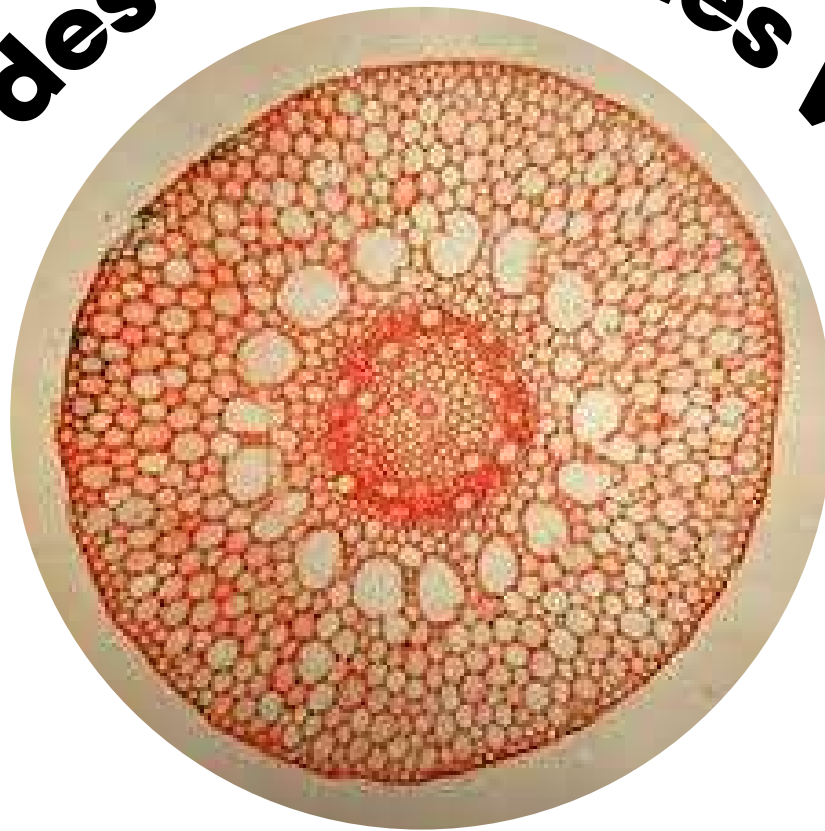


Biologie des Organismes Végétaux



SCIENCES DE LA
VIE ET DE LA TERRE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.

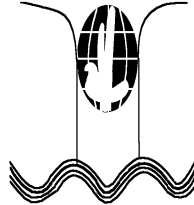


Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

**Université Abdelmalek Essaâdi
Faculté des Sciences de Tétouan
Département de Biologie**



S2
Module: Biologie des organismes
Biologie Végétale (Cormophytes)

Prof. Mohammed ATER

Chapitre I

INTRODUCTION AU COURS DE BIOLOGIE VEGETALE

I- Des évidences pas aussi évidentes !

I-1/ Pourquoi les plantes sont-elles si importantes ?

1. Forme dominante de vie sur notre planète

- ✓ Ce sont les organismes les plus évidents dans la nature.
- ✓ Producteurs primaires à la base de la chaîne alimentaire. Nourriture pour consommateurs et décomposeurs.
- ✓ Créent les habitats et climats.

2. Utiles pour l'homme

- ✓ nourriture
- ✓ fibres: coton, lin, papier
- ✓ matériaux structuraux: bois, carton, liège
- ✓ médicaments et drogues
- ✓ combustibles (actuel: bois, biomasse ; fossiles : charbon, pétrole)
- ✓ Café, thé, tabac, chocolat, épices....

I-2/ Qu'est ce qu'une plante ?

1. C'est un être vivant répondant aux caractéristiques générales de la vie

- ✓ Utilisation de l'énergie
- ✓ Croissance et entretien
- ✓ Réponse à l'environnement
- ✓ Reproduction et évolution

2. Définition d'une plante

La plus part des gens ont une notion familière de ce qu'est une plante : c'est quelque chose de vert et qui ne se déplace guère. Nous on va dire, une plante est un organisme photoautotrophe.

I-3/ Les plantes constituent-elle un règne ?

1. Tout d'abord combien de règnes ?

a. Vision ancienne du monde vivant et qui remonte à Aristote: deux règnes. Les

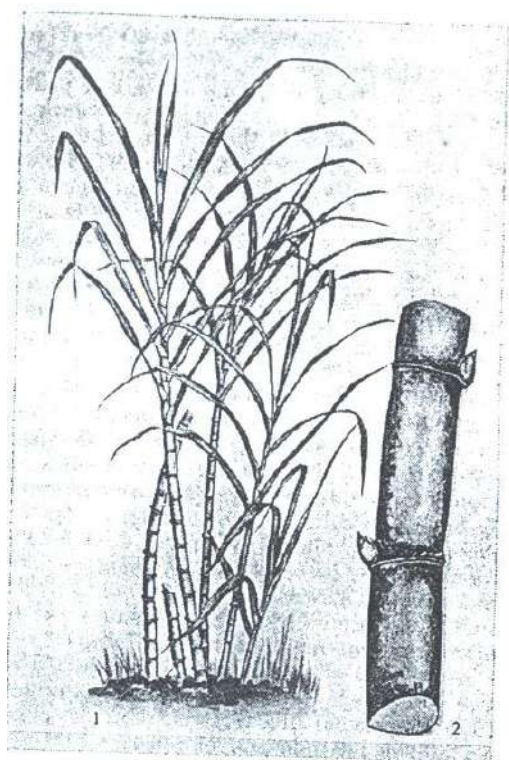
caractéristiques de bases sont le comportement et la photosynthèse.

b. Vision actuelle reconnaît 5 règnes : **Monera, Protista, Fungi, Plantae** et **Animalia**.

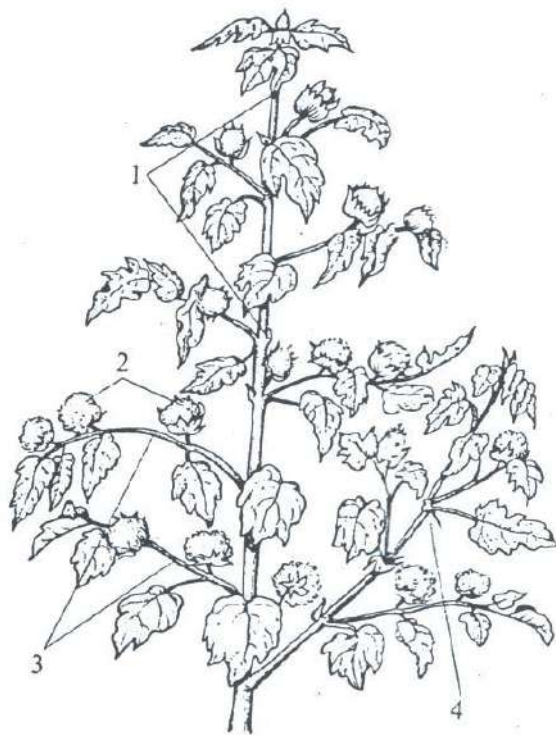
Les caractéristiques de bases sont :

- le type cellulaire,
- la nutrition,
- la reproduction,
- les structures et fonctions caractéristiques.

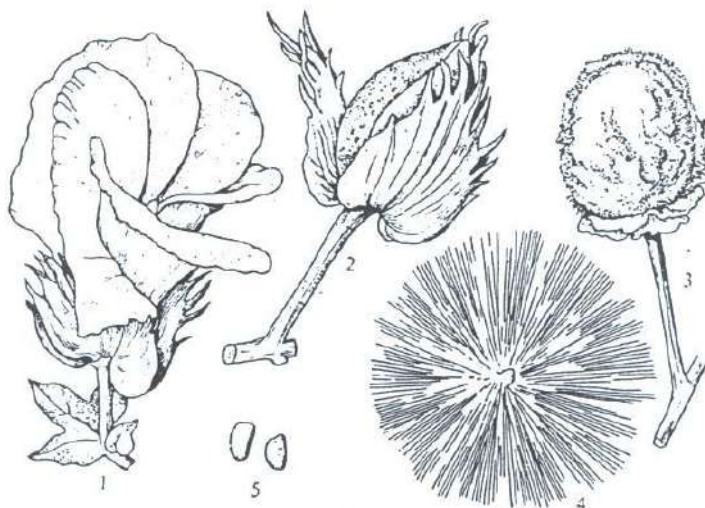
Exemples de plantes cultivées à grandes importance économiques.



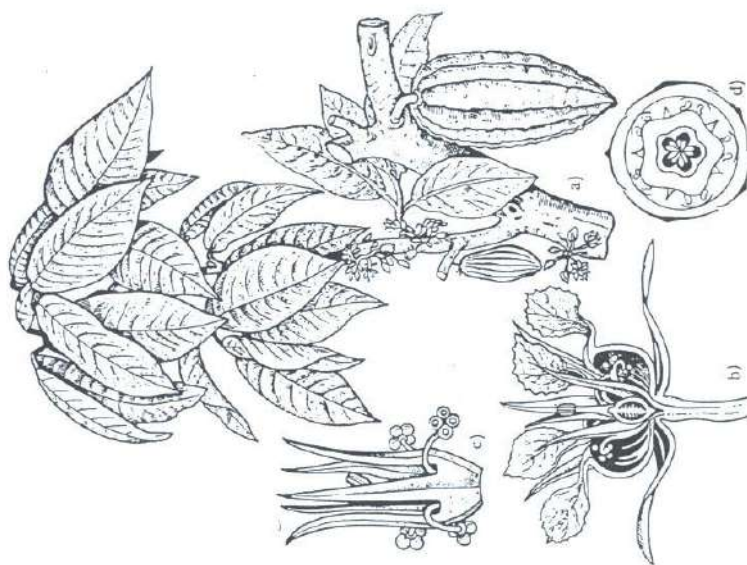
Canne à sucre:
1, port du plant; 2, bouture.



Cotonnier:
1, tige principale; 2, capsule; 3, rameaux fructifères; 4, rameaux végétatifs.

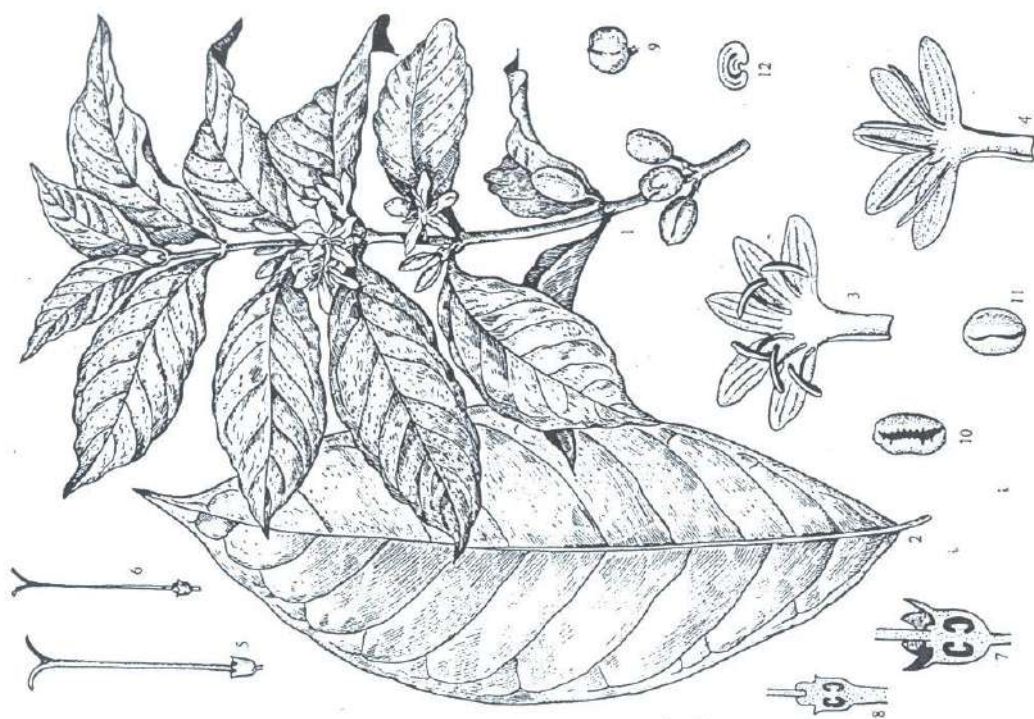


Cotonnier péruvien à fibres fines:
1, fleur; 2, capsule fermée; 3, capsule ouverte; 4, graine algrettée; 5, graine.



Cacaooyer

a, rameau avec fleurs et fruits (1/5); b, fleur en coupe longitudinale (5 X); c, tube staminal; d, diagramme floral (d'après Sprenger van Dierpff).



Caféier

1, sommité d'une tige *C. arabica* avec boutons, fleurs et fruits; 2, feuille *C. canephora*; 3, corolle avec les étamines (*C. arabica*); 4, corolle avec les étamines (*C. canephora*); 5, pistil de la fleur (*C. arabica*); 6, pistil de la fleur (*C. canephora*); 7, ovaire en coupe longitudinale (*C. arabica*); 8, ovaire en coupe longitudinale (*C. canephora*); 9, fruit *C. arabica*; 10, fruit *C. canephora*; 11, graine *C. arabica*; 12, graine en coupe longitudinale (*C. arabica*) (Van Den Abele et Vanderput, 1936).

Règne	<u>Caractéristiques</u>	Modes d'alimentation	Origine
Monera	Procaryotes unicellulaire ou colonial, reproduction asexuée. Bactéries et algues bleues	Absorption Photosynthèse	3 à 4 milliards années
Protista	Unicellulaires, eucaryotes. Groupe très hétérogène constitué de formes mobiles	Diverses : absorption, ingestion, photosynthèse	1000 millions d'années.
Fungi	Uni ou pluricellulaires, eucaryotes, sans pigments à paroi squelettique. Champignons	Absorption	1000 millions d'années
Plantae	Pluricellulaires, eucaryotes, à pigments (plastides) et parois. Algues et plantes supérieures	Photosynthèse	500 millions d'années
Animalia	Pluricellulaires, eucaryotes, sans plastides et parois.	Ingestion	700 millions d'années

2. Où sont les plantes dans les cinq règnes ?

Elles sont présentes dans 3 ou 4 règnes sur les cinq. Si on respecte la définition donnée aux plantes, il s'agit de 3 règnes seulement.

II - Systématique :

Face à la diversité des êtres vivants et pour répondre à des besoins de survie, l'homme a appris très tôt à identifier les êtres vivants et à les classer, par exemple en formes « utiles » et formes « nuisibles ». Au sein des deux groupes, il a appris à distinguer différentes formes répondants à des utilisations variées (Alimentaires, Sanitaires, Outils etc..).

Donc, le sens de l'observation, de la description et de la reconnaissance des formes vivantes existe depuis les premières sociétés humaines. C'est ce qu'on appelle « **Le concept typologique de l'espèce** ». A titre d'exemples on peut citer les deux exemples suivants:

Exemple1: L'ornithologue américain DIAMOND rapporte que les ethnies Foré de la Nouvelle-Guinée disposent de 110 noms spécifiques pour les oiseaux, alors que les scientifiques reconnaissent 120 espèces. Il y a coïncidence dans 93 cas, dans 4 cas les Foré donnent des noms différents pour le mâle et la femelle de la même espèce (dimorphisme sexuel important) et 9 cas seulement où ils donnent le même nom à deux espèces ou plus.

Exemple2: D'autres ethnies, vivant en forêt tropicale et consommant des chenilles dans leur alimentation, savent très bien les reconnaître et en nommer un grand nombre mais rangent tous les papillons qui en sont issus sous un seul nom.

Ce processus à la fois descriptif et analytique qui est associé au développement des sociétés humaines, correspond au niveau scientifique à une importante branche de la Biologie comparée qu'on appelle la **SYSTEMATIQUE**.

II-1 Biologie générale et Biologie comparée:

La **biologie générale** ou biologie fonctionnelle est la **Science de l'uniformité** c'est à dire celle qui cherche les structures et les processus communs à tous les êtres vivants. Pour elle, la diversité entre les différents organismes est un bruit de fond qu'il faut couvrir afin de découvrir les grandes lois au sein de grandes théories unificatrices. Il s'agit des disciplines telles que: la *Physiologie*, la *Biochimie*, la *Génétique* etc... et des processus comme par exemple, la respiration, le mécanisme d'expression génique etc.....

La **biologie comparée** ne cherche pas à taire ou à éviter la diversité mais au contraire elle en fait l'objet même de son étude. Elle s'intéresse à la classification des différentes formes vivantes et pour la majorité des biologistes elle est synonyme de **Systématique**.

II-2 Systématique:

La systématique est la Science des classifications des êtres vivants. On utilise également le terme Taxonomie mais ce dernier correspond plutôt à la science des lois de classification. Cependant, on peut admettre la synonymie, **SYSTEMATIQUE = TAXONOMIE = FLORISTIQUE et FAUNISTIQUE**.

Donc la systématique c'est la science qui se préoccupe à la fois de la diversité des êtres vivants et des relations entre eux. Elle procède par deux étapes:

1/ Etape analytique, descriptive:

Dans cette étape on constate et on étudie la variation. En premier, on réalise une description des êtres vivants. Ensuite on les nomme. C'est à dire on donne à chaque être vivant un nom spécifique, en respectant des règles précises qui sont fixées par le **Code International de Nomenclature**.

2/ Etape synthétique:

A ce niveau on interprète la variation constatée dans la précédente étape. Cette interprétation est réalisée en terme d'affinités et de relations éventuelles de type ancêtre/descendant. En effet, les êtres vivants vont être classés selon leur degré de ressemblance dans un système hiérarchique en essayant d'intégrer les relations de parentés, même très éloignées.

Les relations de type ancêtre / descendant constituent ce qu'on appelle la PHYLOGENIE (*Mode de formation des espèces, développement des espèces au cours de l'évolution*).

Le cours de Biologie Végétale (Cormophytes) donne les éléments de base de la systématique phylogénétique des végétaux supérieurs.

II-3 Unités systématiques:

L'unité de base est l'**ESPECE**. Ernest MAYR donne une définition biologique de l'espèce *comme un ensemble d'individus interféconds et qui se ressemblent plus entre eux qu'ils ne se ressemblent avec des individus d'autres groupes; cette communauté de reproduction est isolée par une barrière reproductive (stérilité des hybrides)*.

Les espèces sont nommées en latin, c'est **la nomenclature binomiale** proposée par Linné en 1756 qui est toujours utilisée. Cette dernière correspond à un binôme dont le premier terme est le nom du GENRE, le deuxième terme est le nom de l'ESPECE. A ce binôme on associe le nom de l'auteur qui a décrit l'espèce, généralement, il est représenté par une ou plusieurs lettres.

Exemple: L'oignon, l'ail et le poireau sont trois espèces différentes, mais appartiennent au même genre: **Allium**.

Elles ont été décrites par **Linné** qui sera représenté par **L.**

L'oignon..... *Allium cepa* L.

L'ail.....*Allium sativum* L.

Le poireau.....*Allium porrum* L.

Les unités systématiques par ordre hiérarchique décroissant sont résumées dans le tableau suivant:

<u>Unités</u>	<u>Terminaison</u>	<u>Equivalent en français</u>
REGNUM		Règne
DIVISIO	phyta	Embranchement
Subdivisio	phytina	Sous-embranchement
CLASSIS	phyceae/psida	Classe
Subclassis	phycidae	Sous-classe
Superordo		Super-ordre
ORDO	ales	Ordre
Subordo	ineae	Sous-ordre
FAMILIA	aceae	Famille
Subfamilia	oideae	Sous-famille
Tribus	eae	Tribu
Subtribus	inae	Sous-tribu
GENUS		Genre
SPECIES		Espèce

Exemple: Quelques espèces de Chênes (*Quercus*)

***Quercus* L. (1753).**

***Quercus suber* L.(1753),**

***Quercus pyrenaica* Willd. (1805),**

***Quercus faginea* Lamk. (1783), . . . etc.**

Dans cet exemple, le chiffre entre parenthèse correspond à l'année où la description a été publiée.

III Diversité et principes de la classification des plantes

III-1 Opposition Eucaryotes / Procaryotes:

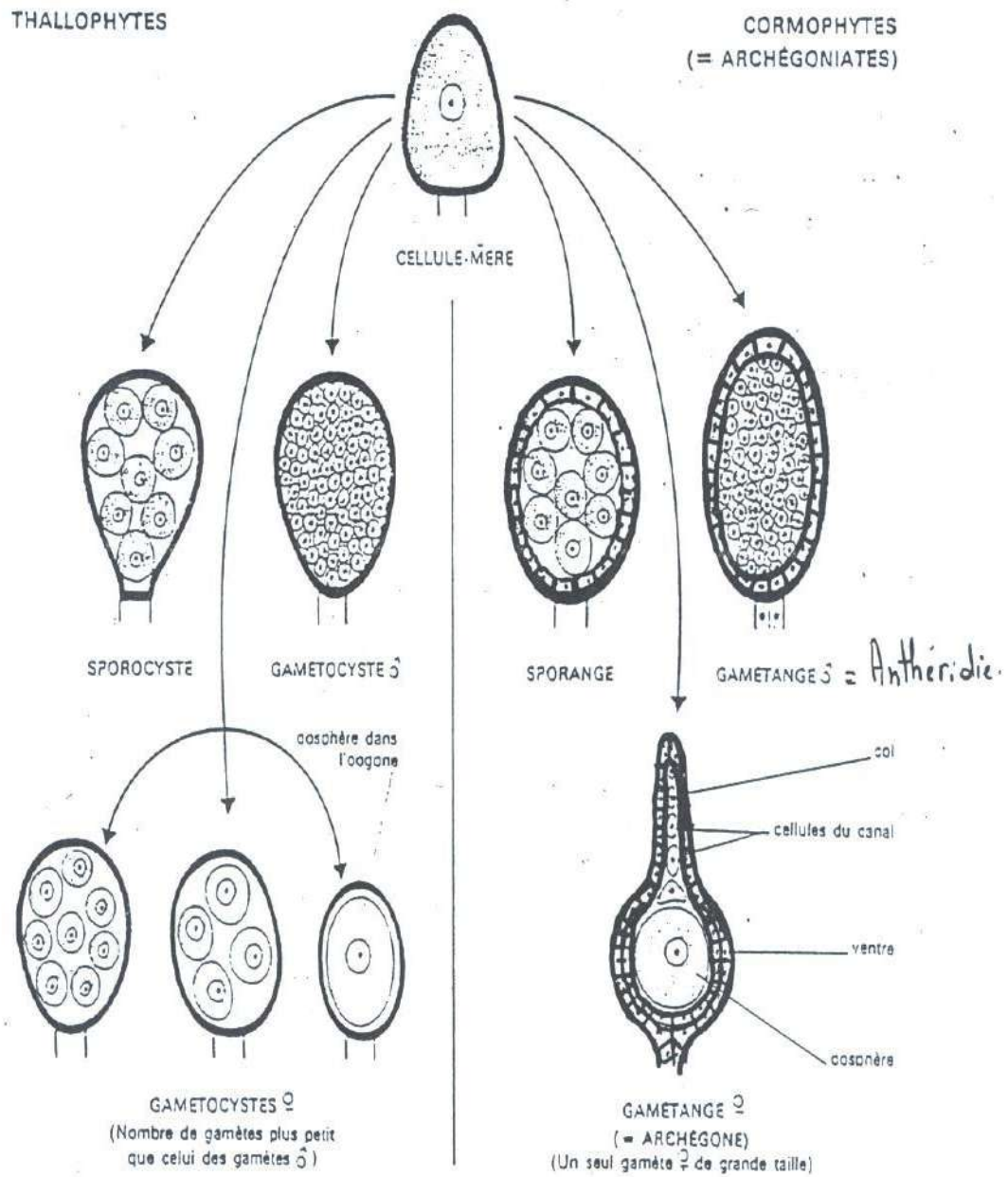
Il s'agit au niveau structurel de la principale coupure chez les êtres vivants. Les différences importantes peuvent être résumées (comparaison simplifiée) dans le tableau suivant:

	Procaryotes	Eucaryotes
Organismes représentés	Bactéries Cyanophycée	Protistes, Champignons Végétaux, Animaux
Taille des cellules	Petite 1 à 10 μ	Grande 10 à 100 μ
Métabolisme	Anaérobie et aérobie	Aérobie
Motilité	Non mobile ou avec des flagelles en protéines	Mobiles, cils ou flagelle à microtubules
Organites	Pas d'organites limités par une membrane	Mitochondrie, plastides....
Organisation génétique	Boucle d'ADN dans le cytoplasme	ADN organisé en chromosome renfermé dans le NOYAU
Reproduction	Scissiparité	Mitose et Méiose

III-2 Opposition Cormophytes / Thallophytes

III-2-1 Appareil végétatif:

L'appareil végétatif des Thallophytes est le **thalle** tandis que chez les **Cormophytes** c'est le **cormus**. Les différences importantes entre ces deux types d'appareils végétatifs peuvent se résumer dans le niveau de différenciation (tissus, organes et fonctions) et le mode de croissance. Le cormus correspond à un niveau de différenciation plus important que celui du thalle. En effet, il possède des organes spécialisés (Tige, feuille et racine) remplissant des fonctions déterminées. Du point de vue **théorique** il s'agit d'**axes télomiques**.



Du point de vue type de croissance, le mode répandu chez les Thallophytes est la croissance **intercalaire** ou par une **apicale à fonctionnement simple**. Alors que, chez les Cormophytes la croissance se fait au niveau d'**assises spécialisées qu'on appelle méristèmes ou assises génératrices**. La croissance en longueur est apicale et peut être accompagnée d'une croissance en épaisseur. Les méristèmes sont généralement localisés au niveau des **bourgeons terminaux ou axillaires**.

III-2-2 Appareil reproducteur:

Les organes reproducteurs chez les Cormophytes sont protégés par une *enveloppe cellulaire* qui constitue la paroi des **SPORANGES** et des **GAMETANGES**. Alors que, chez les Thallophytes les **SPOROCYSTES** et les **GAMETOCYSTES** sont entourés uniquement de *la paroi de la cellule mère*.

III-2-3 Significations adaptatives:

L'ensemble de ces différences, correspond à des réponses adaptatives face aux contraintes nouvelles que le milieu terrestre aérien impose aux végétaux et qui étaient absentes dans le milieu aquatique. En effet, les plantes devront s'adapter à:

1/ **Un milieu aérien sec**. Donc, la nécessité de maintenir l'hydratation des tissus et de réguler les pertes en eau par évapotranspiration. C'est la fonction de l'épiderme stomatifère.

2/ **Distribution hétérogène des éléments nutritifs** due à la spécialisation des organes aériens dans la fonction d'assimilation et des organes souterrains dans celle de l'absorption. L'adaptation s'exprime par les tissus conducteurs XYLEME et PHLOÈME.

3/ **Milieu aérien de faible densité** par rapport au milieu aquatique. D'où, les tissus de soutien pour garantir le maintien et le port des plantes.

III-3 Opposition Cryptogames/ Phanérogames:

On peut résumer les principaux traits de cette opposition dans les points suivants:

	<u>Cryptogames</u>	<u>Phanérogames</u>
1- Organes reproducteurs	Cachés, peu distincts	Bien apparents
2- Gaméophyte	Prothalle libre, important	Réduit, fixé sur le sporophyte
3- Fécondation	Type aquatique, gamète mobile	Autres
4- Sporange femelle	Nu, pas d'ovule	Ovule et graine

III-4 Opposition Gymnosperme / Angiosperme:

On retiendra à ce niveau deux différences majeures.

1/ L'**ovule** chez les Gymnospermes est **nu**. Chez les Angiospermes il est enfermé dans un **ovaire** dont la transformation après fécondation va donner le **FRUIT**.

2/ Les Angiospermes ont un mode de fécondation particulier: **la double fécondation**.

IV Organisation simplifiée de la classification des plantes

On présente ici une organisation simplifiée des plantes. Cependant, il faut comprendre que cette organisation ne correspond pas à la classification (systématique) officielle des plantes, chaque groupe peut être formé lui même de plusieurs unités taxonomiques. Par exemple les Ptéridophytes correspondent à 4 embranchements différents.

 Organismes procaryotes :

Cyanophytes (Algues bleues).

 Organismes eucaryotes :

⌘ Organismes à thalle, sporocystes et gamétocystes.....**Thallophytes**

⌚ Thallophytes autotrophes.....**Algues**

⌚ Thallophytes hétérotrophes.....**Champignons**

⌘ Organismes à cormus, sporanges et gamète.....**Cormophytes**

⌚ Cormophytes non vasculaires.....**Bryophytes**

⌚ Cormophytes vasculaires.....**Trachéophytes**

🌀 Trachéophytes cryptogames.....**Ptéridophytes**

🌀 Trachéophytes phanérogames

📖 A ovule nu**Gymnospermes**

📖 A ovule caché dans un Ovaire.....**Angiospermes**

V Diversité et importance relative des plantes dans le monde

vivant :

L'inventaire des espèces est l'approche la plus ancienne et la plus classique pour caractériser la diversité biologique. D'une manière générale, il s'agit d'un travail permanent qui est loin d'être terminé. Au XVIII^e siècle on comptait 9000 espèces répertoriées alors qu'il y en a environ 1,7 million de nos jours.

Pour mieux saisir l'importance relative des plantes, on va les placer dans le contexte général en comparant l'importance des différents groupes de plantes entre eux et avec les autres formes d'êtres vivants.

<u>Groupe taxinomique</u>	Nombres approximatifs d'espèces recensées	Nombre potentiel d'espèces
Virus	4000	500 000 ?
Bactéries	4000	1 000 000 ?
Champignons	72 000	1 à 2 millions ?
Protozoaires	40 000	200 000
Algues	40 000	400 000 ?
Plantes	270 000	320 000
Animaux vertébrés	1 400 000	
Arachnides	75 000	750 000
Crustacés	40 000	150 000
Insectes	950 000	8 000 000
Autre arthropodes	125 000	
Mollusques	70 000	200 000
Nématodes	25 000	400 000
Autres	115 000	250 000
Vertébrés		
Poissons	19 000	21 000
Amphibiens	4200	4500
Reptiles	6300	6500
Oiseaux	9000-9200	9200
Mammifères	4000-4200	4200

VI Généralités sur la flore marocaine

La flore terrestre est estimée à environ 7000 espèces regroupant Champignons supérieurs (820 espèces), Lichens (760 espèces), Bryophytes (350 espèces) et plantes vasculaires (Ptéridophytes et Phanérogames, 4500 espèces). Malgré l'absence d'ouvrages de synthèse on estime que l'inventaire est relativement bien établi pour les plantes vasculaires, ce qui est loin d'être le cas chez les autres groupes.

La flore vasculaire est estimée à plus de 4500 espèces réparties sur 940 genres et 135 familles. La répartition des espèces montre que 9 familles seulement comptent plus de 100 espèces chacune et constituent les familles les plus importantes et les mieux représentées de la flore marocaine. En effet, la richesse floristique est concentrée dans ces 9 familles qui totalisent environ 2500 espèces soit près de 60% de l'effectif total de la flore.

VII Grandes lignes de la classification des plantes supérieures :

Vous trouverez ci-dessous les embranchements des plantes cormophytes suivant la classification adoptée dans le cours.

Embranchement	Noms courants (Français)
Bryophyta	Bryophytes
Psilophyta	Ptéridophytes
Lepidophyta	
Calamophyta	
Filicophyta	
Pteridospermophyta	Préphanérogames
Cycadophyta	
Ginkgophyta	
Coniferophyta	Gymnospermes sens strict
Gnetophyta	Chlamydospermes
Anthophyta	Angiospermes

VIII Notion de type biologique

Il s'agit d'une classification écologique basée sur la situation et la protection des bourgeons, c'est à dire les organes essentiels à la pérennité de l'espèce, pendant la saison défavorable. Pour les pays froids, la saison défavorable est l'hiver car le froid représente un facteur limitant alors que pour les pays chauds la saison défavorable est la saison estivale sèche (été).

\$ Plante annuelle.....**Thérophytes**

\$ Plante vivace:

Partie aérienne permanente et ligneuse. Bourgeons situés à une hauteur supérieure à 30 cm par rapport au niveau du sol.....**Phanérophytes**

Hauteur sup à 2m = **Macrophanerophytes**

Hauteur inf à 2m = **Nanophanerophytes**

Partie aérienne situés à une hauteur inférieure à 30 cm par rapport au niveau du sol.....**Chaméphytes**

Buisson ligneux de type dressé= **Chaméphyte frutescent**

Base de la tige seulement ligneuse= **Chaméphyte sous frutescent**

Tige herbacée appliquée au sol= **Chaméphyte rampant**

Bourgeons situés à la surface du sol, plante acaule.....**Hémicryptophytes**

Grosse touffe, bourgeon à ras du sol= **Hémi. cespiteux**

Rosette en feuilles appliquées sur sol= **Hémi. à rosette**

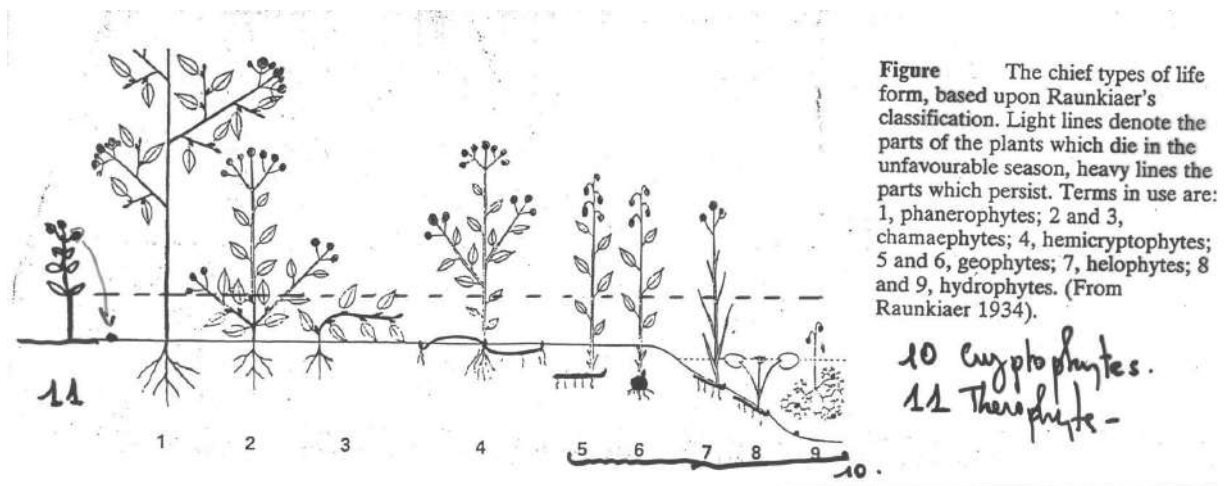
Feuilles basales en rosette, plante herbacée de grande taille avec tige haute et feuilles durant saison favorable= **Hémi dressé**

Bourgeons enfouis et caché pendant la saison défavorable.....**Cryptophytes**

& Dans le sol.....**Géophytes**

& Dans la vase.....**Hélophytes**

& Dans l'eau.....**Hydrophytes**



L'une des difficultés de l'utilisation de ce système de classification est qu'une même espèce peut se présenter sous des types biologiques différents. Du point de vue écologique, ce changement est intéressant car il peut correspondre à des adaptations à des conditions différentes. On prendra comme exemple le Dactyle (*Dactylis glomerata*).

Le dactyle est une Graminée à large répartition géographique du nord de l'Europe au sud marocain et de fait est une espèce très polymorphe.

- ✓ **Au Maroc**, cette espèce achève son cycle de développement vers juin avec la sécheresse estivale et reste sous forme de rhizome enfouis dans le sol. L'appareil végétatif aérien disparaît complètement. Les premières pluies vont avoir lieu en automne (Octobre, Novembre) et la croissance va reprendre, les premières feuilles vont se former. L'hiver étant doux la croissance bien que ralentie et continue sans être stoppée. Elle devient maximale avec la floraison en printemps. ***Donc il s'agit d'un Géophyte à rhizome et la mauvaise saison est la période estivale (Eté).***
- ✓ **En France dans la région de Montpellier**, le cycle reprend très tôt en été grâce aux pluies estivales. On peut même parfois avoir une nouvelle floraison tardive. L'hiver étant rigoureux, on observe un arrêt net de la croissance. Les bourgeons sont stoppés au niveau du sol et sont protégés par les feuilles automnales. ***Donc ici il s'agit d'une Hémicryptophyte et la mauvaise saison c'est l'hiver.***

Un autre exemple est le palmier nain ou doum (*Chamaerops humilis*), suivant les cas il peut se présenter en Chaméphyte (cas général, dans les habitats ouverts où il est soumis à la perturbation) et Phanérophyte (habitat relativement fermé et à l'abri des perturbations et du stress comme dans les marabouts).

Chapitre 2

Morphologie de l'appareil végétatif des végétaux vasculaires.

Organisation de l'appareil végétatif

1- Exemple d'une organisation type: Jeune plante (Plantule) de Ricin. :

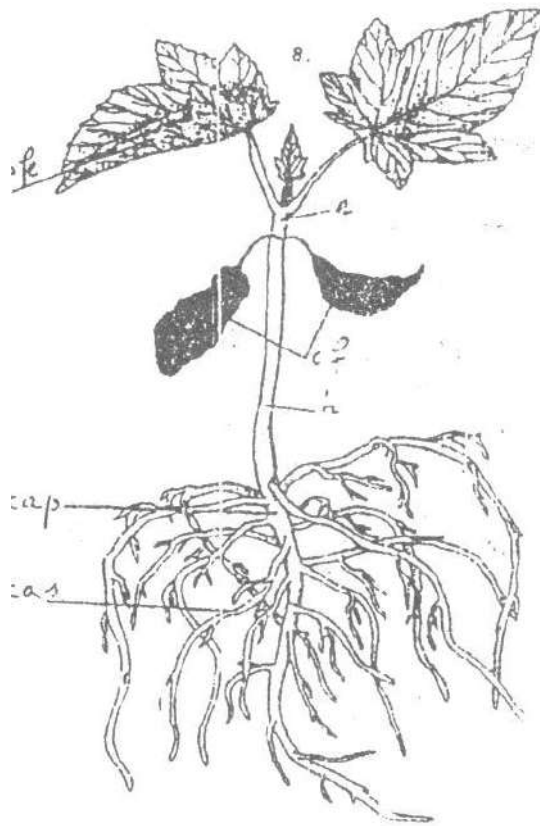
Il s'agit d'un exemple d'organisation simple permettant de reconnaître d'une manière claire:

1- **Les différents organes**: c'est à dire tige, feuille et racine. Si la plantule est encore très jeune, on peut également reconnaître les **cotylédons** (feuilles embryonnaires), l'**hypocotyle** (portion de la tige en dessous des cotylédons) et l'**épicotyle** (portion de la tige au-dessus des cotylédons).

2- **Les bourgeons**: On peut reconnaître un **bourgeon terminal** à l'extrémité de la tige et des **bourgeons axillaires** à l'aisselle des feuilles.

Les bourgeons sont du point de vue morphologique des excroissances qui apparaissent sur les tiges. Il s'agit d'un ensemble de pièces protectrices (écailles) qui cachent une zone méristématique à l'origine de la formation des tiges, feuilles et fleurs.

Les bourgeons sont les organes de l'appareil végétatif qui assurent la croissance et la ramification des tiges.



Organisation d'une jeune plantule de Ricin : pfe, Première feuille, cf, cotylédon fanés, rap, racine principal ou primaire, ras, racine secondaire

2- Modèles d'organisation

Chez les plantes on peut résumer l'organisation de l'appareil végétatif par deux modèles:

- ✓ **Modèle herbacé** et qui concerne les plantes annuelles à bisannuelles donc des plantes avec des cycles de développement et une durée de vie courte.

- ✓ **Modèle ligneux** chez les espèces pérennes c'est à dire avec des durées de vie plus importante.

Dans les deux cas l'appareil végétatif est construit à partir de trois organes : la tige , la feuille et la racine.

3 - La tige et ses multiples formes

La tige est un organe très polymorphe, c'est à dire qu'il peut prendre des formes très variées. Ainsi, on peut reconnaître d'une manière simplifiée et synthétique les variations suivantes :

⇒ La tige est absente : On dit qu'il s'agit d'une **plante acaule**.

Exemples : Toutes les plantes dites en rosettes et qui possèdent des feuilles plaquées sur le sol. En réalité, ces plantes possèdent bien une tige mais elle est très courte et échappe à l'observation. Cependant, elle peut être mise en évidence sur des coupes longitudinales.

⇒ La tige est présente, elle peut être :

- **Erigée (ou dressée)**: C'est des plantes herbacées ou ligneuses dont la tige est clairement dressée au-dessus du sol. La tige principale a une croissance verticale (orthotrope), alors que les rameaux sont obliques (plagiotropes). Suivant le mode de ramification on observe différents types de ports essentiellement chez les plantes ligneuses.
- **Rampante (Stolons)**: Tige à croissance horizontale et par conséquent appliquée contre le sol. Souvent les tiges rampantes forment des racines adventives au niveau des entre-nœuds. Elles peuvent être séparées de la tige mère et former un nouvel individu (voir TD sur la multiplication végétative, marcottage naturel). L'exemple courant c'est le stolon (Gazon, Fraisier, Fig. 1).
- **Grimpantes (Lianes)**: Tiges des plantes qui nécessitent un support pour avoir un port vertical. En effet, en absence de support, de nombreuses plantes grimpantes comme la Vigne ou la Lierre, adoptent un port rampant. On considère qu'il y a deux types de plantes grimpantes: des plantes volubiles dont la tige au cours de son développement s'enroule autour du support (lianes), alors que le deuxième type est caractérisé par l'existence d'organes de fixation spécialisés comme les vrilles (la Bryone), les crampons (lierre), aiguilles, épines (ronces, bougainvilliers).
- **Creuse (Chaume)**: Tige caractéristique de la famille des Graminées (Angiospermes/Monocotylédones). Il s'agit d'une tige grêle, dressée, non ramifiée, noueuse, formée d'articles (entre-nœuds) séparés par des nœuds saillant (Céréales, roseau, canne de Provence..).
- **Souterraines**: Elles correspondent généralement à des formes de résistance, gorgées de réserves et qui permettent de mieux supporter la mauvaise saison où la partie aérienne de la plante peut totalement disparaître (voir formes de vie des Cormophytes).
- **Rhizome**: Tige souterraine, généralement plagiotrope. Elle porte des feuilles réduites en écailles, des bourgeons et des racines adventives. A la saison favorable, les bourgeons débourrent et leurs développements donnent des tiges à croissance orthotrope qui renouvellent les parties aériennes de la plante. Exemple: Canne de Provence.
- **Tubercule**: Renflement localisé à l'extrémité de la tige principale souterraine. Exemples : Pomme de terre (tubercules de stolons ; fig. 2-1), Radis (tubercules hypocotylaires ; fig. 2-2)
- **Bulbe** : Tiges réduites, très courtes souvent sous formes de plateau et portant des feuilles, souvent hypertrophiées et renfermant des réserves. Exemple: Oignon (Fig. 3)

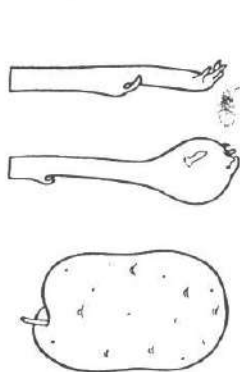


FIG. 2.1 — Trois étapes de la tubérisation de l'extrémité d'un stolon de Pomme de terre (in GUINOCHET, 1965, d'après TROLL).

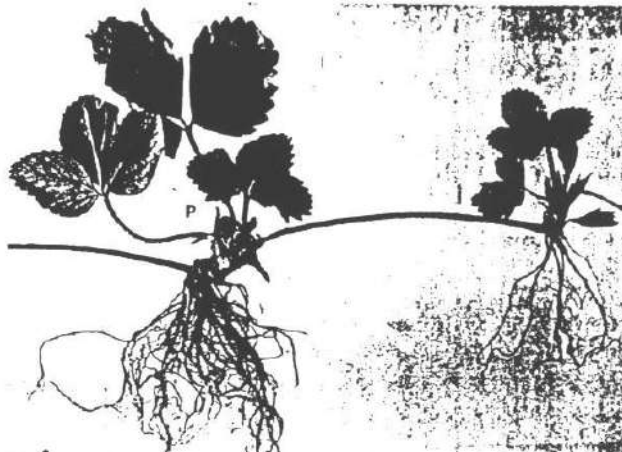


FIG. 1 — Stolon de Fraisier : en s'enracinant, le stolon émis par la plante-mère (P) a produit un individu-fils (I) (cliché COUDERC).

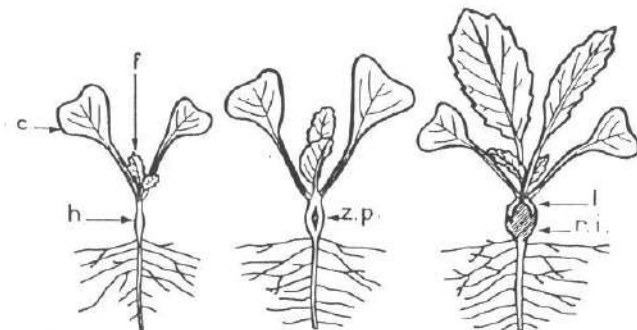


FIG. 2.2 — Trois étapes de la tubérisation de l'hypocotyle de Radis (c, cotylédons ; f, feuille ; h, hypocotyle ; z.p. : zone périphérique de l'hypocotyle déchirée par la tubérisation de la région interne (r.i.) ; l : languettes subsistant quelques temps après la déchirure (in GUINOCHET, 1965, d'après TROLL).

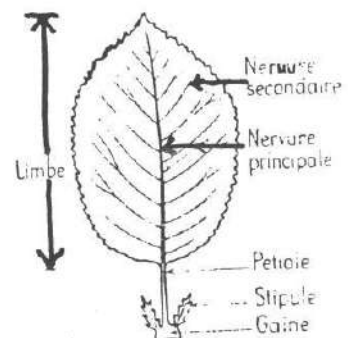


FIG. 4 — Feuille jeune de Prunier.

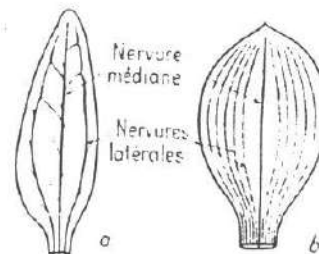
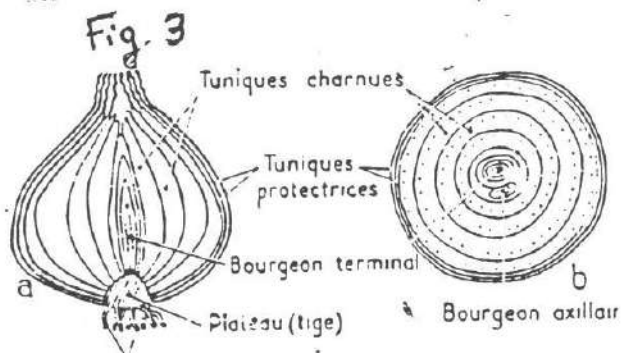


FIG. 6 — Nervation parallèle chez les Dicotylédones.

a : Saponaria (*Saponaria officinalis*) ;
b : Euphraz (*Euphrazum canescens*).

4- La feuille est ses multiples formes

4- 1 Feuille chez les Dicotylédones

Une feuille complète comporterait: un pétiole, deux stipules, un limbe et des nervures (fig. 4). Cependant, ces différentes parties peuvent être absentes comme elles peuvent se présenter sous différentes formes.

A titre d'exemples on peut envisager les variations suivantes (Fig. 5a, 5b et 5c):

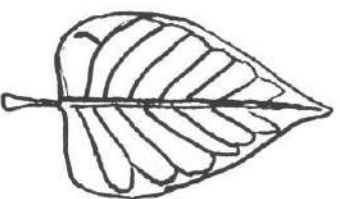
- ♦ **Le pétiole** : Présent, la feuille est dite ***pétiolée***. Absent, la feuille est dite ***sessile***.
- ♦ **Les stipules** : Peuvent être absentes. Quand elles sont présentes elles peuvent se présenter sous forme foliacée ou sous forme d'épines ou de vrilles.
- ♦ **Le limbe** : Il peut être, entier, découpé ou composé.
- ♦ **Le bord du limbe** : Il peut être simple, crénelé ou denté.
- ♦ **La nervation** : Elle peut être pennée, palmée ou pédalée.

4-2 Feuille chez les Monocotylédones.

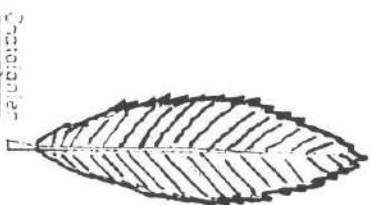
Une feuille typique de Monocotylédone comporterait: ***une gaine*** entourant la tige le long de l'entre-noeud, ***une ligule*** au niveau du passage de la gaine au limbe et qui peut être de formes et de tailles variées, le limbe présente ***une nervation parallèle***. Ex: Roseau, Blé et Maïs.



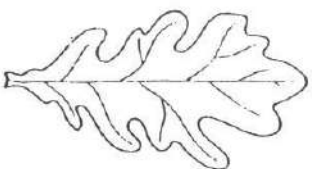
Nervation pennée



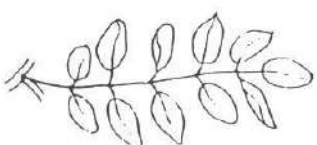
Lilium



Castanetier



Chêne

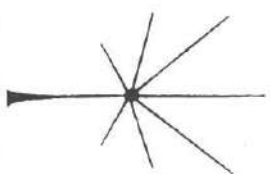


Robinier

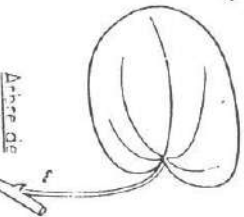


Milfeuille

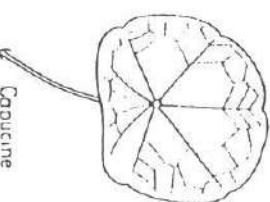
Fig. 54a - Nervation pennée : limbe denté (Chêne); limbe glaucé; limbe denté (Castanetier); limbe lobé (Robinier); limbe glaucé; limbe denté (Milfeuille).



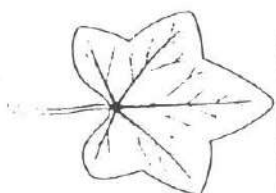
Nervation palmée



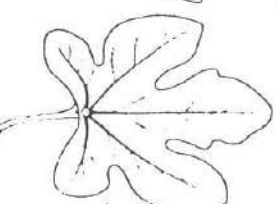
Arbre de Judée



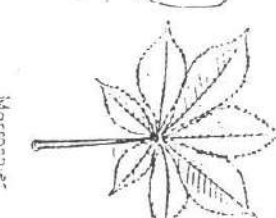
Capucine



Lierre

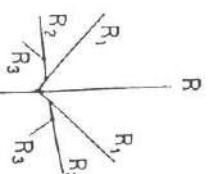


Fougère

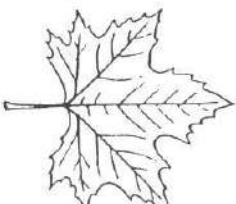


Marronnier

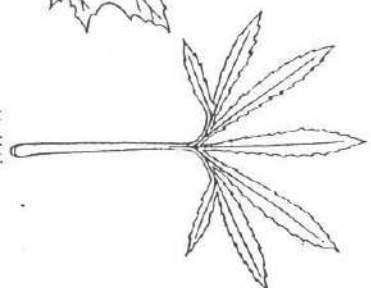
Fig. 54b - Nervation palmée : limbes entiers (Arbre de Judée, Capucine); limbe denté (Lierre); limbe lobé (Fougère); limbe denté (Marronnier).



Nervation pédalée



Platane



Hellebore

Fig. 54c - Nervation pédalée : limbe denté (Platane); limbe glaucé (Hellebore).

5- La racine et ses multiples formes

La racine est un organe souterrain qui peut se présenter sous deux formes : **pivotante ou fasciculée**. Elle peut jouer également le rôle d'organe de réserve et dans ce cas elle est **tubérisée**. Cette dernière peut être également du type pivotant (Carotte) ou fasciculée (Asphodèle).

Les racines peuvent dans certains cas être **aériennes ou adventives** et assurer des fonctions variées comme par exemple des racines **crampons** (Lierre) pour la fixation, **suçoirs** (Cuscute, fig. 7B) pour le parasitisme **et pneumatophores** (fig. 7A) pour l'aération.

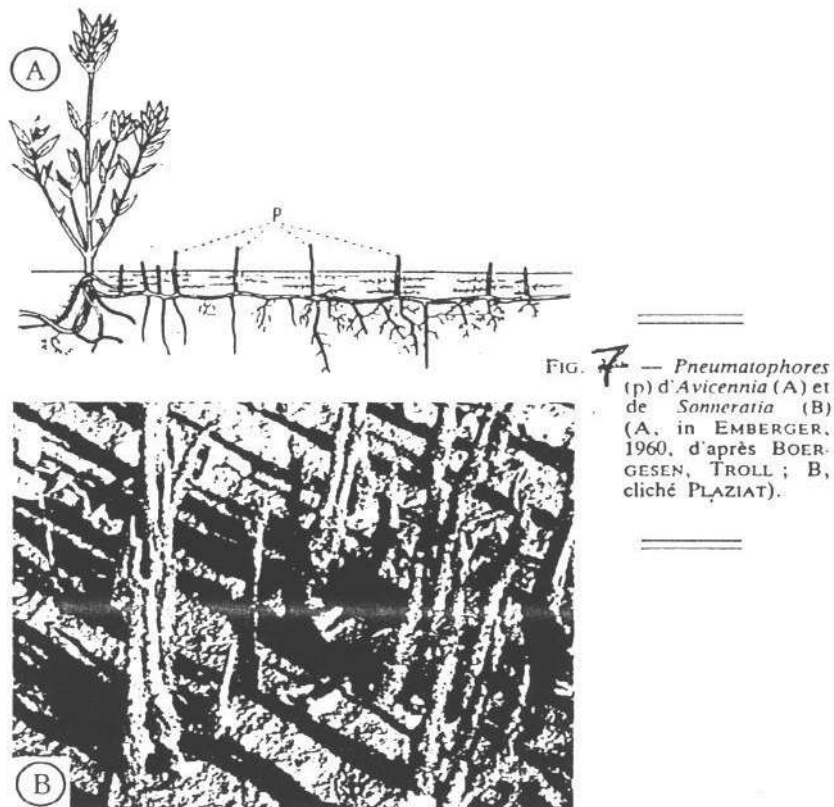
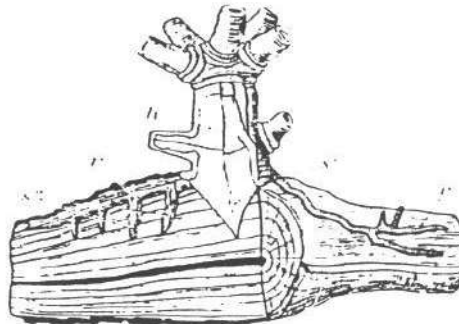


FIG. 7 — Rapports du Gui et de son hôte (s : racine-suçoir principale = premier suçoir ; r : racines latérales avec suçoirs secondaires (s'') ; h : hypocotyle (in EMBERGER, 1960, d'après VELENOWSKY)).



6- Eléments d'interprétation: Notions de métamorphoses, d'adaptation, d'organes homologues et analogues.

6-1 Notion de métamorphose :

Il s'agit de la transformation d'organes végétaux relative à une fonction déterminée. Ceci peut être illustré par les exemples suivants:

1- Transfert de fonctions existantes: transfert de la fonction assimilatrice des feuilles à d'autres organes, tel que:

- a) Les rameaux latéraux chez *Ruscus hypophyllum* et qu'on appelle les **cladodes ou phylloclades**
- b) Pétiole aplati remplaçant la feuille composée chez certaines espèces d'*Acacia* c'est des **phyllodes**.
- c) Stipules assimilatrices chez *Lathyrus aphaca*. Ce sont également des phyllodes.

2- Acquisition de fonctions nouvelles: acquisition d'organes de réserves et de propagation végétative telle que les racines ou les tiges tubéreuse.

6- 2 Notions d'homologie des organes:

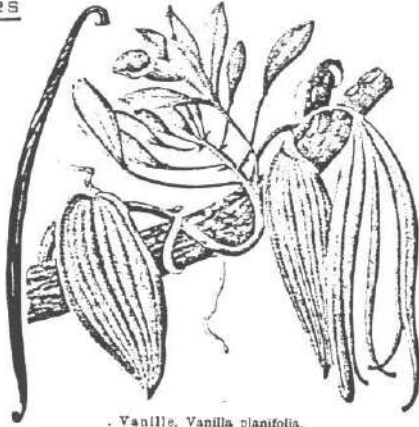
Des organes sont homologues quand ils ont la même valeur ontogénétique ou organographique quelles que soient leurs fonctions ou leurs structures.

IV-6- 3 Notions d'analogie:

Des organes sont analogues quand ils remplissent la même fonction qu'elles que soient leurs valeurs ontogénétiques.

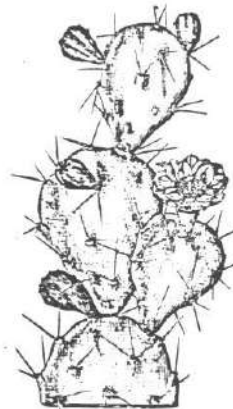
A partir des planches suivantes vous pouvez vous familiariser avec ces différentes notions.

Racines



Vanille, Vanilla planifolia.

Tige (cladode)



Opuntia.

Rameau (phylloclade)



Ruscus aculeatus.



Euphorbia

Pétiole (phyllode) ----



Stipules (phyllodes)

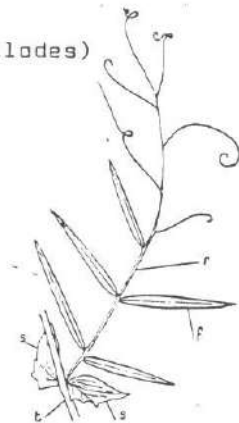
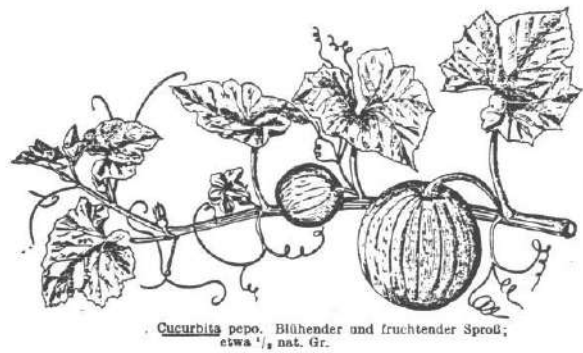


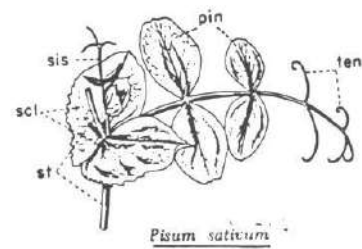
FIG. 252. — Villes-feuilles d'une Gossie (*Lathyrus tenuifolius*).
t, tige; s, stipules; sur la tige, entre les stipules, est insérée la feuille composée, avec son

VRILLES

Feuille entière simple

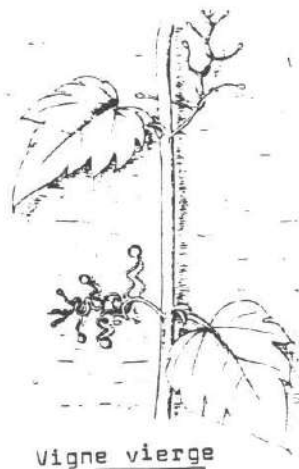


Rachis et folioles

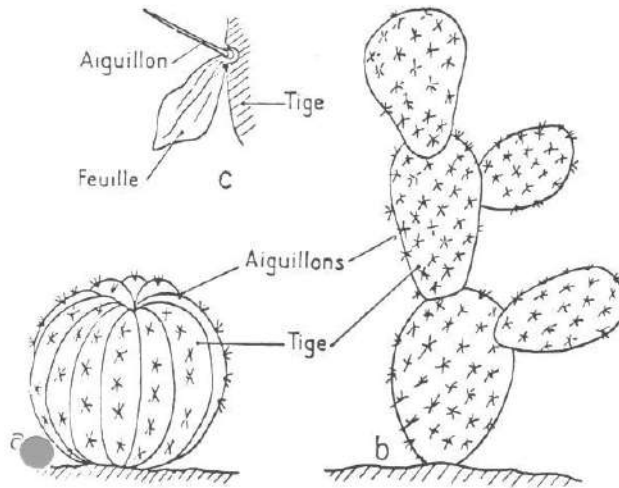


Rameau

Pétiole + pétiolule



Aiguillon



- a : Mamillaire (tige sphérique)
- b : Opuntia (tige en raquette)
- c : feuille réduite sur une tige jeune de Cactée (les feuilles disparaissent très rapidement).



Rosa canina

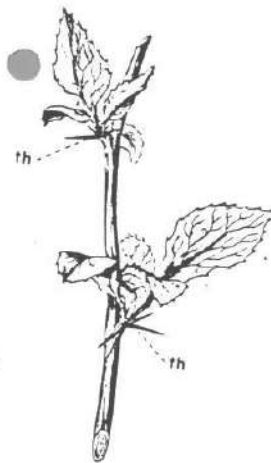
Rachis

Astragalus Tragacantha



Nervure médiane

Berberis vulgaris



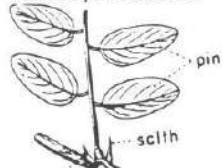
Rameau

Prunus spinosa



Stipules

Robinia pseudo-acacia



Bourgeon axillaire

Crataegus



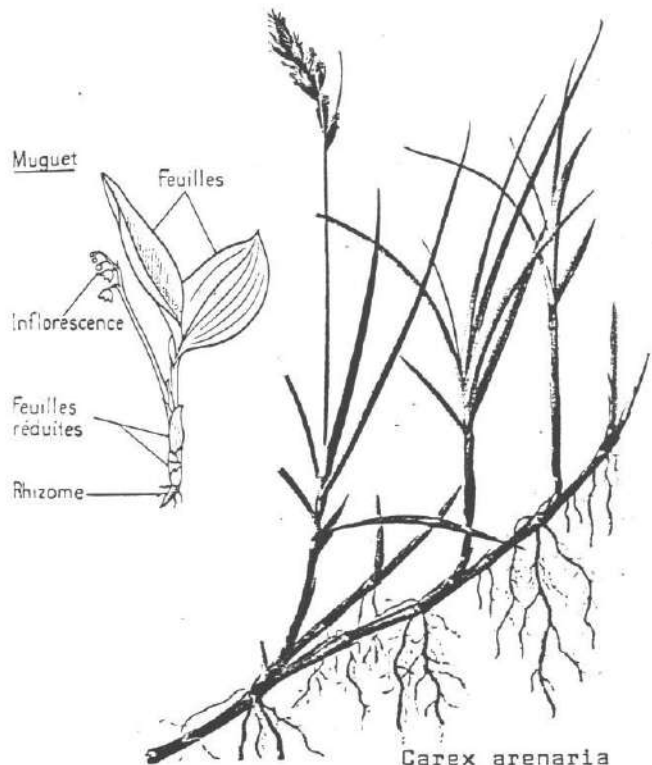
ORGANES DE RESERVE ET DE PROPAGATION VEGETATIVE

Tiges souterraines

Rhizomes charnus



Rhizomes non charnus



Tubercules

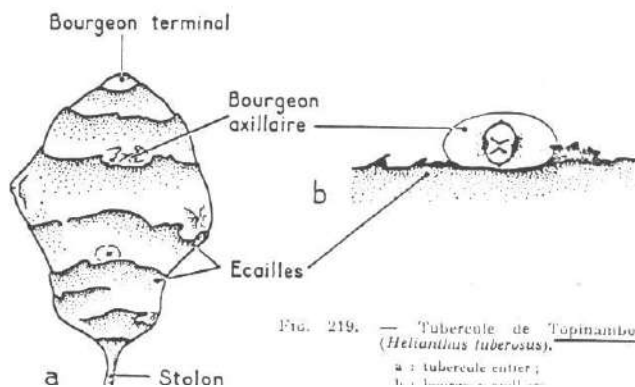
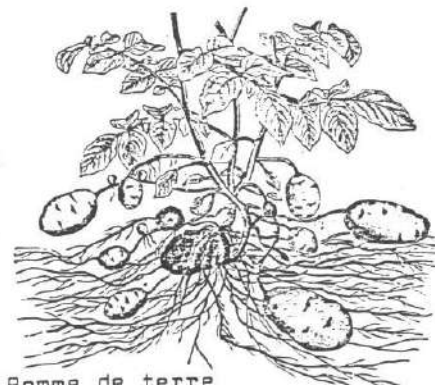
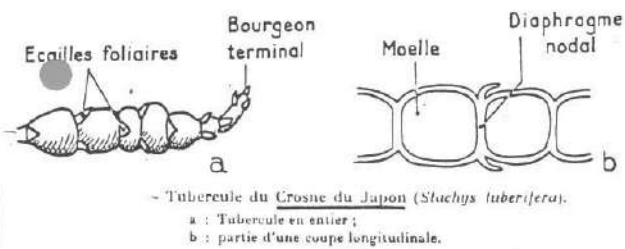


FIG. 219. — Tubercule de Topinambou (*Helianthus tuberosus*).
a : tubercule entier ;
b : coupe longitudinale.

7- Quelques généralités sur les adaptations

7-1 La notion d'adaptation:

L'adaptation correspond à un ensemble de modifications morphologiques, anatomiques et/ou physiologiques des plantes en réponse à l'action du milieu. C'est une modification acquise définitivement par la plante. Il s'agit donc, de transformations héréditaires et irréversibles.

Exemples:

1- Adaptation à un type de nutrition spécialisée, tel que les plantes parasites ou les plantes carnivores.

2- Adaptation en réponse à l'action du milieu; c'est le cas par exemple, de l'adaptation au degré d'humidité ou à l'éclairement.

Cependant, il est très important de ne pas confondre la notion **d'adaptation** avec la notion **d'accommodation**. En effet, contrairement à l'adaptation l'accommodation correspond à des transformations réversibles et non héréditaires. Ainsi, un même génotype peut correspondre à des phénotypes différents en fonction des conditions du milieu (Plasticité phénotypique).

Exemple: Le nanisme.

Si on éclate un individu d'une espèce de Composée (*Achillea millefolium*) vivant dans la plaine, on obtient par multiplication végétative plusieurs individus correspondants au même génotype. On garde un individu en plaine (Témoin) et on transplante les autres en altitude. On constate que les individus transplantés en montagne sont morphologiquement très différents et sont caractérisés entre autres caractères, par une petite taille (nanisme). Ces même individus, transplantés en plaine retrouvent des formes identiques à celles de la plaine. Donc, il s'agit bien de transformations réversibles et non héréditaires et par conséquent, d'un exemple d'accommodation.

7-2 Adaptation à la sécheresse:

Qu'est ce qu'un milieu sec?

Un milieu sec est un milieu où la teneur en eau dans le sol comme dans l'atmosphère est faible et constitue un facteur limitant pour la plante. Généralement, il s'agit d'un climat caractérisé par des précipitations faibles et des températures élevées, ce sont les milieux arides. C'est aussi le cas dans les milieux où la perte d'eau est accélérée par le vent comme les crêtes, vallée encaissée, dunes maritimes etc.... Ces différents cas, correspondent à des cas de sécheresse climatique. Les milieux salés représentent un autre exemple de sécheresse qu'on peut qualifier de sécheresse physiologique.

Quelles sont les adaptations permettant aux plantes de vivre sur des milieux arides?

Il existe plusieurs formes adaptatives qu'on peut exposer d'une manière simplifiée comme suit:

1- La plante se dessèche complètement et entre en vie ralentie. En présence d'eau elle se réhydrate et reprend ces fonctions physiologiques d'une façon normale. Il s'agit de plantes dites poïkilohydres, c'est à dire sans mécanisme de régulation de la teneur en eau par rapport au milieu extérieur. Cette forme d'adaptation s'appelle la **REVIVISCENCE** et elle est courante chez les Bryophytes.

2- La plante adapte son cycle de vie. Elle a un cycle court qui coïncide avec la période favorable pour la végétation. C'est le cas des plantes annuelles, les **THEROPHYTES**.

3- La plante présente les adaptations morphologique, anatomique et physiologique qui lui permettent de maintenir son appareil végétatif dans un milieu sec. Ceci est possible, car les différentes adaptations concourent à limiter les pertes d'eau par évapotranspiration et à augmenter son absorption par le système racinaire. C'est à dire, maximiser l'absorption d'eau et en minimiser les pertes. Ce sont les **XEROPHYTES**. Ces dernières peuvent prendre des formes différentes:

a/ LES SCLEROPHYTES caractérisées par:

- Un épiderme fortement cutinisé (Oyat, Pin ...)
- Existence d'un hypoderme lignifiée et stomates cachés au fond d'une chambre stomatique (Pin)
- Faible densité des stomates qui sont souvent cachés (Oyat, Pin et Laurier rose)
- Revêtement de poils.
- Gaine protectrice autour des faisceaux.
- Moins de parenchyme et plus de tissus sclérifiés.
- Pression osmotique élevée du suc vacuolaire par la présence de sucre et sel à faible PM.

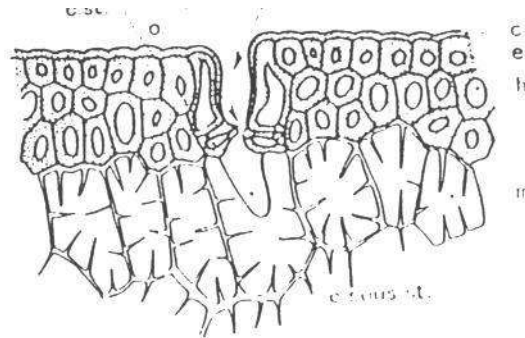


FIG. — Epiderme et stomate d'une aiguille de Pin sylvestre.
c, cuticule; e, cellule stomatique; e', sous-stomatique; h, hypodermis; m, mésophylle; st, stomate.

Chez les sclérophytes des dispositifs anatomiques spéciaux viennent parfois réduire la transpiration (fig. 10) : cryptes stomatifères du Laurier-rose, anfractuosités garnies de poils creusées à la face inférieure des feuilles au fond desquelles sont abrités les stomates, feuilles de certaines Graminées (*Stipa*, *Festuca*, etc.) qui se replient par temps sec, le long de leur nervure médiane, etc.

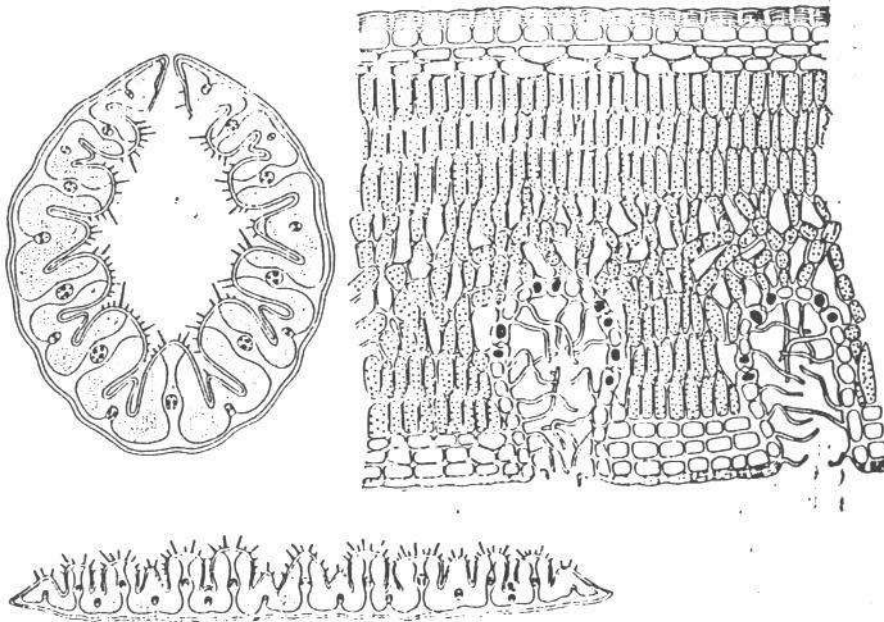


FIG. — Disposition des stomates et adaptation à la sécheresse. En bas et à gauche: coupe d'une feuille ouverte et repliée de *Stipa capillata* (en gris le parenchyme chlorophyllien, en blanc le sclérenchyme). A droite: coupe de feuille de Laurier-rose (*Nerium oleander*) (d'après KERNER, 1896).

b/ Les plantes SUCCULENTES ou GRASSES.

Ces plantes possèdent des réserves d'eau grâce à la présence d'un tissu spécialisé le parenchyme aquifère. La pression osmotique est faible mais l'eau est retenue par imbibition grâce à la présence de polysaccharides à PM élevé. (Figuier de barbarie, Cactus etc.)

8. Variations dans le mode de vie (Parasitisme et plantes carnivores)

D'une manière générale les végétaux Cormophytes sont des organismes **Autotrophes** par excellence. En effet, étant donné qu'il s'agit d'organismes assimilateurs qui grâce à la photosynthèse, ont juste besoin d'éléments d'origine minérale eau et sels minéraux = sol du sol et carbone minéral= CO₂ atmosphérique. On dit également que ce sont des organismes **Photolithotrophe**.

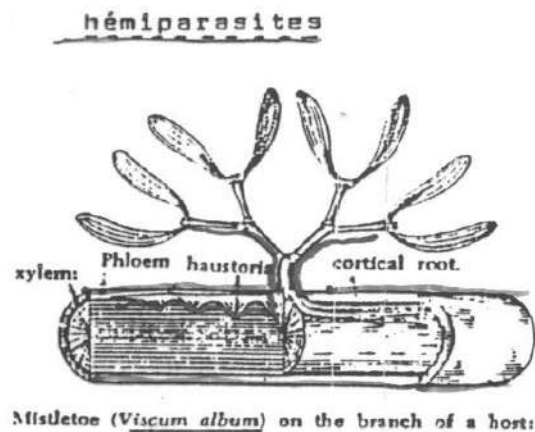
8.1 Parasitisme

On considère qu'il existe 2 types :

Hemiparasites: C'est des organismes chlorophylliens donc capables de faire de la photosynthèse. Cependant, ils prélèvent au niveau du bois d leur hôte des substances nutritives. La nutrition azotée peut être d'origine organique (facultatif).

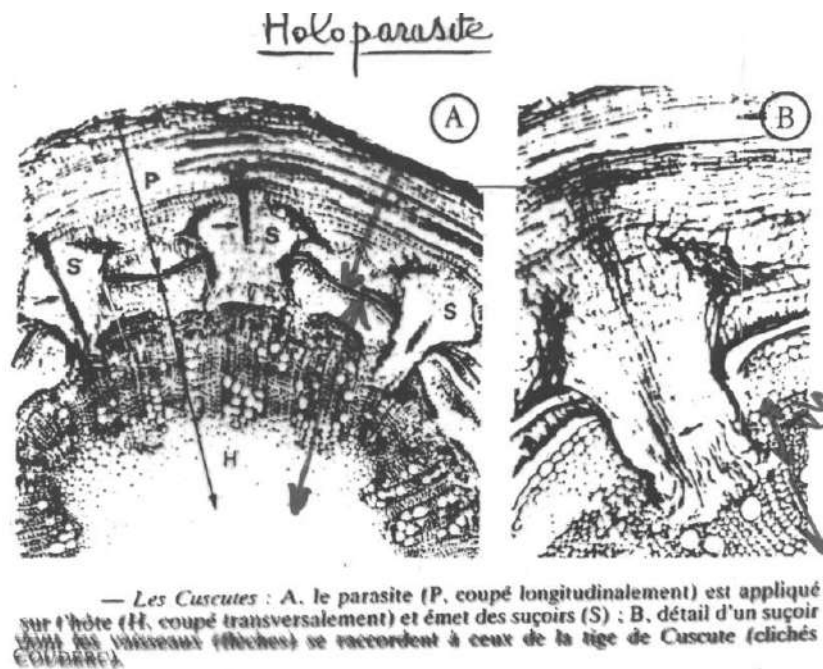
Exemple : le Gui (*Viscum album*)

La graine germe directement sur l'écorce de la plante hôte. L'hypocotyle est chlorophyllien mais sans racine et présente un phototropisme négatif. Il s'étale sur l'écorce de l'hôte et produit une racine (suçoir) qui perce l'écorce. Pendant ce temps, la tige aérienne va produire des feuilles et se ramifier, les racines suçoirs se développent au contact de l'aubier pour détourner une partie de la sève brute.



Holoparasites: Organismes non chlorophylliens qui prélèvent non seulement des substances au niveau du bois mais également au niveau du liber. La nutrition azotée est d'origine organique :

Exemple : la Cuscute.

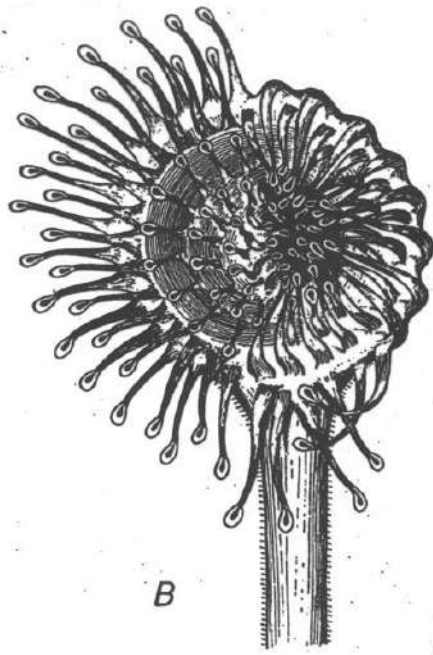


8.2 Les plantes carnivores

C'est des plantes autotrophes et dont l'appellation plus correcte serait « insectivores ». Les aliments qu'ils tirent de la capture des insectes ne représentent qu'un complément de leurs nourritures et ne leur sont pas indispensables. L'apport correspond surtout à de l'azote et aussi semble-t-il les besoins en sels minéraux. Du point de vue écologique ce sont des plantes qui poussent dans des conditions particulières sur des sols acides et pauvres et sont également caractérisés par un système racinaire peu développé.

Suivant le mode de capture des proies qui sont de petits insectes on peut distinguer trois types de plantes carnivores :

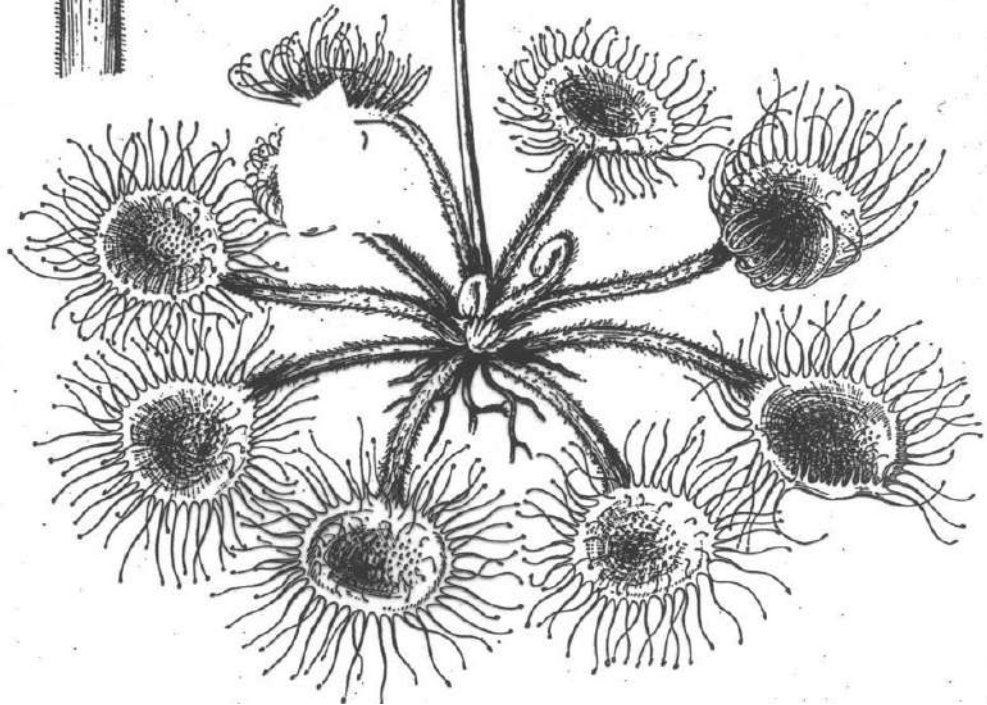
Plantes à mécanisme passif à feuilles gluantes avec des tentacules ou gouttelettes adhésives.
Exemple : *Drosera*.



B



FIG. — *Drosera*
(*Drosera rotundifolia*) :
A, habitus, quelques
feuilles ont des tenta-
cules recourbées ($\times 2$
environ); B, feuille vue
superficiellement ($\times 4$
environ). Les tentacules
de la moitié droite de
la feuille se sont recour-
bées vers l'insecte pri-
sonnier (schéma en par-
tie modifié d'après KNY,
KERNER V. MARILAUN).



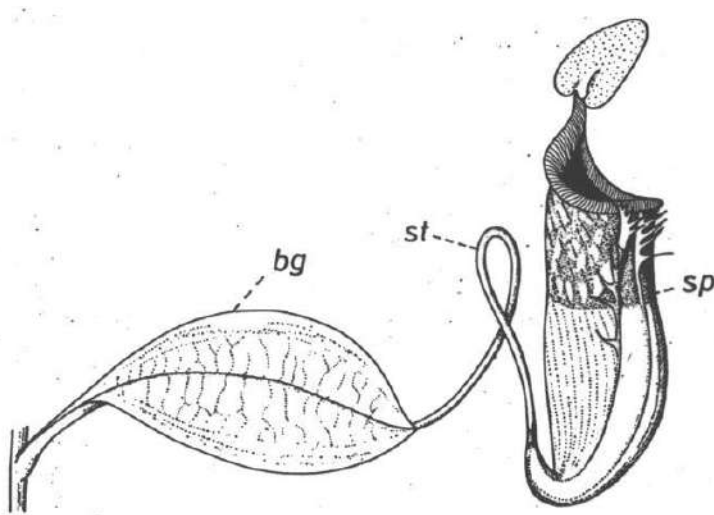


FIG.

FIG. — *Nepenthes fusca*, feuille en forme d'urne, 1/3 environ de la grandeur nature (d'après TROLL) : *bg*, base foliacée du pétiole; *st*, partie en vrille du pétiole; *sp*, limbe fermé en urne.

FIG. — *Dionée gobe-mouches* (*Dionaea muscipula*), habitus (environ moitié de la grandeur nature) : *g*, piège refermé; *o*, piège ouvert (schéma modifié d'après KNY).

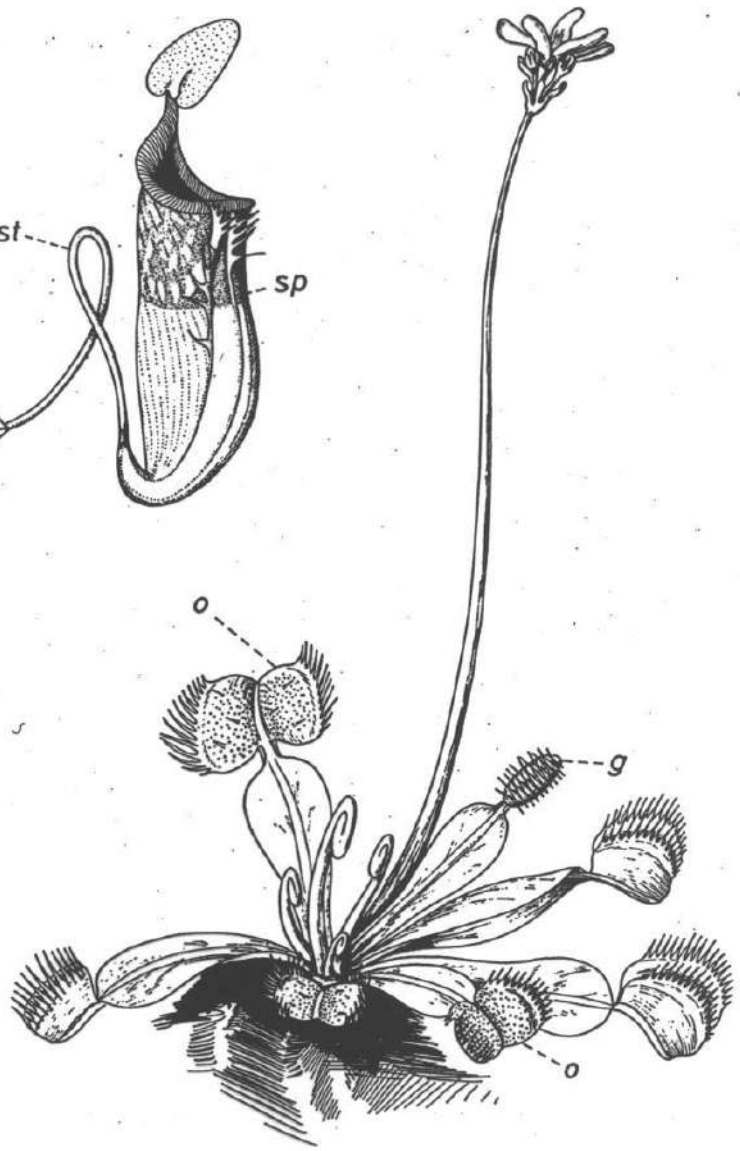


FIG.

Plantes à mécanisme passif et qui possèdent des pièges à fosses ou des urnes.
Exemple : **Nepethes**.

Plante à mécanisme actif avec le limbe foliaire qui se replie suivant l'axe de symétrie.
Exemple : **Dionaea**.

Chapitre 3

Histologie et éléments d'anatomie de l'appareil végétatif des végétaux vasculaires

I Rappels de Cytologie Végétale :

Les notions de cytologie ont constitué l'essentiel du programme du Module Biologie des organismes. Dans cette partie, on va faire un rappel rapide des propriétés générales, en mettant spécialement l'accent sur la partie relative à la paroi squelettique.

I-1 La cellule végétale :

Il est fortement facile de distinguer un végétal, comme une plante à fleurs d'un animal, comme un reptile, un mammifère ou un insecte. De même, on peut distinguer facilement au microscope photonique, une cellule d'origine animale, d'une cellule d'origine végétale.

Exemple de cellules végétales, déjà observées en travaux pratiques :

Cellules d'épiderme de tunique d'oignon, cellules d'épiderme de pétales de Pélargonium.

A ce niveau d'observation, quels sont les caractères distinctifs de la cellule végétale ?

Cependant, quand le niveau d'analyse, passe à l'échelle de l'ultra structure et de l'observation au microscope électronique, les ressemblances, l'emportent sur la différence entre les deux types cellulaires. Les deux types, sont des cellules eucaryotes et à ce titre, ils ont le même plan d'organisation par compartimentation des fonctions en des organites spécialisés. En effet, les différences entre végétaux et animaux tendent à ne pas exister au niveau des caractéristiques moléculaires fondamentales, telles que la réplication de l'ADN, la synthèse des protéines, la production d'ATP mitochondrial ou de l'architecture moléculaire des membranes de la cellule. De même, les principaux organites cellulaires comme le noyau, les mitochondries, le réticulum endoplasmique, le dictyosome, lysosomes, peroxyosomes, vacuome,..... sont présent chez les deux types cellulaires.

Les différences concernent plutôt des fonctions cellulaires ou tissulaires d'ordre supérieur. Les études basées sur la comparaison de séquences d'ARN ribosomal suggèrent que les différentes formes de cellules eucaryotes (levure, végétal et animal), ont divergé relativement tard au cours de l'évolution des organismes eucaryotes (**Figure 1**). Les différences entre cellules végétales et animales peuvent être résumées en deux acquisitions propres aux cellules végétales :

- La capacité de fixer du CO₂ par la photosynthèse, fonction localisée dans un organite spécialisée le chloroplaste.
- La production d'une paroi rigide, dite paroi squelettique.

Quelles sont les principales différences à ce niveau d'observation (Figure 2)?

I-2 La paroi squelettique :

La paroi squelettique est une matrice extracellulaire (élaborée par la cellule mais située à l'extérieure de la membrane plasmique) qui entoure chaque cellule végétale. Elle est généralement épaisse, solide et rigide. Elle est à l'origine des principales différences entre animaux et végétaux dans la nutrition, l'osmorégulation, la croissance, la reproduction, la communication intercellulaire etc.....

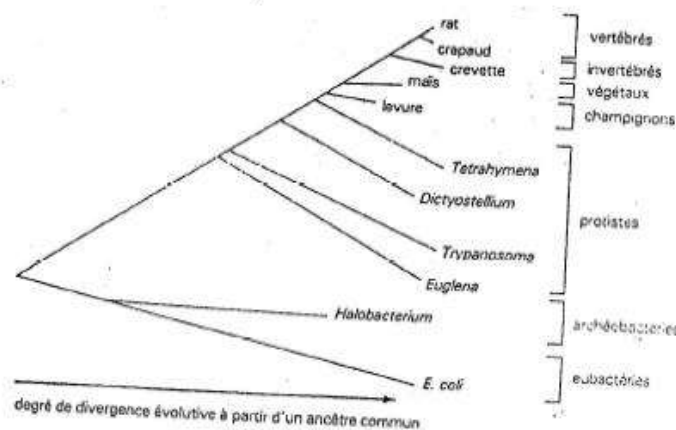
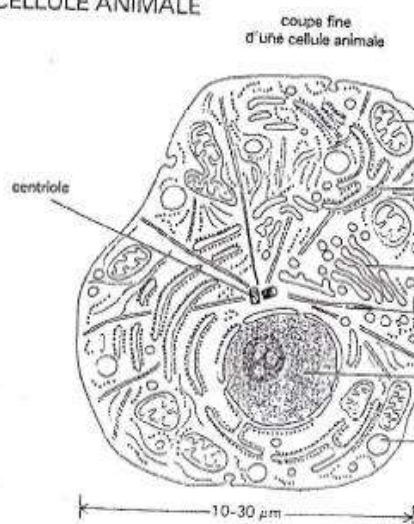


Figure 2 Relations évolutives des organismes, déduites des séquences nucléotidiques de leurs gènes codant la petite sous-unité de l'ARN ribosomal. Ces gènes contiennent des séquences hautement conservées, qui varient si lentement qu'elles peuvent être utilisées pour mesurer les relations phylogéniques, embrassant la gamme complète des organismes vivants. Les données suggèrent que les familles de végétaux, d'animaux et de champignons ont divergé à partir d'un ancêtre commun assez tardivement dans l'histoire des cellules eucaryotes. (D'après M.L. Sogin, H.J. Elwood et J.H. Gunderson, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 83 : 1383-1387, 1986.)

CELLULE ANIMALE



CELLULE VÉGÉTALE

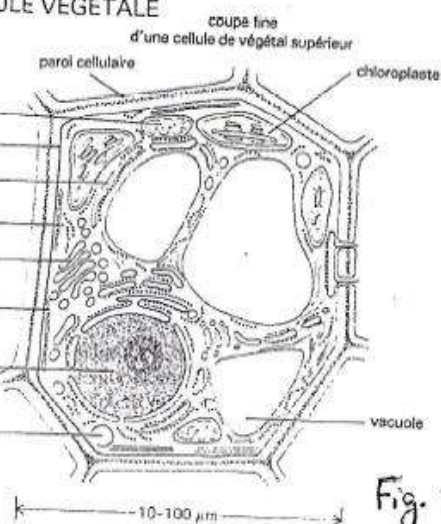


Fig. 2



Figure 3 Microtubules dans le cortex d'une cellule du xylème en développement d'une pousse de pois. Le marquage par immunofluorescence montre le groupement des microtubules corticaux en une rangée hélicoïdale, qui définit la surface de la paroi cellulaire qui sera initialement épaissie avec de la cellulose puis avec de la lignine (voir Planche 20-1). La cellule est grande, et la profondeur de champ permet seulement d'observer un côté de la rangée hélicoïdale. (Avec l'autorisation de Ian Roberts.)

I-2-1 Origine :

La majorité des constituants de la paroi sont transportés par l'intermédiaire des vésicules dérivées de l'appareil de Golgi. Ces constituants sont sécrétés par exocytose au niveau de la membrane plasmique. L'appareil de Golgi est principalement chargé chez les végétaux de sécréter et de produire les polysaccharides formant la paroi. On estime qu'un grand nombre d'enzymes différentes sont nécessaires pour l'assemblage des composants polysaccharidiques nécessaires à la construction d'une paroi. La plupart de ces enzymes sont présentes dans le réticulum endoplasmique et l'appareil de Golgi. Dans les jeunes cellules en formation l'appareil de Golgi est très actif et localisé vers la périphérie de la cellule. Quand, la paroi de la cellule a une morphologie particulière, les vésicules golgiennes sont dirigées vers des régions spécifiques grâce à l'orientation donnée par les microtubules du cytosquelette (Figure 3).

I-2-2 Composition :

La paroi est formée majoritairement de glucides et d'un faible pourcentage de protéines.

Trois groupes de glucides servent d'éléments constitutifs des parois des cellules végétales (Figure 4) :

- **Pectines:** Constituant l'essentiel de la masse de la substance intercellulaire (**Lamelle moyenne**). C'est un polymère de plusieurs polysaccharides acides. La partie essentielle est formée par l'acide pectique. Les chaînes sont reliées entre elles, formant un réseau, deux groupes carboxyles étant chaque fois réunis par des ions bivalents tels Ca^{2+} et Mg^{2+} . Ces liaisons peuvent se rompre facilement et se reformer en d'autres positions, il en résulte un réseau élastique qui change facilement. Ceci est à l'origine des particularités de la pectine: gélatineuse, hydrophile et très élastique.
- **Hémicellulose ou Cellulosane:** Ce sont des polysaccharides non cellulotiques qui constituent la masse principale de la matrice de la paroi cellulaire. Ce sont des macromolécules à bases de pentoses (pentosanes), d'hexoses (hexosanes) et des hétéroglycanes.
- **Cellulose:** La cellulose est insoluble dans la plupart des solvants connus. C'est un β 1-4 glucane. Par action de la cellulase qui détruit les liaisons β glycosidiques, elle se décompose en cellobiose qui sera transformé à son tour en glucose.

Les protéines sont en proportions et en composition variables. On distingue trois types de protéines pariétales : les protéines riches en glycérines (PRG), en proline (PRP) et les glycoprotéines riches en hydroxyproline (GRH).

I-2-3 Structure :

Les parois ont une structure fibrillaire formée de macrofibrilles, elles mêmes formées d'éléments appelées microfibrilles. Elles représentent apparemment l'unité fondamentale de la structure de la paroi cellulaire. A plus fort grossissement, ils apparaissent eux mêmes formées de jusqu'à 20 éléments plus fins, appelées fibrilles élémentaires (ou micelles), dont chacune est constituée de 50 à 100 molécules de cellulose (Figure 5).

La lamelle moyenne de composition pectique, forme la limite et le ciment entre deux cellules voisines. L'observation de la stratification de la paroi cellulaire permet de distinguer (Figure 6) :

- Une paroi primaire, mince, et semi-rigide. Elle est constituée d'un réseau de microfibrilles formant un maillage lâche. Elle peut se détendre, se déformer et suivre l'augmentation de taille de la cellule en croissance. On dit qu'elle est plastique.

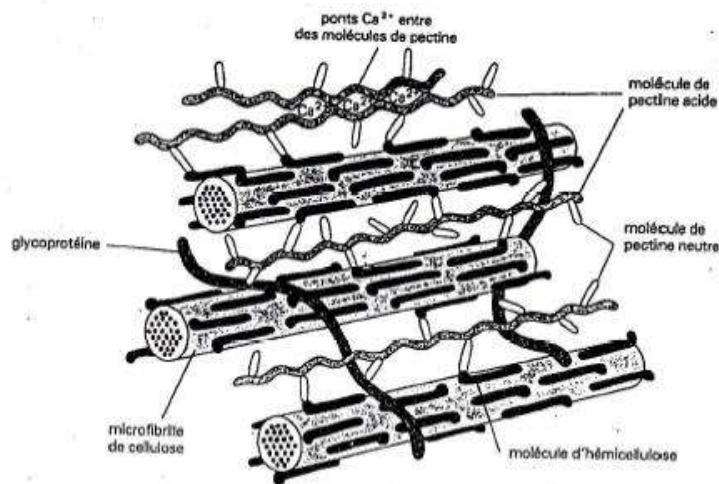
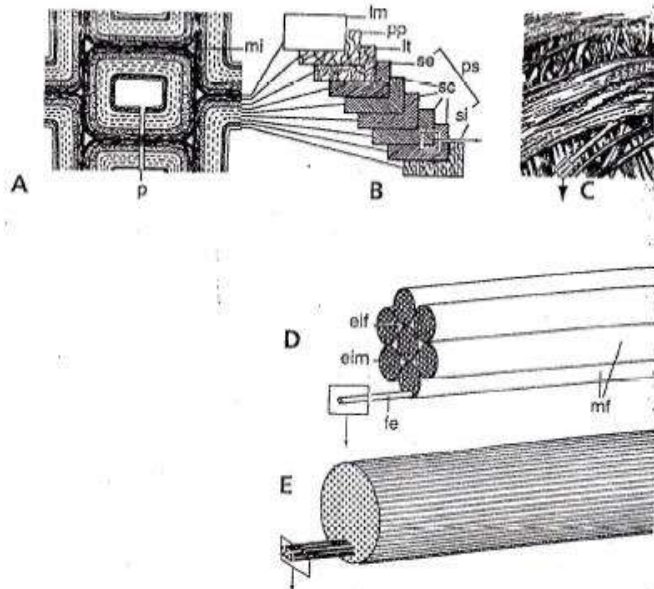


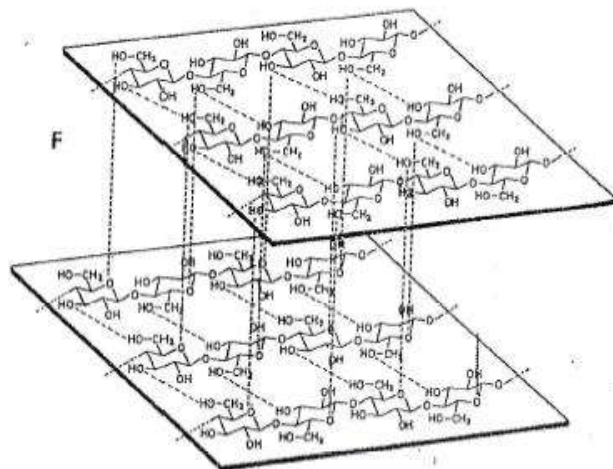
Figure 4 interconnexions entre les deux principaux composants de la paroi cellulaire primaire, les microfibrilles de cellulose et la matrice. Les molécules d'hémicellulose (par exemple des xyloglucanes) sont liées par des liaisons hydrogène à la surface des microfibrilles de cellulose. Certaines de ces molécules d'hémicellulose sont liées à leur tour à des molécules de pectine acide (par exemple des rhamnogalacturonanes) par de courtes molécules de pectine neutre (par exemple des arabinogalactanes). Les glycoprotéines de la paroi sont étroitement entremêlées dans la texture de la paroi pour compléter la matrice.

Paroi cellulaire.

A Stratification de la paroi en coupe transversale, schématique. B Texture des différentes strates vues de face, schématique. C Stratification de la paroi secondaire de l'algue verte *Valonia* (dessin d'après une vue en microscopie électronique). D Faisceau de plusieurs microfibrilles, de nombreuses fibrilles élémentaires sont reconnaissables sur la surface de coupe (schématique). E Structure d'une fibrille élémentaire (micelle), dans lequel les molécules de cellulose sont parallèles. Six chaînes de cellulose sont mises en évidence. F Arrangement cristallin de six chaînes de cellulose dans la fibrille élémentaire. Liaisons covalentes en continu. Liaisons hydrogène dans le plan en pointillés et en pointillés rouges lorsque perpendiculaires au plan. eif = espace interfibrillaire, eim = espace intermicellaire, fe = fibrille élémentaire, lm = lamelle moyenne, lt = lamelle de transition, mf = microfibrille, mi = méats intercellulaires, p = ponctuation, pp = paroi primaire, ps = paroi secondaire, sc = strate centrale, se = strate externe, si = strate interne.



(Fig. 5)



- Une paroi secondaire, plus dense, pluristrate et plus rigide. Elle peut être formée par épaissement de la paroi primaire (mode par apposition) ou parfois par seulement dépôts à l'intérieure de celle-ci de nouveaux matériaux de composition différente (mode par incrustation) ou les deux à la fois. Elle est présente chez les cellules âgées qui ne font plus de la croissance. Elle peut changer de volume sous l'action d'une pression mais ne peut plus s'accroître. Elle est dite élastique.

Malgré la formation de la paroi secondaire, des zones données resteront maintenues ouvertes par des bourrelets circulaires. Cette zone non épaissie est appelée ponctuation. La ponctuation est fermée par un voile formé par la lamelle moyenne et les parois primaires des deux cellules voisines et il est traversé par de nombreux plasmodesmes.

I-2-4 Echange intercellulaire:

Les cellules vivantes doivent absorber des éléments nutritifs, excréter des déchets et répondre à des signaux chimiques provenant du milieu extérieur. La paroi dont la composition et la structure ont été décrites peut être présentée comme un gel polysaccharidique hydraté. Cette structure ne gêne pas la circulation de petites molécules, l'eau et les ions. Cependant, le diamètre existant entre les macromolécules réticulées dans la majorité des parois est d'environ 5nm, ce qui rend extrêmement lent le mouvement de toute macromolécule d'un PM élevé et qui serait supérieure à 20 000. Par conséquent, les végétaux doivent utiliser des macromolécules hydrosolubles et de faible PM. C'est le cas chez toutes les molécules informatives connues chez les végétaux, telles que les facteurs régulateurs de la croissance (ou hormones végétales) comme les auxines, cytokinines et gibbérellines; qui ont PM de l'ordre de 500.

I-2-5 Communication intercellulaire :

Les cellules végétales communiquent entre elles grâce à de fins canaux cytoplasmiques appelées plasmodesmes (Figures 7 et 8). Ils traversent les parois et la membrane plasmique est en continuité avec celles des cellules voisines. Un plasmodesme est un canal cylindrique de 20 à 40 nm de diamètre. Il est fermé par une formation du réticulum endoplasmique lisse, le desmotubule. Leur grand nombre transforme le végétal en une véritable communauté interconnectée de protoplasmes (cytoplasme) vivants. On distingue ainsi deux compartiments :

- Le symplaste, formé par les protoplasmes vivants.
- L'apoplaste, formé par les parois cellulaires et les cellules mortes.

I-2-6 Turgescence:

La résistance mécanique des parois cellulaires permet aux cellules de vivre dans un environnement hypotonique par rapport au milieu cellulaire (Figure 9). Le déséquilibre osmotique entre milieux intra et extra cellulaire engendre une pression de turgescence. C'est la principale force responsable de l'expansion cellulaire au cours de la croissance et elle assure également la rigidité des tissus végétaux vivants (comparez une feuille flétrie et une feuille arrosée par exemple).

I-2-7 Modifications secondaires:

Les modifications secondaires de la paroi cellulaire ne conduisent pas à des grands changements des formes des cellules mais plutôt à un changement des propriétés physiques et chimiques de la paroi. Les principales modifications secondaires sont :

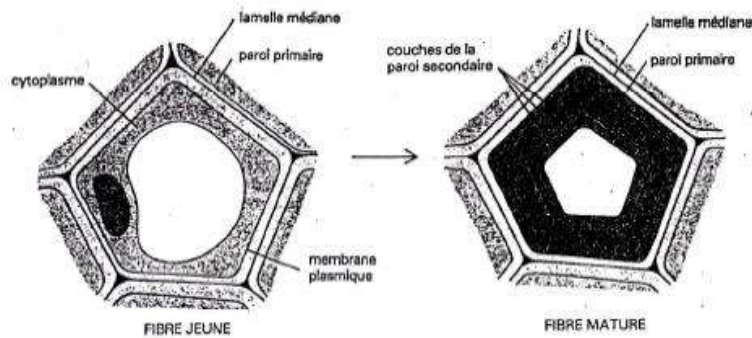


Figure 6 Dépôt d'une paroi cellulaire secondaire représenté schématiquement sur une coupe transversale d'une fibre. Dans ce cas, trois nouvelles couches ont été déposées au-dessous de la paroi cellulaire primaire. Comme l'orientation du réseau de microfibrilles de cellulose est différente dans chaque couche, il en résulte un effet de « contre-plaqué » prononcé. Dans de nombreuses fibres matures, ainsi qu'on le voit ici, la cellule meurt à l'intérieur de la paroi.

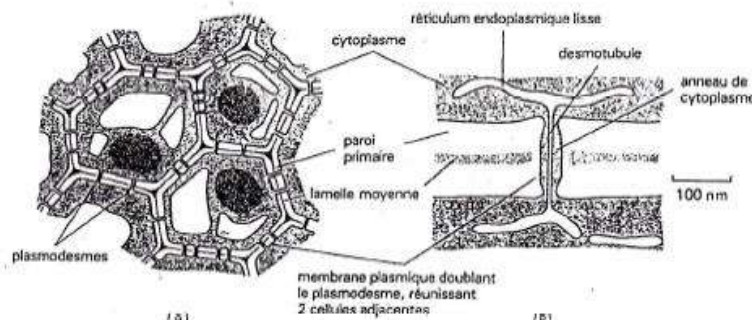


Figure 7 (A) Des canaux cytoplasmiques appelés plasmodesmes percent la paroi et font communiquer toutes les cellules d'un végétal. (B) Le plasmodesme est doublé par une membrane plasmique commune à deux cellules reliées, et contient habituellement une fine structure tubulaire, le desmotubule, dérivé du réticulum endoplasmique lisse.

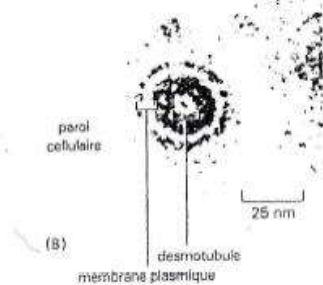
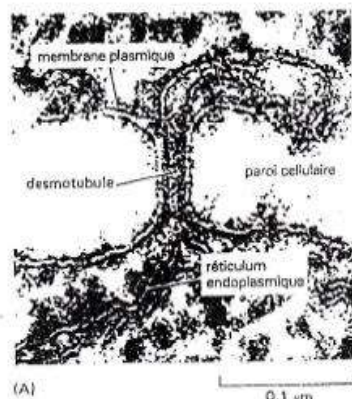


Figure 8 Plasmodesmes observés en microscopie électronique. (A) Coupe longitudinale d'un plasmodesme de fougère aquatique. La membrane plasmique entoure le pore et est en continuité d'une cellule à la suivante. On peut voir le réticulum endoplasmique et son association avec le desmotubule central. (B) Un plasmodesme similaire en coupe transversale. (Avec l'autorisation de R. Overall.)

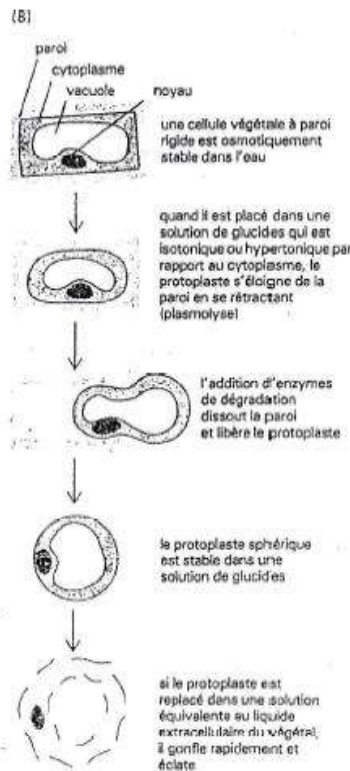


Figure 9 Une cellule végétale dépourvue de sa paroi cellulaire, appelée protoplaste, est osmotiquement instable, et elle gonfle et éclate si on la place dans l'eau ou dans le liquide extracellulaire hypotonique qui baigne les cellules végétales. Toutefois, à l'intérieur de sa paroi cellulaire rigide, son augmentation de volume est limitée par la paroi.

La lignification :

Elle se fait par incrustation de lignines dans les espaces interfibrillaires de la paroi cellulaire. Du point de vue chimique, les lignines sont des polymères mixtes de phényl-propane qui polymérisent en une macromolécule réticulée traversant la paroi. Ces macromolécules sont interconnectées avec les polysaccharides de la paroi par des liaisons covalentes. La lignification confère à la paroi une meilleure rigidité mécanique, lui permettant de résister aux contraintes de compression. Mais elle engendre une perte de la plasticité. Elle diminue également la conductibilité de l'eau à travers la paroi. La lignification concerne différents types cellulaires : sclérenchyme, fibres et vaisseaux par exemple.

Cutinisation, subérification et cérification :

Cutine et subérine du point de vue chimique sont des composées lipidiques renfermant des acides mono ou dicarboxyliques saturés et insaturés. Comme composés mineurs associés à une grande proportion d'hydrotraitements, oxyacides et oxoacides. La cutine et la subérine sont amorphes et forment la matrice des cires. Comme ils sont hydrophobes, les parois modifiées par apposition ou incrustation deviennent imperméables. Généralement, ces cellules assurent des fonctions de revêtements interne ou externe et permettent de contrôler le passage de l'eau (Figure 10).

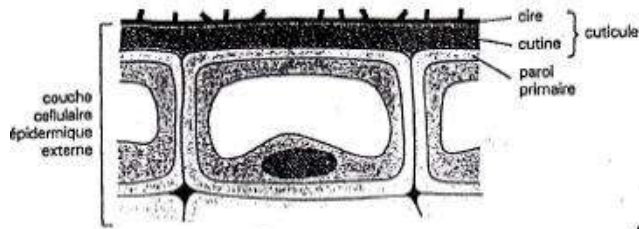
- **Cuticule:** elle est constituée de dépôts successifs de cutine formant un film étanche d'épaisseur variable et qui se dépose généralement sur les parois externes des cellules épidermiques limitant la circulation d'eau.
- **Suber :** Les dépôts sont beaucoup plus importants que pour la cuticule. La surface interne de la paroi est tapissée par des couches de cires et de subérines alternant régulièrement. La limitation des échanges et l'isolation engendre la mort des cellules. Ils forment ainsi une importante couche de cellules imperméables qui peuvent servir comme revêtement des organes aériens en réponse à des blessures ou à la destruction de l'épiderme.
- **Cires :** Ce sont des esters d'acides gras aliphatiques à longues chaînes et qui correspondent à un mélange de substances pouvant varier d'une espèce à l'autre et également en fonction du stade de développement. Les cires epicutilaires permettent d'assurer une meilleure protection contre la transpiration et les rayonnements incidents. En assurant une faible mouillabilité ils diminuent le risque de contamination par la poussière et les microorganismes.

Minéralisation :

C'est l'incrustation de substances minérales qui permet un durcissement de la paroi. C'est le cas par exemple avec la silice et le carbonate de Ca.

Gélification :

C'est la solubilisation de la lamelle moyenne par une hydrolyse des composés pectiques en pectines solubles. Les méats et les lacunes dans les tissus lâches correspondent à une faible gélification. Dans certains fruits, comme la tomate par exemple la maturation du fruit est une gélification. Dans certains cas les cellules secrètent beaucoup de composés pectiques qui s'accumulent entre les cellules pour former des mucilages. Quand il y a hyper sécrétion de ces composés, ils peuvent s'épancher vers l'extérieure. A l'air libre, ils se dessèchent et durcissent pour former des gommages comme la gomme arabique ou la gomme sandaraque.



(B)

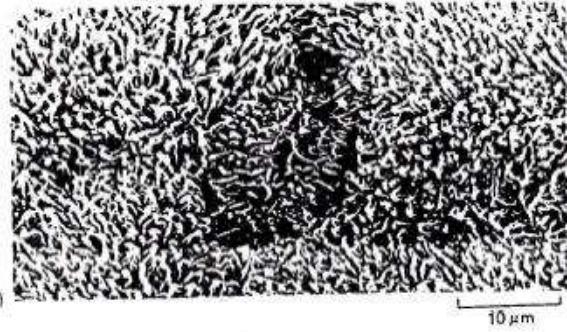


Fig. 10. Puhinisation et Cérification -

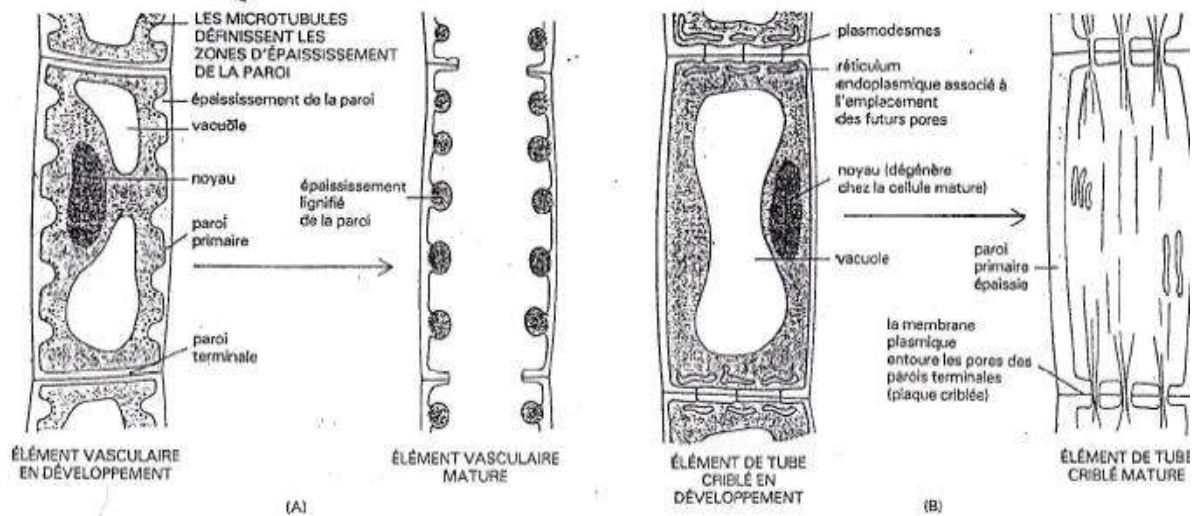


Figure 11 Deux exemples des voies d'élaboration et de modification de la paroi cellulaire au cours de la formation de types cellulaires spécialisés. (A) Schéma d'une coupe longitudinale d'un petit élément vasculaire en développement du xylème. Cette cellule forme des épaississements de paroi annulaires, mais de nombreuses autres structures existent également. Finalement, le protoplasme et les parois terminales disparaissent pour créer un tube à extrémités ouvertes. L'élément mature est mort et il a perdu son protoplasme. (B) Schéma d'une coupe longitudinale du développement d'un élément de tube criblé dans le phloème. La paroi cellulaire primaire s'épaissit et la paroi aux extrémités des cellules se perforé pour former les plaques criblées qui font communiquer les éléments adjacents du tube criblé. La cellule mature conserve sa paroi primaire, mais perd son noyau et la majeure partie de son cytoplasme.

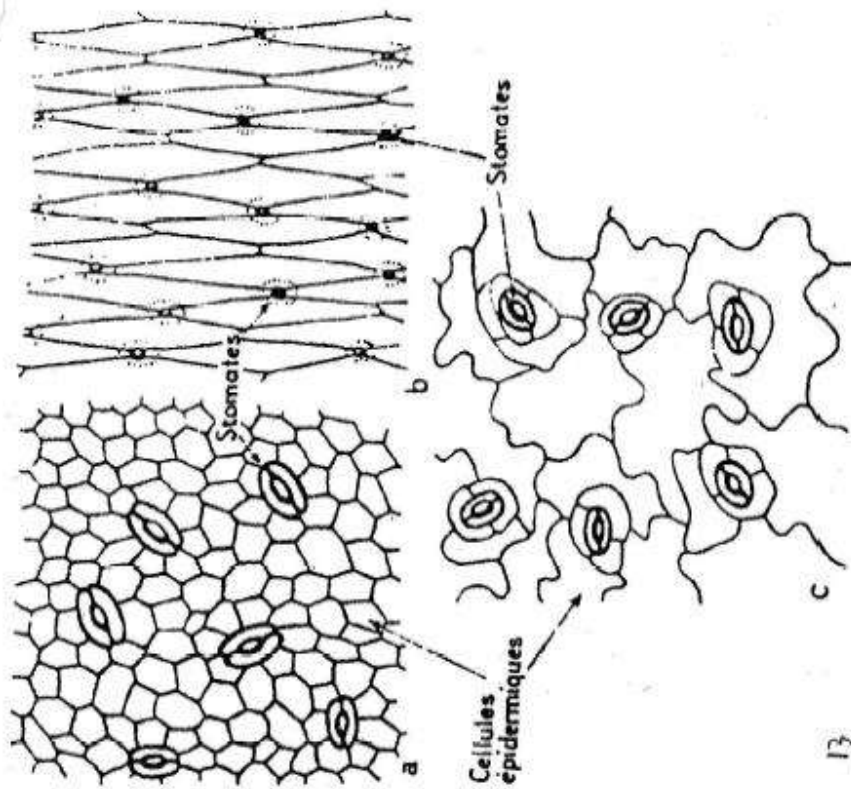


Fig. 12. Cellules épidermiques
vues de face.

13

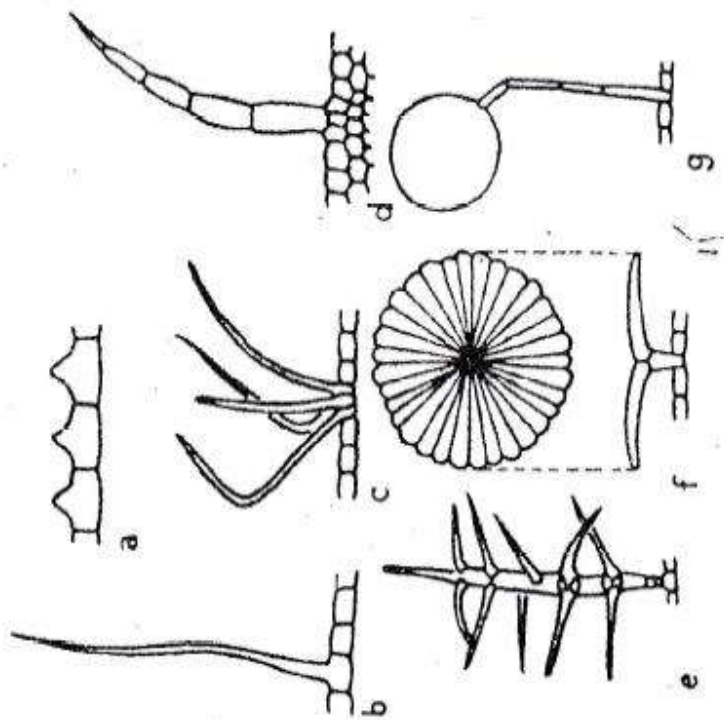


Fig. 15. Exemples de
poils épidermiques ou
trichomes.

II Les tissus primaires :

Dans ce chapitre on va exposer seulement les tissus primaires. Par tissus primaires, on entend tous les tissus issus du fonctionnement des méristèmes primaires. Ce sont des méristèmes apicaux, situés sur les extrémités des tiges et des racines et qui sont responsable de la croissance en longueur de ces organes.

La division, la croissance et la différenciation cellulaire, donnent naissance à trois catégories de tissus différenciés chez les plantes : les tissus de revêtement, les tissus conducteurs et les tissus fondamentaux. Chaque catégorie se retrouve à tous les niveaux de la plante, même si les caractéristiques spécifiques des tissus et leurs positions relatives varient d'un organe à l'autre.

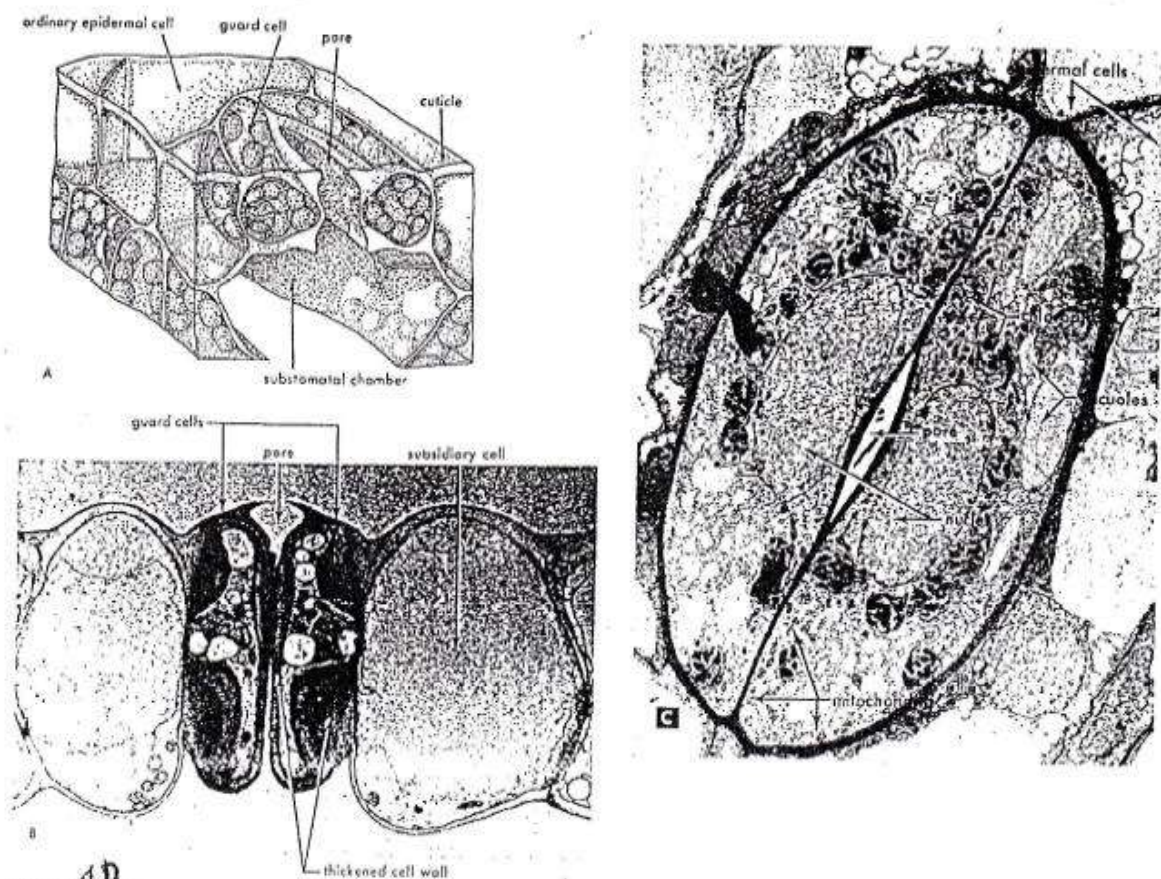


Figure 1B
Views stomata. A, diagram. B, corn (*Zea mays*), about $\times 1000$. C, rice (*Oryza sativa*), $\times 900$.

II-1 Les tissus de revêtements :

II-1-1 Epidermes :

L'épiderme (Figure 12) est le tissu de revêtement externe des organes aériens (tige et feuille). Il se compose généralement d'une seule couche de cellules serrées et recouverte vers l'extérieure d'une couche plus ou moins épaisse de cutine, la cuticule. Les cellules épidermiques sont des cellules vivantes, généralement dépourvues de chloroplastes. Néanmoins chez les fleurs, les fruits et certaines feuilles, elles peuvent renfermer des pigments anthocyaniques. La cuticule peut être recouverte d'une couche plus ou moins épaisse de cire. La fonction principale de ce tissu est la protection des tissus internes et la limitation de la perte d'eau par transpiration.

L'épiderme renferme des stomates (Figure 13). Un stomate est constitué d'une ouverture appelée l'ostiole. Ce dernier peut s'ouvrir et se fermer, en fonction de l'état des cellules stomatiques ou cellules de garde. Sous chaque stomate, il y a une lacune, c'est la chambre sous-stomatique. Les stomates sont responsables de la régulation des échanges gazeux avec le milieu extérieure (H_2O , CO_2 et O_2).

Chez de nombreuses plantes, l'épiderme porte également des poils ou trichomes (Figure 14). La forme et la structure des poils sont très variées. Ils peuvent être unicellulaires ou pluricellulaires, simples ou ramifiés. Ils peuvent remplir également des fonctions très variées autre que la protection comme la sécrétion dans le cas des poils glanduleux.

II-1-2 Rhizoderme:

Tissu protecteur de la racine. Il est unistrate, dépourvue de cuticule et de stomates. Par contre, il possède des poils spécialisés dans l'absorption au niveau de l'assise pilifère, les poils absorbants. Chaque poil absorbant est le prolongement d'une cellule épidermique unique.

II-1-3 Endoderme:

C'est un tissu de revêtement spécial ayant une fonction de protection des tissus vasculaires. Contrairement aux épidermes, il est interne. Il peut exister dans des tiges des Ptéridophytes ou les racines des Angiospermes. Généralement, il est uni strate. Sa caractéristique la plus remarquable est le renforcement des parois par des dépôts de subérine. Il constitue ainsi, une barrière à la diffusion libre des solutés.

II-2 Les tissus conducteurs ou vasculaires:

Ce sont les tissus qui assurent la circulation des sèves à l'intérieure des organes du végétal. Il existe deux types de tissus conducteurs :

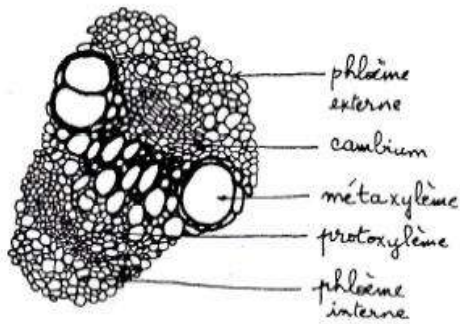
- **Le xylème** qui assure la conduction ascendante de la sève brute.
- **Le phloème** qui assure la conduction descendante de la sève élaborée.

Dans les structures primaires, ces deux tissus sont associés dans une unité qu'on appelle **les faisceaux vasculaires ou cribro-vasculaires (Figure 15).**

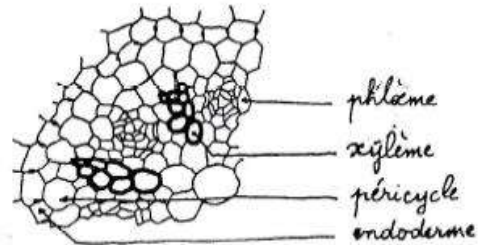
II-2-1 Le xylème :

Les constituants du xylème sont les éléments conducteurs proprement dit, associés à des cellules de parenchyme et des fibres ligneuses. Les éléments conducteurs sont de deux types des trachéides et des vaisseaux.

Tissus conducteurs primaire
 faisceau criblo-vasculaire -
 - (Fig. 15) -

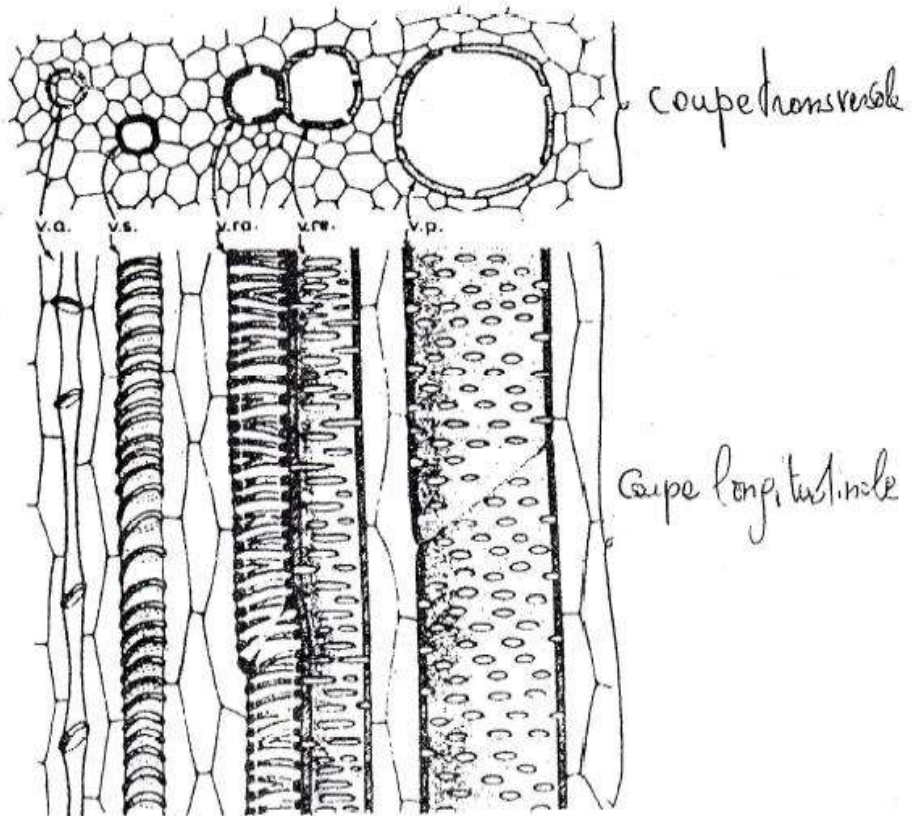


Faisceau criblo-vasculaire d'une tige



Organisation des faisceaux
 criblo-vasculaires d'une racine

V.a: V. annelé
 V.s: V. spiralé
 V.a: V. rayé
 V.ra: V. réticulé
 V.p: V. ponctué



Protoxylème → — Diffusion — ← Metaxylème —

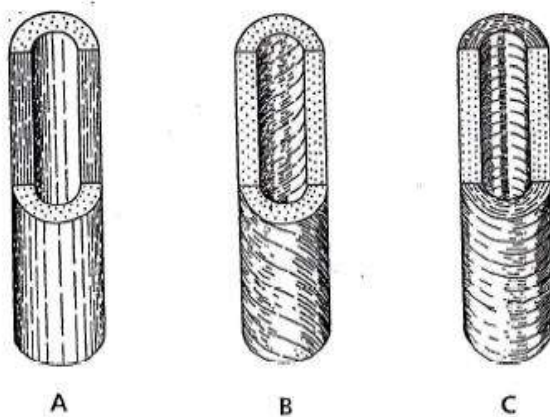


Figure 18
Fibres, schématique.

A Texture fibreuse, B Texture spiralee,
C Texture annelée

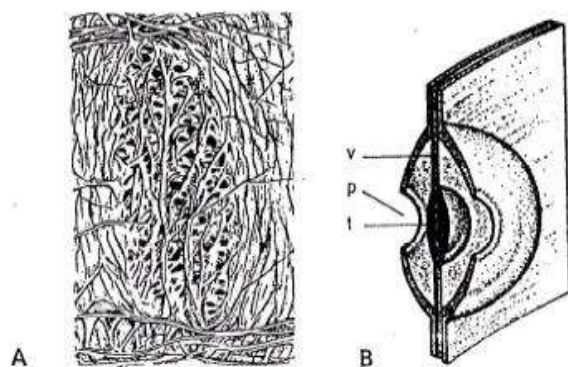
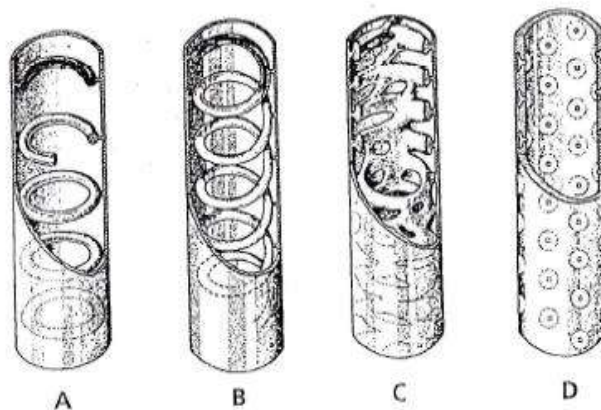


Figure 16
Ponctuation.

A Mise en place d'une ponctuation dans la paroi primaire du coléoptile d'*Avena*. Passage de la structure dispersée de la paroi primaire à la texture parallèle de la paroi secondaire (dessin d'après une vue au microscope électronique par Böhmer). B Ponctuation aréolée double de *Pinus*, en coupe. Lamelle moyenne en rouge. p = pore, t = torus, v = voile

Figure 17
Types de vaisseaux, schématique.

A Vaisseau annelé, B V. spiralé, C V. réticulé, D V. ponctué. Tous les vaisseaux sont coupés longitudinalement dans leur partie supérieure.



- **Les trachéides** : Ce sont des éléments conducteurs relativement moins différenciés et considérés comme plus primitives. On les trouve chez les Ptéridophytes et Gymnospermes et sont peu représentés chez les Angiospermes. Les trachéides sont des cellules allongées, aux extrémités effilées et dépourvues de cytoplasme en fin de différenciation. Donc, des cellules mortes, à paroi lignifiées. Elles communiquent entre elles et avec les cellules de parenchymes par les ponctuations (Figure 16). Contrairement aux vaisseaux, ils possèdent des parois transversales et c'est un caractère considéré comme primitif. Les Gymnospermes possèdent des trachéides dites aréolées, caractérisées par des ponctuations dites aréolées. Les Ptéridophytes sont caractérisées par des trachéides dites scalariformes, de section polygonale et à ponctuations en forme de rayures, comme les barreaux d'une échelle. Ces ponctuations sont dites scalariformes. Dans les formes jeunes du protoxylème, les trachéides peuvent être de type annelé ou spiralé (Figure 17).
- **Les éléments de vaisseaux** : Ce sont les éléments conducteurs caractéristiques des végétaux vasculaires les plus évolués (Gnétales et Angiospermes). Les éléments de vaisseaux sont généralement plus larges et plus courts que les trachéides et ont une paroi plus mince. Les extrémités des éléments de vaisseaux sont ouvertes et ne possèdent pas de parois transversales. De cette façon la sève circule librement à travers la longue chaîne d'éléments qui forment un vaisseau de xylème. Les vaisseaux assurent une circulation plus efficace de la sève. Les éléments de vaisseaux possèdent également des ponctuations. La forme et l'organisation des ponctuations varient suivant les espèces.
- **Les fibres** jouent un rôle de soutien. Ce sont des cellules, mortes, très allongées à parois lignifiées très épaisses et à lumière cellulaire réduite (Figure 18).
- **Les cellules de parenchymes** sont des cellules vivantes qui jouent le rôle de tissu de réserve ou accessoire de conduction avec les cellules de transferts. Les parois peuvent se lignifier ou non et présentent également des ponctuations favorisant les échanges avec les éléments conducteurs.

II-2-2 Le phloème ou tissu criblé:

Les constituants du phloème sont les cellules criblées associées à des cellules de parenchymes. Les éléments ou cellules criblées sont alignées pour former des tubes appelés tubes criblés (Figure 19). Les éléments sont à maturités des cellules vivantes qui communiquent entre elles à travers les parois terminales possédant des plages ou plaques criblées riches en plasmodesmes. Ces cellules conservent la membrane plasmique, mais elles perdent le noyau et une grande partie du cytoplasme. A chaque cellule criblée est associée une cellule compagne (parfois deux ou plus), ce sont des cellules allongées et possédant un noyau. Les cellules compagnes peuvent remplacer les éléments criblés morts.

Les cellules compagnes n'existent pas chez tous les végétaux. Elles sont absentes chez les Ptéridophytes et les Gymnospermes.

Chez les plantes vivaces, pendant la mauvaise saison où l'activité est faible les tubes criblés peuvent être obturés (Figure 20).

II-2-3 Cas particuliers des Bryophytes

Les Bryophytes constituent un groupe à part au sein des végétaux Cormophytes, car ils ne possèdent pas de tissus conducteurs différenciés. Mais en absence de xylème et de phloème, ils ont des éléments cellulaires moins différenciés mais qui jouent les mêmes rôles.

Chez les Hépatiques et les Anthocérotes, on observe parfois des parenchymes conducteurs à cellules allongées et parois riches en plasmodesmes.

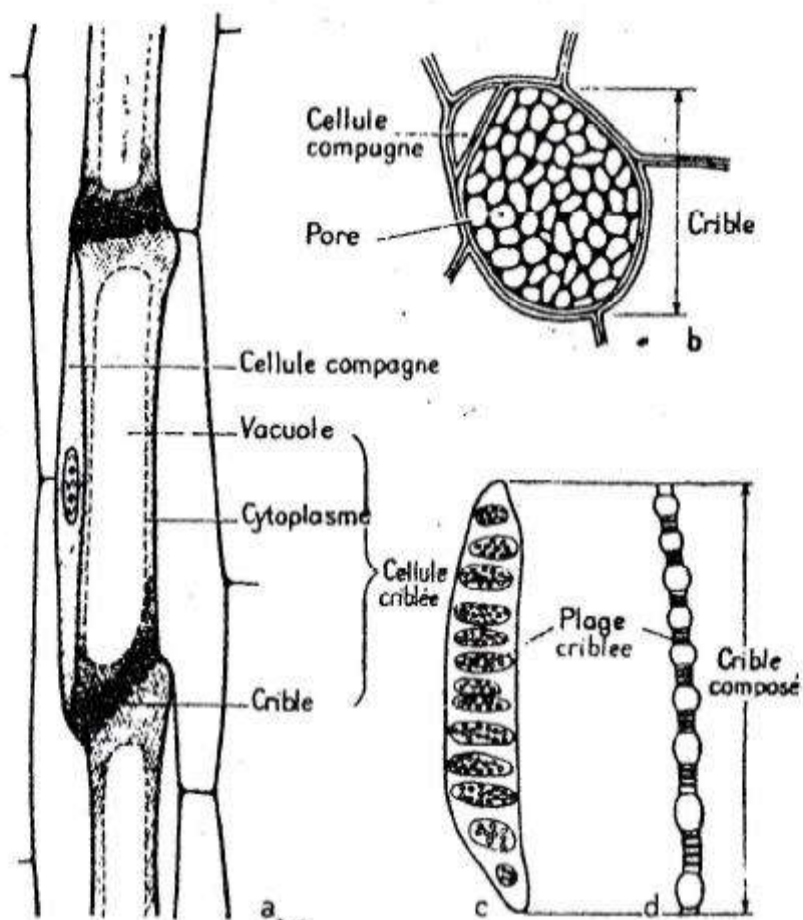


FIG. 39 — Cellules et tubes criblés.

a : portion de tube criblé vue en coupe longitudinale; b : crible simple vu de face (Gouge); c : crible composé vu de face, d : vu en coupe (Vigne).

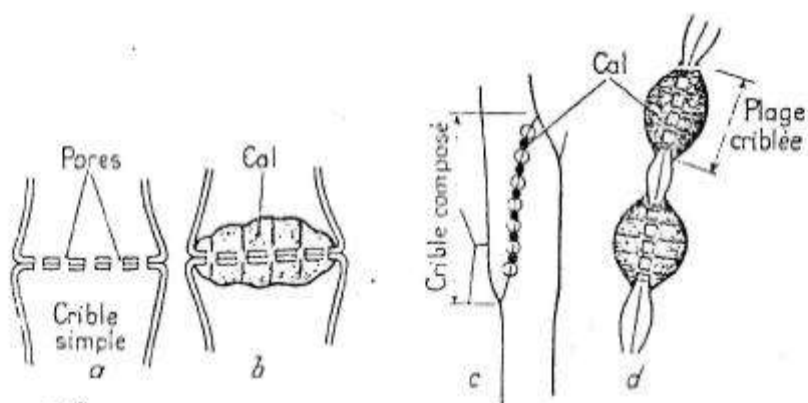


FIG. 40 — a, b: Cal obstruant un crible simple; c, d: cal dans un crible composé.

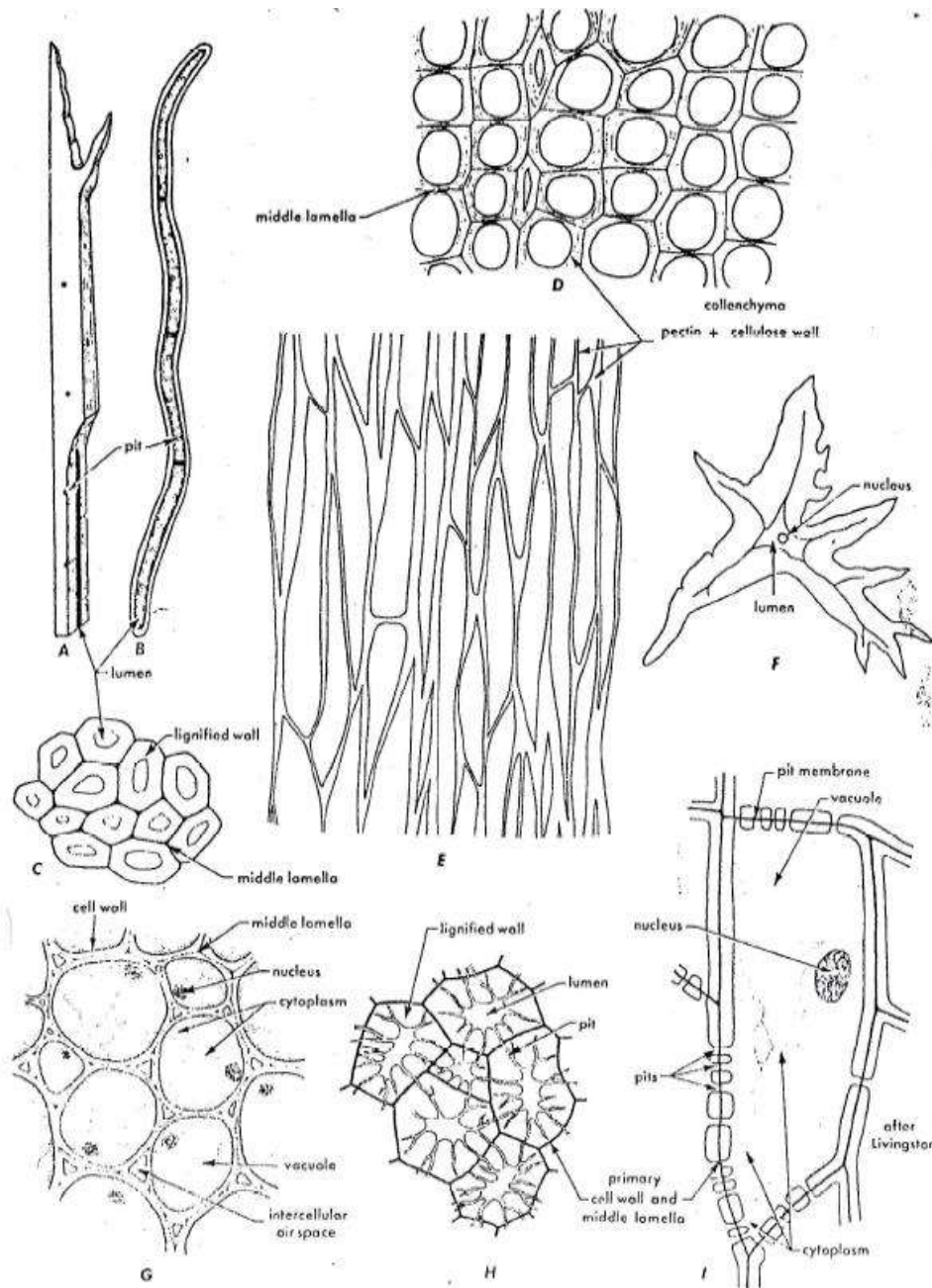


Fig. 21 A.B.C. Fibres (vus longitudinales et transversales)
D.E. Collenchyme., F, sclereide, G. parenchyme.
H. Parenchyme associé aux tissus conducteurs.

Chez les mousses, on note la présence cellulaire plus différenciée jouant le rôle de xylème et phloème, les hydroïdes et leptoïdes.

- **Hydroïdes** : sont des cellules vivantes, allongées à extrémités effilées. La perméabilité est facilitée par l'hydrolyse partielle des parois. Ressemblent à des trachéides mais sans lignification des parois.
- **Leptoïdes** : sont également des cellules allongées et à extrémités effilées. Les parois terminales sont percées de nombreux plasmodesmes. Ils présentent des similitudes avec les cellules criblées et jouent le même rôle.

II-3 Les tissus fondamentaux :

Ils constituent la majeure partie des jeunes plantes. Ces tissus comblent l'espace entre les tissus de revêtement et les tissus conducteurs. Ce sont les parenchymes et les tissus de soutiens, sclérenchyme et collenchyme.

- **Les parenchymes**: Les cellules parenchymateuses sont présentes dans tous les organes et dans tous les systèmes tissulaires. Ce sont des cellules vivantes et qui possèdent une mince paroi cellulaire primaire de nature pectocellulosique. Ils jouent des rôles et des fonctions différentes (Figure 21). Comme par exemple la fonction d'assimilation dans le mésophylle foliaire, la fonction de réserve ou rôle accessoire de conduction. C'est le cas des cellules dites de transfert, qui sont des formes spécialisées de cellules parenchymateuses associées au xylème.
- **Le collenchyme** : Il est formé de cellules vivantes semblables aux cellules de parenchyme, avec des parois pectocellulosiques mais épaisses. Elles sont capables d'allongement et fournissent un soutien dans le système tissulaire parenchymateux des régions encore en croissance et susceptibles d'élongation. Les cellules de collenchymes sont particulièrement présentes dans les régions sub-épidermiques des tiges (Figures 22 et 23).
- **Le sclérenchyme** : Comme le collenchyme, c'est un tissu de soutien. Cependant, il est formé de cellules qui sont généralement mortes et dont les parois épaisses sont lignifiées. Ce qui explique qu'elles ne peuvent pas s'allonger et se trouve dans des régions où il n'y a plus d'élongation (Figure 24). Généralement, elles se présentent sous forme de fibres, qui sont des cellules très allongées à section circulaire et lumière cellulaire réduite. Elles peuvent également se présenter sous forme de scléréides, qui sont des cellules ramifiées et plus courtes (Figure 25).

IV Les tissus secondaires:

Les tissus secondaires sont formés par des méristèmes secondaires responsables de la croissance en épaisseur des organes. Il existe deux méristèmes secondaires responsables de la croissance en épaisseur.

- *Cambium ou assise génératrice liberoligneuse.*
- *Phellogène ou assise génératrice suberophellodermique.*

Le cambium est plus interne et se différencie et entre en activité avant le phellogène qui est plus externe et plus tardif.

Les tissus formés par le cambium:

Les tissus formés par le cambium sont au nombre de deux, de l'extérieure vers l'intérieure on reconnaît:

- a. Liber ou phloème secondaire,
- b. Bois ou xylème secondaire.

a. Liber ou phloème secondaire :

Liber ou phloème secondaire formée par la face externe du cambium. Il est moins important que le bois. La composition cellulaire est semblable à celle du phloème primaire.

b. Bois ou xylème secondaire :

Il existe seulement chez les Gymnospermes et les Angiospermes Dictylédones. Il est constitué par des éléments disposés en deux systèmes orthogonaux : un système vertical formé essentiellement par des éléments conducteurs et un système horizontal formant les rayons.

Le bois ou xylème secondaire suivant sa composition il est dit homoxylé ou heteroxylé. Il est dit homoxylé quand il est formé uniquement par des trachéides et de fibres, c'est le cas chez les Gymnospermes (Voir schéma 26). Au contraire, quand il a une composition hétérogène formée de trachéides, vaisseaux, fibres et parenchymes, il est dit heteroxylé, c'est le cas des Angiospermes.

Seul le bois jeune assure la fonction de conduction de la sève brute. Ainsi, on peut distinguer un bois périphérique de formation récente et relativement tendre qu'on appelle AUBIER. Le bois du cœur ou DURAMEN se distingue nettement par sa position et son aspect dur. Ce dernier est généralement imputrescible suite à son enrichissement en polyphénols, tannins, résines et sels d'acides gras organiques (Voir schéma 27).

Au niveau du bois, la zonation reflète clairement les rythmes biologiques par les cernes annuels. Chaque cerne est composé d'une zone claire, large correspondant au bois de printemps et une zone dense, plus réduite et qui correspond au bois d'été. A partir des cernes on peut déterminer l'âge d'un arbre, c'est la dendrochronologie.

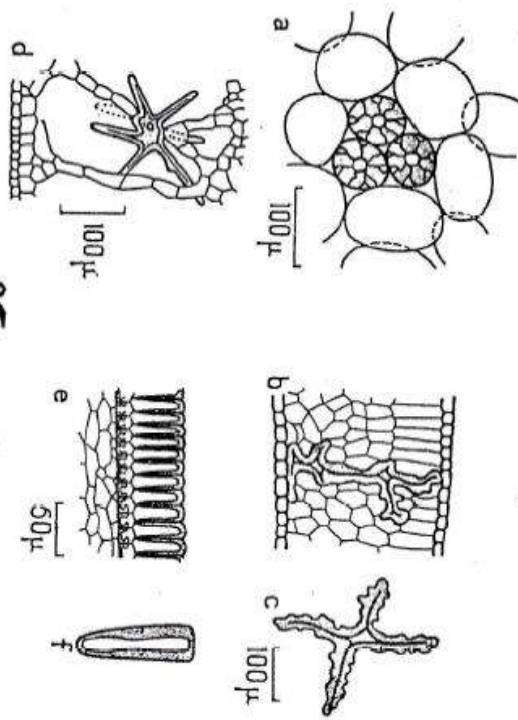
Les tissus formées par le phellogène :

Les tissus formées par le phellogène sont au nombre de deux : le suber et le phelloderme.

Le suber ou liège est formé par des cellules aplaties, serrées sans méats et qui meurent rapidement au cours de leurs différenciations. La paroi est suberifiée ce qui interdit les échanges avec l'extérieur. Les échanges peuvent se faire uniquement au niveau des discontinuités formées par les lenticelles. Au niveau des lenticelles, le phellogène ne donne pas de suber typique mais un tissu formé par des cellules suberifiées mais de type lâche avec des méats larges qui peuvent être utilisés éventuellement pour les échanges gazeux.

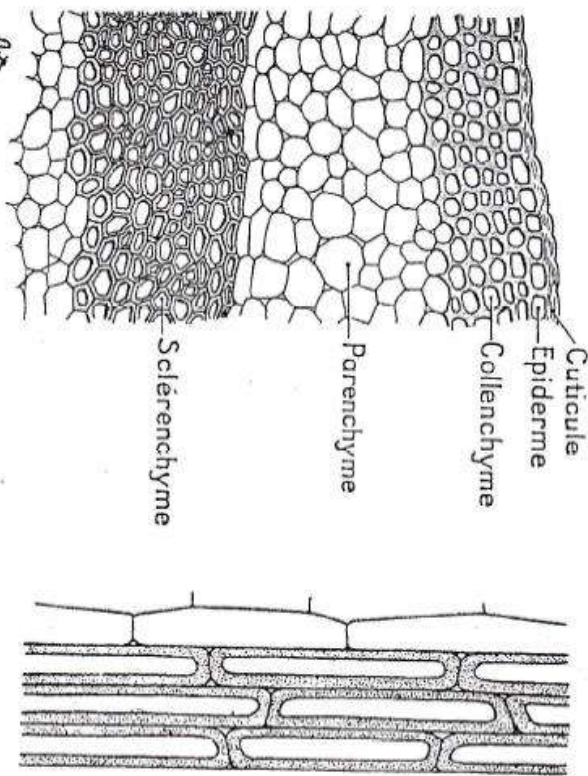
Le phelloderme est un tissu de type parenchyme dont les cellules peuvent être parfois chlorophylliennes. Les parois sont toujours minces et de nature pecto-cellulosique. C'est un tissu moins abondant que le premier et peut être limité à quelques cellules.

Le rhytidome : C'est l'ensemble des tissus situés à l'extérieure du liège ou suber. Ils sont donc, physiologiquement isolés des autres tissus vivants. Ils vont mourir et se détacher périodiquement du tronc sous différentes formes et souvent en écaille ou par des masses fibreuses. C'est ce qu'on appelle dans le langage courant, l'écorce de la tige.

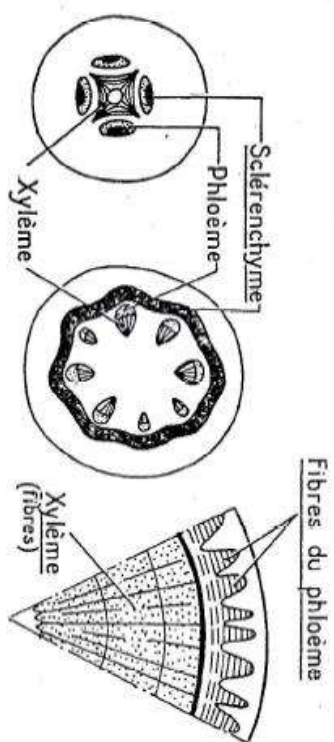


25 — Sclérites.

à cellules « pierreuses » du péricarpe des poivres; b et c : sclérites de la feuille du Thalictrum; d : sclérite de la feuille de Nymphaea; e, f, sclérites en assise continue, du tégument de la graine du Harewood.

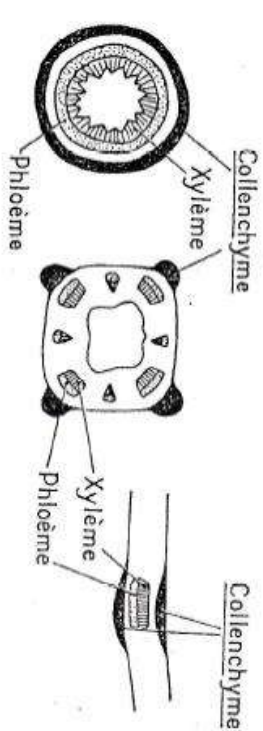


26 — Collenchyme et sclérenchyme dans la tige de l'Aristolochie (Aristolochia clematilis).
A droite; Cellules d'un collenchyme vues en coupe longitudinale (G : $\times 150$).



Fibres du phloème

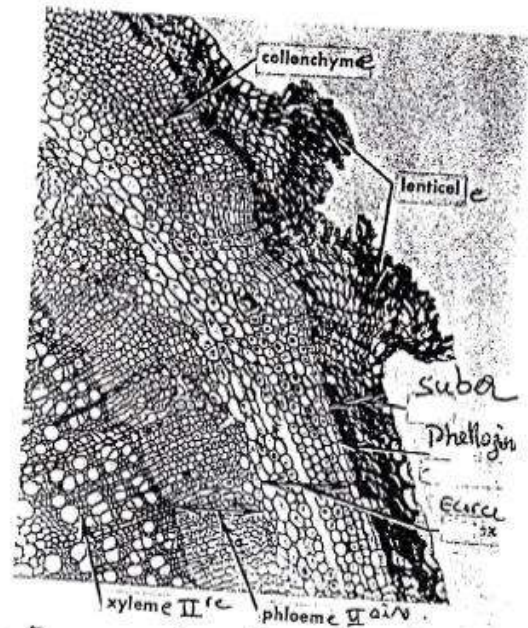
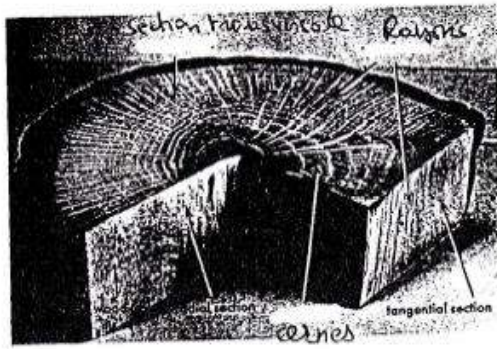
Fève (racine) Aristoloche (tige) Tilleul (tige)
24 Localisation du sclérenchyme.



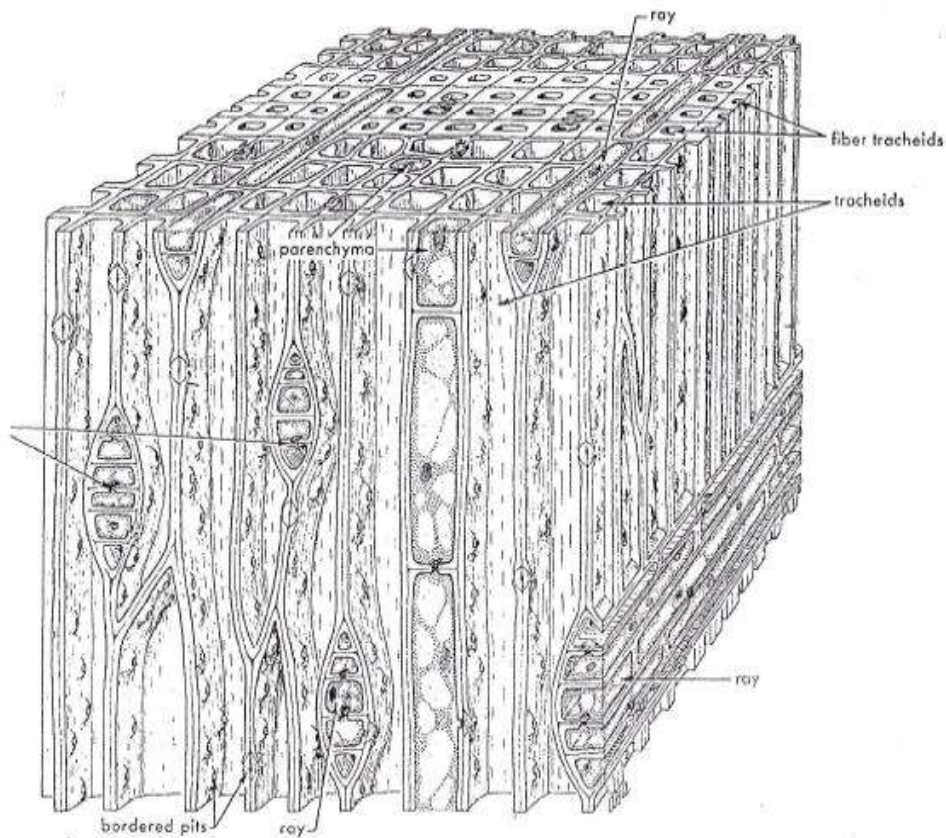
Sureau (tige) Lamier (tige) Houx (feuille)
22 Localisation du collenchyme.

Organisation morphologique des tissus secondaires - (Fig 26)

1- Différents plans de coupes -

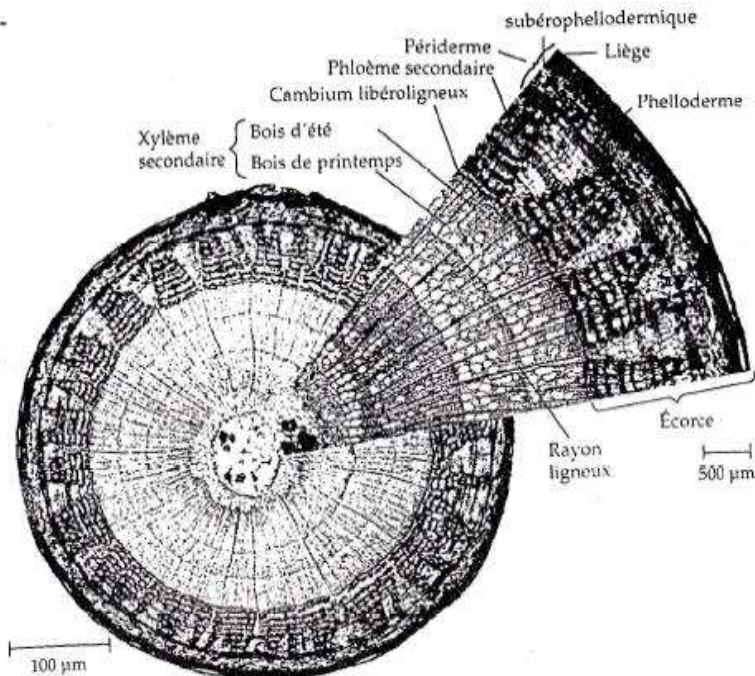


② Organisation d'une tracheide observée en coupe transversale

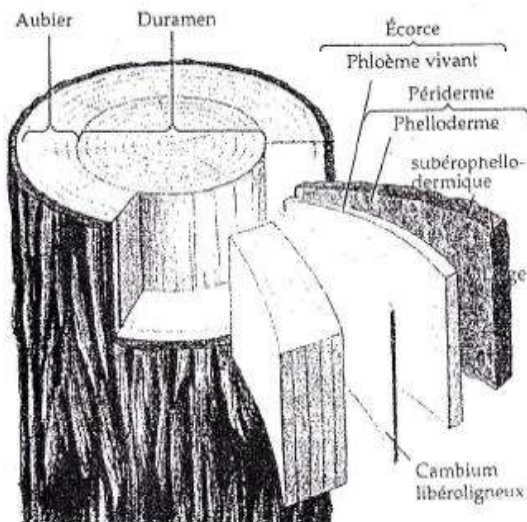


③ Bloc diagramme montrant l'organisation du "bois". Ici un exemple de bois homoxylo -

Figure 27 -



Anatomie de la tige d'une Dicotylédone ligneuse. Grâce aux anneaux de croissance secondaire, on peut déterminer l'âge de cette tige de Tilleul d'Amérique (*Tilia americana*), vue en coupe transversale. Chaque année de croissance développe un bois de printemps suivi d'un bois d'été. Le bois de printemps montre un xylème secondaire plus tendre, avec un tissu conducteur de fort calibre; le bois d'été montre un xylème secondaire plus compact et résistant, avec un tissu conducteur de petit calibre. Le cambium libéroligneux est responsable de la croissance secondaire. Il donne naissance aux cellules initiales fusiformes, qui se développent dans les faisceaux libéroligneux et produisent le xylème secondaire et le phloème secondaire. Les cellules du cambium qui se développent dans les rayons médullaires portent le nom de cellules initiales des rayons et engendrent les rayons ligneux qui assurent le transport latéral et la mise en réserve. Un deuxième méristème latéral, le subérophellodermique, produit une couche protectrice externe appelée périoderme. L'écorce comprend tous les tissus à l'extérieur du cambium libéroligneux. (MP)



Anatomie d'un tronc d'arbre. La coupe transversale d'un tronc d'arbre nous permet de distinguer plusieurs couches, du centre vers l'extérieur. L'aubier et le duramen constituent le xylème secondaire. Le duramen (le cœur de l'arbre) est plus vieux et n'assure plus le transport de la sève brute; les parois lignifiées de ses cellules mortes forment une colonne centrale qui soutient l'arbre. Ce bois doit sa riche couleur aux résines et aux autres substances qui obstruent les cavités cellulaires et qui contribuent à protéger le noyau de l'arbre des Mycètes et des Insectes. L'aubier se compose de cellules du xylème secondaire qui assurent encore le transport d'eau et de minéraux (sève brute). Puisque chaque nouvelle couche de xylème secondaire possède une circonférence plus grande, la croissance secondaire permet au xylème de transporter une plus grande quantité de sève brute chaque année afin de fournir aux feuilles plus nombreuses l'eau et les minéraux dont elles ont besoin. Le cambium libéroligneux est situé près des cellules les plus jeunes du xylème secondaire qu'il engendre. Le cambium libéroligneux donne aussi naissance au phloème secondaire, mais ce dernier s'accumule vers l'extérieur. Les couches les plus vieilles, situées à l'extérieur, sont étirées et se fendent sous l'effet de l'expansion du xylème secondaire. Le périoderme, la couche protectrice de la structure secondaire des Végétaux, comprend le subérophellodermique et ses dérivés, le phelloderm et le liège. Enfin, l'écorce comprend tous les tissus situés à l'extérieur du cambium libéroligneux, soit le phloème et le périoderme.

Chapitre 4

La reproduction chez les végétaux vasculaires (Angiospermes)

Organisation de l'appareil reproducteur

1 Les inflorescences:

Les fleurs peuvent se présenter sous différents aspects:

Fleurs uniques: La plante ne porte qu'une seule fleur.

Fleurs multiples: la plante porte de nombreuses fleurs, dans ce cas il y a deux cas:

Si les fleurs sont dispersées sur l'appareil végétatif: **fleurs solitaires.**

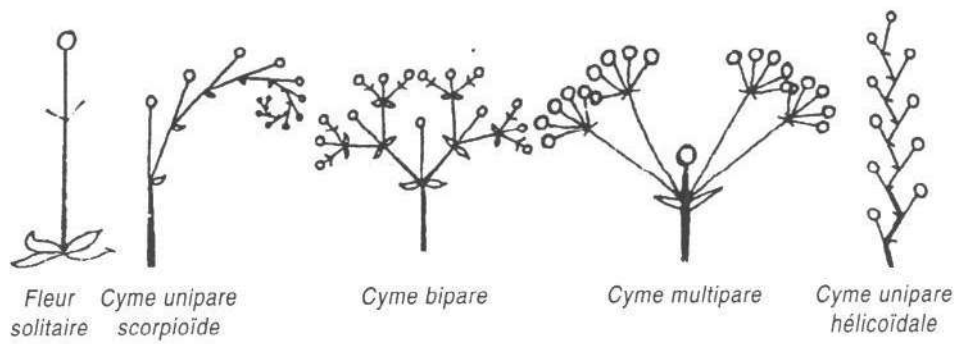
Si les fleurs sont groupées en un ensemble défini: **inflorescences.**

Il y a deux types d'architecture des inflorescences. Les inflorescences de type indéfini (**Monopodiale**) et les inflorescences de type défini (**Sympodiale**).

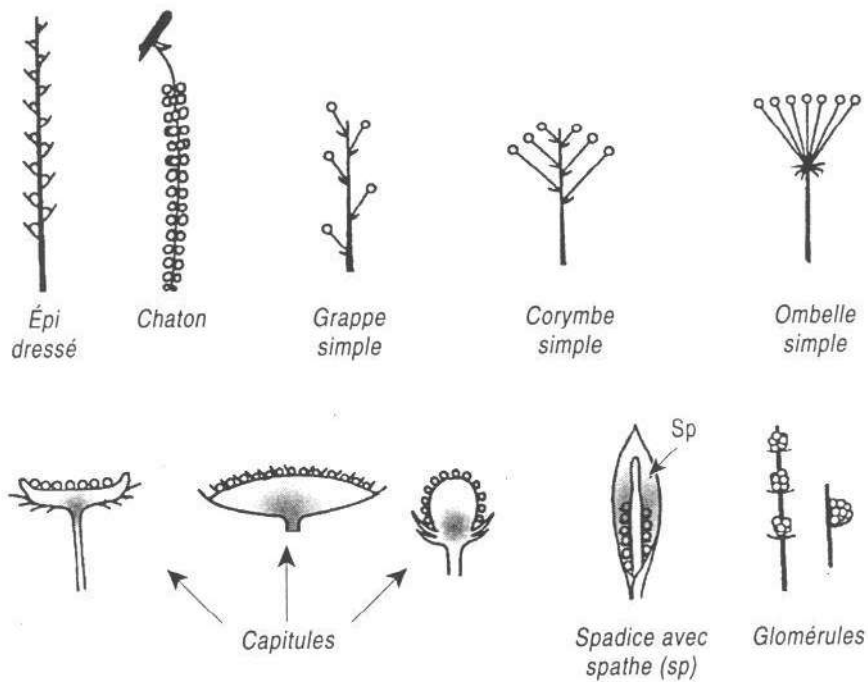
Le type indéfini est caractérisé par un méristème terminal qui produit périodiquement des bractées et persiste comme un point végétatif caulinaire. Il s'ensuit que les bourgeons floraux les plus jeunes sont au sommet de l'inflorescence ou au centre. On parle de floraison ascendante ou acropète. C'est la famille de la **grappe** qui comprend : *la grappe, l'épi, la corymbe, l'ombelle et le capitule.*

Le type défini est caractérisé par un méristème terminal de l'axe primaire de l'inflorescence qui produit une ou deux bractées, puis évolue en méristème floral qui forme la première fleur et cesse de fonctionner. Ainsi l'axe principal voit sa croissance dépassée par l'axe issu d'un bourgeon latéral, lequel une fois développé est lui-même dépassé par un nouvel axe latéral et ainsi de suite. C'est la famille de la **cyme** qui comprend: *Cyme bipare, cyme unipare hélicoïdal, cyme unipare scorpoïde et cyme unipare en éventail.*

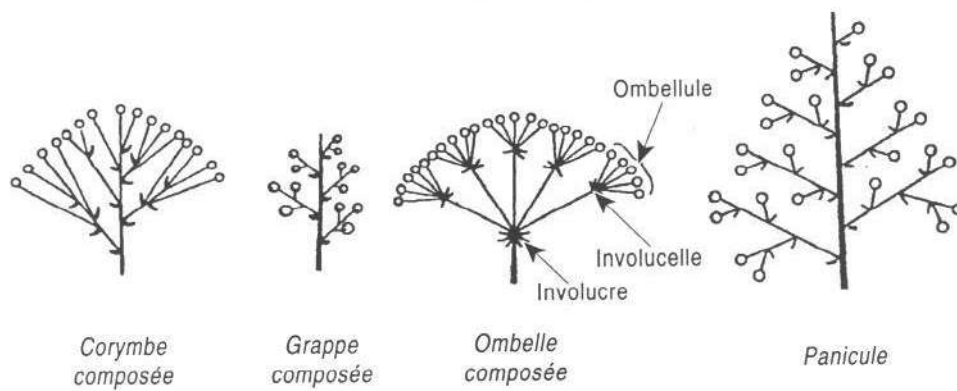
Il existe également des inflorescences **composées** qui peuvent être *homogène ou hétérogènes.*



A - Inflorescences sympodiales



B - Inflorescences monopodiales



C - Inflorescences composées

2 La fleur:

2-1 Plan de l'organisation de la fleur:

Le modèle théorique d'une fleur simple permet de reconnaître les éléments suivants:

1/ Un pédoncule floral inséré sur la tige, à l'aisselle d'une feuille plus petite et plus simple que les feuilles ordinaires, **une bractée**. Les pièces foliaires insérées sur le pédoncule sont des **préfeuilles**. Bien sûr dans la pratique le pédoncule peut être absent (fleurs sessiles), du même pour la (les) bractée et les préfeuilles.

2/ Un réceptacle floral qui termine le pédoncule et sur lequel les différentes pièces florales sont fixées. Le réceptacle peut prendre des formes différentes (Plan, concave, convexe en thalamus ou en cône)

Les différentes pièces florales sont disposées sur le réceptacle suivant un modèle qui confère à la fleur une forme particulière. La forme la plus simple est celle où les différentes pièces sont disposées sur une **spirale (Disposition spiralée) autour d'un axe de symétrie (Fleur régulière ou actinomorphe)**. Les pièces peuvent également être disposées d'une manière **cyclique c'est dire sur des cycles (verticilles, cercles) concentriques successifs**. Elles peuvent être également **irrégulières**, c'est à dire les pièces florales sont disposées par rapport à un plan de symétrie (**Fleur Zygomorphe**).

3/ Les sépales se sont des pièces généralement verdâtres d'aspect foliacé (feuilles). L'ensemble des sépales constitue le **calice**.

4/ Les pétales se sont des pièces colorées avec des formes et des tailles variées suivant les espèces. L'ensemble des pétales constitue **la corolle**.

5/ Le périanthe c'est l'ensemble des pièces florales stériles c'est à dire le calice et la corolle.

6/ Les pièces fertiles mâles se sont les étamines. Une étamine est constituée d'un **filet et d'une anthère**. L'anthère libère à maturité du pollen. L'ensemble des étamines forme **l'androcée**.

7/ Les pièces fertiles femelles se sont les carpelles. Un carpelle est formé d'un **ovaire** surmonté d'un **style** et terminé par un **stigmate**. La loge ovarienne renferme les ovules. L'ensemble des carpelles forme un **gynécée**. Le gynécée est dit **super** quand il a le même niveau d'insertion (réceptacle plan) ou quand il est inséré à un niveau supérieur par rapport aux autres pièces florales (réceptacle convexe). Il est dit **infère** quand il a un niveau d'insertion inférieur aux autres pièces florales (réceptacle concave). La **placentation** est le mode d'insertion des ovules dans la cavité ovarienne.

☞ *Cependant, il ne faut oublier que différentes variations sont possibles par rapport à ce modèle simplifié. Par exemple le nombre des pièces par verticille et la relation entre les différentes pièces d'une même enveloppe ou avec des enveloppes de nature différente. En effet, les pièces peuvent être par exemple, absente, soudées ou libres.*

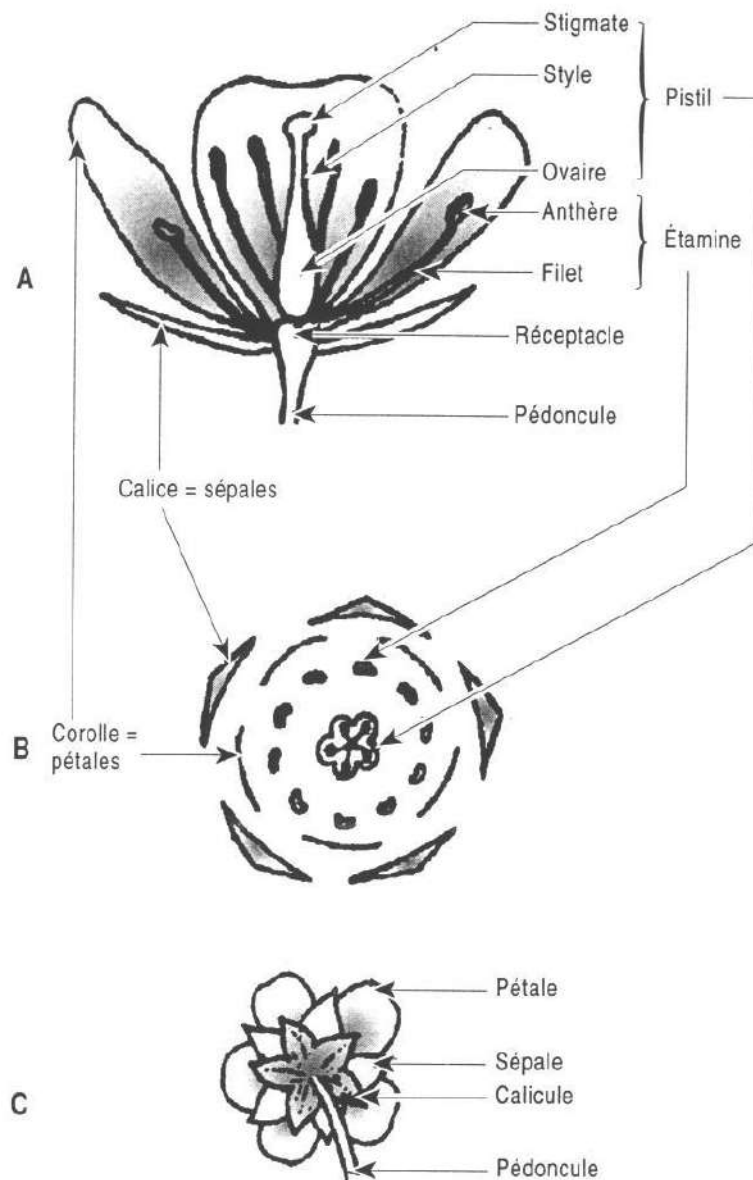


Figure A- Schéma de l'organisation d'une fleur actinomorphe complète typique, en coupe longitudinale, B- Diagramme floral, C- Fleur vue de dessous.

2-2 Variations de l'organisation florale:

Type de symétrie:

Si le type de symétrie est axiale, la fleur est dite **régulière ou actinomorphe**.

Si le type de symétrie est bilatérale, la fleur est dite **irrégulière ou zygomorphe**.

Disposition des pièces florales sur le réceptacle:

Spiralée ou cyclique.

Nombre de pièces par cycle:

Fleur dimère: 2 pièces par cycle.

Fleur tri-mère: 3 pièces par cycle.

Fleur tétra-mère: 4 pièces par cycle.

Fleur pentamère: 5 pièces par cycle. etc....

Périanthe:

Absent: la fleur est dite **achlamydée**.

Composé d'un seul type de pièce, la fleur est dite **monochlamidée**. Le périanthe est formé de sépaloïdes si les pièces sont vertes et de pétaloïdes ou tépales si les pièces sont colorées.

Composé de deux types de pièces, des sépales et des pétales, la fleur est dite **dichlamydée**.

Rapport des pièces entre elles:

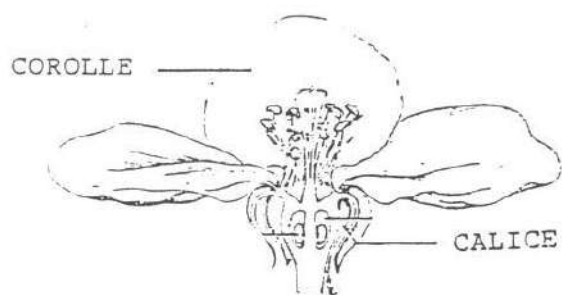
Les pièces peuvent être libre ou soudés.

Sépales libres: calice dialysépales.

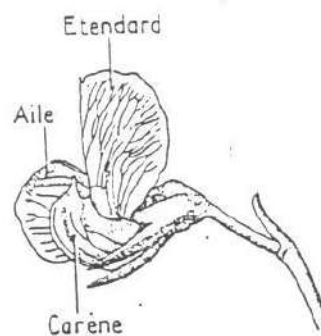
Sépales soudés: calice gamosépales.

Pétales libres: corolle dialypétale.

Pétales soudés: corolle gamopétale.

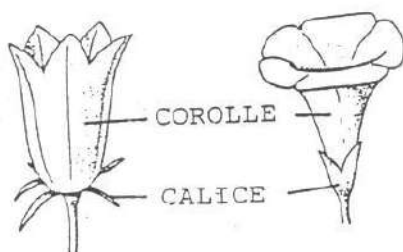


ACTINOMORPHE

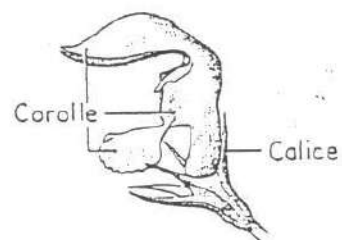


ZYGOMORPHES

DIALYPETALES



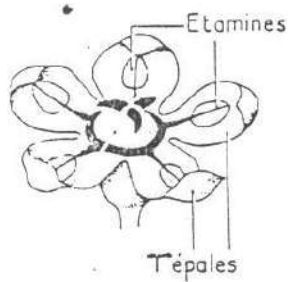
ACTINOMORPHES



ZYGOMORPHES

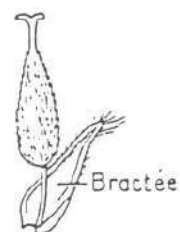
GAMOPETALES

2. MONOCHLAMIDEES



HERMAPHRODITE

3. ACHLAMIDEES



UNISEXUEE

2-3 Fleur et répartition du sexe:

a/ Hermaphrodisme: Un seul type de fleur (hermaphrodite) et un seul type de pied.

b/ Monœcie: Deux types de fleurs (mâle et femelle) mais portés par le même pied.

c/ Diécie: Deux types de fleurs (mâle et femelle) portés par des pieds différents.

d/ Gynodiécie: Deux types de fleurs, des fleurs hermaphrodites et des fleurs femelles portés par des pieds différents.

e/ Androdiécie: Deux types de fleurs, des fleurs hermaphrodites et des fleurs mâles portées par des pieds différents.

f/ Gynomonoécie: Deux types de fleurs, des fleurs hermaphrodites et des fleurs femelles mais portées par le même pied.

g/ Andromonoécie: Deux types de fleurs, des fleurs hermaphrodites et des fleurs mâles mais portées par le même pied.

2-4 Organisation de l'appareil reproducteur mâle:

a/ L'étamine: (Voir Planche)

Un filet portant l'organe fertile (Anthère) qui comporte deux moitiés identiques, les thèques, elles même composées de deux sacs polliniques. Ces sacs polliniques contiennent au stade jeune les cellules mères des microspores qui après réduction méiotique vont donner les microspores, d'abord en tétrades puis en grain de pollen libres. Le massif des cellules mère est entouré par un tissu particulier le tapetum formé de cellules tapétales est qui constitue une assise nourricière jouant un rôle important dans le développement du pollen.

La déhiscence de l'anthère se fait à maturité grâce à la présence d'une assise mécanique bien différenciée. L'ouverture du pollen peut se faire par des fentes, des pores ou des valves.

Les étamines peuvent devenir stériles: on les appelle alors des staminodes.

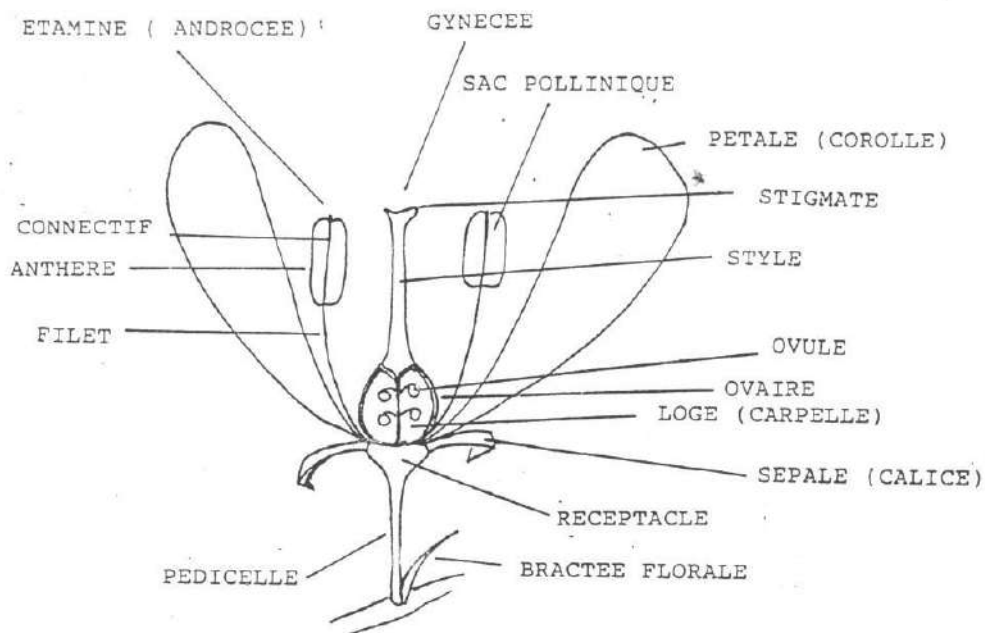


Fig. 1. Organisation générale d'une fleur

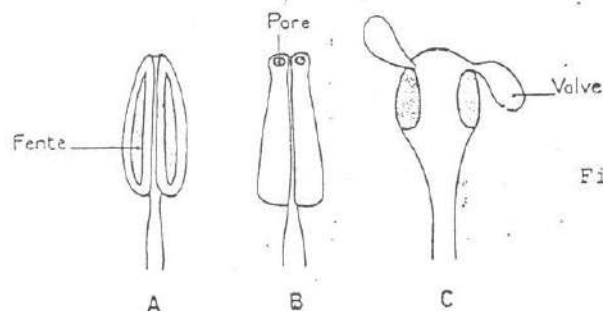
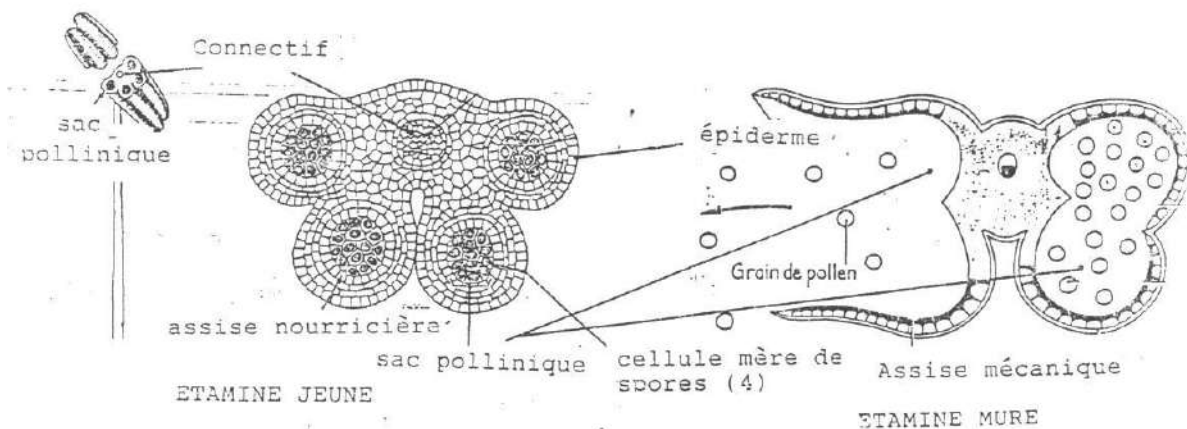
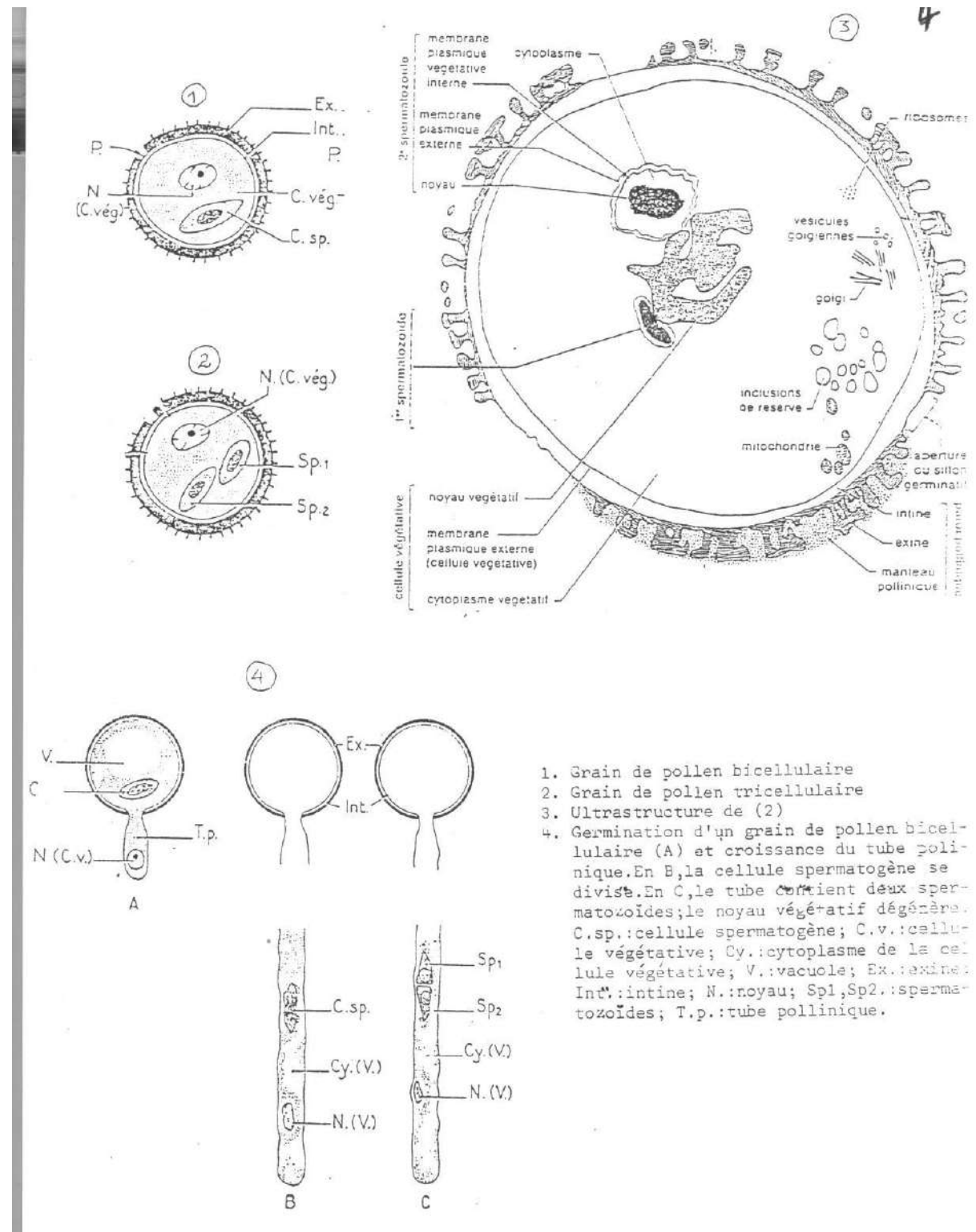


Fig. 2. Organisation de l'étamine

OUVERTURE DES SACS POLLINQUES

b/ Le pollen: voir Planche



2-5 Organisation de l'appareil reproducteur femelle:

a/ Constitution du gynécée: (Planche)

Le module de base du gynécée est le **carpelle**, sorte d'urne renfermant les ovules. Les ovules sont contenus dans un ovaire surmonté d'un style lui-même terminé d'un stigmate où sont captés les grains de pollen. L'ensemble des carpelles constitue le gynécée.

Le gynécée peut être à carpelles libres (**dialycarpellé**) ou à carpelles soudés (**gamocarpellé**). Les styles d'un gynécée gamocarpellé peuvent être libres ou soudés en un seul style. Le style peut être surmonté par un ou plusieurs stigmates.

Le style est le plus souvent terminal mais il peut parfois être fixé à la base du carpelle (gynobasique).

b/ Position de l'ovaire dans la fleur: (Planche)

L'ovaire peut être :

Super: inséré au même niveau que les autres pièces florales (réceptacle plan) ou à un niveau supérieur aux autres pièces (réceptacle bombé).

Infer: Inséré à un niveau inférieur aux autres pièces florales, complètement enfoui dans un réceptacle creux.

Semi-infer: Inséré à un niveau inférieur aux autres pièces florales et en partie enfoui dans un réceptacle creux.

c/ Position des ovules dans l'ovaire: placentations (Planche)

Placentation axillaire: La soudure des carpelles entre eux entraîne l'apparition d'un ovaire ayant autant de cavités (loges) qu'il y a de carpelles. Les ovules sont fixés sur l'axe central qui résulte de la soudure des carpelles. La placentation axillaire correspond donc à un ovaire cloisonné en loges avec insertion des ovules sur l'axe central commun aux loges.

Placentation pariétale: L'ovaire n'est formé que d'une seule loge par régression centrifuge des parois. Les ovules sont fixés sur des placentas au niveau de la paroi de l'ovaire.

Placentation centrale: L'ovaire n'a qu'une seule loge, mais l'axe central persiste et les ovules sont fixés sur l'axe central.

Placentation basale: L'ovaire est formé également d'une seule loge, mais l'axe central est raccourci en un placenta basal où sont fixés les ovules.

d/ L'ovule (Planche):

L'ovule est fixé sur le placenta par un petit pied: le **funicule**. Le **hile** correspond à la soudure de l'ovule sur le funicule. La graine en se détachant à maturité conserve la cicatrice du hile. L'ovule est irrigué par un système vasculaire qui se ramifie au sortir du funicule, ce point de ramification est appelé **chalaze**. L'enveloppe extérieure est constituée d'une ou deux téguments et possédant un pore minuscule le **micropyle**.

Les oppositions relatives du hile, de la chalaze et du micropyle définissent trois types d'ovules:

Orthotrope (droit), **anatrophe** (renversé) et **campylotrope** (recourbé).

e/ Sac embryonnaire (prothalle ou gamétophyte femelle):

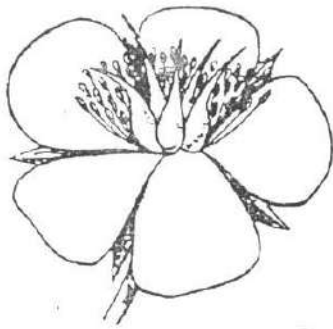
e-1 Schéma de base:

A l'intérieur d'une paroi commune le sac embryonnaire renferme:

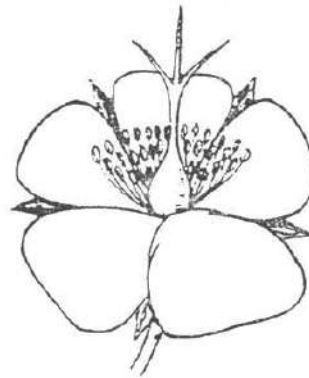
1- Un complexe gamétique situé au pôle micropylaire du sac et formé de trois cellules. Deux synergides et une oosphère. Les synergides présentent une polarité très nette: la partie supérieure contient un appareil filiforme et un noyau, la partie inférieure est occupée par une grande vacuole.

2- Trois antipodes qui sont trois cellules occupant le pôle opposé.

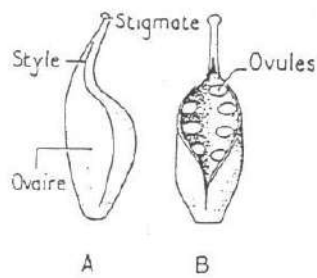
3- La cellule du sac qui possède deux noyaux polaires situés au centre du sac. Ces deux noyaux fusionnent en noyau unique avant, pendant ou après la pénétration du tube pollinique dans le sac embryonnaire.



GYNECEE DIALYCARPELLAIRE

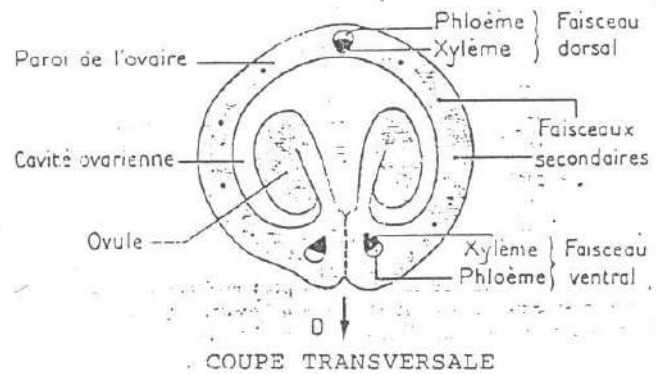


GYNECEE GAMOCARPELLAIRE



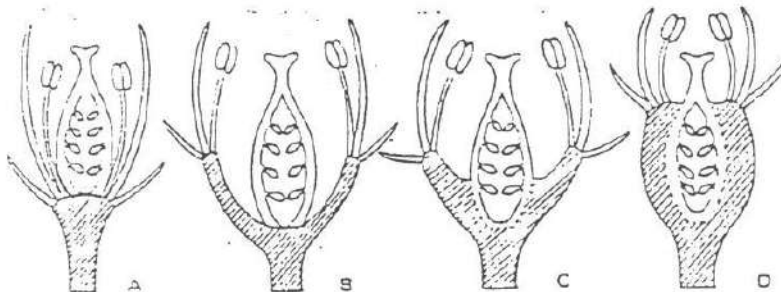
A

B



COUPE TRANSVERSALE

CARPELLE



POSITION DE L'OVAIRE : A : OVAIRE SUPERIE; B-C : OVAIRE SEMI-INFERE;
C : OVAIRE INFERE

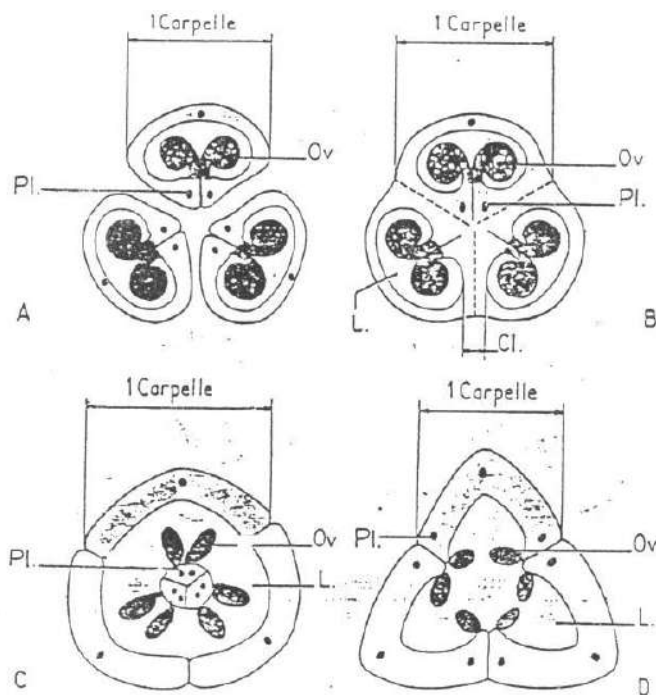


Fig.

Coupe transversale dans le gynécée.

A : gynécée dialycarpellaire à 3 carpelles;

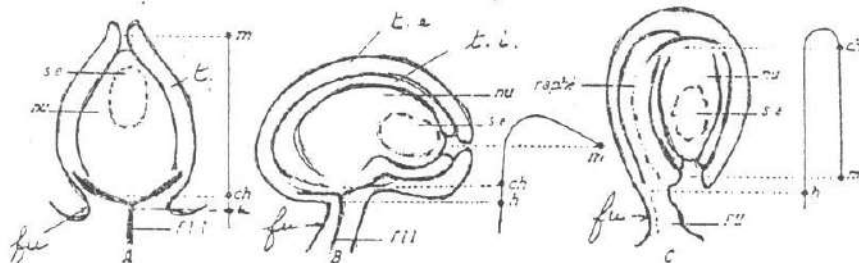
B, C, D : gynécée gamocarpellaires à 3 carpelles

B : placentation axillaire

C : placentation centrale

D : placentation pariétale

Ov : ovule, Pl : placenta, Cl : cloison, L : loge



Fig

Positions diverses dans l'ovule; à côté de la coupe schématique d'un ovule de chaque type, on a figuré la ligne idéale et caractéristique unissant les repères topographiques importants : axe du hile (h), axe de la chalaze (ch), axe du micropyle (m).

A : ovule orthotrope sessile et à un seul tégument du Noyer (*Juglans regia*, *Juglandacée*); B : ovule campylotrope;

C : ovule anatrophe (nu : nucelle; f : l.l : faisceau libéro-ligneux de l'ovule; s.e : sac embryonnaire).

fu : funicule; t : tégument (e : externe, i : interne)

e-2 Principaux types de sac embryonnaire:(Planche)

	C mère	Méiose	Formation du sac embryonnaire
Sacs monospermes			<u>Polygonum</u> <u>Oenothera</u>
Sacs bispermes			<u>Allium</u>
Sacs tétraspermes			<u>Adoxa</u> <u>Fritillaria</u>

1. Différents types de sacs embryonnaires

3 LE FRUIT:

Le fruit est un organe très diversifié du point de vue morphologique. La reconnaissance des fruits obéit à des définitions strictes et indispensables que l'étudiant doit connaître.

3-1 Vrais ou faux fruit ?

Au sens strict le **fruit** est le résultat de développement de l'ovaire après la fécondation des ovules. La paroi ovarienne se transformant en péricarpe.

La graine provient de la transformation des ovules après fécondation, dans le langage courant ce sont des ''pépins''. Par conséquent, tous les fruits ne présentant pas de graines (sans pépins) sont obtenus sans fécondation. On parle dans ce cas de **fruits parthénocarpiques**.

Quand d'autres structures que l'ovaire participent à la formation du fruit, tel que le réceptacle par exemple, on parle alors de **faux - fruits ou pseudo-fruits**.

Dans certains cas, l'inflorescence entière se transforme en un pseudo-fruit qu'on appelle: **fruit composé ou infrutescence**.

V-3-2 Classification des fruits:

La paroi du fruit ou péricarpe est constituée de l'extérieur vers l'intérieur de l'épicarpe, du mésocarpe et de l'endocarpe issus respectivement de l'épiderme externe, du parenchyme et de l'épiderme interne de la paroi ovarienne. La nature du péricarpe permet de distinguer deux catégories de fruits:

⇒ **Des fruits charnus** caractérisés par l'abondance d'un parenchyme généralement très riche en eau et qui donne une consistance charnue à ce type de fruits.

⇒ **Des fruits secs** caractérisés par une sclérification et/ou une lignification de l'ensemble du péricarpe.

A/ Les fruits charnus:

La consistance de l'endocarpe permet de définir deux grands types de fruits:

⇒ **La baie**: fruit charnu dont l'endocarpe est mince et membraneux (Fruit à pépins).

⇒ **La drupe**: fruit charnu dont l'endocarpe sclérifié est épais et dur (Fruit à noyau).

B/ Les fruits secs:

On distingue deux groupes de fruits secs:

- ⇒ Les fruits **secs indéhiscents** qui ne s'ouvrent pas spontanément à maturité.
- ⇒ Les fruits **secs déhiscents** qui s'ouvrent à maturité suivant un mécanisme précis.

B-1 Les fruits secs indéhiscents:

On distingue trois types:

- ⇒ **L'akène**: le péricarpe n'est pas soudé à la graine.
- ⇒ **La samare**: c'est un akène ailé.
- ⇒ **Le caryopse**: le péricarpe est soudé à la graine.

B-2 Les fruits secs déhiscents:

On distingue quatre types:

- ⇒ **Le follicule**: fruit s'ouvrant à maturité par une seule fente longitudinale correspondant à la suture placentaire.
- ⇒ **La gousse**: fruit sec résultant du développement d'un ovaire uniloculaire et s'ouvrant à maturité par deux fentes de déhiscence, l'une placentaire, l'autre opposée correspondant à la nervure dorsale.
- ⇒ **La silique**: fruit sec résultant du développement d'un ovaire bicarpellé uniloculaire à fausse cloison et s'ouvrant par 4 fentes paraplacentaires.
- ⇒ **La capsule**: tous les autres fruits secs déhiscents s'ouvrant par d'autres modalités que celles énumérées ci-dessus. Ainsi la capsule est dite :

Pyxide: Déhiscence transversale.

Porricide: Ouverture par des pores.

Denticide: Ouverture par des dents apicales.

Septicide: Ouverture par séparation complète des loges carpellaires au niveau des cloisons.

Loculicide: Ouverture au niveau de la loge.

Septifrage: Ouverture par rupture au milieu au niveau de la soudure des parois carpellaires.

Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

