

2006 - 2007

Année 1

# COURS DE BOTANIQUE

## L'APPAREIL VÉGÉTATIF DES VÉGÉTAUX SUPÉRIEURS

Morphologie et anatomie de la racine, de la tige, et de la feuille

Jean-Marie Savoie

# 1. L'appareil racinaire

1.1. Rôles et développement de l'appareil racinaire

1.2. Les différentes parties de la racine

1.3. Anatomie de la racine

1.4. Transport radial de l'eau et des éléments minéraux dans la racine

1.5. Associations symbiotiques entre racine et micro-organismes

1.5.1. Symbiose entre bactéries et racines de Fabacées

1.5.2. Les mycorhizes

1.6. Les différents types d'appareil racinaire

1.7. Métamorphoses de la racine : les racines spécialisées

1.7.1. La mise en réserve : racines tubérisées

1.7.2. Autres transformations

## 2. La tige

### 2.1. Les différentes parties de la tige

### 2.2. Croissance et ramification de la tige

2.2.1. La croissance en longueur

2.2.2. Les bourgeons

2.2.3. La ramification de la tige

2.2.2. Le port des plantes

### 2.3. Anatomie de la tige

### 2.4. Tiges particulières

2.4.1. Adaptation aux fonctions de réserve ou de multiplication

2.4.2. Autres adaptations

### **3. La feuille**

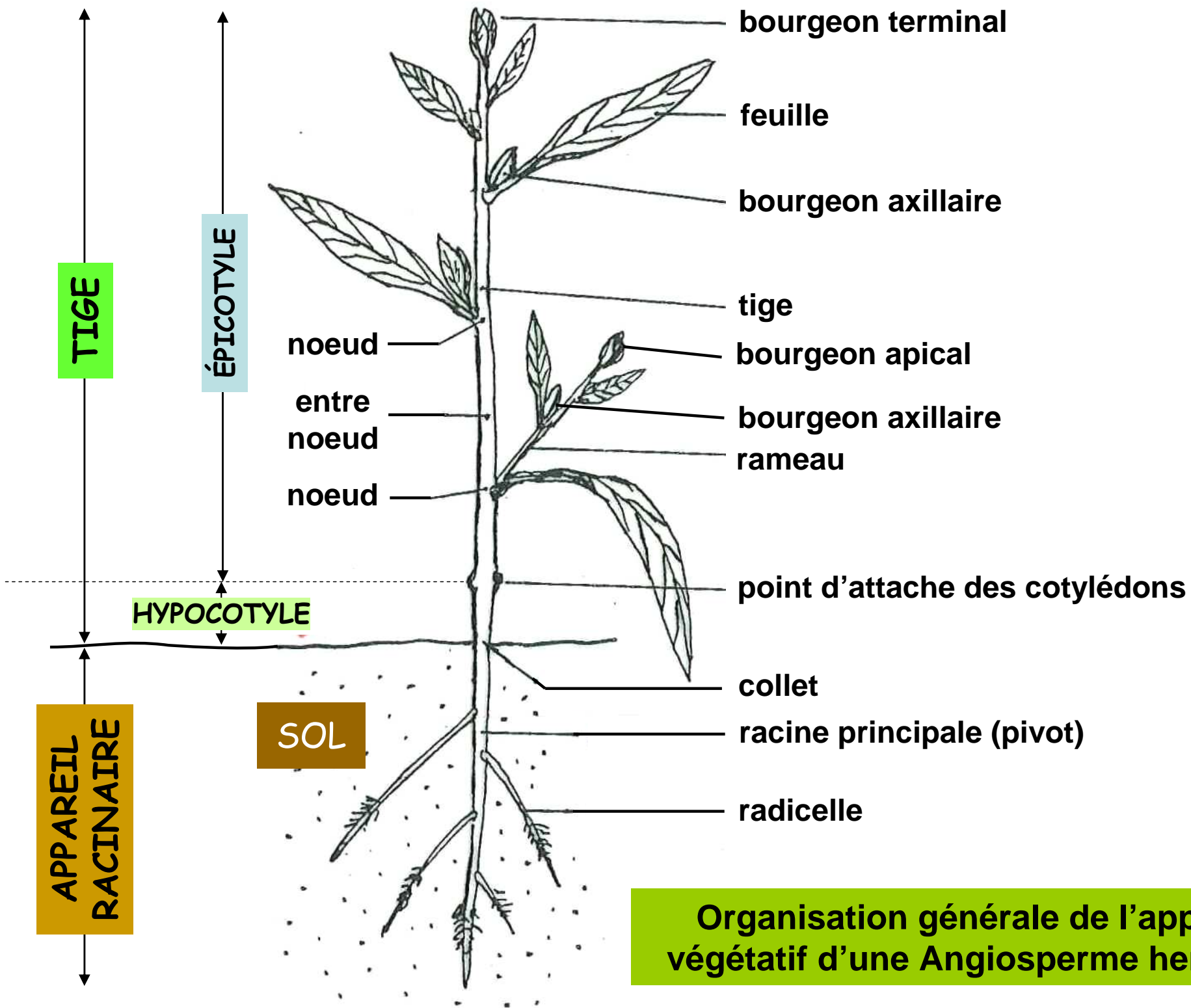
**3.1. Les différentes parties de la feuille**

**3.2. Anatomie de la feuille**

**3.3. La disposition des feuilles sur la tige**

**3.4. Transformation des feuilles**

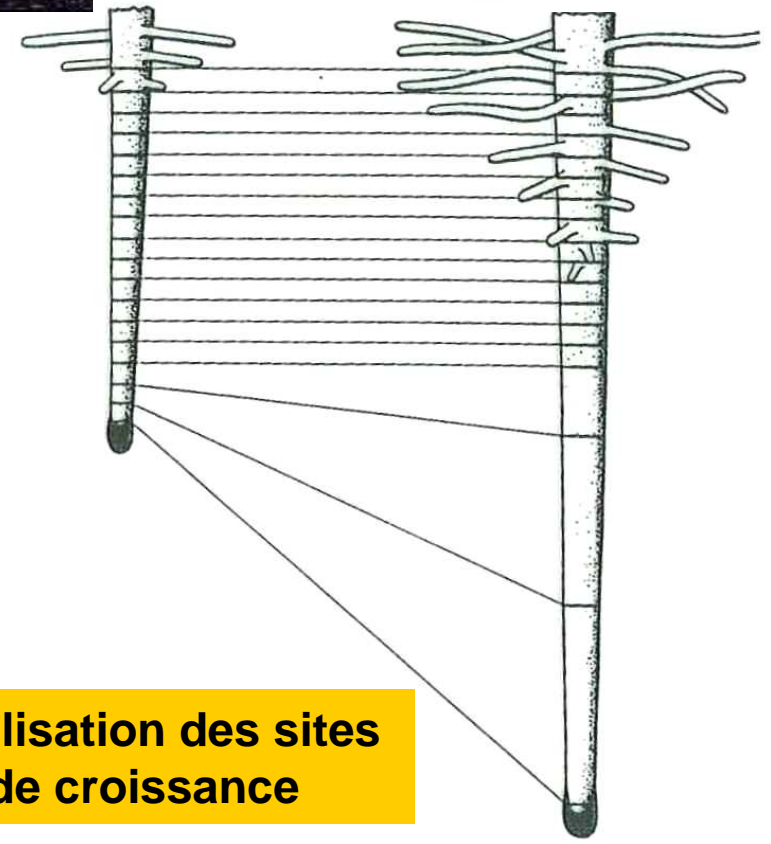
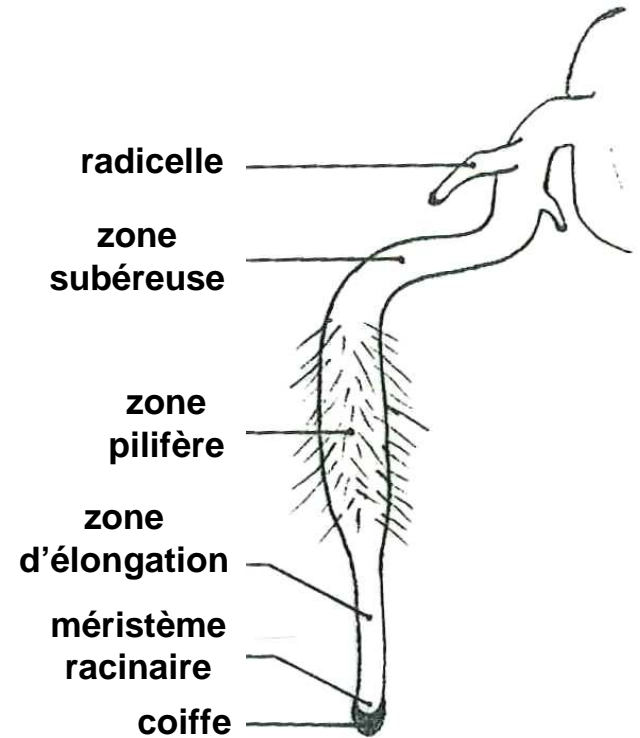
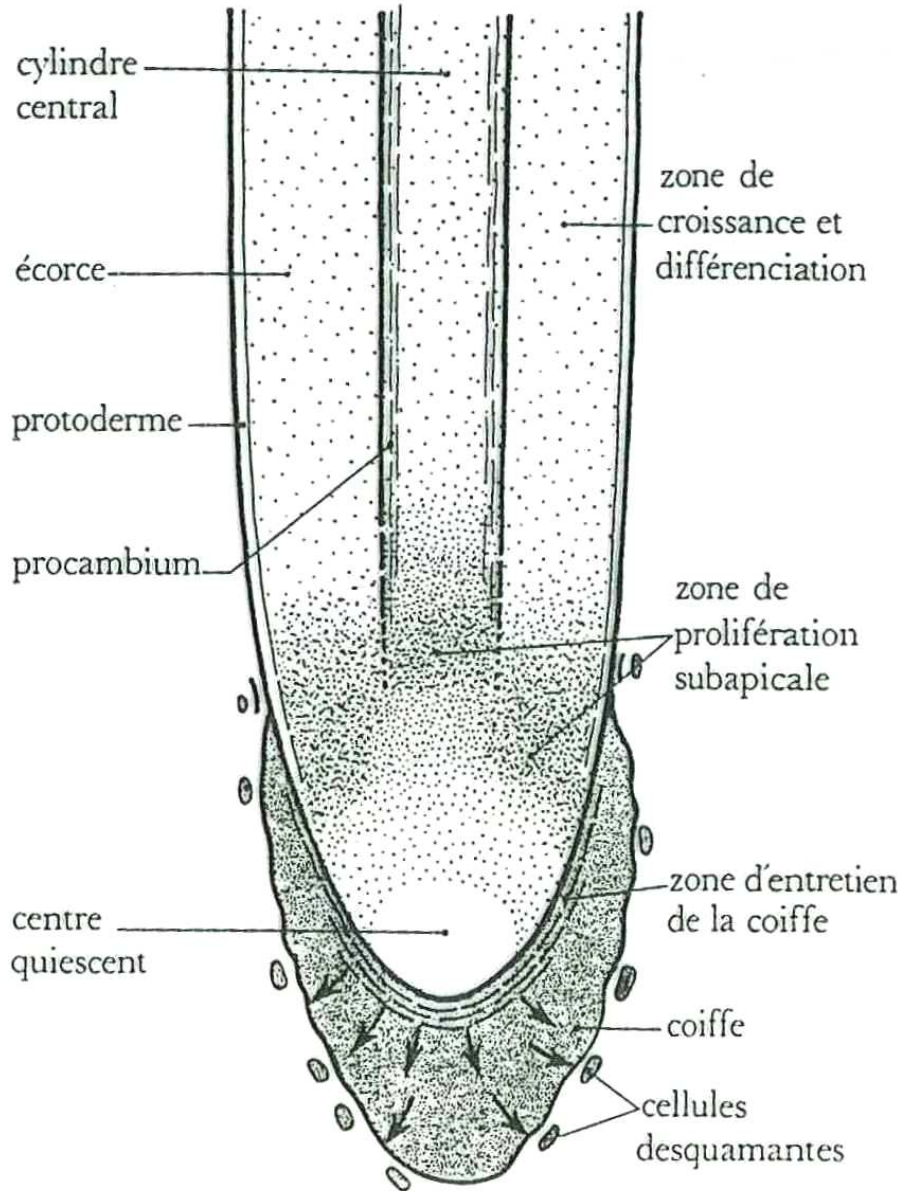
**3.5. La chute des feuilles**



**Organisation générale de l'appareil végétatif d'une Angiosperme herbacée**

# LA RACINE

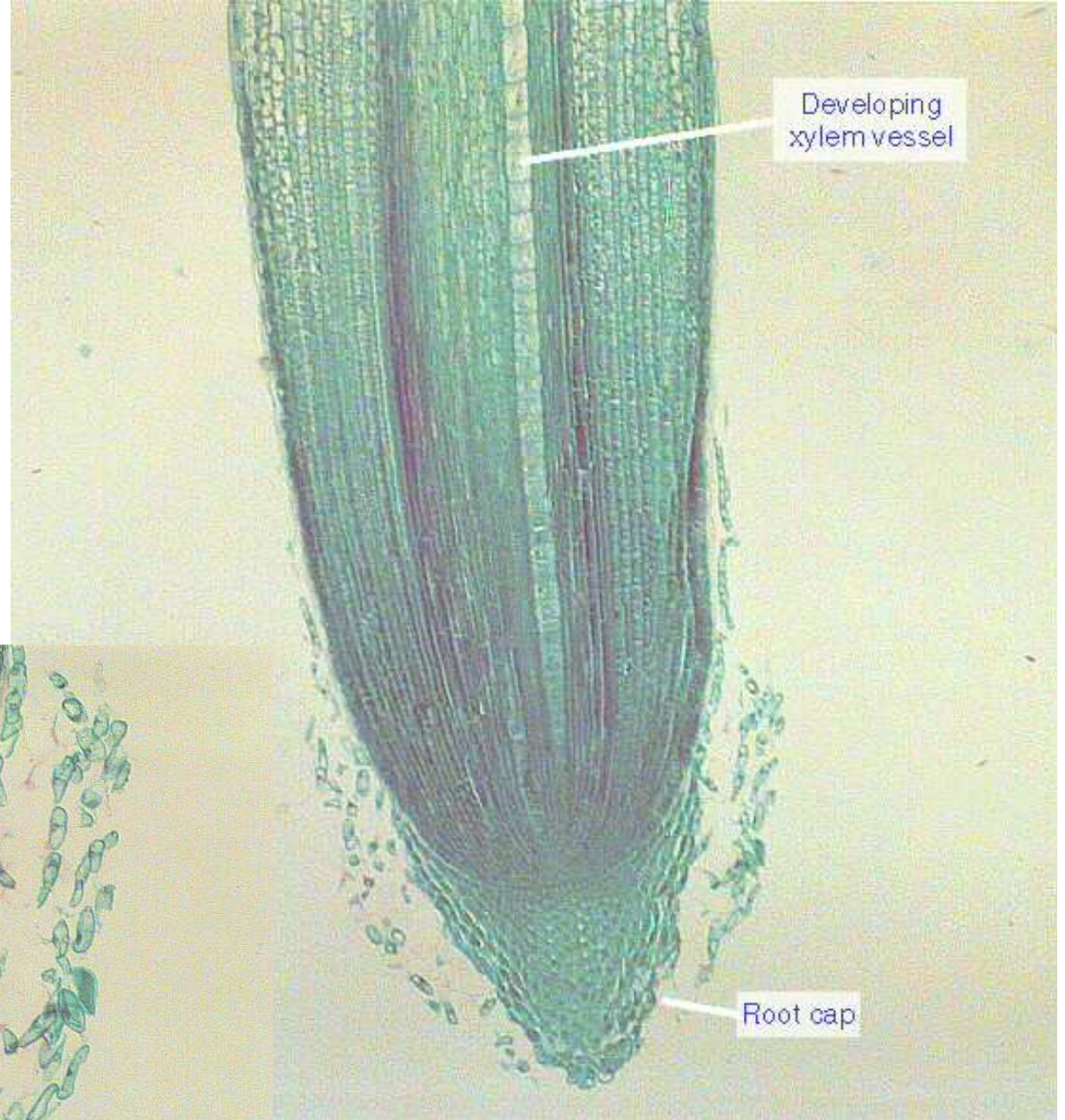
## Les différentes parties de la racine



Détail de la zone apicale de la racine

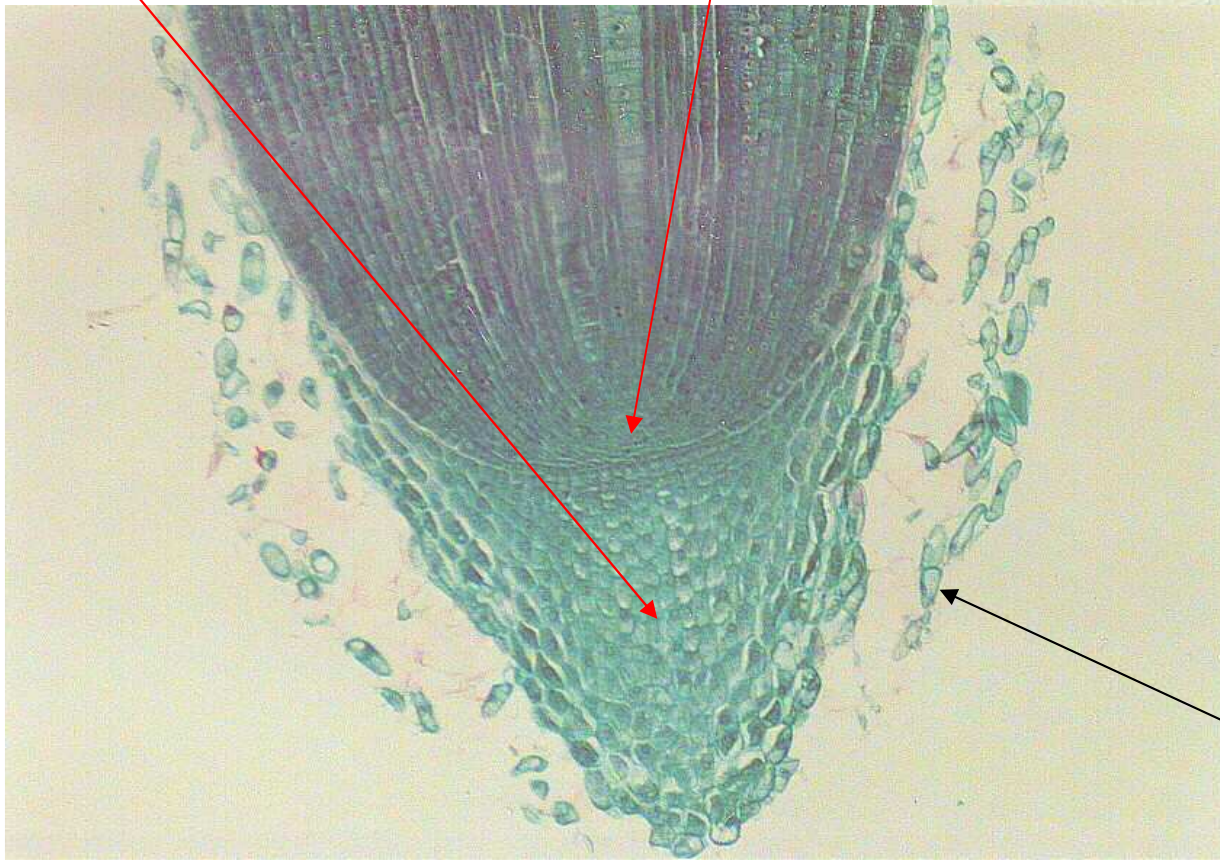
Localisation des sites de croissance

# LA RACINE



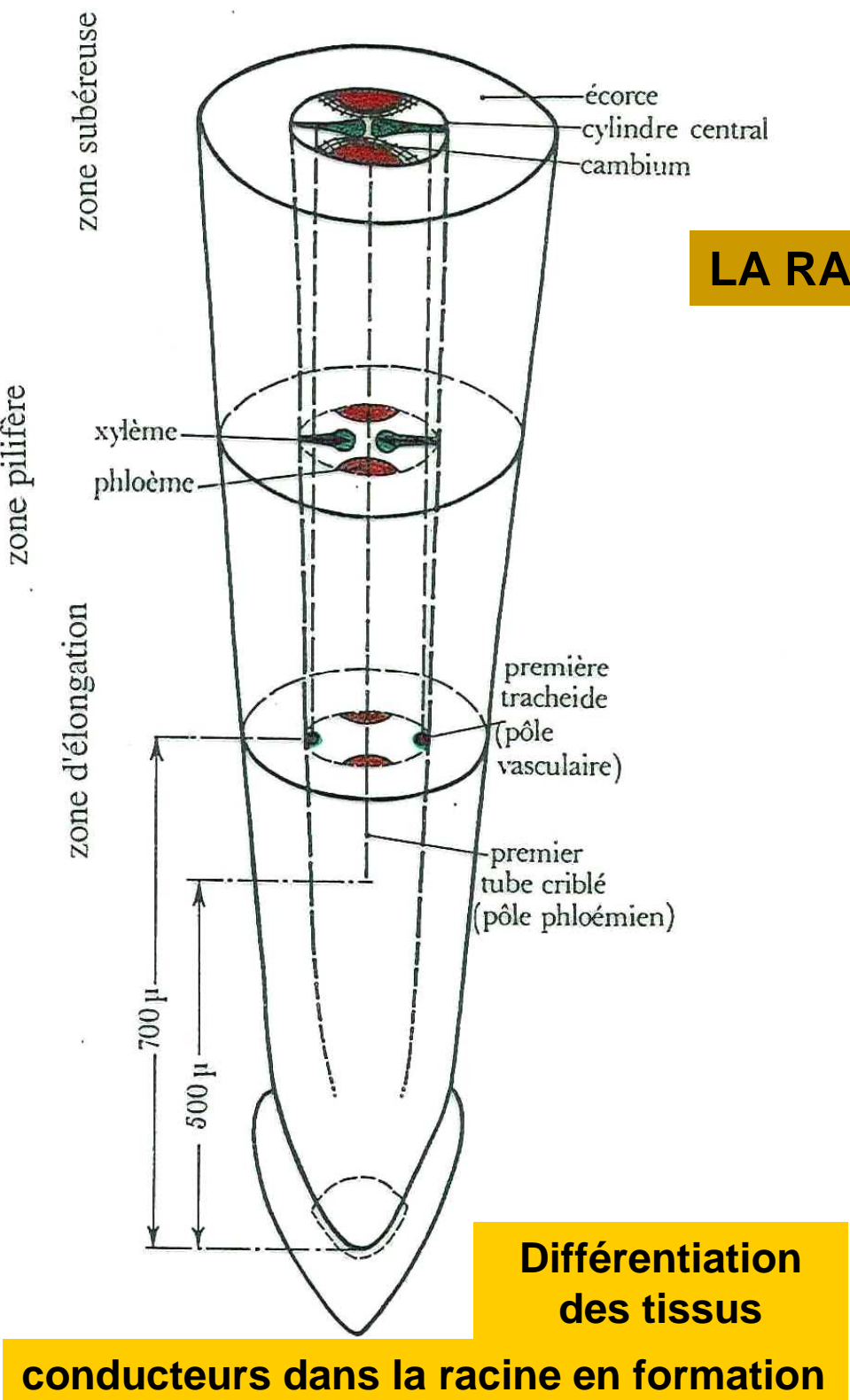
coiffe

méristème racinaire



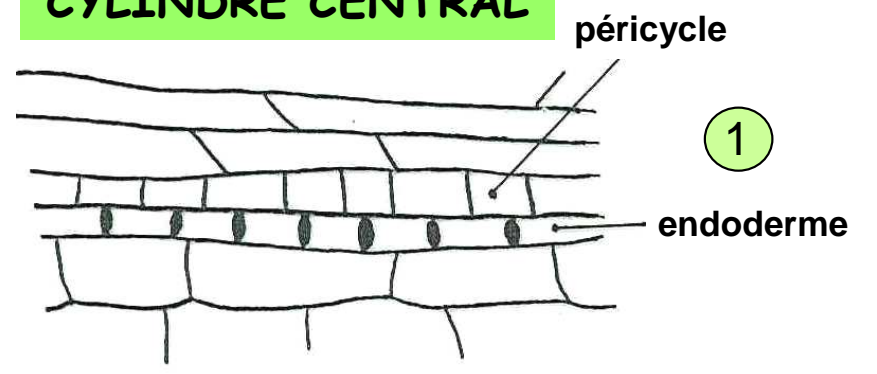
Détail de la zone apicale de la racine

cellules desquamantes

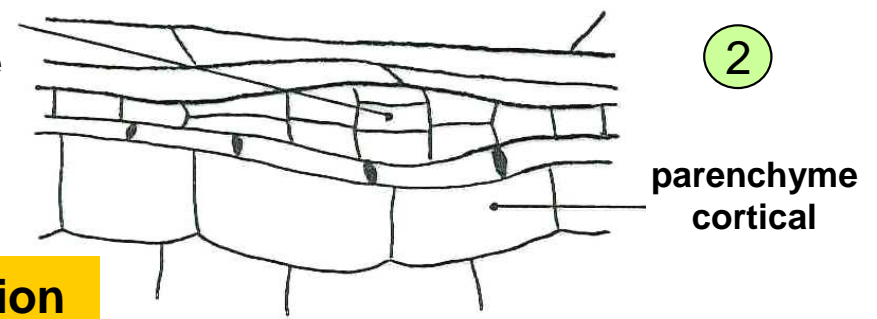


**LA RACINE**

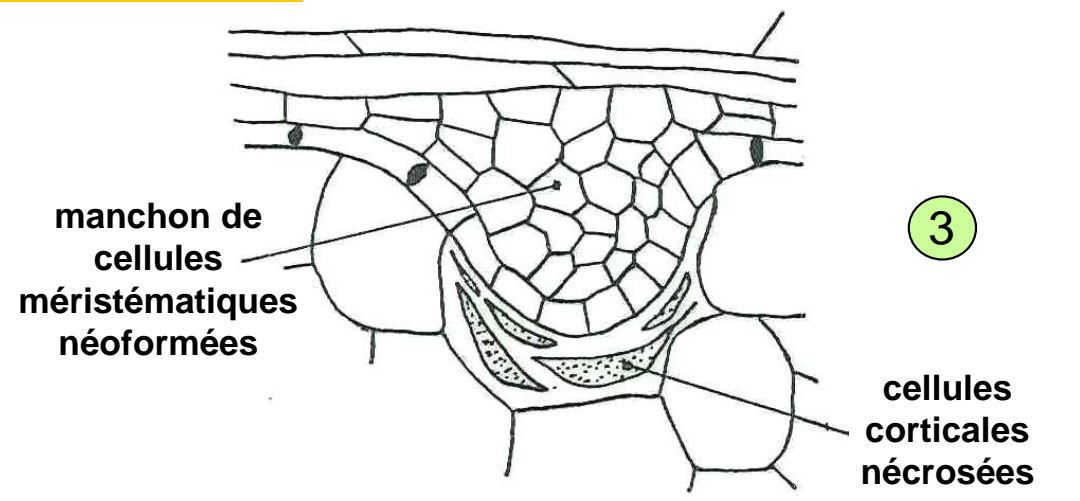
**CYLINDRE CENTRAL**



différenciation et multiplication des cellules Du péricycle



**Ramification de la racine**



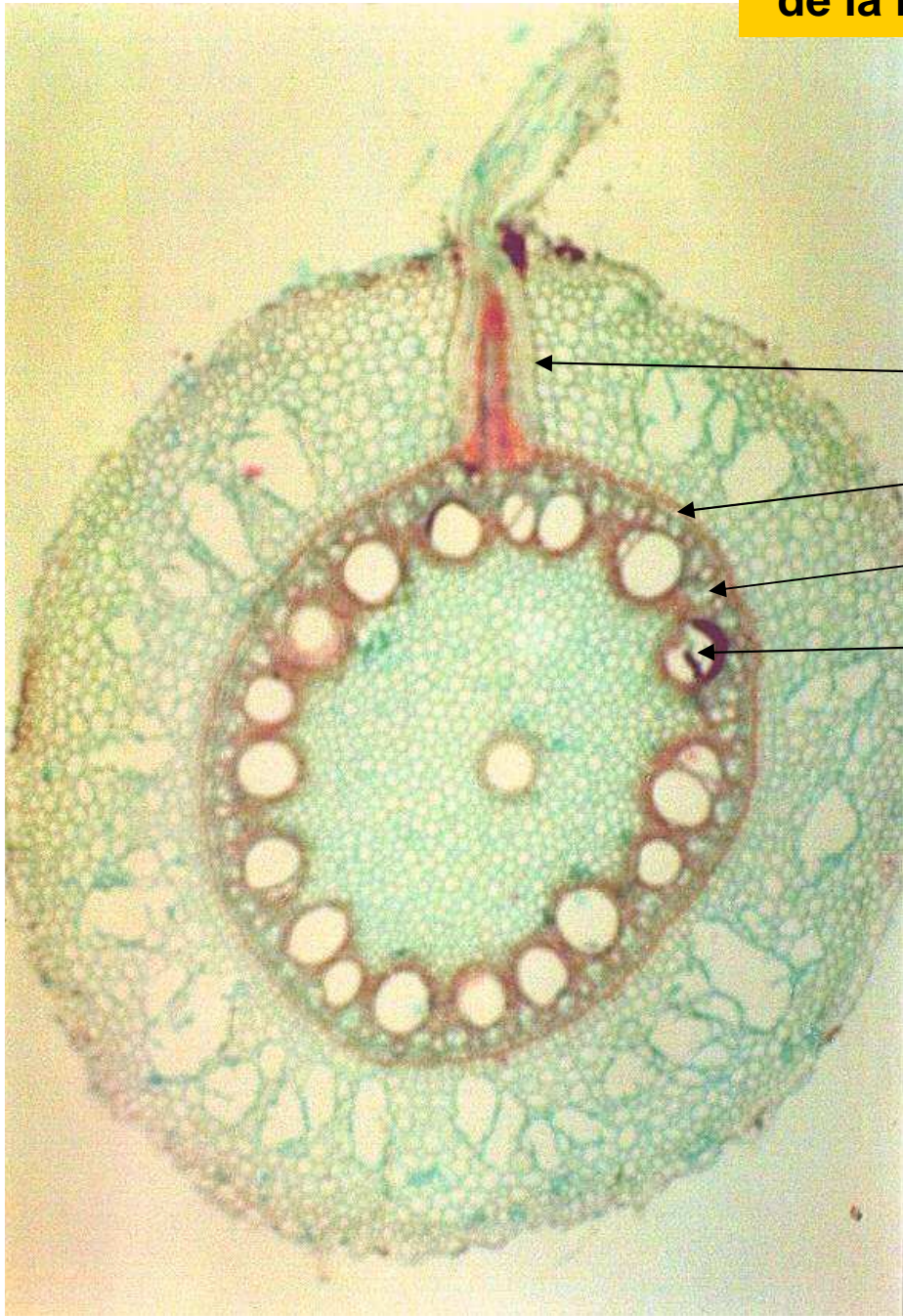
**ECORCE**



CT de racine de maïs au niveau d'une ramification

## LA RACINE

### Ramification de la racine



ramification

péricycle

phloème

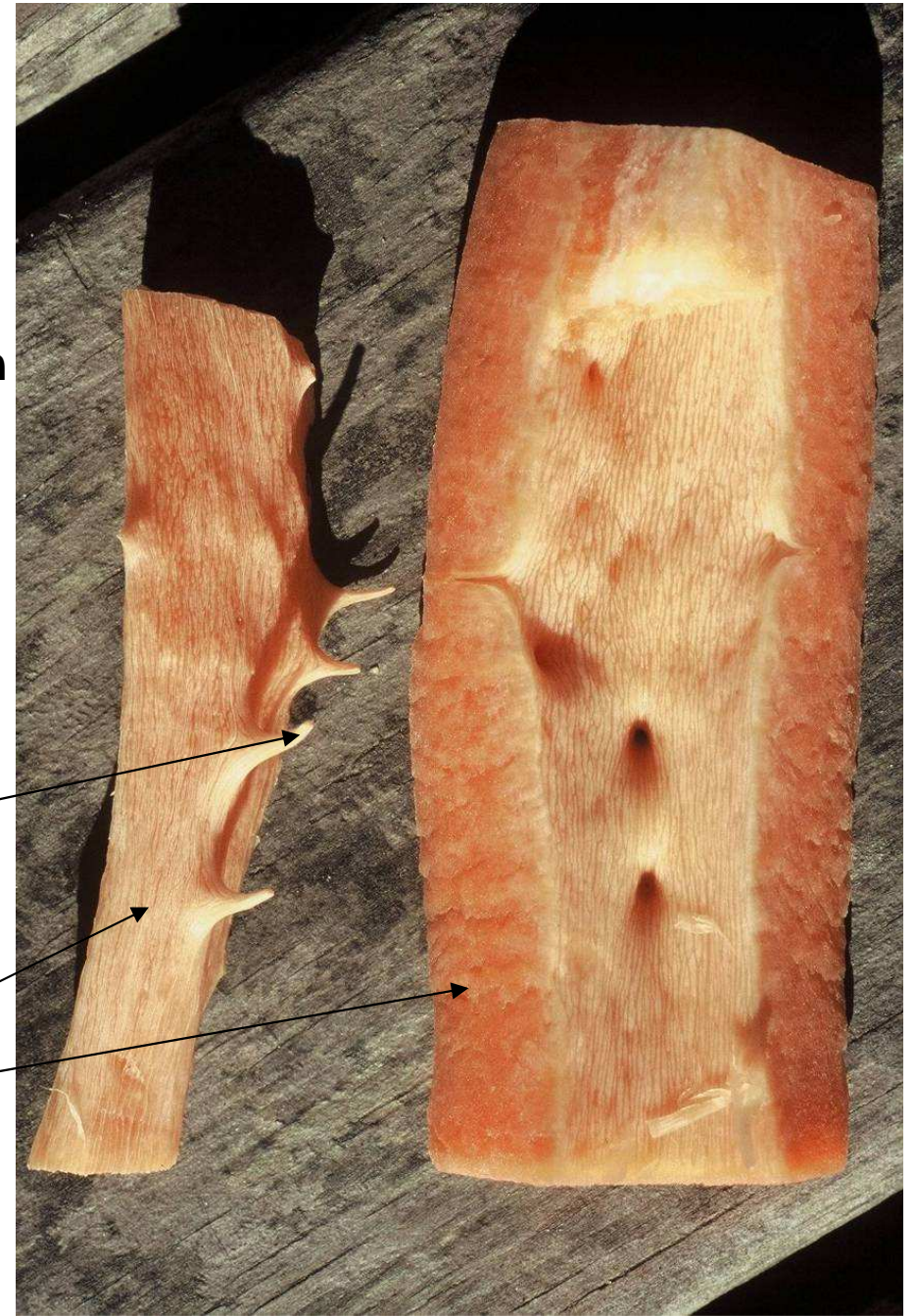
xylème

ramification  
du faisceau  
vasculaire

bois

liber

Ramification des faisceaux de xylème II<sup>aire</sup> chez une racine âgée de carotte



bois

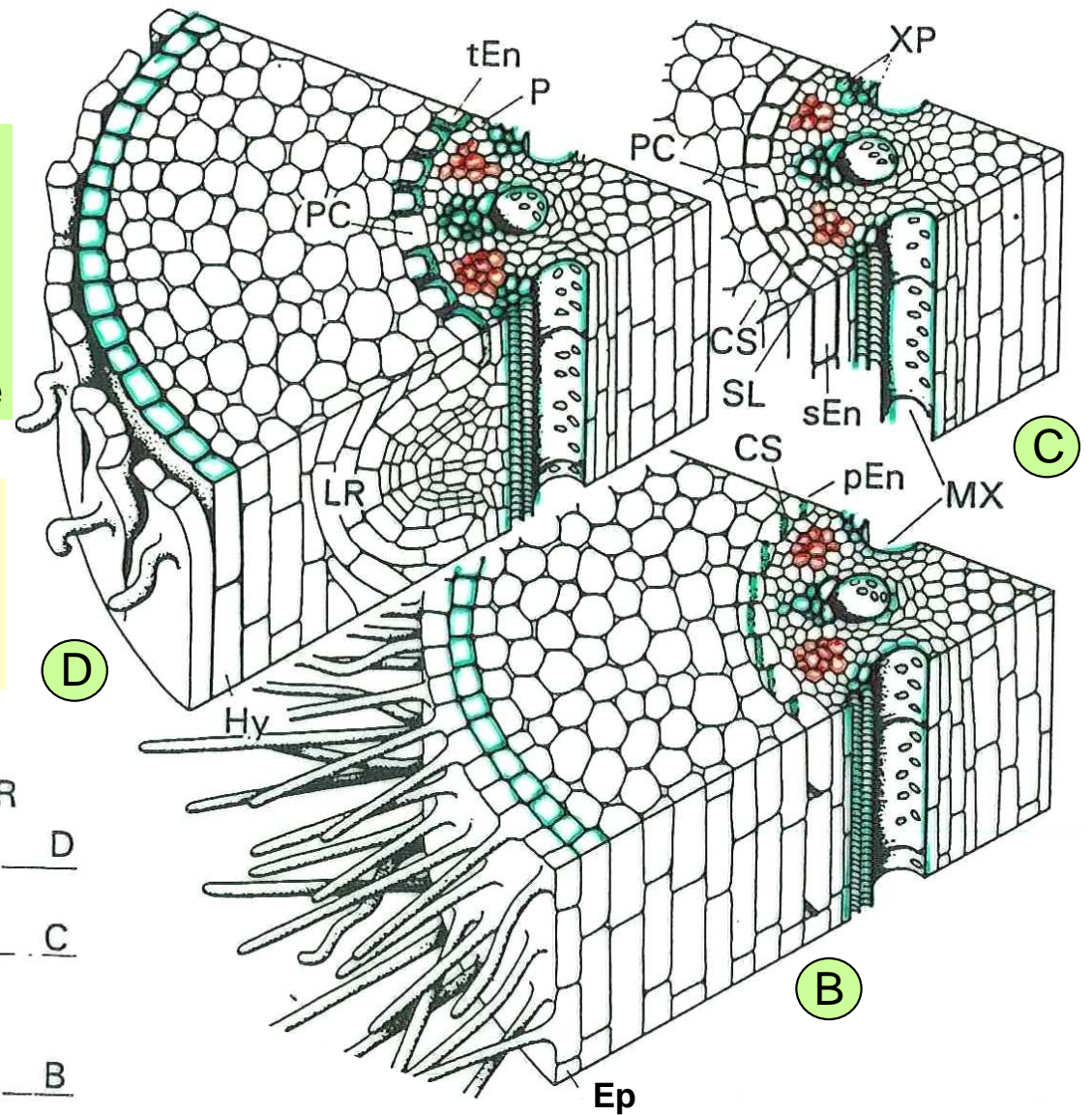
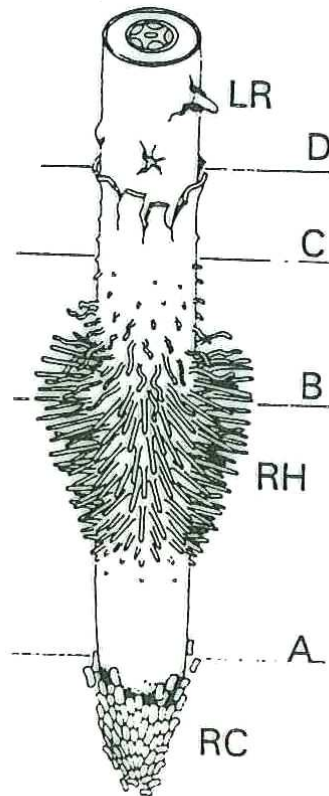
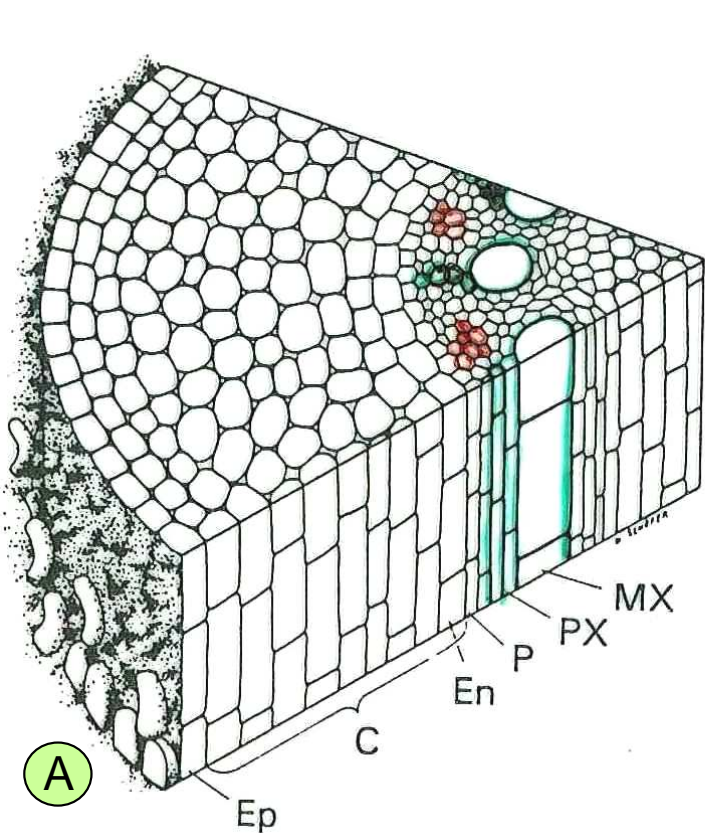
liber

# LA RACINE

## Localisation des coupes transversales

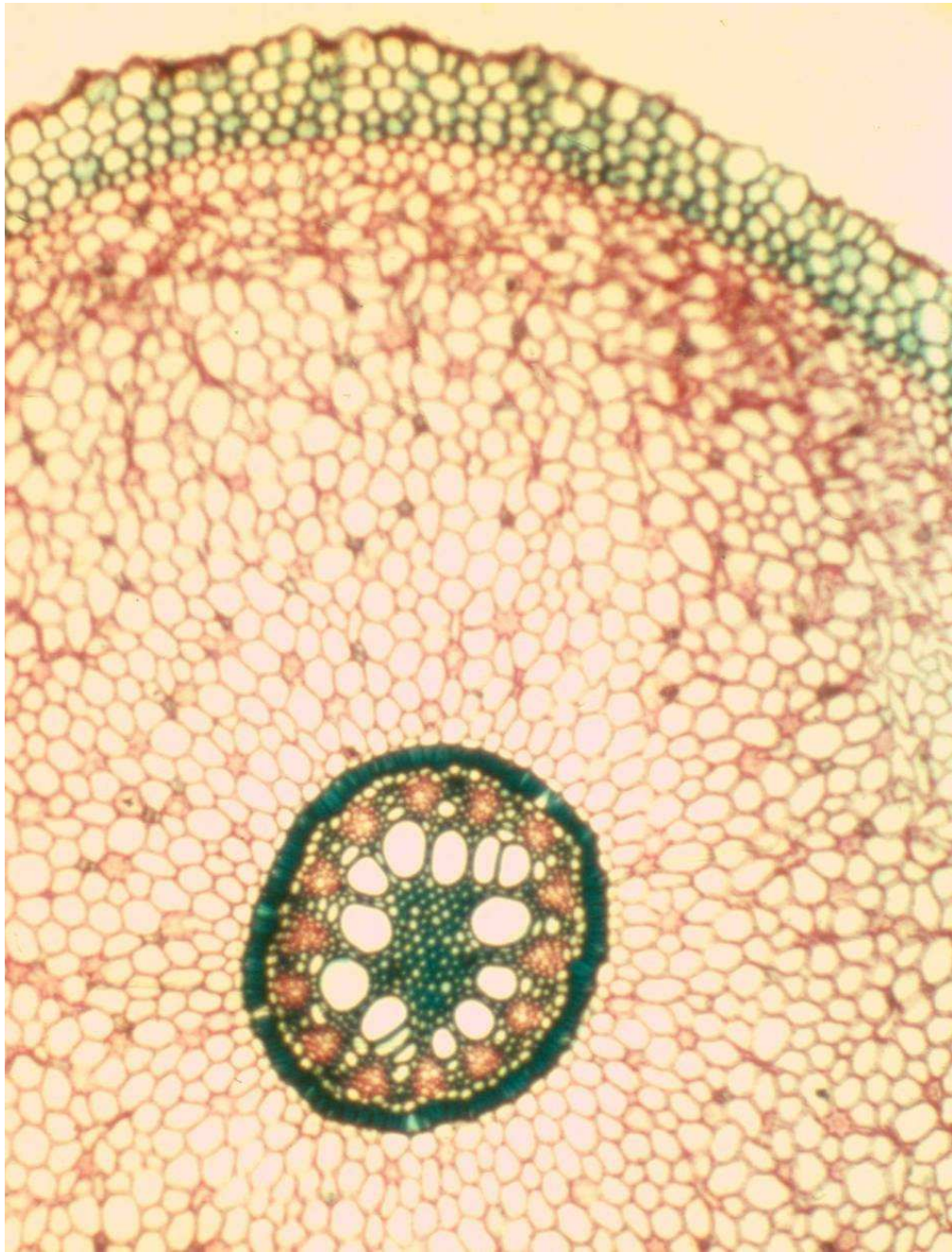
- A** : zone de croissance et de différenciation
- B** : zone pilifère avec endoderme primaire
- C** : zone de l'endoderme secondaire
- D** : zone subéreuse et de l'endoderme tertiaire

**C** écorce, **CS** barrière de Caspary, **En** endoderme (**pEn** primaire, **sEn** secondaire, **tEn** tertiaire), **Ep** rhizoderme, **Hy** hypoderme (subéroïde), **LR** ébauche de racine latérale

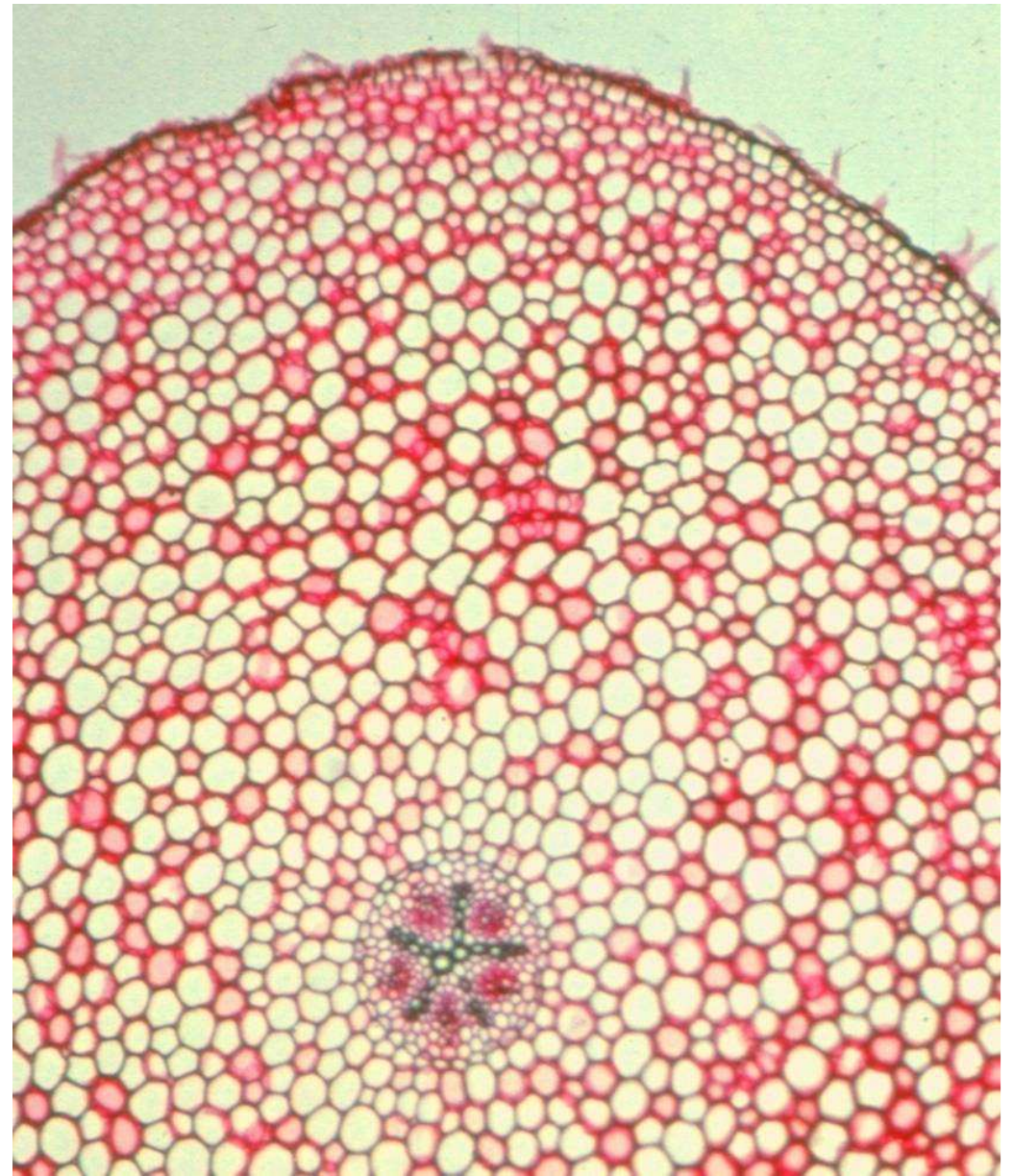


**Mx** métaxylème, **P** péricycle, **PC** cellule de passage, **PX** protoxylème, **RC** coiffe, **RH** poils absorbants, **SL** paroi subérifiée, **XP** parenchyme du xylème

**Schéma de l'extrémité d'une racine et coupes transversales à 4 niveaux (A à D)**

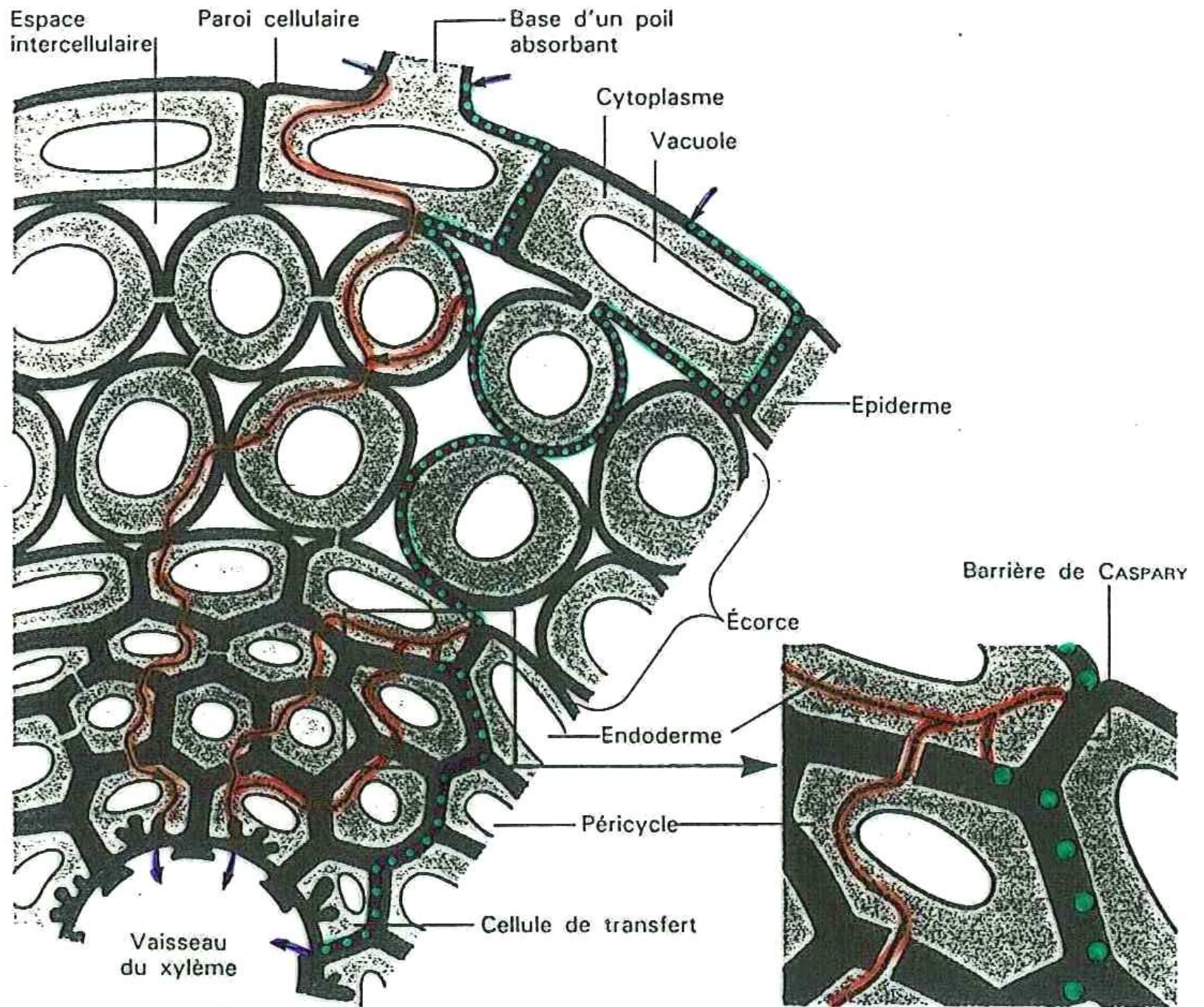


**CT racine d'iris  
(Monocotylédones)**



**CT racine de renoncule  
(Dicotylédones)**

# LA RACINE

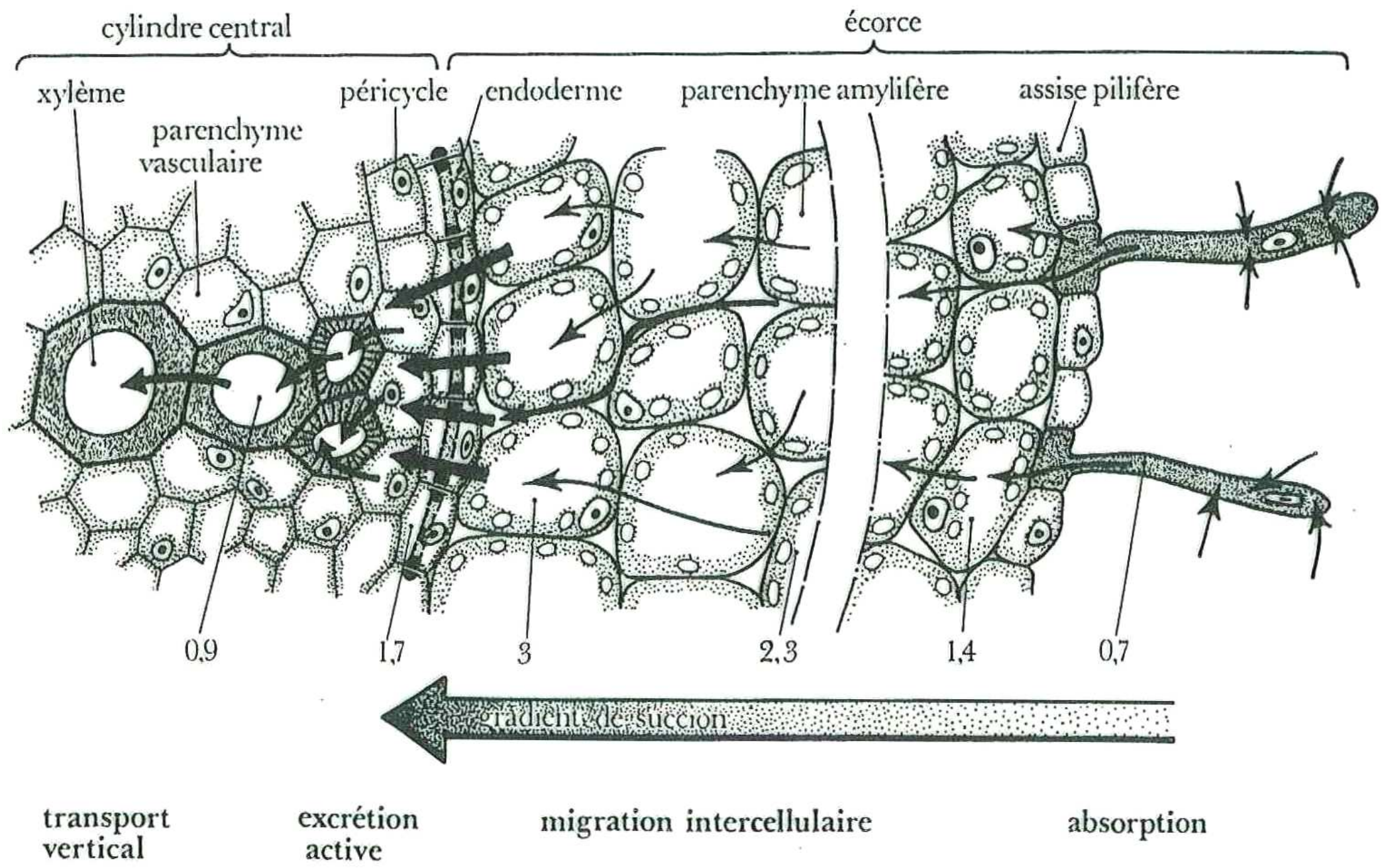


Transport de l'eau et des éléments minéraux dans la racine entre le poil absorbant et le xylème

pointillés ..... : transport dans les parois

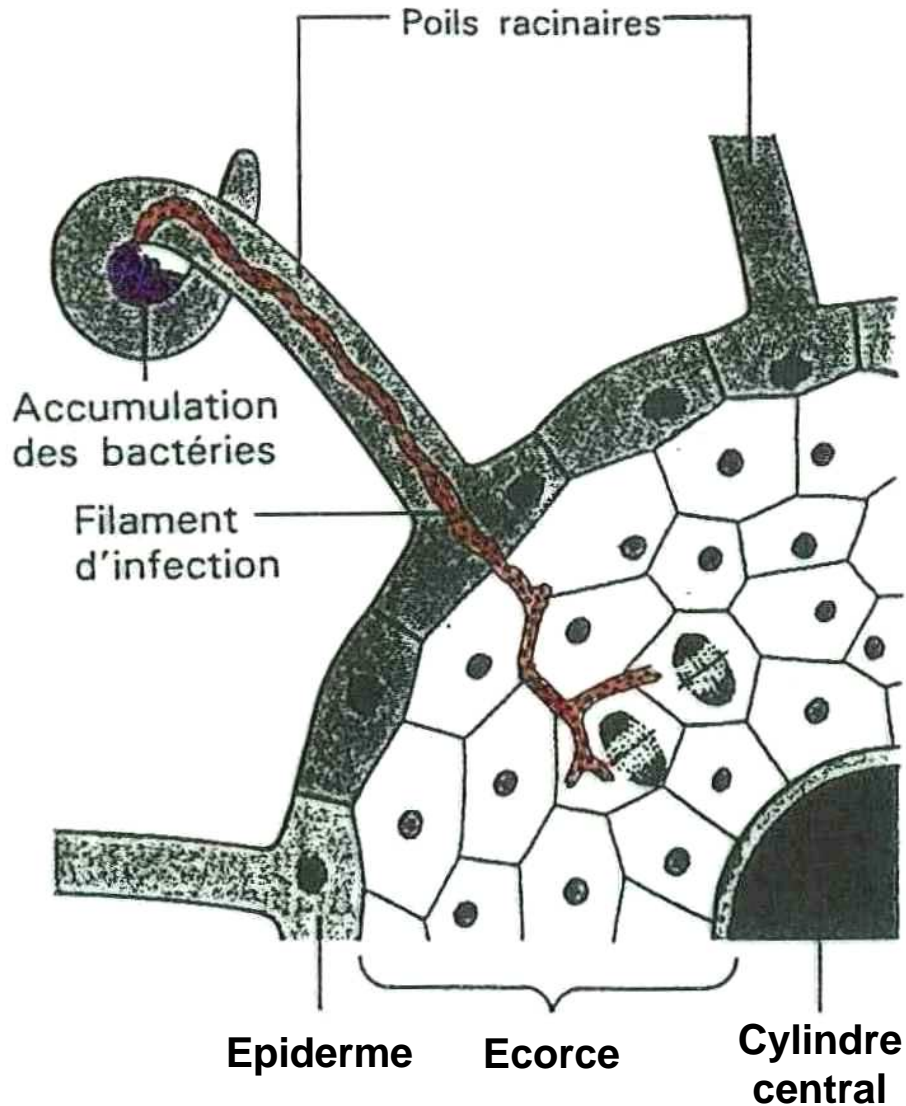
trait ——— : transport dans le cytoplasme

# LA RACINE

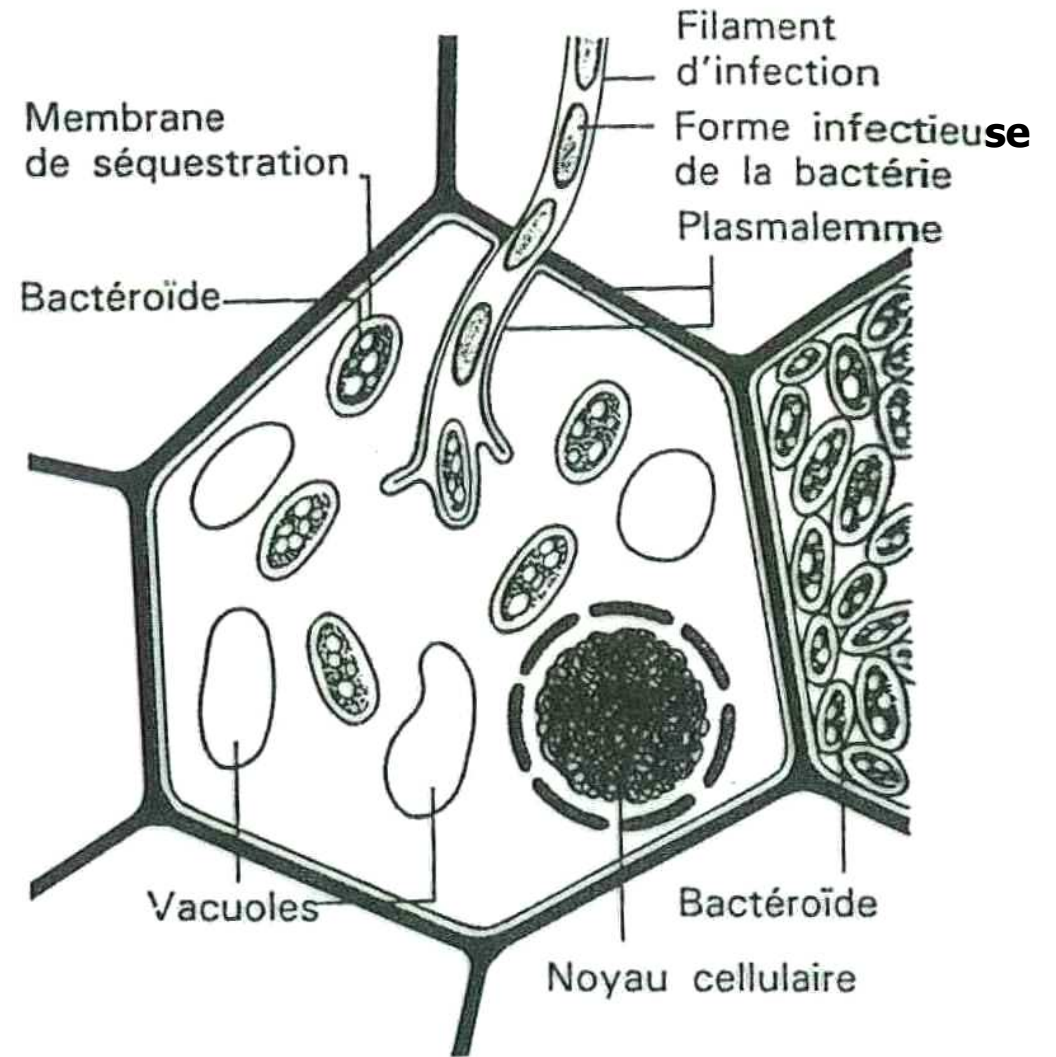


**Transport radial de l'eau et des éléments minéraux entre les poils absorbants et le xylème**  
(les valeurs du gradient de succion sont indiquées en atmosphère ; pour convertir en Pa  $\times 10^5$ )

# LA RACINE



**Processus infectieux au cours de la formation des nodules**



**Pénétration d'un filament d'infection dans une cellule de nodule et multiplication des bactéroïdes**

**Symbiose entre bactéries du genre Rhizobium et racines de Fabacées**

# Symbiose racine de Fabacées - Rhizobium

**nodosités**

**racine**



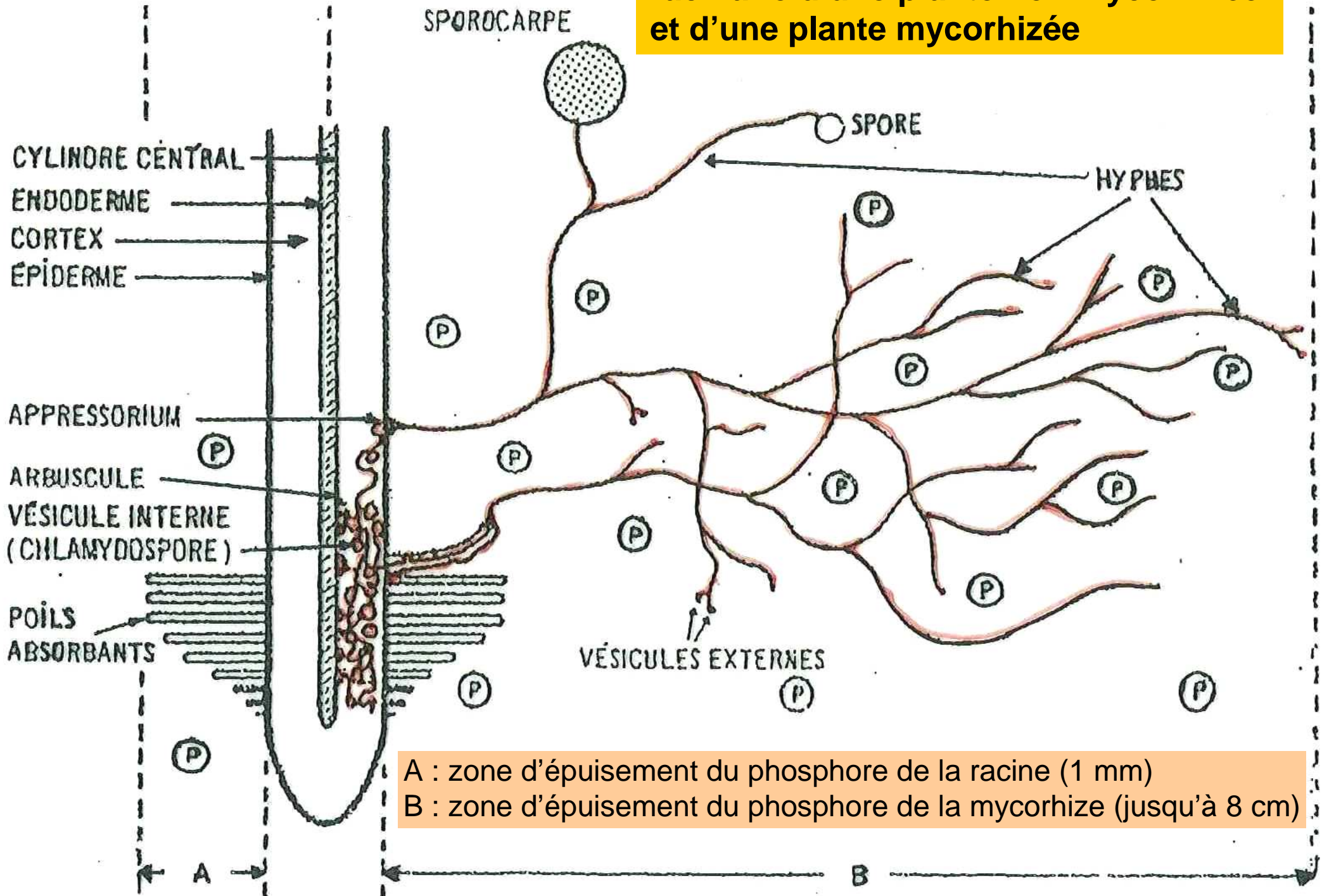
**Détail d'une nodosité**

**CT de nodosités montrant la zone centrale riche en leg-hémoglobine**



# LA RACINE

## Comparaison de la zone d'exploration racinaire d'une plante non mycorhizée et d'une plante mycorhizée





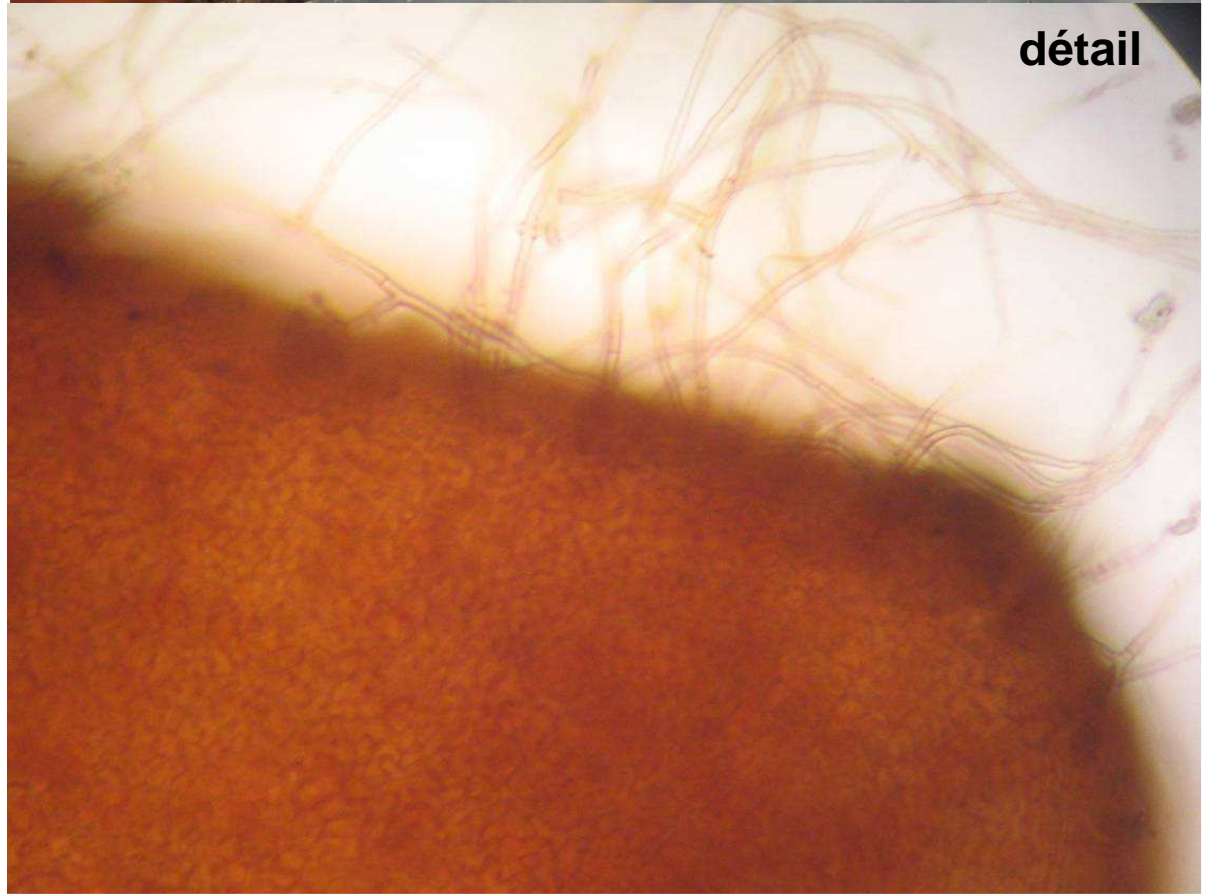
## Mycorhization du chêne pubescent par la truffe



Zone de « brûlé » en surface  
de la rhizosphère de l'arbre



racine mycorhizée  
montrant le  
manteau mycélien



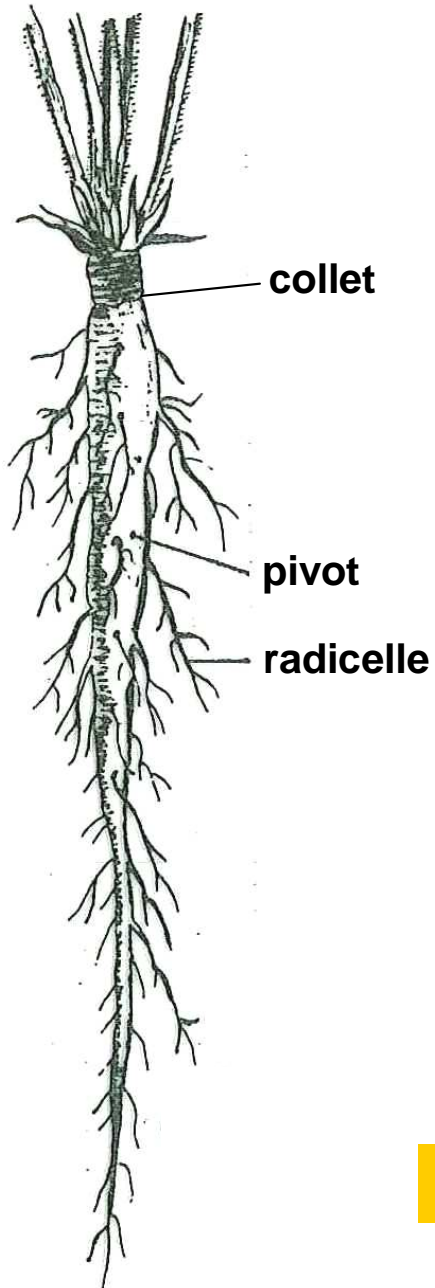
détail

## LA RACINE

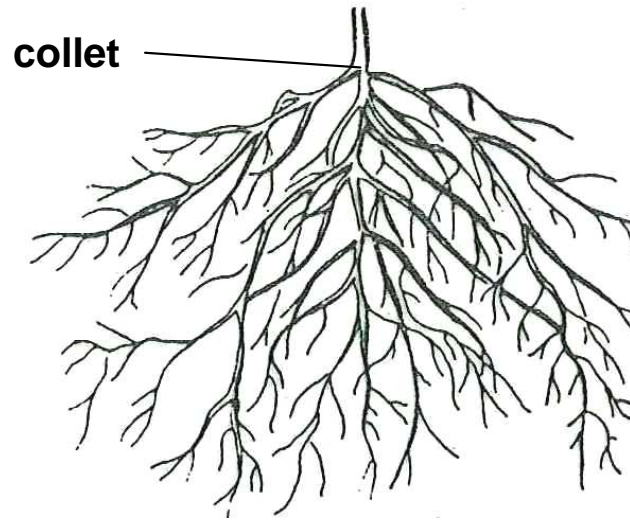
Éléments	N	P	K
Plant mycorrhizé/plant témoin	+ 85%	+ 230%	+ 75%

**Influence de la mycorhization sur l'absorption du N, du P et du K chez le Pin maritime (source : INRA)**

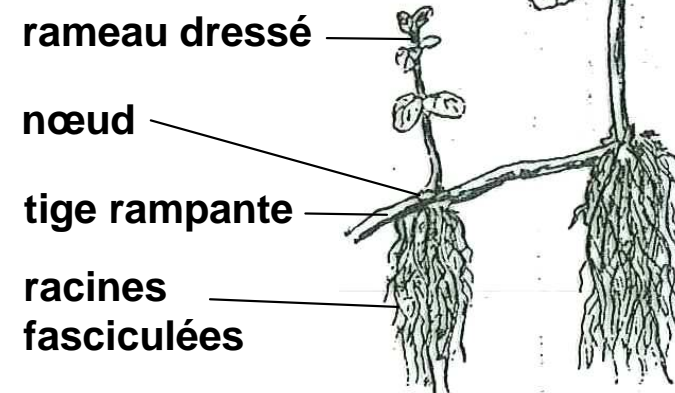
# LA RACINE



**Système pivotant**  
(carotte)



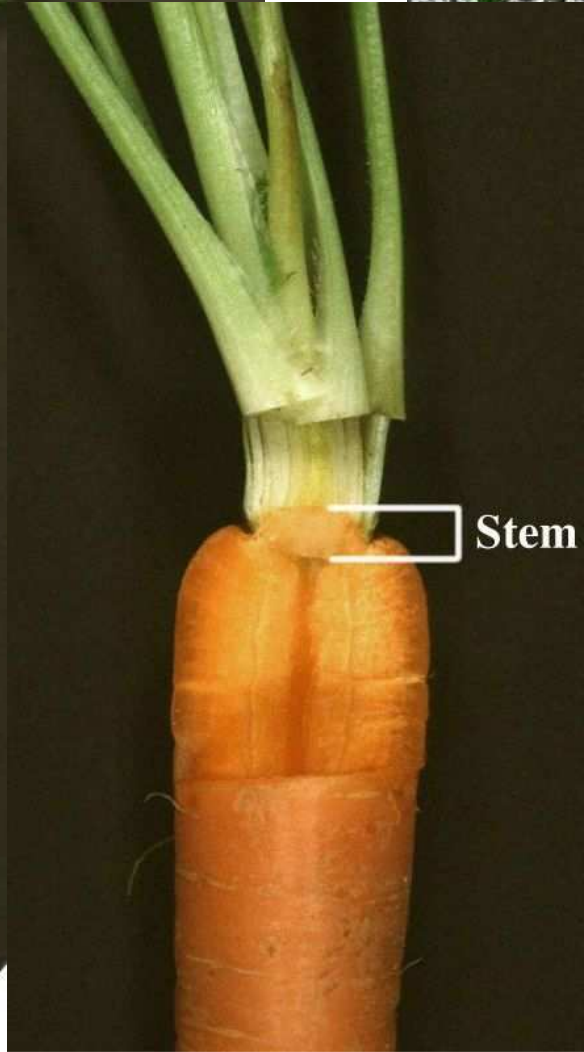
**Système fasciculé**



**Système adventif**  
**et fasciculé**  
(véronique)

**Les différents types d'appareils racinaires**

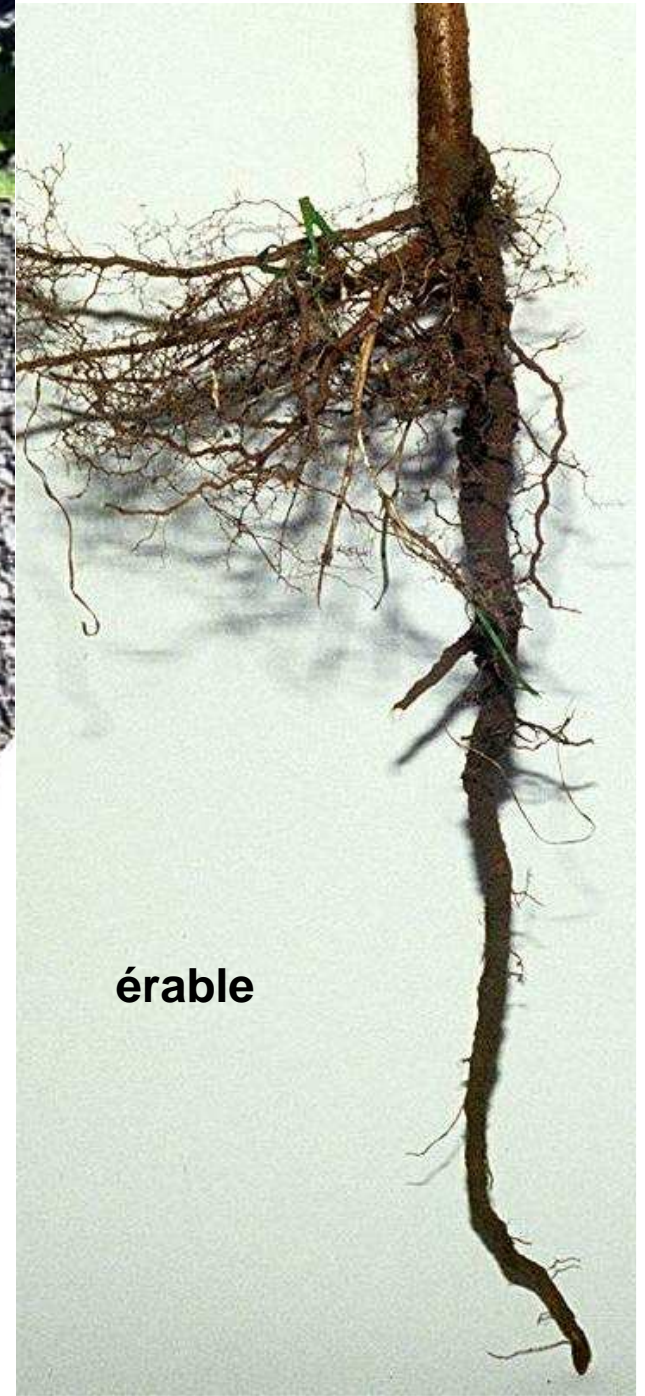
carotte



Racines pivotantes



pissenlit



érable

**Racines fasciculées**

**céleri rave**



**dahlia**



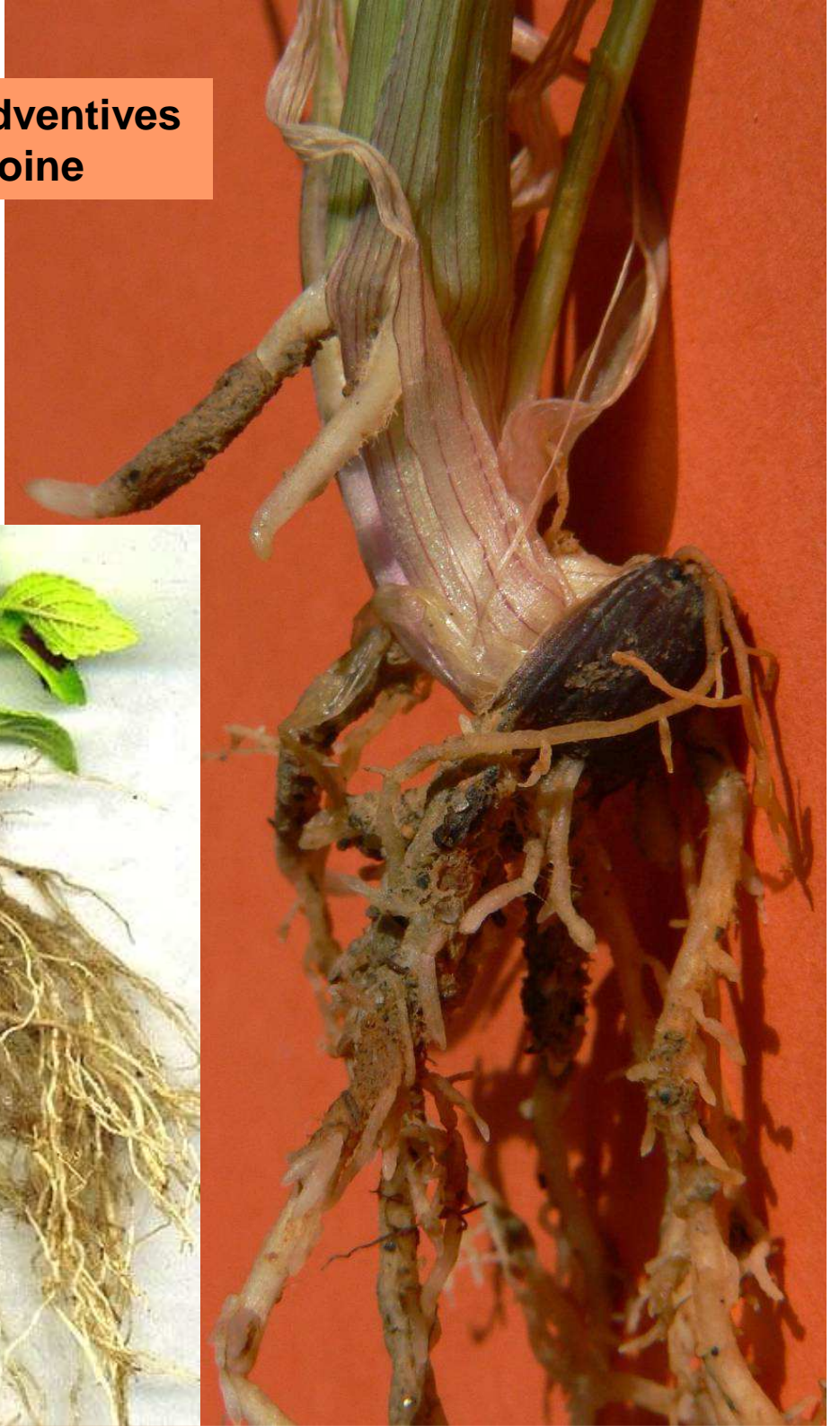
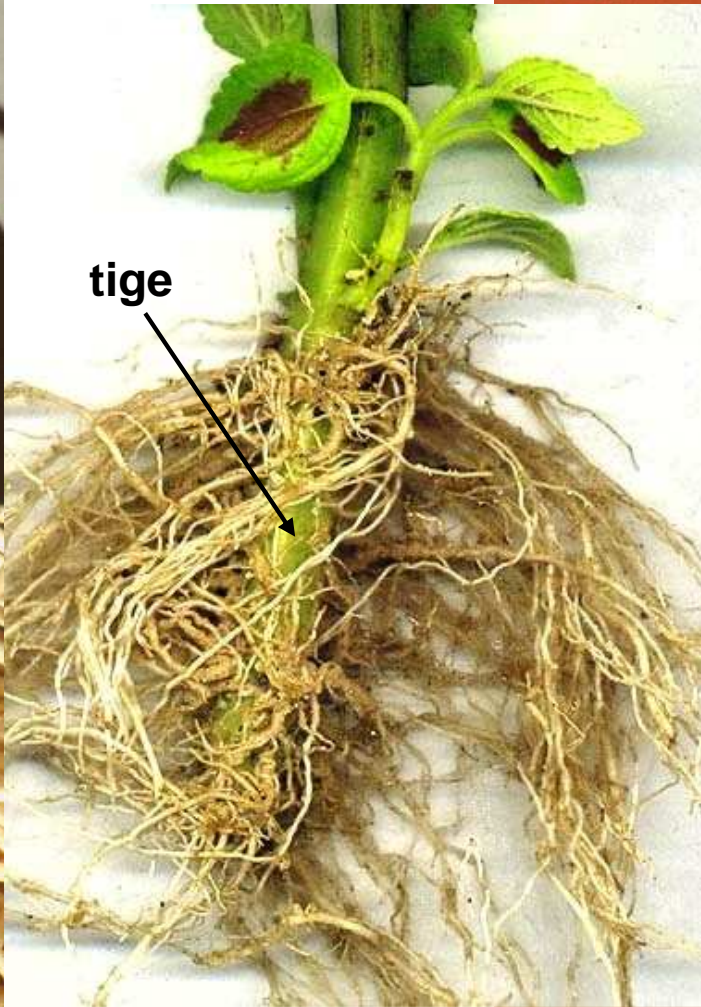
**Racines fasciculées adventives**

**racines adventives  
d'avoine**

**poireau**



**racines adventives  
sur bouture**

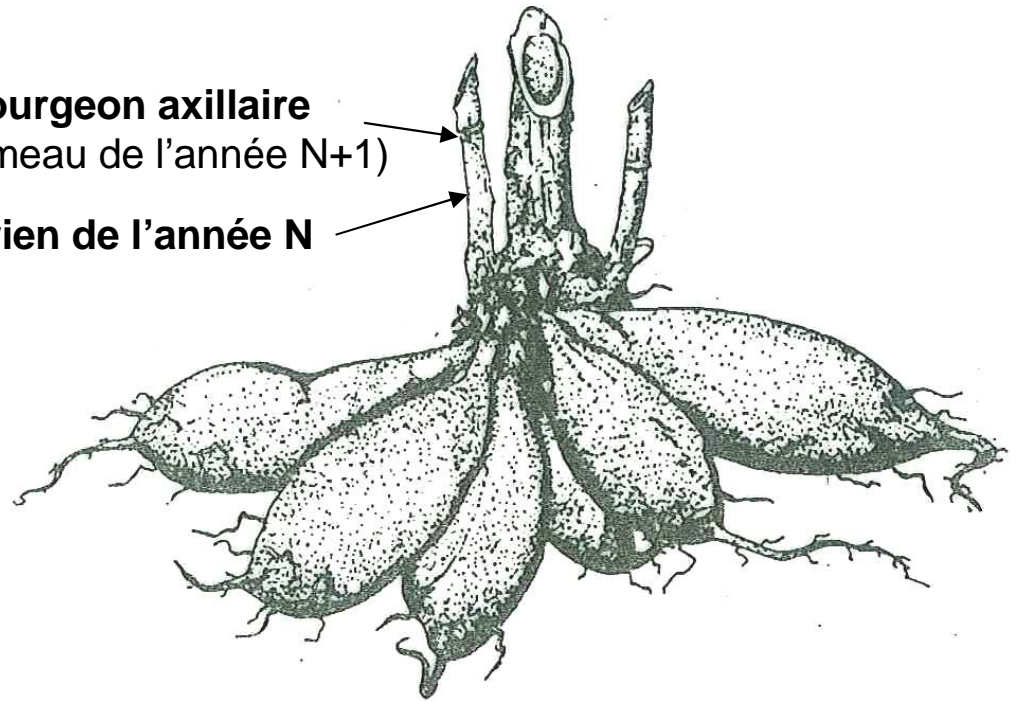


## LA RACINE



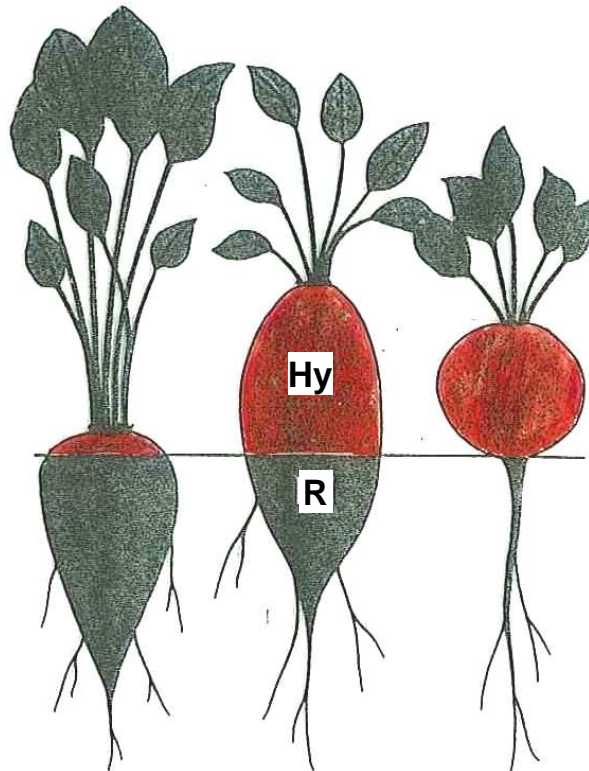
nœud avec bourgeon axillaire  
(donnera le rameau de l'année N+1)

rameau aérien de l'année N



Appareils racinaires tubérisés

Racine pivotante  
tubérisée de navet  
(Brassicacées)  
plante bisannuelle



Hy : hypocotyle  
R : racine

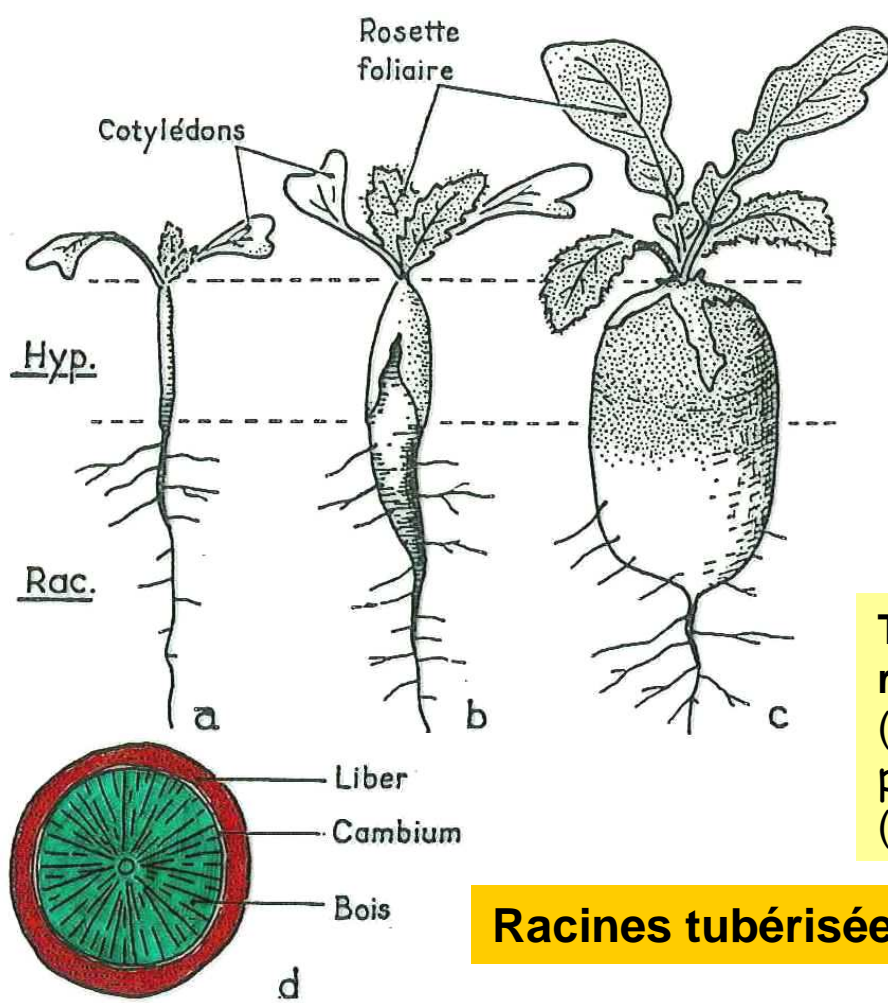
Racines fasciculées tubérisées  
dahlia – plante vivace

Racines pivotantes  
tubérisées de betterave

A : betterave à sucre

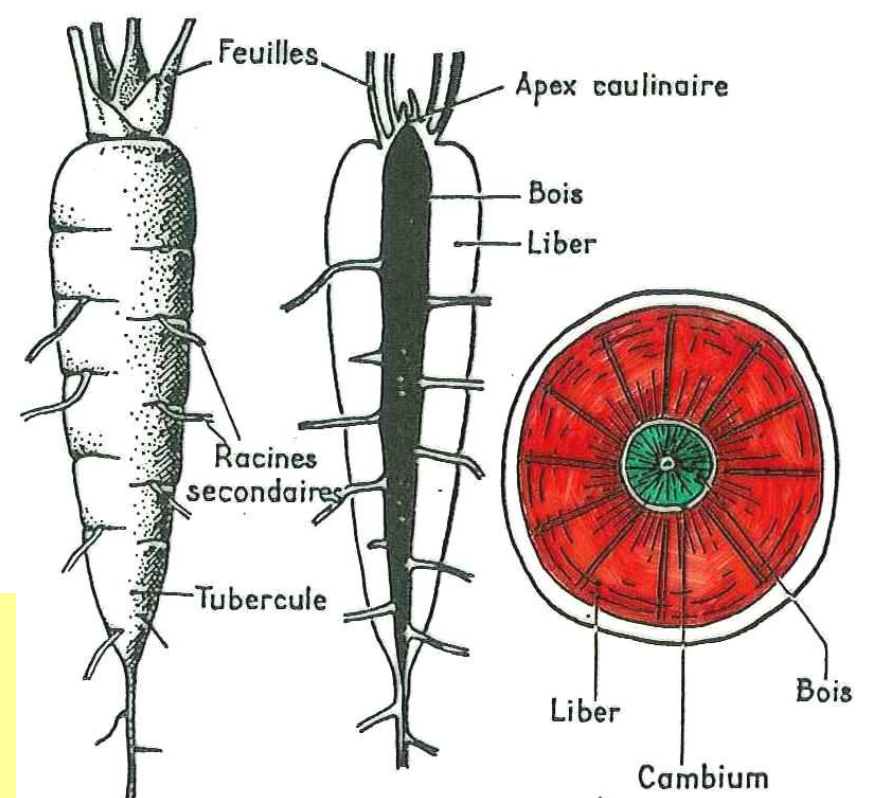
B : betterave fourragère

C : betterave rouge  
plantes bisannuelles



## LA RACINE

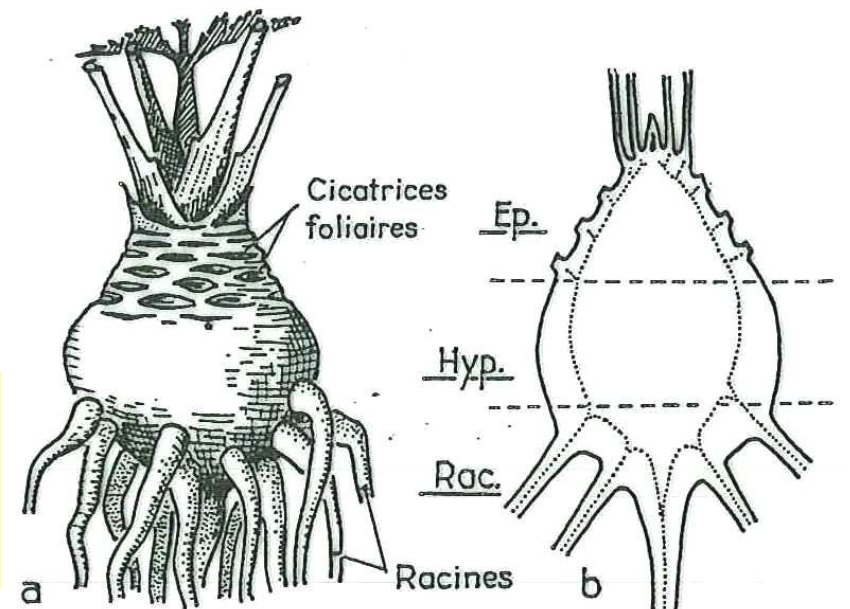
**Tubérisation de la racine de carotte (Apiacées) plante bisannuelle**  
(morphologie externe, coupe longitudinale et coupe transversale)



## Racines tubérisées de plantes alimentaires

**Tubérisation de la racine et de l'hypocotyle du radis (Brassicacées) - plante bisannuelle**  
a, b, c : étapes de la tubérisation  
c : coupe transversale de la racine

**Tubérisation chez le céleri rave (Apiacées) - plante bisannuelle**  
(morphologie externe et coupe longitudinale)  
**Ep**, épicotyle ; **Hyp**, hypocotyle ; **Rac**, racine





# LA RACINE

Espèces	dahlia	salsifis	patate douce	carotte	betterave sucrière	radis navet	betterave fourragère	betterave rouge	céleri rave
organe tubérisé	R	R	R	R + h	R + h	R + H	r + H	(r) + H	r + H + é
localisation des réserves	bois	liber		liber	parenchyme	bois	parenchyme	parenchyme	liber
nature des réserves	In	In	Am	G-ose	S-ose	S-ose	S-ose	S-ose	G-ose

## La tubérisation des racines chez les plantes alimentaires

### Légende :

- ✓ **organe tubérisé** : **r**, **R**, racine ; **h**, **H**, hypocotyle ; **é**, épicotyle  
(la taille du caractère indique l'importance de la partie d'organe tubérisée)
- ✓ **substance stockée** : **In**, inuline ; **Am**, amidon ; **G-ose**, glucose ; **S-ose**, saccharose)

## Racines tubérisées

Tubérisation d'une part plus ou moins importante de racine (r/R) et d'hypocotyle (h/H) : les betteraves

**betterave sucrière**

R + h



**betterave fourragère**

R + H



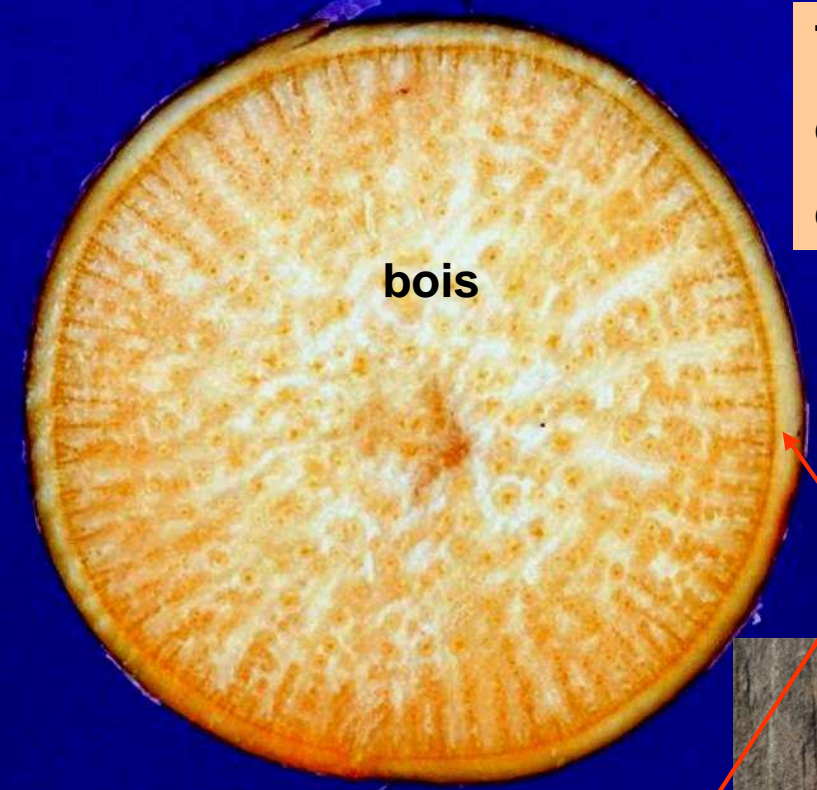
**betterave rouge**

(r) + H

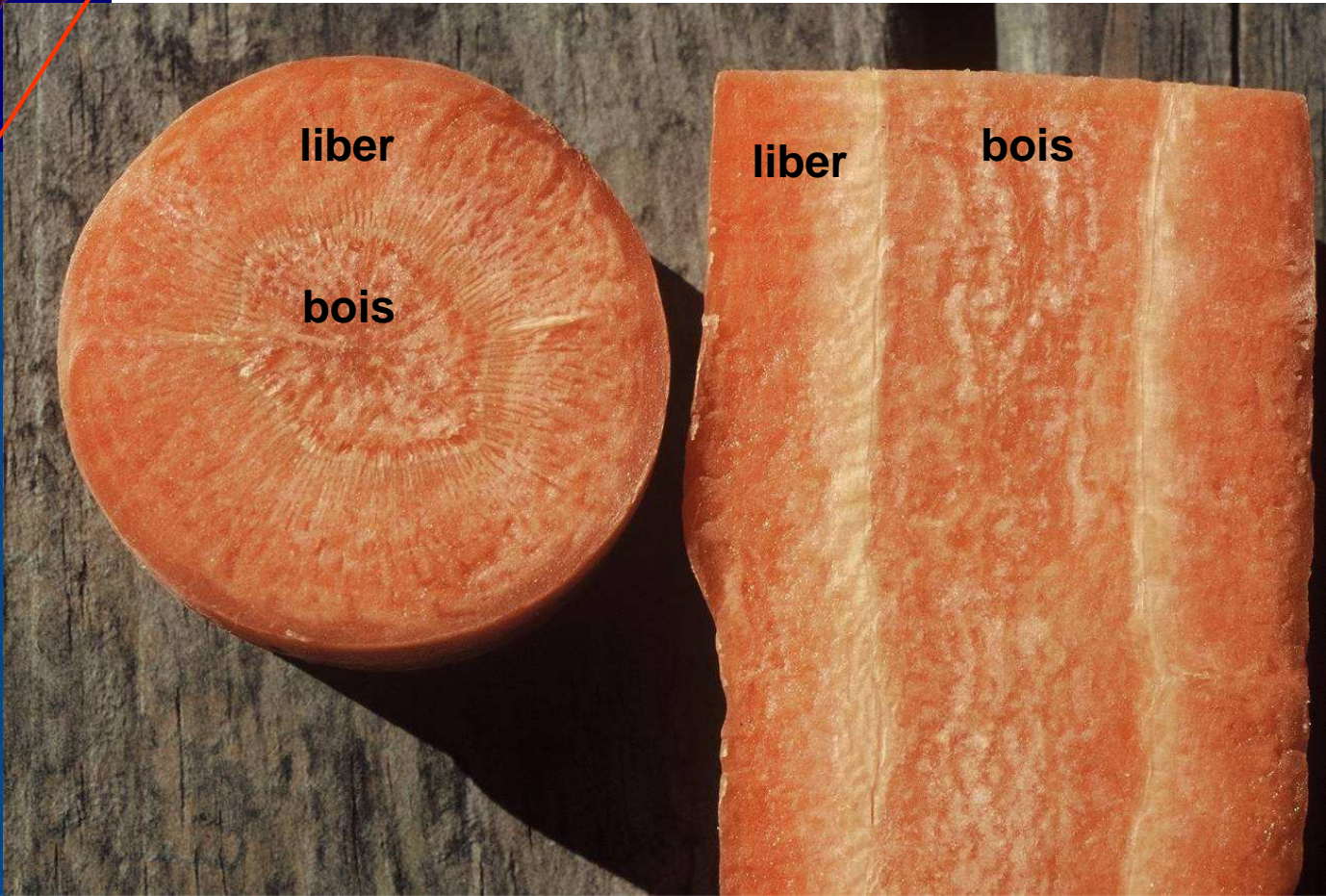
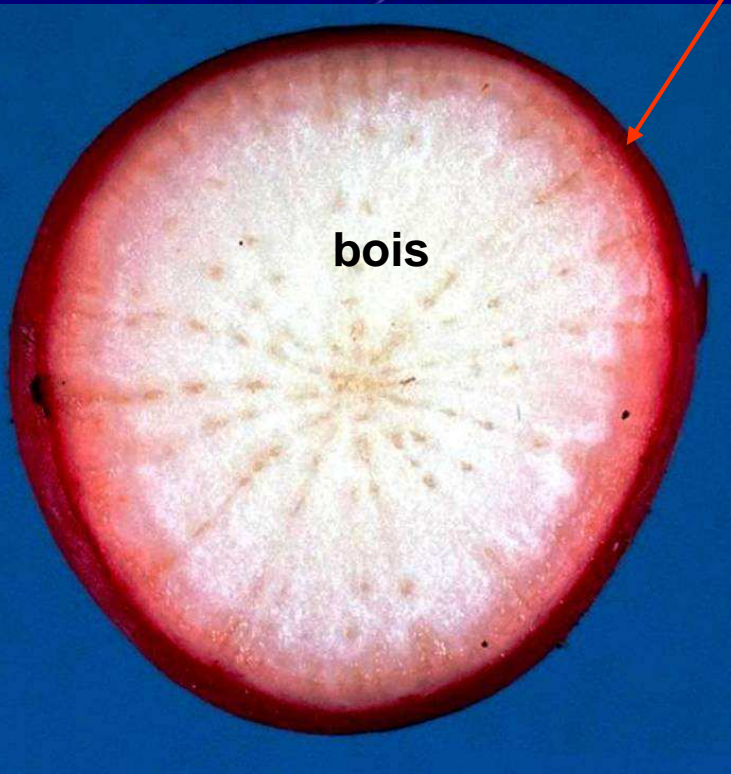


**Racines tubérisées**

**Tubérisation du bois  
en haut : navet  
en bas : radis**



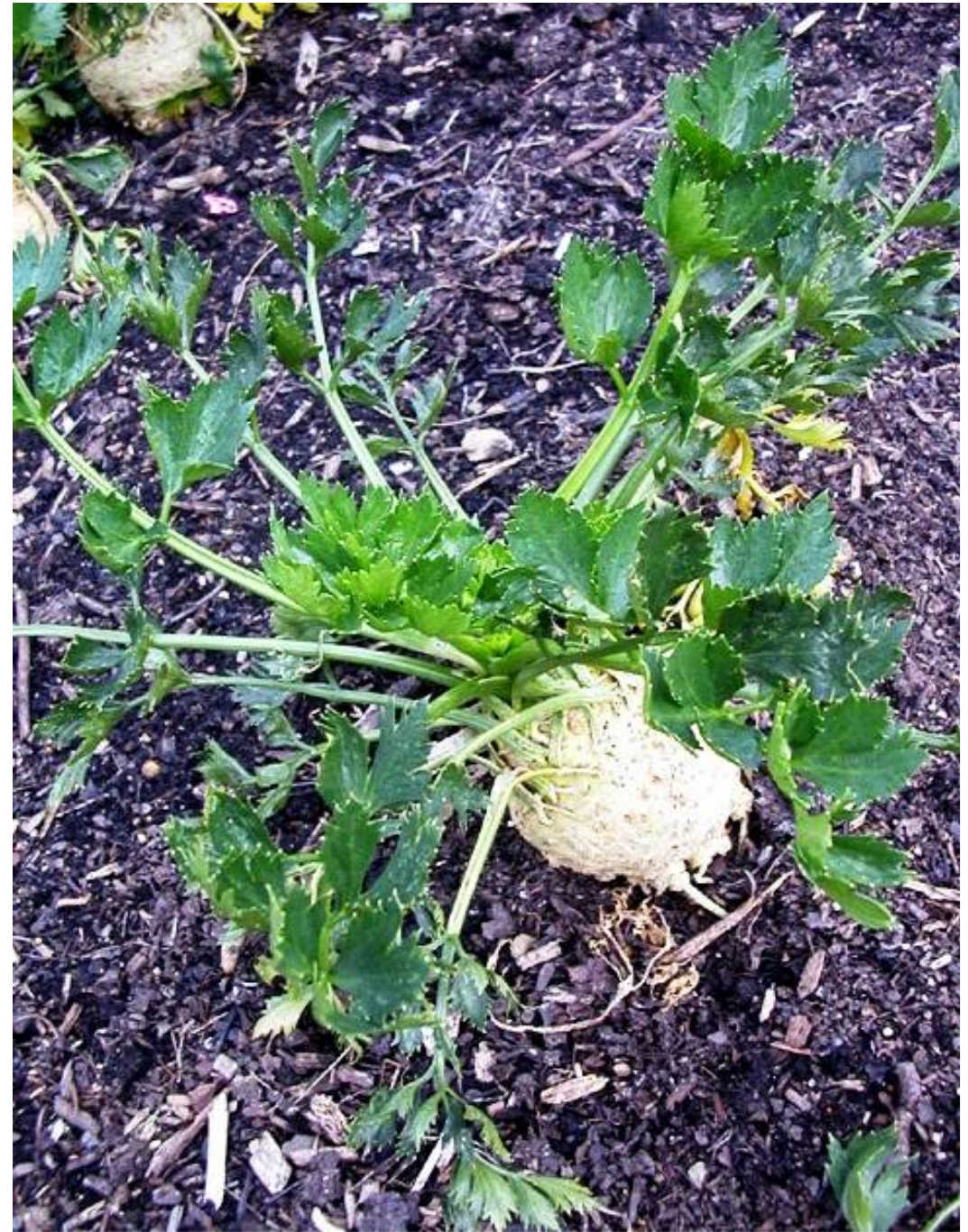
**Tubérisation du liber chez la carotte  
à gauche : en CT      à droite : en CL**



## Racines tubérisées

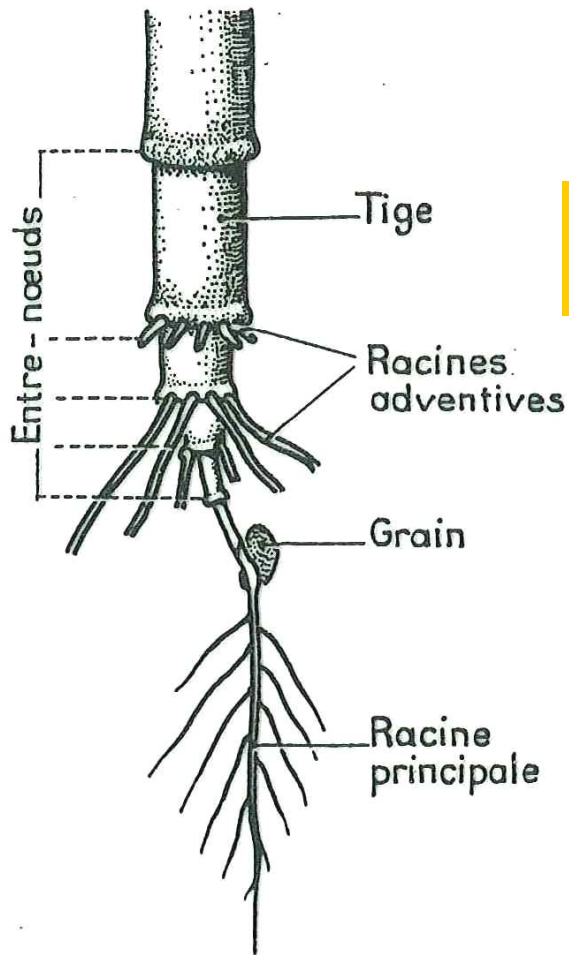
Tubérisation de la racine, de l'hypocotyle et de l'épicotyle :  
le céleri-rave

épicotyle avec feuilles et traces foliaires

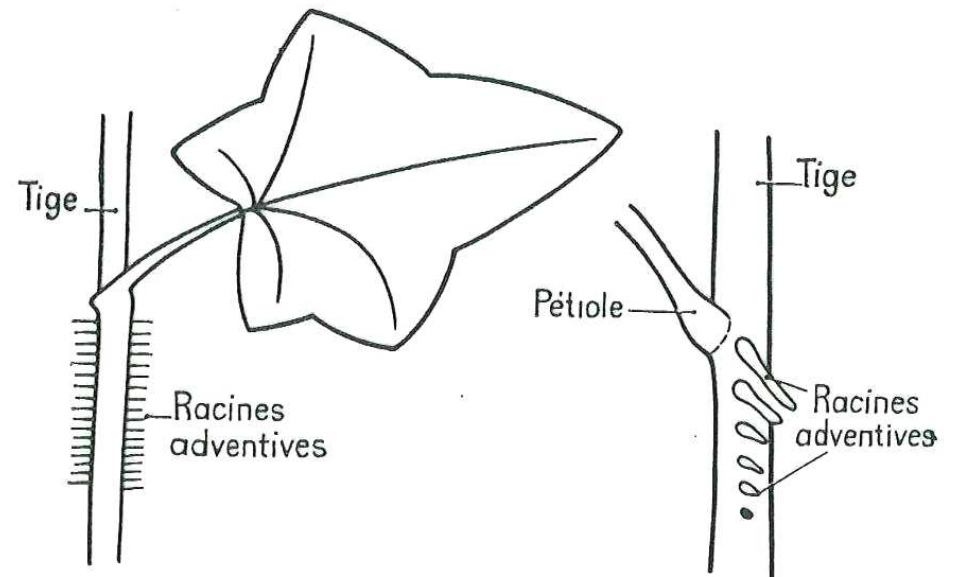


# LA RACINE

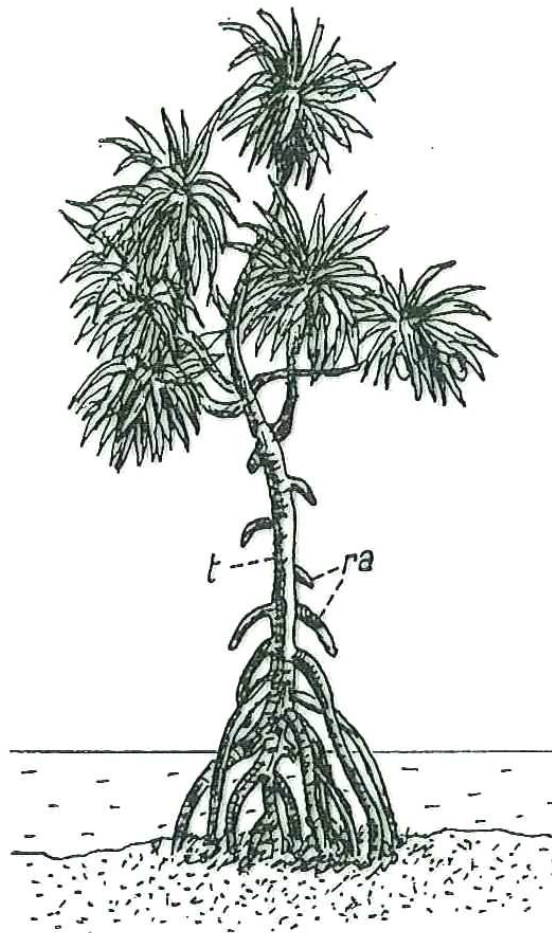
## Racines spécialisées (fonction d'ancrage)



## Racines adventives fixatrices du maïs (Poacées)



## Racines adventives crampon du lierre



## Racines-échasses du pandanus (palétuvier)

**Racines spécialisées  
(fonction d'ancrage)**

**Racines adventives  
fixatrices du maïs  
(Poacées)**

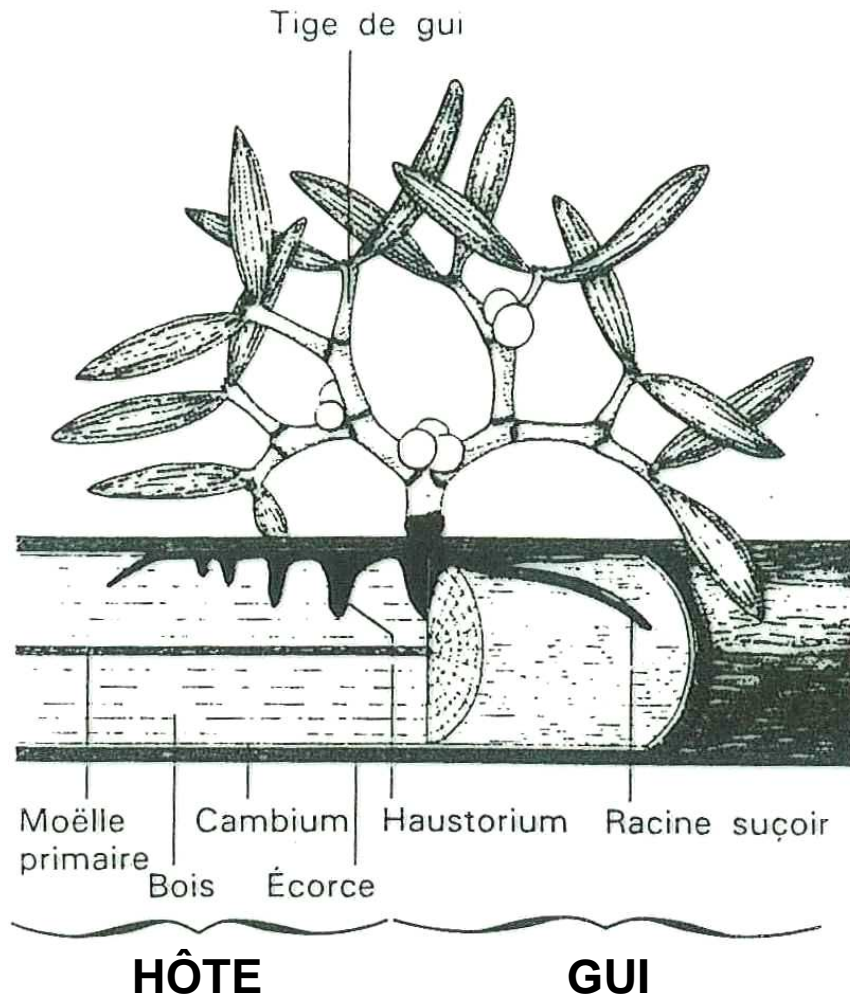


**Racines adventives crampon du lierre**

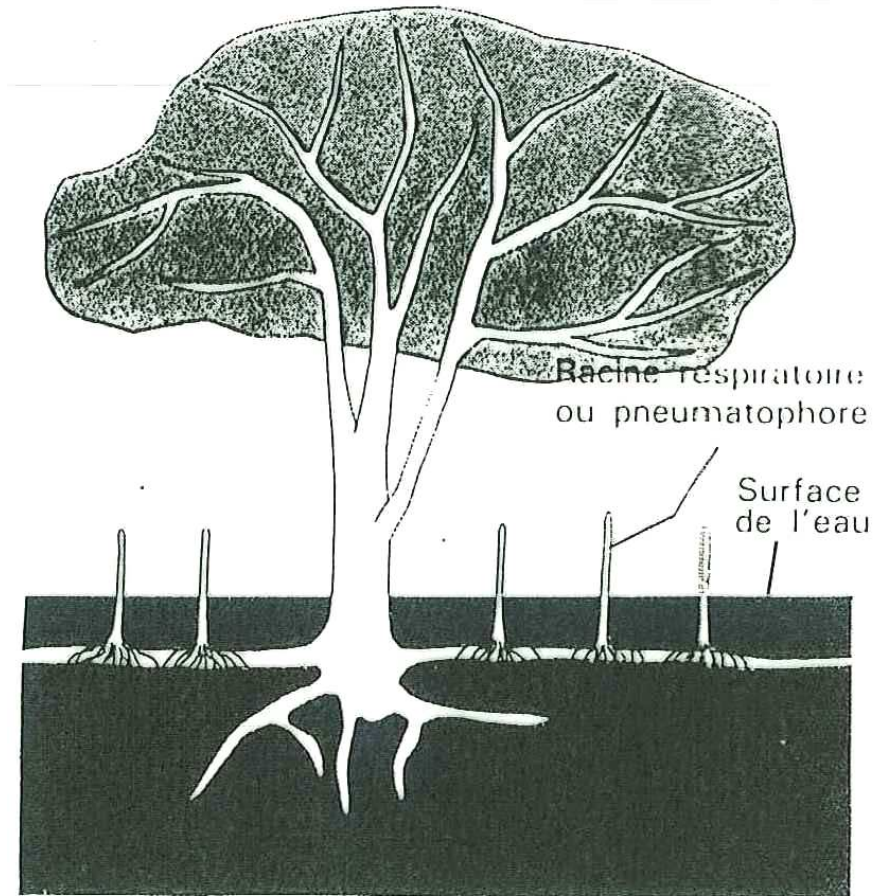


# LA RACINE

## Autres racines spécialisées

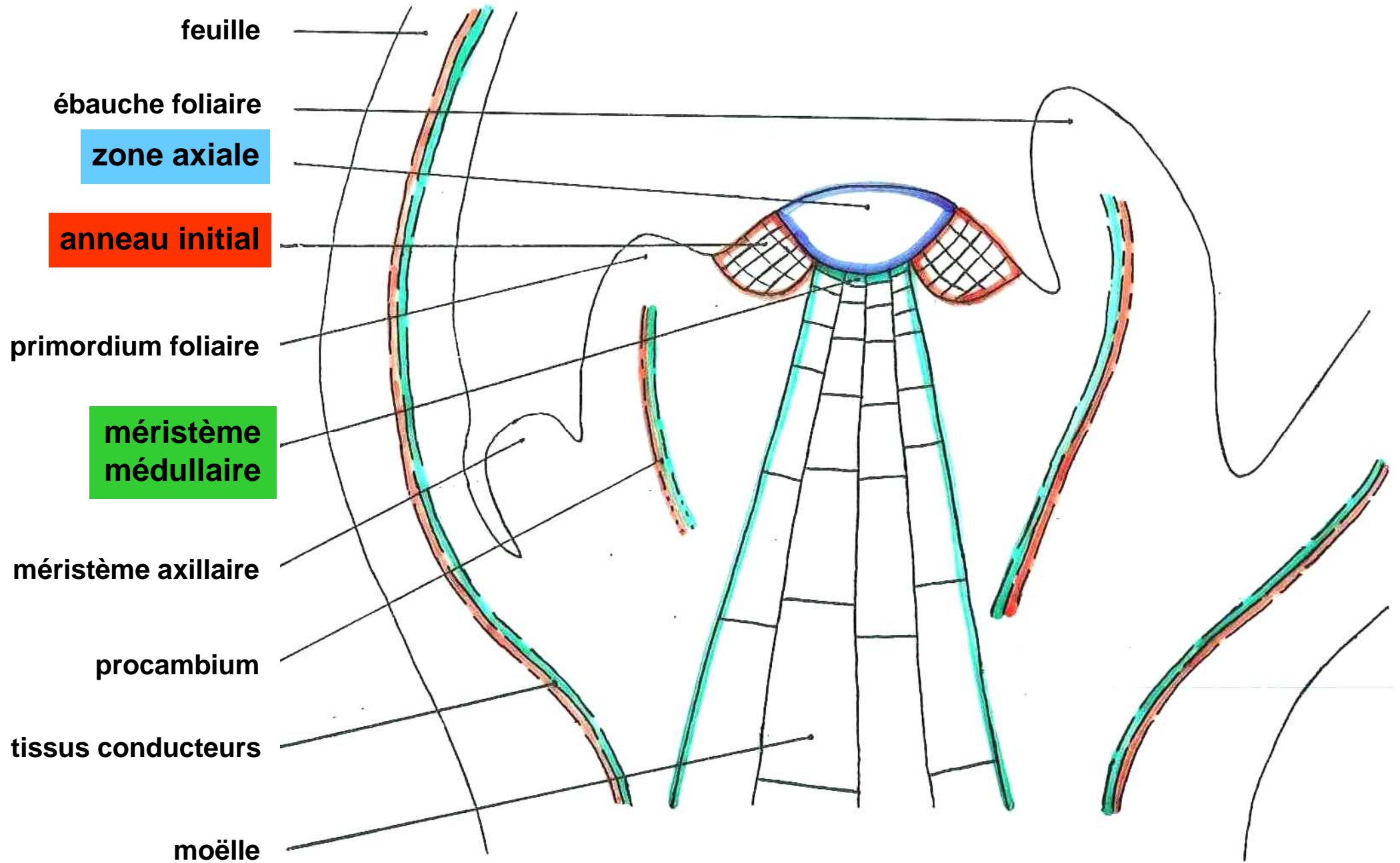


Racines-suçoirs du gui



Racines respiratoires (pneumatophores) du cyprès-chauve

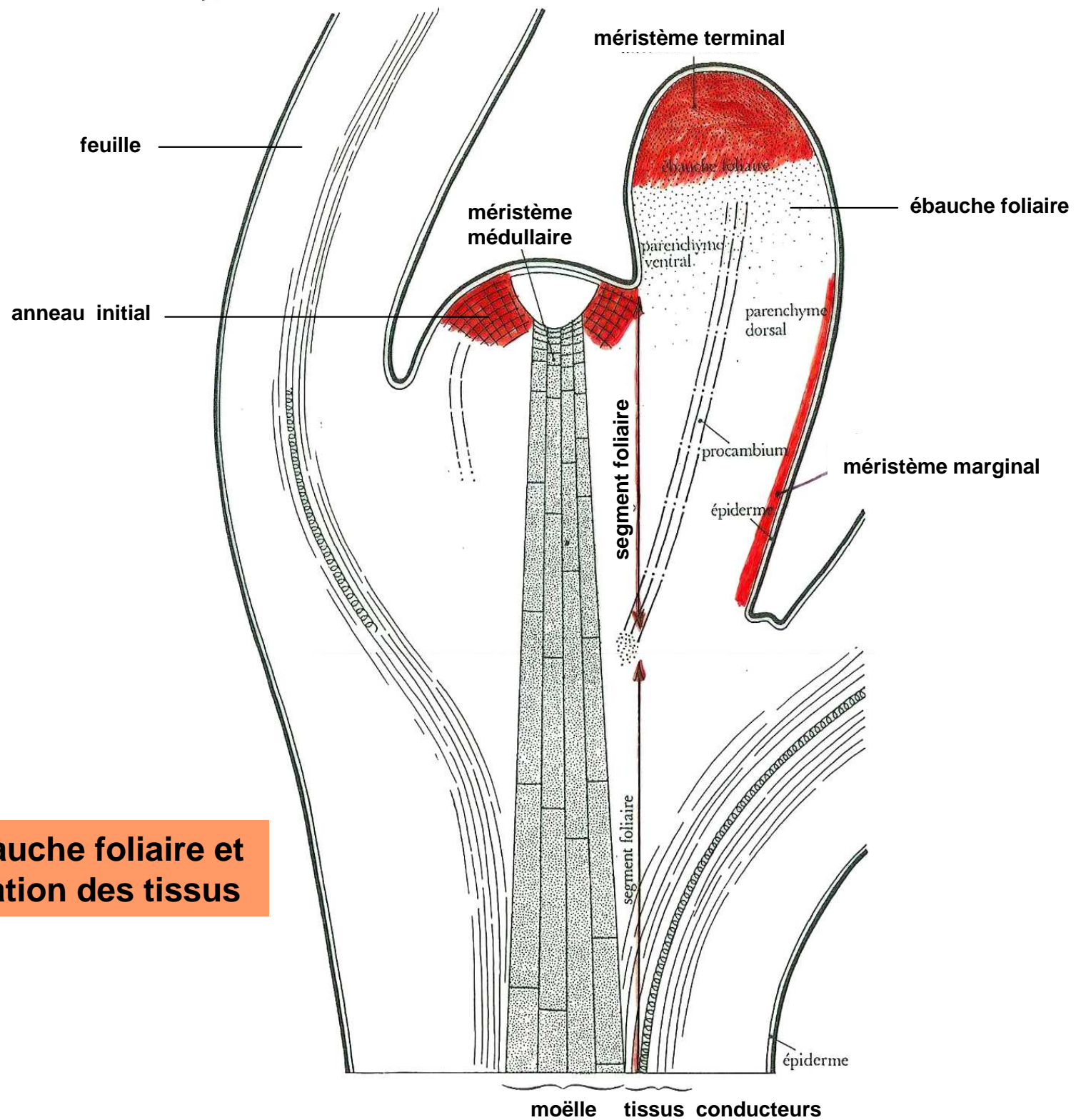
# LA TIGE



Coupe longitudinale de l'apex d'une tige (plante à feuilles alternes)

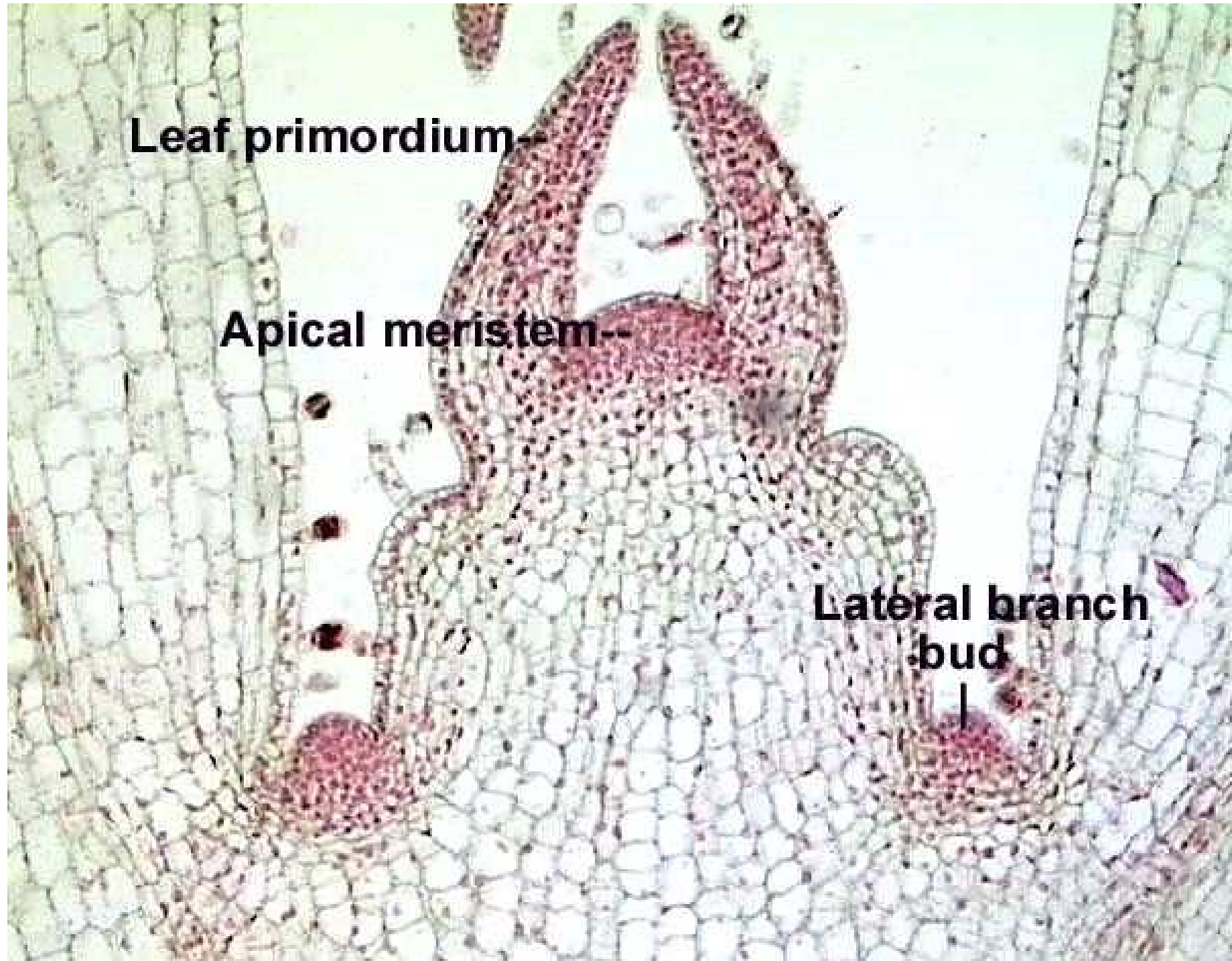


# LA TIGE

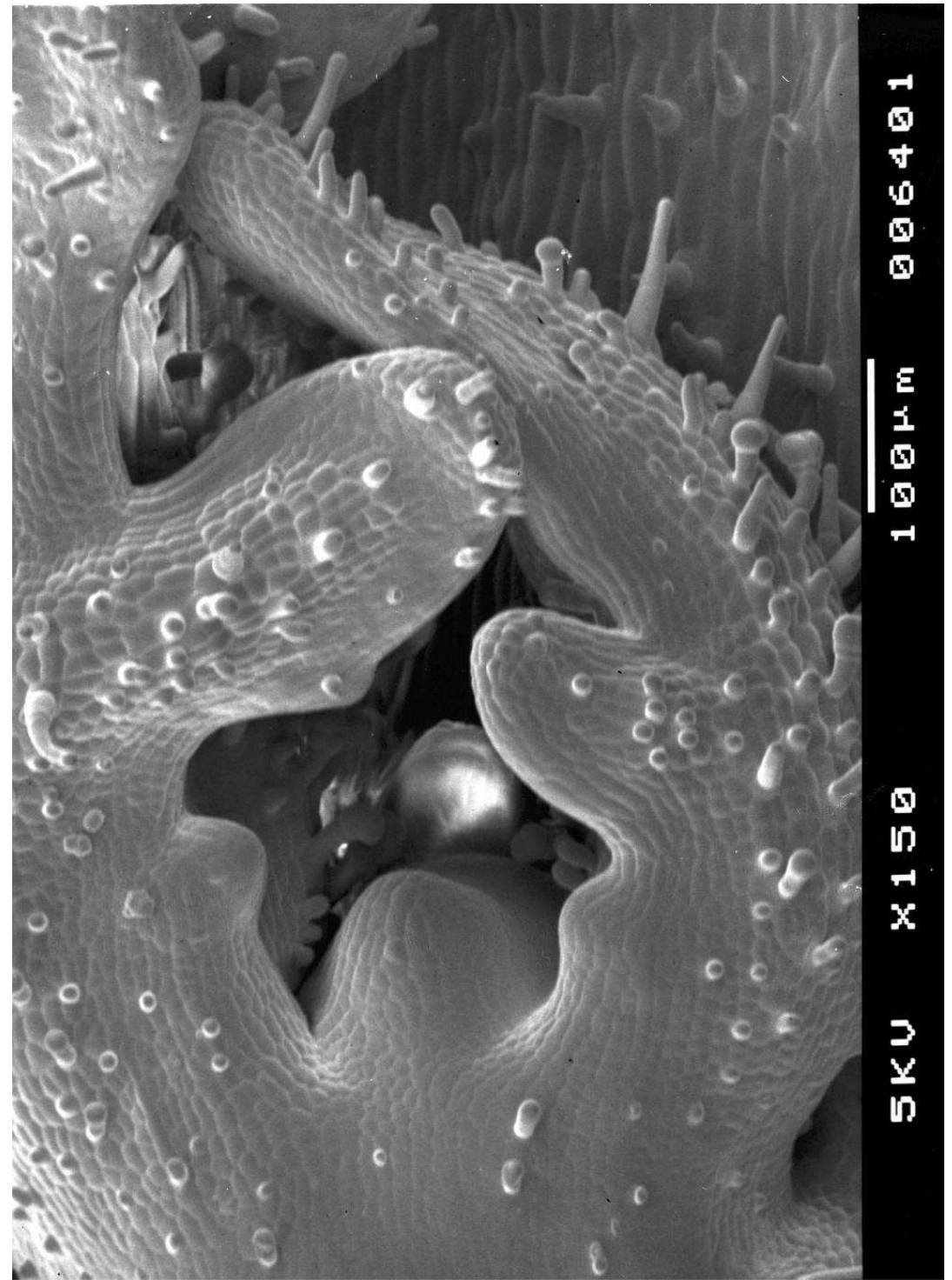
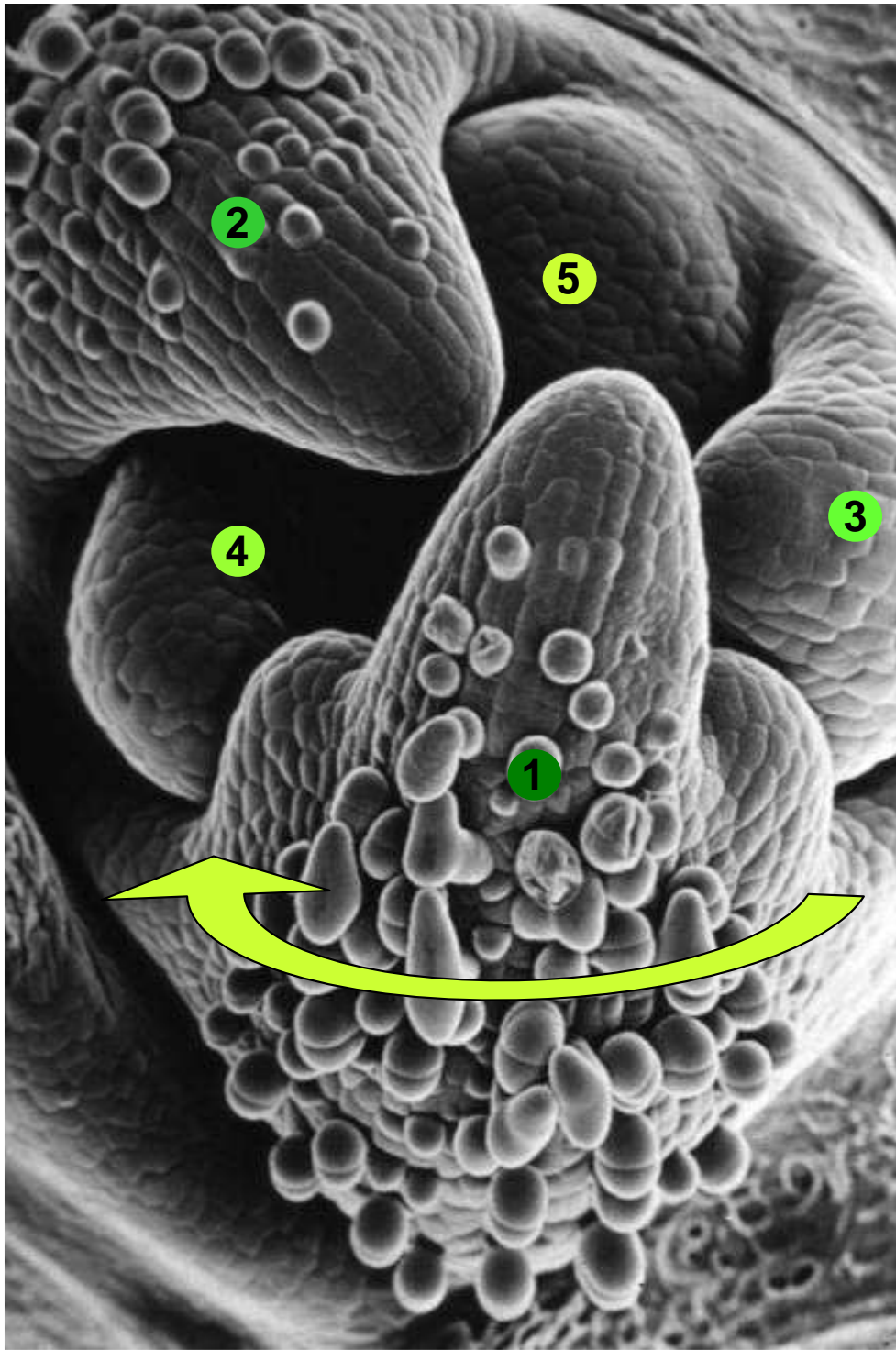


**Surrection d'une ébauche foliaire et début de différenciation des tissus**

**Coupe longitudinale de l'apex d'une tige (plante à feuilles opposées)**



Vues d'apex de tiges (chrysanthème à G (1 à 5 = ordre d'apparition des feuilles) ; tomate à D)



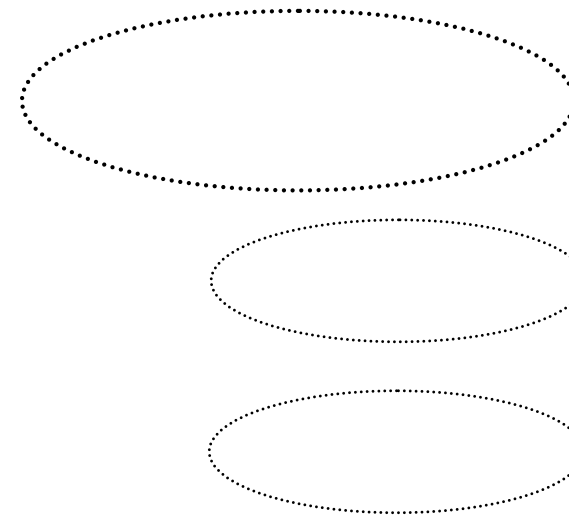
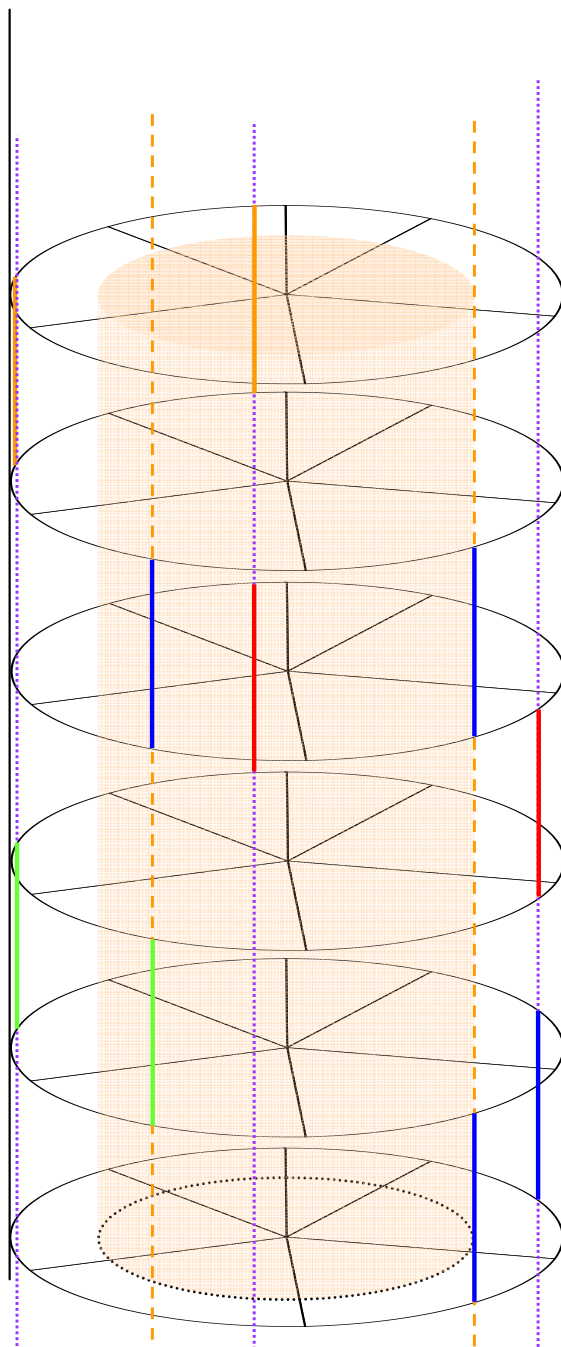
# LA TIGE

## Constitution de la tige par emboîtement de segments foliaires successifs

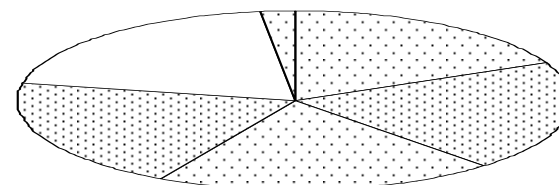
Position des pétioles

Limite écore/CC

limites des 5 segments foliaires

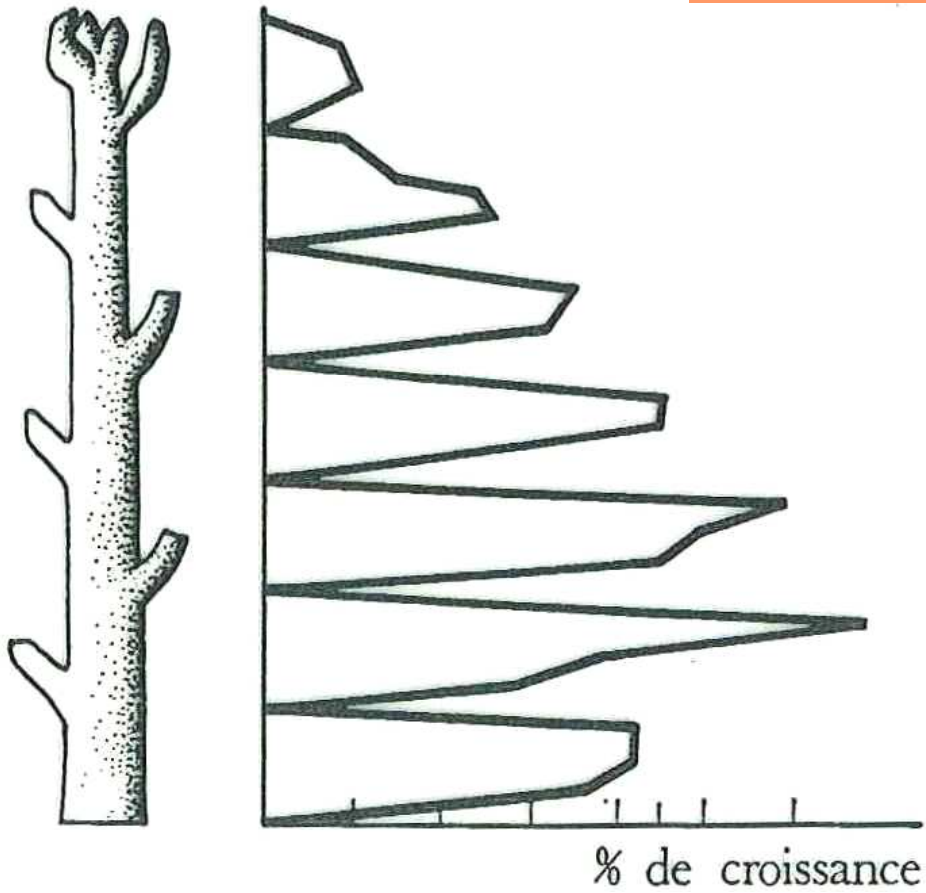


1° plan  
Arrière plan

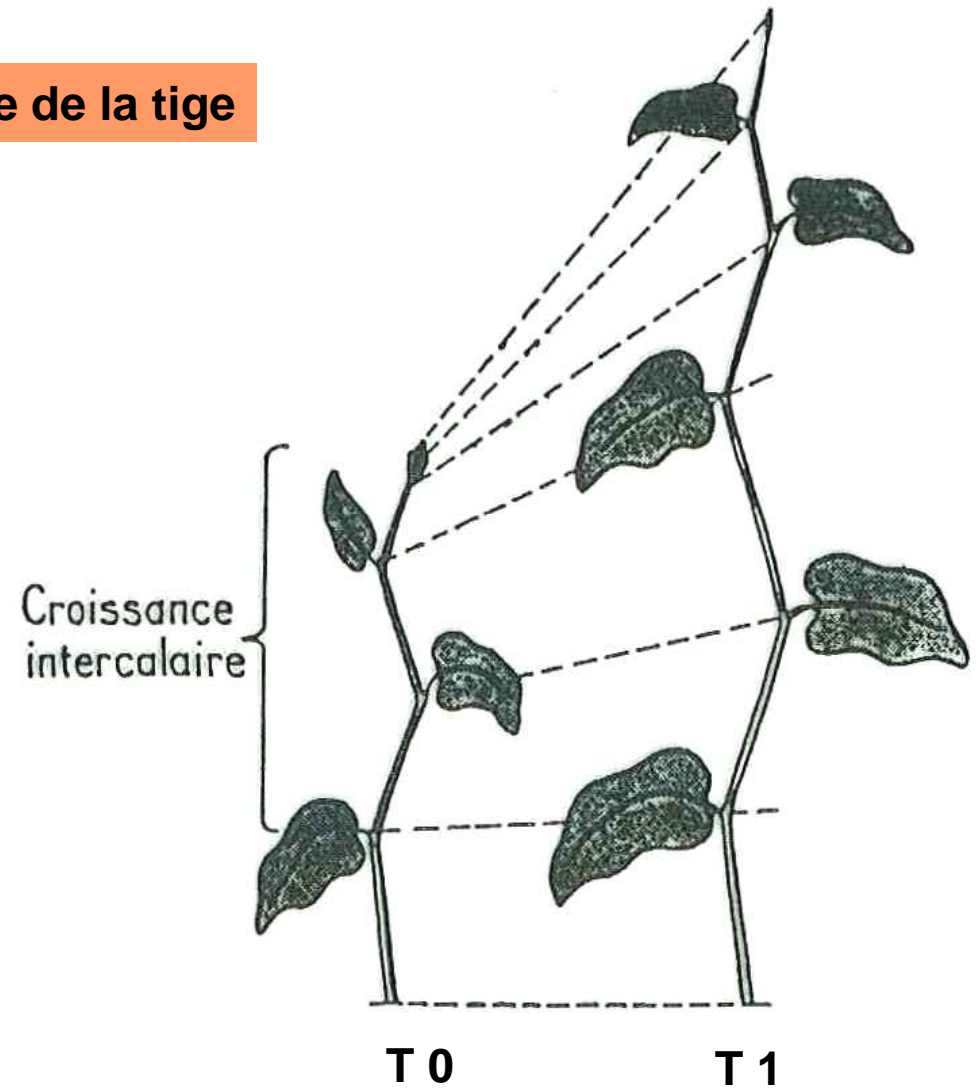


# LA TIGE

## La croissance de la tige



Localisation des zones de croissance



Croissance intercalaire de la tige

# LA TIGE

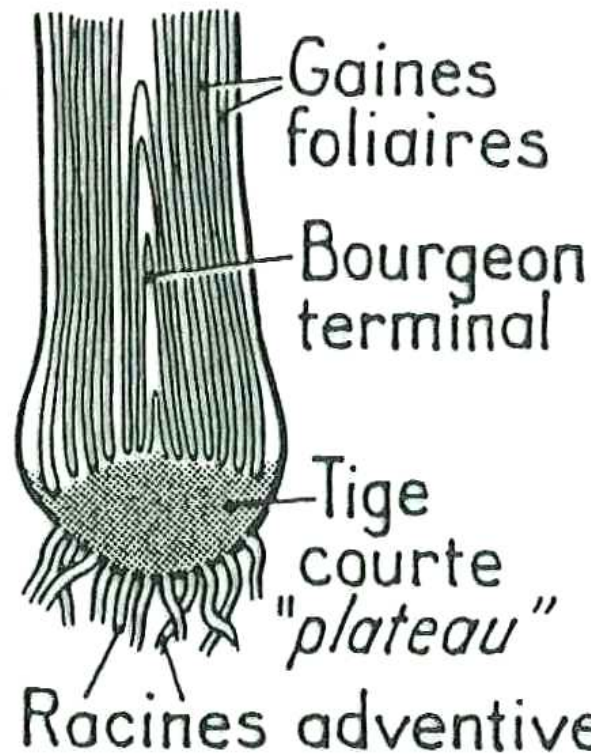
## Différents types d'entre-nœuds

### Tiges à entre-nœuds courts



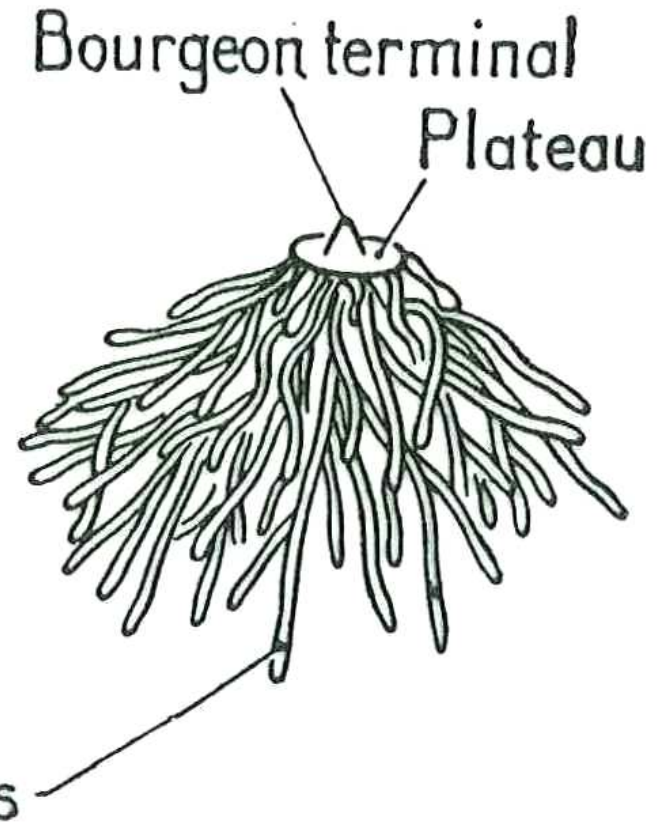
**Tige à entre-nœuds courts  
avec feuilles en rosette basilaire**  
pissenlit (Astéracées) – plante vivace

Autres exemples : pâquerette, plantain



**Tige courte en plateau avec feuilles emboîtées**  
poireau (Liliacées) – plante bisannuelle

Autres exemples : tige des plantes à bulbes  
(oignon, tulipe, jacinthe, bananier)

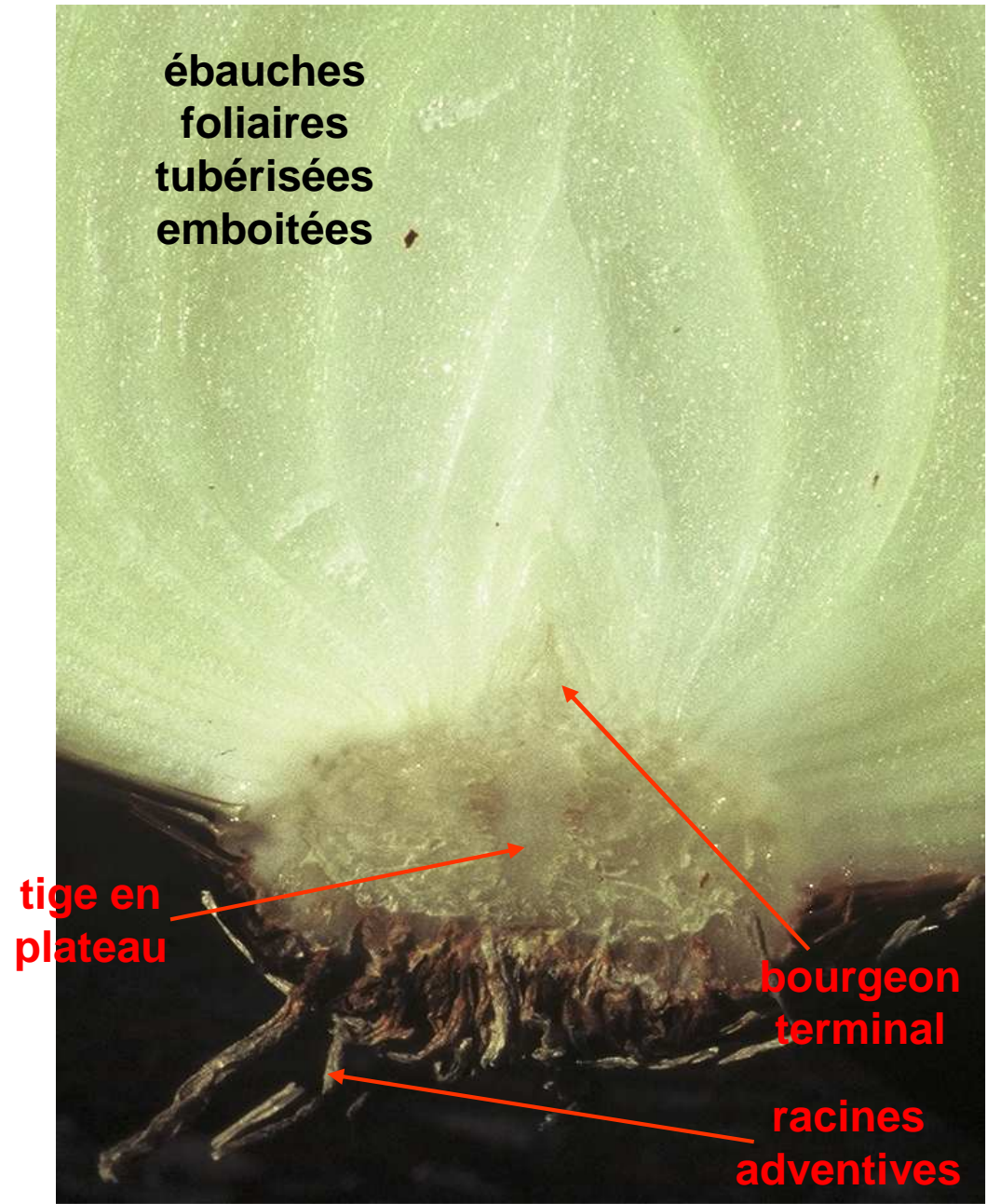


## Différents types d'entre-nœuds : tiges à entre-nœuds courts

**Tige à entre-nœuds courts  
avec feuilles en rosette basilaire  
pissenlit (Astéracées) – plante vivace**



**Tige courte en plateau avec feuilles emboîtées  
oignon (Liliacées) – plante bisannuelle**





**limbes des feuilles**

**Tiges à entre-nœuds courts**

**Tige courte en plateau  
avec feuilles emboîtées  
simulant une tige**

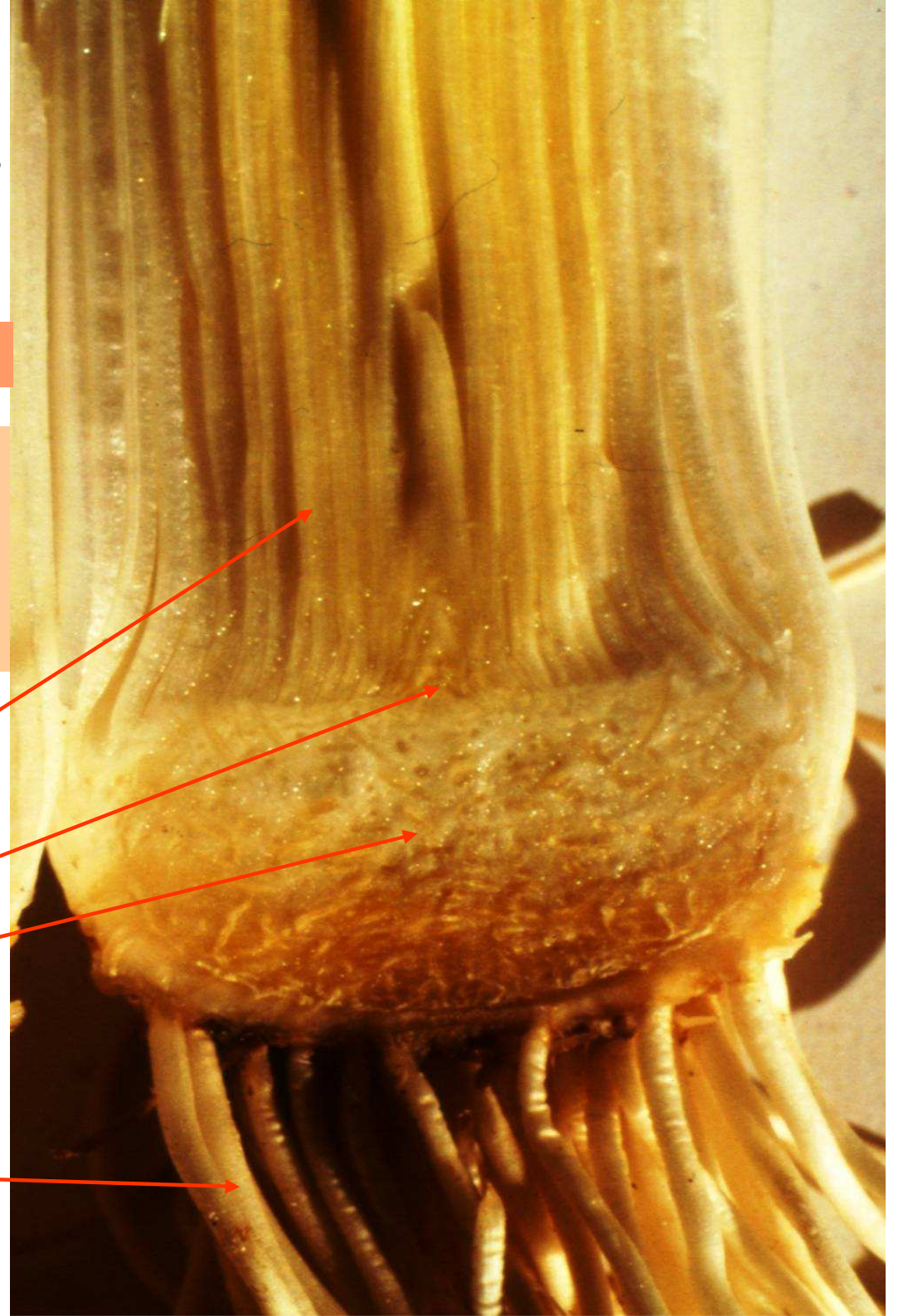
poireau (Liliacées)  
plante bisannuelle

**gaines foliaires  
emboîtées**

**bourgeon terminal**

**tige en plateau**

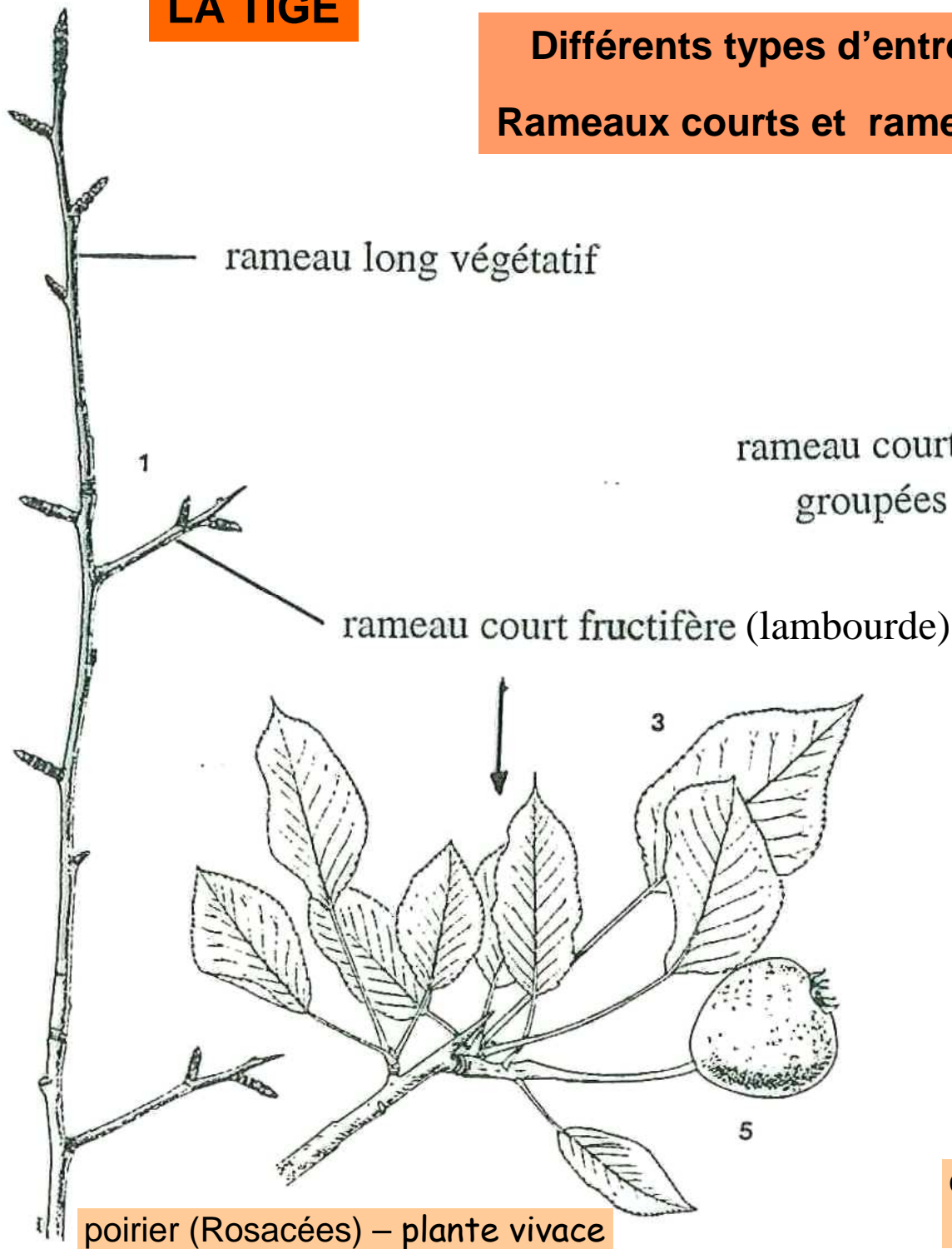
**racines adventives**





# LA TIGE

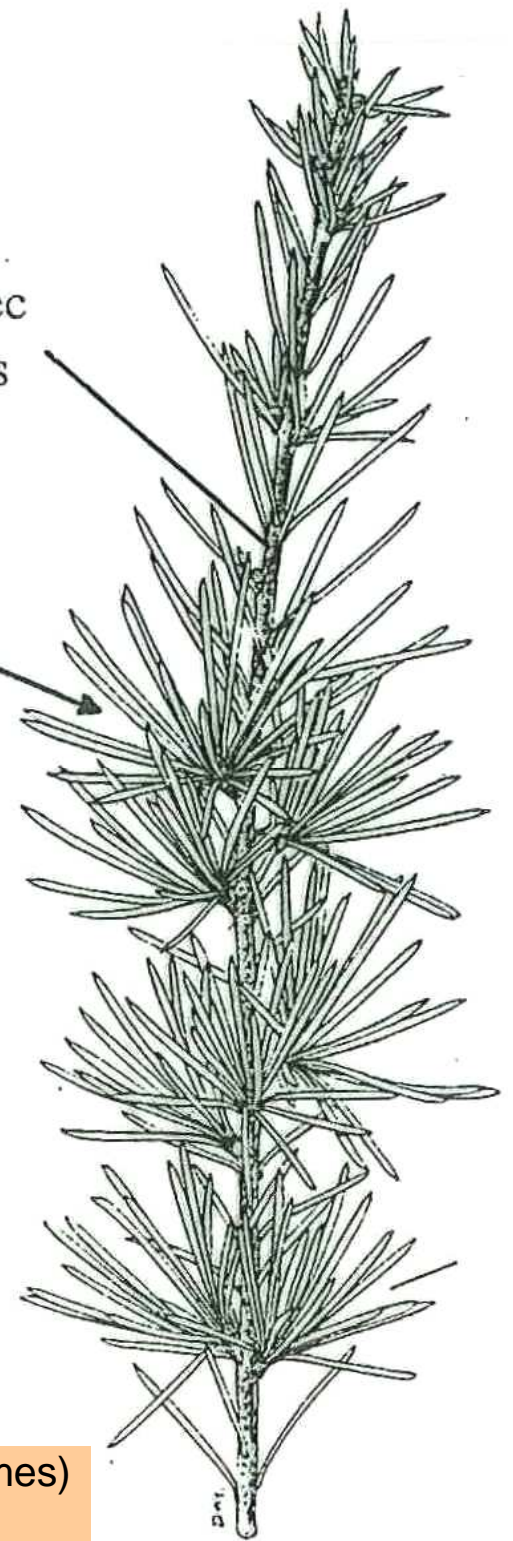
## Différents types d'entre-nœuds Rameaux courts et rameaux longs



rameau long avec  
aiguilles isolées

rameau court avec aiguilles  
groupées en bouquet

cèdre (Gymnospermes)  
plante vivace



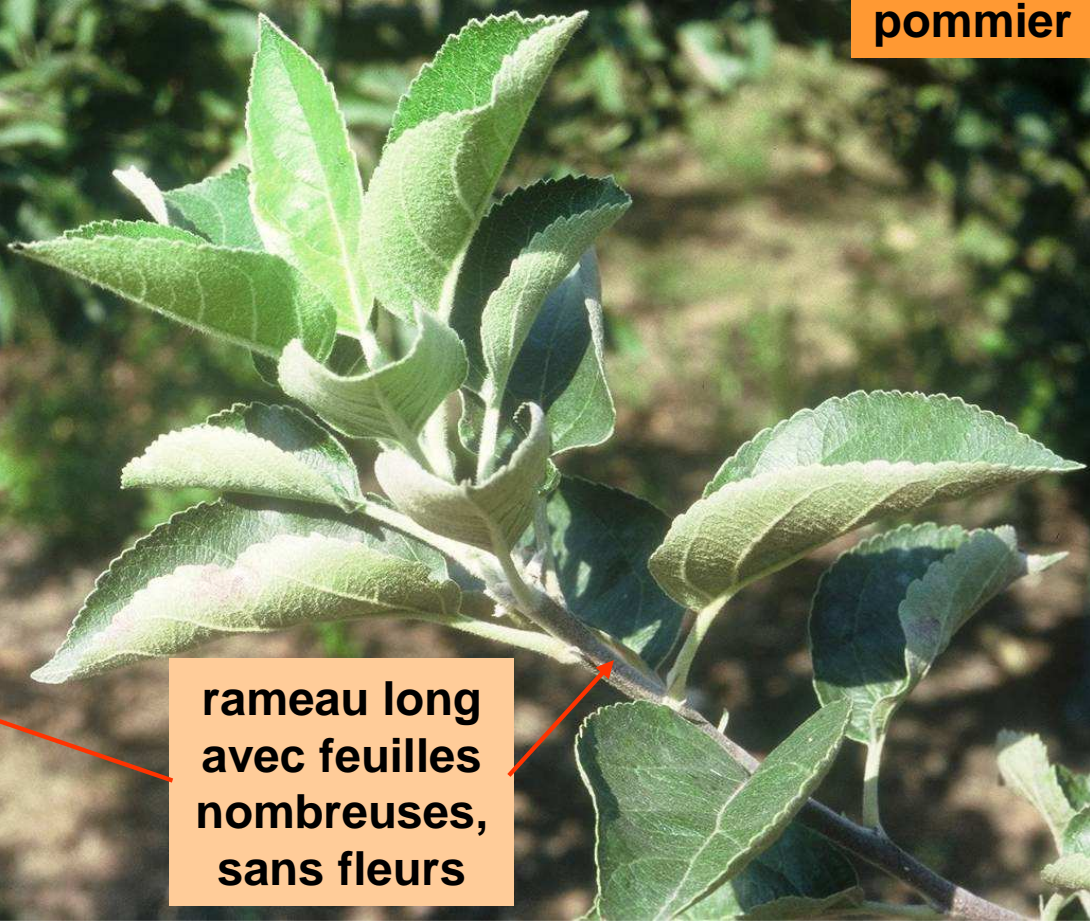
**Rameaux courts et rameaux longs**

**poirier**

**rameau court  
avec fleurs  
(ou fruits)  
et  
quelques  
feuilles**



**pommier**



**rameau long  
avec feuilles  
nombreuses,  
sans fleurs**



## Rameaux courts et rameaux longs

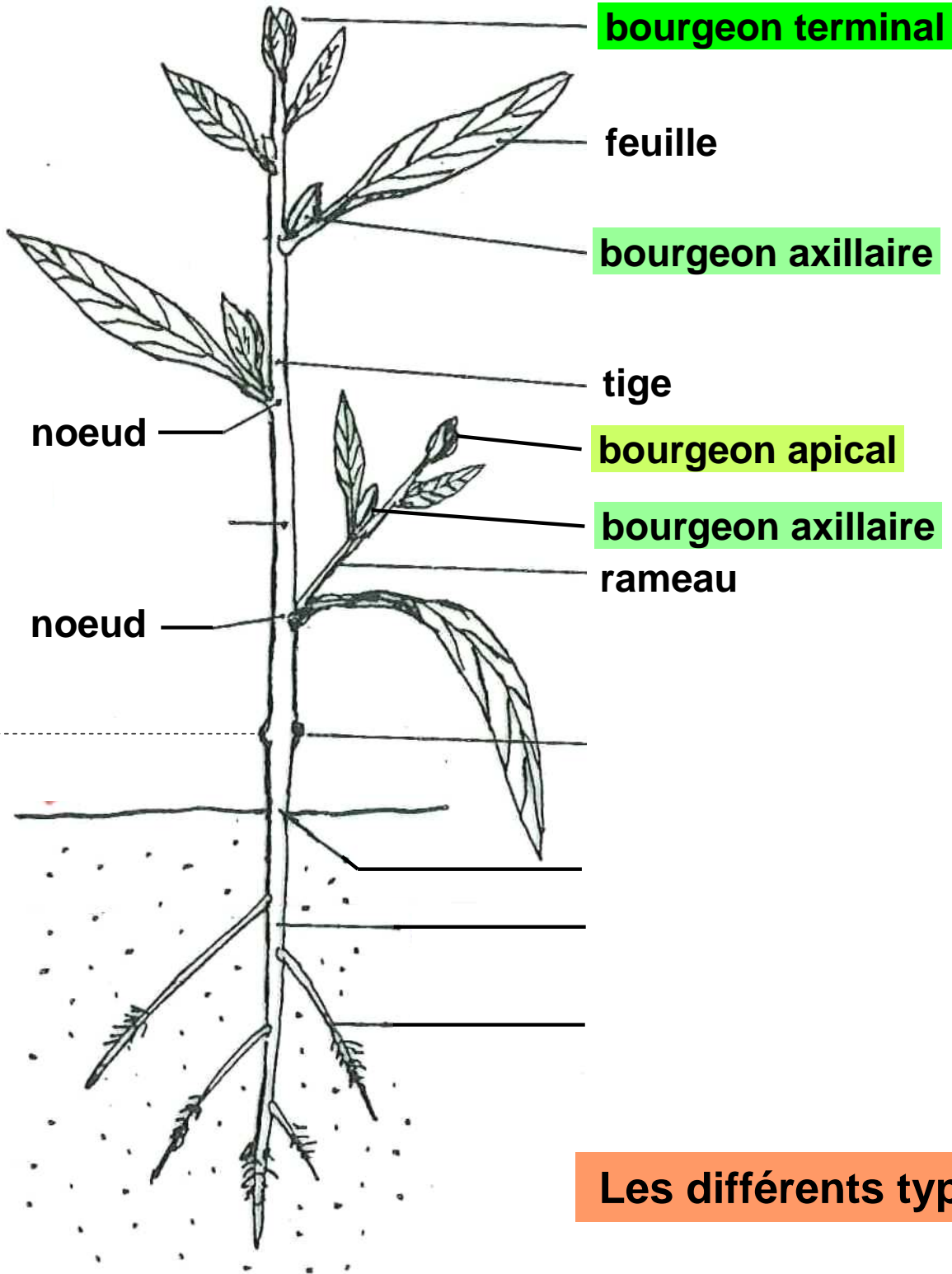


cèdre

rameaux court avec aiguilles groupées en bouquet

rameau long avec aiguilles isolées

# LA TIGE



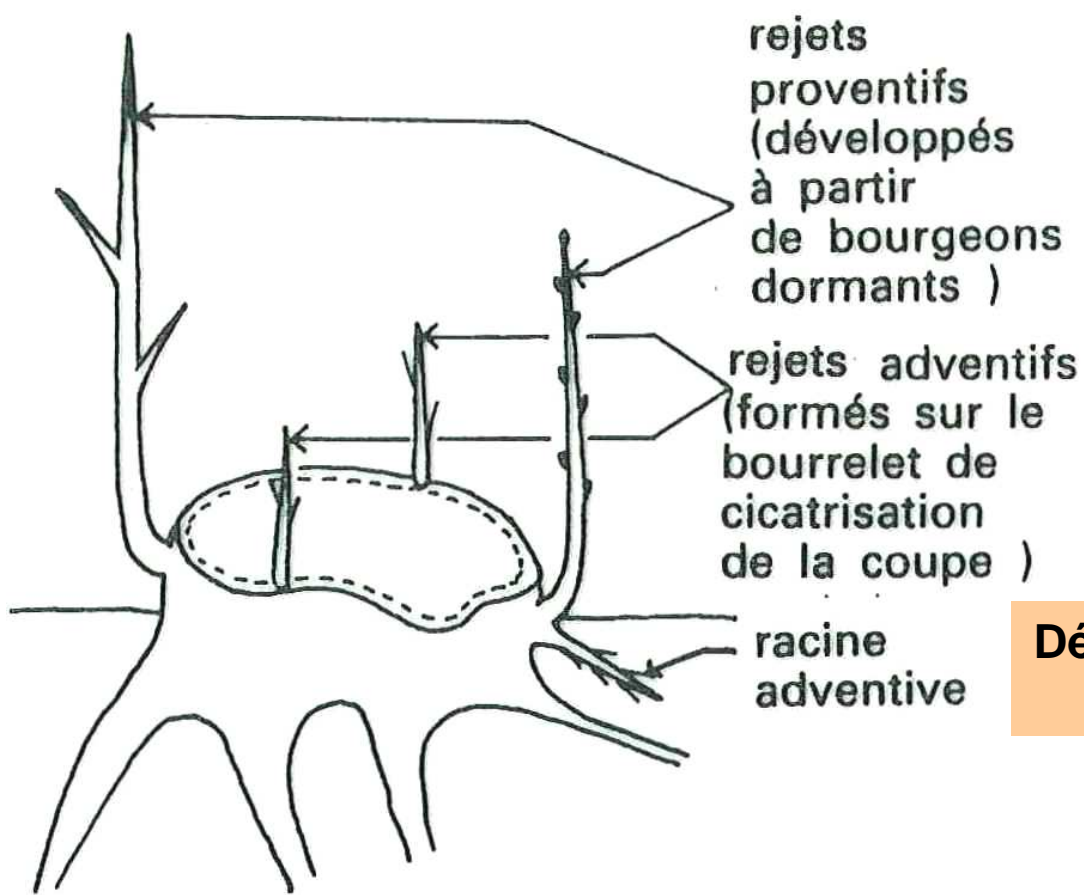
Les différents types de bourgeons

## LA TIGE

### Les différents types de bourgeons

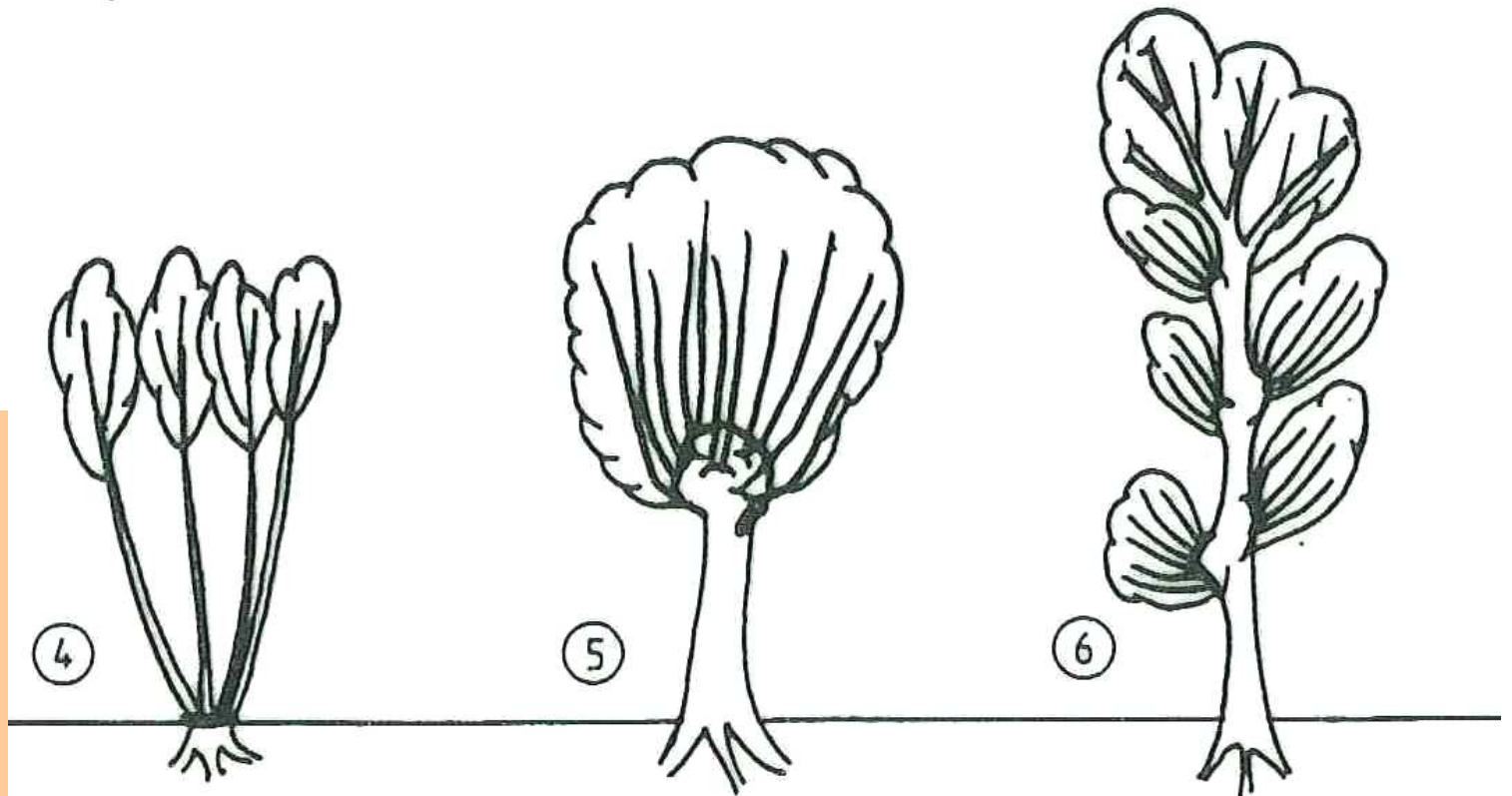
#### Bourgeons adventifs

#### Développement des bourgeons adventifs sur une souche



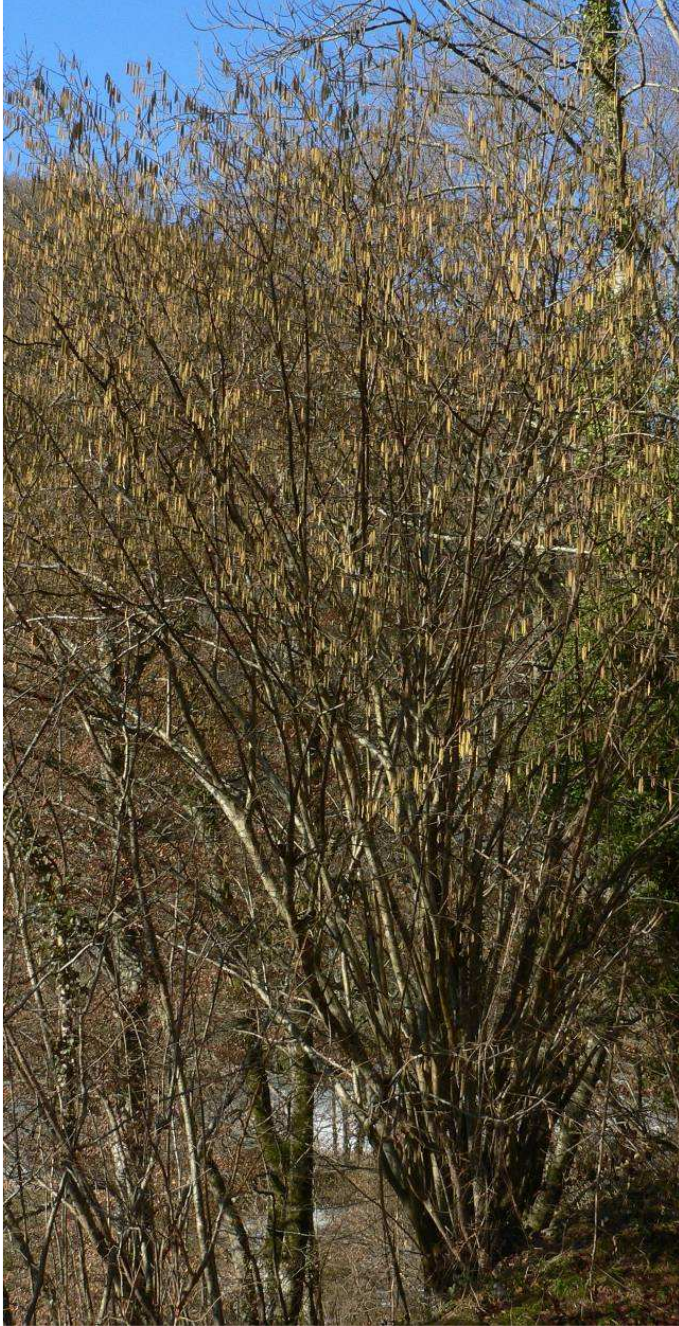
#### Aspect des arbres lié au développement des bourgeons adventifs

- 4 : cépée de taillis
- 5 : arbre en têtard
- 6 : arbre d'émonde



**Aspect des arbres lié au développement  
des bourgeons adventifs**

**cépée de taillis : noisetier**

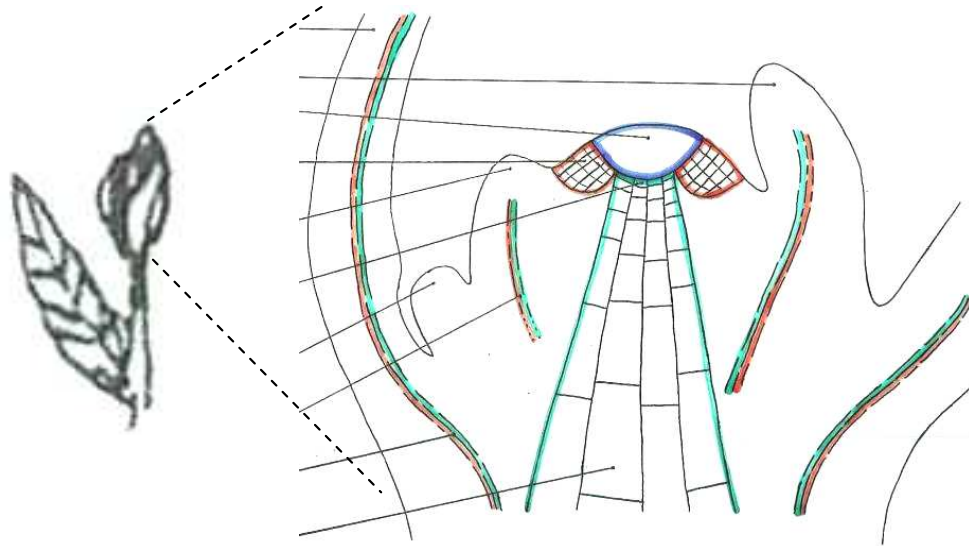


**arbre en têtard : saule**



**arbre d'émonde**

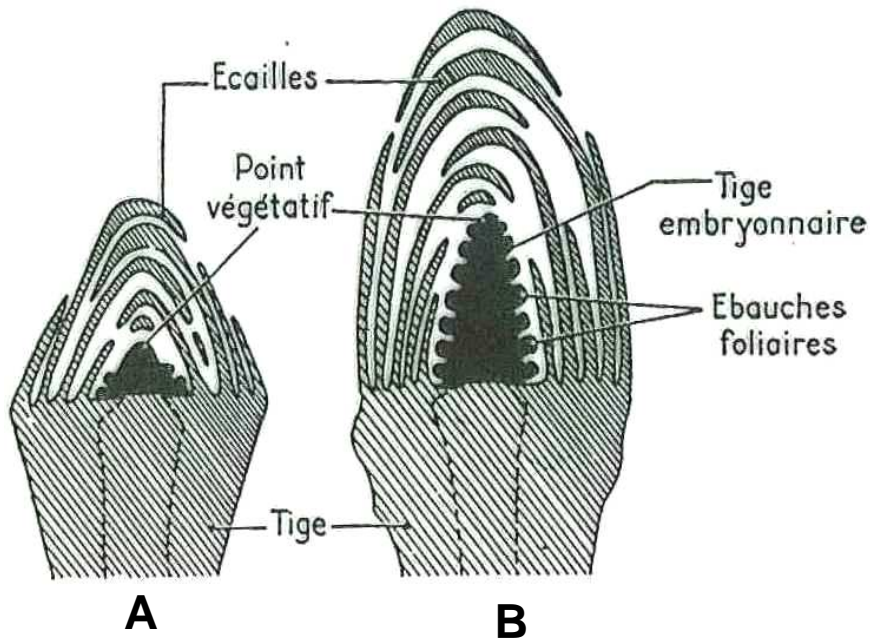




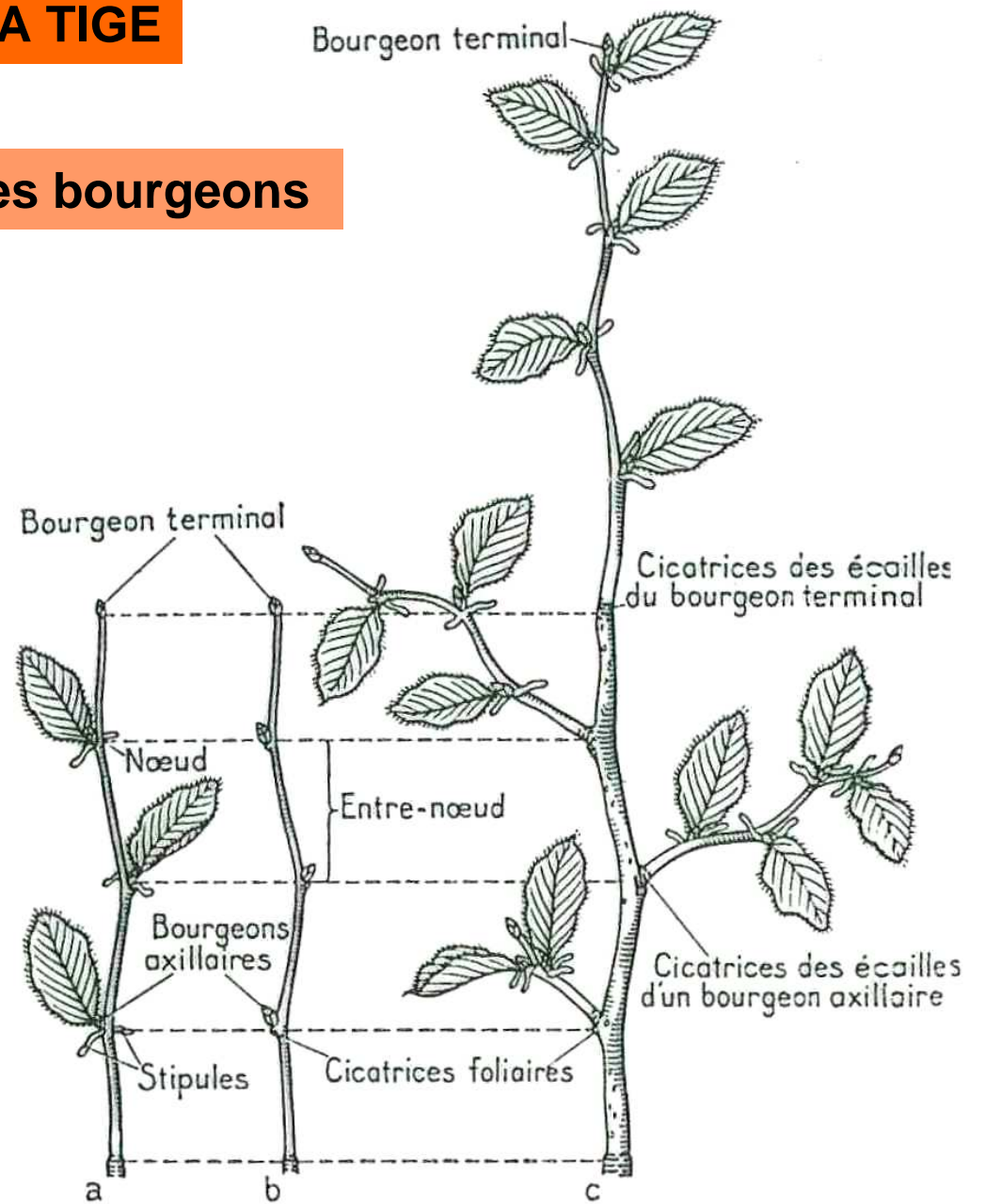
**LA TIGE**

**Les bourgeons**

**Organisation d'un bourgeon nu en croissance**



**Organisation des bourgeons écailleux dormants d'une plante ligneuse**  
**A : en début d'été ; B : en fin d'été**



**Développement d'un rameau de hêtre**  
**a : été de l'année N ; b : hiver de l'année N**  
**c : été de l'année N + 1**

**plante herbacée (sauge)**

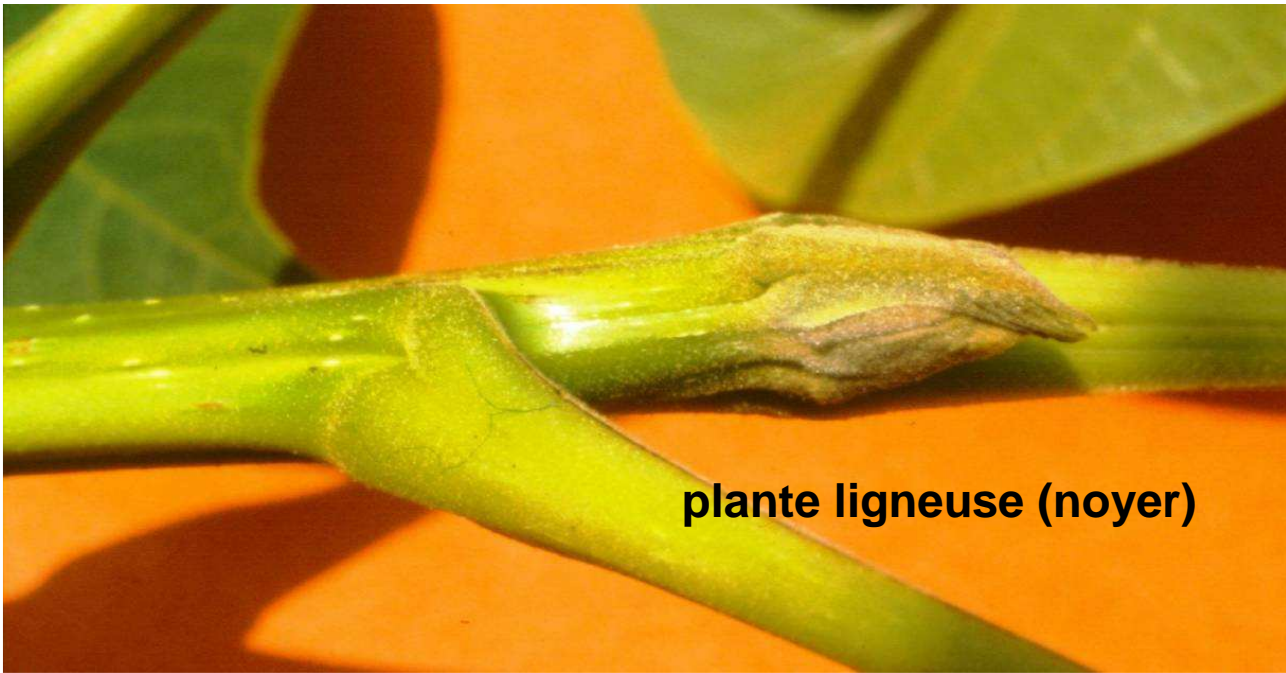


**Les bourgeons**

**bourgeons  
écailleux  
dormants  
(frêne)**



**bourgeons nus en croissance**



**plante ligneuse (noyer)**



# Les bourgeons



1

écailles  
protectrices

herbacées

lignifiées



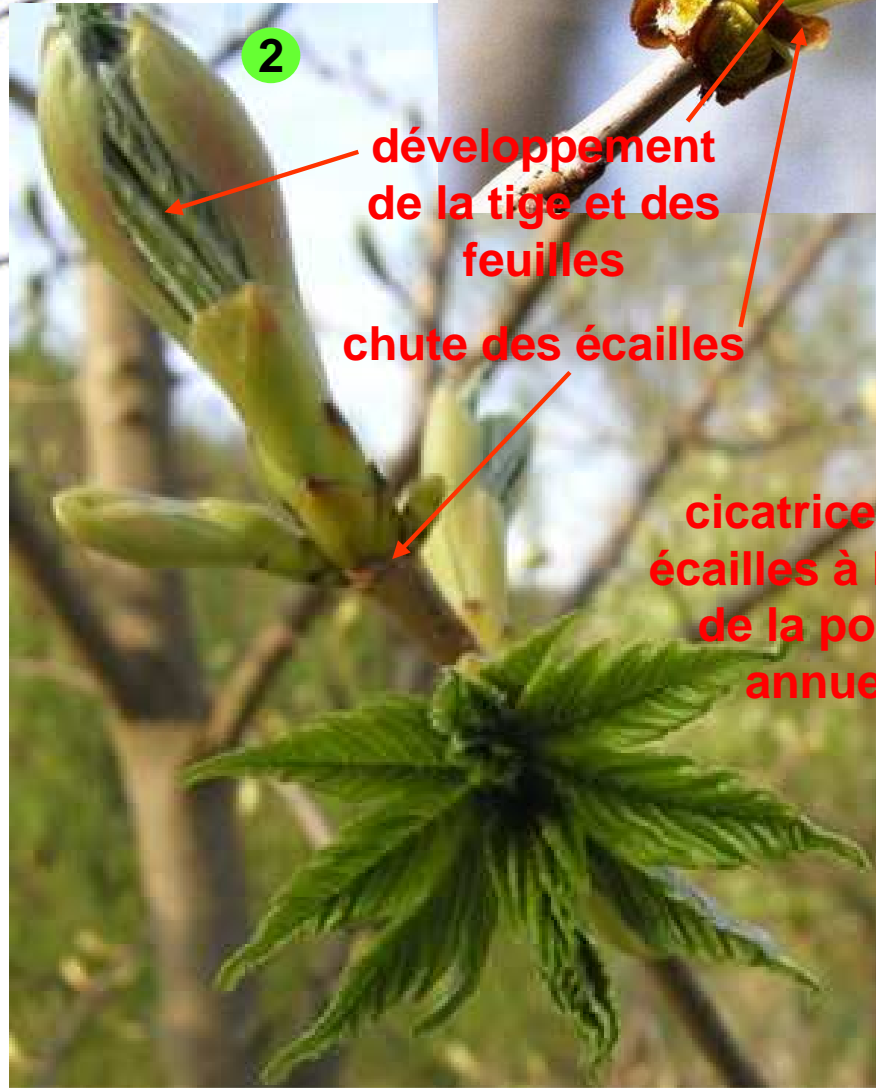
3

développement  
de la tige et des  
feuilles

chute des écailles

cicatrices des  
écailles à la base  
de la pousse  
annuelle

Développement du  
bourgeon écailleux des  
plantes ligneuses



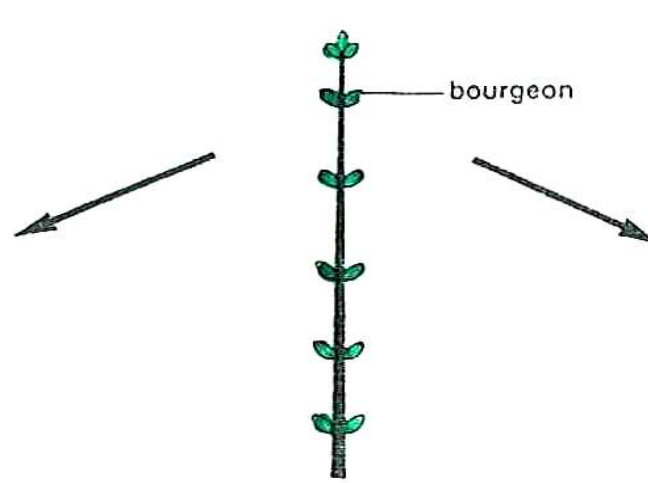
2



4

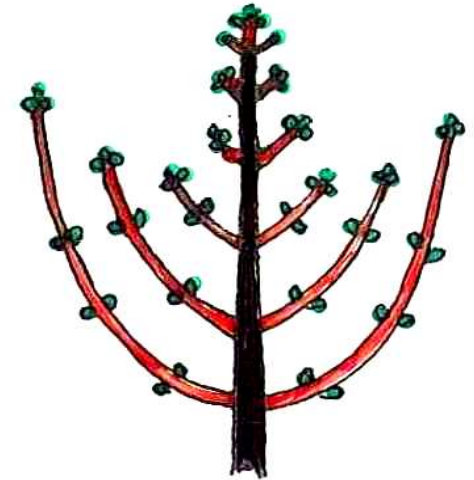
# LA TIGE

## Développement des bourgeons

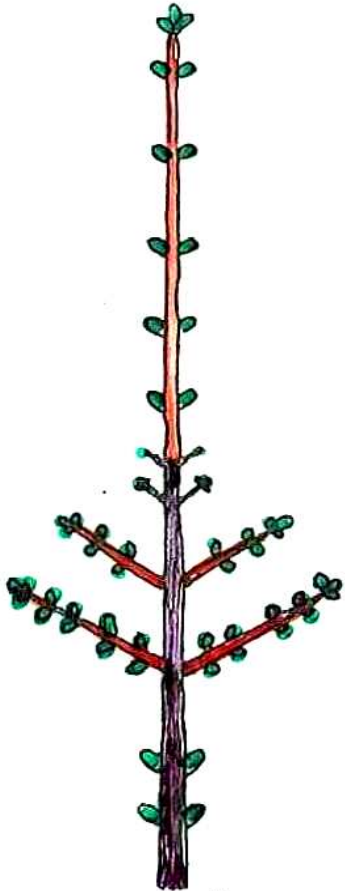


Tige avec bourgeons

Année N

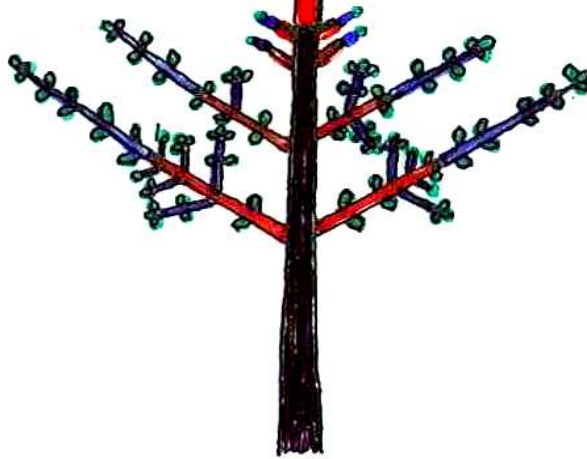


Année N + 1



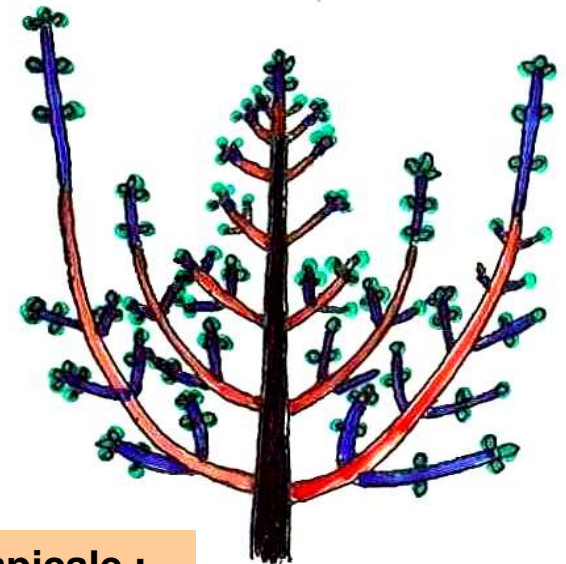
Année N + 1

Forte dominance apicale :  
développement acrotonique



Année N + 2

Pas de dominance apicale :  
développement basitonique



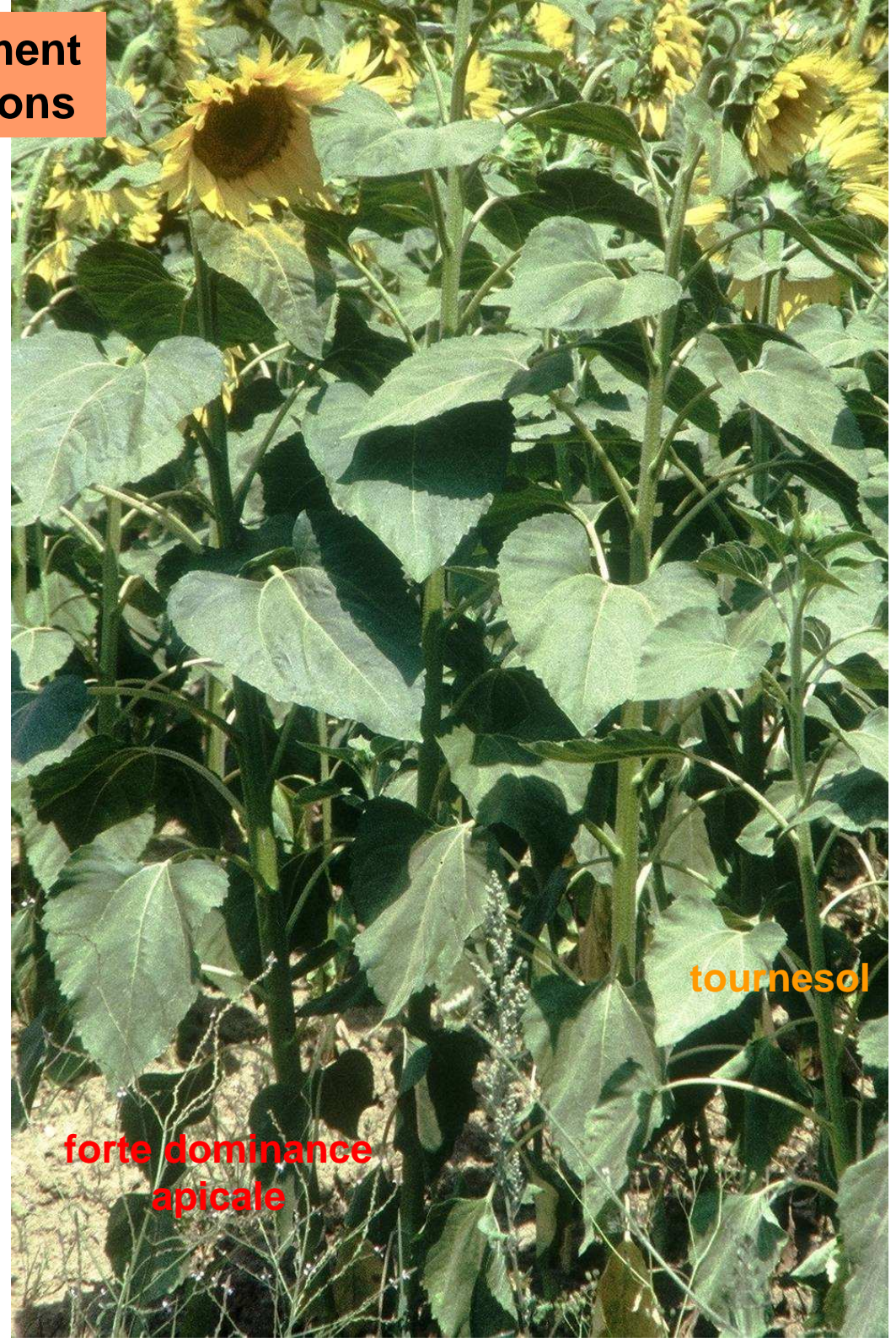
Année N + 2

absence de  
dominance apicale



Développement  
des bourgeons

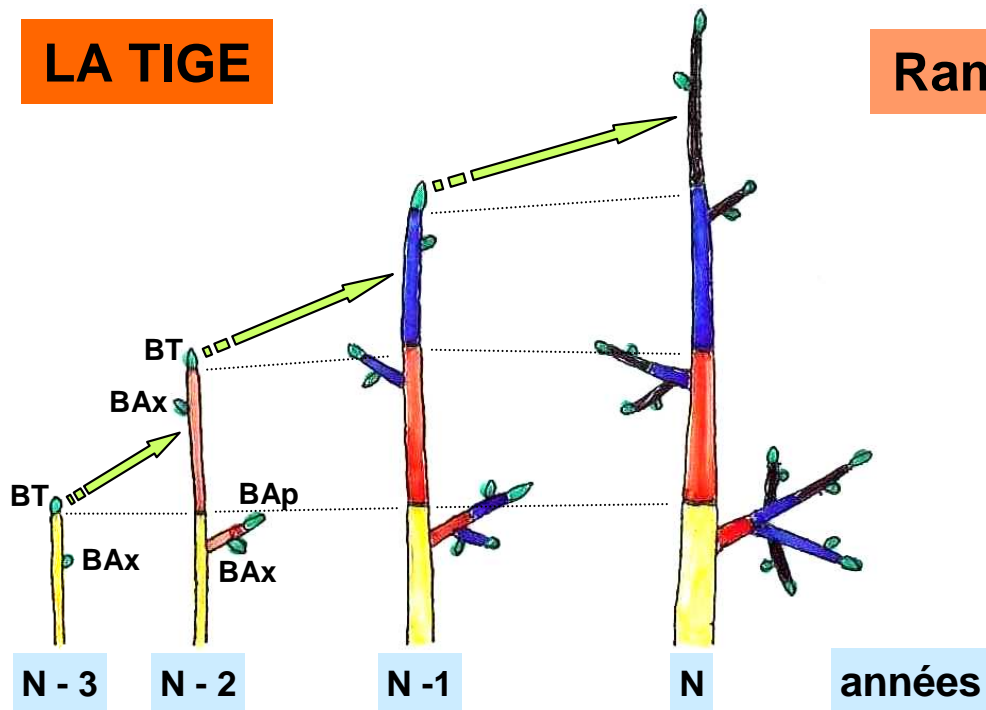
chénopode



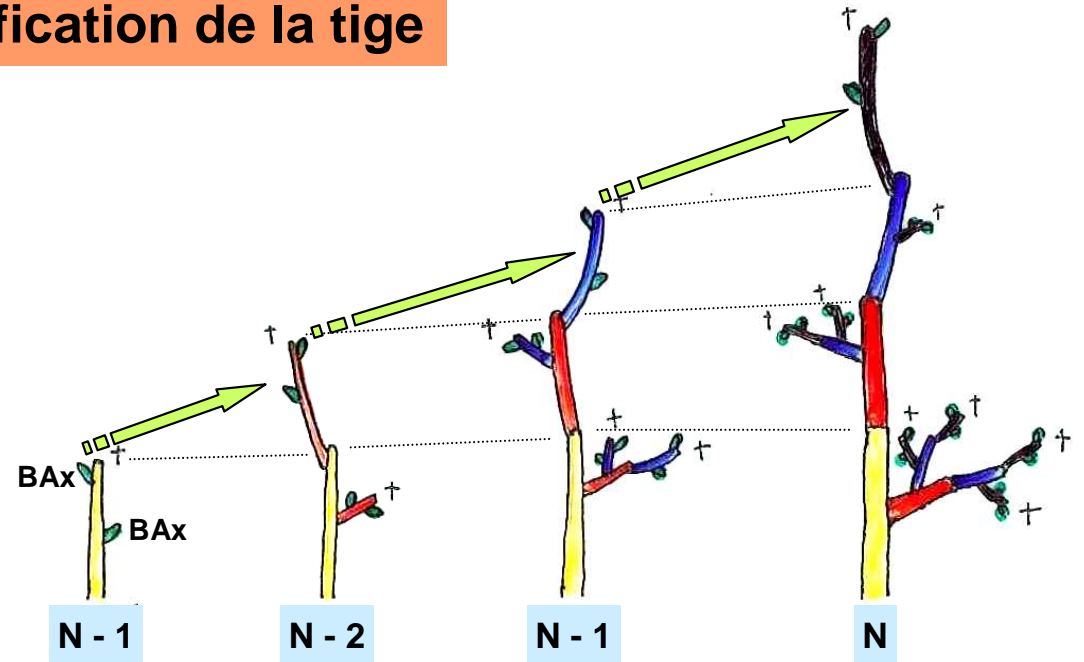
tournesol

forte dominance  
apicale

# LA TIGE



# Ramification de la tige

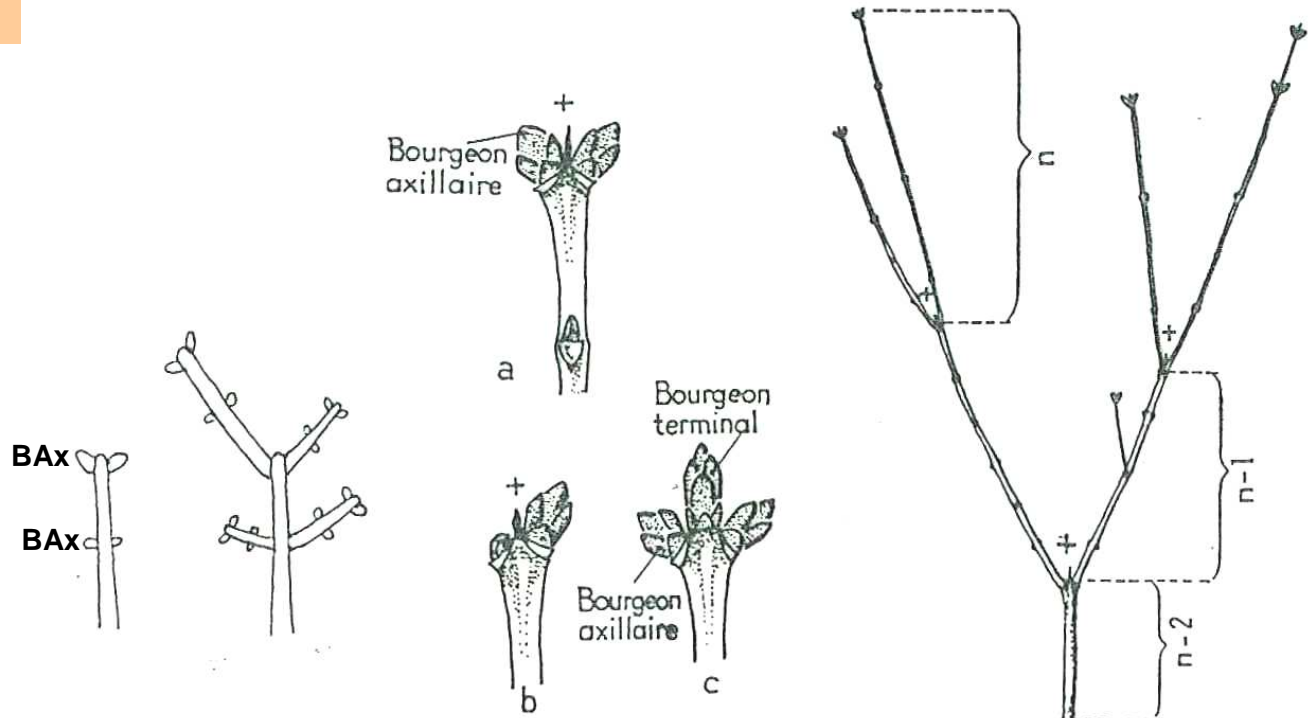


**Ramification monopodiale** : le BT assure la croissance de la tige principale, les BA donnent des rameaux

**simple** : 1 BA assure la croissance de la tige principale, les autres BA donnent des rameaux

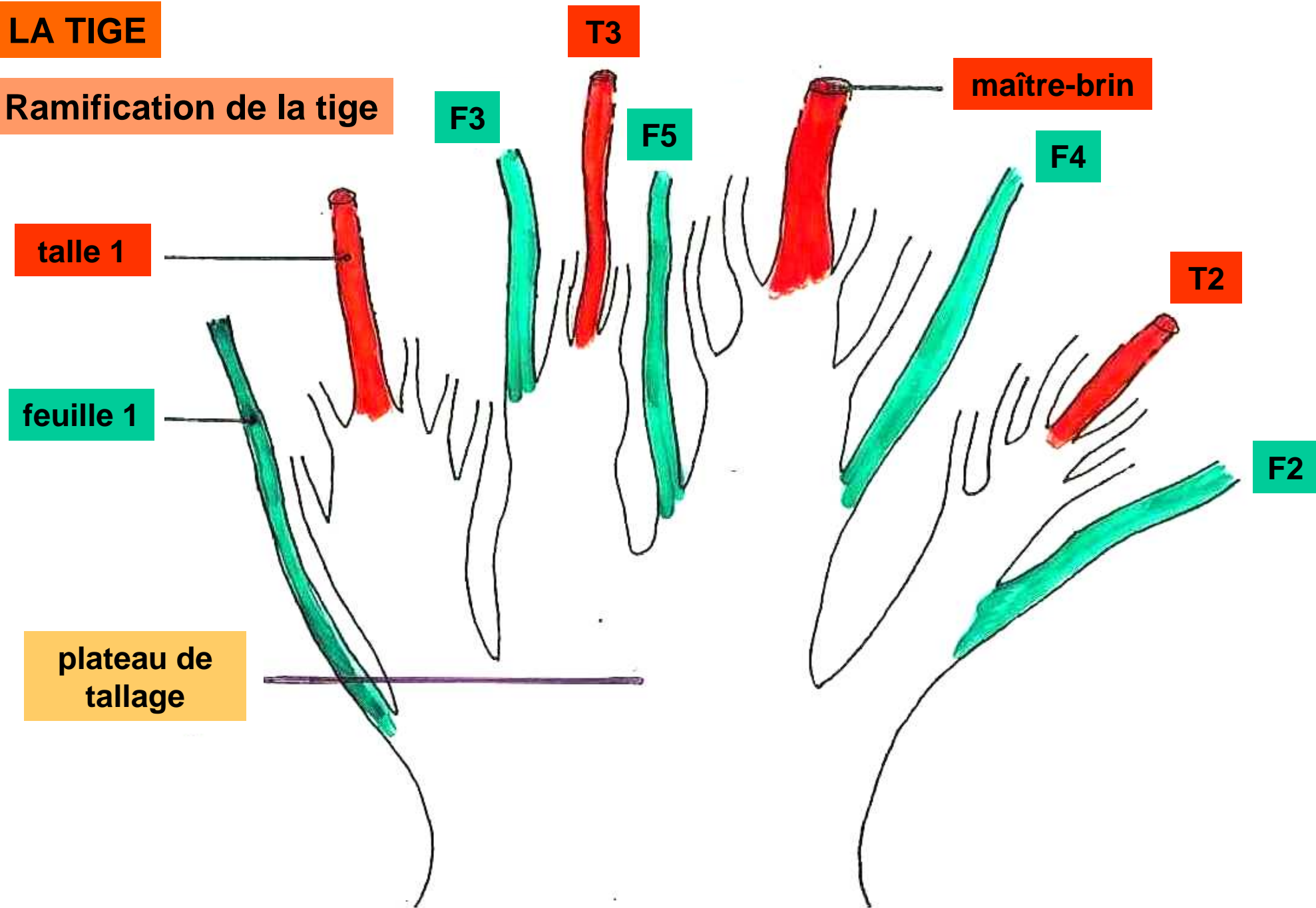
## Ramification sympodiale

**double** : 2 BA se développent, mais un axe est plus développé, les autres BA donnent des rameaux



# LA TIGE

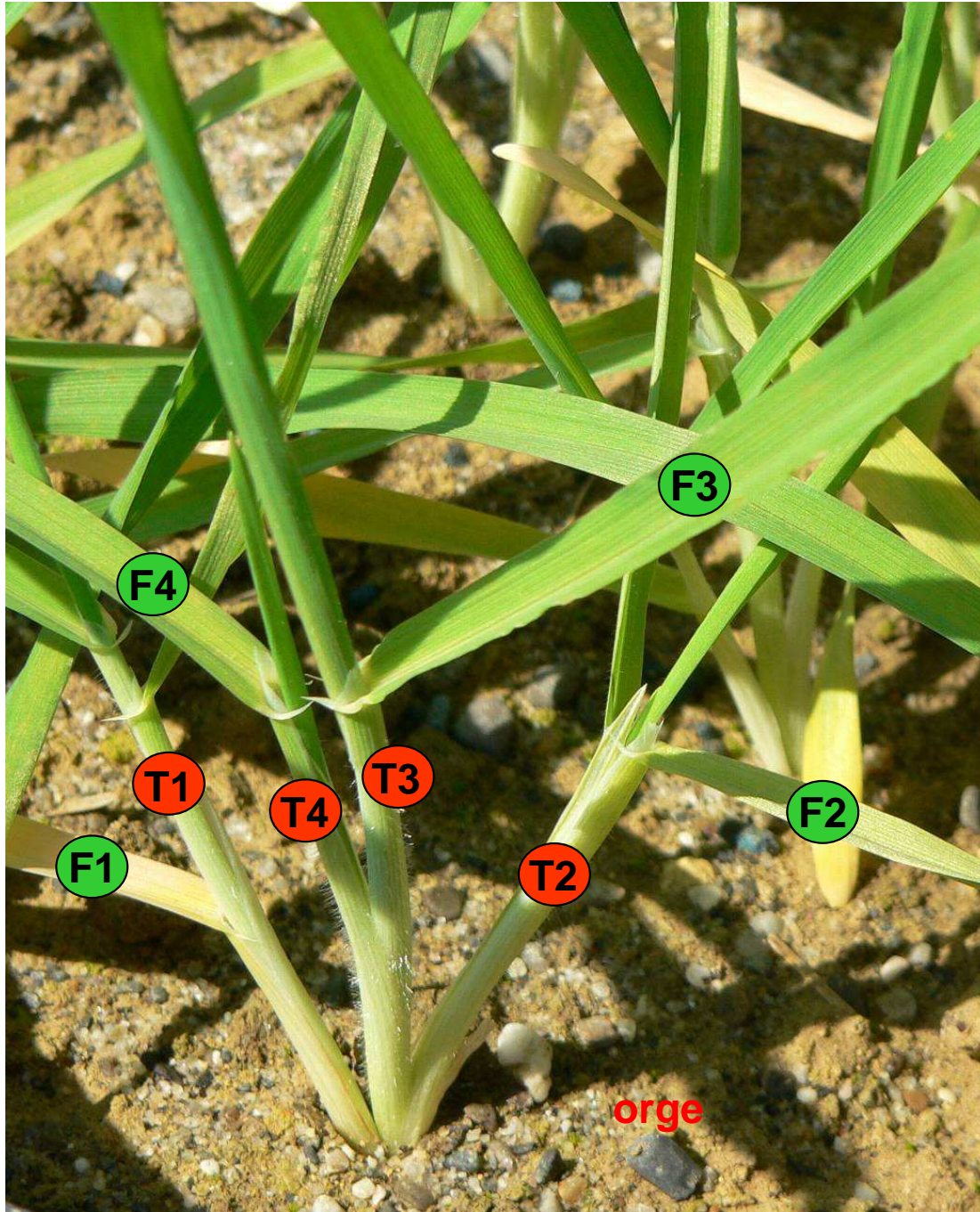
## Ramification de la tige



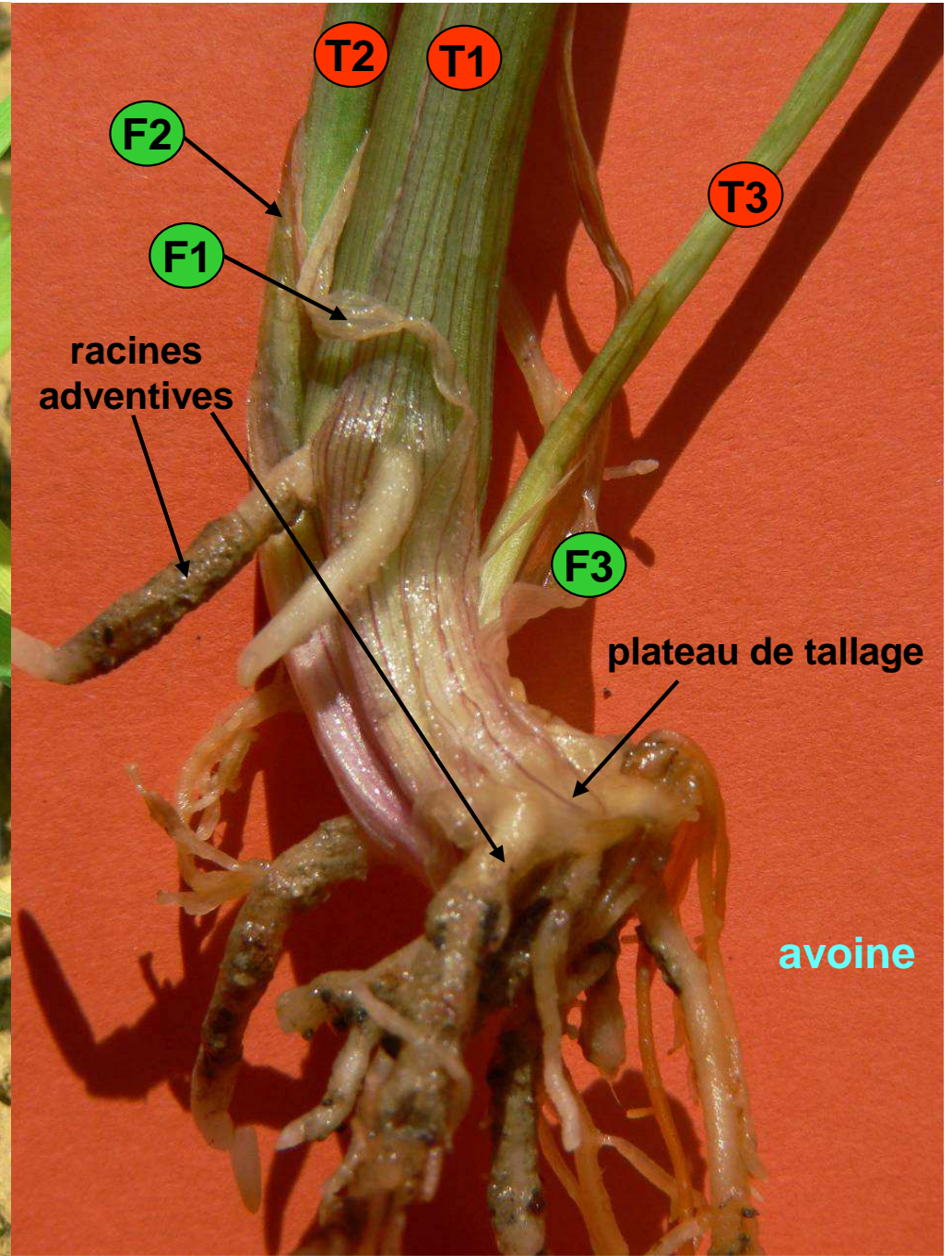
Ramification de la tige des Poacées : phénomène de tallage

# Ramification de la tige des Poacées : phénomène de tallage

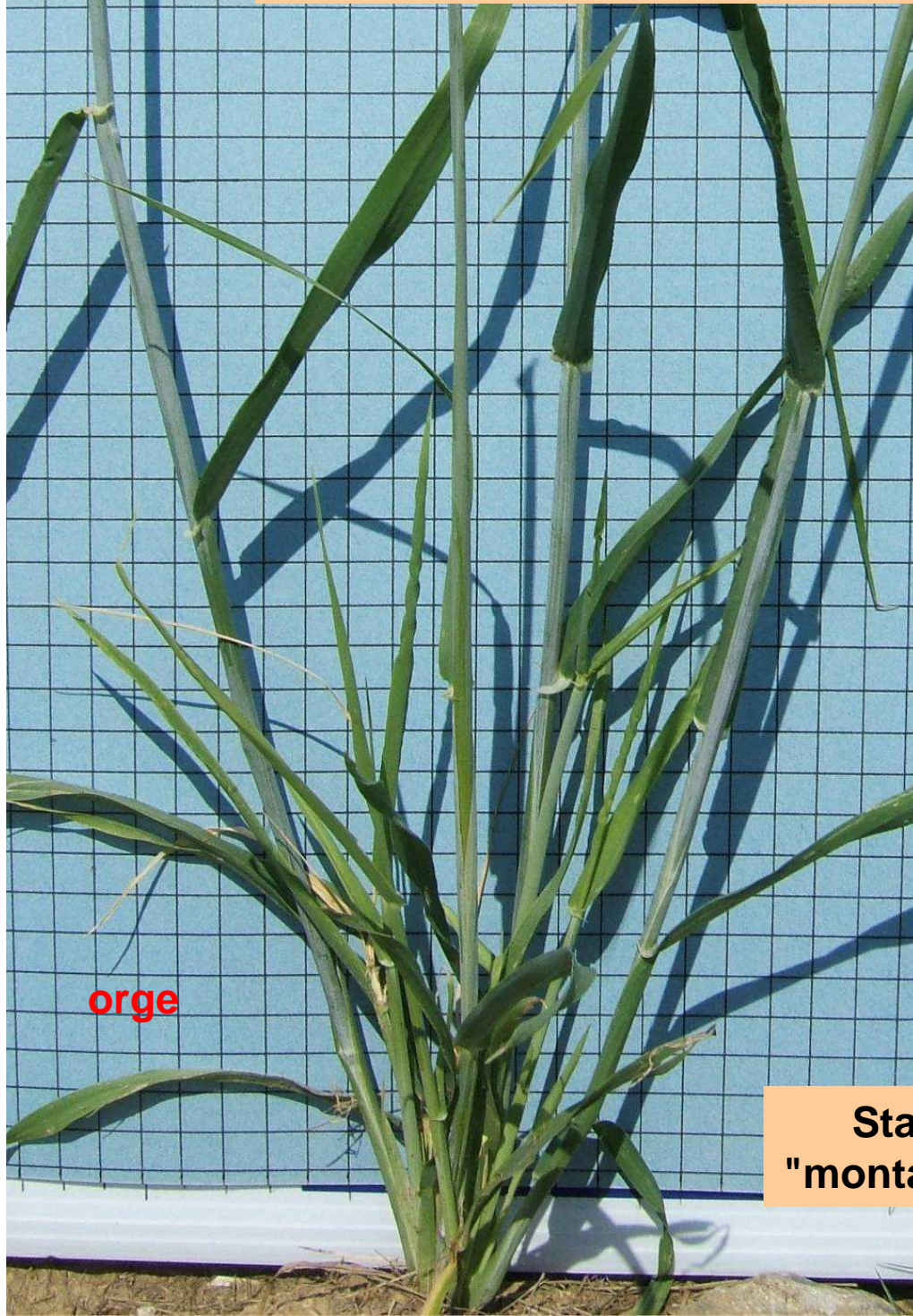
## Développement des talles



## Détails de la formation des talles



# Ramification de la tige des Poacées : phénomène de tallage

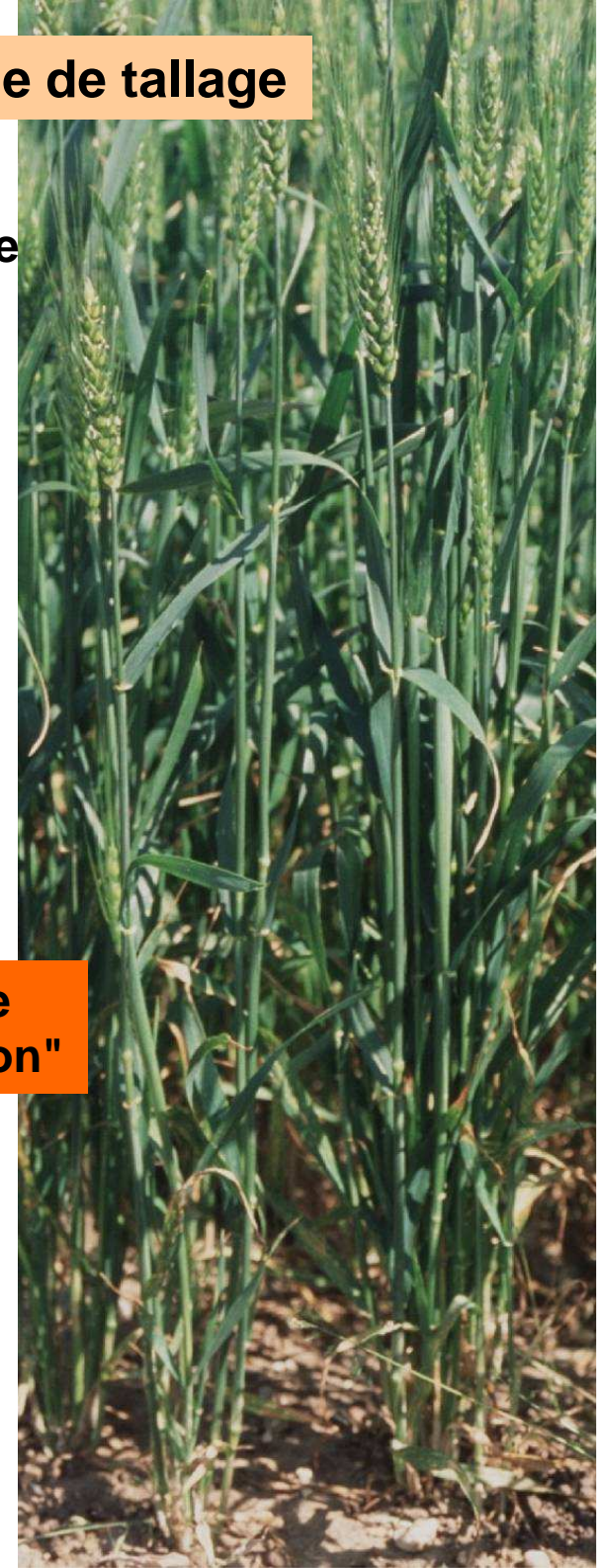


orge

Stade  
"montaison"

blé tendre

Stade  
"épiaison"



**patate douce**

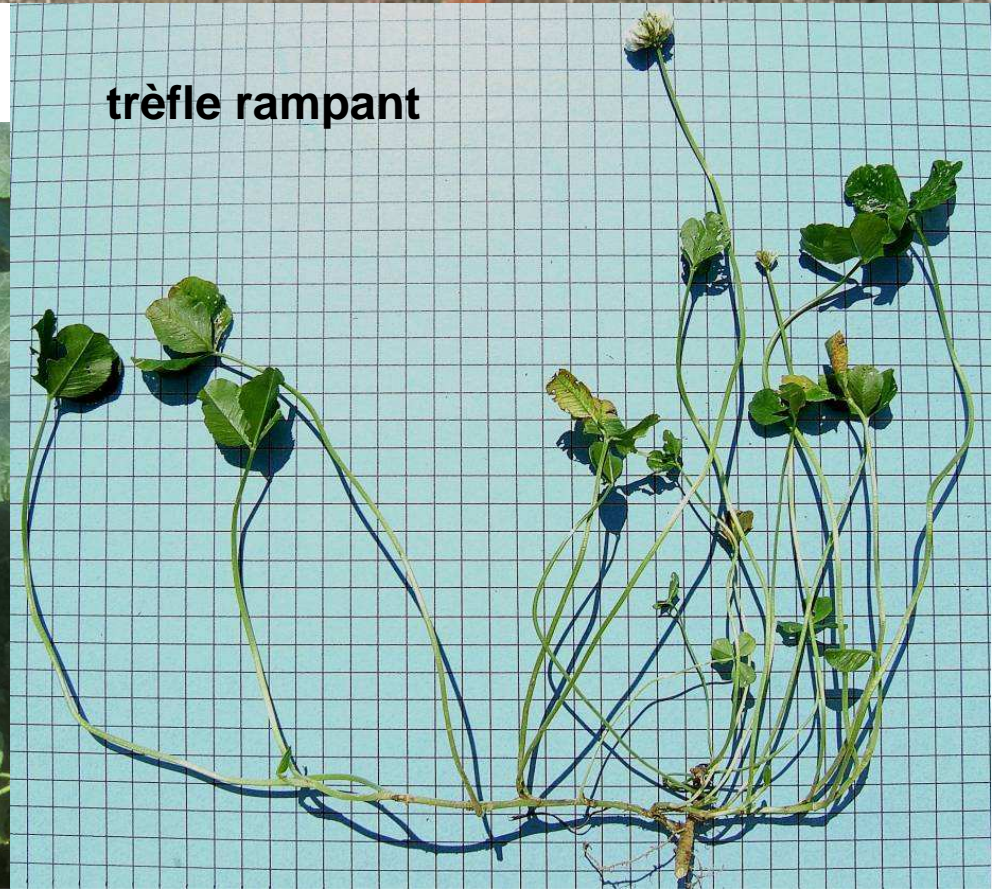
**Port des plantes  
tiges rampantes**



**courge**



**trèfle rampant**





## Port des plantes tiges grimpantes

par crochets

**gaillet gratteron**



par tige volubile

**haricot**



**houblon**



**Port des plantes  
tiges grimpantes**

**Par vrilles**

**vrilles de feuille**

**pois**

**vrilles de tige**

**vigne**



**Développement des bourgeons  
Cas des plantes ligneuses**



**Forte dominance apicale (douglas)**



**Absence de  
dominance apicale  
(cassis)**

# Cône végétatif

# LA TIGE

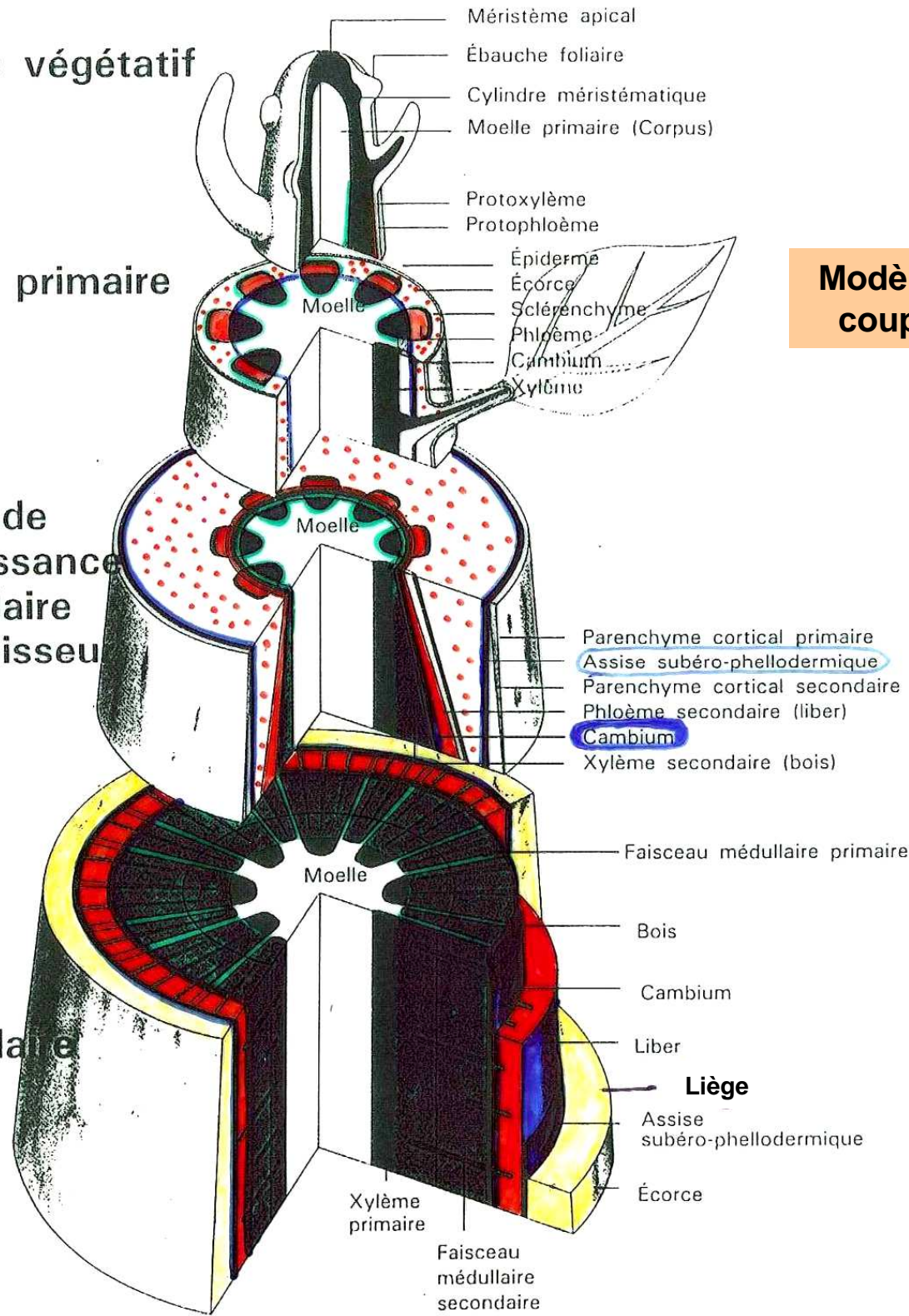
## Anatomie de la tige

Modèle tridimensionnel de tige montrant des coupes transversales à différents niveaux

# Tige primaire

# Début de la croissance secondaire en épaisseur

# Tige secondaire



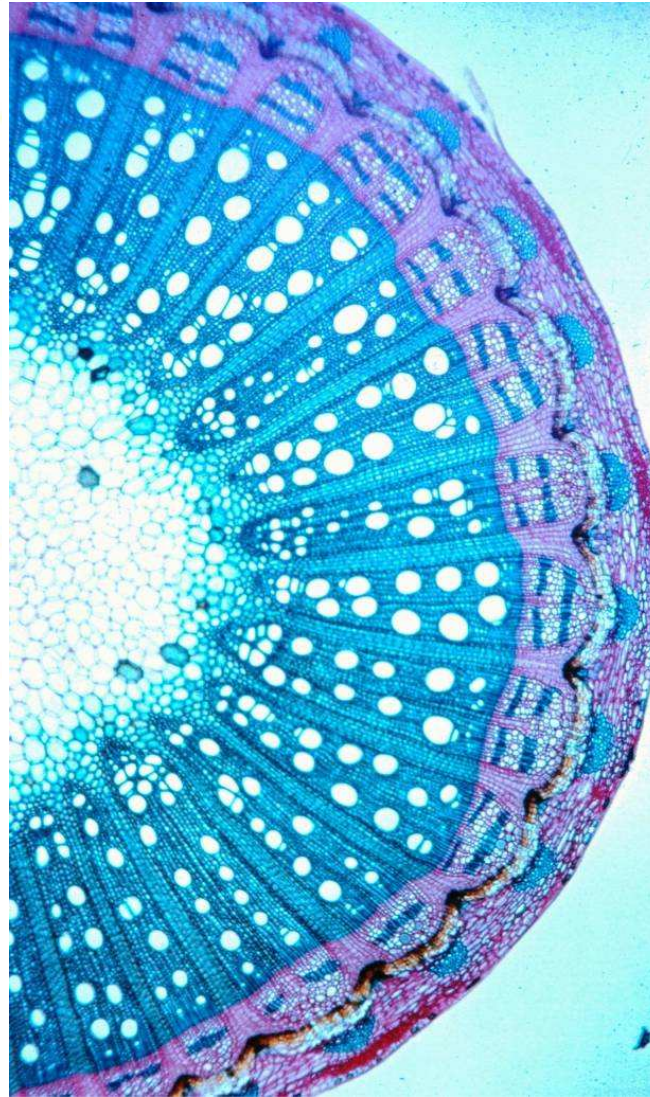
# Anatomie de la tige

## Tige des Dicotylédones

## Tige des Monocotylédones

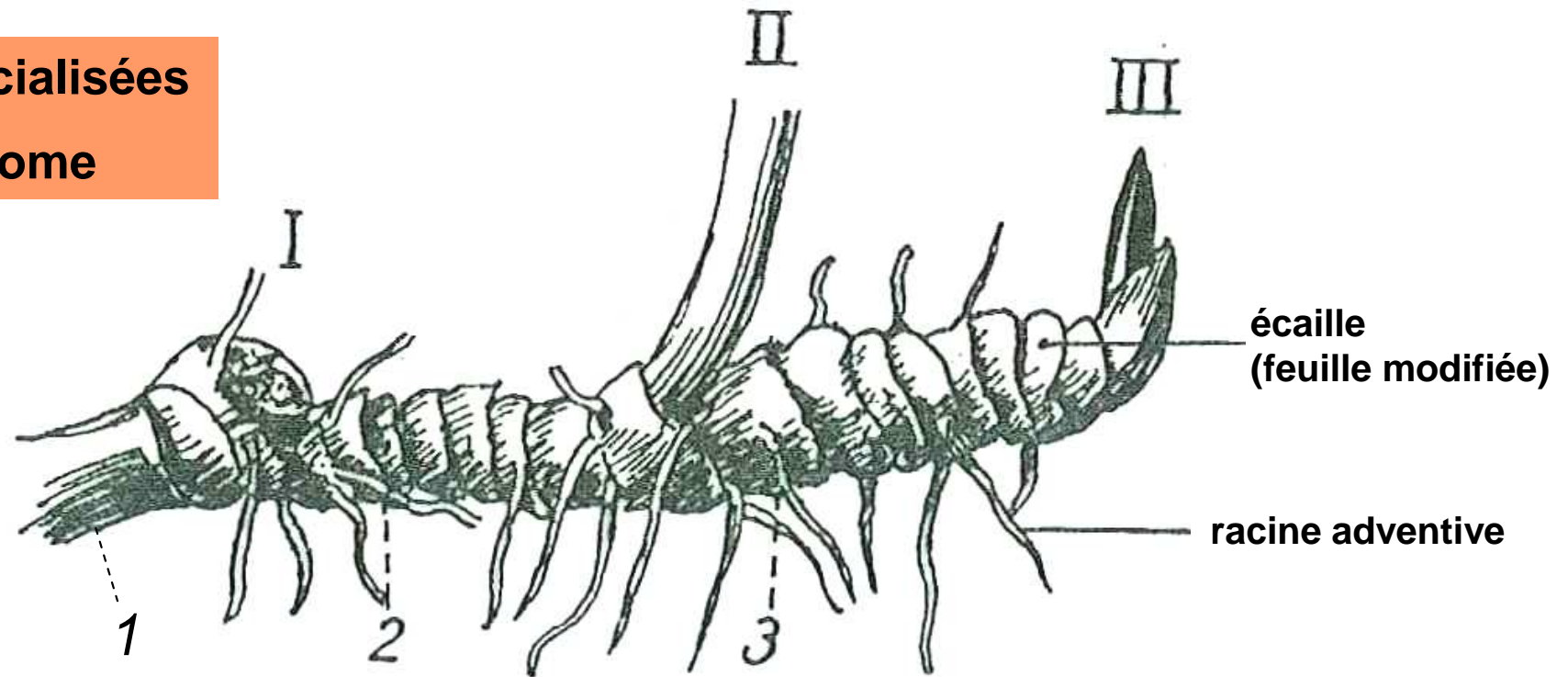
structure primaire

structure secondaire jeune



# LA TIGE

## Tiges spécialisées le rhizome



### Rhizome de sceau-de-Salomon - plante vivace

**1** : rameau de rhizome de l'année N - 2

**2** : rameau de rhizome de l'année N - 1, formé à partir d'un BA de 1

**3** : rameau de rhizome de l'année N, formé à partir d'un BA de 2

**I** : cicatrice laissée par la tige aérienne de l'année N - 1, formée à partir du BT du rameau 1

**II** : tige aérienne de l'année N, formée à partir du BT du rameau 2 ;

**III** : BT du rameau 3 qui donnera la tige aérienne de l'année N + 1

## Tiges spécialisées : le rhizome

chiendent

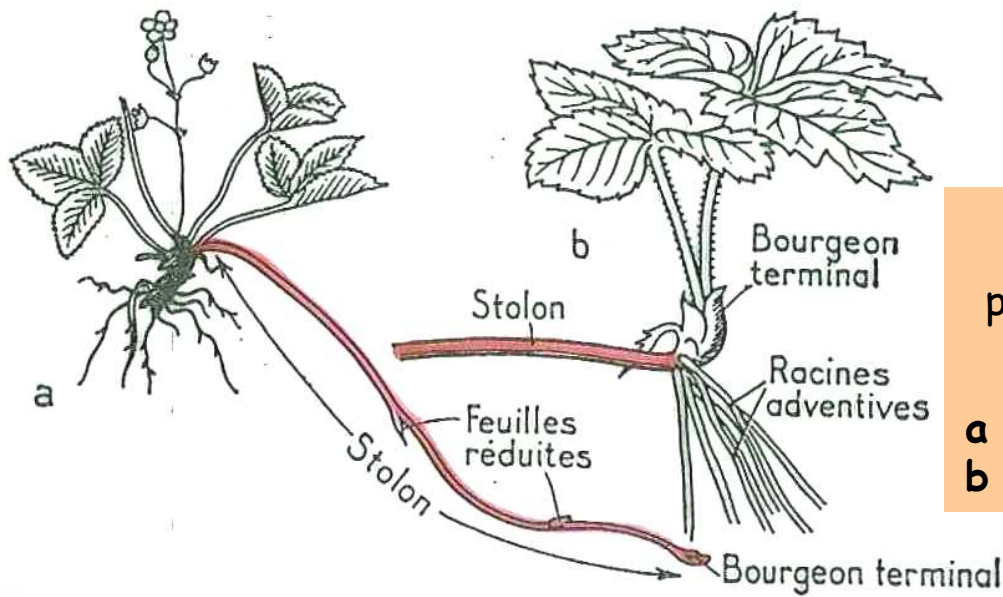


gingembre

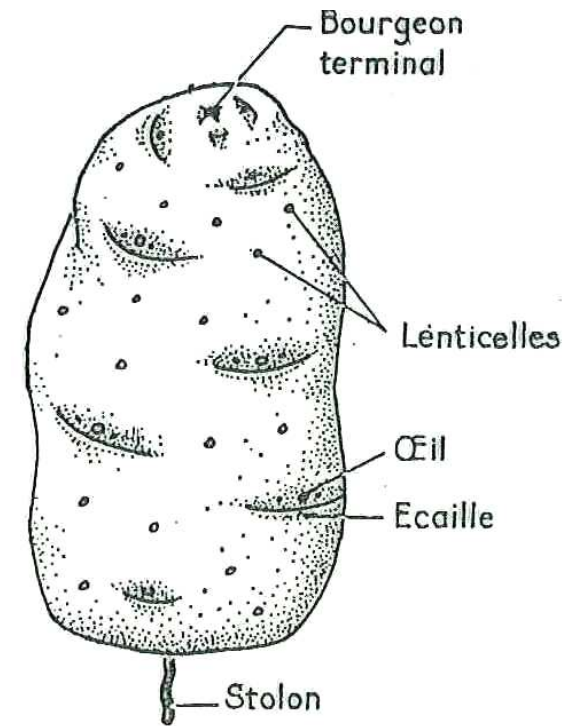
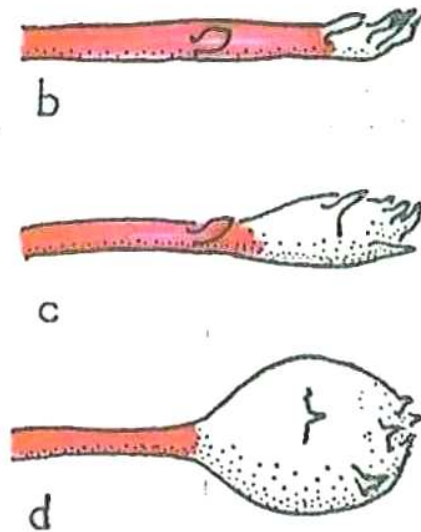
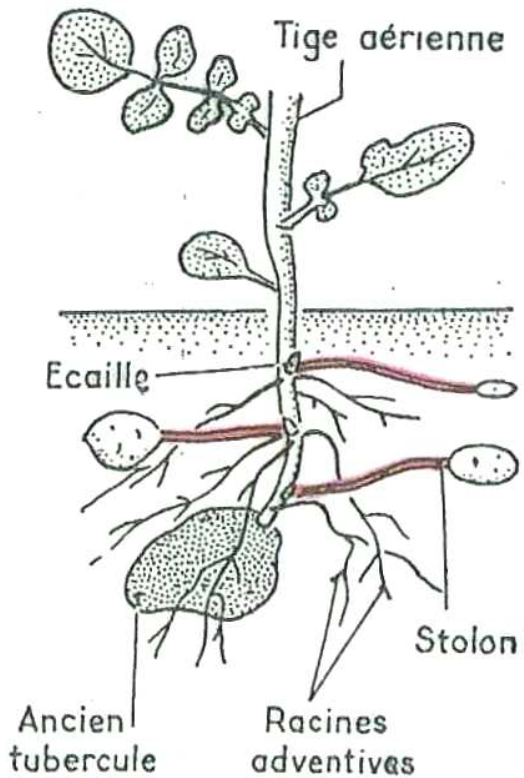


# LA TIGE

## Tiges spécialisées le stolon



**Stolon aérien de fraisier**  
plante vivace à port en rosette  
Rosacées  
a : fraisier avec stolon  
b : enracinement du BT du stolon

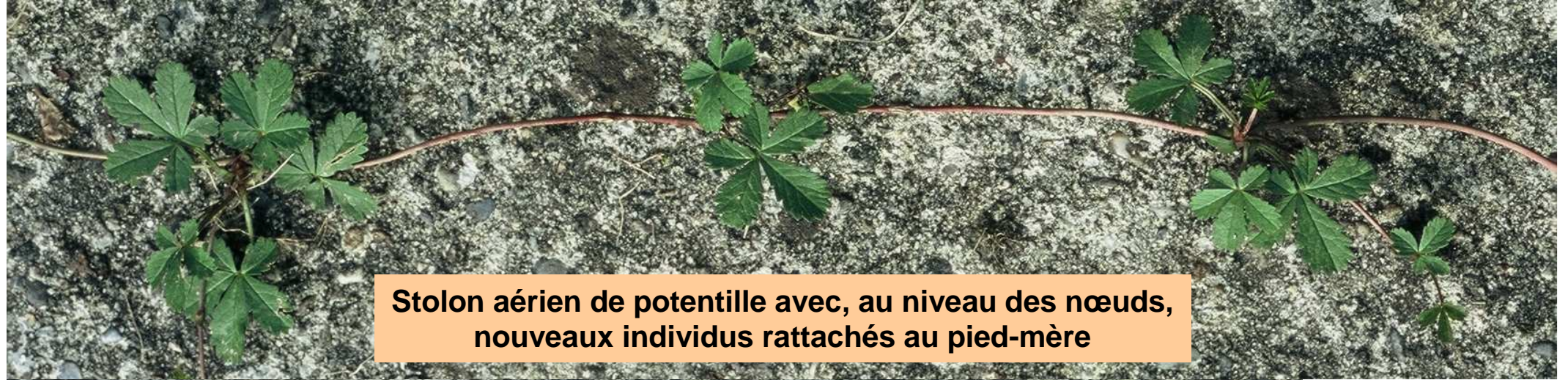


**Stolon souterrain de pomme-de-terre - plante vivace à tubercule - Solanacées**

**Tubercule de  
pomme-de-terre**

a : tige aérienne formée à partir d'un bourgeon du tubercule  
b, c, d : étapes de la formation du tubercule, par tubérisation du BT du stolon





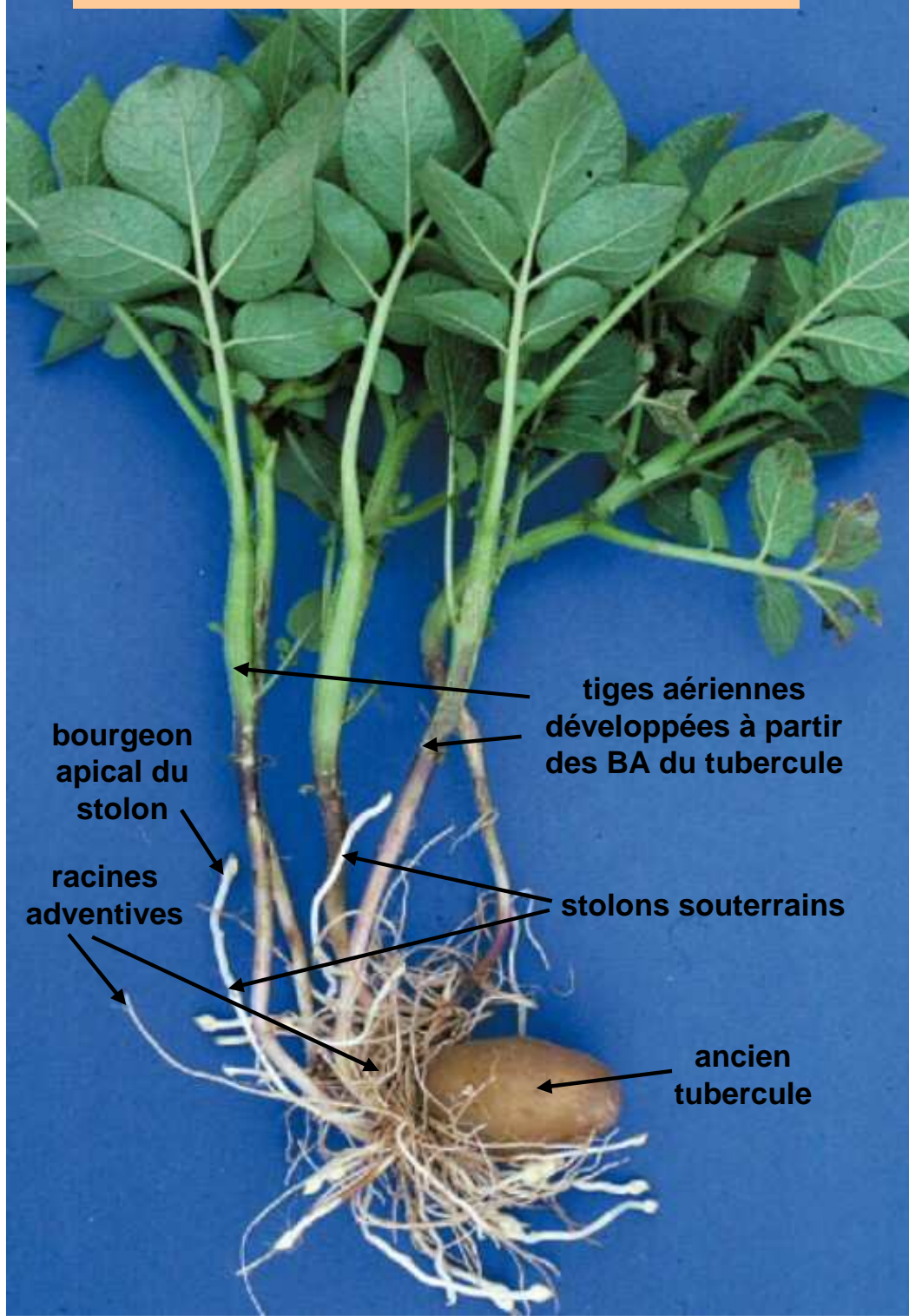
**Stolon aérien de potentille avec, au niveau des nœuds, nouveaux individus rattachés au pied-mère**



**Tiges spécialisées le stolon**

**Formation de racines adventives sur les nœuds du stolon**

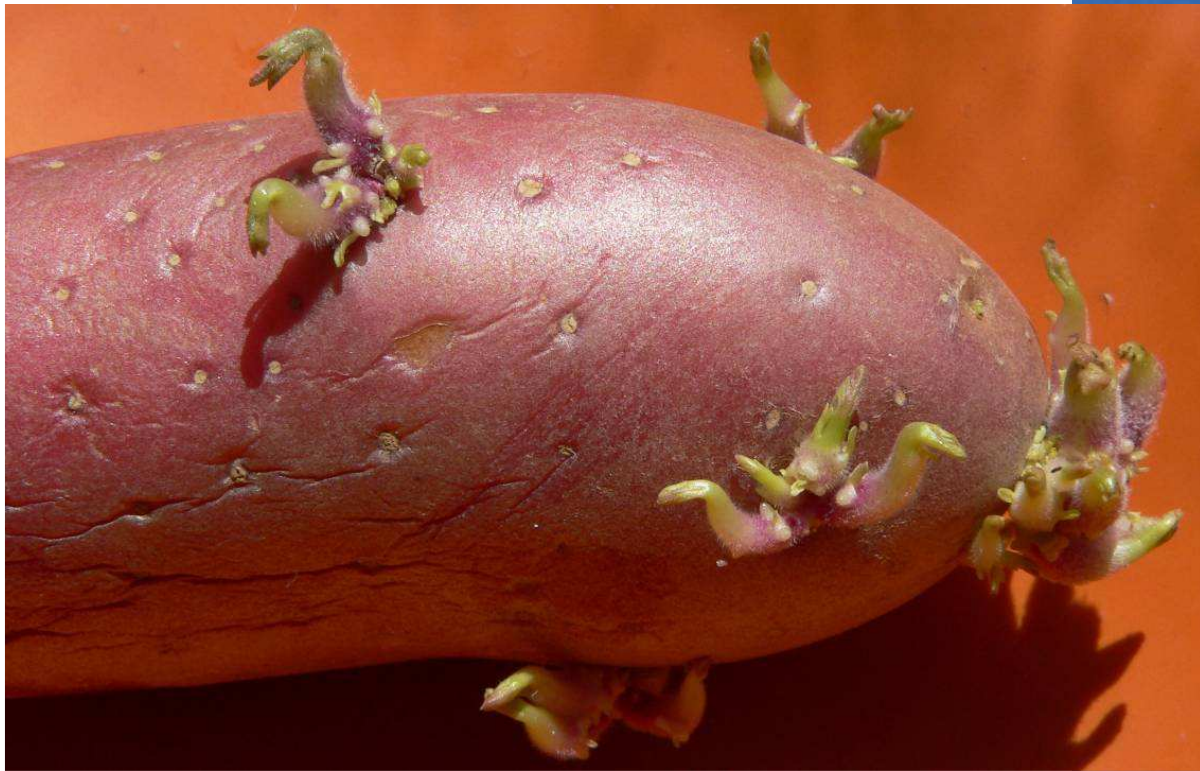
## Stolons souterrains de pomme-de-terre



## Tiges spécialisées : le stolon



**Développement des bourgeons axillaires  
d'un tubercule de pomme-de-terre**





**Tubercule aérien de chou-rave**

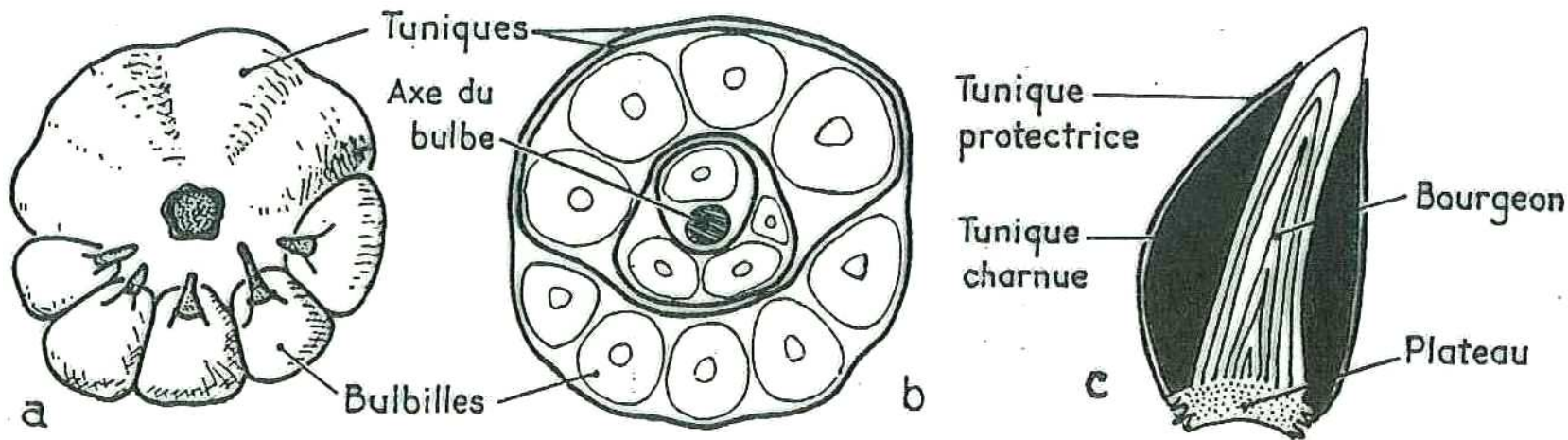
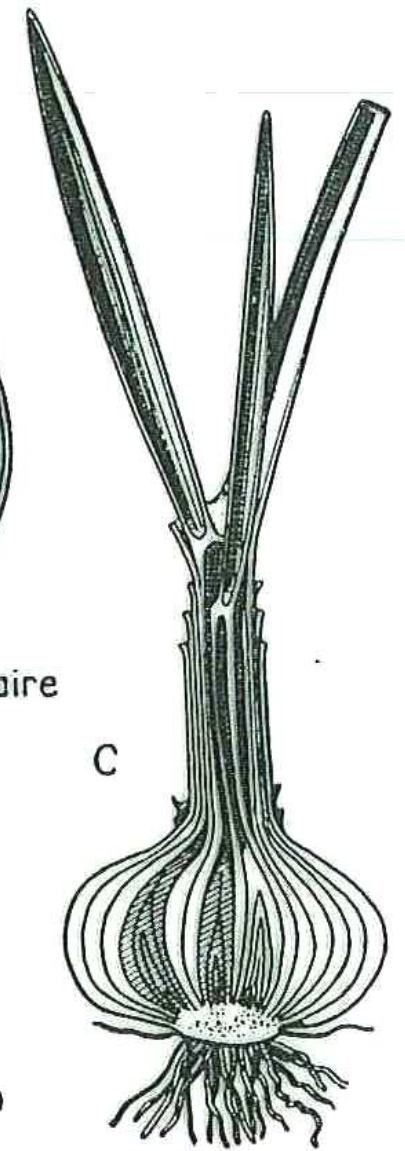
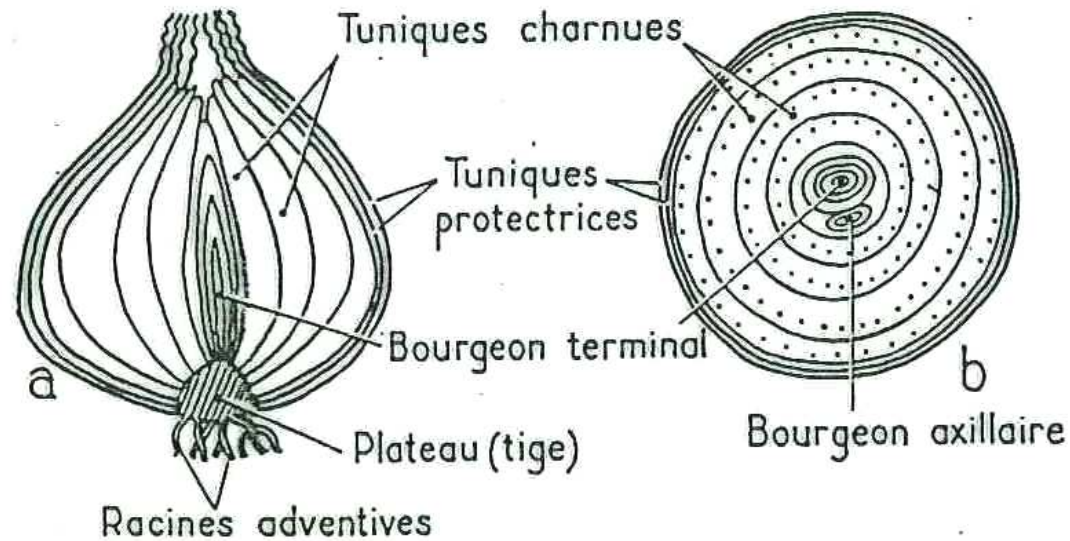
# LA TIGE

## Tiges spécialisées : le bulbe

### Bulbe d'oignon

plante bisannuelle - Liliacées

- a : coupe longitudinale du bulbe
- b : coupe transversale du bulbe
- c : bulbe portant encore les limbes des feuilles



### Bulbe d'ail cultivé - plante vivace - Liliacées

- a : bulbe vu de dessus, tuniques externes enlevées
- b : coupe transversale du bulbe - c : coupe longitudinale d'une bulbille

## Tiges spécialisées : le bulbe

Bulbe à écailles charnues emboîtées : l'oignon

1 : début de tubérisation des gaines foliaires

2 : bulbe formé ; feuilles vertes

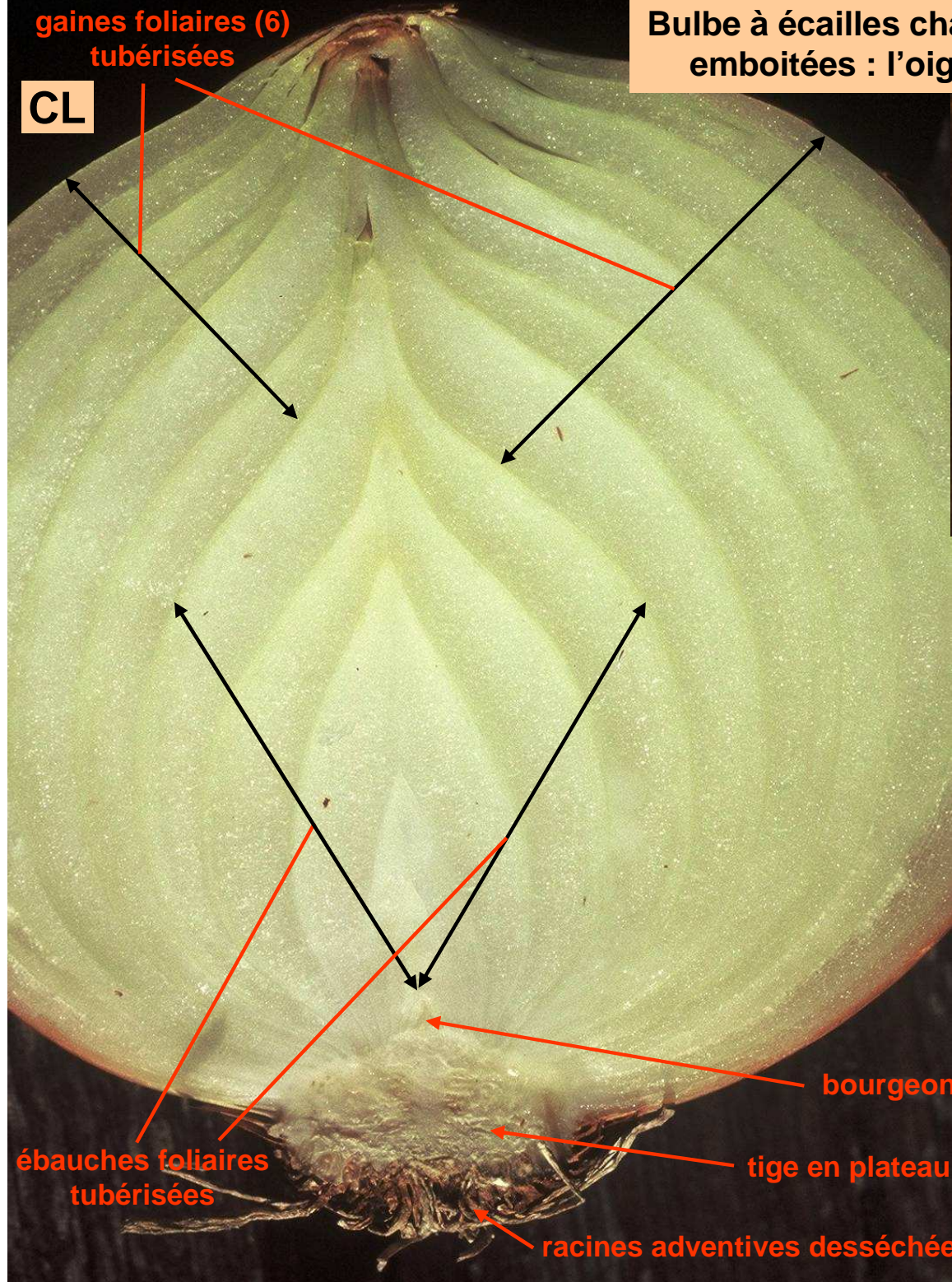


3 : dessèchement des feuilles et des racines adventives

**Bulbe à écailles charnues emboîtées : l'oignon**

**gaines foliaires (6) tubérisées**

**CL**



**CT**



**gaines foliaires desséchées protectrices**

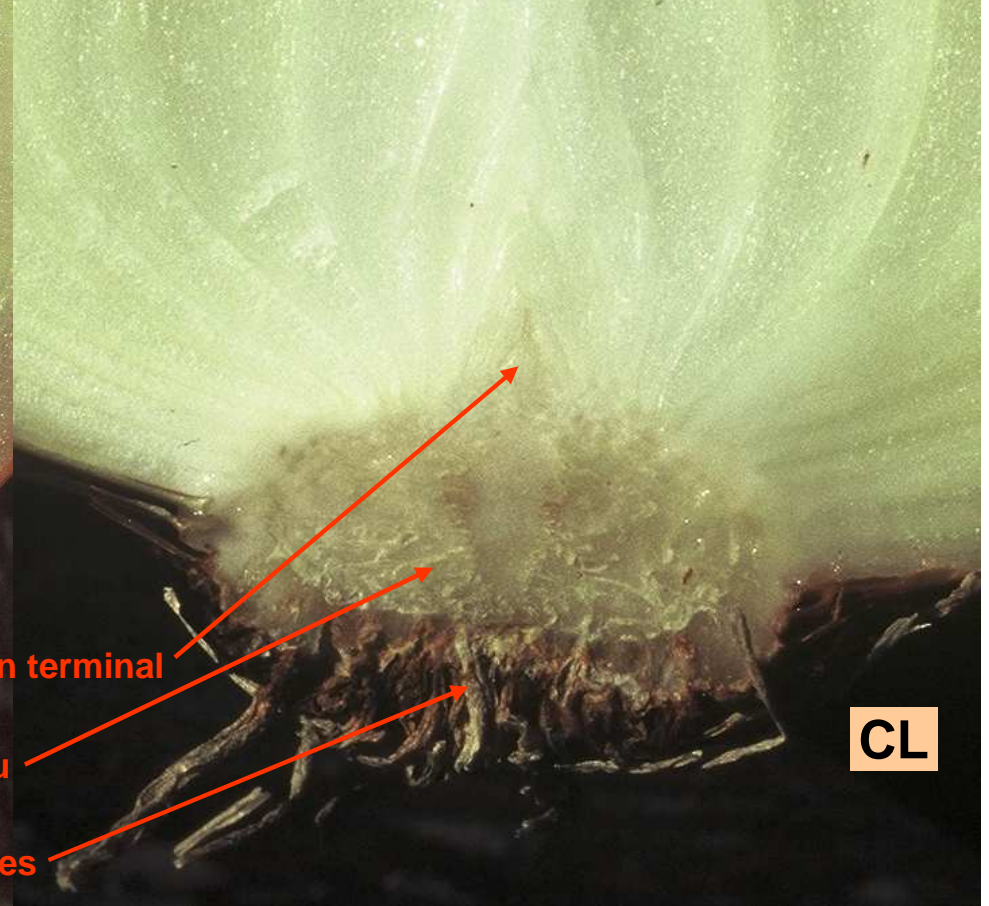
**ébauches foliaires tubérisées**

**bourgeon terminal**

**tige en plateau**

**racines adventives desséchées**

**CL**



**Bulbe de plante bisannuel : l'oignon**



**formation de nouvelles feuilles à partir du bourgeon terminal de la tige en plateau**

**formation de nouvelles racines adventives sur la tige en plateau**

**Evolution du bulbe la 2<sup>e</sup> année**

**formation d'un axe foral et d'une inflorescence à partir du BT de la tige en plateau**





**Tiges spécialisées : le bulbe**



**Bulbe à tuniques charnues : l'ail**





racines adventives  
desséchées

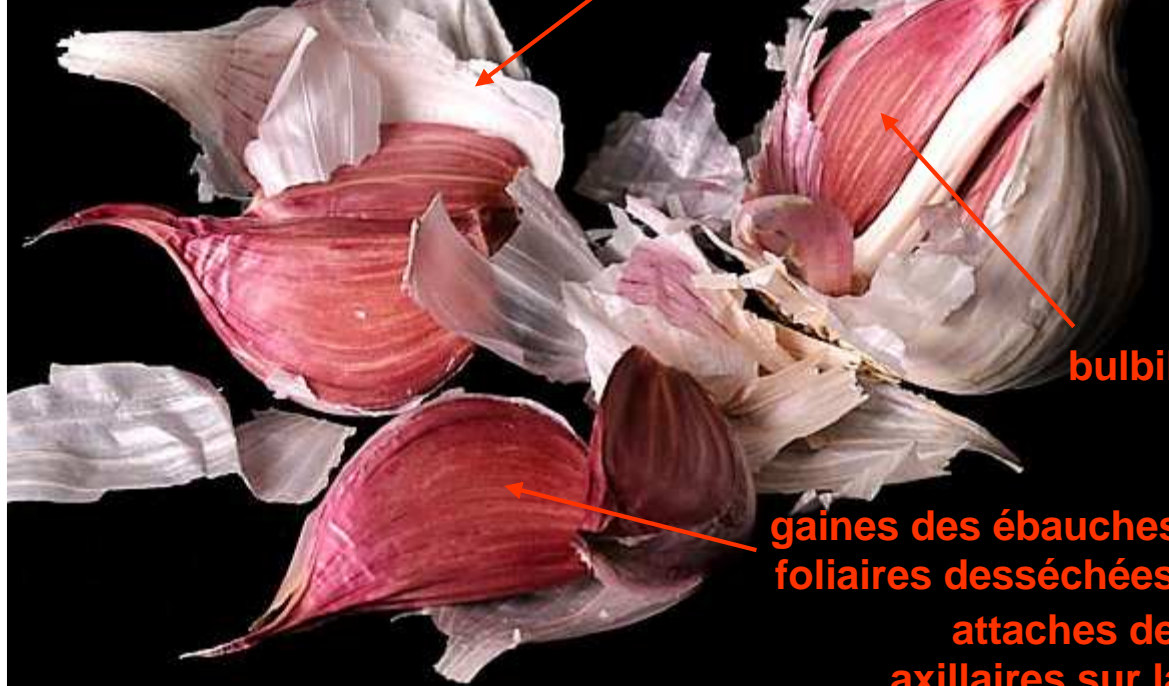
fausse tige formée  
par les gaines des  
feuilles aériennes  
emboîtées

bases des  
gaines des  
feuilles  
aériennes  
desséchées

Tiges spécialisées : le bulbe

Bulbe à tuniques charnues : l'ail

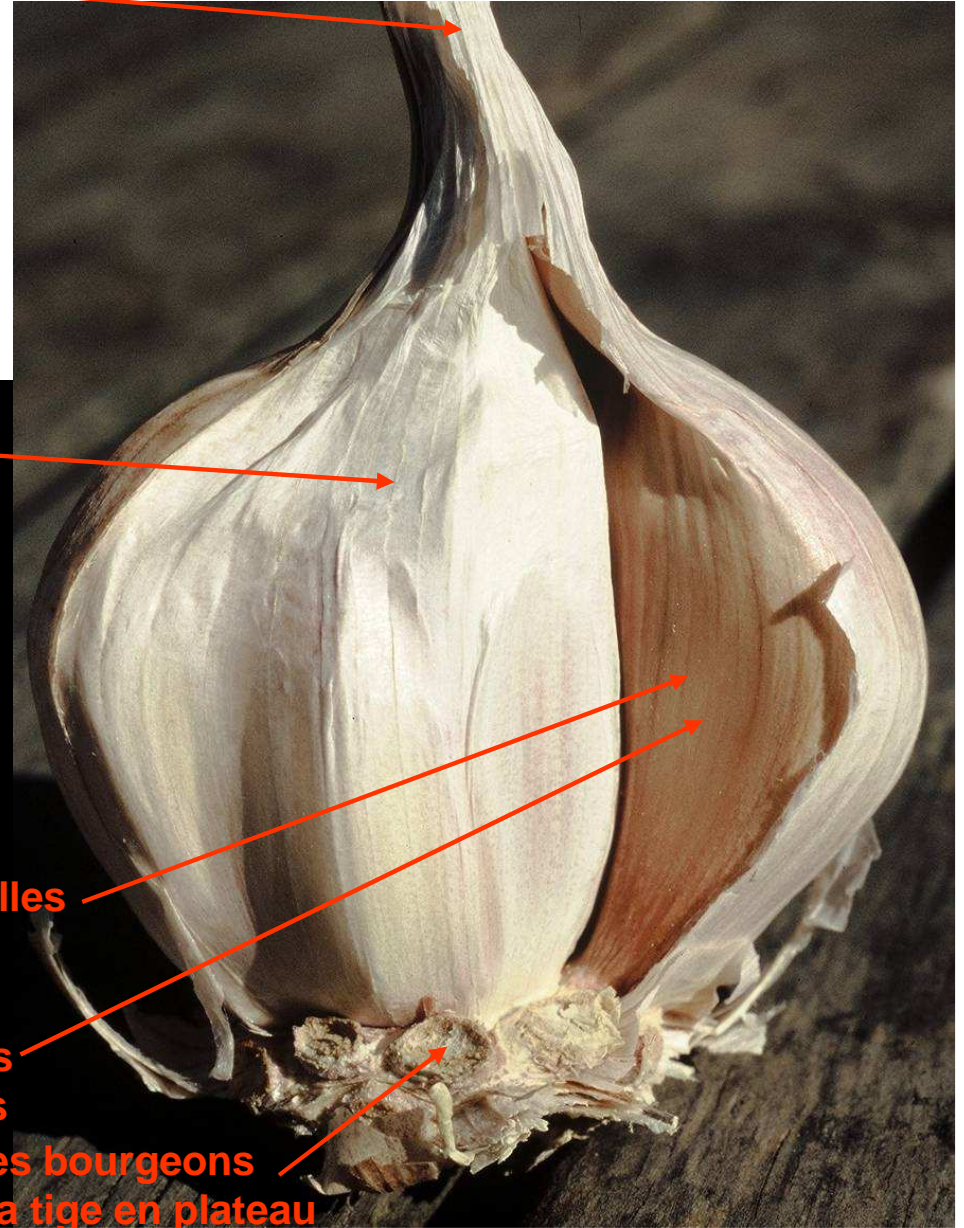
Bulbe constitué de nombreux bulbilles  
développées à partir de bourgeons axillaires



bulbilles

gaines des ébauches  
foliaires desséchées

attaches des bourgeons  
axillaires sur la tige en plateau



## Tiges spécialisées : le bulbe

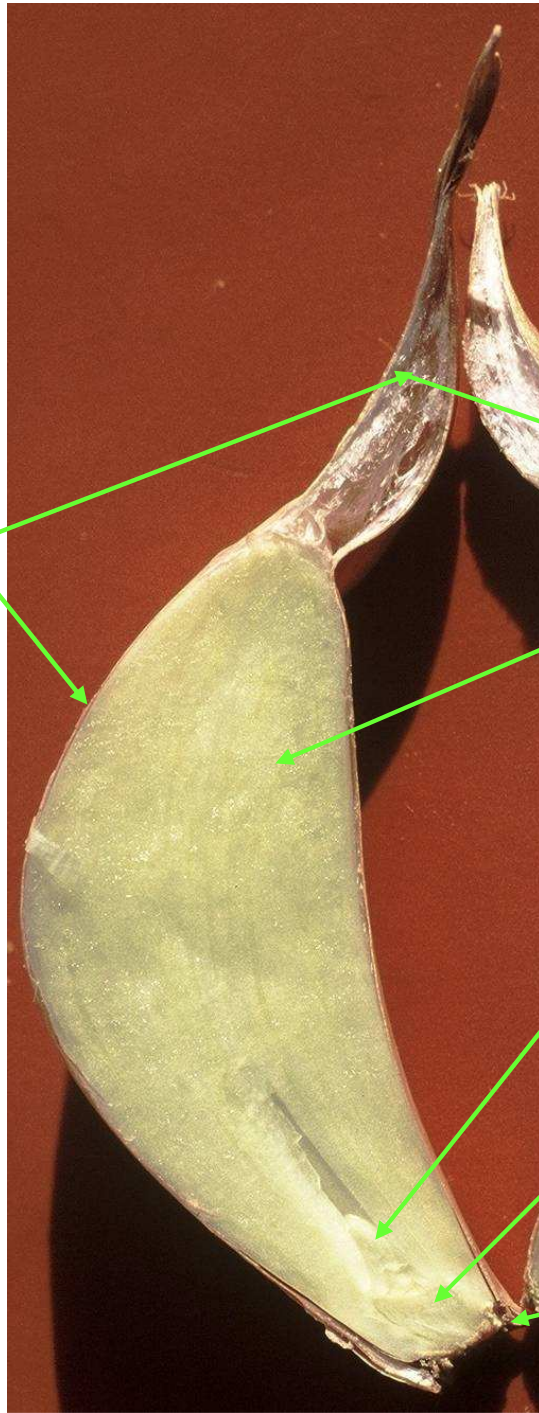
## Bulbe à tuniques charnues : l'ail

La 2<sup>e</sup> année

développement du bourgeon apical de la tige en plateau du bulbille pour donner de nouvelles feuilles aériennes et un nouveau bulbe (avec ou sans fleurs)

les bourgeons axillaires portés par la tige en plateau donneront de nouveaux bulbilles

gaines des ébauches foliaires desséchées



ébauche foliaire tubérisée = tunique charnue

bourgeon apical de la tige en plateau

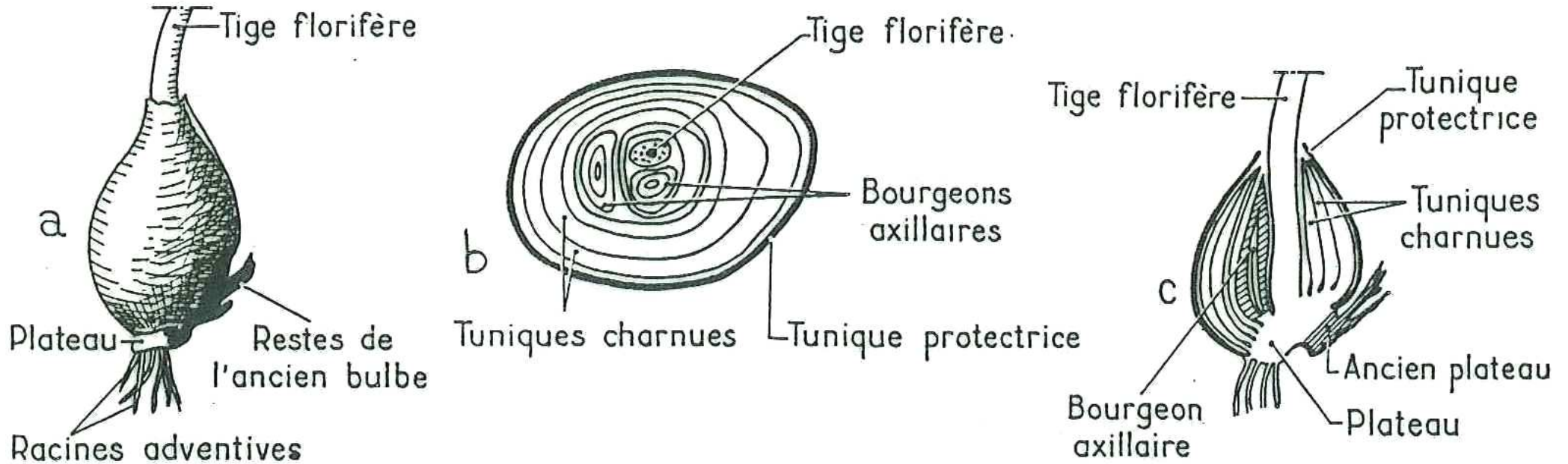
tige en plateau du bourgeon axillaire

racines adventives desséchées



# LA TIGE

## Tiges spécialisées : le bulbe



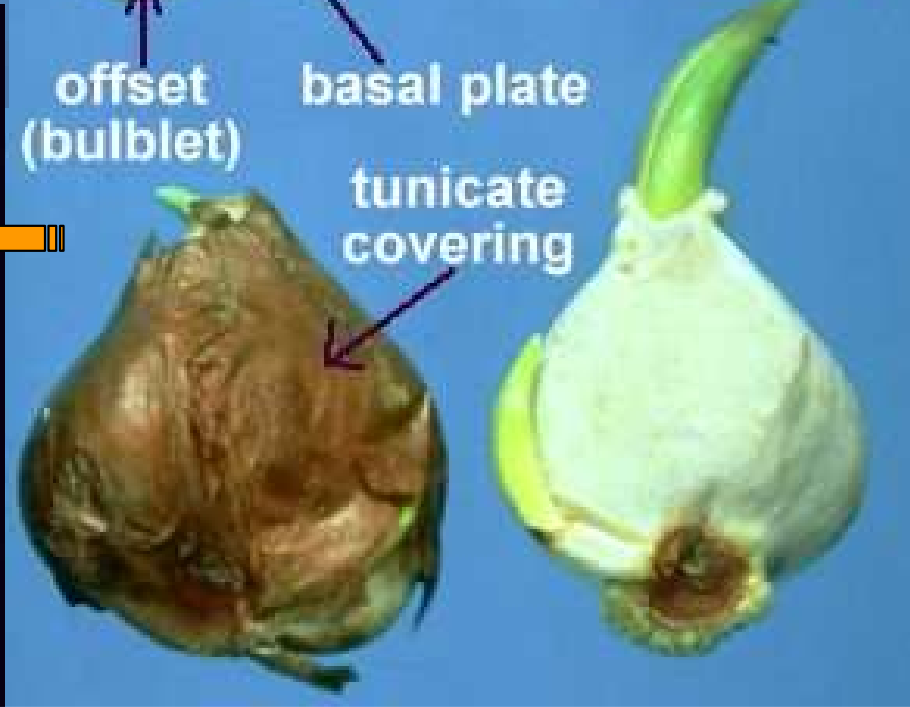
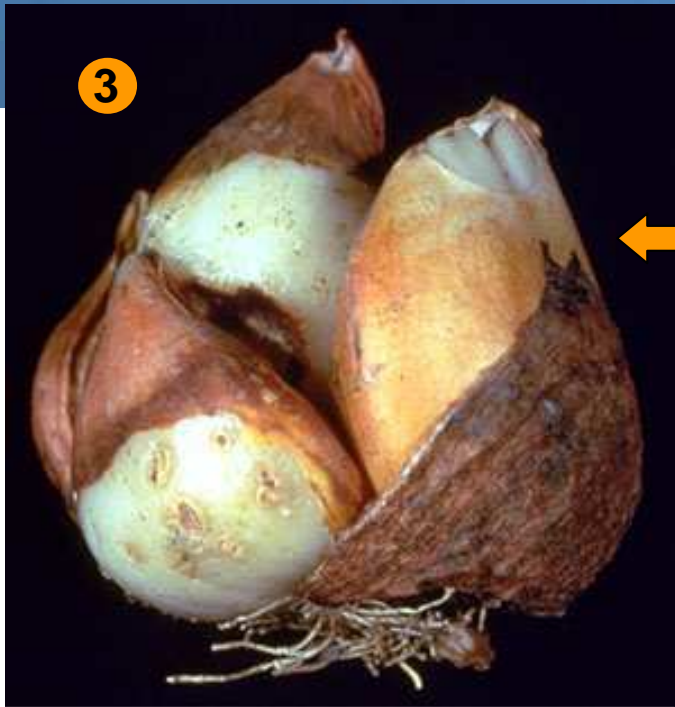
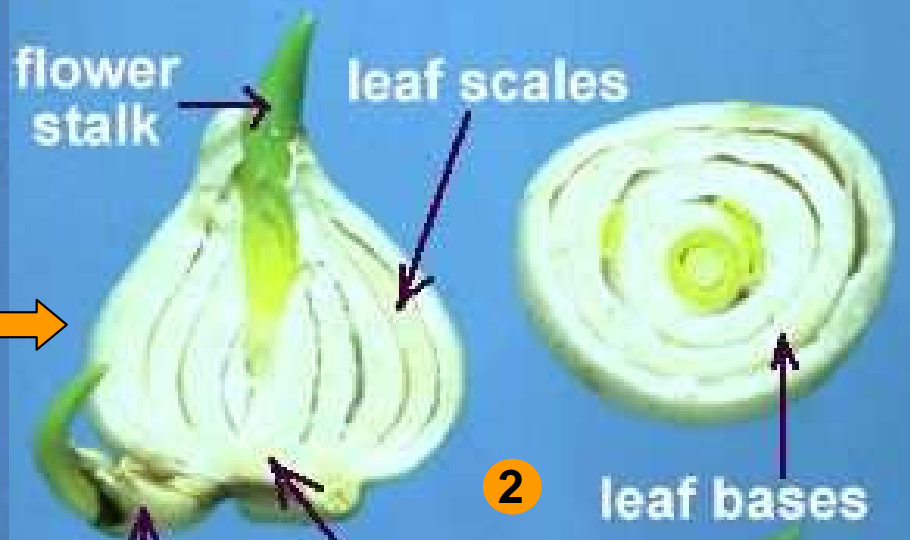
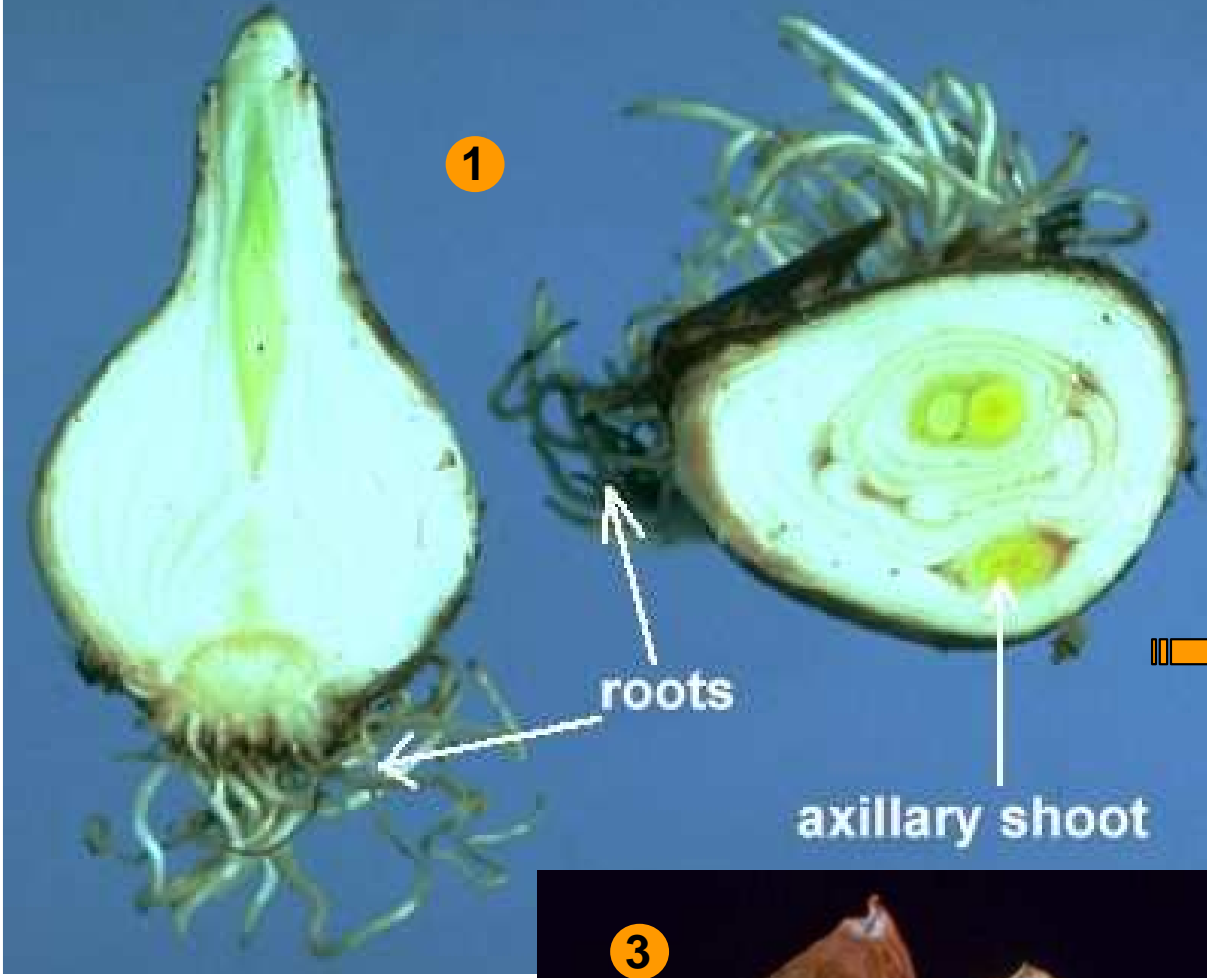
### Bulbe de tulipe

plante vivace - Liliacées

a : vue externe du bulbe - b : coupe transversale du bulbe - c : coupe longitudinale du bulbe  
b et c montrent les tuniques charnues du bulbe formées par tubérisation des gaines foliaires

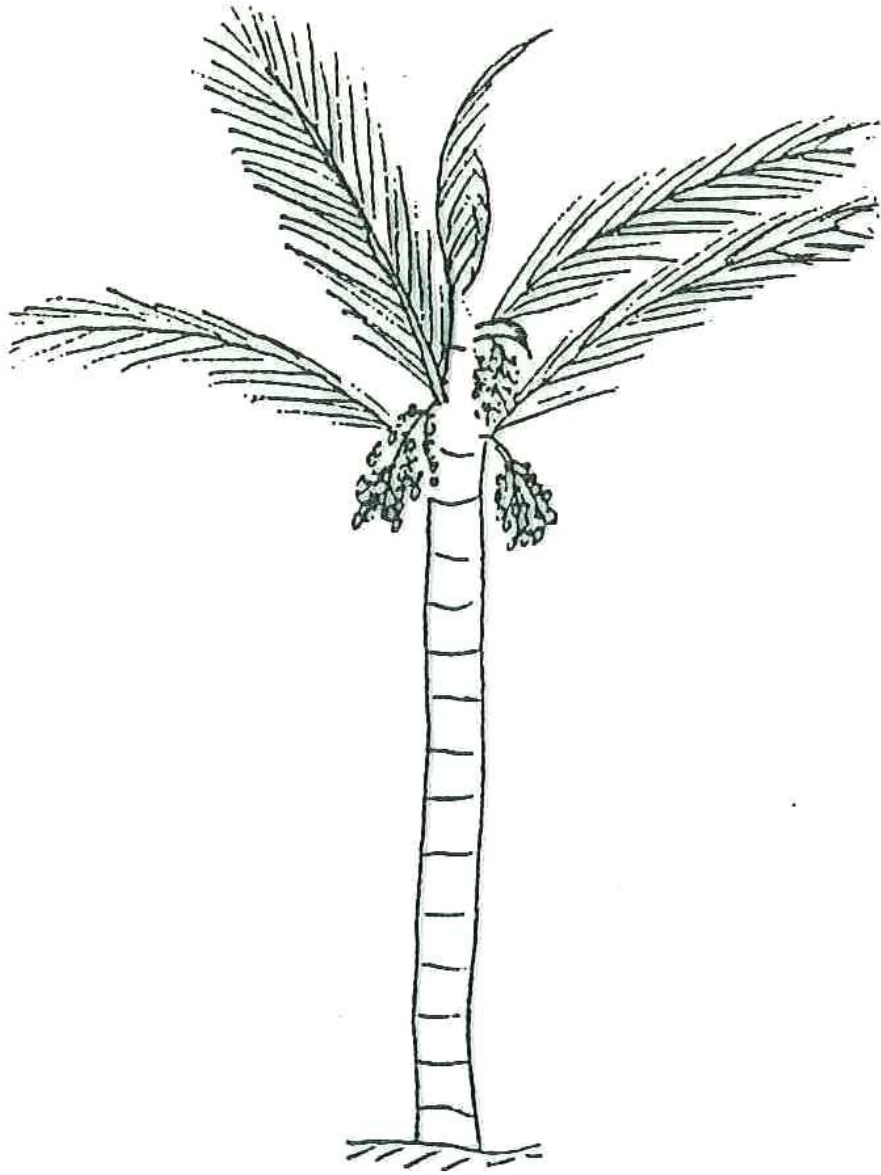
# Tiges spécialisées : le bulbe

Développement du bulbe de tulipe pour former une fleur et des bulbilles



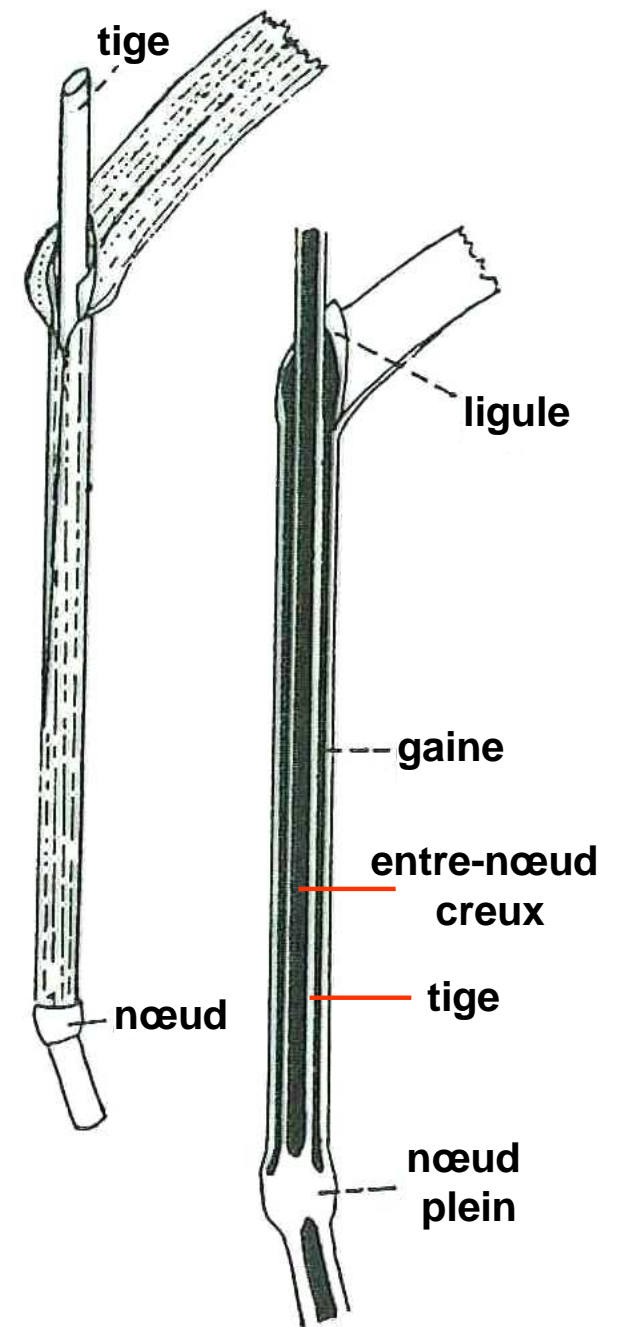
## LA TIGE

## Autres tiges particulières



**Stipe du palmier dattier**

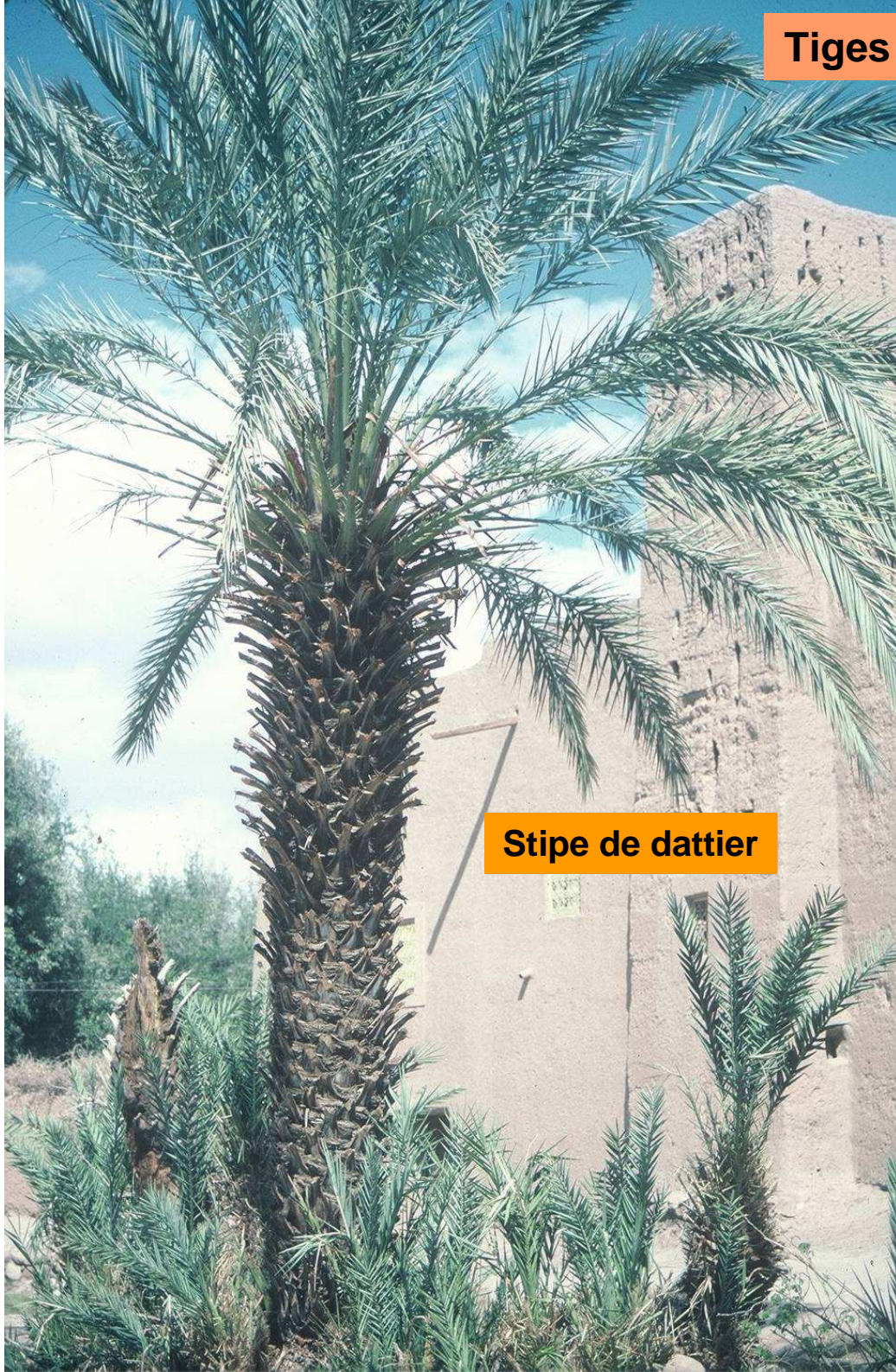
Tige ligneuse sans bois et sans croissance en épaisseur



**Chaume des Poacées**

Tige creuse aux entre-nœuds et pleine aux nœuds

**Tiges particulières**



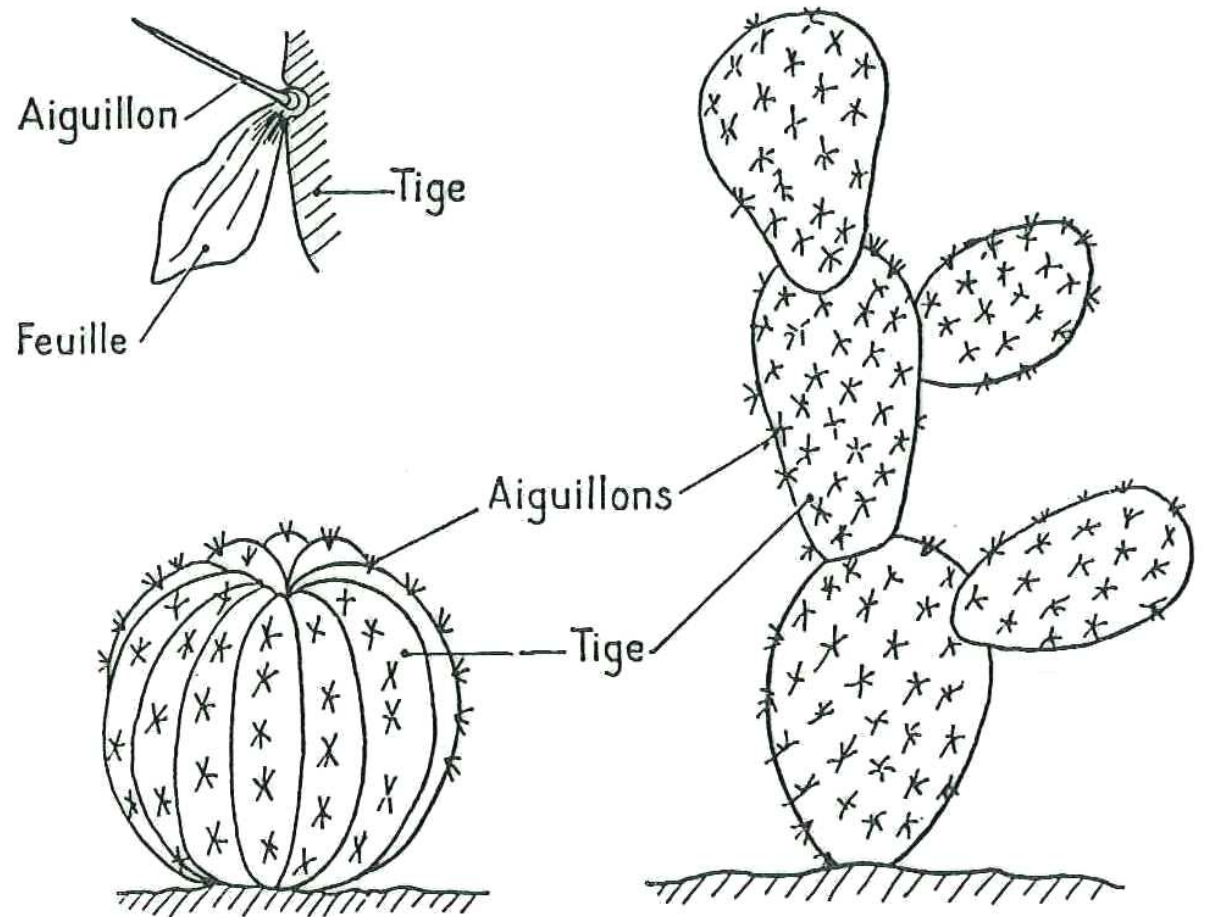
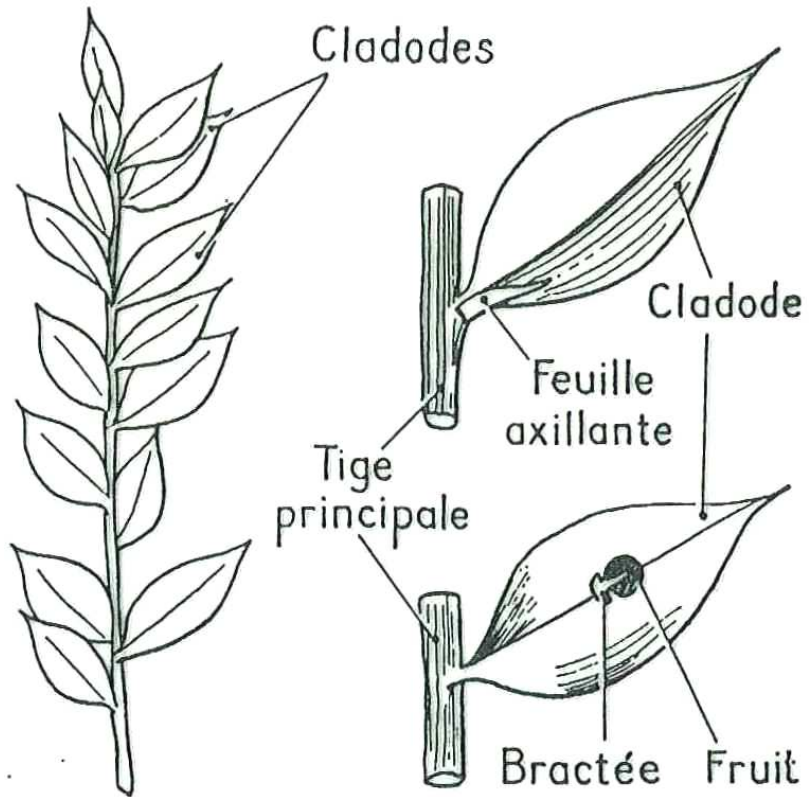
**Stipe de dattier**

**Chaume de bambou**



# LA TIGE

# Autres tiges particulières



**Cladodes du fragon : tiges aplaties chlorophylliennes simulant des feuilles**

**Tiges des Cactacées : sphère, raquette**



## Tiges particulières

## Cladodes du fragon

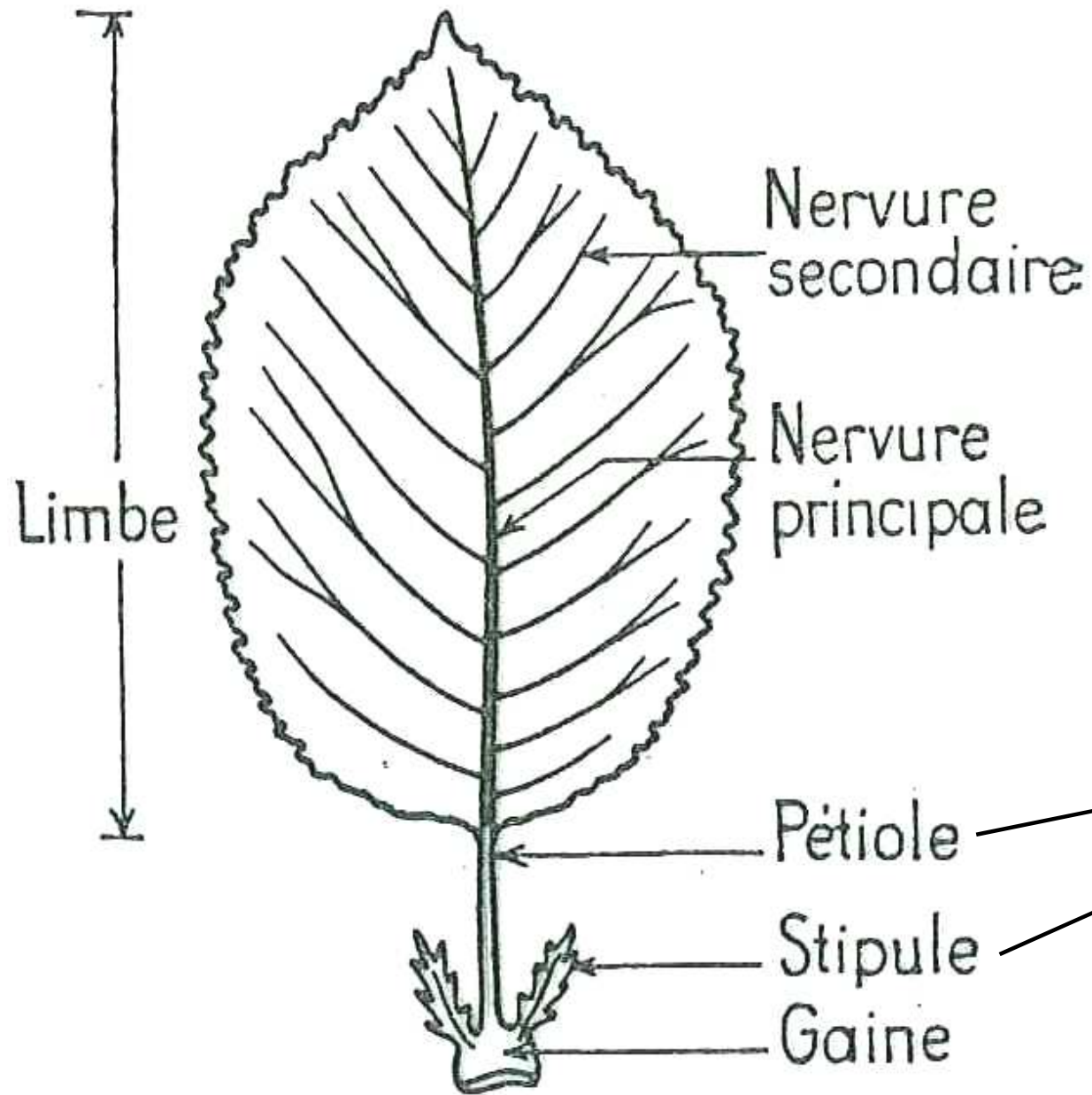


## Tiges des Cactacées



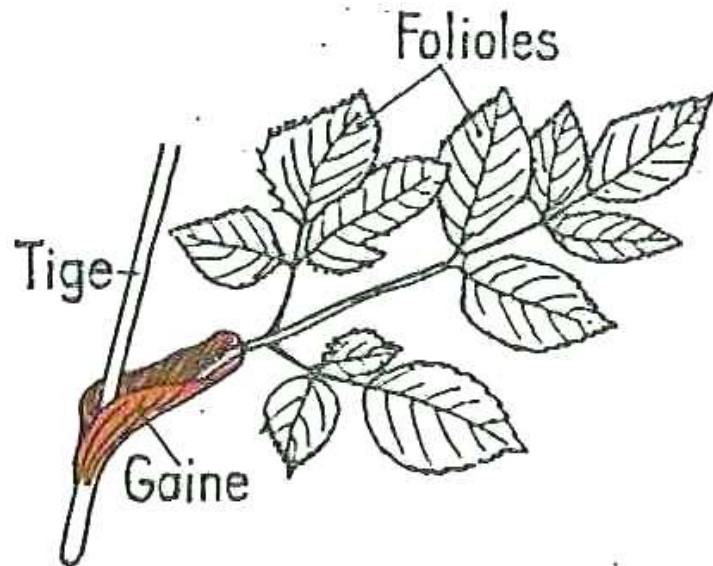
# LA FEUILLE

## Constitution de la feuille



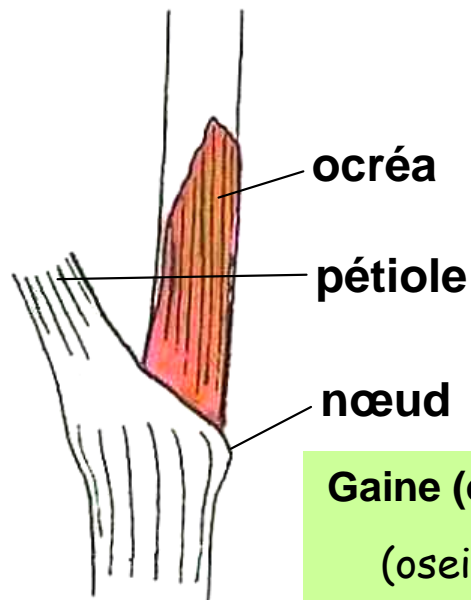
Feuille jeune de prunier  
(Rosacées)

# LA FEUILLE

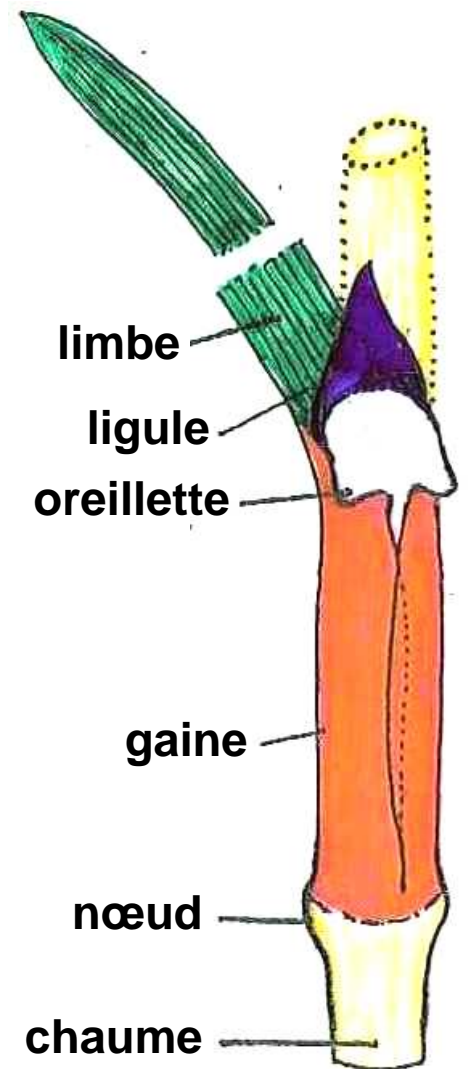


**Gaine de la feuille des Apiacées**  
(carotte, persil, céleri, fenouil, ...)

## La gaine



**Gaine (ocréa) de la feuille des Polygonacées**  
(oseille, renouée, sarrazin, rhubarbe, ...)



**Gaine fendue enveloppante de la feuille des Poacées**  
(blé, maïs, riz, orge, ...)



**Gaine de la feuille  
des Apiacées  
(angélique)**

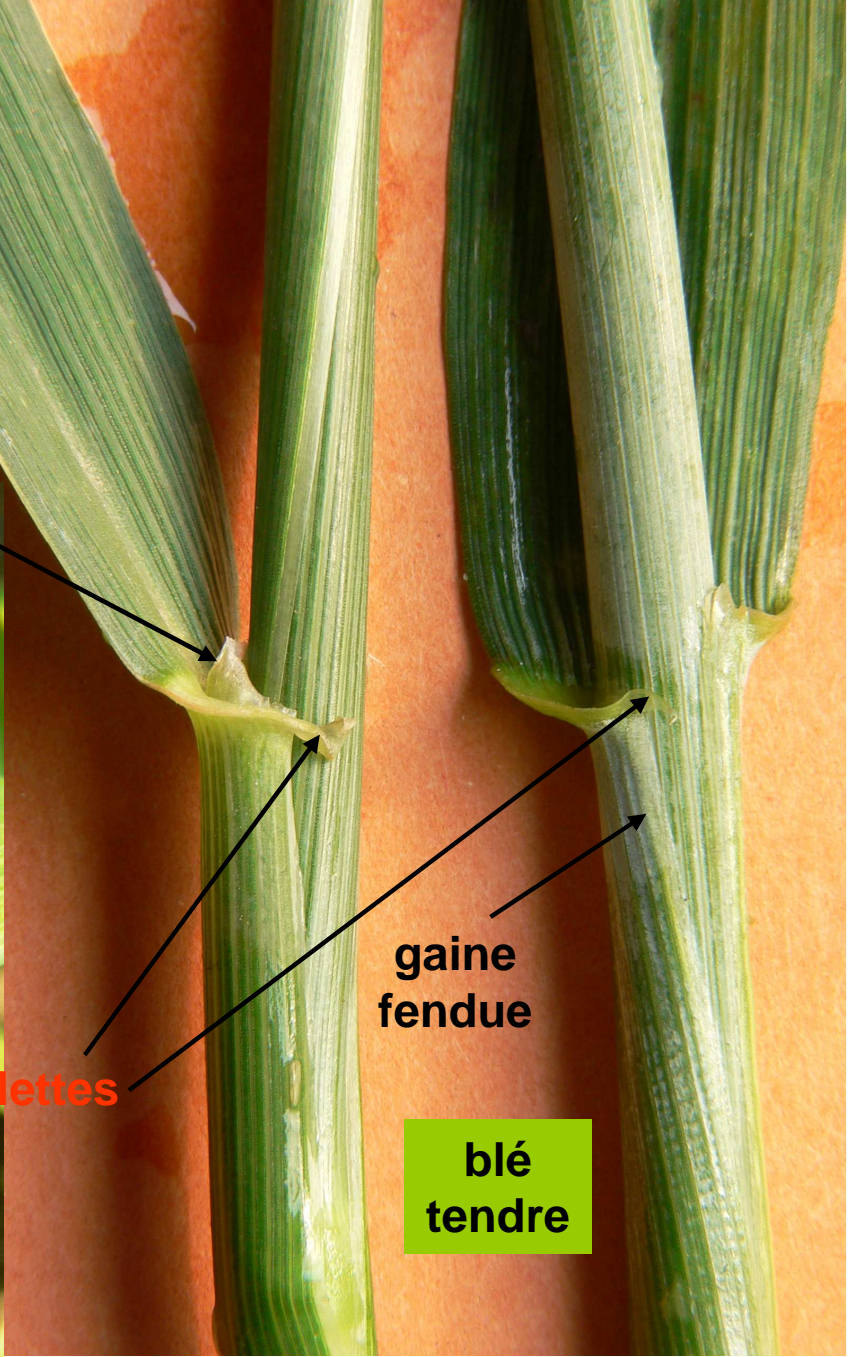
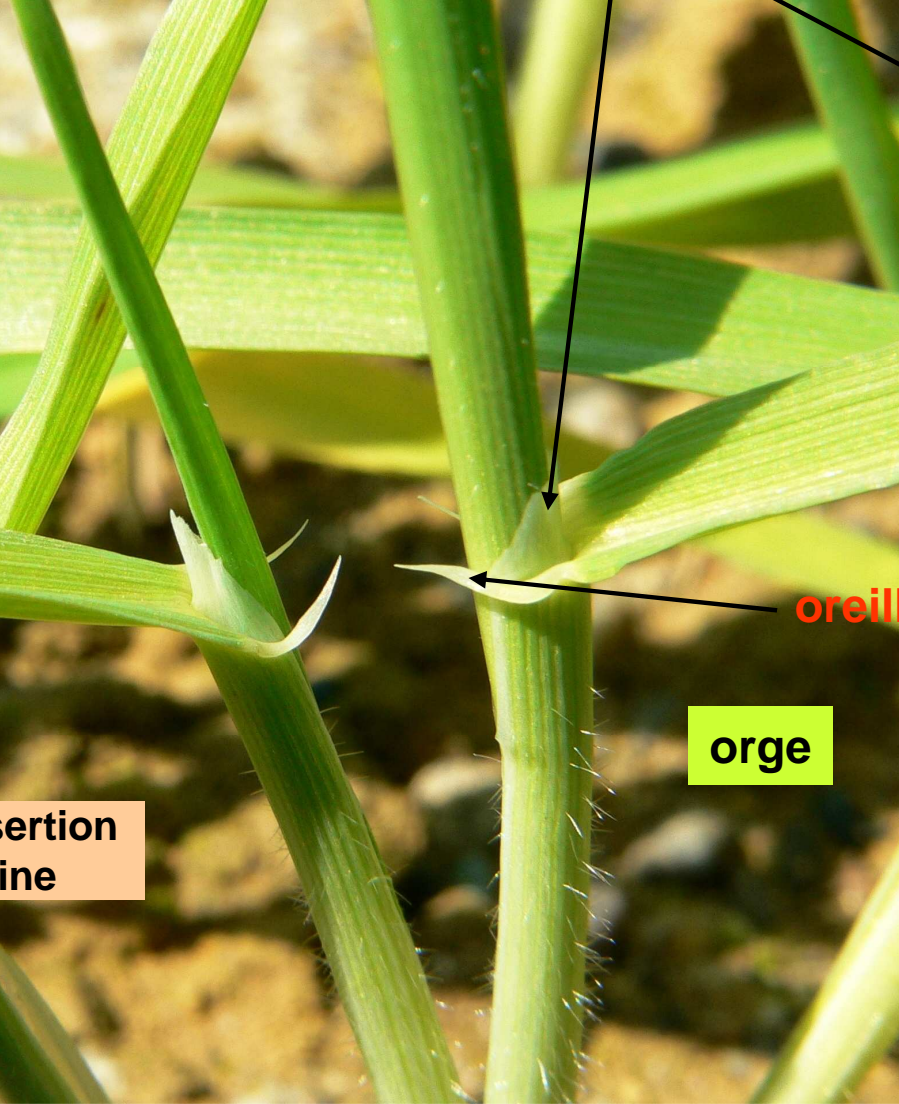
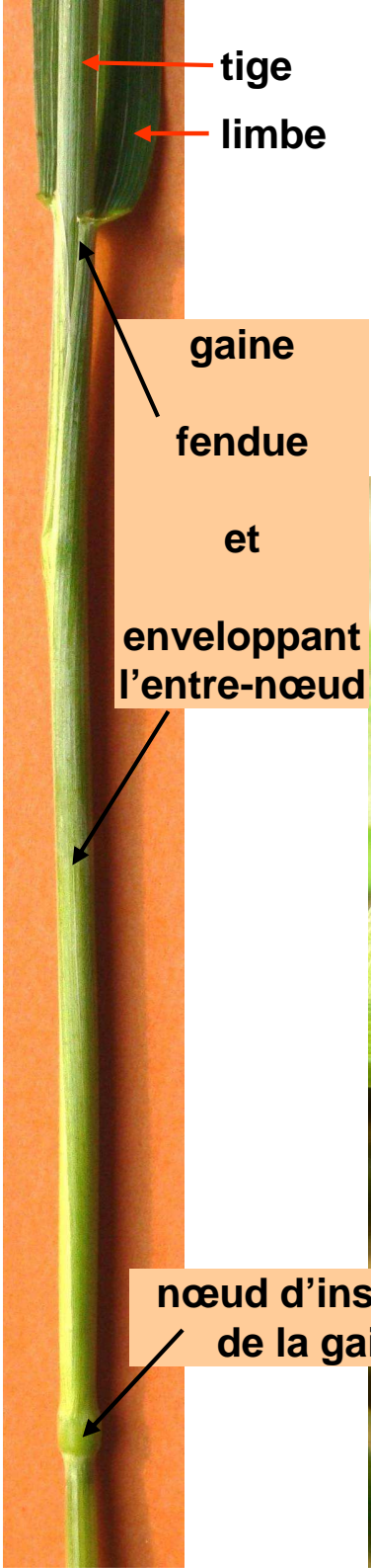


**La gaine**



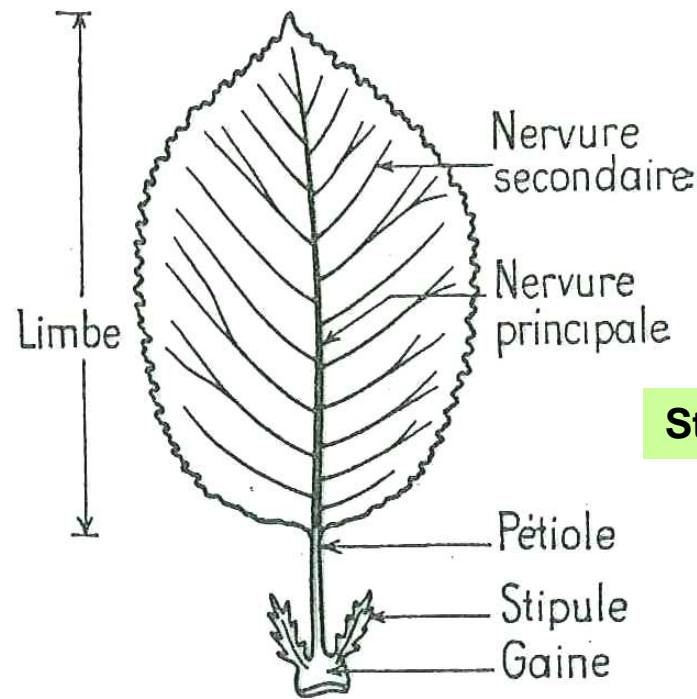
**Gaine (ocréa) de la  
feuille des  
Polygonacées  
(oseille)**

Gaine fendue enveloppante  
de la feuille des Poacées

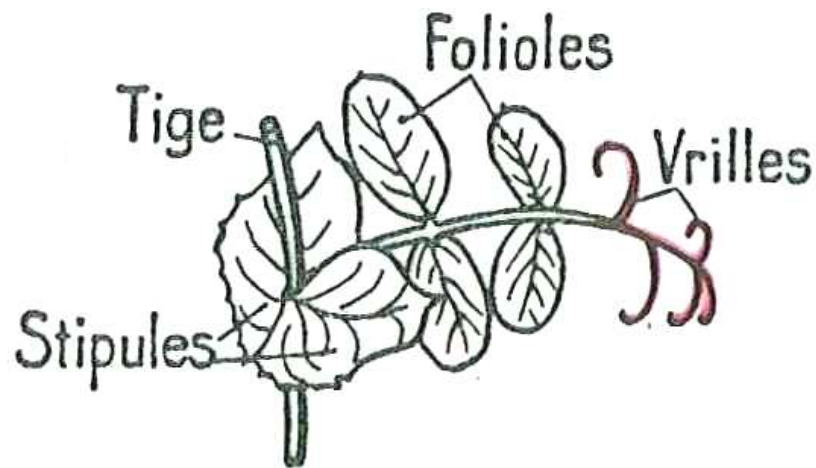


# LA FEUILLE

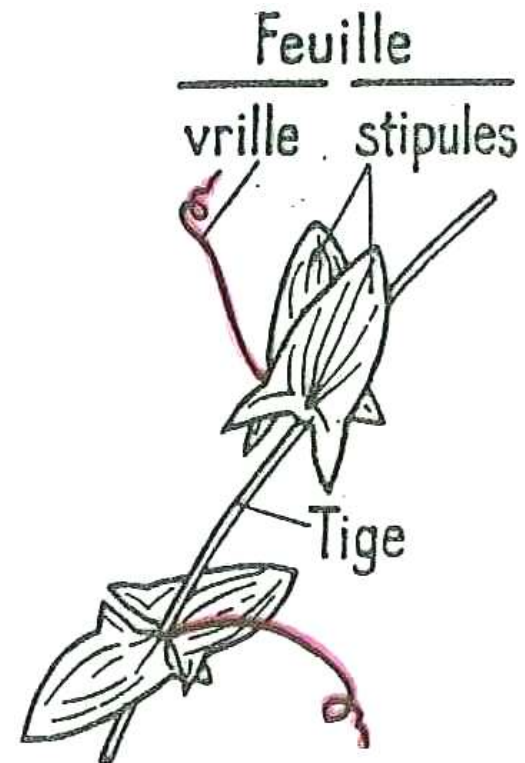
## Les stipules



## Stipules caduques de prunier



**Stipules foliacés persistants des Fabacées**  
(pois à gauche ; gesse sans feuilles à droite)



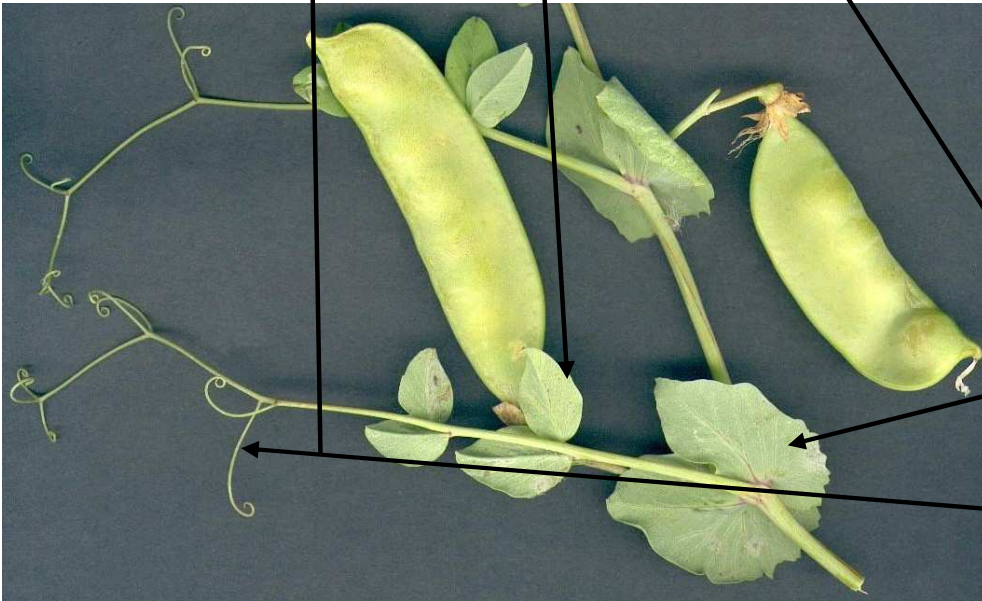
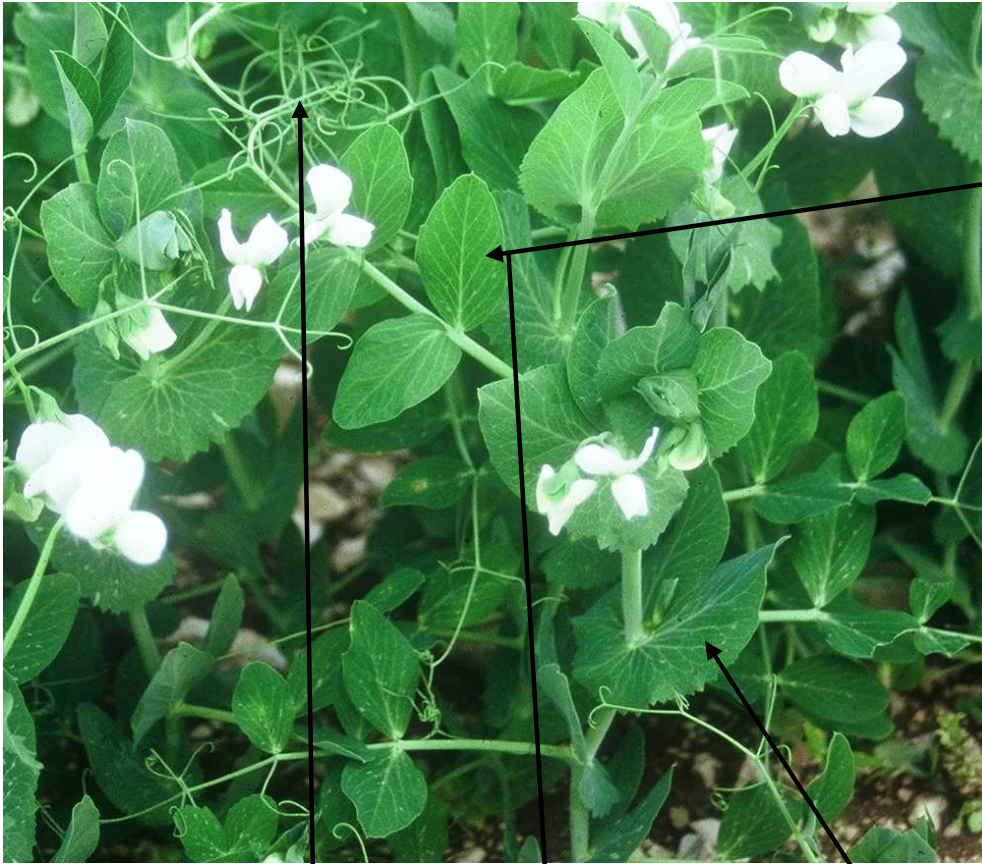
pois, forme classique à limbe développé

## Les stipules

Stipules foliacés persistants des Fabacées

folioles du limbe

pois, forme à limbe réduit à la vrille

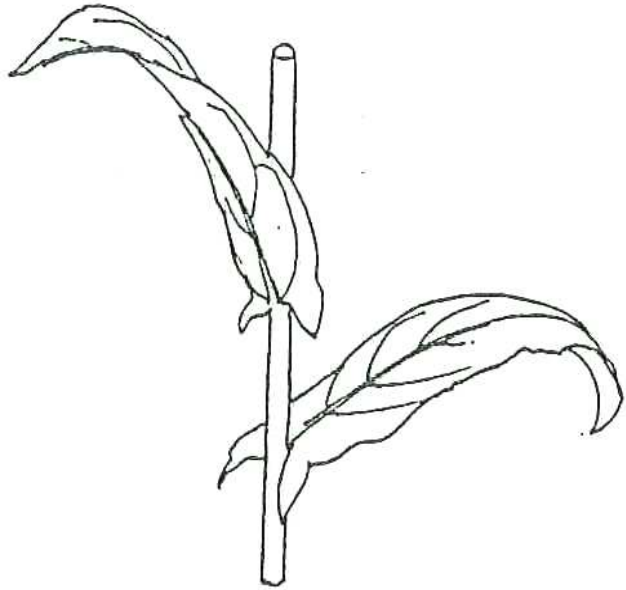


stipules

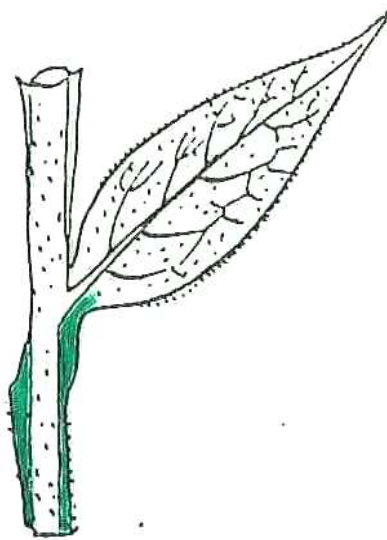
vrille

# LA FEUILLE

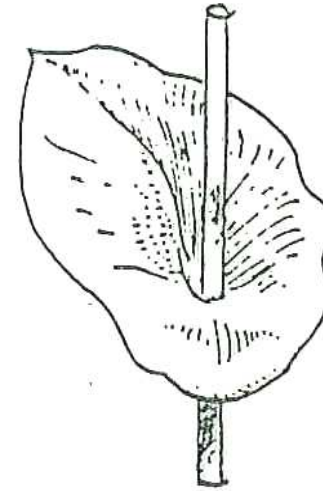
## Feuilles sessiles



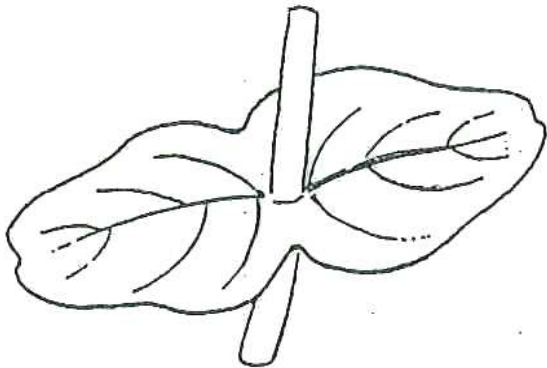
embrassante



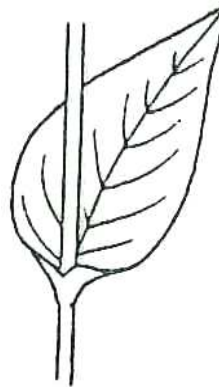
décurente



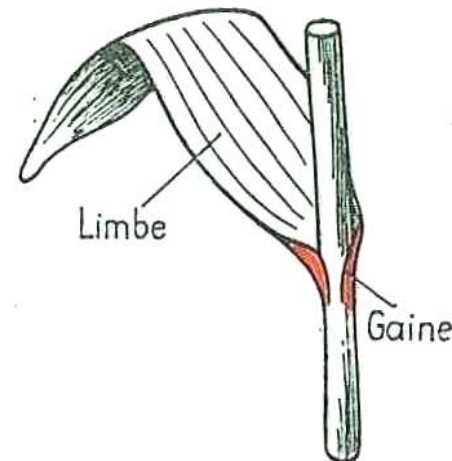
perfoliée



connée



amplexicaule

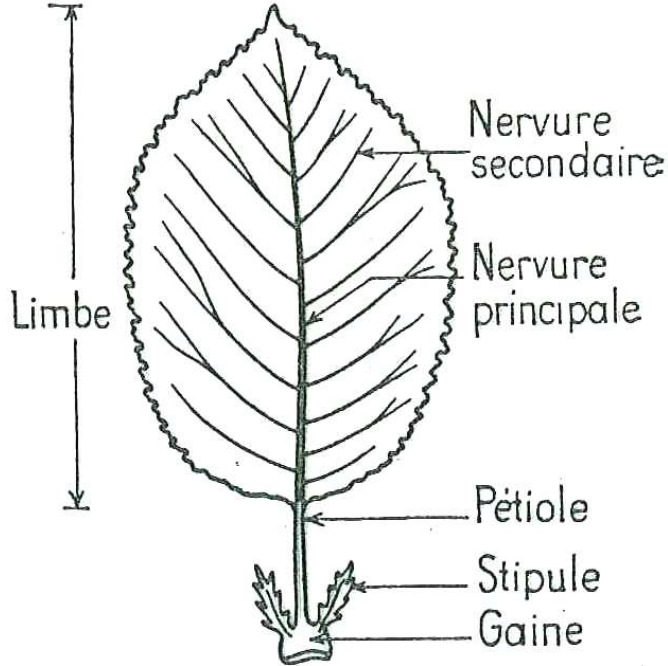


engainante



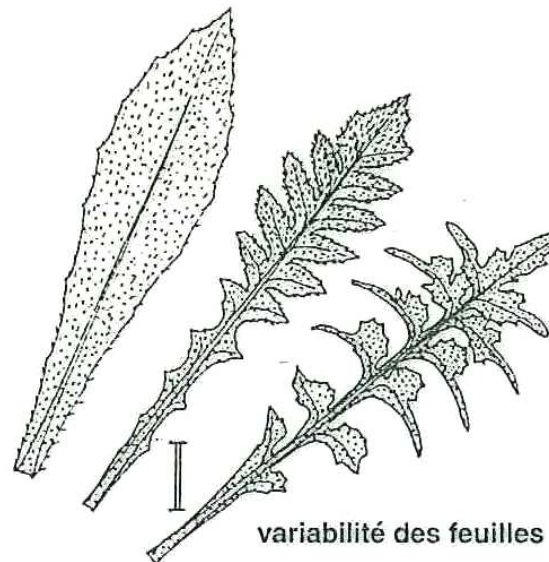
# LA FEUILLE

## Types de limbes

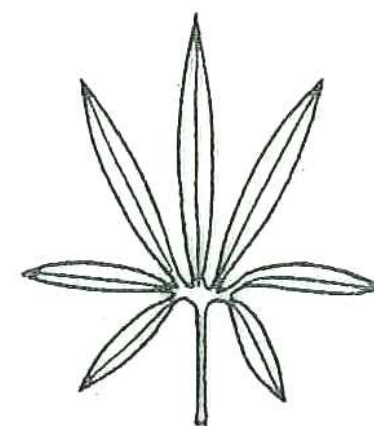


## Limbes simples

**prunier**

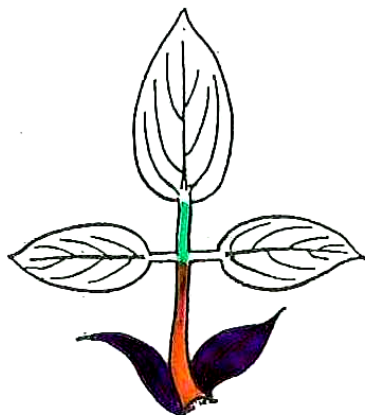


**capselle bourse-à-pasteur**

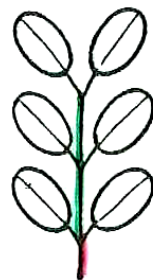


**hellébore fétide**

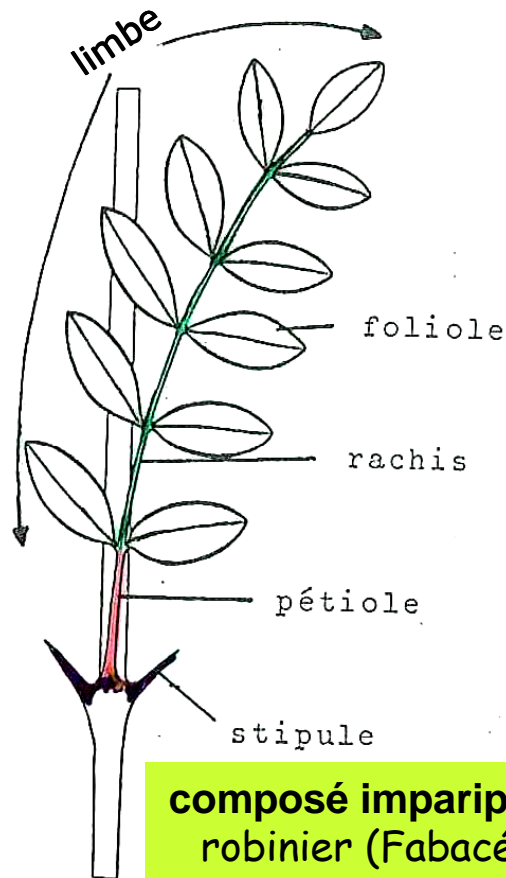
## Limbes composés



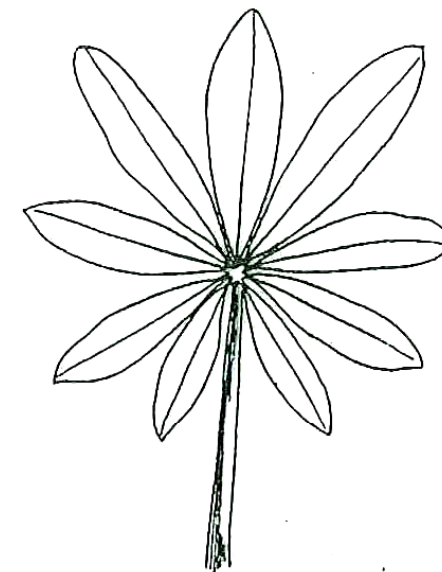
**composé trifoliolé  
trèfle - Fabacées**



**composé  
paripenné**



**composé imparipenné  
robinier (Fabacées)**



**composé palmé  
lupin (Fabacées)**

# Types de limbes

# limbe composé : robinier

## limbes simples

limbe avec folioles en place

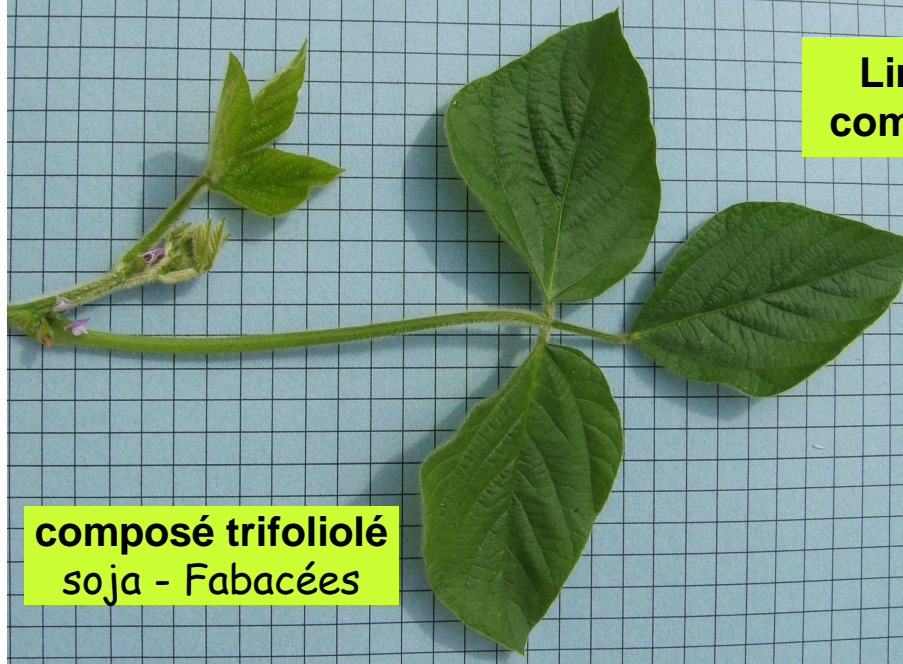
chute des folioles

navet



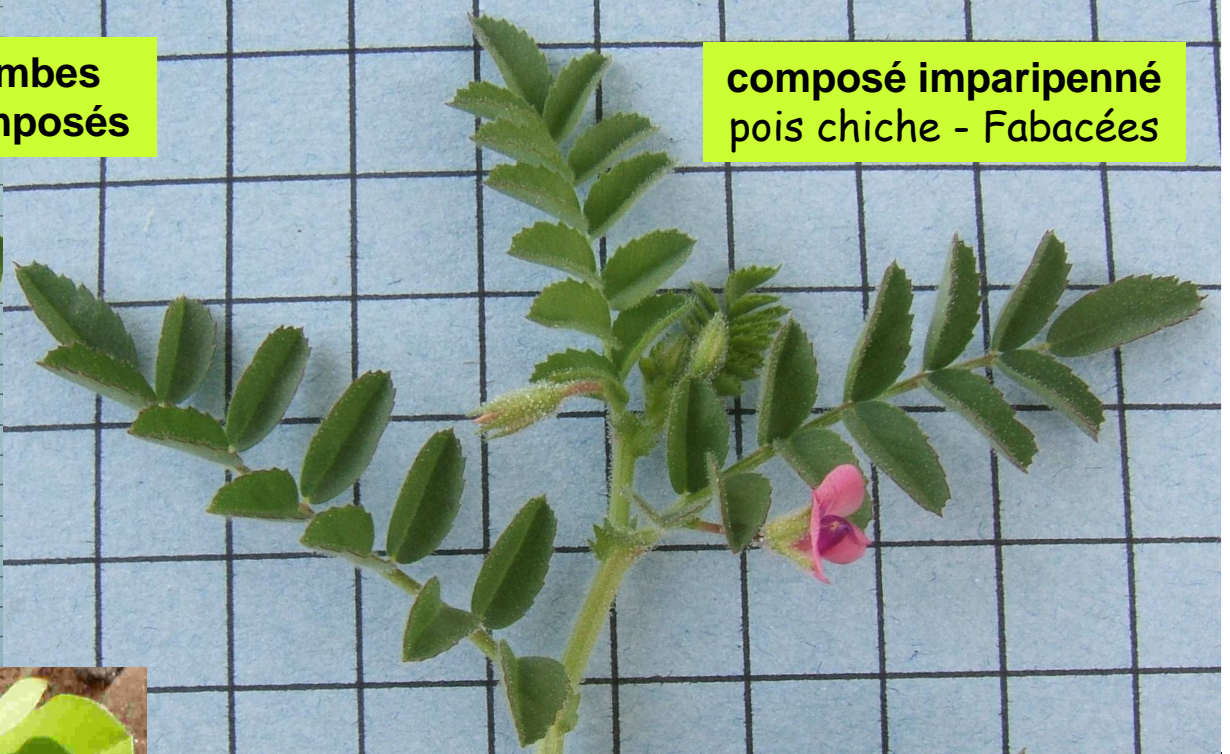
hellébore





**composé trifoliolé**  
soja - Fabacées

**Limbes**  
**composés**



**composé imparipenné**  
pois chiche - Fabacées



**composé**  
**paripenné**  
arachide - Fabacées



**composé palmé**  
marronnier

# LA FEUILLE

# Formes du bord du limbe



entier



ondulé  
(sinué)



crénelé



lobé



denté



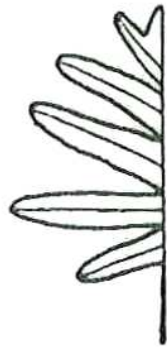
denticulé



pennatifide



pennatipartite



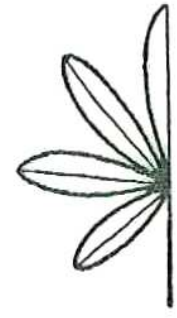
pennatiséqué



palmatifide



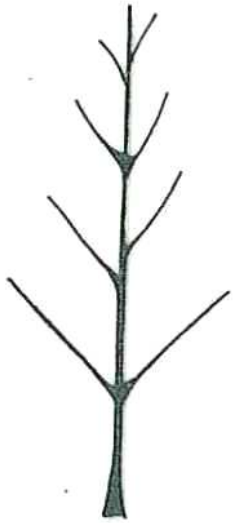
palmatipartite



**palmatiséqué**

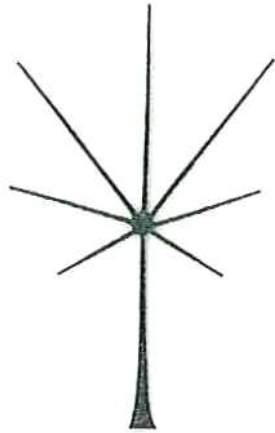
# LA FEUILLE

# La nervation



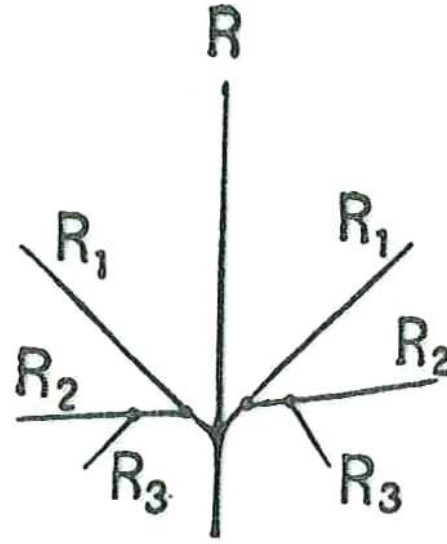
pennée

Chêne (*Quercus sp.*)



palmée

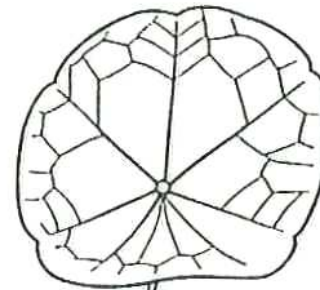
Figuier (*Ficus carica*)



pédalée



Platane (*Platanus sp.*)



peltée  
(Capucine)



parallèle  
(Monocotylédones)

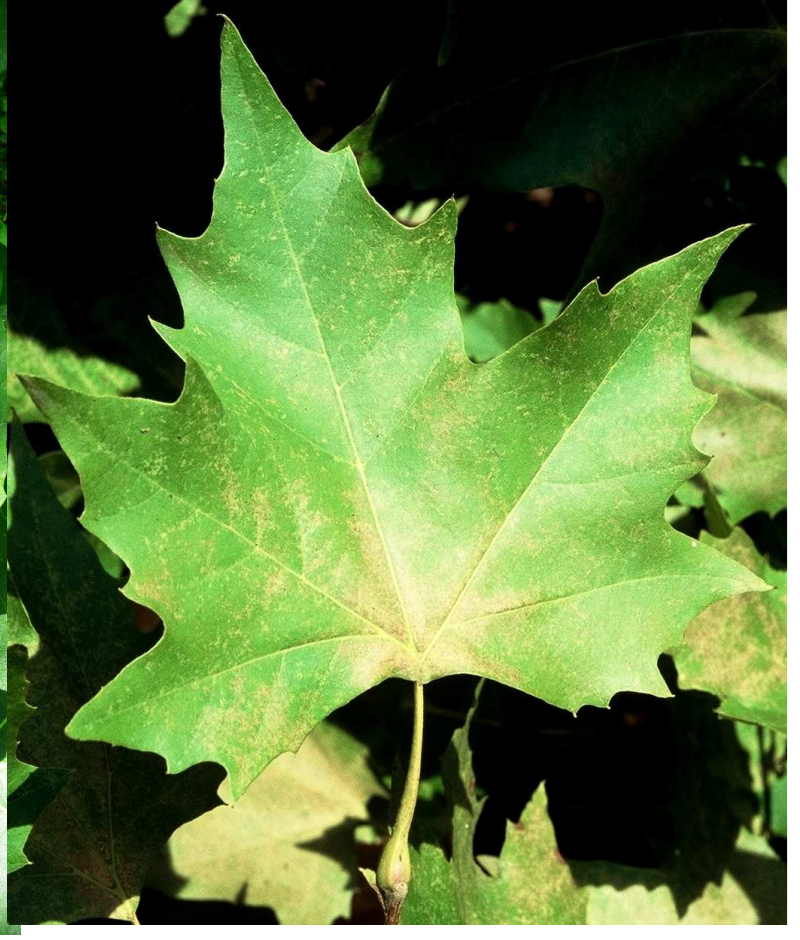
## La nervation des Dicotylédones



**pennée**  
**chêne**



**palmée**  
**figuier**



**pédalée**  
**platane**

## La nervation parallèle des Monocotylédones



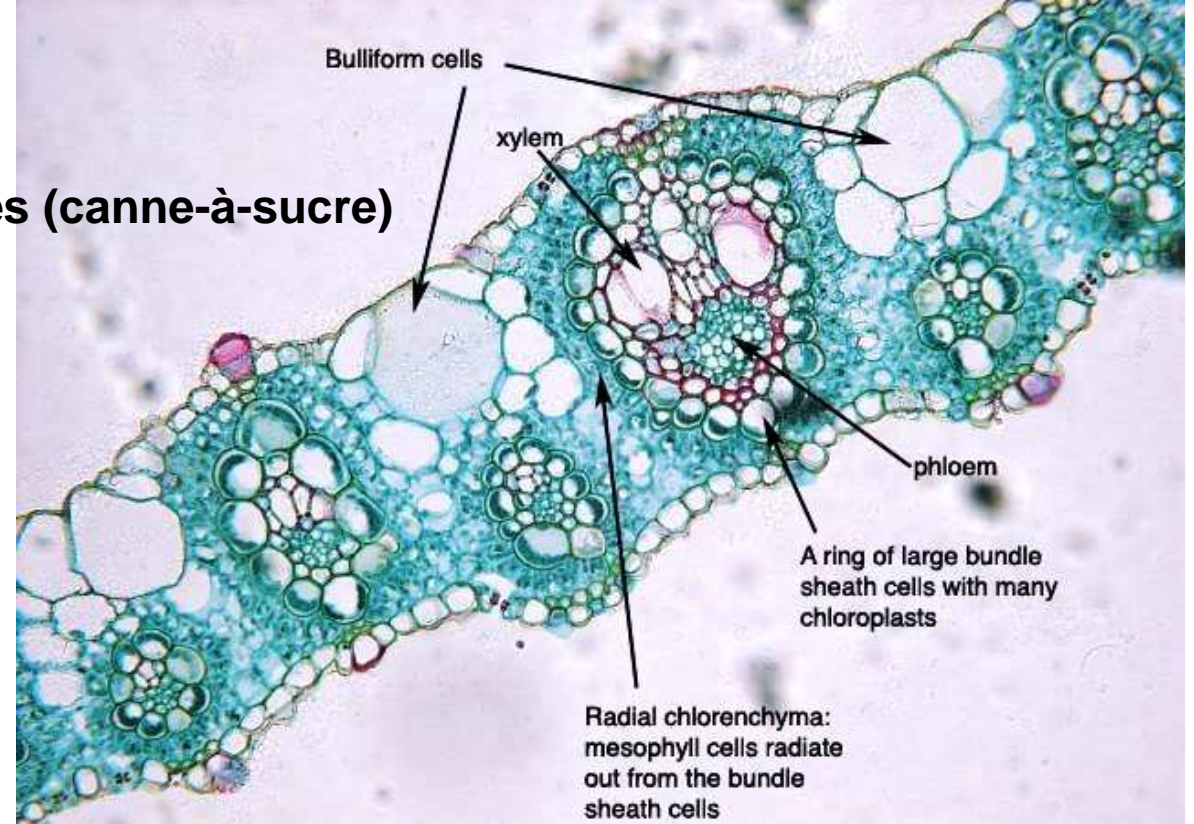
poireau



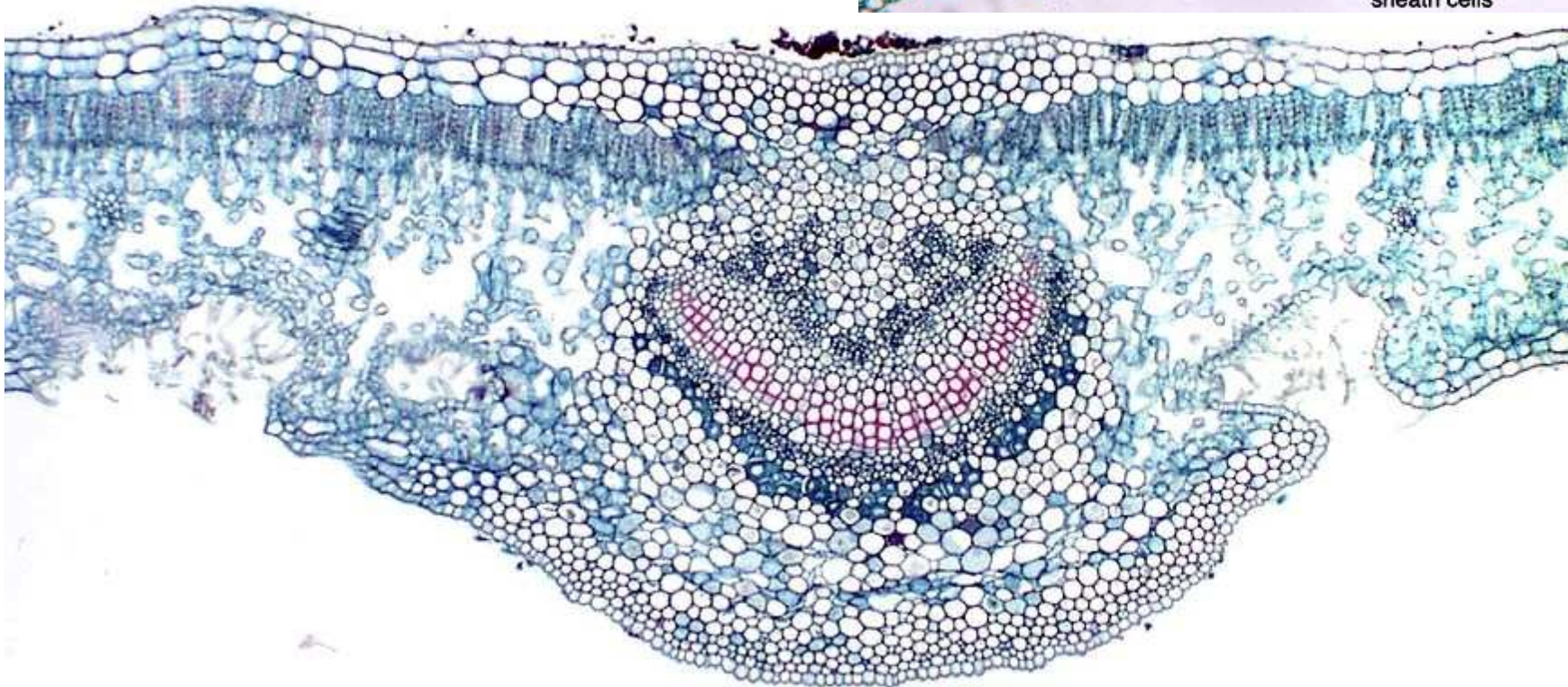
maïs

## Monocotylédones (canne-à-sucre)

### Anatomie de la feuille



## Dicotylédones (laurier-rose)





# LA FEUILLE

## Feuilles des Gymnospermes

en écailles appliquées sur le rameau



cyprès

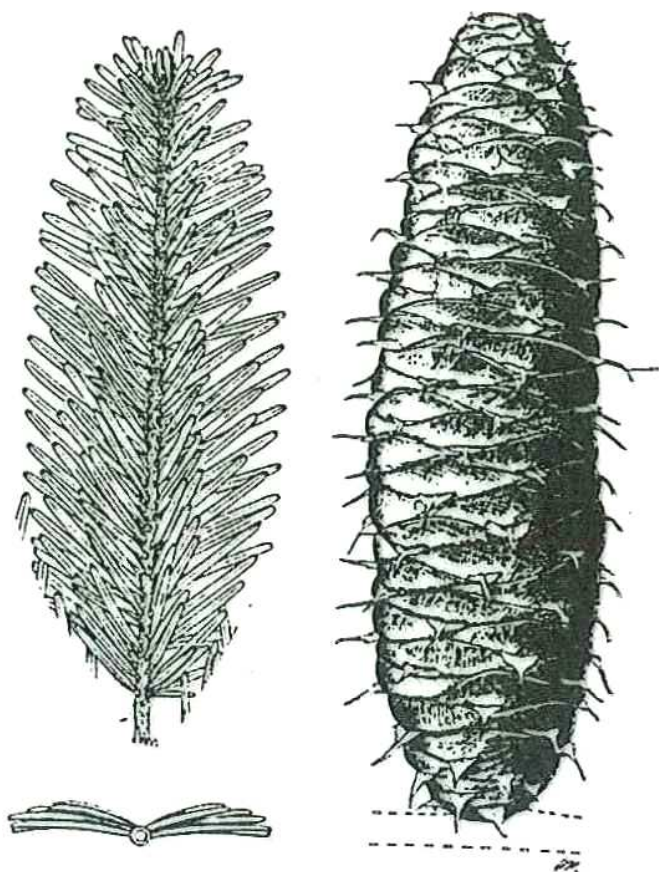


thuya

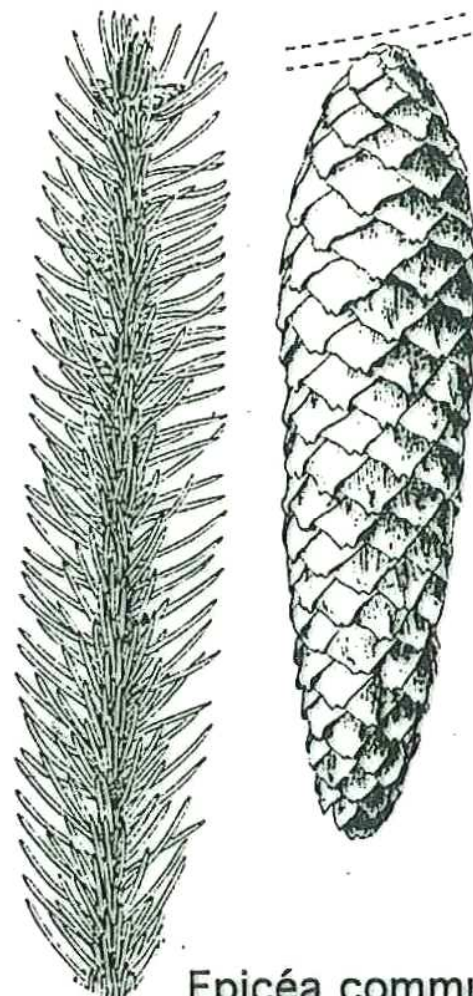
# LA FEUILLE

## Feuilles des Gymnospermes

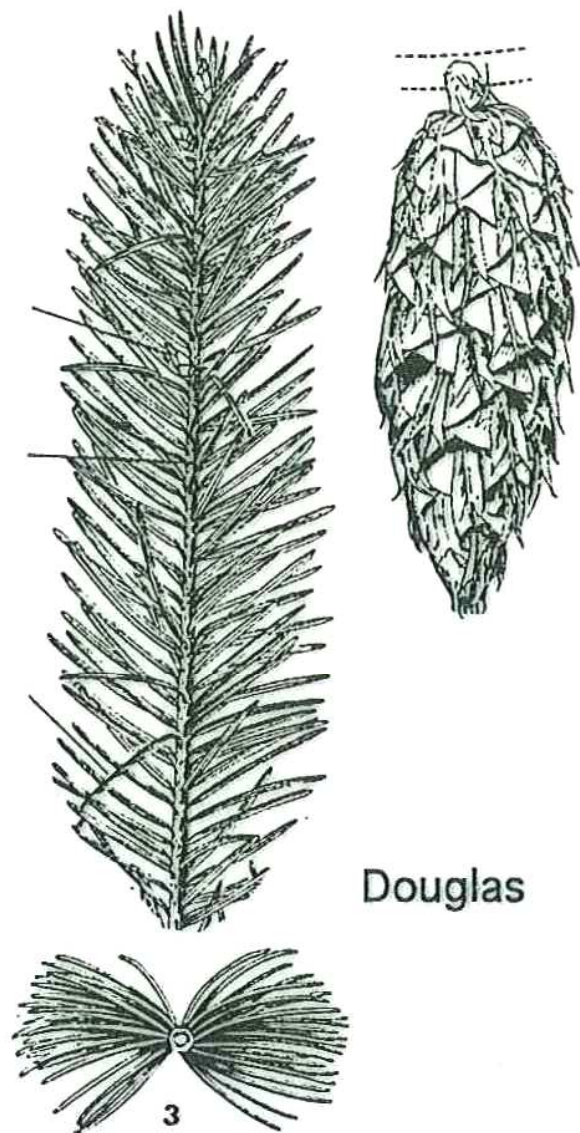
en aiguilles isolées autour du rameau



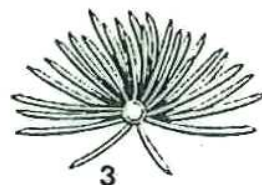
Sapin pectiné



Epicéa commun



Douglas



3

## Feuilles des Gymnospermes

en aiguilles isolées autour du rameau

sapin



épicéa



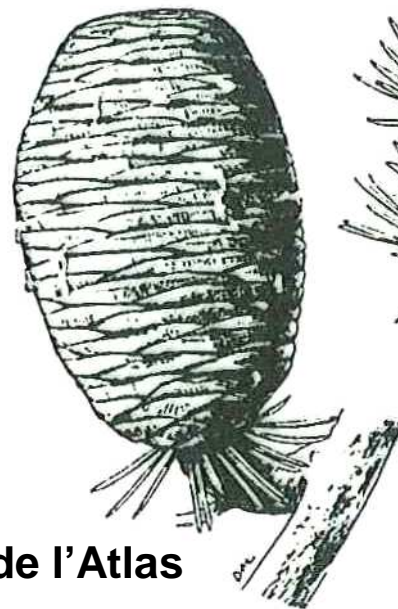
# LA FEUILLE

Feuilles des Gymnospermes :  
feuilles en aiguilles

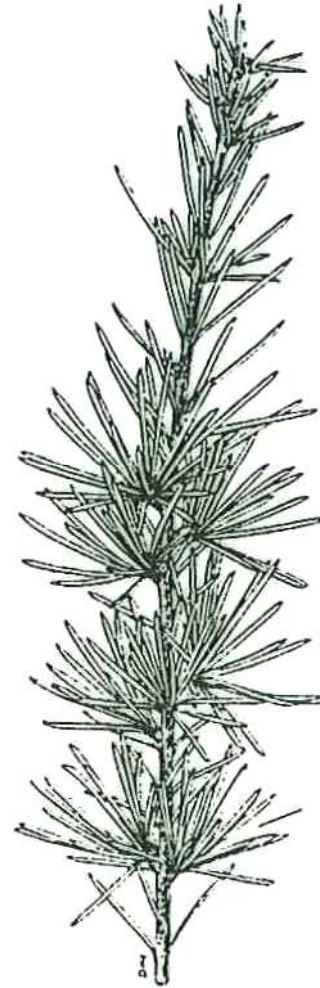


Pin sylvestre

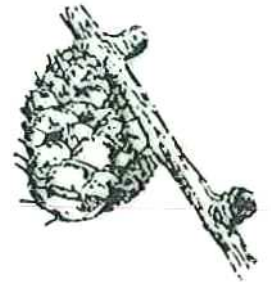
groupées par 2, 3 ou 5  
sur des rameaux nains :  
Pins



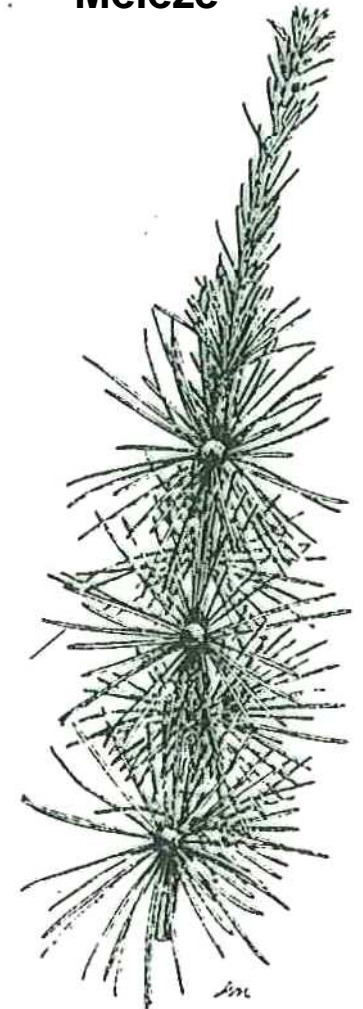
Cèdre de l'Atlas



groupées en  
bouquets sur des  
rameaux courts



Méleze



**Feuilles des Gymnospermes :  
feuilles en aiguilles**

**groupées par 2, 3 ou 5  
sur des rameaux nains :  
Pins**



**pin sylvestre**



**pin Weymouth**

**Feuilles des Gymnospermes :  
feuilles en aiguilles**

**groupées en  
bouquets sur des  
rameaux courts**

**cèdre**

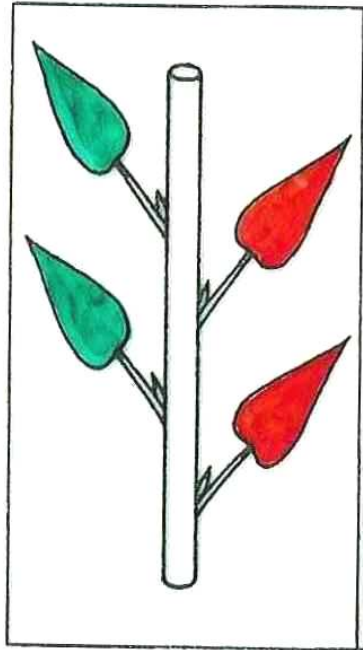


**mélèze**

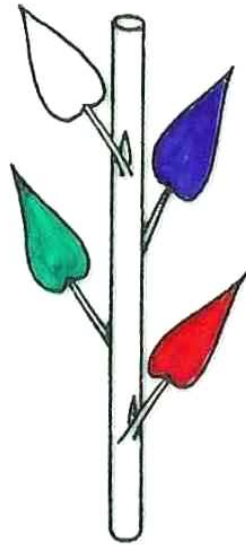


# LA FEUILLE

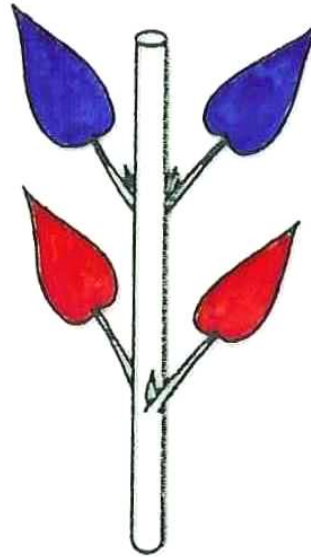
# Disposition des feuilles



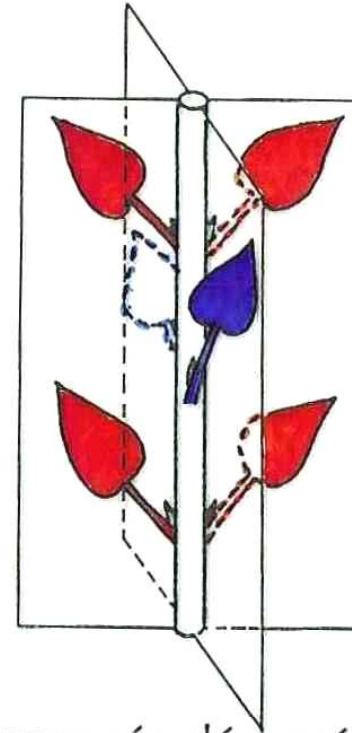
alterne distique



alterne  
hélicoïdale



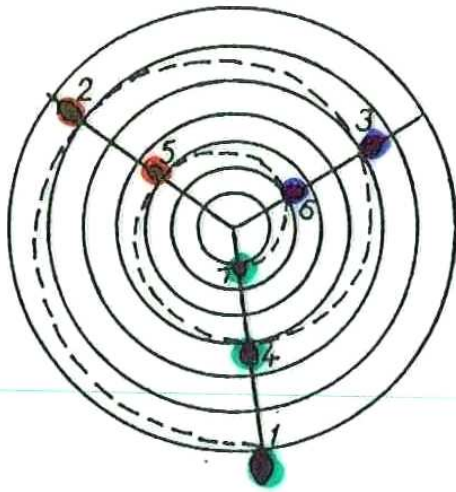
opposée



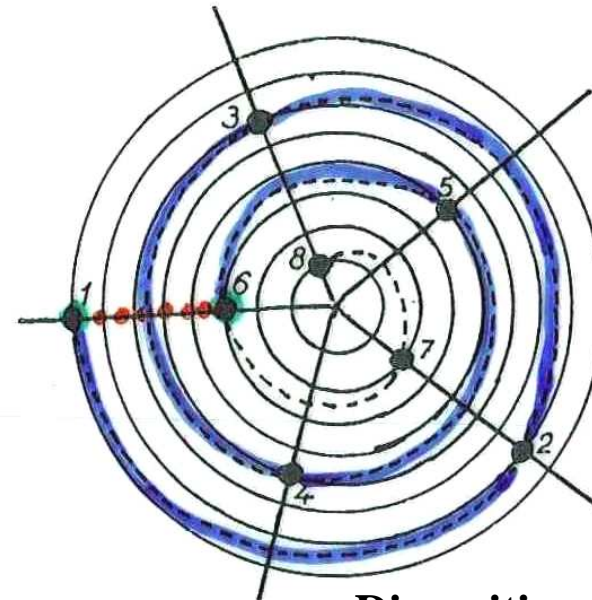
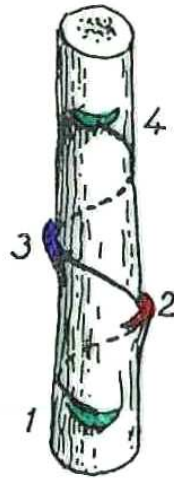
opposée décussée



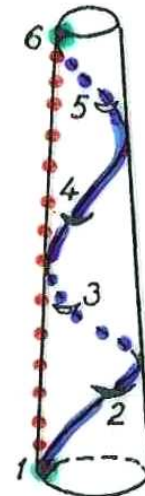
verticillée



Disposition alterne tristrique



Disposition hélicoïdale sur 5 plans



## Disposition des feuilles

feuilles alternes

feuilles alternes distiques (Poacées)

feuilles alternes hélicoïdales





## Disposition des feuilles

feuilles opposées décussées



feuilles verticillées (par 3)



## LA FEUILLE

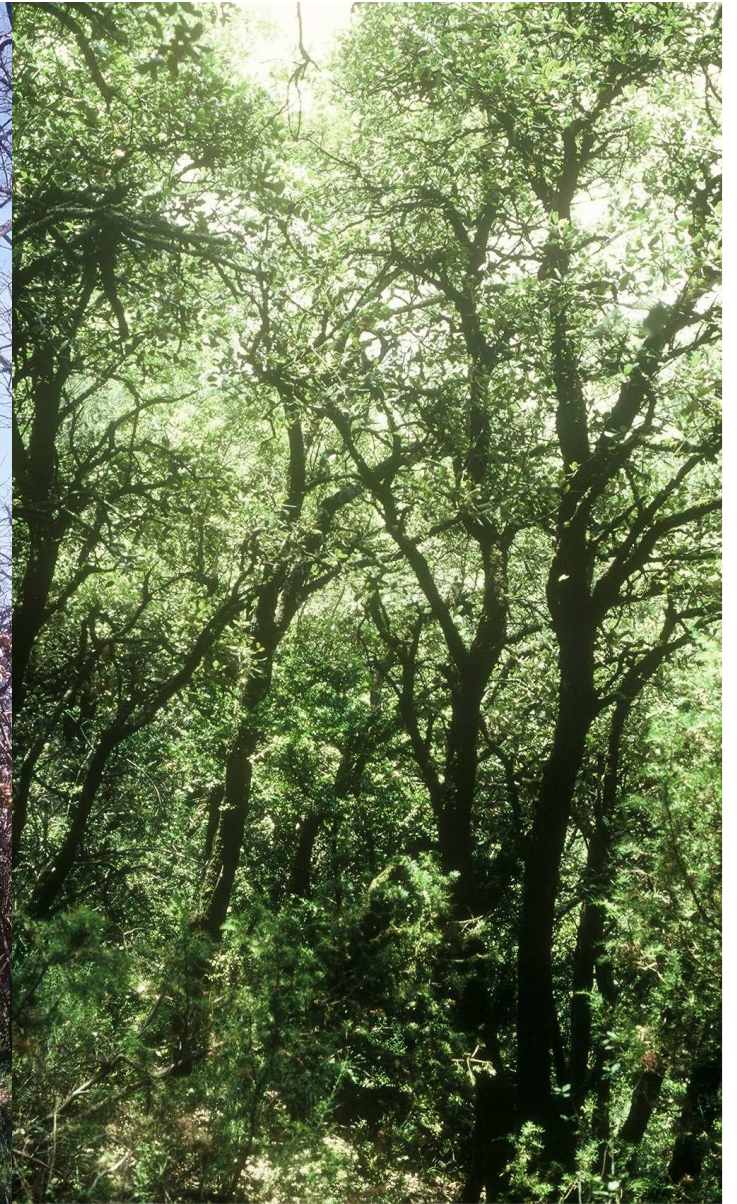
## La chute des feuilles

## Exemple des chênes

feuilles caduques  
chêne pédonculé

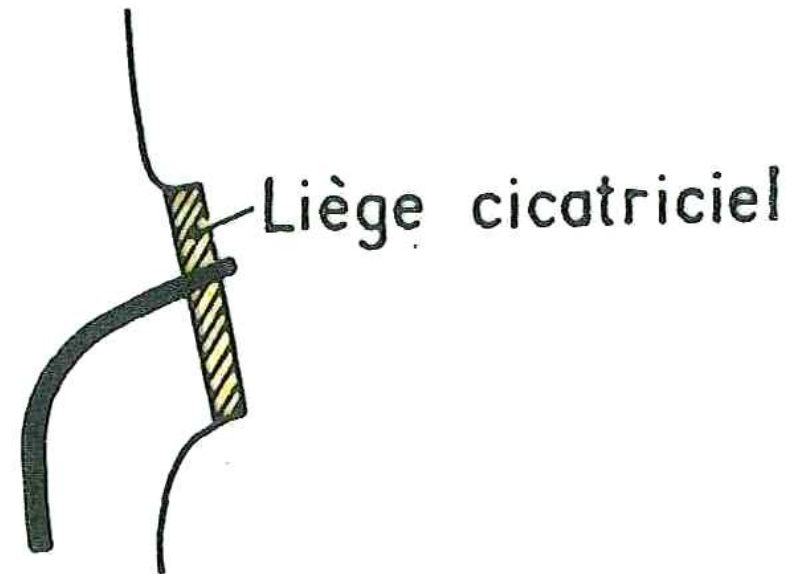
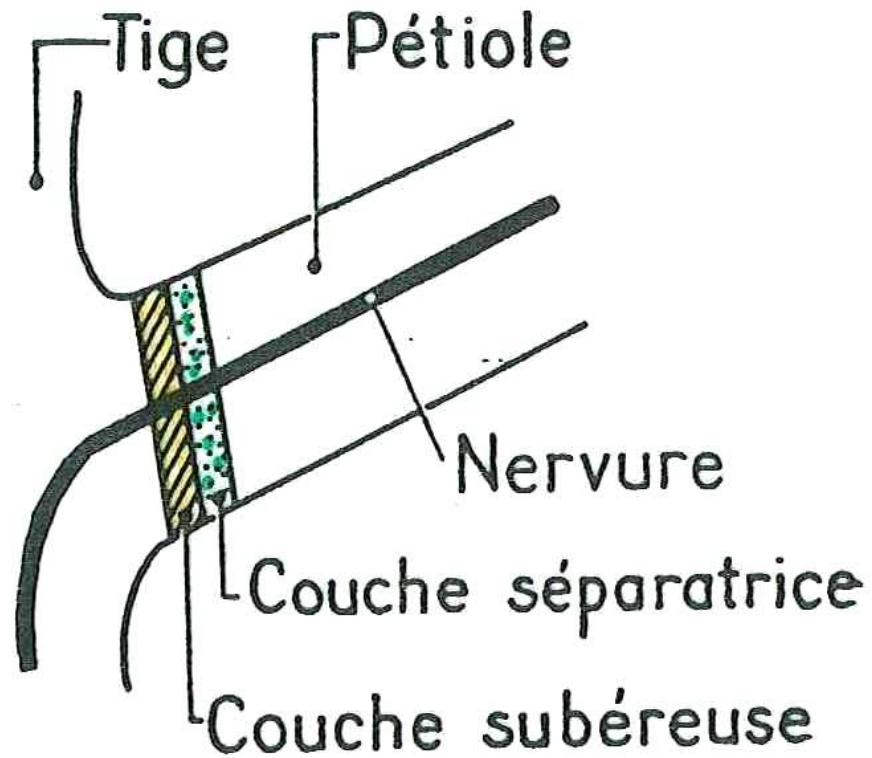
feuilles caduques marscescentes  
chêne pubescent

feuilles persistantes  
chêne vert



## LA FEUILLE

## La chute des feuilles



Mécanisme de l'abscission

# La chute des feuilles

Formation du liège cicatriciel au niveau de la zone d'abscission de la feuilles

