

Ingénieur de recherche en hydrologie / prévision des crues CDD 18 mois

Université Gustave Eiffel – campus de Nantes (44)
Département Géotechnique, Risques naturels et Sciences de la Terre
Laboratoire Eau Environnement (GERS-LEE)

Objectifs du poste

Ce poste vise à contribuer au projet de recherche ANR MUFFINS – MULTIscale Flood Forecasting with Innovative Solutions (<https://anr.fr/Projet-ANR-21-CE04-0021>), qui s'intéresse à la prévision des crues rapides. Les objectifs du projet consistent à développer des chaînes de modélisation intégrées et continues, offrant des capacités d'anticipation des débits, des zones inondées et des impacts générés, et susceptibles de couvrir et de transférer des informations entre différentes échelles des phénomènes (du ruissellement localisé au débordement de cours d'eau jaugés ou non), tout en tirant parti de données innovantes (in situ ou télédétection, mesures ou proxys, ..). Ceci nécessite notamment le développement de modélisations hydrologiques distribuées, de modélisations hydrauliques à fine résolution, ainsi que leur intégration et connexion au sein de chaînes de prévision des crues.

Le poste s'insère plus particulièrement dans le work package 3 du projet, dont l'objectif est d'échanger avec un groupe d'utilisateurs, constitué d'acteurs opérationnels de la prévision des crues (SPCs, collectivités et EPTB, ...), autour des méthodes développées et de leur intérêt opérationnel. L'objectif est notamment d'illustrer et d'évaluer les méthodes à partir du rejeu d'événements pluvieux ayant touché les terrains d'étude traités dans le projet (bassins versants de l'Huveaune, de l'Argens et du Gapeau).

Le poste aura pour objectif de réaliser les rejeux d'événements nécessaires aux échanges avec le groupe utilisateurs, à partir des approches de prévision des crues développées dans le projet MUFFINS. Il s'agira donc d'appliquer différentes chaînes de modélisation, en reproduisant de façon rigoureuse le déroulement de chaque événement étudié, notamment les horaires auxquels les runs de prévisions successifs auraient pu être lancés et mis à disposition, dans une situation réelle. Ce travail nécessitera au préalable la prise en main de certains des outils de modélisation développés par les partenaires du projet.

Activités prévues

Les études de cas et événements à étudier seront précisés en début de contrat après échange avec le groupe utilisateurs du projet MUFFINS. A ce stade il est envisagé de traiter les bassins de l'Huveaune et du Gapeau, en rejouant plusieurs événements de crue sur chacun de ces bassins. L'objectif est d'illustrer les capacités d'anticipation des crues, des inondations et des impacts, à l'échelle du bassin versant dans son ensemble, en intégrant les phénomènes se produisant à différentes échelles, du ruissellement local aux cours d'eau principaux, en passant par les petits cours d'eau non jaugés.

Les chaînes de modélisation à appliquer reprendront d'une façon générale les approches déjà expérimentées dans le cadre des différents travaux et thèses en cours au sein du projet MUFFINS. La première chaîne de modélisation envisagée doit ainsi inclure :

- Des prévisions d'ensemble de pluie de courte échéance (+3h à +6h), fournies avec un rafraîchissement régulier (15 min à 1h, cf. Godet, Payrastra, et al., 2023). Ces produits sont fournis par le Centre National de Recherche Météorologiques (CNRM). Il ne s'agit pas

systématiquement de produits opérationnels et les délais de mise à dispositions des produits en situation réelle devront donc être estimés en lien avec Météo France.

- Le modèle hydrologique SMASH développé à INRAE (<https://smash.recover.inrae.fr/index.html>), dans une version permettant la régionalisation des paramètres (Jay-Allemand et al., 2020; Colleoni et al., 2022; Huynh et al., 2023). Le modèle sera appliqué avec une résolution kilométrique et au pas de temps de 15min, en utilisant un calage régional préexistant ou bien via un calage spécifique aux bassins concernés. Il sera forcé avec les prévisions d'ensemble de pluie précitées pour obtenir des ensembles de prévisions hydrologiques.
- Un catalogue de scénarios d'inondation préexistant (Nicolle et al., 2021, 2023; Nicolle & Payrastra, 2023), produit avec le modèle Floodos 2D (Davy et al., 2017; Hocini et al., 2021), et qui contient pour l'instant 8 scénarios d'inondation pour des périodes de retour de 2 à 1000 ans. Ce catalogue sera complété si nécessaire de façon à multiplier ou améliorer les scénarios d'inondation à partir du modèle Floodos 2D, ou bien d'améliorer ces scénarios en ayant recours à d'autres outils de modélisation hydraulique en régime transitoire.
- Une représentation simple des impacts, pouvant être effectuée via un décompte simple des enjeux présents en zone inondée, ou bien via des modèles permettant une exploitation plus fine des hauteurs d'eau (par exemple la méthode Roadino permettant l'estimation des risques de coupures de routes, cf. Osman, 2021)

Cette première chaîne de modélisation est la plus simple dans sa conception et permettra de couvrir la totalité des bassins versants traités. Le chaînage des modèles reprendra les principes proposés dans les travaux conduits dans la thèse de Juliette Godet (en cours), notamment pour le lien entre les prévisions du modèle SMASH et les scénarios d'inondation (Godet, Gaume, et al., 2023).

Des évaluations des prévisions obtenues seront réalisées, en essayant de qualifier la capacité à représenter de façon anticipée les débits, les inondations, les hauteurs d'eau, et les dommages observés pour chaque crue. Les approches d'évaluation pourront reprendre celles proposées dans les travaux récents conduits à l'Université Gustave Eiffel, qu'il s'agisse d'évaluer les prévisions de débits (M. Charpentier-Noyer et al., 2023; Godet, Payrastra, et al., 2023), les zones inondées et hauteurs d'eau (Hocini et al., 2021; Hocini, 2022), ou les impacts (Le Bihan et al., 2017; Maryse Charpentier-Noyer, 2022). L'évaluation des impacts sera à préciser en fonction des données disponibles pour chaque événement étudié.

Dans un second temps, des variantes et/ou des améliorations de la chaîne de prévision seront proposées et testées, en fonction des objectifs définis par le groupe utilisateurs, et des spécificités de chaque étude de cas. L'objectif pourra être par exemple d'améliorer l'anticipation, et/ou de mieux décrire les phénomènes d'inondation pour des échelles spécifiques (ruissellement local en zone urbaine, débordement de cours d'eau dans des secteurs complexes de confluences). Ces variantes ou améliorations pourront porter par exemple :

- Sur la mobilisation de nouveaux produits de prévision des pluies, permettant de mieux représenter les incertitudes et/ou d'envisager des échéances de prévision plus lointaines (jusqu'à 24h)
- Sur l'amélioration de la description des inondations dans des secteurs hydrauliques complexes comme les confluences, ou dans des secteurs à enjeux nécessitant une recherche de précision. Cette amélioration pourra être obtenue en augmentant le nombre de scénarios d'inondation à intégrer dans la chaîne, ou bien en ayant recours à des modélisations hydrauliques 2D en régime transitoire (Telemac 2D, DassFlow2D), ou encore à des modèles de machine learning (« surrogate models », thèse de M. Allabou) pour décrire la zone inondée directement à partir des prévisions de débits, sans avoir recours à des scénarios d'inondation pré-établis.
- Sur l'amélioration de la description des inondations dans les secteurs amont exposés au ruissellement. Ceci pourra être recherché via des scénarios d'inondation issu de modélisations 2D transitoires directement alimentées par la pluie (approche Cartino 2D basée sur Telemac

2D, Pons et al., 2021), Le cas échéant cette approche pourra s'appuyer les éléments méthodologiques définis dans la thèse d'Akshay Kowlessar (en cours), du point de vue du nombre de scénarios et de leurs modalités d'intégration dans la chaîne de prévision (reconnaissance à partir d'une séquence de pluies prévues)

Compétences requises

Très bonnes compétences en informatique et programmation, notamment maîtrise des langages R et Python (plus éventuellement C++, Fortran)

Bonne pratique des systèmes d'information géographique

Expérience ou connaissances souhaitées en modélisation hydrologique pluie-débit et modélisation hydraulique.

Capacités relationnelles et sens du travail en équipe (interactions multiples prévues avec les contributeurs au projet, et les membres du groupe utilisateurs)

Rigueur et capacité d'adaptation

Capacités rédactionnelles

Bonne maîtrise de l'anglais

Formation et expérience professionnelle

Formation initiale en mathématiques appliquées, informatique, hydrologie ou hydraulique, de niveau master minimum. Un doctorat ou expérience professionnelles équivalente (1 à 4 ans) seront appréciés.

Environnement et conditions de travail

Le poste est à pourvoir au sein du Laboratoire Eau et Environnement (LEE), qui fait partie du département Géotechnique, Environnement, Risques naturels et Sciences de la terre (GERS) de l'Université Gustave Eiffel. Ce laboratoire est situé à Bouguenais, dans la métropole nantaise (44).

Le laboratoire compte actuellement 39 personnes, et ses activités sont structurées autour de trois thématiques : la gestion de l'eau urbaine et l'adaptation aux changements globaux ; l'évaluation environnementale des sols urbains et matériaux recyclés ; les réseaux hydrographiques, crues soudaines et risque inondation.

Le temps de travail est de 38h30 par semaine, avec horaires flexibles (badgeage). Un restaurant d'entreprise et des équipements sportifs sont disponibles sur le campus.

Le télétravail est envisageable jusqu'à deux jours par semaine, et peut être mis en place à l'issue d'une période de deux mois après la prise de poste. Les congés incluent 25 jours de congés et 20 jours de RTT annuels (10 RTT libres et 10 RTT employeur).

Des déplacements de quelques jours seront probablement à envisager dans certains laboratoires partenaires du projet MUFFINS (Inrae Aix en provence, Cerema Aix en Provence, IMT Toulouse) pour la prise en main de certains des outils de modélisation à appliquer.

Candidatures, démarrage et durée

Les candidatures sont à adresser au plus tard pour le 9 février 2024 aux contacts ci-dessous (CV + lettre de motivation).

Le démarrage est souhaité au printemps ou été 2024, pour une durée de 18 mois.

Contacts

Olivier Payrastre, Université Gustave Eiffel, GERS-LEE (olivier.payrastre@univ-eiffel.fr) – coordinateur WP3 MUFFINS

Pierre Nicolle, Université Gustave Eiffel, GERS-LEE (pierre.nicolle@univ-eiffel.fr)

Pierre André Garambois, INRAE Recover (pierre.andre.garambois@inrae.fr) – coordinateur projet MUFFINS

Pierre Javelle, INRAE Recover (pierre.javelle@inrae.fr)

Références

Publications scientifiques et thèses soutenues :

- Charpentier-Noyer, M., Peredo, D., Fleury, A., Marchal, H., Bouttier, F., Gaume, E., et al. (2023). A methodological framework for the evaluation of short-range flash-flood hydrometeorological forecasts at the event scale. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 23(6), 2001–2029. <https://doi.org/10.5194/nhess-23-2001-2023>
- Charpentier-Noyer, Maryse. (2022). *Évaluation de prévisions hydrométéorologiques d'ensemble des crues soudaines à partir de données sur les impacts* (Thèse de Doctorat). Nantes Université, Université Gustave Eiffel. Retrieved from <https://www.theses.fr/s234690>
- Colleoni, F., Garambois, P.-A., Javelle, P., Jay-Allemand, M., & Arnaud, P. (2022). *Adjoint-based spatially distributed calibration of a grid GR-based parsimonious hydrological model over 312 French catchments with SMASH platform* (preprint). Catchment hydrology/Modelling approaches. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2022-506>
- Davy, P., Croissant, T., & Lague, D. (2017). A precipiton method to calculate river hydrodynamics, with applications to flood prediction, landscape evolution models, and braiding instabilities. *J. Geophys. Res. Earth Surf.*, 122(8), 1491–1512. <https://doi.org/10.1002/2016JF004156>
- Godet, J., Payrastre, O., Javelle, P., & Bouttier, F. (2023). Assessing the ability of a new seamless short-range ensemble rainfall product to anticipate flash floods in the French Mediterranean area. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 23(11), 3355–3377. <https://doi.org/10.5194/nhess-23-3355-2023>
- Godet, J., Gaume, E., Javelle, P., Nicolle, P., & Payrastre, O. (2023). *Technical note: Comparing three different methods for allocating river points to coarse-resolution hydrological modelling grid cells* (preprint). Global hydrology/Modelling approaches. <https://doi.org/10.5194/hess-2023-165>
- Hocini, N. (2022). *Évaluation de méthodes automatisées de cartographie des zones inondables adaptées à la prévision des crues soudaines*. (Thèse de Doctorat). Nantes Université, Université Gustave Eiffel. Retrieved from <https://www.theses.fr/2022NANU4015>
- Hocini, N., Payrastre, O., Bourgin, F., Gaume, E., Davy, P., Lague, D., et al. (2021). Performance of automated methods for flash flood inundation mapping : a comparison of a digital terrain model (DTM) filling and two hydrodynamic methods. *Hydrology and Earth System Sciences*, 25(6), 2979–2995. <https://doi.org/10.5194/hess-25-2979-2021>
- Huynh, N. N. T., Garambois, P.-A., Colleoni, F., & Javelle, P. (2023). Signatures-and-sensitivity-based multi-criteria variational calibration for distributed hydrological modeling applied to Mediterranean floods (Version 2). <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2305.19307>
- Jay-Allemand, M., Javelle, P., Gejadze, I., Arnaud, P., Malaterre, P.-O., Fine, J.-A., & Organde, D. (2020). On the potential of variational calibration for a fully distributed hydrological model: application on a Mediterranean catchment. *Hydrology and Earth System Sciences*, 24(11), 5519–5538. <https://doi.org/10.5194/hess-24-5519-2020>
- Le Bihan, G., Payrastre, O., Gaume, E., Moncoulon, D., & Pons, F. (2017). The challenge of forecasting impacts of flash floods: test of a simplified hydraulic approach and validation based on insurance claim data. *HYDROLOGY AND EARTH SYSTEM SCIENCES*, 21(11), 5911–5928. <https://doi.org/10.5194/hess-21-5911-2017>
- Nicolle, P., & Payrastre, O. (2023). *Évaluation d'un catalogue d'inondation mono-fréquence couvrant l'arc méditerranéen (rapport d'étape)*. (Convention DGPR-Université Gustave Eiffel 2022 n°2201357657 du 26/07/2022 - Action 8.1) (p. 15). Université Gustave Eiffel. Retrieved from <https://hal.science/hal-04159336>
- Nicolle, P., Payrastre, O., & Hocini, N. (2021). *Production d'un catalogue d'emprises inondées mono-fréquence sur les petits cours d'eau de l'arc méditerranéen (rapport d'étape)* (Convention DGPR-Université Gustave Eiffel 2020 n°2201239477 du 8 Juin 2020 - Action 8.1) (p. 14). Université Gustave Eiffel. Retrieved from <https://hal.science/hal-03327095>
- Nicolle, P., Payrastre, O., & Hocini, N. (2023). *Méthode de prétraitement des MNT pour l'amélioration des calculs automatisés de zones inondables* (Convention DGPR-Université Gustave Eiffel 2022 n°2201357657 du 26/07/2022 - Action 8.2) (p. 17). Université Gustave Eiffel. Retrieved from <https://hal.science/hal-04159337>
- Osman, J. (2021). *Simulation of Road Network Cuts by Flooding during the October 2018 Flood in the Aude River Watershed*. (master internship report) (p. 28 p.). Grenoble INP - ENSE3 & Université Grenoble Alpes.
- Pons, F., Alquier, M., Paya, E., Moulin, C., Panier, N., & Chollet, A.-E. (2021). Premiers tests de la méthode Cartino2D sur le territoire de Toulon Provence Méditerranée. *LHB*, 107(1), 1–13. <https://doi.org/10.1080/00186368.2021.1912968>

Thèses en cours dans le cadre du projet MUFFINS :

M. Allabou (2022-), Réductions de modèle d'hydrodynamique pour simuler en temps réel la dynamique de plaines d'inondations, thèse de Doctorat, Université de Toulouse

Juliette Godet (2022-), Evaluation d'une chaine de prévision immédiate des impacts des crues soudaines à l'échelle de l'arc méditerranéen français, thèse de Doctorat, Université Gustave Eiffel

Truyen Huynh (2022-), Vers une meilleure anticipation des crues méditerranéennes sur les bassins versants non jaugés - modélisations hydrologiques hybrides régionalisées, thèse de Doctorat, Aix-Marseille Université.

Akshay Kowlessar (2023-), Développement d'un cadre de prévision du ruissellement urbain et des crues éclair basé sur les impacts, en France et en Inde, thèse de Doctorat, Université Gustave Eiffel