



Sciences et technologies

LES MYCORHIZES, LES ALLIÉES DES TOITS VERTS

Crédit photo : chuttersnap

Antoine Hénault

Étudiant à la maîtrise

Institut de recherche en biologie végétale, Université de Montréal

Les villes ont toujours été des pôles d'attraction en raison de la proximité des services, des opportunités d'emplois et de l'ébullition de la vie culturelle. Cependant, les milieux urbains font face à de nombreux défis, causés par l'arrivée d'une population de plus en plus importante et par la perte de couverture végétale, remplacée par des surfaces stériles imperméables.

En raison de la faible proportion de couvertures végétales, les villes doivent composer avec des phénomènes d'îlots de chaleur et des concentrations élevées de polluants atmosphériques (smog). Ces problématiques induisent un plus haut taux de mortalité

et des pertes économiques importantes dues à l'augmentation des dépenses pour les soins de santé et la diminution de la productivité. Avec l'augmentation des vagues de chaleur prévue pour les prochaines années, ce phénomène ira en s'amplifiant. Un autre problème auquel sont confrontées les villes est la gestion des eaux. Puisque la majorité des surfaces dans ces milieux sont maintenant imperméables (routes, stationnement, toits traditionnels, etc.), les risques d'inondations augmentent de même que les possibilités de surcharges dans les usines de traitement des eaux qui contraignent les autorités à rejeter d'importants volumes d'eaux usées dans les cours d'eau avoisinants.

Les toits, des habitats à exploiter

En quête de solutions, les dirigeant.e.s, gestionnaires et professionnel.le.s de l'aménagement doivent œuvrer à rendre les villes plus sécuritaires, durables et résilientes. Parmi ces solutions figurent les toits verts, dont le nombre est en croissance dans le paysage urbain. Sous de nombreuses juridictions, dont au Québec, plusieurs incitatifs sont mis en place pour encourager l'aménagement de ceux-ci, car ils offrent une panoplie de bénéfices, à la fois sur le plan privé et public (Shafique, Kim et Rafiq, 2018). Les toits verts représentent une solution au problème des îlots de chaleur en augmentant la couverture végétale dans les villes. De plus, en améliorant l'isolation thermique des édifices, les systèmes de climatisation sont moins sollicités, diminuant à la fois leur rejet de chaleur, les demandes énergétiques, les émissions de GES des centrales électriques et d'importantes économies d'argent des utilisateur.rice.s sont ainsi permises. Ces technologies vertes ont aussi la capacité de

capturer directement des polluants atmosphériques, tels que le dioxyde de carbone, les oxydes nitreux et le dioxyde de soufre. En absorbant une bonne proportion des précipitations dans le substrat ou dans les plantes, en retournant dans l'atmosphère une partie des précipitations par évapotranspiration et en retardant le pic d'écoulement de l'eau pluviale non retenu par les toits, ces infrastructures permettent de s'attaquer à la problématique de gestion des eaux en diminuant la pression imposée sur ses centres. De plus, les membranes des toits se trouvent davantage protégées des rayons UV et des fluctuations extrêmes de température, augmentant leur durée de vie d'un minimum de 40 à 50 ans, comparativement à 10 ou 20 ans pour les toits traditionnels. D'autres particularités des toits verts sont la diminution de la pollution sonore, l'amélioration de l'esthétisme du paysage urbain, entraînant des bienfaits psychologiques, et la possibilité de pratiquer l'agriculture urbaine. Des analyses tenant compte des coûts et des bénéfices économiques, environnementaux et sociaux ont démontré que les toits verts sont un choix durable et un investissement à faibles risques, avec moins de 1 % de risque par rapport à ses coûts (Bianchini et Hewage, 2012).



Figure 1. Toits verts de l'île de Montréal : a) Collège Jean-de-Brébeuf, b) Centre de distribution de la SAQ, c) Santropol roulant et d) Musée Pointe-à-Callière

Les mycorhizes pour affronter la sécheresse

Les bénéfiques varient selon les espèces végétales présentes dans ces environnements (Lundholm, Tran et Gebert, 2015). Cependant, le choix d'espèces à y planter est restreint en raison de l'occurrence de la sécheresse, défi majeur pour la santé des toits verts extensifs (c'est-à-dire les toits avec des substrats de moins de 15 cm d'épaisseur). Actuellement, l'industrie s'est principalement orientée vers la sélection d'espèces succulentes, surtout du genre *Sedum*, bien connues pour leur tolérance à la sécheresse. Cependant, l'utilisation d'autres plantes, plus grandes, par exemple des Poacées ou des Astéracées, aurait davantage d'effets bénéfiques sur quelques fonctions écosystémiques (Lundholm, Tran et Gebert, 2015). Il est en effet reconnu que plus une communauté végétale est diversifiée, plus elle fournit une variété de services écosystémiques, souvent beaucoup plus efficacement que les mêmes espèces cultivées en monoculture (Lundholm et al., 2010). Ainsi, on aurait tout avantage à développer des stratégies pour augmenter la diversité végétale des toits verts.

Mais pourquoi de nombreuses espèces non succulentes ont-elles autant de difficulté à croître sur les toits verts, alors qu'elles croissent dans des habitats similaires en milieu naturels ? Les toits verts sont des habitats nouveaux et plusieurs variables importantes pour la tolérance aux stress des plantes n'y sont pas prises en considération, telles que les caractéristiques du sol et les communautés microbiennes. L'une de ces communautés vitales pour la croissance d'une majorité d'espèces de plantes, et spécialement en condition de sécheresse, sont les champignons mycorhizes arbusculaires (Jayne et Quigley, 2014). En effet, ces derniers forment des associations symbiotiques avec plus de 75 % des espèces végétales. Par contre, les substrats de toits verts les plus communément utilisés ont généralement une faible activité microbienne et mycorhizienne, ce qui peut constituer un obstacle majeur à la croissance de plantes, contrairement à bon nombre d'espèces du genre *Sedum* qui seraient peu dépendantes de ces organismes. Les espèces qui s'associent avec les mycorhizes dépendent souvent de ces organismes dans des environnements arides ou pauvres en nutriments, comme les toits verts. C'est pourquoi il est crucial de porter une attention particulière aux mycorhizes sur les toits verts et de réfléchir sur la possibilité de procéder à leur inoculation.

Ces champignons colonisent les racines de leur plante hôte et étendent des filaments (hyphes) dans le sol pour y puiser des nutriments et de l'eau répartis entre leur propre métabolisme et celui de leur hôte, qui leur

fournira en échange des sucres et des lipides. Divers mécanismes sont impliqués dans l'amélioration de la tolérance à la sécheresse des plantes par les mycorhizes. Ces derniers permettent entre autres une acquisition d'eau par les hyphes, de sources inaccessibles aux racines, une régulation hormonale et une augmentation de l'activité antioxydante, réduisant les effets négatifs de molécules oxydantes produites par les plantes en conditions de stress (Ruiz-Lozano et al., 2012).

Une plus grande diversité pour une meilleure fonctionnalité

L'effet des mycorhizes sur la croissance des plantes des toits verts, mais aussi sur les fonctions écosystémiques de ces habitats, est encore très peu connu. Toutefois, dans des conditions de sécheresse, nous savons que la performance des plantes s'en voit améliorée (Jayne et Quigley, 2014). Alors que la sécheresse est le stress majeur auquel font face les plantes sur les toits verts, une meilleure gestion des communautés de mycorhizes a le potentiel de permettre à une plus grande variété d'espèces végétales de persister dans ces environnements.

En permettant une meilleure intégration de plantes s'associant avec les mycorhizes, cela diminuerait la dépendance des toits verts pour les *Sedum sp.*, lesquels se sont montrés moins performants que d'autres groupes fonctionnels de plantes (graminées ou grandes herbacées comme *Solidago bicolor*) pour l'isolation thermique et la rétention hydrique (Lundholm, Tran et Gebert, 2015). Par leur métabolisme adapté aux conditions de sécheresse, les *Sedum sp.* ont un plus faible taux de transpiration que la majorité des espèces de plantes. Or, c'est entre autres cette transpiration qui permet aux toits verts de réduire les besoins en climatisation des bâtiments et qui aide à combattre les îlots de chaleur en ville. Par ailleurs, les plantes succulentes seraient aussi moins efficaces que d'autres types de plantes pour capter des polluants atmosphériques, tels que le CO₂ et NO₂ (Rowe, 2011).

Certains résultats d'études suggèrent que les toits verts peuvent stocker de bonnes quantités de carbone, mais que ceux possédant des plantes de type *sedum*, qui contenaient 4,67 kg C m⁻² après 3 saisons de croissance, seraient moins efficaces que d'autres avec une plus grande diversité, qui contenaient jusqu'à 65,25 kg C m⁻² (Whittighill et al., 2014). Les toits verts ont donc le potentiel de restaurer une fraction de cette fonction écosystémique fortement perdue dans les milieux urbains. Bien que ces résultats proviennent

d'un échantillon restreint, l'impact de la diversité végétale sur les toits quant au stockage de carbone a souvent été corroboré par des études en milieux naturels, lesquels démontrent la corrélation positive entre stockage de carbone et diversité végétale. En effet, ce stockage pourrait être accentué de plus de 20 % avec une richesse végétale élevée (>16 espèces) comparativement à un habitat sous les mêmes conditions, mais avec une faible richesse (<4 espèces) (Lange et al., 2015).

Installés à grande échelle, les toits verts ont aussi le potentiel de réduire l'effet d'îlot de chaleur (Shafique, Kim et Rafiq, 2018). Une meilleure intégration des mycorhizes a le potentiel d'améliorer la performance de ce service par leur capacité à induire une meilleure croissance des plantes et en rendant possible, comme suggéré précédemment, l'implantation d'une plus grande diversité végétale. Une productivité plus élevée, une meilleure couverture végétale, une réflectance et une évapotranspiration améliorées permettraient une diminution de la température ambiante et une meilleure isolation thermique, c'est-à-dire une diminution de l'utilisation de systèmes de climatisation qui contribuent au phénomène d'îlot de chaleur (Cook-Patton et Bauerle, 2012).

Les bénéfices générés par une meilleure intégration des mycorhizes ne sont qu'un aperçu du potentiel de ces organismes. En effet, de nombreuses études ont déjà observé une corrélation entre biodiversité et fonctionnalité des écosystèmes en milieux naturels et anthropiques, et ce, même sur des toits verts (e.g. Lundholm et al., 2010).

Bien plus que des alliées à la diversité

Les bénéfices des mycorhizes sur la performance des toits verts ne sont pas qu'indirects via leurs effets sur les communautés végétales. En permettant une meilleure stabilité des agrégats du sol par l'action des hyphes et d'exsudats, la séquestration du carbone s'en trouve améliorée. En effet, des agrégats plus stables ont moins de risque d'être dégradés par les microorganismes du sol et donc de libérer du CO₂ dans l'atmosphère. L'utilisation de plantes succulentes non-mycorhizés pourrait donc limiter le stockage du carbone. Les mycorhizes améliorent aussi la structure du sol directement en améliorant la rétention de l'eau dans les micropores du sol (Ruiz-Lozano et al., 2012), donc la rétention hydrique du toit. Les résultats concernant l'effet des toits verts sur la qualité de l'eau de ruissellement sont contradictoires, puisque des fertilisants y sont souvent utilisés pour palier les faibles concentrations en nutriments des substrats. Comme les mycorhizes permettent une meilleure rétention des nutriments, surtout du phosphore, l'utilisation de fertilisants pourrait être réduite. La qualité de l'eau de ruissellement s'en verrait positivement affectée.

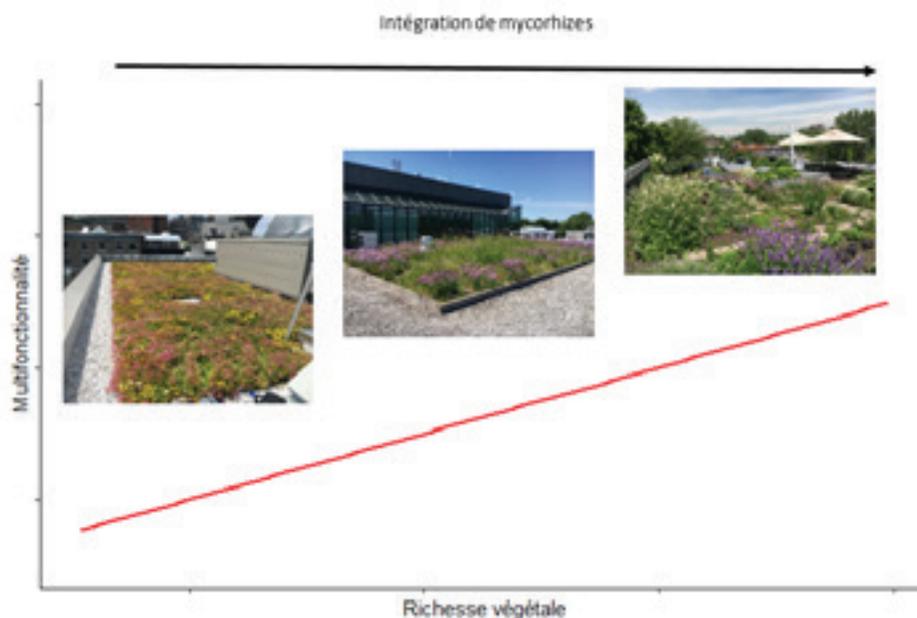
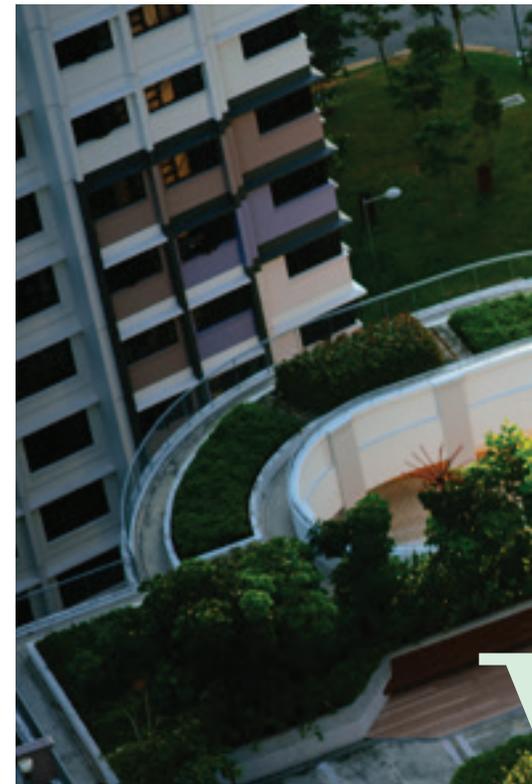


Figure 2. Corrélation entre diversité d'espèces et multifonctionnalités retrouvée dans de nombreux écosystèmes, dont les toits verts, et effet de l'intégration de mycorhizes sur la diversité végétale. Source : Lundholm et al., 2010



Vers des toits verts plus performants

Pour améliorer la performance des toits verts, l'augmentation de la diversité de plantes est rendue possible grâce à l'intégration de plantes normalement mycorhizées qui permettrait, en outre, une amélioration des fonctions écosystémiques. Plusieurs de ces fonctions sont directement liées à la lutte aux changements climatiques, soit la séquestration du carbone et des polluants atmosphériques, l'isolation thermique ainsi que la diminution de l'effet d'îlot de chaleur. Afin de favoriser la résilience des villes face aux changements climatiques, il est essentiel de mieux comprendre les interactions symbiotiques sur les toits verts et de considérer davantage le microbiome des substrats de croissance dans leur gestion.

RÉFÉRENCES

Shafique, M., Kim, R. et Rafiq, M. (2018). Green roof benefits, opportunities and challenges – A review., *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*, 90, 757–773. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.006>

Bianchini, F. et Hewage, K. (2012). Probabilistic social cost-benefit analysis for green roofs: A lifecycle approach., *Building and Environment.*, 58, 152–162. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.07.005>

Lundholm, J., Tran, S., Gebert, L. (2015). Plant functional traits predict green roof ecosystem services., *Environmental Science and Technology.*, 49, 2366–2374. <https://doi.org/10.1021/es505426z>

Lundholm, J., MacIvor, J.S., MacDougall, Z., Ranalli, M. (2010). Plant species and functional group combinations affect green roof ecosystem functions., *PLoS One.*, 5(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009677>

Jayne, B., Quigley, M. (2014). Influence of arbuscular mycorrhiza on growth and reproductive response of plants under water deficit: a meta-analysis., *Mycorrhiza.*, 24, 109–119. <https://doi.org/10.1007/s00572-013-0515-x>

Ruiz-Lozano, J. M., Porcel, R., Bázquez, G., Azcón, R. et Aroca, R. (2012). Contribution of arbuscular mycorrhizal symbiosis to plant drought tolerance: state of the art. Dans Aroca, R. (2012) *Plant responses to drought stress* (pp. 335–362). Berlin: Springer-Verlag.

Rowe, D.B. (2011). Green roofs as a means of pollution abatement., *Environmental pollution.*, 159, 2100–2110. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.10.029>

Whittinghill, L.J., Rowe, D.B., Schutzki, R., Cregg, B.M. (2014). Quantifying carbon sequestration of various green roof and ornamental landscape systems. *Landscape and Urban Planning.*, 123, 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.015>

Lange, M., Eisenhauer, N., Sierra, C.A., Bessler, H., Engels, C., Griffiths, R.I., Mellado-Vázquez, P.G., Malik, A.A., Roy, J., Scheu, S., Steinbeiss, S., Thomson, B.C., Trumbore, S.E., Gleixner, G. (2015). Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. *Nature Communications*, 6, <https://doi.org/10.1038/ncomms7707>

Cook-Patton, S.C., Bauerle, T.L. (2012). Potential benefits of plant diversity on vegetated roofs: A literature review., *Journal of environmental management.*, 106, 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.04.003>



Crédit photo : chuttersnap

VERTS