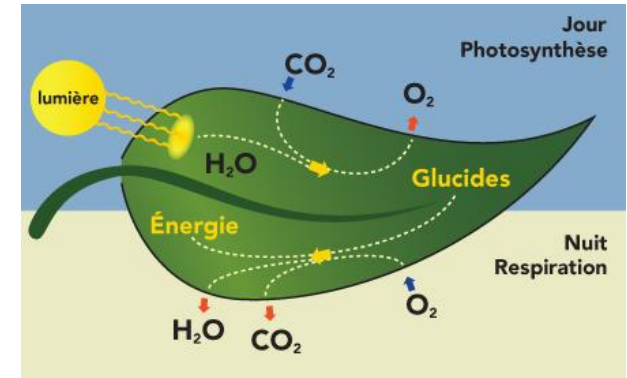
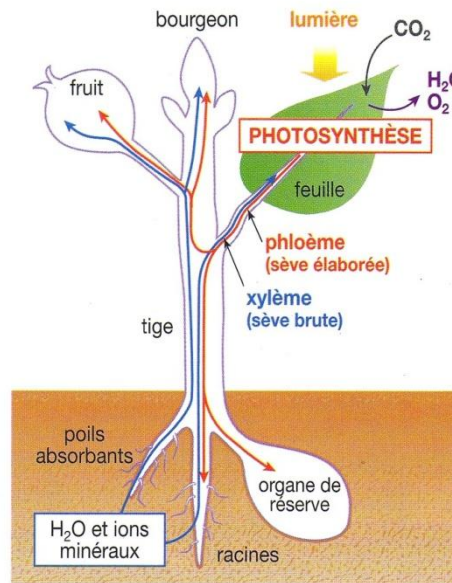


Physiologie Végétale



Faculté des Sciences Appliquées Université Ibn Zohr
Filière SV, Semestre 4

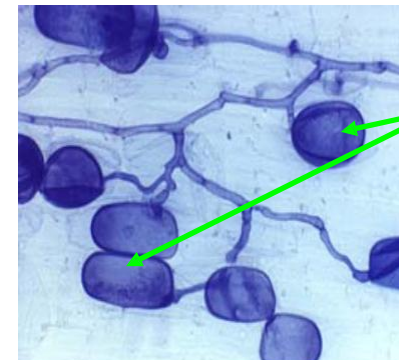
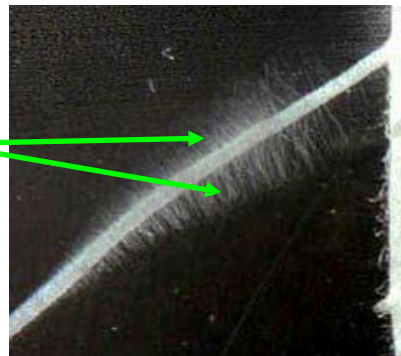
2019/2020

Chapitre I : Nutrition Hydrique & Minérale

Absorption de l'eau par la Plante

- En un jour, la plante absorbe un volume d'eau équivalent à sa masse.
- Chez les végétaux **non vasculaire** de taille relativement petite (thallophytes et bryophytes) l'appareil végétal absorbe l'eau par **toute la surface**.
- Chez les végétaux **vasculaires**, l'absorption de l'eau se fait essentiellement par leurs **racines**, et pour beaucoup d'entre ils, par des **mycorhizes**.
- C'est l'eau la moins liée au sol qui va être utilisée par la plante (on parle de liaisons osmotiques et capillaires).

Poils absorbants



Mycorhizes

Absorption de l'eau par la Plante

Absorption de l'eau par les Racines

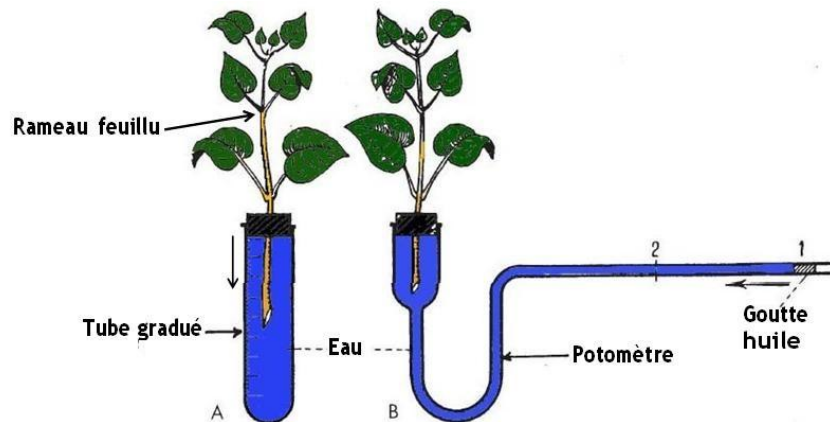
Les racines assurent différentes fonctions:

- Elles ancrent la plante au sol.
- Elles constituent un lieu de stockage de réserves qui sont essentiellement sous forme de glucides, de lipides et de protéines de réserve.
- Support d'associations symbiotiques complexes avec les micro-organismes (bactéries et champignons). Exemple d'association; Légumineuses- Rhizobium, fixation de l'azote atmosphérique .
- Elles sont le site de synthèse de molécules importantes comme les alcaloïdes ou certaines hormones.
- Elles absorbent et transportent vers les tiges pratiquement toute l'eau et les minéraux absorbés par la plante.

Absorption de l'eau par la Plante

Absorption de l'eau par les Racines

- ❑ La mise en évidence de l'absorption de l'eau par une plante peut être observée par l'expérience suivante:

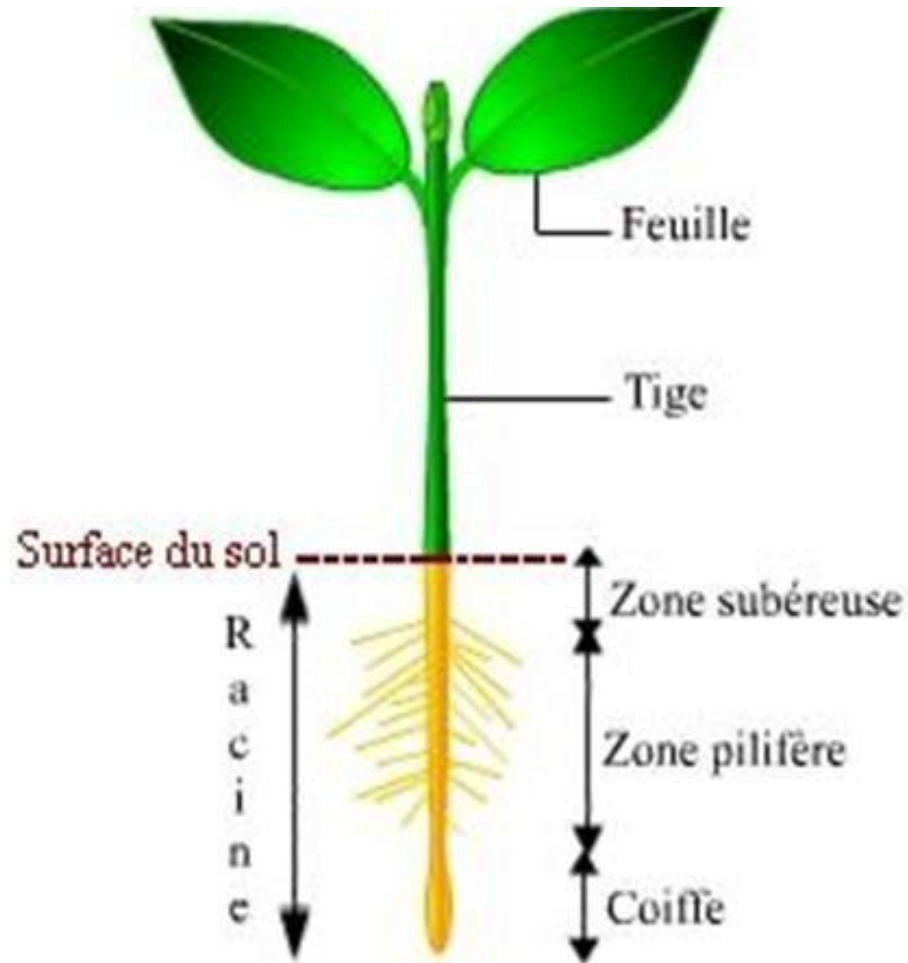


- ❑ Le niveau de l'eau baisse en **A**, ou se déplace dans le tube en **B** d'une position 1 à une position 2.

Chapitre I : Nutrition Hydrique & Minérale

Absorption de l'eau par la Plante

Absorption de l'eau par les Racines

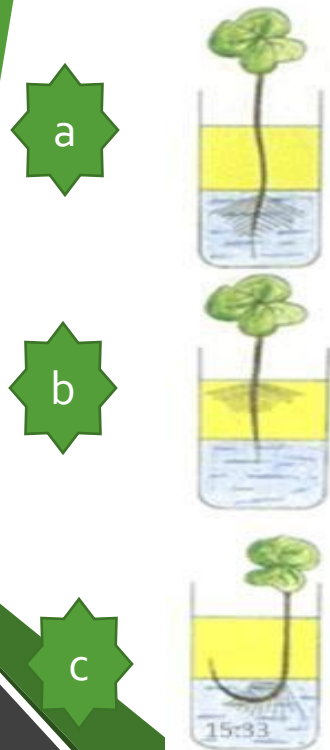


Absorption de l'eau par la Plante

Absorption de l'eau par les Racines

✓ Détermination de la zone d'absorption de l'eau (Siège d'absorption)

■ Expérience de Rosène



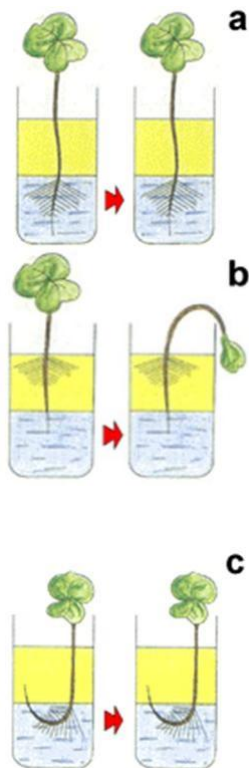
- Expérience a: la zone pilifère et l'extrémité de la racine se trouvent dans l'eau, la zone subéreuse est dans l'huile
- Expérience b: seule l'extrémité de la racine plonge dans l'eau (le reste de la racine dont la zone pilifère est dans l'huile).
- Expérience c: seule la zone pilifère se trouve dans l'eau, le reste de la racine est dans l'huile.

Absorption de l'eau par la Plante

Absorption de l'eau par les Racines

✓ Détermination de la zone d'absorption de l'eau (Siège d'absorption)

■ Expérience de Rosène

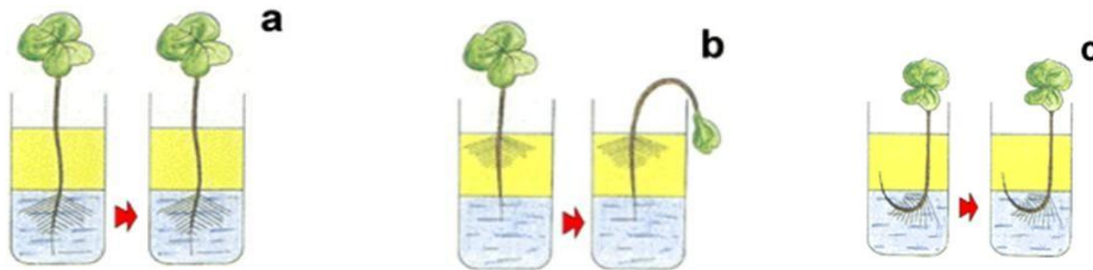


- La plantule absorbe de l'eau par l'extrémité de la racine (seule).
- L'extrémité de la racine n'absorbe pas, ou pas suffisamment l'eau.
- La plantule absorbe l'eau de façon principale et suffisante par la seule zone pilifère.

Absorption de l'eau par la Plante

Absorption de l'eau par les Racines

- ✓ Détermination de la zone d'absorption de l'eau (Siège d'absorption)
 - Expérience de Rosène
 - Selon (a) : la plantule absorbe de l'eau par l'extrémité de la racine (seule)
 - Expérience b : La plantule se fane.
 - C/C Hypothèse infirmée. Donc, soit l'extrémité de la racine n'absorbe pas suffisamment d'eau, soit pas du tout.



Absorption de l'eau par la Plante

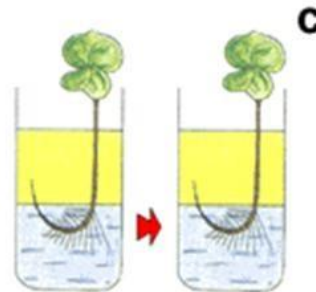
Absorption de l'eau par les Racines

✓ Détermination de la zone d'absorption de l'eau (Siège d'absorption)

■ Expérience de Rosène

■ Expérience c :

- Même sans une éventuelle absorption d'eau par l'extrémité de la racine, la plantule se porte bien.
- Seule la zone pilifère se trouve dans l'eau, le reste de la racine est dans l'huile et la plantule ne se fane pas.



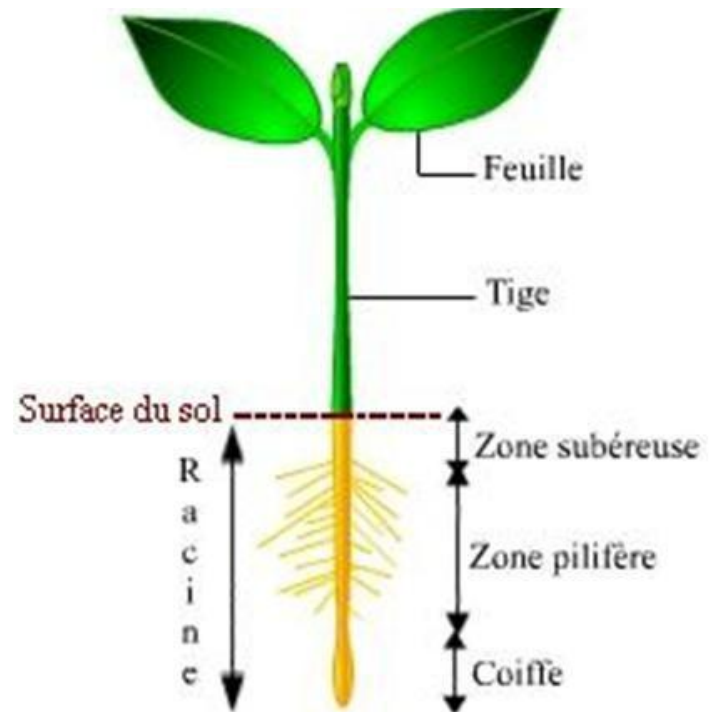
Chapitre I : Nutrition Hydrique & Minérale

Absorption de l'eau par la Plante

Absorption de l'eau par les Racines

- ✓ Détermination de la zone d'absorption de l'eau (Siège d'absorption)
 - Expérience de Rosène

- **Conclusion:**
- La plante peut absorber principalement l'eau par les parties non subérifiées de ses racines, les **poils absorbants**.



Absorption de l'eau par la Plante

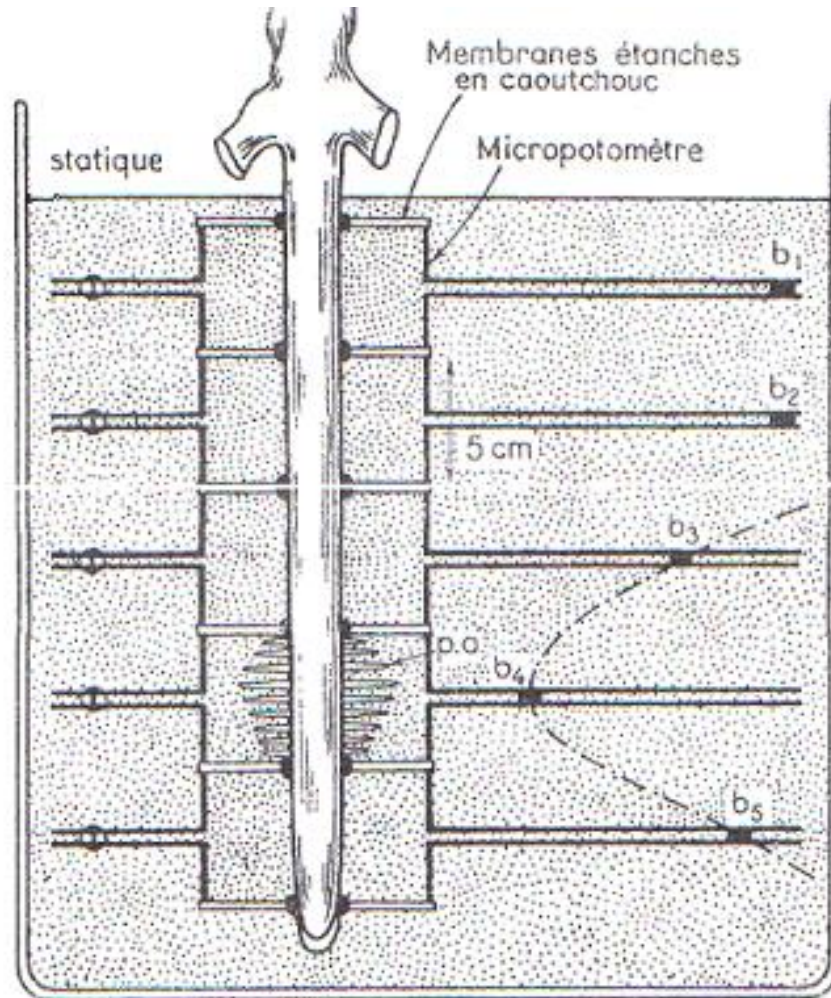
Absorption de l'eau par les Racines

- ✓ Détermination de la zone d'absorption de l'eau (Siège d'absorption)
 - Méthode du microporomètre
- C'est **BROWER** qui a fait la 1^{ière} expérience à l'aide d'un microporomètre sur des plantes cultivées sur solution nutritive. Ce qui lui a permis de préciser que :
 - L'absorption de l'eau est pratiquement négligeable au niveau du méristème ;
 - L'absorption maximale a lieu au niveau des poils absorbants ;
 - Une faible absorption de l'eau est possible dans la zone pilifère de la racine.

Chapitre I : Nutrition Hydrique & Minérale

Absorption de l'eau par la Plante

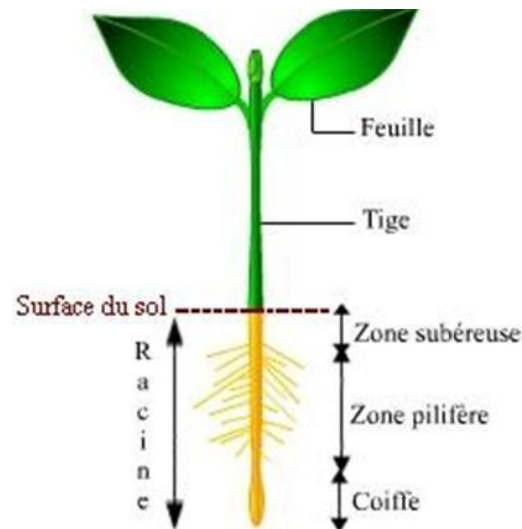
Absorption de l'eau par les Racines



Absorption de l'eau par la Plante

Absorption de l'eau par les Racines

- La zone racinaire responsable de cette absorption s'appelle la **zone pilifère** située entre 20 et 200 mm au dessus de la coiffe racinaire (zone de multiplication et d'élongation de l'apex).



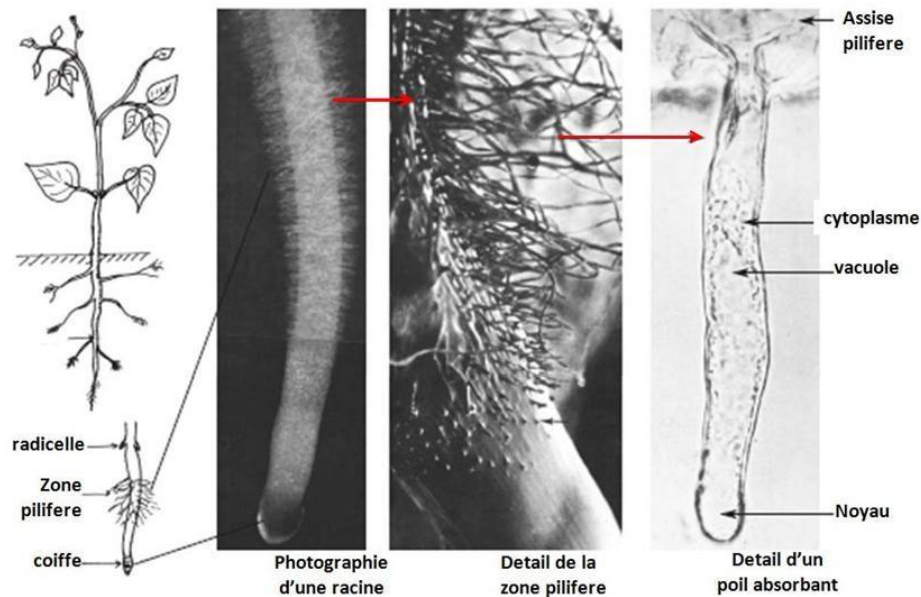
Plantule radis juste après la germination de la graine, montrant la zone pilifère.

Schéma représentant les zones d'une racine

Absorption de l'eau par la Plante

Absorption de l'eau par les Racines

- ✓ Structure et caractéristiques des poils absorbants
- Un poil absorbant est une extension tubulaire unicellulaire. Son cytoplasme contient une grande vacuole centrale remplie de suc cellulaire.



Détaille de la zone pilifère et d'un poil absorbant vu au microscope

Chapitre I : Nutrition Hydrique & Minérale

Absorption de l'eau par la Plante

Absorption de l'eau par les Racines

✓ Structure et caractéristiques des poils absorbants

- Les poils absorbants ont une durée de vie très courte, de l'ordre de quelques semaines, ils disparaissent dans un milieu acide ou mal oxygéné.
- Les poils absorbants se forment à partir des cellules de l'assise pilifère (Rhizoderme).

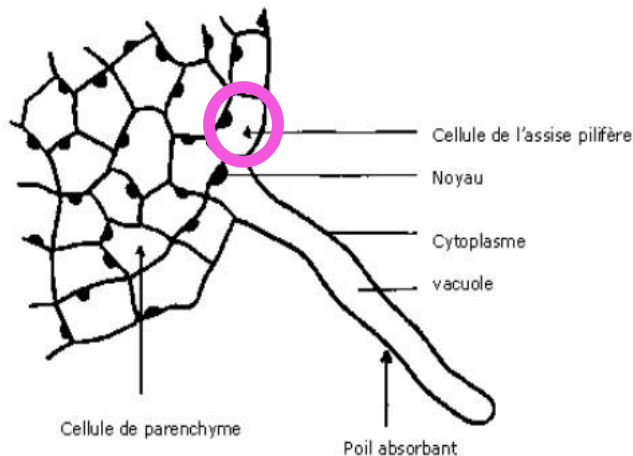
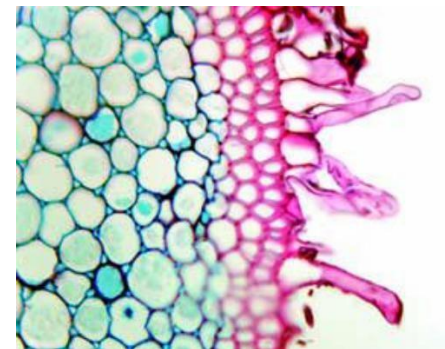


Schéma détaillé d'un poil absorbant.



Poils absorbants vus au microscope optique

Absorption de l'eau par la Plante

Absorption de l'eau par les Racines

✓ Structure et caractéristiques des poils absorbants

- Les parois du poil absorbant sont partiellement gélifiées, ainsi les espaces capillaires du sol sont directement en contact avec le poil absorbant.
- Les poils absorbants sont des cellules allongées qui peuvent mesurer suivant les espèces et les conditions du milieu de 0.1 à 10 mm, et un diamètre moyen de 10 μm , dépourvue de cuticule. C'est une cellule qui est donc très perméable à l'eau.
- Ce sont des cellules fragiles, constamment renouvelées car elles ne vivent que quelques jours.
- Les poils absorbants sont très nombreux: environ 1 milliard/plante, mais pouvant atteindre **14 milliards** chez le Seigle. La surface d'échange entre le sol et la racine est donc considérable.

Absorption de l'eau par la Plante

Absorption de l'eau par les Racines

✓ Structure et caractéristiques des poils absorbants

- La région la plus active dans l'absorption d'eau, se trouve à proximité de la pointe de la racine.
- Des études sur de jeunes racines ont montré que la région la plus active débute à environ 0.5 mm de la pointe de la racine et peut s'étendre sur environ 10 cm.
- La région d'absorption active correspond également à une région de développement actif des poils absorbants.

Chapitre I : Nutrition Hydrique & Minérale

Absorption de l'eau par la Plante

Absorption de l'eau par les Racines

✓ Structure et caractéristiques des poils absorbants

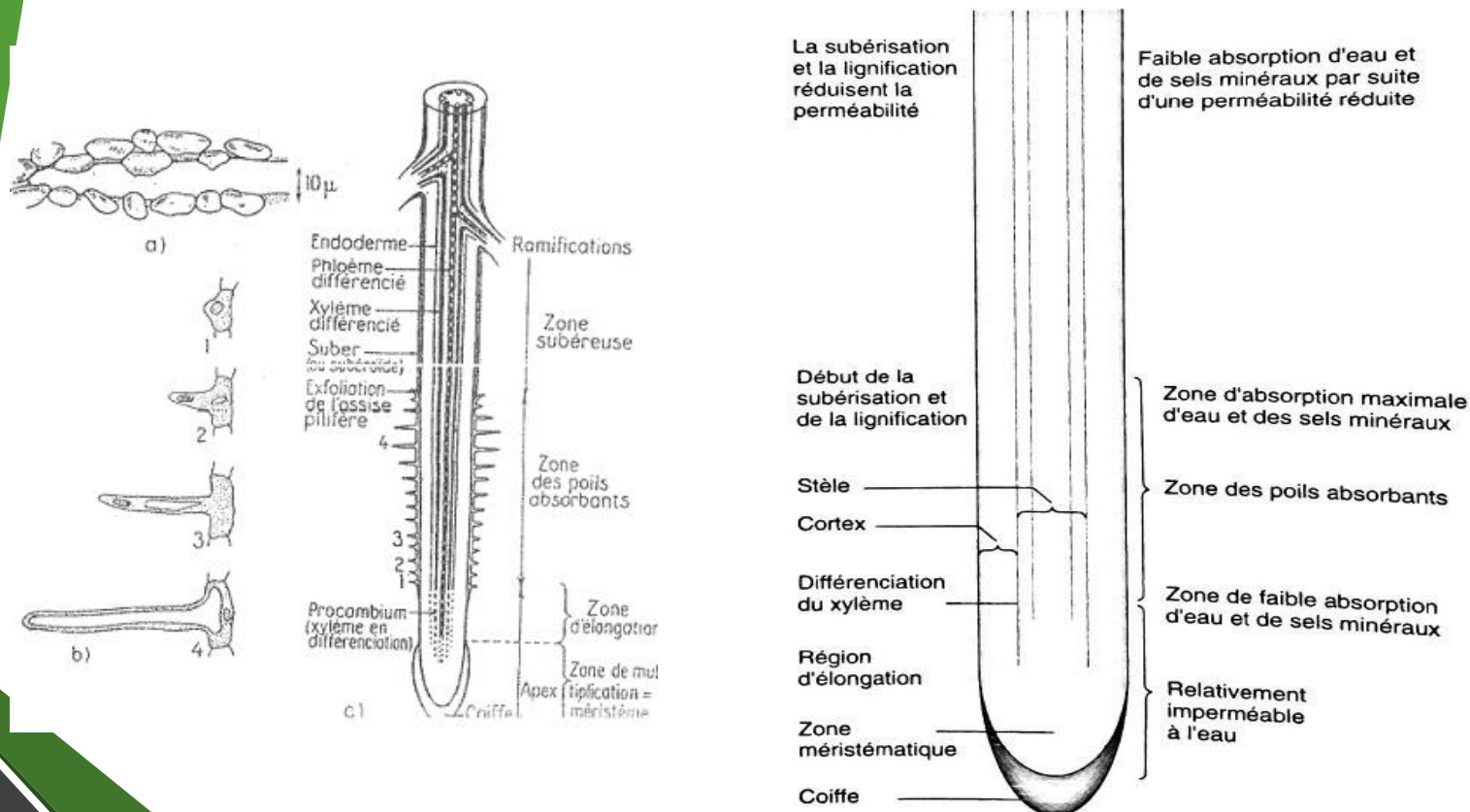


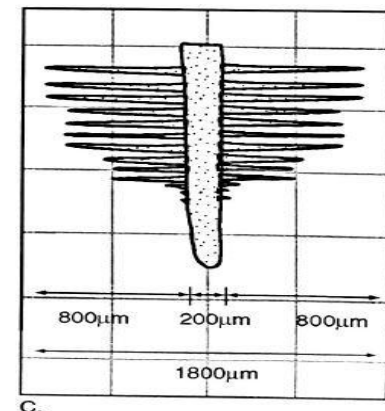
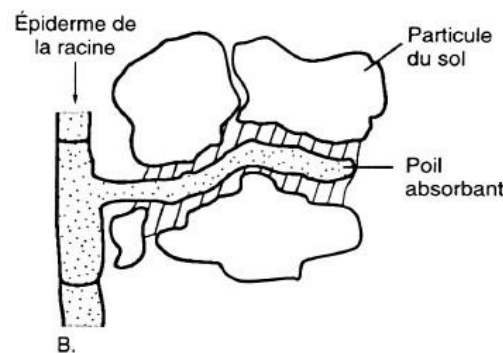
Schéma montrant les relations entre la différenciation des tissus de la racine et l'absorption d'eau

Absorption de l'eau par la Plante

Absorption de l'eau par les Racines

✓ Structure et caractéristiques des poils absorbants

- Les racines peuvent pénétrer plus ou moins profondément dans le sol (jusqu'à 2 mètres pour les céréales).
- Deux facteurs permettent aux poils absorbants d'augmenter la surface de contact entre la racine et l'eau du sol.
 - Leur faible diamètre leur permet de pénétrer dans les espaces capillaires qui ne sont pas accessibles à la racine elle-même (B).
 - Ils augmentent la surface de contact avec le sol et permettent d'étendre la capacité d'absorption à des volumes de sol plus importants (C).



Absorption de l'eau par la Plante

Structure et classification des Racines

- En **botanique**, la racine est l'organe souterrain d'une plante servant à la fixer au sol et à y puiser l'eau et les éléments nutritifs nécessaires à son développement.
- Prolongement de la tige vers le bas, elle en diffère par plusieurs caractères : sa structure interne, la présence d'une coiffe terminale et de poils absorbants, l'absence de feuilles et de bourgeons. C'est ce dernier caractère qui la distingue fondamentalement de la tige.
- Les racines sont souvent le siège de symbioses avec les bactéries du sol, en particulier pour le métabolisme de l'azote.
- Les racines peuvent présenter des adaptations afin de faciliter le développement de la plante dans un environnement particulier.
- Les racines sont les organes de pénétration des herbicides racinaires, employés pour lutter contre les adventices

Absorption de l'eau par la Plante

Structure et classification des Racines

✓ Structure de la racine

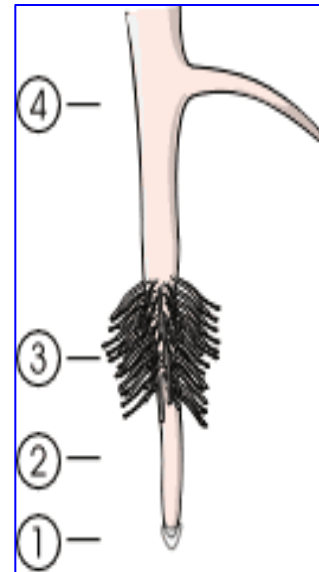
- Dans certains cas, les racines servent aussi à stocker des nutriments (carotte, radis, betterave, navet, etc.).
- Certaines racines de plantes sont comestibles ou à usage médicinal, d'autres sont hautement toxiques.
- La racine principale est celle qui prolonge la tige.
- Les racines qui se détachent de la racine principale sont dites des racines latérales du premier ordre ; elles portent à leurs tours d'autres racines.
- Aux ramifications les plus fines, on donne le nom de radicelles.

Absorption de l'eau par la Plante

Structure et classification des Racines

✓ Structure de la racine

- On peut définir 4 parties dans une racine:
- La zone subéreuse (4): correspond à la partie la plus âgée de la racine; elle porte les racines secondaires ou radicelles. Elle est recouverte de suber ou liège; c'est la plus longue des régions de la racine
- La zone pilifère (3) : émet des poils absorbants. Ce sont eux qui permettent l'absorption de l'eau et des sels minéraux. A mesure que la racine s'allonge, les poils supérieurs tombent et de nouveaux poils absorbants apparaissent vers le bas.
- La zone d'accroissement (2) : lisse, de 1 à 2 cm de longueur, située derrière la coiffe, elle est responsable de la multiplication cellulaire.
- La coiffe (1) : c'est un capuchon qui protège l'extrémité de la racine. C'est elle qui permet la pénétration dans le sol. Elle s'use et se régénère au fur et à mesure de la pénétration de la racine dans le sol.



Absorption de l'eau par la Plante

Structure et classification des Racines

✓ Classification des racines

On distingue plusieurs types de racines selon:

- ◆ leur forme
- ◆ l'accumulation des réserves
- ◆ leur origine
- ◆ leur milieu où elles évoluent

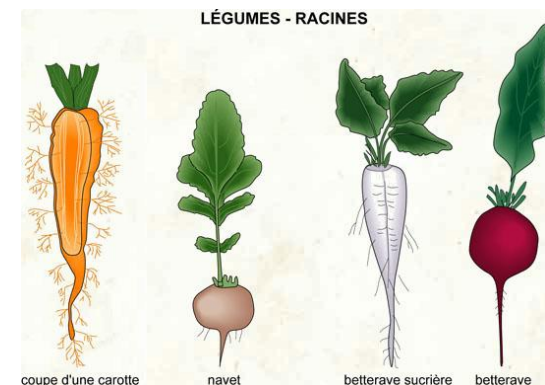
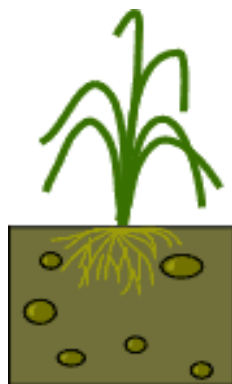
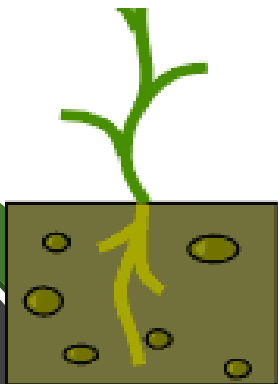
Chapitre I : Nutrition Hydrique & Minérale

Absorption de l'eau par la Plante

Structure et classification des Racines

✓ **Classification des racines.** selon la forme:

- **Racine pivotante:** la racine va chercher l'eau en profondeur. Ce sont principalement les arbres et les plantes de régions sèches qui possèdent ce système.
- **Racine fasciculée :** les racines courent sous la surface du sol.
- **Racine traçante:** racine qui s'étend horizontalement, elle peut donner des tiges adventives ou drageons.
- **Les racines charnues:** qui représentent des organes de réserves



Absorption de l'eau par la Plante

Structure et classification des Racines

✓ **Classification des racines.** selon l'accumulation des réserves:

- Dans les racines tubérisées ou tuberculeuses (carotte, betterave, navet, pomme de terre...), seule la partie inférieure du tubercule est de nature racinaire. On peut distinguer :
 - ◆ Racines pivotantes tubérisées (1)
 - ◆ Racines fasciculées tubérisées (2)
 - ◆ Tubercules sur des racines fasciculées (3)



Absorption de l'eau par la Plante

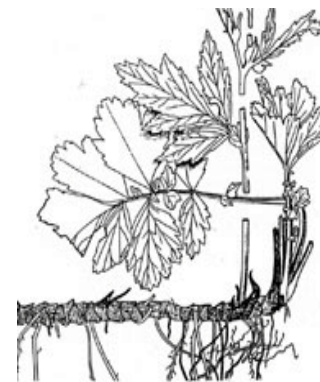
Structure et classification des Racines

✓ **Classification des racines.** selon leur origine:

- En général, les racines s'insèrent à la base de la tige. D'autres racines, dites **racines adventives**, naissent sur le côté des tiges. Chez les monocotylédones (en règle générale), la racine principale et ses ramifications dégénèrent peu de temps après la germination. Elles sont remplacées par des racines adventives fasciculées.
- **Racine adventive**: c'est une racine qui prend naissance sur une tige (souterraine ou aérienne) et qui sert souvent à la multiplication végétative et au bouturage des plantes.



Racines adventives apparaissant aux nœuds inférieurs de la tige de maïs.



Racines adventives sur la tige couchée

Absorption de l'eau par la Plante

Structure et classification des Racines

✓ **Classification des racines.** selon leur origine:

- **Racines crampons** : Il existe des racines crampons sur une tige grimpante de lierre.



racines crampons

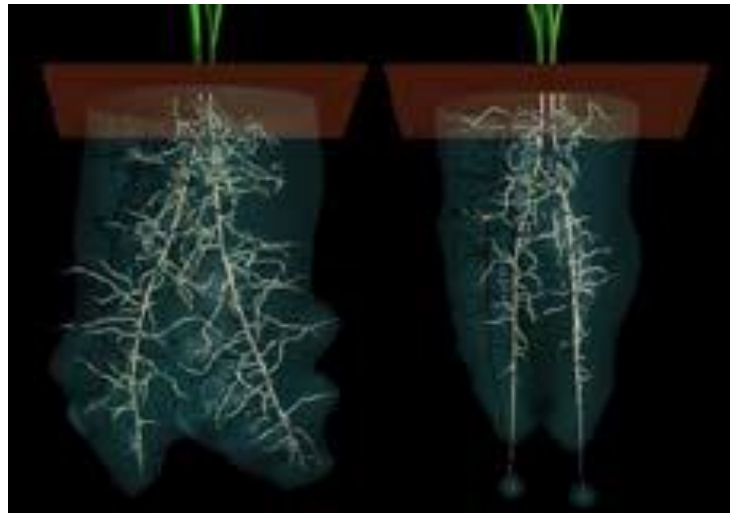
Absorption de l'eau par la Plante

Structure et classification des Racines

✓ **Classification des racines.** selon le milieu où elles vivent:

Dans la nature il existe des:

✓ **Racines souterraines** : ce sont les plus répandues,



Absorption de l'eau par la Plante

Structure et classification des Racines

- ✓ **Classification des racines.** selon le milieu où elles vivent:
- ✓ **Racines aériennes:** elles absorbent la vapeur d'eau de l'air grâce au tissu spongieux qui les recouvre.
- ✓ Les racines aériennes, avec une pointe colorée, sont un signe de bonne santé

Racines aériennes



Absorption de l'eau par la Plante

Structure et classification des Racines

✓ **Classification des racines.** selon le milieu où elles vivent:

✓ **Racines aquatiques:** racines aquatiques.



Racines aquatiques

Eau

Absorption de l'eau par la Plante

Absorption de l'eau par les parties aériennes

❑ Absorption par les lenticelles:

- Les lenticelles sont de petites cavités dans le liège des arbres.
- Ce sont des véritables cheminées d'aération (air, humidité) pour les cellules sous-jacentes.



Lenticelles (indiquées par les flèches) sur un tronc

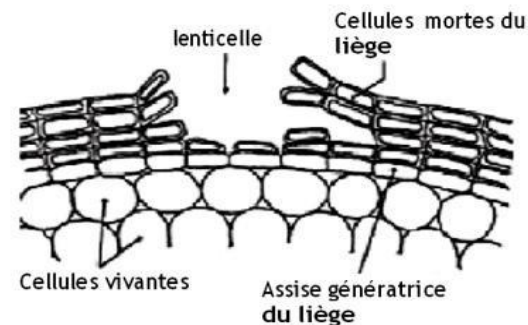
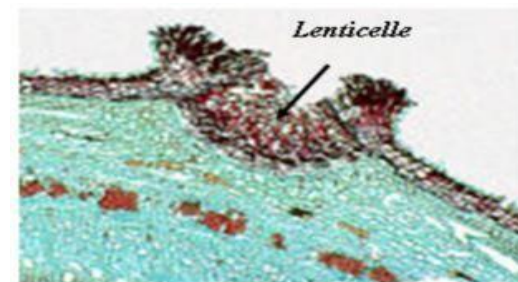


Schéma d'un lenticelle

Absorption de l'eau par la Plante

Absorption de l'eau par les parties aériennes

❑ Absorption par les feuilles

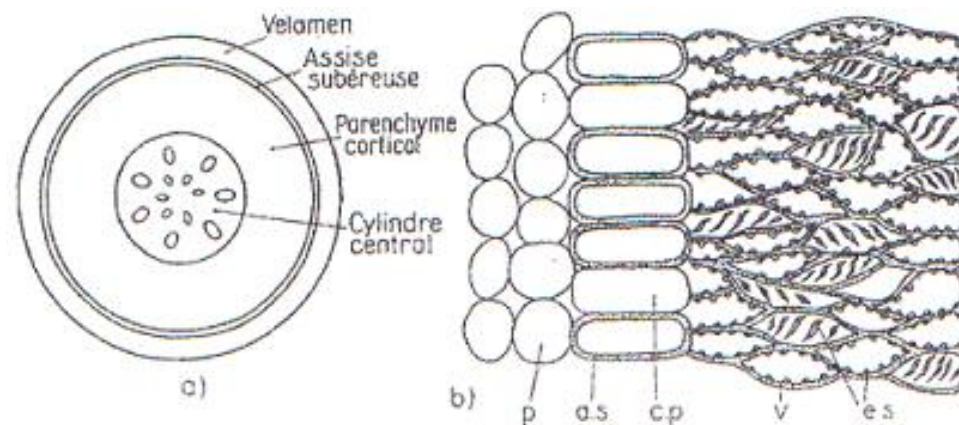
- Les feuilles à cuticule mince, peuvent absorber l'eau directement à travers l'épiderme. Les feuilles peuvent dans certaines conditions absorber l'eau à travers les stomates.
- Les feuilles absorbent l'eau de pluie ou de la condensation.
- Cette quantité est très faible (2 à 5 % d'eau).
- Cette quantité d'eau absorbée par les feuilles a une importance vitale dans les régions arides, où elle assure un apport d'eau indispensable à la plante à partir des précipitations occultes (condensation).

Absorption de l'eau par la Plante

Absorption de l'eau par les parties aériennes

❑ Absorption par les racines aériennes

- De nombreuses monocotylédones ex les orchidées portent des racines aériennes qui se dirigent vers le sol, se sont des racines adventives dépourvus de poils absorbants mais présentant un tissu le **velamen** constitué de plusieurs couches de cellules mortes à paroi pectocellulosique très épaisse qui retiennent l'eau par imbibition de l'eau atmosphérique.



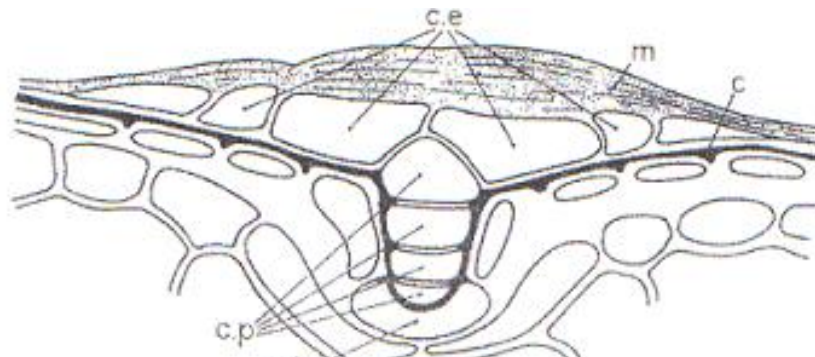
Position du velamen dans une racine aérienne

Absorption de l'eau par la Plante

Absorption de l'eau par les parties aériennes

❑ Absorption par les épiphytes

- Se sont des plantes qui vivent fixer sur d'autres plantes sans lien directe avec le sol et sans rapport avec la plantes hôte.
- L'alimentation en eau est assurée par des poils absorbants spéciaux qui recouvrent les tiges et les feuilles et qui fixent énergiquement l'eau de pluie, de la rosée et la vapeur d'eau.
- Ces poils absorbants sont formés de cellules à membrane épaisse cellulosique recouverte par un musselage hygroscopique très épais.



Coupe transversale d'un poil absorbant d'une épiphyte (*Tillandsia lindeni*)

Absorption de l'eau par la Plante

Absorption de l'eau par les parties aériennes

❑ Cas des plantes aquatiques

- Les plantes aquatiques n'ont pas de poils absorbants. L'eau est absorbée par toute la surface qui est perméable car elle n'a pas de cuticule.



Elodée

Mesure de l'Eau Absorbée

Mesure directe

- Le potomètre permet des mesures directes. Le principe du potomètre est basé sur les principes suivants:
- Les racines d'une plante cultivée en hydroponique depuis sa germination, trompent dans un récipient hermétique, ce dernier est prolongé par un tube capillaire où le déplacement d'une bulle (index) indique la diminution du contenu dans l'appareille.

Mesure de l'Eau Absorbée

Mesure indirecte

- Nous pouvons aussi déterminer la quantité d'eau absorbée par la quantité d'eau qui sort par **exsudation** à partir de la section du tronc.
- Cette méthode n'est valable que lorsqu'il y a la conduction se fait sous pression c'est à dire sous l'action d'une forte poussée raculaire en générale au printemps.
- Nous pouvons aussi assimiler la quantité d'eau absorbée à la quantité d'eau **transpirée** par la plante.
- Dans ce cas il faut être dans les conditions du flux conservatif c'est à dire quantité d'eau transpirée = quantité d'eau absorbée
- En générale les valeurs obtenues par transpiration sont supérieures à celles obtenues par exsudation

Facteurs affectant l'absorption de l'Eau

Température du sol

❑ Basse température :

- L'action des basse température a été démontrée par des mesures directes (potomètre) en abaissant la température la vitesse d'absorption diminue.
- Le refroidissement du sol réduit fortement l'absorption de l'eau par les racines.
- Le froid a une influence sur le métabolisme cellulaire et sur l'absorption active de l'eau donc sur la perméabilité de l'eau de la racine.

Facteurs affectant l'absorption de l'Eau

Température du sol

❑ Fortes température :

- Les fortes températures inhibent l'absorption racinaire et peuvent dans certaines limites provoquer des altérations irréversibles (mort des racines)
- Mais il y a des adaptations écologiques des plantes ex; la **pastèque** et le **coton** sont des plantes qui résistent à des température du sol élevées, par contre le chou résiste à des températures faibles.

Facteurs affectant l'absorption de l'Eau

Aération du sol

- KRAMER & JACKSON ont observé que des plants de tabac placés dans un sol saturé d'eau, flétrissent au bout de 2 h et il y a mort des racines et de la plante au bout de 6 jours.
- Donc une aération insuffisante du sol limite considérablement l'absorption de l'eau par les racines.
- Mais il y a des exceptions exemples le palétuvier, le riz et les roseaux qui vivent les pieds dans l'eau.

Mécanismes de l'absorption

- **Succion et système absorbant**
- Le mécanisme primaire d'entrée de l'eau dans la plante est le résultat de lois purement physique-chimique malgré l'intervention de réactions métabolique dans le contrôle de l'absorption de l'eau par la plante.

Mécanismes de l'absorption de l'eau

Pression osmotique et de turgescence

- La pression **osmotique** d'une solution est définie comme l'attraction exercée par une solution sur les molécules d'eau dont elle est séparée par une membrane hémiperméable.
- Dans une cellule végétale il existe une pression dirigée en sens inverse qui vient s'opposer à la pression osmotique, cette pression est due à l'élasticité de la membrane vacuolaire dilatée; c'est ce que nous appelons la pression de **turgescence**.

Mécanismes de l'absorption de l'eau

Pression osmotique et de turgescence

- Donc à tout instant t, l'attraction réelle que subit l'eau placée au contact de la cellule est :

$$S = -\Pi + P_t = P_t - \Pi$$

S = succion

Π = pression osmotique de la cellule

P_t = pression de turgescence

Mécanismes de l'absorption de l'eau

Pression osmotique et de turgescence

- Les lois d'osmose s'apparentent à celles des gaz parfaits: la pression osmotique d'un corps non électrolyte en solution diluée dans un volume V, à la température T, peut être comparée à la pression exercée par un gaz enfermé dans une enceinte close;

$$P.V = n.R.T \quad P = n.R.T/V = R.T. n/V = R.T.C$$

- La pression osmotique d'une solution Π est égale à :

$$\begin{array}{ll} P.V = n.R.T & P = n.R.T/V \\ P = C.R.T & \Pi = C . R . T \end{array}$$

Mécanismes de l'absorption de l'eau

Pression osmotique et de turgescence

- Variations simultanée de P_t , Π , et S
- A l'équilibre dans l'eau pur $\Pi = P_t$ c'est la pleine turgescence
- A l'équilibre dans une solution, très concentrée $P_t = 0$, $\Pi = S$ c'est la plasmolyse.
- Entre la plasmolyse et la turgescence P_t , Π et S prennent des valeurs intermédiaire