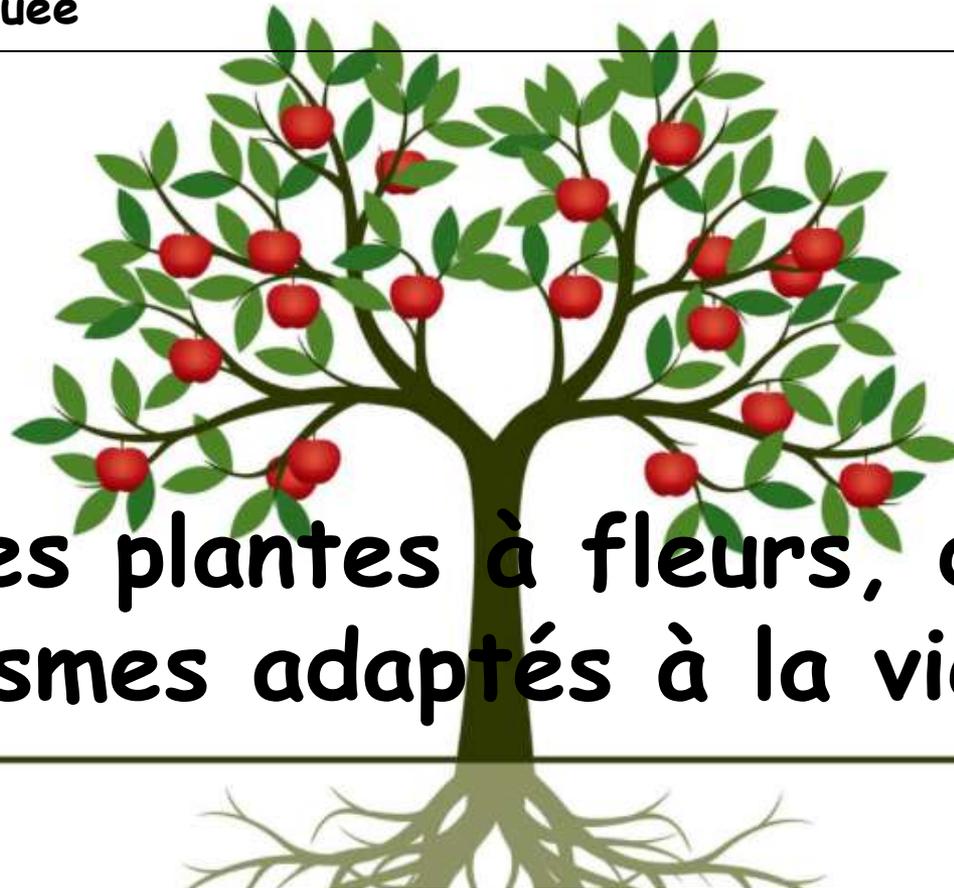


Thème : Enjeux planétaires contemporains - De la plante sauvage à la plante domestiquée



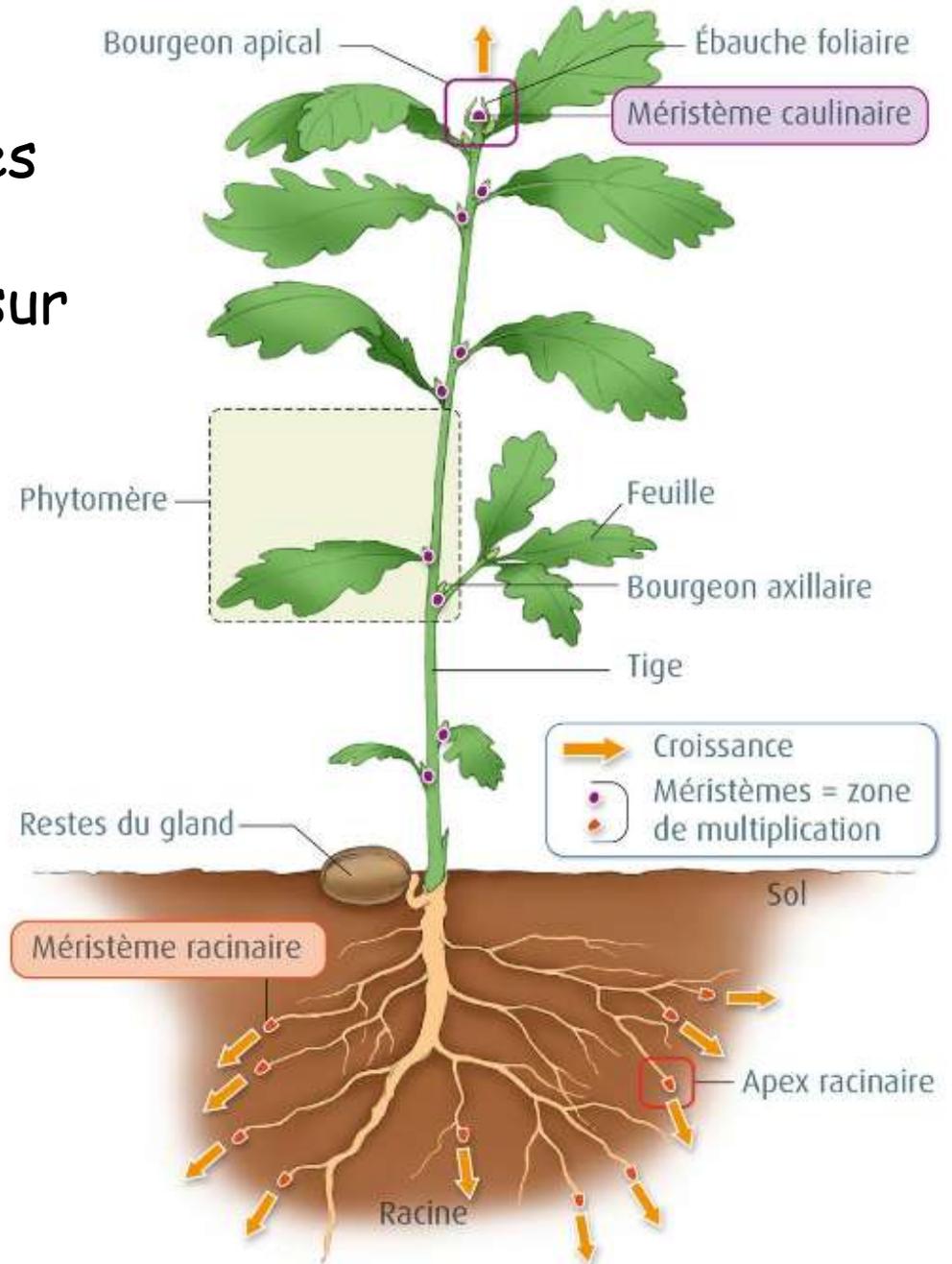
Les plantes à fleurs, des organismes adaptés à la vie fixée

Comment les végétaux peuvent-ils se nourrir, se développer et se reproduire tout en étant fixés ?

II - Mécanismes et contrôle de la croissance

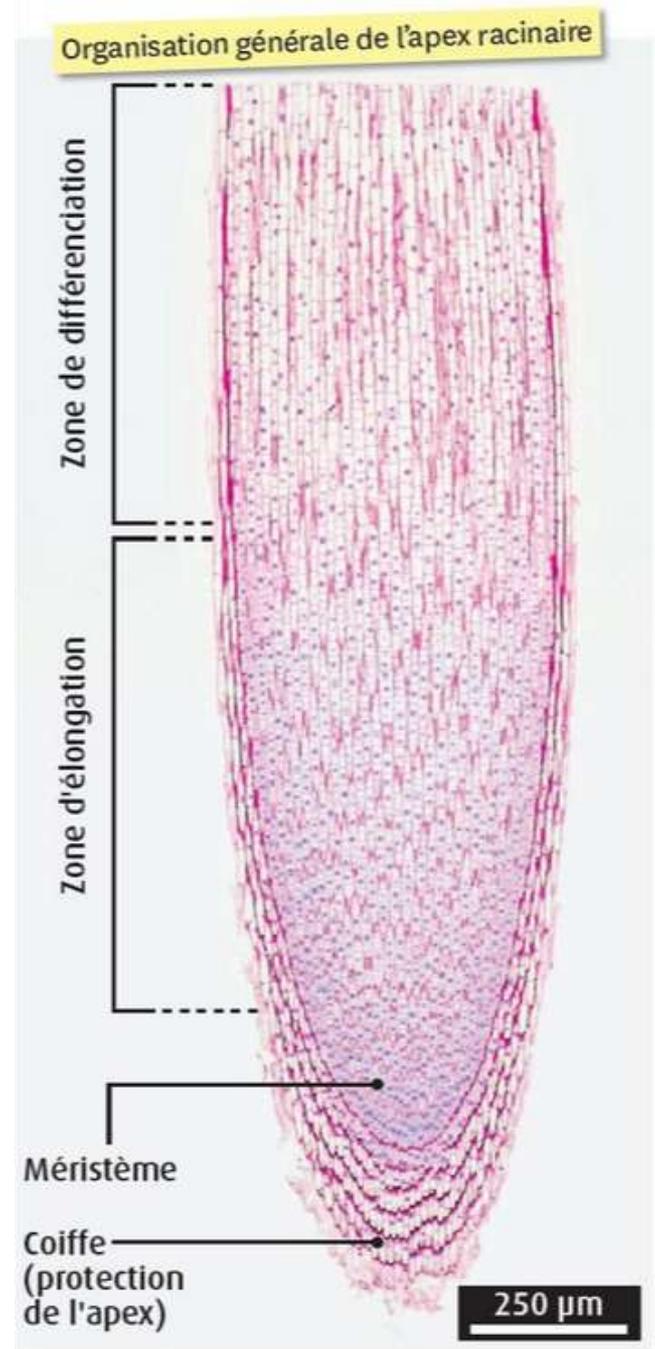
Le développement d'une plante associe croissance (multiplication et élongation cellulaire) et différenciation d'organes à partir de méristèmes. Ce développement est contrôlé par des hormones végétales (auxines par exemple) et influencé par les conditions du milieu.

Localisation schématique des zones de multiplication cellulaire et de croissance sur un jeune plant de chêne.

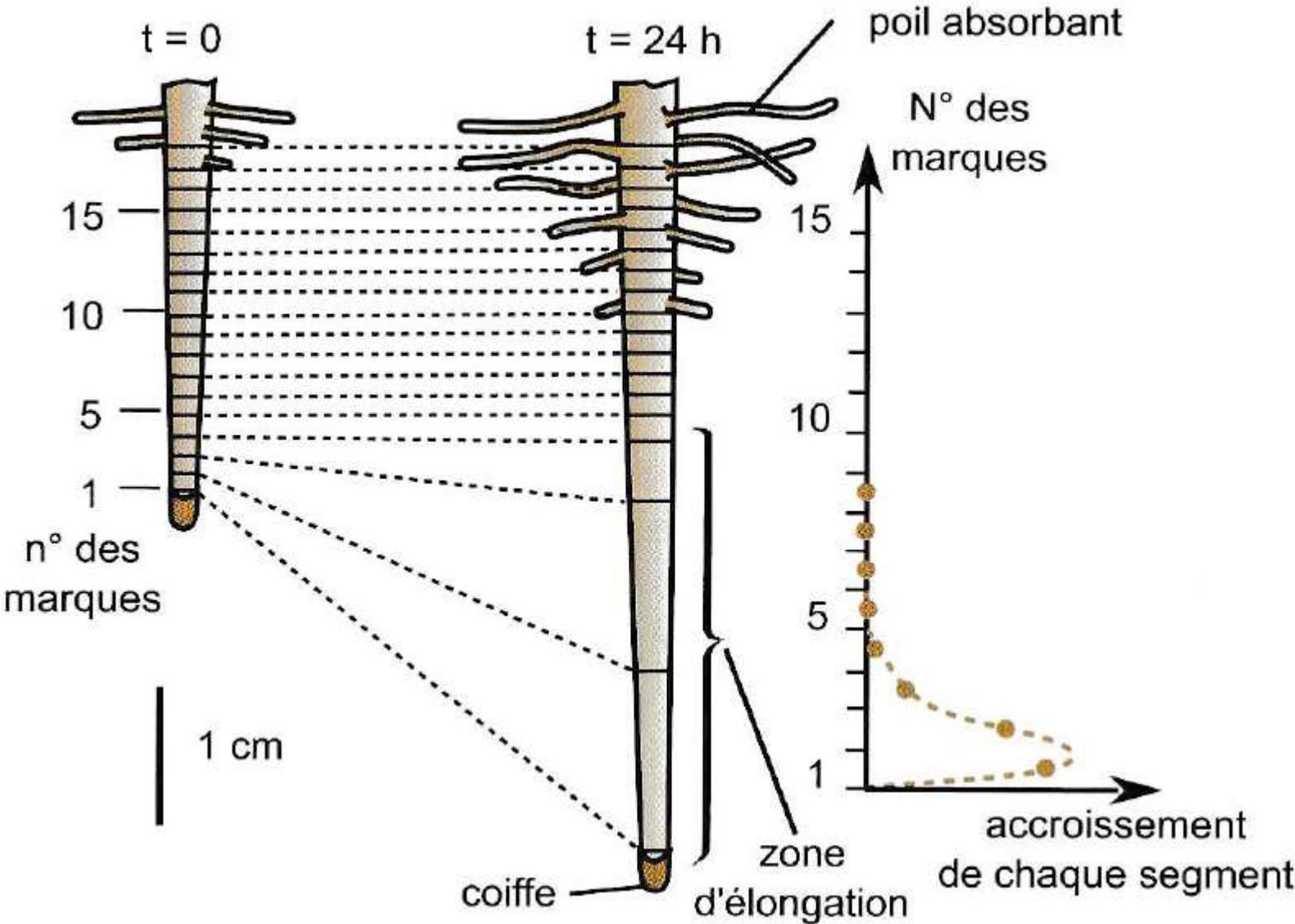


1. La multiplication cellulaire (par mitoses) est localisée au niveau de tissus spécialisés : les méristèmes.

Apex d'une racine de blé observée au microscope optique.

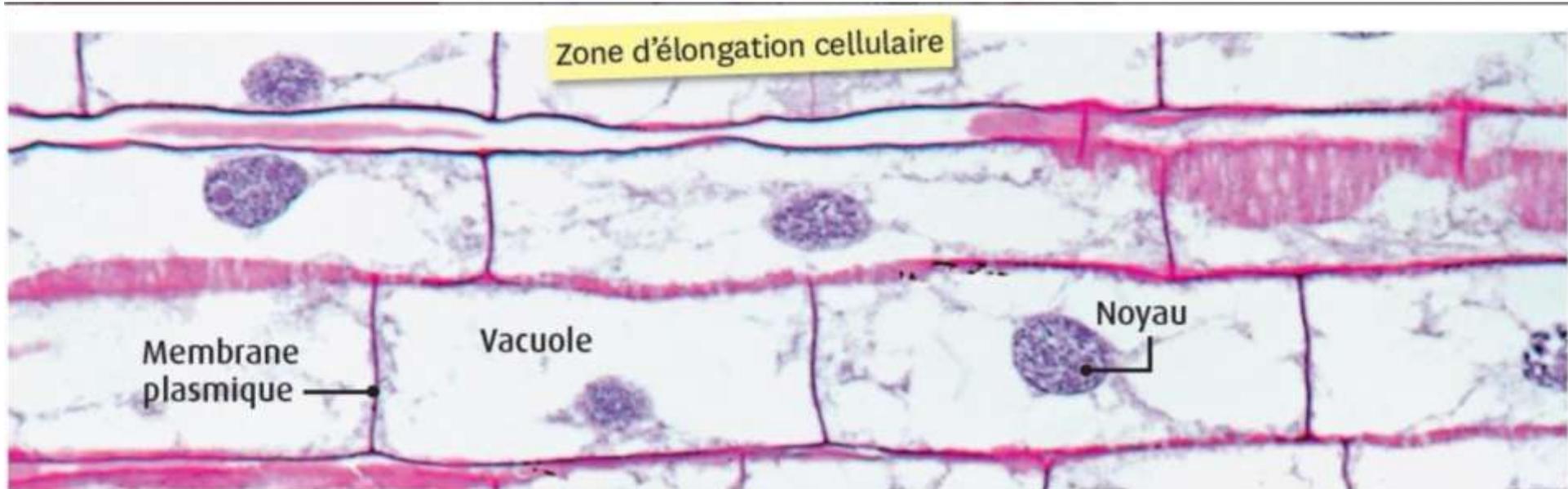
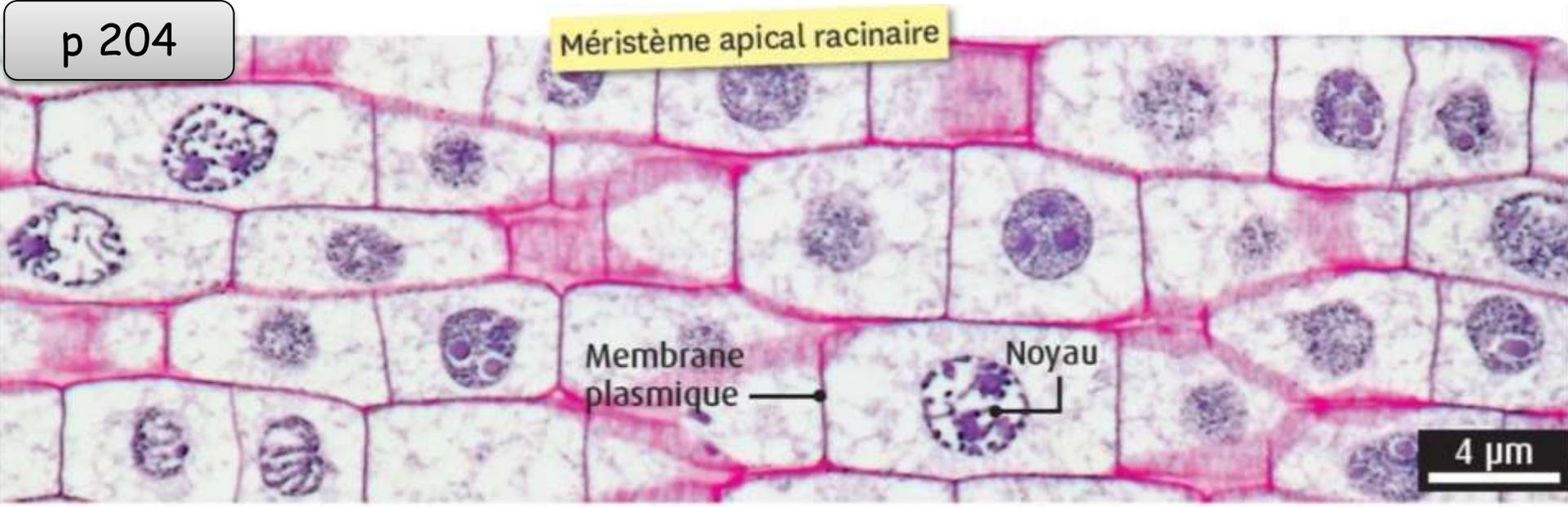


Pourcentage d'élongation racinaire en fonction des niveaux

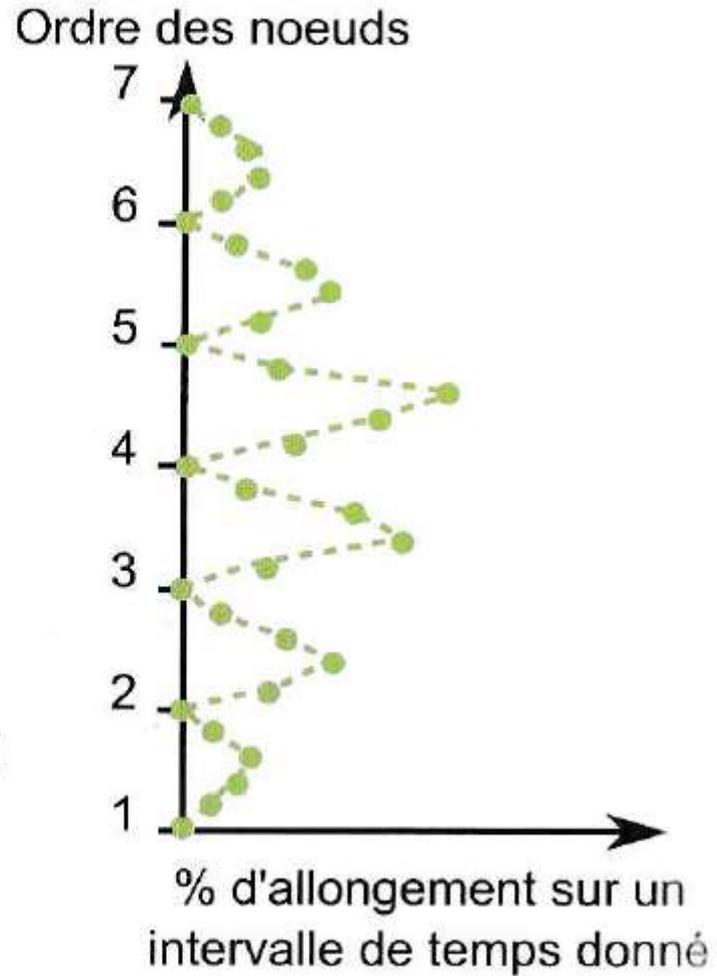
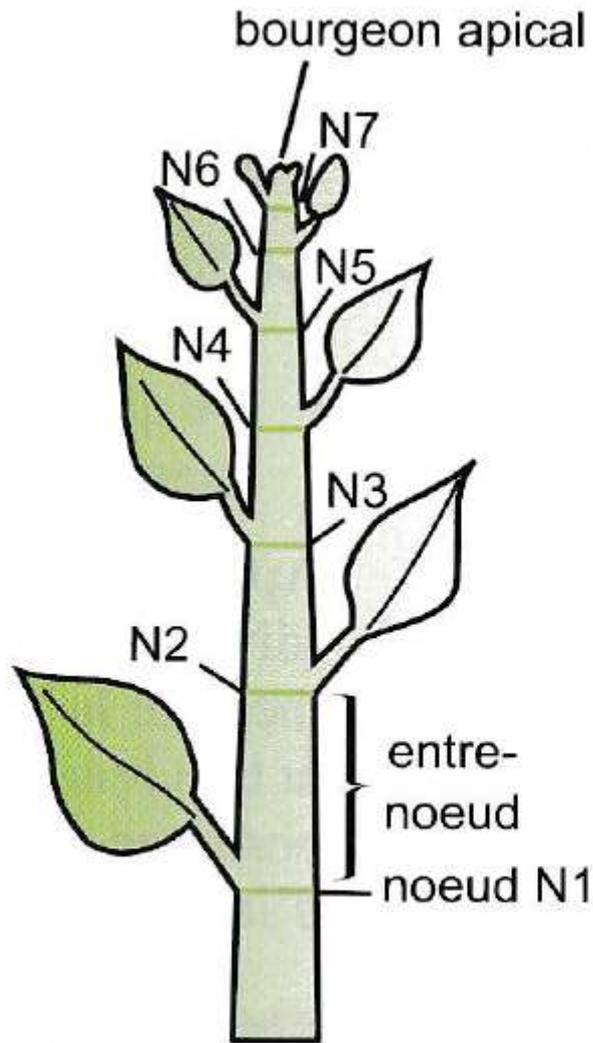


Apex d'une racine de blé observée au microscope optique.

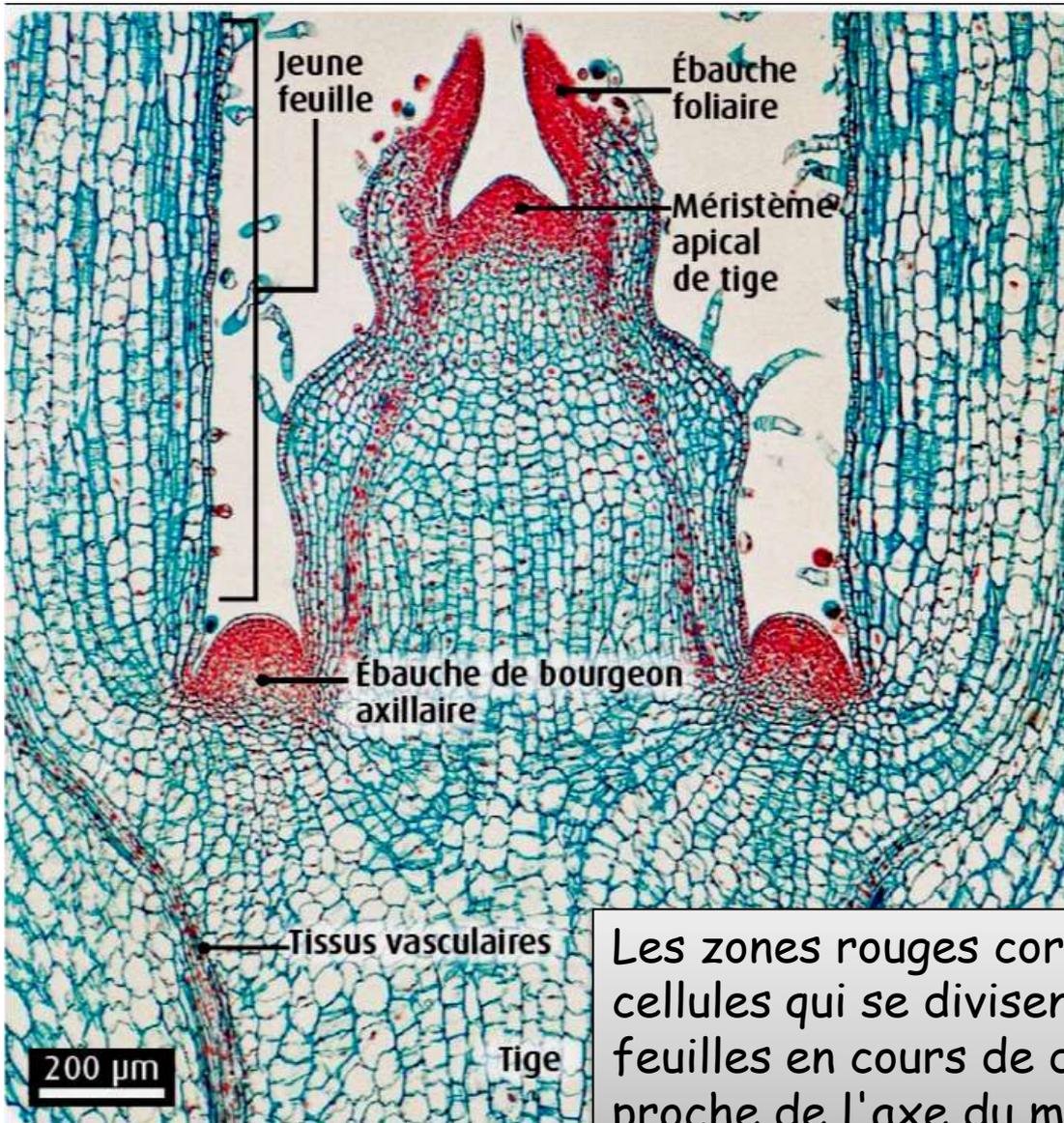
p 204



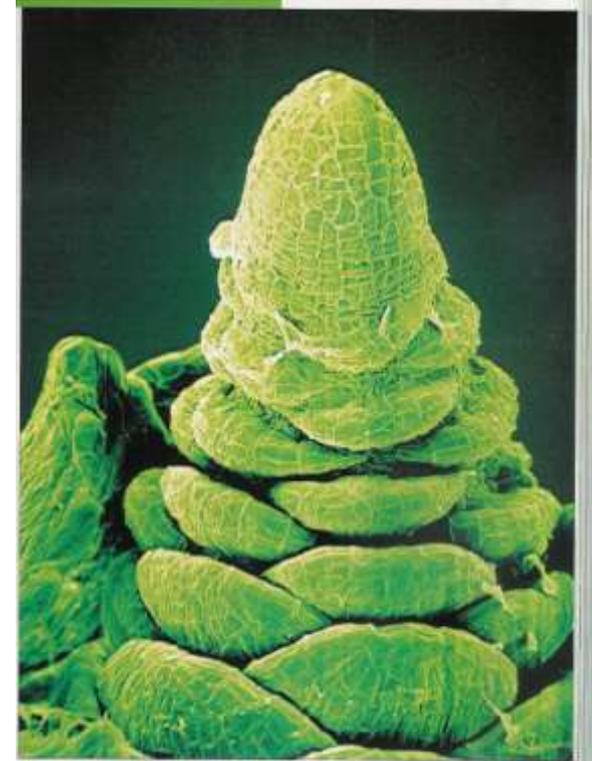
Pourcentage d'élongation caulinaire (tige)



Coupe longitudinale dans l'extrémité d'un bourgeon apical observée au microscope optique.



Méristème apical caulinaire au MEB X 60



Extrémité d'un bourgeon (MEB x 60).
Observée au microscope électronique, l'extrémité du bourgeon montre de

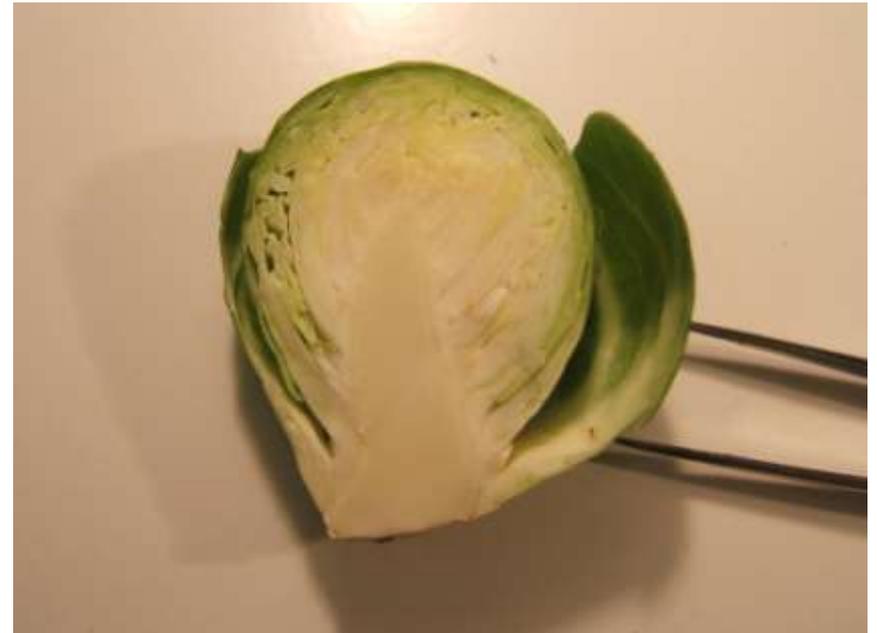
Les zones rouges correspondent aux massifs de cellules qui se divisent activement. Deux jeunes feuilles en cours de différenciation sont visibles proche de l'axe du méristème.

Le bourgeon du Chou de Bruxelles

Vue externe:
des feuilles emboîtées



Coupe longitudinale



bourgeon nu

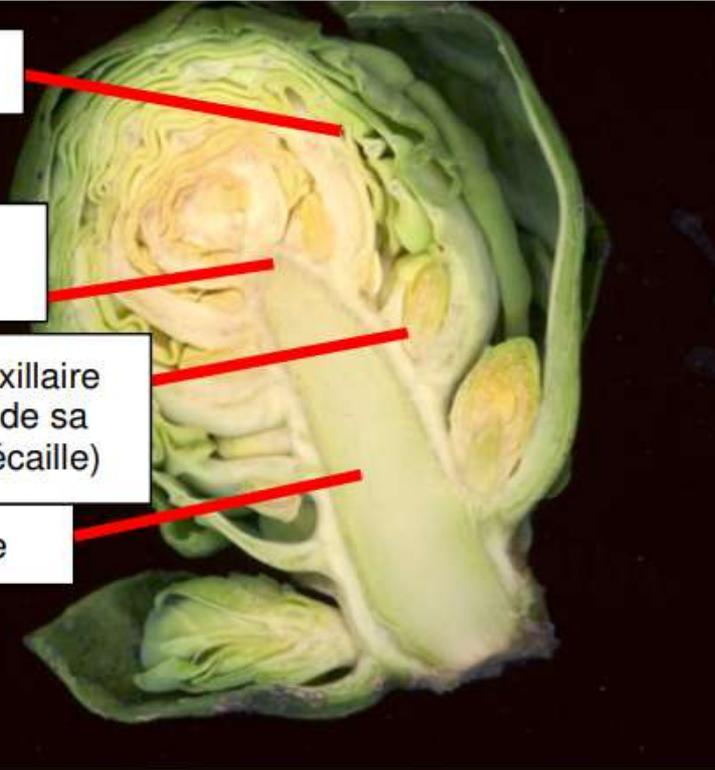
Le bourgeon du Chou de Bruxelles

Feuilles

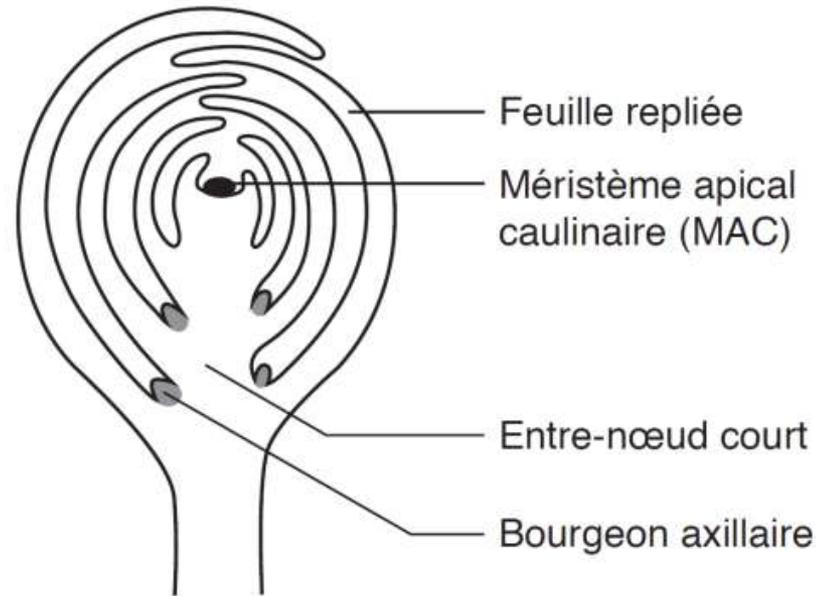
Méristème apical

Bourgeon axillaire au-dessus de sa « feuille » (écaille)

Tige courte



Chou de Bruxelles coupé longitudinalement.



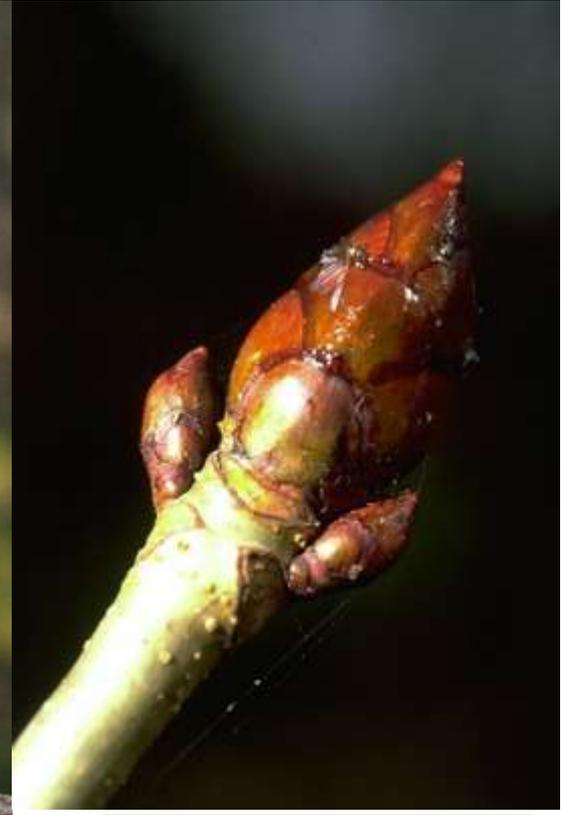
Cas particulier: Les bourgeons écailleux



cerisier



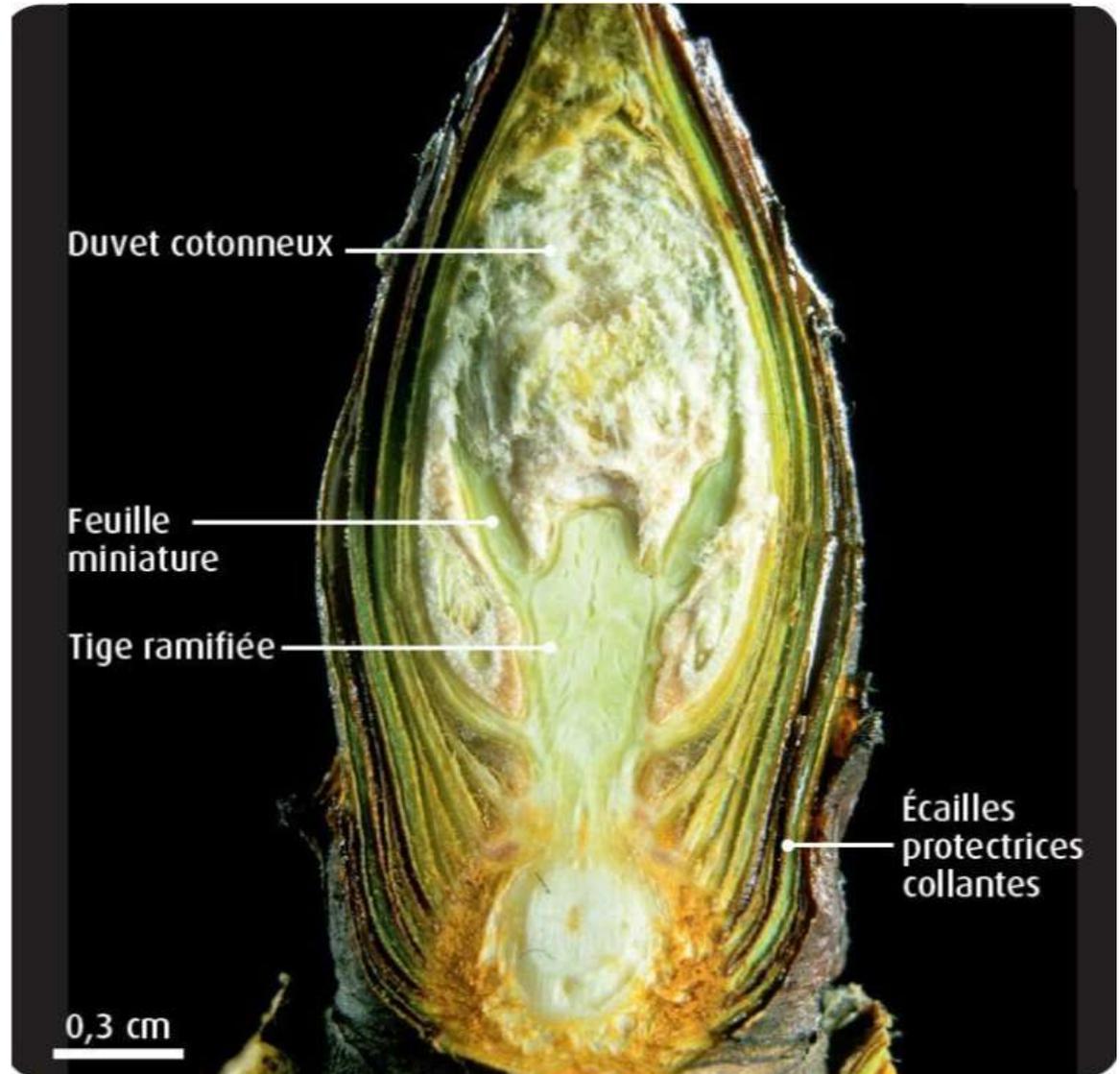
poirier



marronnier

Cas particulier: Les bourgeons écaillés

Coupe longitudinale dans un bourgeon apical de marronnier en hiver.



Cas particulier: Les bourgeons écailleux

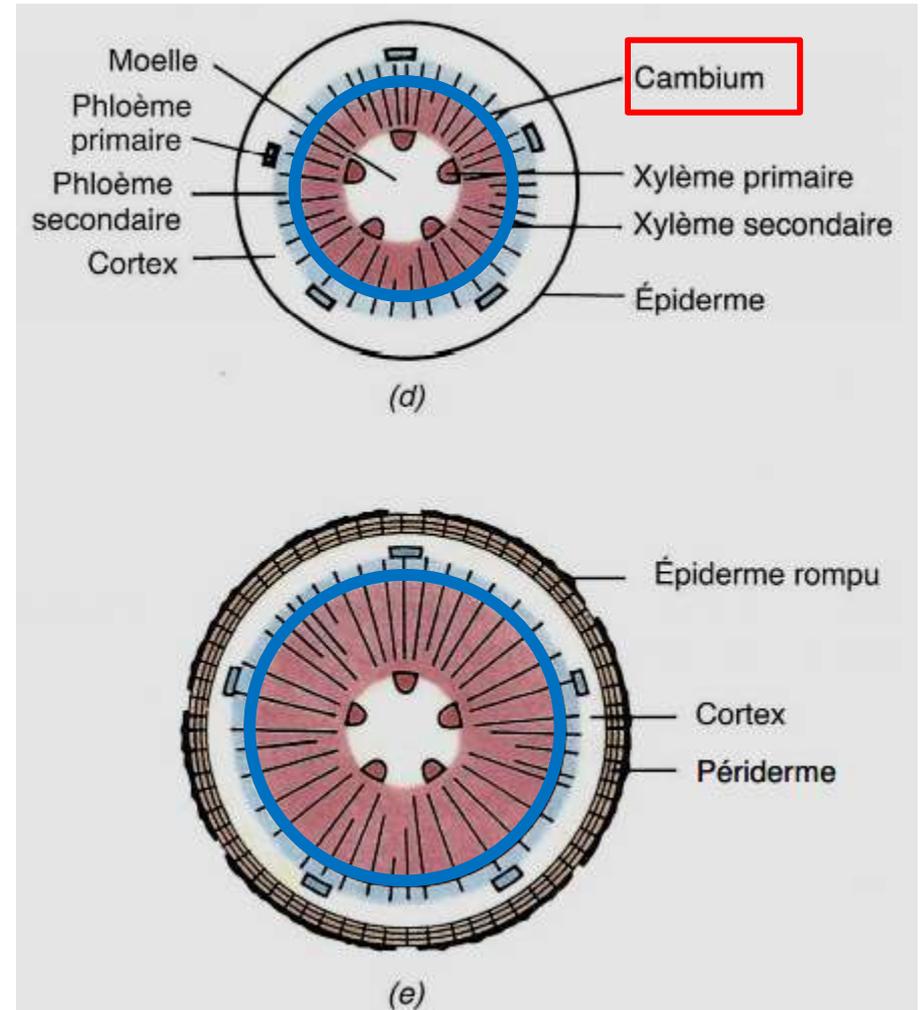
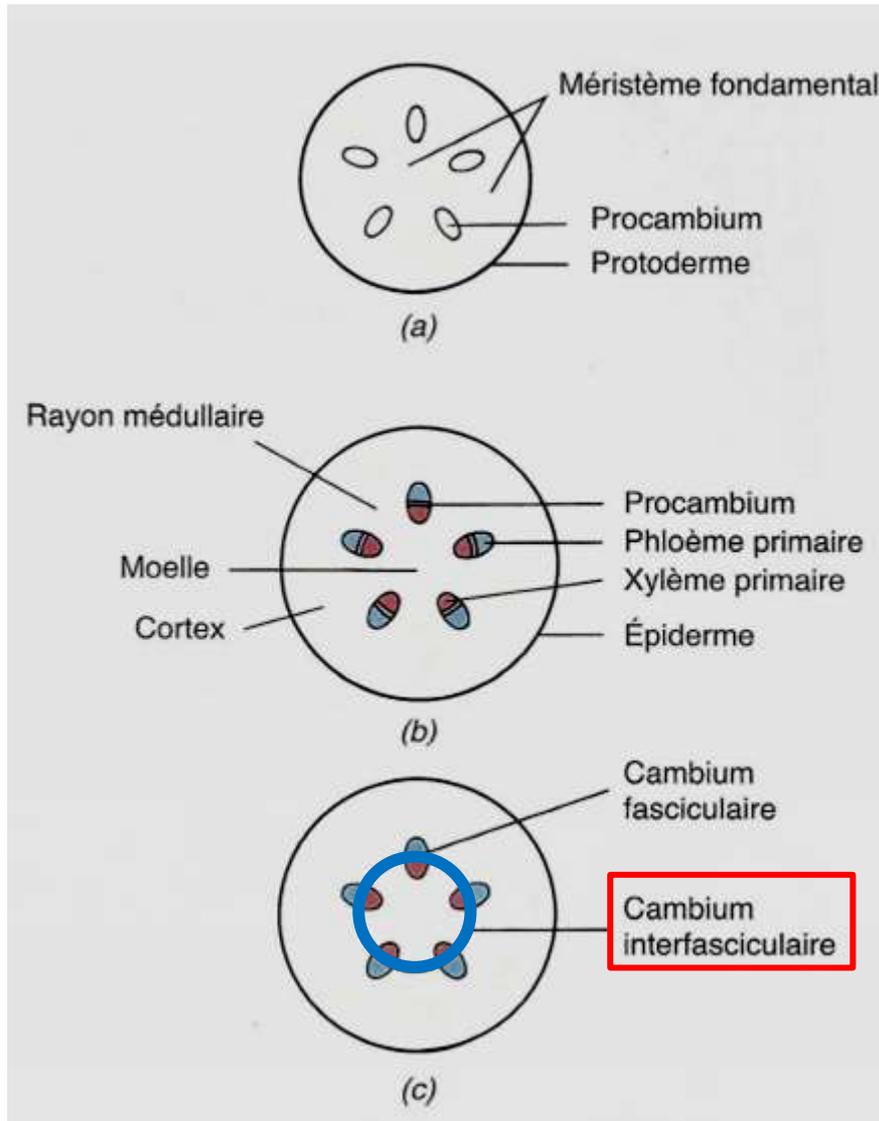


> **Doc. 1** Le bourgeon de marronnier (a), sa coupe longitudinale (b) et son débourrement (c et d) (x 2).

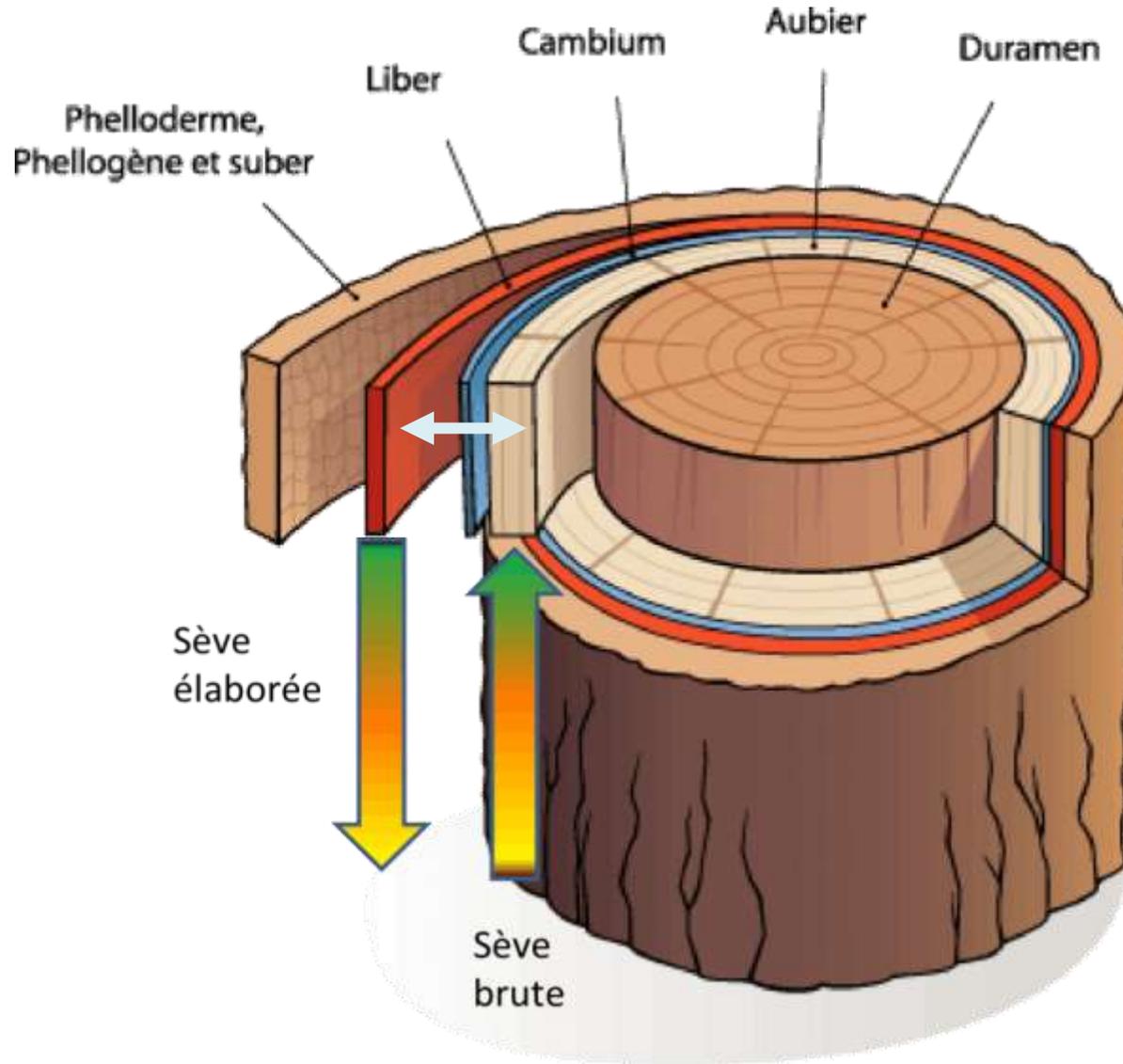


Doc. 2 Du bourgeon à la tige feuillée du marronnier : (a) stade de bourgeon, (b, c) stades intermédiaires, (d) tige feuillée.

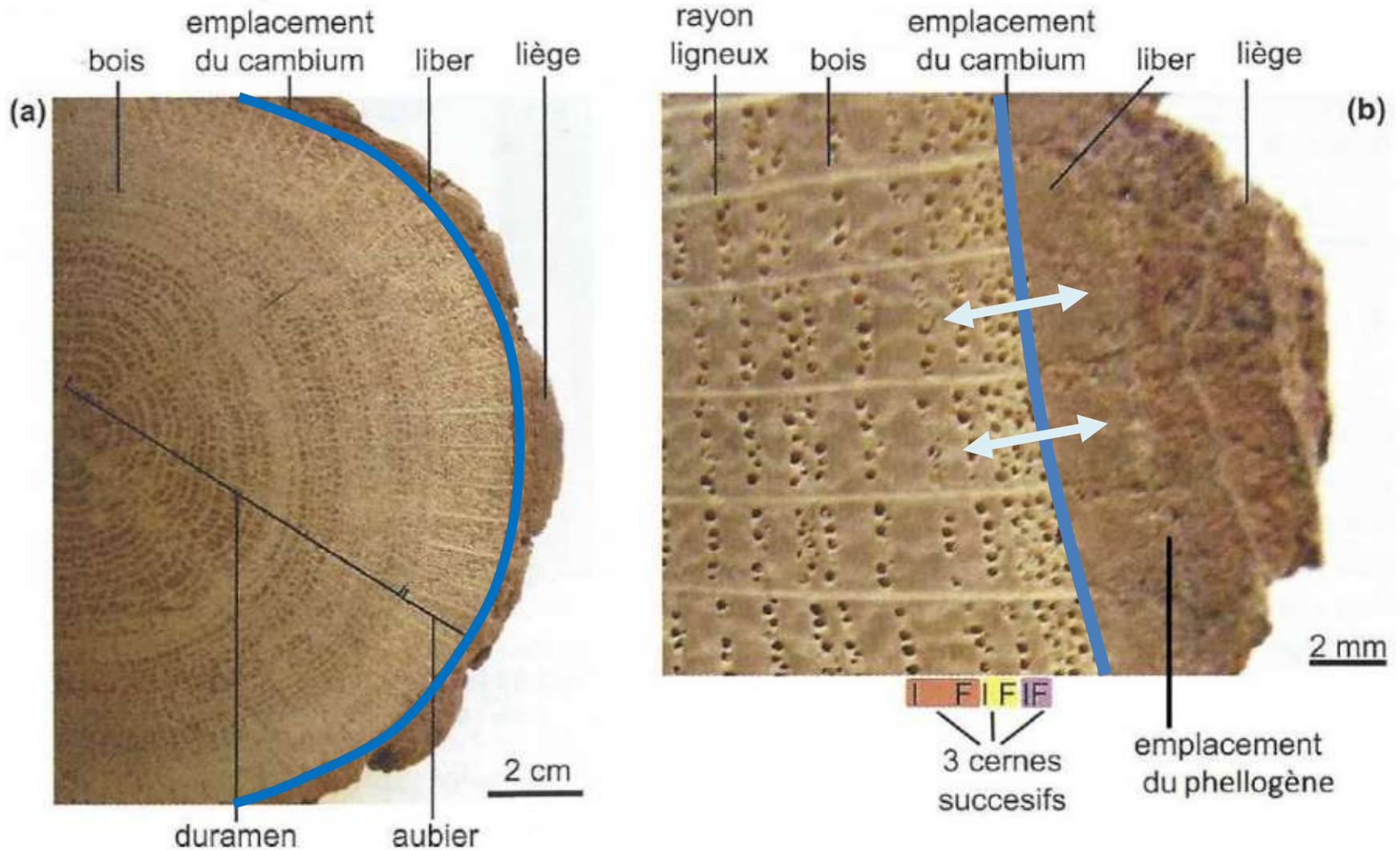
Croissance en épaisseur d'une tige ligneuse



Le cambium permet la croissance en épaisseur



Le cambium permet la croissance en épaisseur



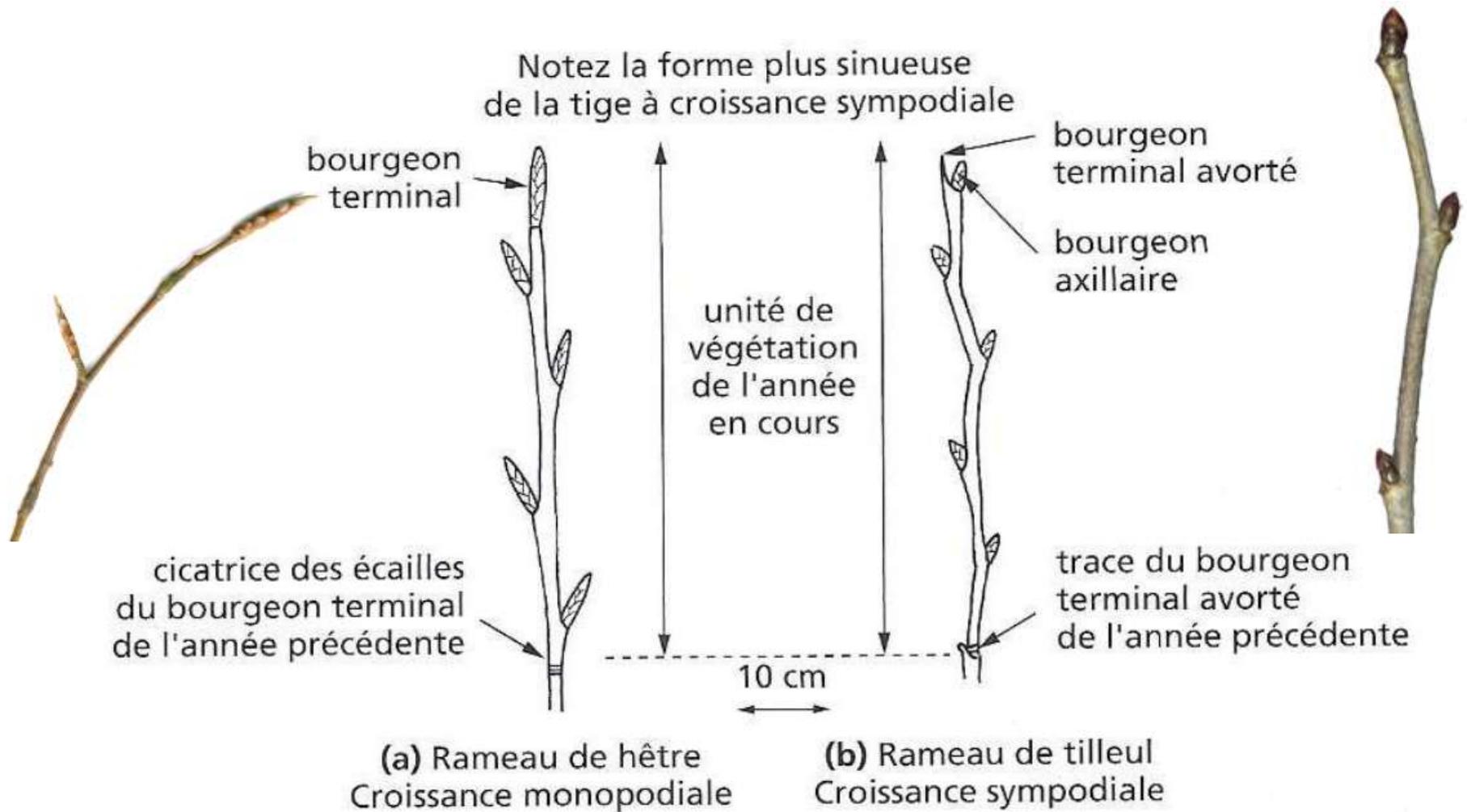
▲ Coupe transversale d'un tronc de Chêne (Eudicotylédones).
D'après PEYCRU *et al.* (2014)

Les ramifications

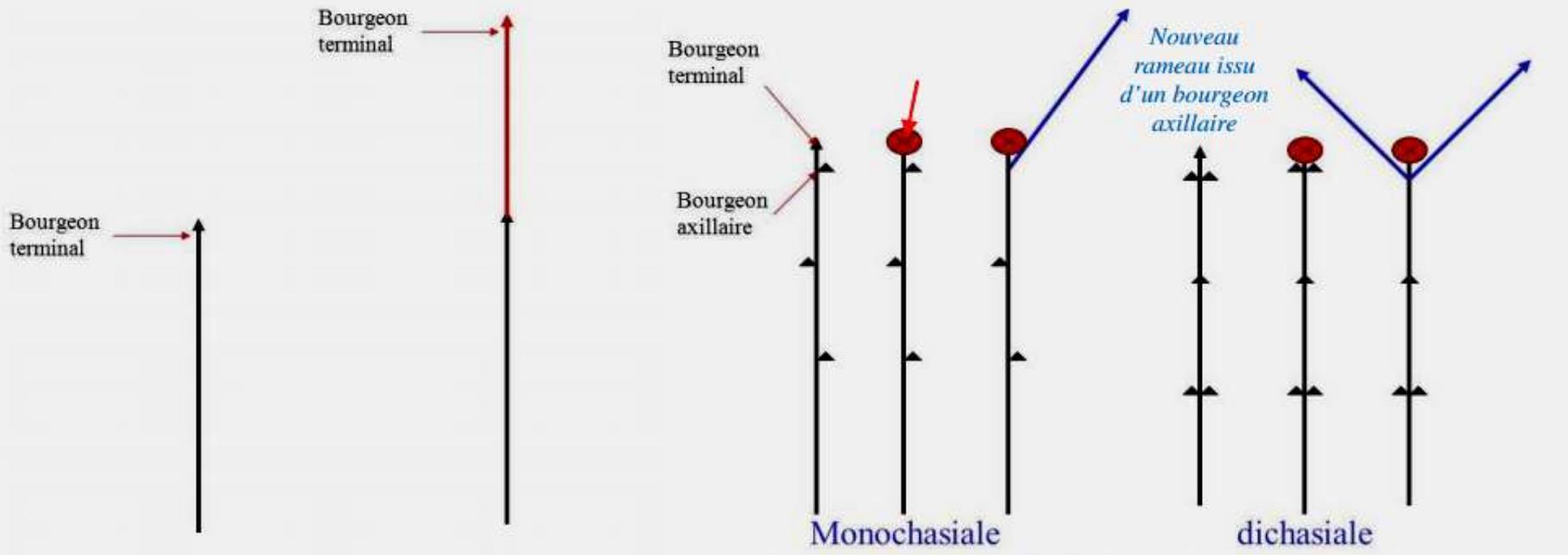
Bourgeons axillaires sur une tige



La dominance (ou pas) du bourgeon terminal détermine le type de croissance



La dominance (ou pas) du bourgeon terminal détermine le type de croissance



Le méristème terminal reste fonctionnel et continue la croissance chaque année

Croissance monopodiale

Le méristème terminal disparaît : un ou deux bourgeons axillaires continuent la croissance

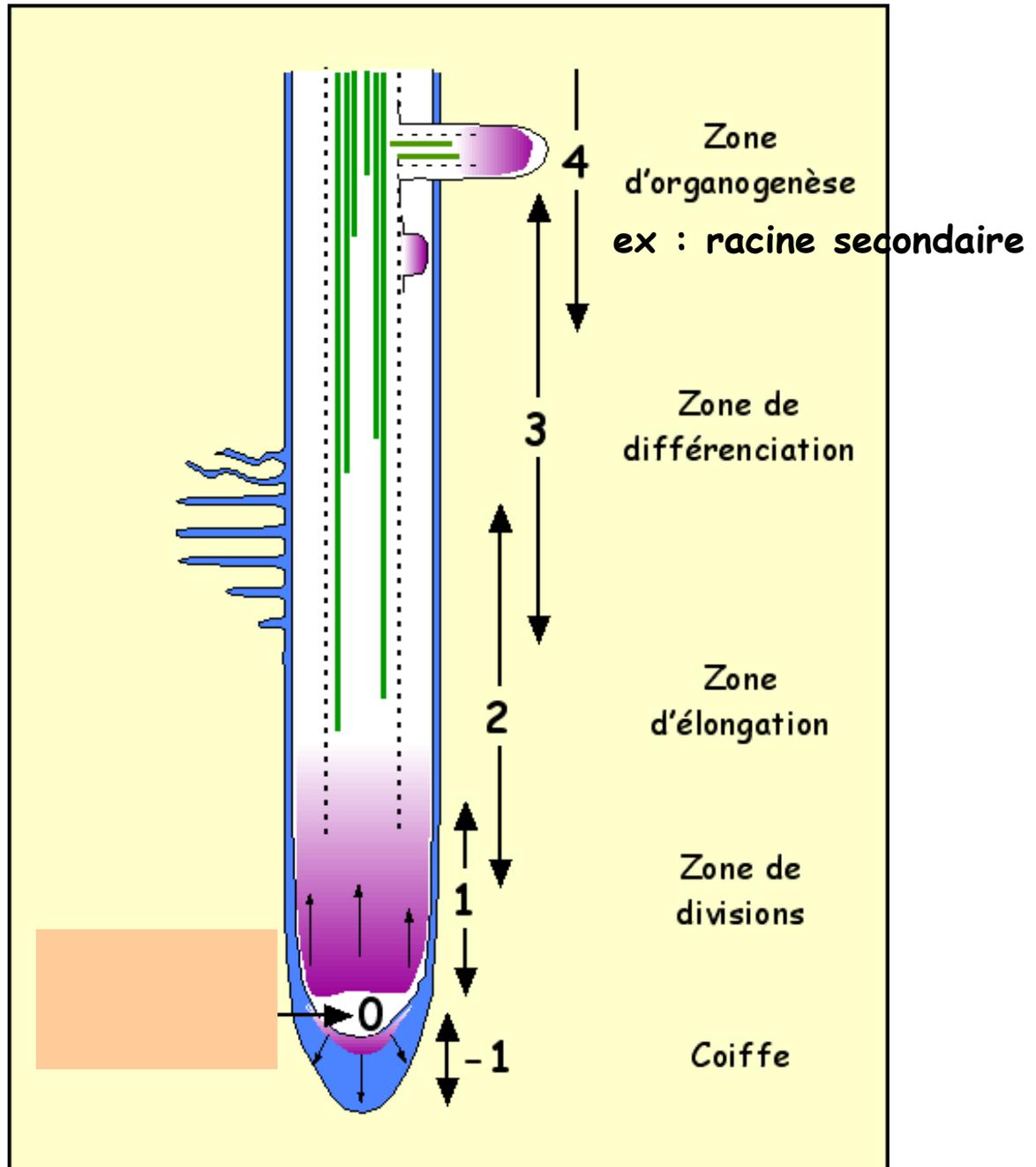
Croissance sympodiale

Naissance d'une racine secondaire par dédifférenciation :



×100

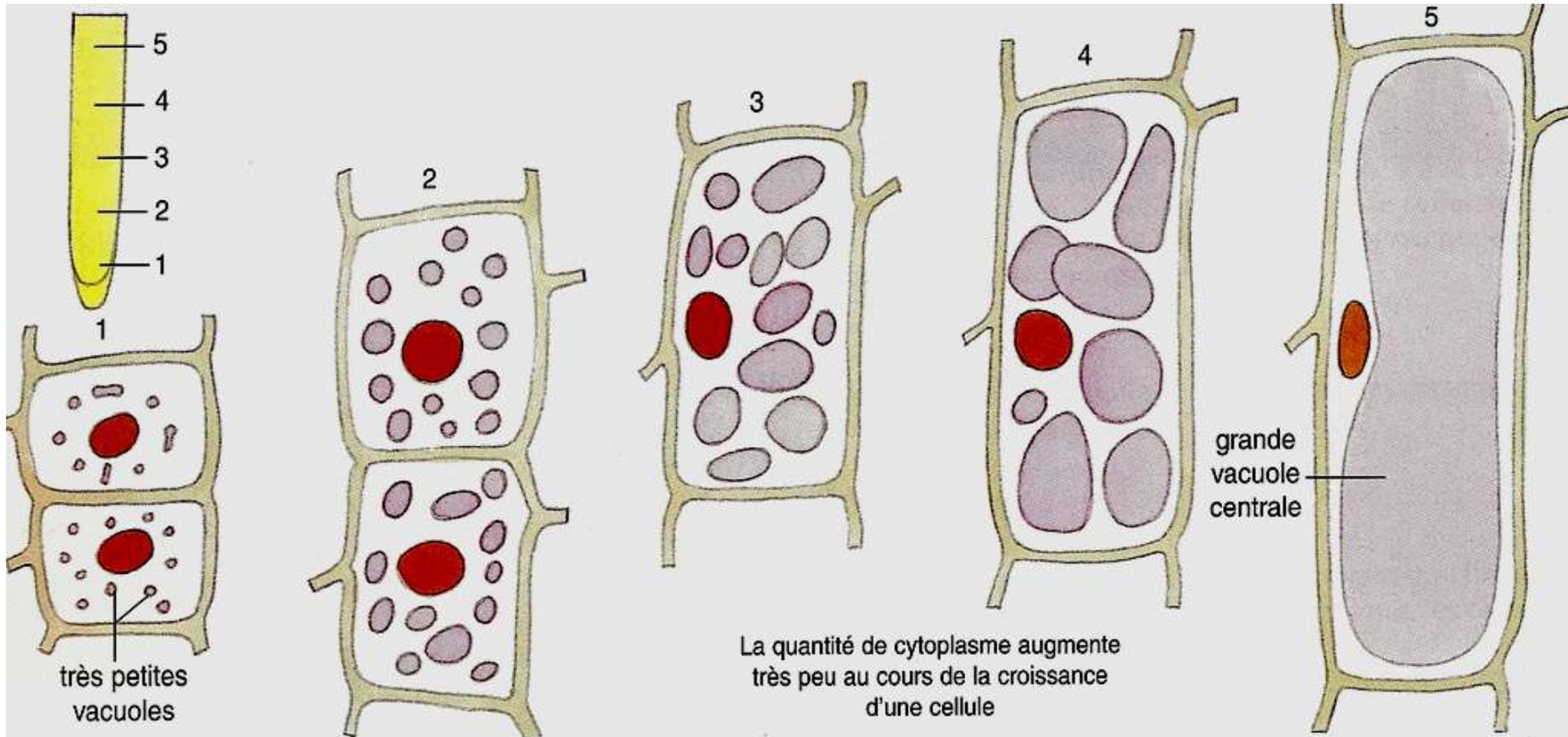
Fonctionnement de l'extrémité d'une racine :



a. Les méristèmes apicaux, situés à l'extrémité de la tige (méristème caulinaire) et de la racine (méristème racinaire) assurent la **croissance en longueur**. Ils sont constitués de cellules indifférenciées se multipliant activement par mitoses.

b. D'autres méristèmes existent et permettent la **croissance en épaisseur des organes ou les ramifications des racines** (exemple : cambium, responsable de la formation des vaisseaux du xylème constituant le bois et assurant l'augmentation du diamètre des tiges et racines)

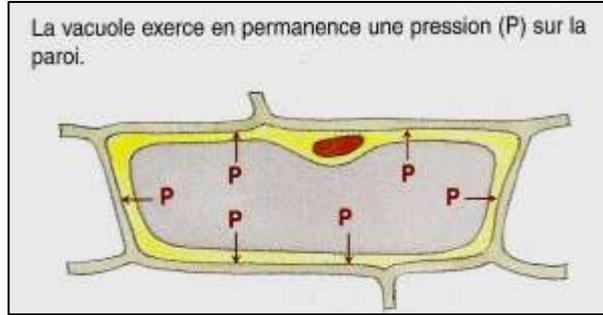
Un moteur de l'élongation : la pression des vacuoles



La coloration des vacuoles de jeunes cellules en cours de croissance.

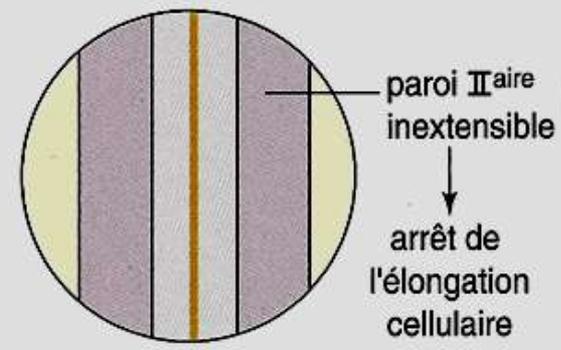
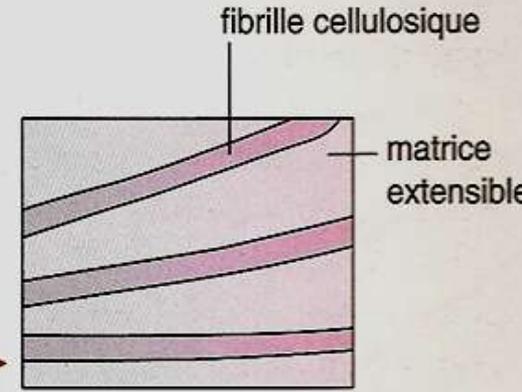
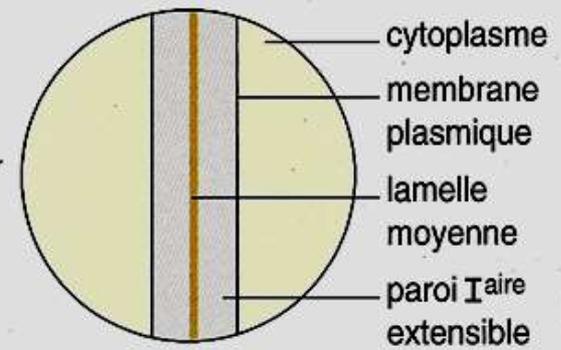
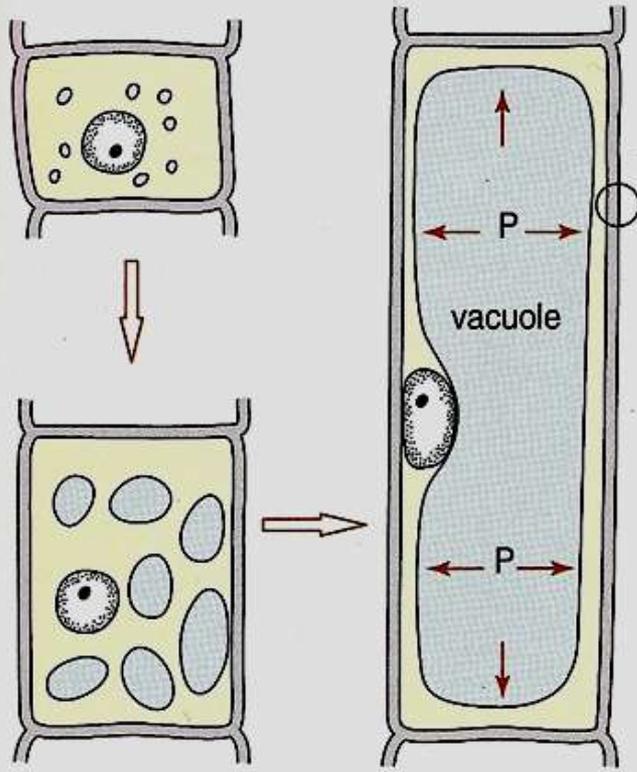
Elongation cellulaire et extensibilité de la paroi végétale

La vacuole exerce en permanence une pression (P) sur la paroi.

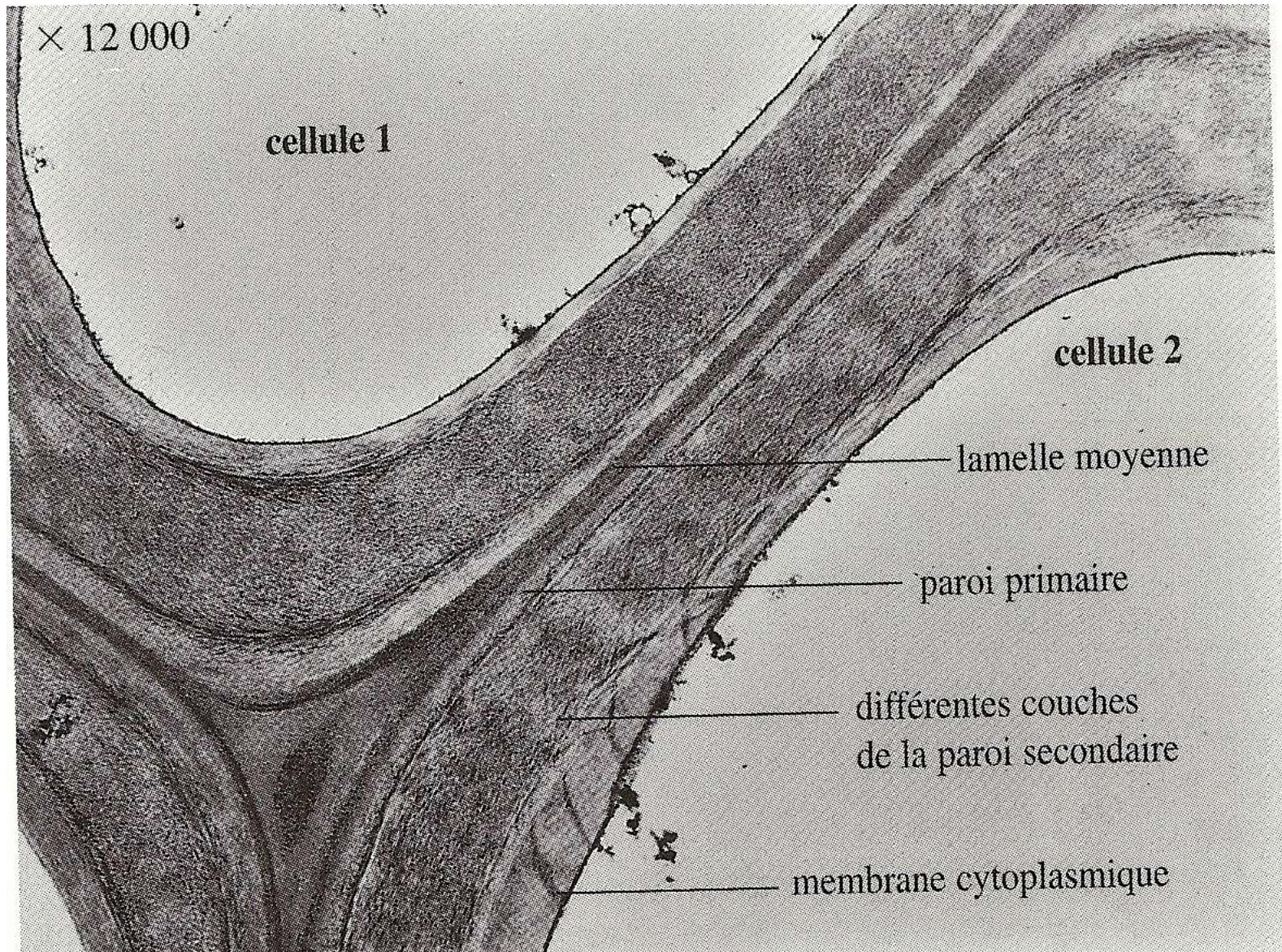


• La pression de turgescence cellulaire (P) est le moteur de l'allongement cellulaire.

• La plasticité de la paroi primaire permet la croissance cellulaire.



CT de paroi végétale au MET :



2. Les cellules formées au niveau des méristèmes subissent ensuite une élongation puis une différenciation

a. Les cellules produites par les méristèmes caulinaire et racinaires, disposées en files parallèles, peuvent subir une croissance orientée sans multiplication (élongation). Cela permet l'allongement des racines, des segments de tiges, et l'agrandissement des feuilles.

b. La **différenciation cellulaire** assure la formation de tissus et organes spécialisés dans une fonction particulière (formation des vaisseaux conducteurs des sève, parenchyme chlorophyllien constitué de cellules photosynthétiques...etc)

Rameau feuillé de tilleul.

Un **phytomère** est l'unité qui est répétée un grand nombre de fois au cours de la croissance de la plante.

Il est généralement constitué d'un fragment de tige, d'une feuille et d'un bourgeon à la base d'une feuille

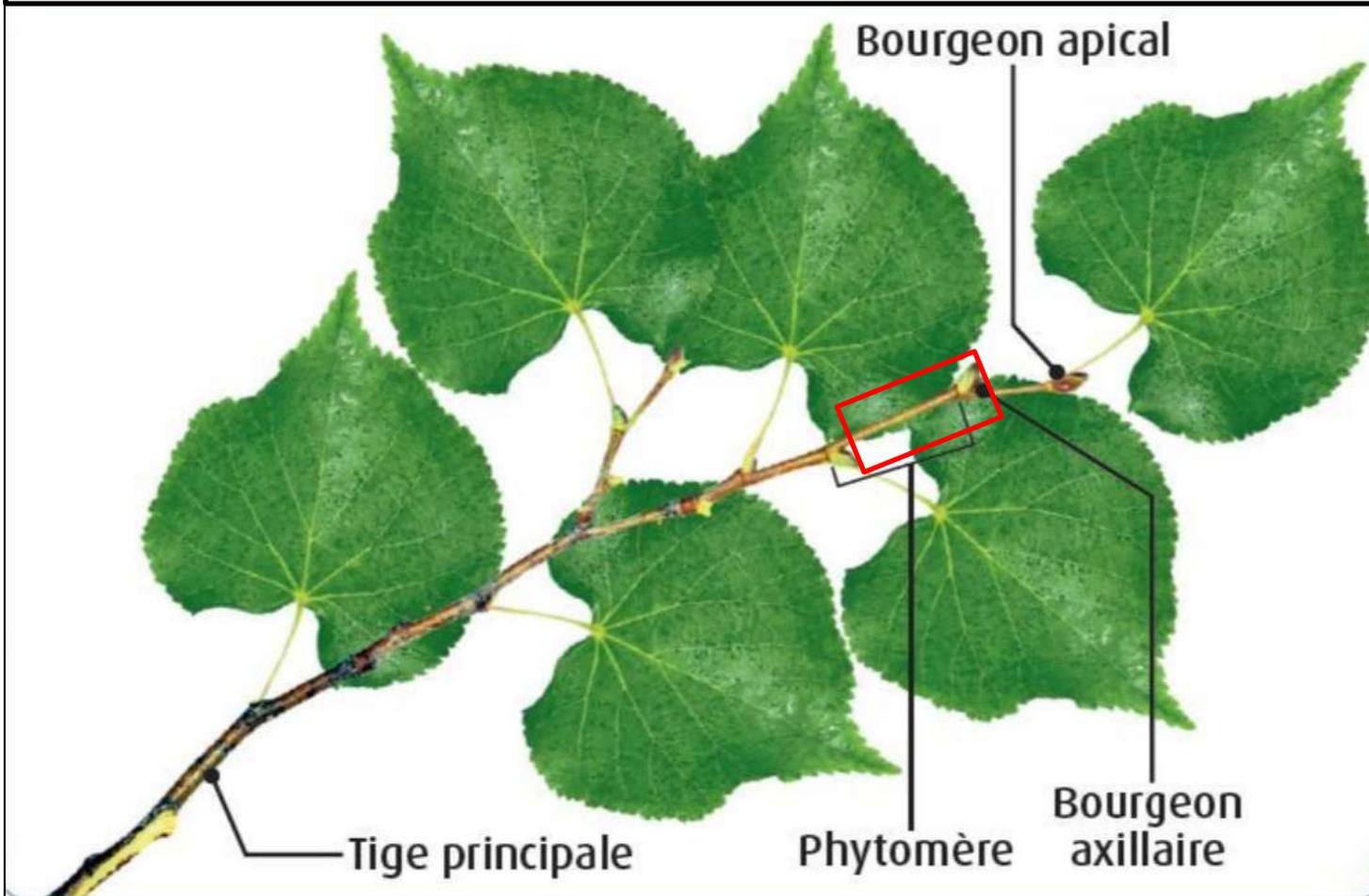
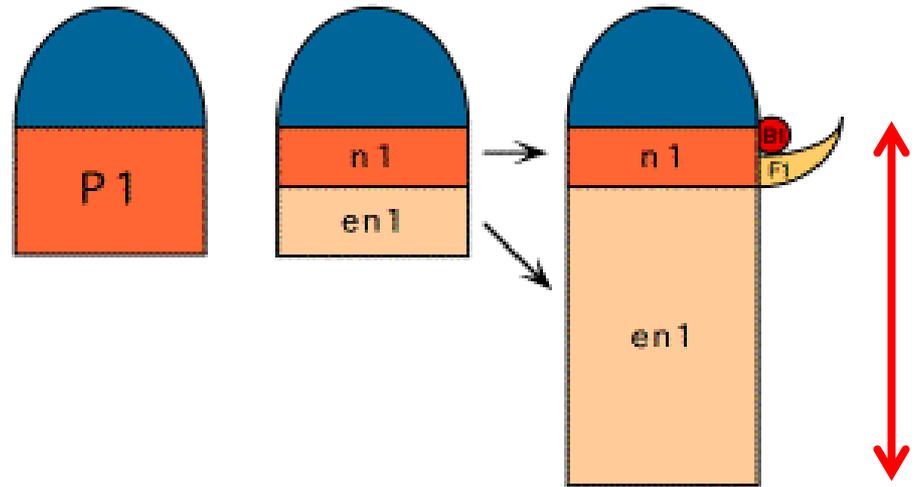
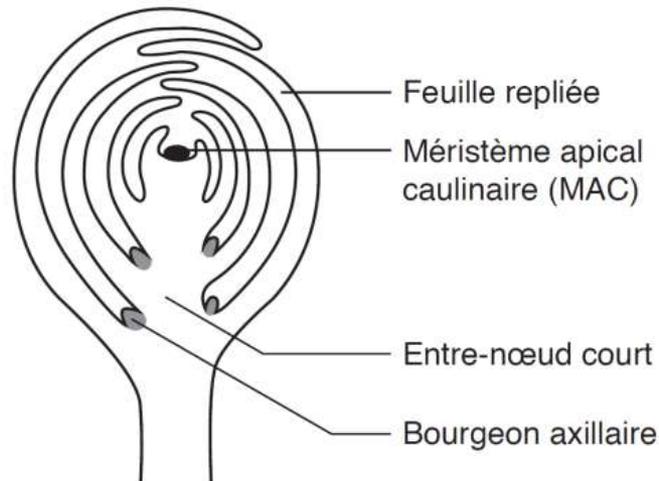


Schéma 3 : Structure d'un phytomère

P1 = Phytomère ;
n1 = nœud 1 ;
en1 = entre-nœud 1 ;
B1 = Bourgeon 1 ;
F1 = Feuille 1

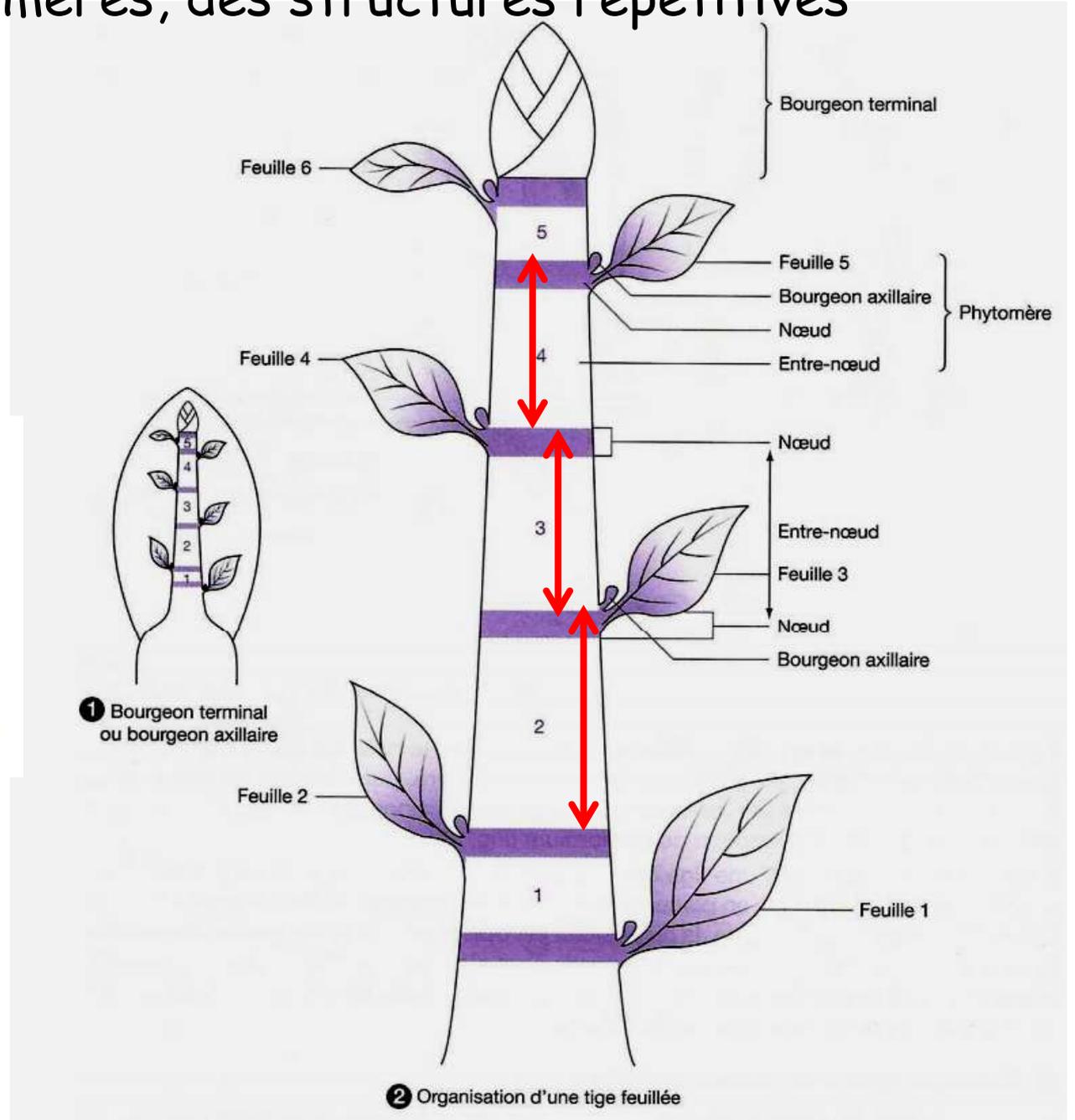
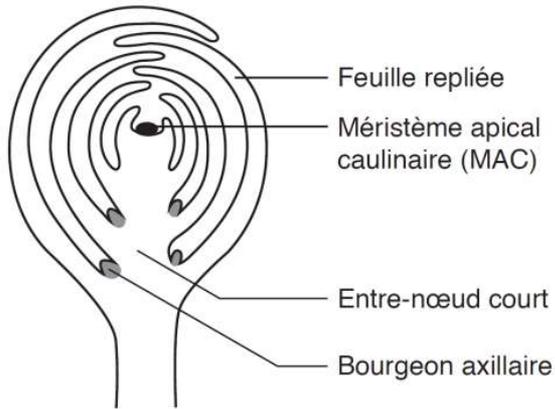


Rappel : Bourgeon du Chou de Bruxelles



Les phytomères, des structures répétitives

Rappel : Bourgeon du Chou de Bruxelles



3. Les méristèmes de la partie aérienne de la plante assurent la mise en place de structures répétitives, les **phytomères**. Le développement des tiges feuillées résulte de cette organisation modulaire en phytomères.

a. Un **phytomère** est une unité constituée d'un fragment de tige (entre-nœud), et d'un nœud où se forment des feuilles et un bourgeon renfermant un méristème latéral.

b. L'**entre nœud** ne produit pas d'organes spécialisés. Il est le siège d'une élongation cellulaire

4. Croissance et la plante et organogenèse sont **contrôlées par des hormones végétales** dont les effets dépendent de leur concentration, du tissu sur lequel elles agissent, de leurs interactions entre elles et avec des facteurs environnementaux (lumière, gravité...etc).

TD tropisme

TROPISME → Réaction d'orientation ou de locomotion orientée, causée par des agents physiques ou chimiques.

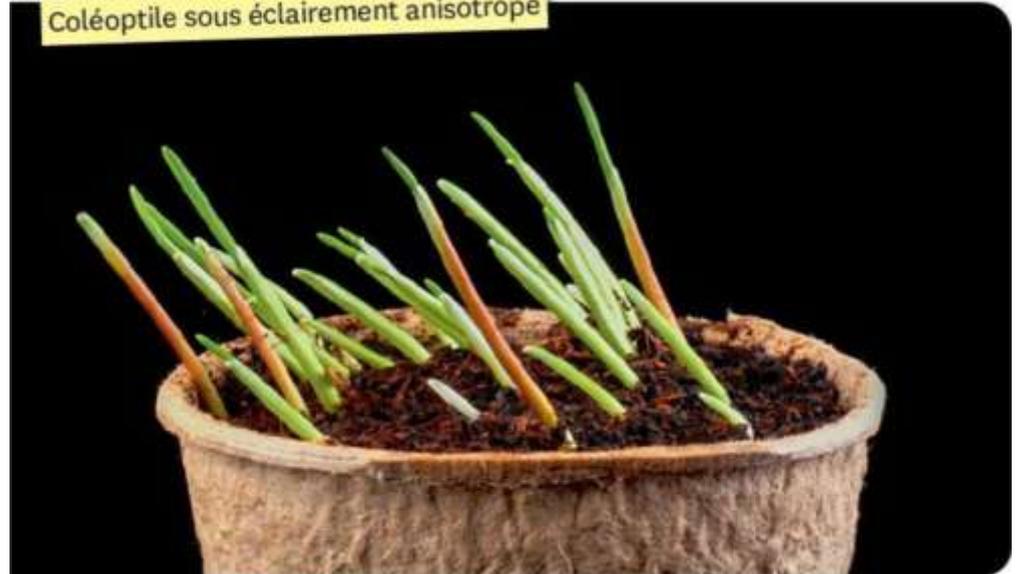
Jeunes germinations de blé après 4 jours de croissance dans deux conditions différentes.



Coléoptile sous éclairage isotrope

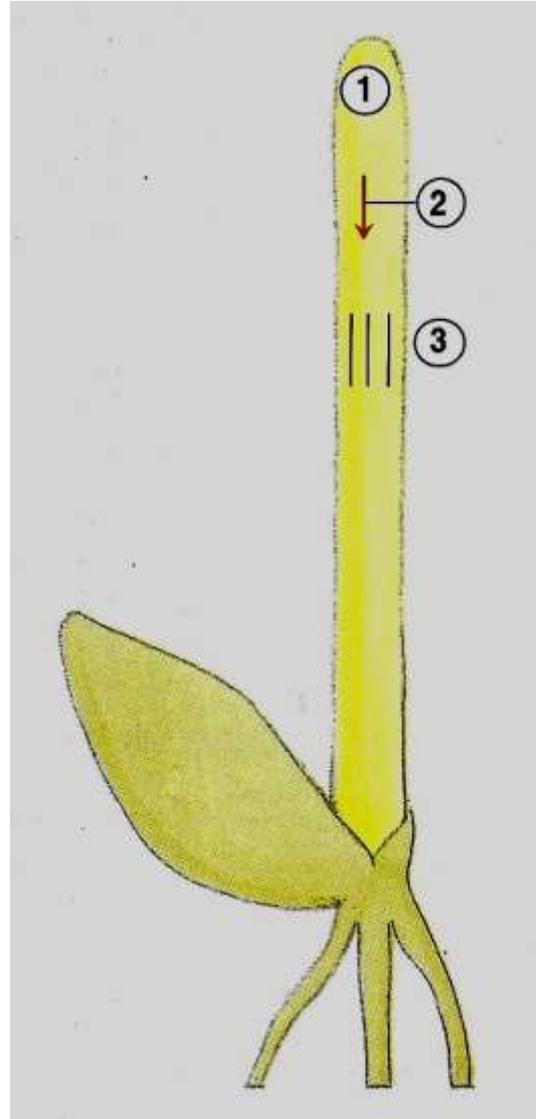


Coléoptile sous éclairage anisotrope



L'auxine, une hormone végétale

Matériel expérimental: coléoptile de blé

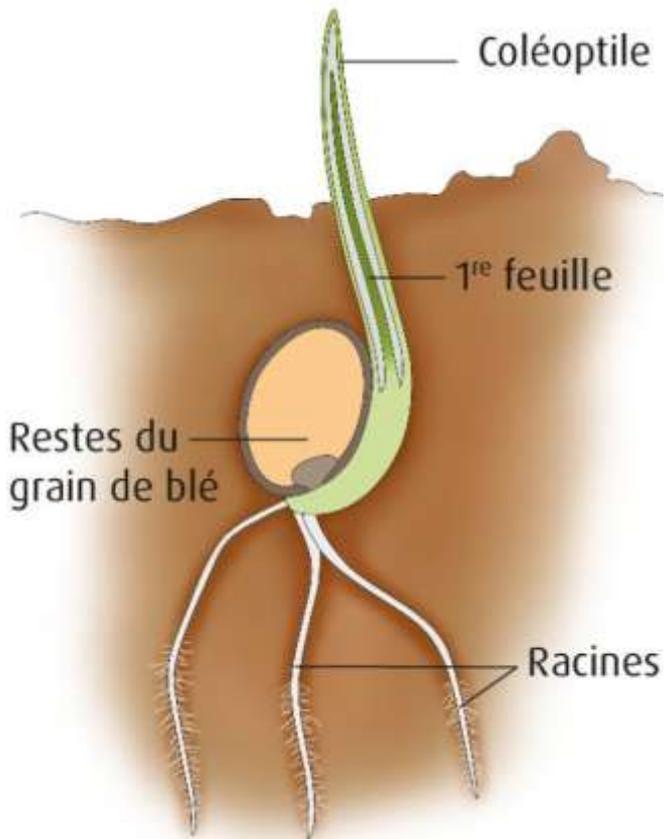


1- site de production

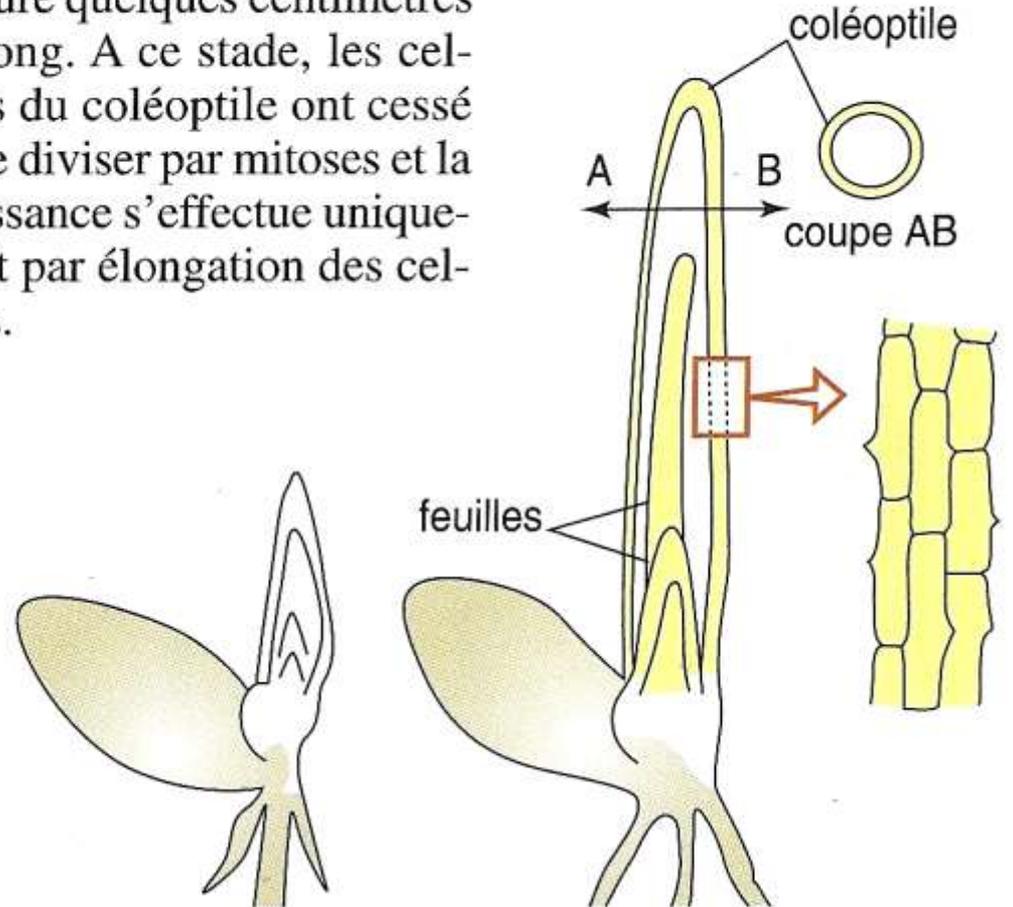
2- transport

3 - action sur cellule cible

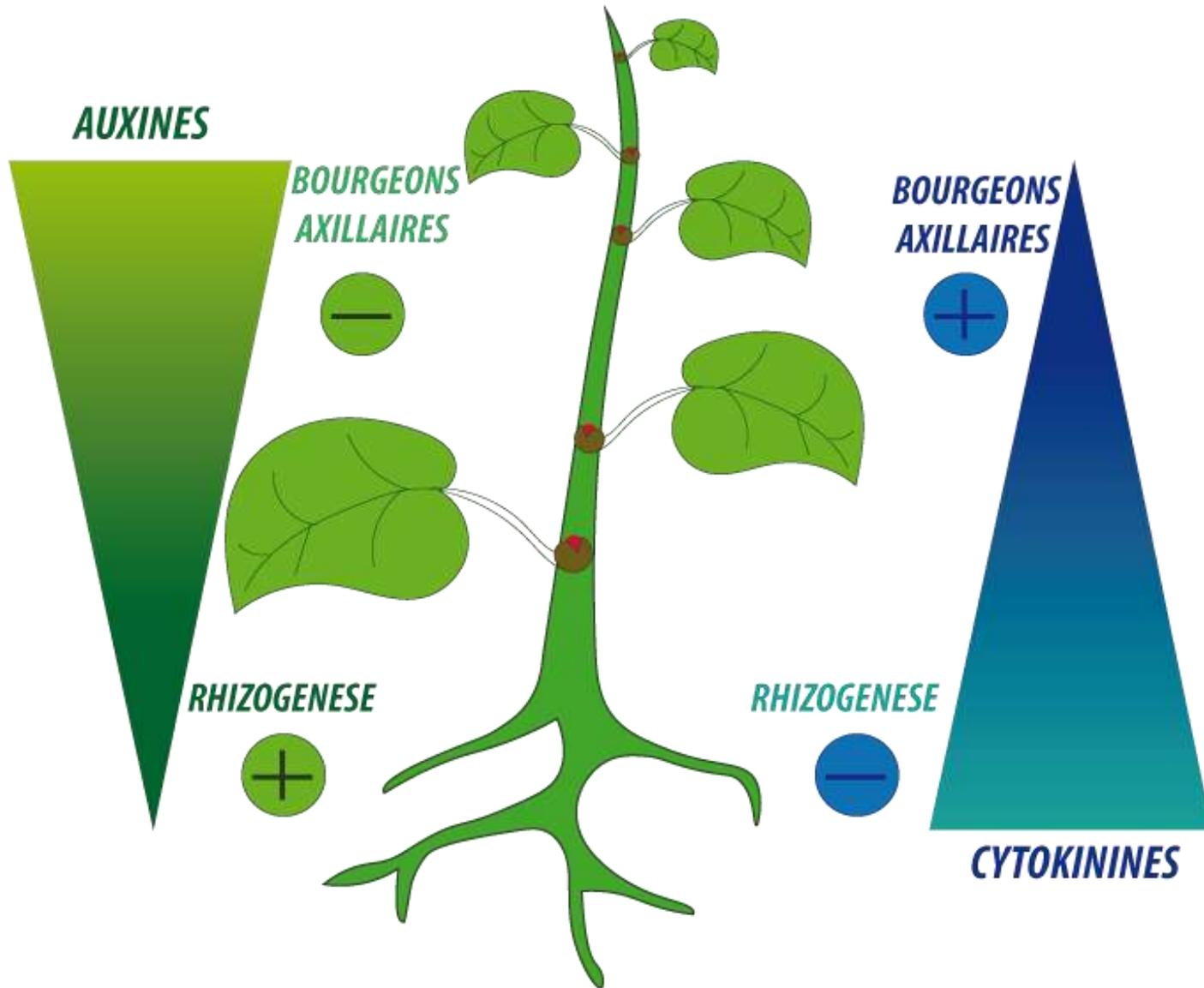
Matériel expérimental: coléoptile de blé



Trois jours après le début de la germination, le coléoptile mesure quelques centimètres de long. A ce stade, les cellules du coléoptile ont cessé de se diviser par mitoses et la croissance s'effectue uniquement par élongation des cellules.



L'équilibre entre les phytohormones

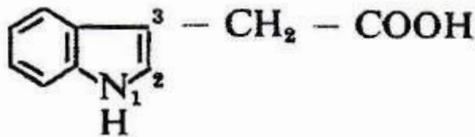


a. *L'auxine*, produite à l'extrémité des tiges, transportée préférentiellement par la sève élaborée, est une hormone végétale qui stimule l'élongation des jeunes cellules sous-jacentes.

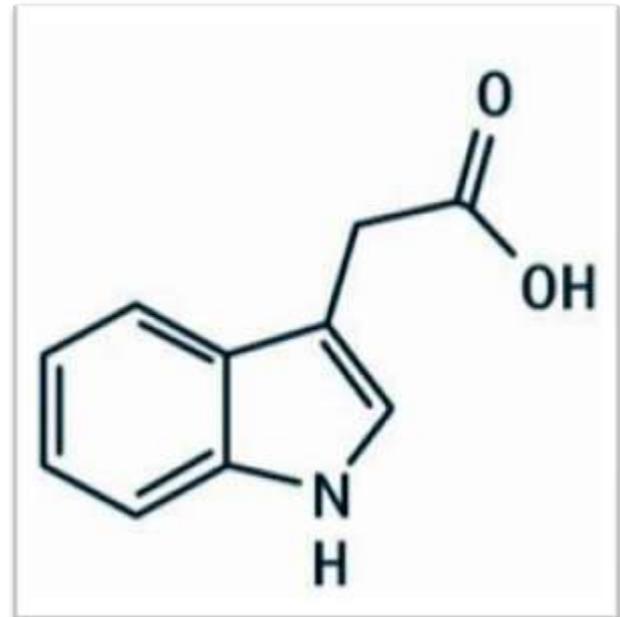
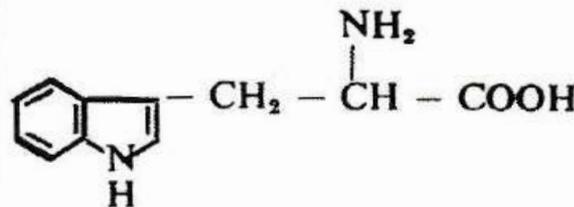
Elle inhibe le développement des bourgeons axillaires.

Une phytohormone: l'auxine.

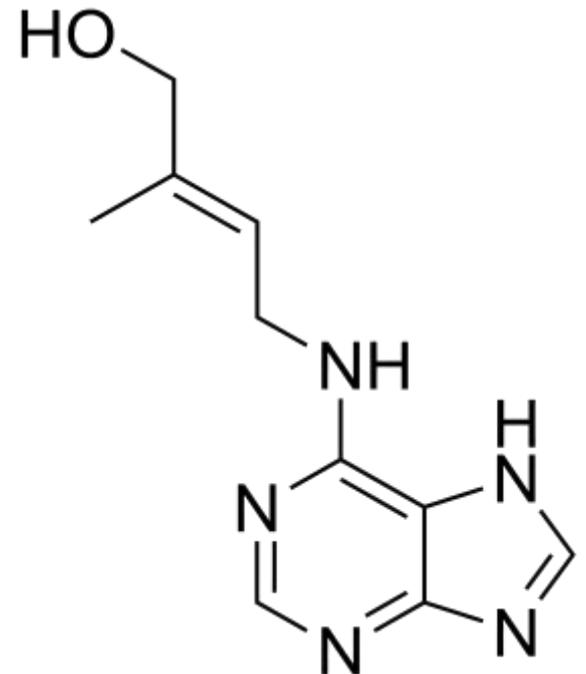
L'auxine : acide indole-3-acétique



Analogie : le tryptophane, acide aminé



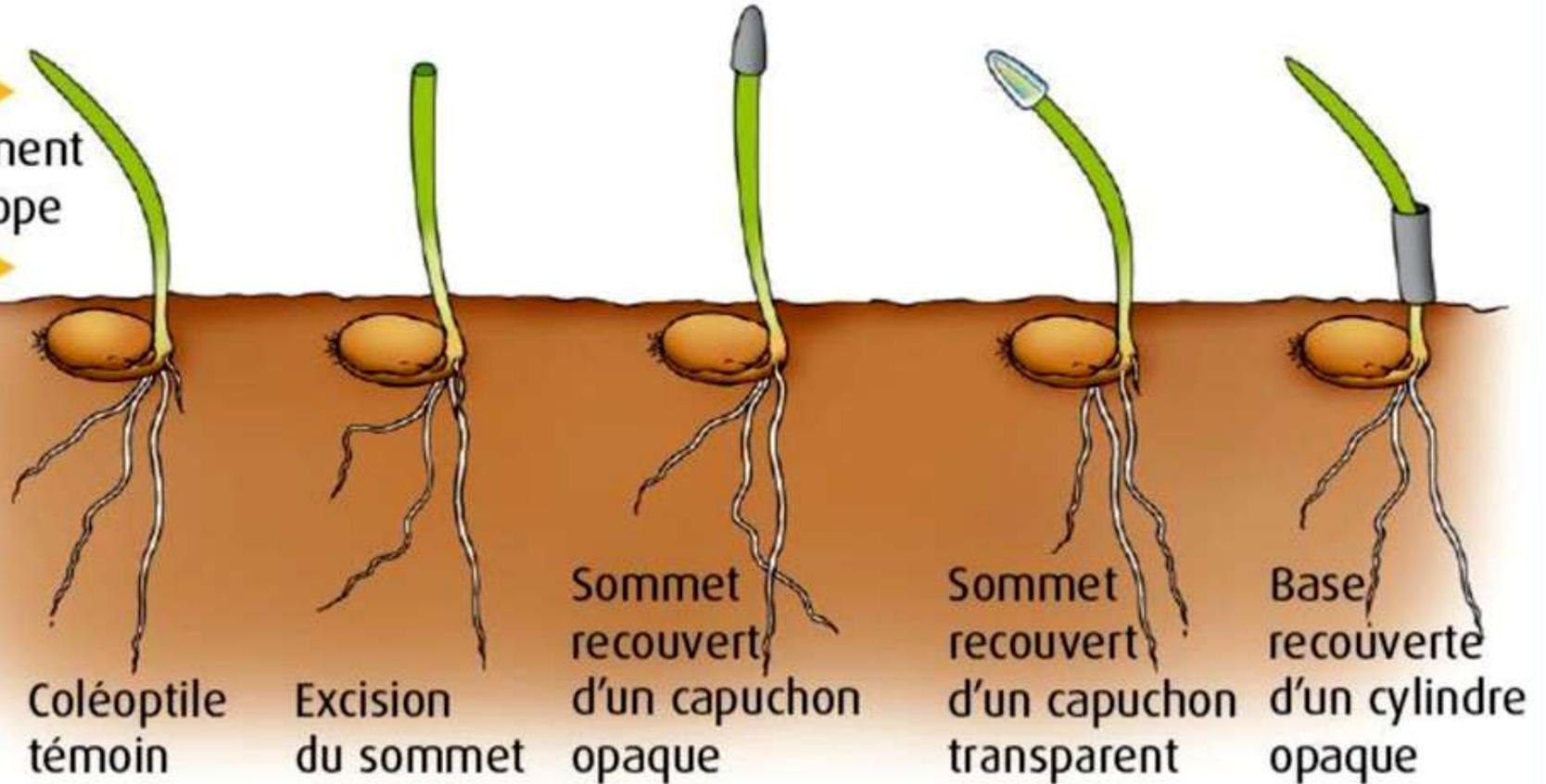
b. *Les cytokinines sont des hormones produites par les racines, qui migrent vers les parties aériennes de la plante. Elles stimulent de développement des bourgeons axillaires.*



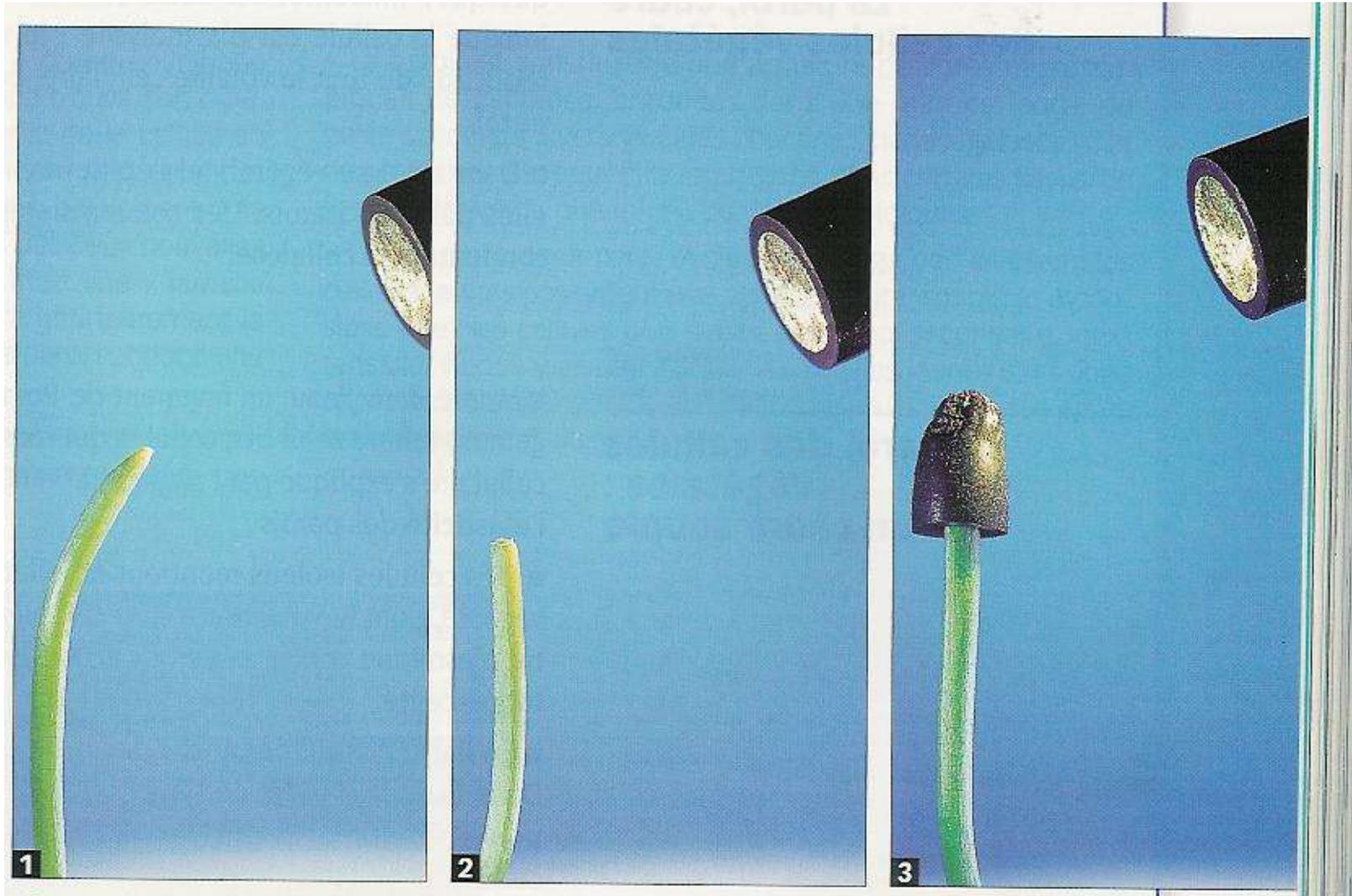
c. Lumière et gravité conditionnent la façon dont croissent les plantes car ces signaux modifient la production et la répartition de certaines hormones végétales dans l'organisme.

C. Darwin et F. Darwin 1880

Éclairage
anisotrope



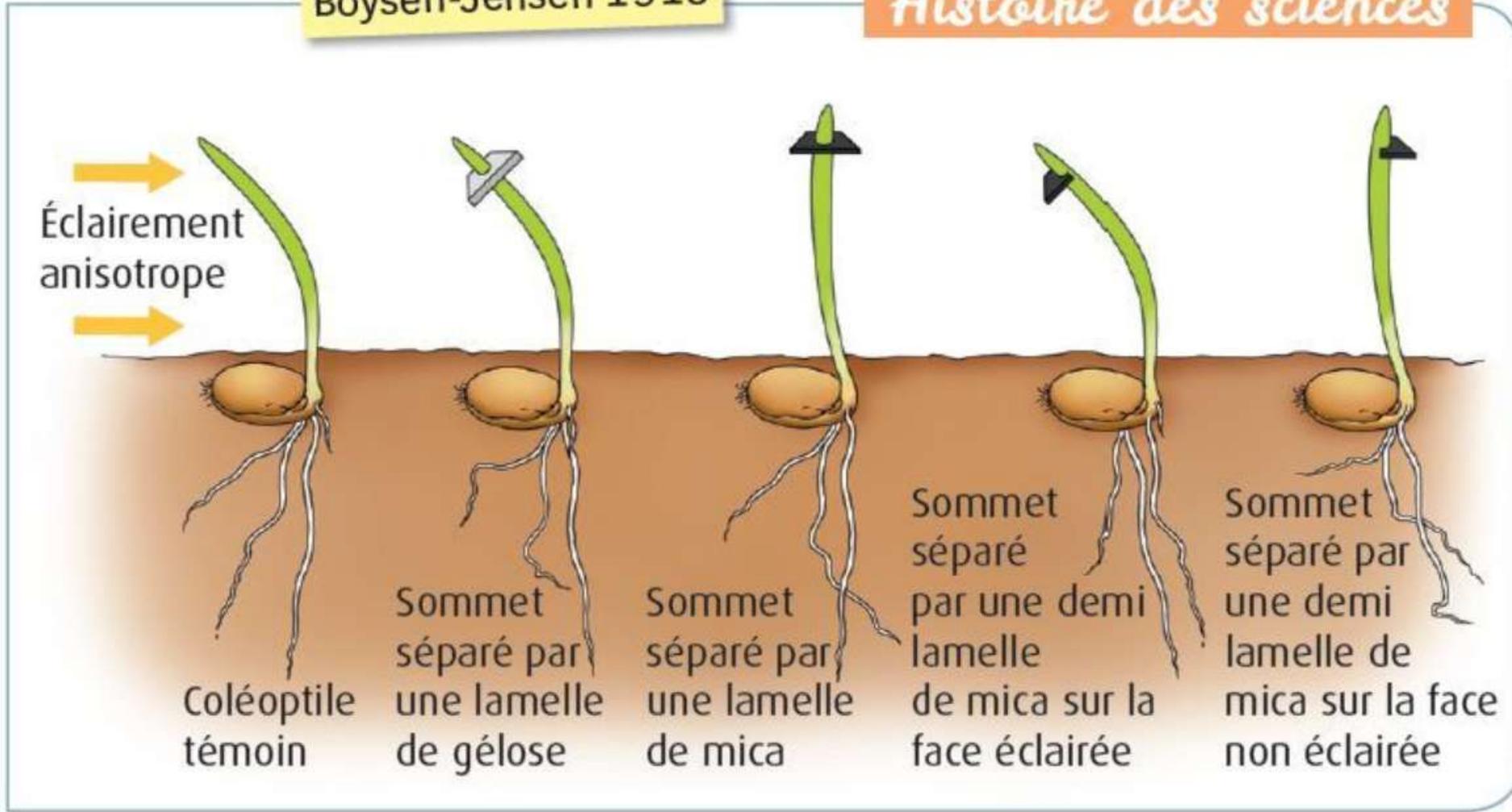
Site de réception et de réponse ?



Boysen-Jensen 1913

Histoire des sciences

Éclairage
anisotrope



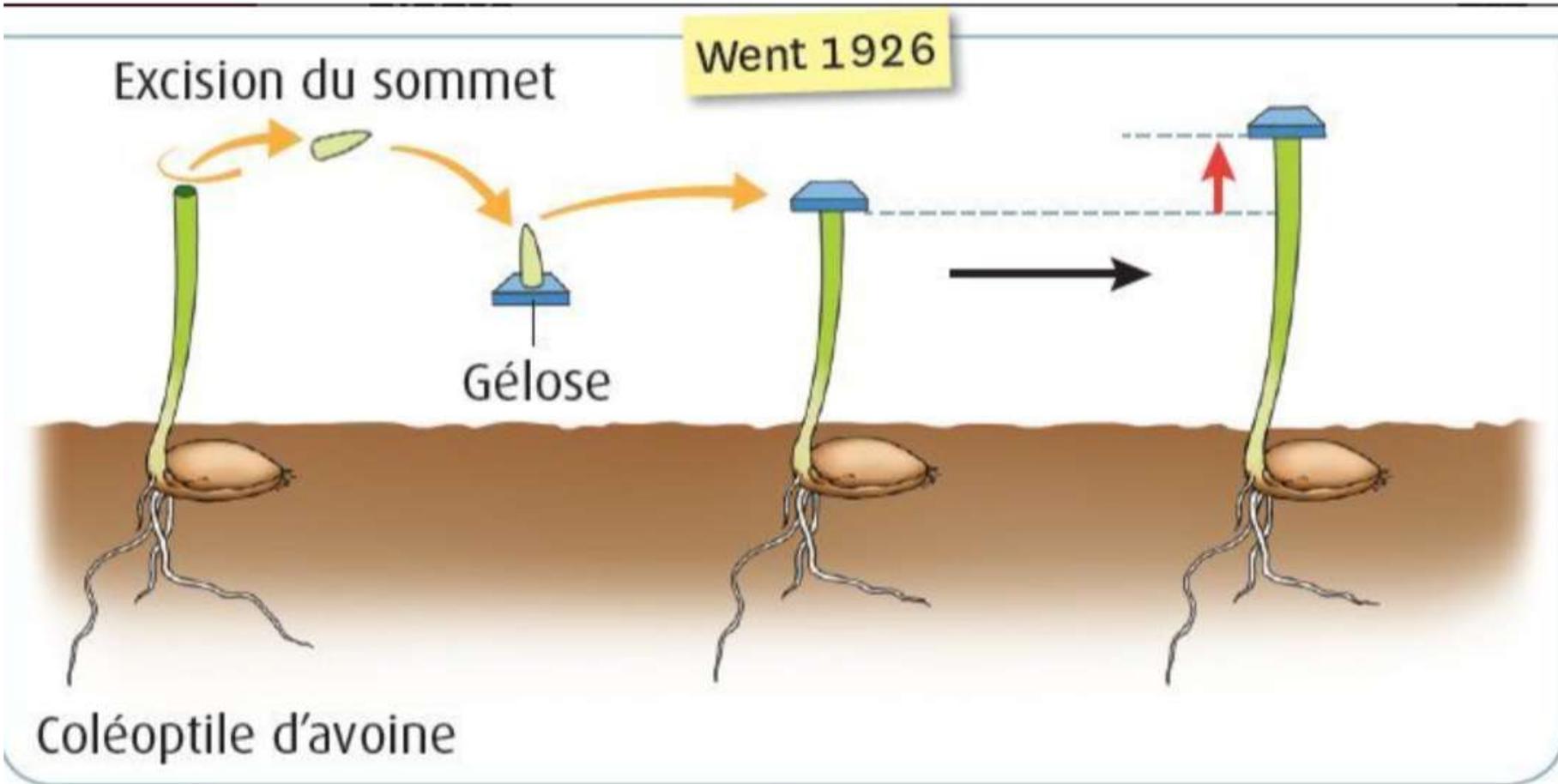
Coléoptile
témoin

Sommet
séparé par
une lamelle
de gélose

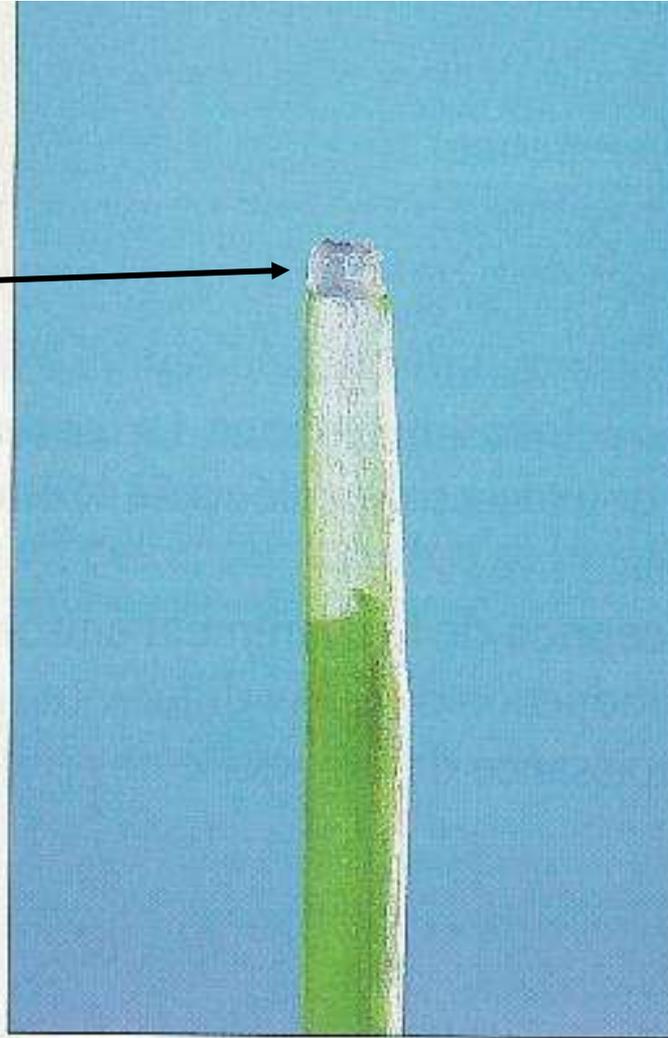
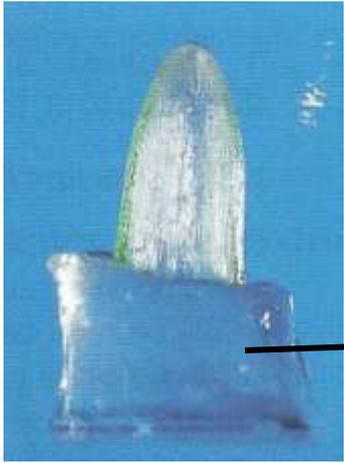
Sommet
séparé par
une lamelle
de mica

Sommet
séparé
par une demi
lamelle
de mica sur la
face éclairée

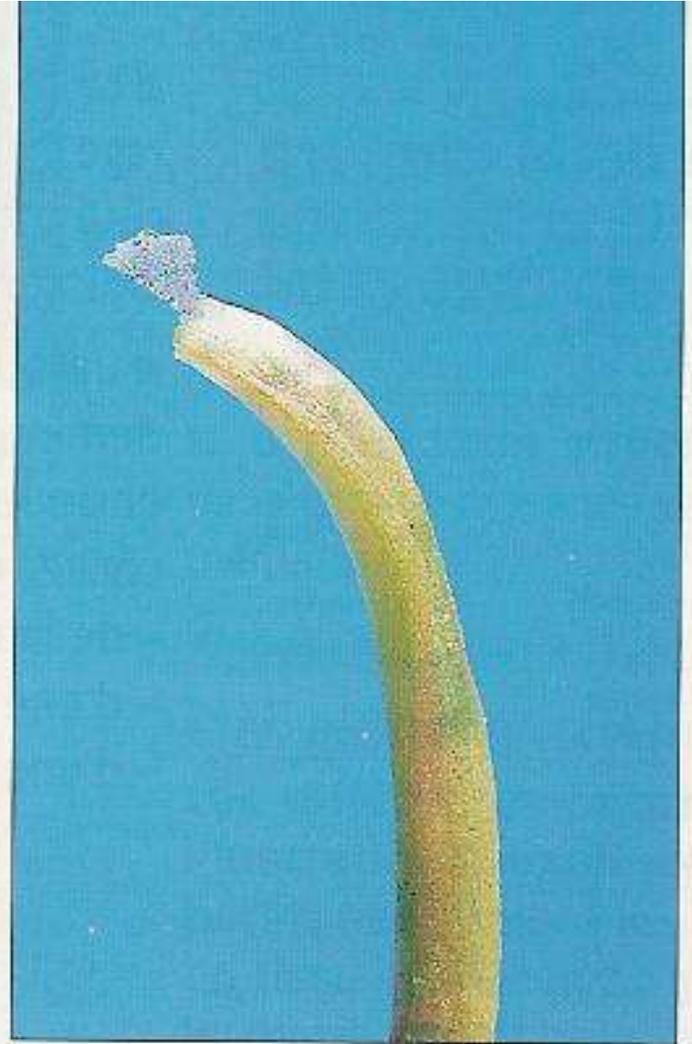
Sommet
séparé par
une demi
lamelle de
mica sur la face
non éclairée



Expériences de Went (1926)

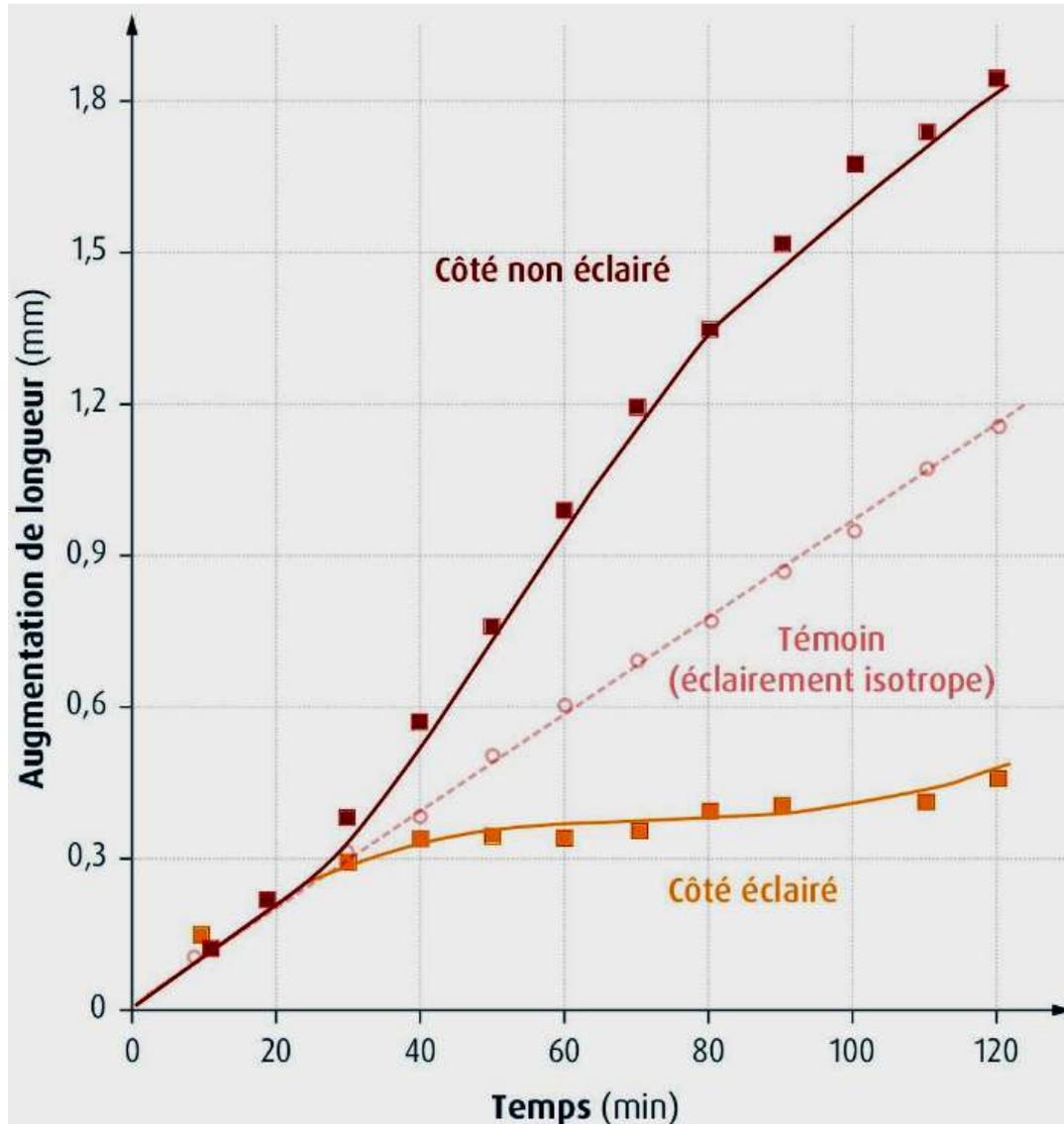


b Bloc de gélose sur la totalité de la section.



c Bloc de gélose sur la moitié de la section.

Mesure de croissance des faces éclairées et non éclairées d'un coléoptile.

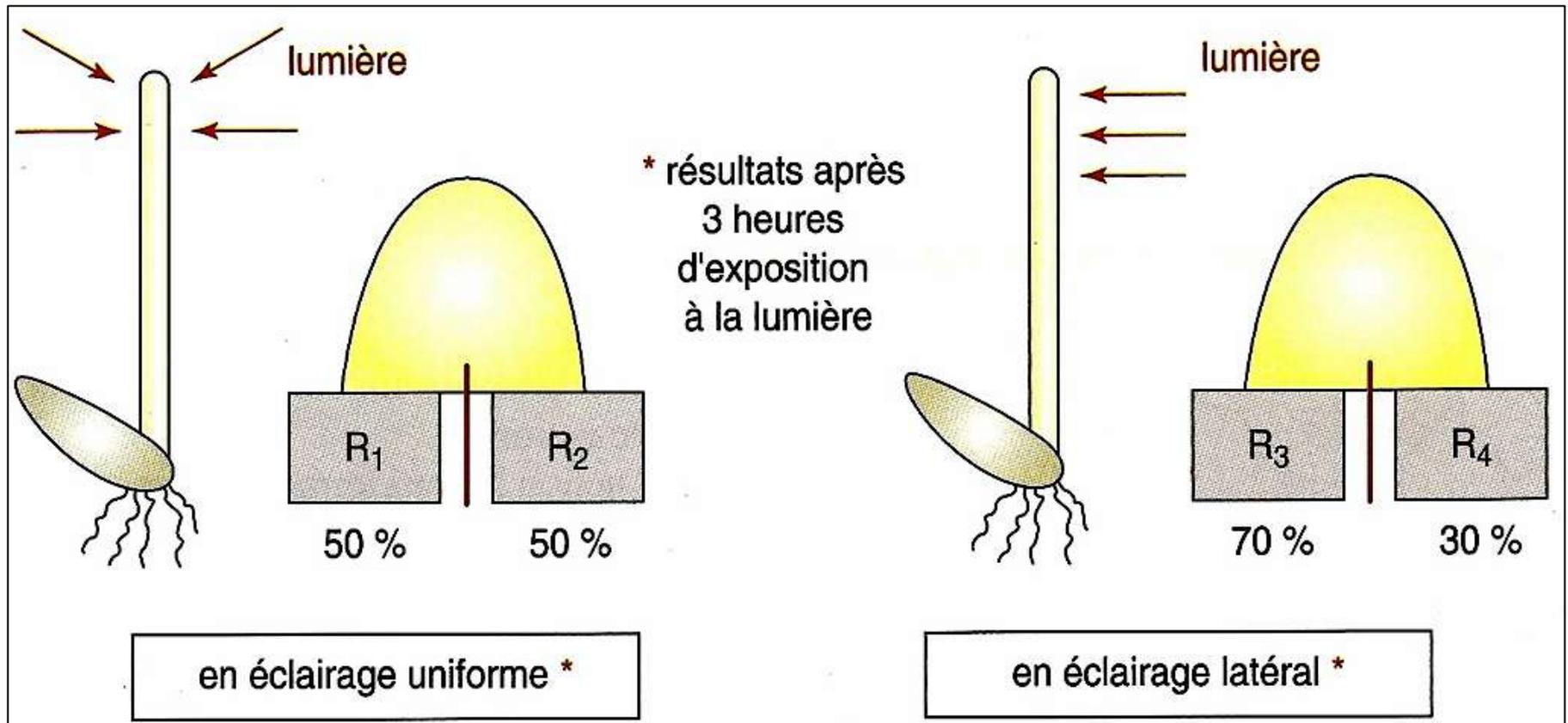


Des coléoptiles d'avoine sont éclairés unilatéralement pendant 30 s.

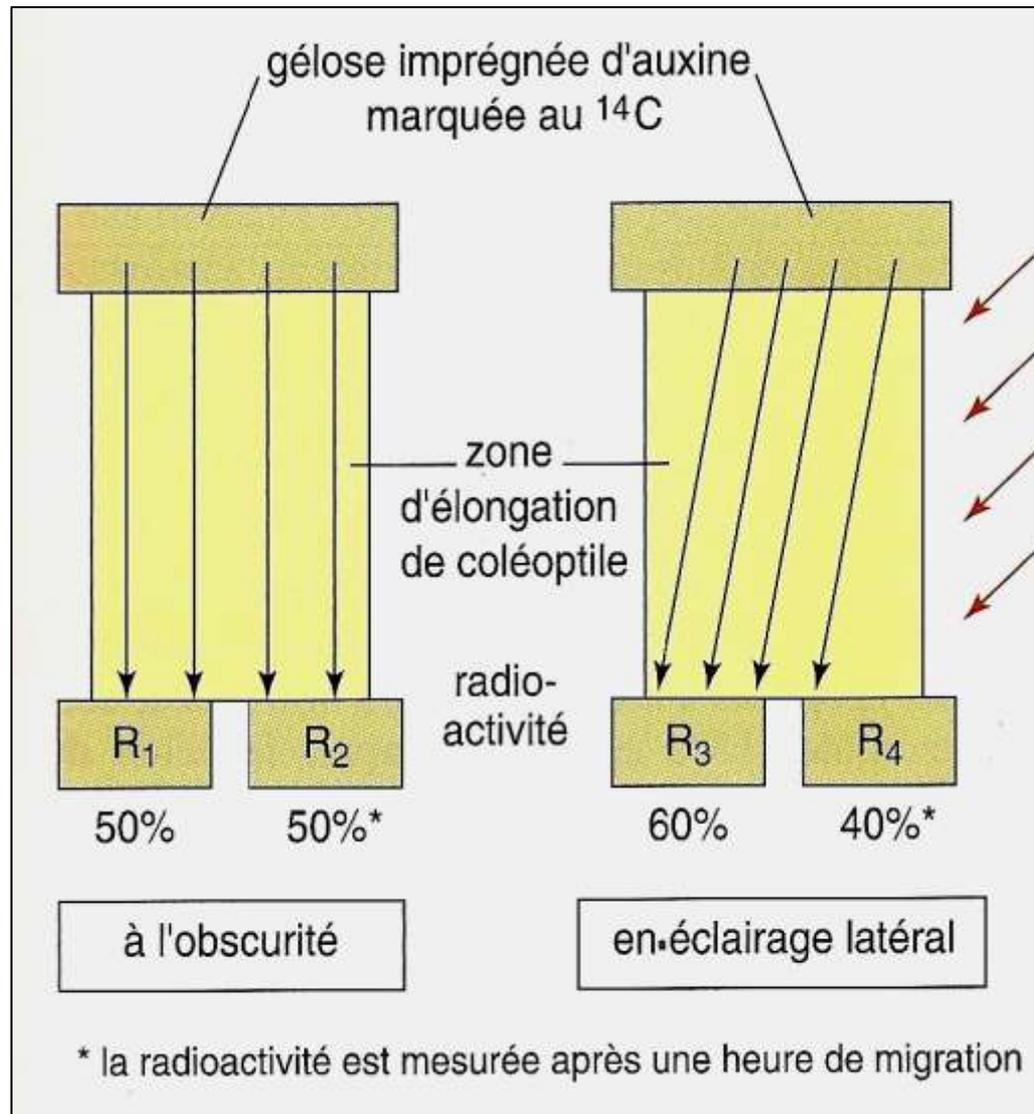
Les coléoptiles témoins sont soumis à un éclairage isotrope.

On mesure l'allongement des faces éclairée et non éclairée du coléoptile pendant 2 heures.

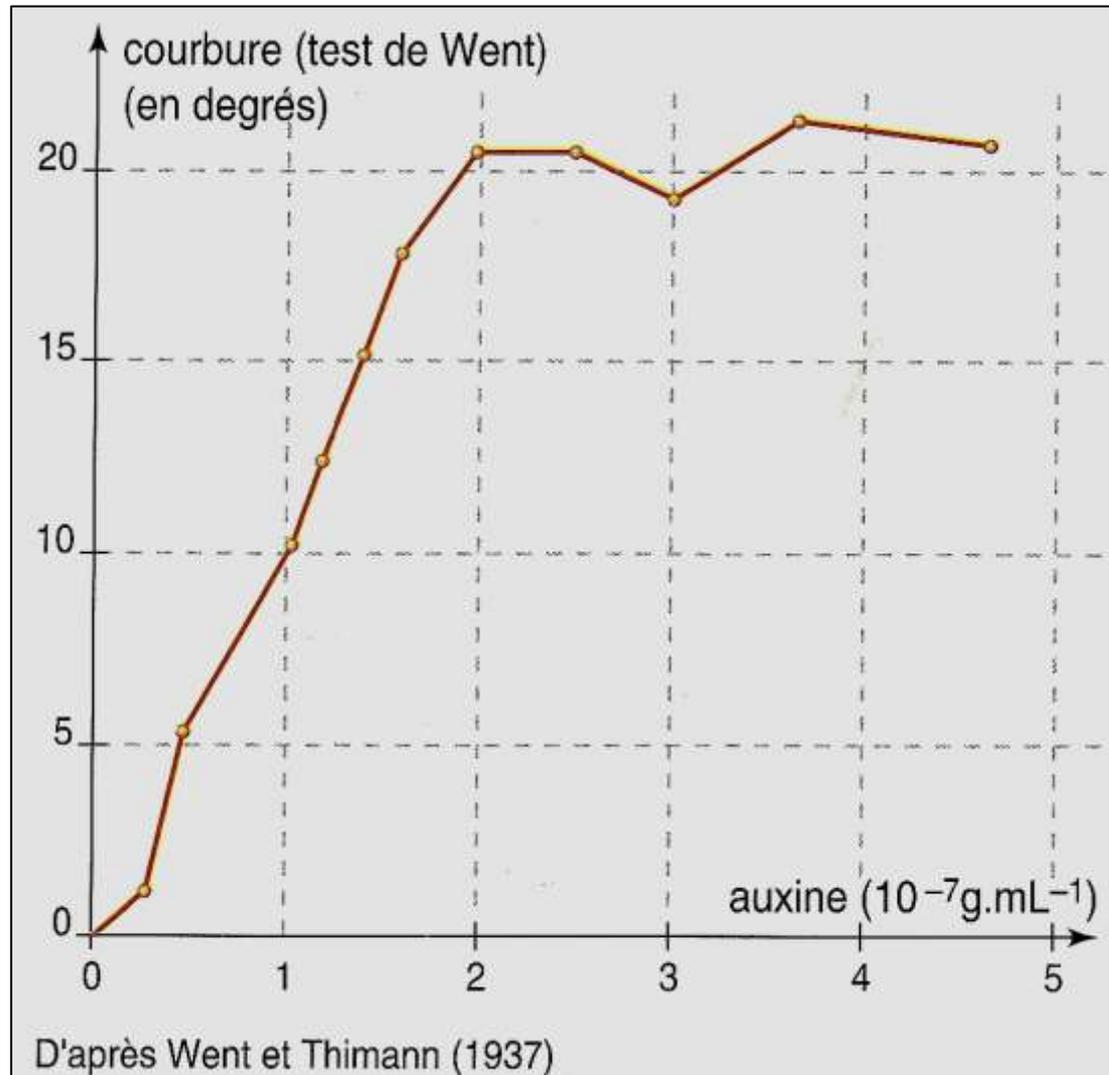
Test de West : Répartition de l'auxine



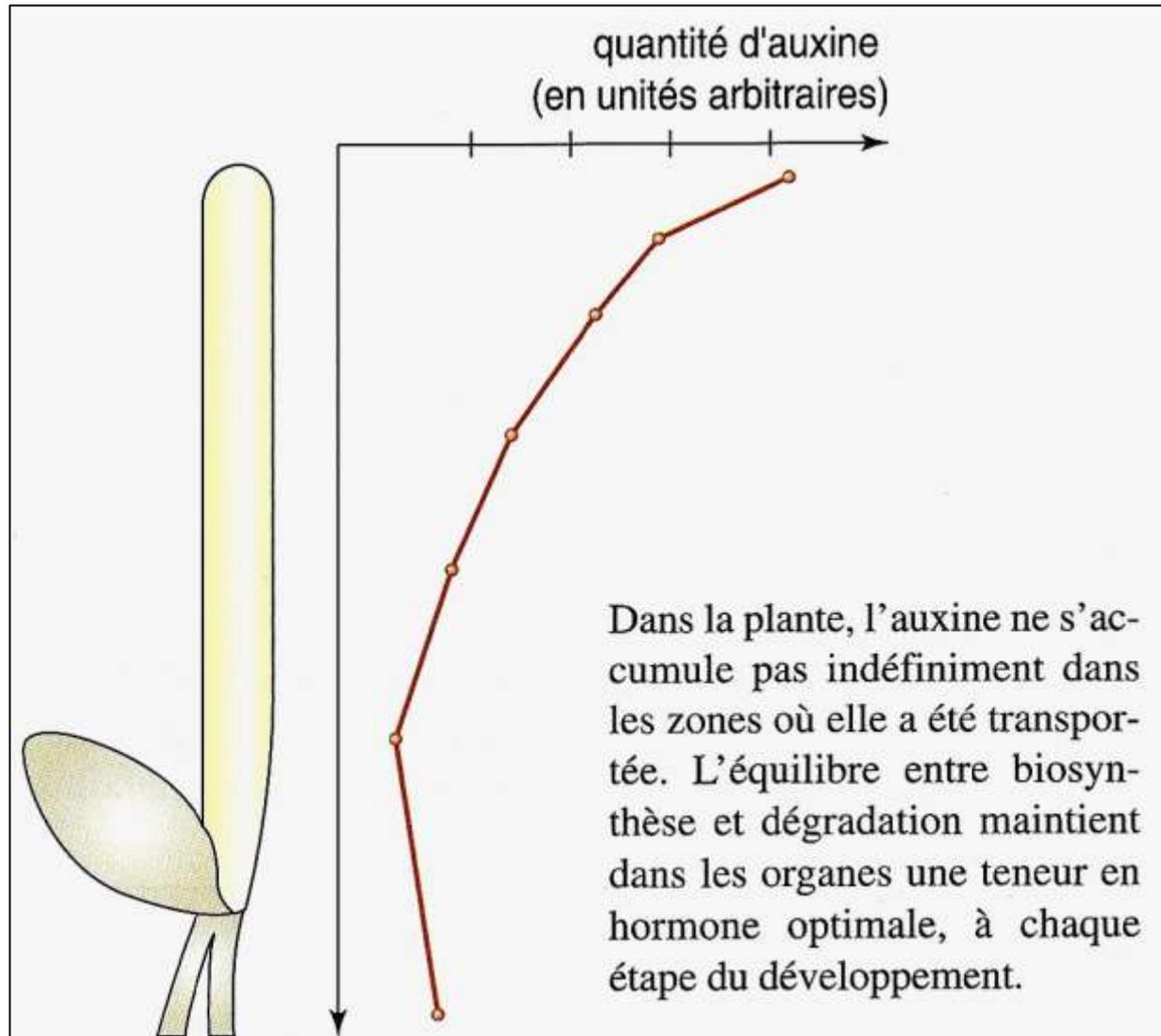
Migration de l'auxine :



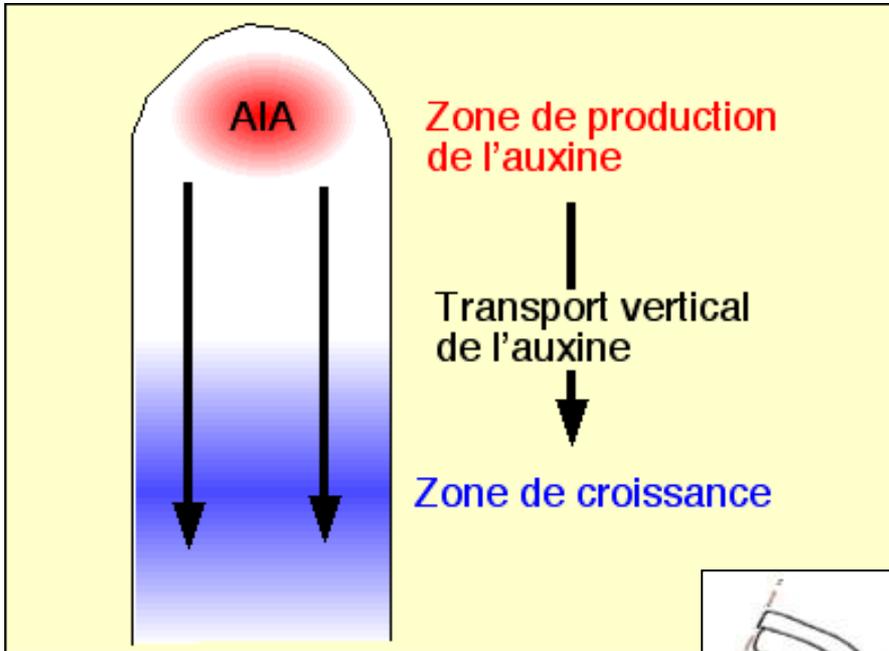
Mesure de l'action de l'auxine en fonction de sa concentration :



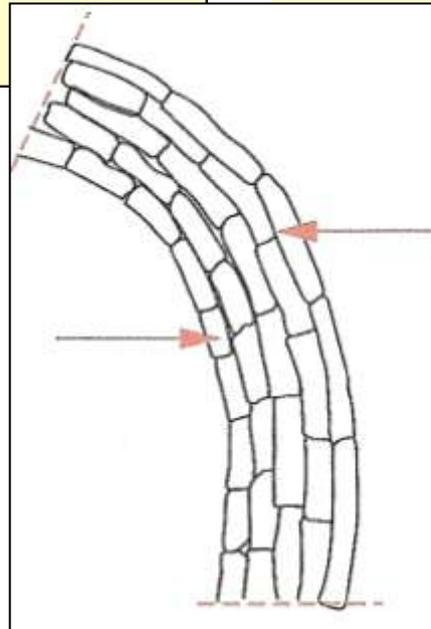
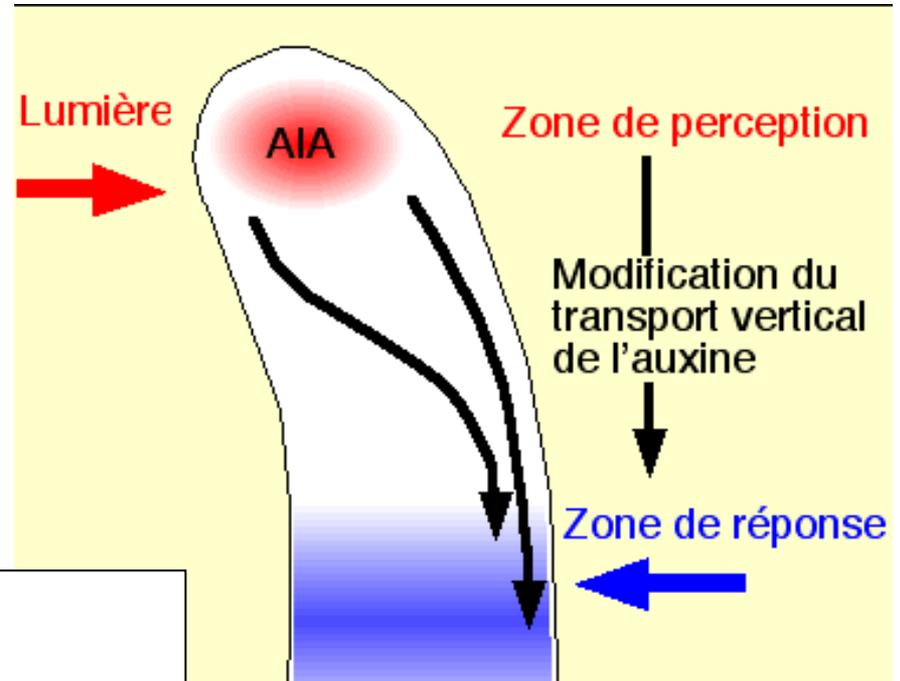
Distribution de l'auxine dans la plantule :



lumière
↓



Lumière
→



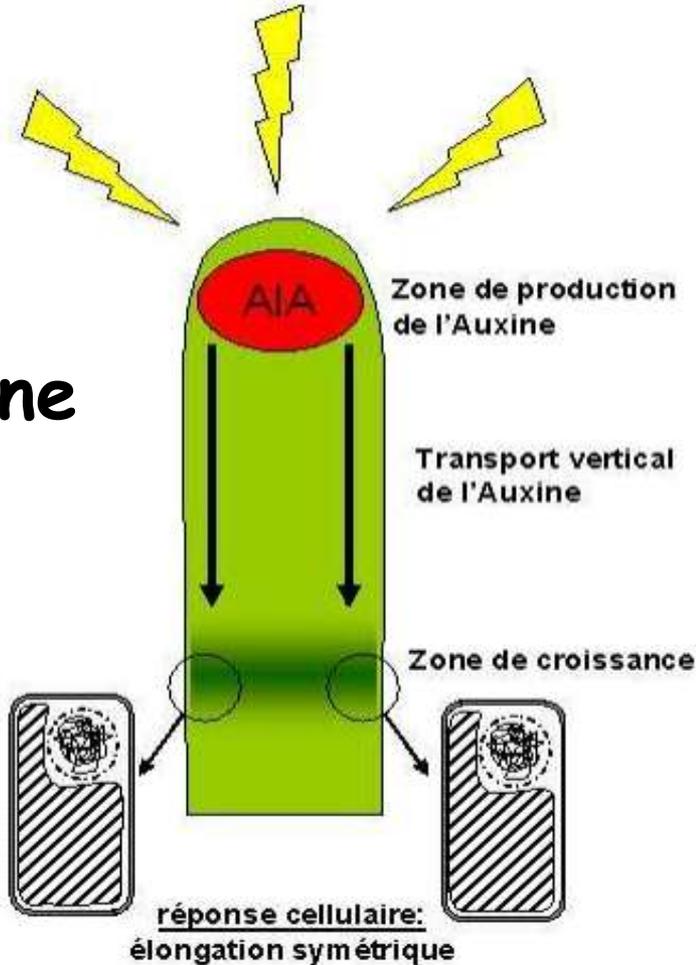
Différence d'allongement
des cellules → courbure

Schéma 4 : Courbure d'une jeune pousse de plante par phototropisme

Eclairement isotrope

Eclairement anisotrope

AIA
= Auxine



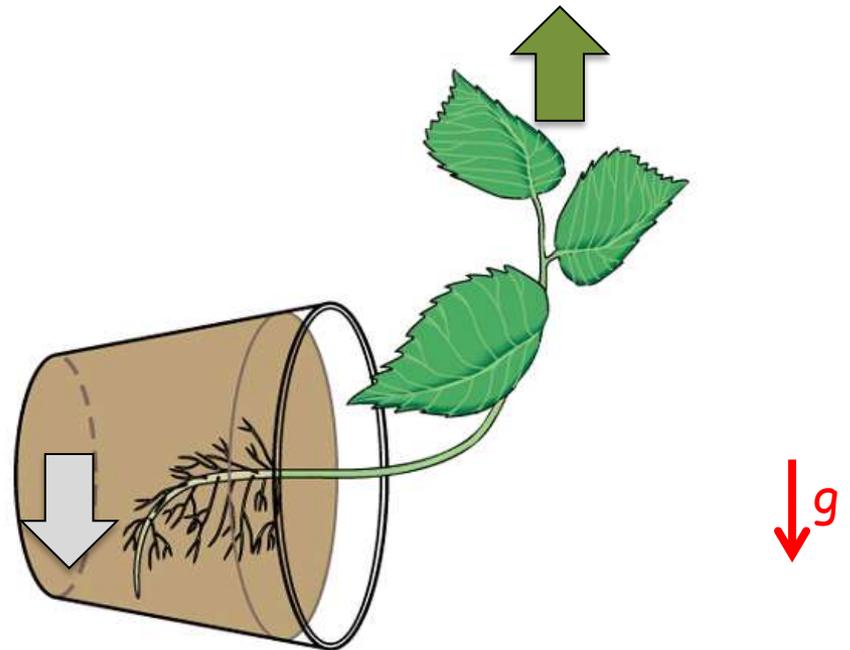
Ex : Utilisation ornementale sur le bambou de la chance



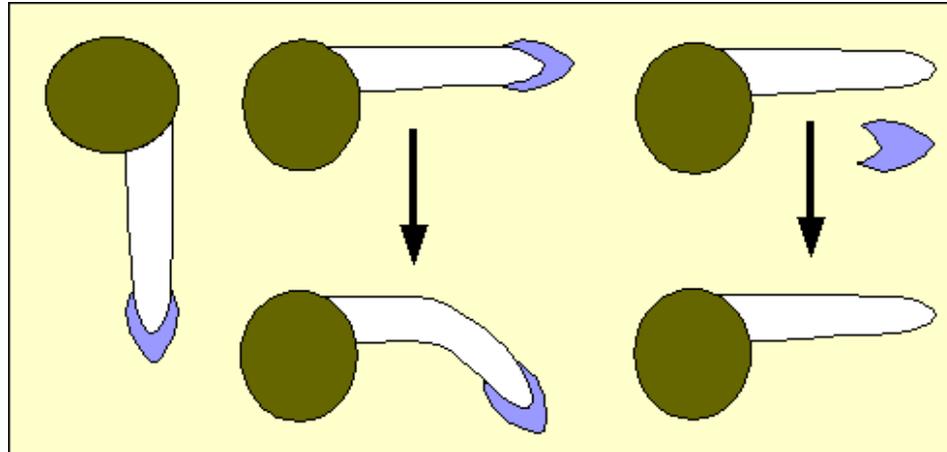
- *Le phototropisme est une croissance orientée vers la lumière.*

Ce mécanisme s'explique par une migration latérale de l'auxine vers les cellules les moins éclairées, dont l'élongation sera de ce fait plus forte, ce qui entraîne une courbure de la tige vers la lumière .

Gravitropisme

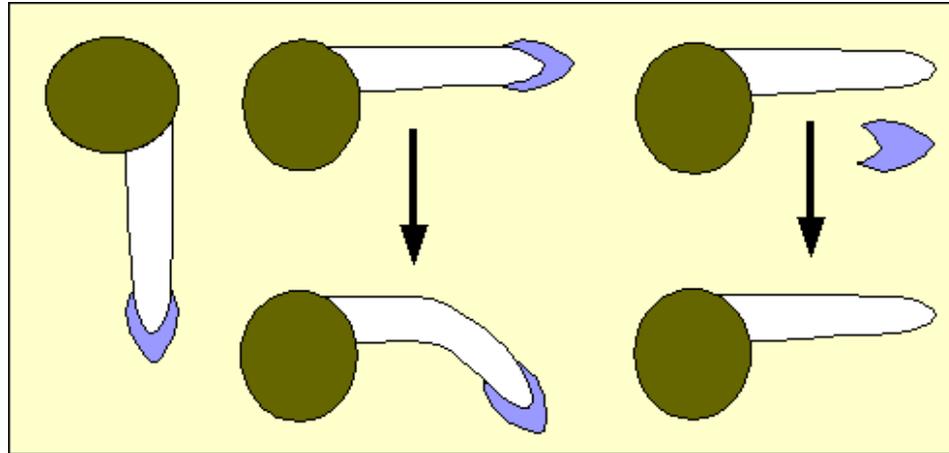


Gravitropisme

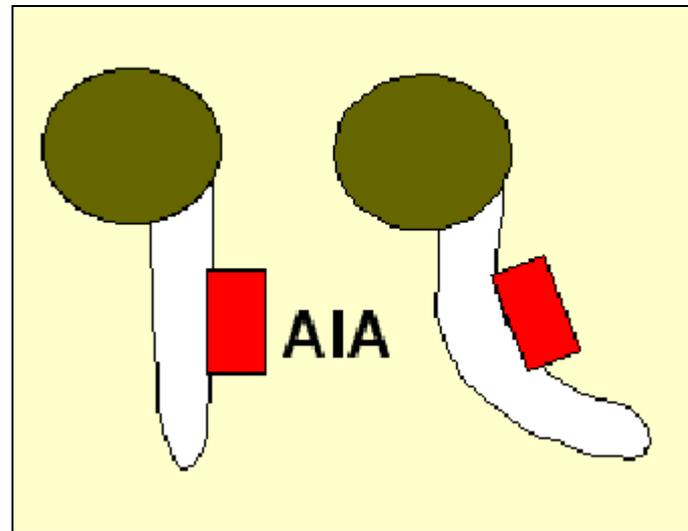


L'ablation de la coiffe d'une racine couchée supprime sa réaction gravitropique

Gravitropisme

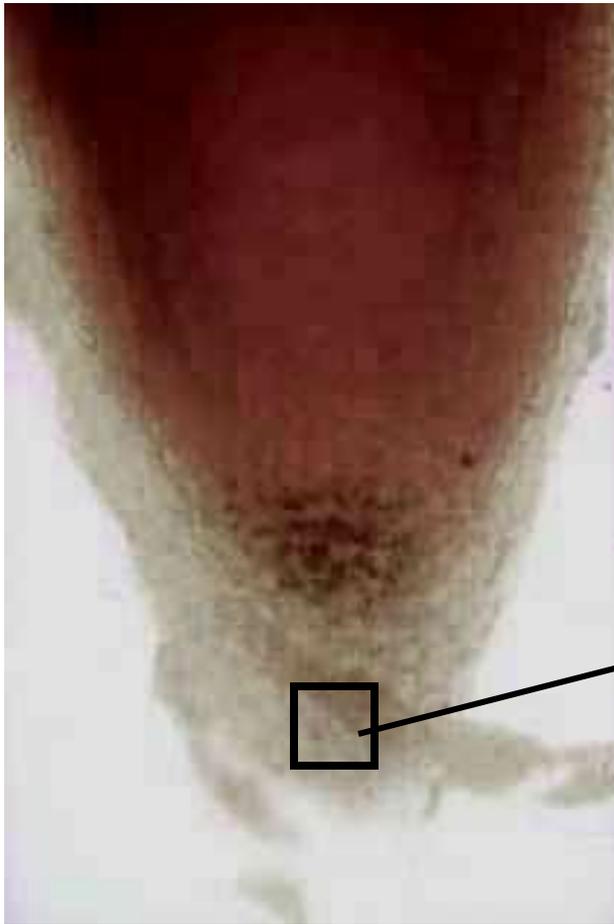


L'ablation de la coiffe d'une racine couchée supprime sa réaction gravitropique



De la gélose contenant de l'auxine en forte concentration inhibe la croissance du côté où elle est appliquée (réponse différente de la tige).

Des statocytes contiennent des statolithes dans la coiffe

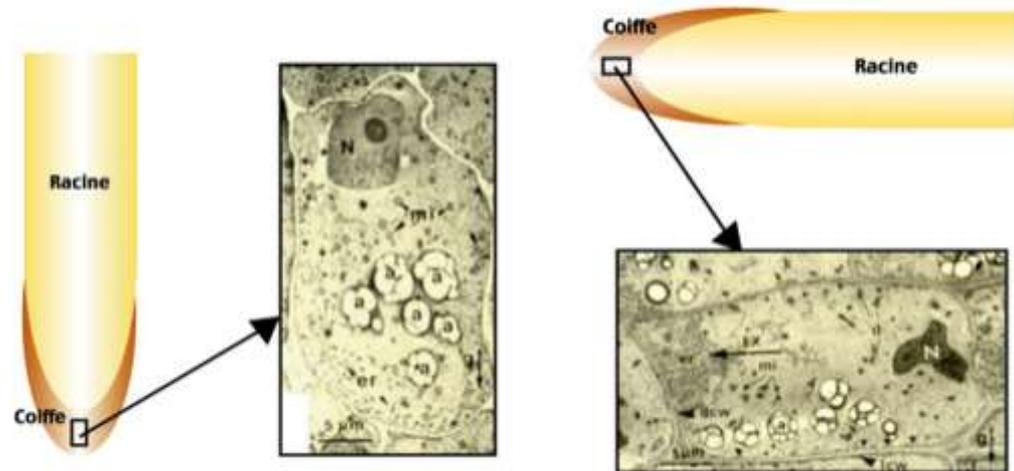


Des statocytes contiennent des statolithes dans la coiffe

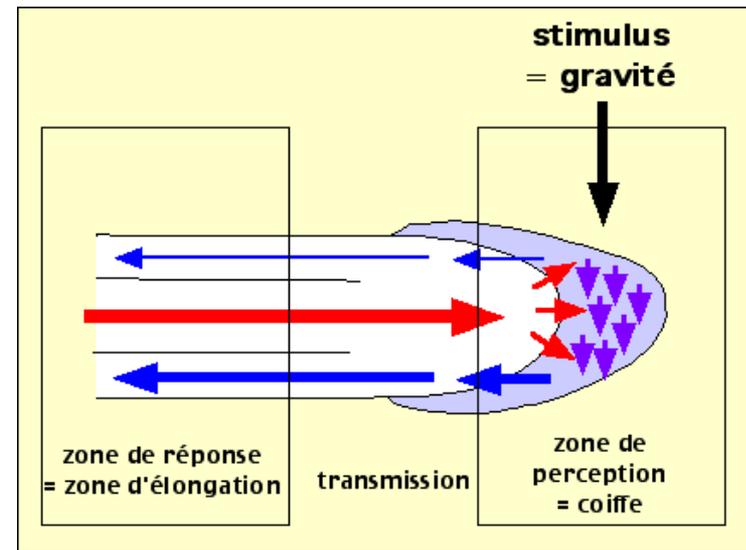
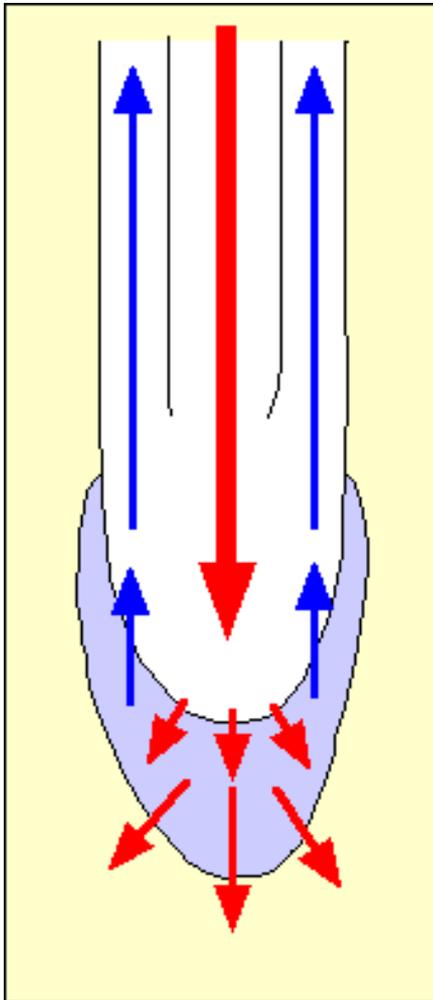


Statocyte d'une racine de Lentille A
a = amyloplaste
MET X 2800

Déplacement des statolithes selon la gravité



Flux d'auxine dans la racine



Lorsque la racine est couchée horizontalement, le transport d'auxine est décalé dans le sens de la pesanteur au niveau de la coiffe. L'auxine remonte alors avec une plus forte concentration dans la région basse vers la zone de croissance.

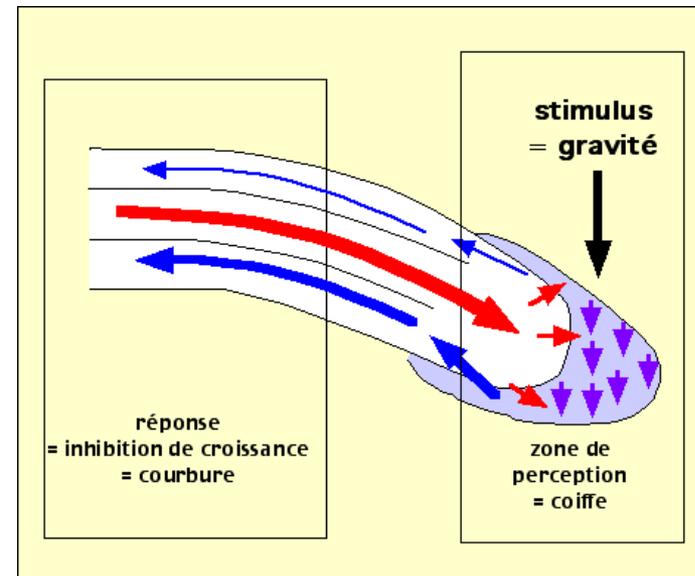
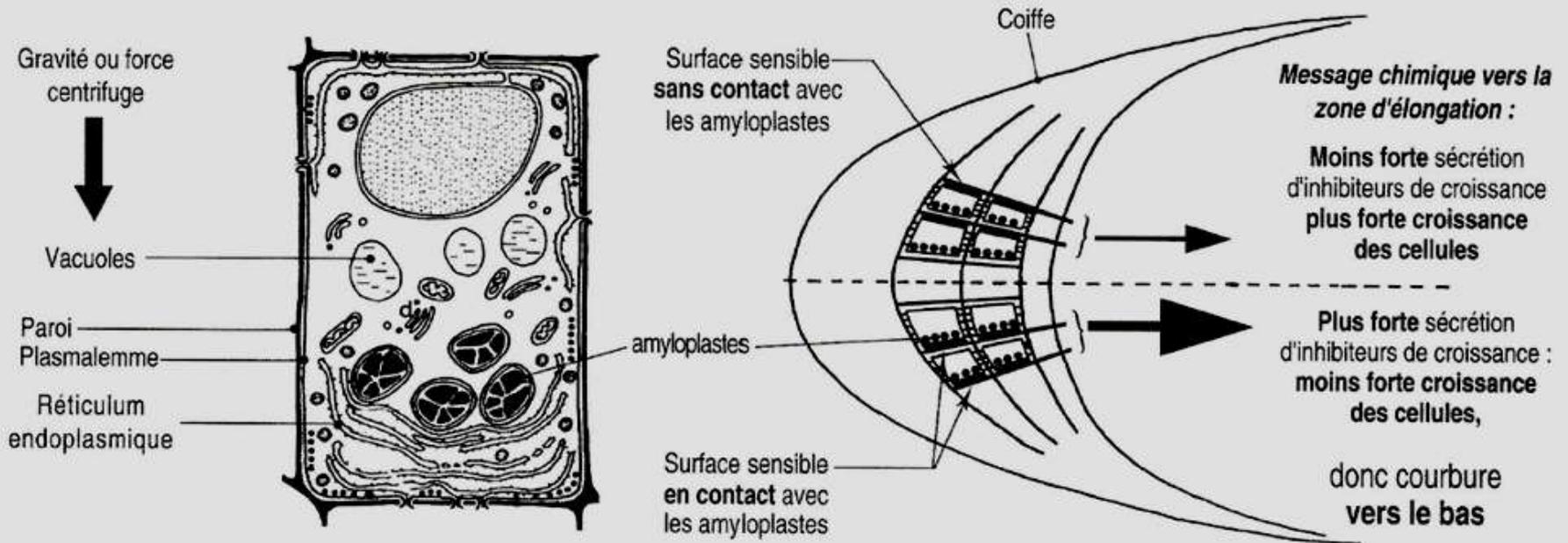


Figure 4-43 - UNE EXPLICATION DU GÉOTROPISME : LES PARTICULES DE GÉOPERCEPTION DANS LA COIFFE

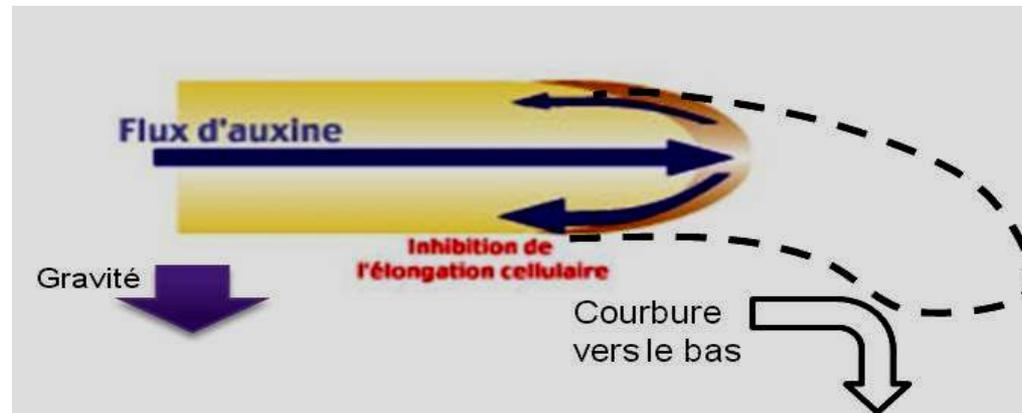
(Dessins extraits de Paul Mazliak, *Physiologie Végétale, Tome II - Croissance et Développement, Collection Méthodes, Hermann, 1982*)



Dans les cellules de la coiffe, les amyloplastes se comportent en **statolithes** ("particules pesantes contrôlant la position") : par leur poids (pesanteur ou force centrifuge), ils appuient ou non sur une surface sensible du réticulum

endoplasmique dont ils modifient le fonctionnement. D'où une sécrétion différente d'inhibiteurs de croissance (surtout acide abscissique ABA) sur la zone d'élongation, amenant la **courbure vers le bas**.

Schéma 5 : Courbure d'une racine de plante par gravitropisme



- *Le gravitropisme est une croissance orientée en fonction de la gravité. La gravité est perçue par des tissus spécialisés (exemple : cellule de la coiffe au niveau de la racine). Comme la lumière, la gravité modifie la répartition des hormones végétales et oriente verticalement la croissance des tiges (vers le haut) et racines (vers le bas). Dans la racine, l'auxine se concentre vers le bas mais à forte concentration, elle a un effet inhibiteur sur l'élongation cellulaire.*

Plusieurs hormones pour contrôler le développement et la croissance de la plante

