

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

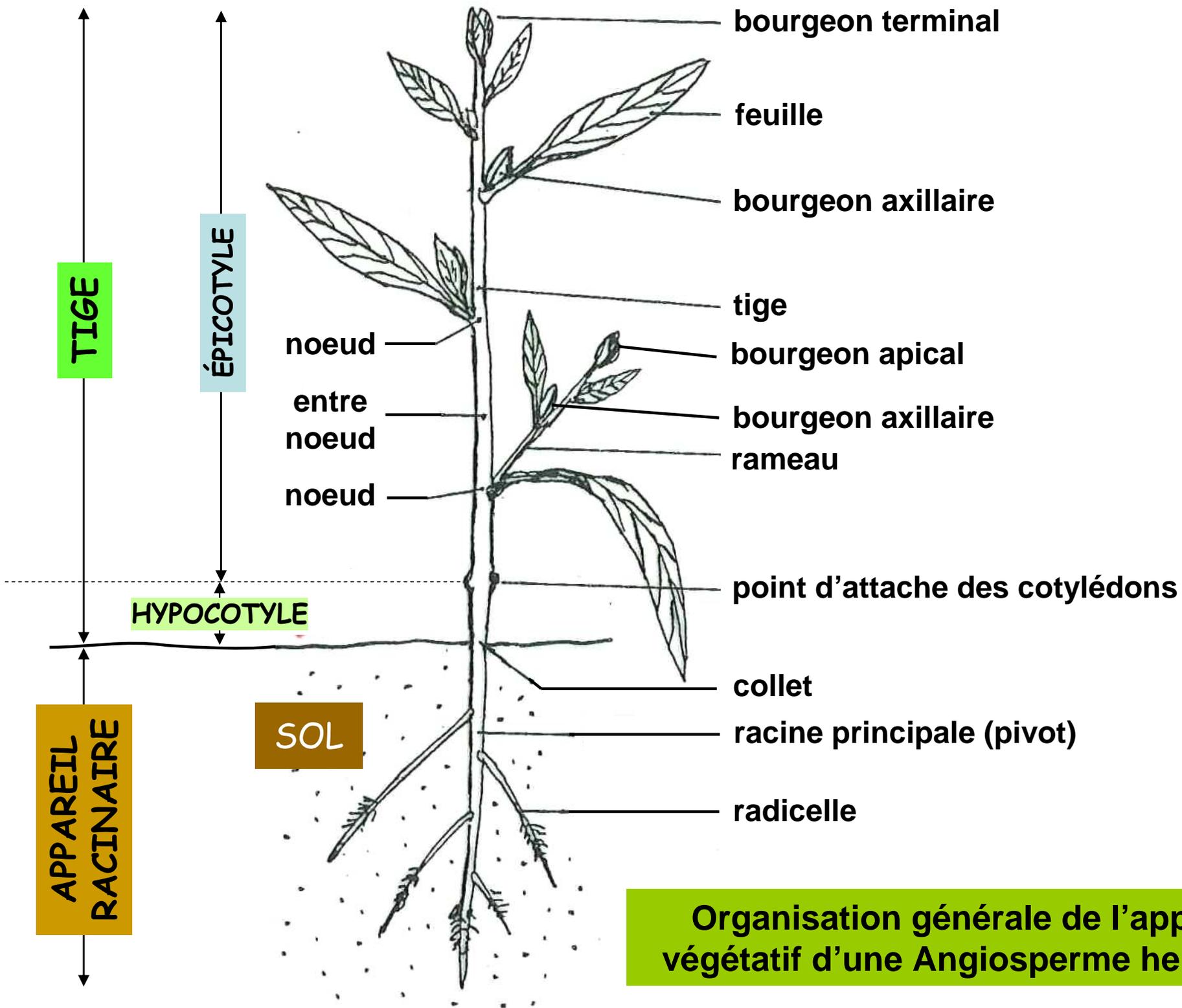
3.1. Les différentes parties de la feuille

3.2. Anatomie de la feuille

3.3. La disposition des feuilles sur la tige

3.4. Transformation des feuilles

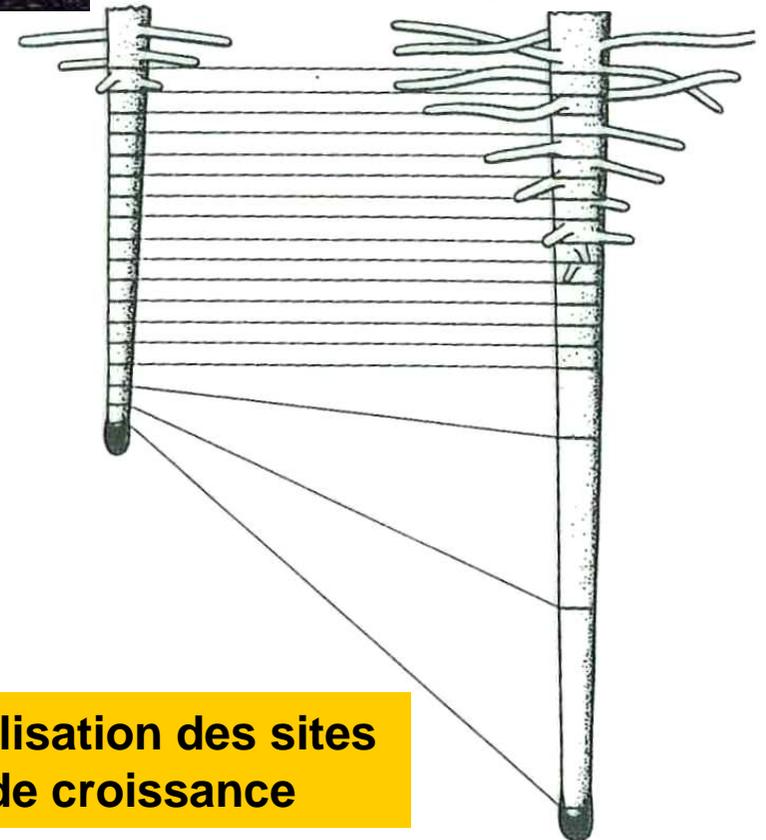
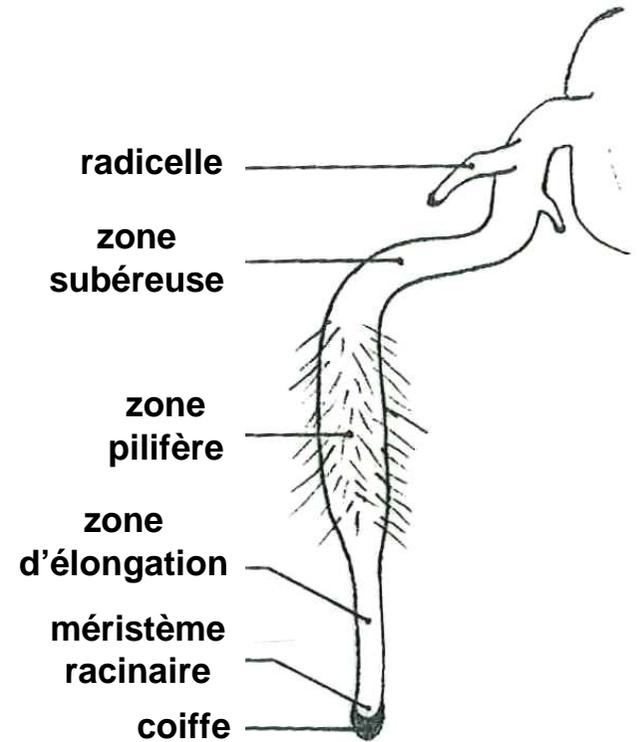
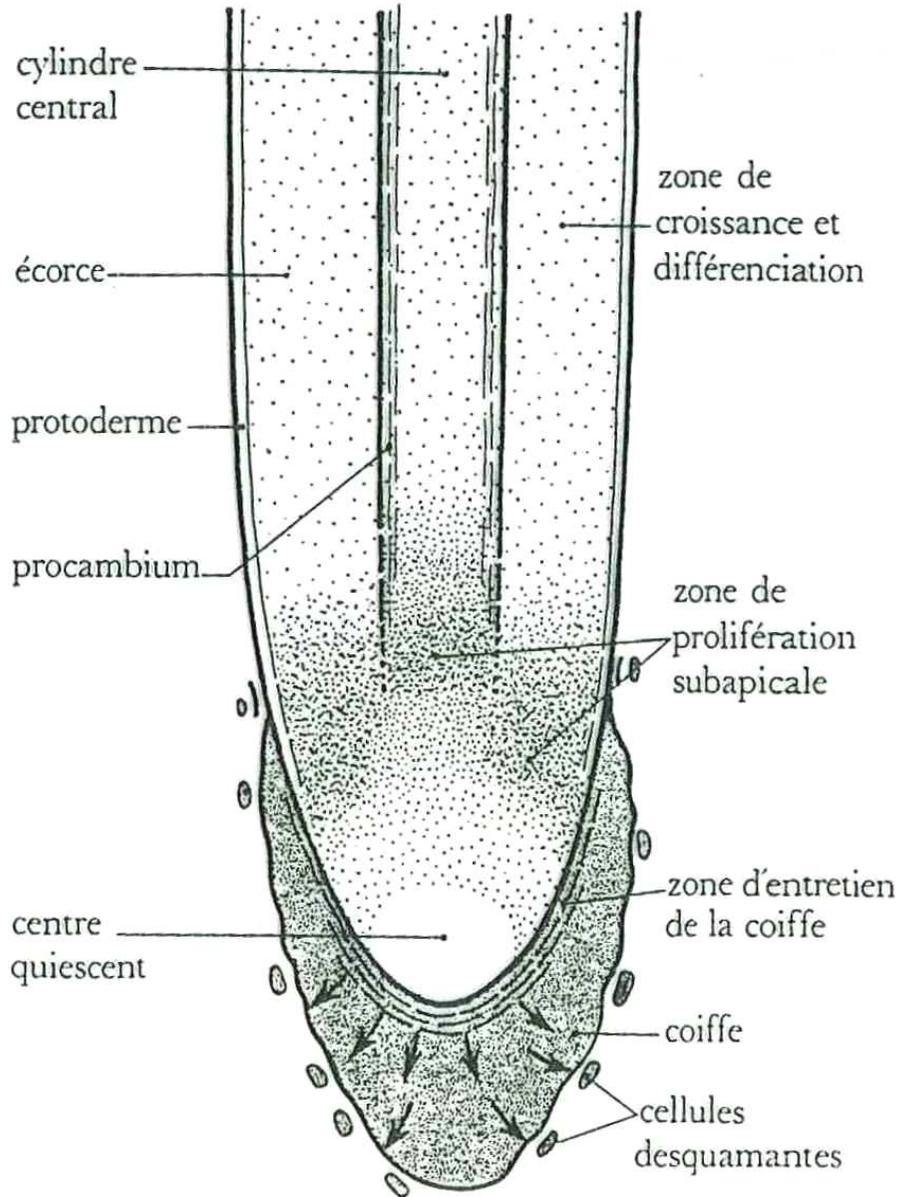
3.5. La chute des feuilles



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

LA RACINE

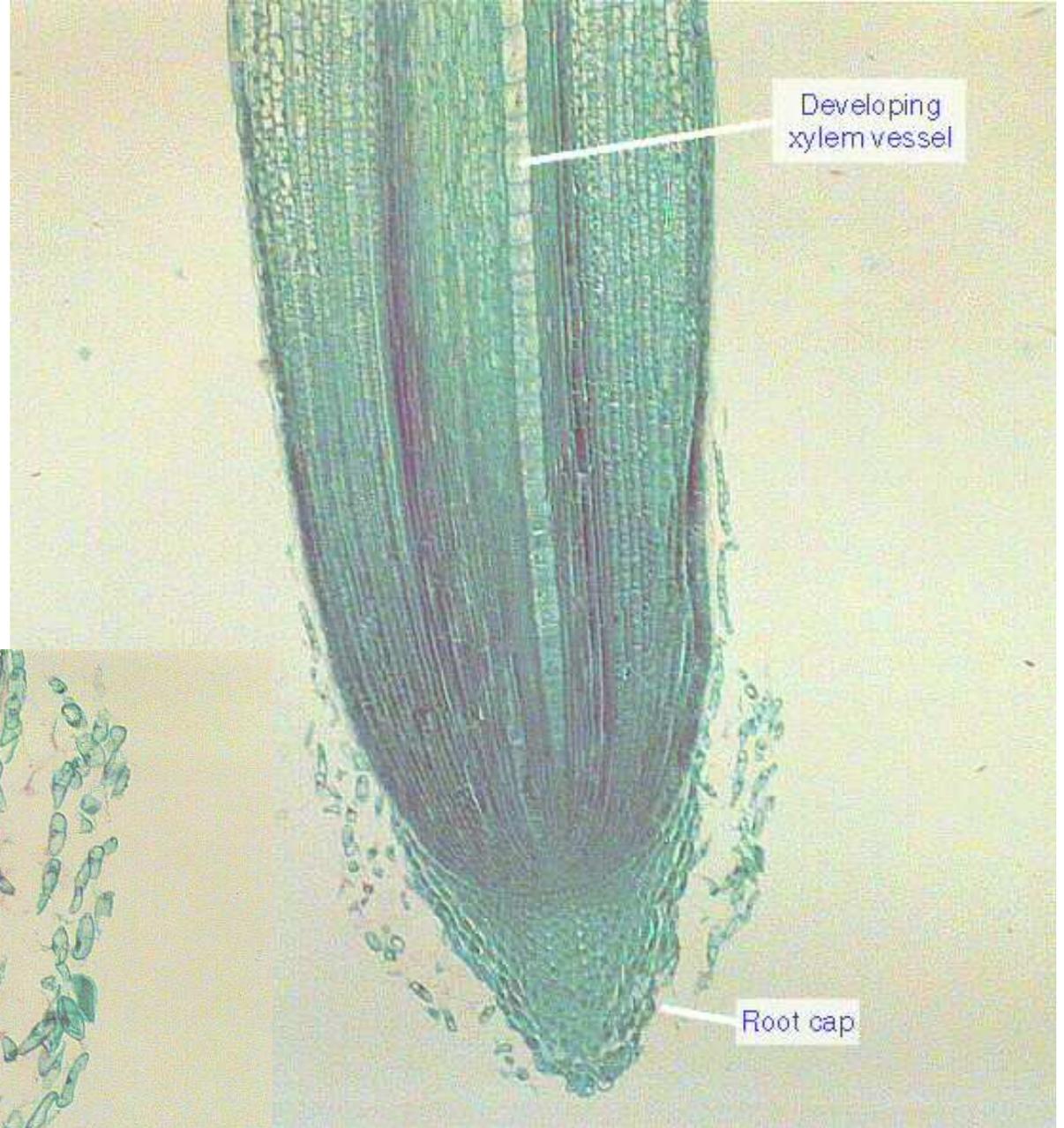
Les différentes parties de la racine



Détail de la zone apicale de la racine

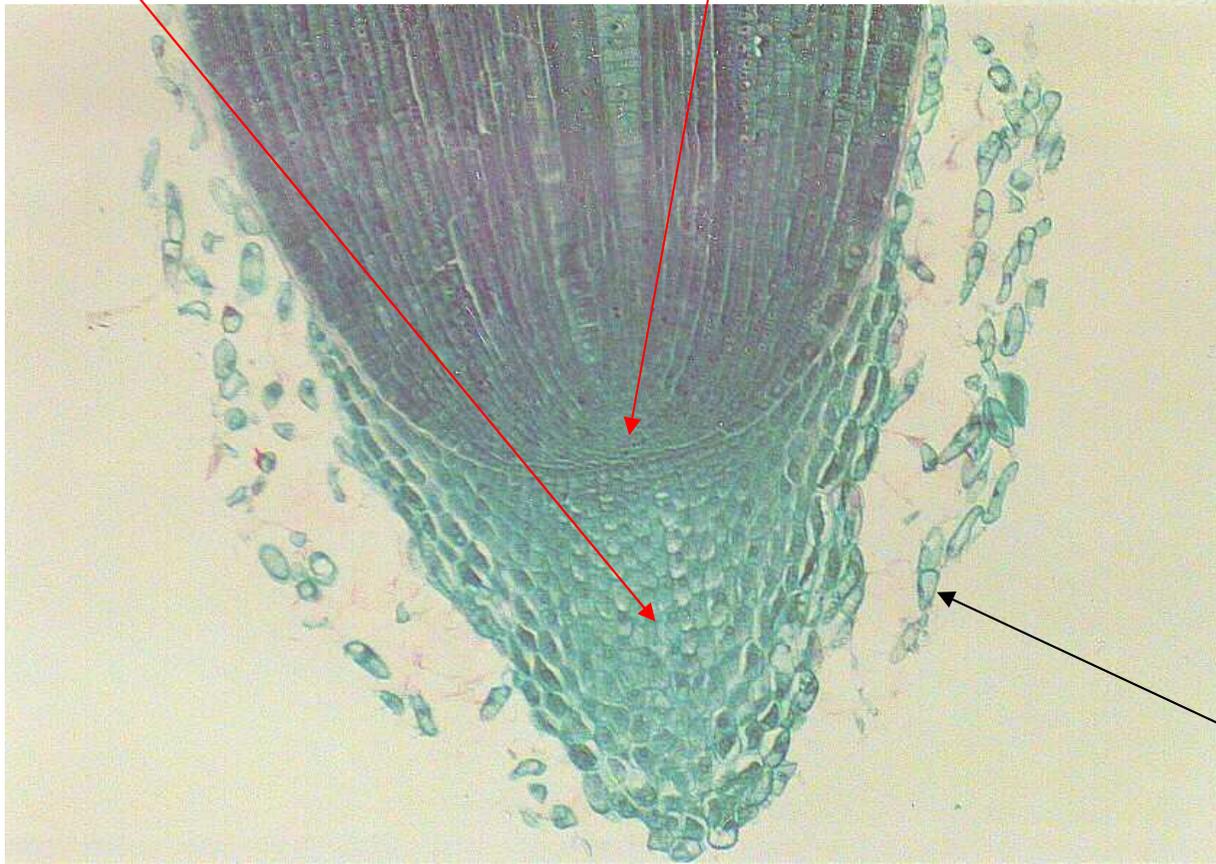
Localisation des sites de croissance

LA RACINE



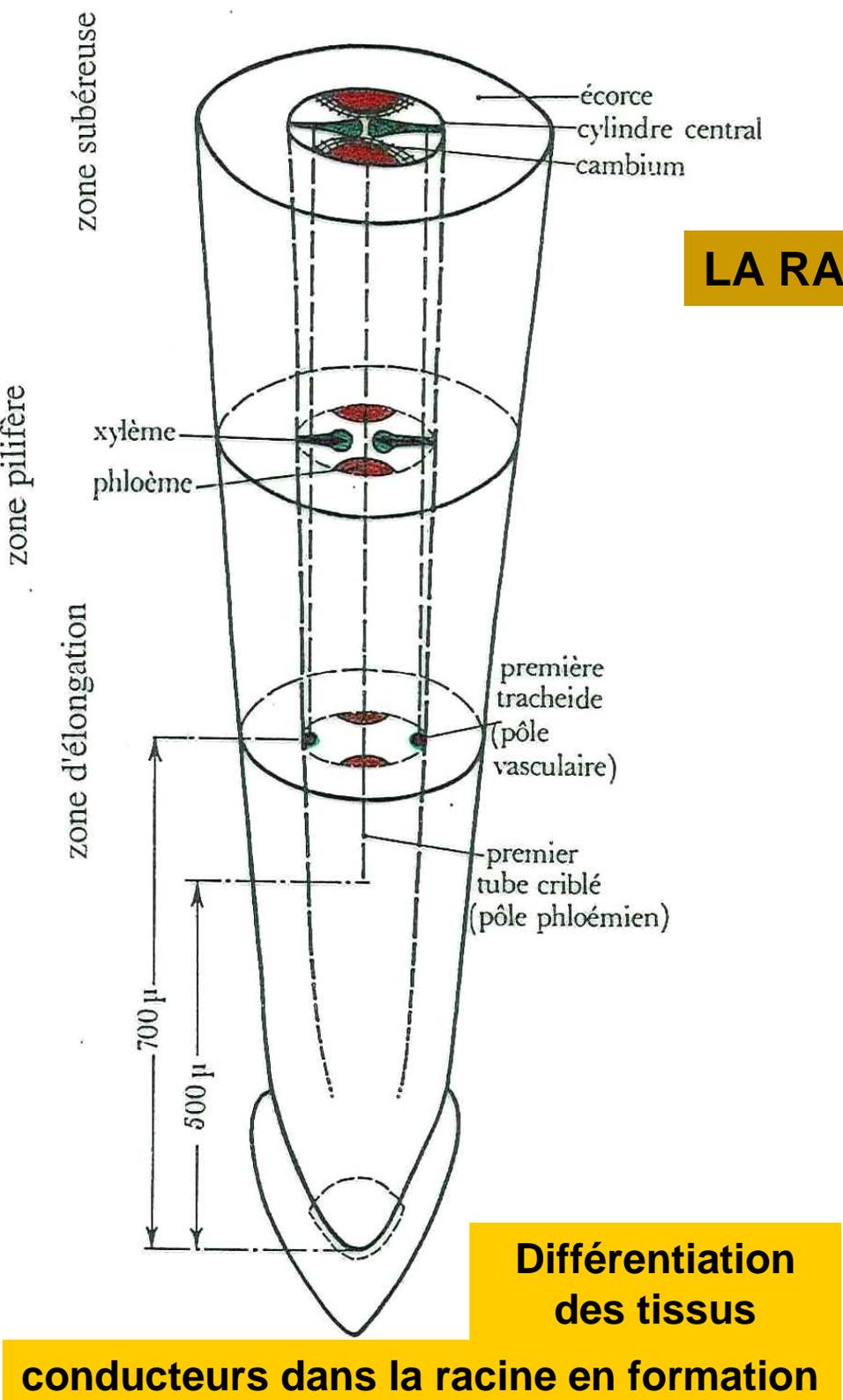
coiffe

méristème racinaire



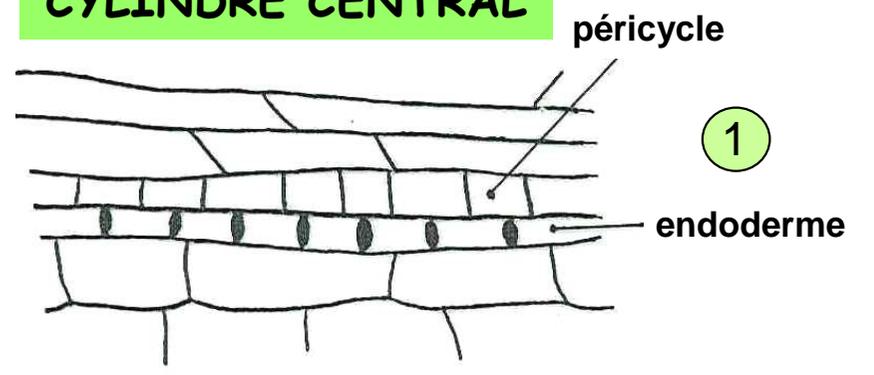
Détail de la zone apicale de la racine

cellules desquamantes

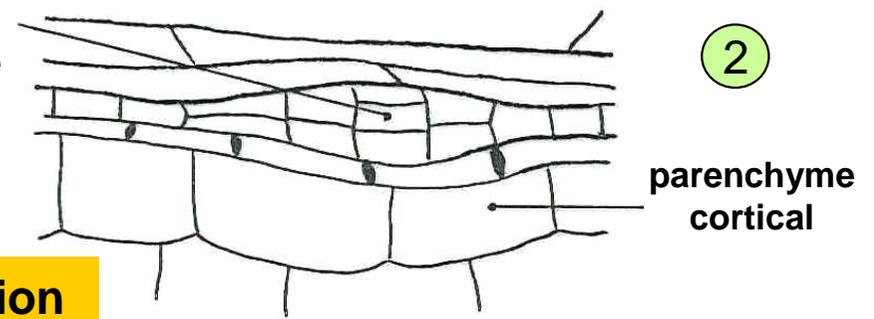


LA RACINE

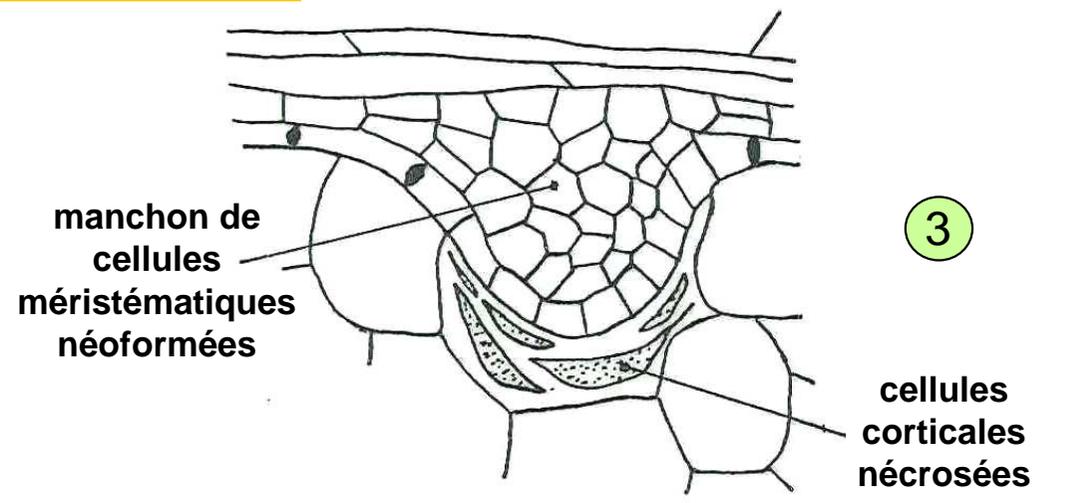
CYLINDRE CENTRAL



différenciation et multiplication des cellules Du péricycle



Ramification de la racine

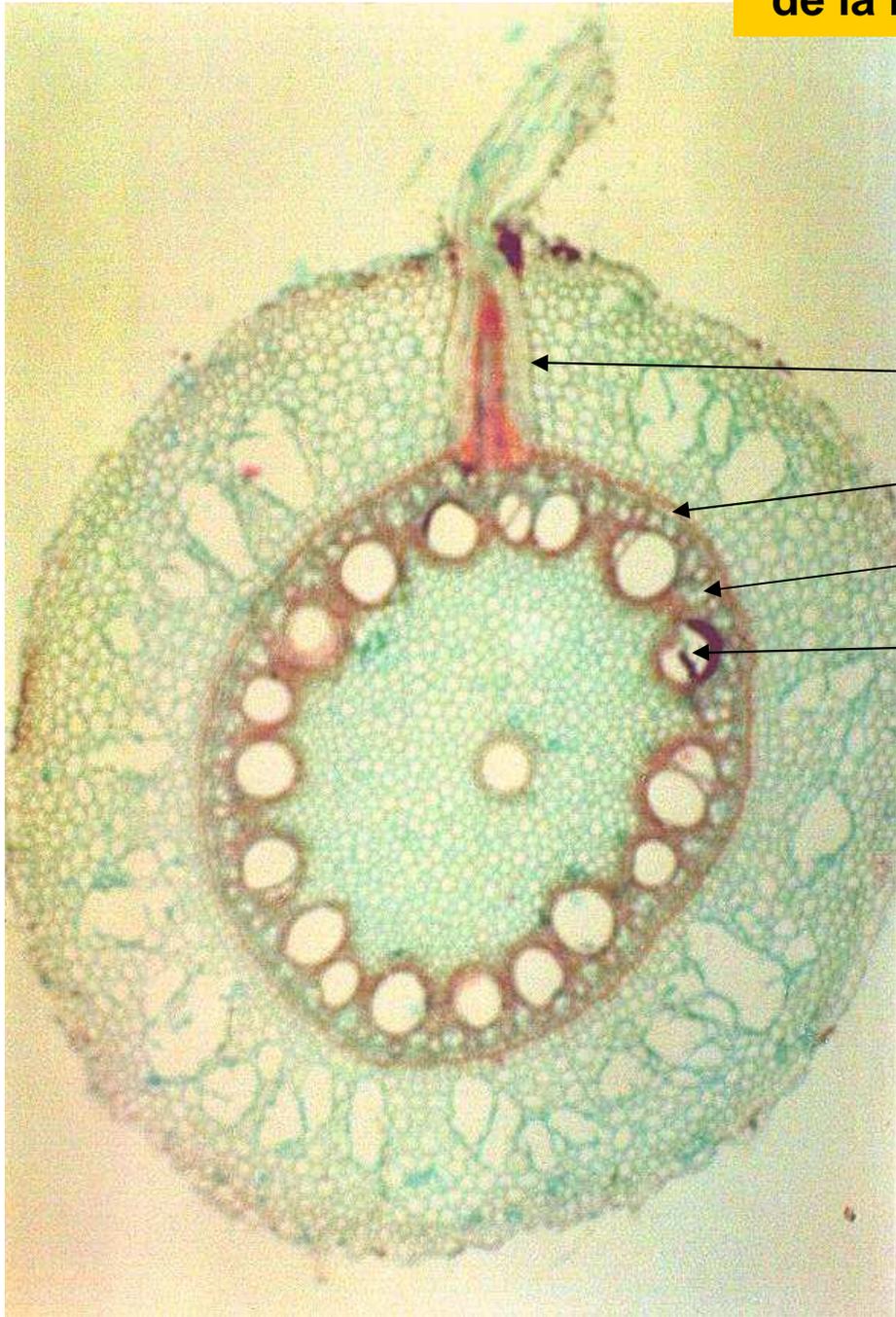


ECORCE

CT de racine de maïs au niveau d'une ramification

LA RACINE

Ramification de la racine



ramification

péricycle

phloème

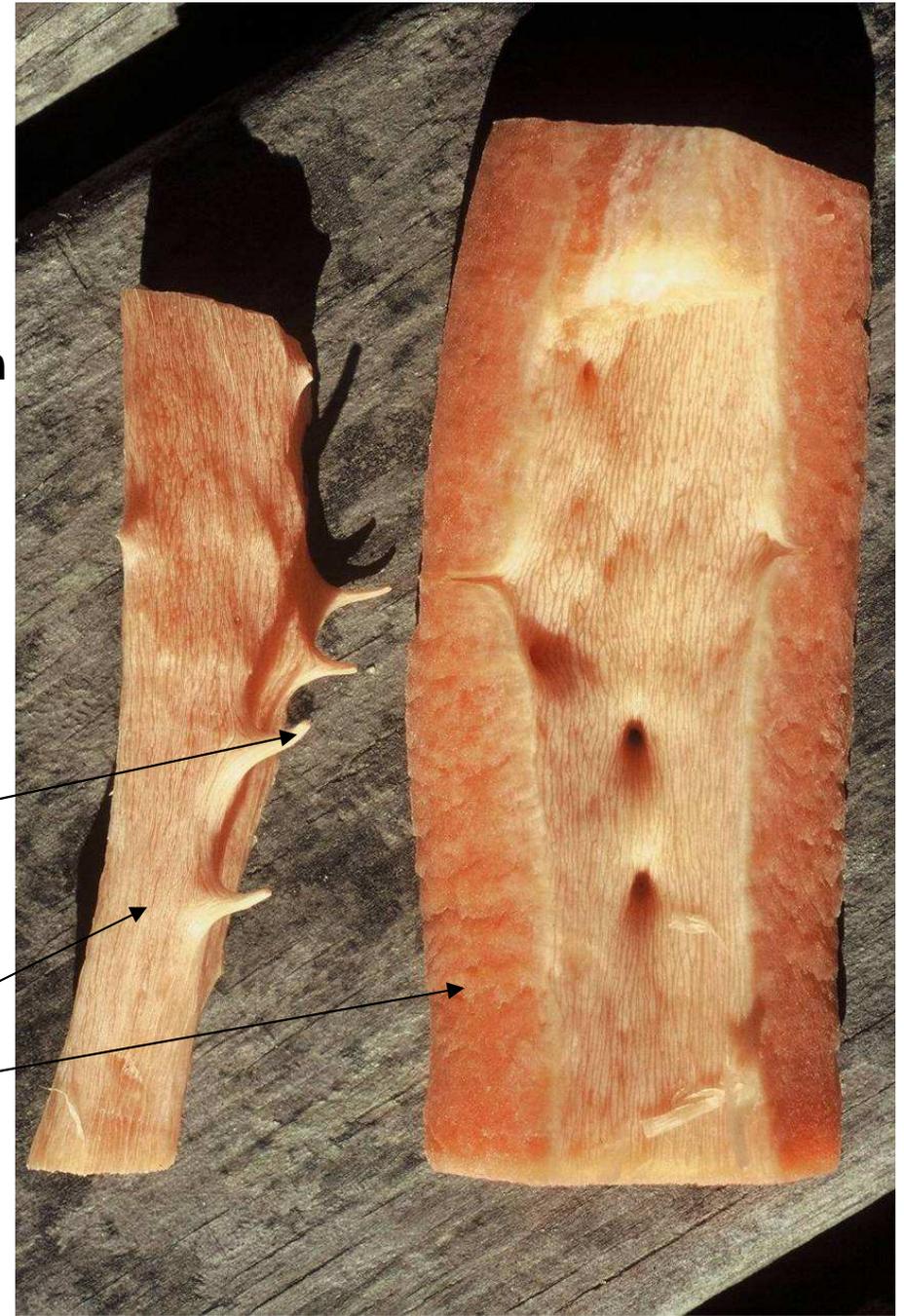
xylème

ramification
du faisceau
vasculaire

bois

liber

Ramification des faisceaux de xylème II^{aire} chez une racine âgée de carotte

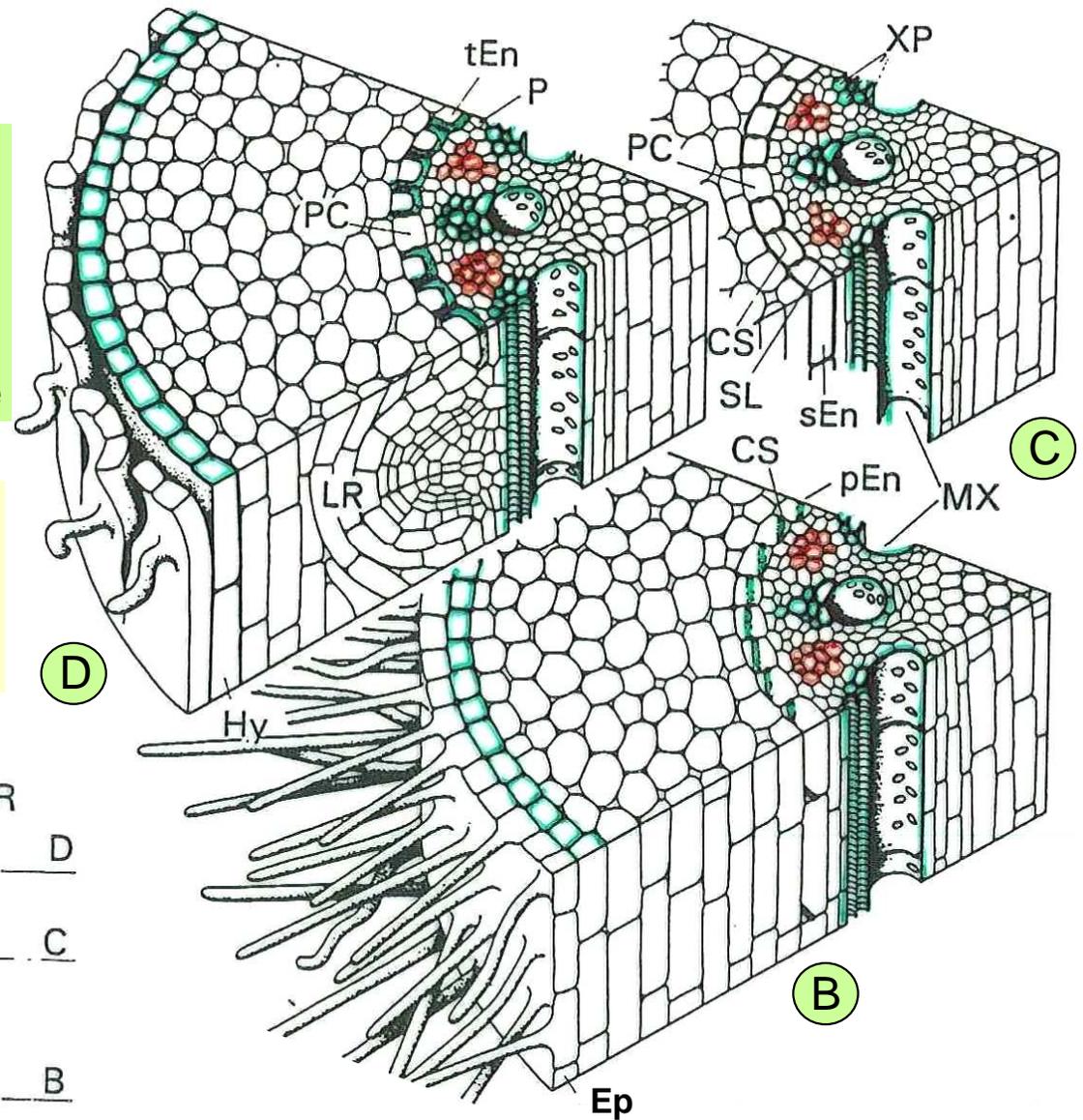
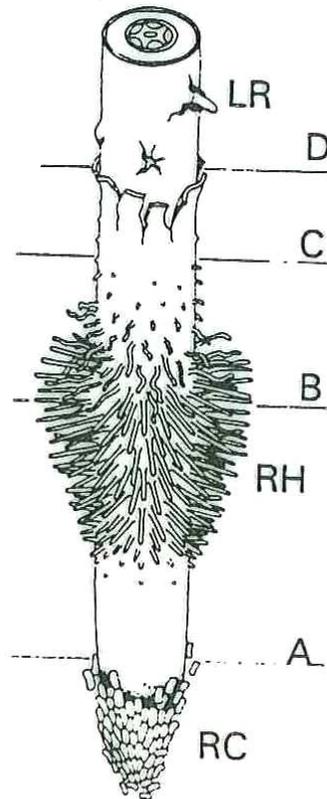
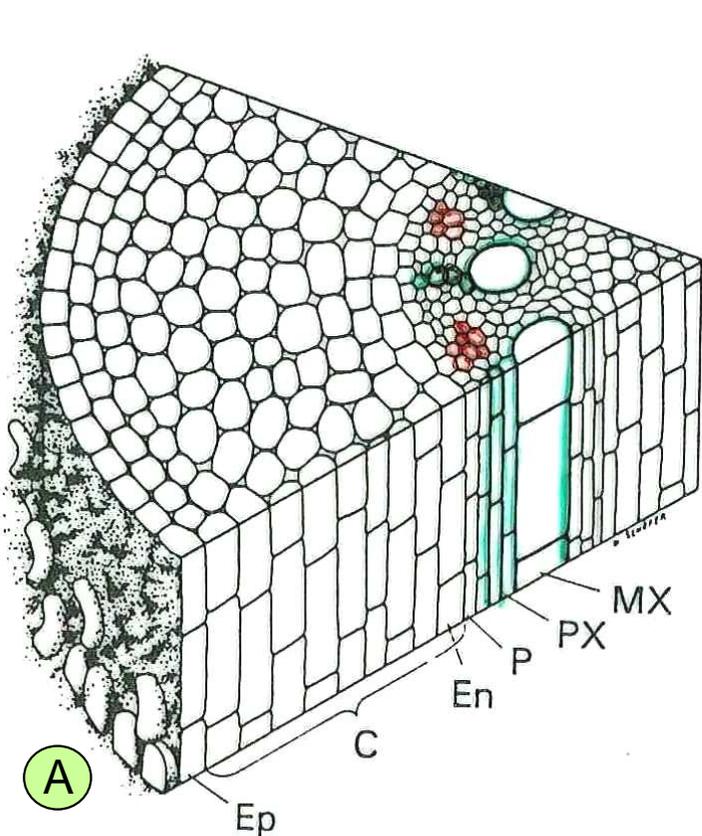


LA RACINE

Localisation des coupes transversales

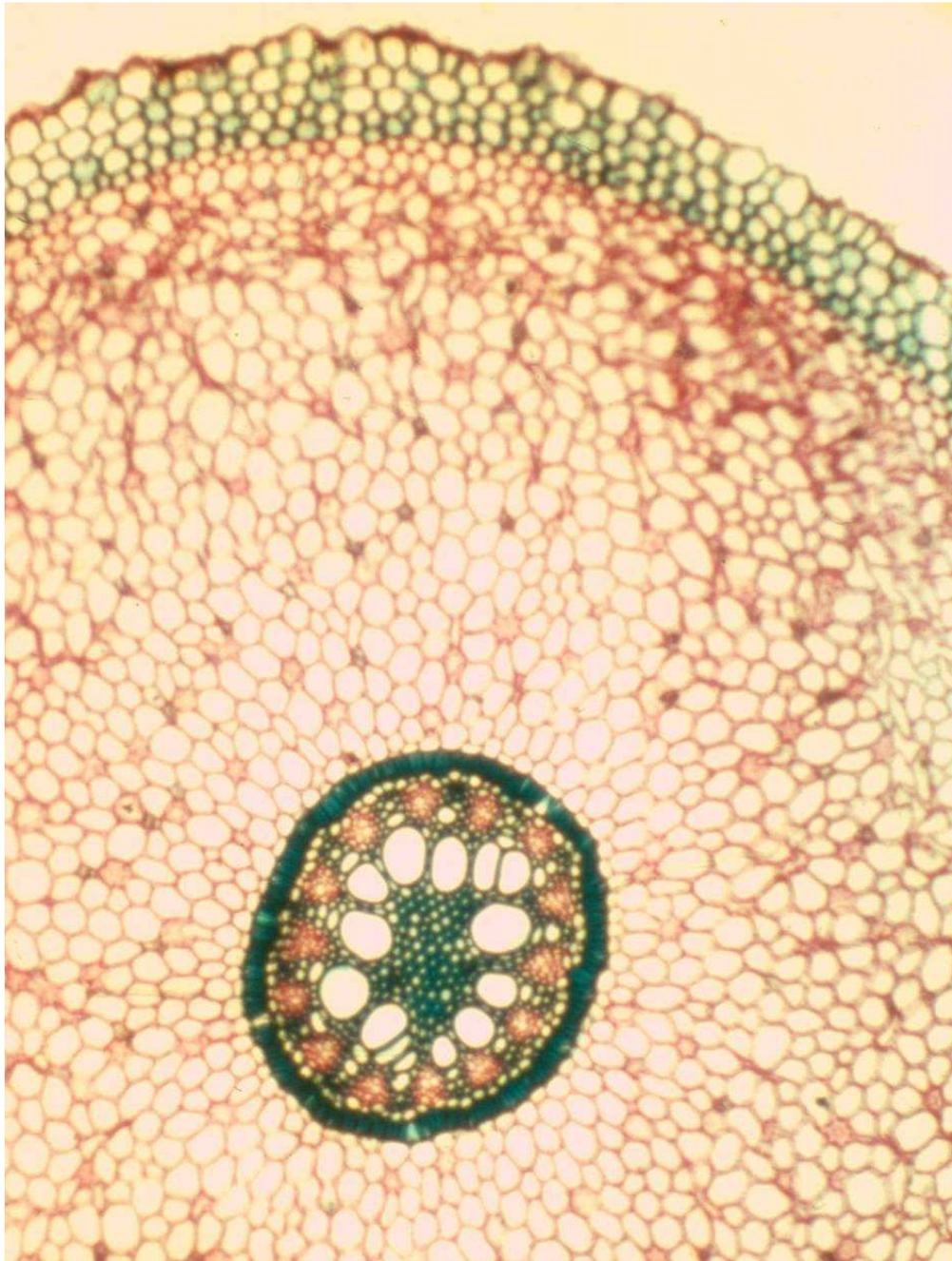
- A** : zone de croissance et de différenciation
- B** : zone pilifère avec endoderme primaire
- C** : zone de l'endoderme secondaire
- D** : zone subéreuse et de l'endoderme tertiaire

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

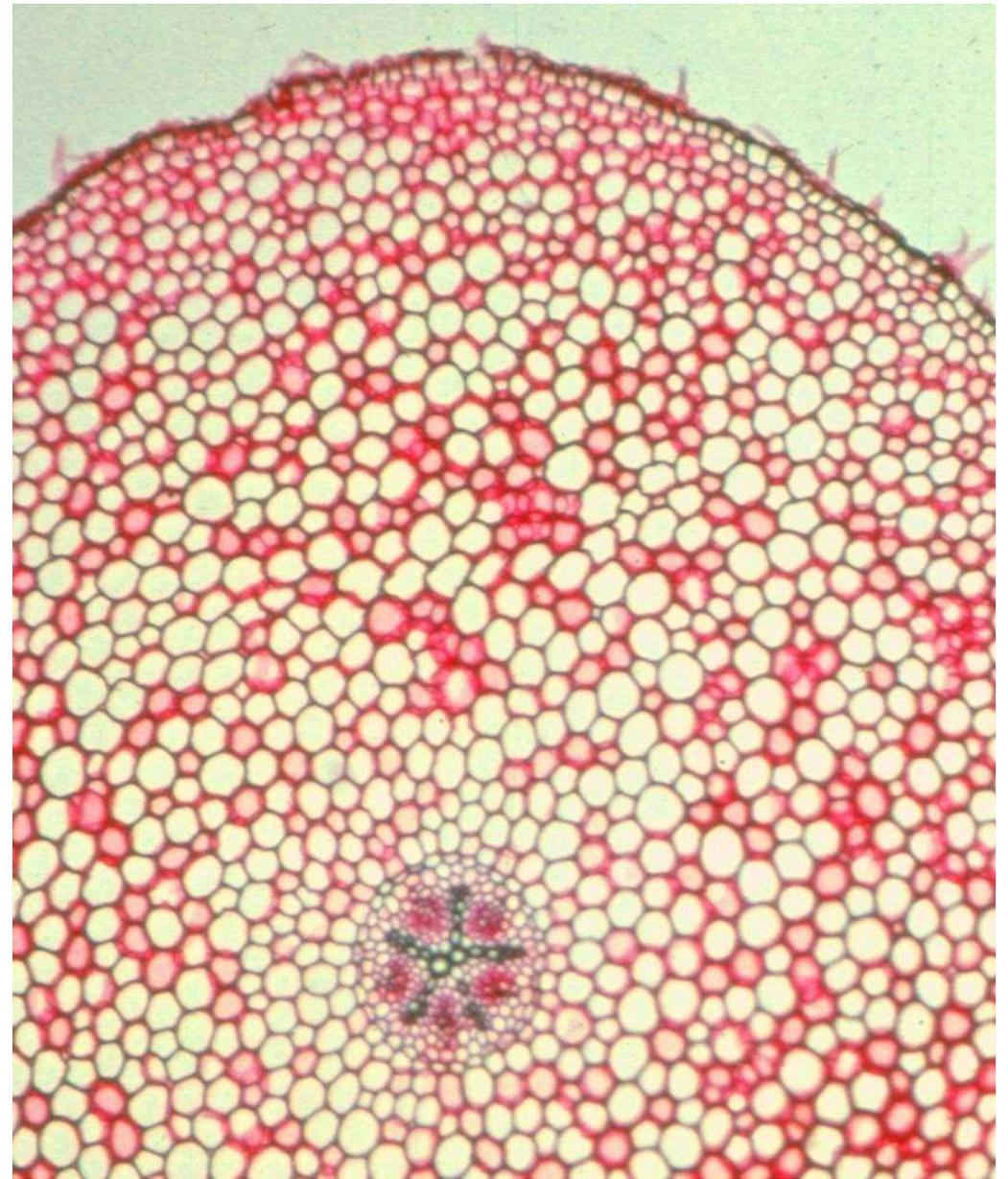


Mx métaxylème, **P** péricycle, **PC** cellule de passage, **PX** protoxylème, **RC** coiffe, **RH** poils absorbants, **SL** paroi subérifiée, **XP** parenchyme du xylème

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

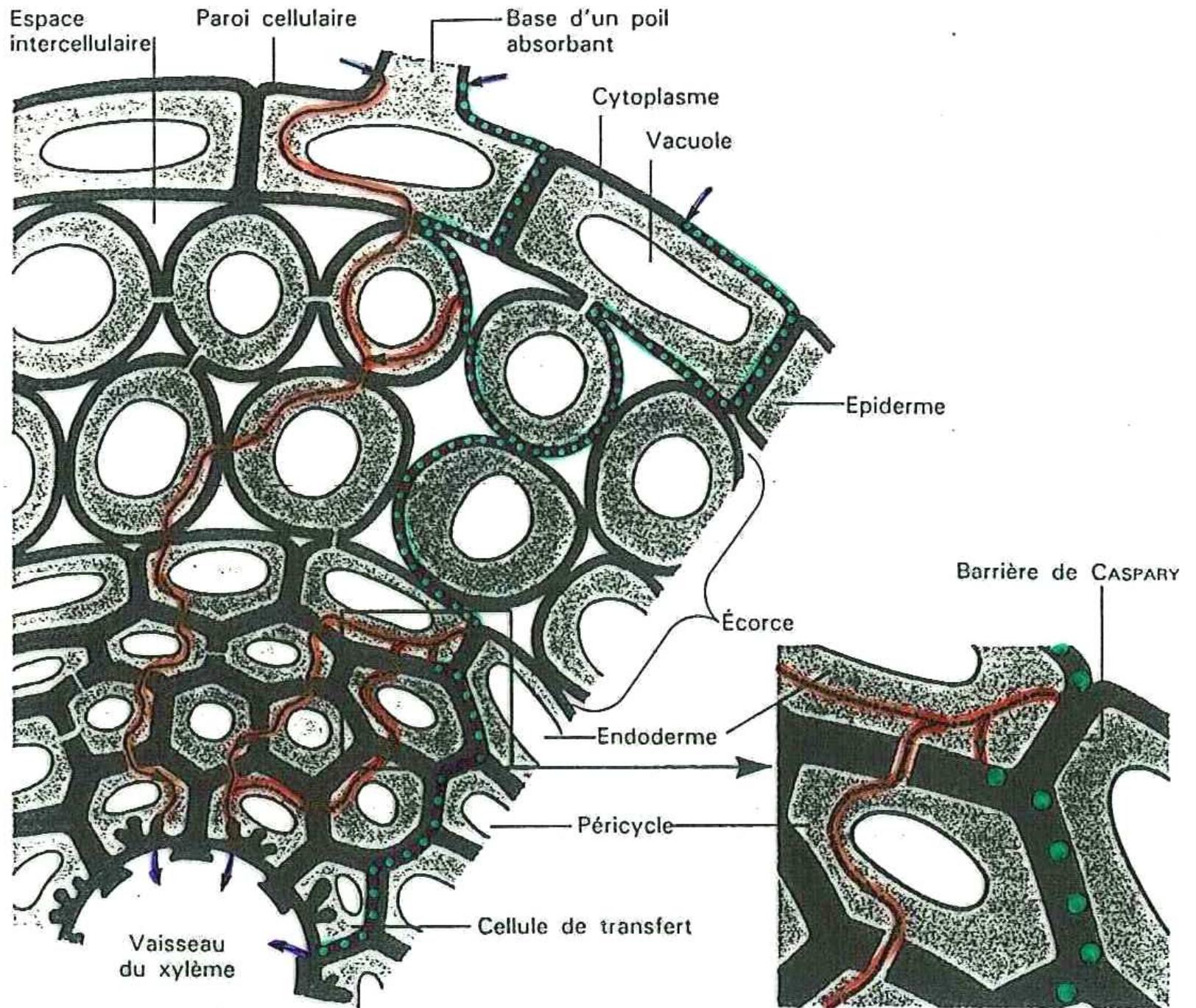


**CT racine d'iris
(Monocotylédones)**



**CT racine de renoncule
(Dicotylédones)**

LA RACINE

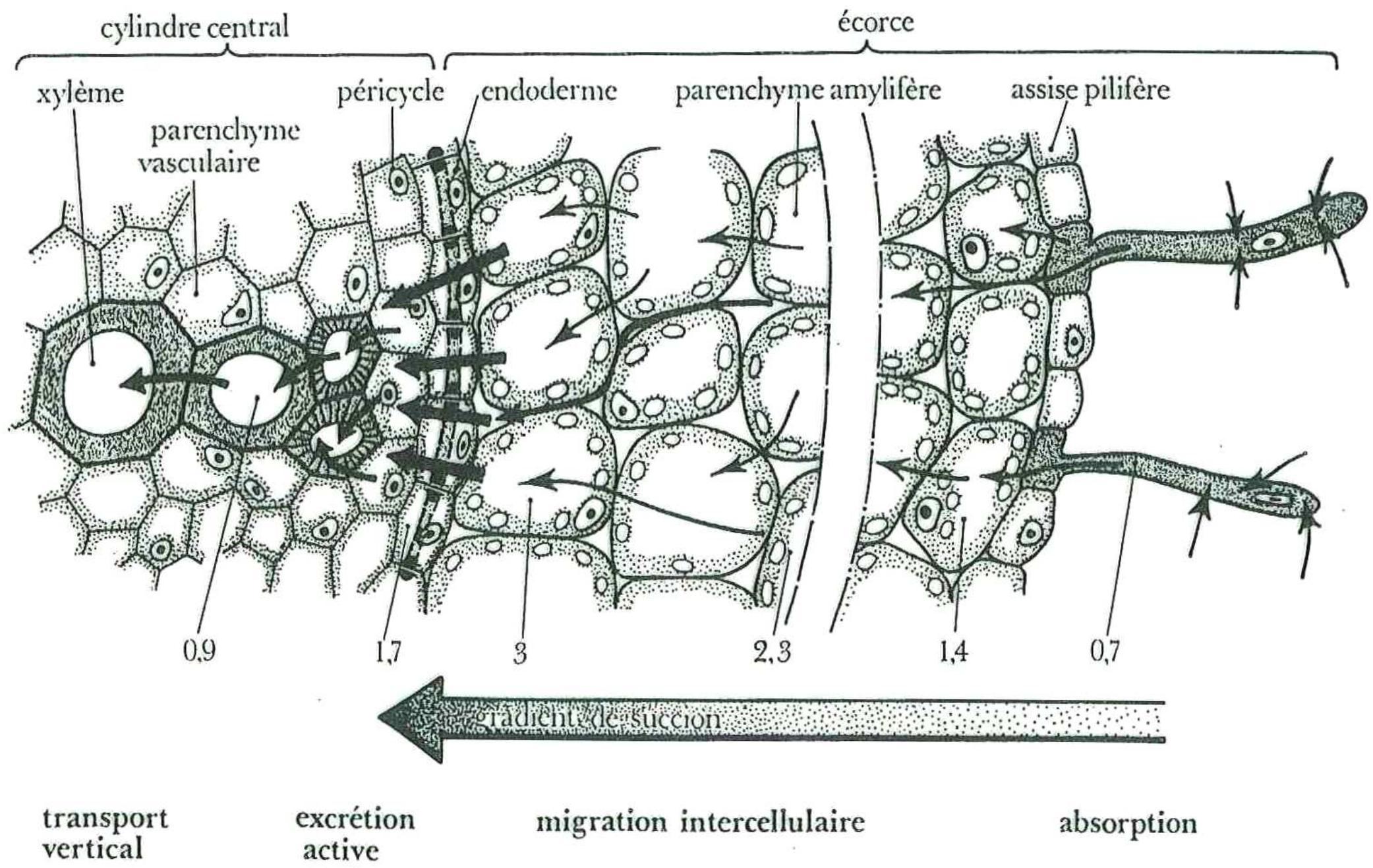


Transport de l'eau et des éléments minéraux dans la racine entre le poil absorbant et le xylème

pointillés ●●●●● : transport dans les parois

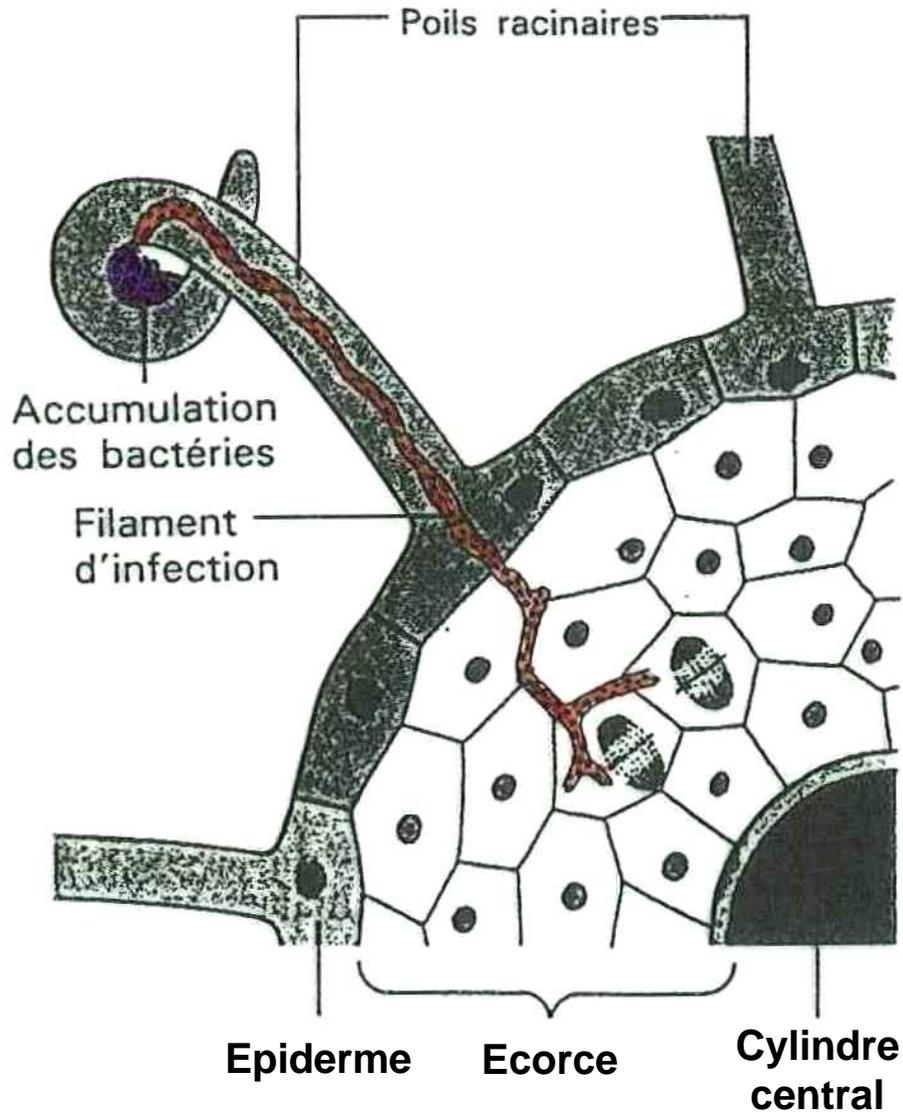
trait ———— : transport dans le cytoplasme

LA RACINE

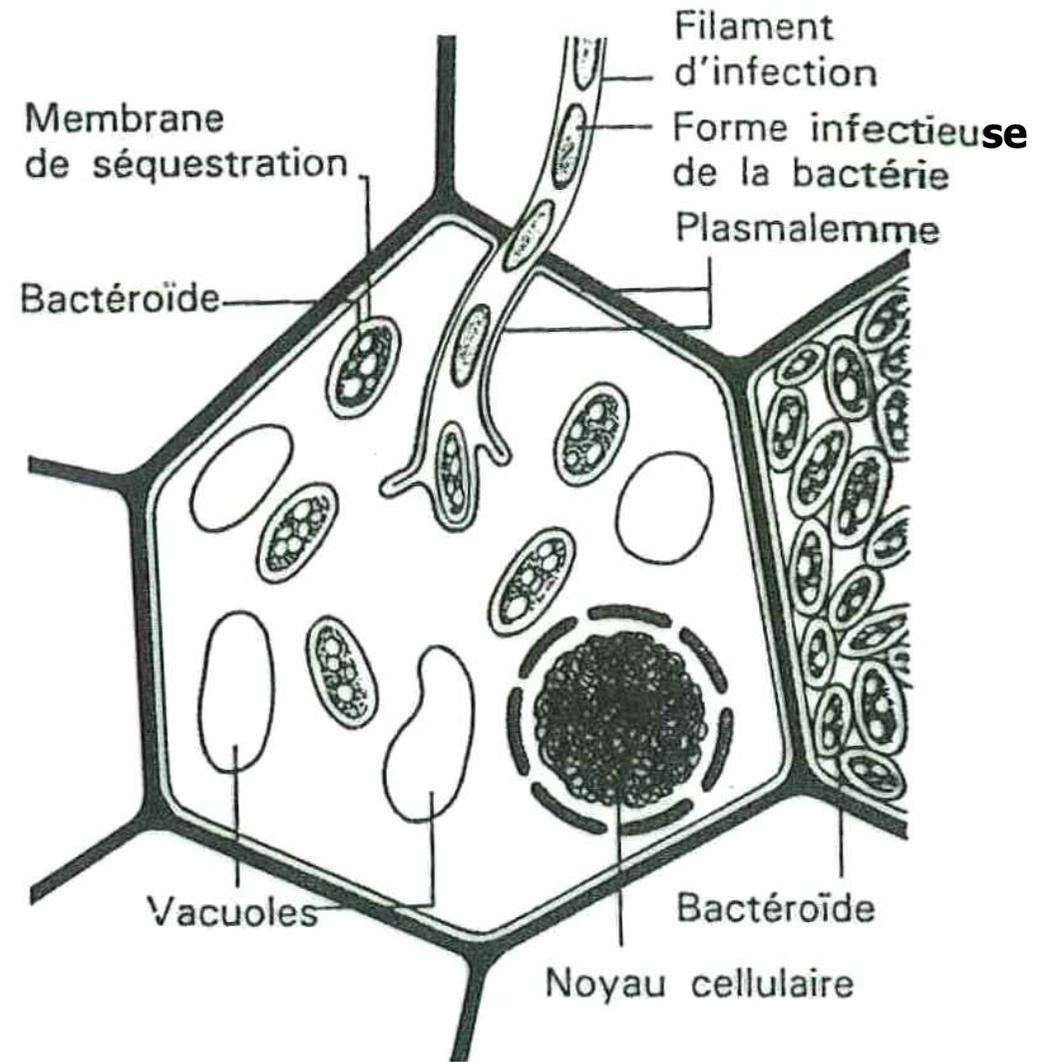


Transport radial de l'eau et des éléments minéraux entre les poils absorbants et le xylème
(les valeurs du gradient de succion sont indiquées en atmosphère ; pour convertir en Pa $\times 10^5$)

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



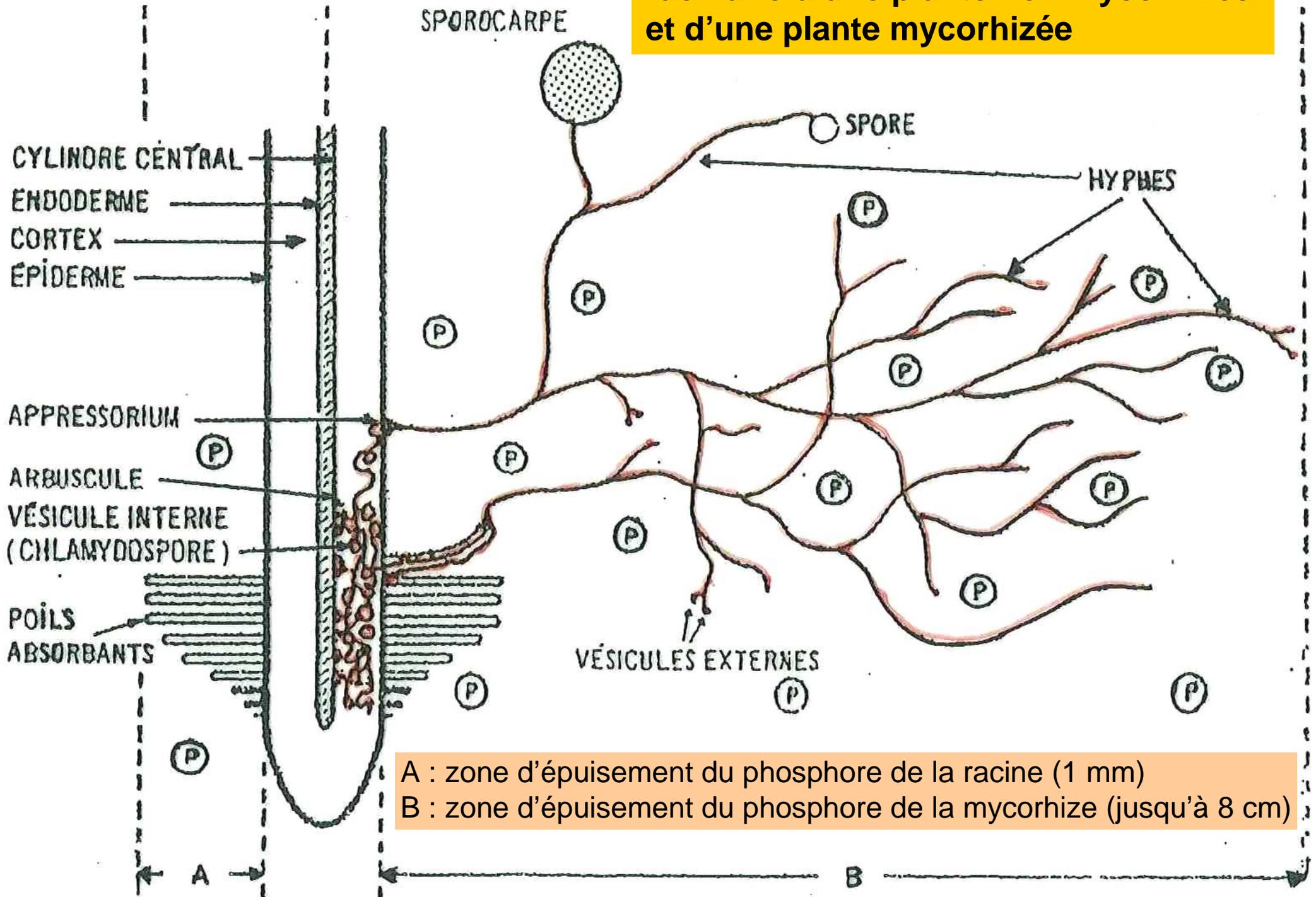
Détail d'une nodosité

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



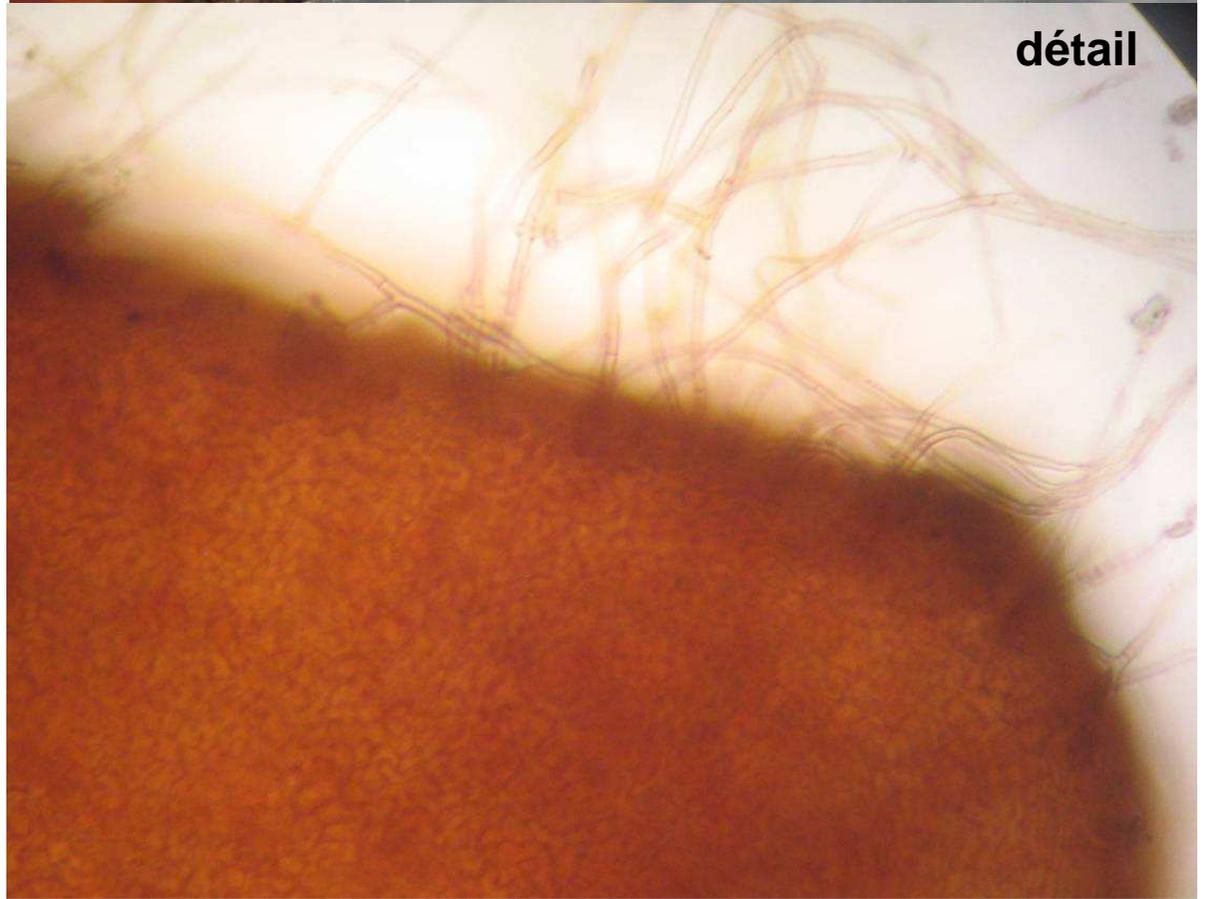
Mycorhization du chêne pubescent par la truffe



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



racine mycorhizée
montrant le
manteau mycélien



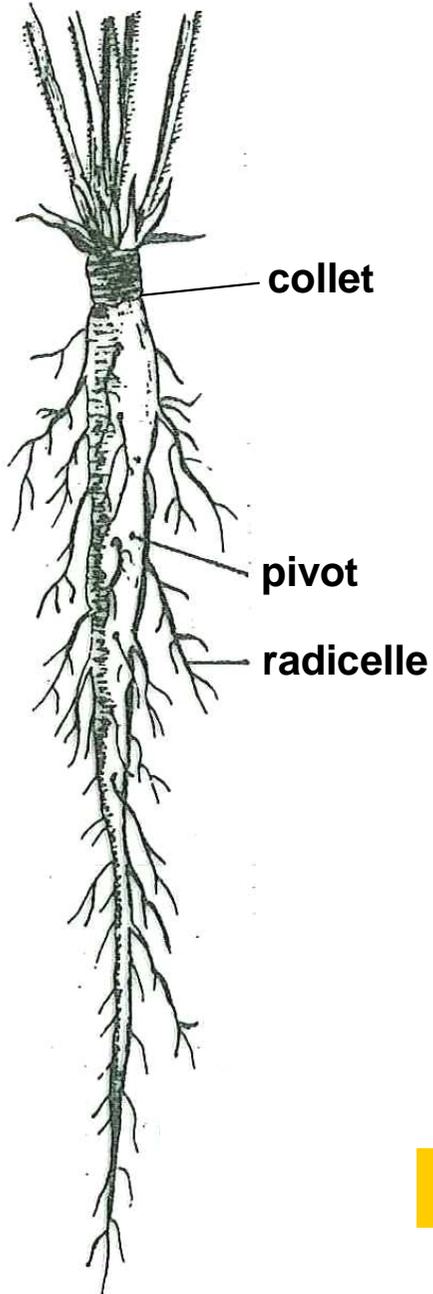
détail

LA RACINE

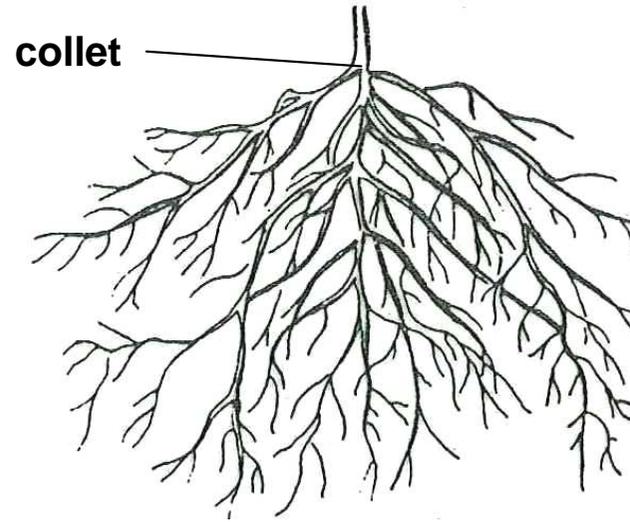
Éléments	N	P	K
Plant mycorrhizé/plant témoin	+ 85%	+ 230%	+ 75%

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

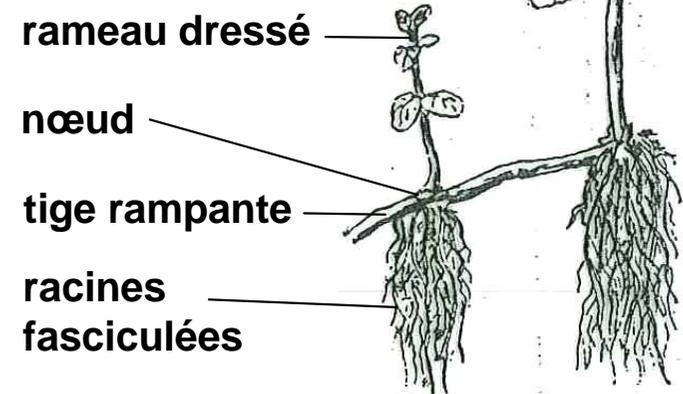
LA RACINE



Système pivotant
(carotte)



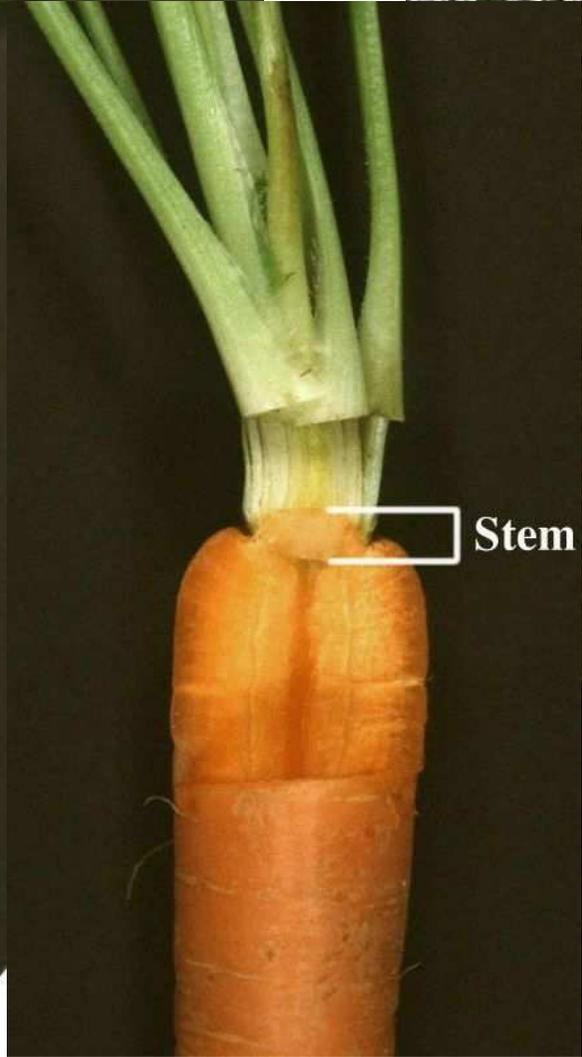
Système fasciculé



Système adventif
et fasciculé
(véronique)

Les différents types d'appareils racinaires

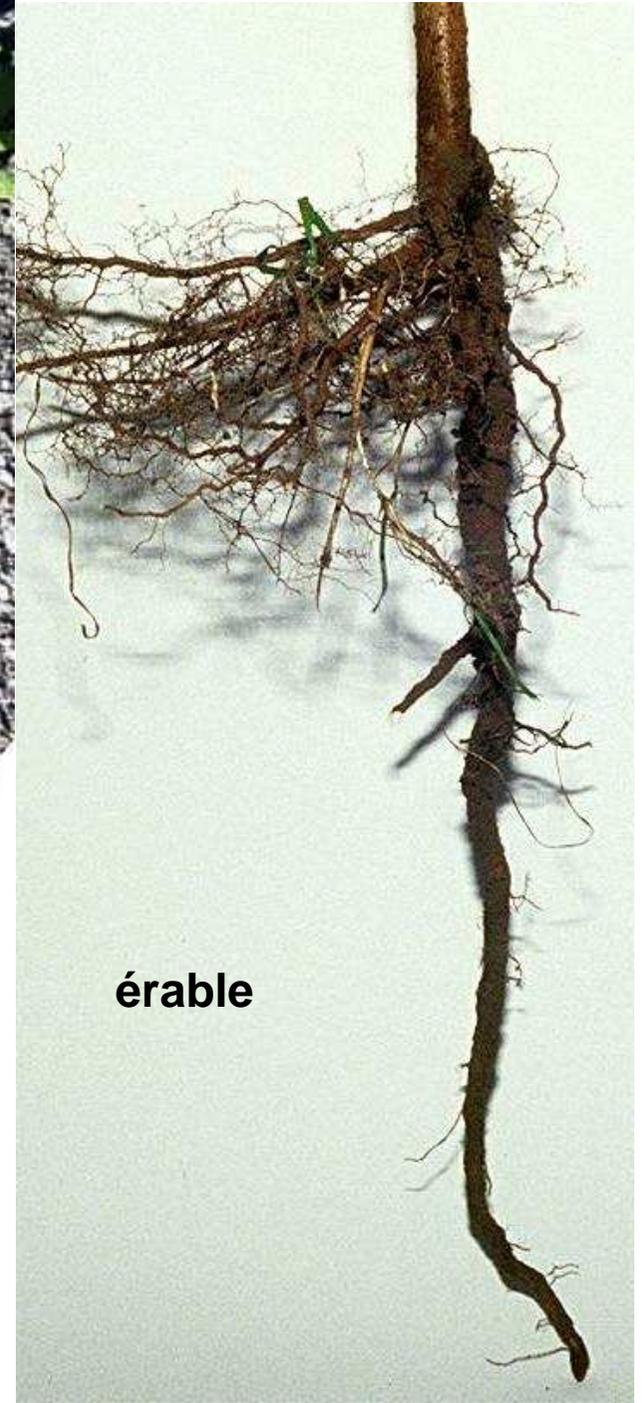
carotte



Racines pivotantes



pissenlit



érable

Racines fasciculées

céleri rave



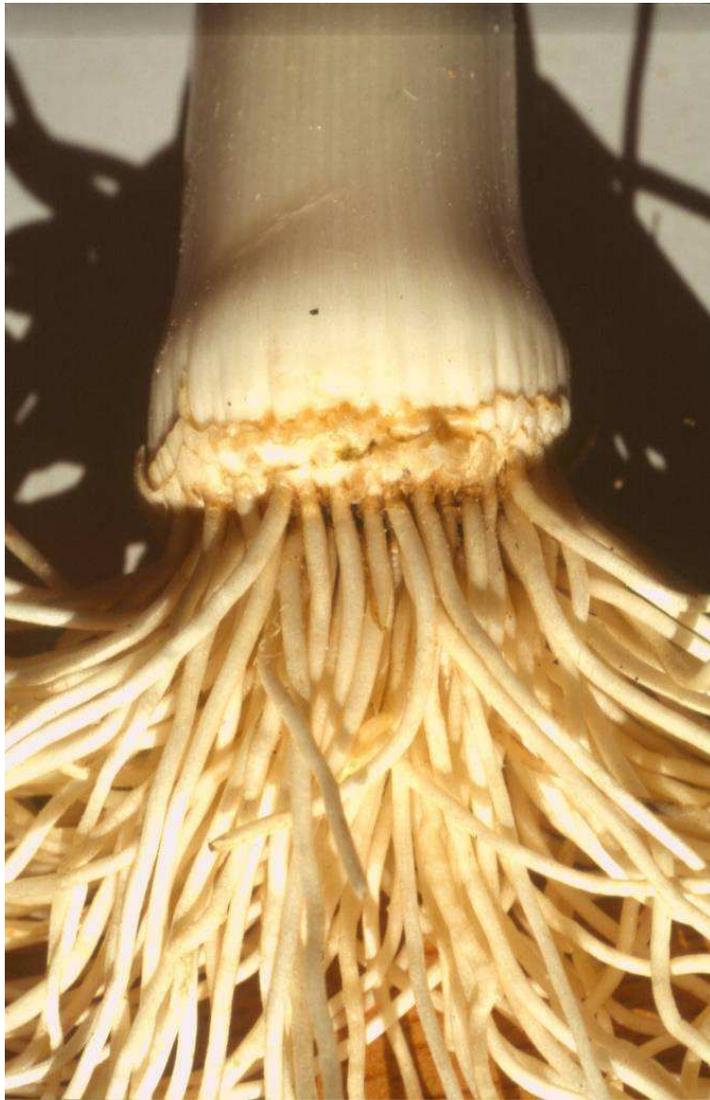
dahlia



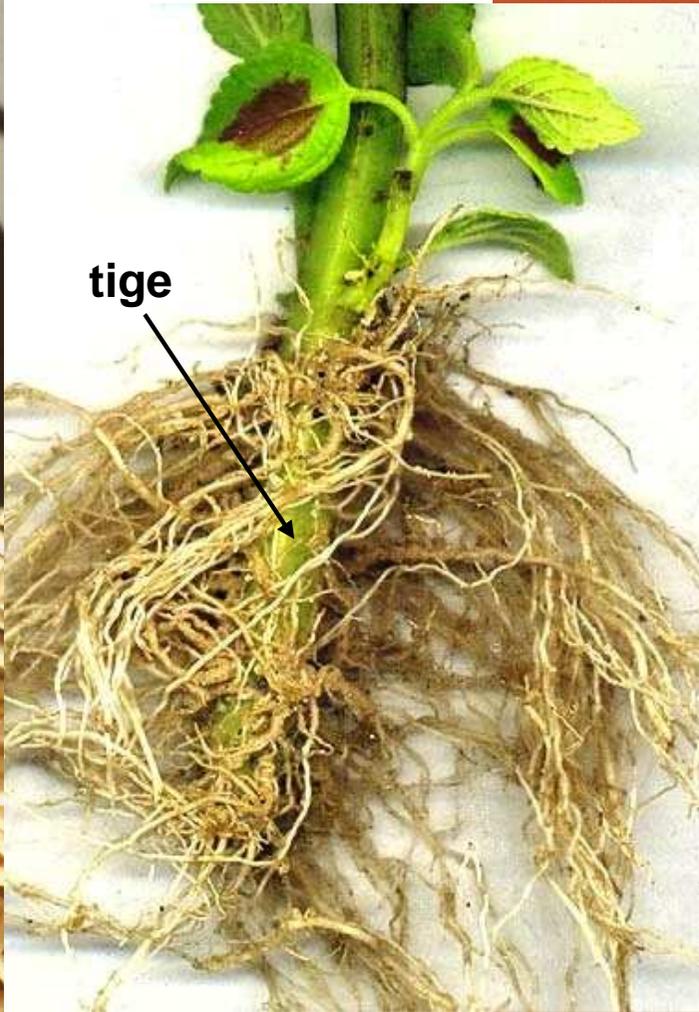
Racines fasciculées adventives

**racines adventives
d'avoine**

poireau



**racines adventives
sur bouture**

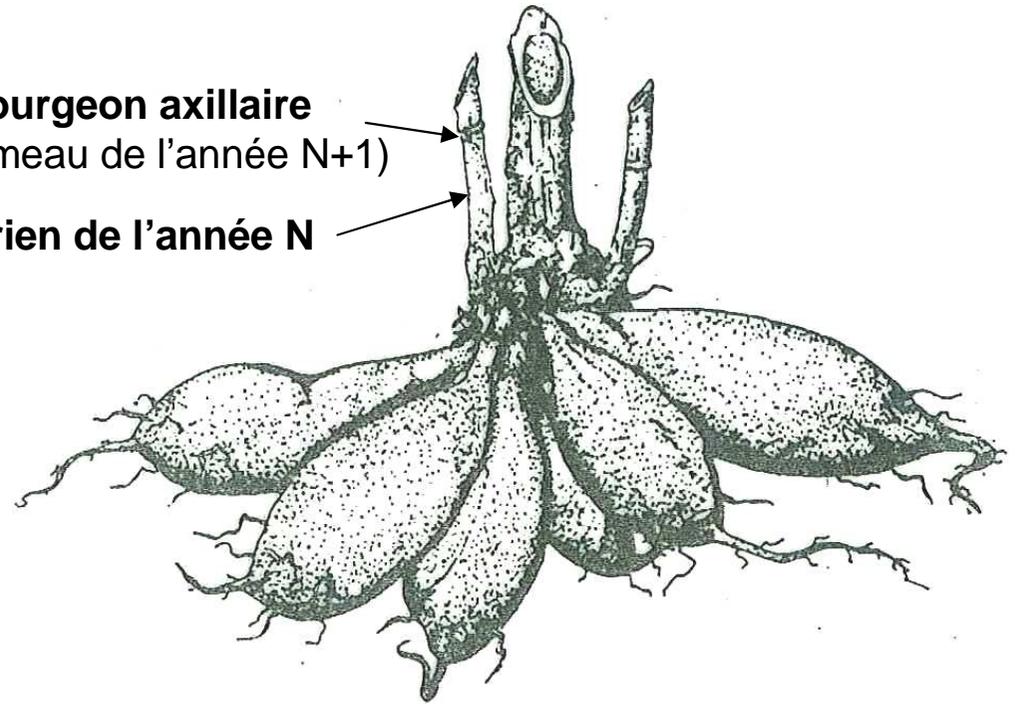


LA RACINE



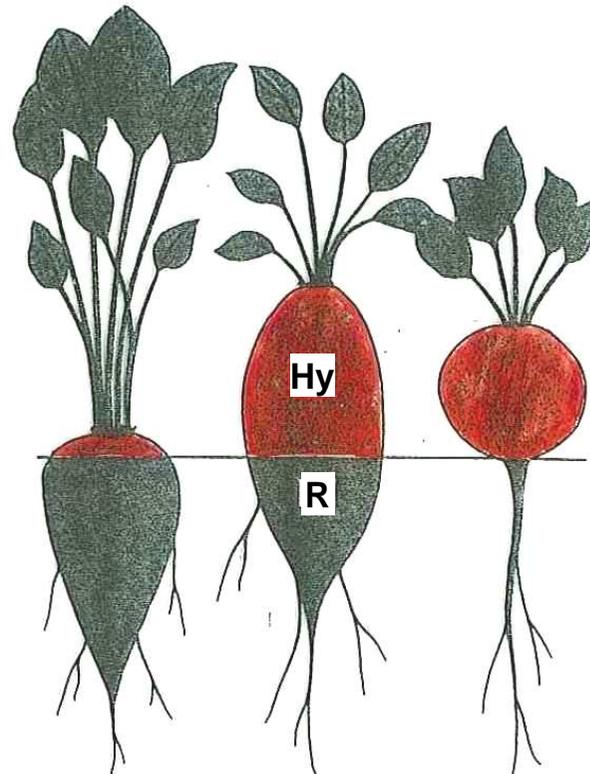
nœud avec bourgeon axillaire
(donnera le rameau de l'année N+1)

rameau aérien de l'année N



Appareils racinaires tubérisés

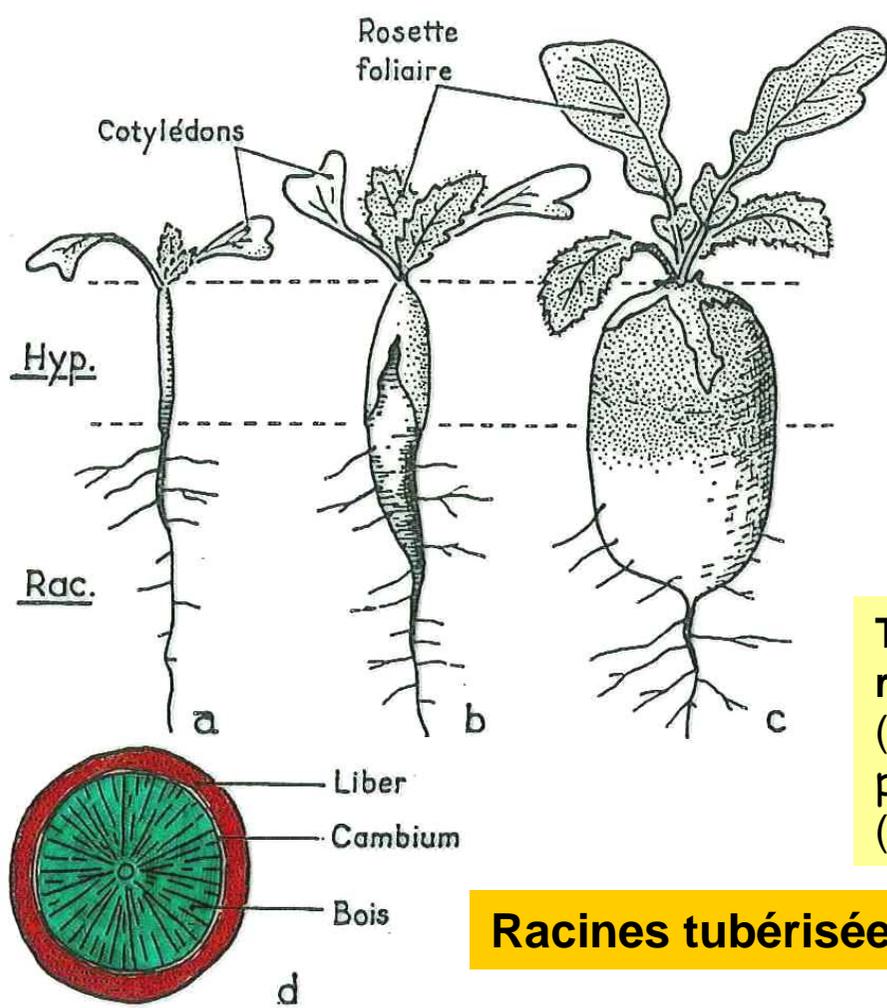
Racine pivotante
tubérisée de navet
(Brassicacées)
plante bisannuelle



Hy : hypocotyle
R : racine

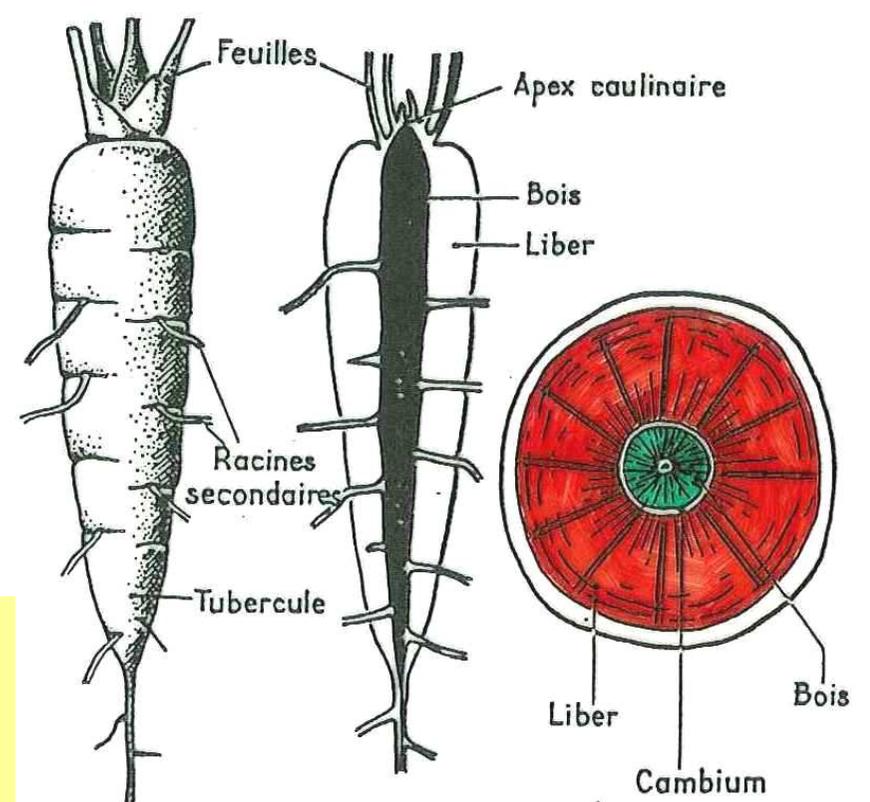
Racines fasciculées tubérisées
dahlia – plante vivace

Racines pivotantes
tubérisées de betterave
A : betterave à sucre
B : betterave fourragère
C : betterave rouge
plantes bisannuelles



LA RACINE

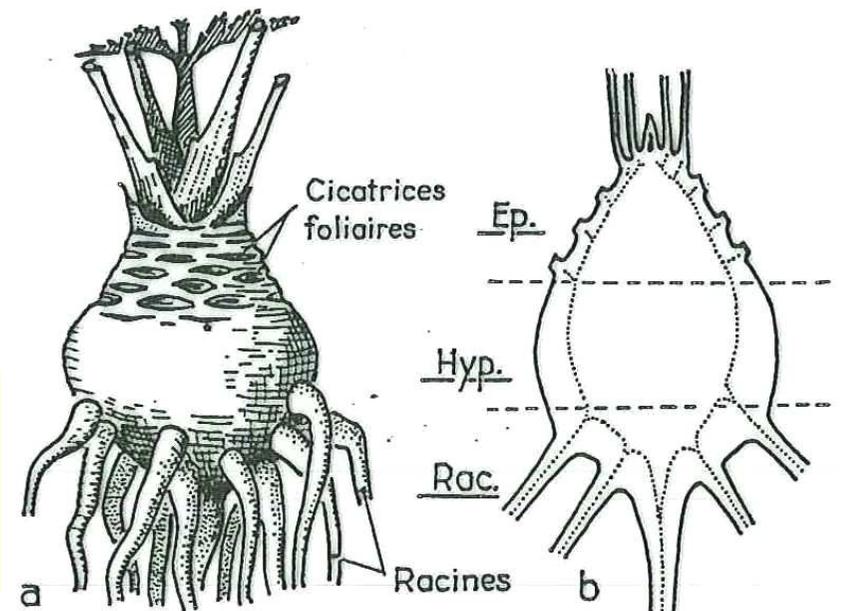
Tubérisation de la racine de carotte (Apiacées) plante bisannuelle
(morphologie externe, coupe longitudinale et coupe transversale)



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 :

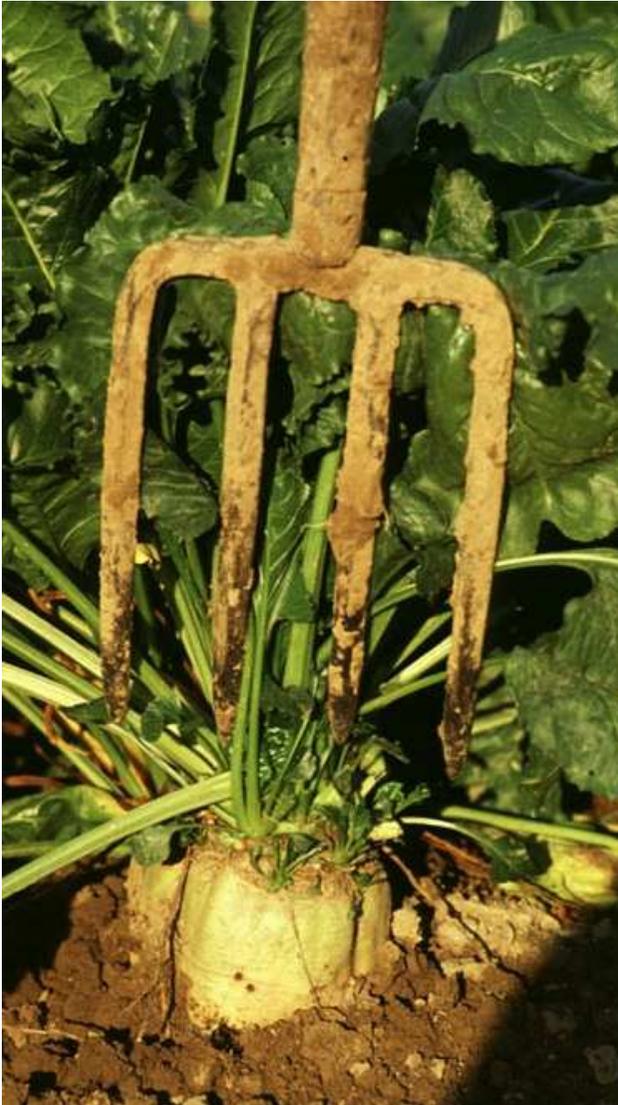
- ✓ **organe tubérisé** : **r**, **R**, racine ; **h**, **H**, hypocotyle ; **é**, épicotyle
(la taille du caractère indique l'importance de la partie d'organe tubérisée)
- ✓ **substance stockée** : **In**, inuline ; **Am**, amidon ; **G-ose**, glucose ; **S-ose**, saccharose)

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



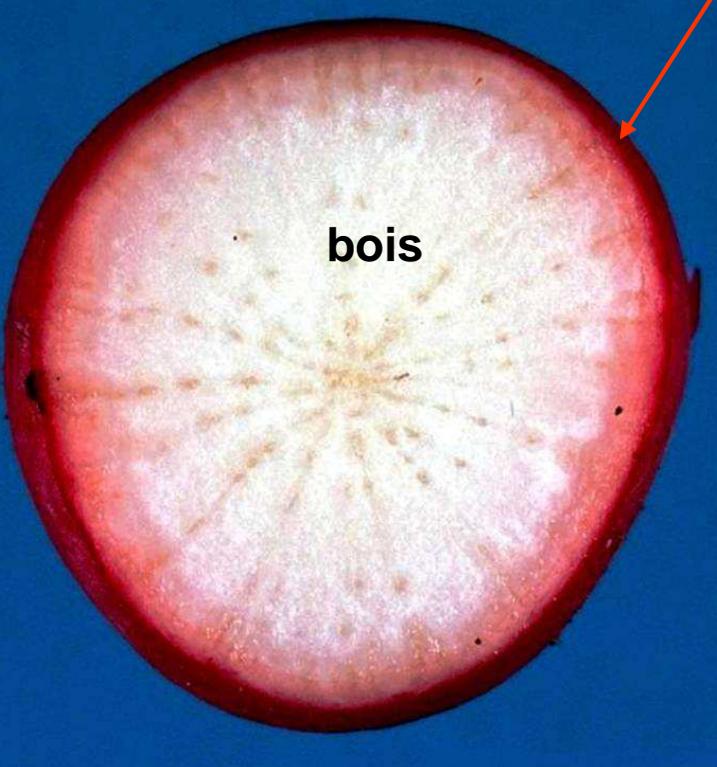
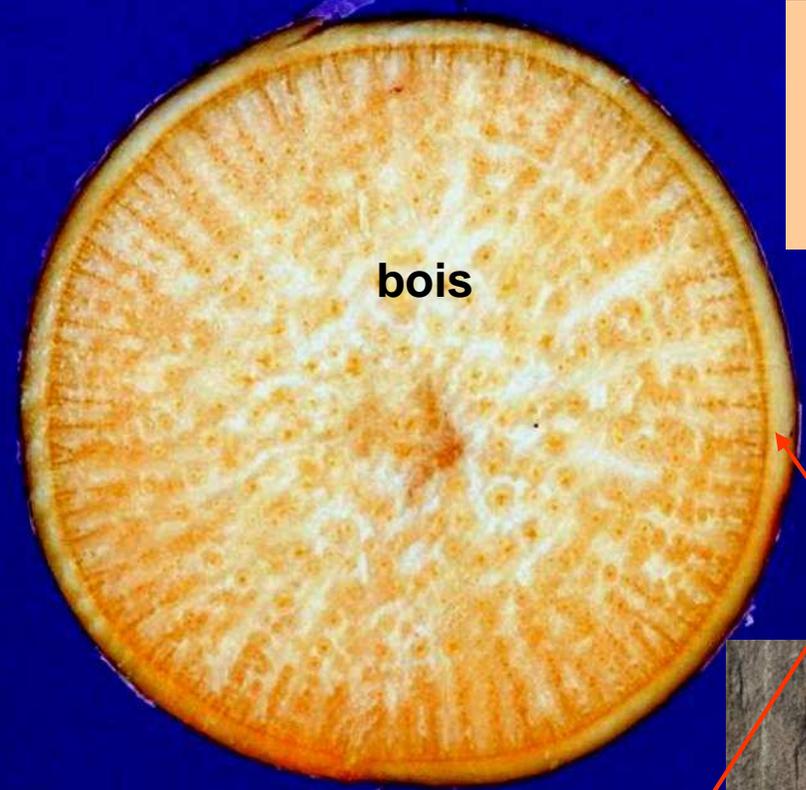
betterave rouge

(r) + H

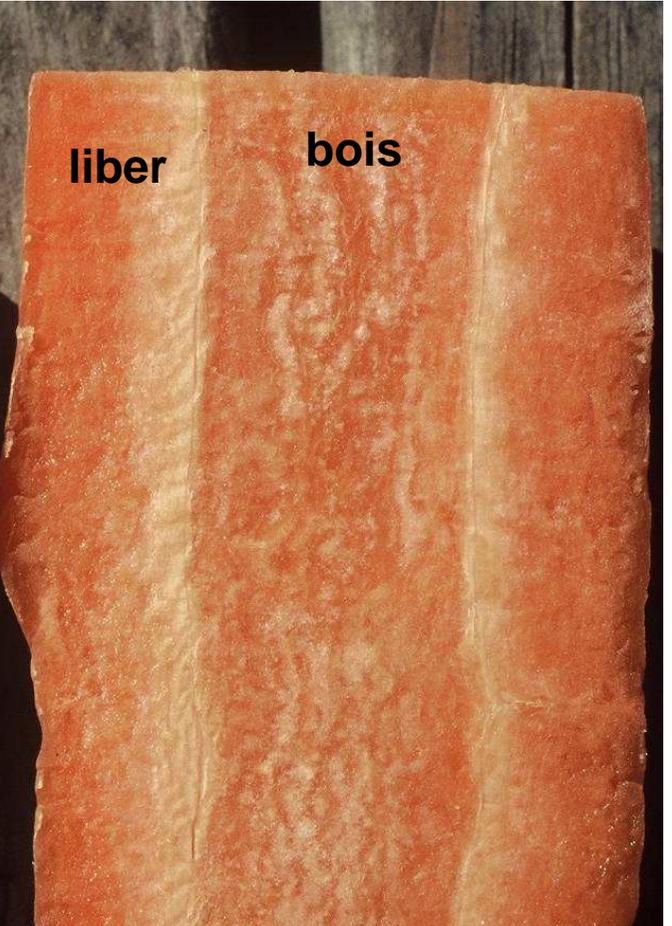
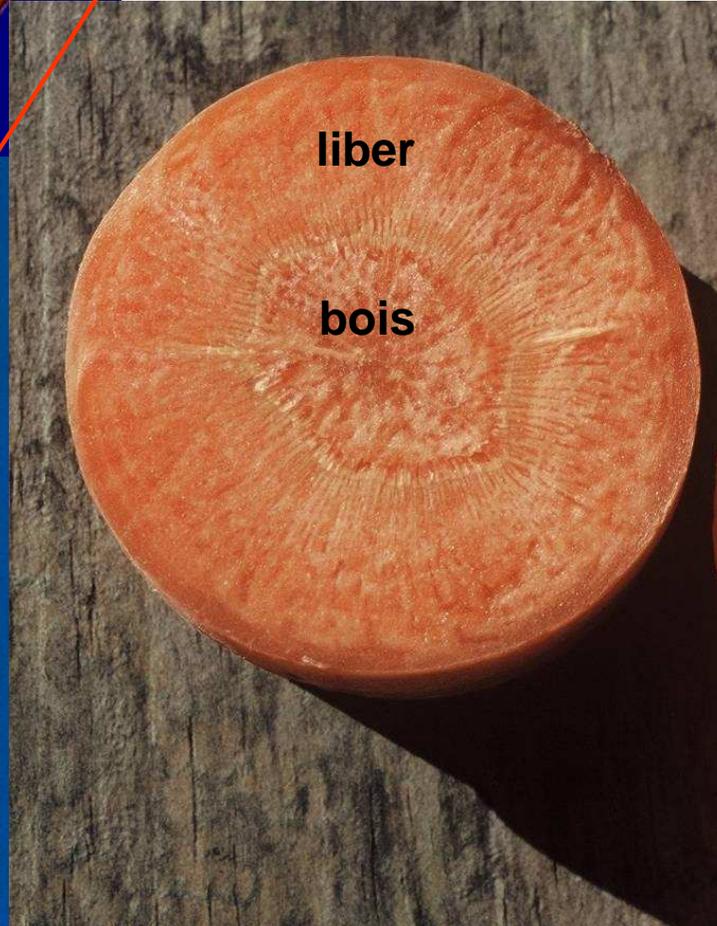


Racines tubérisées

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

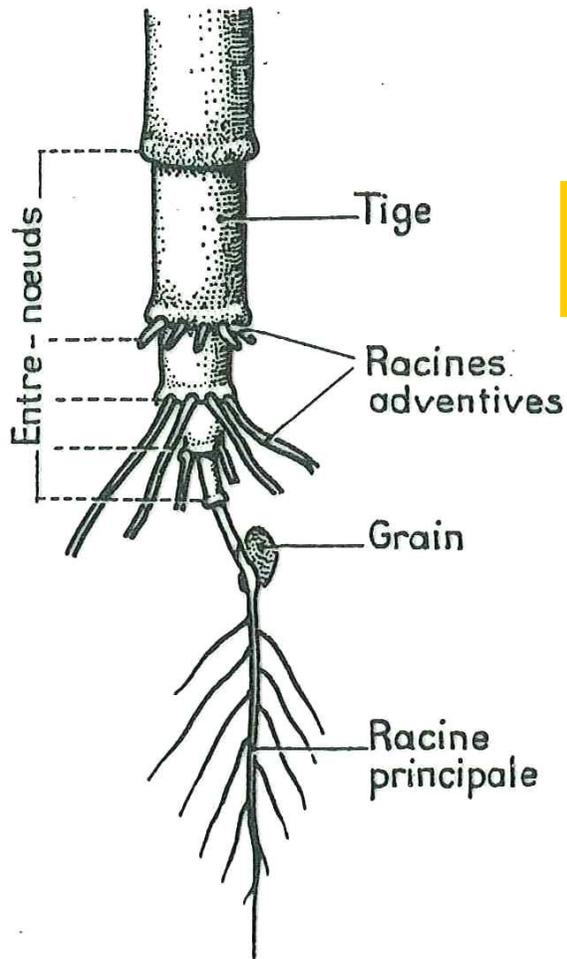
Tubérisation de la racine, de l'hypocotyle et de l'épicotyle :
le céleri-rave

épicotyle avec feuilles et traces foliaires

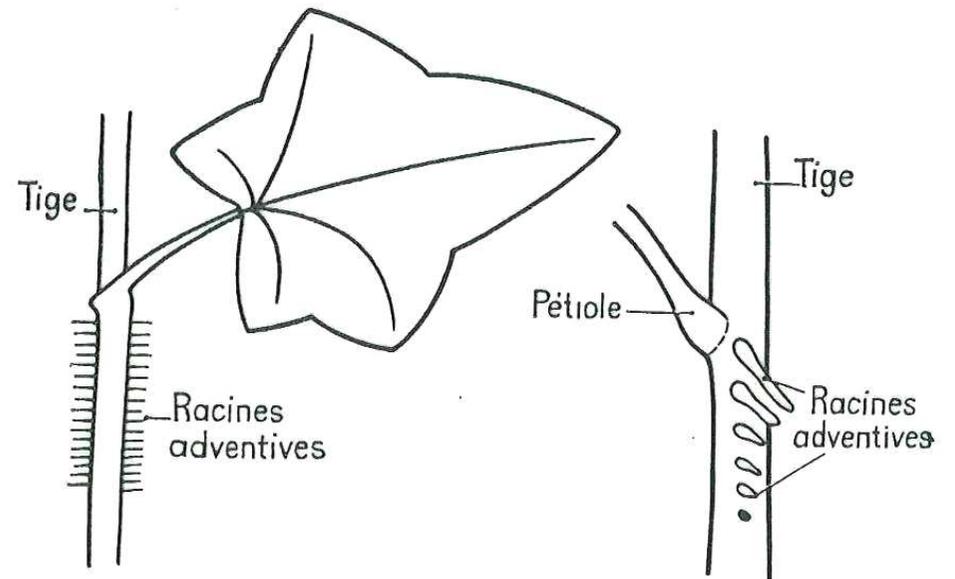


LA RACINE

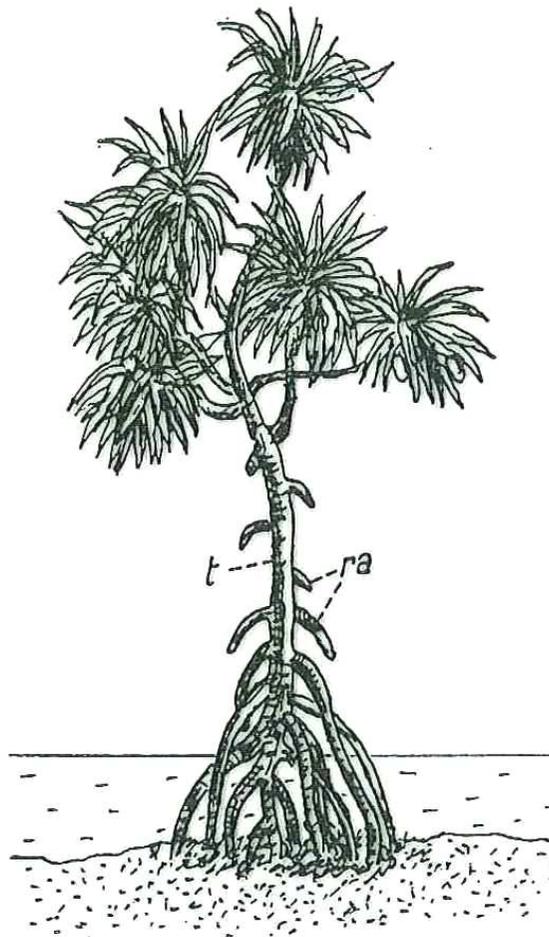
Racines spécialisées (fonction d'ancrage)



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)**

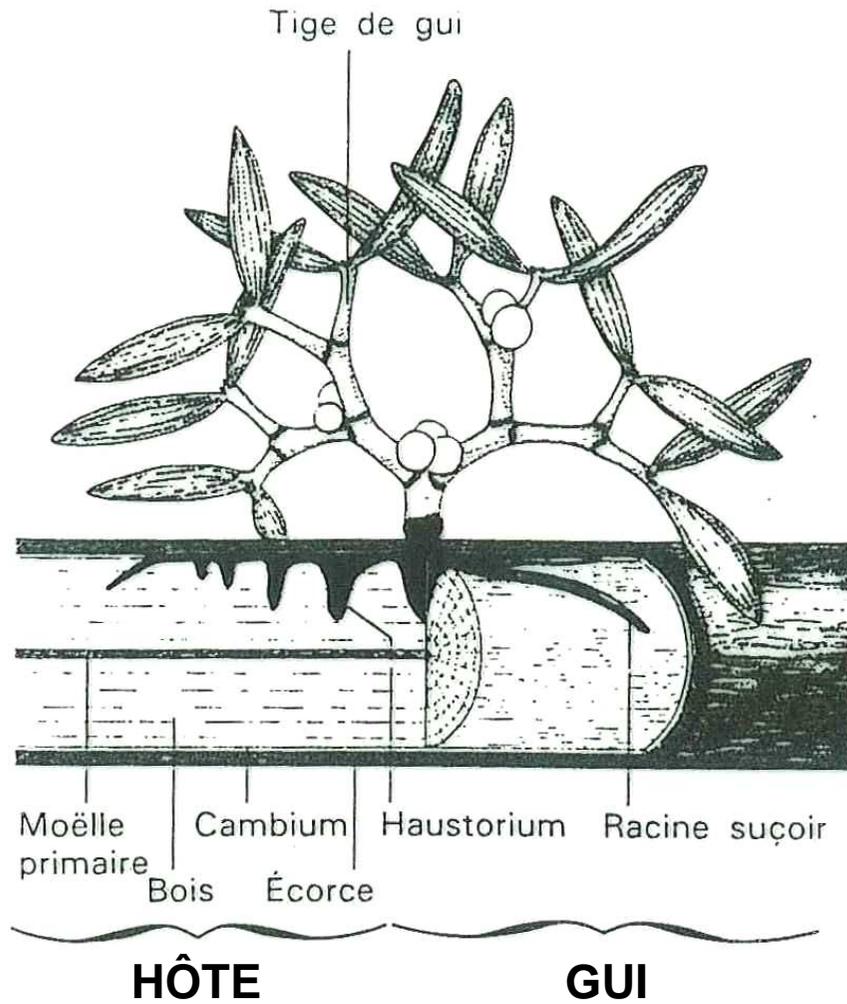


Racines adventives crampon du lierre

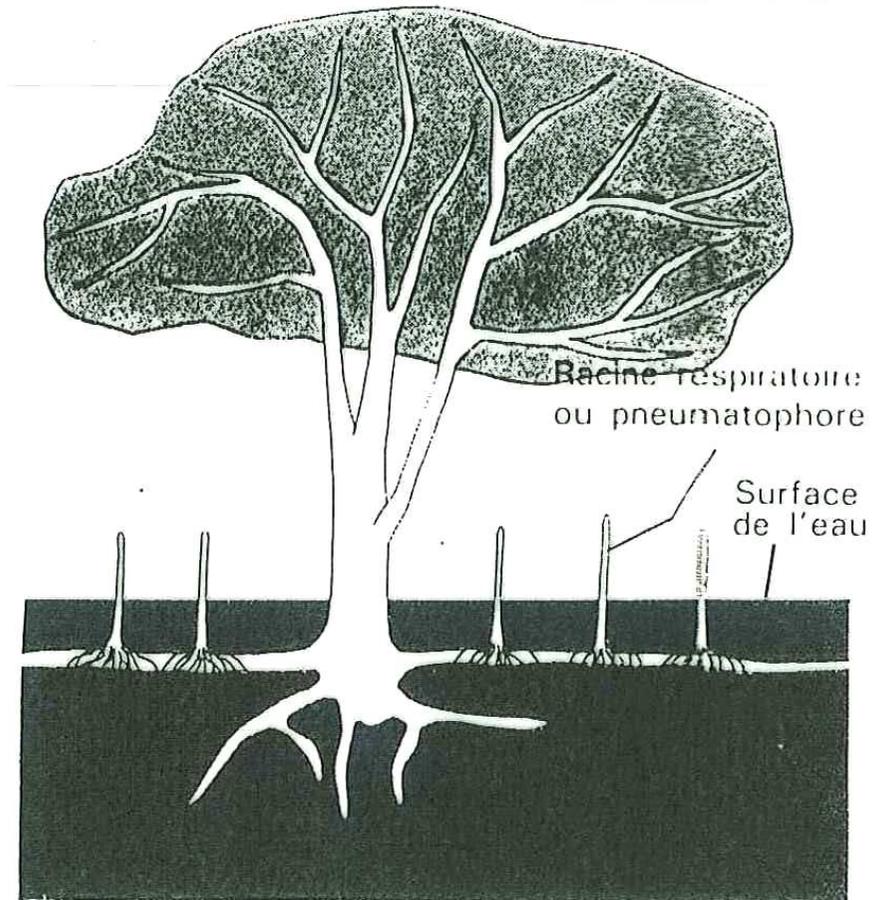


LA RACINE

Autres racines spécialisées

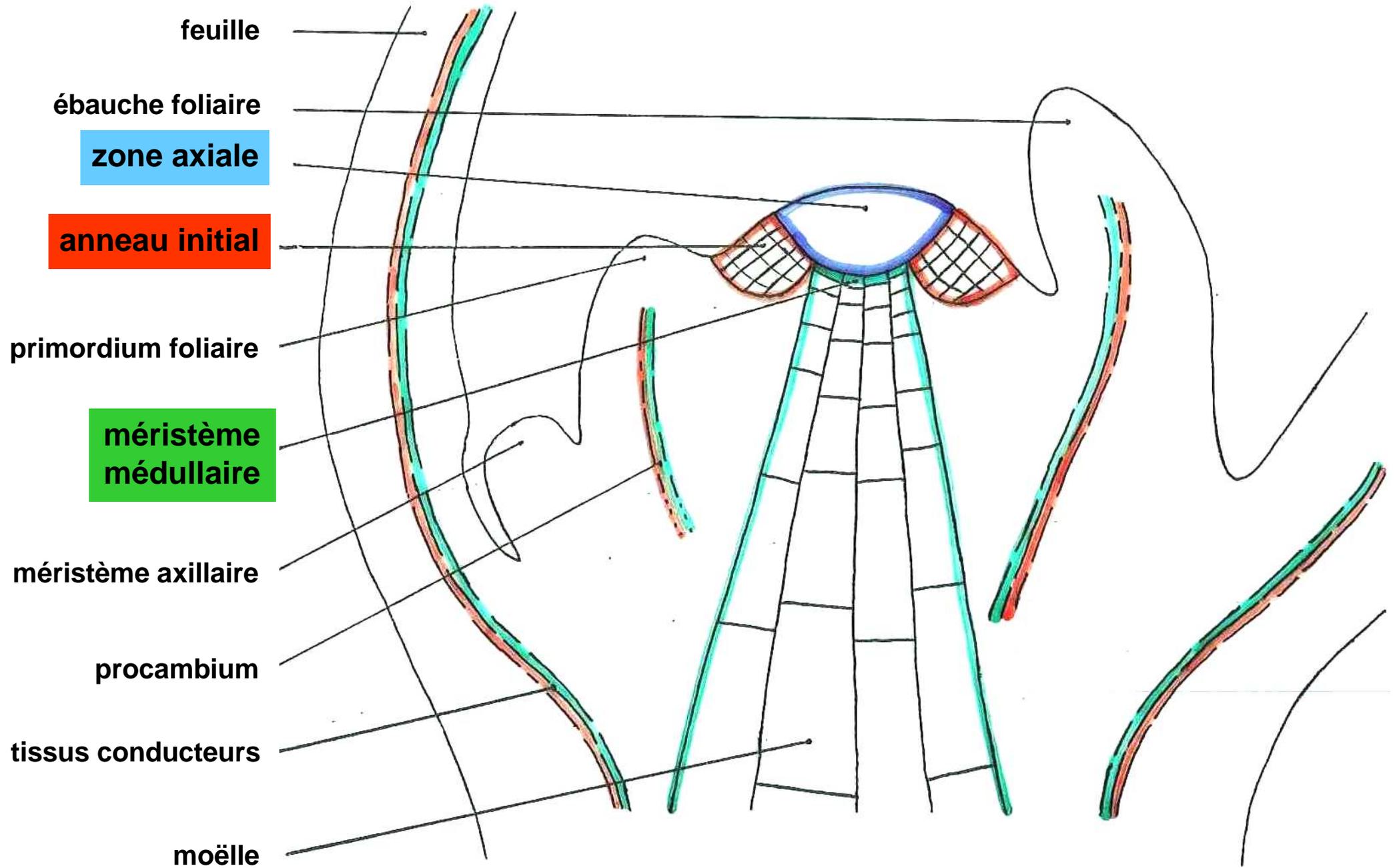


Racines-suçoirs du gui



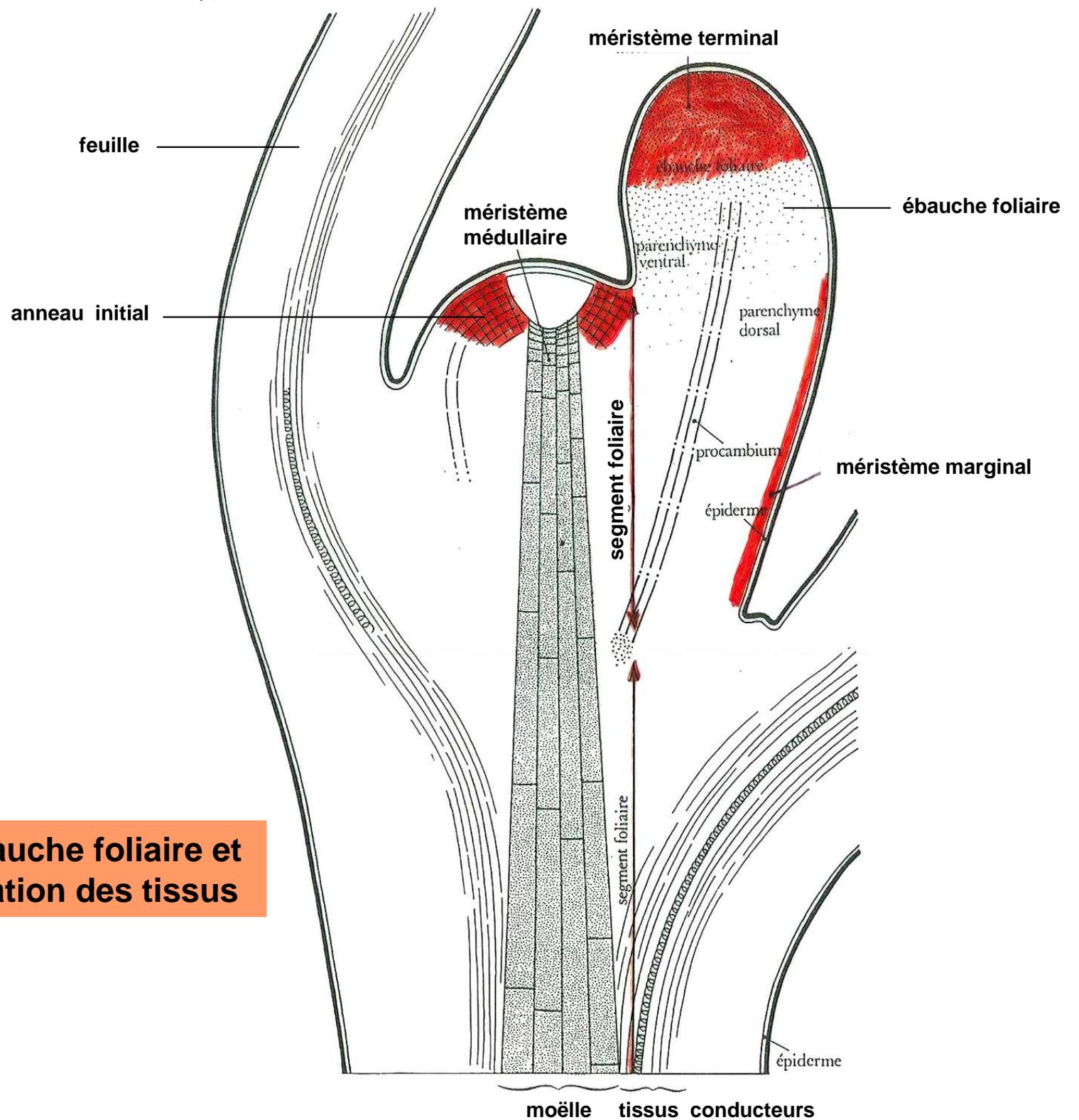
Racines respiratoires (pneumatophores) du cyprès-chauve

LA TIGE



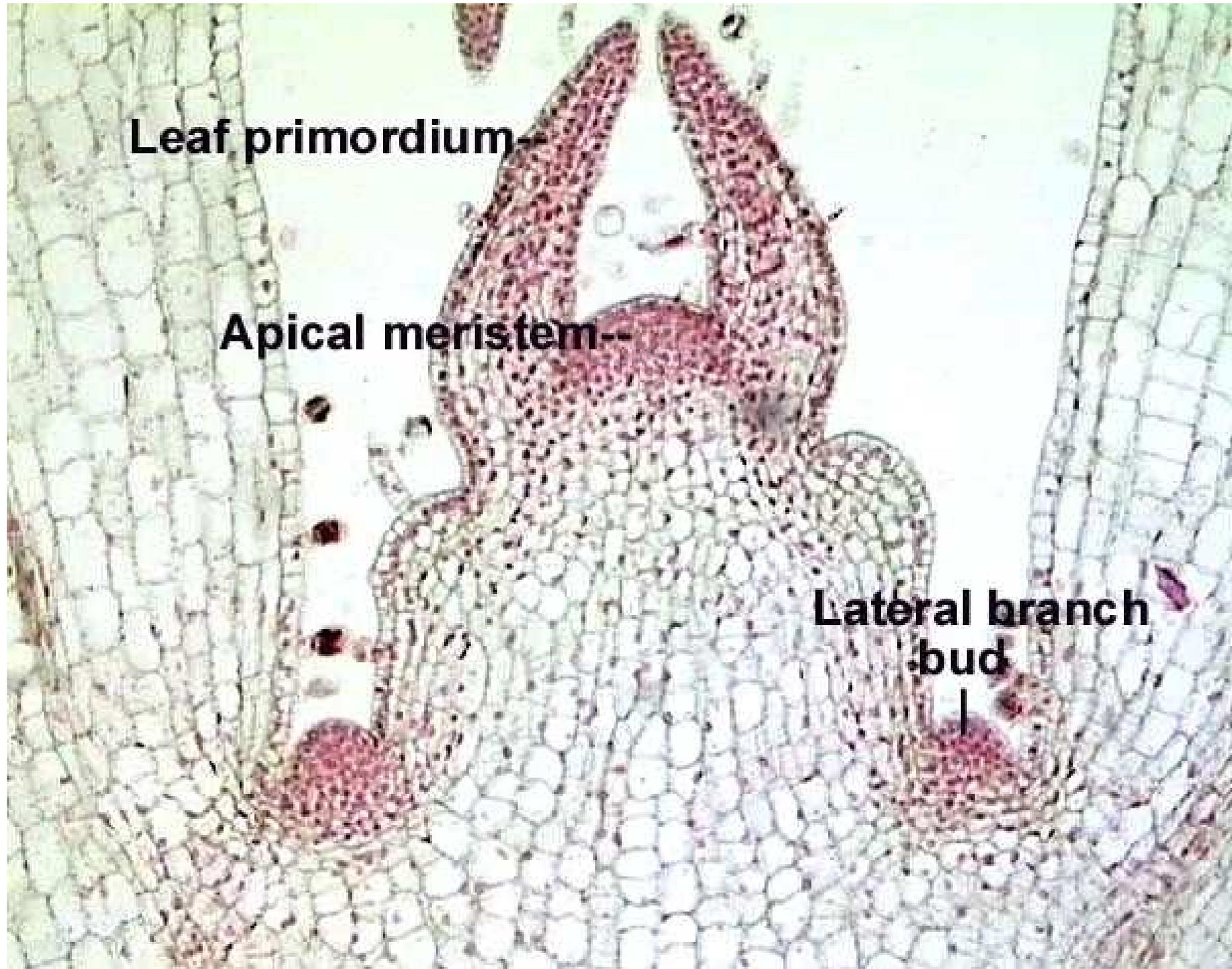
Coupe longitudinale de l'apex d'une tige (plante à feuilles alternes)

LA TIGE

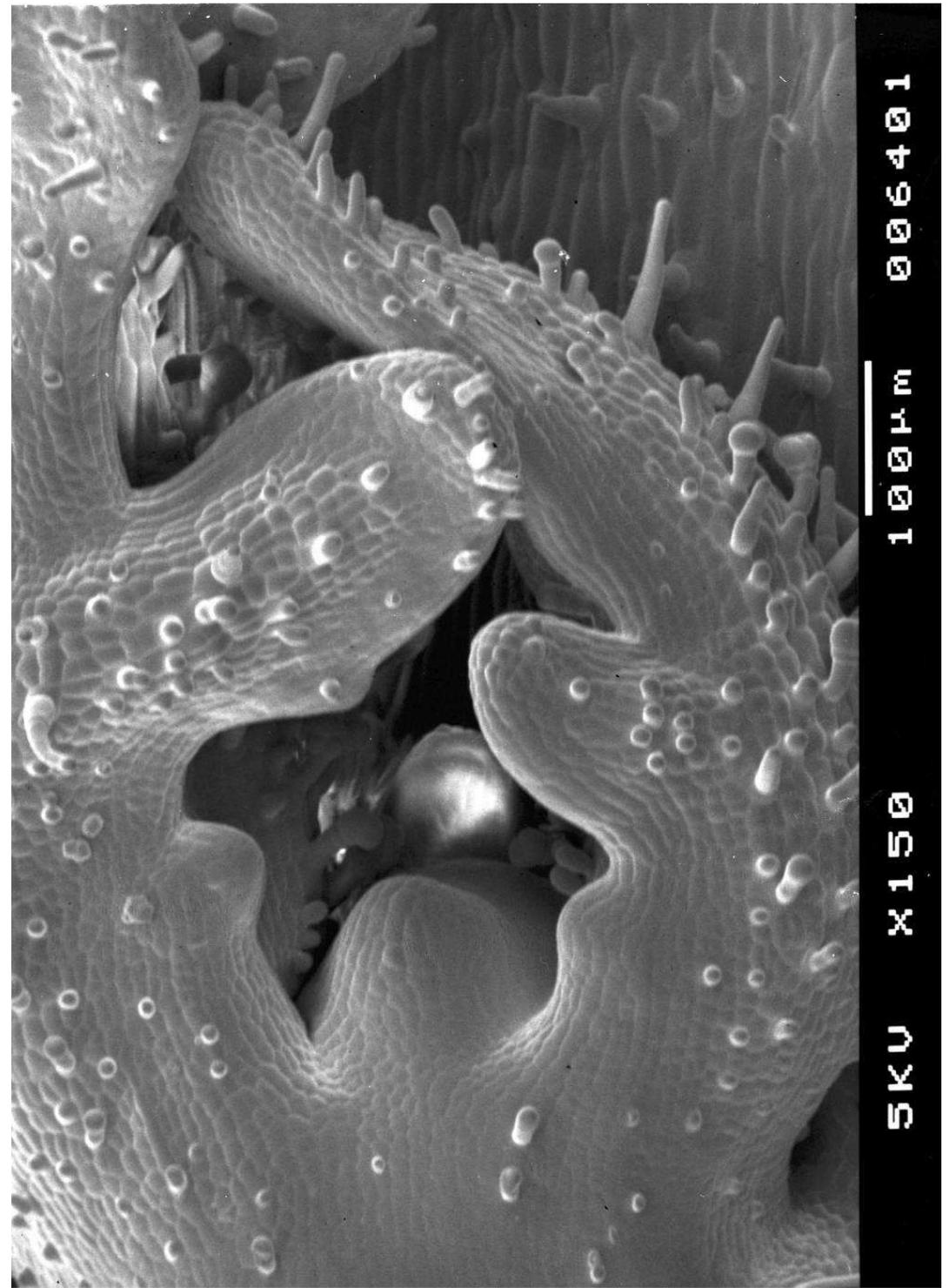
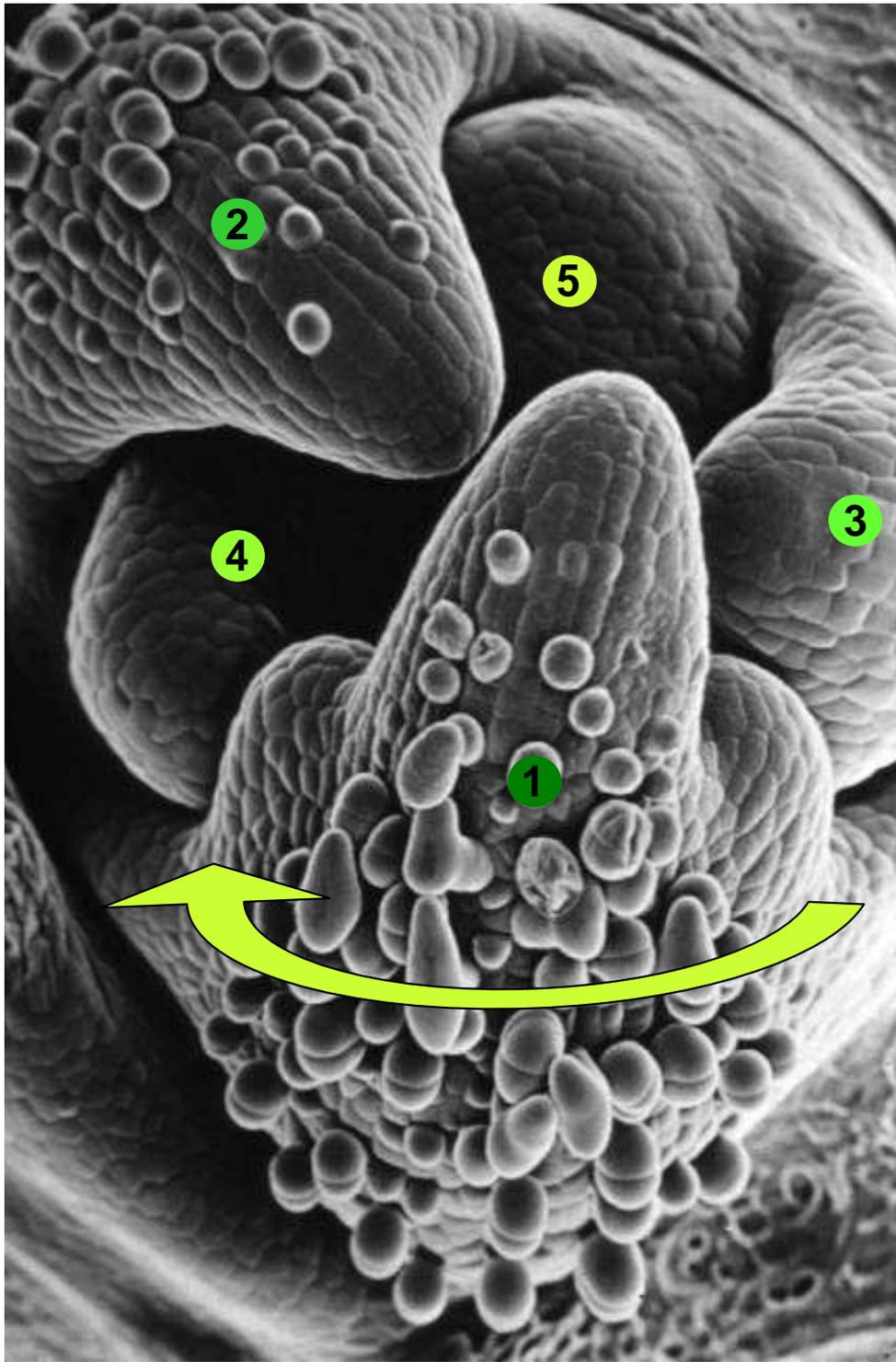


Surrection d'une ébauche foliaire et début de différenciation des tissus

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)



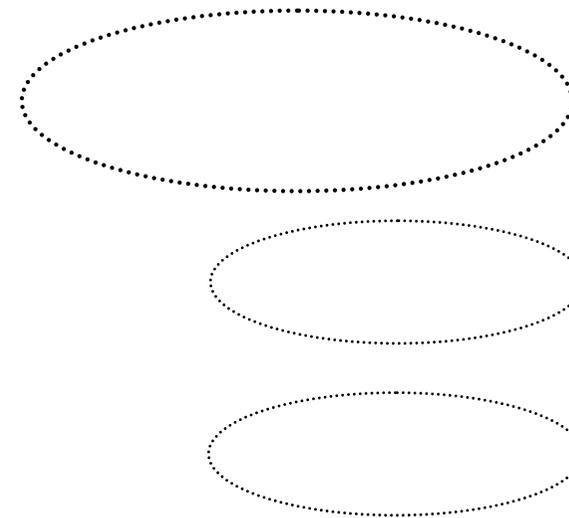
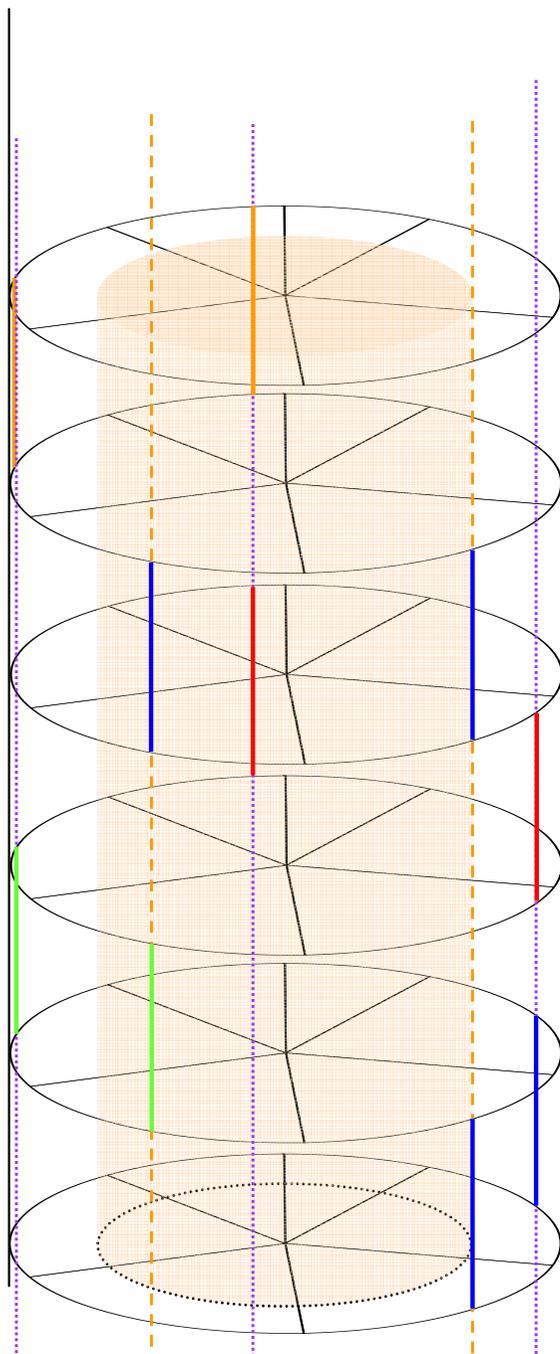
LA TIGE

Constitution de la tige par emboîtement de segments foliaires successifs

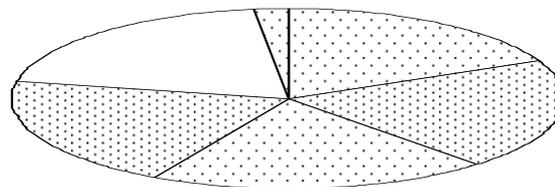
Position des pétioles

Limite écore/CC

limites des 5 segments foliaires

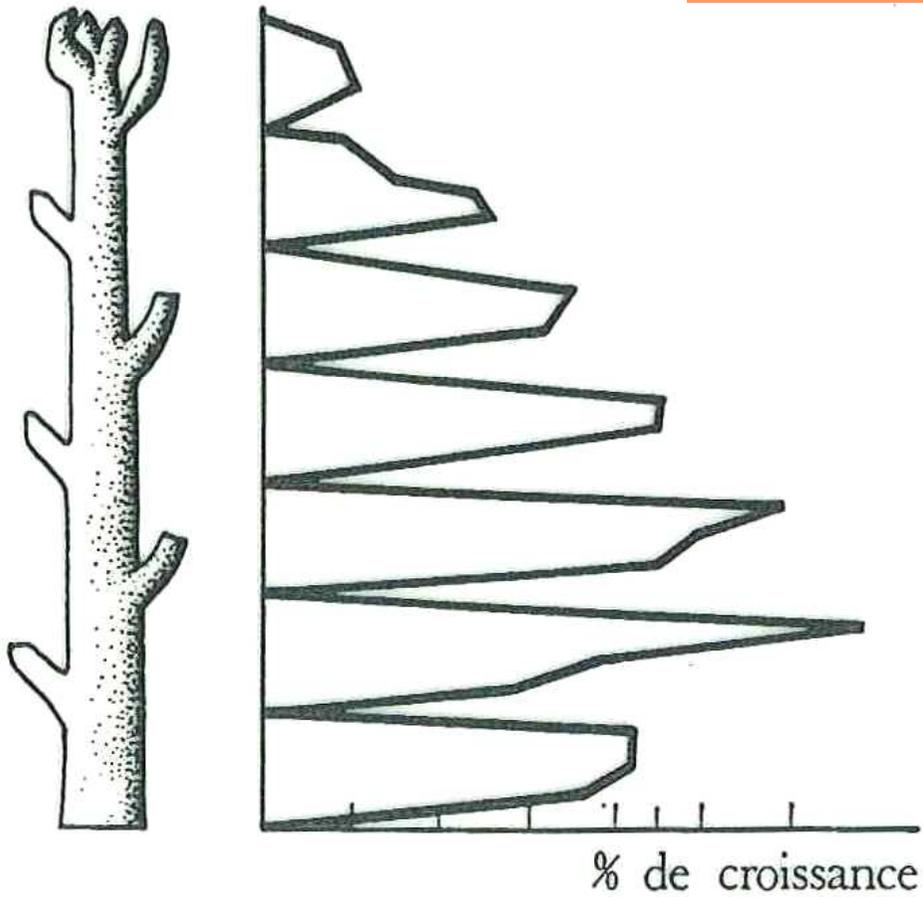


1° plan
Arrière plan

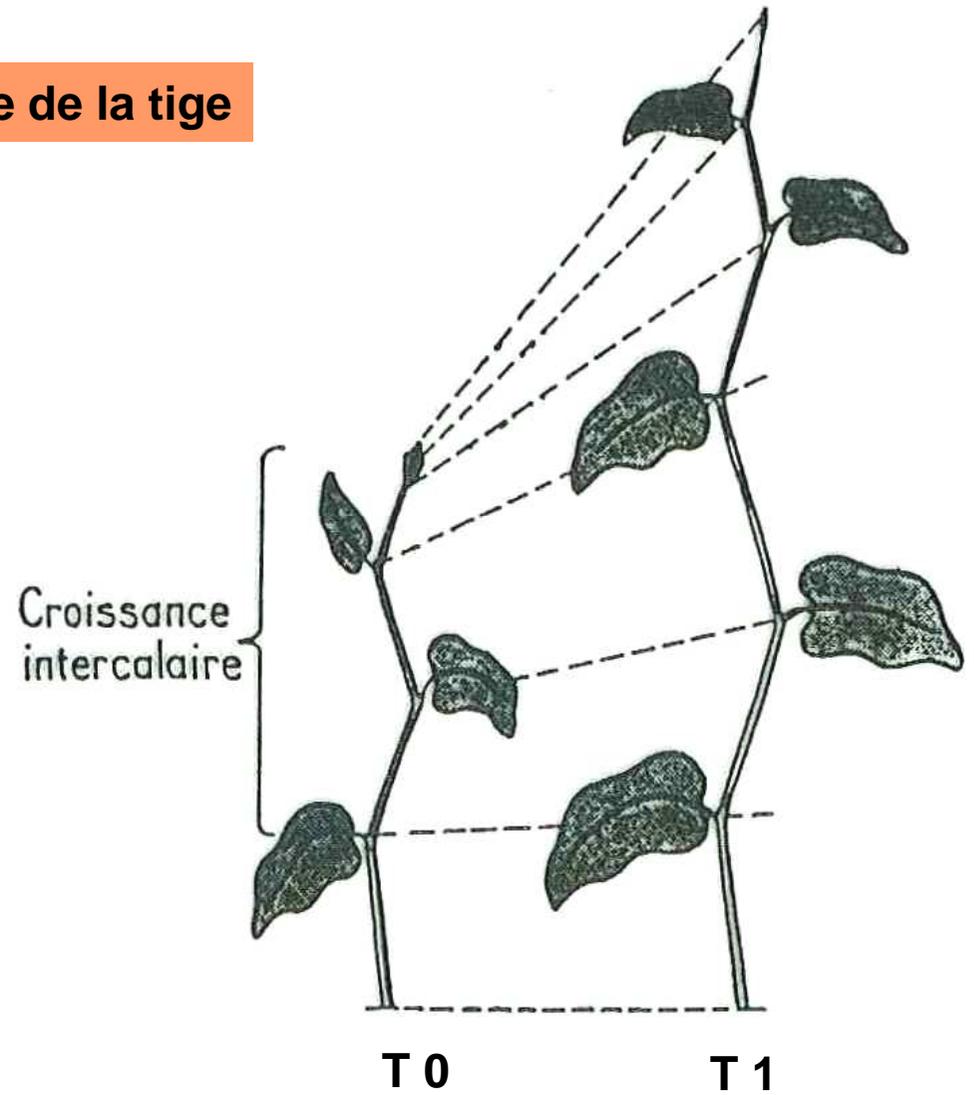


LA TIGE

La croissance de la tige



Localisation des zones de croissance



Croissance intercalaire de la tige

LA TIGE

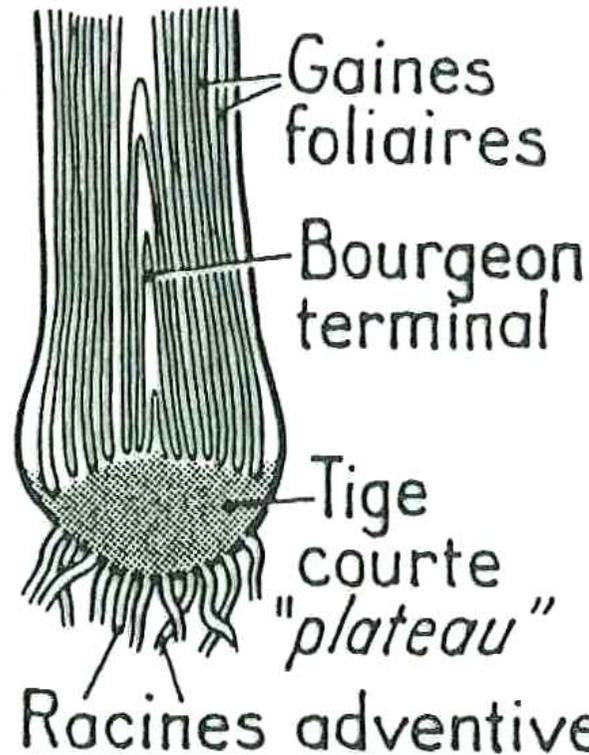
Différents types d'entre-nœuds

Tiges à entre-nœuds courts



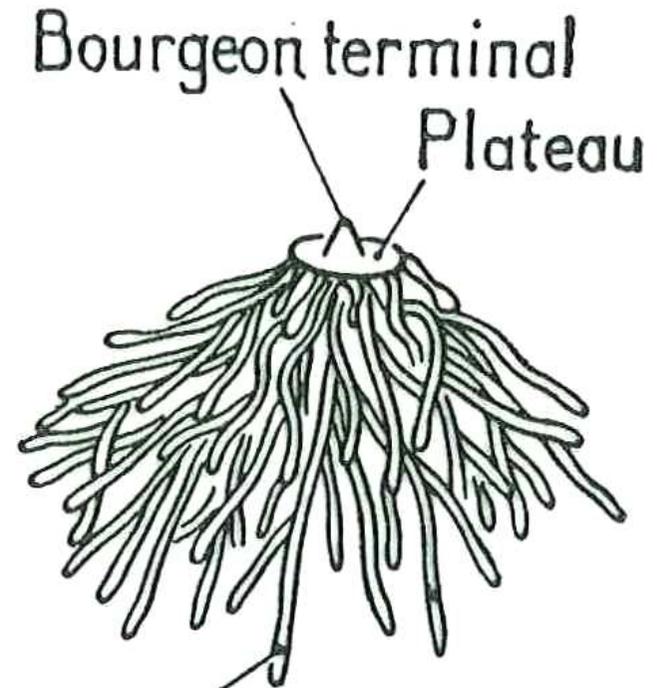
**Tige à entre-nœuds courts
avec feuilles en rosette basilaire**
pissenlit (Astéracées) – plante vivace

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)

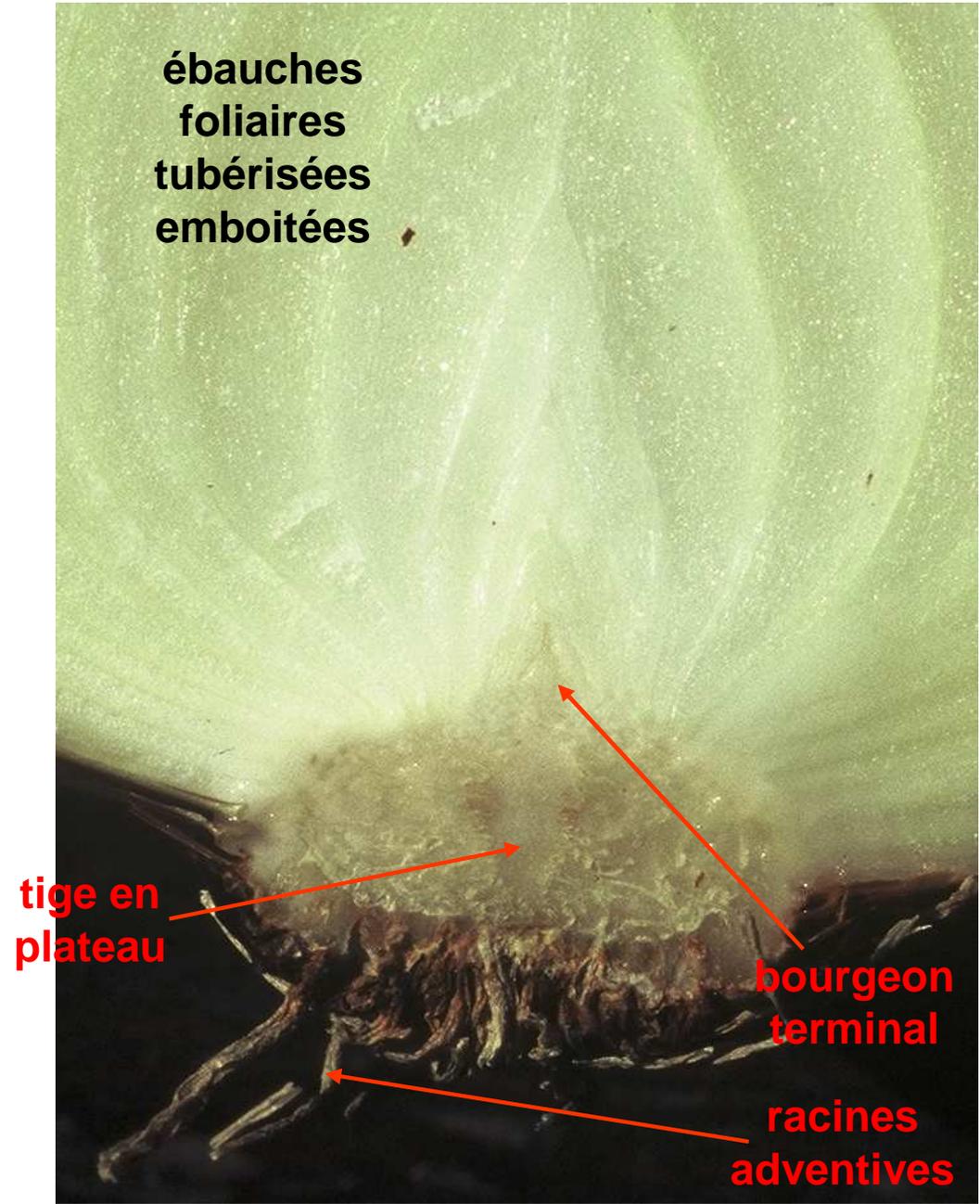


Différents types d'entre-nœuds : tiges à entre-nœuds courts

**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**

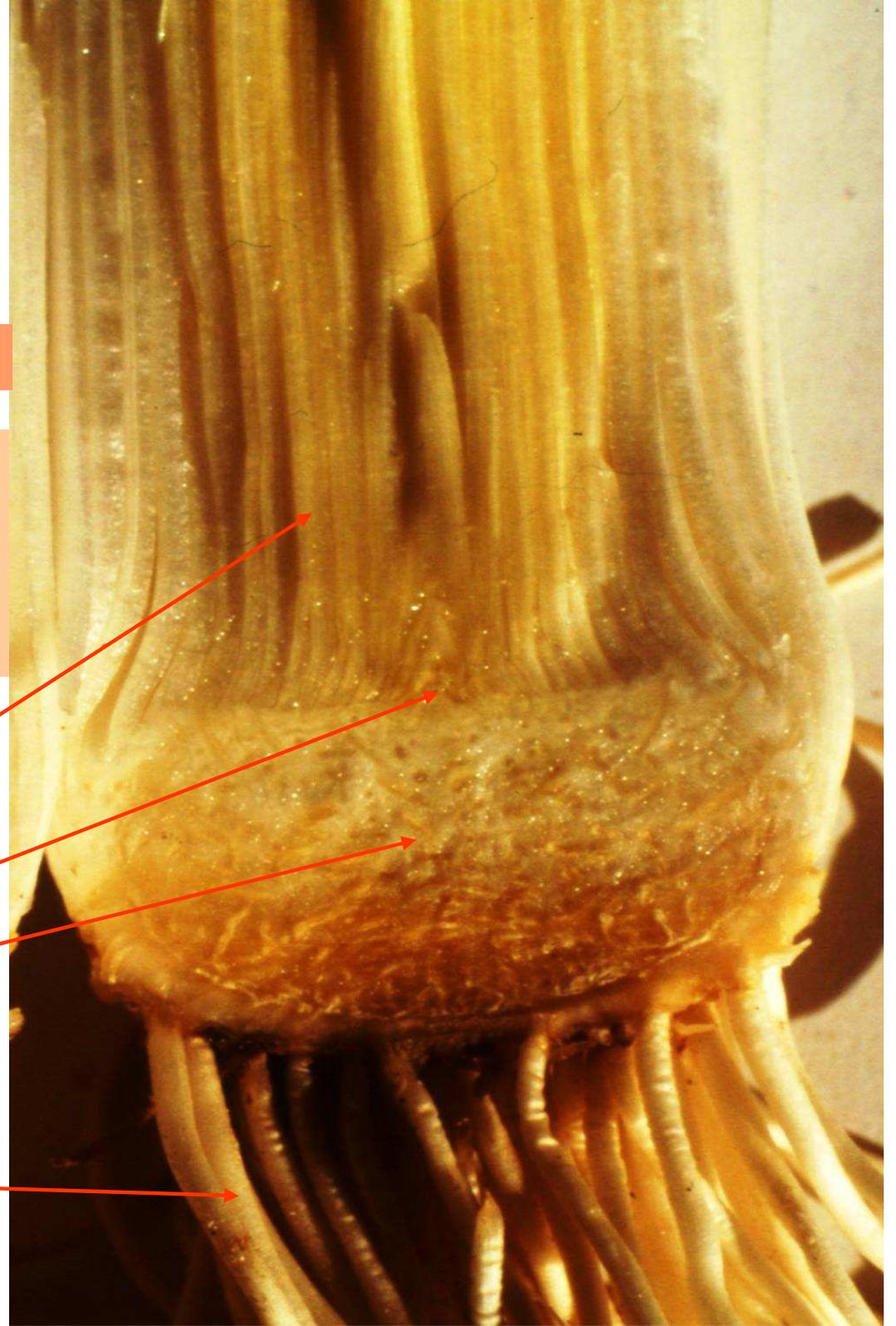
poireau (Liliacées)
plante bisannuelle

**gaines foliaires
emboîtées**

bourgeon terminal

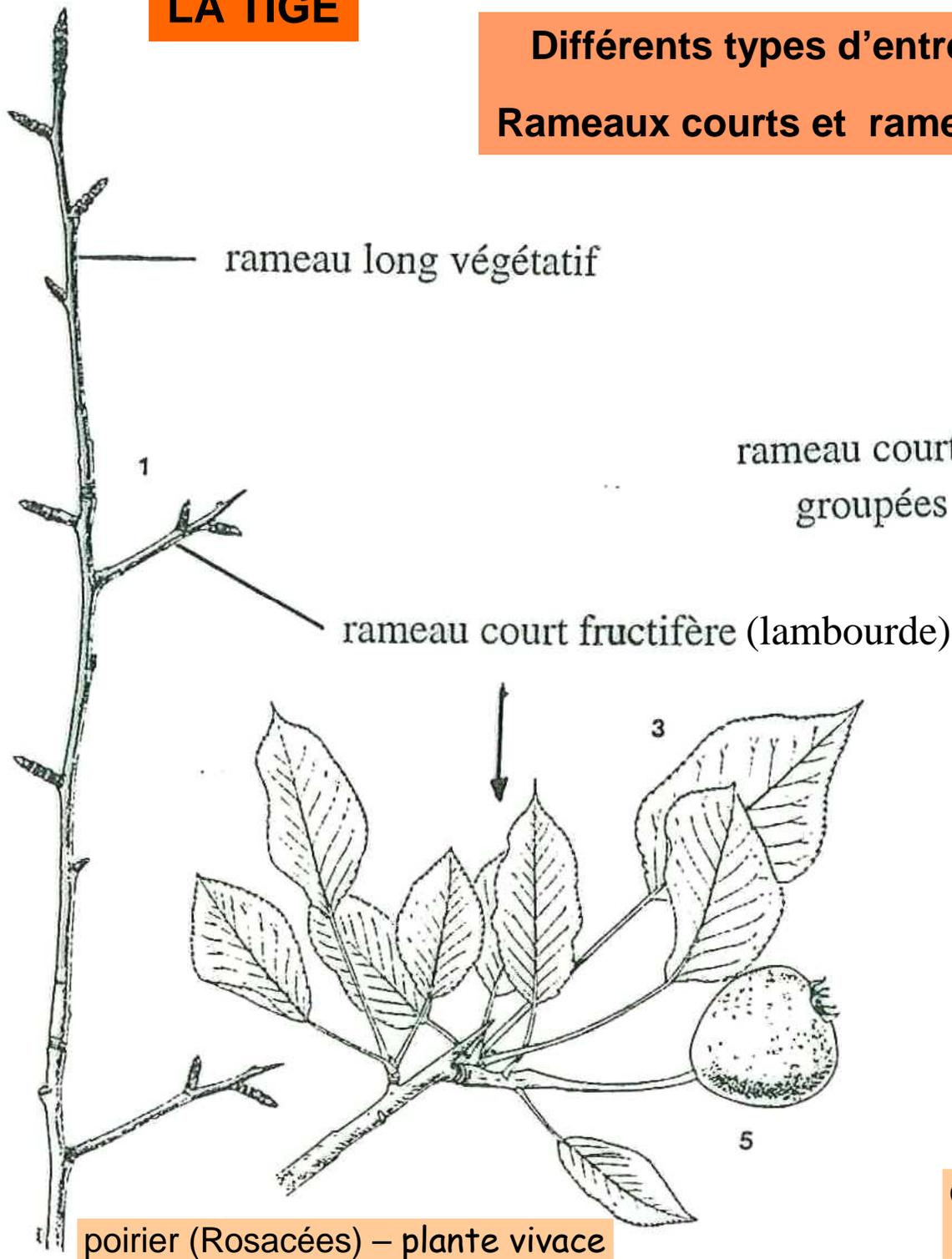
tige en plateau

racines adventives



LA TIGE

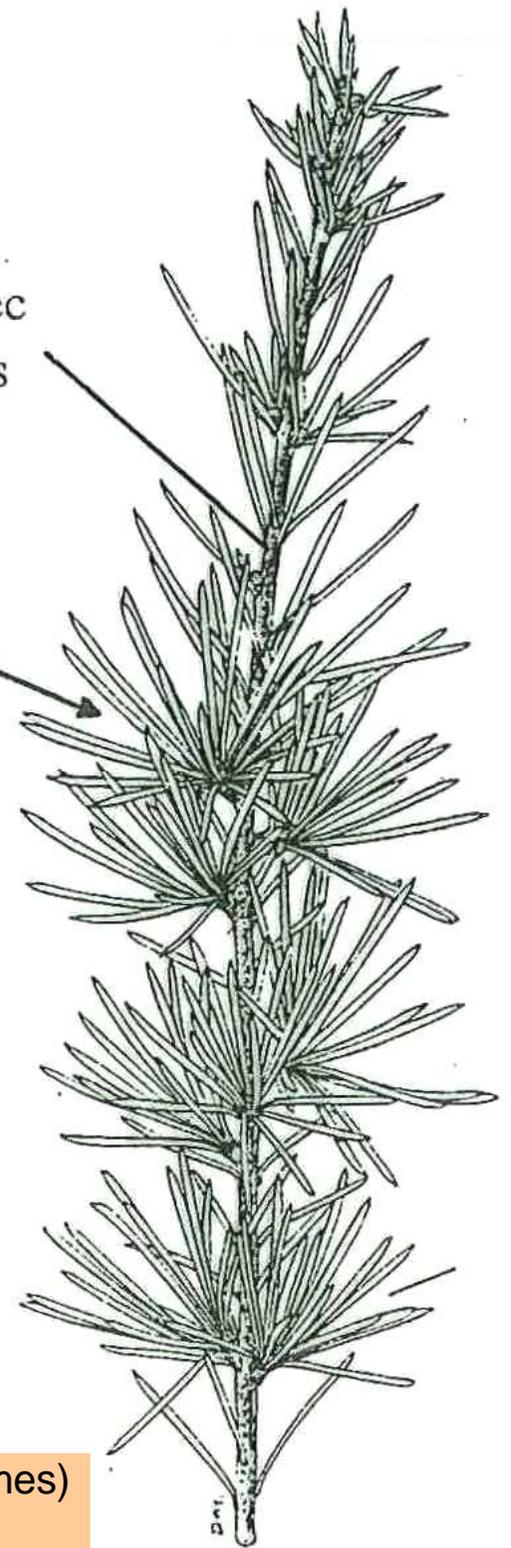
Différents types d'entre-nœuds Rameaux courts et rameaux longs



rameau long avec
aiguilles isolées

rameau court avec aiguilles
groupées en bouquet

cèdre (Gymnospermes)
plante vivace



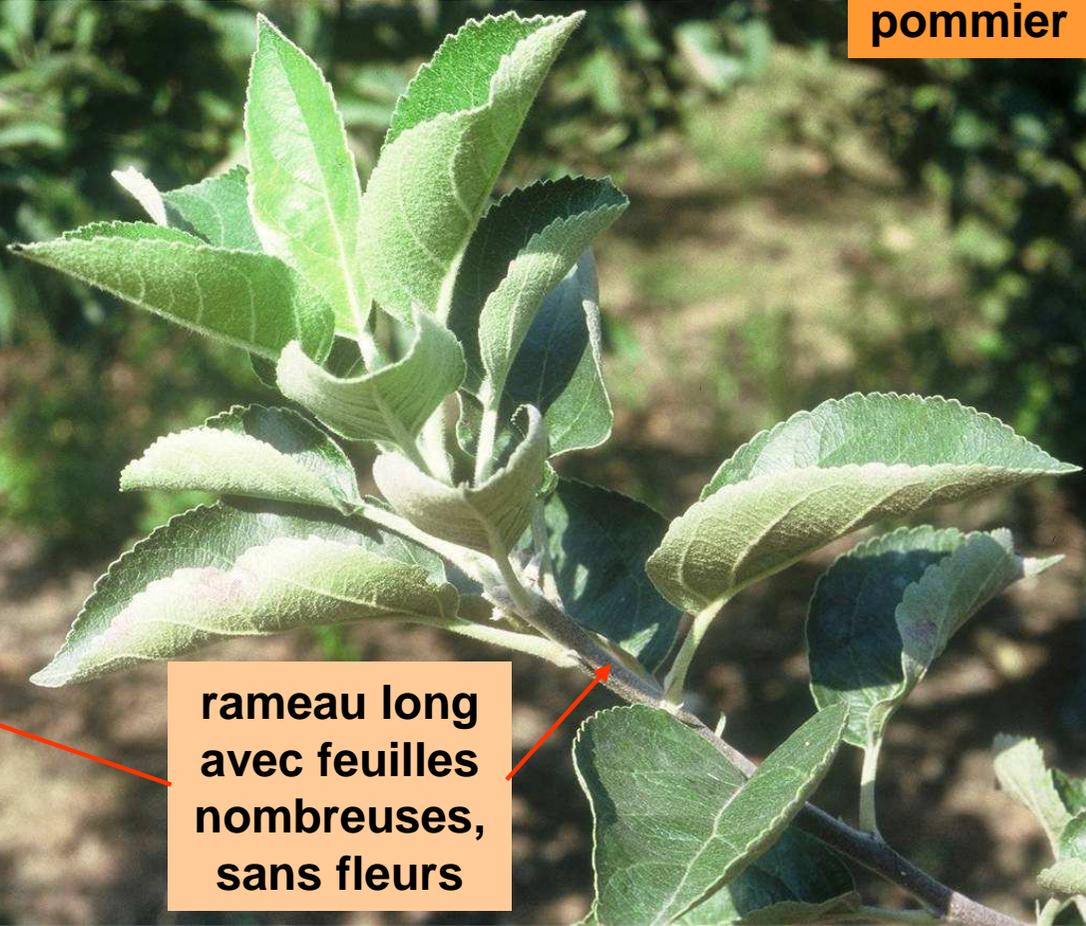
Rameaux courts et rameaux longs

poirier

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



pommier



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



Rameaux courts et rameaux longs

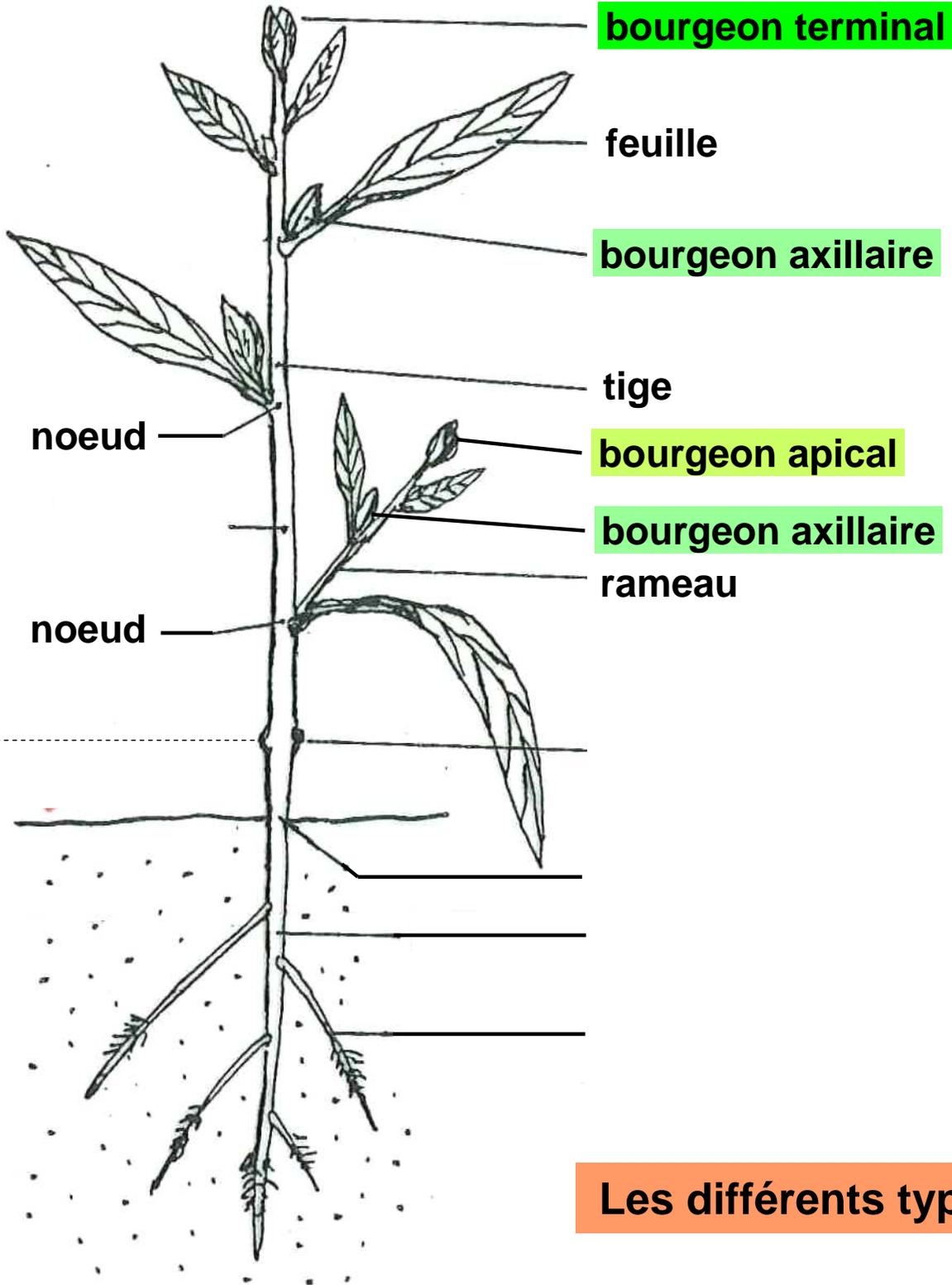


cèdre

rameaux court avec aiguilles groupées en bouquet

rameau long avec aiguilles isolées

LA TIGE



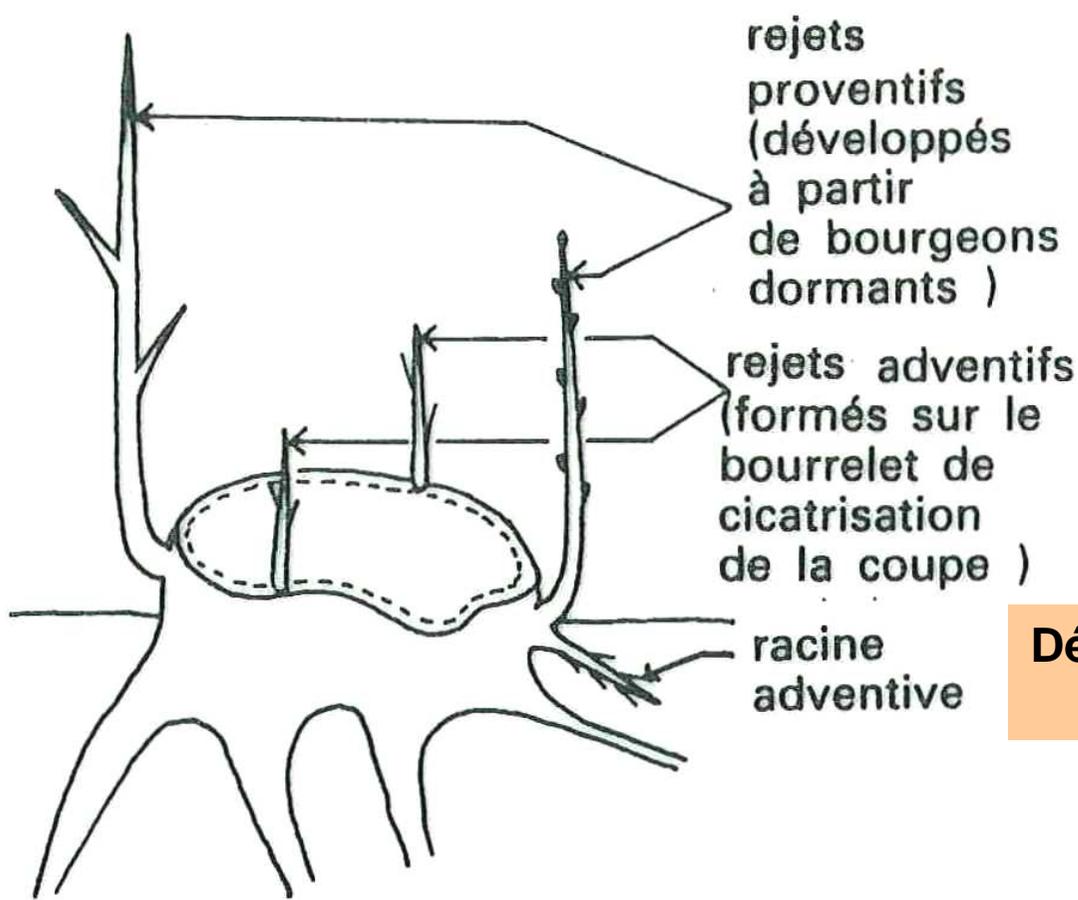
Les différents types de bourgeons

LA TIGE

Les différents types de bourgeons

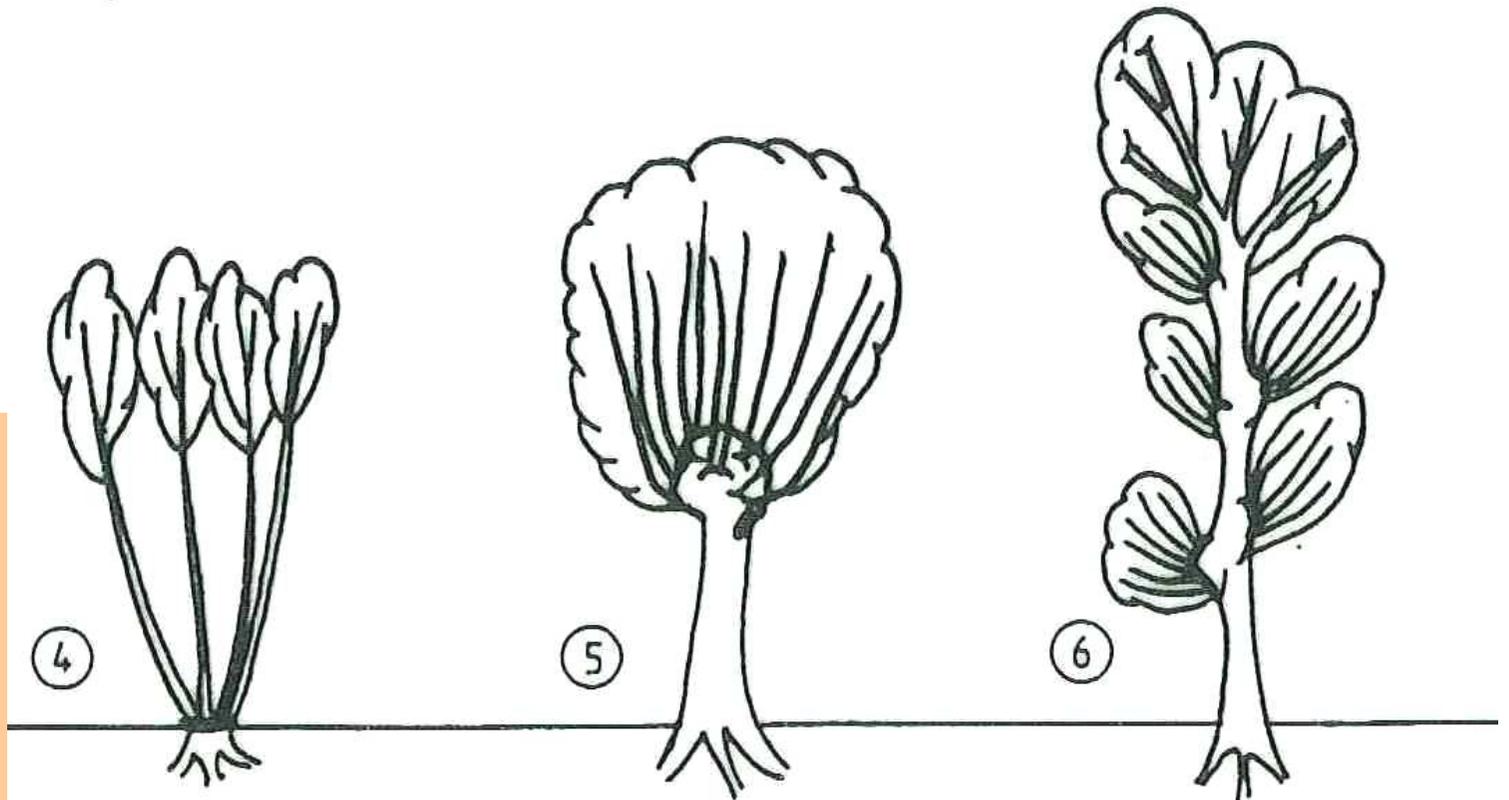
Bourgeons adventifs

Développement des bourgeons adventifs sur une souche



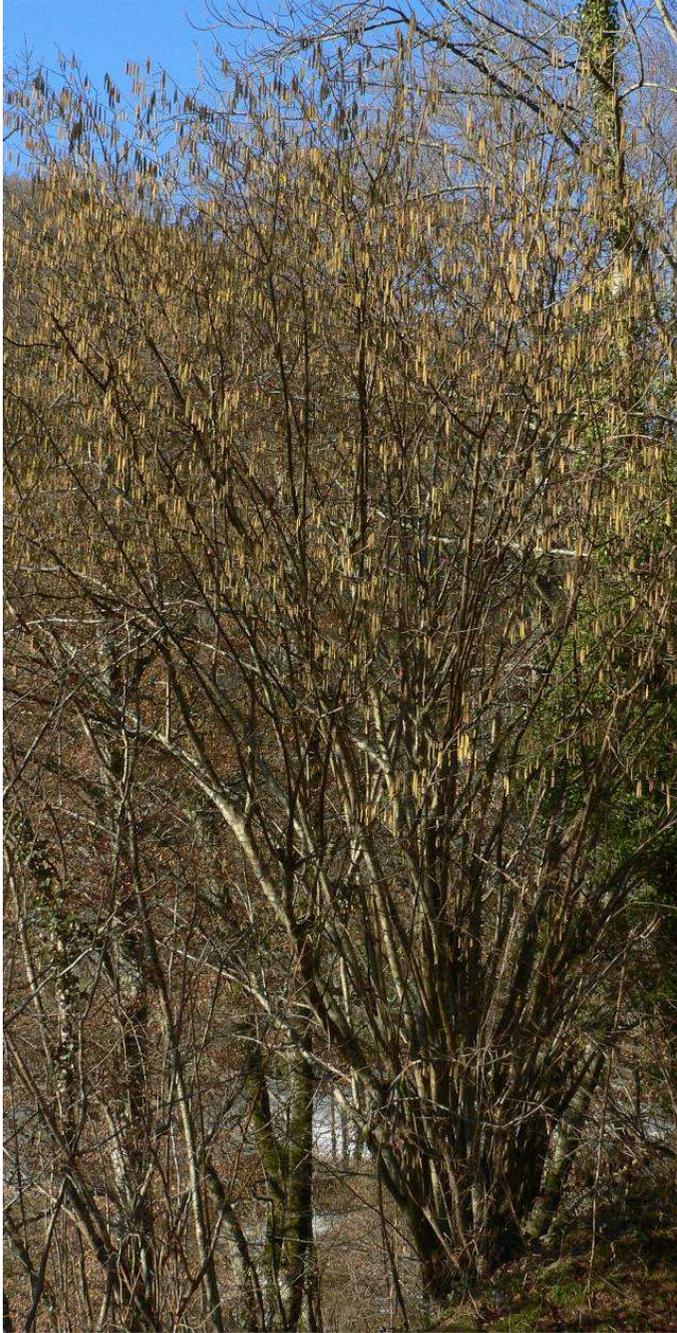
Aspect des arbres lié au développement des bourgeons adventifs

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



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

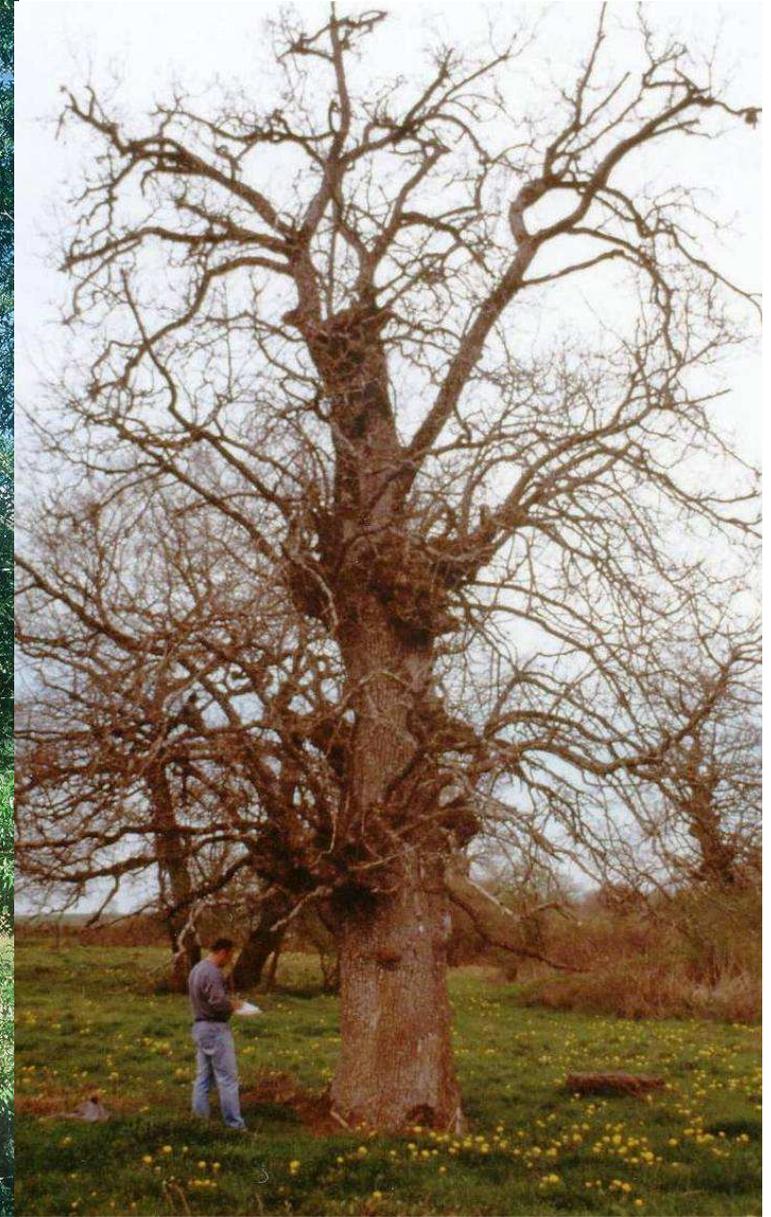
cépée de taillis : noisetier

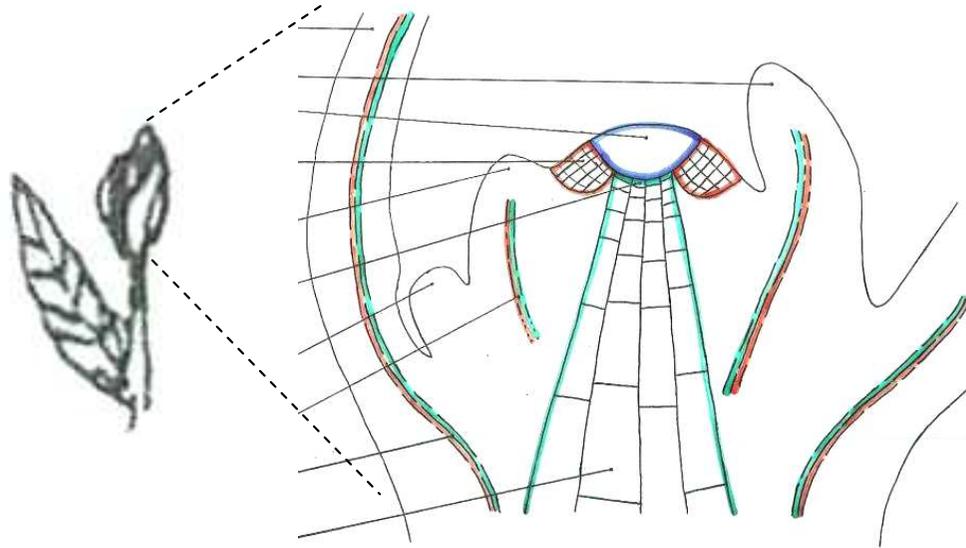


arbre en têtard : saule



arbre d'émonde

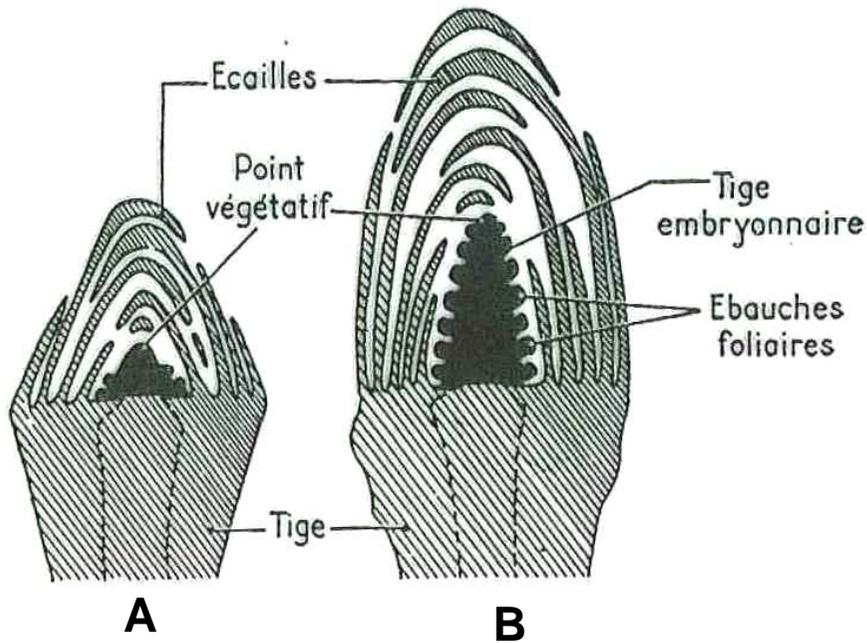




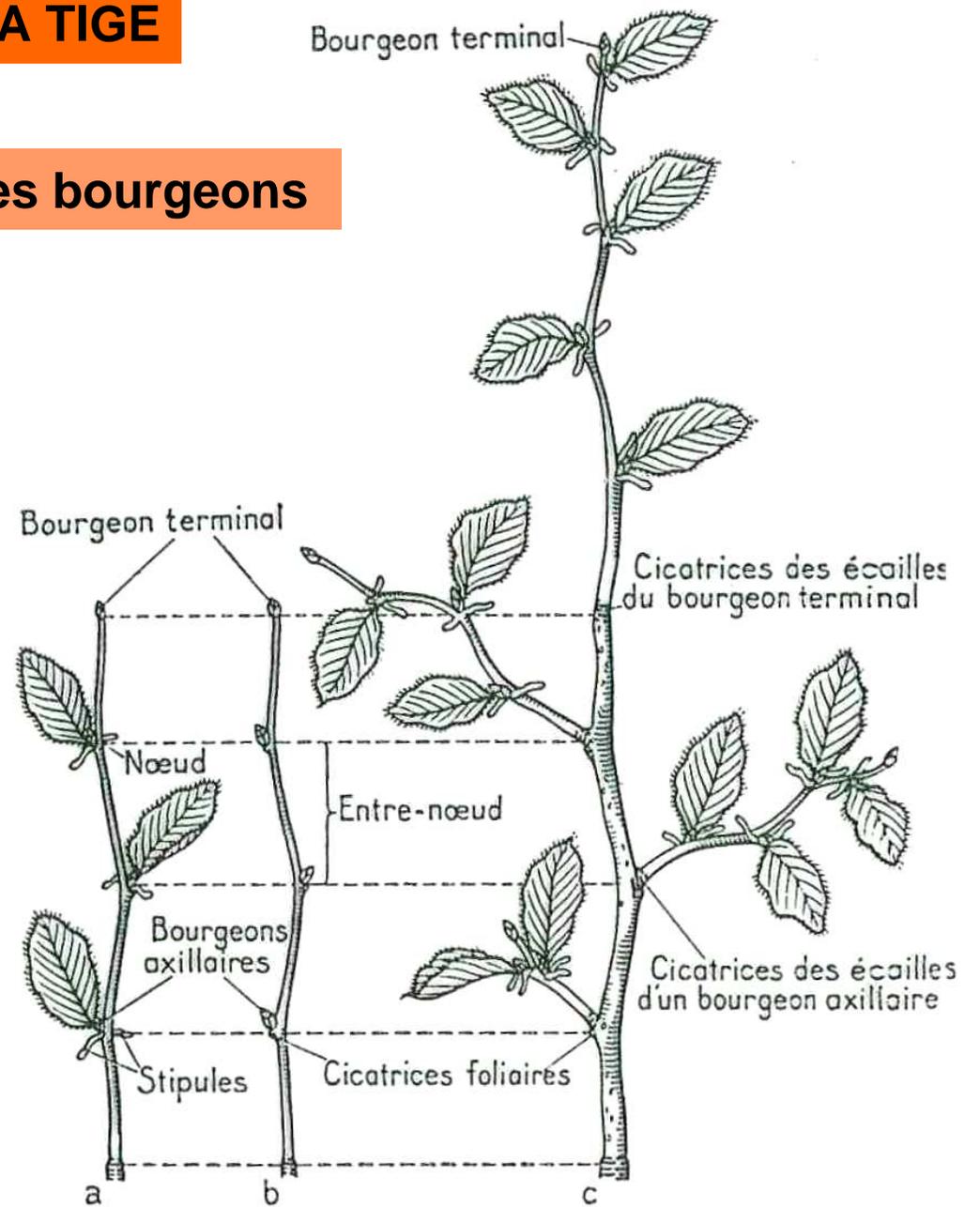
LA TIGE

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)

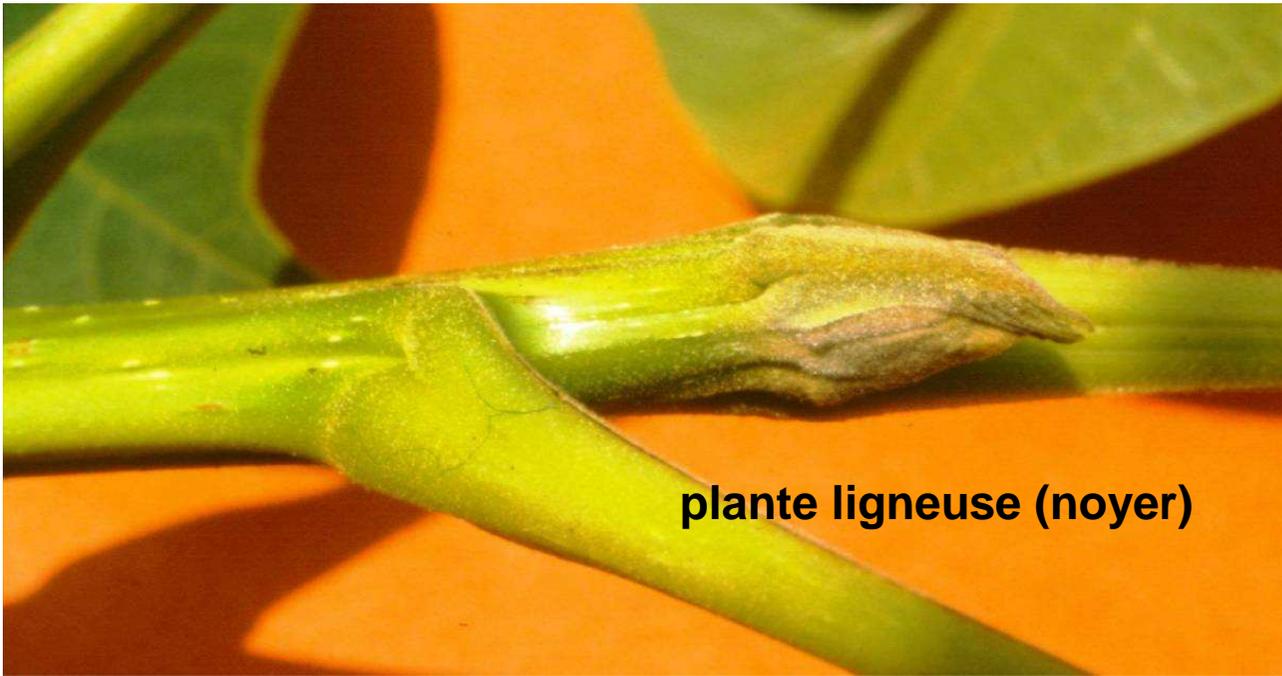


Les bourgeons

**bourgeons
écailleux
dormants
(frêne)**



bourgeons nus en croissance



plante ligneuse (noyer)

Les bourgeons



écailles
protectrices

herbacées

lignifiées

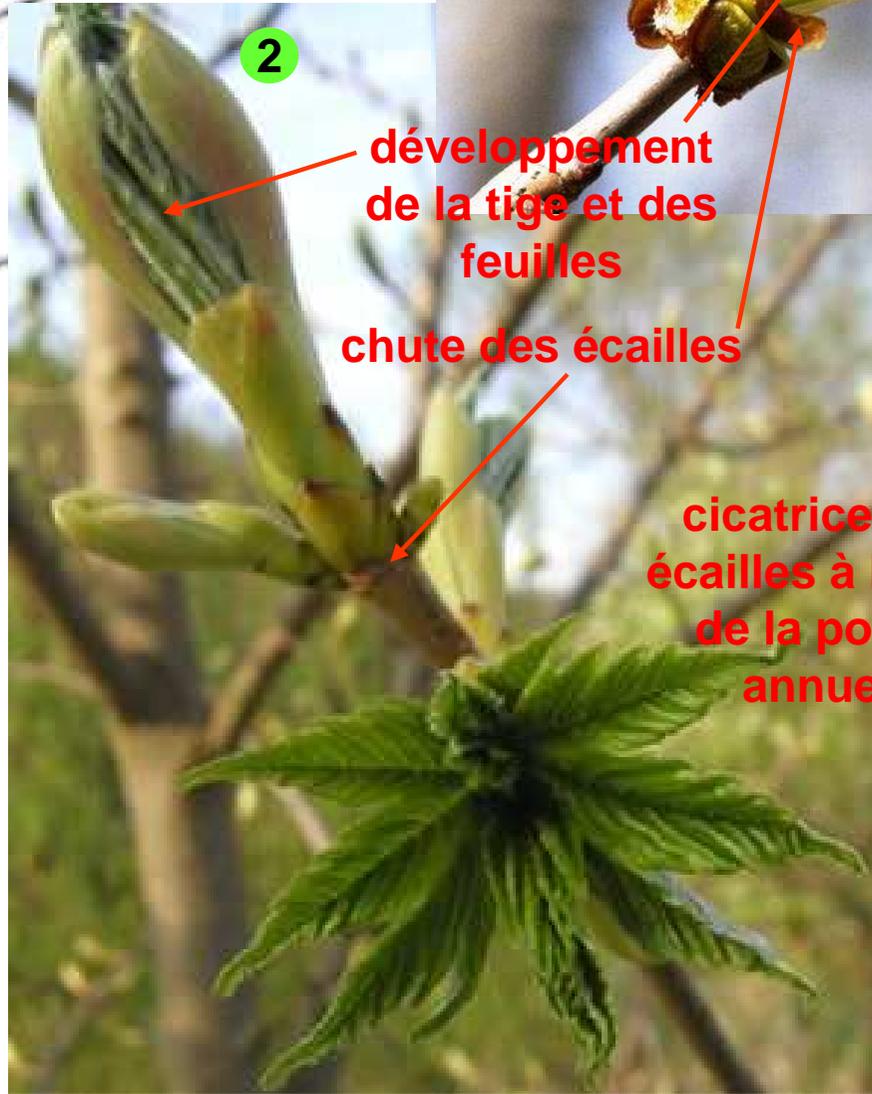


3

développement
de la tige et des
feuilles

chute des écailles

Développement du
bourgeon écailleux des
plantes ligneuses



2

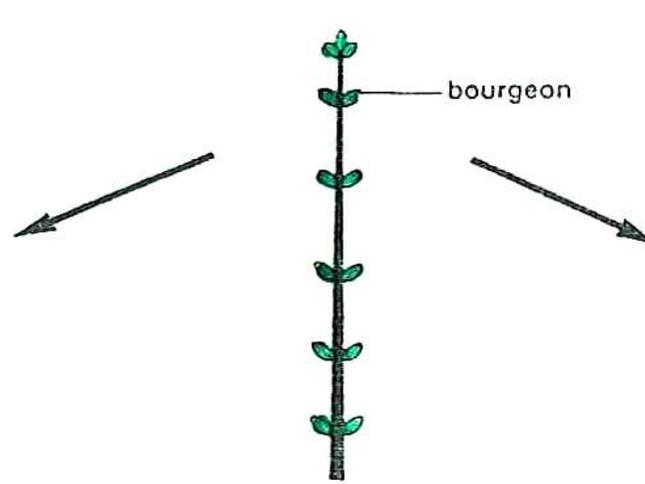


4

cicatrices des
écailles à la base
de la pousse
annuelle

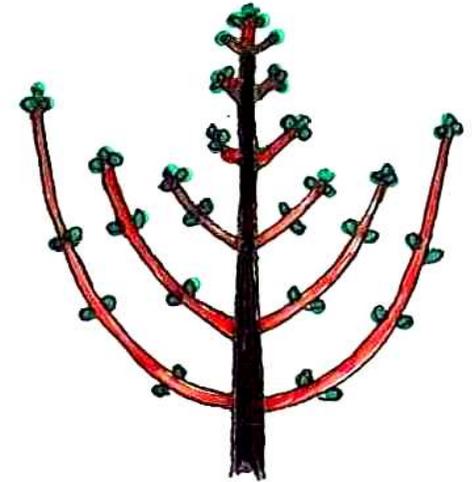
LA TIGE

Développement des bourgeons

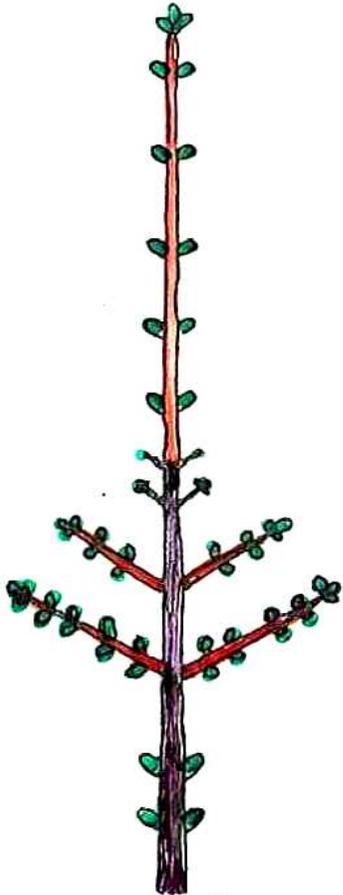


Tige avec bourgeons

Année N

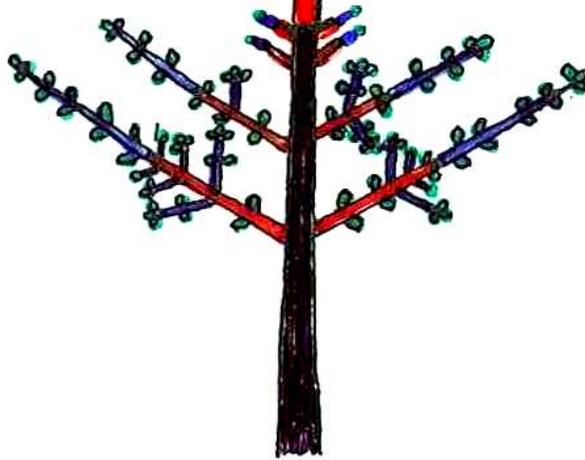


Année N + 1



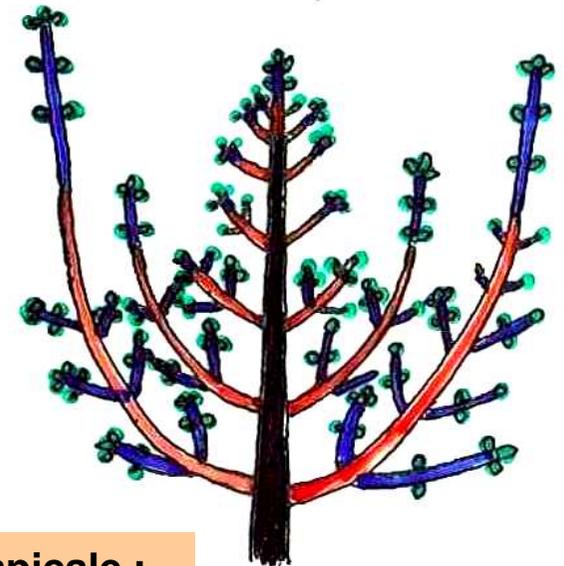
Année N + 1

Forte dominance apicale :
développement acrotonique



Année N + 2

Pas de dominance apicale :
développement basitonique



Année N + 2

absence de
dominance apicale



Développement
des bourgeons

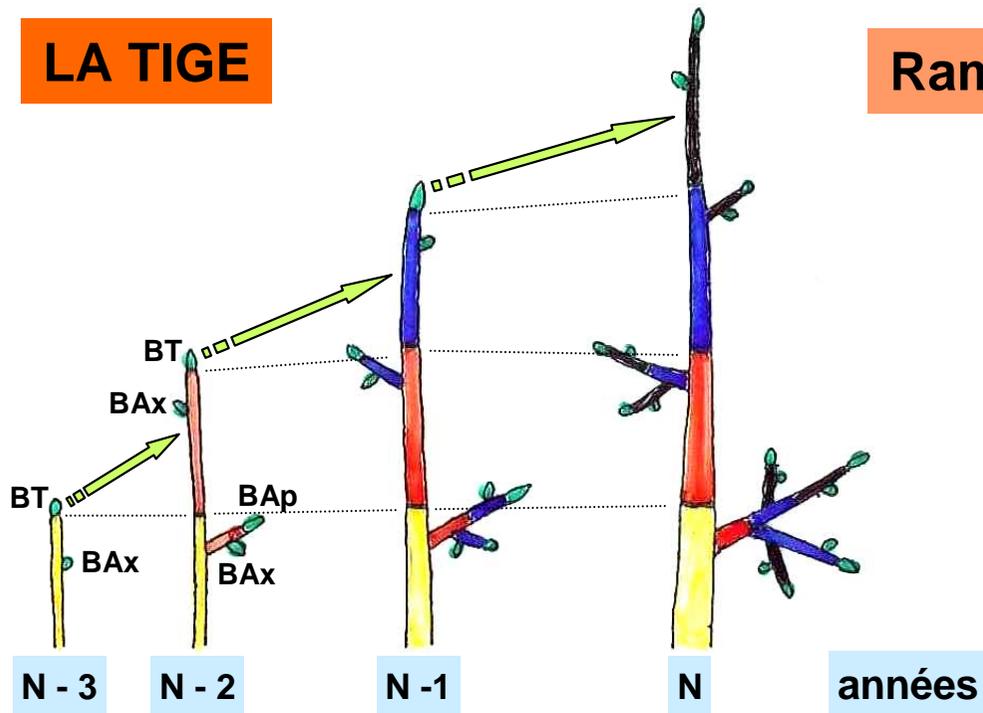
chénopode



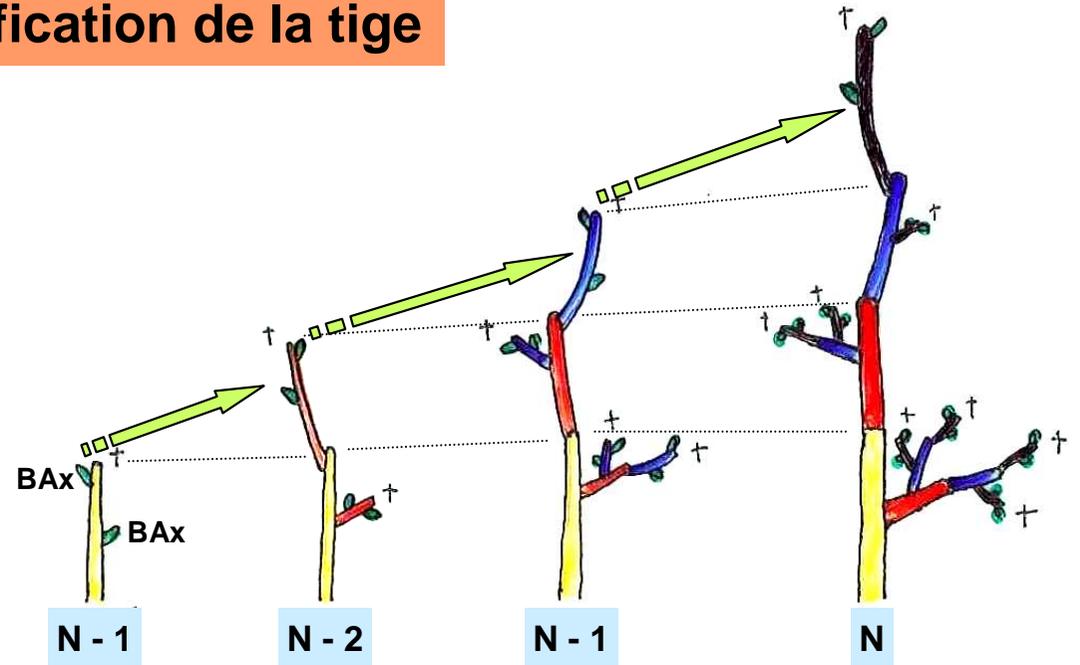
tournesol

forte dominance
apicale

LA TIGE



Ramification de la tige

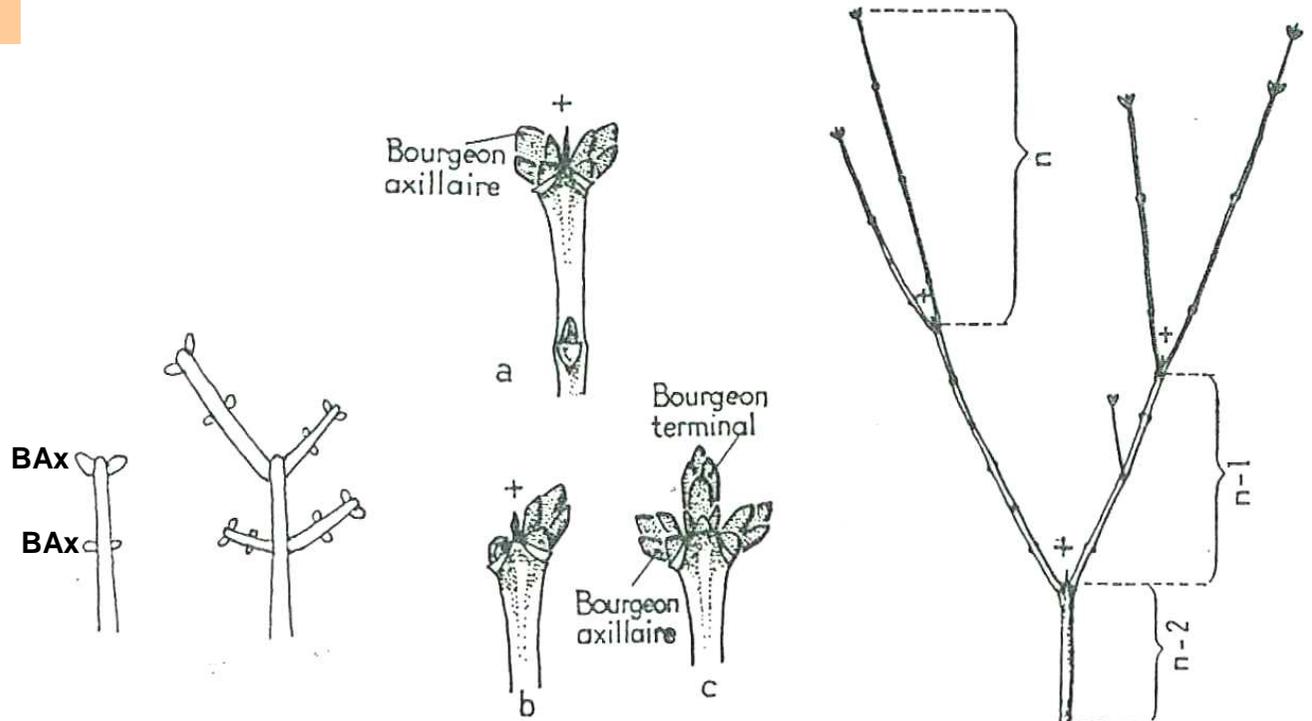


Ramification monopodiale : le BT assure la croissance de la tige principale, les BA donnent des rameaux

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

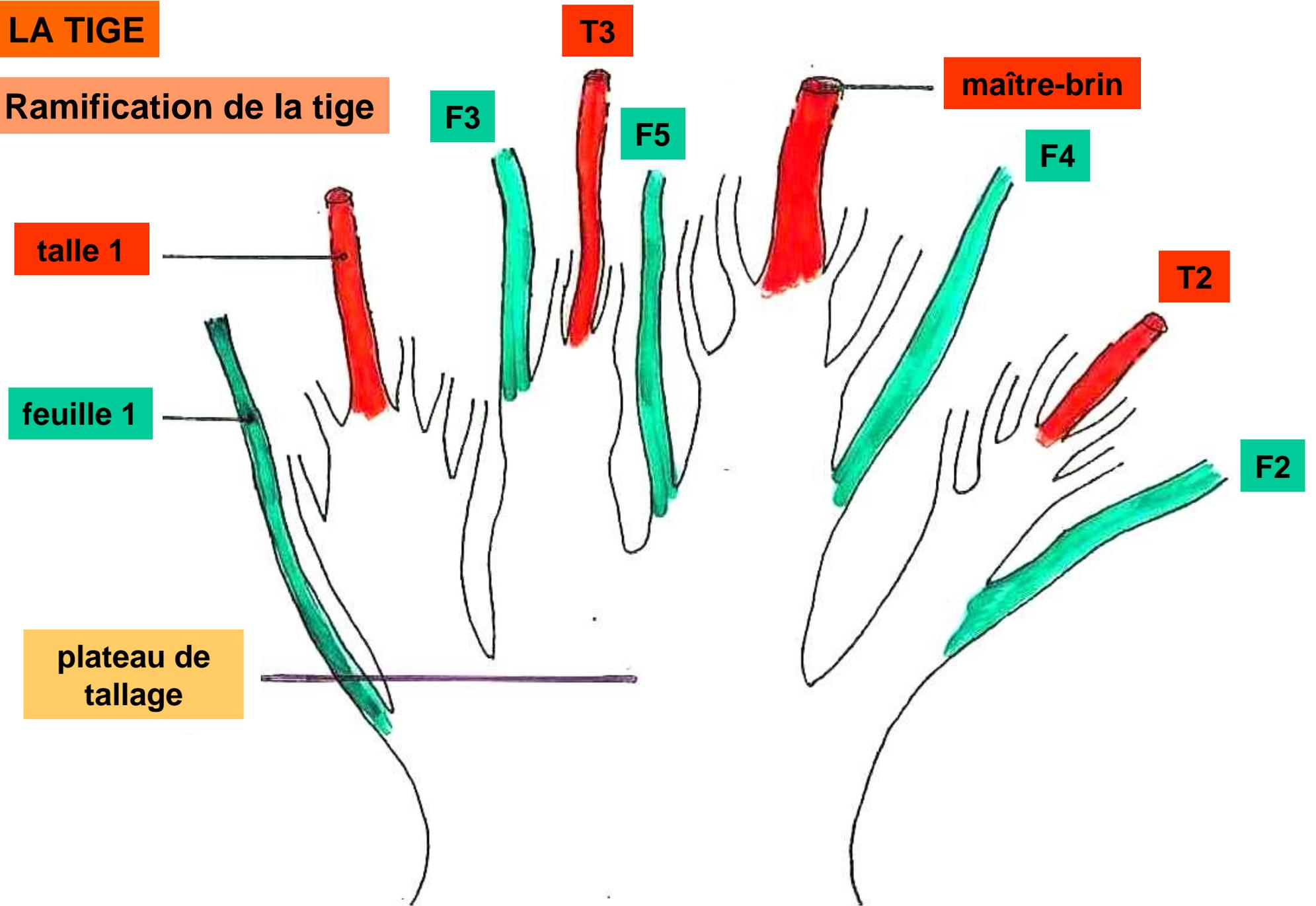
Ramification sympodiale

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



LA TIGE

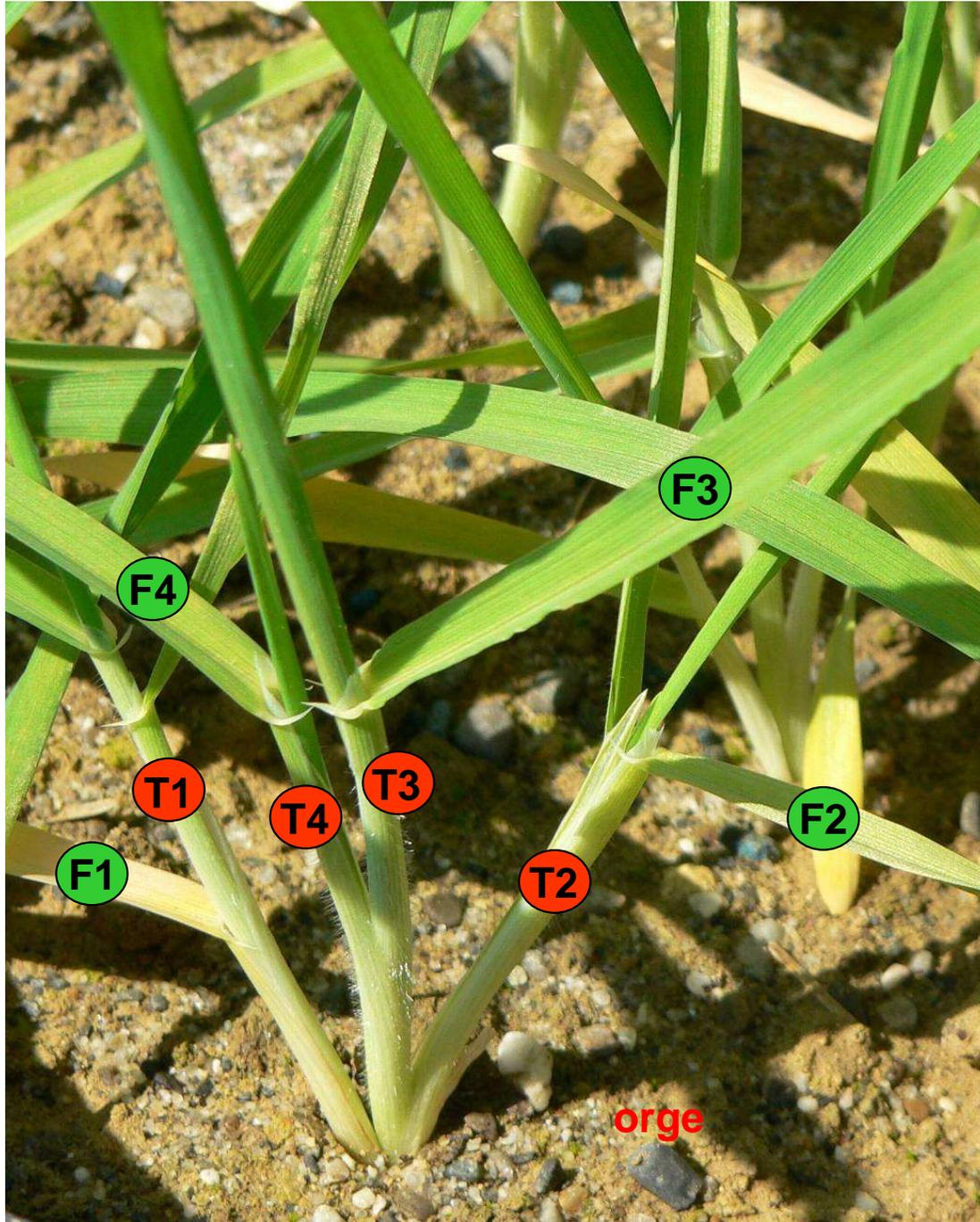
Ramification de la tige



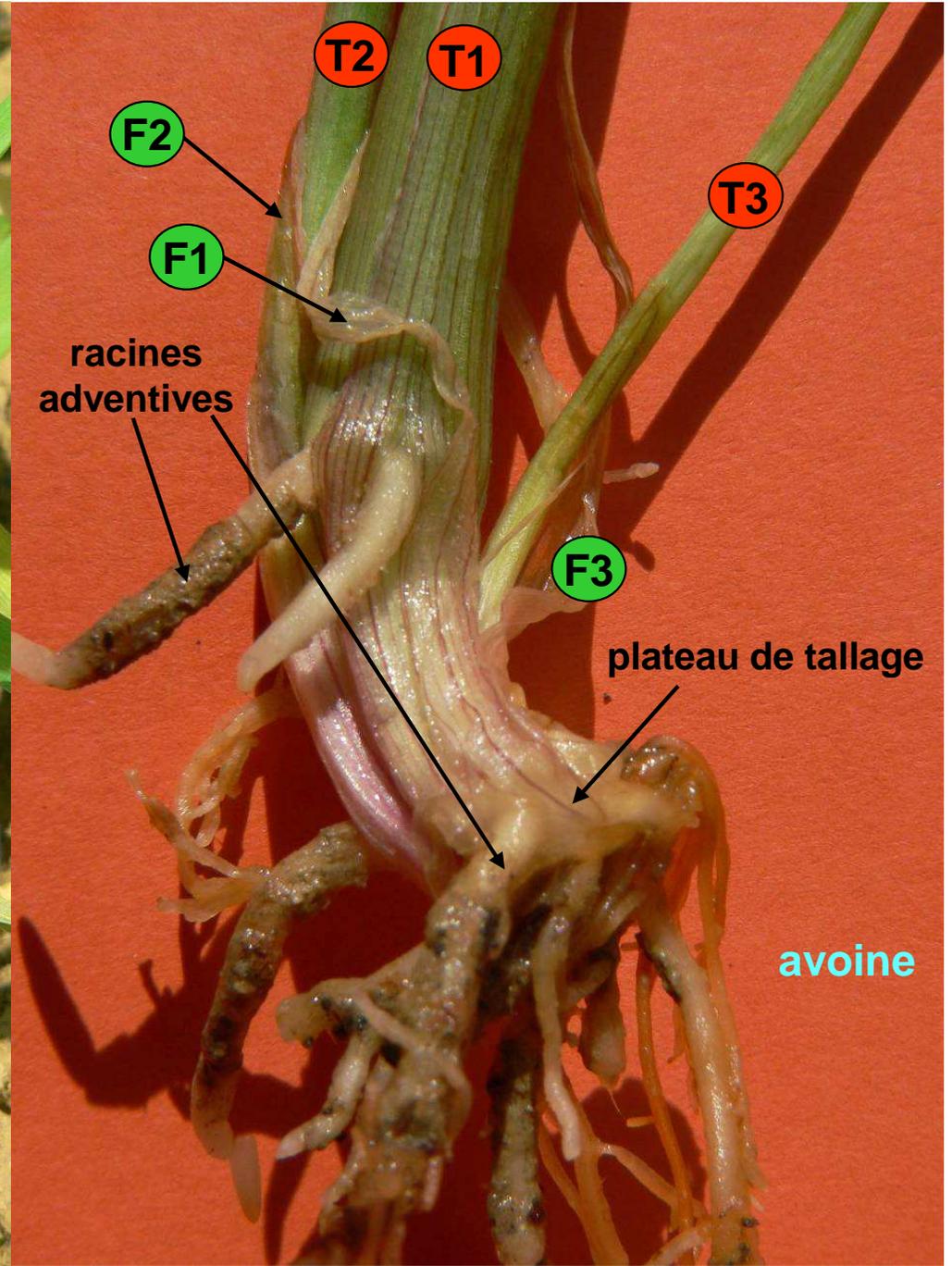
Ramification de la tige des Poacées : phénomène de tallage

Ramification de la tige des Poacées : phénomène de tallage

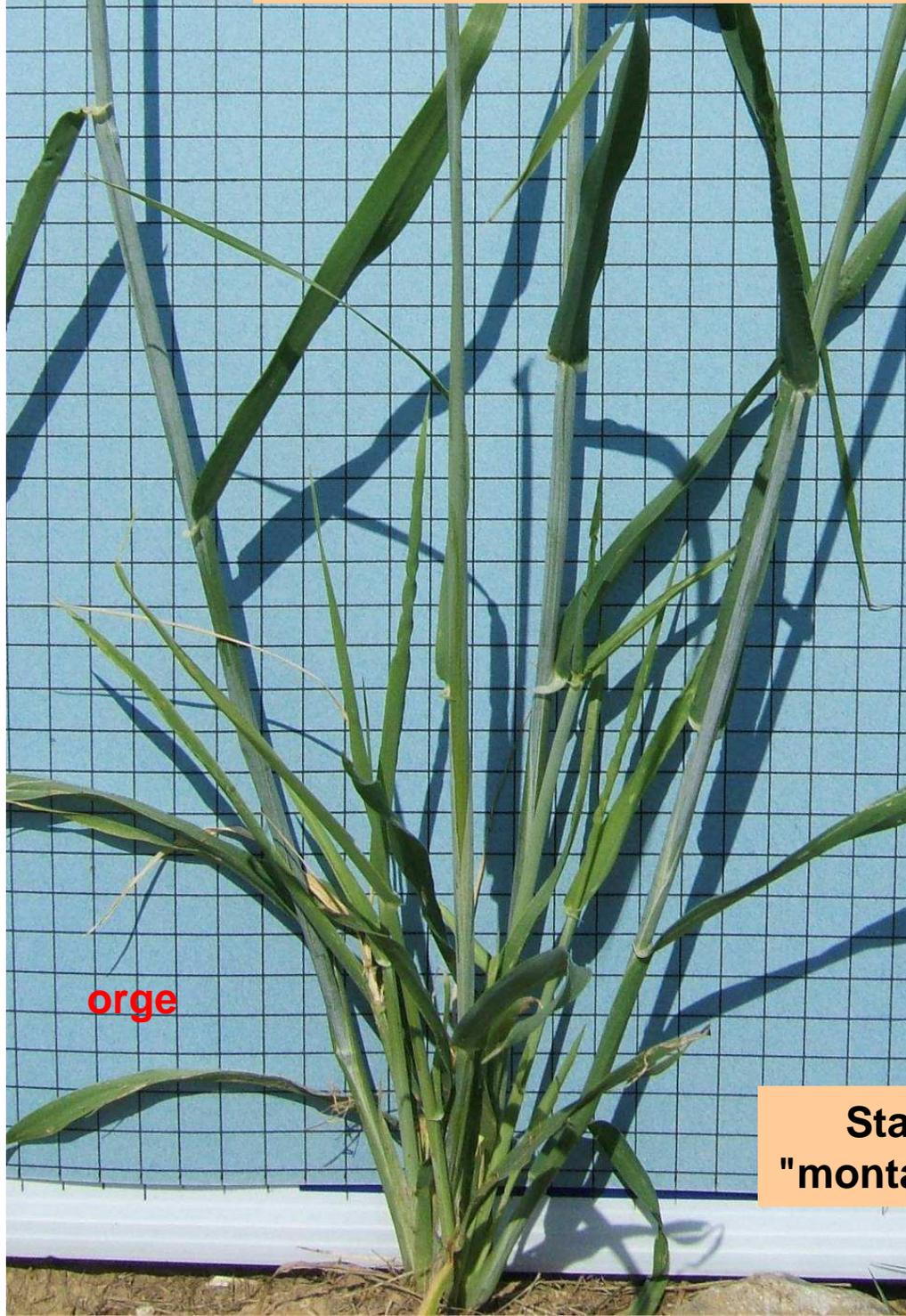
Développement des talles



Détails de la formation des talles



Ramification de la tige des Poacées : phénomène de tallage

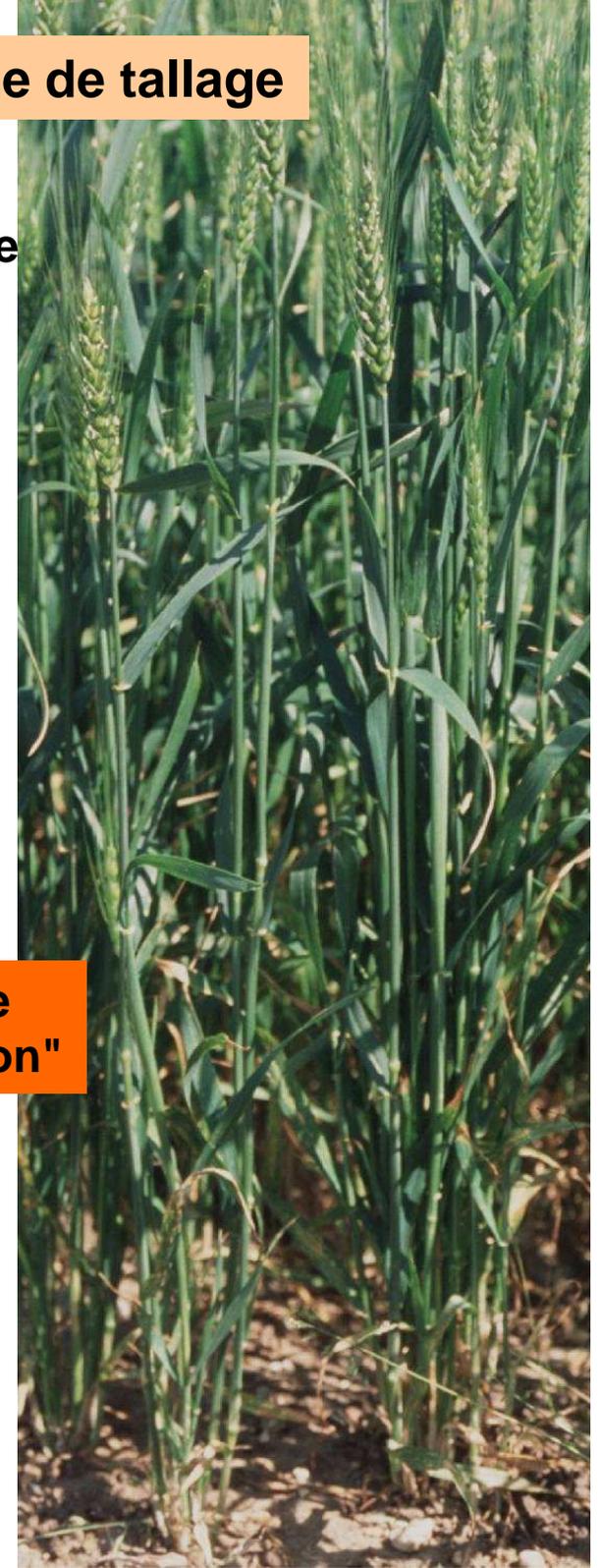


orge

Stade
"montaison"

blé tendre

Stade
"épiaison"



patate douce

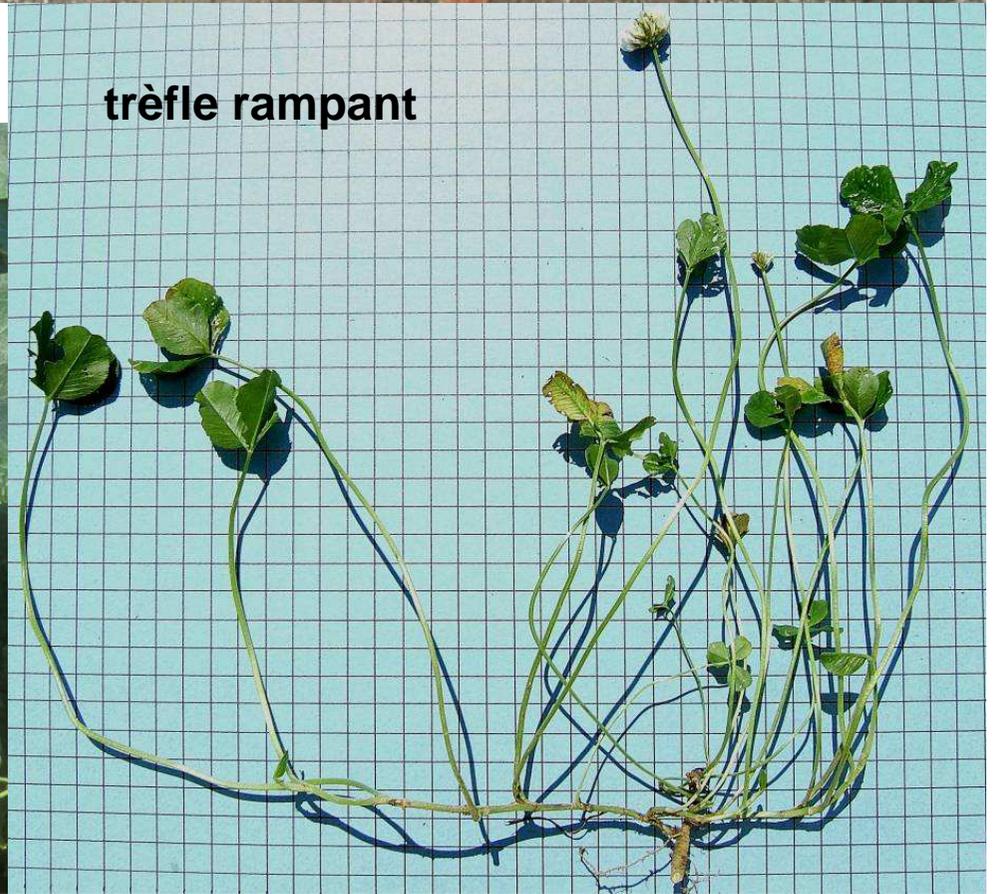
**Port des plantes
tiges rampantes**



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)

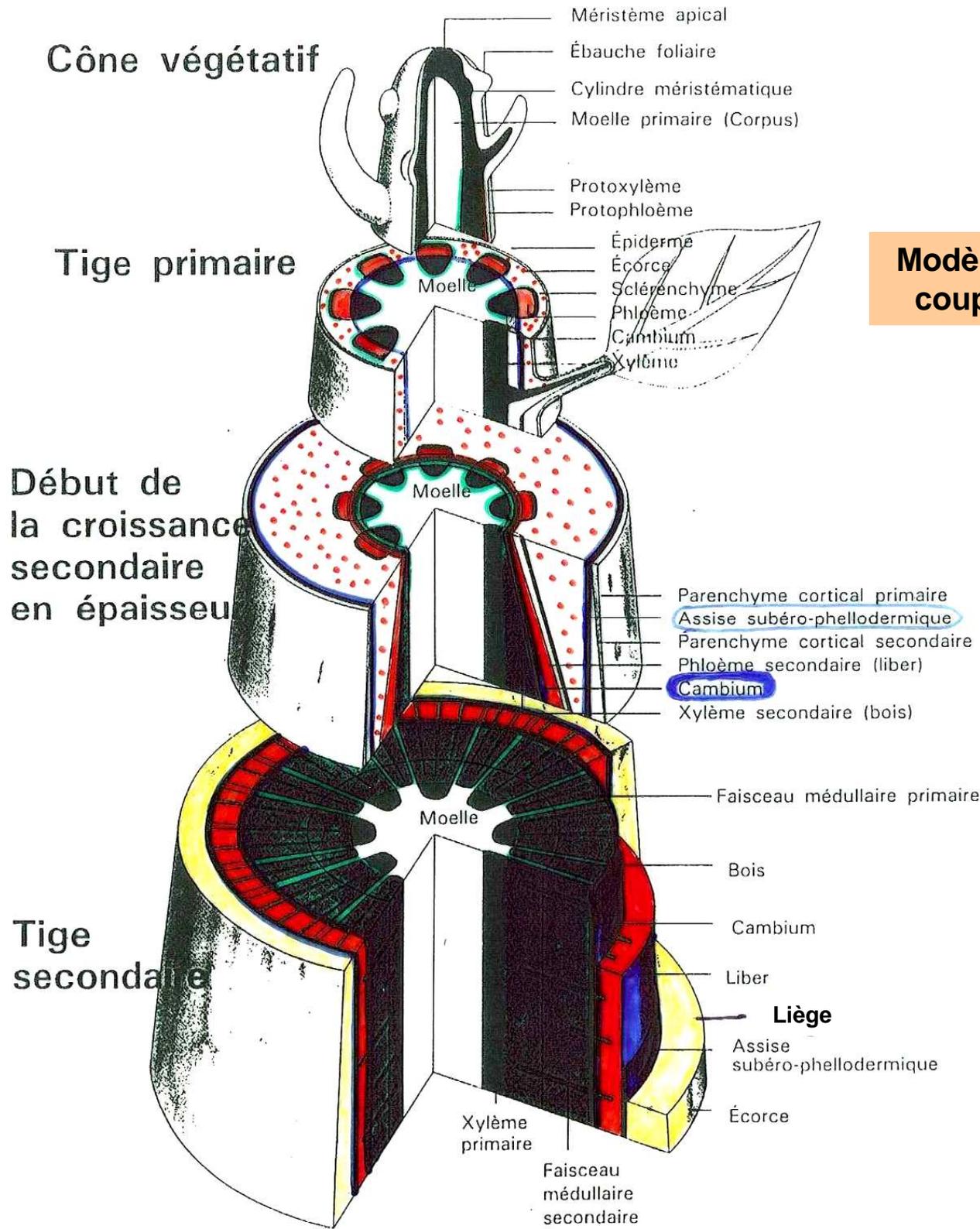


**Absence de
dominance apicale
(cassis)**

LA TIGE

Anatomie de la tige

Modèle tridimensionnel de tige montrant des coupes transversales à différents niveaux



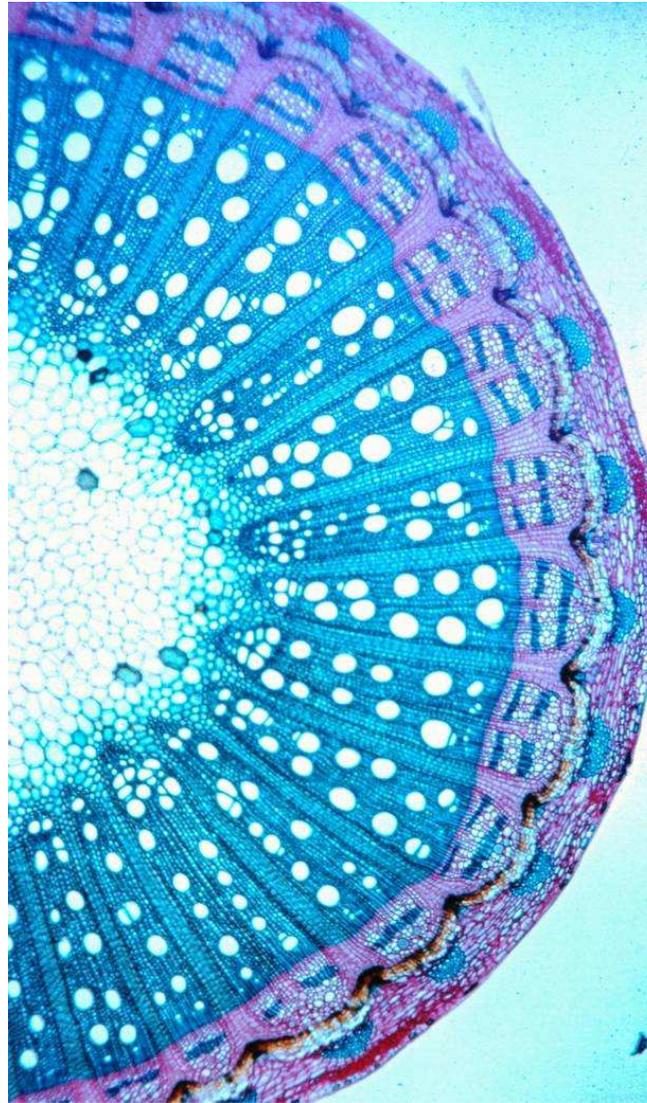
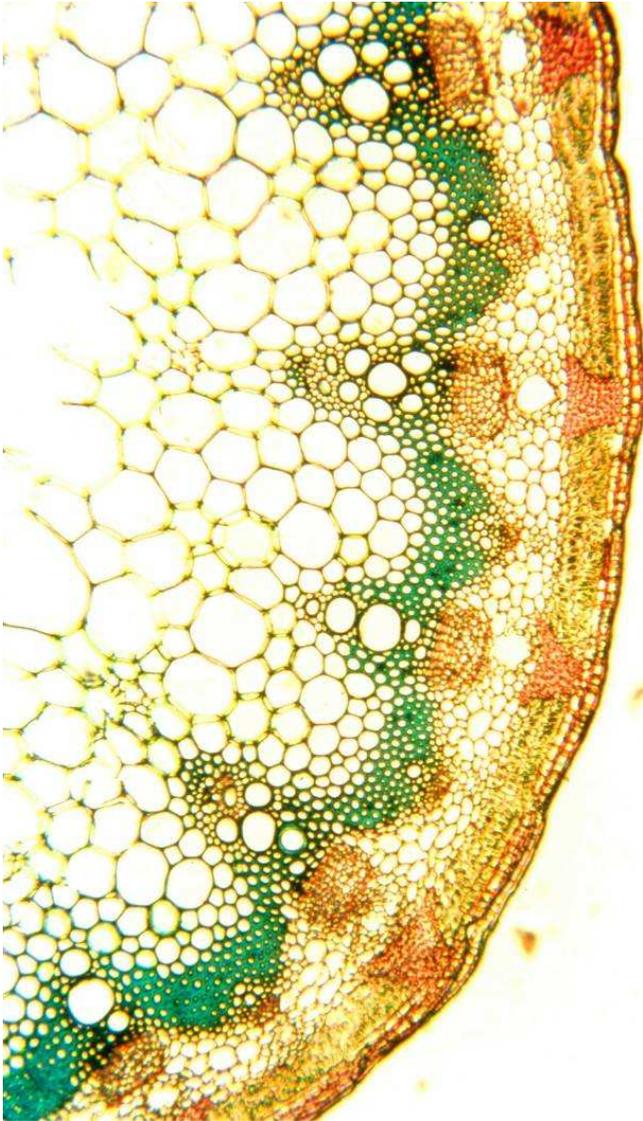
Anatomie de la tige

Tige des Dicotylédones

Tige des Monocotylédones

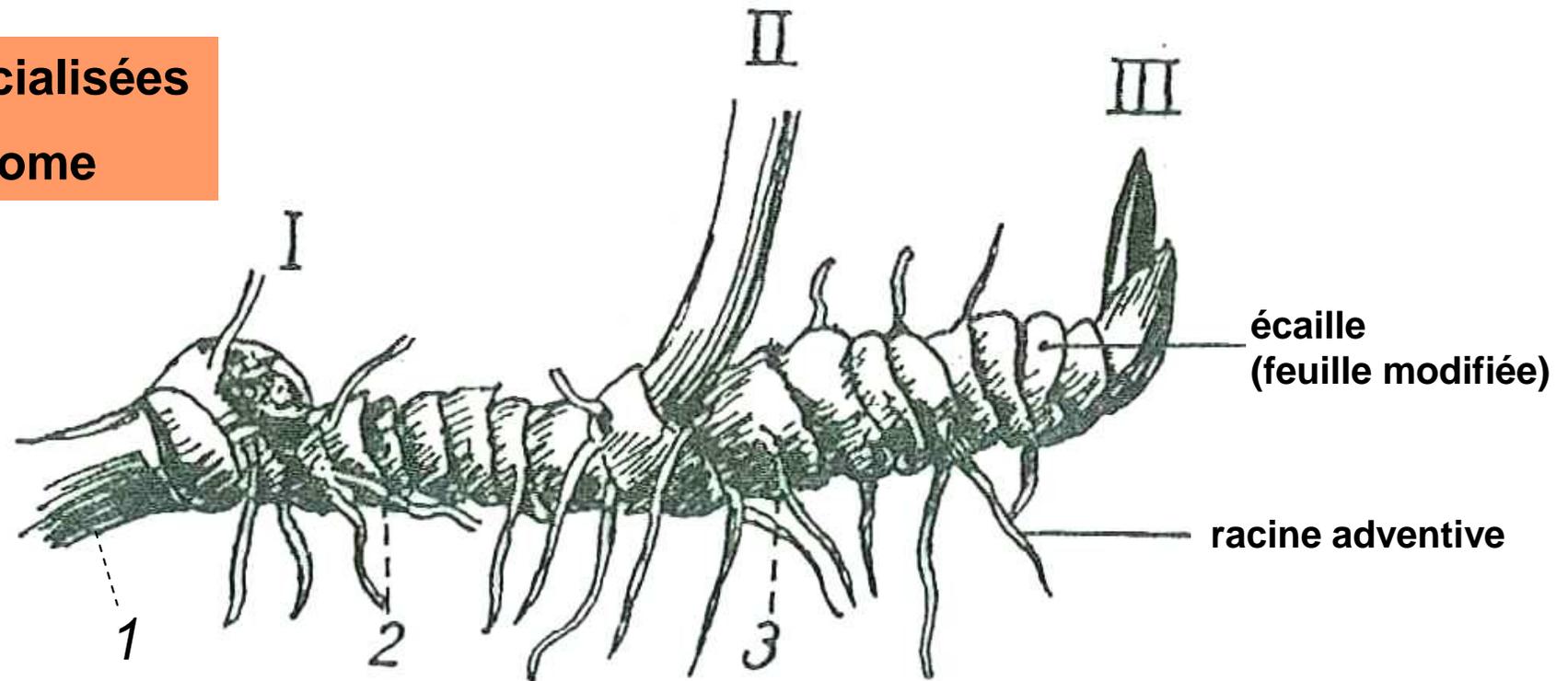
structure primaire

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

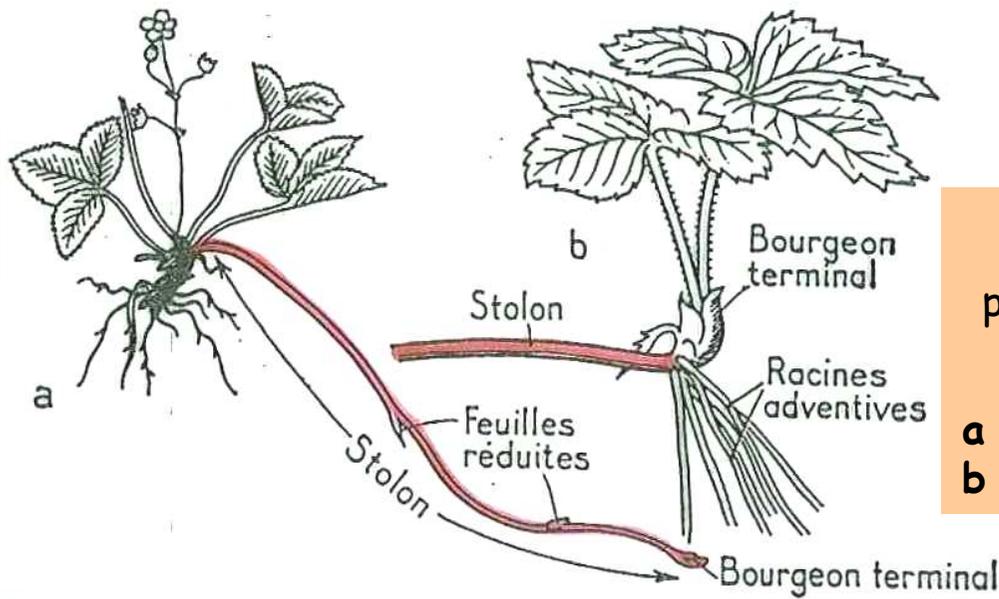


gingembre

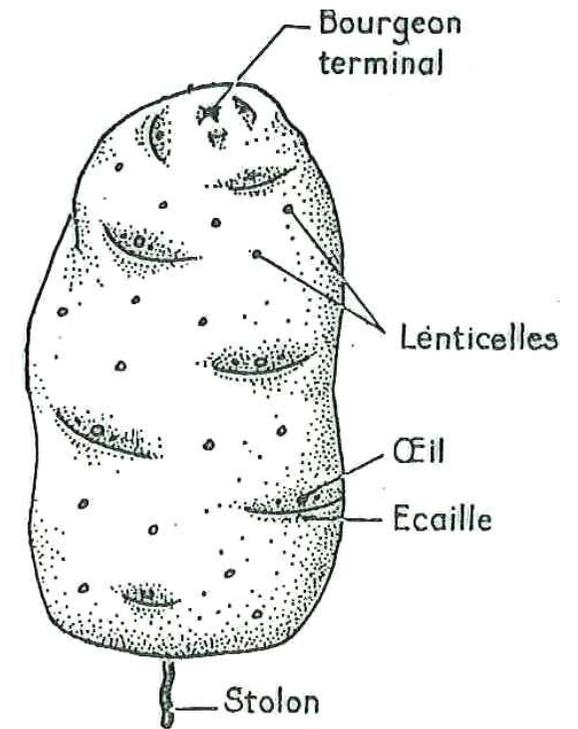
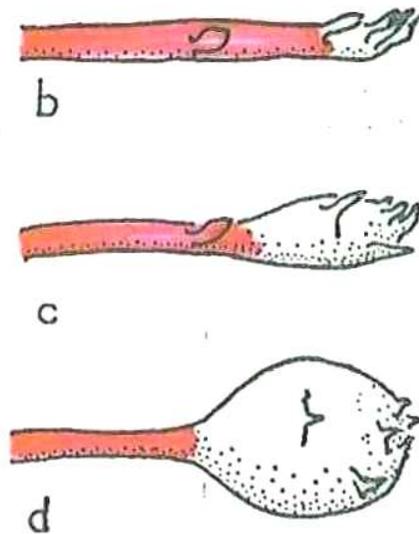
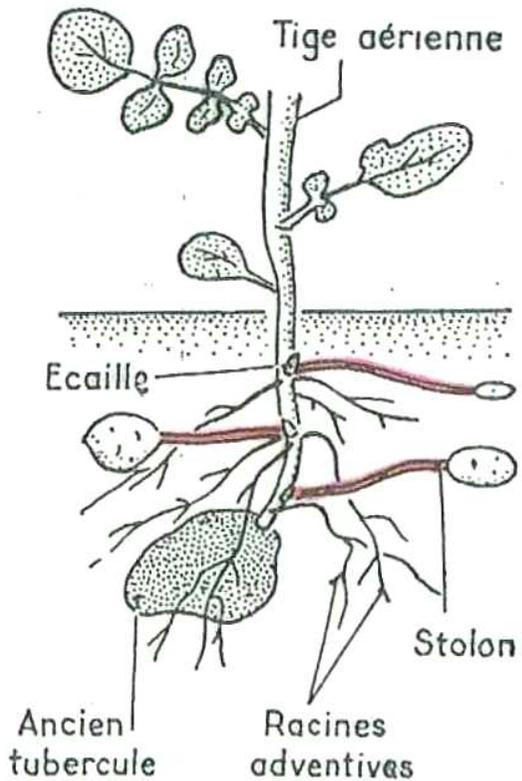


LA TIGE

Tiges spécialisées le stolon



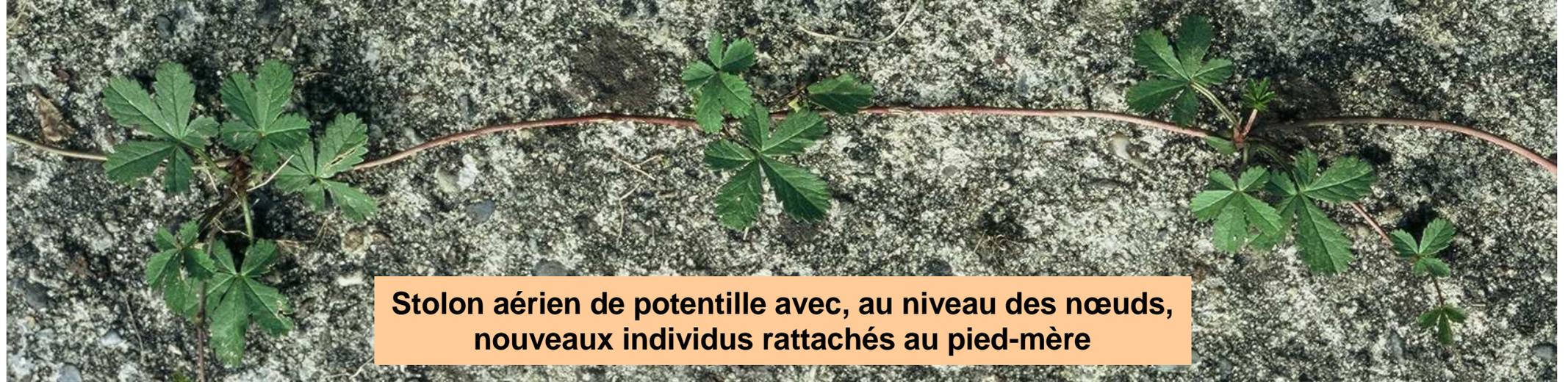
Stolon aérien de fraisier
plante vivace à port en rosette
Rosacées
a : fraisier avec stolon
b : enracinement du BT du stolon



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

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

**Tubercule de
pomme-de-terre**



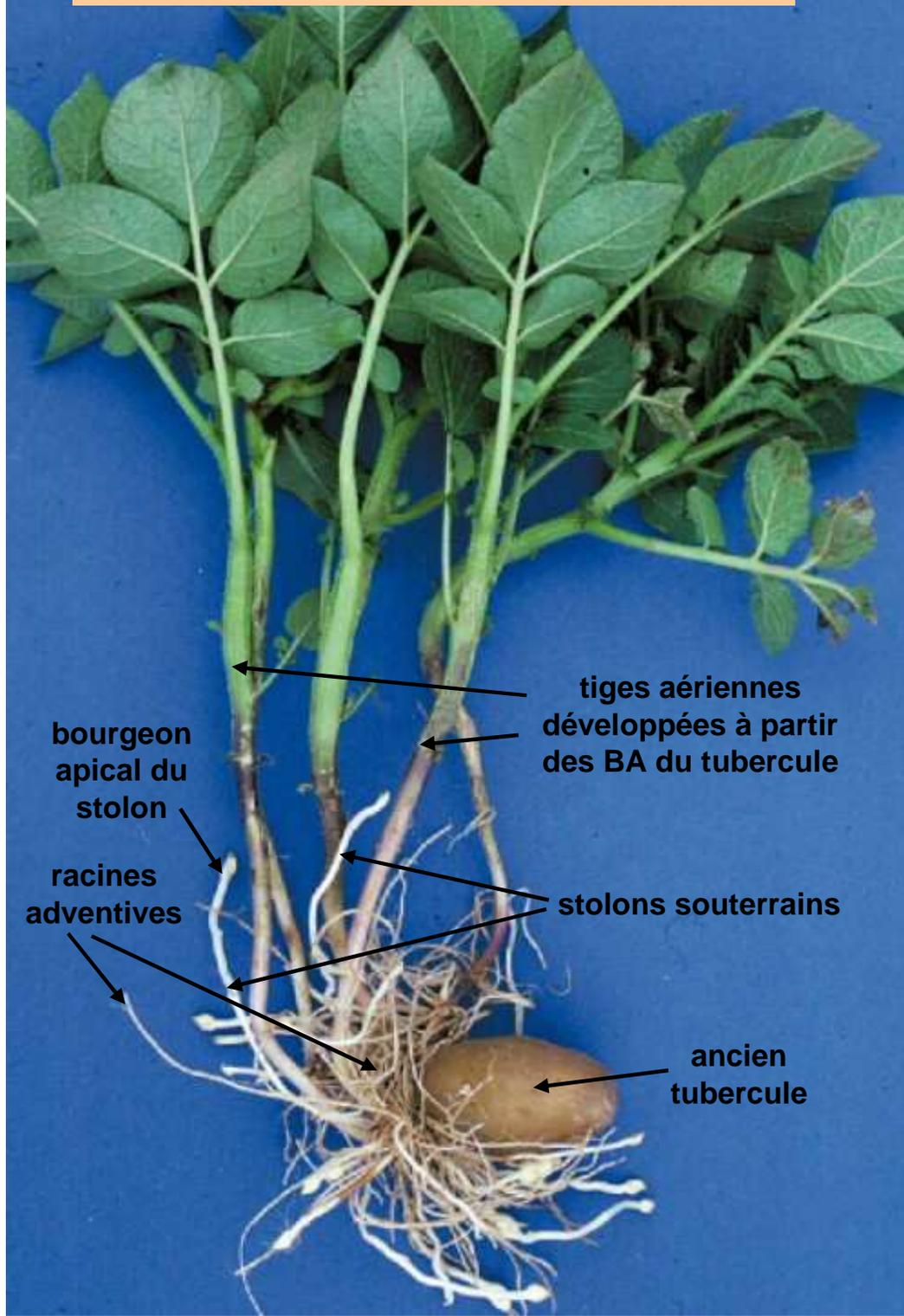
Stolon aérien de potentille avec, au niveau des nœuds, nouveaux individus rattachés au pied-mère



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

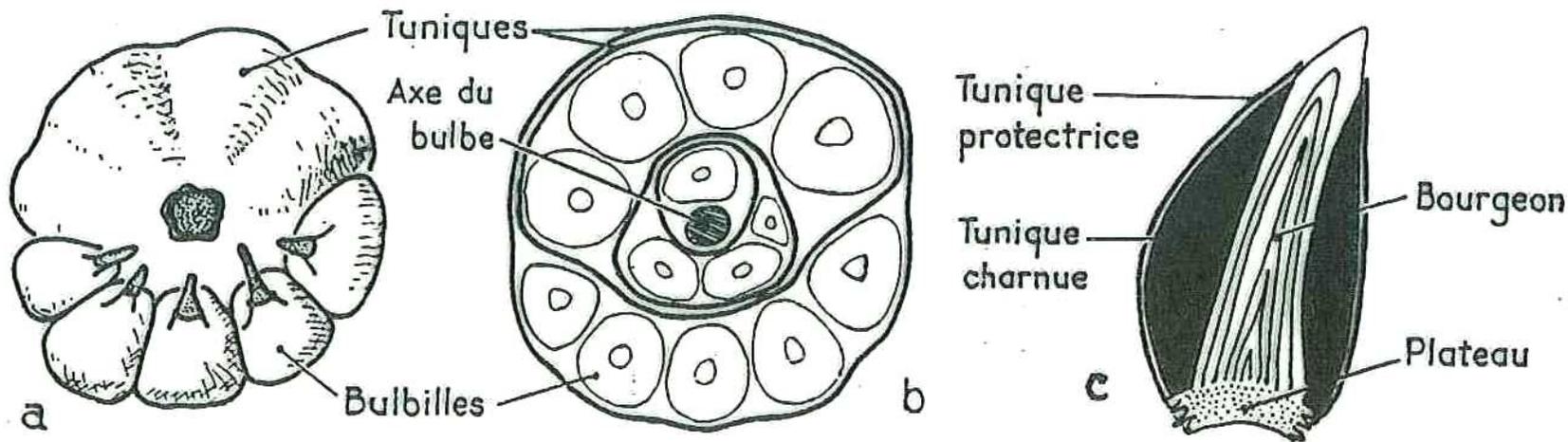
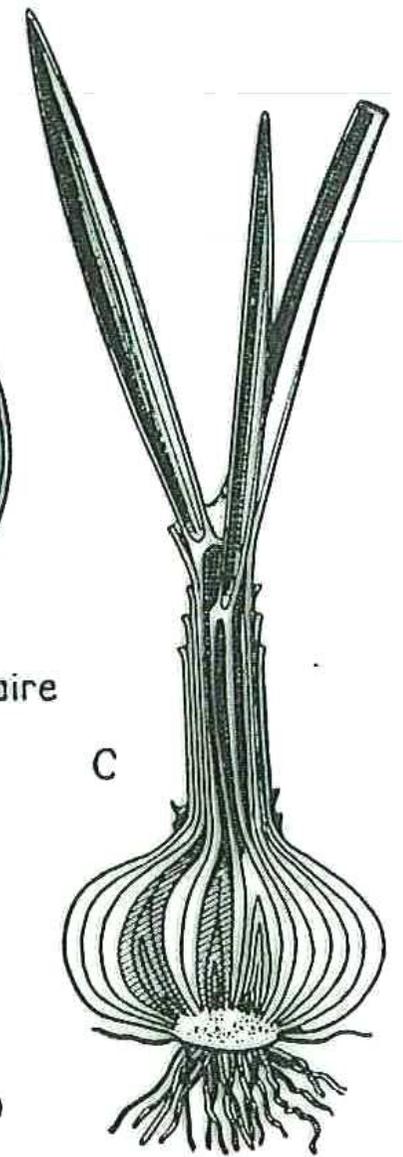
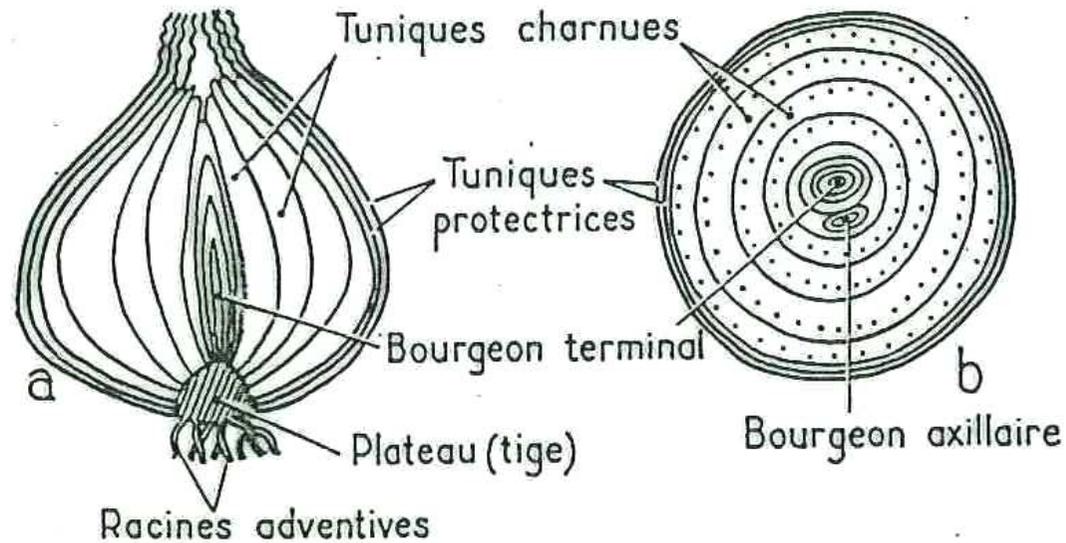
LA TIGE

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

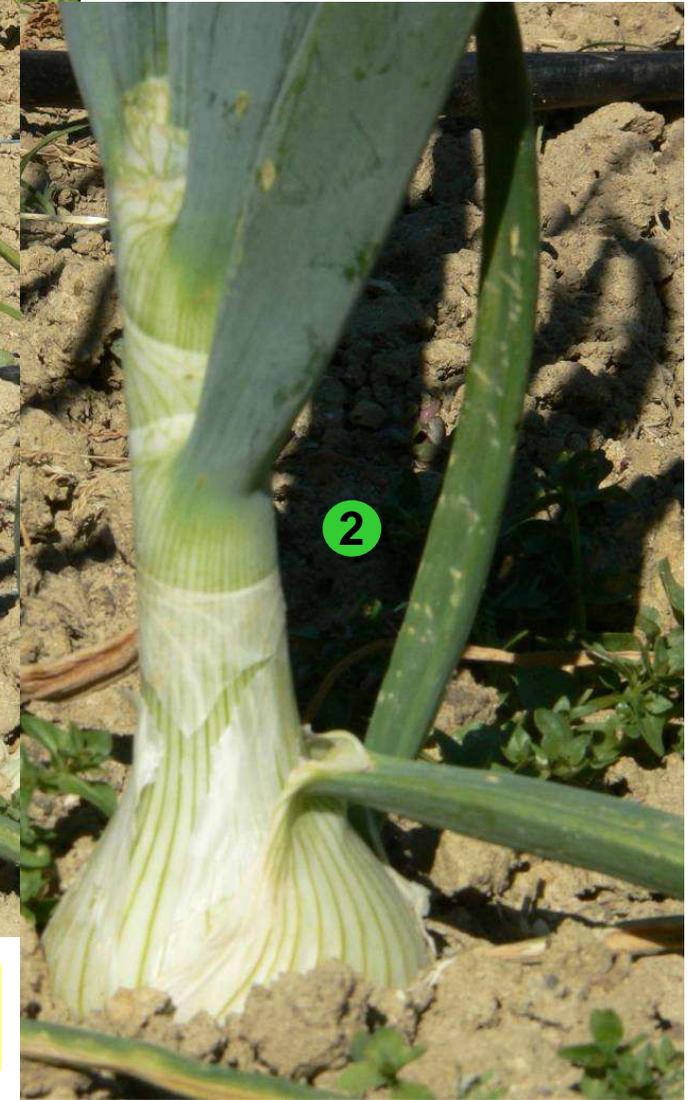
2 : bulbe formé ; feuilles vertes



racines adventives



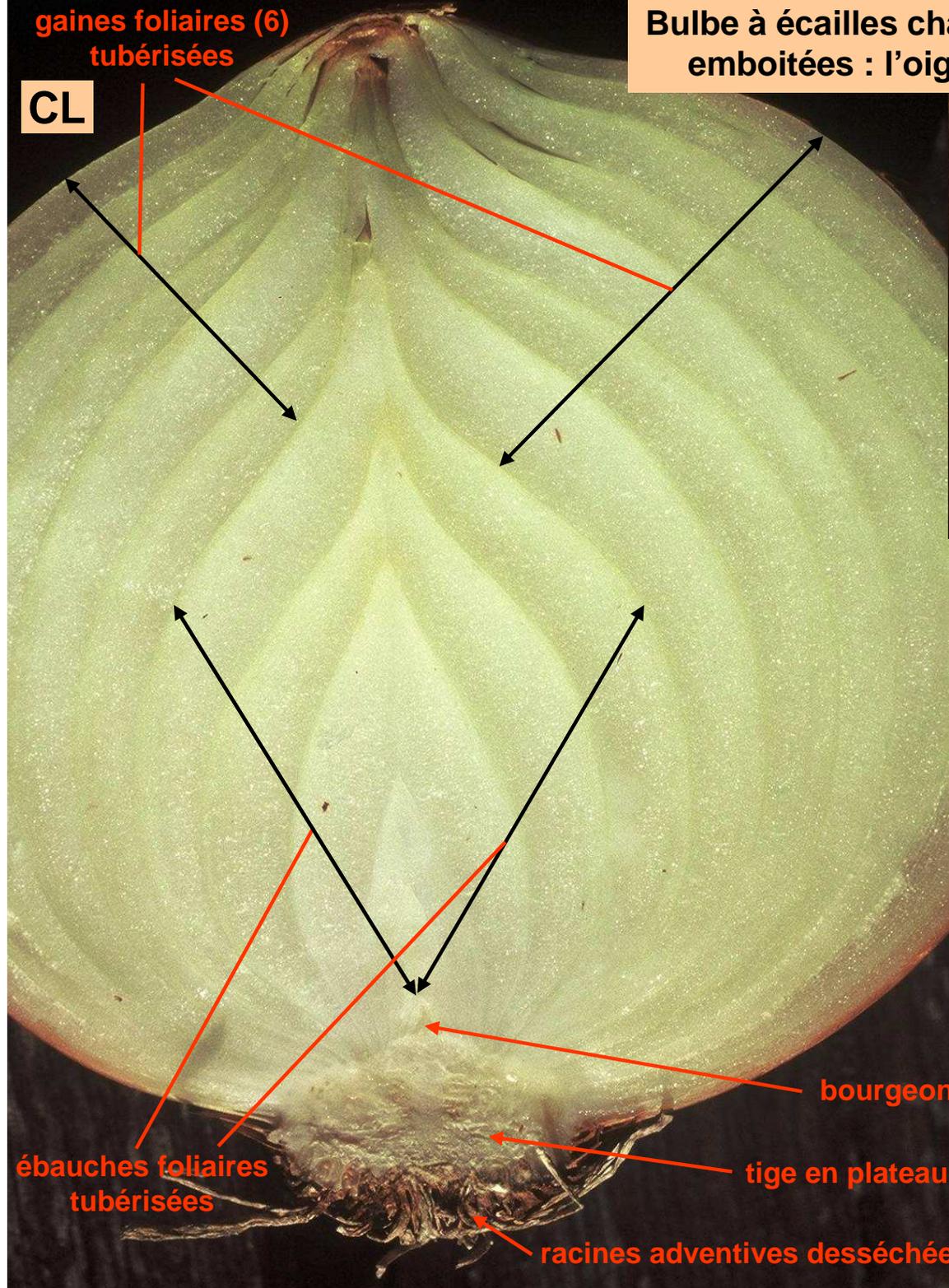
3 : dessèchement des feuilles et des racines adventives



Bulbe à écailles charnues emboîtées : l'oignon

gaines foliaires (6) tubérisées

CL



CT

gaines foliaires desséchées protectrices



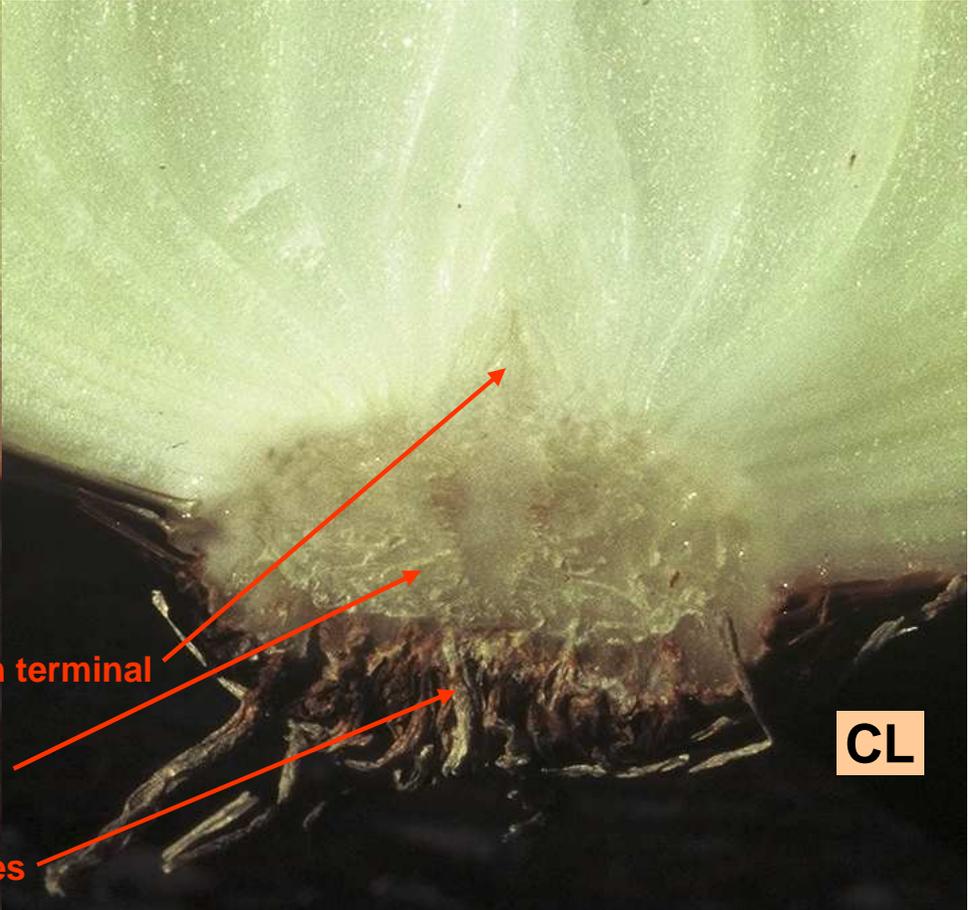
ébauches foliaires tubérisées

bourgeon terminal

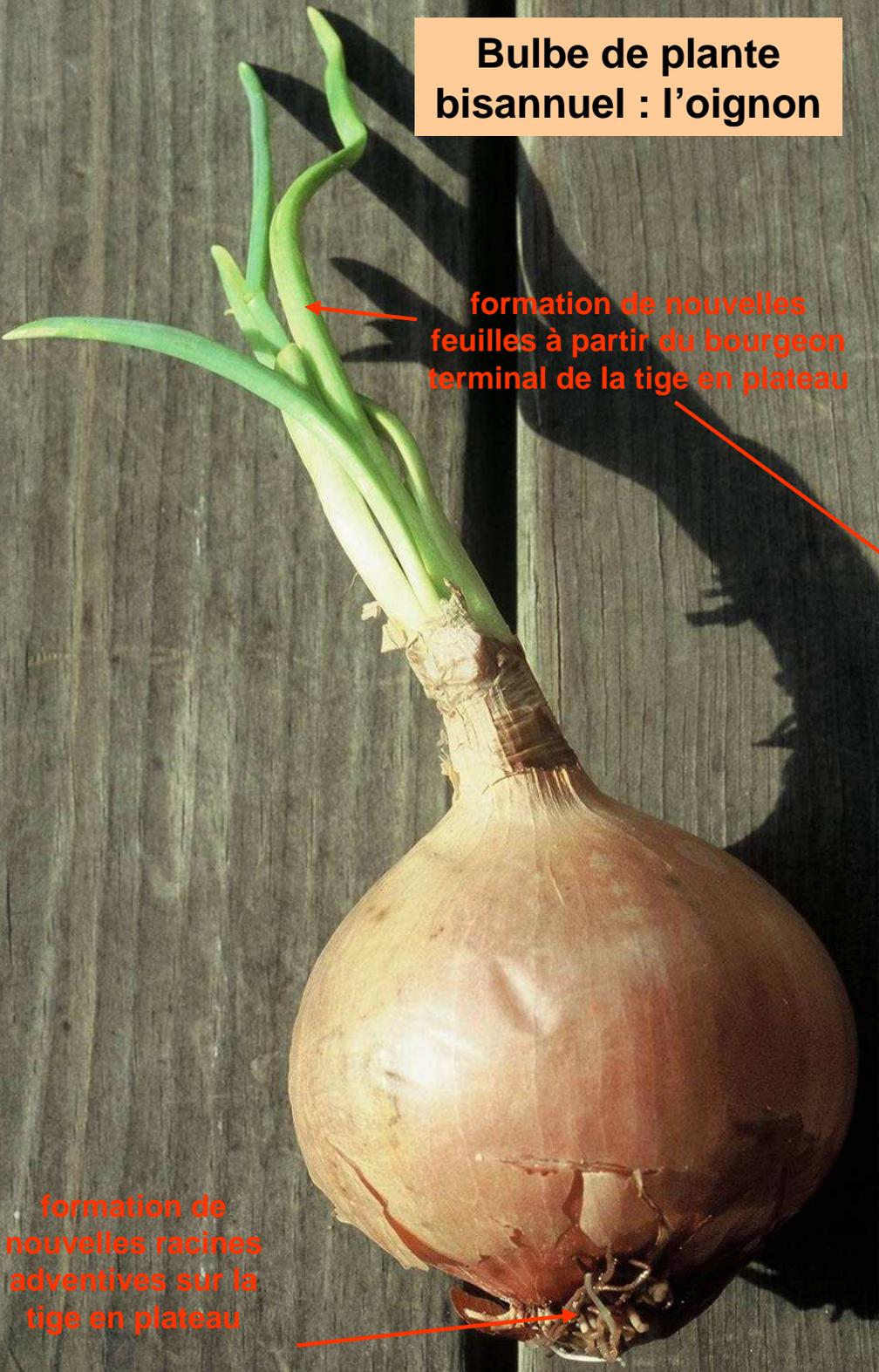
tige en plateau

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^e 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

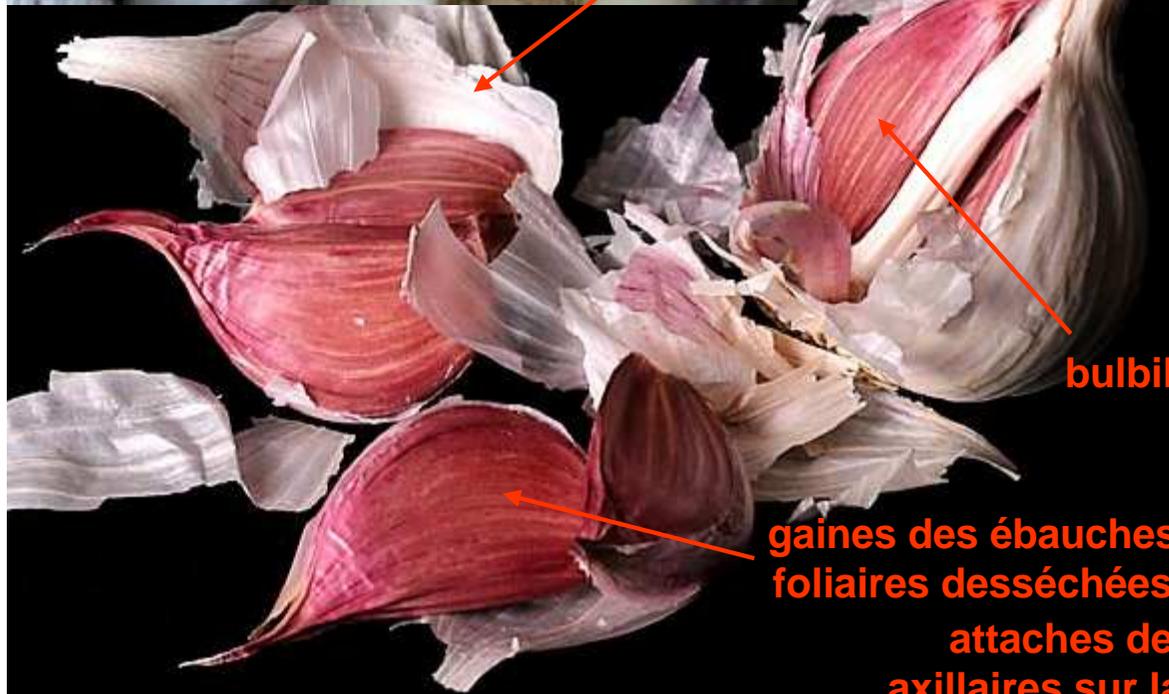
fausse tige formée
par les gaines des
feuilles aériennes
emboîtées

bases des
gaines des
feuilles
aériennes
desséchées

Tiges spécialisées : le bulbe

Bulbe à tuniques charnues : l'ail

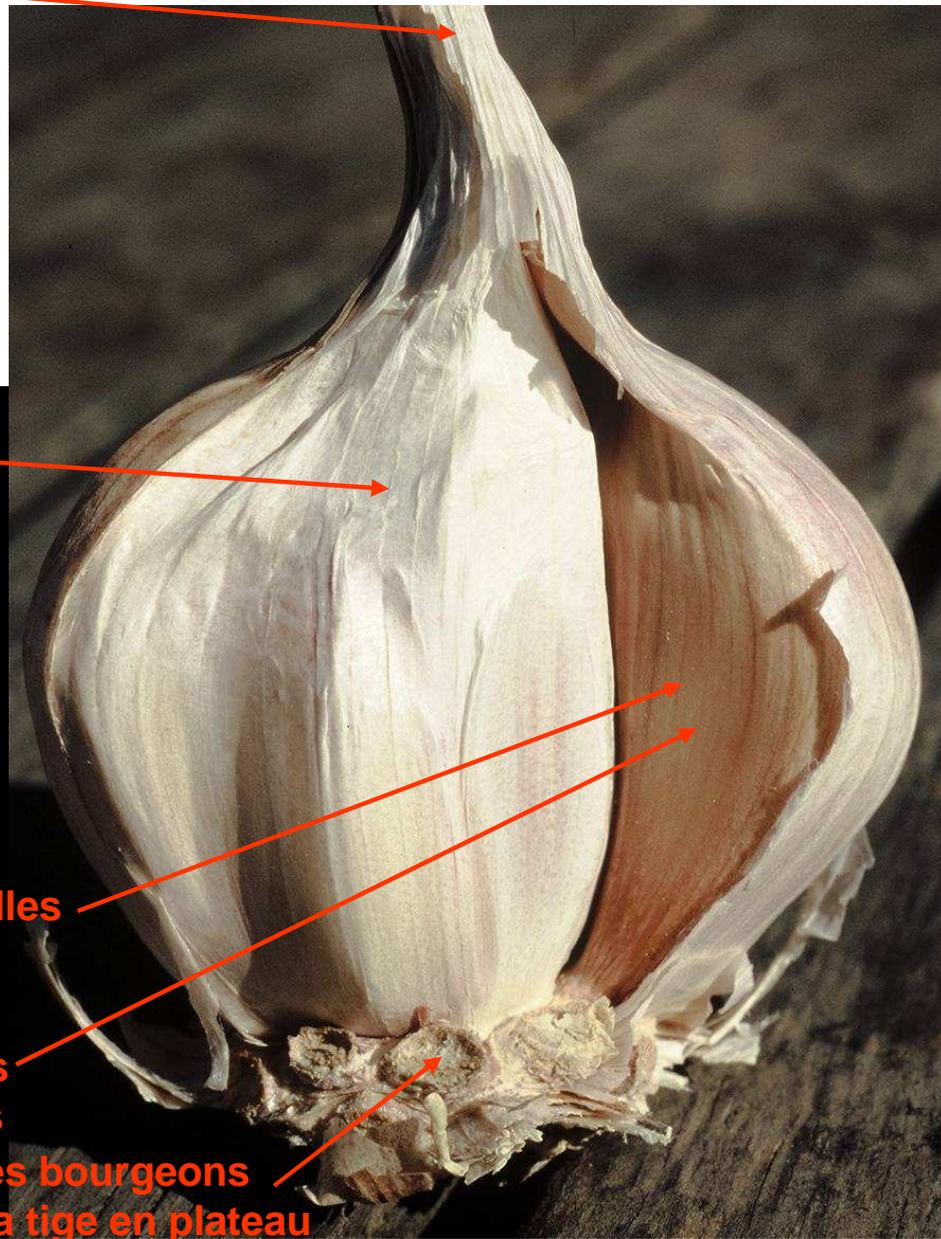
**Bulbe constitué de nombreux bulbilles
développées à partir de bourgeons axillaires**



bulbilles

gaines des ébauches
foliaires desséchées

attaches des bourgeons
axillaires sur la tige en plateau



Tiges spécialisées : le bulbe

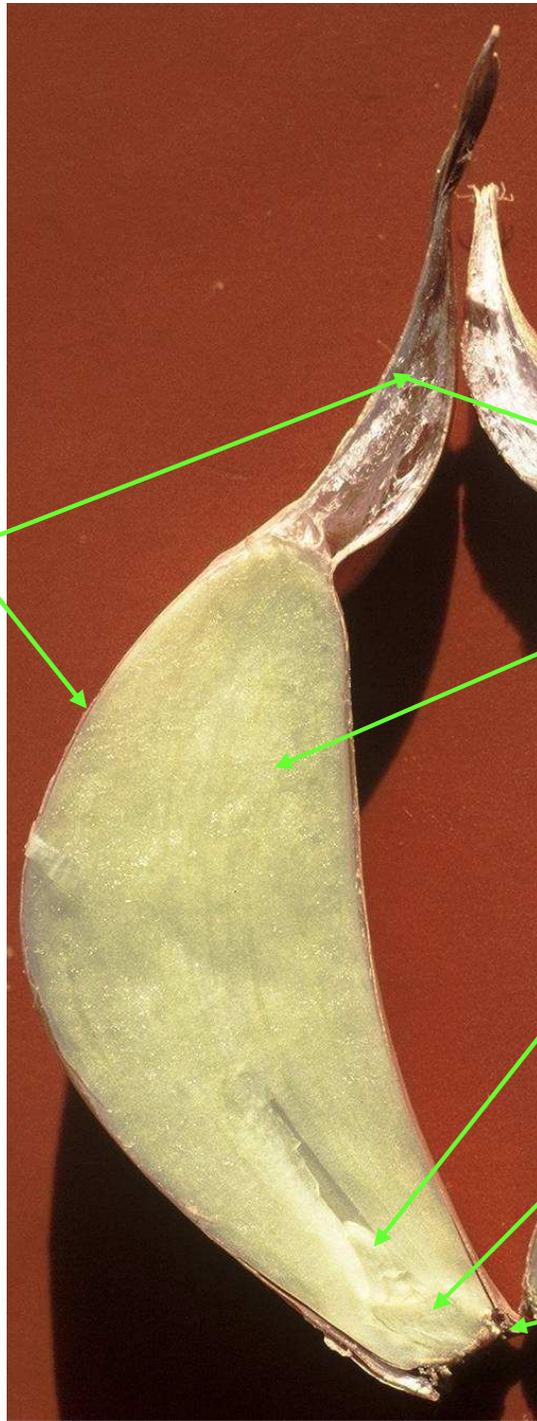
Bulbe à tuniques charnues : l'ail

La 2^e 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

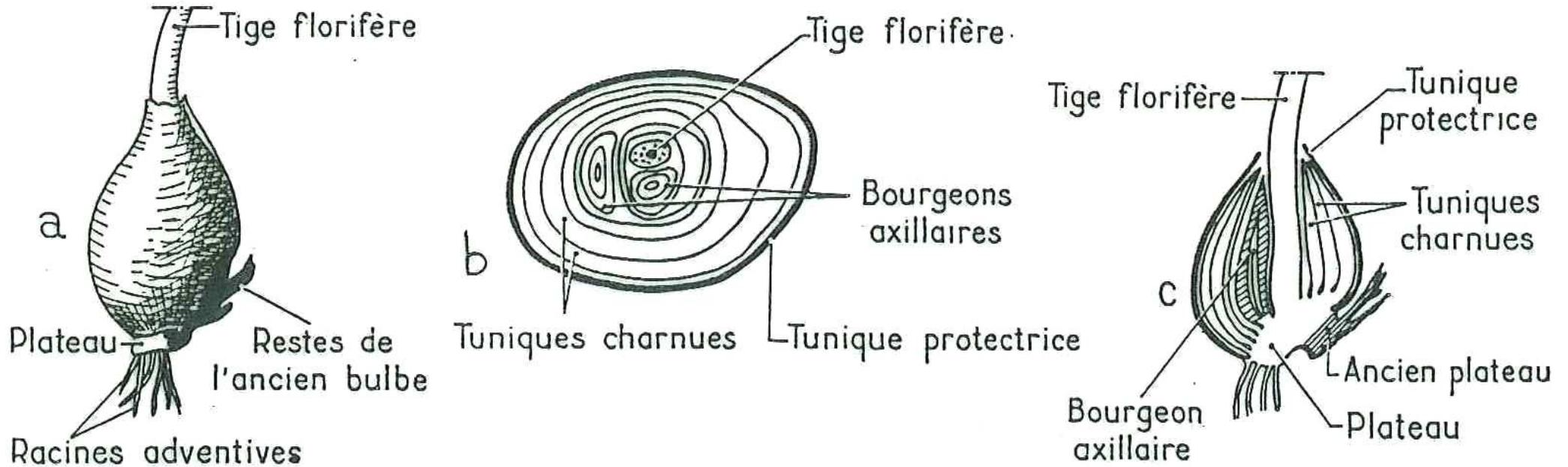
tige en plateau du bourgeon axillaire

racines adventives desséchées



LA TIGE

Tiges spécialisées : le bulbe



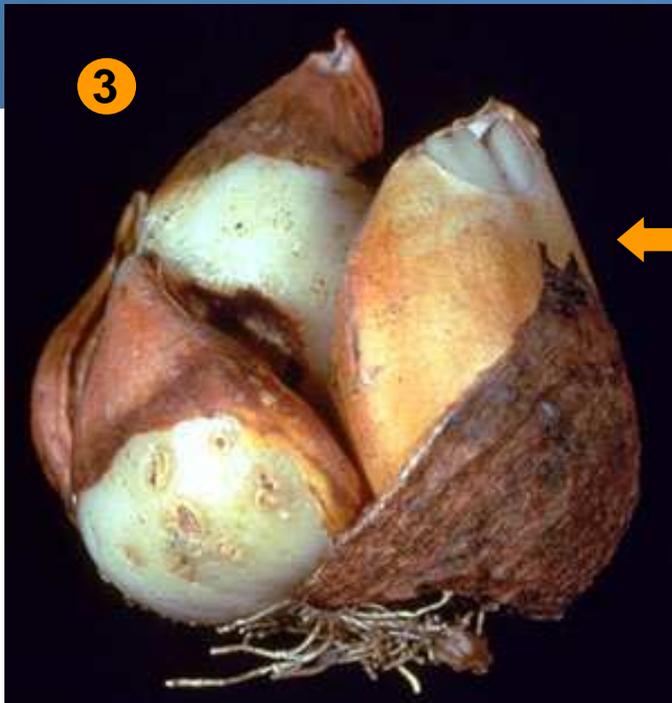
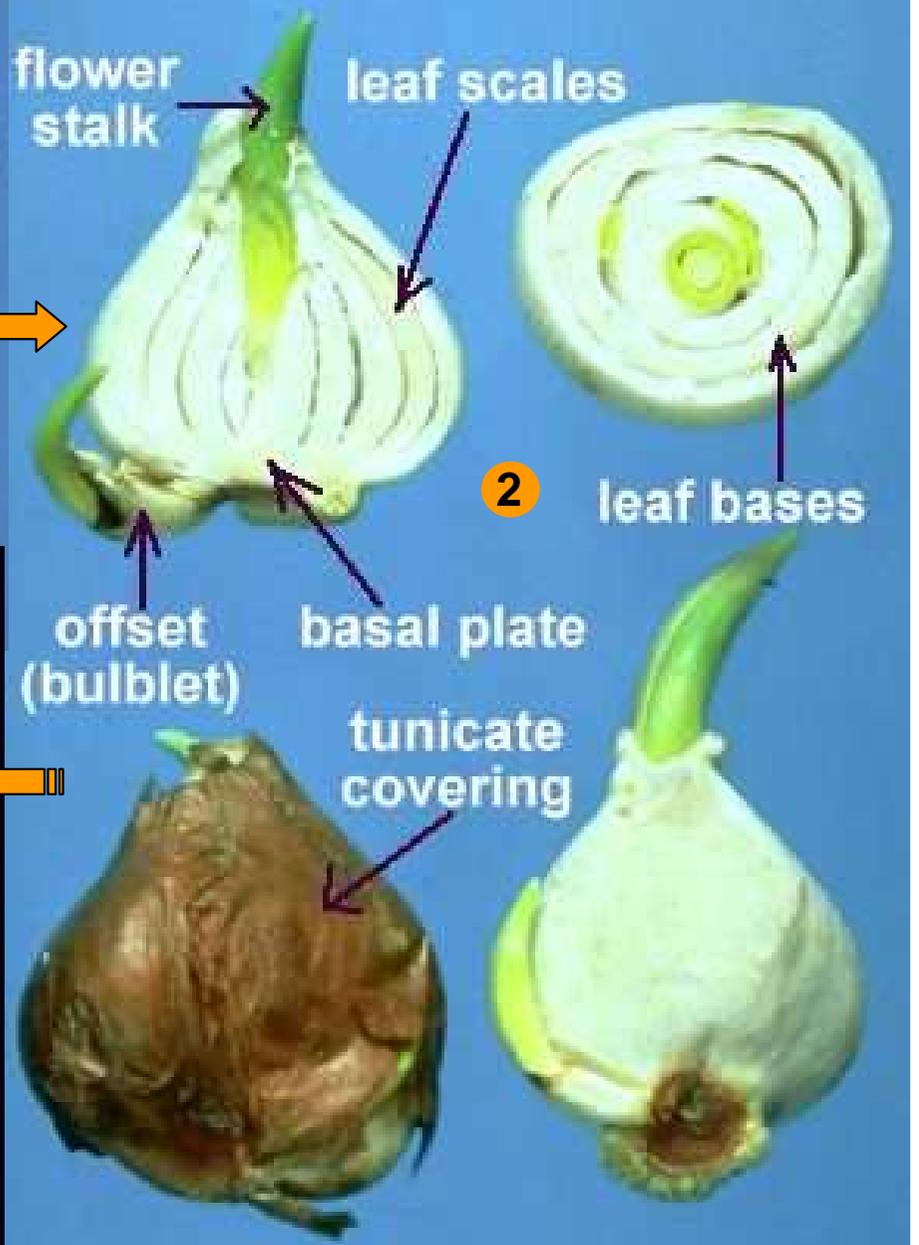
Bulbe de tulipe

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

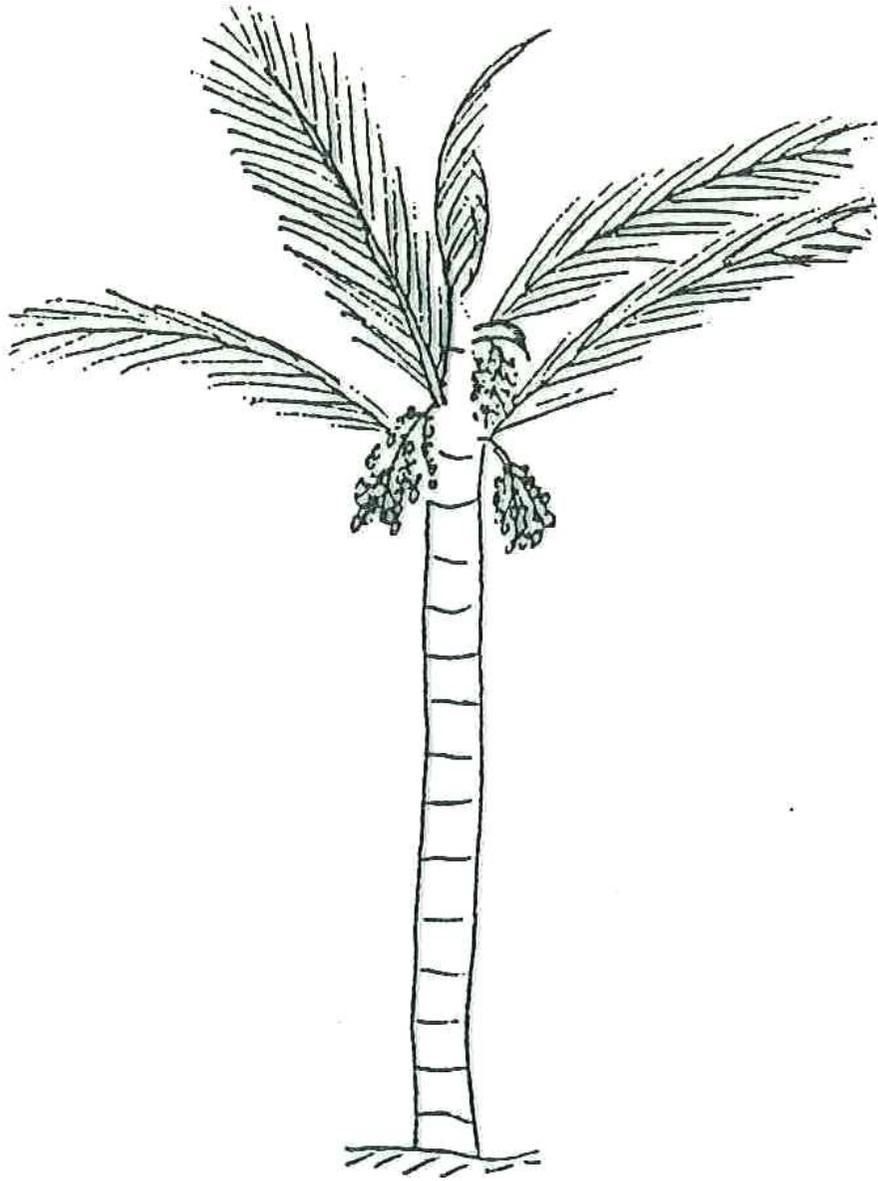
Tiges spécialisées : le bulbe

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



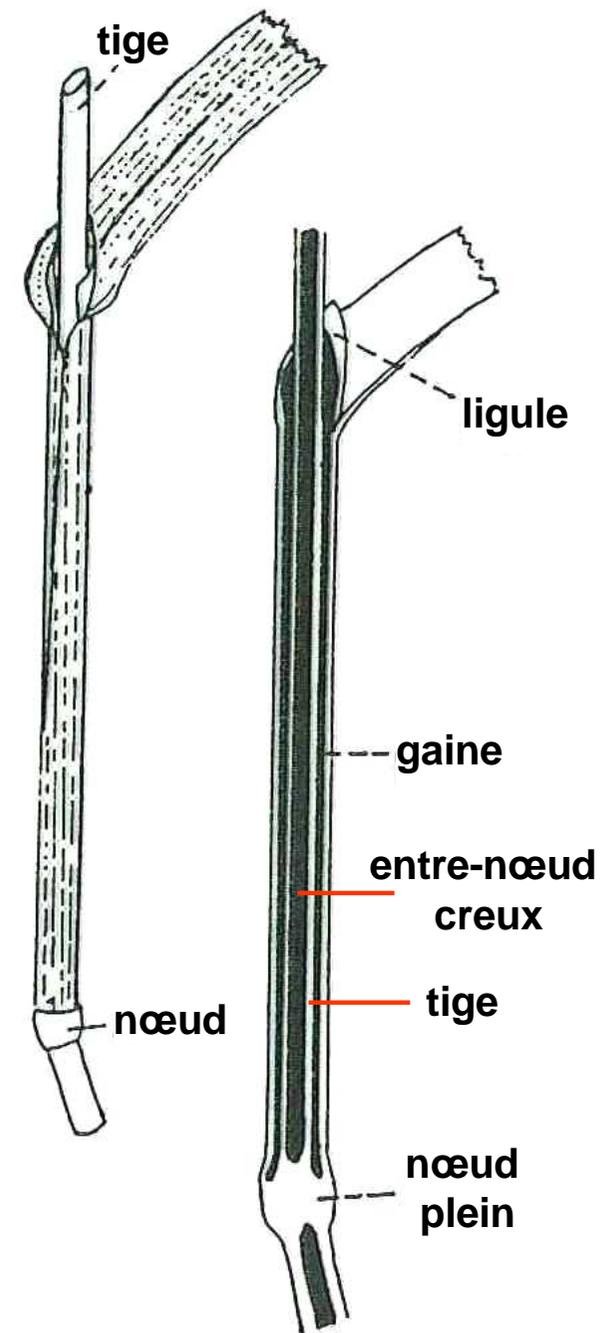
LA TIGE

Autres tiges particulières



Stipe du palmier dattier

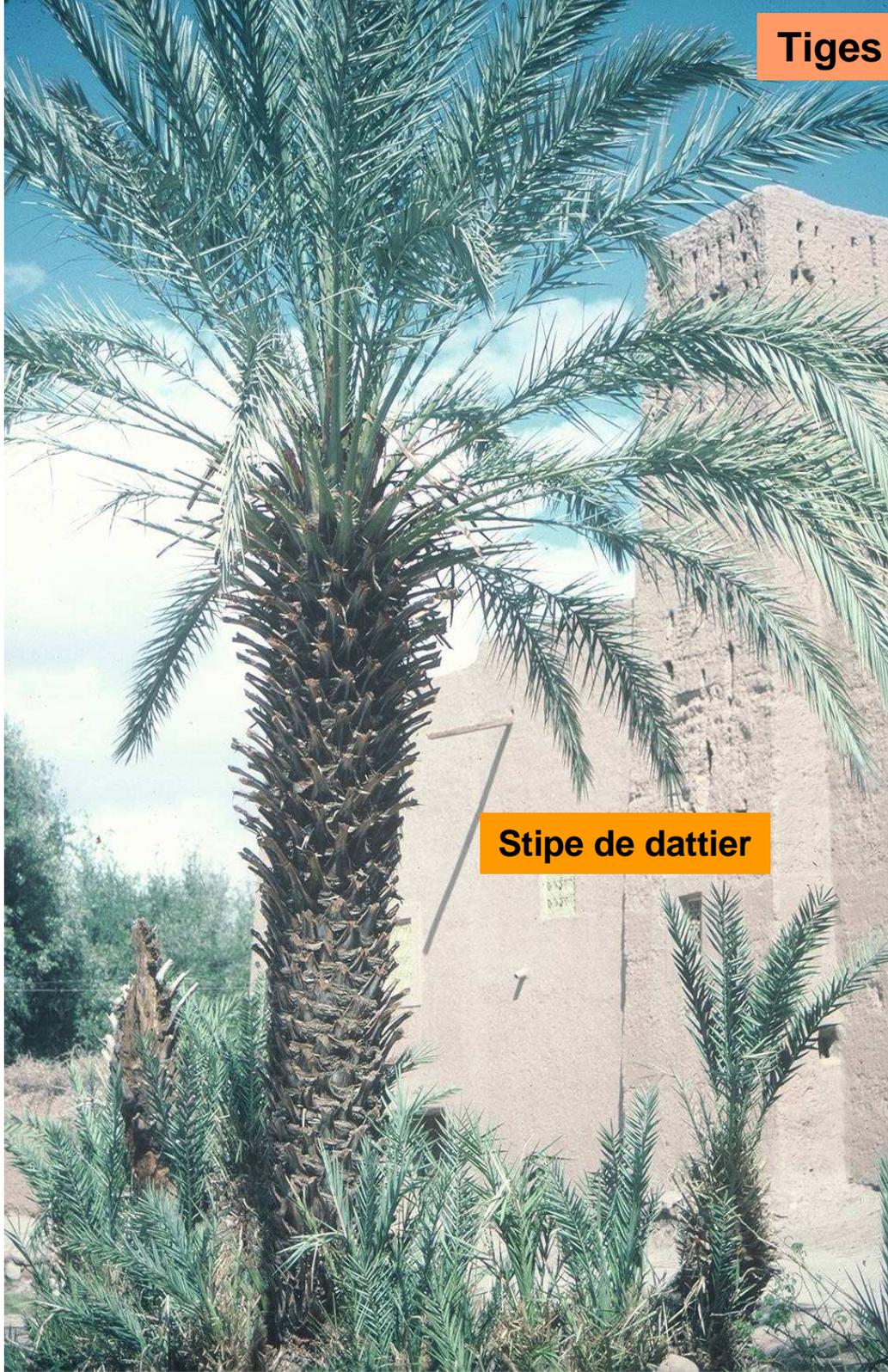
Tige ligneuse sans bois et sans croissance en épaisseur



Chaume des Poacées

Tige creuse aux entre-nœuds et pleine aux nœuds

Tiges particulières



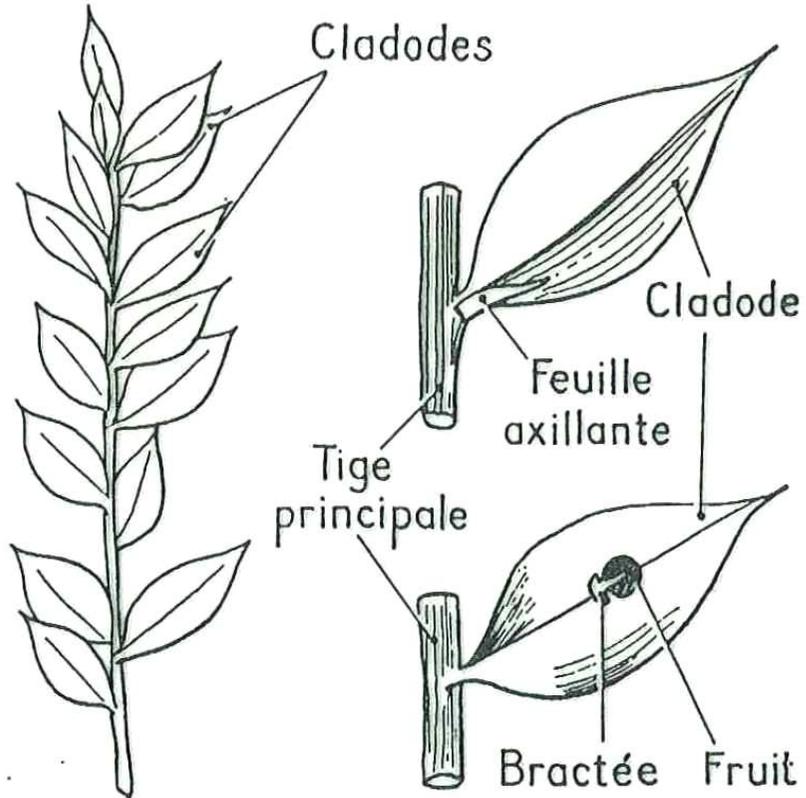
Stipe de dattier

Chaume de bambou

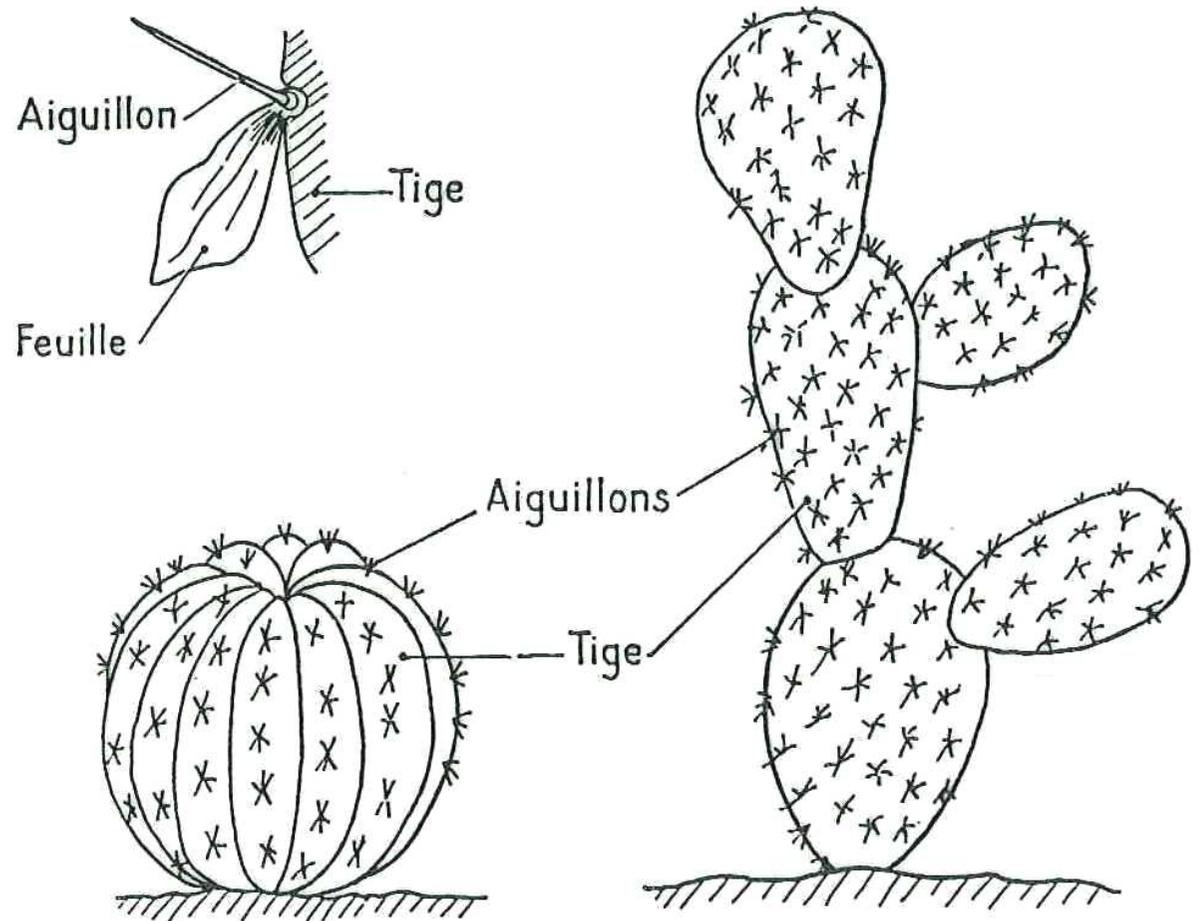


LA TIGE

Autres tiges particulières



Cladodes du fragon : tiges aplaties chlorophylliennes simulant des feuilles



Tiges des Cactacées : sphère, raquette

Tiges particulières

Cladodes du fragon

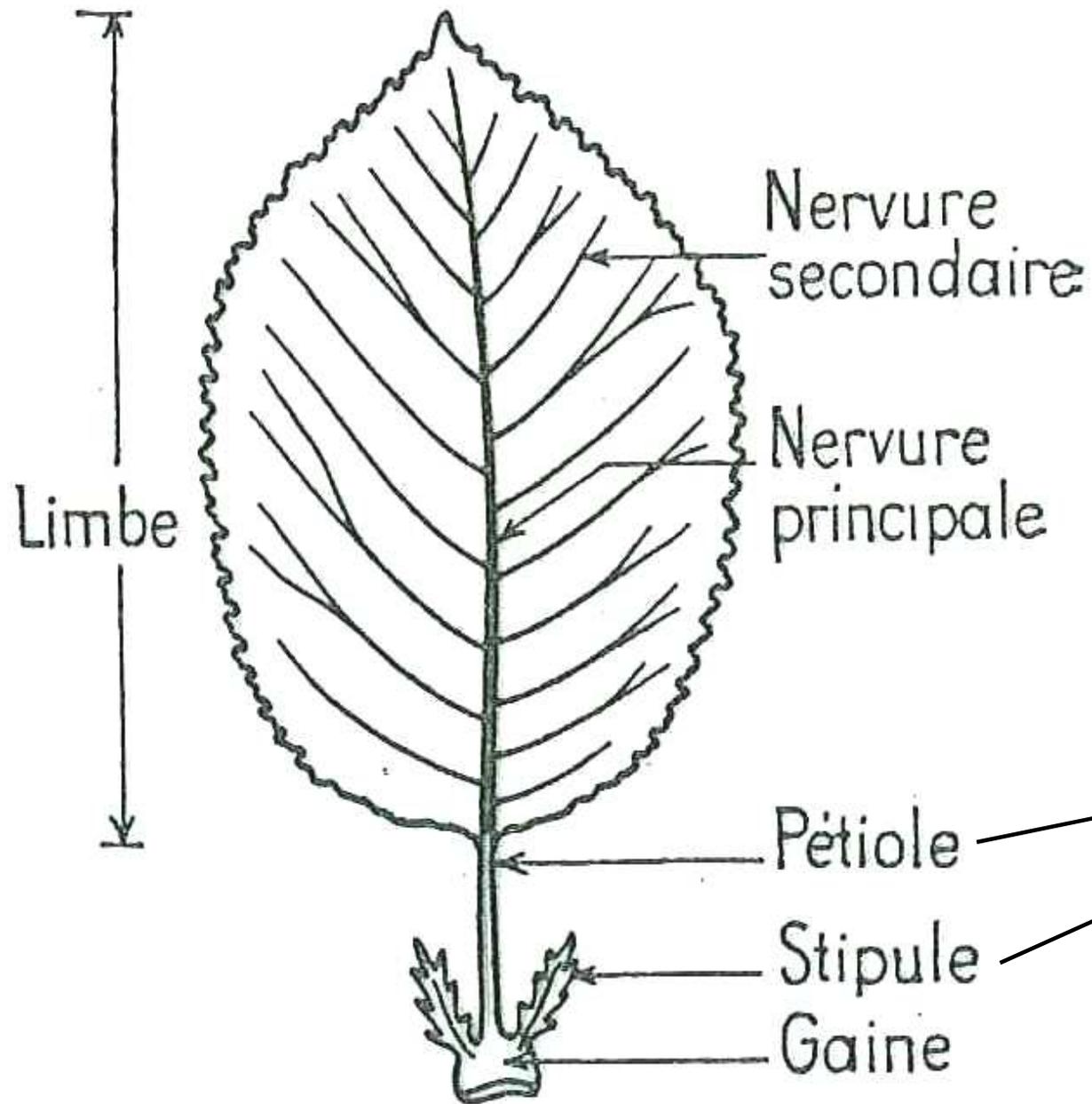


Tiges des Cactacées



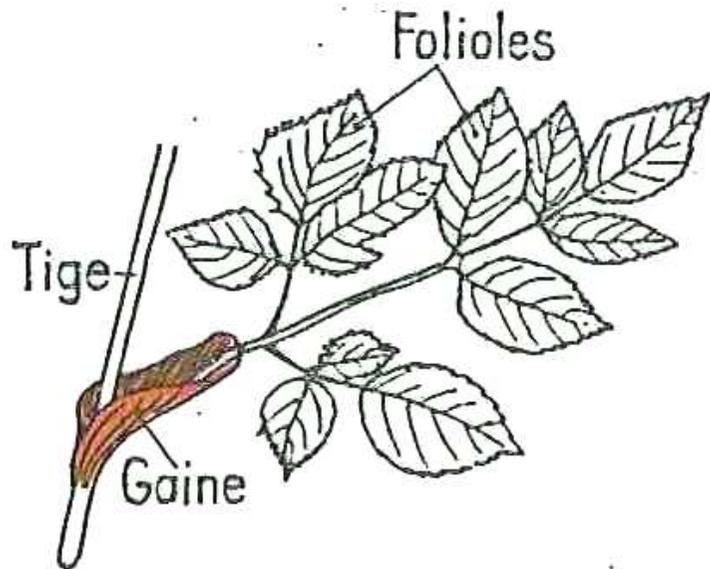
LA FEUILLE

Constitution de la feuille



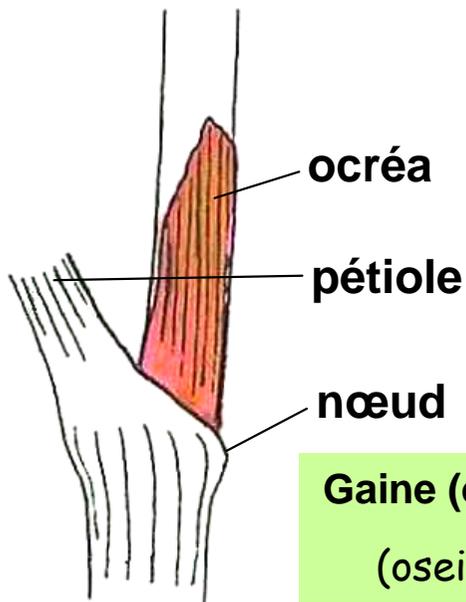
Feuille jeune de prunier
(Rosacées)

LA FEUILLE

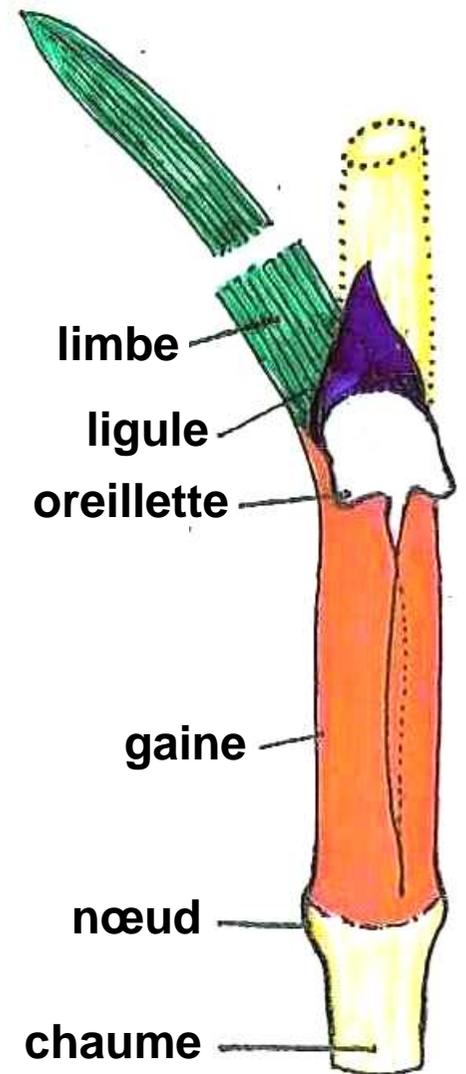


Gaine de la feuille des Apiacées
(carotte, persil, céleri, fenouil, ...)

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)**

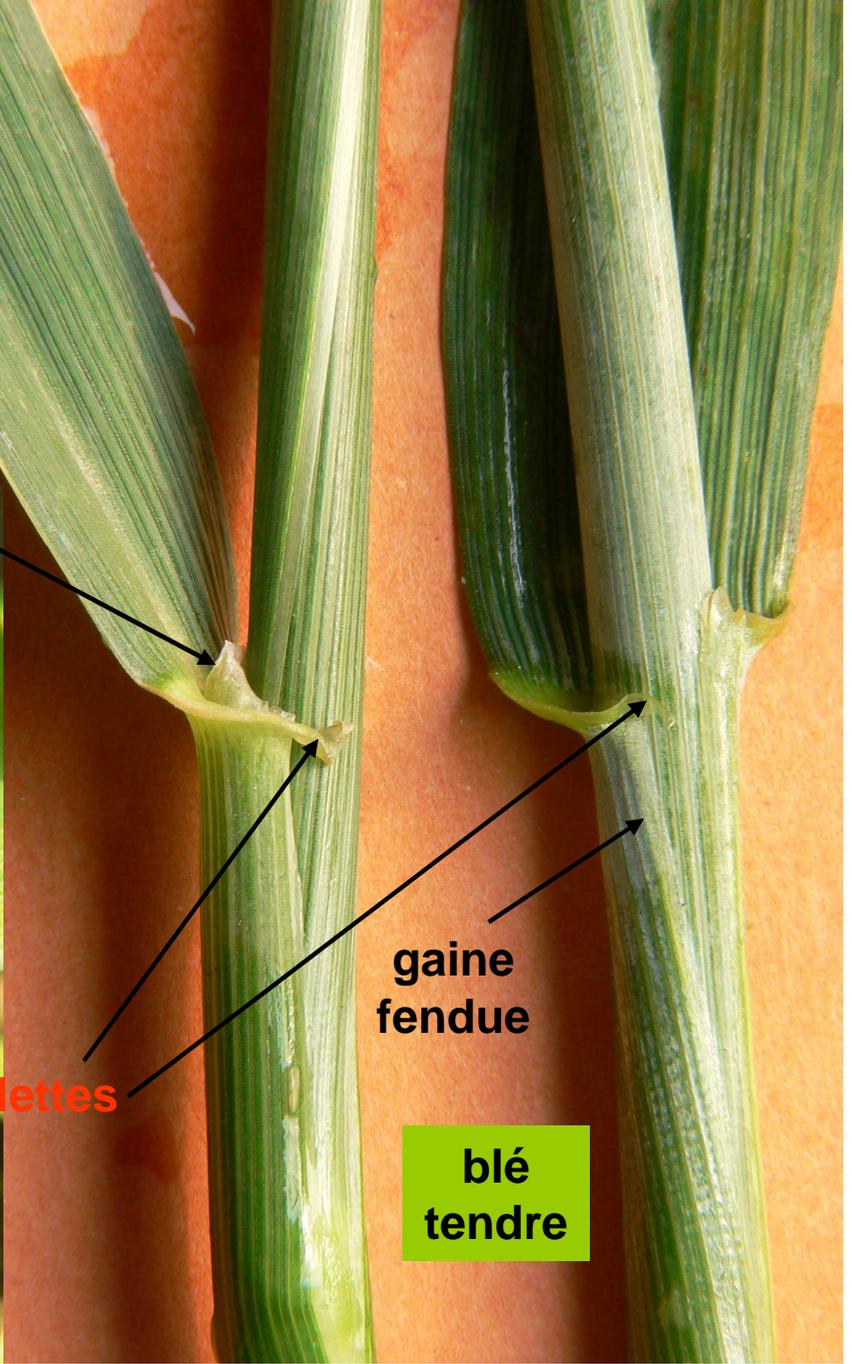
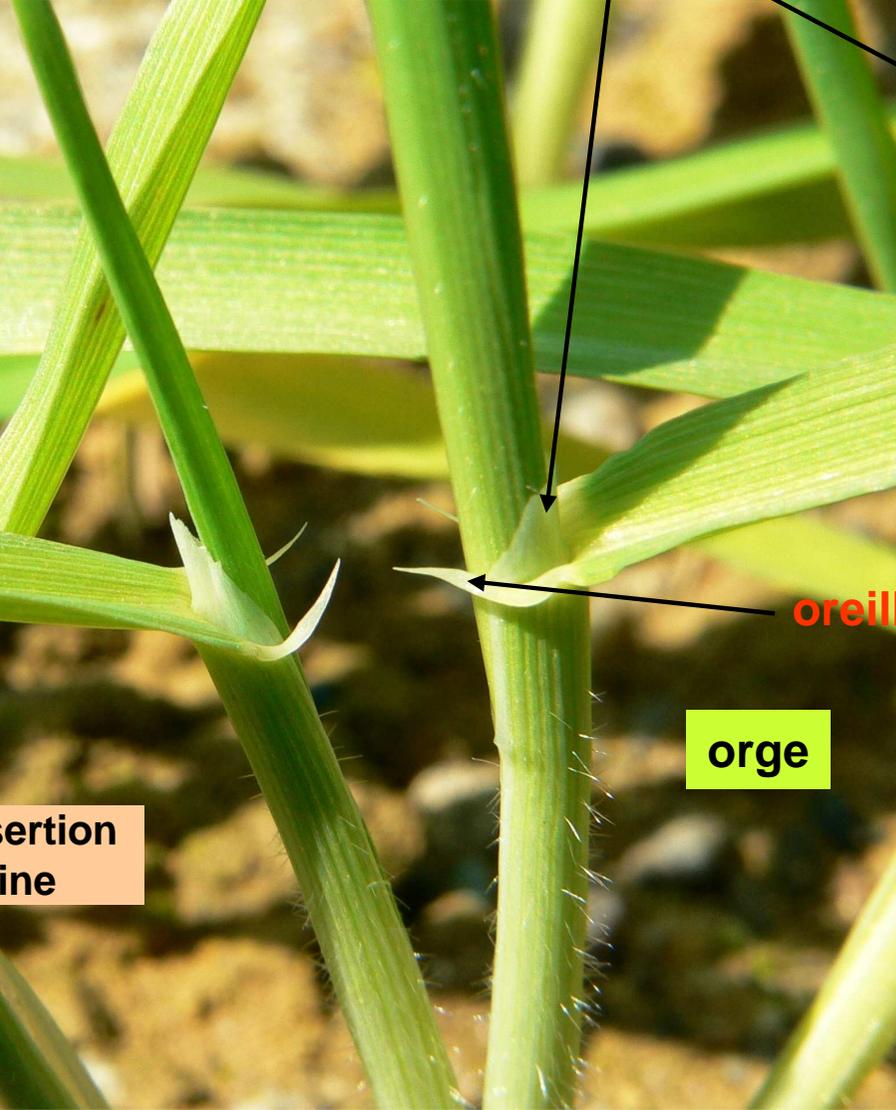
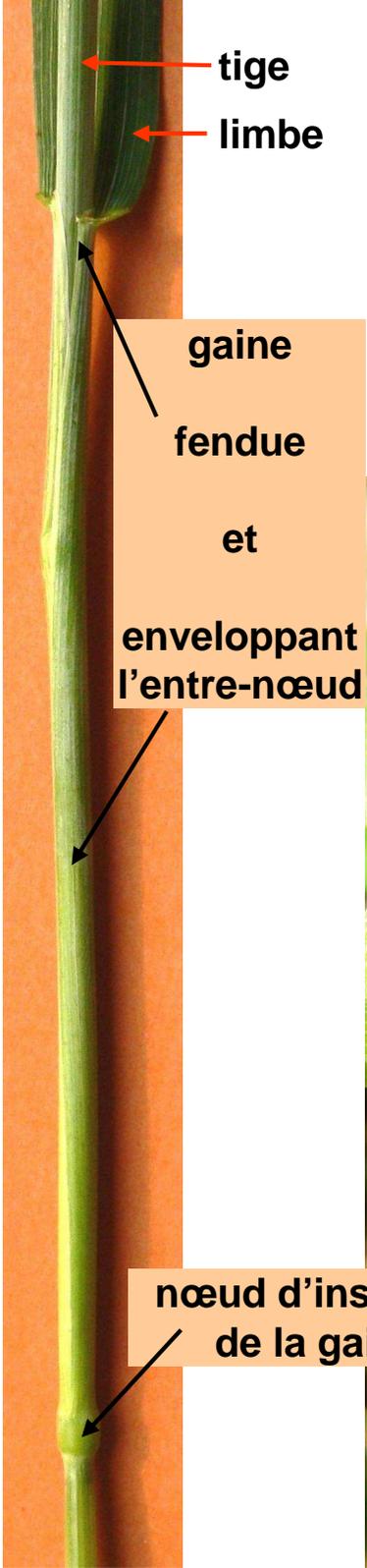


La gaine



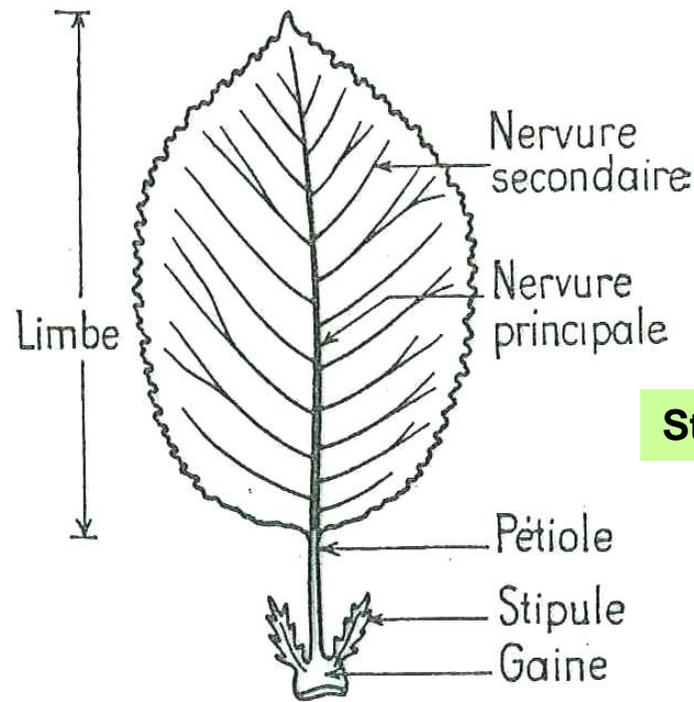
**Gaine (ocréa) de la
feuille des
Polygonacées
(oseille)**

Gaine fendue enveloppante de la feuille des Poacées

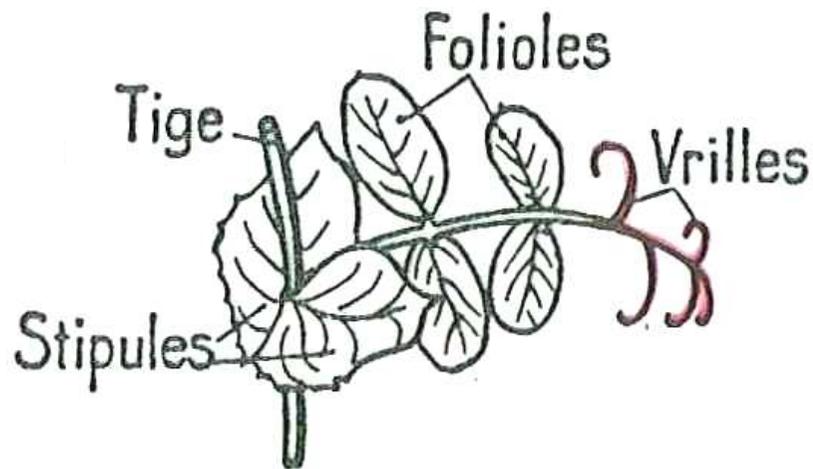


LA FEUILLE

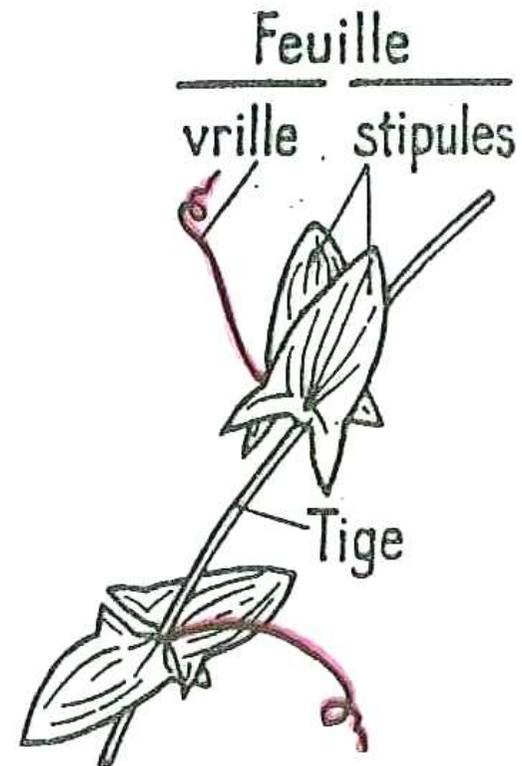
Les stipules



Stipules caduques de prunier



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



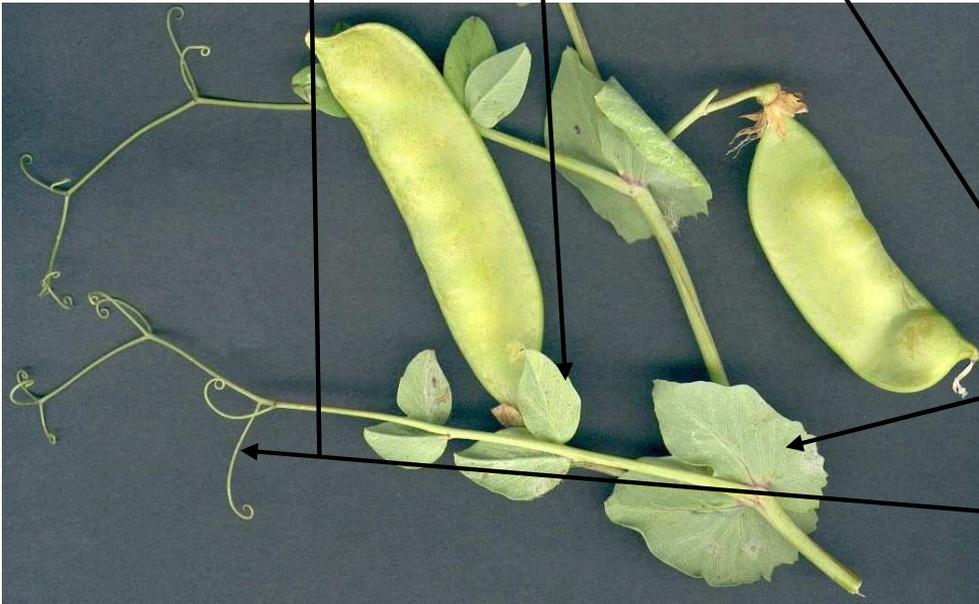
pois, forme classique à limbe développé

Les stipules

Stipules foliacés persistants des Fabacées

folioles du limbe

pois, forme à limbe réduit à la vrille

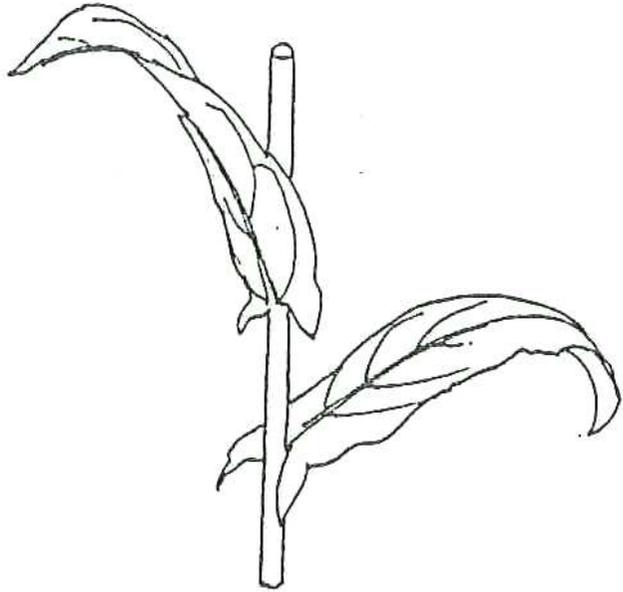


stipules

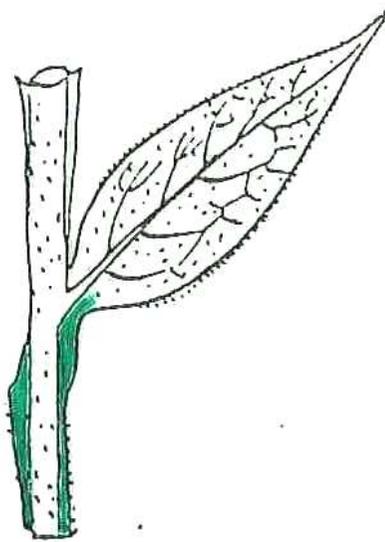
vrille

LA FEUILLE

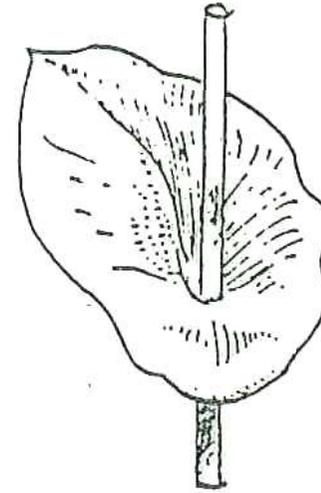
Feuilles sessiles



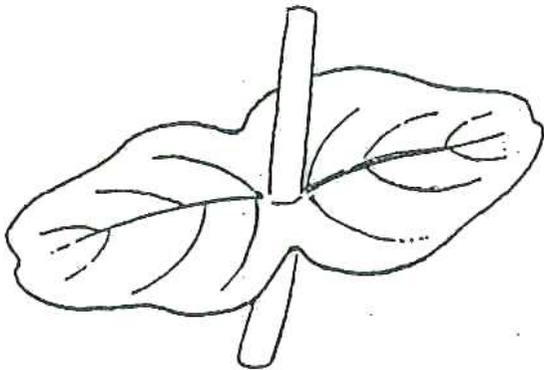
embrassante



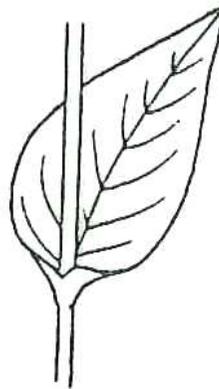
décurente



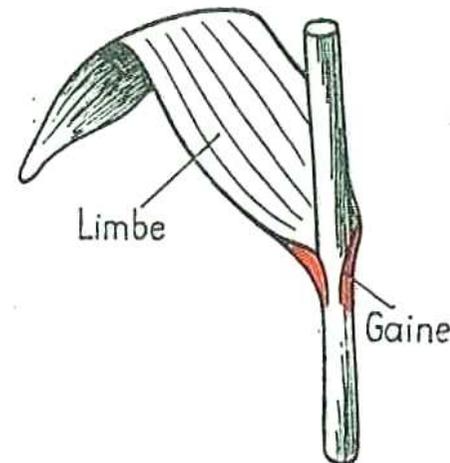
perfoliée



connée



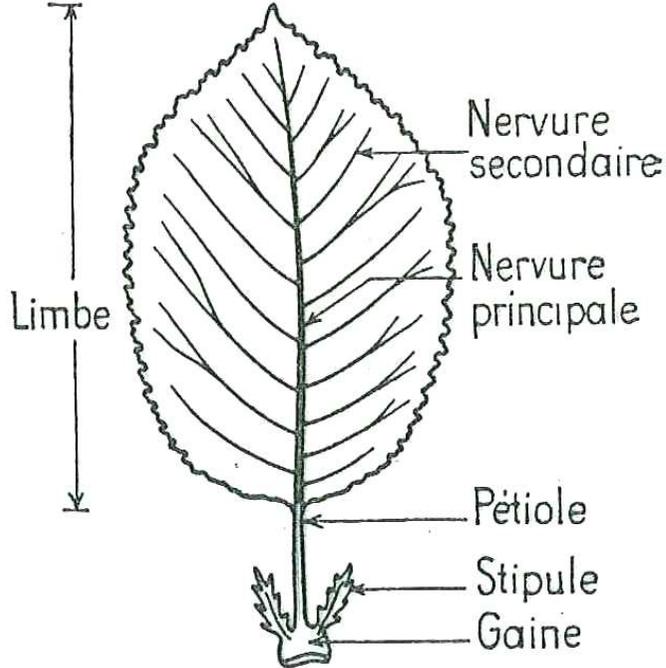
amplexicaule



engainante

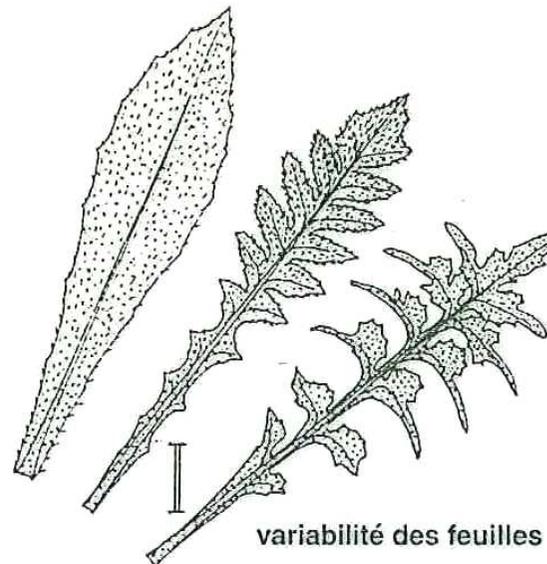
LA FEUILLE

Types de limbes

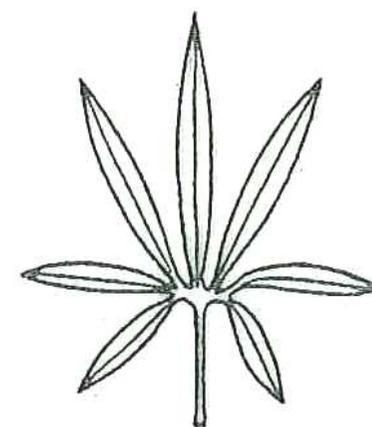


Limbes simples

prunier

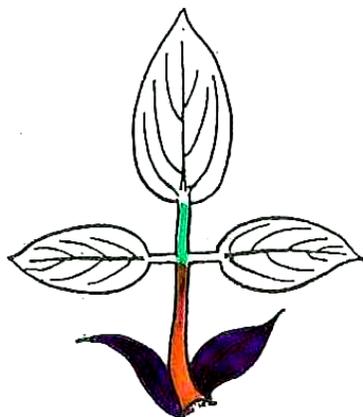


capselle bourse-à-pasteur

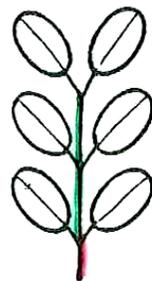


hellébore fétide

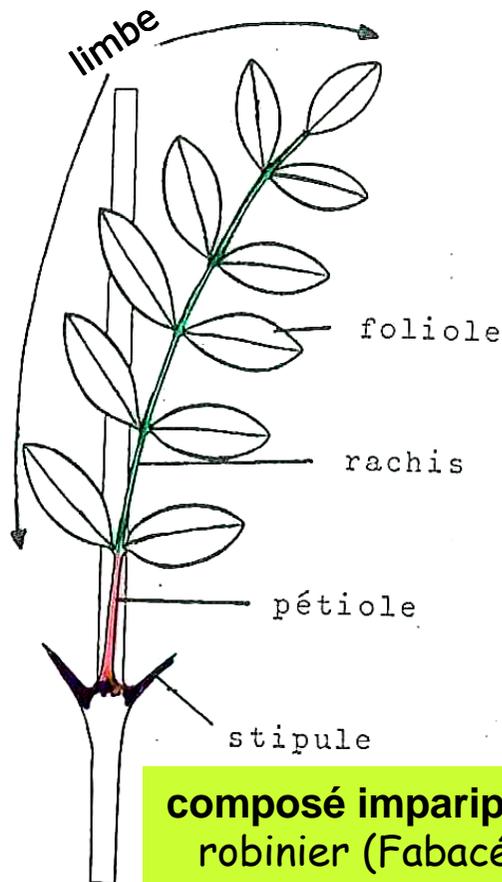
Limbes composés



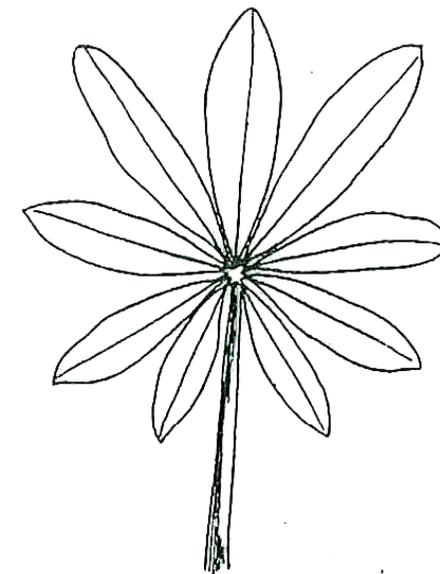
**composé trifoliolé
trèfle - Fabacées**



**composé
paripenné**



**composé imparipenné
robinier (Fabacées)**



**composé palmé
lupin (Fabacées)**

Types de limbes

limbe composé : robinier

limbes simples

limbe avec folioles en place

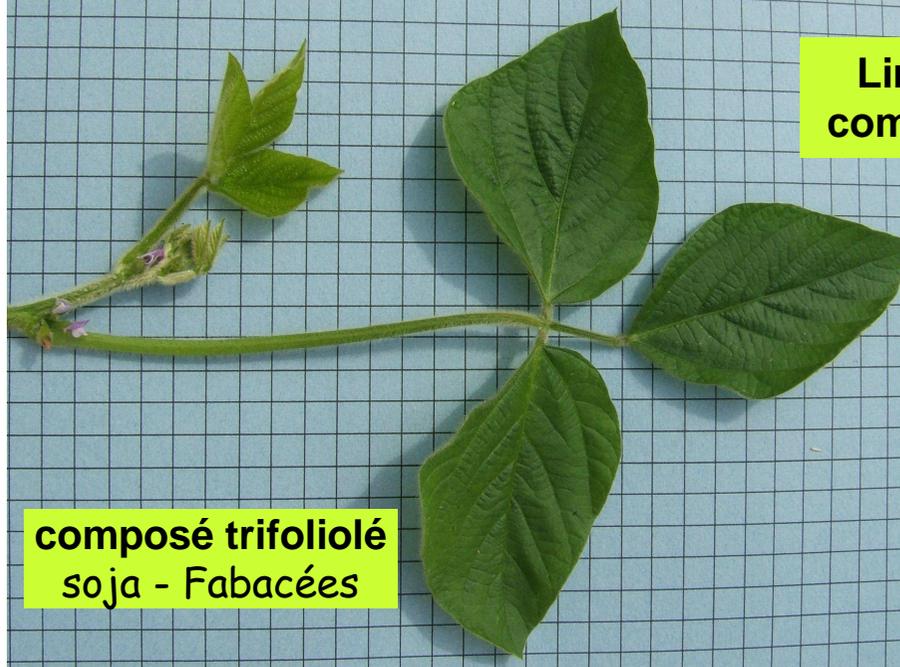
chute des folioles

navet



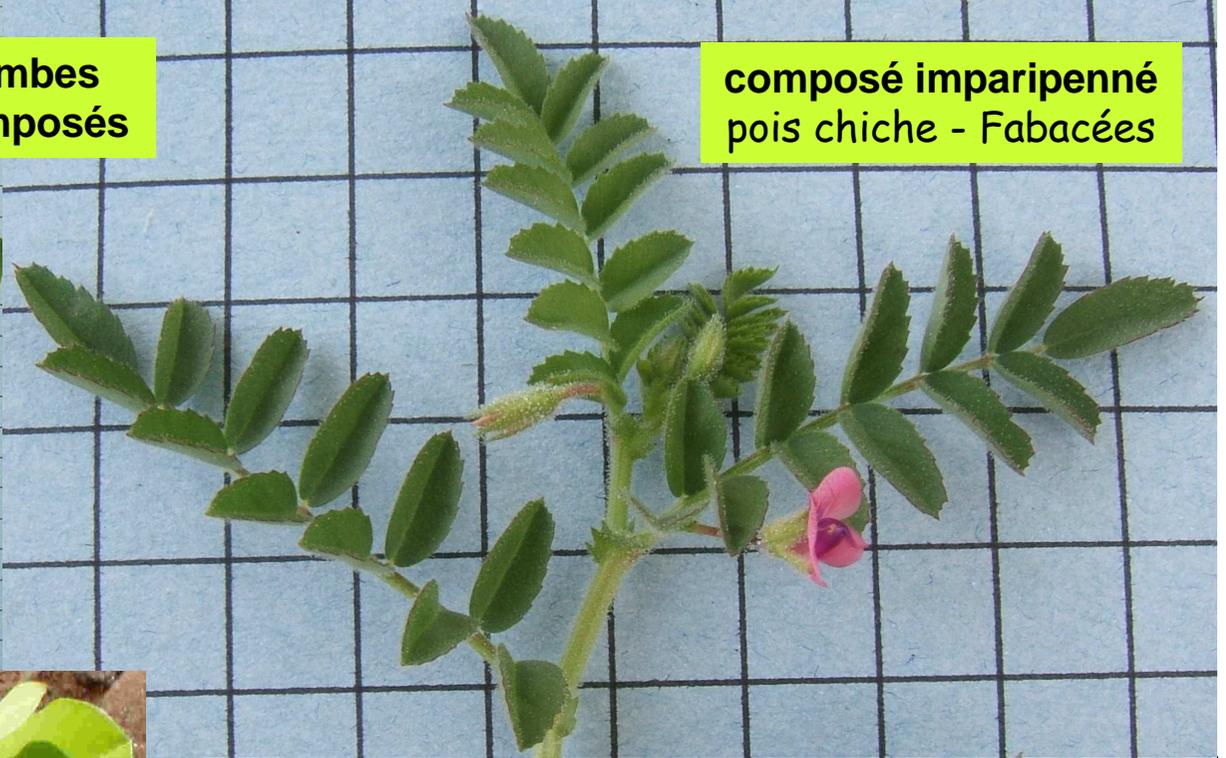
hellébore



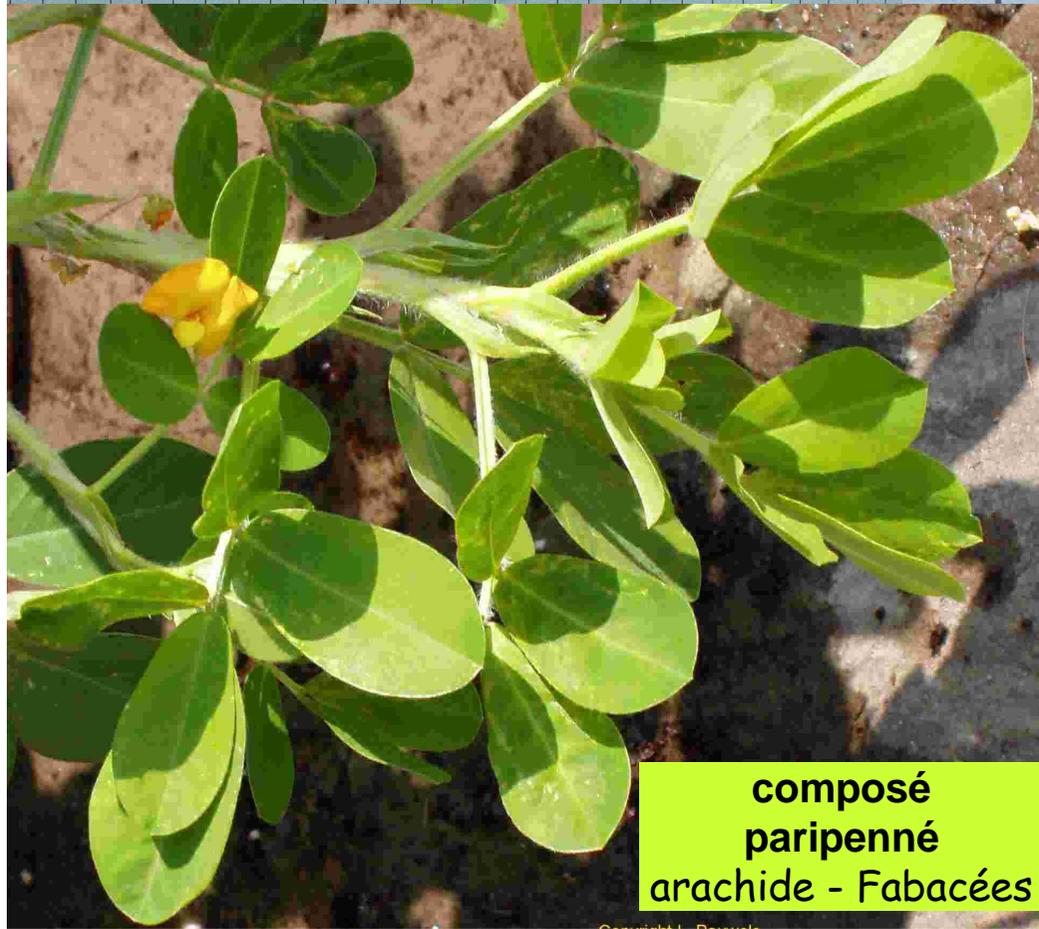


composé trifoliolé
soja - Fabacées

Limbes
composés



composé imparipenné
pois chiche - Fabacées



composé
paripenné
arachide - Fabacées



composé palmé
marronnier

LA FEUILLE

Formes du bord du limbe



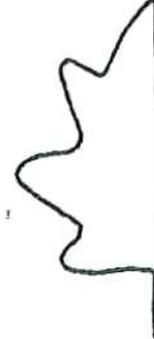
entier



ondulé
(sinué)



crénelé



lobé



denté



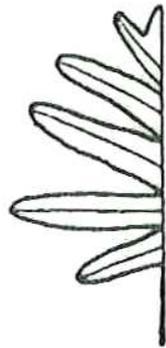
denticulé



pennatifide



pennatipartite



pennatiséqué



palmatifide



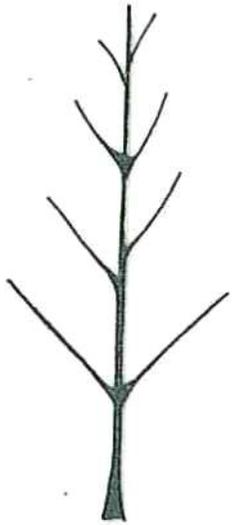
palmatipartite



palmatiséqué

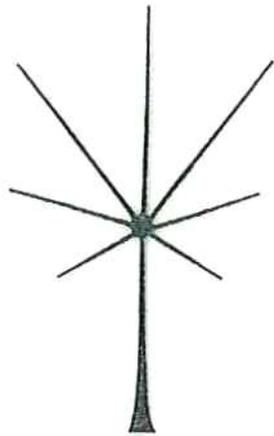
LA FEUILLE

La nervation



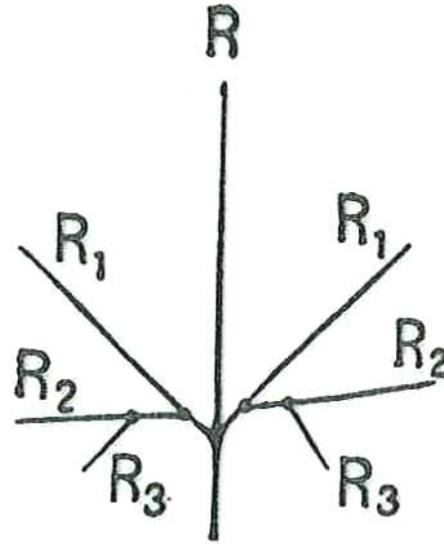
pennée

Chêne (*Quercus sp.*)

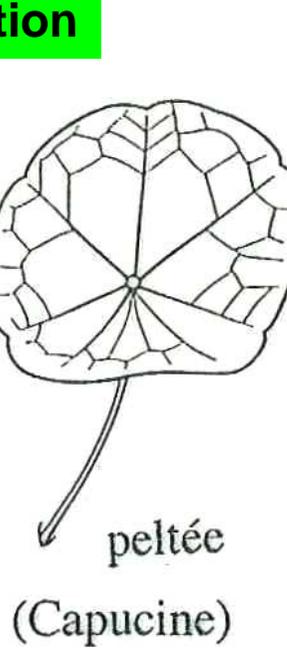


palmée

Figuier (*Ficus carica*)



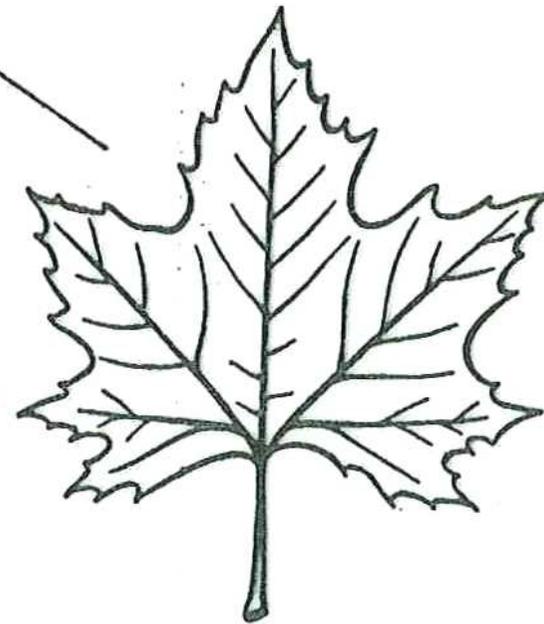
pédalée



peltée
(Capucine)



parallèle
(Monocotylédones)



Platane (*Platanus sp.*)

La nervation des Dicotylédones



pennée
chêne



palmée
figuier



pédalée
platane

La nervation parallèle des Monocotylédones



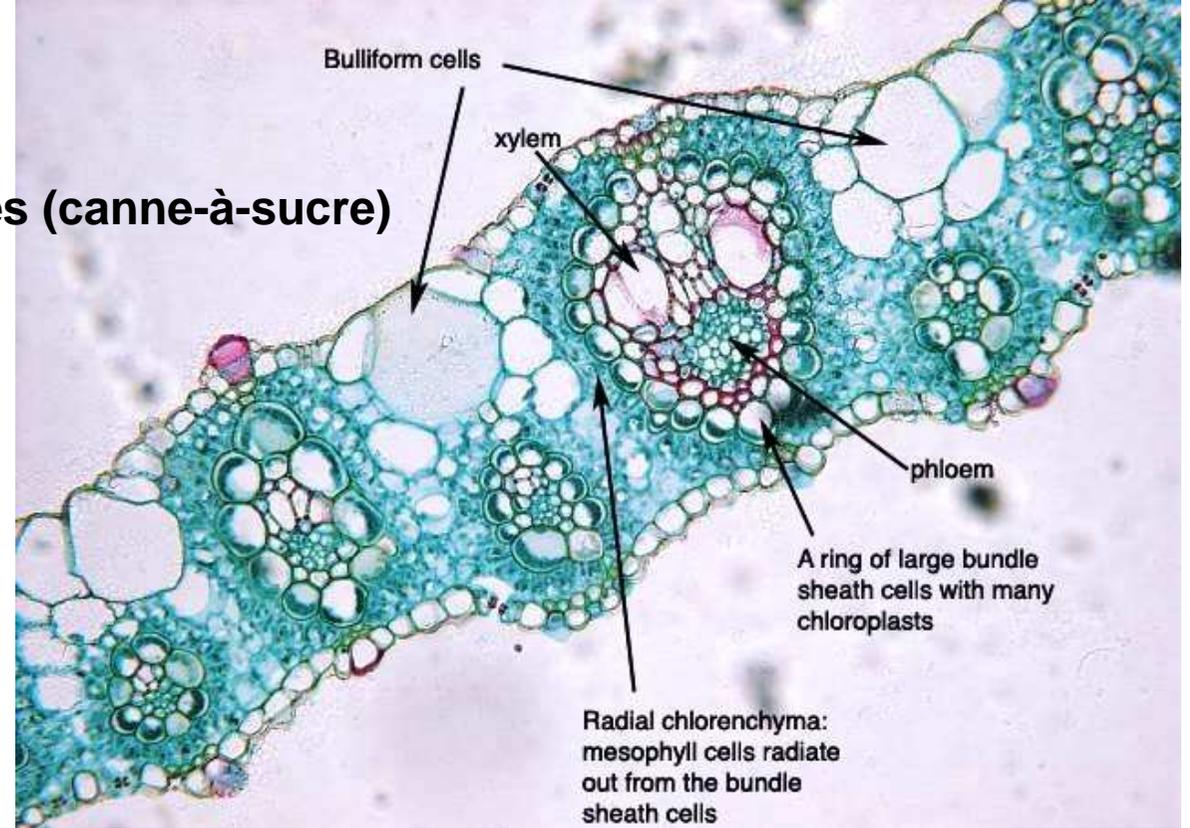
poireau



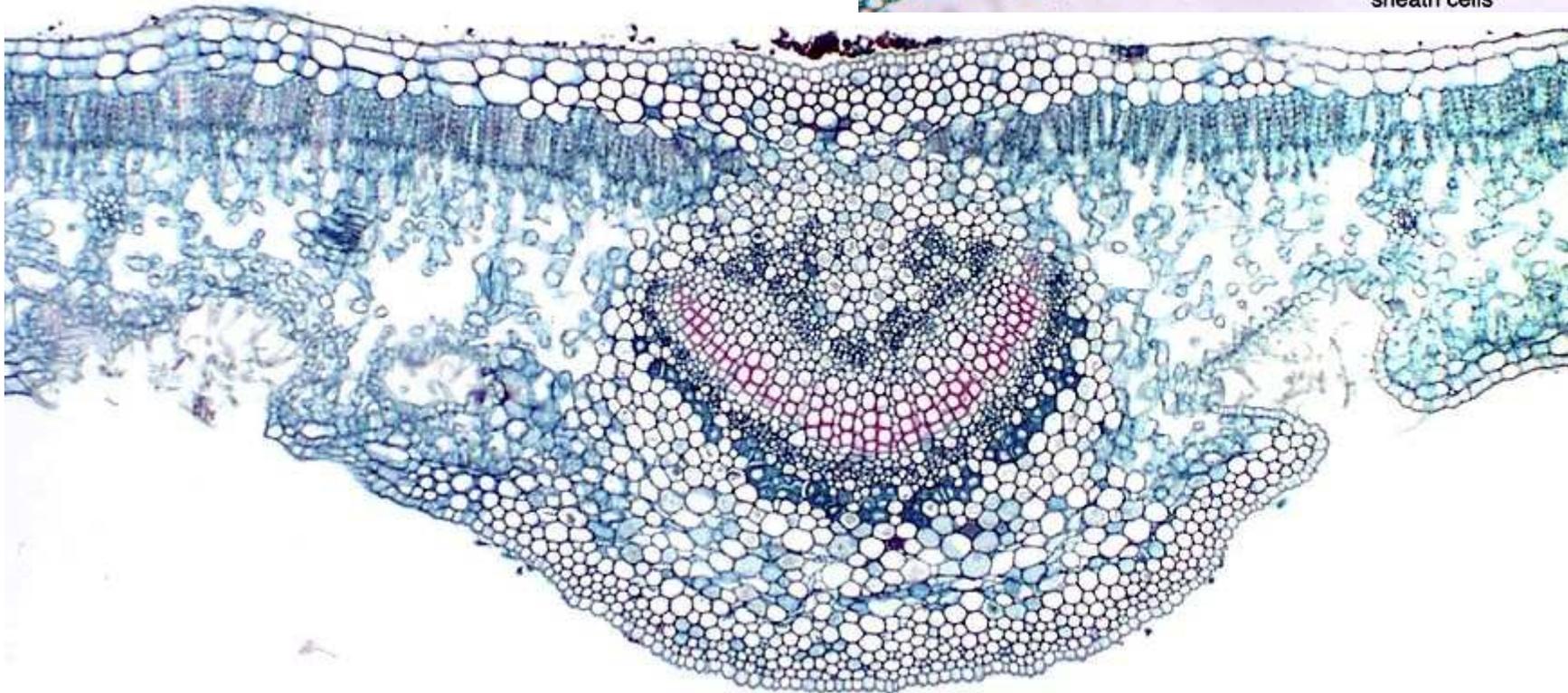
maïs

Monocotylédones (canne-à-sucre)

Anatomie de la feuille



Dicotylédones (laurier-rose)



LA FEUILLE

Feuilles des Gymnospermes

en écailles appliquées sur le rameau



cyprès

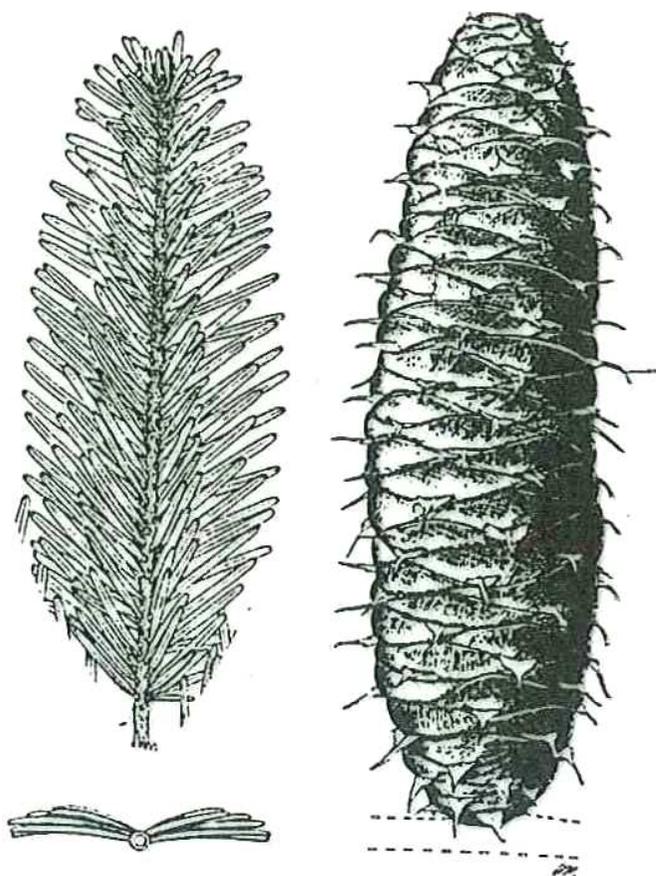


thuya

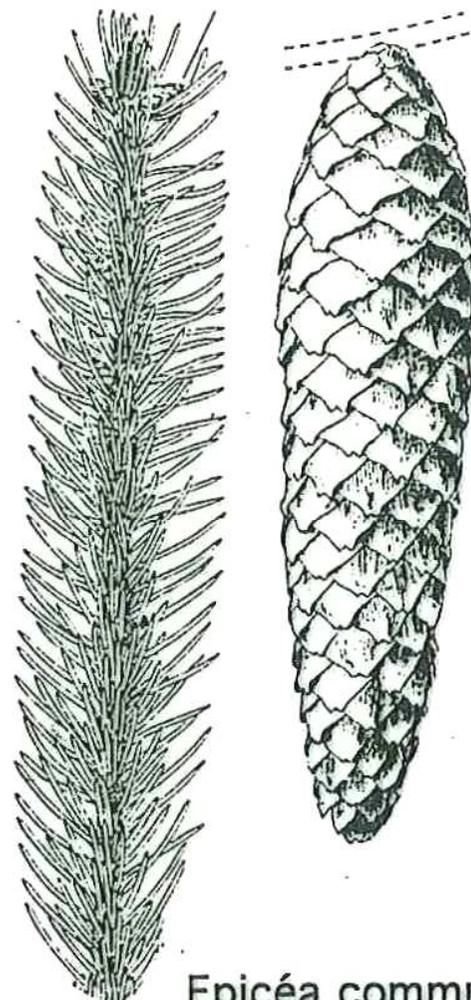
LA FEUILLE

Feuilles des Gymnospermes

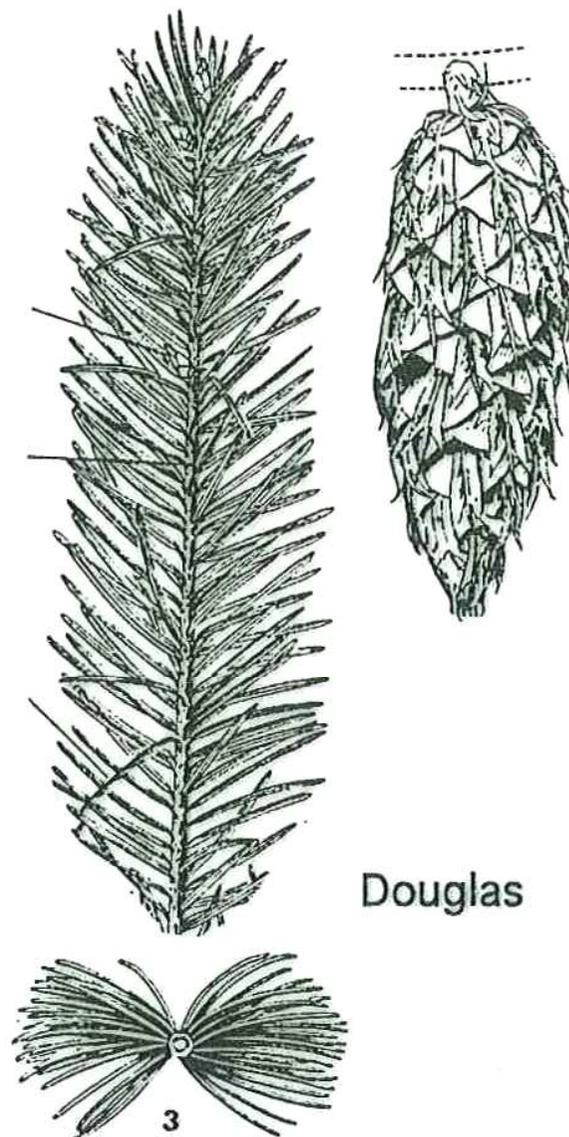
en aiguilles isolées autour du rameau



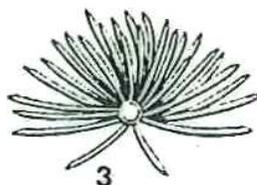
Sapin pectiné



Epicéa commun



Douglas



3

Feuilles des Gymnospermes

en aiguilles isolées autour du rameau

sapin

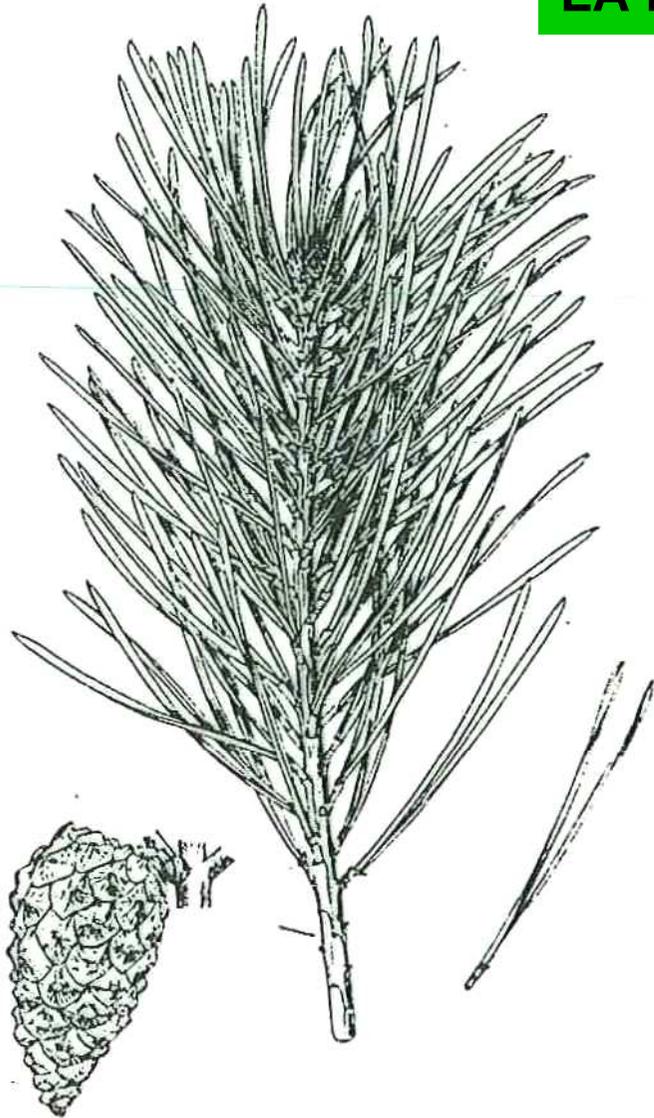


épicéa



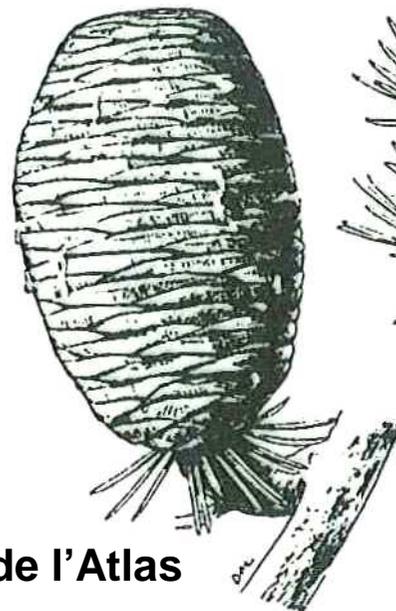
LA FEUILLE

Feuilles des Gymnospermes :
feuilles en aiguilles

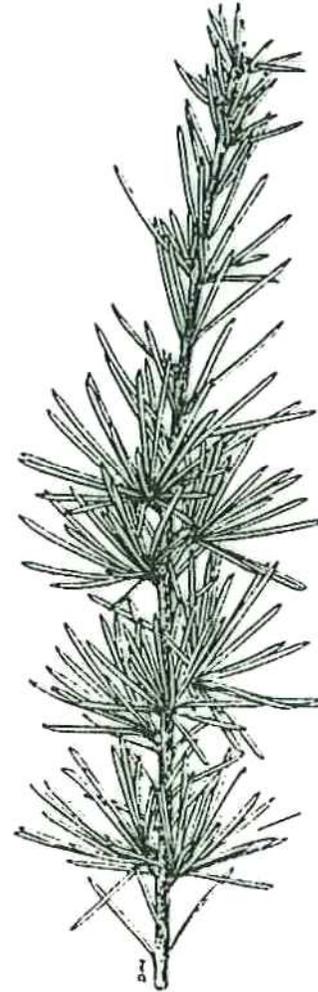


Pin sylvestre

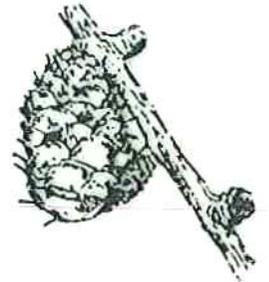
groupées par 2, 3 ou 5
sur des rameaux nains :
Pins



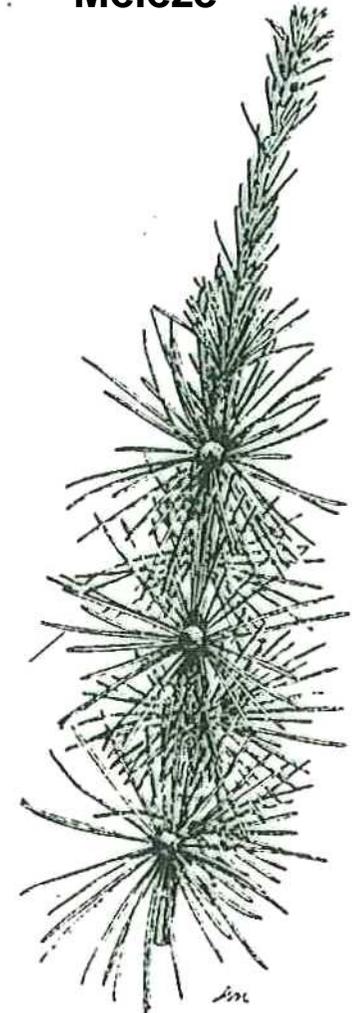
Cèdre de l'Atlas



groupées en
bouquets sur des
rameaux courts



Méleze

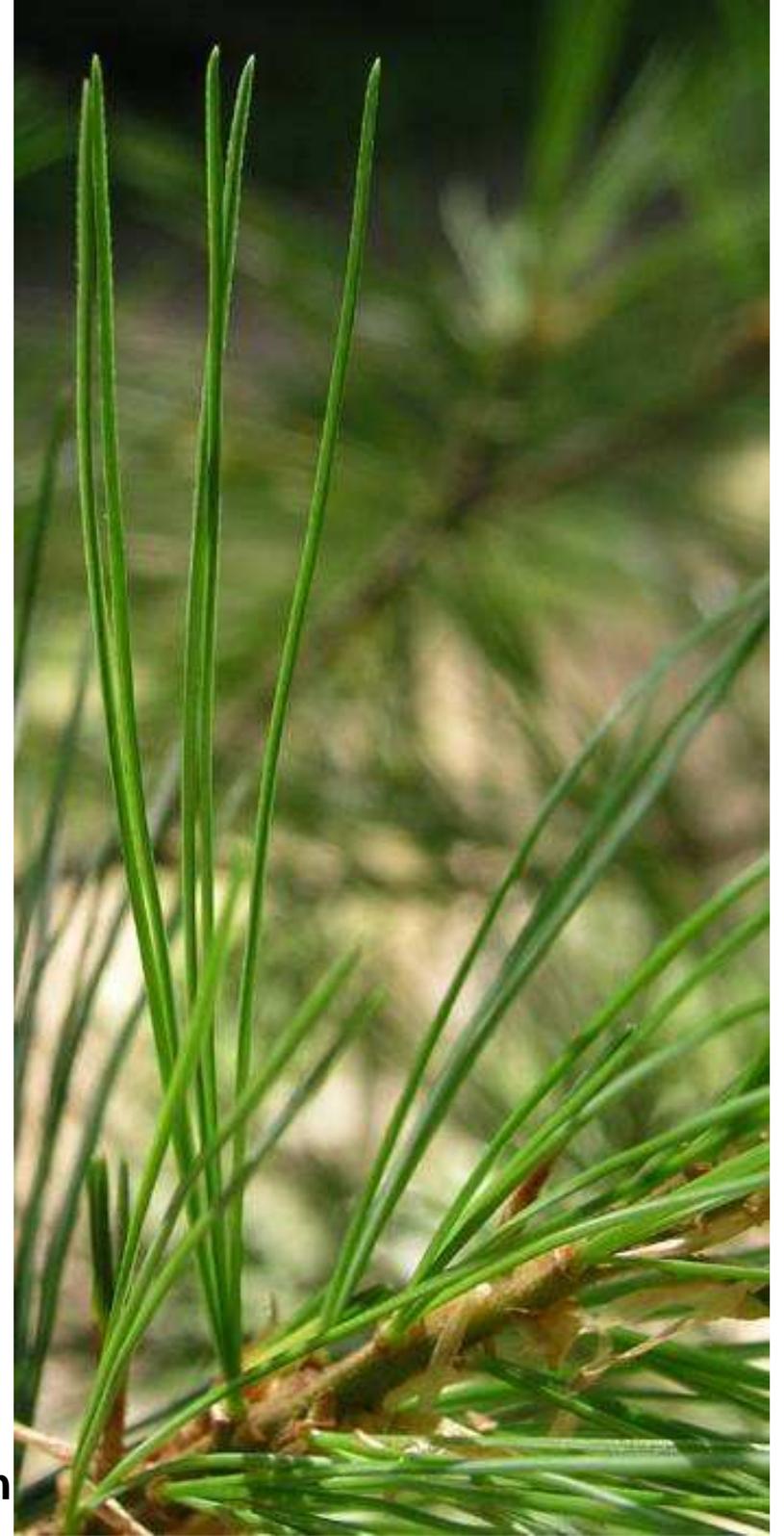


**Feuilles des Gymnospermes :
feuilles en aiguilles**

**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

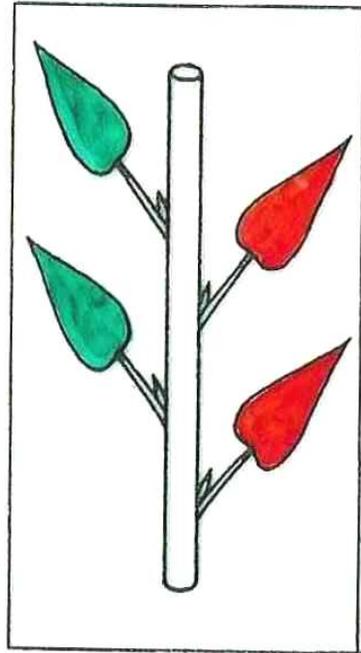


mélèze

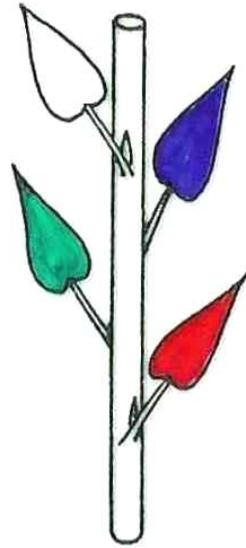


LA FEUILLE

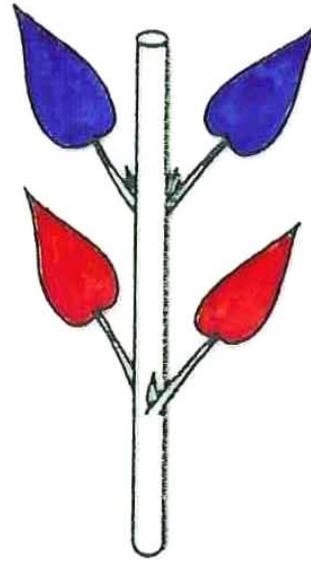
Disposition des feuilles



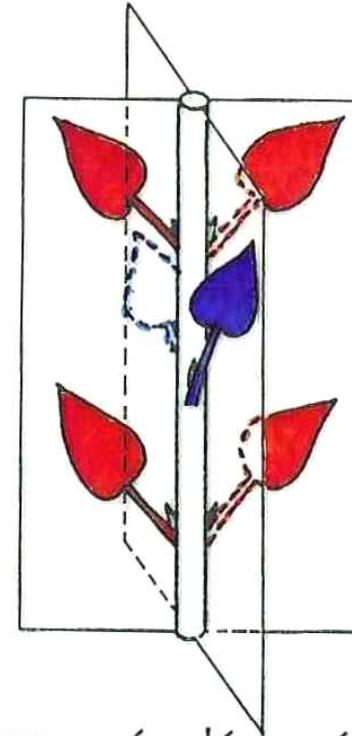
alterne distique



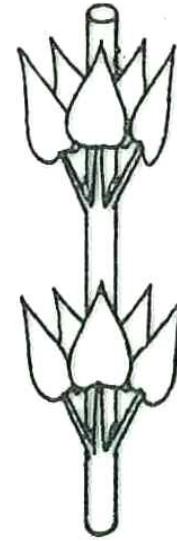
alterne
hélicoïdale



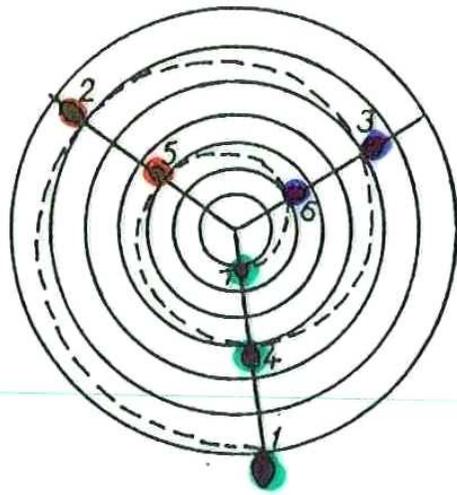
opposée



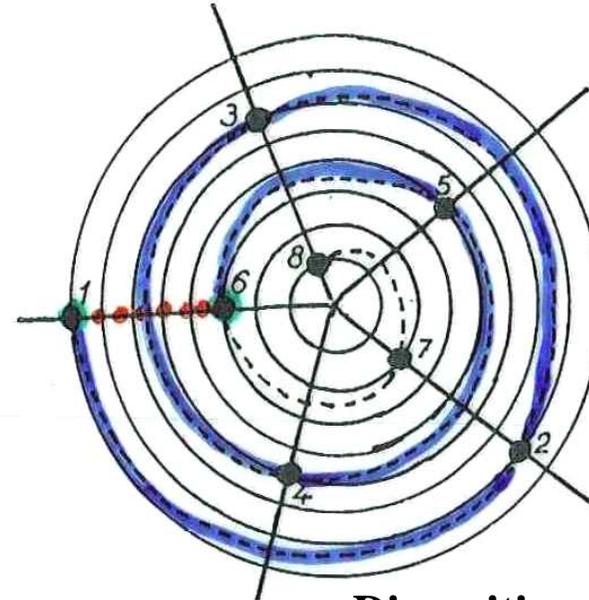
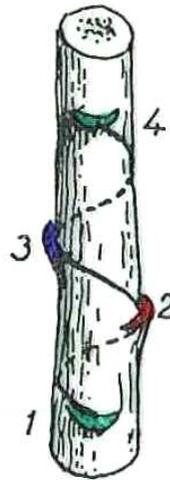
opposée décussée



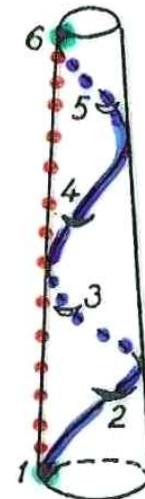
verticillée



Disposition alterne tristique



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

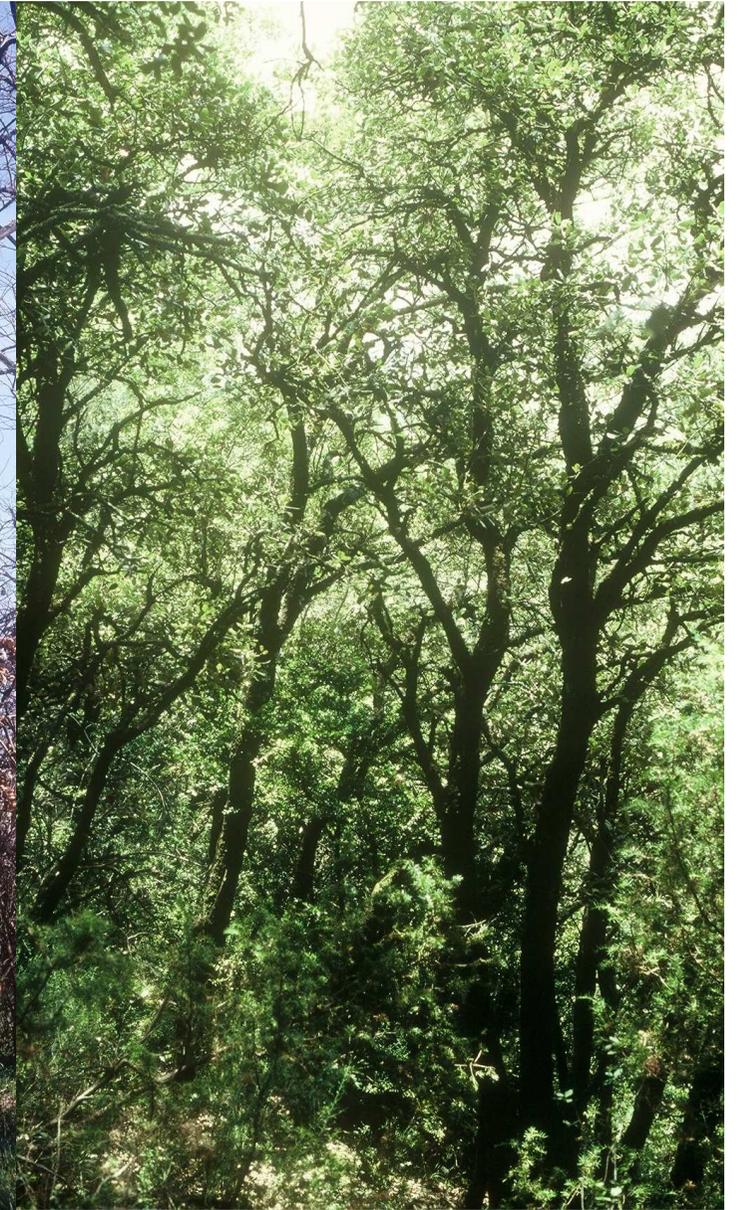
La chute des feuilles

Exemple des chênes

feuilles caduques
chêne pédonculé

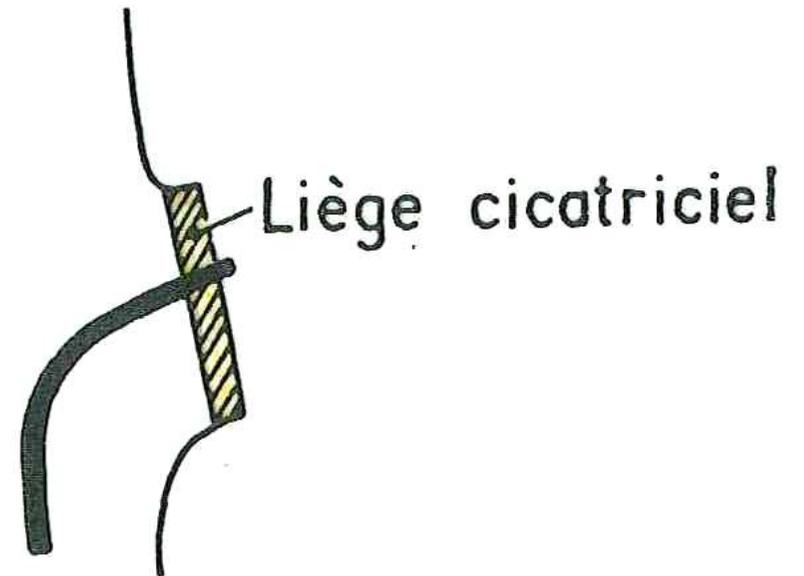
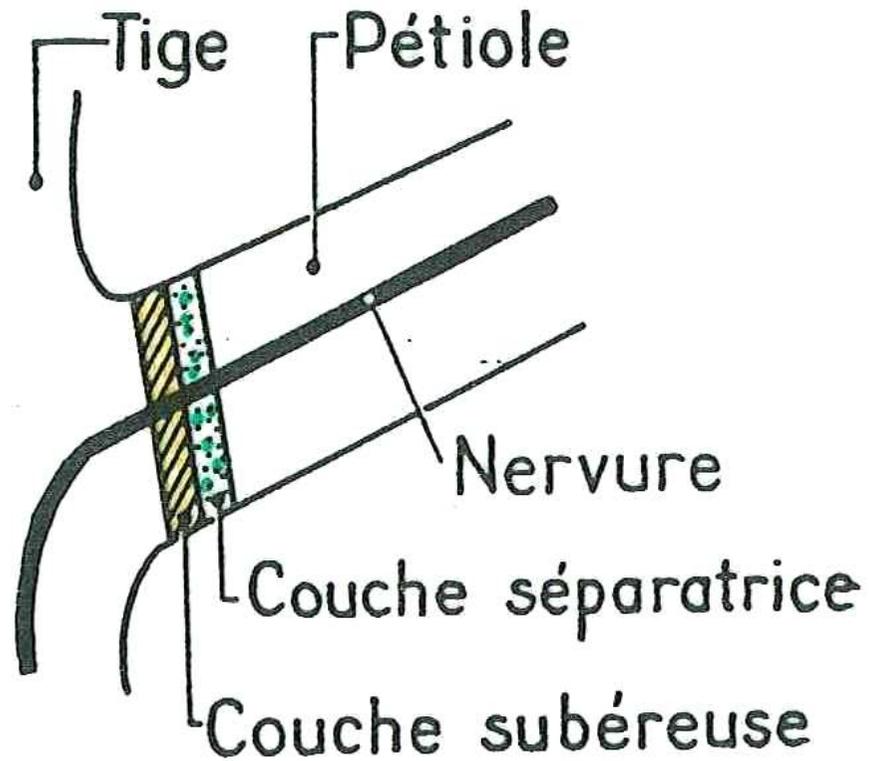
feuilles caduques marscescentes
chêne pubescent

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

