

Offre de stage Année universitaire 2025-2026

1. Sujet

Les multiples facettes de la similarité hydrologique : quelles informations peut-on extraire des descripteurs physiques des bassins versants ?

2. Type de stage

Stage de Master 2 ou de dernière année d'école d'ingénieur

3. Période – Durée

Six mois à partir de février-mars 2026

4. Organisme d'accueil et encadrement

Organisme d'accueil :

INRAE
UR Hydrosystèmes continentaux anthropisés (HYCAR)
Equipe Hydrologie des bassins versant (HYDRO)
1, rue Pierre-Gilles de Gennes
CS 10030
92761 Antony Cedex
Web :
<https://www.inrae.fr>
<https://www6.jouy.inrae.fr/hycar>
<https://webgr.inrae.fr>

Encadrement :

François Bourgin :
francois.bourgin@inrae.fr
Gaëlle Tallec :
gaelle.tallec@inrae.fr

Les candidatures (CV + lettre de motivation) sont à adresser de préférence par mail aux encadrants dont les coordonnées sont détaillées ci-dessus.

5. Indemnité de stage

Indemnité mensuelle d'environ 550 €

6. Profil du candidat

- Notions d'hydrologie, intérêt pour la modélisation et les sciences environnementales
- Bonnes connaissances en mathématiques appliquées et en apprentissage statistique
- Aisance en programmation (R ou Python)
- Aisance rédactionnelle et à l'oral

7. Poursuite éventuelle en thèse

Un sujet de thèse pourrait être proposé au concours d'attribution des contrats doctoraux de l'ED GRNE ; possibilités de projets de thèse sur d'autres sujets au sein de l'équipe d'accueil (sous réserve de financement disponible).

8. Description du sujet

• *Contexte*

La compréhension du fonctionnement des bassins versants, et notamment la réponse des cours d'eau aux forçages climatiques, est au cœur de la modélisation hydrologique. Chaque bassin versant possède ses propres caractéristiques. Pour simuler leur comportement, on utilise des modèles hydrologiques, comme les modèles GR (du Génie Rural), développés à INRAE (<https://webgr.inrae.fr>). Ces modèles nécessitent l'ajustement de quelques paramètres : c'est ce qu'on appelle le calage. Cette étape consiste, lorsque des données de débits sont disponibles, à identifier les paramètres qui permettent d'obtenir les meilleures performances possibles pour chaque bassin.

Dans l'idéal, on souhaiterait pouvoir s'affranchir du calage (qui nécessite des mesures de débit) en liant les paramètres des modèles à des caractéristiques physiques mesurables (des descripteurs) des bassins. Cependant, plusieurs études récentes ont montré qu'il est difficile d'y parvenir, et cette difficulté limite notre capacité à appliquer les modèles à des bassins non jaugés, c'est-à-dire ceux pour lesquels on ne dispose pas de données de débit.

Pour surmonter cette limite, une approche plus récente s'appuie sur des méthodes issues de l'intelligence artificielle. Elle consiste à réaliser un calage simultané sur plusieurs bassins, en utilisant leurs descripteurs. Des travaux récents ont montré que cette méthode permet d'obtenir de bonnes performances de simulation sur des bassins non jaugés. Toutefois, les raisons de ces bonnes performances sont encore mal comprises. En particulier, la notion de similarité hydrologique – c'est-à-dire le fait que certains bassins réagissent de manière comparable aux événements climatiques – reste à explorer.

• *Objectifs du stage*

L'objectif principal est d'explorer la question suivante : Quelles informations peut-on tirer des descripteurs des bassins et des résultats de modélisations hydrologiques obtenues dans un cadre de calage sur plusieurs bassins à la fois, pour mieux comprendre ce qui rend certains bassins similaires dans leur comportement hydrologique ?

Répondre à cette question doit permettre notamment d'améliorer la prévision des débits (crue ou étiage) sur les cours d'eau où l'on ne dispose pas d'observations.

• *Méthodologie / Etapes de travail*

Pour répondre à cette question, les travaux s'organiseront autour des étapes suivantes :

- Prise en main de la base de données actuellement disponible au sein de l'équipe : il s'agit d'une sélection d'un échantillon de bassins versants variés issu des initiatives CAMELS.
- Identification de bases de données complémentaires et intégration à la base de données existante.
- Application de méthodes de classification non supervisée pour identifier l'impact des descripteurs de bassin.
- Application de méthodes de calage sur plusieurs bassins et identification de l'impact des descripteurs sur les résultats obtenus.
- Comparaison des résultats obtenus par les méthodes de classification et les méthodes de calage.

Le calendrier suivant sera envisagé :

- Mois 1-3: Recherche bibliographique, prise en main des codes informatiques et préparation d'une base de données.
- Mois 3-5: Application progressive des méthodes de classification et des méthodes de calage.
- Mois 6: Rédaction d'un mémoire.

- **Références bibliographiques**

- Delaigue, O., Guimarães, G. M., Brigode, P., Génot, B., Perrin, C., Soubeyroux, J.-M., Janet, B., Addor, N., Andréassian, V.: CAMELS-FR dataset: A large-sample hydroclimatic dataset for France to explore hydrological diversity and support model benchmarking, *Earth Syst. Sci. Data*, 17, 1461–1479, doi: 10.5194/essd-17-1461-2025, 2025.
- Kratzert, F., Klotz, D., Herrnegger, M., Sampson, A. K., Hochreiter, S., and Nearing, G. S.: Toward Improved Predictions in Ungauged Basins: Exploiting the Power of Machine Learning, *Water Resour. Res.*, 55, 11344–11354, <https://doi.org/10.1029/2019WR026065>, 2019.
- Oudin, L., A. Kay, V. Andréassian, and C. Perrin: Are seemingly physically similar catchments truly hydrologically similar? *Water Resour. Res.*, 46, W11558, doi:10.1029/2009WR008887, 2010.
- Tsai, WP., Feng, D., Pan, M. et al. From calibration to parameter learning: Harnessing the scaling effects of big data in geoscientific modeling. *Nat Commun* 12, 5988, <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26107-z>, 2021.