

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



Biologie Végétale

Cours réalisé par : Dr BOUZID Salha

Destiné aux étudiants de 1ère année tronc commun

2024

**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
RAPPEL SUR LA CELLULE VEGETALE
ET
CLASSIFICATION

CHAPITRE 1 : RAPPEL SUR LA CELLULE VEGETALE ET CLASSIFICATION

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.

A. Particularités de la cellule végétale

Les Angiospermes sont des végétaux supérieurs dont la cellule eucaryote est constituée d'un vrai noyau, une paroi pectocellulosique, une grande vacuole, des plastes et d'autres organites.

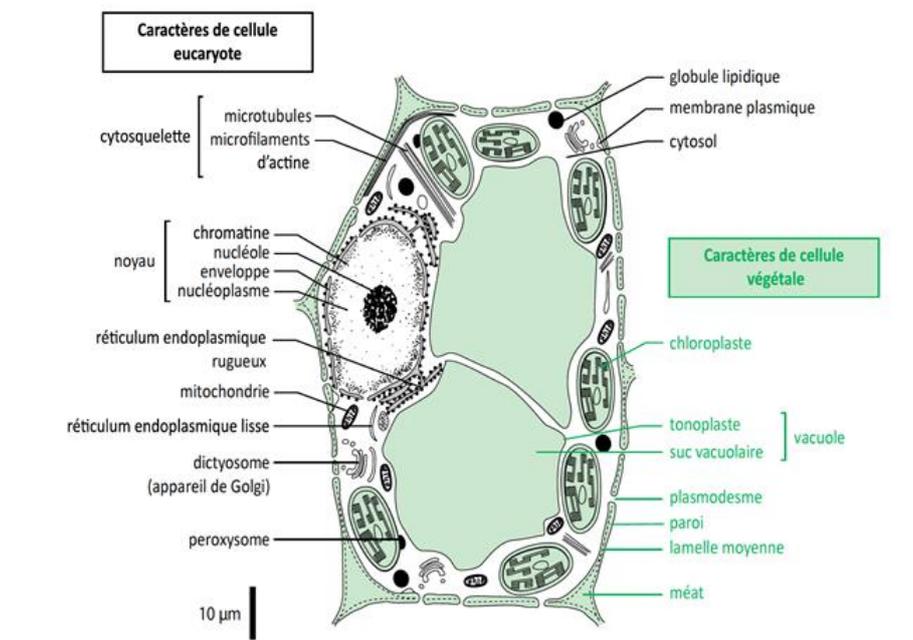


Figure 01: Représentation schématique d'une cellule végétale eucaryote

1. Les membranes cellulaires

Les constituants les plus importants des membranes sont des lipides et des protéines. 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, elle 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'hémicellulose et la cellulose. Ce sont les constituants permanents de la paroi cellulaire.

2.1. 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.

2.2. 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.

2.3. 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).

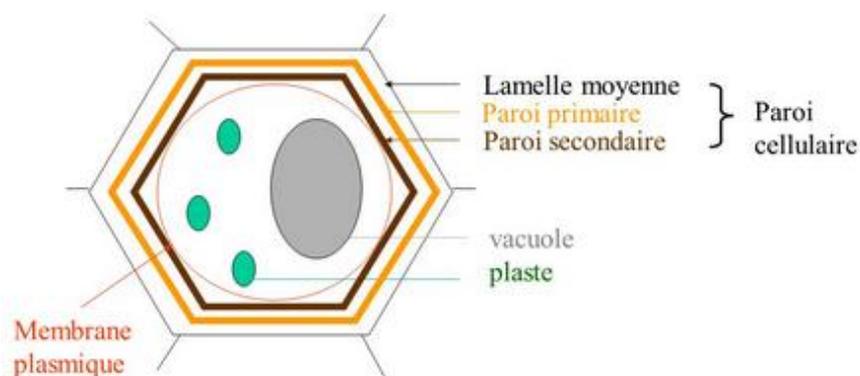


Figure 02 : Représentation schématique de la paroi cellulaire

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). Cette accumulation correspond souvent à une détoxification du cytoplasme. 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 proplastes. 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 thylakoïdes. 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.

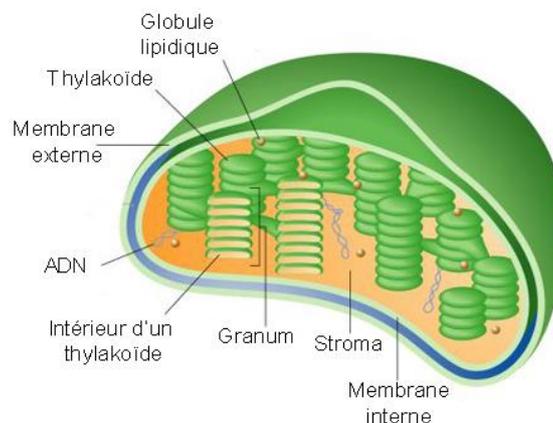


Figure 03 : Représentation schématique du chloroplaste

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 leucoplastes

Ils représentent une catégorie de plastes différentes des chloroplastes et des chromoplastes, ils ne sont pas pigmentés.

N'ayant pas de pigments, les leucoplastes ne sont pas verts, ce qui suggère une localisation dans les racines et dans les tissus non photosynthétiques. Ils peuvent se spécialiser pour stocker des réserves d'amidon, de lipides ou de protéines, ils sont alors respectivement appelés amyloplastes, oléoplastes, ou protéinoplastes.

- **Paroi et communications intercellulaires**

La paroi entoure complètement les cellules et elle est impliquée dans les échanges et communications intercellulaires.

La circulation de substances, à plus ou moins longue distance, se réalise par diffusion dans la paroi, c'est **la voie apoplastique** qui est une voie permissive.

Un autre chemin privilégié, celui des plasmodesmes, permet une communication directe de cellule à cellule. C'est **la voie symplastique** qui est restrictive.

Et enfin **la voie transmembranaire** qui laisse traverser l'eau et les sels minéraux les membranes plasmiques et les parois pecto-cellulosiques ensemble.

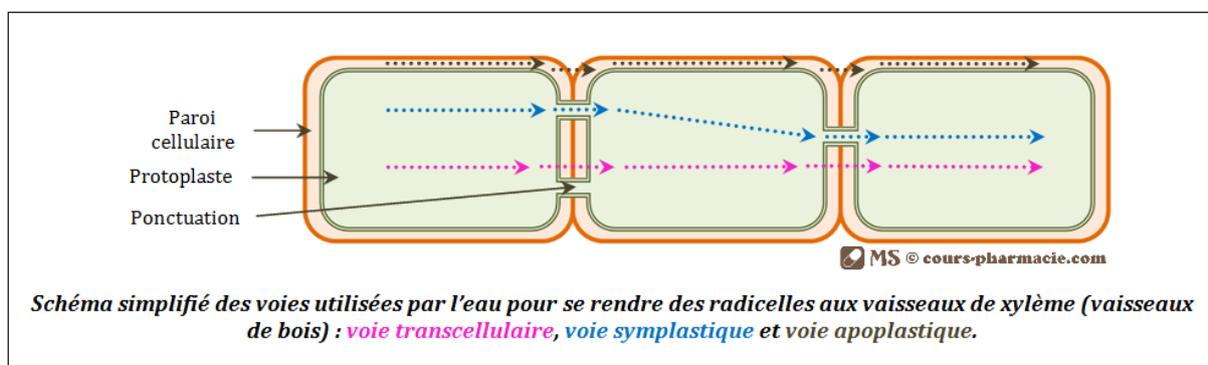


Figure 04 : Les voies de passage de l'eau et des sels minéraux

B. La classification des végétaux

La classification des végétaux s'appuie sur plusieurs critères cytologiques, anatomiques et morphologiques

En se basant sur l'organisation générale des végétaux eucaryotes, les biologistes ont distingué les Thallophytes et les Cormophytes, dont l'appareil végétatif est respectivement un thalle ou un cormus. Ce dernier est constitué de rameaux feuillés tandis que le premier ne comprend jamais de tiges, de feuilles, de racines et pas de tissus conducteurs.

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 comme les champignons, les lichens et les algues. La reproduction se fait par des spores ou des gamètes.

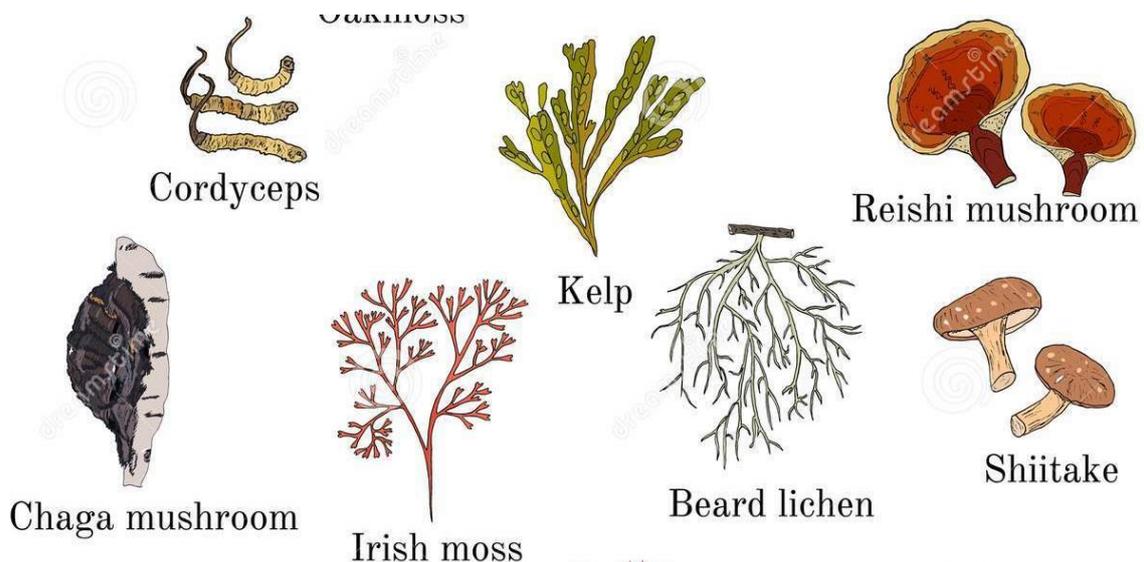


Figure 05 : Exemples de thallophytes

2. Les Cormophytes

Ce groupe est composé par les végétaux 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 divisés 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.



Figure 06 : Les Bryophytes (*Funaria hygrometrica*)

2^{ème} Embranchement: Ptéridophytes

C'est les fougères, leurs système racinaire et l'appareil conducteur apparaissent mais il n'y a pas de fleurs et il n'y a pas de graines.



Figure 07 : Les Ptéridophytes (la fougère)

3^{ème} Embranchement : Préspermaphytes

Ils constituent la flore de l'aire primaire avec leur anatomie primitive, leur morphologie permet de les subdiviser en deux classes: la classe des **ptéridospermes** qui ressemblent à des fougères arborescentes (le cycas), et la classe des **cordaïtes** qui est aujourd'hui représentée que par une seule espèce vivante, le *Ginkgo biloba*.



Figure 08 : Les Préspermaphytes ; le cycas, arbre de Ginko, feuilles de Ginko

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-embranchements :

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*), les Genévriers (*Juniperus*), les Cyprès (*Chamaecyperis*), ou les Thuyas (*Thuja*).



Figure 09 : Les Gymnospermes (Le pin sylvestre)

2^{ème} Sous-embranchement : 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-embranchement : 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 sans enveloppe). Les Angiospermes comprennent les Dicotylédones et les Monocotylédones, ils représentent la plus grande partie des espèces végétales terrestres, avec de 250 000 à 300 000 espèces.

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.

A. 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. 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 (proplastés).

A l'apex (l'extrémité d'une tige ou d'une racine), apparaissent les nouveaux tissus ou 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.

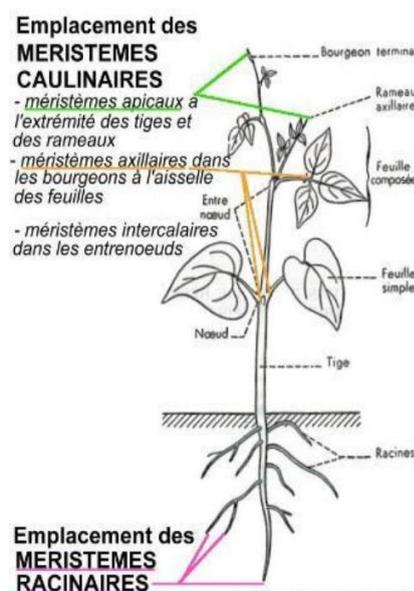


Figure 10 : Emplacement des méristèmes

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 et des organes. Ils sont dénommés tissus primaires pour les différencier des tissus secondaires qui apparaissent grâce aux méristèmes secondaires chez certaines plantes ultérieurement.

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) 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.

2- Une zone latérale, ZL entourant la zone axiale, la partie à droite correspond à l'apparition d'une feuille, ZLF.

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

- ✓ Feuilles immatures
- ✓ Méristème caulinaire
- ✓ Bourgeons latéraux

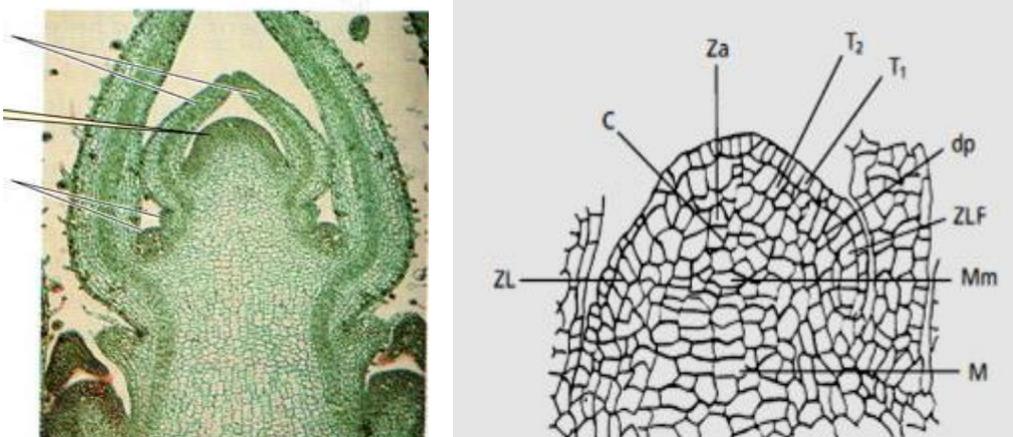


Figure 11 : Le méristème caulinaire et ses zones

- **La transformation du méristème apical en méristème floral**

Sous l'action de processus qui sont 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.

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.

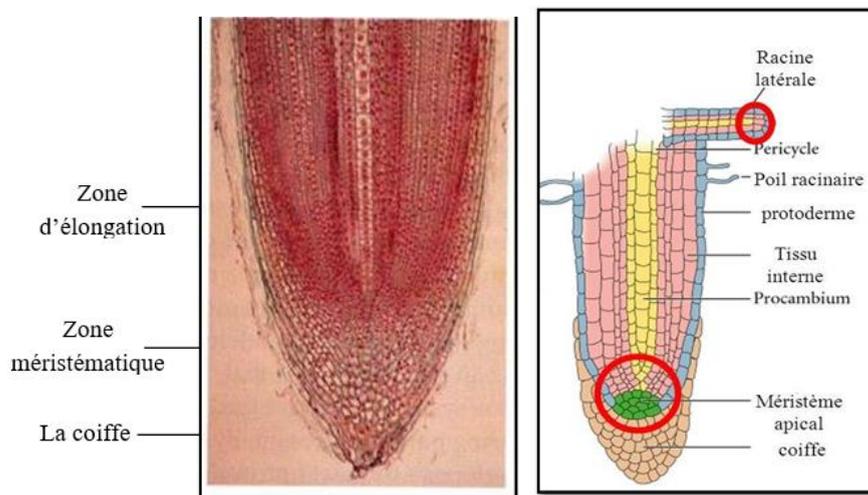


Figure 12 : Le méristème racinaire

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.

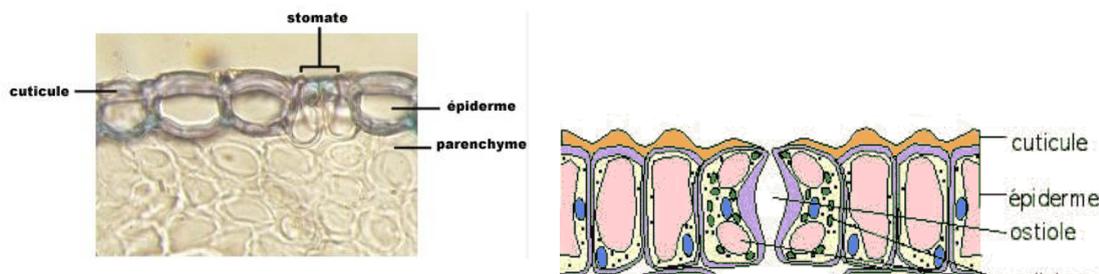


Figure 13 : Les cellules de l'épiderme

2.2. L'assise pilifère ou Rhizoderme

Les cellules épidermiques peuvent être remplacées au niveau de la racine par l'assise pilifère (rhizoderme), elle est présente chez 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**.

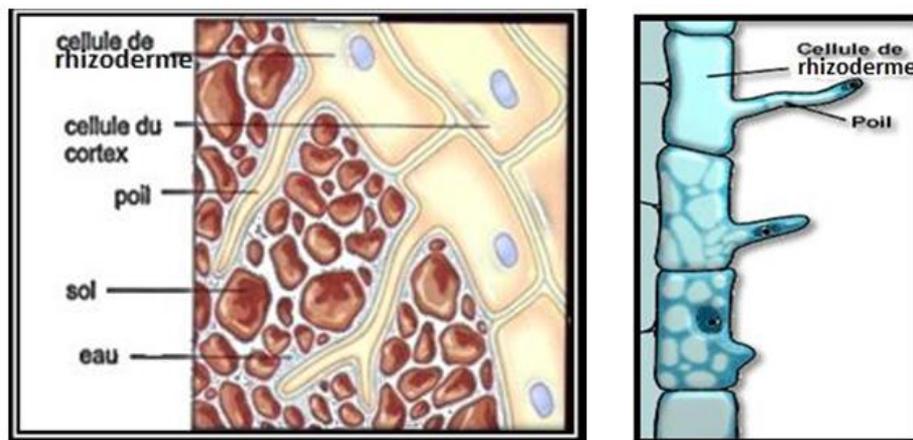


Figure 14 : Les cellules du rhizoderme

2.2. 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 **cadre de Caspari** qui empêche les transports par voie apoplastique (permissive) en obligeant la voie symplastique (restrictive). Cette caractéristique lui permet de jouer son rôle de filtre.

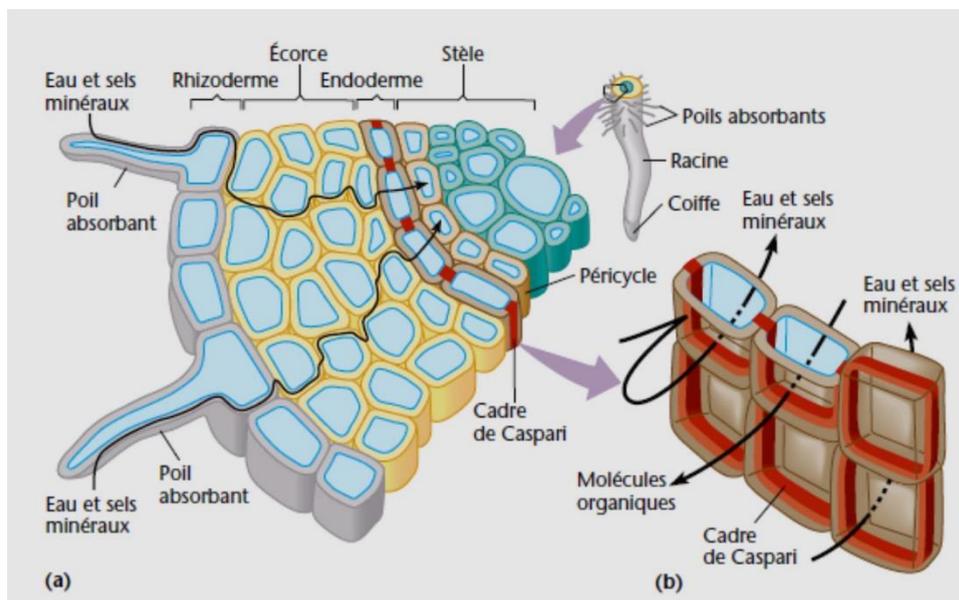


Figure 15: L'endoderme

(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 Caspari. (b) Le cadre de Caspari oblige l'eau et les minéraux dissous provenant du sol à progresser dans les cellules de l'endoderme au lieu de passer entre elles.

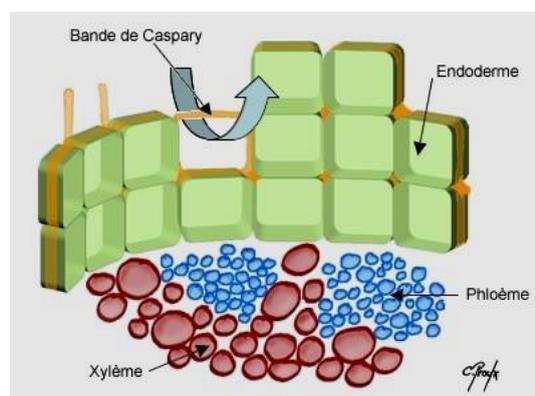


Figure 16: La bande de Caspari dans l'endoderme

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, il permet la photosynthèse, ses cellules contiennent de nombreux chloroplastes, il se trouve sur la face supérieure et il est entouré par l'épiderme et parcouru par les nervures.

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

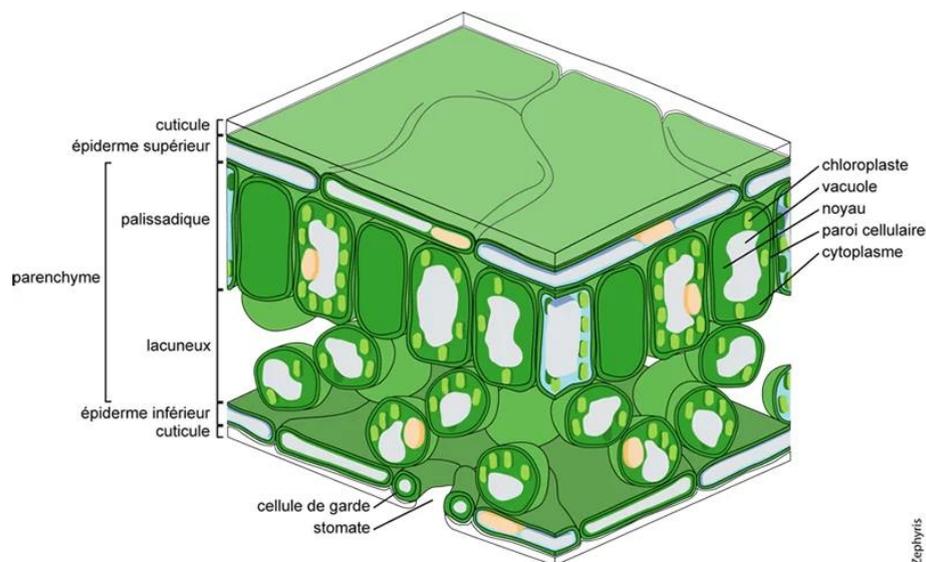
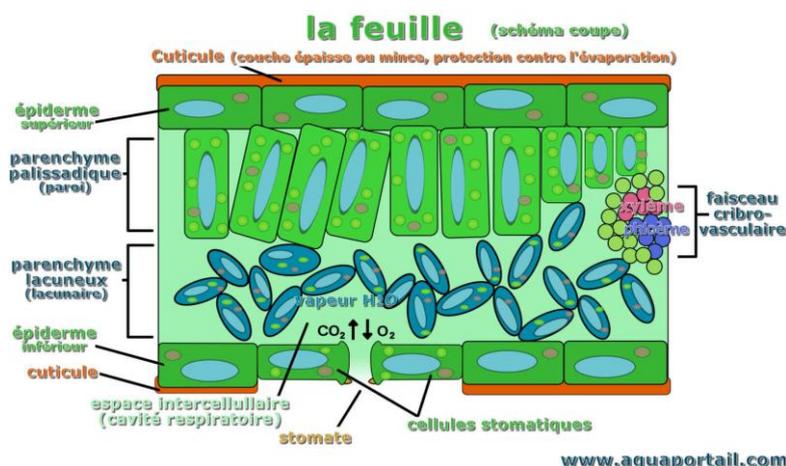


Figure 17: Le parenchyme chlorophyllien et le parenchyme lacuneux dans la feuille



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).

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.

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

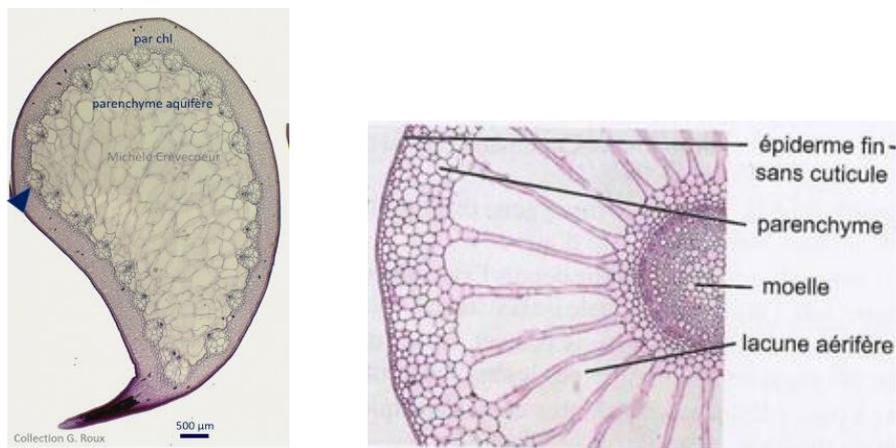


Figure 18 : Parenchyme aquifère et Parenchyme aérifère

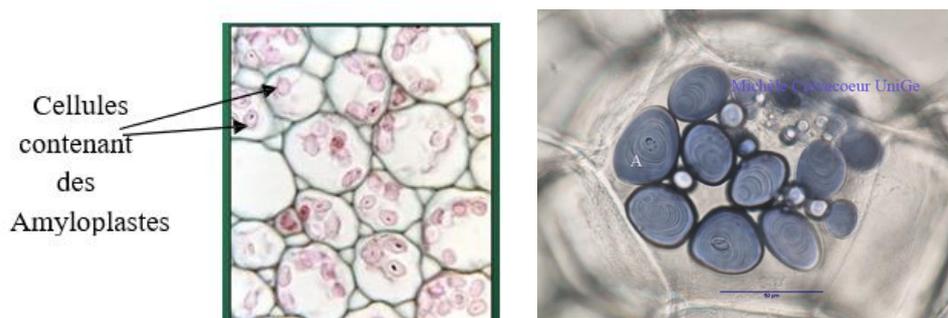


Figure 19 : Epiderme de pomme de terre avec des amyloplaste et une cellule avec des grains d'amidon

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 et allongées à la forme rectangulaire aux parois cellululosiques épaisses mais qui permettent à la plante de continuer à croître dans la zone considérée, pas de paroi secondaire. 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 cellulósique 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.

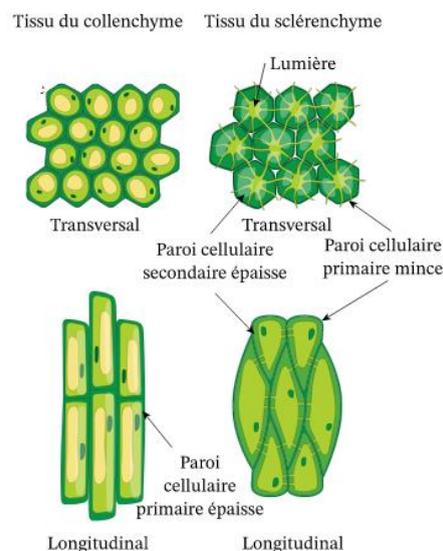


Figure 20 : Les cellules du collenchyme et du sclérenchyme

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 cellule dans sa croissance. 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**.

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. 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 brute et élaborée dans tout l'organisme végétal.

Il existe 2 types de vaisseaux conducteurs : **le xylème et le phloème primaires**.

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

Un faisceau : ensemble de tube fins et allongés, liés

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.

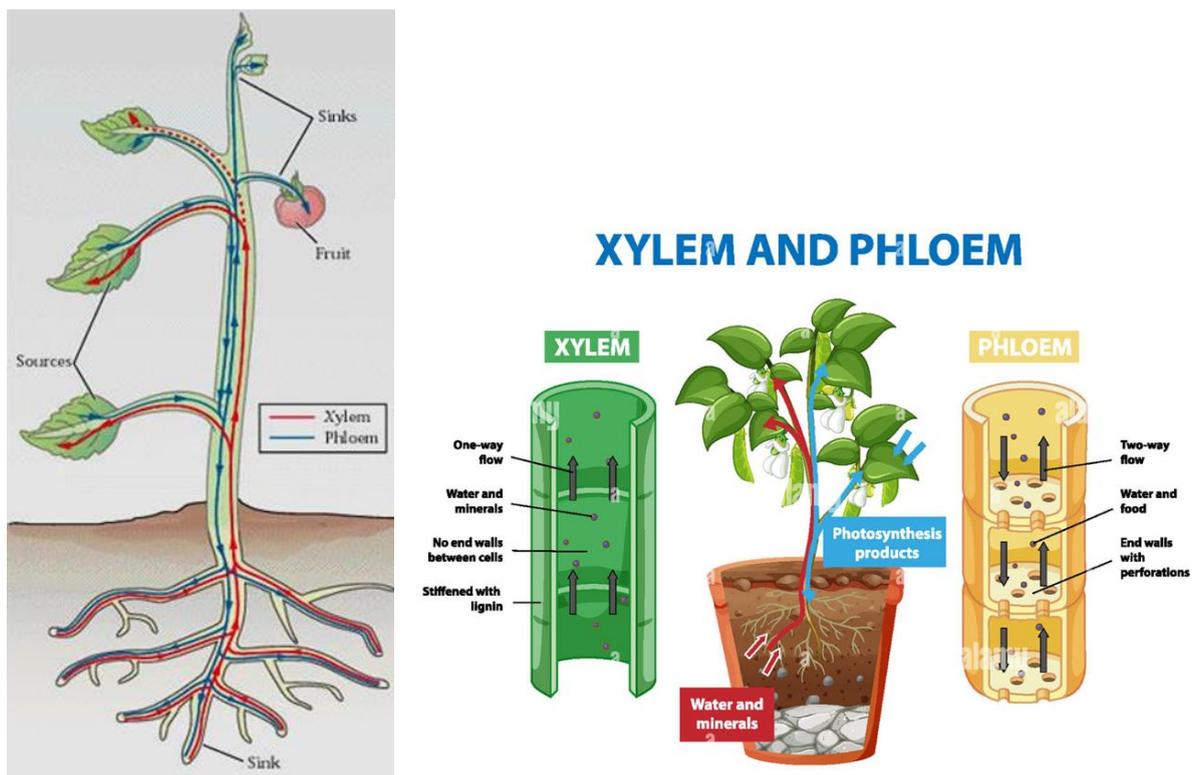


Figure 21 : Le transport de la sève brute et élaborée par le xylème et le phloème

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 :

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.

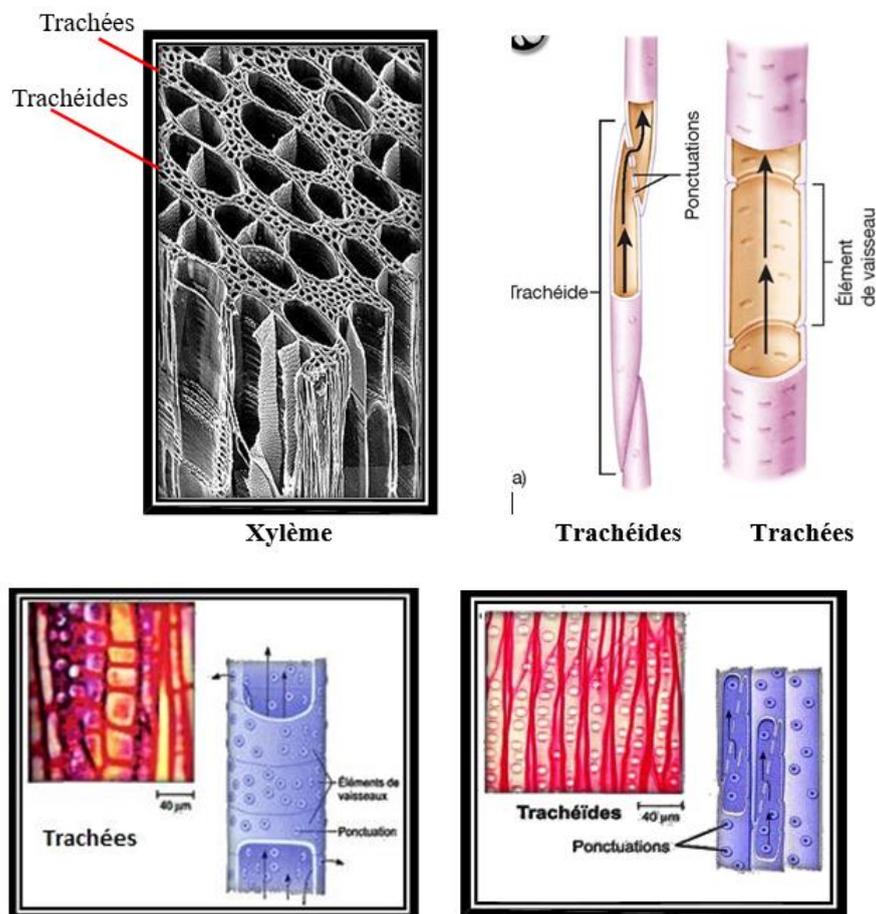


Figure 22 : la forme des cellules du xylème avec les trachées et les trachéides

5.2. Le phloème

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

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 allongée le long du tube criblé, parois cellulosiques non criblées qui participent au contrôle de la circulation de la sève dans les tubes criblés.

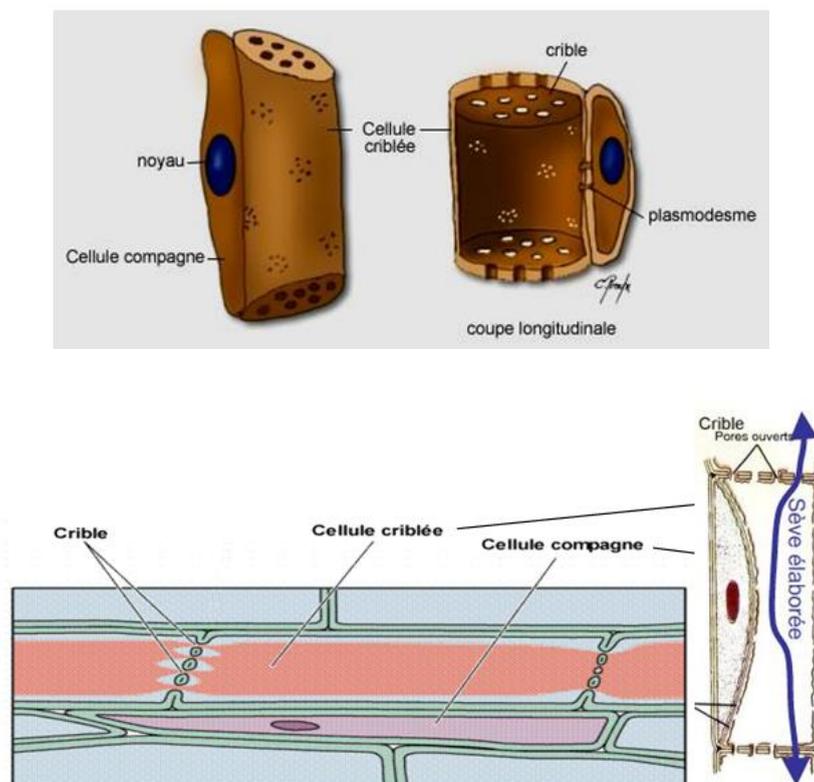


Figure 23 : Les éléments du phloème

6. Les tissus sécréteurs

6.1. Cellules sécrétrices isolées : Les cellules sont isodiamétriques et les produits de sécrétion sont accumulés dans les vacuoles.

On les trouve dans les parenchymes corticaux et médullaires des tiges et des parenchymes foliaires. Exemple cellules à tanins, cellules à camphre.

6.2. Cellules sécrétrices groupées :

a-Cellules et poils épidermiques : cellules de formes variées qui produisent des essences volatiles accumulées dans le cytoplasme et se trouvent dans les tiges , feuilles et pièces florales.

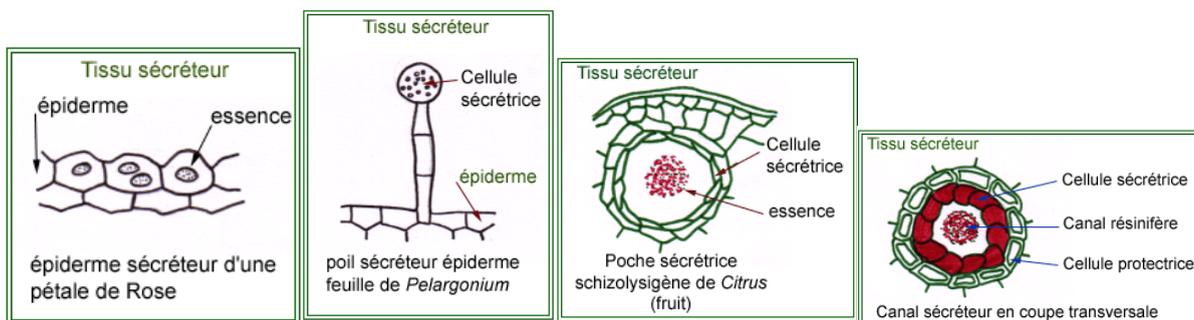


Figure 24 : Les formes de tissus sécréteurs

b-Poches et canaux: les cellules délimitant les poches ou les canaux qui excrètent les produits comme les canaux sécréteurs de résine chez les conifères.

B. Les tissus secondaires

1. Les méristèmes secondaires

Cambium (La zone génératrice libéro-ligneuse)	Les tissus conducteurs secondaires	Apparaît en premier	Xylème secondaire (Le bois)
			Phloème secondaire (Le liber)
Phellogène (La zone génératrice subéro-phéllodermique)	Les tissus protecteurs secondaires	Apparaît ultérieurement	Liège (suber)
			Phelloderme

Le méristème secondaire est une zone génératrice apparaissant plus tard à maturité de la plante, 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.

Ses cellules permettent **une croissance en épaisseur** autour de la tige et des racines des Angiospermes **Dicotylédones**, les Angiospermes Monocotylédones n'en possèdent pas.

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

1.1. 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 cellules de parenchyme interfasciculaires et intrafasciculaires qui subissent une **dédifférenciation** qui donnent le **cambium interfasciculaire** et le **cambium intrafasciculaire** qui vont fusionner et cette fusion forme ainsi **l'anneau cambial**.

1.2. 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**.

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 qui constituent une zone génératrice appelée cambium libéro- ligneux produite par le phénomène de dédifférenciation. Il produit 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) qui n'est plus assuré par les tissus mécaniques.

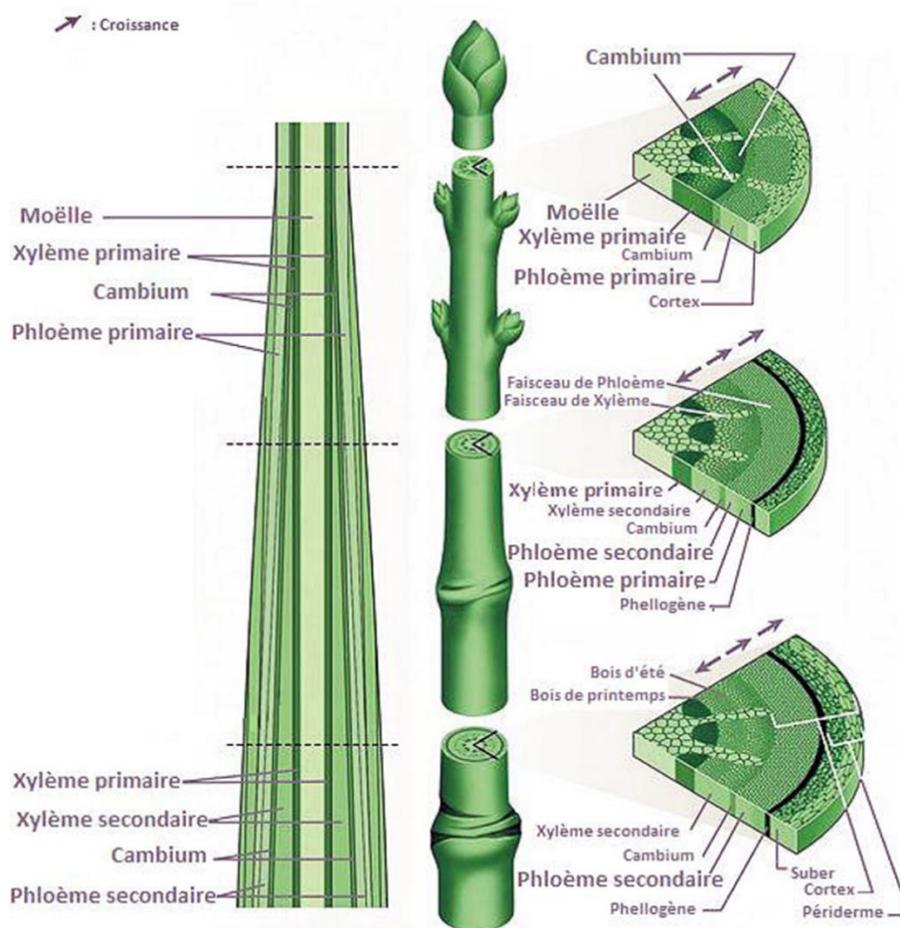


Figure 25 : L'emplacement des tissus secondaires

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).

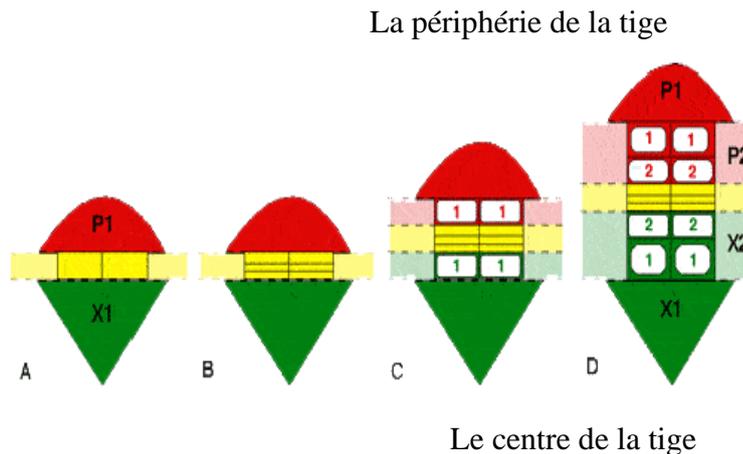


Figure 26 : Fonctionnement du cambium libéroligneux (tige)

3. Les tissus protecteurs secondaires

Ils proviennent du phellogène (assise subérophellodermique) qui 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 plus tard. La formation du suber nécessite la subérification des cellules qui le constitue qui conduit à la mort de cellules.

3.2. Le périderme

L'épiderme disparaît quand les tissus secondaires apparaissent. Il y a donc un nouveau tissu de surface qui est le périderme, il 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 divise vers l'extérieur pour donner le liège et vers l'intérieur pour donner le phelloderme.

CHAPITRE 3
L'ANATOMIE EDS ORGANES VEGETAUX

CHAPITRE 3 : ANATOMIE DES ORGANES VEGETAUX

Introduction

Les Angiospermes sont les plantes à fleurs, possédant des organes qui ont des rôles spécifiques dans l'organisme.

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.

1. La différence entre les plantes monocotylédones et dicotylédones

1.1. Les monocotylédones

- Elles possèdent un **système racinaire fasciculé**
- Leurs feuilles simples et étroites, sont munies de **nervures parallèles**.
- Ces plantes produisent des **fleurs trimères** qui ont 3 pétales et 3 sépales, ou des multiples de 3, c'est-à-dire 6 ou 9.
- Les grains de pollen ont une seule **aperture**
- Pas de formations secondaires

1.2. Les dicotylédones

- La **racine est le plus souvent pivotante**
- Elles possèdent des **feuilles munies d'un pétiole et de nervures ramifiées**
- Les fleurs sont tétramères ou pentamères, c'est-à-dire que **les fleurs possèdent 4 ou 5** sépales, pétales, étamines et carpelles, ou des multiples de 4 et 5.
- Les grains de pollen ont 3 **apertures**
- Présence de **formations secondaires**

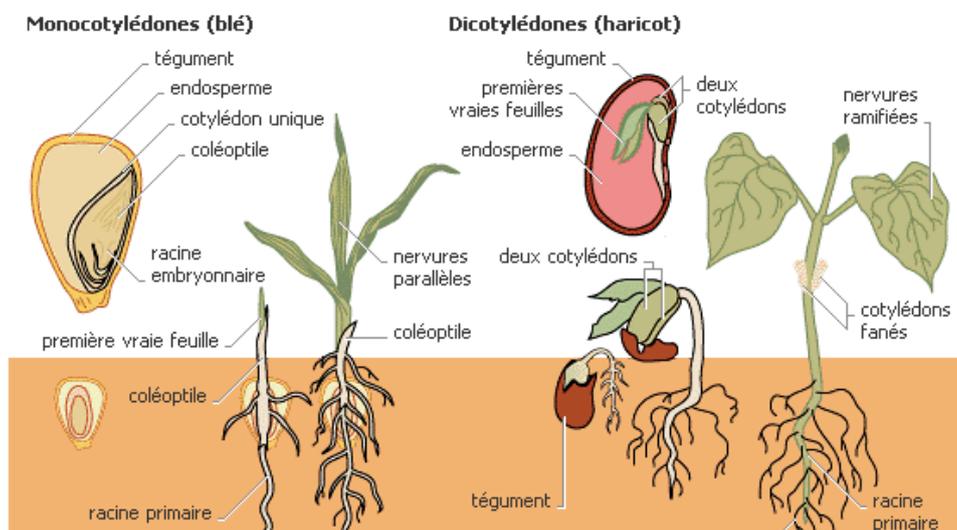


Figure 27 : Les caractéristiques des plantes monocotylédones et dicotylédones

A- L'anatomie de la Racine

1. La coupe longitudinale de la racine

La racine est l'organe souterrain d'une plante servant à la fixer au sol et à absorber 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 coupe longitudinale d'une jeune racine présente, en partant de son extrémité, **une zone méristématique** qui constitue le pôle de croissance, protégée par une **coiffe** conique qui est composée par des cellules appelées statocytes qui contiennent des statolithes (ce sont des amyloplastés spécialisés dans la perception de la gravité chez les plantes).

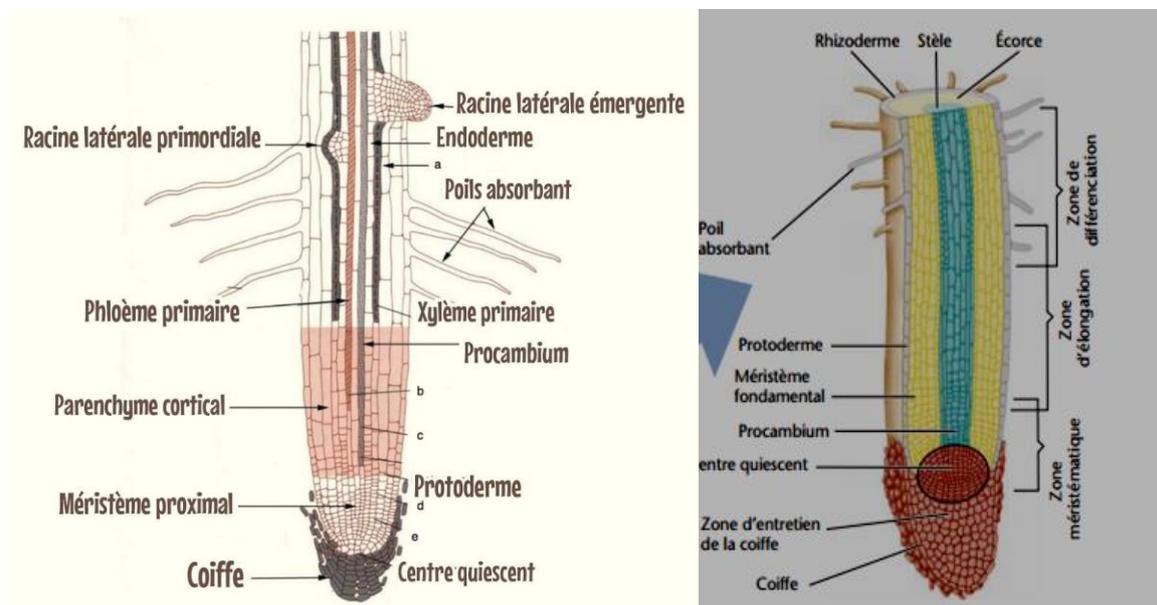


Figure 28: Coupe longitudinale dans une racine

En suite **une zone d'élongation limitée** à quelques millimètres, suivie par **une zone pilifère** (ou assise pilifère) constituée par de nombreux poils absorbants (qui ont de 1 à plusieurs millimètres de long). 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'augmenter 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.

2. La coupe transversale de la racine

Une coupe transversale d'une racine jeune présente une symétrie axiale et nous permet de distinguer deux zones essentielles :

- **Ecorce** ; composée de rhizoderme (rh) et parenchyme cortical (Pc)
- **Cylindre central** ou **stèle** ; composé de l'endoderme (En), péricycle (Pe), tissus conducteurs (Xy, Ph) et parenchyme médullaire (Pm).

Sur la figure 29, on remarque ;

Le rhizoderme avec les poils absorbant

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.

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).

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

Plus au centre, les tissus conducteurs, le **xylème** et le **phloème** qui **alternent régulièrement et sur un seul cercle**.

Près du péricycle, (où se trouve le pôle de différenciation), il y a les cellules du xylème qui sont jeunes et petites (**protoxylème**), alors que vers le centre, elles sont grandes et âgées (**métaxylème**). **La différenciation du xylème est centripète dans la racine.**

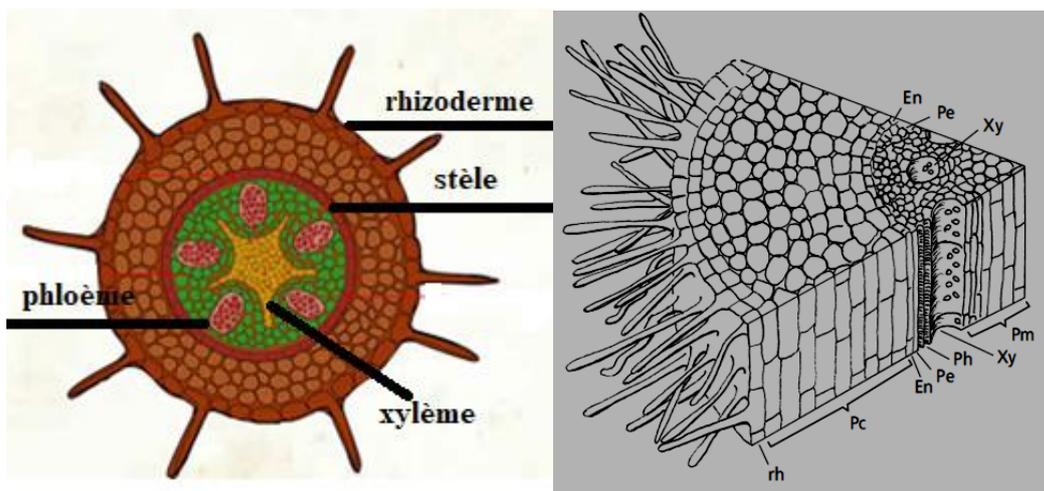


Figure 29 : Schéma d'une coupe transversale d'une racine jeune

3. Structure primaire de la racine

Racine dicotylédone	Racine monocotylédone
<ul style="list-style-type: none"> - Une petite stèle - Le parenchyme cortical sclérifié - L'endoderme présente une subéro-lignification en forme de cadre - Les faisceaux criblovasculaires sont au nombre de 5 ou 6 - La moelle est composée de xylème - Présence de formations secondaires. 	<ul style="list-style-type: none"> - La stèle plus développée - Le parenchyme cortical présente des méats entre les cellules, - L'endoderme présente une Subéro-lignification en forme de U. - Les faisceaux criblovasculaires sont plus nombreux, de 8 jusqu'à 20, - La moelle est composée par un parenchyme médullaire - Absence de formation secondaire.

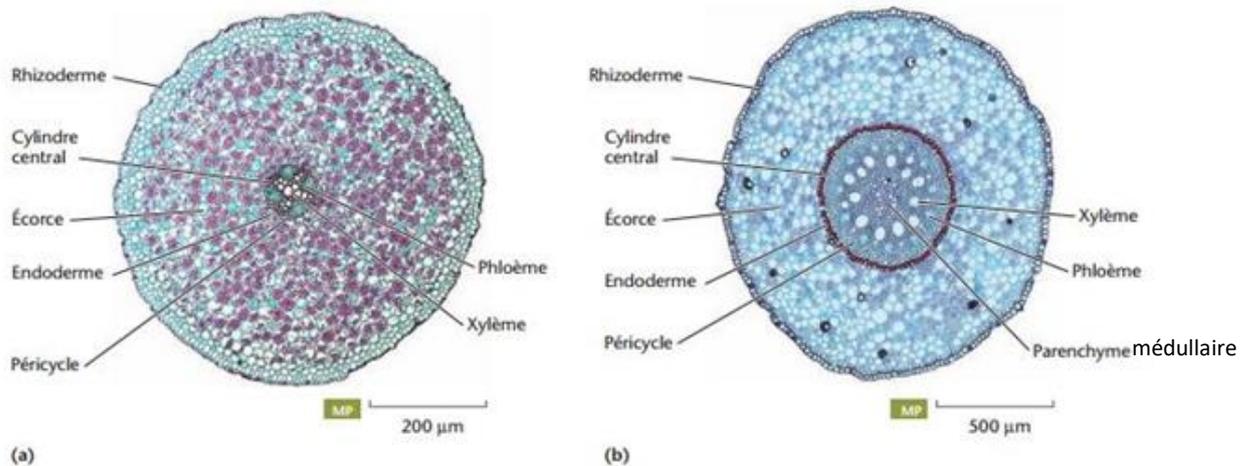


Figure 30: La différence entre une racine dicotylédone (a) et monocotylédone (b)

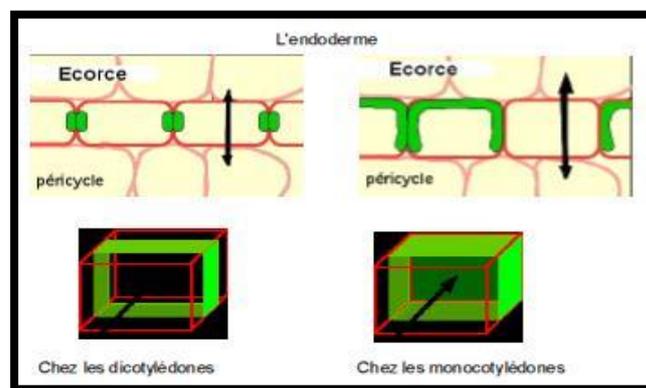


Figure 31 : L'endoderme des monocotylédones et des dicotylédones

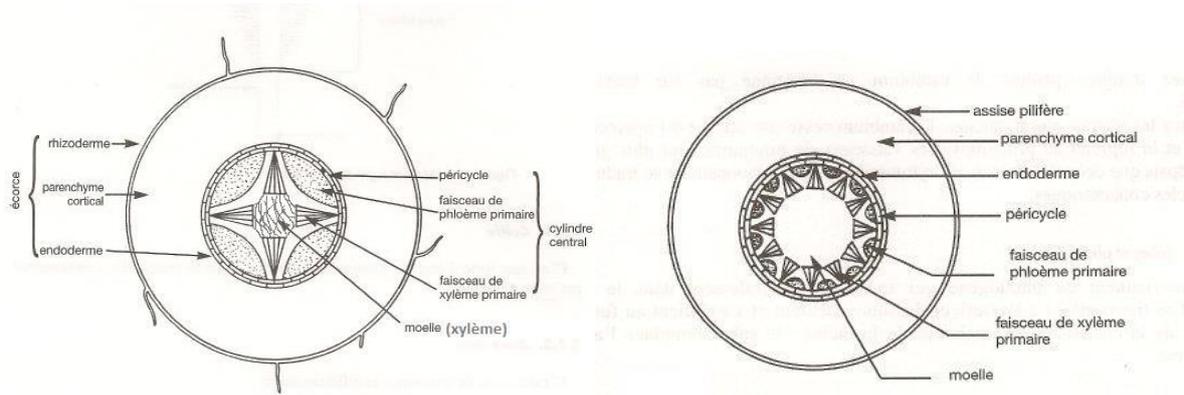


Figure 32: Structure anatomique primaire d'une racine dicotylédone (à gauche) et d'une racine monocotylédone (à droite)

4. Structure secondaire de la racine

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 et 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 conducteurs secondaires ; xylème secondaire vers l'intérieur et du phloème secondaire vers l'extérieur.

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

La structure secondaire chez les plantes monocotylédone n'existe pas.

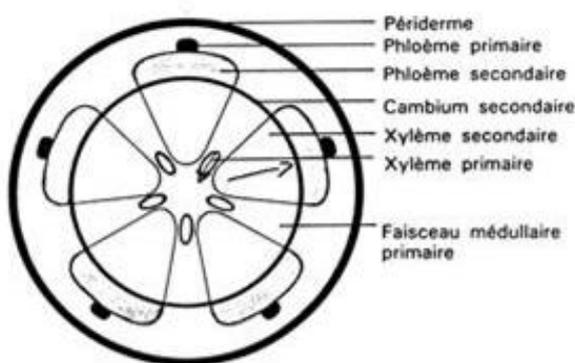


Figure 33 : L'organisation secondaire de la racine dicotylédone

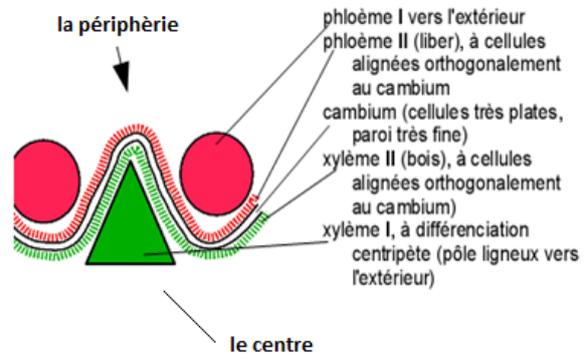


Figure 34: L'apparition du cambium dans une racine dicotylédone

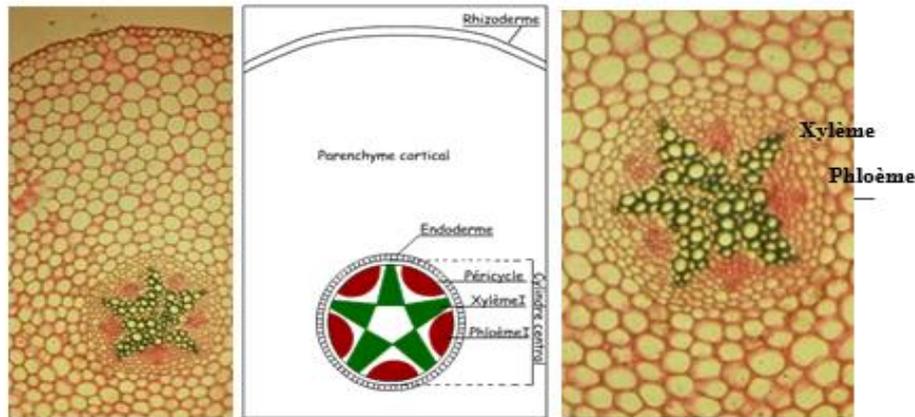


Figure 35 : Structure anatomique d'une racine dicotylédone primaire

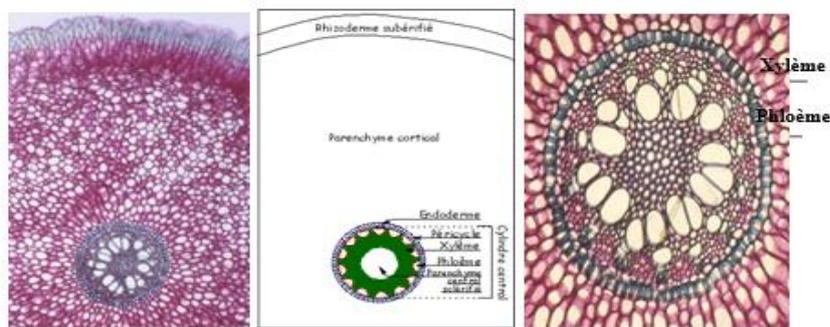


Figure 36 : Structure anatomique d'une racine monocotylédone

Racine	Tige
<ul style="list-style-type: none"> – Présence de l'endoderme et du péricycle – Le xylème et le phloème sont ALTERNES – Le pôle de différenciation se trouve près du péricycle – Le protoxylème (PX) est près du péricycle et le métaxylème (MX) est près du centre – La différenciation du xylème est centripète 	<ul style="list-style-type: none"> – Présence du collenchyme et du sclérenchyme – Le xylème et le phloème sont SUPERPOSES – Le pôle de différenciation se trouve près du centre – Le protoxylème (PX) est près du centre et le métaxylème (MX) est près du péricycle – La différenciation du xylème est centrifuge

B- L'anatomie de 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. La tige assure une fonction de soutien et une fonction de transport des éléments nutritifs entre les racines et les feuilles.

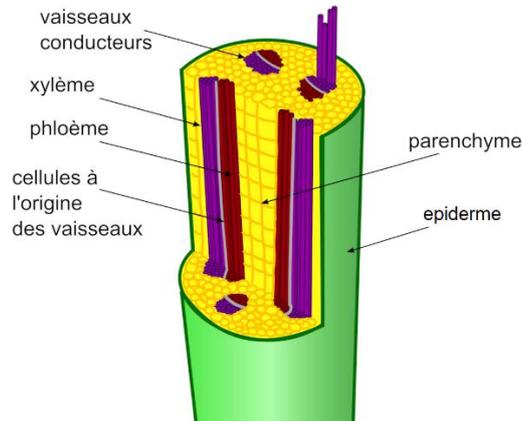


Figure 37: Schéma d'une coupe transversale et longitudinale dans une tige

1. Coupe transversale de la tige

Dans la tige, l'écorce et la stèle ne sont pas bien délimités et 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** et on observe une présence de tissus de soutien collenchyme et sclérenchyme.

La coupe transversale d'une tige jeune 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.

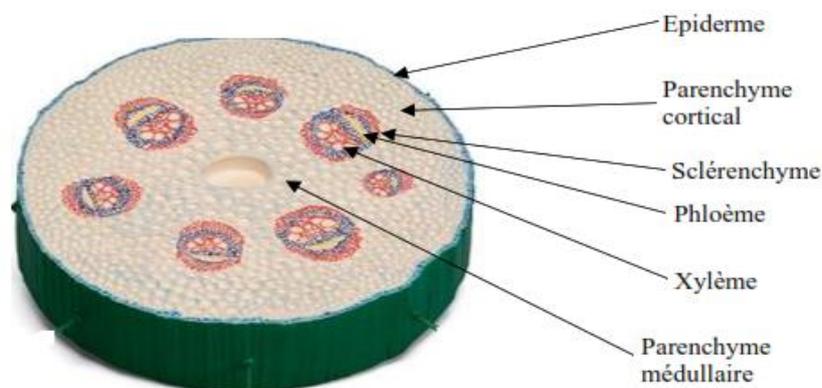


Figure 38: Schéma d'une coupe transversale dans une tige

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.

Les tissus conducteurs sont 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, en effet, 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 le parenchyme formé de cellules très large, le parenchyme médullaire est beaucoup plus important que le parenchyme cortical, parfois il existe une lacune au centre de la tige.

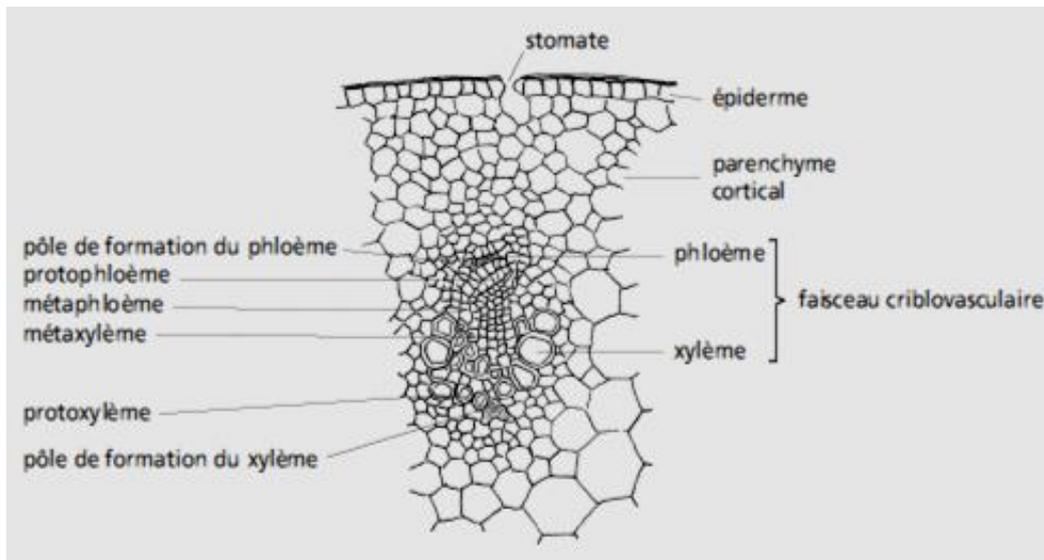


Figure 39 : Schéma d'une partie d'une coupe transversale dans une tige.

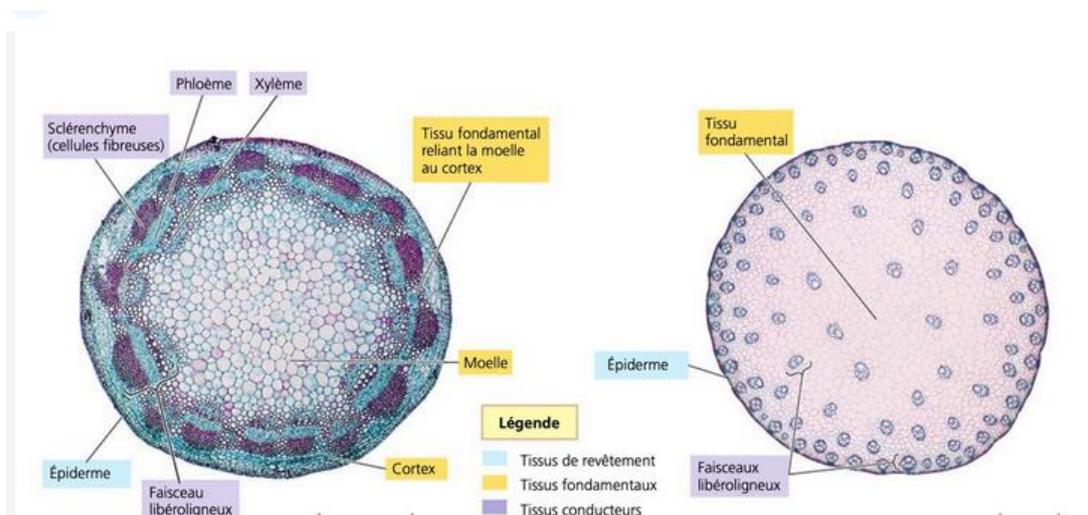


Figure 40 : La tige dicotylédone et monocotylédone

2. Structure primaire de la tige

Tige dicotylédone	Tige monocotylédone
<ul style="list-style-type: none"> - Le cylindre central comporte les faisceaux criblovasculaires disposés sur un seul cercle. -Un anneau de sclérenchyme qui entoure les faisceaux criblovasculaires - La croissance en épaisseur chez les dicotylédones se fait par la formation des tissus conducteurs secondaires. - Entre le xylème et le phloème il y a le cambium qui sera à l'origine des formations secondaires 	<ul style="list-style-type: none"> - Le cylindre central comporte plusieurs cercles concentriques de faisceaux criblovasculaires. - 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 cribrovasculaires. - Absence de formation secondaire.

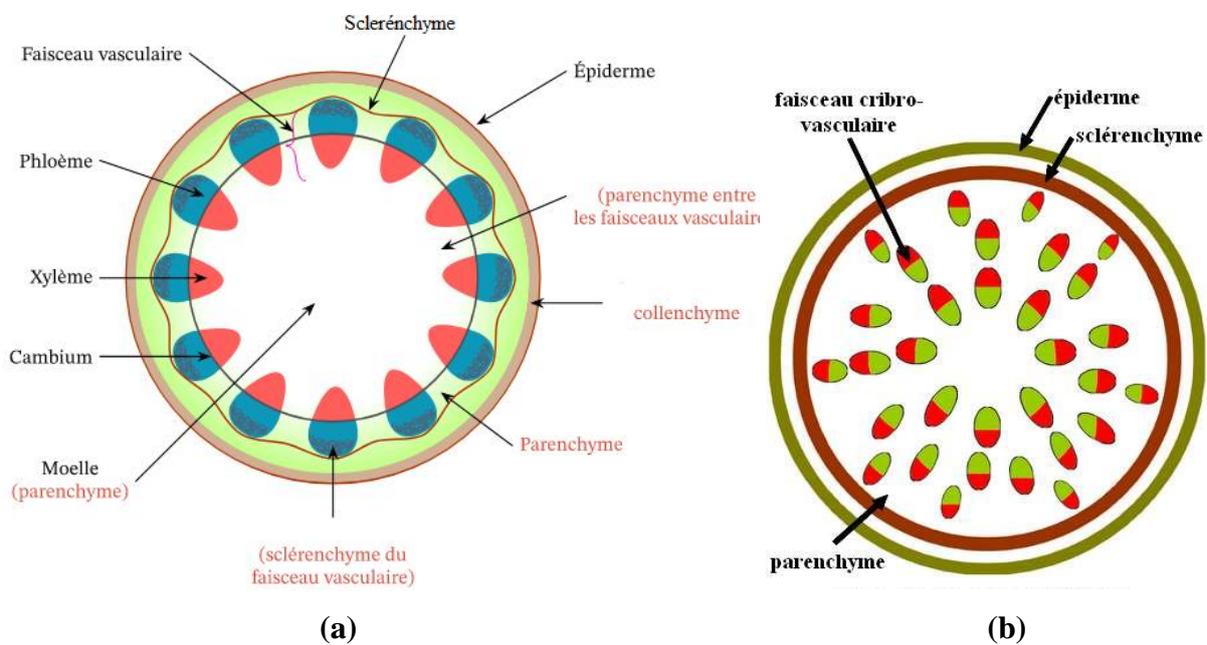


Figure 41: La différence entre une tige dicotylédone (a) et monocotylédone (b)

3. Structure secondaire de la tige

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

Plus tard à la suite d'une dédifférenciation des cellules du parenchyme apparaissent des arcs de cambium **interfasciculaire** (entre 2 faisceaux) qui vont se relier avec les cellules du cambium **intrafasciculaire** (à l'intérieur du faisceau ; entre xylème et phloème) et constituer un manchon du cambium continu.

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.

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

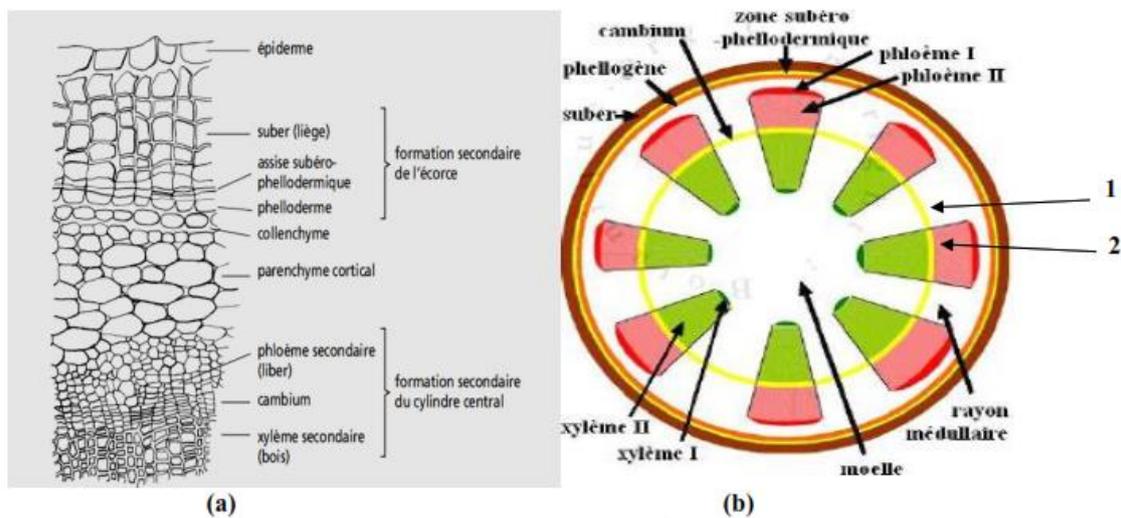


Figure 42 : Schéma d'une coupe transversale de tige âgée (a) : une partie (b) coupe entière ;(1: cambium interfasciculaire 2: cambium intrafasciculaire)

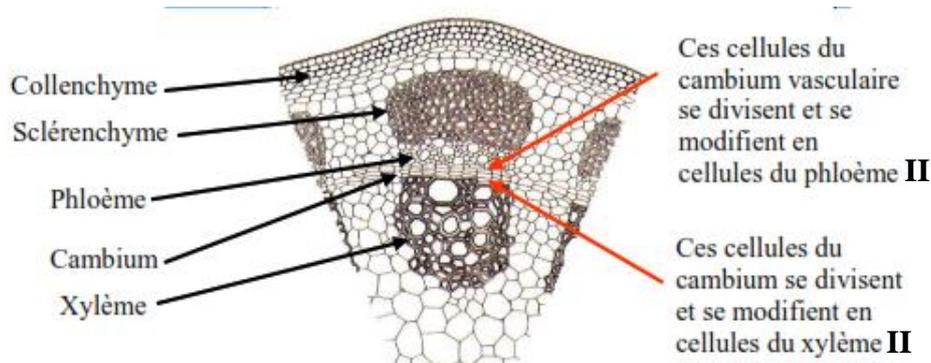


Figure 43 : Le cambium dans le faisceau criblovasculaire de la tige

C- L'anatomie de la Feuille

Les feuilles sont le centre de la photosynthèse. Les vaisseaux conducteurs du 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'intérieur 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.

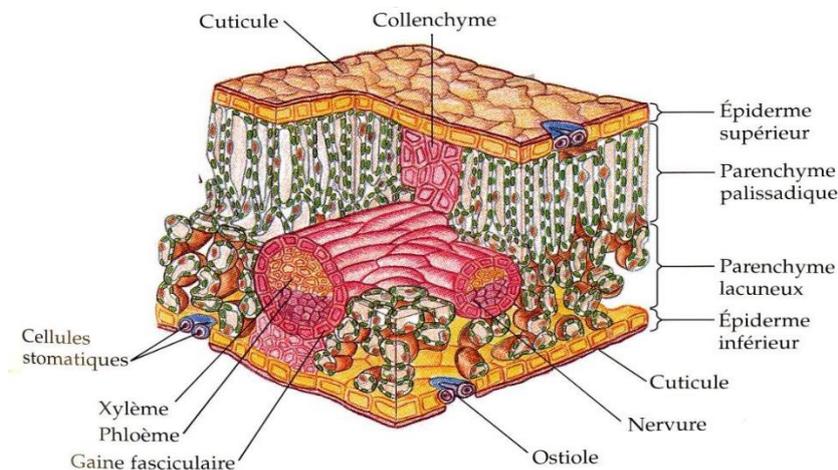


Figure 44 : Une partie d'une coupe transversale de la feuille

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 : 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, 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

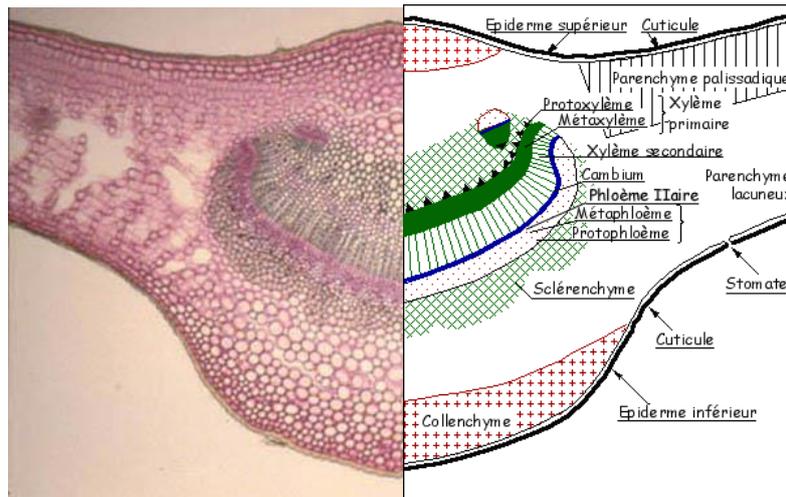


Figure 45 : Coupe transversale du limbe (la nervure principale) d'une feuille dicotylédone

Sur cette coupe, on observe de l'extérieur vers l'intérieur :

- Il y a deux 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 (palissadique et lacuneux).
- 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).

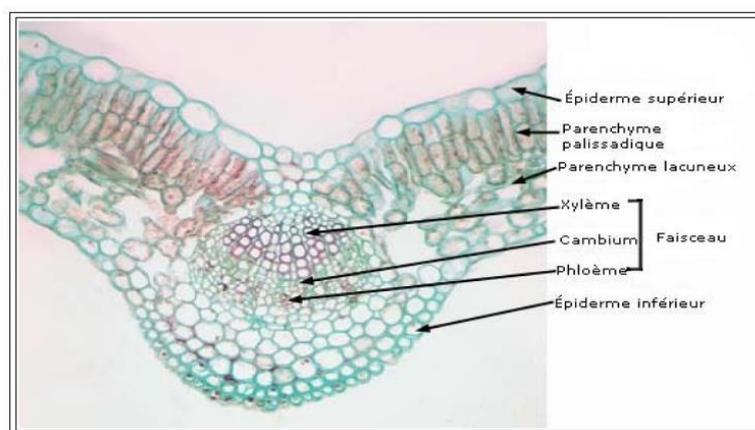


Figure 46 : Coupe transversale d'une feuille dicotylédone

3. La structure d'une feuille monocotylédone

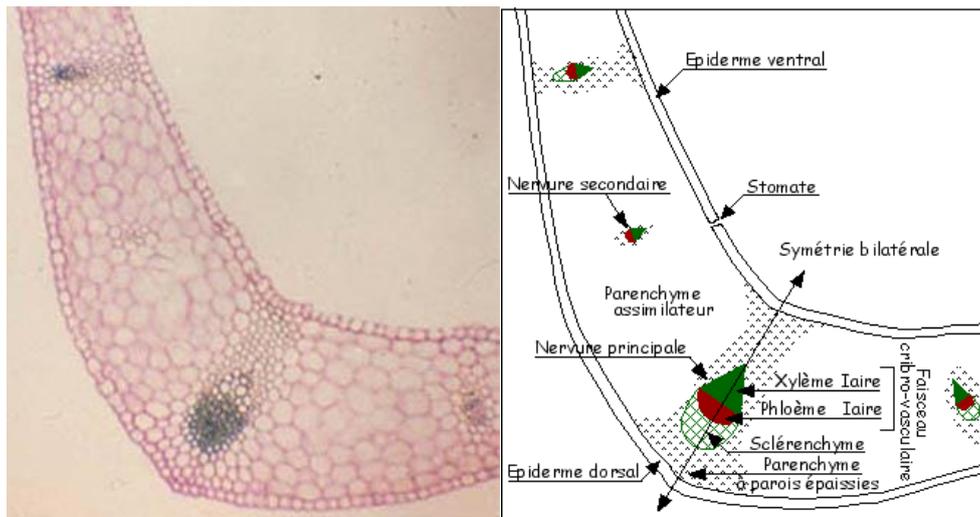


Figure 47 : Coupe transversale dans le limbe d'une feuille monocotylédone de Muguet

Sur cette coupe, 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 mésophylle, il 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
LA MORPHOLOGIE DES
ORGANES VEGETAUX

CHAPITRE 4 : LA MORPHOLOGIE DES ORANES VEGETAUX

A. LA RACINE

Introduction

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, ne portent jamais de feuilles, elles croissent généralement vers le bas (géotropisme positif).

La racine principale s'enfonce droit dans le sol et possède des proportions différentes selon l'espèce et le milieu, les racines secondaires sont les ramifications de la racine principale, les radicelles sont les ramifications les plus fines.

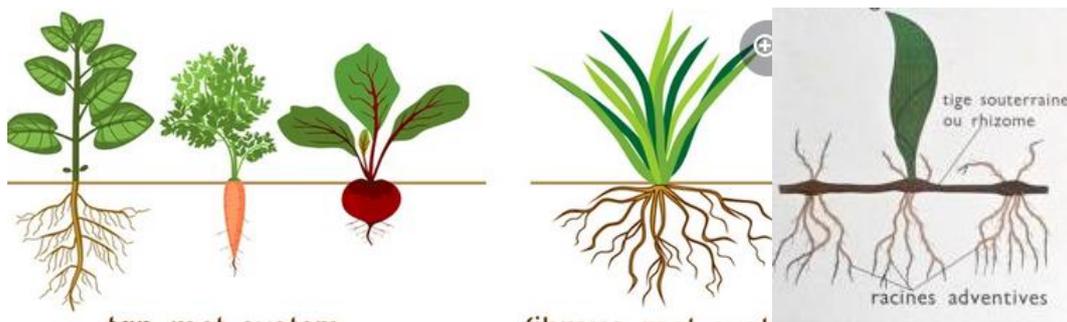


Figure 48 : les différentes formes de racines

1. Les différents types de racines

1.1. Les racines pivotantes

Quand la racine principale est beaucoup plus importante que les racines secondaires ramifiées. Les racines pivotantes s'enfoncent en général très profondément dans le sol verticalement et fixe solidement la plante. Ce système racinaire caractérise les dicotylédones.

1.2. Les racines fasciculées

Ce système racinaire est formé de racines fines entre lesquelles il est impossible de distinguer la racine principale des racines secondaires. Les plantes qui possèdent ce système racinaire sont des monocotylédones ex : les graminées

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.

2. Adaptations et 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.

2.2. Les racines crampons

Ce sont des racines adventives qui se développent le long de la tige comme chez le lierre qui forment, au bout, une ventouse pour se fixer sur un support.

2.3. Les racines suçoirs

Ou racines endophytes parasites, elles sont présentes chez les plantes parasites comme la cuscute. Chez ces plantes, il y a transformation des racines en suçoirs qui vont s'infiltrer à l'intérieur de la plante qui est parasitée et passent jusqu'aux vaisseaux conducteurs.

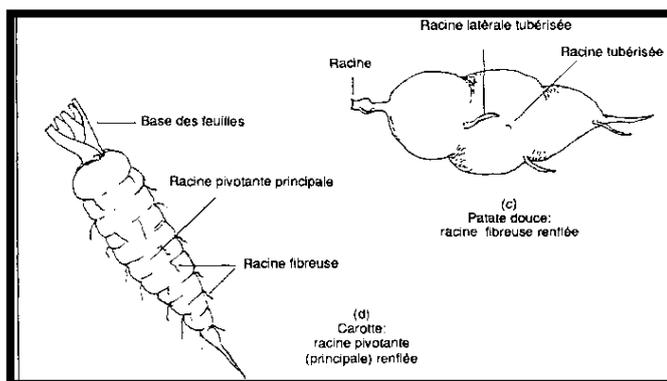


Figure 50 : Racines tubérisées

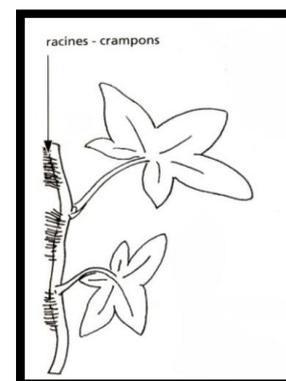


Figure 51 : Racines crampons

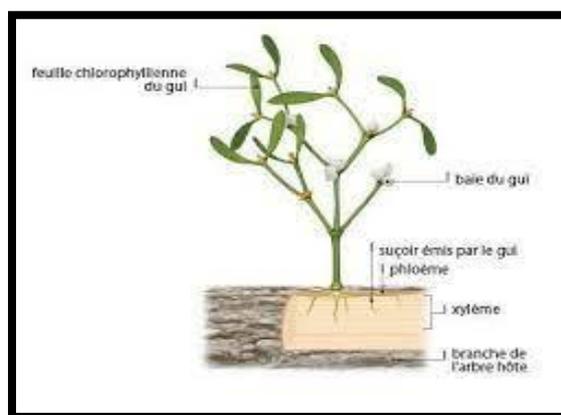
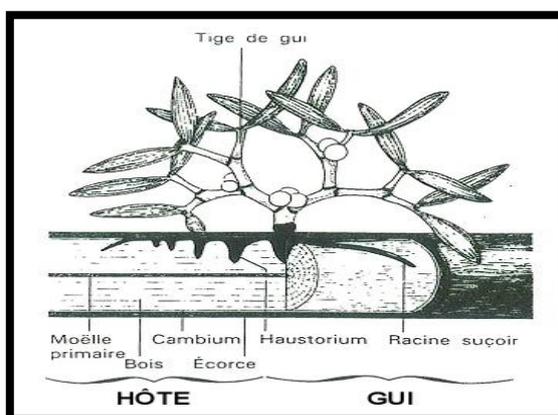


Figure 52 : Les racines suçoirs

2.4. Les racines respiratoires : les pneumatophores

Ce sont des racines secondaires, à géotropisme négatifs poussant verticalement en milieu inondé et permettant une meilleure respiration, ils sont caractéristiques des arbres de marais, ou quand le milieu est saumâtre.

2.5. Les racines échasses

Ce sont des racines adventives qui jouent un rôle de support en étayant le tronc de l'arbre. Ex : le Palétuvier.

2.6. Les racine piliers

Ce sont des racines aériennes 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.

2.7. Racines aquatiques (hydrophytes)

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

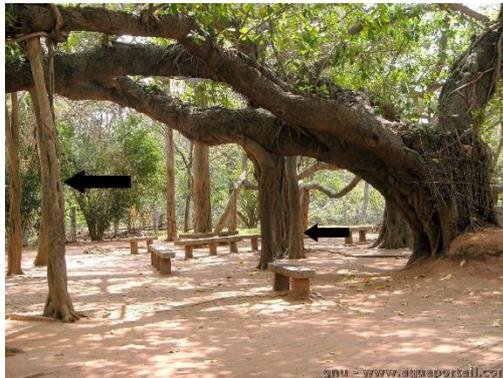


Figure 53 : Racines piliers

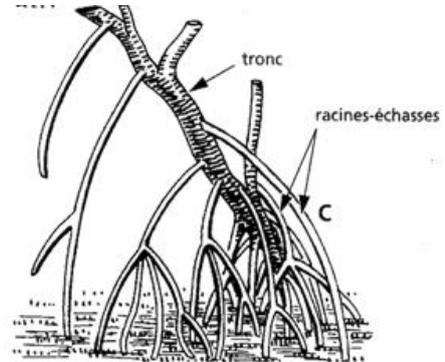


Figure 54 : Racines échasses



Figure 55 : Racines respiratoires



Figure 56 : Racines aquatiques

B. LA TIGE

Introduction

La tige se compose d'une suite de nœuds et d'entre-nœuds. Elle possède généralement une forme cylindro-conique ; parfois elle s'aplatit et devient quadrangulaire, comme chez les Labiées, ou bien triangulaire, comme chez Cypéacées.

Le sommet de la tige est occupé par un bourgeon, qui est qualifié de terminal à cause de sa position. Sur les côtés de la tige, au niveau des nœuds, se remarquent d'autres bourgeons dits axillaires parce qu'ils naissent entre la tige et la feuille. Ces bourgeons sont destinés à assurer la ramification de la tige. Sa croissance 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 taille et le volume de la tige principale par rapport aux tiges secondaires ou branches issues d'elle. Lorsque la tige principale est beaucoup plus importante et 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 point 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.

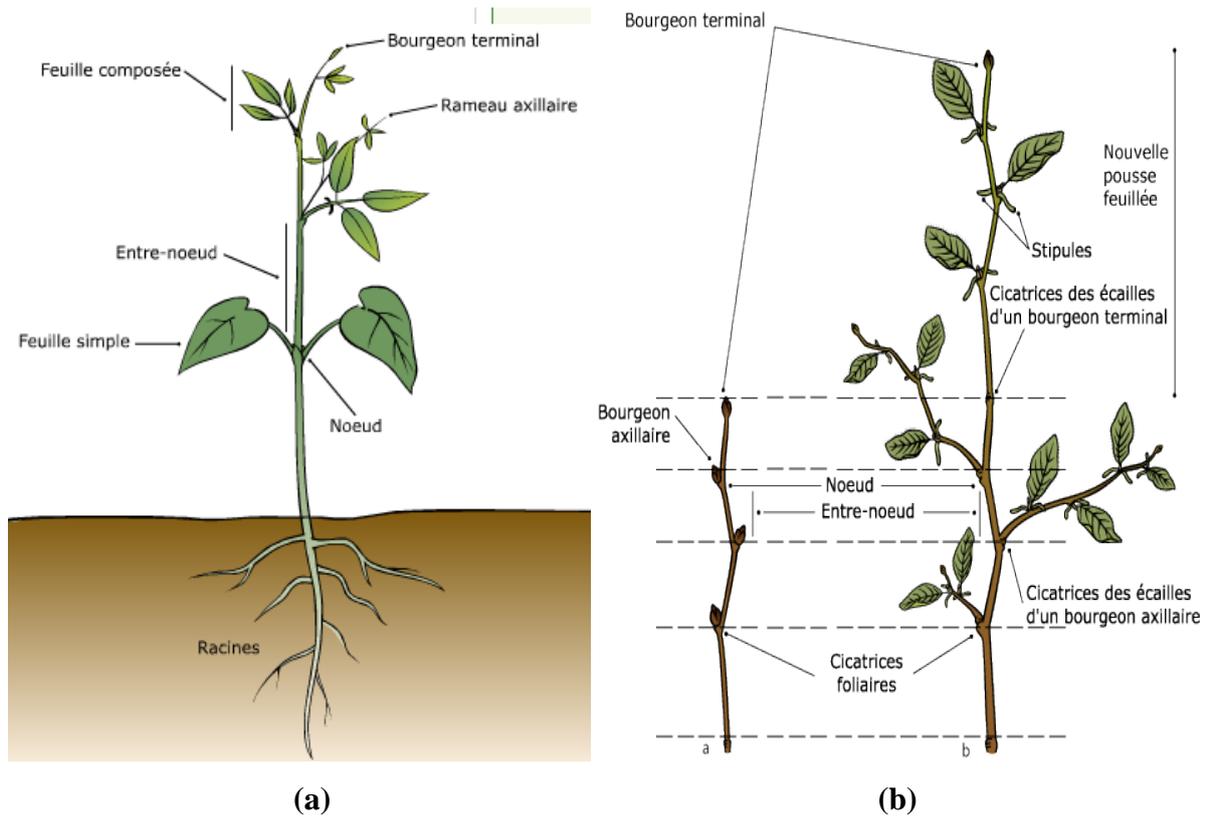


Figure 57 : Morphologie générale d'une tige (a) herbacée (b) ligneuse

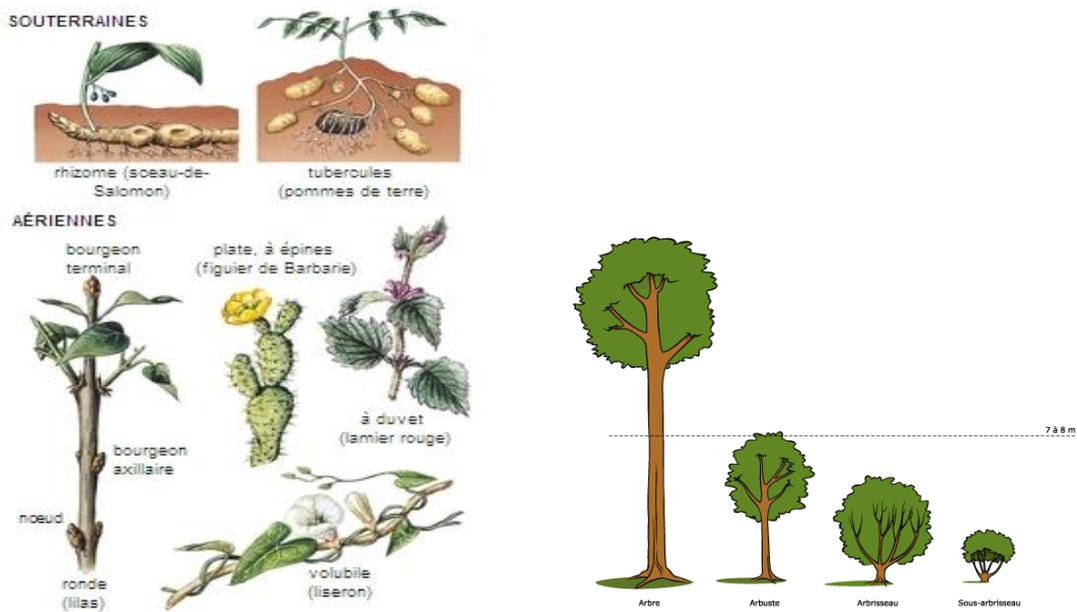


Figure 58 : Les types de tiges

1. Les tiges aériennes

1.1. Les tiges dressées

Ce 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 (forme cylindrique, non ramifié, et ne s'épaissit plus)

Les tiges des Graminées s'appellent un chaume, elles sont creuses et divisées en compartiments par des cloisons transversales

1.2. Les tiges rampantes

On appelle ainsi la tige qui, au lieu de s'élever verticalement, elle 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.

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.

-Par de petites aiguilles ou des crochets, ou encore des épines, ex : le framboisier.

-Il y a des plantes volubiles : la plante s'enroule autour du support, ex : le liseron, les lianes.



Figure 59 : Les différents types de tiges aériennes

1.4. Les Cladodes (rameaux modifiés)

Ce sont des rameaux courts constitués d'un seul entre-nœud aplati, forte ressemblance avec des feuilles ; 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.

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.

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 tissu aquifère (contenant beaucoup d'eau), 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.

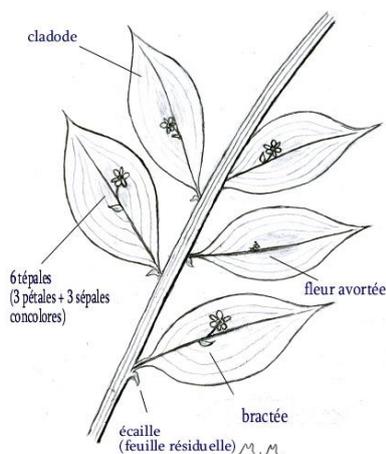


Figure 60: Cladodes

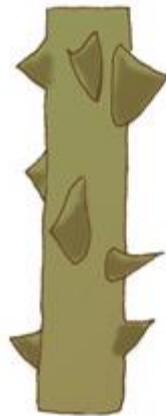


Figure 61: Dards

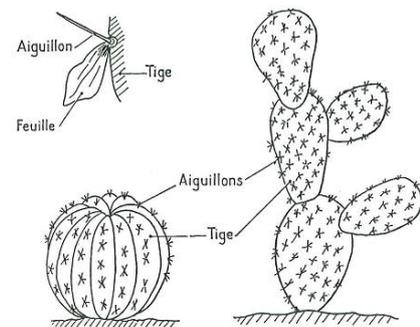


Figure 62: Tige succulente

2. Les tiges souterraines

2.1. Le rhizome

Le rhizome est une tige souterraine, vivace, 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...

(plante vivace, dont les racines vivent plus de deux ans et dont la tige se renouvelle chaque année)

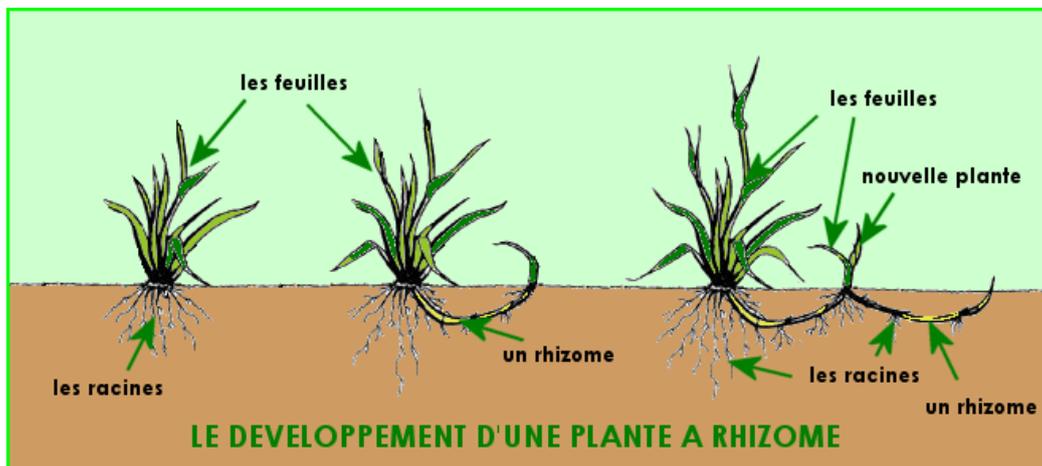
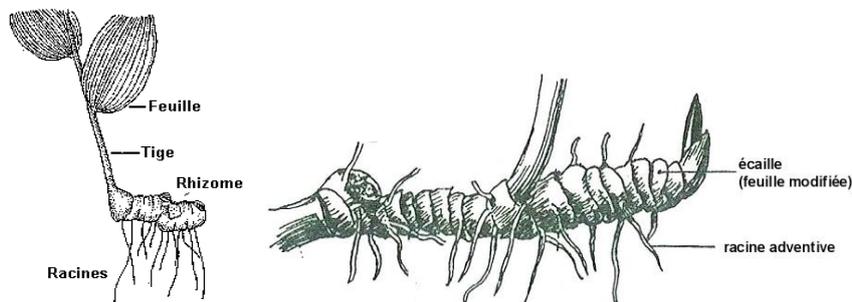


Figure 63 : Le développement du rhizome

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 des « yeux ».

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

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

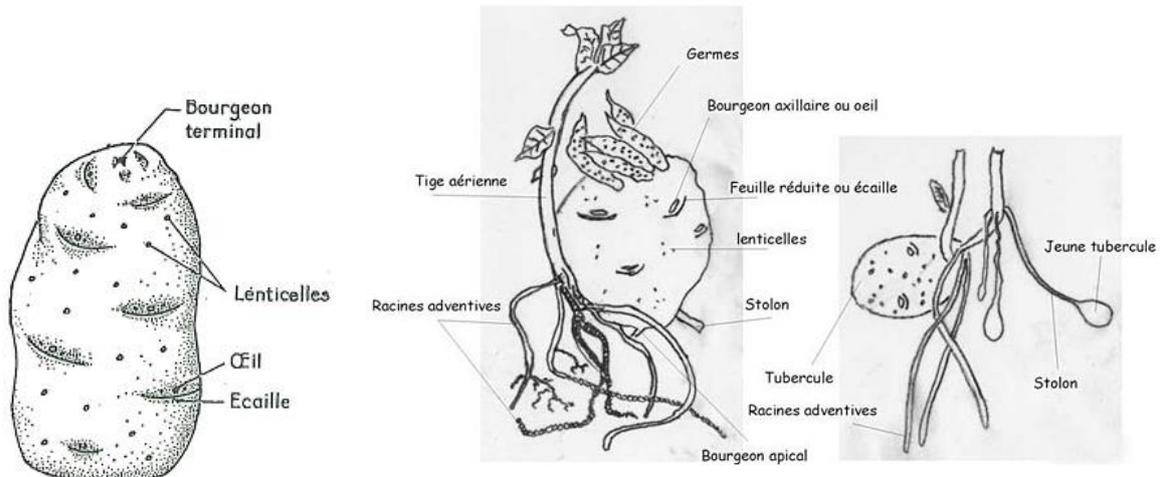


Figure 64 : Tubercule de pomme de terre

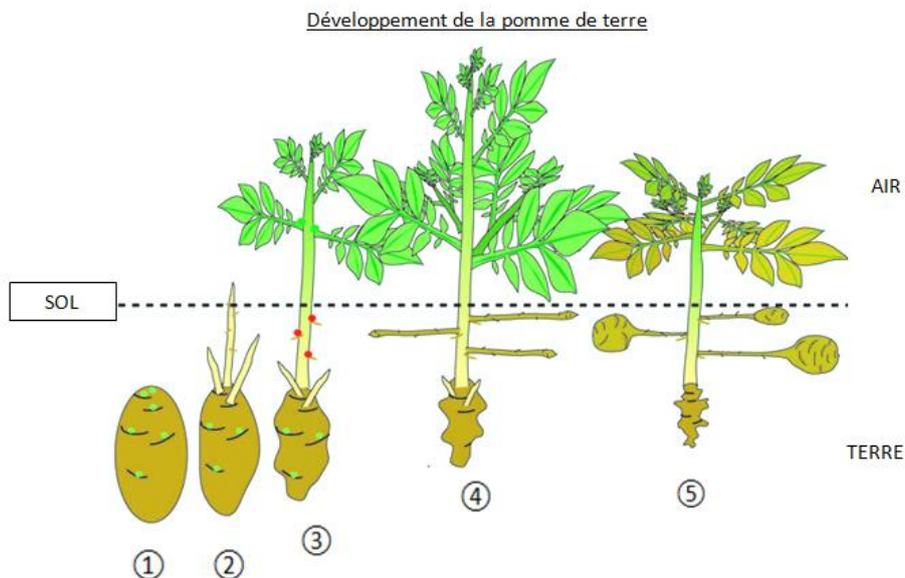


Figure 65 : Développement du tubercule de pomme de terre

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 ». Des tiges secondaires peuvent aussi se former, donnant une sorte de bulbe adjacent ou bulbe complémentaire. Ce dernier prend la relève quand la jeune plante commence à se développer et que le vieux bulbe va dégénérer (ses réserves passées à la plantule). Ex : Tulipe, Oignon...

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

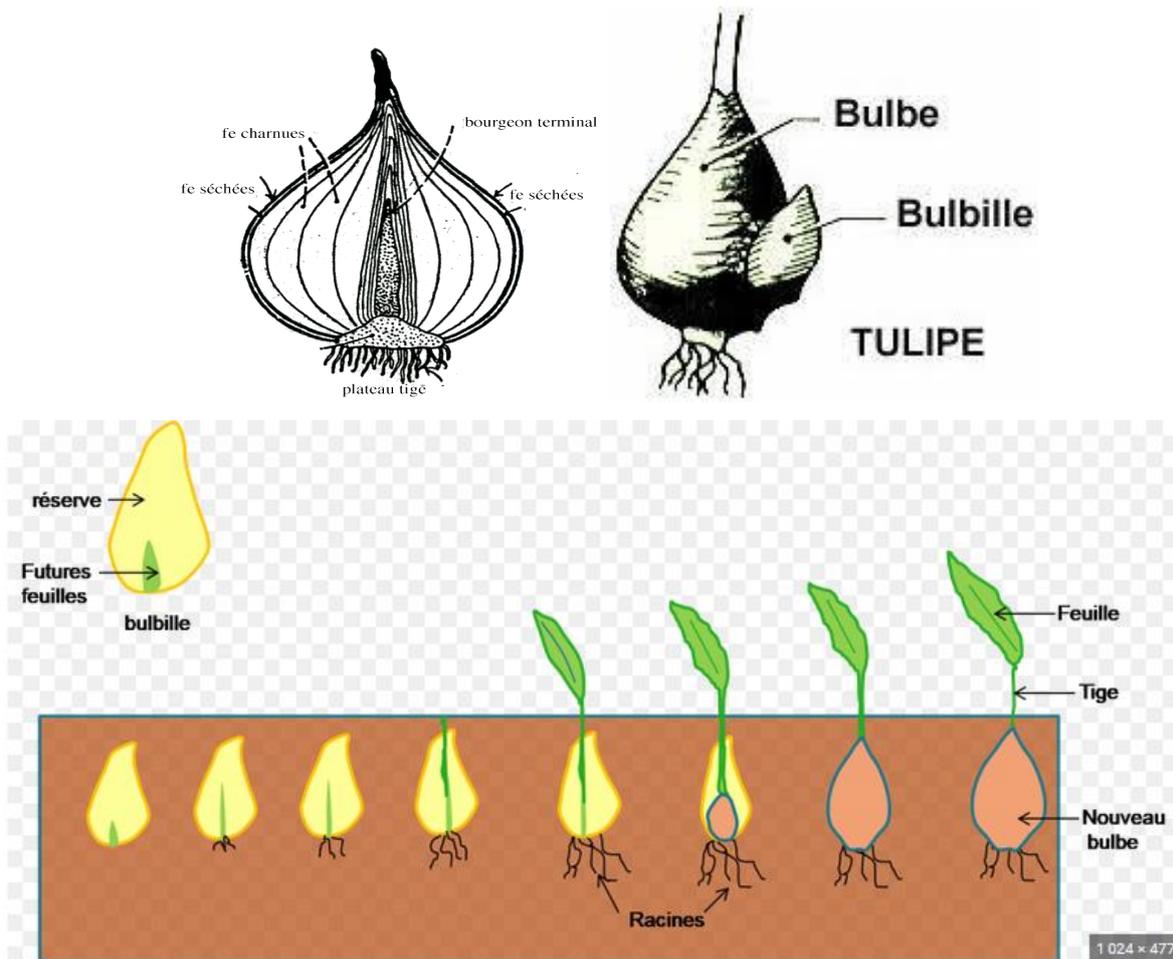


Figure 66 : Développement du bulbe

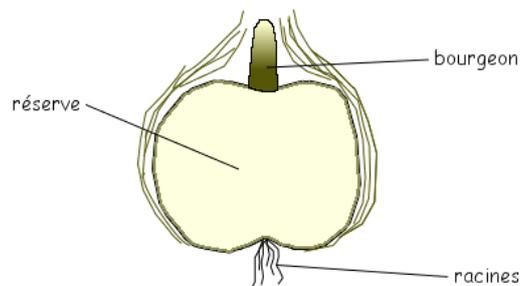


Figure 67 : Corme

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*)

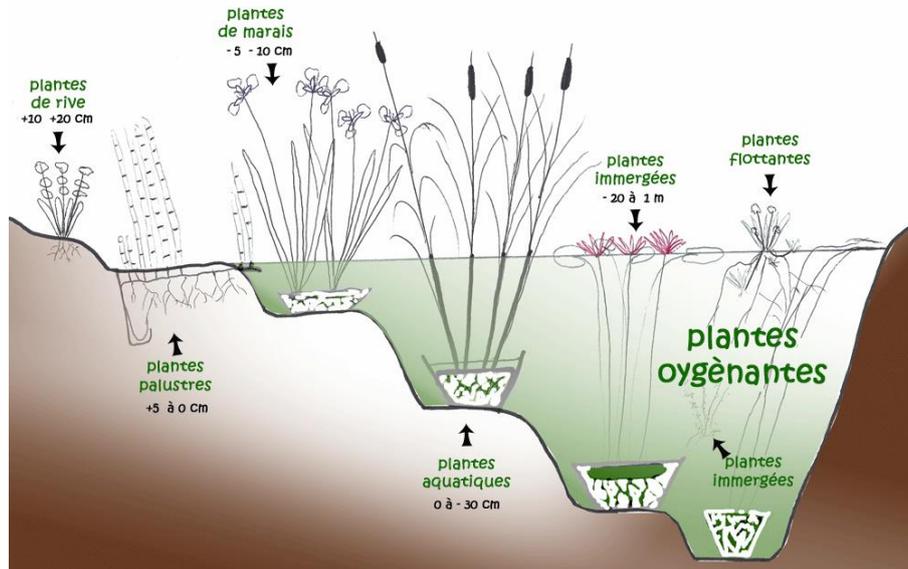


Figure 68 : Les tiges des plantes aquatiques

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.



Figure 69 : Plante acaule

C. LA FEUILLE

Introduction

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 la 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 peut être simple ou composée, elle se décrit grâce à différents caractères observables :

La forme du 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.

La phyllotaxie, c'est le mode d'insertion de la feuille sur la tige.

La nervation, c'est la disposition des nervures dans le limbe et **la pubescence** (présence ou absence de poils).

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

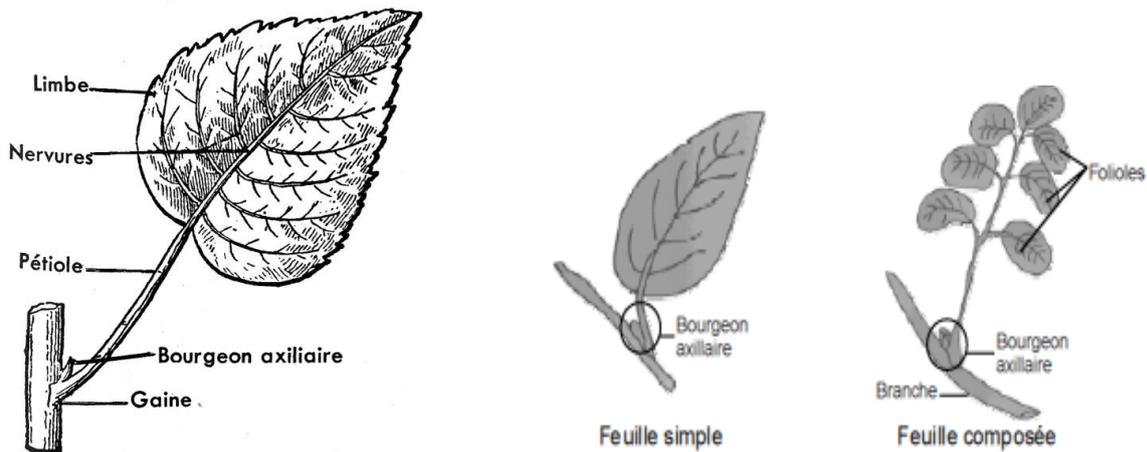


Figure 70: Morphologie d'une feuille simple et d'une feuille composée

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 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 :

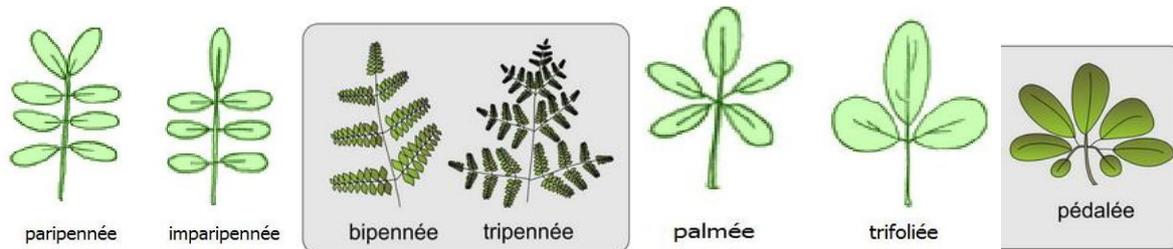


Figure 71: Morphologie des feuilles composées

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).

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 et non des folioles (rachis secondaires avec des folioles).

1.2.3. Feuilles composées tripennées

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

1.2.4. Feuille composées trifoliées

Feuille composée de trois folioles distinctes.

1.2.5. Feuilles composées palmées

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

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

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 de 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, toujours orientées vers le bas de la feuille.

2.6. Nervation réticulée :

Les nervures constituent un réseau quadrillé au sein du limbe.

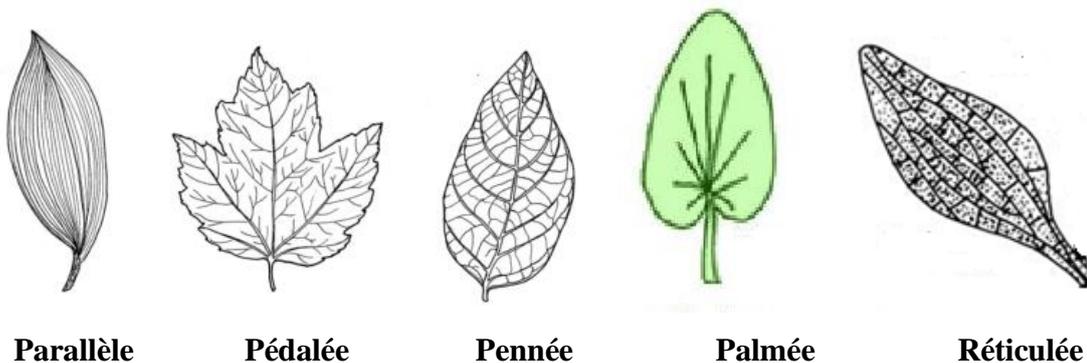


Figure 72 : La forme des feuilles selon les nervures

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

Figure 73: Caractérisation des feuilles selon leur nervation et leur marge

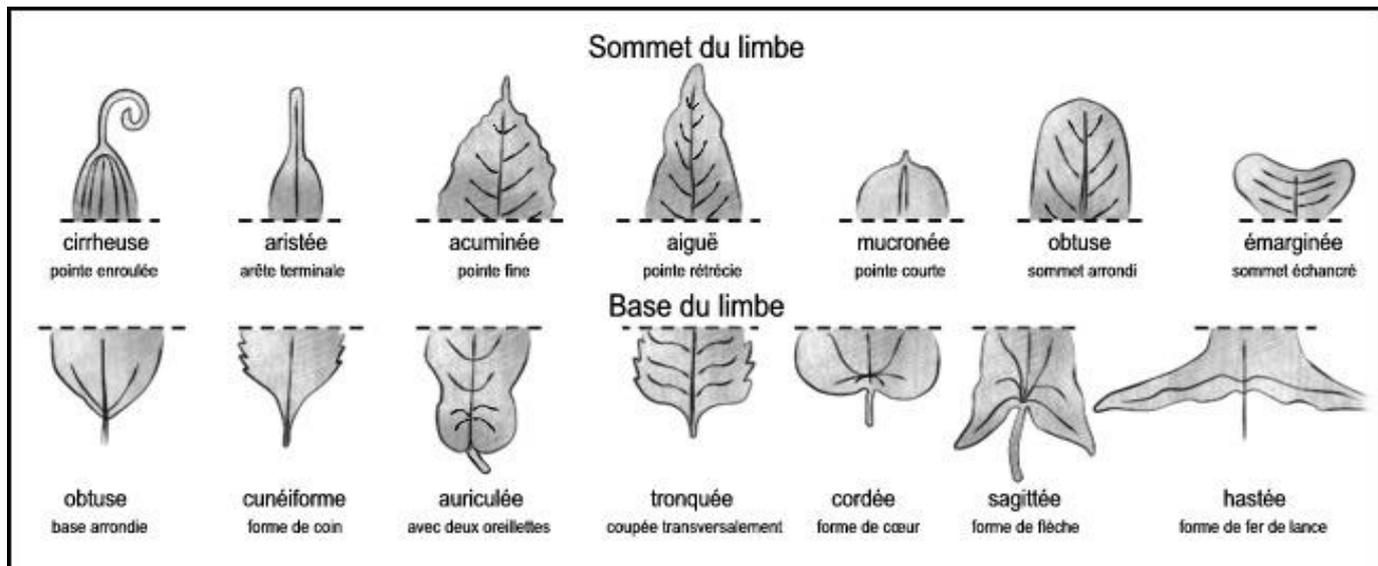


Figure 74: Caractérisation des feuilles selon la forme du sommet et la base du limbe

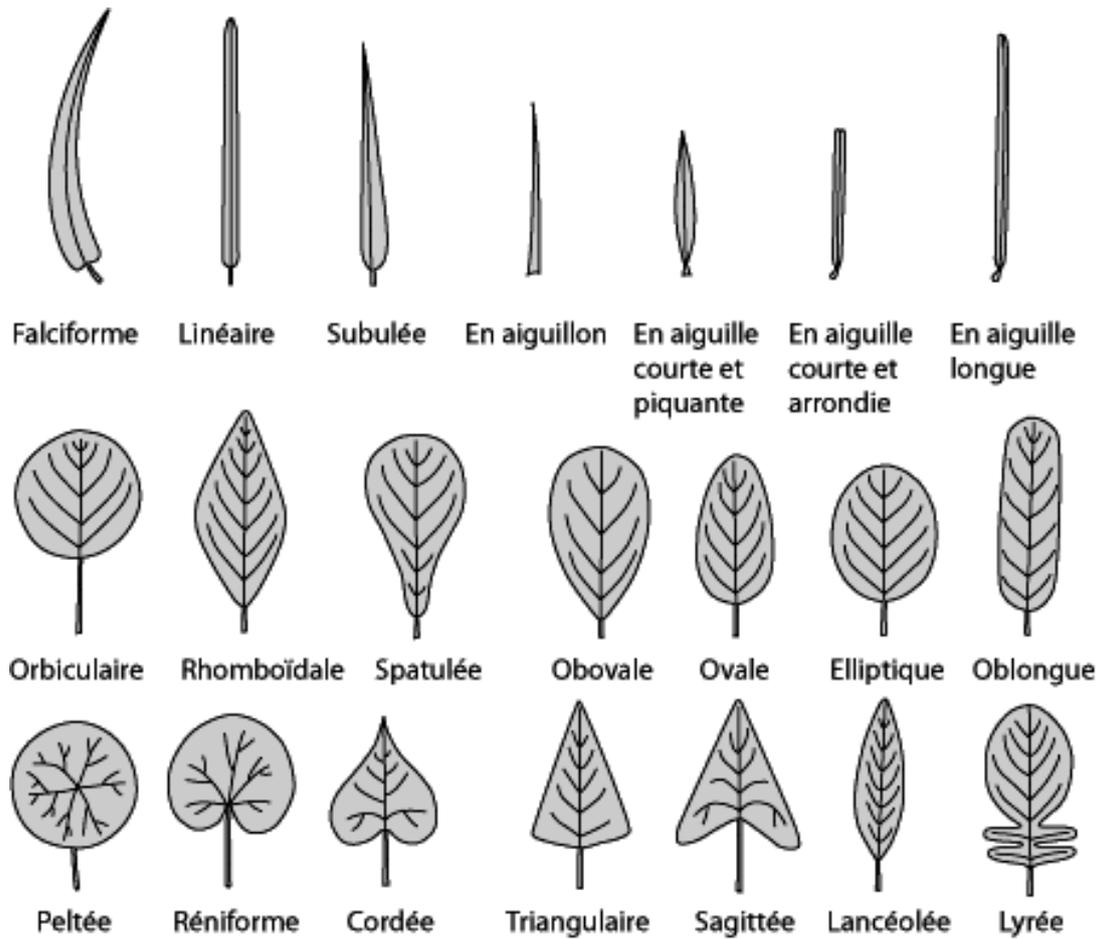


Figure 75: Les différentes formes du limbe

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 décurrente, embrassante, engainante, perfoliée, pétiolée, sessile.



Figure 76: Les différentes formes de feuilles selon l'insertion sur la tige

4. la gaine

La gaine est l'élargissement de la base du pétiole. C'est une lame verte, situées à la base du pétiole et dont la forme et la taille sont très variables:

Les stipules : Lorsqu'elles sont présentes, elles sont au nombre de 2.

L'ochréa : L'ochréa correspond à une soudure des stipules, elle représente une gaine membraneuse à la base du pétiole, entourant complètement la tige.

La ligule : Elle se rencontre surtout chez les Graminées et correspond à un dédoublement du limbe au point d'attache de celui-ci sur la gaine.

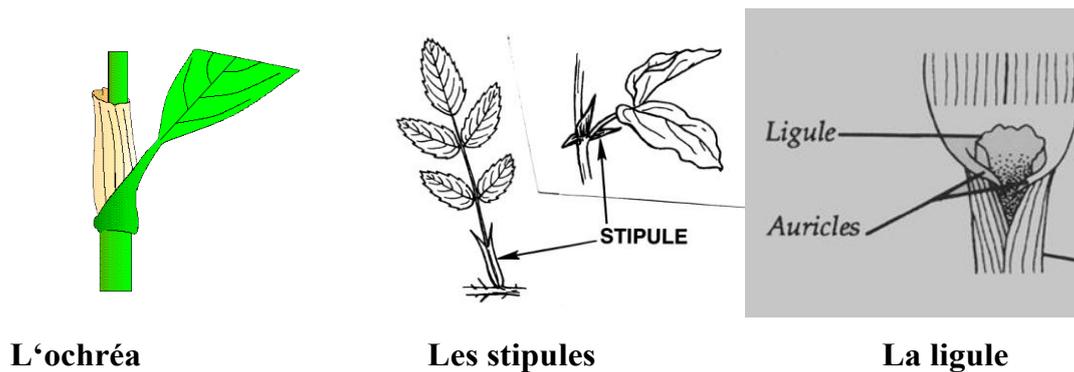


Figure 77 : les différentes formes de la gaine

5. La Phyllotaxie

C'est la disposition des feuilles le long de la tige. Afin de limiter le recouvrement des feuilles sur la tige et leur compétition pour la lumière, le méristème place successivement les ébauches foliaires dans des directions différentes de la précédente.

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 78: Les différentes dispositions des feuilles sur la tige

6. Les variations morphologiques des feuilles et adaptations

6.1. Feuilles-épines

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

6.2. 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.

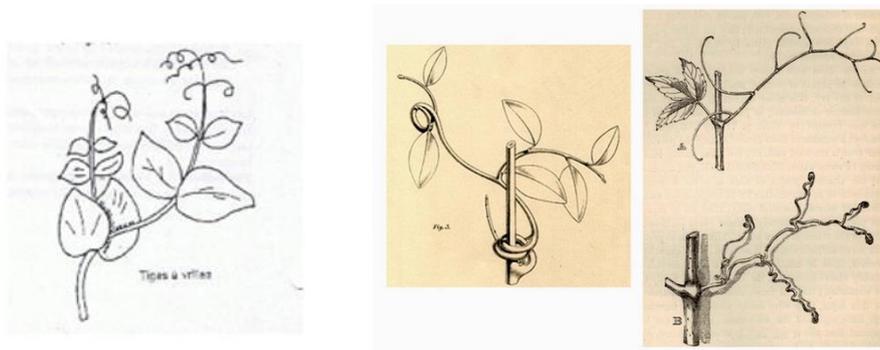


Figure 79: Les vrilles

6.3. Les Phyllodes

Un phyllode est un pétiole aplati rappelant par sa forme un limbe ou du moins une feuille'



Figure 80: Les Phyllodes

D. LA FLEUR

Introduction

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.

1. Morphologie des pièces florales

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 à l'aisselle d'une feuille modifiée appelée **bractée**.

C'est à partir d'un bourgeon floral que les pièces reproductrices vont se former.

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).

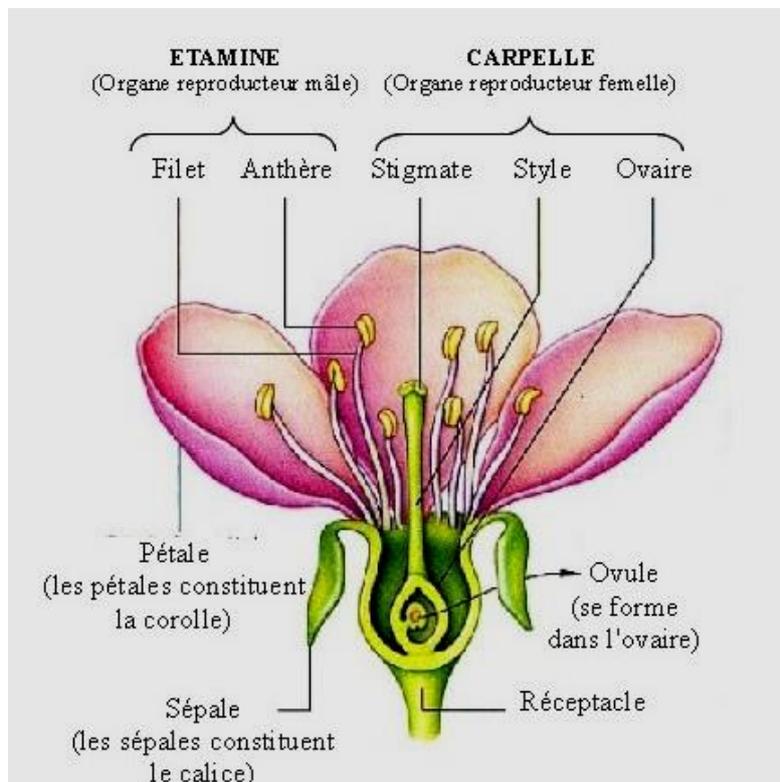
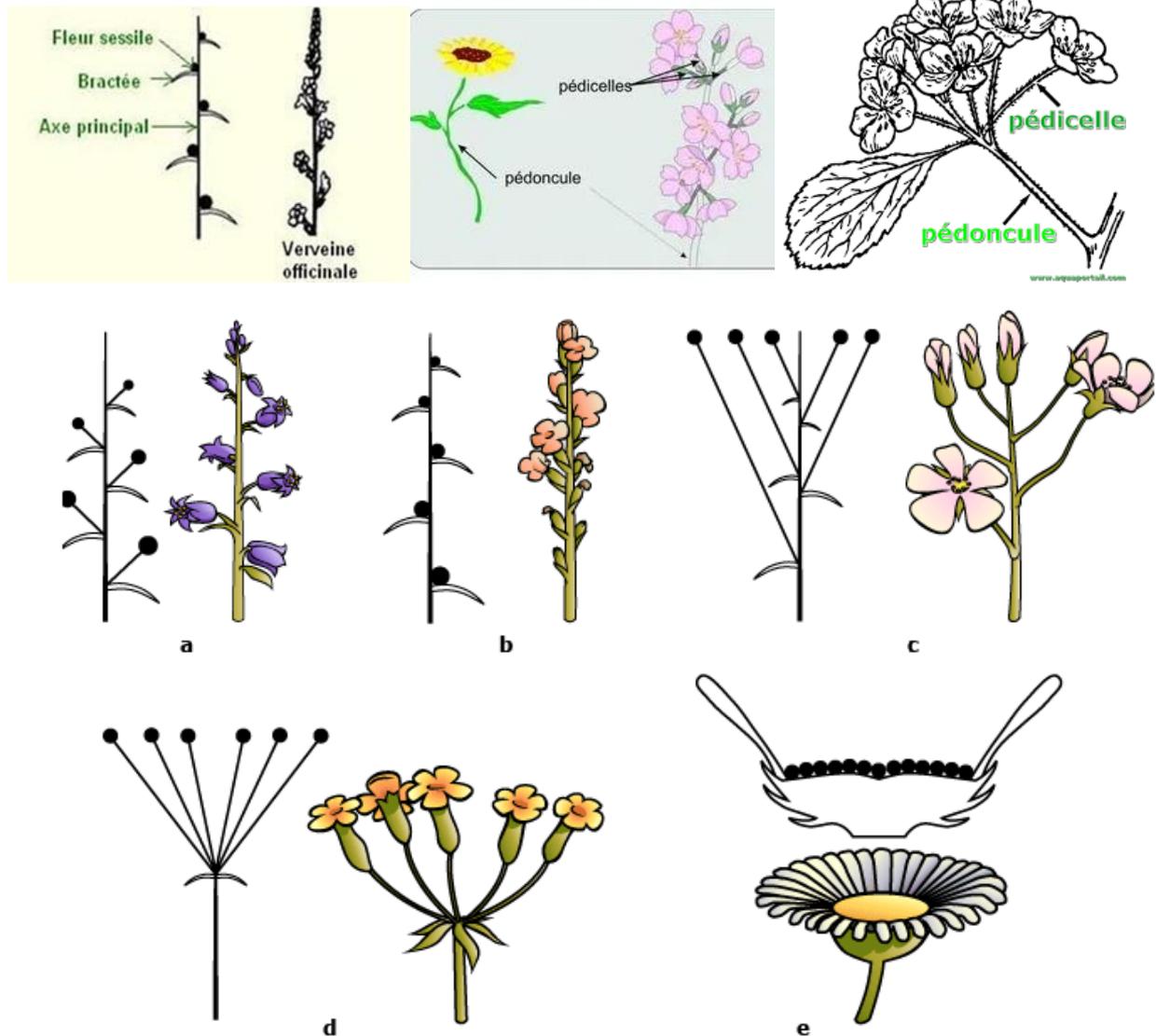


Figure 81: Schéma d'une fleur d'Angiospermes

2. Fleurs et inflorescences

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**.



;; Inflorescences simples monopodiales : a. *grappe* - b. *épi* - c. *corymbe* - d. *ombelle* - e. *capitule*

Figure 82: Schéma de fleurs sessiles et d'inflorescences

3. Le périanthe

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

3.1. 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.

3.2. 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**

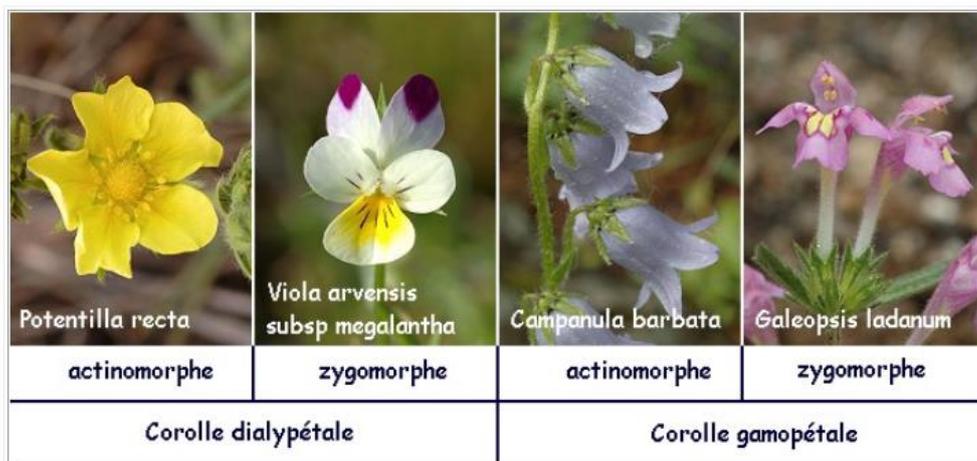


Figure 83 : Fleur actinomorphe et zygomorphe

4. Les pièces fertiles

Appelées aussi organes reproducteurs, ils sont directement impliqués dans la reproduction et composés également de 2 verticilles : l'androcée et le gynécée.

4.1. L'androcée

L'androcée est l'organe reproducteur mâle de la plante, formé par **l'ensemble des étamines** disposées en **spiraux** (quand ils sont en grand nombre) 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 habituellement 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 ou soudées au tube d'une corolle gamopétale. Il existe également des étamines stériles, appelées **staminodes**.

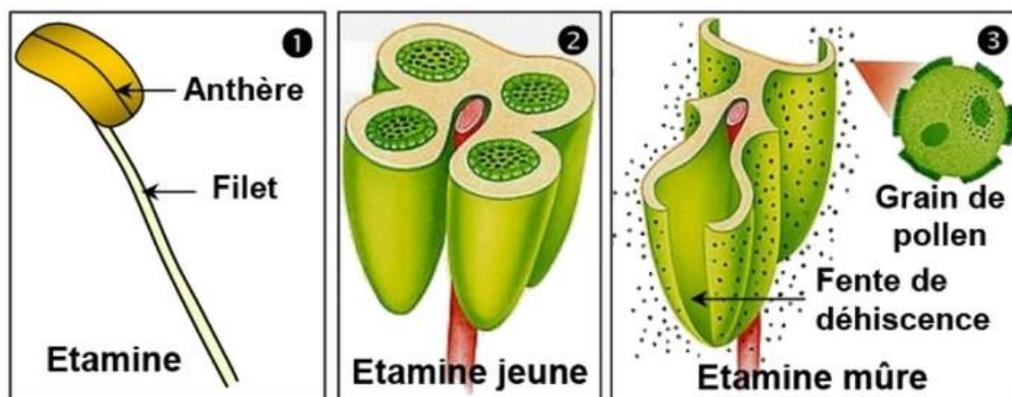
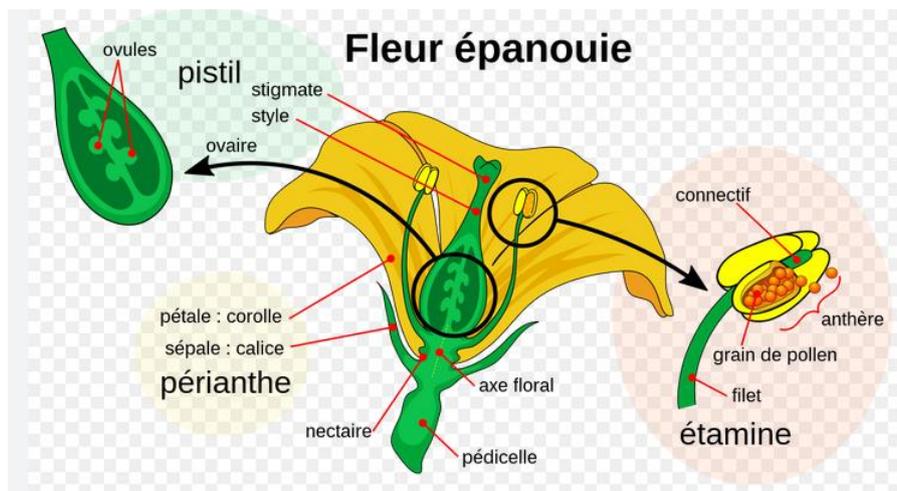


Figure 84: Étamine et coupes transversales d'anthères

4.2. Le gynécée

Ou **pistil**, organe reproducteur femelle de la plante, formé **par un ou plusieurs carpelles** 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** coiffant le 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.

Une partie importante du gynécée persiste après la fécondation et évolue en fruit. Le gynécée est parfois réduit à un seul carpelle.

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**.

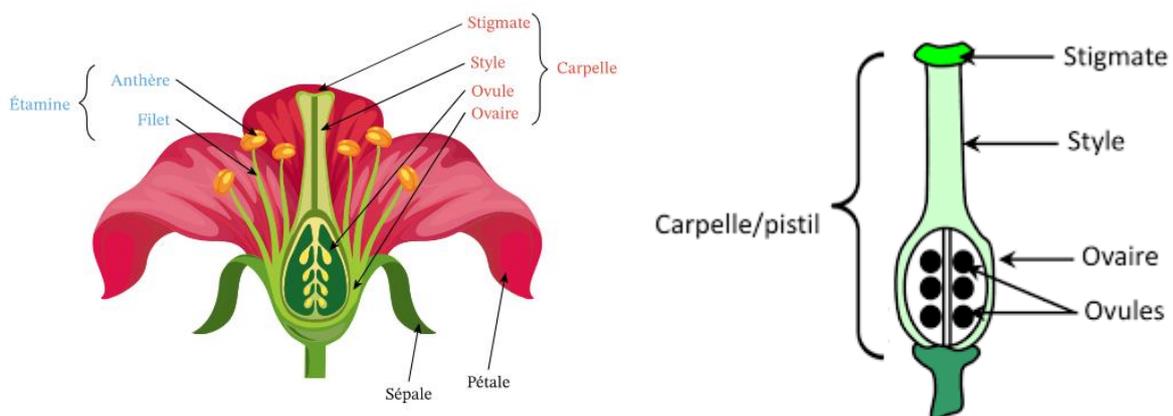


Figure 85 : Gynécées et coupe transversale dans un carpelle

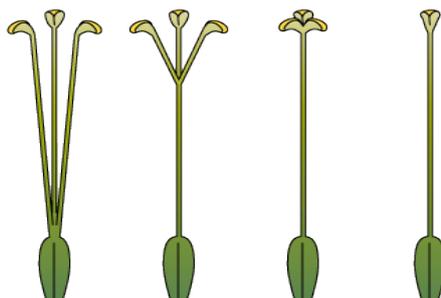


Figure 86 : Gynécées composés de carpelles soudés partiellement et totalement

5. 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 y a trois types :

5.1. 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 de l'ovaire.

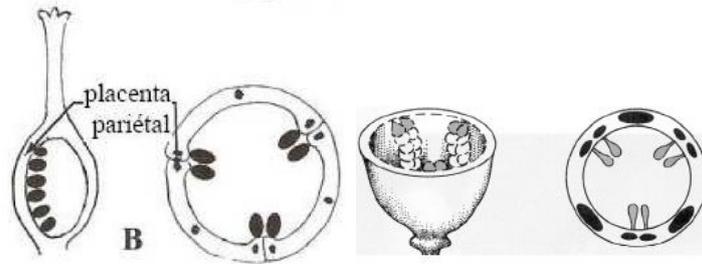


Figure 87 : Placentation pariétale

5.2. 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.

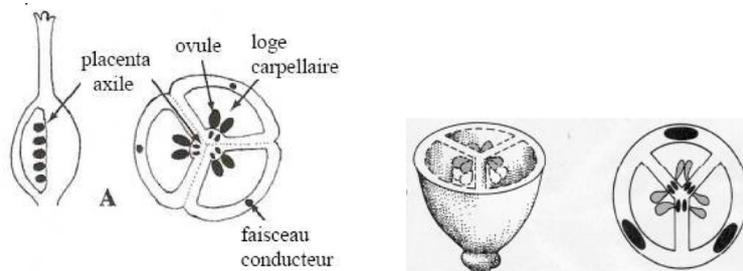


Figure 88 : Placentation axile

5.3. 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.

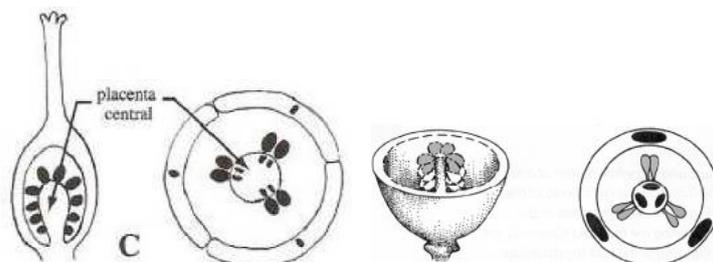


Figure 89 : Placentation centrale

6. Disposition et nombre des pièces florales

6.1. 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**).

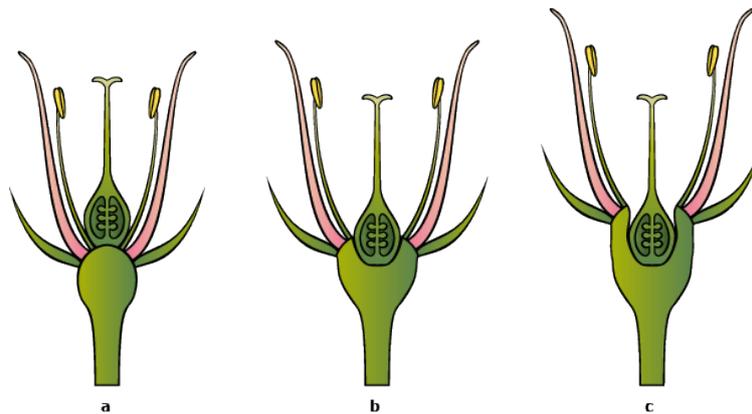


Figure 90: (a) ovaire supère (fleur hypogyne) – (b) ovaire semi-infère (fleur périgyne) – (c) ovaire infère (fleur épigyne)

6.2. 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

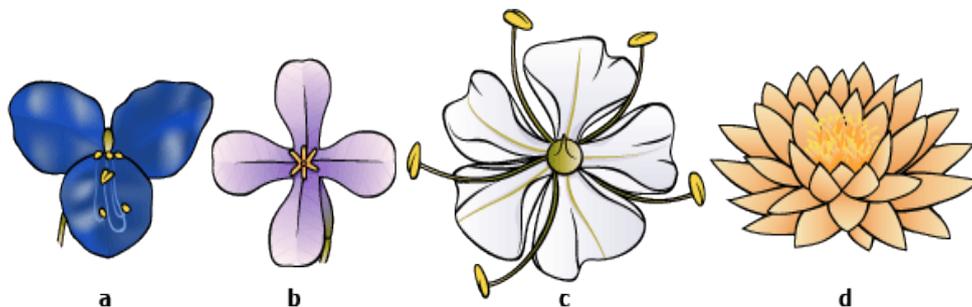


Figure 91: Nombre de pièces florales par verticille : a. trimère - b. tétramère – c. pentamère – d. polymères

Cas particulier des polymères : les Astéracées (fleurs composées)

Il ne s'agit pas d'une fleur, mais de plusieurs fleurs regroupées en un **capitule** (inflorescence formée de fleurs sessiles, serrées au niveau du sommet élargi du pédoncule).

Les capitules regroupent deux types de fleurs :

- Les **fleurs tubulées**, dont les pétales réunis forment un tube (**gamopétales actinomorphes**)
- Les **fleurs ligulées** dont les pétales réunis forment une langue (**gamopétales zygomorphes**)

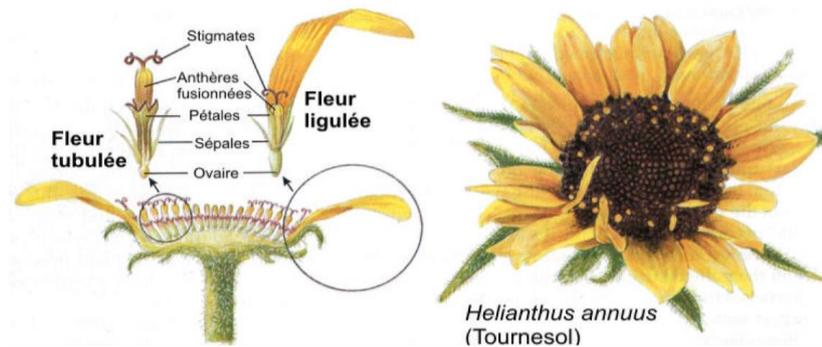


Figure 92: Fleur composée le tournesol

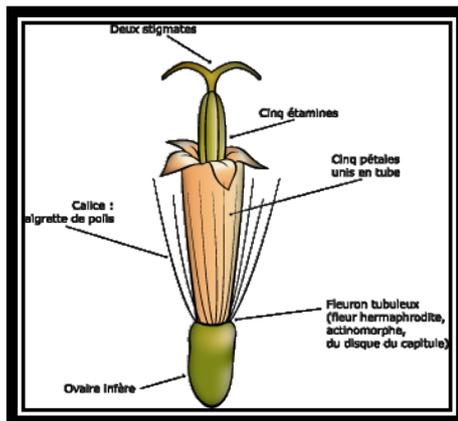


Figure 93: Fleur tubulée

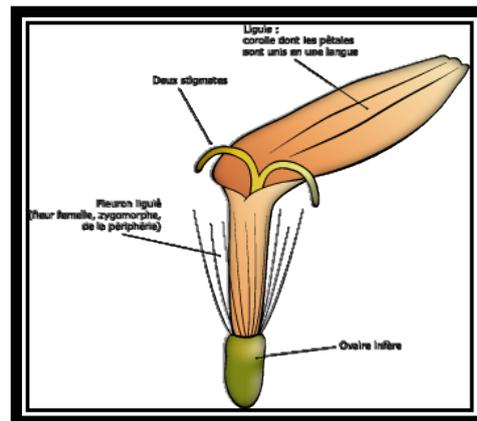


Figure 94: Fleur ligulée

On distingue trois types de capitules :

- capitule composé uniquement de fleurs tubulées (chardons)
- capitule composé uniquement de fleurs ligulées (pissenlit)
- capitule composé de fleurs tubulées au centre et de fleurs ligulées en périphérie (marguerite)

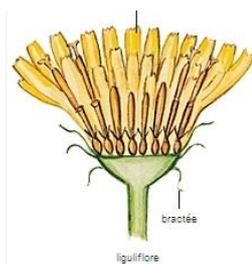


Figure 95: Fleur tubulée

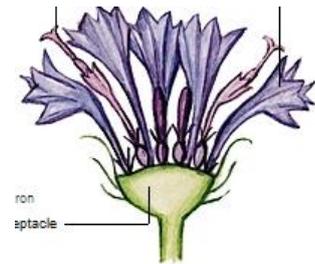


Figure 96: Fleur ligulée

E. LE FRUIT

1. Définition

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 l'ovule ou des ovules.

Au terme des transformations, la paroi du fruit (qui provient directement de la paroi de l'ovaire) ou **péricarpe** 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.

2. Les fruits simples

Certains auteurs considèrent que dès qu'il y a intervention, pour former le péricarpe, d'un élément autre que la paroi de l'ovaire, il faut parler de **faux-fruit**, donc suite à la fécondation un **vrai fruit (simple)** 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**.

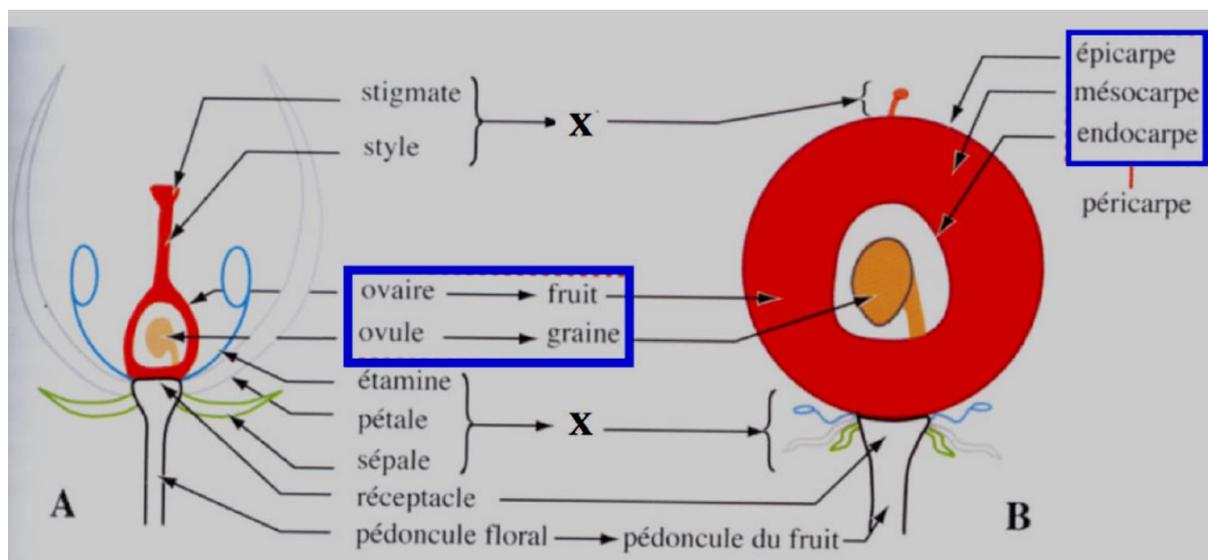


Figure 97 : Transformation de l'ovule en graine et de l'ovaire en fruit

3. Les types du fruit simple

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**

3.1. Les 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 :

3.1.1. La baie

C'est un fruit succulent à **pépins** indéhiscent qui possède un 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.

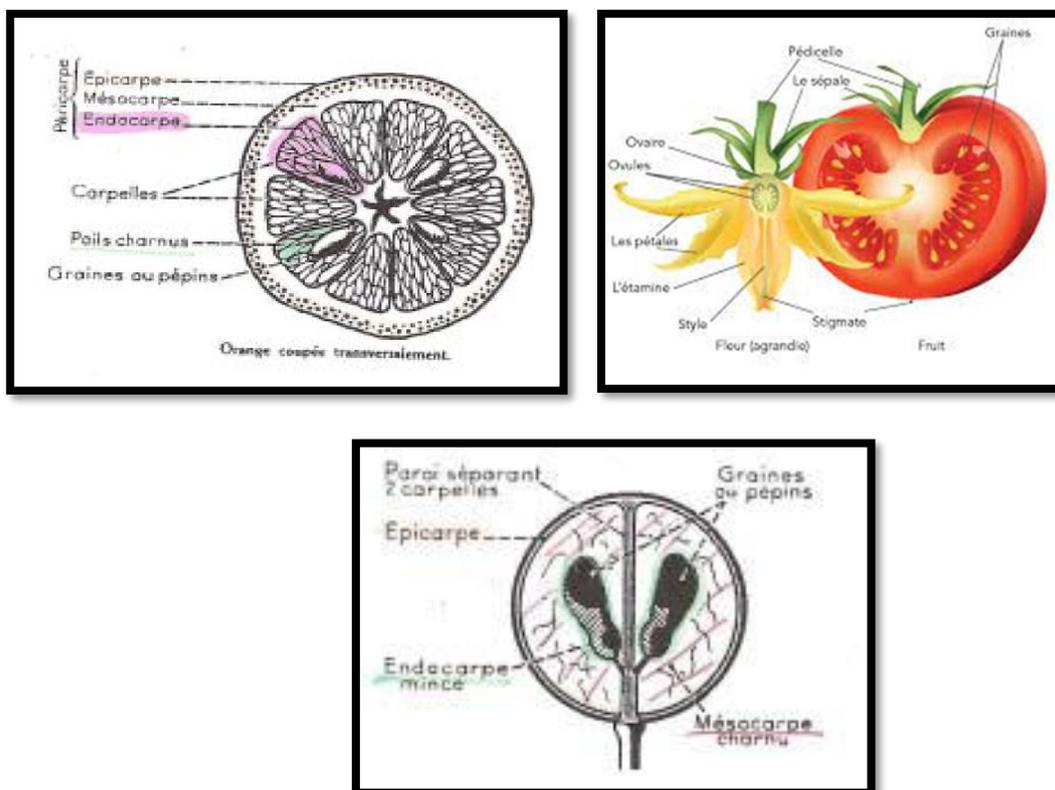


Figure 98: Coupe dans une baie d'orange, d'une baie de raisin et une baie de tomate

3.1.2. La drupe

C'est un fruit à "noyau" 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 et les pêches.

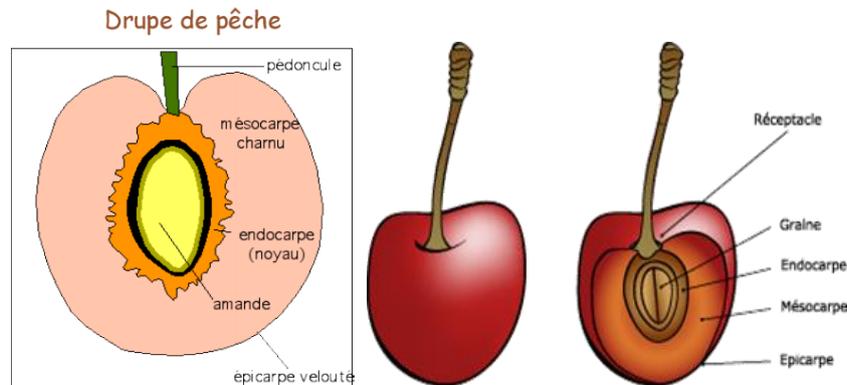


Figure 99: Coupe longitudinale dans une drupe de pêche et de cerise

3.2. Les fruits secs

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

3.2.1. 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:

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

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.

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

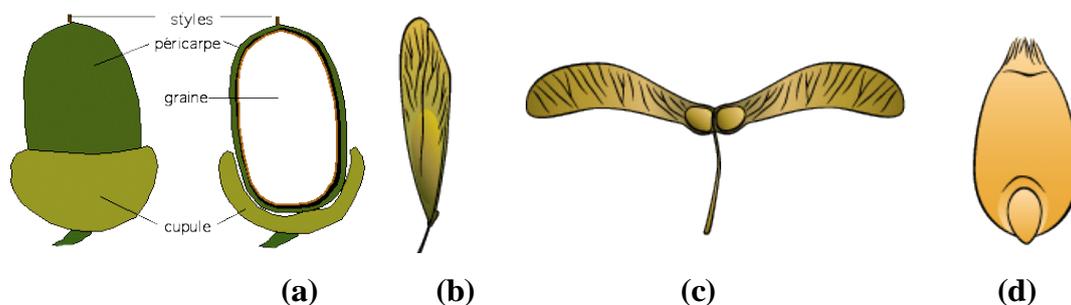


Figure 100 : (a) akène (chêne) (b) samare d'un frêne (c) disamare d'un érable (d) caryopse d'un blé

3.2.2. 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. Dans ce groupe important et diversifié de fruits, selon le type de déhiscence, on distinguera principalement les types de fruits suivants :

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

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

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.

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**.

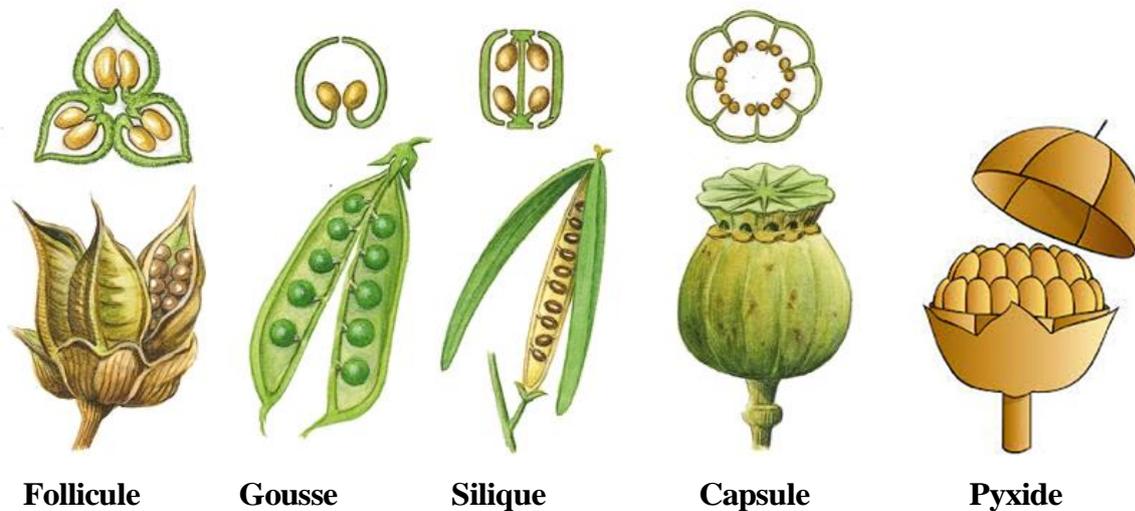


Figure 101 : Les différents fruits secs déhiscents

4. Les faux fruits

Après la fécondation, des parties de la fleur ou de l'inflorescence autres que l'ovaire participe à la formation du fruit, c'est le résultat de la transformation des induvies (out autre organe qui ne dégénère pas après fécondation) d'une inflorescence ou fleurs à la suite de la fécondation, En général, le faux-fruit n'est pas un organe, mais la combinaison de plusieurs organes.

4.1. Les types des faux fruits

4.1.1. Les 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, il peut être un fruit poly-follicules, poly-akènes ou poly-drupe, c'est le cas par exemple de la mûre qui est composée de multiples drupes.

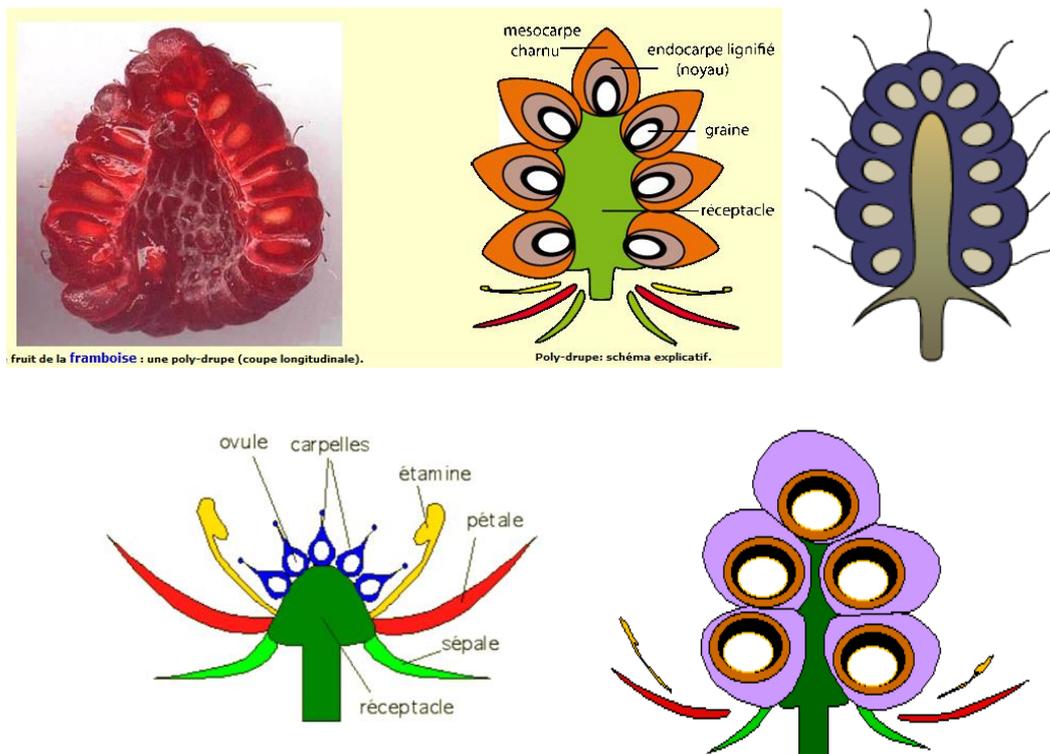


Figure 102: Mûre et framboise composée de plusieurs drupes

4.2.2. Fruits complexes

Il s'agit de fruits qui ne dérivent pas uniquement du gynécée, mais qui fait intervenir 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.

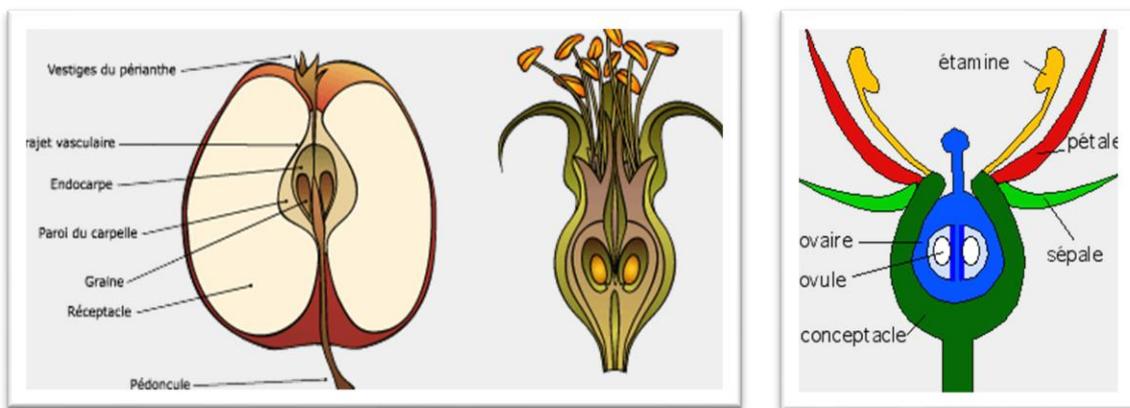


Figure 103: La fleur et le fruit de la Pomme (*Malus sylvestris*)

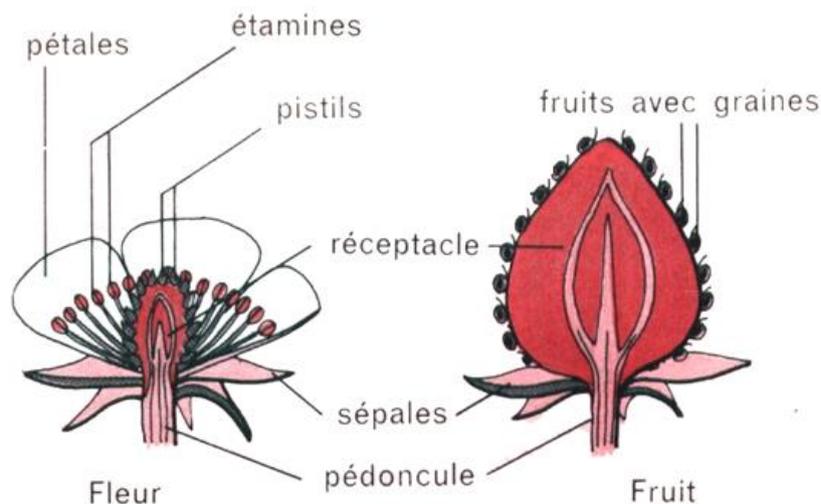


Figure 104: La fleur et le fruit de la fraise (*Fragaria vesca*)

2.3. Fruits composés

Ce sont des fruits formés à partir d'une inflorescence donc composés de plusieurs fleurs complète 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.

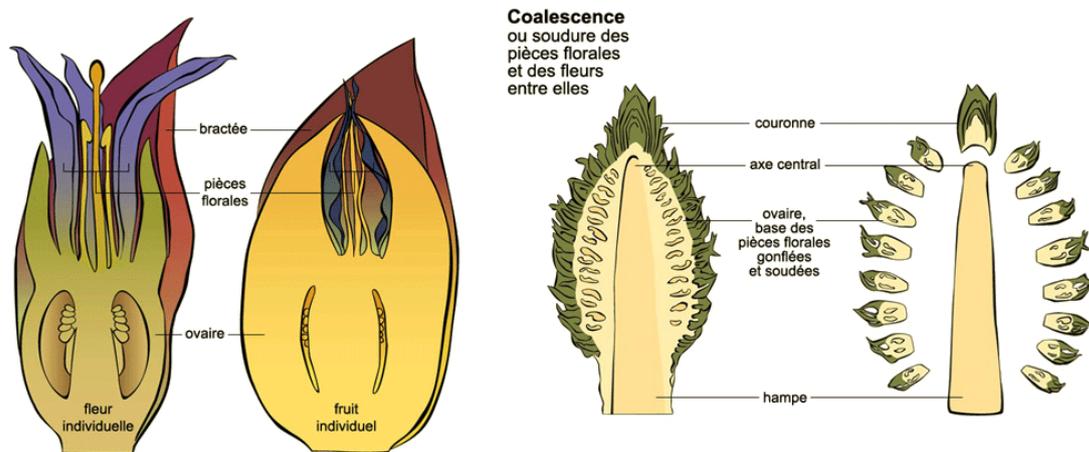


Figure 105 : L'ananas : de la fleur au fruit

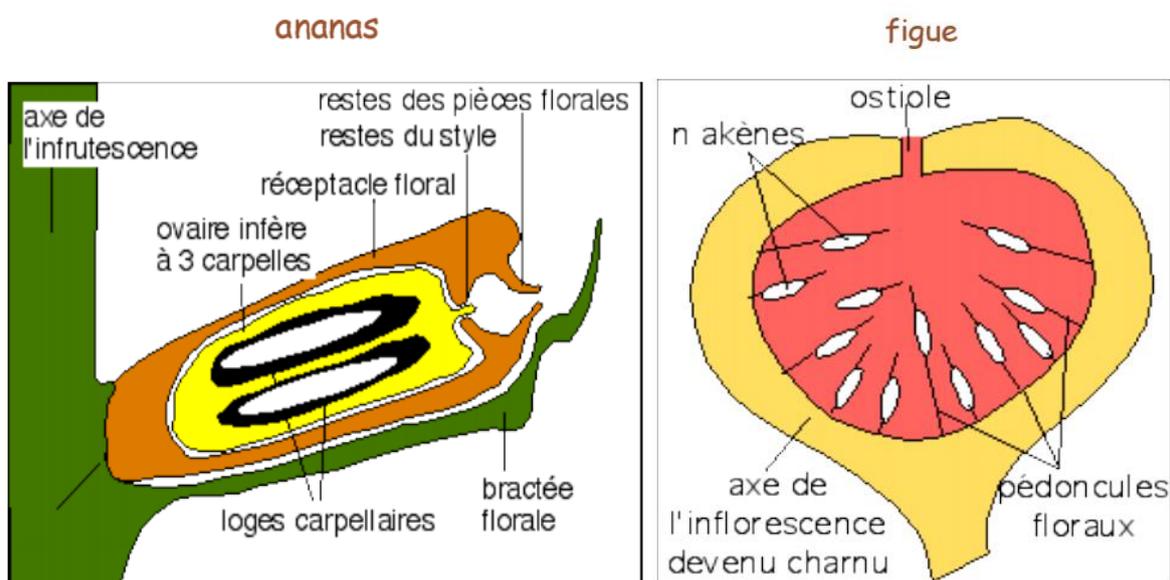


Figure 106 : Les faux fruits : ananas et figue

F. Graine

Introduction

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.

1. Définition

La graine se compose essentiellement d'un **tégument** (simple ou double) et d'une **amande** formée de l'**embryon** et de tissus de réserves constituant 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 portant les cotylédons (ou le cotylédon unique dans le cas des monocotylédones).

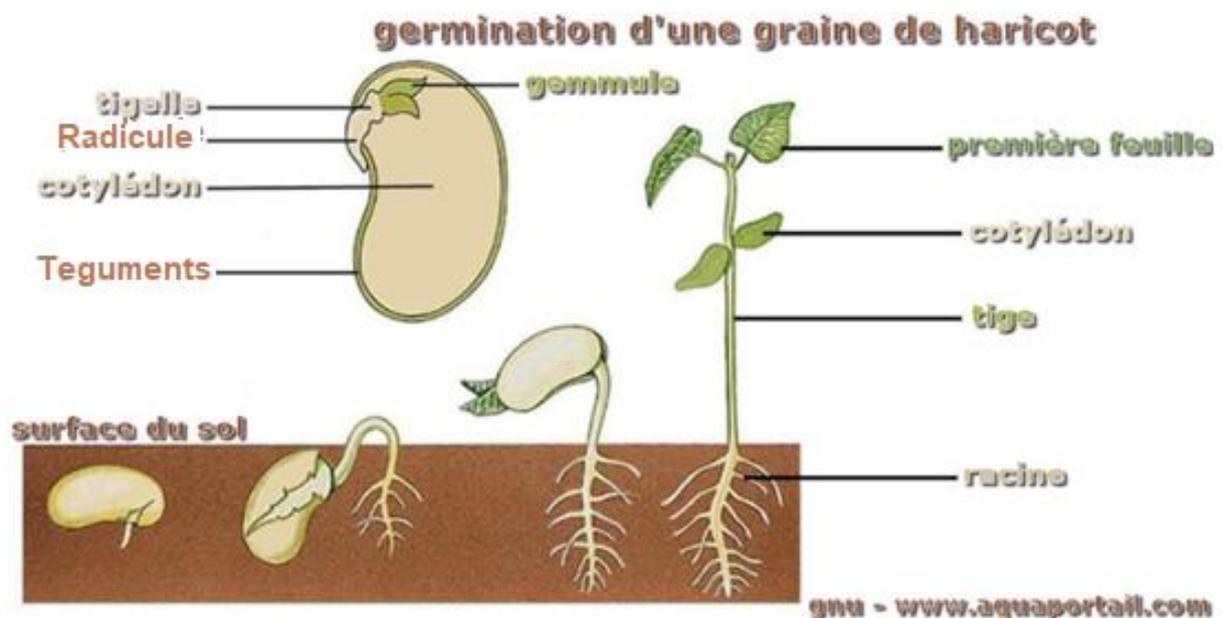


Figure 107 : la composition de la graine

2. Les types de graines

L'embryon est souvent plongé dans un tissu de réserve, appelé **albumen** chez les angiospermes (plantes à fleur). C'est lui 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.

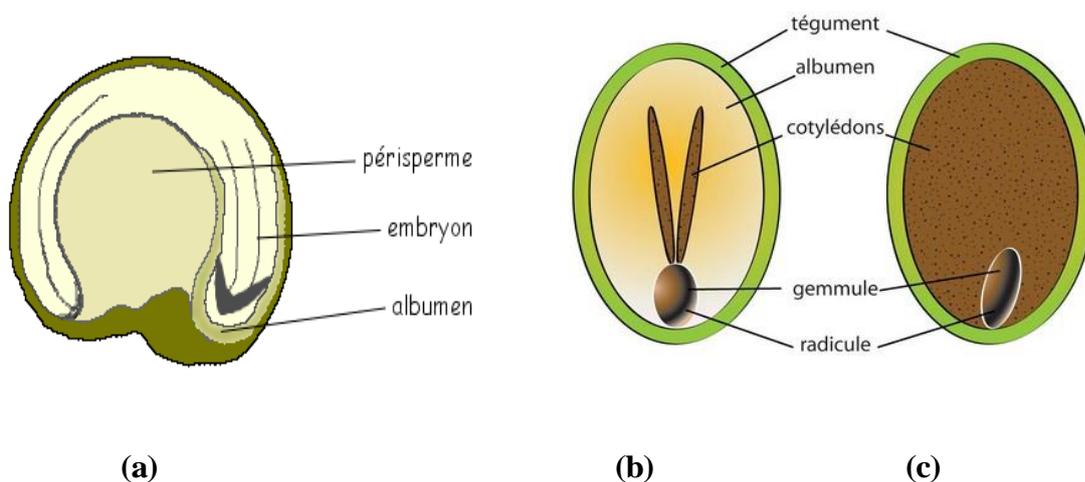


Figure 108: Schéma d'une graine à périsperme (a), albuminée (b), exalbuminée (c)

**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).

La gamétogenèse qui a lieu dans un ovule de la plante, à la base d'un carpelle, est appelée la gamétogenèse femelle (aussi nommée macrogamétogenèse ou mégagamétogenèse), le gamète femelle résultant de cette gamétogenèse sera l'oosphère contenu dans le sac embryonnaire.

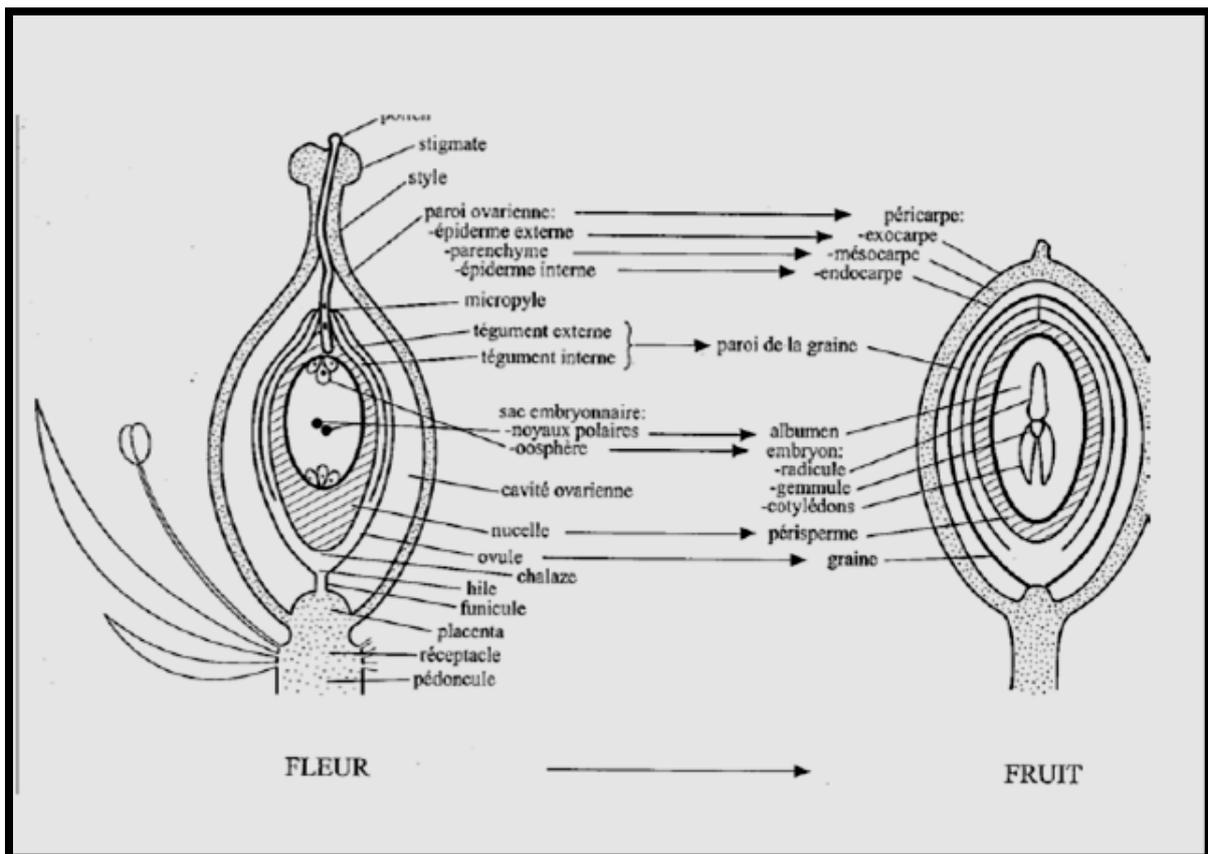


Figure 109 : Transformation des pièces florales après la fécondation

A. LA GAMETOGENESE

1. définition

La **mégagaméto**génèse est la formation du gamétophyte femelle ou **mégagamétophyte** qui est le **sac embryonnaire** et le **gamète femelle** qui est l'**oosphère**

La **mégasporog**énèse est la formation des **mégaspores** qui vont donner le sac embryonnaire.

La **microgaméto**génèse est la formation du gamétophyte mâle ou **microgamétophyte** qui est le **grain de pollen** et les **gamètes mâles** qui sont les **cellules spermatisques**

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

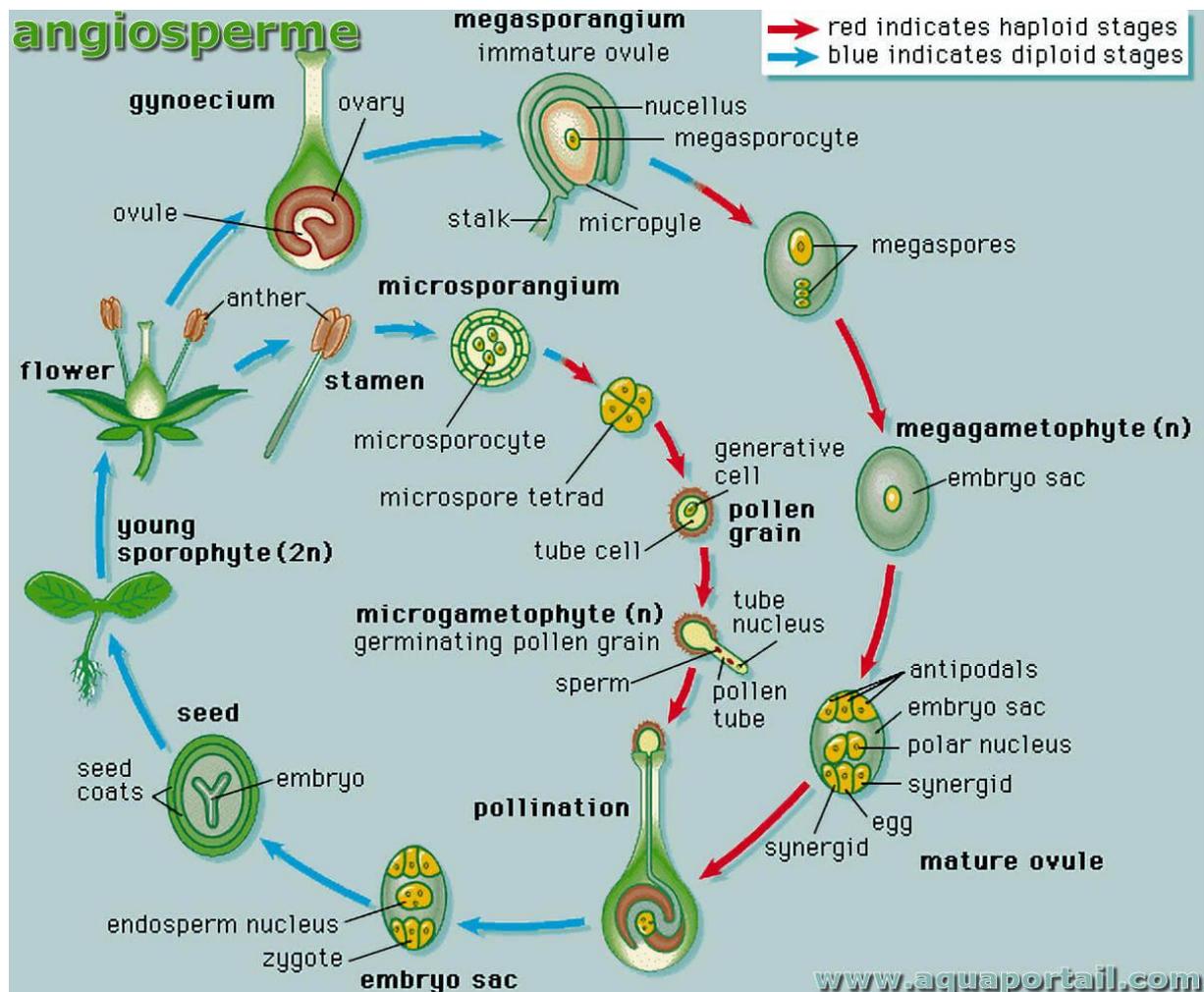


Figure 110 : Cycle de développement des Angiospermes

2. La gamétogenèse femelle ou mégagamétogenèse

La gamétogenèse 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).

2.1. La structure de l'ovule

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

- **le funicule** : sorte de cordon dans le côté 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)

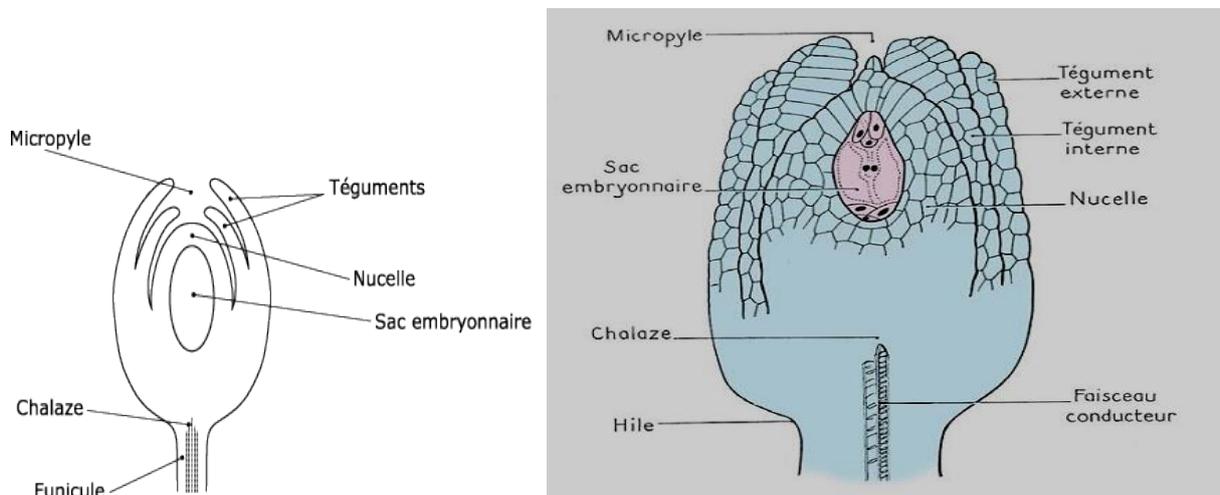


Figure 111 : Schéma d'un ovule

2.2. Les types d'ovules

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.

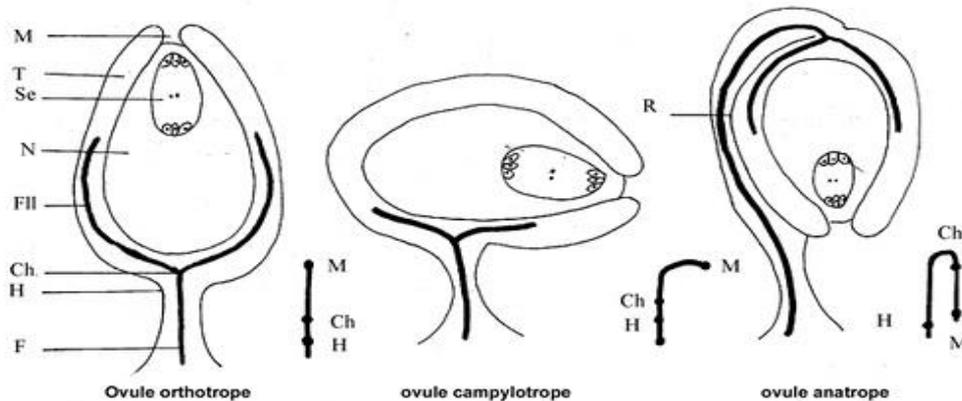


Figure 112 : Les trois types des ovules

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

2.3. 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 des divisions périclinales, 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.

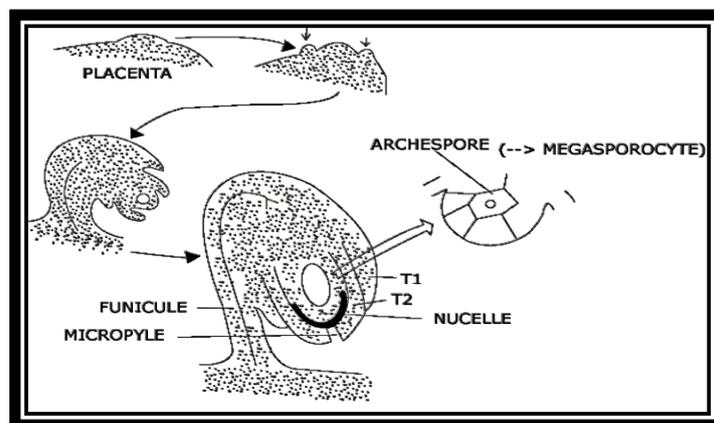


Figure 113 : Origine et formation de l'ovule

2.4. La formation du gamétophyte femelle, le 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 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 dégèrent et reste une seule **mégaspore** fonctionnelle.
- 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**,

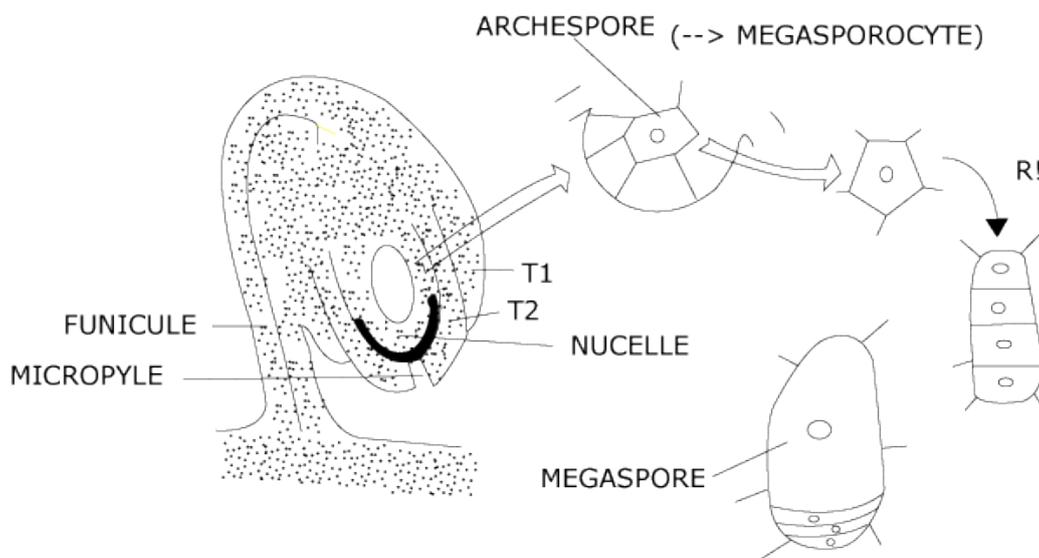


Figure 114 : La mégasporogénèse

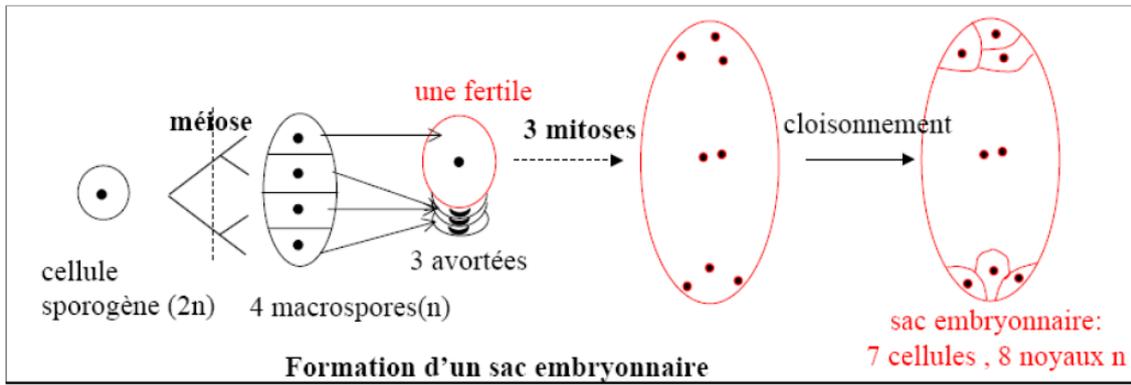
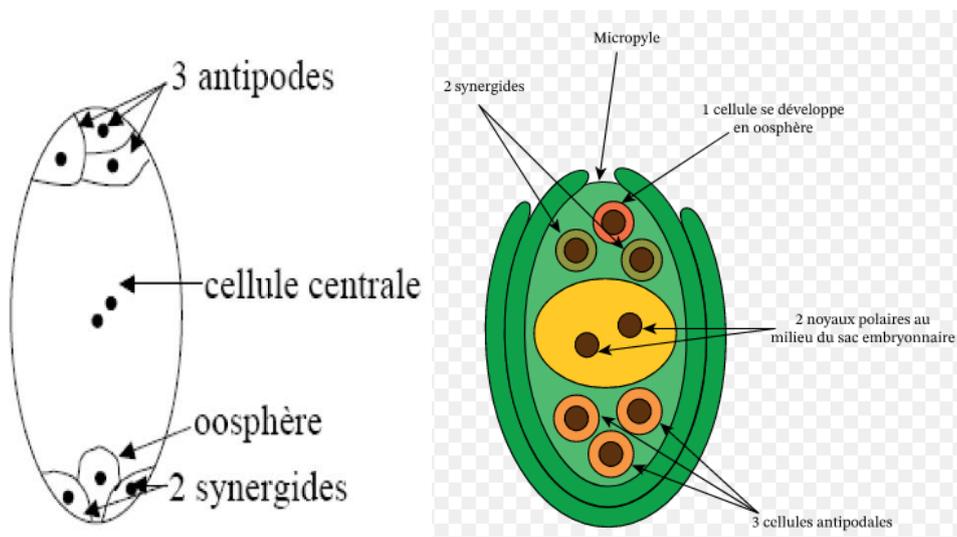


Figure 115 : La mégagamétogénèse : La formation du sac embryonnaire



Le gamétophyte femelle = sac embryonnaire

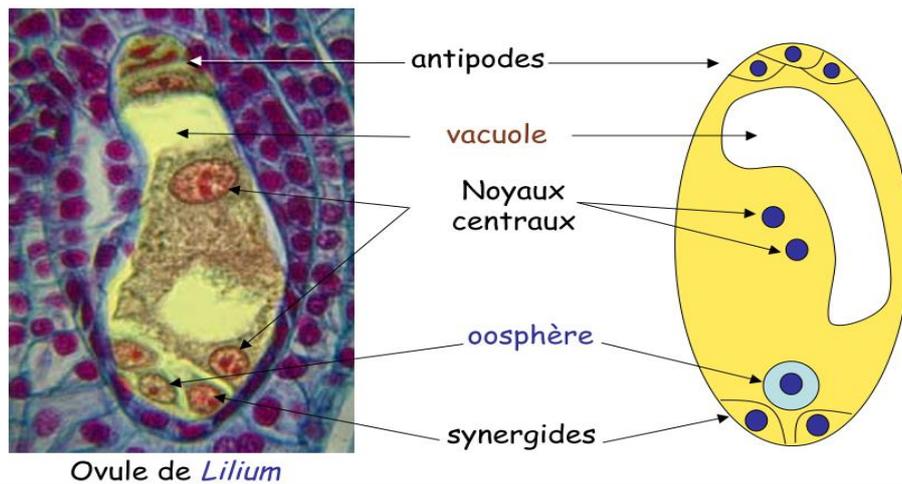


Figure 116 : Le sac embryonnaire

3. 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).

3.1. La structure du 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 constituée de sporopollénine qui est une molécule imputrescible (ne peut pas pourrir). Cette couche comporte des apertures (qui permettront l'émission du tube pollinique qui fécondera l'ovule, elle 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 non modifiée et éventuellement d'autres polysaccharides.

Le grain de pollen est généralement formé de seulement 2 cellules haploïdes : **La cellule végétative** du pollen, a la fonction 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, aussi appelé spermatogène, contient le matériel génétique qui donnera les noyaux spermatisques qui sont les deux gamètes mâles ou spermatozoïdes qui auront chacun leur rôle dans de la double fécondation de l'ovule.

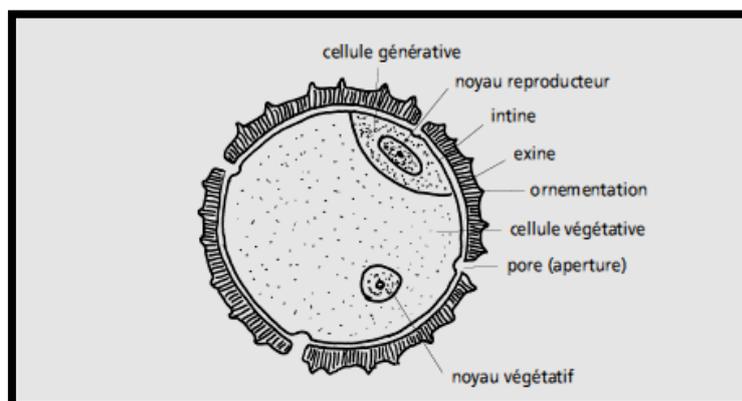


Figure 117 : Représentation schématique d'un grain de pollen avec ses deux cellules

3.2. La formation du gamétophyte mâle, le grain de pollen

Pendant la différenciation de l'étamine, les sacs polliniques s'individualisent. Ils renferment un massif central d'archéospores 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 archéspores** évoluent en **sporocytes** ou cellules-mères de microspores
- Les **sporocytes** 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 spermatiques**, 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.

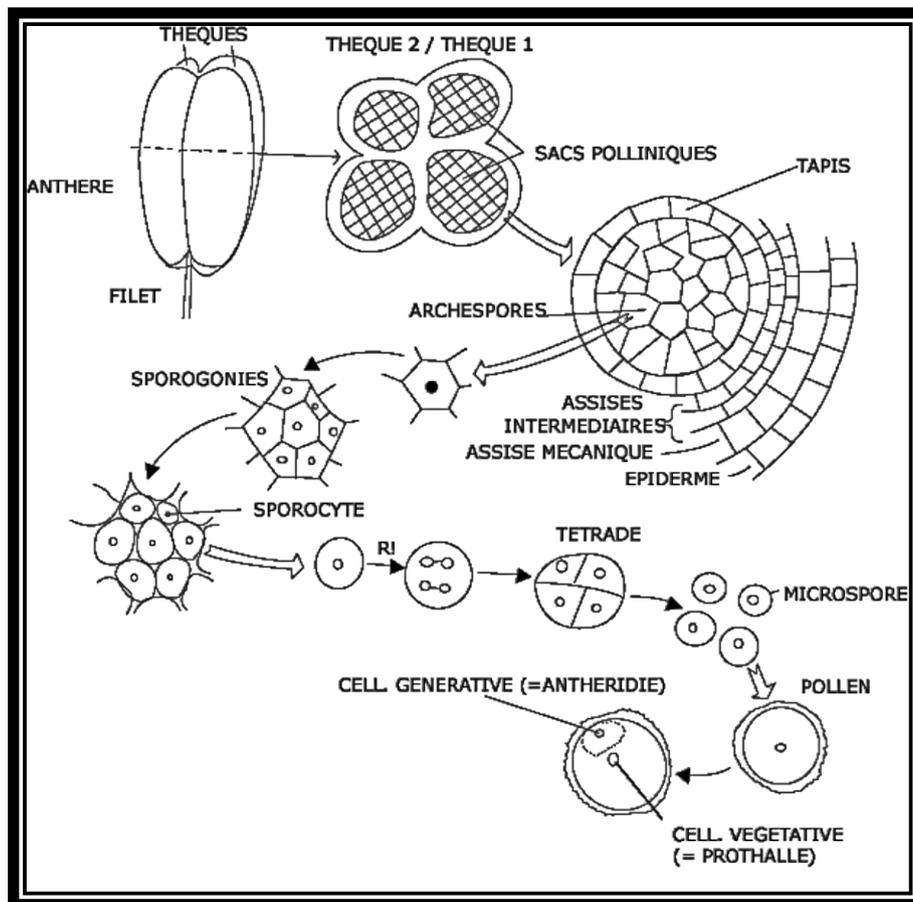


Figure 118 : La microgamétogenèse : la formation du grain de pollen

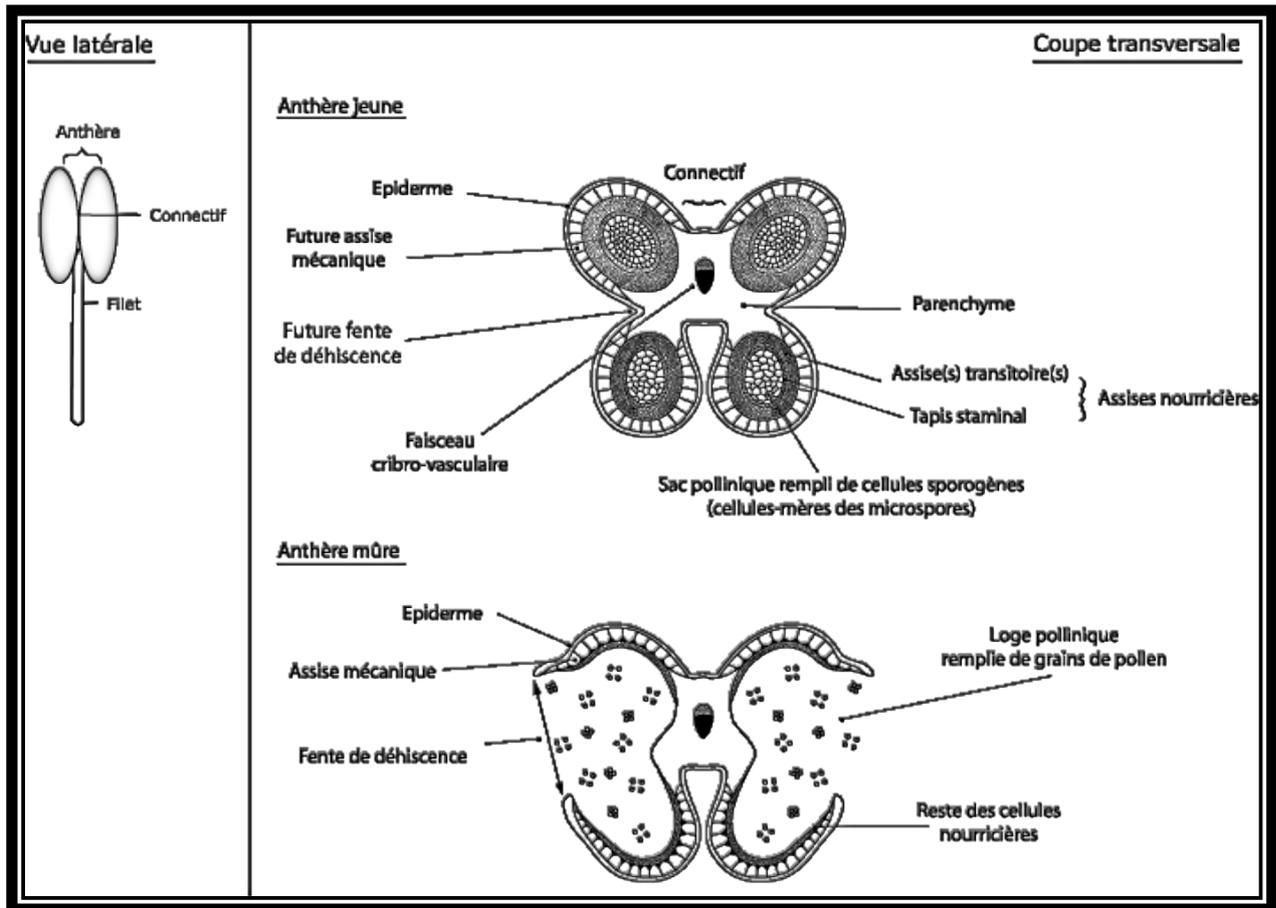


Figure 119 : Coupe transversale dans les sacs polliniques

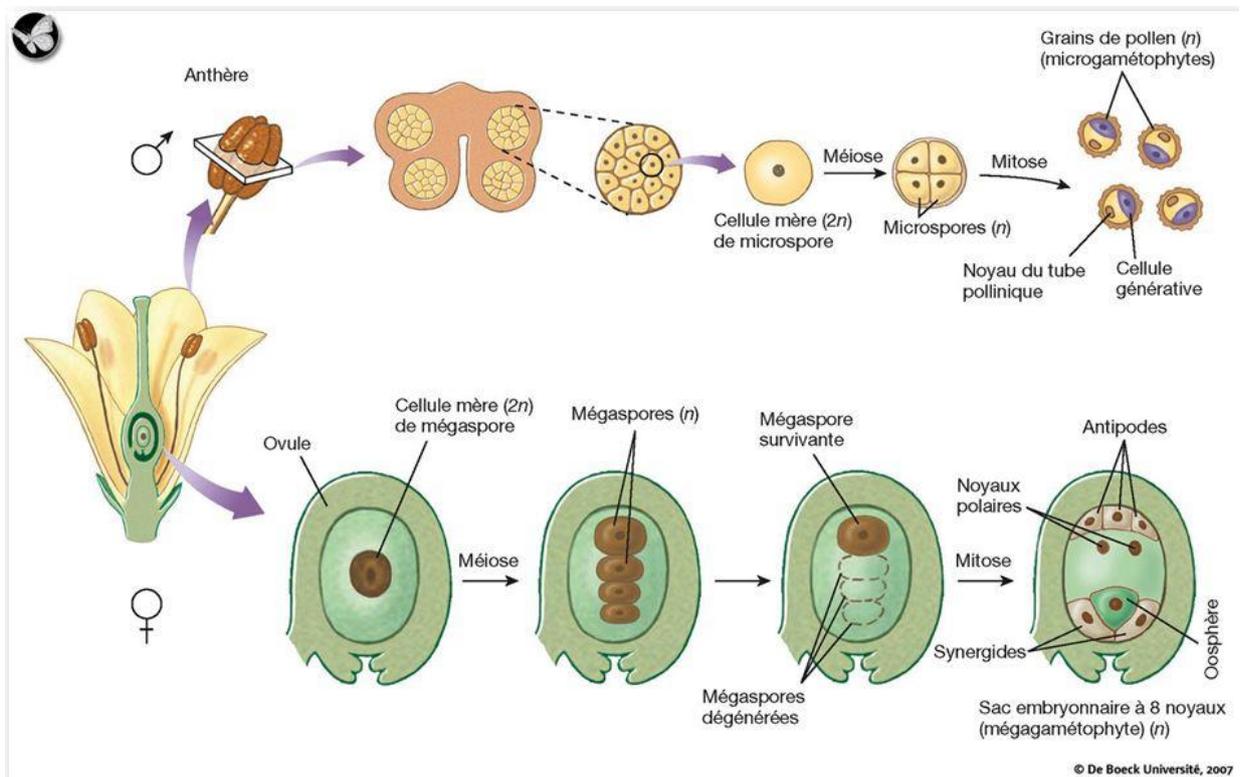


Figure 120 : La formation du grain de pollen et du sac embryonnaire

B. LA DOUBLE 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**.

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.

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

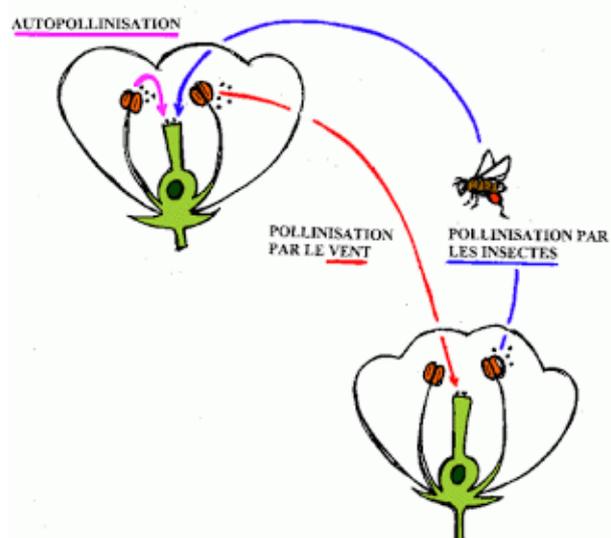


Figure 121 : Pollinisation par le vent et les insectes

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**.

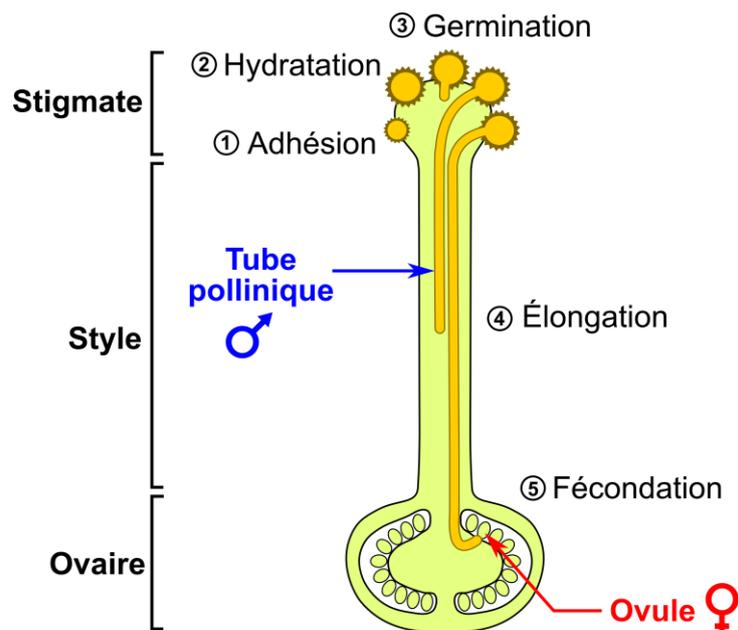
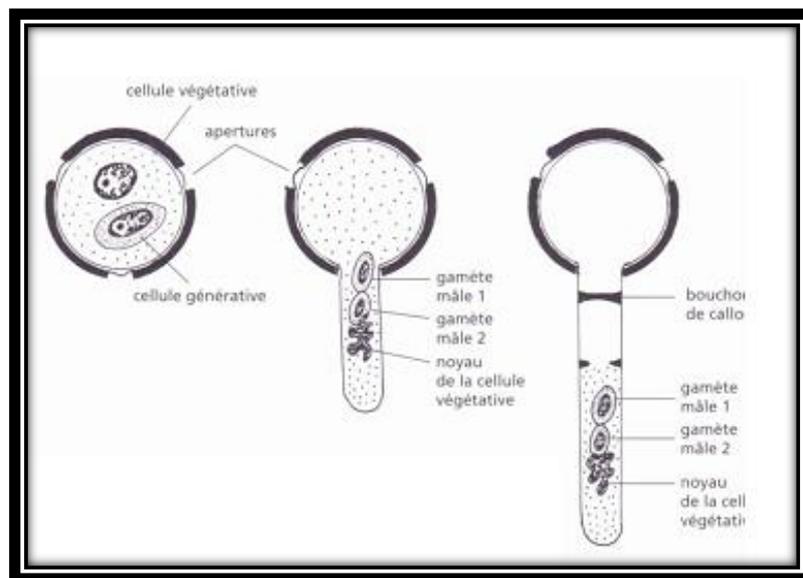


Figure 122 : Germination du tube pollinique

3. La double fécondation

- Le grain de pollen est transporté passivement, le plus souvent par le vent ou les insectes, de l'anthere 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 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 radicule, future racine, une tigelle, et une gemmule, future partie aérienne.
- Les cotylédons sont portés par la tigelle. Dans certaines graines se sont eux 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 radicule, puis la tigelle, s'allongent. Rapidement les chloroplastes deviennent actifs et permettent un développement autonome et de cette manière une nouvelle plante est donnée.

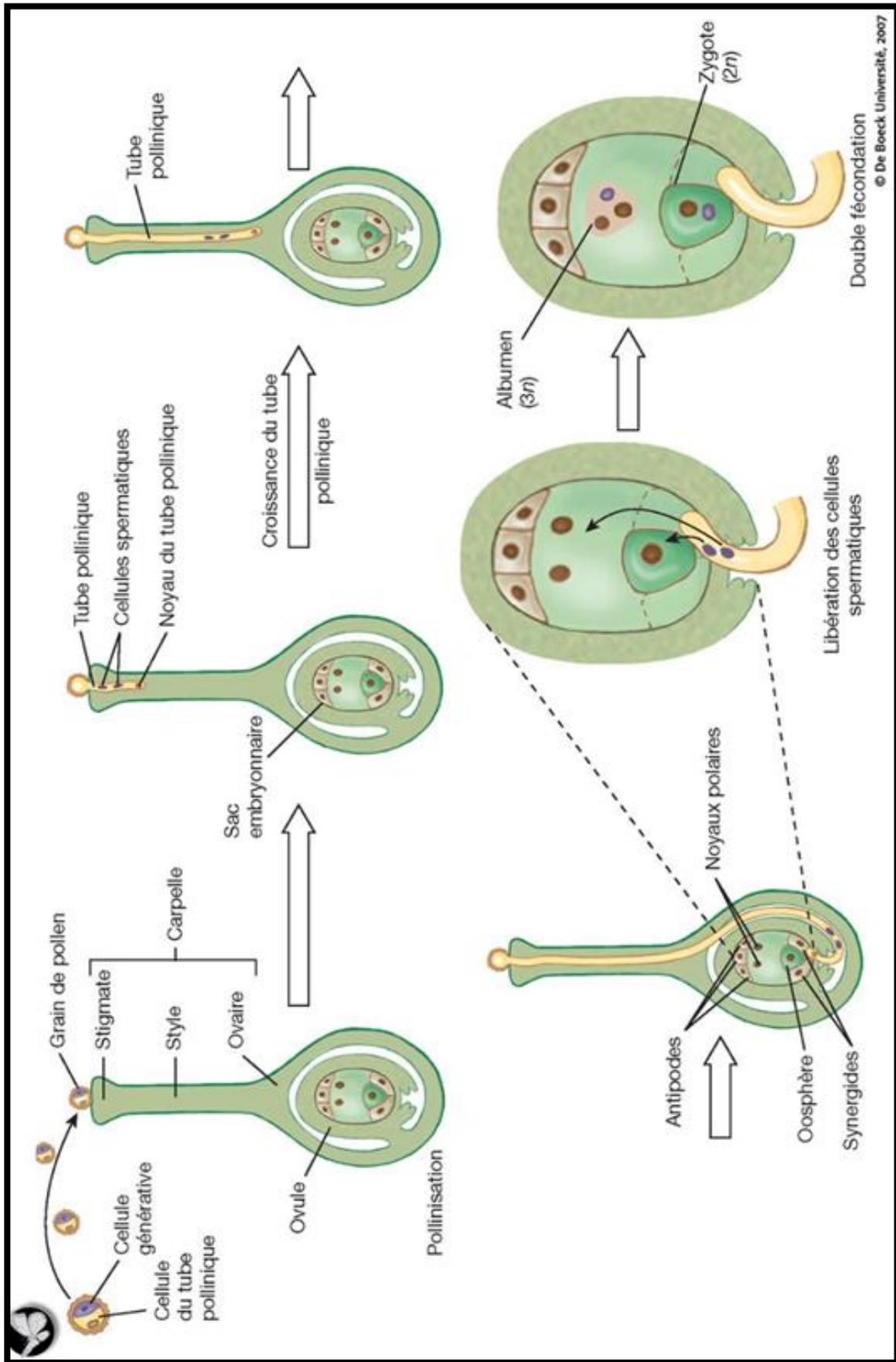


Figure 123 : Schéma du processus de la double fécondation

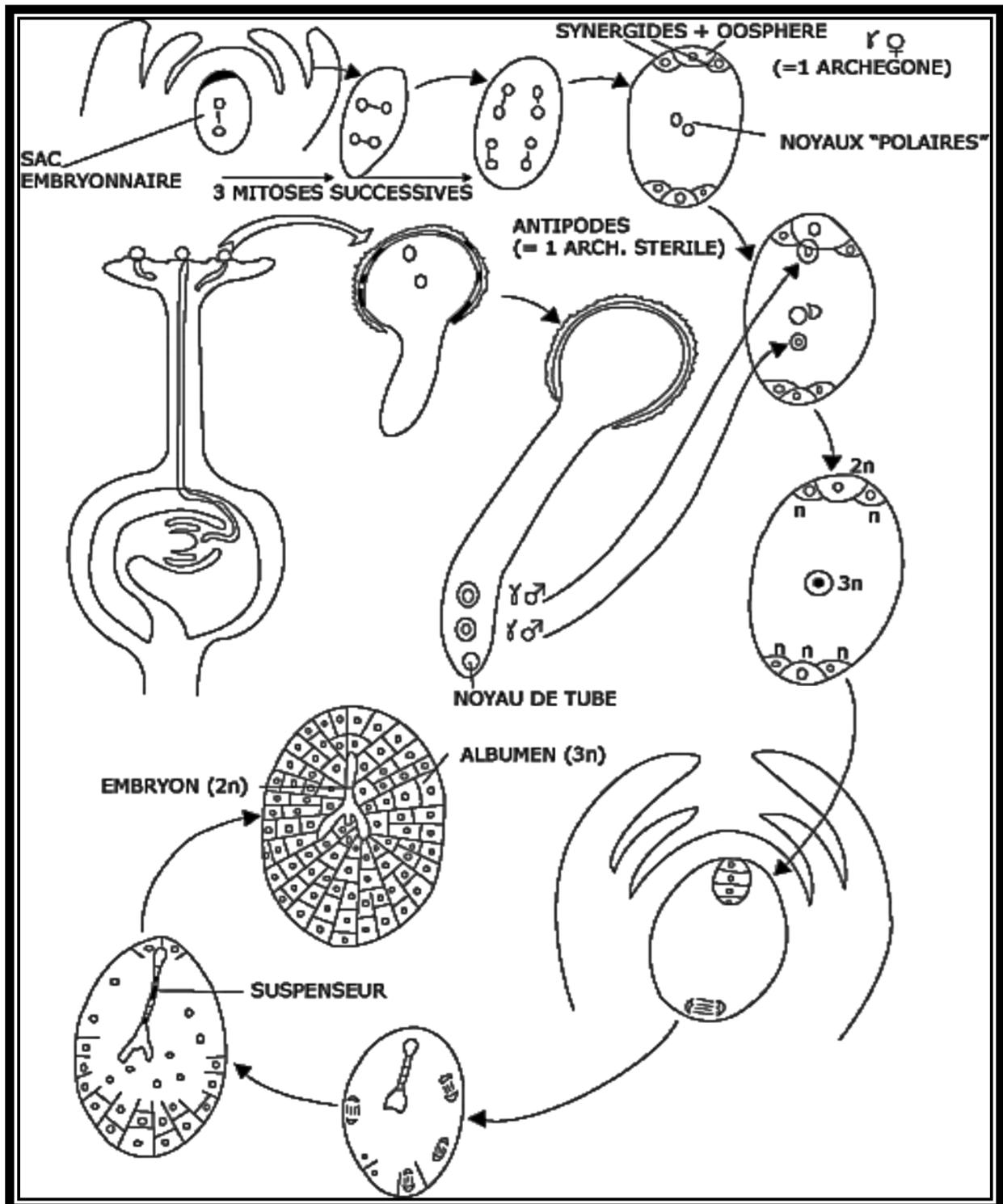


Figure 124: Gamétogenèse, fécondation et embryogenèse des Angiospermes

C. Le cycle de développement des Angiospermes

