



Figure 1. Diagram showing the different variables measured for each sample. *d*: conduit diameter, calculated from conduit area

Understanding water flux in the xylem, from seasonal dynamics to long-term variations, from xylem cell maturation to forest ecosystems

Responsable scientifique : Cyrille Rathgeber & Laura Fernández de Uña, UMR Silva

Partenaires Labex : Matthias Cuntz - Silva

Contexte — Les potentiels hydriques des feuilles et du xylème influencent directement la pression de turgescence cellulaire, qui à son tour affecte la division, l'expansion et la maturation des cellules du xylème, et donc la croissance radiale et les propriétés du bois. La conductivité hydraulique potentielle du xylème, d'autre part, dépend de la taille et du nombre de conduits, ainsi que des propriétés des ponctuations qui les relient. La formation du xylème peut donc avoir des conséquences à long terme sur les flux d'eau et de carbone dans la canopée entière. Cependant, on ignore encore comment les arbres ajustent la structure de leur xylème pour répondre aux besoins de la transpiration.

Objectifs — L'objectif de ce projet était de modéliser la dynamique intra-annuelle des flux d'eau entre la canopée et l'atmosphère en fonction de la conductivité du xylème et des conditions climatiques.

Démarche — Le projet WatFlux nous a permis d'ajouter deux années supplémentaires (2018, 2019) de données de suivi de la formation du bois à notre jeu de données actuel de trois ans (2015, 2016, 2017). Ce jeu de données unique nous a permis : (1) d'explorer les relations entre l'anatomie du xylème, la densité du flux de sève et les mesures de flux au niveau de la canopée ; (2) de comprendre l'adaptation de la conductivité du xylème aux variations des facteurs climatiques ; et (3) nous permettra de modéliser le flux d'eau à travers le xylème en relation avec le développement de l'arbre et son état physiologique. Les mesures hautes résolutions du flux de sève ont été comparées aux estimations de la conductivité du xylème calculées à partir des données de suivi de la formation du bois. De plus, nous avons effectué des mesures anatomiques à haute résolution en utilisant la microscopie électronique à balayage (MEB). Les données recueillies sont actuellement utilisées pour obtenir une meilleure estimation de la conductivité du xylème et de sa résistance au transport de l'eau.

Résultats marquants — Les résultats de ce projet apportent de nouvelles connaissances sur les processus biologiques régissant le cycle du carbone et de l'eau dans les écosystèmes forestiers, améliorant notre compréhension de ses réponses à la variabilité climatique à court (dynamique de croissance et de transpiration), moyen (effets hérités) et long termes (fonctionnement des forêts).

- Les conduits ont commencé à être potentiellement actifs plus tôt chez le chêne (début mai) que chez le hêtre et l'épicéa (fin mai ou juin). Dans les trois espèces étudiées, le gain en surface basale (BAI) était plus lent que le gain en surface conductrice (CA) et la conductivité hydraulique théorique du xylème (Kh). Ce découplage entre les dynamiques intra-annuelles de BAI, CA et Kh était plus important chez le chêne que chez les deux autres espèces.
- Chez le hêtre, la transpiration de la canopée (Ec) a commencé à la mi-avril, avant que les vaisseaux de l'année en cours ne commencent à être potentiellement actifs, dépendant ainsi des vaisseaux de l'année précédente pour le transport de l'eau vers la canopée. L'Ec a atteint son maximum en juin, avant que le maximum de Kh ne soit atteint. En 2015 et 2018, il y a eu une forte diminution des taux de transpiration en réponse à la sécheresse estivale, mais pas d'augmentation de la présence de tyloses (c'est-à-dire aucune différence significative entre le Kh total et le Kh fonctionnel) au cours de ces années. Cela peut indiquer que la fermeture précoce des stomates a protégé le xylème d'une perte fonctionnelle importante due à la cavitation.
- Les vaisseaux de l'année en cours ne supportaient donc pas le flux de sève (Js) au début de la saison, et le Kh maximal était atteint alors que le Js était faible. La contribution des vaisseaux de l'année en cours à Js peut donc être considérée comme négligeable par rapport à celle de l'ensemble de l'aubier.

Principales conclusions incluant des points clés de discussion — Les méthodes de surveillance du bois peuvent être efficaces pour décrire les changements intra-annuels de la conductivité du xylème chez des espèces ayant des structures anatomiques différentes. Cette approche peut être particulièrement intéressante pour les espèces à zone initiale poreuse, qui dépendent principalement des vaisseaux de l'année en cours pour le transport de l'eau. Nos résultats impliquent que la date des mesures de conductivité peut avoir un effet significatif sur les valeurs obtenues, en particulier si l'on considère que les mesures de conductivité hydraulique et de pourcentage de perte de conductivité sont effectuées dans de petites branches contenant très peu de bois. En raison du décalage entre la croissance et le fonctionnement du xylème, il existe un découplage entre les flux d'eau de la canopée et des tiges et les processus de formation du xylème. La xylogénèse peut donc ne pas répondre aux besoins de transpiration de la canopée de l'année en cours.

Perspectives — Nos résultats permettent de mieux comprendre l'interaction entre les processus de la canopée et du tronc, ce qui pourrait contribuer à améliorer les modèles mécanistes de la réponse des arbres à la variabilité climatique. Ils apportent également de nouvelles connaissances sur les processus biologiques qui régissent le cycle de l'eau et du carbone en forêt. Les connaissances acquises dans le cadre de ce projet pourraient aider à mieux simuler l'impact du changement climatique sur la biosphère terrestre.

Valorisation :

Publications

- Fernández de Uña L., Rathgeber C. B. K., Pérez-de-Lis G., Andrianantenaina A. N., Cuntz M. Intra-annual dynamics of xylem formation and water conductivity in three tree species presenting contrasted tree-ring structures. In prep.
- Fernández de Uña L., Rathgeber C. B. K., Cuntz M. Analysis of inter-annual variability in wood anatomy and the soil-tree-atmosphere water fluxes. In prep.

Conférences et communications

- Fernández de Uña L., Rathgeber C.B.K., Cuntz M. Intra-annual dynamics of vessel formation and water fluxes in beech trees. 4th Xylem International Meeting, September 25-27, 2019, Padua, Italy. Poster communication
- Fernández de Uña L., Cuntz M., Rathgeber C.B.K. Intra-annual xylem formation and water flux dynamics in *Fagus sylvatica* L. Gordon Research Conference Multiscale Plant Vascular Biology, June 17- 22, 2018, Mount Snow (VT), USA. Poster communication
- Fernández de Uña L., Cuntz M., Rathgeber C.B.K. Intra-annual xylem formation and water flux dynamics in *Fagus sylvatica* L. Gordon Research Seminar Multiscale Plant Vascular Biology, June 16- 17, 2018, Mount Snow (VT), USA. Oral and poster communication



- Fernández de Uña L., Rathgeber C.B.K., Cuntz M. Intra-annual dynamics of xylem conductivity in three tree species presenting contrasted tree-ring structures. Wood formation and tree adaptation to climate, May 23-25, 2018. Orléans, France. Oral communication

Effet levier du projet —

Ce projet a bénéficié des données et des méthodes développées dans une précédente thèse de doctorat (Anjy Andrianantenaina), qui n'avait pas été elle-même financée par le LabEx. En retour, ce projet a alimenté trois autres projets qui sont en cours de développement :

- Richard Peters, Fondation nationale suisse | Projet : Stratégies interspécifiques et intraspécifiques d'utilisation de l'eau des arbres européens : vers une meilleure compréhension mécaniste de la performance des arbres pendant la sécheresse et le réchauffement ;
 - Matteo Campioli, Subvention Européenne ERC | Projet : LEAF-FALL ;
 - Thèse de doctorat d'Ignatius Kristia Adikurnia (financement INRAE + LabEx) | Projet : Dynamique intra-annuelle de la séquestration du carbone et du dépôt de lignine dans les espèces de bois tendre et dur des forêts tempérées.
-