

L'arbre comme un aqueduc



16



Il est midi, par une belle journée ensoleillée de juillet. Le thermomètre indique 32°C, et pas une goutte d'eau n'est tombée depuis plusieurs semaines. Des halos de chaleur tremblotent au-dessus des voitures stationnées et votre gazon vire décidément au jaune. Pourtant, devant votre maison, un magnifique érable ne semble pas souffrir de la chaleur. D'ailleurs, à bien y regarder, tous les arbres de la rue ont l'air de l'ignorer totalement, leur feuillage conservant un vert insolent.

Pourtant, tout organisme vivant a besoin d'eau pour vivre, et les arbres sont loin d'y échapper. Quel est donc leur secret avantage sur le gazon? Quelles adaptations, développées au fil de leur évolution, leur ont permis

de coloniser tous les recoins du monde, des déserts arides aux montagnes les plus ingrates, mais aussi des marécages boueux aux bords de lac détrempés? Car il en va de l'eau comme de tout: il n'en faut pas trop... Le mouvement de l'eau dans les arbres, voilà l'énigme qui a fait sécher les chercheurs pendant des années.

Sans eau, il n'y aurait pas de vie sur terre, ou du moins, pas celle que nous connaissons. Chose certaine, il n'y aurait pas d'arbres. Pour vivre et se développer, ceux-ci utilisent des mécanismes physiologiques complexes comme la germination, la photosynthèse, la croissance ou encore l'absorption des éléments minéraux du sol, mécanismes qui ont tous en commun d'exiger de grandes quantités d'eau. En période estivale, le gros érable devant votre maison doit transporter jusqu'à 200 litres d'eau par heure de ses racines à ses feuilles.

Car si les arbres parviennent à tirer toute cette eau du sol, un autre défi se présente immédiatement à eux. Ils doivent pomper à des hauteurs impressionnantes, voire improbables (près de 150 mètres pour les eucalyptus, en Australie), cette ressource essentielle au fonctionnement des feuilles.

Tuyauterie modulable

L'arbre est en fait un réseau complexe d'aqueducs naturels, assez comparable à ceux de nos villes. Tout comme le font les services municipaux, les arbres doivent constamment s'adapter à la demande d'eau des consommateurs exigeants que sont les feuilles.

17



Les arbres puisent l'eau dans le sol par leurs plus petites racines, aussi appelées **radicelles**. Mais une grosse partie du travail est accomplie par de petits champignons, les **mycorhizes**, qui colonisent les radicelles. Ils sont indispensables à la survie de la plupart des arbres : l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs est grandement facilitée par les minuscules filaments des champignons, les **hyphes**, qui explorent et exploitent un grand volume de sol en restant reliés aux racines des arbres. Dans la nature, le volume qu'occupent racines, radicelles et mycorhizes équivaut à celui de l'ensemble des feuilles ! Voilà qui confère un avantage certain aux arbres sur le gazon, dont les racines sont confinées aux 10 premiers centimètres de sol.

18
◆◆◆◆

Une fois dans les racines, l'eau continue son parcours par de petits vaisseaux que l'on trouve dans le **bois d'aubier**. L'aubier se trouve directe-

ment sous l'écorce, dans les premiers 5 à 15 cm du tronc. Véritable éponge, c'est le tissu vivant qui achemine l'eau vers les feuilles, alors que le bois de cœur, ou **duramen**, est la partie morte du tronc, qui ne sert plus qu'à soutenir l'arbre. Une fois arrivé dans la cime de l'arbre, l'aubier se divise entre les



multiples branches et rameaux afin d'aller irriguer les feuilles, et donc de permettre à tous les consommateurs, même aux plus éloignés, de recevoir sa juste ration.

La pompe secrète

Maintenant que nous connaissons mieux le chemin emprunté par l'eau, nous pouvons nous intéresser à ce qui la fait voyager. Un temps, les chercheurs ont pensé que l'eau absorbée par les racines était poussée par celles-ci jusqu'aux feuilles. Mais on s'est vite aperçu que si ce phénomène est bien réel (on l'appelle « poussée racinaire »), il ne pouvait à lui seul acheminer l'eau qu'à une hauteur de trois mètres... nettement insuffisant pour atteindre le sommet de la plupart des arbres. Pour comprendre l'opération, il a fallu s'intéresser à ce qui se passait dans les feuilles.

19
◆◆◆◆

Les feuilles transpirent. Beaucoup. Le feuillage d'un seul arbre rend assez d'eau en une journée pour remplir au moins dix baignoires, et ce, sans aucune dépense d'**énergie métabolique**. Ce tour de force repose sur la différence de pression entre l'intérieur des **stomates**, ces pores situés sous les feuilles, et l'extérieur de la feuille, autrement dit l'atmosphère. Pendant la journée, la feuille dissipe la chaleur qu'elle reçoit en évaporant l'eau contenue entre ses cellules. La vapeur d'eau sous pression ne demande qu'à sortir et en profite lorsque la feuille ouvre ses stomates pour capter le gaz carbonique (CO₂) dont elle a besoin pour la photosynthèse. Ce transfert d'eau de la feuille vers l'atmosphère, l'**évapotranspiration**, crée

une perte pour le feuillage. Pour la compenser, les feuilles aspirent l'eau renfermée dans le tronc, qui aspire à son tour celle des racines et, donc, celle que contenait le sol.

Il existe des situations où la demande dépasse la capacité du système à fournir l'eau nécessaire. L'heure est alors au rationnement. En cas de sécheresse, on demande aux citoyens de ne pas arroser leur pelouse, de ne pas laver leur voiture ou même de limiter le temps passé sous la douche. Pour un arbre, le rationnement se fait par les feuilles, qui ferment partiellement ou totalement leurs stomates. Cette économie d'eau a un coût, puisqu'elle diminue l'activité de photosynthèse, qui a besoin du CO_2 atmosphérique. Si la carence en eau est trop importante ou trop longue, l'arbre inévitablement perdra de sa vigueur. On voit alors souvent quelques branches mortes dans la cime de l'arbre.

C'est le paradoxe de l'eau et du carbone chez la plante. Pour capter le carbone nécessaire à leur survie, les plantes doivent ouvrir leurs stomates. Mais plus ils ouvrent leurs stomates, plus ils perdent de l'eau. Ce principe est vrai pour toutes les plantes, sauf les cactus, qui ont développé un mécanisme qui leur permet de capter leur carbone dans la fraîcheur de la nuit et donc de minimiser les pertes en eau le jour. Mais c'est là une autre histoire...



Économe comme un chêne ?

Il existe chez les arbres des gaspilleurs et des économes. Les premiers s'installeront toujours là où les ressources en eau sont abondantes, car ils ne performeront que très mal là où elles se font plus rares. Ces gaspilleurs sylvestres, comme le saule, l'érable argenté ou le frêne noir, se trouvent souvent le long des cours d'eau ou dans les milieux inondables. Dans ces zones, ils domineront rapidement les autres espèces, mais gare à la sécheresse prolongée !

À l'inverse, les économes, parmi lesquels on trouve les pins et les chênes, ressemblent à ces villes du Moyen-Orient qui ont poussé presque en plein désert. Ils contrôlent très bien l'ouverture de leurs stomates pour minimiser la perte d'eau par les feuilles. Leur système racinaire est bien développé, efficace et profond, ce qui leur permet d'aller chercher l'eau là où elle se trouve. Leur croissance est plutôt lente, mais ces arbres peuvent survivre avec très peu d'eau. On les trouve souvent sur des caps rocheux, milieu qu'ils dominent calmement, presque sans compétition.

Dans les régions où la disponibilité en eau est entrecoupée de périodes de sécheresse, l'une des stratégies sera de perdre ses feuilles pour réduire la demande. Une autre possibilité sera d'augmenter la production racinaire pour augmenter l'offre quand la demande s'accroît.

*Christian Messier, Sylvain Delagrange
et Frank Berninger*

Écophysologie des arbres

Pour mieux comprendre comment les arbres se sont adaptés à leur milieu et ont pu coloniser une telle diversité de milieux, les chercheurs ont dû combiner deux champs de pratique scientifique : la physiologie et l'écologie. La physiologie fournit les bases nécessaires à la compréhension des mécanismes qui se produisent à petite échelle, comme celle de la feuille. L'écologie permet, elle, d'expliquer comment ces différents mécanismes permettent à une espèce de mieux se comporter dans tel ou tel habitat.

Fruit de ces deux approches, l'écophysologie est une science jeune qui utilise entre autres l'outil informatique. Grâce à la quantité grandissante d'informations connues sur la physiologie des arbres, les chercheurs développent des modèles de plus en plus précis qui permettent même de reproduire la croissance d'un arbre virtuel dans des conditions environnementales variées. On peut ainsi faire pousser un arbre ayant les feuilles d'un gaspilleur d'eau comme le frêne, mais la structure et la forme d'un économe comme le chêne. Tout cela permet de mieux comprendre comment ces différents mécanismes et structures agissent pour assurer la survie des arbres.

