

OFFRE DE THESE

Que va devenir la température de l'eau des rivières avec le changement climatique ? Développement d'une modélisation couplée hydrologie-thermie à l'échelle nationale.

Cette thèse s'inscrit dans le projet national ThermieFrance (PEPR OneWater – France 2030), coordonné par [INRAE](#), qui vise à mieux comprendre les effets du changement climatique sur la température des rivières françaises, un paramètre clé pour la biodiversité, la qualité de l'eau et de nombreux usages.

CONTEXTE

- Les effets du réchauffement climatique sont aujourd'hui visibles et mesurables dans les rivières françaises, dont les températures augmentent de manière continue. Ce réchauffement, amplifié par les pressions humaines (refroidissement des centrales thermiques, prélèvements...), bouleverse les équilibres écologiques : réduction des habitats aquatiques viables, stress thermique pour les poissons, perte de biodiversité, altération de la qualité de l'eau. Elle affecte aussi des usages cruciaux, comme la production d'électricité ou d'eau potable.
- Dans ce contexte, il est important de comprendre où, quand et dans quelles conditions ces changements vont s'intensifier, et comment y faire face. C'est à cette problématique que s'attaque le projet national ThermieFrance, en mobilisant un large consortium interdisciplinaire (hydrologie, écologie, sciences sociales, climatologie). Son ambition : mieux comprendre les régimes thermiques des rivières et leur évolution future, pour orienter les stratégies d'adaptation économique, écologique et territoriale.
- Parmi les processus clés influençant la température des cours d'eau figurent les échanges entre les eaux souterraines et superficielles : en apportant de l'eau plus fraîche en été ou plus chaude en hiver, les nappes peuvent atténuer les extrêmes thermiques et jouer un rôle tampon vital pour les écosystèmes. Or, ces interactions restent encore mal représentées dans les modèles hydrologiques actuels à l'échelle nationale, ce qui limite leur capacité à produire des scénarios fiables sur l'ensemble du territoire français. La thèse visera à mieux prendre en compte ces interactions clés et ainsi améliorer notre capacité à simuler la température des rivières et proposer des leviers pour renforcer la résilience de nos hydrosystèmes.

PROBLEMATIQUE DE LA THESE

- Dans ce contexte, la thèse proposée portera sur le développement et l'évaluation d'un couplage entre le modèle hydrologique GRSD et le modèle de température des rivières T-NET, dans le but de mieux représenter les dynamiques thermiques, notamment celles influencées par les échanges nappes-rivières. L'un des défis majeurs consistera à utiliser la température de l'eau comme traceur indirect des flux souterrains, afin d'en améliorer la caractérisation spatiale et temporelle.
- Ce modèle couplé devra être capable de représenter de manière parcimonieuse les régimes thermiques à l'échelle nationale, tout en capturant la variabilité locale associée à la géomorphologie, aux types de nappes et aux usages anthropiques. L'approche retenue permettra de produire des simulations de température exploitables à la fois pour l'analyse des refuges thermiques, la biodiversité aquatique et l'évaluation de mesures d'adaptation dans un contexte de canicules récurrentes et étés sévères.

OBJECTIFS

La thèse s'articulera autour de trois grands objectifs :

- 1) Développer un couplage opérationnel entre GRSD et T-NET :
 - a. Mettre en œuvre le modèle couplé sur des bassins pilotes (Loire, Seine).

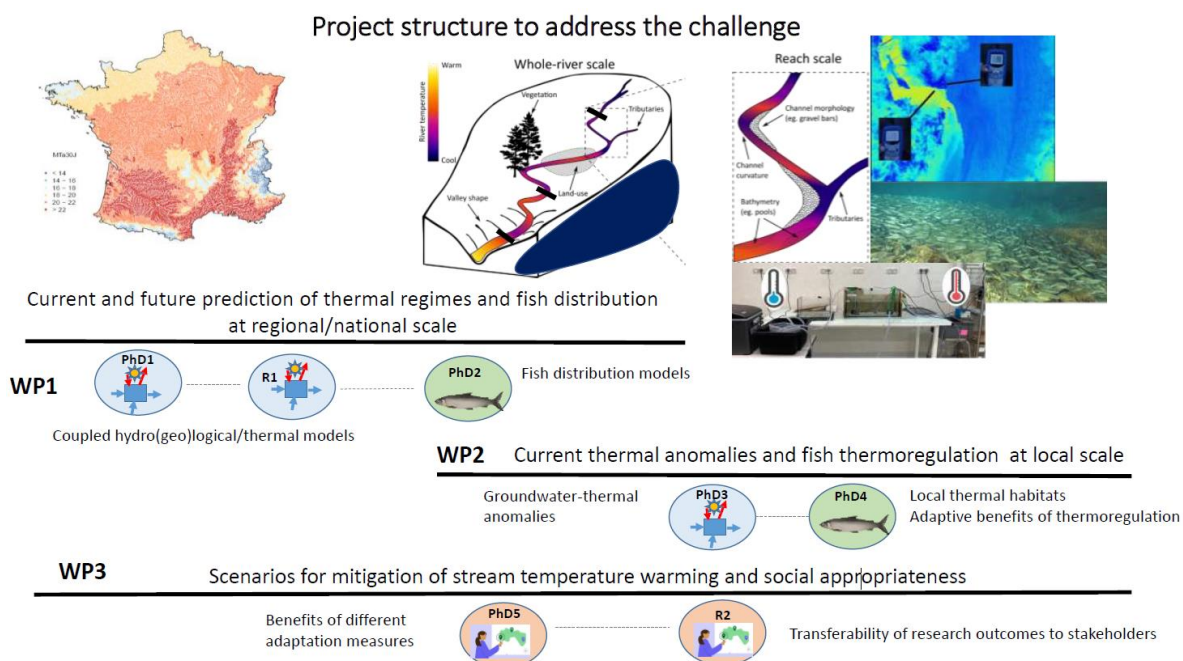
- b. Intégrer des signatures hydrologiques et thermiques pour contraindre les apports souterrains, notamment en utilisant la température comme traceur pour caractériser les échanges nappes-rivières.
 - c. Comparer les performances avec d'autres configurations (e.g. T-NET/EROS, CaWaQS).
- 2) Analyser des simulations de températures pendant les périodes de canicules et étiages sévères :
 - a. Quantifier le réchauffement additionnel lié à la diminution des débits.
 - b. Identifier les secteurs influencés par les eaux souterraines.
 - c. Évaluer l'impact de ces échanges sur le régime thermique.
- 3) Produire des projections climatiques à l'échelle nationale :
 - a. Simuler des scénarios futurs de température et de débit en utilisant des forçages climatiques.
 - b. Fournir des indicateurs spatialisés pour évaluer la vulnérabilité thermique des rivières.
 - c. Contribuer à des études intégrées sur les habitats thermiques et les mesures d'adaptation.

METHODOLOGIE

- Le travail s'appuiera sur deux briques de modélisation existantes :
 - GRSD, un modèle hydrologique semi-distribué, opérationnel pour simuler les débits à l'échelle nationale, développé par INRAE Antony.
 - T-NET, un modèle physique de température des rivières, développé par INRAE RiverLy et déployé sur la Loire et d'autres bassins.
- La première étape consistera à coupler les deux modèles et à tester leur fonctionnement conjoint sur des bassins pilotes bien instrumentés (Loire, Seine). Le ou la doctorante mettra en place des approches de calage multi-objectifs, intégrant des descripteurs morphologiques, hydrogéologiques et climatiques pour contraindre les échanges nappes-rivières.
- Dans un second temps, le modèle sera utilisé pour produire des simulations historiques et futures (1980–2100) de température et de débit sur un ensemble de points d'intérêt nationaux et de façon cartographique sur le réseau hydrographique. Une analyse de ces simulations sera réalisée à travers plusieurs analyses de sensibilité pour des canicules et étiages sévères identifiés.

VOTRE ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

- Le ou la doctorante sera accueilli-e dans l'unité [HYCAR d'INRAE Antony](#), au sein d'une unité multidisciplinaire sur les hydrosystèmes. Elle ou il sera co-encadré-e par :
 - Alban de Lavenne ([INRAE Antony, HYCAR](#)), spécialiste en modélisation hydrologique, notamment du modèle GRSD. Il travaille sur l'intégration de données complémentaires (débit et qualité de l'eau) pour améliorer la représentation des processus hydrologiques.
 - Florentina Moatar-Bertrand ([INRAE Lyon, RiverLy](#)), spécialiste des interactions entre hydrologie, qualité de l'eau, climat et pressions anthropiques. Elle est à l'origine du développement du modèle T-NET et est la coordinatrice du projet ThermieFrance.
- La thèse profitera du large consortium académique et opérationnel (INRAE, CNRS, BRGM, Météo-France, EDF, Mine Paris PSL, etc.) réuni au sein de ce projet ThermieFrance. Elle bénéficiera d'un accès privilégié aux bases de données du projet, à des temps d'échange entre doctorants et à des formations interdisciplinaires. Une des forces de cette proposition de thèse (thèse #1, figure ci-dessous) réside également dans son intégration avec les autres volets du projet, que ce soit en termes de changement d'échelle dans la compréhension des processus (thèse #3), de production de simulations pour alimenter le travail à l'échelle nationale des biologistes (thèse #2), l'analyse comparée des mesures d'adaptation (thèse #5), ou la production de scénarios climatiques et comparaison des simulations avec d'autres modèles (post-doctorat #1).



PROFIL RECHERCHE

Nous recherchons un·e candidat·e curieux·se, rigoureux·se, doté·e d'un bon esprit d'analyse, et intéressé·e par les questions de modélisation environnementale dans un contexte de changement global.

Compétences attendues :

- Formation de niveau Master 2 ou diplôme d'ingénieur en hydrologie, sciences de l'eau, géosciences, ou disciplines proches ;
- Intérêt pour la modélisation avec, préférentiellement, la maîtrise d'au moins un langage de programmation scientifique (R, Python, Fortran ou C++)

VOTRE QUALITE DE VIE À INRAE

En rejoignant notre équipe, vous pourrez bénéficier de :

- un contexte interdisciplinaire de travail au sein d'une Unité de recherche qui mène des travaux reconnus à l'international dans le domaine de l'eau et des hydrosystèmes continentaux anthropisés
- un environnement d'excellence scientifique dans le cadre de l'[Université Paris Saclay](#), dont INRAE est partenaire
- une localisation à Antony (92, Île-de-France), sur un [site](#) accueillant environ 150 personnes, disposant d'une restauration collective subventionnée pour le déjeuner
- l'engagement d'INRAE en matière de [responsabilité sociale et environnementale](#) (RSE)
- 25 jours de congés + 15 RTT par an
- une possibilité de télétravail allant jusqu'à deux jours par semaine
- un accès à des [activités sportives et culturelles](#) (terrains de sport, piscine et parcs à proximité)
- une prise en charge à hauteur de 75 % du titre de transport, avec un [accès du site](#) aisé par les transports en commun
- un forfait Mobilité durable si vous utilisez un vélo personnel ou que vous pratiquez le covoiturage
- un dispositif de développement des compétences : [formation](#), conseil en orientation professionnelle
- [un accompagnement social](#) : conseil et écoute, aides et prêts sociaux
- [un ensemble de prestations vacances et loisirs](#) : chèque-vacances, hébergements à tarif préférentiel
- [un soutien à la parentalité](#) : CSEU garde d'enfants, prestations pour les loisirs

➤ Modalités d'accueil

- Unité : UR Hydrosystèmes continentaux anthropisés : ressources, risques, restauration ([HYCAR](#))
- Code postal + ville : 92160 Antony
- Type de contrat : Contrat doctoral
- Université d'inscription : [Sorbonne Université](#)
- Ecole doctorale de rattachement : [Géosciences Ressources Naturelles et Environnement \(ED 398\)](#)
- Durée du contrat : 36 mois
- Date d'entrée en fonction : 1^{er} octobre ou novembre 2025
- Rémunération : 2 200 € bruts mensuels puis 2 300 € bruts mensuels à partir du 01/01/2026

➤ Modalités pour postuler

- Les dossiers de candidature doivent comprendre :
 - Un CV détaillé
 - Une lettre de motivation
- Merci d'envoyer votre dossier par e-mail à :
 - alban.delavenne@inrae.fr et,
 - florentina.moatar@inrae.fr

Les candidatures seront examinées dès réception, jusqu'à ce que le poste soit pourvu.

! Date limite pour postuler : 11 juillet 2025