



## **Proposition de sujet de thèse 2020 (English version p.3)**

### **Modélisation des flux sédimentaires lors des crues extrêmes pour la gestion des risques et la restauration de la continuité**

#### **Responsables de thèse**

Ludovic Cassan, Maître de conférences HDR Toulouse INP, 05 34 32 29 71, Ludovic.Cassan@imft.fr

Hélène Roux, Maître de conférences HDR Toulouse INP, 05 34 32 28 40, Helene.Roux@imft.fr

**Laboratoire** : Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse – UMR 5502, Groupe Hydrologie, écoHydraulique et Ondes (H2O), Allée du Professeur Camille Soula, 31400 Toulouse – www.imft.fr

#### **Contexte**

Lors des crues soudaines, la contribution des cours d'eau côtiers en apport de matières en suspension au Golfe du Lion peut être très élevée : jusqu'à 90% du débit solide mensuel en période de crues soudaines. Une meilleure compréhension de la dynamique du transport sédimentaire lors de ce type de crue est donc cruciale pour mieux prévoir et gérer les conséquences de ces événements en particulier sur les infrastructures. La mise en conformité des ouvrages en travers de cours d'eau vis-à-vis de la continuité écologique incluant la libre circulation des sédiments est une obligation des maîtres d'ouvrage. La directive cadre sur l'eau 2000/60/CE donne un objectif de bon état écologique avec une échéance fixée au plus tard à 2027. Pour être en mesure d'assurer cette libre circulation des sédiments, il est nécessaire de pouvoir quantifier les apports amont.

Le projet proposé s'inscrit dans la continuité des actions de recherche menées conjointement par l'IMFT et l'Office Français de la Biodiversité (OFB) depuis de nombreuses années. Le pôle écohydraulique OFB/IMFT/Pprime a notamment pour mission l'apport de connaissances en vue de proposer des solutions opérationnelles permettant de satisfaire les obligations réglementaires relatives à la gestion des cours d'eau. L'OFB possède également une solide expertise sur le suivi sédimentaire des cours d'eau grâce à son maillage territorial. De plus, le groupe H2O de l'IMFT participe au programme international HyMeX ([www.hymex.org/](http://www.hymex.org/)) qui vise à améliorer la compréhension du cycle de l'eau en Méditerranée.

#### **Objectif de la thèse**

Le projet propose d'utiliser la modélisation numérique comme un outil de caractérisation du transport sédimentaire lors des crues soudaines avec pour objectif d'identifier les processus prépondérants, en lien avec les caractéristiques du bassin versant et du cours d'eau. D'une part, une meilleure compréhension de la dynamique du transport sédimentaire lors des crues permettra de mieux prévoir et gérer les risques en particulier sur les infrastructures. D'autre part, il est nécessaire de pouvoir quantifier les apports amont afin d'assurer la mise en conformité des ouvrages en travers de cours d'eau vis-à-vis de la continuité sédimentaire.

#### **Démarche scientifique**

Cet objectif nécessite d'intégrer la simulation du transport solide dans un modèle validé représentant les processus physiques de la relation pluie-débit. Le code hydrologique MARINE a été choisi. Il a été mis en place sur plus de 30 bassins versants de l'arc méditerranéen (Roux et al., 2011 ; Garambois, 2012 ; Garambois et al., 2015 ; Douinot, 2016 ; Douinot et al., 2018 ; Roux et al., 2020), intégré dans la plateforme PLATHYNES (PLATEforme HYdrologique pour la modélisation des Écoulements Spatialisés) du SCHAPI (Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations) et testé par plusieurs Services de Prévision des Crues pour une utilisation opérationnelle en temps réel. Les points suivants seront plus particulièrement considérés :

1. évaluer l'impact des modèles de transport solide les plus récents,
2. développer des approches de changement d'échelles pour faire le lien entre les processus à l'échelle du bassin versant et ceux à l'échelle du cours d'eau,
3. évaluer la possibilité de classification des comportements d'un bassin versant à partir de bases de données existantes (topographie, pédologie, géologie, ...) et d'adaptation de méthodologies issues de l'intelligence artificielle (Data mining et clustering notamment).

Le projet pourra bénéficier des données disponibles notamment au sein de l'infrastructure de recherche OZCAR (<http://ozcar-ri.org>) pour réaliser des études d'analyse de sensibilité, paramétrisation et classification.

Les applications du travail proposé sont en lien direct avec l'optimisation de la production hydroélectrique que ce soit pour l'amélioration de la gestion de la ressource (rétablissement des capacités de stockage) ou la

limitation de l'impact (restauration de la continuité sédimentaire). Dans le domaine de la prévention des risques, la simulation à grande échelle assurera l'identification des zones à surveiller ou à aménager en priorité : ouvrages soumis à des risques d'affouillement, berges soumises à des risques d'avulsion non prise en compte dans les modélisations hydrodynamiques classiques, .... Enfin, d'un point de vue plus fondamental, il sera possible d'identifier le rôle des sédiments sur la dynamique des crues. Cette connaissance devrait améliorer la prévision des crues extrêmes en ajustant les paramètres clés que sont le frottement et la bathymétrie.

### Références

Douinot, A., 2016. Analyse des processus d'écoulement lors de crues à cinétique rapide sur l'arc méditerranéen. Thèse de doctorat, Université Toulouse 3 Paul Sabatier, France.

Douinot, A., Roux, H., Garambois, P.-A., and Dartus, D., 2018. Using a multihypothesis framework to improve the understanding of flow dynamics during flash floods. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 22, 5317-5340. doi: 10.5194/hess-22-5317-2018.

Garambois, P.-A., 2012. Étude régionale des crues éclair de l'arc méditerranéen français. Élaborations de méthodologies de transfert à des bassins versants non jaugés. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, France.

Garambois, P.-A., Roux, H., Larnier, K., Labat, D. and Dartus, D., 2015. Parameter regionalization for a process oriented distributed model dedicated to flash floods. *J. Hydrol.* 525(0), 383-399. doi: 10.1016/j.jhydrol.2015.03.052.

Roux, H., Labat, D., Garambois, P.-A., Maubourguet, M.-M., Chorda, J. and Dartus, D., 2011. A physically-based parsimonious hydrological model for flash floods in Mediterranean catchments. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* J1 - NHESS, 11(9), 2567-2582. doi: 10.5194/nhess-11-2567-2011.

Roux, H., Amengual, A., Romualdo, R., Bladé, E. and Sanz-Ramos, M., 2020. Evaluation of two hydrometeorological ensemble strategies for flash flood forecasting over a catchment of the eastern Pyrenees. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, Special issue HyMeX Hydrological cycle in the Mediterranean, 20, 425-450, doi: 10.5194/nhess-20-425-2020.

### Valorisation

Les résultats de la thèse seront intégrés dans l'outil libre de modélisation pluie-débit MARINE faisant partie de la plateforme PLATHYNES (PLATEforme HYdrologique pour la modélisation des Écoulements Spatialisés) déposée à l'Agence pour la Protection des Programmes (Licence Cecill). Ils serviront également à la rédaction d'un rapport technique pour l'OFB relatif à l'utilisation de l'outil pour la gestion des sédiments en cours d'eau. La valorisation des résultats passera également par la participation du doctorant à des congrès et la publication dans des revues internationales de rang A.

**Financement** : Ce sujet de thèse est financé par l'OFB.

### Compétences requises

- Niveau académique : Master 2 – 3<sup>ème</sup> année d'école d'ingénieur ou équivalent.
- Savoir-faire : Le candidat doit avoir une formation initiale en transport sédimentaire dans les cours d'eau et/ou en hydrologie. De solides capacités de programmation sont souhaitées, idéalement en Fortran. Des connaissances en analyse de données et outils mathématiques (analyse de sensibilité, estimation d'incertitude, méthodes de classification, ...) seraient fortement appréciées.

### Candidature

Le dossier de candidature doit être envoyé aux encadrants : Ludovic.Cassan@imft.fr, Helene.Roux@imft.fr.

Il devra comporter :

- Une lettre de motivation mentionnant l'adéquation du profil au projet et l'intérêt pour le sujet,
- Un CV détaillé,
- Un relevé de notes du M1 et M2,
- Si possible les coordonnées d'une personne référente (responsable de stage par exemple).



## PhD position 2020

### Modelling of sediment fluxes during flash floods for risk management purpose and restoration of ecological continuity

#### PhD supervisors

Ludovic Cassan, Maître de conférences HDR Toulouse INP, 05 34 32 29 71, Ludovic.Cassan@imft.fr

Hélène Roux, Maître de conférences HDR Toulouse INP, 05 34 32 28 40, Helene.Roux@imft.fr

**Research lab** : Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse – UMR 5502, Groupe Hydrologie, écoHydraulique et Ondes (H2O), Allée du Professeur Camille Soula, 31400 Toulouse – [www.imft.fr](http://www.imft.fr)

#### Context

During flash floods, the contribution of coastal rivers in suspended particulate matters to the Gulf of Lion can be very high: up to 90% of the monthly solid discharge during flash floods. A better understanding of the dynamics of sediment transport during this type of flood is therefore crucial to better predict and manage the consequences of these events, particularly on infrastructures. The compliance of the structures across river streams with respect to ecological continuity, including the free circulation of sediments, is a French regulatory obligation of the project owners. The European Water Framework Directive 2000/60/EC gives an objective of good ecological status with a deadline of 2027 at the latest. In order to be able to ensure this free flow of sediment, it is necessary to be able to quantify upstream inputs.

The proposed project is a continuation of the research actions carried out jointly by the IMFT and the French Biodiversity Office (OFB) for many years. The OFB/IMFT/Pprime ecohydraulics team has the mission of providing knowledge with a view to proposing operational solutions to meet the regulatory obligations relating to river management. The OFB also has solid expertise in stream sediment monitoring thanks to its territorial network. In addition, the IMFT's H2O group participates in the international HyMeX programme ([www.hymex.org/](http://www.hymex.org/)) which aims to improve the understanding of the water cycle in the Mediterranean.

#### Objective

The project proposes to use numerical modelling as a tool to characterize sediment transport during flash floods with the aim of identifying the predominant processes, in relation to the characteristics of the catchment area and the drainage network. On the one hand, a better understanding of the dynamics of sediment transport during floods will enable better prediction and management of risks, particularly on infrastructures. On the other hand, it is necessary to be able to quantify the upstream inputs in order to ensure the compliance of the structures across watercourses with the sedimentary continuity.

#### Scientific approach

This objective requires the integration of solid transport simulation into a validated model representing the physical processes of the rainfall-runoff relationship. The MARINE hydrological model was chosen. It has been implemented on more than 30 catchments of the Mediterranean area (Roux et al., 2011; Garambois, 2012; Garambois et al., 2015; Douinot, 2016; Douinot et al., 2018; Roux et al, 2020), integrated in the PLATHYNES platform (PLATeforme HYdrologique pour la modélisation des Écoulements Spatialisés) of the SCHAPI (French Central Service of Hydrometeorology and Support to Flood Forecasting) and tested by several Flood Forecasting Services for operational use in real time.

In particular, the following points will be considered:

1. Evaluate the impact of the most recent formulae for total load and bedload,
2. Develop scale-change approaches to link catchment and stream scale processes,
3. Evaluate the possibility of classifying the behaviours of a catchment from existing databases (topography, pedology, geology, ...) by adapting methodologies derived from artificial intelligence (data mining and clustering in particular).

The project will benefit from available data, in particular within the OZCAR research infrastructure (<http://ozcar-ri.org>), to carry out sensitivity analysis, parameterization and classification studies.

The applications of the proposed work are directly related to the optimization of hydroelectric production, both for the improvement of resource management (restoring storage capacity) and for impact mitigation (restoring sedimentary continuity). In the field of risk prevention, large-scale simulations will ensure the



identification of areas to be monitored or developed as a priority: structures subject to scour risks, banks subject to avulsion risks not taken into account in conventional hydrodynamic modelling, ... Finally, from a more fundamental point of view, it will be possible to identify the impact of sediment transport on flood dynamics. This knowledge should improve the prediction of extreme floods by adjusting the key parameters of friction and bathymetry.

### References

Douinot, A., 2016. Analyse des processus d'écoulement lors de crues à cinétique rapide sur l'arc méditerranéen. Thèse de doctorat, Université Toulouse 3 Paul Sabatier, France.

Douinot, A., Roux, H., Garambois, P.-A., and Dartus, D., 2018. Using a multihypothesis framework to improve the understanding of flow dynamics during flash floods. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 22, 5317-5340. doi: 10.5194/hess-22-5317-2018.

Garambois, P.-A., 2012. Étude régionale des crues éclair de l'arc méditerranéen français. Élaborations de méthodologies de transfert à des bassins versants non jaugés. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, France.

Garambois, P.-A., Roux, H., Larnier, K., Labat, D. and Dartus, D., 2015. Parameter regionalization for a process oriented distributed model dedicated to flash floods. *J. Hydrol.* 525(0), 383-399. doi: 10.1016/j.jhydrol.2015.03.052.

Roux, H., Labat, D., Garambois, P.-A., Maubourguet, M.-M., Chorda, J. and Dartus, D., 2011. A physically-based parsimonious hydrological model for flash floods in Mediterranean catchments. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* J1 - NHESS, 11(9), 2567-2582. doi: 10.5194/nhess-11-2567-2011.

Roux, H., Amengual, A., Romualdo, R., Bladé, E. and Sanz-Ramos, M., 2020. Evaluation of two hydrometeorological ensemble strategies for flash flood forecasting over a catchment of the eastern Pyrenees. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, Special issue HyMeX Hydrological cycle in the Mediterranean, 20, 425-450, doi: 10.5194/nhess-20-425-2020.

### Valorization

The results of the PhD will be integrated into the free software for rainfall-runoff modelling that is part of the PLATHYNES platform (PLATEforme HYdrologique pour la modélisation des Écoulements Spatialisés) deposited at the French Agency for the Protection of Programmes (Cecill Licence). They will also be used to write a technical report for the OFB on the use of the tool for sediment management in rivers. The valorization of the results will also involve the participation of the PhD student in workshops and publications in international scientific reviews.

**Funding:** This PhD position is funded by the OFB.

### Required skills

- Academic level: Master 2 - 3rd year of engineering school or equivalent.
- Expertise: The candidate must have an initial training in sediment transport in rivers and/or hydrology. Strong programming skills are desirable, ideally in Fortran. Knowledge of data analysis and mathematical tools (sensitivity analysis, uncertainty estimation, classification methods, ...) would be highly appreciated.

### Application

The application form must be sent to the supervisors: Ludovic.Cassan@imft.fr, Helene.Roux@imft.fr.

It should include

- A letter of motivation mentioning the adequacy of the profile to the project and the interest in the subject,
- A detailed CV,
- A transcript for master degree,
- If possible, the contact details of a referee.