

# Propagation non linéaire d'une bulle d'embolie dans le réseau hydraulique des feuilles

Bienaimé Diane<sup>1</sup> & Marmottant Philippe<sup>1</sup>

Laboratoire Interdisciplinaire de Physique  
diane.bienaime@univ-grenoble-alpes.fr

Les motifs complexes des veines qui ornent les feuilles des plantes terrestres sont parmi les plus importants en biologie. Ils conduisent la sève du tronc ou de la tige jusqu'au mésophyle, où la feuille génère par évaporation des dépressions très fortes à l'origine de la montée de la sève dans l'arbre. La sève coule alors dans ce réseau hydraulique sous des pressions négatives, allant jusqu'à moins 200 bars. Dans ces conditions, l'eau est dans un état métastable et peut caviter. L'apparition d'une bulle, appelée embolie, coupe l'approvisionnement en sève et provoque à terme la mort de la feuille. Comprendre la façon dont les plantes protègent leur réseau contre la rupture hydraulique a d'importantes conséquences, tant écologiques qu'en bioingénierie.

Une nouvelle méthode optique nous permet d'observer directement et facilement l'évolution dynamique de l'embolie dans des feuilles fraîchement prélevées et soumises à un stress hydriques. En caméra rapide, nous avons pu mettre en évidence que cette embolie n'est pas continue, contrairement au taux d'évaporation qui est à l'origine du phénomène. En effet, les événements d'invasion par l'air sont brutaux et suivis d'une période de latence.

En réalité, le réseau des veines de la feuille, s'il semble d'un seul tenant à l'œil nu, se constitue d'une multitude de courts canaux, appelés trachéides, reliés entre eux par des valves microscopiques, les ponctuations. En fonctionnement normal, les ponctuations permettent le passage de la sève. En présence d'une bulle, elles empêchent la propagation d'air d'une trachéide à l'autre grâce à leur très petit diamètre. Cependant, quand la différence de pression entre deux trachéides excède celle nécessaire au passage du ménisque à travers la ponctuation, l'air se propage.

Est-ce que ce comportement à seuil des ponctuations dû à la loi de Laplace suffit à expliquer l'évolution par à-coups de l'embolie ?

Pour répondre à cette question, nous avons simulé la propagation à l'aide d'un modèle simple. En utilisant l'analogie électrique, nous assimilons chaque trachéide à une résistance couplée à une capacité afin de modéliser l'élasticité des canaux. Nous lui associons un volume d'eau initialement égal au volume du canal relaxé, et un volume d'air initialement nul. Les ponctuations reliant deux canaux sont des résistances tant que ces canaux comportent de l'eau. Quand l'un d'eux est rempli d'air, la ponctuation se comporte comme un interrupteur ouvert. Si la différence de tension à ses bornes excède le seuil défini par la loi de Laplace, elle permet le passage de l'air.

À terme, nous testerons la résistance à l'embolie des différentes architectures observées dans les feuilles. Nous comparerons ces résultats aux expériences réalisées sur les feuilles naturelles. Cette étude de la dynamique de l'embolie permettra de mieux comprendre son impact sur la perte de fonctionnalité de la feuille.