



OFFRE D'EMPLOI

Offre de thèse - A la recherche de cohérences spatio-temporelles dans les incertitudes associées aux prévisions de débits : quel apport des méthodes d'apprentissage statistique ?

L'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE) est un établissement public de recherche rassemblant une communauté de travail d'environ 12 000 personnes, avec plus de 200 unités de recherche et 42 unités expérimentales implantées dans toute la France. Le département AQUA conduit des recherches scientifiques sur les socio-hydrosystèmes à l'ère de l'Anthropocène. Sont principalement mobilisées les sciences biologiques, écologiques, écotoxicologiques, hydrologiques, hydromécaniques, économiques et sociales. Ces disciplines sont appliquées aux écosystèmes aquatiques, aux cycles de l'eau et aux transferts des éléments biogéochimiques dans les hydrosystèmes.

VOTRE MISSION ET VOS ACTIVITÉS

■ Basé-e sur Antony (92160), vous serez accueilli-e au sein de l'Unité de Recherche HYCAR (Hydrosystèmes Continentaux Anthropisés). L'Unité regroupe une quarantaine de scientifiques (dont 10 doctorants) autour de trois thématiques fortes; ingénierie écologique, hydro-écologie et hydrologie des bassins versants. Reconnue à l'échelle internationale pour ses travaux et notamment ses modèles conceptuels et ses bases de données, vous intégrerez l'équipe hydrologie des bassins versants (HYDRO, <https://webgr.inrae.fr/>).

■ Les sécheresses et les inondations sont des événements qui soulèvent de multiples questions pour la gestion des risques et de la ressource en eau. Si ces phénomènes et leurs conséquences peuvent être anticipés en modélisant le cycle de l'eau à l'échelle des bassins versants, des travaux sur les incertitudes restent à mener. Ces incertitudes, sur les débits simulés numériquement, peuvent être temporelles (sur une chronique de débit simulé) ou spatiales (en différents points simulés du bassin versant). Les incertitudes spatiales ou temporelles sont souvent estimées ponctuellement, ce qui empêche de produire des estimations cohérentes sur un bassin versant. Ce manque de cohérence a des impacts importants dans les processus de prise de décision par les gestionnaires de l'eau (évacuation de personnes, mesure de restriction des usages, gestion d'ouvrages, etc.).

Les travaux envisagés dans cette thèse visent à développer de nouvelles approches pour la quantification des incertitudes prédictives en modélisation hydrologique. Ces approches seront appliquées à une échelle nationale, c'est-à-dire sur de grands échantillons de bassins versants aux caractéristiques variées. Cela demande notamment d'explorer les méthodes récentes d'analyse de données liées à l'apprentissage statistique et l'intelligence artificielle. L'objectif est de produire des prévisions hydrologiques probabilistes multivariées cohérentes à différentes échelles de temps et d'espace. Ces prévisions seront également capables de s'adapter de manière continue aux différentes dynamiques des crues et des étiages. Les développements de la thèse devront être implémentés aux outils opérationnels de prévision d'INRAE contractualisés avec les gestionnaires de l'eau.

■ Dans le cadre de cette thèse, vous serez plus particulièrement en charge de répondre à la question suivante : Que peut-on apprendre de la variabilité spatiale et temporelle des erreurs prédictives pour la quantification des incertitudes en modélisation hydrologique sur de grands échantillons de bassins versants ?

Vous testerez notamment les deux hypothèses suivantes :

- Hypothèse 1 : La structure des erreurs prédictives à différentes échelles spatio-temporelles peut être caractérisée par des approches statistiques avancées, en s'inspirant des approches utilisées dans les générateurs stochastiques de variables hydrométéorologiques.

- Hypothèse 2 : Il est possible d'apprendre des erreurs prédictives passées pour quantifier de manière fiable les incertitudes prédictives futures en cherchant des similarités hydrologiques entre différentes situations ou localisations (approche par similarité ou régionalisation).

Les données et les modèles hydrologiques disponibles au sein de l'équipe HYDRO permettront la mise en place d'une modélisation hydrologique semi-distribuée capable de produire des prévisions de débits à l'échelle nationale. Des simulations complémentaires seront produites dans le cadre du projet ANR [CIPRHES](#) de prévision des étiages, ce qui permettra d'étudier la généralité des méthodes étudiées en les appliquant à différents types de modèles hydrologiques. Des données complémentaires issues de la télédétection (humidité du sol, couverture neigeuse) seront à rassembler et exploiter afin de produire des indices capables d'apporter une information hydrologique explicative aux méthodes statistiques.

La méthode QUOIQUE, utilisée dans l'équipe HYDRO et diffusée dans l'outil opérationnel [OTAMIN](#), servira de méthode de référence. Le développement des méthodes d'apprentissage statistique adaptées à la quantification des incertitudes prédictives sera réalisé à l'aide de logiciels libres spécialisés en intelligence artificielle : [Pytorch](#), [TensorFlow](#) ou [Keras](#). Des ressources HPC (INRAE, Meso@LR) seront accessibles pour réaliser les expériences numériques.

NOUS OFFRONS

- Un contexte interdisciplinaire au sein d'une Unité de Recherche qui mène des travaux reconnus en France et à l'international dans le domaine de l'eau et des hydrosystèmes continentaux anthropisés.
- Un confort et une sécurité du poste de travail. Les travaux de thèse sont essentiellement menés sur poste informatique. Si des déplacements professionnels sont à prévoir (réunion de projet, colloques), ils seront intégralement pris en charge par INRAE.
- Un bureau localisé à Antony (92, Île-de-France), sur un site accueillant environ 150 personnes, disposant d'un accès à un restaurant collectif subventionné pour le déjeuner, et des facilités pour mener des activités sportives (terrains de sport intra-muros, piscine et parcs à proximité).
- La possibilité de télé-travailler jusqu'à deux jours par semaine (dans la limite de 100 jours par an) sous réserve de compatibilité avec les travaux prévus.
- Un parking et garage à vélo sur place.
- Un accès aisé par les transports en commun (<https://www6.jouy.inrae.fr/hycar/Comment-venir-a-INRAE-Antony/Acces>), avec prise en charge à hauteur de 50 % du titre de transport (sous attestation).
- La possibilité d'effectuer des formations en lien avec le poste.
- Bâtiment non adapté aux personnes porteuses d'un handicap moteur.

LE PROFIL QUE NOUS RECHERCHONS

■ Formation recommandée :

- Master 2 dans le domaine de l'hydrologie, de l'hydrométéorologie, des mathématiques appliquées ou de la modélisation hydrologique (le Master doit être validé avant le démarrage de la thèse)

■ Connaissances souhaitées :

- Science des données, statistiques et quantification des incertitudes
- Hydrologie générale
- Programmation (R ou Python, Fortran ou C++)
- Développement informatique *via* des outils collaboratifs de type GitLab

■ Expérience appréciée :

- Expérience en modélisation et/ou statistiques appliquées au domaine de l'environnement

■ Aptitudes recherchées :

- Goût affirmé pour le travail en équipe
- Goût pour les développements informatiques
- Autonomie dans les échanges avec des partenaires de recherche externes
- Excellentes capacités de rédaction et communication en français et en anglais scientifique

➤ Modalités d'accueil

- Unité: UR Hydrosystèmes continentaux anthropisés : ressources, risques, restauration (HYCAR) <https://www6.jouy.inrae.fr/hycar>
- Code postal + ville : 92160 Antony
- Type de contrat : Contrat doctoral
- Université d'inscription : Sorbonne Université (<https://www.sorbonne-universite.fr/>)
- Ecole doctorale de rattachement : Géosciences Ressources Naturelles et Environnement (ED 398, <http://ed398.sorbonne-universite.fr/>)
- Direction de thèse et encadrement : Vazken Andréassian (Dir.), François Bourgin, Charles Perrin
- Durée du contrat : 36 mois
- Date d'entrée en fonction : dès que possible, au plus tard le 1^{er} octobre 2022
- Rémunération : 1 975 € bruts mensuels

➤ Modalités pour postuler

Transmettre une lettre de motivation et un CV à : François Bourgin, chercheur de l'équipe HYDRO <https://webgr.inrae.fr/>

■ Par e-mail : francois.bourgin@inrae.fr

■ Par courrier : INRAE, UR HYCAR, 1, rue Pierre-Gilles de Gennes, CS 10030, 92761 Antony Cedex

✘ Date limite pour postuler : 15 Juin 2022