

## LE CONTINUUM HYDRAULIQUE DES PLANTES : APPORTS DES PROCESSUS PHYSIQUES, BIOCHIMIQUES ET BIOPHYSIQUES

par Henri Cochard<sup>1</sup>

Les plantes consomment de grandes quantités d'eau. Cette eau est puisée dans le sol, véhiculée dans le tissu conducteur de sève brute (le xylème) puis évaporée au niveau des feuilles. Les plantes absorbent tant d'eau principalement pour combler les déficits hydriques foliaires. Les pertes en eau foliaires sont une conséquence inéluctable d'un autre processus physiologique déterminant: l'absorption du gaz carbonique.

Le mécanisme d'absorption de l'eau et d'ascension de la sève est le plus souvent passif. L'eau évaporée au niveau des feuilles crée un déficit hydrique au niveau cellulaire et donc un appel d'eau depuis la sève xylémienne. Ceci met les colonnes d'eau du xylème sous tension et du fait de la forte cohésion des molécules d'eau entre elles, ces tensions sont transmises jusqu'aux racines. Ceci provoque enfin un flux d'eau du sol vers les racines. Une continuité hydraulique entre les sites d'évaporation et le sol est donc un élément essentiel du transfert d'eau dans la plante. Ce mécanisme énoncé à la fin du XIX siècle a reçu le nom de "tension-cohésion".

La circulation de l'eau dans la plante s'effectue donc sous tension (pression négative). Cette tension dépend de trois paramètres: 1) l'état de tension de l'eau dans le sol 2) la force gravitationnelle et 3) les forces frictionnelles liées au mouvement de la sève. Un certain nombre d'adaptations structurelles facilitent le passage de l'eau dans la plante. En particulier, un certain nombre de travaux récents soulignent le rôle fondamental de certaines protéines canaux à eau (aquaporines) qui favorisent le passage de l'eau à travers les membranes cellulaires. La modulation de l'activité de ces protéines permet à la plante d'ajuster, pour partie, la résistance hydraulique de son appareil circulatoire en fonction de la demande climatique par exemple. Pour une plante bien irriguée, ces tensions peuvent néanmoins atteindre -1MPa en milieu de journée et jusqu'à -5MPa en conditions de sécheresse. Cet état est donc physiquement métastable et exposé à un risque de cavitation et/ou à un risque d'effondrement des parois (collapsus). Ces phénomènes se traduisent par une rupture du continuum hydraulique dans les plantes et les exposent à des risques de déshydratation létaux. Néanmoins, les plantes possèdent un tissu conducteur qui à la surprenante capacité de fonctionner sous de telles tensions pendant des mois, voire des années sans subir de cavitation. Ce n'est que dans des conditions exceptionnelles que les colonnes de sève cavitent : stress hydrique intense ou alternances de gel/dégel de la sève.

Le mécanisme à l'origine de la cavitation est une nucléation de type hétérogène. Les parois des vaisseaux du xylème sont des structures poreuses percées de ponctuations. Des ménisques air/eau se forment au niveau des pores de ces ponctuations si l'un des vaisseaux est plein d'air. Ces ménisques se rompent lorsque la différence de pression excède une valeur seuil probablement fonction du diamètre des pores (loi de Young-Laplace). Les seuils de cavitation sont très variables d'une espèce à l'autre, et, au sein d'une même espèce, selon les organes ou les conditions de

---

<sup>1</sup> UMR-PIAF INRA Clermont-Ferrand, [cochard@clermont.inra.fr](mailto:cochard@clermont.inra.fr)

croissance. De nombreux travaux ont montré l'importance du risque de cavitation pour comprendre la régulation des échanges gazeux et la résistance à la sécheresse des plantes. C'est à l'heure actuelle l'une des pistes de recherche pour l'amélioration de la résistance à la sécheresse des ligneux.

Le risque de collapsus pariétal est encore très peu étudié. Nous avons mis en évidence ce phénomène dans des aiguilles de différentes espèces de Pin. Il semble maintenant que le rôle des contraintes mécaniques exercées par les colonnes d'eau sous tension sur les parois des vaisseaux soit important pour comprendre la structure du bois.

Les avancées récentes sur les processus biophysiques et biochimiques du transport de l'eau dans la plante permettent maintenant de développer des modèles mécanistes robustes du fonctionnement hydrique des plantes. Par ailleurs, ces travaux pourront fournir des critères de sélection pour des espèces ou des génotypes mieux adaptés aux conditions climatiques futures, ainsi que d'anticiper les effets du changement climatique sur la stabilité des écosystèmes forestiers.