

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

2.2.4. 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

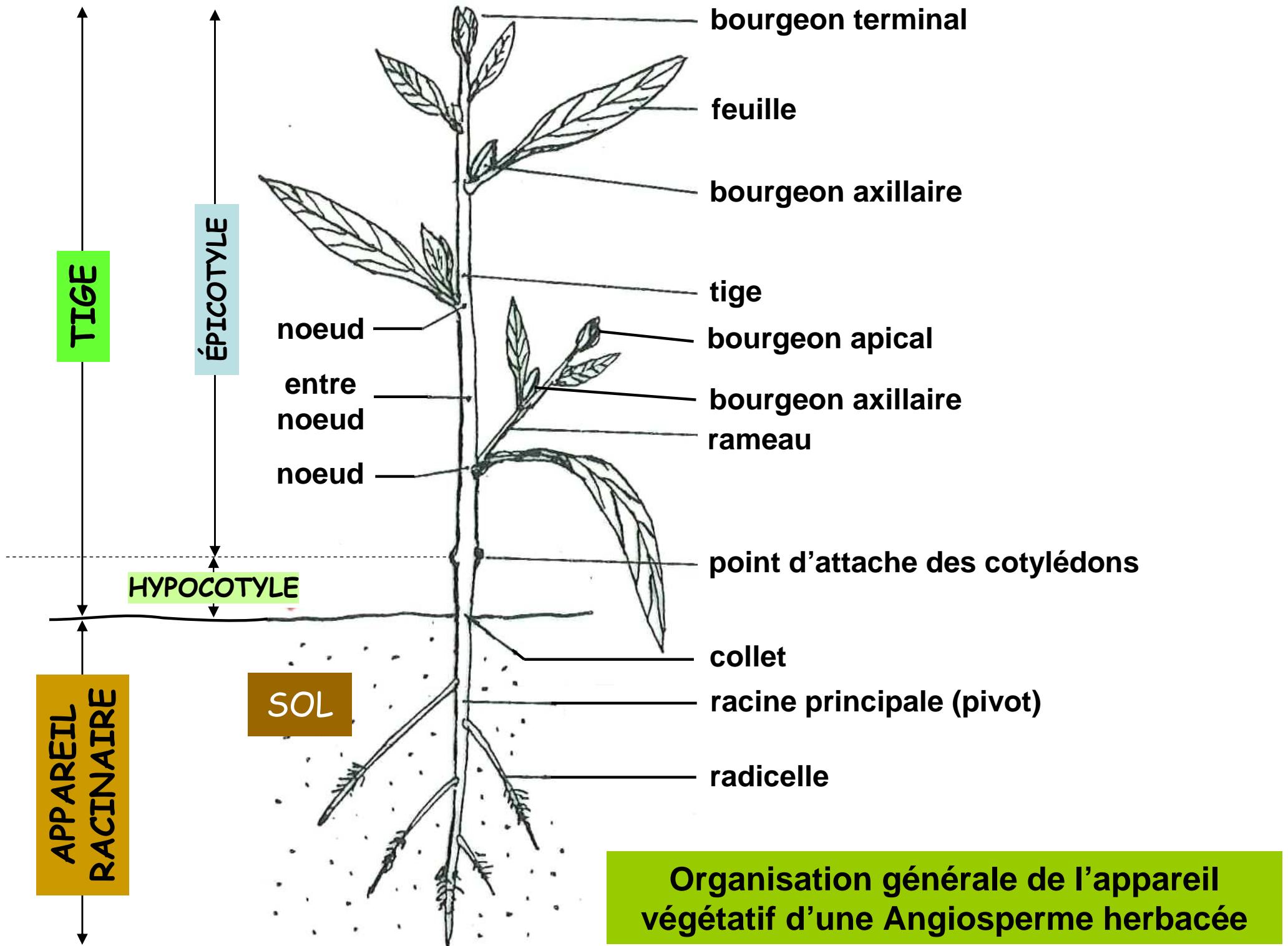
3.1. Les différentes parties de la feuille

3.2. Anatomie de la feuille

3.3. La disposition des feuilles sur la tige

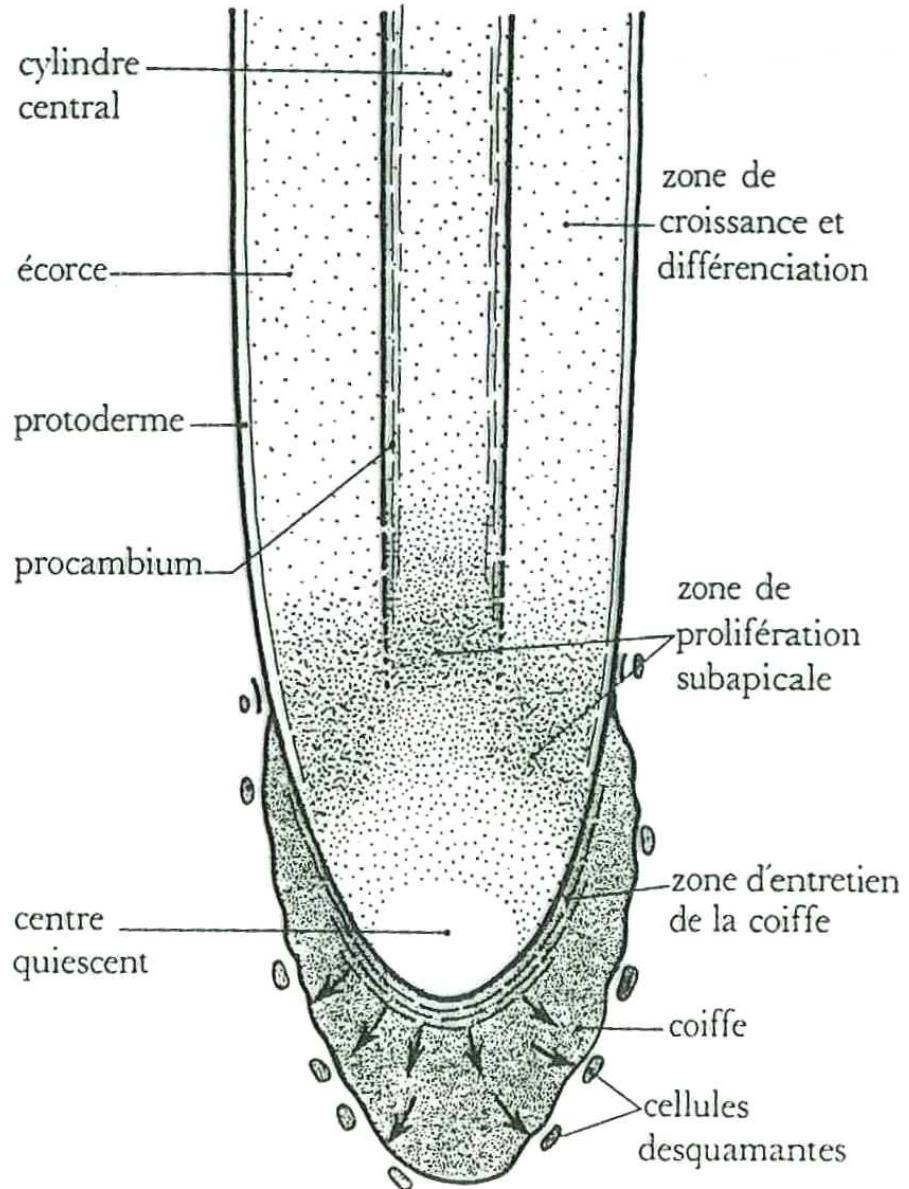
3.4. Transformation des feuilles

3.5. La chute des feuilles

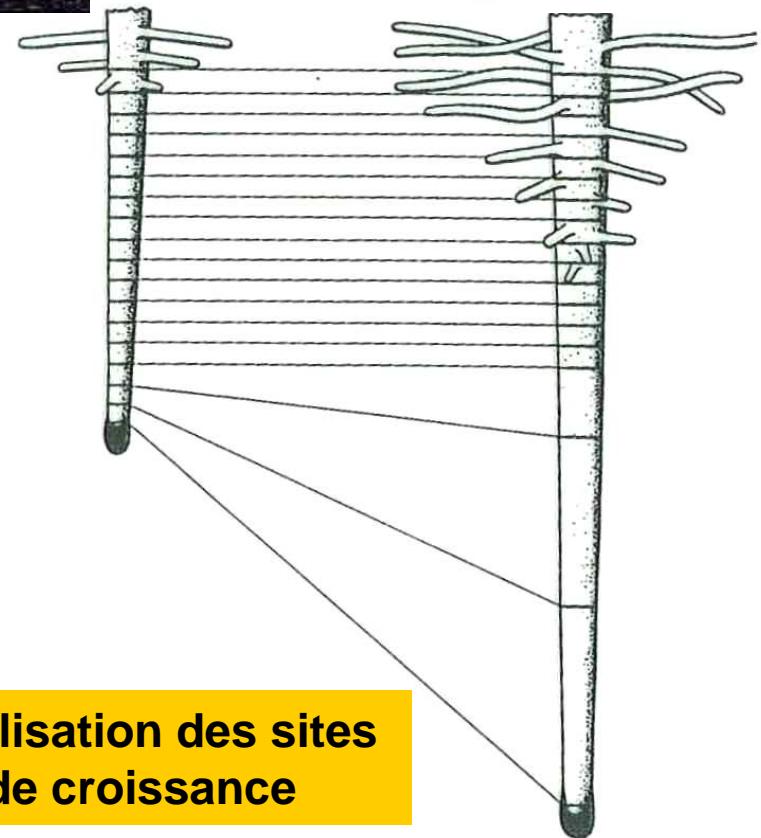
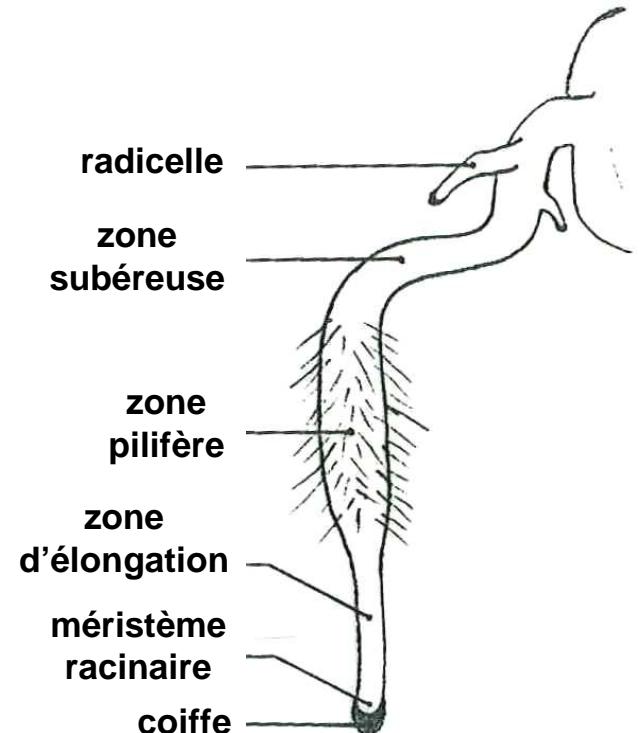


LA RACINE

Les différentes parties de la racine

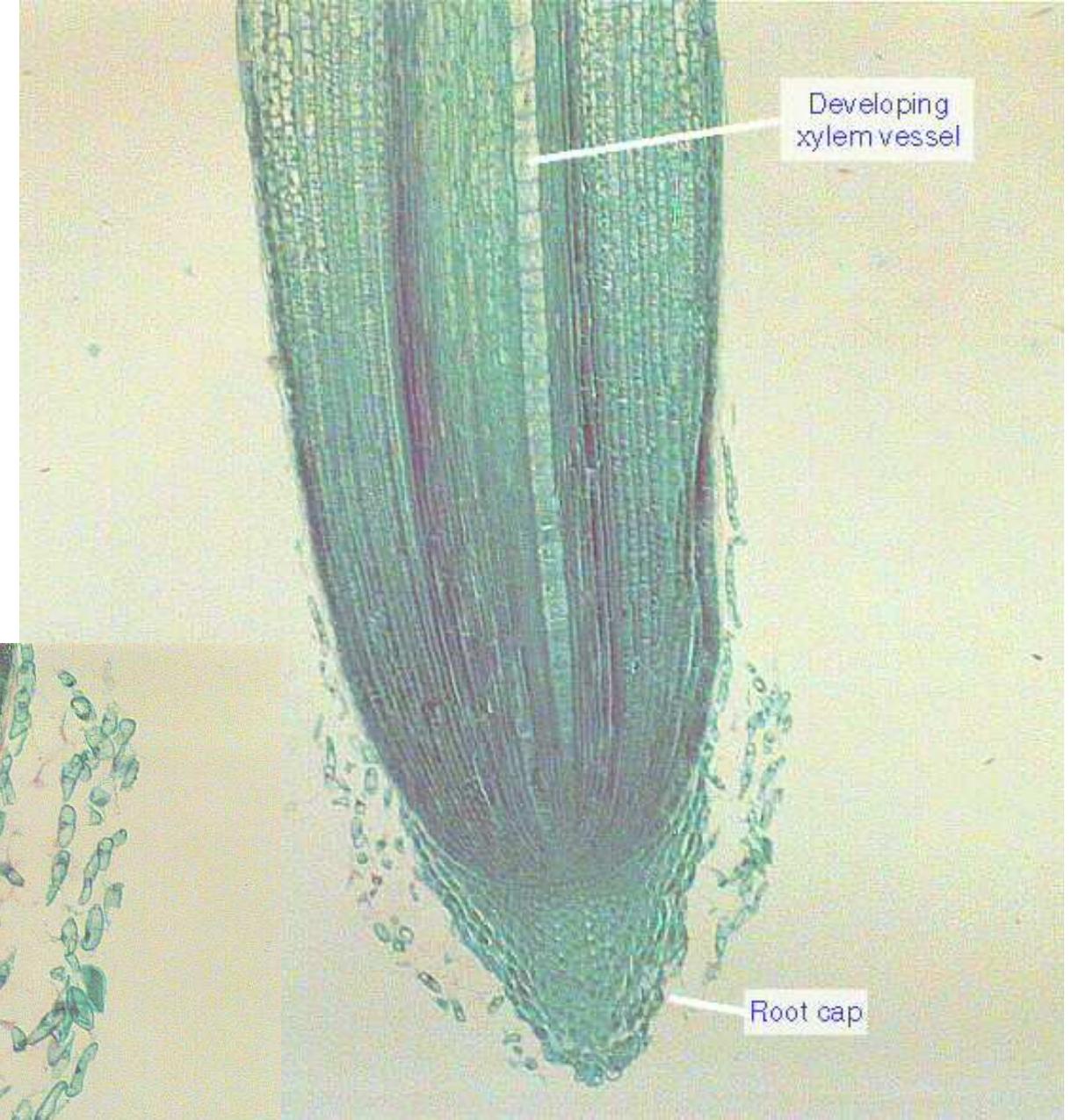
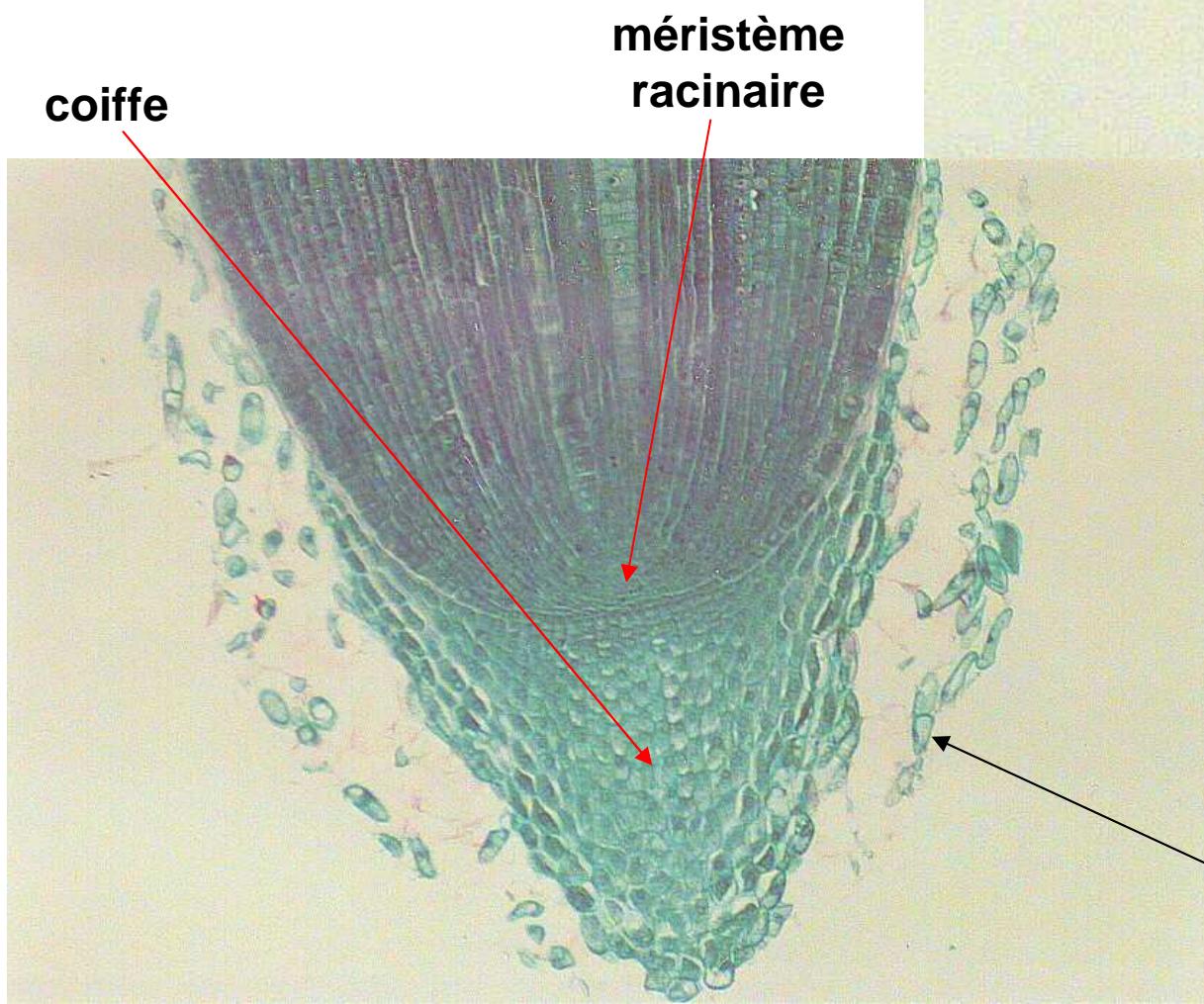


Détail de la zone apicale de la racine

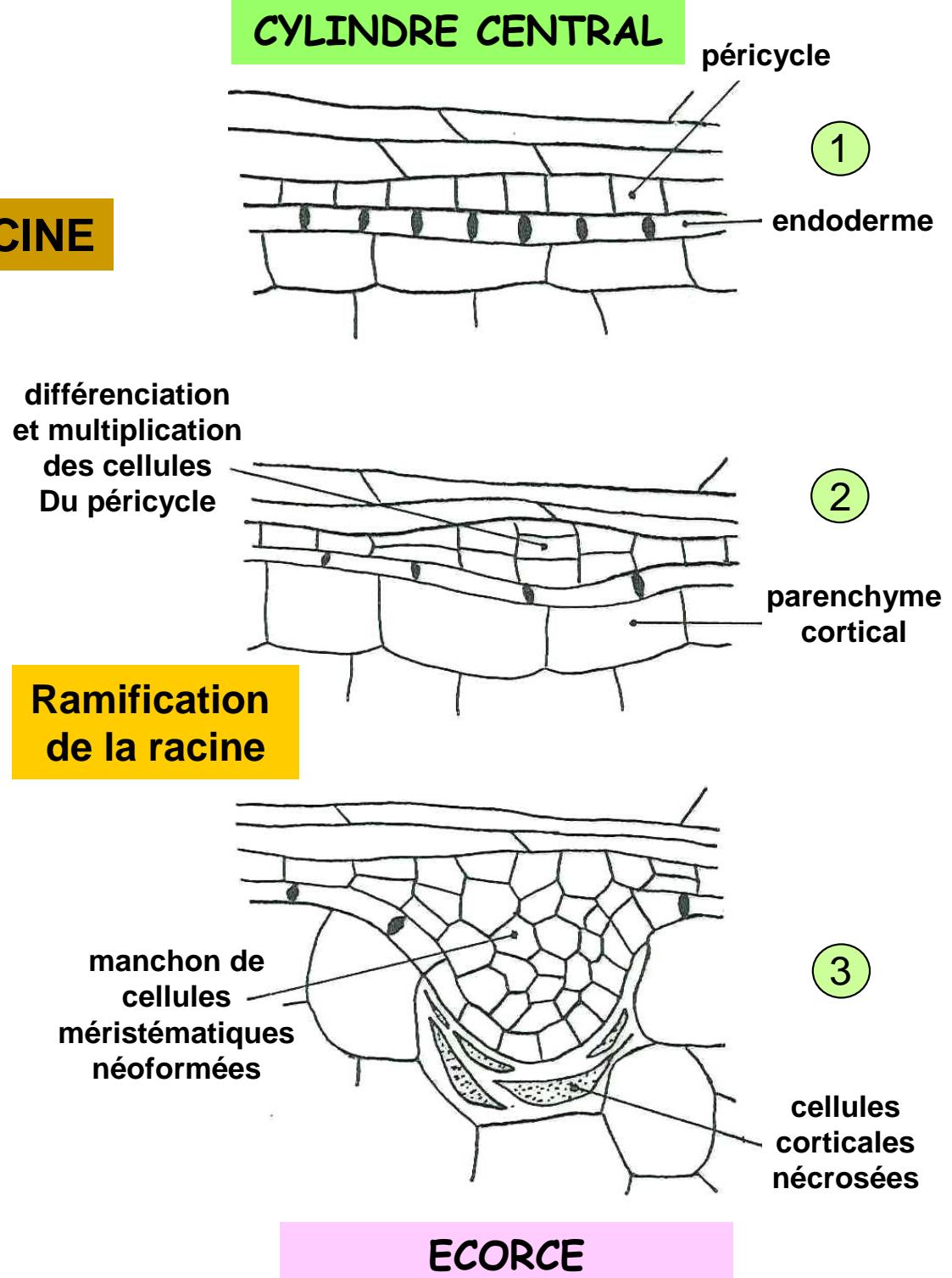
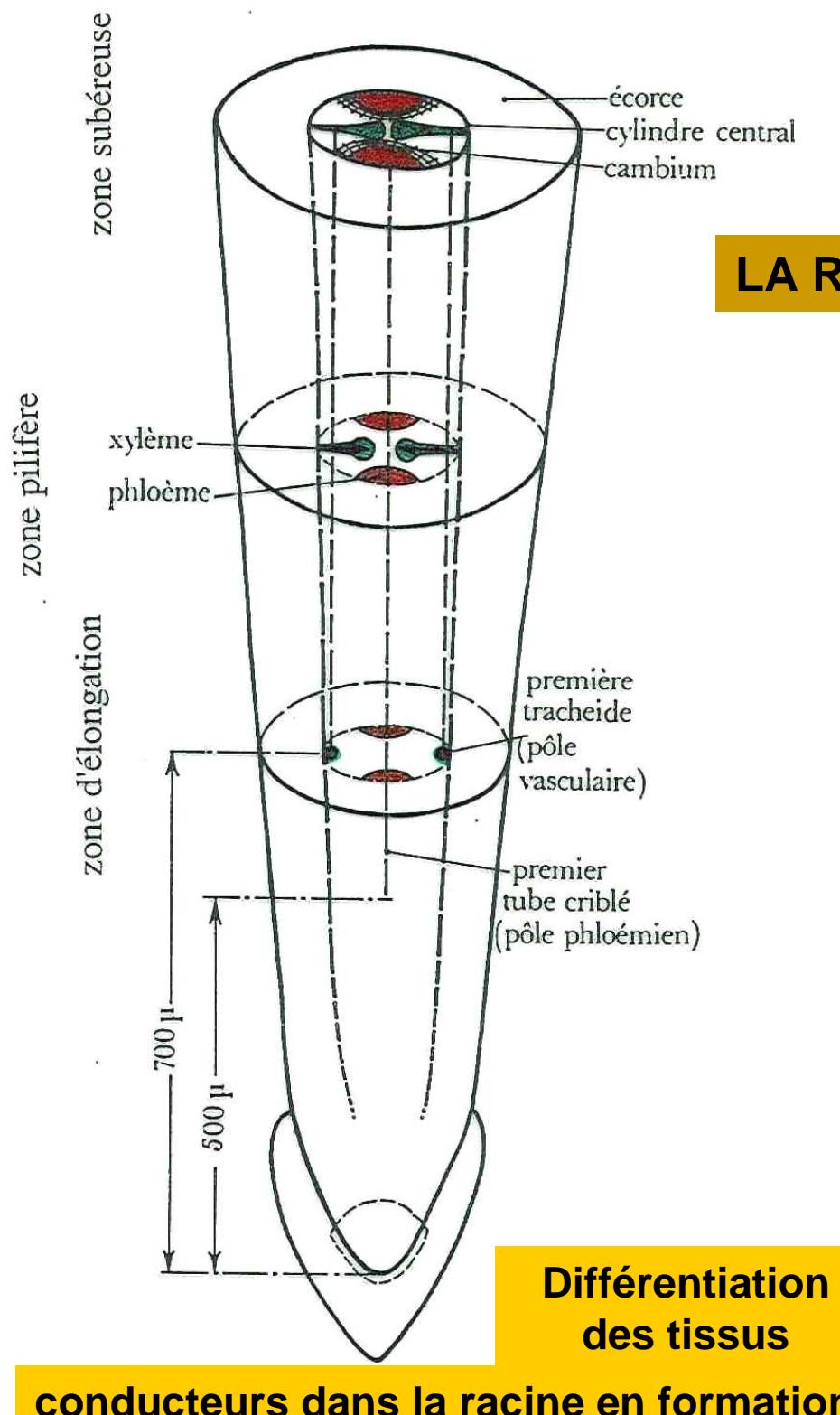


Localisation des sites de croissance

LA RACINE



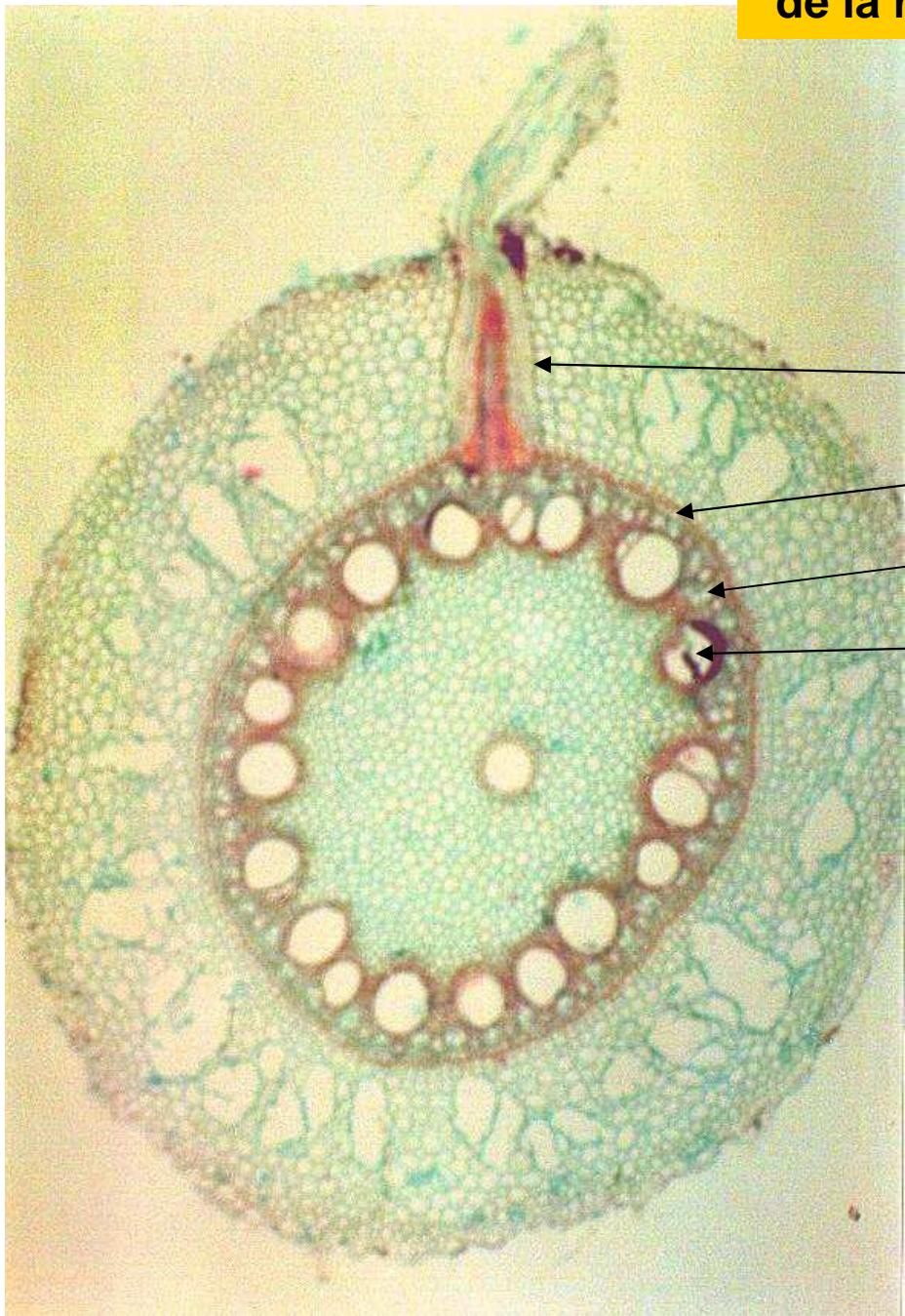
Détail de la zone apicale de la racine
cellules desquamantes



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

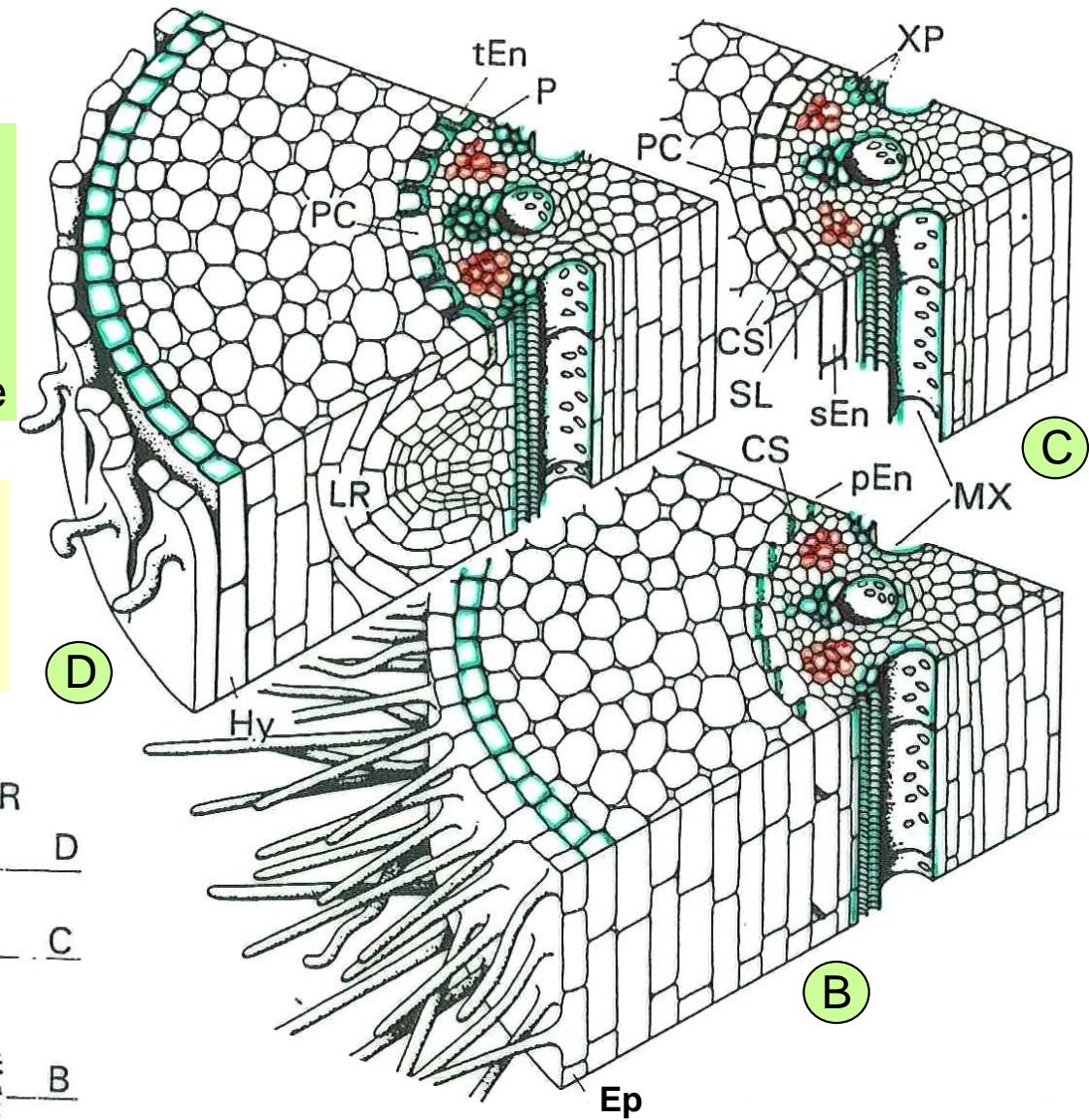
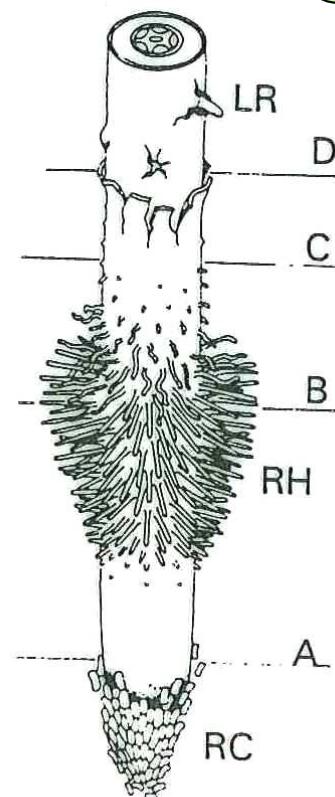
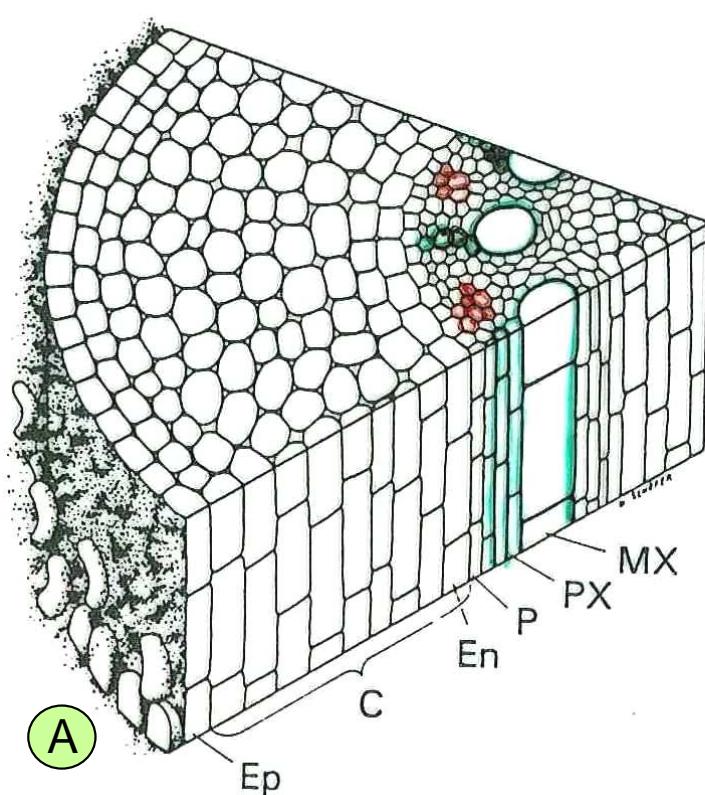


LA RACINE

Localisation des coupes transversales

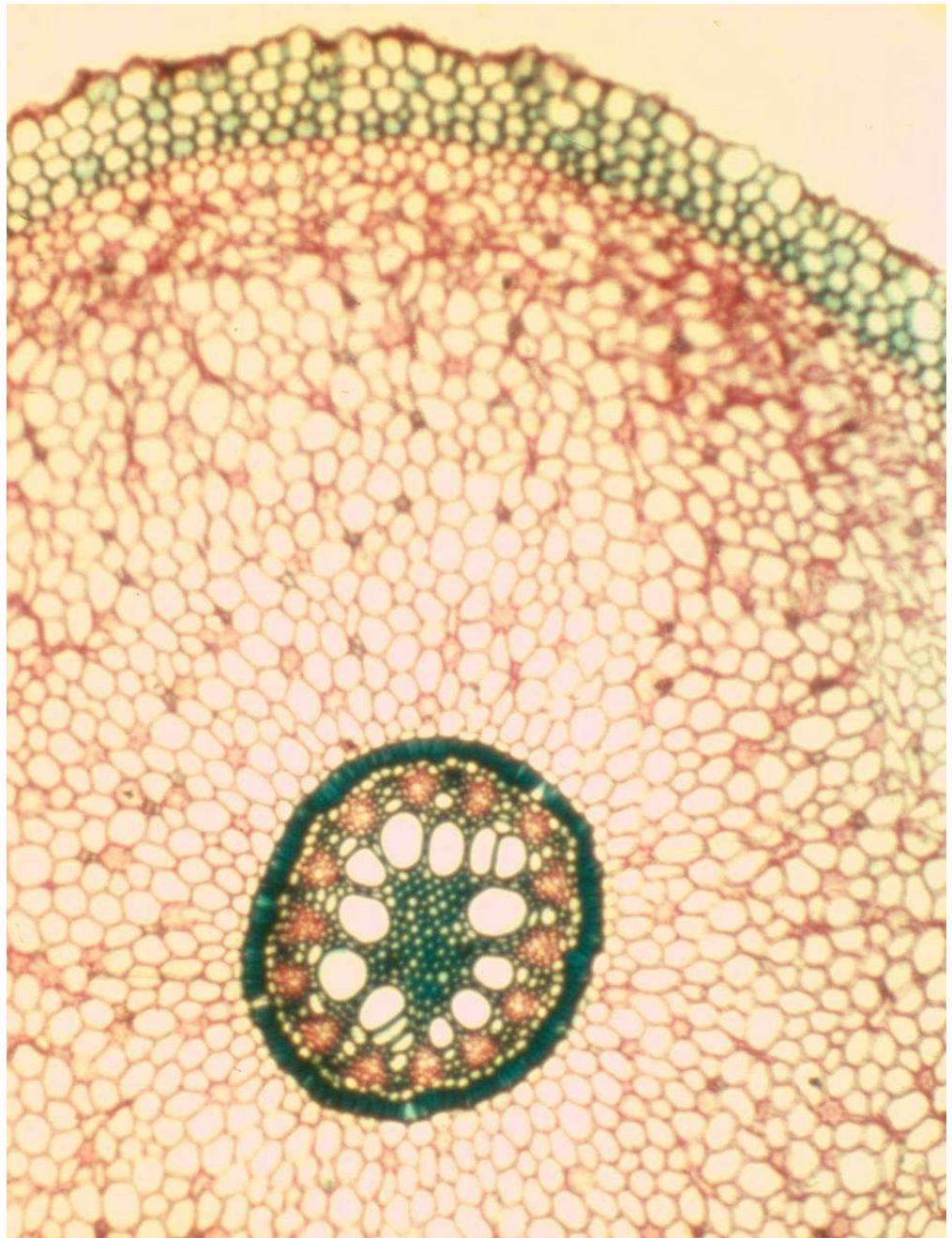
- A** : zone de croissance et de différenciation
- B** : zone pilifère avec endoderme primaire
- C** : zone de l'endoderme secondaire
- D** : zone subéreuse et de l'endoderme tertiaire

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

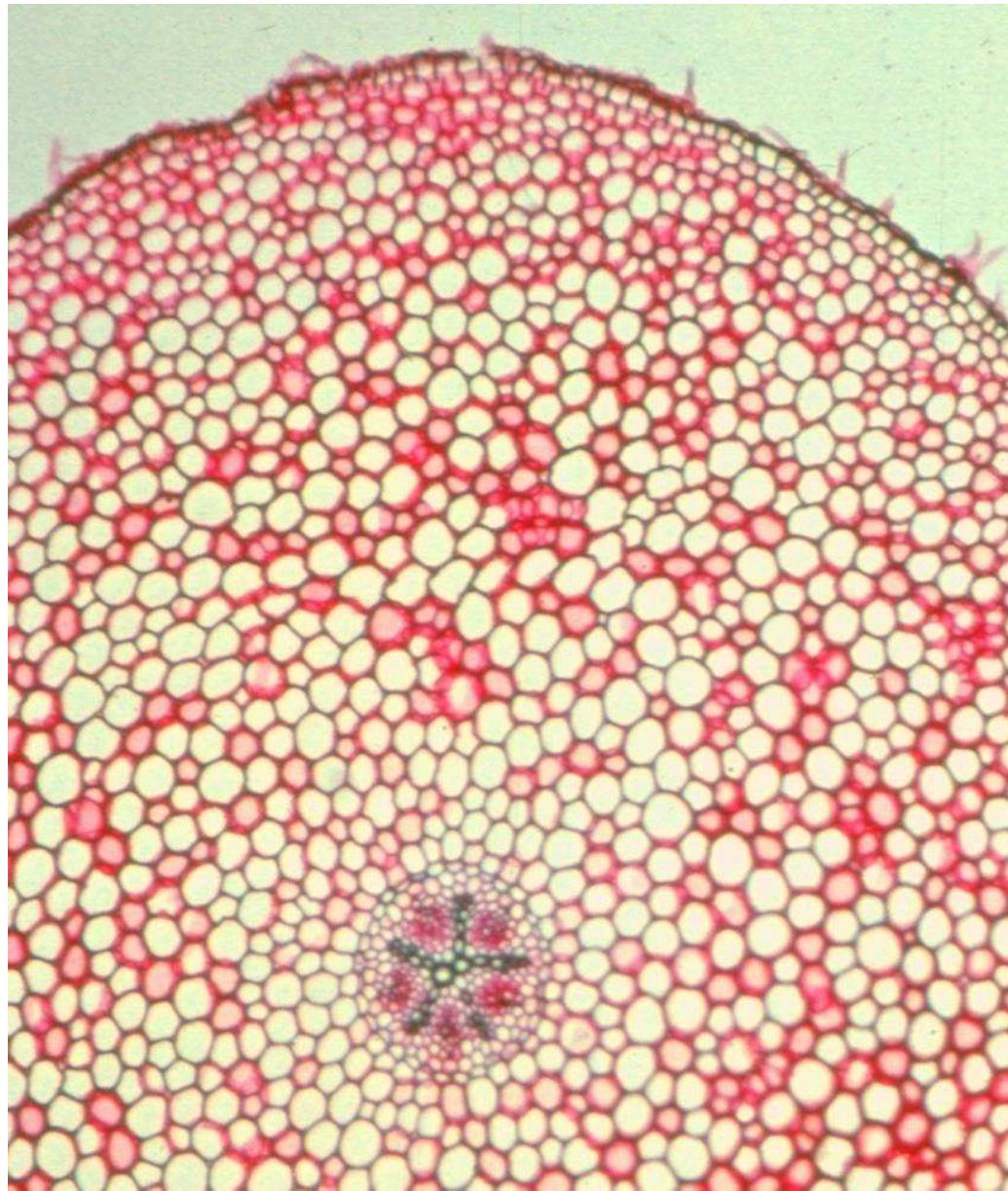


Mx métaxylème, **P** péricycle, **PC** cellule de passage, **PX** protoxylème, **RC** coiffe, **RH** poils absorbants, **SL** paroi subérifiée, **XP** parenchyme du xylème

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



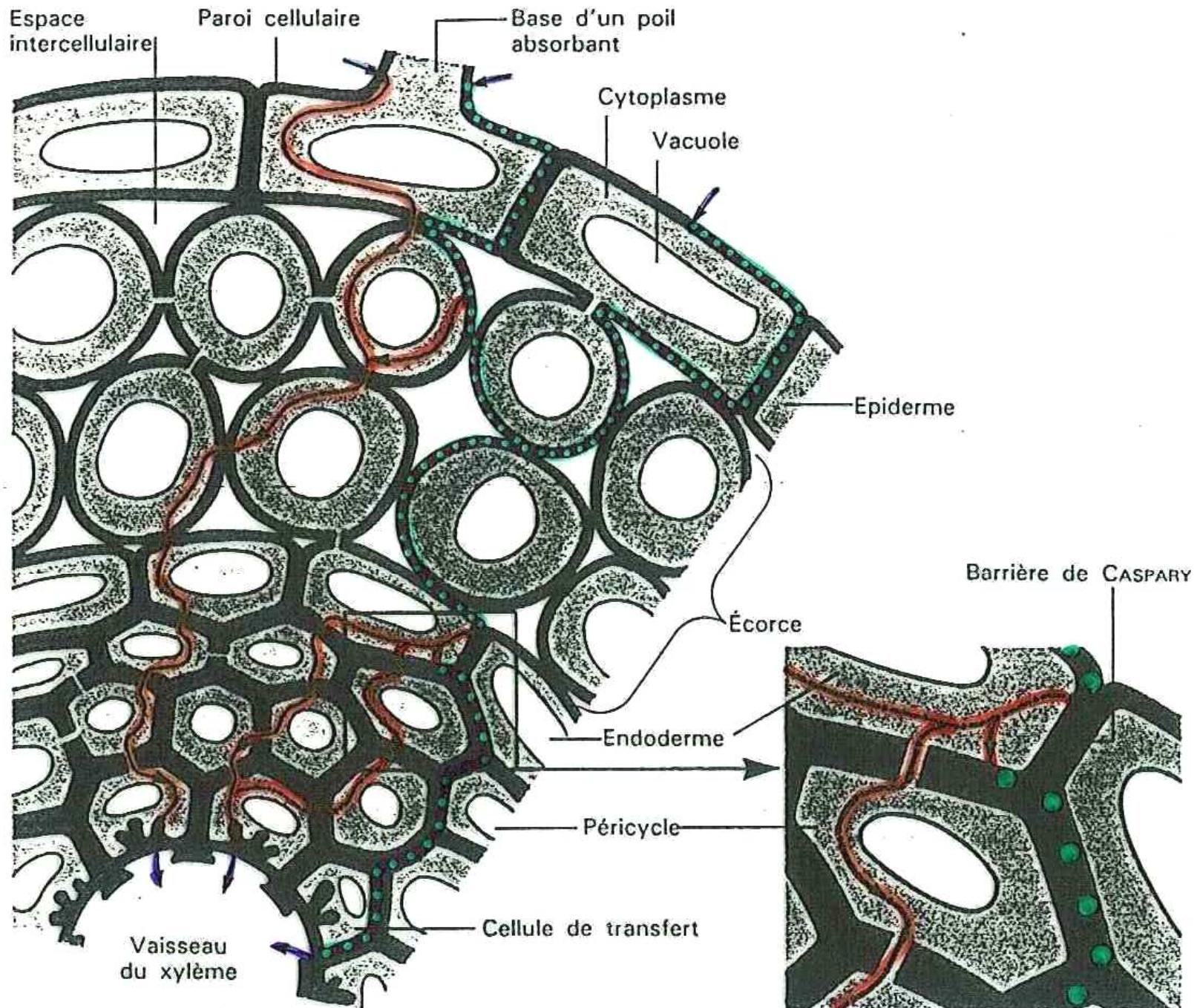
**CT racine d'iris
(Monocotylédones)**



**CT racine de renoncule
(Dicotylédones)**

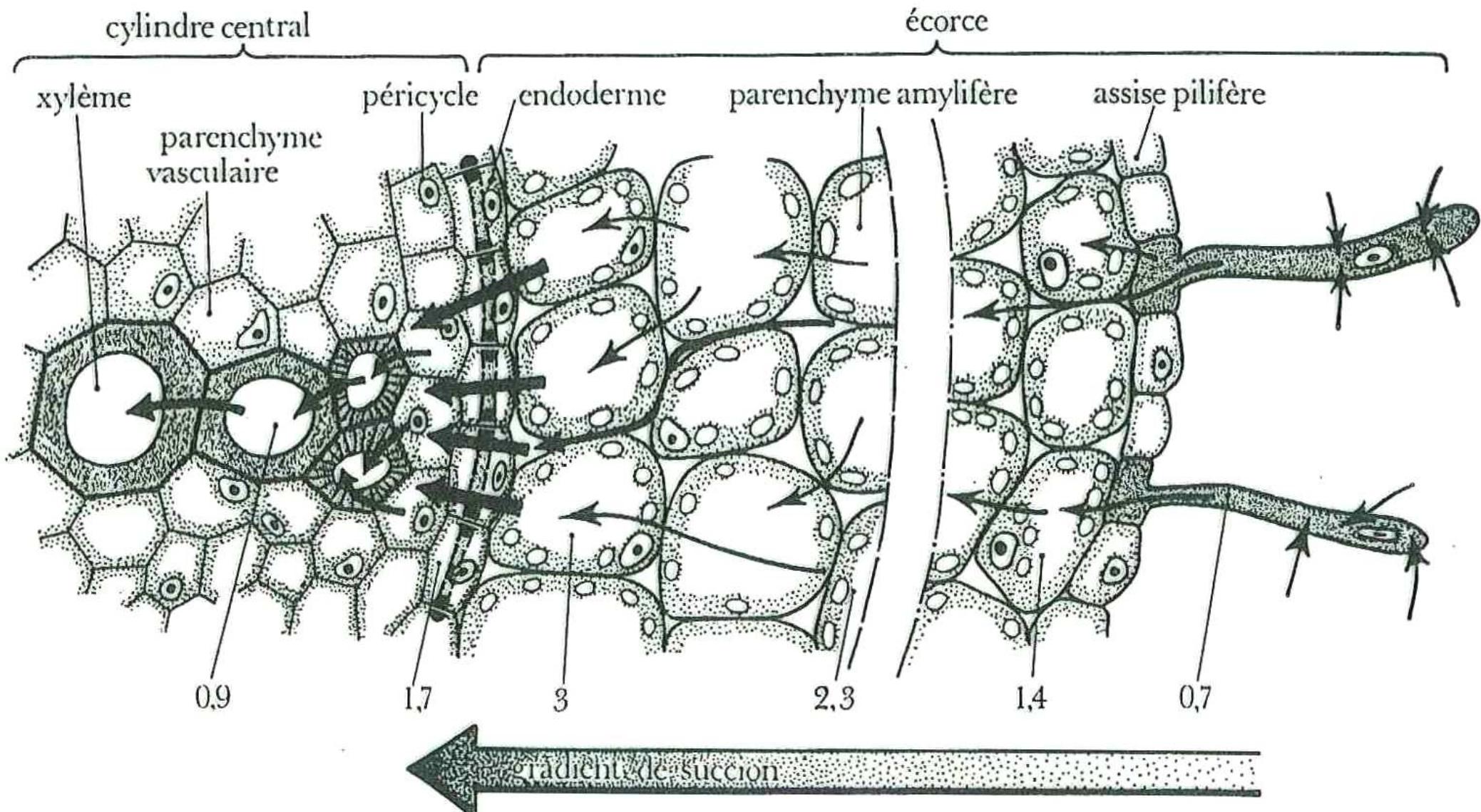
LA RACINE

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



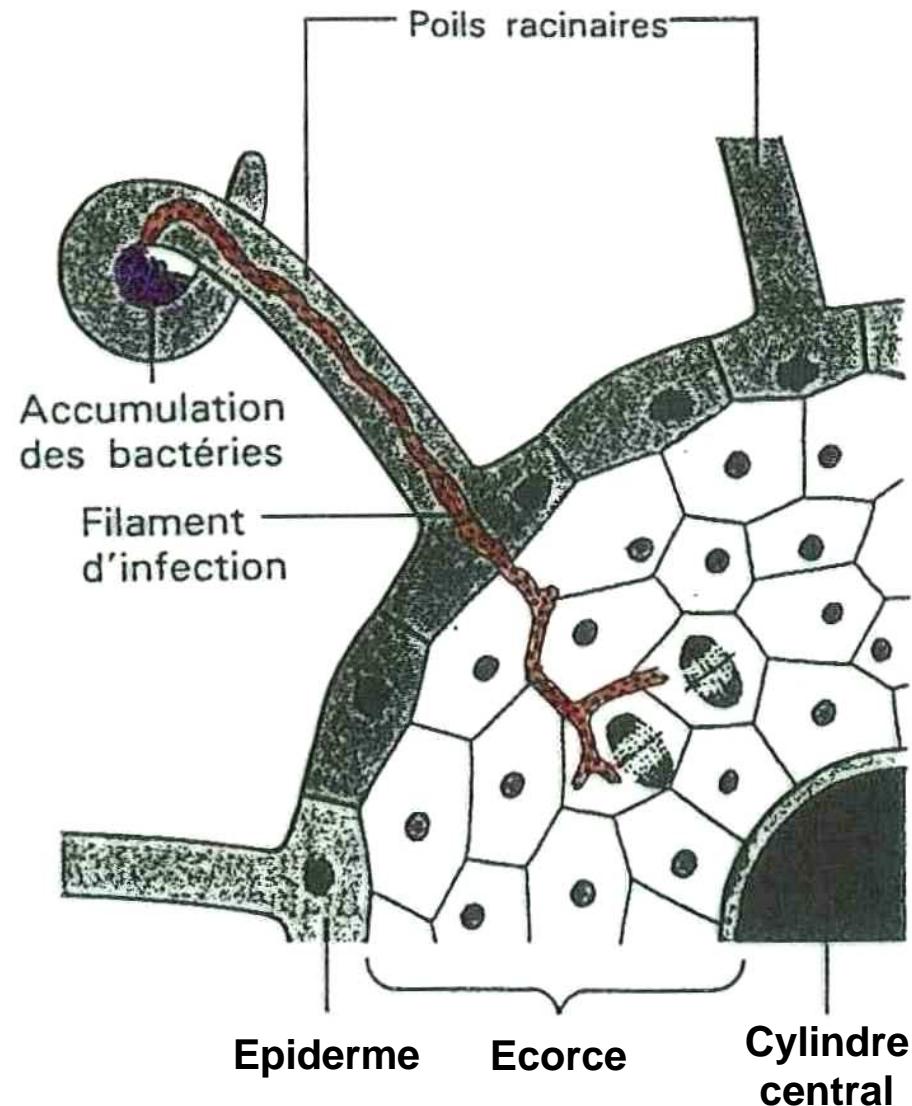
pointillés : transport dans les parois
trait ——— : transport dans le cytoplasme

LA RACINE

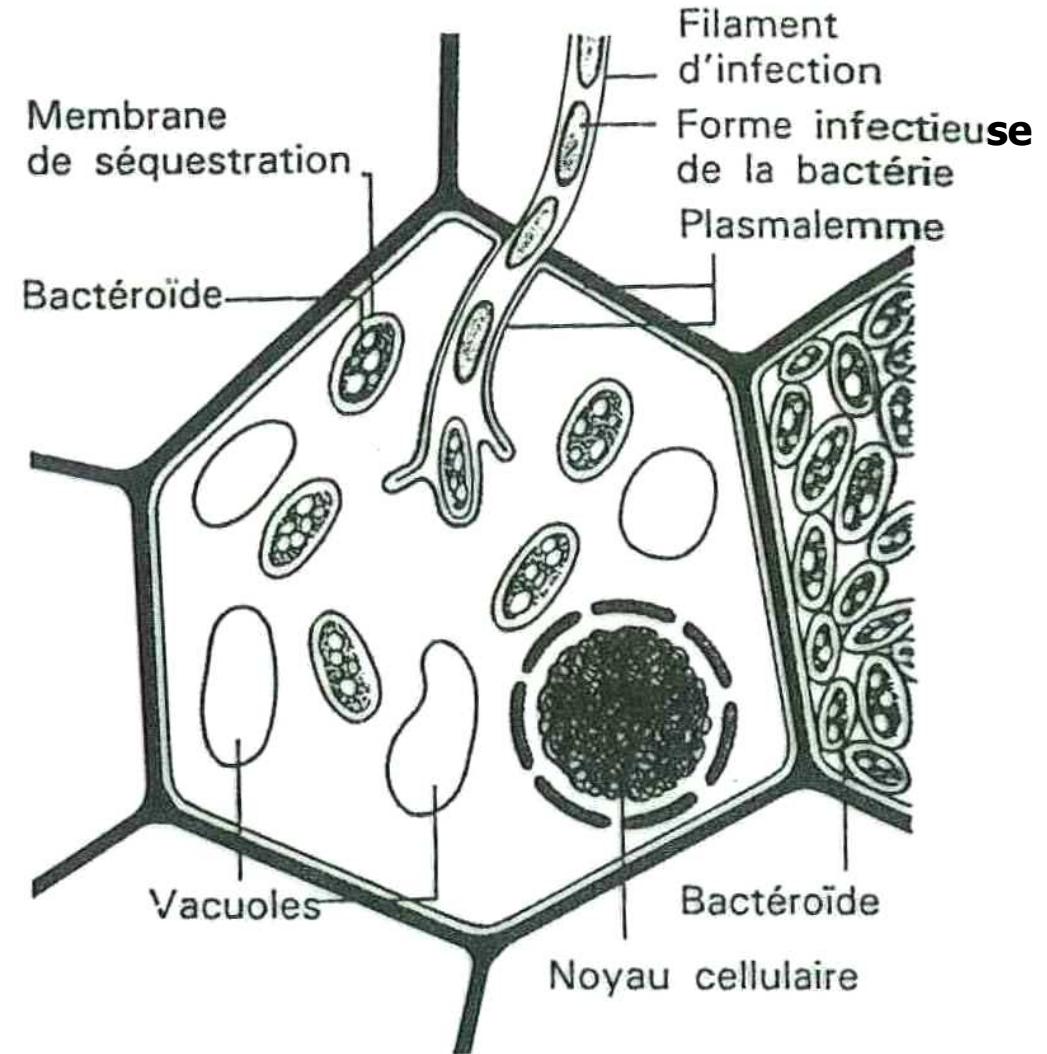


Transport radial de l'eau et des éléments minéraux entre les poils absorbants et le xylème
 (les valeurs du gradient de succion sont indiquées en atmosphère ; pour convertir en Pa $\times 10^5$)

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

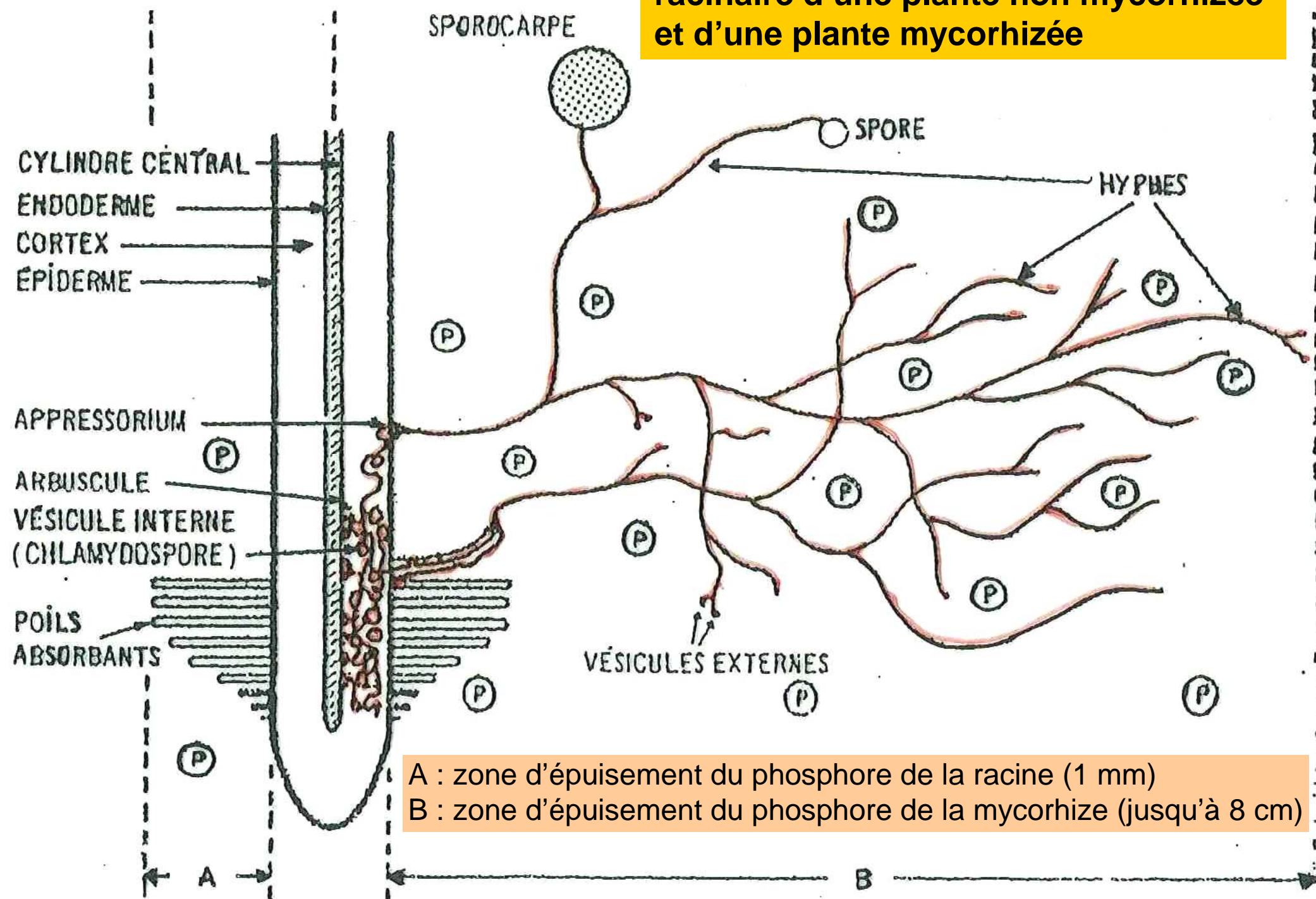
Symbiose racine de Fabacées - Rhizobium



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



LA RACINE



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

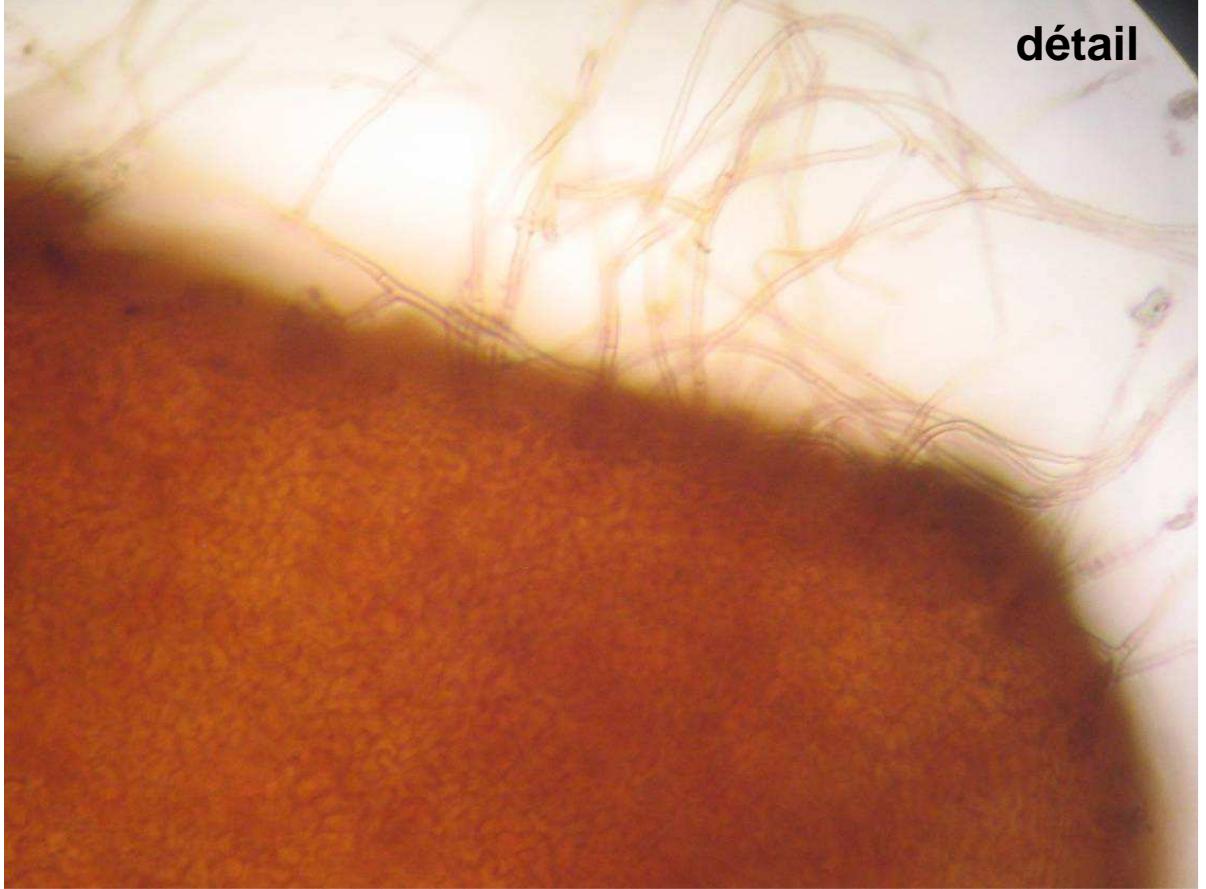
Mycorhization du chêne pubescent par la truffe



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



détail

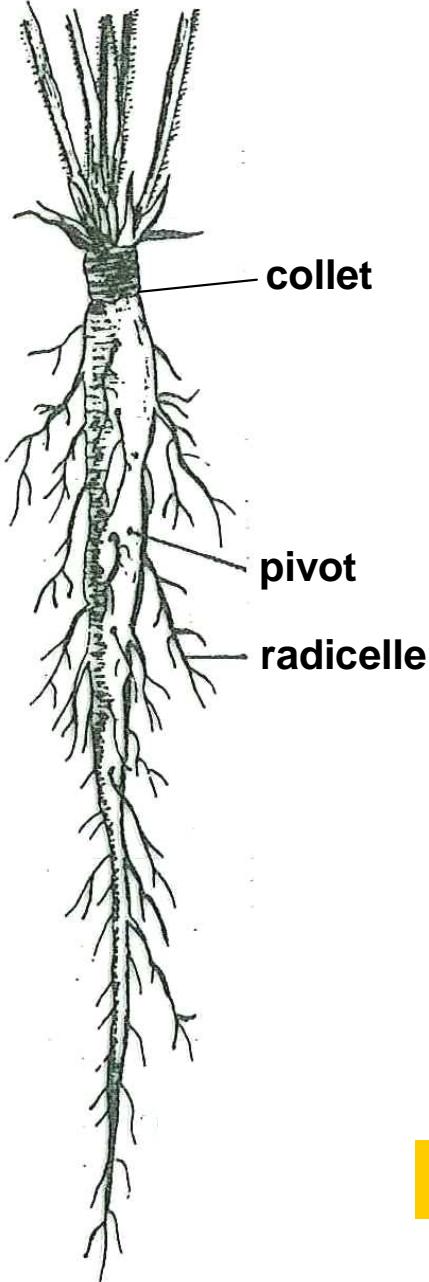


LA RACINE

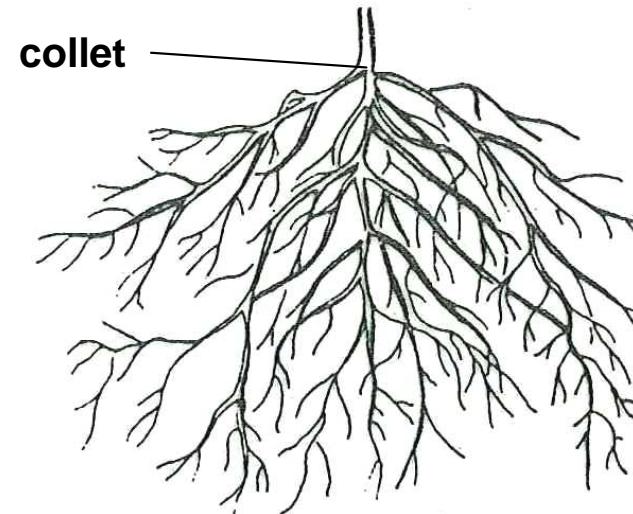
Eléments	N	P	K
Plant mycorrhizé/plant témoin	+ 85%	+ 230%	+ 75%

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

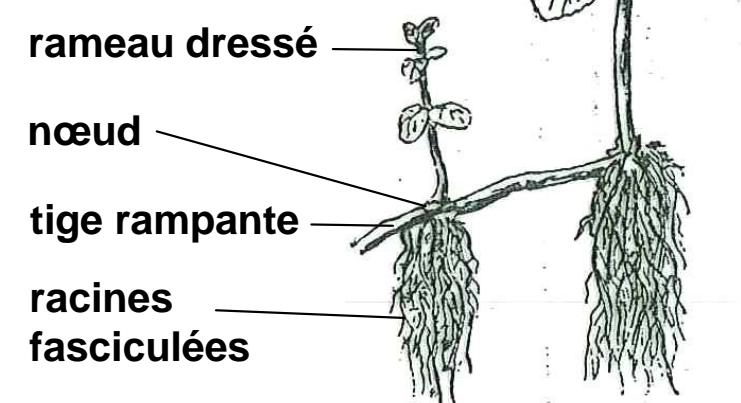
LA RACINE



Système pivotant
(carotte)



Système fasciculé



**Système adventif
et fasciculé**
(vérone)

Les différents types d'appareils racinaires

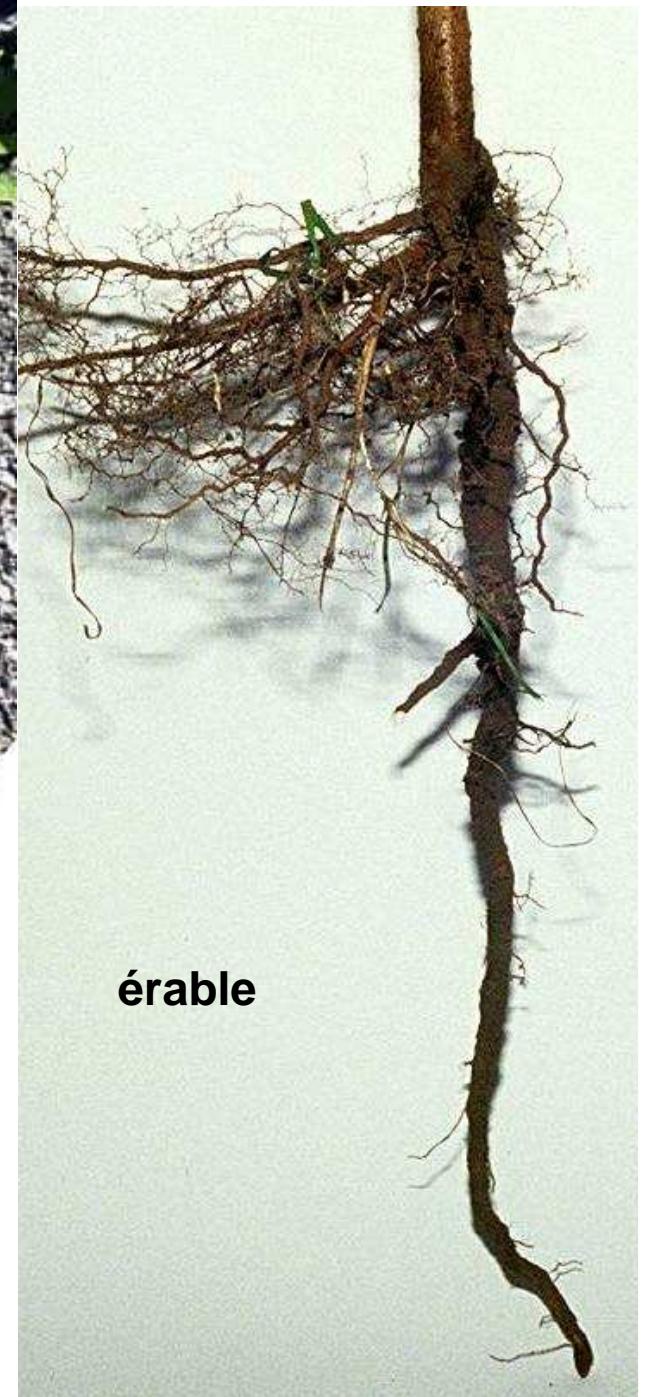
carotte



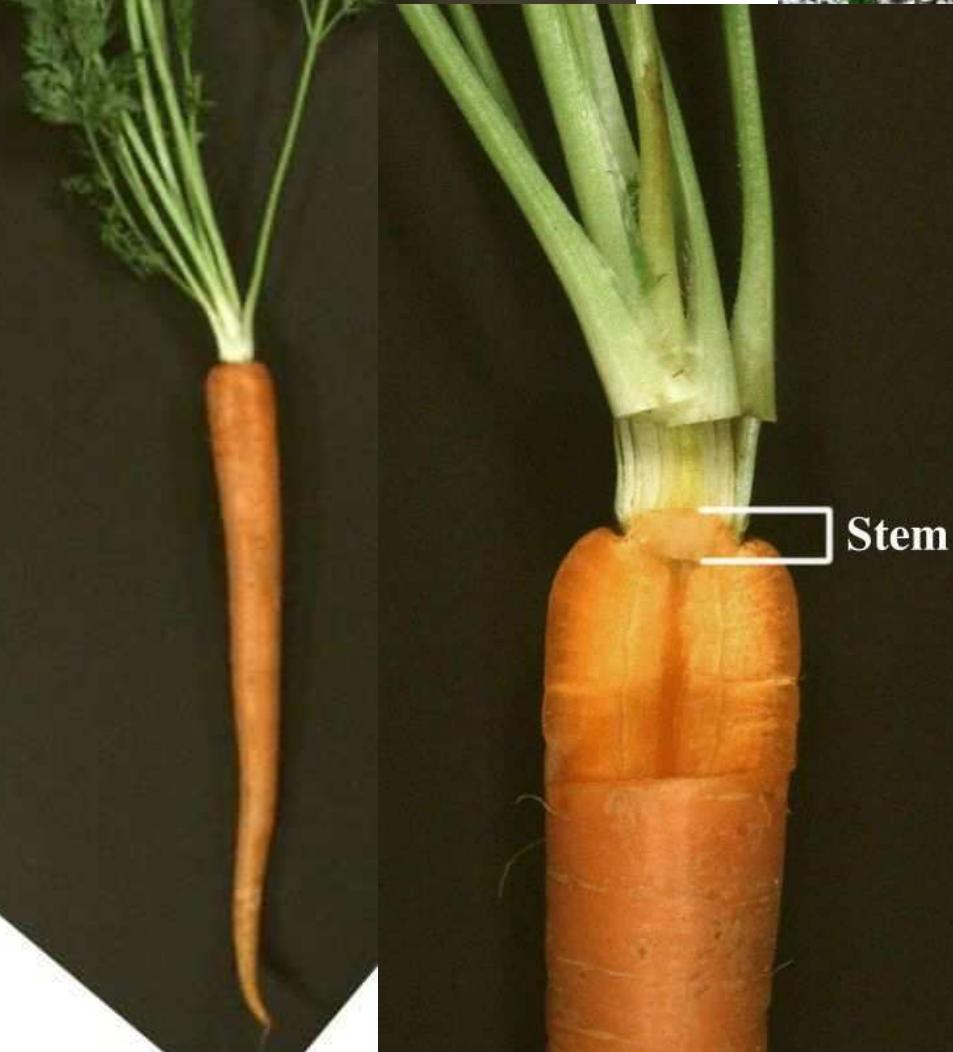
pissenlit



Racines pivotantes



érable



Racines fasciculées

céleri rave



dahlia



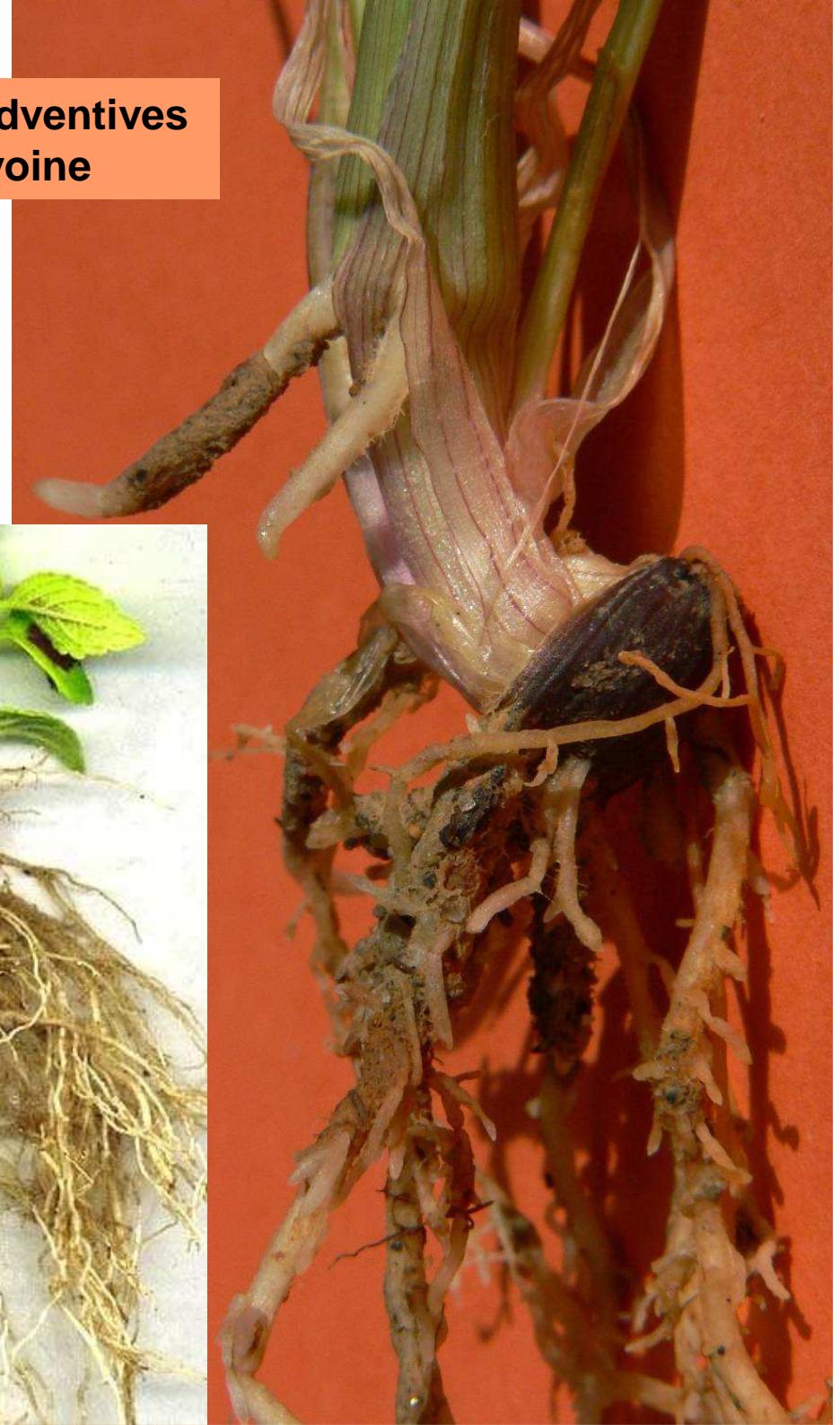
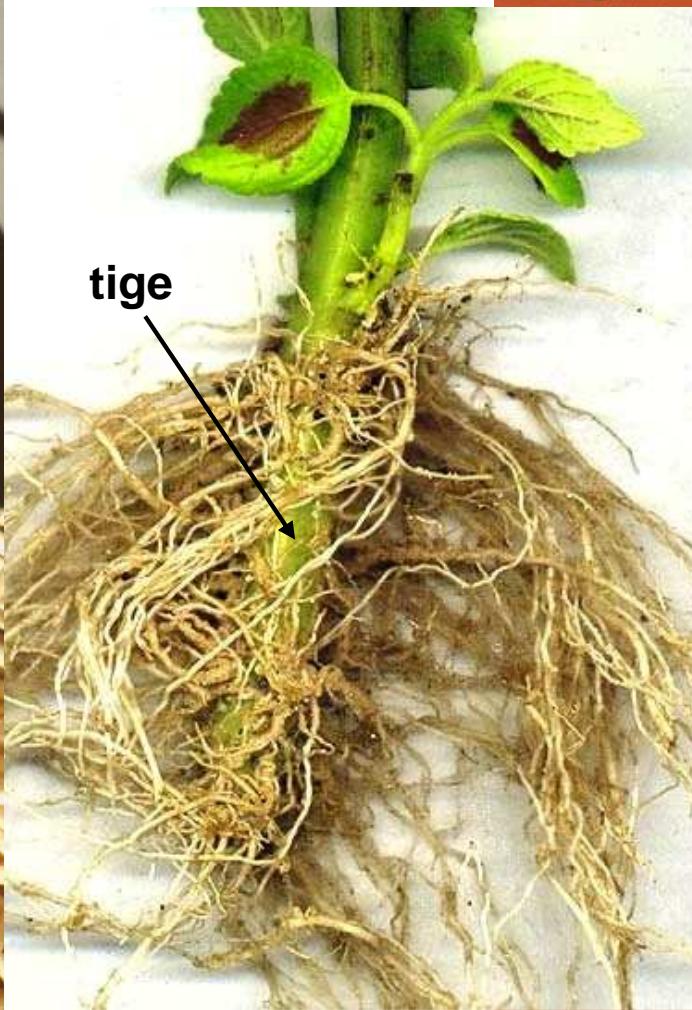
Racines fasciculées adventives

racines adventives d'avoine

poireau



racines adventives
sur bouture

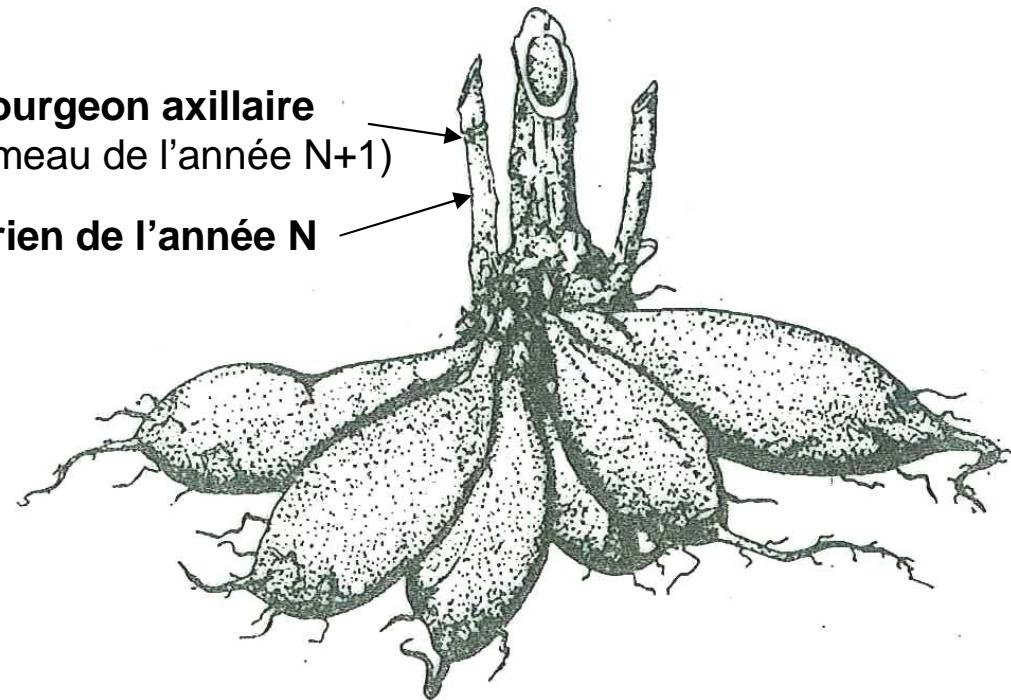


LA RACINE



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

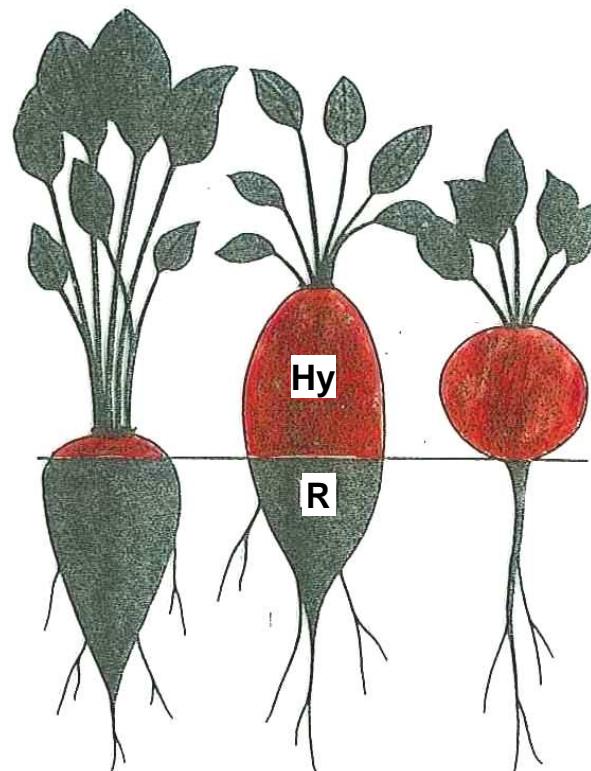
rameau aérien de l'année N



Appareils racinaires tubérisés

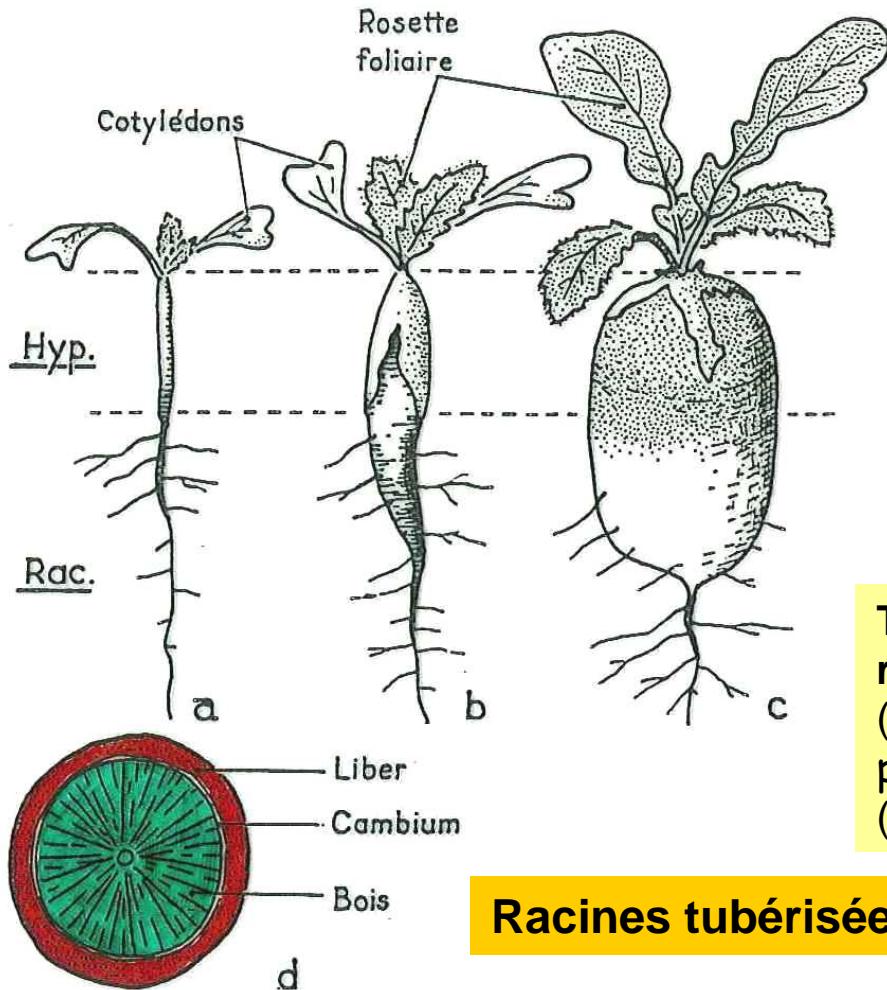
Racine pivotante
tubérisée de navet
(Brassicacées)
plante bisannuelle

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

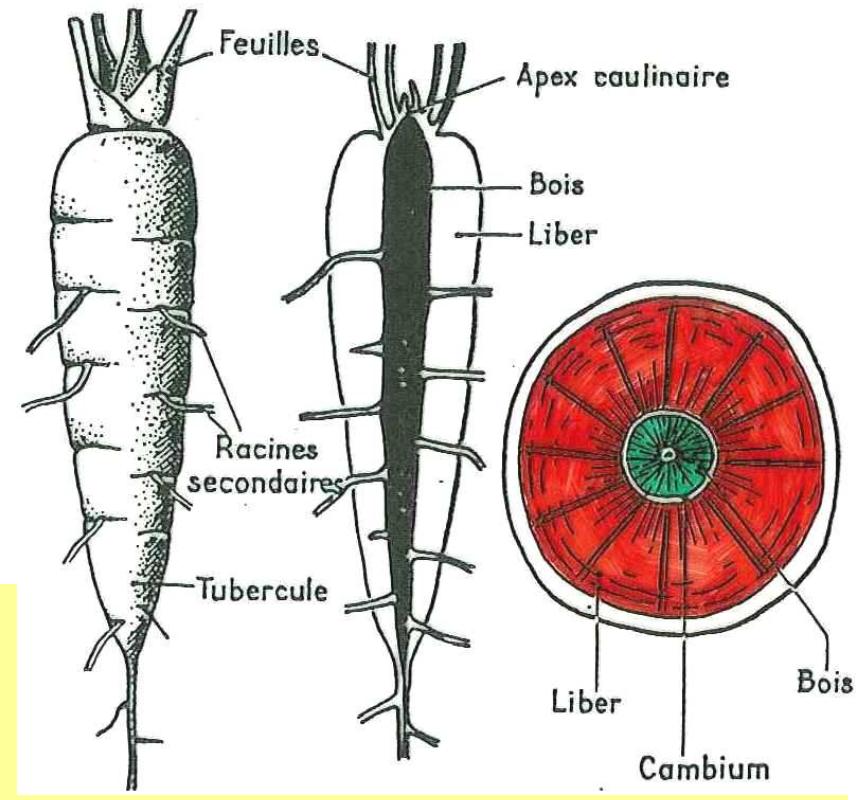


Tubérisation de la racine et de l'hypocotyle du radis

(Brassicacées) - plante bisannuelle
 a, b, c : étapes de la tubérisation
 c : coupe transversale de la racine

LA RACINE

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

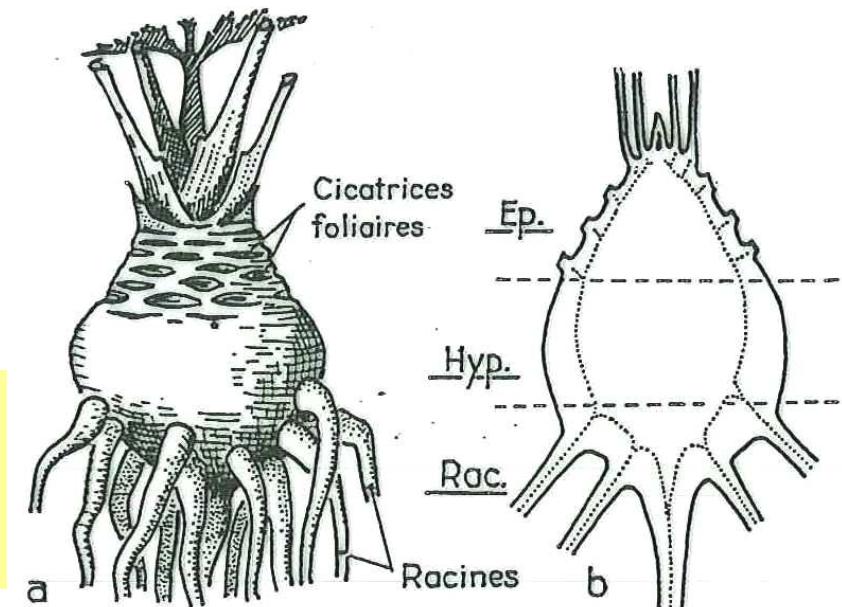


Racines tubérisées de plantes alimentaires

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

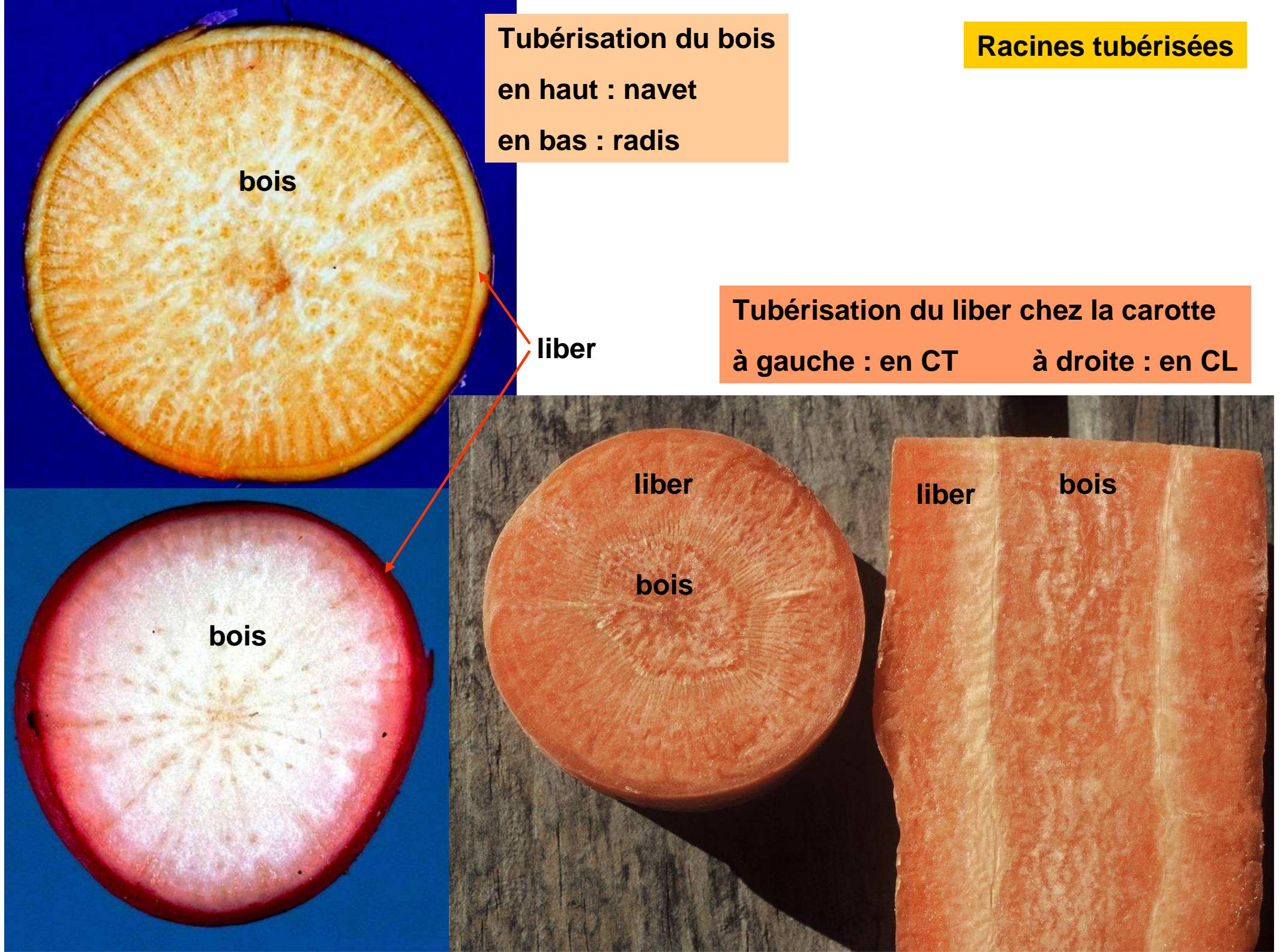
R + H



betterave rouge

(r) + H





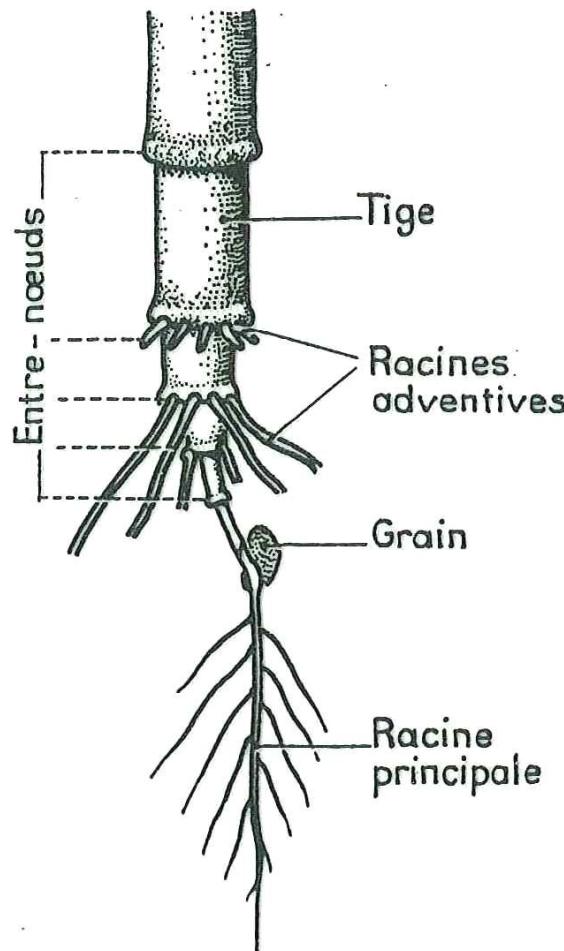
Racines tubérisées

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

épicotyle avec feuilles et traces foliaires

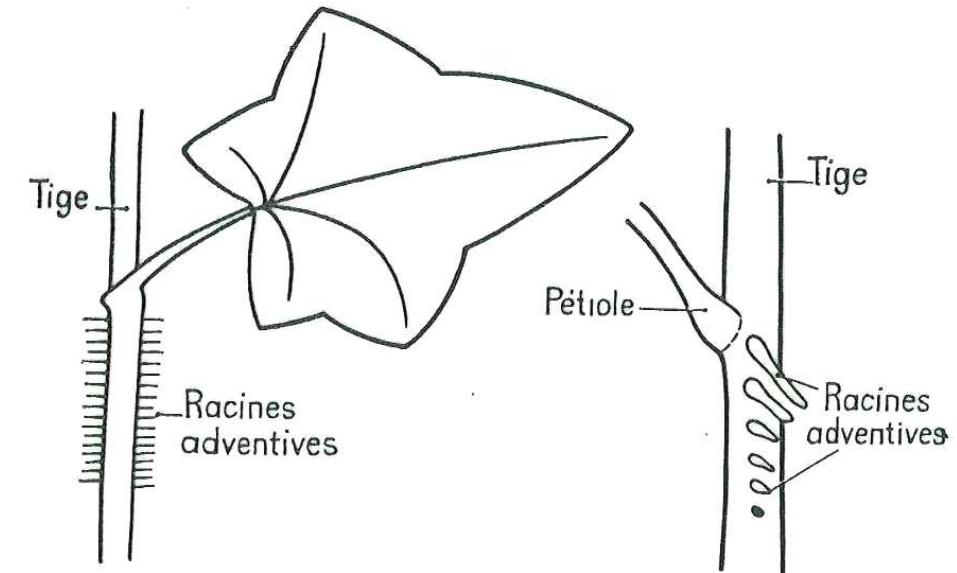


LA RACINE

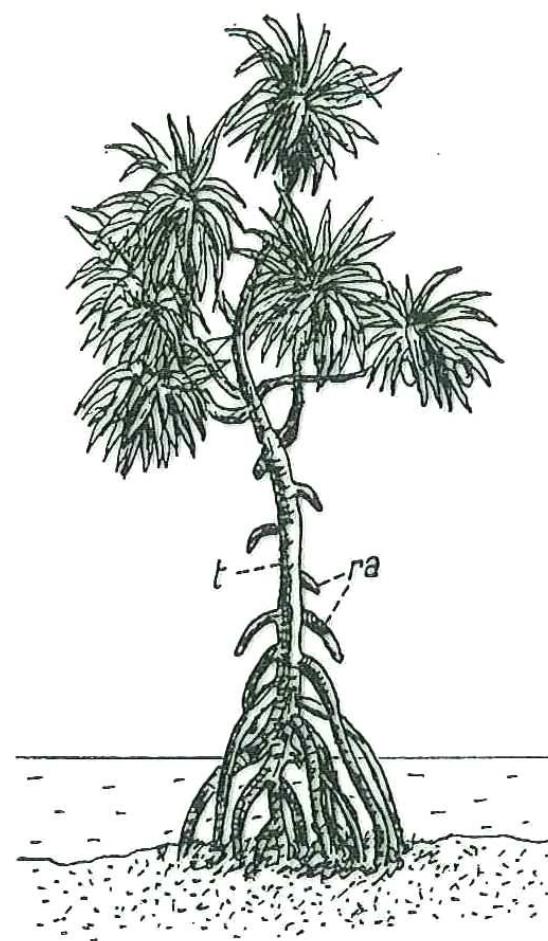


Racines spécialisées
(fonction d'ancrage)

Racines adventives
fixatrices du maïs
(Poacées)



Racines adventives crampon du lierre



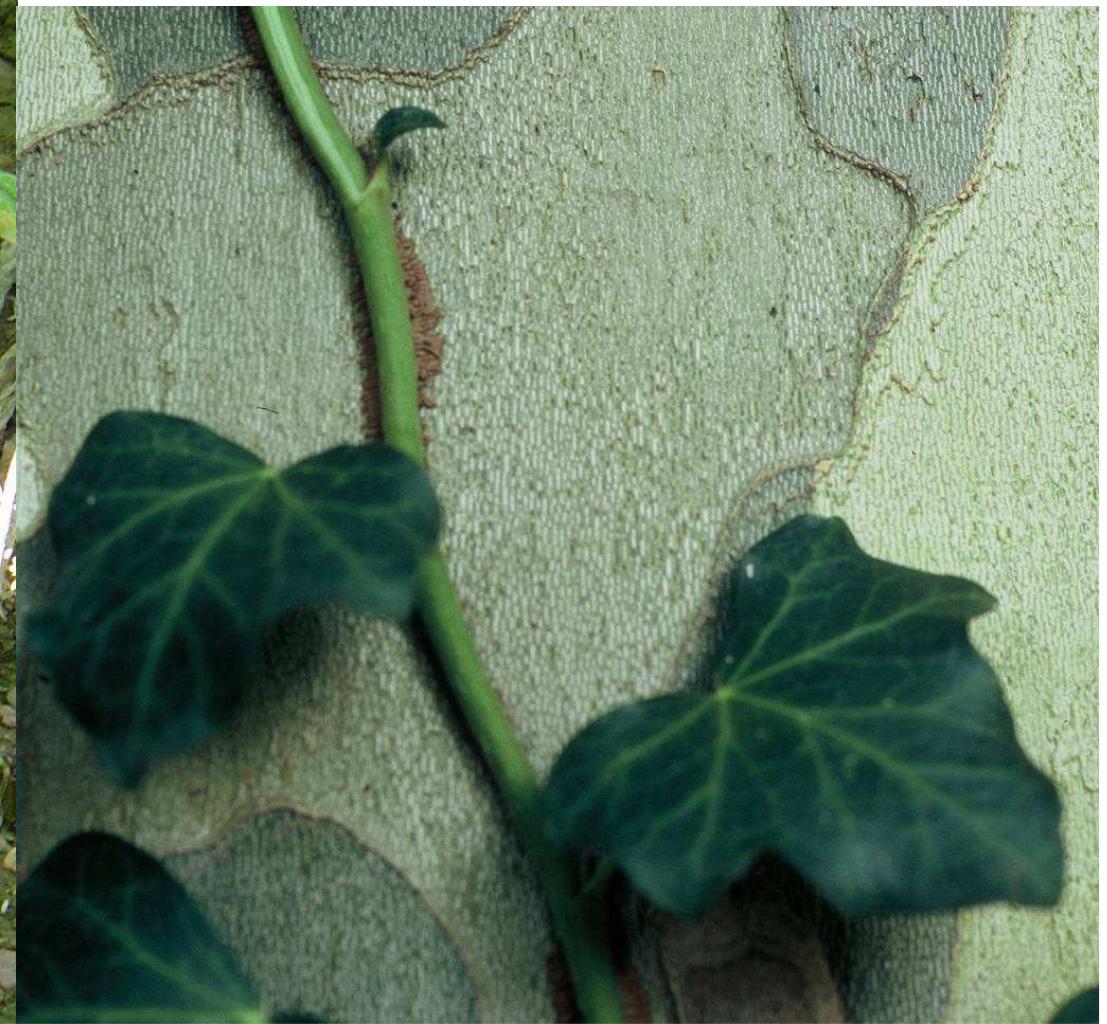
Racines-échasses du pandanus
(palétuvier)

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



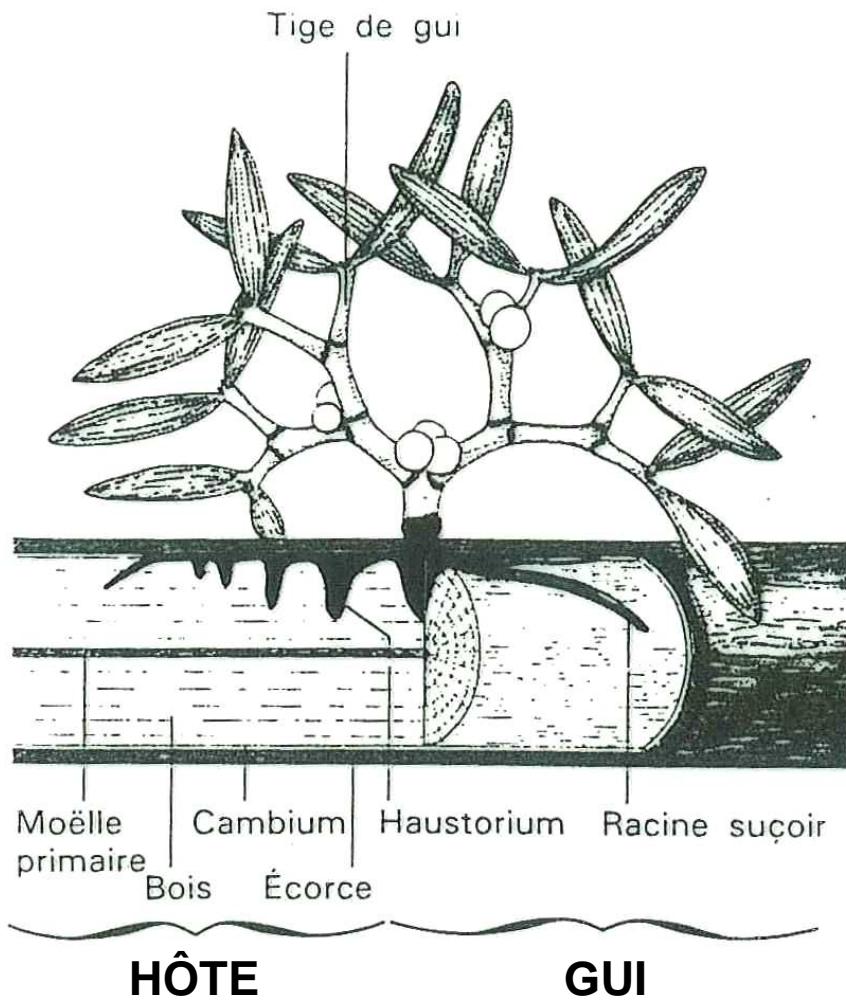
**Racines spécialisées
(fonction d'ancrage)**

Racines adventives crampon du lierre

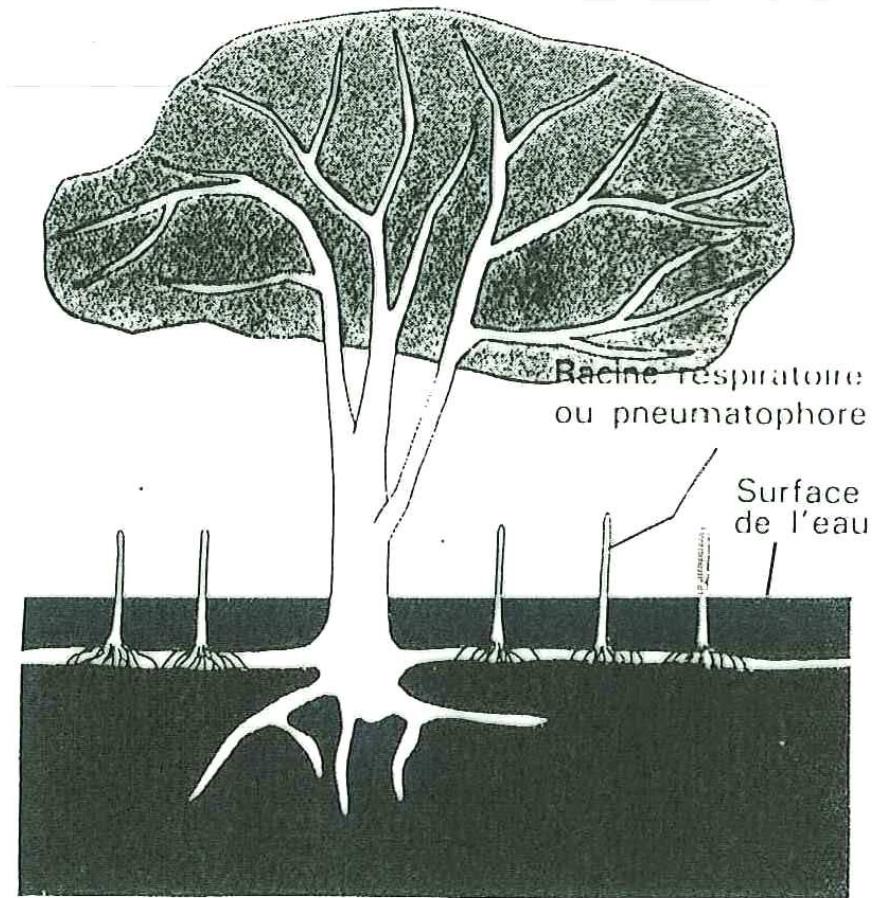


LA RACINE

Autres racines spécialisées

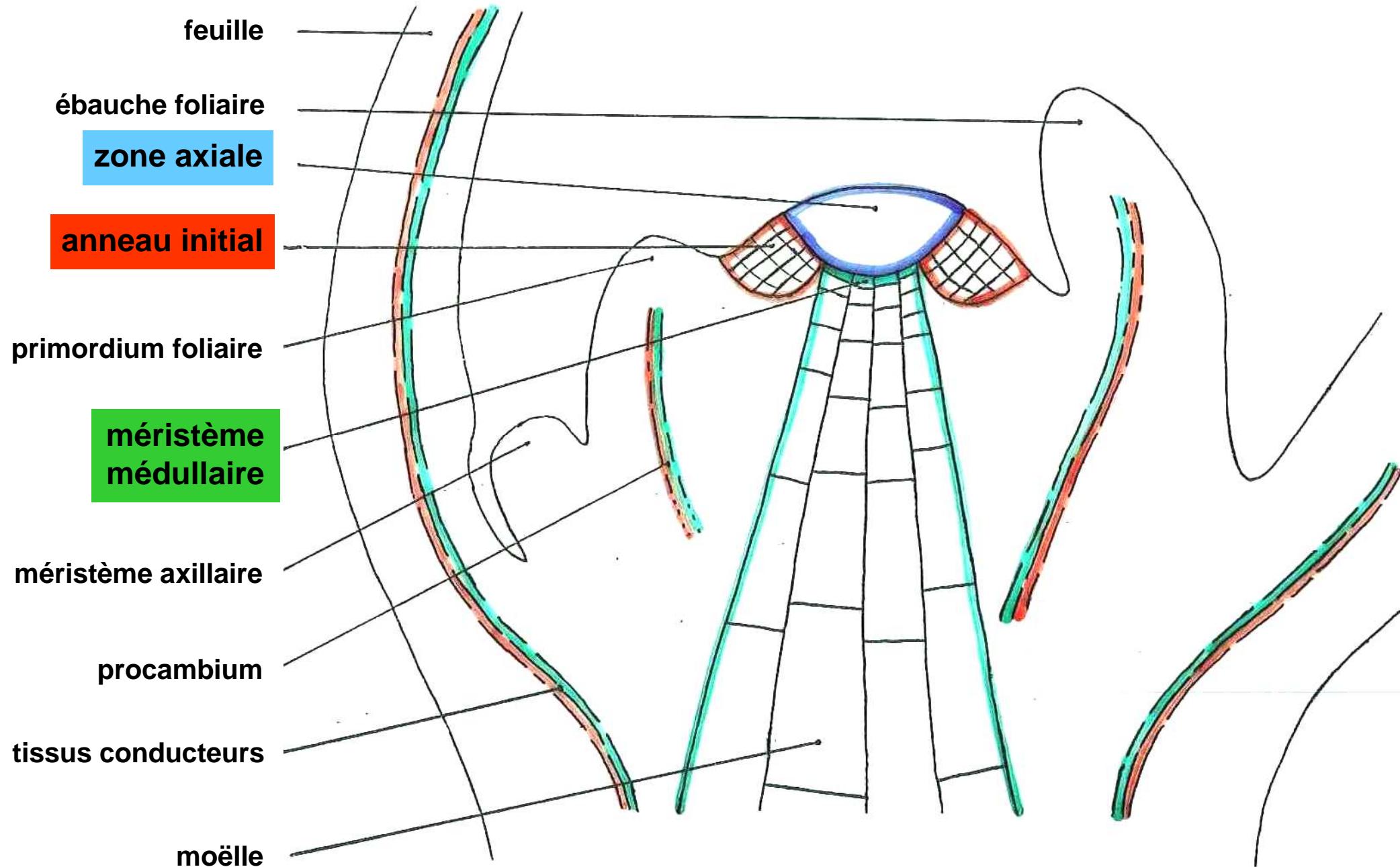


Racines-suçoirs du gui



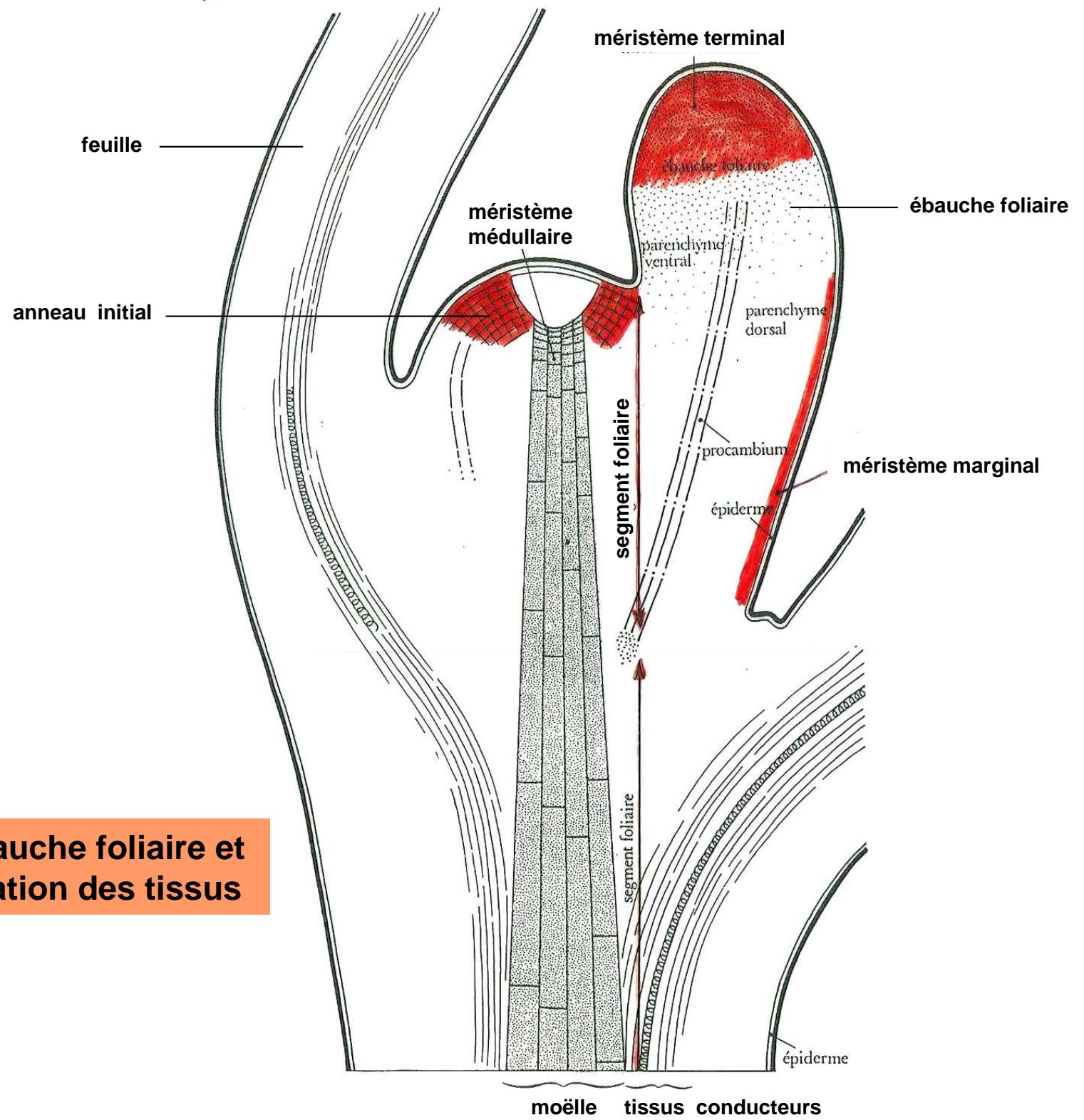
Racines respiratoires (pneumatophores) du cyprès-chauve

LA TIGE

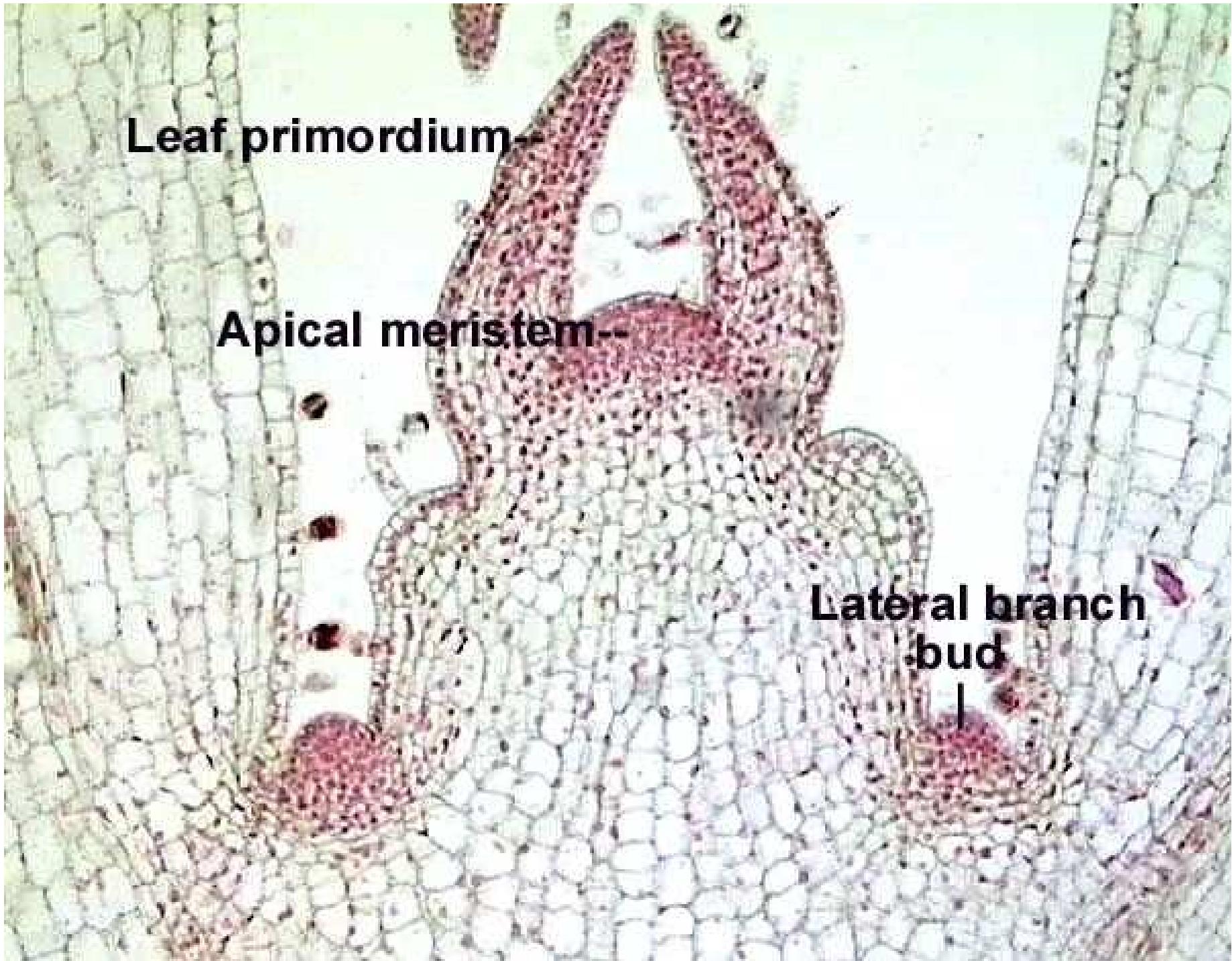


Coupe longitudinale de l'apex d'une tige (plante à feuilles alternes)

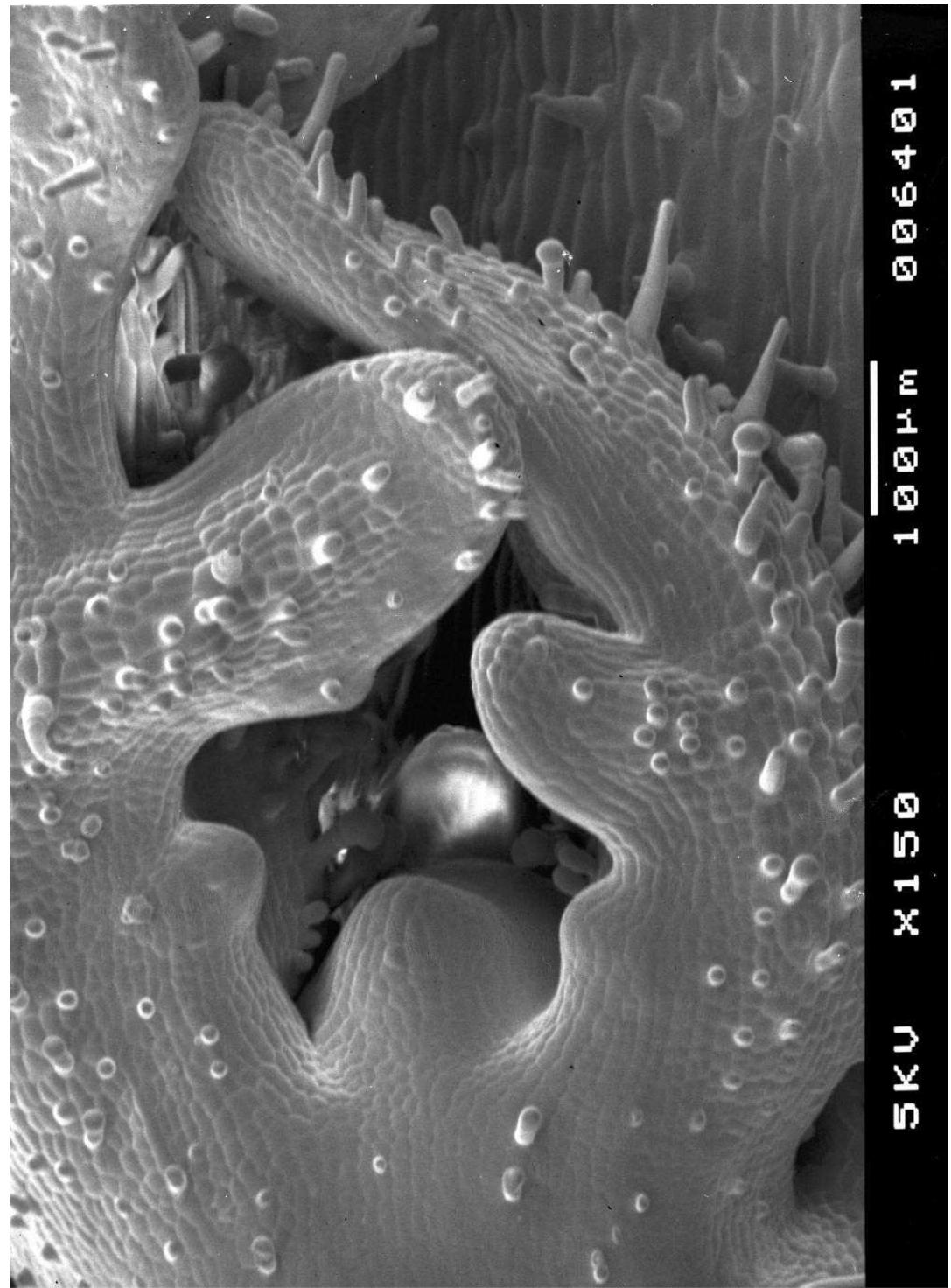
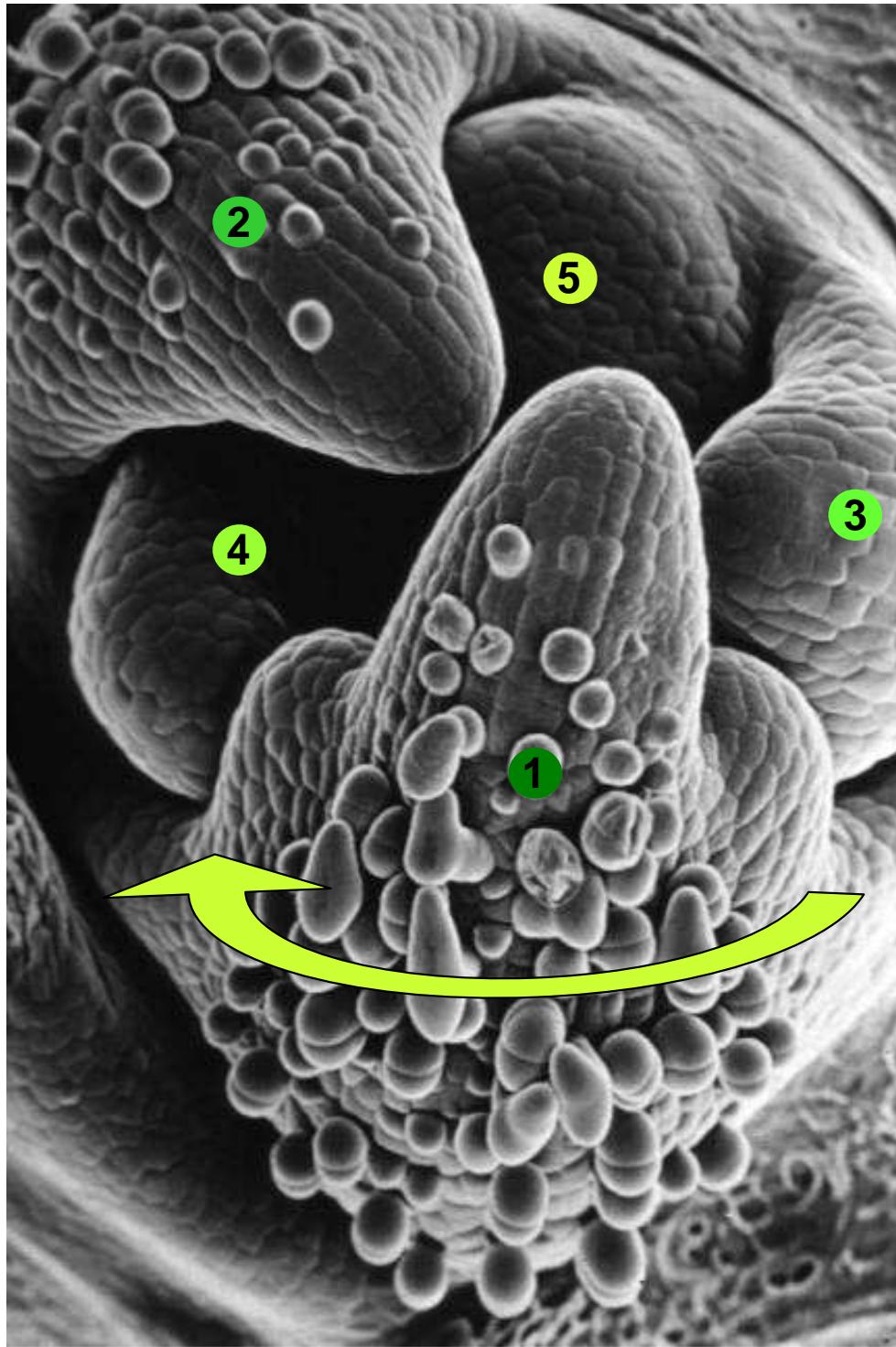
LA TIGE



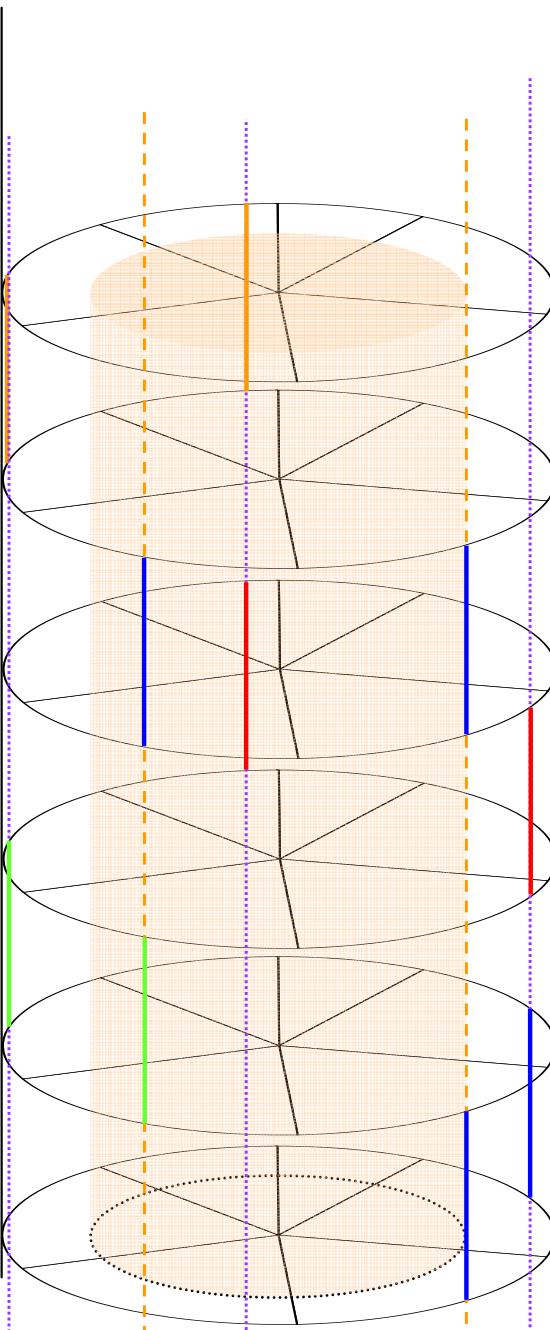
Coupe longitudinale de l'apex d'une tige (plante à feuilles opposées)



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

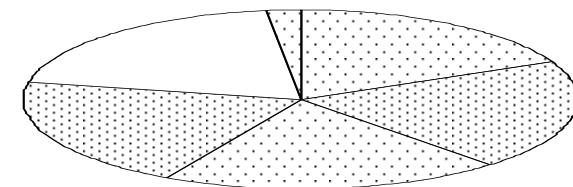
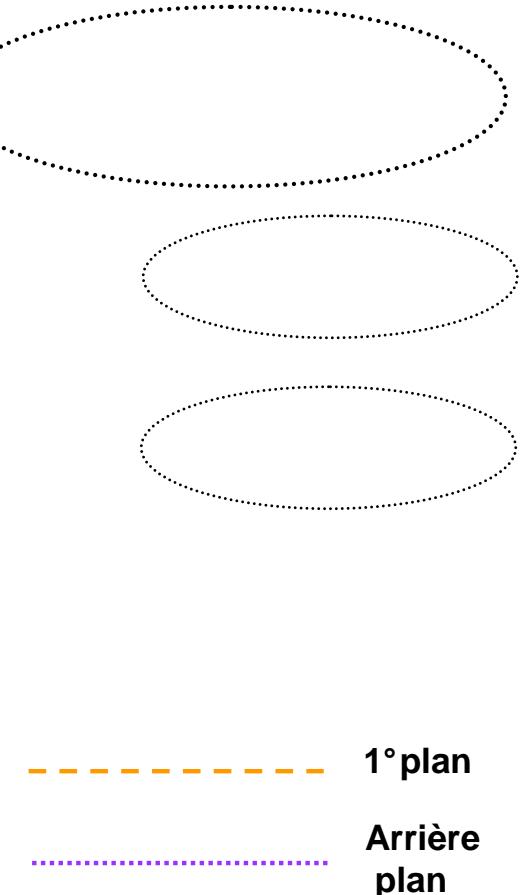


Position des pétioles

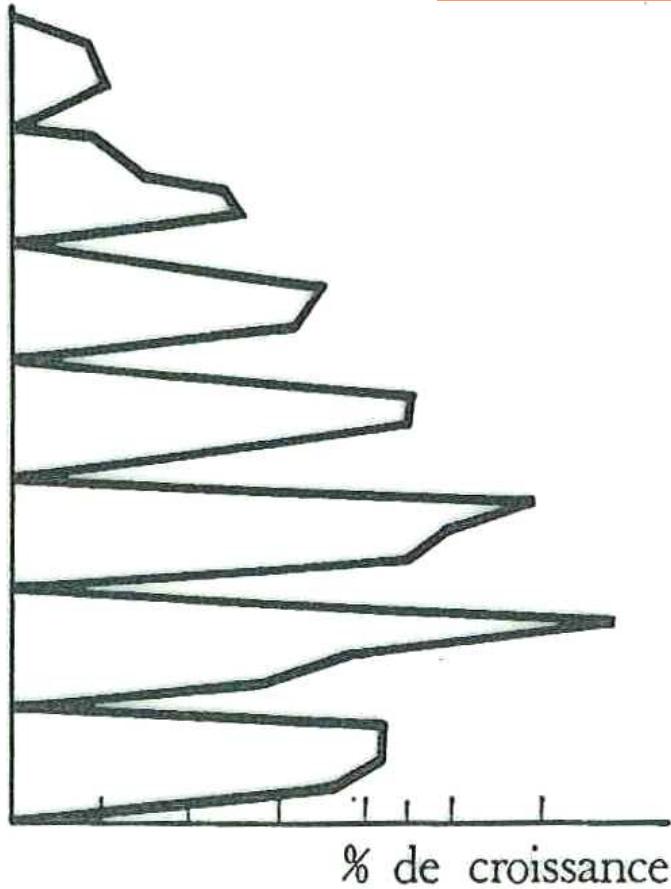
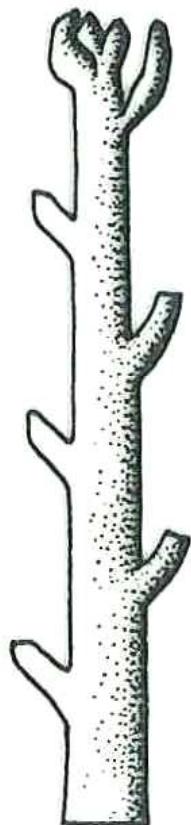


Limite écore/CC

limites des 5 segments foliaires

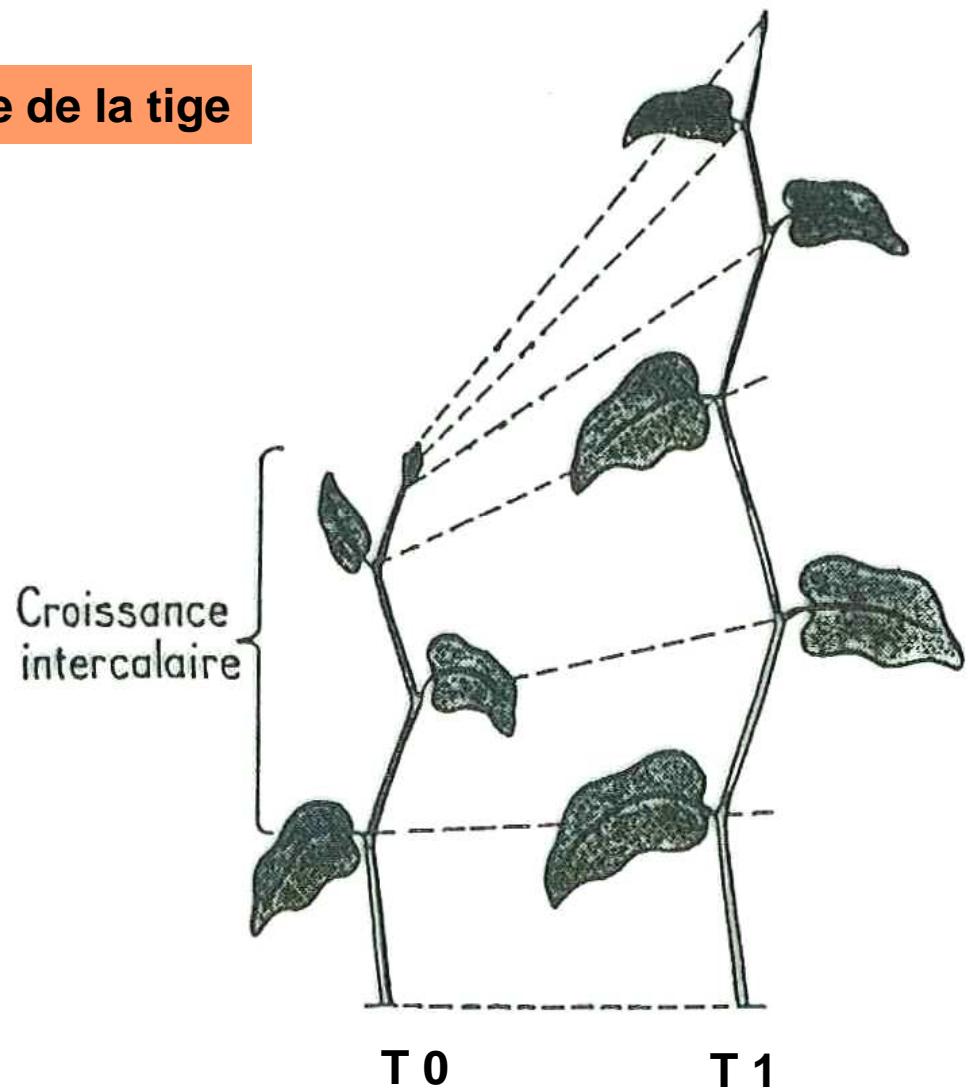


LA TIGE



Localisation des zones de croissance

La croissance de la tige



Croissance intercalaire de la tige

LA TIGE

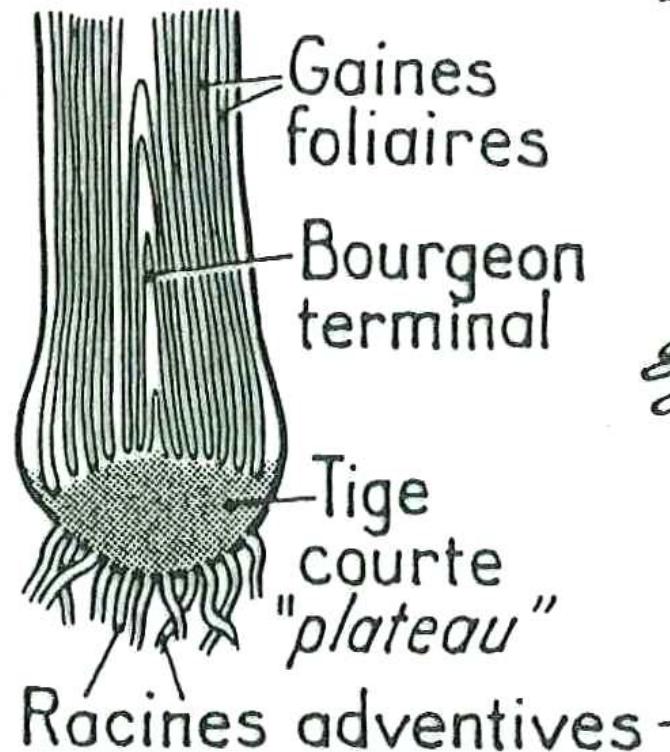
Différents types d'entre-nœuds

Tiges à entre-nœuds courts



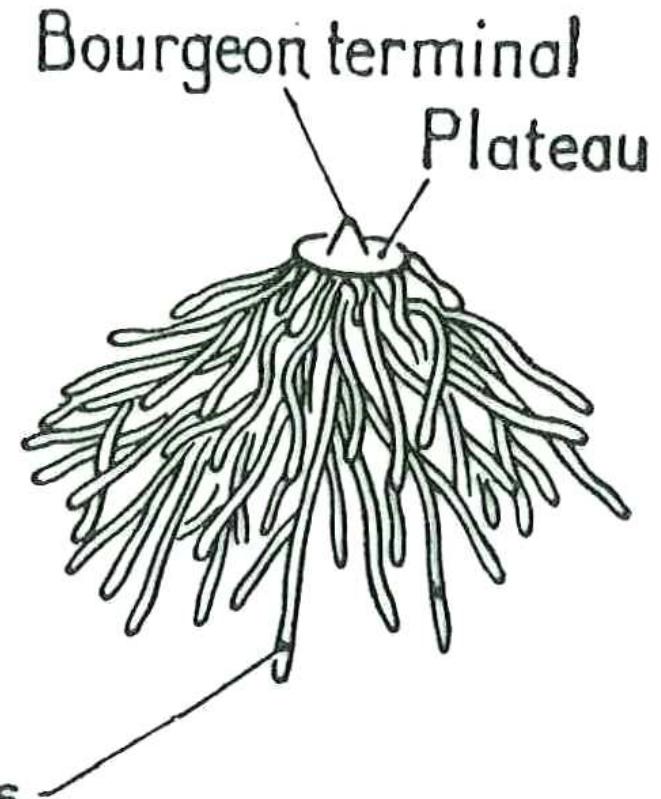
**Tige à entre-nœuds courts
avec feuilles en rosette basilaire**
pissenlit (Astéracées) – plante vivace

Autres exemples : pâquerette, plantain



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

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



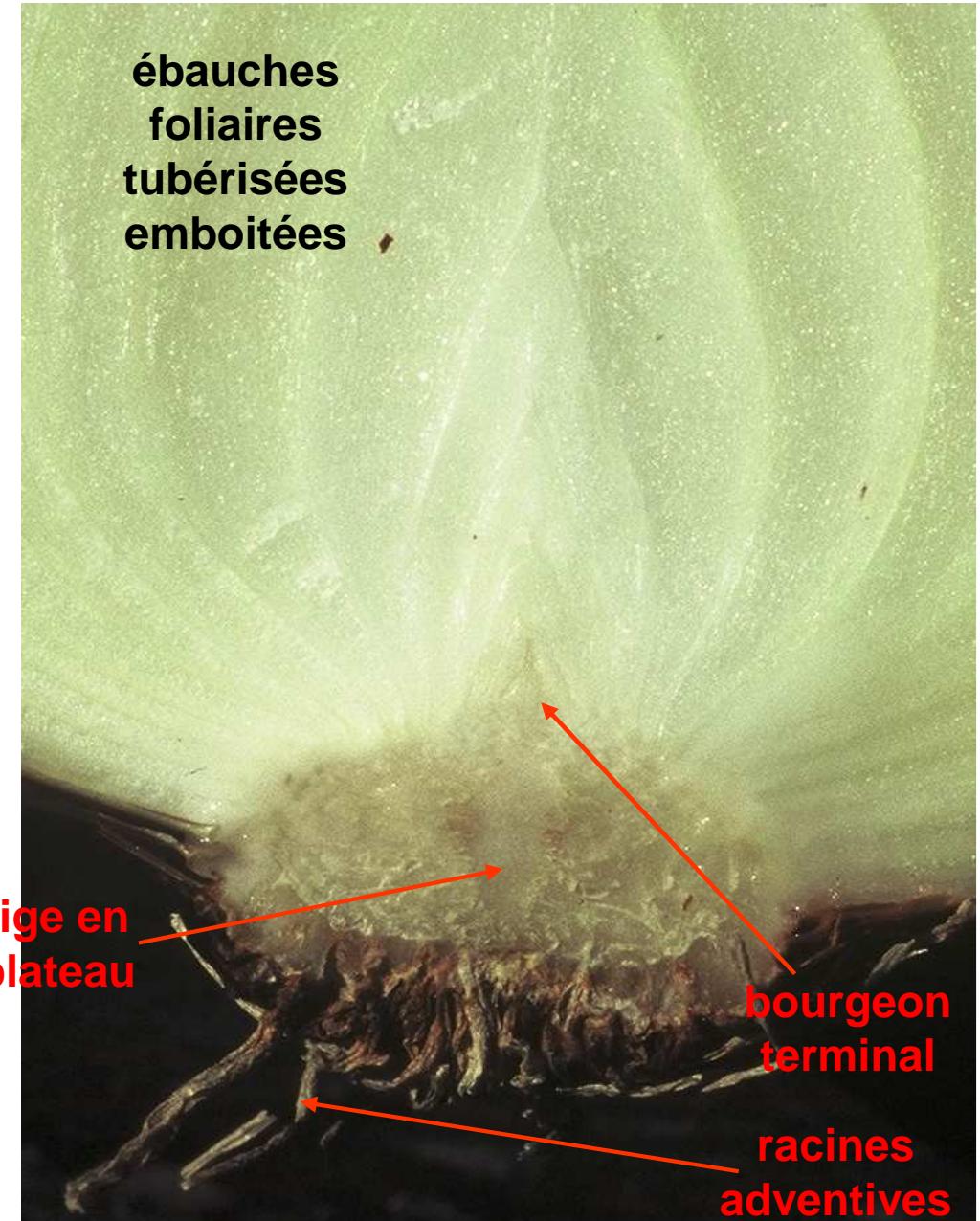
Différents types d'entre-nœuds : tiges à entre-nœuds courts

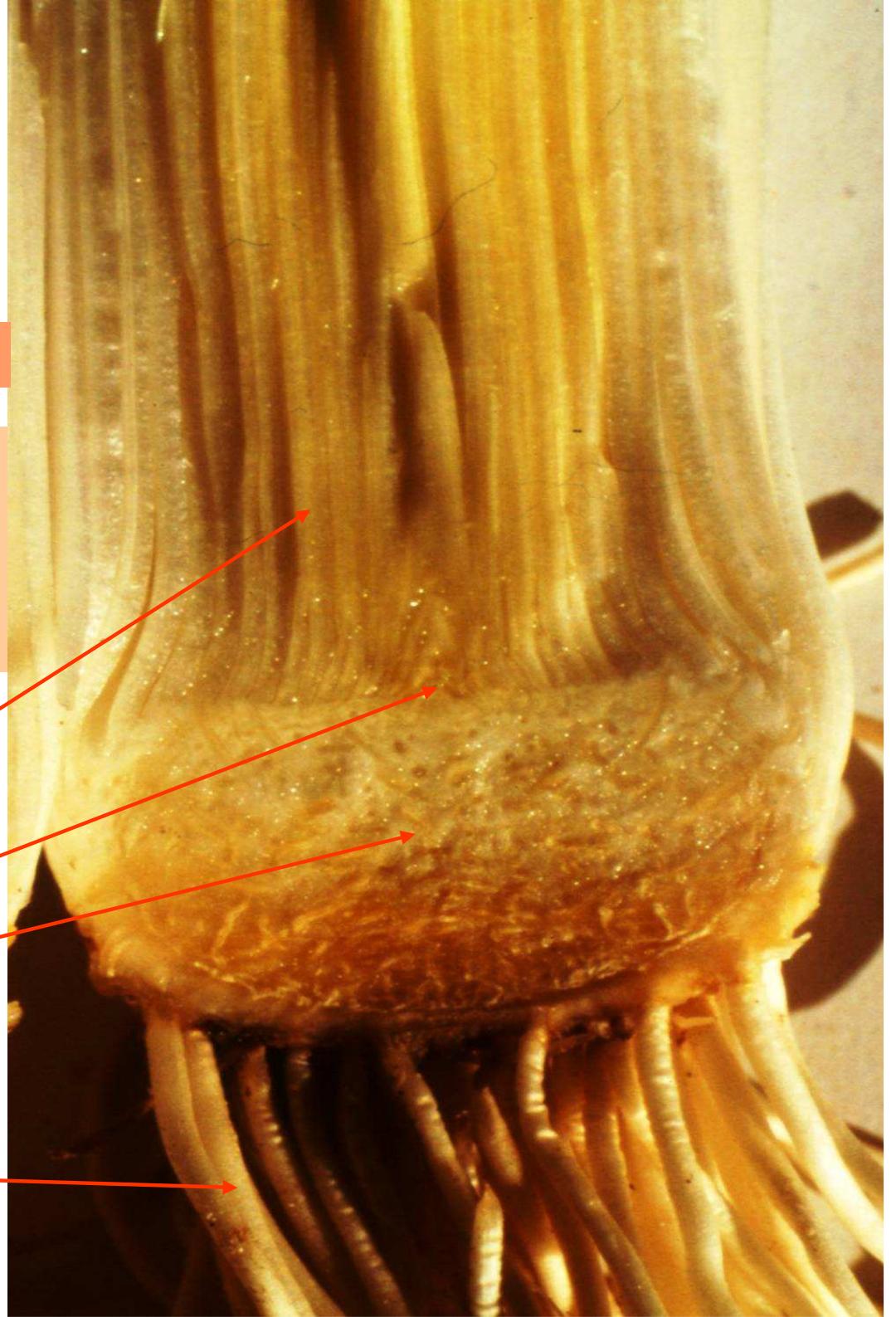
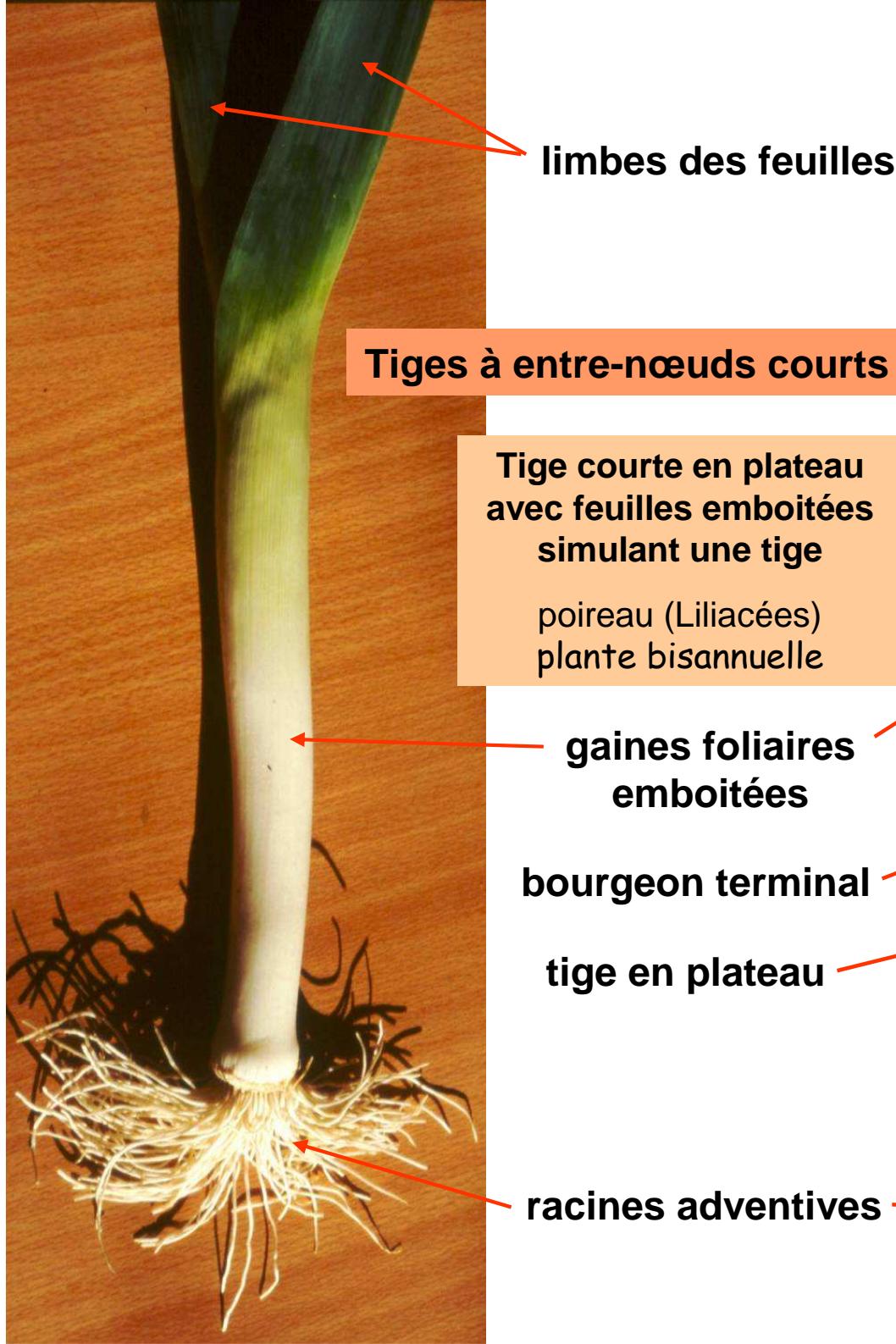
Tige à entre-nœuds courts
avec feuilles en rosette basilaire
pissenlit (Astéracées) – plante vivace



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

ébauches
foliaires
tubérisées
emboitées

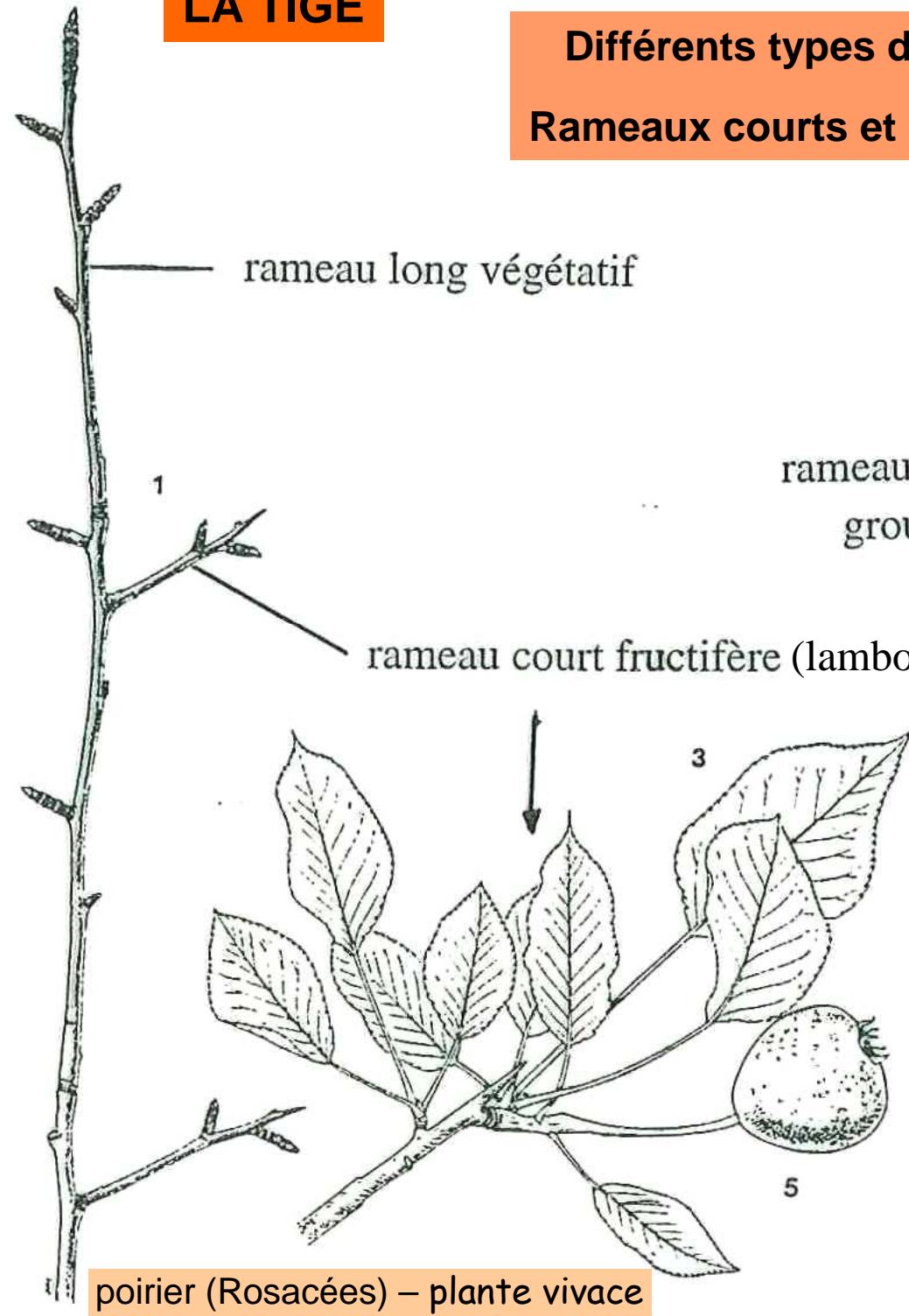




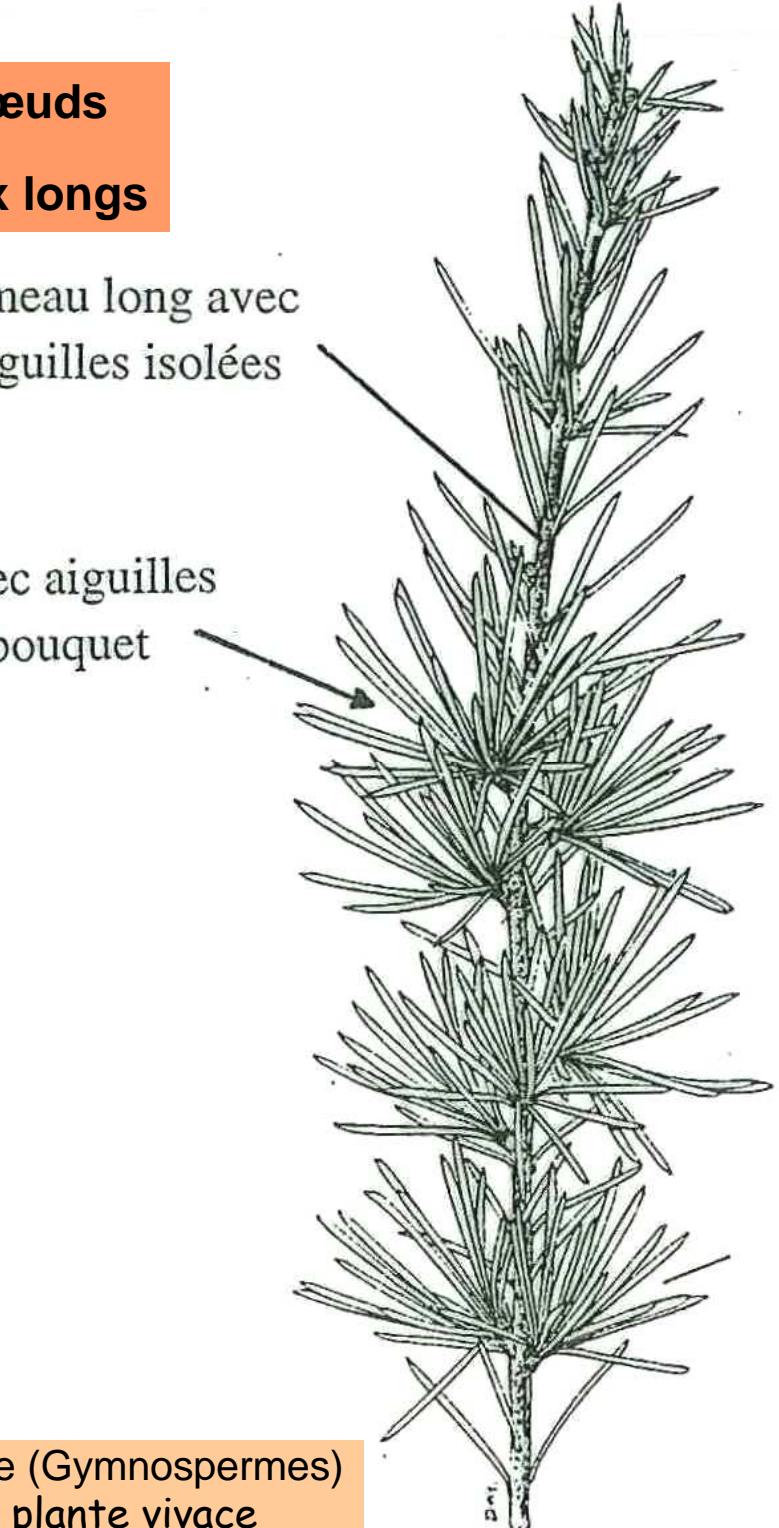
LA TIGE

Différents types d'entre-nœuds

Rameaux courts et rameaux longs



poirier (Rosacées) – plante vivace



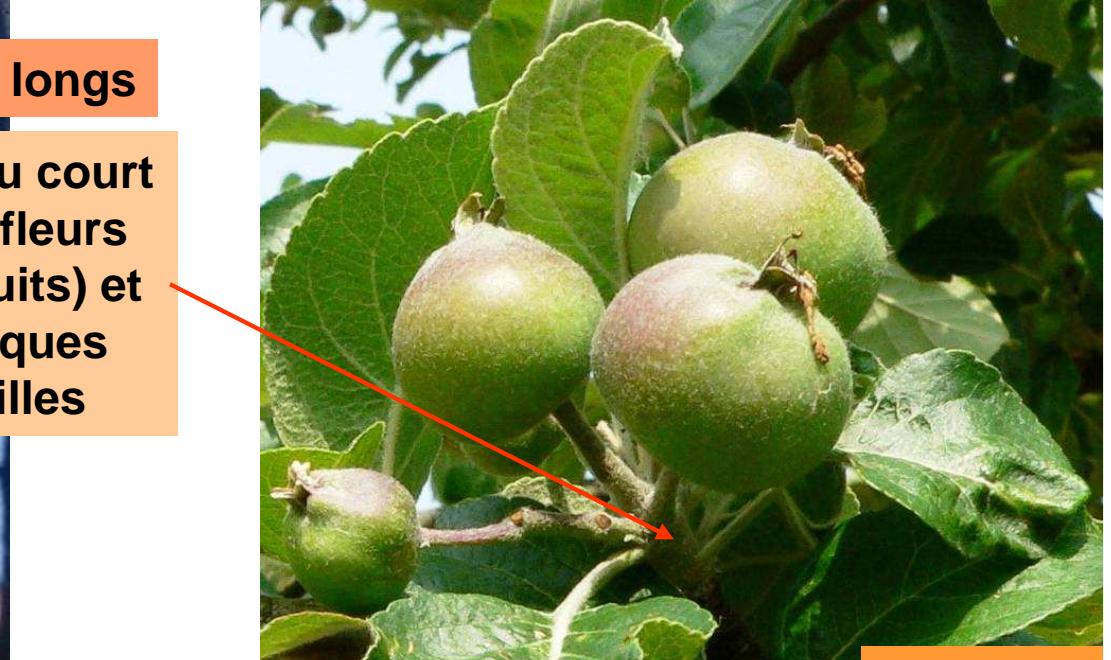
cèdre (Gymnospermes)
plante vivace

Rameaux courts et rameaux longs

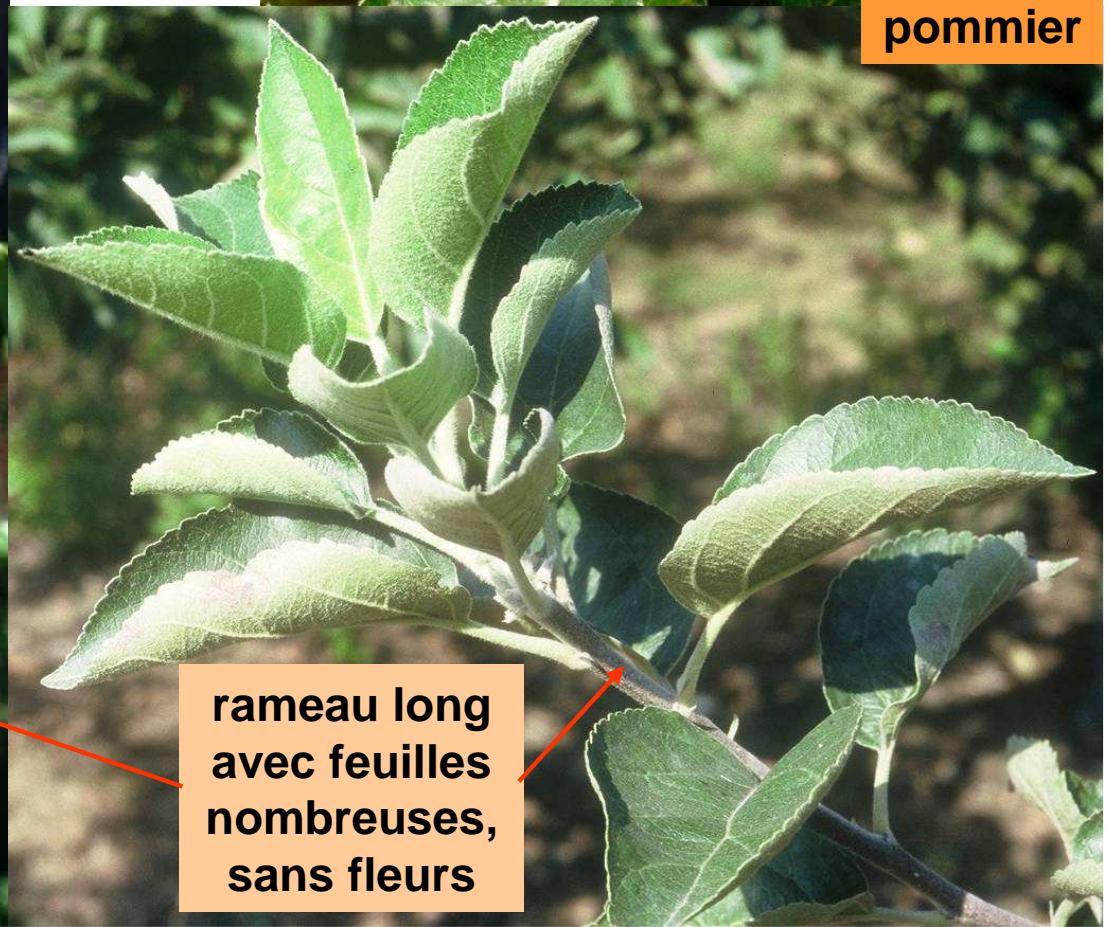


poirier

rameau court
avec fleurs
(ou fruits) et
quelques
feuilles



pommier

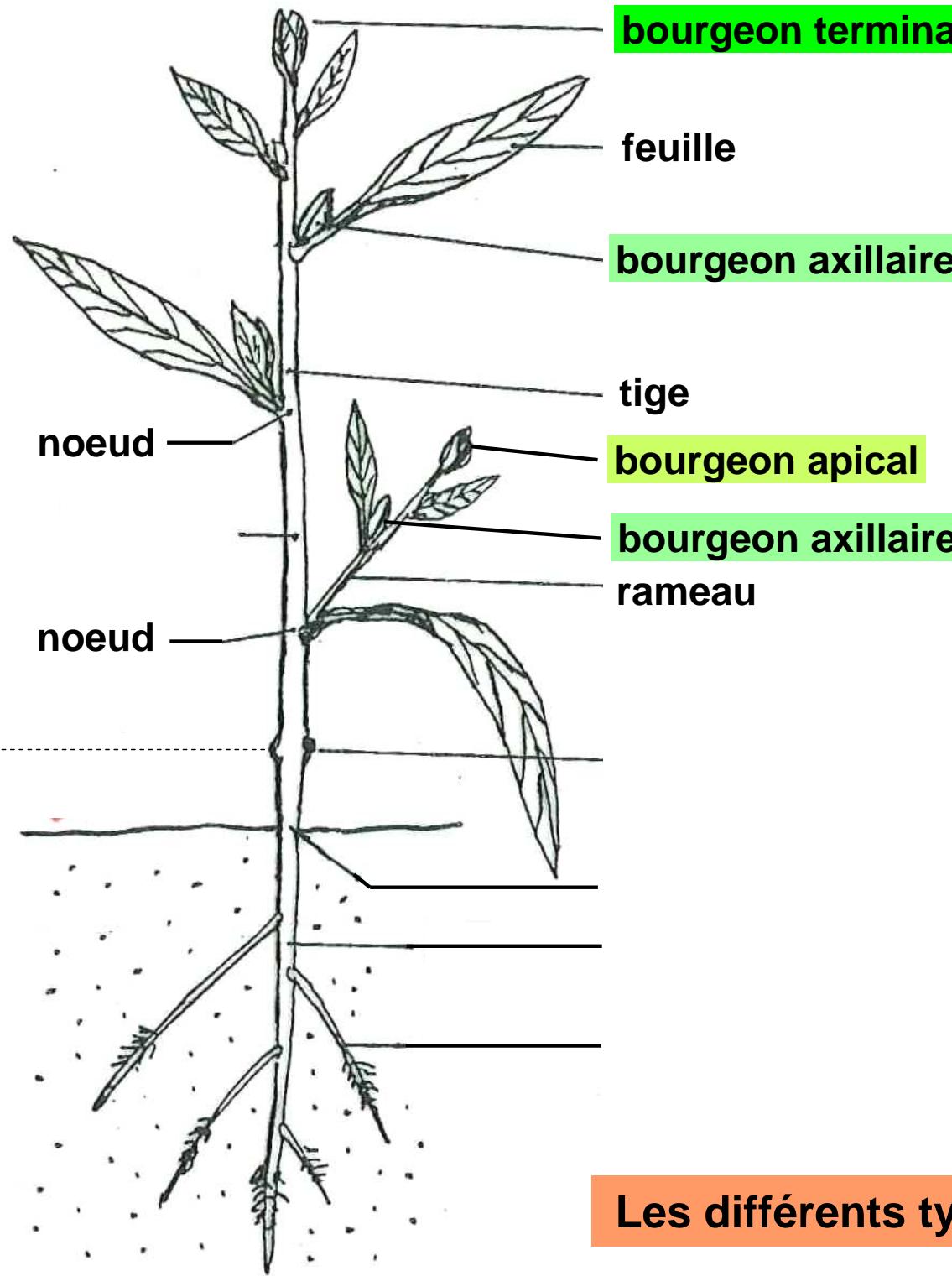


rameau long
avec feuilles
nombreuses,
sans fleurs

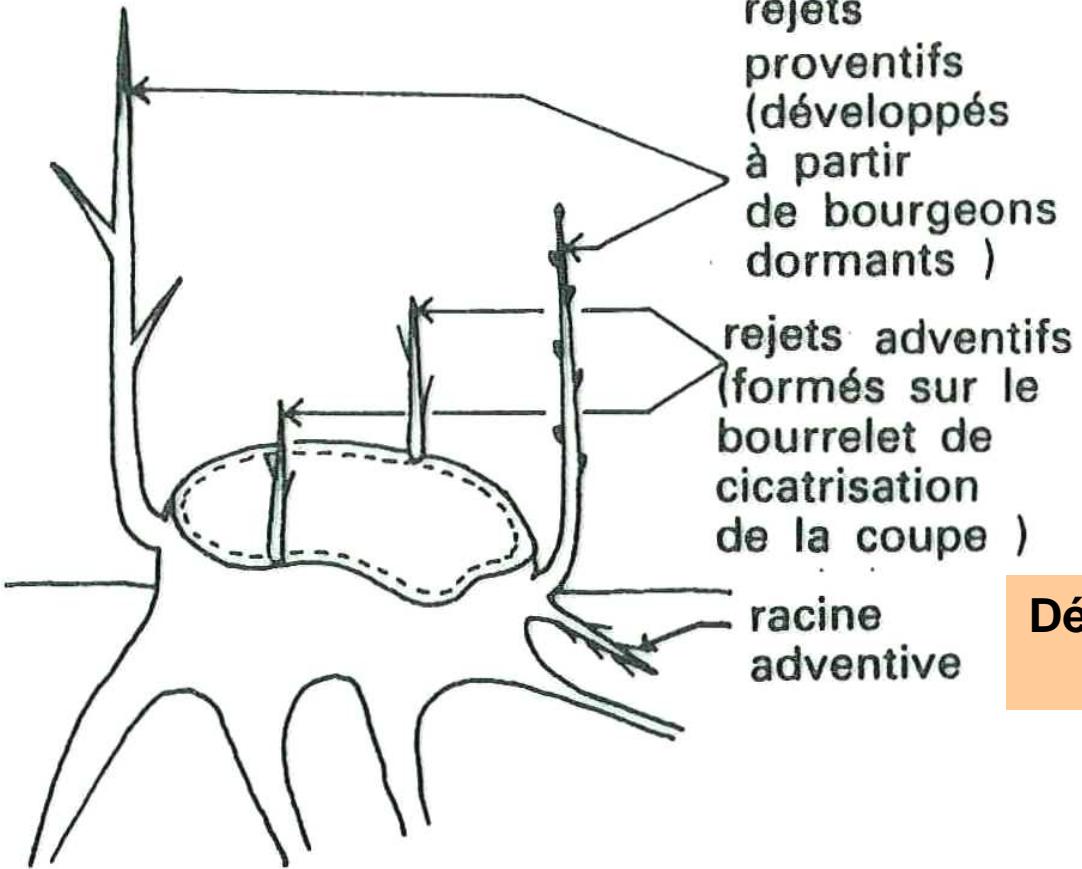
Rameaux courts et rameaux longs



LA TIGE



Les différents types de bourgeons



LA TIGE

Les différents types de bourgeons Bourgeons adventifs

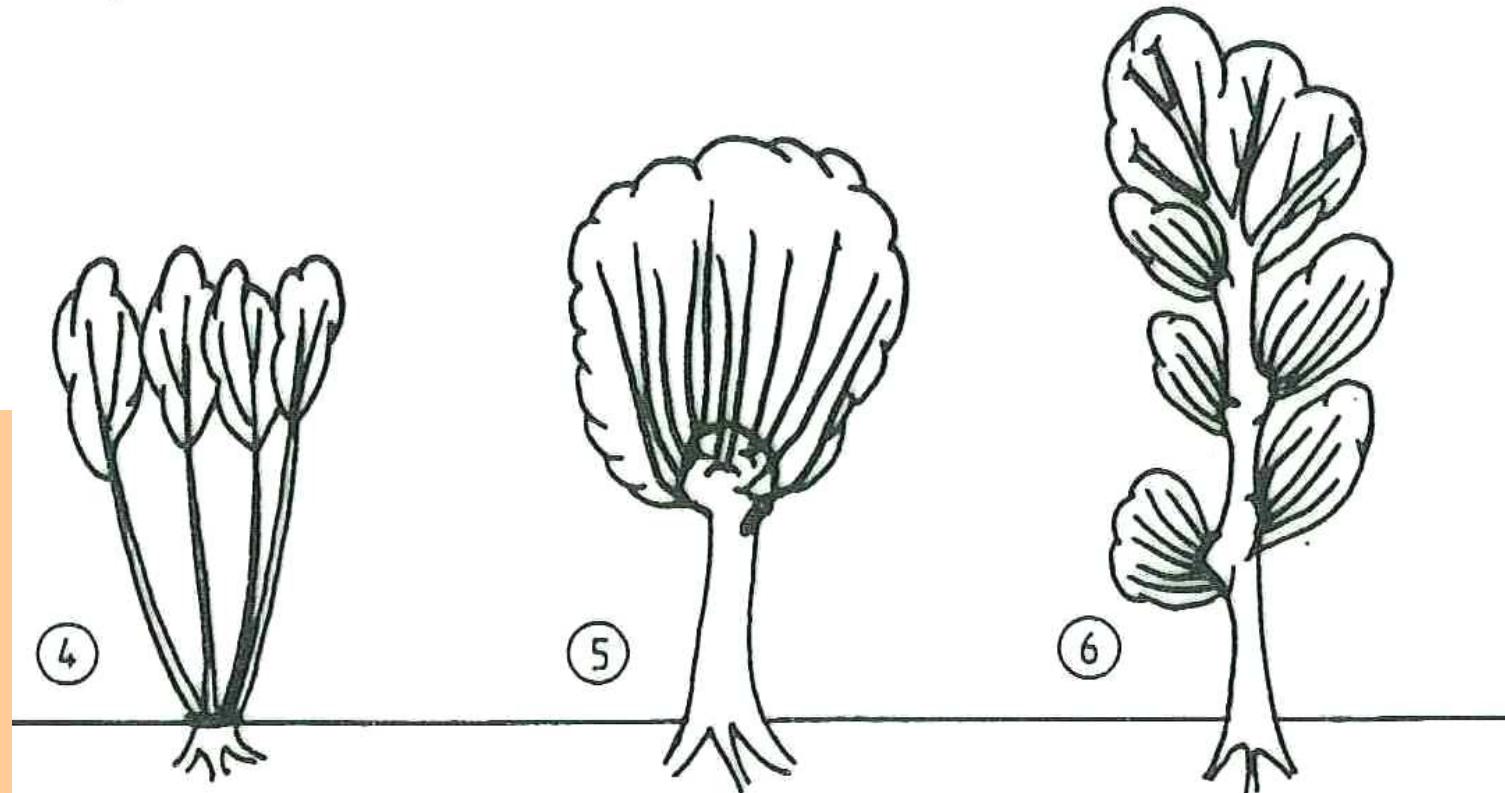
Développement des bourgeons adventifs sur une souche

Aspect des arbres lié au développement des bourgeons adventifs

4 : cépée de taillis

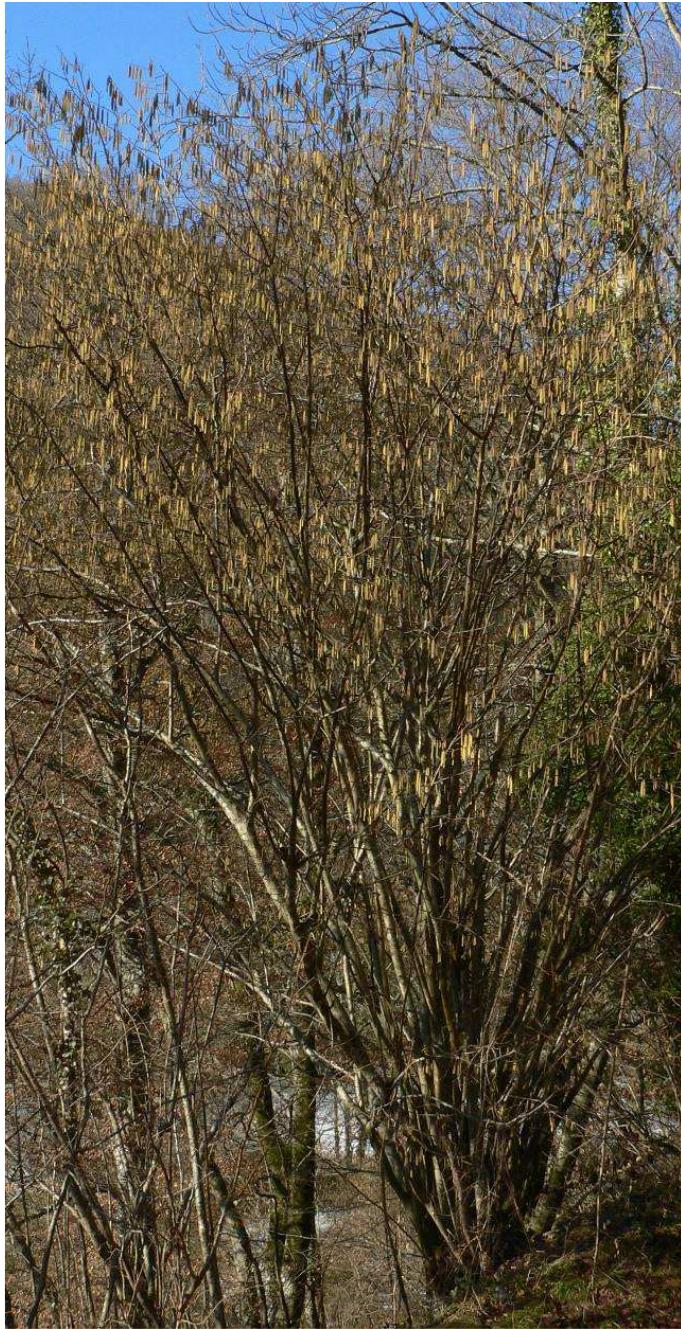
5 : arbre en têtard

6 : arbre d'émonde



Aspect des arbres lié au développement des bourgeons adventifs

cépée de taillis : noisetier



arbre en tête tard : saule

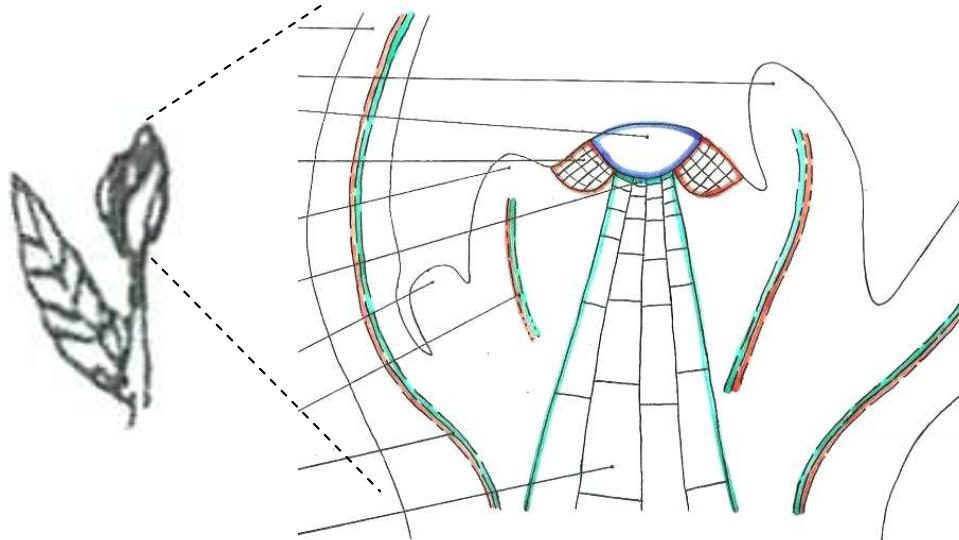


arbre d 'émonde

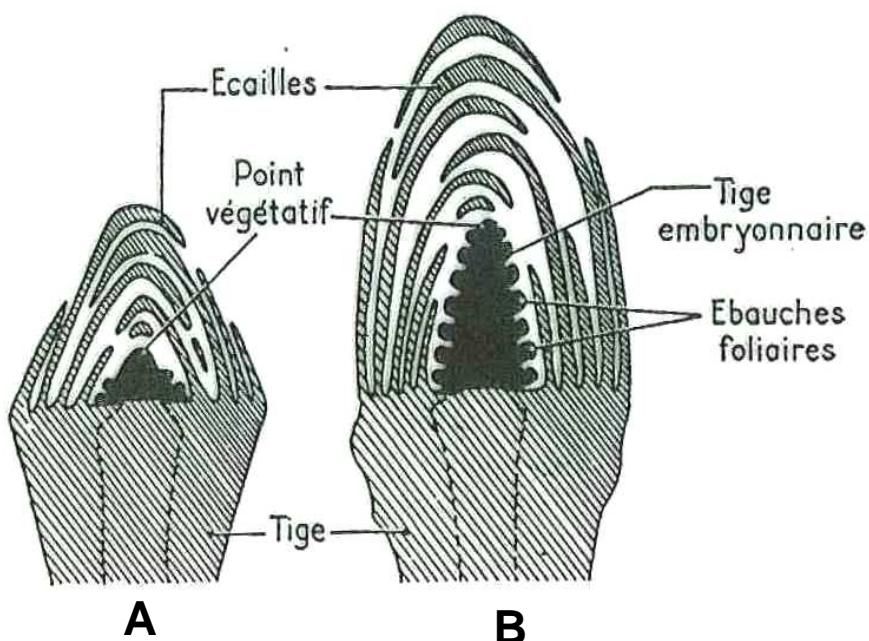


LA TIGE

Les bourgeons

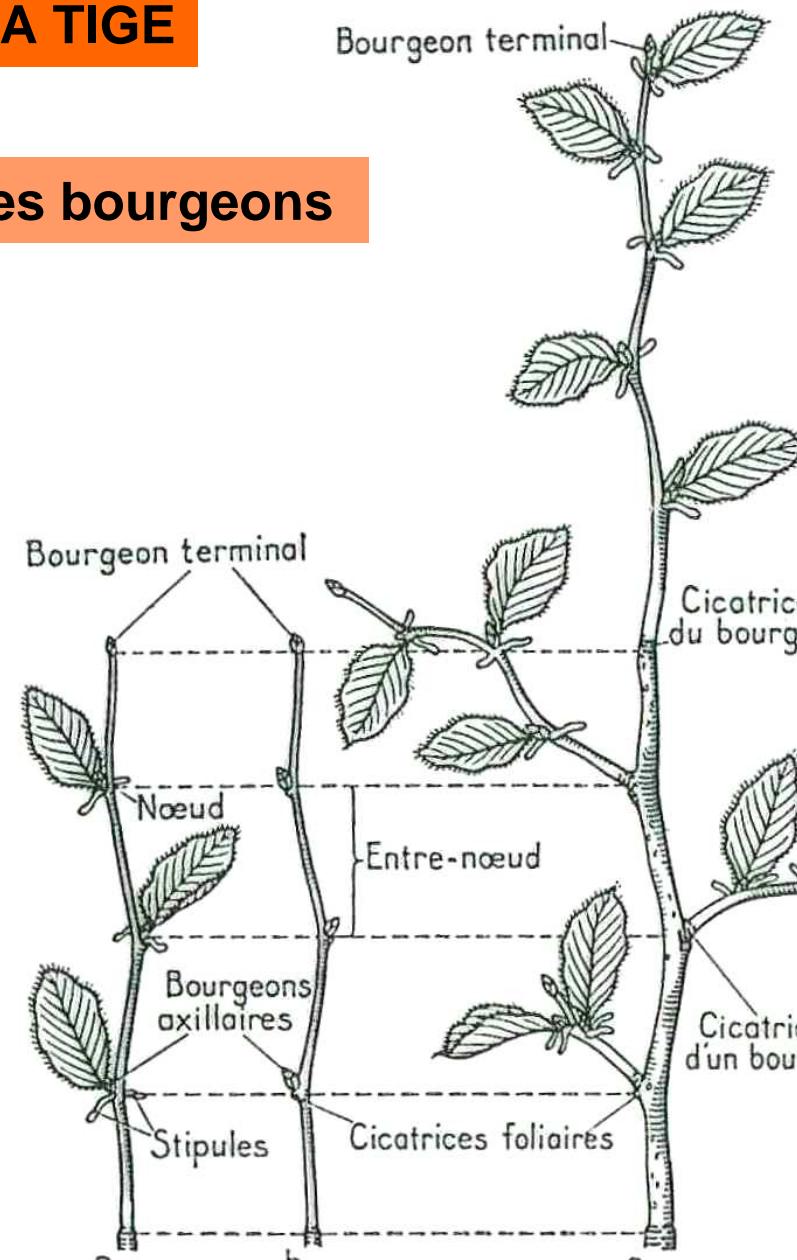


Organisation d'un bourgeon nu en croissance



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

Bourgeon terminal



Développement d'un rameau de hêtre

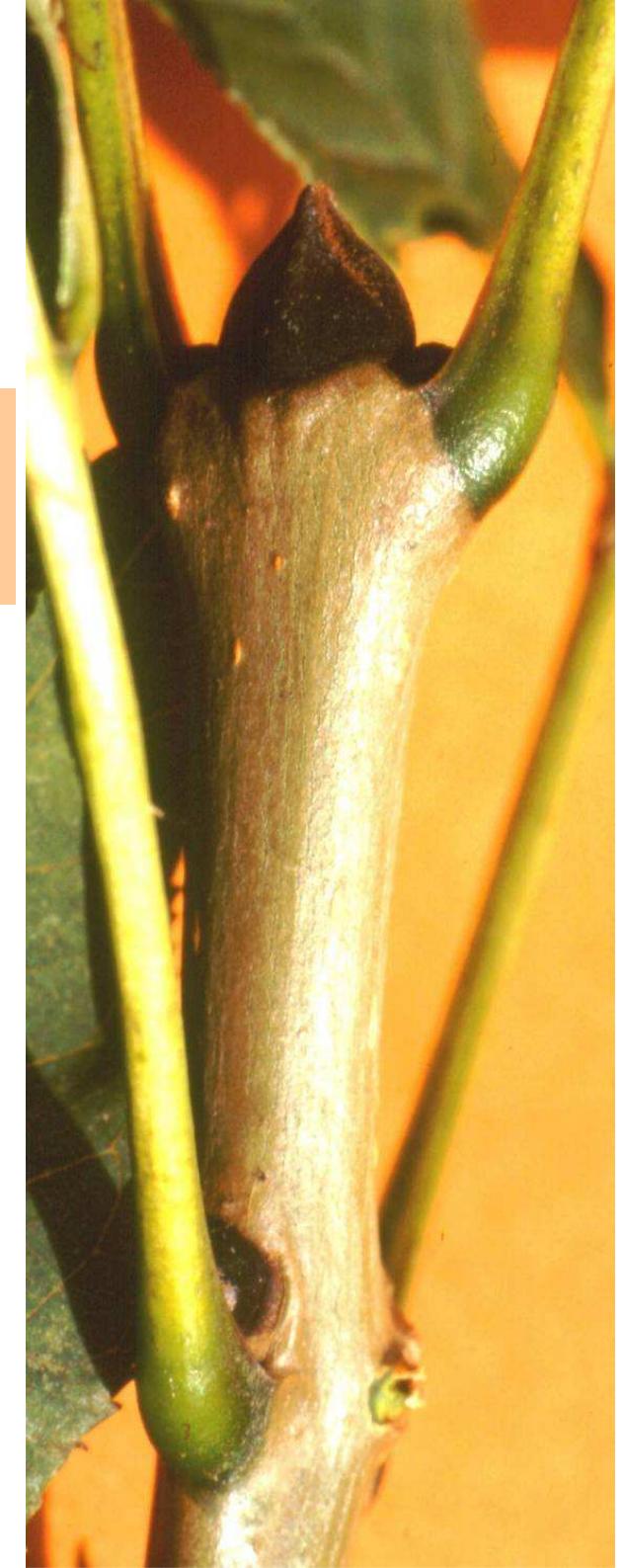
a : été de l'année N ; b : hiver de l'année N
c : été de l'année N + 1

plante herbacée (sauge)

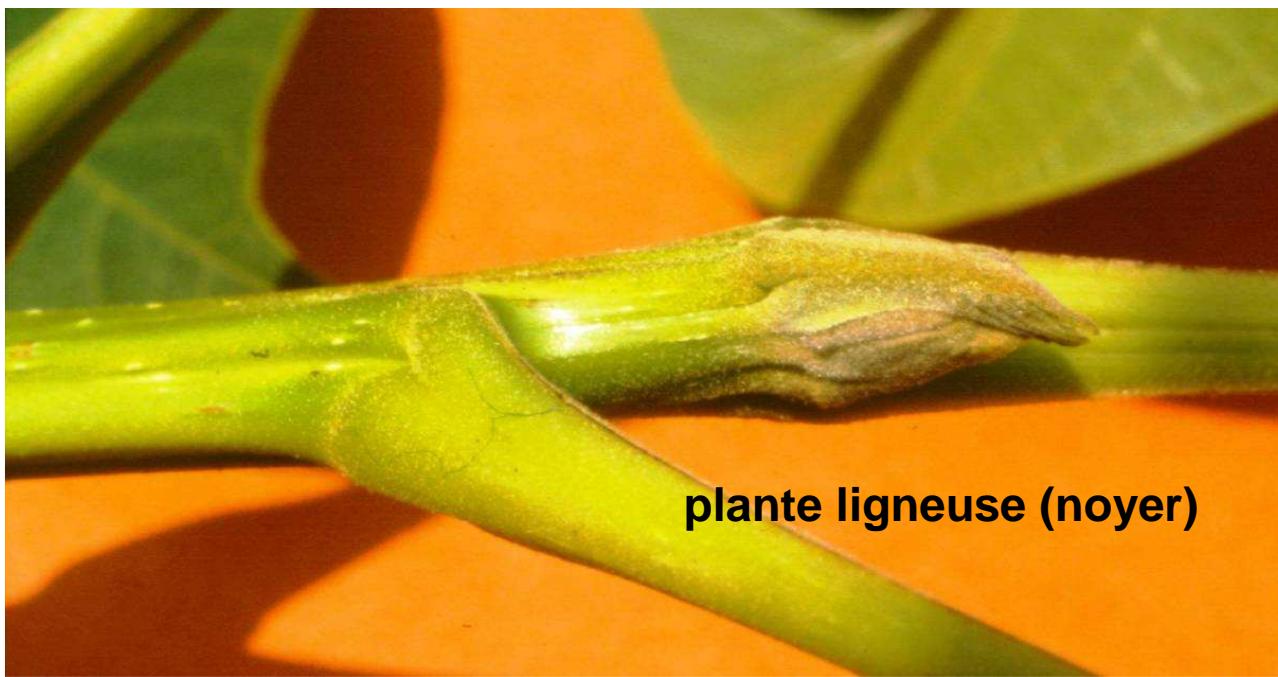


Les bourgeons

bourgeons
écaillieux
dormants
(frêne)



bourgeons nus en croissance

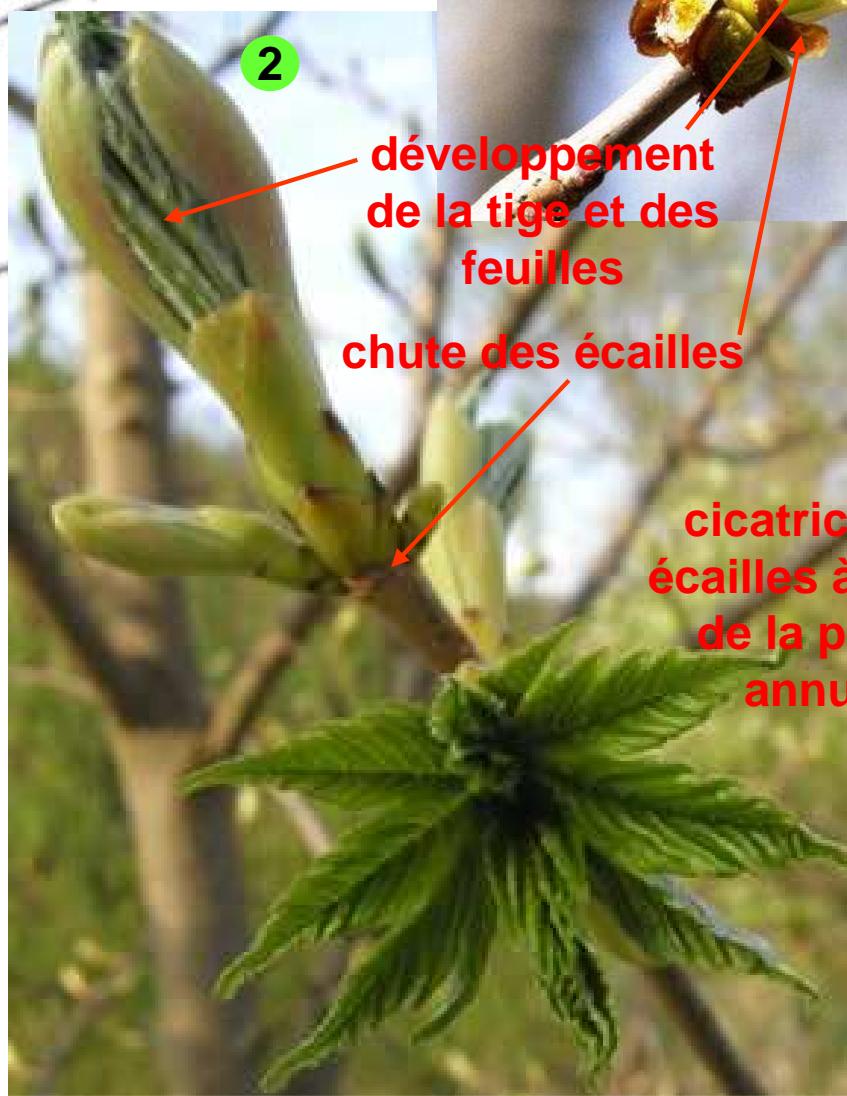


plante ligneuse (noyer)

Les bourgeons



écaillles
protectrices
herbacées
lignifiées



développement
de la tige et des
feuilles
chute des écaillles

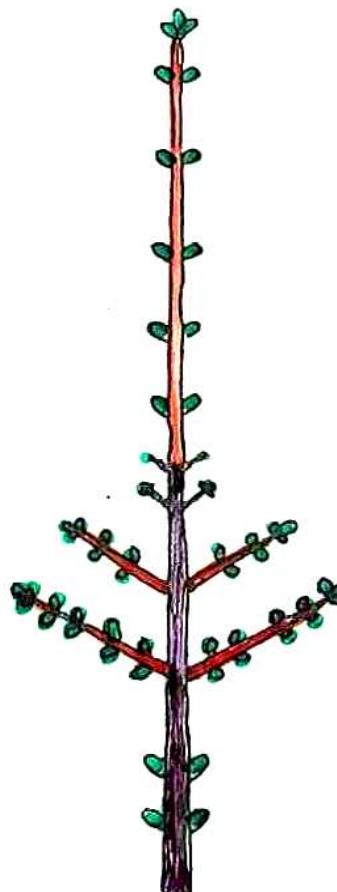


cicatrices des
écaillles à la base
de la pousse
annuelle



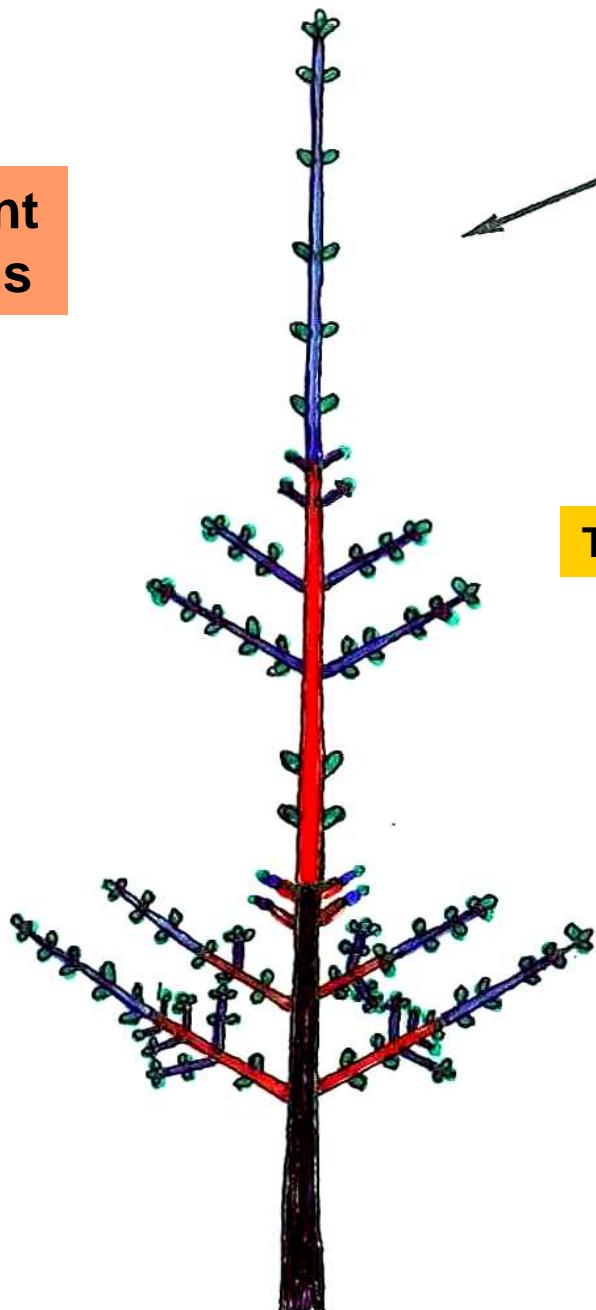
LA TIGE

Développement des bourgeons



Année N + 1

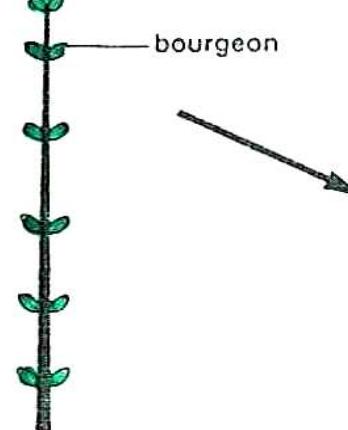
Forte dominance apicale :
développement acrotonique



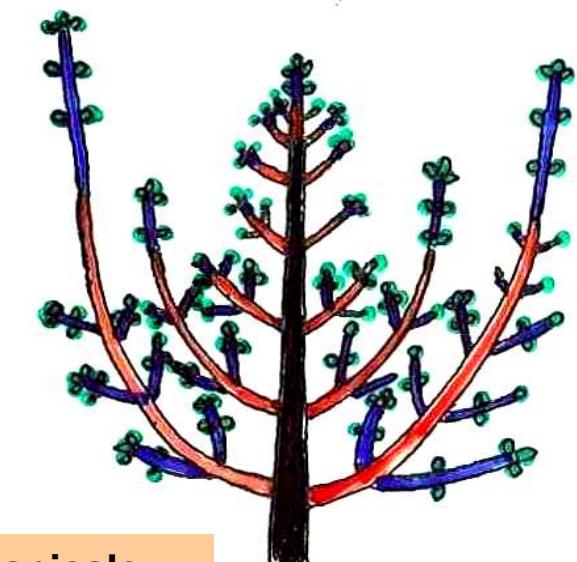
Année N + 2

Tige avec bourgeons

Année N



Année N + 1



Année N + 2

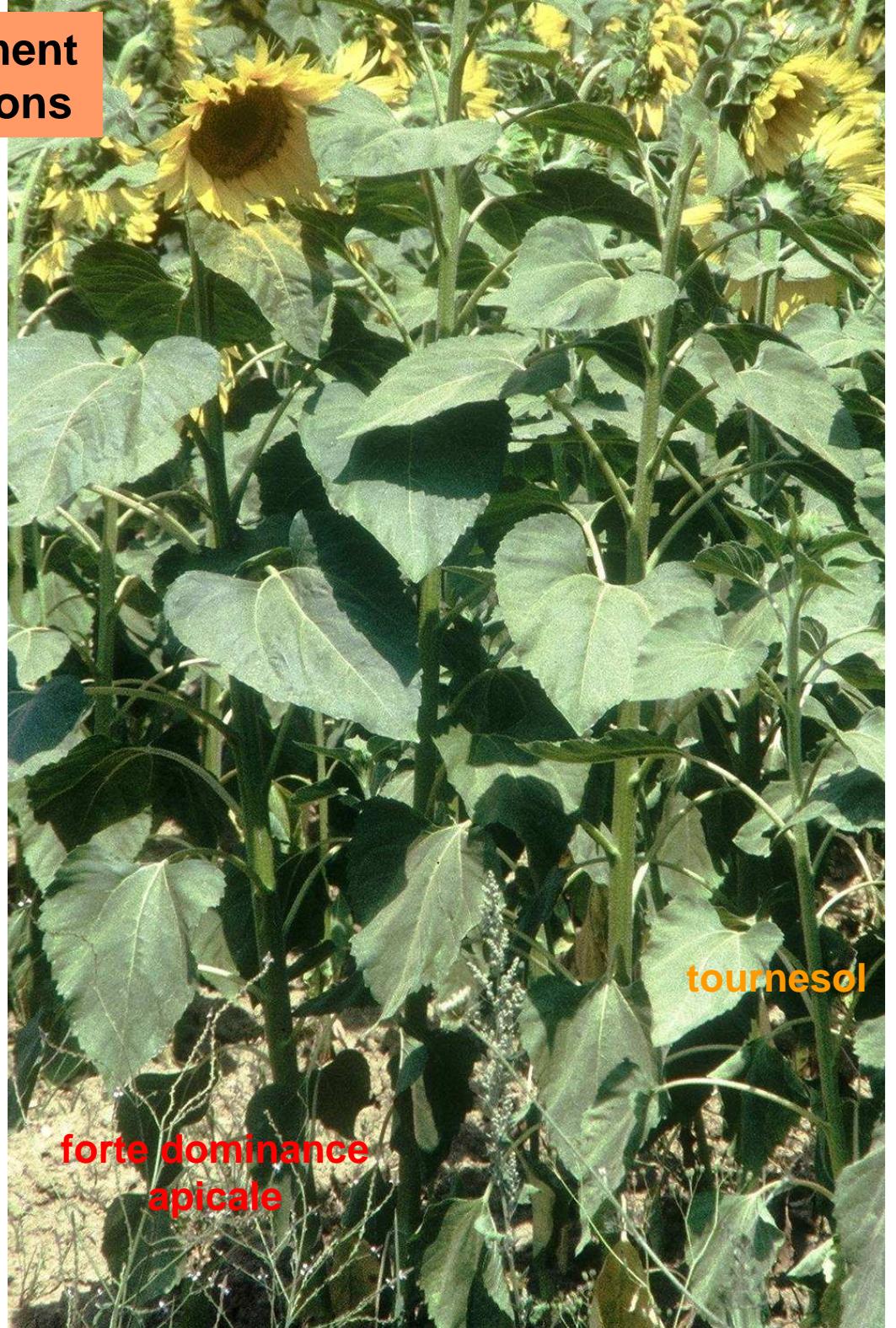
Pas de dominance apicale :
développement basitonique

absence de
dominance apicale

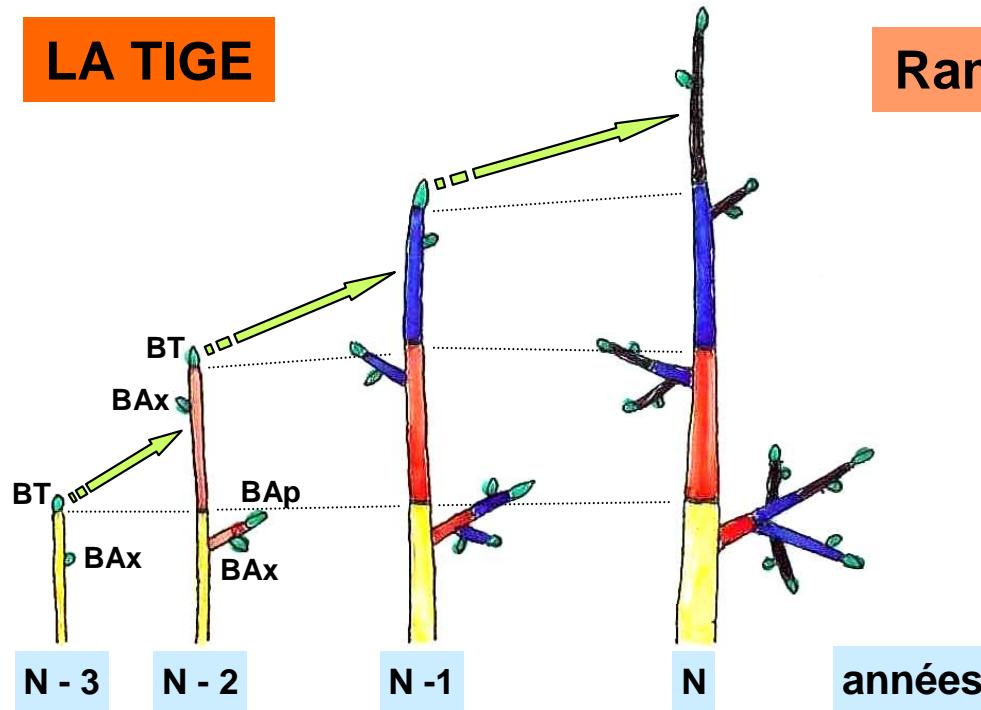


Développement
des bourgeons

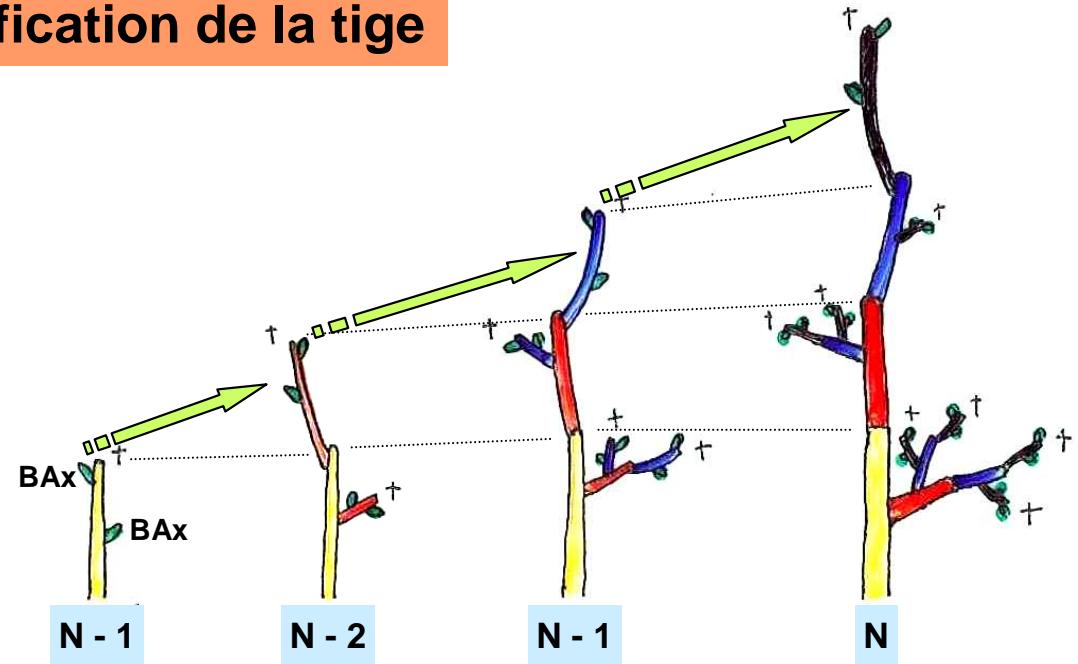
chénopode



LA TIGE



Ramification de la tige

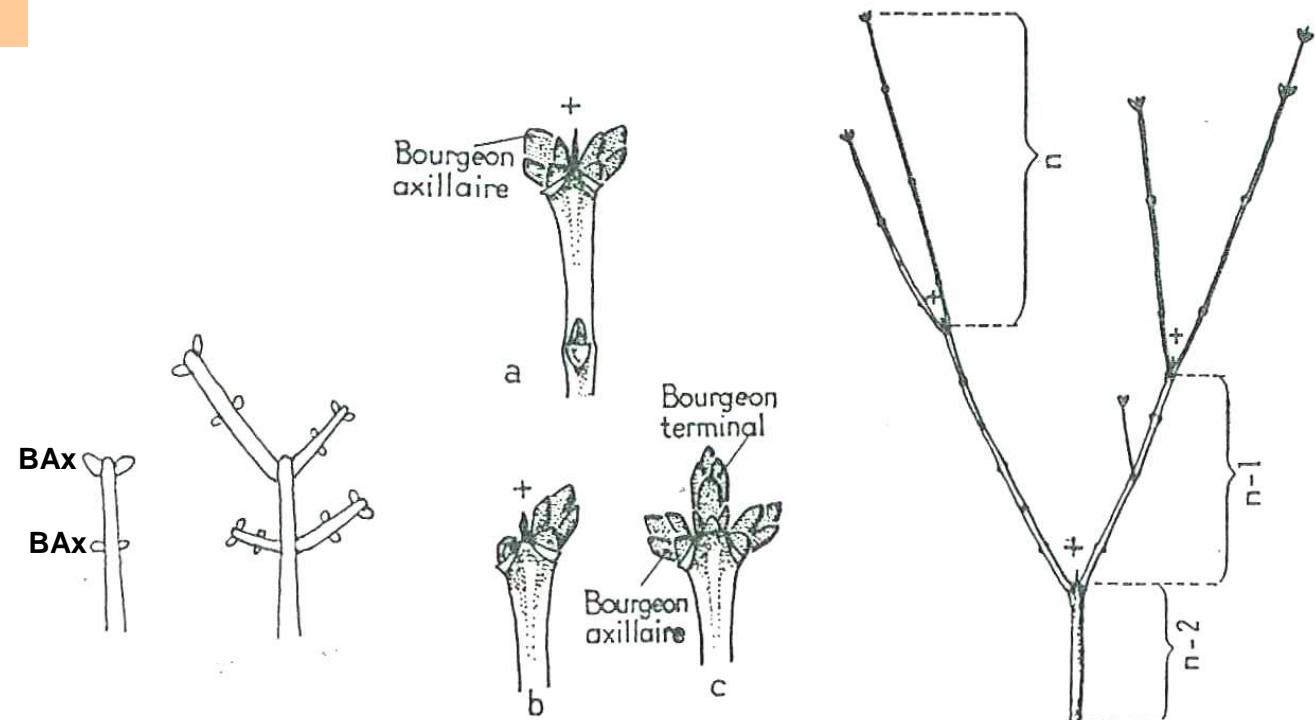


Ramification monopodiale : le BT assure la croissance de la tige principale, les BA donnent des rameaux

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

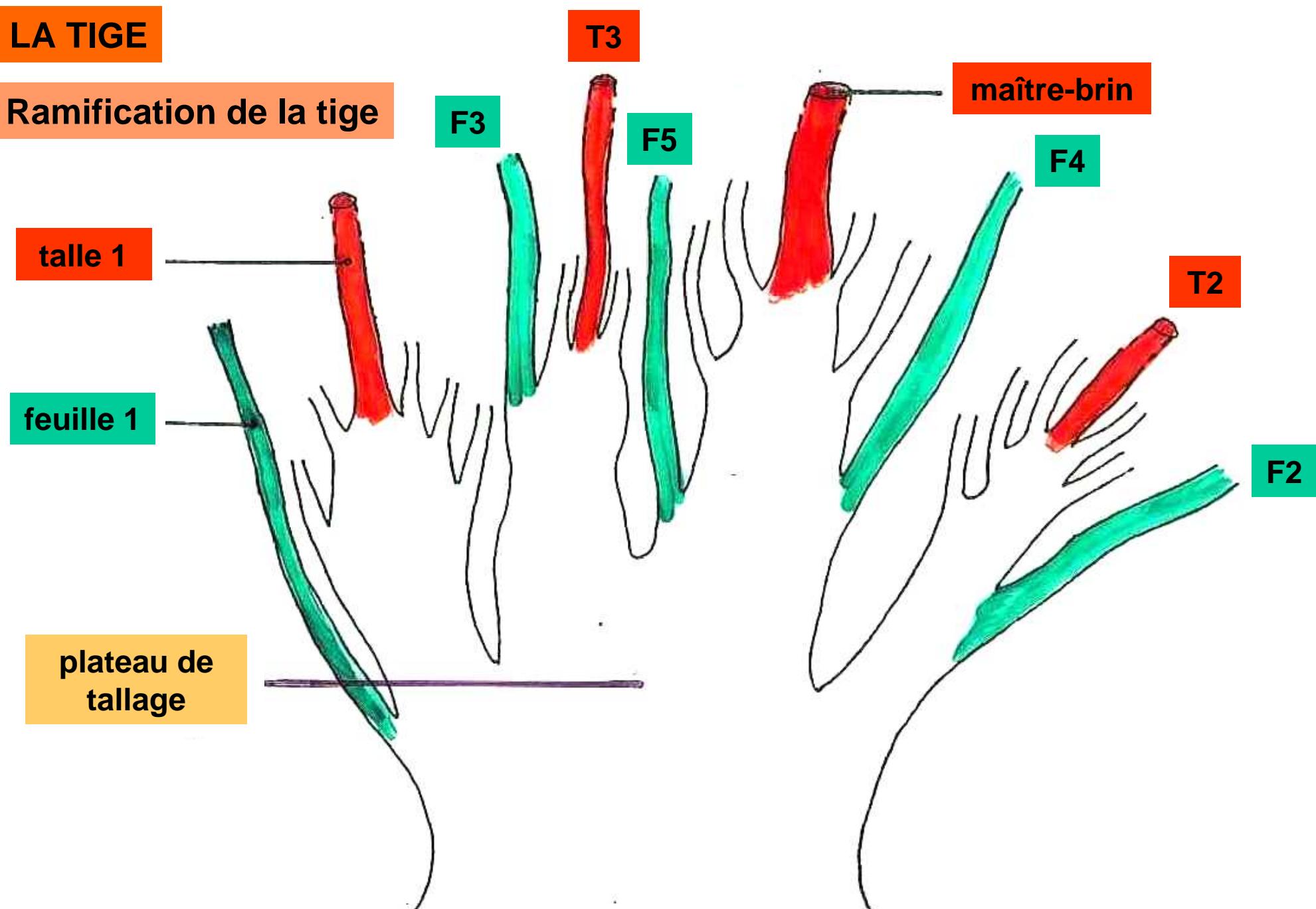
Ramification sympodiale

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



LA TIGE

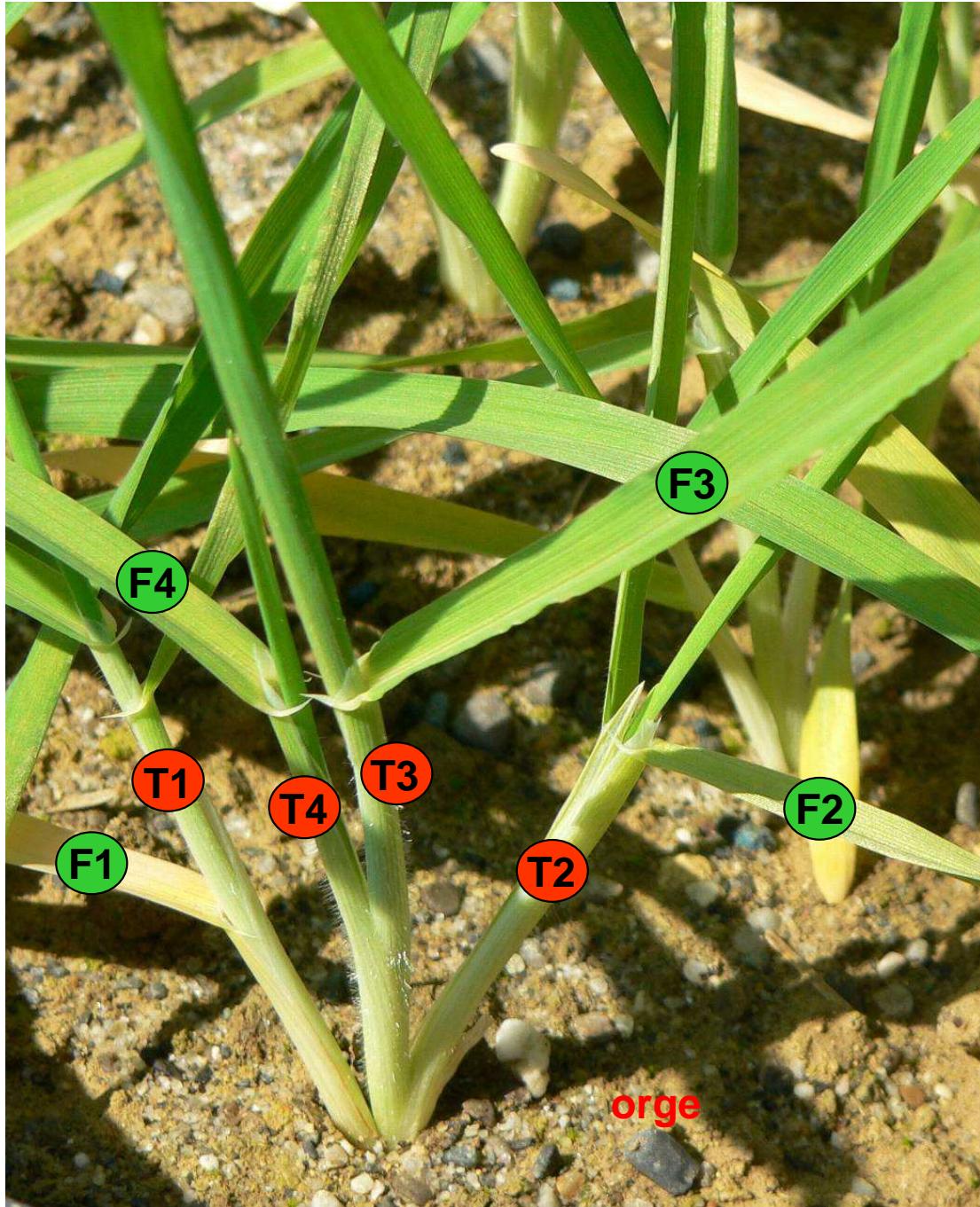
Ramification de la tige



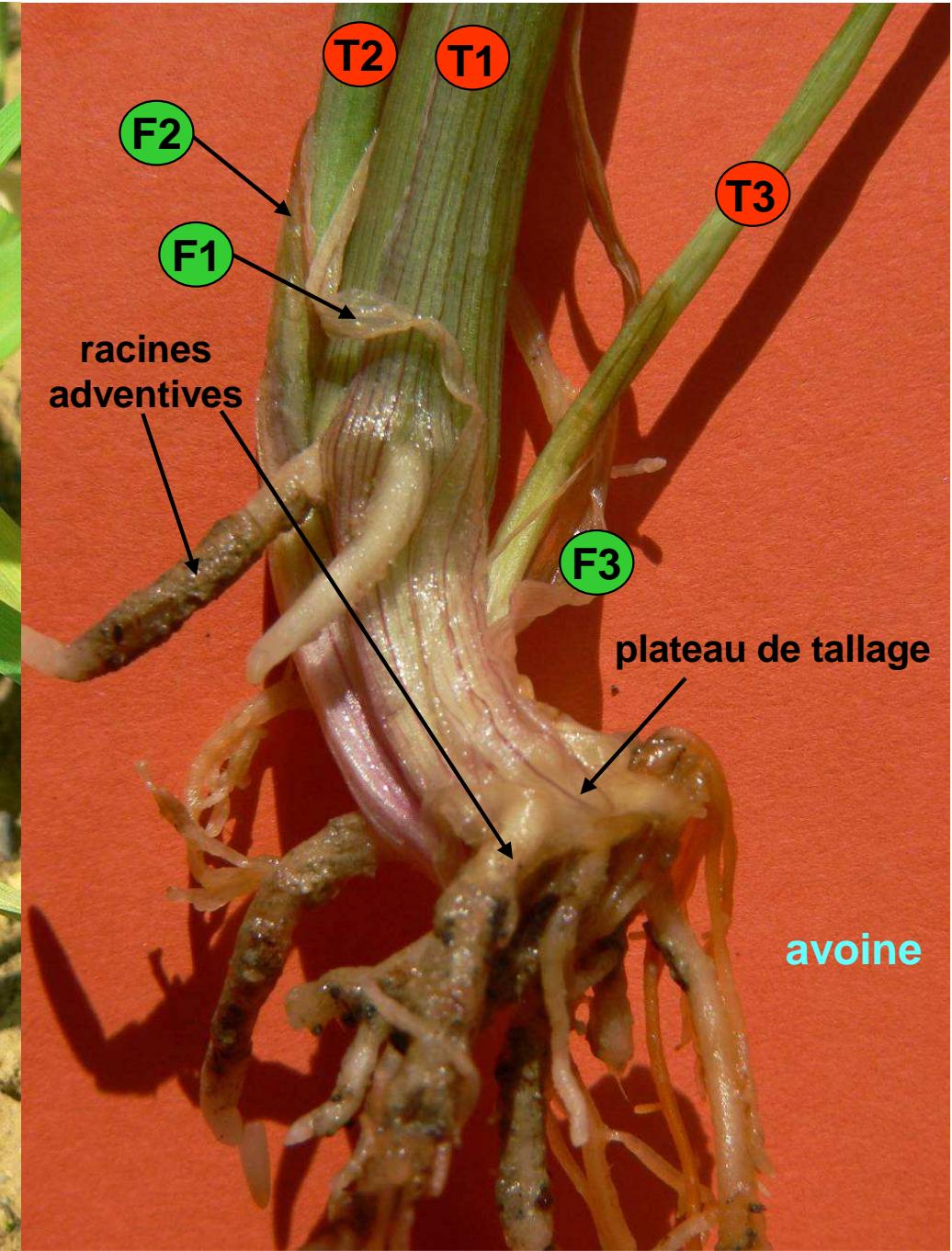
Ramification de la tige des Poacées : phénomène de tallage

Ramification de la tige des Poacées : phénomène de tallage

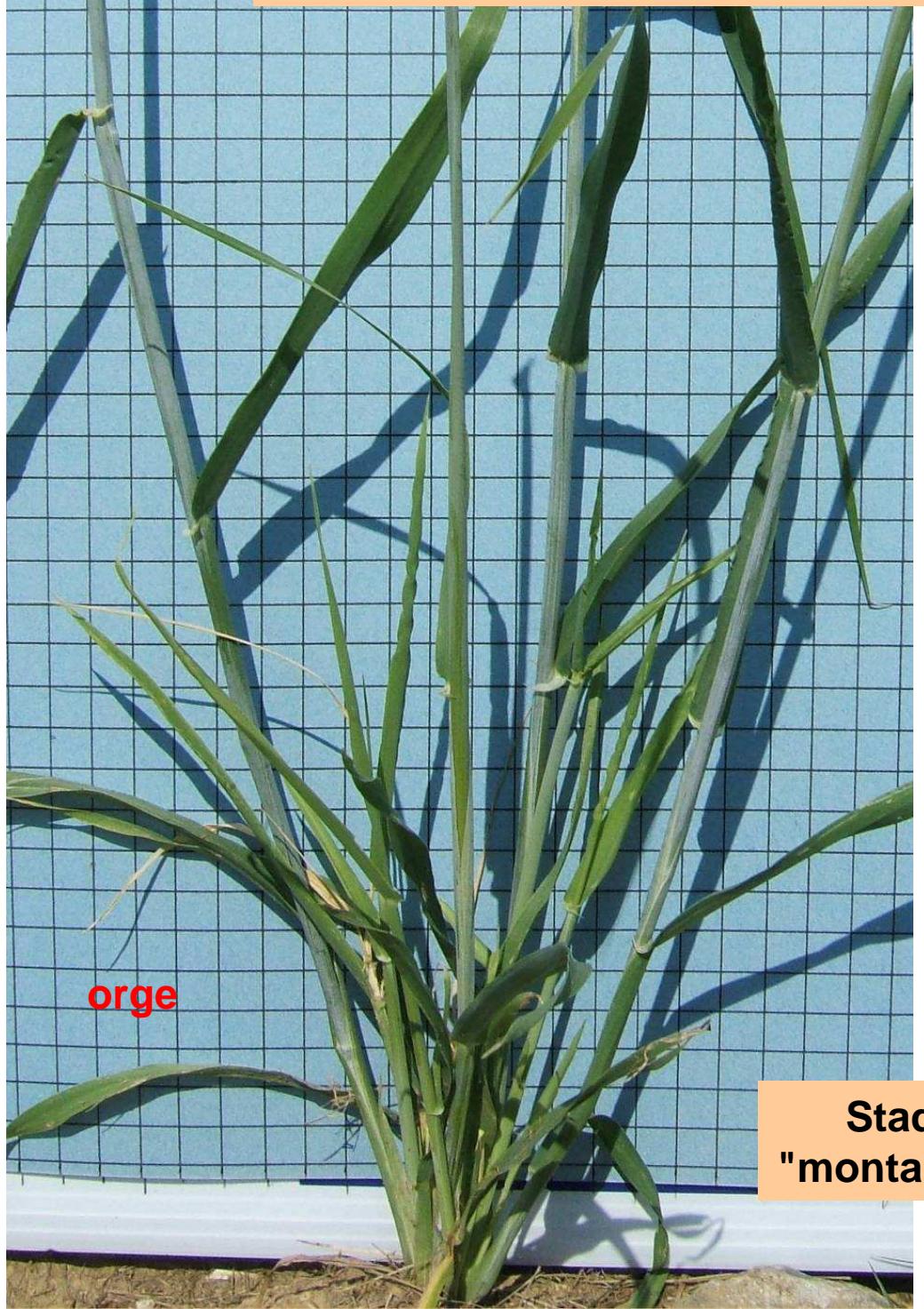
Développement des talles



Détails de la formation des talles



Ramification de la tige des Poacées : phénomène de tallage



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

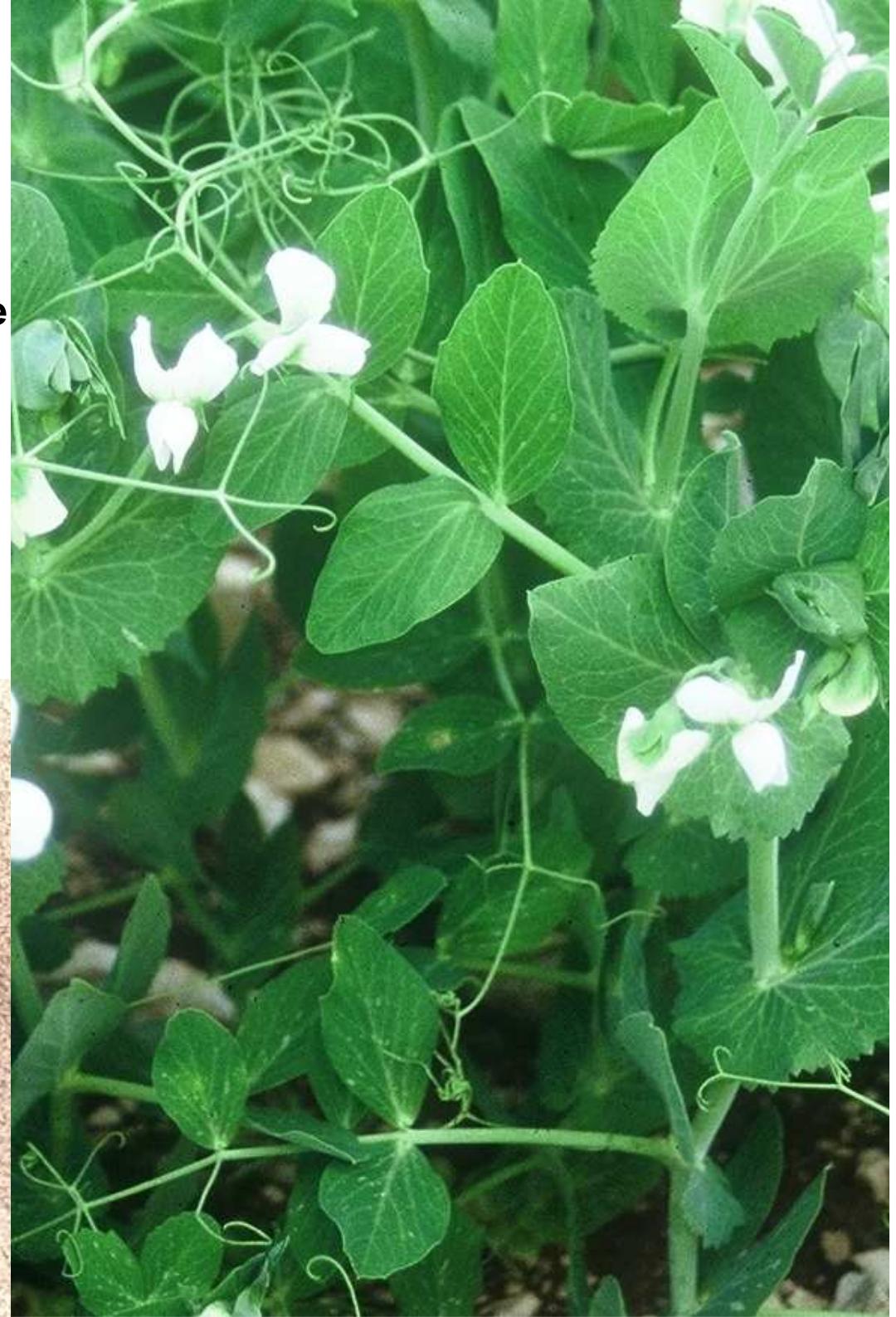
Par vrilles

vrilles de feuille

pois

vrilles de tige

vigne





Forte dominance apicale (douglas)

Développement des bourgeons

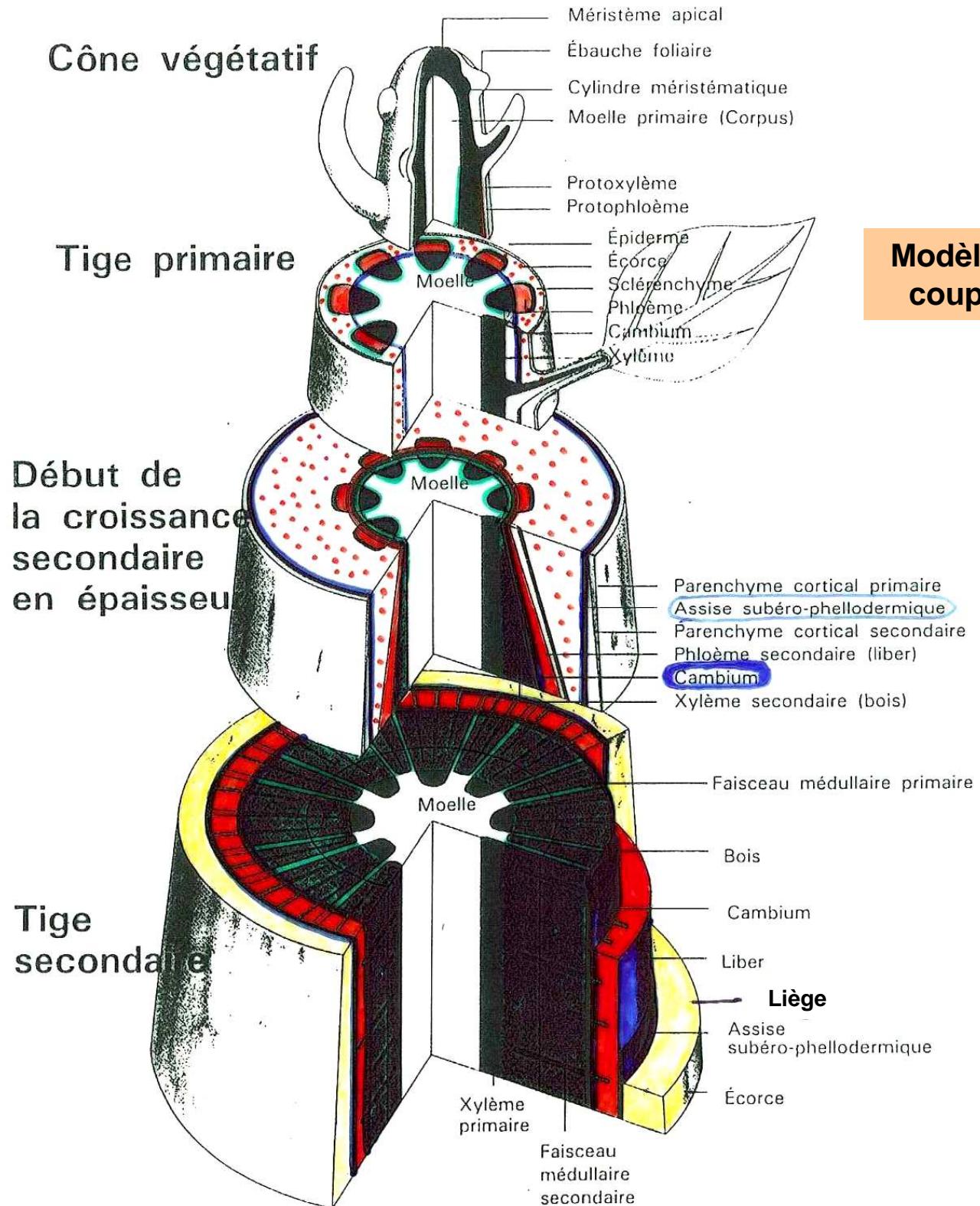
Cas des plantes ligneuses



Absence de
dominance apicale
(cassis)

LA TIGE

Anatomie de la tige

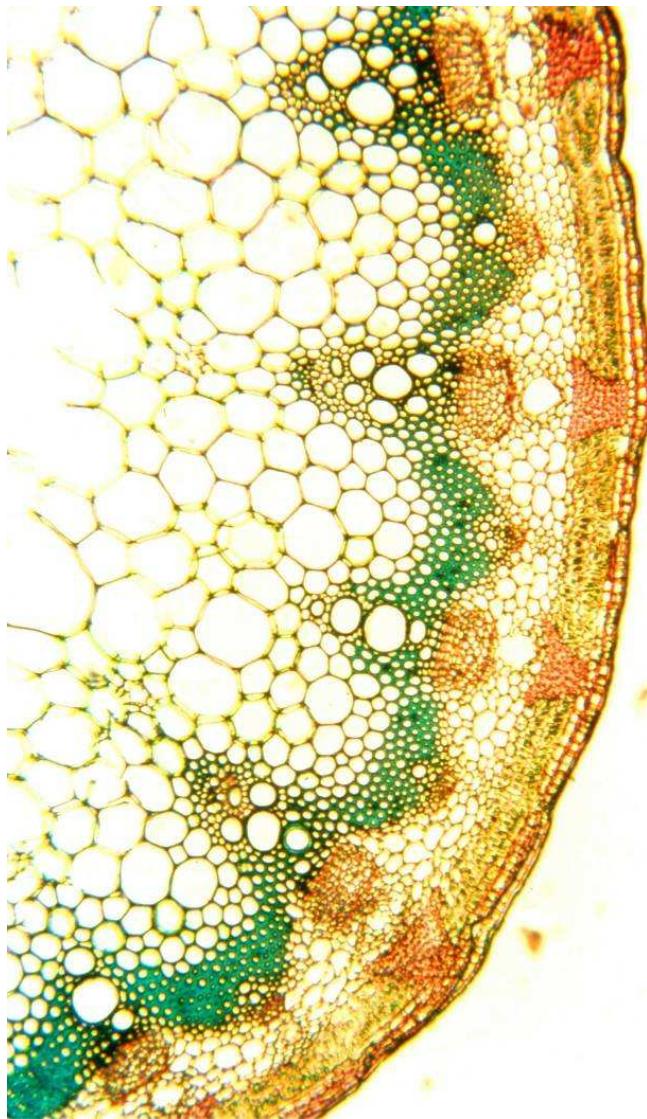


Modèle tridimensionnel de tige montrant des coupes transversales à différents niveaux

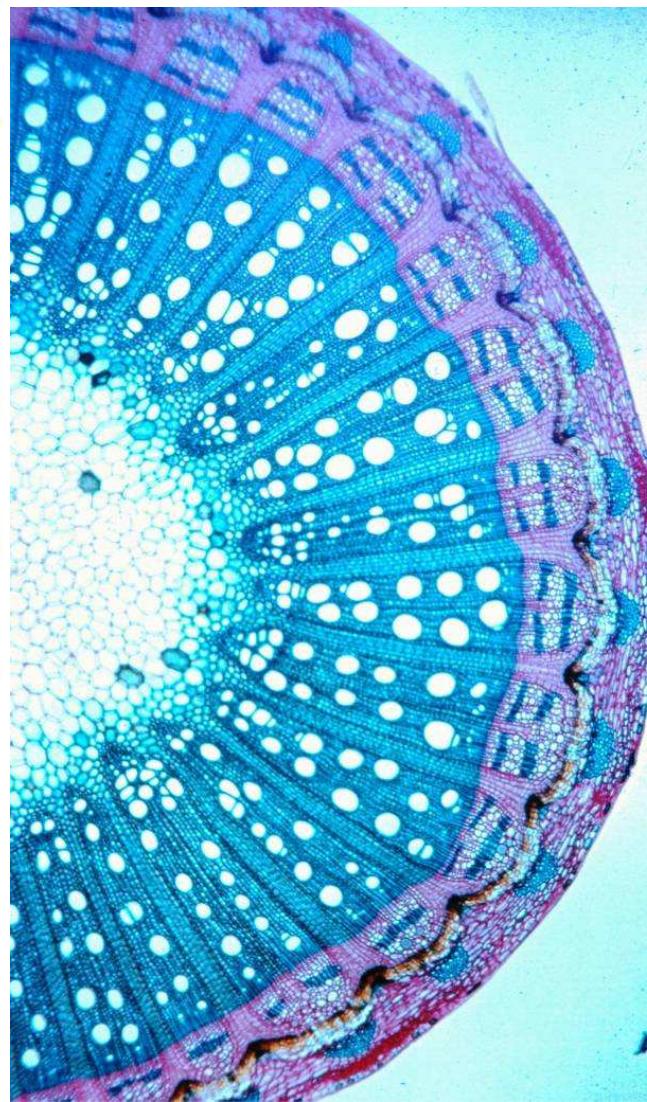
Anatomie de la tige

Tige des Dicotylédones

structure primaire



structure secondaire jeune

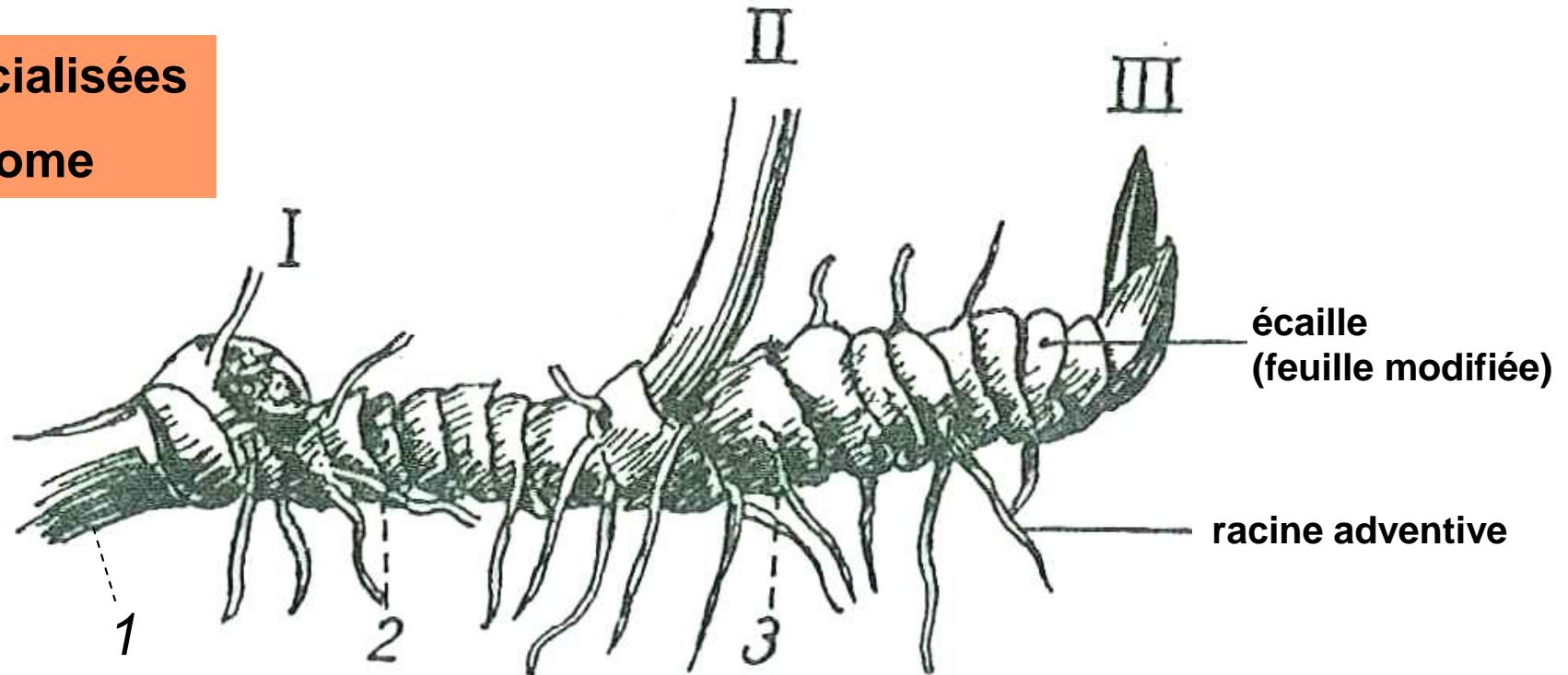


Tige des Monocotylédones



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

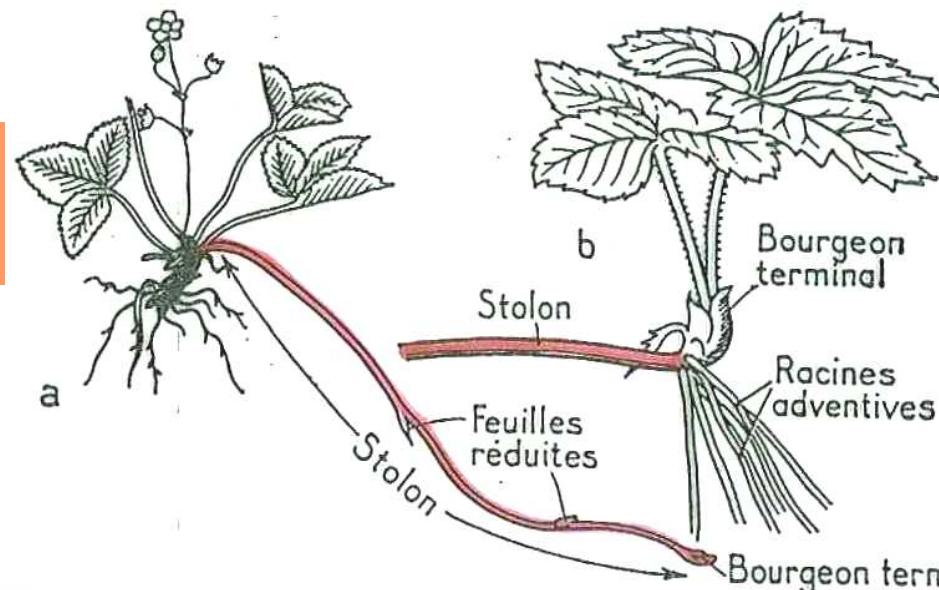
chiendent



LA TIGE

Tiges spécialisées

le stolon

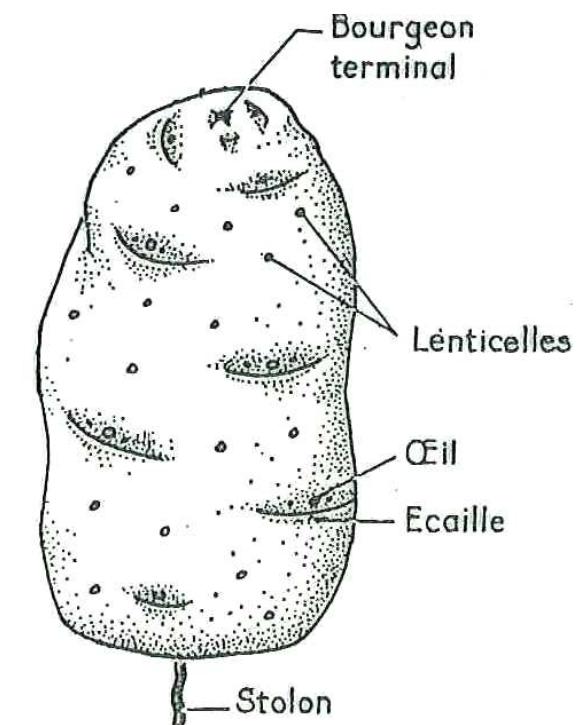
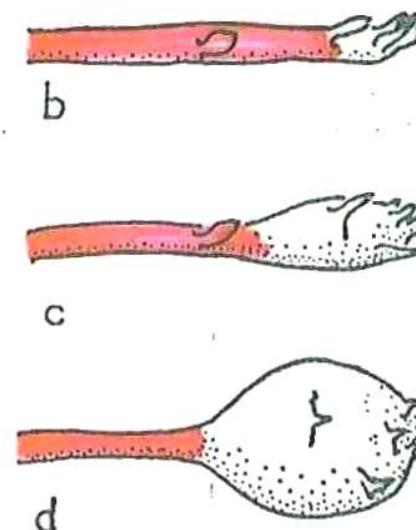
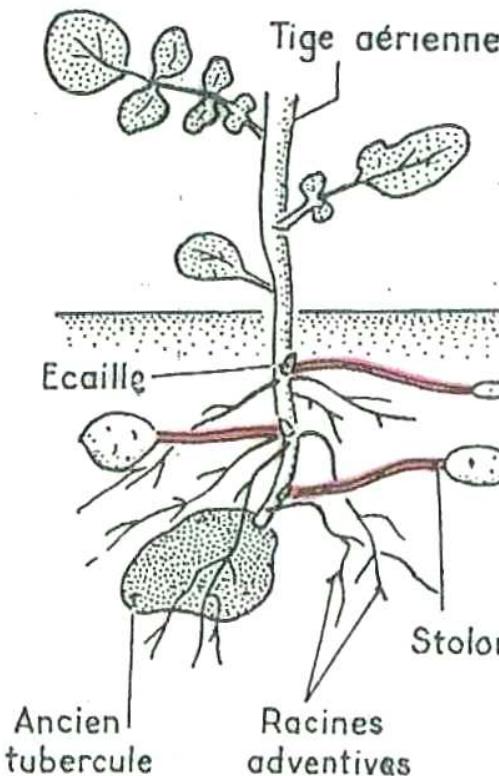


Stolon aérien de fraisier

plante vivace à port en rosette
Rosacées

a : fraisier avec stolon

b : enracinement du BT du stolon

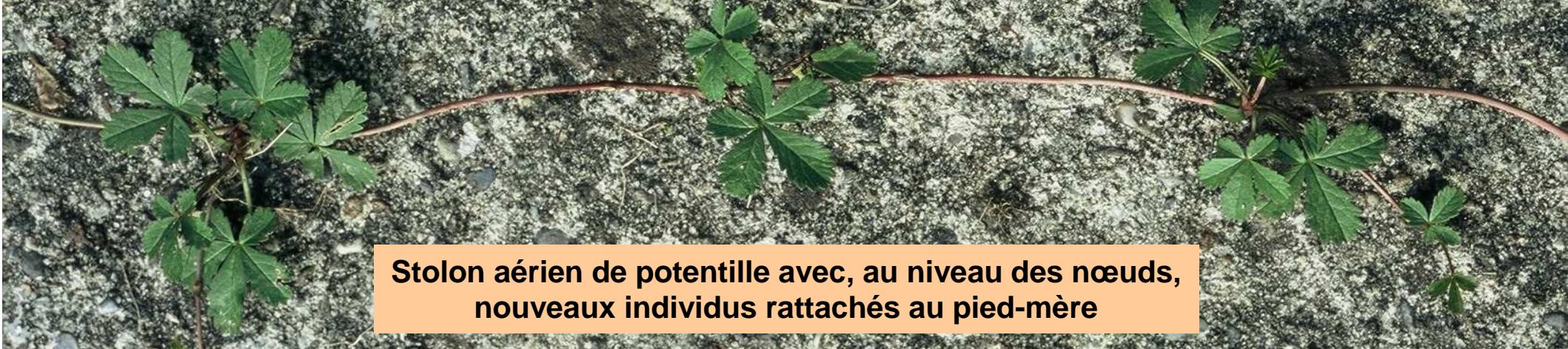


Stolon souterrain de pomme-de-terre - plante vivace à tubercule - Solanacées

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

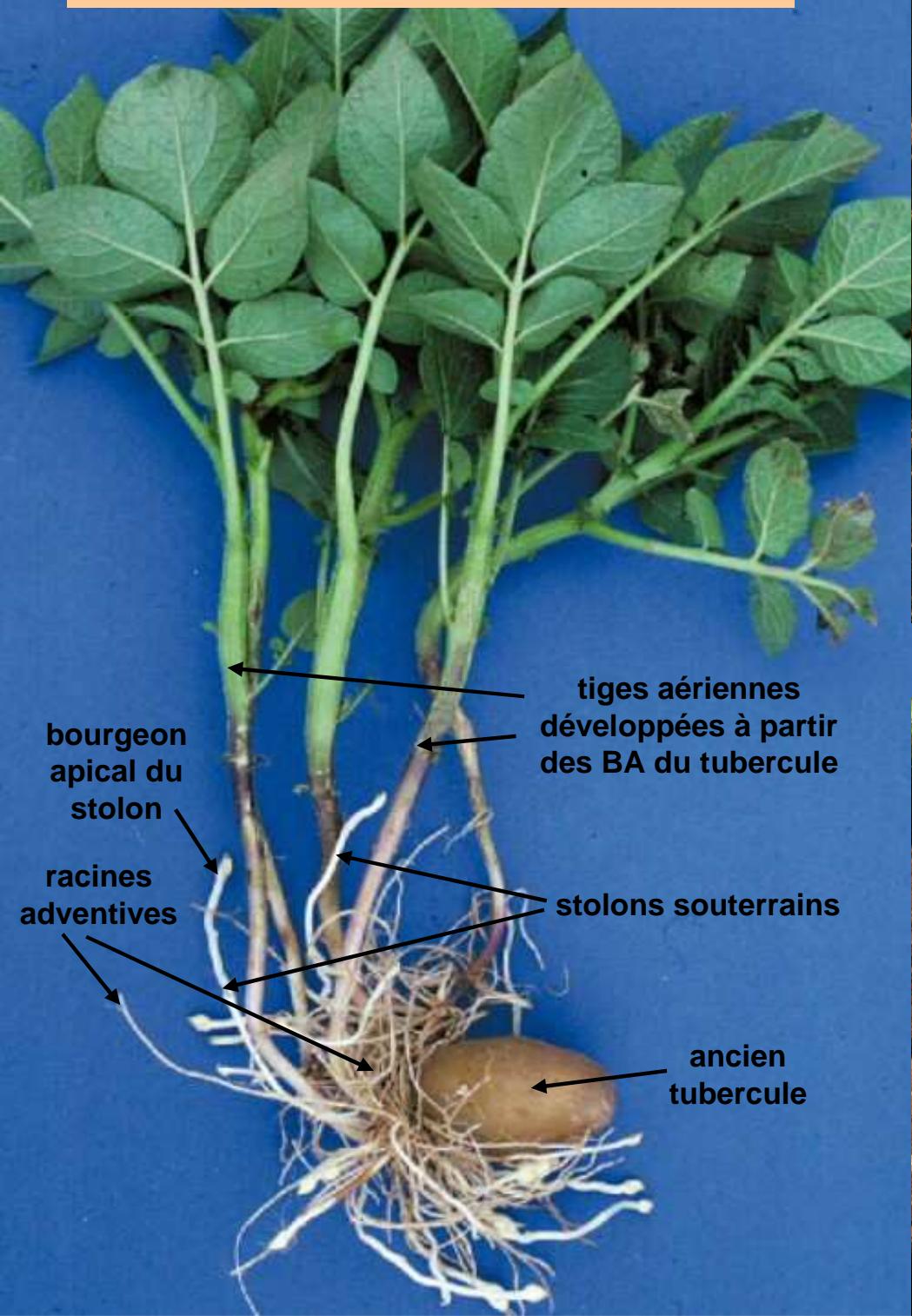


**Stolon aérien de potentille avec, au niveau des nœuds,
nouveaux individus rattachés au pied-mère**

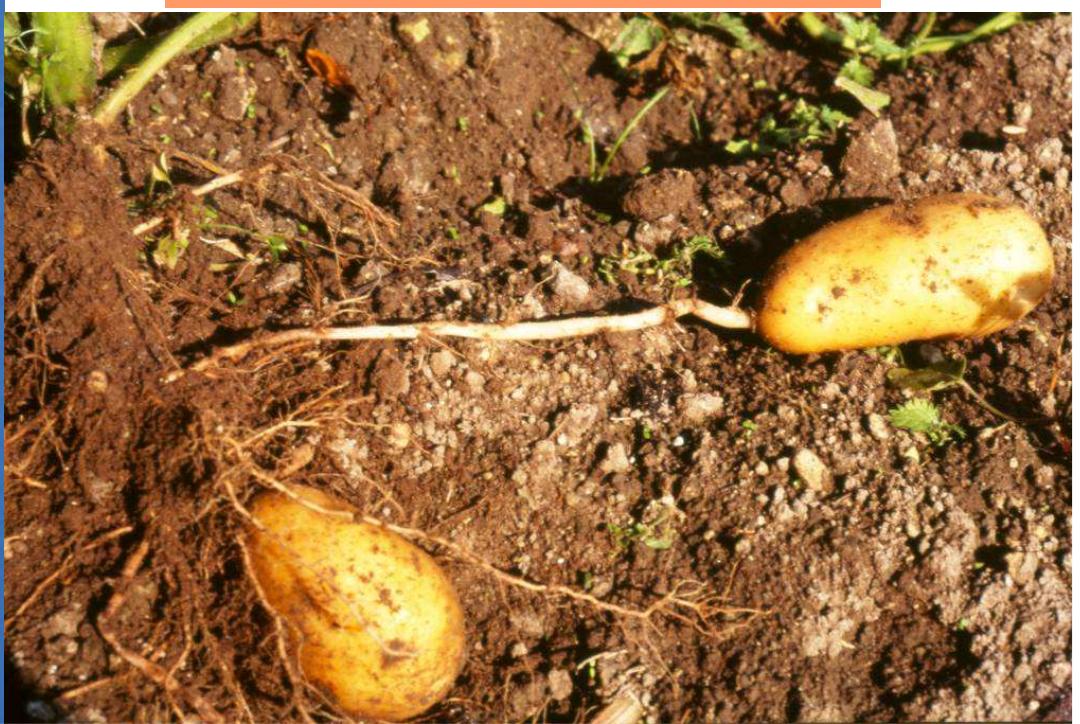


**Tiges spécialisées
le stolon**

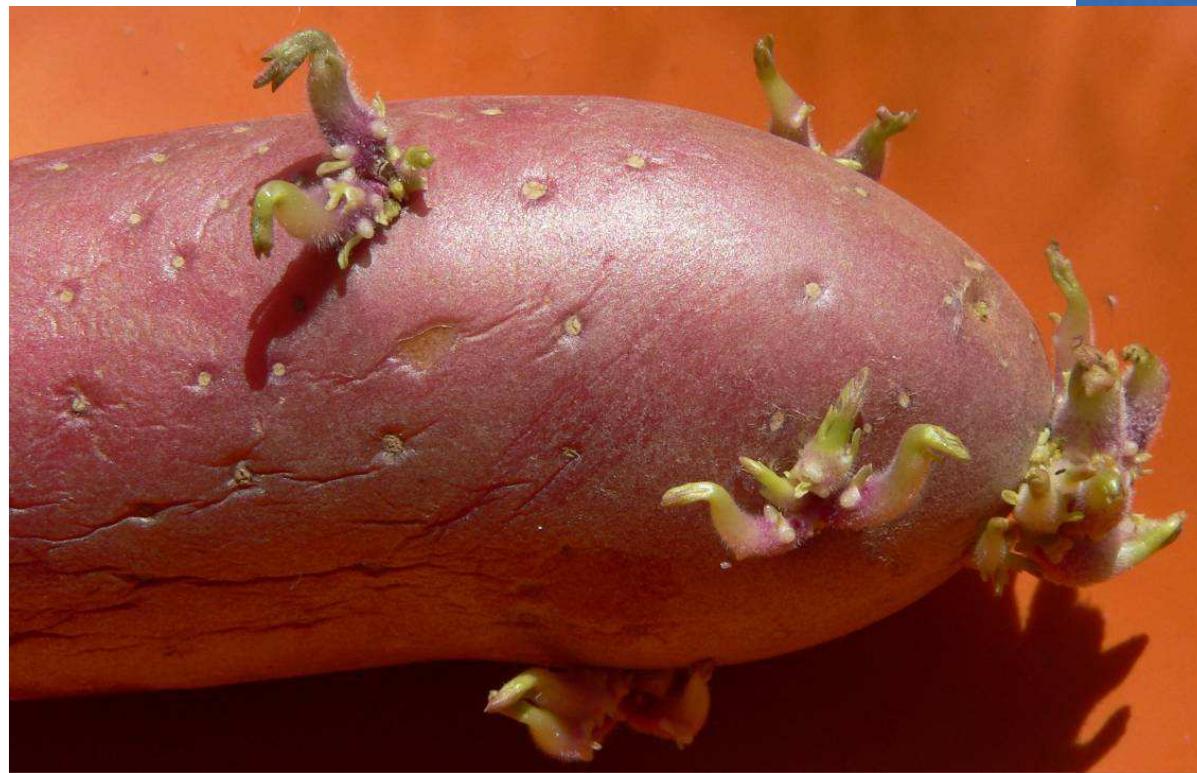
Stolons souterrains de pomme-de-terre



Tiges spécialisées : le stolon



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





Tubercule aérien de chou-rave

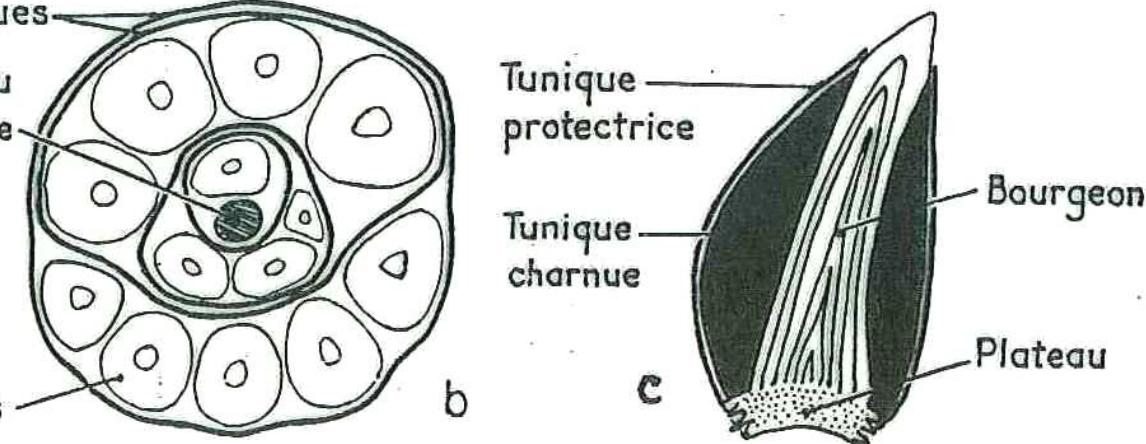
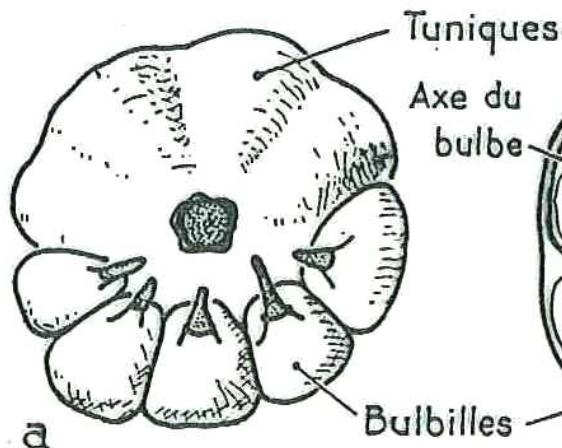
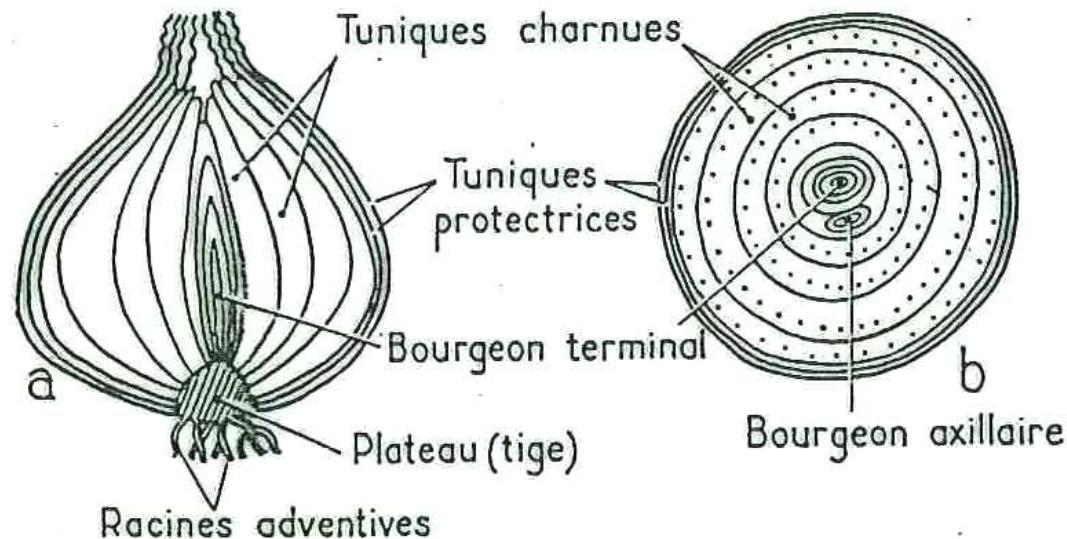
LA TIGE

Tiges spécialisées : le bulbe

Bulbe d'oignon

plante bisannuelle - Liliacées

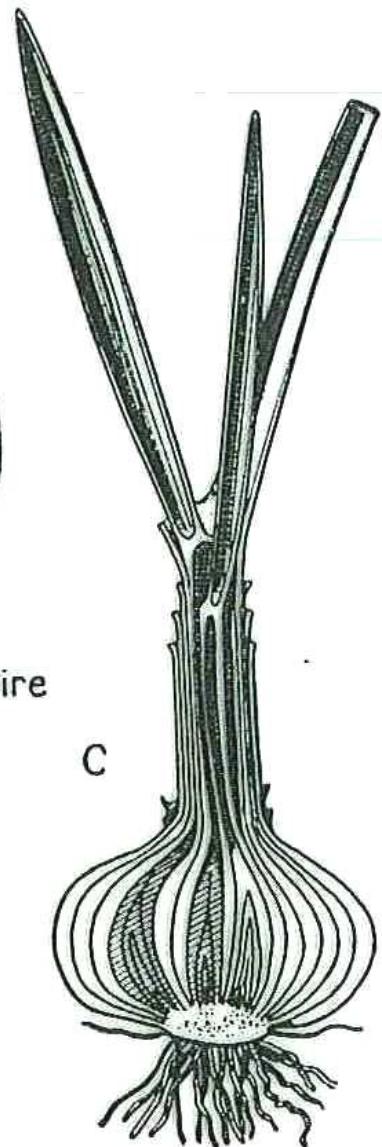
- a : coupe longitudinale du bulbe
- b : coupe transversale du bulbe
- c : bulbe portant encore les limbes des feuilles



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

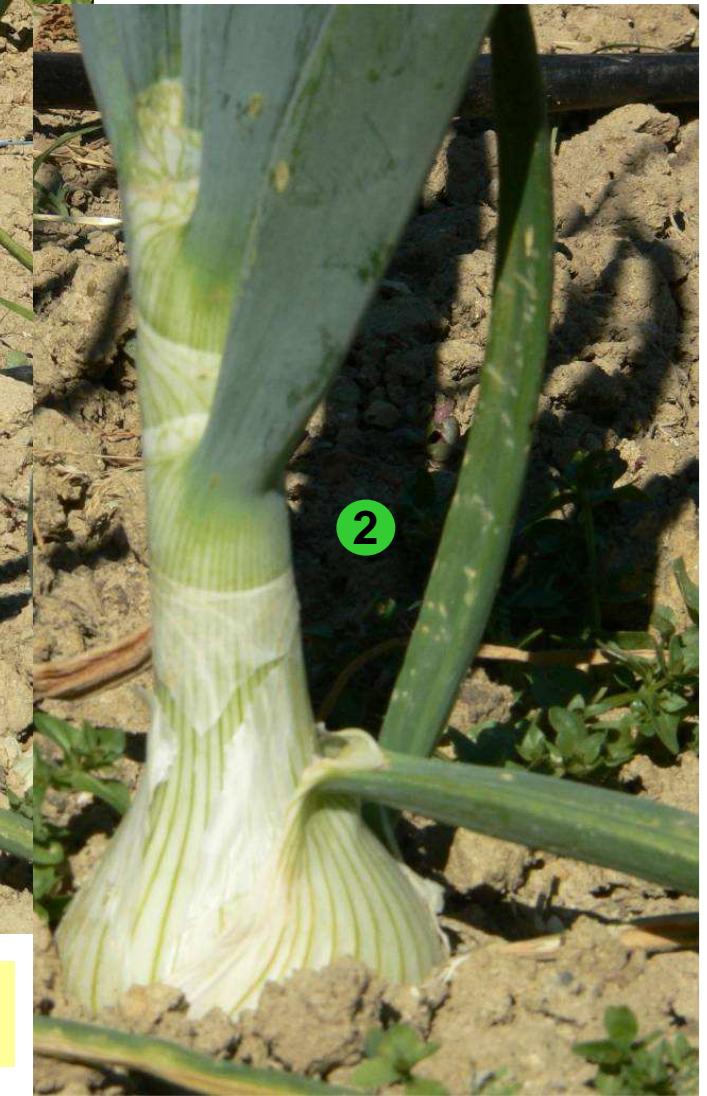


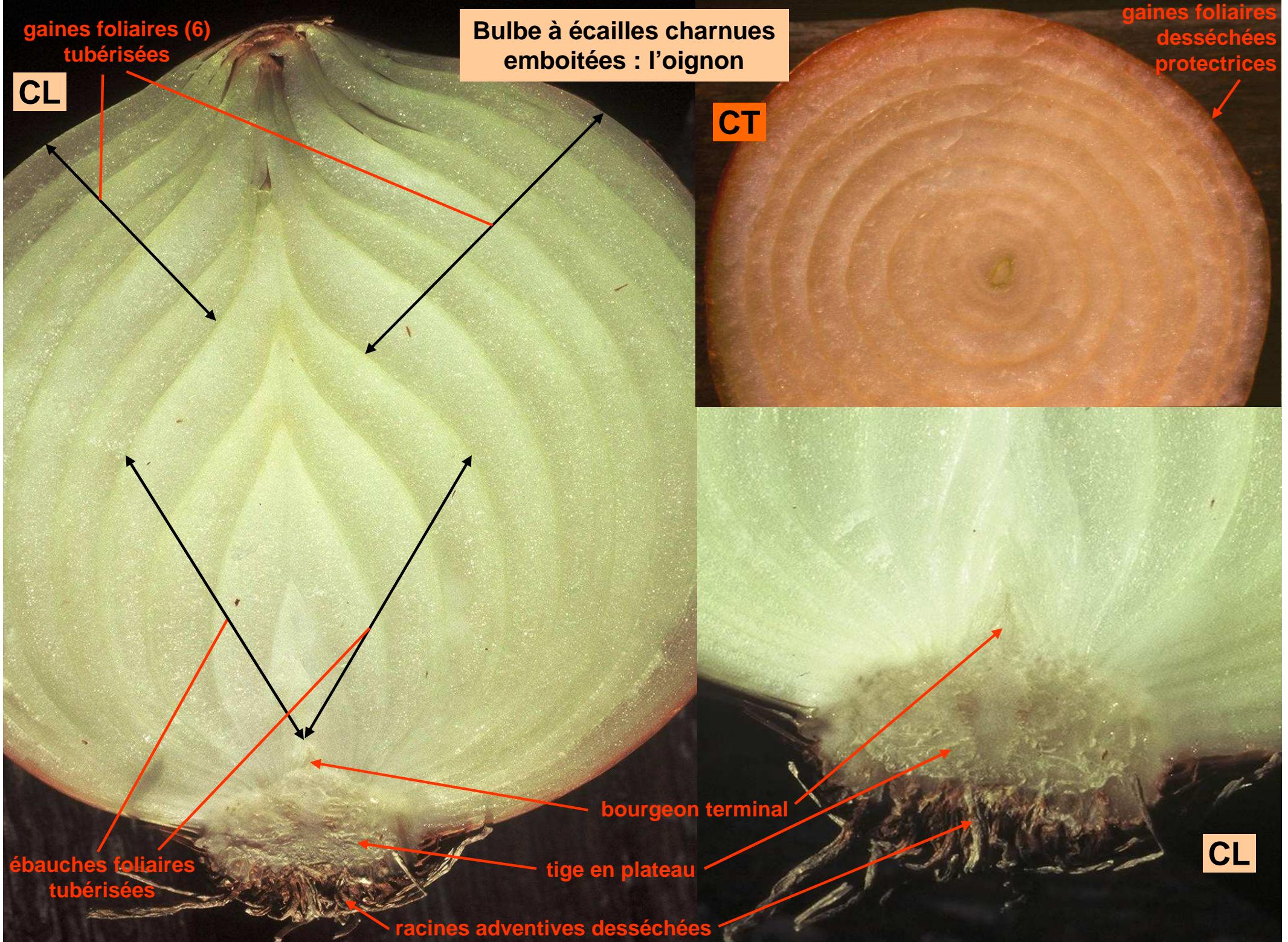
3 : dessèchement des feuilles
et des racines adventives

Bulbe à écailles charnues
emboitées : l'oignon

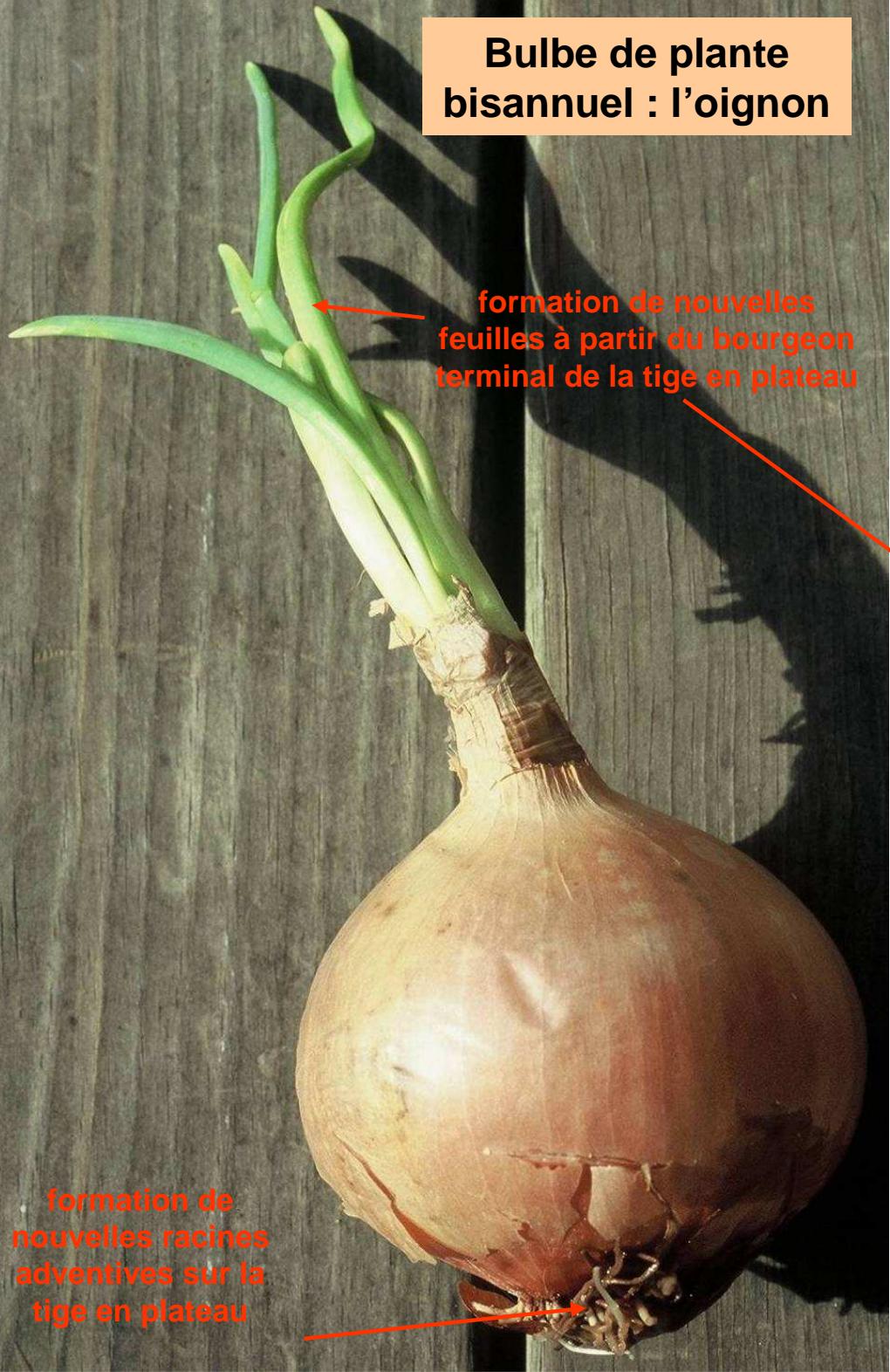
1 : début de tubérisation des
gaines foliaires

2 : bulbe formé ; feuilles vertes





Bulbe de plante bisannuel : l'oignon



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

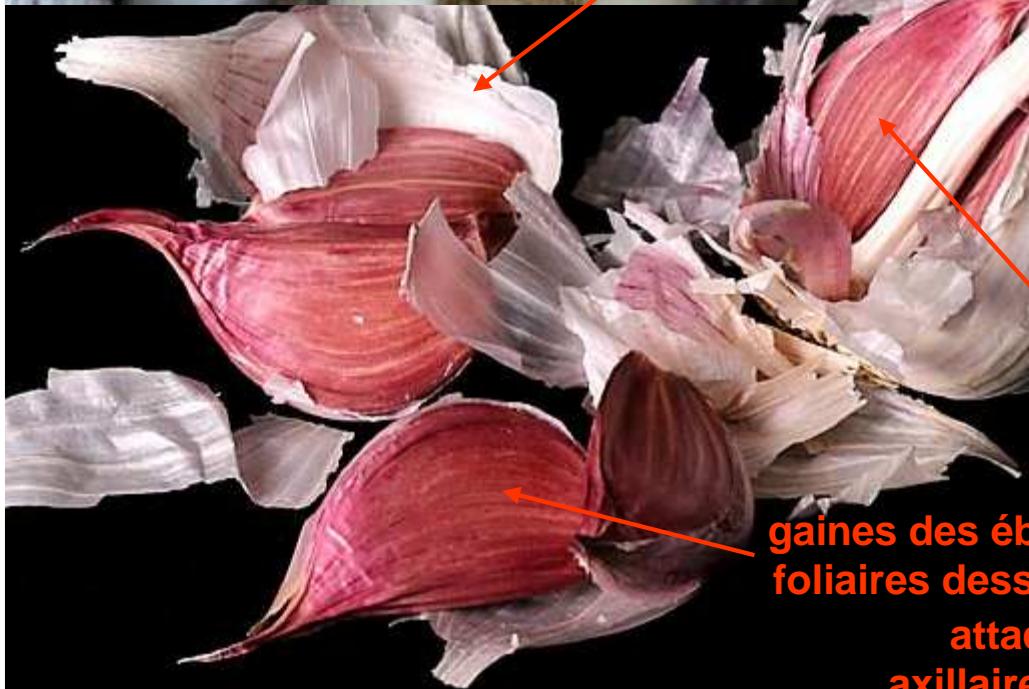




racines adventives desséchées

fausse tige formée par les gaines des feuilles aériennes emboitées

bases des gaines des feuilles aériennes desséchées



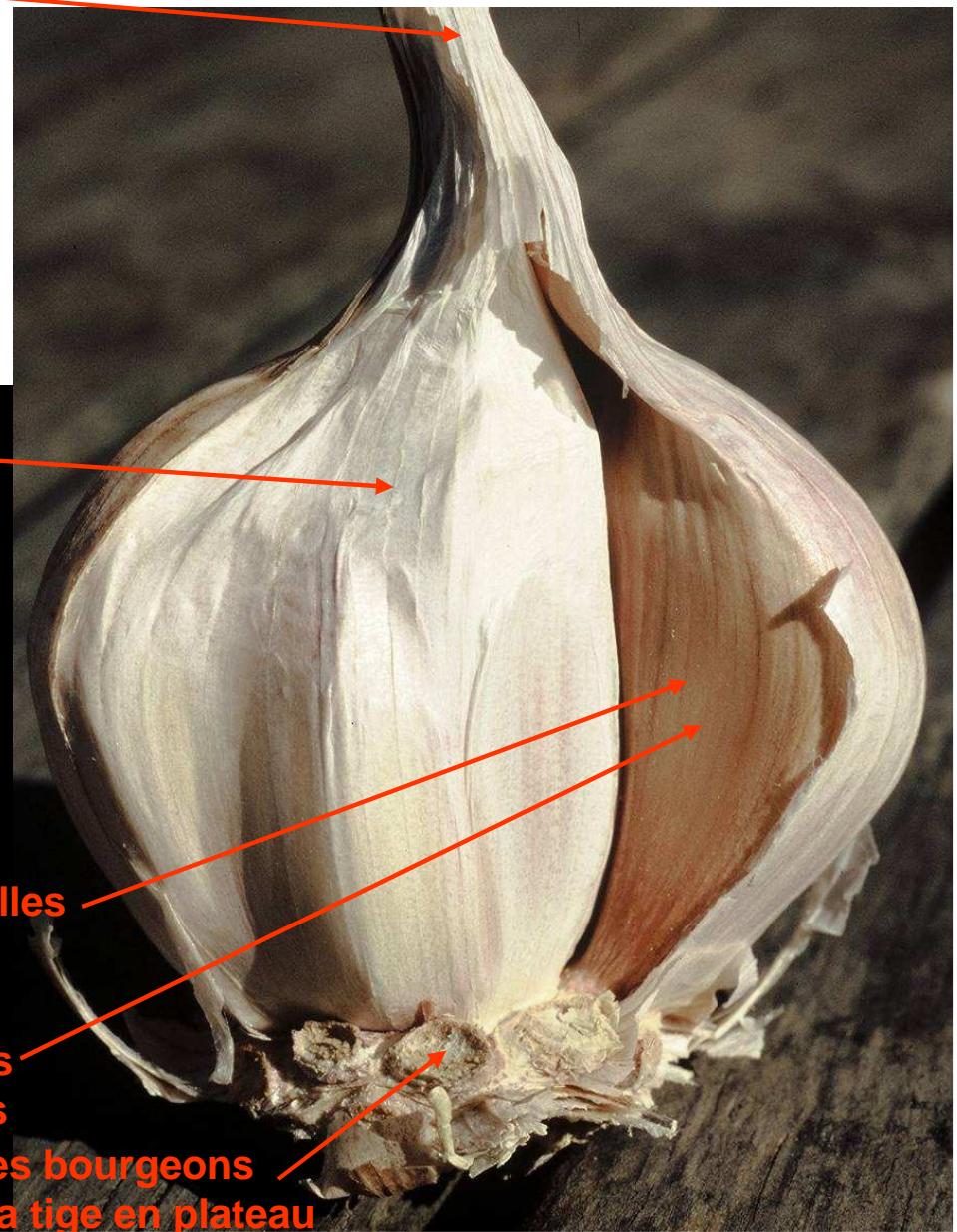
gaines des ébauches foliaires desséchées

attaches des bourgeons axillaires sur la tige en plateau

Tiges spécialisées : le bulbe

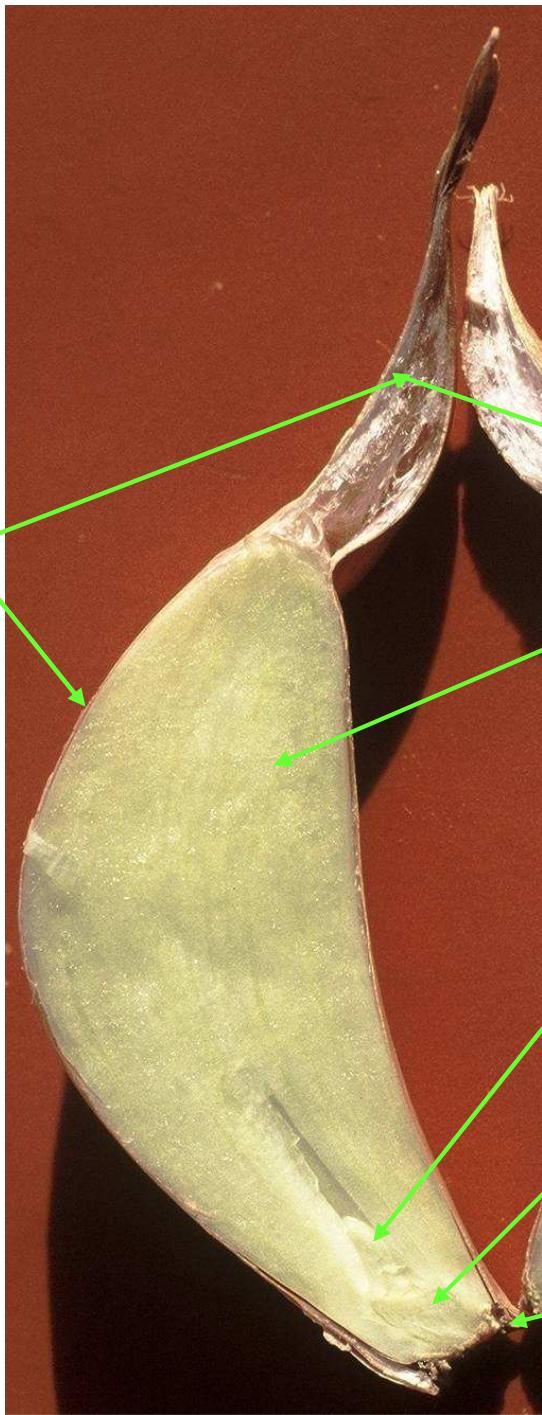
Bulbe à tuniques charnues : l'ail

Bulbe constitué de nombreux bulbillles développées à partir de bourgeons axillaires



Tiges spécialisées : le bulbe

Bulbe à tuniques charnues : l'ail



ébauche foliaire
tubérisée
=
tunique charnue

bourgeon
apical de la
tige en
plateau

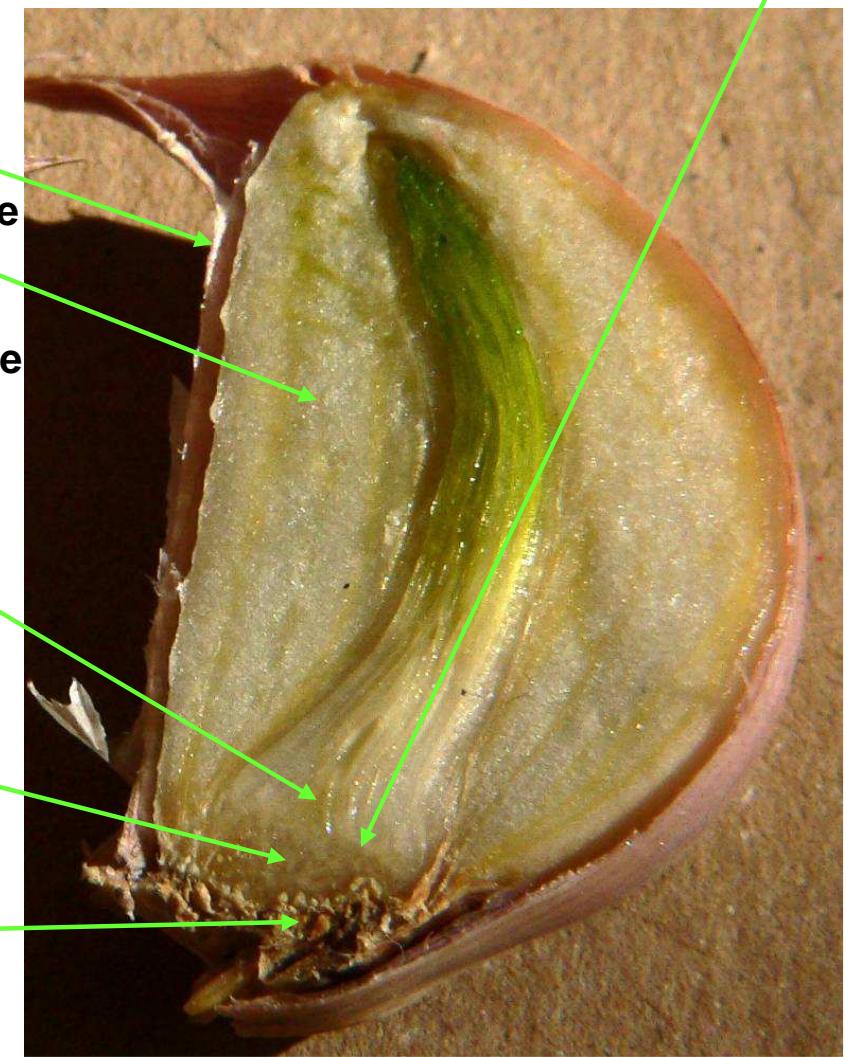
tige en
plateau du
bourgeon
axillaire

racines
adventives
desséchées

La 2^e année

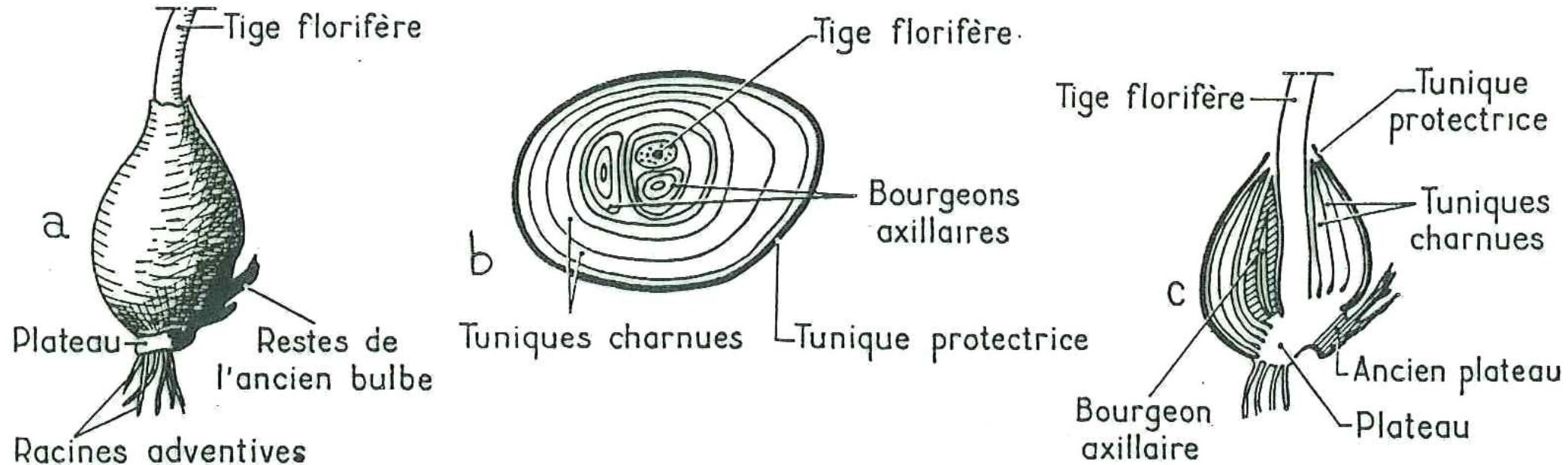
développement du bourgeon apical de la tige en plateau du bulbille pour donner de nouvelles feuilles aériennes et un nouveau bulbe (avec ou sans fleurs)

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



LA TIGE

Tiges spécialisées : le bulbe



Bulbe de tulipe

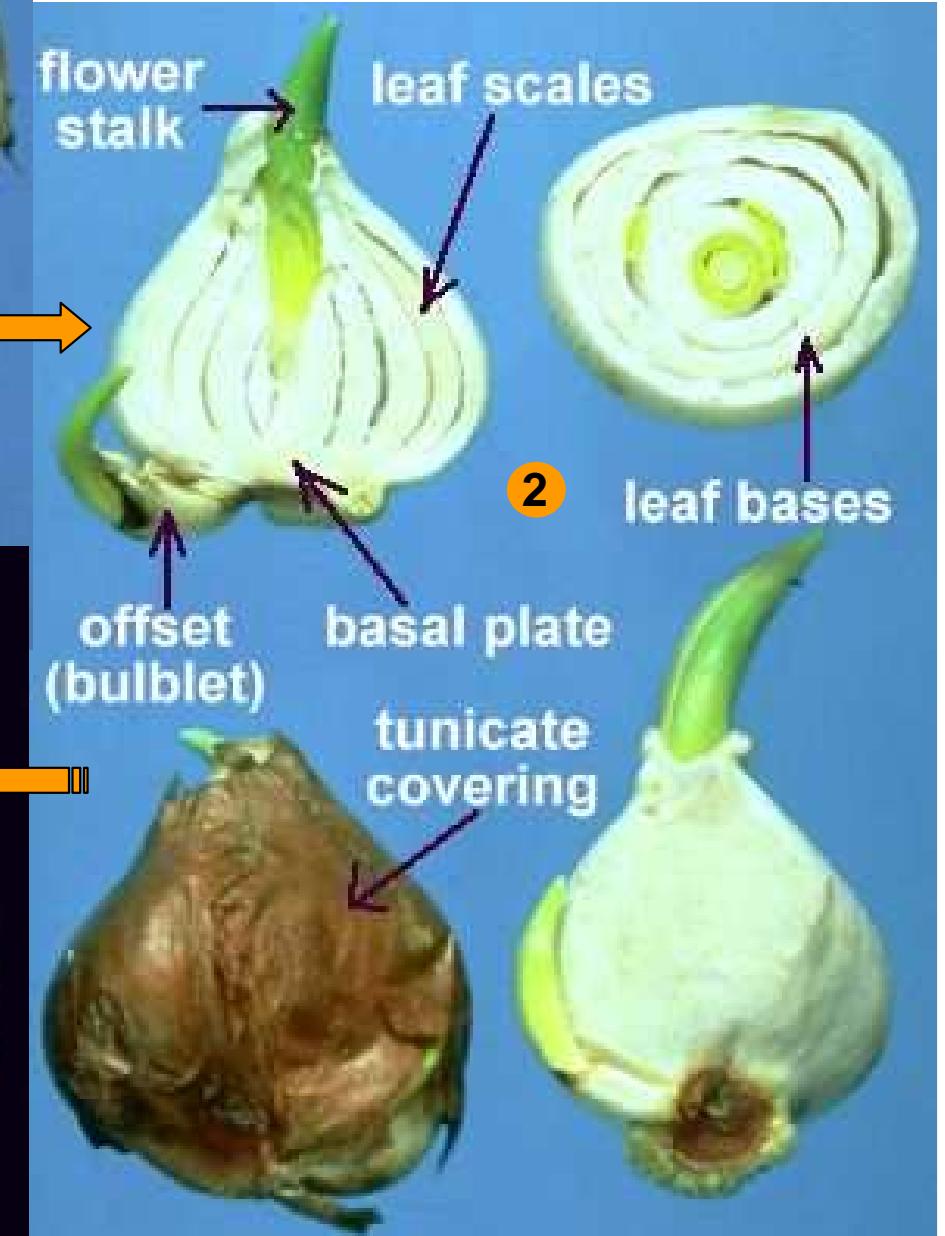
plante vivace - Liliacées

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

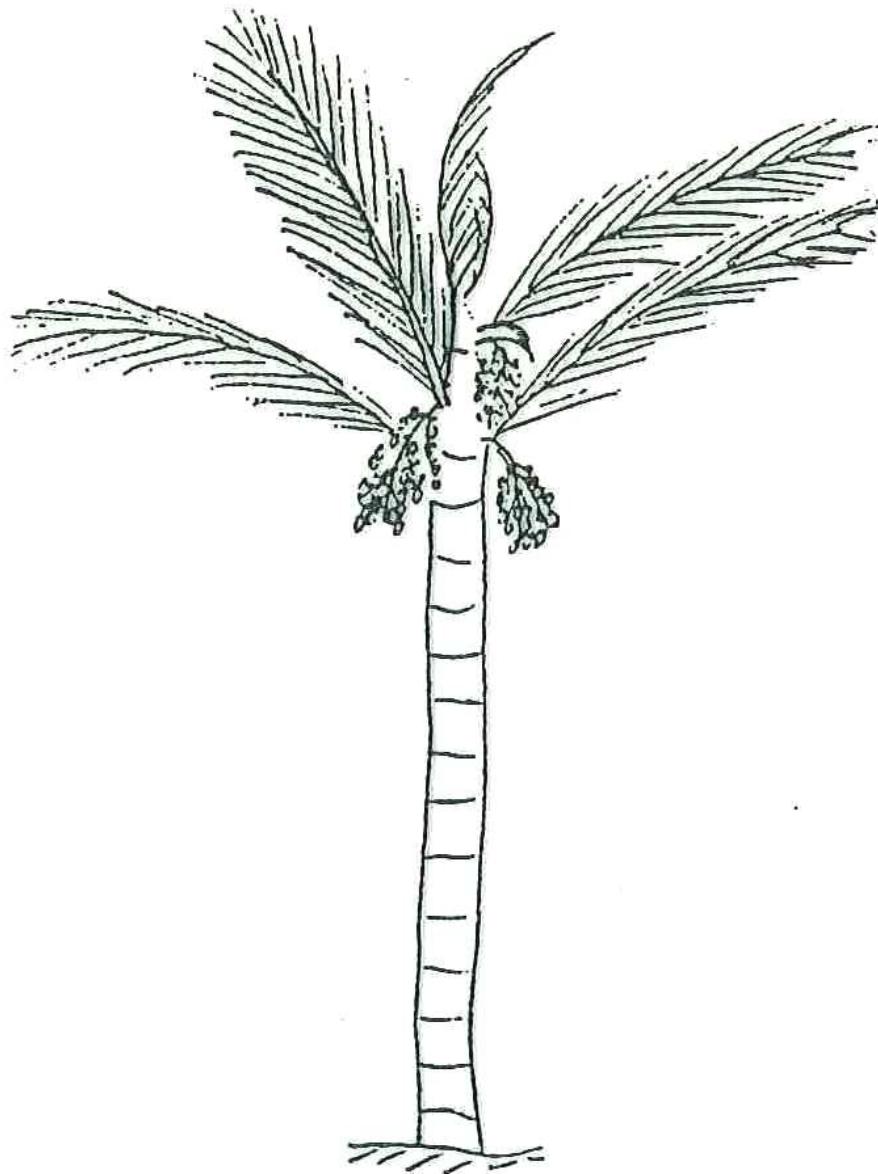


Développement du bulbe de tulipe pour former une fleur et des bulbilles



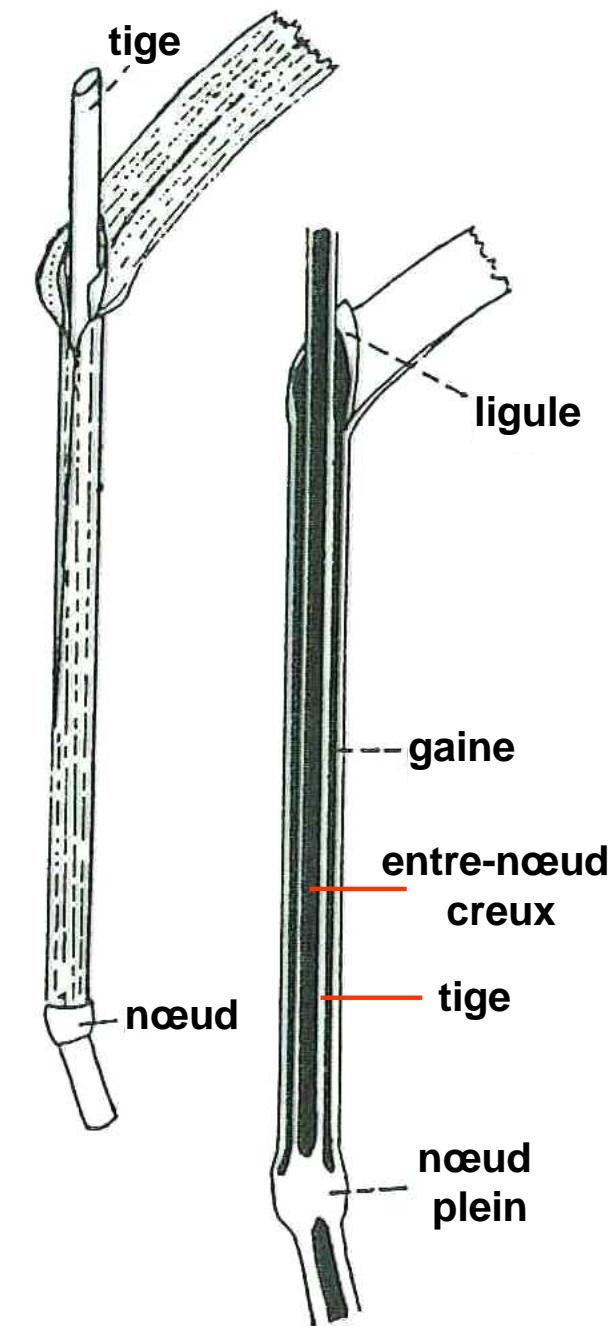
LA TIGE

Autres tiges particulières



Stipe du palmier dattier

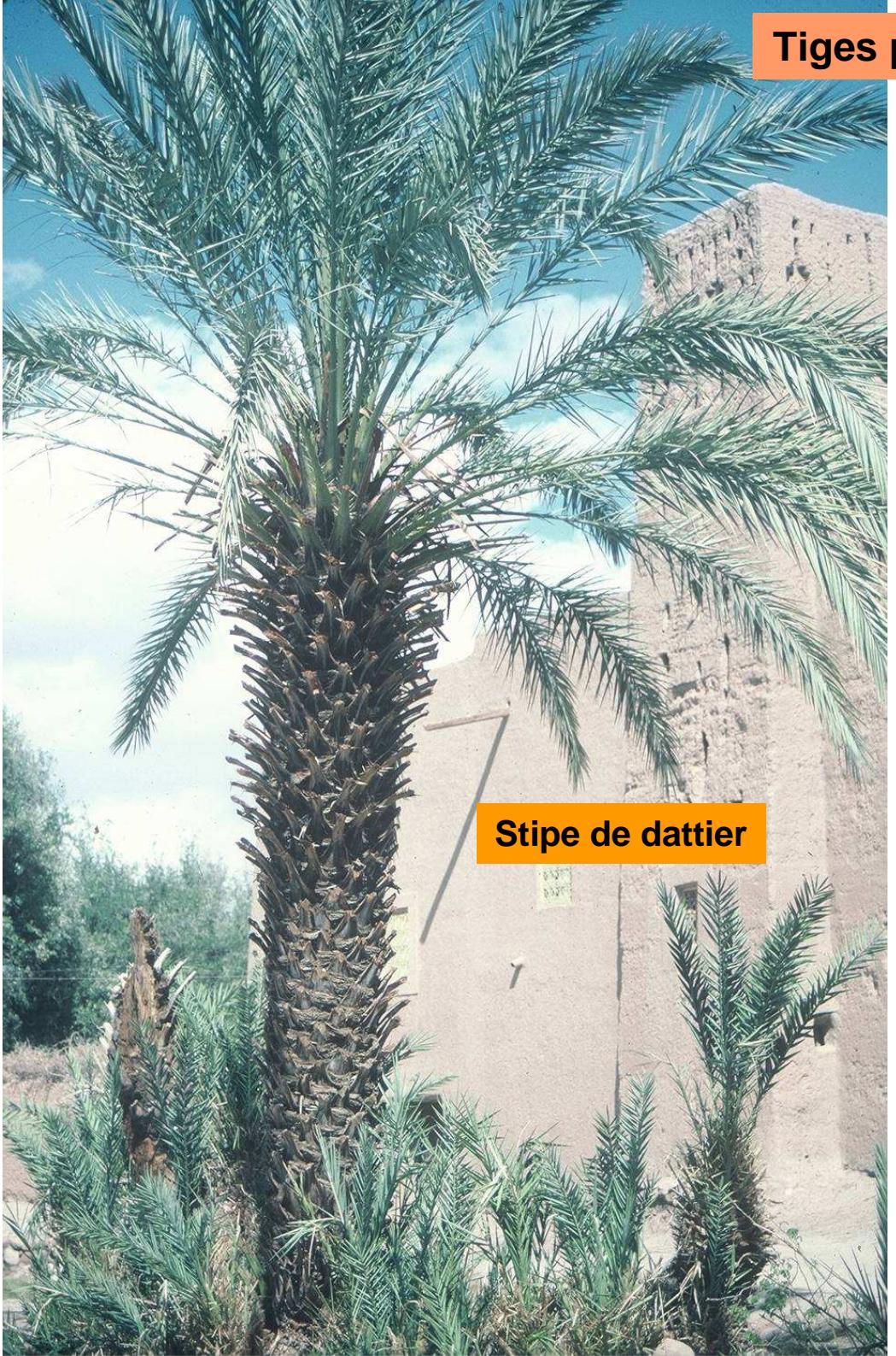
Tige ligneuse sans bois et
sans croissance en épaisseur



Chaume des Poacées

Tige creuse aux entre-nœuds
et pleine aux nœuds

Tiges particulières

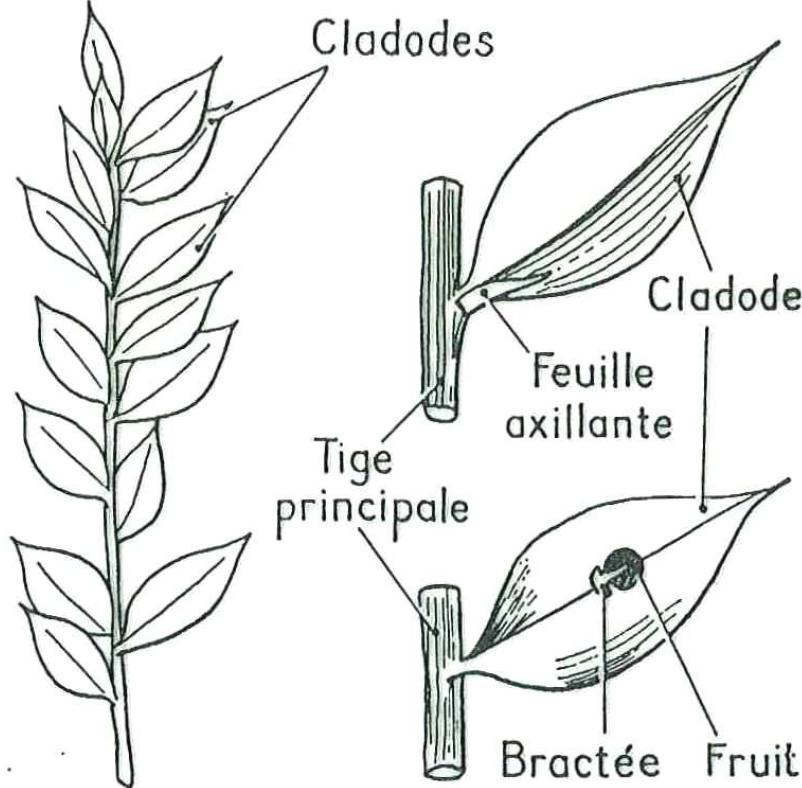


Chaume de bambou

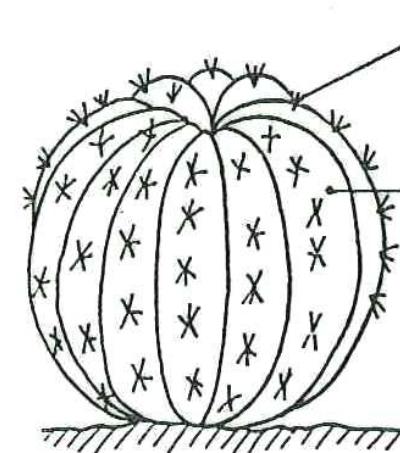
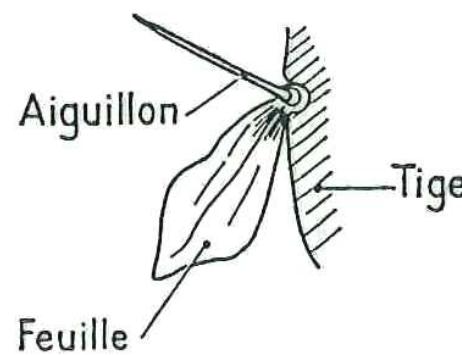


LA TIGE

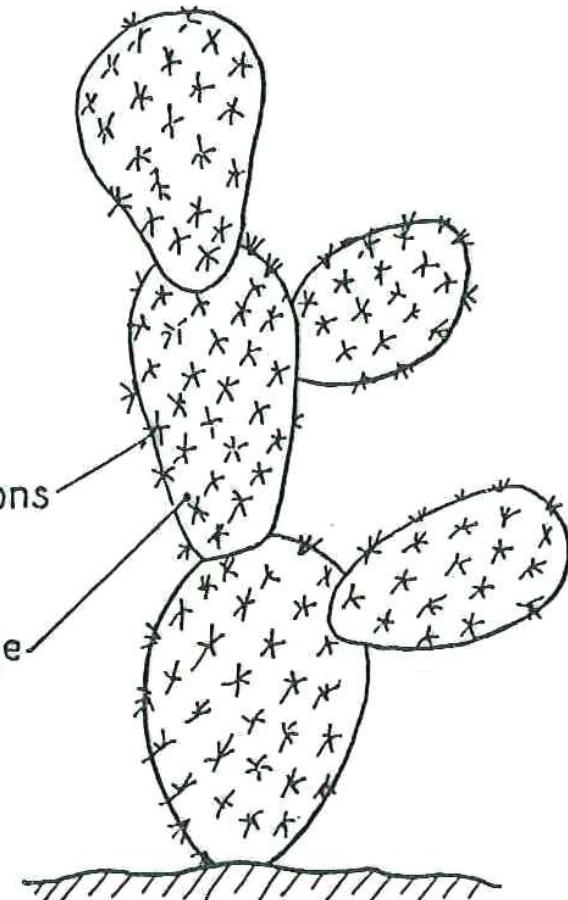
Autres tiges particulières



Cladodes du fragon : tiges aplatis chlorophylliennes simulant des feuilles



Tiges des Cactacées : sphère, raquette

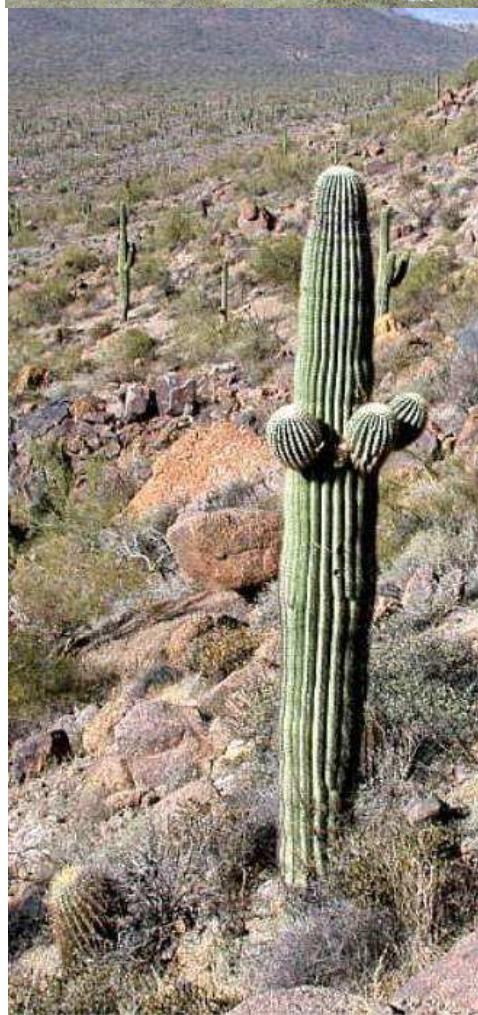


Tiges particulières

Cladodes du fragon



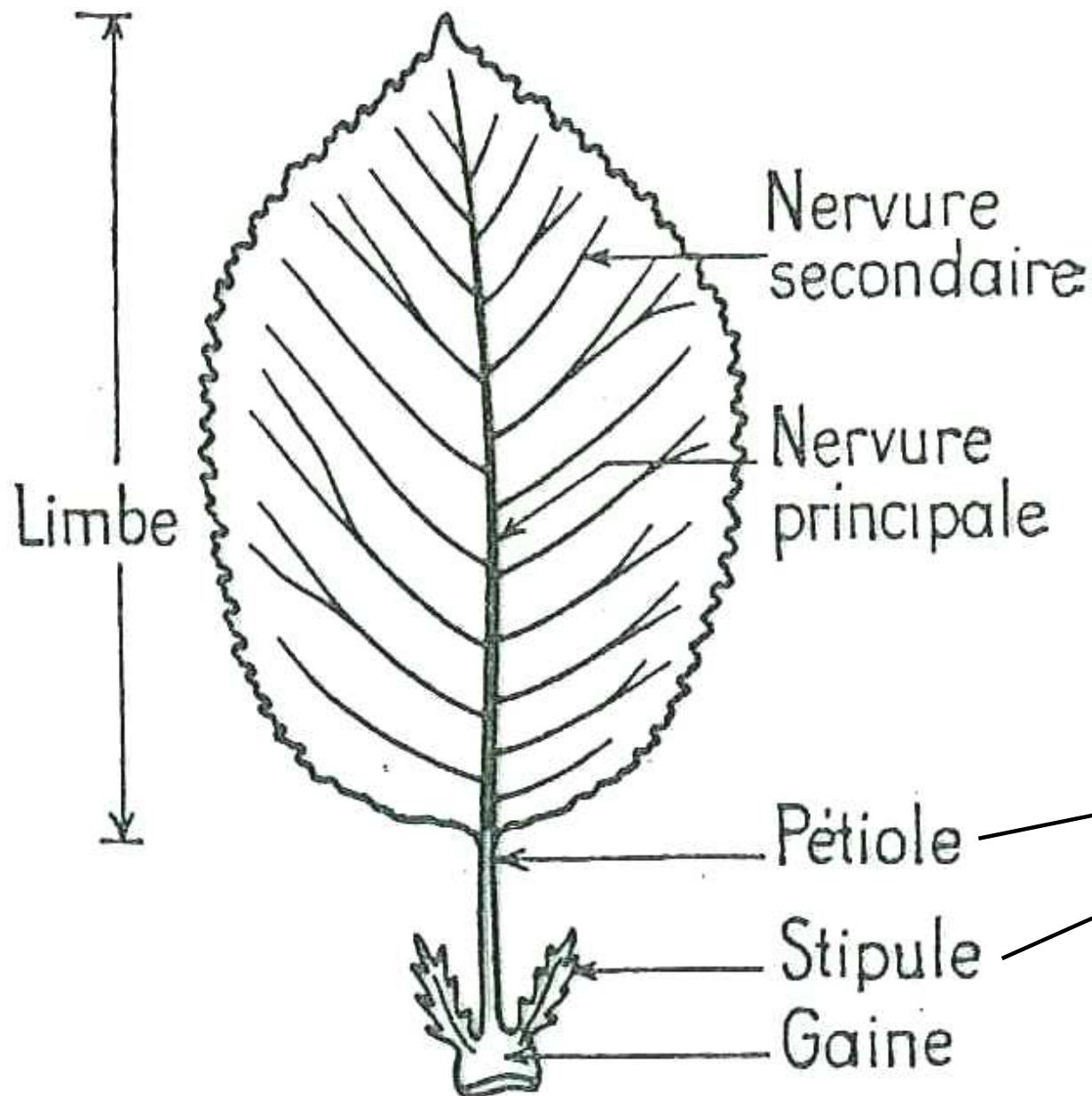
Tiges des Cactacées



Copy rights: © palmboh
<http://www.garden.com/master/palmboh>
Unauthorized Use Prohibited

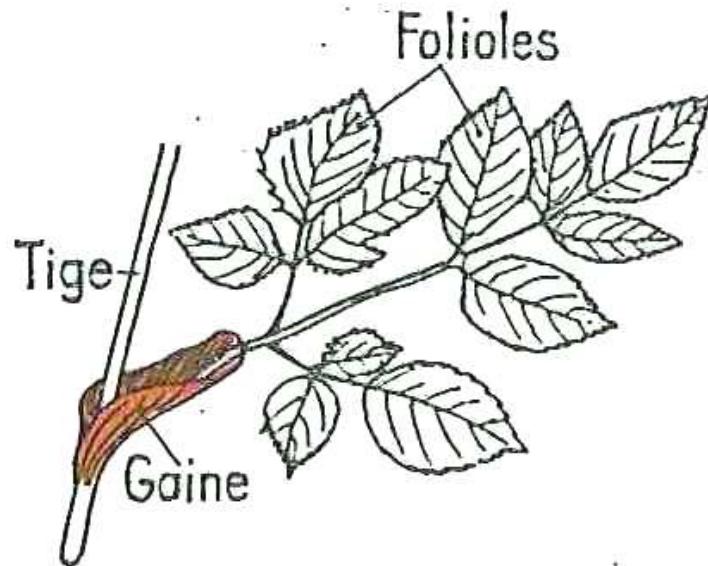
LA FEUILLE

Constitution de la feuille

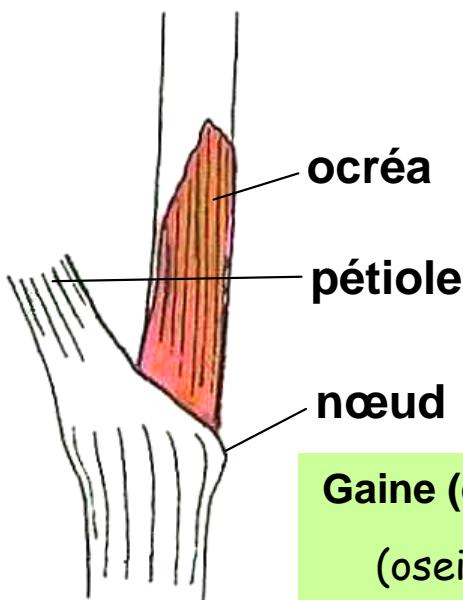


Feuille jeune de prunier
(Rosacées)

LA FEUILLE

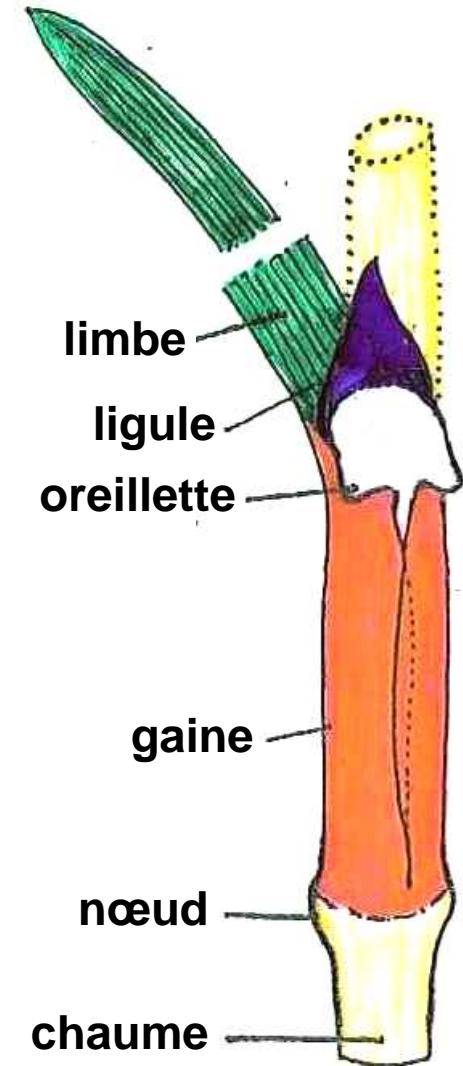


Gaine de la feuille des Apiacées
(carotte, persil, céleri, fenouil, ...)



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

La gaine



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



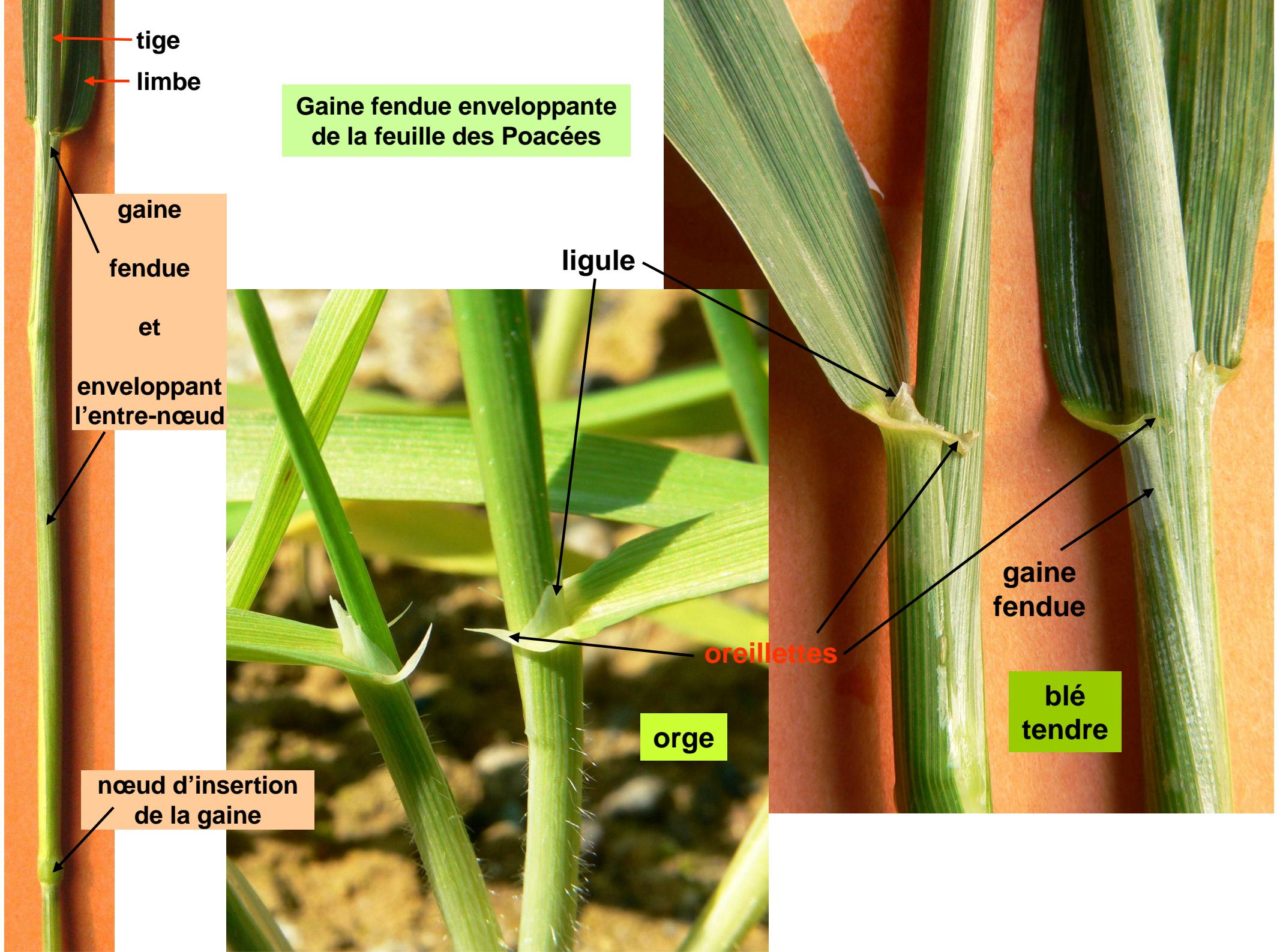
Gaine de la feuille
des Apiacées
(angélique)



La gaine

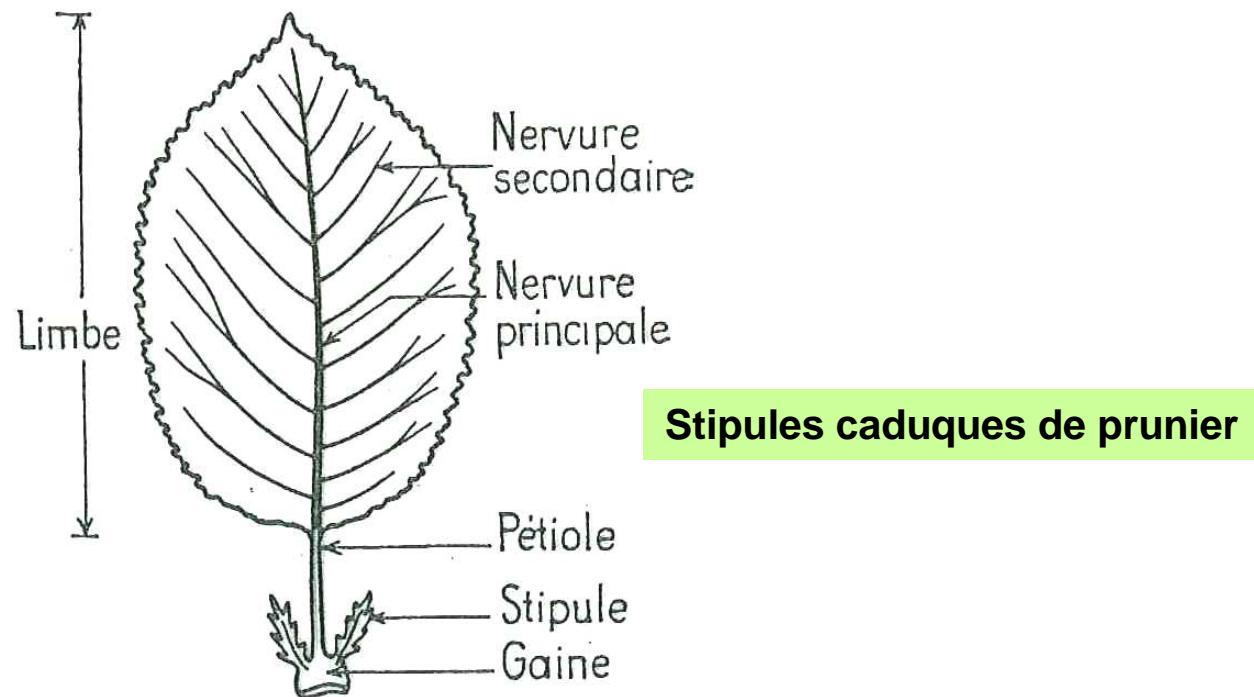


Gaine (ocréa) de la
feuille des
Polygonacées
(oseille)

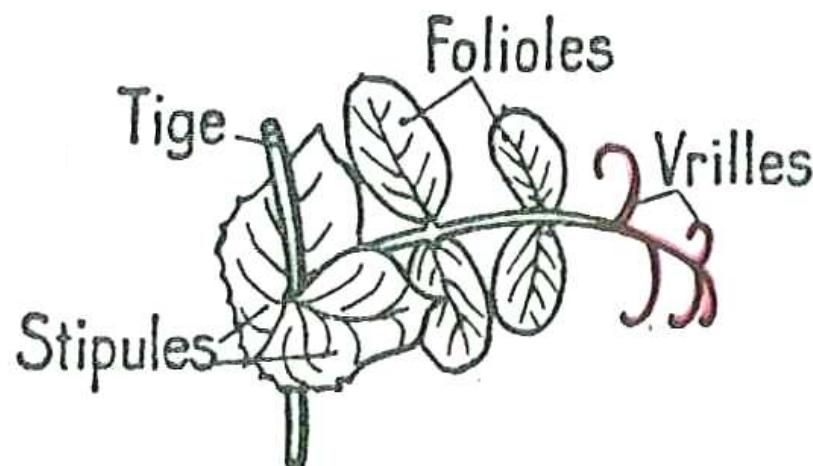


LA FEUILLE

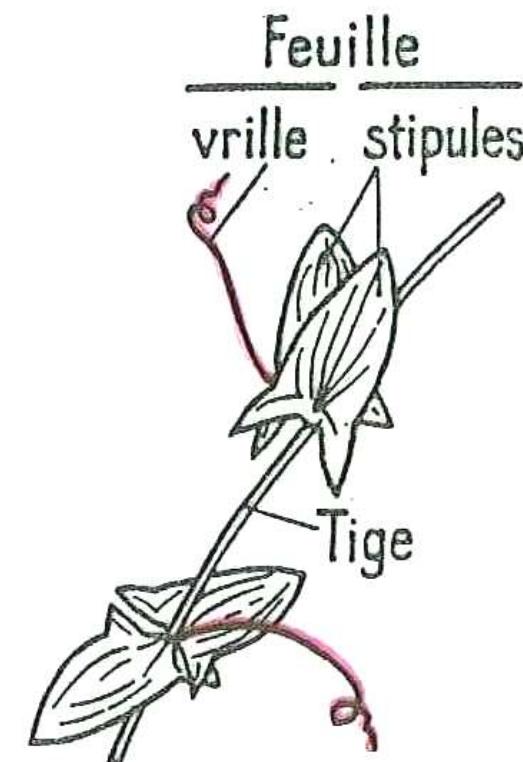
Les stipules



Stipules caduques de prunier



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



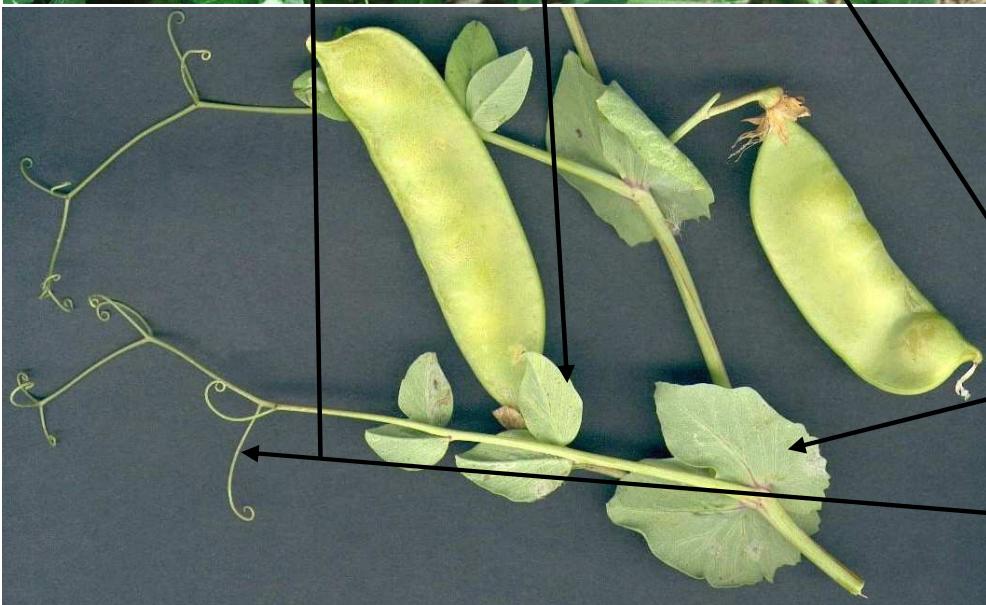
pois, forme classique à limbe développé

Les stipules



folioles du limbe

pois, forme à limbe réduit à la vrille

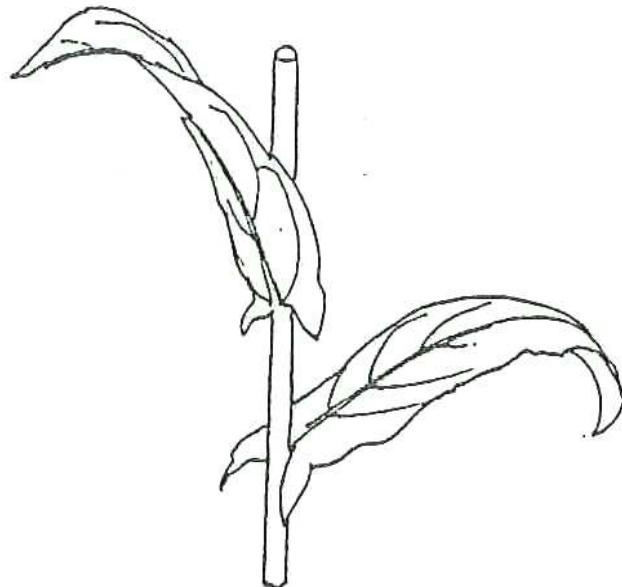


stipules

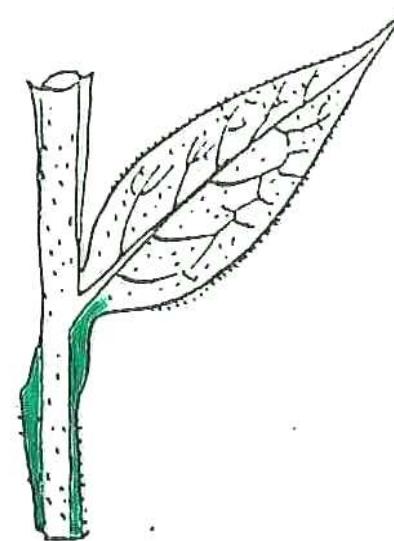
vrille

LA FEUILLE

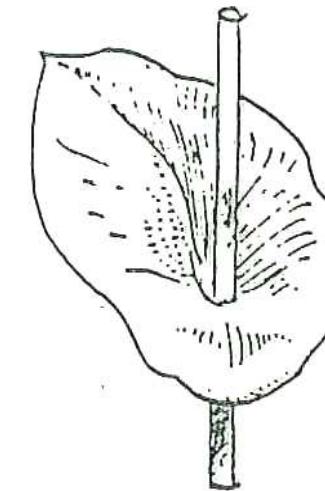
Feuilles sessiles



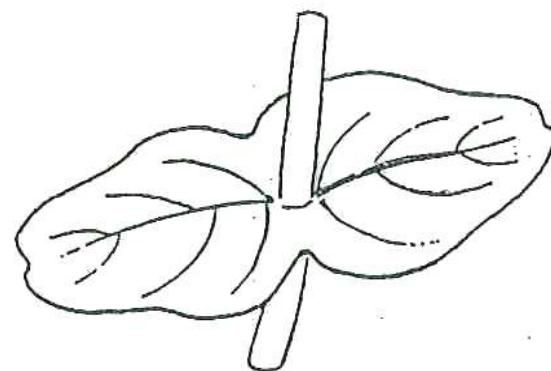
embrassante



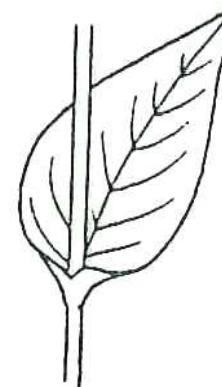
décurente



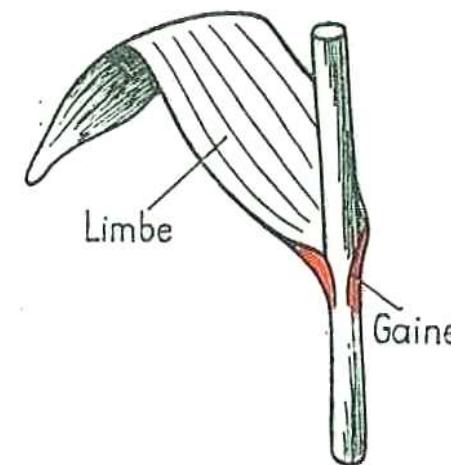
perfoliée



connée



amplexicaule

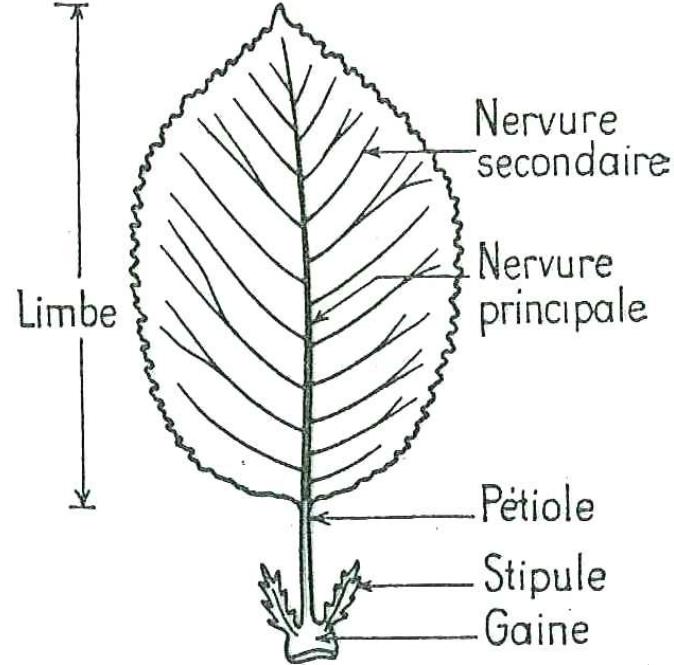


engainante

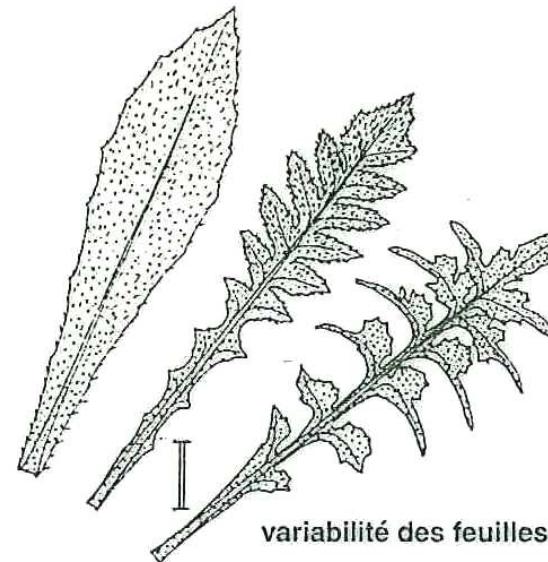
LA FEUILLE

Types de limbes

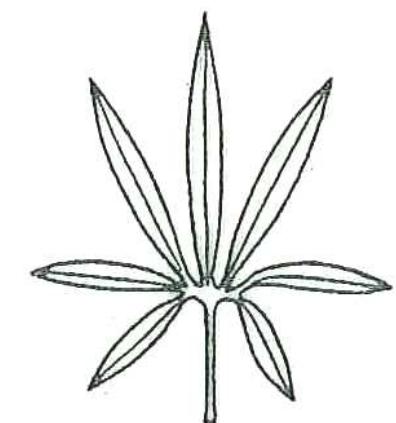
Limbes simples



prunier

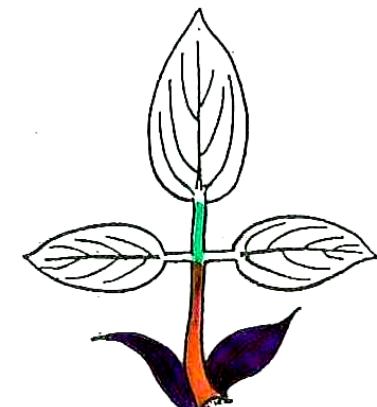


capselle bourse-à-pasteur

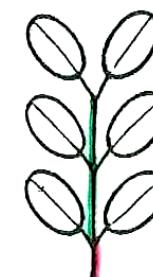


hellébore fétide

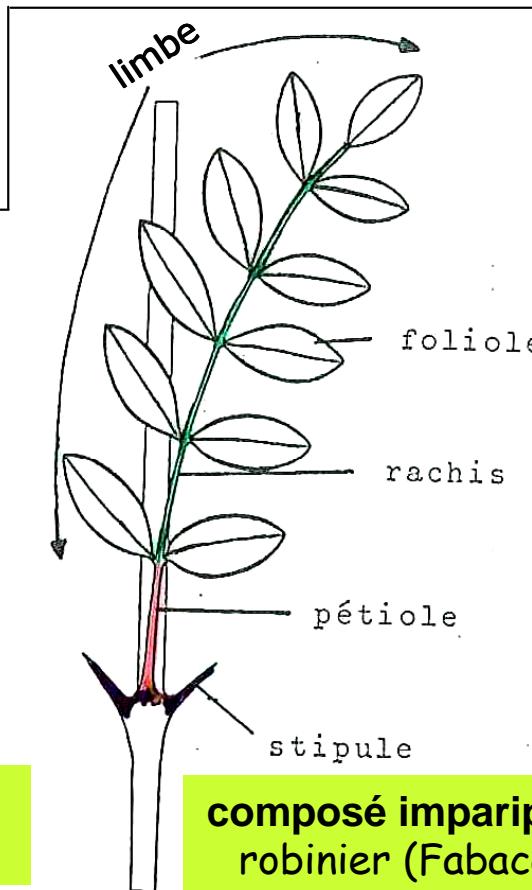
Limbes composés



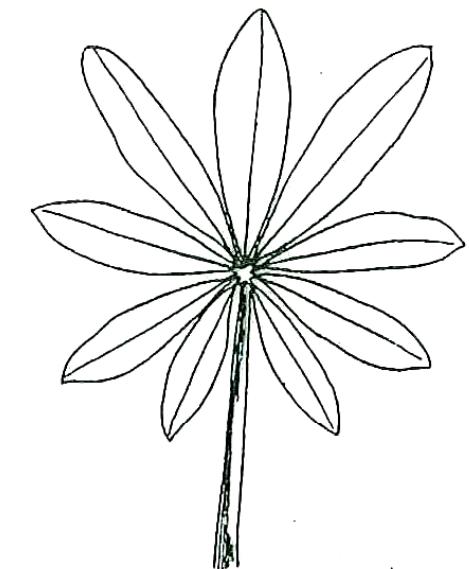
composé trifoliolé
trèfle - Fabacées



composé paripenné



composé imparipenné
robinier (Fabacées)



composé palmé
lupin (Fabacées)

Types de limbes

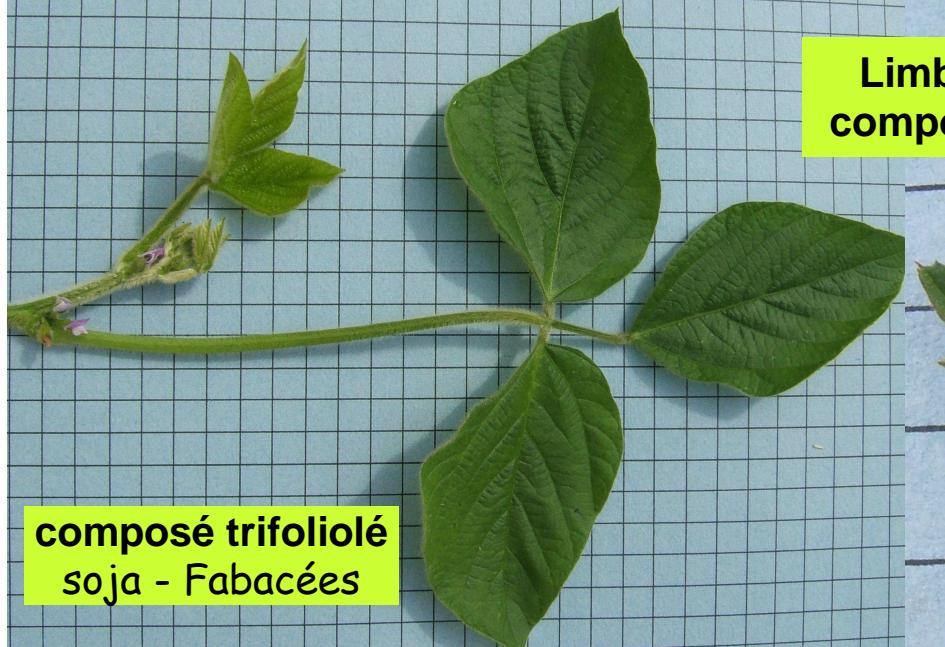
limbe composé : robinier

limbes simples

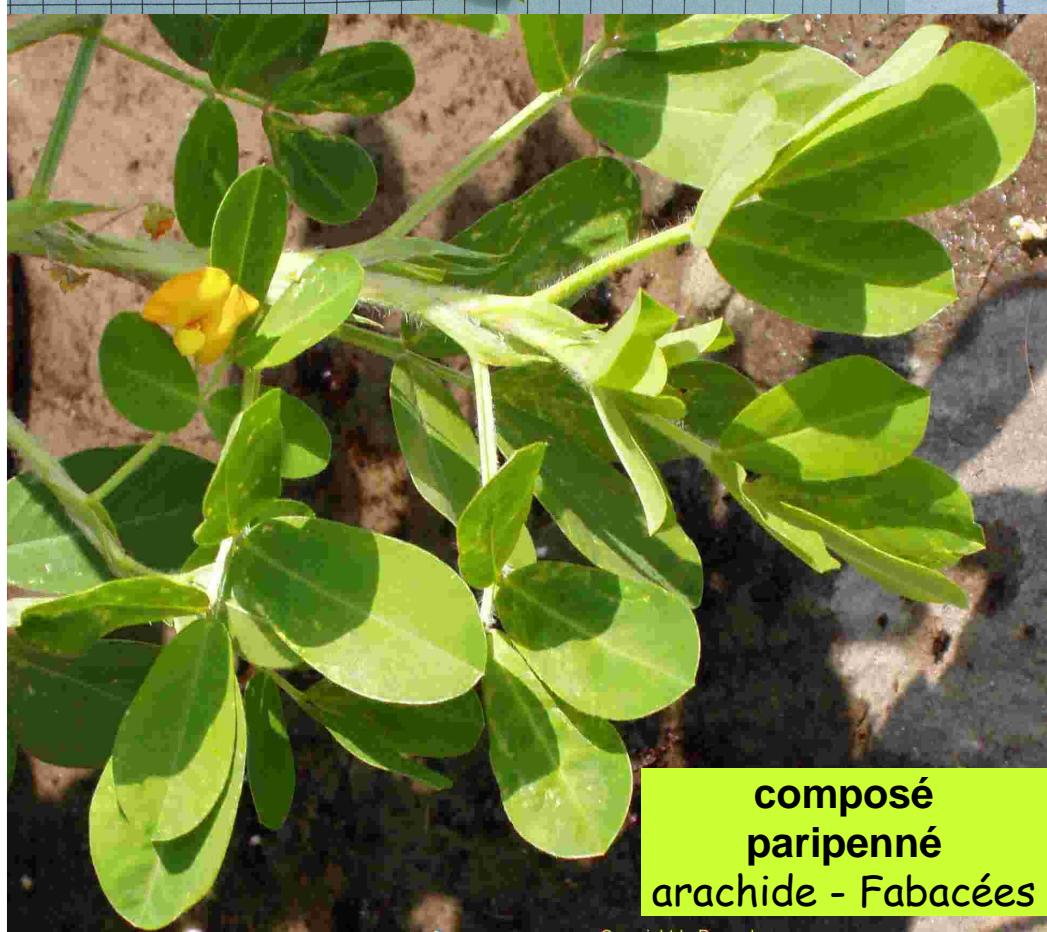
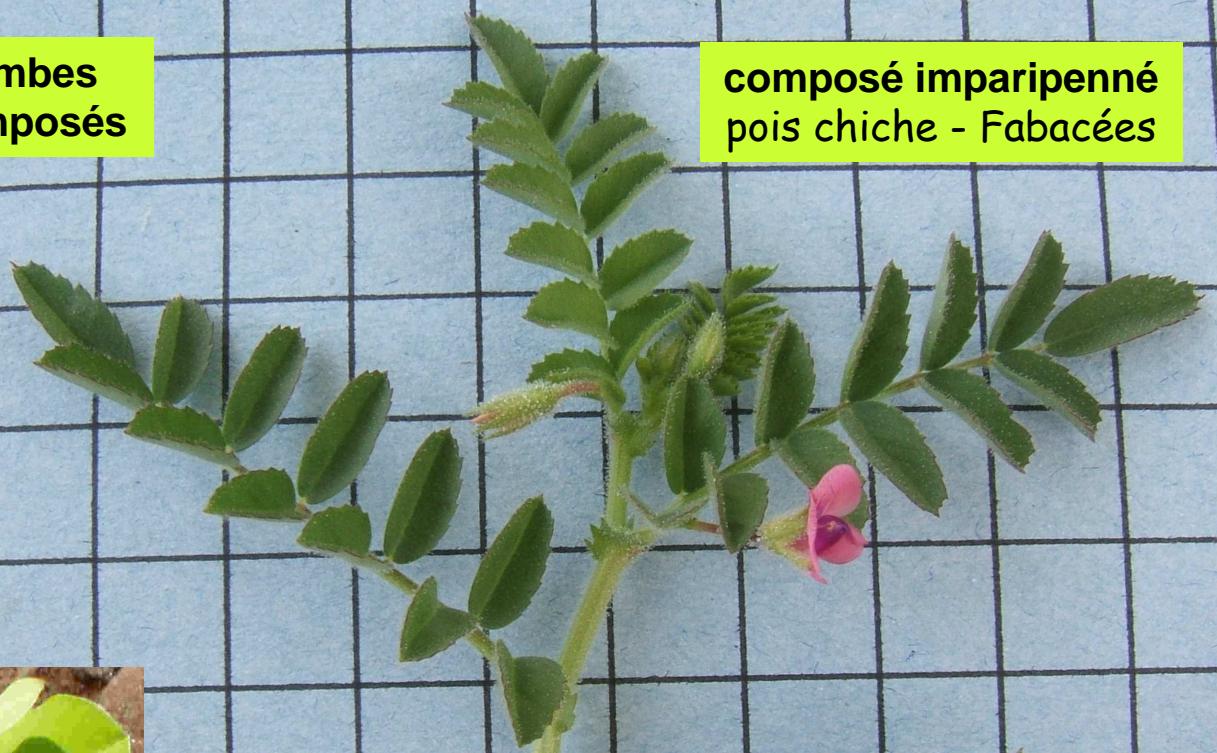
limbe avec folioles en place

chute des folioles





Limbes
composés



LA FEUILLE

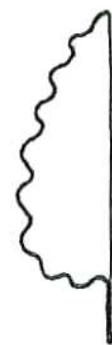
Formes du bord du limbe



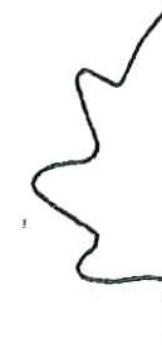
entier



ondulé
(sinué)



crénelé



lobé



denté



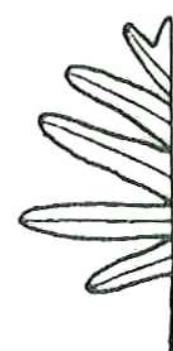
denticulé



pennatifide



pennatipartite



pennatisqué



palmatifide



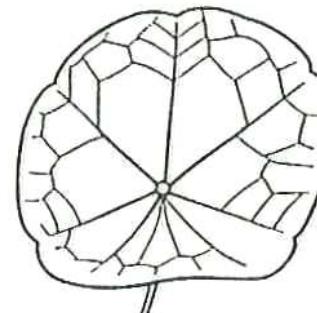
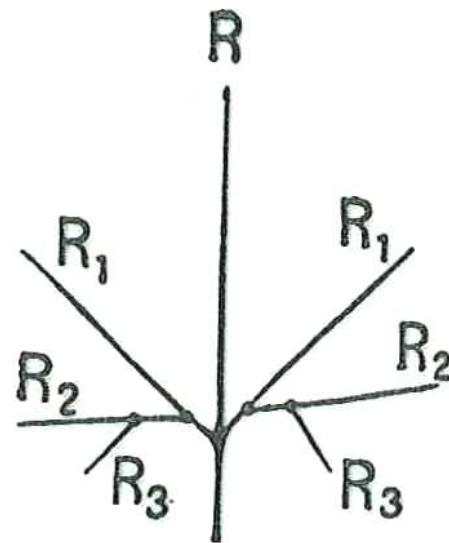
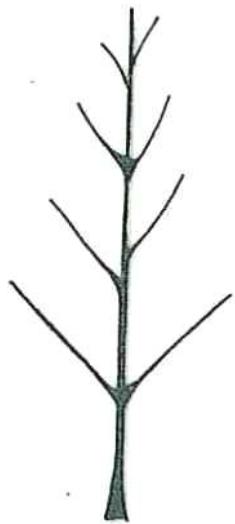
pennatipartite



palmatisqué

LA FEUILLE

La nervation

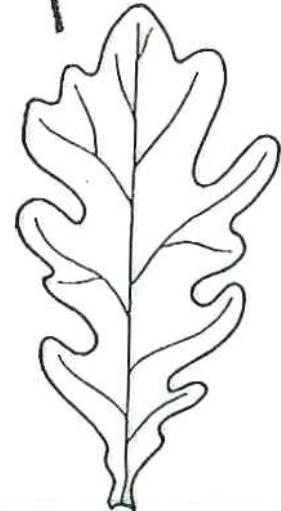


peltée
(Capucine)

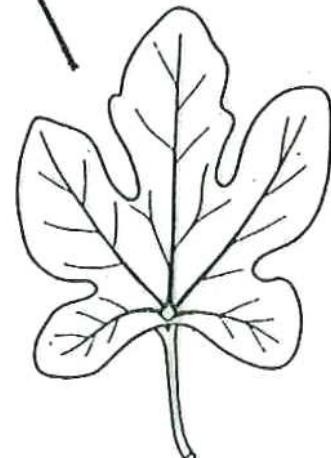


parallèle
(Monocotylédones)

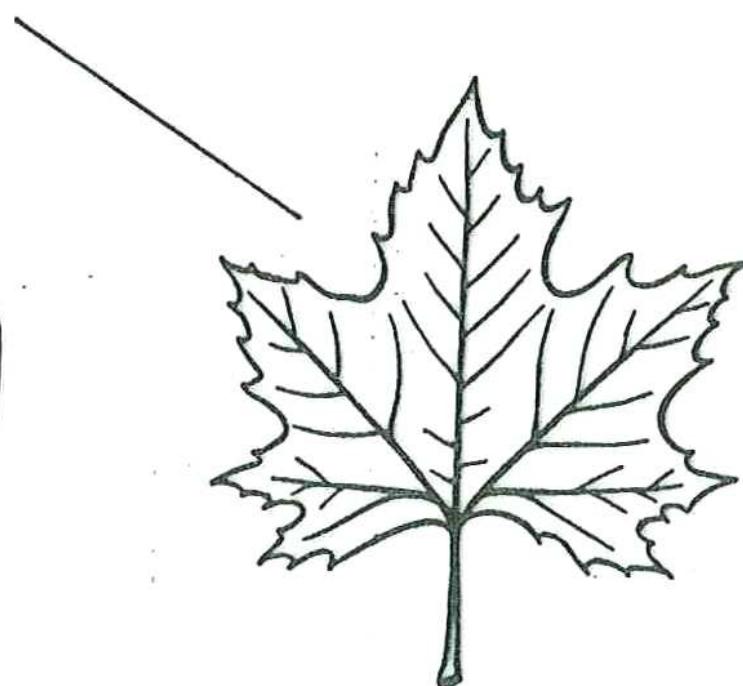
pennée



palmée



pédalée



Chêne (*Quercus sp.*)

Figuier (*Ficus carica*)

Platane (*Platanus sp.*)

La nervation des Dicotylédones



pennée
chêne



palmée
figuier



pédalée
platane

La nervation parallèle des Monocotylédones



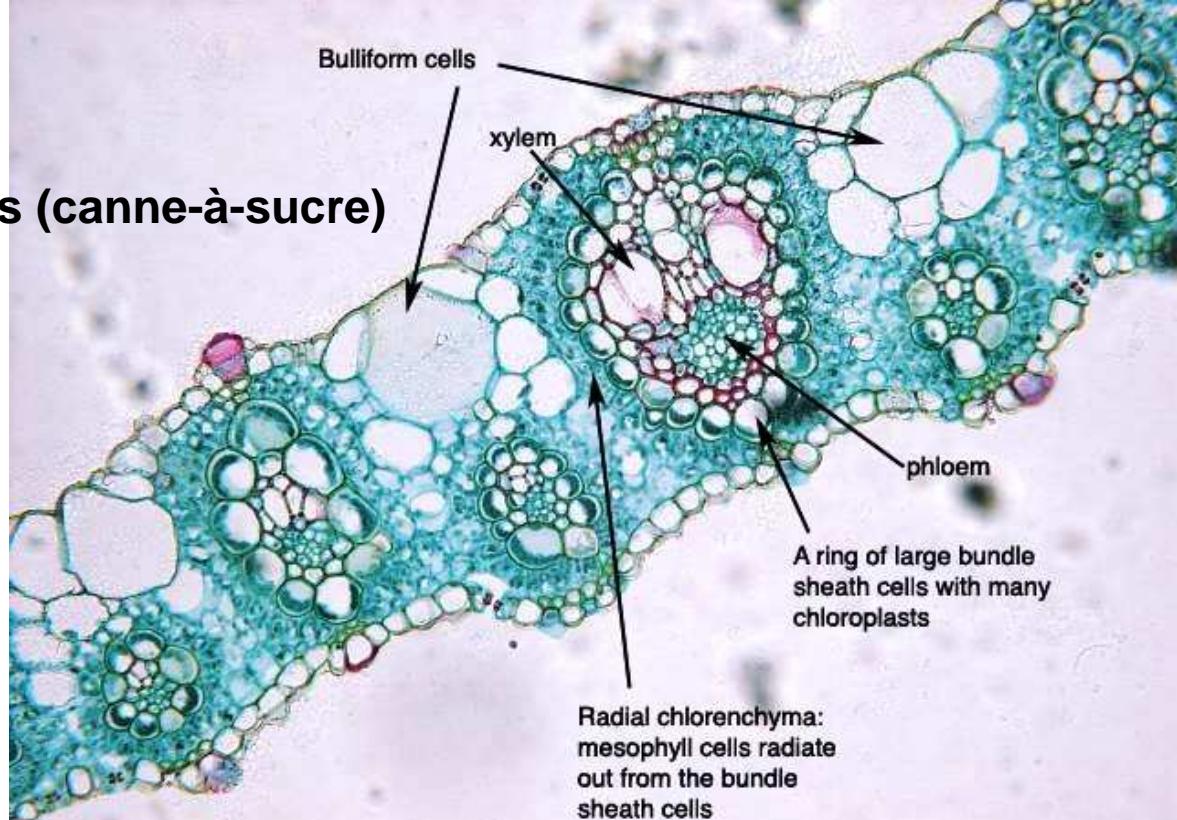
poireau



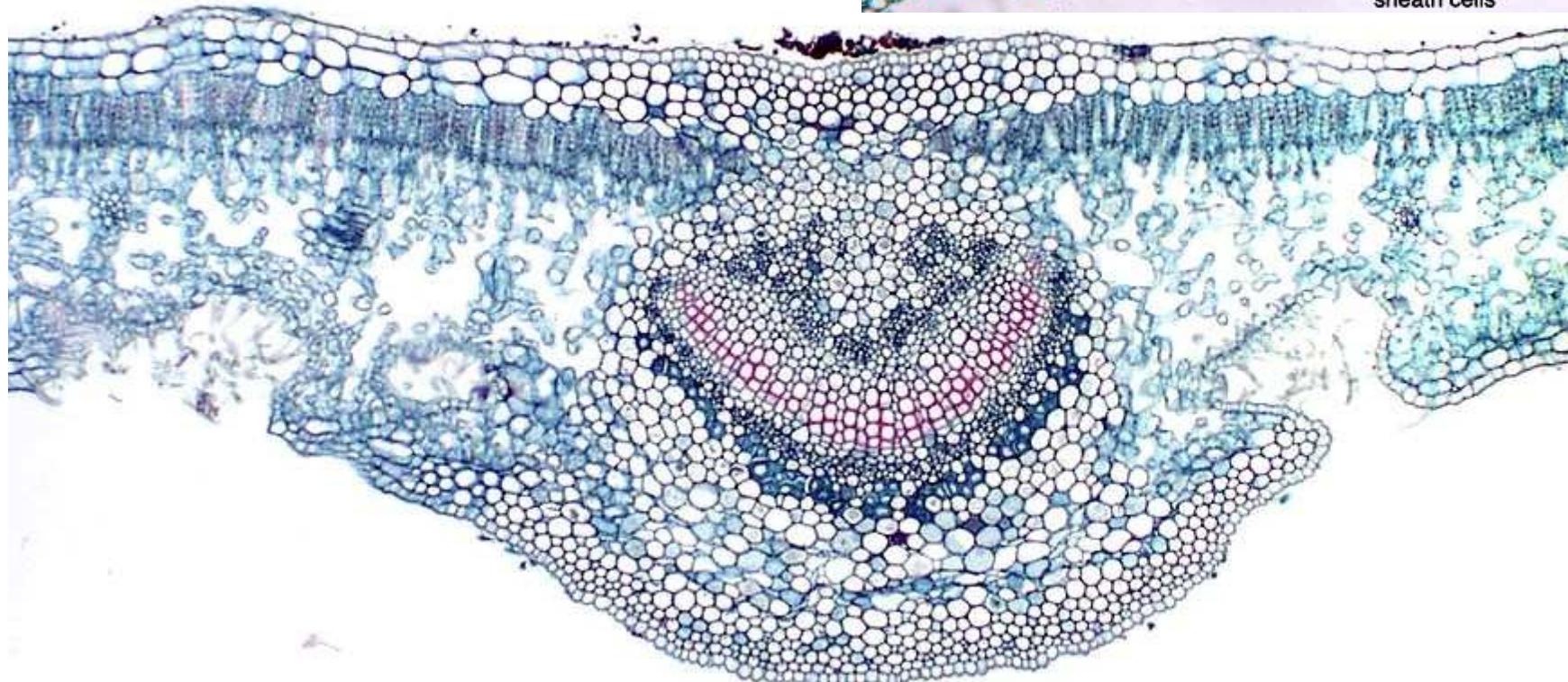
maïs

Anatomie de la feuille

Monocotylédones (canne-à-sucre)



Dicotylédones (laurier-rose)



LA FEUILLE



Feuilles des Gymnospermes

en écailles appliquées sur le rameau

cyprès

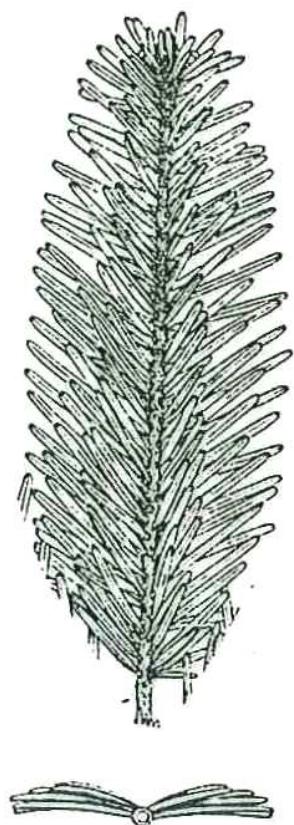


thuya

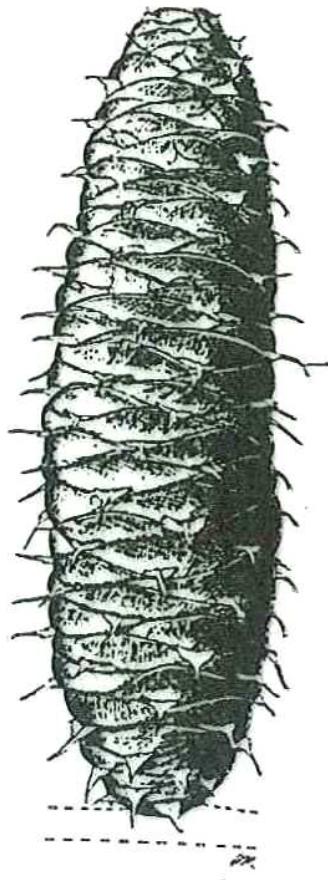
LA FEUILLE

Feuilles des Gymnospermes

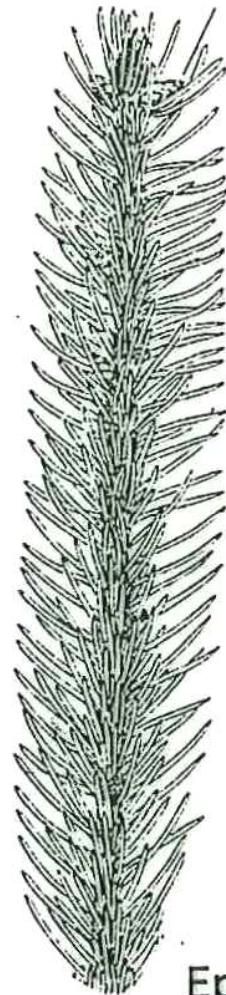
en aiguilles isolées autour du rameau



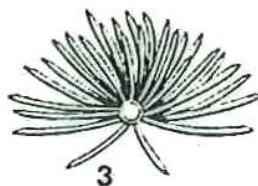
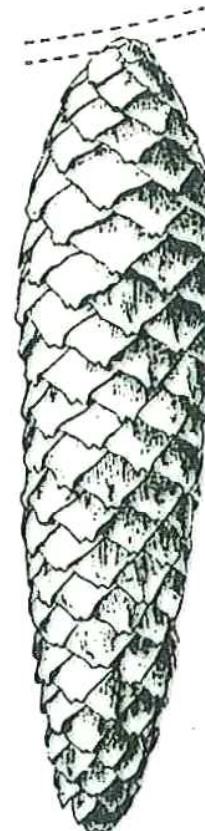
Sapin pectiné



Douglas



Epicéa commun



Feuilles des Gymnospermes

en aiguilles isolées autour du rameau

sapin



épicéa



LA FEUILLE

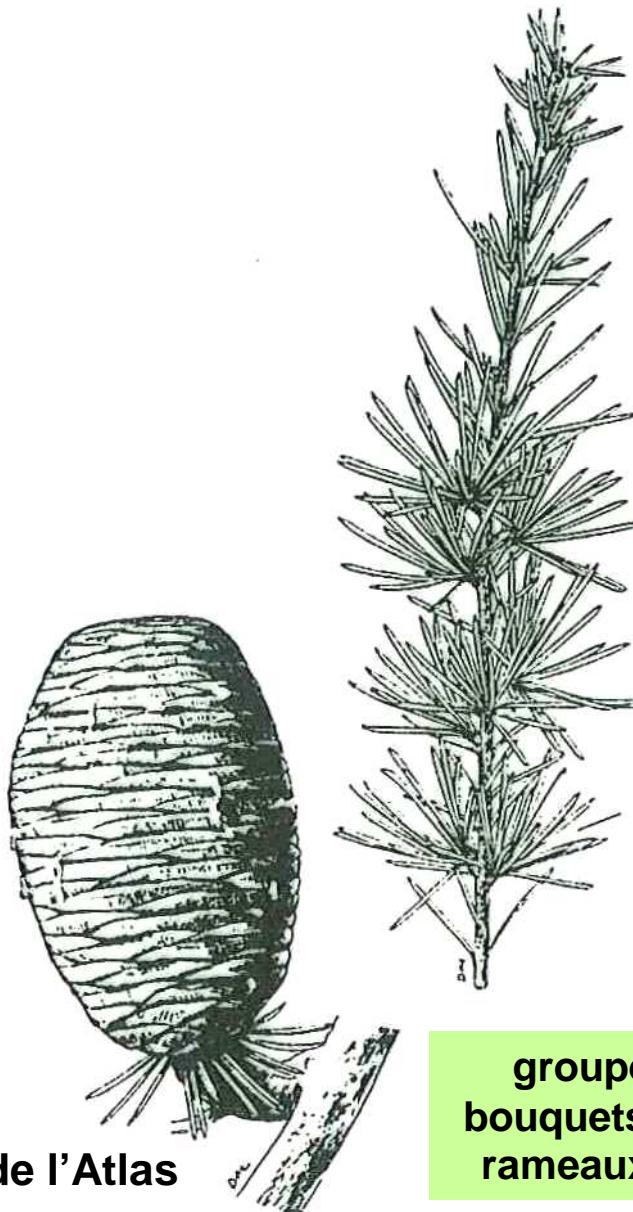
Feuilles des Gymnospermes :
feuilles en aiguilles



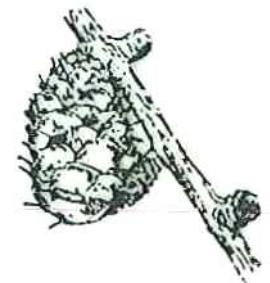
Pin sylvestre

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

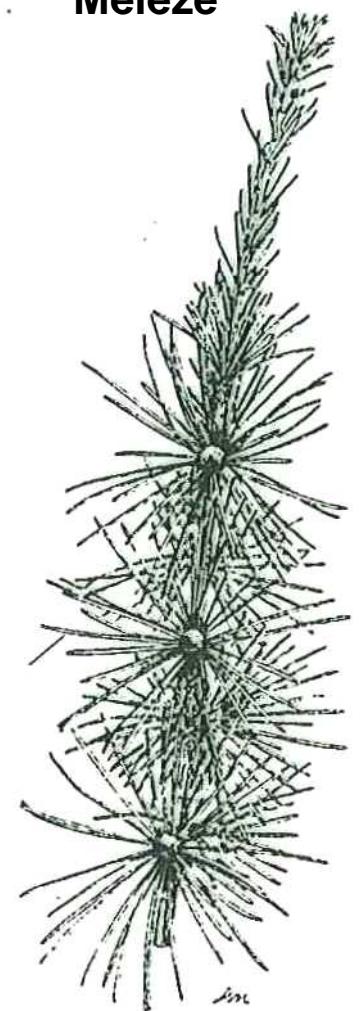
Cèdre de l'Atlas



groupées en
bouquets sur des
rameaux courts



Mélèze

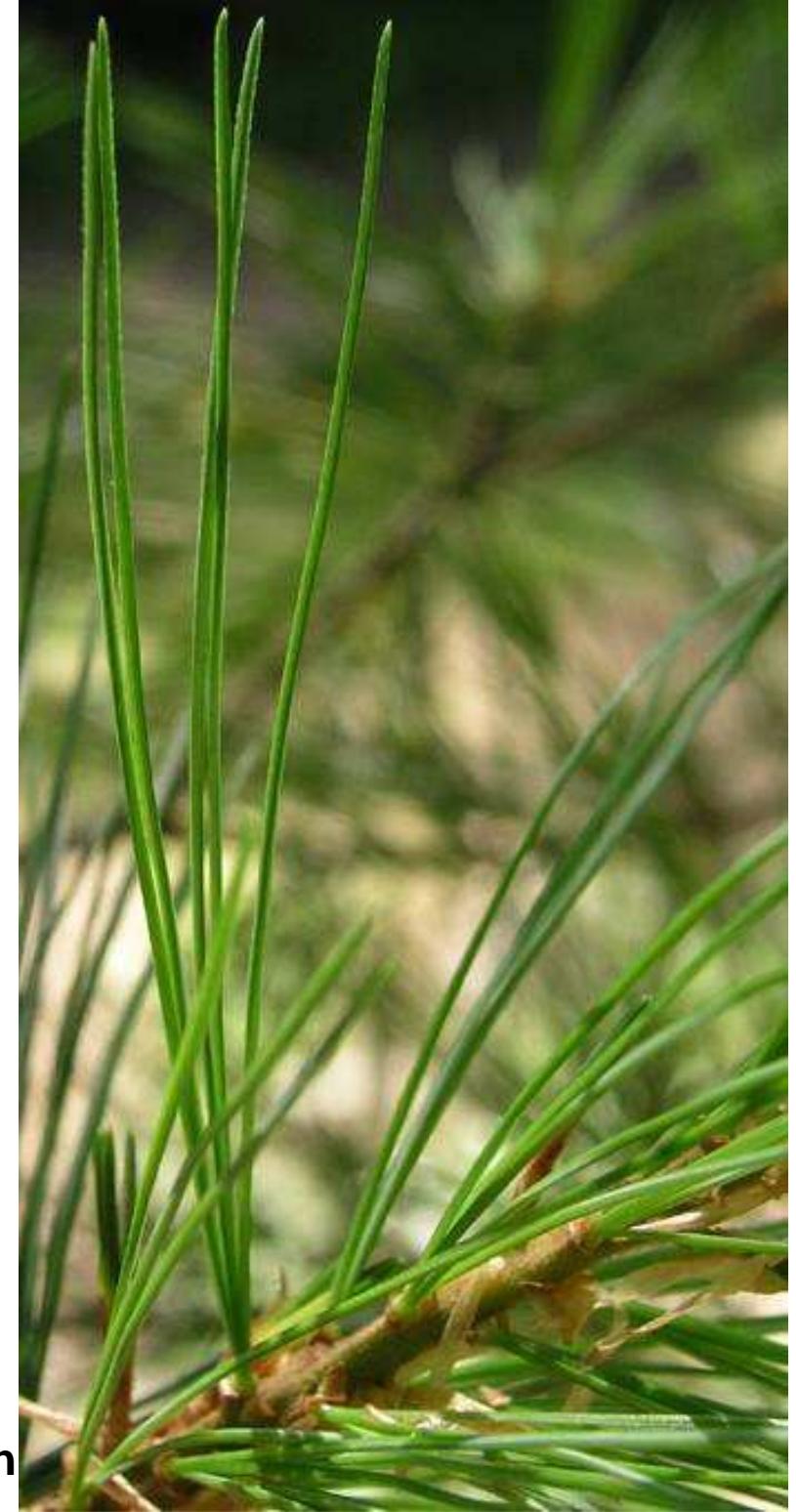


**Feuilles des Gymnospermes :
feuilles en aiguilles**

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

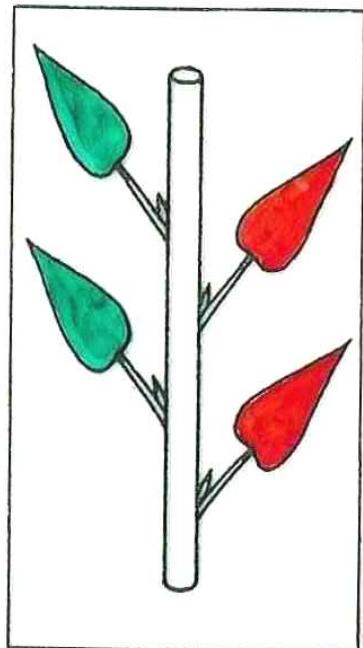


mélèze

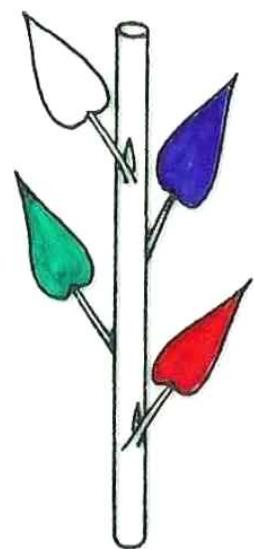


LA FEUILLE

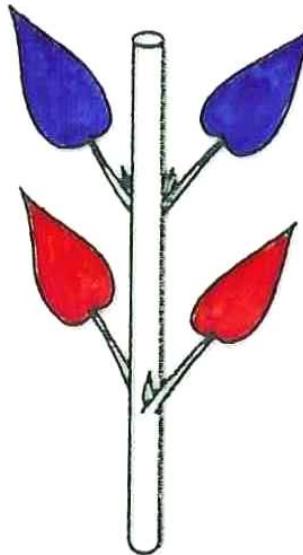
Disposition des feuilles



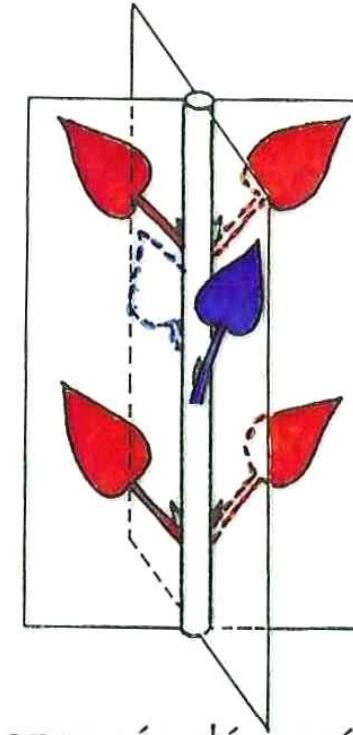
alterne distique



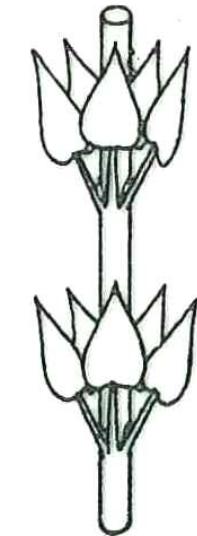
alterne
hélicoïdale



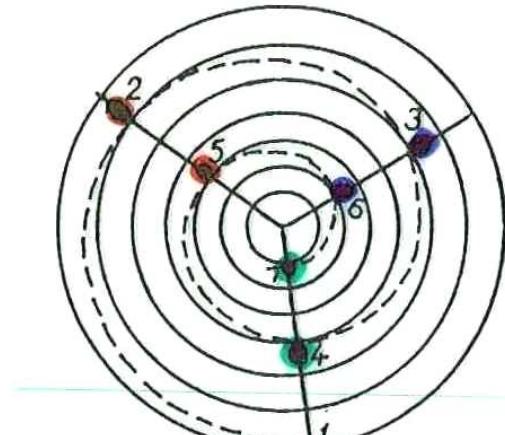
opposée



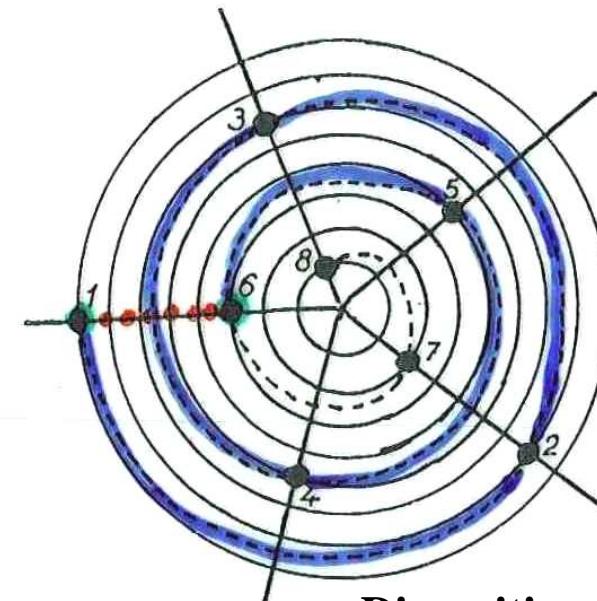
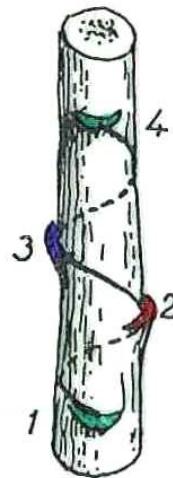
opposée décussée



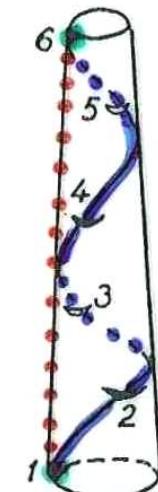
verticillée



Disposition alterne tristique



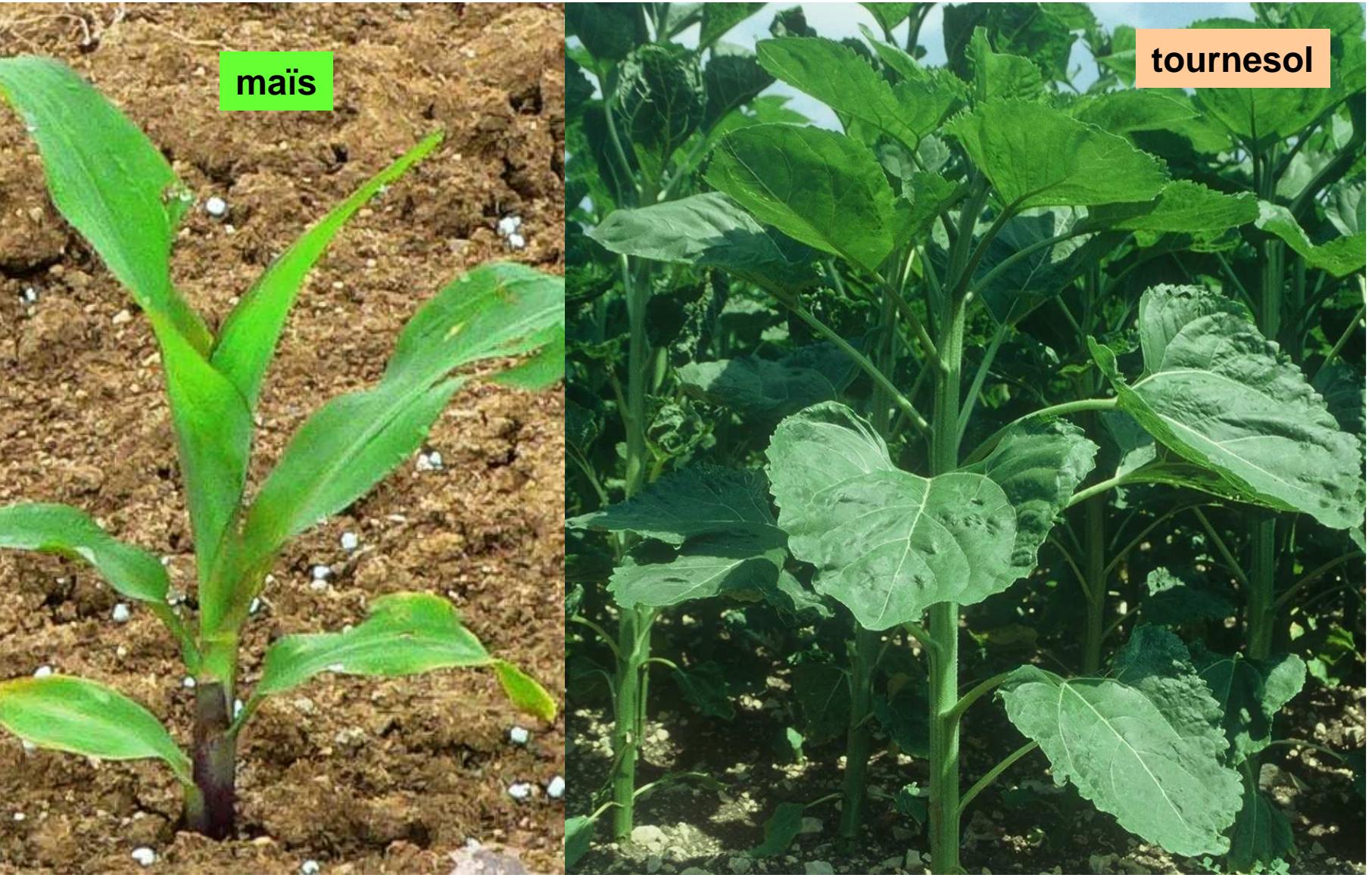
Disposition hélicoïdale sur 5 plans



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



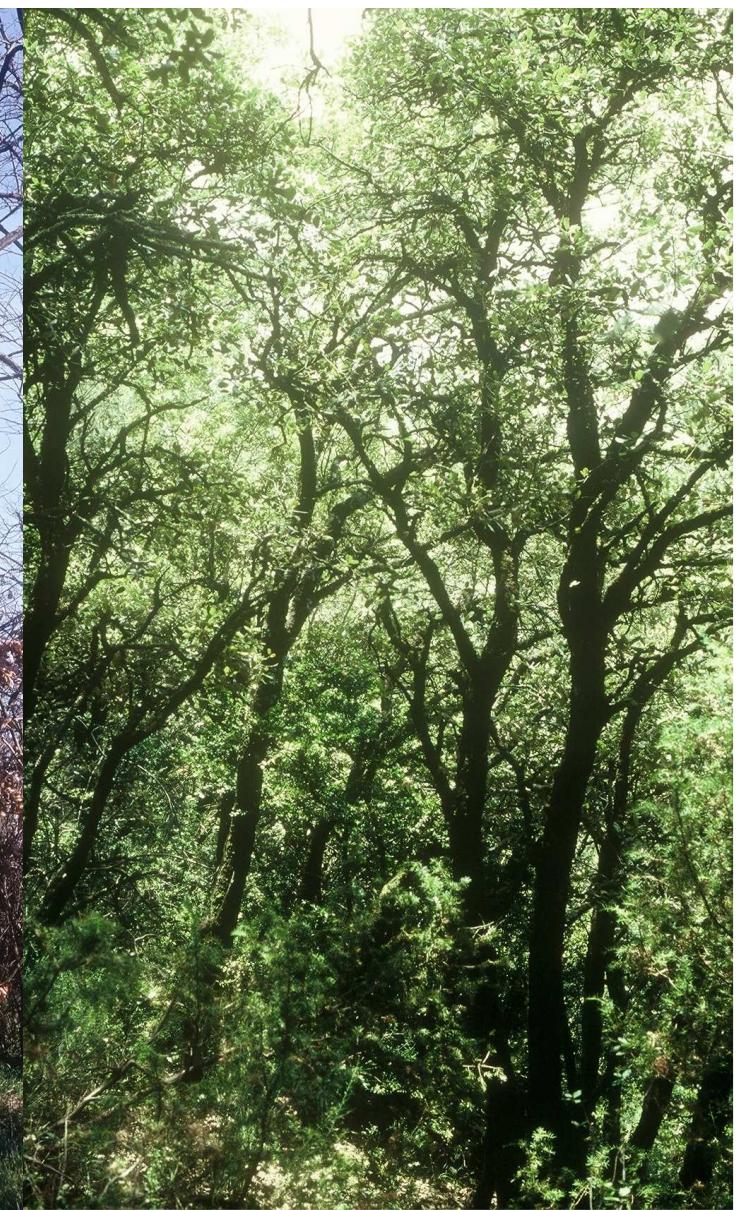
feuilles caduques marscescentes

chêne pubescent

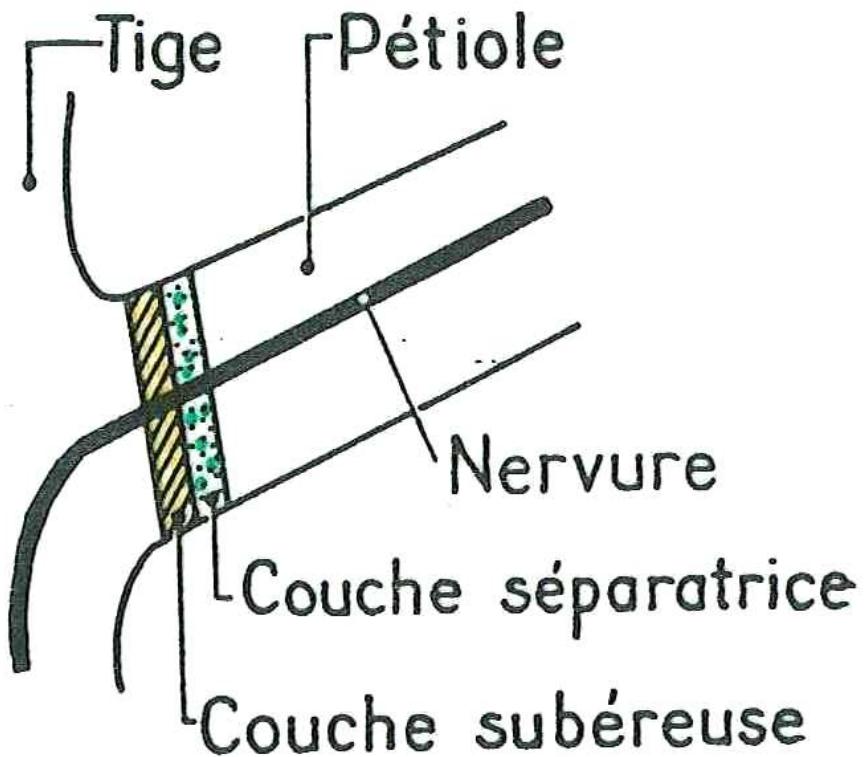


feuilles persistantes

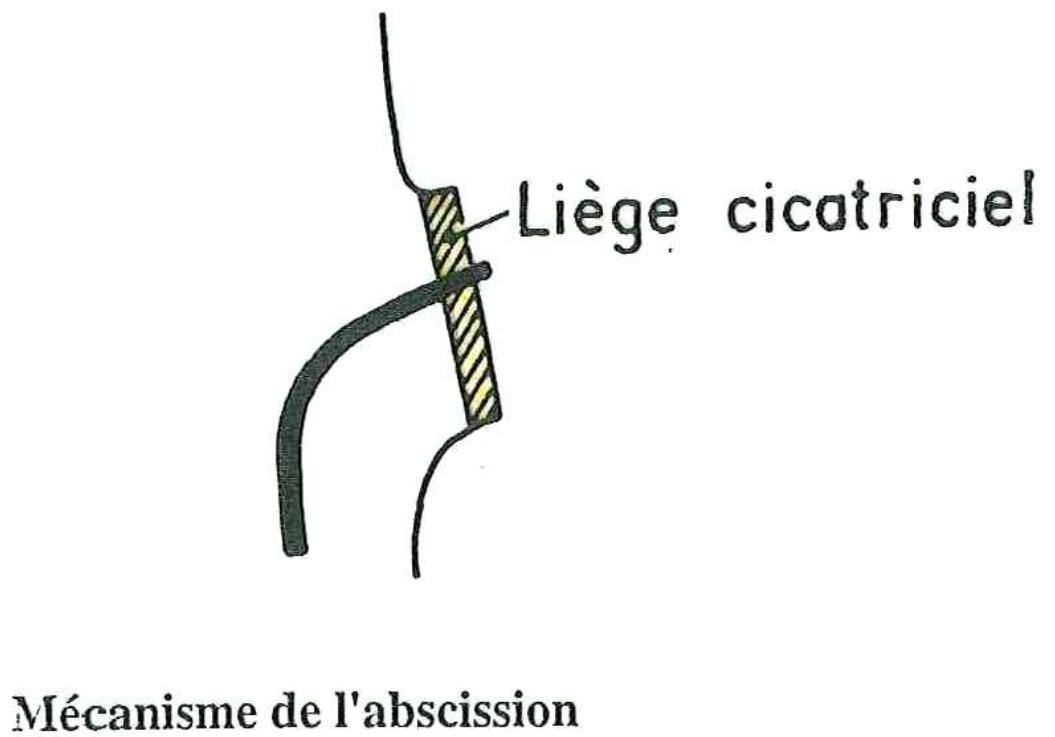
chêne vert



LA FEUILLE



La chute des feuilles



La chute des feuilles

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

