

Solutions fondées sur la nature pour le rafraîchissement urbain : développement de capteurs pour étudier la performance effective des arbres

Porteur : Frédéric LEFEVRE

Laboratoire : CETHIL

Nature du financement demandé : Stage de M2

Montant de la demande de financement : 3600 euros

Résumé : Ce stage a pour but la conception et la réalisation d'un prototype de capteur de flux de sève autonome et à faible coût - ainsi que le banc de calibration associé - dans l'optique de pouvoir le produire en série pour instrumenter un grand nombre d'arbres urbains. En effet, ce stage constitue une brique importante d'une thématique de recherche plus large qui a pour but d'étudier la performance des solutions de rafraîchissement urbain fondées sur la nature (SFN) et leur résilience face au changement climatique. La mesure du flux de sève est un paramètre essentiel pour quantifier la transpiration d'une plante qui peut atteindre deux fois son poids pendant les journées d'été ; elle est par ailleurs fortement corrélée aux conditions climatiques. La transpiration permet à la plante de se maintenir à une température compatible avec son métabolisme et elle est nécessaire à la photosynthèse. Si la plante ne peut pas prélever la quantité d'eau dont elle a besoin, elle ralentit sa transpiration et donc sa croissance. La mesure du flux de sève est donc également un paramètre d'intérêt pour mesurer le stress de l'arbre dû à la sécheresse ou à des épisodes caniculaires.

Sujet développé :

Ce projet s'inscrit dans la problématique de l'adaptation au changement climatique des milieux urbains, basée sur les solutions fondées sur la nature (SFN). En effet, les enjeux énergétiques, économiques et sanitaires liés aux surchauffes urbaines - induites par l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des vagues de chaleur et par l'effet d'îlot de chaleur urbain, mais également les problèmes de gestion des eaux pluviales, induits par l'augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes et l'imperméabilisation des sols - remettent au premier plan la nécessité de réintégrer « la nature » en ville, notamment par des solutions de rafraîchissement urbain fondées sur la nature afin d'adapter les villes à ces changements et les rendre plus résilientes. L'utilité des SFN dépasse largement leur rôle climatique : elles apportent aux usagers humains, par leur qualité paysagère, des espaces de loisirs, de détente, de rencontres, de lien social, etc. Elles ont également de nombreux aspects environnementaux positifs pour la ville (ambiances sonores, dépollution des sols, stockage de carbone, etc.). Les co-bénéfices des SFN concernent également les usagers non humains de la ville, hôte d'une riche biodiversité, en favorisant le développement d'écosystèmes favorables à la résilience des milieux biotiques. Cependant, les performances thermiques et écosystémiques des SFN dépendent réciproquement de leur possibilité de développement et de leur état, qui dépendent eux-mêmes des propriétés du lieu, et notamment des conditions microclimatiques urbaines et des usages locaux, de la disponibilité des ressources en eau, de la qualité des sols et de la composition de la biodiversité locale. Il est donc important d'étudier les relations entre les SFN (les arbres dans ce projets) et leur environnement urbain, et de donc de développer les outils de mesure adaptés pour cet objectif, ce qui est au cœur de ce stage.

Plusieurs méthodes existent pour mesurer le flux de sève, mais la technique la plus simple à mettre en œuvre est la sonde à dissipation thermique, développée par Granier [1]. Cette technique, basée sur la métrologie thermique, consiste à insérer radialement dans le bois 2 sondes cylindriques munies de capteurs de température, l'une des sondes étant munie d'une résistance chauffante. En absence de flux de sève, la différence de températures mesurée entre les deux sondes est maximale et elle diminue avec l'augmentation de celui-ci. Après étalonnage, il est ainsi possible de déterminer le flux de sève au sein du tronc.

Le coût et la consommation d'énergie des systèmes commerciaux basés sur les méthodes de flux de sève (>1000 \$ par capteur) limitent leur utilisation à des applications de laboratoire [2]. Les mesures de flux de sève peuvent cependant apporter des informations essentielles pour évaluer la santé d'un écosystème [2], mais il est nécessaire pour cela de disposer d'un grand nombre de capteurs, autonomes énergétiquement. Cela a conduit des équipes de recherche à développer leurs propres solutions pour s'affranchir des systèmes commerciaux, comme le montrent les articles récents issus de la littérature à ce sujet [2]. Ce projet s'inscrit dans cette dynamique, mais pour une application en milieu urbain.

La référence [2], servira de base pour développer ce capteur. En effet, ce travail s'inscrit dans une démarche d'open source au niveau software et hardware et donne ainsi tous les éléments pour réaliser un capteur à faible coût (~ 100 \$) et avec une bonne autonomie énergétique.

L'autre enjeu du projet concerne la calibration des capteurs. En effet, comme cela a été montré dans plusieurs études récentes [3], celle-ci peut être considérablement améliorée en développant une méthode de calibration dédiée à l'espèce d'arbre étudié. Pour cela, il est également prévu de développer dans ce projet un banc d'essais dédié à cette caractérisation. La méthode consiste à recréer artificiellement un écoulement de sève dans un échantillon en bois connecté à une solution de KCl à pression atmosphérique d'un côté et à une installation sous vide contrôlé à l'autre extrémité. La mesure du débit traversant ainsi le système permet de calibrer le capteur. D'un point métrologique, les compétences requises pour la mise en œuvre du capteur et son étalonnage sont tout à fait en adéquation avec celles du CETHIL (mesures de températures, flux de chaleur débit, pression, techniques du vide).

Références

- [1] Granier, A., 1985. Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. *Annales des sciences forestières*, INRA/EDP Sciences, 42 (2), p. 193-200.
- [2] J.Beslity, S. Shaw, B. Stephen, J.E Drake, John E., J. Fridley, J. C. Stella, J. Stark, K. Singh. A low cost, low power sap flux device for distributed and intensive monitoring of tree transpiration. *HardwareX*, 2022, vol. 12, p. e00351.
- [3] Tanaka, R., Chiu, C. W., Gomi, T., Matsuda, K., Izuta, T., & Watanabe, M. (2023). Stomatal ozone uptake of a *Quercus serrata* stand based on sap flow measurements with calibrated thermal dissipation sensors. *Science of The Total Environment*, 888, 164005.