

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

**Université les Frères Mentouri Constantine 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**



COURS DE BIOLOGIE VEGETALE

Destiné aux étudiants de 1^{ère} année tronc commun

Réalisé par : Dr BOUZID Salha

SOMMAIRE

Chapitre 1 : L'organisation cellulaire des végétaux	1
La classification des végétaux.....	1
Particularités de la cellule végétale.....	3
Chapitre 2 : Les différents types des tissus végétaux	6
Les tissus primaires.....	6
Les tissus secondaires.....	17
Chapitre 3 : Anatomie des organes végétaux	19
La racine	20
La tige	27
La feuille.....	32
Chapitre 4 : Morphologie des organes végétaux	35
La racine	35
La tige	38
La feuille.....	42
La fleur.....	49
Le fruit.....	55
La graine.....	61
Chapitre 5 : La reproduction chez les Angiospermes	62
La gamétogenèse.....	63
La mégagamétogenèse.....	63
La microgamétogenèse.....	67
La Fécondation.....	70
Le cycle de développement des Angiospermes.....	74

INTRODUCTION

Ce qui porte la vie, c'est « ... un faible courant entretenu par le soleil, » écrivait le lauréat Nobel Albert Szent-Györgyi. Par cette simple phrase, il résumait une des plus grandes merveilles de l'évolution – la photosynthèse, un processus vital propres aux plantes.

Nous les avons devant nos yeux en permanence et nous avons tendance à oublier leurs incroyables capacités de développement et d'évolution dans des environnements souvent très différents et changeants, d'où leur importance primordiale parmi les autres êtres vivants.

La biologie végétale fait partie intégrante des Sciences du Vivant, cette discipline permet d'acquérir des connaissances concernant les tissus végétaux, l'anatomie des organes, leur morphologie ainsi la reproduction.

Ce livre est un recueil de cours de biologie végétale destiné aux étudiants de 1^{ère} année du tronc commun.

Nous avons mis l'accent, dans ce livre, sur cinq chapitres qui constituent le programme officiel :

Chapitre 1 : L'organisation cellulaire des végétaux, c'est un chapitre introductif pour classer le groupe des Angiosperme ainsi qu'un rappel sur les particularités de la cellule végétale.

Chapitre 2 : Les différents types des tissus végétaux, ce chapitre commence par l'origine des tissus ; les méristèmes ainsi que les tissus primaires et secondaires.

Chapitre 3 : Anatomie des organes végétaux, l'anatomie des racines, des tiges et des feuilles monocotylédones et dicotylédones.

Chapitre 4 : Morphologie des organes végétaux ; la morphologie des racines, des tiges, des feuilles, de la fleur, du fruit et de la graine.

Chapitre 5 : La reproduction chez les Angiospermes, ce chapitre traite la gamétogenèse, la double fécondation et le cycle de développement des Angiospermes.

CHAPITRE 1

L'ORGANISATION CELLULAIRE

DES VEGETAUX

CHAPITRE 1 : L'ORGANISATION CELLULAIRE DES VEGETAUX

Introduction

Les végétaux sont des organismes qui ont une place importante dans le monde vivant, en effet leur métabolisme est primordial pour le reste des êtres vivants qui profitent de l'oxygène rejeté par ces organismes autotrophes. Le règne des végétaux se caractérise au niveau de leur structure, d'abord par leurs cellules, puis par la structure de leurs tissus.

1^{ère} partie : La classification des végétaux

La classification des végétaux s'appuie sur plusieurs critères cytologiques, anatomiques et morphologiques, ainsi, le règne végétal est traditionnellement subdivisé en deux grands groupes en fonction de l'organisation structurale du végétal : présence d'un **Thalle** ou d'un **Cormus**, et donc on distingue les Thallophytes et les Cormophytes.

1. Les Thallophytes

Ce sont des végétaux dont la structure est très simple appelé **thalle**, le thalle est composé par des cellules qui se ressemblent sans différenciation physiologiques où on ne peut distinguer ni racine, ni tige, ni feuilles ni vaisseaux conducteurs. Ils sont constitués soit par des cellules isolées soit par des filaments.

En fonction des espèces, certaines thallophytes sont **unicellulaires** comme les cyanobactéries (les algues bleues), et des fois le thalle présente des structures complexes et **pluricellulaires**, comme les champignons et les levures. La reproduction se fait par des spores ou des gamètes. (fig.1)

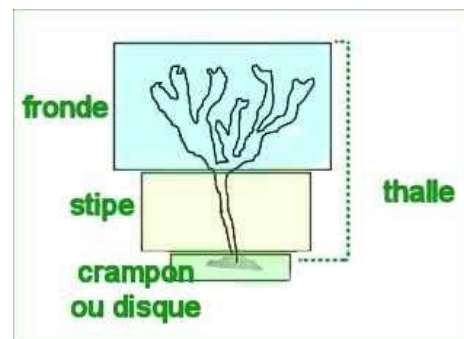


Figure 1 : exemple de thallophytes

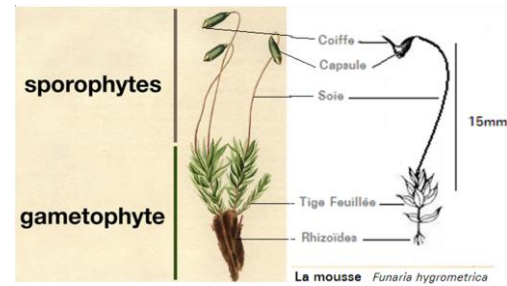
2. Les Cormophytes

Ce groupe est composé par les végétaux supérieurs qui correspondent à des organismes toujours **pluricellulaires** et dont les cellules **eucaryotes** sont réunies en **tissus** formant à leur tour des **organes** beaucoup plus complexe qu'un thalle appelé **cormus** d'où le nom de cormophyte ;ils sont divisées en plusieurs embranchements :

1^{er} Embranchement: Bryophytes

C'est à dire, les mousses.

La plante est formée de sortes de "tiges" et de "feuilles", par contre il n'y a pas de racines et pas de tissus conducteurs. (fig.2)



2^{ème}

Figure 2 : Les Bryophytes (*Funaria hygrometrica*)

Embranchement:

Ptéridophytes

C'est les fougères.

Le système racinaire et l'appareil conducteur apparaissent mais il n'y a pas de fleurs et il n'y a pas de graines. (fig.3)

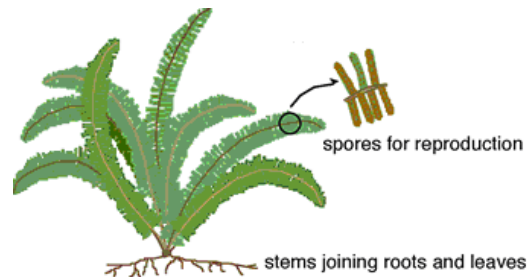


Figure 3 : Les Ptéridophytes (la fougère)

3^{ème} Embranchement : Préspermaphytes

C'est un groupe intermédiaire entre les ptéridophytes et les spermaphytes.

4^{ème} Embranchement : Spermaphytes (Phanérogames)

Il est caractérisé par l'apparition de la **fleur et de la graine** d'où le nom de spermaphytes (*du grec, sperma : graine ; phytes : végétal...*), il a été subdivisé en 3 sous-embranchement :

1^{er} Sous-embranchement : Les Gymnospermes :

(Gymnos : nu ; sperma : graine), dans lesquelles les ovules (ébauches des futures graines) et les graines elles-mêmes ne sont pas entourées d'enveloppes closes.

La plupart des Gymnospermes sont des conifères, tels que les Sapins (*Abies*), Épicéas (*Picea*), les Mélèzes (*Larix*), les Séquoias géants (*Sequoiadendron*), les Pins (*Pinus*) (fig.4), les Genévriers (*Juniperus*), les Cyprès (*Chamaecyperis*), ou les Thuyas (*Thuja*).

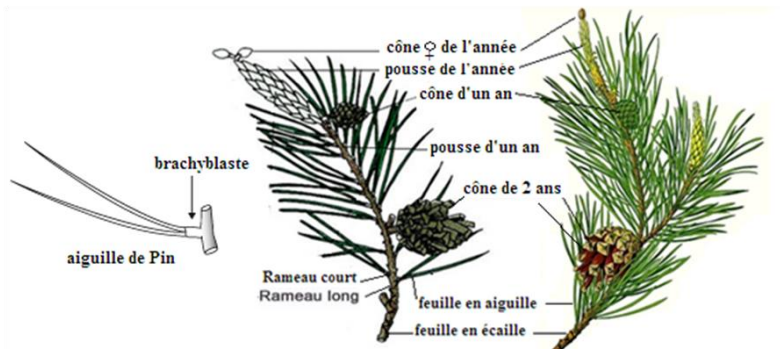


Figure 4 : Les Gymnospermes (Le pin sylvestre)

2^{ème} Sous-embanchement : Les Chlamydospermes:

(Chlamydos : enveloppe ; sperma : graine), leurs organes reproducteurs sont entourés d'une enveloppe simple. Ces végétaux sont isolés dans la flore actuelle et considérés comme des intermédiaires entre les gymnospermes et les angiospermes.

3^{ème} Sous-embanchement : Les Angiospermes:

Regroupe les **plantes à fleurs**, et donc les végétaux qui portent des fruits. Angiosperme signifie « graine dans un récipient » en grec par opposition aux gymnospermes (graine nue). Ils représentent la plus grande partie des espèces végétales terrestres, avec de 250 000 à 300 000 espèces. Les Angiospermes comprennent les Dicotylédones et les Monocotylédones.

2^{ème} partie : Particularités de la cellule végétale

Les Angiospermes sont des végétaux supérieurs eucaryotes dont la cellule eucaryote est constituée d'un vrai noyau, une paroi pectocellulosique, une grande vacuole, des plastes et des cytosomes (fig.5) :

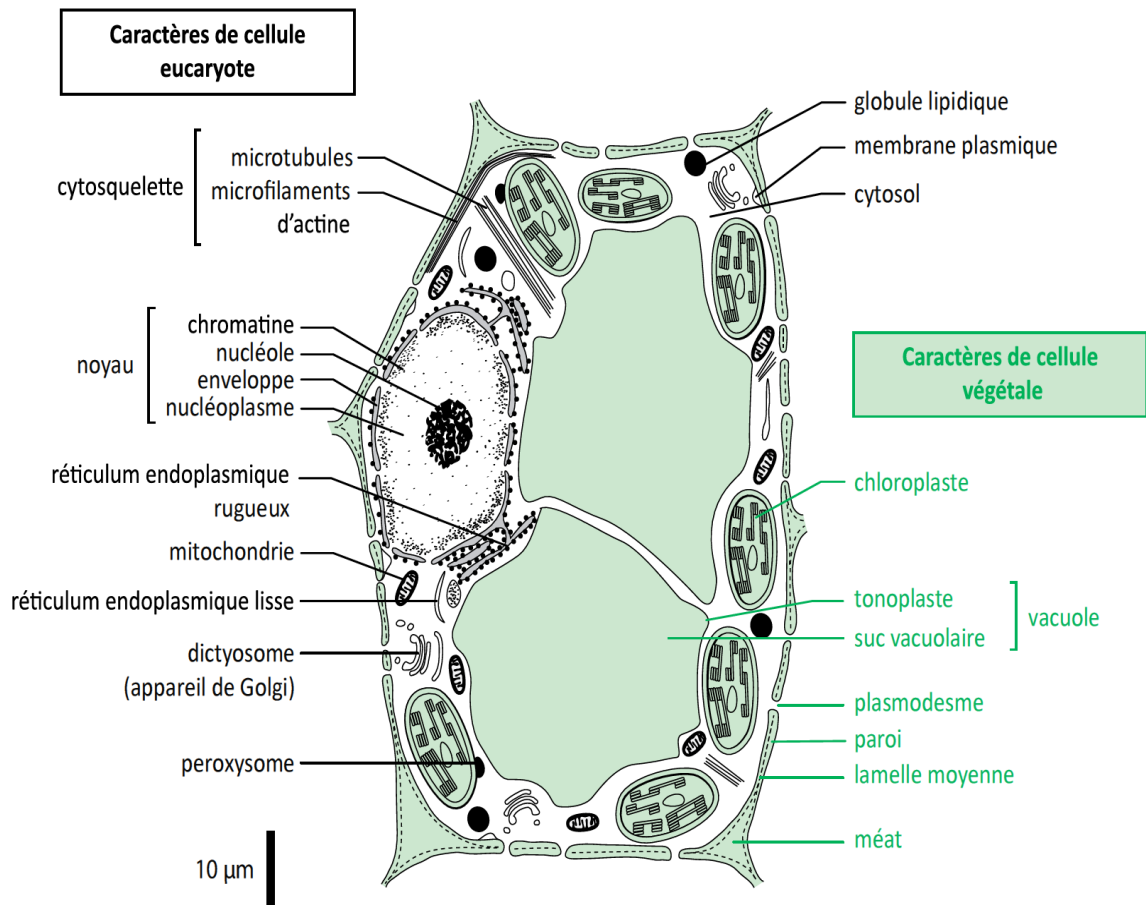


Figure 5: Représentation schématique d'une cellule végétale eucaryote

1. Les membranes cellulaires

Les constituants les plus importants des membranes sont des lipides et des protéines. Une membrane est formée d'une bicouche de phosphoglycérolipides et de cholestérol. Deux membranes sont particulièrement importantes.

a. Le plasmalemme appelé aussi membrane plasmique, possède une épaisseur de 6 à 9 nm, délimite le cytoplasme de la périphérie de la cellule grâce à une perméabilité très sélective, il joue un double rôle de protection et de contrôle des échanges entre les milieux intracellulaire et extracellulaire. Ce plasmalemme n'isole pas complètement la cellule car il existe des ponts cytoplasmiques ou des canaux qu'on appelle : **plasmodesmes**

b. Le tonoplaste qui entoure la vacuole du cytoplasme.

2. La paroi cellulaire

Une originalité du monde végétal sur le monde animal est la présence d'une paroi cellulaire située au-delà du plasmalemme. Elle assure la rigidité de la cellule sans pour autant empêcher l'eau et les solutés de la traverser pour atteindre le **plasmalemme** grâce aux **plasmodesmes**.

Elle constitue un compartiment **extracytoplasmique** appelé **apoplasme** qui se compose d'une lamelle moyenne, d'une paroi primaire, et d'une paroi secondaire.

La paroi cellulaire est constituée de 90% de glucides et de 10% de protéines. Les trois groupes de glucides qui constituent les parois cellulaires végétales sont : la pectine, l'hémicelluloses et la cellulose. Ce sont les constituants **permanents** de la paroi cellulaire.

- **La lamelle moyenne** : (mitoyenne) : elle est la partie **la plus externe** de la paroi cellulaire, elle est de nature pectique et produite pendant la division cellulaire, elle constitue le ciment assurant la jonction entre les cellules.
- **La paroi primaire** : Chez les cellules juvéniles et indifférenciées, on ne trouve que la paroi primaire et la lamelle moyenne (pas de paroi secondaire). Elle est formée d'un réseau de microfibrilles de cellulose et hémicellulose, elle est **flexible et extensible** ce qui permet la croissance cellulaire. Elle se dépose entre la lamelle moyenne et la membrane plasmique.
- **La paroi secondaire** : Elle est formée lors de **la différenciation** de la cellule, plus épaisse que la paroi primaire, se dépose entre la paroi primaire et la membrane plasmique, constituée de cellulose et hémicellulose et riche en composés phénoliques comme la **lignine** (pour la rigidité), la **subérine** et la **cutine** (pour l'imperméabilité).

3. Les vacuoles

Les cellules végétales différenciées sont caractérisées par **de grandes vacuoles centrales**. Elles occupent généralement plus de 40 % du volume cellulaire total et finissent par repousser tout le contenu cellulaire contre la paroi. Chaque vacuole est entourée d'une membrane vacuolaire, **le tonoplaste**, elles peuvent stocker de l'eau, des éléments minéraux, des substances organiques et des pigments (Ex : Anthocyanes). Les vacuoles jouent également un rôle de régulation des fonctions physiologiques (pH, concentration ionique, pression osmotique).

4. Les plastes

Ce sont des organites intracellulaires ovoïdes ou sphériques de quelques microns de long, délimités par **une double membrane**, dérivent des **proplastés**. Certains plastes synthétisent de nouvelles molécules, alors que d'autres les emmagasinent.

4.1. Les chloroplastes

Le chloroplaste est limité par une double membrane. L'externe est continue, tandis que l'interne présente parfois des repliements dans le stroma. Les chloroplastes contiennent de la chlorophylle indispensable pour la **photosynthèse**. En coupe longitudinale on observe d'abord une organisation avec des grana comprenant chacun des disques granaires qu'on appelle aussi saccules, ou thylacoïdes. Ces grana, qui peuvent être constitués de 2 à 100 disques, sont reliés les uns aux autres par des lamelles stromatiques dont l'ensemble forme un réseau continu. Le stroma contient aussi des ribosomes ainsi que de l'ADN circulaire. (fig.6)

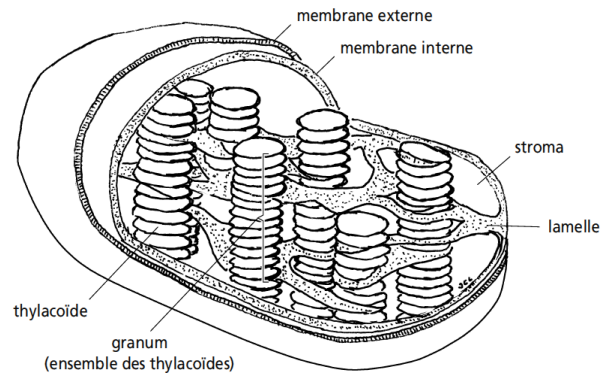


Figure 6 : Représentation schématique d'un chloroplaste

4.2. Les chromoplastes

Certains plastes contiennent d'autres pigments que la chlorophylle comme des **carotènes** (pigments jaunes et orangés) ou de **la xanthophylle**, (pigment jaune pâle). Ils se trouvent dans les cellules de plusieurs fruits colorés, comme les tomates ou des fleurs, comme les roses rouges.

4.3. Les amyloplastes

Dans les cellules des organes de réserves, les dépôts d'amidon s'effectuent dans les amyloplastes. Ce sont des plastes contenant très peu de membranes internes mais de nombreux grains d'amidon. Ex : la pomme de terre, *Solanum tuberosum* L.

CHAPITRE 2

LES DIFFERENTS TYPES

DES TISSUS VEGETAUX

CHAPITRE 2 : LES DIFFERENTS TYPES DES TISSUS VEGETAUX

Introduction

Un tissu est un groupement de cellules semblables ayant la même origine embryologique et qui remplissent une fonction physiologique déterminée. Les tissus formeront des organes tels que les racines, les tiges, les fleurs...etc.

Les tissus végétaux sont le sujet d'étude de l'histologie végétale.

1^{ère} partie : Les tissus primaires

1. Les Méristèmes Primaires

Le méristème est un tissu végétal composé d'un groupe de cellules indifférenciées, à activité mitotique importante, responsables de la croissance indéfinie de la plante. Les méristèmes se présentent sous différentes formes, en différents lieux de la plante et ont des fonctions variées.

L'embryon d'une plante Angiosperme comporte déjà les ébauches des futurs méristèmes caulinaires (des tiges) et racinaires qui se trouvent respectivement au niveau de la gemmule et de la radicule.

Selon leur origine, on distingue les méristèmes primaires et secondaires.

Les méristèmes primaires apparaissent en premier au cours de l'embryogénèse (la formation de l'embryon), ces méristèmes primaires en fonctionnant vont donner des tissus. Ils sont dénommés tissus primaires pour les différencier des tissus secondaires qui apparaissent chez certaines plantes ultérieurement.

Les cellules des méristèmes primaires se localisent sur l'extrémité des tiges et des racines.

Elles sont petites, isodiamétriques, le noyau est sphérique, volumineux, très riche en chromatine, les vacuoles sont nombreuses et très petites et des plastes non différenciés (proplast).

A l'apex (l'extrémité d'une tige ou d'une racine), apparaissent les nouveaux organes grâce au fonctionnement des méristèmes, ce sont les méristèmes apicaux caulinaire situés sur la région apicale des tiges et les méristèmes apicaux racinaires localisés sur l'extrémité de la racine.

Ils sont présents chez toutes les plantes, mais fonctionnent d'une manière différente. Ils assurent la **croissance en longueur** de toute les plantes. (fig.01)

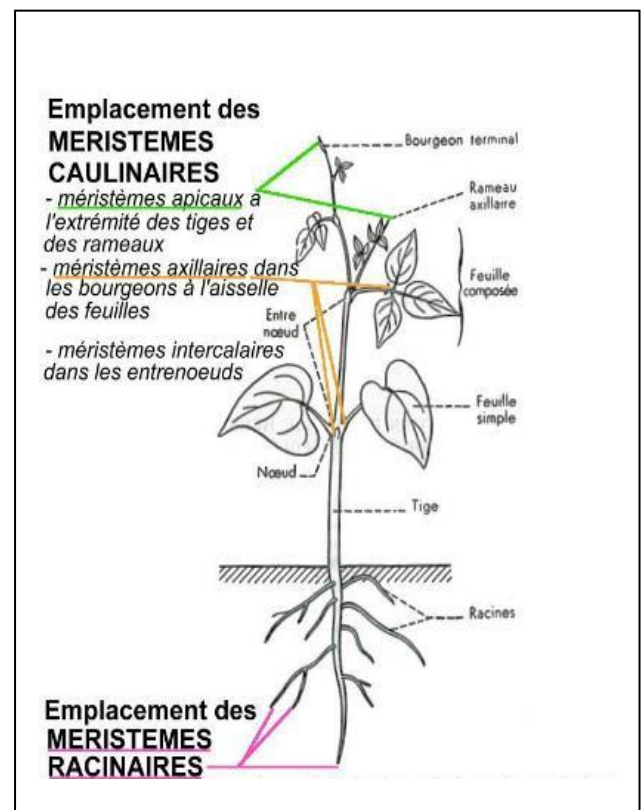


Figure 01 : Emplacement des méristèmes

1.1. Le méristème caulinaire

Le méristème caulinaire (de la tige) est responsable de l'édification de la partie aérienne de la plante, de lui, apparaissent des cellules qui en se multipliant et en se différenciant donneront **les tiges, les feuilles, les bourgeons apicale et axillaire et les bourgeons floraux**, il est donc **histogène** et **organogène**, de manière tout à fait répétitive et indéfinie, jusqu'à la mort de la plante.

Le méristème caulinaire n'est pas constitué d'un simple empilement de cellules, mais en réalité de plusieurs zones sans limites très nettes. Chez les Angiospermes, ce méristème forme un dôme de 0,5 à 3 mm de diamètre.

La section centrale du méristème caulinaire révèle l'existence de trois régions : (fig.03)

1- Une zone axiale, Za, avec deux couches superficielles, les **tunicas T1 et T2** et le **corpus C**.

L'assise superficielle, tunica (T1), tout autour du méristème se distingue par ses divisions strictement anticlines (cloisons perpendiculaires à la surface), elle est à l'origine de l'épiderme.

La tunica T2, initie les feuilles et le corpus, C, situé au-dessous, donne les tissus centraux de la tige et des feuilles. Dans cette couche, les mitoses s'effectuent dans tous les sens.

2- Une zone latérale, ZL entourant cette zone axiale, la partie à droite correspond à l'apparition d'une feuille, ZLF. On distingue des divisions périclines, dp, (les cloisons sont parallèles à la surface)

3- Un méristème médullaire, Mm, aux mitoses peu fréquentes formant des files empilées de cellules à l'origine de la moelle centrale, M.

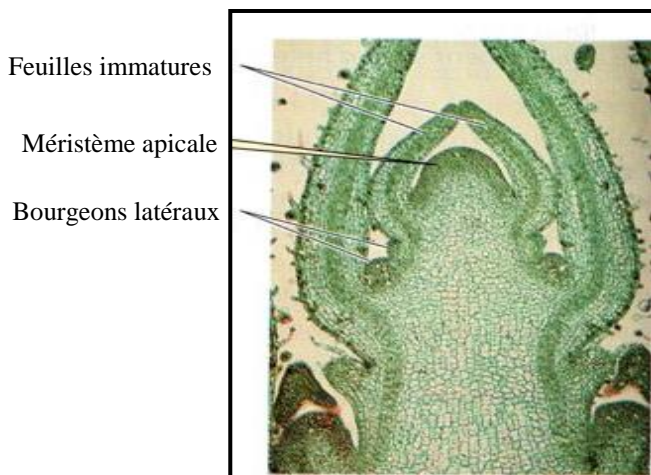


Figure 02: Le méristème caulinaire

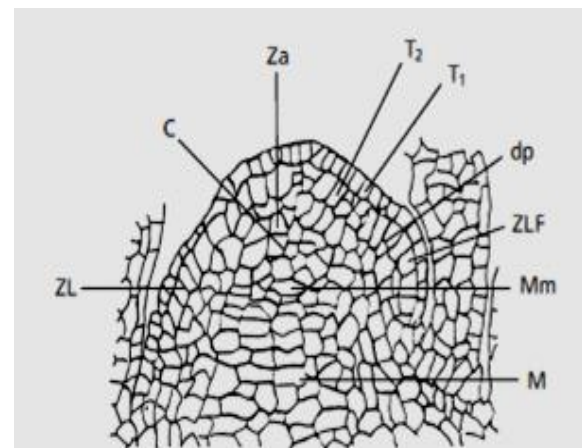


Figure 03: La zonation du méristème caulinaire

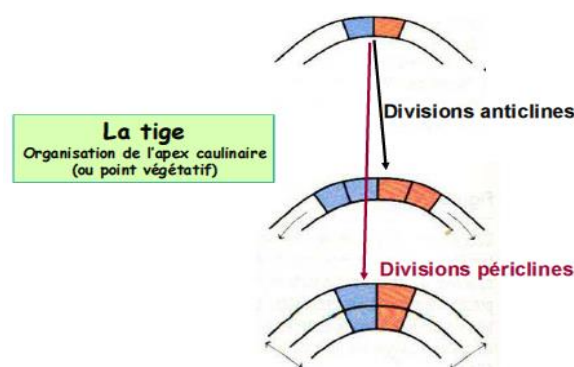


Figure 04: Le sens de division des cellules du méristème caulinaire

❖ La transformation du méristème apical en méristème floral

Sous l'action de processus qui pourraient être liés à des protéines, le méristème caulinaire se transforme en méristème floral. Ce changement s'accompagne de modifications exceptionnelles.

Un système à **croissance indéfini** comme le méristème apical, **devient défini**, puisque, une fois la morphogenèse florale terminée, le méristème cesse toute activité et disparaît à la chute des fleurs ou des fruits.

Ces transformations correspondent à un ralentissement d'activité de la zone latérale (ZL) qui donnera les sépales, premières pièces florales apparaissant, tandis que le corpus prolifère abondamment en mettant en place ce qui deviendra le réceptacle floral. La tunica T2 sera à l'origine des pièces florales reproductrices.

1.2. Le méristème racinaire

Le méristème apical de la racine est lui aussi formé durant l'embryogenèse. Il élabore les tissus de la racine et la coiffe : il est **uniquement histogène**. Il ne produit pas d'organes latéraux et n'est donc pas organogène. (fig.05)

Les racines latérales se forment de manière endogène à quelque distance de l'apex à partir du **péricycle** (assise cellulaire située entre l'écorce et la stèle). La structure et le fonctionnement des ramifications sont identiques à ceux du méristème apical de la racine.

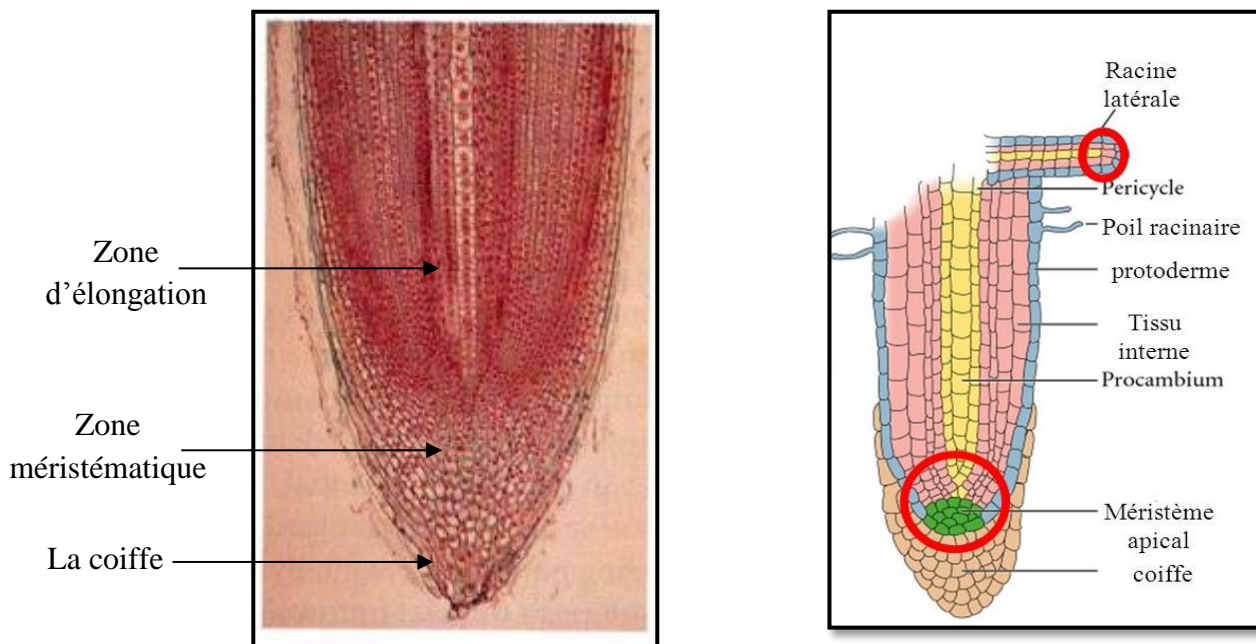


Figure 05: Le méristème racinaire

2. Les Tissus Protecteurs

Ce sont des tissus de surface et de recouvrement qui permettent la protection de la plante contre les agressions extérieures.

2.1. L'épiderme

Tissu primaire compact formé d'une seule assise de cellules superficielles vivantes, il recouvre la surface des organes aériens de toute la plante et les protège contre la dessiccation et les agressions extérieures tout en permettant de réguler les échanges gazeux avec l'atmosphère.

Par endroit, ces cellules sont épaissies par la **cuticule** qui forme un film protecteur à la surface de celle-ci. Elles ne possèdent pas de chloroplaste. L'épiderme est interrompu au niveau des **stomates** dans les feuilles et parfois par des poils. (fig.06 et fig.07)

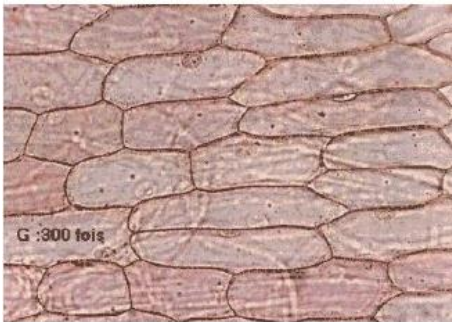


Figure 06: Les cellules de l'épiderme du bulbe d'ognon

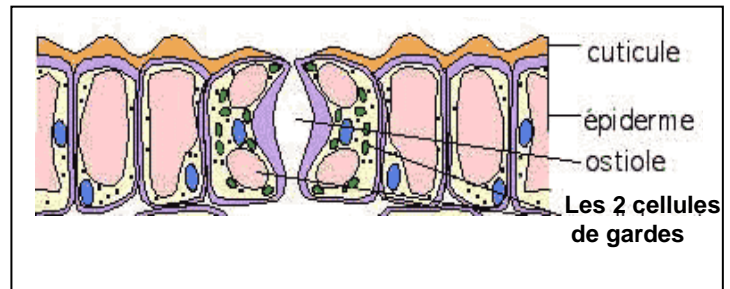


Figure 07: Les cellules de l'épiderme d'une feuille

2.2. Le rhizoderme ou l'assise pilifère

Les cellules épidermiques peuvent être remplacées au niveau de la racine par l'assise pilifère (rhizoderme) (fig.08), elle est présente les racines jeunes au niveau de la région absorbante. L'assise pilifère contient des cellules très étirées et très perméables et indispensables 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**. (fig.09)

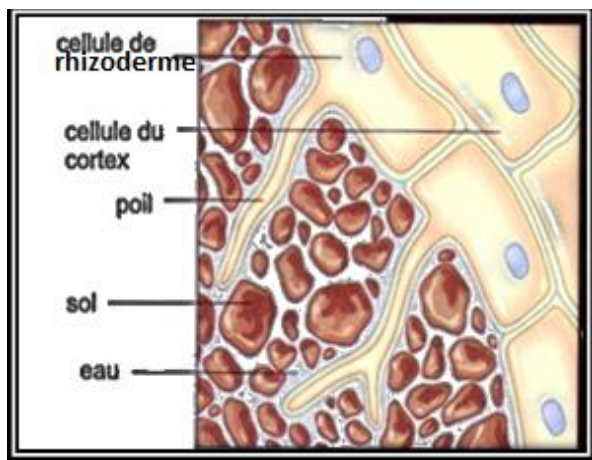


Figure 08 : Le rhizoderme

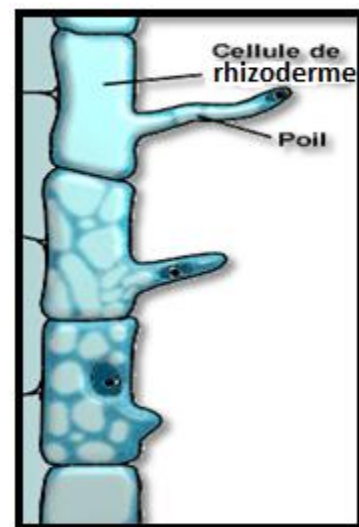


Figure 09: Les poils absorbant

2.3. L'endoderme

L'endoderme est l'assise la plus profonde de l'écorce au niveau des racines. Il a un rôle de protection au sein de la plante, et ceci par le tri des substances assimilées par la plante. De cette manière seules certaines d'entre elles pourront migrer jusqu'aux tissus conducteurs.

Les cellules de l'endoderme présentent une lignification et une subérification, plus les plantes vieillissent plus l'endoderme va se lignifier ainsi on observe des épaissements en forme de cadre formant le **cadres de Caspary** qui empêche les transports par voie apoplasmique (permissive) en obligeant la voie symplasmique (restrictive). Cette caractéristique lui permet de jouer son rôle de filtre. (fig.10)

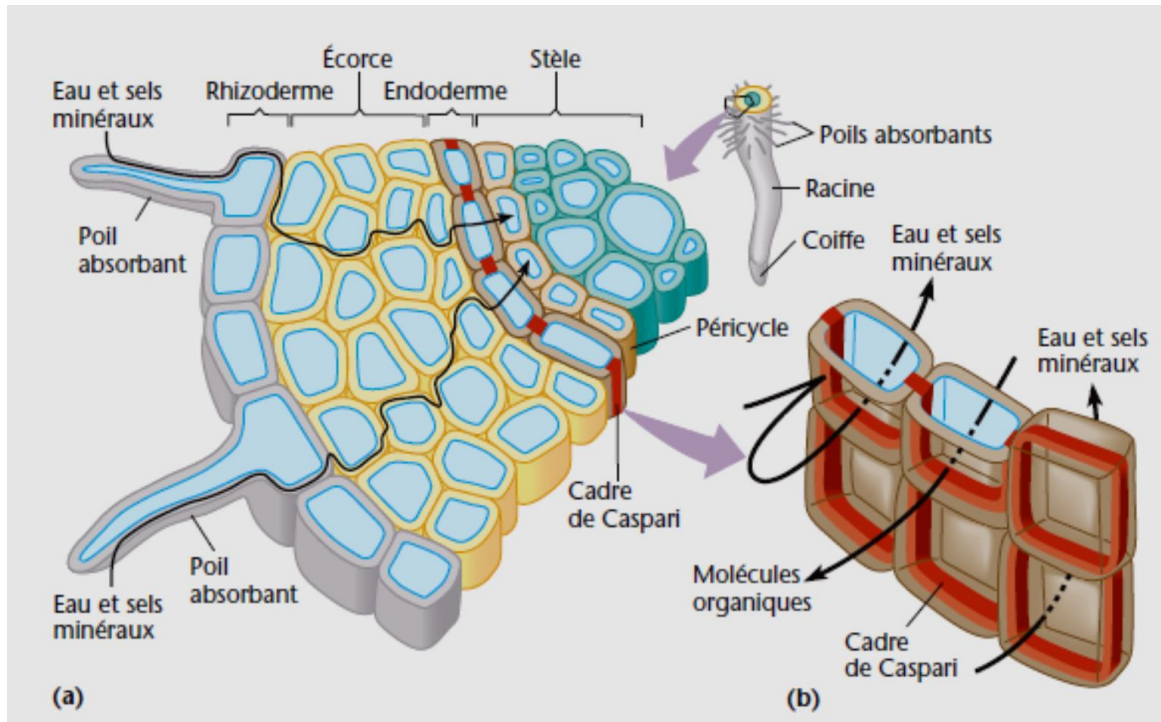


Figure 10: L'endoderme

(a) L'eau et les sels minéraux peuvent progresser entre les cellules du rhizoderme et de l'écorce mais ils doivent passer à l'intérieur des cellules de l'endoderme à cause de la présence du cadre de Caspary. (b) Le cadre de Caspary oblige l'eau et les minéraux dissous provenant du sol à progresser dans les cellules de l'endoderme au lieu de passer entre elles.

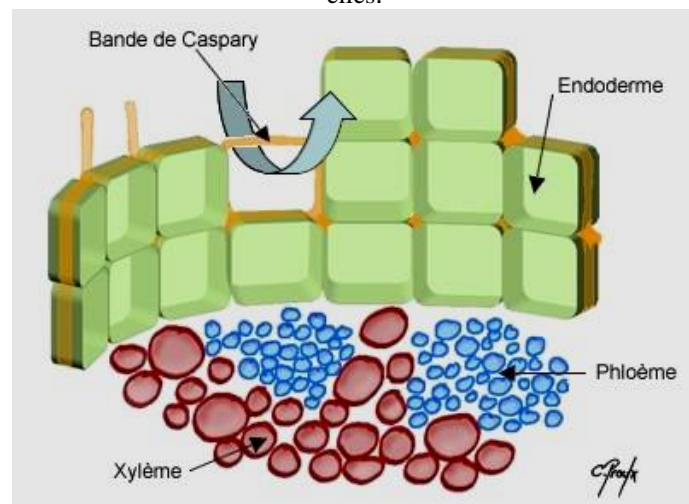


Figure 11: La bande de Caspary dans l'endoderme

3. Les Tissus de Remplissage: Les Tissu parenchymateux

Le **parenchyme** est un tissu de remplissage formé de cellules vivantes peu différenciées avec une paroi primaire mince et flexible ; pas de paroi secondaire.

Les tissus parenchymateux sont les plus volumineux dans la plante, ils se situent dans la région corticale (le cortex) et la région médullaire (la moelle) des tiges et des racines, se trouvent dans le mésophylle des feuilles et dans la chaire des fruits.

3.1. Les parenchymes chlorophylliens ou chlorenchymes

Ce sont des parenchymes qui se localisent dans les **feuilles** et ils renferment principalement :

a- Le parenchyme chlorophyllien palissadique, qui permet la photosynthèse. Les cellules qui composent ce parenchyme contiennent de nombreux chloroplastes. Au niveau des feuilles, le parenchyme palissadique se trouve sur la face supérieure est entouré par l'épiderme et parcouru par les nervures. (fig.12)

b- Le parenchyme chlorophyllien lacuneux, se trouve en général sur la face foliaire inférieure, avec un nombre réduit de chloroplastes, il participe aux échanges gazeux par les stomates. (fig.12)

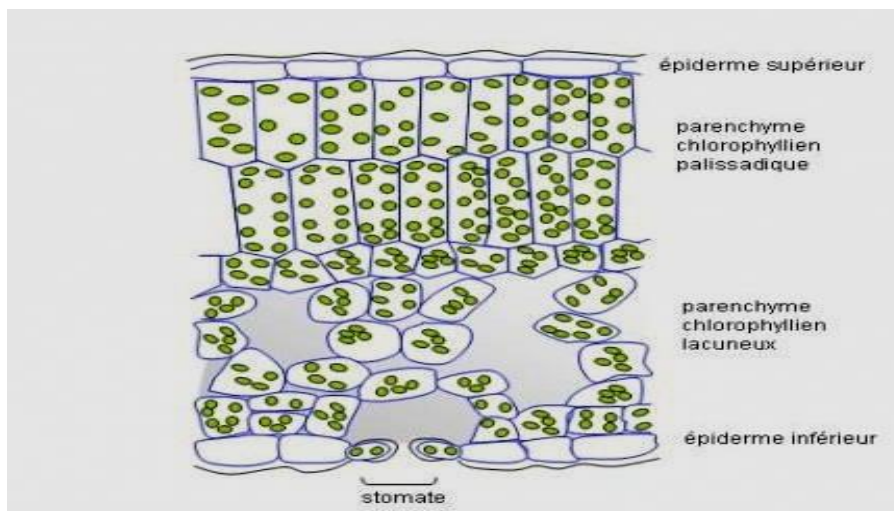


Figure 12: le parenchyme chlorophyllien et le parenchyme lacuneux dans la feuille

3.2. Les parenchymes de réserve

a- Le parenchyme de réserves nutritives Il se trouve à l'intérieur des **tiges** ou des **racines**, des **fruits** et des **graines**, il est constitué de cellules vivantes pour former des tissus de réserve. Ces réserves peuvent être sous forme de glucides (betterave à sucre), d'amidon (pomme de terre), de lipides (graines d'arachide) et de protides (graines de céréales). (fig.13)

b- Le parenchyme aquifère est constitué de cellules volumineuses, pourvues d'une vacuole très développée. Il est abondant dans les tiges ou les feuilles des plantes **grasses** où il constitue une réserve d'eau. (fig.14)

c- Le parenchyme aérifère est un type de tissu lacuneux où les lacunes emprisonnent de l'air. On les rencontre chez les plantes **aquatiques**. (fig.14)

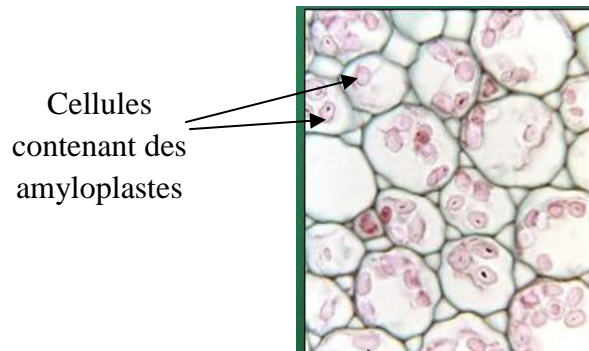


Figure 13 : parenchyme de réserves nutritives (amidon)

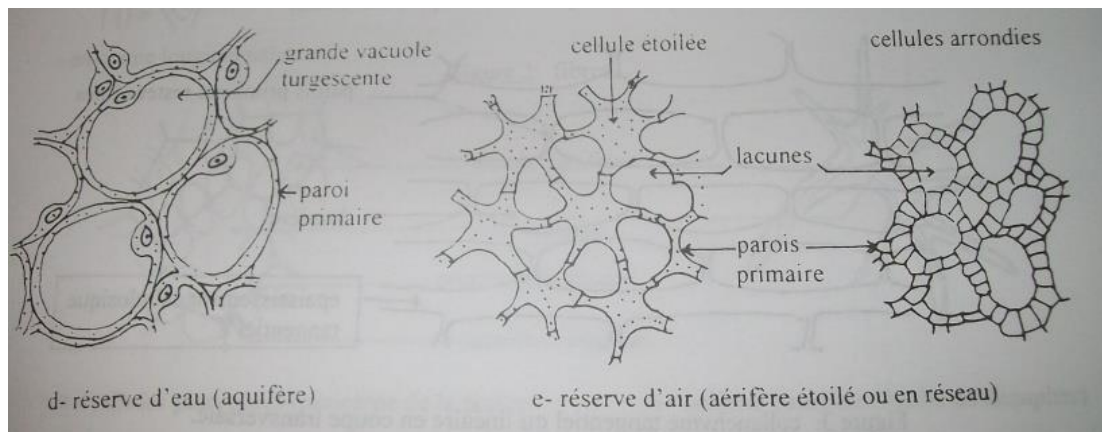


Figure 14: Parenchyme aérijfère et aquifère

4. Tissus de Soutien ou Tissus Mécaniques

Les tissus de soutien sont constitués de cellules à paroi épaisse lui donnant une certaine rigidité, en particulier chez les plantes herbacées, ce sont le **collenchyme** et le **sclérenchyme**.

4.1 Le collenchyme

C'est un tissu primaire qui se trouve sous l'épiderme, situé dans la périphérie des parties aériennes des organes jeunes en croissance (tiges et pétioles), constitué de cellules vivantes aux parois cellulosiques qui permettent à la plante de continuer à croître dans la zone considérée, pas de paroi secondaire. (fig.15)

On distingue différents types de collenchyme en fonction de **l'épaississement de la paroi** :

Le collenchyme annulaire, dont les dépôts de la cellulose de la paroi sont uniformes.

Le collenchyme angulaire, où l'épaississement cellulosique est concentré sur les angles de la paroi.

Le collenchyme tangentiel ou lamellaire, où seules les parois tangentielles, c'est-à-dire parallèles à la surface externe, sont épaissies.

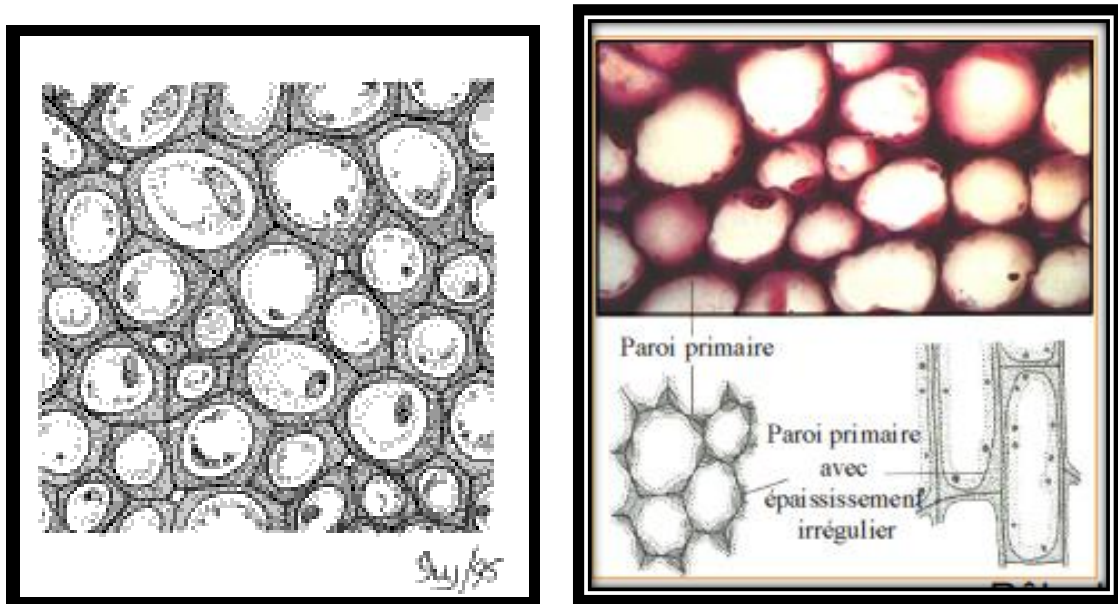


Figure 15: Le collenchyme

4.2. Le sclérenchyme

Le sclérenchyme est également un tissu primaire formé de **cellules mortes** dont les parois sont chargées de lignine (paroi secondaire épaisse et rigide imprégnée de lignine), bloquant la plante dans sa croissance. (fig.16)

Les cellules du sclérenchyme sont souvent regroupées en faisceaux formant des **fibres végétales**, ou alors quand ses cellules présentent des formes irrégulières, on les appelle **les sclérites**.

Chez les végétaux pourvus d'importants tissus secondaires comme les arbres, le rôle de soutien n'est plus assuré ni par le collenchyme ni par le sclérenchyme, mais par les tissus conducteurs secondaires.

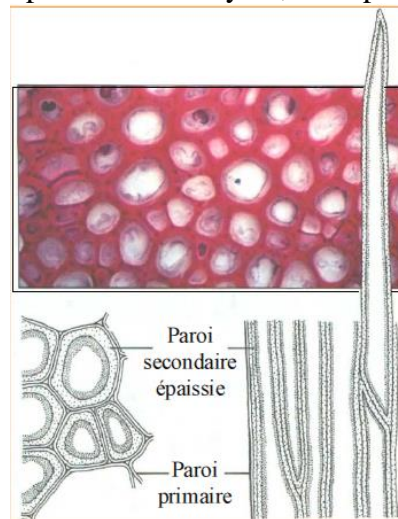


Figure 16: Le sclérenchyme

5. Les Tissus Conducteurs

Les tissus conducteurs permettent le transport de l'eau et des autres éléments absorbés ainsi que les différents produits de la photosynthèse vers toutes les parties de la plante. (fig.17)

Les cellules du tissu conducteur sont de longues cellules mises bout à bout formant ainsi de longues colonnes. Ces cellules permettent le passage de la sève dans tout l'organisme végétal. Il existe 2 types de vaisseaux conducteurs : **le phloème** et **le xylème**.

Un vaisseau : Tube distribuant la sève dans les diverses parties d'une plante.

Un faisceau : ensemble de tube fins et allongés, liées

Un faisceau criblovasculaire est l'ensemble du xylème et du phloème.

Le **xylème primaire** et le **phloème primaire** sont les deux types de tissus conducteurs primaires chez les plantes herbacées. Ils sont groupés en faisceaux.

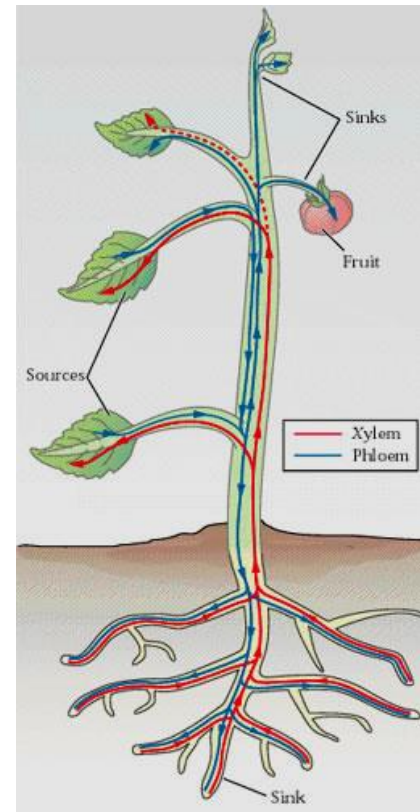


Figure 17 : le sens de la sève dans le xylème et le phloème

5.1. Le xylème

Le xylème assure la circulation de la sève brute (eau et sels minéraux provenant du sol); à partir des racines jusqu'aux organes de la photosynthèse.

Le xylème est constitué de cellules **mortes** très allongées présentant des parois épaissies par des dépôts de lignine, interrompus par endroit pour permettre le passage de la sève brute.

Le xylème présente deux types de cellules : (fig.18)

1. Les trachées, sont constituées de cellules mortes et dont leurs parois transversales ont disparu, assez courtes disposées bout à bout et parallèles entre elles, où la circulation de la sève brute se fait essentiellement **verticalement**.

2. Les trachéides, sont constituées de cellules allongées et parallèles, leurs extrémités sont en biseau, possédant une paroi transversale ce qui provoque une circulation **en zigzag**.

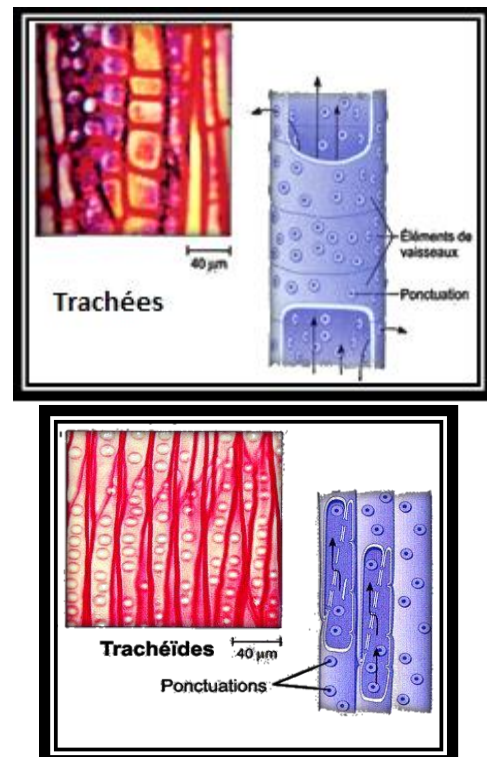


Figure 18 : Les éléments du Xylème

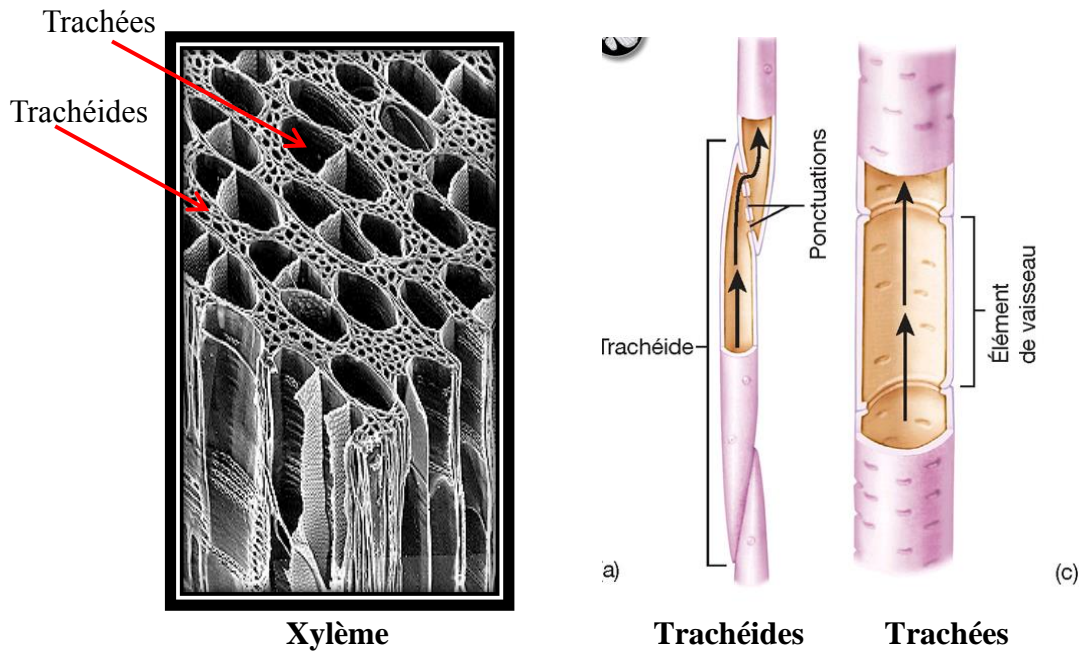


Figure 19 : Les éléments du Xylème

5.2. Le phloème

Il assure essentiellement la circulation de la **sève élaborée**, c'est-à-dire la sève enrichie des substances issues de la photosynthèse. Ce tissu conducteur est constitué de cellules **vivantes** appelées tubes criblés et les cellules compagnes. (fig.19)

1. Les tubes criblés, Cellules vivantes sans noyau, allongées dans le sens longitudinal placées bout à bout, à parois pectocellulosiques épaisses. Les parois transversales sont criblées de pores appelés cribles, permettant le transit de la sève.

2. Les cellules compagnes, ce sont des cellules vivantes avec noyau, étroites allongées le long du tube criblé, parois cellulosiques non criblées qui participent au contrôle de la circulation de la sève dans les tubes criblés.

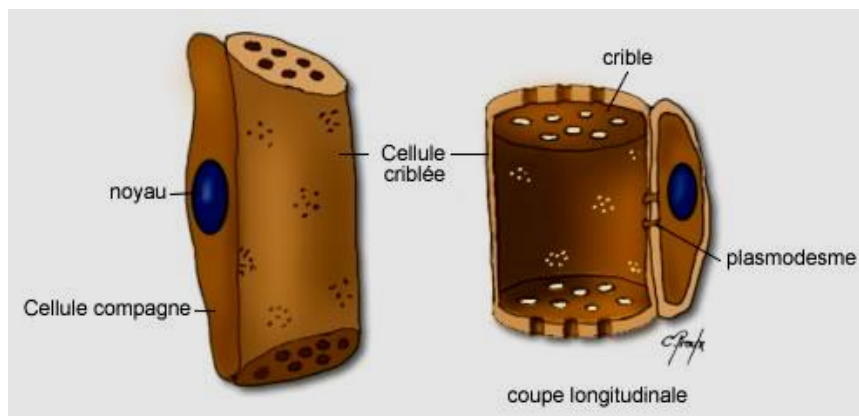


Figure 20 : Les éléments du phloème

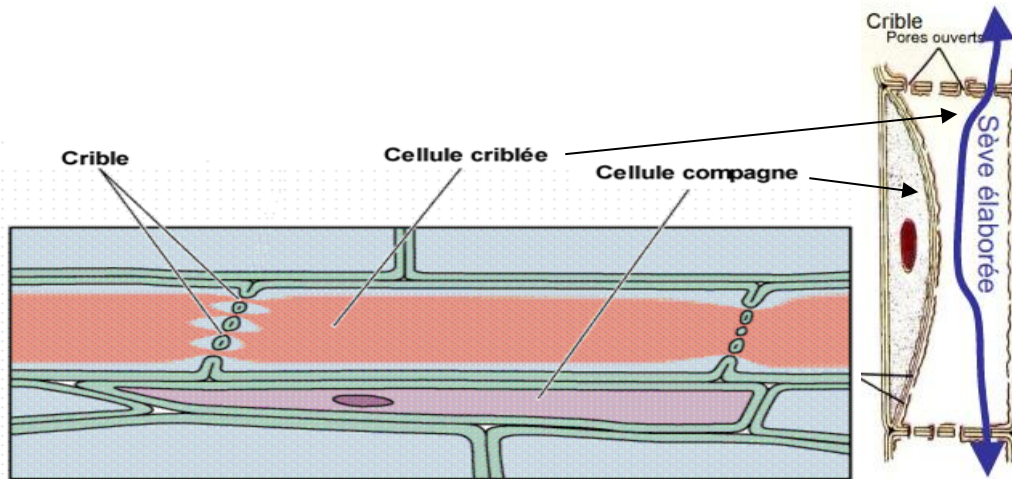


Figure 21 : Les éléments du phloème

6. Les tissus sécréteurs

Ils correspondent à des canaux ou poils sécréteurs, cellules sécrétrices, poches ou parenchymes de stockage, ils sont très variés aussi bien dans la forme que dans le mode de libération et peuvent se localiser dans tous les tissus.

Certaines cellules isolées dans le parenchyme ou groupées en poches ou en tubes synthétisent des substances. Elles peuvent soit stocker les produits, soit les sécréter dans des organes végétaux, comme les essences volatiles, qui produisent les parfums de certaines plantes (pétales de rose, thym, romarin, etc.) s

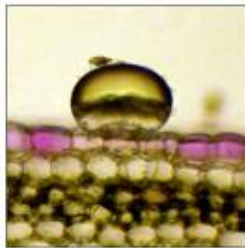


Figure 22 : Poil épidermique de la sauge

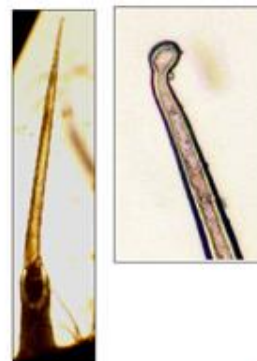


Figure 23: Poil épidermique de l'ortie

2^{ème} partie : Les tissus secondaires

1. Les méristèmes secondaires

Le méristème secondaire est une zone génératrice apparaissant plus tard à maturité de la plante. Les cellules permettent **une croissance en épaisseur** autour de la tige et des racines des Angiospermes **Dicotylédones**, les Angiospermes Monocotylédones n'en possèdent pas.

Les méristèmes secondaires sont à l'origine des tissus secondaires, ils sont constitués d'assises génératrices sous forme d'anneaux formés de cellules capables de se diviser rapidement, ces cellules différentes des cellules du méristème primaire par la forme (rectangulaire), et le contenu cellulaire ; une vacuole centrale et un noyau qui occupe une position latérale.

Dans les plantes on trouve deux méristèmes secondaires qui se différencient tardivement :

1. La zone génératrice libéro-ligneuse, ou cambium, se localise entre le xylème et le phloème, il est responsable de la formation des **tissus conducteurs secondaires**, il présente une activité mitotique orientée dans le sens radial responsable de la formation du xylème secondaire (**le bois**) vers **l'intérieur** et du phloème secondaire (**le liber**) vers **l'extérieur**

Le cambium est composé que d'une seule assise de cellules, sous la forme d'un cylindre appelé parfois « **anneau cambial** », il est créé à partir de cellule de parenchyme interfasciculaire qui subissent une **dédifférenciation**.

Un anneau complet est issu de la **fusion** de deux types de zones cellulaires : les cellules de **cambium interfasciculaire** et les cellules du **cambium intrafasciculaire**. Cette fusion forme ainsi l'*anneau cambial*.

2. La zone génératrice subéro-phéllodermique, ou phellogène, responsable de la formation des **tissus protecteurs secondaires**, il se trouve dans l'écorce, il est responsable de l'apparition du liège (**suber**) vers l'extérieur et du **phelloderme** vers l'intérieur.

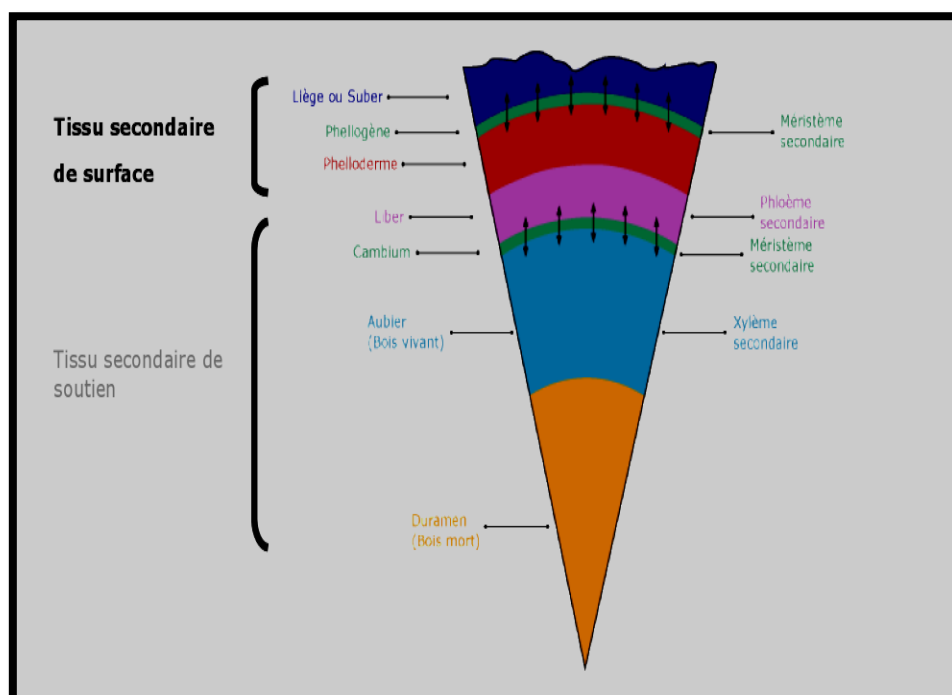


Figure 24 : l'emplacement des tissus secondaires

2. Les tissus conducteurs secondaires

Chez les plantes ligneuses, entre le xylème primaire et le phloème primaire, se met en place une zone de cellules peu différenciées à divisions actives. Cette zone génératrice appelée cambium libéro-ligneux produit des cellules qui se différencient pour donner les tissus conducteurs secondaires qui sont le **xylème secondaire** (le bois, d'où le qualificatif ligneux) et le **phloème secondaire** (ou liber).

Ces tissus secondaires vont se développer et permettre la croissance en épaisseur du végétal. Ils prennent beaucoup d'importance. Ils remplacent petit à petit le xylème et le phloème primaires, ils vont assurer le transport de la sève et auront un rôle de soutien du végétal (le tronc de l'arbre)

2.1. Le xylème secondaire (bois)

Il se développe vers l'intérieur. Il a une croissance rythmique centripète, synchronisée avec les saisons. Il forme donc des couches annuelles

2.2. Le phloème secondaire (liber)

Il est disposé vers l'extérieur. Sa formation, centrifuge, est rythmique et donne des couches concentriques minces de cellules aplaties. Elles ressemblent à des feuilles d'un livre, d'où le nom de liber (= livre).

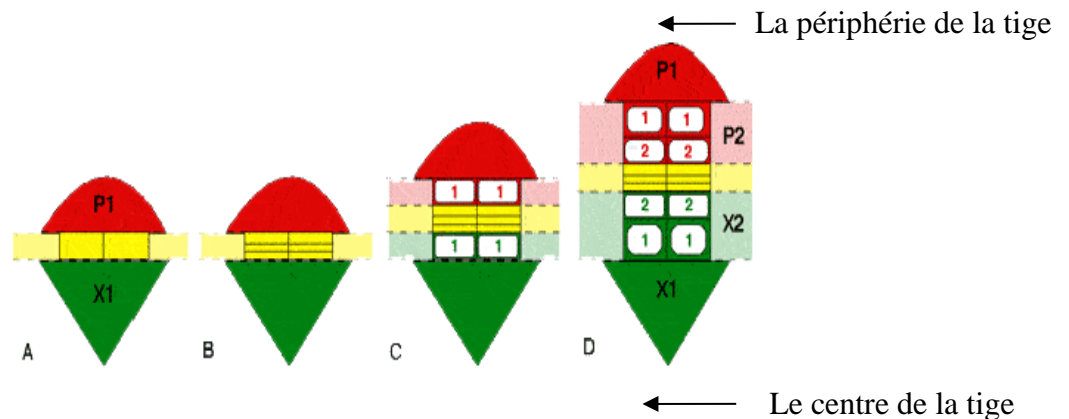


Figure 25 : fonctionnement du cambium libéroligneux (tige)

3. Les tissus protecteurs secondaires

Ils proviennent du phellogène (=assise subérophellodermique), il produit le liège (suber) vers l'extérieur et le phelloderme vers l'intérieur.

3.1. 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 apparaît au niveau d'organe subissant une croissance en épaisseur ; sur les tiges et les racines.

La formation du suber nécessite la subérification des cellules qui le constitue, (la cellulose s'imprègne de subérine ceci induisant leur mort).

3.2. Le périderme

L'épiderme disparaît quand les tissus secondaires apparaissent. Il y a donc un nouveau tissu de surface = le périderme.

Le périderme se compose de 3 parties (le phelloderme + le phellogène + le liège)

Tout d'abord, le phellogène apparaît. C'est le lieu de naissance des tissus secondaires qui remplaceront les tissus épidermiques de la croissance primaire. Le phellogène se développe vers les deux sens : vers l'extérieur pour donner le liège et vers l'intérieur pour donner le phelloderme.

CHAPITRE 3

ANATOMIE DES ORGANES

VEGETAUX

CHAPITRE 3 : ANATOMIE DES ORGANES VEGETAUX

Introduction

Ce chapitre est principalement consacré à faire connaître la structure anatomique de la racine, puis celle de la tige et de la feuille des plantes monocotylédones et dicotylédones.

Les végétaux sont des organismes eucaryotes pluricellulaires et autotrophes, possédant des organes qui ont des rôles spécifiques dans l'organisme ;

- **Les racines** ancrent la plante au sol et permettent l'assimilation de l'eau et des nutriments nécessaire à son fonctionnement.
- **Les tiges** jouent le rôle de support des organes photosynthétiques.
- **Les feuilles** sont les usines à photosynthèse où se fait la transformation de l'énergie solaire en énergie chimique

La différence entre les plantes monocotylédones et dicotylédones

Parmi les Angiospermes ou plantes à fleurs, les **monocotylédones** comprennent des végétaux dont la plantule typique ne présente qu'un seul cotylédon sur la graine. À cette particularité principale s'ajoutent les caractéristiques suivantes :

Tiges : pas de formation de bois secondaire et absence d'un véritable tronc ; même si certaines monocotylédones (palmiers, bananiers, Pandanus...) ont un port arborescent, on ne rencontre pas dans cette classe de vrais arbres au sens strict.

Feuilles : présentant généralement des nervures parallèles.

Fleurs : fondamentalement trimères : 3 sépales, 3 pétales, 2x3 étamines, 3 carpelles

En général, les dicotylédones présentent une plantule à deux cotylédons, et on observe, au niveau des tiges et racines, la présence de cambium permettant la formation de bois et de liber, les grains de pollen ont 3 ouvertures (zones de faiblesse permettant le passage du tube pollinique), les monocotylédones ont une seule ouverture.

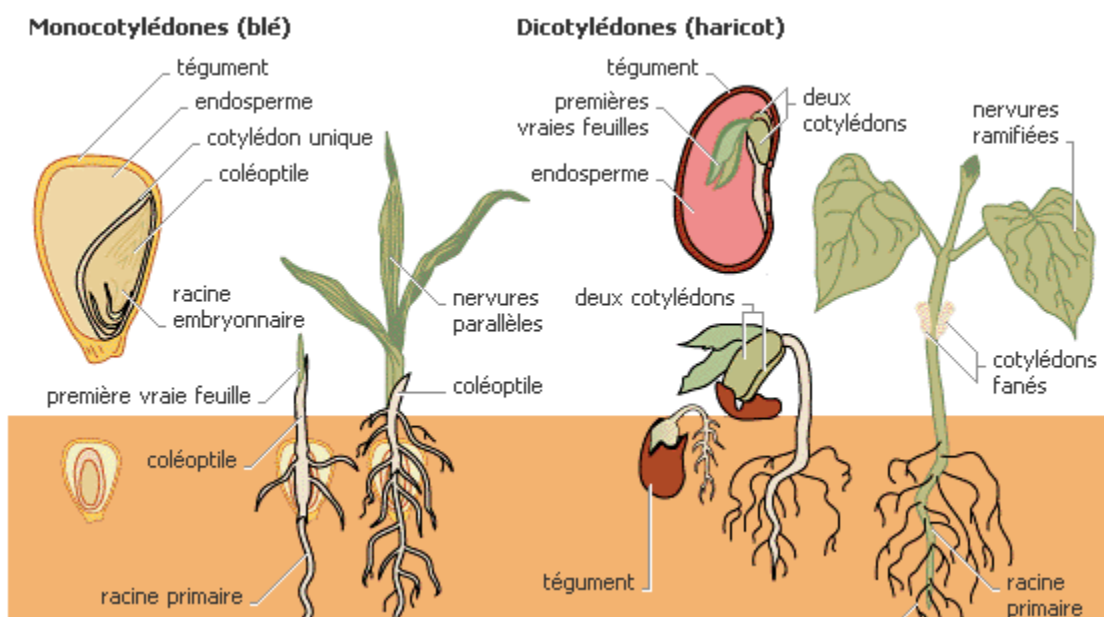


Figure 01 : Les caractéristiques générales des plantes monocotylédones et dicotylédones

A-LA RACINE

La racine est l'organe souterrain d'une plante servant à la fixer au sol et à y puiser l'eau et les éléments nutritifs nécessaires à son développement, la racine peut aussi jouer le rôle d'organe de réserve, elle résulte du développement de la radicule de l'embryon qui était dans la graine.

La jeune racine présente, en partant de son extrémité (fig.02), une zone méristématique qui constitue le pôle de croissance, protégée par une **coiffe** conique qui protège le point végétatif ou apex racinaire composée de cellules se renouvelant constamment (**les statocytes**) qui sont impliquées dans la perception de la gravité grâce à leurs **statolithe** (organites spécifiques des cellules végétales, ce sont des amyloplastés spécialisés impliqués dans la perception de la gravité chez les plantes)

En suite une **zone d'élongation** limitée à quelques millimètres, suivie par une **zone pilifère** (ou *assise pilifère*). La présence des nombreux poils permet d'augmenter considérablement la surface d'absorption de la racine. Ces poils meurent très vite et sont remplacés par d'autres au fur et à mesure de la croissance de la racine, ce qui fait que la zone pilifère est globalement toujours de la même taille. La zone suivante est une couche de cellules enrichies en subérine appelée **assise subéreuse**.

Les **racines secondaires** issues du péricycle situé autour du faisceau conducteur, permettent d'accroître la surface d'absorption racinaire. Leur morphologie est comparable à celle de la racine principale. Les plus fines racines secondaires sont appelées les **radicelles** et comportent généralement beaucoup de poils absorbants. La région qui sépare la racine de la tige porte le nom de **collet**.

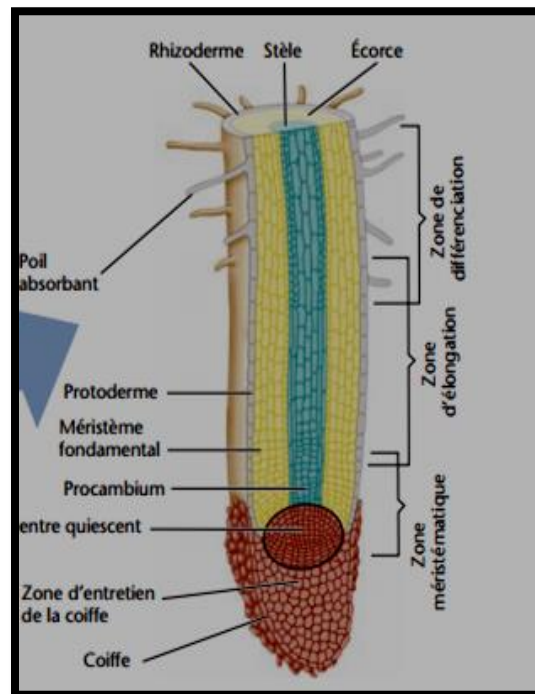


Figure 02 : Coupe longitudinale dans une racine

1. La structure anatomique d'une racine

La racine présente une symétrie axiale et une structure bien définie ; une coupe transversale d'une racine jeune présente une symétrie axiale et nous permet de distinguer deux zones essentielles : **Ecorce** (composé de rhizoderme (rh) et parenchyme cortical (Pc)) **et cylindre central** (composé de l'endoderme (En), péricycle (Pe), tissu conducteur (Xy, Ph) et parenchyme médullaire (Pm)).

Sur des coupes effectuées dans la racine au niveau des poils absorbant, on distingue de l'extérieur vers l'intérieur plusieurs structures : (fig.03)

a- Les poils absorbants qui se trouvent sur le rhizoderme, sont les prolongements des cellules du rhizoderme. Ils permettent l'absorption de l'eau et des sels minéraux. Ils ont un diamètre de 12 à 15 micromètres et de 1 à plusieurs millimètres de long.

b- Le parenchyme cortical est formé de cellules jointives à la forme d'un parallélépipède, (prisme à six faces parallèles deux à deux), allongées dans le sens de l'axe de la racine.

c- L'endoderme est une couche de cellules qui se trouve entre l'écorce (le cortex) et la stèle (cylindre central), il constitue un anneau unistratifié (composé d'une seule assise de cellules), joue le rôle de barrière sélective qui règle le passage des substances provenant du sol vers les tissus conducteurs de la stèle. Les cellules sont en forme de parallélépipède dont les parois possèdent un épaississement formant le bandes de Caspary.

d- Le péricycle formé d'une seule assise de cellules responsable de l'apparition des racines secondaires

e- Le cylindre central (la stèle) situé dans le centre de la racine protégé par l'endoderme et limité par le péricycle.

Plus au centre, des vaisseaux du xylème ont des tailles différentes selon leur emplacement.

Le xylème et le phloème **alternent** régulièrement et sur un seul cercle, ce sont les tissus conducteurs de la racine.

Près du péricycle, les cellules du xylème sont **jeunes** et **petites** (**protoxylème**), vers le **centre**, elles sont **grandes** et **âgées** (**métaxylème**).

La différenciation du **xylème** est **centripète** dans la racine.

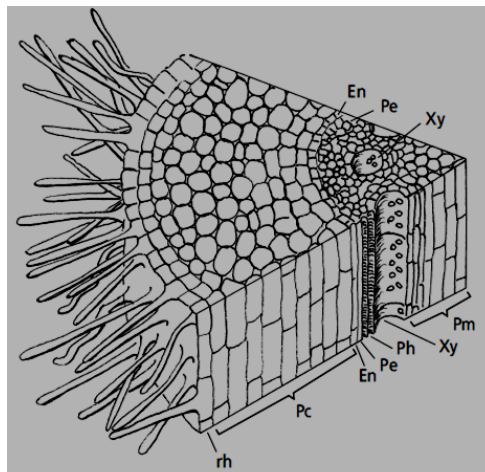


Figure 03 : Schéma tridimensionnel d'une racine jeune

1.1. La structure anatomique d'une racine dicotylédone

A- structure primaire :

- Une petite stèle
- Le parenchyme cortical sclérifié
- L'endoderme présente une subérolignification en forme de cadre
- Les faisceaux criblovasculaires sont au nombre de 5 ou 6
- La moelle est composée de xylème
- L'apparition des formations secondaire ; Présence fréquente d'un cambium qui apparaît toujours entre Xylème primaire et Phloème primaire qui donnera les tissus conducteurs secondaires.

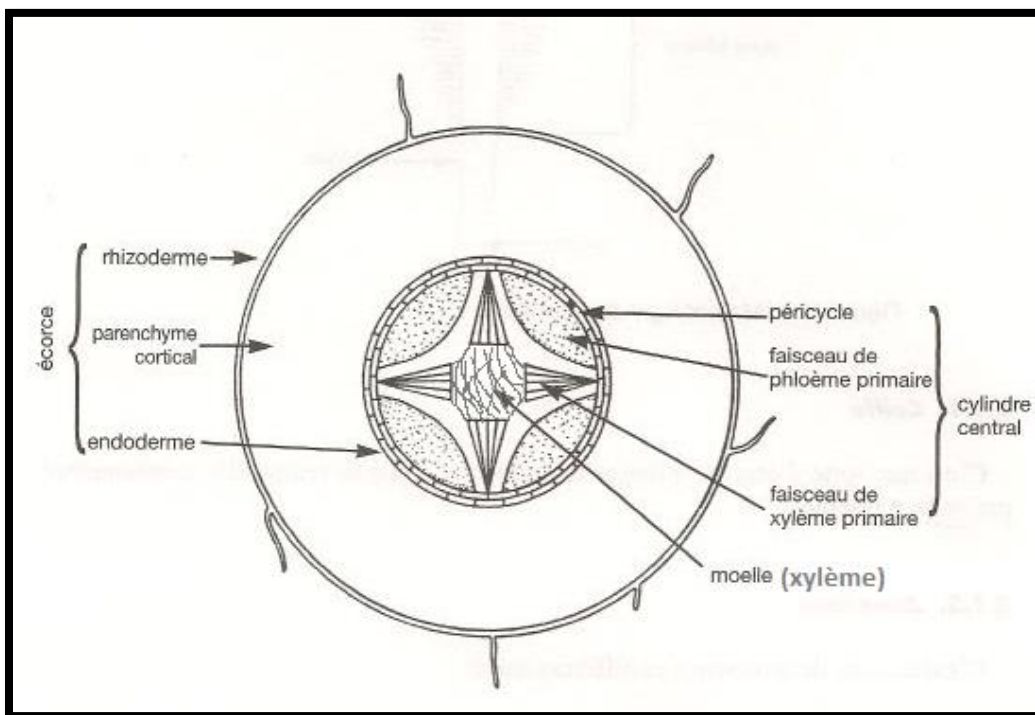


Figure 04: structure anatomique d'une racine dicotylédone primaire

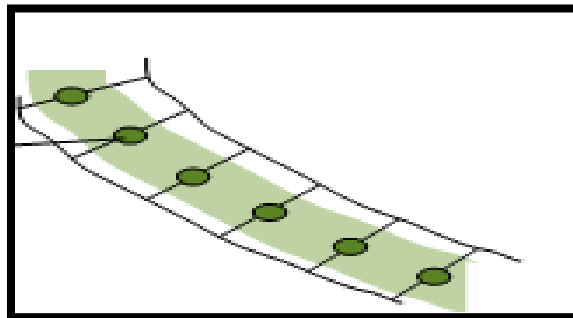


Figure 05 : Endoderme d'une racine dicotylédone

B- structure secondaire :

La structure secondaire d'une racine ne concerne que les plantes dicotylédones, elle est totalement absente chez les plantes monocotylédones

Dans la racine des plantes dicotylédones, des cellules situées sur la face interne des faisceaux de phloème entrent en division mettent en place des arcs cambiaux discontinus. Plus tard au niveau des pôles du xylème, des cellules se différencient et construisent de nouveaux arcs cambiaux. Ceux-ci se raccordent aux massifs précédents réalisant un manchon cambial continu (cambium).

Le cambium (assise libéro-ligneuse) va créer les tissus de conduction secondaires (xylème secondaire vers l'intérieur (développement centripète) et du phloème secondaire vers l'extérieur (développement centrifuge)).

L'apparition de l'assise subéro-phéllodermique (phellogène) est toujours beaucoup plus tardive. Chez les plantes herbacées, elle est même souvent absente.

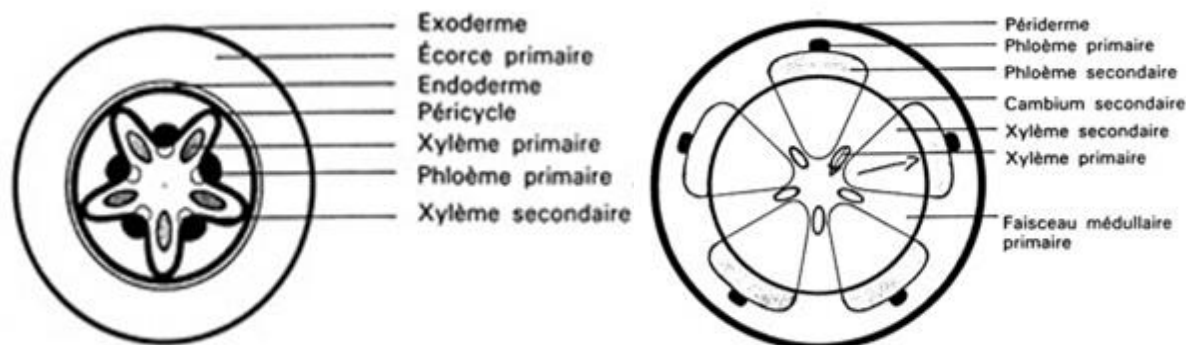


Figure 06 : l'organisation secondaire de la racine

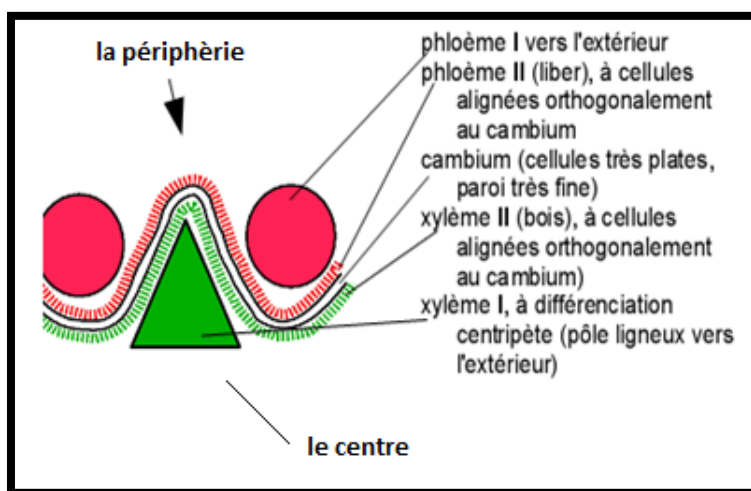


Figure 07 : L'apparition du cambium dans une racine dicotylédone

1.2. La structure anatomique d'une racine monocotylédone

A- structure primaire :

- **La stèle** des racines monocotylédones **est bien plus développée** que chez les racines dicotylédones,
- **Le parenchyme cortical** présente **de grands méats** entre les cellules,
- **L'endoderme** présente une subérolignification **en forme de U**.
(Les cellules sont complètement subérifiées à l'exception de la paroi externe, en face du xylème)
- **Les faisceaux criblovasculaires** sont plus nombreux, **de 8 jusqu'à 20**, entourant un parenchyme
- La **moelle** est composée par un parenchyme médullaire
- **Absence** de formation secondaire.

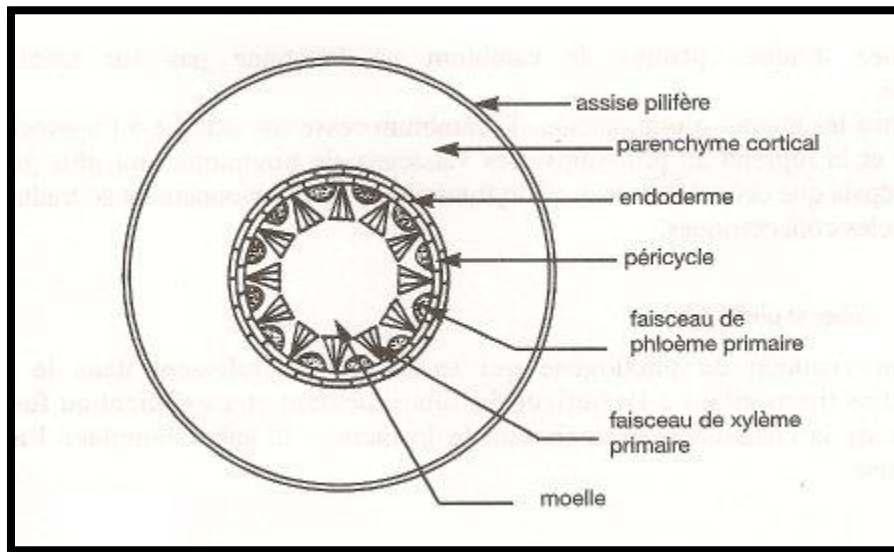


Figure 08: structure anatomique d'une racine monocotylédone primaire

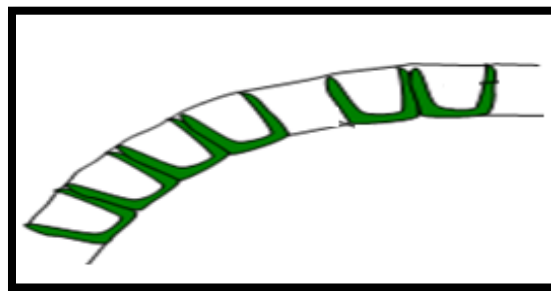


Figure 09 : l'endoderme dans une racine monocotylédone

B- structure secondaire : Chez les plantes Monocotylédone il n'existe pas de formation secondaire

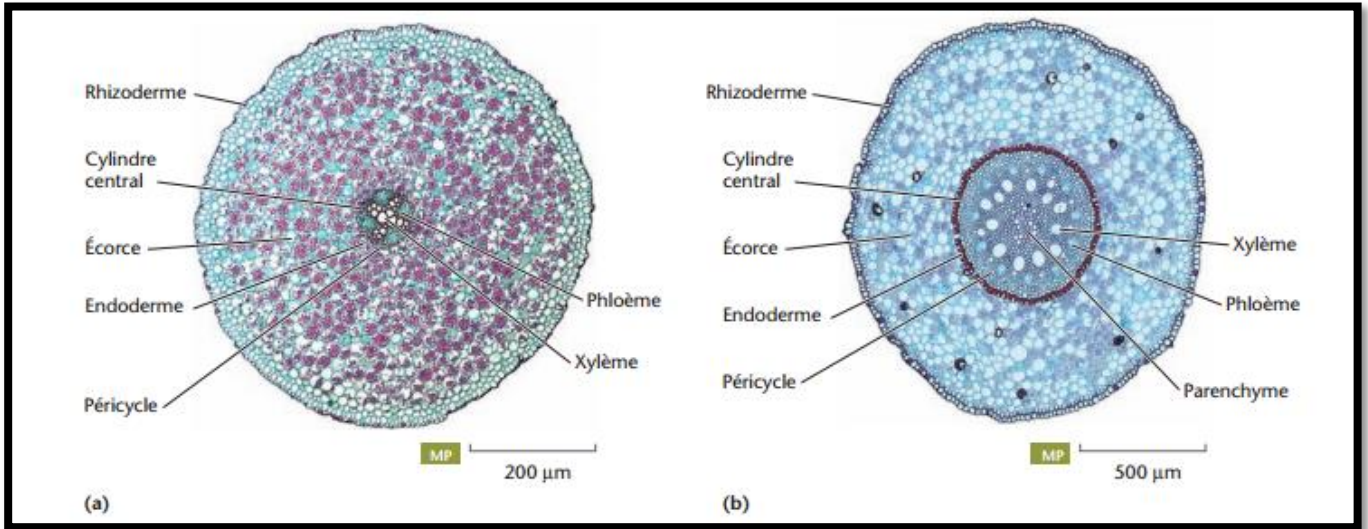


Figure 10 : la différence entre une racine dicotylédone (a) et monocotylédone (b)

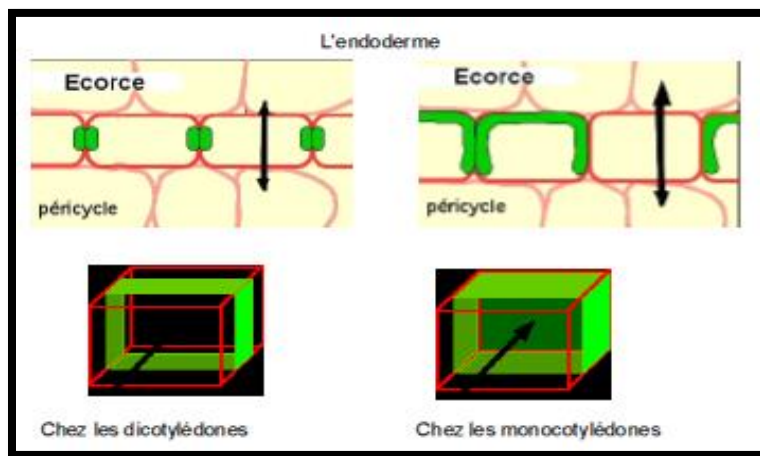


Figure 11 : l'endoderme des monocotylédones et des dicotylédones

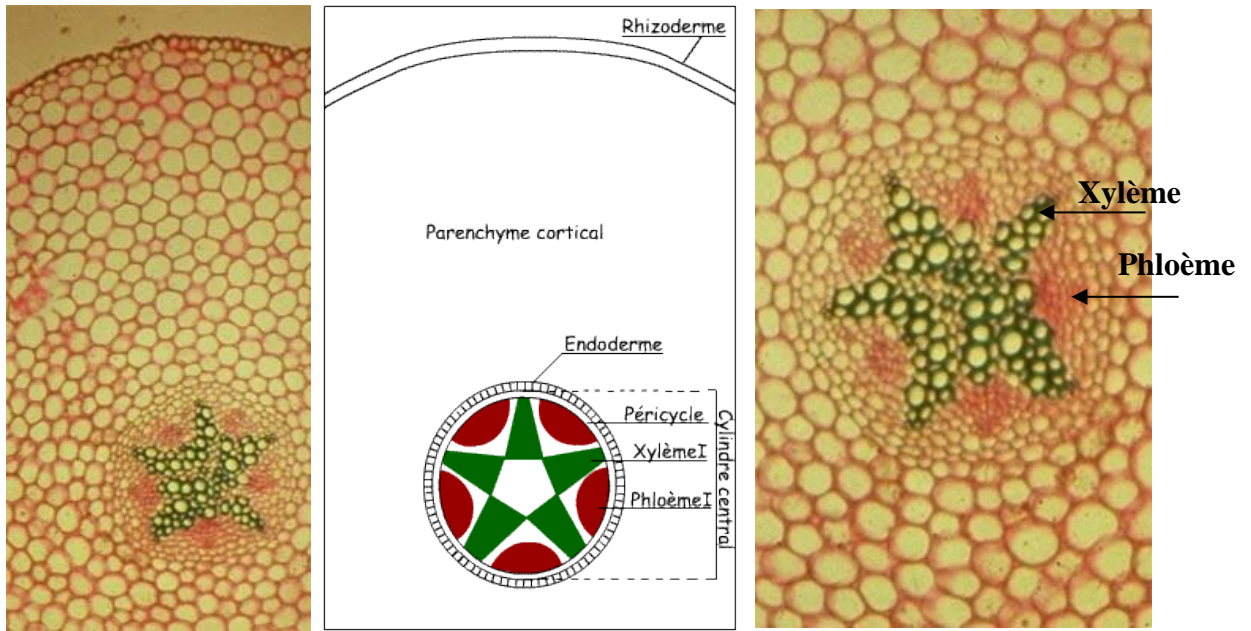


Figure 12: Structure primaire d'une racine dicotylédones, l'Héllébore

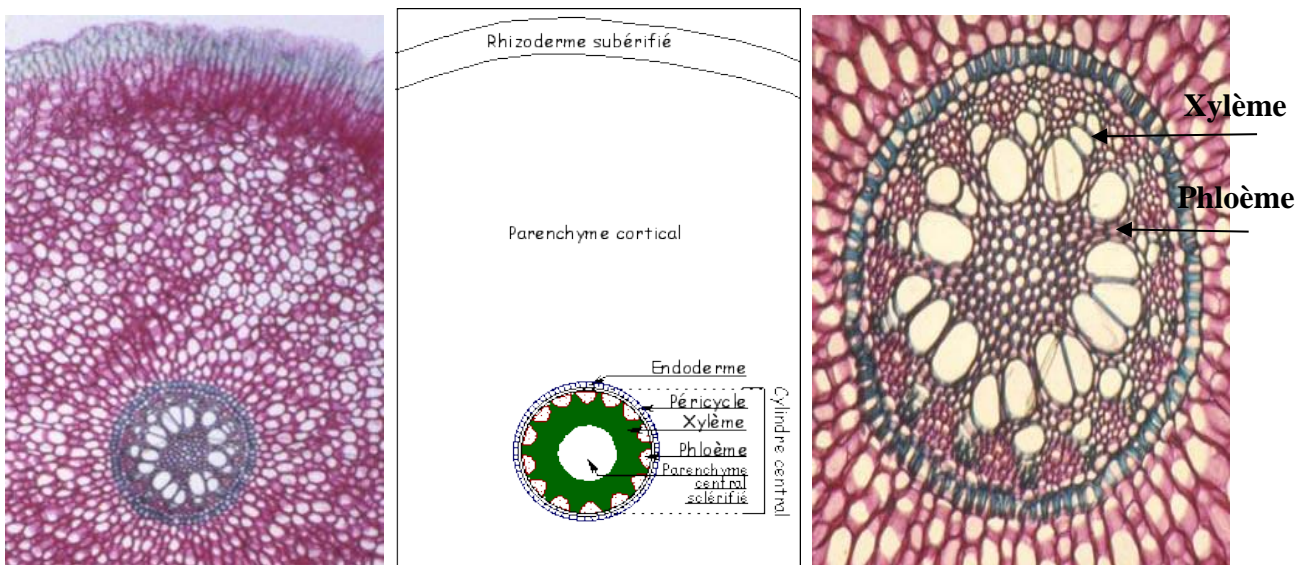


Figure 13 : Structure primaire d'une racine monocotylédone, l'iris

B-LA TIGE

La tige est chez les plantes, l'axe généralement aérien, qui prolonge la racine et porte les bourgeons et les feuilles. La tige se ramifie généralement en branches et rameaux (tiges secondaires) formant l'appareil caulinaire. Chez les arbres et les plantes ligneuses on distingue le tronc.

La tige assure une fonction de soutien et une fonction de transport des éléments nutritifs entre les racines et les feuilles.

La tige diffère de la racine par la présence de nœuds où s'insèrent les bourgeons axillaires et les feuilles ainsi que par sa structure anatomique. La transition entre racine et tige se fait dans le « collet ».

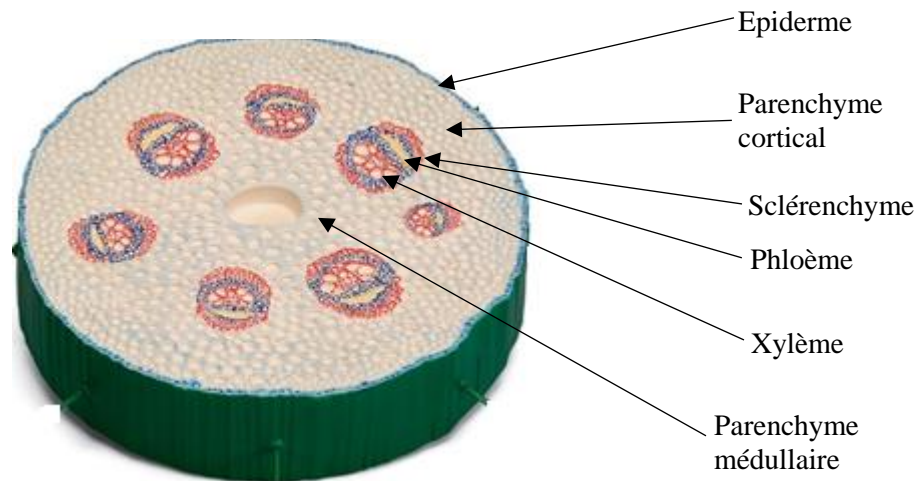


Figure 14: schéma d'une coupe transversale dans une tige

1. La structure anatomique de la tige

Ce qui caractérise la tige de point de vue anatomique c'est la disposition du xylème et phloème, ils n'alternent plus (comme c'est le cas de la racine) mais ils sont **superposés** (fig.14), **le xylème est interne** (qui tend vers le centre) montre une différenciation **centrifuge** (le protoxylème près du centre et le métaxylème près de la périphérie) **le phloème est externe** (qui va vers la périphérie) et on observe un parenchyme médullaire important ainsi qu'une présence de tissus de soutien.

La coupe transversale d'une tige jeune (fig.14 et fig.15) présente plusieurs zones :

L'épiderme, constitué d'une couche de cellules juxtaposées. Leur paroi est peu épaisse et elles ne contiennent pas de chloroplaste. On peut rencontrer des cellules de collenchyme avant le parenchyme cortical.

Le parenchyme cortical, composé de grandes cellules polyédriques. Les cellules de la périphérie renferment des chloroplastes, mais leur nombre diminue au fur et à mesure qu'on s'enfonce vers l'intérieur.

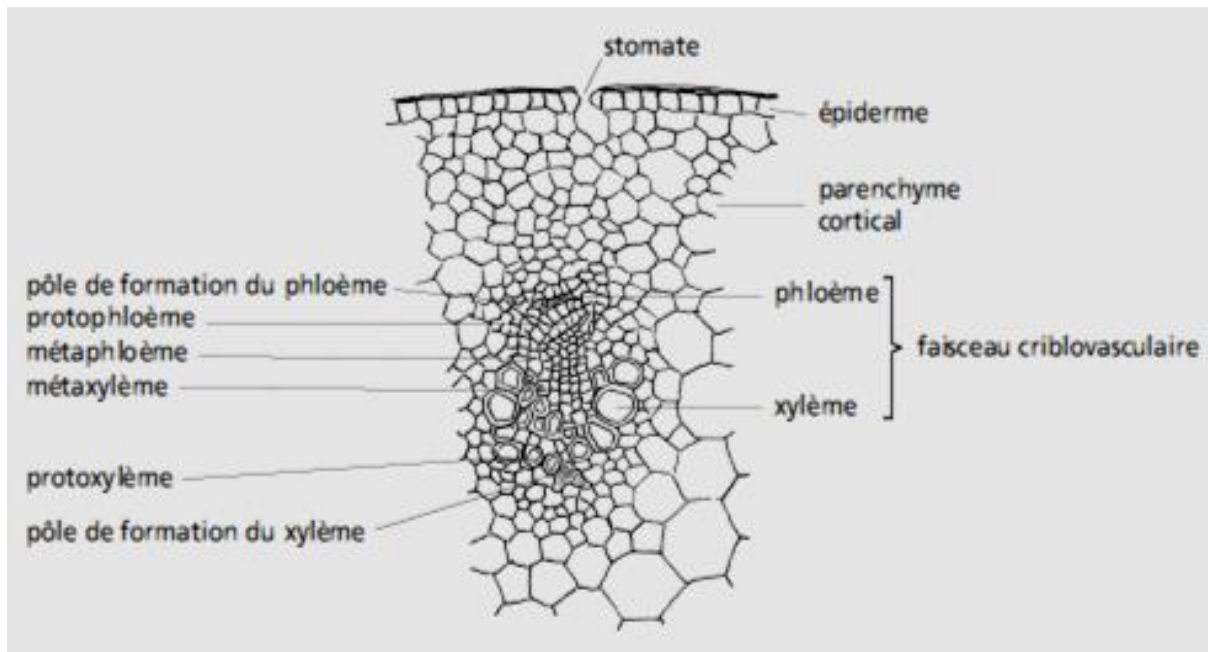


Figure 15 : schéma d'une partie d'une coupe transversale dans une tige.

Les tissus conducteurs rassemblés xylème et de phloème **superposés**. Le xylème, vers le centre de la tige et le phloème vers l'extérieur. Ce sont les faisceaux criblovasculaires (parfois encore appelés faisceaux libéroligneux). Les diamètres des cellules de xylème ne sont pas identiques, ils diminuent au fur et à mesure que l'on se rapproche du centre (le protoxylème à petit diamètre près du centre et le métaxylème à grand diamètre près de la périphérie).

La **différenciation** du xylème est **centrifuge** dans la tige.

On observe une moelle remplie par parenchyme formé de cellules très large.

1.1. La structure anatomique d'une tige dicotylédone

A- Structure primaire

On observe d'abord un épiderme puis on peut trouver quelques assises superficielles de collenchyme, un parenchyme cortical très réduit et un anneau de sclérenchyme continu existe dans la partie profonde de l'écorce, au-dessus du xylème se trouve le phloème et entre les deux on trouve des cellules du **cambium** qui seront à l'origine des structures secondaires.

- Le cylindre central comporte de nombreux faisceaux disposés sur **un seul cercle** chez les **dicotylédones**.
- Le parenchyme médullaire plus important que le parenchyme cortical, parfois il existe une lacune au centre de la tige.
- Ces observations correspondent à une tige jeune de dicotylédone. Mais très rapidement des formations secondaires vont apparaître et compliquer ces structures.

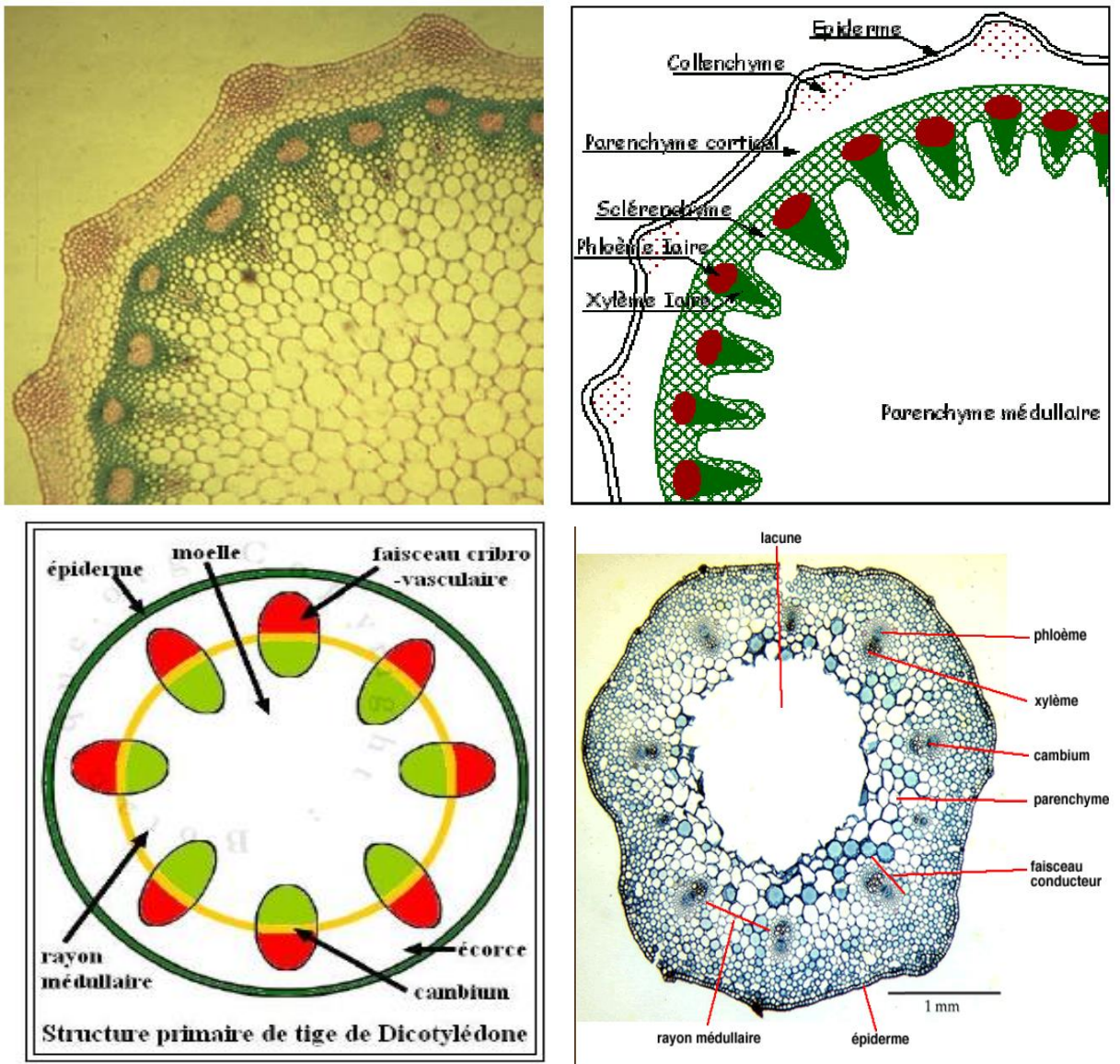


Figure 14 : Structure primaire d'une tige dicotylédone

B- Structure secondaire

Entre le phloème primaire et le xylème primaire un cambium se forme et fonctionne en donnant vers l'intérieur du xylème secondaire et vers l'extérieur du phloème secondaire, et dans l'écorce apparaît le phellogène qui va donner le suber vers l'extérieur et le phelloderme vers l'intérieur

On observe donc de l'extérieur de la tige, vers l'intérieur :

Un périderme, collenchyme, parenchyme cortical, phloème primaire, phloème secondaire, cambium, xylème secondaire, puis xylème primaire et la moelle.

Dans la tige, le cambium apparaît très tôt au niveau des faisceaux cribrovasculaires (entre le xylème et le phloème).

Plus tard à la suite d'une **dédifférenciation** des cellules du parenchyme apparaissent des arcs de cambium **interfasciculaire** qui peuvent se relier avec les cellules du cambium **intrafasciculaire** (celui qui se trouve à l'intérieur du faisceau (entre xylème et phloème)) et constituer un manchon méristématique continu.

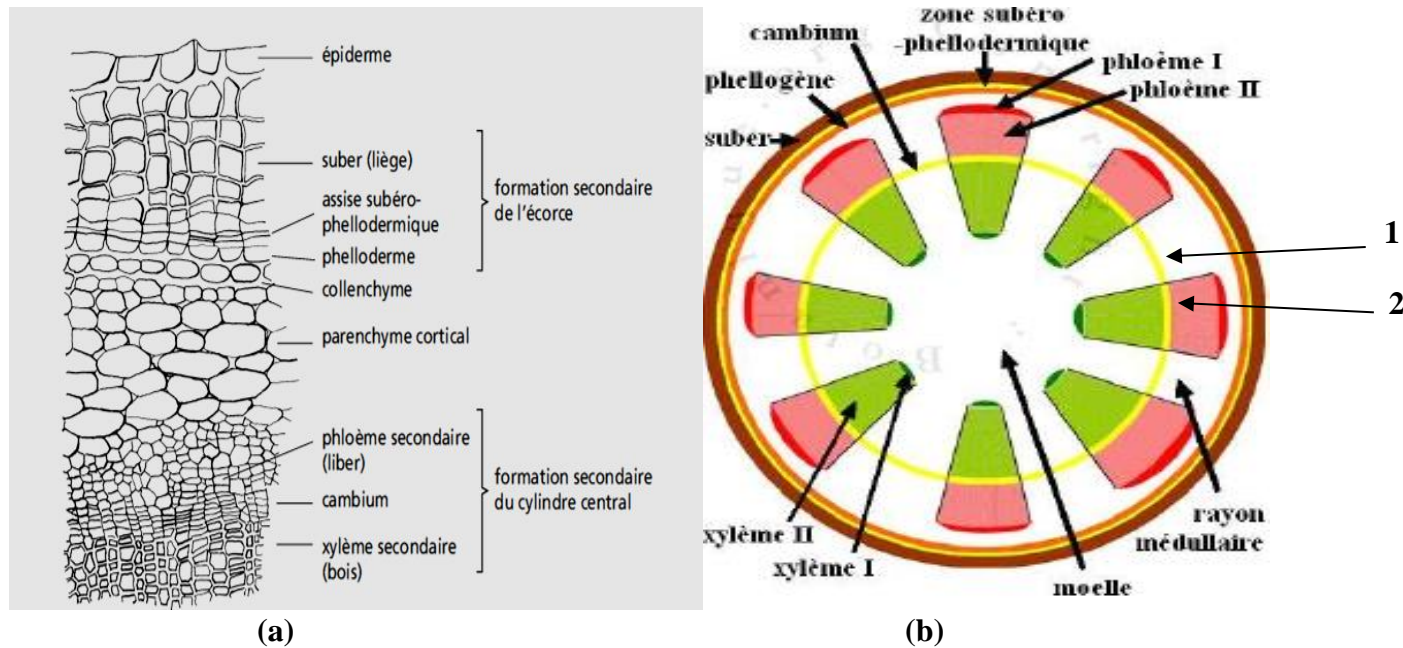


Figure 16 : schéma d'une coupe transversale de tige âgée (a) : une partie (b) coupe entière ;(1:cambium interfasciculaire 2: cambium intrafasciculaire)

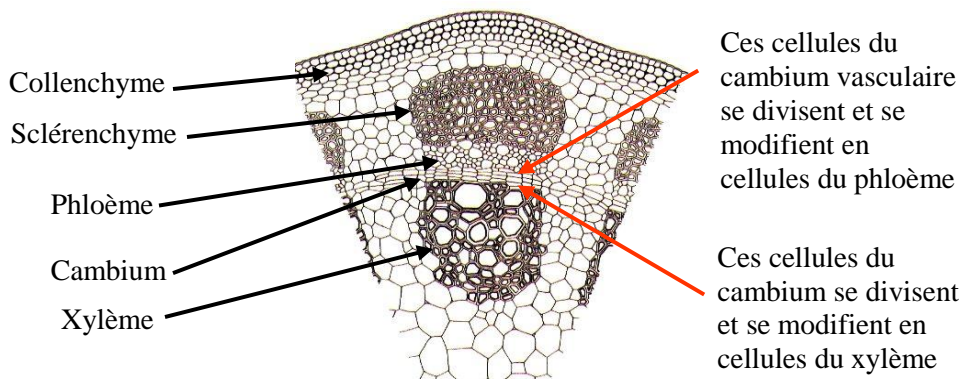


Figure 17 : Une partie d'une coupe transversale dans une tige dicotylédone

1.2. La structure anatomique d'une tige monocotylédone

A- Structure primaire

Chez les Monocotylédones, **il n'y a pas de formations secondaires**. On retrouve donc de l'extérieur vers l'intérieur :

- Un épiderme, un parenchyme cortical très réduit et la moelle est très développée et souvent lignifiée.
- **Plusieurs cercles concentriques** de faisceaux cribrovasculaires.
- Un anneau de sclérenchyme qui entoure le cercle externe des faisceaux.
- Le diamètre des faisceaux cribrovasculaires diminue en allant du centre vers la périphérie de la tige, les plus anciens sont repoussés vers le centre.
- La croissance en épaisseur chez les monocotylédones se fait par la multiplication du nombre de faisceaux conducteurs. Le centre de la tige peut être creux.

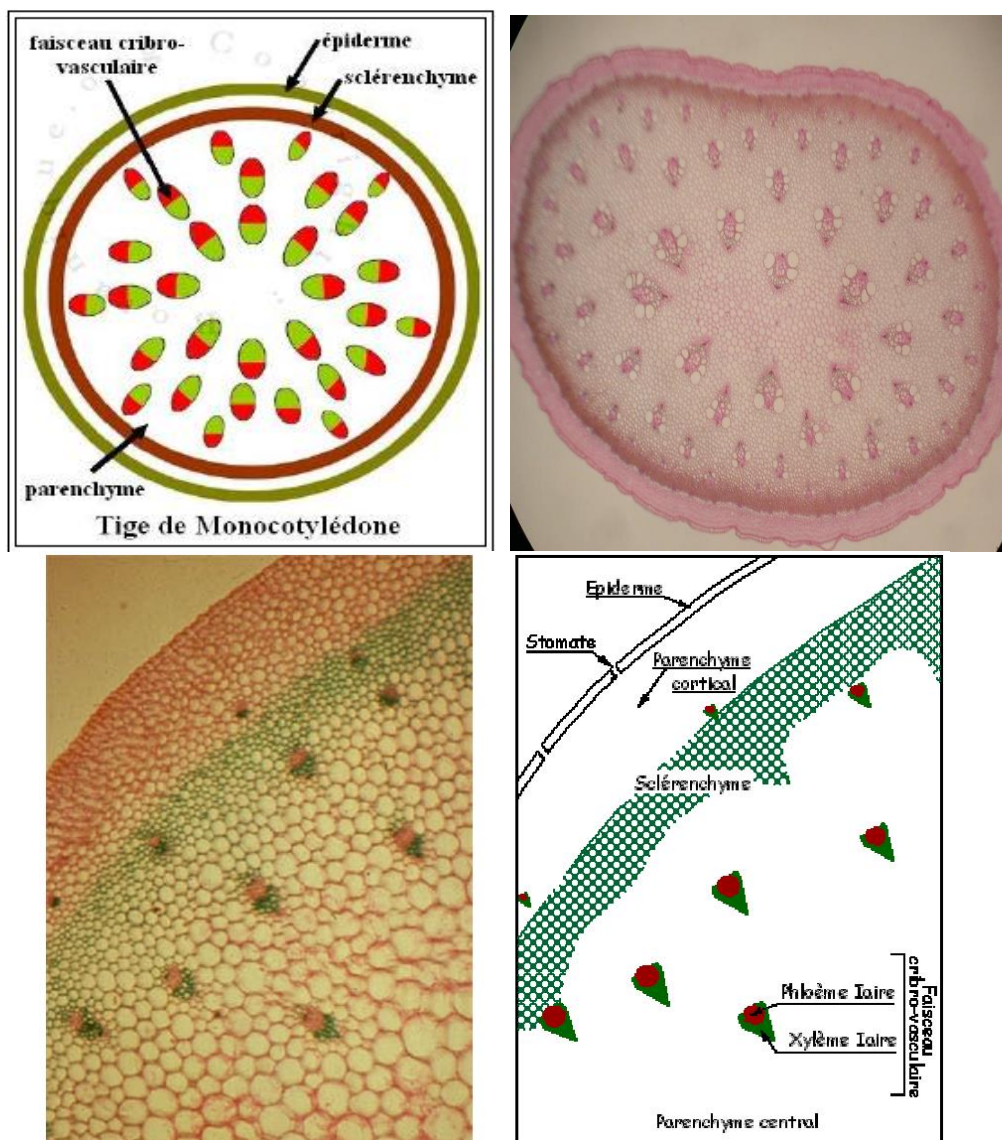


Figure 18 : Structure primaire d'une tige monocotylédone

B- Structure secondaire : Absence totale de structure secondaire chez les plantes monocotylédones

C- LA FEUILLE

Les feuilles sont le centre de la photosynthèse. Les vaisseaux conducteurs de xylème (dans les nervures de la feuille) apportent l'eau et les sels minéraux nécessaires à la photosynthèse. Les stomates permettent l'entrée des gaz et donc l'apport du CO₂. La photosynthèse permet la synthèse de matières organiques qui seront redistribuées aux autres organes par le phloème.

1. La structure anatomique de la feuille

La feuille est un appendice latéral de la tige (prolongement) sur laquelle elle s'insère au niveau d'un nœud. Elle se met en place grâce au fonctionnement du méristème caulinaire situé à l'apex d'un bourgeon. La feuille se compose le plus souvent d'un pétiole et d'un limbe. Sa forme aplatie lui permet de capter un maximum de lumière ce qui permet la photosynthèse dans les cellules du parenchyme.

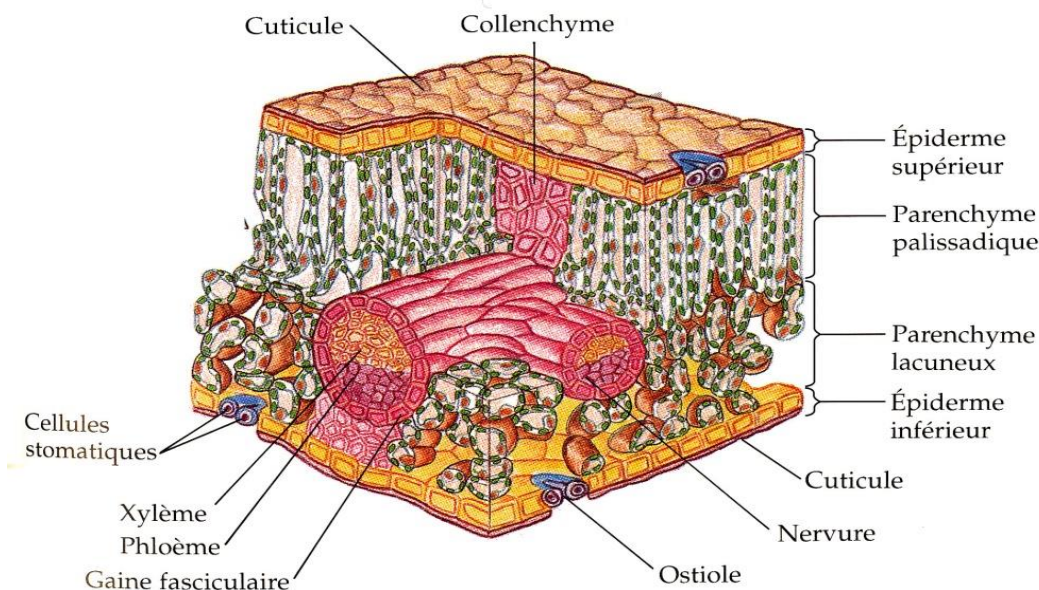


Figure 19 : la structure de la feuille

Selon la figure 19, la feuille est composée de :

L'épiderme supérieur : constitue toute la face supérieure (ventrale) du limbe. Il est formé de cellules serrées les unes contre les autres et recouvertes d'une **cuticule** qui protège la feuille.

Le parenchyme palissadique : est logé sous l'épiderme supérieur. Il se compose de cellules remplies de chloroplastes.

Le parenchyme lacuneux : constitué d'une couche de cellules moins régulières, peu jointives et laissant entre elles d'importantes lacunes. Ces cellules sont pauvres en chloroplastes.

Les faisceaux criblovasculaires : ce sont les tissus conducteurs superposés, les faisceaux criblovasculaires, sont identiques à ceux observés dans la tige. Ils sont en réalité, la suite de ceux de la tige et du pétiole et correspondent aux nervures du limbe.

L'épiderme inférieur est aussi formé de cellules serrées les unes contre les autres et recouvertes d'une couche cireuse. Il est perforé de **cellules stomatiques** qui permettent à l'air de passer dans la feuille ou d'en sortir. **L'ostiole** est l'ouverture au centre du stomate.

2. La structure anatomique d'une feuille dicotylédone

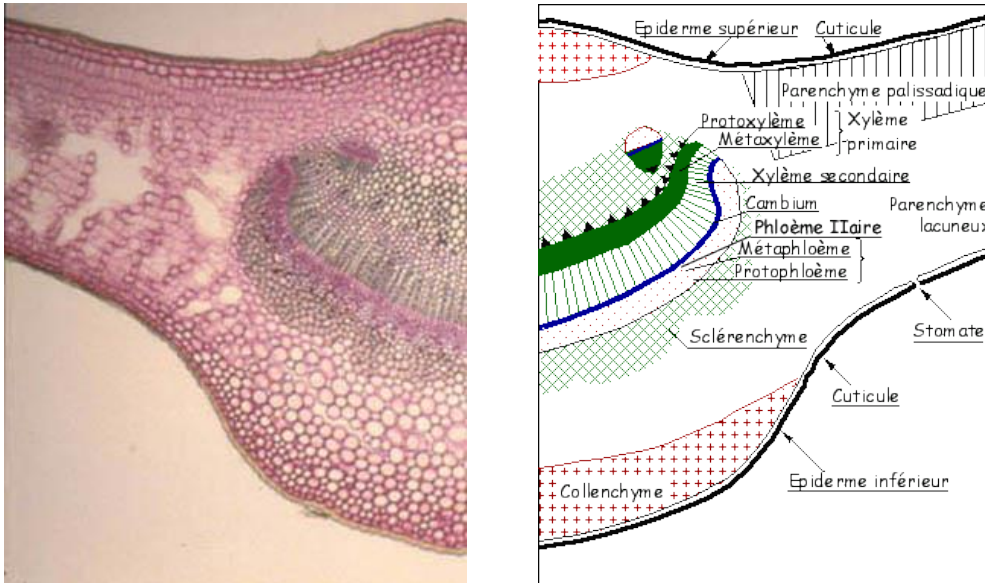


Figure 20 : Coupe transversale de la nervure principale d'un limbe de Houx

Sur cette coupe (fig. 20 et fig.21), on observe de l'extérieur vers l'intérieur :

- 2 épidermes, l'épiderme supérieur sur la face ventrale, bordés d'une épaisse cuticule où il y a moins de stomates et l'épiderme inférieur sur la face dorsale pourvu d'une cuticule mince et riche en stomates.
- **un parenchyme dit mésophylle, non homogène**, c'est le parenchyme de la feuille, c'est un parenchyme chlorophyllien le plus souvent bifacial asymétrique. Il comprend **un parenchyme palissadique** se trouvant sur la face ventrale, riche en chloroplastes, il est situé sous l'épiderme supérieur et le **parenchyme lacuneux**, se trouvant sur la face dorsale, moins riche en chloroplastes, il contrôle les échanges gazeux entre la feuille et l'atmosphère.
- un système vasculaire composé de **phloème I et II et de xylème I et II** de part et d'autre et du **cambium**. La nervure principale présente des tissus de soutien, du collenchyme, près de l'épiderme, et du sclérenchyme près des vaisseaux
- Les feuilles des dicotylédones sont caractérisées par une nervation pennée (une grosse nervure centrale et des nervures secondaires qui partent obliquement).

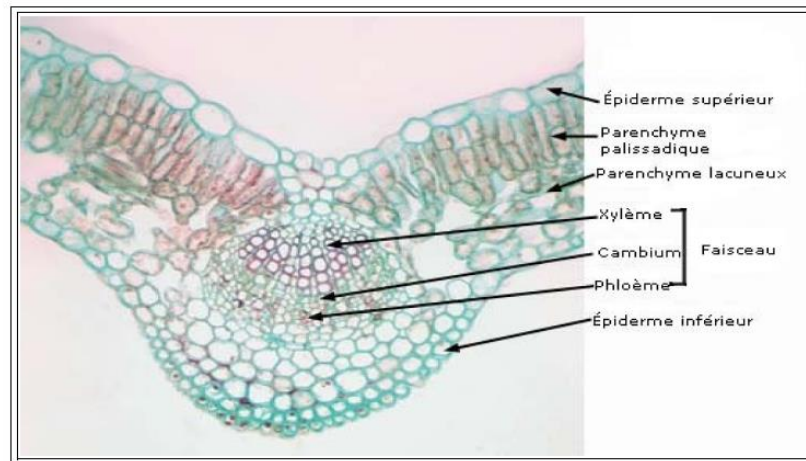


Figure 21 : Coupe transversale de la nervure principale d'un limbe de Houx

3. La structure d'une feuille monocotylédone

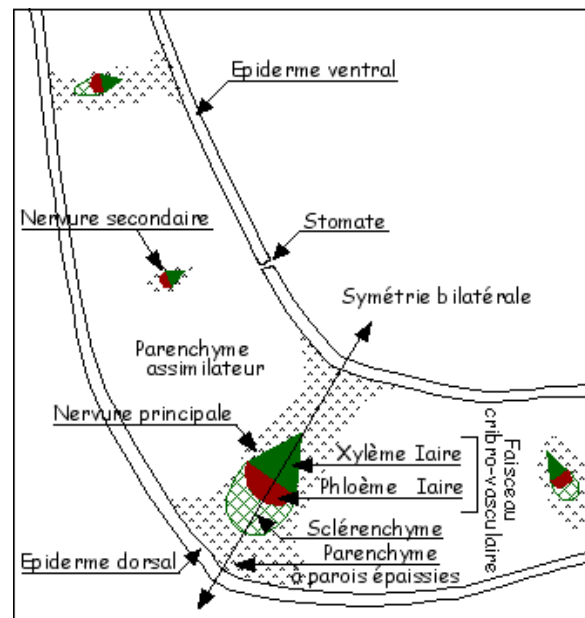
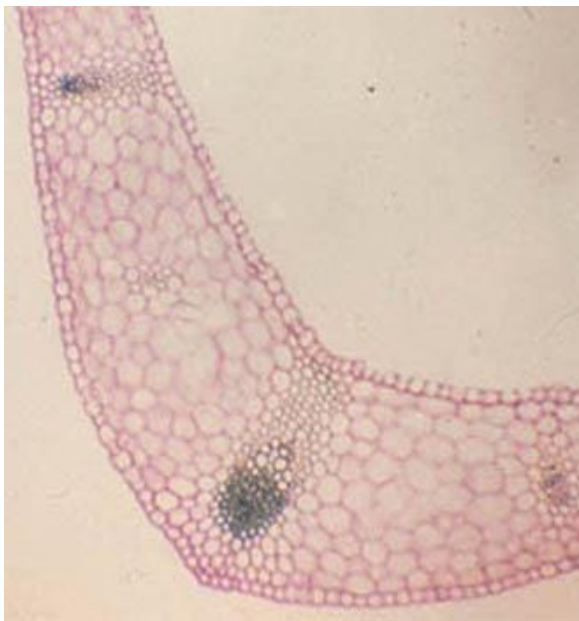


Figure 22 : Coupe transversale dans le limbe de Muguet

Sur cette coupe (fig.22), on observe de l'extérieur vers l'intérieur :

- un épiderme à la surface de l'organe (les jeunes feuilles possèdent une cuticule plus ou moins épaisse non visible sur cette coupe),
- les stomates sont répartis de façon égale sur l'épiderme de la face ventrale et dorsale,
- un parenchyme dit mésophile est **homogène**,
- un système vasculaire, qui correspond aux nervures, composé de xylème primaire ventral et de phloème primaire dorsal,
- un sclérenchyme protégeant les tissus conducteurs,
- Les nervures des feuilles sont parallèles, et reliées entre elles par des fines nervures transversales.

CHAPITRE 4

MORPHOLOGIE DES ORGANES

VEGETAUX

CHAPITRE 4 : MORPHOLOGIE DES ORGANES VEGETAUX

A-LA RACINE

La racine se présente généralement comme la prolongation sous-terrainne de la partie basale de la tige, elle représente l'organe de soutien pour fixer la plante au sol et lui permettre un ravitaillement en eau et en sels minéraux (absorption) ainsi que le stockage des réserves nutritives.

La plupart des racines sont sous-terrainnes mais il existe aussi des racines aériennes.

Les racines ne sont pas chlorophylliennes (sauf certaines orchidées épiphytes) et ne portent jamais de feuilles, elles croissent généralement vers le bas (géotropisme positif) et fuient la lumière (lucifuges). On peut distinguer :

- Une **racine principale** appelée **pivot** : elle s'enfonce droit dans le sol et ses proportions sont différentes selon l'espèce et le milieu.
- Les **radicelles** : les ramifications les plus fines qui se développent à partir des **racines secondaires**.

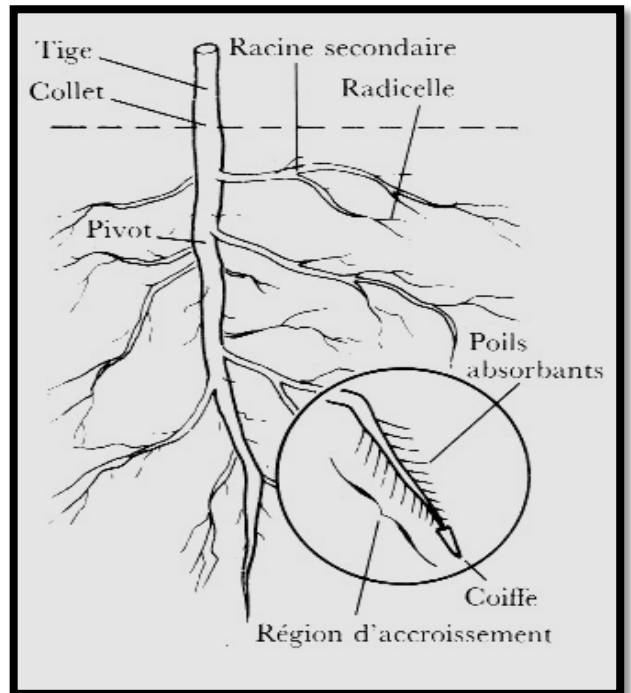


Figure 01 : Morphologie de la racine

1. Les différents types de racines

1.1. Les racines pivotantes

(Système racinaire pivotant), c'est le système que l'on voit quand la racine principale est beaucoup plus importante que les racines secondaires. Les racines pivotantes s'enfoncent en général très profondément dans le sol verticalement et fixe solidement la plante. Ce système racinaire caractérise les dicotylédones. (fig.02)

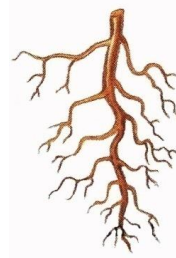


Figure 02 : Racine pivotante

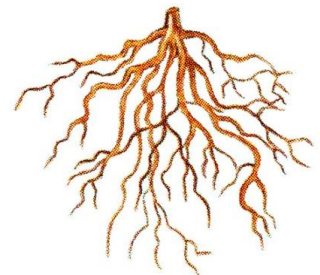


Figure 03 : Racine fasciculée

1.2. Les racines fasciculées

Ce système racinaire est formé de racines très fines entre lesquelles il est impossible de distinguer la racine principale des racines secondaires. Les plantes qui possèdent ce système racinaire sont des monocotylédones. (fig.03)

1.3. Les racines adventives

Elles peuvent se former ailleurs qu'à la base de la tige, par exemple sur les entre-nœuds des tiges rampantes. Exemple : Stolon de fraisier, parfois sur les tiges souterraines : Iris, chiendent, ou sur les tiges grimpantes, par exemple le lierre. (Fig.04)

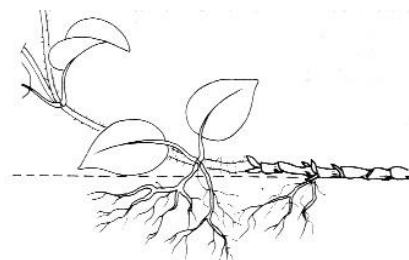


Figure 04 : Racine adventives

2. Adaptations particulières (modifications des racines)

2.1. Les racines tubérisées

Ce sont des racines renflées par accumulation de substances de réserves. Ex : carotte, betterave, radis, navet...

Les racines tubérisées vivent généralement deux ans, mais pendant la mauvaise saison leur appareil végétatif aérien disparaît. Les réserves accumulées dans les tubercules serviront l'année suivante à nourrir la plante. (fig.05)

2.2. Les racines crampons

Ce sont des racines adventives qui se développent le long de la tige. Ex : le lierre. Ces racines servent à se fixer sur un support (ex : un mur). Le lierre développe des racines adventives qui forment, au bout, une sorte de ventouse pour adhérer au support. (fig.06)

2.3. Les racines suçoirs

Elles sont présentes chez les plantes parasites comme la cuscute. Chez ces plantes, les racines s'infiltrant à l'intérieur de la plante qui est parasitée et passent jusqu'aux vaisseaux conducteurs. (fig.07)

2.4. Les racines respiratoires : les pneumatophores

Ce sont des racines secondaires, à géotropisme négatifs poussant verticalement en milieu inondé et permettant de s'approvisionner en oxygène, ils sont caractéristiques des arbres de marais surtout :

1er cas : en Algérie, dans la région d'El-Kala Lac Tonga (le cyprès chauve).

2ème cas : chez les arbres de la mangrove où les racines sont immergées dans un milieu saumâtre, non favorable à la vie, donc elles vont émettre des racines respiratoires appelées pneumatophores, qui permettent d'assurer une meilleure respiration. (fig.08)

2.5. Les racines échasses

Dans la mangrove, on trouve également ce type de racines adventives qui jouent un rôle de support en étayant le tronc de l'arbre. (Fig. 09)

2.6. Les racine contreforts

Ce sont des racines aériennes (adventives) qui naissent sur des rameaux de certaines espèces arborescentes des zones tropicales. Leur développement en direction du sol et leur ancrage dans ce dernier font qu'elles jouent un rôle de soutien. (fig.10)

2.7. Racines aquatiques (hydrophytes)

Elles sont dépourvues de poils absorbants et de coiffes exemple : lentille d'eau

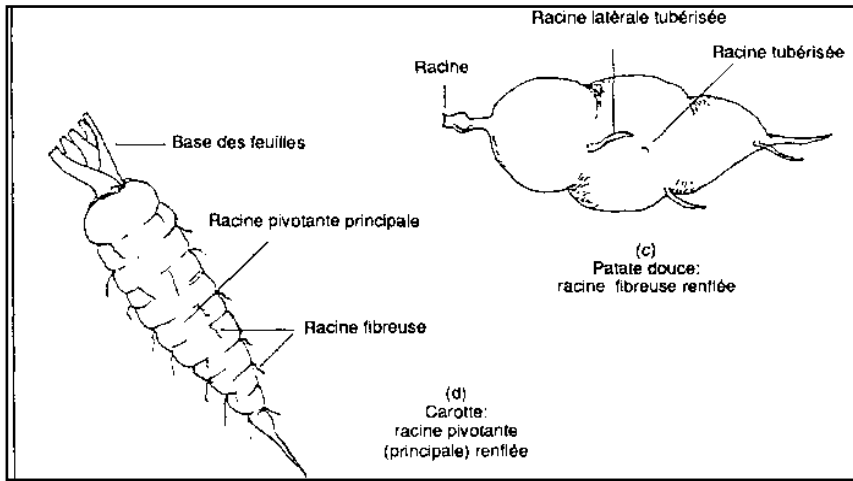


Figure 05: Racines tubérisées

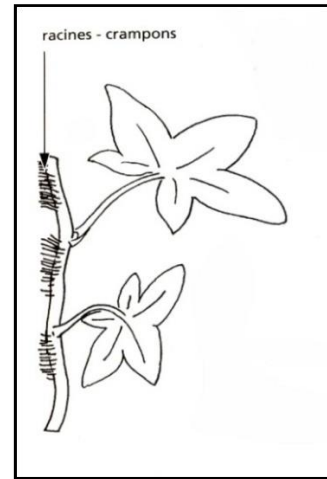


Figure 06 : Racines crampons

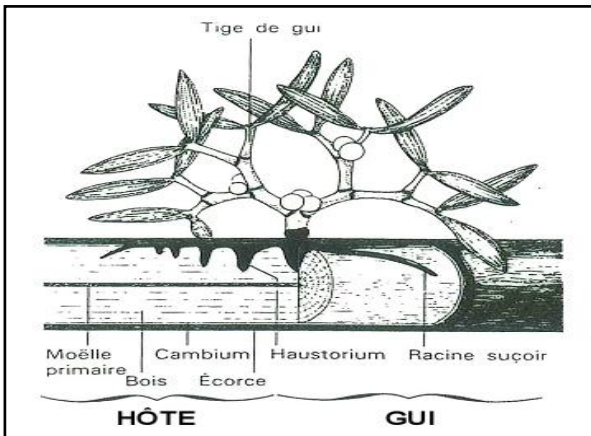


Figure 07: Racines suçoirs

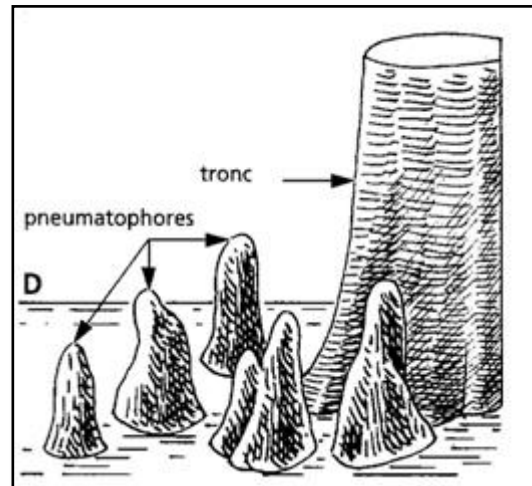


Figure 08 : Racines respiratoires

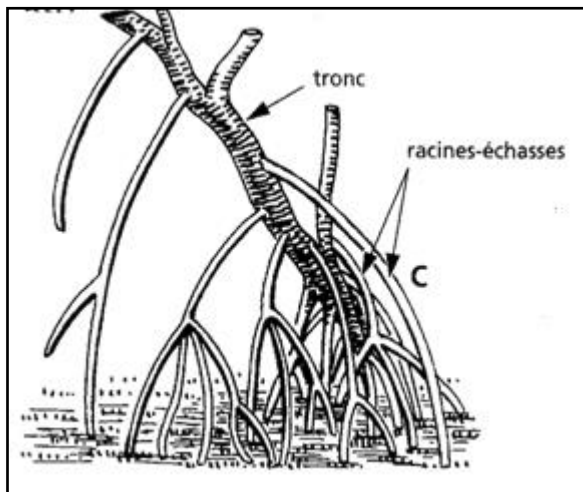


Figure 09: Racines échasses

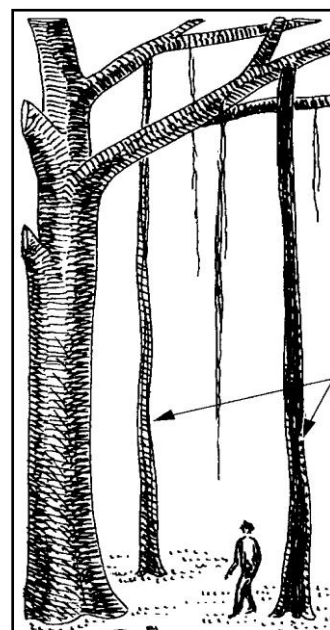


Figure 10 : Racines contreforts

B-LA TIGE

La tige se compose d'une suite de nœuds et d'entre-nœuds. Elle possède généralement une forme cylindro-conique, quadrangulaire ou bien triangulaire.

Le sommet de la tige est occupé par un bourgeon, qui est qualifié de **terminal (apical)** à cause de sa position. Sur les côtés de la tige, au niveau des nœuds, se remarquent d'autres bourgeons dits **axillaires**. Ces bourgeons sont destinés à assurer la ramification de la tige.

La croissance de la tige s'effectue dans le sens opposé à l'attraction terrestre (géotropisme négatif) et vers la lumière (phototropisme positif)

Le port d'une plante est surtout influencé par la manière dont la tige principale et les tiges secondaires ou **branches** issues d'elle se comportent les unes par rapport aux autres.

Lorsque la tige principale est beaucoup plus forte que les tiges secondaires, on a la forme ordinaire de la plupart des **arbres** dont la tige est appelée **tronc**.

Si, au contraire, la tige principale ne s'accroît pas plus que ses ramifications, la plante prend l'aspect de **buisson** caractéristique des **arbustes** ou des **arbrisseaux**. Certaines tiges ne se ramifient pas du tout, comme c'est le cas pour les Palmiers dont le tronc en colonne ou **stipe** est surmonté d'un énorme bouquet de feuilles.

Tige herbacée : est une tige de plante généralement annuelle, caractérisée par une faible épaisseur, par sa couleur verte et sa souplesse.

Tige ligneuse : la tige est constituée d'un tronc et des branches, elle est épaisse et très dure et constituée de tissus ligneux ou bois, généralement de couleur brune

Toutes les tiges sont d'abord herbacées, certaines, comme par exemple celles des plantes annuelles, meurent après une saison ; d'autres, comme celles des arbres, s'épaississent et deviennent ligneuses d'année en année. (fig.11)

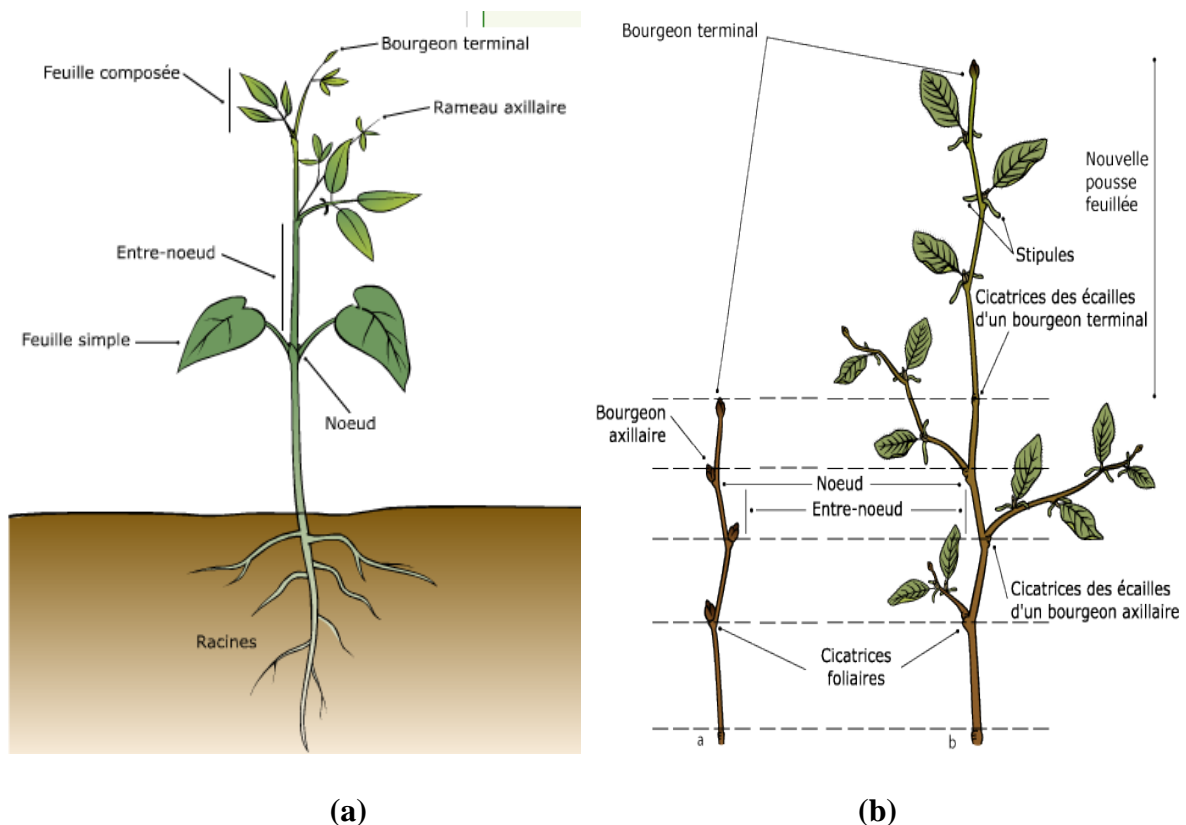


Figure 11 : Morphologie générale d'une tige (a) herbacée (b) ligneuse

1. Les tiges aériennes

1.1. Les tiges dressées

Se sont celles qui s'élèvent verticalement, cas d'arbres, arbustes... On peut leur donner un nom particulier : le tronc (ils sont ramifiés et s'épaississent d'année en année).

- Le tronc des palmiers s'appelle un stipe
- Les tiges des Graminées s'appellent un chaume.

1.2. Les tiges rampantes

On appelle ainsi la tige qui court à la surface du sol où elle enfonce son extrémité pour donner un nouveau pied (nouvelle plante) qui ensuite, se sépare de la plante-mère par rupture du stolon. Ex : Fraisier.

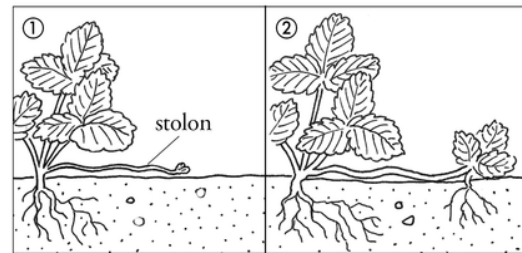
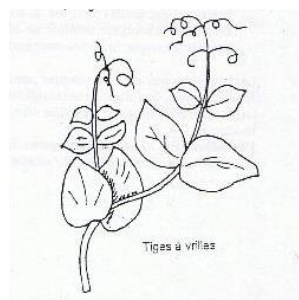


Figure 12 : Stolon de fraisier

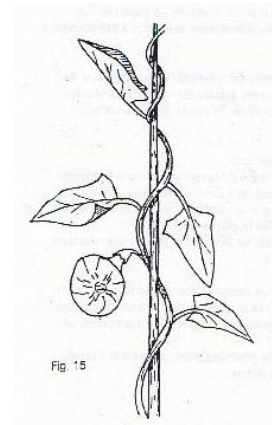
1.3. Les tiges grimpantes

Ce sont des tiges qui s'élèvent au-dessus du sol en s'aidant d'un support et ne restent dressées que si elles restent accrochées à ce support; elles s'attachent à ce support par plusieurs manières :

- Par des crampons, ex : le lierre.
- Par des vrilles, ex : la vigne, rameaux-vrilles.
- Il y a des plantes volubiles : la plante s'enroule autour du support, ex : le liseron, les lianes.



(a)



(b)

Figure 13 : Les tiges grimpantes
(a) tige à vrilles (b) tige volubiles

1.4. Les Cladodes (rameaux modifiés)

Ce sont des rameaux courts constitués d'un seul entre-nœud aplati, forte ressemblance avec des feuille; Ex : cladode de *Ruscus* (=le fragon), la différence permettant de les distinguer des feuilles : les cladodes sont toujours axillés par des feuilles réduites et écailleuses. (Fig.14)

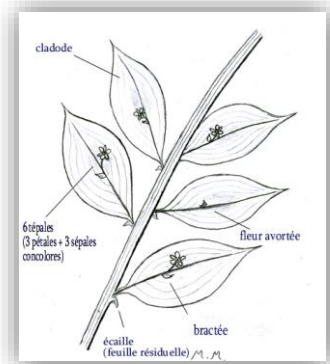


Figure14: Cladodes

1.5. Les rameaux-épineux ou dards

Ce sont des rameaux à croissance limitée ; leur bourgeon terminal durcit, se transforme en épine (dard). Ex: chez les plantes des zones arides en général, l'aiguillons chez le genêt et le dard de rosier. (Fig.15)



Figure 15: Dards

1.6. Les tiges succulentes

Ce sont des tiges charnues et gorgées d'eau chez les plantes adaptées à la sécheresse ; ex : les cactacées, les crassulacées... La tige de ces plantes contient un parenchyme aquifère, un épiderme dépourvu de stomates et possédant une cuticule très épaisse ; les feuilles sont absentes ou très petites (écailles), ou encore réduites à des épines, et cela pour empêcher l'évaporation de l'eau. (Fig.16)

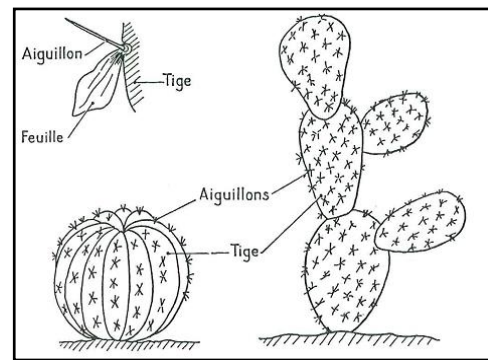


Figure 16: Tige succulente

2. Les tiges souterraines

2.1. Le rhizome

Le rhizome est une tige souterraine, vivace (plante vivace, dont les racines vivent plus de deux ans et dont la tige se renouvelle chaque année), allongée horizontalement et plus ou moins volumineuse car elle accumule des réserves ; elle possède des entre-nœuds courts. De ces tiges partent vers le bas des racines adventives et vers le haut, soit directement des feuilles, soit des tiges dressées qui portent des feuilles et des fleurs. Les rhizomes permettent aux plantes de résister à la mauvaise saison. Ex : rhizome d'alfa, de Sparte, d'Iris, de chiendent, d'Arum...

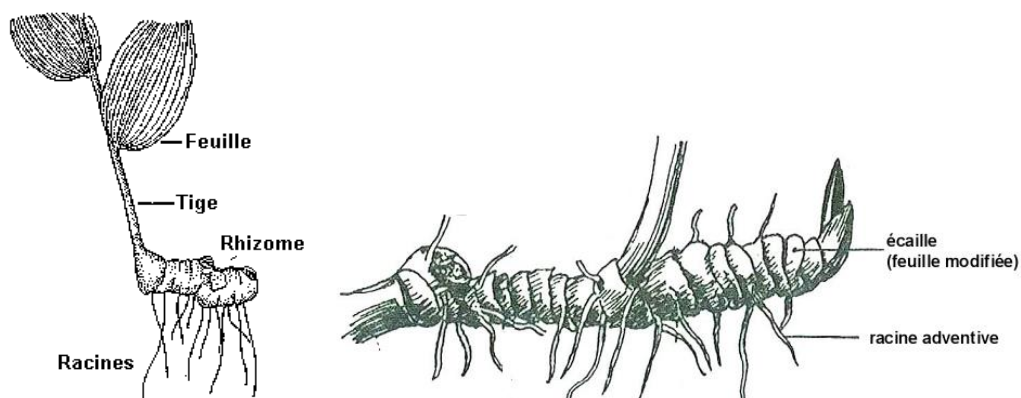


Figure 17 : un rhizome

2.2. Le tubercule

Ou tige tubérisée, c'est une tige souterraine qui se gonfle par accumulation de réserves et dont les entre-nœuds sont plus rapprochés que ceux du rhizome. Elle porte des petites feuilles écailleuses et des bourgeons axillaires que l'on appelle les « yeux ».

Ex : la pomme de terre (*Solanum tuberosum*), le tubercule contient des réserves amylacées, les yeux de la pomme de terre constituent les nœuds ou se trouvent les bourgeons.

Autres exemples : Les Anémones et les cyclamens ont aussi un tubercule du même type.

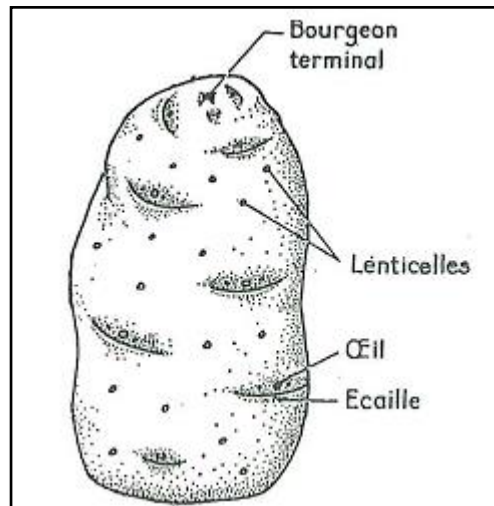


Figure 18: Tubercule de pomme de terre

2.3. Le bulbe

C'est une tige souterraine courte et charnue, elle présente des écailles imbriquées qui sont des organes de réserve. La partie aérienne de la plante disparaît à la « mauvaise saison ». Ex : Tulipe, Oignon...

Les cormes ont l'aspect d'un bulbe mais sont constitués d'une tige renflée entourée de tuniques, (crocus, glaïeul, etc.)

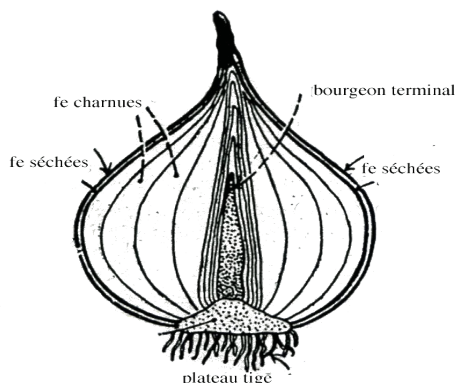


Figure 19 : Bulbe

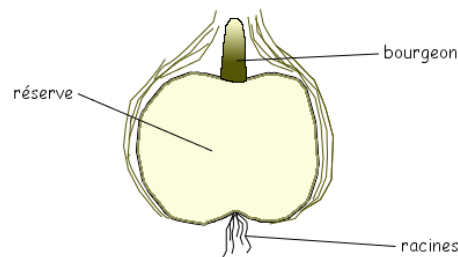


Figure 20 : Corme

3. Les tiges aquatiques

Elles ne possèdent pas de cuticule, ni de stomates, ni de sclérenchyme. Les tissus conducteurs sont peu développés et les échanges se font directement entre la plante et l'eau. Ex : lentille d'eau (*Lemna minor*)

4-Plantes acaules

Ce sont des plantes qui ne possèdent pas de tige ou alors la tige est très réduite (presque absente). La racine est surmontée d'une rosette de feuilles et de fleurs.

Ex : les plantes à rosette comme la laitue, la carline, l'agave.

C-LA FEUILLE

Les feuilles sont des expansions latérales de la tige, elles sont insérées aux nœuds. Les vaisseaux conducteurs qui se trouvent dans les nervures de la feuille apportent l'eau et les sels minéraux nécessaires à la photosynthèse. Les stomates permettent l'entrée et sortie des gaz.

Il existe 3 types de feuilles :

1. **caduques** : les feuilles tombent à l'automne
2. **persistantes** : les feuilles subsistent plusieurs années
3. **marcescentes** : à l'automne, elles changent de couleur, mais ne tombent qu'à la repousse.

Une feuille se décrit grâce à différents caractères observables :

La forme de son limbe qui peut être en une partie, cas de la feuille **simple** ou en plusieurs parties dans le cas d'une feuille **composée**,

Le contour du limbe, le degré de son découpage et la forme de sa base ou de son sommet,

Le mode d'insertion de la feuille sur la tige (phyllotaxie), **la disposition des nervures dans le limbe**, la pubescence (présence ou absence de poils).

Une feuille typique est composée de 3 parties :- **Le limbe**, - **Le pétiole**, - **La gaine**

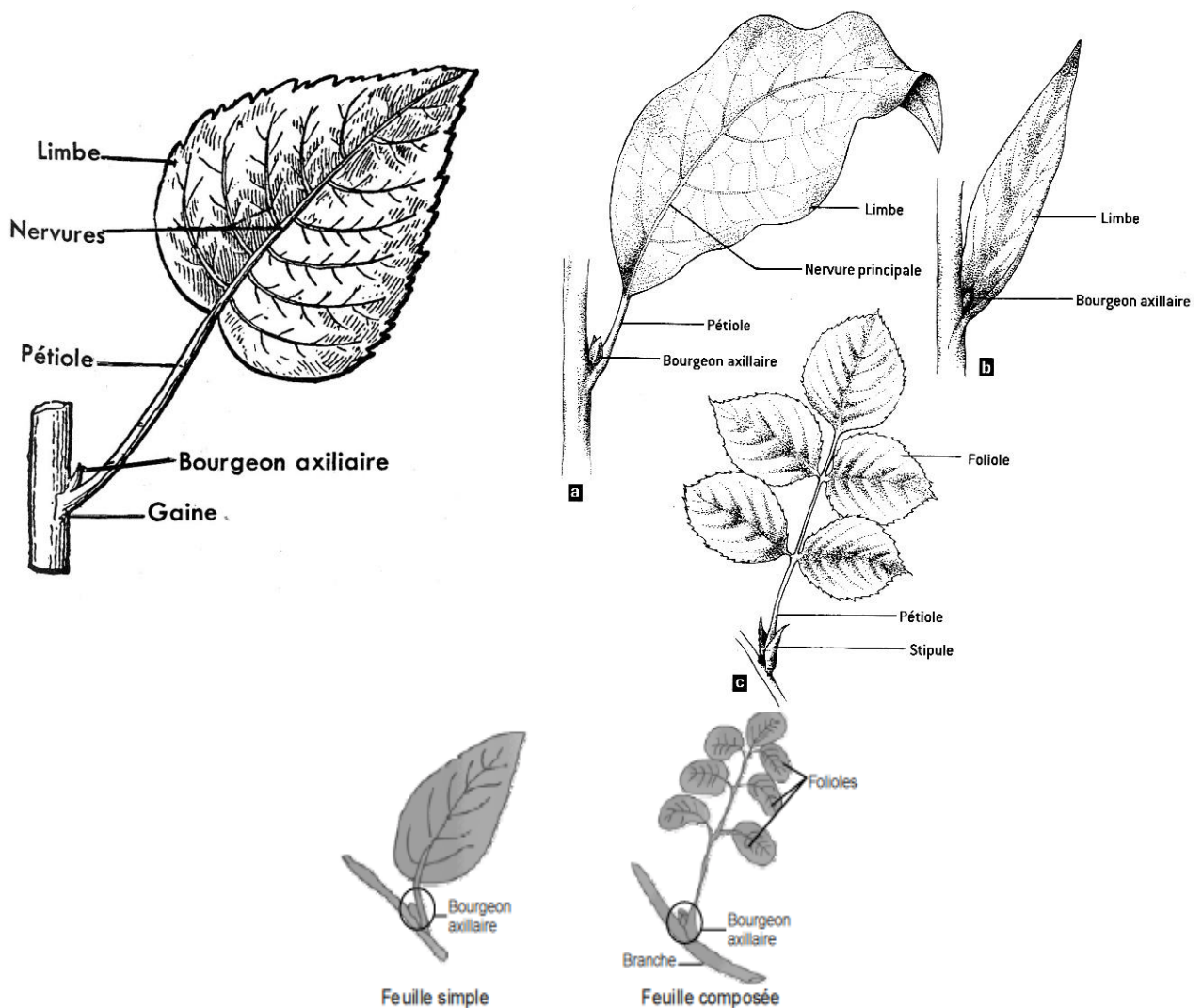


Figure 21: Morphologie d'une feuille simple et d'une feuille composée

1. Le limbe

Il se présente sous forme d'une lame aplatie, de couleur verte (présence de chlorophylle) présentant une face supérieure (ventrale) vert foncé et une face inférieure (dorsale) plus pâle. Le pourtour de la feuille s'appelle **la marge**.

Le limbe peut être : entier, crénelé, denté, lobé (pennatilobé ou palmatilobé), séqué (pennatiséqué ou palmatiséqué), lacinié. Quant à la forme générale du limbe, elle peut être : peltée, arrondie, ovale, oblongue, triangulaire, lancéolée,... La feuille peut être simple ou composée

La variation morphologique du limbe et la disposition des nervures permettent de distinguer différents types de feuilles:

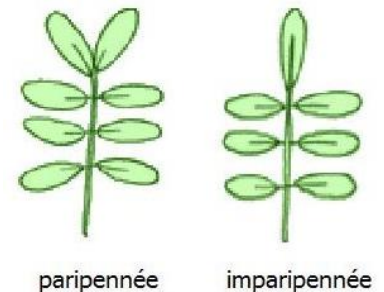
1.1. Une feuille simple : Elle possède un seul limbe continu à l'extrémité d'un pétiole non ramifié.

1.2. Feuilles composées : La feuille est composée de plusieurs folioles :

1.2.1. Feuilles composées pennées

Les folioles sont disposées des deux côtés d'un pétiole commun et sur le prolongement du rachis :

- **Feuilles composées paripennées** : nombre pair de folioles.
- **Feuilles composées imparipennées** : nombre impair de folioles (le rachis se termine par une foliole terminale).



paripennée

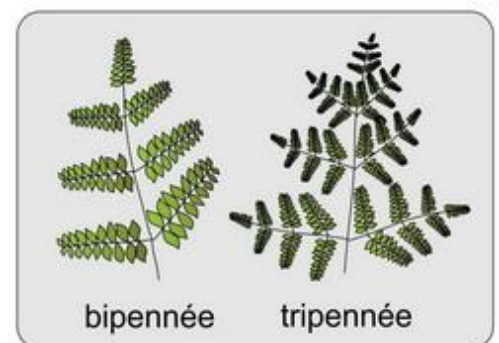
imparipennée

1.2.2. Feuilles composées bipennées

Se dit de feuilles pennées dont les folioles sont pennées à leur tour. Le rachis principal porte des rachis secondaires qui portent des folioles.

1.2.3. Feuilles composées tripennées

Pennée trois fois (chaque foliole étant elle-même bipennée)



bipennée

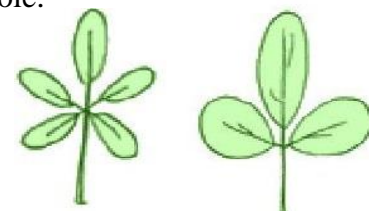
tripennée

1.2.4. Feuilles composées palmées

Les folioles sont toutes insérées en un même point au sommet du pétiole.

1.2.5. Feuille composées trifoliées

Feuille composée de trois folioles distinctes.



palmée

trifoliée

1.2.6. Feuilles composées pédalées

Elles présentent un **pétiole** qui se divise en trois **pétiolules** dont les deux latéraux se ramifient à leur tour deux fois, chaque **pétiolule** se terminant par une **foliole**



pédalée

2. Les nervures

La nervation consiste à considérer la disposition des importantes nervures (ce sont les vaisseaux transportant la sève) qui parcourent le limbe.

2.1. Les feuilles uninerves

La feuille possède une seule nervure, ce sont des feuilles à limbe étroit, caractéristique des feuilles en aiguilles; feuilles de Romarin.

2.2. Les feuilles parallélinerves ou à nervation parallèle

Les nervures, partent de la base du limbe sans se rencontrer, en suivant des chemins sub-parallèles ; feuilles des Monocotylédones.

2.3. Les feuilles pennatinerves ou à nervation penné

La nervure principale partage le limbe en deux parties égales et les nervures secondaires en partent latéralement, de part et d'autre, sur toute sa longueur.

2.4. Les feuilles palmatinerves ou à nervation palmée

Toutes les nervures partent du sommet du pétiole, la nervure médiane restant la plus importantes, les nervures secondaires partent d'un même point, à la base de la nervure principale.

2.5. Nervation pédalée

Les limbes ont 3 nervures rayonnantes, mais les autres sont des ramifications des nervures latérales.

2.6. Nervation réticulée :

Les nervures constituent un réseau quadrillé au sein du limbe.

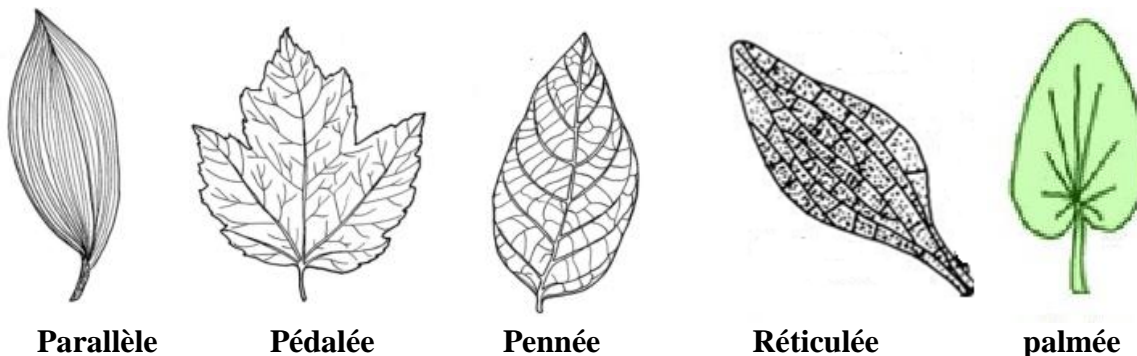


Figure 22 : La forme des feuilles selon les nervures
















	FEUILLES SIMPLES	FEUILLES COMPOSEES	
FEUILLES PENNINERVES	 entière	 dentée	 crênelée
	 pinnatilobée	 pinnatifide	
FEUILLES PALMATINERVES	 sinuée	 composée-imparipennée	
	 palmatilobée	 palmatifide	 composée-paripennée
	 palmatipartite	 composée-trifoliée	
	 palmatiséquée	 composée-palmée	
		 pédalée	

Figure 23: Caractérisation des feuilles selon leur nervation et leur marge












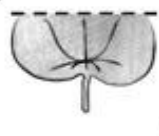

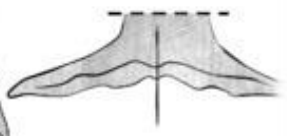
Sommet du limbe						
 cirrheuse pointe enroulée	 aristée arête terminale	 acuminée pointe fine	 aiguë pointe rétrécie	 mucronée pointe courte	 obtuse sommet arrondi	 émarginée sommet échancré
Base du limbe						
 obtuse base arrondie	 cunéiforme forme de coin	 auriculée avec deux oreillettes	 tronquée coupée transversalement	 cordée forme de cœur	 sagittée forme de flèche	 hastée forme de fer de lance

Figure 24 : Caractérisation des feuilles selon la forme du sommet et la base du limbe

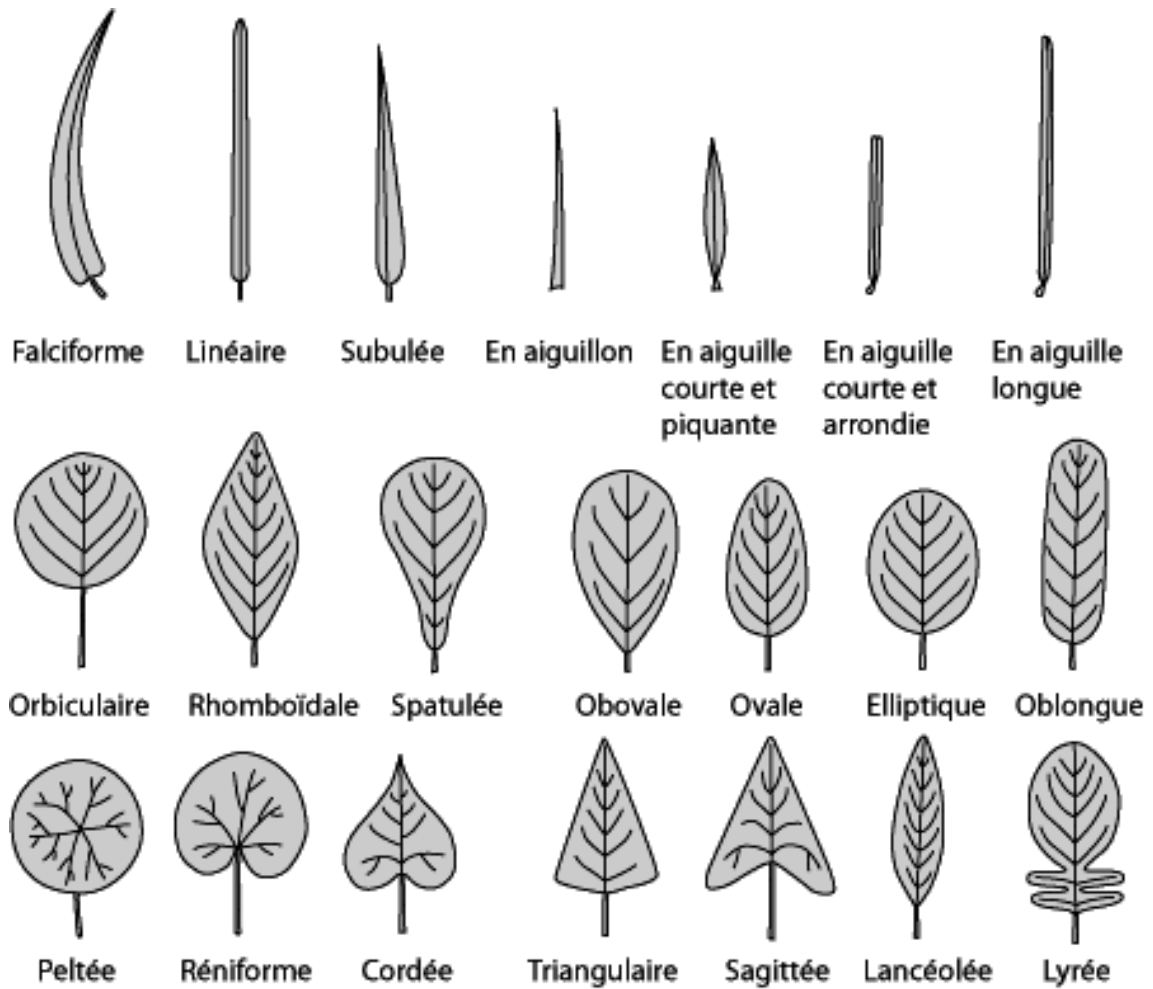


Figure 25: Les différentes formes du limbe

3. Le pétiole

C'est la structure qui relie le limbe à la tige parcouru par les vaisseaux conducteurs de sève. Chez certaines plantes, le pétiole est absent : feuilles sessiles.

Selon l'insertion de la feuille sur la tige on distingue la feuille suivante sur la figure 26.



Figure 26: Les différentes formes de feuilles selon l'insertion sur la tige

4. La Phyllotaxie

C'est la disposition des feuilles le long de la tige.

Une feuille est dite **alterne** lorsqu'une seule feuille apparaît à chaque nœud.

Deux feuilles situées sur un même nœud et disposées à 180° sont dites **opposées**.

Lorsque trois feuilles ou plus s'attachent à un nœud on qualifie cette disposition de **verticillée**.



Figure 27: les différentes dispositions des feuilles sur la tige

5. Les variations morphologiques des feuilles et adaptations

5.1. Feuilles-épines

Feuilles **en partie** épineuse comme les feuilles de Houx, les bords du limbe sont épineux, ou des feuilles **totalemment** transformées en épines ; comme des feuilles de Cactus

5.2. Feuilles-vrilles

La feuille peut être en partie ou en totalité transformée en vrilles pour assurer la fonction de soutien. Chez certaines plantes, tout le limbe est transformé en vrille et les stipules jouent la fonction de la feuille.

5.3. Les Phyllodes

Un phyllode est un pétiole aplati rappelant par sa forme un limbe ou du moins une feuille ; Ex : *Acacia heterophylla*



Figure 28 : Les phyllodes et les feuilles vrilles

D- LA FLEUR

Les Angiospermes regroupent les plantes à fleurs dont le ou les ovules sont enfermés dans un ovaire, la reproduction sexuée s'effectue dans les fleurs. Leur organisation florale est tout à fait spécifique.

Une fleur type d'Angiospermes peut être considérée comme une tige hautement modifiée à croissance déterminée, constituée d'un ensemble de pièces florales fixées sur l'extrémité élargie ou réceptacle floral, d'un axe nommé pédoncule qui est inséré sur une tige où on retrouve une feuille modifiée appelée bractée.

La fleur type d'angiosperme est constituée du pédoncule, du réceptacle et de quatre verticilles (groupes de pièces florales rangées en cercle) qui sont, de l'extérieur vers l'intérieur : **le calice et la corolle** (pièces stériles), **l'androcée et le gynécée** (pièces fertiles)

Certaines plantes ont des fleurs isolées (solitaire), mais beaucoup ont des fleurs réunies en petits "bouquets" appelés **inflorescence**.

Une fleur isolée est portée par un **pédoncule**, s'il est inexistant, dans ce cas, la fleur est **sessile**, et si l'axe portant une fleur individuelle dans une inflorescence on l'appelle le **pédicelle**.

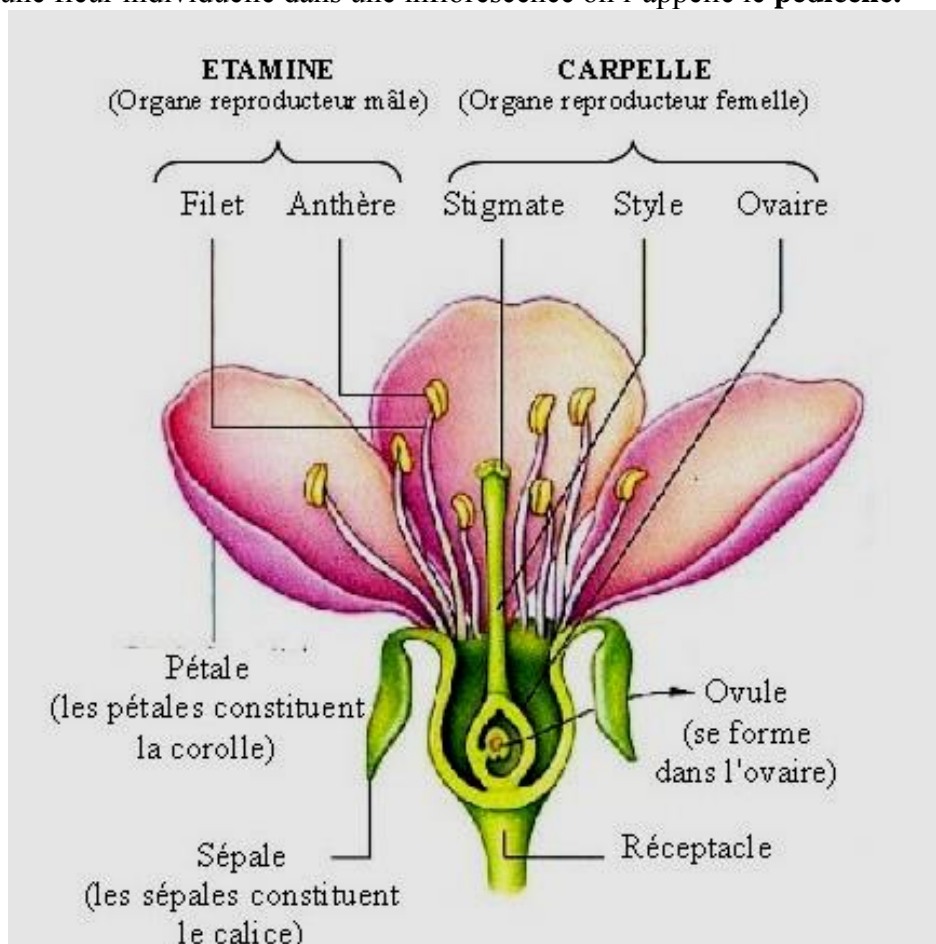


Figure 29 : Schéma d'une fleur d'Angiospermes

1. Le périanthe

Le périanthe est l'ensemble de **pièces stériles**, ou **enveloppe florale**, composé de 2 verticilles : corolle et calice.

1.1. Le calice

Formé par l'ensemble des **sépales**, pièces souvent **verdâtres** d'aspect foliacé, situé à la base de la fleur; il peut prendre différentes formes ; si les sépales sont libres (**calice dialysépale**) et si les sépales sont soudés entre eux (**calice gamosépale**).

La persistance du calice est également variable :

- il est **caduc** lorsqu'il tombe aussitôt la fleur épanouie ;
- il est **persistant** lorsqu'il subsiste jusqu'à la maturation du fruit.

1.2. La corolle

Formée par l'ensemble des **pétales** généralement plus grands que les sépales, souvent vivement colorés. Les pétales sont situés au-dessus des sépales. On distingue des corolles de différentes formes.

Lorsque les pétales et sépales ont la même apparence et on ne peut pas distinguer entre eux, on appelle dans ce cas-là, la pièce florale est un **tépale** et l'ensemble des tépales est appelé un **périgone**.

Si les pétales sont libres (**corolle dialypétale**).

Si les pétales sont soudés entre eux (**corolle gamopétale**).

Si les sépales et pétales présentent une symétrie radiale c'est-à-dire par rapport à plusieurs plans, on dit que la fleur est **actinomorphe** et s'ils présentent une symétrie axiale c'est-à-dire par rapport à seul un plan, dit que la fleur est **zygomorphe**

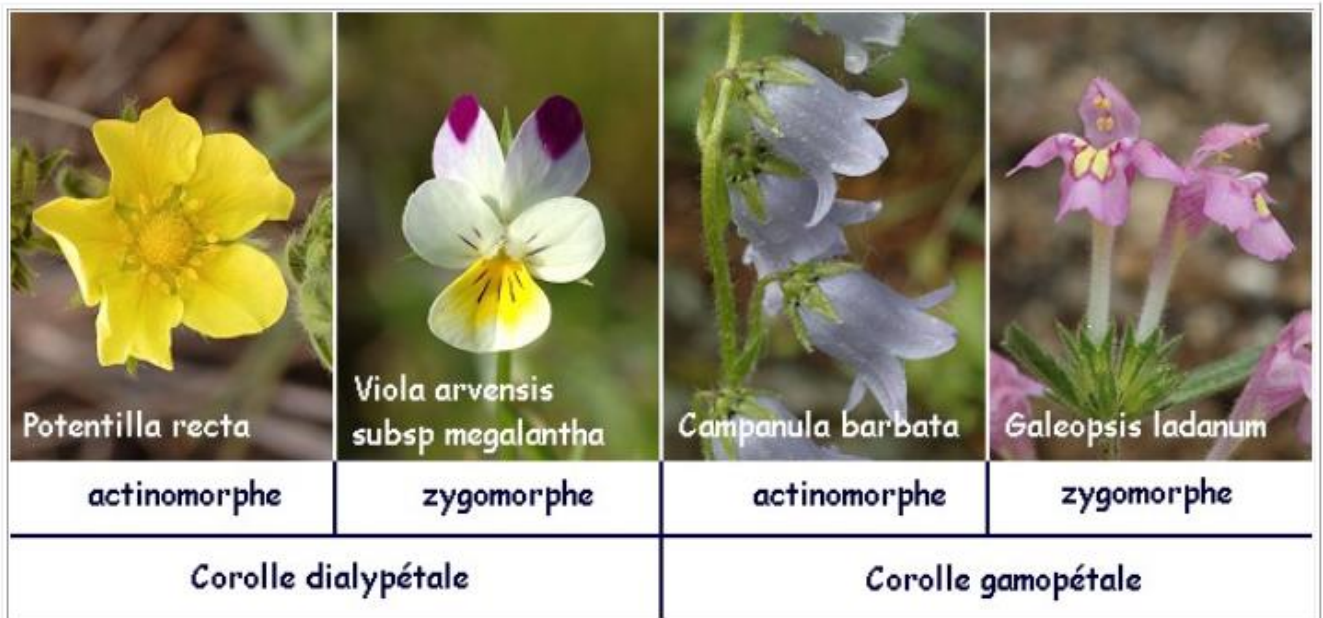


Figure 30 : Fleur actinomorphe et zygomorphe

2. Les pièces fertiles

OU organes reproducteurs directement impliqués dans la reproduction et composés également de 2 verticilles : l'androcée et le gynécée.

2.1. L'androcée

L'androcée est l'organe reproducteur mâle de la plante, formé par l'ensemble des étamines disposées en **spirales** ou en **verticilles** sur le réceptacle.

Chaque étamine est typiquement constituée d'une partie inférieure le plus souvent cylindrique, grêle et allongée (**filet**) assurant sa fixation sur le réceptacle et d'une partie supérieure de forme très variable, appelée **anthère**. Cette dernière est généralement formée de deux **thèques**, unies par un **connectif** (prolongement du filet); chaque thèque renferme deux **sacs polliniques**. La libération du pollen se fait par déhiscence des anthères.

Les étamines sont extrêmement variées tant pour leur forme que pour leur couleur, parfois au sein de la même fleur. Les étamines sont implantées directement sur le réceptacle. Il existe également des étamines stériles, appelées **staminodes**

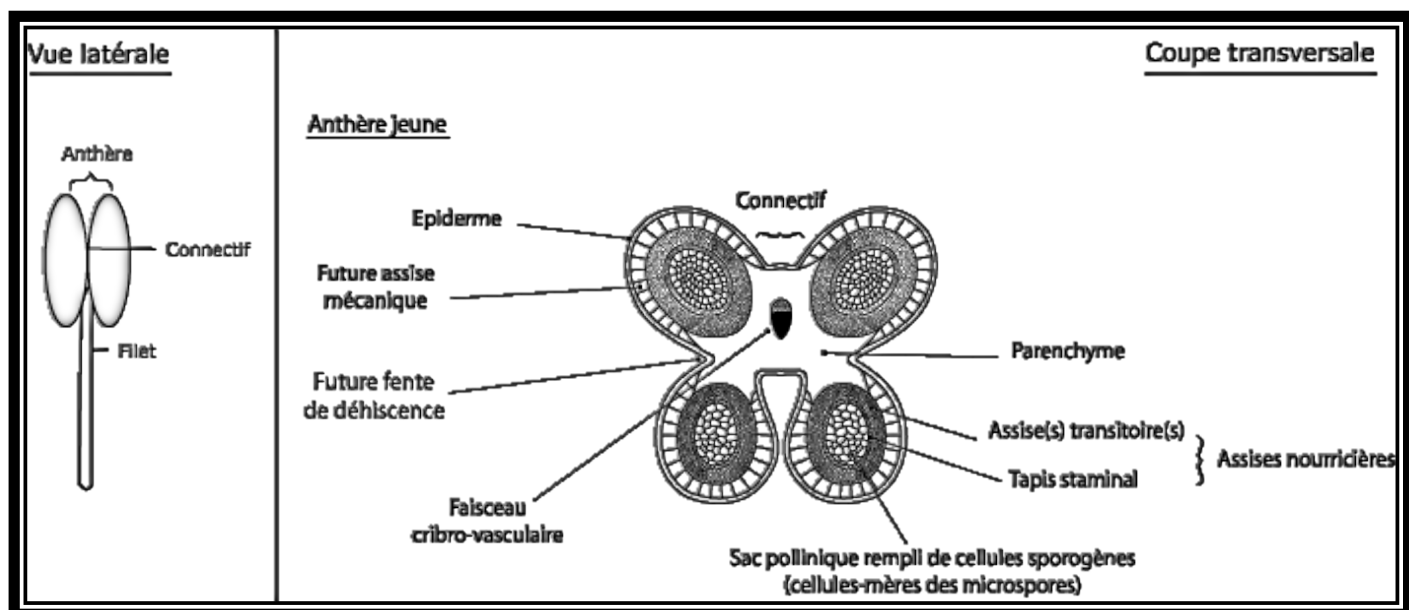
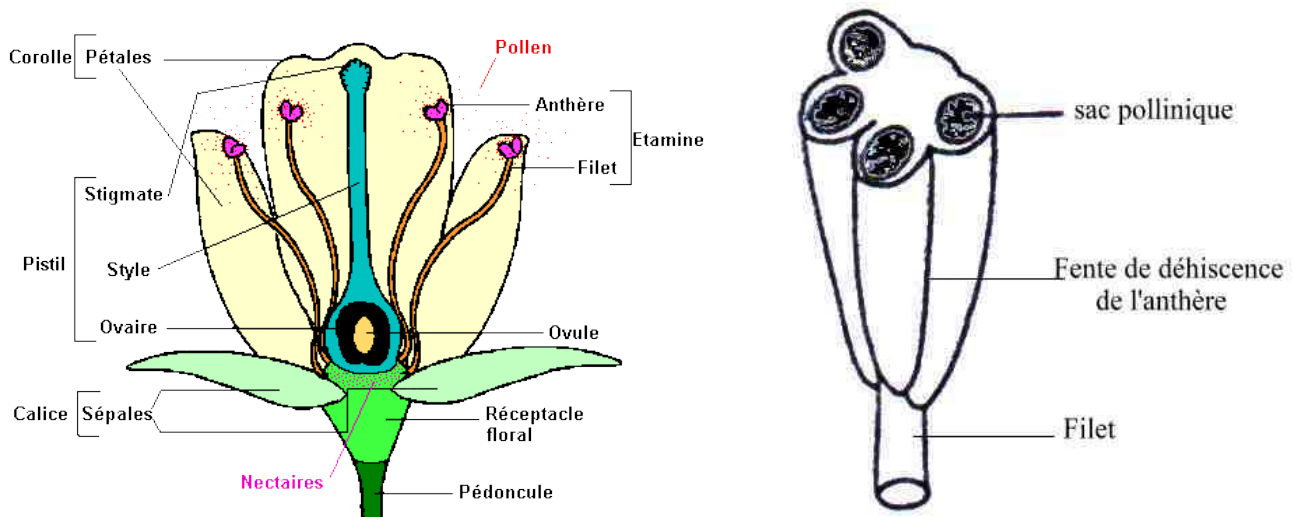


Figure 31 : Etamine et coupes transversales d'anthères

2.2. Le gynécée

Ou **pistil**, organe reproducteur femelle de la plante, formé **par un ou plusieurs carpelles** d'une même fleur libres ou soudés entre eux (partiellement ou entièrement).

Chaque carpelle est composé de la base au sommet :

- ❖ d'une partie renflée (l'**ovaire**) renfermant le ou les **ovules**.
- ❖ d'un **style** prolongeant l'ovaire.
- ❖ d'un **stigmate** se trouve au sommet du style et permettant de retenir le pollen, une voie de passage du tube pollinique vers la cavité de l'ovaire. Le style et le stigmate prennent différentes formes.

Dans la majorité des cas, la fleur possède à la fois un androcée et un gynécée : elle est dite **bisexuée** ou **hermaphrodite**.

Il existe des espèces **unisexuées**, c'est-à-dire qui possèdent seulement un gynécée (**fleurs pistillées**), ou possèdent seulement un androcée (**fleurs staminées**).

On peut également rencontrer des **fleurs stériles**; sans étamines ni carpelles.

Si les fleurs mâles et femelles sont produites sur un même individu, la **plante** est dite **monoïque**;

Si ces fleurs sont produites sur des individus séparés, la **plante** est appelée **dioïque**.

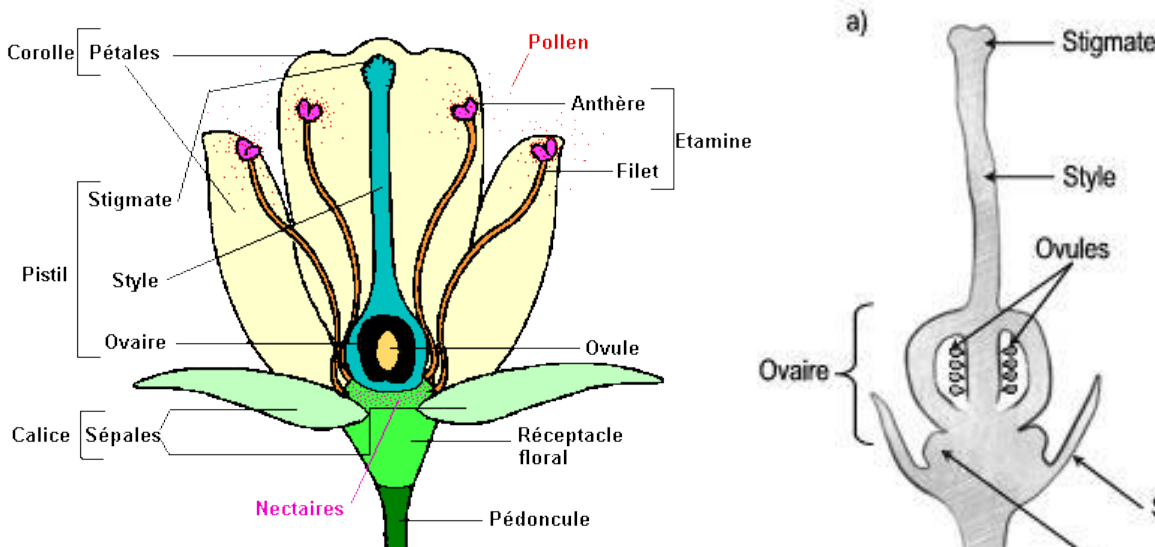


Figure 32 : Gynécées et coupe transversale dans un carpelle

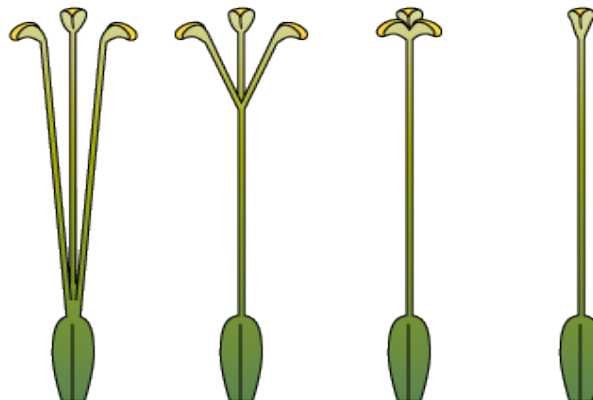


Figure 33 : Gynécées composés de carpelles soudés partiellement et totalement

La Placentation

L'ovaire renferme un ou, le plus souvent, plusieurs ovules qui se différencient sur les bords ou les faces internes des carpelles, aux dépens d'un tissu particulier, **le placenta**.

La placentation est le mode d'insertion des ovules sur la paroi de l'ovaire, il existe trois types courant :

1. Placentation Pariétale : Le gynécée est formé d'un seul carpelle avec un ovaire uniloculaire (une seule loge) et non compartimenté, les ovules sont insérés sur la paroi périphérique de l'ovaire

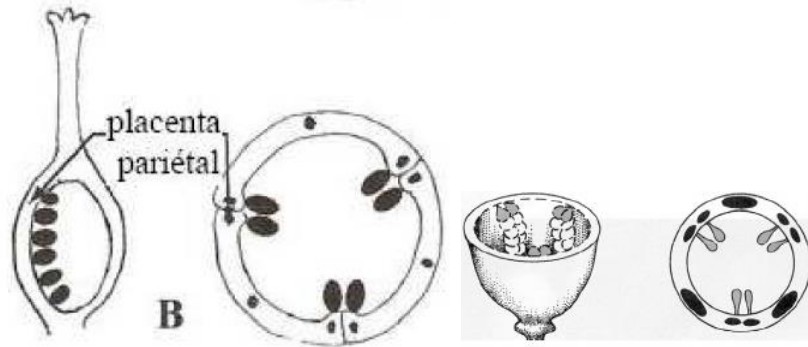


Figure 34 : Placentation pariétale

2. Placentation Axile : Le gynécée est formé de plusieurs carpelles (donc de plusieurs ovaires) fermés et soudés entre eux et forment des cloisons. Il y a autant de loges que de carpelles. Les ovules sont insérés sur les zones des sutures.

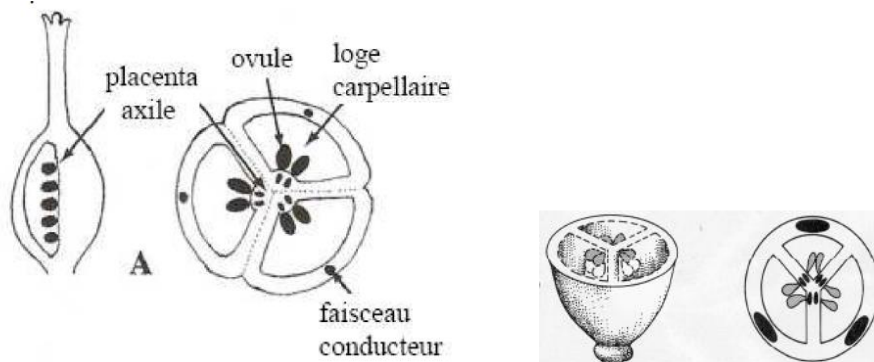


Figure 35 : Placentation axile

3. Placentation Centrale : Le gynécée est formé de plusieurs carpelles fermés dont les cloisons se sont résorbées (donc il y a un ovaire uniloculaire), il ne reste qu'une colonne centrale sur laquelle sont fixés les ovules.

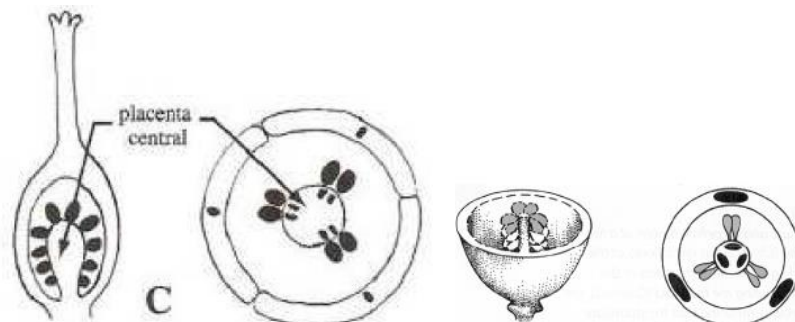


Figure 36 : Placentation centrale

3. Disposition et nombre des pièces florales

3.1. Disposition de l'ovaire et des pièces florales

La fleur est **hypogyne** lorsque le périanthe et les étamines sont insérées plus bas que l'ovaire **supère**, ce qui implique un réceptacle cylindrique, conique (**a**).

La fleur est **périgyne** lorsque le périanthe et les étamines sont insérés plus haut que le niveau d'insertion de l'ovaire **semi-infère** qui est partiellement enfoncé et soudé dans le réceptacle, (**b**).

La fleur est **épigyne** quand le périanthe et les étamines sont insérés plus haut que l'ovaire **infère** qui est totalement enfoncé et soudé dans le réceptacle (**c**).

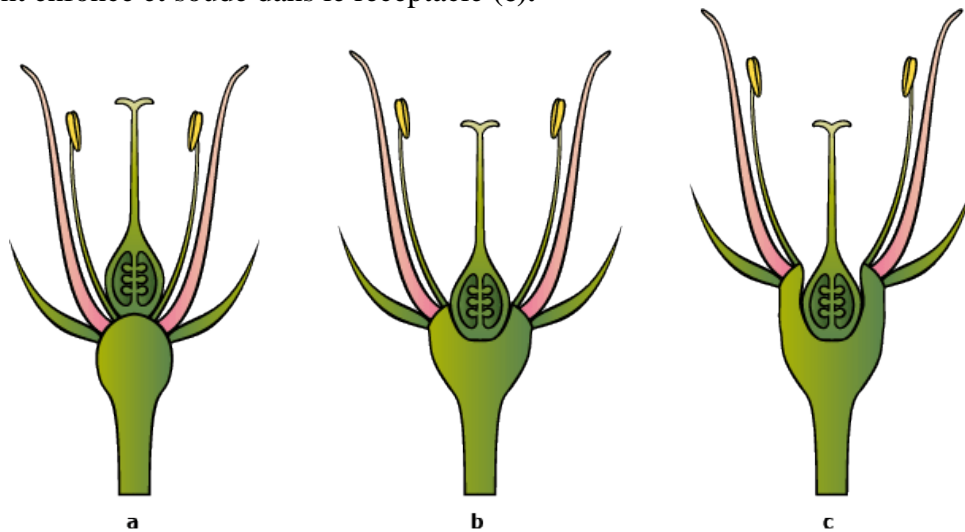


Figure 37 : (a) ovaire supère (fleur hypogyne) – (b) ovaire semi-infère (fleur périgyne) – (c) ovaire infère (fleur épigyne)

3.2. Nombre de pièces florales

Le nombre de pièces florales par verticille varie également. On distingue les fleurs :

- **trimères** ou fleurs constituées de verticilles successifs de 3 pièces chacun, cas des monocotylédones
- **tétramères**, - **pentamères** – **polymères**, cas des dicotylédones

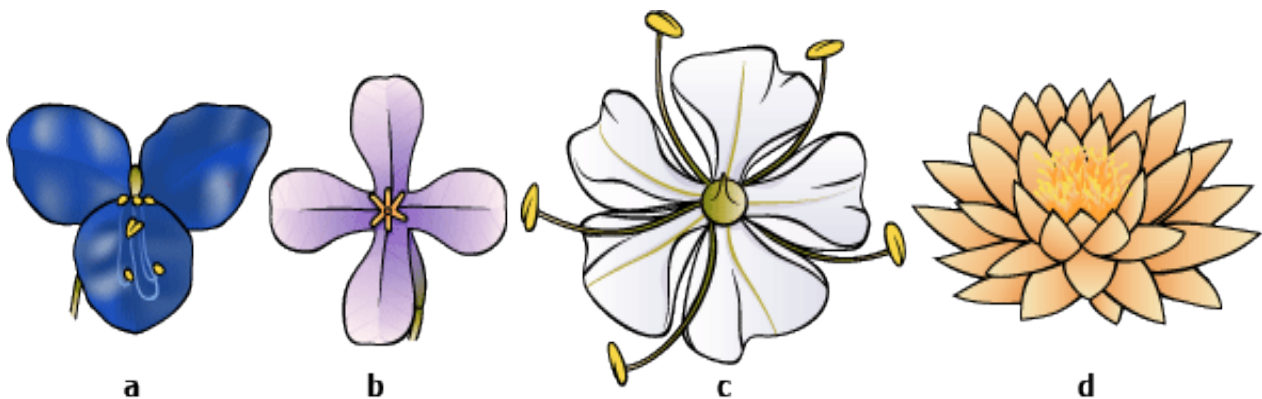


Figure 38: Nombre de pièces florales par verticille : a. trimère - b. tétramère - c. pentamère – d. polymère

E- LE FRUIT

Les fruits résultent de la transformation de l'ovaire ou des ovaires d'une fleur fécondée ; ils renferment la ou les graines, provenant de l'évolution de ou des ovules.

Au terme des transformations, la paroi du fruit (**péricarpe**) qui provient directement de la paroi de l'ovaire comporte généralement trois parties suite à des différenciations histologiques en cours de croissance, à savoir, de l'extérieur vers l'intérieur : l'**exocarpe** (**épicarpe**), le **mésocarpe** et l'**endocarpe**.

A part la paroi de l'ovaire, d'autres parties de la fleur, (des fois, de l'inflorescence), subissent une modification importante et participent à la constitution du fruit; la complexité augmente avec l'éventualité de la participation du réceptacle floral.

1. Le fruit simple

Suite à la fécondation un **vrai (simple) fruit** résulte de la transformation du **gynécée uniquement d'une seule fleur** et ce gynécée est composé **d'un seul carpelle** ou de plusieurs carpelles **soudés**. Certains auteurs considèrent que dès qu'il y a intervention, pour former le fruit, d'un élément autre que le gynécée, il faut parler de **faux-fruit**.

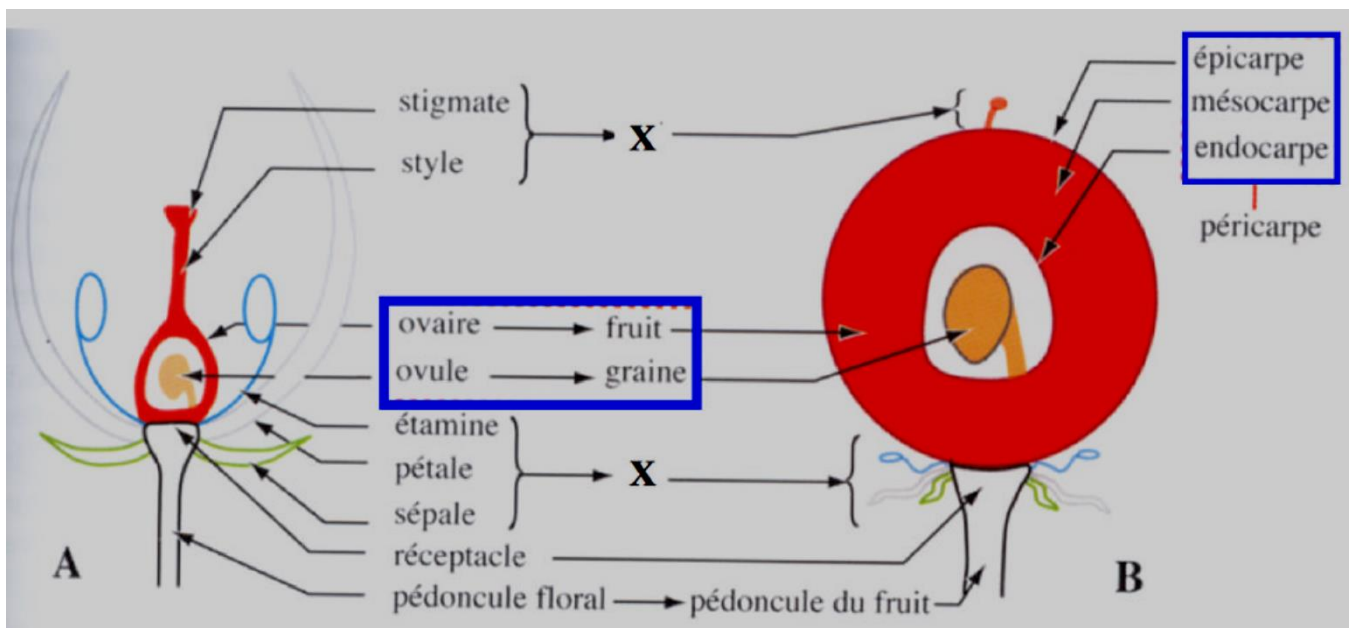


Figure 39 : Transformation de l'ovule en graine et de l'ovaire en fruit

Lors de la formation du vrai fruit, la paroi de l'ovaire (qui donnera le péricarpe) se modifie selon 2 possibilités selon sa consistance :

- elle se gorge de réserves, devient épaisse et juteuse, ce qui forme un **fruit charnu**
- elle se dessèche, devient fibreuse et plus ou moins dure et on obtient un **fruit sec**

1.1. Fruits charnus

C'est un vrai fruit dont le péricarpe est gorgé de réserves, devient épais et juteux, il existe deux types de fruit charnu, selon que l'endocarpe est charnu ou lignifié, on distingue :

a. La baie ou fruit succulent à **pépins** est un fruit charnu qui possède un **endocarpe charnu**.

Il se caractérise par l'exocarpe ordinairement mince et par le mésocarpe et l'endocarpe charnus, ce qui fait que les graines sont libres dans la chair du fruit.

L'épicarpe forme la peau du fruit, le mésocarpe la chair, et l'endocarpe entoure les graines pour constituer les pépins.

Ex : l'orange, raisin, tomate, melon... En général, les baies ont plusieurs graines (polyspermes plusieurs ovaires), Les agrumes (oranges) sont des baies particulières car leur endocarpe forme des poils charnus qui sont riches en réserves. Le mésocarpe est de couleur blanche et peu développée.

b. La drupe ou fruit à "noyau" est un fruit succulent charnu indéhiscent avec un **endocarpe lignifié** entourant **une seule graine** constituant un noyau.

La drupe est le plus souvent monosperme (constituée d'un seul ovaire), comme la cerise, les pêches.

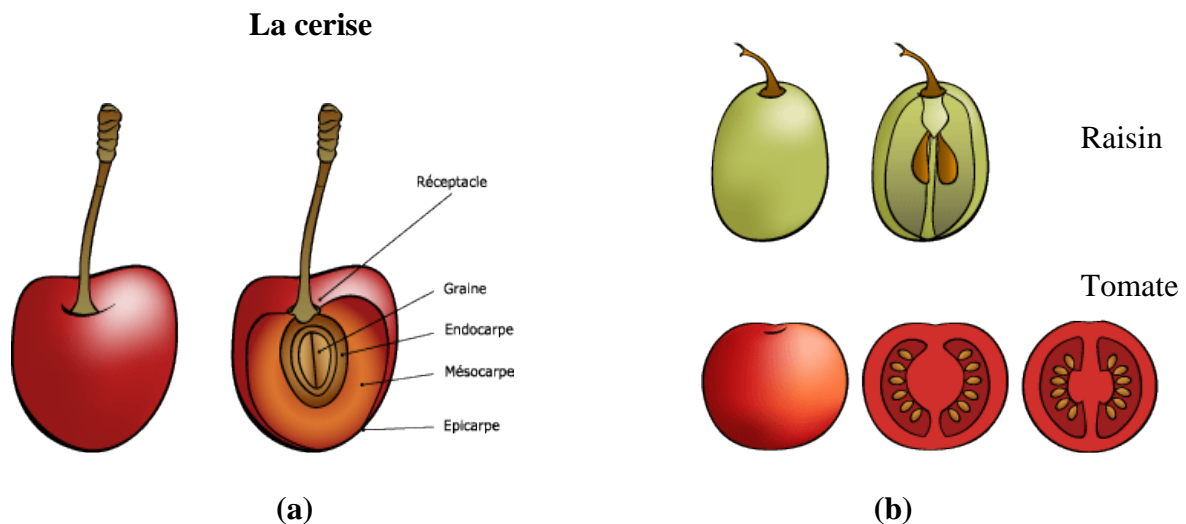


Figure 40 : Les fruits charnus : drupe (a) et baie (b)

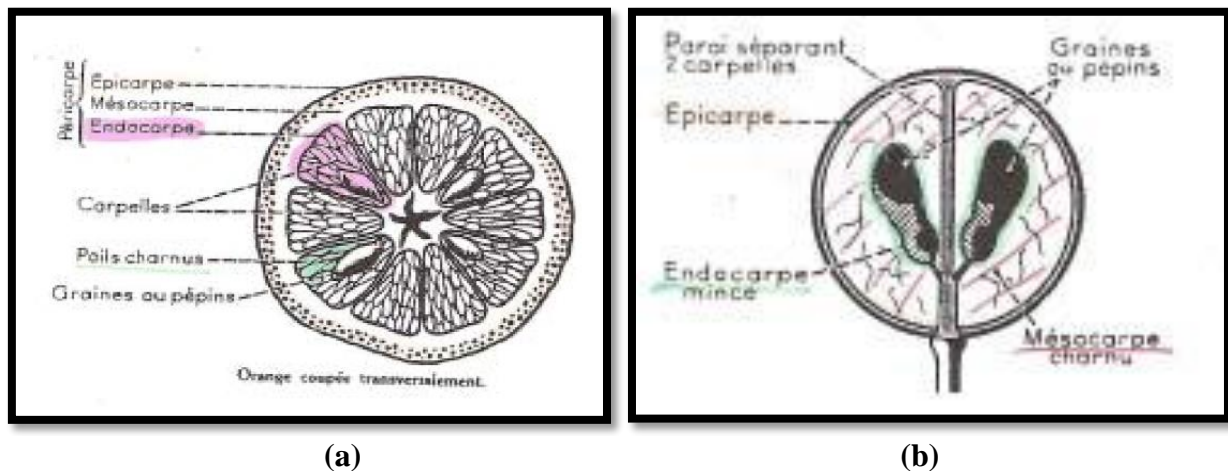


Figure 41: Coupe dans une baie d'orange (a) et une baie de raisin (b)

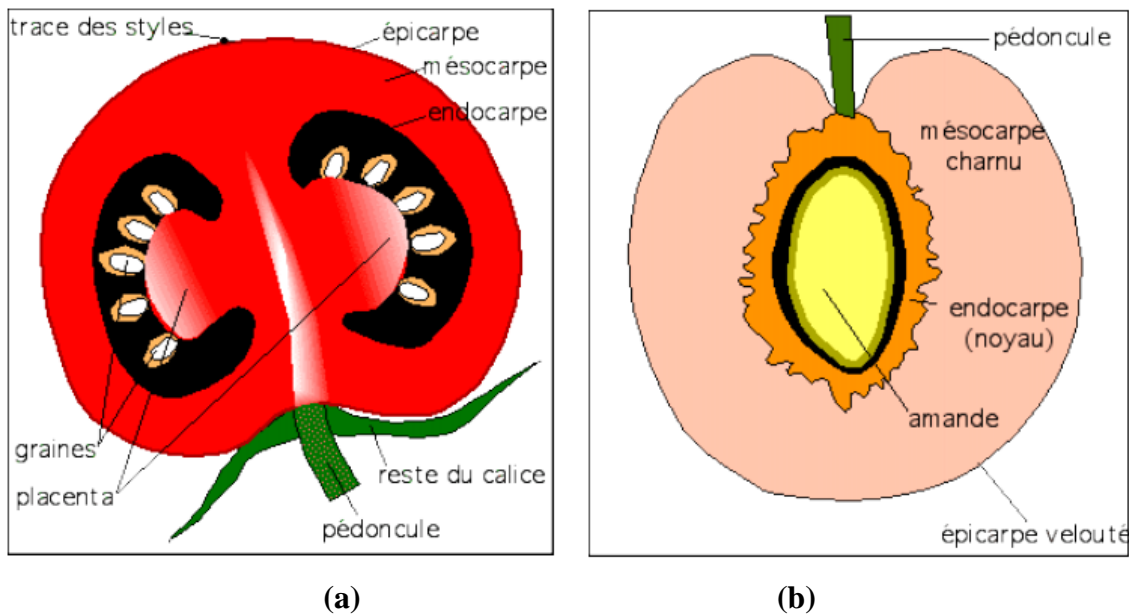


Figure 42: Coupe longitudinale dans une baie de tomate (a) et une drupe de pêche (b)

1.2. Fruits secs

Le péricarpe se dessèche, devient fibreux et plus ou moins dure, les fruits secs se scindent en deux catégories :

a. Les fruits secs indéhiscents

Ce sont des fruits secs qui ne s'ouvrent pas spontanément pour libérer leurs graines.

A l'intérieur du fruit, la graine est libre en général. On distingue différentes sortes de fruits secs indéhiscents :

1. Les akènes : qui ne contiennent qu'une seule graine. Les akènes sont souvent protégés par une cupule ex : noisette, châtaigne, le fruit des astéracées.

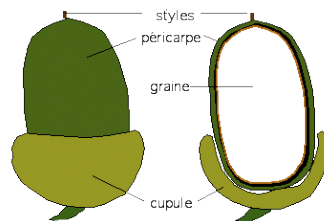


Figure 43 : Un akène ; le gland du chêne

2. Les samares : sont des akènes particuliers qui portent des sortes d'ailes leur permettant d'être transportés par le vent. ex : orme, érable. **La disamare** est pourvue de deux ailes.

3. Le caryopse : quant à lui, spécifique à la famille des graminées, est caractérisé par la soudure des téguments de la graine au péricarpe.

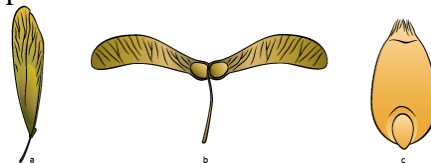


Figure 44 : a. samare d'un frêne - b. disamare d'un érable - c. caryopse d'un blé

b. Les fruits secs déhiscents

Ils s'ouvrent à maturité pour libérer les graines. La déhiscence se réalise le plus souvent longitudinalement par rapport à l'axe du fruit. On distinguera principalement les types de fruits suivants :

1. Le follicule : fruit provenant d'un carpelle unique qui s'ouvre d'un seul côté grâce à une seule fente, ex : l'hellébore

2. La gousse : fruit provenant également d'un carpelle s'ouvre grâce à 2 fentes, ce qui libère 2 valves sur lesquelles sont fixées les graines, fruit typique des Fabacées ex : haricot, vanille

3. La silique : fruit sec dérivant d'un ovaire composé de deux carpelles seulement, s'ouvre grâce à 4 fentes, ce qui libère 2 valves avec développement d'une fausse cloison médiane d'origine placentaire sur laquelle les graines sont fixées ex : giroflées, moutarde.

4. La capsule : fruit sec formé à partir d'un ovaire composé de plusieurs carpelles soudés. IL peut s'ouvrir de plusieurs façons et par plusieurs fentes ou peut s'ouvrir par des pores (ex : pavot) et il peut s'ouvrir en formant une sorte de couvercle qui se détache, la capsule porte alors le nom de **Pyxide**.

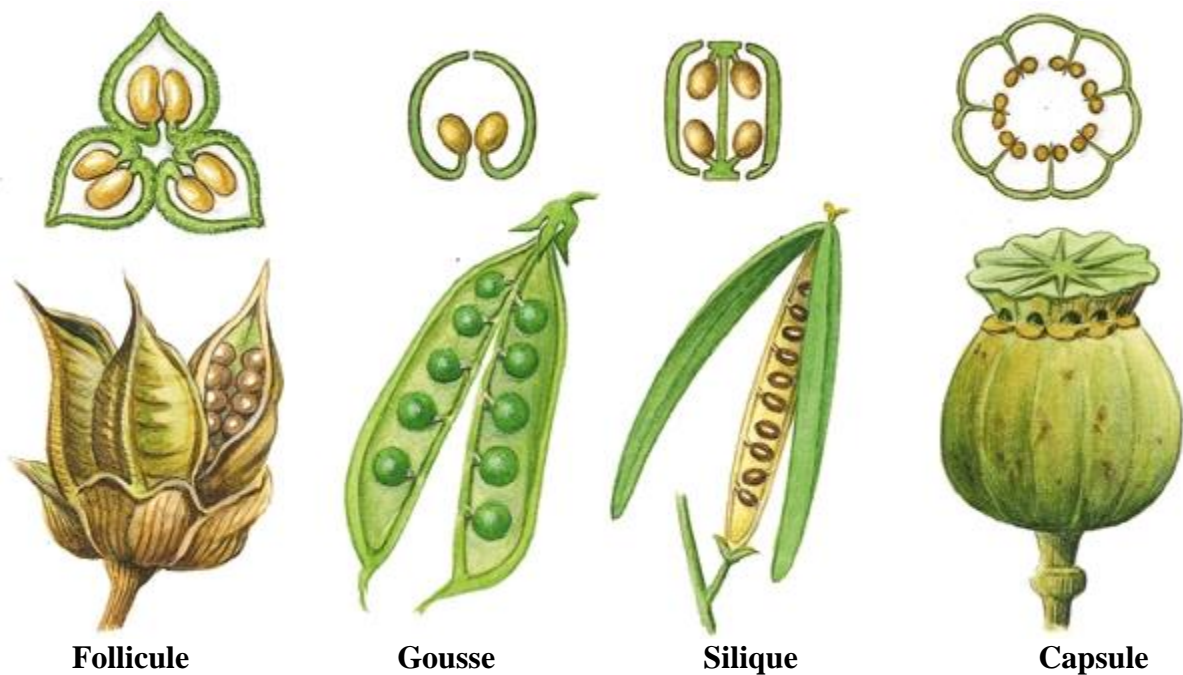


Figure 45 : Les différents fruits secs déhiscents

2. Faux fruit

2.1. Fruits multiples

Le fruit multiple résulte de la transformation d'un gynécée composé de plusieurs carpelles libres (indépendants) (gynécée polycarpe) d'une seule fleur. Dans ce cas, une seule fleur produit plusieurs fruits, ça peut être un fruit poly-follicules, poly-akènes, poly-drupe, c'est le cas par exemple de la mûre qui est composée de multiples drupes.

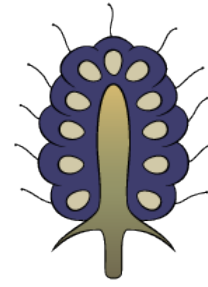


Figure 46 : Mûre composée de drupes

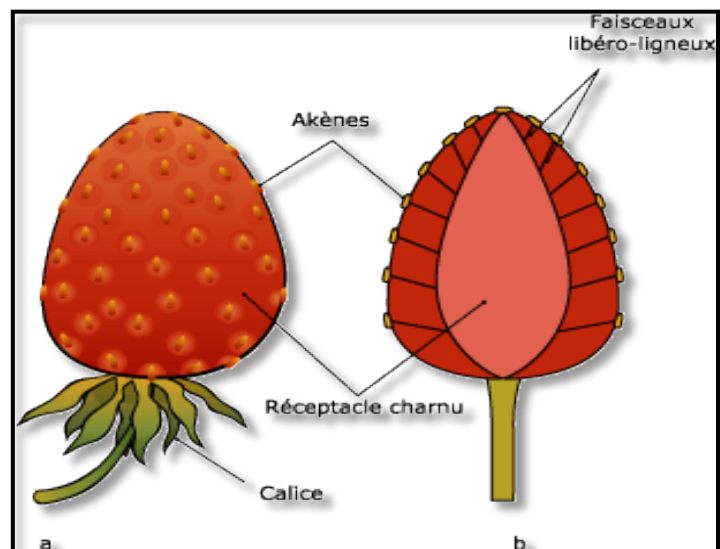
2.2. Fruits complexes

Il s'agit de fruits qui ne dérivent pas uniquement du gynécée, mais qui intègrent d'autres parties de la fleur (réceptacle, pièces périnthaires, etc.) Ex ; fraise, pomme, poire,

Ainsi chez la fraise, le réceptacle floral se développe considérablement et produit la partie charnue principale du fruit ; les carpelles se sont transformés en akènes fixés sur ce volumineux réceptacle.

Chez la pomme ou la poire, l'ovaire infère est soudé au réceptacle floral. Le fruit comprend un mésocarpe charnu provenant en partie du réceptacle hypertrophié et pour une autre part de la paroi externe des carpelles.

L'endocarpe, coriace, s'est constitué à partir de la paroi interne des 5 anciennes loges carpellaires.



**Figure 47 : Fraise : a. entière
b. en coupe longitudinale**

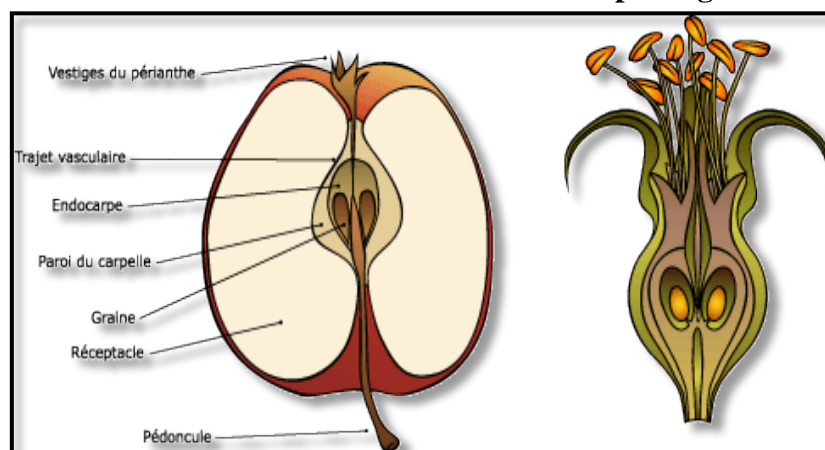


Figure 48 : Pomme (*Malus sylvestris*)

2.3. Fruits composés

Ce sont des fruits formés à partir d'une inflorescence donc composés de plusieurs fleurs complètes et dans ce cas-là, le fruit est appelé **infrutescence**. Ex ; ananas, figue...

L'ananas est une infrutescence charnue, ces différentes parties sont soudées les unes aux autres.

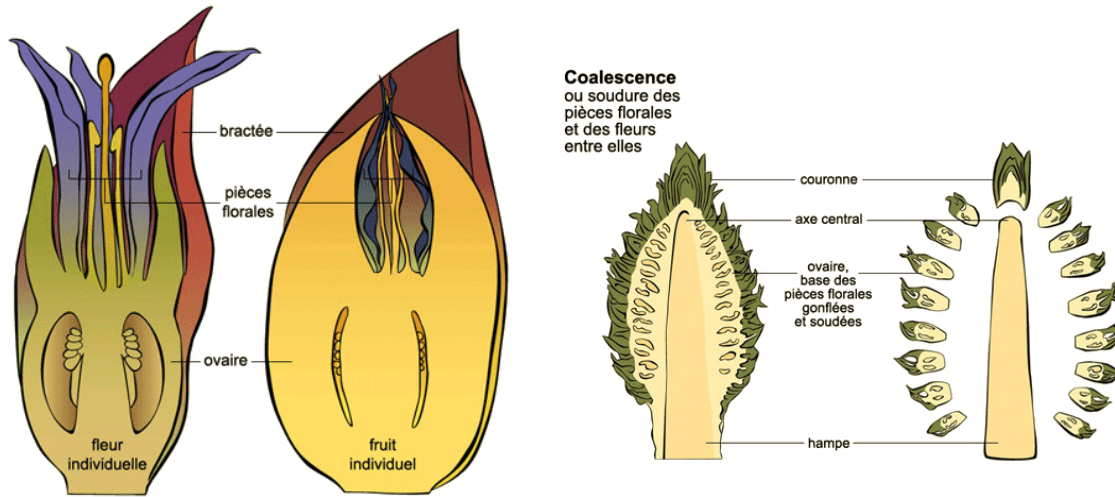


Figure 49 : L'ananas : de la fleur au fruit

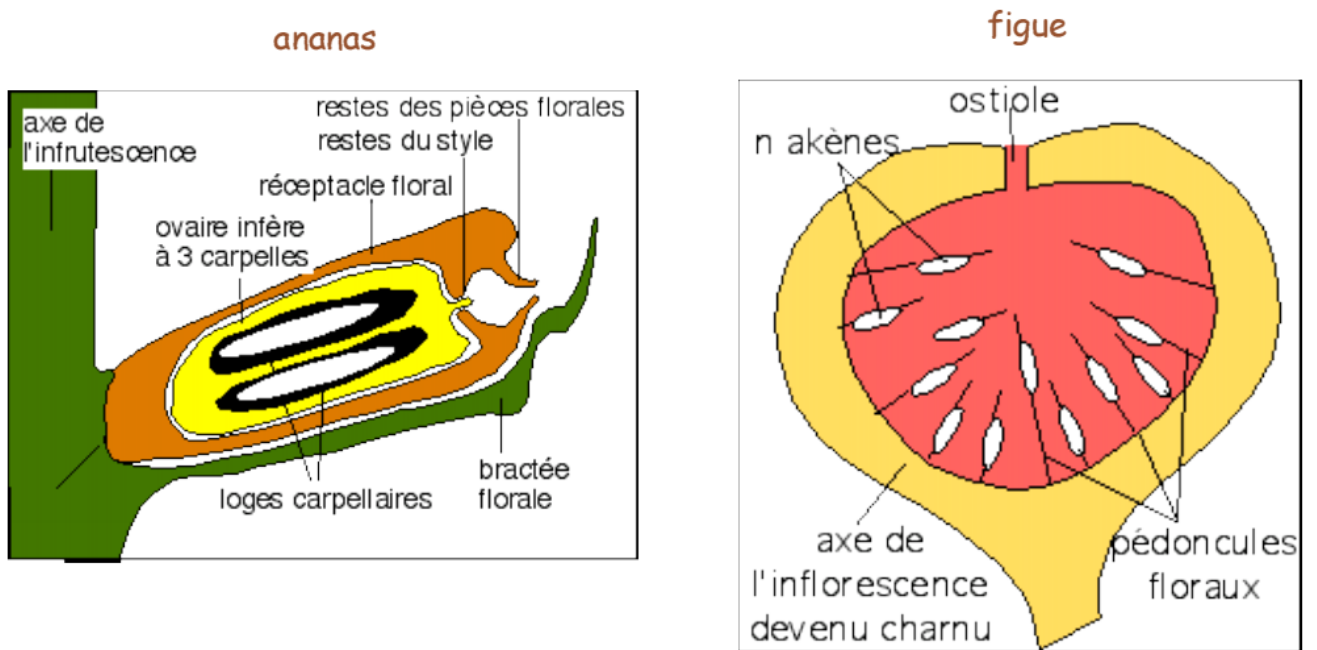


Figure 50 : Les faux fruits : ananas et figue

F. Graine

La structure de la graine est en relation directe avec celle de l'ovule. Après fécondation, pendant que l'ovaire se transforme en fruit, le ou les ovules qui y sont abrités évoluent vers la constitution de la ou des graines.

La graine se compose essentiellement d'un **tégument** (simple ou double) et d'une **amande** formée de **l'embryon** et de tissus de réserves qui est **l'albumen**.

La taille, la forme, la pilosité, la consistance des graines varient considérablement selon les espèces et selon les modes de dissémination.

La surface du **tégument** peut être lisse, pourvue de crêtes (pavot) ou de poils répartis sur toute son étendue (cotonnier). Ce tégument peut ainsi servir à la protection ou à la dissémination des graines.

La partie essentielle de l'amande est **l'embryon**. Celui-ci comprend une radicule, que prolonge une tigelle (gemmule) portant les cotylédons (ou le cotylédon unique dans le cas des monocotylédons).

L'embryon est souvent plongé dans un tissu de réserve, appelé **albumen** qui le plus souvent constitue la partie comestible des graines. Ce tissu provenant d'une double fécondation contient 3 lots de chromosomes.

Selon la présence ou non d'albumen dans les graines, celles-ci se classent en 3 catégories :

- **Les graine à périsperme** : Albumen très peu développé avec autour le périsperme (reste du nucelle qui n'a pas été digéré et qui sert de réserve). Le lieu de réserve est le périsperme.
- **Les graines albuminées** : Disparition du nucelle, cotylédons minces dans un albumen développé servant de réserve comme par exemple, les caryopses des céréales.
- **Les graines exalbuminées** : le nucelle a été digéré par l'albumen, qui sera digéré pour former l'embryon et les cotylédons qui renferment les matières de réserves, comme chez le pois ou le haricot.

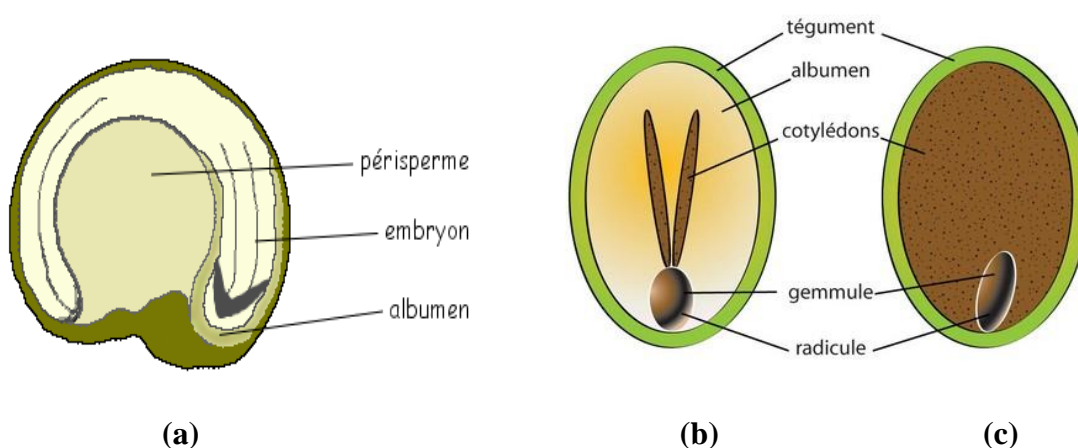


Figure 51: Schéma d'une graine à périsperme (a), albuminée (b), exalbuminée (c)

CHAPITRE 5

LA REPRODUCTION CHEZ

LES ANGIOSPERMES

CHAPITRE 5 : LA REPRODUCTION CHEZ LES ANGIOSPERMES

Introduction

La fleur des Angiospermes est une structure spécialisée impliquée dans la reproduction sexuée grâce à ses pièces fertiles pour donner des graines capables de donner de nouvelles plantes.

La gamétogenèse est la formation des gamètes qui entre dans la reproduction sexuée des plantes, elle est différente selon le sexe de l'organe de la fleur qui produit le gamète.

Si elle se produit dans les anthères des étamines, il s'agira alors de gamétogenèse mâle (aussi nommée microgamétogenèse).

Si elle la gamétogenèse a lieu dans un ovule de la plante, à la base d'un carpelle, elle est alors appelée la gamétogenèse femelle (aussi nommée macrogamétogenèse ou mégagamétogenèse)..

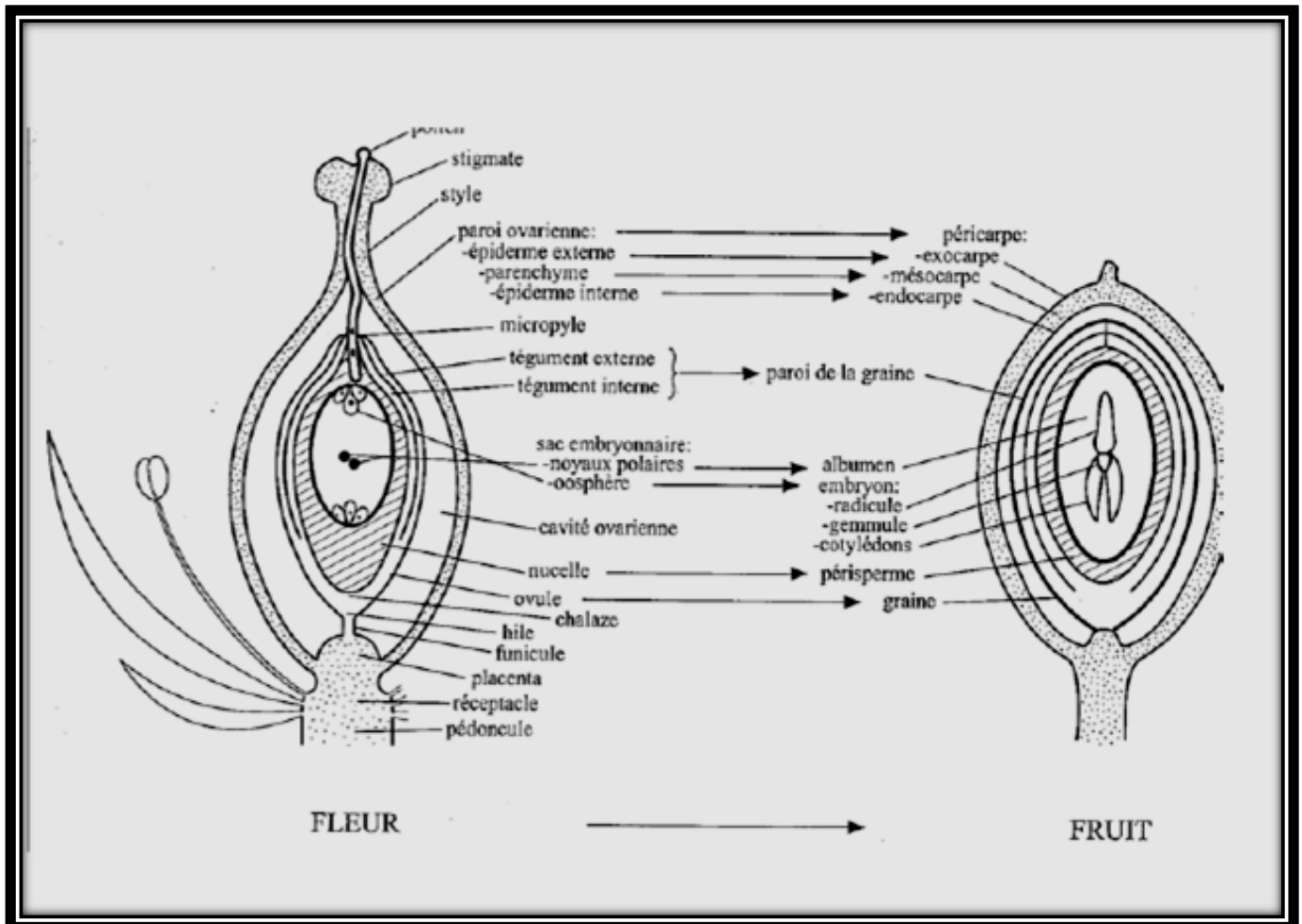


Figure 01 : Transformation des pièces florales après la fécondation

A. LA GAMETOGENESE

On appelle : **mégagamétogenèse** la **formation du gamétophyte femelle** ou **méga gamétophyte** qui est le **sac embryonnaire** et le **gamète femelle** est l'**oosphère**

La **mégasporogénèse** est la formation des **mégasporos** qui vont donner le sac embryonnaire.

On appelle microgamétogénèse la **formation du gamétophyte mâle** ou **microgamétophyte** qui est le **grain de pollen** les **gamètes mâles** sont les **cellules spermatiques**.

La **microsporogénèse** est la formation des **microspores** qui vont donner le grain de pollen.

1. La gamétogenèse femelle ou mégagamétogenèse

La gamétogénèse femelle est la formation du gamétophyte femelle et dans le cas des Angiospermes c'est la formation du sac embryonnaire qui se trouve à l'intérieur de l'ovule qui se trouve dans l'ovaire (carpelle).

1.1. L'ovule

Malgré sa petite taille, il présente une organisation relativement complexe. On distingue :

- **le funicule** : sorte de cordon dans le coté inférieur de l'ovule, attachant celui-ci au placenta (puis la graine après la transformation du fruit)
- **la chalaze** : point où se ramifie le faisceau conducteur de l'ovaire;
- **le nucelle** : partie interne de l'ovule qui contient le sac embryonnaire;
- **le sac embryonnaire** : gamétophyte femelle qui, après fécondation, abritera un embryon diploïde et un albumen triploïde;
- **le(s) tégument(s)** : enveloppes généralement au nombre de deux, un interne et un externe;
- **le micropyle** : c'est l'ouverture apicale étroite ménagée par le(s) tégument(s)

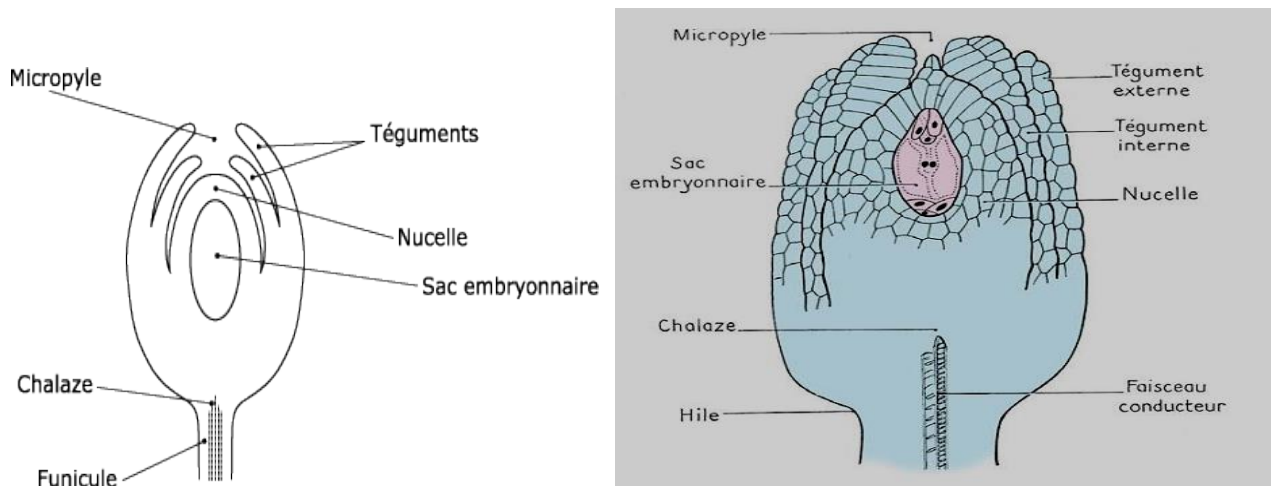
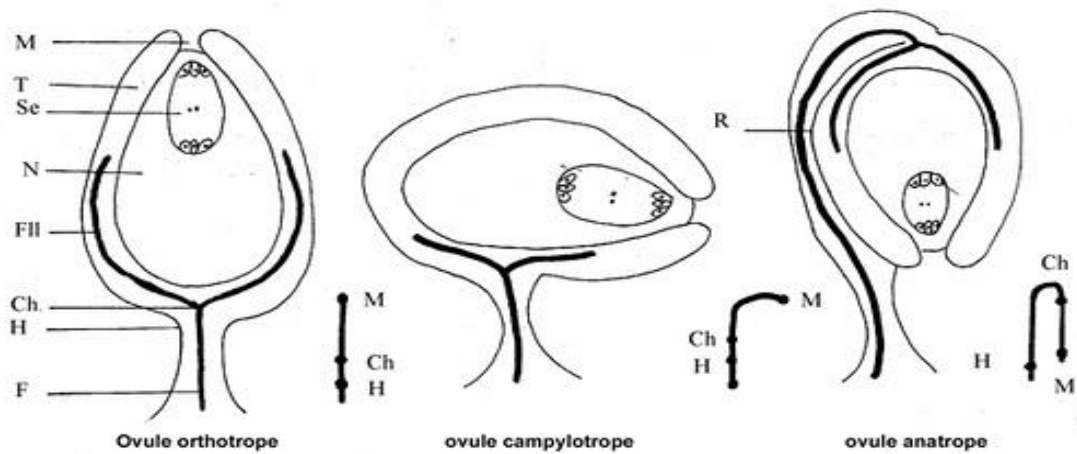


Figure 02 : Schéma d'un ovule

Il existe 3 types d'ovules, d'après la position de l'ovule / funicule :

- **Les ovules orthotropes** (= ovules droits) Ex : chez les Monocotylédones.
- **Les ovules campylotropes** (= ovules penchés) Ex : chez les Légumineuses.
- **Les ovules anatropes** (= ovules inversés) C'est le cas le plus fréquent.



Légende : F:funicule H:hile Ch:chalaze Fll:faisceau libéro ligneux
 N:nucelle Se: sac embryonnaire: Gamétophyte femelle T: téguments M:micropyle

Figure 03 : Les trois types des ovules

1.2. La formation de l'ovule

L'ovule est produit par une prolifération locale du placenta : un massif cellulaire se soulève d'abord pour former le nucelle; ensuite par divisions, deux bourrelets circulaires, enveloppants, sont produits: ce sont les téguments (T1 et T2). Chez certains groupes d'Angiospermes (les monocotylédones), un seul tégument est formé. Les téguments grandissent en couvrant progressivement le nucelle mais en laissant libre un pore donnant accès au nucelle, le micropyle. L'ovule ayant atteint sa taille maximale est fixé au placenta par l'intermédiaire d'un petit pied, le funicule. Téguments et nucelle sont soudés à la base.

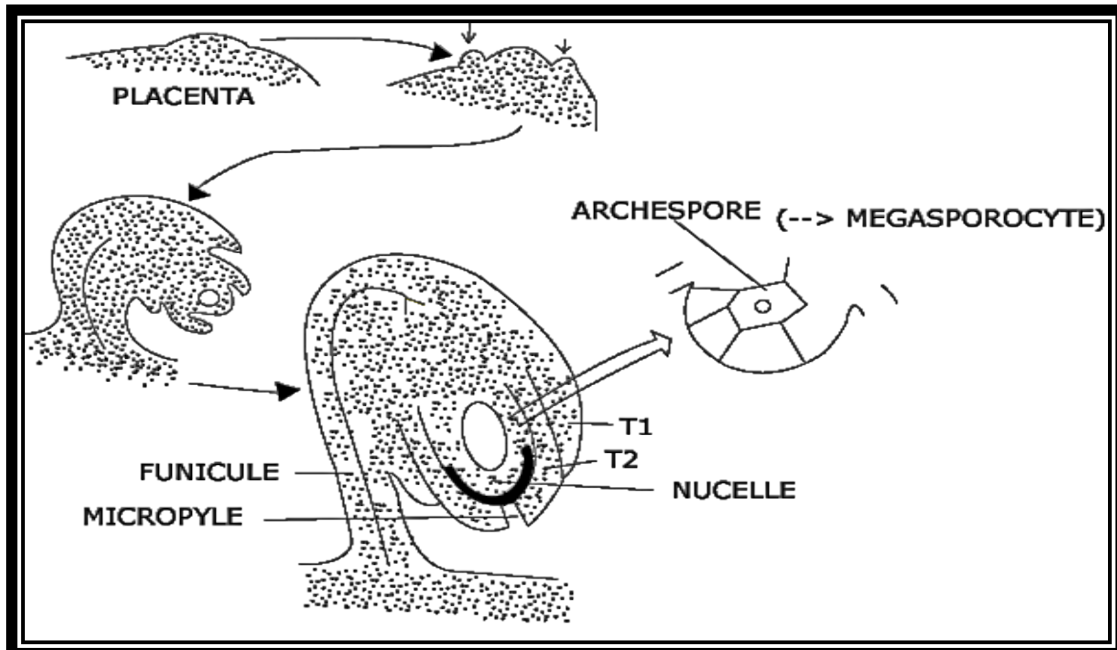


Figure 04 : Origine et formation de l'ovule

1.3. La formation du sac embryonnaire

Au cours de la différenciation de l'ovule, une cellule, le plus souvent sous-épidermique, augmente en volume et devient l'unique cellule **archésporiale (archéspore) puis devient le mégasporocyte**, celui-ci subit la méiose donnant **4 cellules haploïdes, les mégaspores**, qui sont disposées en **tétrade linéaire**.

Le plus souvent, les 3 cellules les plus proches du micropyle dégénèrent et La **mégaspore fonctionnelle** subit 3 vagues de **divisions nucléaires** successives conduisant à la formation de **huit noyaux haploïdes** qui se répartissent en groupes de quatre à chacun des deux pôles du sac embryonnaire.

Un des noyaux de chaque groupe migre alors vers le centre de la cellule formant les noyaux polaires (provenant des pôles).

La cytokinèse (ensemble des modifications du cytoplasme lors de la division cellulaire) se produit ensuite terminant la formation du sac embryonnaire qui est constitué de 7 cellules :

- **deux synergides**
- **l'oosphère au pôle micropylaire**
- **trois antipodes au pôle opposé et**
- une grande **cellule centrale** qui contient **les 2 noyaux polaires**

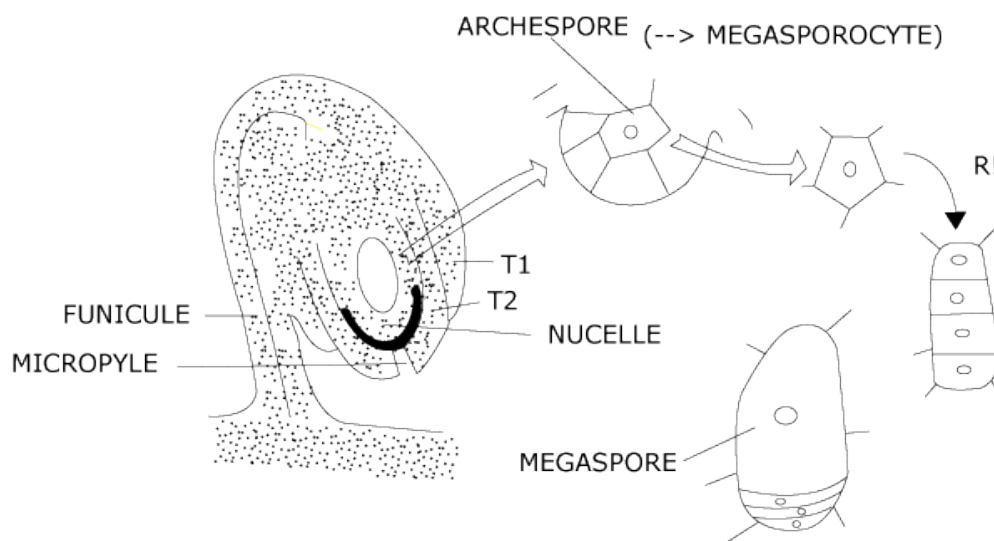


Figure 05 : La mégasporogénèse

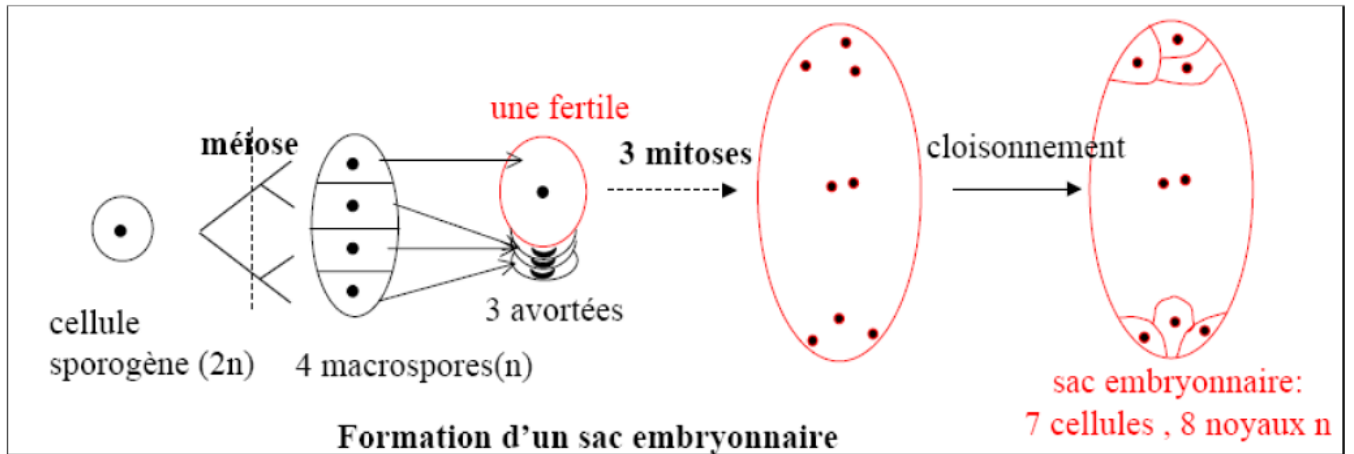


Figure 06 : La mégagamétogénèse : La formation du sac embryonnaire

Le gamétophyte femelle = sac embryonnaire

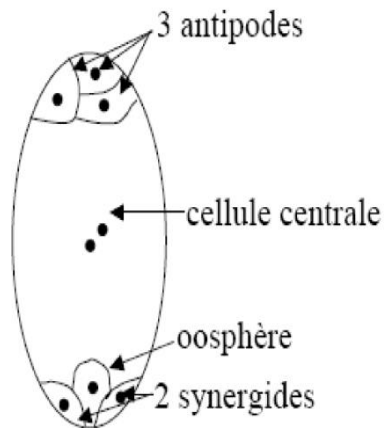
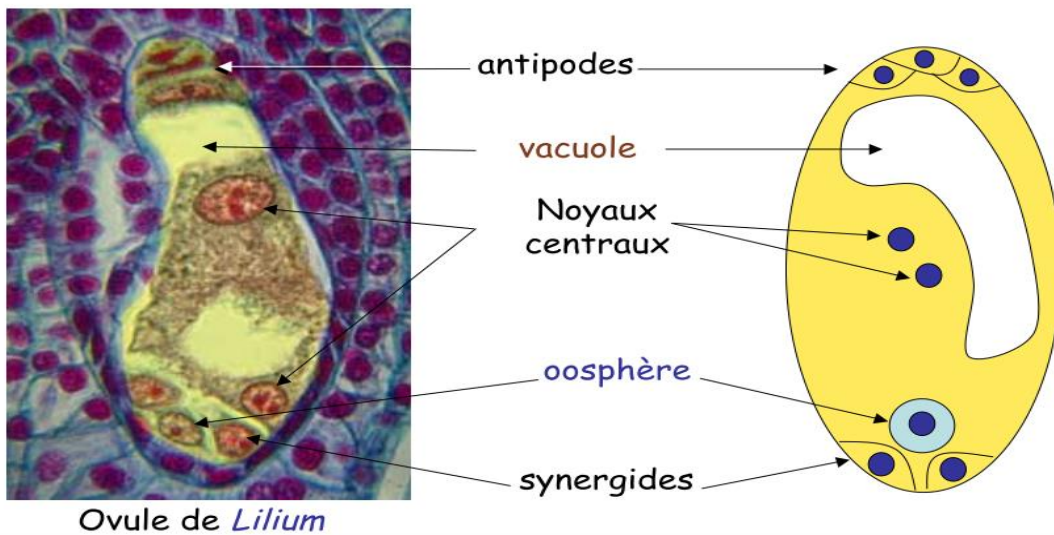


Figure 07 : Le sac embryonnaire

2. La gamétogenèse mâle ou microgamétogénèse

La gamétogenèse mâle est la formation du gamétophyte mâle et dans le cas des Angiospermes c'est le grain de pollen qui se trouve à l'intérieur des anthères (étamine).

2.1. Le grain de pollen

Le grain de pollen est le gamétophyte mâle qui produit les gamètes mâles et qui est disséminé pour permettre la fécondation. Les grains de pollen sont produits dans les loges polliniques des anthères (partie supérieure des étamines).

Le grain de pollen est généralement de structure sphérique d'un diamètre qui va de 7 μm à 150 μm , ceux qui sont de moins de 10 μm sont réputés le plus souvent d'être **allergènes**. Le grain de pollen est constitué d'un manteau pollinique épais formé d'**exine** à l'extérieur et d'**intine** à l'intérieur ;

L'**exine** est constitué de sporopollénine qui est une molécule imputrescible (ne peut pas pourrir).

Cette couche comporte des **apertures** (points de moindre résistance, qui permettront l'émission du **tube pollinique** qui fécondera l'ovule), elle est ornementée et fortement cuticularisée résiste à la plupart des dégradations chimiques et biologiques, permettant au pollen d'être diffusé dans l'environnement sans être abîmés.

L'**intine** est mince et fragile, constituée de cellulose et de polysaccharides

Le grain de pollen est généralement formé de seulement 2 cellules haploïdes :

La cellule végétative, sa première fonction est d'assurer la survie du grain de pollen, sa seconde fonction est de fabriquer le tube pollinique. Ensuite le noyau de cette cellule va dégénérer.

La cellule reproductrice est petite, excentrée et entourée par la cellule végétative, **le noyau génératif**, contient le matériel génétique et qui donnera les cellules spermatiques qui sont les deux gamètes mâles qui auront chacun leur rôle lors de la double fécondation de l'ovule.

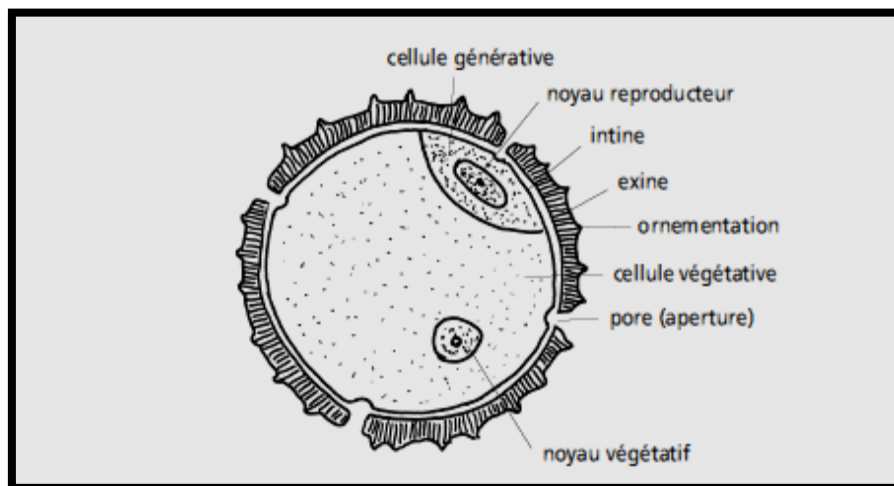


Figure 08 : Représentation schématique d'un grain de pollen avec ses deux cellules

2.2. La formation du grain de pollen

Pendant la différenciation de l'étamine, les sacs polliniques s'individualisent. Ils renferment un massif central d'**archéosporés** complètement entouré d'une assise nourricière, le tapis, qui se désintègrera au cours de la maturation du pollen. Vers l'extérieur de l'anthere, le tapis est renforcé par plusieurs assises cellulaires dites assises intermédiaires et d'un épiderme.

Les **archéosporés** évoluent en **sporocytes** ou cellules-mères de microspores qui subissent la **méiose** qui conduit à la formation d'une **tétrade** de cellules haploïdes. Celles-ci finissent par s'individualiser en **microspores** isolées possédant une paroi externe (l'exine) qui s'imprègne de sporopollénine et une paroi interne (l'intine).

La microspore isolée subit une **mitose asymétrique** qui conduit à la formation d'une grande cellule végétative et d'une petite cellule générative.

Au moment de la fécondation le grain de pollen déposé sur le stigmate, évolue en tube pollinique, et la cellule génératrice subit une **nouvelle mitose** pour donner **deux cellules spermatisques**, ce sont les gamètes mâles (deux spermatozoïdes). La cellule végétative est riche en tissus de réserves car elle doit permettre la croissance du tube pollinique.

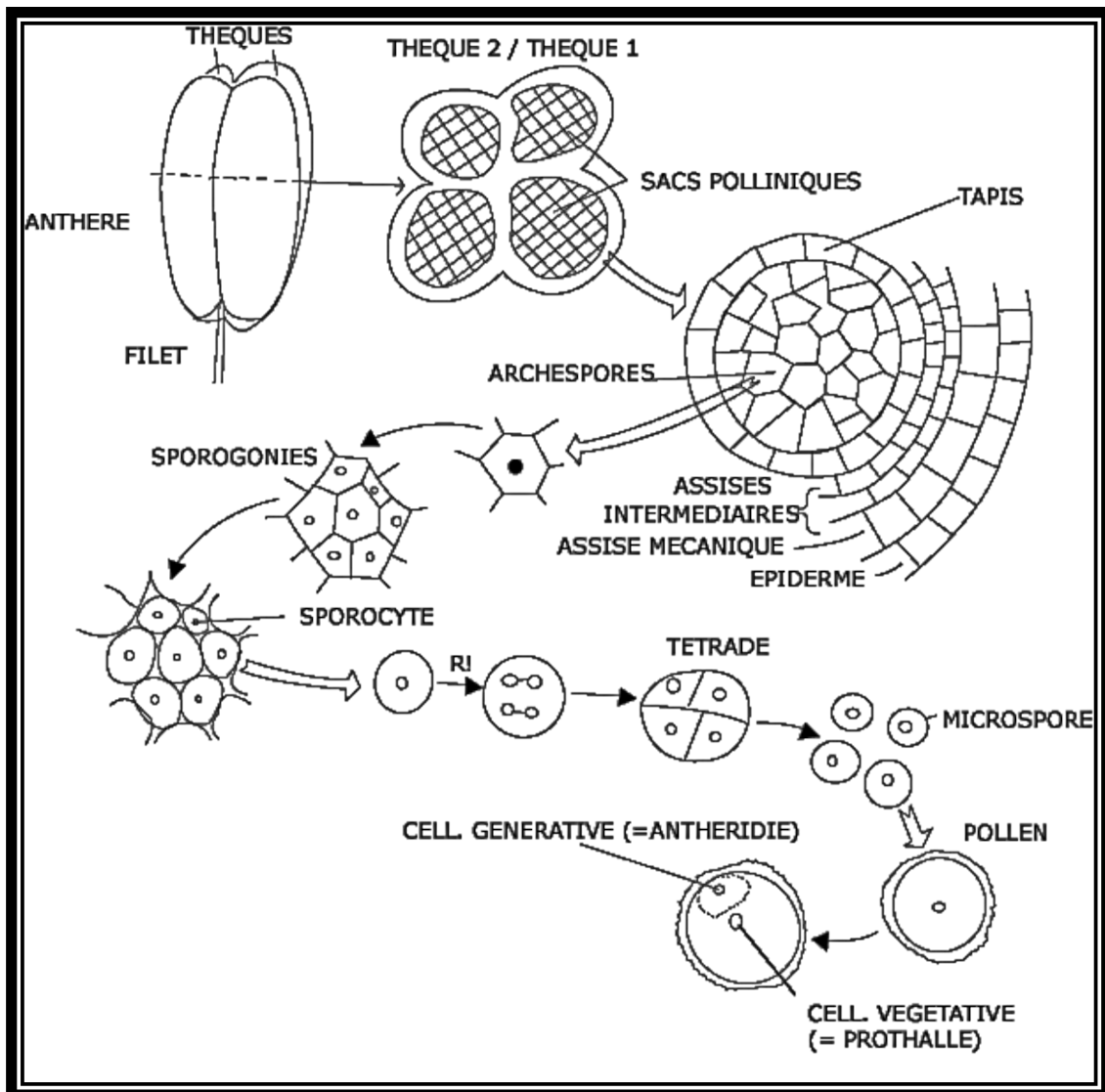
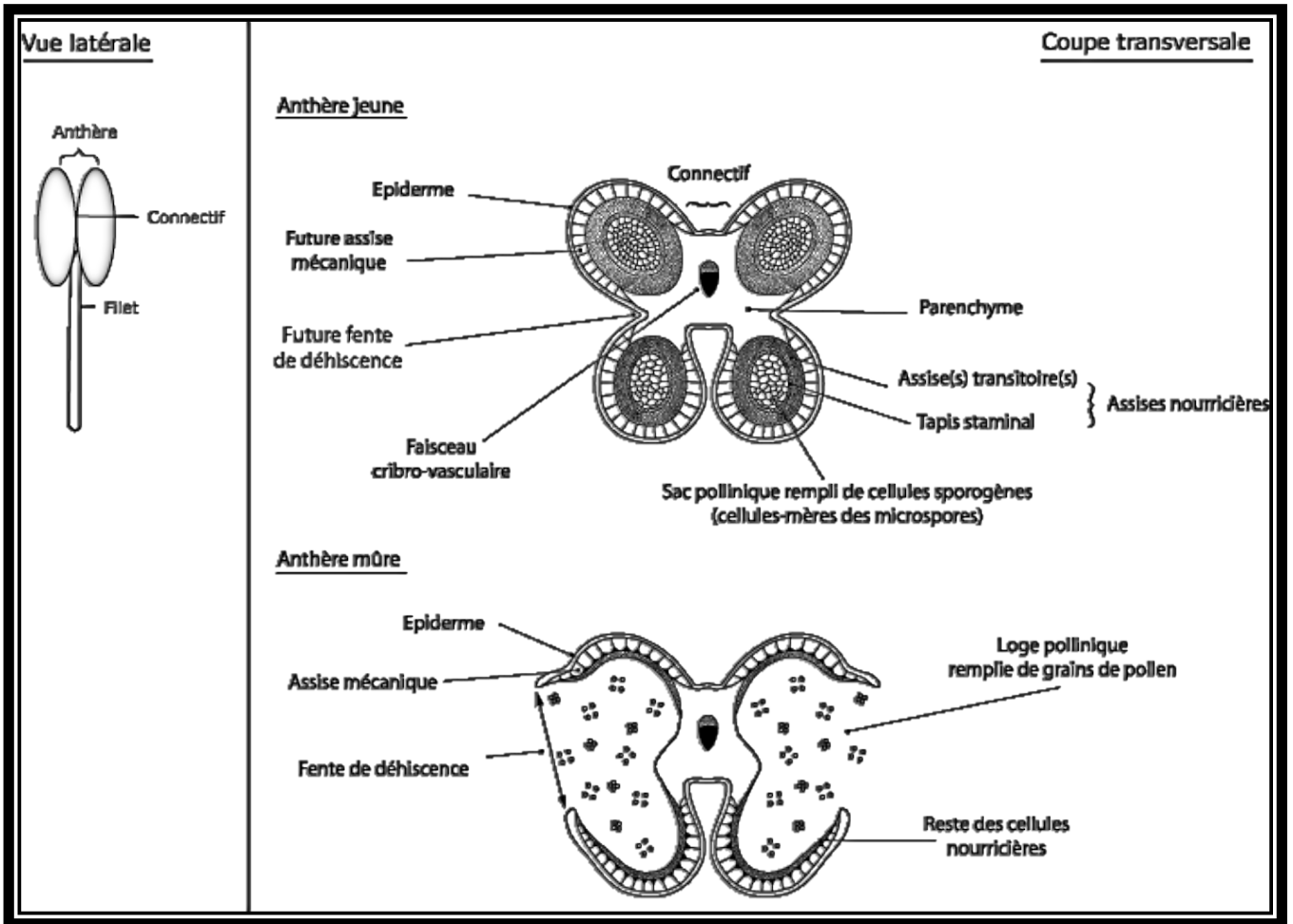


Figure 09 : La microgamétogénèse : la formation du grain de pollen



Coupe transversale dans les sacs polliniques

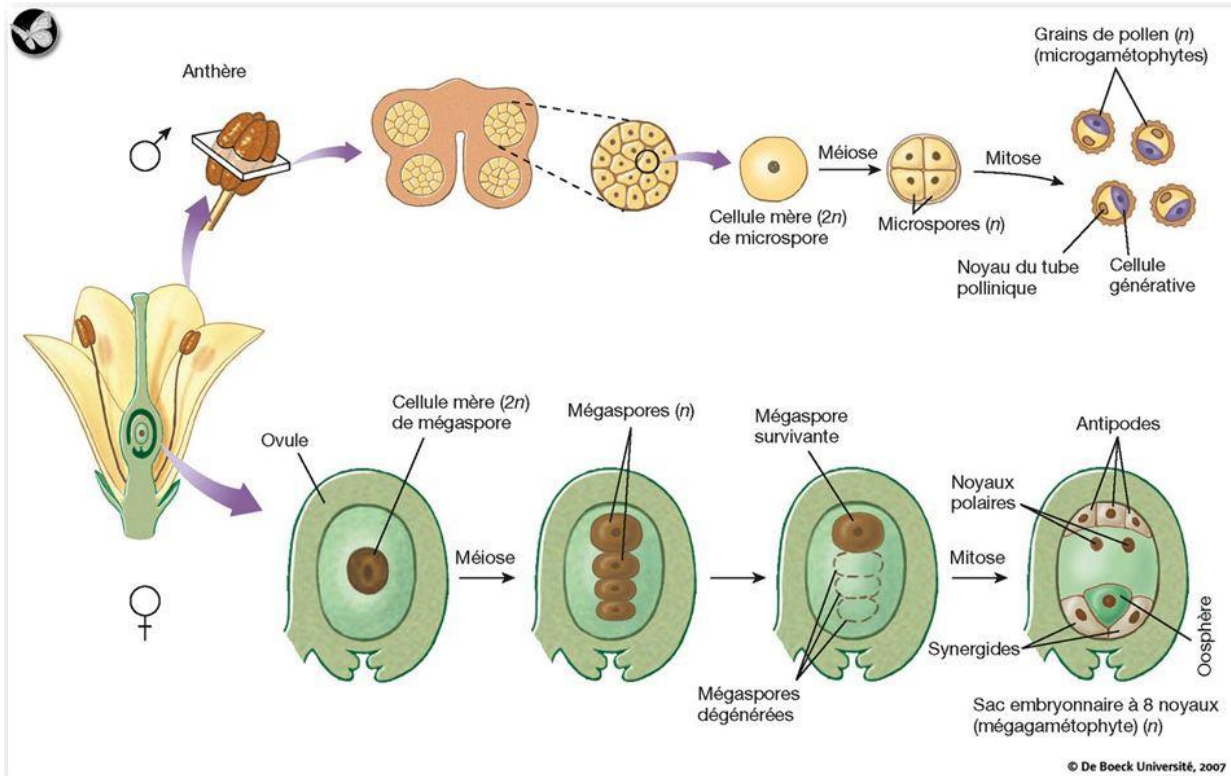


Figure 10 : La formation du grain de pollen et du sac embryonnaire

B. LA FECONDATION

1. La pollinisation

La pollinisation est le passage du pollen des plantes de l'organe reproducteur mâle, l'étamine, à l'organe reproducteur femelle, le pistil.

Elle permet la fécondation, qui conduit à la naissance d'une nouvelle plante. Selon les espèces, la pollinisation peut impliquer une seule fleur (autopollinisation) ou deux fleurs distinctes (pollinisation croisée).

Dans la nature, les moyens sont nombreux pour que le pollen de l'organe mâle retrouve le pistil d'une plante.

Le vent est un bon transport pour le pollen qui est très léger, il est facile de le faire bouger ; c'est la pollinisation **anémophile**.

Les insectes ont également un rôle important à jouer, ils servent également pour faire le transport du pollen c'est la pollinisation **entomophile**.

Si la pollinisation se fait grâce aux oiseaux on dit que c'est une pollinisation **ornithophile**.

Les fleurs possèdent des couleurs et des odeurs attirantes pour les insectes. Pour être certain que l'insecte collera du pollen sur le pistil, une partie située dans le fond de la fleur est très utile. Des glandes à nectar, qui sont attirantes pour les insectes, sont installées très profondément dans la plante. Lorsque les insectes plongent pour se rendre à cet endroit, les chances sont grandes pour qu'il y ait transfert de gamète mâle sur le gamète femelle.

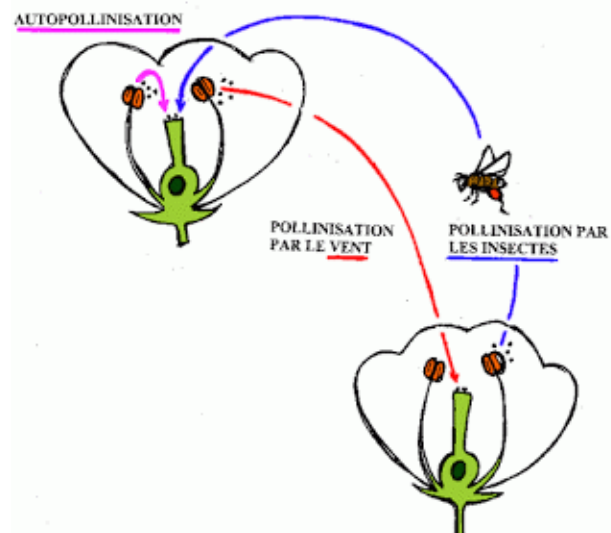


Figure 11 : Pollinisation par le vent et les insectes

2. La germination du pollen

Après son transport par le vent ou les insectes, le grain de pollen se dépose sur le **stigmate** d'une fleur. Dans sa partie supérieure, le stigmate est recouvert de papilles dont le rôle est de recevoir et d'**hydrater** le grain de pollen.

L'**hydratation** du grain de pollen permet sa **germination** : il forme alors un tube pollinique qui va progresser dans le stigmate vers la base de la fleur. Le tube pollinique contient les **gamètes males** (les spermatozoïdes) qui vont ainsi être transportés jusqu'à l'ovule (présent dans l'ovaire de la fleur) dans lequel se trouvent le **gamète femelle (l'oosphère)**. C'est à ce niveau que la **fécondation** est réalisée et on l'appelle la **double fécondation**.

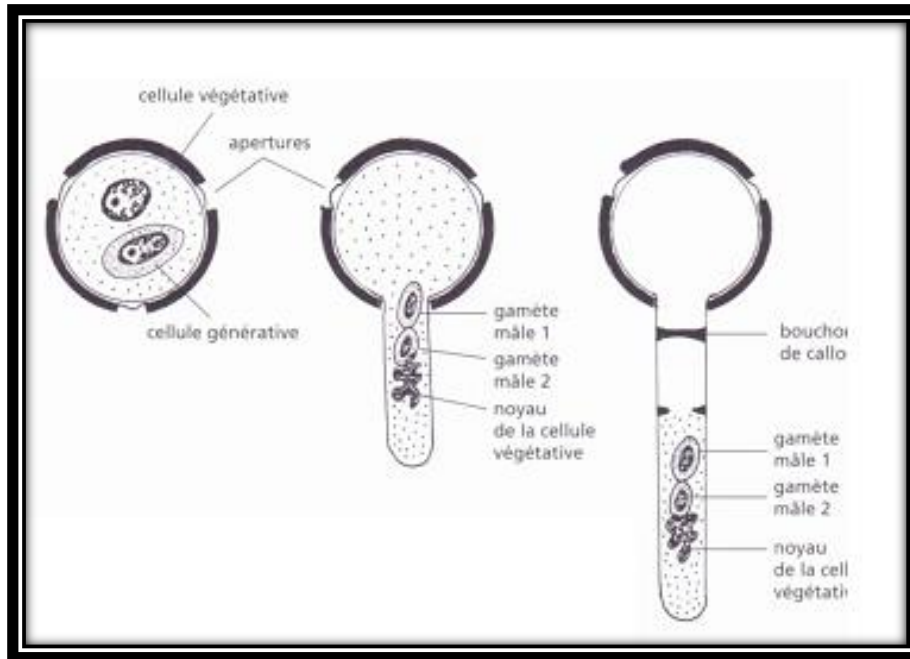


Figure 12 : Germination du tube pollinique

3. La double fécondation

Le grain de pollen est transporté passivement, le plus souvent par le vent ou les insectes, de l'anthère qui le produit sur le stigmate d'une fleur. Il y germe en un **tube pollinique** qui s'allonge considérablement, se fraie un passage au travers du style qu'il traverse entièrement pour atteindre la cavité ovarienne puis le micropyle d'un ovule.

En arrivant au niveau de l'ovule le tube pollinique traverse une synergide et libère alors les deux spermatozoïdes.

Un des **spermatozoïdes** féconde l'**oosphère** et donnera l'**embryon** (zygote principale) à $2n$, l'**autre spermatozoïde** féconde la **cellule centrale** diploïde aux deux noyaux polaires donnant ainsi une cellule à $3n$ qui est l'**albumen** (zygote accessoire)

Ce tissu (l'albumen) remplace petit à petit le sac embryonnaire et est indispensable au développement de l'embryon.

Il peut disparaître avant la maturation de la graine par le développement des cotylédons. Les téguments de l'ovule forment les téguments de la graine, la paroi de l'ovaire se transforme en péricarpe du fruit.

Le zygote principal se divise transversalement et détermine ainsi une cellule terminale et une cellule basale.

Généralement seule la cellule terminale (apicale) est responsable de la formation de l'embryon.

Les cellules issues de la cellule basale ne font que former le suspenseur, qui ancre l'embryon dans la graine.

L'embryon présente les ébauches des futurs organes de la plante. Il possède ainsi une racicule, future racine et une gemmule, future partie aérienne.

Dans certaines graines se sont les cotylédons qui accumulent les réserves. Leur nombre différencie les deux grands groupes des Angiospermes : les monocotylédones et dicotylédones.

C'est l'absorption de l'eau par la graine qui va entraîner la germination suite à une activation externe. Quand tous les tissus sont réhydratés, le gonflement de la graine provoque la rupture des téguments. En même temps l'embryon commence à métaboliser les réserves de la graine. La racicule, puis la tigelle, s'allongent. Rapidement les chloroplastes deviennent actifs et permettent un développement autonome et de cette manière une nouvelle plante est donnée.

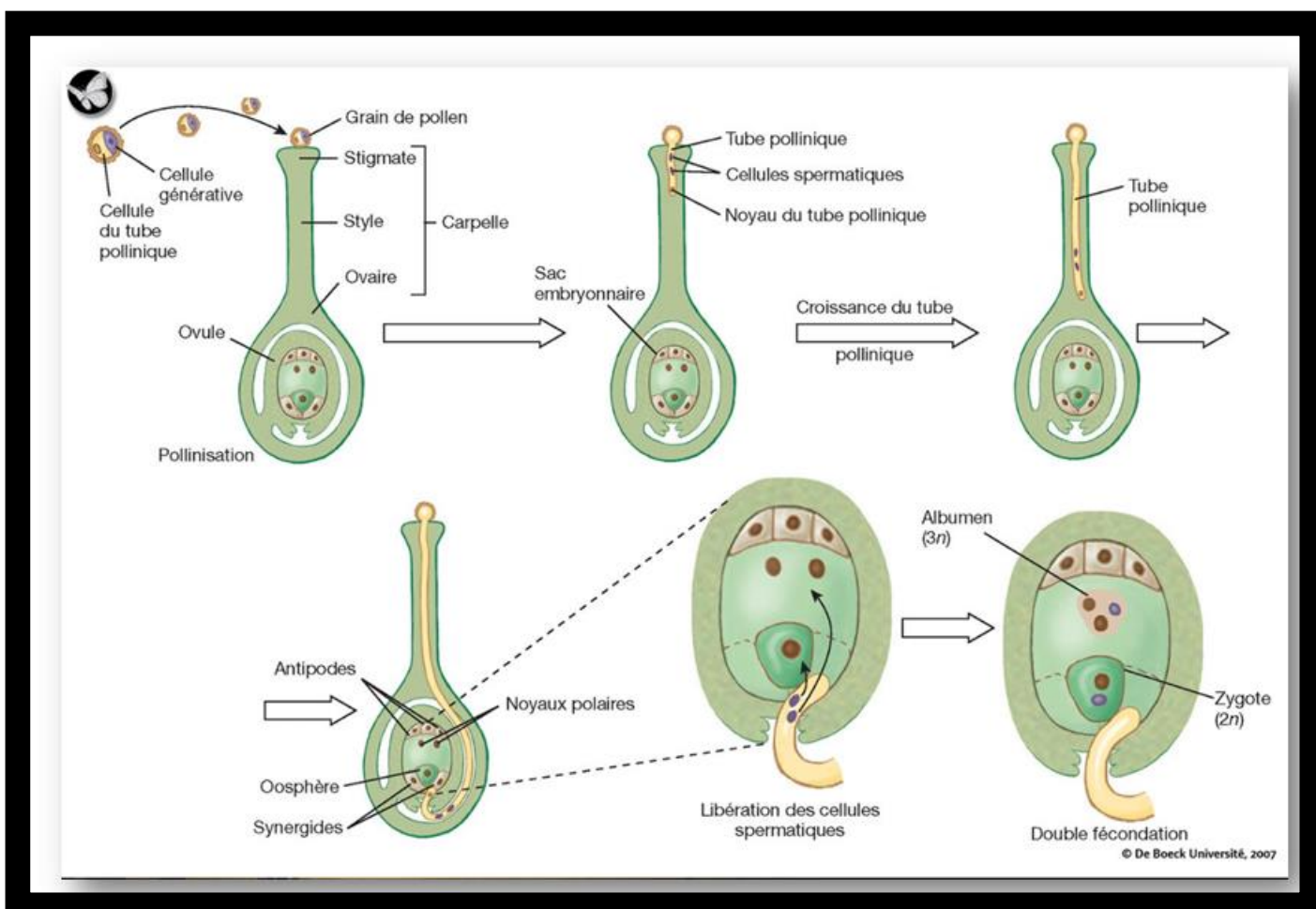


Figure 13 : Schéma du processus de la double fécondation

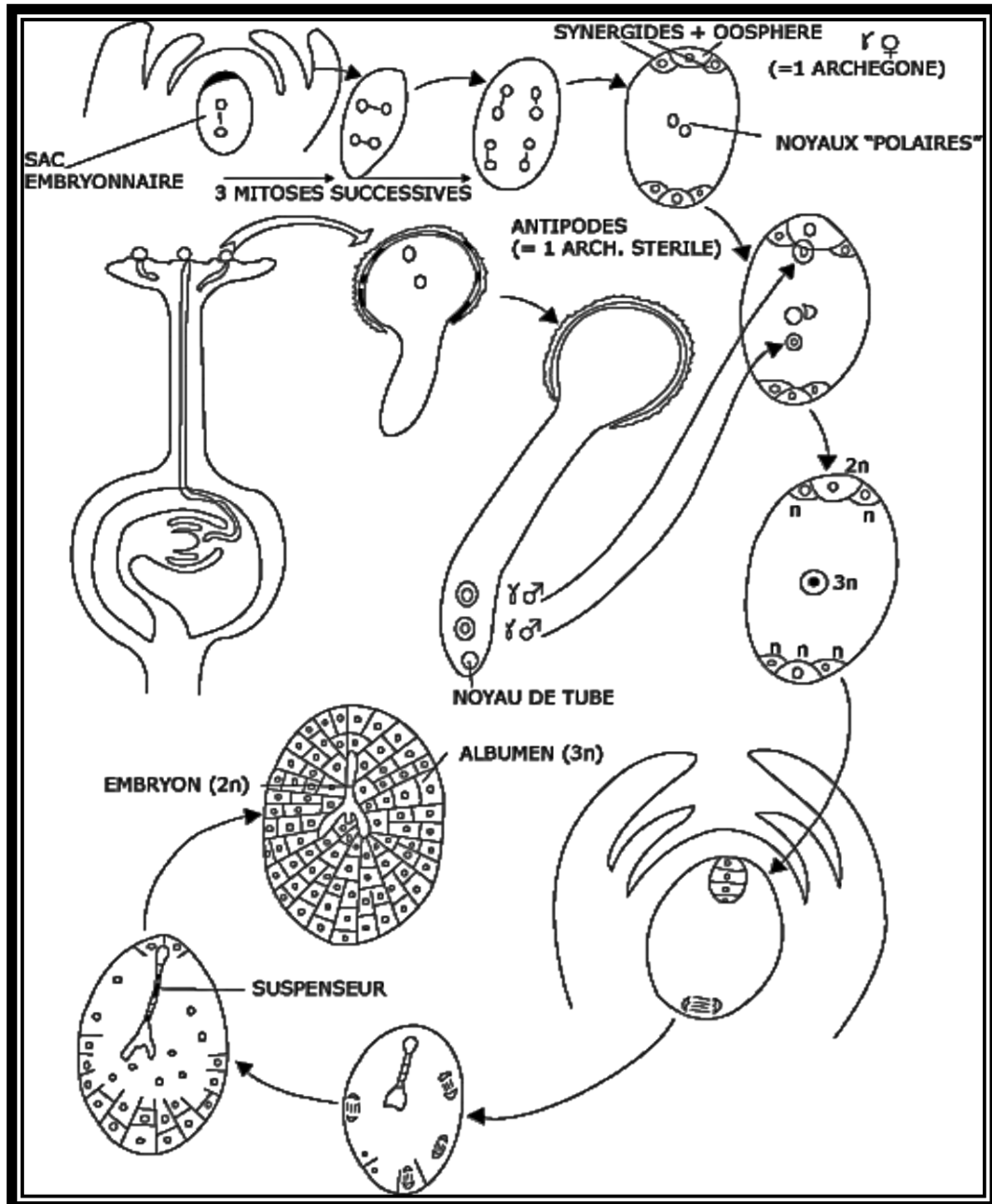


Figure 14: Gamétogenèse, fécondation et embryogenèse des Angiospermes

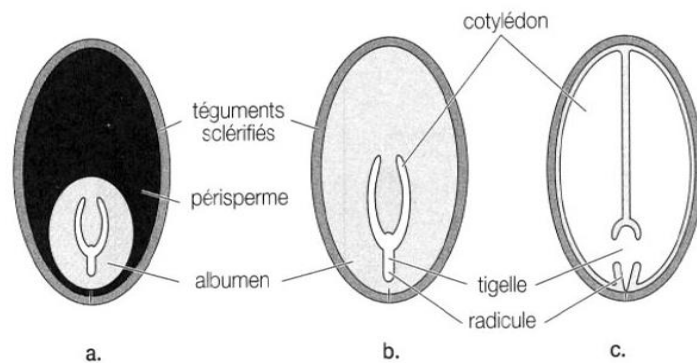
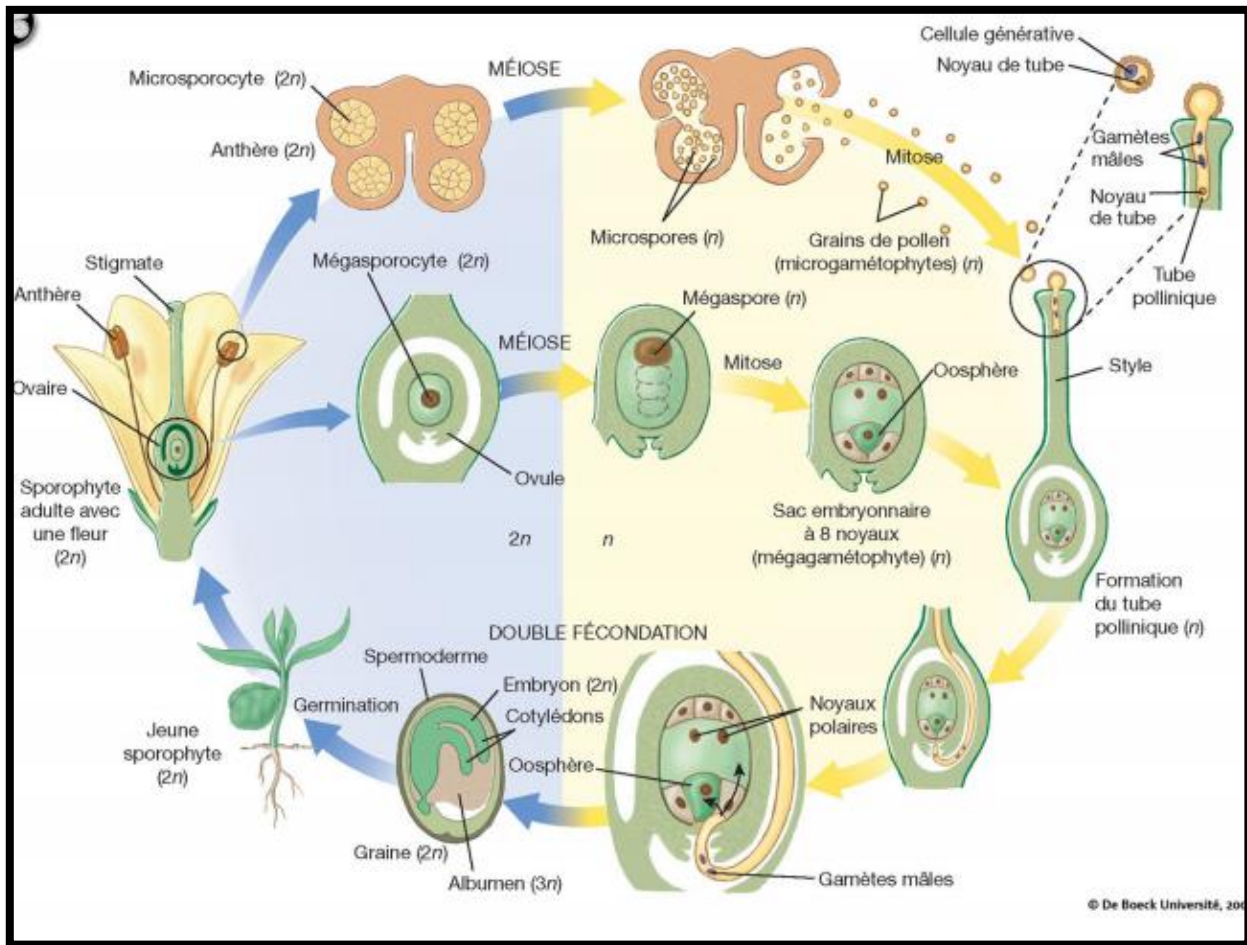
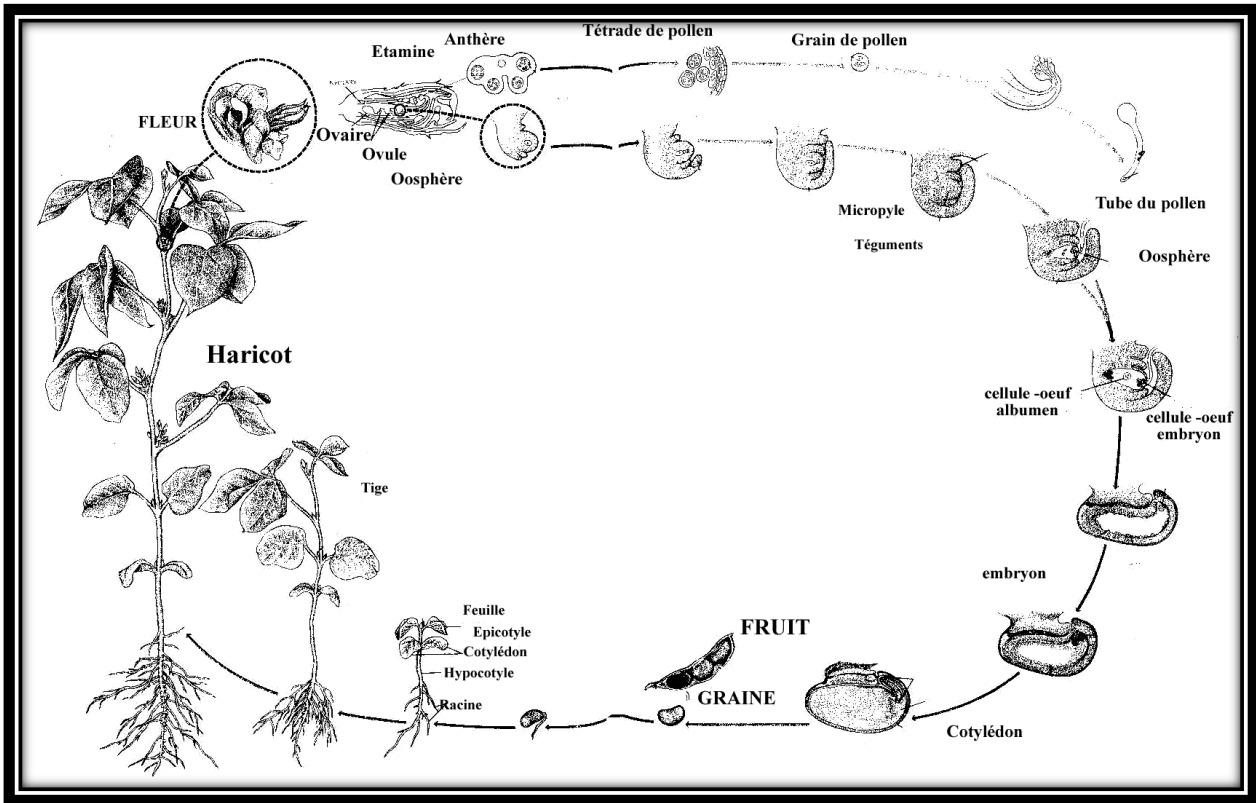


Figure 15 : a : grain à périsperme, b : grain albuminée, c : grain exalbuminée

C. Le cycle de développement des Angiospermes



Les références bibliographiques

La liste des Références bibliographiques

- Prat R. 2007. Expérimentation en biologie et physiologie végétale. Edition Quae. France.
- Tourte Y., Bordonneau M., Henry M., Tourte C. 2005. Le monde des végétaux. Organisation physiologique et génomique. Edition Dunod. France.
- Ducreux G. 2002. Introduction à la botanique. Edition Belin. France.
- Boumérias M et Back C. Le génie des végétaux. 2006. Edition Belin. France.
- Duhoux E et Nicole M. Biologie végétale. 2004. Edition Dunod. France.
- Laberche J.C. Biologie végétale. 2004. Edition Dunod. France.
- Guignard J.L et Dupont F. Botanique. Systématique moléculaire. 2004. Edition Masson. France.
- Nabors M. biologie végétale. Structure, fonctionnement, écologie et biotechnologie. 2008. Edition Pearson Education France. France.
- Bowes B.G et Mauseth J.D. 2012. Edition Quae. France.
- Spichiger R.E., Savolainen V.V., Figeat M., Jeanmonod D. 2009. Les presses polytechnique et universitaire romande. Lausanne.

Webographie

- http://serres.u-bourgogne.fr/article.php?id_article=357
- <http://pac.unisciel.fr/biologie-vegetale/>
- <http://www.cours-pharmacie.com/biologie-vegetale>
- <https://www.universite-paris-saclay.fr/fr/jdfaure>
- <http%3A%2F%2Fwww.auxbulles.com%2Fdecouverte-biologie-algues.html>