

## Offre de stage Année universitaire 2022-2023

### 1. Sujet

Evaluation et amélioration du modèle de prévision des crues GRP en contexte méditerranéen

### 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 2023

### 4. Organisme d'accueil et encadrant

#### 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/>

#### Encadrants :

François Tilmant, Pierre Brigode  
Tel : 01 40 96 65 76  
Email : [francois.tilmant@inrae.fr](mailto:francois.tilmant@inrae.fr)  
Web : <https://webgr.inrae.fr>

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

### 5. Indemnité de stage

Indemnité mensuelle d'environ 550 €

### 6. Profil du candidat

- Bonnes notions en hydrologie et modélisation
- Connaissances en statistiques
- Aisance en programmation (si possible Fortran et/ou R)
- Maîtrise des outils de bureautique traditionnels (Word, Excel, etc.)
- Aisance rédactionnelle et à l'oral

### 7. Poursuite éventuelle en thèse

Non, mais 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**

Plusieurs épisodes pluvieux particulièrement intenses se sont succédés sur le département des Alpes-Maritimes depuis quelques années, impactant différents bassins versants et générant des dégâts colossaux (plusieurs dizaines de décès et des centaines de millions d'euros de dégâts assurés), générés par le ruissellement et le débordement soudain de cours d'eau. Si les inondations du 3 octobre 2015 et de fin 2019 (23 novembre et 1er décembre) ont principalement impacté des bassins versants côtiers du département (e.g. Riou de l'Argentière, Brague, cf. Brigode *et al.*, 2021), le passage de la tempête Alex le 2 octobre 2020 a touché les vallées de l'arrière-pays (e.g. Vésubie et Roya, cf. Payrastra *et al.*, 2022) démontrant la diversité des territoires soumis à l'aléa d'inondation et la complexité des phénomènes hydrométéorologiques en jeu. Ces épisodes marquants illustrent le besoin fort d'outils numériques de prévisions hydrométéorologiques, permettant de prévoir les cumuls de pluie à venir et d'anticiper les réactions des cours d'eau.



Figure 1. (gauche) bassins versants de la Côte d'Azur (Vigoureux *et al.*, 2022a). (droite) crue de la Brague à Biot, le jeudi 24 octobre 2019 (Vigoureux *et al.*, 2022b).

- **Objectifs du stage**

L'objectif du stage sera d'évaluer les performances du modèle hydrologique GRP pour réaliser des prévisions de crues sur plusieurs bassins versants du sud-est de la France. GRP est un modèle nécessitant peu de données et permettant de prendre en compte des scénarios de prévision météorologique (Berthet, 2010 ; Tangara, 2005). S'il est largement utilisé par les Services de Prévision des Crues (SPC) en France métropolitaine, GRP a encore été peu testé en région méditerranéenne. Une version multi pas-de-temps du modèle GRP a été développée il y a quelques années (Ficchi, 2017 ; Viatgé *et al.*, 2019), permettant de faire des prévisions à pas de temps fin (jusqu'à 5 minutes), particulièrement intéressants pour les bassins très réactifs. Cette version permettra de tester le modèle sur les bassins versants pour lesquels un pas de temps infra-horaire est nécessaire. Des travaux récents ont par ailleurs cherché à améliorer les performances des modèles GR lors des crues générées par les premières pluies automnales, souvent très variables dans l'espace (Astagneau *et al.*, 2022 ; Peredo *et al.*, 2022). Ce stage vise à intégrer l'ensemble de ces développements récents au sein de l'outil opérationnel GRP, et à quantifier leurs impacts respectifs sur la performance des prévisions de crues sur les bassins suivis par le SPC Med-Est.

- **Méthodologie / Etapes de travail**

Le travail consistera en :

- Une visite des stations hydrométriques des bassins versants étudiés ;

- Une analyse bibliographique sur la prévision des crues-éclair en région méditerranéenne ;
- La mise en place d'une base de données nécessaire pour la modélisation à pas de temps 1h et à pas de temps 5-6 minutes, après un travail d'analyse critique des données à disposition ;
- La prise en main des outils de modélisation existants et des méthodes classiques d'évaluation des prévisions en hydrologie ;
- L'implémentation des derniers développements du modèle au sein de l'outil opérationnel, en collaboration avec les ingénieurs travaillant sur cet outil ;
- L'application du modèle de prévision GRP sur la base de protocoles existants ;
- L'analyse des performances des modèles ;
- La recherche de solutions alternatives de modélisation si les résultats n'étaient pas satisfaisants.

Ce travail donnera lieu à la rédaction d'un mémoire, et si les résultats sont suffisamment valorisables, à une communication dans une conférence nationale.

Cette étude sera réalisée en concertation avec le [Service de Prévision des Crues Med-Est](#) (basé à Aix-en Provence) et avec le syndicat mixte pour les inondations, l'aménagement et la gestion de l'eau ([SMIAGE](#)) Maralpin (basé à Nice).

#### • **Références bibliographiques**

- Astagneau, P., Bourgin, F., Andréassian, V. & Perrin, C. (2022). Catchment Response to Intense Rainfall: Evaluating Modeling Hypotheses. *Hydrological Processes*, e14676. [10.1002/hyp.14676](https://doi.org/10.1002/hyp.14676).
- Berthet, L., 2010. Prévision des crues au pas de temps horaire : pour une meilleure assimilation de l'information de débit dans un modèle hydrologique. Thèse de Doctorat, Cemagref (Antony), AgroParisTech (Paris), Paris, 603 p ([lien](#)).
- Brigode, P., Vigoureux, S., Delestre, O., Nicolle, P., Payrastre, O., Dreyfus, R., Nomis, S. & Salvan, S. (2021). Inondations sur la Côte d'Azur : bilan hydro-météorologique des épisodes de 2015 et 2019. *La Houille Blanche* 107, n° 1: 1-14. [10.1080/27678490.2021.1976600](https://doi.org/10.1080/27678490.2021.1976600).
- Ficchì, A., 2017. An adaptive hydrological model for multiple time-steps: Diagnostics and improvements based on fluxes consistency. Thèse de doctorat, Irstea (Antony), GRNE (Paris), 281 p. ([lien](#)).
- Payrastre, O., Nicolle, P., Bonnifait, L., Brigode, P., Astagneau, P., Baise, A., Belleville, A. *et al.* (2022). Tempête Alex du 2 octobre 2020 dans les Alpes-Maritimes : une contribution de la communauté scientifique à l'estimation des débits de pointe des crues. *La Houille Blanche*, 2082891. [10.1080/27678490.2022.2082891](https://doi.org/10.1080/27678490.2022.2082891).
- Peredo, D., Ramos, M.-H., Andréassian, V. & Oudin, L. (2022). Investigating hydrological model versatility to simulate extreme flood events. *Hydrological Sciences Journal* 67, n° 4: 628-645. [10.1080/02626667.2022.2030864](https://doi.org/10.1080/02626667.2022.2030864).
- Tangara, M. (2005), Nouvelle méthode de prévision de crue utilisant un modèle pluie-débit global. Thèse de doctorat, EPHE, Cemagref, Paris, 374 p ([lien](#)).
- Viatgé J., Pinna T., Ficchí A., Dorchie D., Garandeanu L., Perrin C., Tilmant F. (2019). Vers une plus grande flexibilité temporelle du modèle opérationnel de prévision des crues GRP. *La Houille Blanche*, 2, 72-80, DOI: [10.1051/lhb/2019017](https://doi.org/10.1051/lhb/2019017)
- Vigoureux, S., Brigode, P., Poggio, J., Nomis, S., Dreyfus, R., Delestre, O., Moreau, E., Ramos, M.-H., Laroche, C., & Tric, E. (2022a). Spatio-temporal characteristics of heavy precipitation observed over the last 20 years on French Riviera coastal catchments. *Assemblée scientifique de l'AISH*, Montpellier. Communication orale.
- Vigoureux, S., Liebard, L.-L., Chonoski, A., Robert, E., Torchet, L., Poveda, V., Leclerc, F., Billant, J., Rousseau, G., Delestre, O. & Brigode, P. (2022b). Crue du 23 novembre 2019 sur la Côte d'Azur : comparaison de débits estimés par LSPIV et par modélisation hydrologique. *La Houille Blanche*. DOI: [10.1080/27678490.2022.2101391](https://doi.org/10.1080/27678490.2022.2101391).