



Stage – Prédiction de la température de l'eau dans les rivières en fonction de paramètres hydroclimatiques

Type de poste : Stage (bac + 5)

Nom de la structure : Conseil départemental de la Haute-Garonne (CD31)

Localisation du poste : Toulouse / IMFT

Durée et dates souhaitées : 6 mois – début prévu en février 2023 ou au plus tard le 19-03-2023

Date limite de candidature : 30/11/2022

Contact : Olivier LOUIS olivier.louis@cd31.fr; Mohamed SAADI (Toulouse INP/ENSEEIH) mohamed.saadi@toulouse-inp.fr; Hélène ROUX (Toulouse INP/ENSEEIH) helene.roux@toulouse-inp.fr

Contexte du stage

Le bassin versant de la Garonne en amont de sa confluence avec l'Ariège est fréquemment en déséquilibre durant l'été entre les besoins (milieux et usages) et les ressources en eau disponibles. Impulsé en 2017, le projet de territoire pour la gestion de l'eau Garon'Amont (PTGA) a été validé en 2021 dans l'objectif de réduire le déficit en eau et d'anticiper les effets du changement climatique. Piloté par le Conseil Départemental de la Haute-Garonne (CD31), le PTGA est composé de 32 actions regroupées sous 4 thématiques (sobriété-économies d'eau, gouvernance, stocker l'eau et aménager le territoire). Ces actions sont portées par de nombreux partenaires et leur suivi est assuré par un Comité de Concertation large.

Le stage proposé vient s'intégrer dans le cadre de l'observatoire thermique des cours d'eau, action D.1.2 du PTGA, qui a pour objectif de compiler toutes les données thermiques produites sur le territoire par différents opérateurs pour permettre leur valorisation au service de la connaissance collective et du suivi des tendances en lien avec le changement climatique. La température de l'eau est en effet un paramètre prépondérant pour le bon fonctionnement écologique et la biodiversité des cours d'eau. Des températures de l'eau trop élevées rendent aussi problématiques la production d'eau potable. Or, la température de l'eau de la Garonne à Toulouse a augmenté au cours des dernières décennies (environ 1°C tous les 10 ans de 1978 à 2005 à Toulouse).

Depuis 2021 et dans le cadre du PTGA, un bureau d'études, mandaté par le CD31, a compilé les données et a procédé aux premières analyses en calculant différents indicateurs et en mettant en évidence les liens entre température de l'eau et température de l'air (issue de stations et de modèle de Météo-France) sur le territoire concerné.

L'objectif *in fine* est de pouvoir suivre l'évolution de la température de l'eau sur le long terme à l'aide d'un réseau pérenne de stations représentatives. Ce réseau d'observation de la température doit être

mis en place au cours de 2023 en concertation avec les collectivités ayant compétence en matière d'eau potable et de gestion des milieux aquatiques et les associations (Fédérations départementales de pêche, France Nature Environnement). Il sera associé à une base de données dans laquelle seront bancarisés les relevés de température et qui permettra de procéder à des analyses d'indicateurs.

A la suite et en complément de la constitution de cet observatoire, il est prévu :

- de définir un dispositif de prévision de la température au pas de temps journalier qui à terme permettra d'alerter les producteurs d'eau potable sur le risque de dépassement du seuil réglementaire de 25°C, et
- de mettre en place un suivi à visée scientifique/pédagogique sur un ou plusieurs sites pilotes afin de mieux caractériser les facteurs influençant la température.

Objectifs du stage

Grâce au réseau de suivi des masses d'eau de l'Agence de l'Eau et d'autres producteurs (tel que le CD31), de nombreux paramètres, dont la température de l'eau, sont bancarisés dans le SIEAG (Système d'Information sur l'Eau Adour-Garonne), l'inconvénient de ces données étant d'être ponctuelles dans le temps (généralement de 4 à 12 mesures annuelles). L'interpolation de ces mesures dans l'espace et dans le temps peut être effectuée à l'aide d'un modèle à base physique (Larnier, 2010)¹, mais son implémentation exige une description fine du tronçon de rivière analysé et des temps de calcul relativement importants. Elle peut également être effectuée à l'aide de modèles géostatistiques lorsque la densité spatiale et la fréquence temporelle des mesures sont suffisantes (rapport TIGRE², travaux sur la Loire Amont). L'essor actuel des algorithmes d'apprentissage automatique conjugué à une disponibilité croissante de larges volumes de données environnementales offre une alternative intéressante à explorer.

L'objectif principal du stage est de construire un modèle basé sur les algorithmes d'apprentissage automatique (*Machine Learning*) qui permet de simuler la température d'un cours d'eau à un point donné en fonction de paramètres environnementaux (notamment la température de l'air et le débit dans le cours d'eau, en plus des propriétés du bassin versant). Ce modèle doit permettre de construire des séries temporelles de température de l'eau à des endroits où aucune mesure n'existe. Pour ce faire, la construction et la validation du modèle seront effectuées sur des mesures de température d'eau enregistrées à quelques stations.

La construction du modèle devrait également permettre :

- de mieux préciser l'importance relative des différents facteurs influençant la température,
- d'affiner les modalités de prédiction des dépassements de seuils (également en lien avec le travail menée par le CD31), et
- de mieux appréhender l'évolution probable de la température de l'eau en fonction de différents scénarios de changement climatique ou de comportement hydrologique.

¹ Larnier, K., 2010. Modélisation thermohydraulique d'un tronçon de Garonne en lien avec l'habitat piscicole : approches statistique et déterministe. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 224p.

² Beaufort, A., Moatar, F., Sauquet, E., 2020. Thermie en rivière : Analyse géostatistique et description de régime : Application à l'échelle de la France, INRAE UR RiverLy, Université de Tours GÉHCO https://florentinamoatar.files.wordpress.com/2020/12/projet-tigre_rapport_final_2020.pdf

Descriptif / Missions :

Au cours du stage, la/le stagiaire sera amené à :

- 1- Rédiger un état de l'art sur l'utilisation d'algorithmes de Machine Learning pour la prévision de température de l'eau dans les cours d'eau ;
- 2- Préparer un jeu de données de prédicteurs climatiques (température de l'air, précipitation, etc.), hydrologiques (débit) et du paysage (reflétant les propriétés du bassin versant alimentant le cours d'eau) pour construire le modèle ;
- 3- Tester différents algorithmes de Machine Learning (type réseau de neurones ou arbres de régression) pour choisir celui qui permet le mieux de reproduire les séries de température de l'eau observées ;
- 4- Quantifier l'importance de chacune des variables prédictives dans la prévision de la température de l'eau ; et
- 5- Effectuer des projections suite à des changements de régime climatique ou hydrologique.

Profil du candidat et conditions du stage

Bac+5 en école d'ingénieur ou en université dans le domaine de l'eau

Aptitudes recherchées :

- Bonnes connaissances en mathématiques appliquées et en apprentissage automatique (Machine Learning)
- Notions en hydrologie, sciences environnementales
- Aisance en programmation avec R ou Python
- Aisance rédactionnelle et à l'oral
- Autonomie, dynamisme, sens de l'organisation, rigueur, capacité de synthèse.

Gratification : 3,90 €/h soit environ 550 €/mois

Conditions matérielles : Le/la stagiaire bénéficiera d'un poste de travail avec un ordinateur. Il/elle sera accueilli(e) au Conseil Départemental de la Haute-Garonne (1 Bd de la Marquette, 31090 Toulouse) et se rendra régulièrement à l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT, 2 Allée du Professeur Camille Soula, 31400 Toulouse)

Temps de travail : 35 h / semaine (1 jour de RTT toutes les 2 semaines + 2 jours de congés/mois)

Pour candidater :

Merci d'envoyer votre CV, une lettre de motivation et un document personnel rédigé pendant vos études (mémoire, note de synthèse, etc.) avant le 30 novembre 2022 à mohamed.saadi@toulouse-inp.fr, helene.roux@toulouse-inp.fr et olivier.louis@cd31.fr