



SCIENCE

Crue de la Nartuby à Trans-en-Provence, le 15 juin 2010 - © Ph Cantet, INRAE

## PICS : MIEUX ANTICIPER LES PHÉNOMÈNES DE CRUES SOUDAINES ET LEURS IMPACTS SUR LES TERRITOIRES

Olivier Payrastra, université Gustave Eiffel, chercheur et coordinateur du projet PICS.

**L'anticipation des phénomènes de crues soudaines est d'une importance cruciale pour limiter leurs effets dommageables. Pour répondre à ce besoin, le projet de recherche PICS (Prévision immédiate intégrée des impacts des crues soudaines, 2018-2022) vise à concevoir et expérimenter des systèmes de prévision offrant jusqu'à 6 h d'anticipation et capables de représenter les impacts de ces crues.**

En France, les coûts des dégâts associés aux crues soudaines de petits cours d'eau (ou crues-éclair) atteignent régulièrement plusieurs centaines de millions d'euros (événements du Var en 2010, de l'Hérault et du Gard en 2014, des Alpes-Maritimes en 2015, de l'Aude en 2018). Ces crues s'avèrent également particulièrement meurtrières. Pour faire face à ces phénomènes, dont la fréquence

pourrait encore augmenter à l'avenir avec le réchauffement climatique, la mise en place de systèmes d'anticipation adaptés s'avère d'une importance cruciale. Mais le développement de ces systèmes constitue un véritable défi en raison de la faible prévisibilité et de l'évolution rapide des événements météorologiques générateurs, de la multitude de petits cours d'eau potentiellement touchés, de leurs temps de réponse très courts aux pluies intenses (souvent limités à quelques dizaines de minutes), et de la connaissance souvent limitée des enjeux exposés. Des premiers systèmes d'avertissement dédiés respectivement aux pluies intenses et aux crues soudaines ont été récemment mis en service en France par Météo-France et le Schapi (Service central d'hydrométéorologie et d'appui à la prévision des inondations, ministère

de la Transition écologique) : APIC (Avertissement pluies intenses à l'échelle des communes) en 2011, et Vigicrues Flash en 2017. Ces systèmes produisent des avertissements automatiques basés sur les observations de pluie en temps réel (radars météorologiques), et sur l'évaluation du risque de crues sur certains cours d'eau. Aujourd'hui, ils n'offrent pas encore une couverture géographique généralisée sur le territoire français, et ne fournissent pas d'information concernant les enjeux exposés. De plus, leurs capacités d'anticipation restent limitées, puisqu'ils n'intègrent pas de prévision des pluies pour les heures à venir.

Le projet de recherche PICS ([pics.ifsttar.fr](http://pics.ifsttar.fr)) a pour objectif d'explorer des pistes d'évolution de ces outils opérationnels. Il vise à concevoir et évaluer des chaînes de prévision innovantes,

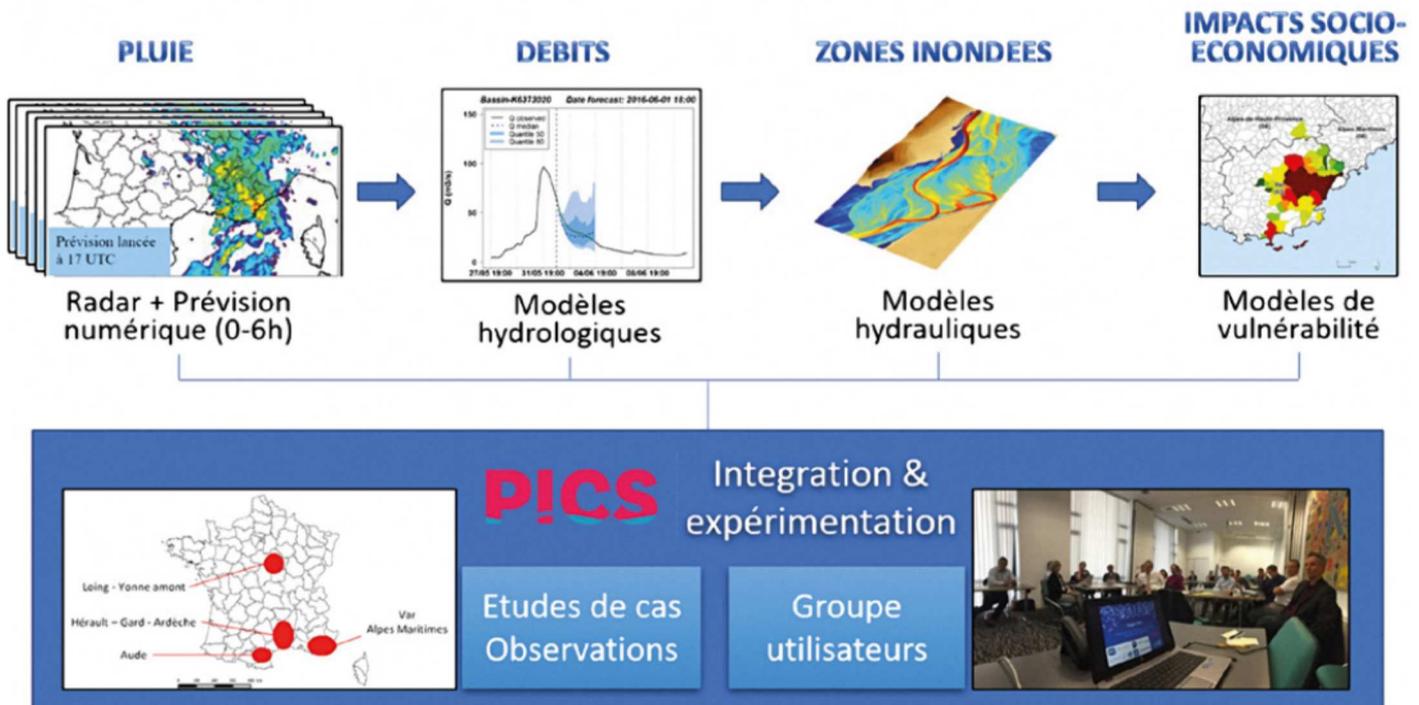


Figure 1. : Schéma synthétique illustrant le contenu du projet PICS

permettant d'identifier les phénomènes pluvieux et les risques de crues associés, avec jusqu'à trois à six heures d'anticipation, et de fournir directement une estimation des zones inondées et des impacts possibles sur le territoire. Cet objectif nécessite de mobiliser et faire progresser les connaissances et les savoir-faire actuels sur plusieurs aspects :

- ▶ la prévision des précipitations intenses dans l'intervalle d'anticipation 0-6 h (prévision immédiate) et la représentation des incertitudes de cette prévision ;
- ▶ la prévision des débits de crue sur les petits cours d'eau (jusqu'à environ 500 km<sup>2</sup> de surface drainée) à partir de modèles hydrologiques pluie-débit ;
- ▶ la modélisation hydraulique « automatisée » pour fournir des scénarios d'inondation suffisamment précis pour un grand nombre de petits cours d'eau ;
- ▶ enfin, l'évaluation des impacts dans les zones inondées à partir de la connaissance a priori de l'exposition des biens et des infrastructures.

Sur chacune de ces problématiques, des avancées significatives ont été réalisées au cours des dernières années par les différentes équipes impliquées dans le projet : CCR (Caisse centrale de réassurance), Cerema (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement), CNRM (Centre national de recherches météorologiques), Géosciences Rennes, IGE (Institut des géosciences de l'environnement), INRAE (Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'Environnement), Schapi, et l'université Gustave Eiffel (équipe coordinatrice du projet).

Ces savoir-faire sont utilisés dans le projet pour concevoir, appliquer et tester des chaînes de prévision répondant aux objectifs visés (figure 1). Les travaux conduits consistent notamment à (1) préparer et établir un couplage approprié des différentes méthodes, (2) évaluer la complémentarité des différentes étapes de modélisation et identifier les principaux facteurs limitants (données d'entrée, modèles mobilisés, etc.), et (3) adapter les chaînes proposées pour répondre au mieux aux besoins opérationnels. Ceci est rendu possible grâce à la collaboration de partenaires issus de différents domaines scientifiques (météorologues, hydrologues, hydrauliciens, géographes, sociologues), et de différents acteurs

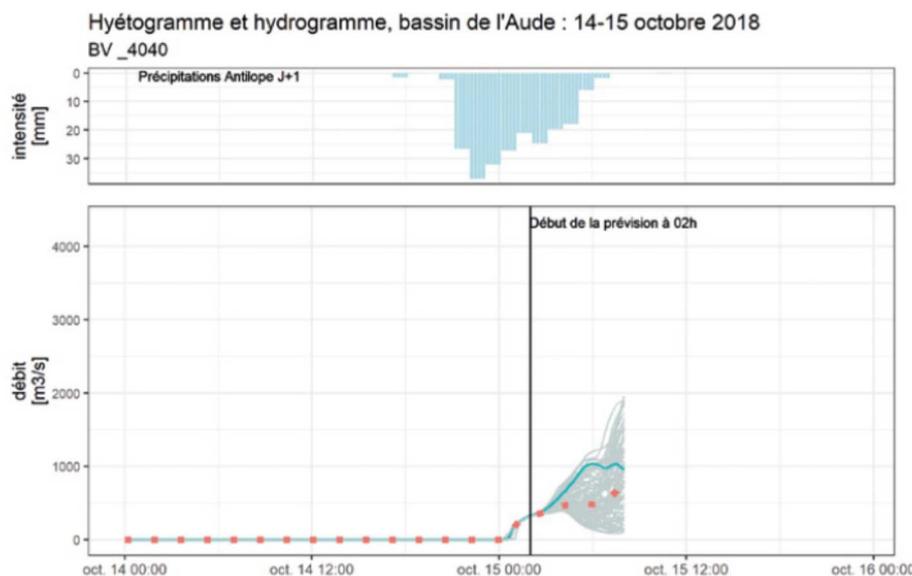


Figure 2. : Exemple de prévision d'ensemble des débits permettant de représenter l'incertitude en fonction de l'échéance temporelle - © Maryse Charpentier-Noyer, Université Gustave Eiffel

opérationnels formant un groupe utilisateurs (services de prévision des crues, gestionnaires de crise, services de secours, assureurs, gestionnaires d'infrastructures). Plusieurs tâches se positionnent en amont de l'expérimentation de façon à améliorer, adapter et évaluer les incertitudes des différents modèles à intégrer dans ces chaînes de prévision.

### MIEUX ANTICIPER LES PLUIES INTENSES ET LES DÉBITS DE CRUE

Le projet vise en premier lieu à mieux anticiper la formation des crues. Cet objectif est poursuivi en travaillant en parallèle sur la capacité à prévoir les pluies et la capacité à représenter la réponse en débit des bassins versants.

Le projet étudie notamment l'utilisation de prévisions de pluie à très courte échéance (0-6h). Ces prévisions sont issues des derniers modèles opérationnels de Météo France (Arome PI, pour « prévision immédiate »), ou bien de méthodes plus exploratoires, permettant d'une part de mieux combiner les prévisions météorologiques avec les dernières observations radar, et d'autre part de mieux représenter les incertitudes en fournissant plusieurs scénarios de pluie plausibles (prévision dite d'ensemble). La figure

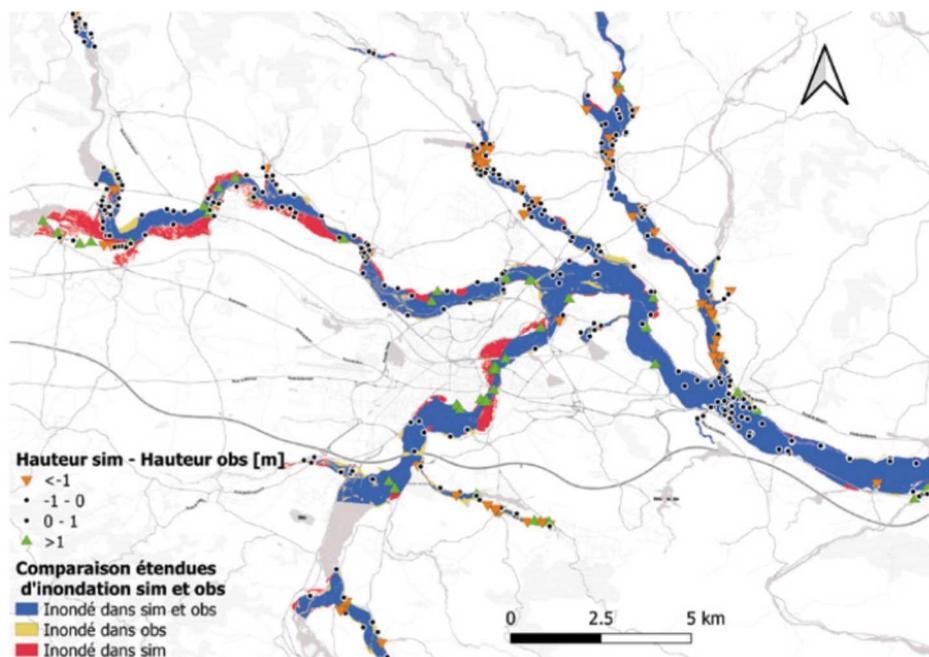


Figure 3. : Comparaison des zones inondées et des hauteurs d'eau simulées et observées, pour la crue de l'Aude du 15 octobre 2018 © Nabil Hocini, Université Gustave Eiffel

2 présente un exemple de prévision des débits de crue obtenue à partir d'une prévision d'ensemble des pluies : les différentes évolutions possibles du débit représentent l'incertitude sur la prévision.

Les modèles hydrologiques pluie-débit, permettant de simuler les débits de crue en fonction de la pluie prévue et de l'état d'humidité

des sols, font également l'objet d'un effort particulier. La mise en œuvre de ces modèles est en effet particulièrement délicate sur les petits cours d'eau, qui ne sont pas équipés de stations d'observation des débits permettant d'ajuster au mieux la réponse des modèles à la réalité observée. Des méthodes sont développées dans le projet pour

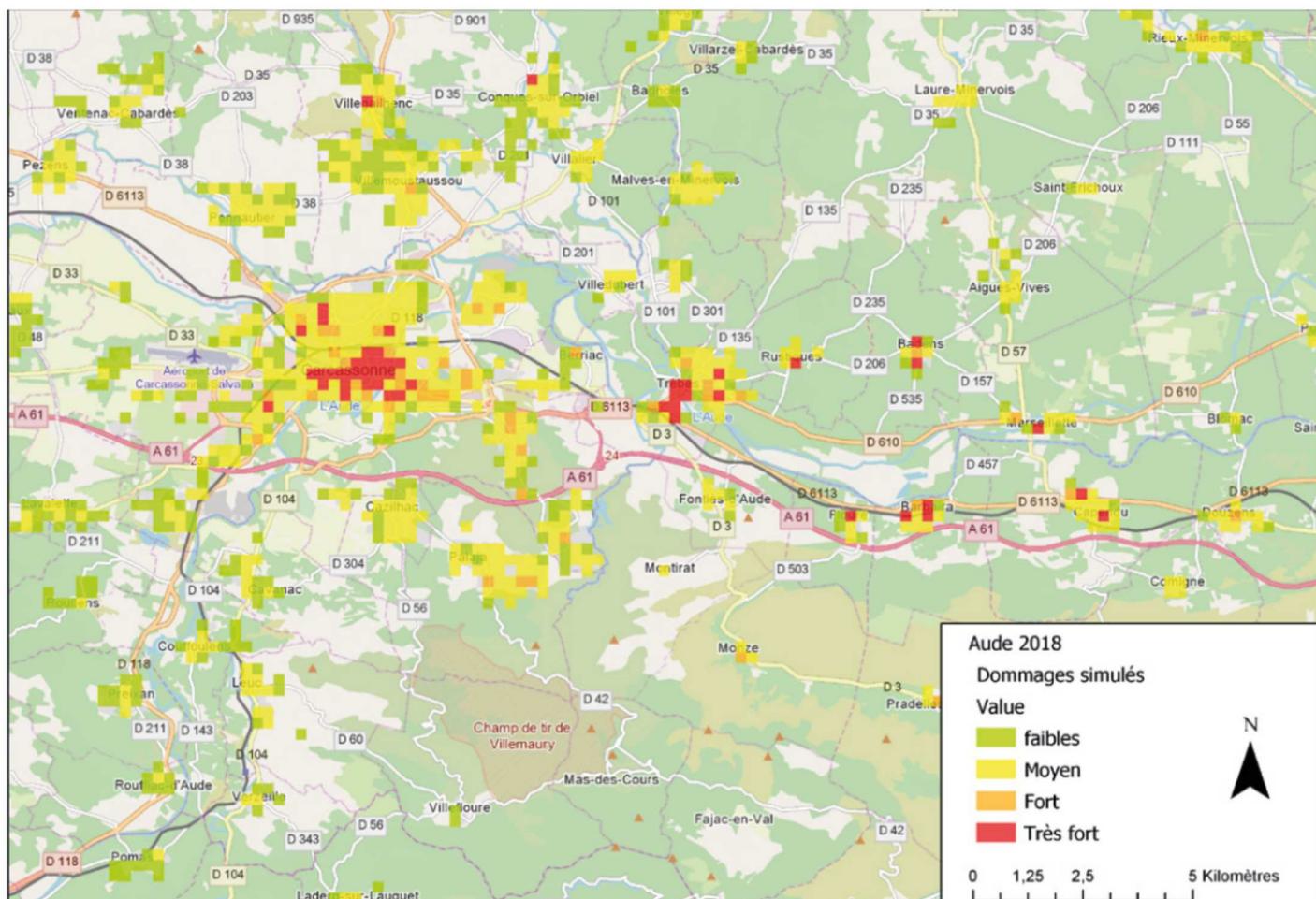


Figure 4. : Exemple de simulation des dommages aux biens assurés pour les crues de l'Aude du 15 octobre 2018 - © Jean-Philippe Naulin, CCR



permettre aux modèles d'exploiter au mieux les rares mesures de débits disponibles dans une même région, de façon à mieux appréhender le comportement des petits cours d'eau non instrumentés, et à mieux s'adapter aux différentes situations génératrices des crues soudaines.

## **MIEUX CONNAÎTRE ET REPRÉSENTER LES ZONES INONDABLES**

Le projet PICS inclut également le développement de méthodes innovantes pour l'estimation des zones inondables, sur les petits cours d'eau pour lesquels aucune cartographie n'est disponible. Des méthodes de calcul automatisées, fonctionnant à partir d'une description de la topographie limitée à un modèle numérique de terrain (comme le RGE Alti de l'IGN), sont expérimentées. L'objectif est de pouvoir appliquer ces méthodes sur un grand nombre de cours d'eau moyennant des coûts de mise en œuvre raisonnables. Le projet permet de comparer plusieurs méthodes de cartographie répondant à cet objectif, du point de vue de la précision de l'information obtenue concernant les zones inondées, et les hauteurs d'eau/vitesses associées (cf. figure 3). Une fois mises au point, ces méthodes permettront, par exemple, de disposer de scénarios d'inondation variés correspondant à différentes périodes de retour des crues, et ce pour l'ensemble des petits cours d'eau d'une région. En parallèle, le projet vise également à développer des méthodes de cartographie destinées à représenter les phénomènes de ruissellement localisés sur les très petits bassins versants urbains, qui ne comportent pas de cours d'eau permanents identifiés, mais des fonds de talwegs pouvant néanmoins constituer des zones inondables potentiellement dangereuses.

## **INTÉGRER LES ENJEUX ET ÉVALUER LES RISQUES**

Le projet s'attache enfin à qualifier les risques associés aux inondations prévues. Beaucoup de petits cours d'eau se situent, en effet, dans des zones peu occupées ou peu urbanisées, ce qui limite de fait l'exposition à l'inondation. À l'inverse, certains de ces cours d'eau traversent des tissus urbains denses ou des bassins fortement peuplés. L'intégration d'une évaluation des risques dans une chaîne de

prévision hydrométéorologique peut donc présenter une grande utilité lors de la gestion de crise, tout particulièrement pour des acteurs ne possédant pas une connaissance locale détaillée des enjeux présents sur les bassins versants en crue. Plusieurs méthodes sont mises en œuvre pour évaluer directement ces enjeux : analyse de l'exposition et du comportement prévisible de la population face au phénomène, modélisation de la sinistralité sur les biens assurés (cf. figure 4), évaluation des risques de coupures d'infrastructures de transport. Des indicateurs synthétiques sont également étudiés de façon à représenter l'intensité de la crise en fonction du type d'enjeux et d'infrastructures exposés.

## **ÉVALUER LES PERFORMANCES DE CHÂÎNES DE PRÉVISION DE « NOUVELLE GÉNÉRATION »**

En fin de projet, les différentes méthodes précitées seront combinées de façon à former de véritables « chaînes de prévision », dont la pertinence sera évaluée au regard des besoins exprimés par les membres du groupe utilisateurs. L'évaluation sera basée sur le rejeu de quinze événements sélectionnés dans quatre secteurs géographiques (figure 1), ce qui permettra également d'apprécier l'applicabilité ultérieure à une échelle régionale ou nationale en temps réel. Un aspect critique du projet est la capacité à valider les résultats des chaînes de prévision proposées en termes d'impacts prévus, mais aussi de débits et zones inondées estimés. Un effort particulier est donc réalisé pour collecter et mettre en forme des données de validation appropriées et variées, relatives à toutes les étapes des chaînes de modélisation (débits, inondation et impacts) sur les événements d'évaluation retenus.

## **QUELLES RETOMBÉES SUITE AU PROJET ?**

Du point de vue scientifique, le projet va permettre de faire progresser les méthodes de prévision des crues soudaines et de leurs impacts, et de mieux évaluer les performances de ces méthodes. D'un point de vue opérationnel, le projet aidera les différents acteurs impliqués dans la gestion des crues soudaines (notamment ceux mobilisés dans le groupe utilisateurs du projet) à se doter d'outils d'anticipation plus efficaces.

Les résultats obtenus pourront par exemple : faciliter des évolutions futures du service Vigicrues Flash dédié aux crues soudaines ; aider à promouvoir l'utilisation de prévisions hydrométéorologiques par les gestionnaires de crise ; aider les gestionnaires d'ouvrages et d'infrastructures à produire des prévisions adaptées à leurs problématiques ; améliorer la capacité des sociétés d'assurance et de réassurance à agir efficacement après chaque événement, en anticipant le niveau de sinistralité.

## REMERCIEMENTS

La réalisation du projet PICS est rendue possible grâce à une subvention de l'Agence nationale de la recherche (convention attributive d'aide n°ANR-17-CE03-0011). Le projet est intégré au programme HyMeX ([www.hymex.org](http://www.hymex.org)) sur le cycle de l'eau et les phénomènes climatiques extrêmes en Méditerranée. Il s'insère dans la thématique de prévision hydrologique d'ensemble de l'initiative internationale HEPEX ([www.hepex.org](http://www.hepex.org)).

Nous adressons également nos remerciements aux membres du groupe utilisateurs qui ont accepté de s'impliquer dans ce projet : Axa Global P&C, CNR, EDF-DTG, Predict services, SNCF Réseau, Tenevia, Willis Re, Ville de Cannes, Ville de Nîmes, Nîmes métropole, Syndicat d'aménagement du bassin de l'Arc (SABA), Syndicat mixte de l'Argens, Syndicat mixte des milieux aquatiques et des rivières - EPTB de l'Aude (SMMAR), DDTM de l'Aude (mission RDI), Mission Arc Méditerranéen, Ministère de l'Intérieur - DGSCGC, SDIS du Gard, SPC Grand Delta, SPC Méditerranée Ouest, SPC Méditerranée Est.

