

L'arbre urbain, une solution face à la surchauffe des villes : comportement écophysologique, modélisation microclimatique, potentiel de rafraîchissement et résilience aux stress thermique et hydrique

A l'heure de l'Anthropocène, les espaces urbains constituent des espaces fortement artificialisés, propices aux surchauffes, et dans lesquels l'eau est une ressource précieuse. La désimperméabilisation et la revégétalisation des villes apparaissent alors comme des Solutions fondées sur la Nature (SfN) permettant d'atténuer les effets néfastes de cette artificialisation (Carlyle-Moses et al., 2020). Les arbres urbains sont de plus en plus utilisés dans l'aménagement dense pour les services écosystémiques associés (ombrage, rafraîchissement de l'air via la transpiration, captation du carbone, gestion des eaux pluviales, recharge des nappes) (Lüttge & Buckeridge, 2023). Toutefois, ils font face à des contraintes environnementales fortes (îlot de chaleur urbain, rayonnement réfléchi par le bâti, pollution, faible profondeur et surface de sol...) réduisant leurs performances et les services associés. Le potentiel des arbres en ville comme SfN est immense (Mantova et al., 2024) mais les études sur leur fonctionnement et l'impact du stress thermique et hydrique dans ces « nouveaux écosystèmes » sont encore peu nombreuses (Percival, 2023). En effet, des stress trop importants pourraient réduire les effets bénéfiques attendus de ces aménagements (Haase & Hellwig, 2022).



Arbre en ville. Vue d'artiste

Cette thèse interdisciplinaire (microclimatologie et thermique, écologie, hydrologie urbaine) a pour but de mieux comprendre le fonctionnement hydrique des arbres en villes, notamment vis-à-vis de ses interactions avec les éléments bâtis et d'aménagement urbain, pour pouvoir mieux comprendre et prédire son pouvoir rafraîchissant en période de forte chaleur, et favoriser le service microclimatique qu'il peut rendre en fonction de sa localisation et de son accès à l'eau (modes d'irrigation, apport de ruissellement urbain). Un point d'intérêt du projet est notamment de comprendre comment les conditions microclimatiques (en particulier induites par les interactions arbre/arbre ou arbre/bâtiment ou modifiées par

l'être humain (Tams et al, 2023)) peuvent favoriser ou inhiber la résilience des arbres urbains pendant les périodes critiques de stress thermique et/ou hydrique. Les approches envisagées combinent à la fois l'expérimentation et la modélisation :

- développement et étalonnage de capteurs (en particulier capteurs de sève)
- mesures écophysologiques et d'évapotranspiration
- suivi d'arbres et notamment d'arbre de pluie en milieu urbain
- mesures microclimatologiques et mesures hydriques (teneur en eau, niveaux piézométriques)
- modélisation de l'effet rafraîchissant des arbres en milieu urbain - développement/ renforcement de modèles et benchmarks

Deux lieux d'études sont envisagés :

- Le « carré magique » situé sur le campus de l'INSA qui permettra de développer et éprouver la méthodologie. Ce parc urbain arboré est ouvert sur le campus au Sud et entouré de trois résidences étudiantes sur ses autres orientations. Il comporte de nombreux arbres mais seulement deux espèces, ce qui permet de mener une étude sur l'influence des variations microclimatiques dues aux différences des ombrages des arbres entre eux ou avec les bâtiments sur leur résistance en période de stress thermique.
- Un site instrumenté de la métropole de Lyon pour appliquer la méthodologie sur un site urbain plus caractéristique de la métropole (rue Garibaldi, arbres de pluie).

La thèse sera accompagnée financièrement par différents projets en cours dans les trois laboratoires de recherche impliqués.

Disciplines : microclimatologie urbaine ; biométéorologie, transferts thermiques ; hydrologie ; écologie, instrumentation ; modélisation.

Encadrants : Frédéric Lefèvre (Directeur de thèse, [CETHIL](#)), Antoine Vernay ([LEHNA](#)), Jérémie Bonneau ([DEEP](#))

Et avec la participation de Lucie Merlier (CETHIL), Frédéric Cherqui (DEEP)

Contacts : frederic.lefevre@insa-lyon.fr ; antoine.vernay@univ-lyon1.fr ; jeremie.bonneau@insa-lyon.fr

Profil recherché

Ingénieur ou Master 2 avec des connaissances en transferts thermiques. Des connaissances en écologie végétale et/ou hydrologie urbaine ne sont pas obligatoires mais seraient un plus apprécié.

Goût pour le travail expérimental, la simulation numérique et la modélisation mathématique

Curiosité, Capacité à travailler et progresser en autonomie

Capacité à dialoguer avec des chercheurs de plusieurs disciplines (écologie, hydrologie, thermique, sciences humaines et sociales...)

Lieu : le/la doctorant.e sera localisé.e dans les bureaux du CETHIL ou DEEP, à Villeurbanne, sur le campus de l'INSA Lyon.

Rémunération : suivant règlementation en vigueur (~2100 € brut / mois).

Collaborations scientifiques :

La thèse s'effectuera dans le cadre du living-lab Anthares du PEPR Solubiod (<https://www.pepr-solubiod.fr/>). Le/la doctorant.e rejoindra ainsi un groupe de thèses multidisciplinaires sur les SfN en ville. En particulier :

- Articulation avec deux autres thèses sur le fonctionnement de la Solution Fondée sur la Nature « arbre (de pluie) » dans son écosystème urbain et services rendus : DEEP (Hydrologie et infiltration dans le sol) et LEM (Processus écologiques et biologiques du complexe sol-arbre)
- Métropole du Grand Lyon, Services « Espaces Verts », « Eau » et « Innovation » : mise à disposition des sites expérimentaux et datas, enjeux opérationnels

Références :

Carlyle-Moses, D. E., Livesley, S., Baptista, M. D., Thom, J., & Szota, C. (2020). Urban Trees as Green Infrastructure for Stormwater Mitigation and Use. In D. F. Levia, D. E. Carlyle-Moses, S. Iida, B. Michalzik, K. Nanko, & A. Tischer (Éds.), *Forest-Water Interactions* (p. 397-432). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26086-6_17

- Haase, D., & Hellwig, R. (2022). Effects of heat and drought stress on the health status of six urban street tree species in Leipzig, Germany. *Trees, Forests and People*, 8, 100252. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2022.100252>
- Lüttge, U., & Buckeridge, M. (2023). Trees : Structure and function and the challenges of urbanization. *Trees*, 37(1), 9-16. <https://doi.org/10.1007/s00468-020-01964-1>
- Mantova, M., Johnson, D. M., Antebi, J., Beery, S., Blumstein, M., Cohen, R., Defavari, F., Feng, X., Feuer, E., Gersony, J., Hammond, W. M., John, G., Marchin, R. M., Mau, Y., Miller, B., Nibbelink, C., Ossola, A., Paquette, A., Rademacher, T., ... Preisler, Y. (2024). Monitoring urban trees across the world : Report from the Urban Trees Ecophysiology Network (UTEN) inaugural workshop. *New Phytologist*, 242(5), 1881-1885. <https://doi.org/10.1111/nph.19621>
- Percival, G. C. (2023). Heat tolerance of urban trees – A review. *Urban Forestry & Urban Greening*, 86, 128021. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128021>
- Tams, L., Paton, E. N., & Kluge, B. (2023). Impact of shading on evapotranspiration and water stress of urban trees. *Ecohydrology*, 16(6), e2556.