennent de cette manière la forme d'un poil, dit poil absorbant.

- **Le suber**

Le suber (ou liège) est le deuxième tissu de remplacement des cellules épidermiques ; il peut également remplacer l'assise pilifère. En effet le suber n'est jamais présent dès le départ, mais apparait au niveau d'organe subissant une croissance en épaisseur, plus précisément au niveau du cambium subéro-phellodermique.

La formation du suber nécessite la subérification des cellules qui le constitue, ceci induisant leur mort.

- **L'endoderme**

L'endoderme est l'assise la plus profonde de l'écorce au niveau des jeunes tiges et des jeunes racines. Le classement de l'endoderme dans les tissus de revêtement est donc mal choisi, mais il a bien un rôle de protection au sein de la plante, et ceci par tri des substances assimilées par la plante.

De cette manière seules certaines d'entre elles pourront migrer jusqu'aux tissus conducteurs et être ainsi répartie dans la plante.

Les cellules de l'endoderme présentent une lignification et subérification caractéristique d'un groupe de plante : endoderme à cadre caractéristique

des dicotylédones, endoderme en fer à cheval caractéristique des monocotylédones.

Plus les plantes vieillissent plus l'endoderme va se lignifier. On observe également des épaissements subéreux en forme de cadre formant les cadres de Caspary

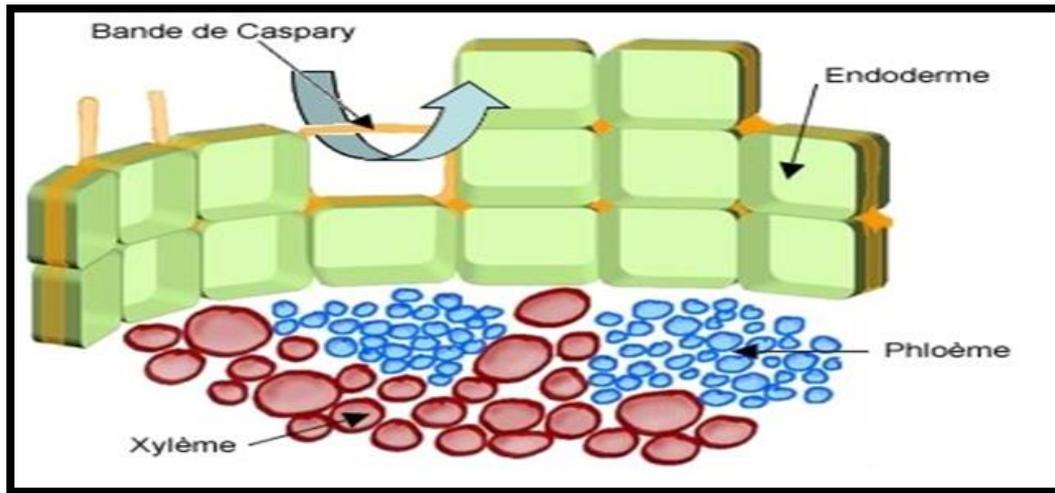


Fig N°60 : Xylème et phloème

3/Tissus conducteurs

- Les plantes terrestres doivent donc se diviser en deux :
- **Partie dans le sol** : système racinaire (racines)
- **Partie aérienne** : système caulinaire (tige, feuilles, fleurs, etc.)
- **Entre les deux** : tissus conducteurs assurent le lien :
- **Xylème** : transporte sève brute (eau et minéraux)
- **Phloème** : transporte sève élaborée (sucres et autres matières organiques) vers les parties qui ne font pas de photosynthèse
- **Xylème et phloème** : tissus complexes (formés de plusieurs sortes de cellules)

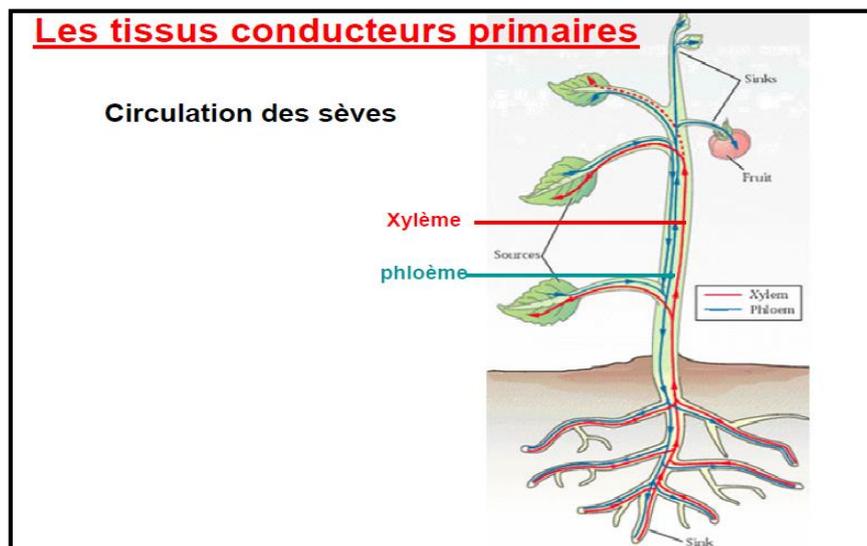


Fig N°61 : Les tissus conducteurs primaires

Cambium= assise génératrice libero-ligneuse

Le cambium est un tissu de croissance. Tissu méristématique à l'origine des tissus conducteurs secondaires.

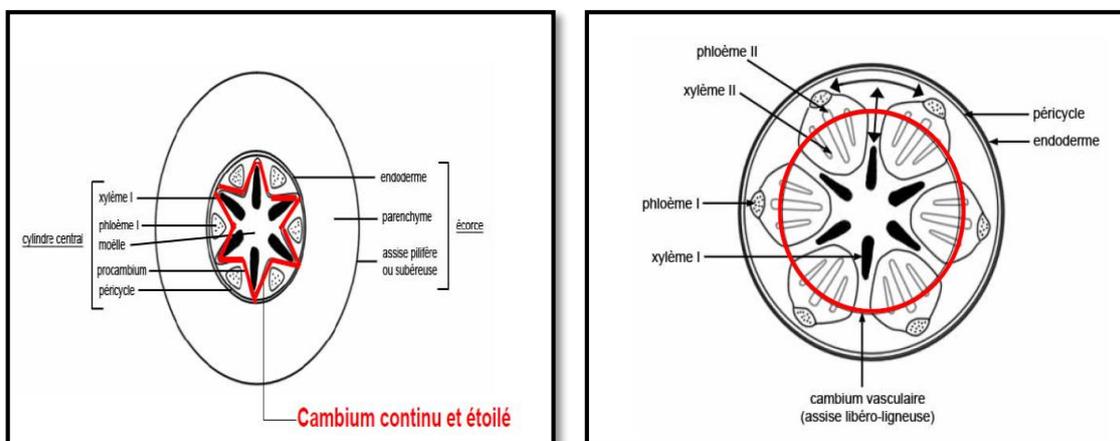
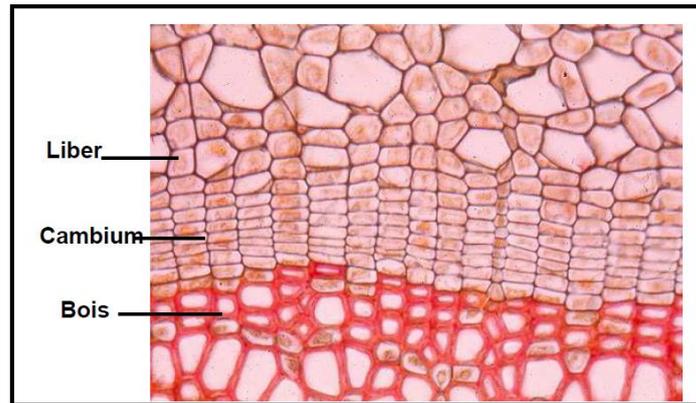


Fig N° 62 : Le cambium

- **Xylème** (du grec *xylōs* : bois), contient deux types de cellules conductrices de sève :
 - **Trachéïdes** : cellules minces et allongées.
 - **Éléments de vaisseau** : plus courts et plus gros
 - **Le xylème primaire** : les éléments du xylème groupés en amas : les faisceaux ligneux. La disposition est un caractère important, la différenciation du xylème se fait en deux étapes : le protoxylème et le métaxylème. On définit le sens de différenciation allant des éléments les plus anciens aux plus jeunes. Dans la tige : la différenciation est centrifuge.
 - Dans la racine la différenciation est centripète.
 - Pour le phloème la différenciation est toujours centripète
 - Tige et racine la symétrie est axiale
 - Xylème et phloème superposés tige centrifuge, cylindre central développé
 - Xylème et phloème alternés racine centripète, écorce plus important
- Nombre de faisceaux Supérieur ou égal à 7 monocotylédone inférieur à 7 dicotylédone.

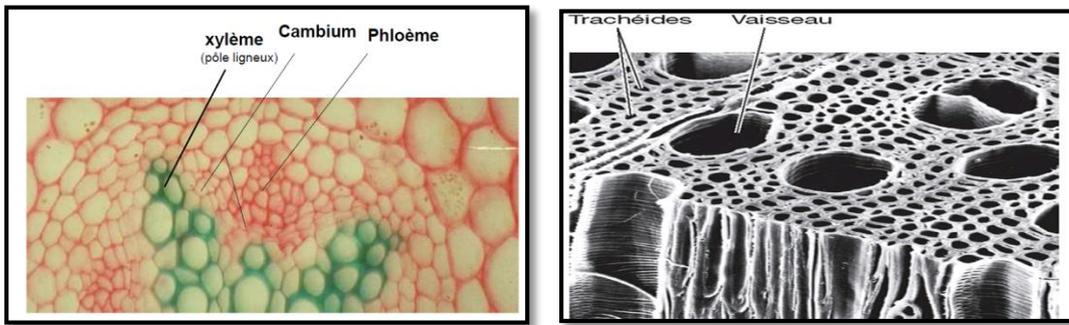


Fig N°63 : Le Xylème

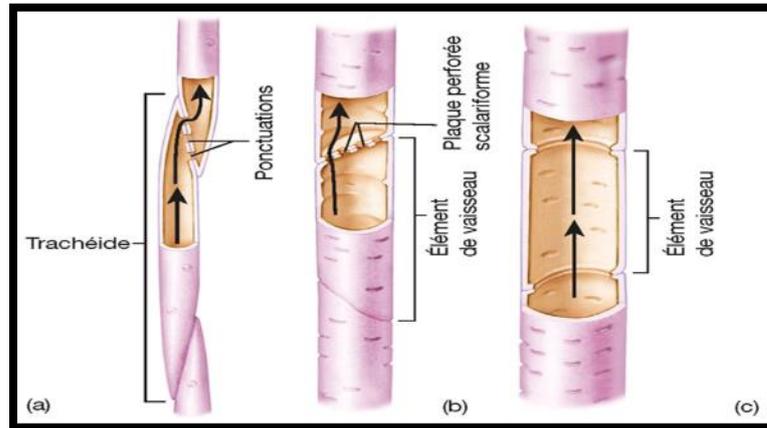


Fig N°64 : Le Phloème

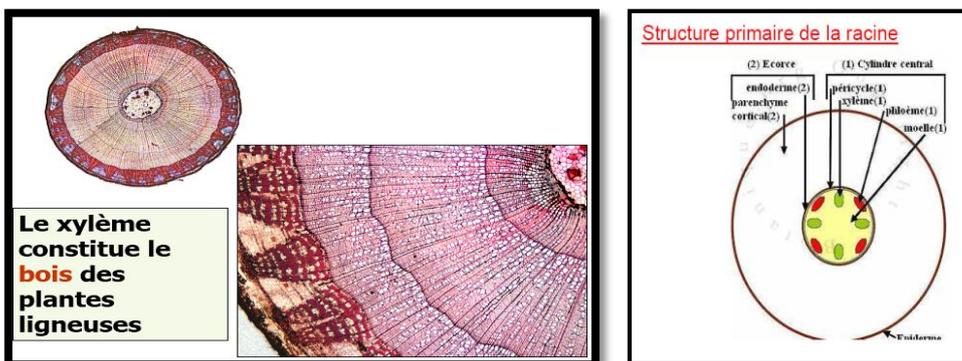


Fig N°65 : Structure primaire de la racine

- **Tissu secondaire**
 - Sur une coupe transversale d'un tronc d'arbre
 - Une région centrale durement ou cœur
 - Une région périphérique aubier
 - Une série de couches concentriques / les cernes et des rayons
 - Bois initial et bois final
- **Tissus de soutiens**
 - Ils peuvent être pectocellulosiques (roses) comme le collenchyme, ou ligneux (=verts) comme le sclérenchyme à parois épaisses,
 - Les tissus de soutien assurent souplesse et rigidité aux organes de la plante.
 - Le collenchyme se forme dans les organes jeunes tandis que le sclérenchyme se rencontre dans les organes dont l'allongement est achevé.

- **Le collenchyme**

Le collenchyme se forme dans les organes jeunes en croissance, aériens essentiellement. C'est un tissu vivant dont les parois sont épaissies par un dépôt de cellulose, ce qui confère à la plante une grande résistance à la flexion et à la traction, une élasticité et une certaine souplesse.

Il est généralement situé en anneaux ou en îlots sous l'épiderme des tiges et des pétioles, ou encore accolé à des vaisseaux conducteurs dans les pétioles ou les limbes des feuilles.

- **Le collenchyme : annulaire** : épaississement uniforme de la paroi angulaire et tangentiel selon la forme de l'épaississement dans les cellules tissu vivant souplesse et élasticité. Le sclérenchyme est un tissu mort rigide

- **Tissus sécréteurs**

Synthèse de certaines substances : essences, résines, le latex. La substance sécrétée reste à l'intérieur de la cellule. Elle quitte la cellule et s'accumule dans les méats. Sécrétion et excrétion. Cellules sécrétrices des parenchymes

- Le tanin produit imputrescible. Cellule épidermiques essences volatiles
- Les poches comme l'oranger citronnier et canaux sécréteurs chez les conifères. Les laticifères

- **Le sclérenchyme**

Le sclérenchyme est le tissu de soutien des organes dont l'allongement est achevé. C'est un tissu constitué de cellules mortes dont les parois sont épaissies par un dépôt de lignine qui confère dureté et rigidité à la plante.

V- 4- Tissus d'une tige

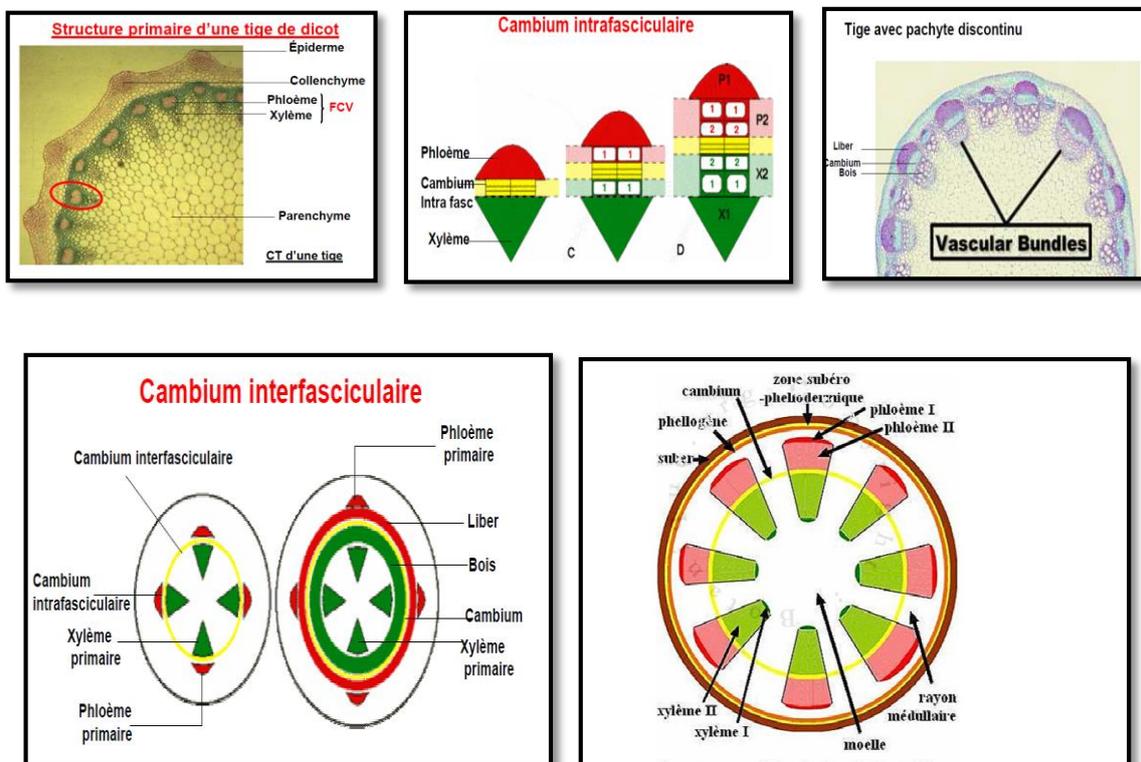


Fig N°66 : Structure primaire de la tige

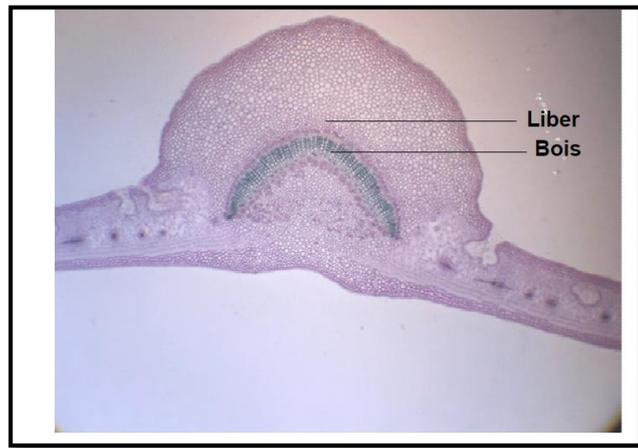
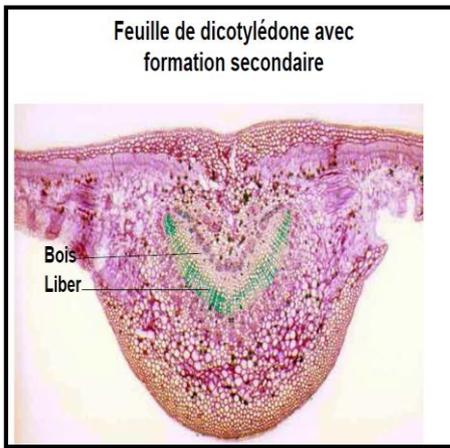


Fig N°67 : Feuille de dicotylédone avec formation secondaire

• **Organisation**

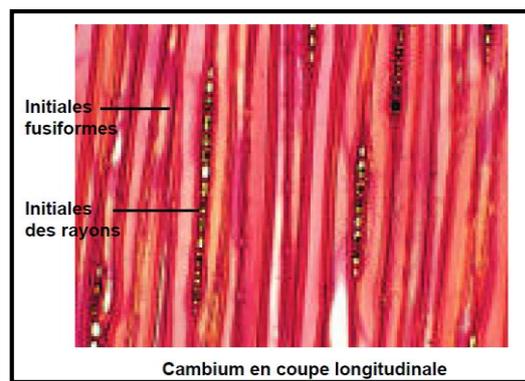
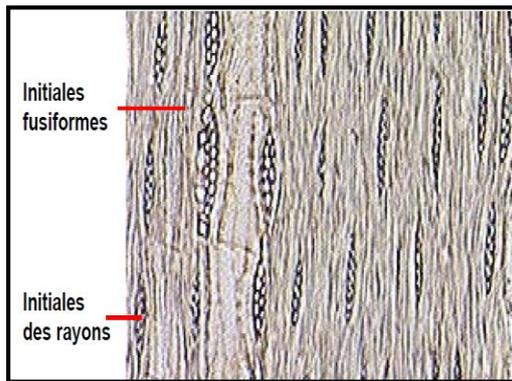


Fig N°68 : Cambium en coupe longitudinale

• **Fonctionnement**

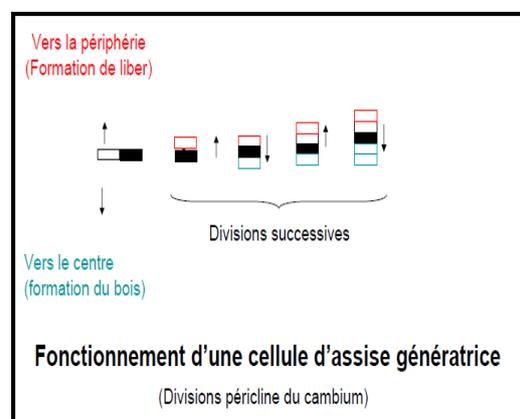
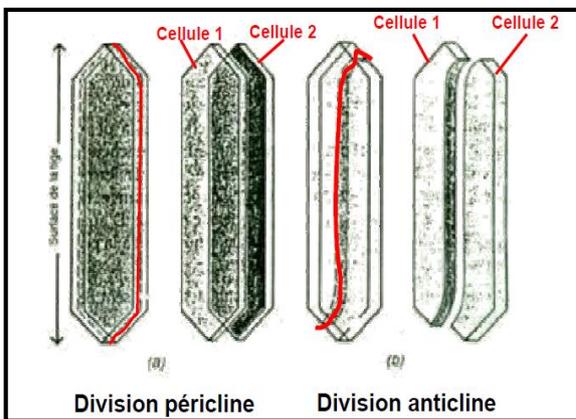


Fig N°69 : Fonctionnement d'une cellule d'assise génératrice

Tissus formés par le cambium :

- 1- Bois ou xylème secondaire
- 2- Liber ou phloème secondaire

Le bois : C'est l'appareil conducteur de la sève brute.

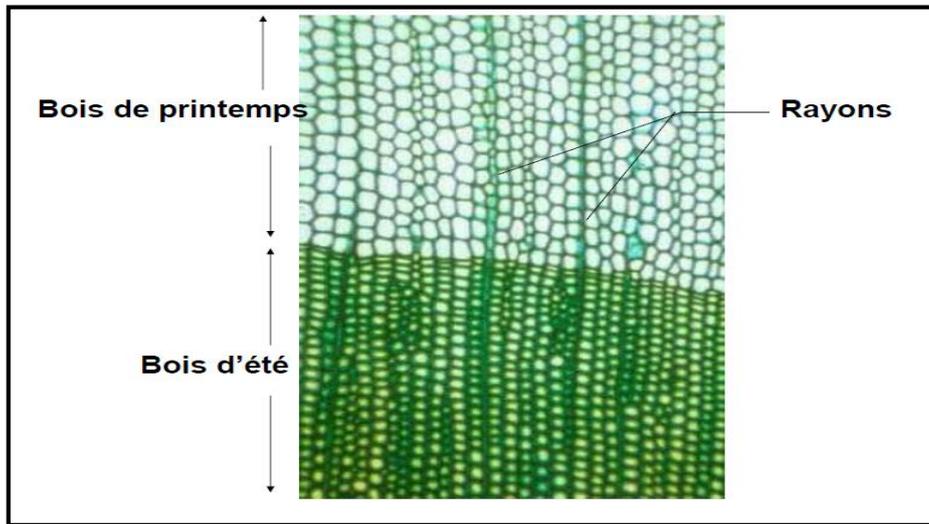
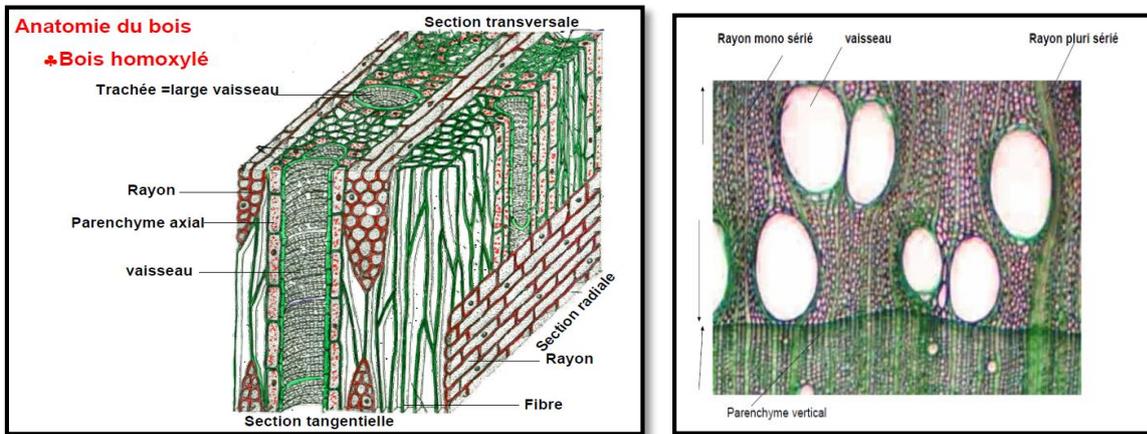


Fig N°70 : Anatomie du bois

- **Les cernes**

Les cernes sont des anneaux d'accroissement ligneux qui s'accumulent chaque année sur les troncs d'arbres.

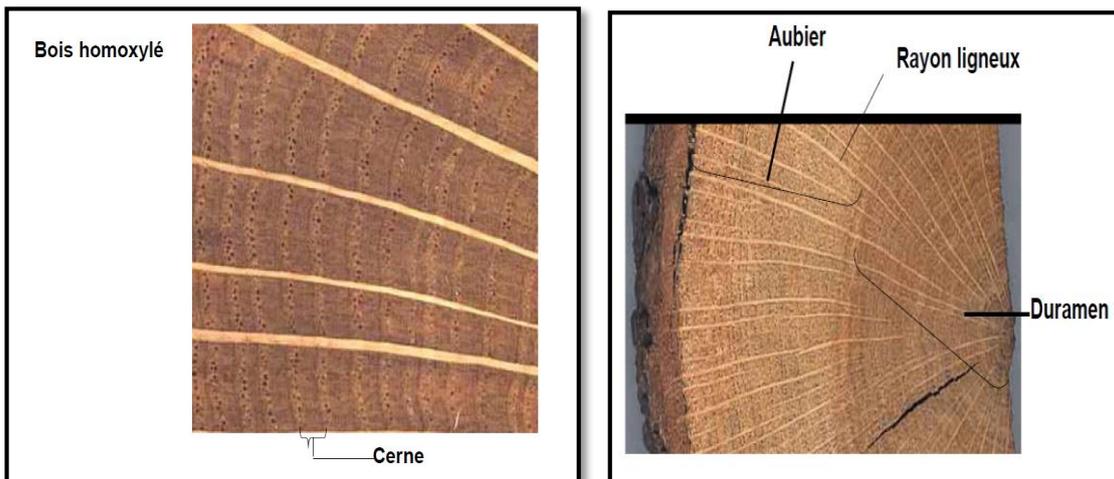


Fig N°71 : Les cernes du bois homoxylé

- **Le liber** : C'est l'appareil conducteur de la sève élaborée.

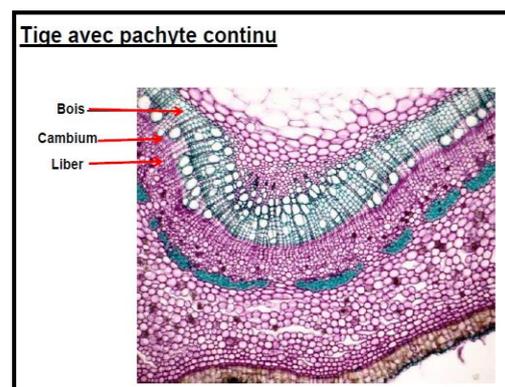
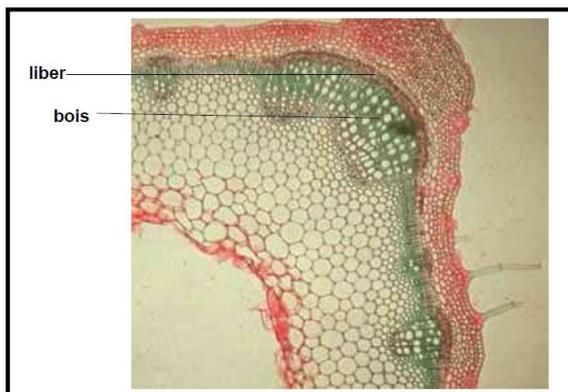
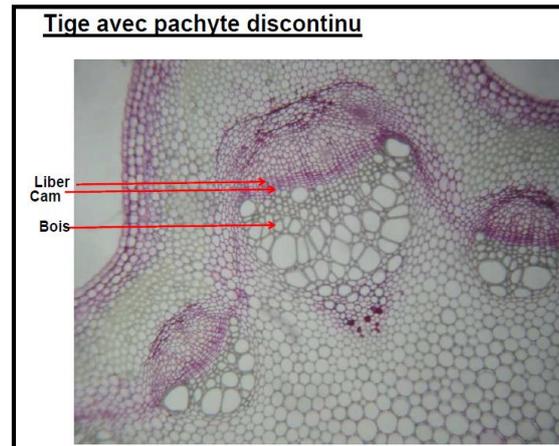
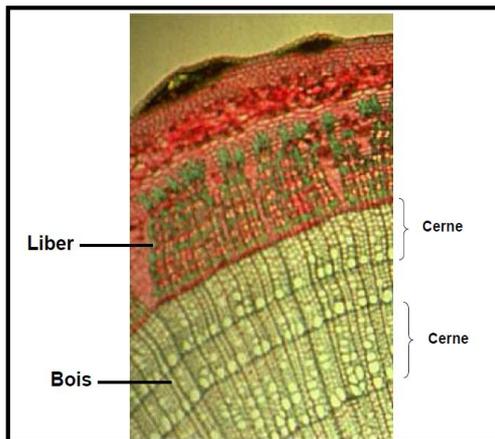
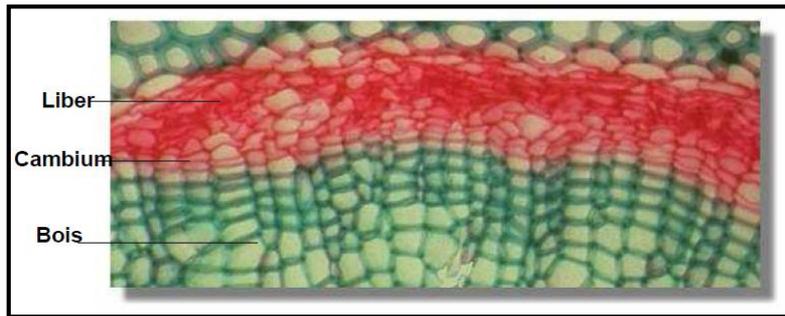


Fig N°72 : Le liber

- **Les rayons libero-ligneux**

Les rayons ont un rôle de réserve des produits de la photosynthèse. Ils favorisent aussi les liens et les échanges transversaux entre le bois et le liber ce qui donne à l'arbre une certaine élasticité et le rend plus résistant aux différentes causes de déformations (vent, neige...).



Fig N°74 : les rayons

- **Phellogène ou Assise subéro-phellodermique**

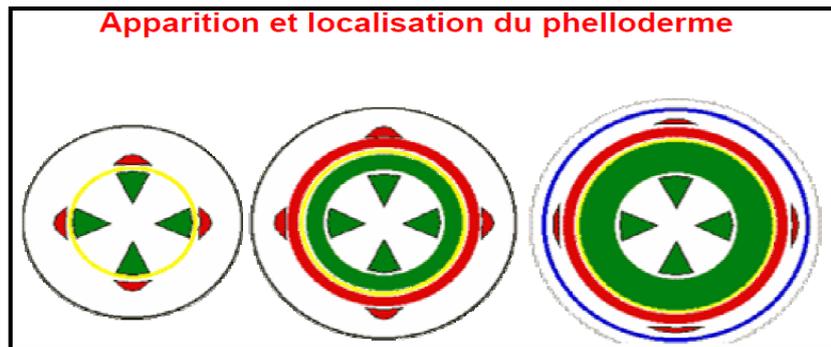


Fig N°75 : Apparition et localisation du phelloderme

- **Tissus formés par le phellogène**

- Suber ou liège –Phelloderme Liège ou suber**

Le liège est formé de cellules mortes, jointives, aplaties radialement, subérifiées et imperméables à l'air et à l'eau. Le liège assure la protection de la plante contre le froid, la sécheresse et l'attaque des parasites. Pour la respiration des tissus sous-jacents, il se forme des lenticelles qui sont des zones de liège à cellules dissociées.

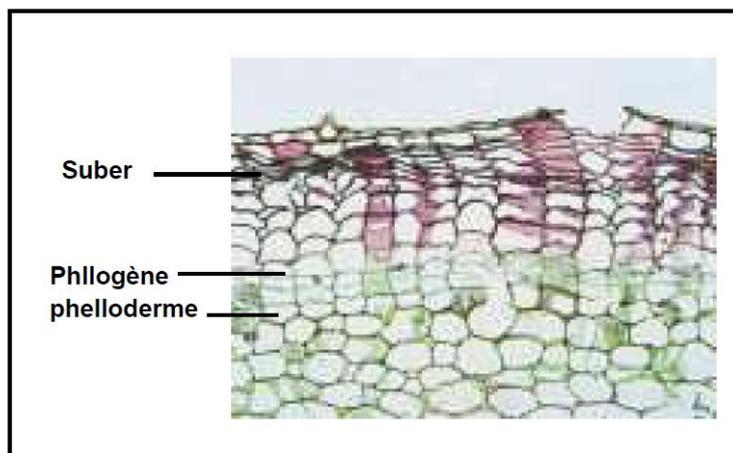


Fig N°76 : Phellogène et phelloderme

- **Phelloderme ou Parenchyme secondaire**

Il est souvent peu développé. Il peut être chlorophyllien ou de réserve. Chez les Euphorbes succulentes, il joue le rôle de parenchyme aquifère.

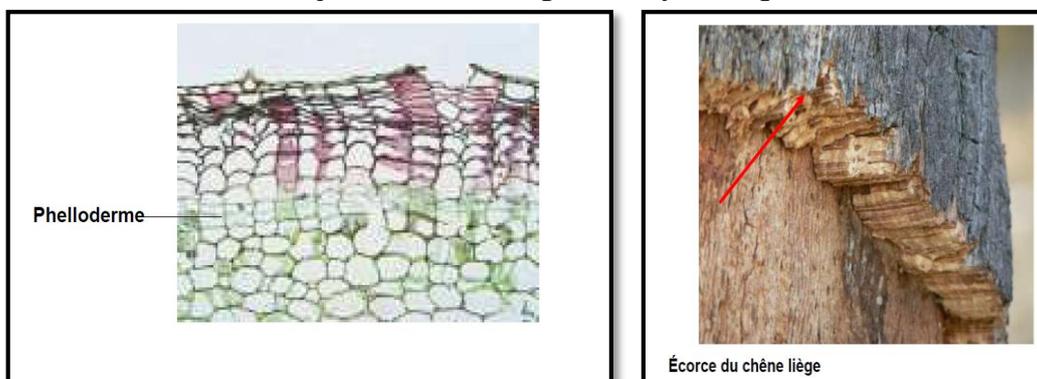


Fig N°77 : Écorce du chêne liège

V-5- Tissus d'une racine

- Structure primaire de la racine

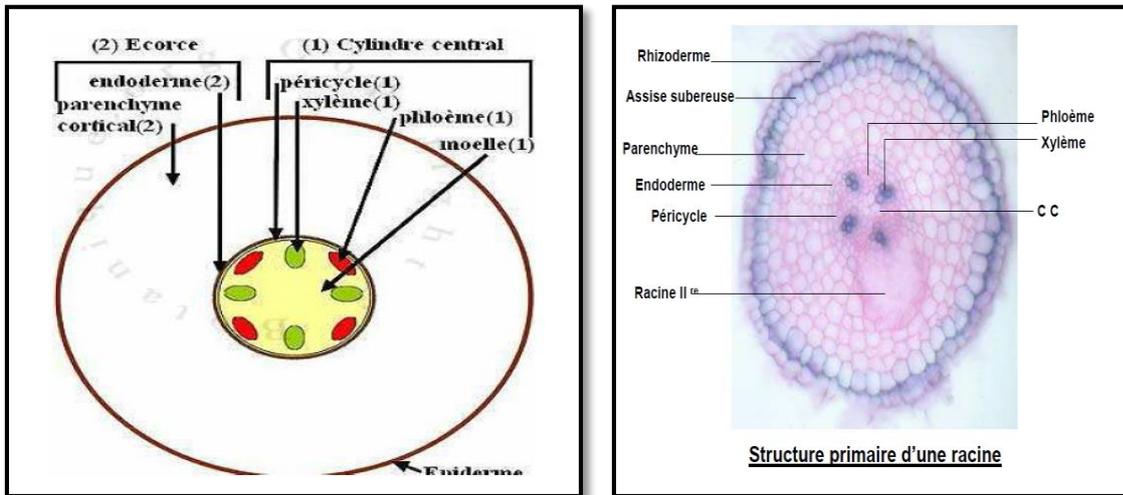
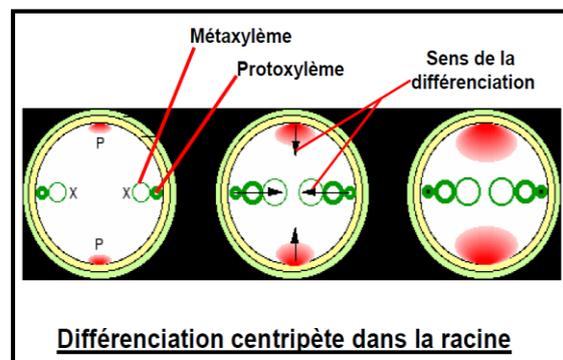
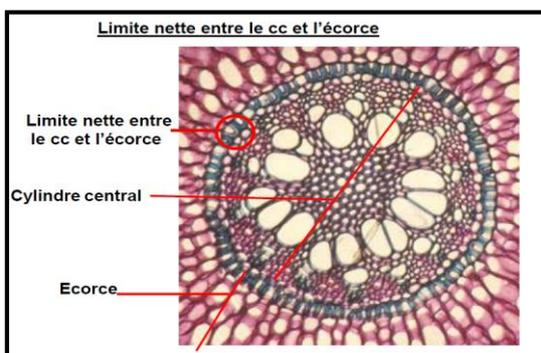
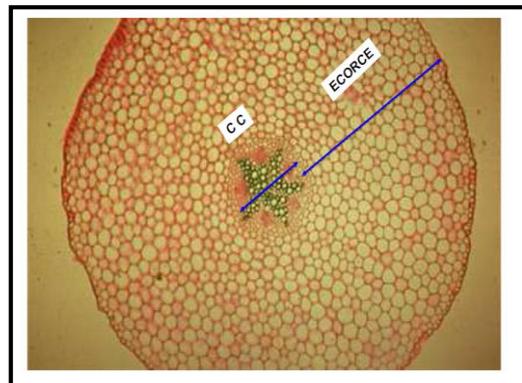
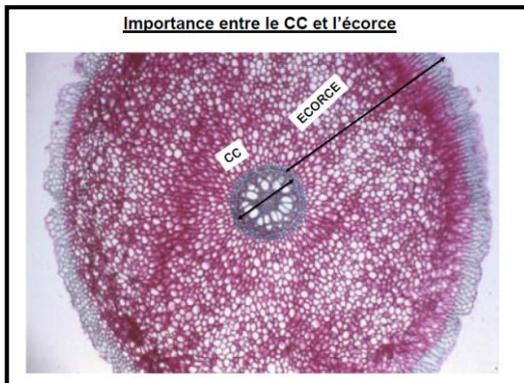


Fig N°78 : Structure primaire d'une racine

- Caractères communs aux spermatophytes

- * Symétrie axiale. Rhizoderme présent. Ecorce généralement non chlorophyllienne et plus développée que le cylindre central.
- * Endoderme net. Péricycle présent. Xylème et phloème sont alternes et disposés sur un seul cercle. Xylème et phloème à différenciation centripète.
- * Ramification endogène.



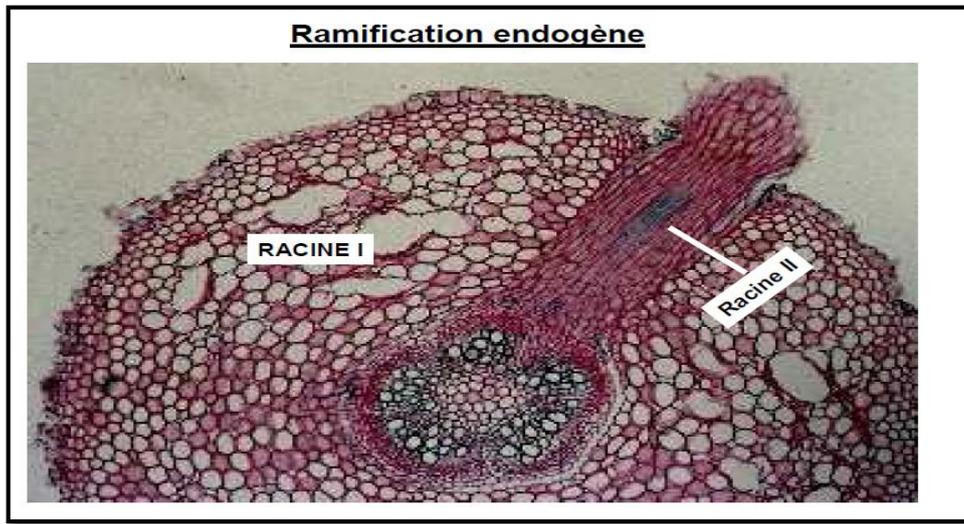


Fig N°79 : L'écorce et ramification endogène d'une racine

- **Caractères propres aux gymnospermes et dicotylédones**

Assise subéreuse selon le niveau. Endoderme en bande de Caspary. Péricycle pluristratifié chez les gymnospermes et unistratifié chez les dicotylédones. Le nombre de faisceaux de xylème ou de phloème est de 2 ou 3 chez les gymnospermes et de 2 à 5 parfois jusqu'à 8 chez les dicotylédones.

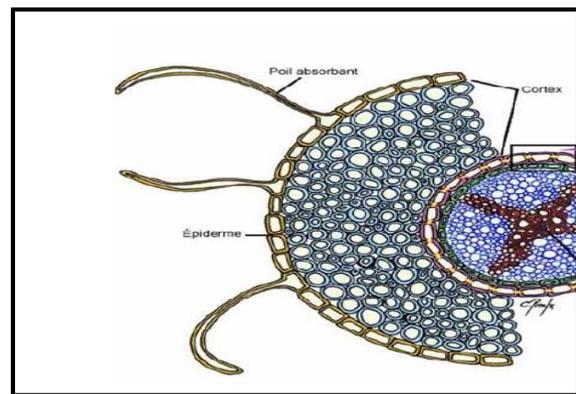
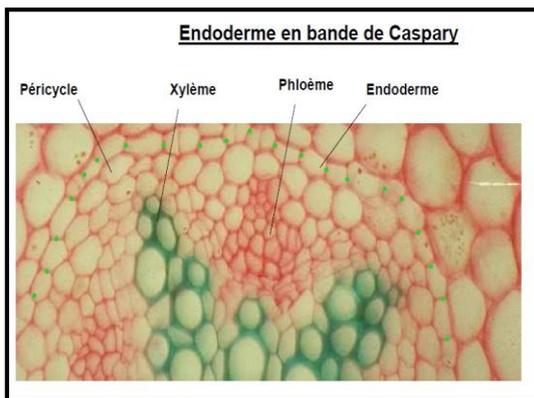


Fig N°80 : L'endoderme en bande de caspary d'une racine

- **Caractères propres aux monocotylédones**

Subéroïde selon le niveau. Endoderme en fer à cheval ou en O avec des cellules de passage. Péricycle plus ou moins sclérifié avec l'âge. Souvent plus de 8 faisceaux de phloème ou de xylème.

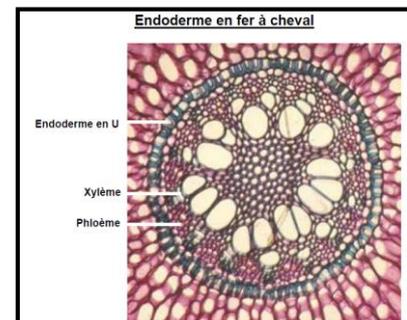
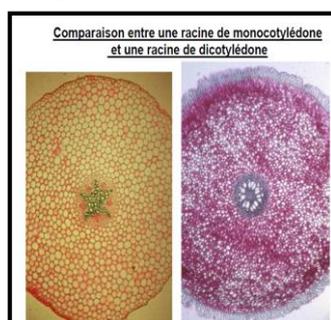
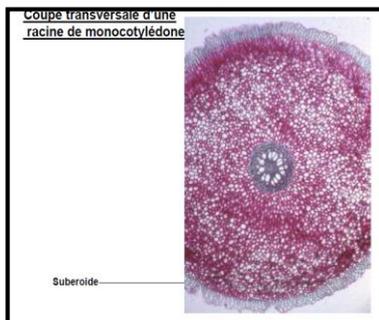


Fig N°81 : Coupe transversale d'une racine de monocotylédone

- **Structure primaire de la tige**

- * **Caractères communs aux spermaphytes**

Symétrie axiale. Epiderme présent. Ecorce plus au moins chlorophyllienne et réduite par rapport au cylindre central. Endoderme absent ou très peu différencié. Phloème et xylème superposés en faisceaux criblo-vasculaire. Xylème centrifuge. Phloème centripète. Moelle développée. Ramification exogène.

- * **Importance cylindre central-écorce**

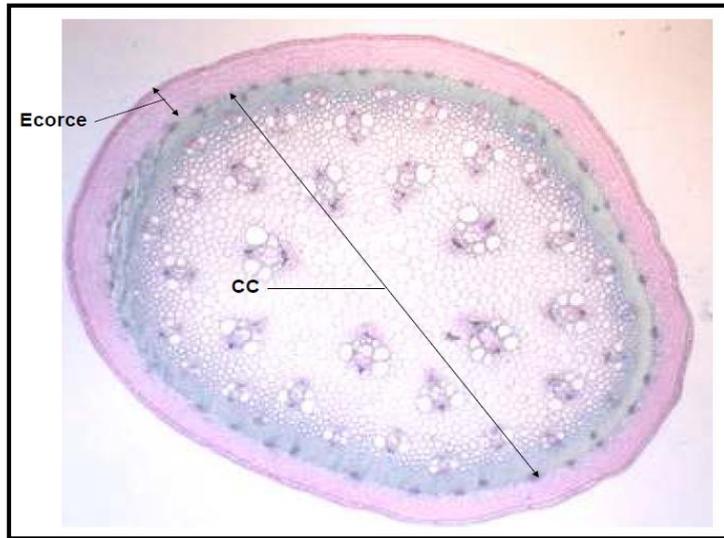


Fig N°82 : Cylindre central

- * **Présence de l'épiderme et des faisceaux criblo-vasculaire**

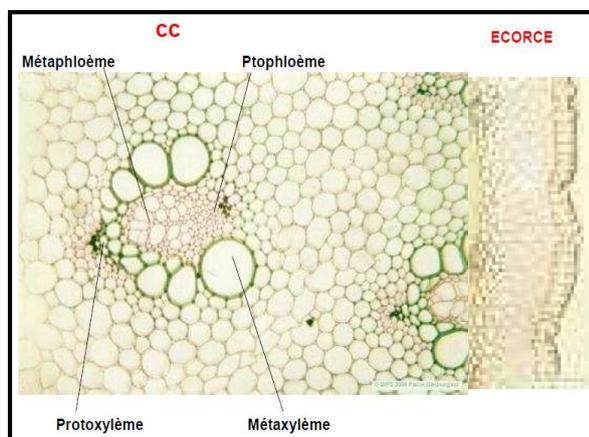
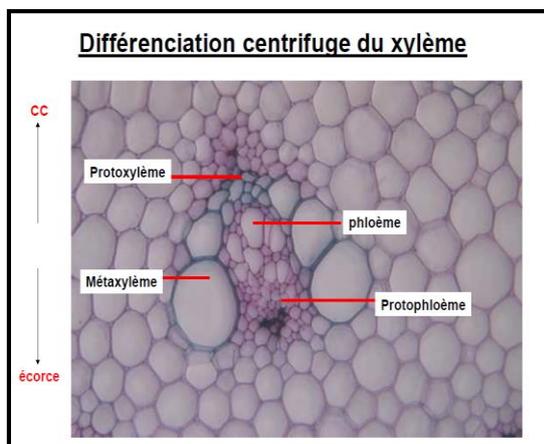
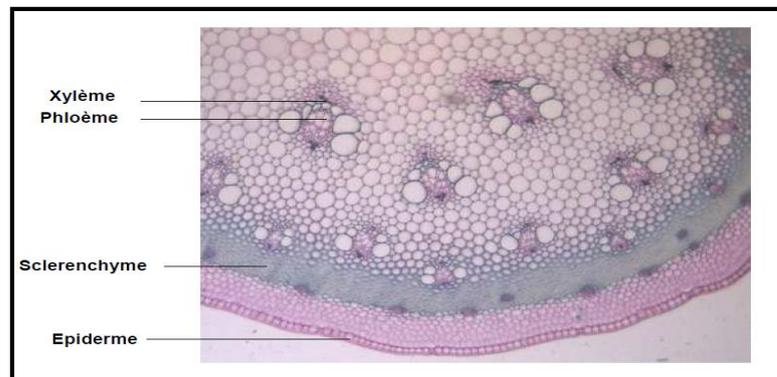


Fig N°83 : Faisceaux criblo-vasculaire

*** Caractères propres aux gymnospermes et Dicotylédones**

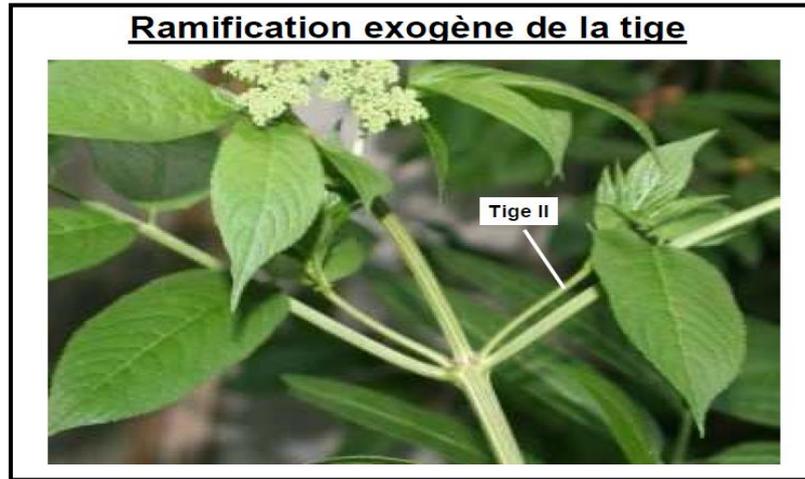


Fig N°84 : Ramification exogène de la tige

Faisceaux souvent nombreux et plus au moins serrés, généralement disposés sur un seul cycle. Une ébauche cambiale séparant le phloème du xylème existe dans chaque faisceau.

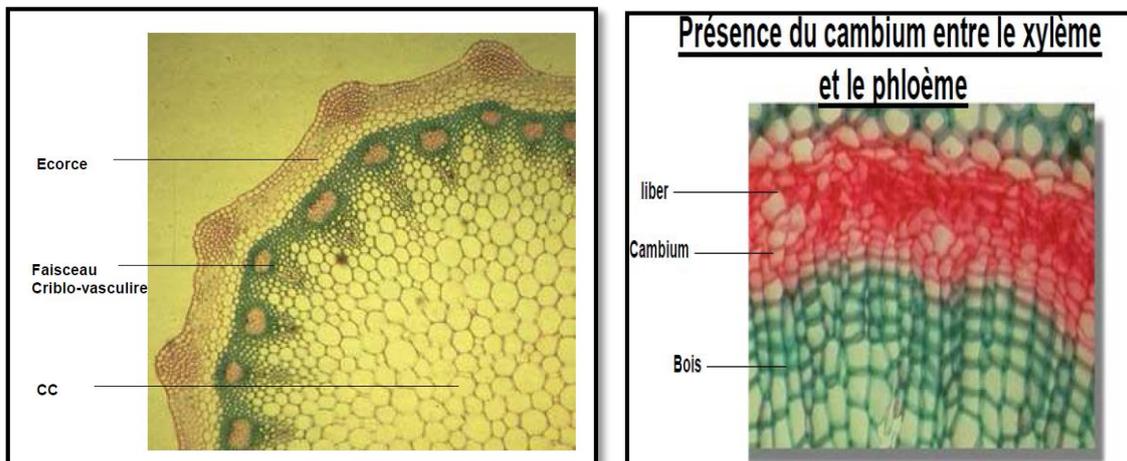


Fig N°85 : Coupe histologique de la tige

*** Caractères propres aux monocotylédones**

Faisceaux généralement disposés sur plusieurs cercles. A l'extérieur, les faisceaux sont plus petits et plus nombreux. Pas d'ébauche cambiale séparant le phloème du xylème. Généralement le sclérenchyme en anneau continu vers l'extérieur du cylindre central et en zone péri-fasciculaire



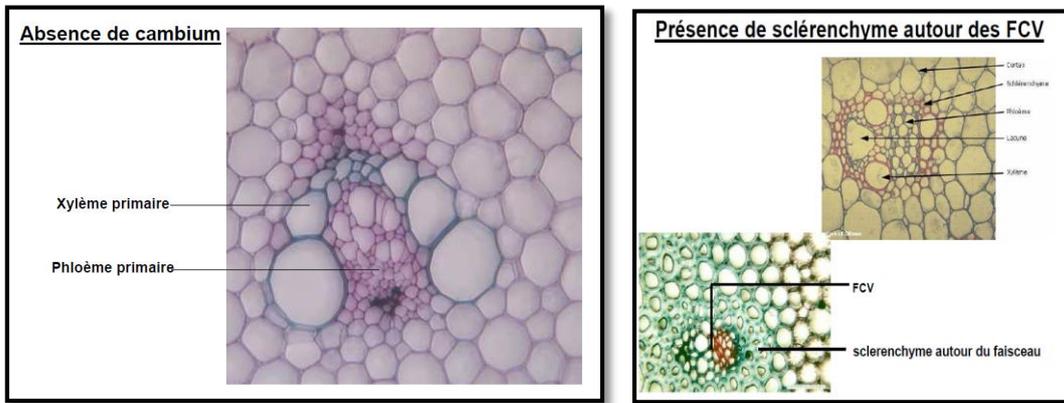


Fig N°86 : Les Caractères propres aux monocotylédones

*** Comparaison entre une tige de monocotylédone et une tige de dicotylédone**

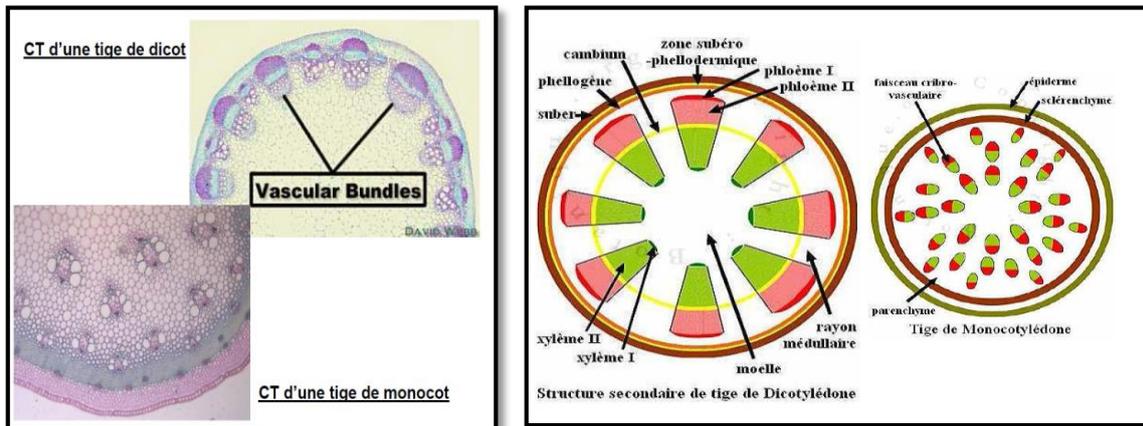


Fig N°87 : Comparaison entre une tige de monocotylédone et une tige de dicotylédone

*** Comparaison entre une tige et une racine**

Racine	Tige
Le cylindre central est plus petit que l'écorce.	Le cylindre central est plus grand que l'écorce.
Le xylème primaire centripète.	Le xylème primaire centrifuge.
Le xylème alterne avec le phloème.	Le xylème superposé au phloème.
La limite est nette entre l'écorce et le cylindre central.	La limite entre l'écorce et le cylindre central n'est pas toujours nette.

- **Structure primaire de la feuille**

- * **Caractères communs aux angiospermes**

Croissance limitée. Symétrie bilatérale. Dorsiventralité. Epiderme supérieur et inférieur présents. Xylème vers la face ventrale (supérieur) et le phloème vers la face dorsale (inférieure). Limbe à mésophylle parenchymateux chlorophyllien.

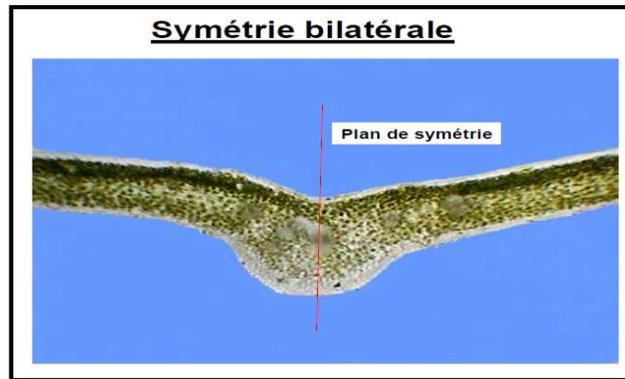


Fig N°88 : Symétrie bilatérale

- * **Caractères propres aux dicotylédones**

L'épiderme supérieur (ventral) avec cuticule plus ou moins épaisse et sans stomates alors que l'épiderme inférieur (dorsal) est stomatifère. La nervation réticulée. Le mésophylle hétérogène : Le parenchyme palissadique situé sous l'épiderme supérieur est formé par des cellules allongées perpendiculairement à l'épiderme et très riches en chlorophylle, Le parenchyme lacuneux situé entre le parenchyme palissadique et l'épiderme inférieur peu riche en chlorophylle.

Au niveau des stomates, les lacunes forment les chambres sous stomatiques. Le tissu bulliforme est absent. Les tissus conducteurs primaires des feuilles disparaissent très tôt et sont remplacés par des tissus conducteurs secondaires.

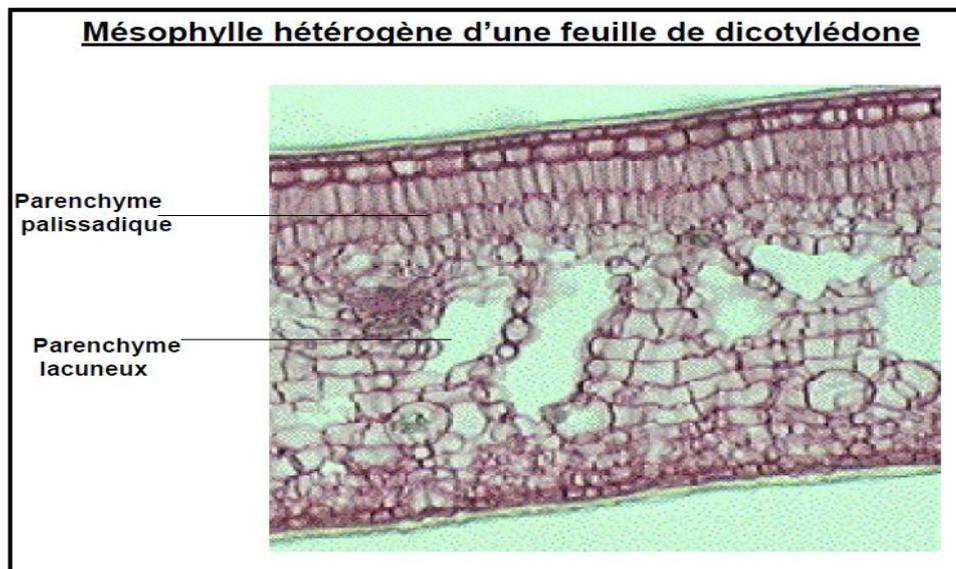


Fig N°89 : Mésophylle hétérogène d'une feuille de dicotylédone

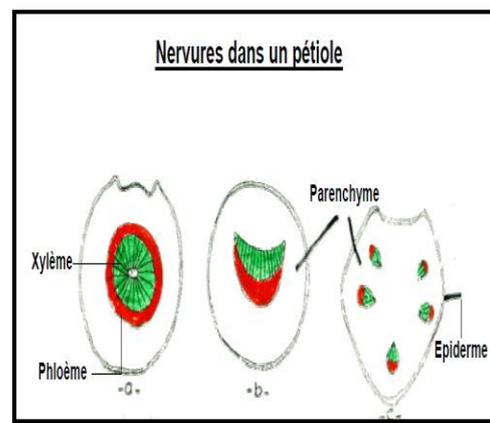
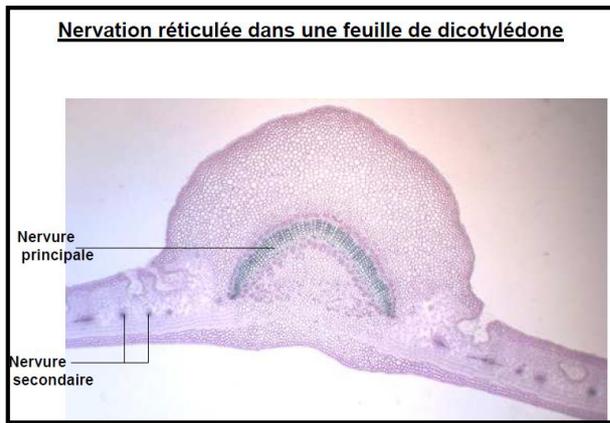


Fig N°90 : Nervation réticulée dans une feuille de dicotylédone

• **Caractères propres aux Monocotylédones**

l'épiderme supérieur et l'épiderme inférieur portent des stomates. Le mésophylle homogène. La nervation parallèle. Les tissus conducteurs sont formés par le xylème primaire et le phloème primaire. Le tissu bulliforme est fréquent.

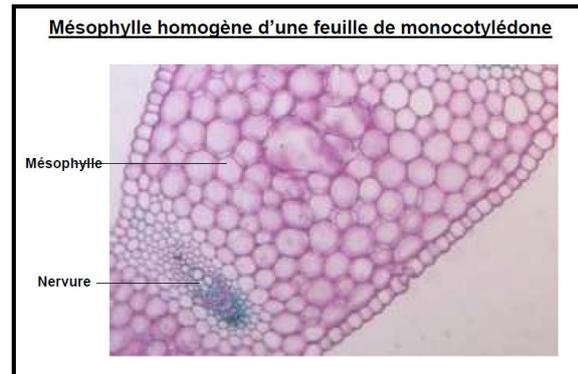
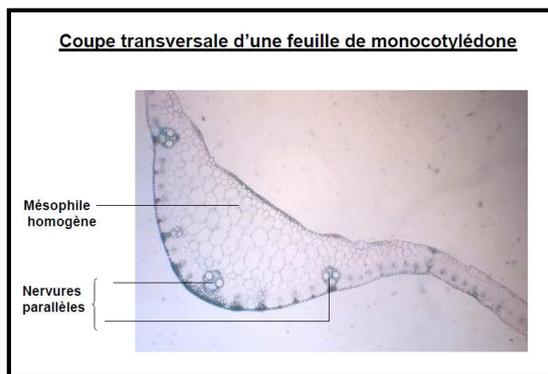
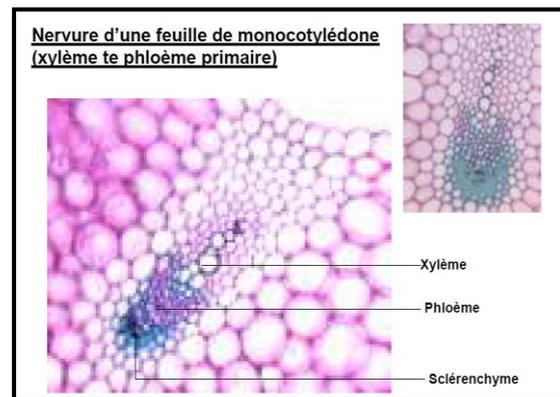
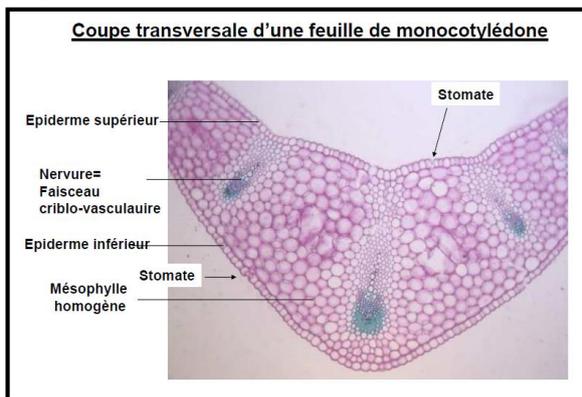


Fig N°91 : Coupe transversale d'une feuille de monocotylédone

• **Caractères propres aux gymnospermes**

Feuilles en aiguilles. L'épiderme cutinisé plus hypoderme. Le mésophylle homogène, avec deux canaux résinifères. Les stomates sont profondément

enfouis dans le mésophylle. Deux faisceaux criblo-vasculaires entourés par un tissu de transfusion autour duquel existe une gaine protectrice qui le sépare du mésophylle.

VI- La gamétogenèse

- **Formation des gamètes**

Gamète = cellule haploïde assurant la reproduction sexuée

Gamétocyste = cellule dont laquelle se forment les gamètes

Gamétophyte = phase haploïde du cycle des végétaux

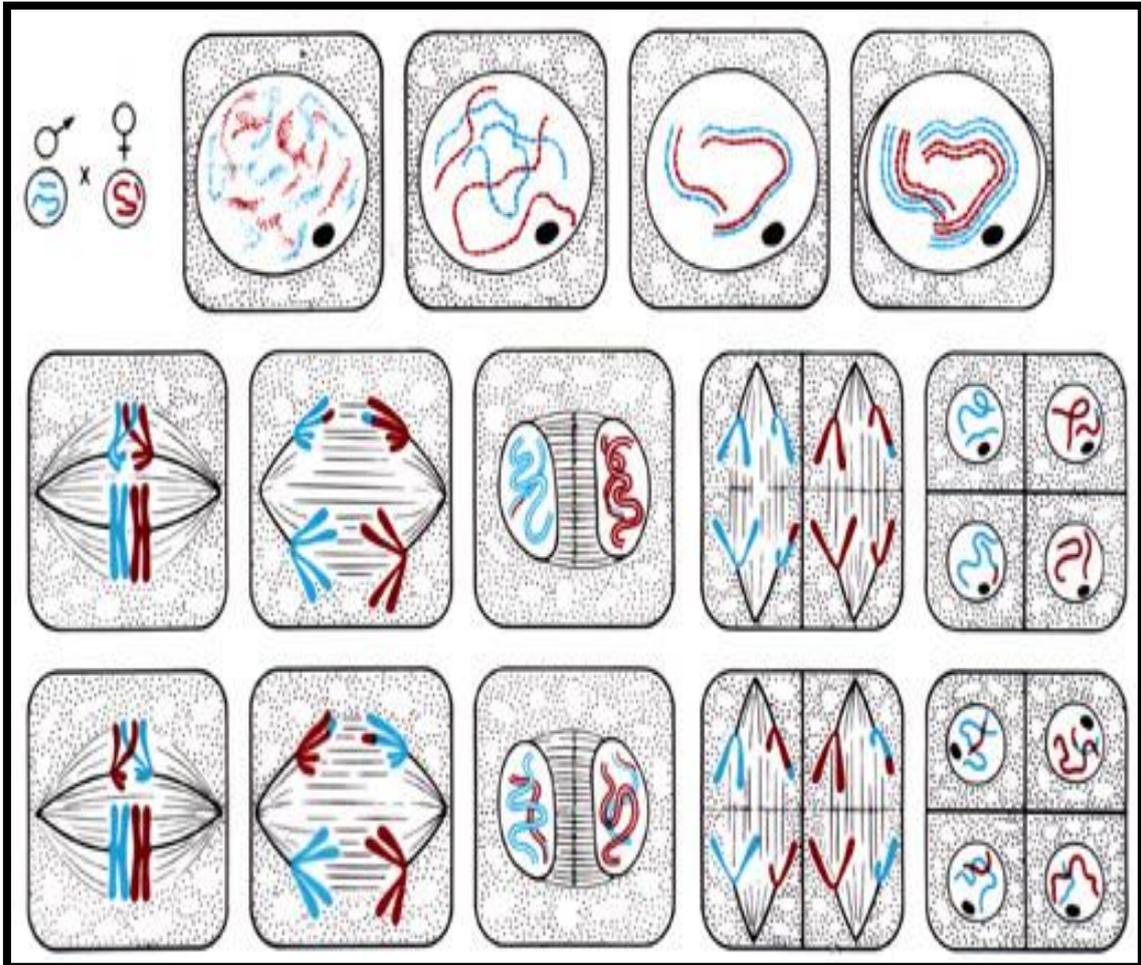


Fig N°92 : Formation des gamètes

Une cellule **haploïde** est une cellule qui ne comporte qu'un seul exemplaire de chaque chromosome. Une cellule diploïde est une cellule qui comporte deux représentants homologues de chaque chromosome.

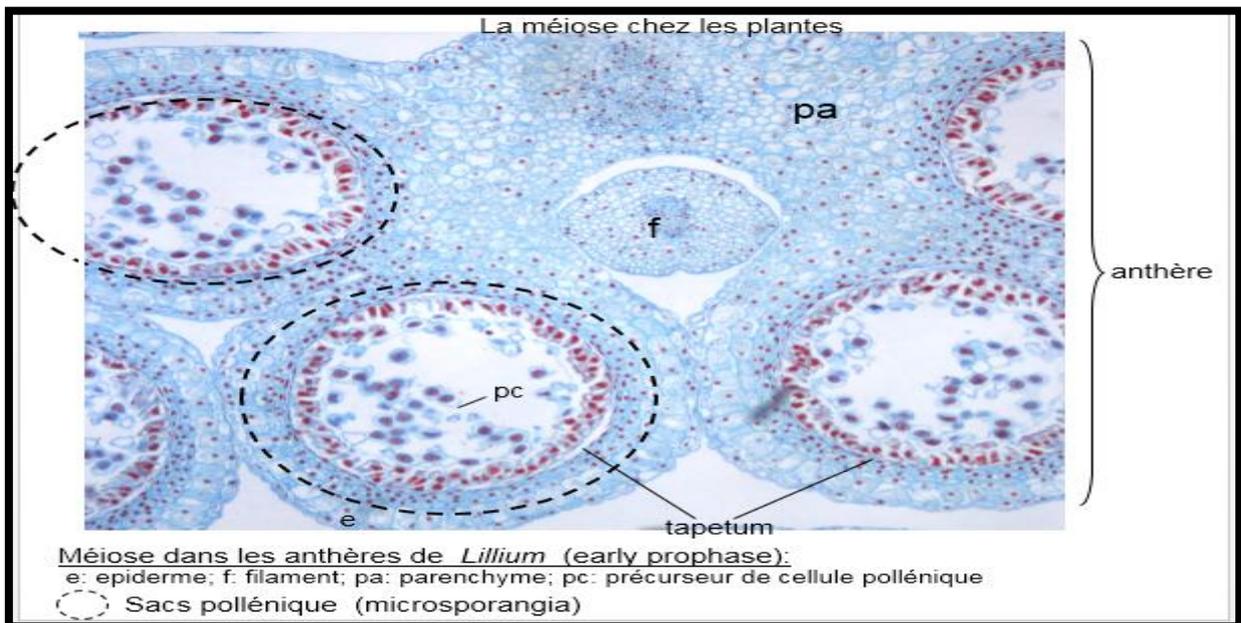
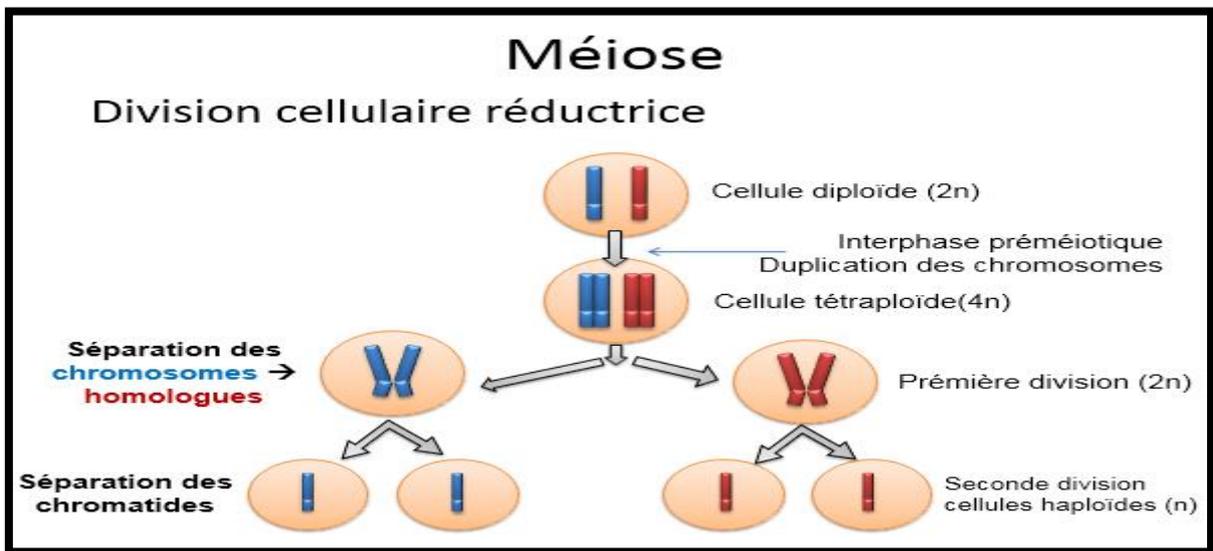


Fig N°93 : La méiose chez les plantes

VI- 1- Etamines et pollen

- L'étamine est formée d'un filet surmonté d'une masse allongée l'anthère, divisée en deux loges qui se déchirent à maturité pour laisser échapper le pollen constitué de grains très fins (1/100 de mm de diamètre) masse protoplasmique à 2 noyaux entourés d'une membrane cellulosique percée de pores en certains points.
- Dans les sacs polliniques sont des grains de pollens.
- À la périphérie une ou plusieurs assises de cellules à protoplasme riche en matières nutritives les cellules nourricières au centre un amas de grandes cellules polyédriques les cellules mères des grains de pollens
- Dans le connectif on reconnaît un faisceau libero ligneux noyé dans un tissu parenchymateux. De chaque côté se trouve les sacs polliniques, qui sont limités à l'extérieur par une assise mécanique et un épiderme simple recouvre l'anthère

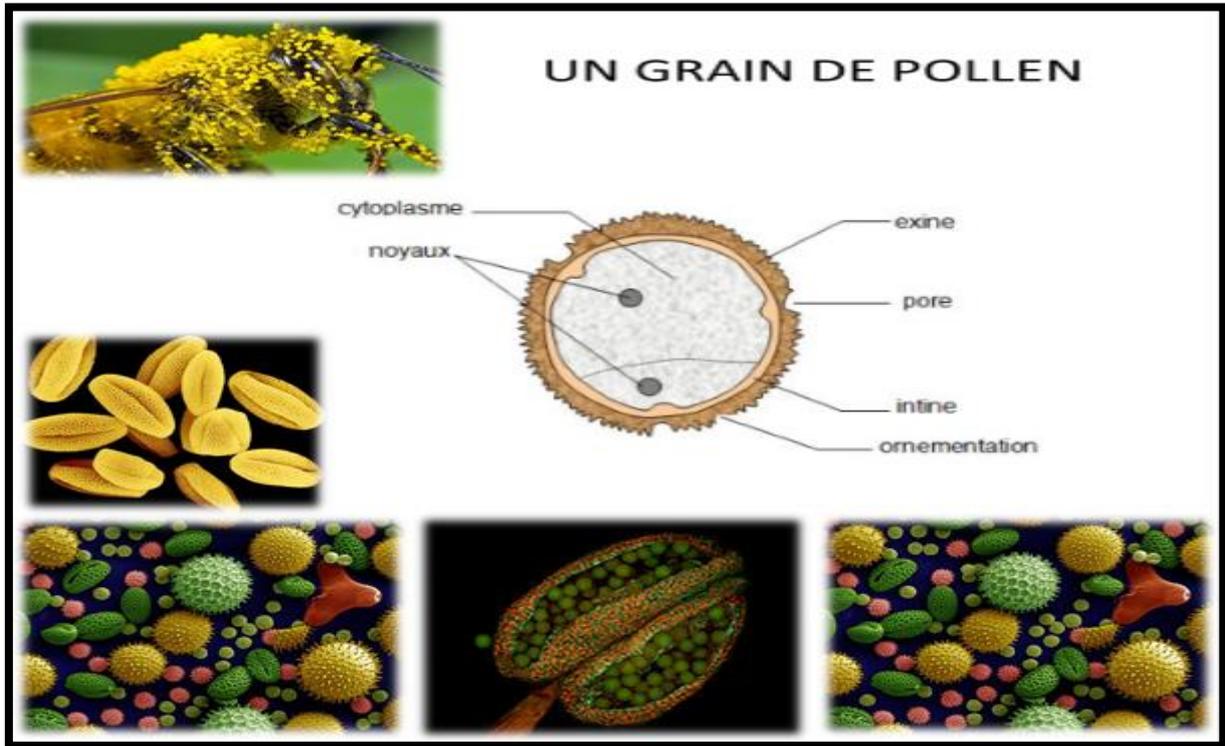


Fig N°94 : Grain de pollen

VI- 2- Formation du grain de pollen

- Les grains de pollens se forment dans les étamines . À l'origine se trouvent des microspores diploïdes entourées de cellules nourricières . Par la méiose ces microspores évoluent en tetraspores haploïdes qui vont continuer à se diviser, au moins une fois par une simple mitose avant de s'entourer d'une enveloppe rigide épaisse constitué de deux couches contenant de la cellulose: l'exine (externe et fortement ornementée) et l'intine (interne) ce grain de pollen est un gamétophyte mâle, très réduite constitué de deux cellules souvent non cloisonnées: une cellule végétative et une cellule générative ou spermatogénèse
- Au moment de l'anthèse court laps de temps où les fleurs sont fonctionnelles pour les organes reproducteurs mâles et femelles, les grains de pollens seront libérés dans l'atmosphère par déchirure des sacs polliniques.
- Les noyaux des cellules mères des grains de pollens subissent 2 divisions qui aboutissent à la formation de 4 noyaux,
- la 1^o division est une division particulière en effet les chromosomes se mettent 2 par 2 il se fait un échange de substances entre les chromosomes d'une même plante ensuite ils se séparent les 2n chromosomes de la cellule se trouvent répartis en 2 groupes de n chromosomes on dit qu'il y a eu réduction chromatique ou méiose on l'appelle hétérotopique.
- Elle est immédiatement suivie d'une division normale homéotypique dans l'enveloppe de la cellule mère, 4 noyaux possédant la moitié du nombre normal de chromosomes de l'espèce c'est-à-dire n chromosome.

- Autour de chaque noyau s'individualise une plage de cytoplasme qui s'entoure d'une membrane propre.
- A la place de chaque cellule mère dont la membrane ne tarde pas à disparaître se trouve un amas de 4 cellules c'est la tétrade
- Chaque cellule de la tétrade va se séparer de ses compagnes, elle se nourrit à partir des cellules nourricières du sac pollinique.
- Sa membrane se transforme en 2 couches l'une interne et l'autre externe et le noyau se divise en 2 le grain de pollen est maintenant formé.
- Le grain de pollen est entouré d'une enveloppe résistante rigide et hydrofuge l'exine qui se conserve à l'état fossile
- Les petits pollens lisses sont transportés par le vent
- Les gros fortement ornements sont transportés par les animaux
- Les fossiles végétaux sont rares l'étude des pollen ou palynologie permet de connaître la végétation d'alors
- En industrie agroalimentaire il permet aussi de contrôler l'origine des miels

VI- 3-Pistil ovaire et ovule

- Le pistil est constitué par de feuilles modifiées ou carpelles où l'on distingue un sac renflé l'ovaire surmonté d'un filament le style terminé par un renflement à sa surface humide et visqueuse le stigmate.
- Les ovules petites masses arrondies sont fixés en une rangée aux bords de la feuille carpellaire par un petit filament ou funicule . Chaque ovule est constitué par un massif cellulaire le nucelle entouré de deux enveloppes ou téguments sauf en un point le micropyle ou le nucelle reste à nu
- Dans le nucelle une cellule grandit considérablement
- L'ovule : ce sont des organes de très petite taille de 1à2 mm de diamètre dont le nombre est très différent
- Il est constitué d'un funicule qui est à la base étroite de l'ovule et qui en assure la fixation sur le placenta et d'un massif ovoïde de nature parenchymateuse : le nucelle contenant un organe essentiel appelé sac embryonnaire et entouré d'un ou deux téguments (primaire et secondaire). Le sommet est perforé (micropyle) et la base porte un pédicelle (funicule) qui unit l'ovule au placenta. Le point d'attache du funicule à l'ovule constitue le hile. D'une façon générale, un faisceau criblovasculaire est en rapport avec les tissus conducteurs du placenta, emprunte le funicule et se termine à la base du nucelle au niveau de la chalaze donc c'est le point d'épanouissement du faisceau conducteur venu du placenta.

VI- 4- Type d'ovule

- 1- OVULES DROITS, orthotrope : le hile, la chalaze et le micropyle sont en ligne droite c'est un type primitif et rare
- 2- OVULE COURES, campylotrope : l'un des côtés se développe plus que l'autre le nucelle est incurvée le micropyle se rapproche du hile
- **Ovules renverses** : anatrophe : par allongement du funicule le nucelle restant rectiligne entre le hile réel et le hile secondaire ainsi formé le funicule reste la zone d'union entre le funicule et le tégument uvulaire porte le nom de raphé.

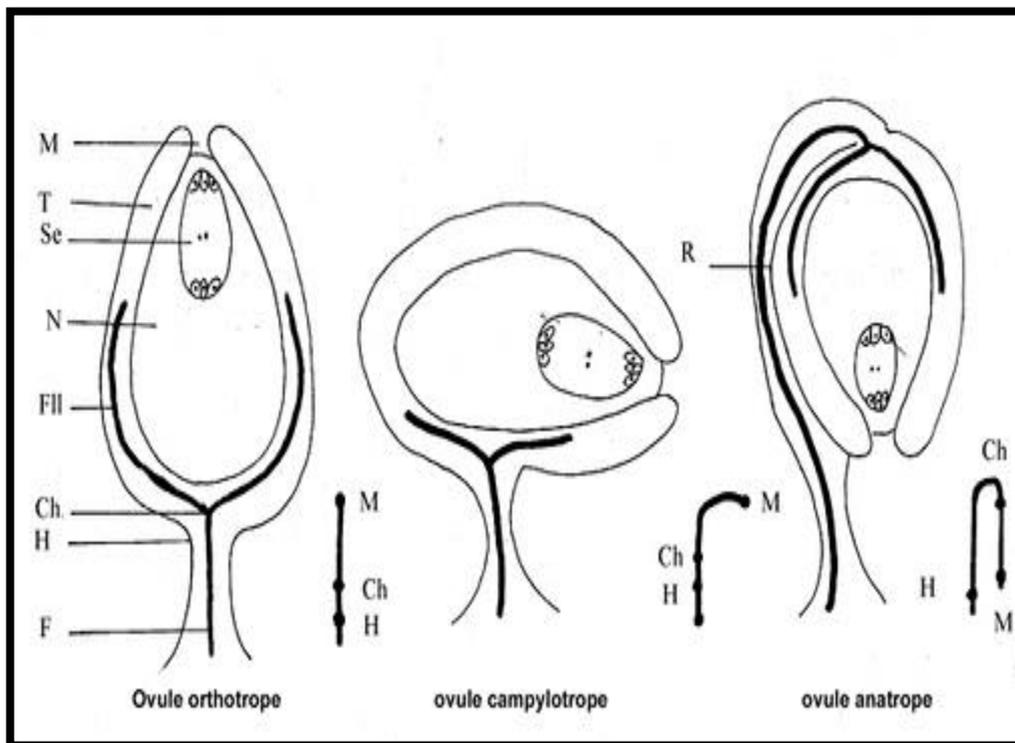


Fig N°95: Types des ovules

VI- 5- Etude du sac embryonnaire

Sous une paroi commune à tous les constituants du sac se forme au pôle micropyle du nucelle, une cellule sous épidermique subit une mitose et la cellule fille la plus interne subit une méiose donnant quatre cellules haploïdes dont une cellule se développera c'est la macrospore : l'ovule est donc la macrosporange.

La macrospore engendre un prothalle femelle très réduit le sac embryonnaire la macrospore subit un accroissement considérable tandis que son noyau subit 3 mitoses successives les 8 noyaux ainsi formés se regroupent de façon suivante

A- au pôle micropylaire : 3 noyaux forment 3 cellules entourées d'une membrane protoplasmique : l'oosphère (gamète femelle et les 2 synergides)

B- au pôle chalazien 3 noyaux forment les 3 antipodes entourés d'une membrane cellulosique

C- au centre ; 2 noyaux du sac restent côte à côte

VI- 5- 1- Développement : le début de la formation d'un ovule est marqué par l'apparition sur le placenta d'une saillie hémisphérique qui est le primordium du nucelle (tissu parenchymateux) très tôt au cours de la croissance du nucelle il apparaît à la base de celui-ci 1 ou 2 bourrelets annulaires qui en se développant formeront les téguments de l'ovule, grâce à une croissance plus rapide que celle du nucelle les téguments entourent très rapidement ce dernier. Cependant un orifice étroit est réservé à la partie supérieure de l'ovule le micropyle

VI- 5- 2- différenciation de la cellule mère : précocement , lors de l'apparition des bourrelets tégumentaires une cellule située immédiatement sous l'épiderme nucellaire s'agrandit tandis que son noyau s'élargit et que son cytoplasme devient plus dense cette cellule est dite archésporiale.

VI- 5- 3- méiose : la cellule mère subit une méiose à l'issue de laquelle 4 mégaspores haploïdes sont formées, le plus généralement ces mégaspores sont

disposées linéairement, les une au dessus des autres. Les 3 supérieures dégènèrent très rapidement puis disparaissent il ne reste que la mégaspore inférieure qui sera à l'origine du sac embryonnaire

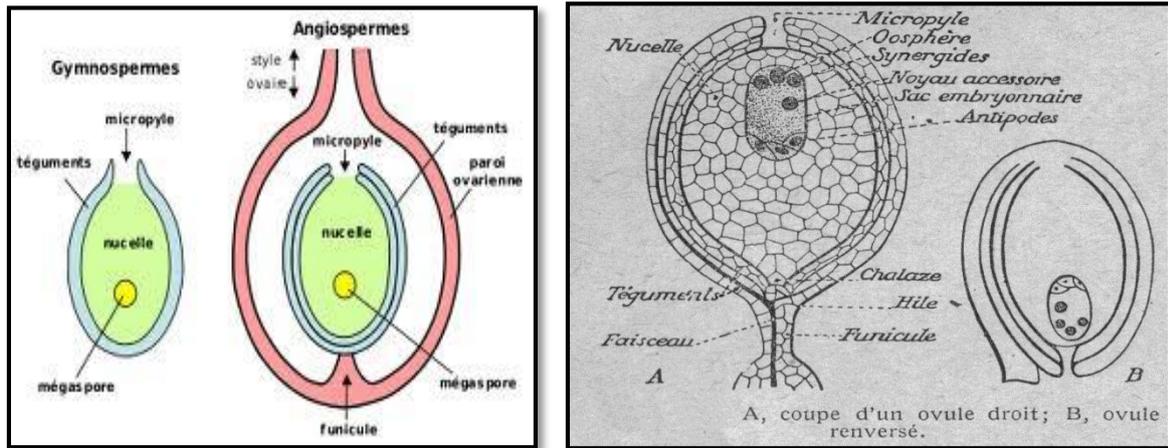


Fig N°96 : Coupe d'un ovule

VI- 6- Pollinisation

- C'est le transport du pollen émis par les étamines d'une plante sur le stigmate appartenant soit à la même plante soit par un autre individu
- Pour cela 2 questions se posent :
 - Comment une plante possédant à la fois des organes mâles et femelles peut être pollinisée par son propre pollen ou par celui d'une autre plante ?
 - Quels sont les agents qui assurent ce transport ?

VI- 6- 1- Modes de pollinisation

- Autopollinisation ou autogamie : Le stigmate d'une fleur est pollinisée par le pollen d'une fleur portée par la même plante. Cette autopollinisation est fréquente chez les graminées cultivées (blé, orge,avoine) et chez certaines papilionacées (haricot, pois)
- Elle peut être favorisée chez quelques espèces dont les anthères viennent à maturité se placer au-dessus du stigmate et déversent sur ce dernier leur contenu (même fleur)

VI- 6- 2- Double fécondation chez les plantes à fleurs

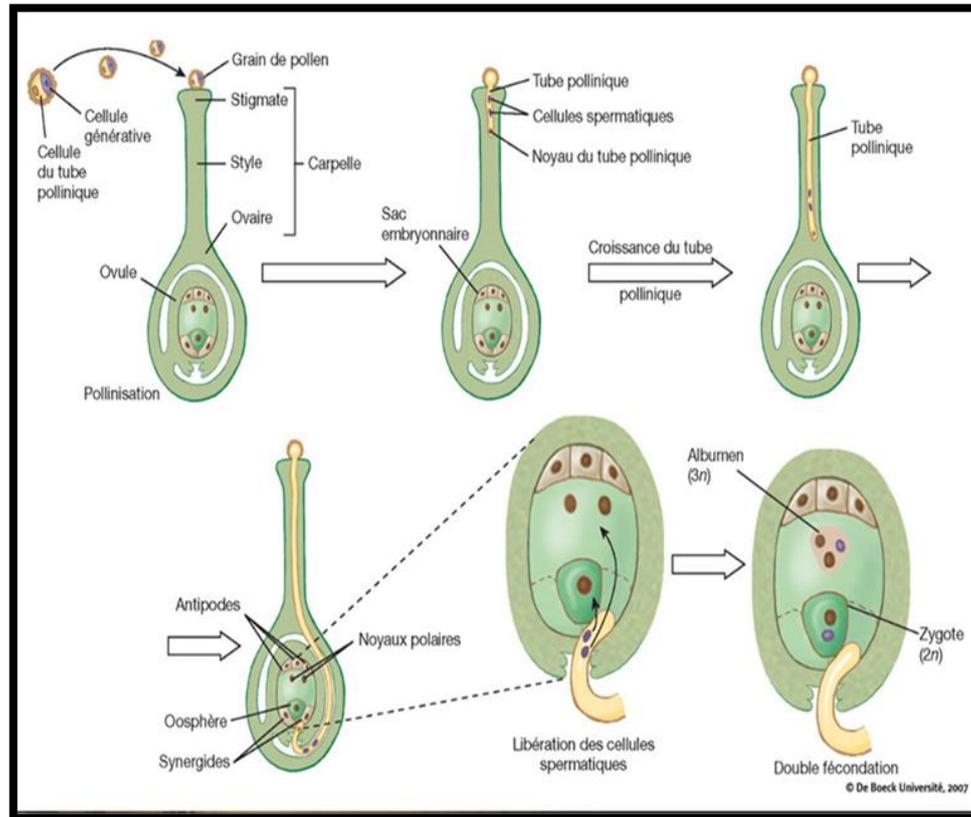


Fig N°97 : Double fécondation chez les plantes à fleurs

VI- 6- 3- Les grains de pollen germent sur le stigmate

- Arrivés sur le pistil de la fleur à féconder, les grains de pollen s'y maintiennent grâce à leurs ornements éventuelles mais surtout parce que les stigmates sont généralement recouverts d'une sécrétion visqueuse, qui n'est produite que lorsque le pistil est fécondable. Reconnus par le pistil, les grains de pollen se distendent au niveau d'une aperture, faisant saillir une protubérance qui deviendra le tube pollinique.
- Celui-ci pénètre dans les tissus du style et s'allonge rapidement pour arriver jusqu'au micropyle de l'ovule. L'allongement du tube pollinique peut être considérable. Ainsi chez le maïs, 20 cm de long et 10µm de large pour un grain de pollen de 0.1 mm de diamètre.
- Cet allongement correspond à une activité mitochondriale intense, coordonnée par le noyau végétatif qui s'est déplacé vers l'extrémité du tube pollinique.

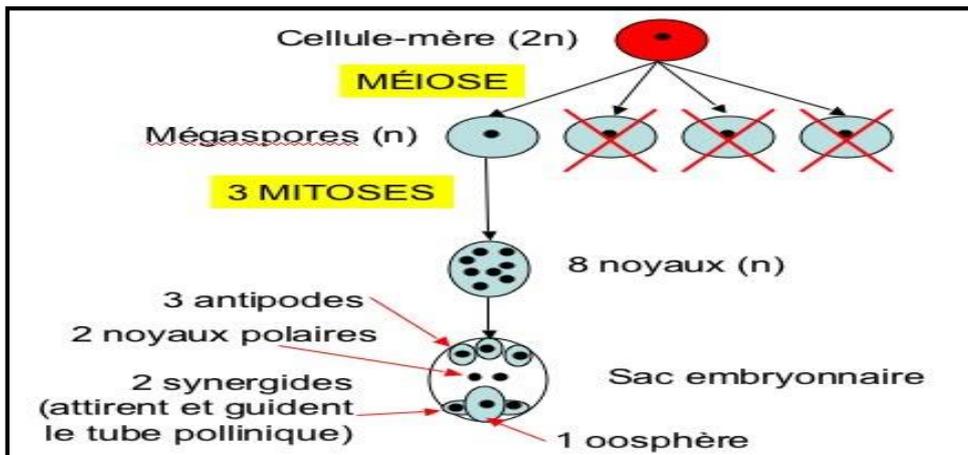
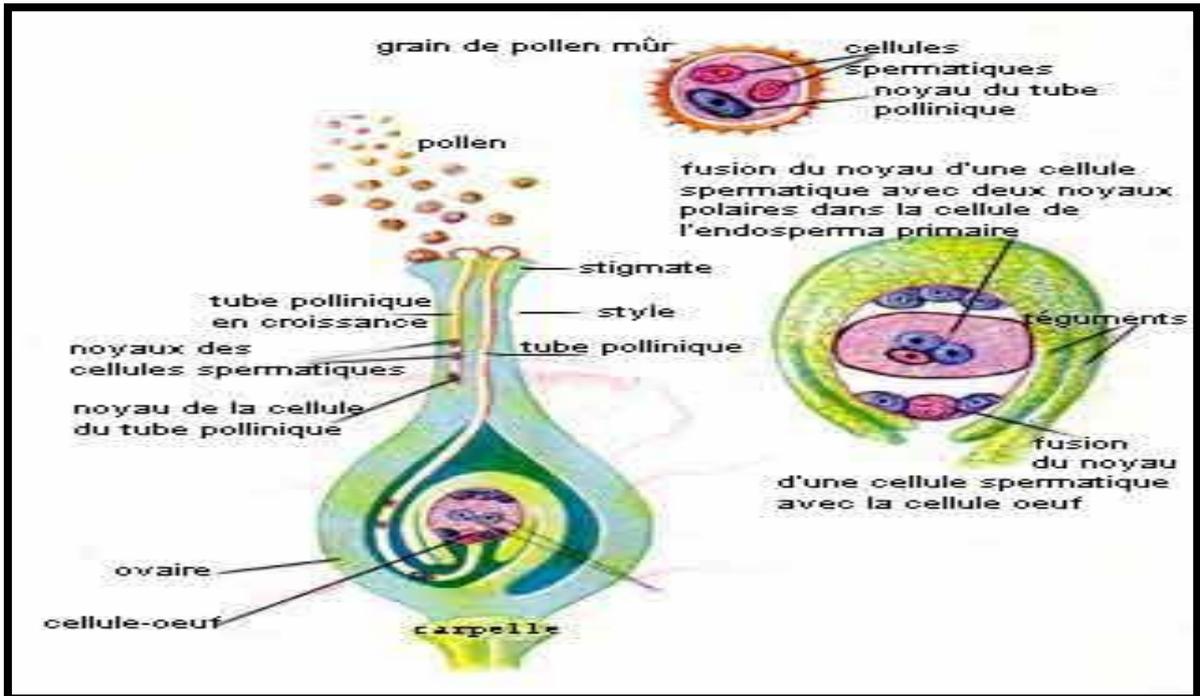
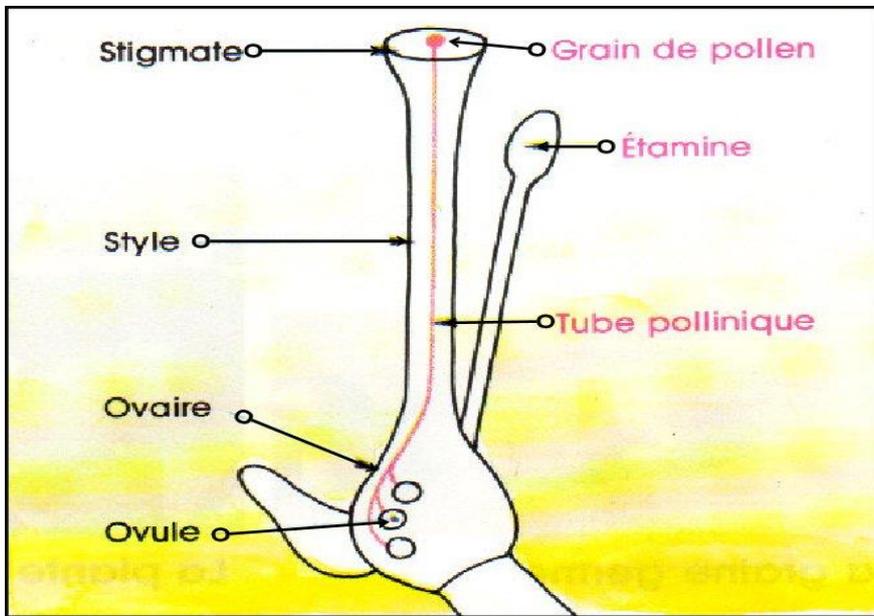


Fig N°98 : La pollinisation

VI- 6- 4- Pollinisation croisée

La pollinisation croisée, allogamie dans ce mode de pollinisation le pollen d'une plante est transporté sur le stigmate d'une fleur appartenant à une autre plante de la même espèce

- Plante dioïque (les sexes sont séparés)
- L'existence de conformations qui interdisent au pollen d'une fleur de se rendre sur le stigmate de la même fleur
- L'autostérilité auto incompatibilité : le pollen d'un individu ne peut germer sur le stigmate d'une fleur de se même individu ou s'il germe il ne peut atteindre et féconder les ovules on dit qu'il y a incompatibilité entre le pollen et le pistil d'un sujet
- Plantes hermaphrodites (séparation des sexes dans le temps (dichogamie)

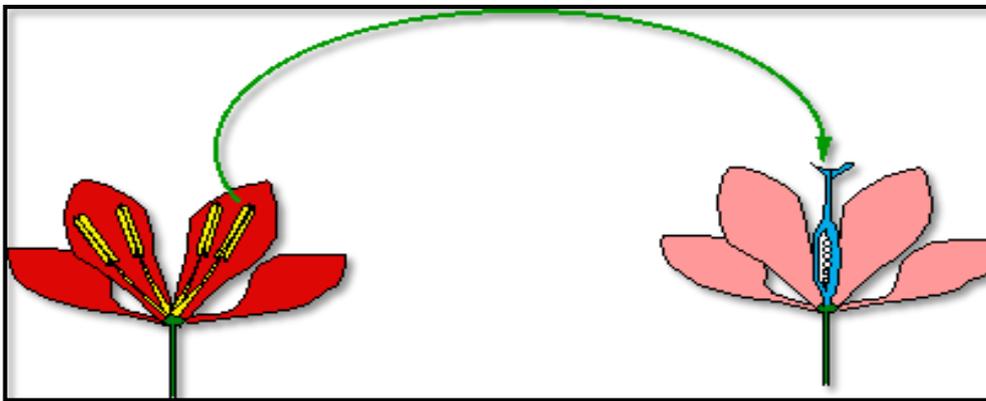
a- la protandrie : les étamines libèrent le pollen alors que le stigmate du pistil immature n'est pas réceptif

b- la protogynie: le stigmate de la fleur est réceptif alors que les étamines ne sont encore parvenues à maturité

Agents de pollinisation

- Les grains de pollens sont inertes et leur transport jusqu'à un stigmate est assuré par les agents externes dont le plus important est le vent
 - Pollinisation par le vent (anémogamie)
 - Pollinisation par les insectes (entomogamie)
 - Pollinisation par l'eau (hydrogamie)

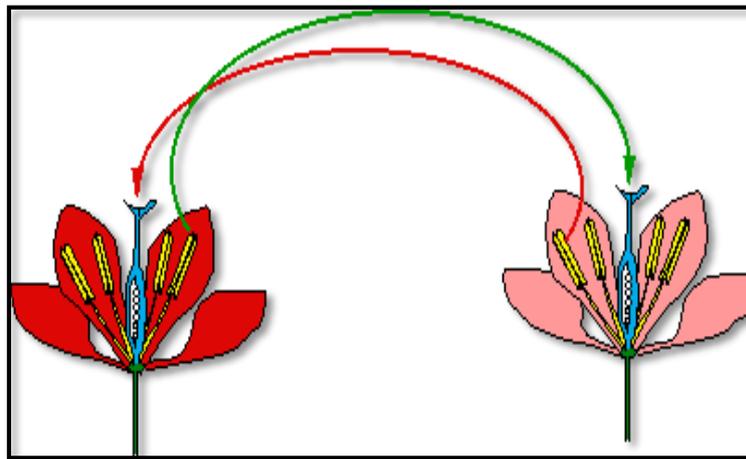
- **Plantes dioïques**



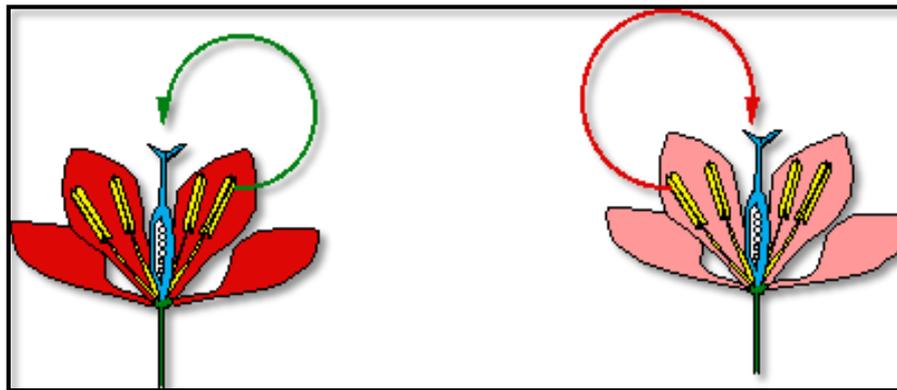
- **Allogamie (pollinisation croisée)**

Les fleurs sont bisexuées. Un dispositif autorise seulement la fécondation croisée. C'est dans ce cas que l'on trouve la plus grande variété de stratégies.

Ces stratégies sont de nature : anatomiques (en relation souvent avec la pollinisation par les insectes).



Autogamie



- Quand le tube pollinique atteint la cavité ovarienne, il se dirige vers les ovules et arrive au micropyle et traverse une faible épaisseur du nucelle. A ce stade, le noyau végétatif, alors, dégénère tandis que les 2 gamètes mâles sont déversés par **siphonogamie** dans le sac embryonnaire.
- L'un des gamètes s'accroche à l'**ooosphère** pénètre et s'y unit ce qui donne un œuf ou zygote diploïde qui entre immédiatement en division, commençant ainsi l'édification de l'embryon.
- L'autre gamète mâle s'unit aux deux noyaux polaires ou du sac pour donner un zygote accessoire triploïde qui lui aussi se divise rapidement et donne un tissu sans organisation.
- L'**albumen** qui se charge de réserves dont l'embryon se nourrira ultérieurement.
- La durée comprise entre la pollinisation et la fécondation est très variable: de quelques heures chez le haricot, elle peut atteindre 20 heures chez le maïs et dépasser un mois chez le bouleau, 2 mois chez le chêne et même 4 mois chez le noisetier.
- La grande originalité de la fécondation des angiospermes est d'être double, on peut dire que les deux fusions nucléaires simultanées entraînent l'apparition de deux individus « faux jumeaux », l'un triploïde (l'albumen) l'autre diploïde (l'embryon) les angiospermes commencent leur vie au stade embryonnaire, en tant que parasite d'un être étrange, triploïde issu par voie sexuelle des mêmes parents.

Références bibliographiques

- Anatomie des Végétaux Vasculaires côte n°581.3-16
- Atlas de Biologie Végétale T1-2 côte n°581.3-13
- **BINET J., BRUNEL J.-P., 1967.** Physiologie végétale. Tome I. Ed. Doin, Paris.
- **BINET J., BRUNEL J.-P., 1968.** Physiologie végétale. Tome III. Ed. Doin, Paris.
- Biologie Animale et Végétale en Arabe OPU
- Biologie végétale par **G Barel INA Botanique**
- Biologie Végétale Plantes supérieures par **R. Gorenflot**
 - 1- Appareil Végétatif 1997
 - 2- Appareil Reproducteur 1983
- Biologie Végétale T1-2 côte n°581.3-05
- Biologie Végétale T1-2 côte n°581.3-12
- **CAMEFORT H., 1977.** Morphologie des végétaux vasculaires. Cytologie, anatomie, adaptations. Ed. Doin, Paris.
- **CRETE P., 1965.** Précis de botanique. Tome II. Systématique des Angiospermes. Éd. Masson.
- Cytologie Végétale côte n°581.3-18
- **DEMALSY-FELLER P. et M.-J., 1990.** Les plantes à graines. Structure, biologie, développement. Ed. Armand Colin, Paris.
- **DEYSSON G., 1978.** Cours de botanique générale. Tome II : Organisation et classification des plantes vasculaires. Première partie : organisation générale. SEDES, Paris.
- **GAYRAL P., VINDT J., 1961.** Anatomie des végétaux vasculaires. Ed. Doin, Paris.
- **GUIGNARD J.-L., 2001.** Abrégé de botanique. Ed. Masson.
- **GORENFLOT R., 1998.** Biologie végétale. Plantes supérieures : appareil végétatif. Éd. Masson, Paris.
- **GORENFLOT R., 1997.** Biologie végétale. Plantes supérieures : appareil reproducteur. Éd. Masson, Paris.
- **HELLER R., ESNAULT R., LANCE C., 1995.** Physiologie végétale. Tome II : développement. Ed. Masson, Paris.
- **OZENDA P., 2000.** Les végétaux. Organisation et diversité biologique. Ed. Dunod, Paris.
- **VALLADE J., 1999.** Structure et développement de la plante. Morphogenèse et biologie de la reproduction des Angiospermes. Ed. Dunod, Paris.
- **DEYSSON G., 1979.** Cours de botanique générale. Tome II : Organisation et classification des plantes vasculaires. Deuxième partie : systématique. SEDES, Paris.
- **GUIGNARD J.-L., DUPONT F., 2004.** Botanique - Systématique moléculaire. Éd. Masson. **JUDD W. S., CAMPBELL C. S., KELLOGG E. A., STEVENS P., 2002.** Botanique systématique - Une perspective phylogénétique. Éd. De Bœck Université.

- **KERGUELEN M., 1993.** Index synonymique de la Flore française. Muséum d'histoire naturelle, Paris.
- **Gorenflot R. [1986], [1989].** Biologie végétale, Plantes supérieures - Tome 1 : appareil végétatif - Ed Masson (2ème édition) - Tome 2 : Appareil reproducteur - Ed Masson (2ème édition).
- **GOENFLOT, R and de FOUCAULT, B (2005)** Biologie végétale, Les Cormophytes, 7 ème édition, DUNOD, Paris, ISBN 2-10-049362-0, 594 pp.
- Initiation à la Biologie Végétale par **Jacque Zaffran Ellips2000.**
- **MOORE, R, CLARK, WD, and VODOPICH, DS (1998)** Botany , 2 nd edition, WCB / Mc Graw-Hill, USA, ISBN 0-07-115404-3, xxiv + 919 pp.
- **QIU, Y-L and PALMER, JD (1999)** Phylogeny of early land plants, insights from genes and genomes. Trends in plant science 4, 26.
- **RAVEN, PH, EVERT, RF and EICHHORN, SE (1999)** Biology of Plants, 6 th edition. W.H. Freeman & Co, New York, ISBN : 1-57259-041-6, xv + 944 pp.
- **RAVEN, PH, EVERT, RF and EICHHORN, SE (2000)** Biologie végétale, Traduction de la 6 e édition américaine par J. Bouharmont avec la collaboration de C.M. Evrard, 1 ère édition, De Boeck Université, Paris-Bruxelles, ISBN : 2-7445-0102-6, xxii + 944 pp.
- **Robert D. & Catesson A.M. [1990]** Biologie Végétale. Caractéristiques et Stratégies évolutives des Plantes. II. Organisation Végétative - Doin.
- **Robert D. & Dumas C. & Bajon C. [1994]** Biologie Végétale. Caractéristiques et Stratégies évolutives des Plantes. III. La Reproduction - Doin.
- **Robert D. & Roland J.C. [1989]** Biologie Végétale. Caractéristiques et Stratégies évolutives des Plantes. I. Organisation Cellulaire - Doin.
- **ROBERT, D, DUMAS, C et BAJON, C (1994)** Biologie végétale Tome 3 : La Reproduction. Doin 2 Editeurs, Paris, ISBN 2-7040-0694-6, IX + 390 pp.
- **Roland J.C. et Roland F. [1987].** Atlas de biologie végétale - Tome 2 : organisation des plantes à fleurs. Ed masson.
- **Roland J.C. et Vian B. [1985].** Atlas de Biologie végétale - Tome 1 : organisation des plantes sans fleurs. Ed Masson.
- **Stewart W.N. [1983].** Paleobotany and the evolution of plants. Cambridge University press.
- **Zaffran J. [1998]** Initiation à la Biologie Végétale – Ellipses.