

## Le transport de l'eau

**Apoplasme** extérieur des membranes plasmique et les vaisseaux du xylème.

**Symplasmique** intérieur des membranes plasmiques. Il est constitué de l'ensemble des cytosols relié aux cellules voisines par les plasmodesmes.

3 voies

- Symplasmique
- Transcellulaire traverse par la paroi
- Apoplasme par les parois

La membrane plasmique régule les échanges de substances

La diffusion

Les  $H^+$  (contrairement aux animaux où c'est essentiellement  $Na^+$ ) génère le potentiel électrique.

Rappel la diffusion d'eau à travers la membrane plasmique se fait par diffusion et par les aquaporines. Leur perméabilité est régulée par la concentration de  $Ca^{2+}$  ou le pH. Ce mécanisme rapide à l'échelle cellulaire est trop lent à celle de l'organisme. Par exemple, pour un séquoia il faudrait plusieurs siècles pour qu'une molécule d'eau atteigne le sommet de l'arbre.

Sur les longues distances c'est le courant de masse déplacement sous l'effet d'un gradient de pression.

L'absence de structure des vaisseaux du xylème et phloème facilite le passage du courant. Pas d'obstacle

La montée d'eau et des minéraux absorbés par les racines montent dans le xylème jusqu'aux tiges sous l'effet de la transpiration

Les minéraux entrent dans la racine au niveau des extrémités notamment par les poils absorbants. Ils sont chargés par un transport actif qui les concentre.

L'endoderme permet au niveau de la membrane plasmique des cellules de la bande de Caspary Endoderme système actif de pompage

Il permet :

- La sélection des minéraux
- D'empêcher les molécules de retourner dans le sol.
- Bloquer les substances toxiques.

Rmq : Dans les arbres avec de larges vaisseaux l'eau peut monter entre 24 km/h à 72 km/h.

L'eau est perdue par transpiration.

Poussé de l'eau des racines	Aspirations par les feuilles
-----------------------------	------------------------------

Rmq : Il existe également la montée par capillarité. Elle est liée au diamètre des vaisseaux. Elle fonctionne chez les petites plantes inférieures à 1,5 m.

### Potentiel hydrique

Les mouvements d'eau entre l'environnement et la plante et à l'intérieur de la plante dépendent du potentiel hydrique noté  $\psi_w$  (unité MPa). Pour rappel, le flux se fait du plus potentiel le plus élevé vers le plus faible. Le potentiel hydrique est la somme de :

- $\psi_s$  potentiel de soluté. Il dépend de la quantité de molécules osmotiques dissoutes dans le liquide. Chez les végétaux, ce sont généralement les ions minéraux et les glucides. Il vaut 0 lorsque la concentration en osmolites est nulle.
- $\psi_p$  potentiel de pression. Il est supérieur à 0 lorsque la cellule est turgescente et inférieur lorsqu'elle est en tension. Il permet l'élongation des cellules et contribue à rigidifier la cellule.

- $\psi_m$  potentiel matriciel ou potentiel de capillarité.
- $\psi_g$  potentiel de gravité.

Rmq. : le potentiel de capillarité et de gravité sont négligeables pour les plantes inférieures à 10m :

Nb. : le potentiel hydrique maximum est 0.

L'état normal d'une cellule végétale est la turgescence. La vacuole est gonflée. Elle exerce une pression sur les parois de la cellule.

### L'entrée d'eau dans la racine

Pour que l'eau entre dans la plante il faut que le potentiel hydrique des racines soit inférieur à celui du sol  $\psi_{\text{plante}} < \psi_{\text{environnement}}$ . Les plantes doivent créer les conditions adéquates pour permettre à l'eau et aux minéraux de rentrer dans la racine.

Rmq. : Les plantes classées dans trois catégories en fonction de leur tolérance à la concentration de molécules osmotiquement actives dans le sol. Pour attirer l'eau elles sont capables d'accumuler une forte concentration d'osmolites. (Halophyte > Glycophyte résistant > Glycophyte sensible).

Le potentiel hydrique dépend de :

la constitution du sol	La taille des particules
------------------------	--------------------------

Rmq. : Plus la particule est petite plus l'eau sera retenue par le sol.

La tension exercée par une particule est :

$\psi_m = \frac{-2T}{r}$	$r$ Avec le rayon en mètre $T$ la tension superficielle en Mpa
--------------------------	---

Un sol est constitué de la combinaison de trois éléments :

Constituant	Sable	Limon	Argile
Taille des particules	>50um	2 à 50 um	>2um

Sol idéal	40%	40%	20%
-----------	-----	-----	-----

**Point de flétrissement** limite de teneur en eau à partir duquel la plante n'est plus capable d'extraire l'eau.

**Humus** couche supérieure créée et entretenue par la décomposition de matière organique.

De plus, l'humus est :

Retient l'eau.	Friable et aérée	Riche en matière organique
----------------	------------------	----------------------------

L'absorption de l'eau lieu au niveau de la racine au niveau de la zone pilifère. Les poils absorbants multiplient par 100 la surface du rhizoderme avec le substrat.

Chez 80% des Angiospermes, l'absorption de l'eau et des minéraux se fait des champignons mycorhiziens.

Rmq. : Les plantes sont sensibles à la qualité du sol. Elles sont capables d'identifier et de développer leurs racines dans la zone qui leur est la plus favorable.

### Poussé de l'eau des racines

La pression racinaire est engendrée par l'activité des cellules racinaires qui dépendent de l'énergie pour accumuler les minéraux.

La taille limite est de quelques mètres.

Rmq. : De nombreuses espèces utilisent cette voie uniquement lors de leur période définie, par exemple durant leur croissance.

La poussée d'eau des racines engendre un phénomène de guttation lorsque l'atmosphère est saturée en humidité. L'eau n'arrive plus à s'évaporer et des gouttelettes se forment à l'extrémité des feuilles.

## Aspirations par les feuilles

L'aspiration foliaire se base sur l'hypothèse de cohésion-tension. Elle présente l'avantage de ne pas nécessiter de dépense d'énergie de la part de la plante.

Rmq. : le système continue à fonctionner en absence de cellules vivantes.

La transpiration génère une aspiration qui tire les molécules d'eau attachées les unes aux autres.

1. Les lacunes du parenchyme lacuneux sont saturées en eau parce que les parois des cellules sont humides. L'air extérieur contenant moins d'humidité, la vapeur se diffuse vers l'extérieur.
2. La perte d'eau sur les parois constituées de molécules hydrophiles comme la cellulose courbe les surfaces entre l'eau et l'air. Ors l'eau a une tension superficielle importante. Elle se met à tirer sur la chaîne d'eau pour réduire la tension.
3. Les molécules d'eau sont attirées vers les parties aériennes.

Rmq. : L'adhésion avec les molécules hydrophiles qui constitue les vaisseaux aide à s'opposer à la gravité.

L'aspiration exerce sur les vaisseaux du xylème une tension appelée force de dépression. Ors ils sont renforcés pour supporter cette force et lui permettre de s'exercer sur la chaîne d'eau.

En cas de froid ou de chaleur extrême, la chaîne d'eau peut se rompre et des bulles d'air apparaissent à l'intérieur de la chaîne conduisant et interrompre le flux. Ce phénomène s'appelle la cavitation.

**Embolie** cavitation bulle de gaz qui bloque la colonne d'eau.

Pour éviter de Les vaisseaux du xylème sont progressivement remplacés par de nouveaux. Les anciens alors servent uniquement au soutien de la plante.

## Les stomates régulent la transpiration

Les stomates sont des ouvertures qui régulent la circulation des gaz. Ils sont impliqués dans deux mécanismes principaux :

La photosynthèse en régulant les échanges gazeux	La montée des minéraux
--	------------------------

Ils doivent permettre d'équilibrer les besoins en eau avec ceux de la photosynthèse.

**Hydathode** stomate aquifère.

L'importante surface et le faible volume des feuilles facilite les échanges gazeux de la photosynthèse (libérer du  $O_2$  et absorber du  $CO_2$ ). Les importants besoins en eau sont une conséquence des échanges gazeux. 95% de l'eau est perdue

Rmq. : La transpiration a un effet de refroidissement qui permet d'éviter la dénaturation de protéines.

### **Structure et fonctionnement des stomates**

Un stomate est formé de deux cellules de gardes donnant dans une chambre sous stomatique. La paroi du côté de l'ostiole est plus épaisse. Elle est reliée à celle parallèle par des microfibrilles qui confèrent une structure rigide.

Les stomates possèdent des chloroplastes contrairement aux cellules annexes.

Le nombre, la taille et les caractéristiques des stomates dépendent de :

De l'espèce	Des conditions de vie
-------------	-----------------------

En moyenne, la densité des stomates est de 20 000 par  $cm^2$ .

Rmq. : La densité de stomates semble avoir diminué depuis que la quantité de  $CO_2$  dans l'atmosphère augmente.

Il existe 2 grands types de stomates :

Eudicotylédone	Stomates en T chez les graminées (Monocotylédone)
----------------	---

L'ouverture ou la fermeture dépend de la pression osmotique. Le stomate s'ouvre lorsque la cellule devient turgescente.

L'entrée d'eau est créée par notamment par l'augmentation de la concentration de  $K^+$  dans le cytosol :

1. La sortie  $H^+$  modifie le potentiel d'équilibre de  $K^+$ .
2. Le  $K^+$

Rmq : d'autres molécules sont également utilisées comme l'entrée du  $Cl^-$  par des transporteurs symport avec  $H^+$  ou l'entrée de hexoses dans la vacuole.

#### **Régulation de l'ouverture et de la fermeture des stomates**

La régulation de l'ouverture et de la fermeture des stomates peut être dû à trois facteurs :

- La lumière par l'intermédiaire de récepteurs sensible à la lumière bleue.
- Les horloges circadiennes.
- La température.
- La taux de  $CO_2$

Des stress environnementaux peuvent également induire une fermeture des stomates. Par exemple, le manque d'eau au niveau de la racine est été hormones. Par exemple de stress comme l'acide abscissique. Il est sécrété au niveau des racines lorsque l'eau vient à manquer. Il rejoint libère de l'acide abscissique dans le xylème qui vient déclenche une voie de signalisation impliquant des canaux calciques. L'entrée de  $Ca^{2+}$  déclenche l'arrêt des pompes à protons et la sortie de  $K^+$  des cellules de garde.

#### **Adaptation au stress hydrique**

Certaines plantes Métabolisme ont un métabolisme particulier appelé métabolisme d'acide des Crassulacées (CAM). Elles ouvrent leurs stomates la nuit et emmagasine le  $CO_2$  sous forme d'acide organique. Elle l'utilise la journée pour la photosynthèse. Elles évitent ainsi la perte d'eau en journée.

#### **Le transport des glucides par le phloème**

La direction des glucides se fait plutôt à l'opposé notamment vers les apex dont les racinaires qui ont besoin d'énergie pour leur croissance.

Le transport des produits de la photosynthèse est appelé translocation.

Il est effectué par le phloème.

La sève élaborées sert principalement au transport du sucre mais également des aa, des hormones et des sels minéraux.

Région ou les glucides sont utilisés ou stockés.

Organe producteur et organe consommateur Le rôle des organes dépend de la saison. Les glucides sont envoyé des organe source vers les cibles les plus proche.

Le déplacement des glucides dans les cellules du tubes cribés se fait grâce à des transporteur antiport secondaire qui font rentrer des protons en échange de la sortie de glucose.

Les organes cibles consommant ou stockant les glucides sous forme d'amidon font diminuer la concentration. La diffusion peut alors avoir lieu.

La sève élaborée peut circuler jusqu'à 1,6km/h. Cette vitesse est possible grâce au courant de masse. Les vaisseaux du xylème et phloème étant à proximité, l'eau entrai fortement au niveau des organes sources ou les osmolites sont fortement concentrée et ressortirai la ou ils le sont

faiblement càd près des organes cibles. La différence de pression créer un courant.

Plasmodesme circule ARN et protéine

Plasmodesme structure dynamique symplasma dynamique pour répondre au besoin de la plante.

Information

Les stimulus électriques jouerait également un rôle dans la communication cellulaire

La sève élaborée doit apporter le glucose produit par les photosynthèse dans les parties qui en ont besoin notamment les zones de croissances (les méristèmes).

Les transferts d'eau ent

Pompes à proton (transport actif) du cytosol vers l'extracellulaire concentration de saccharose molécule osmotique au niveau des organes synthétise le sucre

Attire l'eau des vaisseaux du xylème.

L'eau repart dans le xydans les organes qui le consomme car la concentration diminue.

Proximité du xylème et du phloème.

La baisse de pression entraine l'évaporation.

5% de l'eau du xylème.

**L'azote**

L'azote est un composant essentiel des êtres vivants. Les plantes sont capables d'assimiler l'azote sous deux formes :

Ion nitrate $NO_3^-$	Ion ammonium $NH_4^+$	Ammoniac $NH_3$
----------------------	-----------------------	-----------------

Pour l'ion nitrate, la plante a besoin de réalisé une réduction  $NH_4^+$  en avant de pouvoir l'utiliser.

Trois processus peuvent rendre l'azote disponible pour les plantes :

- la fixation de l'azote diatomique  $N_2$
- la nitrification
- la dénitrification.

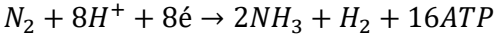
**La fixation du diazote**

L'azote se trouve en majorité dans l'air sous forme de  $N_2$ . Sa réduction en une forme assimilable de l'azote atmosphérique :

- Les éclairs 10%
- Industrie qui synthétise 30%
- Biologie par les Bactéries 60%

**Fixation du diazote par les Bactéries**

La fixation du diazote par les bactéries est faite en utilisant la nitrogénase, une enzyme. Elle réalise la réaction suivante



Les électrons sont apportés par huit molécules de ferrédoxine.

En présence de dioxygène, la nitrogénase est inhibée de irréversiblement.

**Nitrification**

La nitrification est réalisé par des bactéries du groupe de protéobactéries. Elles sont à gram négatif.

Ces réactions se réalisent sur la membrane

Bactérie	Réaction	
Nitrosomonas	Ammoniac en Nitrite	$NH_3 + \frac{3}{2}O_2 \rightarrow NH_4^+ + H_2O + H^+ + 2e^-$

Nitrobacter	Nitrite Nitrate	en	$NO^{-2} + H_2O \rightarrow NO_3^{-} + 2H^{+} + 2e$
-------------	--------------------	----	---