



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



FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE DES ETRES VIVANTS

Domaines SNV : BIOLOGIE TC

**Niveau : 1<sup>er</sup> année T.C (L1)**

**Module ; biologie végétal**

**Objectif du module : connaitre le règne végétale classification des végétaux, les plante à fleur et l'histologie et la anatomie végétal et l'écologie végétale.**

**Cours pédagogique enseigné par Mme Guenez Radja**

**Maitre de conférences B**

**Université Echahid Laarbi Tebessi- Tébessa- Algérie**

**Ce polycopie est jugé pour habilitation universitaire**

**ANNEE UNIVERSITAIRE: 2022/2023**

*Table des matières*

Désignation	Page
<b>Introduction</b> .....	<b>01</b>
<b>I-Chapitre I. Histologie végétale</b> .....	<b>03</b>
<b>1.1. Introduction à l'histologie végétale</b> .....	<b>03</b>
<b>2. Les tissus végétaux</b> .....	<b>05</b>
<b>2.1. Méristèmes</b> .....	<b>05</b>
<b>2.2. Les tissus fondamentaux</b> .....	<b>07</b>
<b>2.2.1. Le parenchyme</b> .....	<b>08</b>
<b>2.2.2. Le collenchyme</b> .....	<b>10</b>
<b>2.2.3. Le sclérenchyme</b> .....	<b>11</b>
<b>2.3. Le tissu de revêtement</b> .....	<b>14</b>
<b>2.4. Les tissus vasculaires</b> .....	<b>18</b>
<b>2.4.1. Xylème</b> .....	<b>18</b>
<b>2.4.2. Phloème</b> .....	<b>21</b>
<b>Chapitre II. Anatomie végétale</b> .....	<b>25</b>
<b>2.1. Anatomie de la tige</b> .....	<b>27</b>
<b>2.1.1. Anatomie de la tige jeune : structure primaire</b> .....	<b>27</b>
<b>2.1.2. Anatomie de la tige âgée : formations secondaires</b> .....	<b>33</b>

<b>2.1.3. Anomalies de la structure secondaire.....</b>	<b>36</b>
<b>2.2. Anatomie de la racine.....</b>	<b>39</b>
<b>2.2.1. Croissance et développement de la racine .....</b>	<b>39</b>
<b>2.2.2. Rôles de la coiffe .....</b>	<b>41</b>
<b>2.3. Anatomie de la feuille .....</b>	<b>45</b>
<b>2.3.1 La croissance de la pousse feuillée .....</b>	<b>45</b>
<b>Chapitre III. Les Plantes à fleurs.....</b>	<b>48</b>
<b>3.1.La diversité dans l'embranchement des anthophytes.....</b>	<b>48</b>
<b>3.2. La classification des végétaux .....</b>	<b>49</b>
<b>3.2.1. Plantes non vasculaires.....</b>	<b>49</b>
<b>3.2.2. Plantes vasculaires .....</b>	<b>49</b>
<b>3.2.1. Plantes non vasculaires .....</b>	<b>50</b>
<b>3.2.2. Plantes vasculaires.....</b>	<b>50</b>
<b>3.3. Système caulinaire : tiges et branches, feuilles et fleurs .....</b>	<b>56</b>
<b>3.3.1. Croissance de la tige.....</b>	<b>56</b>
<b>3.3.2. Tiges modifiées.....</b>	<b>56</b>
<b>3.3. La fleur.....</b>	<b>62</b>
<b>3.3.1. Fécondation de l'ovule par le pollen.....</b>	<b>68</b>
<b>3.3.2. Transport du pollen.....</b>	<b>69</b>
<b>CHAP IV vie fixée des plantes.....</b>	<b>75</b>

**TABLE DES MATIERES**

<b>4.1. Adaptation des plantes aux différents milieux de vie.....</b>	<b>75</b>
<b>4.1.1. Les milieux arides (désert). ....</b>	<b>75</b>
<b>4.1.2. Les milieux humides (forêt, savanes) ....</b>	<b>75</b>
<b>4.1.3. Les milieux aquatiques (mers, fleuves) ....</b>	<b>76</b>
<b>4.2. Notion d'adaptation.....</b>	<b>77</b>
<b>4.2.1. Adaptation des plantes aux milieux arides ....</b>	<b>77</b>
<b>4.2.2. Adaptation des plantes aux milieux humides.....</b>	<b>78</b>
<b>4.3. Les Stratégies défensives des plantes.....</b>	<b>81</b>
<b>4.3.1. Adaptation aux conditions environnementales ....</b>	<b>81</b>

*Liste des tableaux*

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Comparaison de quelques caractéristiques morphologique de dicotylédone et monocotylédone	<b>56</b>

*Liste des figures*

<b>Figure N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Organisation de la paroi secondaire squelettique.	<b>03</b>
<b>2</b>	Cellule de bois	<b>04</b>
<b>3</b>	Paroi cutinisée.	<b>04</b>
<b>4</b>	Disposition des méristèmes.	<b>07</b>
<b>5</b>	Coupe d'une racine primaire cellule parenchymateuses (colorés en vert)	<b>09</b>
<b>6</b>	Coupe d'une feuille montrant les cellules de parenchyme responsables de la photosynthèse.	<b>10</b>
<b>7</b>	Amyloplastes (colorés en bleu par l'iode) dans des cellules parenchymateuses d'une pomme de terre.	<b>10</b>
<b>8</b>	Cellules collenchymateuses.	<b>11</b>
<b>9</b>	Cellules sclérenchymateuses.	<b>12</b>
<b>10</b>	Fibres végétales.	<b>12</b>
<b>11</b>	Sclerenchyme formant les fibres de la tige du lin <i>Linum usitatissimum</i> .	<b>13</b>
<b>12</b>	Fibres de sisal ( <i>Agava sisalana</i> ).	<b>13</b>

---

## *Liste des figures*

---

<b>13</b>	Sclérites d'une poire.	<b>14</b>
<b>14</b>	Sclérites d'une feuille de nénuphar.	<b>14</b>
<b>15</b>	Epiderme d'une feuille.	<b>15</b>
<b>16</b>	Ex. poils absorbants d'une racine primaire.	<b>17</b>
<b>17</b>	Cellules épidermiques modifiées formant des poils.	<b>17</b>
<b>18</b>	Éléments de vaisseau.	<b>19</b>
<b>19</b>	Trachéides.	<b>20</b>
<b>20</b>	Cellules conductrices de sève.	<b>20</b>
<b>21</b>	xylème de la tige.	<b>21</b>
<b>22</b>	Cellules des tubes criblés.	<b>23</b>
<b>23</b>	Phloème de la tige structure secondaire.	<b>24</b>
<b>24</b>	. Croissance et développement de la tige	<b>27</b>
<b>25</b>	Section longitudinale du bourgeon terminal, mettant en évidence : la zone axiale (Z.a), la zone latérale (Z.l), le méristème médullaire (M.m) et la zone M représente la moelle	<b>31</b>
<b>26</b>	Structure primaire de tige de dicotylédone	<b>32</b>

---

## *Liste des figures*

---

<b>27</b>	Structure primaire de tige de monocotylédone	<b>33</b>
<b>28</b>	Le passage de la structure primaire à la structure secondaire	<b>37</b>
<b>29</b>	Le passage de la croissance primaire à la croissance secondaire	<b>38</b>
<b>30</b>	Coupe d'une tige secondaire de dicotylédone	<b>39</b>
<b>31</b>	Coupe d'une tige secondaire de dicotylédones anneaux de croissance	<b>39</b>
<b>32</b>	Structure et fonction de la racine	<b>40</b>
<b>33</b>	Schéma de coupe longitudinale de racine	<b>40</b>
<b>34</b>	Schéma de coupe longitudinale de coiffe	<b>41</b>
<b>35</b>	Schéma de coupe longitudinale de coiffe. Accumulation des grains d'amidon par gravité – Perception de la gravité par la plante	<b>41</b>
<b>36</b>	croissance des poils absorbants.	<b>42</b>
<b>37</b>	Coupe transversale de racine chez les dicotylédones	<b>42</b>
<b>38</b>	Coupe d'une racine primaire de monocotylédone	<b>38</b>
<b>39</b>	Croissance de la pousse feuillée	<b>45</b>
<b>40</b>	a et c : structure interne de la feuille. b : épiderme de la feuille	<b>47</b>
<b>41</b>	Evolution des plantes	<b>49</b>

---



## *Liste des figures*

---

<b>42</b>	Bryophytes (mousses et plantes apparentées)	<b>50</b>
<b>43</b>	Ptéridophytes: Fougères	<b>51</b>
<b>44</b>	Graine de pollen	<b>54</b>
<b>45</b>	Dicotylédones	<b>55</b>
<b>46</b>	Monocotylédones	<b>55</b>
<b>47</b>	Stolon	<b>57</b>
<b>48</b>	Rhizome	<b>57</b>
<b>49</b>	Tubercules	<b>58</b>
<b>50</b>	Bulbe	<b>58</b>
<b>51</b>	Pieces florale	<b>66</b>
<b>52</b>	Schéma théorique d'une fleur. 1. Réceptacle floral ; 2. Sépale ; 3. Pétale ; 4. Étamine ; 5. Pistil ou gynécée	<b>67</b>
<b>53</b>	Étamine	<b>67</b>
<b>54</b>	Disposition des ovules dans l'ovaire	<b>68</b>
<b>55</b>	Fécondation de l'ovule par le pollen	<b>69</b>
<b>56</b>	Transport du pollen : Par les oiseaux (Colibris)	<b>70</b>

---

## *Liste des figures*

---

<b>57</b>	Fleurs mâles d'un Bouleau jaune (ou Merisier) ( <i>Betula Alleghaniensis</i> )	<b>70</b>
<b>58</b>	Fleurs de l'érable à sucre <i>Acer saccharum</i>	<b>71</b>
<b>59</b>	Transport du pollen: Par les insectes (cas le plus fréquent)	<b>72</b>
<b>60</b>	Coévolution exp. la fleur et le papillon	<b>72</b>
<b>61</b>	Péricarpe ( paroi de l'ovaire Péricarpe :paroi de l'ovaire)	<b>73</b>
<b>62</b>	Fruit multiple (formé de plusieurs ovaires de la même fleur)	<b>73</b>
<b>63</b>	Les milieux arides (désert)	<b>75</b>
<b>64</b>	Les milieux humides (mare)	<b>76</b>
<b>65</b>	(mers, fleuves)	<b>76</b>
<b>66</b>	Adaptation des plantes aux milieux humides	<b>78</b>
<b>67</b>	Pneumatophores ( <i>Palétuvier avicennia</i> )	<b>79</b>
<b>68</b>	Racines échasses de Palétuviers <i>Rhizophora</i> dans la mangrove	<b>79</b>
<b>69</b>	Racine crampon du Lierre	<b>80</b>
<b>70</b>	Racines-lianes	<b>80</b>
<b>71</b>	Racine-ventouse du Gui	<b>80</b>

---

## *Liste des figures*

---

<b>72</b>	Racines aériennes ( <i>Phalaenopsis sandariana</i> )	<b>80</b>
<b>73</b>	Joubarbe des montagnes - 1300m.	<b>81</b>
<b>74</b>	Forêt du Massacre - Jura (1 200 m).	<b>82</b>
<b>75</b>	Bouton d'or (Chamonix).	<b>82</b>
<b>76</b>	Le stockage de l'eau Jardin de cactus de Lanzarote	<b>83</b>

---

## **Introduction**

L'étude des grandes lois qui régissent l'organisation, la diversité et les transformations du monde vivant, et que l'on réunit sous l'expression Biologie générale, est restée longtemps un domaine privilégié de la Biologie animale. Adaptations, relations entre organismes, reproduction, croissance, évolution ont été illustrées essentiellement à partir de cas tirés de la zoologie. La contribution des végétaux a été relativement modeste, souvent effacée, bridée par un choix trop restreint des sujets d'observation ou des matériels expérimentaux, dans la ligne d'ouvrages de botanique trop longtemps dévolus à une présentation descriptive, alourdie de détails morphologiques ou obscurcie de subtilités de terminologie. Le monde végétal mérite d'être présenté sous un autre éclairage, à l'interface d'une botanique aux teintes ravivées et d'une biologie générale en pleine mutation.

C'est dans cette optique qu'a été élaboré cet ouvrage. Les différents groupes sont traités de manière à développer, chacun en particulier, une ou plusieurs notions fondamentales. L'étude des Algues commence par l'exposé des cycles de développement et se clôt sur la diversité d'une écologie qui a permis la colonisation de presque tous les milieux. Celle des Champignons insiste sur les modalités de l'hétérotrophie et sur l'exceptionnel polymorphisme d'une sexualité dans tous ses états. Les Lichens donnent l'occasion de l'analyse fouillée d'un cas de symbiose d'une complexité longtemps insoupçonnée. Pteridophytes et Gymnospermes nous content la longue histoire de l'élaboration progressive de l'organisation des plantes actuelles, dans la succession des végétations passées.

Les Angiospermes représentent, avec plus de quatre cents familles et deux cent cinquante mille espèces, un ensemble immense qu'il ne pouvait être question de traiter en détail, ni de réduire à une énumération fastidieuse et occultant les vues générales. La priorité a été donnée à l'exposé des grandes lignes de leur organisation, de leur reproduction et de leur croissance, suivi d'un bref aperçu systématique. Ce dernier a dû être limité aux principes généraux de la classification actuelle des à la mention des groupes les plus importants et à une étude succincte Angiospermes, de quelques familles choisies en raison des problèmes de Biologie générale qu'elles illustrent (Rosacées, Orchidées), de leur place dans la Biosphère (Fagacées, Légum-

mineuses), de leur importance dans les cultures (Solanacées, Palmiers). Un traitement spécial a été réservé à la famille des Graminées, choisie en raison de son importance primordiale à tous points de vue et aussi dans le but de donner un canevas de ce que peut être l'étude complète d'une famille, envisagée sous divers angles, botanique, physiologique, biogéographique, agronomique; canevas que le lecteur pourra ensuite utilement transposer à d'autres groupes à l'aide d'ouvrages plus détaillés que ce livre.

La distribution des végétaux à la surface du globe obéit elle-même à des lois générales, qui régissent les aires de répartition des espèces mais aussi leur groupement en ensembles structurés ou écosystèmes dont seuls les plus importants, formations et biomes, pouvaient être mentionnés ici. Cette biosphère est maintenant menacée par une pression humaine considérable, sans cesse croissante et en grande partie incontrôlée, dont les effets sont analysés dans le dernier chapitre.

Le langage de ce polycopie a été voulu simple, sans emphase ni complications de terminologie. Les grandes lignes de la classification se conforment au consensus habituel et excluent les concessions à la mode; le rôle des Cyanobactéries et des Champignons dans la biosphère, les relations multiples et étroites qu'ils entretiennent avec les végétaux authentiques, ont paru justifier clairement leur maintien. Les descriptions ont été allégées par le biais de nombreuses figures assorties de légendes très détaillées, permettant ainsi au texte de mieux dégager les idées essentielles. Mais cette option était source de difficultés typographiques.

## Chapitre I. Histologie végétale

### 1.1. Introduction à l'histologie végétale

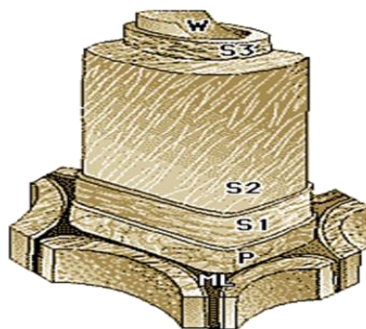
**-Définition:** L'histologie est la discipline qui étudie les tissus. Un tissu est un ensemble de cellules homogènes ou hétérogènes qui exerce une certaine fonction dans la plante.

D'après cette fonction, les tissus se classent en 6 grands groupes :

- Les méristèmes ou tissus de divisions cellulaires,
- Les parenchymes ou tissu fondamental,
- Les tissus de revêtement,
- Les tissus de soutien,
- Les tissus de conduction,
- Les tissus de sécrétion.

**-La paroi primaire :** La cellulose, l'hémicellulose et la pectine sont des polymères très hydrophiles. La paroi primaire est très perméable à l'eau. La paroi primaire est mince et souple.

**-La paroi secondaire :** Beaucoup plus épaisse que le primaire. Se forme quand la cellule se différencie (se spécialise). Plus riche en cellulose. Contient de la lignine (en plus des autres constituants de la paroi primaire). La lignine rend la paroi secondaire rigide et très peu perméable à l'eau.



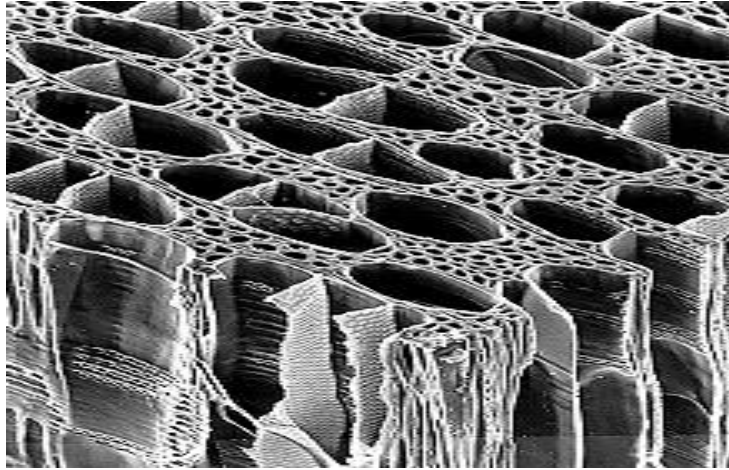
P = paroi primaire S1,

S2 et S3 = paroi secondaire

W = restes de la cellule après sa mort

ML = lamelle moyenne

**Fig.1.** Organisation de la paroi secondaire squelettique • De Smet, and all. (2006).

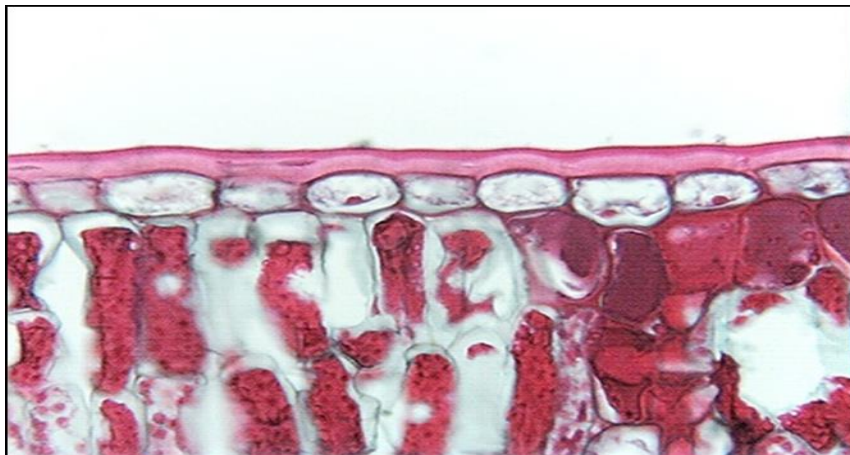


**Fig.2.** Cellule de bois • De Smet et *al.* (2006).

Cellules formant le bois. Ces cellules mortes ont une épaisse paroi secondaire. Elles servent de « tuyaux » permettant la montée de la sève et elles confèrent une grande rigidité à la plante.

#### **-Paroi cutinisée**

La paroi des cellules formant l'épiderme des plantes (la couche de cellules à la surface de la plante) peut se couvrir (du côté exposé à l'air) de cutine, une cire imperméable.



**Fig.3.** Paroi cutinisée.

## **2. Les tissus végétaux**

Les plantes sont organisées en quatre grands types de tissus ou systèmes (tissue systems en anglais)

### 2.1. Méristèmes

### 2.2. Tissus fondamentaux

### 2.3. Tissus de revêtement

### 2.4. Tissus vasculaires

#### **2.1. Méristèmes**

Les méristèmes apicaux sont situés aux extrémités des racines et des tiges et leur rôle est primordial pour la croissance de la plante (figure 4). Le terme « méristème » (du grec merismos, « division ») met l'accent sur l'activité de division cellulaire caractéristique d'un tissu méristématique. Les cellules qui permettent au méristème de rester une source permanente de nouvelles cellules sont des initiales. Les initiales se divisent de telle sorte qu'une des cellules filles reste une initiale du méristème, tandis que l'autre devient une nouvelle cellule végétative de la plante, ou cellule dérivée. Les cellules dérivées peuvent à leur tour se diviser à proximité de la pointe de la racine ou de la tige avant de se différencier. Les divisions ne se limitent cependant pas aux initiales et aux cellules qui en dérivent immédiatement. Les méristèmes primaires (tissus méristématiques primaires) - protoderme, procambium et méristème fondamental - apparaissent au cours de l'embryogenèse et s'étendent dans toute la plante grâce à l'activité des méristèmes apicaux. Ces méristèmes primaires sont des tissus partiellement différenciés qui restent encore quelque temps méristématiques avant d'entamer leur différenciation en cellules spécialisées dans les tissus primaires. Ce mode de croissance, impliquant l'expansion de la plante et la production des tissus primaires, est la croissance primaire, et la partie de la plante formée de ces tissus est sa structure primaire (Bonemai et Dumas, 1998).

L'existence des méristèmes, qui prolongent la croissance de la plante pendant toute sa vie, souligne une des différences fondamentales entre les plantes et les animaux. Les oiseaux et les mammifères, par exemple, cessent de grandir quand ils arrivent à



maturité bien que, dans certains tissus qui se renouvellent, comme la peau et l'épithélium intestinal, des cellules continuent à se diviser. La croissance des plantes se poursuit au contraire pendant toute la durée de leur existence. On dit que cette croissance illimitée ou prolongée des méristèmes apicaux est indéfinie.

La croissance des plantes est, jusqu'à un certain point, la contrepartie de la mobilité des animaux. Les plantes « se déplacent » en allongeant leurs racines et leurs tiges, ce qui implique des changements de taille et de forme. À la suite de ces changements, la plante modifie son rapport avec l'environnement, en se tournant par exemple vers la lumière et en allongeant ses racines en direction de l'eau. Cette plasticité des plantes au cours de leur développement correspond donc grossièrement à toute une série d'actions motrices chez les animaux, en particulier à celles qui sont liées à la recherche de nourriture et d'eau. Chez les plantes, en fait, la croissance assure de nombreuses fonctions que nous regroupons sous le terme de « comportement » chez les animaux.

- Méristème apical : dans les bourgeons et à l'extrémité des racines
- Méristème latéral : à la périphérie des tiges et racines

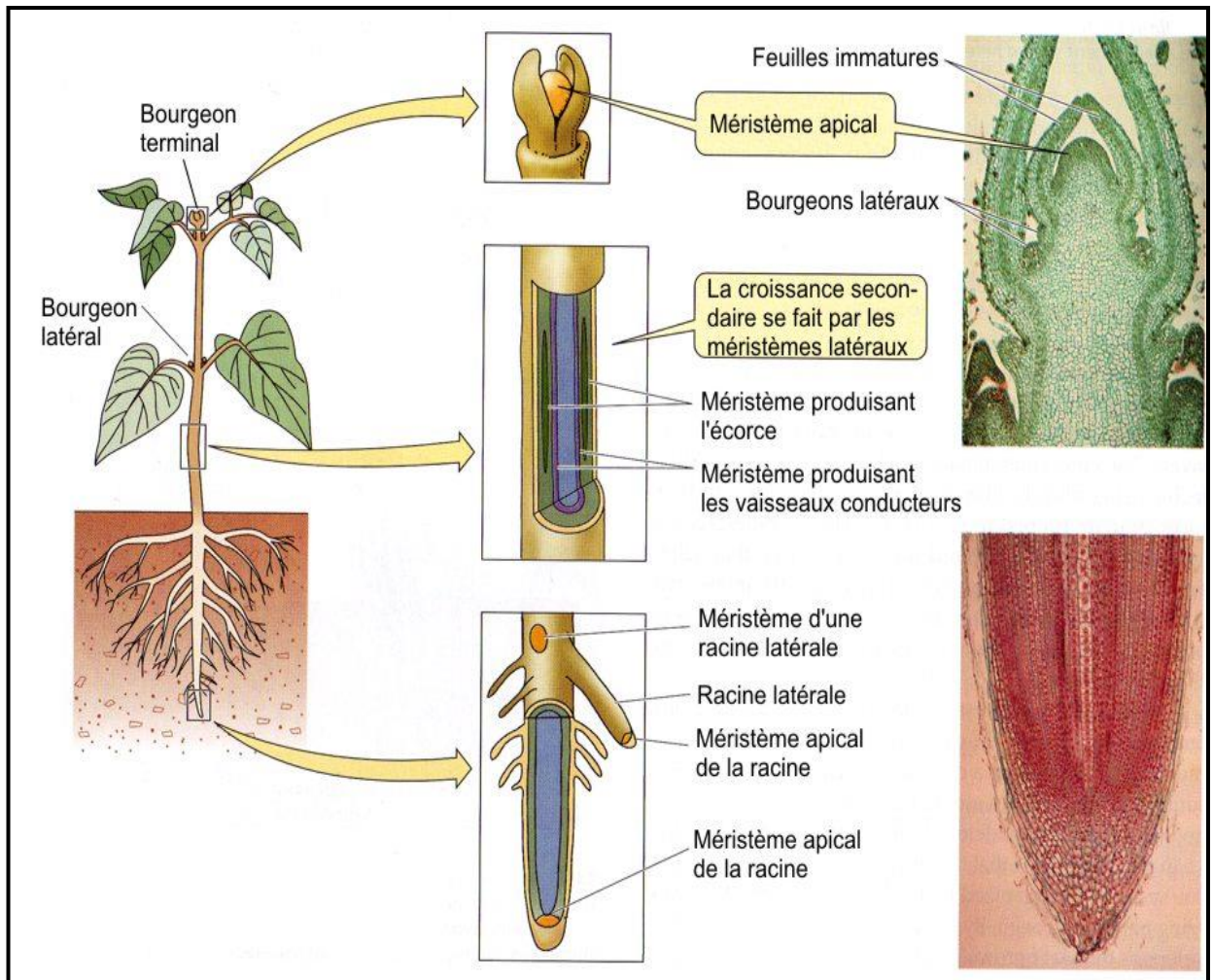


Fig.4. Disposition des méristèmes. (Evert, 2006).

## 2.2. Les tissus fondamentaux

Nombreuses fonctions :

- Remplissent tous les espaces qui ne sont pas occupés par les autres tissus
- Mise en réserve de nutriments
- Soutien de la plante
- Photosynthèse
- Sécrétion (substances de défense ou attractives)

Trois types de cellules peuvent faire partie des tissus fondamentaux :

- Parenchyme (cellules parenchymateuses)
- Collenchyme (cellules collenchymateuses)
- Sclérenchyme (cellules sclérenchymateuses)

On divise souvent les tissus végétaux en tissus simples et tissus complexes :

- Tissu simple : formé que d'un seul type de cellule.
- Tissu complexe : peut contenir plusieurs types différents de cellules.

### **2.2.1. Le parenchyme**

De forme et de taille variables, les cellules parenchymateuses sont les plus nombreuses dans la plante. Dans sa structure primaire, elles forment généralement des ensembles continus - le tissu parenchymateux - par exemple dans le cylindre cortical (figure 5) et la moelle des tiges et des racines, dans le mésophylle des feuilles (voir figures 6 et 7) et dans la chair des fruits. En outre, les cellules parenchymateuses forment des files verticales dans les tissus conducteurs primaires et secondaires, ainsi que des files horizontales, appelées rayons, dans les tissus conducteurs secondaires.

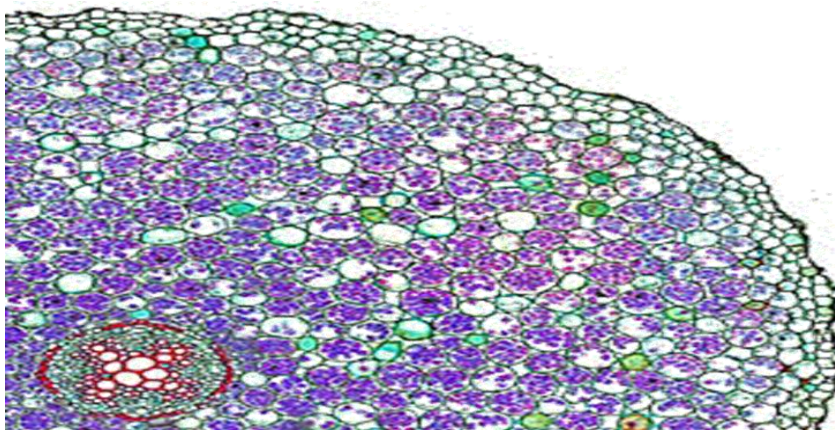
Étant normalement vivantes à maturité, les cellules parenchymateuses sont capables de se diviser; bien que leurs parois soient souvent primaires, certaines possèdent également des parois secondaires. En raison de la persistance de leurs propriétés méristématiques, les cellules parenchymateuses qui ne possèdent que des parois primaires jouent un rôle important dans la régénération des tissus et la cicatrisation des blessures. C'est dans ces cellules que naissent les structures adventives, comme les racines sur les boutures de tiges. De plus, si les conditions sont favorables à la croissance et au développement, ces cellules sont capables de se développer en une plante complète. On dit que ces cellules sont totipotentes. Les cellules parenchymateuses interviennent dans des activités comme la photosynthèse, le stockage et la sécrétion activités qui supposent l'existence de protoplastes vivants. Elles peuvent aussi jouer un rôle dans le déplacement de l'eau et le transport des substances nutritives chez les plantes. Dans beaucoup de plantes succulentes, comme les cactacées, *Sansevieria* et *Peperomia*, le parenchyme est spécialisé en tissu de stockage de l'eau.

**a-Les cellules de transfert sont des cellules**

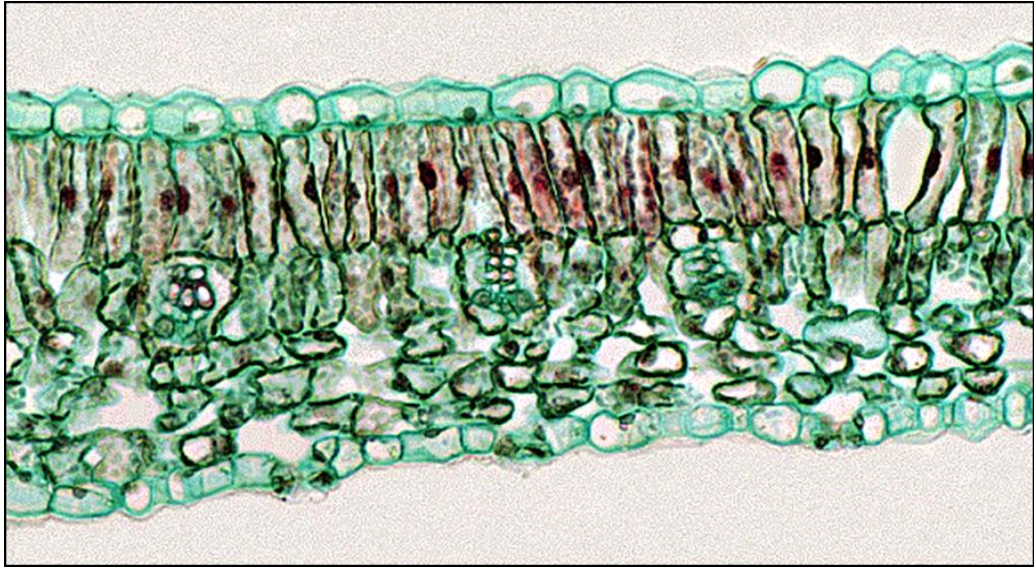
**-Parenchymateuses avec des invaginations de la paroi**

Les invaginations de la paroi des cellules de transfert augmentent considérablement la surface de la membrane plasmique et l'on suppose que ces cellules interviennent dans le transport des solutés sur de faibles distances. La présence de cellules de transfert est généralement associée à l'existence d'importants flux de solutés - soit vers l'intérieur (absorption), soit vers l'extérieur (excrétion) - au travers de la membrane plasmique.

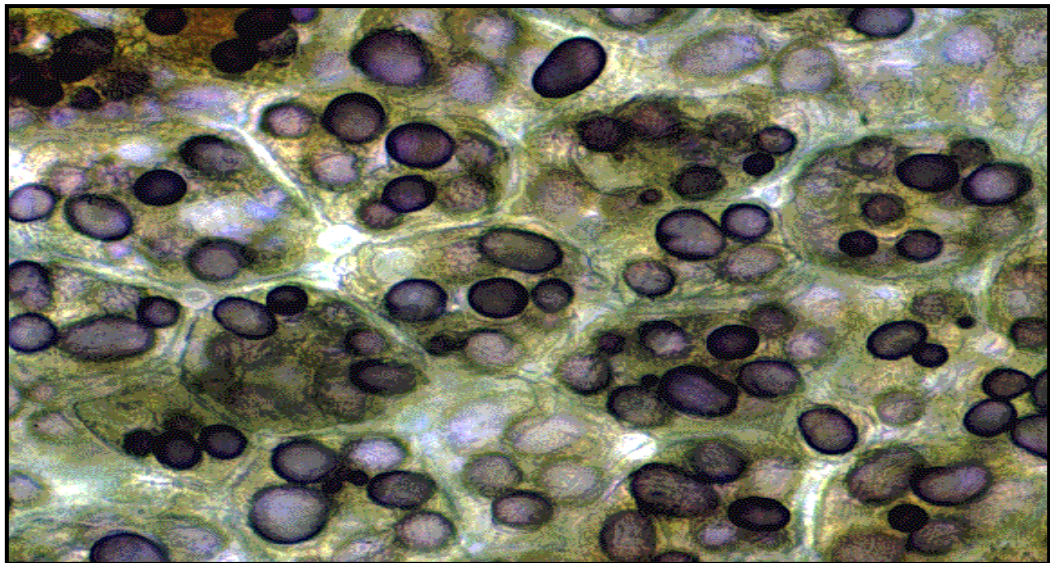
Les cellules de transfert sont extrêmement fréquentes et leur fonction est probablement la même dans tout l'organisme. Elles sont associées au xylème et au phloème dans les petites nervures des cotylédons et les feuilles de nombreuses eu dicotylédones herbacées. Elles sont également associées au xylème et au phloème des traces foliaires au niveau des nœuds, chez les eu dicotylédones comme chez les monocotylédones. On en trouve en outre dans différents tissus des organes reproducteurs (placentas, sacs embryonnaires, albumen) et dans diverses structures glandulaires (nectaires, glandes à sel, glandes des plantes carnivores) où existent d'importants transferts de solutés sur de faibles distances.



**Fig.5.** Coupe d'une racine primaire cellule parenchymateuses (colorés en vert).



**Fig.6.** Coupe d'une feuille montrant les cellules de parenchyme responsables de la photosynthèse.

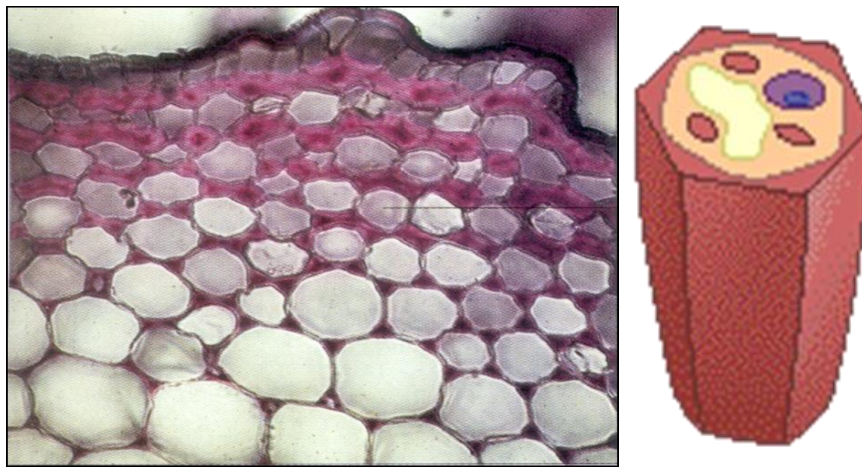


**Fig.7.** Amyloplastes (colorés en bleu par l'iode) dans des cellules parenchymateuses d'une pomme de terre.

### 2.2.2. Le collenchyme

Comme les cellules parenchymateuses, les cellules collenchymateuses adultes sont vivantes (figure 8). Le collenchyme forme souvent des amas séparés ou des cylindres continus sous l'épiderme des tiges et des pétioles. On le trouve également en bordure des nervures dans les feuilles des eudicotylédones. (Les « fils » que l'on trouve à la face externe des pétioles de céleri sont presque entièrement formés de

collenchyme.) Les cellules collenchymateuses sont habituellement allongées. Elles sont surtout caractérisées par leur paroi primaire non lignifiée, irrégulièrement épaissie, molle et souple, ainsi que par leur aspect luisant dans les tissus frais. Restant en vie à maturité, les cellules collenchymateuses continuent à produire des parois épaisses et souples alors que l'organe poursuit sa croissance; c'est pourquoi ces cellules sont particulièrement bien adaptées au soutien des jeunes organes en développement.



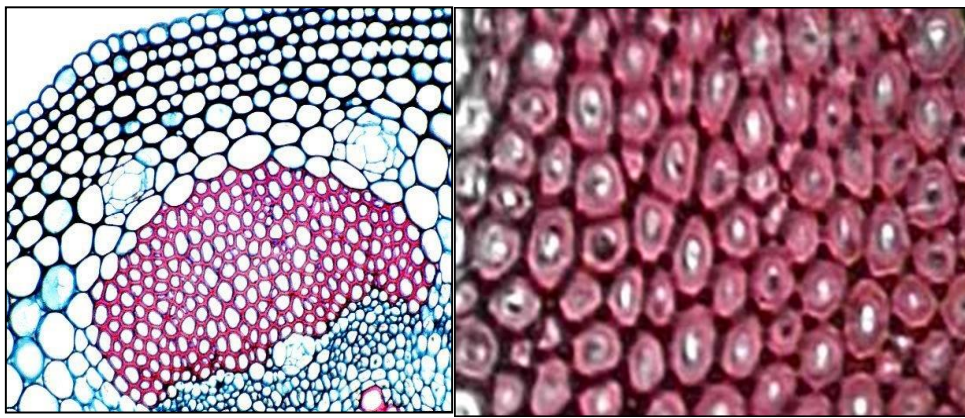
**Fig.8.** Cellules collenchymateuses.

### **2.2.3. Le sclérenchyme**

Les cellules sclerenchymateuses peuvent soit former des massifs continus - un sclérenchyme - soit être dispersées ou réunies en petits groupes parmi d'autres cellules. Elles peuvent se former dans toutes les structures primaires et secondaires et sont souvent dépourvues de protoplaste à maturité. La principale caractéristique des cellules sclerenchymateuses est leur paroi secondaire épaisse, souvent lignifiée. Grâce à ces parois, les cellules sclérenchymateuses sont des éléments de soutien importants pour les parties de la plante qui ont cessé de s'allonger.

On peut reconnaître deux types de cellules sclérenchymateuses : les fibres et les sclérides. Les fibres sont en général des cellules longues et minces, fréquentes dans les faisceaux conducteurs (figure 10). Les fibres textiles - comme celles du chanvre, du jute et du lin - proviennent de tiges d'eudicotylédones. D'autres fibres économiquement importantes, comme le chanvre de manille, sont extraites des

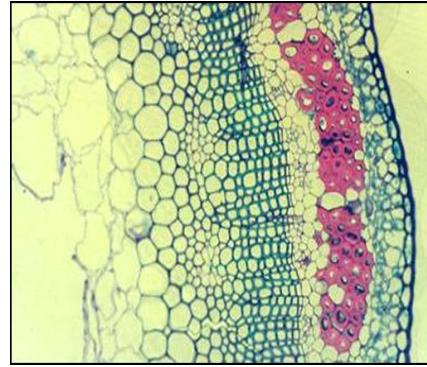
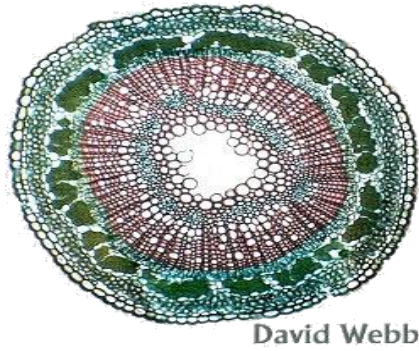
feuilles de monocotylédones. La longueur des fibres varie entre 0,8 et 6 millimètres chez le jute, 5 et 55 millimètres chez le chanvre, 9 et 70 millimètres chez le lin (figure 11). Les scléréides ont une forme variable et sont souvent ramifiés mais, comparés à la plupart des fibres, ce sont des cellules relativement courtes. Les scléréides peuvent être dispersés ou réunis en groupes dans tout le tissu fondamental. Ils constituent le spermoderme de nombreuses graines, l'écaille des noix et le noyau (endocarpe) des fruits à noyau, comme les olives, les pêches et les cerises; ils sont aussi responsables de la texture grumeleuse des poires (figure 13).



**Fig.9.** Cellules sclérenchymateuses.



**Fig.10.** Fibres végétales.



**Sclérenchyme formant les fibres de la tige du lin**



**Fig.11.**Sclerenchyme formant les fibres de la tige du lin *Linum usitatissimum*.



**Fig.12.** Fibres de sisal (*Agava sisalana*)



Certaines plantes contiennent des sclérites : cellules de sclérenchyme aux formes parfois irrégulières. Assure la défense contre la prédation (figure 14).

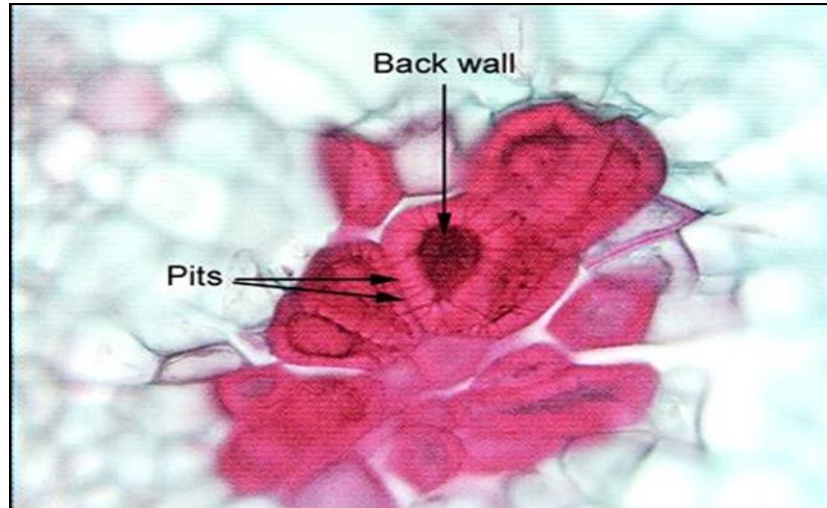


Fig.13. Sclérites d'une poire.

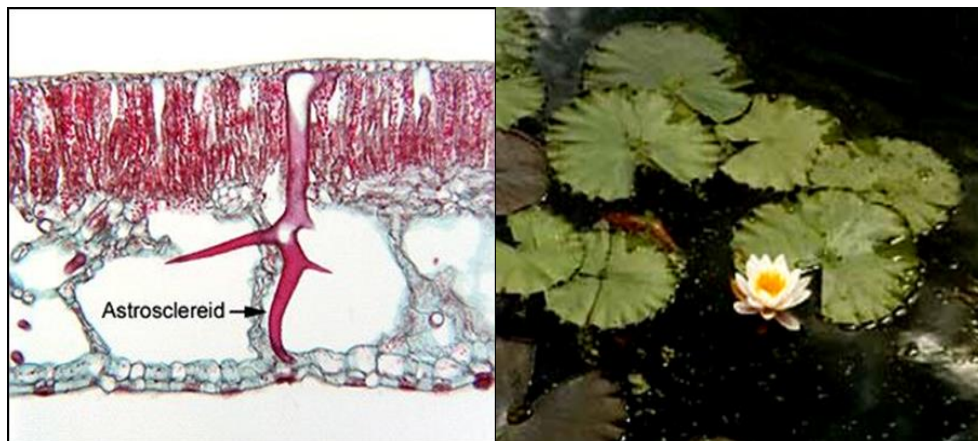


Fig.14. Sclérites d'une feuille de nénuphar.

### 2.3. Le tissu de revêtement

Formé d'un épiderme recouvrant les jeunes tiges, les jeunes racines et les feuilles

**-Épiderme** : généralement une seule couche de cellules. Souvent recouvert d'une cuticule imperméable.

L'épiderme des feuilles comprend des stomates structures pouvant contrôler les échanges gazeux.

L'épiderme constitue le système de tissu de protection (de revêtement) des feuilles, des pièces florales, des fruits et des graines - ainsi que des tiges et des racines jusqu'au moment où leur croissance secondaire est devenue importante. Le rôle et la structure des cellules épidermiques sont assez variables. En plus des cellules relativement peu spécialisées qui forment la plus grande partie de l'épiderme, on y trouve les cellules de garde des stomates (figures 15), et de nombreux types d'appendices, ou trichomes (figures 17), ainsi que d'autres types de cellules spécialisées.

La plupart des cellules épidermiques forment un ensemble compact qui procure aux organes de la plante une protection mécanique efficace. Dans les parties aériennes, leurs parois sont couvertes d'une cuticule qui réduit les pertes d'eau. La cuticule est principalement composée de cutine et de cire (pages 3). Chez beaucoup de plantes, la cire est extrudée à la surface de la cuticule, sous la forme de feuillets lisses, de bâtonnets ou de filaments dressés à la surface: il s'agit de la cire épicuticulaire. Cette cire est à l'origine de la pruine blanchâtre ou bleuâtre à la surface de certaines feuilles et de certains fruits.

L'épiderme des tiges et des coléoptiles est soumis à des tensions et on l'a considéré comme le tissu qui contrôle l'élongation de l'ensemble de l'organe. L'épiderme est le site de la perception de la lumière impliquée dans les mouvements circadiens de la feuille et dans l'induction photopériodique.

À la surface des parties aériennes de la plante, parmi les cellules épidermiques étroitement imbriquées et dépourvues de chloroplastes, sont dispersées les cellules de garde des stomates, riches en chloroplastes. Les stomates contrôlent les échanges gazeux, y compris ceux de la vapeur d'eau, entre la plante et le milieu ambiant. Le terme «stomate» s'applique normalement au port (ostiole) et aux cellules de garde. Bien qu'il existe des stomates dans toutes les parties aériennes, ils sont plus abondants sur les feuilles. Les cellules de garde sont souvent associées à des cellules épidermiques de forme particulière. On les appelle des cellules annexes.

Les trichomes ont des fonctions diverses. Les poils absorbants des racines facilitent l'absorption de l'eau et des sels minéraux du sol. Les recherches sur les plantes vivant dans des milieux arides montrent que l'augmentation de la pubescence des feuilles liée à la présence des trichomes, confère une plus grande réflectance des rayons solaires, abaisse en conséquence la température des feuilles et réduit les pertes d'eau. De nombreuses plantes «aériennes», comme les broméliacées

épiphytes, se servent des trichomes foliaires pour absorber l'eau et les minéraux. Au contraire, chez les *Atriplex* vivant dans un sol salin, les trichomes sécrètent le sel à partir des tissus foliaires, protégeant ainsi la plante d'une accumulation de substances toxiques. Les trichomes peuvent également procurer une défense contre les insectes. On a constaté, chez plusieurs espèces, une étroite corrélation entre la densité de l'indument et la résistance aux attaques d'insectes. Les poils crochus de certaines espèces végétales empalent les insectes et leurs larves, et les trichomes des plantes carnivores jouent un rôle important dans la capture des insectes. Les poils glandulaires (sécréteurs) peuvent constituer une défense chimique.

Les trichomes des feuilles d'*Arabidopsis* sont simples et bien visibles : c'est un modèle génétique idéal pour l'étude du contrôle de la différenciation des cellules chez les plantes. On a identifié certains gènes impliqués dans le développement des trichomes sur les feuilles d'*Arabidopsis*, comme *GLI* (*GLA-BROUS 1*) et *TTG* (*TRANSPARENT TESTA GLABRA*). Un facteur précoce qui pousse une cellule du protoderme à se développer en trichome implique une augmentation de l'expression de *GLI*. Au contraire, *TTG* semble avoir une influence inhibitrice sur les cellules du protoderme voisines des trichomes et empêcher leur transformation en trichomes. On a également attribué un rôle au gène *TTG* dans le sort réservé aux cellules épidermiques de la racine ; les mutants *TTG* n'ont pas de trichomes sur leurs parties aériennes, mais les poils absorbants y sont plus nombreux. (Par convention, le gène mutant est symbolisé par des lettres minuscules.)

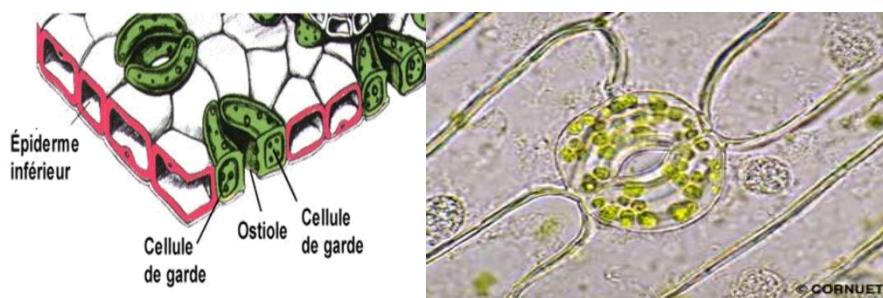
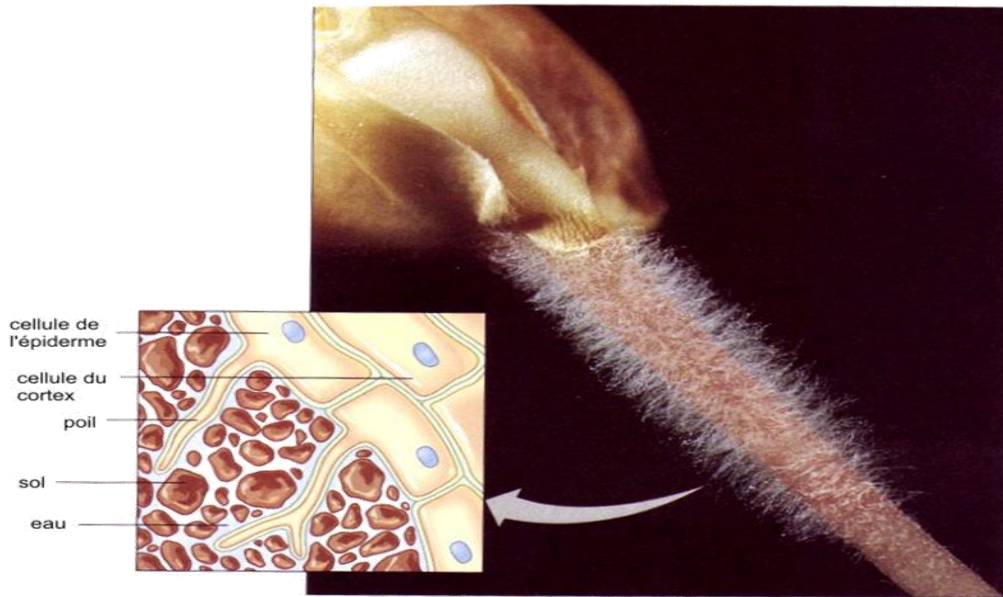


Fig.15. Epiderme d'une feuille

- Les cellules de l'épiderme peuvent parfois être modifiées en poils (sur feuilles, tiges ou racines)



**Fig.16.** Ex. poils absorbants d'une racine primaire



**Fig.17.** Cellules épidermiques modifiées formant des poils.

- Cellules épidermiques modifiées formant des poils. Certains de ces poils se terminent par des cellules pouvant sécréter des substances irritantes, collantes ou aromatiques.

## 2.4. Les tissus vasculaires

- Le xylème transporte l'eau et les minéraux dissous des racines jusqu' aux tiges, feuilles, et pousses shoots.
- Le phloème transporte des nutriments dissous et des hormones dans toutes les parties de la plantes.

Fonction

- Transport de l'eau, des minéraux, et de nourriture

### 2.4.1. Xylème (du grec xylos : bois)

Xylème et phloème : tissus complexes (formés de plusieurs sortes de cellules)

Contient deux types de cellules conductrices de sève:

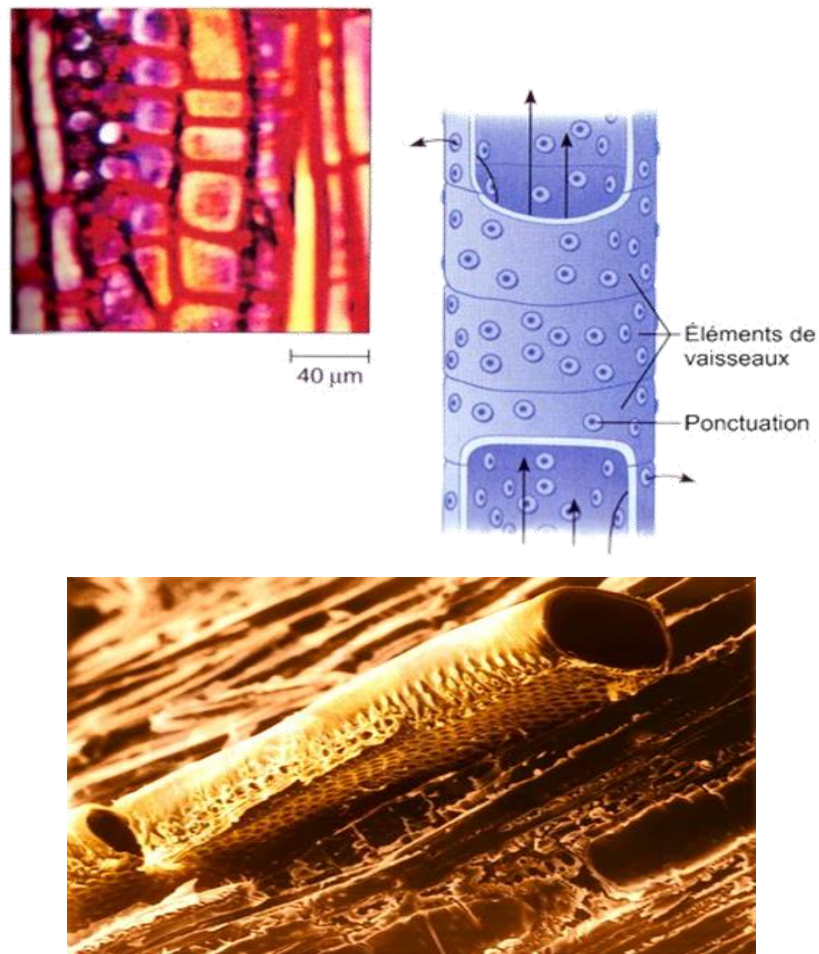
- **Trachéides** : cellules minces et allongées.
- **Éléments de vaisseau** : plus courts et plus gros.

Le xylème est le principal tissu conducteur de l'eau chez les plantes vasculaires

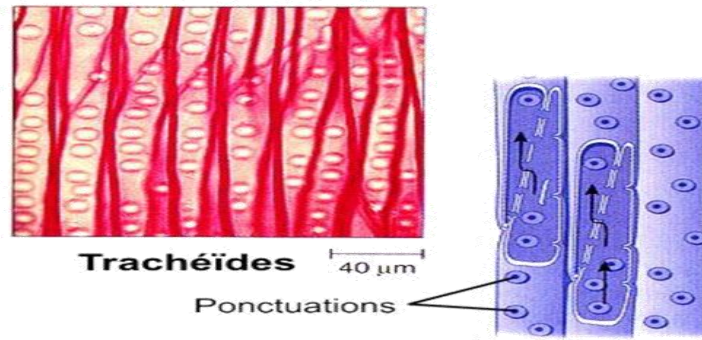
Le xylème, principal tissu conducteur de l'eau, contribue également au transport des sels minéraux, au soutien et au stockage des matières de réserve. Avec le phloème, le xylème forme un système continu de tissu conducteur réparti dans toute la plante (figures 19). Dans la structure primaire, le xylème dérive du procambium. Au cours de la croissance secondaire, il provient du cambium vasculaire (voir chapitre 2).

Les principales cellules conductrices du xylème sont appelées éléments xylémiens, dont il existe deux types, les trachéides et les éléments de vaisseaux. Tous deux sont des cellules allongées possédant une paroi secondaire et dépourvues de protoplaste à maturité ; leur paroi peut comporter des ponctuations (figure 19). Contrairement aux trachéides, les éléments de vaisseaux possèdent des perforations: ce sont des zones dépourvues de parois primaires et secondaires. Ces perforations sont de véritables orifices dans la paroi cellulaire. La partie de la paroi qui possède une ou plusieurs perforations est une plaque perforée (figure 21). Il existe généralement des perforations aux extrémités des éléments vasculaires lorsqu'ils se joignent bout à bout sous forme d'anneaux ou de spires (figure 20). Ces épaissements annulaires ou spiralés permettent l'étirement et l'allongement des éléments conducteurs, mais ces cellules sont souvent écrasées au cours de l'élongation de l'organe. Dans le xylème primaire, la nature de l'épaississement de la

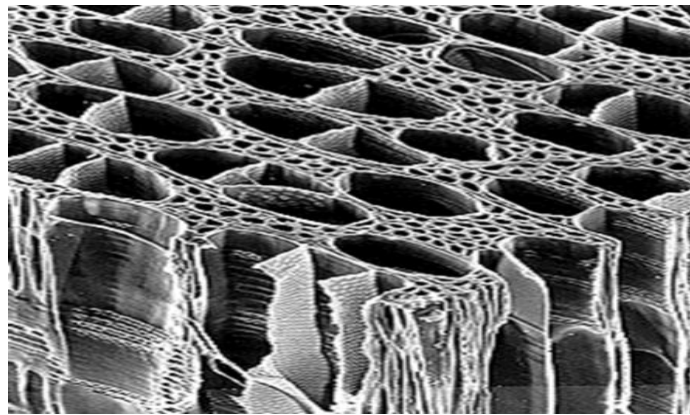
paroi est profondément influencée par l'importance de l'élongation. Si l'élongation est limitée, ce sont des éléments ponctués qui se forment, plutôt que des éléments extensibles. Si l'élongation est importante par contre, de nombreux éléments annelés ou spiralés se formeront. Dans le xylème primaire formé plus tard (le métaxylème ; metasignifiant « après »), ainsi que dans le xylème secondaire, les parois secondaires des trachéides et des éléments de vaisseaux recouvrent complètement les parois primaires, sauf au niveau des membranes des ponctuations et des perforations des éléments xylémiens (21). Ces parois sont par conséquent rigides et ne peuvent s'étirer.



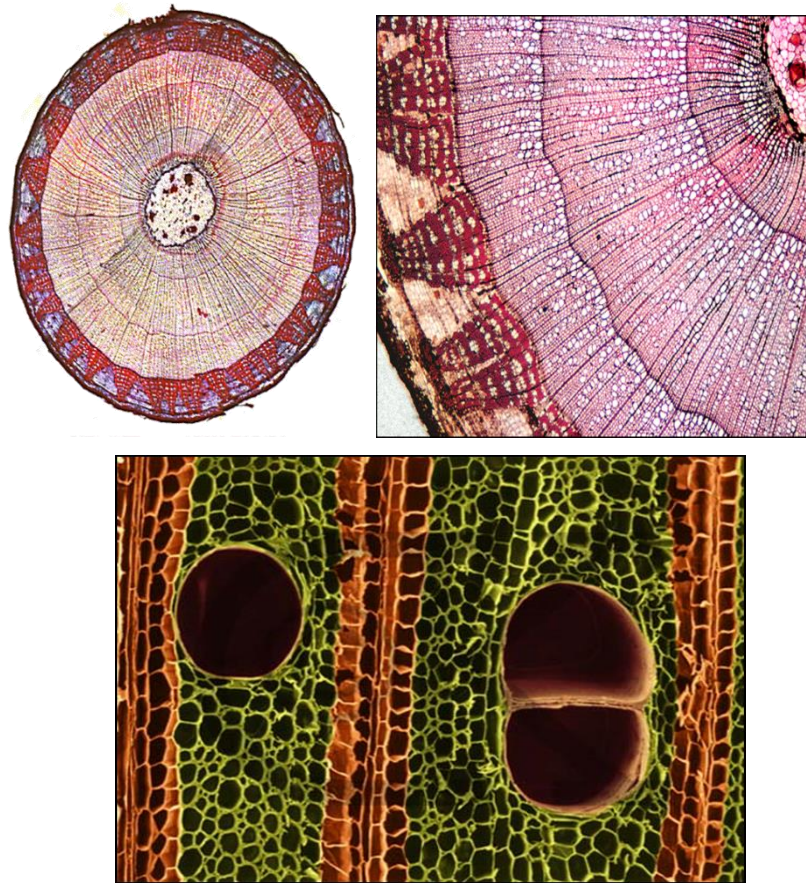
**Fig.18.** Éléments de vaisseau.



**Fig.19.** Trachéïdes.



**Fig.20.** Cellules conductrices de sève.



**Fig.21.** xylème de la tige.

#### 2.4.2. Phloème

Bien que défini à juste titre comme le principal tissu conducteur de la sève organique chez les plantes vasculaires, le phloème joue un rôle beaucoup plus important dans la vie de la plante. En plus des sucres, le phloème transporte bien d'autres substances, comme des acides aminés, des lipides, des micronutriments, des hormones, le stimulus floral et de nombreuses protéines et des ARN, dont certains jouent le rôle de molécules de transmission. En réalité, la transmission à longue distance chez les plantes passe principalement par le phloème, qui a été qualifié de « grand-route de l'information ». C'est aussi par le phloème qu'une série de virus végétaux se déplacent.

Les principales cellules conductrices du phloème sont les éléments criblés. Le terme « crible » se réfère aux ensembles de pores, ou plages criblées, qui relient entre eux les proto- plastes d'éléments criblés voisins. Chez les spermatophytes, on peut reconnaître deux types d'éléments criblés; les cellules criblées et les éléments de tubes criblés (figures 23). Les cellules criblées sont le seul type de cellules transportant la sève organique chez les gymnospermes, alors qu'il n'existe que des



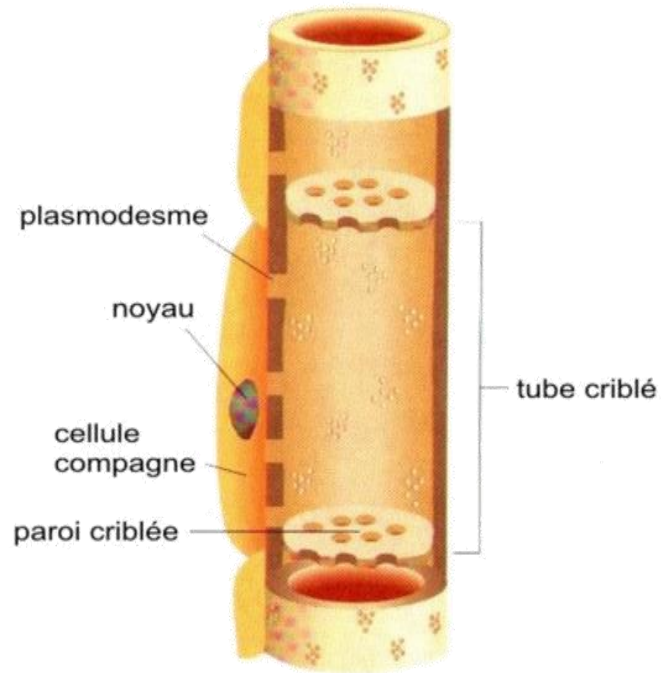
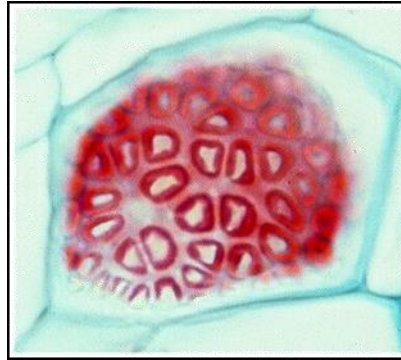
éléments de tubes criblés chez les angiospermes. Les éléments criblés des cryptogames vasculaires ont une structure variable et on les désigne donc simplement comme des « éléments criblés ».

Dans les cellules criblées, les pores sont étroits et la structure des zones criblées est assez uniforme sur toutes les parois. La plupart des zones criblées sont réunies au niveau des extrémités superposées de cellules criblées longues et minces. Dans les éléments de tubes criblés par contre, les zones criblées ont des pores plus grands sur certaines parois que dans d'autres régions de la même cellule. La partie de la paroi qui possède des plages criblées de grands pores est une plaque criblée. On peut trouver des plaques criblées sur toutes les parois, mais elles sont généralement situées aux extrémités. Les éléments de tubes criblés sont placés bout à bout en séries longitudinales appelées tubes criblés. Une des principales différences entre les deux types d'éléments criblés est donc la présence de plaques criblées dans les éléments de tubes criblés et leur absence dans les cellules criblées.

Les parois des éléments criblés sont généralement considérées comme primaires. Dans les coupes de tissu phloémien, les pores des zones criblées sont en général obturés ou tapissés par une substance pariétale, la callose, polysaccharide composé de chaînes spiralées de résidus glucose. La plus grande partie, sinon toute la callose qui se trouve dans les pores des éléments conducteurs criblés est un artefact apparu au cours de la préparation du tissu pour la microscopie. On parle de « callose de blessure » pour désigner cette substance, ainsi que toute autre callose provenant d'une blessure provoquée par une cause naturelle. De la callose se dépose en outre normalement dans les zones et les plaques criblées des éléments criblés vieillissants: on parle alors de « callose définitive ». Des plaquettes de callose apparaissent aussi sous la membrane plasmique autour de tous les plasmodesmes aux endroits où se développent les pores des plaques criblées.

Contrairement aux éléments de trachées, les éléments criblés conservent un protoplaste vivant à maturité. Au cours de sa différenciation cependant, l'élément criblé formé de :

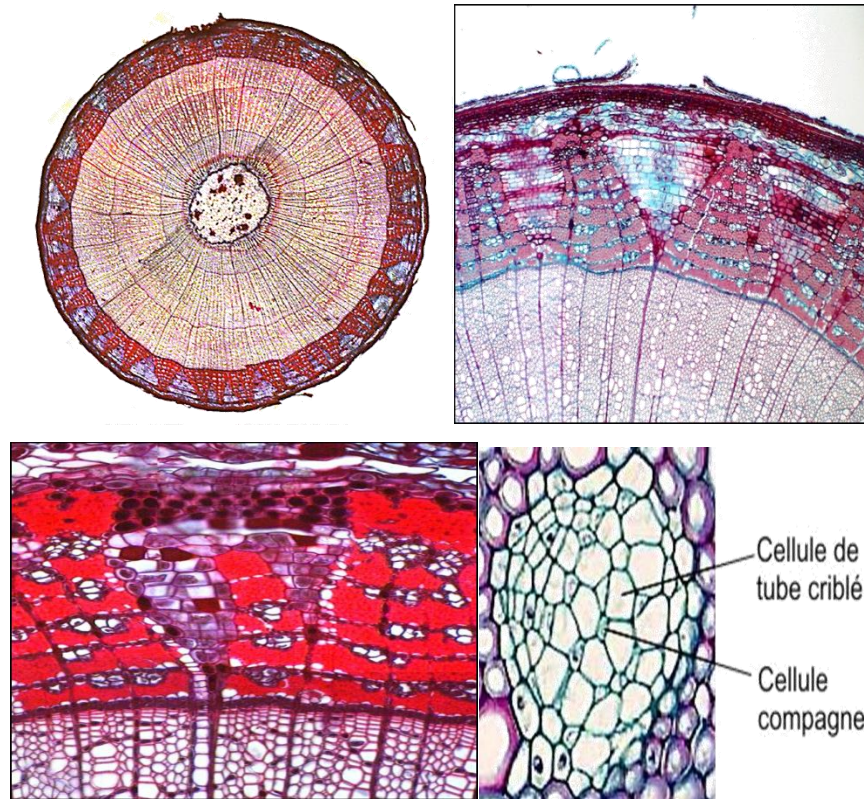
- Cellules des tubes criblés
- Cellules compagnes



**Fig.22.** Cellules des tubes criblés.

Cellules des tubes criblés :

- Vivantes (mais ne vivent généralement pas plus d'un an)
- Dépourvues de noyau
- Parois transversales « criblées » : permet la diffusion de substances d'une cellule à l'autre
- Besoins assurés par les cellules compagnes (qui, elles, possèdent un noyau)



**Fig.23.** Phloème de la tige structure secondaire. (Guignard, et *al.* 1985)

## **Chapitre II. Anatomie végétale**

L'étude anatomique des Angiospermes permet de reconnaître l'existence d'un certain nombre de tissus, c'est-à-dire d'assemblages de cellules différenciées dans l'accomplissement d'une même fonction. Ces tissus ne feront pas l'objet d'un chapitre spécial, mais seront étudiés au fur et à mesure.

Parmi ces tissus, les plus importants sont, outre le tissu chlorophyllien assimilateur, les tissus conducteurs, contenant des cellules allongées, cylindriques ou fusiformes, à travers lesquelles circulent les liquides constituant la sève. Ces tissus conducteurs sont de deux sortes : le xylème, qui assure essentiellement la montée de l'eau et des sels minéraux depuis la racine jusqu'aux feuilles, et le phloème, qui conduit la sève élaborée, c'est-à-dire qui redistribue dans l'ensemble de la plante les matériaux organiques élaborés au niveau des feuilles. Par les tissus conducteurs circulent non seulement les aliments mais aussi une partie des hormones contrôlant la régulation de la croissance. Enfin, ces tissus assurent, par les fibres qui se trouvent contenues dans le xylème et parfois dans le phloème, un rôle de soutien de la plante. L'appareil conducteur est donc comparable à l'ensemble de l'appareil circulatoire, de l'appareil nerveux et du squelette des animaux ; l'étude de sa structure histologique et de sa répartition dans la plante est donc fondamentale et recevra dans ce court exposé anatomique la place essentielle. Dès maintenant il est important de connaître la répartition de ces tissus dans les trois organes fondamentaux de la plante, tige, racine et feuilles, et c'est cette disposition qui fait l'objet de premier chapitre.

Dans la tige, le xylème est disposé sous la forme d'un manchon cylindrique creux, doublé extérieurement d'un cylindre de phloème. Suivant les espèces, le cylindre de tissu conducteur est continu ou divisé en un cercle de faisceaux libéro- ligneux séparés dans certains groupes la disposition est plus compliquée. Dans les tiges âgées, le cylindre vasculaire s'épaissit par formation de tissu conducteur secondaire. Dans la racine jeune, le xylème et le phloème, au lieu d'être superposés, forment des faisceaux alternants; l'ensemble du manchon conducteur est entouré d'une assise spéciale appelée endoderme.

Au niveau du nœud, là où la feuille se détache de la tige, un vecteur du cylindre vasculaire de celle-ci s'infléchit et pénètre dans le pétiole; la structure de ce dernier et le mode de raccord à la tige sont très variables. À la base du limbe, le système vasculaire du pétiole se résout en faisceaux séparés qui constituent les nervures de

ce limbe. Nous verrons plus loin que dans les tiges âgées les tissus conducteurs, xylème et phloème, prennent une structure particulière. Le xylème constitue chez les grosses tiges telles que les troncs des arbres une masse compacte, à laquelle on a donné le nom de bois : c'est un xylème riche en fibres, relativement pauvre en parenchyme et formant un matériau résistant. Le phloème des mêmes tiges reste un tissu mou et prend souvent, par écrasement d'une partie de ses éléments, une structure feuilletée comparable aux feuillets d'un livre et qui lui a fait donner le nom de liber. En toute rigueur, les termes de bois et de liber sont donc synonymes de xylème secondaire et de phloème secondaire des tiges âgées; cependant dans la pratique courante ces deux mots sont très souvent employés comme synonymes de xylème et phloème. Le mot de bois est un terme du langage courant, désignant une substance employée par l'homme, tandis que celui de xylème est un terme de botaniste désignant un tissu.

En fait, une fois bien comprise cette nuance, il n'y a pas grand inconvénient à employer un terme pour l'autre et dans la suite de cet exposé nous considérerons bois comme synonyme de xylème et liber comme synonyme de phloème.

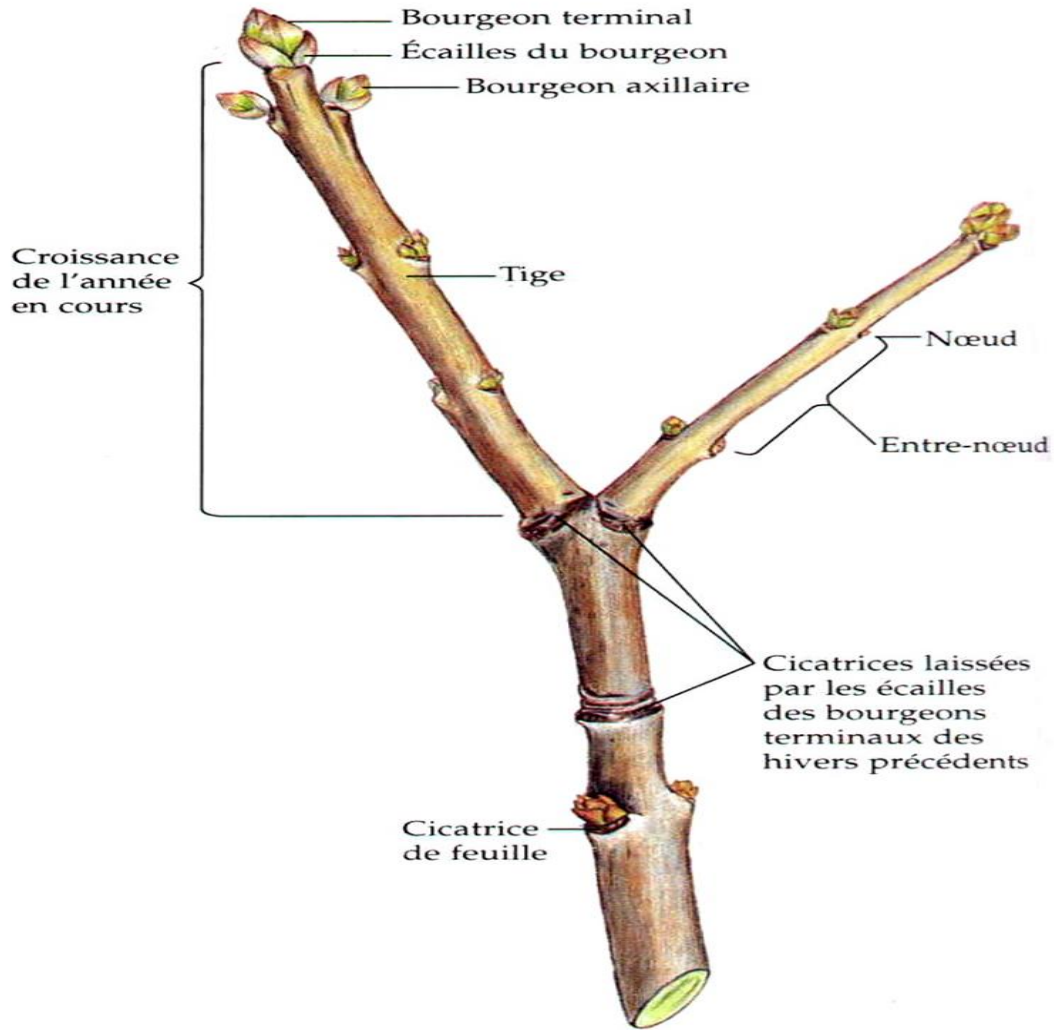


Fig.24. Croissance et développement de la tige

## 2.1. Anatomie de la tige

### 2.1.1. Anatomie de la tige jeune : structure primaire

La croissance en longueur à partir du méristème responsable de l'allongement de la tige (méristème du bourgeon terminal) (Fig.24).

Un exemple typique en est donné par la figure 27 a et b. La tige de Fenouil comporte de dedans en dehors: une moelle, un cercle de faisceaux libéro-ligneux, une écorce et un épiderme. L'écorce présente des bandes longitudinales de tissu de soutien à cellules épaissies, et des canaux sécréteurs produisant une essence qui donne à la plante son odeur caractéristique.

L'examen à fort grossissement d'un fragment de cette coupe transversale (fig. 27 b) montre le détail des principaux tissus. La moelle et l'écorce sont constituées

de cellules banales, sans différenciation particulière : un tel tissu est appelé parenchyme. Les côtés longitudinaux de tissu de soutien apparaissent, en coupe, sous forme d'îlots elliptiques situés au-dessous de l'épiderme; les parois des cellules sont considérablement épaissies par un dépôt de cellulose qui leur donne de la rigidité; ce tissu est appelé collenchyme.

Les faisceaux libéro-ligneux ont la forme de secteurs à pointes tournées vers le centre de la tige; ils comprennent du côté interne un triangle de bois, coiffé du côté externe d'une calotte sensiblement semi-circulaire de liber. Sur une coupe transversale on voit déjà que le bois contient, parmi des cellules de dimension normale, d'autres éléments beaucoup plus gros qui sont les vaisseaux et dont le calibre augmente lorsqu'on va de la pointe du bois en direction du liber: cette augmentation de diamètre correspond à une différenciation progressive des vaisseaux, qui se fait dans un sens dit centrifuge par rapport à l'axe de la tige.

Les caractères histologiques des tissus conducteurs ne peuvent être étudiés complètement que sur une coupe longitudinale; des fragments de telles coupes sont représentés par le premier chapitre. La section longitudinale passant par l'axe d'un faisceau de bois montre la succession des éléments vasculaires qui le composent : vers la pointe du faisceau, dans la partie qui est représentée sur la figure 28, le tissu ne contient que des éléments conducteurs et des cellules de parenchyme; c'est du bois peu différencié, le premier formé, et que l'on appelle protoxylème. Les cellules conductrices sont allongées en tubes; leur contenu vivant, cytoplasme et noyau, a disparu et les parois sont garnies d'épaississements de lignine, en forme d'anneau dans les premiers vaisseaux formés, puis de spirale et enfin de réseau. Ensuite se forme en bois plus différencié, dit métaxylème, dans lequel les vaisseaux sont de type ponctué : leur membrane est entièrement lignifiée sauf au niveau de pores, appelés ponctuations et dont la structure parfois complexe ne sera pas étudiée ici; on trouve en outre dans le métaxylème du parenchyme vivant comme précédemment mais aussi des cellules mortes et lignifiées, très allongées et de faible diamètre qui sont les fibres et qui seront étudiées plus loin à propos du bois secondaire.

Le liber comporte pareillement un protophloème différencié dans la tige très jeune, dans la partie externe du faisceau, puis un métaphloème qui se différencie à

la rencontre du bois. La partie la plus importante du liber est constituée par les cellules conductrices proprement dites, appelées tubes criblés : contrairement aux vaisseaux du bois, elles ont conservé leur cytoplasme, le noyau seul a disparu; elles communiquent entre elles par des ponctuations spéciales formées de très petits ports et que l'on appelle cribles. Elles sont en connexion avec des cellules plus petites dites cellules compagnes, à cytoplasme et noyau persistants et dont le rôle est incertain. Le phloème contient également du parenchyme et parfois des fibres.

La nature chimique des constituants des divers tissus : cellulose et autres substances de membrane, lignine, cutine, produits de sécrétion, etc., ne sera pas faite ici: se reporter à ce sujet aux cours de biochimie.

La structure primaire des tiges peut varier considérablement d'une plante à l'autre et l'exemple représenté sur la figure 27 donne une idée de ces variations. Chez le Genêt d'Espagne (*Spartium*, Papilionacées), la tige (fig. 10.16A) comporte encore un cercle de faisceaux libéro-ligneux de structure analogue aux précédents. Mais chaque massif de phloème est coiffé d'une calotte de tissu de soutien qui, ici, a des parois cellulaires imprégnées de lignine et porte le nom de sclérenchyme. D'autres faisceaux de sclérenchyme courent dans l'écorce. Celle-ci est formée en grande partie d'un parenchyme particulier à cellules chlorophylliennes, et la tige a un rôle assimilateur qui compense dans cette espèce la réduction des feuilles. Enfin, le centre de la tige, occupé à l'état jeune par une moelle lâche, est ensuite creux, en raison de la formation d'une grande lacune par résorption de la moelle.

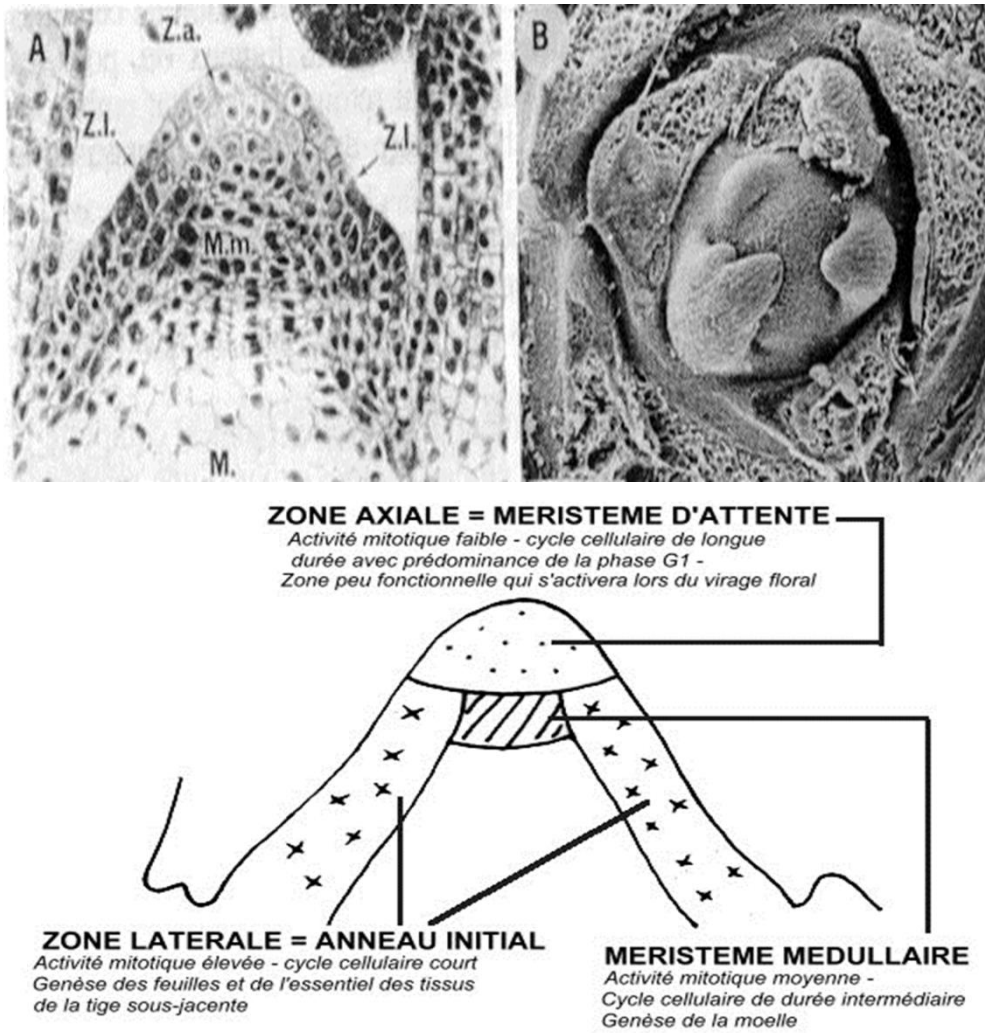
La tige de la plupart des arbustes, mais aussi celle d'un certain nombre de plantes herbacées, présente un cercle complet de faisceaux libéro-ligneux; il en est ainsi dans la tige du Liseron, figurée sur la figure 10.16B. Mais, en outre, dans cette tige, la périphérie de la moelle présente, contre le bois, des îlots de liber anormalement placés et dont la structure histologique est identique à celle du liber externe normal. Cette présence de liber interne caractérise un certain nombre de familles : Convolvulacées, Solanacées, Myrtacées, Parfois la tige peut contenir des cordons libériens dispersés dans la moelle (liber médullaire) ou même des faisceaux libéro-ligneux médullaires.



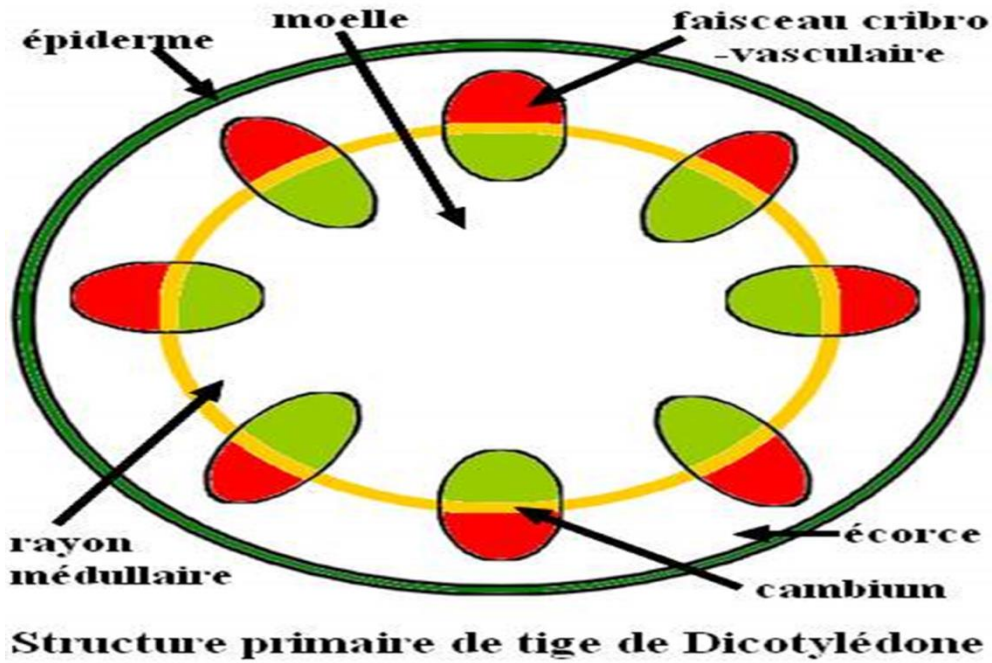
Chez les Monocotylédones, les faisceaux sont rarement disposés sur un cercle; presque toujours ils sont répartis dans tout l'ensemble de la tige de sorte qu'on ne peut plus distinguer une écorce et une moelle (fig. 28). En coupe transversale, le contour du xylème des faisceaux présente souvent une forme de V en serrant le phloème dans sa concavité, tandis qu'une gaine de sclerenchyme ceinture le faisceau.

On appelle souvent stèle l'ensemble du système conducteur de la tige, et notamment le cylindre libéro-ligneux lorsque cette disposition simple est réalisée. Toutefois, la variabilité de cet appareil dans les différents groupes de Phanérogames (et plus encore chez les Pteridophytes), la difficulté de séparer ce qui appartient à la tige et ce qui correspond déjà au départ des feuilles, la connaissance encore insuffisante de l'organogenèse de beaucoup de tiges, font que le terme de stèle a été employé par divers auteurs dans des sens souvent très différents et nous n'en ferons pas usage ici. Dans la racine, par contre, le même terme de stèle a été employé avec beaucoup plus de précision pour désigner le cylindre central, c'est-à-dire l'ensemble du bois, du liber et de l'assise péricyclique qui les entoure (fig.).

Pour être complète, une étude anatomique doit figurer la disposition des tissus dans l'espace. Il ne faudrait pas croire que celle-ci se déduit de ce que l'on observe en coupe transversale, par une simple translation parallèle à l'axe de l'organe, et que par exemple les faisceaux libéro-ligneux constituent une sorte de colonnade. Les choses sont beaucoup plus compliquées. Ces faisceaux suivent une courbe sinueuse, ils se ramifient, se fusionnent, peuvent parcourir un certain trajet dans la moelle ou dans l'écorce avant de se rendre dans les feuilles. Le « cylindre vasculaire » affecte en réalité dans l'espace une disposition grillagée. L'émergence des faisceaux qui entrent dans les pétioles découpe dans ce cylindre des brèches appelées « fenêtres foliaires ». Chez les Monocotylédones (fig. 28). Les faisceaux qui proviennent des feuilles pénètrent d'abord dans la moelle de la tige, puis au cours de leur descente dans celle-ci ils s'incurvent vers l'extérieur et prennent place dans les cercles libéro-ligneux externes.



**Fig.25.** Section longitudinale du bourgeon terminal, mettant en évidence : la zone axiale (Z.a), la zone latérale (Z.l), le méristème médullaire (M.m) et la zone M représente la moelle (Gorenflot, 1983)



Coupe d'une tige primaire (première année de croissance) de dicotylédone

Tige primaire = tige qui se forme à partir du méristème responsable de l'allongement de la tige. Ce méristème, appelé **méristème primaire** est situé au niveau du bourgeon terminal.

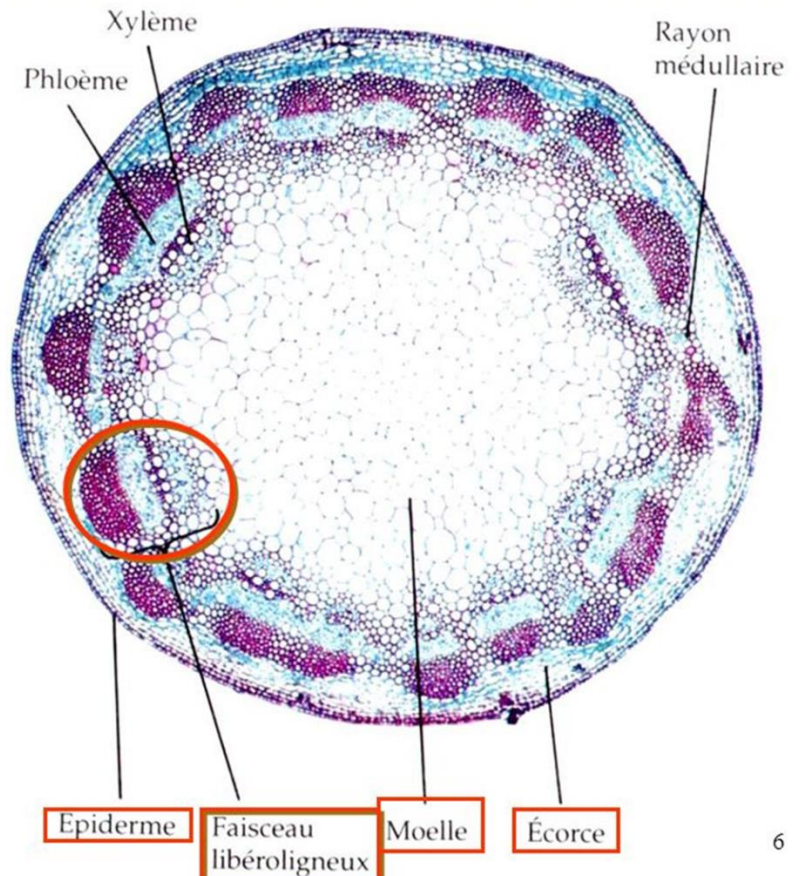


Fig.26. Structure primaire de tige de dicotylédone

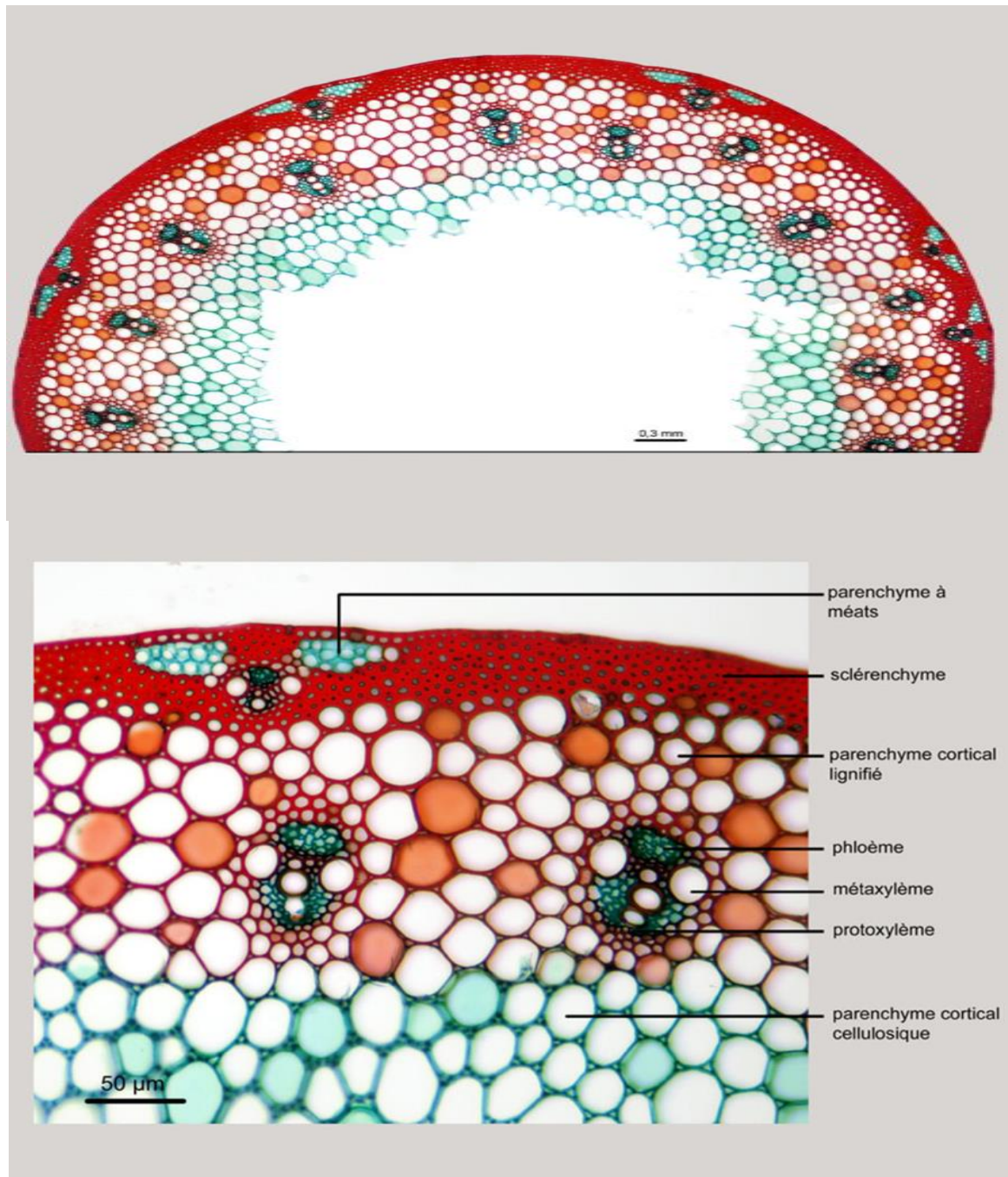


Fig.27. Structure primaire de tige de monocotylédone

### 2.1.2. Anatomie de la tige âgée : formations secondaires

La croissance en épaisseur de la tige (se fait à partir d'un méristème appelé cambium vasculaire). Ces cellules du cambium vasculaire se divisent et se modifient en cellules du phloème (ce qui donne le phloème secondaire) et en cellules du xylème (ce qui donne le xylème secondaire) (fig. 29)

L'anatomie d'une tige âgée diffère radicalement suivant qu'il s'agit d'une Monocotylédone ou d'une Dicotylédone (Core et *all*,1979).

Les Monocotylédones ne produisent souvent que des tiges aériennes annuelles (fig. 28). Lorsque les tiges sont vivaces, comme chez les Palmiers, ou lorsqu'elles atteignent une grande taille, comme chez certaines Graminées telles que le Maïs ou les Bambous, le diamètre de la tige atteint assez rapidement une valeur maximum et par la suite la grosseur de la tige reste sensiblement constante: de telles ges cylindriques sont appelées chaumes dans le cas des Graminées, stipes dans le cas des Palmiers. La forme cylindrique d'un stipe de Palmier s'explique par le fait que la couronne de feuilles que porte l'arbre conserve une importance sensiblement constante au cours des années ; une légère croissance en épaisseur de la tige peut se présenter, mais elle se fait alors par apparition de nouveaux tissus primaires qui s'intercalent entre ceux qui existent déjà (Djerdin et all, 2010).

Au contraire, chez les Dicotylédones, la tige s'accroît sensiblement en épaisseur en prenant de l'âge et cette augmentation est particulièrement nette dans le tronc des gros arbres. La croissance en épaisseur se fait par le jeu d'un mécanisme spécial qui consiste dans la production de couches de tissus à partir de deux assises cellulaires cylindriques contenues dans la tige. L'une de ces assises, le cambium, est située entre bois et liber, elle produit du bois sur sa face interne et du liber sur sa face externe ; lorsque la tige comprend des faisceaux séparés, le cambium est fréquemment continu, c'est-à-dire qu'il se développe d'un faisceau à l'autre à travers les rayons parenchymateux qui les séparaient (ces régions de raccord sont souvent appelées cambium interfasciculaire, fig. 10.17C). L'autre assise, dite phellogène ou assise subéro-phellodermique, se situe à une profondeur variable, mais dans les tissus périphériques; elle forme du côté interne un parenchyme appelé écorce secondaire ou phelloderme et du côté externe une couche de liège ou suber. Du fait du fonctionnement de ces deux assises, la structure de la tige se complique considérablement (fig.).

La structure du bois et du liber secondaires formés par le cambium sont ainsi assez complexes et font l'objet des figures. On y retrouve les éléments déjà vus à propos du métaxylème et du métaphloème, mais avec plus de variété. L'étude du bois a été très poussée en raison des applications pratiques de cette substance (menuiserie, papeterie, industrie de la cellulose, usages industriels divers); pour bien comprendre cette structure, il est nécessaire d'examiner en détail la figure 31. Chaque année, le cambium produit sur sa face interne un anneau de xylème qui est en général hétérogène : il se forme au printemps une couche de bois riche en

vaisseaux de gros calibre, et par suite tendre et de couleur claire, tandis qu'en été il se produit un bois pauvre en vaisseaux et riche en fibres, plus dur et plus foncé, que l'on appelle, improprement d'ailleurs, bois d'automne. L'alternance de ces couches annuelles de bois produit des anneaux concentriques visibles à l'œil nu, qui permettent de dater le tronc ou la branche. Le bois est interrompu par des rayons, à disposition radiale et formés de parenchyme.

Le cambium produit sur sa face externe des couches de liber qui sont progressivement refoulées vers la périphérie, comprimée entre le liber jeune en train de se différencier et l'écorce. Du fait de cette compression le liber, qui est un tissu mou et qui n'a pas la résistance mécanique du bois, s'écrase et ses parties âgées prennent une structure feuilletée : de là vient précisément le terme de liber, cette structure rappelant l'empilement des feuillets d'un livre. Les tubes criblés ont en général une vie courte et ne fonctionnent que quelques mois; à l'automne, les cribles sont obturés par un dépôt d'un glucide appelé callose et l'année suivante la conduction est assurée par les tubes criblés formés dans les parties nouvellement apparues du liber. Ce n'est que très exceptionnellement, comme dans la Vigne, que la cal peut se dissoudre au printemps et que le tube criblé peut être fonctionnel deux années, plus rarement encore trois ou quatre.

Le liber secondaire peut comprendre des catégories cellulaires assez diverses: outre les tubes criblés dont il vient d'être question et leurs cellules compagnes, on y trouve du parenchyme, ce dernier formant des rayons libériens analogues aux rayons ligneux du bois ; mais on peut rencontrer en outre des cellules renfermant des cristaux, des cellules lignifiées ou sclérites et assez fréquemment des fibres. Un exemple de ces divers éléments est représenté sur la figure 30. Les fibres libériennes sont le plus souvent localisées à la partie externe du liber, en formant tout autour des tissus conducteurs de la tige une gaine que l'on a longtemps appelée péri- cyclique par analogie avec la racine mais qu'il est préférable d'appeler périlibérienne; dans certaines familles, et notamment dans l'ordre des Malvales, le liber secondaire est formé d'une alternance du liber mou, conducteur, et de couches de fibres (liber stratifié), cette alternance n'ayant d'ailleurs par un rythme annuel comme dans le cas des anneaux de bois.

L'assise subéro-phello-dermique ou phello-gène, elle, ne fonctionne en général qu'une année; la couche subéreuse qu'elle produit vers l'extérieur est imperméable aux liquides et de ce fait les tissus à l'extérieur de ce liège se dessèchent, finissent

par craquer et tombent. L'année suivante, une nouvelle assise apparaît, à l'intérieur de la première, et de nouveau la couche de liège qu'elle forme produit la mortification, puis l'exfoliation des tissus situés à son extérieur, c'est-à-dire de tout ou partie des formations subérophellodermiques de l'année précédente. Ces couches mortes tombent portent le nom de rhytidomes. Au cours de sa migration dans la profondeur des tissus, il arrive que le phellogène finisse par apparaître dans l'écorce la plus interne ou même dans le liber.

L'aération des tissus sous-jacents à la couche subéreuse est assurée par des plages de liège mou qui interrompent cette couche et que l'on appelle des lenticelles (fig. 31).

### **2.1.3. Anomalies de la structure secondaire**

Chez certaines Dicotylédones, le cambium présente des anomalies de fonctionnement qui aboutissent à la formation de structures libéro-ligneuses secondaires d'un type particulier. Ces anomalies sont très nombreuses et nous n'en citerons que quelques exemples.

La plus fréquente est la présence d'un cambium migrateur : c'est-à-dire que le cambium cesse son activité après quelque temps pour être remplacé par un cambium plus externe qui se différencie dans l'écorce; il se forme ainsi des anneaux libéro- ligneux successifs. Cette particularité se présente notamment dans un grand nombre de Centrospermales. Chez ces mêmes plantes, l'épaississement secondaire anormal peut se produire par d'autres voies, par exemple par le jeu d'un cambium qui se développe en spirale ou bien d'un cambium particulier qui ne fonctionne que sur sa face interne, en produisant un épais tissu analogue à un phelloderme mais dans lequel se différencient ultérieurement des vaisseaux libéro- ligneux.

Cette dernière structure se présente, avec quelques variantes de détail, chez divers genres de Monocotylédones appartenant à l'ordre des Liliales et susceptibles d'atteindre une taille importante: notamment chez *Dracaena*, *Aloe* et *Yucca*.

Diverses anomalies peuvent se combiner, de sorte que le cambium au cours de son développement arrive à se loper, à se fragmenter, à constituer des cercles ou des arcs de cercle distincts et que la structure de la tige âgée est alors extraordinairement complexe : ces anomalies se présentent à leur maximum chez certaines Lianes tropicales.

Très souvent, ces formations surnuméraires qui dérivent ainsi d'irrégularités de fonctionnement du cambium sont en réalité dues à l'apparition d'une activité

cambiale nouvelle en certains points du liber secondaire ou du phelloderme, c'est-à-dire à l'activité d'un cambium secondairement apparu dans des tissus eux-mêmes déjà secondaires. Pour cette raison, on donne le nom de « formations tertiaires » à ces tissus libéro-ligneux surnuméraires.



**Fig.28.** Le passage de la structure primaire à la structure secondaire



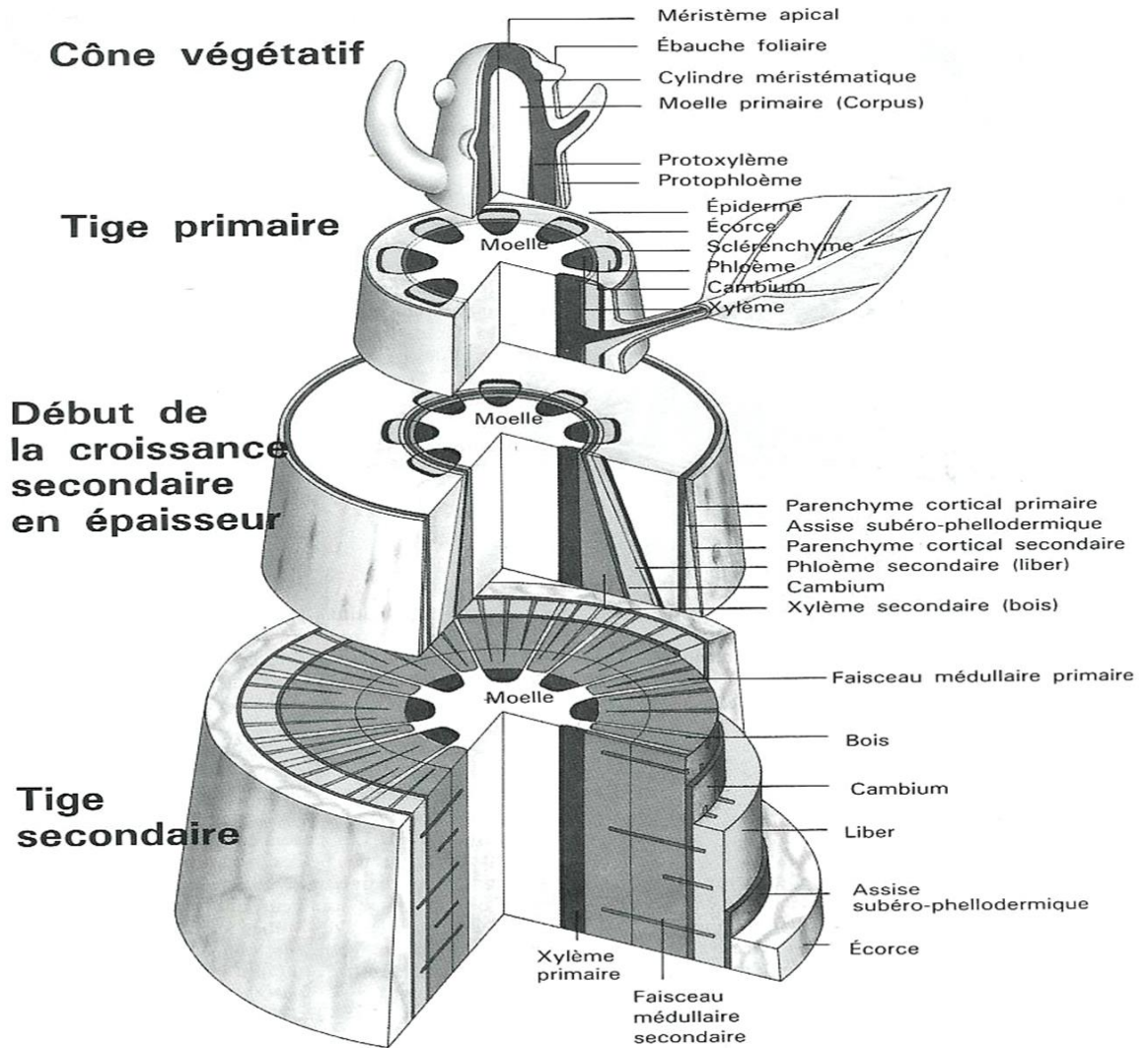


Fig.29. Le passage de la croissance primaire à la croissance secondaire

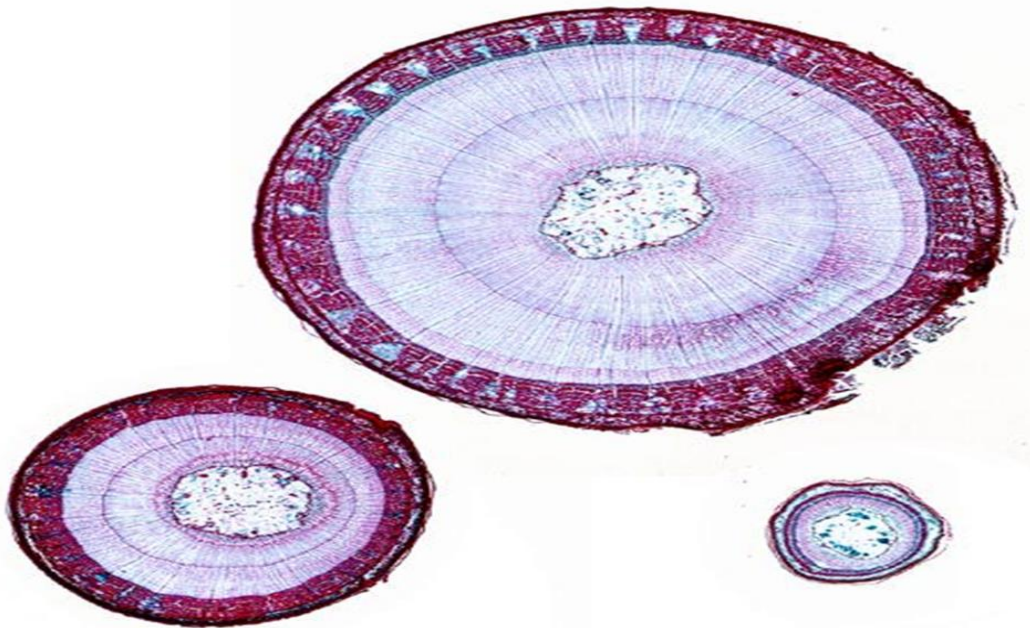


Fig.30. Coupe d'une tige secondaire de dicotylédone

- Chaque année, le cambium vasculaire produit une nouvelle couche de xylème secondaire

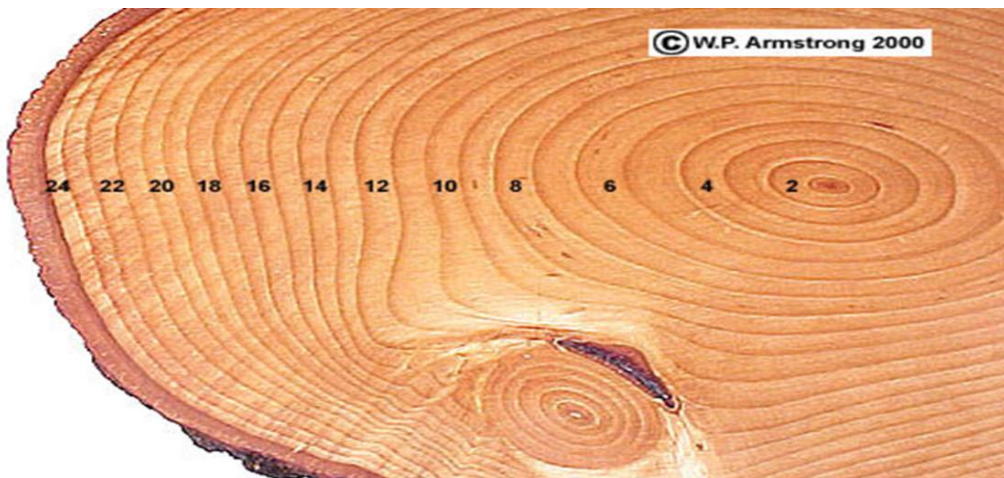


Fig.31. Coupe d'une tige secondaire de dicotylédones anneaux de croissance (Fahn, 1990)

## 2.2. Anatomie de la racine

### 2.2.1. Croissance et développement de la racine

Est un des organes fondamentaux de la plante, a croissance généralement sous terraine, a géotropisme positif, a symétrie axiale. Ne porte ni bourgeons ni feuille. Organe non chlorophyllien (Enstone et all, 2003)

Grandes fonctions :

-ancrage au sol

- absorption eau +sels minéraux
- stockage de réserve
- sélection des ions
- synthèse d'hormones

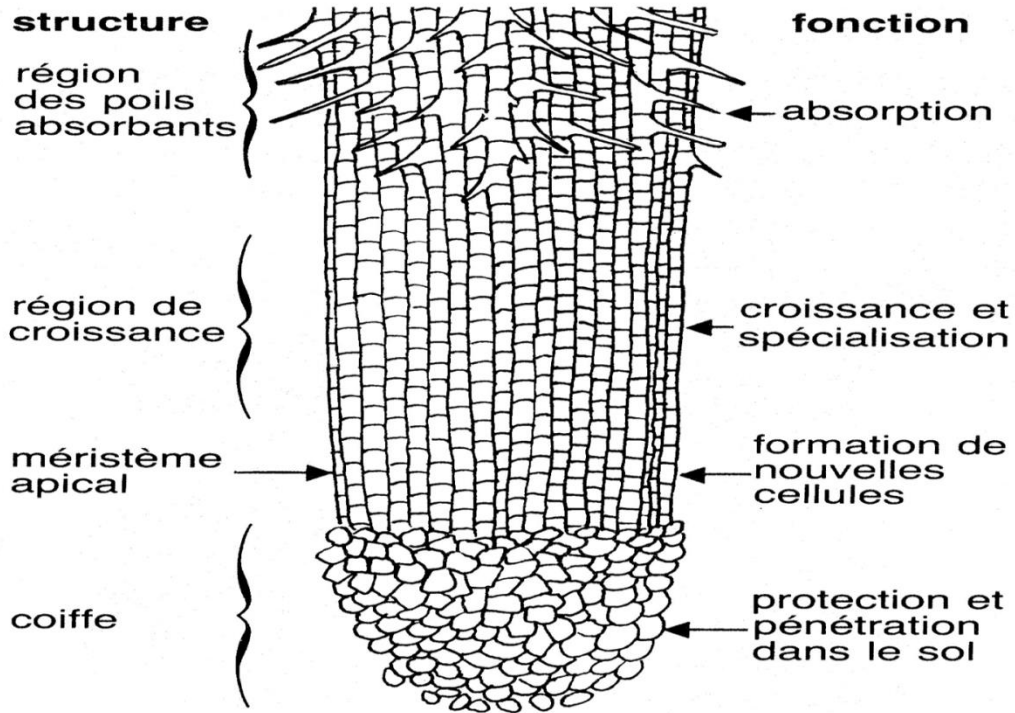


Fig.32. Structure et fonction de la racine

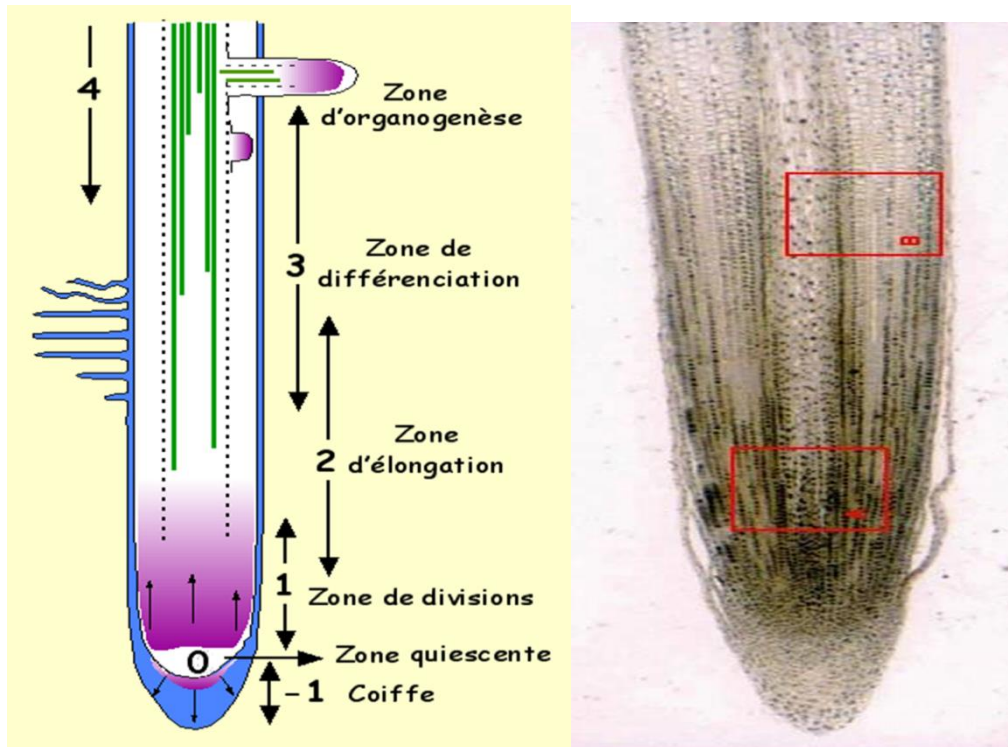
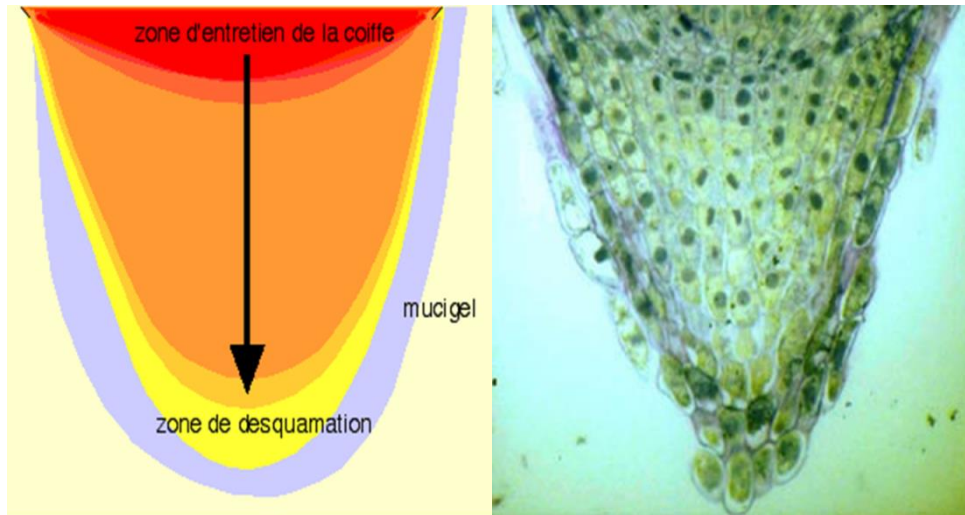


Fig.33. Schéma de coupe longitudinale de racine

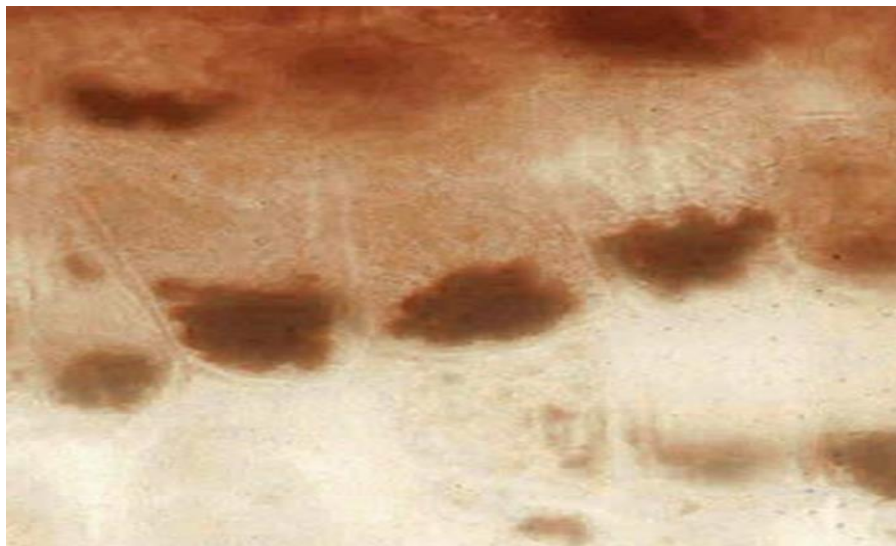
**a. Rôles de la coiffe :**

Perception de la gravité et pénétration dans le sol. Les racines principales s'enfoncent verticalement dans le sol par géotropisme positif ;

le géotropisme négatif (orthotropisme) oriente les tiges principales vers le haut.



**Fig.34.** Schéma de coupe longitudinale de coiffe



**Fig.35.** Schéma de coupe longitudinale de coiffe. Accumulation des grains d'amidon par gravité – Perception de la gravité par la plante

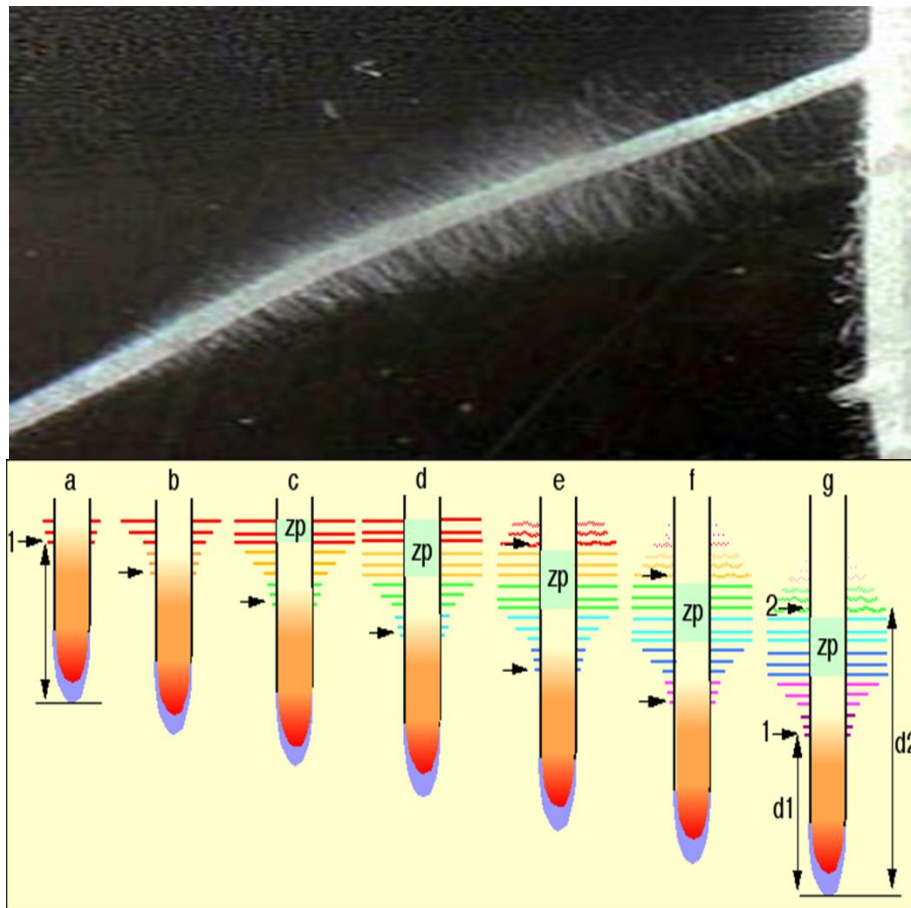


Fig.36. croissance des poils absorbants. De smet et all 2006

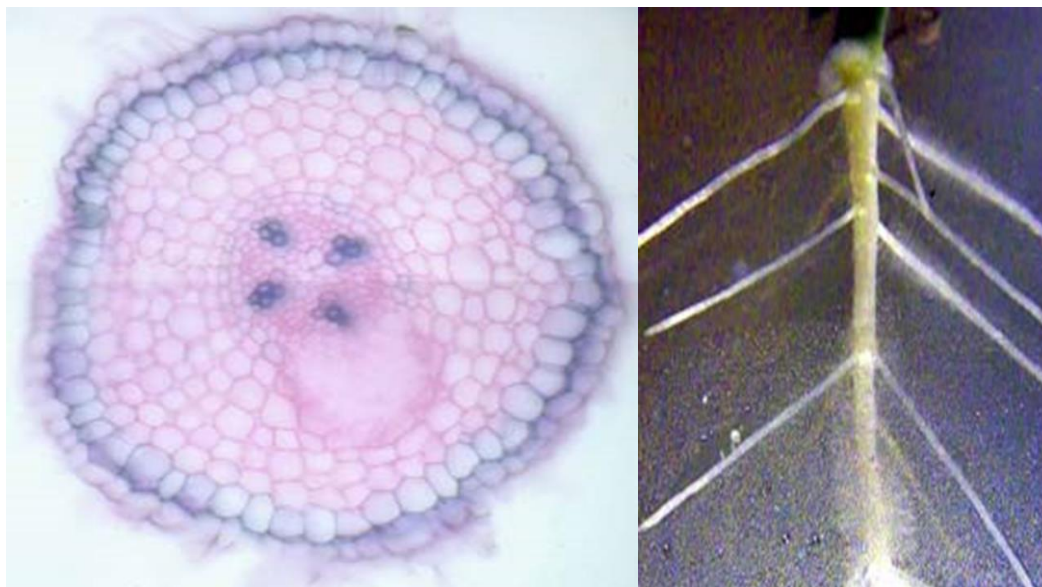
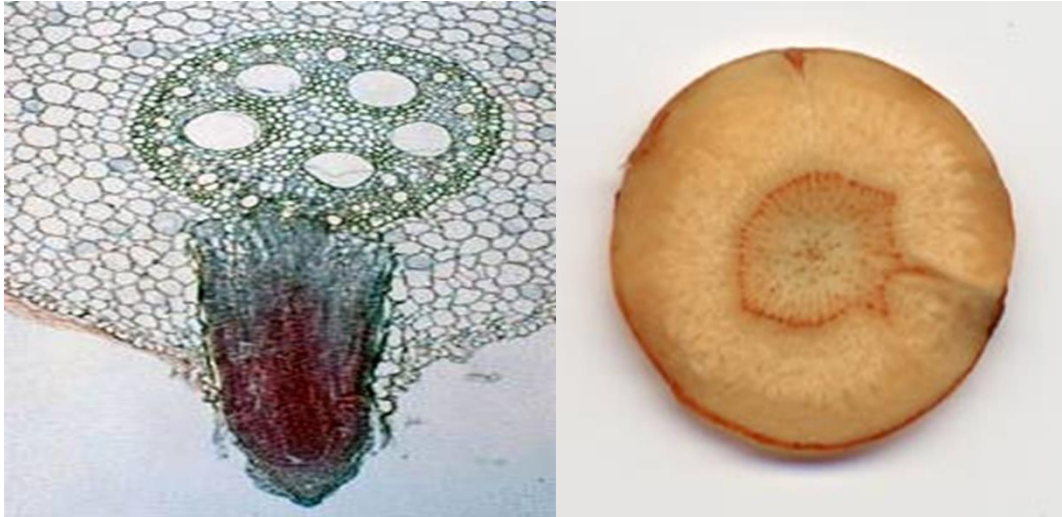


Fig.37. Coupe transversale de racine chez les dicotylédones (Evert,2006)



**Fig.38** .Coupe d'une racine primaire de monocotylédone (Diskison, 2007

La structure primaire de la racine est, contrairement à celle de la tige, relativement uniforme d'une plante à l'autre. Elle est représentée schématiquement par la figure 38.

Les tissus conducteurs forment au centre de la racine un cylindre compact, appelé cylindre central, constitué de faisceaux de xylème et de phloème qui alternent régulièrement. Dans le xylème, et contrairement à ce qui se passe dans la structure primaire de la tige, la différenciation des vaisseaux progresse de l'extérieur vers l'intérieur, le protoxylème est externe et les vaisseaux de plus gros calibre sont situés vers le centre de la racine (Beekman, 2010)..

Autour de ces tissus conducteurs se trouvent deux assises cellulaires particulières : la plus interne, appelée péricycle, doit son importance à ce qu'elle est le point de départ de la formation des racines latérales et des radicules; la plus externe, l'endoderme, est caractérisée par la présence sur les parois radiales de ses cellules d'épaississements cutinisés, et qui jouent un rôle important dans le contrôle de l'absorption.

L'écorce interne présente souvent, mais pas toujours, une disposition régulière de ses cellules. L'écorce externe est un parenchyme banal. Enfin, la racine est limitée extérieurement par une assise comparable à un épiderme qui n'aurait pas de cuticule et dont certaines cellules se sont démesurément allongées en constituant des poils absorbants. Il y a lieu de bien remarquer qu'un poil absorbant est constitué d'une seule cellule, et non pas d'une file cellulaire (fig. 37). Sur une coupe transversale pratiquée à proximité du sommet de la racine, on voit l'épiderme, non encore différencié en couche pilifère, et doublé extérieurement par les tissus de la coiffe (Driouich et all, 2007).

La structure secondaire de la racine présente beaucoup d'analogie avec celle de la tige. Les racines des Monocotylédones ne présentent pas de formations libéro- ligneuses secondaires; lorsqu'elles atteignent un grand diamètre, elles possèdent un nombre élevé de

faisceaux de xylème et de phloème, toujours en alternance régulière. Les racines des Dicotylédones au contraire présentent un accroissement secondaire par le jeu d'assises génératrices. Le cambium se situe entre les faisceaux de bois et de liber, comme dans la tige, mais du fait de la disposition alterne de ces faisceaux dans la racine, le cambium a ici un parcours sinueux et les formations libéro- ligneuses secondaires affectent au début de leur différenciation une forme festonnée; par la suite cette forme se régularise et dans les racines âgées le bois secondaire et le liber secondaire constituent deux anneaux concentriques épais. Extérieurement se trouve une assise subérophello-dermique qui produit ici encore un liège se substituant à l'assise pilifère.

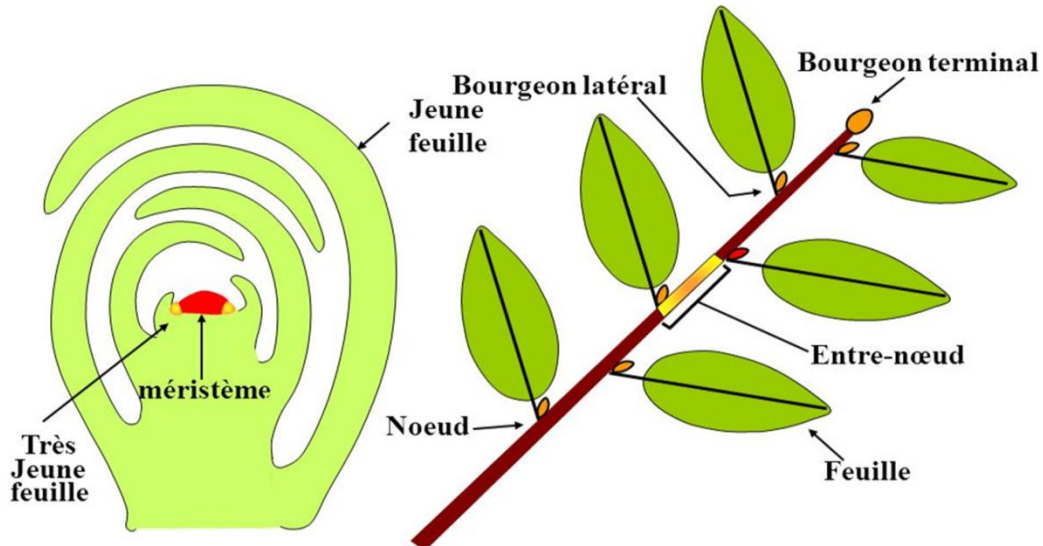
Dans les racines tubérisées, ce sont ordinairement les tissus secondaires qui se dilatent en parenchymes accumulant des réserves; et suivant les espèces cette dilatation atteint l'un ou l'autre des tissus. Dans la Carotte, c'est le liber secondaire dont le parenchyme se développe considérablement en accumulant des sucres; dans le Radis, c'est, au contraire, le bois secondaire qui reste mou et présente très peu de vaisseaux et de fibres mais aussi une très grande quantité de parenchyme. Dans la Betterave, l'épaississement est produit par des formations tertiaires dues à l'activité d'un cambium migrateur qui forme des anneaux libéro-ligneux successifs constitués par une prédominance de tissu mou accumulant du saccharose (Esau,1977).

Les racines âgées peuvent d'ailleurs présenter les divers types d'anomalies de structure secondaire qui ont été décrits à propos des tiges, et souvent dans les mêmes familles; mais dans le cas de la racine, le développement de ces structures anormales est beaucoup moins bien connu.

## **2.3. Anatomie de la feuille**

### **2.3.1 La croissance de la pousse feuillée**

## Croissance de la pousse feuillée



**Fig.39.** Croissance de la pousse feuillée

L'anatomie du limbe est représentée par la figure 40 et 41.

Une coupe transversale dans le limbe (fig.41) montre un épiderme supérieur et un épiderme inférieur dépourvus de chloroplaste et un tissu médian, appelé mésophylle, formé de cellules chlorophylliennes. Le mésophylle est ordinairement différencié en deux couches: la partie supérieure est constituée d'une ou plusieurs assises de cellules allongées dans le sens vertical, de sorte qu'elles apparaissent en coupe comme les planches d'une palissade et, pour cette raison, ce tissu est appelé tissu palissadique; il est riche en chloroplastes. La partie inférieure est toute différente; ses cellules laissent entre elles de larges lacunes et elles sont plus pauvres en chlorophylle : c'est le tissu lacuneux. La photosynthèse s'effectue essentiellement dans le tissu palissadique qui possède le plus de pigment assimilateur et qui reçoit la lumière frappant la face supérieure de la feuille; les échanges gazeux entre le tissu assimilateur et l'extérieur, et notamment l'arrivée du gaz carbonique, se font par circulation de l'air à travers le tissu lacuneux et l'épiderme inférieur. Ce dernier est interrompu par de nombreux orifices appelés stomates et dont la structure détaillée est indiquée par la figure 41b; les stomates existent souvent aussi sur la face supérieure (Gorenflot, 1986).



Un stomate (fig. 41) est formé d'un orifice ou ostiole, limité par deux cellules arquées, et qui fait communiquer l'extérieur avec une lacune des tissus sous-jacents appelée chambre sous-stomatique. Les parois des deux cellules bordantes qui sont tournées du côté de l'ostiole sont épaissies. Un mécanisme, qui ne peut être décrit ici, fait que lorsque les cellules qui bordent l'ostiole sont turgescentes elles se bombent en ouvrant l'orifice; au contraire lorsqu'elles sont pauvres en eau, c'est-à-dire lorsque les tissus de la feuille ont subi une fanaison partielle, ces cellules s'affaissent et l'ostiole se trouve alors obturée. Ce processus joue, semble-t-il, un rôle dans la régulation de la transpiration. Parfois, les cellules bordantes sont accompagnées de cellules annexes (fig. 41c). Souvent, les cellules de l'épiderme ont une forme particulière, comportant des sinuosités qui s'engrènent d'une cellule à l'autre (cellules dites en jeu de patience) (Gorenflot et *all*, 1975).

Les nervures qui parcourent le limbe se ramifient un très grand nombre de fois et les plus fines d'entre elles forment un réseau qui s'anastomose en constituant des mailles. Les plus fines nervures ne sont plus formées que de quelques vaisseaux de bois, non accompagnés de liber (Roland, 1983).

L'anatomie du pétiole ressemble beaucoup à celle d'une tige et comporte généralement un cercle de faisceaux libéro-ligneux dont le bois est tourné vers l'axe de l'organe. Toutefois, la forme fréquemment semi-cylindrique du pétiole et le peu de place laissé aux faisceaux conduisent à des altérations de cette structure théorique : Les faisceaux se disposent alors d'une manière irrégulière, ou sur plusieurs rangs ou suivant plusieurs cercles adjacents (Aloni et *all*, 1986). Le pétiole, qui doit supporter le poids d'un limbe souvent de grande taille, peut présenter un développement particulier des tissus de soutien ; rarement il peut cependant être creux (Des Abbayes et *all*, 1982).

Dans le cas de la feuille, le tissu formé de cellules de parenchyme est appelé mésophylle. On peut dire mésophylle ou parenchyme. Le mésophylle palissadique, c'est la même chose que le parenchyme palissadique (Guignar, 1983).

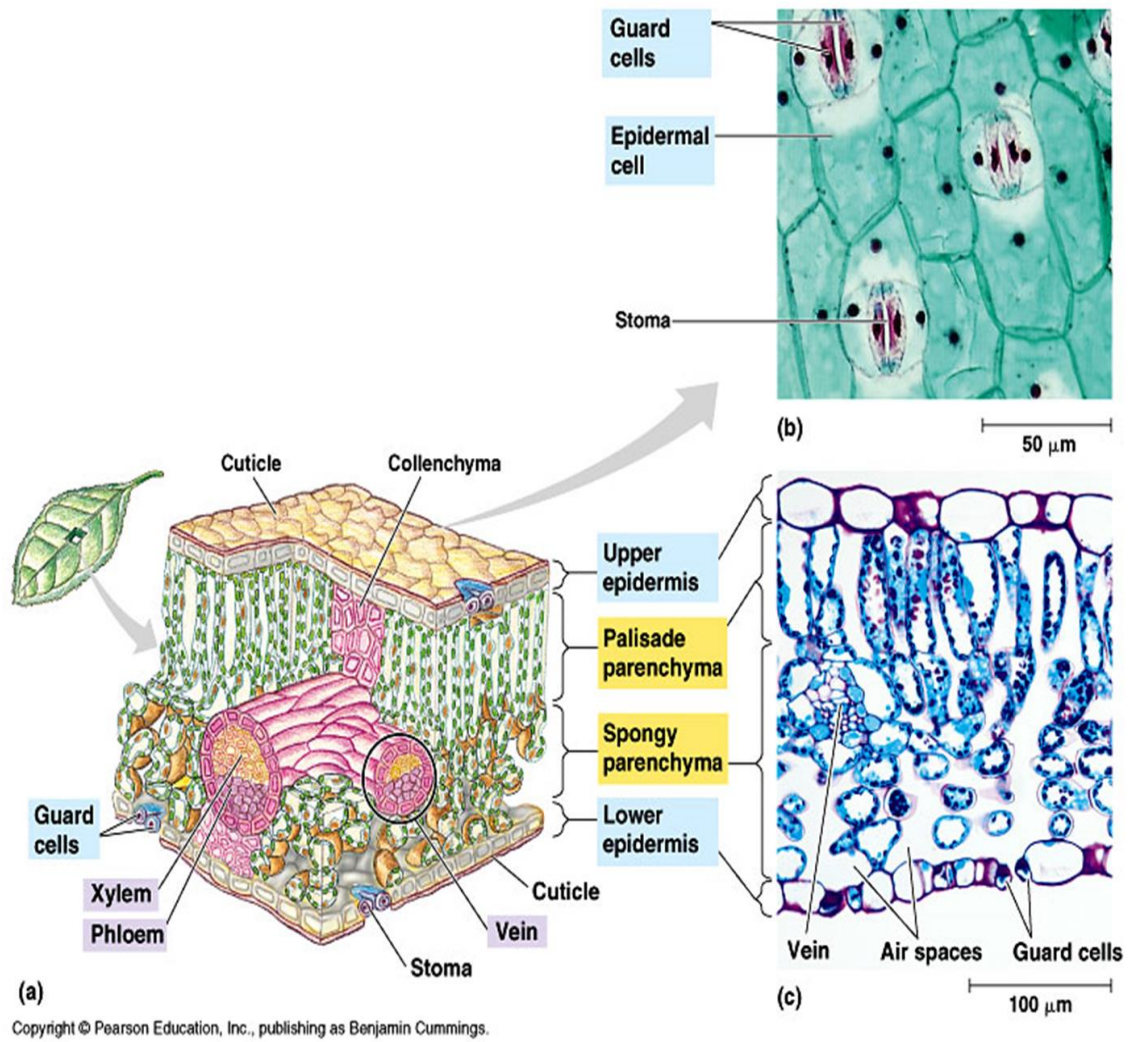


Fig.40. a et c : structure interne de la feuille. b : épiderme de la feuille

### **Chapitre III. Les Plantes à fleurs**

Les angiospermes - les plantes à fleurs - façonnent l'aspect quotidien de la végétation contemporaine. Les arbres, les buissons, les pelouses, les jardins, les champs de blé et de maïs, les fleurs sauvages, les fruits et les légumes sur l'étal des épiceries, les taches de couleur à la vitrine du fleuriste, le géranium à une sortie de secours, les lentilles d'eau et les nénuphars, les zostères et autres plantes marines, les cactus saguaro et les figuiers de Barbarie - où que vous soyez, il y a des plantes à fleurs (Berger, 2011).

#### **3.1. La diversité dans l'embranchement des anthophytes**

Les angiospermes constituent l'embranchement des anthophytes, avec quelque 300 000 et peut-être jusqu'à 450 000 espèces ; c'est donc, et de loin, l'embranchement le plus vaste parmi les organismes photosynthétiques. Les angiospermes sont extrêmement diversifiées par leurs caractères végétatifs et floraux. Leur taille varie depuis les espèces arborescentes d'Eucalyptus qui dépassent largement 100 mètres de haut, avec des troncs de près de 20 mètres de circonférence (figure), jusqu'aux petites lentilles d'eau, plantes flottantes peu différenciées qui atteignent à peine 1 millimètre de long (figure). Certaines angiospermes sont des lianes s'élevant au sommet des cimes de la forêt ombrophile équatoriale, alors que d'autres sont des épiphytes sur les branches de ces cimes. Beaucoup d'angiospermes, comme les cactus, sont devenus capables de vivre dans des régions extrêmement arides (Berger, 2012).

Depuis plus de 100 millions d'années, les angiospermes ont été prépondérantes à la surface du globe.

Les angiospermes constituent un groupe de spermatophytes possédant des caractéristiques spécifiques acquises au cours de leur évolution : les fleurs, les fruits et certaines particularités de leur cycle de développement les différencient de toutes les autres plantes. Dans ce chapitre, ces caractères seront mis en évidence et évalués de manière critique.

Les angiospermes possèdent en commun un tel nombre de caractères qui leur sont propres qu'il est clair qu'elles sont monophylétiques (elles dérivent d'un ancêtre commun unique). On y trouve plusieurs lignées évolutives, certaines.

Les plantes terrestres doivent donc se diviser en deux:

- Partie dans le sol : système racinaire (racines)
- Partie aérienne : système caulinaire (tige, feuilles, fleurs, etc.) Entre les deux : tissus conducteurs assurent le lien Xylème : transporte sève brute (eau et minéraux).

Phloème : transporte sève élaborée (sucres et autres matières organiques) vers les parties qui ne font pas de photosynthèse

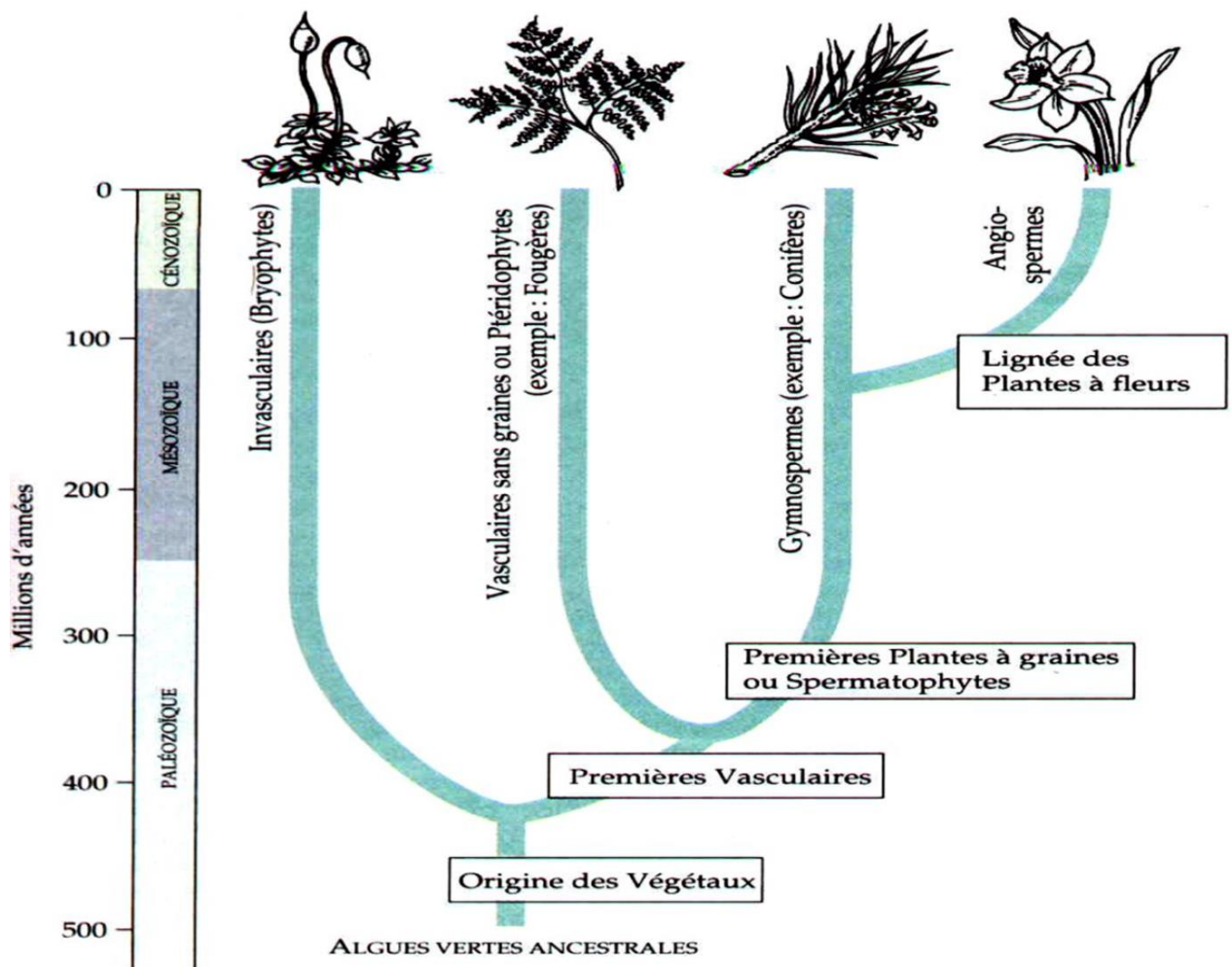


Fig41. Evolution des plantes

### 3.2. La classification des végétaux

#### 3.2.1. Plantes invasculaires : pas de vaisseaux conducteurs

**Bryophytes (Mousses)**

#### 3.2.2. Plantes vasculaires : vaisseaux conducteurs

a-Pteridophytes (Lycopodes, Prêles, Fougères)

b-Spermaphytes (Plantes produisant des graines)

b.1. Gymnospermes (Conifères et formes apparentées)

b.2. Angiospermes (Plantes à fleurs)

b.2.1. Monocotylédones

b.2.2. Dicotylédones

**3.2.1. Plantes non vasculaires : pas de vaisseaux conducteurs**

**-Bryophytes (Mousses)**

- Pas de véritables feuilles
- Pas de vaisseaux conducteurs, pas de racines
- Reproduction par gamètes aquatiques
- Pas de tissus ligneux (pas de tiges rigides)
- Confinées aux milieux humides



**Fig.42.** Bryophytes (mousses et plantes apparentées)

**3.2.2. Plantes vasculaires**

**a-Ptéridophytes: Fougères**

- Vaisseaux conducteurs
- Racines et feuilles
- Tissus ligneux
- Reproduction par gamètes aquatiques



Fig.43. Ptéridophytes: Fougères

**b-Plantes à graine (spermapytes) :**

gymnospermes et angiospermes

**b.1.Gymnospermes** (conifères et plante apparentées) :

-Reproduction aérienne : pollen

-Graine nue

**b.2.Angiospermes** cycle de développement des angiospermes :

La taille du gamétophyte des angiospermes est très réduite - plus que chez toutes les autres plantes hétérosporées, y compris les autres spermatophytes (gymnospermes). Le microgamétophyte adulte ne comporte que trois cellules. Le mégagamétophyte adulte (sac embryonnaire), qui passe toute son existence à l'intérieur des tissus du sporophyte, plus précisément de l'ovule, est formé de sept cellules seulement chez la plupart des espèces d'angiospermes. Il n'y a ni anthéridies, ni archégonies. La pollinisation est indirecte; cela signifie que le pollen est déposé sur le stigmate, après quoi le tube pollinique s'accroît à travers ou à la surface des tissus du carpelle pour conduire deux cellules spermatiques non mobiles au gamétophyte femelle. Après la fécondation, l'ovule se développe en une graine qui reste enfermée dans l'ovaire. Dans le même temps, l'ovaire (et parfois d'autres structures qui lui sont associées) (Dajoz et *al*,1998).

### **b.2.1. La différenciation des cellules spermatiques est l'aboutissement de la microsporogénèse et de la microgamétogénèse**

Deux processus distincts - la microsporogénèse et la microgamétogénèse - aboutissent à la formation du microgametophyte. La microsporogénèse produit les microspores (grains de pollen unicellulaires) à l'intérieur des microsporanges, ou sacs polliniques, de l'anthère. La microgamétogénèse est le développement du microgametophyte jusqu'au stade tricellulaire.

Au début de son développement, l'anthère est composée d'une masse homogène de cellules, à l'exception d'un épiderme partiellement différencié. Finalement, quatre groupes de cellules fertiles, ou sporogènes, apparaissent au sein de l'anthère. Chaque colonne est entourée de plusieurs assises de cellules stériles qui vont donner la paroi du sac pollinique. Les assises externes déclencheront plus tard l'ouverture de l'anthère (anthèse), alors que l'assise interne de la paroi forme le tapis nourricier. Le tapis dépose un revêtement riche en lipides à la surface du grain de pollen et dans les creux de cette surface. Les cellules sporogènes deviennent des microsporocytes (cellules mères de pollen) qui subissent la méiose. Chaque microsporocyte diploïde donne naissance à une tétrade de microspores haploïdes. La microsporogénèse se termine par la formation de microspores unicellulaires, les grains de pollen.

Pendant la méiose, chaque division nucléaire peut être immédiatement suivie de la formation d'une paroi cellulaire (surtout chez les monocotylédones), ou bien les quatre protoplastes des microspores peuvent être séparés simultanément par des parois à l'issue de la seconde division méiotique (surtout chez les eudicotylédones). Les principales caractéristiques des grains de pollen vont se manifester par la suite.

Les grains de pollen développent une paroi externe résistante, l'exine, et une paroi interne, l'intine. La surface de l'exine peut être lisse ou diversement sculptée. Elle est souvent interrompue par des pores ou des ouvertures linéaires, par où émerge préférentiellement le tube pollinique. Les grains de pollen dépourvus d'ouvertures forment généralement leur tube dans des parties de l'exine plus minces que les autres. C'est aussi par les ouvertures que pénètrent diverses substances, permettant une contraction ou une expansion en fonction de différences de pression osmotique.

La contraction des ouvertures protège le grain de pollen de la dessiccation et peut s'accompagner d'un pliage ou d'une courbure du grain de pollen réduisant les pertes d'eau. L'exine est formée d'une substance résistante, la sporopollénine qui paraît synthétisée surtout par le tapis. Ce polymère, composé principalement de caroténoïdes, se trouve dans les parois des spores de toutes les plantes. Il procure au microgamétophyte une protection efficace contre les rayons UV, la déshydratation et les attaques par les pathogènes. L'intine, composée de cellulose et de pectine, est produite par les protoplastes des microspores. Sur l'exine ornée, le tapis sécrète un enduit souvent odorant, pigmenté et riche en enzymes : c'est une caractéristique de presque toutes les angiospermes.

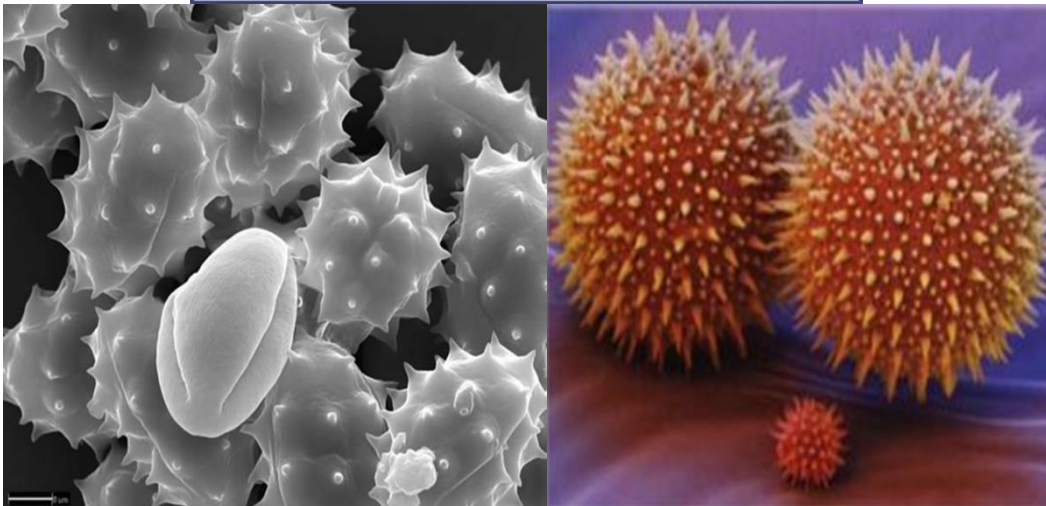
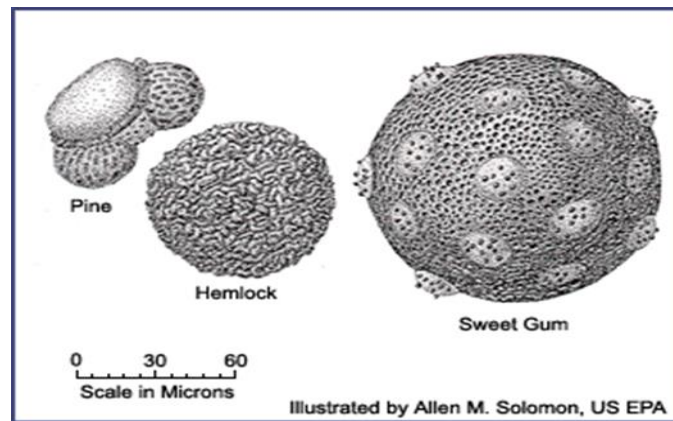
Chez les angiospermes, la microgaméto-génèse est constante et débute quand la microspore se divise par une mitose donnant deux cellules à l'intérieur de sa paroi d'origine. Cette division donne une grande cellule végétative, ou cellule de tube, et une petite cellule générative qui se déplace vers l'intérieur du grain de pollen. Ce grain de pollen bicellulaire constitue un microgamétophyte immature. Dans les deux tiers environ des espèces d'angiospermes, les grains de pollen sont libérés de l'anthere à ce stade bicellulaire. Chez les autres, le noyau génératif se divise avant la libération des grains de pollen et donne naissance à deux gamètes mâles, ou cellules spermatiques, aboutissant ainsi à un microgamétophyte tricellulaire. Selon les groupes, les grains de pollen peuvent contenir de l'amidon ou des lipides : ils peuvent servir de nourriture à certains animaux.

Comme les spores des cryptogames, les grains de pollen varient considérablement en taille et en forme. Les plus petits mesurent environ 10 micromètres de diamètre et les plus gros (par exemple chez les annonacées), 350 micromètres. Leur forme va de la sphère au bâtonnet. Il existe également des différences dans le nombre et la disposition des ouvertures. Ces ouvertures peuvent être allongées et enfoncées (sillons), circulaire (pores) ou une combinaison des deux. On peut identifier la plupart des familles, beaucoup de genres et un assez grand nombre d'espèces uniquement d'après leurs grains de pollen, en se basant sur des critères tels que la taille, le nombre et le type d'ouvertures et l'ornementation de l'exine. Contrairement à des organes de plus grande taille - comme les feuilles, les fleurs et les fruits - les grains de pollen sont très bien représentés dans les dépôts



fossiles en raison de leur exine dure et très résistante. L'étude du pollen fossile peut donner des informations précieuses sur les différents types de plantes et de formations végétales, et donc sur les climats des époques révolues.

Contrairement aux spores de la plupart des cryptogames, qui proviennent également d'une méiose, les grains de pollen subissent la mitose avant leur dissémination. Ils contiennent donc deux ou trois noyaux quand ils sont émis, alors que la plupart des spores n'en ont qu'un. De plus, les spores germent par une suture caractéristique en forme d'Y, alors que les grains de pollen germent au niveau de leur ouvertures.



**Fig.44.** Graine de pollen

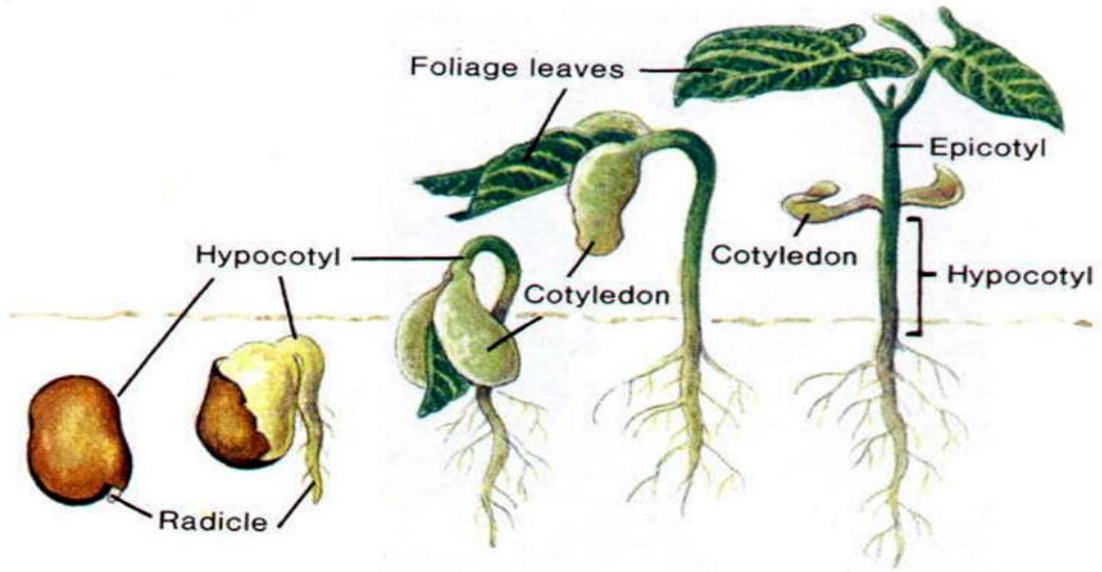


Fig.45. Dicotylédones

Monocotylédone

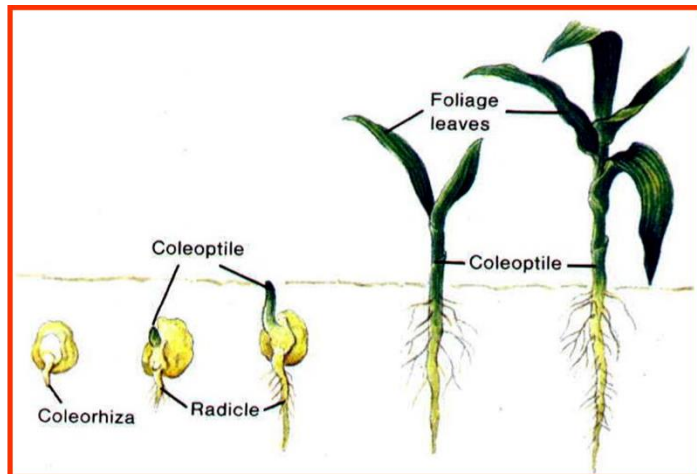
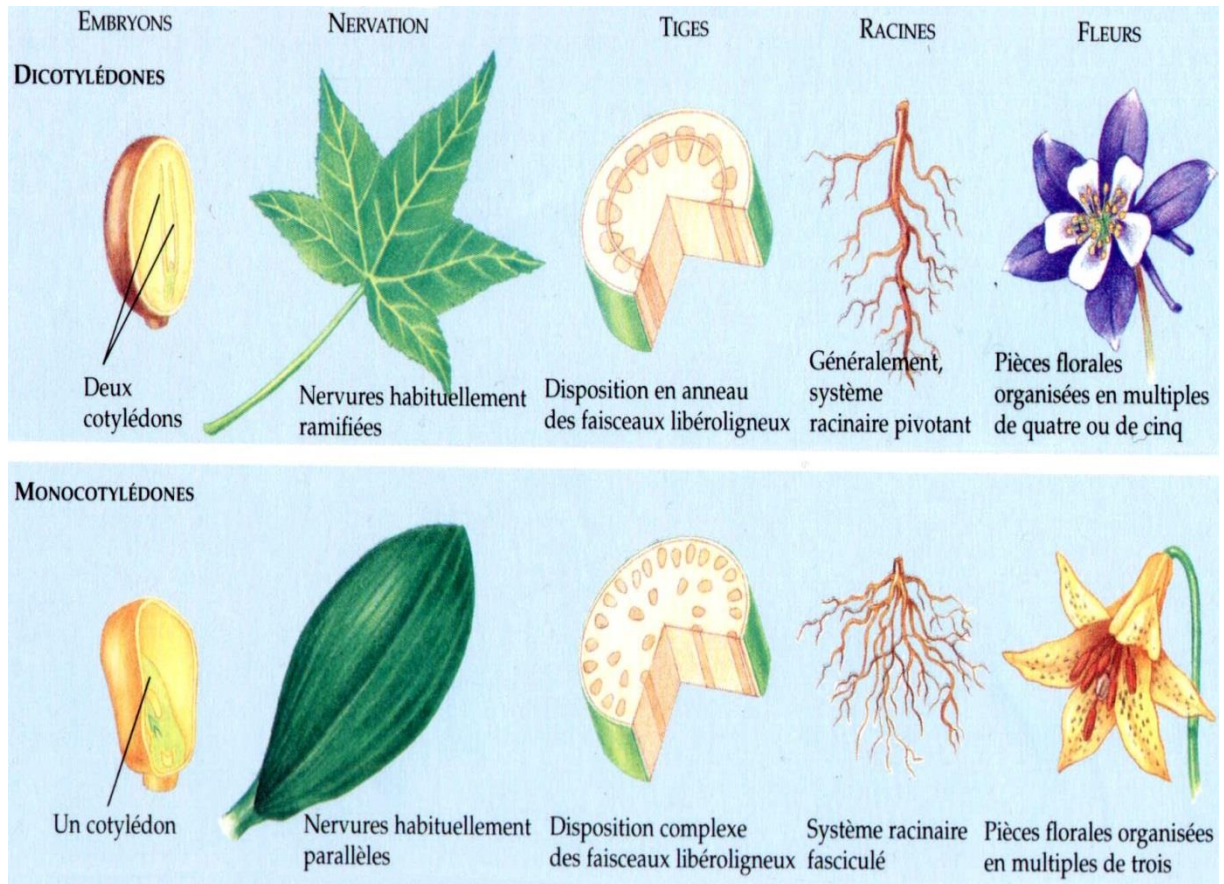


Fig.46. Monocotylédones

**Tab.1.** Comparaison de quelques caractéristiques morphologique de dicotylédone et monocotylédone



### 3.3. Système caulinaire : tiges et branches, feuilles et fleurs

#### 3.3.1. Croissance de la tige

Croissance en hauteur par le bourgeon terminal : les plantes croissent par leurs extrémités (c'est le bout de la branche qui s'allonge et non la base qui pousse sur le reste)

Croissance en largeur (ramifications de la tige) par les bourgeons axillaires.

#### -Dominance apicale:

Bourgeon terminal inhibe croissance des bourgeons axillaires.

Élimination du bourgeon terminal stimule la croissance en largeur.

#### 3.3.2. Tiges modifiées

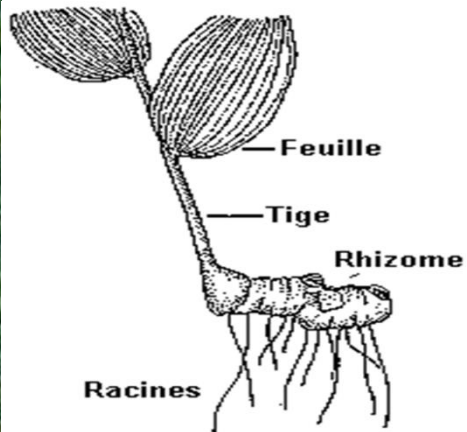
**a-Stolon** : tige rampant à la surface du sol et pouvant développer de nouvelles pousses



**Fig.47.** Stolon

**b-Rhizome** : tige souterraine

Certains rhizomes peuvent accumuler des réserves d'amidon.



**Fig.48.** Rhizome

Tubercules : cas particulier de rhizome.

« Yeux » = bourgeons de la tige.

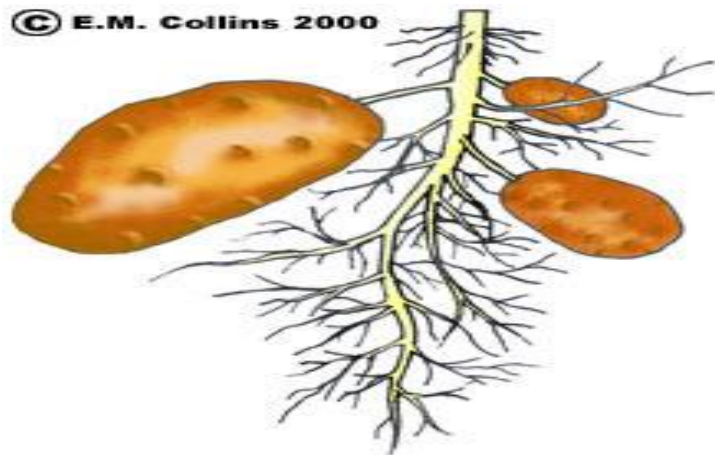


Fig.49. Tubercules

**c-Bulbe** : pousse souterraine formée de feuilles qui accumulent des réserves d'amidon.



Fig.50. Bulbe

Les feuilles ne s'insèrent pas de la même manière au niveau des nœuds. Elles sont dites:

- alternes ou isolées, quand elles sont fixées isolément sur chaque nœud.
- opposées, si les deux feuilles d'un même nœud sont en face l'une de l'autre (cas particulier des feuilles opposées décussées).

- verticillées, quand chaque nœud en porte plus de deux. On appelle alors verticille la couronne foliaire ainsi constituée.

Ces différents cas, peuvent-ils s'intégrer dans une loi phyllotaxique générale (du grec *phullon* = feuille et *taxis* = ordre)

Ce sont plus spécialement les Spermaphytes qui ont fait l'objet de recherches poussées dans ce domaine.

Si les feuilles des Mousses et des Hépatiques sont toujours de petite taille et sans grande diversité morphologique (fig.), parmi celles des Ptéridophytes deux grandes catégories sont reconnues d'après la taille et la forme de la feuille et l'importance de la nervation :

- les microphylls, feuilles de très petite taille - quelques millimètres, entières et pourvues d'une seule nervure (Psilophytinées, Lycopodinées, Articulées) (1)
- les mégaphylles, relativement de grande taille, souvent très découpées et plurinerves (Filicinées). On réserve souvent le terme de fronde aux feuilles des Filicinées pour des particularités qui les différencient de celles des Préphanérogames et des Spermaphytes (préfoliaison circinée, présence de sporanges).

La notion de microphylls semble pouvoir être étendue aux Bryophytes feuillés, puisque leurs feuilles ne comportent au plus qu'une seule nervure, (absente chez les Sphaignes) (2). Quant à la notion de mégaphylls, elle convient parfaitement aux Préphanérogames et aux Spermaphytes., nous complétons et précisons les caractères de ces deux types foliaires.

Parmi les mégaphylles, on distingue des feuilles simples par opposition à des feuilles composées. Au maximum de complication, les premières sont constituées d'une lame mince unique, parcourue par des nervures, le limbe, et d'un pétiole étroit s'élargissant en un gain axillaire porteuse de deux stipules latérales. Chez les secondes, on observe plusieurs limbes élémentaires ou folioles.

## a) La variation des différentes parties de la feuille

### 1) Le limbe et les folioles

- Les formes du limbe. La variation de forme du limbe est infinie, comme en atteste la richesse du vocabulaire qui s'y rapporte.
- La disposition des folioles. Les feuilles composées peuvent être :

Pennées. Les folioles sont insérées latéralement par paires sur le prolongement du pétiole ou rachis, éventuellement par l'intermédiaire de pétiolules à la base de chacun desquels peut se trouver une petite stipelle. Les stipelles sont aux pétiolules ce que les stipules sont aux pétioles. Quand il existe une foliole à l'extrémité distale du rachis, cas le plus fréquent, la feuille est dite imparipennée (par opposition à paripennée si la foliole terminale est absente) (fig.);

- bipennées. Le rachis porte des paires de rachis secondaires sur lesquels les folioles sont insérées (Acacia/Mimosacées, fig.; Osmunda regalis/Filicinées);
- tripennées. Chez ces feuilles pennées d'ordre 3, les rachis secondaires ne portent que des paires de rachis tertiaires, ces derniers étant garnis de folioles;
- palmées. Les folioles sont toutes insérées à l'extrémité distale du pétiole (absence de rachis), comme pour le Marronnier (*Aesculus hippocastanum*)(fig.).

Que les feuilles soient simples ou composées, elles admettent toujours un plan général de symétrie passant au moins par toute la longueur de la gaine et du pétiole. Les parties paires de la feuille se distribuent régulièrement de part et d'autre de ce plan: stipules, stipelles, pétiolules, folioles latérales, rachis secondaires. Les parties impaires (limbe, rachis primaire, foliole terminale) sont partagées par ce plan en une moitié droite et une moitié gauche très semblables, sinon rigoureusement superposables (fig.). La symétrie bilatérale de la feuille est une loi générale.

Aucune confusion n'est possible entre un limbe et une foliole, donc entre une feuille simple et une feuille composée, si l'on a soin de rechercher la place du bourgeon axillaire. En effet, si à toute feuille peut correspondre axillaire, les folioles en sont toujours dépourvues.

Les exemples de feuilles secondairement simples car dérivant de feuilles composées ne manquent pas chez les Papilionacées, en particulier. De la base au sommet d'un rameau de *Sarothamnus scoparius* (Genêt à balais), on observe successivement :

- des feuilles composées typiques à trois folioles,
- des feuilles simples par disparition des deux folioles latérales, l'unique foliole étant fixée à l'extrémité d'un pétiole aplati comparable à celui des feuilles composées,
- des feuilles simples dont le pétiole est plus court que dans le cas précédent.
- La nervation (fig. 2.12). Les feuilles des trachéophytes sont, la plupart du temps, plurinerves. On distingue trois principaux types de nervation suivant la disposition des nervures les plus développées :
  - nervation parallèle : les nervures, toutes issues de la base de la feuille, sont sensiblement de même importance et parcourent tout le limbe sans se rencontrer. C'est le cas des Monocotylédones. Si les exceptions sont fréquentes (Ordres des Palmales, Dioscoréales et Scitaminales, de très nombreuses Aracées, etc.) (fig.), en revanche, les Dicotylédones à nervation parallèle sont rares (Népenthacées, quelques espèces de Bupleurum/Ombellifères, etc.). En effet, les Dicotylédones relèvent tout particulièrement des deux types suivants :
    - nervation pennée : la nervure principale partage le limbe en deux parties approximativement égales, et les nervures secondaires sont disposées comme les penes d'une plume;
    - nervation palmée : plusieurs nervures divergent de la zone de raccord pétiole-limbe (fig.).

Dans tous ces exemples, des nervures beaucoup plus fines tissent un réseau réticulé ou parallèle entre les grosses nervures.

Quant aux mégaphylles des Filicinées, leur nervation est, le plus souvent, typiquement dichotomique, bien qu'elle soit généralement imparfaite. C'est aussi le cas du Ginkyo biloba (Préphanérogames/Ginkyoacées).



**-La succulence foliaire.** Si la succulence foliaire s'accompagne de malacophyllie (du grec malakos (du grec malakos = mou) chez les Crassulacées dont les

## 2) **Le pétiole** (fig. 2.13)

Inexistant si la feuille est sessile, le pétiole n'est qu'une différenciation secondaire du limbe dont la base pliée sur elle-même devient conrescente par ses deux bords. Il est rarement différencié chez les Monocotylédones. Les feuilles de plantes flottantes comme la Châtaigne d'eau (*Trapa natans*/Hydrocaryacées) ou l'Eichhornia crassipes (Pontédériacées) offrent une originalité remarquable: un pétiole dilaté jouant un rôle dans la flottaison des rosettes.

### **3.3. La fleur**

En biologie, chez les plantes à fleurs (angiospermes), la fleur constitue l'organe de la reproduction sexuée et l'ensemble des « enveloppes » qui l'entourent. Après la pollinisation, la fleur est fécondée et se transforme en fruit contenant les graines. La fleur hermaphrodite est constituée de pièces florales insérées sur un réceptacle floral. Lorsque la fleur est complète, elle comprend quatre verticilles de pièces florales. De l'extérieur vers l'intérieur, on rencontre (Guignard, 1983) :

- le calice, formé par l'ensemble des sépales ;
- la corolle, formée par l'ensemble des pétales ;
- l'androcée, c'est-à-dire l'ensemble des étamines (partie mâle), qui produit le pollen ;
- le gynécée ou pistil, formé par l'ensemble des carpelles (partie femelle).

Calice et corolle forment le périanthe, enveloppe stérile, qui joue un rôle protecteur pour les pièces fertiles, et attractif pour les animaux pollinisateurs.

La fleur est enge à croissance définie (de durée limitée) avec des sporophylles - feuilles portant des sporanges (figure). Le terme « angiosperme » découle des mots grecs angeion, qui signifie « vaisseau » et sperma, « graine ». La structure fondamentale de la fleur est le carpellele « vaisseau ». Le carpelle contient les ovules, qui se développent en graines après la fécondation, alors que le carpelle lui-même devient la paroi du fruit (Guignard et al 1985).

Les fleurs peuvent être groupées de diverses manières en ensembles, des inflorescences (figures). Une inflorescence ou une fleur isolée est portée par un pédoncule, tandis que le support d'une fleur individuelle dans une inflorescence est un pédicelle. La portion de l'axe floral où les pièces de la fleur sont insérées s'appelle le réceptacle.

-La fleur comprend des pièces stériles et fertiles (reproductrices) insérées sur le réceptacle

Beaucoup de fleurs possèdent deux verticilles d'appendices stériles, les sépales et les pétales, insérés sur le réceptacle en dessous des parties fertiles de la fleur, les étamines et les carpelles. Les sépales prennent naissance sous les pétales et les étamines sous les carpelles. Ensemble, les sépales constituent le calice et les pétales forment la corolle. Les sépales et les pétales ont essentiellement une structure de feuille. Les sépales sont souvent verts et assez épais; les pétales ont une couleur vive et sont plus minces bien que, dans beaucoup de fleurs, les deux verticilles (un verticille est un cycle de pièces florales de même type) aient la même couleur et la même texture. Le calice (les sépales) et la corolle (les pétales) forment ensemble le périanthe.

Les étamines - organes de la fleur produisant le pollen et formant collectivement l'androcée («maison de l'homme») - sont des microsporophylles. Chez la plupart des angiospermes, l'étamine est formée d'un axe mince, le filet, qui porte une anthère bilobée composée de quatre microsporangies, ou sacs polliniques, réunis en deux paires - c'est une caractéristique des angiospermes.

Les carpelles - organes de la fleur donnant les ovules et formant ensemble le gynécée («maison de la femme») - sont des mégasporophylles repliées longitudinalement, qui renferment un ou plusieurs ovules. Une fleur peut avoir un ou plusieurs carpelles, qui peuvent être soit séparés, soit soudés, partiellement ou totalement. Parfois, le carpelle isolé ou le groupe de carpelles fusionnés est dénommé pistil. Le terme «pistil» a la même origine que «pestel» (pilon), l'instrument qui a la même forme et que le pharmacien utilise pour réduire des produits en poudre dans un mortier.

En résumé, les fleurs individuelles peuvent comporter jusqu'à quatre verticilles d'appendices. De l'extérieur au centre, ces verticilles sont les sépales (le calice), les pétales (la corolle), les étamines (l'androcée) et les carpelles (le gynécée).

Dans la plupart des fleurs, les carpelles individuels ou groupes de carpelles soudés sont différenciés en une portion inférieure, l'ovaire, qui entoure les ovules, une partie intermédiaire, le style, dans lequel les tubes polliniques se développent, et une partie supérieure, le stigmate, qui reçoit le pollen. Dans certaines fleurs, il n'y a pas de style distinct. Si les carpelles sont soudés, le style peut être commun, ou chaque carpelle peut conserver un style séparé. L'ovaire commun à ces carpelles fusionnés est généralement (mais pas toujours) divisé en deux ou plusieurs loges chambres de l'ovaire contenant les ovules. Le nombre de loges est généralement lié au nombre de carpelles du gynécée.

**-Les ovules sont fixés à la paroi de l'ovaire au niveau du placenta**

La partie de l'ovaire où se forment les ovules et où ils restent fixés jusqu'à maturité est le placenta. La disposition des placentas - la placentation - et, par conséquent, celle des ovules, varie beaucoup dans les différents groupes d'angiospermes (figure 19-9). Dans certains, la placentation est pariétale, c'est-à-dire que les ovules se forment sur la paroi de l'ovaire ou sur des expansions de celle-ci. Dans d'autres fleurs, les ovules se forment sur une colonne au centre d'un ovaire cloisonné avec autant de loges que de carpelles. C'est une placentation axile. Dans d'autres encore, la placentation est centrale libre, les ovules se formant sur une colonne centrale de tissu sans contact avec la paroi de l'ovaire. Finalement, dans certaines fleurs, un seul ovule se trouve à la base ou au sommet d'un ovaire uniloculaire. On parle alors de placentation basilaire ou apicale. Ces différences sont importantes pour la classification des angiospermes.

**-La structure des fleurs est très variable**

La plupart des fleurs possèdent à la fois des étamines et des carpelles : on dit que ces fleurs sont hermaphrodites (parfaites). Si les étamines ou les carpelles sont absents, la fleur est unisexuée (imparfaite) et, selon l'organe présent, on dit que la fleur est staminée (mâle) ou pistillée (carpellée ou femelle) (figure). S'il existe des fleurs staminées et pistillées sur la même plante, comme chez le maïs (voir figure

20-18b, c) et les chênes, on dit que l'espèce est monoïque (des mots grecs monos, « unique » et oikos, « maison »). Si les fleurs staminées et pistillées se trouvent sur des plantes séparées, on dit que l'espèce est dioïque (« deux maisons »), comme chez les saules et le chanvre (*Cannabis sativa*).

Chacun des verticilles floraux - sépales, pétales, étamines ou carpelles - peut être absent dans les fleurs de certains groupes. On dit que les fleurs à quatre verticilles floraux sont complètes. Si un verticille est absent, la fleur est incomplète. Une fleur unisexuée, à laquelle manquent soit les étamines, soit les carpelles est donc aussi incomplète, mais toutes les fleurs incomplètes ne sont pas unisexuées, car elles peuvent très bien posséder des étamines et des carpelles.

Les pièces florales peuvent être disposées en spirale sur un réceptacle plus ou moins allongé ou des parties homologues, par exemple les pétales, peuvent être insérées sur un verticille. Les pièces peuvent être soudées à d'autres pièces du même verticille (connées), ou d'autres verticilles (adnées). Un exemple de pièces adnées est celui des étamines soudées à la corolle ; ce cas est très fréquent et s'observe, par exemple, chez les primevères (primulacées), la belle de jour (convolvulacées), la gentiane (gentianacées), les asclépiades (apocynacées), le muflier (plantaginacées), la menthe (lamiacées), le chèvrefeuille (caprifoliacées) et l'aster (astéracées). Quand les pièces florales d'un même verticille ne sont pas soudées, on peut utiliser les préfixes apo- (signifiant « séparé ») ou poly- pour décrire cette situation. Quand les pièces sont connées, on utilise syn- ou sym- (« ensemble »). Dans un calice aposépale ou polysépale, par exemple, les sépales sont indépendants; dans un calice synsépale, ils sont soudés (Rolon, 1983).

Outre cette variation dans la disposition des pièces florales (spirale ou verticillée), le niveau d'insertion des sépales, pétales et étamines sur l'axe floral varie par rapport à celui du (ou des) ovaire(s) (figure). Si les sépales, pétales et étamines sont insérés sur le réceptacle en dessous de l'ovaire, comme c'est le cas chez le lis, on dit que l'ovaire est supère (figure). Dans d'autres fleurs, les sépales, pétales et étamines paraissent insérés près du sommet de l'ovaire, qui est infère. Chez certaines espèces végétales, il existe aussi des situations intermédiaires : une partie de l'ovaire est infère.

En ce qui concerne le niveau d'insertion du périanthe et des étamines, il existe trois catégories. On dit que le périanthe et les étamines sont hypogynes s'ils sont situés sur le réceptacle en dessous de l'ovaire et libres de celui-ci et du calice, comme chez les lis (figure); dans les fleurs épigynes, le périanthe et les étamines partent du sommet de l'ovaire, comme dans les fleurs du pommier (figure); dans les fleurs périgynes, les étamines et les pétales sont adnés à la base du calice, formant ainsi un tube court (hypanthium) qui part de la base de l'ovaire, comme dans les fleurs du cerisier (figure).

Enfin, on peut trouver deux formes de symétrie de la structure florale. Dans les fleurs à symétrie radiale, les pièces des différents verticilles ont la même forme, elles rayonnent à partir du centre de la fleur et sont à égale distance les unes des autres. On dit que ces fleurs - par exemple les roses et les tulipes - sont régulières, ou actinomorphes (de la racine grecque aktin, « rayon »). Dans les fleurs à symétrie bilatérale, une ou plusieurs pièces d'au moins un verticille sont différentes des autres. Ces fleurs - par exemple la gueule de lion et le pois - sont irrégulières, ou zygomorphes, (du grec zygon, « couple », ou « paire »). Certaines fleurs actinomorphes ont une répartition irrégulière des couleurs et ressemblent ainsi à des fleurs zygomorphes.

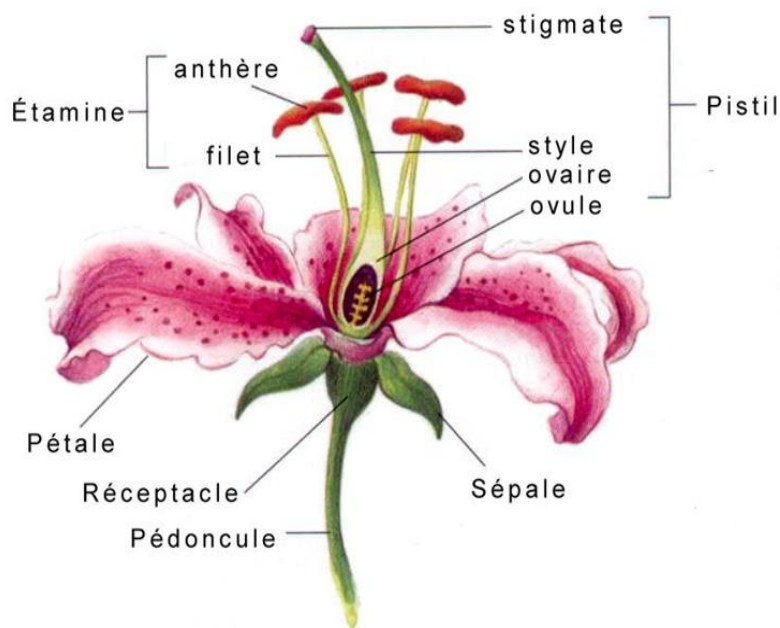
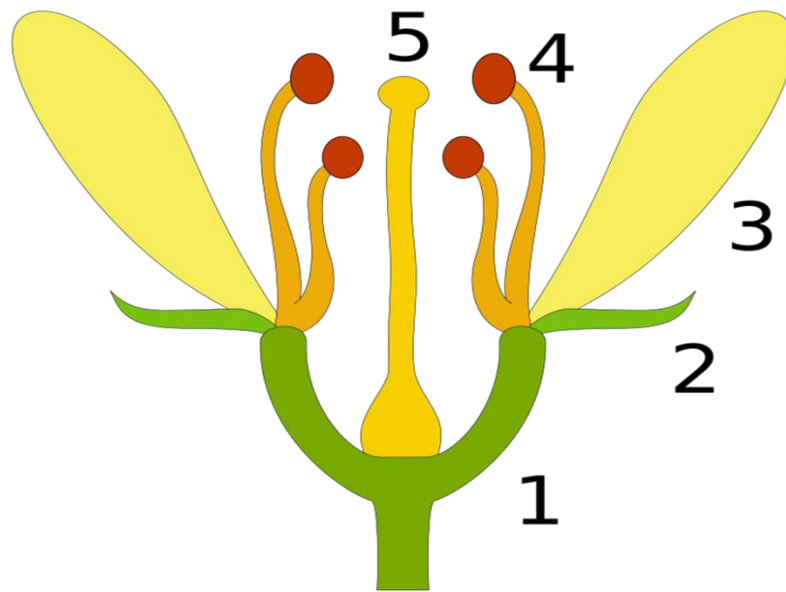
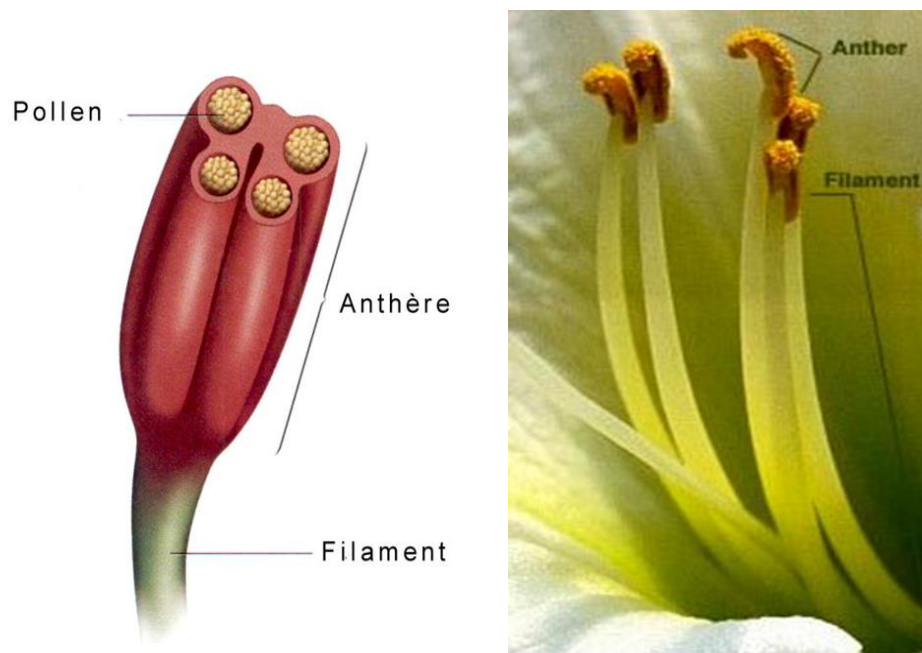


Fig.51 Pièces florale



**Fig.52.** Schéma théorique d'une fleur. 1. Réceptacle floral ; 2. Sépale ; 3. Pétale ; 4. Étamine ; 5. Pistil ou gynécée



**Fig.53.** Étamine

-Le carpelle est formé de un ou plusieurs pistils

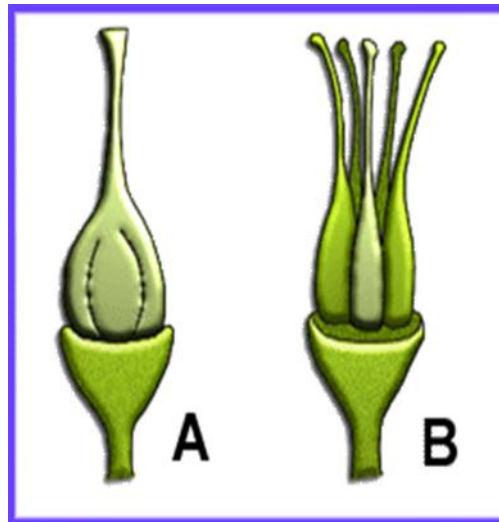
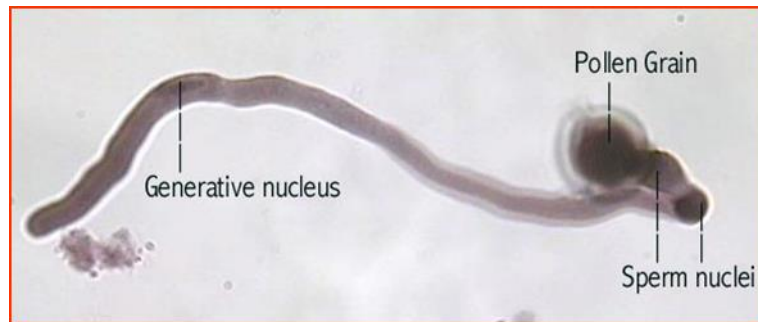
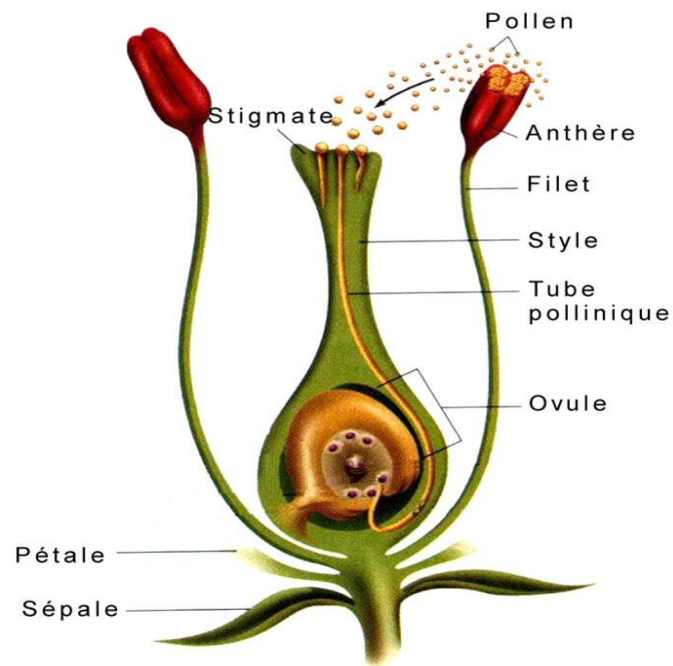


Fig.54. Disposition des ovules dans l'ovaire

### 3.3.1. Fécondation de l'ovule par le pollen

Le pollen tombe sur le stigmate, un long tube se forme à partir d'une cellule du grain de pollen. Le tube s'enfonce dans le style jusqu'à l'intérieur de l'ovaire où il rejoint un ovule ; Deux noyaux contenus dans le grain de pollen « coulent » dans le tube jusqu'à l'ovule où ils se fusionnent avec les noyaux de celui-ci.



**Fig. 55.** Fécondation de l'ovule par le pollen

### 3.3.2. Transport du pollen:

- Par le vent (comme les Gymnospermes) ou l'eau
- Par les insectes (cas le plus fréquent)
- Par les oiseaux (Colibris)
- Plus rarement par certains mammifères nectivores comme certaines chauves-souris





**Fig. 56.** Transport du pollen : Par les oiseaux (Colibris)

**a-Transport par le vent**



**Fig.57.** Fleurs mâles d'un Bouleau jaune (ou Merisier) (*Betula Alleghaniensis*)



**Fig.58.** Fleurs de l'érable à sucre *Acer saccharum*

Nécessite beaucoup de pollen puisque le pollen a peu de chance de tomber exactement sur le pistil d'une fleur de la même espèce. Les pétales et sépales des fleurs qui disséminent leur pollen par le vent sont généralement réduites ou absentes.

#### **b-Transport par les insectes**

La fleur fournit de la nourriture à l'insecte : nectar et pollen. L'insecte permet le transport du pollen de fleurs en fleurs et donc la fécondation.

Plusieurs espèces végétales ont évolué de façon à n'être pollinisées que par une espèce ou un groupe bien précis d'insectes qui, eux, se sont adaptés de plus en plus à butiner cette espèce végétale en particulier  
= COÉVOLUTION



**Fig.59.** Transport du pollen: Par les insectes (cas le plus fréquent)

Seuls certains papillons ont une trompe assez longue permettant d'atteindre le nectar placé au fond du réceptacle de cette fleur. La fleur est adaptée au papillon, le papillon est adapté à la fleur



**Fig.60.** Coévolution exp. la fleur et le papillon

**-Après la fécondation :**

Ovule fécondé graine (embryon + réserve de nourriture)

La paroi de l'ovaire forme le péricarpe qui enveloppe les graines

Le péricarpe se divise en trois feuilletts: l'endocarpe, le mésocarpe et l'exocarpe

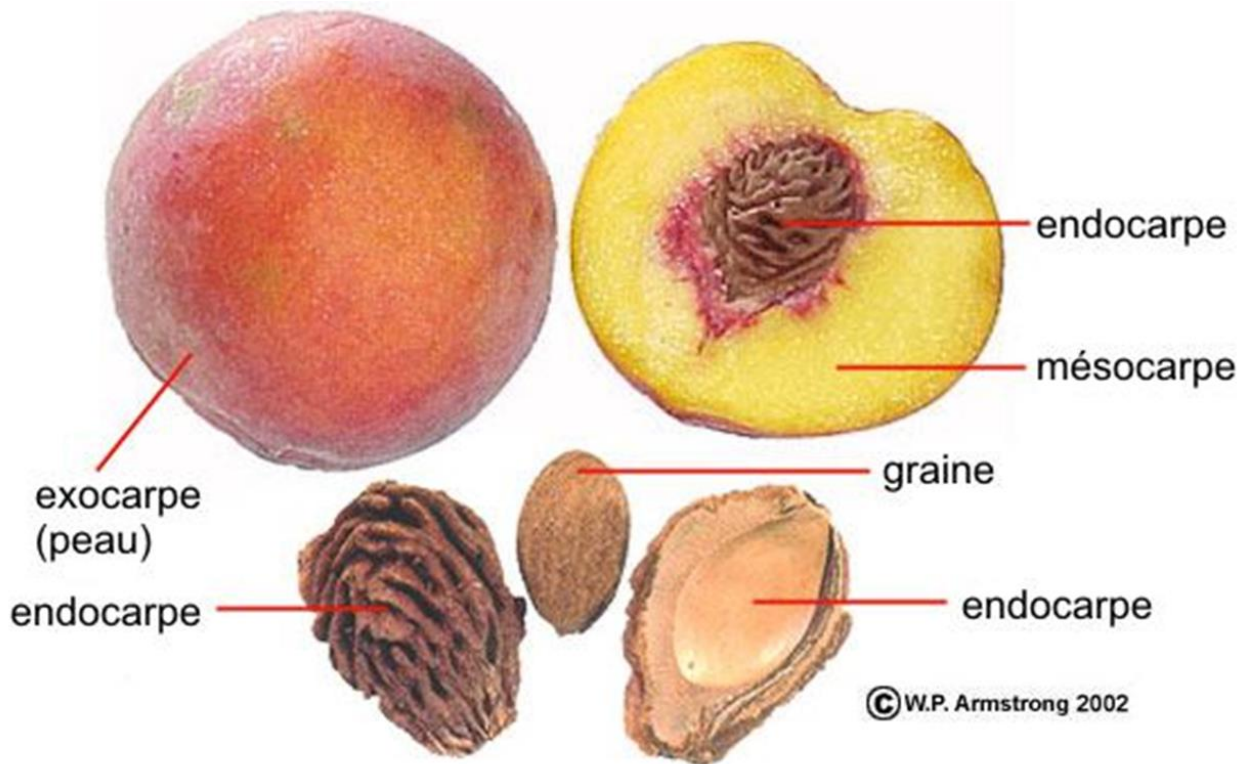


Fig.61. Péricarpe ( paroi de l’ovaire Péricarpe :paroi de l’ovaire)

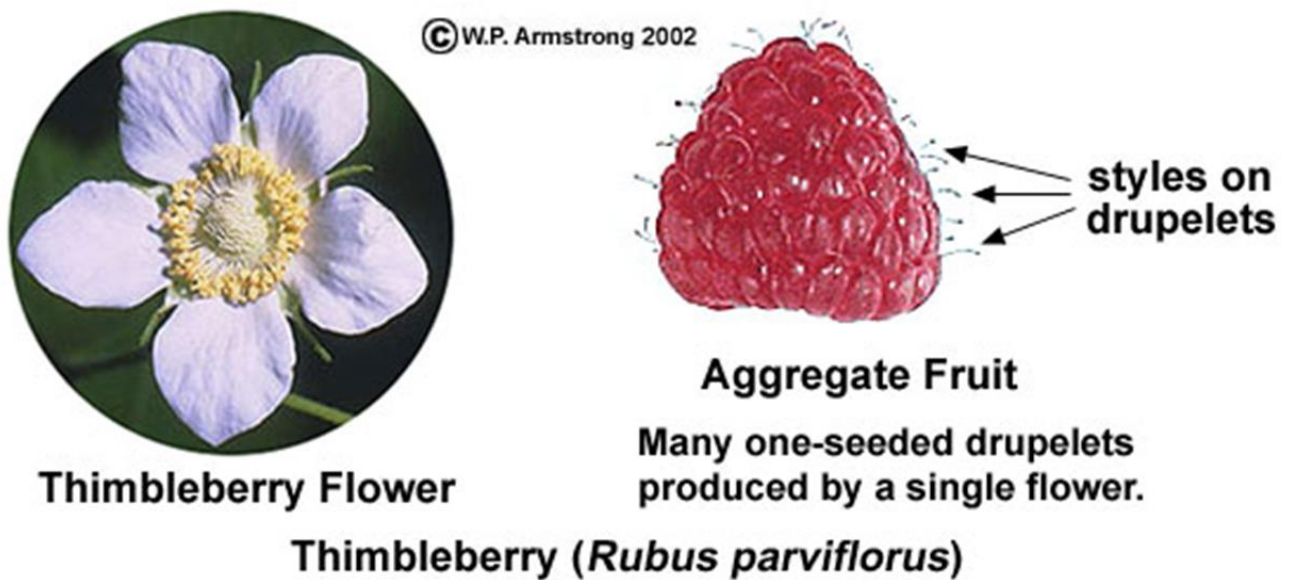


Fig.62: Fruit multiple (formé de plusieurs ovaires de la même fleur)

Chacune des petites « bulles » de la framboise correspond à un ovaire. Le centre de la fleur est formé d’un grand nombre d’ovaires.

Les « petits poils » sont les styles de ces ovaires.

## Certaines plantes ont des fleurs mâles (étamines seulement) et des fleurs femelles (carpelles seulement)

- Les deux types peuvent être portés par la même plante (ex. bouleau) = *espèces monoïques*
- Dans certains cas, il y a des plants mâles (fleurs mâles seulement) et des plants femelles (fleurs femelles seulement) = *espèces dioïques*

La plupart des plantes à fleur ont des fleurs **hermaphrodites** (étamines et carpelle)



Le Cannabis est une espèce dioïque

## **CHAP IV vie fixée des plantes**

### **4.1. Adaptation des plantes aux différents milieux de vie**

La carte de répartition de la végétation montre différents milieux naturels:

- Les milieux arides (désert)
- Les milieux humides (forêt, savanes)
- Les milieux aquatiques (mers, fleuves)

#### **4.1.1. Les milieux arides (désert)**

Un désert est une zone de terre stérile et très peu propice à la vie, où de très faibles précipitations se produisent à de rares occasions, et où par conséquent les conditions de vie sont hostiles pour les plantes ainsi que pour la vie des animaux. Les déserts font partie des environnements extrêmes. Le manque de végétation expose la surface non protégée au processus de dénudation.



**Fig.63.** Les milieux arides (désert)

#### **4.1.2. Les milieux humides (forêt, savanes)**

Les milieux humides sont des sites saturés d'eau ou inondés durant une période suffisamment longue pour influencer les composantes du sol et de la végétation. Se rapprochant davantage du milieu aquatique lors des inondations, le milieu humide devient presque un milieu terrestre durant les sécheresses.



Fig.64. Les milieux humides (mare)

#### 4.1.3. Les milieux aquatiques (mers, fleuves)



Fig.65. (mers, fleuves)

L'écosystème aquatique est le résultat d'un équilibre entre un milieu naturel et les espèces.

## **4.2. Notion d'adaptation**

Pour vivre dans un milieu donné, un être vivant doit posséder un certain nombre de caractères qui facilitent son évolution dans ce milieu ses caractères adaptatifs

On appelle adaptation la capacité que possède un être vivant de vivre et d'évoluer dans un milieu donné.

### **4.2.1. Adaptation des plantes aux milieux arides**

#### **a-Conditions de vie**

En milieu aride les pluies sont très rares, les températures sont très basses dans la nuit, les vents sont très violents.

#### **b- Les caractères adaptatifs**

- Les plantes des milieux arides s'adaptent de plusieurs manières à la sécheresse:
- Certains possèdent de très longues racines qui sont courtes à la surface du sol à la recherche de la moindre goutte d'eau
- D'autres possèdent de très longues racines qui s'allongent profondément.
- Les feuilles sont transformées en épine pour réduire les pertes d'eau par transpiration
- Certaines plantes accumulent de l'eau dans des tissus spéciaux, ce sont des plantes rases





Fig.66. Adaptation des plantes aux milieux humides

#### 4.2.2. Adaptation des plantes aux milieux humides

##### a-Conditions de vie

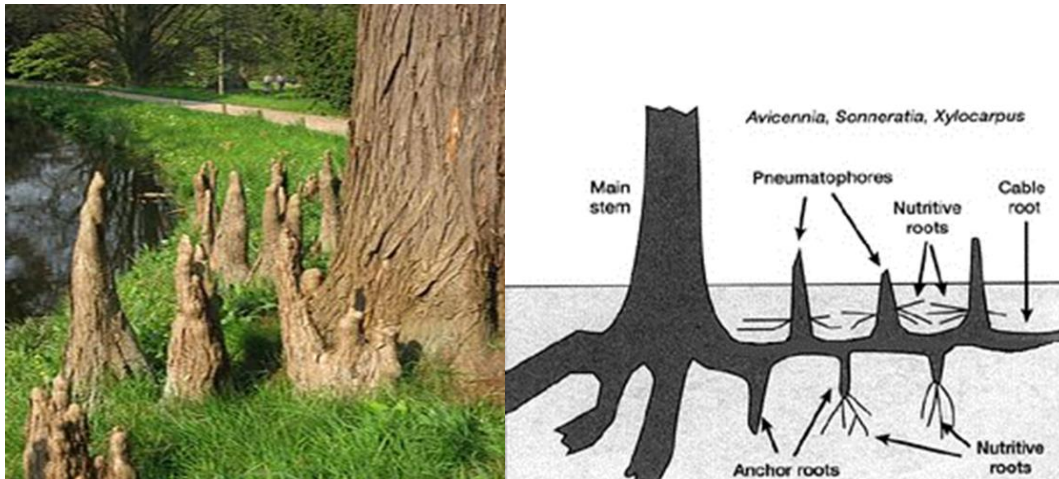
Dans les régions humides, le climat est chaud, les précipitations sont abondantes.

##### b -Les caractéristiques adaptatives

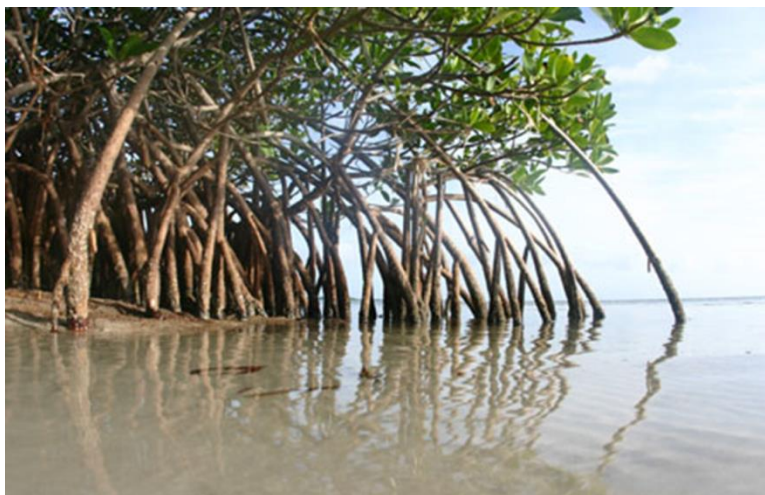
- La forêt est caractérisée par la présence de nombreux arbres:
- Les arbres se ramifient très haut pour rechercher de la lumière.
- Les arbres sont très grands (géants), ils deviennent donc instables pour renforcer leur équilibre, ils présentent à leur base des dilatations appelées contre forte ou les racines échasses
- Les végétaux sont disposés en couche ou strates de végétation.
- Les arbres perdent leurs feuilles et les renouvellent aussi tôt : C'est pourquoi la forêt est toujours verte

-Dans la savane, il y'a pas des strates arborescents supérieures:

- Les arbres de la savane sont bas très ramifiés et très espacés les uns les autres
- Les troncs sont rugueux
- Les feuilles sont coriaces ce qui limite les pertes d'eau



**Fig.67.** Pneumatophores (Palétuvier *Avicennia*)



**Fig.68.** Racines échasses de Palétuviers *Rhizophora* dans la mangrove



**Fig.69.** Racine crampon du Lierre



**Fig.70.** Racines-lianes



**Fig.71.** Racine-ventouse du Gui



**Fig.72.** Racines aériennes (*Phalaenopsis sanderiana*)

### **4.3. Les Stratégies défensives des plantes**

Selon le biotope, les plantes sont soumises à des variations saisonnières +/- importantes, des amplitudes thermiques phénoménales entre jour et nuit, un climat particulièrement chaud et sec ou glacial, un sol pauvre, une luminosité variable... et tout ceci sans compter moult prédateurs voraces prêts à tout pour profiter de ces pauvres créatures douces et vulnérables...

#### **4.3.1. Adaptation aux conditions environnementales**

**Ex 1 - Adaptation à l'altitude :** Conditions hivernales dures période de végétation ; courtes fortes amplitudes thermiques jour/nuit et été/hiver sols arides vent desséchant.



**Fig.73.** Joubarbe des montagnes - 1300m.



**Fig.74.** Forêt du Massacre - Jura (1 200 m).



**Fig.75.** Bouton d'or (Chamonix).

## **Ex 2 - Adaptations des plantes aux milieux froids**

- Plantes de petite taille, forme en coussinets
- Feuilles fines ou en forme d'aiguille, recouvertes de duvet ou de substance cireuse
- Modifications physiologiques (ex. cycle de vie sur 2 années pour pallier à la croissance lente due au milieu et à la courte saison estivale)

- Grandes fleurs pour mieux attirer les insectes pollinisateurs
- Couleurs vives dues aux pigments qui protègent des UV (de plus en plus forts à mesure que l'on monte en altitude et néfastes à la croissance)...

### **Ex 2 - Adaptations des plantes aux milieux secs**

Milieux très secs peuvent l'être :

- au niveau du sol (sols sableux, sols salés de bord de mer...)
- à cause du climat (climat méditerranéen, déserts...)

Plantes xérophiles = capables de subsister avec de faibles quantités d'humidité

1. Optimisation de la capacité à absorber l'eau
2. Limitation des pertes d'eau dues à la transpiration
3. Stockage de l'eau



**Fig.76.** Le stockage de l'eau Jardin de cactus de Lanzarote

### **Ex 3 - Adaptations des plantes aux milieux secs**

- développement d'un système racinaire de surface qui permet de capter l'eau avant qu'elle ne s'infiltré dans le sol.
- développement d'un système racinaire profond permettant de s'approcher de la nappe phréatique.
- réduction de la surface des feuilles qui permet de réduire la transpiration.

- protection des stomates permettant de limiter la transpiration.
- Stockage de l'eau, en particulier dans les tiges transformées

Certaines plantes grasses utilisent tous ces systèmes en même temps.

### **Ex 3 - Adaptations physiologiques à l'environnement**

- Ouverture / fermeture des stomates en fonction de la T° et/ou de l'humidité
- Ouverture / fermeture des fleurs en fonction de la T°
- Mouvements des feuilles
- Cycle de reproduction adapté : graines dormantes pdt des années, puis germination, floraison et fructification en qqs jours qd conditions favorables,
- Synthèse d'antioxydants (ex. vitamine C piège les molécules toxiques générées par le stress dû à l'excès d'UV)

**Convergence adaptative** : coïncidence morphologique d'espèces différentes, déterminée par l'adaptation à des conditions environnementales identiques.

## **REFERENCE BIOBLOGRQPHIAUE**

- **Aloni, R., Schwalm, K., Langhans, M. and Ullrich, C. I.** (2003). Gradually shifts in sites of free-axing production during leaf-primordial development and their role in vascular differentiation and leaf morphogenesis in Arabidopsis. *Plantae*. p. 216, 841-853.
- **Beck, C. B.** (2010). *An introduction to plant structure and development; plant anatomy for the twenty-first century*. New York. 2nd ed. Cambridge university press, cambridge.
- **Beeckman, T.** (2010). *Root development*. Annual plant reviews vol.37. Wiley - Blackwell, chichester, UK.
- **Bonnemain, J-L. et Dumas, C** (1998). *La biologie végétale*. Paris. Presse Universitaire de France.
- **Bournerias, M.** (1984). *Guide des groupements végétaux de la région Parisienne*. 3e edition. 518 pages.
- **Berger, F.** (2008). Double-fertilization, from myths to reality. *Sexual plant reproduction*. p21, 3-5.
- **Berger, F.** (2011). Imaging fertilization in flowering plants, not so abominable after all. *journal of experimental Botany*. p62, 1651-1658.
- **Berger, and all.** (2008). Double fertilization-caught in the act. *Trends in plant science*. P 13,473-443.
- **Bidartondo, M. J.** (2005). The evolutionary ecology of myco-heterotrophy. *New phytologiste*. p167, 335-352.
- **Core, H. A and all.** (1979). *Wood structure and identification*. New York. Syracuse University press.
- **Dejardin, A. F. and all.** (2010). Wood information in angiosperms. *Compters rendus biology*. p333, 325-334.
- **De Smet, I. S. and all.** (2006). Lateral root initiation or the birth of a new meristem. *Plant molecular biology*. P 60,871-887.
- **Dickison, W. C.** (2000). *Integrative plant anatomy*. Harcourt/academy place. San Diego.
- **Driouich, A. and all.** (2007). Formation and separation of root border cells. *Trends in plants science*. p12, 14-19.
- **Du, J. and Grover, A.** (2010). Transcriptional regulation of secondary growth and wood formation. *Journal of integrative plant biology*. P 52, 17-27.



## **REFERENCE BIOBLOGRQPHIAUE**

- **Des Abbayes, H. et all.** (1982). Végétaux inférieurs. Tome 1. - 2° édition revue et augmentée, 592 pages.
- **Dajoz, R. et al.** (1998). Plante Supérieur. L'appareil végétatif. Paris. p380.
- **Dresselhaus, T.** (2006). Cell- communication during double fertilization. Current opinion in plant biology. P 9, 41-47.
- **Efroni, I. and Eshet E.lifschitz, Y.** (2010). Morphogenesis of simple and compound leaves: a cretical review. The plant cell. p22, 1019-1032.
- **Enstone, D. E. and all.** (2003). Root and endodermis and exodermises: structure, function and responses to the environment. Journal of plant growth regulation. P 21, 335-351.
- **Esau, K.** (1977). Anatomy of seed plant. New York. 2nd ed. Johan Wiley and sons.
- **Evert, R. F.** (2006). Esau plant anatomy. Meristems, cells, and tissues of the plant body: their structure, function, and Development, 3rd ed. John Wiley & Sons, Ins., Hoboken, NJ.
- **Fahn, A.** (1990). Plant Anatomy, 4th ed. Pergamum Press, Oxford, New York.
- **Friedman, W. E.** 2007. Embryological evidence for development all ability during early angiosperm evolution .Nature. P 441, 337-340.
- **Fridmen, W. E. and all.** (2008). Origin of the fittest and survival of the fittest: relating female gametophyte development to endosperm genetics. International journal of plant sciences. P169, 79-92.
- **Gifford, E. M. and Foster, A. S.** (1989). Morphology and evolution of vascular plants. New York. 3rd ed. W. H. Freeman and company.
- **Gorenflot, R. et Raicu, P.** (1980). Cytogénétique et Évolution, Paris New York 192 pages.
- **Gorenflot, R.** )1983(. Biologie végétale. Plantes supérieures. Tome 2. Appareil reproducteur. 256 pages.
- **Griffiths, A. J. F., Wessler S., Lewontin R.C., Carroll S., Gausson H, J-F et al.** (1983). Tome 2.- Végétaux supérieurs. 2e édition revue et augmentée. 592 pages
- **Guignard, J-L., et al.** (1985). Plante Supérieures ; L'appareil reproducteur. Paris. Masson. Page 327.
- **Guignard, J-L. et al.** )1985(. Abrégé de photochimie collection abrégés de pharmacie. Masson. Paris.224.

## **REFERENCE BIOBLOGRAPHIAUE**

- **Guignard, J-L.** (1983). Abrégé de botanique Collection Abrégés de pharmacie. 5<sup>e</sup> édition révisée, 276 pages.
- **Gartner, B. L.** (1995). Plant stems: Physiology and functional morphology. ed : Academic press , San diego.
- **Gregorie, P. J.** (2006). Pant roots: Growth, Activity, and interactions with soils. ed Blackwell publishing, Oxford.
- **Gunwardena, A. H. L. A. N. and Dengler N. G.** (2006). Alternative modes of leaf dissection in monocotyledons. Botanical journal of the lineman society .P150, 25-44.
- **Hoadley, R. B.** (2000). Understanding wood: A craftsman s Guide to wood technology .2<sup>nd</sup>ed .Taunton press, Network, CT.
- **Heller, R.** (1984). Collection Abrégés de sciences. Abrégé de physiologie végétale. Tome 1 .NutRITION.3<sup>E</sup> Eultion Revue et mise à jour. Page 256.
- **Heller, R.** (1985). Collection Abrégés de sciences : Abrégé de physiologie végétale. Tome 2. Développement. 3<sup>e</sup> édition revue et mise à jour. 224 pages.
- **Heller, R. et al.** (1998). Physiologie végétale. Paris. Masson. Page 384
- **Higashiyama, T. and Hamamura, Y.** (2008). Gametophyte pollen tube guidance. Sexual plant reproduction. P 21,17-26.
- **Judd, W. S. and all.** (2008). Plant systematics; A phylogenetic approach, 3rd ed .Sinauer associates, Inc. publishers, Sunderland.
- **Jules Bouharmont, J.** (2014). Biologie végétale. Paris Raven | Evert | Eichhorn de boeck3e édition.Traduction de la 8e édition américaine. P 426.528.
- **Jonsson, H. M. G. and all.** (2006). an auxin-diriven polarized transport model for phyllotaxis. Proceedings of the national academy of science USA.P103, 1633-1638.
- **Kang J, and Dengler. N.** (2004). Vein pattern development in adult leaves of Arabidopsis thaliana .international journal of plant science. P 165, 231-242.
- **Knoblauch, M. and Peters, W. S.** (2004). Foursome's, a novel type of Ca<sup>2+</sup>-dependent contractile protein motor .Cell motility and the cytoskeleton. P 58,137-142.
- **Kolek, J. and kozinka, V.** (1992). Physiology of the plant roots system. Kluwer academic publishers, Dordrecht, Boston.
- **Kozlowski, T. T. and Pallardy, S. G.** (1997). Growth control in woody plants. Academic press, San Diego.
- **Lake, J. V. and all.** (2009). SEBS 30 root development and function. Cambridge university press, Cambridge.

## **REFERENCE BIOBLOGRAPHIAUE**

- **Lenhard, M. and Laux, T.** (1999). Shoot meristem formation and maintenance. *Current opinion in plant biology*. P 2, 44-50.
- **Liu, C. W. Xi. L. and Shen, C. T. H .YU.** (2009). Regulation of floral patterning by flowering time genes. *Development and function*. Cell. P16, 711-722.
- **Mathon, Cl-Ch.** )1981(. L'origine des plantes Cultivées. *Phytogéographie appliquée*. 182 pages.
- **Matsunaga, S. and Kawano, S.** (2001). Sex determination by sex chromosome in dioecious plants. *Plant biology*. P3, 481-488.
- **Mccue, A. D. and all** (2011). Cytoplasmic connection of sperm cells to the pollen vegetative cell's nucleus; potential roles of the male germ unit revisited. *Journal experimental Botany*. P62, 1621-1631.
- **Mccully, M.** (1995). How do real roots work. *Plant physiology*. P109, 1-6.
- **McKown, A. D. and Dengler, N. G.** (2010). Vein patterning and evolution in C4 Plant. *Botany*. P88, 775-786.
- **Melzer, R.Y., Wang, Q. and Theissen, G.** (2010). The naked and the dead: the ABCs of gymnosperm reproduction and the origin of the angiosperm flower .*Seminars in cell & Developmental biology*. P21, 118-128.
- **Metcalf, C. R. and Chalk, L.** (1979). *Anatomy of the dicotylidons, Vol2, wood structure and conclusion of the general introduction*, 2<sup>nd</sup>ed. Clarendon press, oxford.
- **Mokany, K., Raison, R. J. and Prokushkin, A. S.** (2006). Critical analysis of root: shoot ratios in terrestrial biome. *Global change biology*. P12, 86-96.
- **Moyroud, E. Kusters, E., Monniaux, M., Koes, R. and Parcy, F.** (2010). Leafy blossoms. *Trends in plant science*. P15, 364-352.
- **Munne-Bosch, S.** (2008). Do perennials really senesce, *Trends in plant science*. P. 13, 216-220.
- **Ozenda, P.** (2006). *Les végétaux Organisation et diversité biologique*. Dunod 2e édition. P325-337.
- **Ozenda, P.** (2006). *Précis de Botanique. 1. Procaryotes et Thallophytes eucaryotes*. Doin éditeurs. (1975). 184 pages.
- **Panshin, A. J. and Zeeuw, C.** (1980). *Textbook of wood technology: structure, identification, properties, and uses of the commercial wood of the United States and Canada*, 4<sup>th</sup>ed, McGraw-Hill, New York.

## ***REFERENCE BIOBLOGRQPHIAUE***

- **Peterson, R. L.** (1992). Adaptation of root structure in relation to biotic and abiotic factors. *Canadian journal of botany*. P70, 661-675.
- **Raven, J. A. And Edwards, D.** (2001). Roots: Evolutionary origins and biogeochemical significance. *Journal of experimental botany*. P52, (suppl.1), 381-401.
- **Risoparton, J. P. Sun, M.Y. and B. J. Jones.** (2010). The vascular cambium: molecular control of cellular structure protoplasma. P 247, 145-161.
- **Roland, F.** )1983(.*Organisation des plantes à fleurs. Tome 2*end collaboration.3e édition, 120 pages.
- **Roland, F.** )1983(. Sex among the flowers. *Naturel history*. P 115.9, 48-53.
- **Vernoux, T. Besnard, F. and Traas, J.** (2010). Auxin at the shoot apical meristem. *Cold spring harbor perspectives in biology* 2010. P; 2:a001487.
- **Vian, B.** (1981). *Organisation des plantes sans fleurs, en collaboration. Tome 1.*- 112 pages. Barcelone Milan Mexico Sao Paulo. Masson 2e édition. P 20.45
- **Wilsen, K. L. and Hepler, B. K.** (2007). Sperm delivery in flowering plant: the control of pollen tube growth. *Bioscience*. P 57, 835-844.