

COURS DE BOTANIQUE

L'APPAREIL VÉGÉTATIF DES VÉGÉTAUX SUPÉRIEURS

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

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

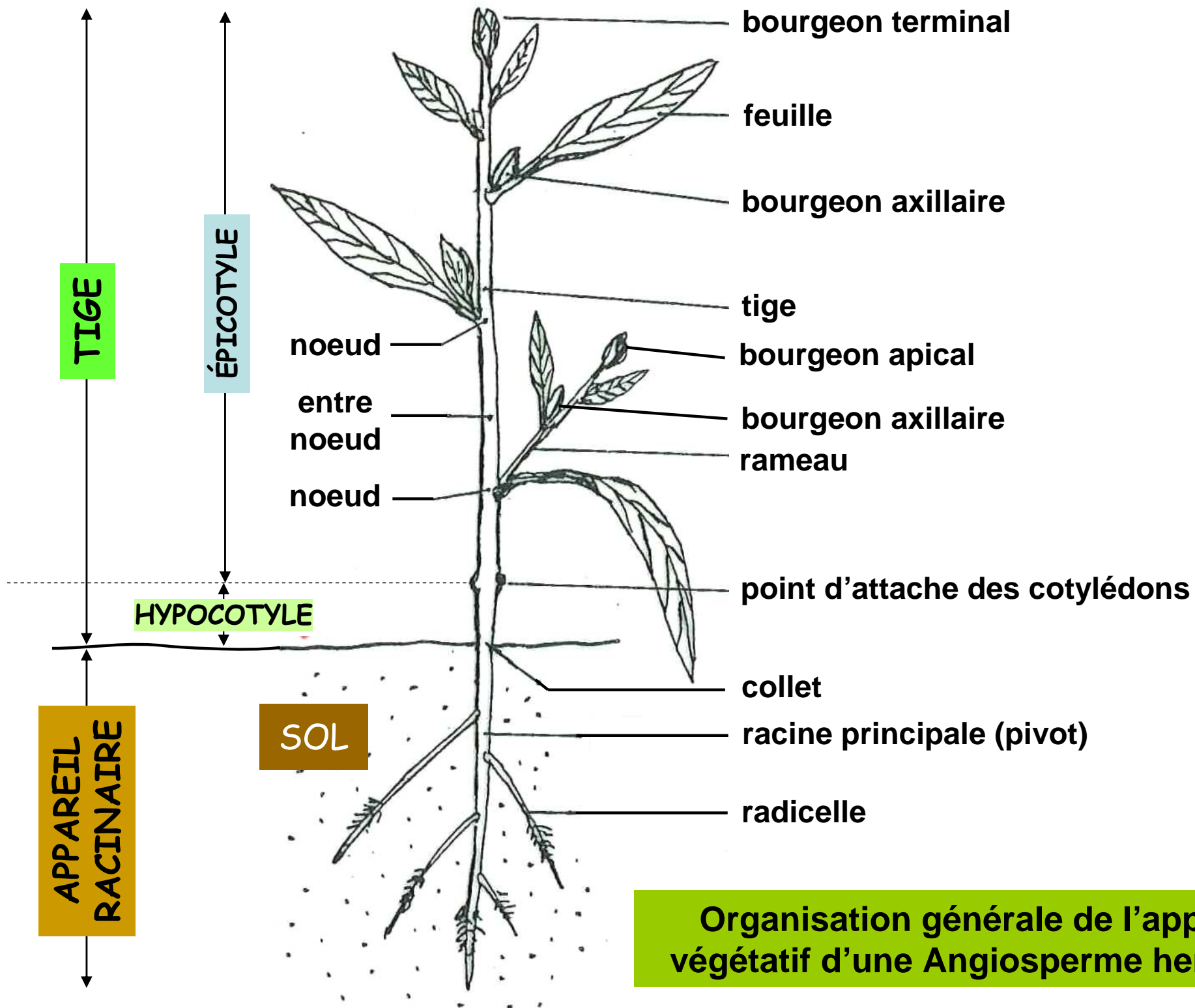
3.1. Les différentes parties de la feuille

3.2. Anatomie de la feuille

3.3. La disposition des feuilles sur la tige

3.4. Transformation des feuilles

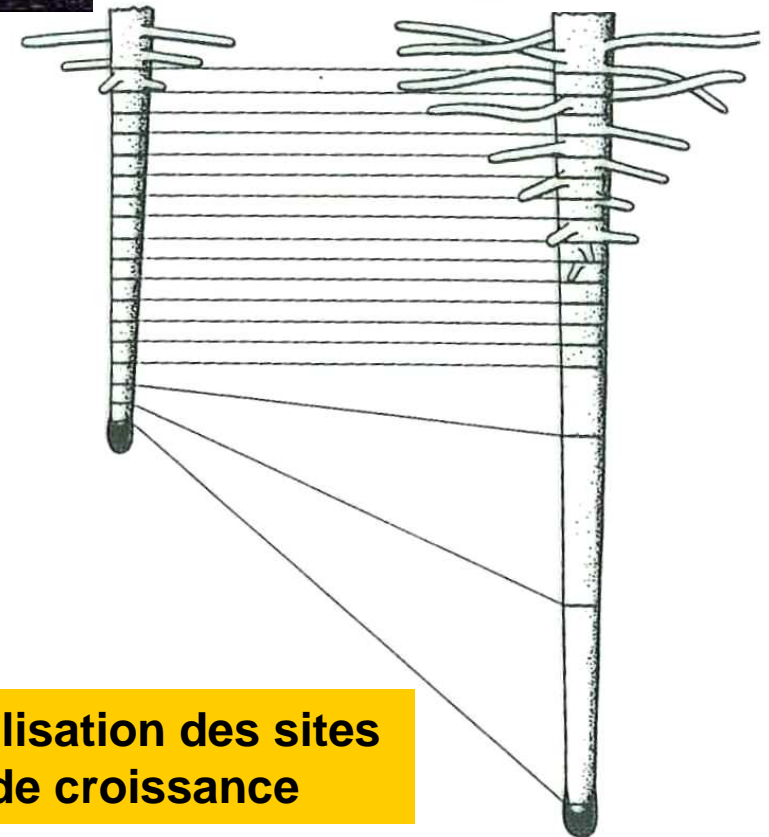
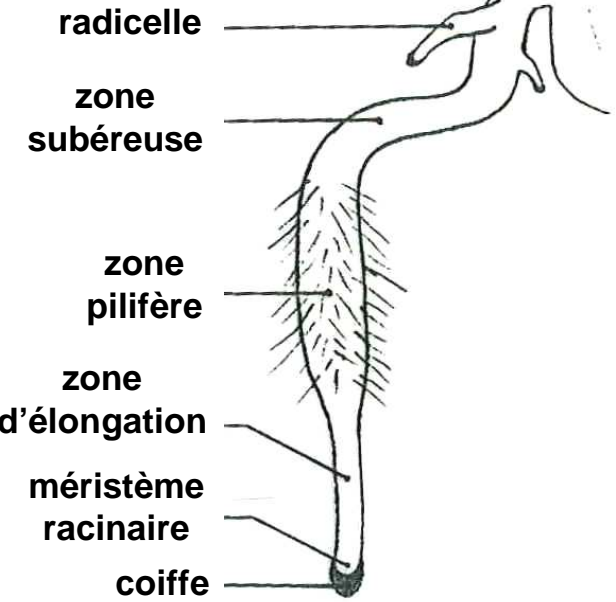
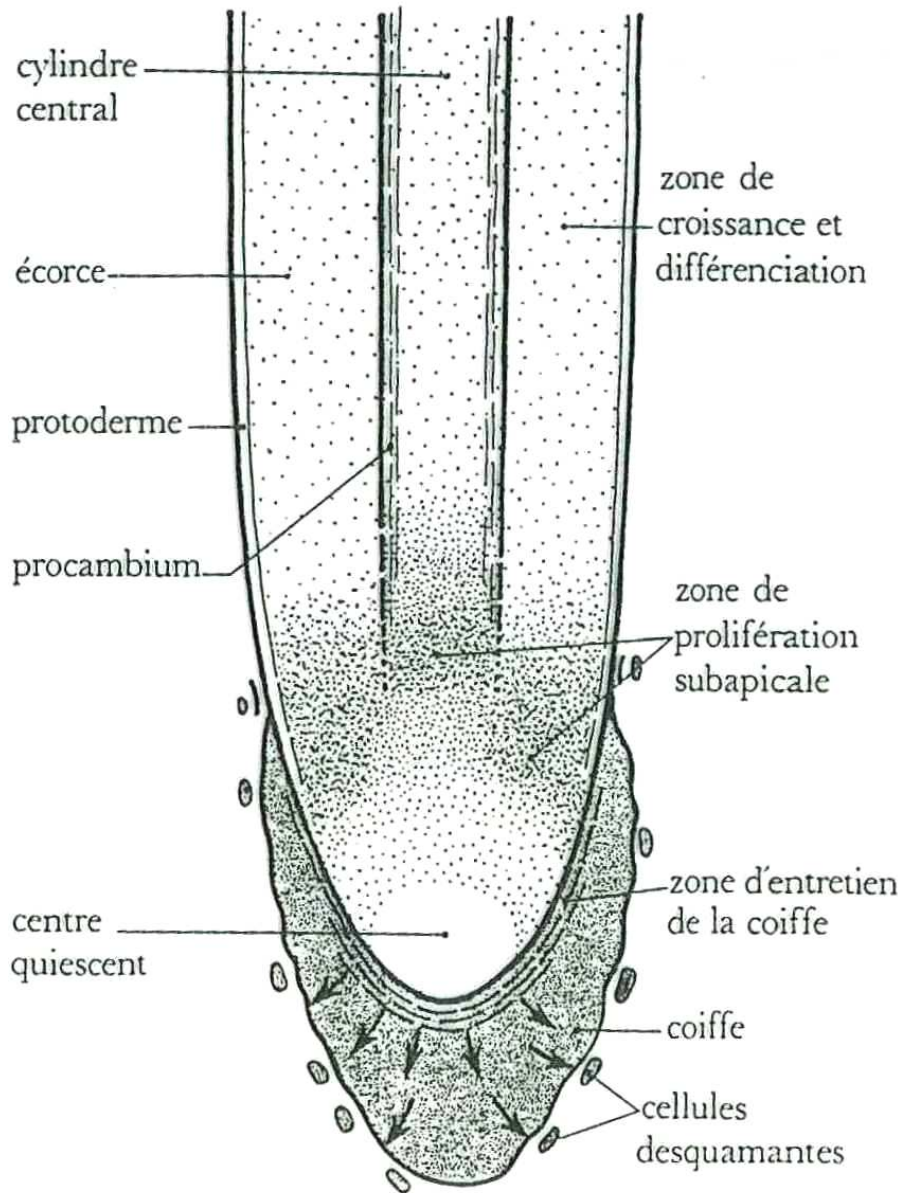
3.5. La chute des feuilles



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

LA RACINE

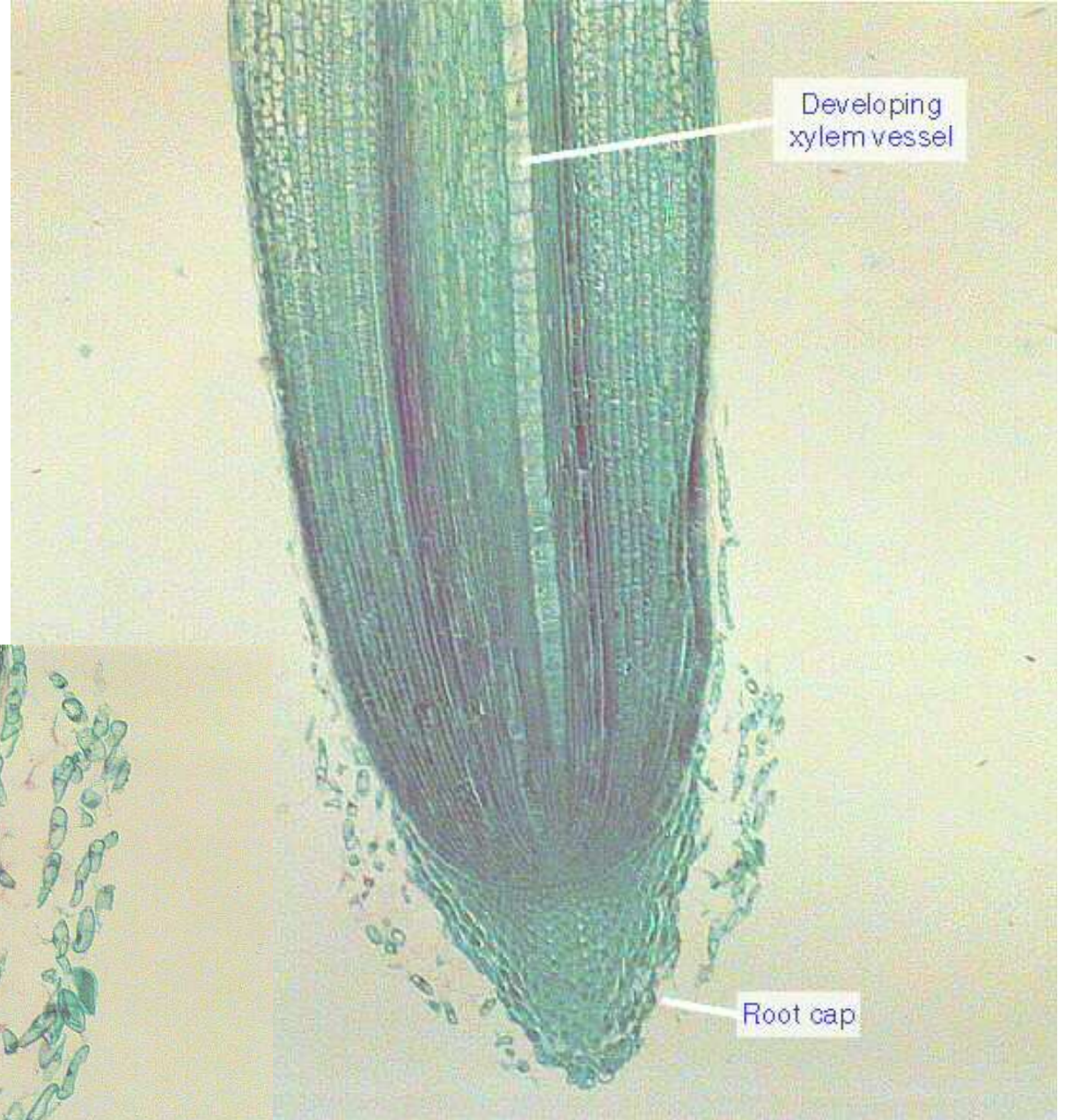
Les différentes parties de la racine



Détail de la zone apicale de la racine

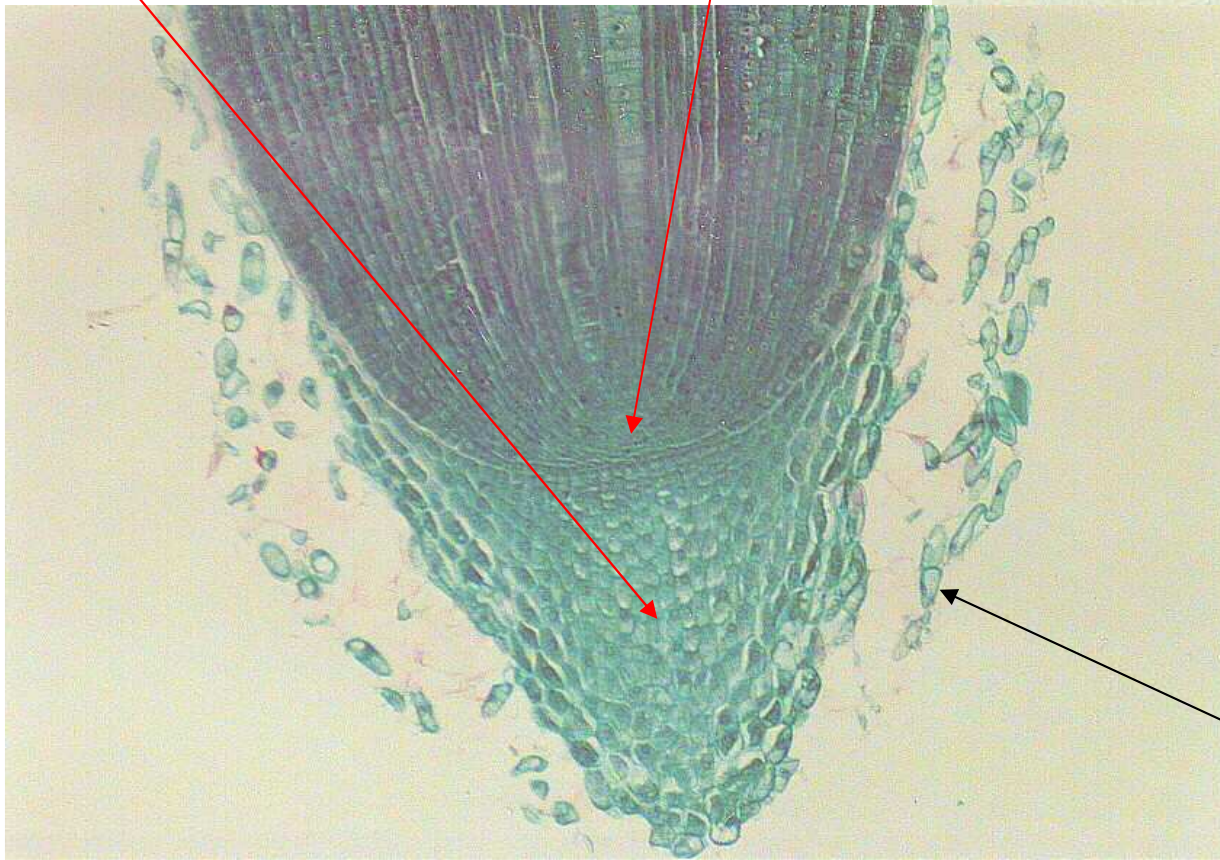
Localisation des sites de croissance

LA RACINE



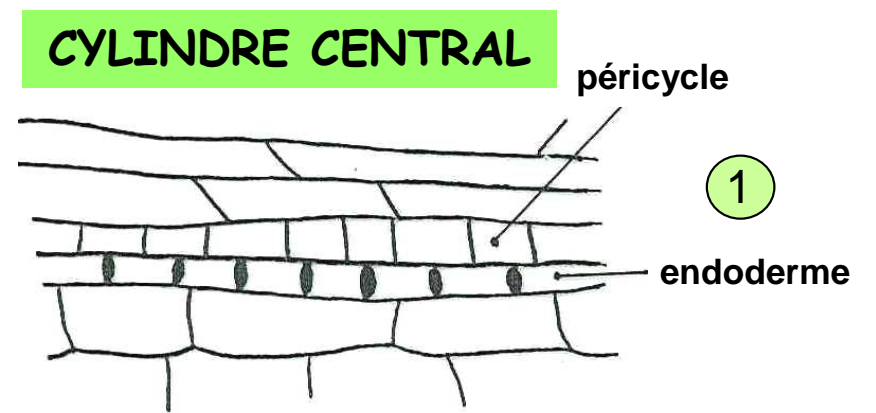
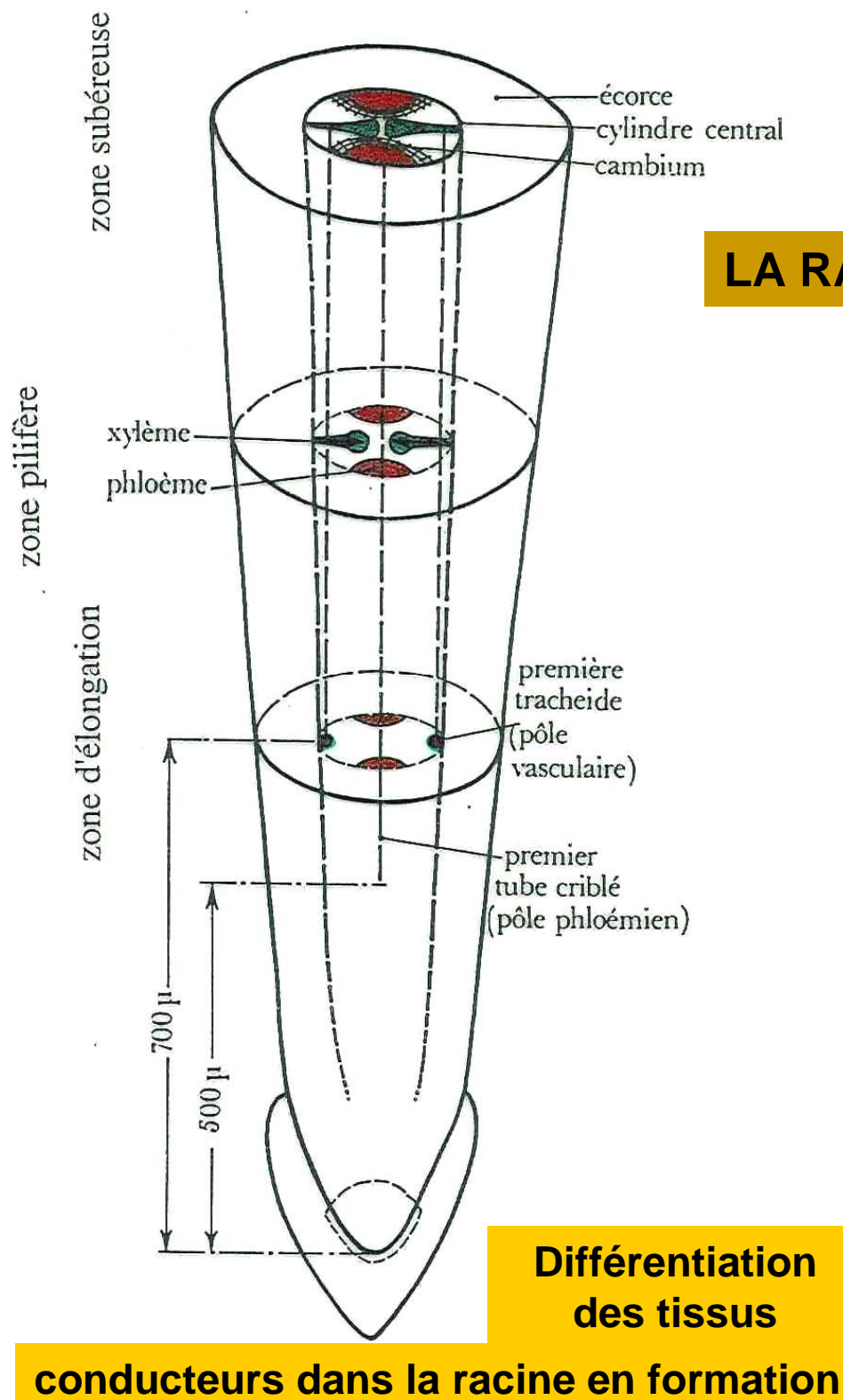
coiffe

méristème racinaire

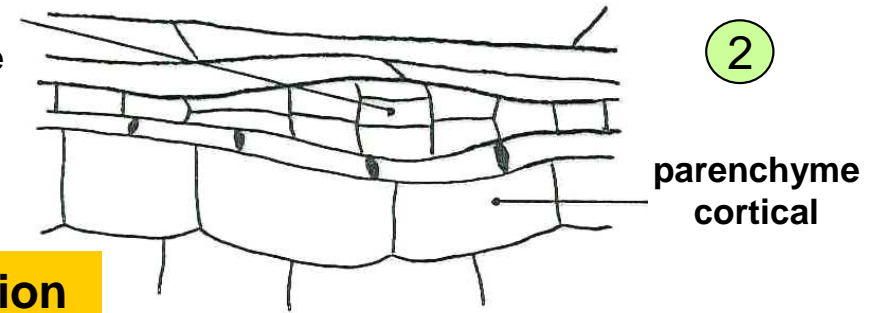


Détail de la zone apicale de la racine

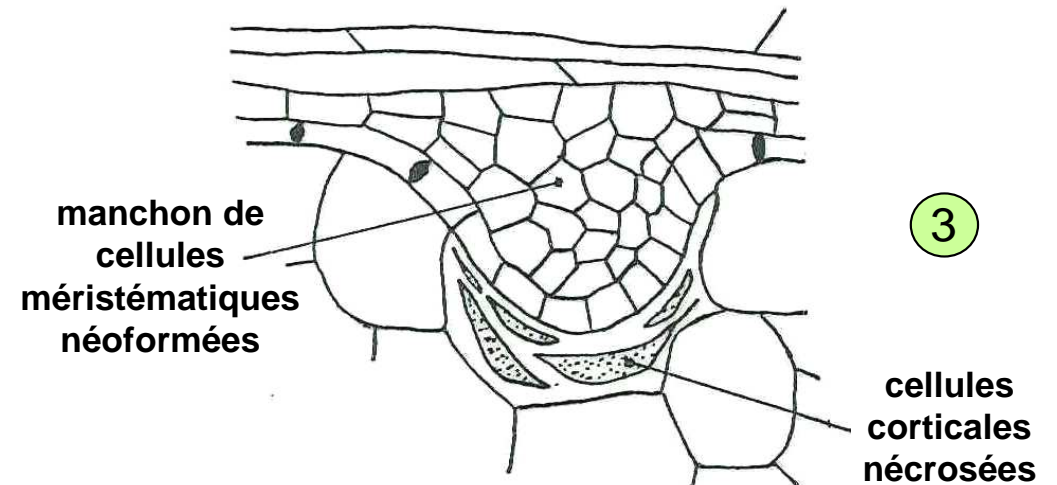
cellules desquamantes



différenciation
et multiplication
des cellules
Du péricycle



**Ramification
de la racine**

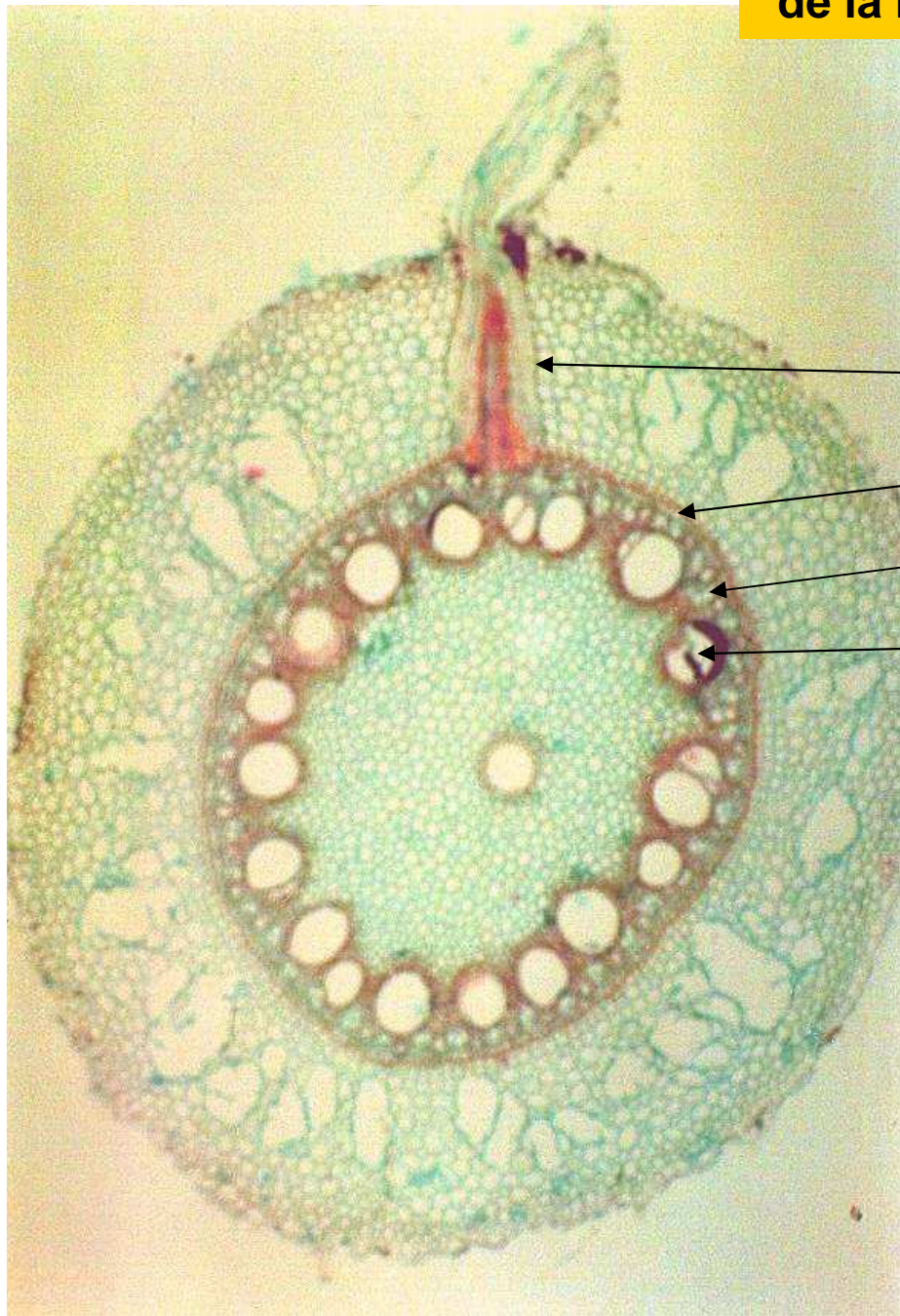


ECORCE

CT de racine de maïs au
niveau d'une ramification

LA RACINE

Ramification de la racine



ramification

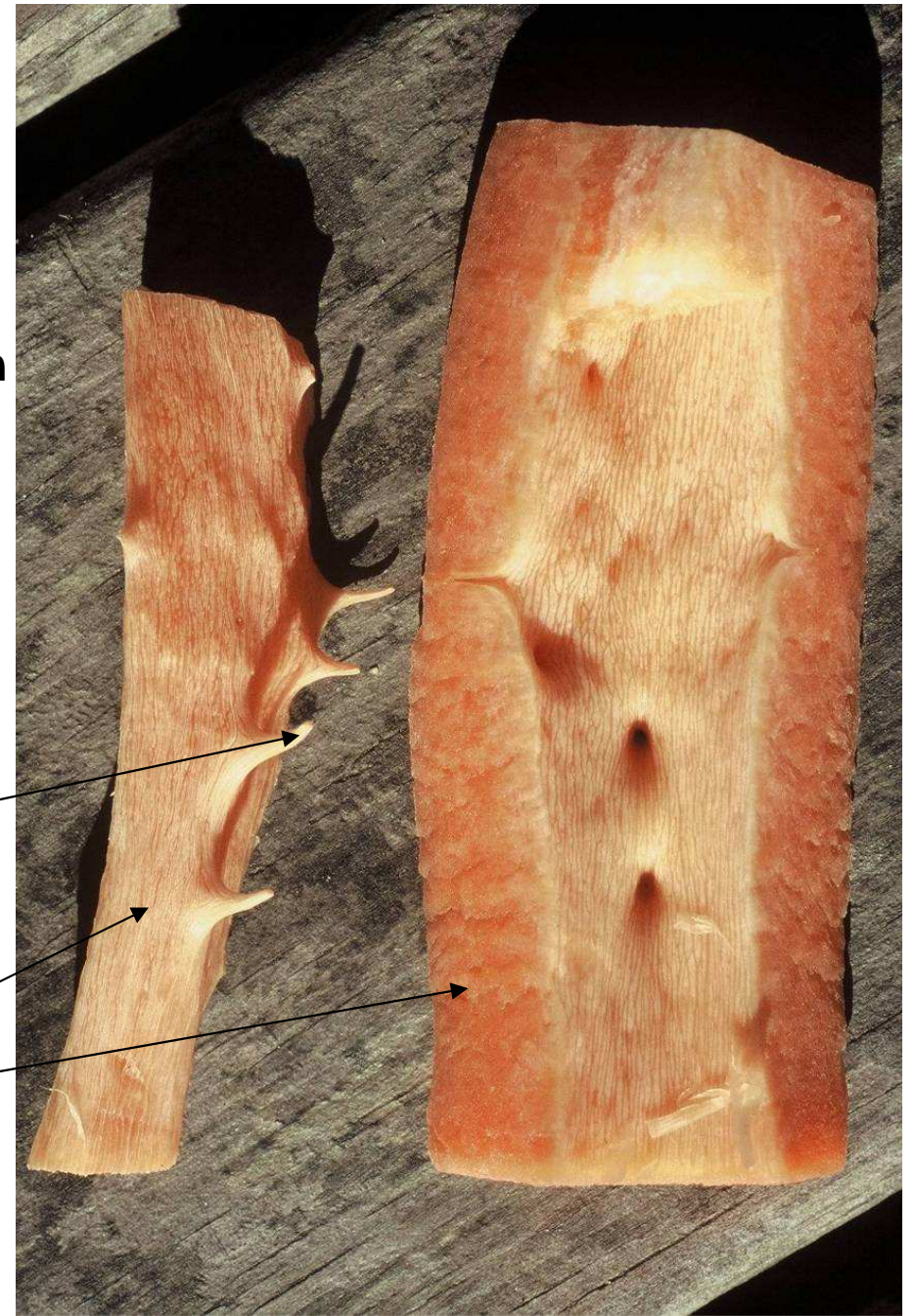
péricycle

phloème

xylème

ramification
du faisceau
vasculaire

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



bois

liber

LA RACINE

Localisation des coupes transversales

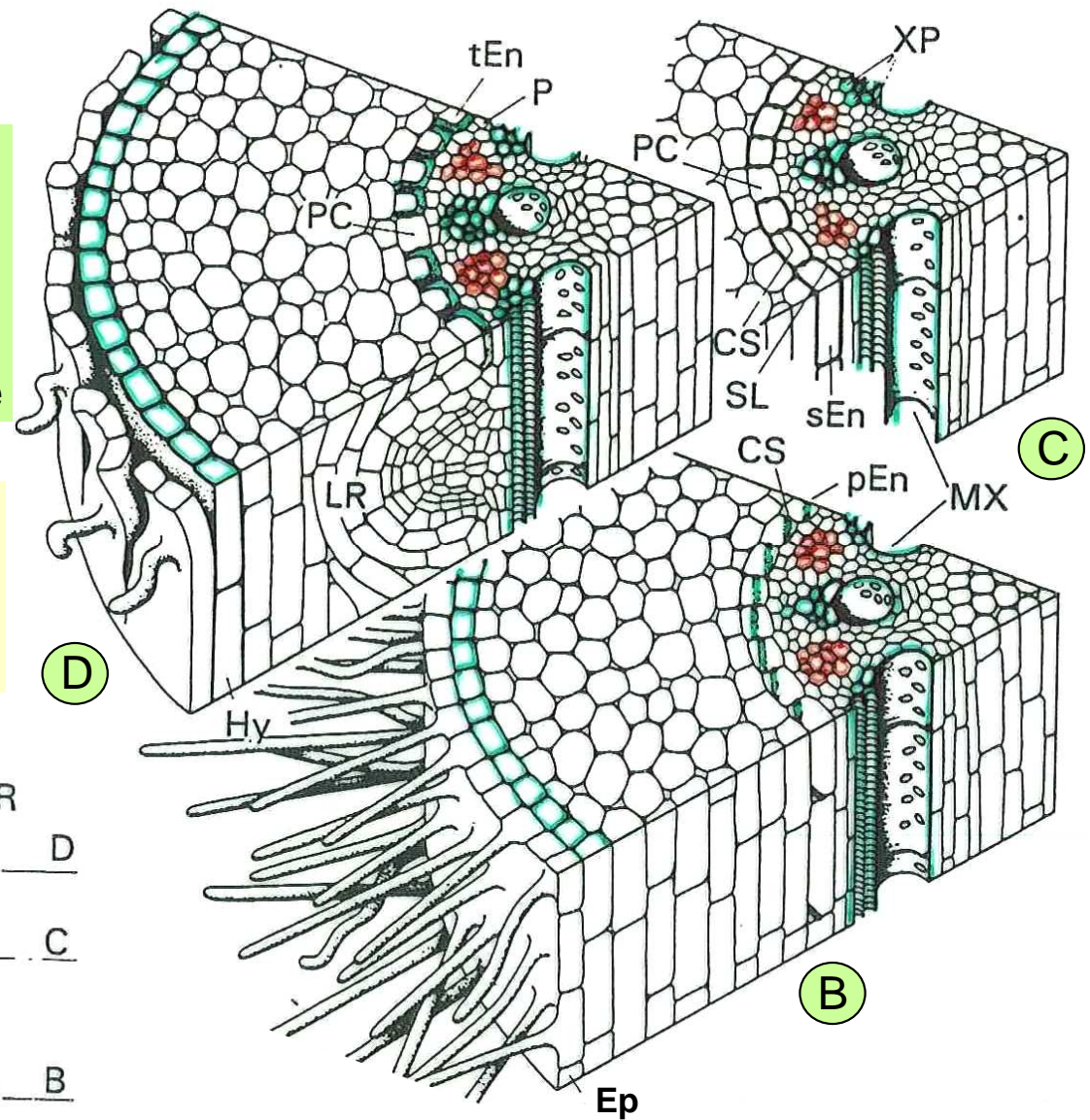
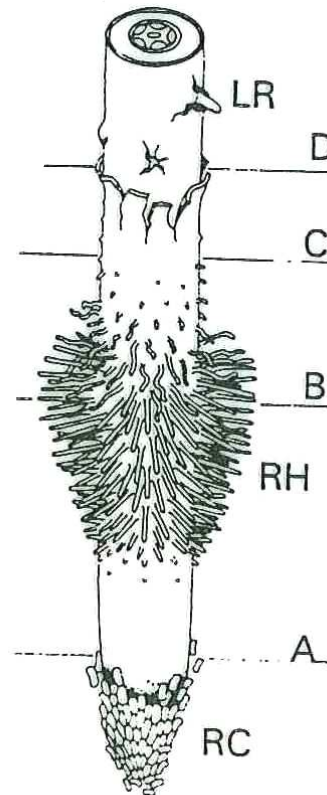
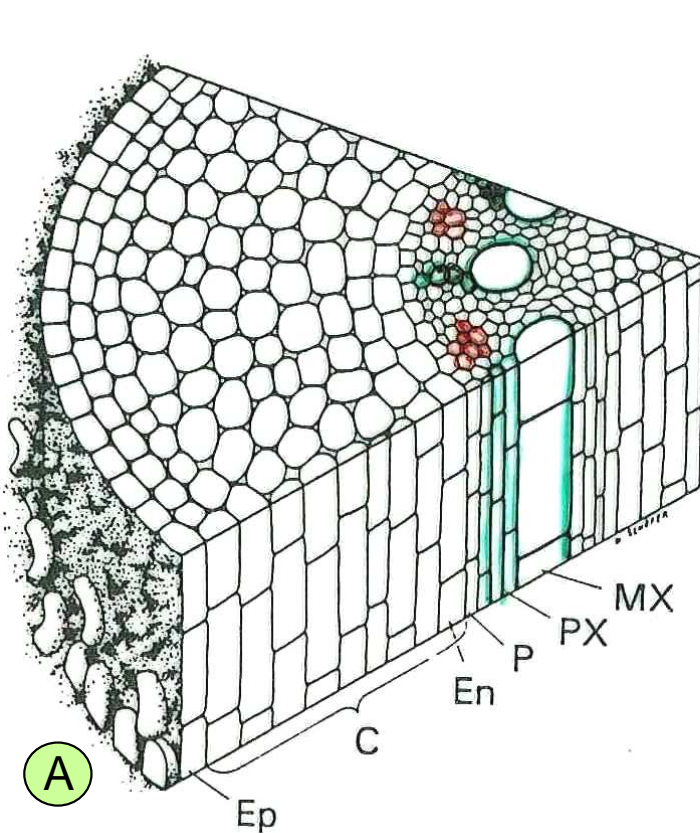
A : zone de croissance et de différenciation

B : zone pilifère avec endoderme primaire

C : zone de l'endoderme secondaire

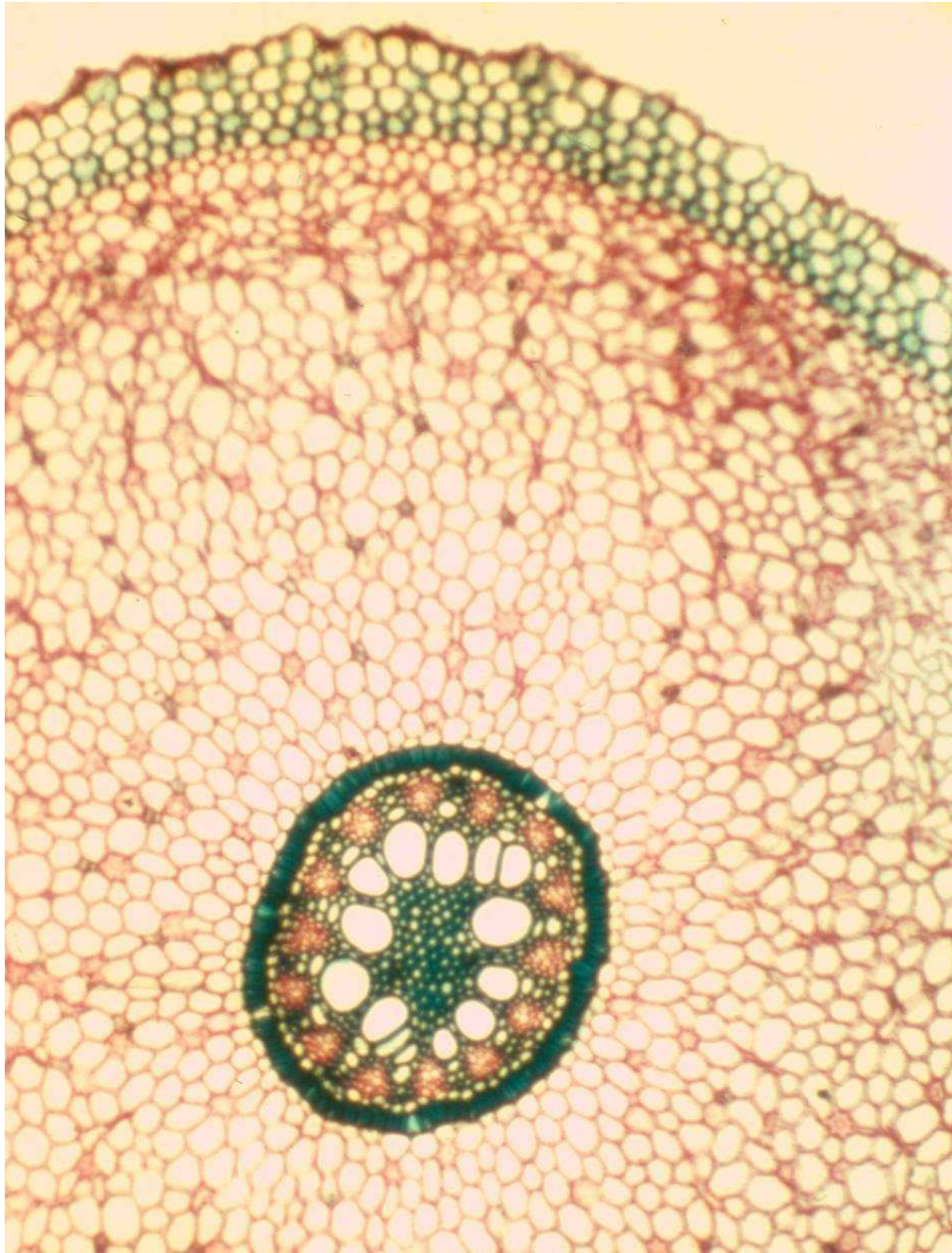
D : zone subéreuse et de l'endoderme tertiaire

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

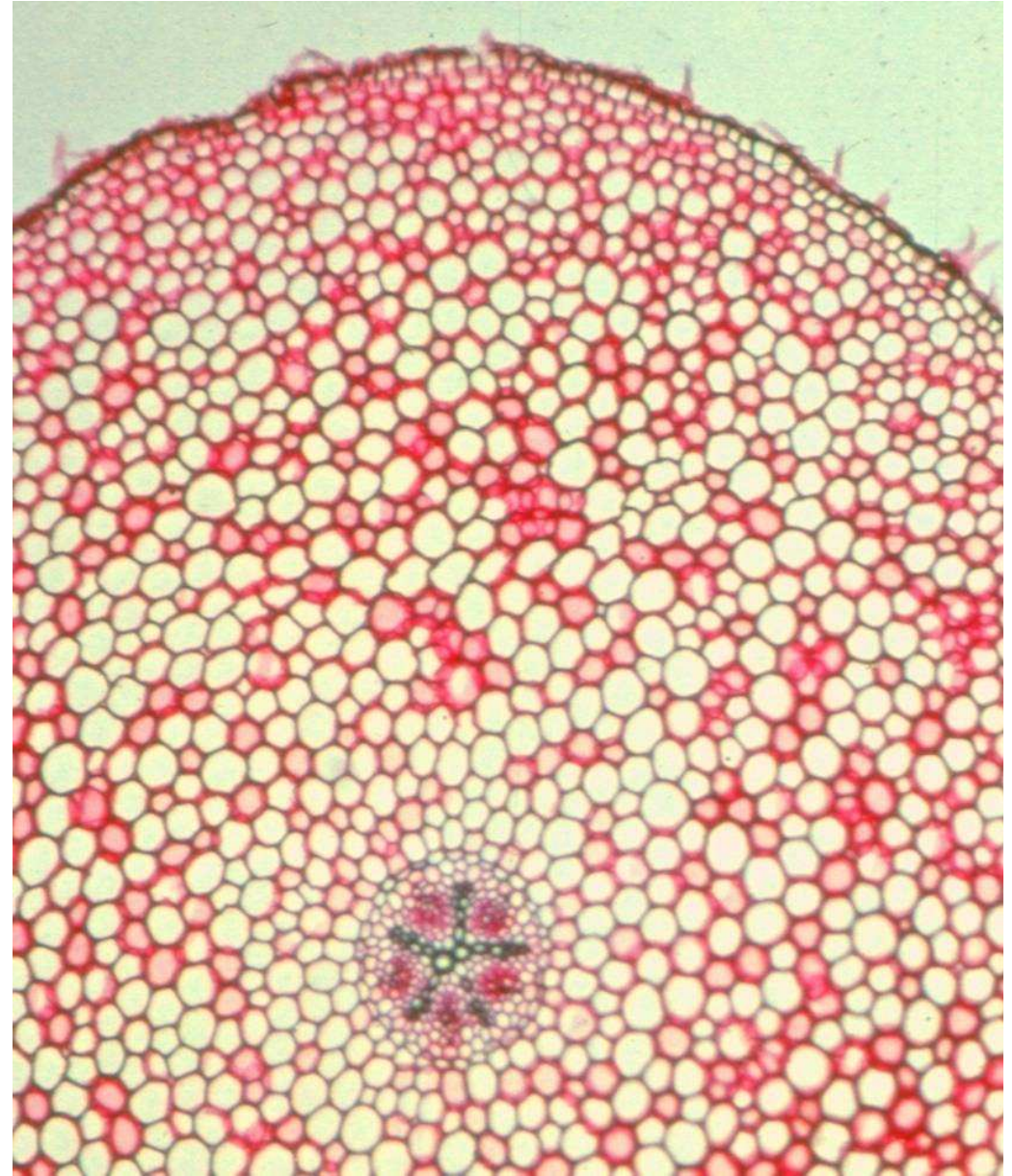


Mx métaxylème, **P** péricycle, **PC** cellule de passage, **PX** protoxylème, **RC** coiffe, **RH** poils absorbants, **SL** paroi subérifiée, **XP** parenchyme du xylème

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



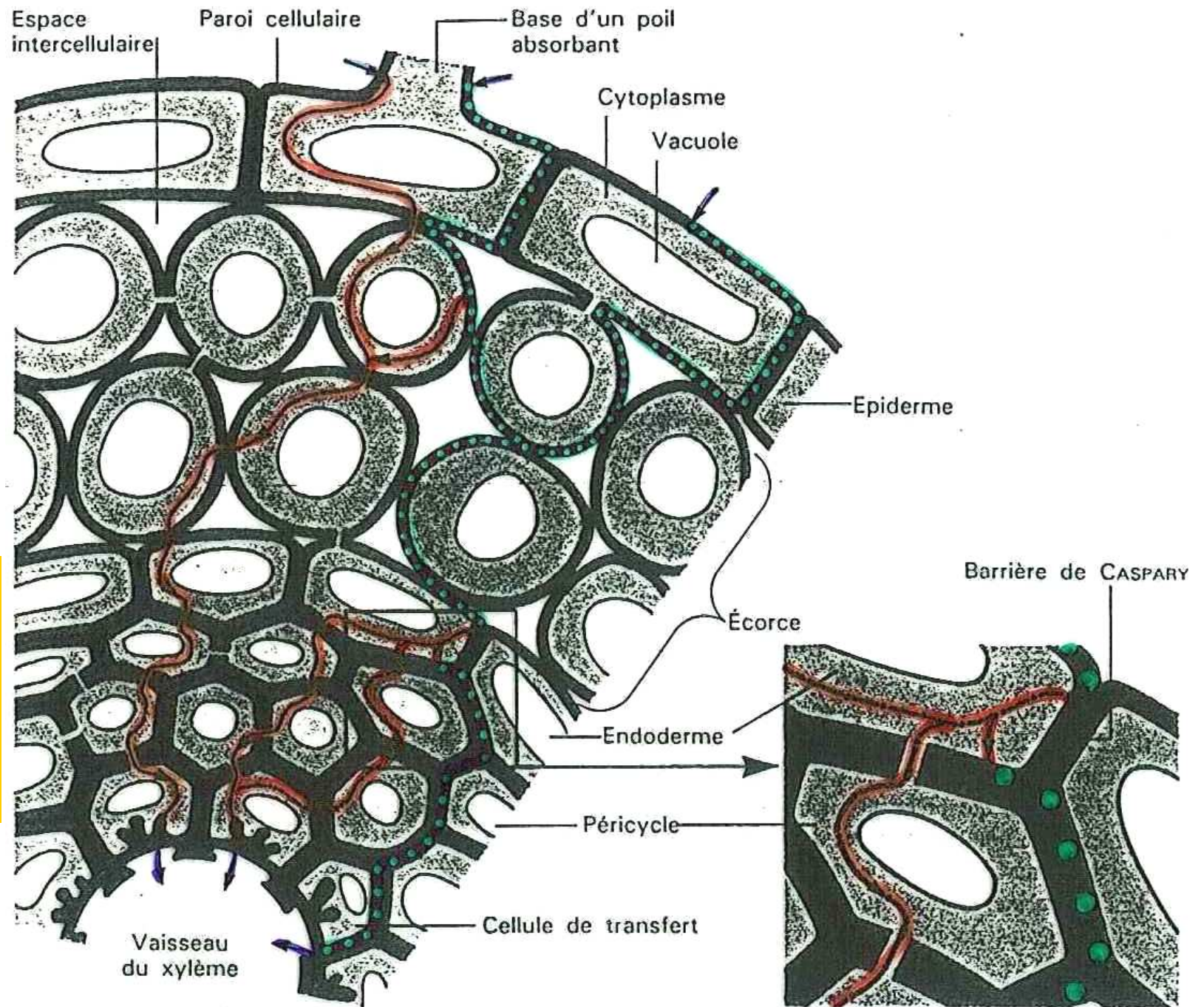
**CT racine d'iris
(Monocotylédones)**



**CT racine de renoncule
(Dicotylédones)**

LA RACINE

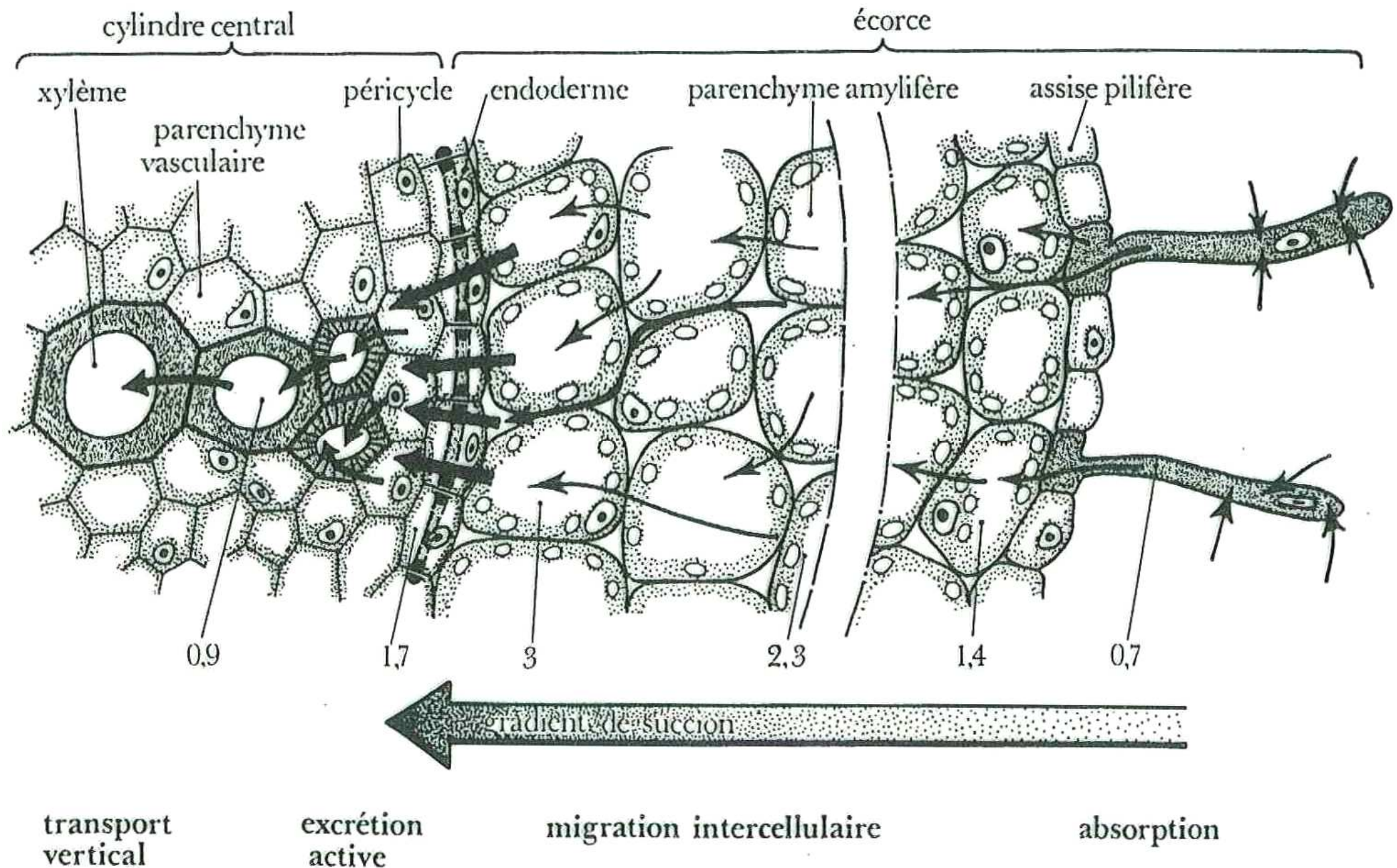
Transport de l'eau et des éléments minéraux dans la racine entre le poil absorbant et le xylème



pointillés : transport dans les parois

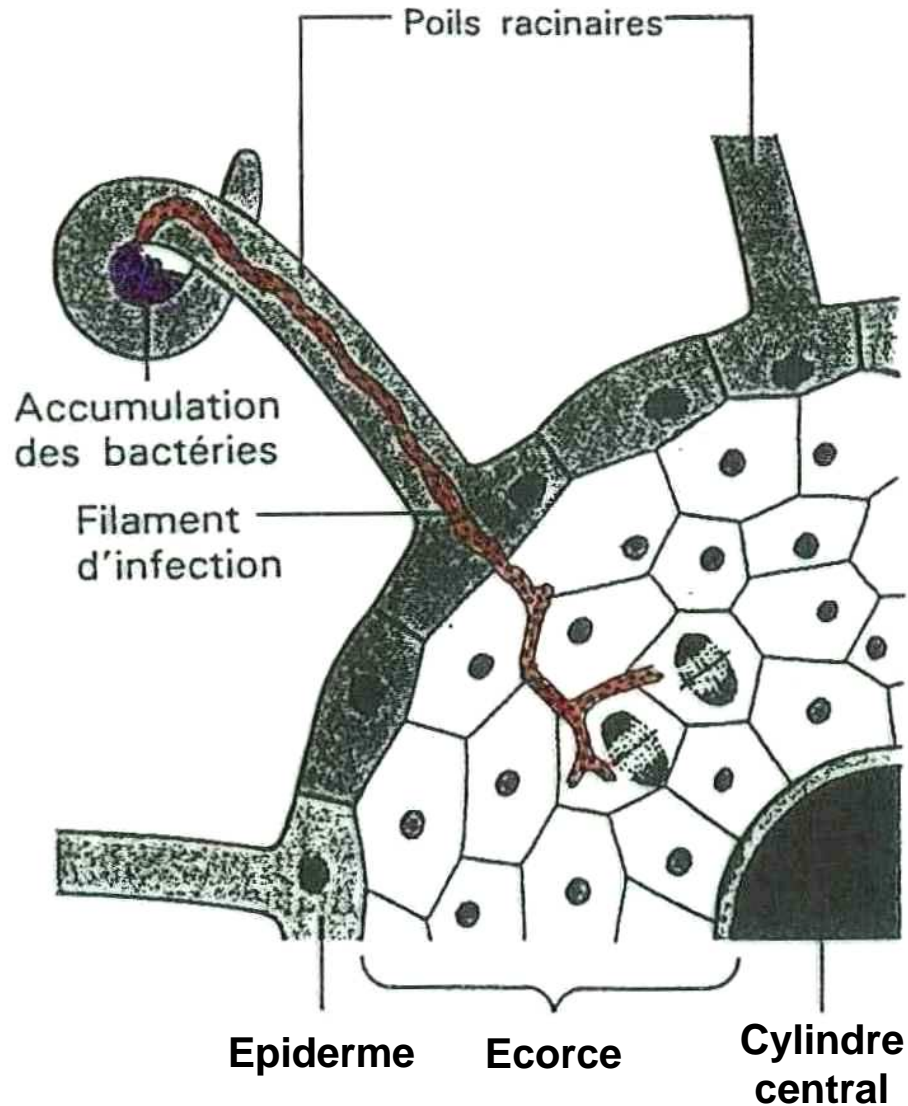
trait ————— : transport dans le cytoplasme

LA RACINE

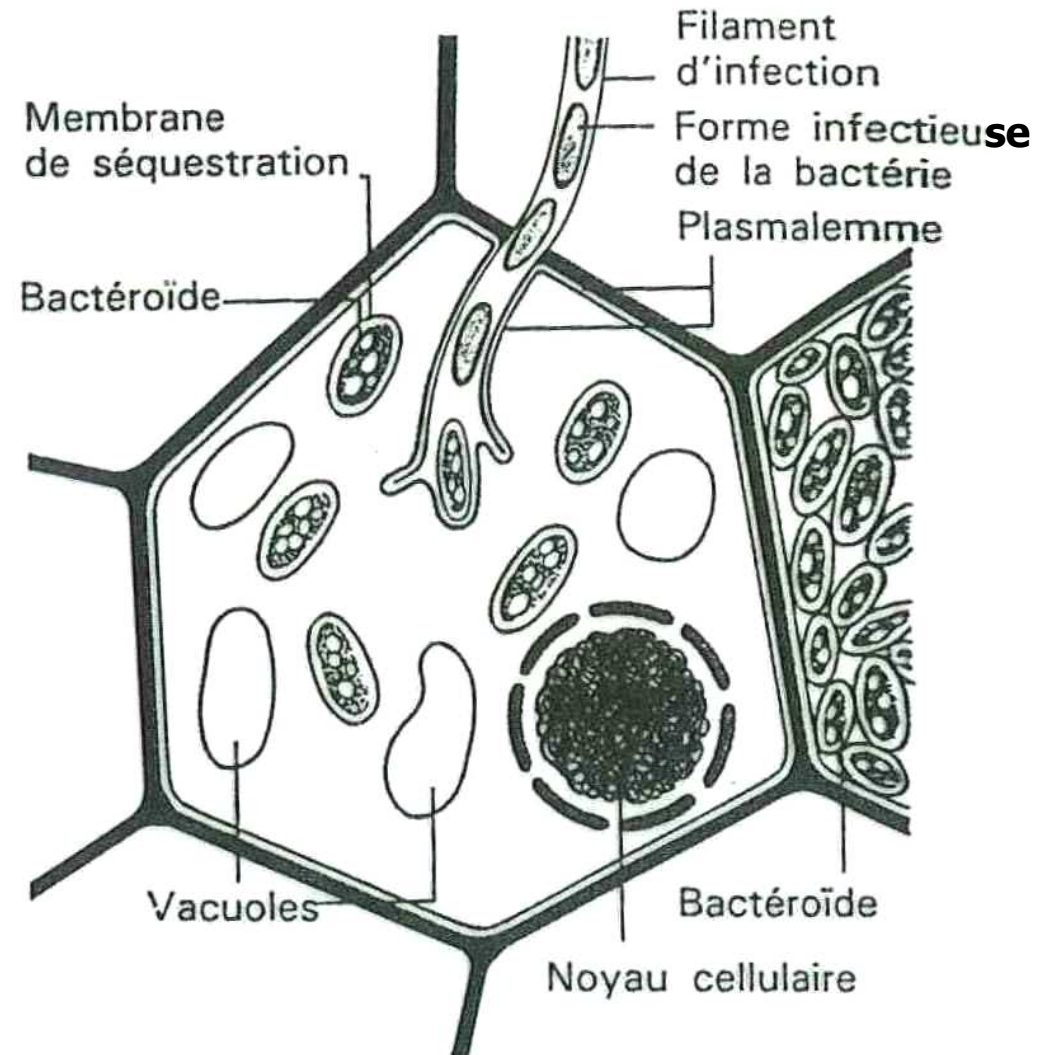


Transport radial de l'eau et des éléments minéraux entre les poils absorbants et le xylème
 (les valeurs du gradient de succion sont indiquées en atmosphère ; pour convertir en Pa $\times 10^5$)

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



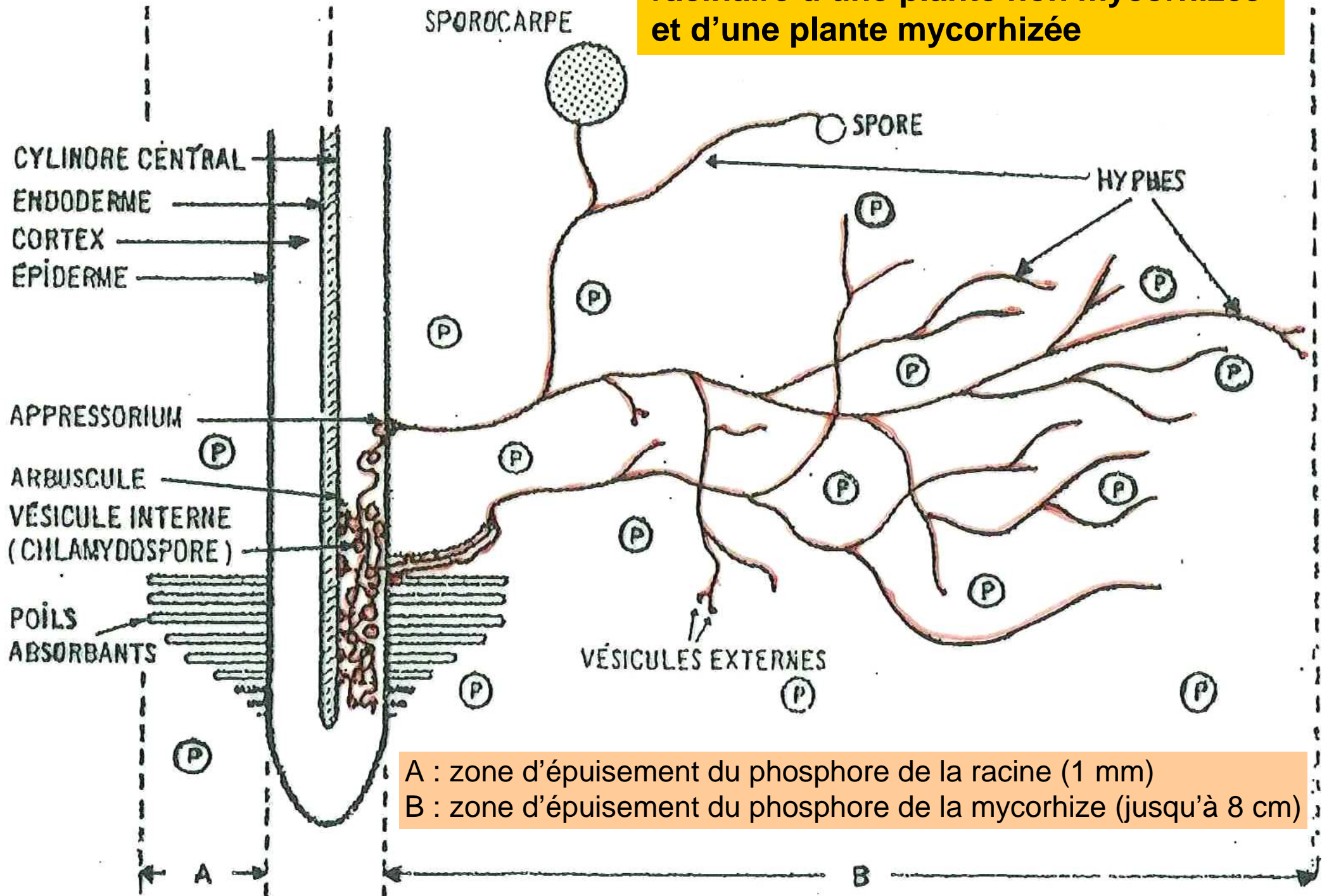
**Détail d'une
nodosité**

**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



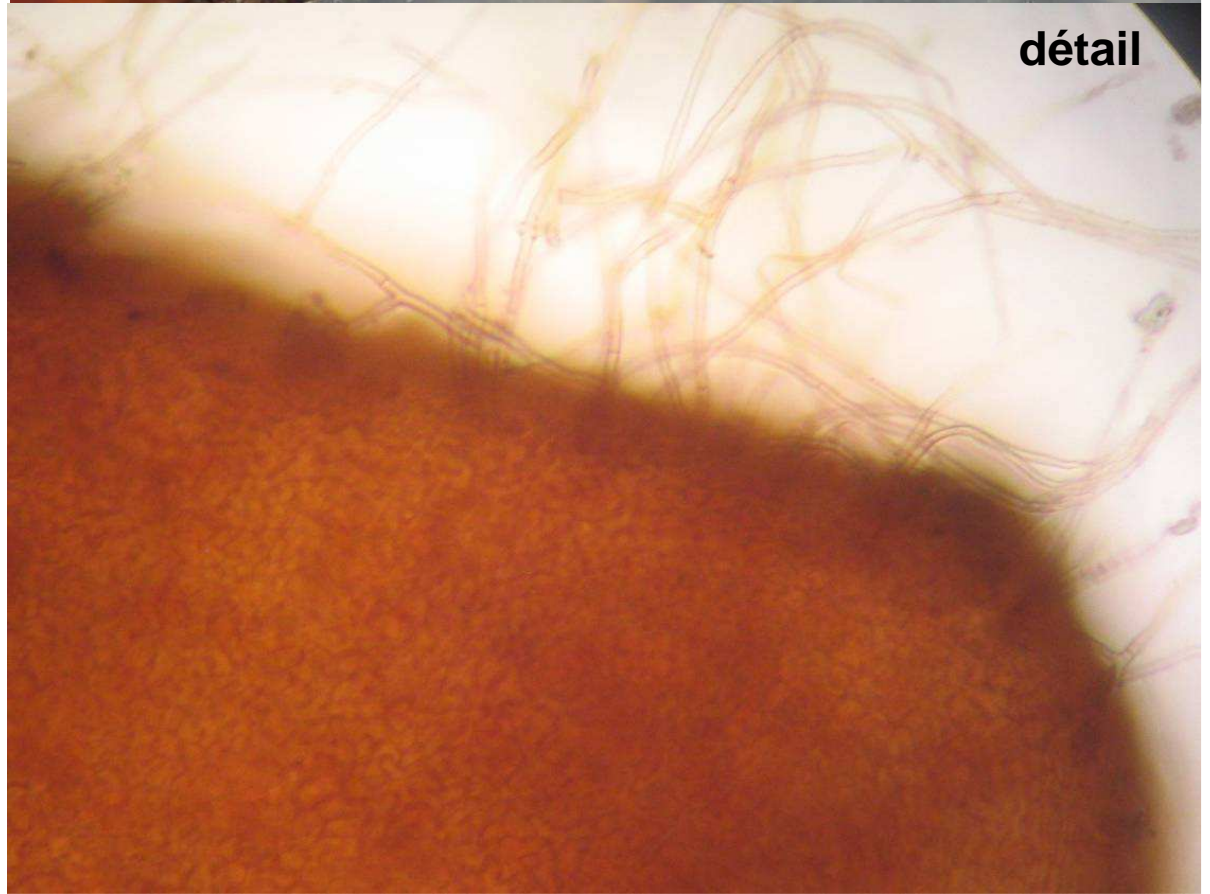
Mycorhization du chêne pubescent par la truffe



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



**racine mycorhizée
montrant le
manteau mycélien**



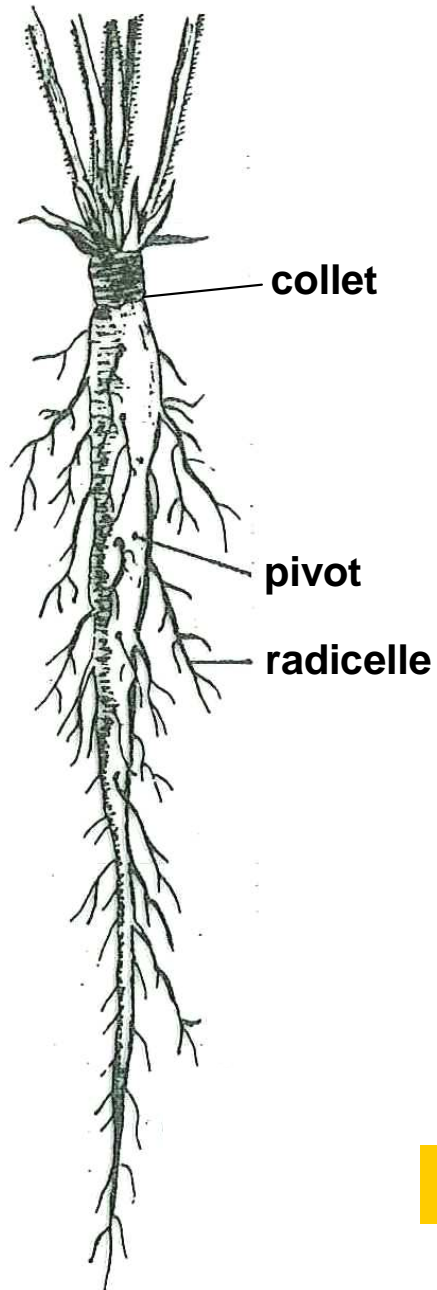
détail

LA RACINE

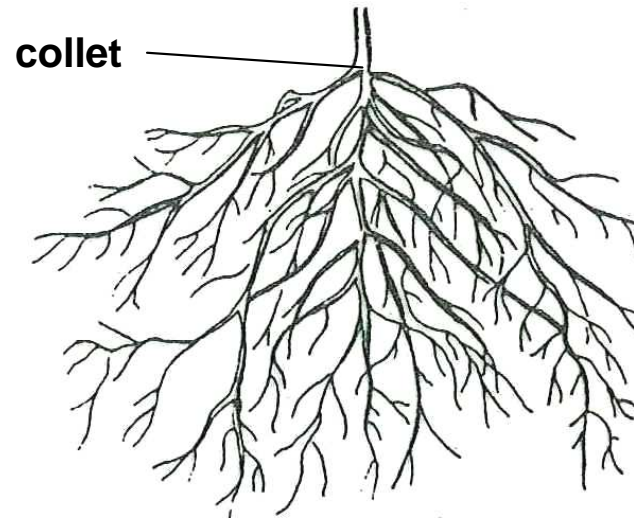
Éléments	N	P	K
Plant mycorrhizé/plant témoin	+ 85%	+ 230%	+ 75%

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

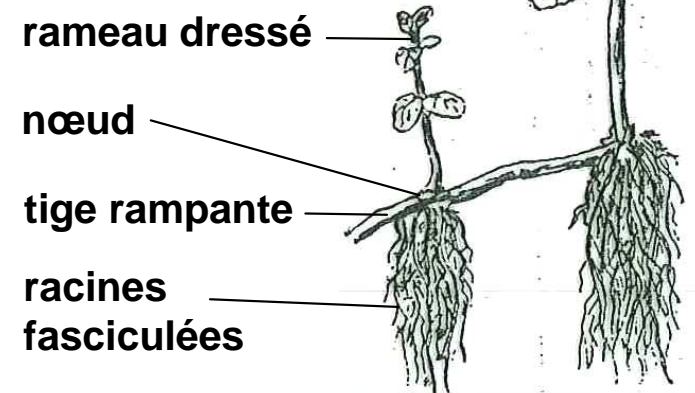
LA RACINE



Système pivotant
(carotte)



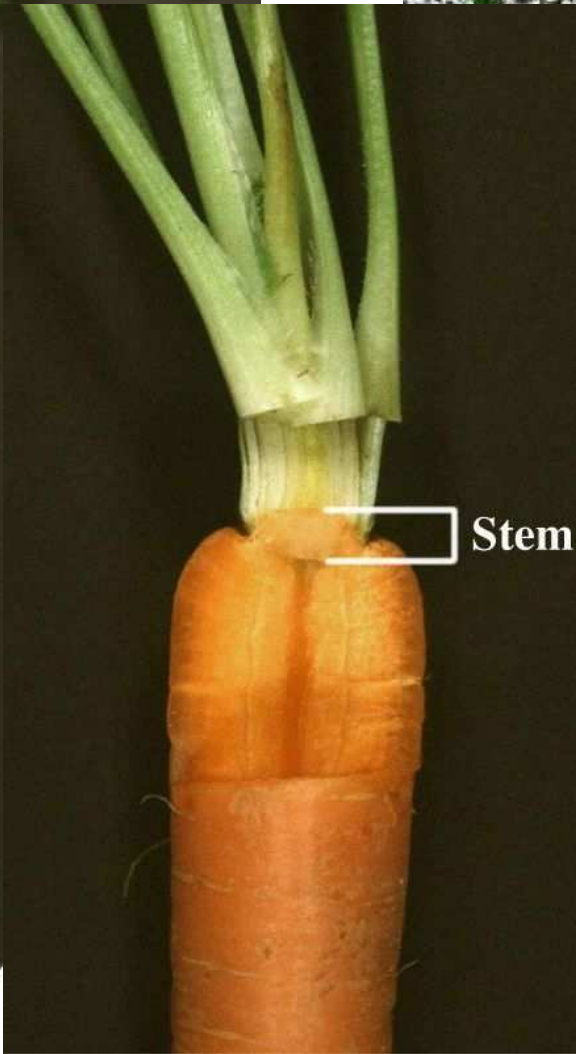
Système fasciculé



**Système adventif
et fasciculé**
(véronique)

Les différents types d'appareils racinaires

carotte

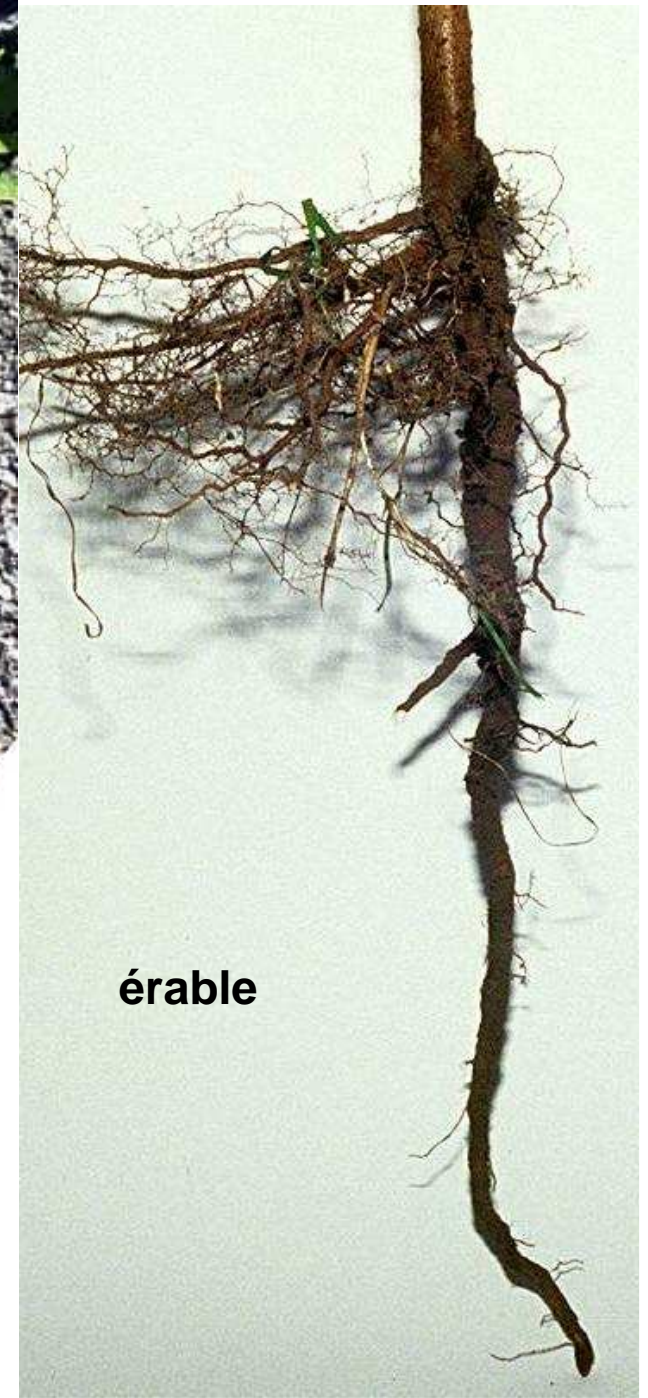


Stem

pissenlit



Racines pivotantes



érable

Racines fasciculées

céleri rave



dahlia



Racines fasciculées adventives

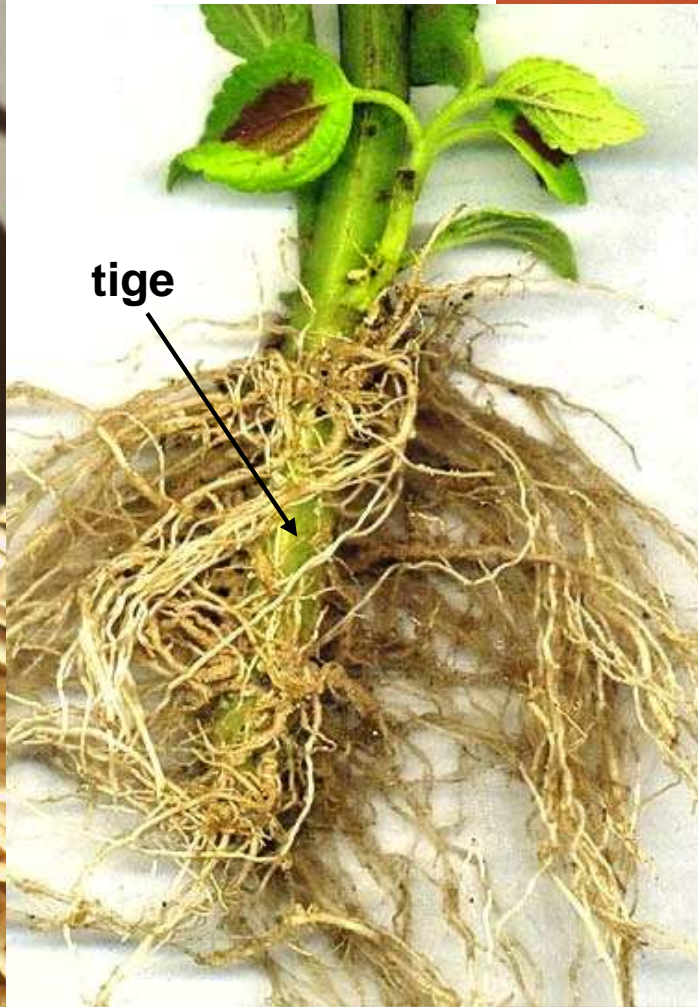
poireau



racines adventives
d'avoine



racines adventives
sur bouture

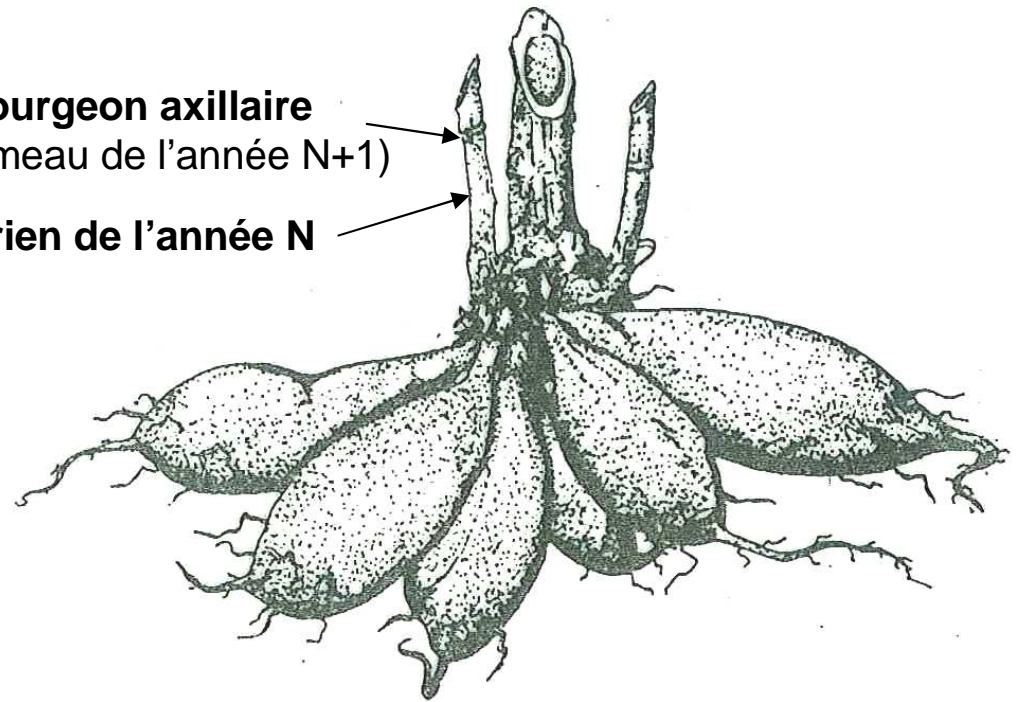




LA RACINE

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

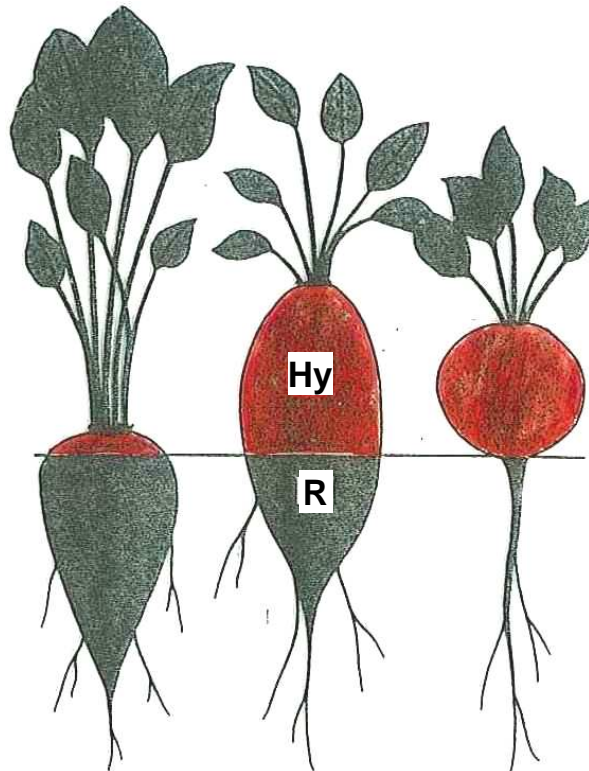
rameau aérien de l'année N



Appareils racinaires tubérisés

**Racine pivotante
tubérisée de navet**
(Brassicacées)
plante bisannuelle

Racines fasciculées tubérisées
dahlia – plante vivace



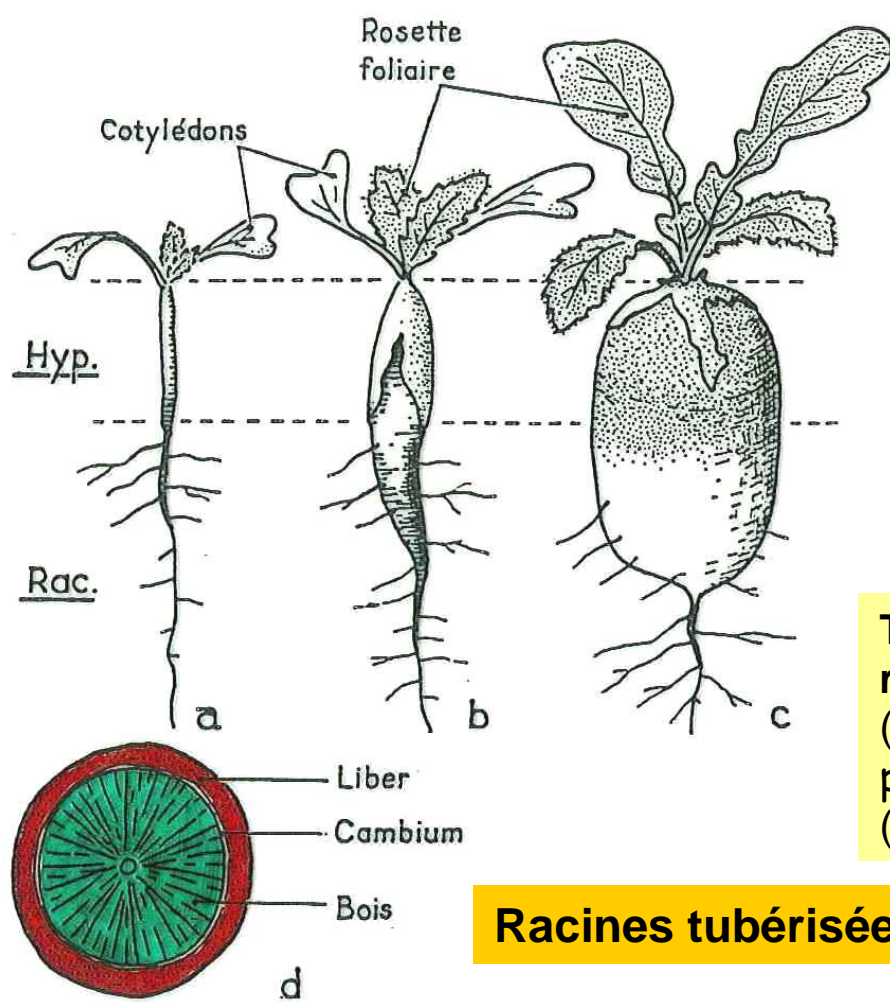
Hy : hypocotyle
R : racine

**Racines pivotantes
tubérisées de betterave**

A : betterave à sucre

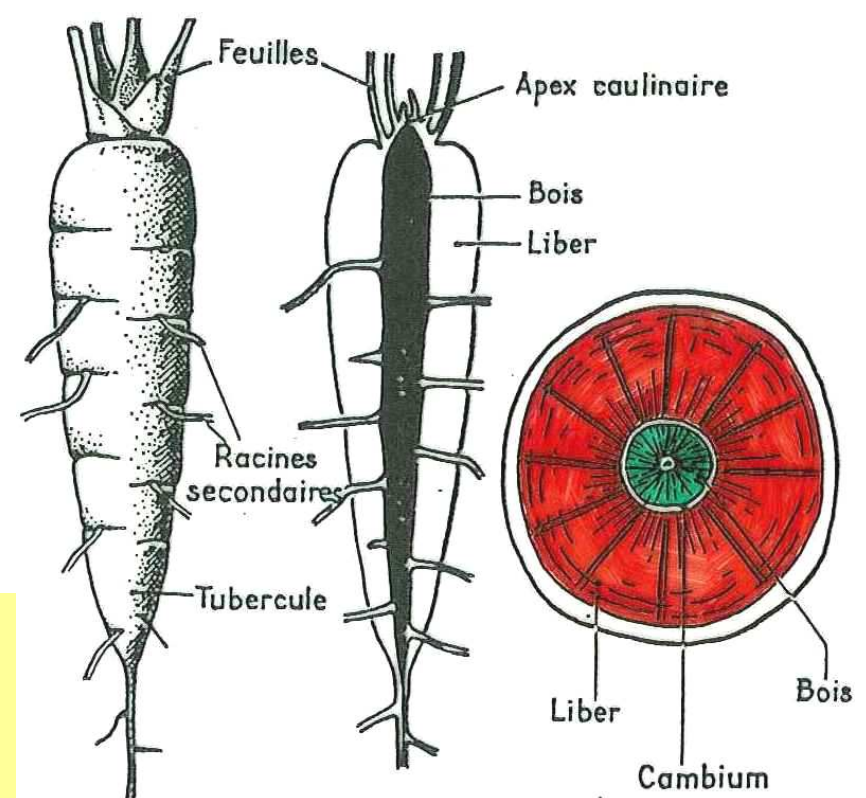
B : betterave fourragère

C : betterave rouge
plantes bisannuelles



LA RACINE

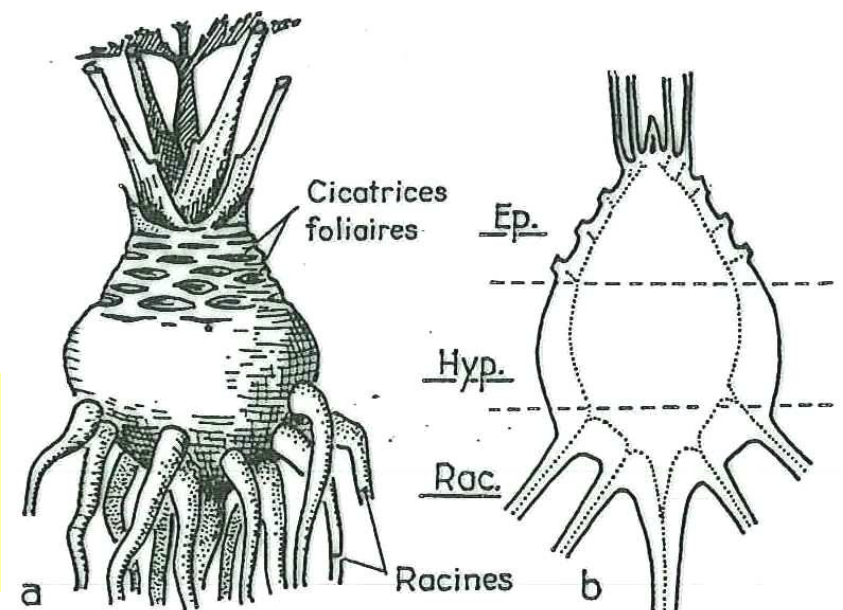
Tubérisation de la racine de carotte
(Apiacées)
plante bisannuelle
(morphologie externe, coupe longitudinale et coupe transversale)



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



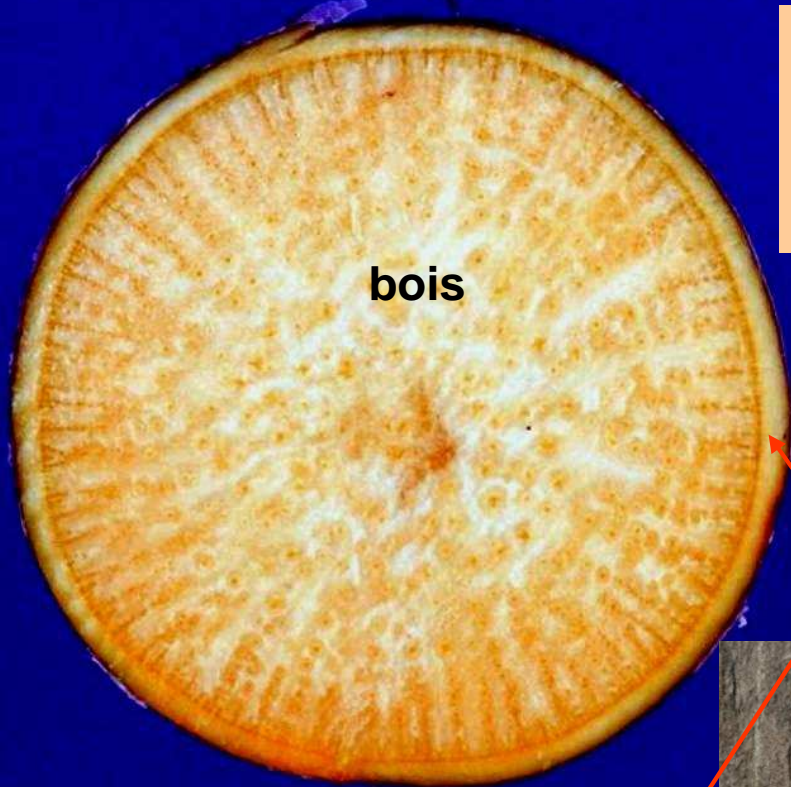
betterave rouge

(r) + H

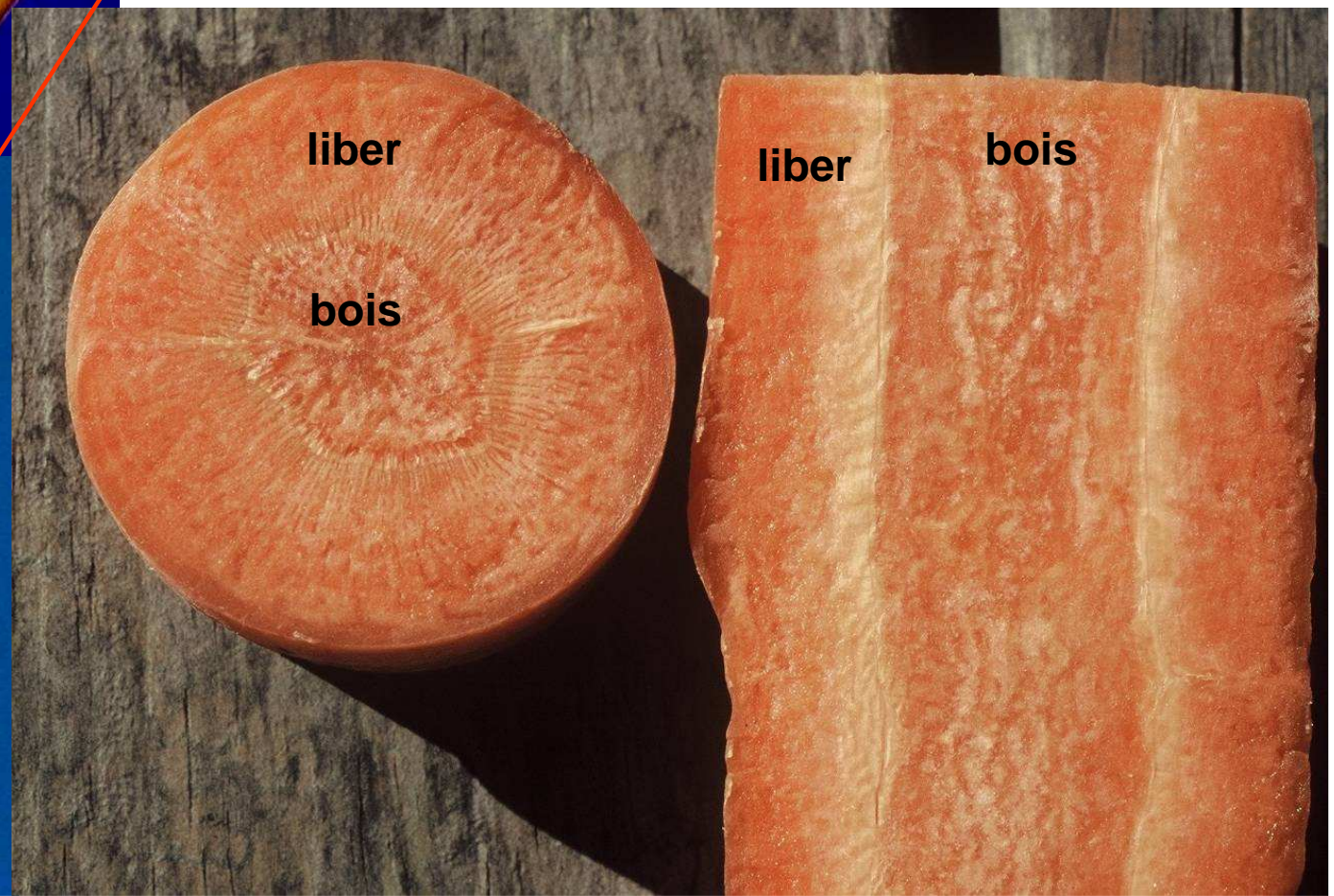
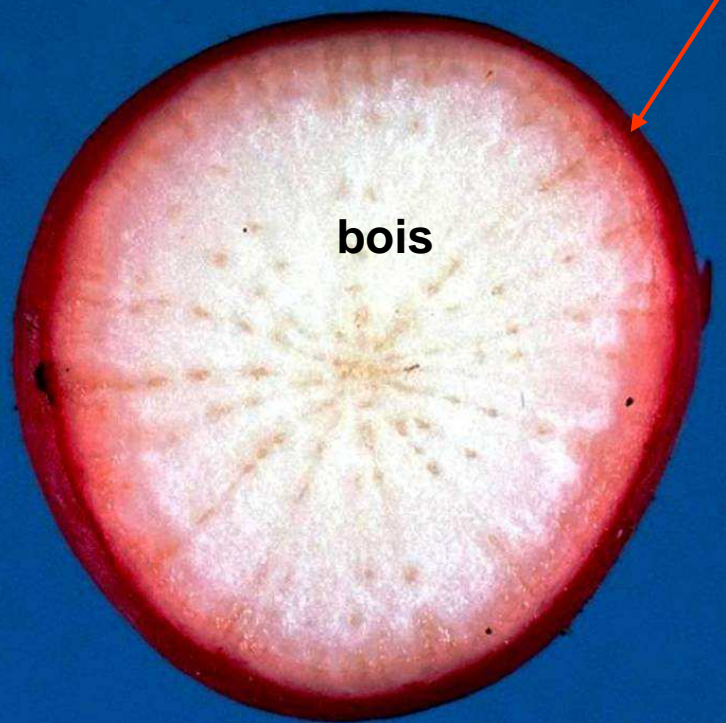


Tubérisation du bois
en haut : navet
en bas : radis

Racines tubérisées



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



Racines tubérisées

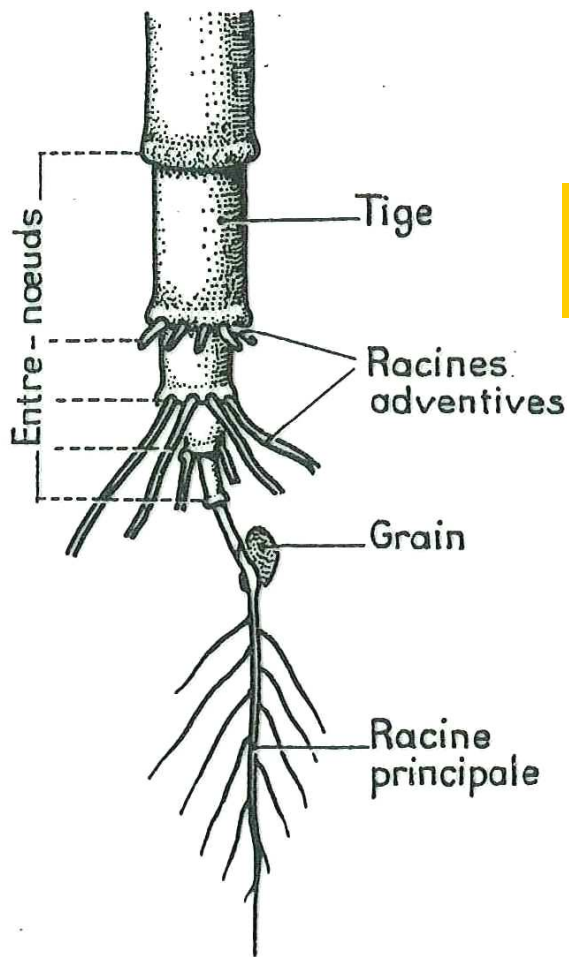
Tubérisation de la racine, de l'hypocotyle et de l'épicotyle :
le céleri-rave

épicotyle avec feuilles et traces foliaires

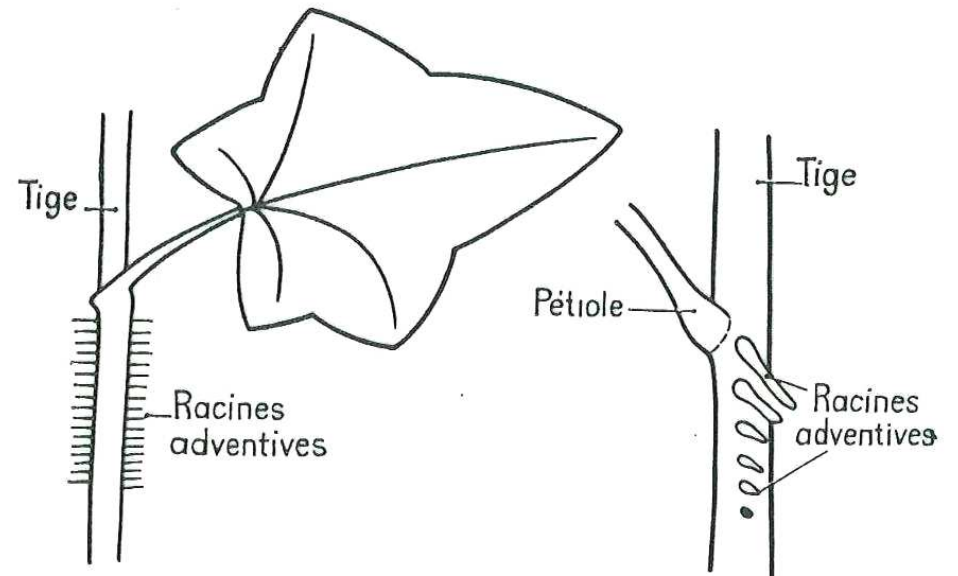


LA RACINE

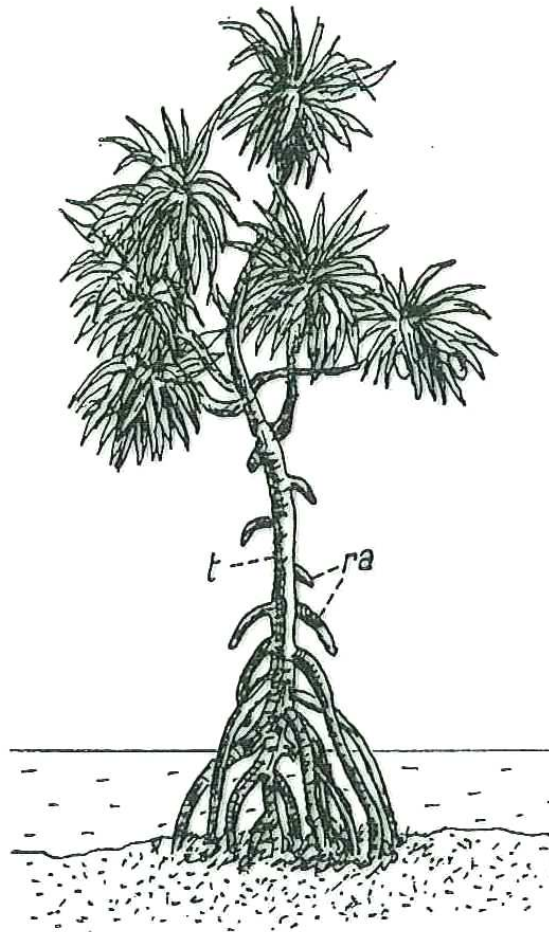
Racines spécialisées (fonction d'ancrage)



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)**

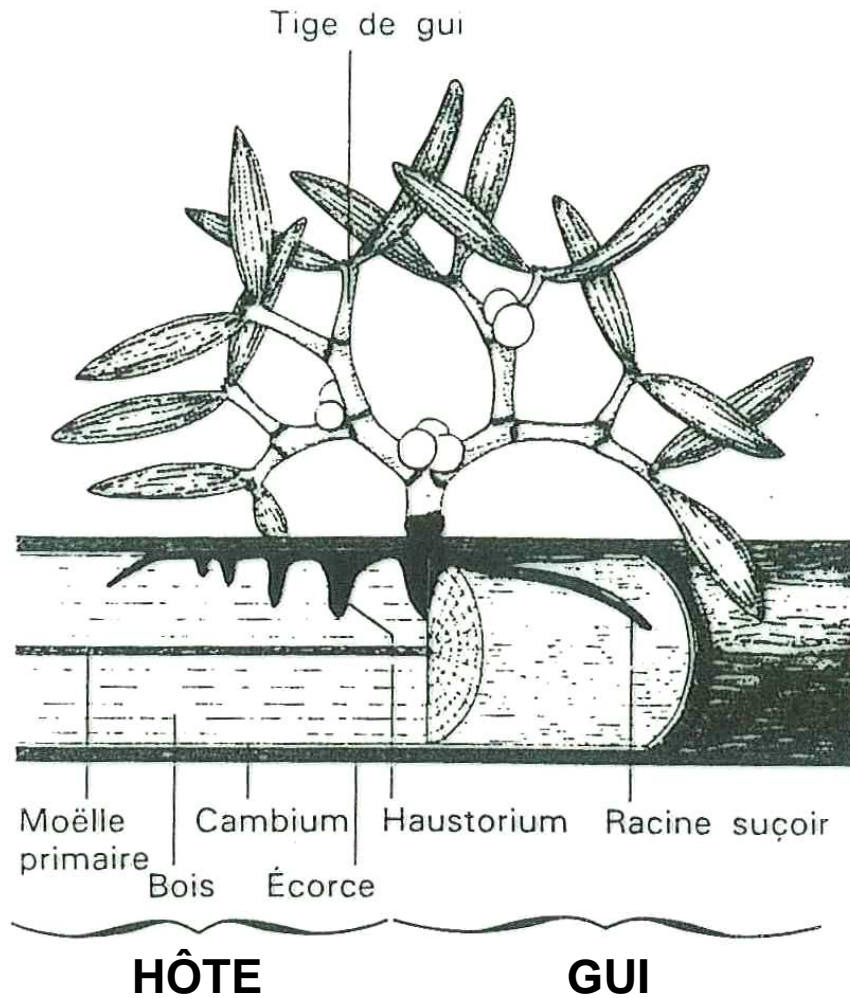


Racines adventives crampon du lierre

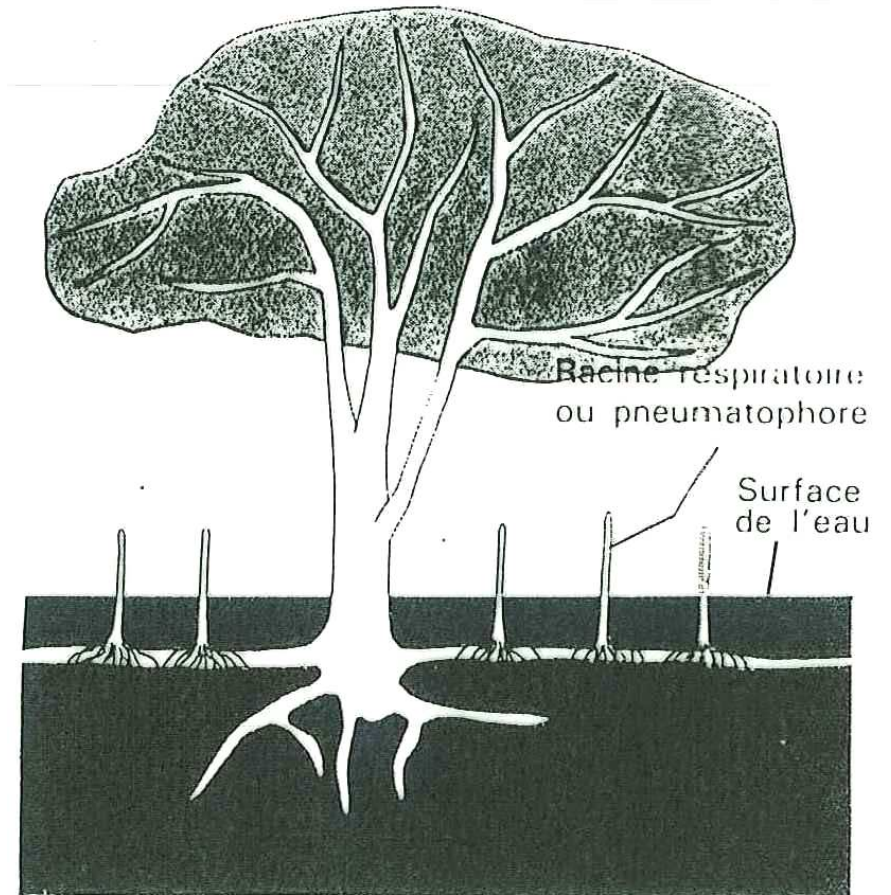


LA RACINE

Autres racines spécialisées

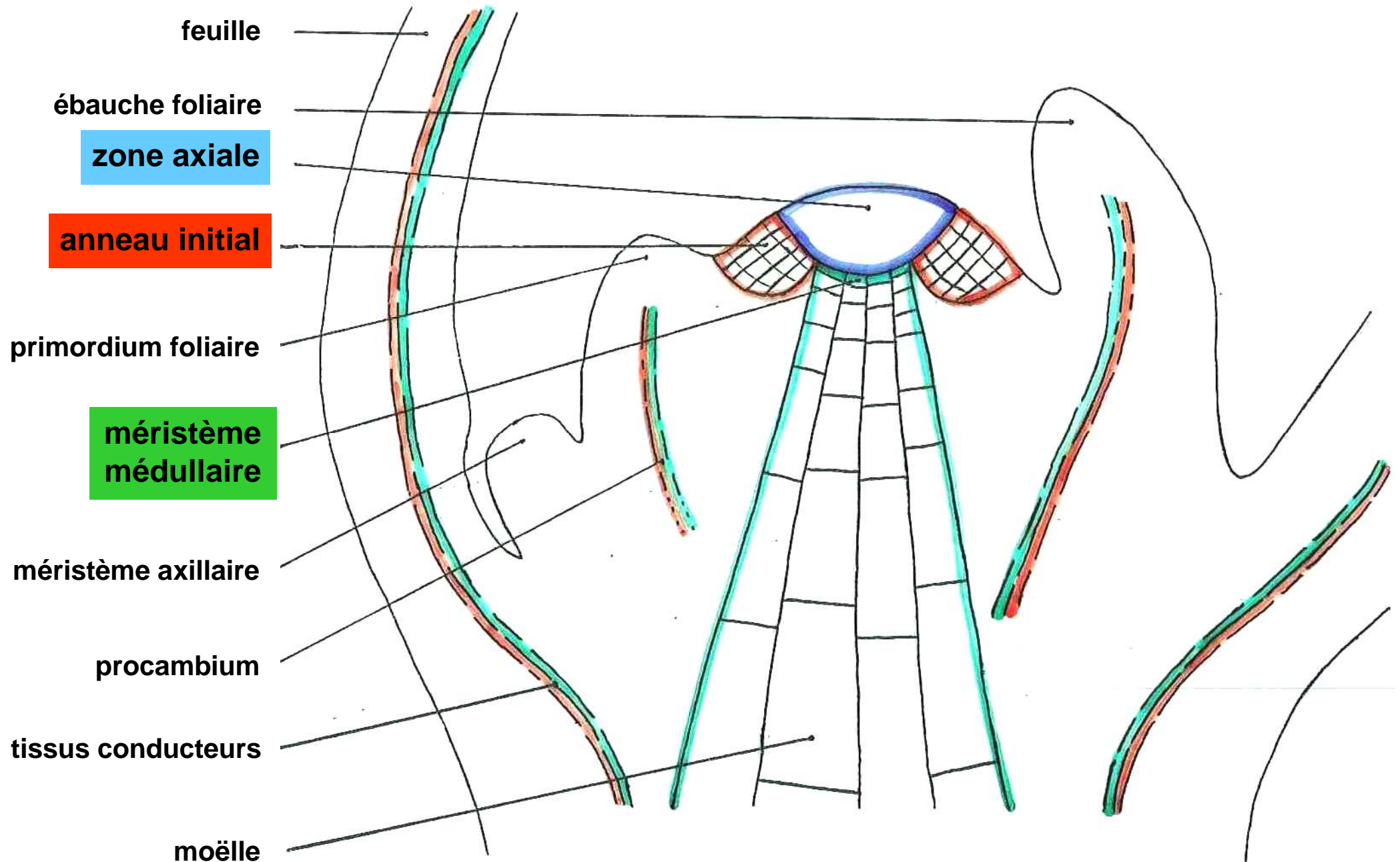


Racines-suçoirs du gui



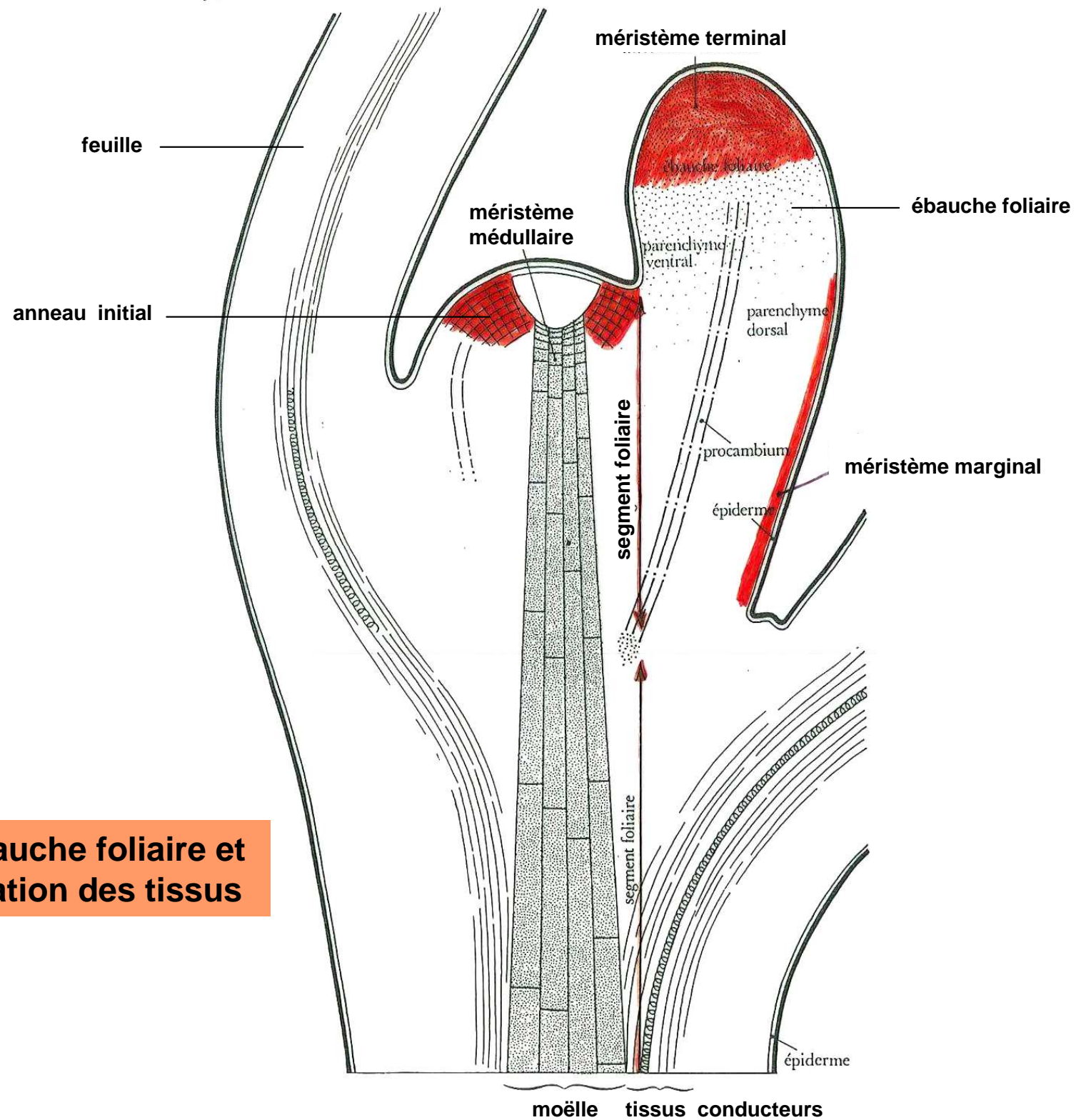
Racines respiratoires (pneumatophores) du cyprès-chauve

LA TIGE



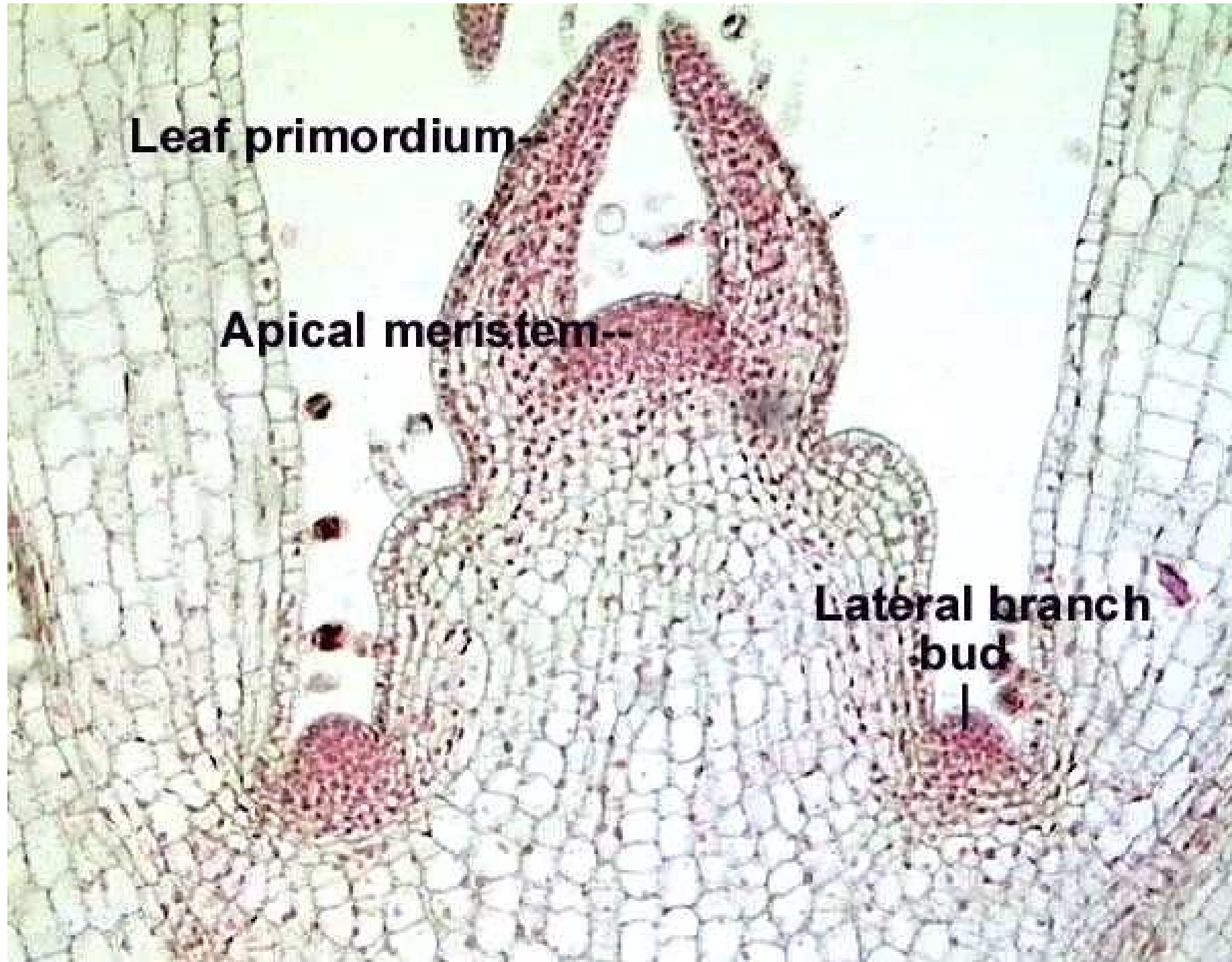
Coupe longitudinale de l'apex d'une tige (plante à feuilles alternes)

LA TIGE

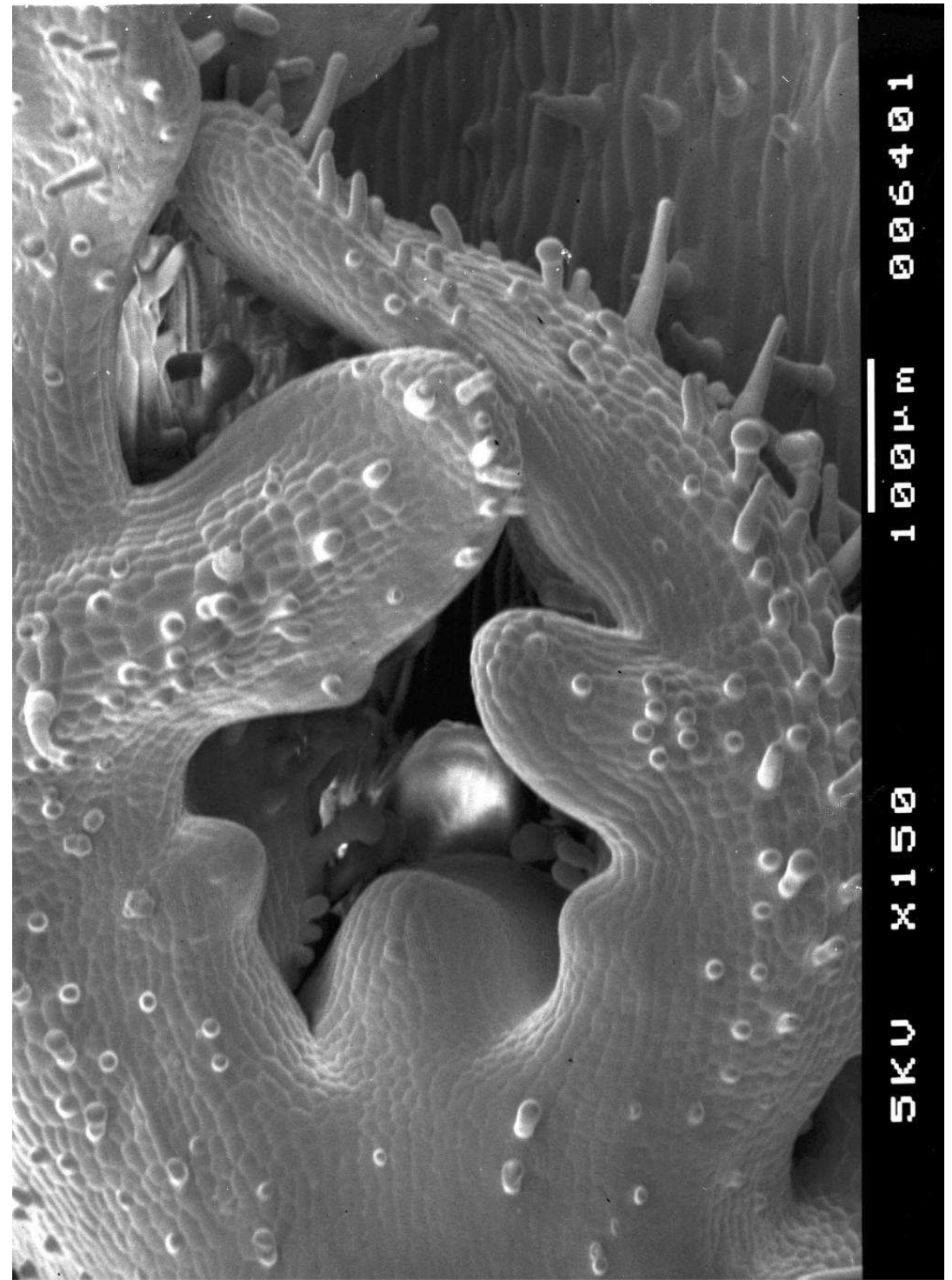
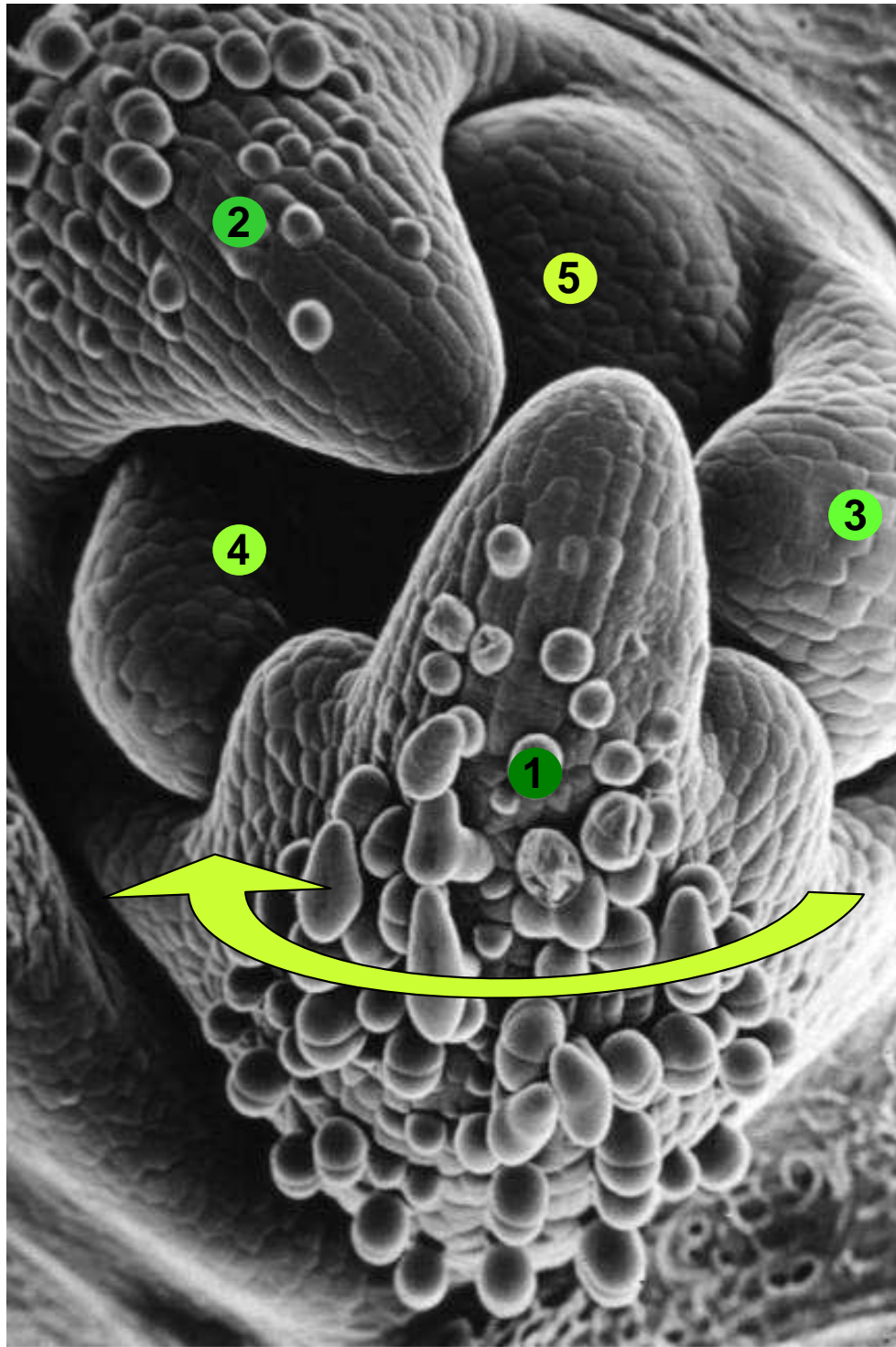


Surrection d'une ébauche foliaire et début de différenciation des tissus

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)



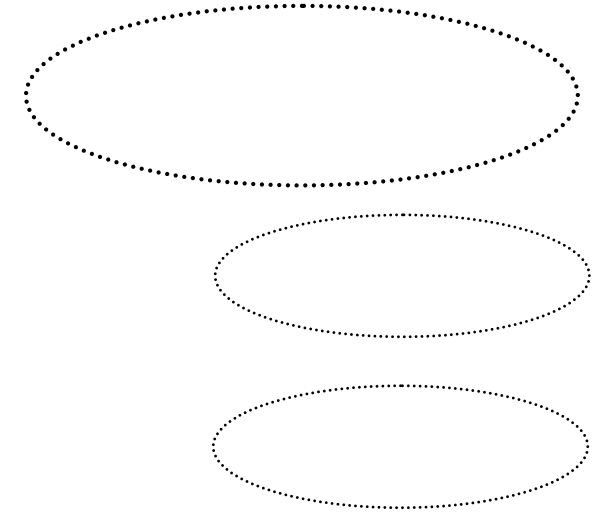
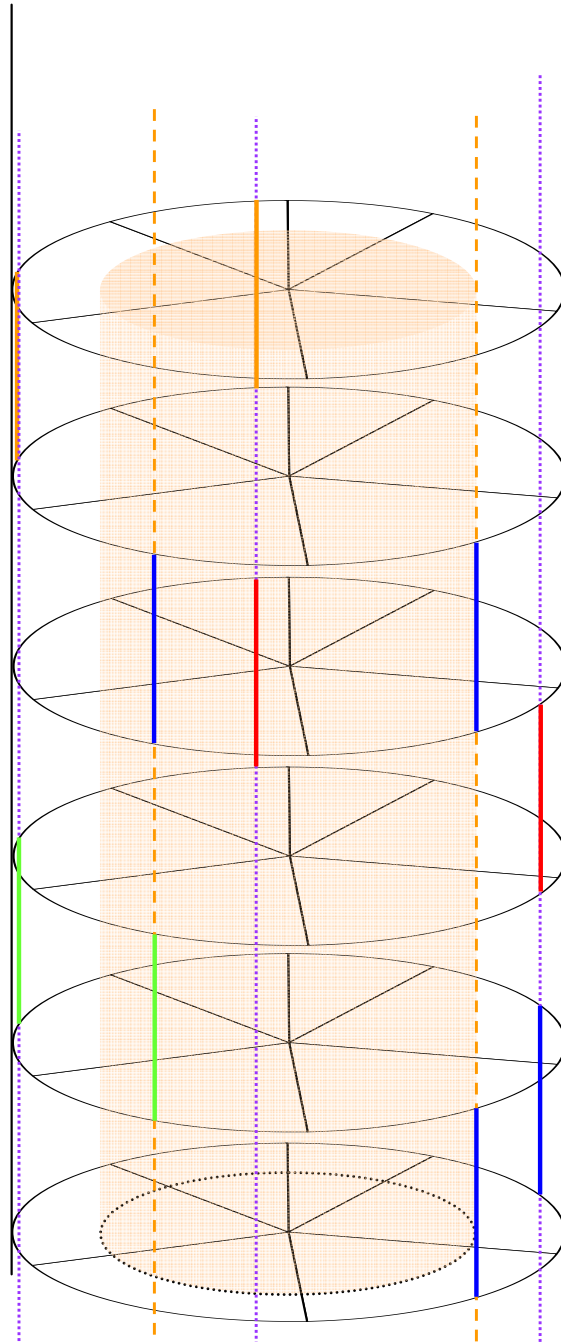
LA TIGE

Constitution de la tige par emboîtement de segments foliaires successifs

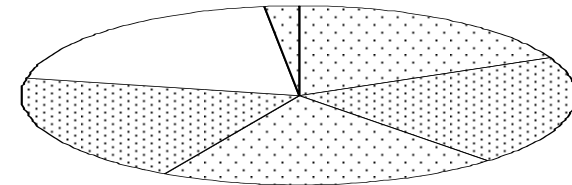
Position des pétioles

Limite écore/CC

limites des 5
segments foliaires

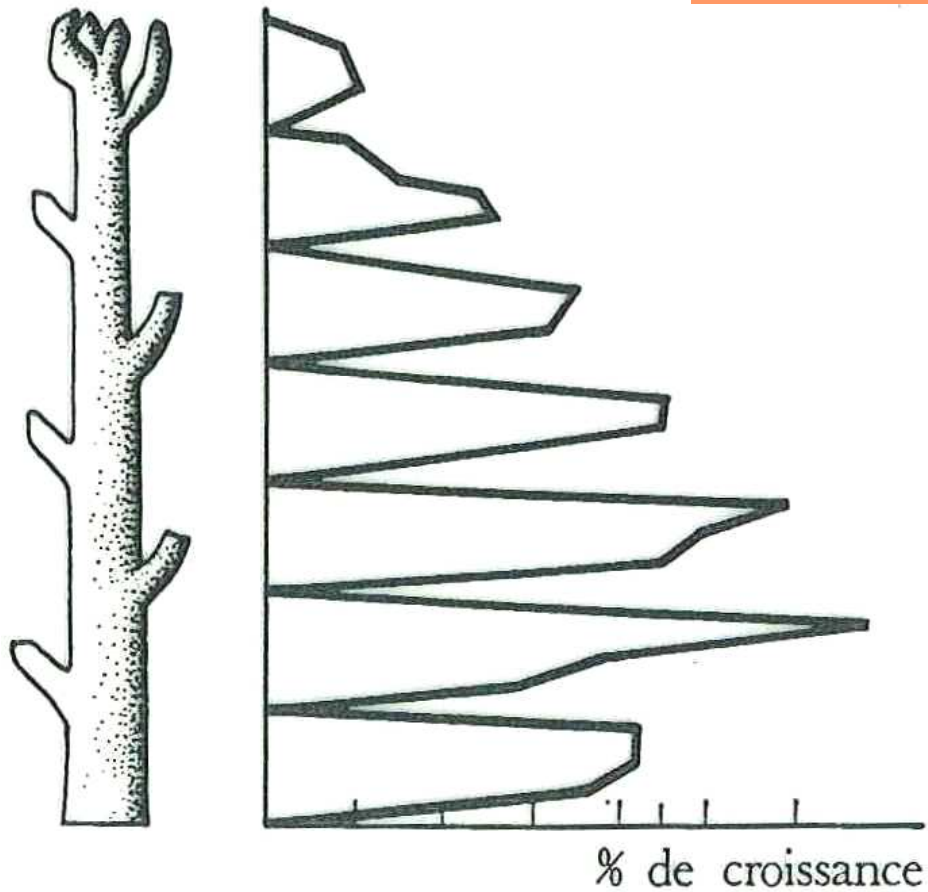


1° plan
Arrière plan

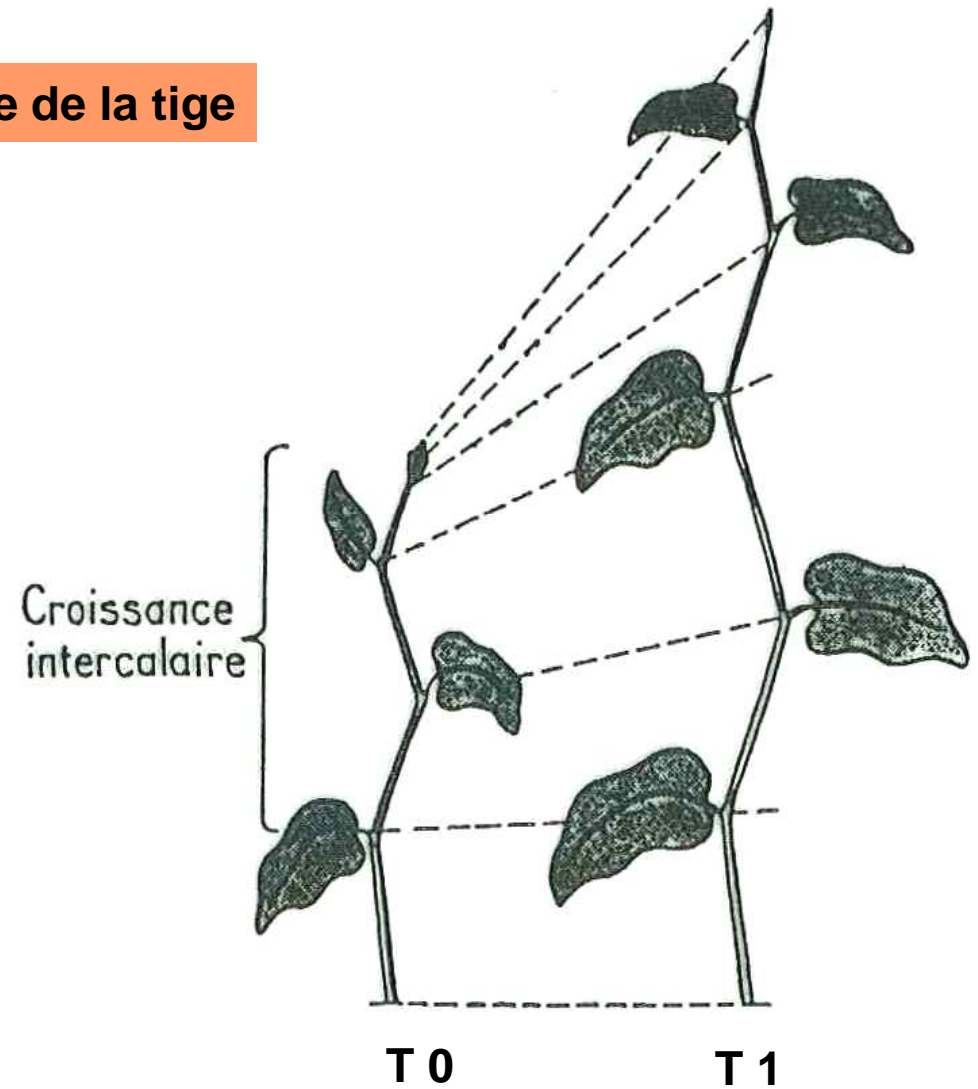


LA TIGE

La croissance de la tige



Localisation des zones de croissance



Croissance intercalaire de la tige

LA TIGE

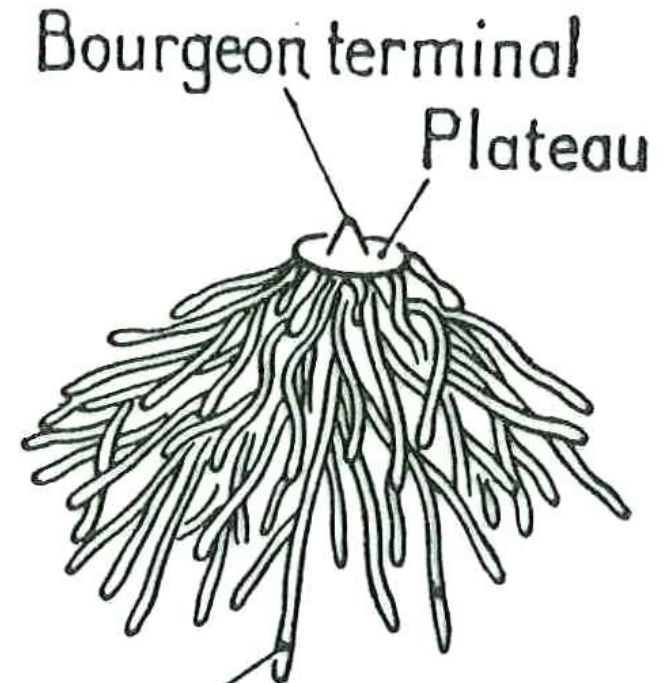
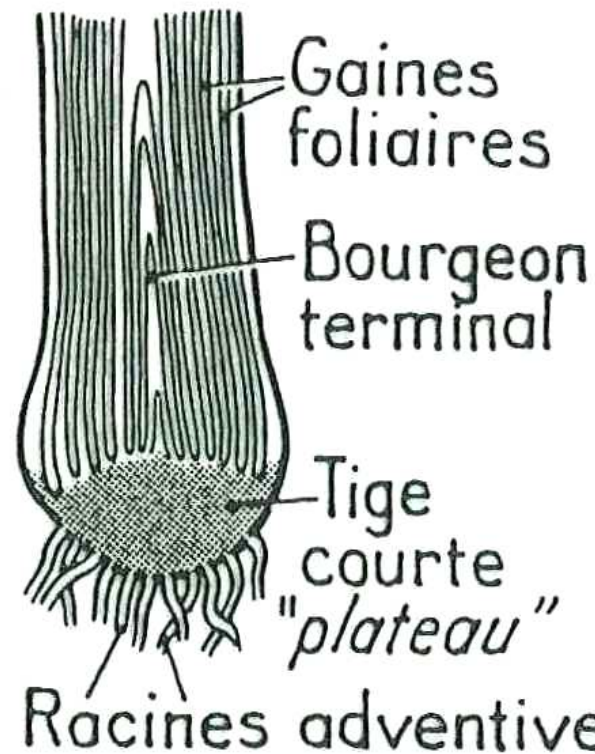
Différents types d'entre-nœuds

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

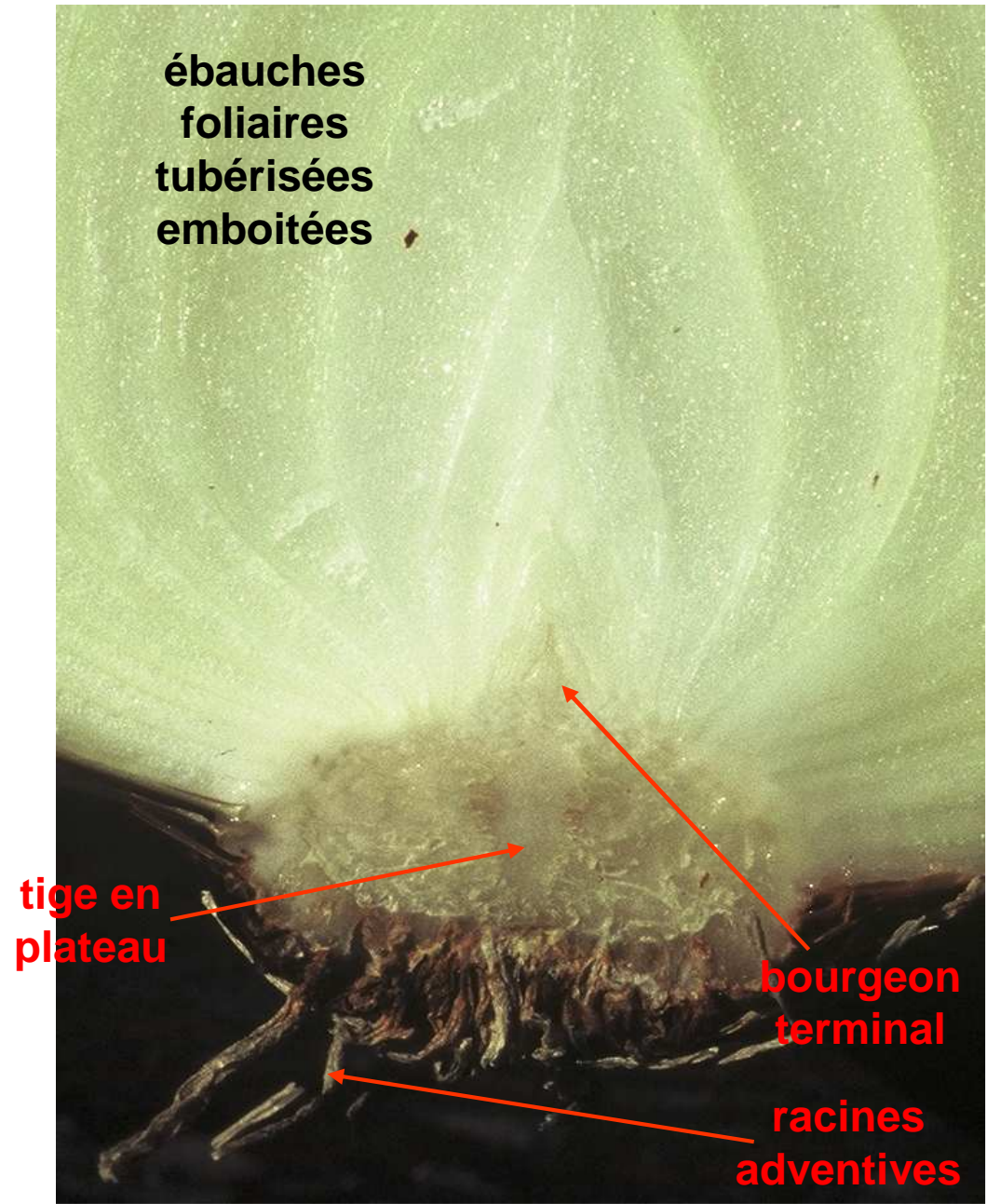
Autres exemples : tige des plantes à bulbes
(oignon, tulipe, jacinthe, bananier)

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**

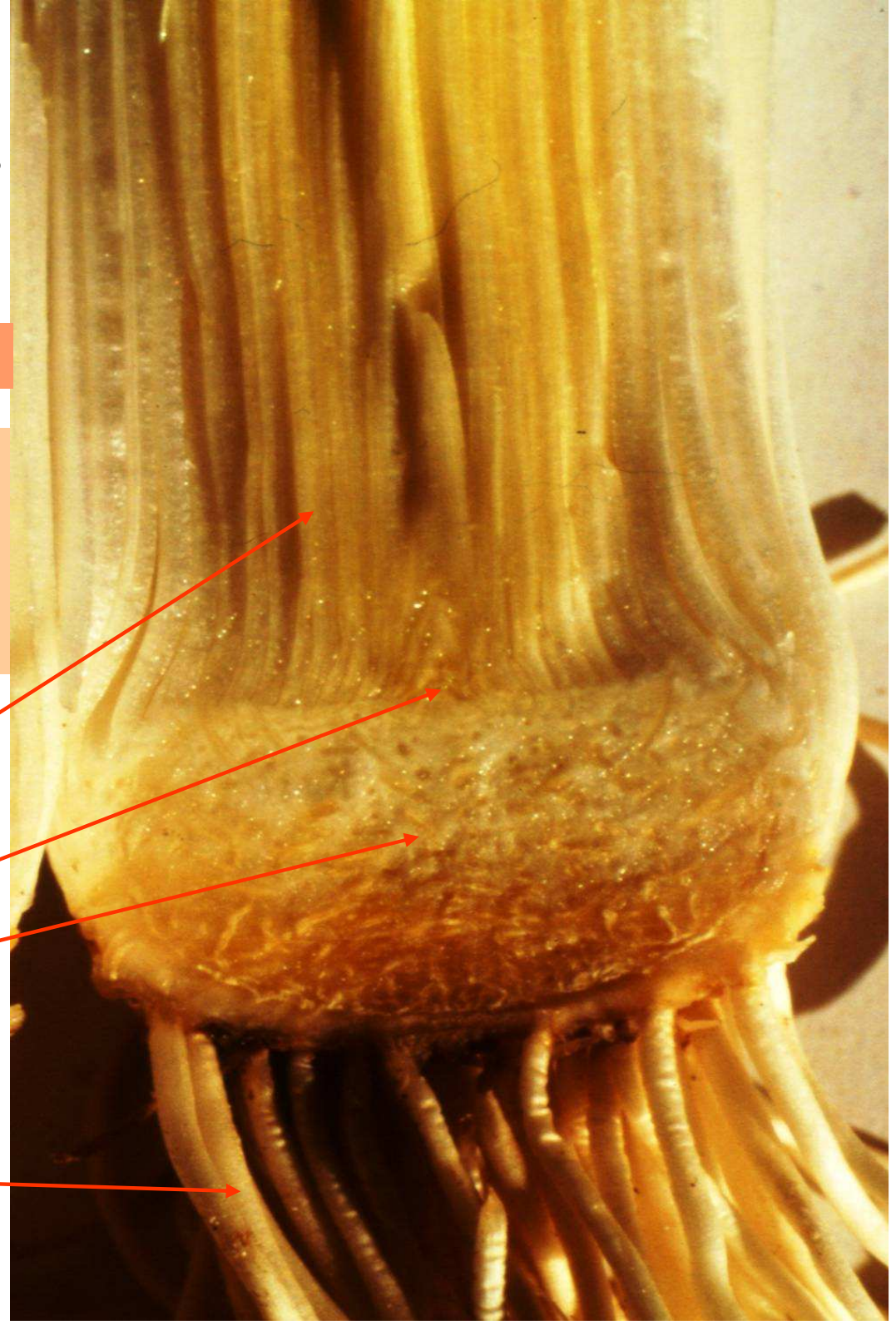
poireau (Liliacées)
plante bisannuelle

**gaines foliaires
emboîtées**

bourgeon terminal

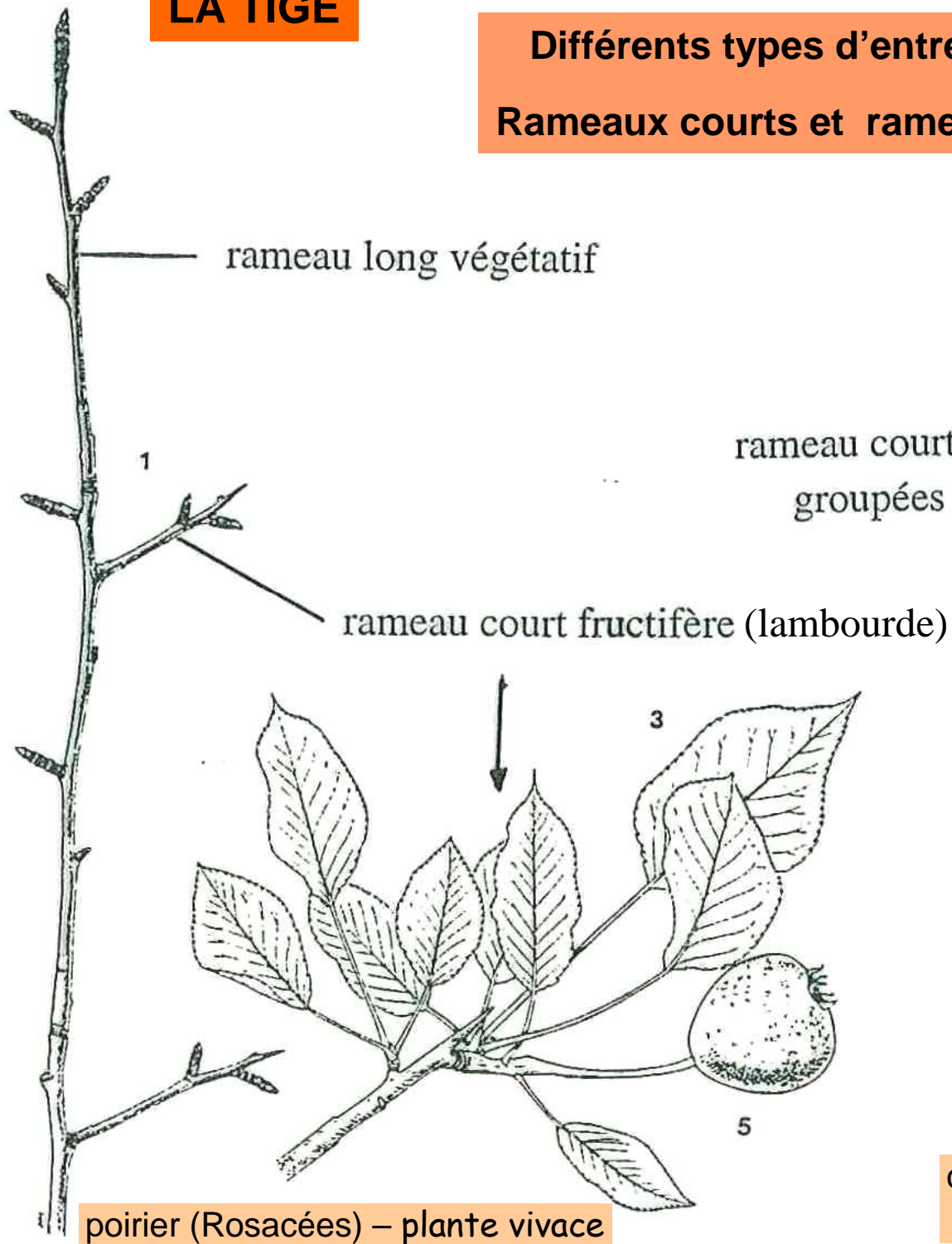
tige en plateau

racines adventives



LA TIGE

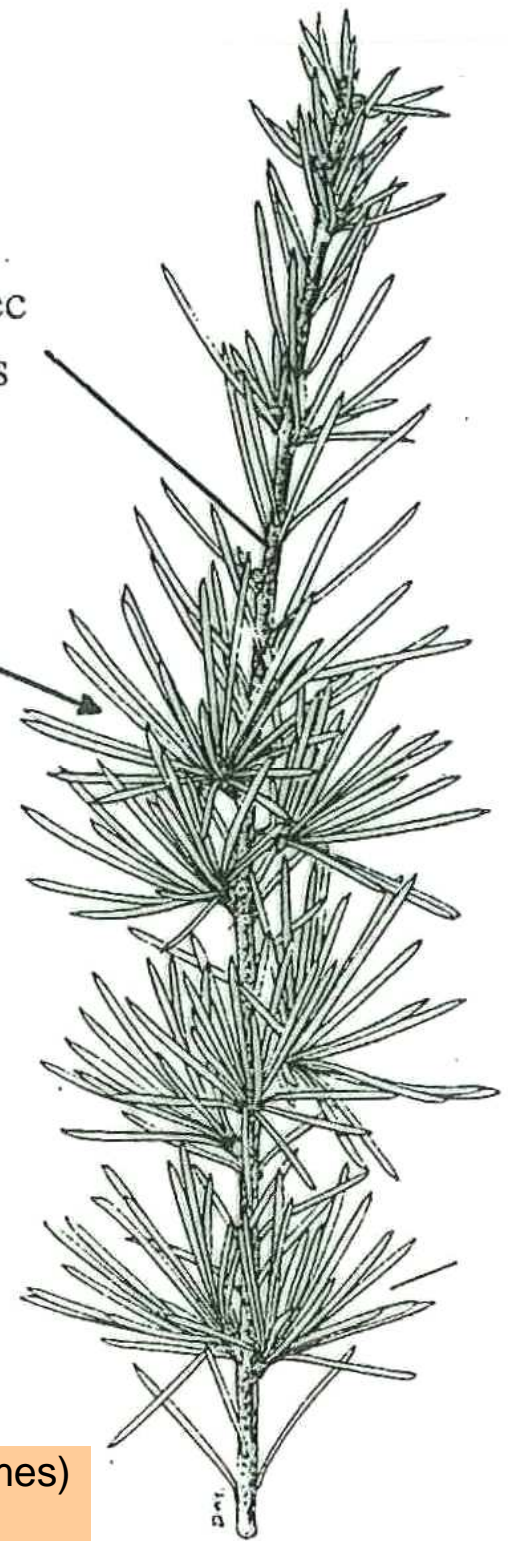
Différents types d'entre-nœuds Rameaux courts et rameaux longs



rameau long avec
aiguilles isolées

rameau court avec aiguilles
groupées en bouquet

cèdre (Gymnospermes)
plante vivace



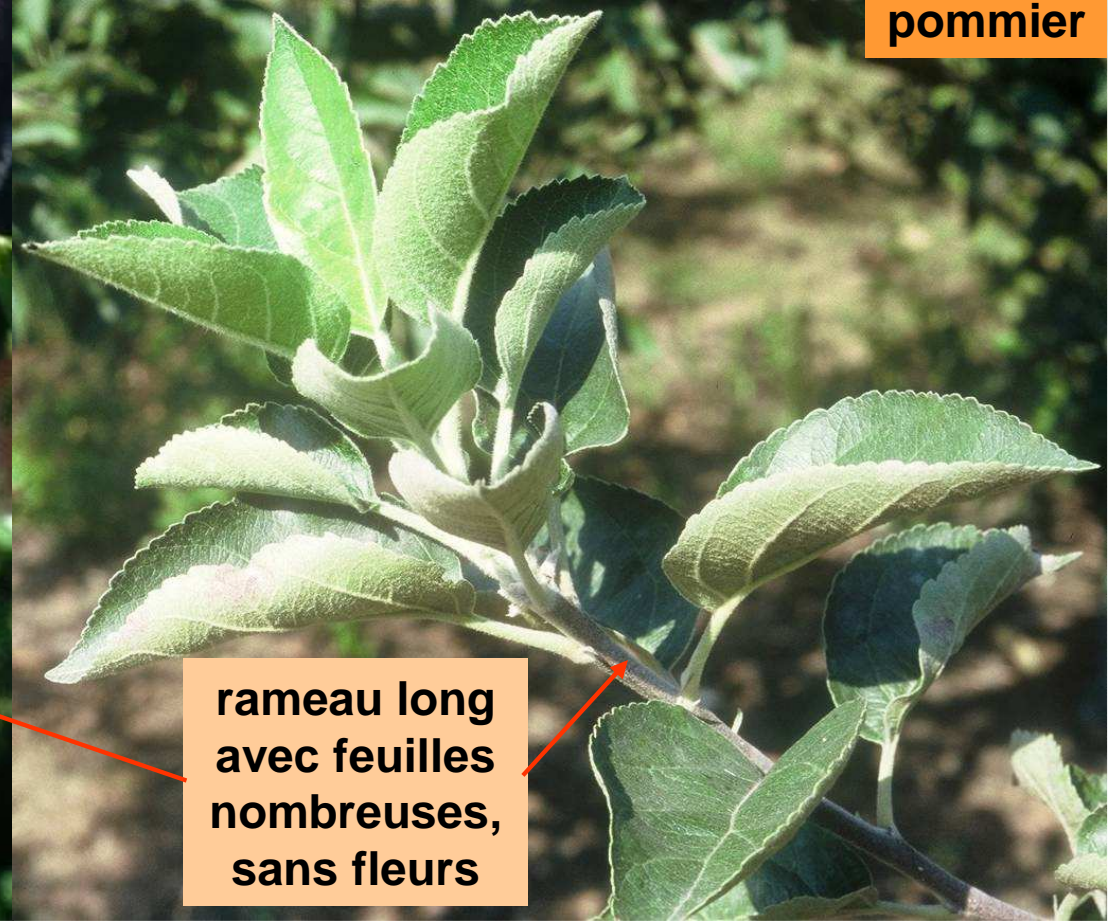
Rameaux courts et rameaux longs

poirier

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



pommier



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

Rameaux courts et rameaux longs

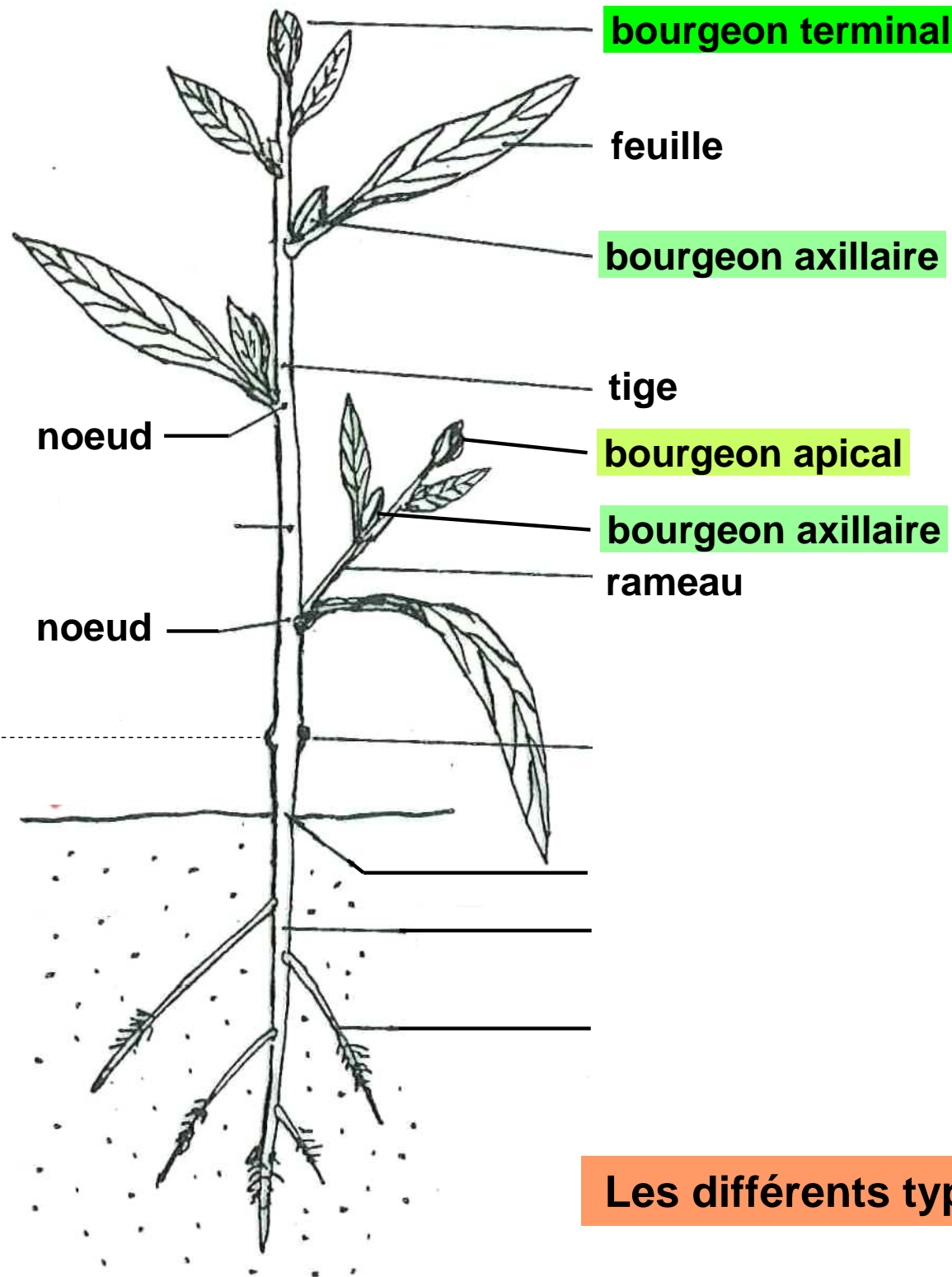


rameaux court avec aiguilles groupées en bouquet

cèdre

rameau long avec aiguilles isolées

LA TIGE



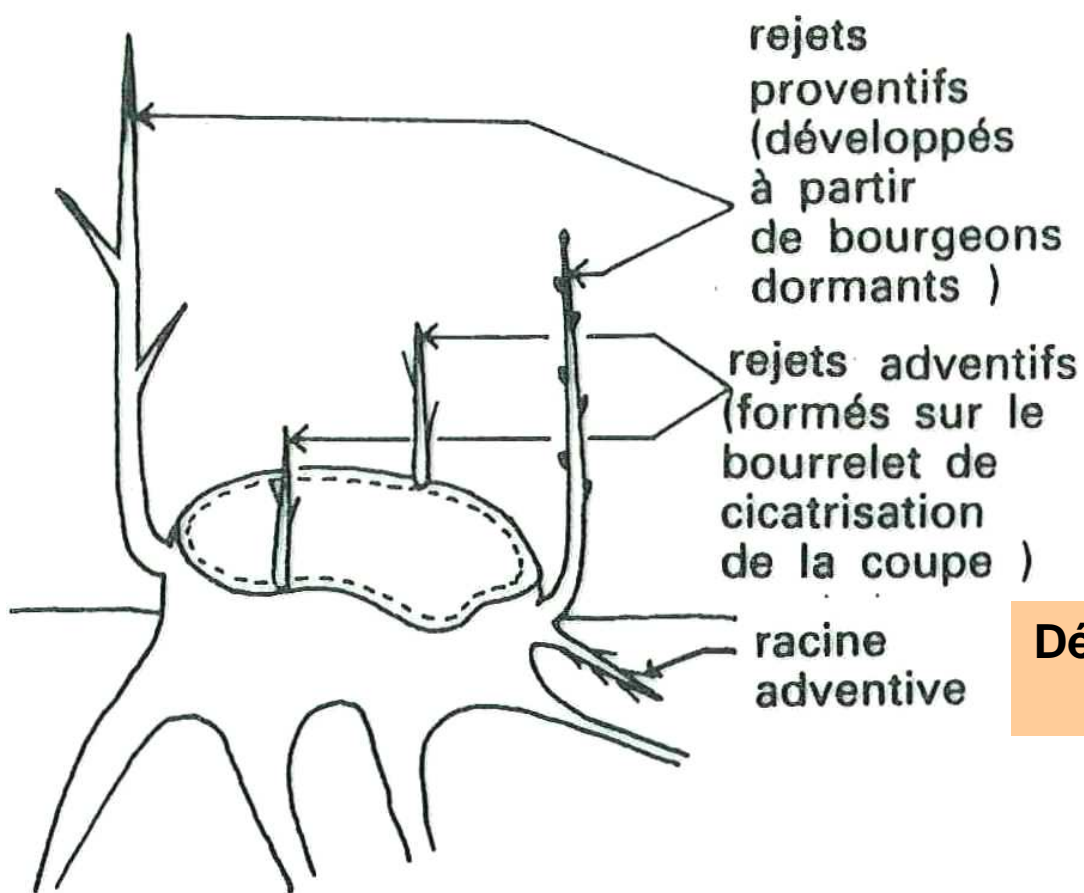
Les différents types de bourgeons

LA TIGE

Les différents types de bourgeons

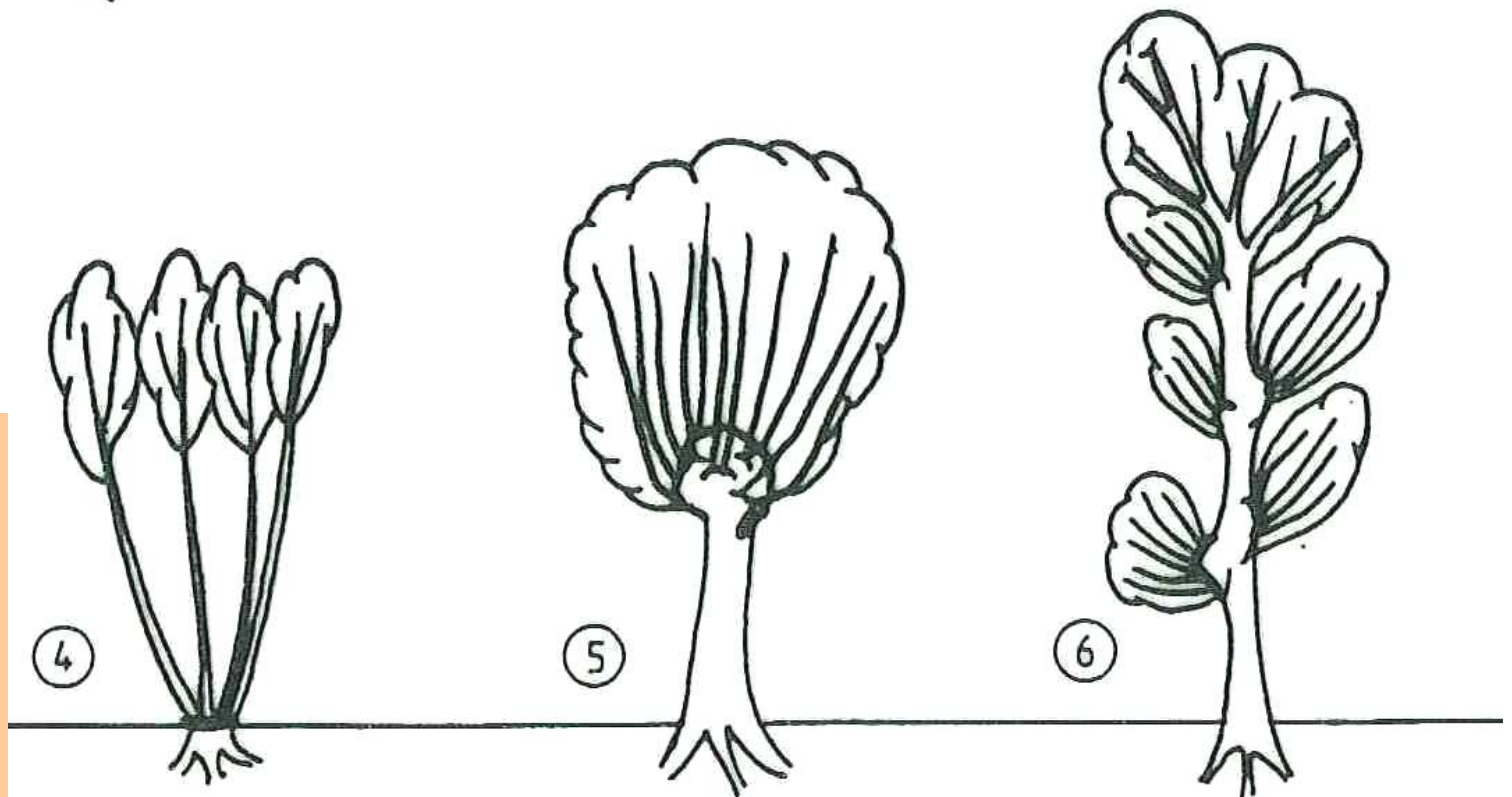
Bourgeons adventifs

Développement des bourgeons adventifs sur une souche



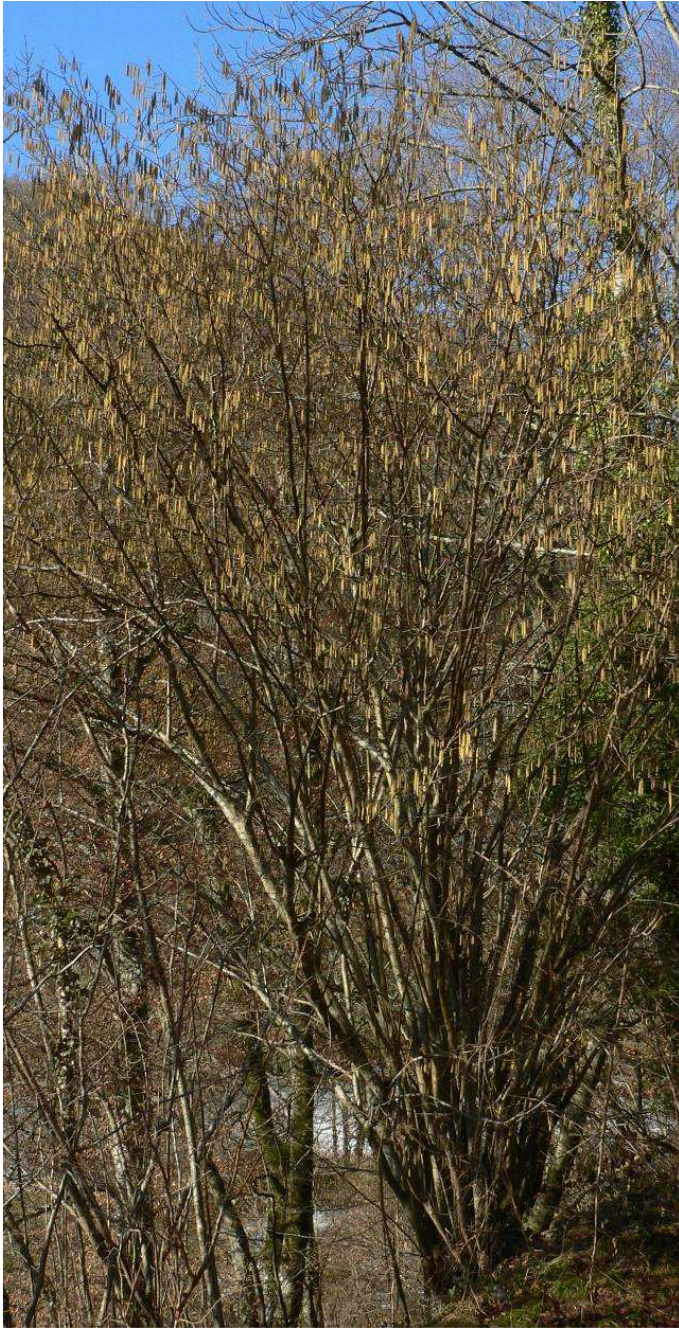
Aspect des arbres lié au développement des bourgeons adventifs

- 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

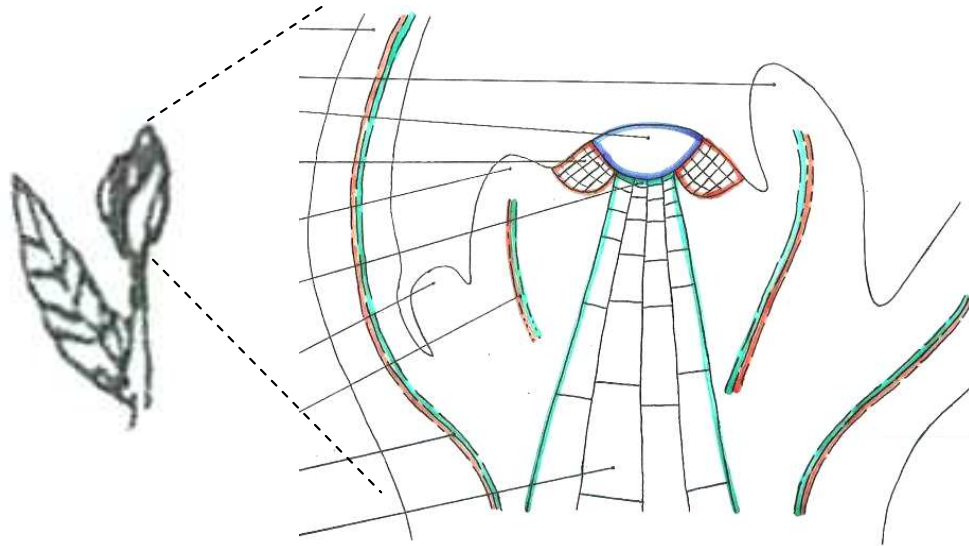


arbre en têtard : saule

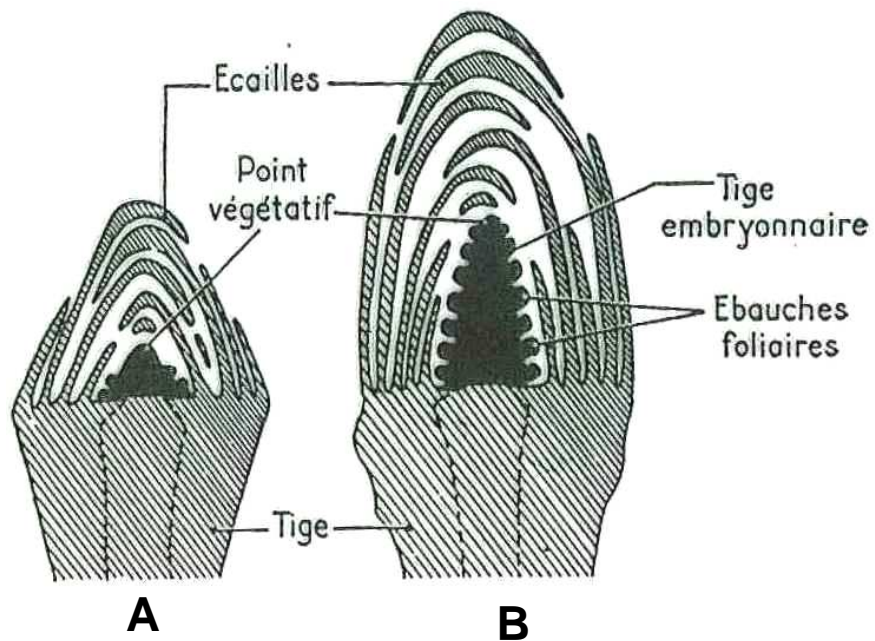


arbre d'émonde





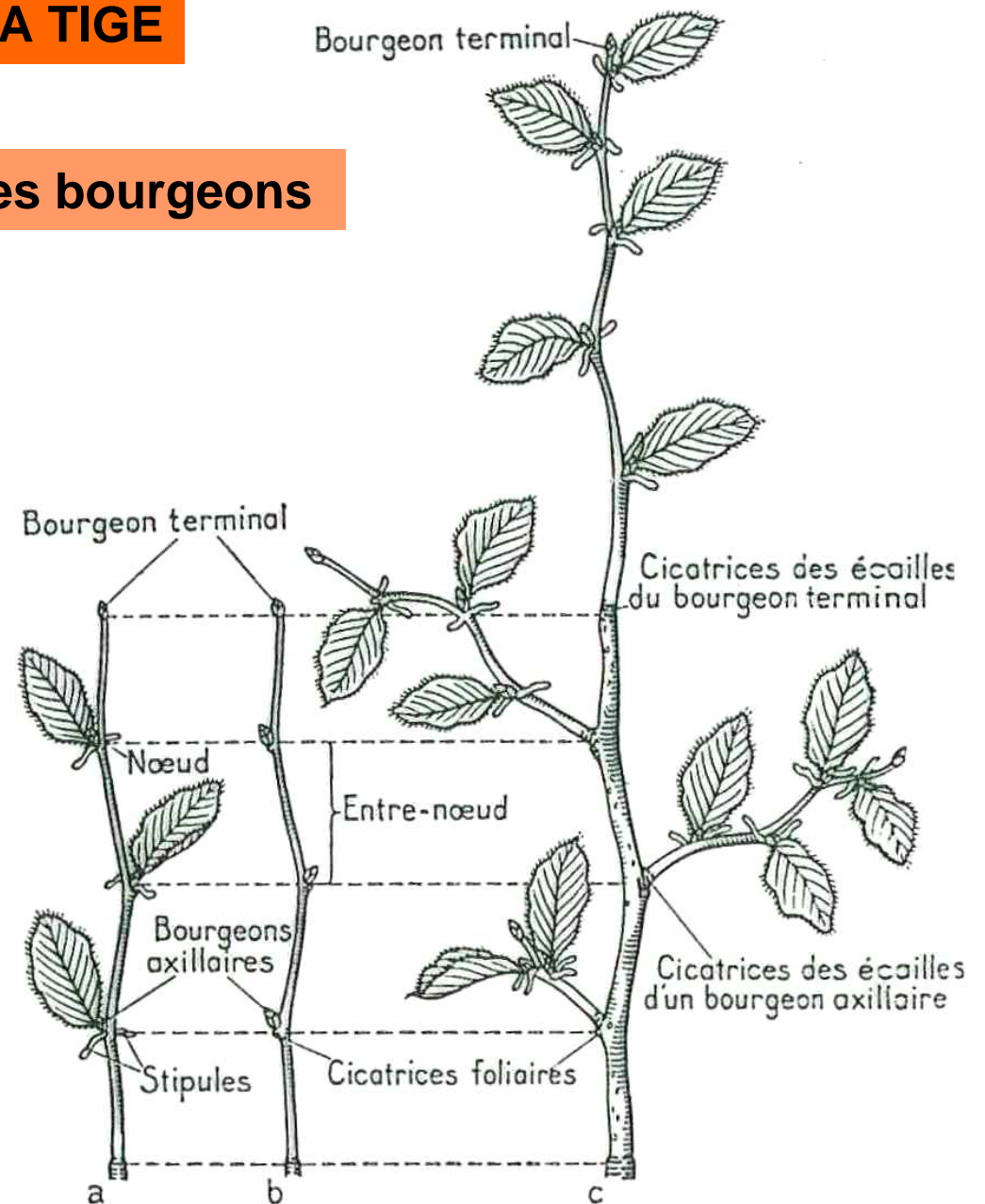
Organisation d'un bourgeon nu en croissance



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

LA TIGE

Les bourgeons



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)

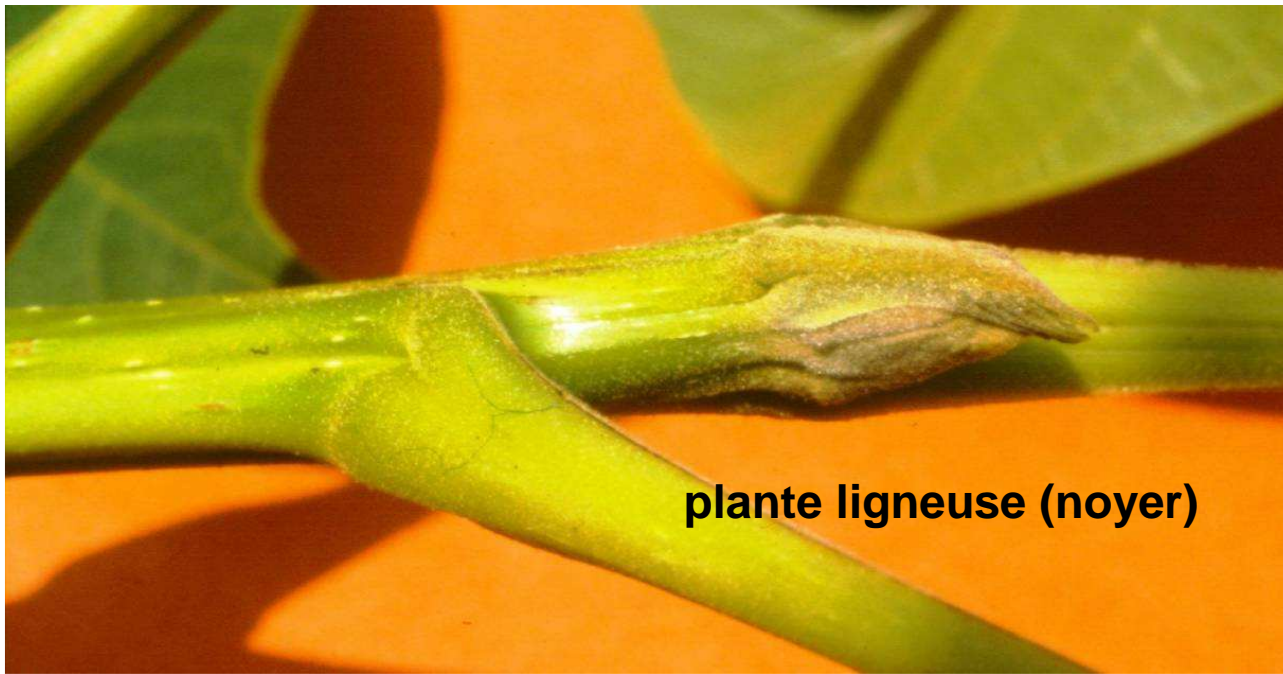


Les bourgeons

**bourgeons
écailleux
dormants
(frêne)**



bourgeons nus en croissance



plante ligneuse (noyer)

Les bourgeons



écailles
protectrices
herbacées
lignifiées



développement
de la tige et des
feuilles
chute des écailles

Développement du
bourgeon écailleux des
plantes ligneuses

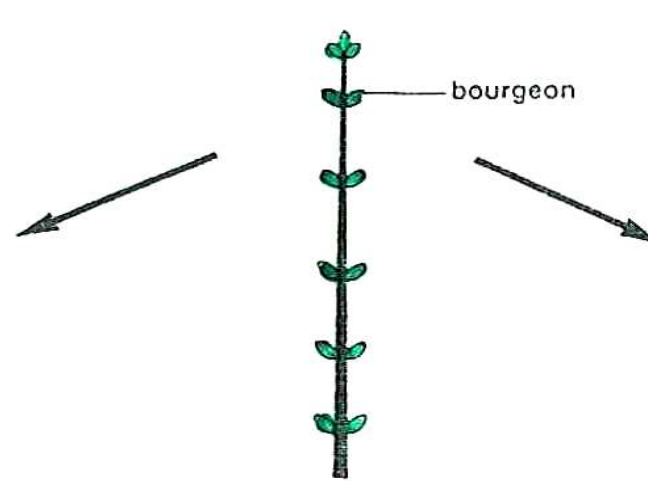


cicatrices des
écailles à la base
de la pousse
annuelle



LA TIGE

Développement des bourgeons

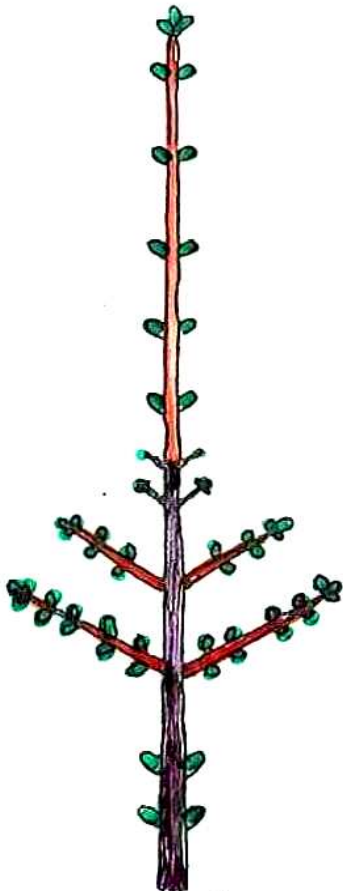


Tige avec bourgeons

Année N

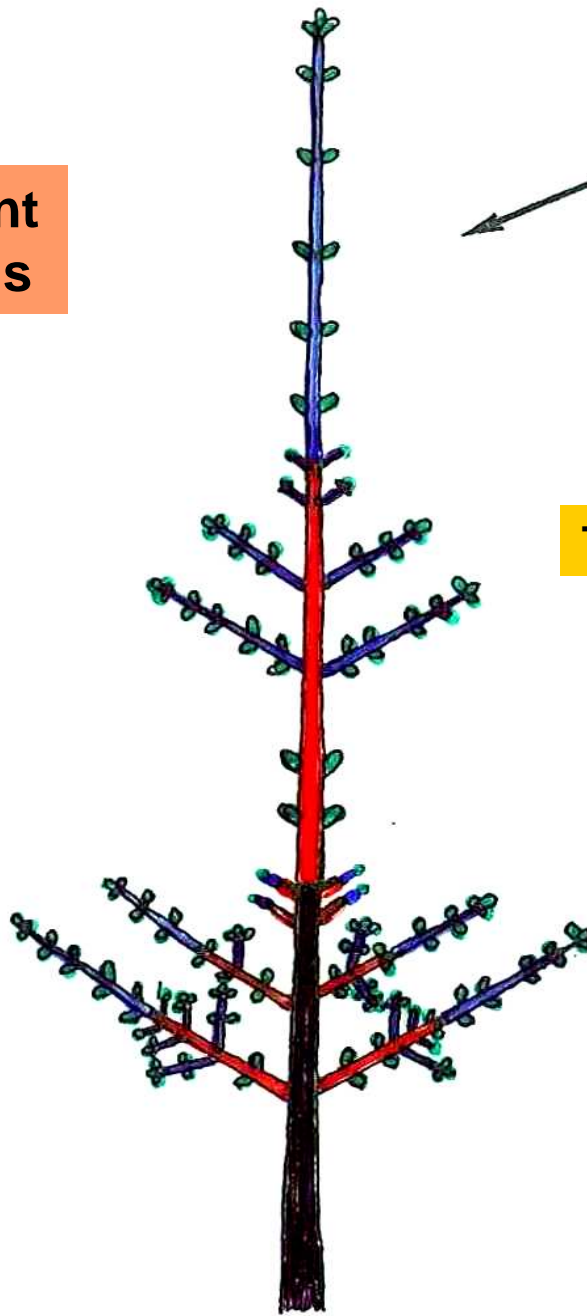


Année N + 1



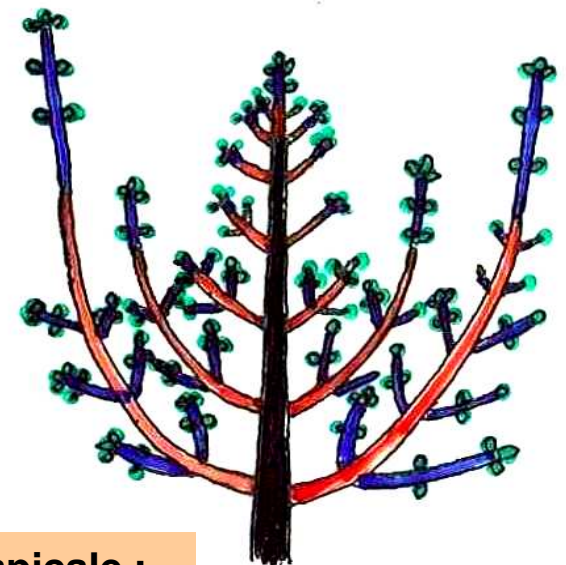
Année N + 1

Forte dominance apicale :
développement acrotonique



Année N + 2

Pas de dominance apicale :
développement basitonique

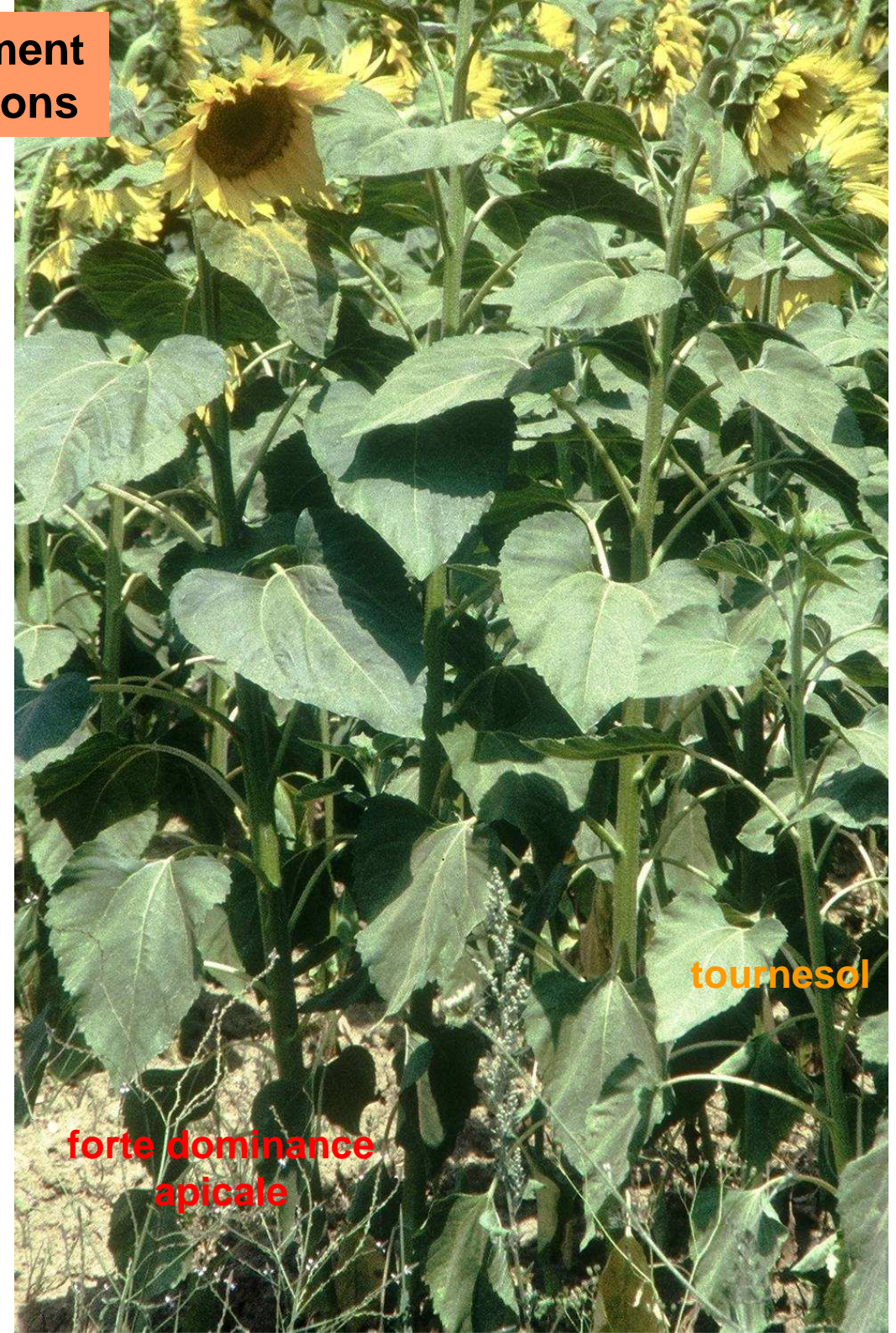


Année N + 2

absence de
dominance apicale

Développement
des bourgeons

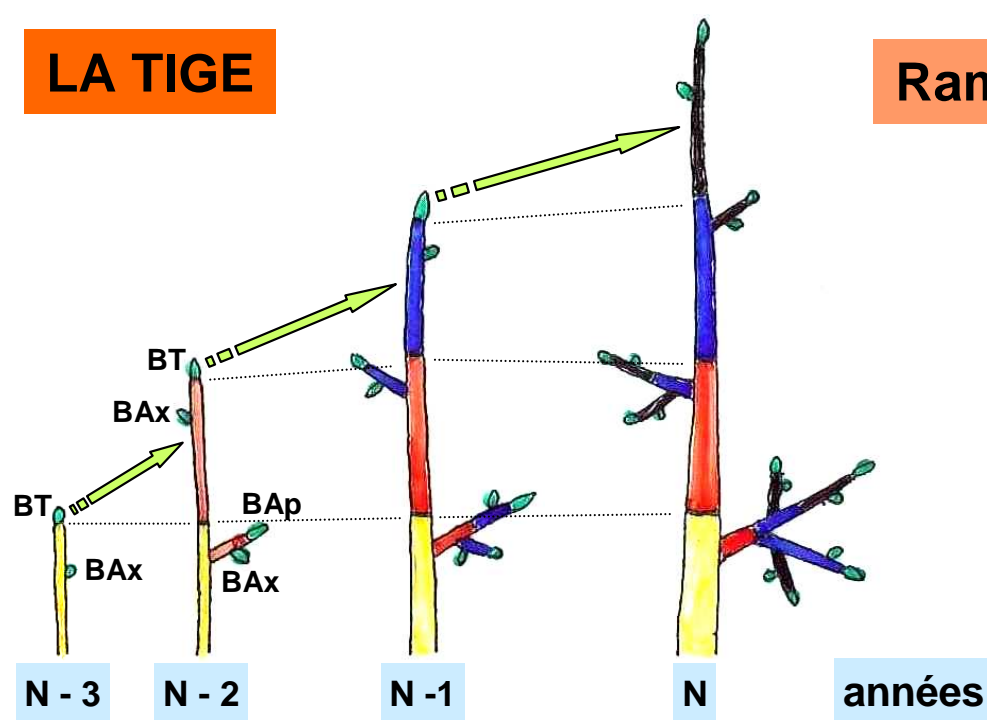
chénopode



tournesol

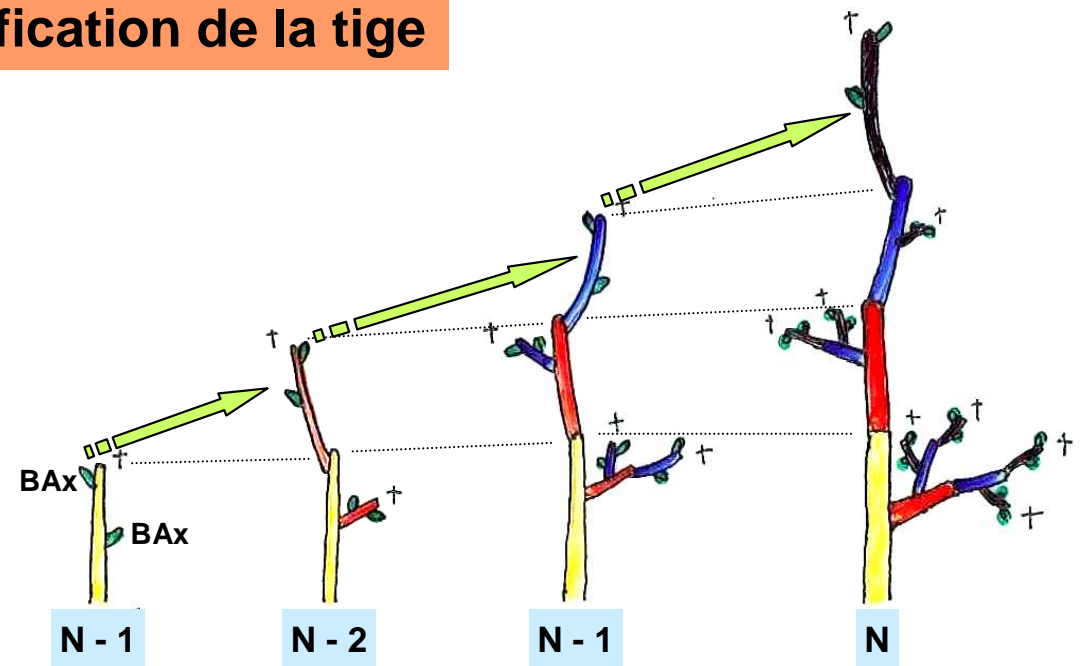
forte dominance
apicale

LA TIGE



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

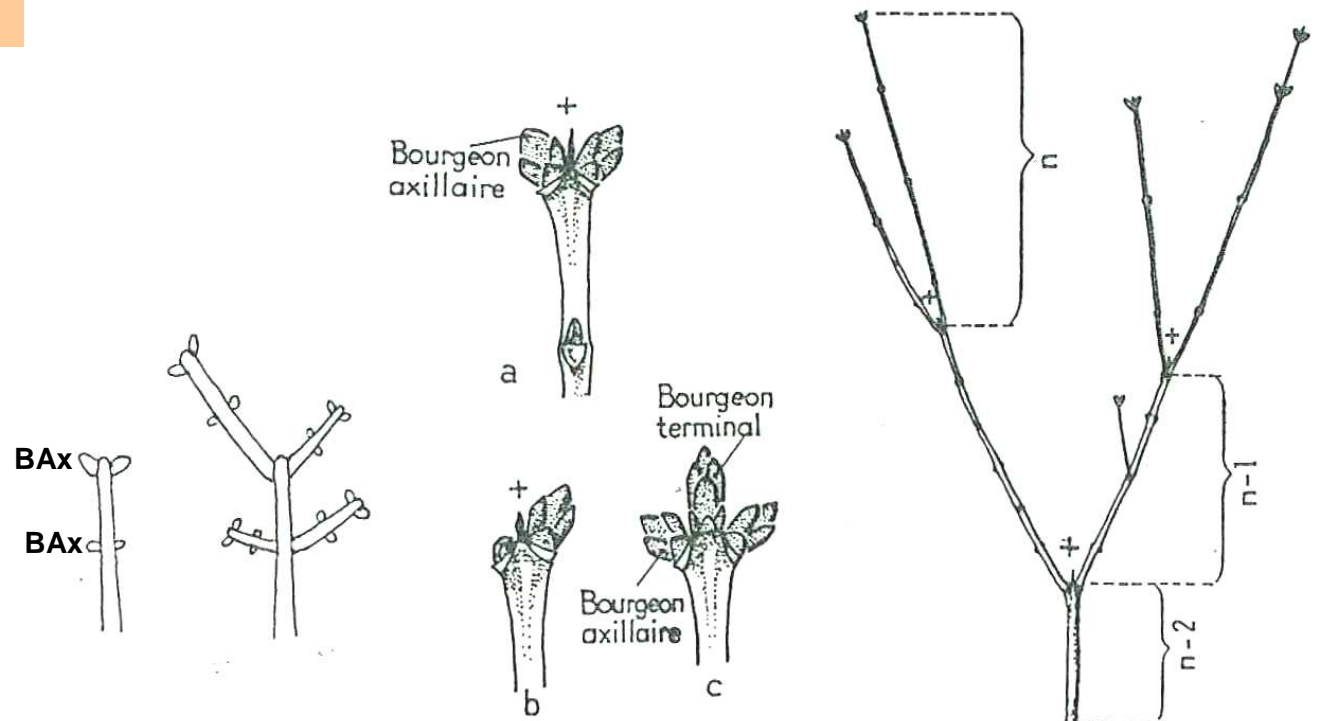
Ramification de la tige



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

T3

maître-brin

F3

F5

F4

talle 1

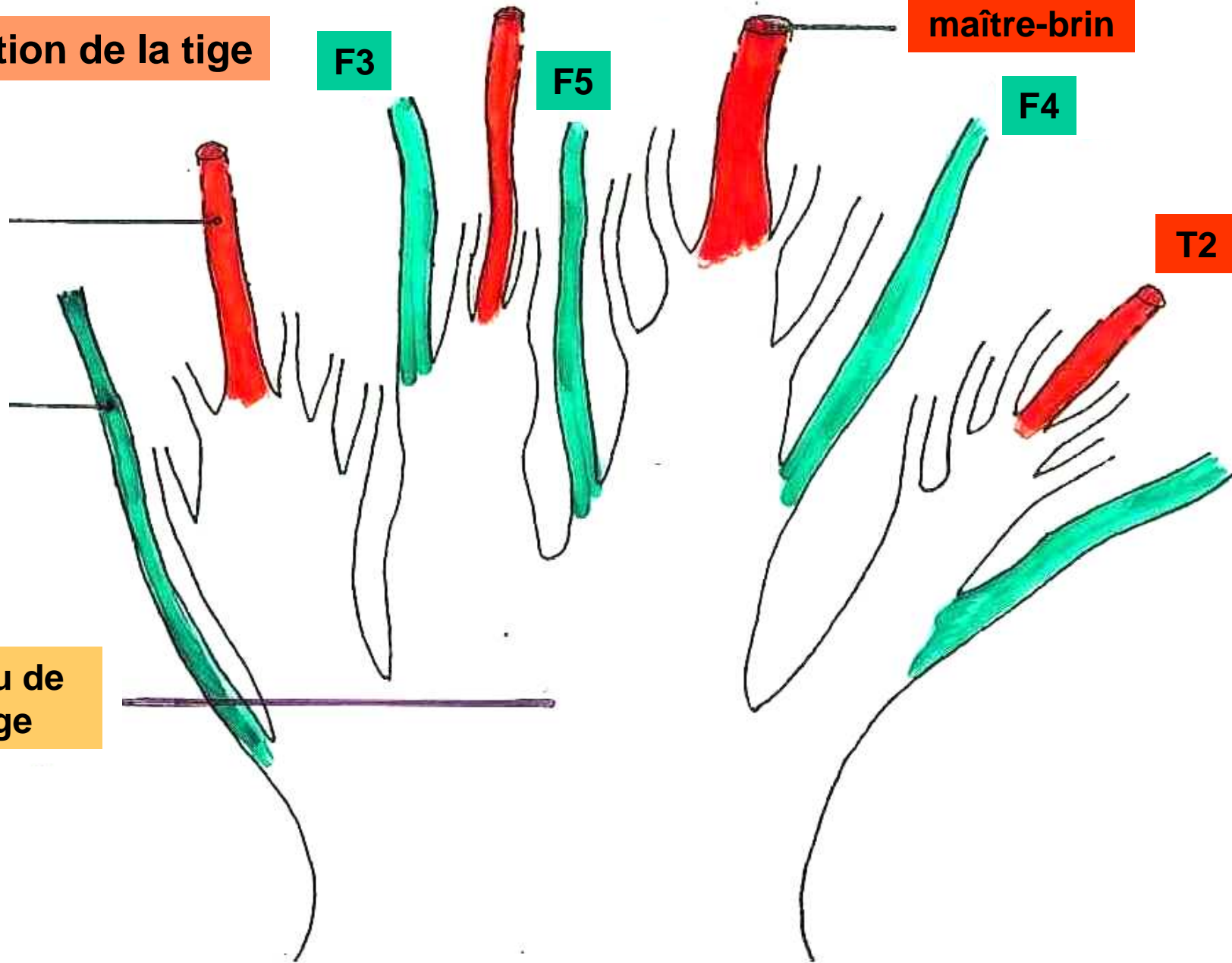
T2

feuille 1

F2

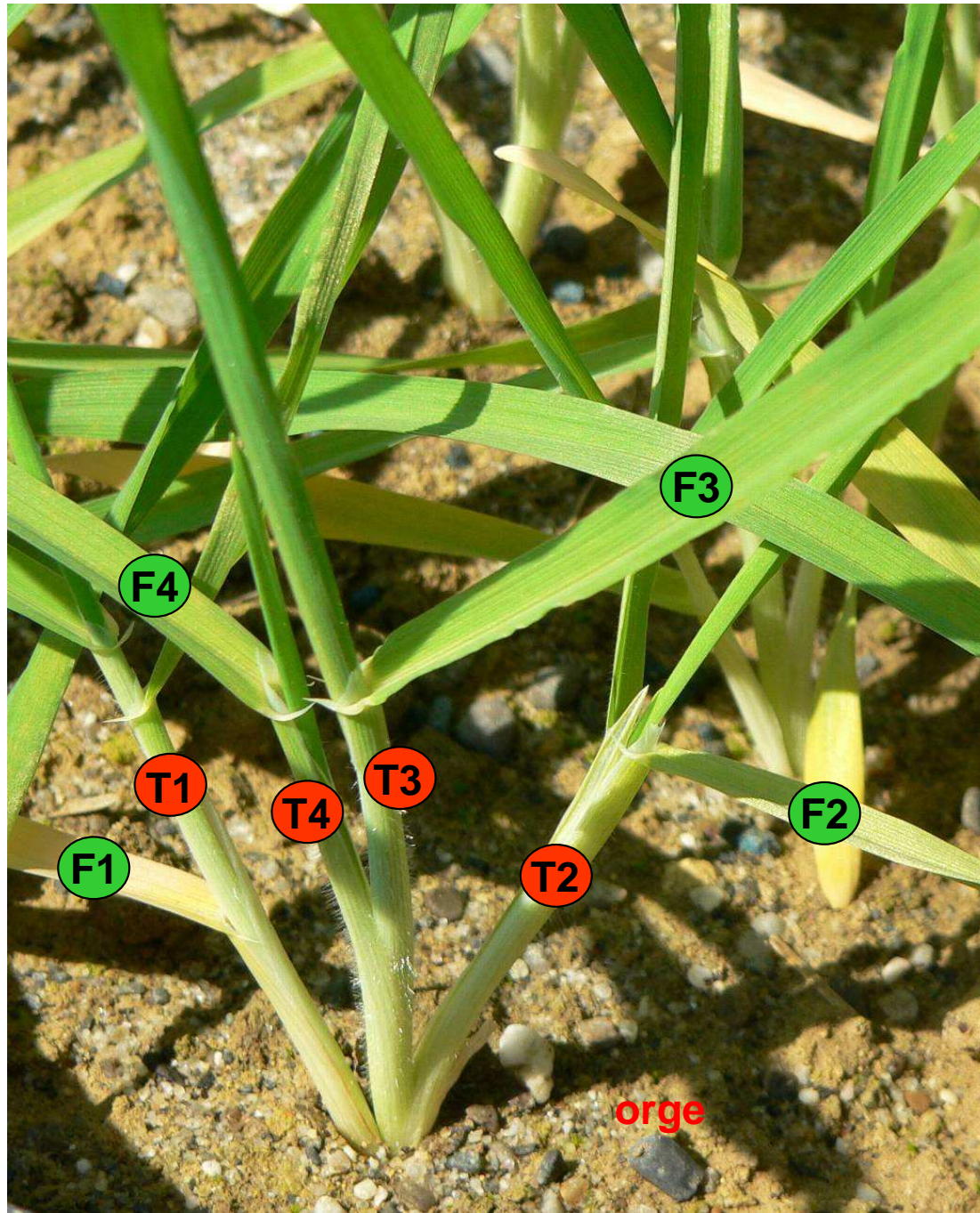
plateau de
tallage

Ramification de la tige des Poacées : phénomène de tallage

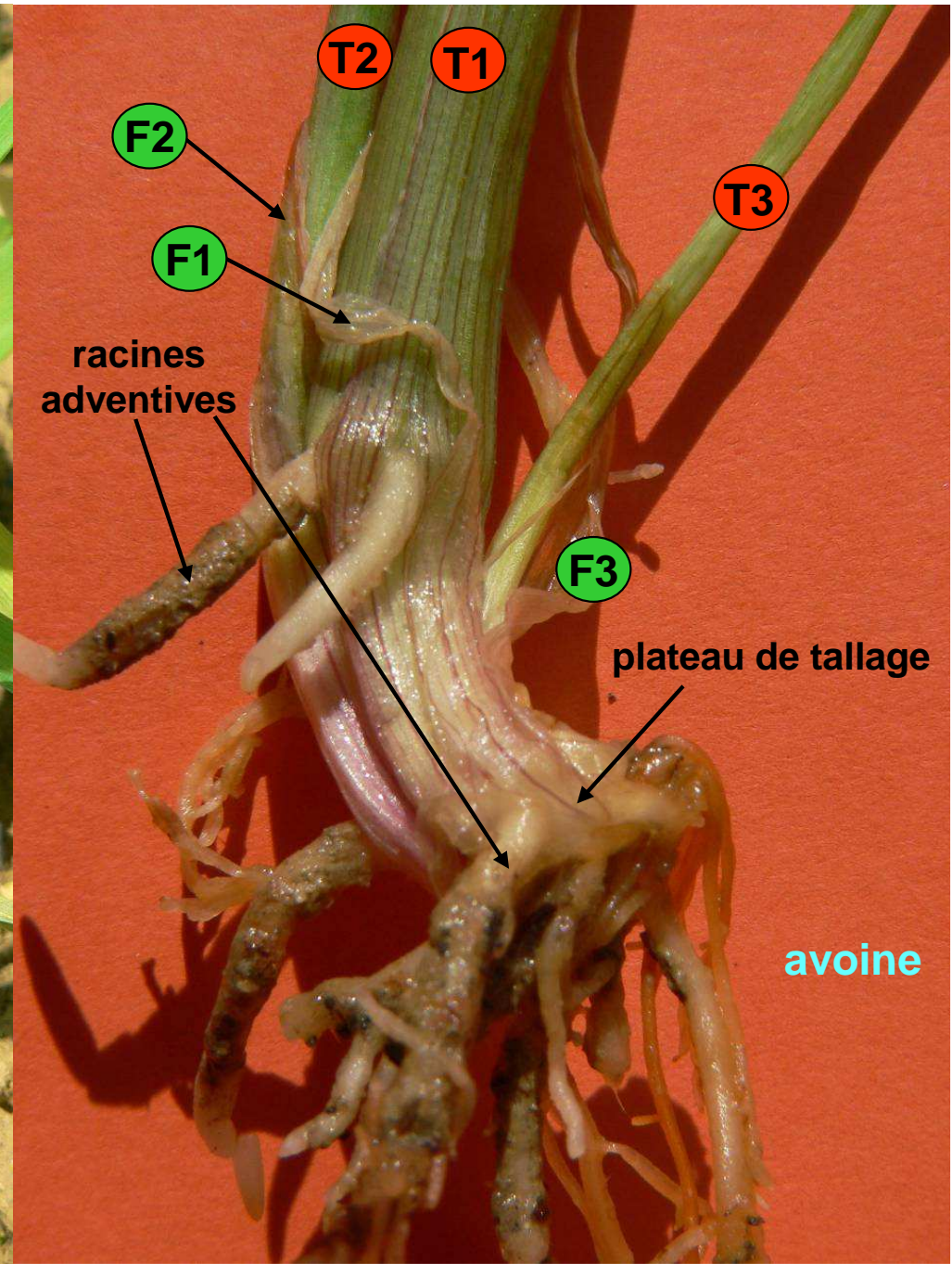


Ramification de la tige des Poacées : phénomène de tallage

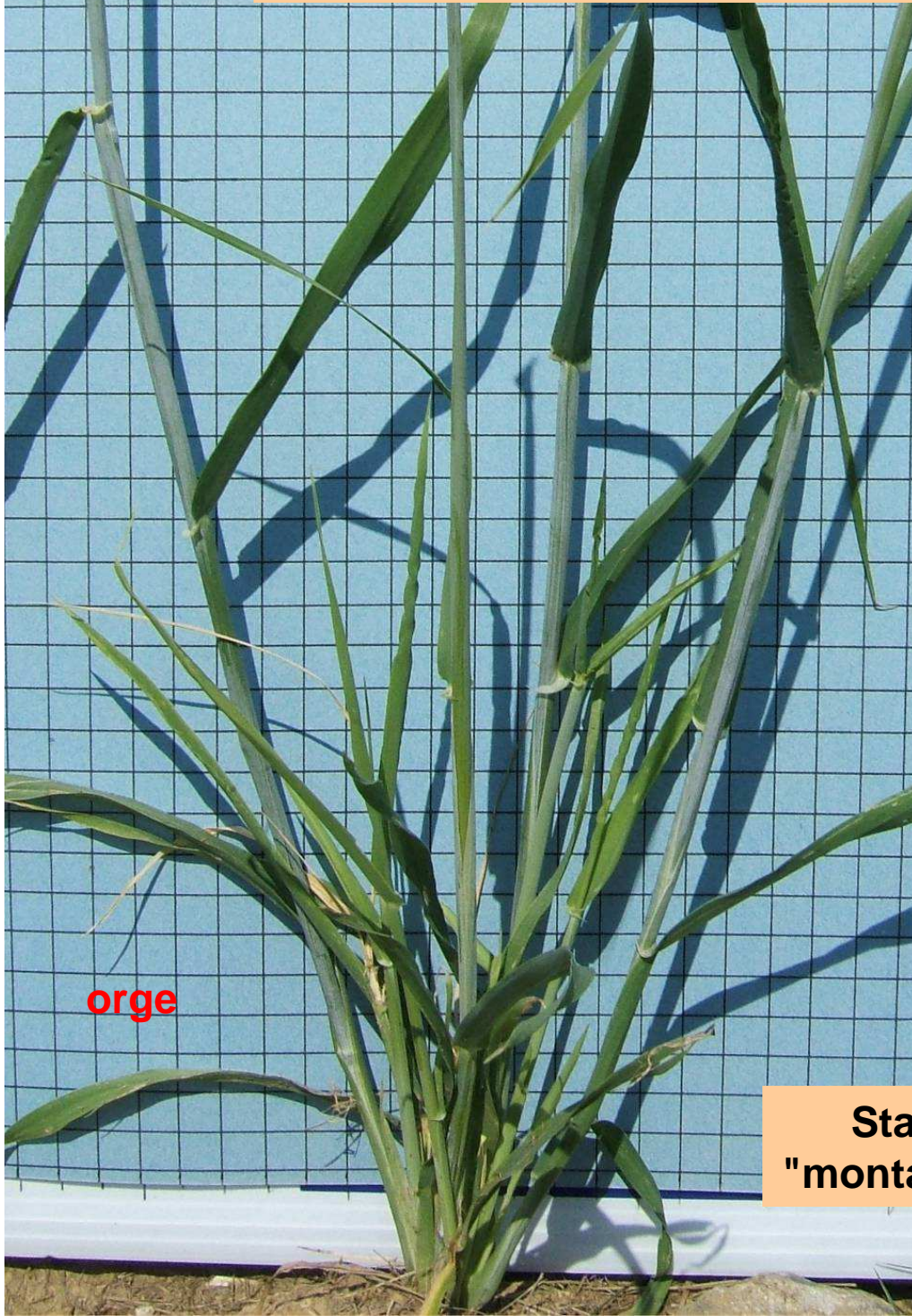
Développement des talles



Détails de la formation des talles



Ramification de la tige des Poacées : phénomène de tallage

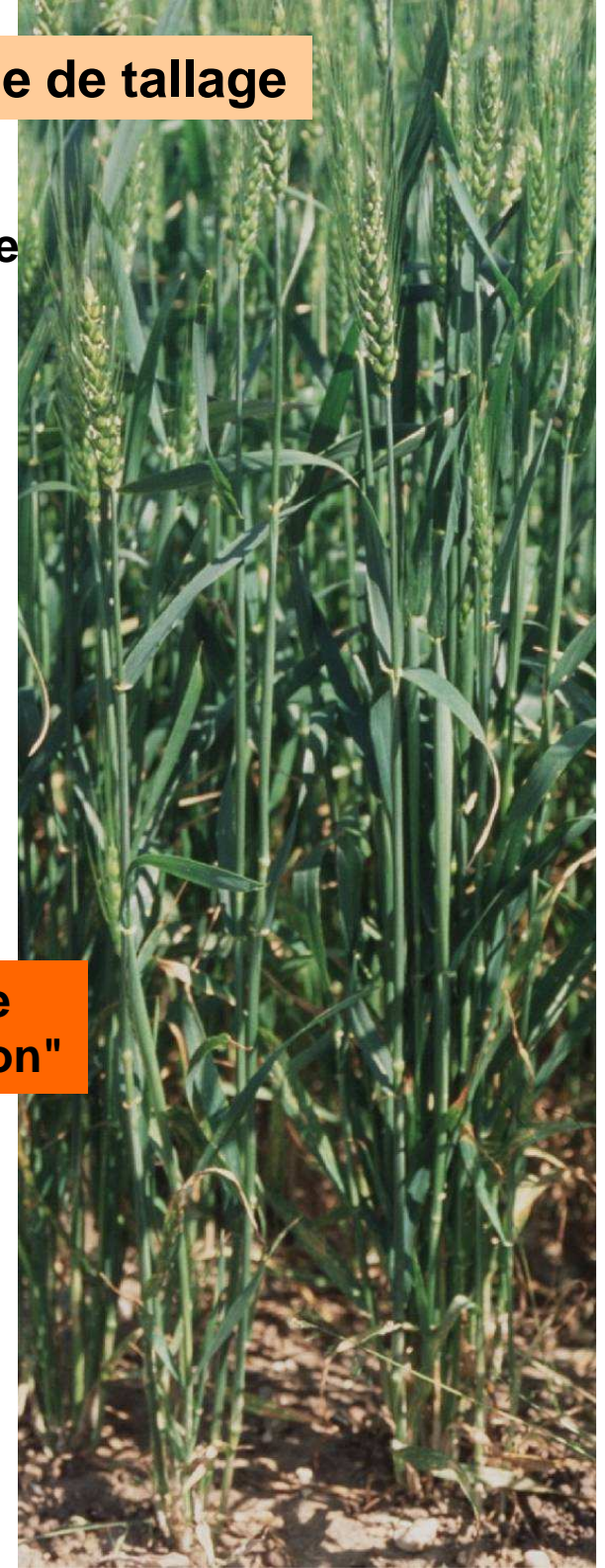


orge

Stade
"montaison"

blé tendre

Stade
"épiaison"



patate douce

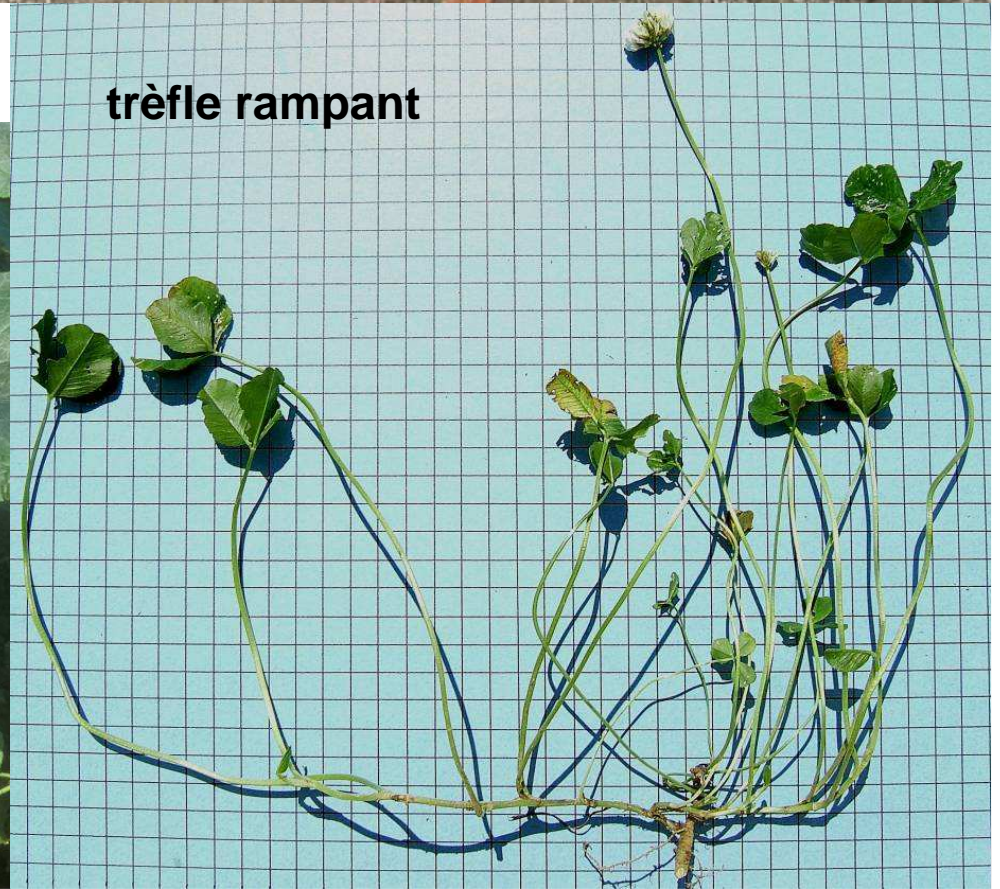
**Port des plantes
tiges rampantes**



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)



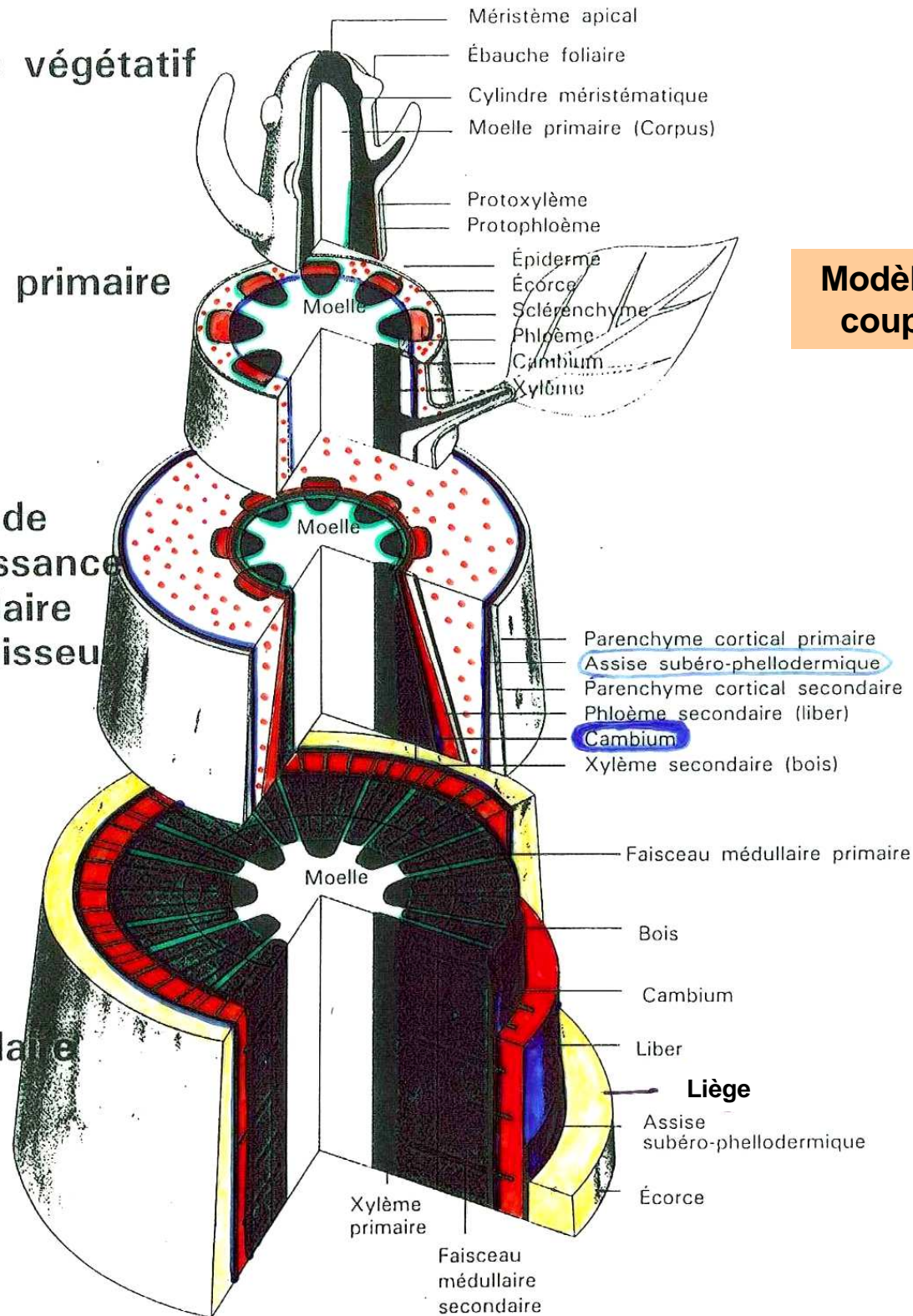
**Absence de
dominance apicale
(cassis)**

Cône végétatif

Tige primaire

Début de la croissance secondaire en épaisseur

Tige secondaire



LA TIGE

Anatomie de la tige

Modèle tridimensionnel de tige montrant des coupes transversales à différents niveaux

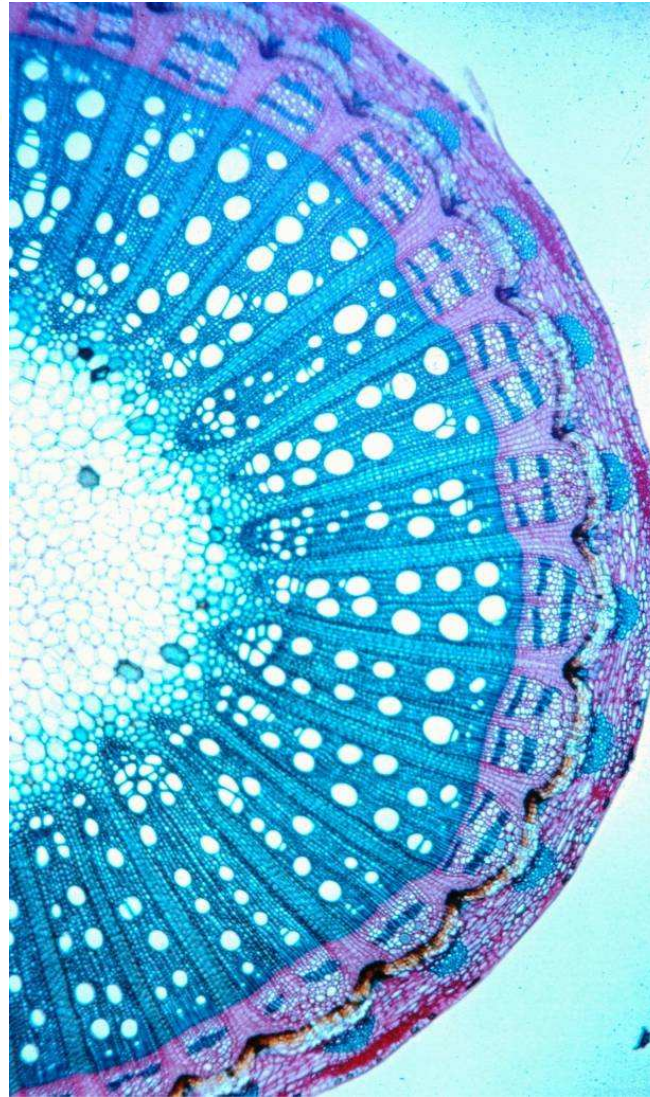
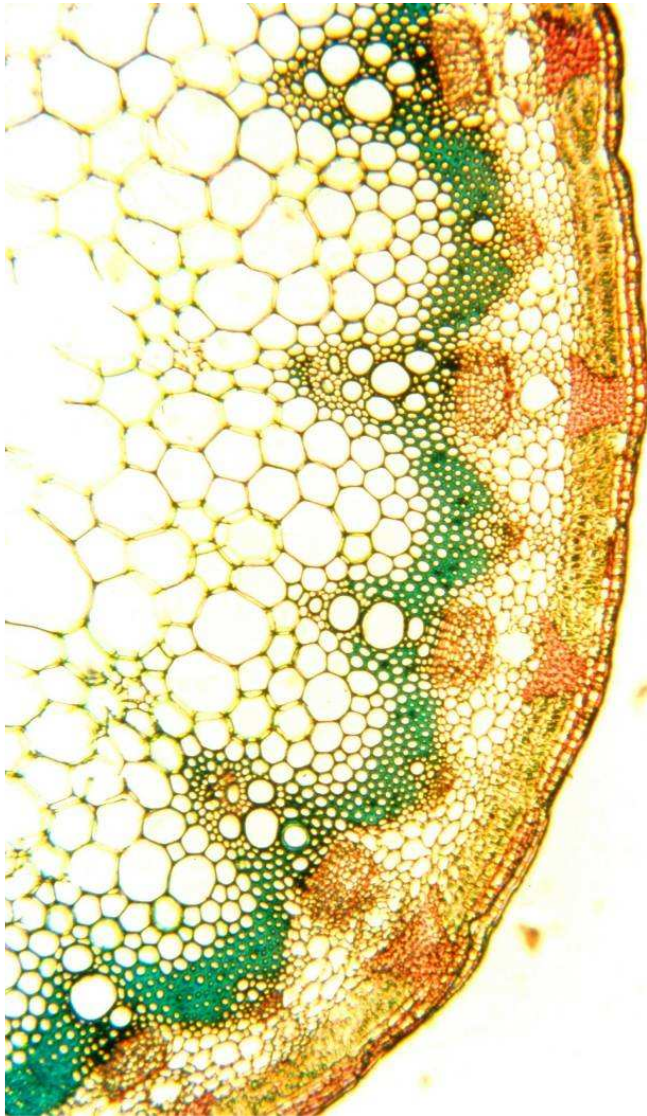
Anatomie de la tige

Tige des Dicotylédones

Tige des Monocotylédones

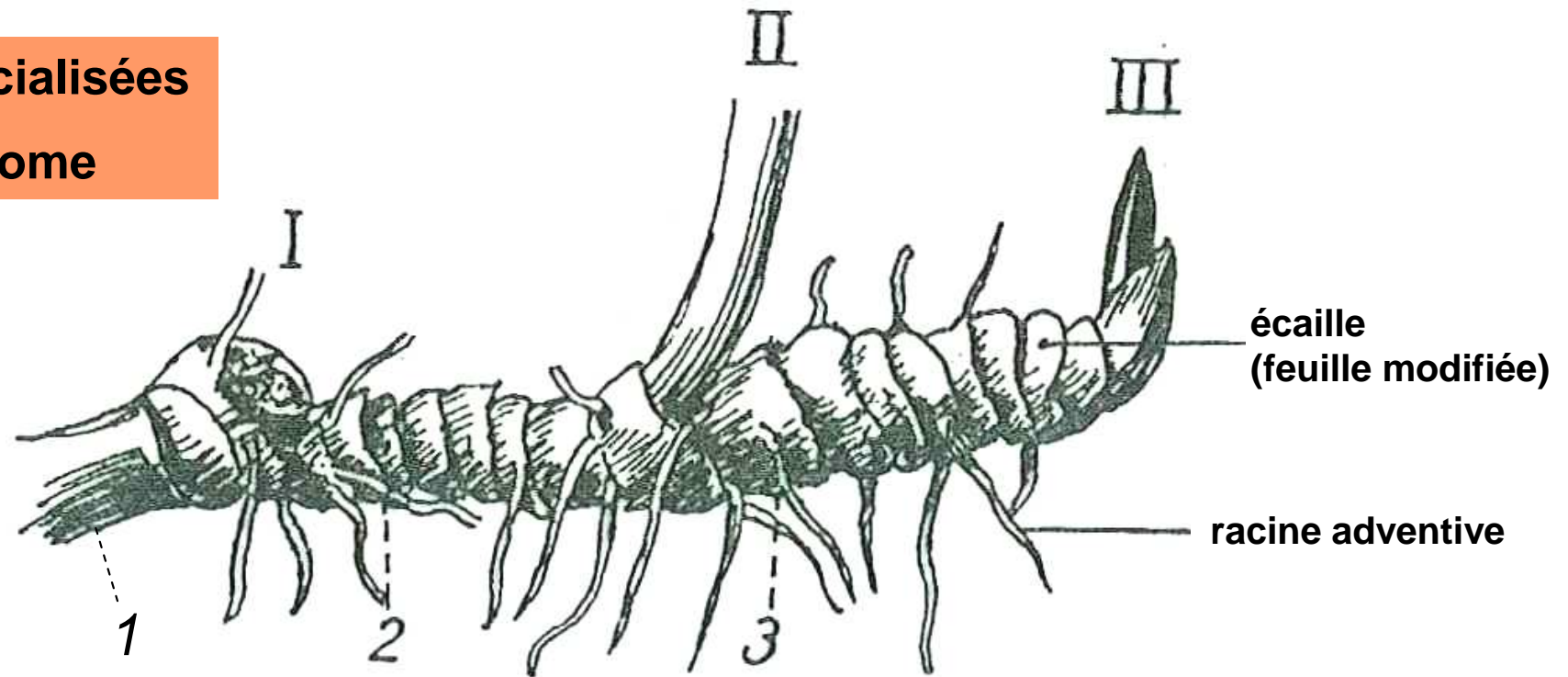
structure primaire

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

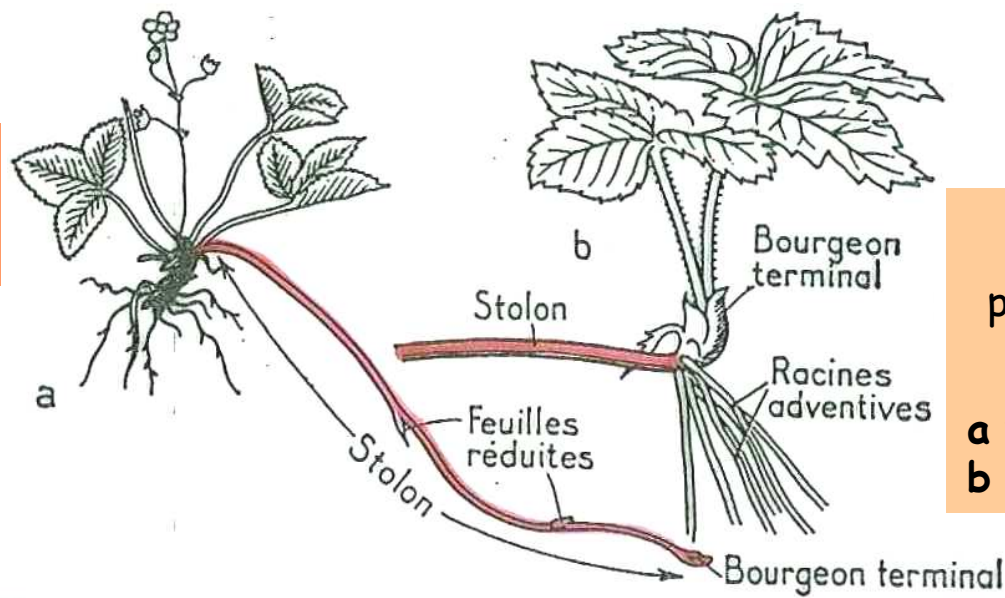


gingembre

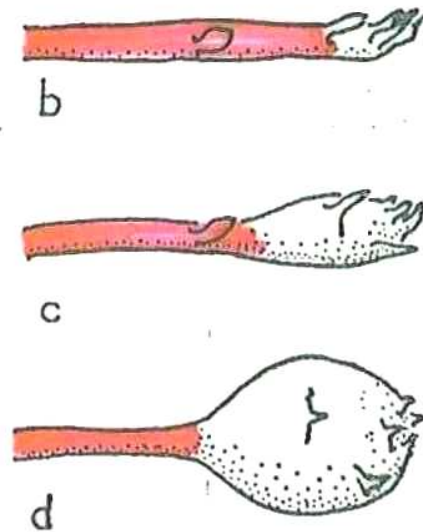
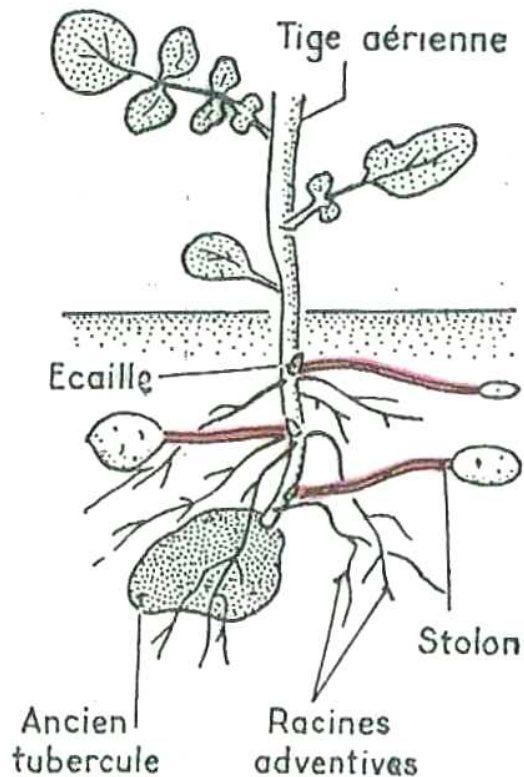


LA TIGE

Tiges spécialisées le stolon

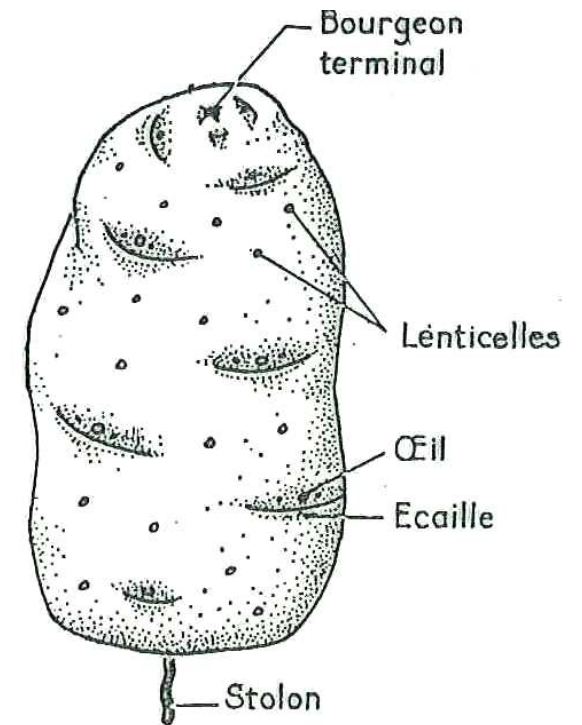


Stolon aérien de fraisier
plante vivace à port en rosette
Rosacées
a : fraisier avec stolon
b : enracinement du BT du stolon



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



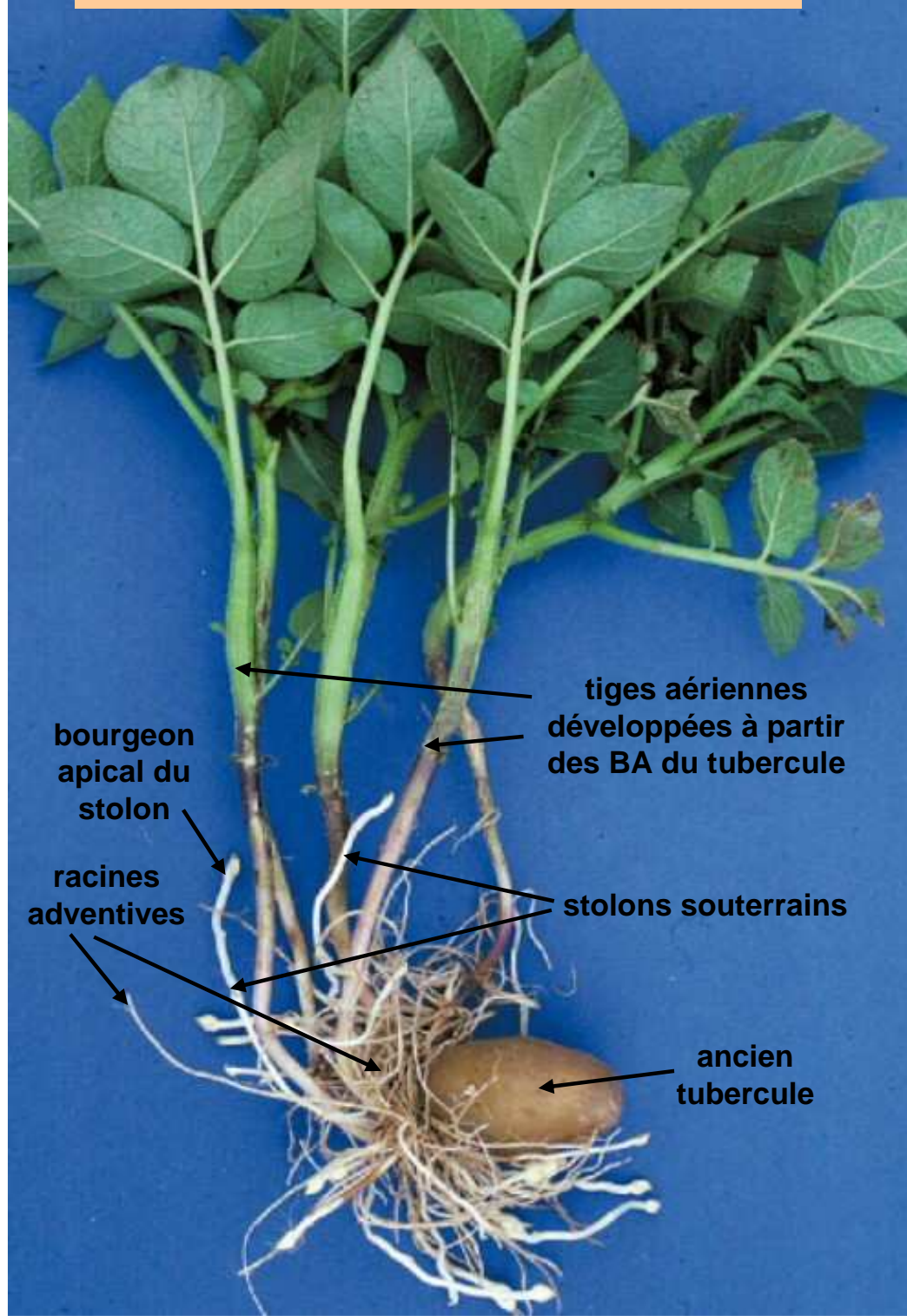
Stolon aérien de potentille avec, au niveau des nœuds, nouveaux individus rattachés au pied-mère



**Tiges spécialisées
le stolon**

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

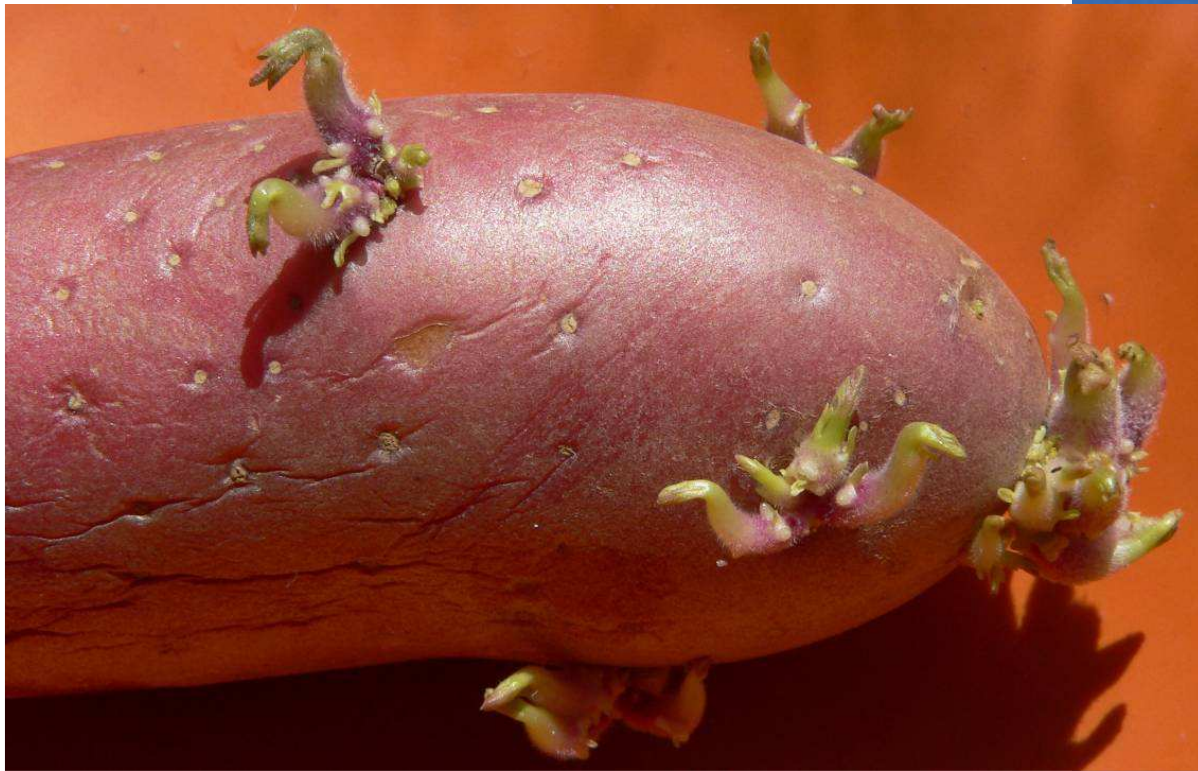
Stolons souterrains de pomme-de-terre



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

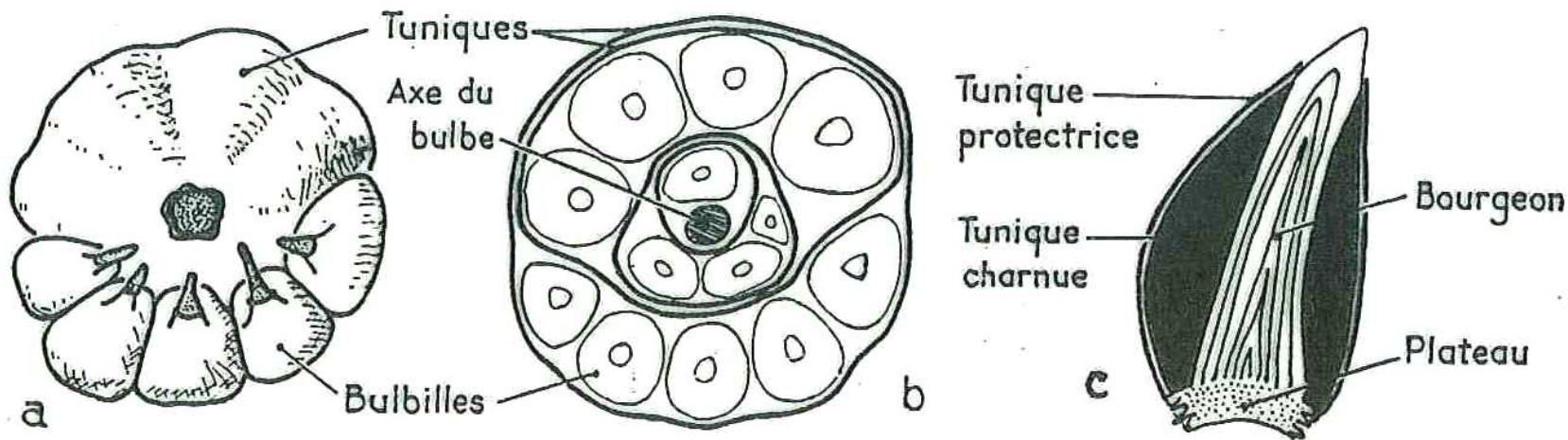
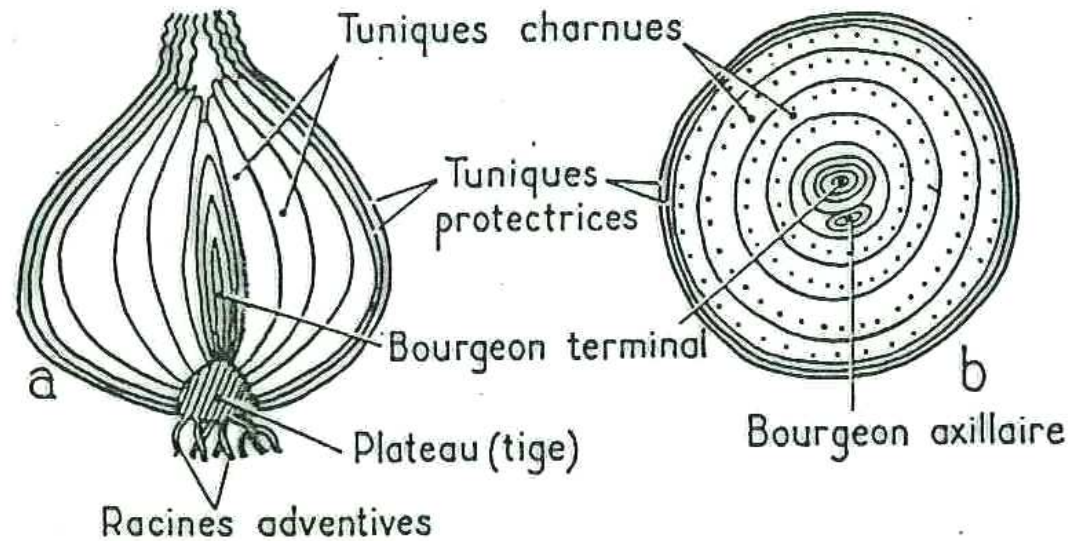
Bulbe d'oignon

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

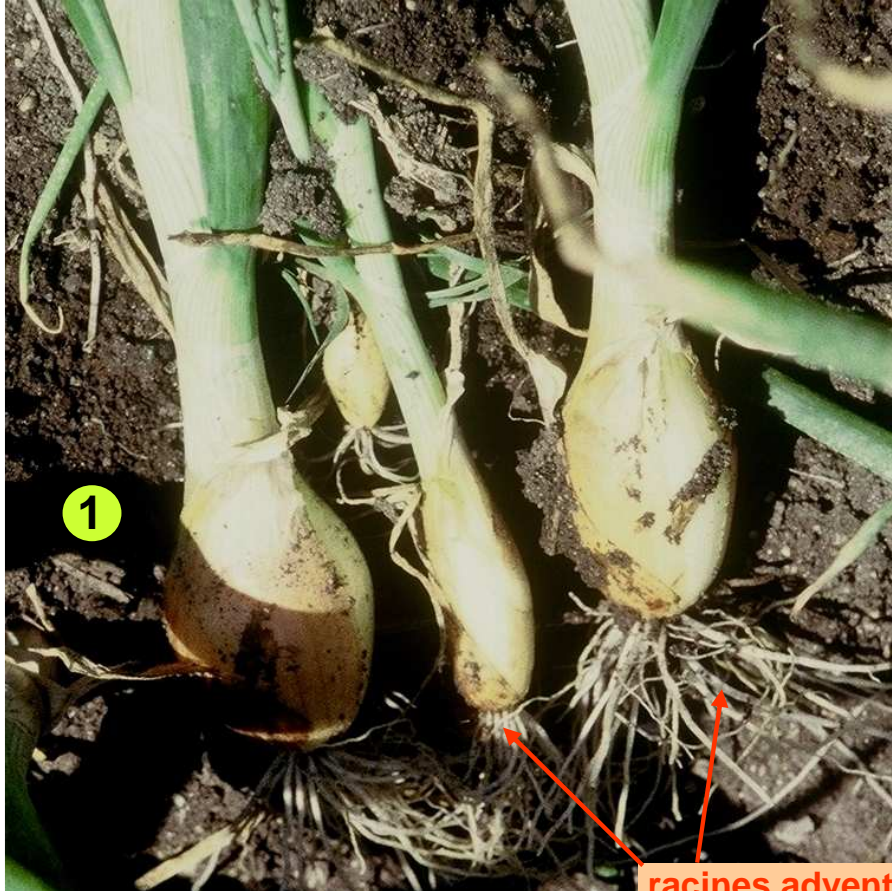
b : coupe transversale du bulbe - **c** : coupe longitudinale d'une bulbille

Tiges spécialisées : le bulbe

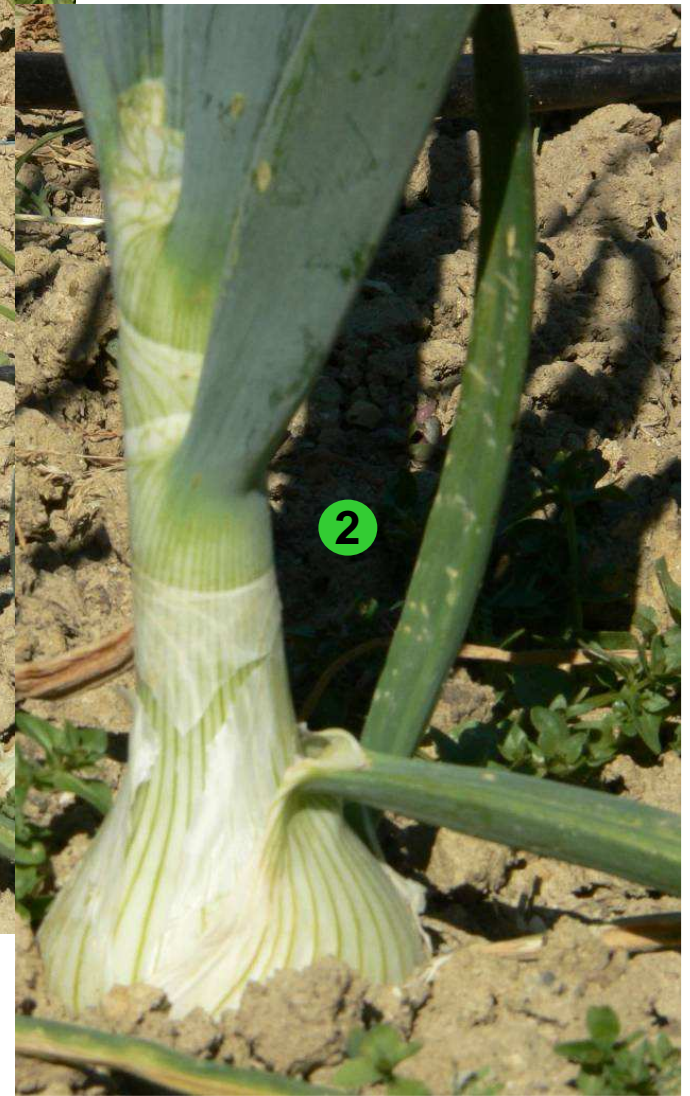
Bulbe à écailles charnues
emboîtées : l'oignon

1 : début de tubérisation des
gaines foliaires

2 : bulbe formé ; feuilles vertes



racines adventives



3 : dessèchement des feuilles
et des racines adventives

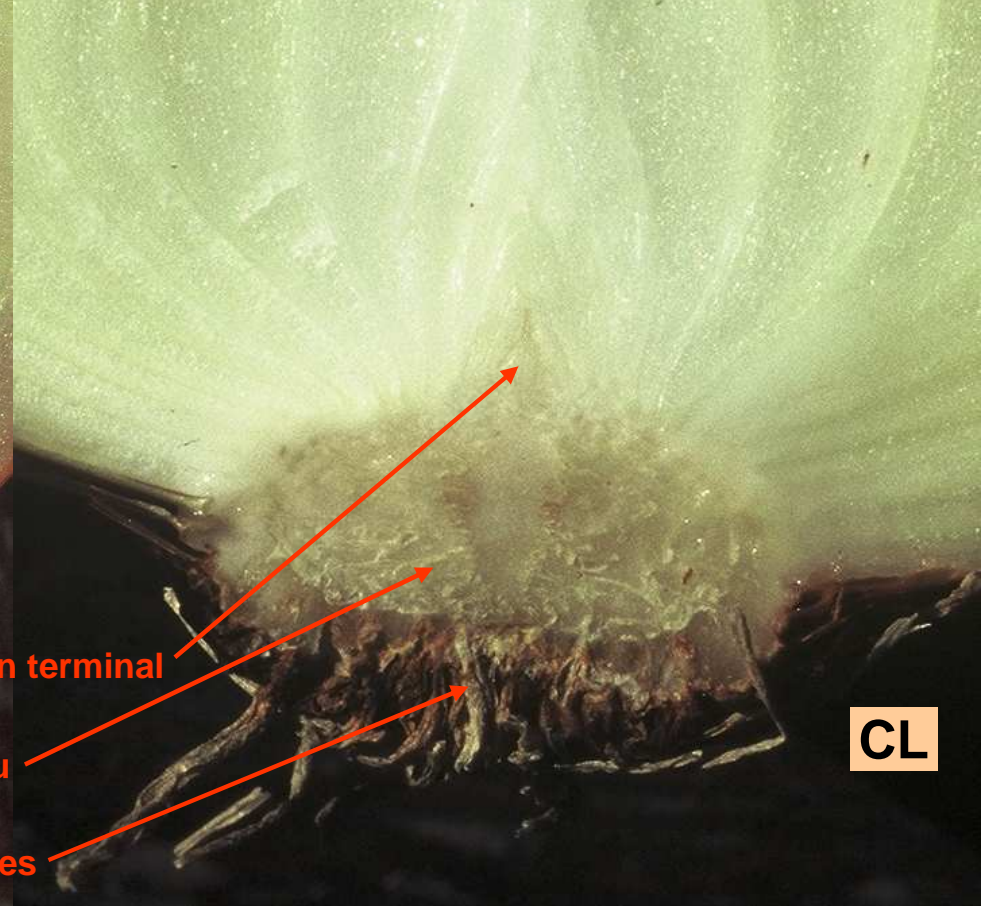
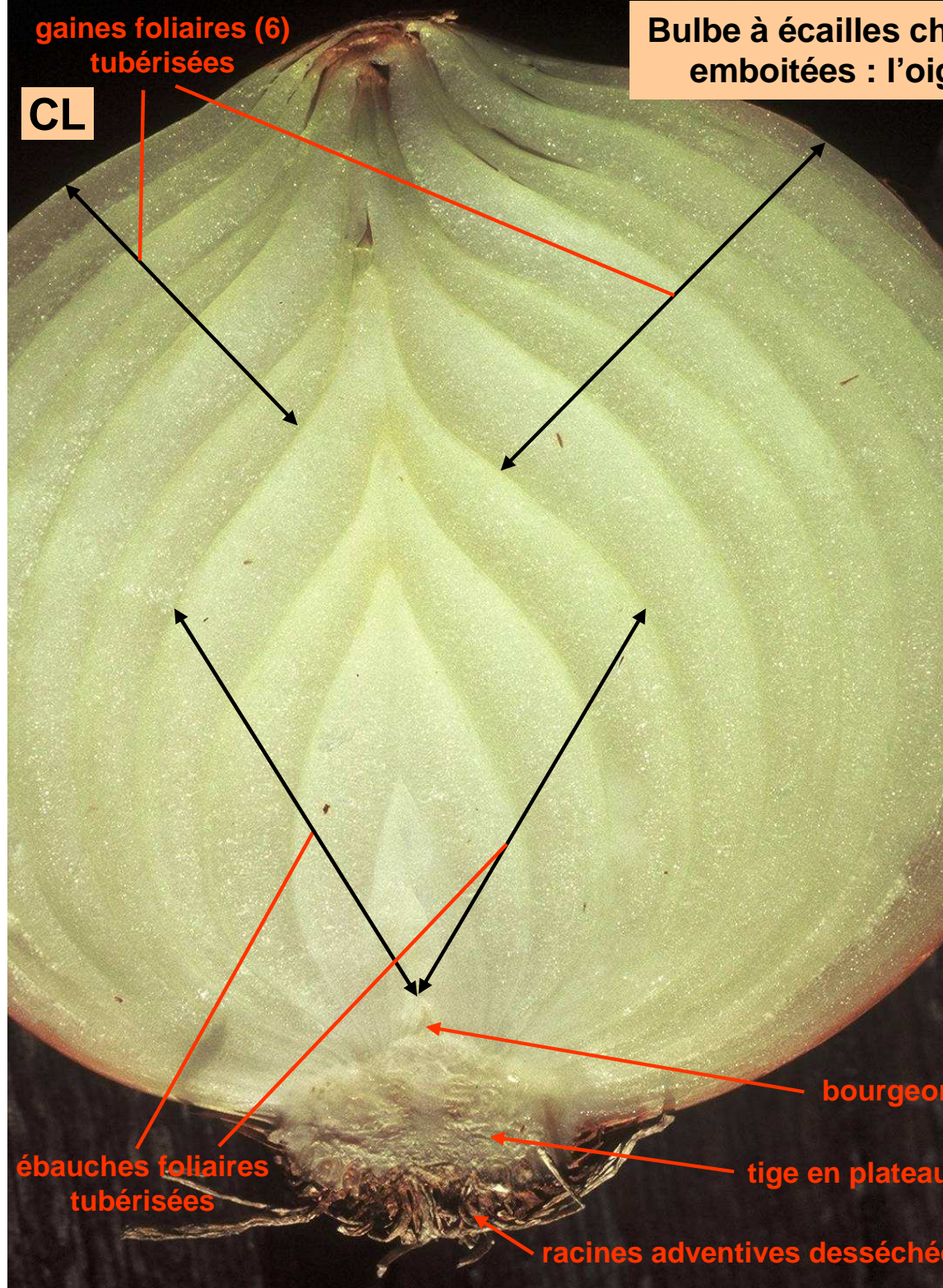
**Bulbe à écailles charnues
emboîtées : l'oignon**

**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

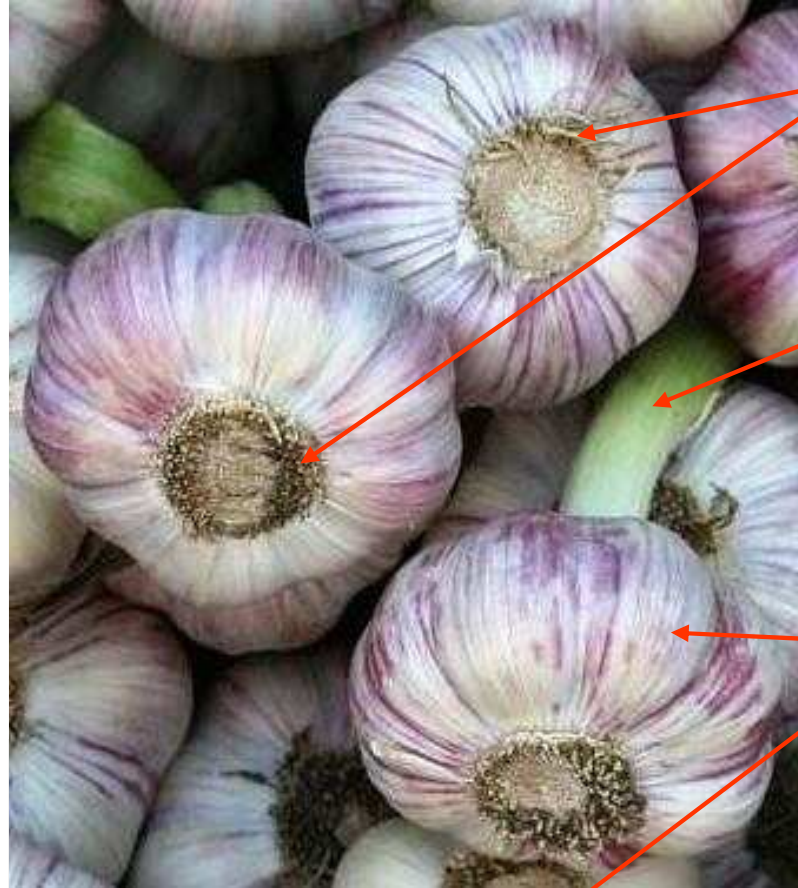


Tiges spécialisées : le bulbe



**Bulbe à tuniques
charnues : l'ail**





**racines adventives
desséchées**

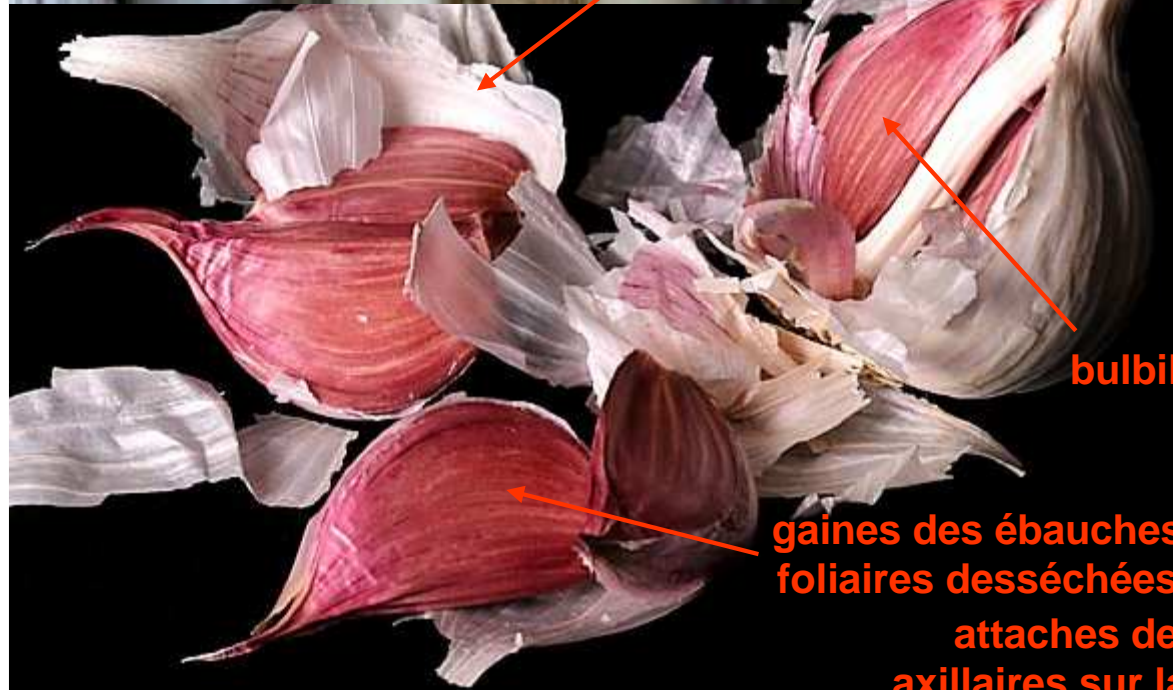
**fausse tige formée
par les gaines des
feuilles aériennes
emboîtées**

**bases des
gaines des
feuilles
aériennes
desséchées**

Tiges spécialisées : le bulbe

Bulbe à tuniques charnues : l'ail

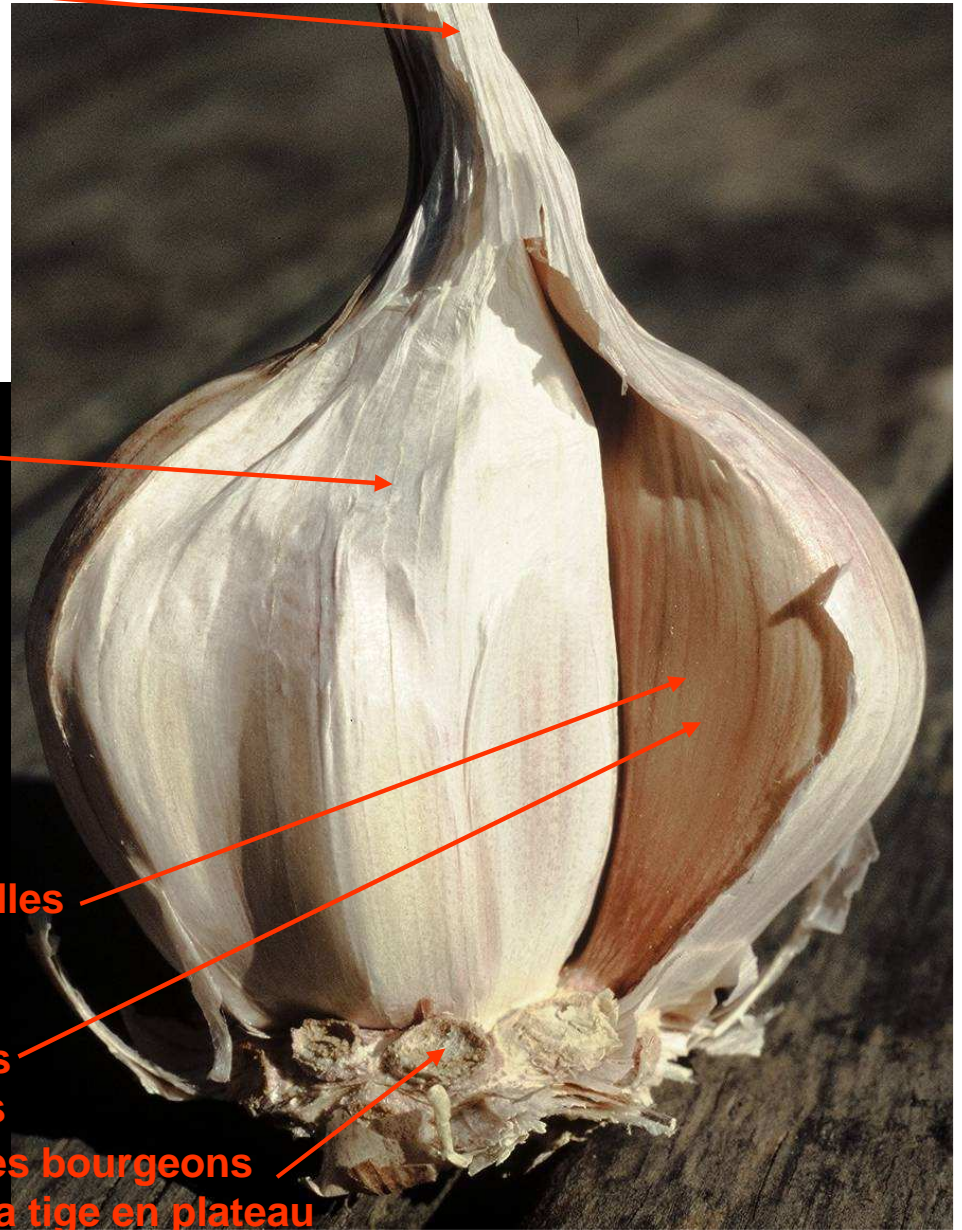
**Bulbe constitué de nombreux bulbilles
développées à partir de bourgeons axillaires**



bulbilles

**gaines des ébauches
foliaires desséchées**

**attaches des bourgeons
axillaires sur la tige en plateau**



Tiges spécialisées : le bulbe

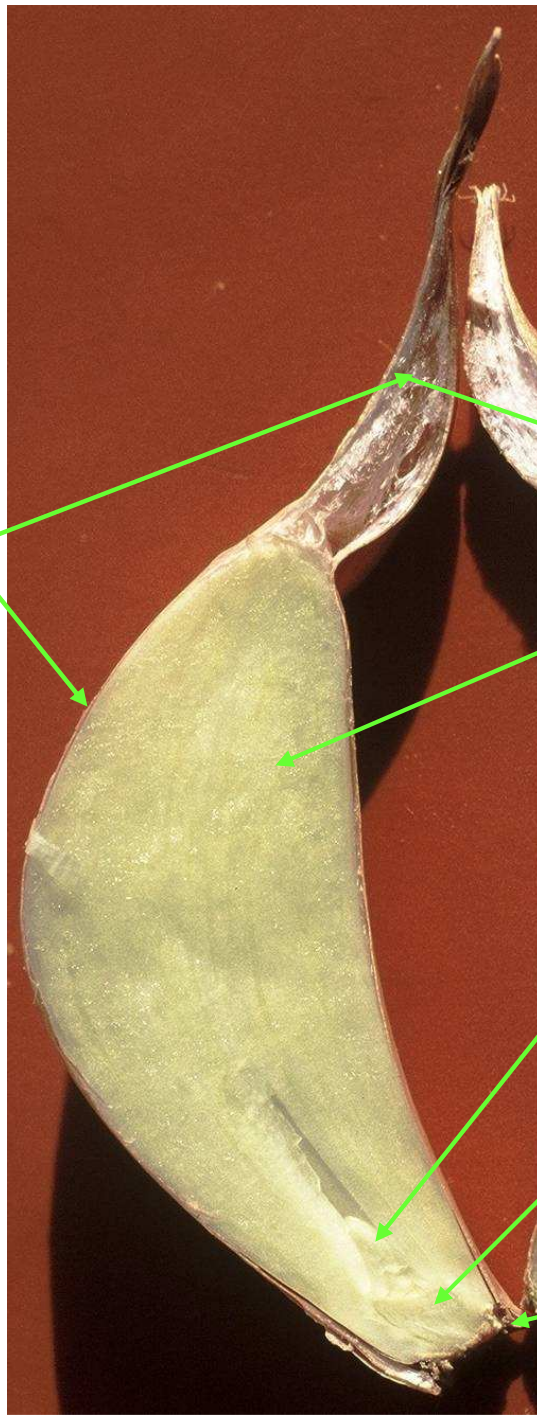
Bulbe à tuniques charnues : l'ail

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

gainnes des ébauches foliaires desséchées

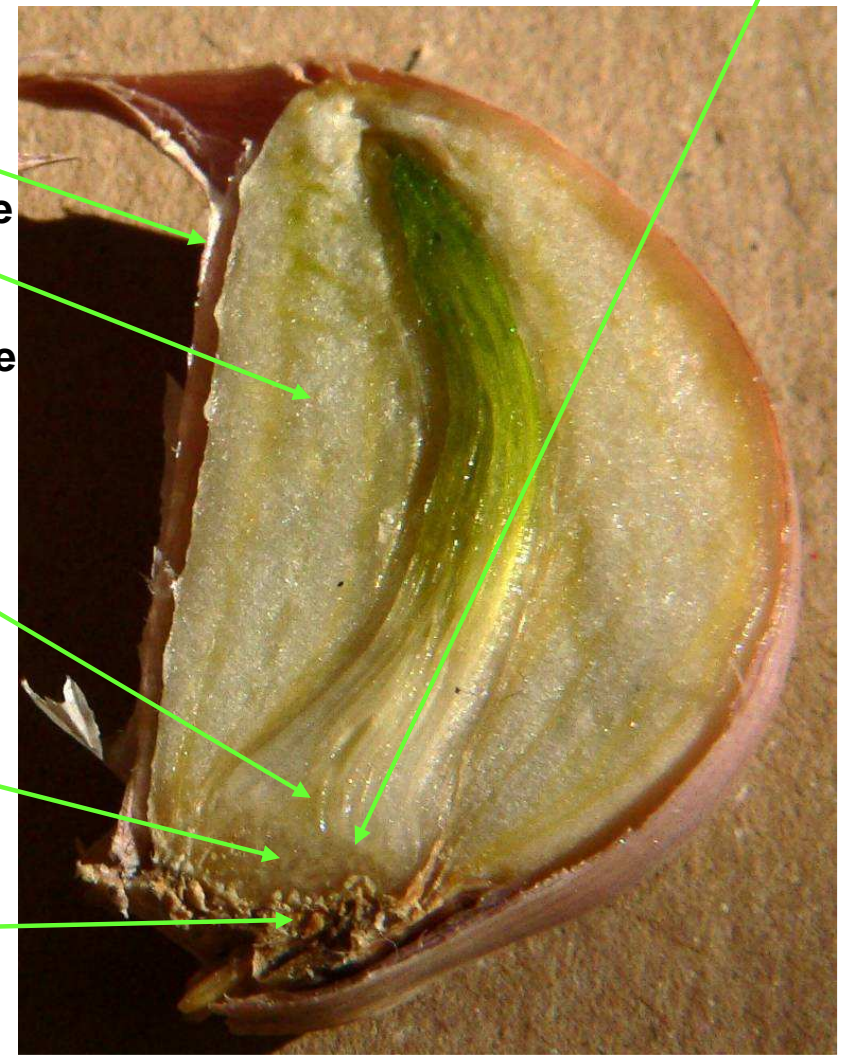


ébauche foliaire tubérisée
=
tunique charnue

bourgeon apical de la tige en plateau

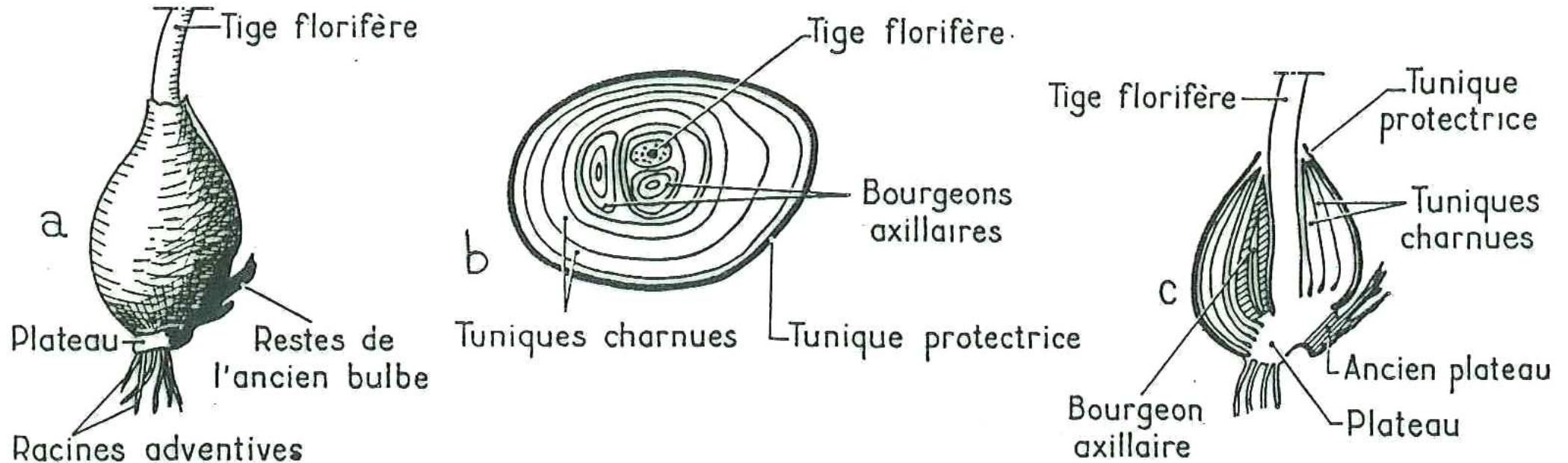
tige en plateau du bourgeon axillaire

racines adventives desséchées



LA TIGE

Tiges spécialisées : le bulbe



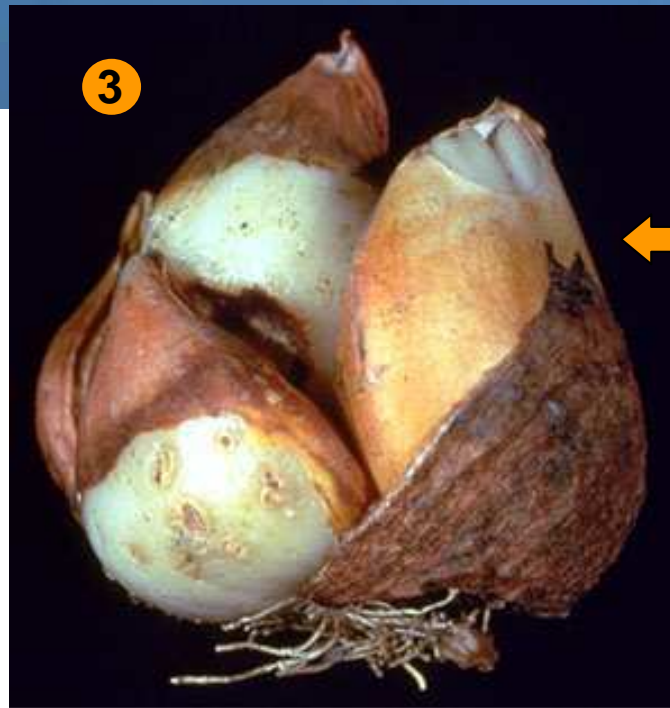
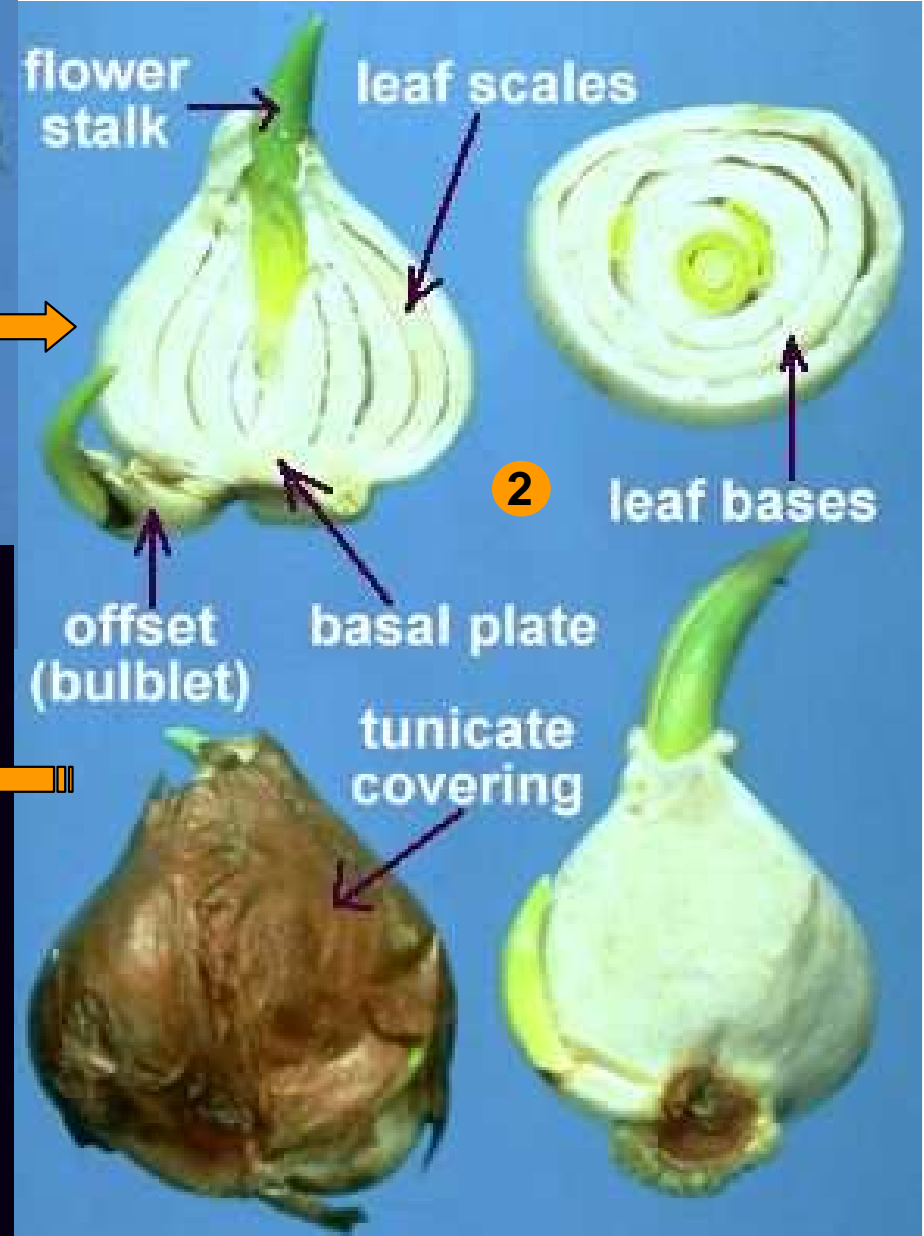
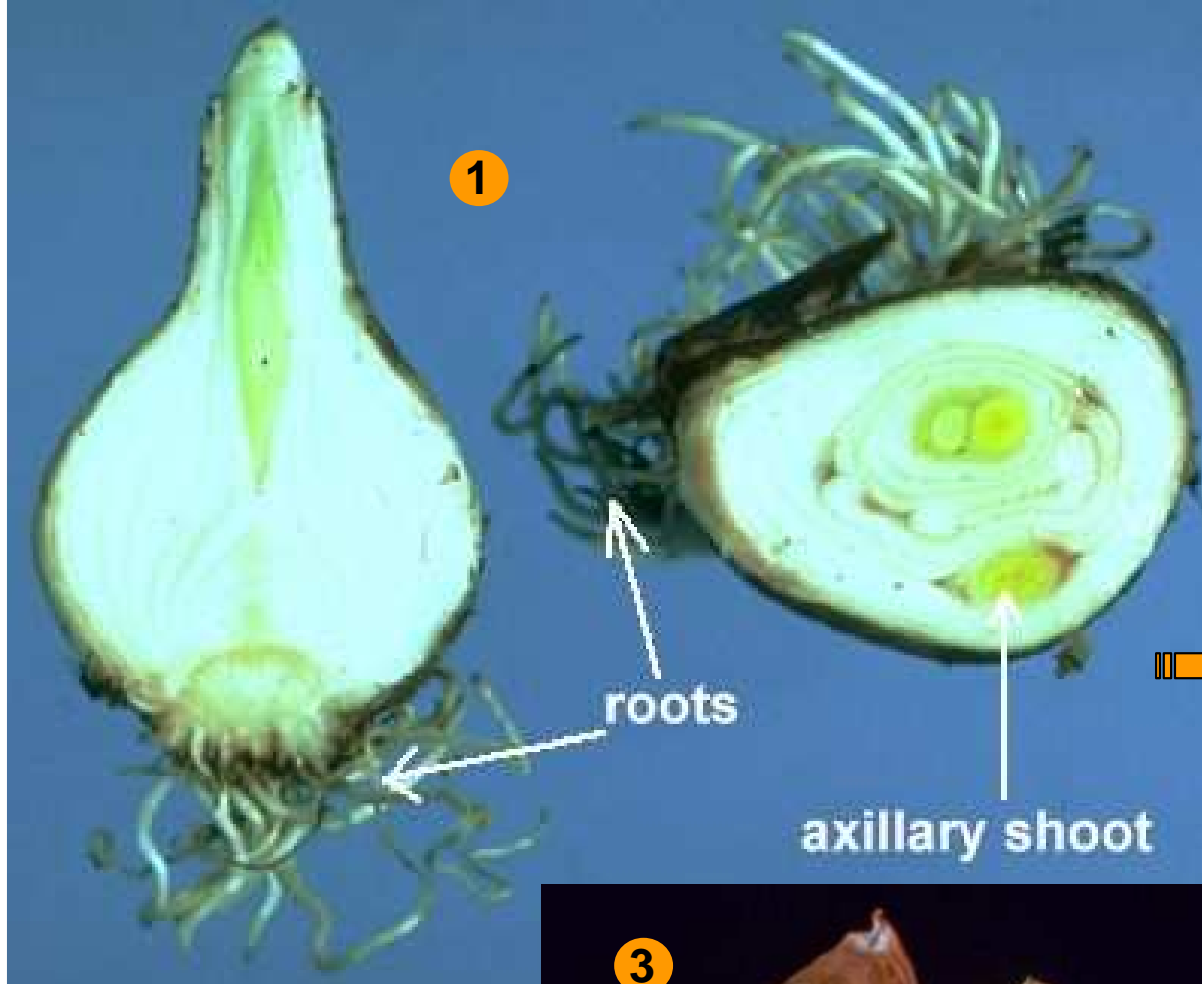
Bulbe de tulipe

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

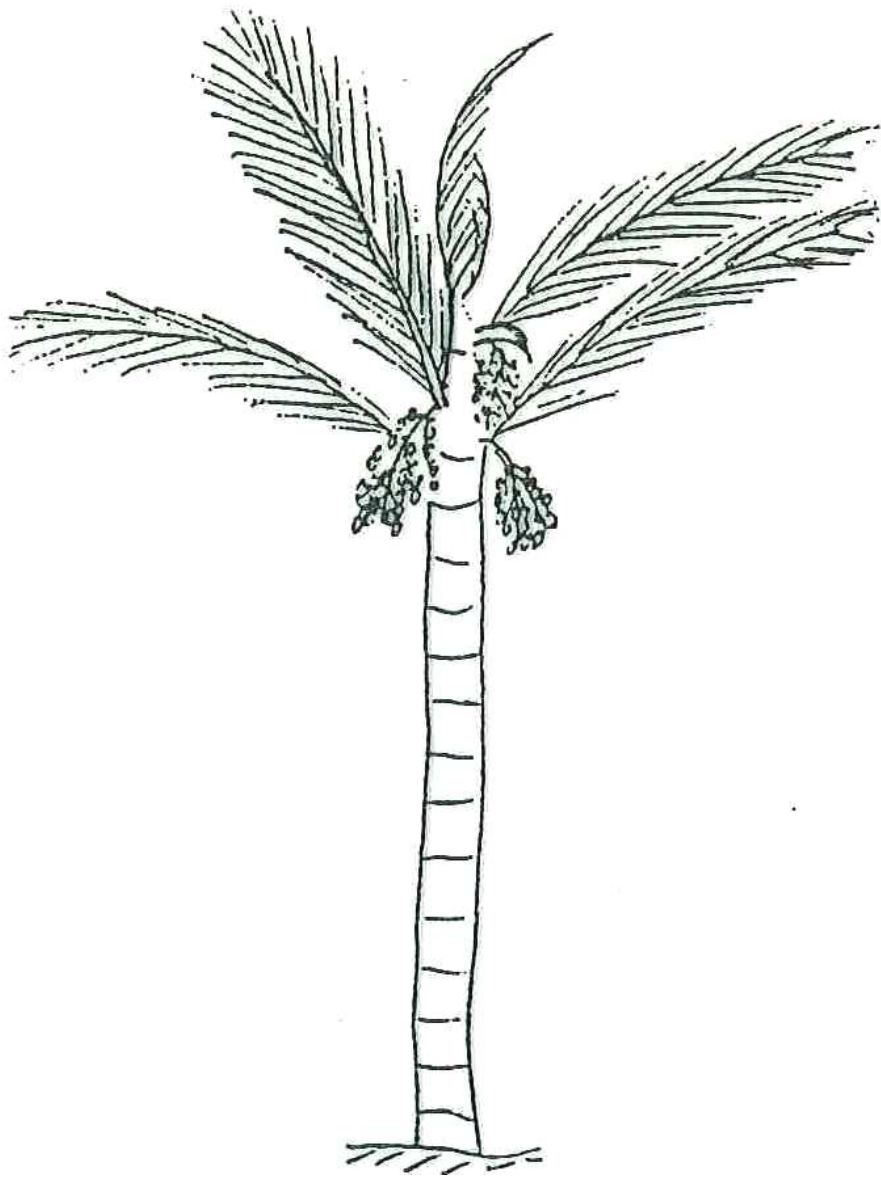
Tiges spécialisées : le bulbe

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



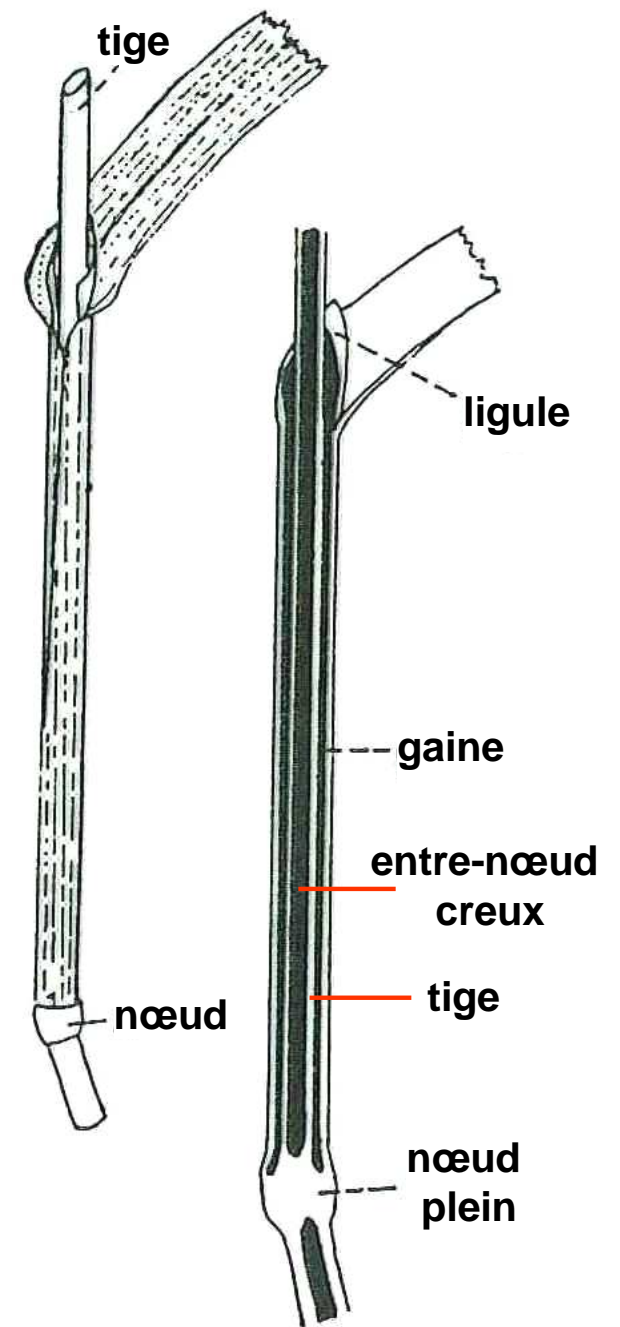
LA TIGE

Autres tiges particulières



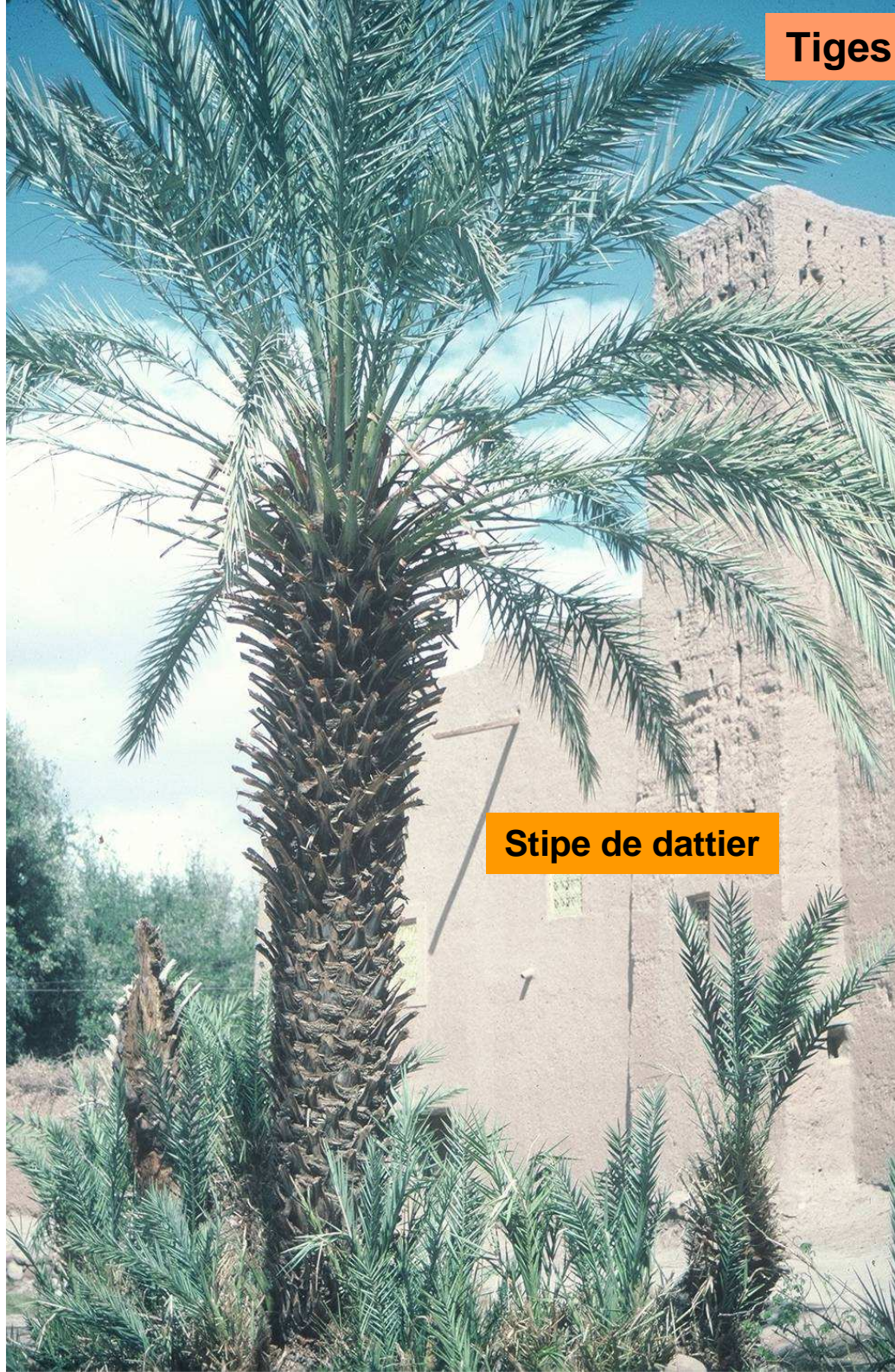
Stipe du palmier dattier

Tige ligneuse sans bois et
sans croissance en épaisseur



Chaume des Poacées

Tige creuse aux entre-nœuds
et pleine aux nœuds



Tiges particulières

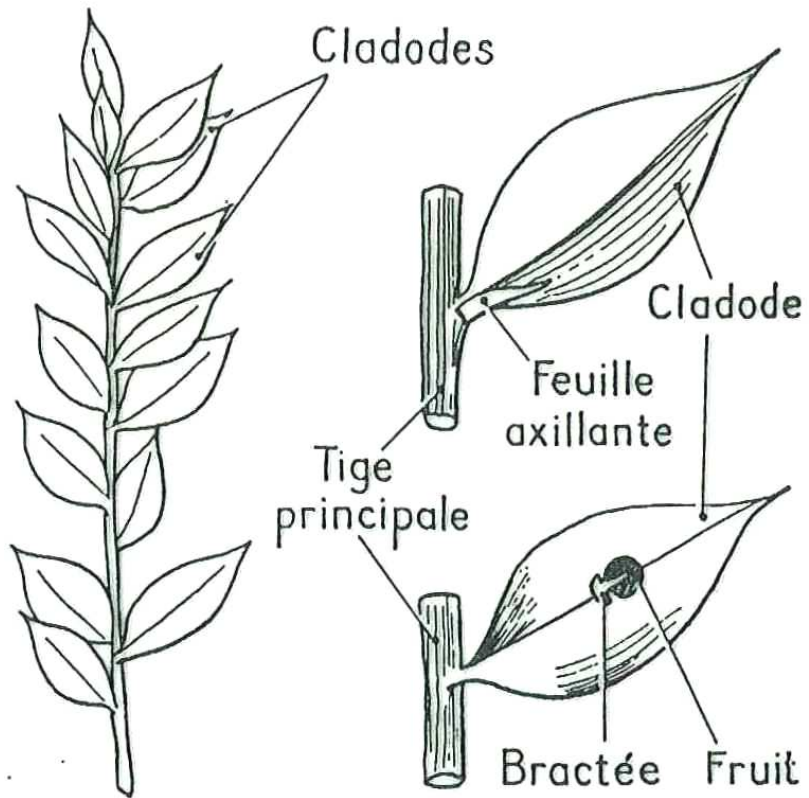
Stipe de dattier

**Chaume de
bambou**

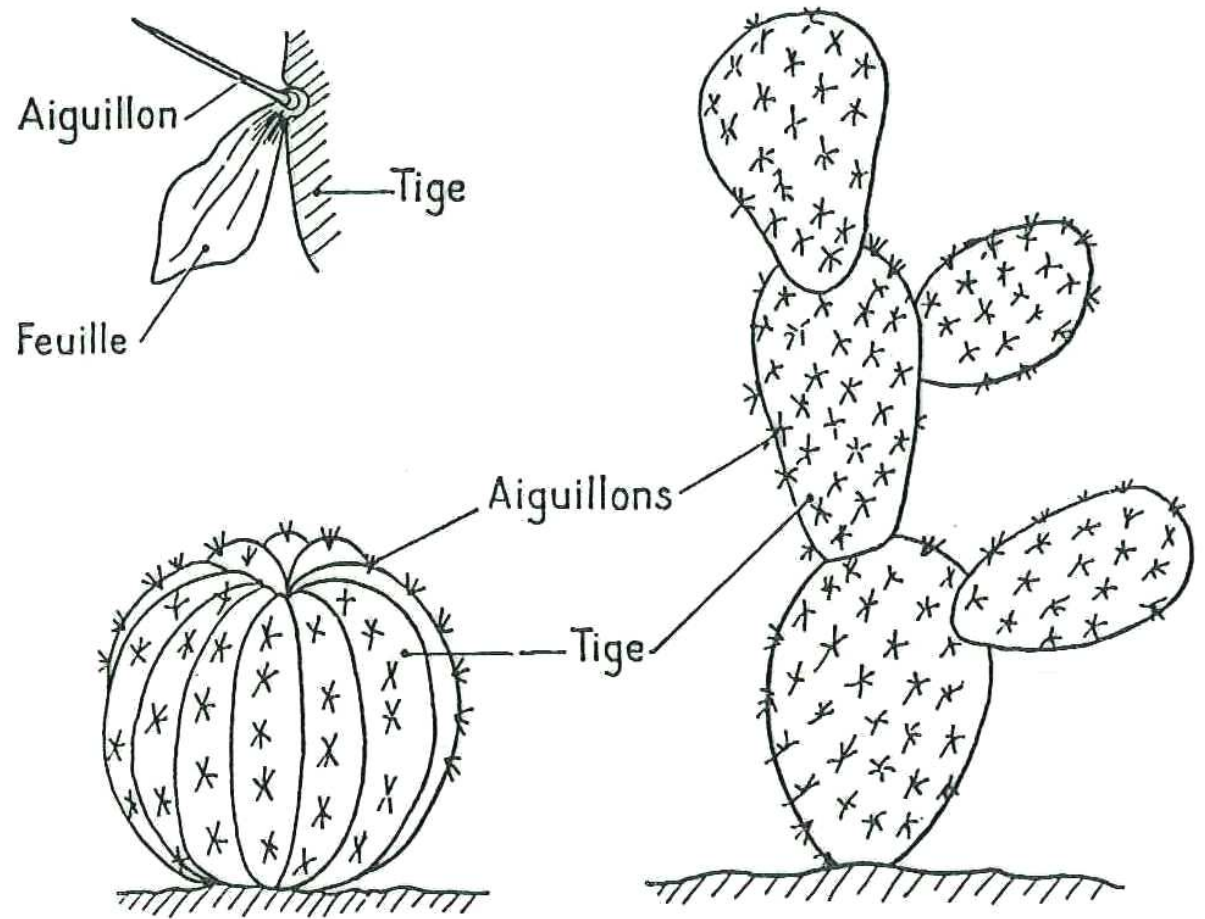


LA TIGE

Autres tiges particulières



Cladodes du fragon : tiges aplaties chlorophylliennes simulant des feuilles



Tiges des Cactacées : sphère, raquette

Tiges particulières

Cladodes du fragon

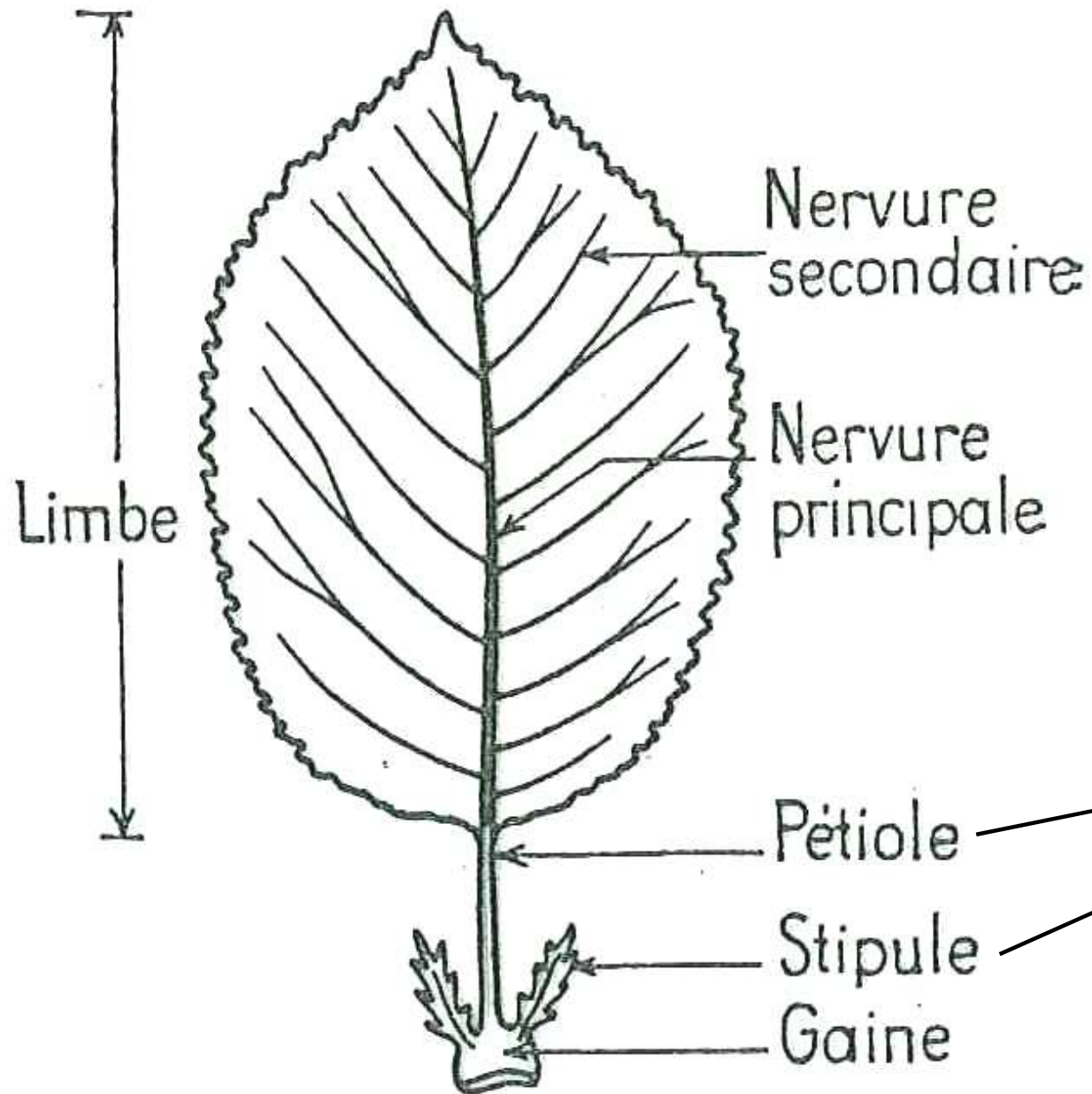


Tiges des Cactacées



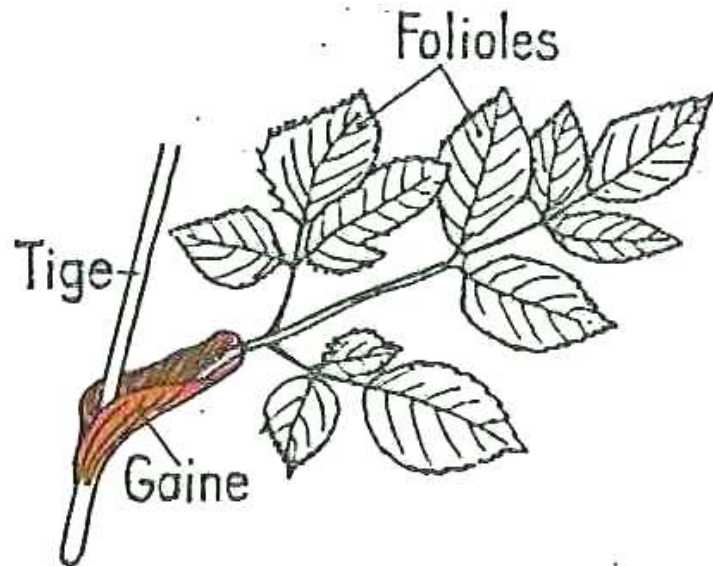
LA FEUILLE

Constitution de la feuille



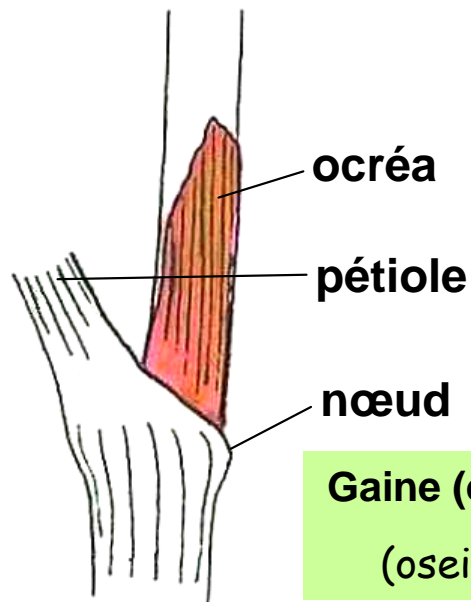
Feuille jeune de prunier
(Rosacées)

LA FEUILLE

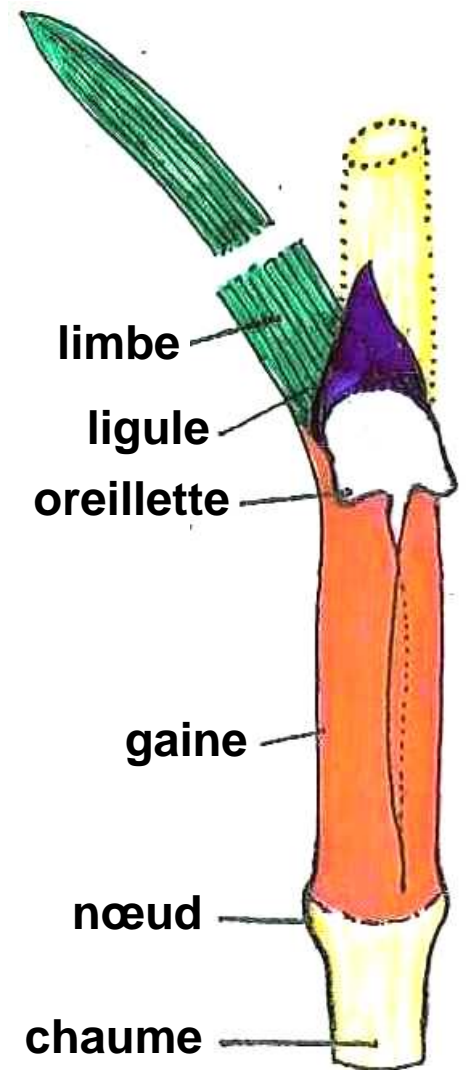


Gaine de la feuille des Apiacées
(carotte, persil, céleri, fenouil, ...)

La gaine



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



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



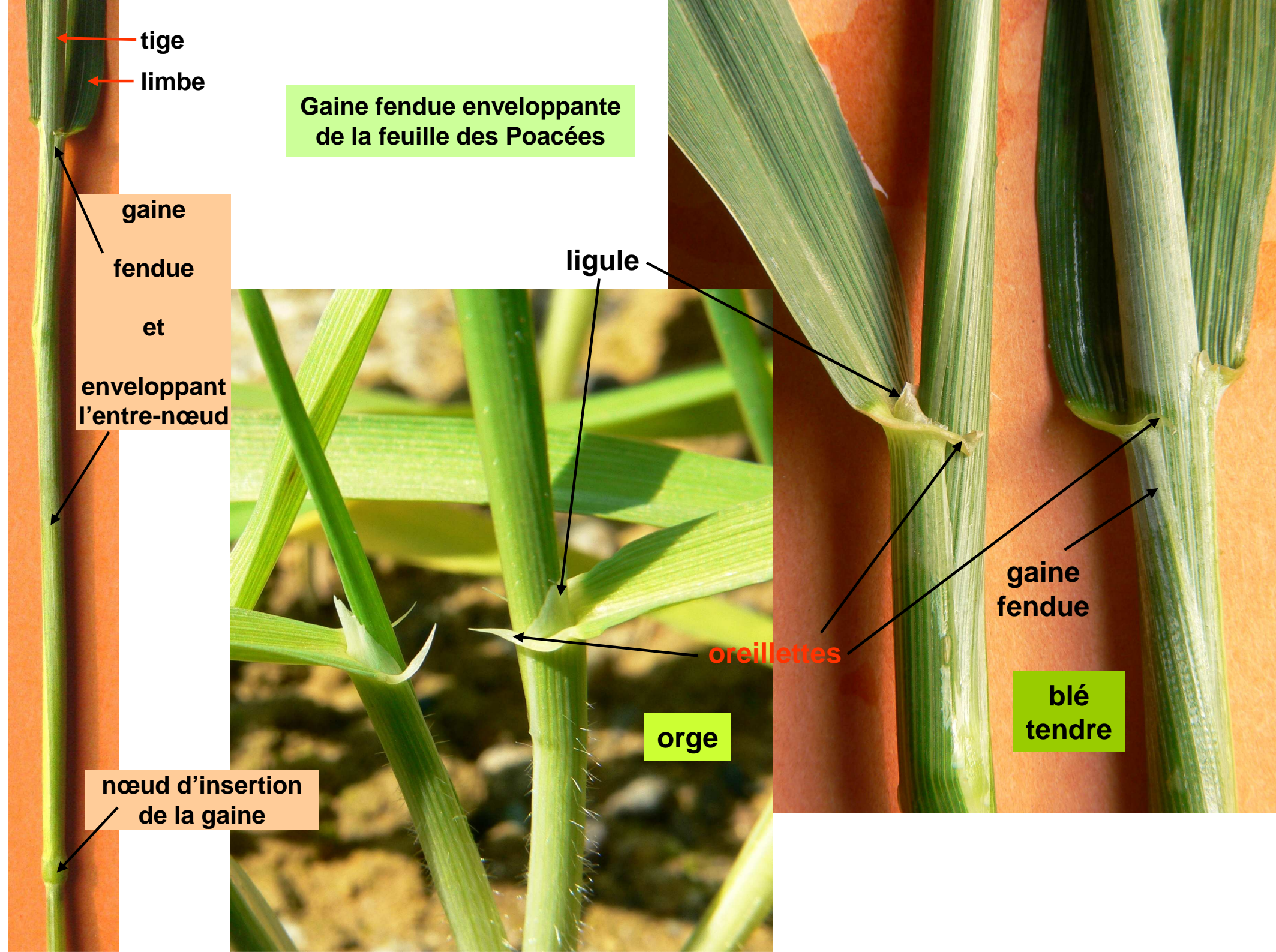
**Gaine de la feuille
des Apiacées
(angélique)**



La gaine



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



tige

limbe

Gaine fendue enveloppante
de la feuille des Poacées

gaine

fendue

et

enveloppant
l'entre-nœud

ligule

nœud d'insertion
de la gaine

oreillettes

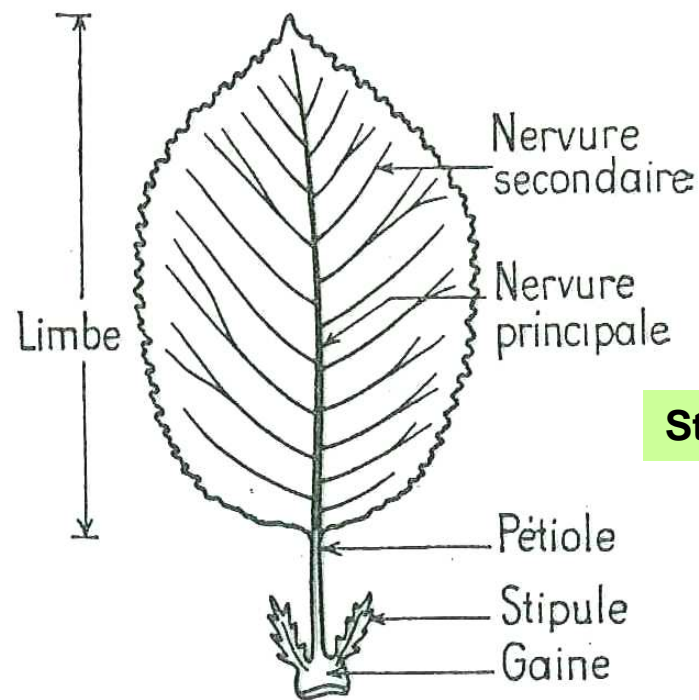
orge

gaine
fendue

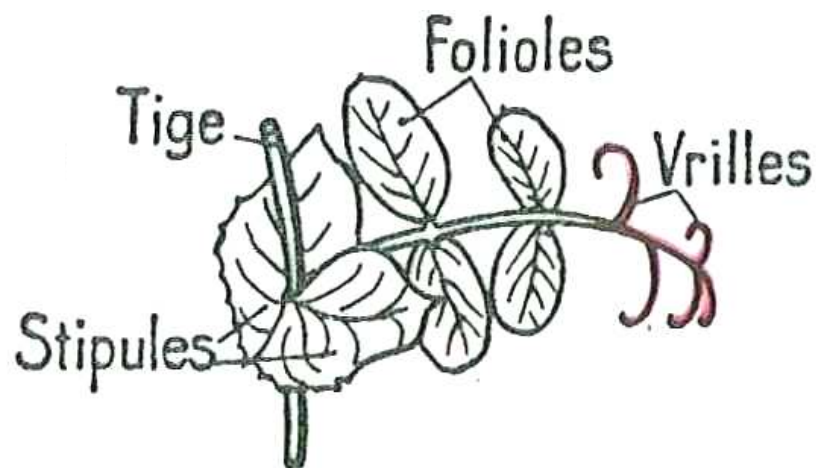
blé
tendre

LA FEUILLE

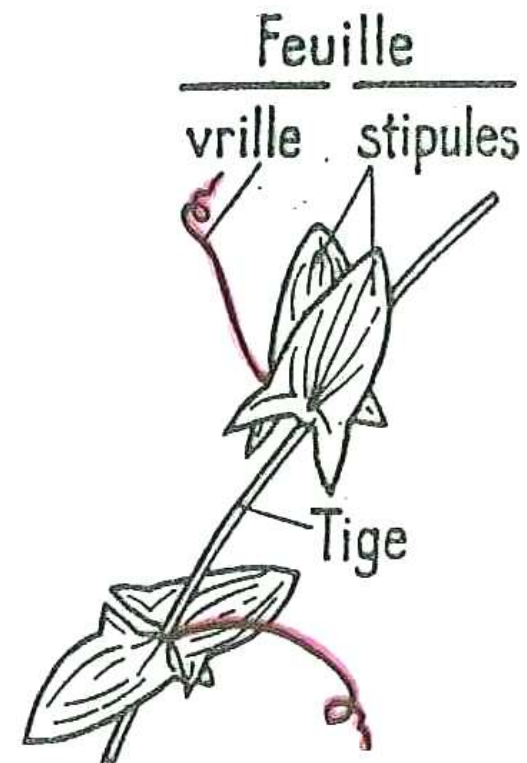
Les stipules



Stipules caduques de prunier



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



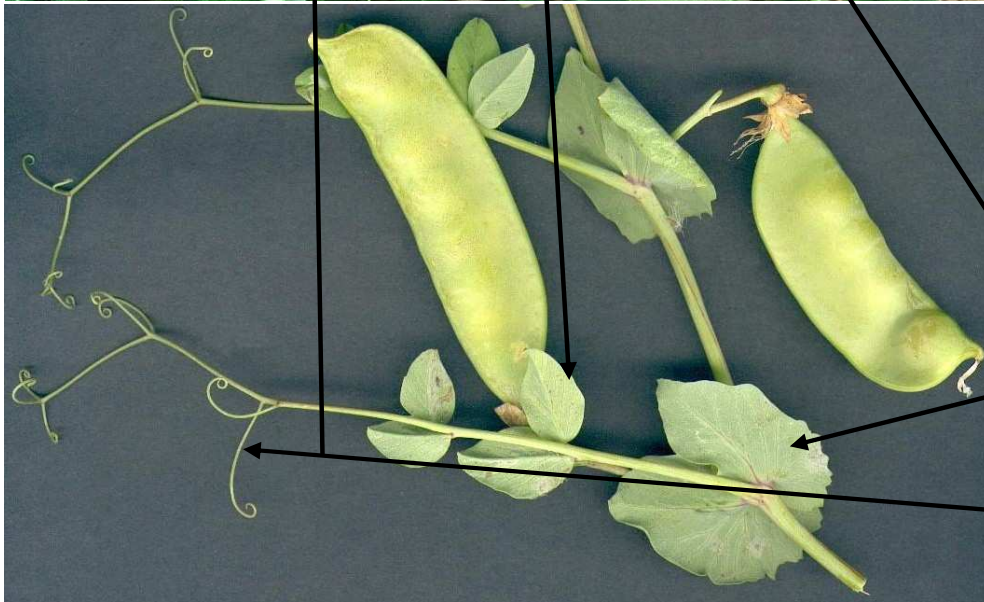
pois, forme classique à limbe développé

Les stipules

Stipules foliacés persistants des Fabacées

folioles du limbe

pois, forme à limbe réduit à la vrille

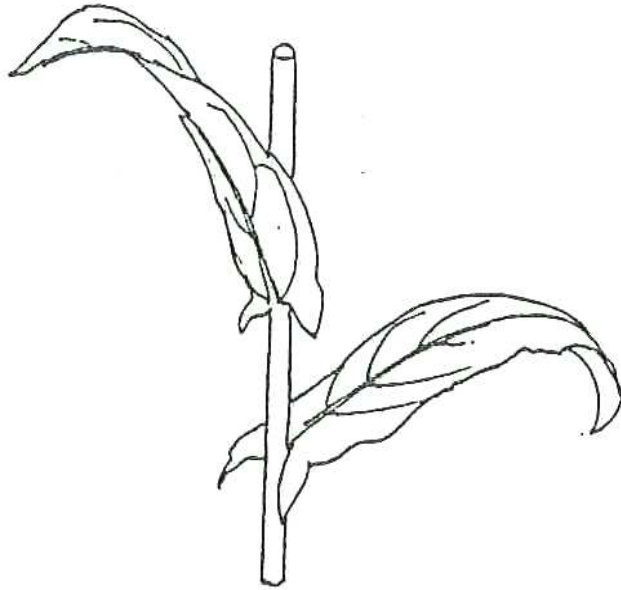


stipules

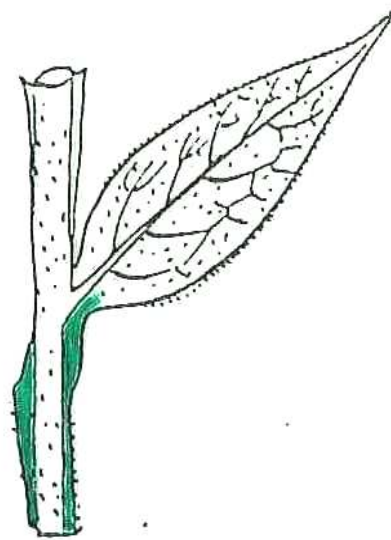
vrille

LA FEUILLE

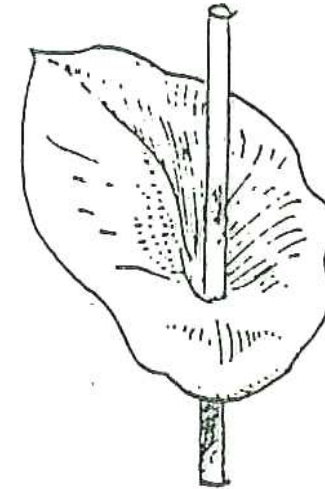
Feuilles sessiles



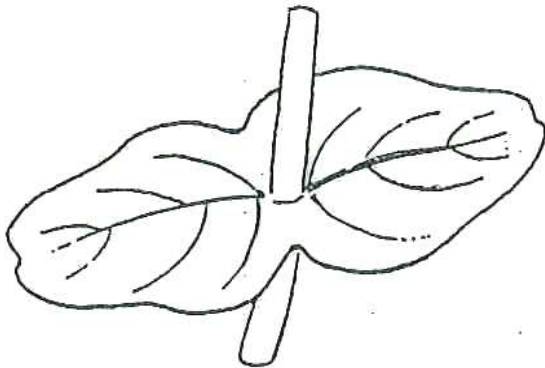
embrassante



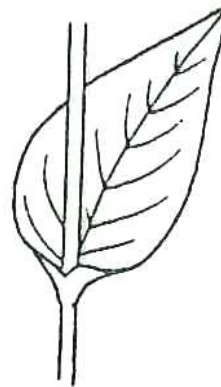
décurente



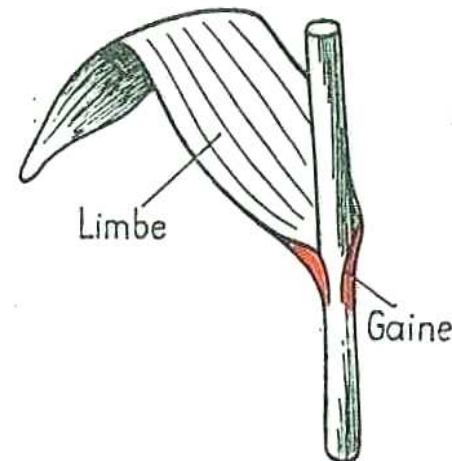
perfoliée



connée



amplexicaule

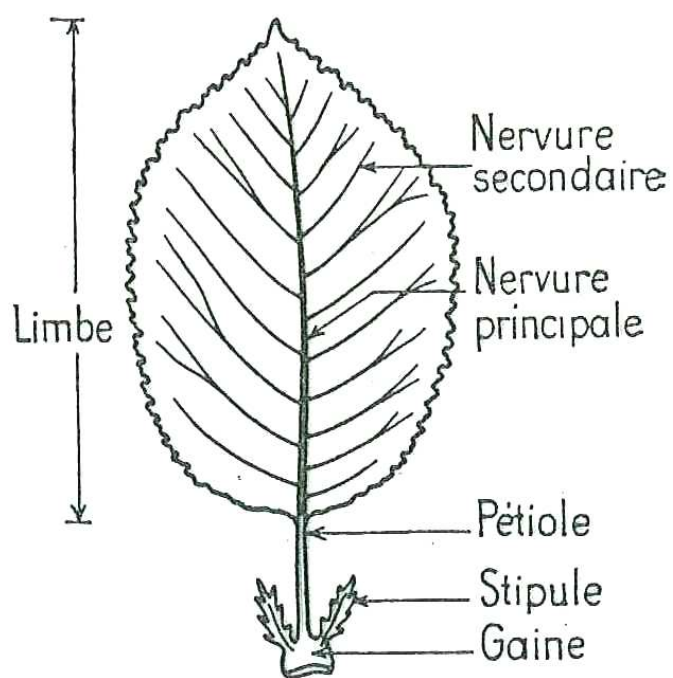


engainante

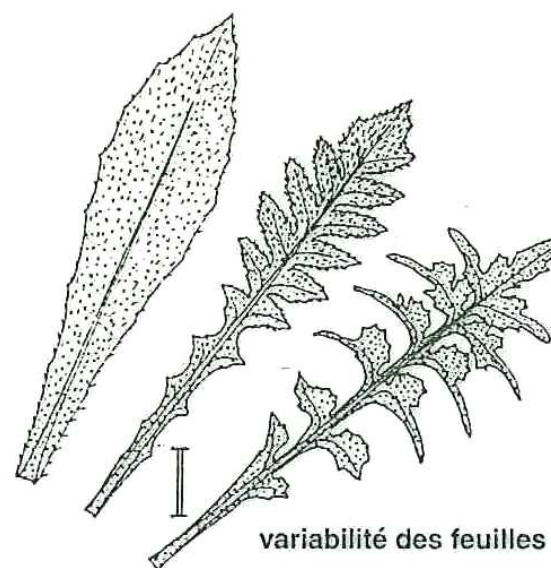
LA FEUILLE

Types de limbes

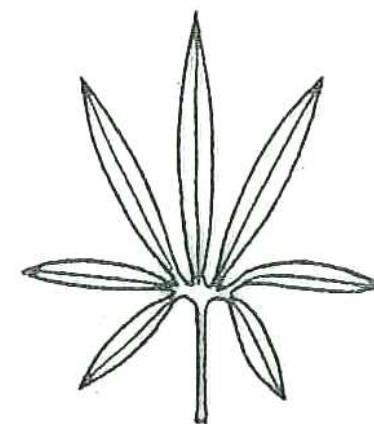
Limbes simples



prunier

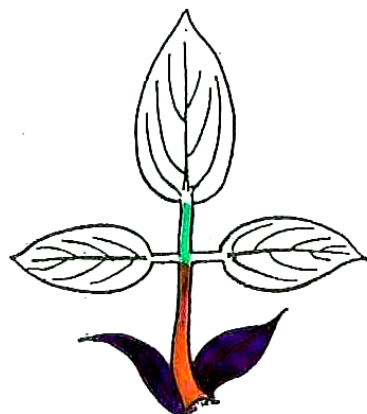


capselle bourse-à-pasteur

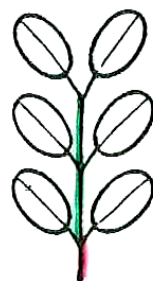


hellébore fétide

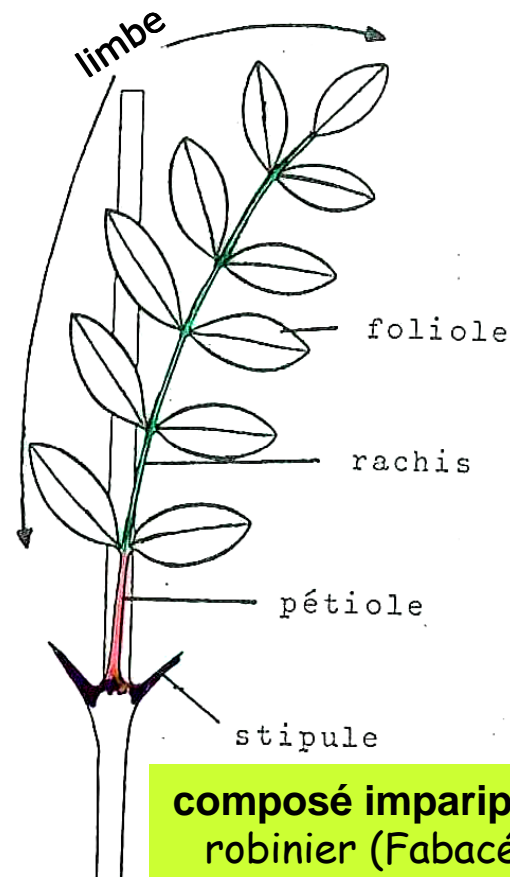
Limbes composés



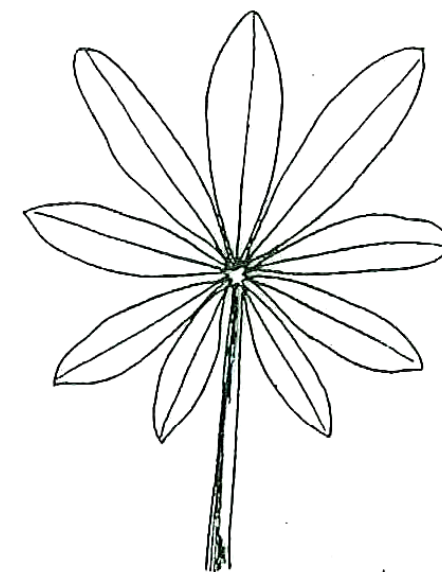
composé trifoliolé
trèfle - Fabacées



composé
paripenné



composé imparipenné
robinier (Fabacées)



composé palmé
lupin (Fabacées)

Types de limbes

limbes simples

navet



hellébore



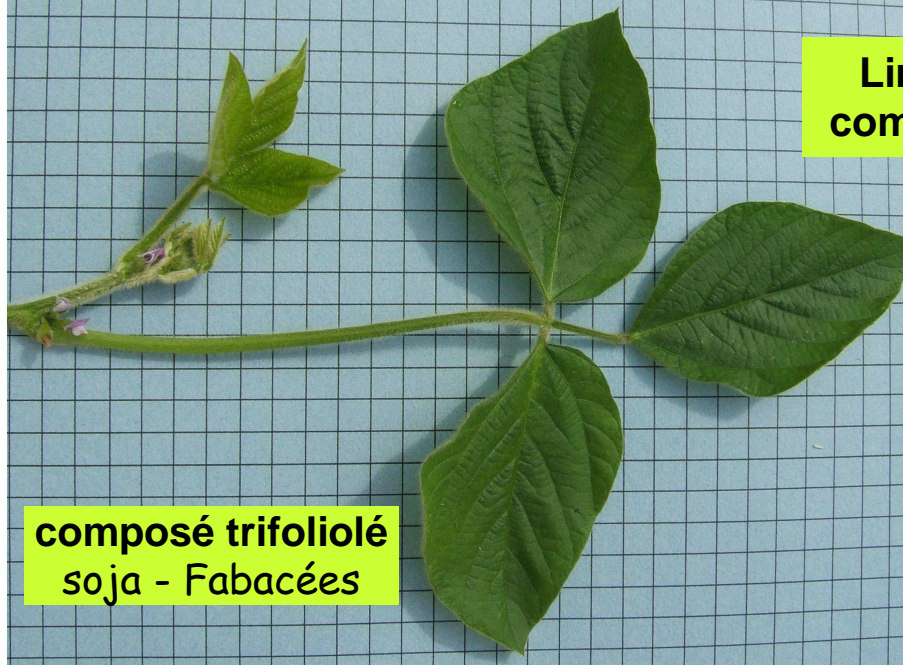
limbe composé : robinier

limbe avec folioles en place



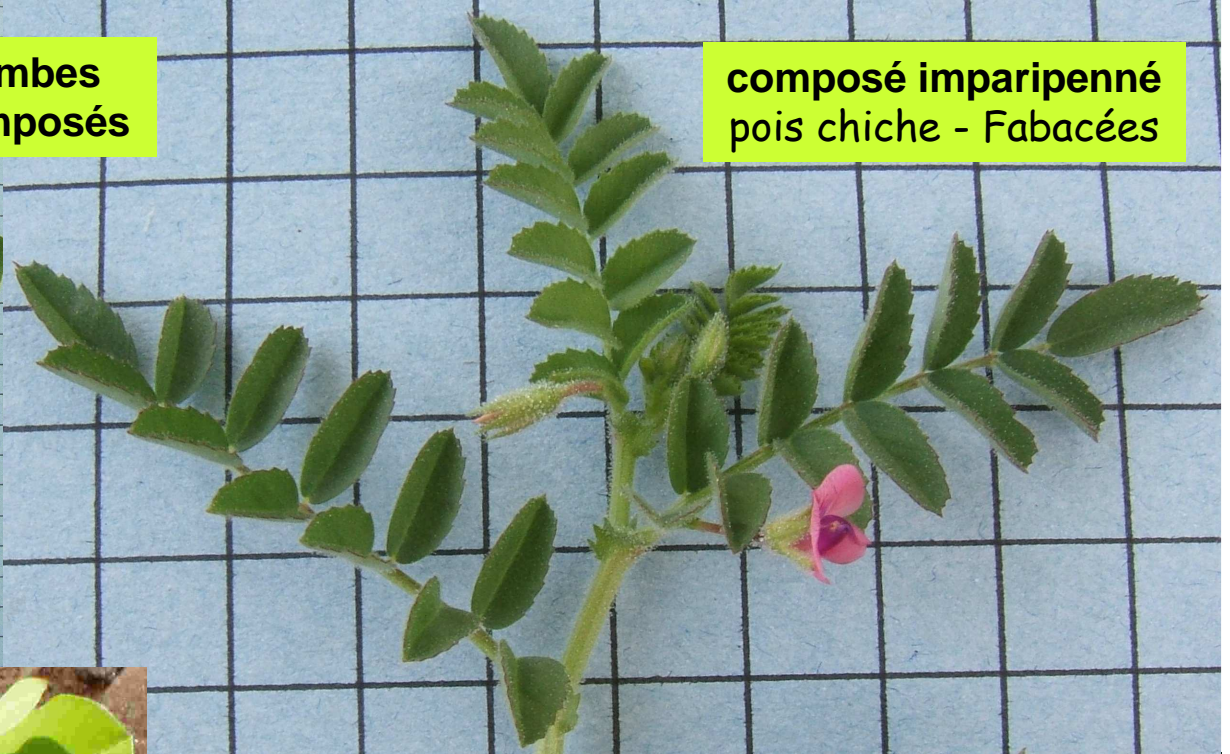
chute des folioles





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



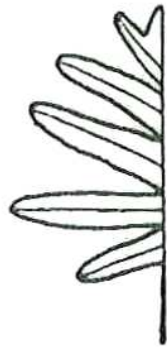
denticulé



pennatifide



pennatipartite



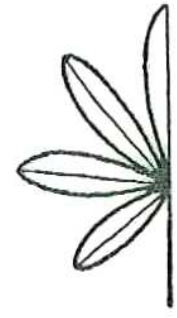
pennatiséqué



palmatifide



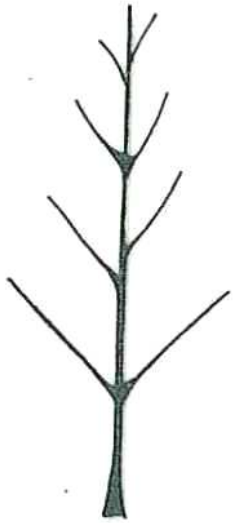
palmatipartite



palmatiséqué

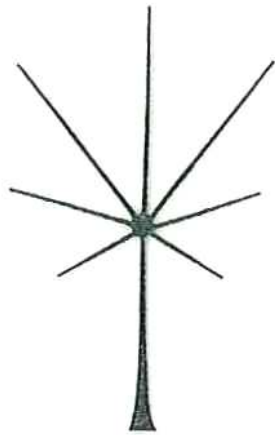
LA FEUILLE

La nervation



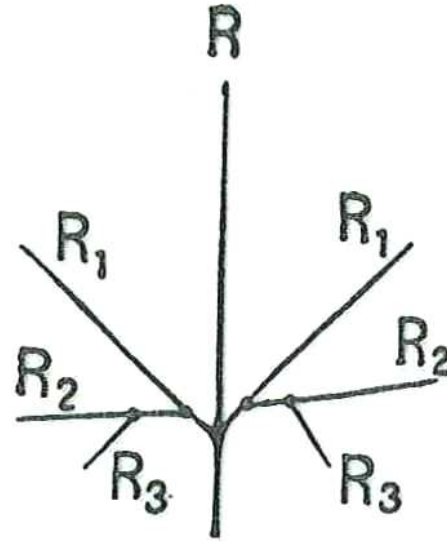
pennée

Chêne (*Quercus sp.*)

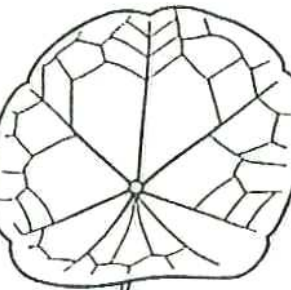


palmée

Figuier (*Ficus carica*)



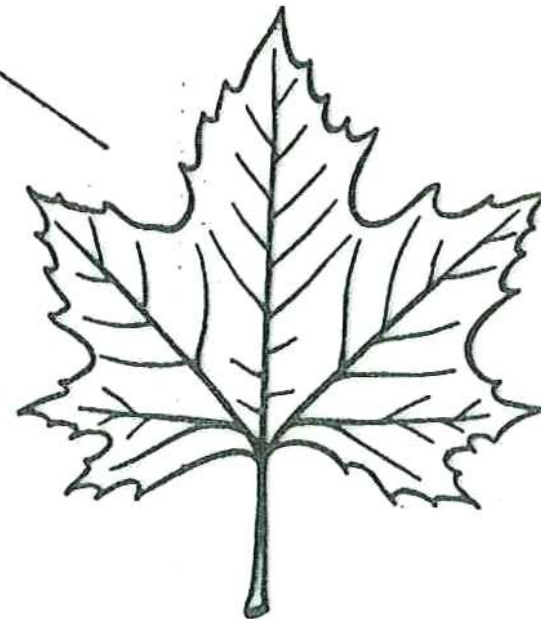
pédalée



peltée
(Capucine)

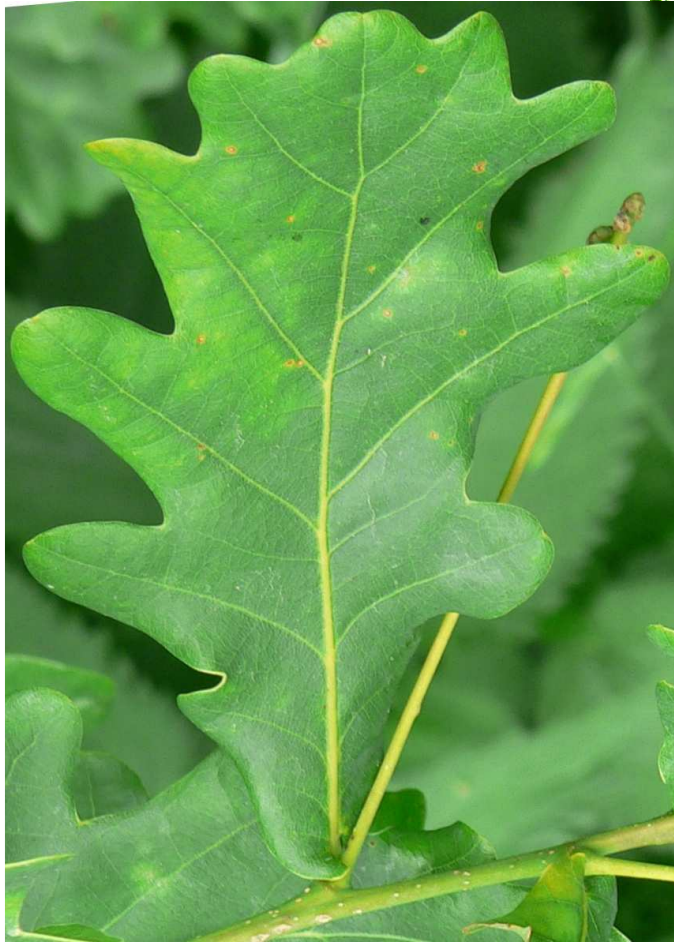


parallèle
(Monocotylédones)



Platane (*Platanus sp.*)

La nervation des Dicotylédones



pennée
chêne



palmée
figuier



pédalée
platane

La nervation parallèle des Monocotylédones



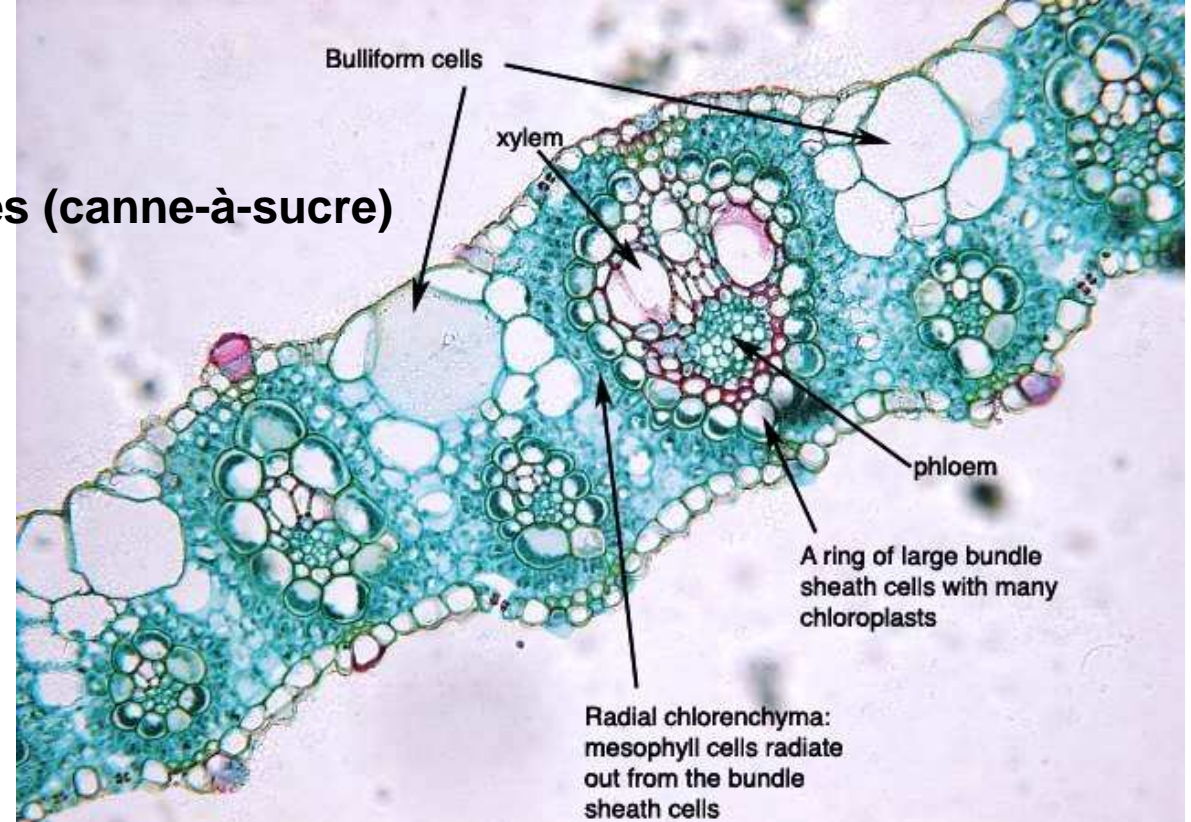
poireau



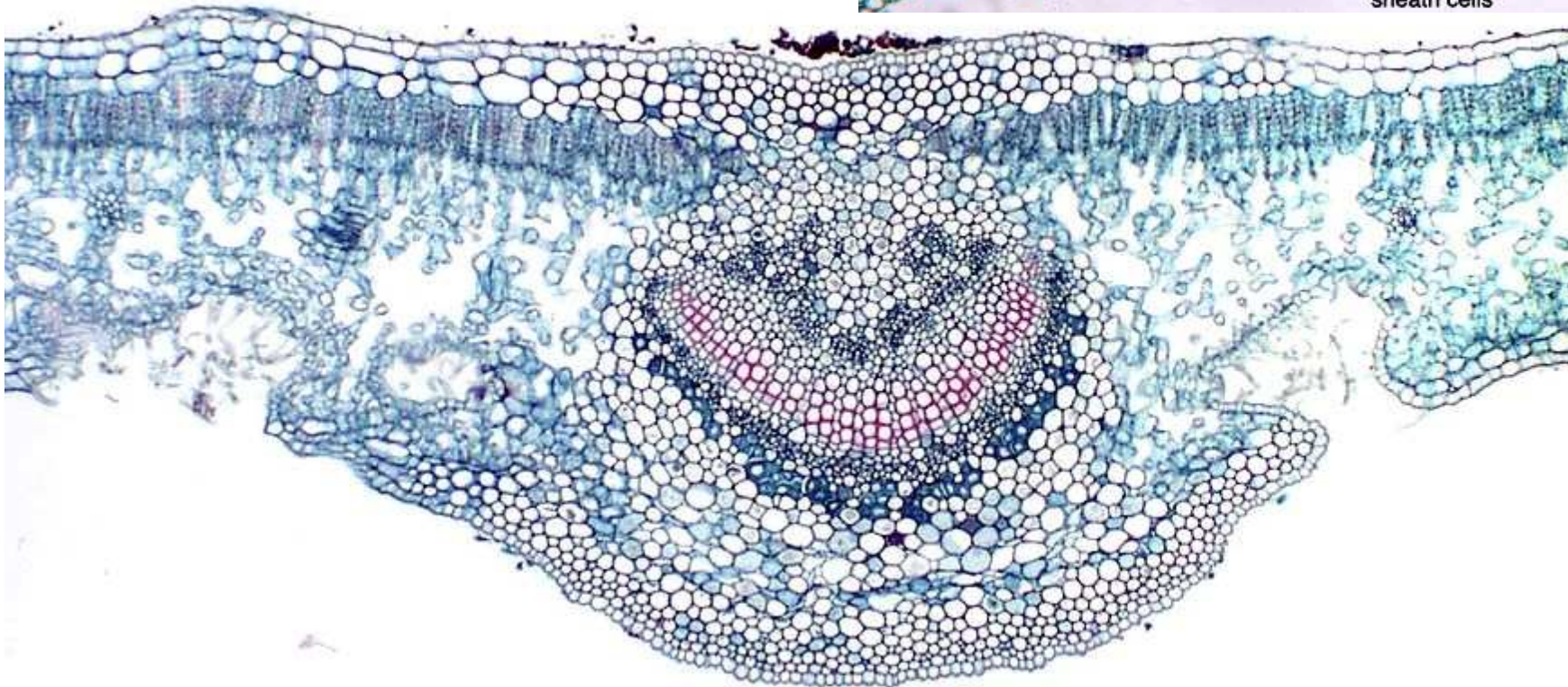
maïs

Monocotylédones (canne-à-sucre)

Anatomie de la feuille



Dicotylédones (laurier-rose)



LA FEUILLE

Feuilles des Gymnospermes

en écailles appliquées sur le rameau



cyprès

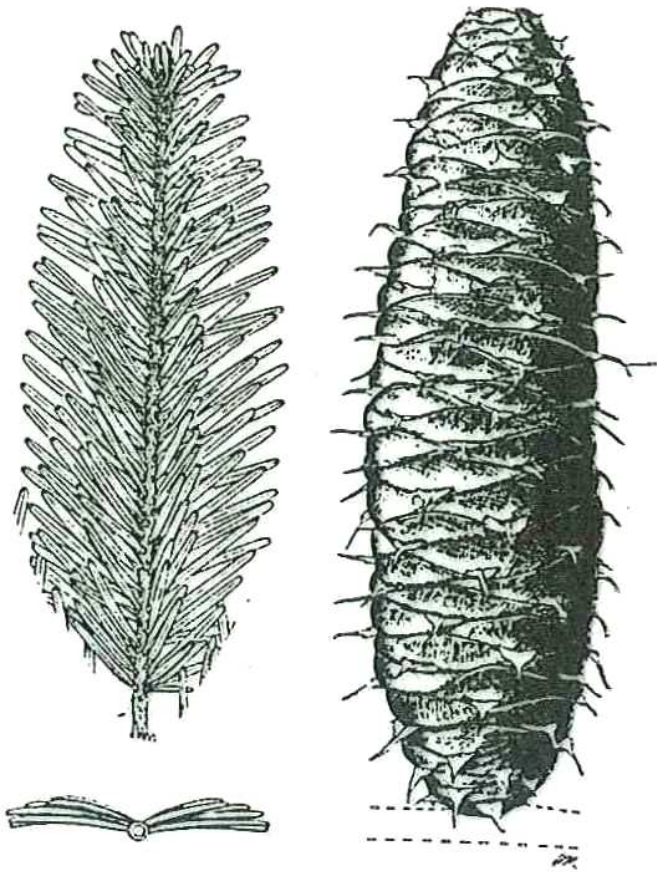
thuya



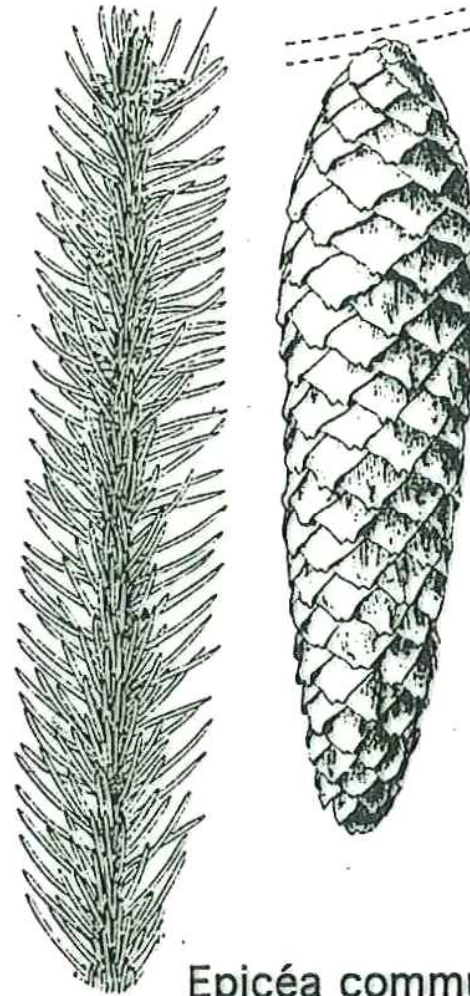
LA FEUILLE

Feuilles des Gymnospermes

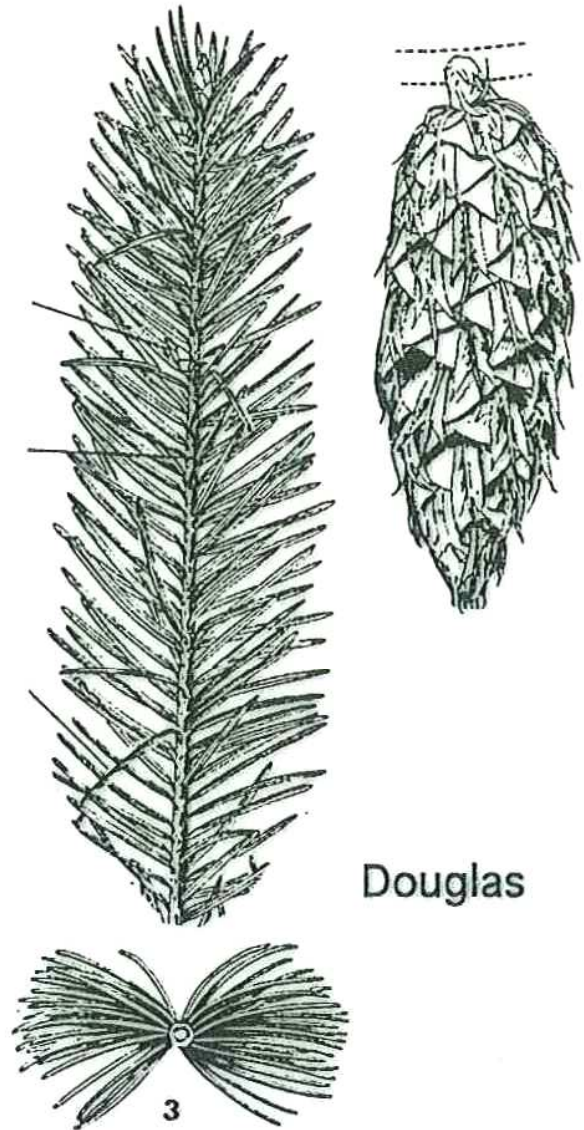
en aiguilles isolées autour du rameau



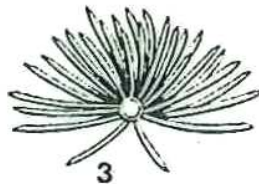
Sapin pectiné



Epicéa commun



Douglas



3

Feuilles des Gymnospermes

en aiguilles isolées autour du rameau

sapin



épicéa



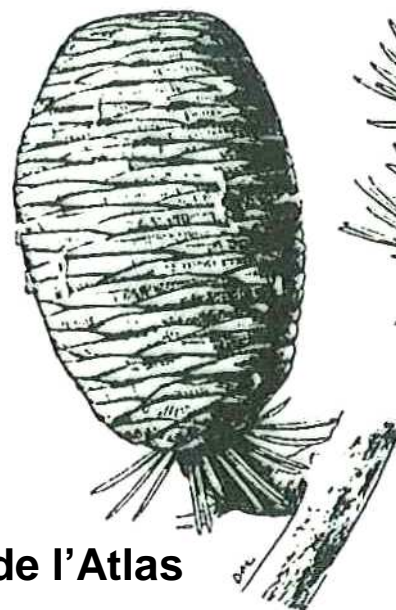
LA FEUILLE

**Feuilles des Gymnospermes :
feuilles en aiguilles**

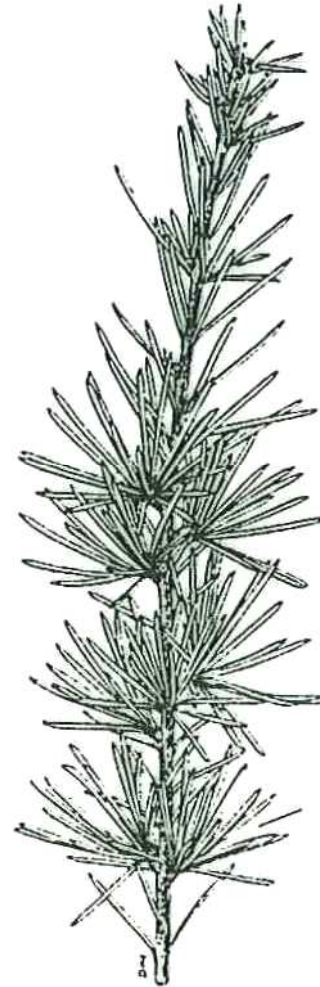


Pin sylvestre

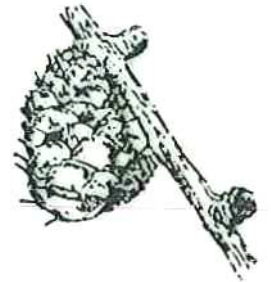
**groupées par 2, 3 ou 5
sur des rameaux nains :
Pins**



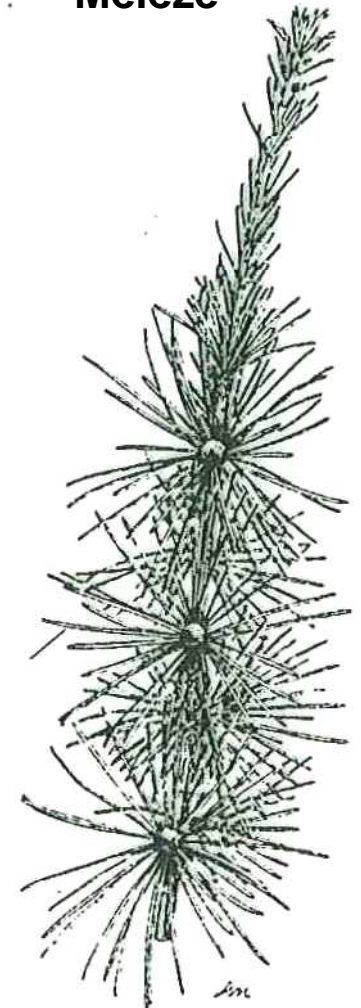
Cèdre de l'Atlas



**groupées en
bouquets sur des
rameaux courts**



Mélèze



**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

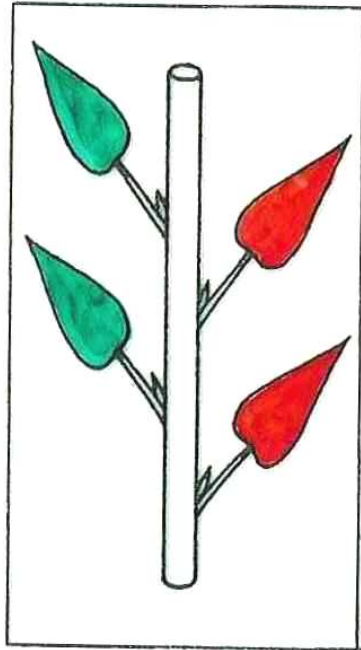


mélèze

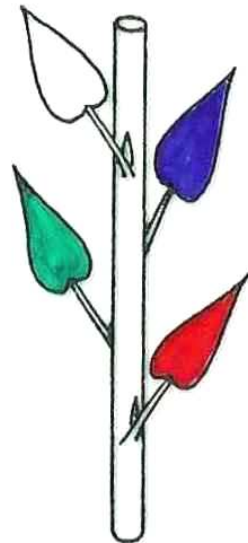


LA FEUILLE

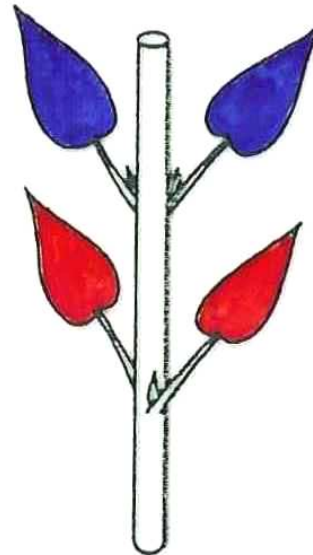
Disposition des feuilles



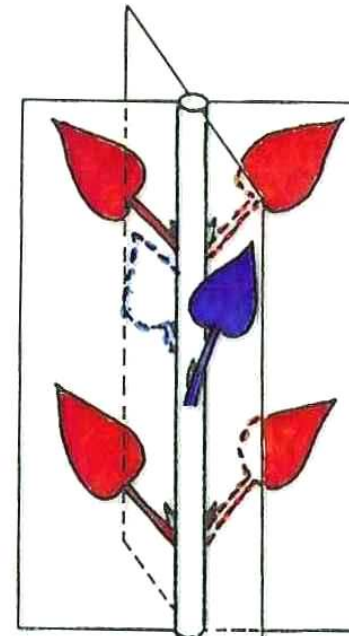
alterne distique



alterne
hélicoïdale



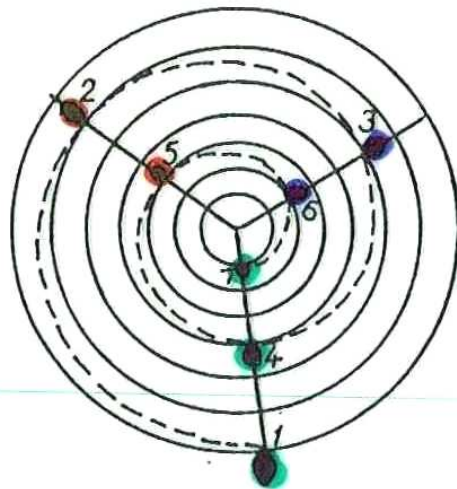
opposée



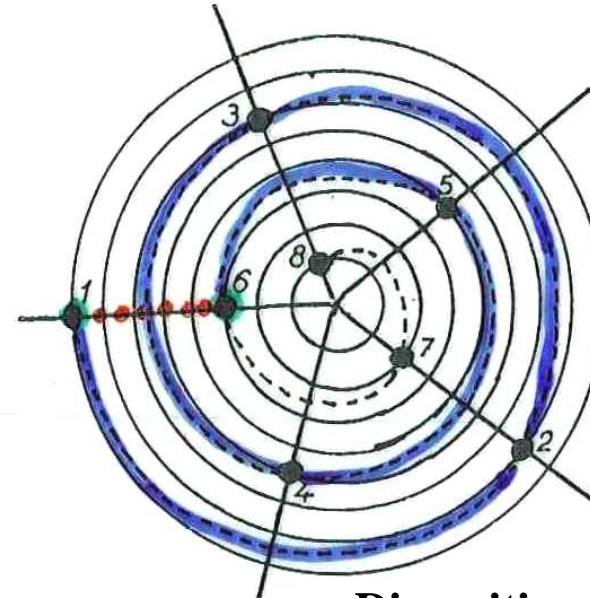
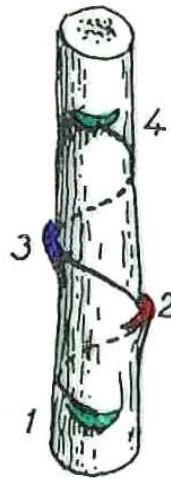
opposée décussée



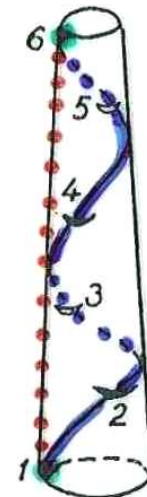
verticillée



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

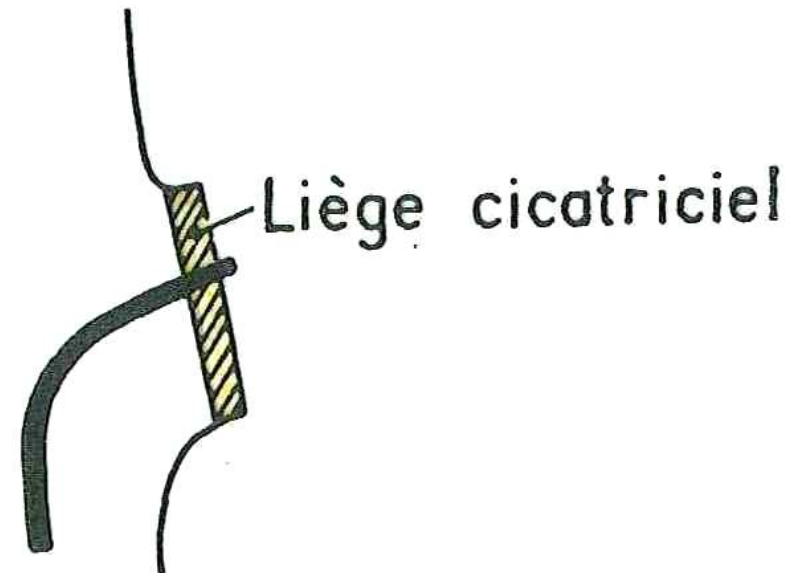
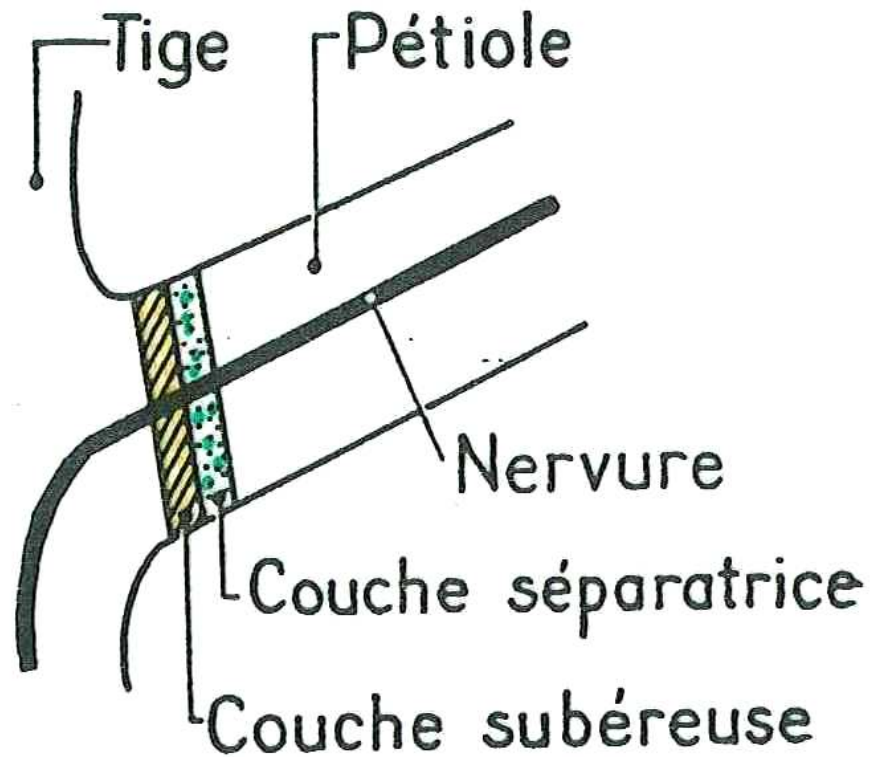


feuilles persistantes
chêne vert



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

