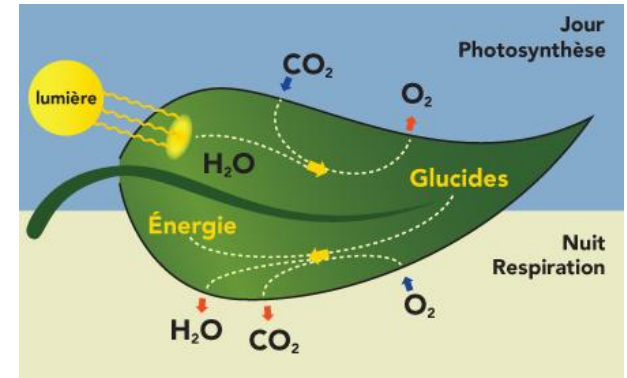
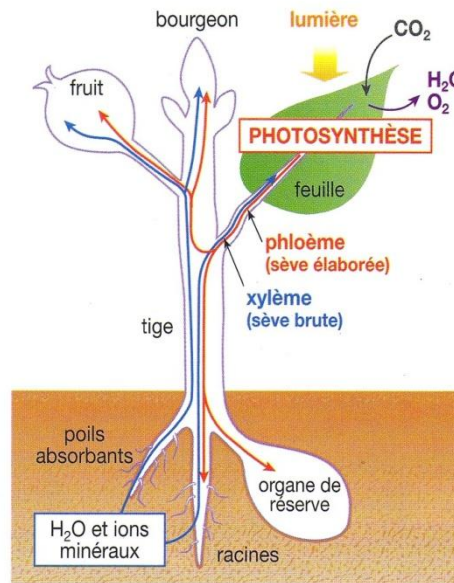


Physiologie Végétale



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

2019/2020

Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

- Lorsque l'eau se déplace du sol vers l'atmosphère à travers la plante, il voyage à travers des milieux très variables (la paroi cellulaire, la membrane, le cytoplasme, des espaces d'air), et les mécanismes de transport de l'eau varient également selon le type de milieu.
- Plusieurs mécanismes gouvernent le mouvement de l'eau à travers la bicouche lipidique de la membrane plasmique:
 1. Imbibition
 2. Diffusion simple de l'eau,
 3. L'osmose
 4. Flux en masse
 5. Diffusion facilitée

Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

1. Imbibition

- Certaines molécules biologiques polaires telles que les protéines, les gommes, l'amidon et la cellulose, peuvent établir des liaisons hydrogènes avec les molécules d'eau.
- La liaison des molécules d'eau à ces substances chimiques induit leur gonflement. C'est le phénomène **d'imbibition** autrement appelé **Hydratation**.
- L'imbibition peut être observée nettement au niveau des graines, qui peuvent augmenter leur volume une fois mises en présence d'eau.



Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

2. La diffusion simple, Loi de Fick:

- Mouvement dirigé d'une région de forte concentration vers une région de faible concentration.
- La diffusion est un facteur important dans l'absorption et la distribution de l'eau, des gaz et des solutés dans la plante.
- Ce processus a été quantifié par Fick en 1855

Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

2. La diffusion simple, Loi de Fick:

$$J = -\frac{DA\Delta C}{l}$$

- **(J)**: Quantité de substance traversant une unité de surface par unité de temps
- **D**: Coefficient de diffusion qui est fonction de la molécule qui diffuse et du milieu environnant.
- **A**: Surface traversée
- **ΔC** : Gradient de concentration qui correspond à la différence de concentration entre les deux régions (pour la diffusion de gaz on utilise la densité en g.m-3)
- **l**: Chemin parcouru par la substance
- Le signe négatif (-) rend compte du fait que la diffusion se fait vers la région où la concentration est plus faible.

Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

2. La diffusion simple, Loi de Fick:

$$J = -\frac{DA\Delta C}{l}$$

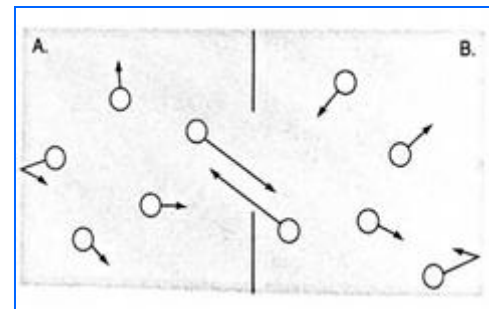
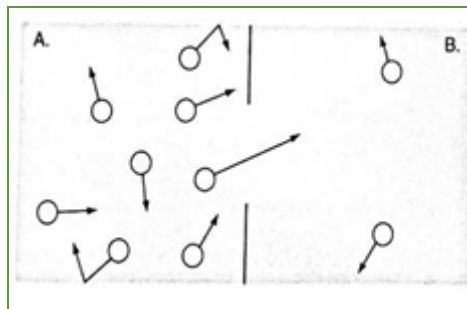
- La vitesse de diffusion d'une substance, est directement proportionnelle à la surface de diffusion et au gradient de concentration, et elle est inversement proportionnelle à la longueur du chemin parcouru.

Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

2. La diffusion simple, Loi de Fick:

- La diffusion est un mouvement dirigé d'une substance d'une région de forte concentration vers une région de concentration inférieure, elle est due à l'agitation thermique aléatoire des molécules.
- Au départ, la probabilité qu'une molécule passe du compartiment **A vers B** est la plus forte. Après un certain temps, le nombre de molécules dans le compartiment **B** augmentera et celui en **A** diminuera.
- Ce mouvement se prolongera jusqu'à ce que les molécules soient réparties uniformément **entre A et B**. A ce moment, la probabilité pour que les molécules passent d'un compartiment à l'autre sera identique et la diffusion nette s'arrêtera.

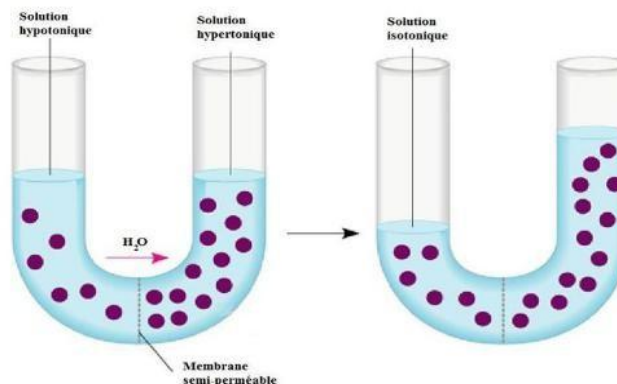


Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

3. L'osmose – la diffusion de l'Eau

- La diffusion de l'eau (**osmose**) se fait lorsque deux régions sont séparées par une membrane qui empêche des échanges de solutés mais permet le libre passage de l'eau.
- Elle se produit lorsque deux compartiments sont séparés par une membrane possédant une perméabilité sélective, qui permet le passage de l'eau et de certaines petites molécules mais elle empêche celui des grosses molécules de soluté, toutes les membranes cellulaires ont une perméabilité sélective.

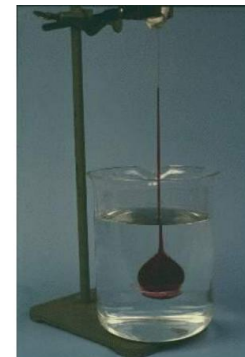
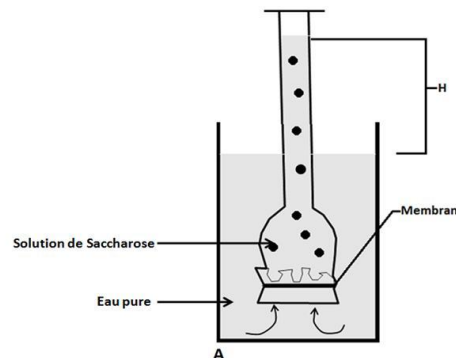


Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

3. L'osmose – la diffusion de l'Eau

- L'osmose est un cas particulier de diffusion au travers d'une membrane à perméabilité sélective.
- Elle peut être démontrée en utilisant un appareil dénommé «**Osmomètre**», formé d'un tube terminé par une extrémité en tulipe, fermé par une membrane à perméabilité sélective.
- Si le tube est ensuite rempli d'une solution sucrée et plongé dans de l'eau pure, le volume de la solution contenue dans le tube augmentera au cours du temps.
- Cette augmentation de volume est due à la diffusion nette d'eau à travers la membrane vers la solution.



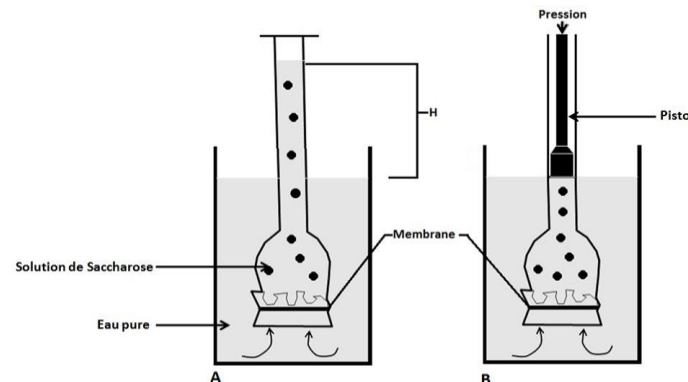
Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

3. L'osmose – la diffusion de l'Eau

- Si le tube est muni d'un piston qui permettra de mesurer la force nécessaire pour **empêcher l'augmentation** du volume de la solution. Cette force mesurée en unités de pression (force par unité de surface) est connue sous le nom de **pression osmotique: π** .
- Une solution isolée possède la **potentialité** de développer une pression osmotique, lorsqu'elle est introduite dans un osmomètre. On dit qu'elle a un potentiel osmotique (**Ψ_s**).
- Par convention le potentiel osmotique est défini par la pression osmotique précédée du signe (-), puisque les forces sont égales mais dirigées en sens opposés :

$$\pi = - \Psi_s$$

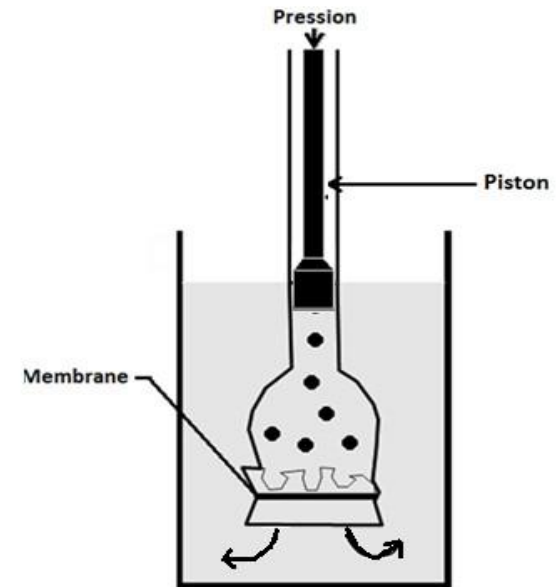


Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

3. L'osmose – la diffusion de l'Eau

- Si une pression supplémentaire est appliquée on peut avoir un mouvement net d'eau en sens inverse, hors de la solution. C'est le phénomène de **l'osmose inverse**. (on utilise ce principe pour adoucir l'eau de mer).
- Donc l'osmose n'est pas uniquement liée à la concentration, mais elle est liée également à des différences de pression.

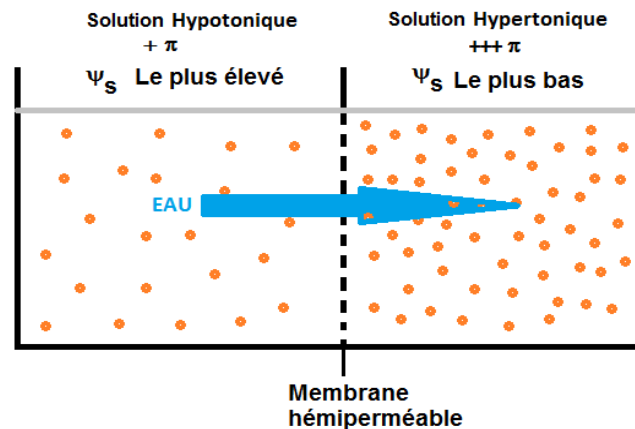


Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

3. L'osmose – la diffusion de l'Eau

- Quand deux solutions sont séparées par une membrane hémiperméable, si les solutions n'ont pas les mêmes pressions osmotiques, l'eau passera du milieu le moins concentré vers le milieu le plus concentré.
- La solution qui présente la plus forte pression osmotique est dite **hypertonique** ou hyper-osmotique.
- Celle qui à la plus faible pression est dite **hypotonique** ou hypo-osmotique.

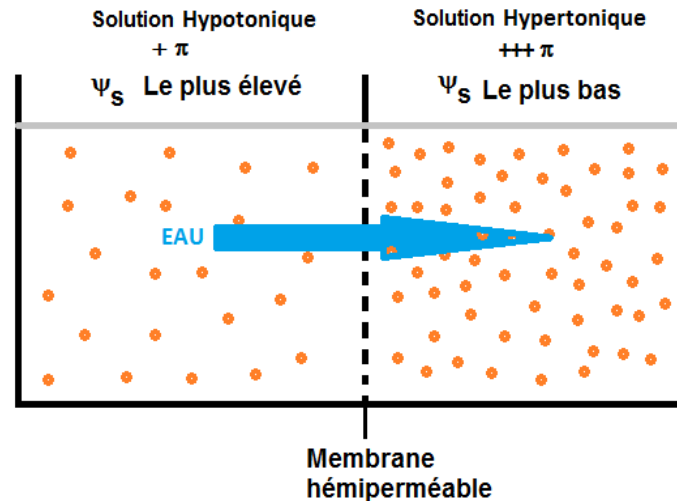


Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

3. L'osmose – la diffusion de l'Eau

- La solution **hypertonique** aura le **potentiel osmotique** le **plus bas**, celle **hypotonique** aura le **potentiel osmotique** le **plus élevé**.
- Car: Par convention le potentiel osmotique est défini par la pression osmotique précédée du signe **(-)**, puisque les forces sont égales mais dirigées en sens opposés



Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

3. L'osmose – la diffusion de l'Eau

- La pression osmotique d'une solution est fonction de la quantité de substances dissoutes qu'elle contient.
- Sa valeur (exprimée en Pascal (Pa)) est donnée par la relation :

$$\pi = R.T.C$$

R: constante des gaz parfaits, égale à $8,314 \text{ J. mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

T: température absolue en Kelvin ($T \text{ }^{\circ}\text{C} + 273$)

C: concentration molaire en substances dissoutes en mol. l^{-1}

Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

3. L'osmose – la diffusion de l'Eau

- Exemple: une solution de saccharose d'une concentration de 1 mol/l aura pour pression osmotique à 25°C:

$$\begin{aligned}\pi &= 8,314 \times (25 + 273) \times 1 \\ &= 2477,57 \text{ Pa soit } 2,476 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- Si on utilise la notion de potentiel osmotique (ψ_S), sachant que $\psi_S = -\pi$, on dira que l'eau se déplace de la solution dont le potentiel osmotique est le plus élevé, vers la solution où le potentiel osmotique est le plus faible c'est-à-dire dans le sens du gradient des potentiels osmotiques.
- Exemple: solution de saccharose dont $\pi = 2,476 \text{ MPa}$, le $\psi_S = -2,476 \text{ MPa}$

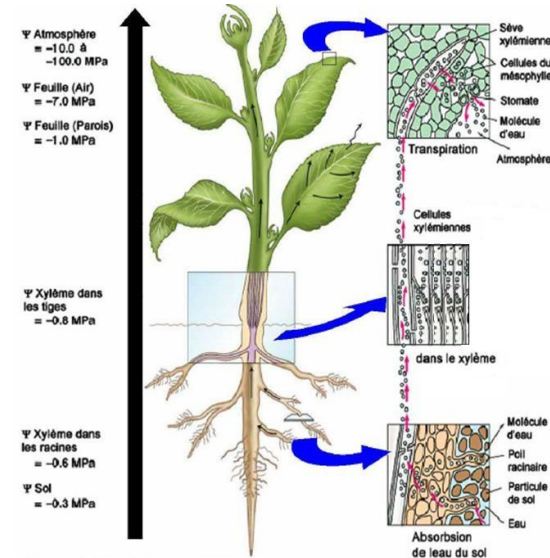
Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

3. L'osmose – la diffusion de l'Eau

Notions de potentiel hydrique Ψ_H (Owen, 1952):

- Il correspond au travail qu'il faut fournir à l'unité de masse ou de volume d'eau liée à un tissu végétal ou à un sol, pour l'emmener à l'état d'eau libre, à la température et à la pression atmosphérique.
- Si nous considérons que le potentiel hydrique Ψ_H de référence, c'est-à-dire, de l'eau pure, à la pression atmosphérique et à la température ambiante, est égale à zéro, le Ψ_H de l'eau liée à un végétal ou à un sol sera négatif.
- Donc l'eau circulera des potentiels les plus hauts vers les potentiels les plus bas.



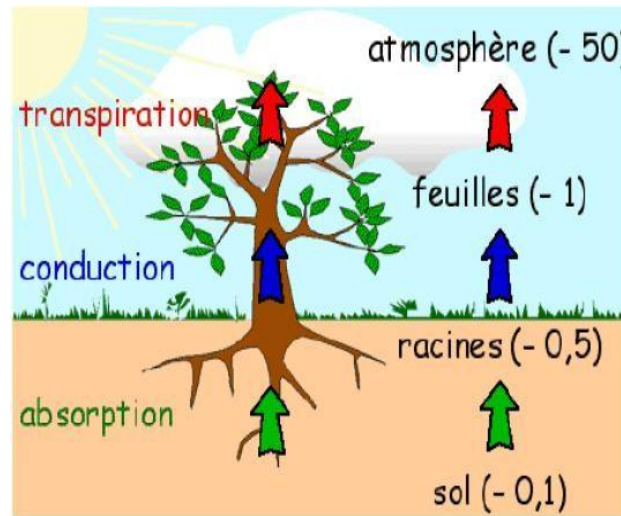
Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

3. L'osmose – la diffusion de l'Eau

Notions de potentiel hydrique Ψ_H (Owen, 1952):

- Le potentiel hydrique peut être mesuré dans les différentes parties de la plante (feuilles, tige et racines), au niveau du sol et au niveau de l'atmosphère. On dit qu'il peut être estimé en tous points du Continuum Sol-Plante-atmosphère (CSPA).



Potentiel hydrique dans le continuum sol plante atmosphère avec le sens de circulation de l'eau des potentiels les plus forts vers les potentiels les plus faibles.

Mouvement de l'Eau

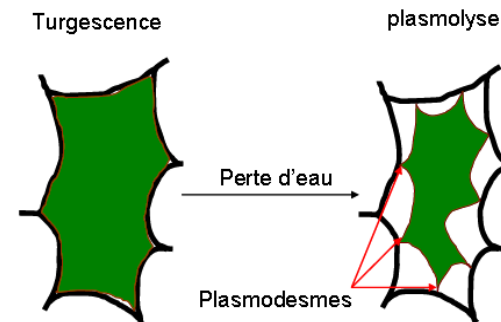
Mouvement de l'eau dans la cellule

3. L'osmose – la diffusion de l'Eau

Notions de potentiel hydrique Ψ_H (Owen, 1952):

$$\Psi = \Psi_p + \Psi_s + \Psi_g$$

- Ψ_p : potentiel de pression (**turgescence**), il représente le surplus de pression hydrostatique, par rapport à la pression atmosphérique. Dans la cellule végétale, la pression de turgescence = pression exercée par le protoplaste sur la paroi.
- Lorsqu'une cellule **turgescence** perd suffisamment d'eau elle est **plasmolysées**, la membrane plasmique demeure retenue au niveau de la paroi cellulosique (ici en trait noir épais) par les plasmodesmes.



Mouvement de l'Eau

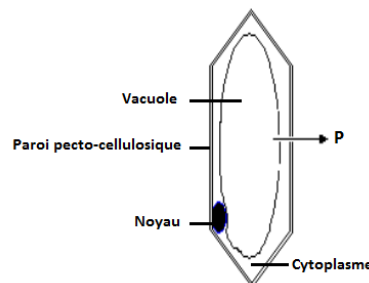
Mouvement de l'eau dans la cellule

3. L'osmose – la diffusion de l'Eau

Notions de potentiel hydrique Ψ_H (Owen, 1952):

$$\Psi = \Psi_p + \Psi_s + \Psi_g$$

- La membrane plasmique et les plasmodesmes peuvent se rompre, si la perte d'eau est trop grande.
- Dans la cellule, la pression est due à la pression dirigée vers l'extérieur qu'exerce le protoplaste contre la paroi pecto-cellulosique élastique de la cellule.
- Cette pression est dite pression de **turgescence (Ψ_P)**. Une pression égale mais dirigée vers l'intérieur nommée pression de paroi est exercée par la paroi.



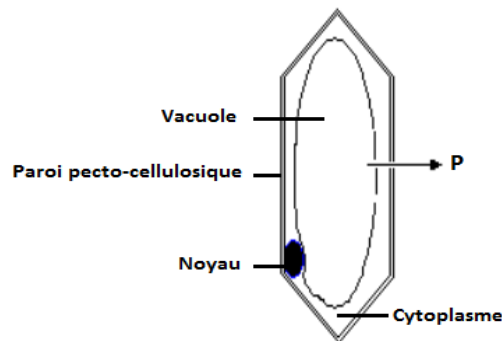
Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

3. L'osmose – la diffusion de l'Eau

Notions de potentiel hydrique Ψ_H (Owen, 1952):

- Une cellule qui développe une pression de turgescence est dite turgescente. Une cellule qui a perdu son eau annulant la turgescence, est en plasmolyse limite.
- Chez les plantes supérieures, Ψ_P est déterminé en calculant la différence entre le potentiel hydrique et le potentiel osmotique: **$\Psi_P = \Psi - \Psi_S$**



Mouvement de l'Eau

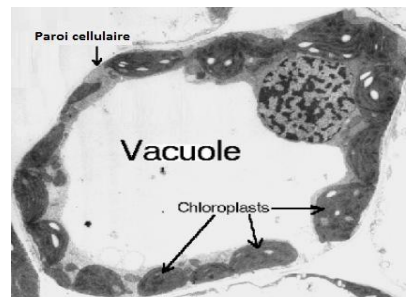
Mouvement de l'eau dans la cellule

3. L'osmose – la diffusion de l'Eau

Notions de potentiel hydrique Ψ_H (Owen, 1952):

$$\Psi = \Psi_p + \Psi_s + \Psi_g$$

- Ψ_s : **potentiel osmotique**, appelé également potentiel de soluté, il dépend de la concentration en substances dissoutes dans l'eau, c'est un **terme négatif**.
- Le **potentiel osmotique** des plantes est dû principalement aux contenus de la grande vacuole centrale, 50 à 80% de l'eau cellulaire totale, des glucides, des sels minéraux, des acides organiques ou des pigments.



Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

3. L'osmose – la diffusion de l'Eau

Notions de potentiel hydrique Ψ_H (Owen, 1952):

$$\Psi = \Psi_p + \Psi_s + \Psi_g$$

- Ψ_g : potentiel gravitationnel, dépend de la position de l'eau dans le champ gravitationnel. Terme généralement négligeable sauf dans le cas des grands arbres (0.01 MPa/mètre)
- Vu que le potentiel gravitationnel est généralement négligeable, le potentiel hydrique peut être défini comme la somme du potentiel de pression et du potentiel osmotique:

$$\Psi_H = \Psi_P + \Psi_S$$

Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

3. L'osmose – la diffusion de l'Eau

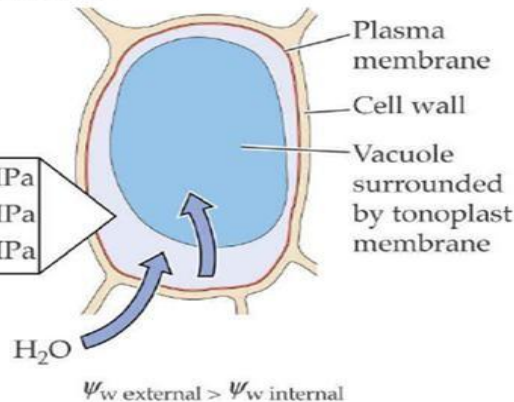
Notions de potentiel hydrique Ψ_H (Owen, 1952):

- Le potentiel hydrique nous permet de connaître les mouvements de l'eau vers ou hors la cellule.

Turgid cell: $\psi_w \text{ external} = 0 \text{ MPa}$

Intracellular values

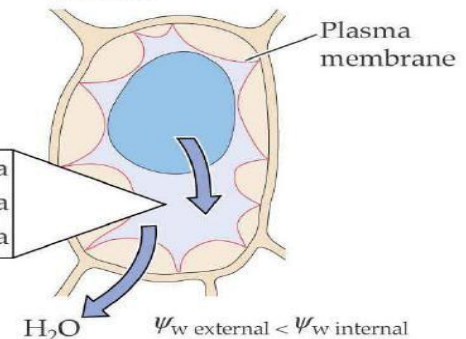
$$\begin{aligned}\psi_p &= +0.5 \text{ MPa} \\ \psi_s &= -1.6 \text{ MPa} \\ \psi_w &= -1.1 \text{ MPa}\end{aligned}$$



Plasmolyzed cell: $\psi_w \text{ external} = -2.5 \text{ MPa}$

Intracellular values

$$\begin{aligned}\psi_p &= 0 \text{ MPa} \\ \psi_s &= -2.0 \text{ MPa} \\ \psi_w &= -2.0 \text{ MPa}\end{aligned}$$



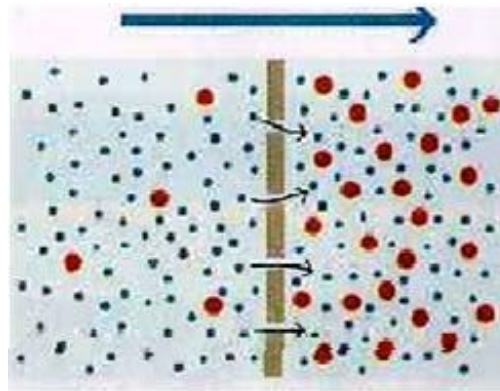
Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

3. L'osmose – la diffusion de l'Eau

Notions de potentiel hydrique Ψ_H (Owen, 1952):

A travers une membrane semi-perméable l'eau passe:



D'une région à:

- Potentiel hydrique élevé
- Moins concentrée
- Hypotonique



Vers une région à:

- Potentiel hydrique faible
- Plus concentrée
- Hypertonique

Mouvement de l'Eau

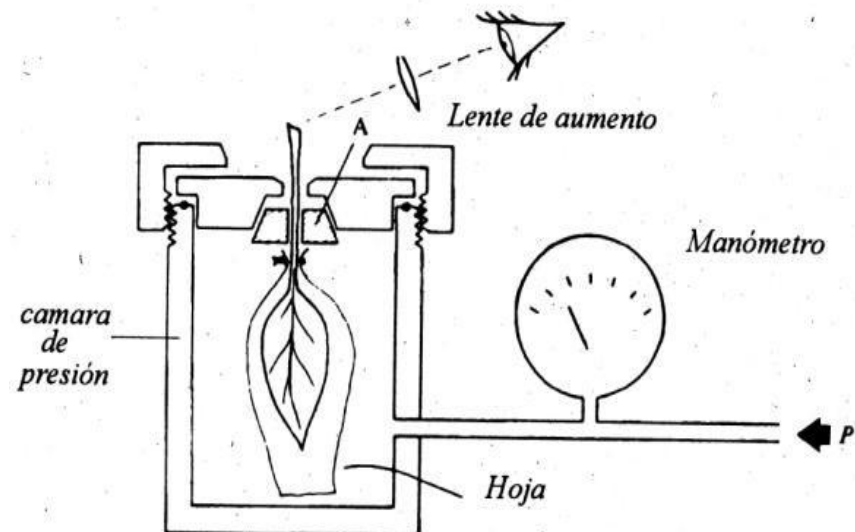
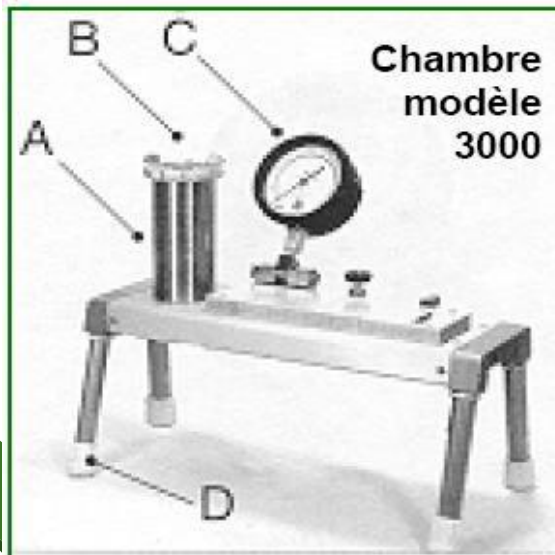
Mouvement de l'eau dans la cellule

3. L'osmose – la diffusion de l'Eau

Notions de potentiel hydrique Ψ_H (Owen, 1952):

- Mesure du potentiel hydrique au niveau des plantes:

LES CHAMBRES A PRESSION DE SEVE "SCHOLANDER"



Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

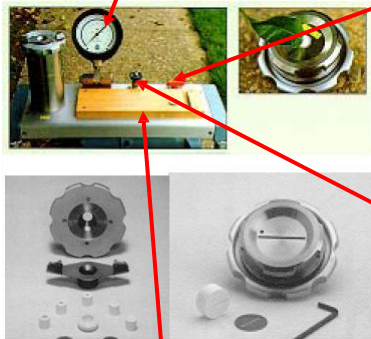
3. L'osmose – la diffusion de l'Eau

Notions de potentiel hydrique Ψ_H (Owen, 1952):

- Mesure du potentiel hydrique au niveau des plantes:

Manomètre de précision

Vanne 3 voies : "confinement", "échappement" et "fermeture".



Porte-échantillons et accessoires

Vanne pointeau d'ajustement de la pression. Elle permet un contrôle précis du débit d'admission dans la chambre de mesure. Généralement on utilise 0,5

Berceau en bois pour la préparation de l'échantillon et la dépose du couvercle de chambre.

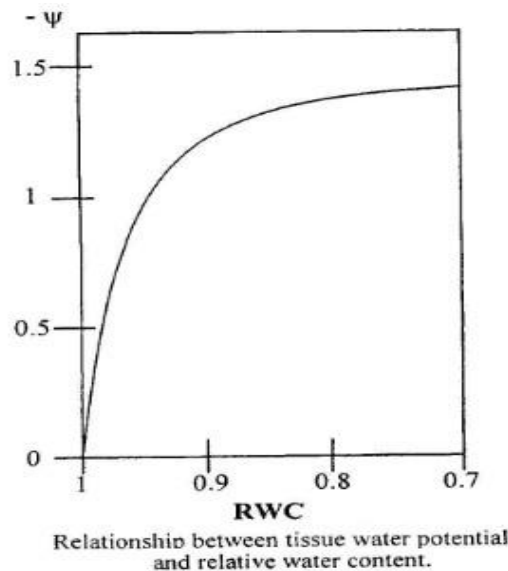
Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

3. L'osmose – la diffusion de l'Eau

Notions de potentiel hydrique Ψ_H (Owen, 1952):

- Il existe une corrélation entre le RWC et le potentiel hydrique. Cette corrélation varie significativement suivant la nature et l'âge du matériel végétal.

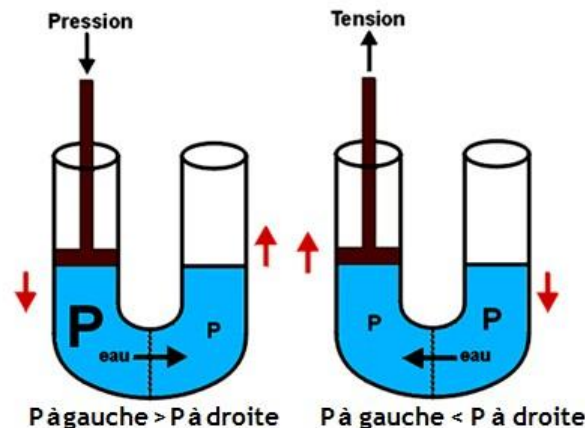


Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

4. Flux en masse

- Si on applique une pression sur le liquide, l'eau peut également se déplacer d'un compartiment à forte pression vers un compartiment à faible pression.
- Le mouvement de l'eau dans ce cas s'appelle **courant en masse**.
- Donc, le courant en masse peut être défini comme étant le mouvement en masse de groupes de molécules en réponse à un gradient de pression.



Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

4. Flux en masse

- Ce transport en masse se produit sous l'effet d'une force externe comme la pesanteur ou la pression.
- Toutes les molécules d'une substance migrent en masse.
- Exemple: l'eau coule du robinet parce qu'une pression, liée à la pesanteur, s'exerce sur les conduites qui partent du château d'eau.



Mouvement de l'Eau

Mouvement de l'eau dans la cellule

5. Diffusion facilitée

- L'eau peut être transportée par diffusion facilitée à travers des pores hydriques appelés **aquaporines**.
- La présence de ces aquaporines dans les membranes cytoplasmique permettent d'augmenter la vitesse de diffusion de l'eau.



Peter Agre s'est mérité le Nobel de chimie 2003 pour sa découverte des aquaporines en 1988

