LES AQUAPORINES : BASES MOLÉCULAIRES DU TRANSPORT TRANSMEMBRANAIRE D'EAU ET RÉGULATIONS DANS LES PLANTES SOUS CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES

par Christophe **Maurel**[1]

Les plantes se doivent de maintenir leur statut hydrique, tout au long de leur développement et dans des conditions environnementales parfois sévères. La caractérisation moléculaire des aquaporines, des protéines qui facilitent le passage de l'eau au travers des membranes cellulaires, a révélé l'importance et la complexité des processus de régulation du transport d'eau chez les plantes.

Les aquaporines de plantes se distinguent par un nombre important d'isoformes. Ainsi, le génome de la plante modèle *Arabidopsis thaliana* compte 35 gènes d'aquaporines. Cette forte diversité peut en partie s'expliquer par des différences dans le profil d'expression de ces aquaporines. Certaines isoformes sont exprimées dans tous les organes de la plante alors que d'autres ne sont exprimées que dans certains tissus ou à certains stades développementaux. Par ailleurs, les aquaporines manifestent des localisations sub-cellulaires différentes, au niveau de la membrane plasmique [sous-classe des Plasma Intrinsic Proteins (PIP)] ou au niveau des membranes intracellulaires, dont la membrane vacuolaire [Tonoplast Intrinsic Proteins (TIP)]. La structure des aquaporines a été décrite à une résolution atomique, ce qui a permis de définir très précisément certaines bases de leur sélectivité de transport (figure 1).

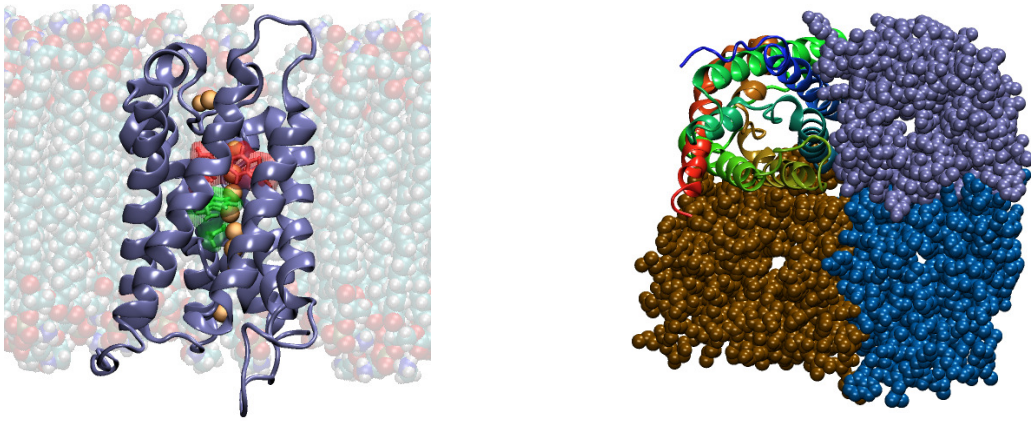

Figure 1. Structure atomique d'une aquaporine.
Les images représentent une modélisation moléculaire de la structure d'une aquaporine PIP. Les aquaporines s'associent sous forme de tétramères. La vue de gauche permet de visualiser l'insertion d'un monomère au travers de la membrane. On peut observer les hélices transmembranaires, les molécules d'eau au sein du pore (sphères jaunes) et les résidus du pore (vert et rouge) formant deux constrictions qui assurent la sélectivité du transport. L'image de droite est une vue de dessus du tétramère. Elle montre les pores individuels formés par chacun des monomères.

De nombreux mécanismes, sous contrôle de facteurs hormonaux ou de l'environnement, permettent de réguler l'activité des aquaporines et donc la perméabilité à l'eau des cellules et tissus.

[1] Biochimie et Physiologie moléculaire des Plantes, Institut de Biologie intégrative des Plantes, CNRS/INRA/Montpellier SupAgro/Université Montpellier 2, 2 place Viala, F-34060 Montpellier Cedex 1.
Courriel : maurel@supagro.inra.fr

Copyright – Académie d'Agriculture de France – 2009. Séance du 3 juin 2009.

C'est dans la racine que ces mécanismes ont été les mieux décrits. Par exemple, l'inondation des sols en hiver dans les zones tempérées ou après irrigation provoque, au niveau des racines, une carence aiguë en oxygène ou anoxie. On sait depuis quelques années déjà que ce type de stress, tout comme la sécheresse ou la salinité des sols, affecte l'absorption d'eau par les racines. Nous montrerons comment le blocage complet du transport racinaire d'eau en condition d'anoxie est strictement lié à une acidification de l'intérieur des cellules. Cette acidification découle du déséquilibre métabolique général engendré par l'anoxie. Ici, et de manière très originale, cette acidification sert de signal pour provoquer directement la fermeture des aquaporines PIP localisées sur la membrane plasmique des cellules. Cette propriété de régulation découle d'un caractère structural spécifique des aquaporines PIP. Dans le cas d'un traitement salin, les mécanismes en jeu sont très différents. Ils impliquent une relocalisation cellulaire des aquaporines PIPs, liée à un stress oxydant induit par le sel.

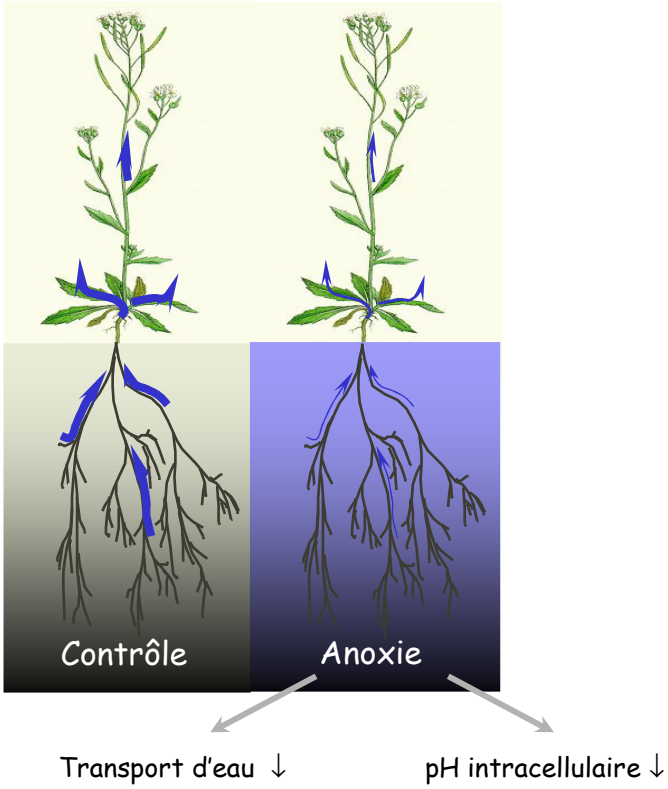

Figure 2.
Régulation du transport racinaire d'eau en situation de stress anoxique.
Ce type de stress, induit notamment par une inondation du sol, mène à une baisse du pH intracellulaire. Une des conséquences directes de cet effet est une inhibition de l'activité des aquaporines et donc une réduction de l'absorption racinaire d'eau.

En complément de leur fonction de transport d'eau, certaines aquaporines peuvent transporter des petits nutriments neutres (bore, silicone) ou des gaz tel que le dioxyde de carbone (CO_2). Des approches génétiques et pharmacologiques indiquent une fonction très complexe des aquaporines dans les feuilles : elles réguleraient les caractéristiques hydrauliques des tissus internes, notamment en fonction du régime lumineux. Elles favoriseraient aussi la diffusion du CO_2 jusque dans le chloroplaste. Ces exemples illustrent comment l'étude des aquaporines nourrit une approche intégrative des grands processus physiologiques de la plante.

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

MAUREL C, VERDOUCQ L., LUU D-T., SANTONI V., 2008. – Plant aquaporins : membrane channels with multiple integrated functions. Annu. Rev. Plant Biol., **59**, 595–624

Copyright – Académie d'Agriculture de France – 2009. Séance du 3 juin 2009.