

## Résumé Projet ANR OutLabMRI

Les écosystèmes prairiaux et forestiers sont les deux principaux écosystèmes terrestres permettant de limiter le réchauffement climatique grâce à leur forte capacité à séquestrer le carbone. Les flux de sèves ascendant (xylème) et descendant (phloème) jouent un rôle primordial en amenant l'eau nécessaire pour réaliser la photosynthèse puis en transportant les produits carbonés vers les puits de carbone que sont, par exemple, le bois, les racines ou le sol. Dans le contexte actuel de changement climatique, une meilleure compréhension des mécanismes de transport est indispensable pour s'assurer que ces écosystèmes puissent continuer à jouer ce rôle tampon fondamental. Malheureusement aucun capteur permettant d'étudier ces mécanismes directement sur la plante dans son environnement naturel n'existe actuellement.

Dans le cadre de ce projet, nous proposons de développer et valider un nouvel instrument de mesure hors du laboratoire basé sur le principe de l'IRM. Cette approche dispose d'avantages uniques : elle est non invasive, capable de mesurer les quantités et les flux et d'effectuer ces mesures dans des parties très spécifiques de la plante. Le but de ce projet sera de valider cet appareil sur les deux agroécosystèmes : prairiaux et forestiers. Pour chacun d'eux, nous démontrerons l'intérêt de ce nouveau capteur par rapport aux techniques de mesure *in situ* de référence (lysymétrie, capteurs de flux de sève, balances, ...). Ce nouveau capteur sera évalué au regard de sa capacité à :

- fournir des informations pertinentes spatialement (spécificité), c'est-à-dire mesurer les flux de xylème et de phloème qui ne transitent pas par les mêmes canaux dans la plante, ou discriminer l'hétérogénéité des espèces racinaires directement dans le sol ;
- donner des mesures fiables dans différentes conditions environnementales (sensibilité). La sensibilité de l'instrument sera étudiée en induisant des stress hydriques dans le but de détecter la cavitation dans les flux de sève ou la reprise de croissance d'herbacées ;
- évaluer le stockage de carbone par les écosystèmes en étudiant la capacité de l'IRM *in situ* à mesurer des concentrations de sucres.

Pour maximiser les chances de réussite de ce projet, une équipe pluridisciplinaire, alliant des compétences allant de la physiologie végétale en passant par les mathématiques appliquées et la modélisation, a été réunie. De plus, Carel Windt, reconnu internationalement pour sa compétence dans la mise en place de capteur RMN *in situ*, suivra l'avancement du projet et apportera son expertise tout au long de ce programme.

A l'issue de ce projet, le potentiel quantitatif de ce nouveau capteur sera démontré et l'IRM *in situ* pourra donc être déployée à plus grande échelle pour mieux comprendre les mécanismes de capture du carbone. Pour cela, un réseau innovant de capteurs d'IRM *in-situ* pourrait être déployé. Les mesures seraient alors réalisées à la fois à l'échelle individuelle pour une caractérisation totale de la plante mais également collective pour une compréhension de l'écosystème. De nouvelles applications pour étendre le champ d'application de l'instrument développé pourraient également être testées. Ce capteur intéresserait également des domaines à haute-valeur ajoutée comme la micro-fluidique ou les bio-industries. Pour assurer une dissémination maximale de nos résultats, nous communiquerons vers les différentes sociétés scientifiques susceptibles d'être intéressées par le projet (IRM, écologie fonctionnelle), vers le grand public à travers d'actions de vulgarisations (journée de la science, communication dans des journaux grands publics) et mettrons à disposition des communautés scientifiques l'IRM *in situ* grâce à des réseaux d'instruments analytiques tels qu'AnaEE.

**Mots-clefs** : flux ; IRM *in situ* ; puits de carbone ; racines ; teneur en eau

## Abstract

Forest and grassland are the two main terrestrial ecosystems able to mitigate global warming thanks to their high capability to store carbon. Ascendant (xylem) and descendant (phloem) sap flows play a key role in this storage by routing the water necessary for the oxygenic photosynthesis and then transporting the assimilated carbon into the carbon sinks, e.g. wood, roots or soil. In the current context of global warming, a better understanding of these transport mechanisms is key to ensure these ecosystems can continue to play their carbon sink role. Unfortunately, no sensor allowing studying these mechanisms directly in the plant and in its natural ecosystem exists yet.

In this project, we will set and validate a new versatile MRI instrument to measure locally and non-invasively water content and flow rate outside the laboratory (*in situ*). This approach allows exploiting the unique and advantageous features of MRI: it is non-invasive, can measure water quantities and flow rates and is spatially selective, i.e. measurements can be performed in well-defined plant areas. The aim of this project will be to validate this instrument as a new tool to study both forest and grassland agro-ecosystems. For each of them, we will demonstrate the advantages of this new sensor relatively to the *in-situ* reference methods (such as lysimeters, sap flow sensors, gravimetric methods ...). This instrument will be evaluated in regards of its capabilities to:

- give localized information (specificity), especially to measure both xylem and phloem sap flows as they do not go through the same cells in plants and, to discriminate the root heterogeneity directly in the soil;
- perform measurements under several environmental conditions (sensitivity). We will focus on the hydric stress in order to detect cavitation in trees and recovery of grasses
- evaluate the carbon storage by the ecosystems thanks to sugar concentration measurements by the *in-situ* MRI instrument.

To maximize the success rate of this project, a multi-disciplinary team has been gathered. The skills of the scientists involved are going from vegetal physiology to applied mathematics through ecosystem modelling. Furthermore, Carel Windt, an internationally renowned scientist for his skill to develop *in-situ* MRI sensor, will follow the project and bring his expertise to the scientific discussions and choices.

At the end of this project, the interest of this new sensor will have been demonstrated and its deployment at larger scale, to have a better understanding of the carbon storage mechanisms, will be possible. The following step would be to create a network of *in-situ* MRI instruments. Thus, measurements at the individual level would bring more knowledge on the plant itself while exploiting the network data would lead to a better understanding of the whole plant community as an ecosystem. Furthermore, new applications could be tested, especially in microfluidic sciences or in bio-based industries, two fields having currently a high gross rate. To disseminate as widely as possible our results, we will communicate to several scientific communities which could be interested by our results (MRI, functional ecology), to the public thanks to vulgarization (scientific days, articles in scientific magazine). Furthermore, we will make available the instrument to the scientific community through dedicated networks like AnaEE.

Keywords: flow, *in situ* RMN, roots, water content