

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mustapha Ben Boulaid Batna 2
Faculté des sciences de la nature et de la vie



COURS DE BIOLOGIE VEGETALE

1ère Année LMD

Conçu et préparé

Par

Mr BEZZALLA Adel

Année 2019/2020

Sommaire

Liste des figures
Liste des tableaux

1. Introduction	1
2. Différents types de tissus	1
2.1. Le méristème primaire	2
2.1.1. Les tissus de revêtements	2
2.1.1.1. Epiderme	2
2.1.1.2. Le rhizoderme	3
2.1.1.3. L'endoderme	3
2.1.2. Les tissus de remplissage	4
2.1.3. Les tissus de soutien	4
2.1.4. Les tissus conducteurs	5
2.1.5. Les tissus sécréteurs	6
2.2. Le méristème secondaire	6
2.2.1. Les tissus secondaires	7
2.2.2. Les tissus conducteurs	7
2.2.3. Les tissus protecteurs	8
3. Anatomie des végétaux supérieurs	8
3.1. La racine	9
3.2. La tige	10
3.3. La Feuille	11
3.4. Anatomie comparée entre mono et dicotylédones	12
4. Morphologie des végétaux supérieurs et adaptation	13
4.1. Racines	13
4.1.1. Définition	13
4.1.2. Ramifications	13
4.1.3. Différentes parties d'une racine	14
4.1.4. Système racinaire	15
4.1.5. Adaptations fonctionnelles	15
4.2. Tiges	17
4.2.1. Définition	17
4.2.2. Différentes parties de la tige	17
4.2.3. Types morphologiques	18
4.2.3.1. Tiges herbacées	18
4.2.3.2. Tiges ligneuses	19
4.2.4. Autres types de tiges	20
4.2.5. Adaptations fonctionnelles	20
4.3. Feuilles	21
4.3.1. Introduction	21
4.3.2. La composition de la feuille	22
4.3.2.1. Le limbe	22
4.3.2.2. Les nervures	22
4.3.2.3. Le pétiole	23
4.3.2.4. La phyllotaxie	23
4.3.2.5. La gaine	24
4.3.3. Les variations morphologiques des feuilles et adaptations	25

4.4. Fleurs	25
4.4.1. Périanthe	26
4.4.2. Calice	27
4.4.3. Corolle	27
4.4.4. Pièces reproductrices	28
a. Androcée	28
b. Gynécée	29
4.4.5. Inflorescence des fleurs	31
4.5. Graines	31
4.6. Fruits	32
4.6.1. Le fruit simple	33
a. Fruits charnus	33
b. Fruits secs	34
4.6.2. Faux fruit	35
a. Fruits multiples	35
b. Fruits complexes	36
c. Fruits composés	36
5. Gamétogenèse	37
5.1. La gamétogenèse femelle ou mégagamétogenèse	37
5.1.1. L'ovule	37
5.1.2. La formation de l'ovule	39
5.1.3. La formation du sac embryonnaire	39
5.2. La gamétogenèse mâle ou microgamétogénèse	40
5.2.1. Le grain de pollen	40
5.2.2. La formation du grain de pollen	41
6. Fécondation	42
6.1. La pollinisation	42
6.2. La germination du pollen	43
6.3. La double fécondation	44
Références bibliographiques	46

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure. 01	Observation microscopique d'un tissu d'épiderme d'ognon.	2
Figure. 02	Observation d'un rhizoderme d'ognon.	3
Figure. 03	Schéma d'une racine primaire.	3
Figure. 04	Vue de détail d'un morceau de parenchyme lacuneux (x400).	4
Figure. 05	Tissus de soutien ; (A) Collenchyme, (B) Sclérenchyme.	5
Figure. 06	Le xylème et le phloème primaire.	5
Figure. 07	Tissus sécréteurs.	6
Figure. 08	Coupe anatomique transversale d'un tronc de tilleul de 8 ans.	8
Figure. 09	Coupe transversale d'une tige de tilleul, colorée au carmin : le trait montre le phellogène.	8
Figure. 10	Coupe transversale dans une racine.	10
Figure. 11	Coupe transversale schématique d'une tige.	11
Figure. 12	Coupe transversale schématique d'une feuille.	12
Figure. 13	Différentes parties de la racine.	14
Figure. 14	Différents types de systèmes racinaires.	15
Figure. 15	Racines tubéreuses (de réserves).	16
Figure. 16	Association plante-organismes ; (A) Nodosités sur les racines d'une plante, (B) Mycorhizes ; une symbiose plante-champignon.	16
Figure. 17	Différentes parties de la tige.	18
Figure. 18	Tige rampante du Fraisier.	19
Figure. 19	Boutures de tige ligneuse.	19
Figure. 20	Autres types de tiges ; (A) Stipe (palmier), (B) Chaume (Bambou) et (C) Tiges souterraine (Pomme de terre)	20
Figure. 21	La composition d'une feuille.	22
Figure. 22	Caractérisation des feuilles selon la forme du sommet et la base du limbe, la nervation.	24
Figure. 23	Les différentes formes de la gaine ; (A) Ochréa, (B) Ligule et (C) Stipule	25

Figure. 24	Coupe longitudinale d'une fleur hermaphrodite.	26
Figure. 25	Soudures des pièces des périanthes (de gauche à droite ; dialypétale, gamopétale dialysépale, gamosépale).	27
Figure. 26	Symétrie des fleurs.	28
Figure. 27	(A) Structure d'une étamine, (B) Coupe transversale d'une anthère mûre.	28
Figure. 28	Le gynécée.	29
Figure. 29	Différents types de placentation.	30
Figure. 30	Disposition des ovaires et pièces florales.	30
Figure. 31	Exemples d'inflorescences.	31
Figure. 32	Schéma des trois catégories de graines selon l'albumen.	32
Figure. 33	Transformation de l'ovule en graine et de l'ovaire en fruit.	33
Figure. 34	Coupe longitudinale dans une drupe de pêche (A) et une baie de tomate (B).	34
Figure. 35	Fruits secs indéhiscent ; Coupe longitudinale dans un caryopse de blé (A) et un akène de gland de chêne (B) et une samare d'érable (C).	34
Figure. 36	Les différents fruits secs déhiscent ; Follicule (A), Gousse (B), silique (C), Capsule (D).	35
Figure. 37	Fruit multiple.	36
Figure. 38	Coupe longitudinale ; Pomme (A) et Fraise (B).	36
Figure. 39	Fruits composés ; Figue (A), Ananas (B).	37
Figure. 40	Schéma d'un ovule d'angiosperme.	38
Figure. 41	Les trois types des ovules.	38
Figure. 42	La formation d'un sac embryonnaire.	40
Figure. 43	Représentation schématique d'un grain de pollen avec ses deux cellules.	41
Figure. 44	La microgamétogénèse : la formation du grain de pollen.	42
Figure. 45	Pollinisation par le vent et les insectes.	43
Figure. 46	Germination du tube pollinique.	43

Figure. 47	Schéma du processus de la double fécondation.	45
Figure. 48	Le cycle de développement des Angiospermes.	45

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau. 1	Caractéristiques des méristèmes secondaires.	7
Tableau. 2	Anatomie comparée entre mono et dicotylédones.	12

1. Introduction

Les végétaux sont des organismes qui ont une place importante dans le monde vivant, pour 2 raisons : ils sont en nombre important sur la Terre et leur métabolisme est primordial pour le reste des êtres vivants qui profitent de l'oxygène rejeté par ces organismes.

Le règne des végétaux se caractérise au niveau de leur structure, d'abord par leurs cellules, puis par la structure de leurs tissus, ils ont la possibilité de synthétiser leur propre nourriture à partir d'éléments minéraux récupérés de l'environnement, aussi ils ont colonisé la plupart des écosystèmes de la planète grâce en particulier à leur mode de reproduction asexuée et sexuée. En particulier, la colonisation est très efficace avec la production de graines et de fruits par les plantes à fleurs.

Les végétaux sont capables de réagir aux variations des paramètres physico-chimiques de l'environnement. Cela est possible grâce à la production d'hormones végétales.

Pratiquement chaque jour, les médias nous parlent des organismes génétiquement modifiés (OGM), de clonages d'animaux (voire humains), de culture biologique avec des variétés anciennes, (toujours bien meilleures que les produits actuelles), on ne se rend que partiellement compte des progrès extraordinaires que la biologie a fait depuis quelques années. Partant à la découverte de ce monde, l'étudiant découvrira l'organisation cellulaire du végétal avant de voir que ces cellules forment des tissus et des organes permettant à la plante de se développer et de se reproduire. Pour ces être généralement immobiles qui subissent continuellement les contraintes de l'environnement, les solutions adoptées pour survivre ne manquent pas d'originalité.

2. Différents types de tissus

Les tissus végétaux sont une organisation de cellules végétales entre elles ayant la même organisation et la même fonction. Les tissus formeront des organes tels que les racines, les tiges, les fleurs...

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

- Le méristème : ce sont des petites cellules à cloisons minces. Elles ont une capacité de se diviser sans fin (chez les végétaux à croissance continue) Le rythme de division très important lors des saisons de croissance.
- Les cellules à maturité forment les tissus permanents des organes de la plante.
- La croissance est limitée à des zones méristématiques chez les végétaux (contrairement aux animaux où tous les organes de tout le corps grandissent).

2.1. Le méristème primaire

Le méristème primaire est une zone de croissance au niveau de l'extrémité des tiges et des racines, fournissant des cellules neuves qui, d'un côté perpétuent le méristème lui-même et, de l'autre, construisent des tissus adultes permet une croissance verticale du végétal. Il se trouve chez tous les végétaux (monocotylédones et dicotylédones).

2.1.1. Les tissus de revêtements

2.1.1.1. Epidermes

L'épiderme (fig.01) est le tissu de revêtement externe des organes aériens (tige et feuille). Il se compose généralement d'une seule couche de cellules serrées et recouverte vers l'extérieure d'une couche plus ou moins épaisse de cutine, la cuticule. Les cellules épidermiques sont des cellules vivantes, généralement dépourvues de chloroplastes, différentes par leurs formes et leurs dimensions, en contact étroit les unes avec les autres. Néanmoins chez les fleurs, les fruits et certaines feuilles, elles peuvent renfermer des pigments anthocyaniques. La cuticule peut être recouverte d'une couche plus ou moins épaisse de cire. La fonction principale de ce tissu est la protection des tissus internes et la limitation de la perte d'eau par transpiration.

Au niveau des racines, le tissu épidermique est un tissu absorbant (présence de poils absorbants)

Au niveau des feuilles, l'épiderme renferme des stomates, qui sont des petites ouvertures vers l'extérieur et qui permettent l'entrée et/ou la sortie des gaz dans l'organisme végétal (H₂O, CO₂ et O₂).

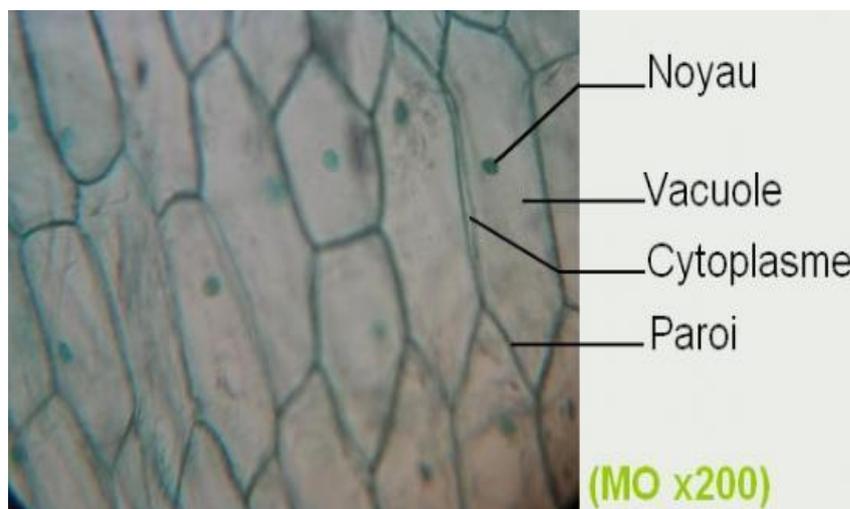


Fig. 01: Observation microscopique d'un tissu d'épiderme d'ognon

2.1.1.2. Le rhizoderme

C'est le tissu tégumentaire de la racine dans la zone de structure primaire. Les cellules épidermiques peuvent être remplacées au niveau de la racine par l'assise pilifère, elle est présente au niveau de jeunes racines 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 prennent la forme d'un poil, dit poil absorbant, ce dernier a une durée de vie courte, réduite à quelques jours (fig.02).

2.1.1.3. L'endoderme

L'endoderme est un tissu monostratifié, situé à l'intérieur de la racine à la limite de la zone corticale (fig.03). 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 seule certaines d'entre elles pourront migrer jusqu'aux tissus conducteurs.

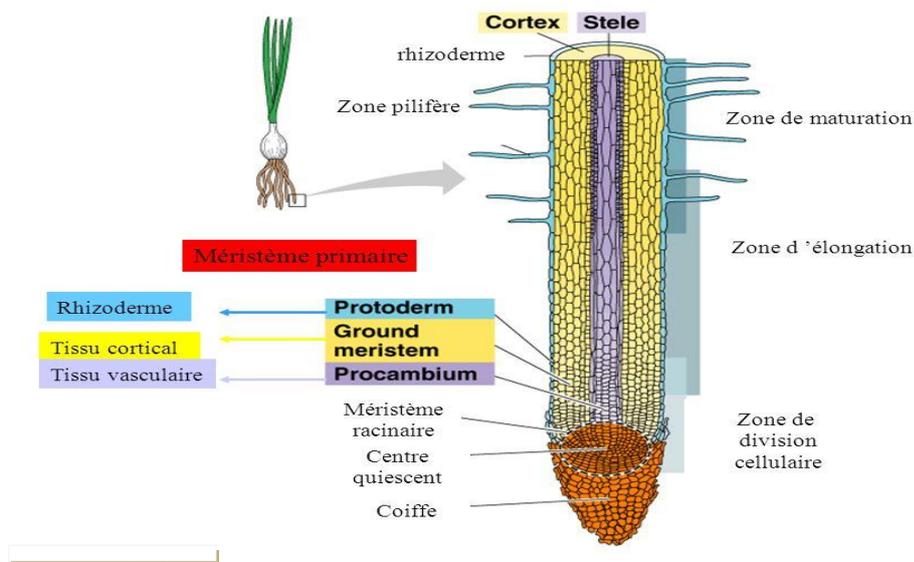


Fig. 02 : Observation d'un rhizoderme d'ognon

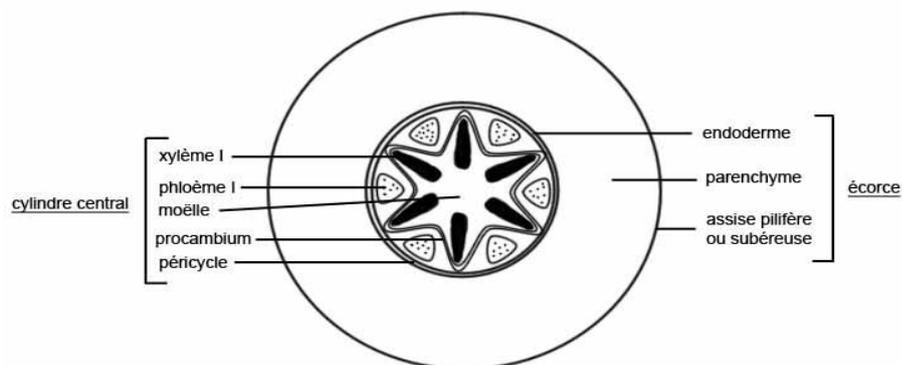


Fig. 03 : Schéma d'une racine primaire

2.1.2. Les tissus de remplissage

Ils sont composés par des cellules vivantes à rôle très différents. Ces cellules ont des cloisons minces. Au niveau des feuilles, le parenchyme est chlorophyllien, les cellules contiennent des chloroplastes qui permettent de faire la photosynthèse. Ce parenchyme est aussi appelé le chlorenchyme.

Au niveau de sa structure, le parenchyme est divisé en 2 :

→ le parenchyme palissadique (longues cellules formant une barrière)

→ le parenchyme lacuneux (espace libre pour stocker les gaz) (fig.04)

→ le parenchyme de réserve qui se trouve plutôt dans les tiges et les racines. Ces cellules sont grosses et rondes et permettent de stocker de l'amidon, des protéines, des huiles...

Les parenchymes peuvent être d'origine primaire ou secondaire.

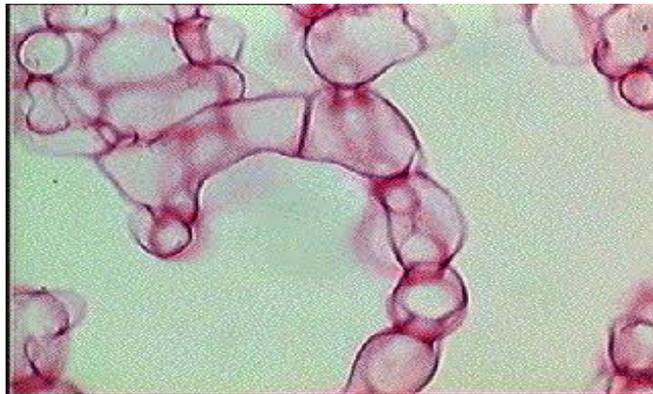


Fig. 04 : Vue de détail d'un morceau de parenchyme lacuneux (x400)

2.1.3. Les tissus de soutien

Il assure la rigidité et le maintien des jeunes tiges, donc ils sont plus abondants dans la tige, où ils sont localisés dans les parties périphériques, que dans les racines, où ils sont réunis dans la portion centrale.

Il se constitue de plusieurs tissus (fig.05) :

→ Le collenchyme : cellules vivantes à paroi épaisse de cellulose.

→ Le sclérenchyme = cellules mortes avec une paroi de lignine.

Chez les végétaux dicotylédones, les tissus secondaires prennent le rôle de soutien comme par exemple les arbres dont le tronc se compose de vaisseaux conducteurs secondaires.

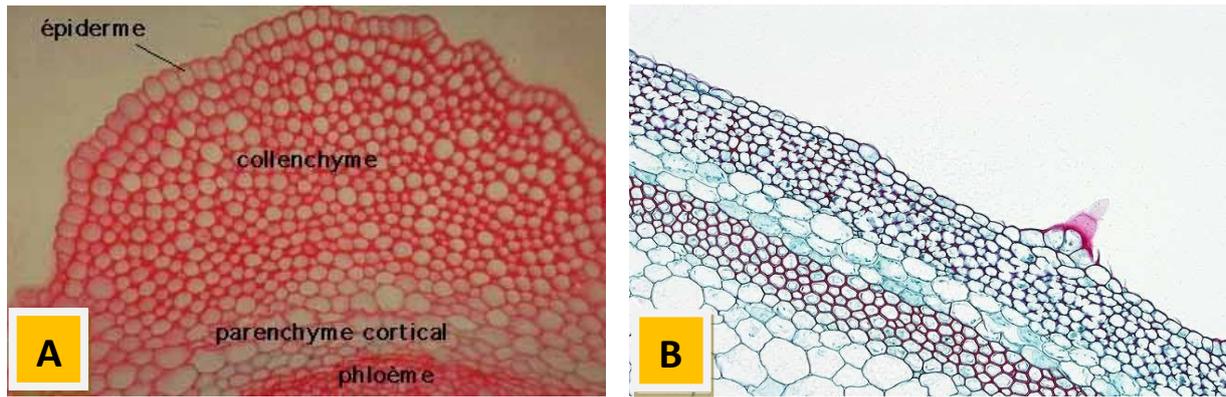


Fig. 05 : Tissus de soutien ; (A) Collenchyme, (B) Sclérenchyme

2.1.4. Les tissus conducteurs

Les cellules du tissu vasculaire sont de longues cellules mises bout à bout formant ainsi de longues colonnes (fig.06). Ces cellules permettent le passage de la sève dans tout l'organisme végétal. Il existe 2 types de vaisseaux conducteurs : le phloème et le xylème.

– le xylème primaire : Il assure la circulation de la sève brute (eau et sels minéraux provenant du sol) à partir des racines jusqu'aux organes de la photosynthèse, les feuilles. Ce tissu se compose de cellules mortes très allongées à paroi épaisse (lignine).

– le phloème primaire : Il assure la circulation de la sève élaborée enrichie en substances organiques (le produit de la photosynthèse) Le phloème distribue cette sève élaborée à tous les autres organes de la plante. Les cellules du phloème sont vivantes sans noyau (tubes criblés) Elles sont associées à d'autres cellules, des cellules compagnes (petites cellules vivantes à noyaux).

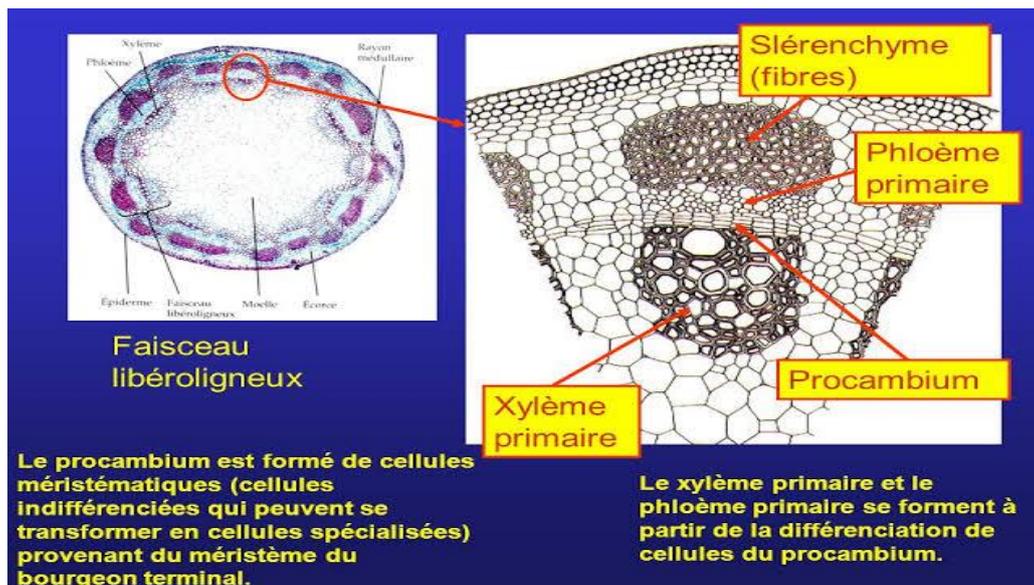


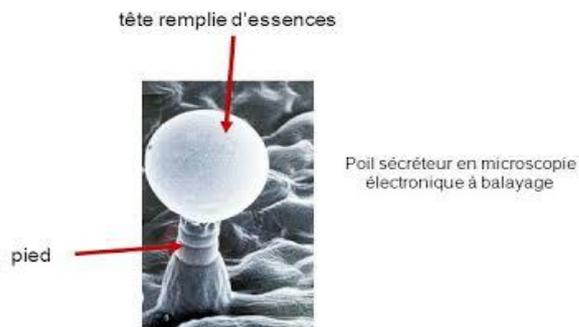
Fig. 06 : Le xylème et le phloème primaire

2.1.5. Les tissus sécréteurs

Ils sont distribués de manière diverse dans la plante (certains externes, d'autres internes), correspondent à des canaux ou poils sécréteurs, cellules sécrétrices, poches ou parenchymes de stockage, ils sont très variés aussi bien dans la forme que dans le mode de libération et peuvent se localiser dans tous les tissus. Certaines cellules isolées dans le parenchyme ou groupées en poches ou en tubes synthétisent des substances. Elles peuvent soit stocker les produits, soit les sécréter dans des organes végétaux, comme les essences volatiles, qui produisent les parfums de certaines plantes (pétales de rose, thym, romarin, etc.) (fig.07).

Tissus sécréteurs

Poils sécréteurs



Poches sécrétrices

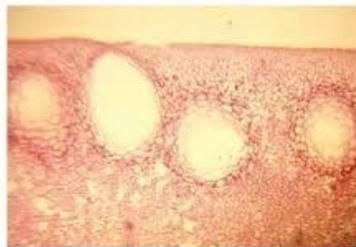


Fig. 07 : Tissus sécréteurs

2.2. Le méristème secondaire

Dans les plantes on trouve deux méristèmes secondaires qui se différencient tardivement (tab.01) :

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.
2. La zone génératrice subéro-phellodermique, 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.

Tab 1 : Caractéristiques des méristèmes secondaires

Localisation	Dans les parties âgées des tiges et des racines
Rôles	Assurent la croissance en épaisseur
Cellules	Grandes, allongées et aplaties radialement
Noyau	Fusifforme, petit, appliqué contre la paroi
Cytoplasme	Peu important
Vacuoles	Une ou deux grandes vacuoles
Paroi	Pecto-cellulosique
Plastes	Non différenciées, proplastes
Inclusions lipidiques	Peu nombreuses

2.2.1. Les tissus secondaires

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

2.2.2. Les tissus conducteurs

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) Ils proviennent du cambium libéroligneux (ou "cambium"), constitué de cellules courtes et de cellules longues.

. Le 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).

. Le bois : Il se développe vers l'intérieur. Il a une croissance rythmique centripète, synchronisée avec les saisons. Il forme donc des couches annuelles (fig.08).

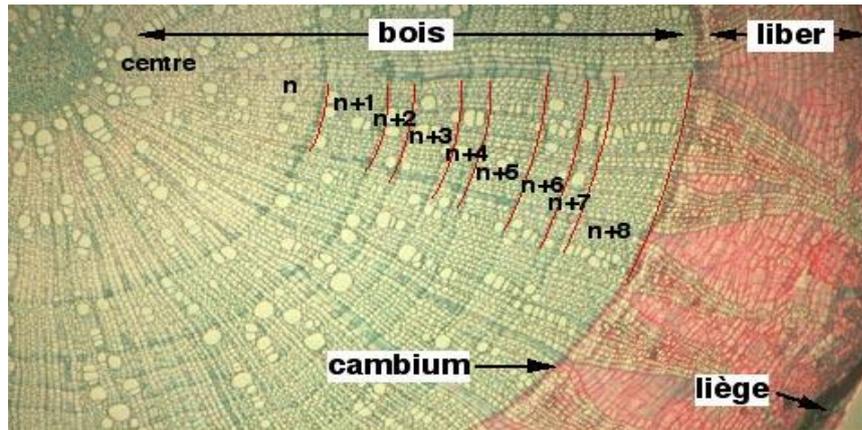


Fig. 08 : Coupe anatomique transversale d'un tronc de tilleul de 8 ans

2.2.3. Les tissus protecteurs

Ils proviennent du phellogène (assise subéro-phellodermique), il produit le liège ; suber vers l'extérieur et le phelloderme vers l'intérieur (fig.09).

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

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

Tout d'abord, le phellogène apparaît. C'est le lieu de naissance des tissus secondaires qui remplaceront les tissus épidermiques de la croissance primaire. Le phellogène se développe en deux parties :

- une croissance externe = le liège ; est une structure imperméable, protecteur, à la surface des tiges et des racines. Ces cellules ont une courte durée de vie mais restent longtemps autour des tiges et des racines = c'est l'écorce des arbres.
- une croissance interne = le phelloderme.

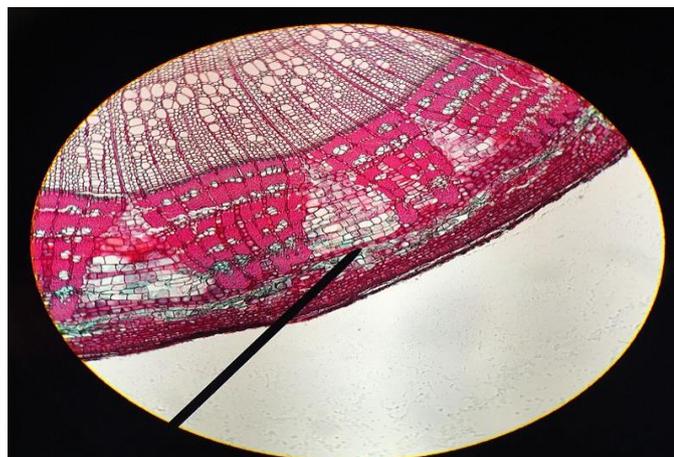


Fig. 09 : Coupe transversale d'une tige de tilleul, colorée au carmin : le trait montre le phellogène

3. Anatomie des végétaux supérieurs

Le mot « anatomie » désigne l'acte de « couper » pour connaître les caractéristiques des structures internes, examen qui a lieu généralement au niveau microscopique.

Les végétaux possèdent des organes qui ont des rôles spécifiques dans l'organisme. Ces organes principaux sont : les racines, les tiges et les feuilles. Les organes possèdent des tissus localisés différemment en fonction de l'organe.

3.1. La racine

Sur des coupes effectuées dans la racine au niveau des poils absorbant, on distingue de l'extérieur vers l'intérieur plusieurs structures (fig.10) :

- a- Les poils absorbants : qui se trouvent sur le rhizoderme, sont les prolongements des cellules du rhizoderme. Ils permettent l'absorption de l'eau et des sels minéraux. La présence de ces nombreux poils permet d'augmenter considérablement la surface **d'absorption de la racine**. Ils ont un diamètre de 12 à 15 micromètres et de 1 à plusieurs millimètres de long. Il peut y avoir jusqu'à 2 000 poils par cm² de surface racinaire.
- b- Le parenchyme cortical est formé de cellules laissant entre elles d'importants méats. Il est constitué de cellules jointives à la forme d'un parallélépipède, (prisme à six faces parallèles deux à deux), allongées dans le sens de l'axe de la racine.
- c- L'endoderme est une couche de cellules qui se trouve entre l'écorce (le cortex) et la stèle (cylindre central), il constitue un anneau unistratifié (composé d'une seule assise de cellules), joue le rôle de barrière sélective qui règle le passage des substances provenant du sol vers les tissus conducteurs de la stèle. Les cellules sont en forme de parallélépipède dont les parois possèdent un épaissement formant les bandes de Caspary constituées de lignosubérine, imperméable à l'eau.
- d- Le péricycle formé d'une seule assise de cellules responsable de l'apparition des racines secondaires
- e- Le cylindre central (la stèle) situé dans le centre de la racine protégé par une assise de cellules : l'endoderme. Il est limité par une couche mince de parenchyme aux cellules jointives et aux parois minces, le péricycle. Plus au centre, des vaisseaux de xylème, facilement reconnaissables par leur épaisse paroi. Ils alternent régulièrement et sur un seul cercle, avec les tubes criblés du phloème. Les uns et les autres représentent les tissus conducteurs de la racine. Les cellules du xylème ont des tailles différentes selon

leur emplacement dans le cylindre central. Près du péricycle, elles sont jeunes et petites (protoxylème), vers le centre, elles sont grandes et âgées (métaxylème). La différenciation du xylème est centripète dans la racine. Même si ceci est moins visible, il en est de même pour le phloème.

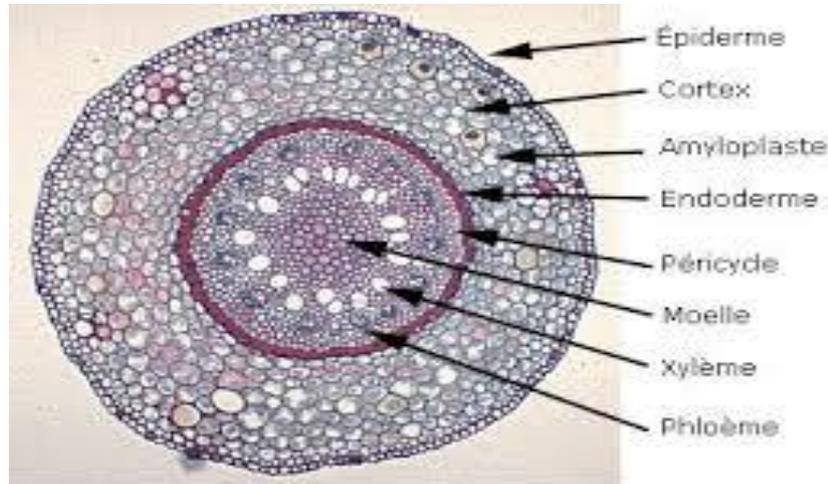


Fig. 10 : Coupe transversale dans une racine

3.2. La tige

Ce qui caractérise la tige de point de vue anatomique c'est la disposition du xylème et phloème, ils n'alternent plus (comme c'est le cas de la racine) mais ils sont superposés, le xylème est interne (qui tend vers le centre) montre une différenciation centrifuge (le protoxylème près du centre et le métaxylème près de la périphérie) le phloème est externe (qui va vers la périphérie) et on observe un parenchyme médullaire important ainsi qu'une présence de tissus de soutien. La coupe transversale d'une tige (fig.11) présente plusieurs zones :

- a- L'épiderme : constitué d'une couche de cellules juxtaposées. Leur paroi est peu épaisse et elles ne contiennent pas de chloroplaste.
- b- 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.
- c- Les tissus conducteurs rassemblés en amas superposés de xylème et de phloème. Le xylème, vers le centre de la tige, est coiffé, vers l'extérieur, par le phloème. Ce sont les faisceaux criblovasculaires (parfois encore appelés faisceaux libéroligneux). Les diamètres des cellules de xylème ne sont pas identiques, ils diminuent au fur et à

mesure que l'on se rapproche du centre (le protoxylème à petit diamètre près du centre et le métaxylème à grand diamètre près de la périphérie). Le phloème lui non plus n'est pas homogène, même si les différences entre les cellules sont moins marquées. Il est possible de distinguer du protophloème et du métaphloème. La différenciation du xylème est centrifuge dans la tige. On observe une moelle remplie par parenchyme formé de cellules très large.

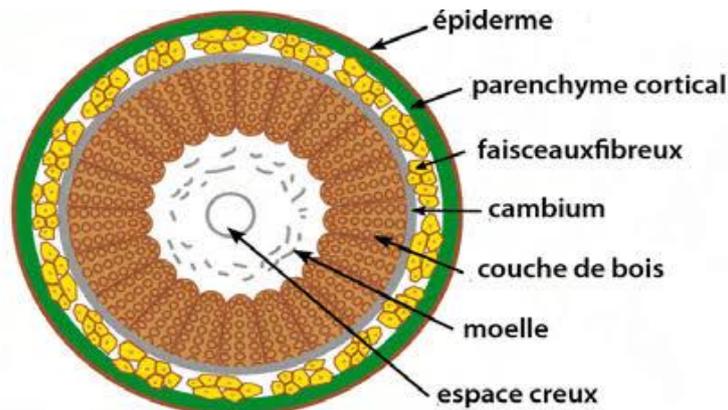


Fig. 11 : Coupe transversale schématique d'une tige

3.3. La feuille

Les feuilles sont le centre de la photosynthèse. Les vaisseaux conducteurs de xylème (dans les nervures de la feuille) apportent l'eau et les minéraux nécessaire à la photosynthèse. Les stomates permettent l'entrée des gaz et donc l'apport du CO₂. La photosynthèse permet la synthèse de matières organiques (glucose) qui seront redistribués aux autres organes par le phloème. La feuille est composée de (fig.12) :

- a- 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.
- b- Le parenchyme palissadique : est logé sous l'épiderme supérieur. Il se compose de cellules remplies de chloroplastes.
- c- Le parenchyme lacuneux, constitué d'une couche de cellules moins régulières, peu jointives et laissant entre elles d'importantes lacunes. Ces cellules sont plus pauvres en chloroplastes, surtout vers le centre de la feuille.
- d- Les faisceaux criblovasculaires : ce sont les tissus conducteurs superposés, les faisceaux criblovasculaires, sont identiques à ceux observés dans la tige. Ils sont en réalité, la suite de ceux de la tige et du pétiole et correspondent aux nervures du limbe. Des formations secondaires apparaîtront rapidement.

- e- 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.

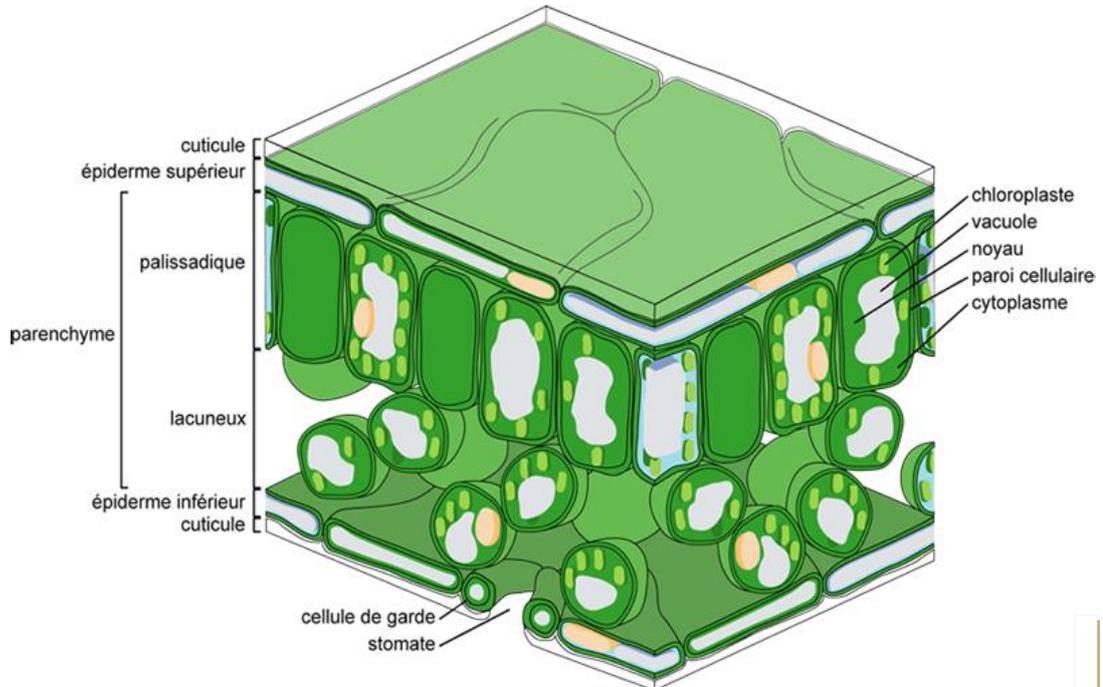


Fig. 12 : Coupe transversale schématique d'une feuille

3.4. Anatomie comparée entre mono et dicotylédones

La structure secondaire d'une racine, tige et feuille ne concerne que les plantes dicotylédones, elle est totalement absente chez les plantes monocotylédones (tab.02).

Monocotylédones	Dicotylédones
Limbe à symétrie bilatérale	Limbe à symétrie bilatérale
Plus de stomates sur la face inférieure	Stomates répartis généralement sur les deux faces
Parenchyme chlorophyllien Cellules isodiamétriques, peu chlorophylliennes, sans méats Présence fréquente de collenchyme et de sclérenchyme	Parenchyme chlorophyllien Cellules isodiamétriques, peu chlorophylliennes, sans méats Présence fréquente de collenchyme et de sclérenchyme
Homogène	Hétérogène Parenchyme palissadique Parenchyme lacuneux
Tissus conducteurs Un ou plusieurs faisceaux criblovasculaires	Tissus conducteurs Un ou plusieurs faisceaux criblovasculaires
Faisceaux criblovasculaires Xylème et phloème superposés Xylème vers la face ventrale de la feuille Phloème vers la face dorsale de la feuille	Faisceaux criblovasculaires Xylème et phloème superposés Xylème vers la face ventrale de la feuille Phloème vers la face dorsale de la feuille

Nervures parallèles constituées d'un faisceau unique, mais souvent uni à l'épiderme dorsal par les bandes des fibres sclérifiées	Nervures ramifiées constituées d'un ou plusieurs faisceaux de xylème interne et de phloème externe, entourés de tissus de soutien
Pétiole à symétrie bilatérale	Pétiole à symétrie bilatérale
Epiderme Cutinisé, stomatifère	Epiderme Cutinisé, stomatifère

4. Morphologie des végétaux supérieurs et adaptation

Intuitivement, quand on parle d'un végétal, on pense aux plantes ayant des tiges, des feuilles et des racines. Les biologistes les appellent les Cormophytes. Elles possèdent un ensemble de tiges feuillées pourvues ou non de racines, le cormus. Elles représentent, à elles seules, plus de 70% des végétaux qui se développent sur la terre.

4.1. Racines

4.1.1. Définition

La racine est l'organe de la plante qui se développe généralement dans le sol. Elle intervient dans la nutrition de la plante en puisant par absorption l'eau et les sels minéraux se trouvant dans son environnement. Grâce à ses nombreuses ramifications, elle permet la fixation de la plante dans le sol. La racine présente un géotropisme positif et un phototropisme négatif.

- Géotropisme : Orientation de la croissance de certains organes (tige, racine) par rapport à la pesanteur, géotropisme positif : du haut vers le bas et géotropisme négatif : du bas vers le haut.

- Phototropisme : Phénomène d'attraction ou de répulsion d'organes en croissance par rapport à la lumière (solaire ou artificielle), phototropisme positif : attraction et phototropisme négatif : répulsion.

4.1.2. Ramifications

La racine principale émet des ramifications latérales secondaires qui émettent à leur tour des ramifications latérales tertiaires, etc. Les dernières ramifications dites radicules sont les plus fines, c'est à leur niveau que l'absorption est la plus élevée. L'ensemble forme le système racinaire ou système racinaire.

La morphologie de la racine se complique quand la plante se développe. Elle se ramifie et devient pivotante. Tubéreuse, fasciculée.

4.1.3. Différentes parties d'une racine

Dans un système racinaire, on distingue de bas en haut (fig. 13) :

- **Coiffe** : La coiffe de forme conique, se trouve à l'extrémité de la racine. Elle protège le méristème radiculaire et permet à la racine de se frayer un chemin à travers le sol. La coiffe se desquame et se régénère continuellement.
- **Zone de croissance** : C'est une zone courte, lisse et claire ; c'est à son niveau que se fait la différenciation des tissus qui constituent la racine. Elle assure la croissance en longueur de l'organe.
- **Zone pilifère** : La zone pilifère est la partie de la racine renfermant les poils absorbants, c'est à leur niveau que se fait l'absorption de l'eau et des sels minéraux. Bien que la durée de vie de ces poils soit courte, la longueur et la position de la zone pilifère restent sensiblement constantes.
- **Zone de ramification** : Elle est aussi appelée zone subéreuse, c'est la partie la plus importante en longueur et en masse ; à son niveau se forment toutes les ramifications du système racinaire.

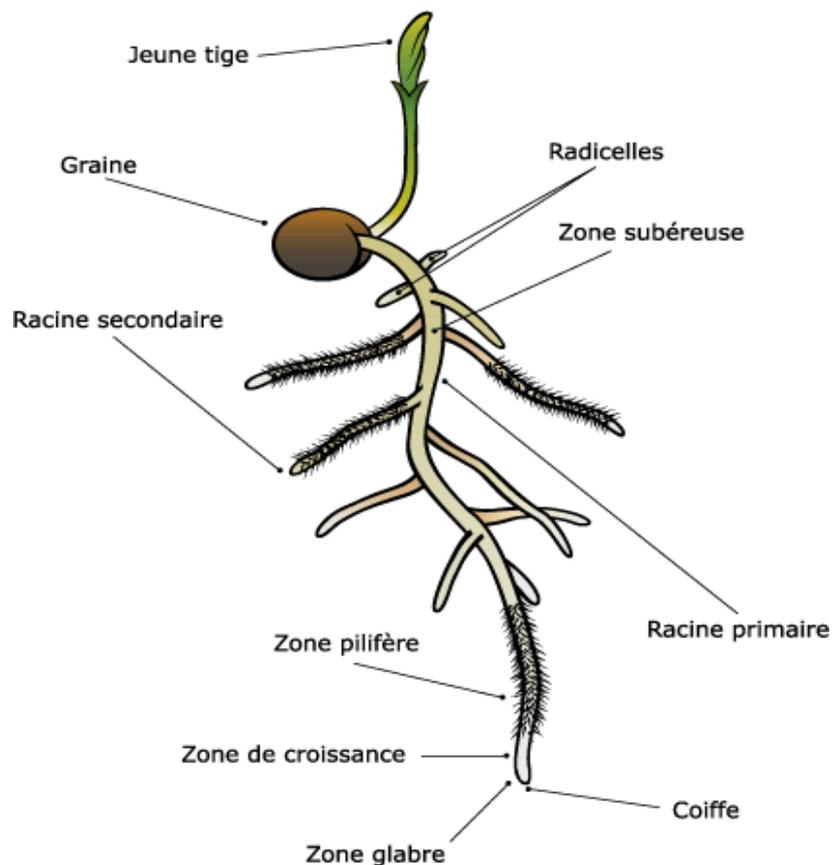


Fig. 13 : Différentes parties de la racine

4.1.4. Systèmes racinaires

Selon l'importance de la racine principale par rapport aux ramifications, on distingue les systèmes racinaires suivants :

- Système racinaire pivotant : La racine principale a une longueur et un diamètre plus importants que les ramifications. Il est caractéristique des Angiospermes Dicotylédones et des Gymnospermes (fig. 14).
- Système racinaire fasciculé : Il est difficile de distinguer la racine principale des ramifications. Toutes les racines de ce système ont un diamètre plus ou moins égal. Il est caractéristique des Angiospermes Monocotylédones (fig. 14).

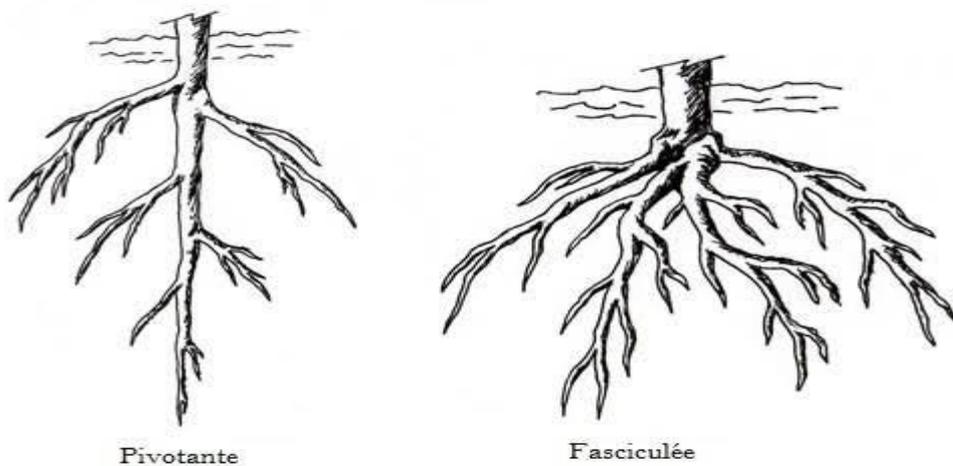


Fig. 14 : Différents types de systèmes racinaires

4.1.5. Adaptations fonctionnelles

Toutes les racines ne ressemblent pas exactement au type que nous venons de décrire ; il en existe qui sont adaptées à des milieux différents ou à des fonctions spéciales. Nous citons quelques-unes de ces adaptations liées :

- Au rôle de fixation : La croissance des racines orientée vers le bas permet de fixer solidement le végétal dans le sol. Certaines plantes, en plus de leur système racinaire souterrain présentent des racines adventives (Adventives veut dire supplémentaire) aériennes (au niveau de la tige) qui lui servent de moyen de fixation.

- A la fonction d'absorption : L'absorption de l'eau et des sels minéraux est maximale au niveau de la zone pilifère grâce aux poils absorbants. Chez les plantes parasites, la racine principale se transforme en suçoir, organe qui s'enfonce dans les tissus vasculaires de la plante hôte, pour y puiser la sève (Exemple : le gui). Les plantes épiphytes présentent des

racines aériennes pendantes, qui absorbent l'eau atmosphérique par les perforations se trouvant dans leurs parois. Ces plantes sont dépourvues de poils absorbants, elles ne parasitent pas la plante hôte (Exemples : Ficus, Philodendron).

- A la fonction de réserve : Certaines racines sont tubérisées à la suite d'une accumulation de réserves (amidon, inuline ou autre). Ces substances nutritives sont accumulées dans divers tissus (Exemples : liber pour la Carotte, parenchyme cortical pour l'Asphodèle, parenchyme cortical et bois pour le Radis, parenchyme secondaire pour la Betterave (fig. 15).

Remarque : Des associations entre racines d'une plante et autres organismes vivants (Bactéries, Champignons) peuvent exister, comme les nodosités et les mycorhizes (fig.16).

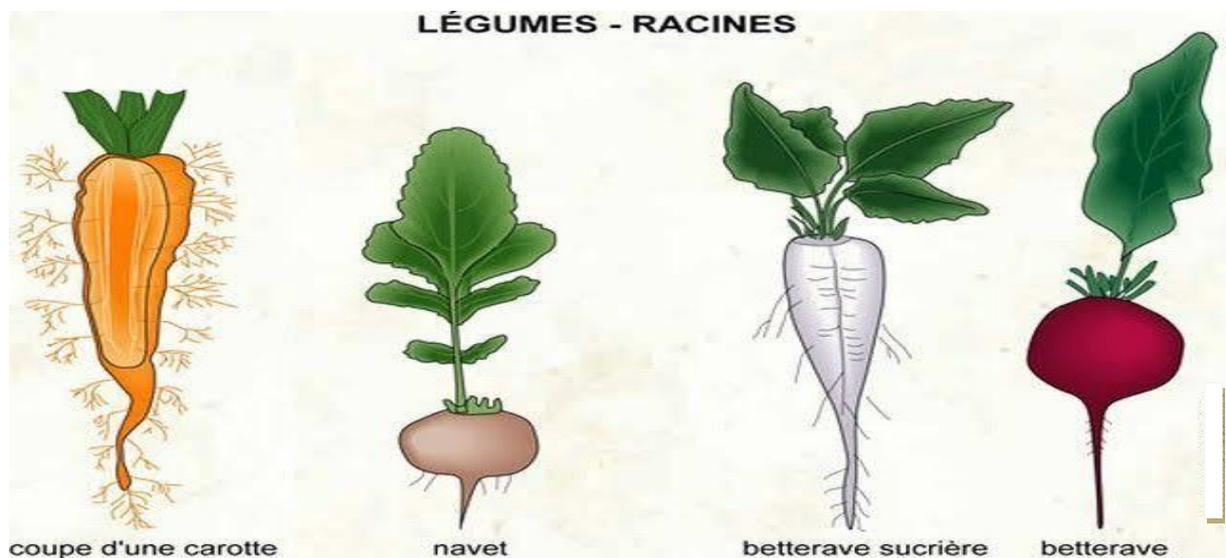


Fig. 15 : Racines tubéreuses (de réserves)

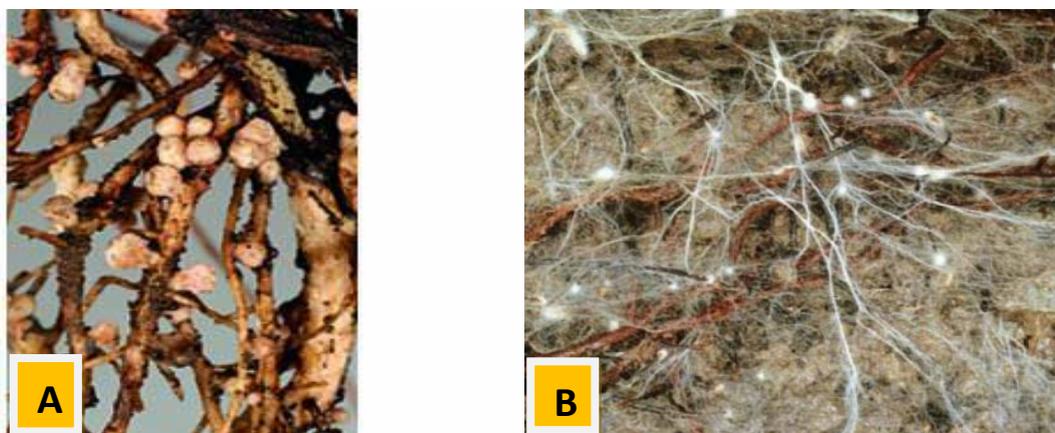


Fig. 16 : Association plante-organismes ; (A) Nodosités sur les racines d'une plante, (B) Mycorhizes ; une symbiose plante-champignon

4.2. Tiges

4.2.1. Définition

La tige est l'organe que l'on observe le plus facilement chez les plantes, généralement aérien qui porte les feuilles et l'appareil reproducteur (fleur) et donc aussi les fruits et les graines. Elle a un rôle de conduction et de soutien. Elle est reliée à la racine par le collet qui est une zone transitoire entre les deux organes. La tige présente un phototropisme positif et un géotropisme négatif.

4.2.2. Différentes parties de la tige

La tige est constituée de plusieurs parties (fig. 17) :

- **Axe principal** : L'axe principal d'une tige porte les feuilles, les bourgeons et les rameaux feuillés. Il est appelé aussi tige principale.
- **Nœuds et entre nœuds** : Le nœud est l'endroit où est attachée une feuille ou un rameau feuillé. Deux nœuds successifs sont séparés par un entre nœud ; c'est au niveau des entre nœuds que se fait la croissance en longueur de la tige.
- **Bourgeons** : Le bourgeon est constitué de très jeunes feuilles étroitement appliquées les unes sur les autres. Au fur et à mesure qu'on va vers l'intérieur du bourgeon, elles deviennent de plus en plus petites et entourent un point végétatif (zone méristématique). Les plus externes d'entre elles sont velues et enduites d'une substance qui les rend imperméables ; elles ont un rôle protecteur. Le bourgeon permet l'élongation apicale de la tige, la formation des feuilles et des rameaux.

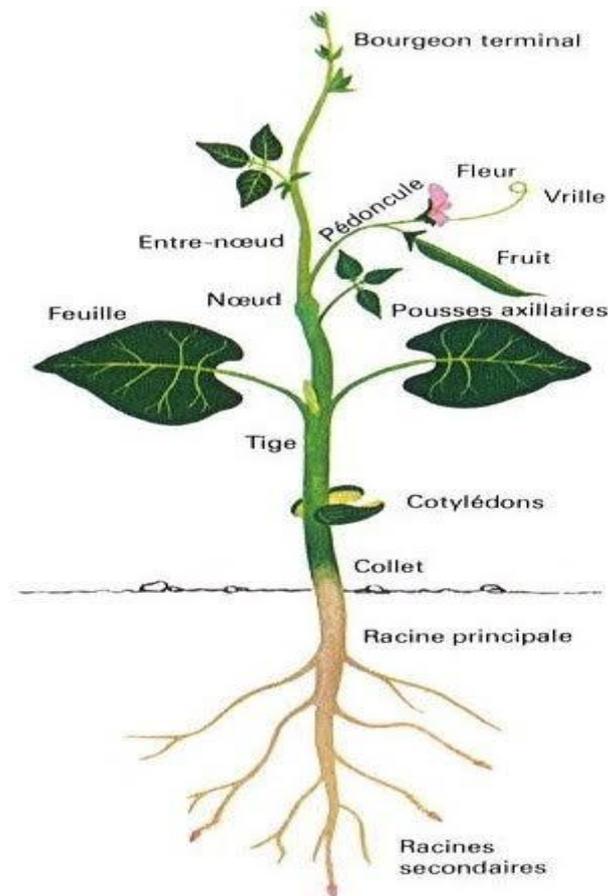


Fig. 17 : Différentes parties de la tige

4.2.3. Types morphologiques

4.2.3.1. Tiges herbacées

La tige herbacée est caractérisée par sa section réduite (diamètre), sa couleur verte et sa souplesse ; tendre et fragile. Dans le type herbacé, la tige principale et ses ramifications lorsqu'elles existent ne subissent pas une croissance en épaisseur importante. Les tiges herbacées peuvent être :

- Dressées : L'axe principal est dressé verticalement.
- Rampantes : Ces tiges sont très longues à section très réduite, les tissus de soutien sont rares. Elles s'étalent sur le sol, leur croissance est horizontale (fig. 18).
- Grimpantes : Ce sont des tiges très allongées qui se développent en hauteur en se tordant autour d'un support ou en s'appuyant à celui-ci par des vrilles ou des crampons.



Fig. 18 : Tige rampante du Fraisier

4.2.3.2. Tiges ligneuses

Les tiges des plantes ligneuses sont caractérisées par une grande section (épaisse), leurs couleur foncée (marron) et leurs duretés. Elles sont vivaces, car vivent des années durant, voir des siècles dans le cas des arbres. La ramification des tiges ligneuses nous permet de distinguer les principaux types morphologiques suivants (fig. 19) :

- Type ou port arborescent : Ce port concerne les arbres, les arbustes et les arbrisseaux. La tige principale appelée tronc est épaisse et présente des ramifications (branches) étalées à partir d'une certaine hauteur.

- Type ou port buissonnant : C'est un ensemble de tiges ligneuses formant une touffe, jaillissant de la base et parmi lesquelles, on ne peut distinguer un tronc.



Fig. 19 : Boutures de tige ligneuse

4.2.4. Autres types de tiges

On trouve également d'autres types de tiges particulières comme (fig. 20) :

- **Stipe** : C'est un axe cylindrique non ramifié marqué par les cicatrices des bases des feuilles (palmes tombées), son épaisseur n'est pas due à l'installation de tissus ligneux (totalement absents). Il caractérise les Angiospermes Monocotylédones arborescentes.
- **Chaume** : C'est une tige creuse, sauf au niveau des nœuds où se trouve une cloison fine appelée diaphragme. Le chaume est une tige grêle et résistante pouvant atteindre plusieurs mètres de haut (Exemple : roseau et bambou).
- **Tiges souterraines** : C'est des tiges vivant dans le sol, profondément modifiées par le milieu dans lequel elles se trouvent. Leur couleur est semblable à celle des racines, elles portent des bourgeons, des feuilles en écailles non chlorophylliennes et des racines adventives.

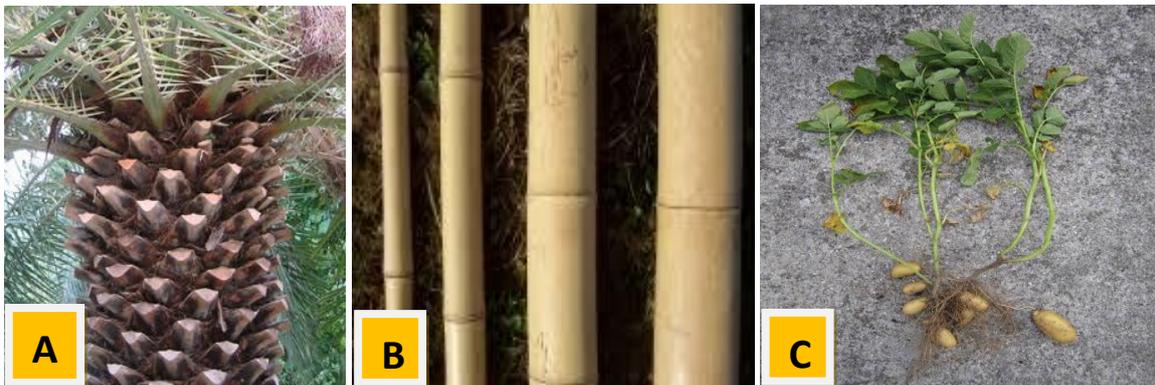


Fig. 20 : Autres types de tiges ; (A) Stipe (palmier), (B) Chaume (Bambou) et (C) Tiges souterraine (Pomme de terre)

4.2.5. Adaptations fonctionnelles

Toutes les tiges ne ressemblent pas exactement au type que nous venons de décrire ; certaines sont adaptées à des milieux différents ou à des fonctions particulières. Nous citons quelques-unes de ces adaptations liées :

- **A la conduction de la sève** : Elle est caractérisée par l'importance des tissus conducteurs et par la réduction du parenchyme cortical. Cette importance des tissus conducteurs apparaît très nettement chez les tiges grimpantes (très longues) et chez les tiges ligneuses (très épaisses).
- **A la fonction d'assimilation chlorophyllienne** : Les cladodes sont des tiges aplaties, ressemblant morphologiquement aux feuilles exemple : Cladode du figuier de barbarie.

- A la fonction de réserve : Certaines tiges souvent souterraines peuvent s'hypertrophier et accumuler des substances de réserves, exemple : Tubercules de pomme de terre.
- A la sécheresse : Les plantes grasses mettent en réserve de l'eau dans le parenchyme aquifère. Cette modification des feuilles ou des tiges correspond à une adaptation à la sécheresse. Les tiges en épines sont de courtes ramifications qui se transforment en épines. Ce type de tige est caractéristique de plantes des zones arides. Cette adaptation permet une réduction de l'évapotranspiration et protège l'espèce contre les herbivores.

Remarque : Il existe des plantes sans tiges, on dit que ce sont des plantes acaules.

4.3. Feuilles

4.3.1. Introduction

Les feuilles sont des expansions latérales de la tige, elles sont insérées aux nœuds (fig. 21). Les vaisseaux conducteurs qui se trouvent dans les nervures de la feuille apportent l'eau et les sels minéraux nécessaires à la photosynthèse. Les stomates permettent l'entrée et sortie des gaz. Il existe 3 types de feuilles :

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

Une feuille se décrit grâce à différents caractères observables : la forme de son limbe qui peut être en une partie, cas de la feuille simple ou en plusieurs parties dans le cas d'une feuille composée, le contour du limbe, le degré de son découpage et la forme de sa base ou de son sommet, le mode d'insertion de la feuille sur la tige (phyllotaxie), la disposition des nervures dans le limbe, la pubescence (présence ou absence de poils). Les feuilles diffèrent les unes des autres par des caractères concernant : le pétiole, le limbe, les nervures qui parcourent le limbe et la disposition des feuilles sur la tige.

Une feuille a une croissance définie dans le temps, composée de 3 parties : Le limbe, Le pétiole, La gaine.

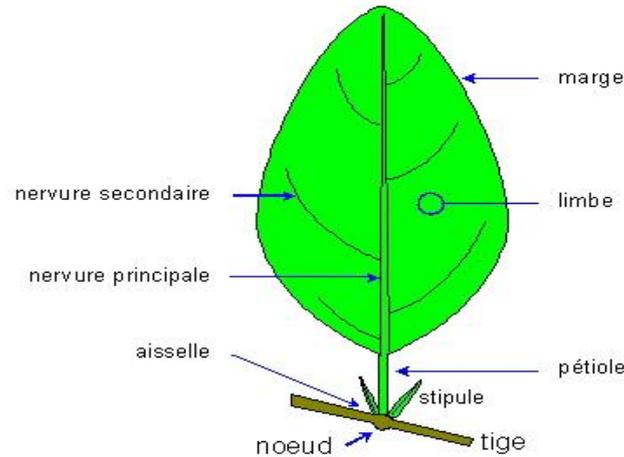


Fig. 21 : La composition d'une feuille

4.3.2. La composition de la feuille

4.3.2.1. Le limbe

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

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

La variation morphologique du limbe et la disposition des nervures permettent de distinguer différents types de feuilles (fig. 22) :

- a. Une feuille simple : Elle possède un seul limbe continu à l'extrémité d'un pétiole non ramifié.
- b. Feuilles composées : La feuille est composée de plusieurs folioles ; feuilles pennées, bipennées, tripennées, palmées, trifoliées et pédalées.

4.3.2.2. Les nervures

La nervation consiste à considérer la disposition des importantes nervures (ce sont les vaisseaux transportant la sève) qui parcourent le limbe (fig. 22).

- a. Les feuilles uninerves ; la feuille possède une seule nervure, ce sont des feuilles à limbe étroit, caractéristique des feuilles en aiguilles; feuilles de Romarin.

- b. Les feuilles parallélinerves ou à nervation parallèle ; les nervures, partent de la base du limbe sans se rencontrer, en suivant des chemins sub-parallèles ; feuilles des monocotylédones
- c. 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.
- d. 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.
- e. Nervation réticulée ; les nervures constituent un réseau quadrillé au sein du limbe.

4.3.2.3. Le pétiole

De *petiolus* = petit pied, intermédiaire entre le limbe et 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 (fig. 22).

4.3.2.4. 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 (fig. 22).



Fig. 22 : Caractérisation des feuilles selon la forme du sommet et la base du limbe, la nervation

4.3.2.5. 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 variable (fig. 23) :

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

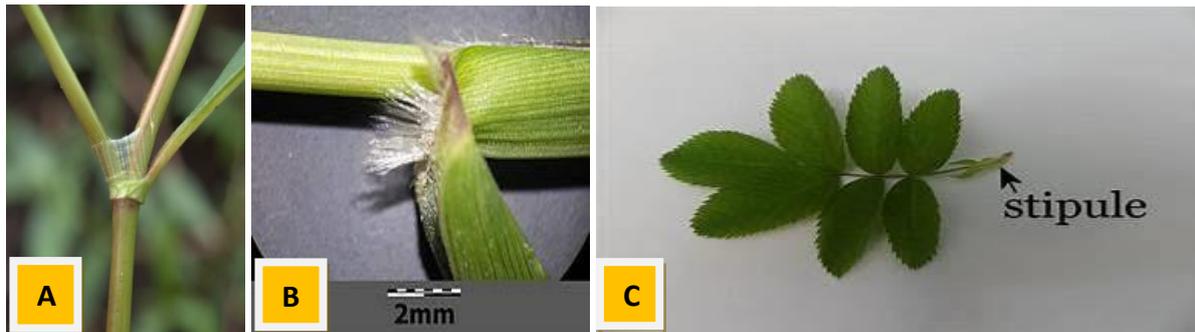


Fig. 23 : Les différentes formes de la gaine ; (A) Ochréa, (B) Ligule et (C) Stipule

4.3.3. Les variations morphologiques des feuilles et adaptations

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

4.4. Fleurs

Une fleur est un ensemble composite constitué de diverses pièces spécialisées, constituée d'un axe prenant naissance à l'aisselle d'une feuille. La partie inférieure de cet axe représente le pédoncule de la fleur dont l'extrémité plus ou moins renflée constitue le réceptacle floral à la base duquel peut s'insérer une bractée. Sur ce réceptacle sont insérées les différentes pièces florales.

C'est un organe qui a servi et sert encore d'élément de reconnaissance et de classification pour de nombreux botanistes.

Une fleur peut être hermaphrodite et contenir à la fois organes mâles (étamines) et femelles (carpelles), ou seulement mâles ou femelles (fleur unisexuée ; fleur mâle ou femelle). Une fleur est dioïque, si chaque individu ne porte que des fleurs mâles ou femelles, la fleur est monoïque, si chaque individu porte à la fois des fleurs mâles et femelles.

De l'extérieur vers l'intérieur d'une fleur hermaphrodite, on distingue généralement quatre types de pièces florales souvent regroupés en verticilles sur le réceptacle floral (fig. 24) ;

- Deux ensembles de pièces stériles ou enveloppes florales formant le périanthe :
 - A/ Calice constitué de sépales généralement chlorophylliens, destinés à protéger la fleur ;
 - B/ Corolle constitué de pétales généralement vivement colorés dont le rôle est d'attirer les animaux pollinisateurs qui sont pour la plupart des insectes. Chez les dicotylédones, certaines fleurs sont dépourvues de pétales (apétales), d'autres sont à pétales séparés (dialypétales) et d'autres enfin à pétales soudés entre eux (gamopétales).
- Deux ensembles de pièces fertiles directement impliqués dans les phénomènes de reproduction.
 - A/ Androcée constitué par l'ensemble des étamines.
 - B/ Gynécée ou pistil constitué par l'ensemble des carpelles libres ou soudés entre eux, au centre de la fleur.

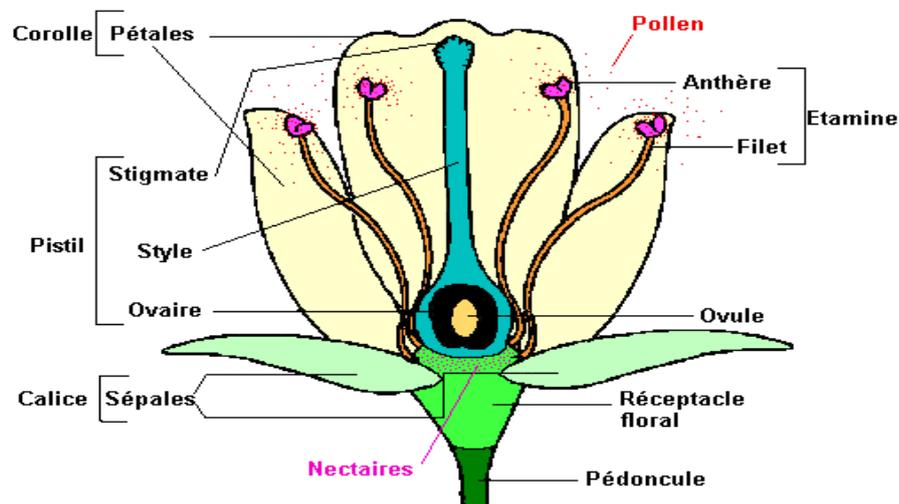


Fig. 24 : Coupe longitudinale d'une fleur hermaphrodite

4.4.1. Périanthe

Ensemble des enveloppes florales : calice + corolle, qui forme la partie stérile de la fleur. Les caractéristiques du périanthe sont souvent en rapport étroit avec le type de pollinisation. Chez les plantes anémophiles, les pièces périanthaires, lorsqu'elles existent, sont souvent réduites, ne gênant pas le transport du pollen vers les organes reproducteurs de la fleur. Chez les plantes entomophiles, les fleurs ont des pièces périanthaires plus grandes, de couleur vive avec souvent un parfum attractif.

Lorsque les pièces périanthaires ne sont pas différenciées en pétales et sépales, on les nomme tépales (quand les sépales et les pétales sont de forme et de coloration identiques). Le périanthe peut être persistant ou caduc, accrescent (se dit d'une partie de la fleur qui continue

sa croissance après la fécondation) ou non. Le nombre des pièces périnthaires (fleurs trimères, tétramères, pentamères ou polymère), leurs formes, leurs relations (libres ou soudées), leur symétrie (par rapport à un axe ou un plan), sont autant de caractères utilisés en systématique.

4.4.2. Calice

Enveloppe extérieure de la fleur, généralement de couleur verte (pièces chlorophylliennes), recouvrant le plus souvent la base de la corolle et constitué par l'ensemble des sépales. Ces derniers peuvent être libres jusqu'à la base (calice dialysépale) ou plus ou moins soudés entre eux (calice gamosépale) (fig.25). Dans certaines fleurs, le calice est coloré comme les pétales, on parle alors de sépales pétaloïdes ou de tépales.

4.4.3. Corolle

Ensemble formé par les pétales d'une fleur. Généralement colorée (pièces non chlorophylliennes), non chlorophyllienne. La corolle a pour fonction d'attirer les insectes pollinisateurs. Elle est persistante ou caduc. Les pétales peuvent être libres (corolle dialypétale) ou plus ou moins soudés entre eux (calice gamopétale) (fig. 25).

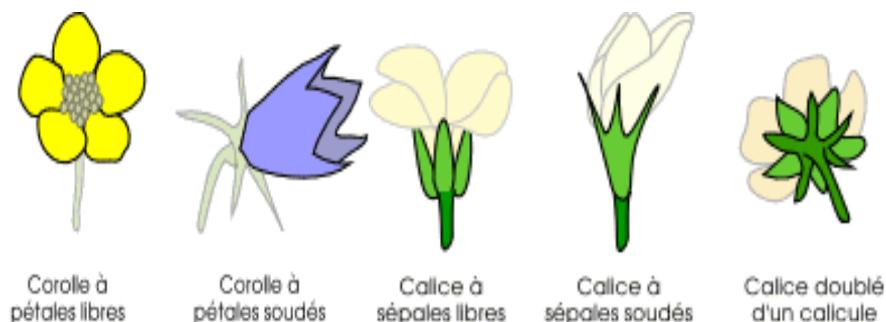


Fig. 25 : Soudures des pièces des périnthaires (de gauche à droite ; dialypétale, gamopétale dialysépale, gamosépale).

Ainsi pour des variations au niveau du périnthe on distingue aussi :

- Fleur actinomorphe, quand elle est régulière c'est-à-dire quand elle présente une symétrie radiale (par rapport à un axe) (fig. 26).
- Fleur zygomorphe, quand elle est irrégulière et présente un plan de symétrie (par rapport à un plan) (fig. 26).
- Fleur asymétrique, quand elle est dépourvue de tout plan de symétrie.

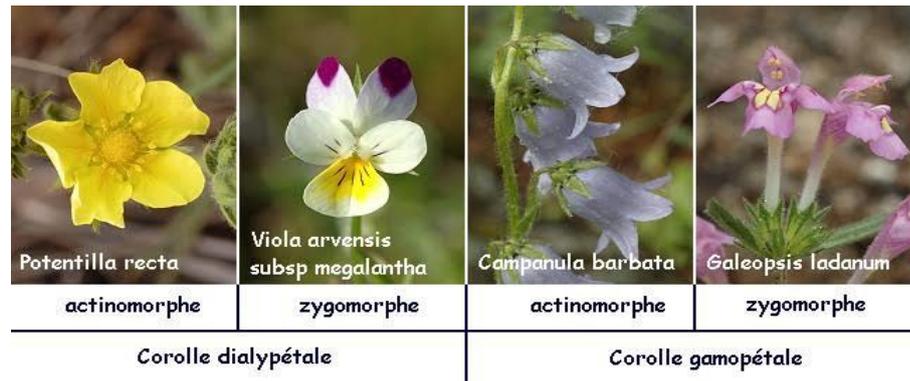


Fig. 26 : Symétrie des fleurs

4.4.4. Pièces reproductrices

a. Androcée

Ensemble des étamines, constituant la partie mâle d'une fleur d'Angiospermes. L'étamine est considérée comme l'organe mâle d'une fleur, porté par le réceptacle floral et placé entre la corolle et le pistil. Une étamine est généralement formée d'une partie allongée et grêle appelée filet terminé par une partie renflée appelée anthère. Celle-ci est le lieu de production des grains de pollen (gamétophyte mâle), dans des cavités appelées sacs polliniques (microsporanges), généralement au nombre de quatre, souvent fusionnées en deux loges séparées par un connectif. Les étamines dont l'ensemble constitue l'androcée, peuvent être libres jusqu'à la base ou plus ou moins soudées entre elles ou aux autres parties de la fleur (pétales, pistil). Les fleurs qui n'ont que des étamines sans pistil sont appelées fleurs staminées. A maturité l'anthère s'ouvre et laisse échapper le pollen, qui permet la fécondation (fig. 27A et B).

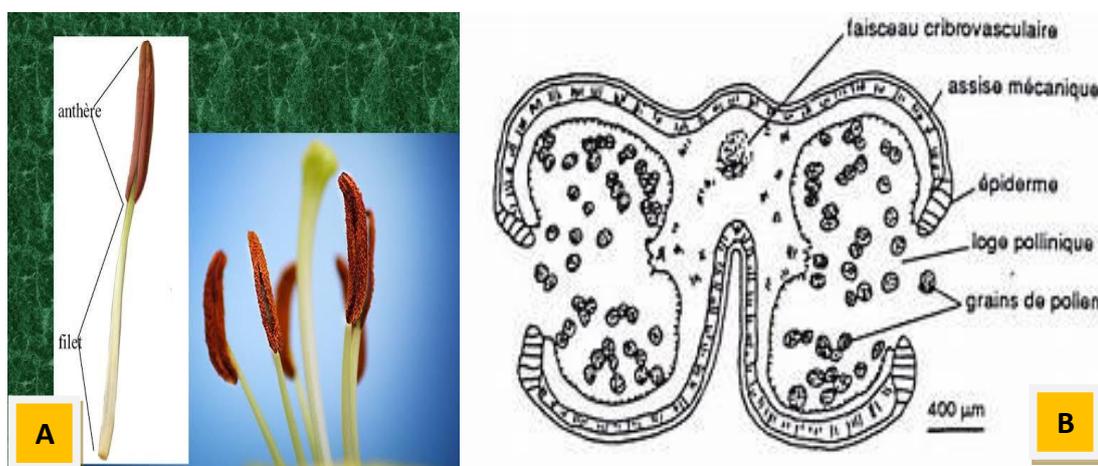


Fig. 27 : (A) Structure d'une étamine, (B) Coupe transversale d'une anthère mûre

b. Gynécée

Ou pistil, organe reproducteur femelle de la plante, formé par un ou plusieurs carpelles d'une même fleur libres ou soudés entre eux (partiellement ou entièrement). Chaque carpelle est composé de la base au sommet (fig. 28) :

- 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.

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.

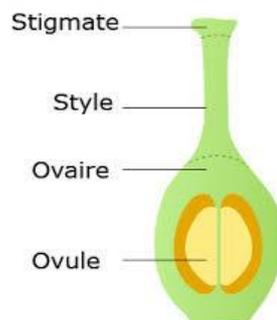


Fig. 28 : Le gynécée

La placentation définit la position des ovules à l'intérieur de l'ovaire. Celle-ci est très variable. Il est possible de les regrouper en quatre grands types, il s'agit de (fig. 29) :

* Placentation axile : les ovules sont fixés au centre d'un ovaire formé de plusieurs loges.

* Placentation pariétale : les ovules sont insérés sur la paroi périphérique d'un ovaire non compartimenté.

* Placentation centrale : dans un ovaire uniloculaire provenant de la soudure de plusieurs carpelles fermés dont les cloisons se sont résorbées seule reste une colonne centrale sur laquelle sont fixés les ovules.

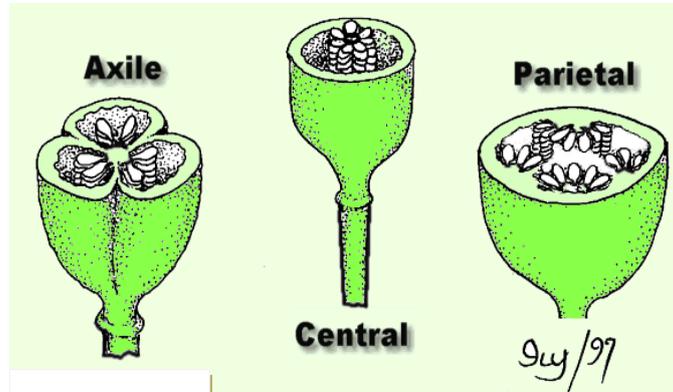


Fig. 29 : Différents types de placentation

La disposition des ovaires et des pièces florales montre trois cas (fig. 30) :

* Hypogyne : se dit d'une fleur dont les pièces florales (sépales, pétales et étamines) sont insérés au-dessous de l'ovaire qui est dit supère.

* Epigyne : se dit des organes (étamines, enveloppes florales) d'une fleur à ovaire infère, situés au-dessus du gynécée.

* Périgyne : se dit d'une fleur dont les enveloppes florales et l'androcée sont insérés autour de l'ovaire semi-infère, libre au fond du réceptacle creux.

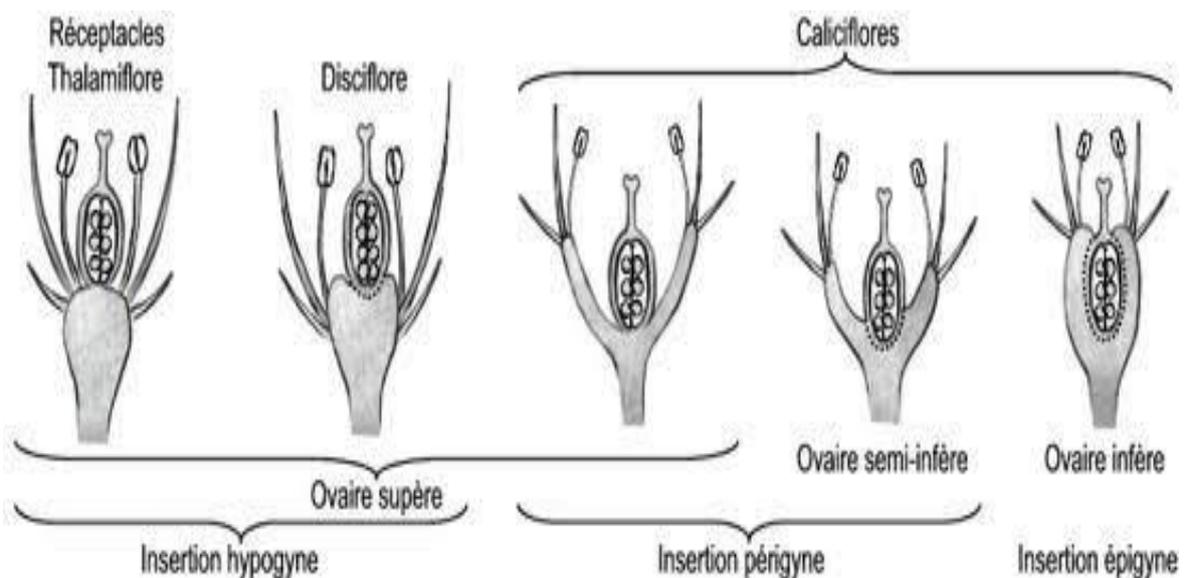


Fig. 30 : Disposition des ovaires et pièces florales

4.4.5. Inflorescence des fleurs

C'est la disposition des fleurs sur la tige d'une plante à fleur, on distingue des inflorescences définies (axe principal qui se termine par une fleur) et indéfinies (axe principal se termine par un bourgeon et s'allonge), selon que l'axe principal de l'inflorescence est terminé par un bourgeon ou par une fleur (fig. 31). L'inflorescence est considérée comme un moyen d'attraction des pollinisateurs.

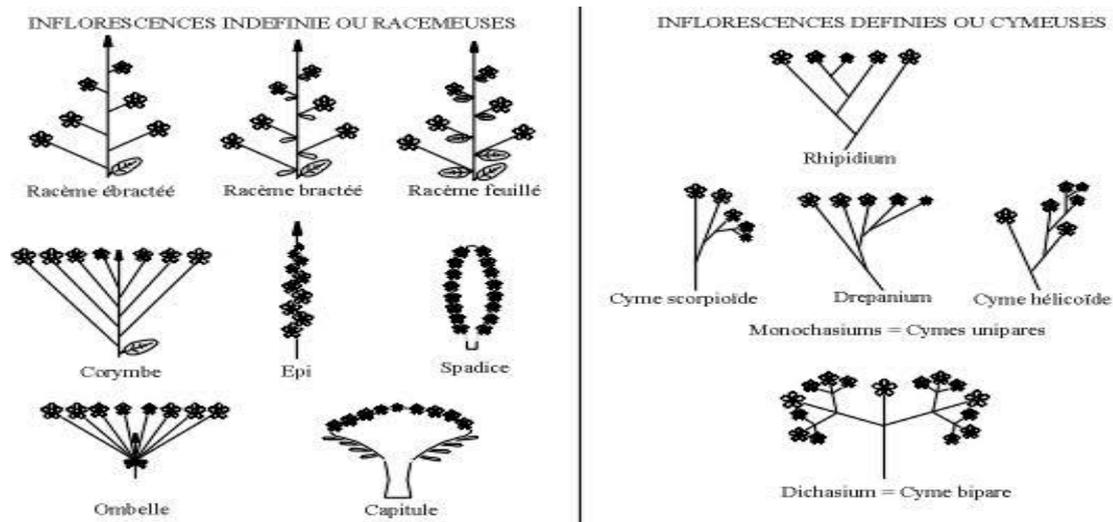


Fig. 31 : Exemples d'inflorescences

4.5. Graines

D'une manière générale, chez les plantes à fleurs, dès la double fécondation réalisée (la reproduction sexuée chez les angiospermes), la fleur fane entraînant la chute des pièces florales. L'ovaire quant à lui se transforme en fruit, tandis que les ovules qui y sont abrités évoluent vers la constitution des graines.

La graine se compose essentiellement d'un tégument (simple ou double) et d'une amande formée de l'embryon et de tissus de réserves 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). 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 (fig. 32):

* 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.

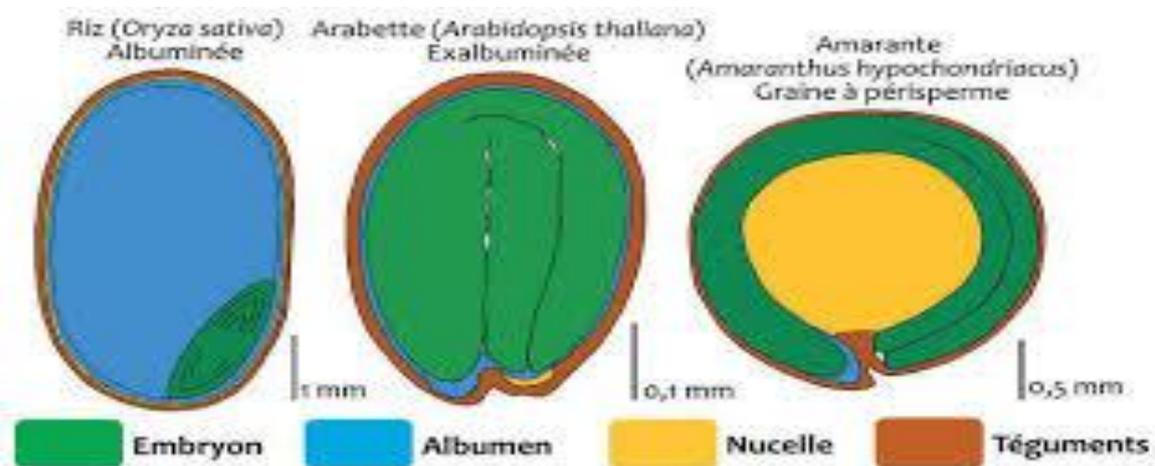


Figure 32 : Schéma des trois catégories de graines selon l'albumen

4.6. Fruits

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

4.6.1. Le fruit simple

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 (simple) fruit résulte de la transformation du gynécée uniquement d'une seule fleur et ce gynécée est composé d'un seul carpelle ou de plusieurs carpelles soudés (fig. 33).

Lors de la formation du vrai fruit, la paroi de l'ovaire (qui donnera le péricarpe) se modifie selon 2 possibilités selon sa consistance (fig. 34) :

- 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.

a. 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 (fig. 34) :

- La baie ou fruit succulent à pépins est un fruit charnu indéhiscent qui ne possède un endocarpe charnu. Il se caractérise par l'exocarpe ordinairement mince et par le mésocarpe et l'endocarpe charnus, ce qui fait que les graines sont libres dans la chair du fruit. L'épicarpe forme la peau du fruit, le mésocarpe la chair, et l'endocarpe entoure les graines pour constituer les pépins. Ex : l'orange, raisin, tomate, melon... En général, les baies ont plusieurs graines (polyspermes plusieurs ovaires), Les agrumes (oranges) sont des baies particulières car leur endocarpe forme des poils charnus qui sont riches en réserves. Le mésocarpe est de couleur blanche et peu développée.
- La drupe ou fruit à "noyau" est un fruit succulent charnu indéhiscent avec un endocarpe lignifié entourant une seule graine constituant un noyau. La drupe est le plus souvent monosperme (constituée d'un seul ovaire), comme la cerise, les pêches.

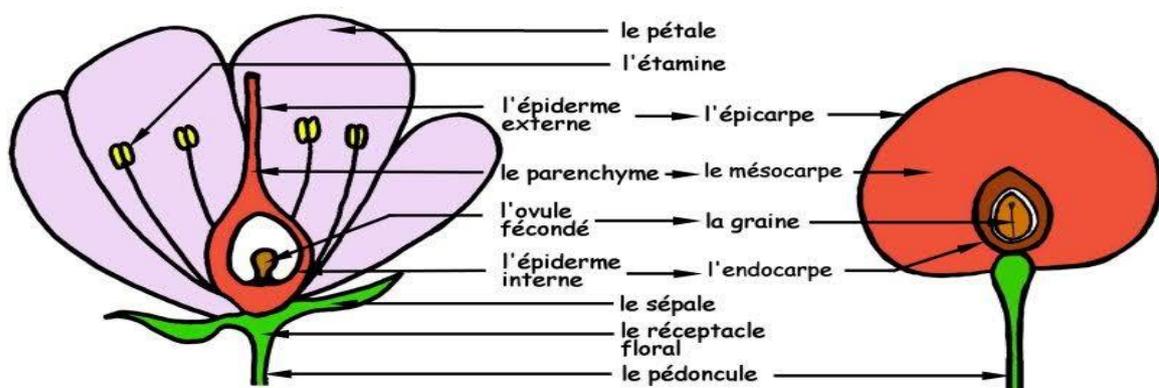


Fig. 33 : Transformation de l'ovule en graine et de l'ovaire en fruit

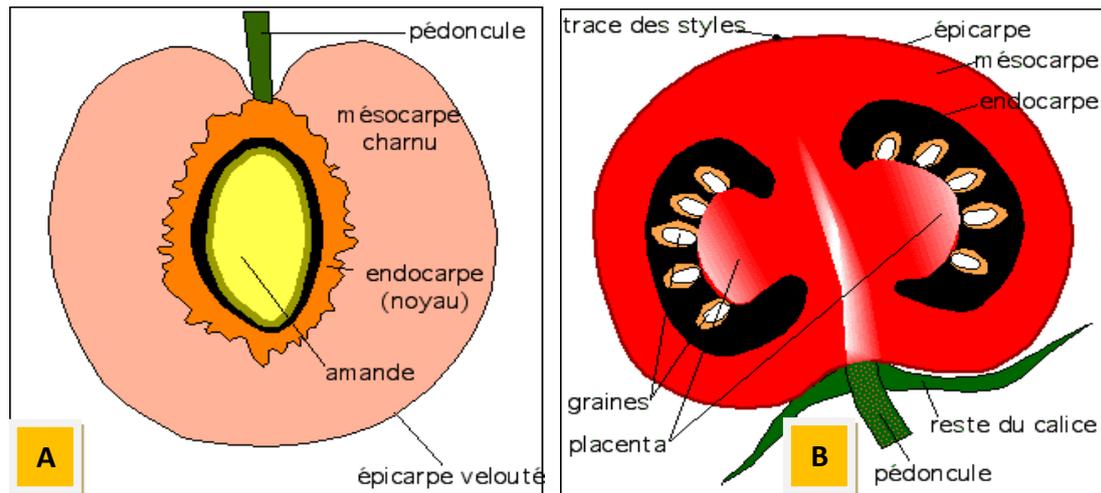


Fig. 34 : Coupe longitudinale dans une drupe de pêche (A) et une baie de tomate (B)

b. Fruits secs : Le péricarpe se dessèche, devient fibreux et plus ou moins dure, les fruits secs se scindent en deux catégories (fig. 35) :

* 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.

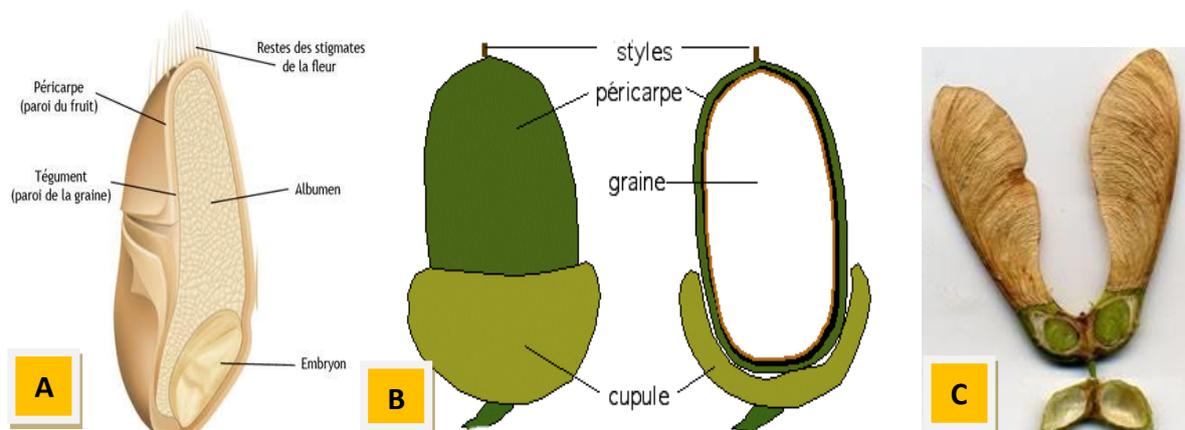


Fig. 35 : Fruits secs indéhiscents ; Coupe longitudinale dans un caryopse de blé (A) et un akène de gland de chêne (B) et une samare d'érable (C)

* Les fruits secs déhiscent : 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 (fig. 36) :

- 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.

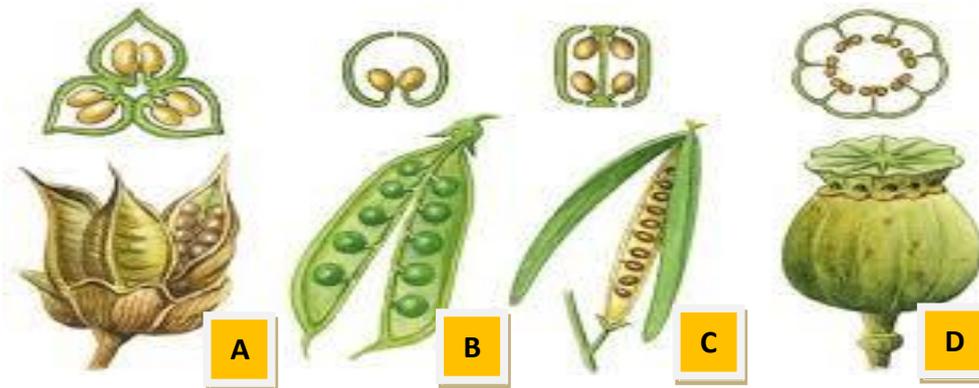


Fig. 36 : Les différents fruits secs déhiscent ; Follicule (A), Gousse (B), silique (C), Capsule (D)

4.6.2. Faux fruit

a. Fruits multiples : Le fruit multiple résulte de la transformation d'un gynécée composé de plusieurs carpelles libres (indépendants) (gynécée polycarpe) d'une seule fleur. Dans ce cas, une seule fleur produit plusieurs fruits, ça peut être un fruit poly- follicules poly-akènes, polydrupe, c'est le cas par exemple de la mûre qui est composée de multiples drupes (fig. 37).

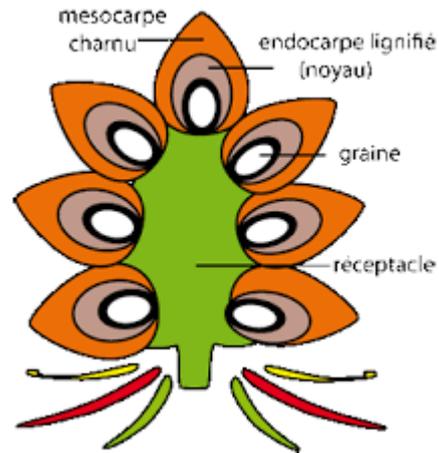


Fig. 37 : Fruit multiple

b. Fruits complexes : Il s'agit de fruits qui ne dérivent pas uniquement du gynécée, mais qui intègrent d'autres parties de la fleur (réceptacle, pièces périnthaires, etc.), ex ; fraise, pomme (fig. 38), 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.

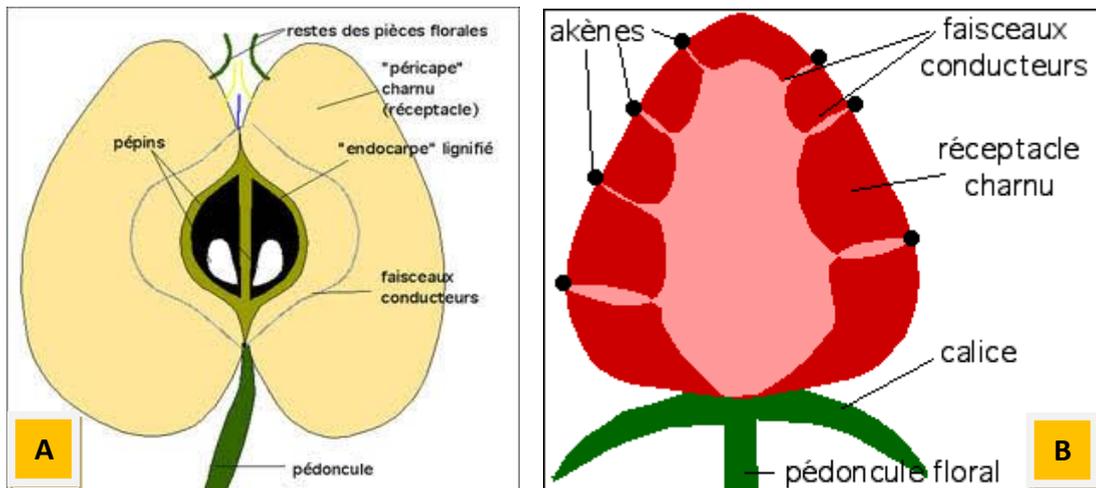


Fig. 38 : Coupe longitudinale ; Pomme (A) et Fraise (B)

c. 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... (fig. 39).

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

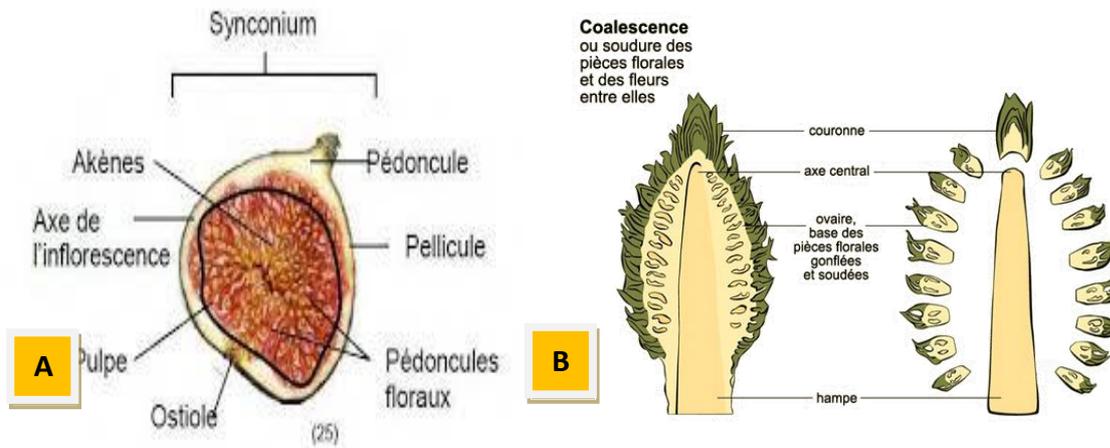


Fig. 39 : Fruits composés ; Figue (A), Ananas (B)

5. Gamétogenèse

On appelle :

- Mégagamétogenèse la formation du sac embryonnaire = la formation du gamétophyte femelle ou mégagamétophyte et l'oosphère = gamète femelle et la mégasporogénèse est la formation des mégaspores qui vont donner le sac embryonnaire).
- Microgamétogénèse la formation du grain de pollen = la formation du gamétophyte mâle ou microgamétophyte et des cellules spermatiques = gamètes mâles et la microsporogénèse est la formation des microspores qui vont donner le grain de pollen).

5.1. La gamétogenèse femelle ou mégagamétogenèse

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

5.1.1. L'ovule

Malgré sa petite taille, il présente une organisation relativement complexe. On distingue (fig. 40) :

- 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).

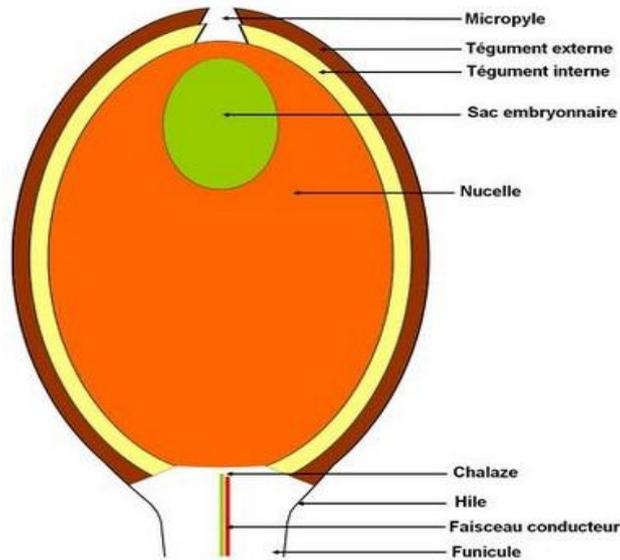
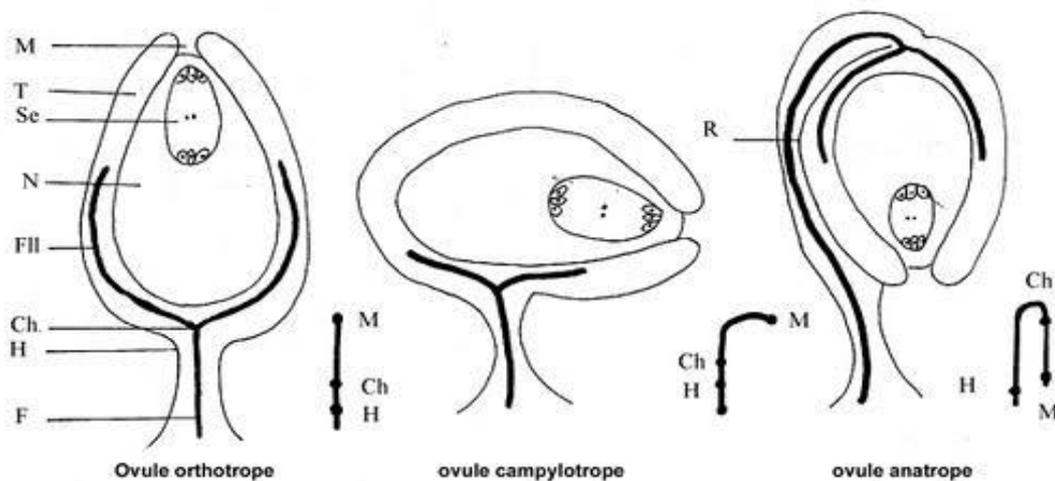


Fig. 40 : Schéma d'un ovule d'Angiosperme

- 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 (fig. 41).



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

Figure 41 : Les trois types des ovules

5.1.2. La formation de l'ovule

L'ovule est produit par une prolifération locale du placenta : un massif cellulaire se soulève d'abord pour former le nucelle; ensuite par des divisions péricleines, 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.

5.1.3. La formation du sac embryonnaire

Au cours de la différenciation de l'ovule, une cellule, le plus souvent sous-épidermique, augmente en volume et devient l'unique cellule archésporiale (archéspore) puis 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 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 (fig. 42) :

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

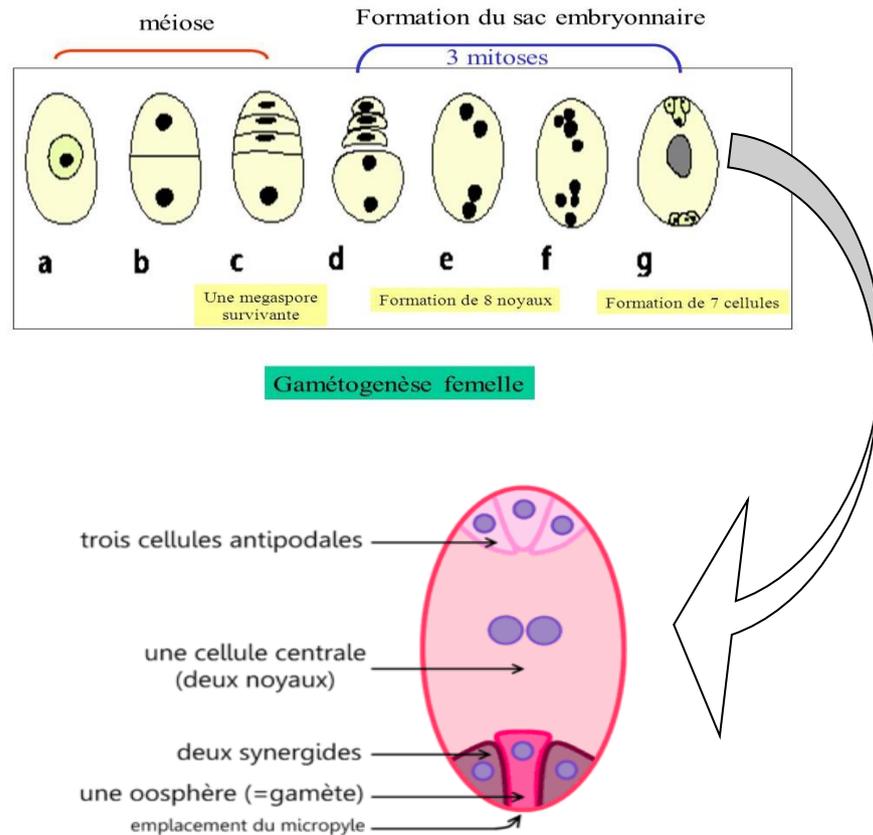


Fig. 42 : La formation d'un sac embryonnaire

5.2. La gamétogenèse mâle ou microgamétogénèse

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

5.2.1. Le grain de pollen

Le grain de pollen est le gamétophyte mâle qui produit les gamètes mâles et qui est disséminé pour permettre la fécondation (fig. 43). Les grains de pollen sont produits dans les loges polliniques des anthères (partie supérieure des étamines). Le grain de pollen est généralement de structure sphérique d'un diamètre qui va de 7 μm à 150 μm , ceux qui sont de moins de 10 μm sont réputés le plus souvent d'être allergènes. Le grain de pollen est constitué d'un manteau pollinique épais formé d'exine à l'extérieur et d'intine à l'intérieur ;

L'exine est constitué de sporopollénine qui est une molécule imputrescible (ne peut pas pourrir). Cette couche comporte des ouvertures (points de moindre résistance, qui permettront l'émission du tube pollinique qui fécondera l'ovule), elle est ornementée et fortement

cuticularisée résiste à la plupart des dégradations chimiques et biologiques, permettant au pollen d'être diffusé dans l'environnement sans être abîmés.

L'intine est mince et fragile, constituée de cellulose non modifiée et éventuellement d'autres polysaccharides.

Le grain de pollen est généralement formé de seulement 2 cellules haploïdes : La cellule végétative, sa première fonction est d'assurer la survie du grain de pollen, sa seconde fonction est de fabriquer le tube pollinique. Ensuite le noyau de cette cellule va dégénérer. La cellule reproductrice est petite, excentrée et entourée par la cellule végétative, le noyau génératif, aussi appelé spermatogène, contient le matériel génétique et qui donnera les noyaux spermatiques qui sont les deux gamètes mâles ou spermatozoïdes qui auront chacun leur rôle lors de la double fécondation de l'ovule.

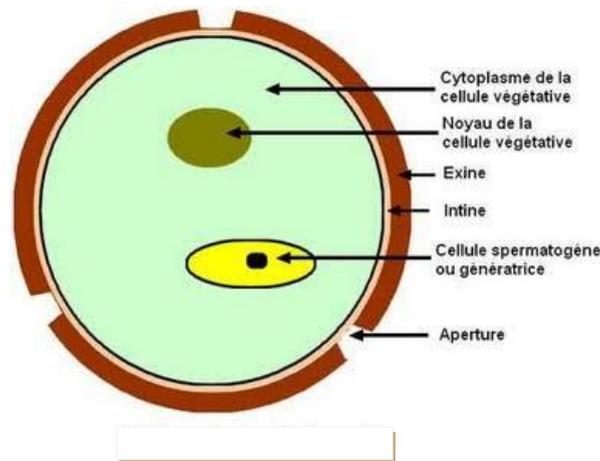


Fig. 43 : Représentation schématique d'un grain de pollen avec ses deux cellules

5.2.2. La formation du grain de pollen

Pendant la différenciation de l'étamine, les sacs polliniques s'individualisent. Ils renferment un massif central d'archéospires 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 archéospires évoluent en sporocytes ou cellules-mères de microspores qui subissent la méiose qui conduit à la formation d'une tétrade de cellules haploïdes. Celles-ci finissent par s'individualiser en microspores isolées possédant une paroi externe (l'exine) qui s'imprègne de sporopollénine et une paroi interne (l'intine).

La microspore isolée subit une mitose asymétrique qui conduit à la formation d'une grande cellule végétative et d'une petite cellule génératrice. 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) (fig. 44). La cellule végétative est riche en tissus de réserves car elle doit permettre la croissance du tube pollinique.

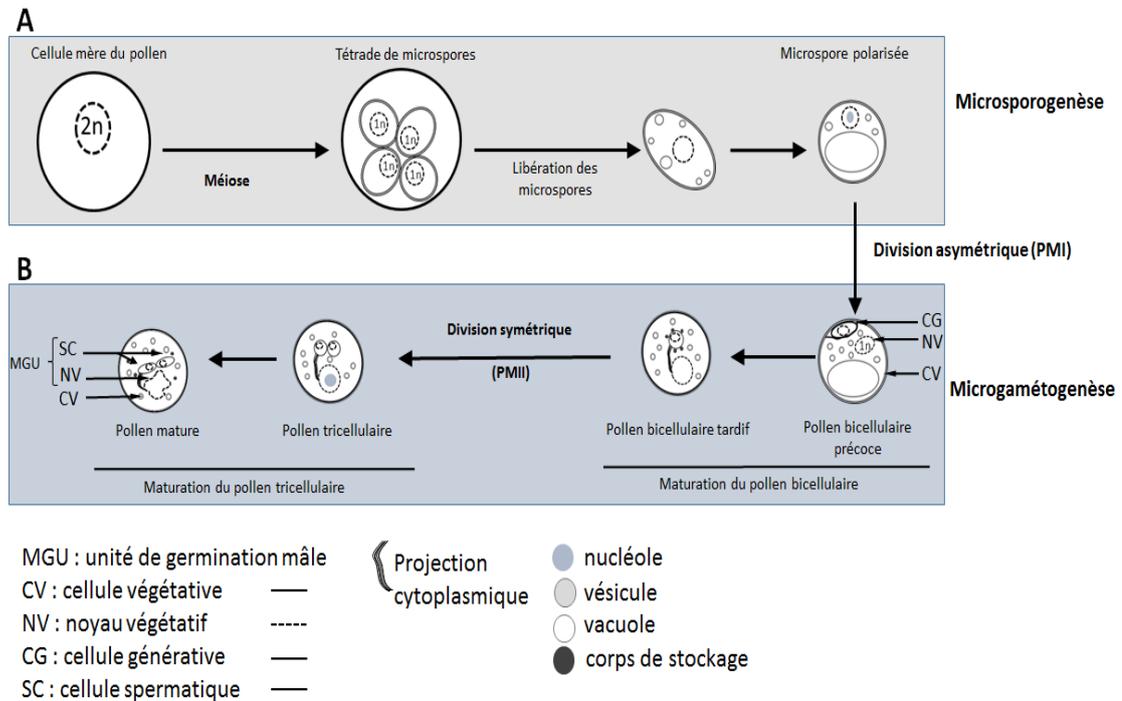


Fig. 44 : La microgamétogénèse : la formation du grain de pollen

6. Fécondation

6.1. 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 (fig. 45). Si la pollinisation se fait grâce aux oiseaux on dit que c'est une pollinisation ornithophile.

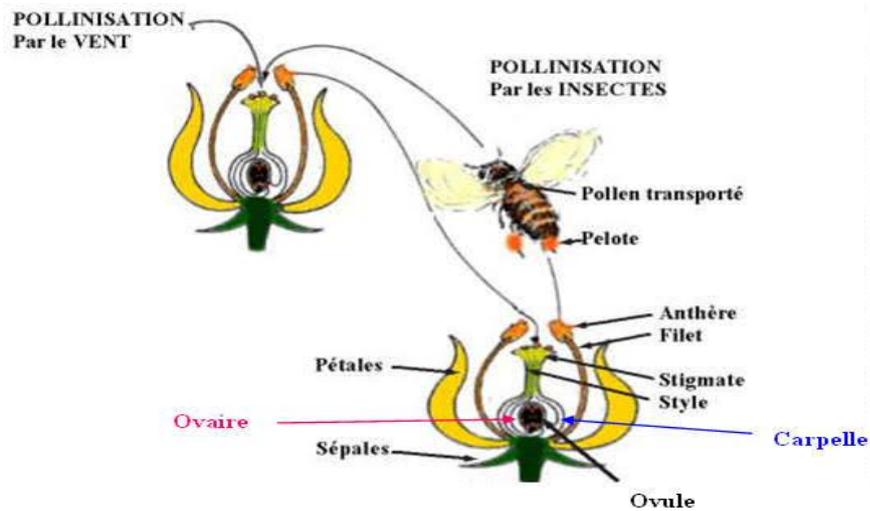


Fig. 45 : Pollinisation par le vent et les insectes

6.2. 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 (fig. 46) : 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.

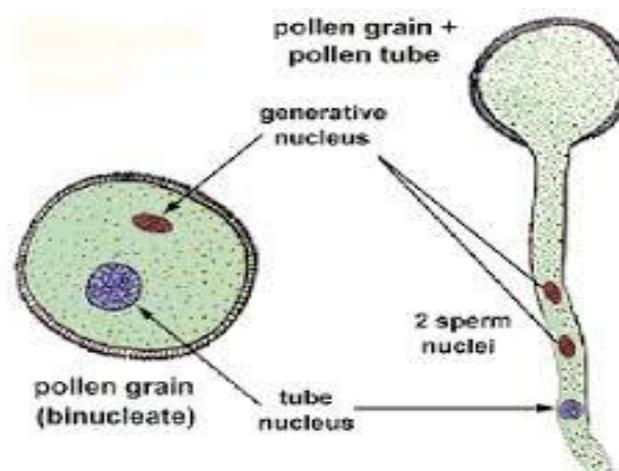


Fig. 46 : Germination du tube pollinique

6.3. 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 (fig. 47).

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 (fig. 48).

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.

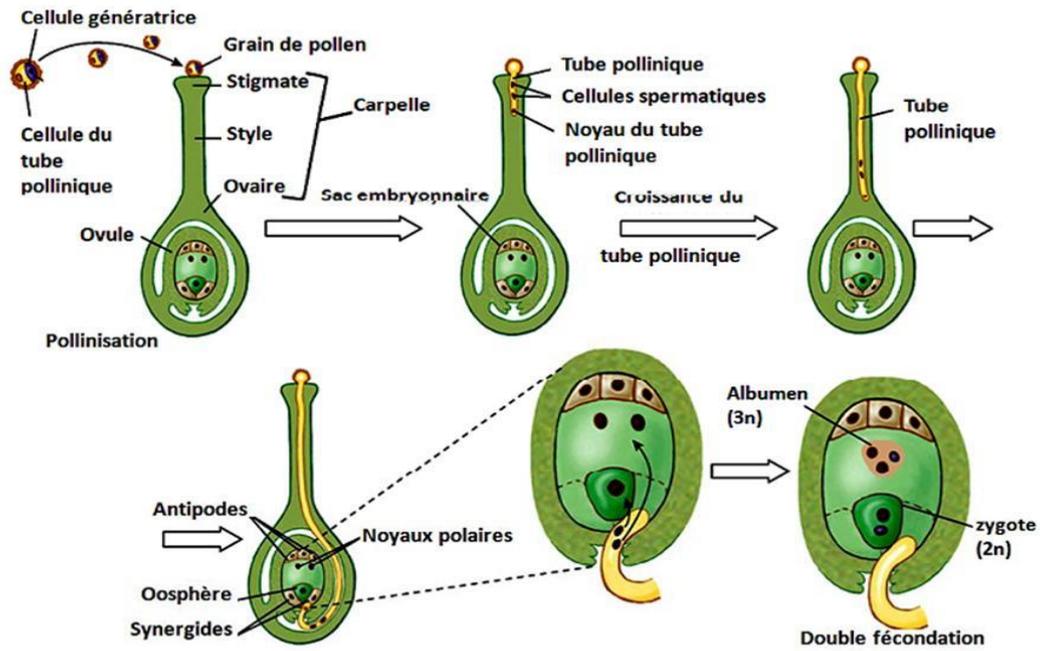


Fig. 47 : Schéma du processus de la double fécondation

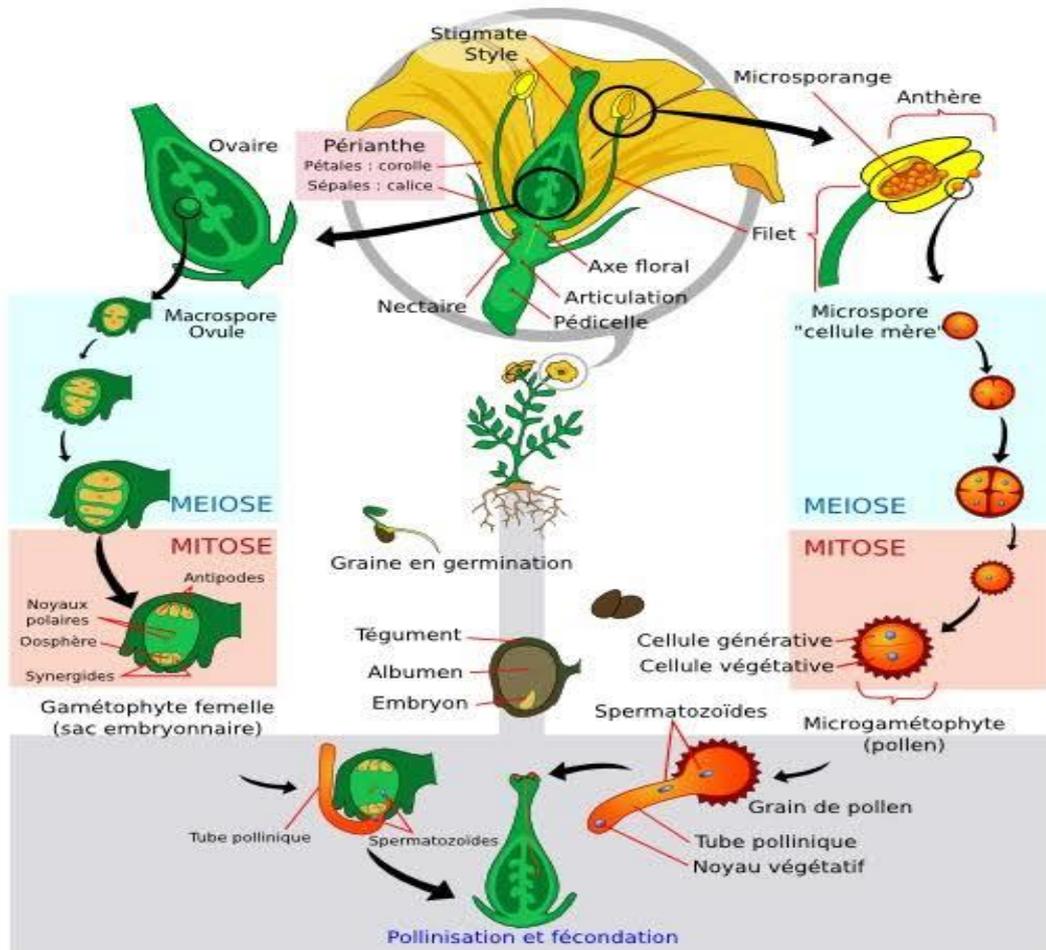


Fig. 48 : Le cycle de développement des Angiospermes

Références bibliographiques

- Chassany V., Potage M & Ricou M. (2014). Mini manuel de biologie végétale. 2ième édition, Dunod, Paris, pp: 134-162.
- Labreche J C. (2010). Biologie végétale. Cours licence. IUT. BTS. Prépas, 3ième édition, Dunod, Paris, pp : 12-34.
- Morot-Gaudry J F. & Prat R. (2012). Biologie végétale ; Croissance et développement. 2ième édition, Dunod, Paris, 129p.
- Raven P H. (2014). Biologie végétale. 3ième édition, Dunod, Paris, pp: 538-614.
- Roland J C. & Rolond F. (2003). Biologie végétale ; Organisation des plantes à fleurs. Licence 1, 2, 3 années. Prépas. CAPES, 8ième édition, Dunod, Paris, pp: 22-132.
- Speranza A. & Calzoni L. (2005). Atlas de la structure des plantes, Guide de l'anatomie microscopique des plantes vasculaires en 285 photos, édition Belin, France, pp: 123-203.