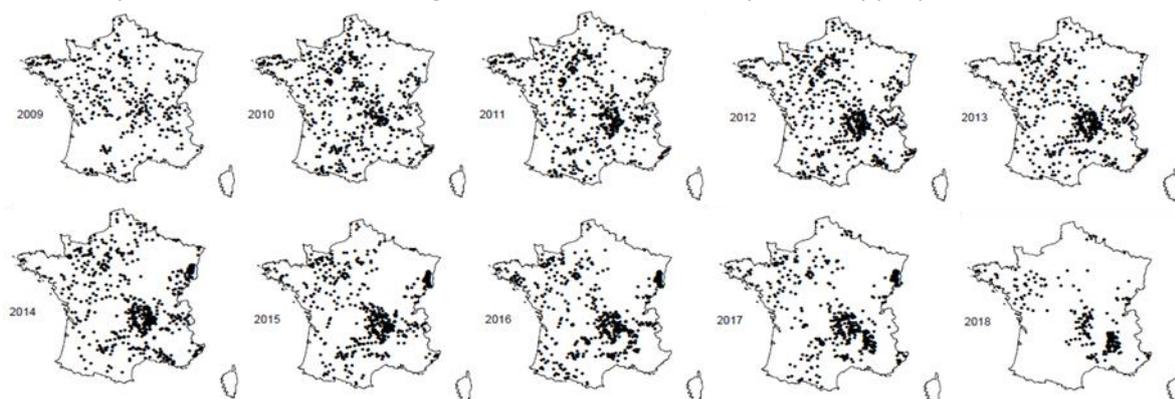


	Marion Moussay (2024 - 2027)
	Prédiction des métriques de régime thermique des cours d'eau sous changement climatique à l'échelle de la France métropolitaine
	Encadrants : Florentina Moatar (UR RiverLy, équipe EcoFlows) et André St Hilaire (INRS, centre ETE)
	Ecole Doctorale: Evolution, Ecosystèmes, Microbiologie, Modélisation (E2M2)

Le réchauffement de la température des cours d'eau est un fait indéniable du fait du changement climatique et des activités humaines comme le montrent les travaux à l'échelle globale (Liu et al., 2020) et dans différents pays Européens (Piccolroaz et al. 2024). Les conséquences directes de l'augmentation de la température de l'eau sont d'ores et déjà mesurables à tous les niveaux des socio-écosystèmes : réponses physiologiques et/ou comportementales chez les organismes aquatiques (Isaak et Rieman 2013), anoxie des milieux (Diamond et al. 2023), blooms algaux, toxicité des cyanobactéries (Massey et al 2020), refroidissement plus ardu des centrales nucléaires, alimentation en eau potable, etc. Si les conséquences de l'augmentation de la température de l'eau sont systémiques, les recherches restent aujourd'hui encore très sectorisées, et ne permettent pas d'une part d'avancer dans l'analyse des processus biologiques, d'autre part, dans la quantification des évolutions des régimes thermiques et des effets respectifs du changement climatique et des activités anthropiques. En effet, les chroniques temporelles de température de l'eau ne sont que rarement disponibles et bancarisés, et les travaux en écologie aquatique utilisent la température de l'air comme substitut pour modéliser, par exemple, la distribution des espèces (Turschwell et al. 2017). Cependant la relation entre température de l'eau et de l'air est complexe à l'échelle des paysages, ce qui rend les modèles biologiques développés souvent imprécis (Arismendi et al. 2014). Aussi, les facteurs anthropiques et les processus associés exacerbent également l'impact de l'augmentation de la température de l'eau et menacent davantage les écosystèmes aquatiques et leur biodiversité. La fragmentation de l'habitat et l'altération des régimes d'écoulement et thermique par les retenues, accroissent l'impact de l'augmentation de la température sur les écosystèmes aquatiques.

Les avancées récentes en matière de suivi et de collecte de données, ainsi que dans la modélisation statistique et mathématique, permettent des améliorations significatives dans la compréhension des paysages thermiques aquatiques. Malgré l'hétérogénéité et la rareté des données à long terme, l'utilisation de capteurs peu coûteux capables de mesurer la température de l'eau de manière continue a explosé, rendant possible la collecte de données à des échelles temporelles et spatiales variées (Isaak et al. 2012). Détecter et anticiper ces perturbations nécessitent un suivi systématique de la température des rivières à long terme et à des échelles spatiales appropriées.



Le projet de thèse porte sur la compréhension et la prévision des régimes thermiques des rivières dans le contexte du changement climatique et des activités humaines. Elle vise à améliorer la prédiction des modèles de température des rivières à travers la France en utilisant de nouveaux modèles statistiques, qui simuleront les données quotidiennes de la température de l'eau et sa variabilité, au profit d'études écologiques. Il vise également à analyser dans l'espace les régimes thermiques naturels et modifiés. En tirant parti d'un ensemble de données nationales sur la température de l'eau, la recherche abordera les principaux défis méthodologiques liés à l'hétérogénéité des données et aux incertitudes.

Ce travail se décline en trois axes principaux et un axe d'application. Le premier axe se concentre sur la modélisation de la variabilité temporelle des températures des rivières françaises à partir de modèles statistiques et d'apprentissage automatique (*e.g.* régression linéaire, réseaux de neurones LSTM, ...), intégrant des variables comme le débit et la radiation et en mettant l'accent sur l'évaluation des incertitudes. Les projections climatiques et hydrologiques (*e.g.* scénarios SSP1-2.6 et SSP5-8.5) seront utilisées pour simuler les variations futures au 21^{ème} siècle. Une attention particulière sera accordée à l'analyse des extrêmes de température conjointement avec les débits. Le deuxième axe vise à caractériser les régimes thermiques naturels et à spatialiser ces résultats à l'échelle des bassins versants. Cela permettra de cartographier les régimes thermiques et de mieux comprendre leur sensibilité au changement climatique. Le troisième axe portera sur l'impact des activités humaines (barrages, retenues, etc.) sur les régimes thermiques, afin de quantifier les altérations anthropiques et de comparer les régimes influencés de ceux naturels identifiés précédemment. L'axe d'application s'intéressera aux espèces piscicoles, en intégrant les métriques thermiques modélisées pour évaluer les conditions d'habitats favorables ou contraignants dans un contexte de réchauffement climatique.

Références

- Arismendi, Ivan, Mohammad Safeeq, Jason B. Dunham, et Sherri L. Johnson. 2014. « Can Air Temperature Be Used to Project Influences of Climate Change on Stream Temperature? » 9 (8). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/8/084015>.
- Diamond, Jacob S., Florentina Moatar, Rémi Recoura-Massaquant, Arnaud Chaumot, Jay Zarnetske, Laurent Valette, et Gilles Pinay. 2023. « Hypoxia is common in temperate headwaters and driven by hydrological extremes ». *Ecological Indicators* 147 (mars):109987. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.109987>.
- Isaak, D. J., S. Wollrab, D. Horan, et G. Chandler. 2012. « Climate Change Effects on Stream and River Temperatures across the Northwest U.S. from 1980–2009 and Implications for Salmonid Fishes ». *Climatic Change* 113 (2): 499-524. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0326-z>.
- Isaak, Daniel J., Seth J. Wenger, Erin E. Peterson, Jay M. Ver Hoef, David E. Nagel, Charles H. Luce, Steven W. Hostetler, et al. 2017. « The NorWeST Summer Stream Temperature Model and Scenarios for the Western U.S.: A Crowd-Sourced Database and New Geospatial Tools Foster a User Community and Predict Broad Climate Warming of Rivers and Streams ». *Water Resources Research*. 53: 9181-9205. <https://doi.org/10.1002/2017wr020969>.
- Isaak, D.J., et B.E. Rieman. 2013. « Stream Isotherm Shifts from Climate Change and Implications for Distributions of Ectothermic Organisms ». *Global Change Biology* 19 (3): 742-51. <https://doi.org/10.1111/gcb.12073>.
- Jackson, Faye, Iain Malcolm, et David Hannah. 2015. « A novel approach for designing large-scale river temperature monitoring networks ». *Hydrology Research* 47 (novembre):569-90. <https://doi.org/10.2166/nh.2015.106>.
- Massey, Isaac, Muwaffak Osman, et Fei Yang. 2020. « An overview on cyanobacterial blooms and toxins production: their occurrence and influencing factors ». *Toxin Reviews*, novembre. <https://doi.org/10.1080/15569543.2020.1843060>.
- Piccolroaz, S., S. Zhu, R. Ladwig, L. Carrea, S. Oliver, A. P. Piotrowski, M. Ptak, et al. 2024. « Lake Water Temperature Modeling in an Era of Climate Change: Data Sources, Models, and Future Prospects ». *Reviews of Geophysics* 62 (1): e2023RG000816. <https://doi.org/10.1029/2023RG000816>.
- Turschwell, Mischa P., Stephen R. Balcombe, E. Ashley Steel, Fran Sheldon, et Erin E. Peterson. 2017. « Thermal habitat restricts patterns of occurrence in multiple life-stages of a headwater fish ». *Freshwater Science* 36 (2): 402-14. <https://doi.org/10.1086/691553>.