

La nutrition hydrique

I Importance de l'eau pour la plante

Pour la turgescence cellulaire :

- permet le **déroulement** du métabolisme
- contribue au **port des végétaux**
- **véhicule** les substances nutritives, hormones et déchets du métabolisme
- commande certains **mouvements d'organes** : ouverture/fermeture des stomates, ouverture/fermeture de la fleur, ...

La turgescence permet de maintenir la plante à la verticale, comme la cellulose, les canaux de sèves ...

Besoin en eau très importants :

À poids égal, une plante consomme 10 fois plus en 24h, que les animaux => il y a d'énormes pertes en eau : 90% de l'eau s'évapore, l'eau ne fait que **transiter**

Ke déficit létal : valeur critique du déficit hydrique au-delà de laquelle la vie n'est plus possible.

Valeur remarquablement élevée chez les végétaux :

- 30% pour le haricot
- 40% pour le maïs
- 70% pour la luzerne
- plante reviviscentes (Bryophytes, lichens) : minimum biologique 10%

II L'absorption de l'eau pour la plante

1) Les organes de l'absorption

Les orchidées sont des plantes épiphytes, elles vivent en utilisant d'autres plantes comme support.

L'épiderme sur la racine est le **velamen**

Ces cellules vont pouvoir absorber énormément d'eau aérienne.

Les racines des fougères épiphytes : les feuilles mortes vont rester à la base de la plante et il va s'accumuler de la MO dégradée à la base de la plante, qui va stocker l'eau et la plante pourra récupérer l'eau qui se trouve dans cet humus.

Le rôle des poils absorbants :

L'expérience de Rosène

Seuls les poils absorbants sont capable de pomper l'eau.

2) La notion de potentiel hydrique

- Teneur en eau du sol != disponibilité en eau du sol pour les plantes
- Eau liée != eau libre
- Eau soumise à des interactions plus ou moins fortes avec les molécules avoisinantes

Les forces de rétention de l'eau dans le sol

- les forces osmotiques : Générées par les éléments solubles du sol.
- les forces d'imbibition : dépend de la phase du sol (A,L,S)(force matricielle)
- les forces de capillarité : dépend de la granulométrie (force matricielle) => générées par les éléments non solubles du sol.

Les forces de rétention s'opposent aux forces de gravité.

Enthalpie de sorption (processus par lequel une substance est absorbée ou adsorbée sur ou dans une autre substance)

À cause de l'intensité des forces de rétention => quantité d'énergie à fournir par la plante pour rompre les liaisons retenant l'eau dans le sol

Le potentiel hydrique est l'énergie fournie par la plante pour prélever l'eau dans le sol

$\Psi = P$

$P = P_o + P_p + P_m + P_g$ mais on simplifie par $P = P_o + P_p$

Unités : Pa, $J \cdot m^{-3}$, bar atm.

On parlera en 1 MPa = 10 atm.

Ψ est toujours négatif.

Plus il est bas et plus la liaison de l'eau est forte.

Mouvement d'eau spontané du potentiel hydrique le moins négatif vers le plus négatif, donc du plus proche de zéro = Ψ de l'eau pure vers le plus négatif = Ψ de l'eau la plus fortement liée.

Ψ détermine donc le sens des mouvements d'eau :

- entre le sol et la plante
- entre la plante et l'atm
- entre les différentes parties de la plante

Il faut que le sol soit hypotonique

- -7 bars : bulbes d'oignons, racine de carotte, feuilles d'épinard ...

- -50 bars à -100 bars : cactées, crassulacées (peu de pertes d'eau en milieu aride)

Psy mesure **l'avidité en eau** d'un compartiment

- Plus une solution à l'intérieur d'un compartiment est concentrée, plus elle attire l'eau donc plus le potentiel hydrique du compartiment est bas (donc très négative)
- opposé de la succion S : $Psy = - S$

3) Mécanisme de l'absorption

- Hypertonie des cellules absorbantes → mécanisme de régulation pour rétablir l'hypertonie = l'épictèse
- Succion exercée par les parties aériennes → appel d'eau transmis tout le long de la tige
- Activité physiologique de la racine → Absorption impossible si anoxie (manque d'O₂)

Il faut donc une plus grande pression osmotique dans la plante que dans le sol, dans le but de pomper l'eau.

L'absorption dépend de la succion nette S :

$$S = S_i - S_e$$

avec :

- S_i : succion exercée sur l'eau par la plante
- S_e : succion exercée sur l'eau par le sol

Une succion nette positive implique un potentiel hydrique de la plante inférieur à celui du sol

III Le transit de l'eau dans la plante

1 Le transit dans la racine

L'apoplasme représente la paroi squelettique et le méat. Si l'eau circule par l'apoplasme, elle va emprunter les chemins au niveau des parois.

Dans cette voie, l'eau peut-être interrompue par la lignine et la subérine.

Le symplasme = continuité des cytoplasmes (via plasmodesmes).

De vacuole en vacuole : via les aquaporines.

Pour certains ions, la circulation se fait plus simplement par l'apoplasme ou le symplasme.

L'eau circule d'un potentiel hydrique moins négatif, vers un potentiel plus négatif.

Le trajet de l'eau est fonction des potentiels hydriques
+ pression hydrique qui permet de franchir l'endoderme et rentrer dans les vaisseaux conducteurs

2 La circulation des sèves

a La sève brute

Elle circule de manière ascendante, et utilise les vaisseaux conducteurs du xylème.
Sa composition varie en fonction de la période de l'année et de la saison.

En période hivernale, la sève brute fait remonter des glucides qui permettent de faire des réserves.

Au mois de mai, il y a bcp d'éléments azotés qui remontent pour aller aux feuilles et bourgeons.

Elle a un pH légèrement acide.

Elle a une vitesse de circulation importante (1-6m/h) mais si elle transpire bp, cette vitesse peut monter jusqu'à 100m/h.

Il y a 3 forces qui permettent de faire monter l'eau :

- la capillarité
- la pression racinaire
- l'aspiration foliaire

b La sève élaborée

Elle circule de manière descendante.

Elle est 200 fois plus concentrée que la sève brute.

Elle est légèrement alcaline (pH = 7.5 - 8.5).

La sève véhicule une très grande quantité de glucides sous forme de saccharose.
Le saccharose est la forme circulante des glucides dans la plante.

Transport de la sève élaborée dans le phloème.

Se fait d'un organe source à un organe puit ou cible :

- organe source : produit les glucides
- organe cible : utilise ou met les glucides en réserve (fruit ou racines, tubercule)

N.B : un tubercule peut être considéré comme un organe source ou un organe puit.

Point de départ : chloroplaste (cellules du parenchyme foliaire) et le sucre doit sortir de ce chloroplaste. À l'intérieur, les sucres sont sous forme de triose (C3) et un transporteur les font sortir pour quitter les chloroplastes. Après, les sucres arrivent dans le cytoplasme d'une cellule de parenchyme => 2 trioses qui vont se condenser en 1 saccharose (C6)

le phloème : tubes criblés (composés de plusieurs cellules) avec à côté, des cellules compagnes

Le saccharose doit passer dans les cellules de parenchymes voisines (via le plasmodesme : mode de circulation symplasmique) pour arriver dans une cellule compagne et après le tube criblé.

Les cellules compagnes vont devoir recevoir une grande quantité de saccharose, il y a des chances qu'elles soient vite saturées, donc le saccharose devra rentrer dans les cellules compagnes contre le gradient de concentration (mode de circulation apoplasmique) (si symplasme : utilisation de pompes).

Le transit entre les cellules compagnes et les tubes criblés vont se faire contre le gradient et nécessite donc des pompes.

L'entrée du saccharose va se faire en symport (co-transport) : entrée de proton (pour ATP-ase : force motrice) + saccharose => transport actif secondaire

Ce transport se fait entre les cellules du parenchyme => cellules compagne => cellules du tube criblé

Quand le saccharose est dans le tube criblé : Pression osmotique élevée donc osmose : entrée de l'eau dans les tubes criblés

La pression osmotique est la responsable du flux de sève descendant à l'intérieur des tubes criblés.

Il y a des échanges d'eau entre le xylème (sève brute) et le phloème (sève élaborée)

Les mouvements d'eau contribuent à la circulation des sèves : mouvement cyclique entretenu par osmose : théorie de Münch et Crafts → mécanisme de double circulation des sèves

L'eau entre et sort du phloème par osmose. Le transport actif des glucides est la base de tout ce système.

IV L'émission d'eau par la plante

1 La guttation

Libérer de l'eau sous forme de gouttelettes, sous forme liquide : la rosée.

Le phénomène ne se produit que si : absorption > transpiration

Le sol reste chaud, il y a activation de l'absorption de l'eau, mais l'air reste frais, il n'y a pas de transpiration.

Ce phénomène n'est pas important en climat tempéré, il est important en climat tropical pour éliminer les excès d'eau.

2 La transpiration

a) Généralités

Un érable isolé de 14m de haut

Or il possède 180 000 feuilles soit pour les 2 faces, une surface de 700 m^2

En juillet, fin d'après-midi : on a une transpiration foliaire de $3.3 \text{ g/dm}^2/\text{h}$

Soit pour l'arbre entier : 220 l/h

La plus grande partie de la sève brute s'évapore donc au niveau des feuilles, il faut être en mesure de puiser dans le sol l'eau évaporée.

Transpiration / évaporation dans les forêts tropicales qui jouent un rôle important dans la circulation de l'eau sur la planète et dans le climat.

Il y a un nb variable de stomates en face supérieure ou face inférieure

b) Les facteurs de variations

Nombres et positions de stomates

Surface de l'appareil foliaire : variations saisonnières ; adaptations foliaires (aiguilles, ...) ; maladies

Nature et structure des tissus périphériques : cuticule, suber, parenchyme palissadique.

État du sol :

- Abaissement de l'humidité : augmentation de la transpiration
- Abaissement de la température : $< 15^\circ\text{C}$: ralentissement de la transpiration

État de l'air :

- Vent, turbulence, agitation de l'air
- Sécheresse de l'air Seuil de tolérance : déficit hydrique = 10 à 15% : fermeture des stomates
- température de l'air
Seuil de tolérance : 25 à 30°C

Lumière :

- Par temps clair, soleil au zénith
Rayonnement solaire = $0.1 \text{ W/cm}^2 = 1 \text{ kW/m}^2$
dont
 - 4% dans l'UV
 - 54% dans le visible
 - 42% dans l'infrarouge

Lumière réfléchie = 10%

Lumière transmise = 27%

Lumière absorbée = 63% :

- Photosynthèse : 1%
- Transpiration = 45% ce qui correspond à 70% de l'énergie absorbée
- Pertes thermiques = 17%

La lumière (radiation bleue) sert à ouvrir les stomates.

c) La régulation stomatique

Ti (turgescence cellules internes) = cellules stomatiques = cellules de garde

Te (turgescence des cellules externes) = cellule parenchyme foliaire

Si $T_e > T_i \Rightarrow$ fermeture des stomates

Si $T_i > T_e \Rightarrow$ ouverture

L'ostiole est l'ouverture entre les 2 cellules de garde.

Mécanisme d'ouverture/fermeture des stomates

La lumière bleue va faire fonctionner une pompe à proton (par hydrolyse)

Si xH^+ sortent, xK^+ rentrent pour maintenir l'équilibre de charge, mais on modifie le pH à l'intérieur des cellules.

Il y a aussi une entrée de Cl^- avec H^+ qui rentrent dans la vacuole (équilibre de charge)

Ces différences de charge et donc de concentration entraînent des modifications de T_i et T_e .

L'ouverture/fermeture des stomates est sous la régulation des hormones ABA (Acide Abscissique).

Si il n'y a pas assez d'eau dans les racines, elles fabriquent de l'ABA qui va dans les feuilles et déclenche la fermeture des stomates.

d) La lutte contre le stress hydrique

Adaptation génétique

L'ouverture/fermeture est le mécanisme principal pour lutter contre le stress hydrique.

Les K^+ , très mobile, permettent de rapidement réagir à ces stress.

Il y a un rythme saisonnier et un rythme journalier pour la périodicité de l'ouverture/fermeture des stomates.

Il peut y avoir des phénomènes de dérèglement :

En hiver, avec un soleil magnifique : ouverture des stomates \Rightarrow libération de l'eau sous forme gazeuse mais beaucoup de mal à prélever l'eau du sol nécessaire, on peut donc avoir des plantes qui vont décher en pleine période hivernale.

Applications agronomiques

Meilleure maîtrise de l'irrigation

- notion de RFU : Réserve en eau Facilement Utilisable
- notion d'ETM : évapotranspiration maximale => plan d'irrigation

Amélioration de la productivité de la plante/culture

- meilleure maîtrise de l'irrigation et de l'apport d'engrais
- sélection pour une meilleure distribution des assimilats vers les épis (ex: blé d'hiver)

Optimisation des traitements phytosanitaires

- recherche d'une bonne systémie = bonne aptitude des produits phyto à être transportés (=> réduction des quantités donc des coûts et des risques sanitaire)