STAGE DE RECHERCHE de MASTER 2e ANNÉE

english version below

Année Universitaire 2026–2027

SUJET DU STAGE

Étude de l'effet du reméandrage des cours d'eau en tête de bassin versant pour l'adaptation au changement climatique. Analyse de simulations ORCHIDEE sur la France métropolitaine pour évaluer l'impact d'une Solution Fondée sur la Nature (SFN) à grande échelle.

Study of the effect of remeandering headwater streams for adaptation to climate change. Analysis of ORCHIDEE simulations over metropolitan France to assess the large-scale impact of a Nature-Based Solution (NBS).

Niveau	Stage de M2 ou stage de fin d'études d'école d'ingénieurs
Laboratoire d'accueil	LMD (Laboratoire de Météorologie Dynamique)
Lieu	Sorbonne Université (campus Pierre et Marie Curie à Jussieu)
Durée	Environ 6 mois
Période indicative	mars à août 2027
Encadrement	Siméon Lang, Doctorant / LMD Marine Lanet, Maîtresse de conférences Sorbonne Université / LMD Laurent Li, Directeur de recherche CNRS / LMD Antoine Bierjon, Ingénieur de recherche CNRS / IPSL
Mots-clés	Cycle de l'eau, sécheresse, inondation, solution fondée sur la Nature, adaptation, changement climatique, ORCHIDEE

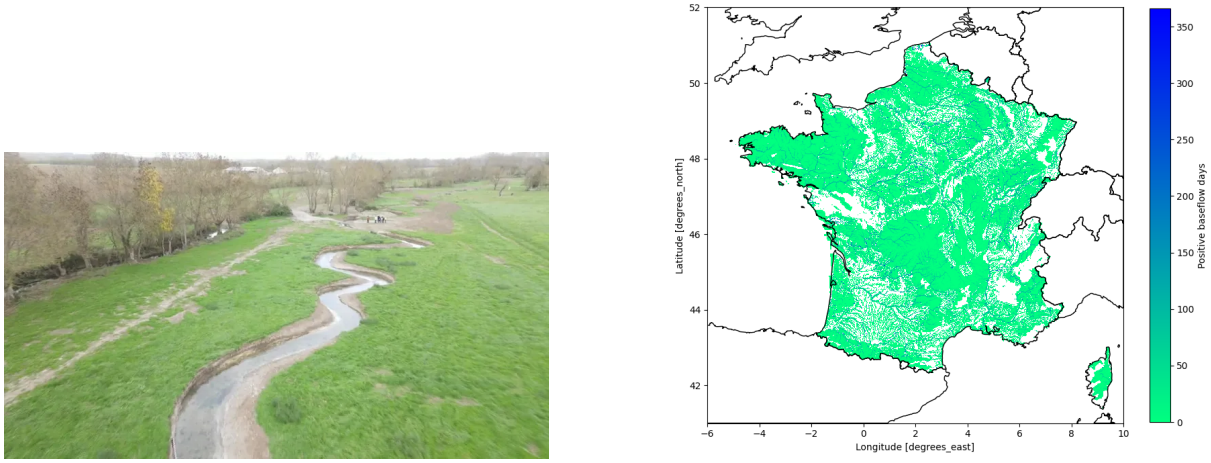

Figure 1: Gauche : reméandrage du Vendié ; droite : exemple de sorties du modèle pour une année. Nombre de jours où la nappe fournit de l'eau à la rivière.
Left : the Vendié remeandering ; right : example of model ouputs. Number of positive baseflow days for a given year.

CANDIDATURE

CV et lettre de motivation à envoyer par mail aux 4 encadrant.e.s.

COORDONNÉES DES RESPONSABLES

Encadrant principal

Lang Siméon — Doctorant (3e année)
simeon.lang@lmd.ipsl.fr

Autres encadrant.e.s

Li Laurent — Directeur de recherche CNRS
laurent.li@lmd.ipsl.fr
Lanet Marine — Maîtresse de conférences, Sorbonne Université
marine.lanet@lmd.ipsl.fr
Bierjon Antoine — Ingénieur de recherche CNRS
antoine.bierjon@ipsl.fr

NATURE DU SUJET

Théorie : un peu
Modélisation : un peu
Expérimentation : pas du tout
Analyse de données : beaucoup
Instrumentation : pas du tout

DESCRIPTION DU SUJET

Contexte scientifique

Le changement climatique entraîne une modification et une intensification du cycle hydrologique [1]. Aux moyennes latitudes, et notamment en France métropolitaine, les projections indiquent des précipitations hivernales plus abondantes et des épisodes plus intenses. En été, les précipitations devraient diminuer et l'évapotranspiration augmenter [2,3]. Ces évolutions devraient allonger et aggraver les sécheresses hydrologiques [2]. Elles devraient aussi modifier le régime des crues et avancer, d'une année sur l'autre, la date d'assèchement des cours d'eau intermittents [4]. Dans ce contexte, les zones humides et les aquifères peu profonds jouent un rôle déterminant dans la régulation hydrologique. L'eau qu'ils stockent soutient le débit de base des rivières en période d'étiage. Ils peuvent aussi atténuer les pics de crue en jouant un rôle de tampon. Pour s'adapter au changement climatique, de nombreuses initiatives cherchent donc à « ralentir » le cycle de l'eau : elles freinent les écoulements de surface ou favorisent la recharge des nappes [5]. Leur efficacité hydrologique reste toutefois mal quantifiée, en particulier pour les opérations de restauration du lit mineur lui-même [5,8,9].

Cadre du stage

Ce stage s'inscrit dans le projet européen NBRACER (Nature-Based solutions foR Atlantic Climate Resilience). Ce projet évalue la contribution des Solutions fondées sur la Nature (SfN) à l'adaptation au changement climatique. Deux sites démonstrateurs y accueillent la mise en

œuvre de SfN, accompagnée d'un réseau de capteurs qui permet d'en mesurer les effets sur l'hydrologie locale. L'un de ces sites est le reméandrage du Vendié, dans le Parc naturel régional du Marais poitevin. En complément de cette approche expérimentale, notre équipe cherche à représenter les SfN dans un modèle numérique de grande échelle, afin d'estimer les effets d'un déploiement massif. Dans le cadre de la thèse de Siméon Lang, un nouveau module a été développé dans le modèle de surface continentale ORCHIDEE [6], qui constitue la composante terrestre du modèle de système Terre de l'IPSL [7]. Ce module décrit de façon physique les nappes superficielles et leurs échanges avec les cours d'eau. Le stage porte sur un cas concret : le reméandrage du Vendié (Figure 1). Le reméandrage consiste à redonner à un cours d'eau un tracé plus long et plus sinueux. Cela réduit la vitesse d'écoulement, intensifie les échanges nappe–rivière et modifie la dynamique hydrologique du bassin versant [8,9].

Objectifs

Le stage vise à analyser et à comparer deux simulations : une simulation de référence et une simulation dans laquelle les cours d'eau de tête de bassin ont été reméandrés. Il s'agira de quantifier les effets de cet aménagement sur la dynamique hydrologique, en particulier sur :

- les dates d'assec des cours d'eau intermittents ;
- le soutien des débits d'étiage ;
- l'aléa inondation.

Ce protocole a été co-construit avec les acteurs du territoire et les chercheur · euse · s du projet NBRACER : Pierre Sure (Syndicat Mixte du Bassin Versant de la Sèvre Niortaise, SMBVSN), Audrey Tempere (Bordeaux INP) et Myriam Schmutz (Bordeaux INP). Si le temps le permet, l'analyse sera étendue à des simulations forcées par des scénarios climatiques futurs. Il sera alors possible d'évaluer dans quelle mesure ce type d'aménagement est susceptible de compenser les effets du changement climatique.

Travail attendu

Le travail du ou de la stagiaire consistera à manipuler les sorties de simulation, à analyser les résultats et à produire des visualisations sur les variables hydrologiques clés. Il ou elle utilisera principalement Python pour traiter les données, comparer les scénarios et interpréter les différences observées entre simulation de référence et simulation reméandrées. Le stage inclura également du travail bibliographique sur les mécanismes hydrologiques, les indicateurs de sécheresse et de crue, et les effets du changement climatique sur le cycle de l'eau.

PROFIL RECHERCHÉ

Élève ingénieur · e en dernière année ou étudiant · e de M2 en sciences de l'atmosphère, du climat, de l'environnement, en physique ou en science des données. Qualités recherchées :

- Maîtrise de Python pour l'analyse de données scientifiques ;
- Intérêt pour l'hydrologie, les sciences de l'environnement, la modélisation et l'analyse de données géophysiques ;
- Autonomie, rigueur et goût pour le travail en équipe ;
- Anglais scientifique lu et écrit (les résultats contribueront à un projet de recherche plus large et pourront faire l'objet d'une publication scientifique).

POURSUITE

Ce stage pourra éventuellement ouvrir la perspective d'une poursuite en thèse. Si cette perspective se confirme à l'issue du stage, Laurent Li et Marine Lanet pourront accompagner la préparation d'un sujet de thèse et une éventuelle candidature au concours de l'École doctorale 129 pour obtenir d'une bourse de thèse.

English version

NATURE OF THE INTERNSHIP

Theory: some
Modelling: some
Experimental work: none
Data analysis: extensive
Instrumentation: none

INTERNSHIP DESCRIPTION

Scientific context

Climate change is altering and intensifying the hydrological cycle [1]. At mid-latitudes, including metropolitan France, projections indicate more abundant winter precipitation and more intense rainfall events. In summer, precipitation is expected to decrease while evapotranspiration increases [2,3]. These changes are likely to lengthen and intensify hydrological droughts [2]. They may also alter flood regimes and bring forward, from one year to the next, the date when intermittent streams dry up [4].

In this context, wetlands and shallow aquifers play a key role in regulating water flows. The water they store helps sustain river baseflow during low-flow periods. They can also buffer peak flows and reduce flood peaks. Many initiatives therefore aim to "slow down" the water cycle as a way to adapt to climate change: they slow surface runoff or promote groundwater recharge [5]. However, their hydrological effectiveness remains poorly quantified, particularly for interventions that restore the river channel itself [5,8,9].

Internship framework

This internship is part of the European project NBRACER (Nature-Based solutions foR Atlantic Climate Resilience), which assesses the contribution of Nature-Based Solutions (NBS) to climate-change adaptation. Two demonstration sites host NBS interventions, alongside a sensor network used to measure their effects on local hydrology. One of these sites is the remeandering of the Vendié in the Marais poitevin Regional Nature Park.

Alongside this field-based approach, our team aims to represent NBS in a large-scale numerical model in order to estimate the effects of deploying them more widely. As part of Siméon Lang's PhD thesis, a new module was developed for ORCHIDEE [6], a land-surface model that represents the land component of the IPSL Earth system model [7]. This module describes shallow groundwater processes and exchanges between aquifers and rivers based on physical principles.

The internship focuses on a specific case: the remeandering of the Vendié (Figure 1). Remeandering restores a longer, more sinuous river channel. This can slow water flow, enhance exchanges between groundwater and the river, and alter the hydrological dynamics of the catchment [8,9].

Objectives

The internship aims to analyse and compare two simulations: a reference simulation and one in which headwater streams have been remeandered. The goal is to quantify the effects of this intervention on hydrological dynamics, particularly on:

- the dates when intermittent streams dry up;

- the maintenance of low flows;
- flood hazard.

This study design was developed jointly with local stakeholders and researchers involved in NBRACER: Pierre Sure (Syndicat Mixte du Bassin Versant de la Sèvre Niortaise, SMBVSN), Audrey Tempere (Bordeaux INP), and Myriam Schmutz (Bordeaux INP). If time allows, the analysis will be extended to simulations driven by future climate scenarios. This will make it possible to assess the extent to which this type of intervention could offset the effects of climate change.

Expected work

The intern will work with simulation outputs, analyse the results, and create visualizations of key hydrological variables. They will mainly use Python to process the data, compare scenarios, and interpret differences between the reference and remeandered simulations. The internship will also include a literature review on hydrological processes, drought and flood indicators, and the effects of climate change on the water cycle.

CANDIDATE PROFILE

Final-year engineering student or Master's student in atmospheric, climate, or environmental sciences, physics, or data science.

Desired skills and qualities:

- Proficiency in Python for scientific data analysis;
- Interest in hydrology, environmental sciences, modelling, and geophysical data analysis;
- Independence, rigour, and an ability to work as part of a team;
- Ability to read and write scientific English (the results will contribute to a broader research project and may lead to a scientific publication).

POSSIBLE CONTINUATION

This internship may open up the possibility of going on to do a PhD. If this prospect is confirmed at the end of the internship, Laurent Li and Marine Lanet will be able to assist with the preparation of a PhD topic and a potential application to the Doctoral School 129 competition to secure a PhD scholarship.

REFERENCES

1. Allan, R.P., Barlow, M., Byrne, M.P., Cherchi, A., Douville, H., Fowler, H.J., Gan, T.Y., Pendergrass, A.G., Rosenfeld, D., Swann, A.L.S., Wilcox, L.J. and Zolina, O. (2020), Advances in understanding large-scale responses of the water cycle to climate change. Ann. N.Y. Acad. Sci., 1472: 49-75. https://doi.org/10.1111/nyas.14337
2. Paola Marson, Jean-Michel Soubeyroux, Lola Corre, Raphaëlle Samacoïts, Eric Sauquet, Yoann Robin, Mathieu Vrac. (2026), The Explore2–2022 climate projections dataset for impact studies over France, Data in Brief, Volume 66, 2026, 112659, ISSN 2352-3409, https://doi.org/10.1016/j.dib.2026.112659

3. Gildas Dayon; Julien Boé; Éric Martin; Joël Gailhard. Impacts of climate change on the hydrological cycle over France and associated uncertainties. Comptes Rendus. Géoscience, Volume 350 (2018) no. 4, pp. 141-153. https://doi.org/10.1016/j.crte.2018.03.001

4. Mimeau, L., Künne, A., Devers, A., Branger, F., Kralisch, S., Lauvernet, C., Vidal, J.-P., Bonada, N., Csabai, Z., Mykrä, H., Pařil, P., Polović, L., and Datry, T.: Projections of streamflow intermittence under climate change in European drying river networks, Hydrol. Earth Syst. Sci., 29, 1615–1636, https://doi.org/10.5194/hess-29-1615-2025, 2025

5. Penning E, Peñailillo Burgos R, Mens M, Dahm R, de Bruijn K. Nature-based solutions for floods AND droughts AND biodiversity: Do we have sufficient proof of their functioning? Cambridge Prisms: Water. 2023;1:e11. https://doi.org/10.1017/wat.2023.12

6. G. Krinner, Nicolas Viovy, Nathalie N. de Noblet-Ducoudré, Jérôme Ogée, Jan Polcher, et al.. A dynamic global vegetation model for studies of the coupled atmosphere-biosphere system. Global Biogeochemical Cycles, 2005, 19 (GB1015), 1 à 33 p. https://dx.doi.org/10.1029/2003GB002199

7. Boucher, O., Servonnat, J., Albright, A. L., Aumont, O., Balkanski, Y., & Bastrikov, V., et al. (2020). Presentation and evaluation of the IPSL-CM6A-LR climate model. Journal of Advances in Modeling Earth Systems, 12, e2019MS002010. https://doi.org/10.1029/2019MS002010

8. Isabelle Costaz-Puyou, Richard Williams, Andrew Black, Chris Spray, Craig MacDonell, Re-meandering attenuates frequent high-flows and diversifies physical habitat in a gravel-bed river, Journal of Environmental Management, Volume 388, 2025, 125672, ISSN 0301-4797, https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125672

9. Perks, M. T., Barber, N., Heritage, G. L., Knaggs, J., Reaney, S. M., Runeckles, H., et al. (2026). Hydraulic effects of channel realignment and floodplain reconnection in a headwater stream. Water Resources Research, 62, e2025WR041858. https://doi.org/10.1029/2025WR041858