HAL open science

Améliorer la prévision immédiate des crues soudaines et de leurs impacts: le projet de recherche ANR PICS (France)

Olivier Payrastre, Vazken Andréassian, Sandrine Anquetin, Patrick Arnaud, Xavier Beaufils, Laurent Bonnifait, Brice Boudevillain, François Bourgin, Olivier Caumont, Jean-Dominique Creutin, et al.

To cite this version:

Olivier Payrastre, Vazken Andréassian, Sandrine Anquetin, Patrick Arnaud, Xavier Beaufils, et al.. Améliorer la prévision immédiate des crues soudaines et de leurs impacts: le projet de recherche ANR PICS (France). De la prévision des crues à la gestion de crise, Société Hydrotechnique de France, Nov 2018, Avignon, France. 7p. hal-02608805

HAL Id: hal-02608805

https://hal.inrae.fr/hal-02608805

Submitted on 16 Jan 2024

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.

Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

AMELIORER LA PREVISION IMMEDIATE DES CRUES SOUDAINES ET DE LEURS IMPACTS : LES OBJECTIFS DU PROJET DE RECHERCHE ANR PICS (2018-2021)

Olivier PAYRASTRE[(1)], Vazken ANDREASSIAN[(2)], Sandrine ANQUETIN[(3)], Patrick ARNAUD[(4)], Xavier BEAUFILS[(3)], Laurent BONNIFAIT[(5)], Brice BOUDEVILLAIN[(3)], François BOURGIN[(1)], Olivier CAUMONT[(6)], Jean-Dominique CREUTIN[(3)], Philippe DAVY[(7)], Guy DELRIEU[(3)], Véronique DUCROCQ[(6)], Aurélie ESCUDIER[(8)], Catherine FOUCHIER[(4)], Lea GARANDEAU[(8)], Eric GAUME[(1)], Bruno JANET[(8)], Pierre JAVELLE[(4)], Dimitri LAGUE[(7)], Laurent LEBOUC[(1)], Alexane LOVAT[(6)], Céline LUTOFF[(3)], David MONCOULON[(9)], Jean-Philippe NAULIN[(9)], Thomas ONFROY[(9)], Charles PERRIN[(2)], Frederic PONS[(5)], Maria-Helena RAMOS[(2)], Isabelle RUIN[(3)], Galateia TERTI[(3)]& Béatrice VINCENDON[(10)].

[(1)] Ifsttar, route de Bouaye, CS4, 44344 Bouguenais cedex, France, e-mail: olivier.payrastre@ifsttar.fr

[(2)] Irstea, UR HYCAR, 1 rue Pierre-Gilles de Gennes, CS 10030, 92761 Antony Cedex, France, e-mail: vazken.andreassian@irstea.fr, charles.perrin@irstea.fr, maria-helena.ramos@irstea.fr

[(3)] Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE), UGA, CS 40 700, 38058 Grenoble cedex 9, France, e-mail: isabelle.ruin@ujf-grenoble.fr

[(4)] Irstea, UR RECOVER, 3275 route Cézanne - CS 40061, 13182 Aix-en-Provence Cedex 5, e-mail: pierre.javelle@irstea.fr

[(5)] Cerema, Direction Méditerranée, 30 rue Albert Einstein, 13593 Aix-en-Provence, France, e-mail: Frederic.Pons@cerema.fr

[(6)] CNRM, 42 Av G.Coriolis, 31057 Toulouse Cedex, France, e-mail: olivier.caumont@meteo.fr, veronique.ducrocq@meteo.fr

[(7)] Géosciences Rennes, Université Rennes 1, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex, France, e-mail: dimitri.lague@univ-rennes1.fr

[(8)] SCHAPI, 42, avenue Gaspard Coriolis, 31057 Toulouse Cedex 01, e-mail: bruno.janet@developpement-durable.gouv.fr

[(9)] CCR, 157, Boulevard Haussmann 75008 Paris, France, e-mail: dmoncoulon@ccr.fr

[(10)] Météo-France, Direction de la Climatologie et des Services Climatiques, 42 av. Coriolis, 31057 Toulouse Cedex, Toulouse, France, e-mail: beatrice.vincendon@meteo.france.fr

L'anticipation des phénomènes de crues soudaines est d'une importance cruciale pour limiter leurs effets dommageables. Pour mieux répondre à ce besoin, le projet de recherche ANR *Prévision immédiate intégrée des impacts des crues soudaines* (PICS, 2018-2021) vise à concevoir et évaluer des chaînes de prévision des crues soudaines et de leurs impacts offrant jusqu'à 6h d'anticipation. Le projet repose sur l'interaction entre des équipes scientifiques aux compétences variées (météorologues, hydrologues, hydrauliciens, économistes, sociologues), et des acteurs opérationnels (sécurité civile, autorités locales, compagnies d'assurance, gestionnaires d'ouvrages hydroélectriques et de réseaux de transport). Les chaînes de prévision testées intégreront : i) des estimations quantitatives de précipitations à haute résolution et des prévisions immédiates de pluie pour des horizons de 0 à 6h, ii) des modèles pluie-débit distribués adaptés aux petits cours d'eau non jaugés, iii) des modèles hydrauliques pour la délimitation des zones potentiellement inondées à partir de modèles numériques de terrain, et iv) plusieurs modèles d'impacts visant à représenter les effets socio-économiques des crues. Le projet visera à coupler ces différents modèles, à estimer leurs incertitudes et complémentarité, et à évaluer la capacité des chaînes de prévision proposées à répondre aux besoins des utilisateurs finaux à partir d'études de cas.

MOTS CLEFS : crues soudaines, crues éclair, prévision, inondation, impacts

Improving short-term forecasting of flash flood and related impacts: the objectives of the ANR PICS project (2018-2021)

Flash-flood forecasting is of crucial importance to mitigate the devastating effects of flash-floods. The first operational flash flood warning systems have been recently implemented in France and other countries. Nevertheless, the capacities of these systems can still be largely improved (e.g., they still have limited anticipation, limited geographic coverage, and impacts are often not represented). To tackle this challenge, the PICS project (2018-2021, funded by the national research agency - ANR) proposes a step forward by designing and evaluating integrated forecasting chains, with the objective to anticipate the impacts of flash-floods with a few hours lead-time (0-6h). This work will rely on interactions between multi-disciplinary scientific teams

(meteorologists, hydrologists, hydraulic engineers, economists, sociologists) and operational actors (civil security, local authorities, insurance companies, hydropower companies, transport network operators). The integrated short-range forecasting (or nowcasting) chains designed in the project will incorporate the following components: i) high resolution quantitative precipitation estimates and short range precipitation forecasts (or nowcasts), ii) highly distributed rainfall-runoff models designed to simulate river discharges in ungauged conditions, iii) DTM-based hydraulic models for the delineation of potentially flooded areas, and iv) several impact models aiming to represent a variety of socio-economic effects: insurance losses, inundation of critical infrastructures, and also dynamic exposure and vulnerability of population. The project will work towards effectively coupling these various modelling components, evaluating these components in terms of uncertainties and complementarity, and assessing the capacity of the nowcasting chains to meet the end-users' needs. Particular attention will be paid to ensuring consistency across the various components of the modelling chains, in terms of variables used, spatial and temporal resolution, scale of application and degree of uncertainty. One critical aspect of the project will also be the validation of the results based on case studies. For this reason, a particular effort is devoted in the project to gather appropriate validation datasets (impacts, flood areas, etc.) and to define relevant validation strategies.

KEY WORDS: flash-floods, forecasting, nowcasting, inundation, impacts

I CONTEXTE ET OBJECTIFS SCIENTIFIQUES

La production de prévisions adaptées aux phénomènes de crues soudaines représente un défi important et complexe, qu'il s'agisse d'anticiper les intensités pluviométriques, les débits de crues, ou encore l'étendue des zones inondées ainsi que les impacts associés (pertes humaines et économiques). L'évolution rapide des événements météorologiques déclencheurs et des réponses des bassins versants, ainsi que de la multitude de petits cours d'eau potentiellement affectés, constituent deux difficultés majeures. Des premiers systèmes d'avertissement dédiés aux pluies intenses et crues soudaines ont été récemment mis en service en France - APIC (Avertissement pluies intenses à l'échelle des communes) en 2013 et Vigicrues Flash en 2017 [Javelle et al., 2016]. Néanmoins ces nouveaux services n'offrent pas encore une couverture géographique généralisée à l'ensemble des bassins. Leurs capacités d'anticipation restent par ailleurs limitées, et ils ne fournissent pas d'information concernant les impacts possibles des phénomènes identifiés. Des améliorations sont donc encore possibles. Le projet ANR PICS (http://pics.ifsttar.fr) a pour objectif de faciliter ces évolutions, en concevant des chaînes de prévisions intégrées permettant d'anticiper jusqu'à 3 à 6 heures à l'avance les impacts des crues soudaines. Cet objectif nécessite de mobiliser et faire progresser les connaissances et savoir-faire actuels sur plusieurs aspects :

- la prévision immédiate des précipitations, qui doit fournir des prévisions à des résolutions temporelles et spatiales élevées dans l'intervalle d'anticipation 0-6 h, accompagnées d'une quantification explicite des incertitudes [Vincendon et al., 2011 ; Alfieri et al., 2011 ; Liguori et al., 2012 ; Caseri et al., 2016]. Les méthodes de prévision devraient idéalement combiner des techniques d'extrapolation basées sur des estimations radar quantitatives pour des délais de moins d'une heure, et des prévisions météorologiques numériques pour des délais allant jusqu'à 6 heures [Auger et al., 2015] ;
- la prévision des crues à partir des modèles hydrologiques robustes et régionalisés. Ces méthodes doivent être capables de simuler les débits de crues dans les petits cours d'eau non jaugés (gamme de surfaces de 1 à 500 km²). L'utilisation de données indirectes (données d'impact des inondations) dans les bassins non jaugés pour l'étalonnage et la validation de ces modèles constitue un défi particulier [Randrianasolo et al., 2011 ; Naulin et al., 2013 ; Javelle et al., 2014] ;
- les méthodes de modélisation hydraulique pour le calcul automatique de cartes d'inondation suffisamment précises [Pons et al., 2014 ; Davy et al., 2017]. Ces méthodes doivent fournir des résultats pour une large gamme de valeurs de débits (évolution du champ d'inondation en fonction du débit) et sur un réseau hydrographique détaillé comprenant les petits cours d'eau amont [Le Bihan et al., 2016, 2017]. Les limites des données topographiques et bathymétriques disponibles et les possibilités offertes par les nouveaux dispositifs d'acquisition à haute résolution doivent être évaluées ;
- enfin, l'évaluation des impacts dans les zones inondées, à partir de la connaissance a priori de l'exposition des biens et des infrastructures [Moncoulon et al. 2013 ; Saint Martin et al., 2016] et de la représentation dynamique de la localisation et la vulnérabilité des individus sur un territoire donné [Debionne et al., 2016 ; Shabou et al., 2017]. Ces méthodes doivent pouvoir expliquer la forte variabilité dans le temps et l'espace des impacts constatés [Ruin et al., 2014 ; Terti et al., 2015, 2017].

Sur chacune de ces problématiques, des avancées significatives ont été réalisées au cours des dernières années par les différentes équipes impliquées dans le projet PICS. Le projet vise à rassembler ce savoir-faire pour concevoir et tester de véritables chaînes intégrées de prévision des impacts des crues soudaines, combinant l'ensemble des méthodes précitées. Les objectifs spécifiques du projet consistent à (1) établir un couplage approprié des différents modèles, avec des exigences adaptées au contexte de la prévision des crues soudaines en termes de données d'entrée et de complexité des modèles, (2) évaluer l'incertitude et la complémentarité des différentes étapes de modélisation à partir de stratégies de validation avancées et de nouvelles sources de données, 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 des utilisateurs finaux. Ce dernier point sera possible grâce à la collaboration au sein du projet de partenaires issus des différents domaines scientifiques nécessaires (météorologues - hydrologues - hydrauliciens - économistes - géographes) et de différents acteurs opérationnels (services de prévision des crues, gestionnaires de crise, services de secours, assureurs, gestionnaires d'infrastructures).

II ORGANISATION DU PROJET

Le projet est structuré en quatre tâches scientifiques principales (ou work-packages, cf. figure 1). Il est organisé autour d'une tâche centrale (WP4-Intégration et expérimentation), qui consiste à définir, appliquer et tester les chaînes de prévision intégrées susceptibles de répondre aux besoins exprimés par les utilisateurs potentiels. Les trois autres tâches se positionnent en amont et ont pour objectif d'améliorer, d'adapter et d'évaluer les incertitudes des différentes étapes clé à intégrer dans les chaînes de prévision, à savoir :

- la prévision des pluies et des débits à courte échéance (0-6h) (WP1), obtenue en couplant des produits de prévisions de précipitations à très court terme basés sur les systèmes opérationnels de Météo-France avec des modèles hydrologiques distribués ;
- l'estimation des zones inondées (WP2), à partir de méthodes innovantes de calcul hydraulique 1D et 2D pour convertir les débits estimation des zones inondables et des hauteurs / vitesses d'eau associées ;
- la modélisation des impacts socio-économiques (WP3), qui doit intégrer de façon explicite les informations disponibles sur les zones inondables pour l'estimation des impacts de différentes natures.

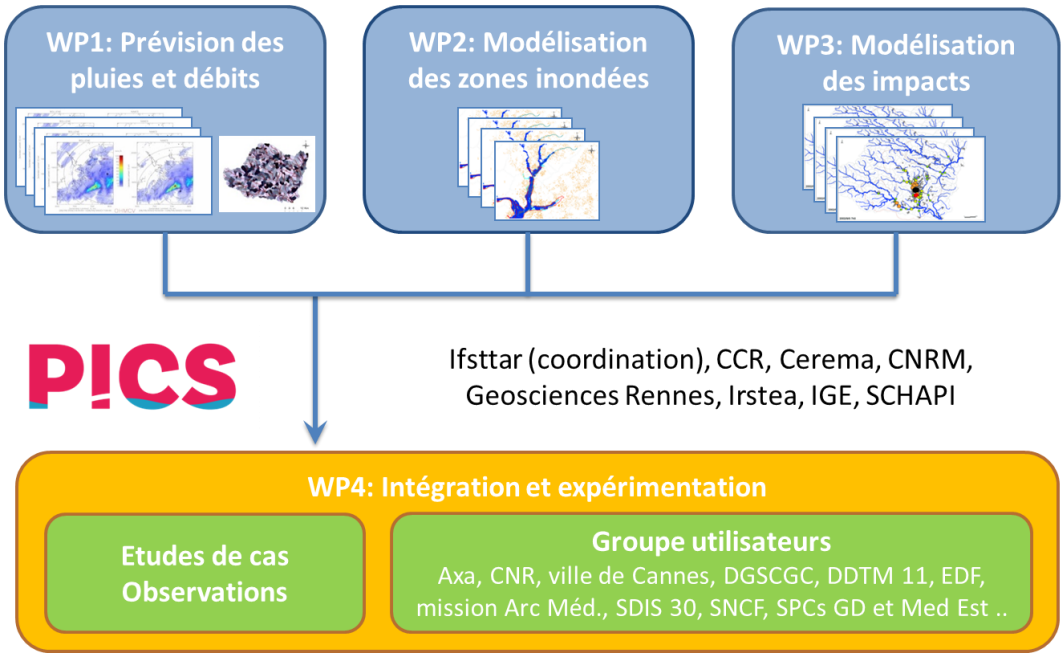

Figure 1: Organisation générale du projet PICS

Le WP4, qui constitue le cœur du projet, implique des interactions fortes entre scientifiques et utilisateurs finaux, mais aussi entre scientifiques issus de disciplines différentes (météorologie, hydrologie, hydraulique, sciences sociales, etc.). Pour cette activité, le projet s'appuie sur un groupe d'utilisateurs constitué de professionnels du secteur : autorités de sécurité civile (DGSCGC), mission Arc Méditerranéen, services de prévision des crues (SPCs Grand Delta et Mediterranée Est), service départemental d'incendie et de secours

(SDIS 30), mission RDI (RDI11), commune (ville de Cannes), société d'assurance (AXA Global P & C), producteurs d'électricité (EDF, CNR) et entreprise de transports publics (SNCF).

Les caractéristiques et les objectifs assignés aux chaînes de prévision seront définis à partir d'échanges avec ce groupe utilisateurs. Une première réunion d'échanges a déjà eu lieu le 17 mai 2018 à Lyon. Elle a permis d'échanger sur les objectifs prioritaires et sur les études de cas à conduire, en tenant compte de l'état de l'art et de nos capacités actuelles à répondre aux problématiques soulevées. La structure des chaînes de prévision les mieux adaptées est désormais en cours de définition.

Ces chaînes de prévision seront évaluées à partir des études de cas sélectionnés, à une échelle suffisamment large pour évaluer leur applicabilité ultérieure à l'échelle régionale ou nationale. Ces études de cas seront partiellement localisées (mais pas exclusivement) dans la région méditerranéenne : en effet, plusieurs inondations récentes dans cette région offrent un contexte particulièrement favorable en termes de disponibilité des données (y compris les données de dommages), d'applicabilité des différents outils de modélisation intégrés dans les chaînes de prévision, et de possibilité d'acquisition de données Lidar complémentaires. La liste des études de cas est en cours de finalisation.

Un aspect critique du projet sera 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 prévu pour la collecte et la mise en forme de données de validation appropriées et variées, relatives à toutes les étapes des chaînes de modélisation (débits, inondation et impacts). Ce travail pourra notamment bénéficier de différentes données déjà disponibles en open source, comme par exemple la base DamaGIS, qui recense depuis 2011 les principaux dommages liés aux crues soudaines dans le sud de la France [Saint-Martin et al., 2018]. D'autres informations proviendront des utilisateurs eux-mêmes. Une fois ces jeux de données rassemblés, une tâche spécifique abordera la question des méthodologies de validation appropriées, en tenant compte de la nature et du type de données disponibles pour chaque étude de cas.

III RETOMBEES ATTENDUES ET PERSPECTIVES

Les retombées sociétales du projet PICS devraient principalement concerner les différents acteurs mobilisés dans le groupe utilisateurs. Les résultats obtenus devraient notamment contribuer à :

- faciliter des évolutions futures du service Vigicrues Flash dédié aux crues soudaines (Min. de la Transition Ecologique et Solidaire) ;
- permettre une exploitation efficace des prévisions hydro-météorologiques par les gestionnaires de crise et la sécurité civile ;
- 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.

Du point de vue scientifique, le projet doit permettre de faire progresser les méthodes de prévision des crues soudaines et de leurs impacts, et d'améliorer la capacité à évaluer les performances de ces méthodes. Des progrès plus ciblés sont également attendus sur les différents composants constituant les chaînes de prévision expérimentées dans le projet : prévision numérique des pluies à courte échéance, modélisation pluie-débit, modélisation hydraulique des emprises inondées et modélisation des dommages et des impacts au sein des zones inondées. Ces retombées pourront être directement reliées à deux programmes de recherche en prévision hydrométéorologique actuellement en cours à l'échelle internationale, à savoir le programme HyMex (http://www.hymex.org) et l'initiative HEPEX (www.hepex.org), dans lesquels plusieurs partenaires du projet PICS sont impliqués.

IV REMERCIEMENTS

La réalisation du projet PICS est rendue possible grâce à une subvention de l'Agence Nationale de la Recherche, à hauteur de 628 k€, pour un budget global du projet de 2282 k€.

Nous adressons également nos remerciements aux membres du groupe utilisateurs qui ont accepté de s'impliquer dans ce projet : Axa Global P&C, CNR, ville de Cannes, DGSCGC, DDTM 11, EDF-DTG, mission Arc Méditerranéen, SDIS 30, SNCF réseau, SPCs Grand Delta et Méditerranée Est.

V REFERENCES

Alfieri L., Velasco D. & Thielen J., 2011. Flash flood detection through a multi-stage probabilistic warning system for heavy precipitation events. Adv. Geosci., 29, 69–75.

Auger L., Dupont O., Hagelin S., Brousseau P. and Brovelli P., 2015. AROME–NWC: a new nowcasting tool based on an operational mesoscale forecasting system. Q.J.R. Meteorol. Soc., 141: 1603–1611. doi: 10.1002/qj.2463

Caseri, A., Javelle, P., Ramos, M. H., and Leblois, E., 2016. Generating precipitation ensembles for flood alert and risk management, Journal of Flood Risk Management, 9, 402-415, DOI:10.1111/jfr3.12203.

Davy, P., Croissant T., and 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, 1491–1512, doi:10.1002/2016JF004156.

Debionne S., Ruin I., Shabou S., Lutoff C. & Creutin J.-D., 2016. Assessment of commuters' daily exposure to flash flooding over the roads of the Gard region, France, J. Hydrol., 541, 636-648, DOI:10.1016/j.jhydrol.2016.01.064.

Javelle P., Demargne J., Defrance D., Pansu J. & Arnaud P., 2014. Evaluating flash-flood warnings at ungauged locations using post-event surveys: a case study with the AIGA warning system. Hydrol. Sci. J. 59(7), 1390–1402, 10.1080/02626667.2014.923970.

Javelle P., Organde D., Demargne J., Saint-Martin C., de Saint-Aubin C., Garandeau L. and Janet B., 2016. Setting up a French national flash flood warning system for ungauged catchments based on the AIGA method, E3S Web of Conferences 7, 18010 (2016), 3rd European Conference on Flood Risk Management (FLOODrisk 2016), Lyon (France) oct. 2016, http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20160718010.

Liguori S., Rico-Ramirez M.A., Schellart A.N.A. & Saul A.J., 2012. Using probabilistic radar rainfall nowcasts and NWP forecasts for flow prediction in urban catchments. Atmos. Res., 103, 80–95.

Le Bihan G., Payrastre O., Gaume E., Moncoulon D. & Pons F., 2016. Regional models for distributed flash-flood nowcasting: towards an estimation of potential impacts and damages. E3S Web of Conferences, 18013 (2016), 3rd European Conference on Flood Risk Management (FLOODrisk), oct 17-21 2016, Lyon, France, http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20160718013.

Le Bihan, G., Payrastre, O., Gaume, E., Moncoulon, D., and Pons, F.: The challenge of forecasting impacts of flash floods: test of a simplified hydraulic approach and validation based on insurance claim data, Hydrol. Earth Syst. Sci., 21, 5911-5928, https://doi.org/10.5194/hess-21-5911-2017, 2017.

Moncoulon, D., Labat, D., Ardon, J., Onfroy, T., Leblois, E., Poulard, C., Aji, S., Rémy, A., Quantin, A., 2013. Analysis of the French insurance market exposure to floods: a stochastic model combining river overflow and surface runoff. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss. 1, 3217–3261. doi:10.5194/nhessd-1-3217-2013.

Naulin, J.-P., Payrastre, O. & Gaume, E., 2013. Spatially distributed flood forecasting in flash flood prone areas: Application to road network supervision in Southern France, J. Hydrol., 486, 88-99, http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.01.044.

Pons F., Laroche C., Fourmigue P. & Alquier M., 2014. Flood hazard maps for extreme event scenario: the study of Nartuby river. La Houille Blanche, 2, 34-41.

Randrianasolo, A., Ramos, M.H. & Andreassian, V., 2011. Hydrological ensemble forecasting at ungauged basins: using neighbour catchments for model setup and updating. Advances in Geosciences, 29, 1-11, doi:10.5194/adgeo-29-1-2011.

Ruin, I., Lutoff, C., Boudevillain, B., Creutin, J.-D., Anquetin, S., Rojo, M.B , Boissier, L., Bonnifait, L., Borga, M., Colbeau-Justin, L., Creton-Cazanave, L., Delrieu, G., Douvinet, J., Gaume, E., Gruntfest, E., Naulin, J.-P., Payrastre, O. & Vannier, O., 2014. Social and Hydrological Responses to Extreme Precipitations: An Interdisciplinary Strategy for Postflood Investigation. Weather Climate and Society, 6(1), 135-153.

Saint-Martin C., Fouchier C., Javelle P., Douvinet J, Vinet F., 2016. Assessing the exposure to floods to estimate the risk of flood-related damage in French Mediterranean basins, 3rd European Conference on Flood Risk Management (FLOODrisk 2016), Lyon (France) oct. 2016, https://doi.org/10.1051/e3sconf/20160704013.

Saint-Martin, C., Javelle, P., and Vinet, F. (2018). - DamaGIS: a multisource geodatabase for collection of flood-related damage data, Earth Syst. Sci. Data, 10, 1019-1029, https://doi.org/10.5194/essd-10-1019-2018,

Shabou, S., Ruin, I., Lutoff, C., Debionne, S., Anquetin, S., Creutin, J.-D., and Beaufils, X., 2017. MobRISK: A model for assessing the exposure of road users to flash flood events, Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss., doi:10.5194/nhess-2017-21, in review, 2017.

Terti, G., Ruin, I., Anquetin, S., & Gourley, J. J., 2015. Dynamic vulnerability factors for impact-based flash flood prediction. Natural Hazards, 79(3), 1481-1497.

Terti, G., Ruin, I., Anquetin, S., & Gourley, J. J., 2017. A Situation-based Analysis of Flash Flood Fatalities in the United States. Bulletin of the American Meteorological Society, 333-345.

Vincendon B., Ducrocq V., Nuissier O. & Vié B., 2011. Perturbation of convection-permitting NWP forecasts for flash-flood ensemble forecasting. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 11, (5), 1529–1544.