



**ED 398 Géosciences, Ressources Naturelles et Environnement**  
**Proposition de sujet de thèse pour la rentrée universitaire 2020-2021**

### 1. Modalités d'encadrement

Unité(s) de recherche au sein de laquelle le doctorat est réalisé : [Unité, identifiant unité, Adresse laboratoire] **UMR 7619 METIS, T46-56 3<sup>e</sup> étage, Campus Pierre et Marie Curie, 4 place Jussieu, 75005 PARIS**

Directeur de l'unité : [nom, prénom, fonction] **MOUCHEL Jean-Marie, professeur SU**

Directeur(s)\* de thèse (HDR ou équivalent) : [nom, prénom, fonction] **MAINEULT Alexis, CRCN CNRS ; ZUDDAS Pierpaolo, PR1 SU**

Co-directeur\* de thèse (HDR ou équivalent) : [nom, prénom, fonction, unité de rattachement] **BOULÉ Jean-Baptiste, CRCN CNRS, UMR 7196 « Genome Structure and Instability »**

Co-encadrant (non HDR) : [nom, prénom, fonctions, unité de rattachement]

*Responsabilités spécifiques de chaque encadrant : [champ libre]*

Alexis Mainault est spécialiste du potentiel électrique spontané. Il encadrera le travail d'analyse des signaux temporels, ainsi que les campagnes de mesures. Il interviendra aussi pour l'établissement du modèle mécanistique.

Pierpaolo Zuddas, spécialiste en géochimie des eaux, encadrera le travail d'analyse chimique sur le terrain, et interviendra sur la modélisation, pour ce qui concerne les transferts et la réactivité électrochimique.

Jean-Baptiste Boulé, biologiste et chercheur sur les processus mémoriels chez les organismes vivants, encadrera la mise en place du système expérimental, l'interprétation des mesures, en vue de l'approche paramétrique et de la modélisation.

**\* Si un seul directeur de thèse est déclaré, il endosse 100% de la responsabilité de la thèse au regard de l'ED. Si 2 directeurs sont déclarés, ils partagent cette responsabilité à 50%. Le taux de responsabilité maximal est fixé à 300%. Les co-encadrants n'entrent pas dans le décompte, quel que soit leur rôle effectif**

**2. Titre *Title* : Compréhension des signaux électriques et électro-chimiques dans les arbres / Understanding of the electrical and electro-chemical signals in trees**

**3. Adresse courriel du contact scientifique : [alexis.maineult@sorbonne-universite.fr](mailto:alexis.maineult@sorbonne-universite.fr), [pierpaolo.zuddas@sorbonne-universite.fr](mailto:pierpaolo.zuddas@sorbonne-universite.fr), [Jean-baptiste.boule@mnhn.fr](mailto:Jean-baptiste.boule@mnhn.fr)**

#### 4. Description du projet de thèse [champ libre 1 page max].

Le but principal de cette thèse est de comprendre la relation entre les signaux électriques mesurables sur les végétaux supérieurs et les variations de l'environnement, incluant les saisons.

Les signaux électriques mesurables dans les arbres sont attribués à de possibles phénomènes électrocinétiques, générés par le flux de sève dans le xylème. Ces signaux dépendraient aussi de la variation de la vitesse de déplacement de la sève et de la variation de sa composition chimique au cours du temps (e.g., Fensom 1963). Des travaux plus récents (Gibert et al. 2006) ont montré que, sur des peupliers situés à Remungol (Morbihan) et à la Bétuaudais (Ille-et-Vilaine), les signaux électriques spontanés naturels mesurés dans l'aubier variaient effectivement en fonction du flux de sève mais aussi d'autres paramètres, de nature probablement météorologique, voire astronomique (Barlow et Fisahn, 2012). Il apparaît cependant que ces signaux électriques ne sont pas directement proportionnels au flux de sève, ce qui suggère que d'autres effets, en plus de l'effet électrocinétique, doivent intervenir, qui restent à déterminer (Gibert et al. 2006).

D'autre part, grâce à la durée exceptionnellement longue des enregistrements et à leur échantillonnage dense (un point par minute), il a été possible de mettre en évidence des influences saisonnières sur les signaux électriques, par des analyses utilisant la décomposition en spectre singulier (« SSA », Ghil et al. 2002). Cette méthode consiste à décomposer un signal temporel en une somme de composantes oscillantes de périodes déterminables, et provient des outils développés par la géophysique.

En s'appuyant sur ces expériences princeps, ce travail propose d'améliorer la compréhension sur le long terme de la réponse électrique des arbres associée au flux de sève, ce qui permettrait de mieux comprendre les processus de transfert entre le sol et l'atmosphère. Ce travail devra permettre d'étudier la réponse adaptative des arbres aux évolutions du climat sur une enveloppe pluriannuelle, et en saisir la trajectoire adaptative, si elle existe. Ces études ouvrent donc à plus longue échéance l'étude de l'adaptation physiologique des communautés arboricoles aux changements climatiques.

Les objectifs de cette thèse sont :

- 1) l'évaluation de la relation possible entre les variations du potentiel électrique spontané et les facteurs météorologiques et environnementaux journaliers et saisonniers (luminosité, température, humidité, gravité) enregistrés sur le peuplier de Remungol, et sur le séquoia du Muséum national d'Histoire naturelle (îlot Poliveau), instrumenté depuis juin 2019.
- 2) l'élaboration d'un modèle mécanistique expliquant les variations électriques observées en fonction du flux de sève et des facteurs chimiques (par exemple des phénomènes d'oxydoréduction en jeu lors de la photosynthèse), qui doivent intuitivement dépendre des facteurs météorologiques saisonniers et environnementaux, potentiellement à une échelle temporelle supérieure.
- 3) La mise en place et le maintien d'appareils de mesures sur d'autres essences afin d'évaluer la généralité des réponses déjà observées sur le peuplier et le séquoia, sur le site de l'Arboretum de Chèvreloup (Muséum National d'Histoire Naturelle), au sein duquel un bosquet d'arbres sera étudié dans le cadre d'une subvention de recherche obtenue auprès de la Fondation Ecologie d'Avenir – Institut de France (démarrée au 1<sup>er</sup> février 2020, pour deux ans).

#### REFERENCES :

- P.W. Barlow, J. Fisahn, 2012. Lunisolar tidal force and the growth of plant roots, and some other of its effects on plant movements, *Ann. Bot.*, 110, 301-318
- D.S. Fensom, 1963. The bioelectric potentials of plants and their functional significance: V. Some daily and seasonal changes in the electrical potential and resistance of living trees, *Can. J. Bot.* 41, 831-851

## 5. Compétences et connaissances requises [champ libre 1/2 page max.]

Le candidat devra avoir des compétences en Sciences de la Terre et de l'Environnement en général. Des bases en physique (notamment électromagnétisme) et en chimie sont souhaitables. Ce travail demandera l'utilisation de Matlab. Un goût pour l'expérimentation serait un plus.

## 6. Conditions matérielles de réalisation du projet de recherche

Financement spécifiques obtenus pour le projet : **OUI** si oui lesquels ? **[Champ libre]** **Subvention de recherche de la Fondation Ecologie d'Avenir – Institut de France, 60 000 euros, février 2020-février 2022**

Financement des missions nécessaires pour la réalisation du projet : **OUI**, si oui lesquels et pour quelles missions ? **[Champ libre]** **sur la subvention**

Accès à des bases de données spécifiques : **NON**, si oui lesquelles ? **[Champ libre]**

Accès à des ressources documentaires spécifiques : **NON**, si oui lesquelles ? **[Champ libre]**

Accès à des plateformes : **NON**, si oui lesquels ? **[Champ libre]**

Accès à des grands instruments : **NON**, si oui lesquels ? **[Champ libre]**

Autres : **[Champ libre]**

## 7. Précisions sur les objectifs de valorisation des travaux issus du projet de recherche : [champ libre]

*Exemples : projet de brevet, types de revues/colloques envisagés/réalisés, actions de vulgarisation scientifique envisagés/réalisés, etc.*

Ces travaux feront l'objet de publications d'articles dans des revues internationales, et de communications dans des congrès internationaux.

Visa de la Direction de l'Unité



Commentaires éventuels :

Ce sujet particulièrement pluri-disciplinaire bénéficie d'un financement de la fondation Ecologie d'Avenir. En plus de bases de données acquises depuis quelques années sur plusieurs arbres, il bénéficiera d'un dispositif expérimental spécifique mis en place grâce au financement de la fondation sur une parcelle bien étudiée. Le sujet a été examiné en conseil d'unité. Avis très favorable.

#### 4 bis

The main goal of this thesis is to understand the relationship between measurable electrical signals in plants and environmental variations, including seasons.

Measurable electrical signals in trees are attributed to possible electrokinetic phenomena, generated by the sap flow in the xylem. These signals would also depend on the change in the rate of sap movement and on the change in its chemical composition over time (e.g., Fensom 1963).

Recent studies (Gibert et al., 2006) on poplars located at Remungol (Morbihan) and at Betuaudais (Ille-et-Vilaine) have shown that natural spontaneous electrical signals measured in the sapwood actually varied according to sap flow but also to other parameters, probably of meteorological or even astronomical nature (Barlow and Fisahn, 2012). It appears, however, that these electrical signals are not directly proportional to the sap flow, suggesting that other effects must occur in addition to the electrokinetic effect, but they remain to be determined (Gibert et al., 2006).

On the other hand, thanks to the exceptionally long duration of the recordings and their dense sampling (one point per minute), it was possible to highlight seasonal influences on the electrical signals, using singular spectrum decomposition. ("SSA", Ghil et al., 2002). This method consists in decomposing a temporal signal into a sum of oscillating components of determinable periods, and comes from tools developed by geophysics.

Based on these original experiences, this work proposes to improve the long-term understanding of the electrical response of trees associated with sap flow, which would provide a better understanding of the processes of transfer between the soil and the atmosphere. . This long-term device will allow the study of the adaptive response of trees to climate changes over a multi-year envelope, and to grasp the adaptive trajectory, if it exists. Therefore this work will enable the study of the physiological adaptation of arboreal communities to climate change, in the long term.

The objectives of this thesis are:

- 1) the evaluation of the possible relation between the variations of the spontaneous electric potential and the daily and seasonal, meteorological and environmental factors (luminosity, temperature, humidity, gravity) recorded on the poplars on the sites of Remungol and on the sequoia located at the National Museum of Natural History (Poliveau), which is instrumented since June 2019.
- 2) the development of a mechanistic model explaining the electrical variations observed as a function of sap flow and chemical factors (for example redox phenomena involved during photosynthesis), which must intuitively depend on seasonal weather factors and potentially higher time scale.
- 3) The establishment and maintenance of measuring devices on other species in order to evaluate the universality of the responses already observed on poplars, on the site of the Arboretum of Chèvreloup (National Museum of Natural History), in which a group of trees will be studied.

#### 5 bis

The candidate should have skills in Earth Sciences and Environmental Sciences in general. Basics in physics (especially electromagnetism) and in chemistry are welcome. This work will require the use of Matlab. A liking for experimentation would be a plus.