

# Chapitre 1.

## NUTRITION HYDRIQUE

# 1. Importance de l'eau dans la plante

L'eau est un constituant très important dans la plante :

**a. Au niveau cellulaire**: C'est un liquide au sein duquel s'effectuent toutes les réactions du métabolisme, et un milieu de diffusion de tous les ions ou métabolites.

**b. Au niveau de la plante**: L'eau est un fluide qui circule dans les vaisseaux conducteurs, formant avec les matières en solution les sèves brute et élaborée. Elle est responsable de la turgescence de toutes les cellules.

## - La teneur en eau des végétaux :

Pour mesurer la teneur en eau des végétaux, on effectue généralement la **dessiccation du matériel végétal**. La quantité d'eau contenue est donnée par la différence de poids entre la matière fraîche et la matière sèche.

Généralement, la dessiccation peut être réalisée en étuve à température élevée (70-110°C) sous vide jusqu'à ce que le matériel garde un poids constant. Une autre méthode, aujourd'hui très utilisée, est la cryo-dessiccation ou Lyophilisation

La **grande vacuole** des cellules végétales est un réservoir d'eau qui circule dans la plante dans les vaisseaux conducteurs des sèves ; xylème (sève brute) et phloème (sève élaborée).

La **mesure de la teneur en eau** d'un végétal est donnée par la formule suivante :  $\Theta = (M_f - M_s) / M_f * 100$

$\Theta$  (%)       $M_f$  (matière fraîche)       $M_s$  (matière sèche)

Le déficit en eau est donné par :  $D\theta = (\Theta_m - \Theta) / \Theta_m$

$\Theta_m$  (Teneur maximale)    et     $\Theta$  (Teneur réelle)

## - Etats de l'eau

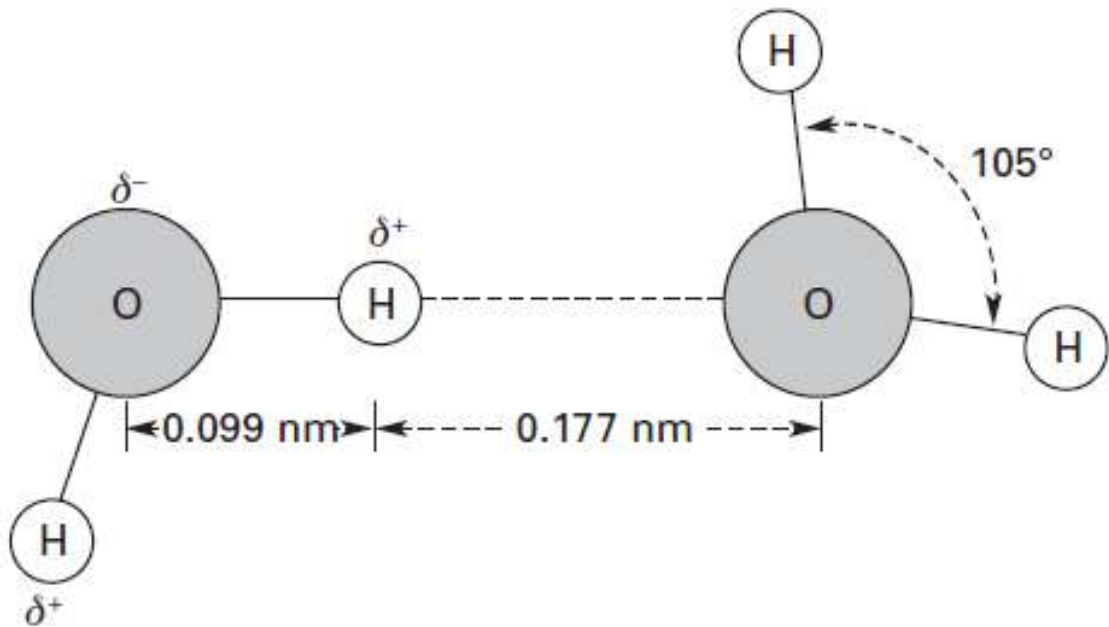
**1. Eau liée** par des liaisons H autour des groupements alcooliques, aminés ou carboxylique (ex. la cellulose)

**2. Eau libre:** eau circulante dans les plantes ou stagnante dans les vacuoles



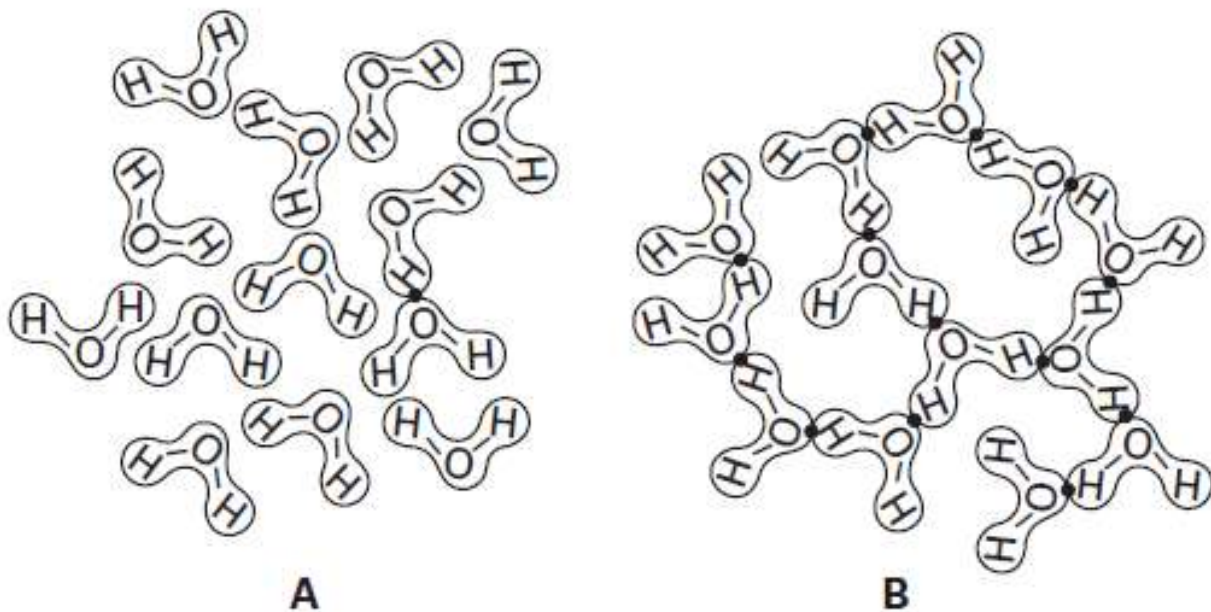
Etats de l'eau  
dans la  
plante

**3. Eau de constitution:** entre dans la stabilité de la structure de certaines macromolécules protéiques



**Fig. 1** Partie supérieure. Diagramme schématique de 2 molécules d'eau unies par un pont d'hydrogène. Ce pont électrostatique se base dans la nature dipolaire de la molécule: excès de charge positive dans le H; excès de charge négative dans le O. Le pont possède une énergie relativement faible (approximativement 20 KJ/mol) que le lien covalent (approximativement 400 KJ/mol).

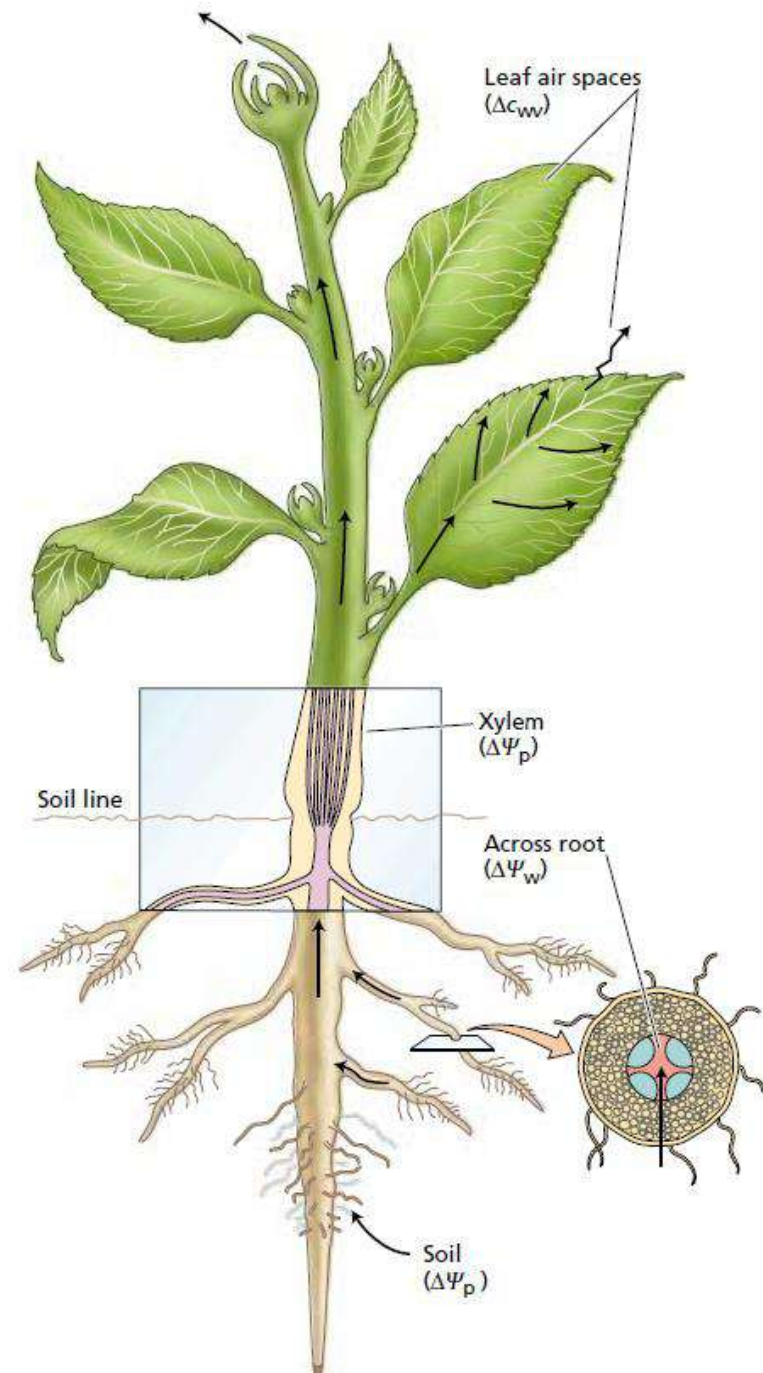
Parte inférieure. Structure de l'eau (A) à 100°C et (B) à 0°C. Les ponts de H sont indiqués par des points noirs (Nobel 2004, Meidner et Sheriff 1976)

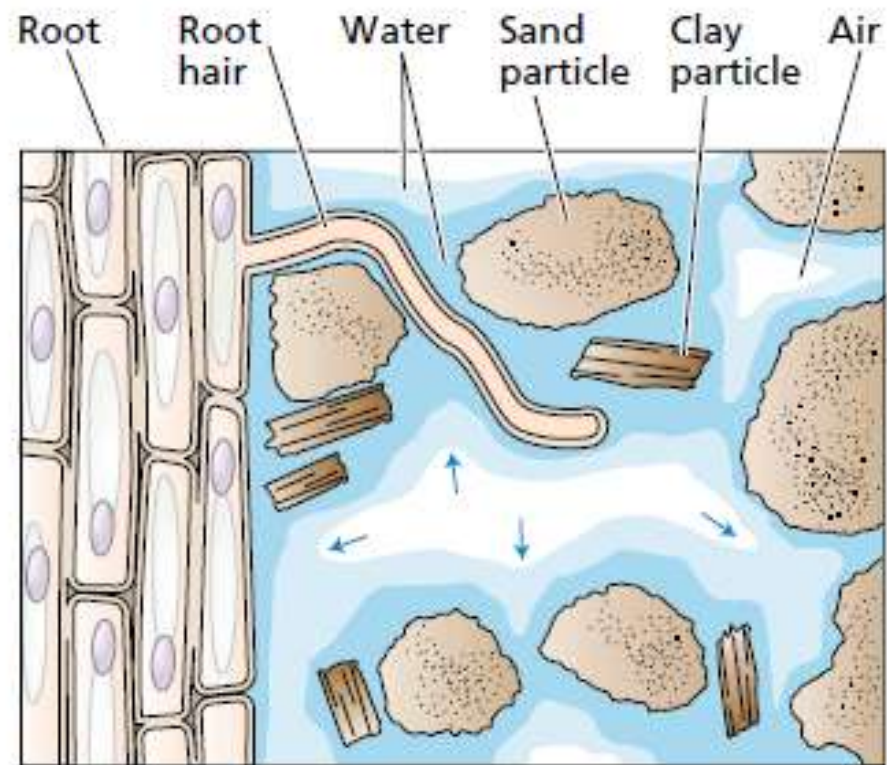


## 2. Pénétration de l'eau dans la plante :

- **L'eau du sol.** Un sol peut contenir de l'eau libre circulante et de l'eau plus ou moins retenue soit par capillarité dans les petites canalisations entre les roches, soit par adsorption à la surface des minéraux (c'est l'eau d'hygroscopie). Les quantités d'eau ainsi immobilisées sont très variables d'un sol à autre

- **Absorption d'eau par les racines.** Un contact entre la surface de la racine et le sol est essentiel pour une absorption efficace de l'eau par la racine. Les poils absorbants sont des extensions microscopiques de cellules épidermiques racinaires qui augmentent considérablement la surface de la racine, offrant ainsi une plus grande capacité d'absorption d'ions et d'eau du sol. L'eau pénètre plus facilement dans la partie apicale de la racine, dans la zone des poils absorbants.



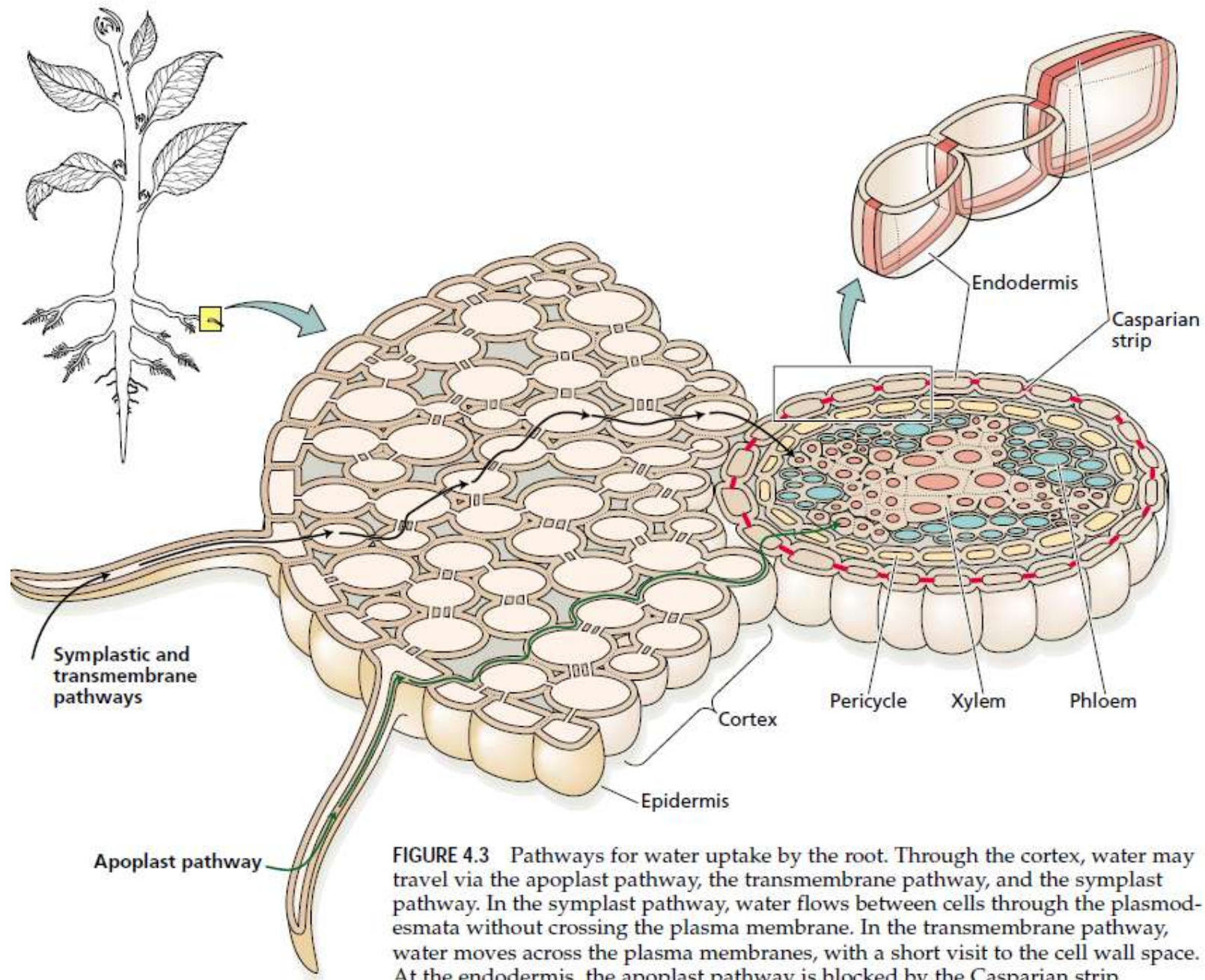


**FIGURE 4.2** Root hairs make intimate contact with soil particles and greatly amplify the surface area that can be used for water absorption by the plant. The soil is a mixture of particles (sand, clay, silt, and organic material), water, dissolved solutes, and air. Water is adsorbed to the surface of the soil particles. As water is absorbed by the plant, the soil solution recedes into smaller pockets, channels, and crevices between the soil particles. At the air–water interfaces, this recession causes the surface of the soil solution to develop concave menisci (curved interfaces between air and water marked in the figure by arrows), and brings the solution into tension (negative pressure) by surface tension. As more water is removed from the soil, more acute menisci are formed, resulting in greater tensions (more negative pressures).

## ***L'eau se déplace dans la racine via l'Apoplast, voies transmembranaires et Symplast***

- Dans le sol, l'eau est transportée principalement par écoulement en vrac. cependant, lorsque l'eau entre en contact avec la surface des racines, la nature de transport fluvial devient plus complexe. De l'épiderme à l'endoderme de la racine, il y a 3 voies par lesquelles l'eau peut s'écouler (voir Fig) : Les voies **apoplaste**, **transmembranaire** et **symplaste** :

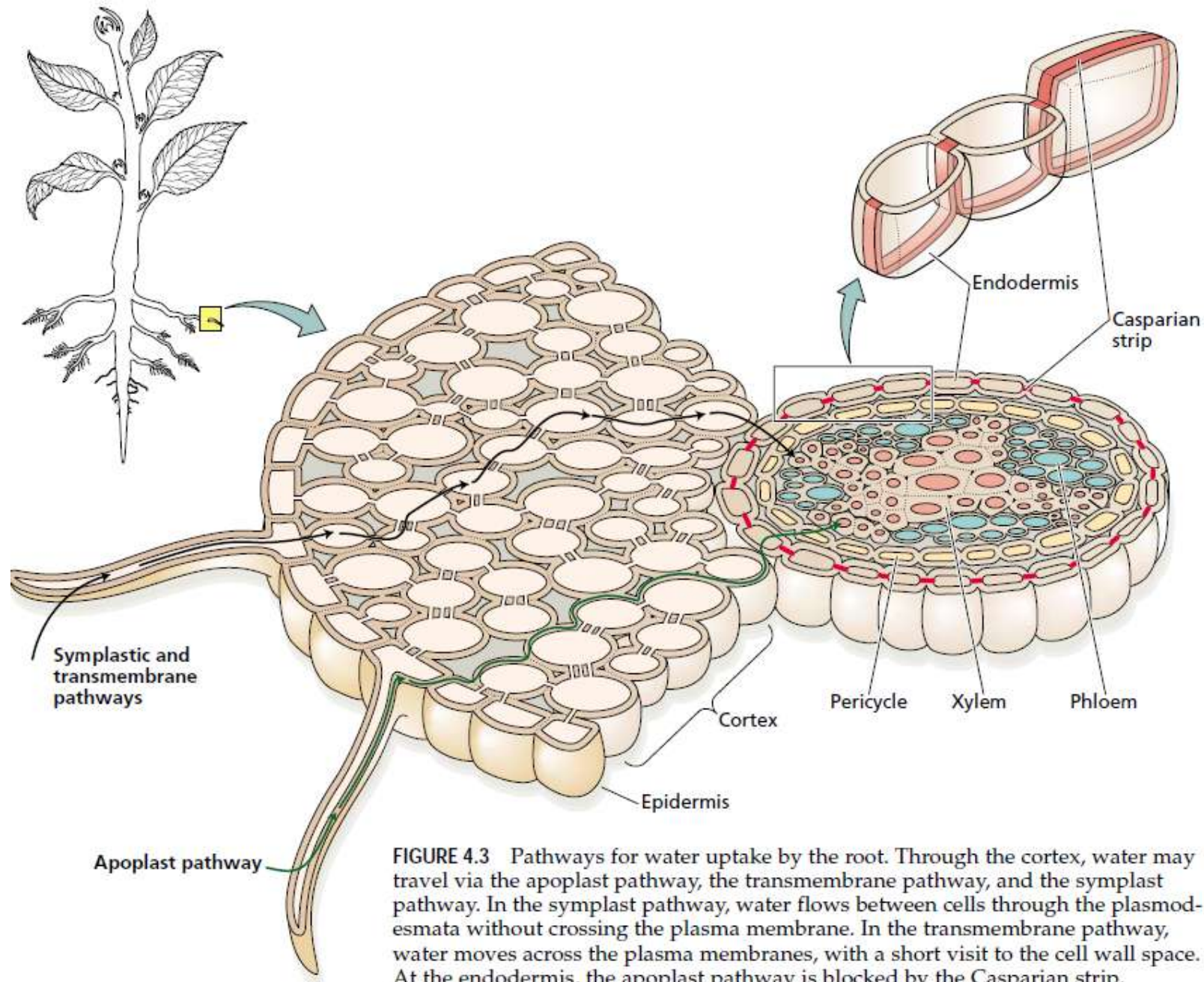
**1.** Dans la voie de l'**apoplaste**, l'eau se déplace exclusivement à travers la paroi cellulaire sans traverser aucune membrane. L'apoplaste est le système continu de cellules, parois et espaces aériens intercellulaires dans les tissus végétaux.



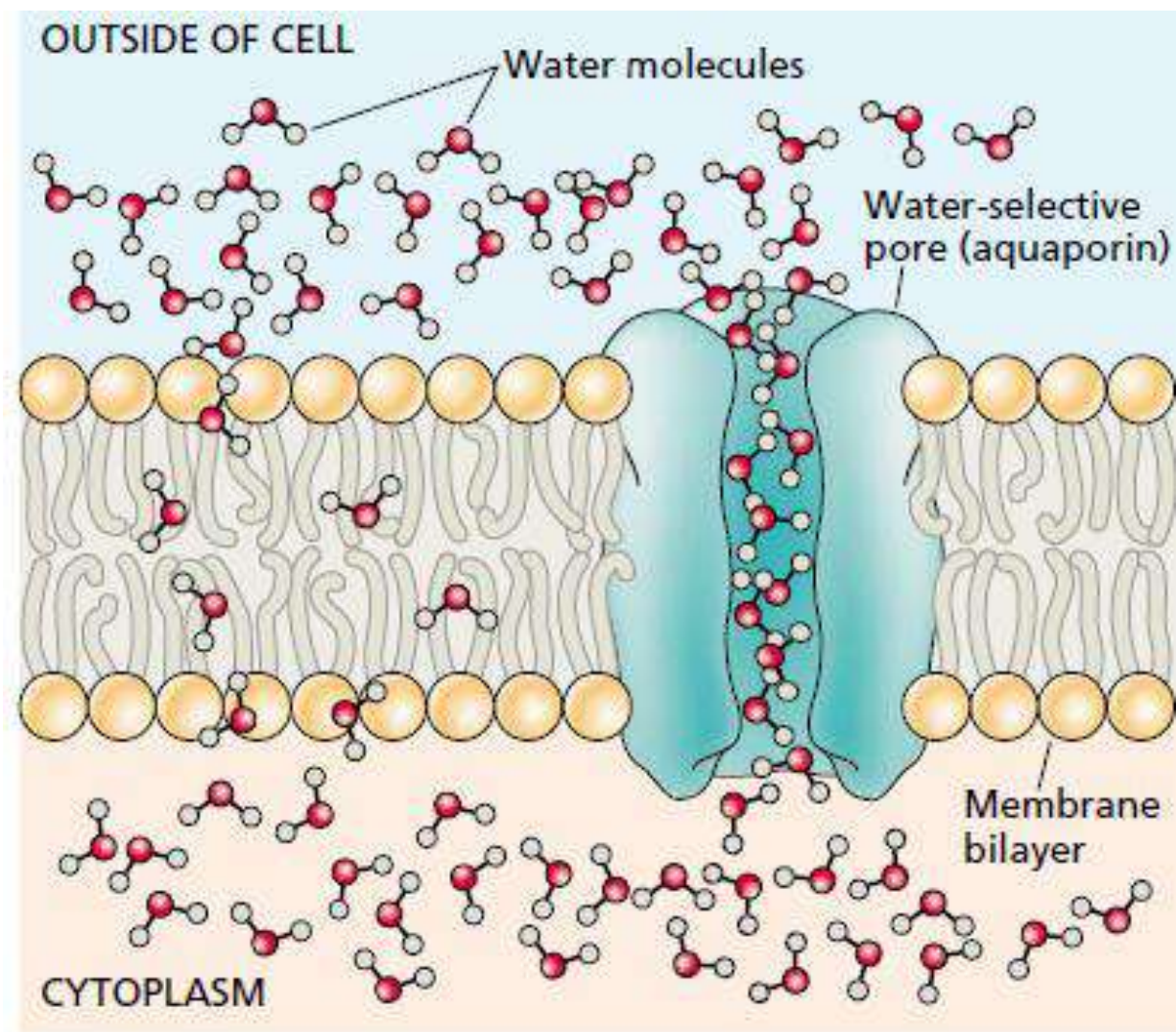
**FIGURE 4.3** Pathways for water uptake by the root. Through the cortex, water may travel via the apoplast pathway, the transmembrane pathway, and the symplast pathway. In the symplast pathway, water flows between cells through the plasmodesmata without crossing the plasma membrane. In the transmembrane pathway, water moves across the plasma membranes, with a short visit to the cell wall space. At the endodermis, the apoplast pathway is blocked by the Casparian strip.

**2.** La voie **transmembranaire** est la voie suivie par l'eau qui pénètre séquentiellement dans une cellule d'un côté, sort de la cellule de l'autre côté, entre le suivant dans le série, et ainsi de suite. Dans ce chemin, l'eau traverse à au moins deux membranes pour chaque cellule sur son chemin (le membrane plasmique à l'entrée et à la sortie). Le transport à travers le tonoplaste peut également être impliqué.

**3.** Dans la voie **symplast**, l'eau circule d'une cellule à autre via les plasmodesmes. Le symplast se compose de l'ensemble du réseau de cellules cytoplasme interconnecté par des plasmodesmes.



**FIGURE 4.3** Pathways for water uptake by the root. Through the cortex, water may travel via the apoplast pathway, the transmembrane pathway, and the symplast pathway. In the symplast pathway, water flows between cells through the plasmodesmata without crossing the plasma membrane. In the transmembrane pathway, water moves across the plasma membranes, with a short visit to the cell wall space. At the endodermis, the apoplast pathway is blocked by the Casparian strip.



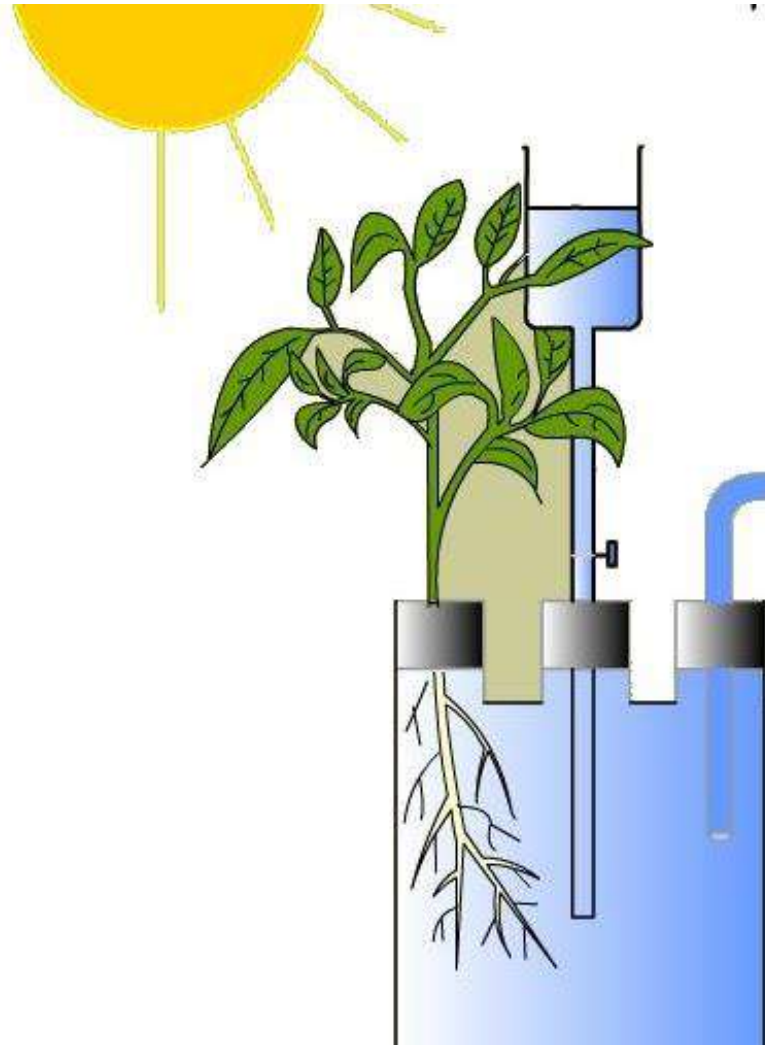
**FIGURE 3.6** Water can cross plant membranes by diffusion of individual water molecules through the membrane bilayer, as shown on the left, and by microscopic bulk flow of water molecules through a water-selective pore formed by integral membrane proteins such as aquaporins.

## **2. Méthodes de mesure de l'absorption de l'eau par les racines :**

«A priori, on considère que la quantité d'eau absorbée est égale à la quantité d'eau perdue par transpiration». Cette estimation néglige les quantités d'eau transformée ou produite par le métabolisme qui sont d'ailleurs tout à fait minimales par rapport aux masses énormes d'eau circulant à travers les organismes végétaux.

Dans le sol, on peut mesurer la quantité d'eau puisée par une plante par ;

- Simple pesée
- Un potomètre



mesure du volume d'eau absorbé  
à l'aide d'un potomètre

État initial



Tube capillaire

Position  
de l'index

### 3. Mécanismes de l'absorption :

***Notion de Pression osmotique*** : le liquide vacuolaire d'une cellule végétale présente une certaine pression osmotique.

$$P_{\text{osm}} = R.T C = 22.4 C \quad \text{à } 0^{\circ}\text{C}$$

$P_{\text{osm}}$  : Pression osmotique  
atmosphérique

R : Constante des gaz parfaits

T : Température absolue

C : Concentration molaire du liquide vacuolaire

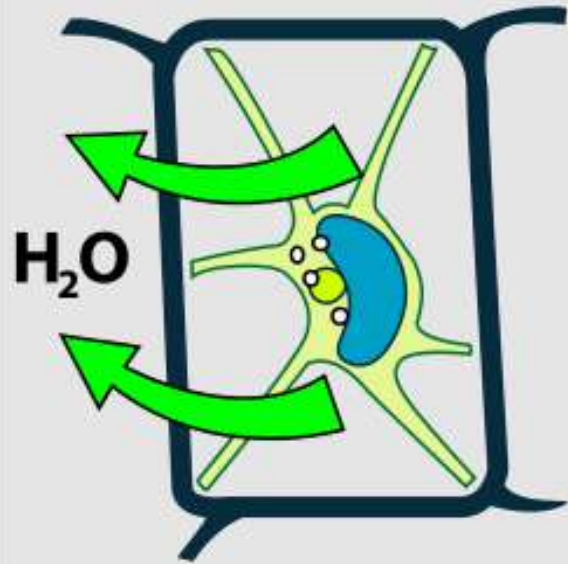
## ***Mécanismes cellulaires de l'absorption au niveau des racines***

L'**absorption** de l'eau se fait toujours **à travers une paroi cellulaire**.

Pour expliquer les **mécanismes d'absorption** : Les échanges d'eau entre le milieu intra-cellulaire et extra-cellulaire se font à travers la **membrane cytoplasmique** selon les lois physiques de la diffusion : l'osmose s'effectue toujours du milieu hypotonique vers le milieu hypertonique.

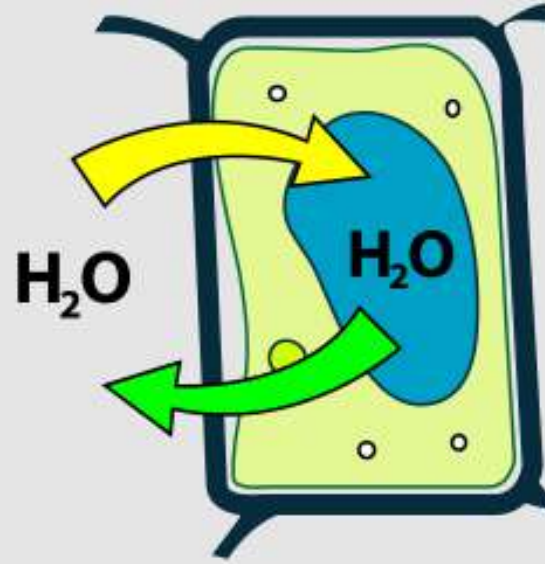
Ainsi une cellule placée dans une **solution hypertonique** par rapport au milieu intra-cellulaire perd de l'eau et devient **plasmolysée**. En revanche, si elle est placée dans un **milieu extra-cellulaire hypotonique** par rapport au milieu intra-cellulaire, l'eau pénètre dans la cellule, la vacuole se gonfle : la cellule est alors turgescence ( voir Fig.)

Hypertonique



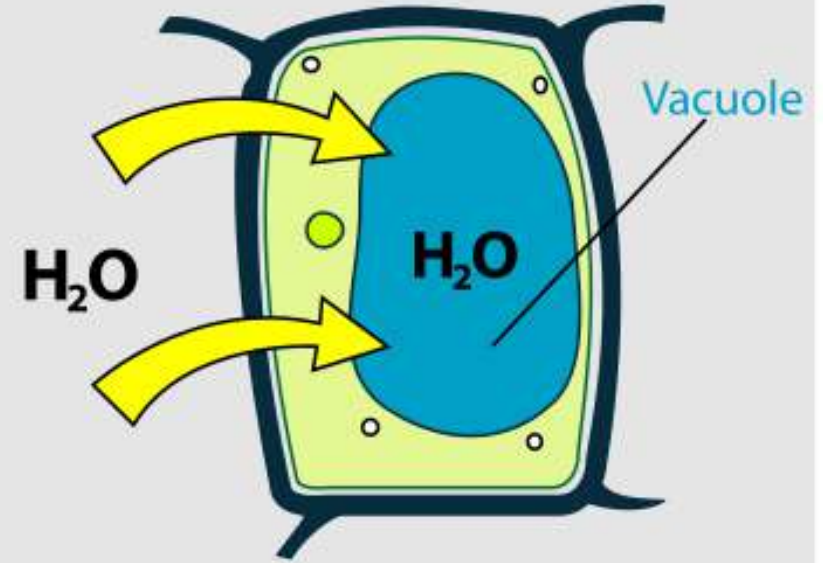
Cellule en plasmolyse

Isotonique



Équilibre

Hypotonique



Cellule turgescente

Dans les conditions naturelles, la cellule du poil absorbant est toujours **hypertonique** par rapport à la solution du sol : elle absorbe donc l'eau passivement par **osmose**. Une plante, arrosée avec une solution trop concentrée en sels minéraux, se fane et meurt car, non seulement les cellules des racines n'absorbent plus d'eau, mais elles en perdent ce qui entraîne leur **plasmolyse**.