CROISSANCE DES PLANTES SOUS CONTRAINTE HYDRIQUE

par François **Tardieu**[1]

La croissance des plantes peut être définie soit comme l'accumulation de biomasse qui détermine la masse des plantes, soit comme l'expansion volumique des tissus qui détermine la surface et le volume de chaque organe, en particulier des feuilles et des racines. L'expansion volumique des feuilles est particulièrement sensible au déficit hydrique, et est stoppée bien avant la photosynthèse. Le déficit hydrique n'induit donc pas de déficit en carbone. Les concentrations en sucre sont très généralement augmentées chez des plantes en déficit hydrique par rapport aux plantes irriguées.

Les réactions de la croissance au déficit hydrique sont extrêmement rapides, tant chez les feuilles que chez les organes reproducteurs. Un changement de demande évaporative ou d'état hydrique du sol induit des modifications de la croissance en moins d'une heure (fig. 1). Ceci a été observé sur mais, riz et *Arabidopsis thaliana*. Une augmentation de la demande évaporative le matin (augmentation de lumière et de déficit de saturation de l'air) amène une réduction rapide de la vitesse de croissance en moins d'une heure. Une réirrigation de plantes en déficit hydrique entraîne une reprise complète de la croissance en une heure. Ces temps de réaction limitent les mécanismes possibles pour le contrôle de la croissance volumique en déficit hydrique. En particulier, la réduction de vitesse de division cellulaire observée lors d'un déficit hydrique a de grandes chances d'être une conséquence plutôt qu'une cause de la réduction de croissance foliaire. Une variation de vitesse de division cellulaire ne pourrait affecter la vitesse de croissance qu'avec des temps de réaction de plusieurs jours, ce qui n'est pas compatible avec le temps de réaction observé à la Fig. 1. Il est vraisemblable que la même conclusion s'applique à l'effet d'une enzyme qui permet une déformation plus rapide des parois cellulaires (Muller et al., 2007).

Les mécanismes hydrauliques sont des candidats intéressants pour expliquer les variations de la croissance en déficit hydrique. La croissance volumique des tissus s'opère sous l'effet de la turgescence, qui déforme les parois des cellules en permettant ainsi l'expansion des tissus. Une augmentation de la vitesse d'entrée d'eau dans les tissus, sous l'effet de variations de conductivité hydraulique, pourrait donc causer des variations de croissance des organes. C'est ce qui a été observé expérimentalement. La manipulation de l'activité des aquaporines affecte la conductivité hydraulique des tissus racinaire. Elle affecte ainsi la croissance foliaire sur des pas de temps très courts, indépendamment du contrôle stomatique (Ehlert et al., 2009). L'acide abscissique (ABA), en plus de son rôle sur le contrôle stomatique, a un effet important sur la conductivité hydraulique des tissus racinaires, sur la quantité de transcrits d'aquaporines et sur la quantité de ces protéines dans les racines. La manipulation génétique de cette hormone amène à des différences marquées de vitesse de reprise de croissance lors d'une réirrigation (fig. 1) (Parent et al., 2009). Ces expériences suggèrent un effet important des processus hydrauliques sur la croissance.

Étant donnée la multiplicité des mécanismes possibles, une approche génétique est une voie intéressante pour hiérarchiser les mécanismes et pour identifier des régions génomiques qui

[1] INRA, Laboratoire d'Écophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux, Place Viala, F-34060 Montpellier. Courriel : tardieu@supagro.inra.fr

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

contrôlent la croissance en déficit hydrique. Ceci a été fait en combinant une approche de modélisation et une approche génétique (Sadok et al., 2007; Welcker et al., 2007). La sensibilité de la croissance au déficit hydrique a été déterminée sur un grand nombre de lignées, au travers de la pente de la relation entre vitesse de croissance et état hydrique du sol. Une variation génétique importante a été observée chez le maïs, en particulier entre des génotypes d'origine tropicale sèche et des génotypes d'origine tempérée. L'analyse de croisements a permis d'identifier des régions génomiques consensuelles impliquées dans la sensibilité de la croissance des feuilles et des soies au déficit hydrique. Il existe donc une variabilité génétique naturelle qui peut être exploitée pour limiter la sensibilité de la croissance à la sécheresse. Ceci est en cours d'analyse en collaboration avec des compagnies privées dans le cadre de projets ANR et UE.

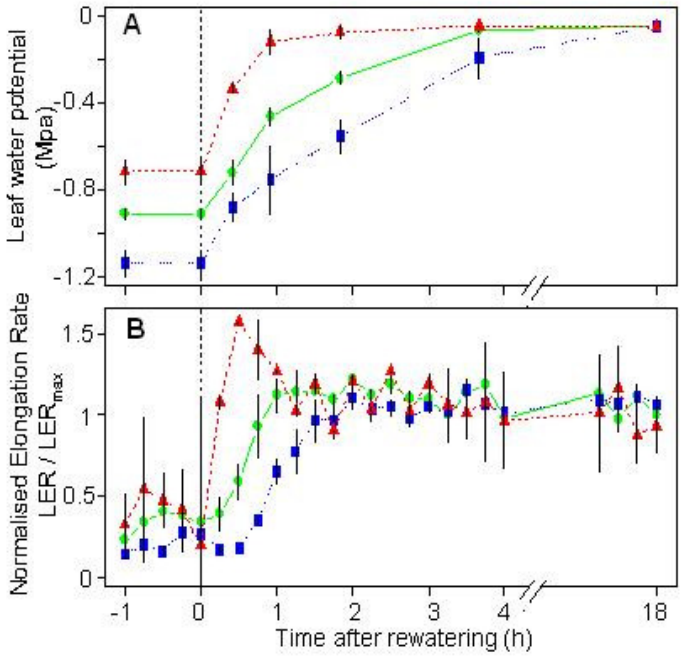

Figure 1. Récupérations de l'état hydrique foliaire (A, *leaf water potential*) et de la vitesse de croissance (B) lors d'une réirrigation, chez trois lignées de conductivité hydraulique différente. Rouge : lignées surexprimant un gène de la voie de biosynthèse de l'ABA, ayant une conductivité hydraulique plus forte, vert : sauvages, bleu lignées sous exprimant le même gène, ayant une conductivité hydraulique plus faible.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) EHLERT C., MAUREL C., TARDIEU F., SIMONNEAU T., 2009. – Aquaporin-mediated reduction in maize roothydraulic conductivity impacts cell turgor and leaf elongation even without changing transpiration. Plant Physiol.**:** DOI 10.1104. pp.1108.131458

(2) MULLER B., BOURDAIS G., REIDY B., BENCIVENNI C., MASSONNEAU A., CONDAMINE P., ROLLAND G., CONEJERO G., ROGOWSKY P., TARDIEU F., 2007. – Association of specific expansins with growth in maize leaves is maintained under environmental, genetic, and developmental sources of variation. Plant Physiology **143,** 278-290

(3) PARENT B., HACHEZ C., REDONDO E., SIMONNEAU T., CHAUMONT F., TARDIEU F., 2009. – Drought and abscisic acid effects on aquaporin content translate into changes in hydraulic conductivity and leaf growth rate: A trans-scale approach. Plant Physiol. **149,** 2000-2012.

(4) SADOK W., NAUDIN P., BOUSSUGE B., MULLER B., WELCKER C. TARDIEU F., 2007. – Leaf growth rate per unit thermal time follows QTL-dependent daily patterns in hundreds of maize lines under naturally fluctuating conditions. Plant Cell and Environment **30,** 135 – 146

(5) WELCKER C., BOUSSUGE B., BENCIVENNI C., RIBAUT J-M., TARDIEU F., 2007. – Are source and sink strengths genetically linked in maize plants subjected to water deficit ? A QTL study of the responses of leaf growth and of Anthesis-Silking Interval to water deficit. Journal of Experimental Botany **58,** 339-349.