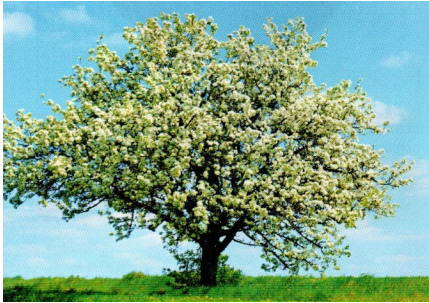


L'organisation fonctionnelle des plantes à fleurs

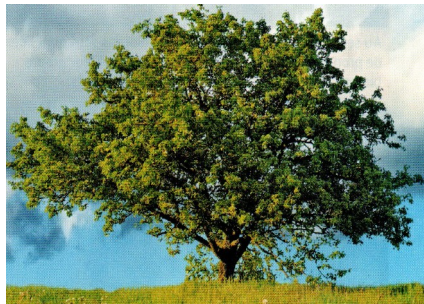
Comment l'organisation fonctionnelle des plantes à fleurs est-elle adaptée à leur mode de vie fixée ?

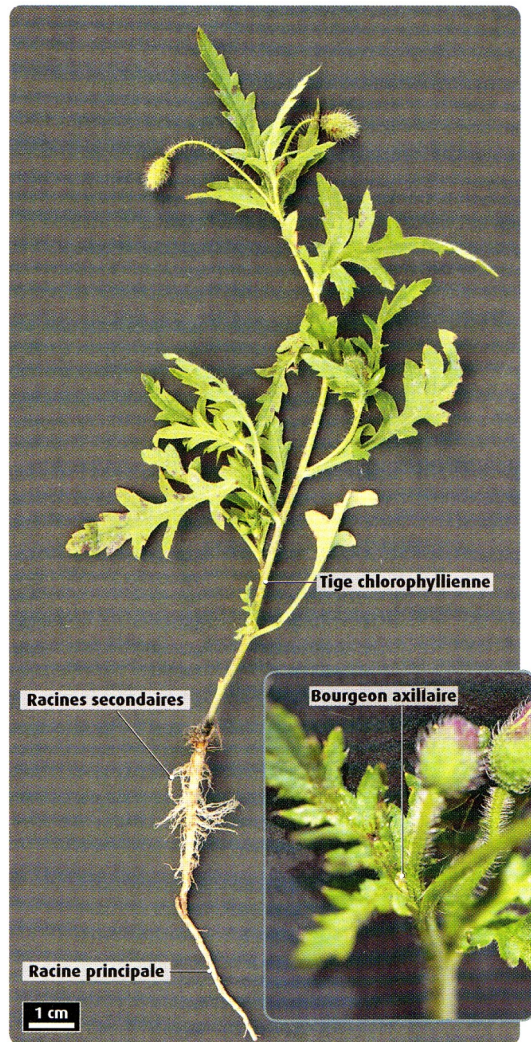
Comment les plantes terrestres s'adaptent aux variations de l'environnement ?

Comment les plantes se développent et comment l'environnement influence ce développement ?



Nathan (Ed.2020, p.162)

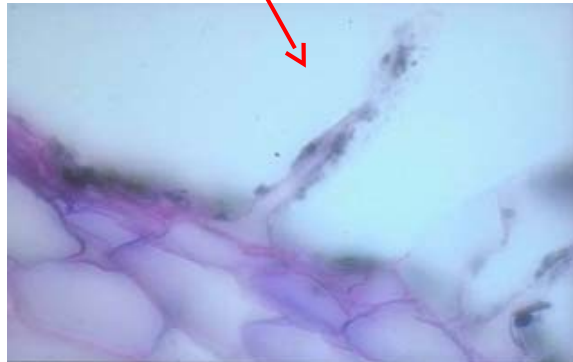
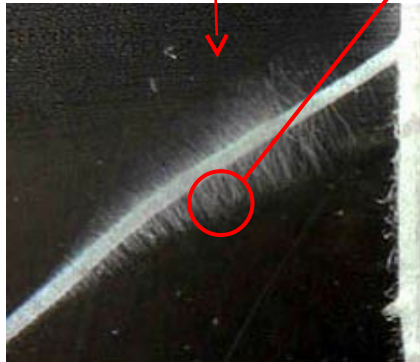




Les plantes développent de grandes surfaces d'échange

- Les racines, des organes adaptés à l'absorption de l'eau et des minéraux du sol

Appareil racinaire d'une
plantule: zone pilifère et
poils absorbants

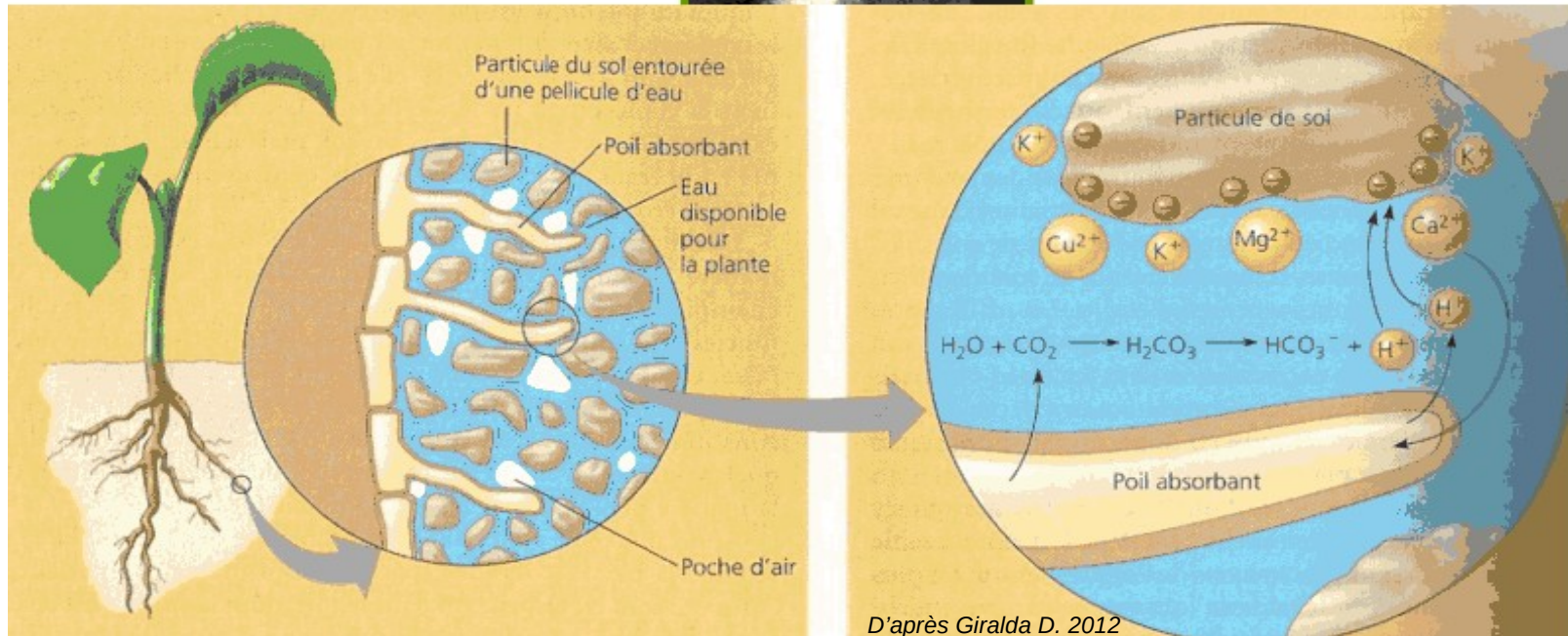


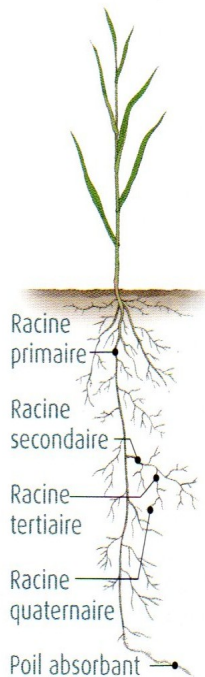
La zone pilifère



Assise pilifère

Diamètre : 12 à 15 μm
Longueur : 0.1 à 10 mm
Nombre: jusqu' à 2500 par cm^2
X 1.5 à 20 surface racinaire





Analyse des racines

Catégorie de racine	Nombre de racines	Longueur moyenne (cm)	Longueur totale (m)	Diamètre moyen (μm)
Principale	143	45,72	65,3796	700
Secondaire	35607	15,24	5426,5068	250
Tertiaire	2296651	7,62	175004,806	130
Quaternaire	11483271	3,81	442592,643	120

Analyse des poils absorbants

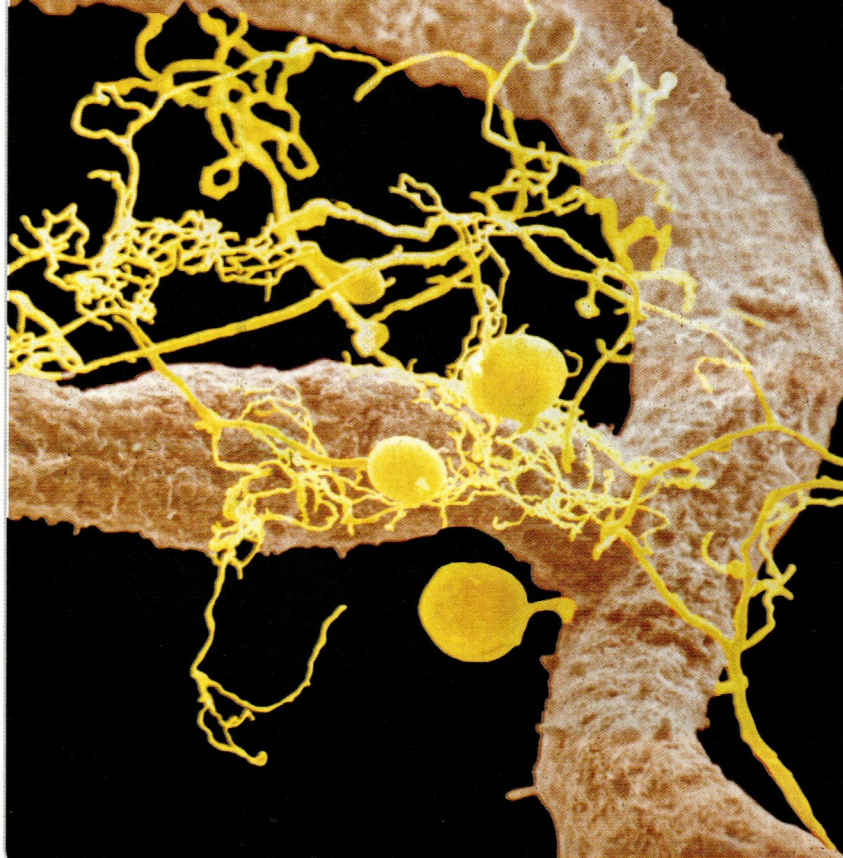
Catégorie de racine	Nombre de poils absorbants	Longueur moyenne des poils absorbants (μm)	Longueur totale de poils absorbants (km)	Diamètre moyen (μm)
Principale	3481463	1000	3,4761744	15
Secondaire	244196860	860	209,536068	12
Tertiaire	5775159861	800	4609,7935	12
Quaternaire	8312730104	700	5805,05031	12

Étude quantitative de l'appareil racinaire du seigle. En 1937, H.J. Dittmer a déterré soigneusement un seul pied de seigle (une céréale) pour étudier son système racinaire. En considérant les racines et les poils absorbants comme des cylindres, il a pu estimer la surface totale des racines d'un côté et des poils absorbants de l'autre.

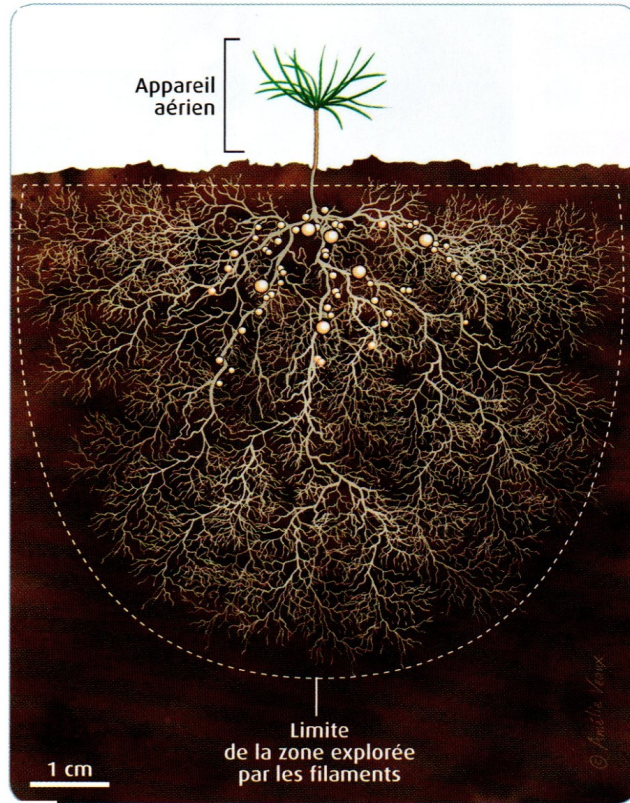
Belin (Ed.2020, p.208)

	A	B	C	D
1	Calcul de la surface des racines			
2				
3	Catégorie de Racine	Longueur totale = L (m)	Diamètre moyen = D (m)	Surface (m^2) = L X D X 3,14
4	Principale	65,3796	7,00E-04	0,1437043608
5	Secondaire	5426,5068	2,50E-04	4,259807838
6	Tertiaire	175004,806	1,30E-04	71,4369618092
7	quaternaire	442592,643	1,20E-04	166,7689078824
8	Surface total en m^2			242,61
9				
10	Calcul de la surface des poils absorbants			
11	Catégorie de Racine	Longueur totale = L (m)	Diamètre moyen = D (m)	Surface (m^2) = L X D X 3,14
12	Principale	3476,1744	1,50E-05	0,16372781424
13	Secondaire	209536,068	1,20E-05	7,89531904224
14	Tertiaire	4609793,5	1,20E-05	173,69701908
15	quaternaire	5805050,31	1,20E-05	218,7342956808
16	Surface total en m^2			400,49
17				

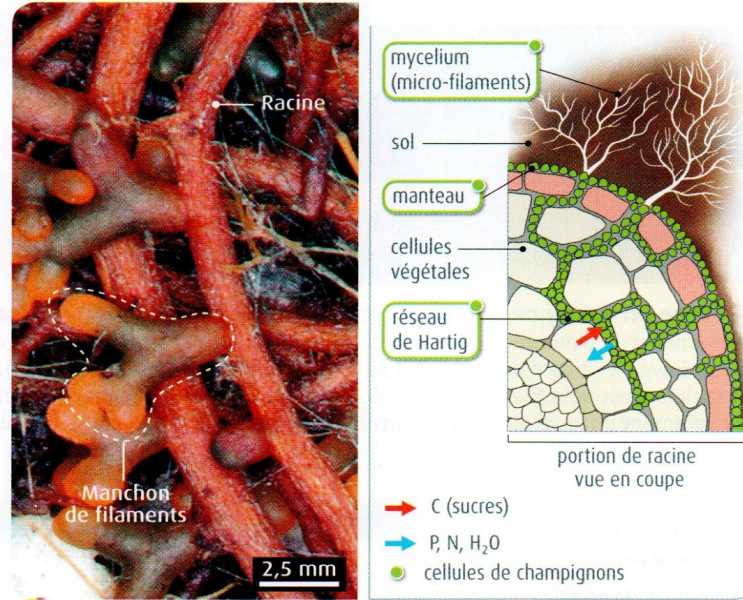
Système mycorhizien : symbiose entre la plante et un champignon



- ▀ L'association entre les racines d'une plante (en marron) et des champignons du sol (en jaune) forme des mycorhizes.



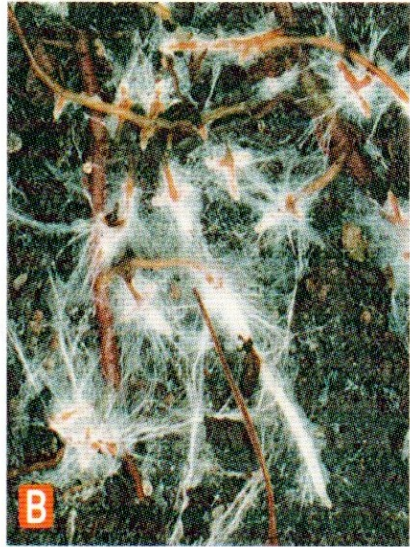
Visualisation schématique du système mycorrhizien d'une jeune plantule de pin. Chez plus de 90 % des plantes, les racines sont associées à des champignons avec lesquels elles forment des structures symbiotiques appelées mycorhizes. Le champignon dégrade la matière organique et prélève les éléments nutritifs du sol qu'il transmet en partie à la plante ; la plante en retour transmet aux champignons des sucres d'origine photosynthétique.



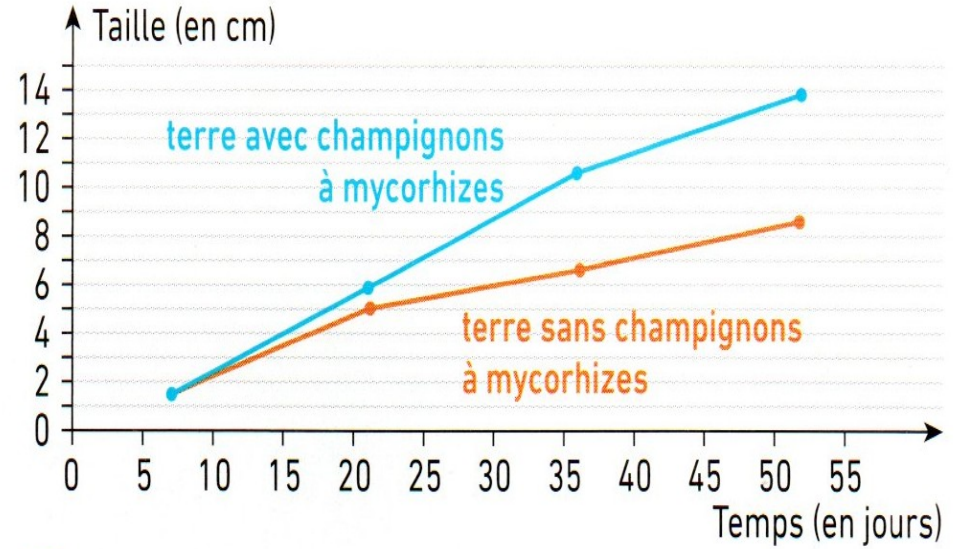
Une ectomycorhize de pin sylvestre. Ces organes racinaires, dont il existe différentes morphologies et différentes tailles, associent les filaments du champignon à un fragment racinaire de la plante.

	Longueur totale en centimètres par gramme de sol sec	Diamètre moyen
Racines des plants de concombre	24	100 µm environ
Filaments des champignons mycorrhiziens associés aux racines	2708	2,6 µm

Comparaison des longueurs des réseaux racinaires et mycorrhiziens sur des plants de concombre. Des chercheurs ont évalué les longueurs respectives de filaments de champignons et de racines sur les mêmes pieds de concombre.



A Racines non mycorhizées (A) ou mycorhizées (B).

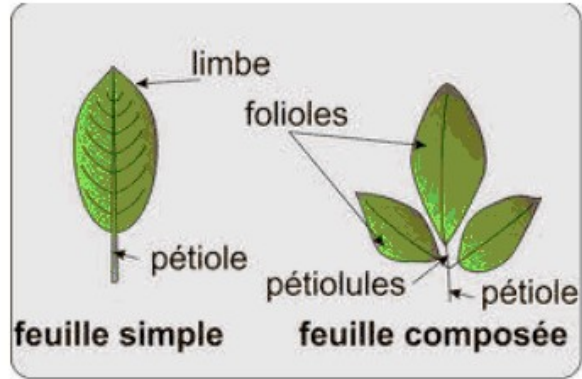


C Effet des mycorhizes sur la croissance du basilic.

- Les feuilles organes adaptés à la fonction de photosynthèse

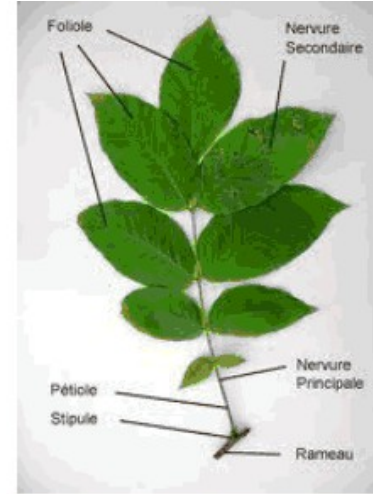


Photo Pierre GOUJON

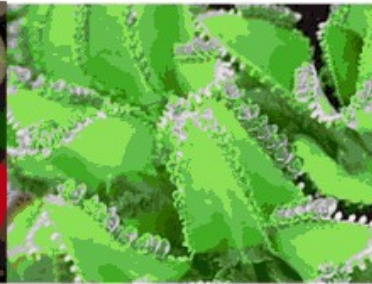


feuille simple

feuille composée



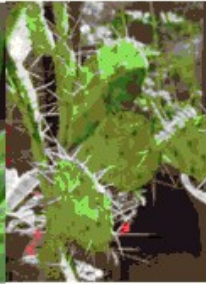
Les feuilles rouges



Les feuilles reproductives



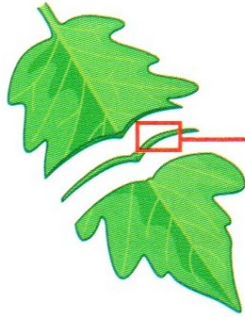
Les feuilles de stockage



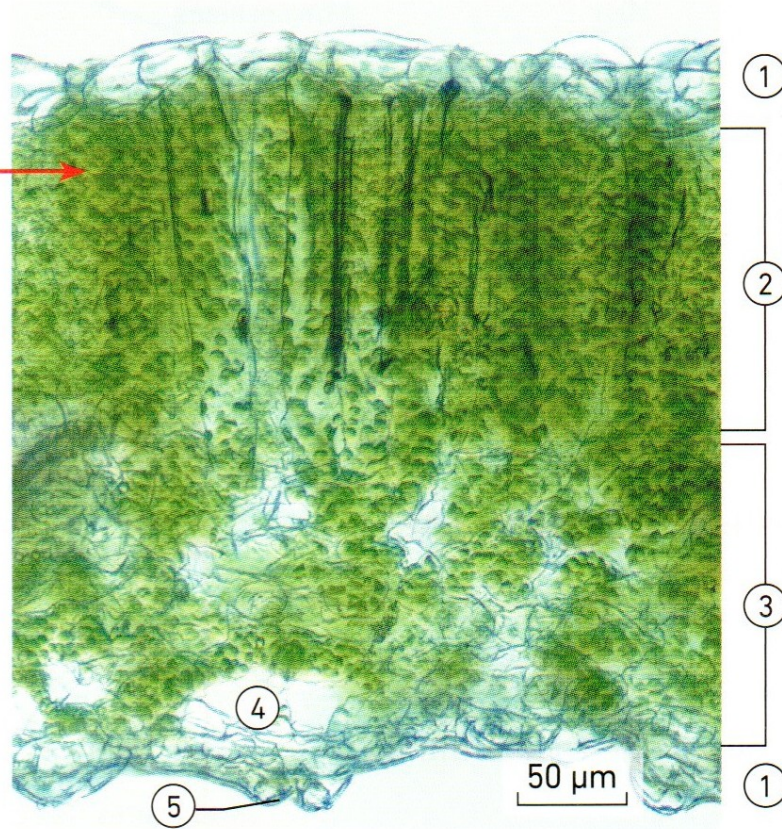
Les feuilles épinées



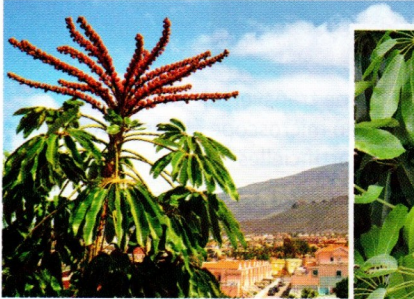
Les vrilles



- ① épiderme
- ② parenchyme palissadique
- ③ parenchyme lacuneux
- ④ lacune
- ⑤ stomate



Coupe transversale de feuille observée au microscope optique.



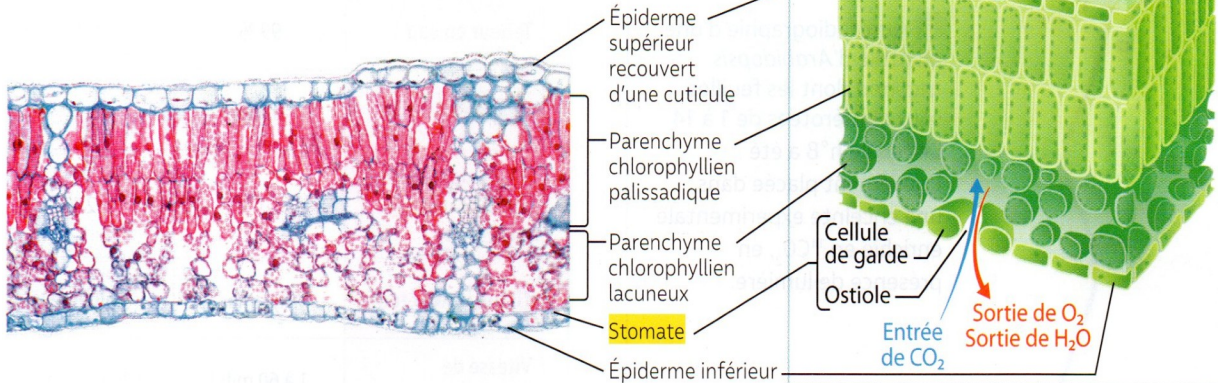
a *Schefflera actinophylla* ou arbre à ombrelles, une plante tropicale

Les feuilles de cet arbre sont divisées en plusieurs folioles orientées dans toutes les directions, de sorte que la lumière soit captée tout au long de la journée, quel que soit l'angle d'incidence des rayons solaires.

« Pour fabriquer 1 kg de matière sèche, c'est le CO₂ contenu dans 4 000 m³ d'air* qui doit être absorbé ! »

Le génie des végétaux, Marcel Bournérias, Christian Bock Belin, Pour la Science (2006)

*soit environ le volume de deux montgolfières



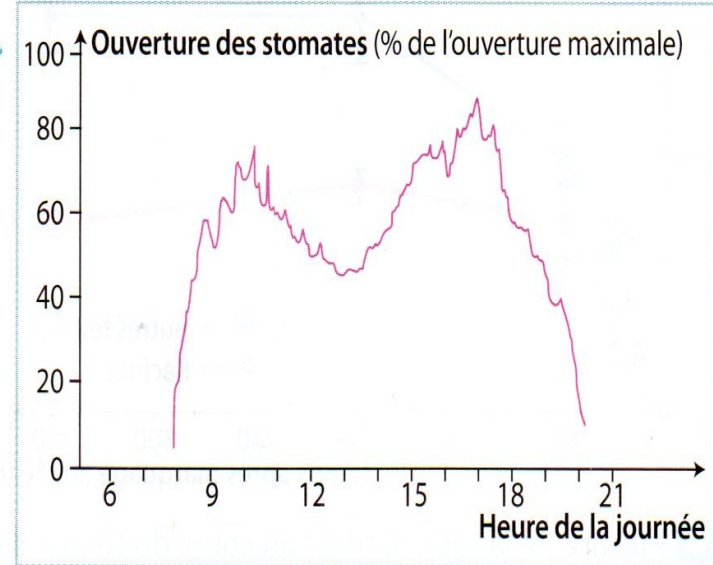
Hachette (Ed.2020, p.130)



Les stomates

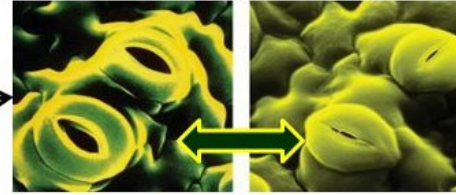
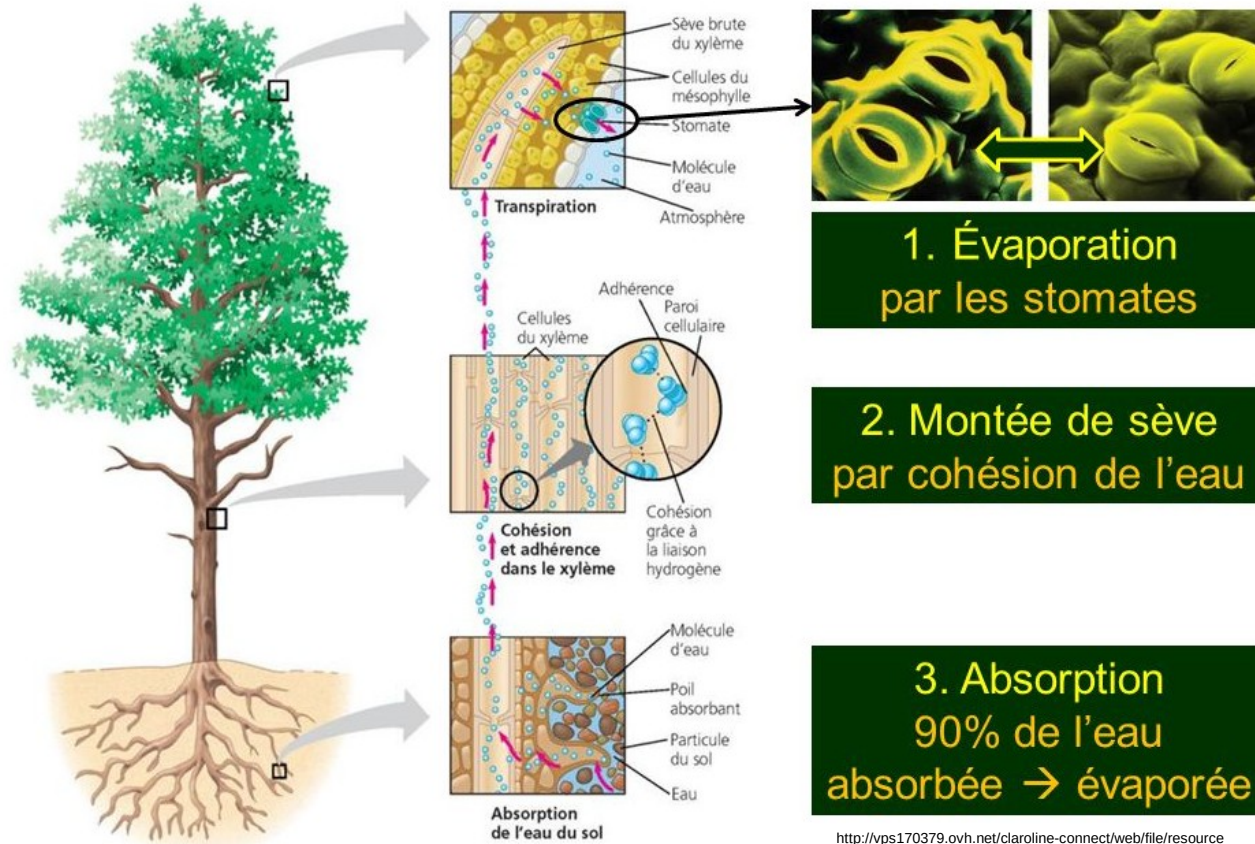
② Degré d'ouverture des stomates en fonction de l'heure de la journée

① Trois stomates sur la face inférieure d'une feuille de Lilas
Technique : microscope électronique à balayage



Hachette (Ed.2020, p.130)

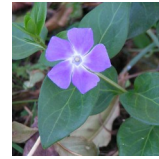
ÉVAPOTRANSPIRATION



1. Évaporation par les stomates

2. Montée de sève par cohésion de l'eau

3. Absorption 90% de l'eau absorbée → évaporée



Plantes	Euphorbe characias	Plantain majeur	Pervenche	Violette
Masse (Kg)	0,009	0,008	0,00764	0,006
Surface des parties chlorophylliennes (m ²)	0,0134	0,0193	0,0167	0,0305
Surface des parties chlorophylliennes / Masse (m ² /Kg)	1,49	2,42	2,194	5,08
Estimation de la surface foliaire d'absorption des gaz (m ²)	0,401	0,580	0,503	0,914
Estimation de la surface foliaire d'absorption des gaz / Masse (m ² /Kg)	44,6	72,5	65,827	152
Estimation de la surface d'absorption de l'eau et des sels minéraux (m ²)	1,74	2,51	2,179	3,96
Estimation de la surface d'absorption de l'eau et des sels minéraux / Masse (m ² /Kg)	193	314	285,25	660

Surfaces d'échanges chez un homme d'une masse de 70 Kg, d'une taille de 1,80 m et d'un volume de 0,32 m³

Surface estimées		Surfaces (m ²)	Surfaces / Masse (m ² /kg)	Surfaces / Volume (m ² /m ³)
Externe	Peau	1,9	0,027	6
Internes	Muqueuse intestinale	200	2,8	625
	Alvéoles pulmonaires	130	1,85	410

Les échanges	Grandeur surface / Masse (m ² /Kg)	
	Végétal	Mammifère
CO ₂ sortant O ₂ entrant respiration	45 à 150	1,85
Eau et sels minéraux: entrants nutrition	194 à 660	2,8



Châtaigner de 12m

Surface externe = 340 m^2

Surface des chambres sous stomatiques: **$10\ 000 \text{ m}^2$**

Surface d'absorption racinaire = 44000 m^2



Surface pulmonaire

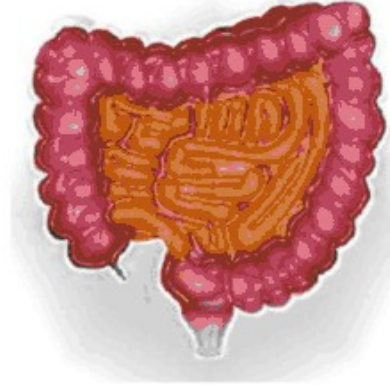
$2 \times 300\ 000\ 000$ (nombre total d'alvéoles dans les deux poumons)
 $\times 0,125 \text{ mm}^2$ (surface totale entre l'air et le sang d'une alvéole)
 $= 75\ 000\ 000 \text{ mm}^2$, soit **75 m^2** .

Les échanges	Nature, position (interne ou externe : aérien ou souterrain) et caractéristiques		Grandeur surface/masse en m ² / kg	
	Végétal	Mammifère	Végétal	Mammifère
Eau et sels minéraux : entrants Nutrition	Racines ramifiées, poils absorbants et mycorhizes augmentant la surface d'absorption Externes souterraines	Intestin Interne	194 à 660	2,8



Châtaigner de 12m

Surface externe = 340 m²
 Surface des chambres sous stomatiques: 10 000m²
 Surface d'absorption racinaire =
44000 m²



Surface d'absorption intestinale

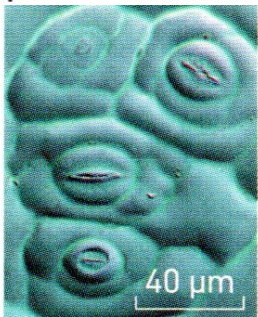
Surface d'échange au niveau de l'intestin grêle **200 m²**.

Les plantes face aux contraintes de l'environnement

- Adaptation au manque d'eau



Stomates en conditions normales (empreinte au vernis).



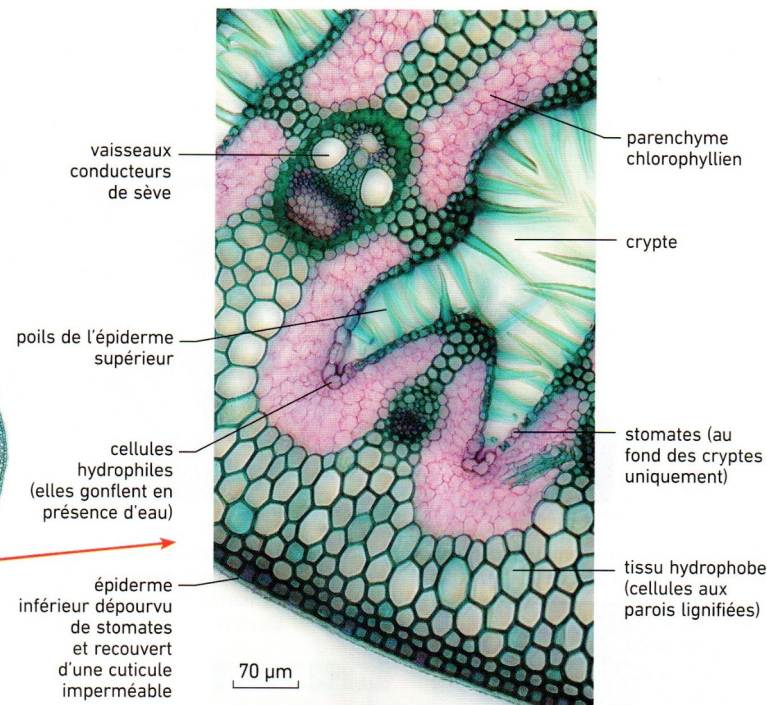
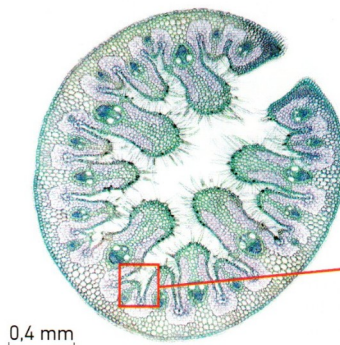
Stomates exposés à un stress hydrique (empreinte au vernis).



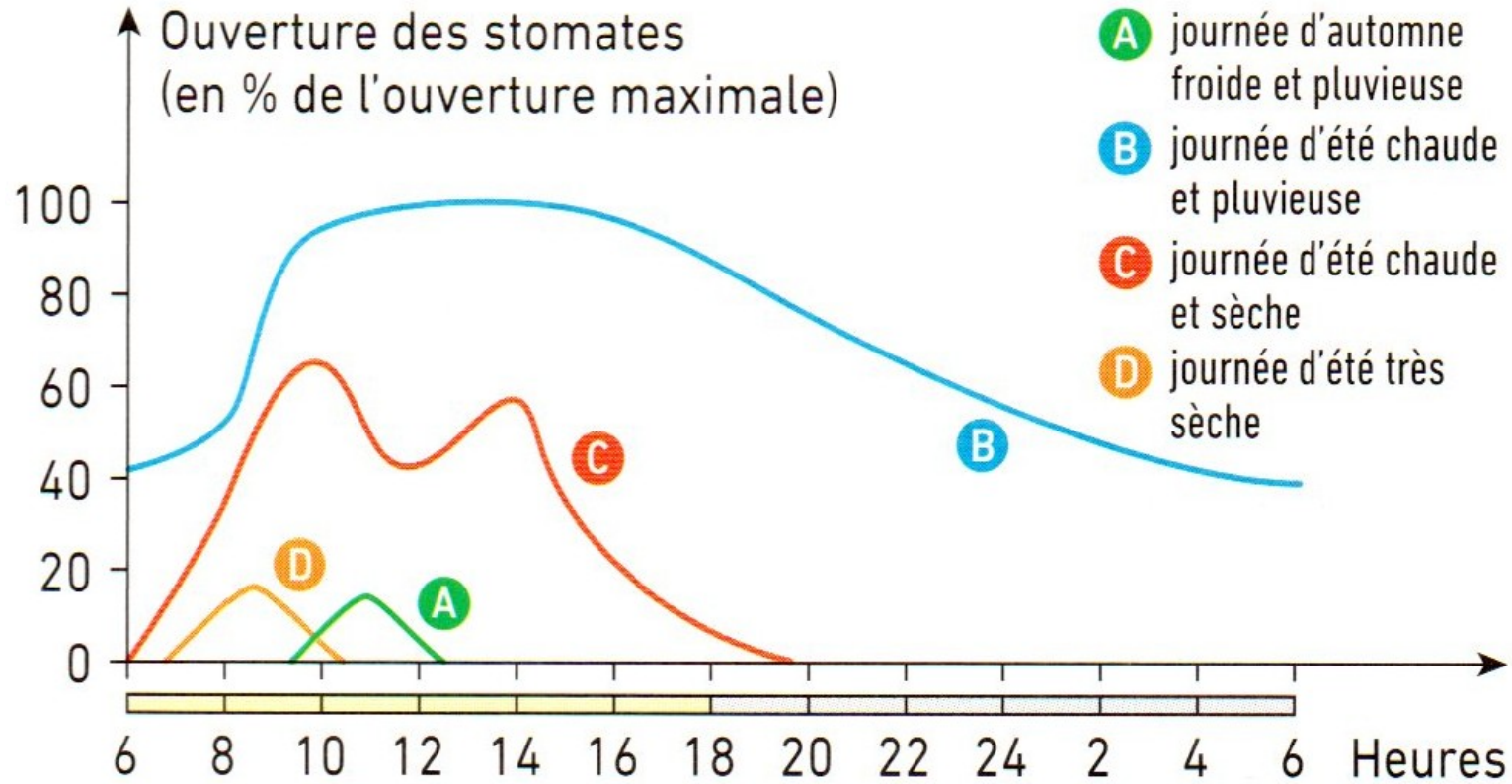
A Loyat des dunes.



B Les feuilles effectuent des mouvements en lien avec l'adaptation à la sécheresse.

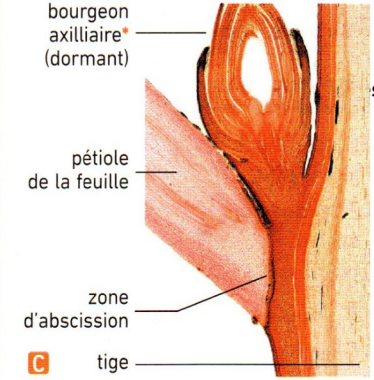


B Coupe transversale d'une feuille d'oyat observée au microscope optique (coloration au carmin-vert d'iode).

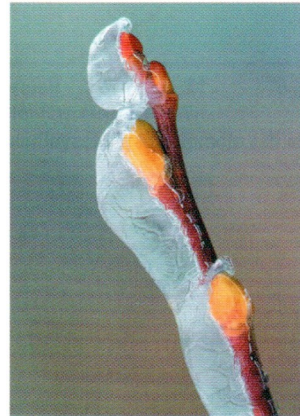


Variations journalières de l'ouverture des stomates.

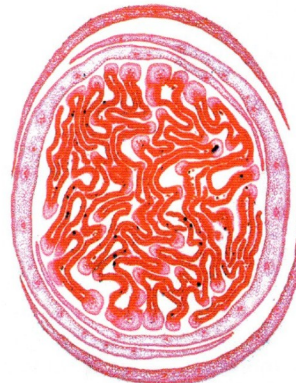
- Adaptation au froid



A et **B** : les matières organiques quittent la feuille ;
C : le pétiole de la feuille se sépare de la tige* et la feuille tombe.



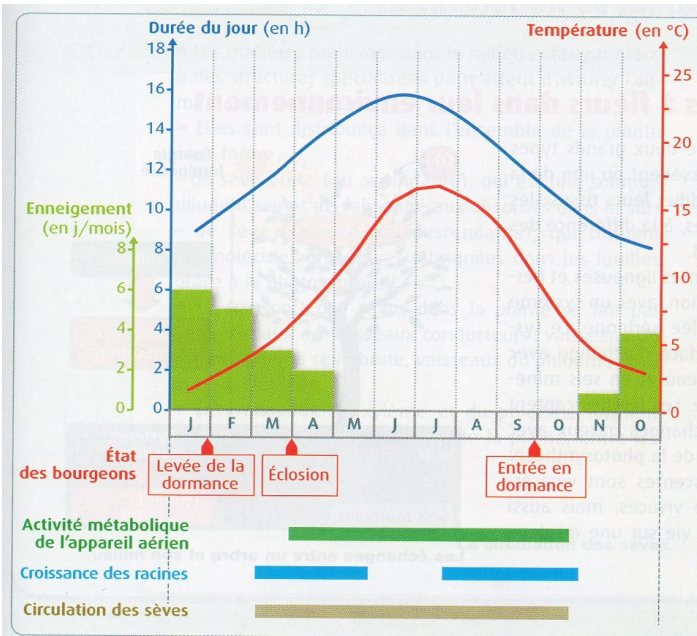
D Rameau d'érable recouvert de glace. Les ébauches de tige et de feuilles sont à l'abri du gel dans les bourgeons*.



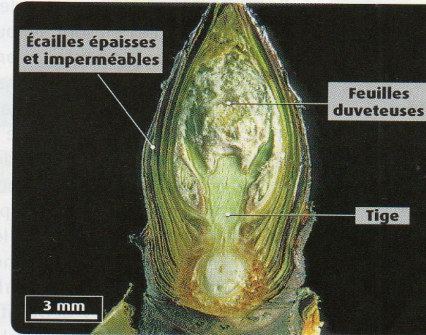
E Coupe transversale d'un bourgeon d'érable (MO). Les petites feuilles repliées sur elles-mêmes sont protégées par les écailles du bourgeon. L'activité cellulaire y est très réduite : en hiver, les bourgeons sont « dormants ».



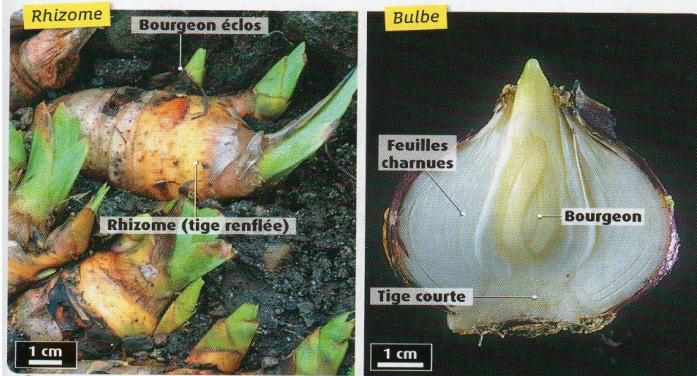
F Lorsque les conditions redeviennent favorables, les bourgeons « débourrent » sous l'effet de la croissance très rapide des nouvelles tiges feuillées.



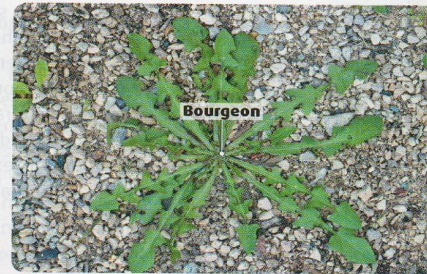
3 L'évolution des caractéristique d'un arbre à feuilles caduques au fil des saisons en Côte-d'Or. Lorsque l'activité métabolique de l'arbre et ses échanges avec l'extérieur sont fortement réduits, on dit qu'il est en **Vie ralentie**.



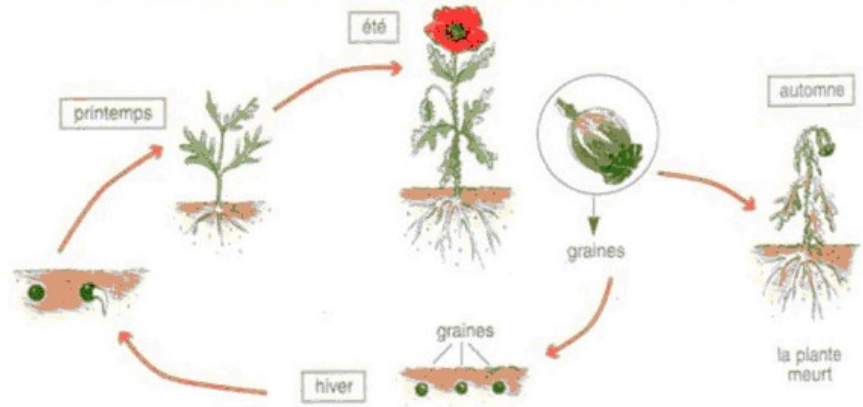
4 Coupe longitudinale d'un bourgeon de marronnier au mois de décembre. Formés durant l'été, les bourgeons entrent en dormance (une forme de vie ralentie) dès l'automne. Ils n'en sortiront qu'après avoir subi une période de froid marqué: c'est la levée de dormance. L'éclosion des bourgeons (ou débourrement) se fait ainsi au printemps.



5 Rhizome d'un iris et bulbe de jacinthe. Rhizome et bulbe sont deux tiges souterraines pourvues de bourgeons. Les parties aériennes de l'iris et de la jacinthe meurent à l'approche de l'hiver.



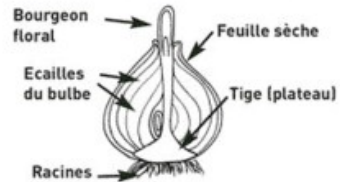
6 Un pissenlit en terre. Les feuilles sont persistantes. Au ras du sol, le bourgeon peut être protégé par la litière.



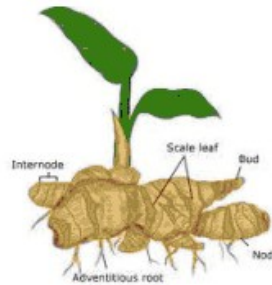
Les bourgeons souterrains



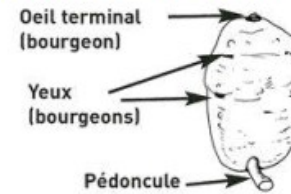
Bulbe coupé dans sa longueur



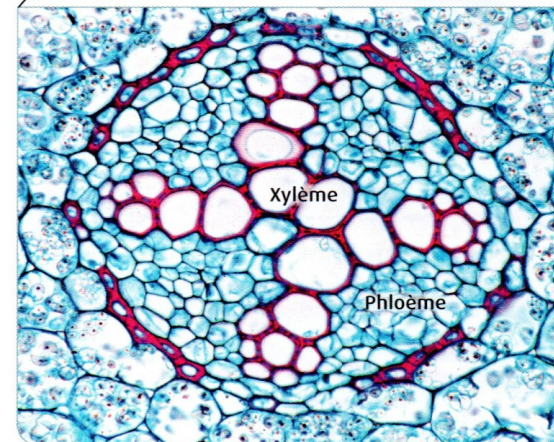
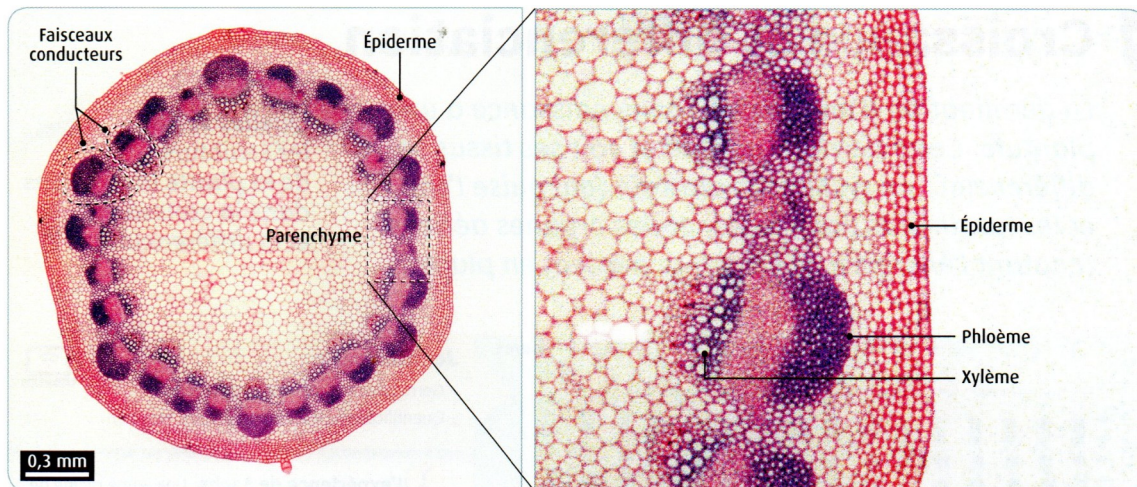
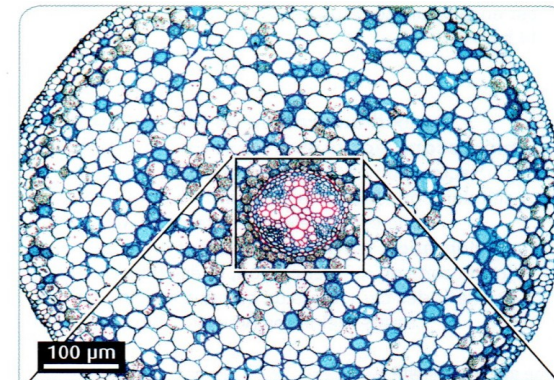
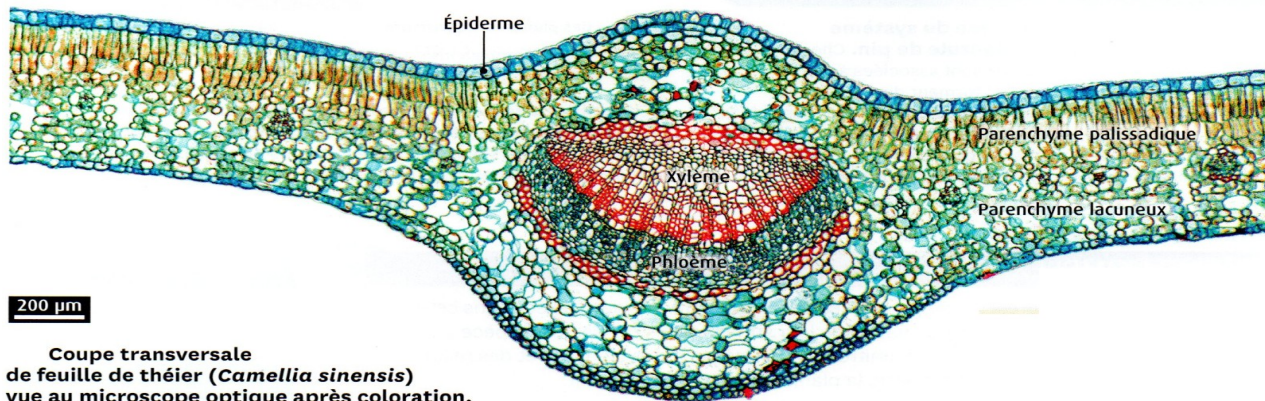
Rhizome



Tubercule : vue extérieure

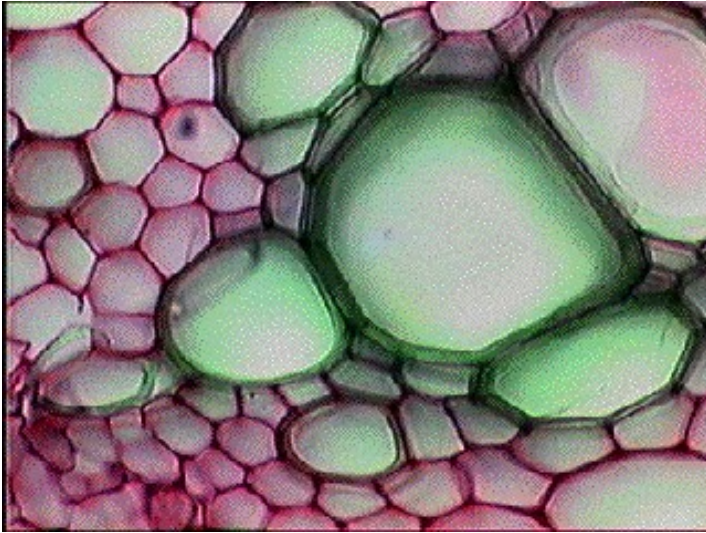


Une circulation de matières au sein de la plante

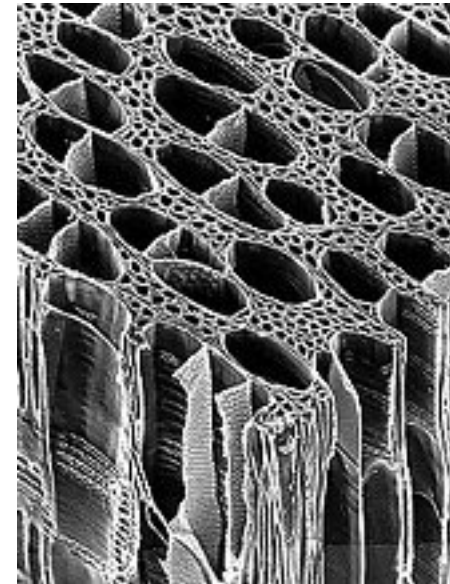


Coupe transversale de racine de radis vue au microscope optique après coloration.

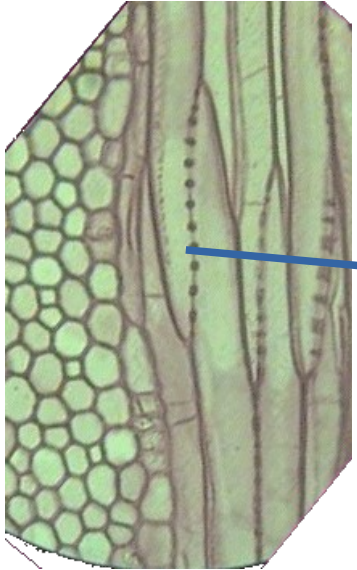
- Le xylème et la circulation de la sève brute



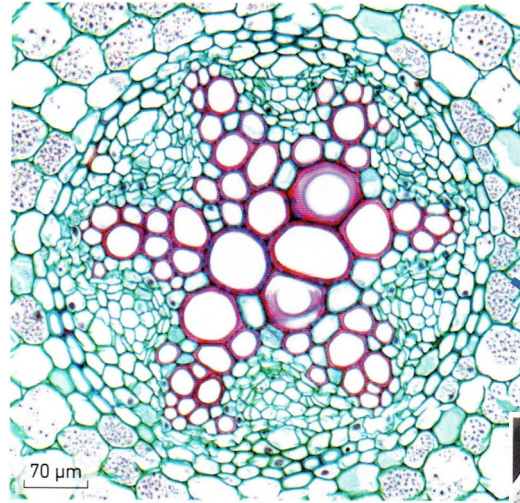
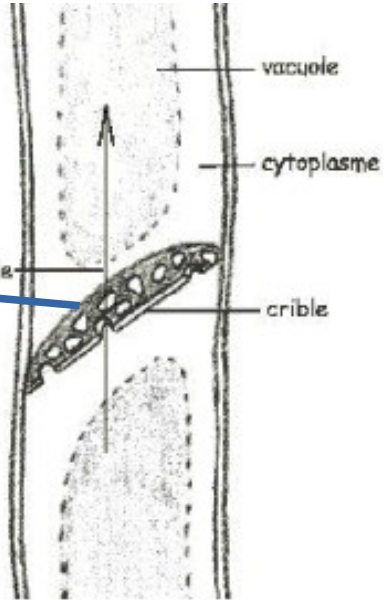
Les vaisseaux de xylème



- Le phloème et la circulation de la sève élaborée

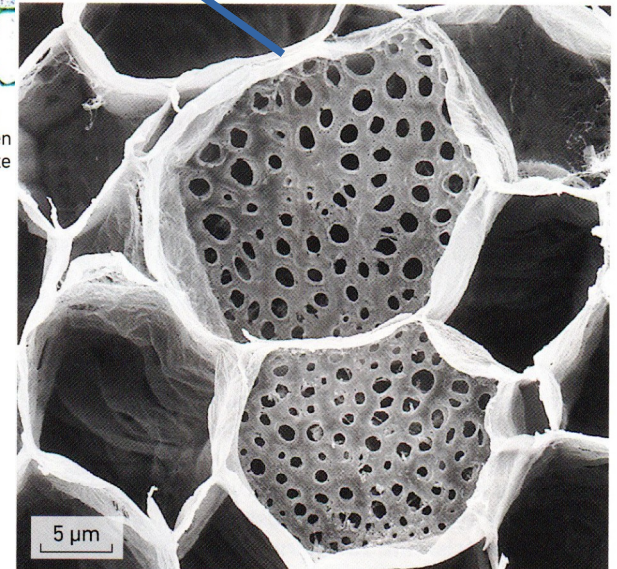


D'après Giralda D. 2012



Observation d'une racine de renoucle. Les vaisseaux du xylème (en rouge) et les tubes criblés du phloème (en vert-bleu) alternent au sein d'un cylindre situé dans l'axe de la racine.

(Bordas Ed. 2020, p. 195)



Tubes criblés du phloème, en coupe transversale (MEB*).

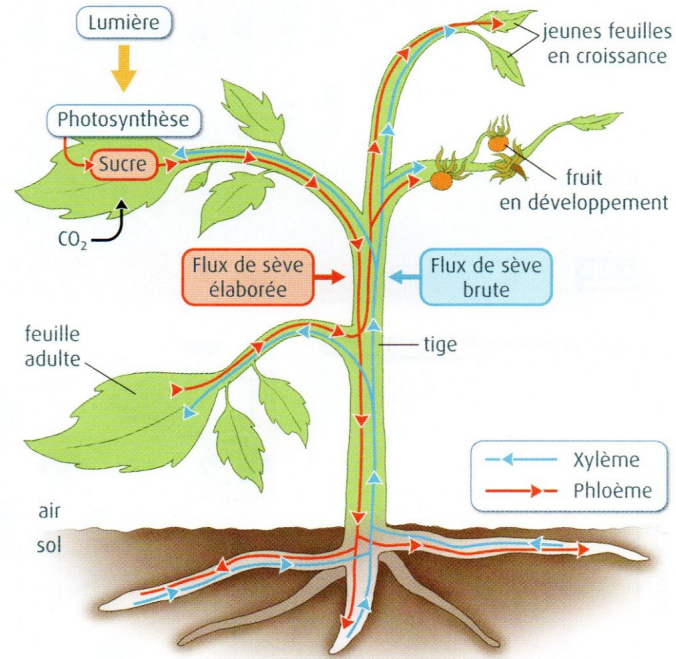
Les vaisseaux de phloème

La composition des 2 sèves

Sève brute	Sève élaborée
<ul style="list-style-type: none">• liquide très dilué : 1g/L de substances dissoutes• eau + ions minéraux (K^+, Na^+, Mg^{2+}, Ca^{2+})• pH : 5,4 à 6,5• acides aminés• hormones de croissance (cytokinines; gibbérellines)• antibiotiques• herbicides <p>• <u>en repos végétatif</u> : fortes quantités de glucides solubles (saccharose et sucres réducteurs provenant de l'hydrolyse des réserves amylacées)</p> <p>• <u>en période de floraison</u> : fortes quantités de composés azotés</p>	<ul style="list-style-type: none">• riche en K^+, PO_4^{3-}, assimilats carbonés et azotés• pauvre en H^+ et Ca^{2+} libre• pH élevé : 8 à 8,5• potentiel osmotique très négatif à cause d'une très forte concentration en glucides (300 à 900 mM/L)• sucres : saccharose surtout, raffinose, stachyose, verbascose• hormones : acide abscissique, gibbérellines• acides aminés• virus

SÈVE ELABOREE

- Circule dans les tubes criblés du phloème
- Eau
- Glucides solubles
- Lipides
- Acides aminés
- Hormones
- Mouvements ascendants et descendants

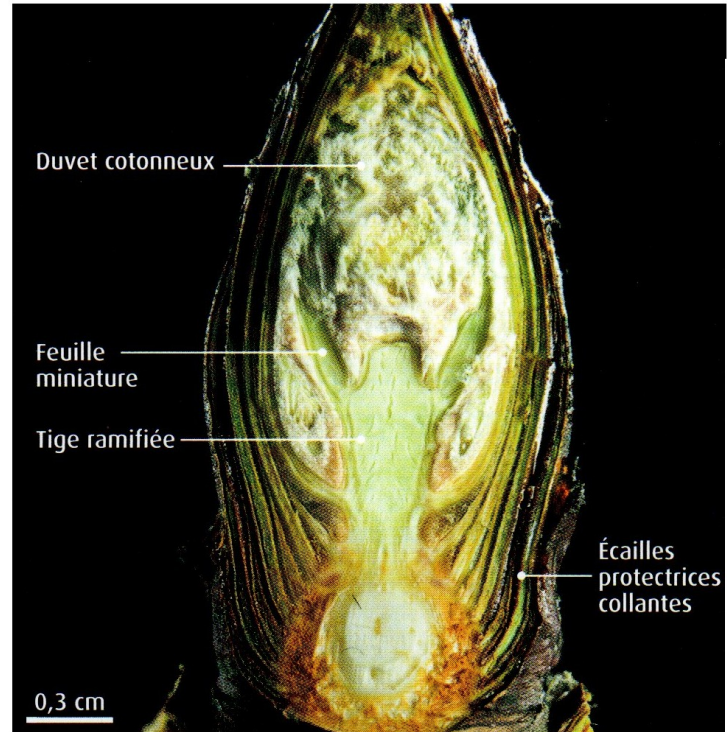


SÈVE BRUTE

- Circule dans les vaisseaux du xylème
- Eau
- Ions et oligo-éléments
- Mouvements surtout ascendants

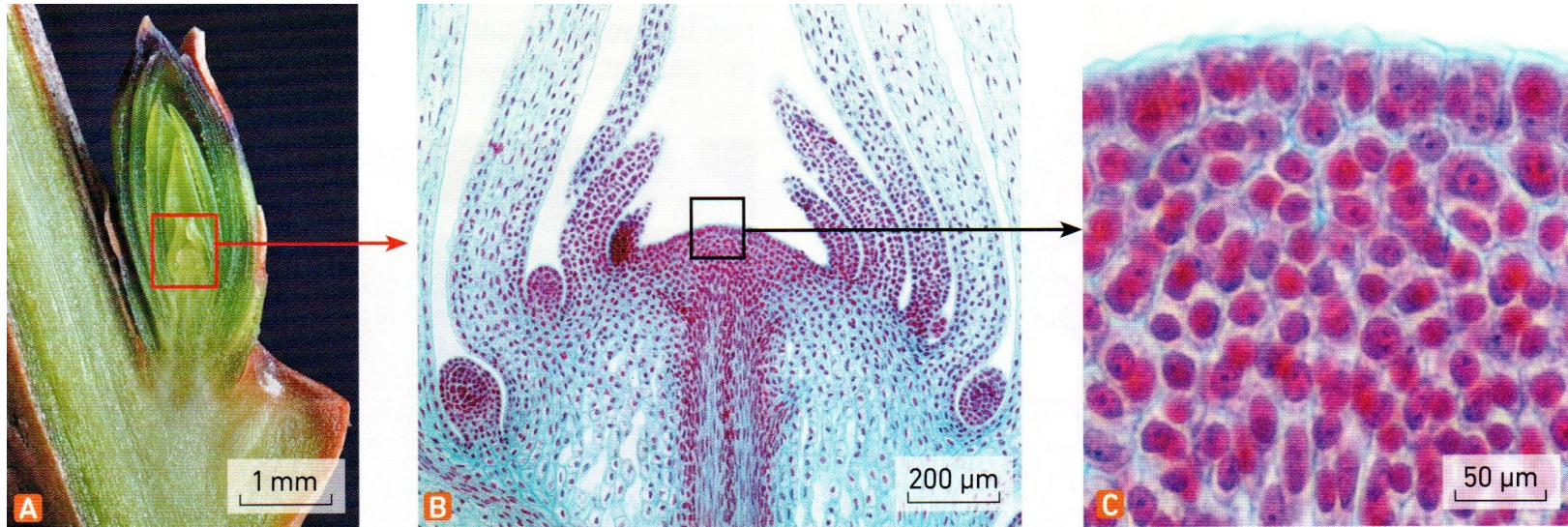
Rôle des tissus conducteurs dans la plante. Le xylème permet la circulation de la sève brute, riche en eau et en éléments nutritifs prélevés dans le sol. Cette circulation s'effectue principalement depuis les racines vers les organes aériens (tiges et feuilles). Le phloème permet la circulation de la sève élaborée, c'est-à-dire une sève enrichie en sucre produit par l'activité photosynthétique des feuilles. La circulation s'effectue depuis les feuilles vers les autres organes qui utiliseront ou stockeront ces sucres.

Le développement d'une plante

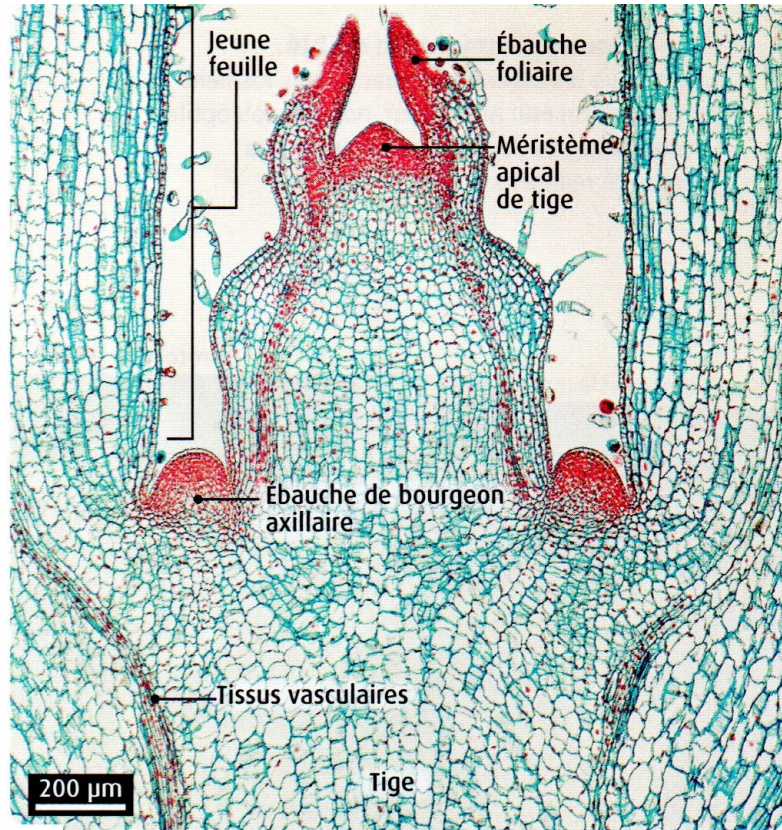


Coupe longitudinale dans un bourgeon apical de marronnier en hiver. On observe une tige ramifiée et des feuilles : la différenciation des organes a déjà eu lieu. (Belin, Ed.2020, p.205)

- Des zones spécialisées dans la croissance des plantes



Méristème caulinaire (Bordas, Ed. 2020, p.196)



Coupe longitudinale dans l'extrémité d'un bourgeon apical de xxx observée au microscope optique. Le bourgeon apical permet la mise en place des phytomères à l'extrémité d'une tige.

(Belin, Ed.2020, p.205)

Organisation générale de l'apex racinaire

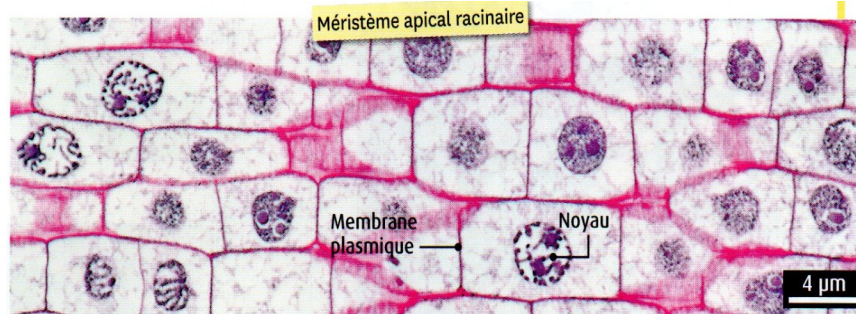
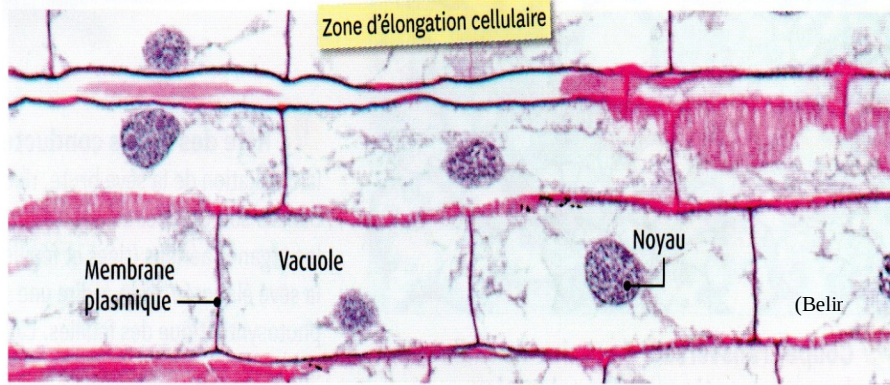
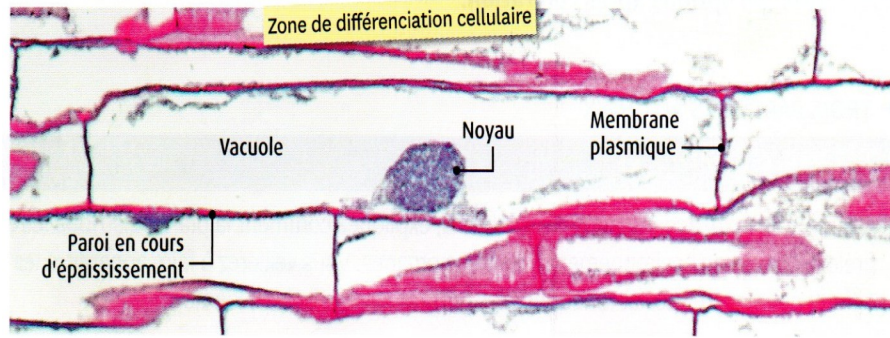
Zone de différenciation

Zone d'élongation

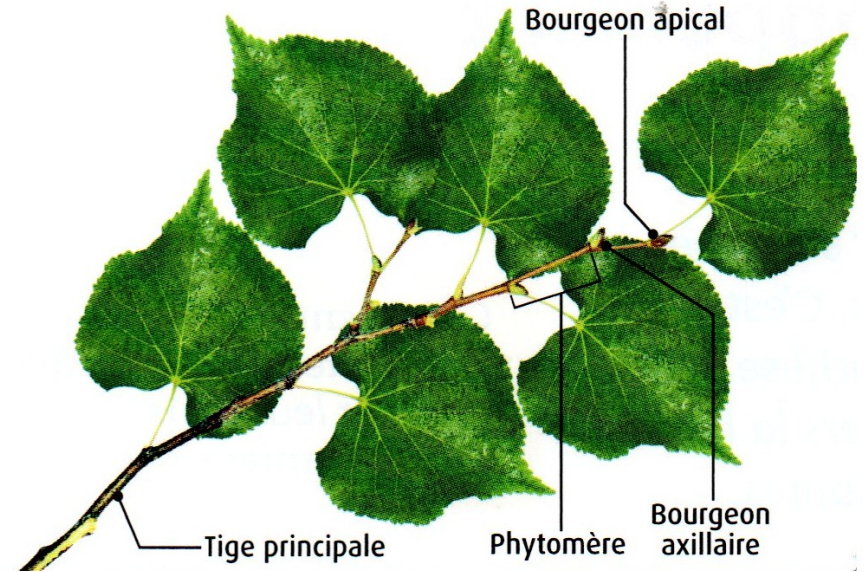
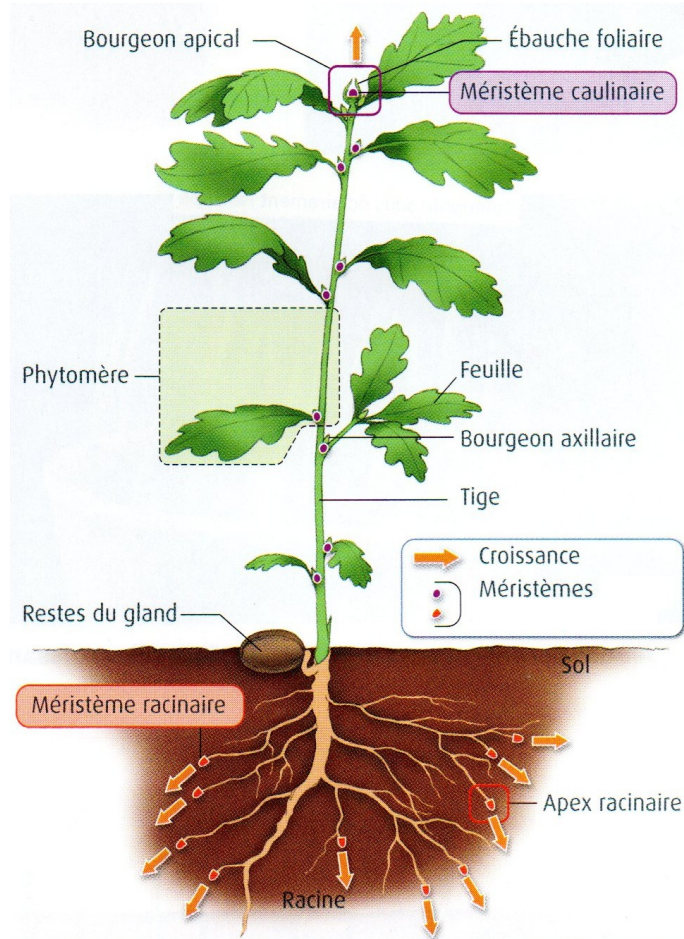
Méristème

Coiffe (protection de l'apex)

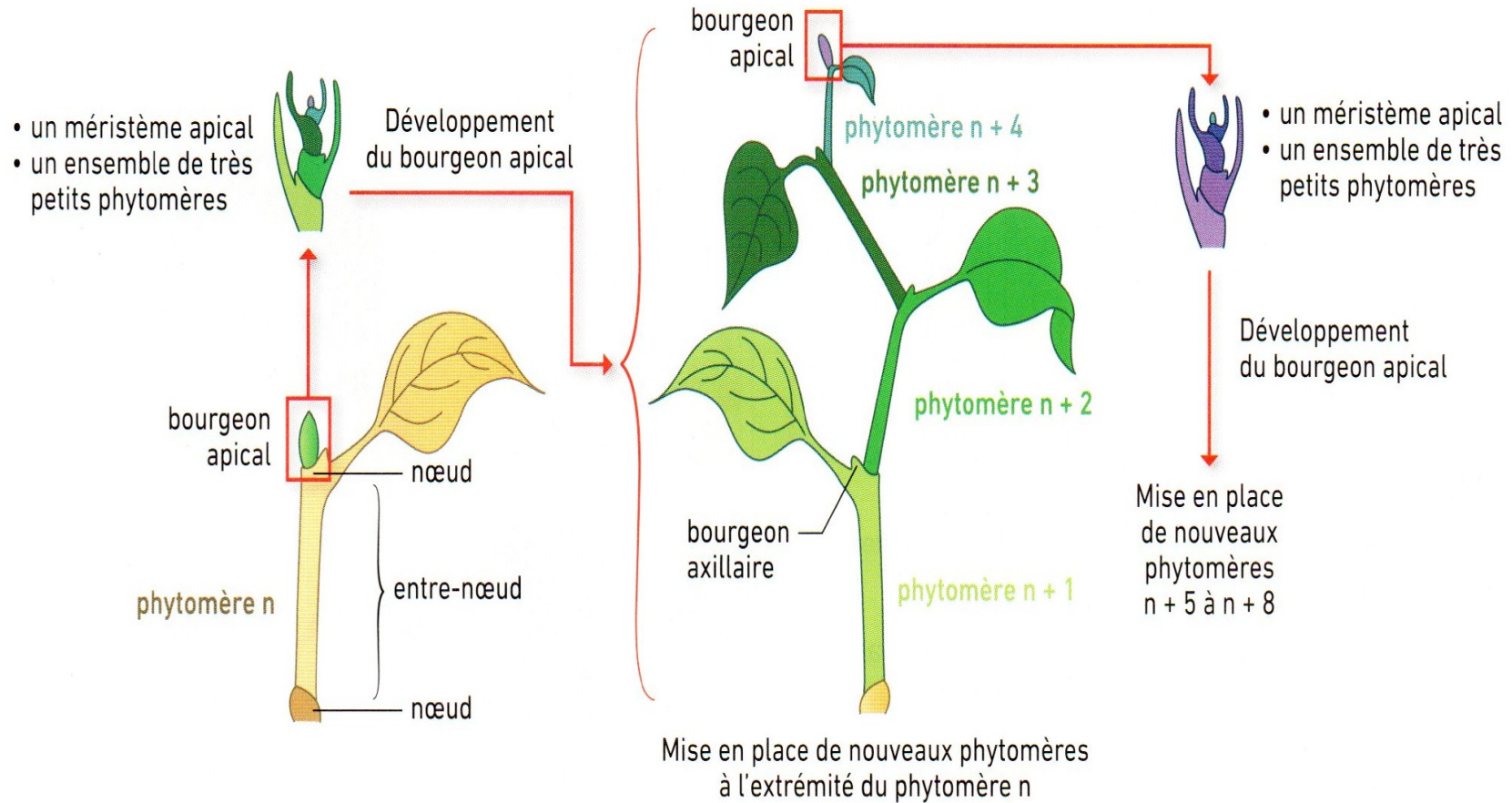
250 µm



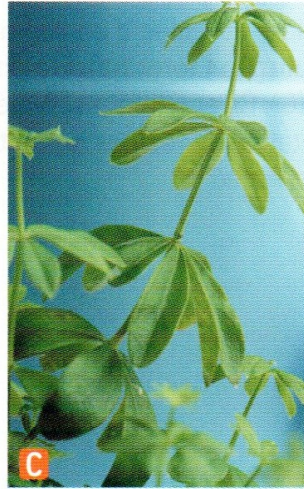
- La mise en place des organes de la plante



Rameau feuille de tilleul. Un phytomere 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. Ce bourgeon permet la mise en place d'une ramification, constituée elle-aussi d'une répétition de phytomères.



Une organisation et un développement modulaire caractérisent les parties aériennes de la plante.



Des morphologies variées selon l'organisation des phytomères et le rythme de leur développement.

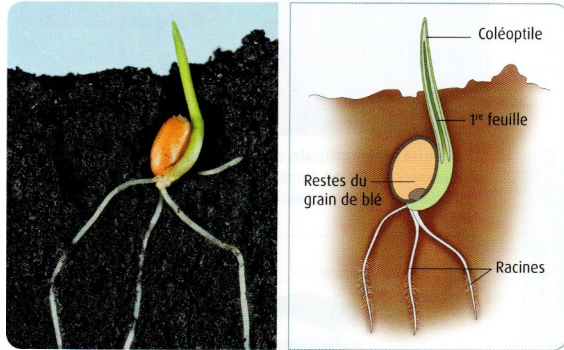
Chez certaines espèces, le méristème caulinaire ne génère qu'une seule feuille par phytomère (comme sur le schéma **A**). Les feuilles sont alors alternes. D'autres espèces comme la menthe (**B**) présentent deux feuilles par nœud (feuilles opposées) voire beaucoup plus (feuilles verticillées) comme le gaillet (**C**). Lorsque le bourgeon apical est pérenne année

après année, il a tendance à limiter le développement des bourgeons axillaires. C'est le cas chez l'épicéa (**D**). Chez le noisetier (**E**), le bourgeon apical dégénère à l'issue d'une année de fonctionnement. Les bourgeons axillaires situés à la base de la tige se développent en rameaux vigoureux.

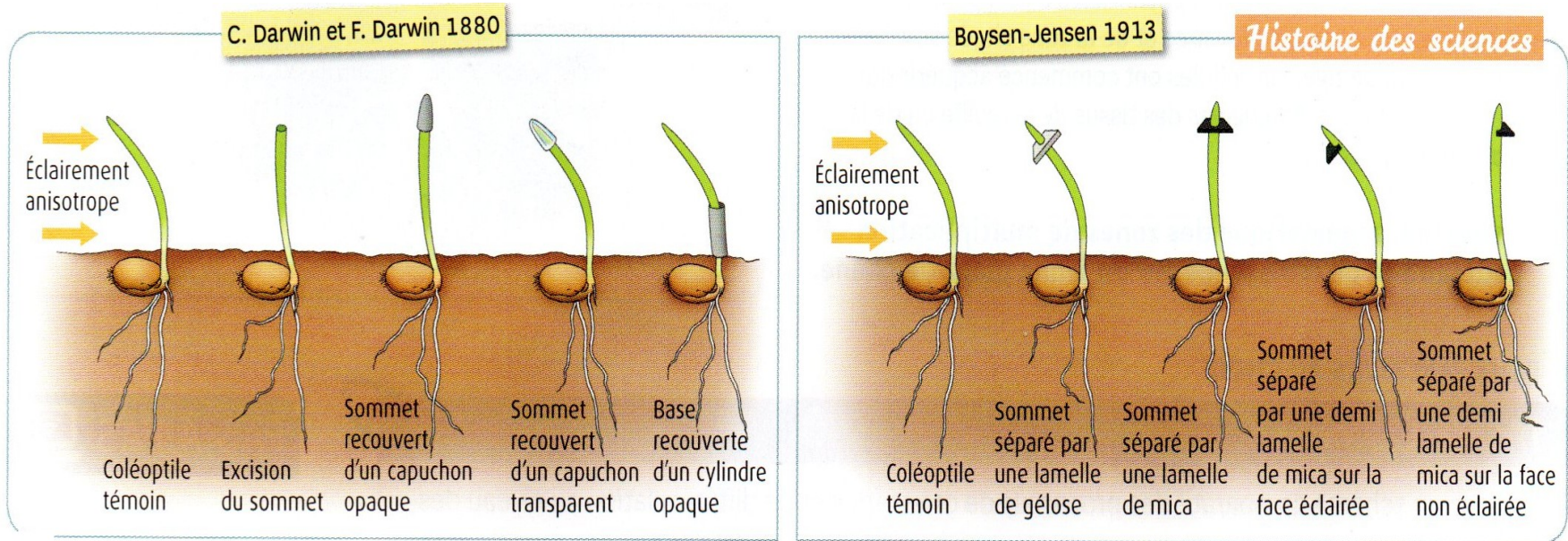


Coupe transversale d'une racine de saule montrant la formation d'une racine secondaire (MO).

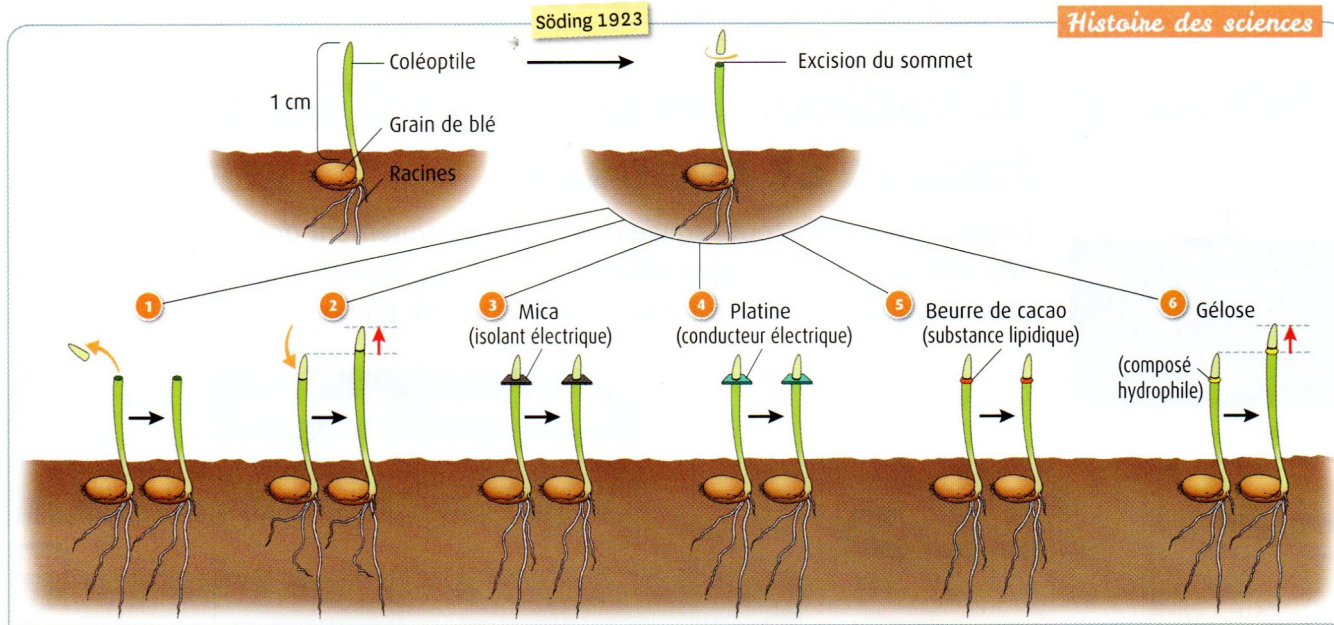
Une organogenèse sous influence



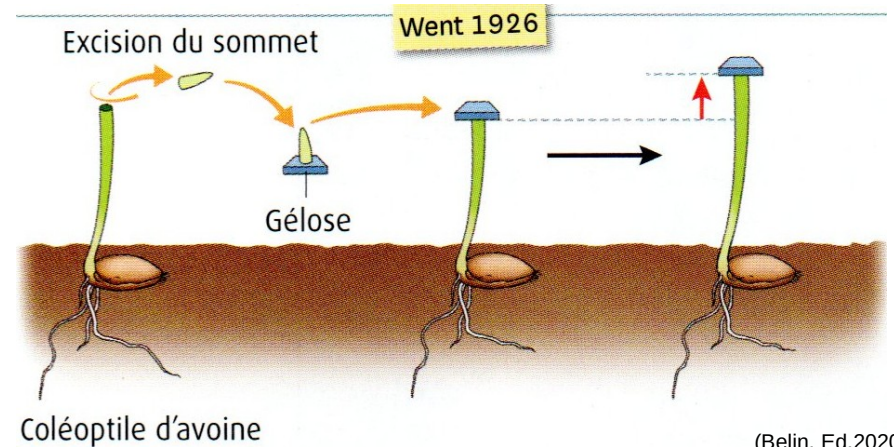
Jeunes germinations de blé après 4 jours de croissance dans deux conditions différentes.



Expériences historiques sur la croissance orientée des coléoptiles de céréales. Le mica est un minéral silicaté imperméable ; la gélose est une substance gélatineuse perméable et hydrophile.

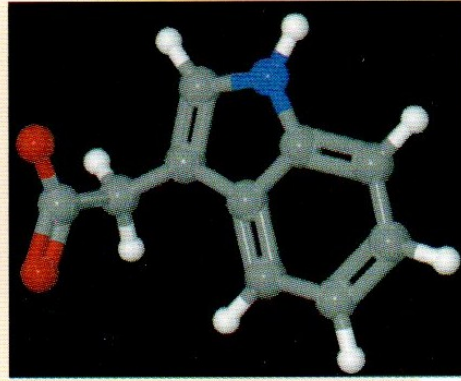


Expériences historiques sur la croissance non orientée des coléoptiles de céréales.

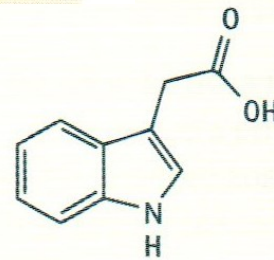


L'hormone végétale* contrôlant la croissance a été nommée auxine (du grec *auxé* = croissance). Elle a pu être isolée grâce aux travaux de Went, en 1928. On a depuis montré que la synthèse de l'auxine s'effectue dans les apex de coléoptiles, mais aussi dans les méristèmes caulinaires et dans les jeunes feuilles.

(Bordas, Ed. 2020, p.200)

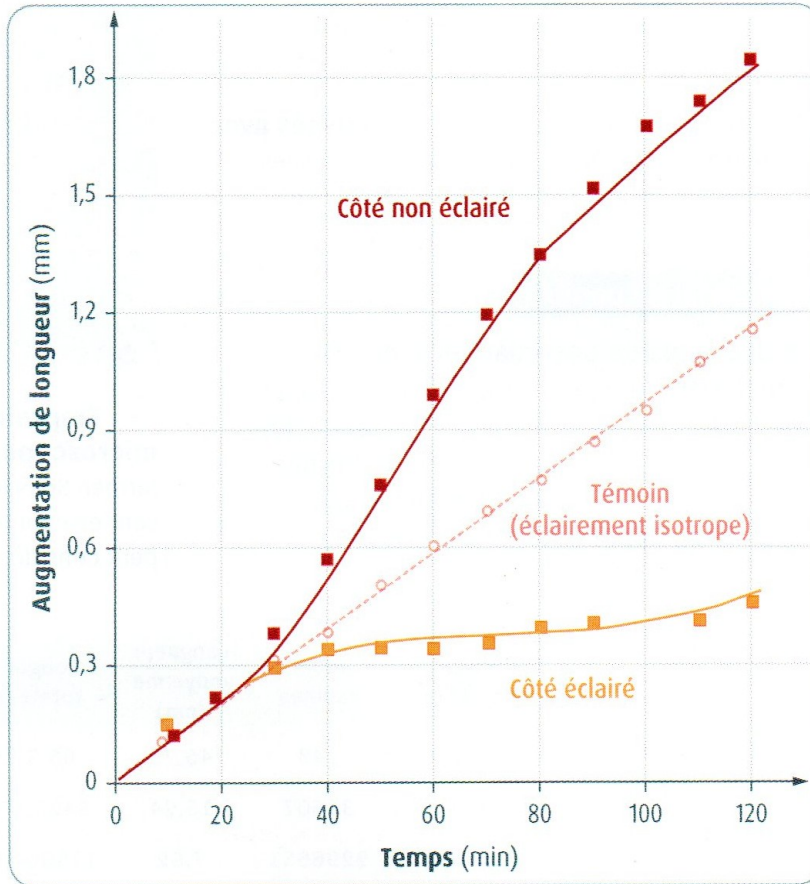


Modèle moléculaire de l'auxine.



Cette molécule hydrosoluble est présente dans l'apex du coléoptile des céréales. Elle a été isolée dans les années 1930. Du fait de son action sur l'activité des cellules végétales (sur leur croissance), on dit que c'est une phytohormone. Aujourd'hui, on a pu montrer que, lorsque l'apex de la plante n'est pas éclairé uniformément, l'auxine migre vers les parties moins éclairées. D'autres phytohormones, comme les cytokinines ou les gibbérellines, interviennent également dans la régulation de la croissance chez les plantes.

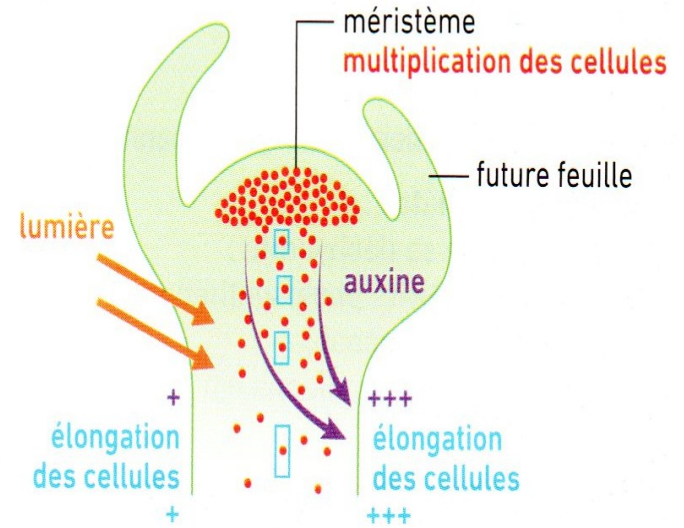
(Belin, Ed.2020, p.207)



Mesure de croissance des faces éclairées et non éclairées d'un coléoptile. Des coléoptiles d'avoine sont éclairés unilatéralement pendant 30 secondes. Les coléoptiles témoins sont soumis à un éclairage isotrope. On mesure l'allongement des faces éclairée et non éclairée du coléoptile pendant 2 heures.

(Belin, Ed.2020, p.207)

Le méristème caulinaire, zone de croissance



(Bordas, Ed. 2020, p.205)