

M2 : Fiche de stage de recherche en laboratoire

Laboratoire : Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (UMR 5502)

Titre du stage : Amélioration d'un réseau de neurones LSTM pour la prédiction de la température de l'eau des rivières

Nom et statut du (des) responsable (s) de stage :

Mohamed Saadi (Maître de conférences Toulouse INP/IMFT), Hélène Roux (Professeur Toulouse INP/IMFT), Kévin Duplan (Conseil Départemental de la Haute-Garonne)

Coordonnées (téléphone et email) du (des) responsable (s) de stage :

Mohamed.Saadi@toulouse-inp.fr, Helene.Roux@toulouse-inp.fr

Sujet du stage :

La température de l'eau régule les processus chimiques, physiques et biologiques dans un cours d'eau, contrôlant ainsi sa santé écologique et son fonctionnement biogéochimique. Elle revêt un intérêt particulier pour plusieurs activités humaines, notamment la pêche et la production d'eau potable. Malgré son importance, les stations de mesure de la température de l'eau sont peu denses en France. Les chroniques disponibles sont produites par divers acteurs et souffrent de taux de lacunes importants, ce qui empêche l'estimation fiable des tendances d'évolution ou l'attribution de l'effet de la dérive climatique.

Pour pallier ce manque, divers outils de modélisation sont développés afin de (1) comprendre la relation entre la température de l'eau et diverses variables hydroclimatiques (notamment le débit et la température de l'air), lesquelles sont disponibles à des résolutions spatiale et temporelle satisfaisantes, et (2) se servir de cette relation pour estimer la température de l'eau sur les cours d'eau non instrumentés. Parmi ces outils, les modèles basés sur l'apprentissage profond (notamment les réseaux LSTM) ont été fréquemment appliqués pour reproduire les chroniques de la température de l'eau, même pour des cours d'eau impactés par les aménagements (Feigl et al., 2021 ; Rahmani et al., 2021). Sur le bassin de la Garonne-amont, un travail récent (Cognot, 2023) a démontré les bonnes performances des réseaux LSTM pour une vingtaine de stations à régimes hydroclimatiques variés. L'application de ces réseaux a été améliorée par la prise en compte, en plus de la température de l'air au droit de la station, des forçages climatiques sur le bassin versant en amont de la station. Malheureusement, ces LSTM sous-estimaient les pics de température, ce qui est dommageable à leur application pour alerter les usagers (notamment les producteurs d'eau potable) lors de canicules. Par ailleurs, ces réseaux ne permettent pas encore de prendre explicitement en compte l'impact de l'occupation du sol sur l'évolution de la température de l'eau.

L'objectif de ce stage est donc d'améliorer la prévision de la température de l'eau :

(1) en focalisant l'apprentissage du modèle LSTM sur les épisodes extrêmes. Ceci pourrait se faire en pénalisant davantage le modèle quand il se trompe sur la reproduction des pics de température de l'eau. Une autre piste définirait les périodes sur lesquelles le modèle LSTM apprendrait au mieux la réponse thermique du cours d'eau en période de canicule.

(2) en couplant le modèle LSTM à un modèle hydrologique conceptuel du bassin versant amont. Ce modèle hydrologique traduirait la relation entre les forçages climatiques et la réponse hydrologique du bassin versant (exprimée à travers l'évapotranspiration réelle et le débit à l'exutoire). Cette relation contient entre autres une signature liée au type d'occupation du sol sur le bassin versant. En alimentant le réseau LSTM par les sorties du modèle hydrologique, on pourra traduire l'effet de l'occupation du sol du bassin versant sur l'évolution de la température de l'eau à travers les paramètres du modèle hydrologique.

Ce stage pourrait bénéficier d'un financement par le Conseil Départemental de la Haute-Garonne, lequel met à disposition les chroniques de température de l'eau disponibles sur le bassin de la Garonne amont et utilise le modèle développé dans la plateforme e-tiage (<https://open.e-tiage.com/>).

Profil souhaité : Compétences en programmation (python, R et FORTRAN) nécessaires et connaissances de base en hydrologie et thermie des rivières.

Cognot, G., 2023. Prédiction de la température de l'eau dans les rivières en fonction de paramètres hydroclimatiques (Projet de fin d'étude). Toulouse INP, Toulouse, France, 56 p.

Feigl, M., Lebieczinski, K., Herrnegger, M., Schulz, K., 2021. Machine-learning methods for stream water temperature prediction. *Hydrology and Earth System Sciences* 25, 2951–2977. <https://doi.org/10.5194/hess-25-2951-2021>

Rahmani, F., Lawson, K., Ouyang, W., Appling, A., Oliver, S., Shen, C., 2021. Exploring the exceptional performance of a deep learning stream temperature model and the value of streamflow data. *Environmental Research Letters* 16, 024025. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abd501>