

## **Proposition de stage de Master 2 en écologie**

**Titre du stage :** Vagues de chaleur et dépassements des limites de tolérance thermique des poissons de rivière : analyse rétrospective et projections futures à l'échelle mondiale.

**Nom du laboratoire:** Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier (ISEM).

**Adresse où se déroulera le stage:** UMR 5554 ISEM, Université de Montpellier, Site Triolet - Place Eugène Bataillon, Bât.22 - 2ème étage - CC065, 34095 Montpellier Cedex 05.

**Équipe d'accueil :** Biodiversité: Dynamique, Interactions et Conservation (BioDICée)

**Encadrantes :** Claire Jacquet, chargée de recherche CNRS, Minya Erre, doctorante.

**E-mail :** [claire.jacquet@umontpellier.fr](mailto:claire.jacquet@umontpellier.fr) , [minya.erre@umontpellier.fr](mailto:minya.erre@umontpellier.fr)

**Durée :** 5 mois et demi ou 6 mois.

**Période :** de janvier à juillet (dates adaptables).

**Gratification :** selon la réglementation en vigueur.

### **Contexte scientifique :**

Ce stage s'inscrit dans le contexte général de l'amélioration de notre compréhension de l'effet des événements climatiques extrêmes sur les espèces animales. Le changement climatique est associé à l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements climatiques extrêmes tels que les vagues de chaleur ou les sécheresses. Si les effets des changements graduels de température sont relativement bien documentés, les conséquences de ces événements extrêmes restent encore insuffisamment étudiées en écologie (Coumou & Rahmstorf 2012).

Ce stage se concentre sur les écosystèmes d'eau douce et plus particulièrement les poissons de rivière. Les poissons étant des organismes ectothermes, leur température corporelle est modulée par celle de leur environnement. Bien qu'ils puissent supporter temporairement des températures élevées grâce à une acclimatation rapide (en quelques heures ou quelques jours), leur tolérance thermique diminue à mesure que la durée d'exposition augmente. Un stress thermique prolongé finit donc par dépasser leurs limites physiologiques, entraînant dans les situations les plus sévères une mortalité (Molina *et al.* 2024).

**L'objectif de ce stage est de caractériser les dépassements des limites de tolérance thermique des poissons de rivière au cours des dernières décennies et d'évaluer leur évolution potentielle au XXI<sup>e</sup> siècle à l'échelle mondiale.**

Le projet se basera sur la combinaison de données mondiales de température de l'eau, issues du jeu de données FutureStreams (Bosmans *et al.* 2022), de données de présence des espèces de poissons de rivière issues de RivFishTIME (Comte *et al.* 2021) et de données récemment publiées sur les limites de tolérance thermique de 298 poissons d'eau douce (Verberk *et al.* 2026).

La base de données RivFishTime regroupe des données issues de 11072 sites d'échantillonnage répartis dans 402 bassins versants à travers le monde et inclut 944 espèces de poissons de rivière

(Comte *et al.* 2021). Dans le cadre de ce stage, elle sera utilisée pour identifier les espèces recensées dans les différents sites et cours d'eau étudiés, sans analyser les tendances temporelles des populations.

### **Approches à mettre en œuvre :**

#### **1. Identification des espèces et caractérisation de leur tolérance thermique**

La première étape consistera à combiner les espèces recensées dans RivFishTIME aux données de tolérance thermique des poissons d'eau douce publiées par Verberk *et al.* (2026). Ces données permettront de caractériser les limites thermiques des espèces étudiées. Ces limites dépendent notamment des conditions d'exposition : une température donnée peut être tolérée pendant une durée limitée, mais devenir létale lorsque l'exposition se prolonge. Les capacités d'acclimatation des poissons peuvent également modifier leur tolérance thermique (Jørgensen *et al.* 2021, 2022). Cette étape permettra d'identifier les informations disponibles pour les espèces étudiées et de préparer leur mise en relation avec les séries temporelles de température de l'eau.

#### **2. Quantification des dépassements thermiques passés (1976-2025)**

La seconde étape consistera à associer des séries temporelles de température de l'eau pour chaque site répertorié dans RivFishTime. Les données du modèle hydrologique FutureStream (Bosmans *et al.* 2022) seront utilisées pour reconstituer les conditions thermiques rencontrées dans les cours d'eau au cours de la période 1976-2025. En combinant ces séries temporelles avec les limites de tolérance thermique des espèces recensées, le stage visera à déterminer si, et quand, les limites de tolérance thermique ont été dépassées sur les sites de RivFishTime et d'analyser leurs caractéristiques (espèces concernées, nombre de dépassements, durée, intensité, sévérité, fréquence annuelle). Des analyses statistiques et des cartographies permettront de caractériser leur distribution spatiale et leur évolution au cours de la période historique.

#### **3. Projections des dépassements thermiques futurs (2026-2099)**

En fonction de l'avancée du stage, ces analyses seront étendues aux projections de température de l'eau produites par le modèle FutureStream pour la période 2026–2099. L'objectif sera d'évaluer comment les dépassements des limites de tolérance thermique pourraient évoluer au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, et d'identifier les régions, les cours d'eau et les assemblages d'espèces potentiellement les plus exposés.

### **Compétences acquises au cours du stage**

- Utilisation du langage R et de packages associés
- Intégration et harmonisation de bases de données écologiques et climatiques.
- Analyse statistique de séries temporelles environnementales.
- Quantification de l'exposition des espèces aux événements thermiques extrêmes.
- Production de graphiques et de cartographies scientifiques.
- Interprétation de résultats écologiques à grande échelle et rédaction scientifique.

## **Profil recherché**

Nous recherchons un·e étudiant·e de Master 2 en écologie, écologie évolutive, biodiversité, sciences de l'environnement ou dans un domaine équivalent, intéressé·e par l'écologie des changements globaux et l'analyse quantitative de données écologiques. Les compétences suivantes seront particulièrement appréciées : maîtrise du langage R, intérêt pour le traitement et l'analyse de grands jeux de données écologiques et climatiques et l'écologie thermique.

## **Modalités de candidature**

Les candidat·es intéressé·es sont invité·es à envoyer leur candidature (CV, lettre de motivation, relevés de notes de Master) par e-mail à Claire Jacquet ([claire.jacquet@umontpellier.fr](mailto:claire.jacquet@umontpellier.fr)) et Minya Erre ([minya.erre@umontpellier.fr](mailto:minya.erre@umontpellier.fr)). Les candidatures seront examinées au fur et à mesure de leur réception. La période de stage pourra être adaptée en fonction des contraintes universitaires et des disponibilités du ou de la candidat·e.

## **Références bibliographiques :**

- Bosmans, J., Wanders, N., Bierkens, M.F.P., Huijbregts, M.A.J., Schipper, A.M. & Barbarossa, V. (2022). FutureStreams, a global dataset of future streamflow and water temperature. *Sci. Data*, 9.
- Comte, L., Carvajal-Quintero, J., Tedesco, P.A., Giam, X., Brose, U., Erős, T., *et al.* (2021). RivFishTIME: A global database of fish time-series to study global change ecology in riverine systems. *Global Ecology and Biogeography*, 30, 38–50.
- Coumou, D. & Rahmstorf, S. (2012). A decade of weather extremes. *Nat. Clim. Chang.*, 2, 491–496.
- Jørgensen, L.B., Malte, H., Ørsted, M., Klahn, N.A. & Overgaard, J. (2021). A unifying model to estimate thermal tolerance limits in ectotherms across static, dynamic and fluctuating exposures to thermal stress. *Sci. Rep.*, 11.
- Jørgensen, L.B., Ørsted, M., Malte, H., Wang, T. & Overgaard, J. (2022). Extreme escalation of heat failure rates in ectotherms with global warming. *Nature*, 611, 93–98.
- Molina, A.N., Carter, M.J. & Rezende, E.L. (2024). Plasticity cannot fully compensate evolutionary differences in heat tolerance across fish species. *Evolution (N. Y.)*, 78, 1949–1957.
- Verberk, W.C.E.P., Henry, E., Leiva, F.P., Barbarossa, V. & Schipper, A.M. (2026). Heat Tolerance and Its Plasticity in Freshwater and Marine Fishes Reflect Exposure to Extremes and Seasonal Variation in Habitat Temperatures. *Ecol. Lett.*