

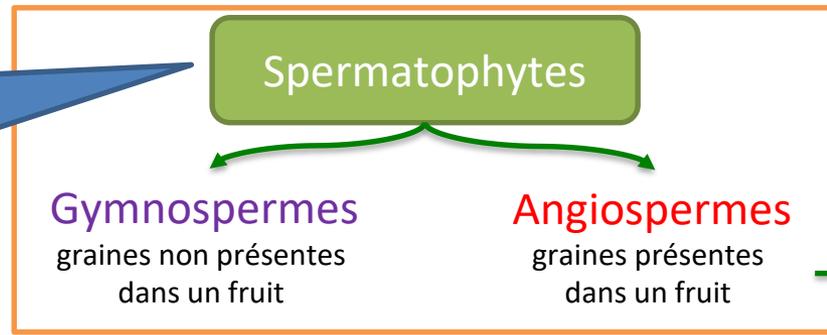
Thème A : de la plante sauvage à la plante domestiquée

Partie 1

L'organisation des plantes à fleurs,
adaptée à leur vie fixée



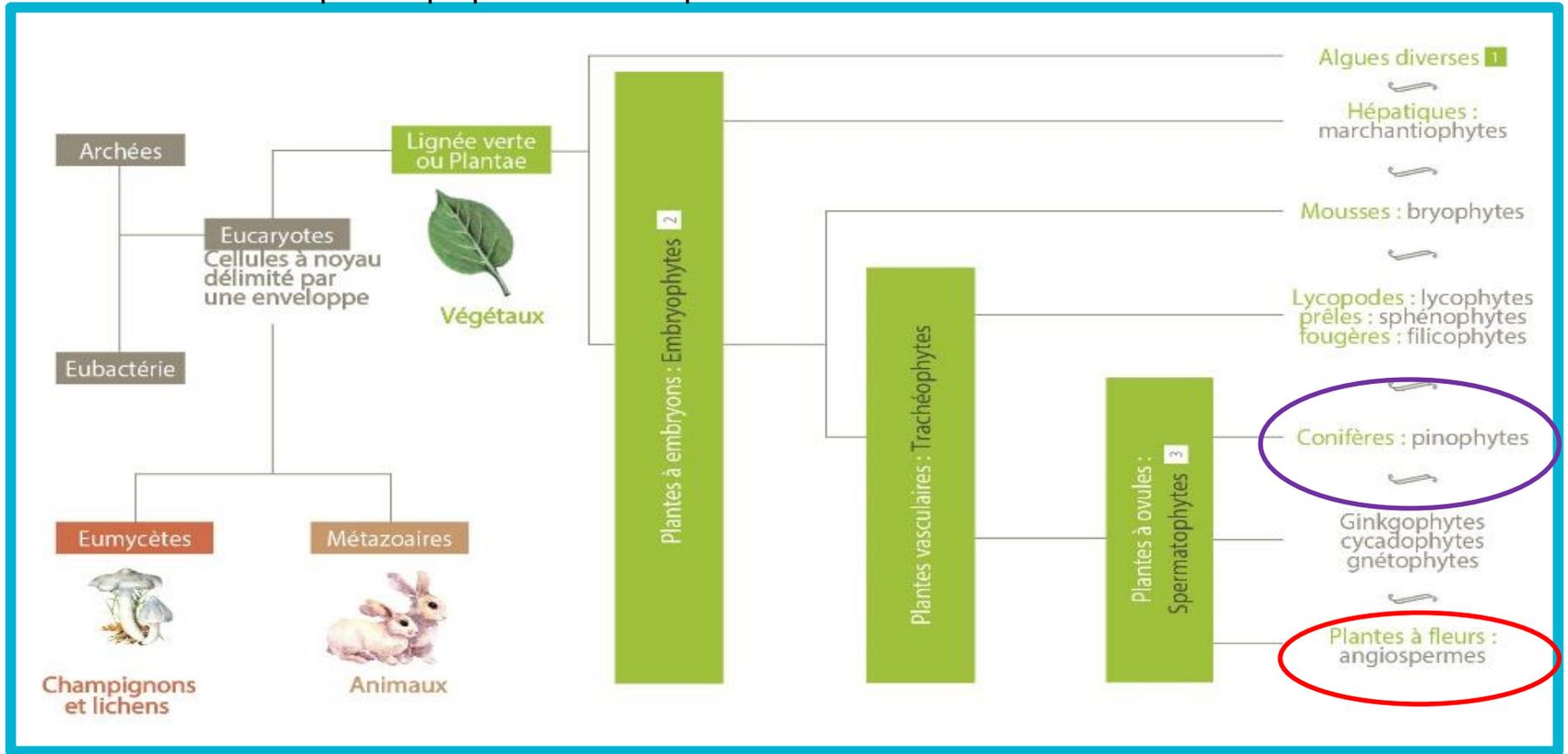
Un TAXON est un regroupement d'individus qui présentent des caractères communs.
Tous les individus du groupe présentent comme caractère commun la production de graines



Résultat de la présence d'une innovation = **LA FLEUR**

Classification phylogénétique de quelques êtres vivants

Une classification phylogénétique (qui est plus proche de qui) a pour but de regrouper les espèces qui présentent le plus de caractères dérivés communs.



La vie fixée : un ensemble de contraintes pour la plante !



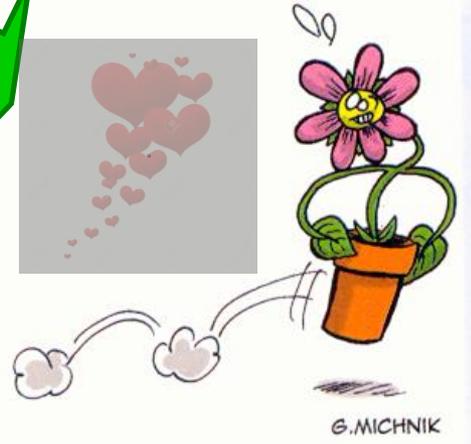
Formuler un problème scientifique

Un fait : la plante est fixée par ses racines.

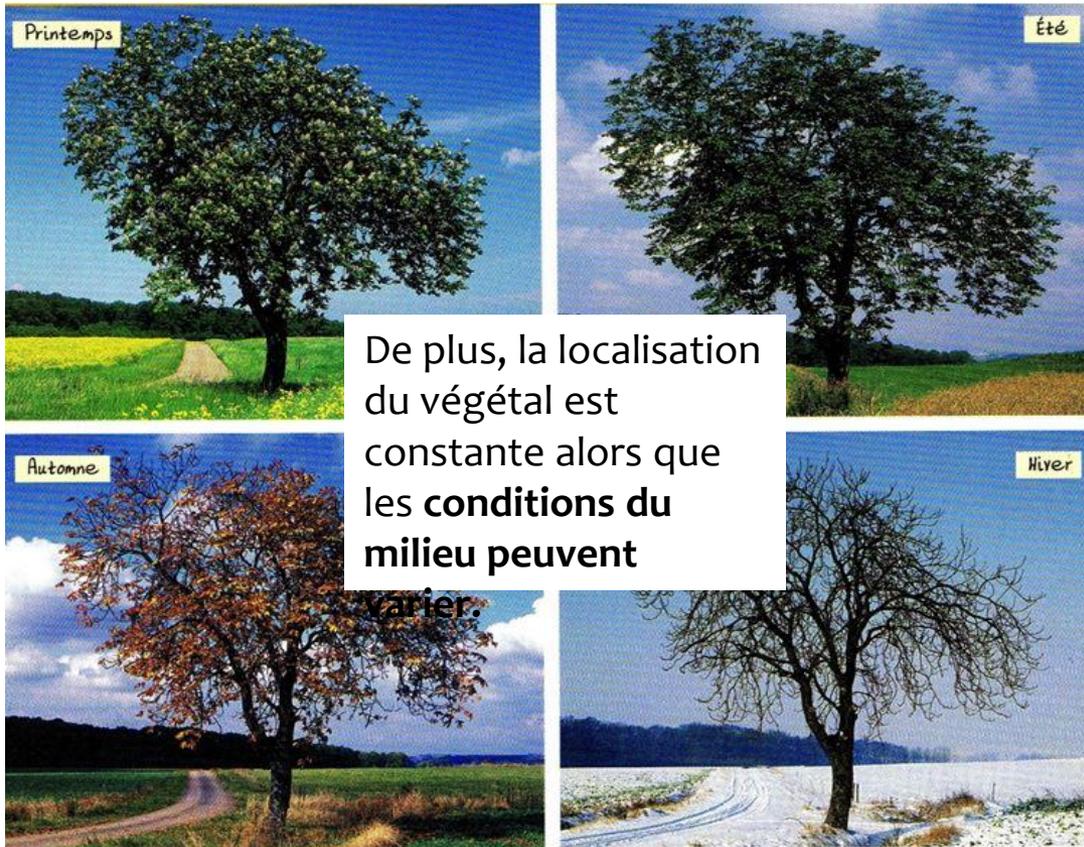


Problème pour rechercher des substances nutritives

Problème pour se défendre



Problème pour rechercher un partenaire sexuel pour se reproduire



 Un marronnier à quatre saisons.

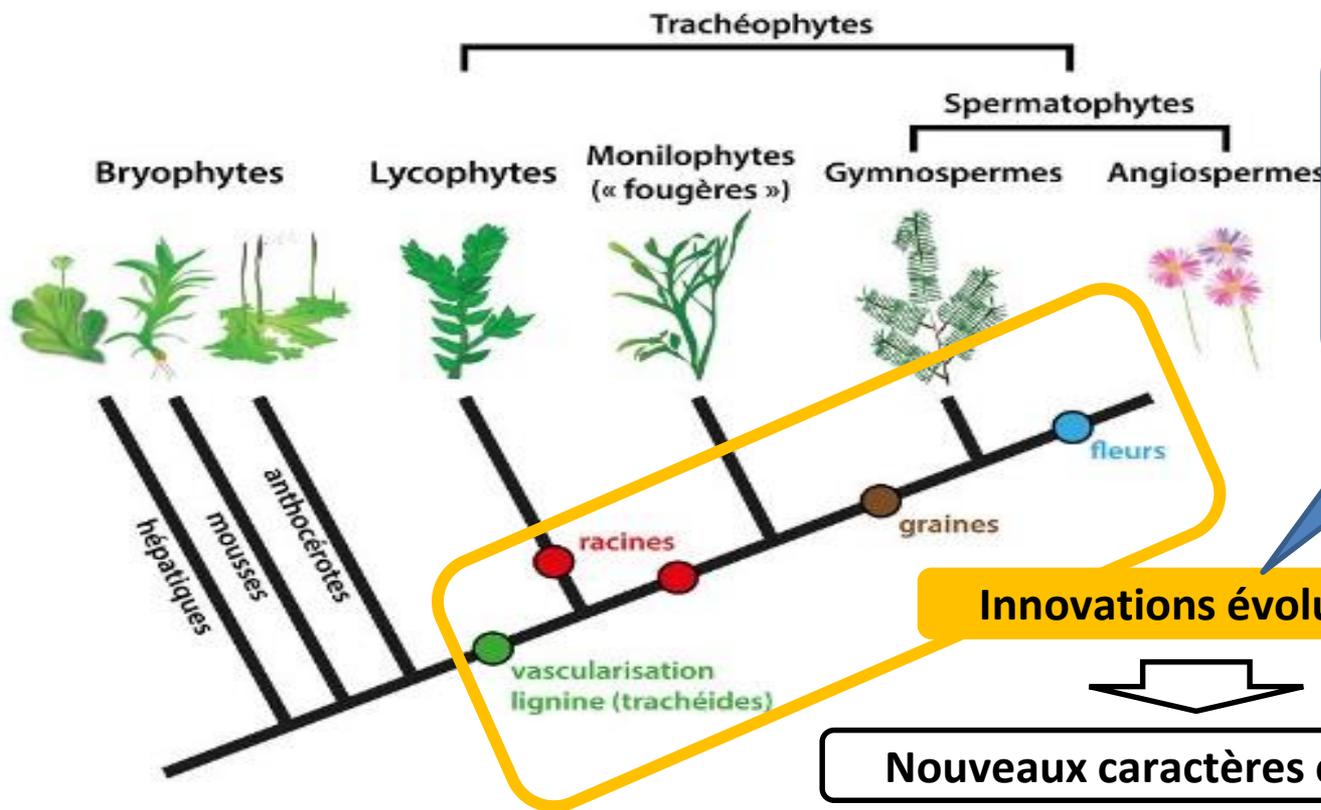


CONSEQUENCES

Le végétal doit donc **disposer de structures** permettant le **prélèvement de ces ressources** et la **production de substances organiques** nécessaires à leurs fonctions biologiques, leur **circulation** entre cellules, la **dissémination des gamètes et des descendants**.



Formuler un problème scientifique



stratégies assurant une adaptation des végétaux aux contraintes de leur vie fixée

Ce succès évolutif généralement attribué à la présence de la fleur

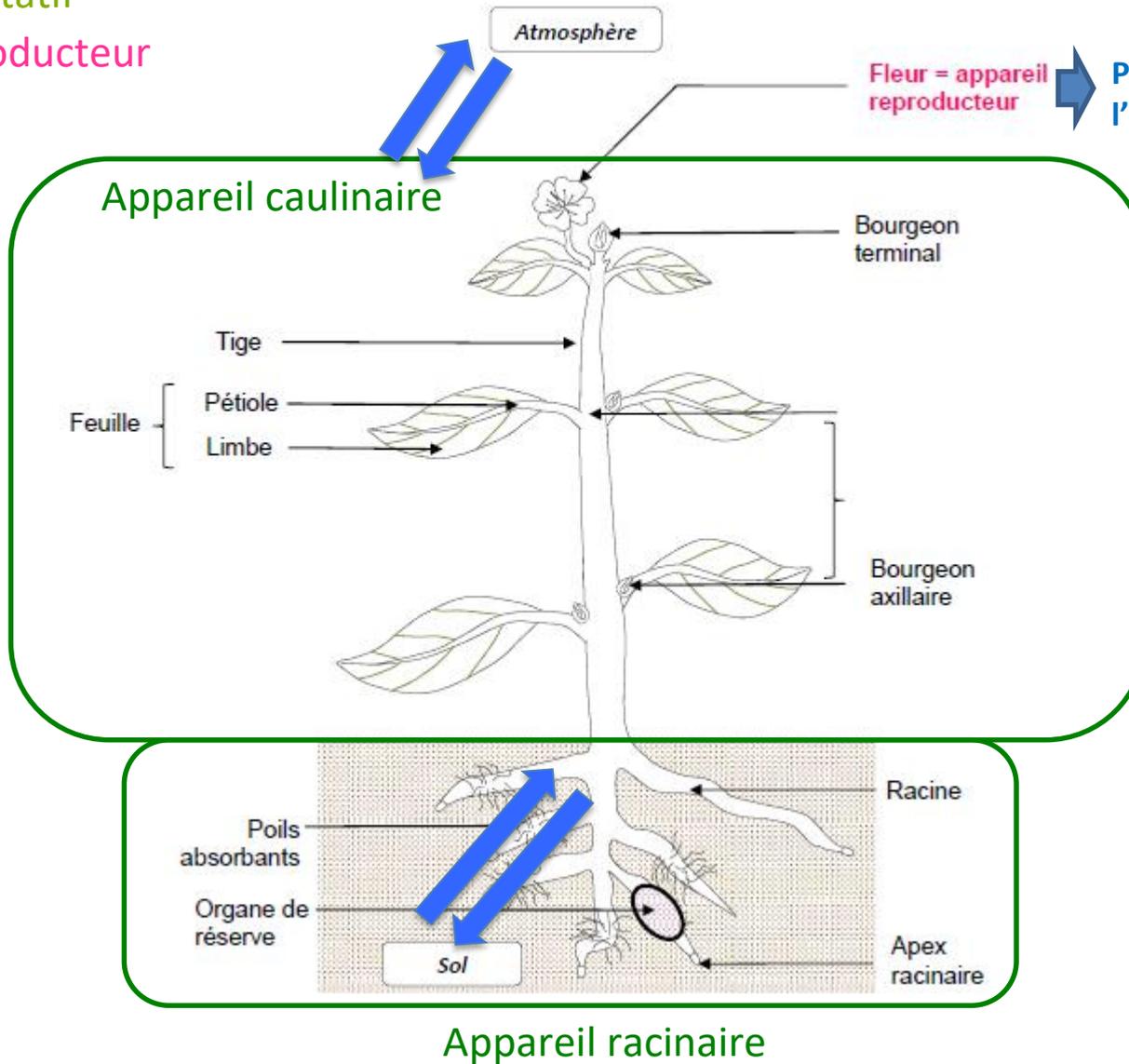
Chapitre A1 – L'organisation fonctionnelle des plantes à fleurs

Problématique : comment l'organisation fonctionnelle des plantes à fleurs permet leur adaptation à la vie fixée ?

I- Une même organisation générale des Angiospermes

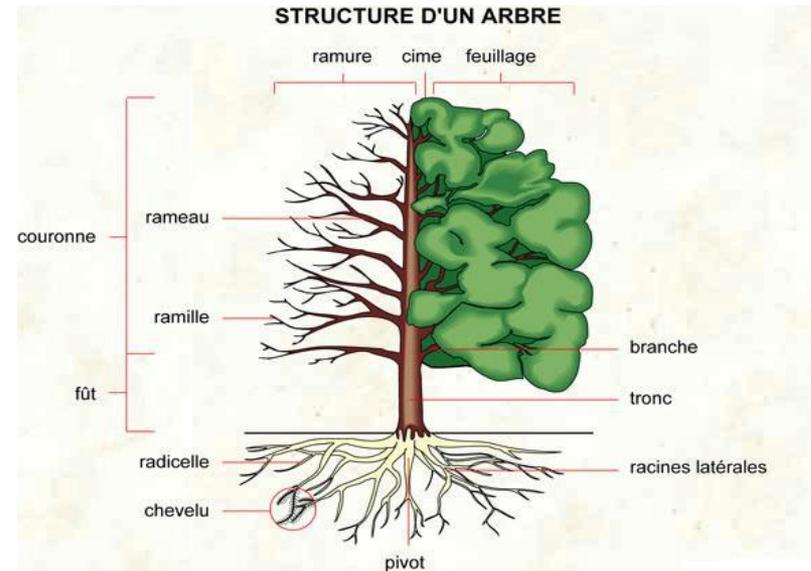
Appareil végétatif

Appareil reproducteur

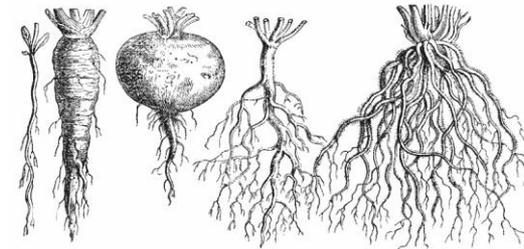
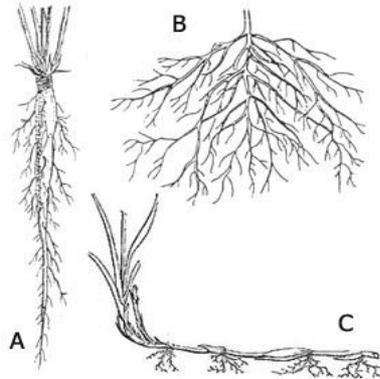


II- La plante dispose de grandes surfaces d'échanges avec son environnement, impliquées dans la nutrition

1) Les racines, une surface spécialisée dans l'absorption de l'eau et des ions minéraux du sol



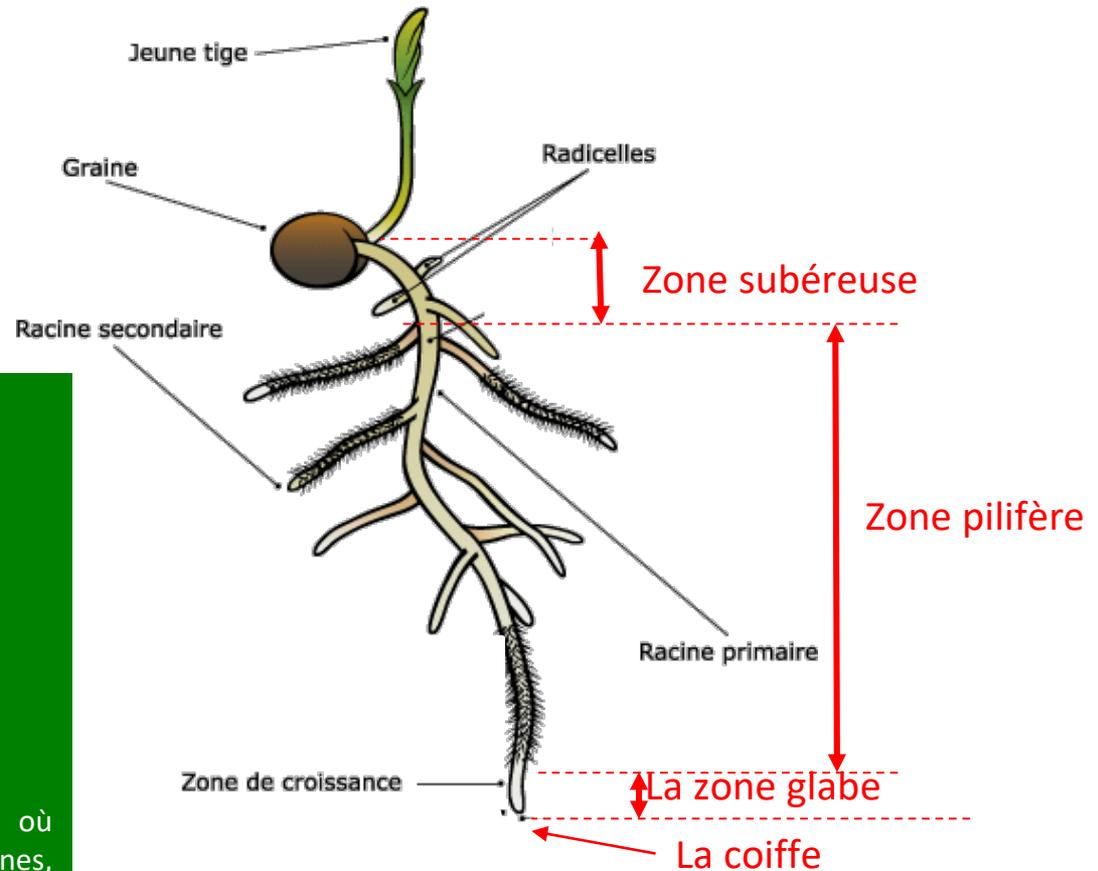
Des racines de formes différentes mais présentant une même fonction et des structures anatomiques similaires



II- La plante dispose de grandes surfaces d'échanges avec son environnement, impliquées dans la nutrition

1) Les racines, une surface spécialisée dans l'absorption de l'eau et des ions minéraux du sol

Schéma représentant la structure de la racine d'une jeune plantule



On distingue 4 zones sur cette racine :

- une zone **terminale** formée de cellules qui se multiplient activement et qui sont protégées par la **coiffe**. La coiffe protège la racine pendant sa croissance en évitant le contact immédiat avec les particules solides du sol.
- une **zone glabre** de quelques millimètres ou zone de croissance séparant la coiffe de la zone pilifère.
- une zone **pilifère**, garnie de nombreux poils absorbants permettant les échanges entre la racine et le sol.
- une zone **subéreuse**, dépourvue de poils, mais où apparaissent des ébauches de jeunes racines, les racines secondaires (ramifications).

D'après biologievegetale.be

II- La plante dispose de grandes surfaces d'échanges avec son environnement, impliquées dans la nutrition

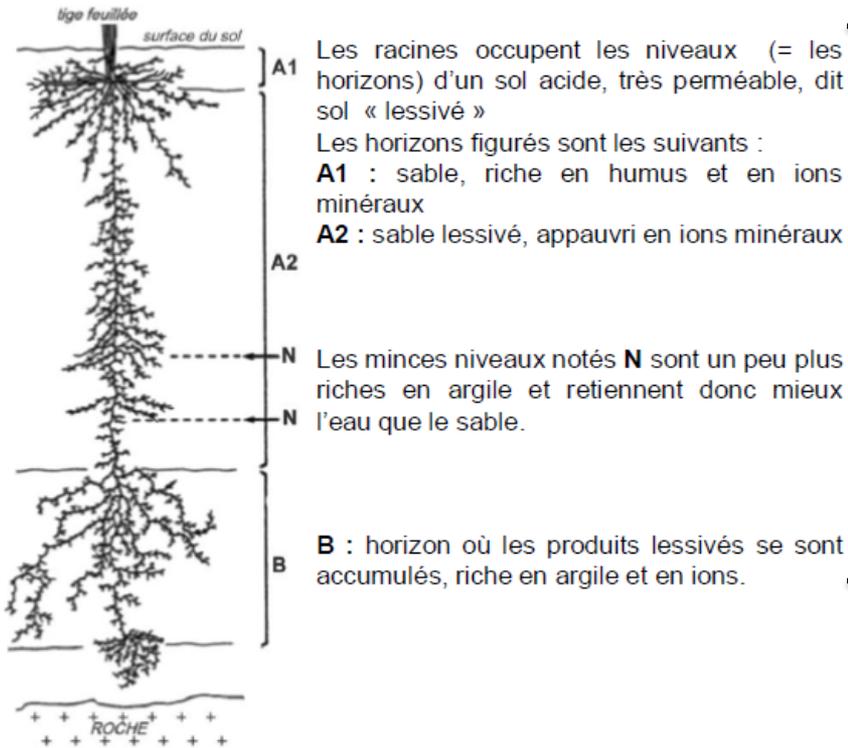
1) Les racines, une surface spécialisée dans l'absorption de l'eau et des ions minéraux du sol



Un poil absorbant =
une cellule allongée
de l'épiderme

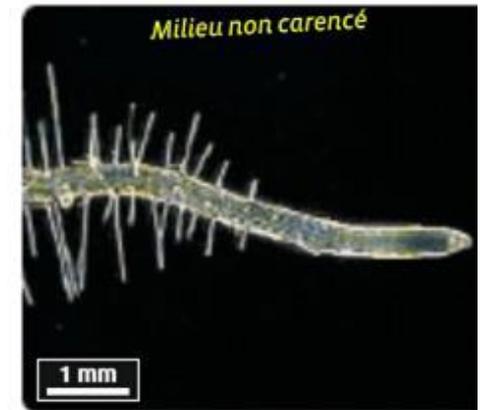
II- La plante dispose de grandes surfaces d'échanges avec son environnement, impliquées dans la nutrition

1) Les racines, une surface spécialisée dans l'absorption de l'eau et des ions minéraux du sol



La structure de la racine va dépendre des conditions physicochimiques du sol.

D'après *acc...* *ne*



Augmente la surface d'échanges

II- La plante dispose de grandes surfaces d'échanges avec son environnement, impliquées dans la nutrition

1) Les racines, une surface spécialisée dans l'absorption de l'eau et des ions minéraux du sol

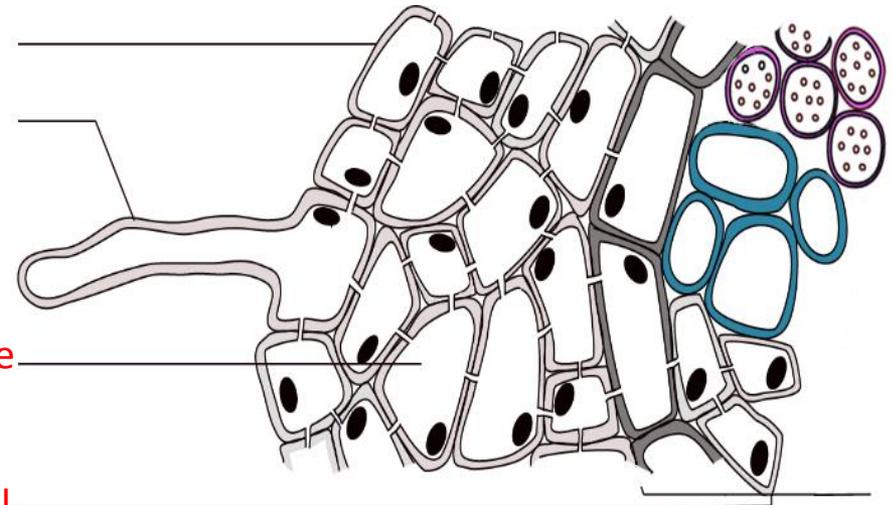


Cellule du rhizoderme

Poil absorbant

Cellule du parenchyme

Cylindre central



Coupe transversale d'une racine

II- La plante dispose de grandes surfaces d'échanges avec son environnement, impliquées dans la nutrition

1) Les racines, une surface spécialisée dans l'absorption de l'eau et des ions minéraux du sol



Cellule du rhizoderme

Poil absorbant

Absorption d'eau et d'ions du fait de la fine paroi du poil

Cellule du parenchyme

Cylindre central

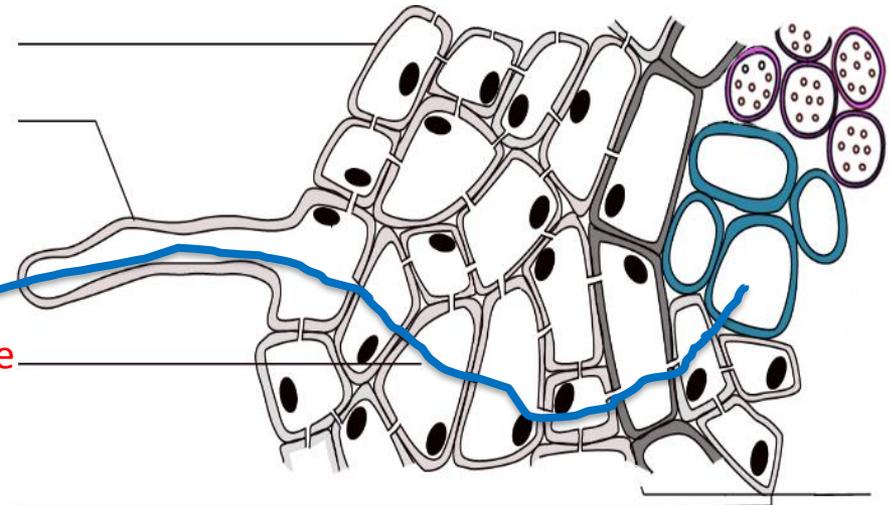


Schéma fonctionnel de l'absorption d'eau et des ions par une racine (vue en coupe transversale)



Flux d'eau et d'ions (soit de cellules en cellules, soit entre la paroi de chaque cellule au sein de la racine)

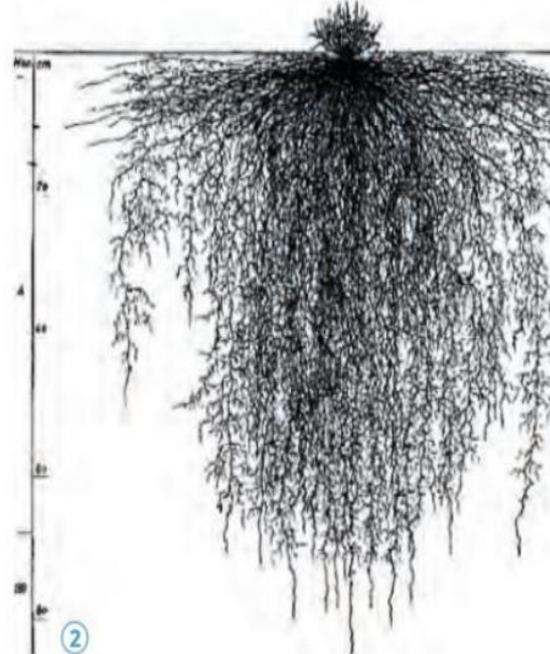
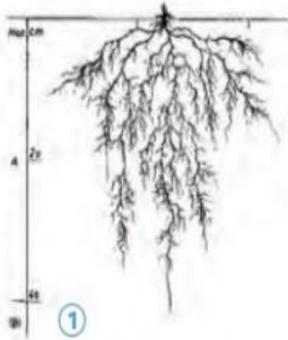
II- La plante dispose de grandes surfaces d'échanges avec son environnement, impliquées dans la nutrition

1) Les racines, une GRANDE surface spécialisée dans l'absorption de l'eau et des ions minéraux du sol

2 L'appareil racinaire des Angiospermes

a Une estimation de la surface racinaire

Dans son livre *Éloge de la plante*, le botaniste Francis Hallé estime la surface racinaire d'un plant de Seigle à 19 000 m² (soit environ deux terrains de football) et celle d'un grand arbre de 40 m à environ 130 ha (soit 185 terrains de football).



Les systèmes racinaires observés par Kutschera (1960)

- 1 Système racinaire d'*Arabidopsis thaliana* (Arabette des dames) ;
- 2 Système racinaire de *Lolium multiflorum* (Ray-Grass d'Italie).

II- La plante dispose de grandes surfaces d'échanges avec son environnement, impliquées dans la nutrition

1) Les racines, une surface spécialisée dans l'absorption de l'eau et des ions minéraux du sol

Des adaptations aux contraintes du milieu



Racine contrefort

Contraintes : Dans les forêts tropicales et équatoriales, la matière hydrominérale est localisée dans les horizons très superficiels du sol.

Les racines s'enfoncent très peu. Mais, l'ancrage de l'arbre dans le sol est très limité et insuffisant pour le soutenir.

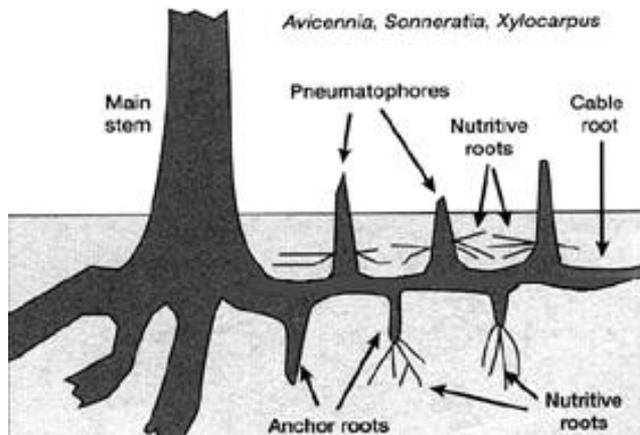
Innovation : Les racines contrefort permettent à la fois l'absorption des éléments dans le sol et de maintenir l'arbre.

II- La plante dispose de grandes surfaces d'échanges avec son environnement, impliquées dans la nutrition

1) Les racines, une surface spécialisée dans l'absorption de l'eau et des ions minéraux du sol



pneumatophore



Des adaptations aux contraintes du milieu

Contraintes : sol gorgé d'eau (proche d'un étang, marais, etc..) ; difficulté pour stabiliser la plante dans une zone boueuse et la respiration des racines immergées est limitée.

Innovation : Les racines pneumatophores permettent à la fois de stabiliser la plante et d'échanger avec l'atmosphère les gaz nécessaires à la respiration.

II- La plante dispose de grandes surfaces d'échanges avec son environnement, impliquées dans la nutrition

1) Les racines, une surface spécialisée dans l'absorption de l'eau et des ions minéraux du sol



Racine échasse aérienne

Des adaptations aux contraintes du milieu

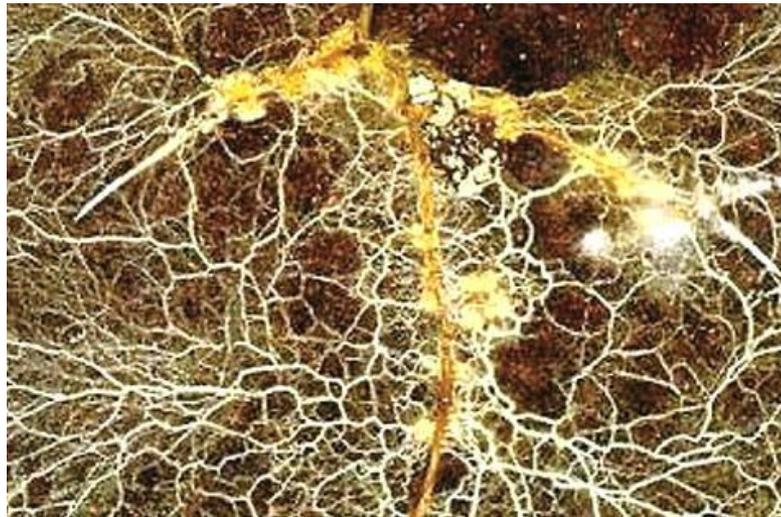
Contraintes : sol gorgé d'eau (proche d'un étang, marais, etc..) ; difficulté pour stabiliser la plante dans une zone boueuse.

Innovation : Les racines échasses aériennes permettent de stabiliser la plante dans un milieu souvent gorgé d'eau.

II- La plante dispose de grandes surfaces d'échanges avec son environnement, impliquées dans la nutrition

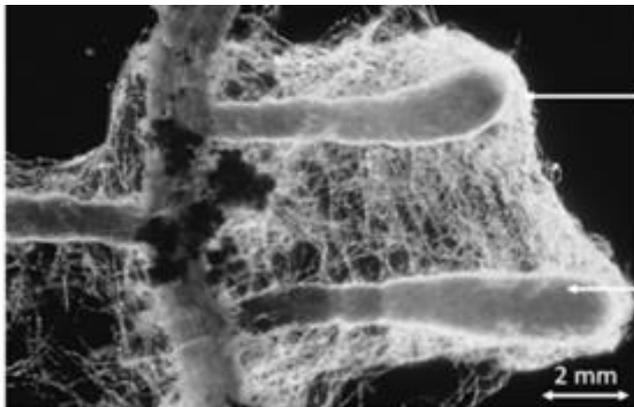
1) Les racines, une surface spécialisée dans l'absorption de l'eau et des ions minéraux du sol

Mycorhizes:
symbiose entre racines et champignons



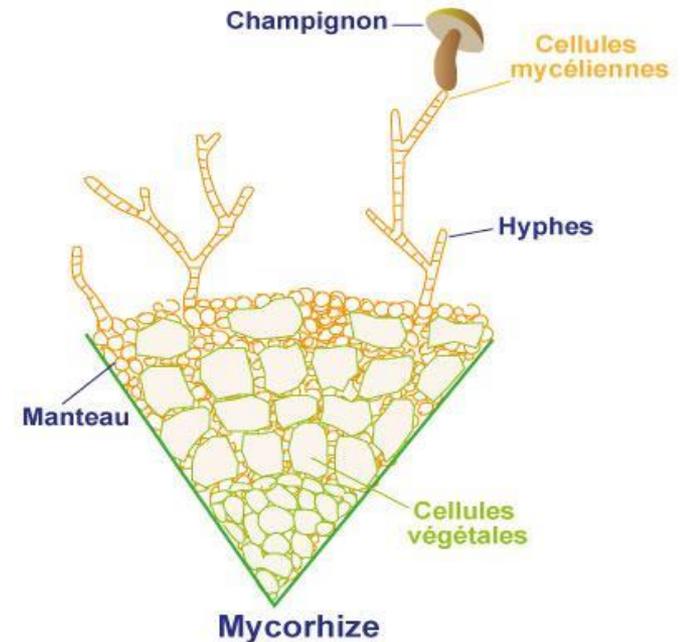
Les racines sont en interaction avec d'autres êtres vivants.

Association biologique, durable et réciproquement profitable, entre deux organismes vivants.



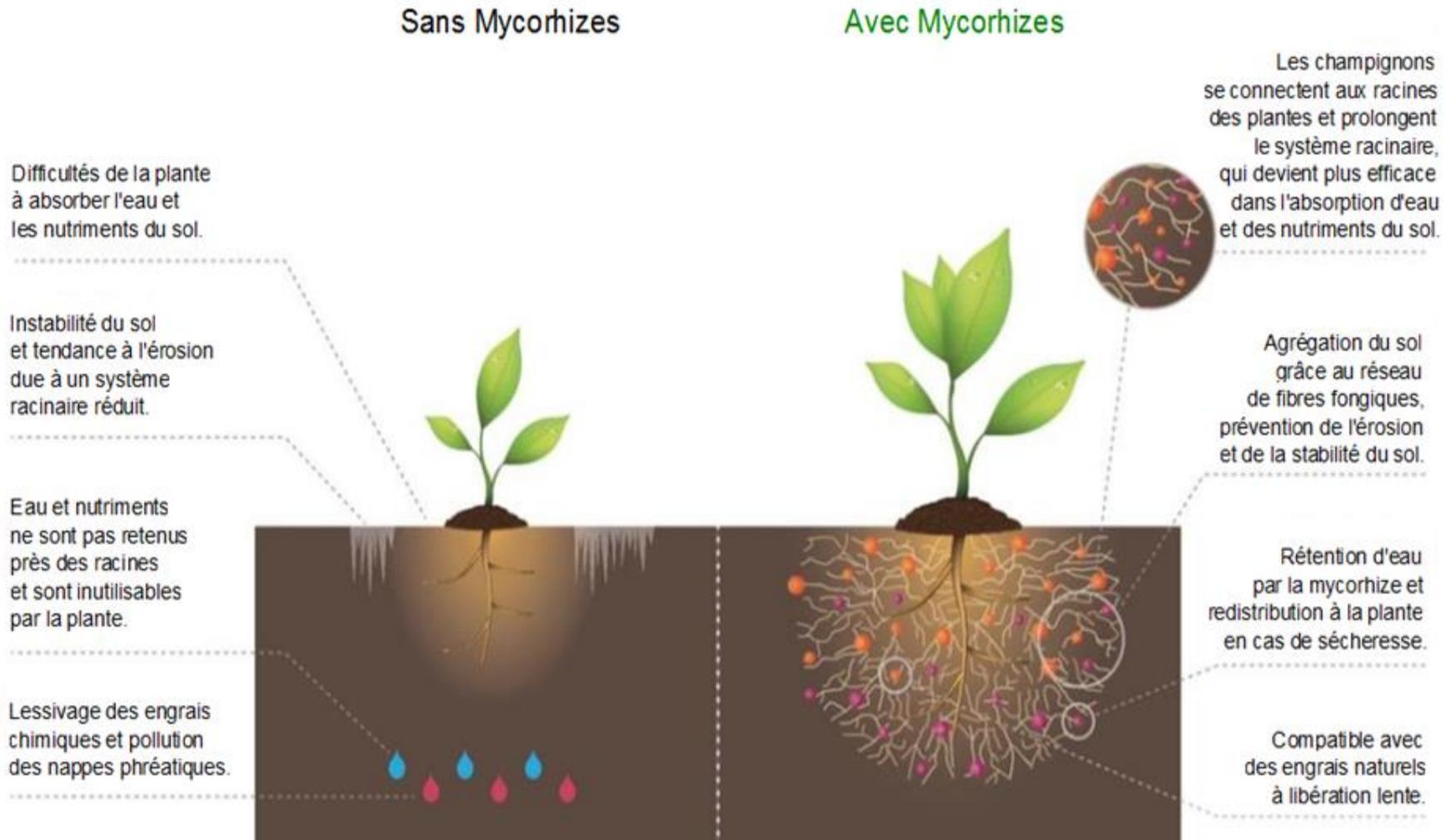
Filaments mycéliens du champignon formant un manteau autour des racines

Racine du végétal



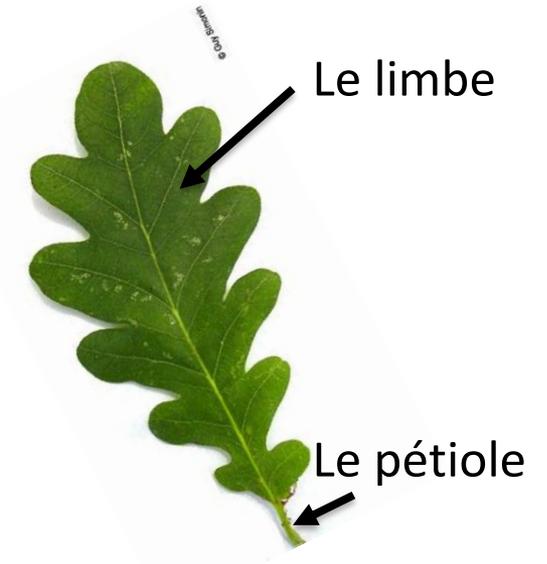
II- La plante dispose de grandes surfaces d'échanges avec son environnement, impliquées dans la nutrition

1) Les racines, une surface spécialisée dans l'absorption de l'eau et des ions minéraux du sol



II- La plante dispose de grandes surfaces d'échanges avec son environnement, impliquées dans la nutrition

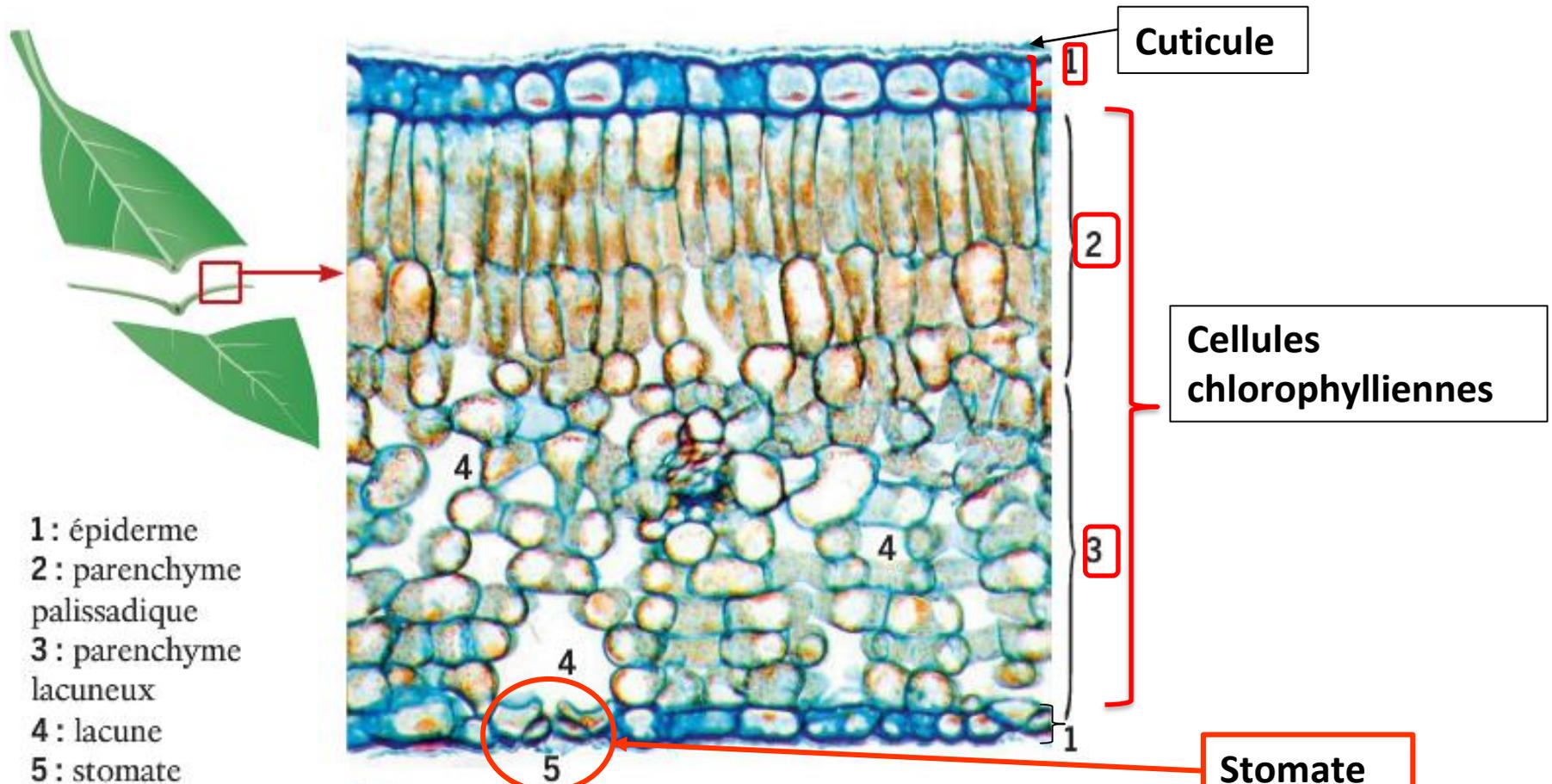
2) Les feuilles, une surface adaptée à la captation de la lumière et des gaz atmosphériques



Organisation de la feuille

II- La plante dispose de grandes surfaces d'échanges avec son environnement, impliquées dans la nutrition

2) Les feuilles, une surface adaptée à la captation de la lumière et des gaz atmosphériques

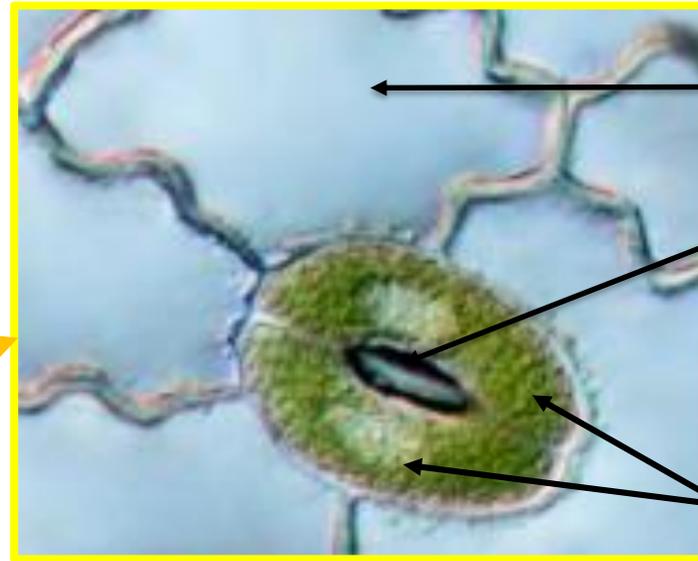
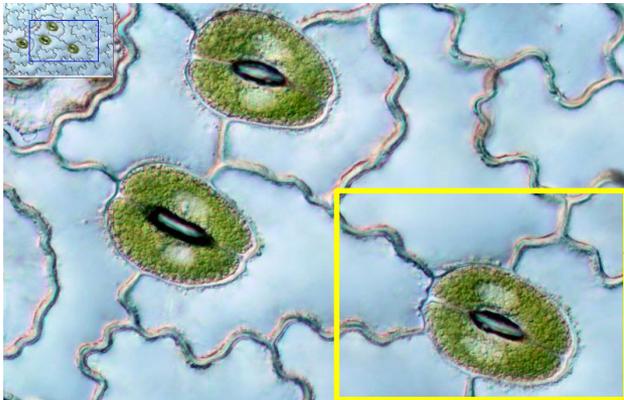


a Coupe transversale de feuille observée au microscope optique ($\times 350$)

II- La plante dispose de grandes surfaces d'échanges avec son environnement, impliquées dans la nutrition

2) Les feuilles, une surface adaptée à la captation de la lumière et des gaz atmosphériques

Épiderme de Polypode (MOx400)



Cellules de l'épiderme inférieur

Ostiole
= interruption de la cuticule

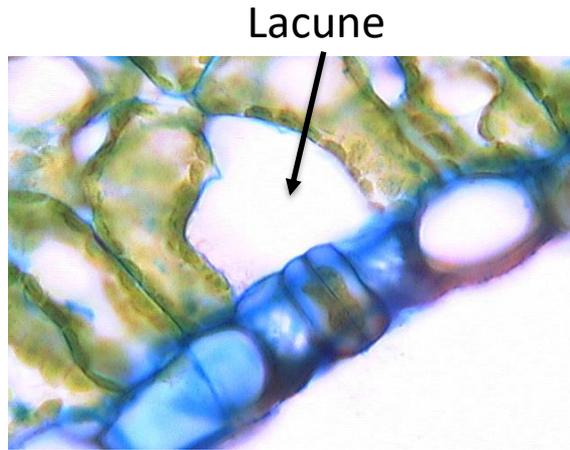
Cellules de garde

II- La plante dispose de grandes surfaces d'échanges avec son environnement, impliquées dans la nutrition

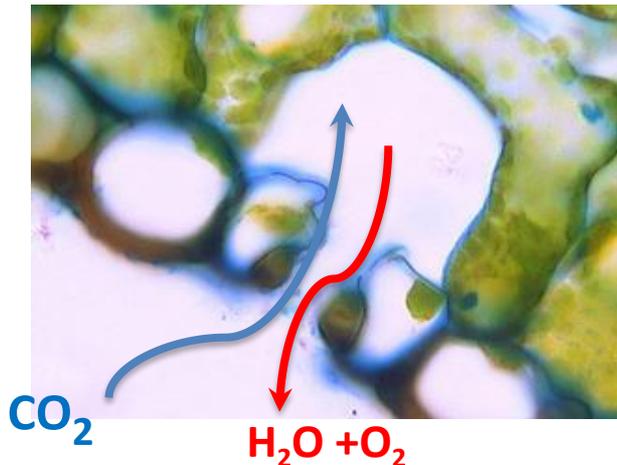
2) Les feuilles, une surface adaptée à la captation de la lumière et des gaz atmosphériques

Les stomates :
lieux privilégiés
des échanges
gazeux

Ostiole fermé



Ostiole ouvert



Observation par fluorescence des mouvements stomatiques

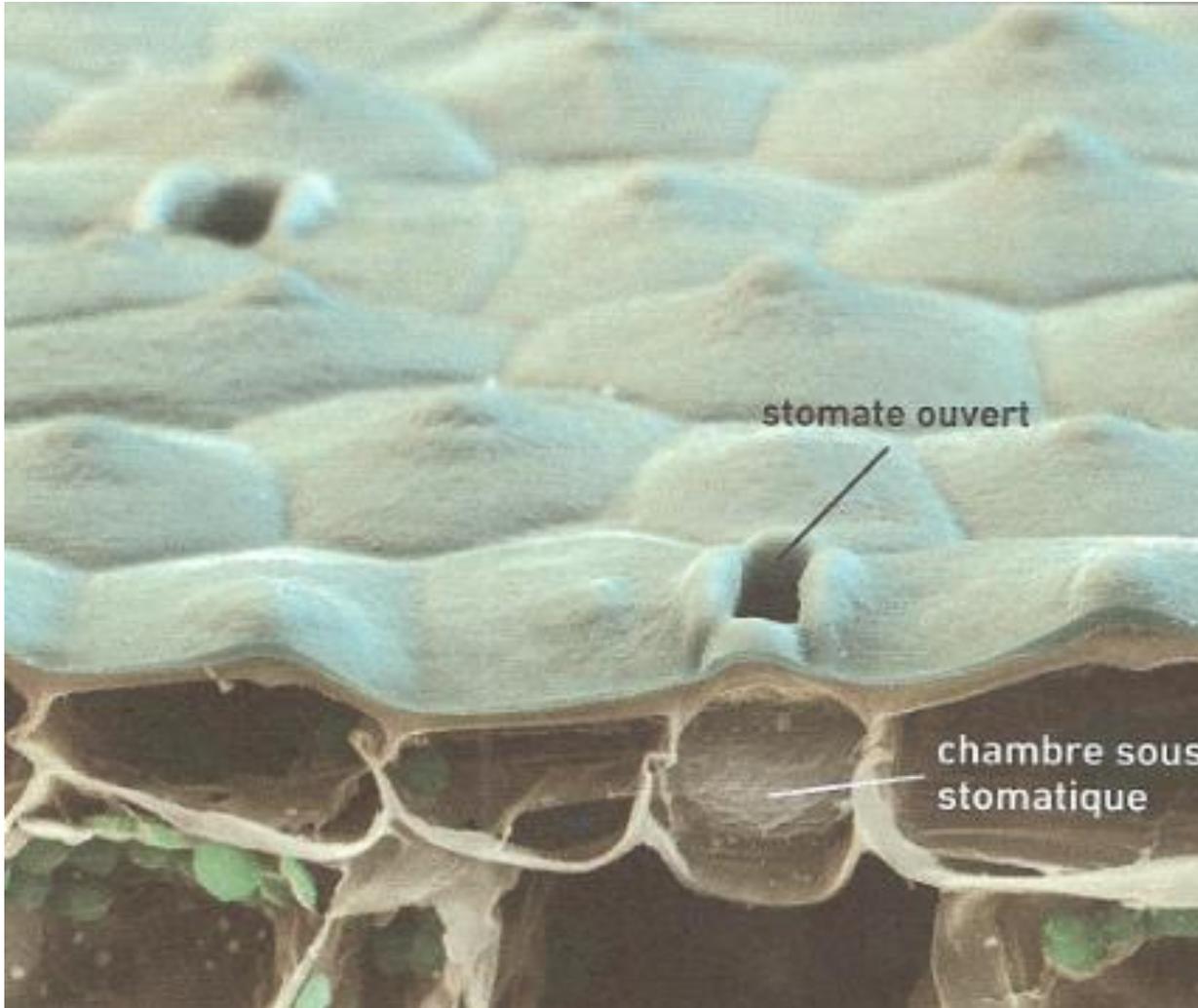


D'après publication CNRS - <https://www.insb.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/des-stomates-fluorescents-pour-comprendre-les-echanges-gazeux-chez-les-plantes>

Les stomates ne sont pas toujours ouverts pour éviter la perte en eau.
Les échanges se déroulent uniquement lors de l'ouverture des stomates.

II- La plante dispose de grandes surfaces d'échanges avec son environnement, impliquées dans la nutrition

2) Les feuilles, une surface adaptée à la captation de la lumière et des gaz atmosphériques

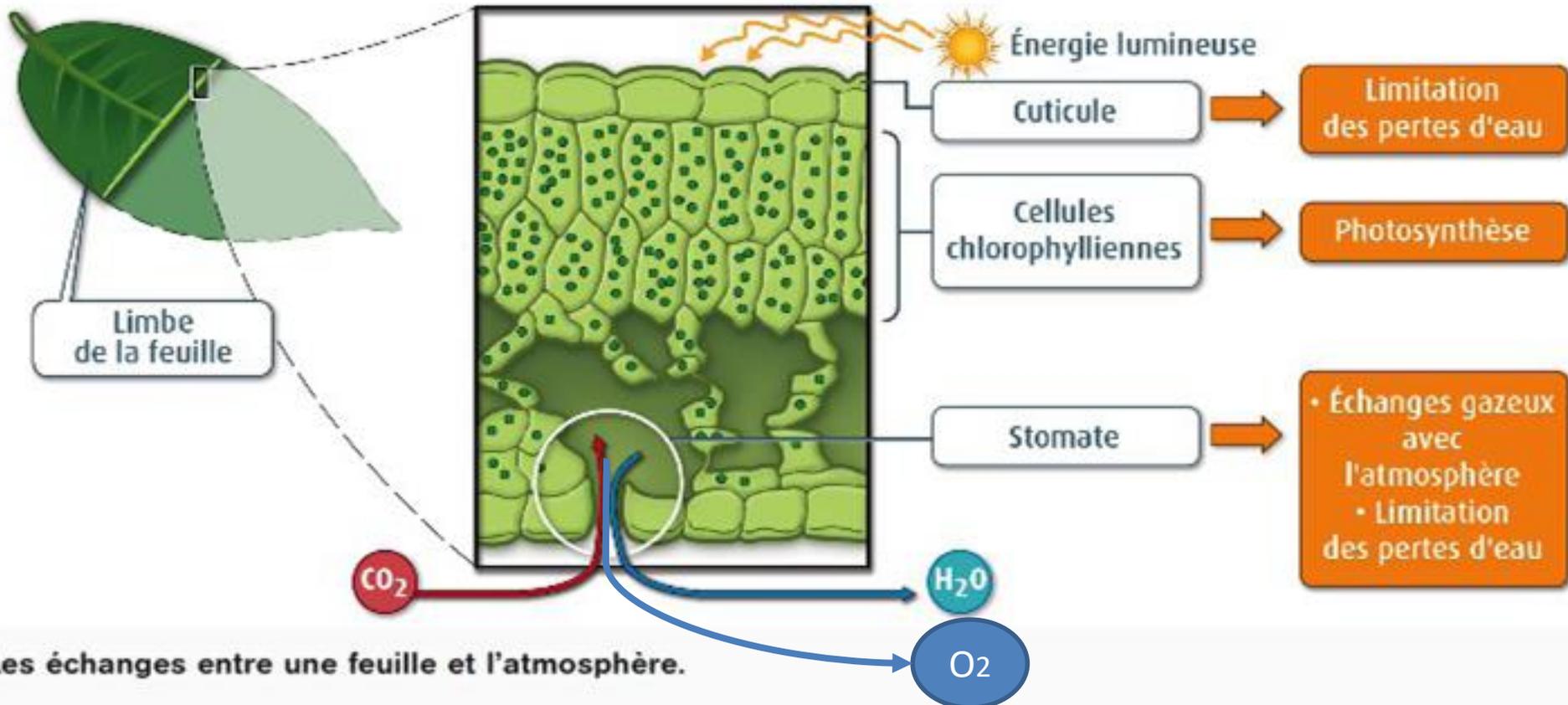


Coupe de feuille d'*Aloe vera* vu au MEB (x400)

De nombreux espaces assurent la circulation des gaz

II- La plante dispose de grandes surfaces d'échanges avec son environnement, impliquées dans la nutrition

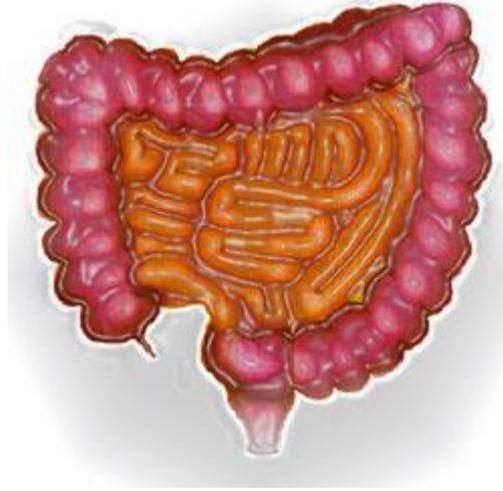
2) Les feuilles, une surface adaptée à la captation de la lumière et des gaz atmosphériques



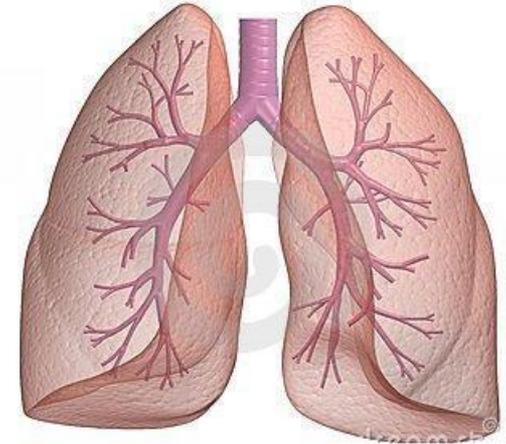
Comparaison des surfaces d'échange végétales et animales



Châtaigner de 12 m de haut.
Surface externe : **3 400 m²**
Surface des chambres sous stomatiques : **100 000 m²** soit (100 terrains de foot).
Surface des poils absorbants racinaire : **44 000 m²** (soit 44 terrains de foot).



Surface d'absorption intestinale :
Surface d'échange au niveau de l'intestin grêle **200 m²** (soit un terrain de tennis).



Surface pulmonaire
nombre total d'alvéoles = 600 000 000
Mais surface = **75 m²** (soit ½ terrain de tennis).

Les feuilles + racines = très grandes surfaces d'échange.

III-La plante présente des tissus conducteurs spécialisés, indispensables aux flux de matière au sein de la plante

Les 2 types de sève

Composants	Sève brute	Sève élaborée
Eau	99 %	80 %
Substances dissoutes... dont:	1 %	20 %
Saccharose (mg.mL^{-1})	0	80
Protéines, acides aminés (mg.mL^{-1})	traces	81,5
Ions minéraux ($\mu\text{g.mL}^{-1}$)	36,7	86,9

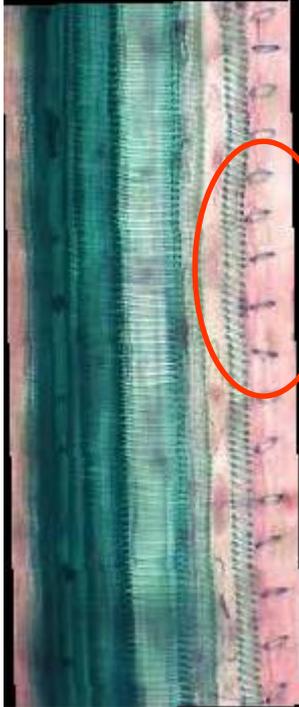
Composition moyenne de la sève brute et de la sève élaborée.

la **sève brute** est composée principalement d'**eau** et de **sels minéraux**.

La sève élaborée renferme, en plus de l'**eau**, les **produits** de l'activité métabolique des feuilles (dont les **produits de la photosynthèse**).

III-La plante présente des tissus conducteurs spécialisés, indispensables aux flux de matière au sein de la plante

Les vaisseaux de xylème



Ce sont des faisceaux de cellules mortes alignées et entourées de lignine permettant le soutien.

Dans les vaisseaux du **xylème** circule la **sève brute**, depuis les racines vers le reste de la plante

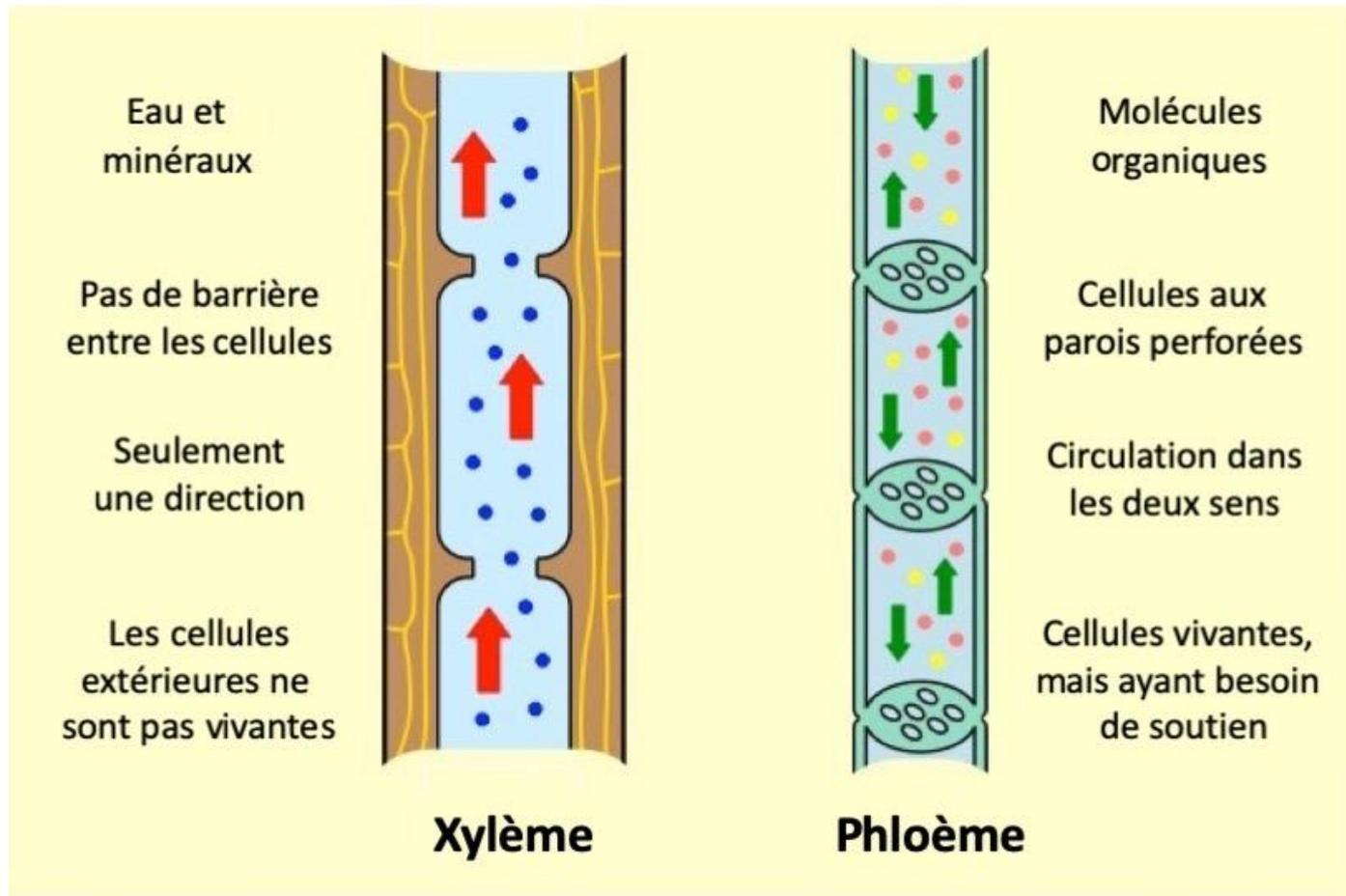
Les tubes criblés de phloème



Ce sont des files de cellules permettant la circulation de la sève élaborée à partir des feuilles grâce à des perforations (cribles) de leurs cloisons.

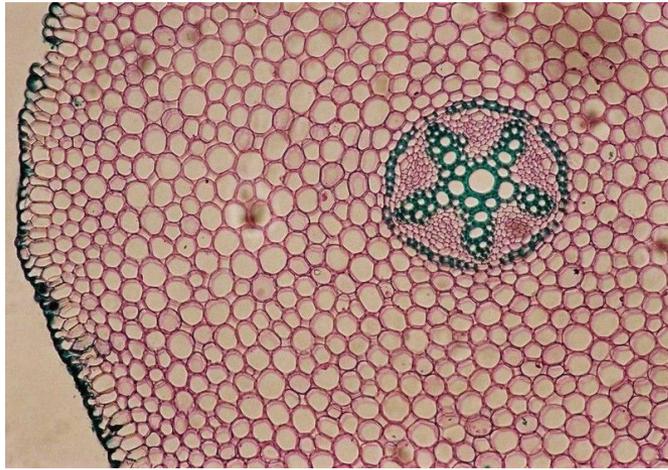
Dans les vaisseaux du **phloème** circule la **sève élaborée**, depuis les zones photosynthétiques (feuilles) vers le reste de la plante

Comparaison vaisseaux du xylème et tubes criblés du phloème



D'après <https://jardinierparesseux.com/2019/12/23/un-peu-de-botanique-xyleme-et-phloeme/>

III-La plante présente des tissus conducteurs spécialisés, indispensables aux flux de matière au sein de la plante



CT centre d'une racine

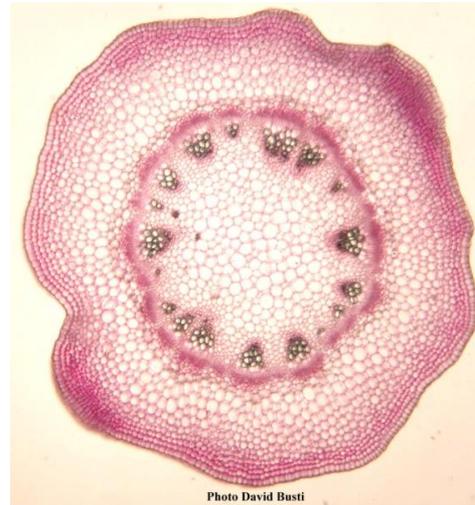


Photo David Busti

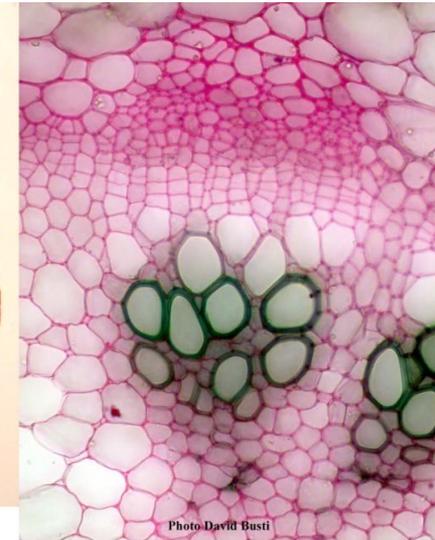
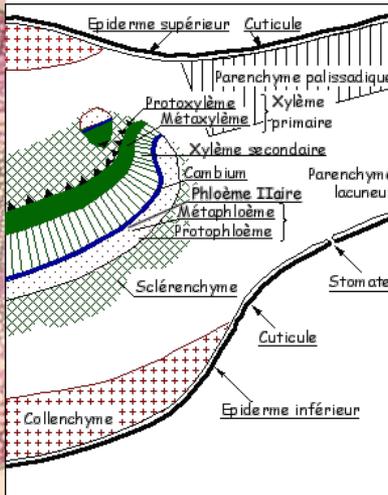


Photo David Busti

CT centre d'une tige



CT centre d'une racine



Il y a continuité des structures des tissus conducteurs.

La matière circule au sein de la plante.

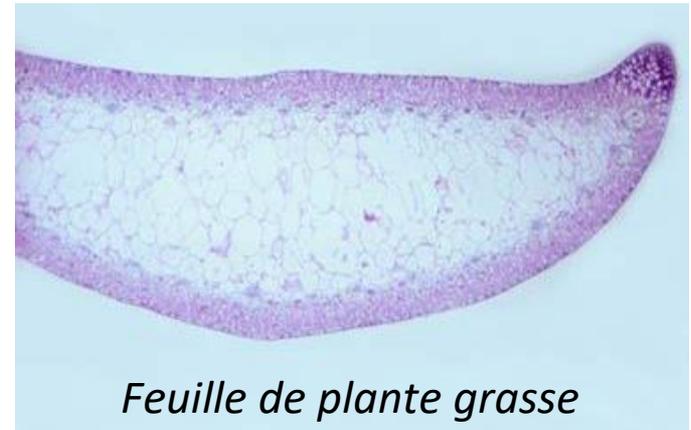
IV- Des adaptations morpho-anatomiques face aux contraintes du milieu

1) Des adaptations au manque d'eau

Pin



☐ réduction des feuilles à des épines



Feuille de plante grasse

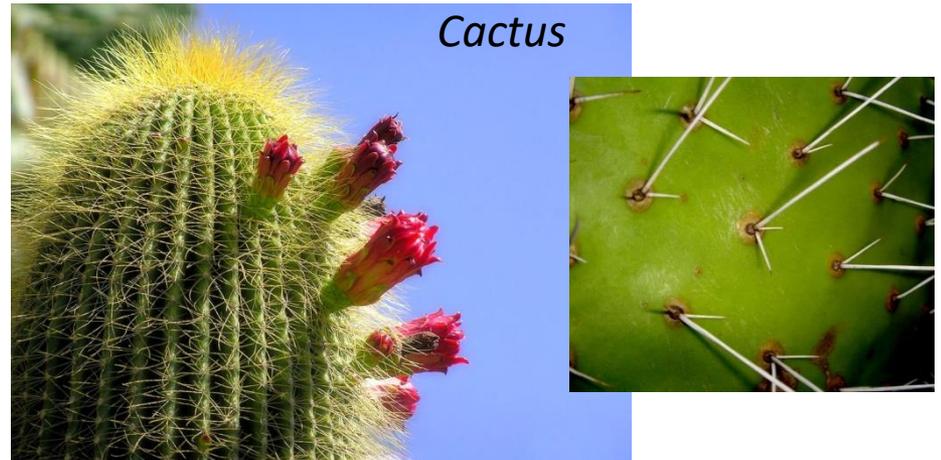
☐ Réserves d'eau dans les feuilles

Psilotrichum



☐ Feuille recouverte de poils

Cactus

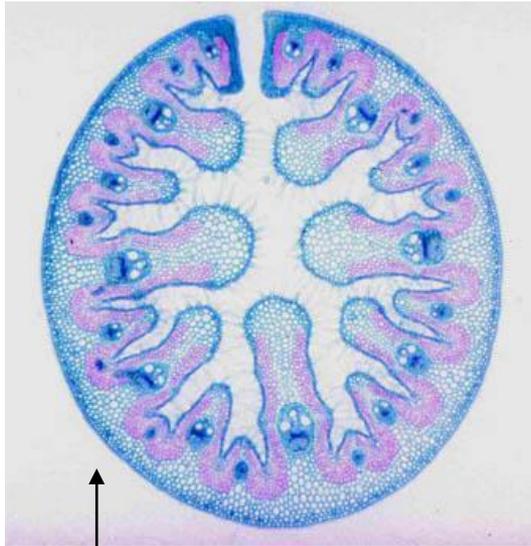


☐ Feuilles absentes=> épines

IV- Des adaptations morpho-anatomiques face aux contraintes du milieu

1) Des adaptations au manque d'eau

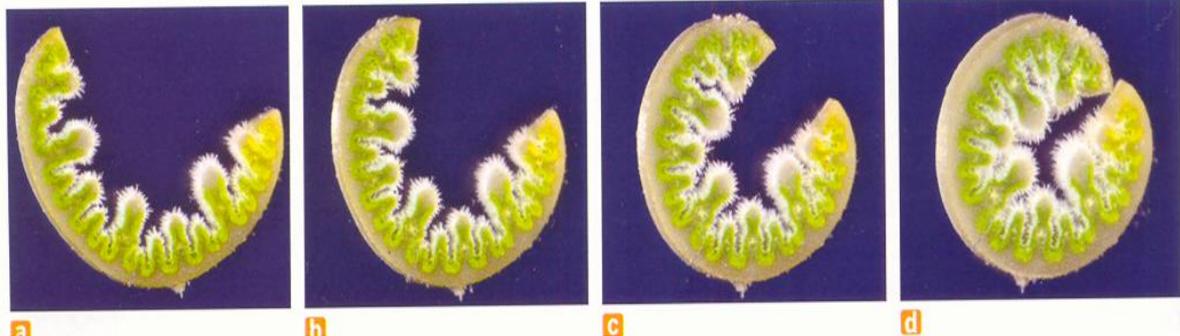
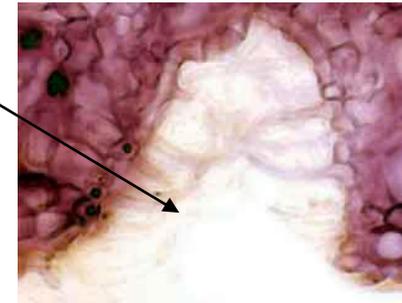
Oyat



☐ Enroulement des feuilles sur elles-mêmes

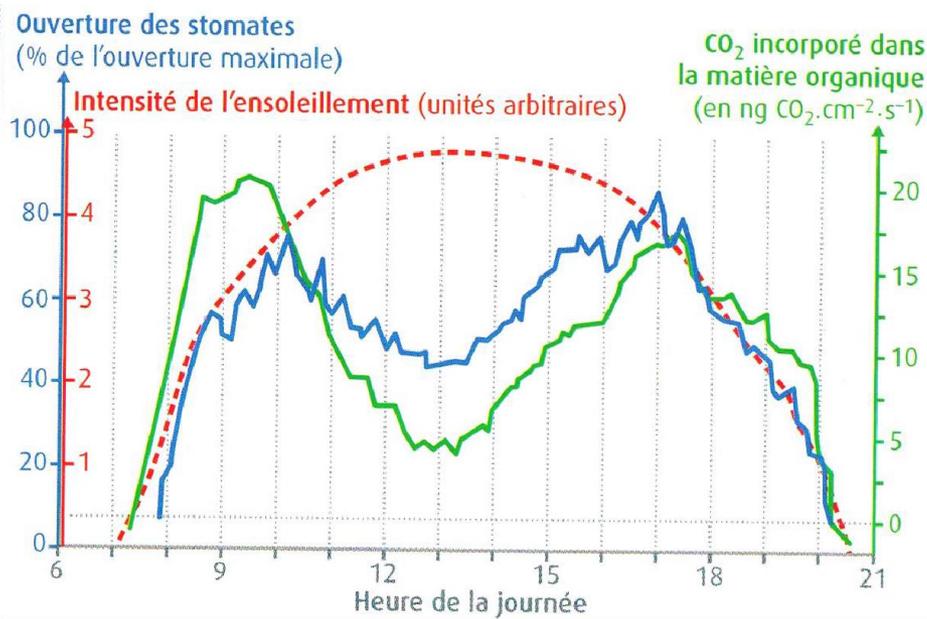
Laurier rose

☐ Stomates protégés au fond de cryptes pilifères pour former un milieu confiné



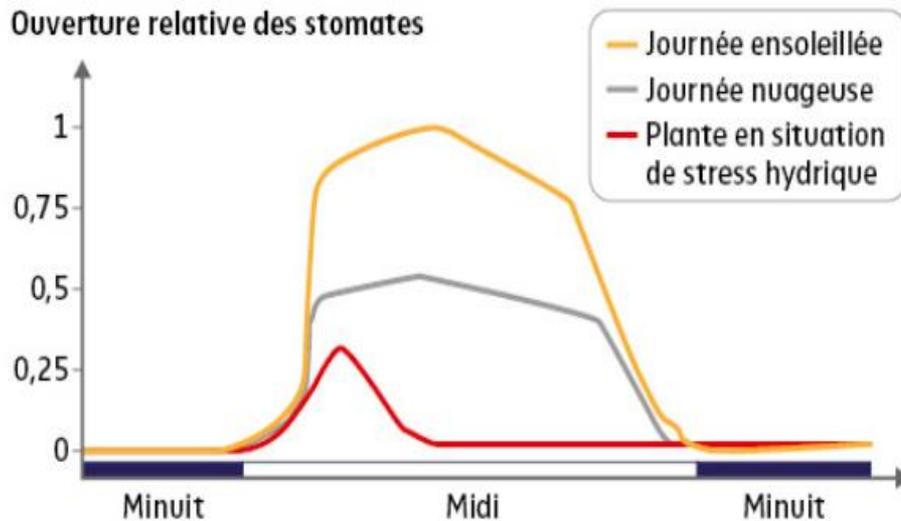
IV- Des adaptations morpho-anatomiques face aux contraintes du milieu

1) Des adaptations au manque d'eau



☐ Variation de l'ouverture des stomates...

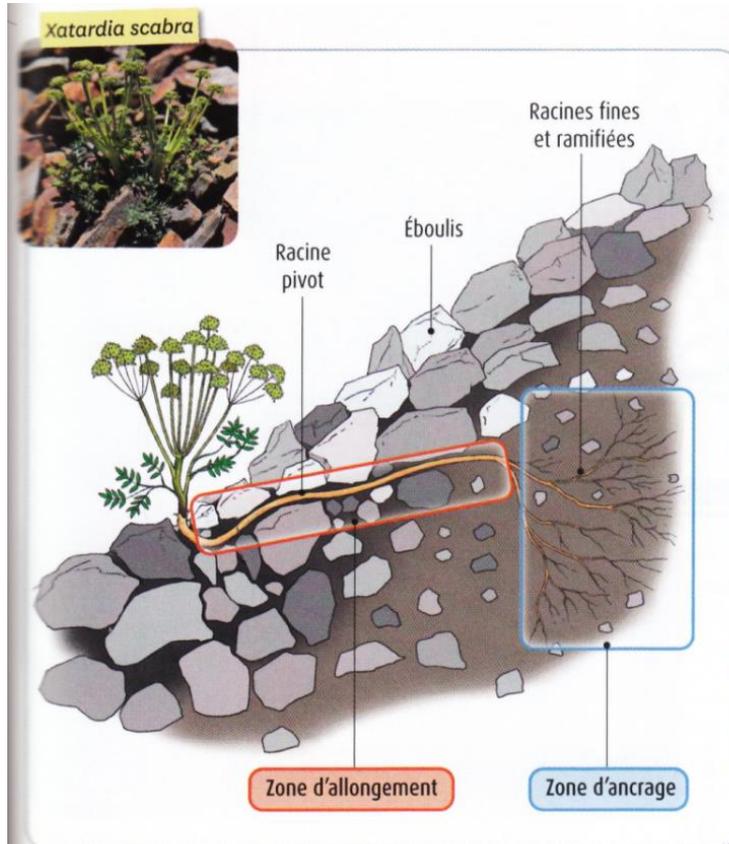
...au cours d'une journée



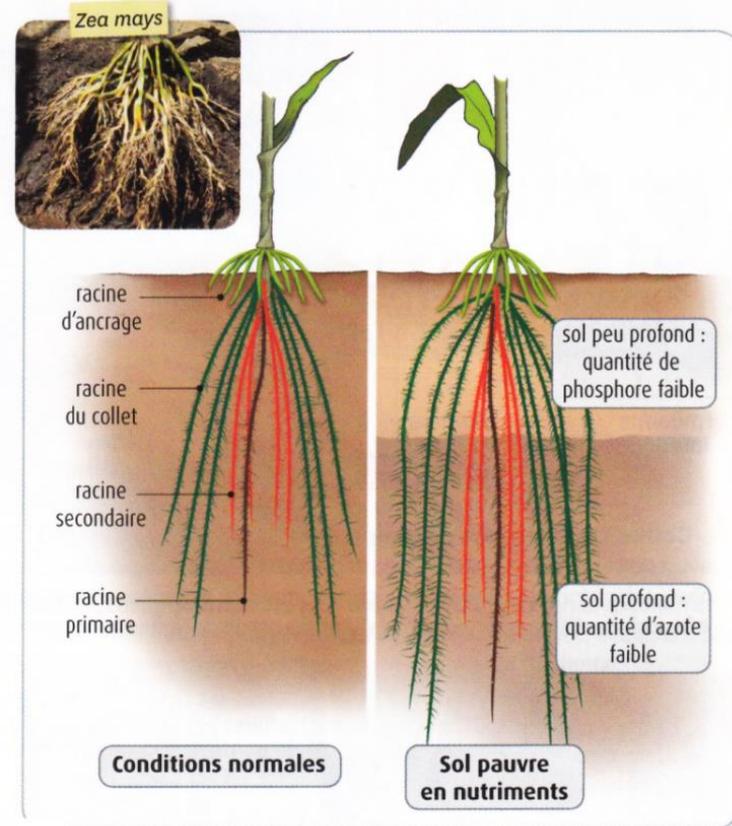
...en fonction des conditions du milieu.

IV- Des adaptations morpho-anatomiques face aux contraintes du milieu

1) Des adaptations au manque d'eau



Vivre fixée dans un éboulis. La xatardie rude (*Xatardia scabra*) est une plante herbacée adaptée aux milieux rocheux mobiles de moyenne montagne. Elle survit aux mouvements de son milieu grâce à une racine pivot robuste qui s'allonge entre les gros rochers jusqu'à atteindre une zone d'ancrage. Dans cette zone, les racines sont beaucoup plus fines et très ramifiées et permettent à la plante de puiser l'eau et les nutriments dans le sol.

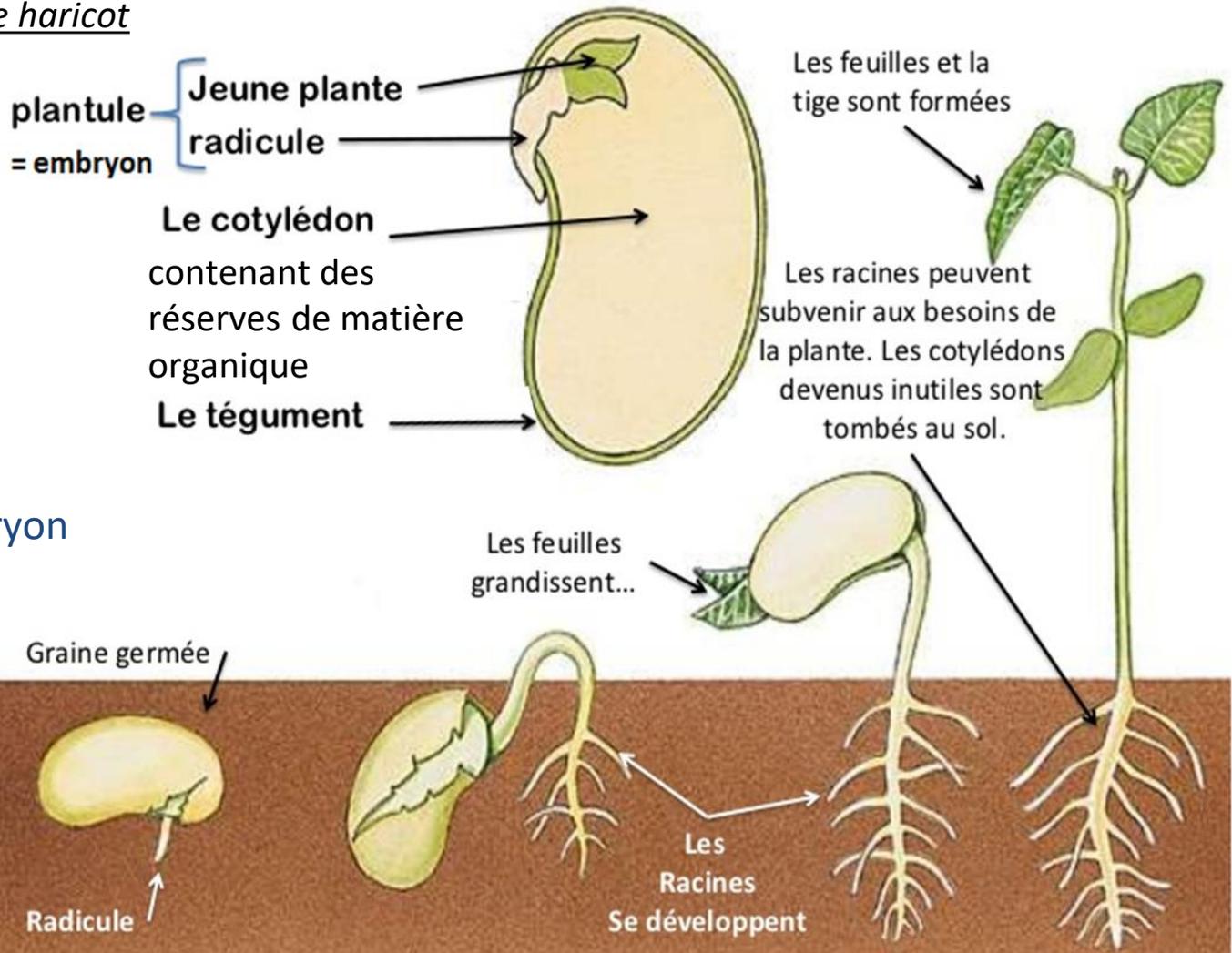


Vivre fixée sur des sols plus ou moins riches. Le maïs est une plante cultivée dans diverses régions de France présentant des sols de composition et de structures différentes. Le système racinaire est capable de s'adapter à cette diversité pour permettre un apport optimal en eau et en nutriments pour le fonctionnement de la plante.

IV- Des adaptations morpho-anatomiques face aux contraintes du milieu

2) Des adaptations au froid

Exemple de la graine de haricot

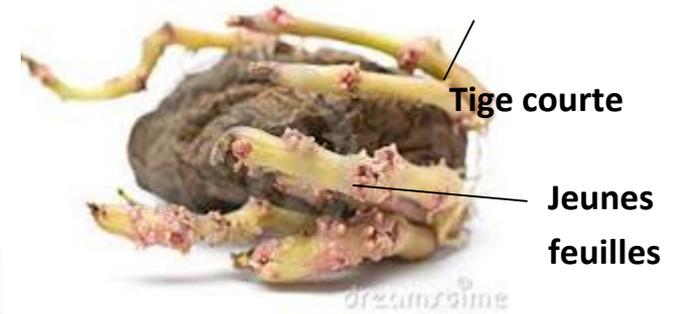
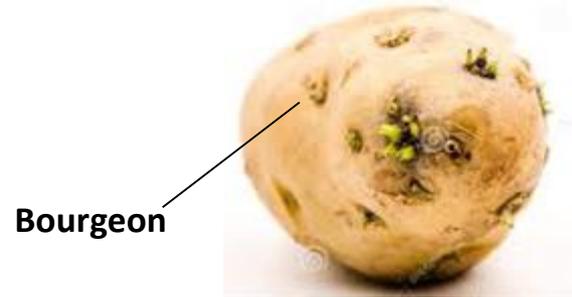


☐ Vie ralentie et protection de l'embryon

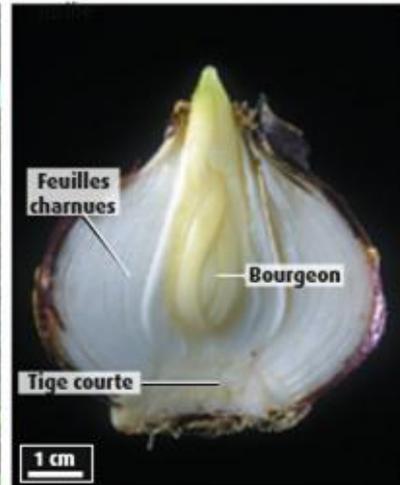
IV- Des adaptations morpho-anatomiques face aux contraintes du milieu

2) Des adaptations au froid

☐ Vie ralentie et protection des bourgeons

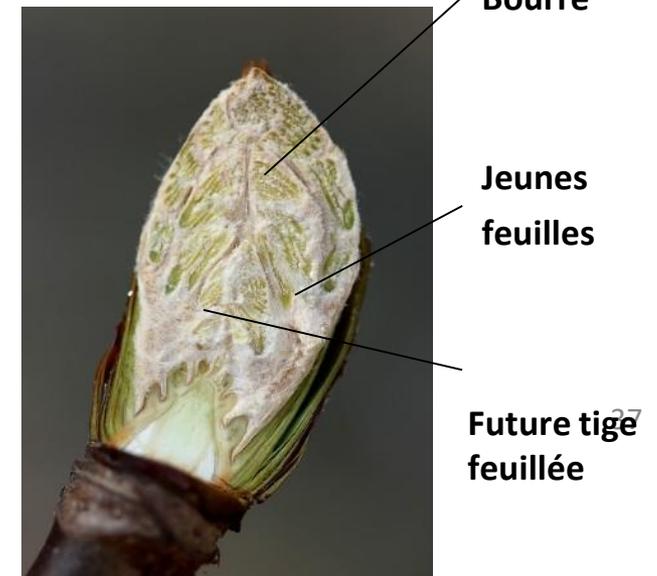


Tubercule en début et fin de germination



Rhizome d'Iris et bulbe de Jacinthe

Bourgeon écailleux



IV- Des adaptations morpho-anatomiques face aux contraintes du milieu

2) Des adaptations au froid

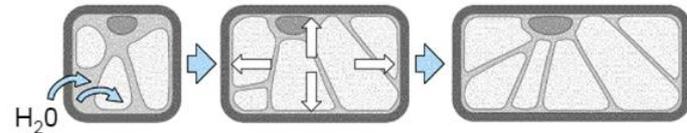
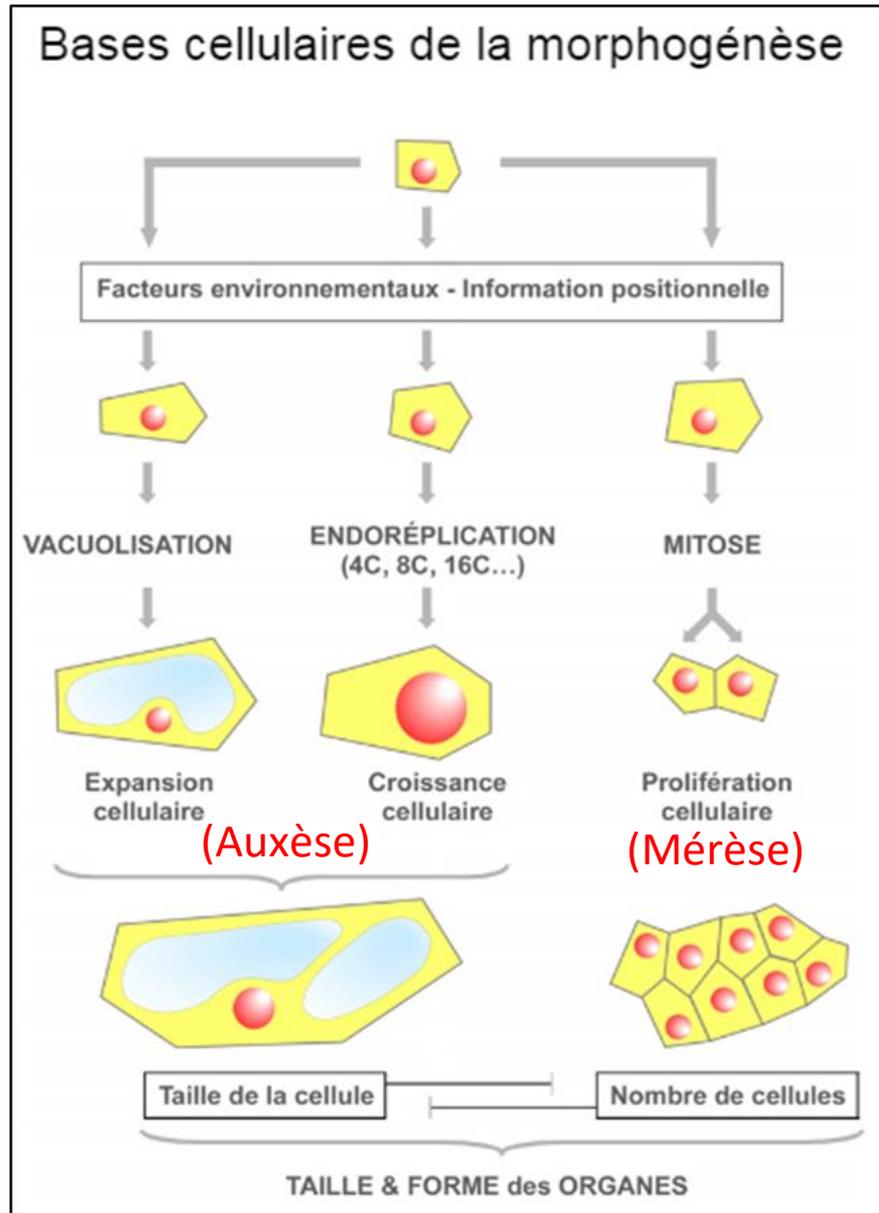
☐ Petite taille et production de substances protectrices



Vivre fixée à haute altitude. La renoncule des glaciers (*Ranunculus glacialis*) est capable de survivre au plus près des glaciers, où règnent températures basses et rayonnements UV intenses. Elle détient le record d'altitude des plantes à fleur dans les Alpes suisses, avec 4270 m. Cette plante présente une tige courte, robuste, très ramifiée à sa base et parfois rampante. Les feuilles sont petites et produisent une protéine qui aide la plante à tolérer les conditions climatiques extrêmes.

V- Les mécanismes responsables du développement et de la morphologie d'une plante

1) Croissance et différenciation d'organes



L'auxèse est tributaire :

- de l'état hydrique des cellules (= pression de turgescence)
- des propriétés mécaniques de la paroi (extensibilité)

V- Les mécanismes responsables du développement et de la morphologie d'une plante

1) Croissance et différenciation d'organes

Méristème = ensemble de cellules indifférenciées (totipotentes) responsable de la croissance des plantes

Méristèmes sont situés aux extrémités des tiges (**APEX**) et/ou base des feuilles ; au sein des **bourgeons**

Méristème est situé à l'extrémité de la racine (**APEX**)

? Croissance subapicale

Localisation des différents méristèmes chez une Angiosperme

a Schéma d'une Angiosperme indiquant la position des différents méristèmes

- Extrémité de la tige ou apex
- Bourgeon apical
- Méristème apical caulinaire
- Feuille
- Bourgeon axillaire contenant un méristème
- Nœud
- Entre-nœud
- Méristème racinaire

Legend:
■ Méristème primaire
→ Croissance en longueur
→ Croissance en épaisseur

b Bourgeon apical et méristème d'une tige, ou caulinaire
Les zones roses correspondent aux groupes de cellules qui se divisent activement.
Technique : microscopie optique

c Méristème racinaire d'orge
Technique : microscopie optique

d Évolution de la longueur moyenne des cellules de Blé le long de la racine

Distance à l'extrémité (mm)	Longueur moyenne des cellules de blé (µm)
0,0	10
0,1	12
0,25	18
0,35	25
0,45	35
0,55	50
0,65	70
0,8	110
1,0	140

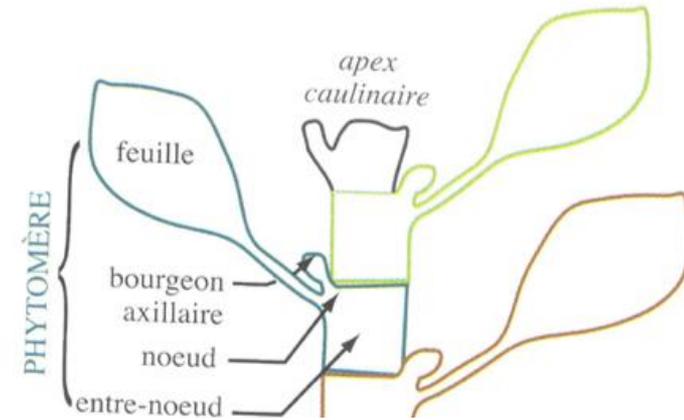
e Localisation des divisions cellulaires dans un méristème racinaire d'Orge
Les cellules sont traitées avec de l'EdU, un marqueur de la réplication (rouge), et du DAPI, un marqueur de l'ADN (bleu). La couleur rose est liée à la superposition des deux marquages.

V- Les mécanismes responsables du développement et de la morphologie d'une plante

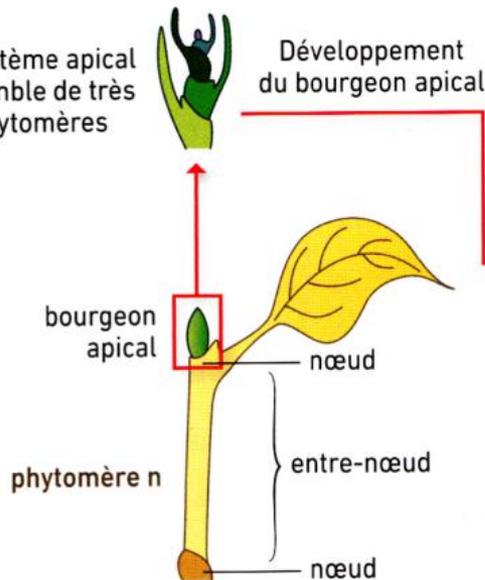
1) Croissance et différenciation d'organes

Mise en place des phytomères

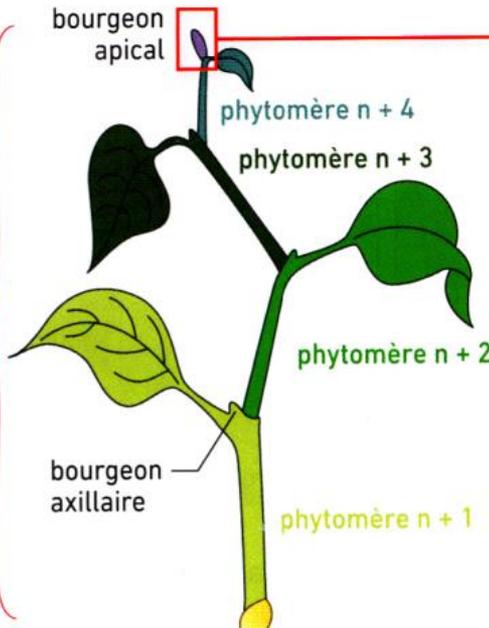
= Unité structurale et fonctionnelle d'une plante, composée d'un entre-nœud et d'un nœud avec une feuille et un bourgeon axillaire



- un méristème apical
- un ensemble de très petits phytomères



Développement du bourgeon apical



Mise en place de nouveaux phytomères à l'extrémité du phytomère n

- un méristème apical
- un ensemble de très petits phytomères

Développement du bourgeon apical

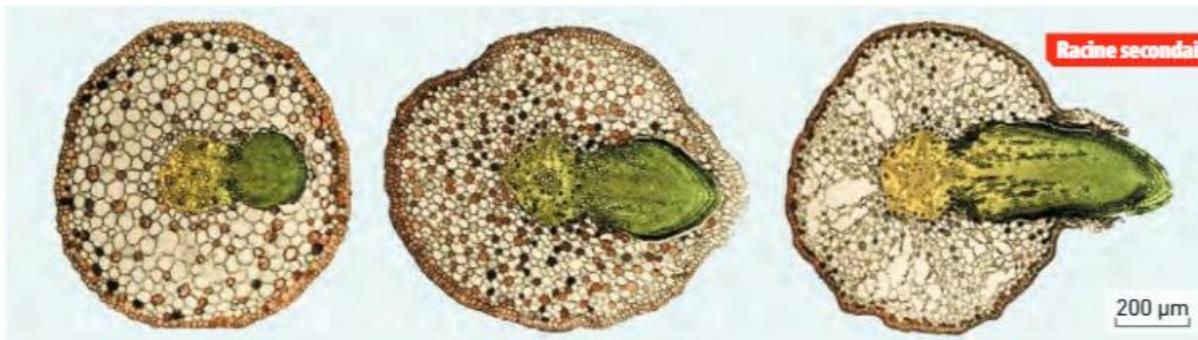
Mise en place de nouveaux phytomères n + 5 à n + 8

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

V- Les mécanismes responsables du développement et de la morphologie d'une plante

1) Croissance et différenciation d'organes

Au cours de la germination d'une graine (A), une racine principale se forme et s'enfonce dans le sol. À quelques centimètres au-dessus de son apex apparaissent des racines secondaires, capables après élongation de se ramifier à leur tour. Le massif de cellules méristématiques qui donnent naissance à la nouvelle racine, provient de la dédifférenciation* de certaines cellules proches des vaisseaux conducteurs de sève (B). Celles-ci retournent à l'état embryonnaire et commencent à se diviser activement : elles constituent le méristème apical de la nouvelle racine.



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

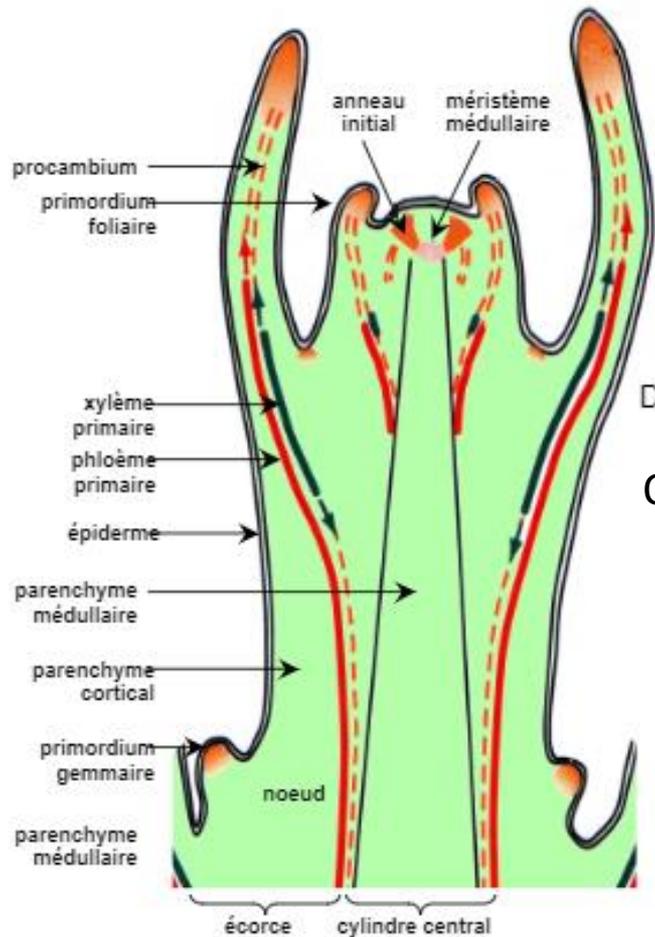
Selon le développement relatif de la racine principale et des racines secondaires, on distingue deux grands types de systèmes racinaires :

- le système racinaire pivotant : une grosse racine (dite pivot) et des ramifications latérales peu nombreuses et peu développées. C'est le cas par exemple chez la carotte (C).
- le système racinaire fasciculé : il n'y a pas de racine principale, toutes les racines ont un développement équivalent. Elles peuvent être ramifiées ou pas du tout, comme c'est le cas chez le poireau (D).

V- Les mécanismes responsables du développement et de la morphologie d'une plante

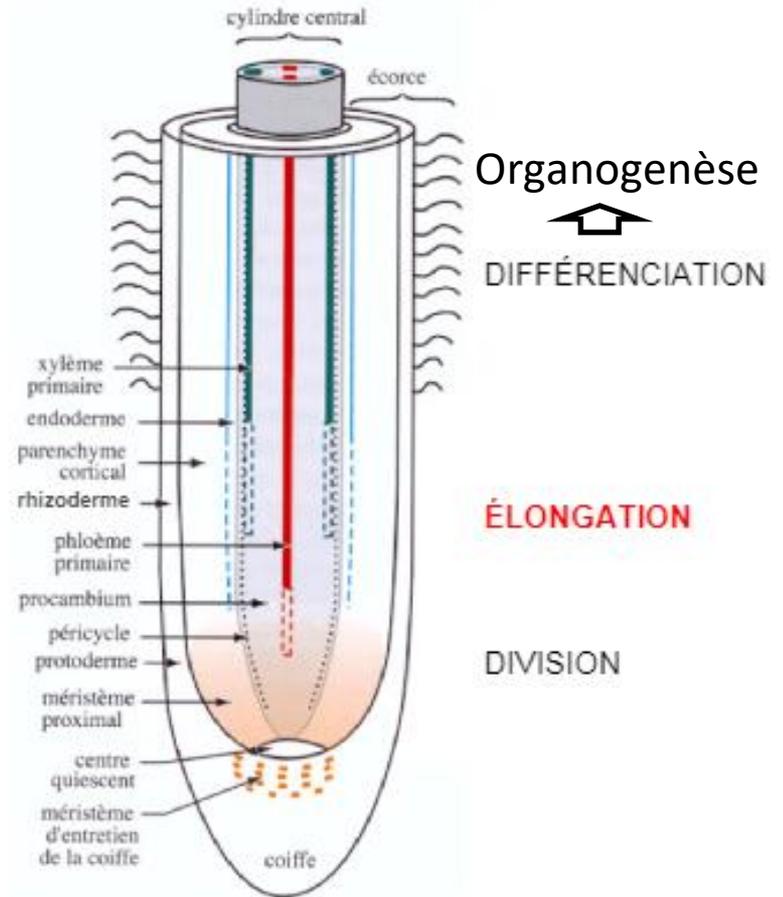
1) Croissance et différenciation d'organes

Comparaison entre la partie aérienne et la partie souterraine



Apex caulinaire

DIVISION
ÉLONGATION
DIFFÉRENCIATION
Organogénèse



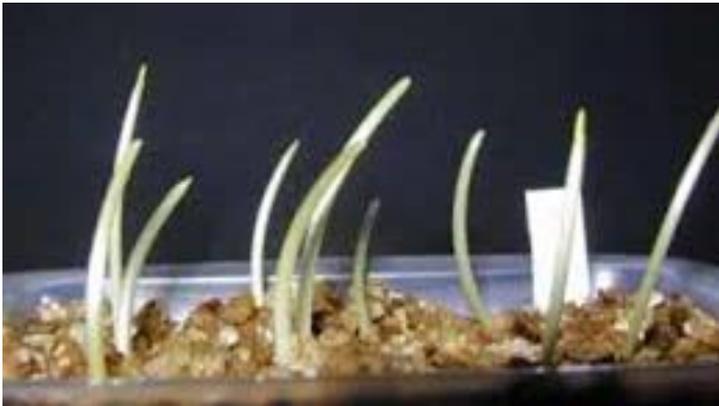
Apex racinaire

Organogénèse
DIFFÉRENCIATION
ÉLONGATION
DIVISION

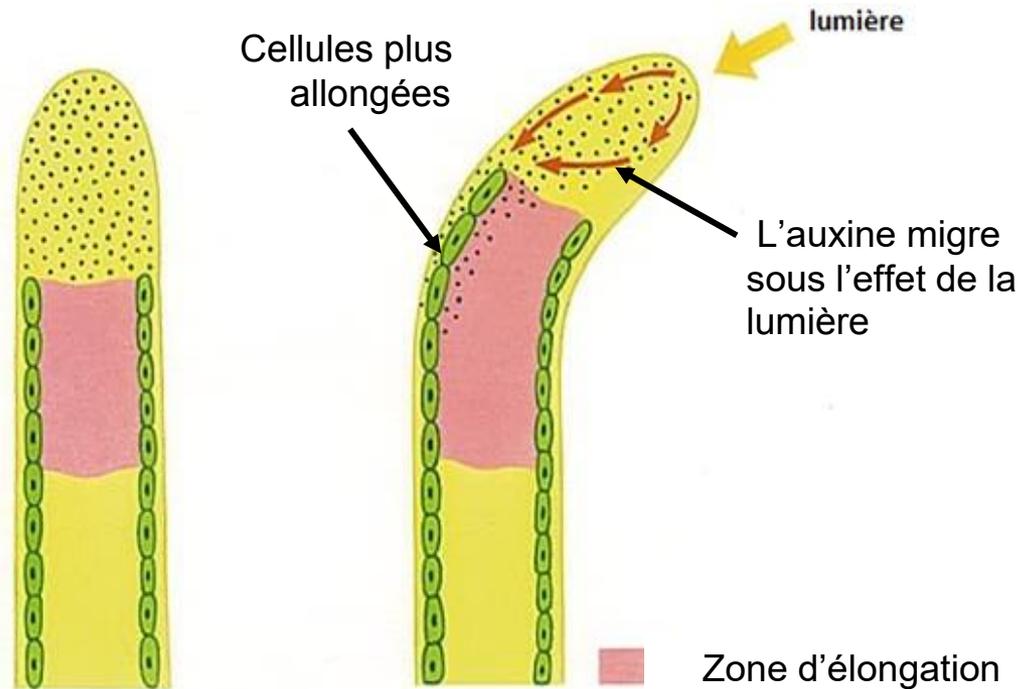
V- Les mécanismes responsables du développement et de la morphologie d'une plante

2) Une organogénèse sous influences

Phototropisme des coléoptiles d'avoine
(petite tige qui enveloppe le
méristème caulinaire)



Les coléoptiles se courbent vers la lumière.

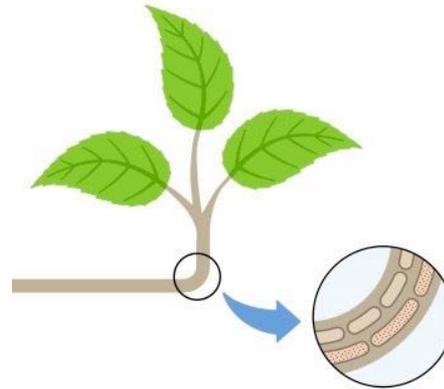


**allongement plus important
des cellules à l'ombre
provoquant la courbure vers
la lumière.**

V- Les mécanismes responsables du développement et de la morphologie d'une plante

2) Une organogénèse sous influences

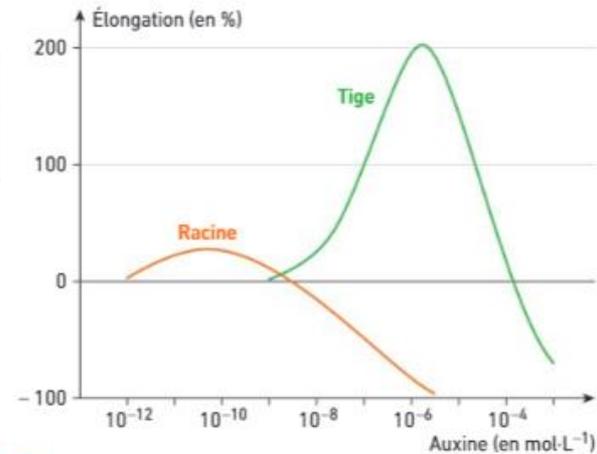
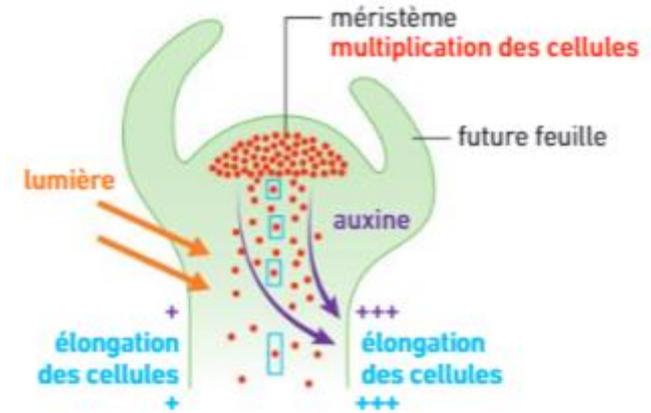
Importance des phytohormones



Stem

Auxin stimulates cell growth
Lower cell layer is longer
Turns up / towards the light

Le méristème caulinaire, zone de croissance



■ Variation de l'élongation de cellules de tige ou de racine en fonction de la concentration en auxine.

V- Les mécanismes responsables du développement et de la morphologie d'une plante

2) Une organogénèse sous influences

Un exemple: la dominance apicale

Chez la plupart des plantes, les bourgeons axillaires situés juste sous le bourgeon apical ne se développent pas. Le bourgeon apical se développe rapidement vers le haut et les premières ramifications ne se réalisent sous ce bourgeon qu'à une certaine distance.

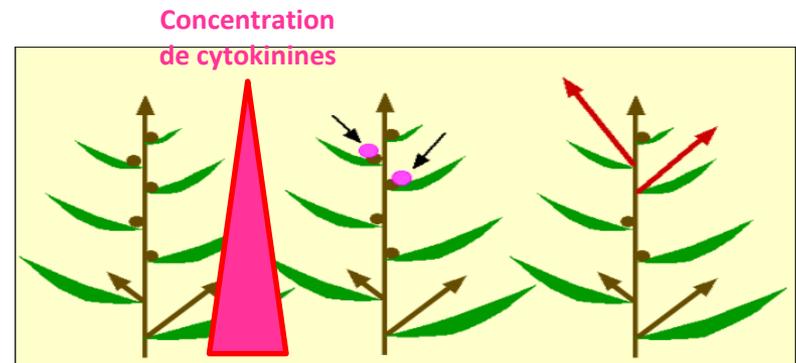
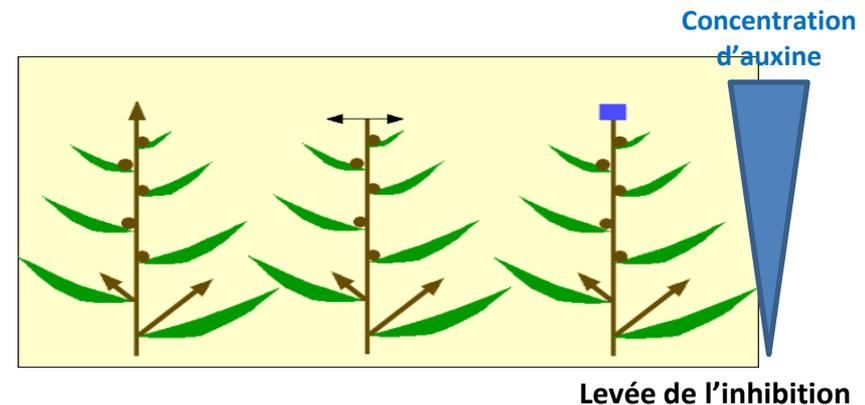
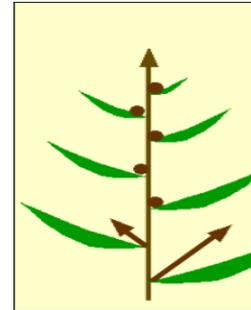
La section du bourgeon apical provoque le développement immédiat des bourgeons axillaires situés en dessous de lui. Tout se passe comme si, en fonctionnement normal, le bourgeon terminal exerçait une action inhibitrice sur les bourgeons axillaires situés en dessous de lui. Ce phénomène est appelé la **dominance apicale**.

De **l'auxine** appliquée sur la tige sectionnée au niveau d'un bourgeon apical évite le développement des bourgeons axillaires, et donc maintient la dominance apicale exercée par le bourgeon apical. Le bourgeon apical exerce sa dominance par l'intermédiaire de l'auxine.

Une deuxième classe d'hormones, les **cytokinines**, appliquées sur un bourgeon axillaire, normalement inhibé par la dominance apicale, provoquent son développement. Les cytokinines sont antagonistes de l'auxine dans la régulation de certains processus physiologiques.



Le rapport cytokinines / auxines influence le développement des bourgeons axillaires



V- Les mécanismes responsables du développement et de la morphologie d'une plante

2) Une organogénèse sous influences

Pour aller plus loin...

Théorie de la croissance acide induite par l'auxine

