



**HAL**  
open science

## Action 8 : appui au SCHAPI. Rapport de synthèse

Olivier Payrastre, Laurent Lebouc

► **To cite this version:**

Olivier Payrastre, Laurent Lebouc. Action 8 : appui au SCHAPI. Rapport de synthèse. [Rapport de recherche] IFSTTAR - Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux. 2020, 7 p. hal-02942180

**HAL Id: hal-02942180**

**<https://hal.science/hal-02942180>**

Submitted on 17 Sep 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## **Convention DGPR-Ifsttar 2019 n°2201189104 du 4 Juin 2019**

### **Action 8 : appui au SCHAPI - Rapport de synthèse**

---



# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>Introduction – rappel de la commande .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Evaluation de la sensibilité des réseaux routiers aux inondations : application de la méthode RoadIno .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Evaluation de méthodes de cartographie automatisée des inondations .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Estimation des débits de pointe des crues des 23-24/11 et 1/12/2019 dans les Alpes Maritimes et le Var .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Documents attachés .....</b>	<b>7</b>

## FICHE DE SATISFACTION

### RESUME

Ce rapport présente une synthèse des résultats de l'action 8 : appui au SCHAPI conduite dans le cadre de la convention Ifsttar-DGPR 2019 n°2201189104 du 4 Juin 2019.

Le programme de cette action regroupait les contributions listées ci-dessous:

- Première application à grande échelle de la méthode RoadIno permettant l'évaluation de la sensibilité des réseaux routiers à l'inondation, dans le département du Gard
- Application et évaluation de méthodes de cartographie automatisée des inondations dans un contexte de crues éclair, et illustration de la sensibilité des résultats à l'information MNT utilisée en entrée.
- En cas d'occurrence d'un événement de crue remarquable, réalisation d'une enquête de terrain post-crue pour la reconstitution des débits de pointe sur les cours d'eau non jaugés. Une enquête de ce type a été conduite suite aux crues ayant touché les départements des Alpes Maritimes et du Var les 23-24 novembre et le 1<sup>er</sup> décembre 2019.

### MOTS CLEFS

Crue, crue éclair, inondation, prévision, débit, cartographie

# 1 Introduction – rappel de la commande

Ce rapport présente une synthèse des résultats de l'action 8 : appui au SCHAPI conduite dans le cadre de la convention Ifsttar-DGPR 2019 n°2201189104 du 4 Juin 2019.

Cette action regroupait les différentes contributions listées ci-dessous:

- Première application à grande échelle de la méthode RoadIno permettant l'évaluation de la sensibilité des réseaux routiers à l'inondation, dans le département du Gard
- Application et évaluation de méthodes de cartographie automatisée des inondations dans un contexte de crues éclair, et illustration de la sensibilité des résultats à l'information MNT utilisée en entrée.
- En cas d'occurrence d'un événement de crue remarquable, réalisation d'une enquête de terrain post-crue pour la reconstitution des débits de pointe sur les cours d'eau non jaugés. Une enquête de ce type a été conduite suite aux crues ayant touché les départements des Alpes Maritimes et du Var les 23-24 novembre et le 1<sup>er</sup> décembre 2019.

Les principaux résultats obtenus sont présentés de façon synthétique dans les paragraphes qui suivent, qui renvoient lorsque nécessaire à des rapports plus détaillés, fournis en documents attachés.

## 2 Evaluation de la sensibilité des réseaux routiers aux inondations : application de la méthode RoadIno

Cette nouvelle méthode a été définie en 2018 dans le cadre d'un stage ingénieur (Jules Jacquemet, ESGT). Elle permet d'estimer la période de retour d'inondation du réseau routier au niveau de chaque franchissement d'un cours d'eau. Elle se base pour cela sur des calculs hydrauliques automatisés réalisés au préalable, permettant de construire un catalogue de scénarios d'inondation (extension et altitude de la ligne d'eau) pour 9 périodes de retour du débit (2 ans à 1000 ans). La méthode RoadIno a initialement été développée sur un territoire d'extension géographique limitée (secteur d'Alès dans le Gard), intégrant 92 intersections entre cours d'eau (surface drainée de 5 km<sup>2</sup> minimum) et réseau routier.

La méthode a été réappliquée ici à l'échelle du département du Gard dans son ensemble, de façon à pouvoir mieux évaluer ses performances. Ce territoire présente l'avantage d'avoir déjà été l'objet d'un projet de recherche sur les coupures du réseau routier par inondations (projet PrediFlood, 2009-2012), ce qui permet de bénéficier de données déjà complètes pour l'évaluation de la méthode RoadIno.

L'application de la méthode a porté sur 1785 intersections identifiées entre le réseau hydrographique (1 km<sup>2</sup> de surface élémentaire) et le réseau routier de la BDTopo (routes d'importance 1 à 4). La méthode considère qu'environ un tiers de ces intersections ont une forte sensibilité à l'inondation (période de retour d'inondation inférieure à 5 ans, alors qu'environ un quart d'entre elles sont considérées comme très peu sensibles (période de retour d'inondation supérieure à 1000 ans).

Cette classification a pu être évaluée sur le secteur de l'inventaire PICH (moitié nord-ouest du département) sur lequel des observations relativement exhaustives des tronçons routiers inondés au cours des dernières décennies sont disponibles. L'évaluation montre l'approche RoadIno permet d'identifier les tronçons de routes déjà inondés avec une efficacité au moins équivalente, voire sensiblement supérieure, à ce que proposait la méthode initiale mise en œuvre lors du projet PrediFlood.

Ces résultats paraissent très satisfaisants dans la mesure où la méthode RoadIno sera par ailleurs beaucoup plus facilement transposable à d'autres territoires. La méthode permet en outre d'estimer une période de retour d'inondation ce qui n'était pas possible avec l'approche PrediFlood. Un dernier avantage de la méthode est qu'elle devrait permettre d'examiner facilement l'inondabilité des tronçons routiers traversant les lits majeurs sans franchir les cours d'eau (côtoiements), ce qui là encore n'était pas possible avec l'approche PrediFlood.

Finalement, plusieurs pistes ont été identifiées pour améliorer encore les performances de l'approche RoadIno. L'ensemble de ces résultats est présenté dans un rapport détaillé (voir paragraphe 5 - documents attachés).

### 3 Evaluation de méthodes de cartographie automatisée des inondations

Cette action a permis d'appliquer et de comparer plusieurs méthodes de cartographie automatisée des inondations dans un contexte de crues éclair - soit principalement des cours d'eau non jaugés et non intégrés au réseau Vigicrues. Trois méthodes de complexité croissante, et dont la mise en œuvre automatisée a été développée au sein du projet ANR PICS, ont été comparées:

- La méthode HAND/MS correspondant à l'application d'une formule de Manning Strickler à partir d'une géométrie hydraulique « moyenne » à l'échelle du tronçon,
- La méthode caRtino permettant la construction et l'application automatisée d'un modèle hydraulique 1D de type mascaret, flutor, ou HEC/RAS,
- Le modèle hydraulique 2D Floodos qui présente l'avantage de permettre un calcul rapide en régime permanent, réalisé directement la grille du MNT.

Les bassins de la Nive et de la Bidouze, envisagés initialement comme terrain d'étude pour ce travail, n'ont finalement pas été retenus en raison de la nécessité de disposer de crues récentes à la fois très bien documentées au niveau des champs d'inondation, et des débits atteints sur les petits cours d'eau non jaugés. Pour cette raison le choix s'est porté sur 3 crues dont les débits ont été étudiés dans le cadre du programme HyMeX et des précédentes conventions DGPR – IFSTTAR :

- la crue du 15 juin 2010 sur le bassin versant d'Argens (585 km de rivières simulées);
- les crues du 3 octobre 2015 sur les petits côtiers des Alpes Maritimes (131 km de rivières simulées);
- la crue du 15 octobre 2018 sur le bassin versant de l'Aude (569 km de rivières simulées).

Les trois méthodes ont été mises en œuvre directement à partir des MNT du RGE Alti (à 5 m), avec des valeurs de rugosité fixes et non calibrées ( $K=15$ ). Les modèles hydrauliques ont été appliqués à l'échelle du tronçon de cours d'eau, en régime permanent et à partir des débits de pointe estimés. Les niveaux d'eau simulés pour chaque tronçon de rivière ont ensuite été combinés pour obtenir une carte d'inondation continue pour toute la zone de simulation. Les débits de pointe utilisés en entrée des simulations ont été estimés à l'aide d'un modèle hydrologique (CINECAR), calibré par rapport aux valeurs de débit de pointe estimées lors des campagnes HyMeX.

Les résultats des simulations ont été comparés aux cartes d'étendue des zones inondées (cf. Figure 1) et aux nombreux relevés PHE disponibles (plus de 500 pour chacune des crues simulées). Les temps de calcul ont également été comparés. Les zones d'inondation simulées sont en bon accord avec les observations mais mettent en évidence une différence de précision entre les 3 méthodes, à l'avantage des méthodes Floodos et caRtino (cf. Figure 2). La comparaison avec les relevés PHE confirme la meilleure précision de l'approche 2D Floodos, avec des différences de niveau d'eau généralement inférieures à 70 cm (dans 70% des cas).

Par ailleurs, les cartes des erreurs de hauteur montrent que les erreurs les plus importantes (dépassant 1 m) sont concentrées dans l'espace et généralement liées à la qualité du MNT, ou à des remous d'ouvrages non représentés dans les simulations, plutôt qu'à la méthode de calcul utilisée. Enfin, les résultats apparaissent relativement peu sensibles au choix des valeurs de rugosité.

Ces résultats seront synthétisés dans un article scientifique en cours de rédaction, qui sera soumis ce printemps à la revue Hydrology and Earth System Sciences.

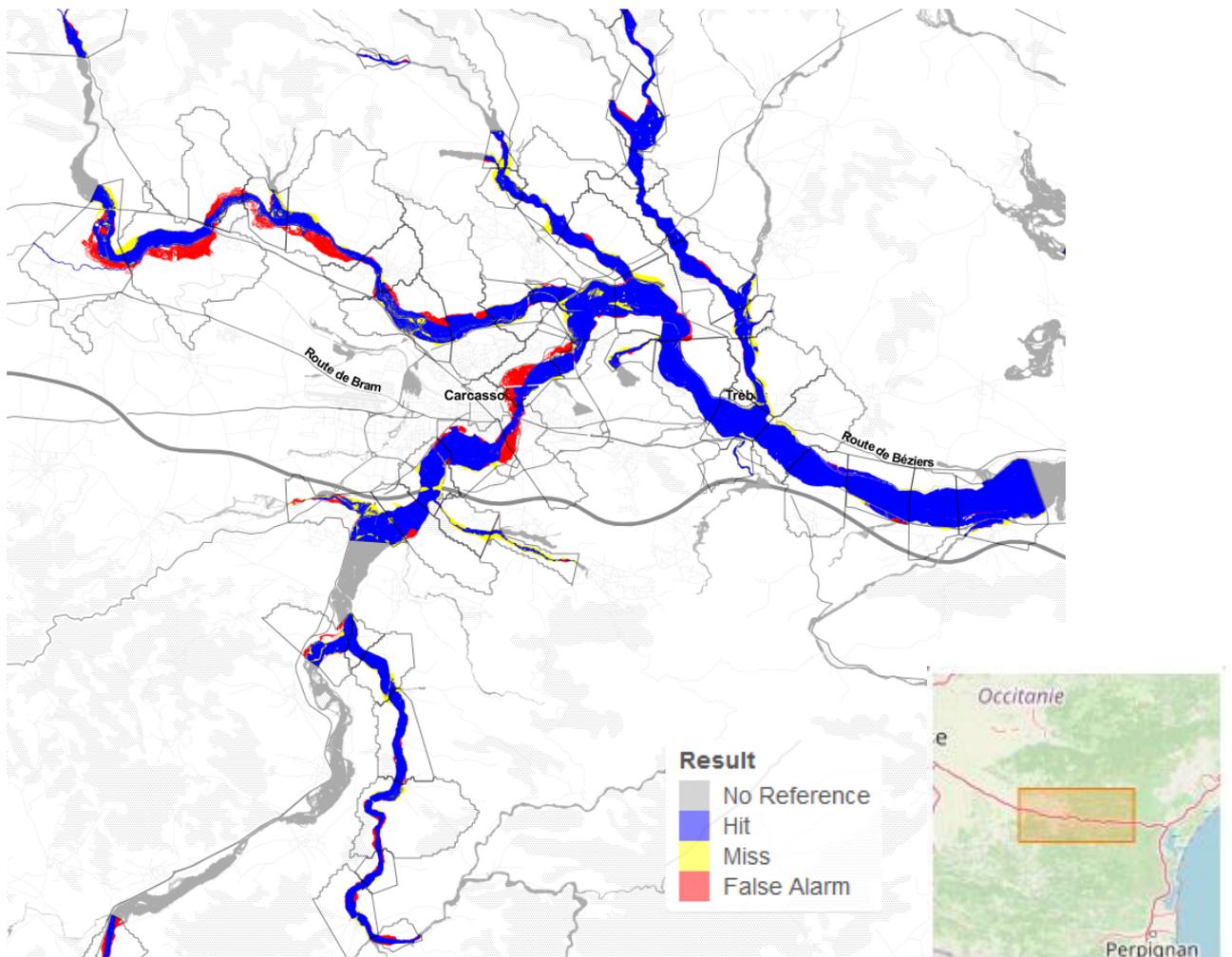


Figure 1. Exemple de résultat de simulation pour la crue d'octobre 2018 dans l'Aude (secteur de Carcassonne), avec résultat de la comparaison avec l'emprise réellement inondée : en bleu, zones inondées communes ; en rouge, zones manquées par la simulation ; en jaune, zones surestimées par la simulation.

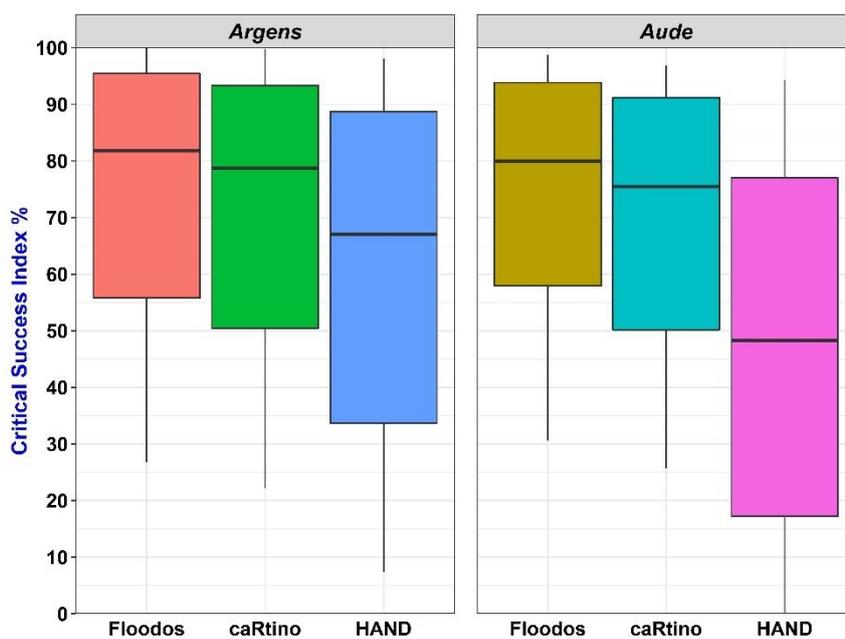


Figure 2. Comparaison des performances des trois approches de cartographie appliquées, pour les crues de l'Aude en octobre 2018 et de l'Argens en juin 2010. Un Critical Success Index de 100% indique une zone inondée parfaitement reconstituée, une valeur de 0 indique l'absence de superposition entre la zone inondée observée et simulée.

## 4 Estimation des débits de pointe des crues des 23-24/11 et 1/12/2019 dans les Alpes Maritimes et le Var

Du 22 au 24 novembre 2019, les départements du Var et des Alpes-Maritimes ont été touchés par un épisode de pluvieux particulièrement intense, qui a occasionné le déclenchement d'une vigilance rouge pluie-inondations. Des cumuls de pluie approchant voire dépassant les 300 mm sur 72h ont été enregistrés. Plusieurs cours d'eau côtiers dans les Alpes Maritimes et le Var, ainsi que quelques affluents du bassin de l'Argens ont très fortement réagi. Cet épisode a été suivi le 1er décembre par de nouvelles précipitations intenses qui ont touché le même secteur, avec une nouvelle vigilance rouge pluie-inondations. Sur ce deuxième épisode, les précipitations ont été plus localisées mais très intenses avec des cumuls de pluie sur 48h localement supérieurs à 270 mm aux alentours de Mandelieu et de Fréjus.

De façon à disposer d'informations complètes et détaillées sur les débits de pointe atteints sur les cours d'eau côtiers touchés par ces deux épisodes (Agay, Grande Garonne, Reyran, Riou de l'Argentière), une enquête de terrain post-crue a été conduite du 11 au 13 février 2020. Cette enquête a permis de recueillir les données nécessaires à une estimation a posteriori des débits de pointe (sections d'écoulement, pentes de lignes d'eau, ...). Elle a été coordonnée par l'Université Gustave Eiffel (ex-IFSTTAR) et a mobilisé une quinzaine de personnes issues de 5 organismes de recherche (CEREMA, CNRM, IFSTTAR, IGE, Université de Nice), du SPC Med Est, du SMIAGE (Syndicat Mixte pour les Inondations, l'Aménagement et la Gestion de l'Eau maralpin) et de la CAVEM (communauté d'agglomération Var-Estérel-Méditerranée).

L'enquête a abouti à 16 estimations de débits de pointe fournissant une vision détaillée des réactions hydrologiques observées lors de l'événement. Le jeu de données obtenu a été diffusé en mars 2020 au SCHAPI et au SPC Med Est, ainsi qu'à l'ensemble des organismes ayant contribué aux relevés. Il a également été intégré à la base HyMeX/Mistrals.

Ce jeu de données est présenté en détails dans un rapport attaché (voir paragraphe 5 - documents attachés).

## 5 Documents attachés

- [Rapport « Evaluation de la sensibilité des réseaux routiers aux inondations : application de la méthode RoadIno dans le département du Gard »](#)
- [Rapport «Reconstitution des débits de pointe des crues des 23-24 novembre et 1er décembre 2019 dans les départements du Var et les Alpes-Maritimes »](#)