



HAL
open science

Solutions Fondées sur la Nature : le projet européen H2020 NAIAD

Roxane Marchal, Guillaume Piton

► **To cite this version:**

Roxane Marchal, Guillaume Piton. Solutions Fondées sur la Nature : le projet européen H2020 NAIAD. Rapport Scientifique CCR 2019, CCR, pp.18-22, 2020. hal-03006710

HAL Id: hal-03006710

<https://hal.science/hal-03006710>

Submitted on 16 Nov 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.

Solutions Fondées sur la Nature : le projet européen H2020 NAIAD



Roxane Marchal¹, Guillaume Piton²

(1) Département R&D Modélisation Cat & Agriculture, CCR. (2) INRAE Grenoble, Unité Erosion Torrentielle Neige et Avalanche (ETNA)

RÉSUMÉ

Le bassin versant de la Brague est l'un des sites d'expérimentation du projet européen H2020 NAIAD : Nature Insurance Value : Assessment and Demonstration (2016-2019). L'approche repose sur l'analyse des aléas débordement de cours d'eau et ruissellement, en intégrant des données locales fines, avec pour objectif la modélisation des dommages évités par la mise en place de solutions fondées sur la nature. Les conséquences du changement climatique à horizon 2050 ont aussi été étudiées.

ABSTRACT

The Brague river is one of the demonstration sites of the H2020 European project NAIAD: Nature Insurance Value: Assessment and Demonstration (2016-2019). The approach relies on the assessment of overflow and runoff hazard, considering locally-adapted data, with the objective of modelling avoided damage of the implementation of nature-based solutions. The consequences of the climate change at horizon 2050 on insured damages were also explored.

modèle inondation
modèle de dommages
solutions fondées sur la nature
prévention
dommages assurés
changement climatique

INTRODUCTION

Le projet européen Horizon 2020 NAIAD (Nature Insurance Value : Assessment and Demonstration (2016-2020)) rassemble 23 partenaires européens dont quatre français : le BRGM, INRAE, l'Université de Nice et CCR. Ce projet a pour objectif d'évaluer et de démontrer la pertinence de solutions fondées sur la nature (SfN) pour réduire les risques liés à l'eau (crues et sécheresses). CCR intervient principalement sur les questions de modélisation de l'aléa, d'évaluation de la vulnérabilité et des dommages actuels ou potentiellement évités par la mise en place de SfN. Le projet repose sur des sites d'expérimentations (DEMOS) en Europe, dont deux en France : le Lez à Montpellier (Hérault) et la Brague à Antibes (Alpes-Maritimes). Cet article porte uniquement sur l'étude effectuée sur le bassin versant de la Brague. La Brague est une rivière de 21 km de long située en zone méditer-

ranéenne et caractérisée par des crues éclaircies très destructrices et potentielle-ment meurtrières. L'événement étudié est l'épisode cévenol d'octobre 2015 qui a emporté la vie de 20 personnes, et dont les dommages assurés ont été estimés à hauteur de 520 M€ (Non-Auto) par CCR. Le risque inondation varie selon la localisation : la basse vallée est plus exposée au risque de débordement de la Brague et de ses affluents alors que le haut du versant est exposé à un fort risque de ruissellement urbain. Dans ce contexte, l'évaluation des mesures de prévention qu'elles soient conventionnelles ou de types SfN est nécessaire. Cette évaluation porte à la fois sur le potentiel de protection en termes de dommages évités et sur les co-bénéfices paysagers, environnementaux et socio-économiques. Une compréhension fine des aléas et de leurs conséquences en termes de dom-

mages assurés a motivé la collaboration entre INRAE et CCR. L'expertise INRAE a été notamment appliquée à la partie modélisation de l'aléa de débordement de cours d'eau et à l'utilisation des courbes de dommages recommandées par le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (MTES). CCR a adapté son modèle ruissellement et le calage de courbes de dommages afin d'effectuer une analyse spécifique à la Brague. L'évaluation des SfN est estimée en termes de dommages évités moyens annuels ; les co-bénéfices générés grâce à leur mise en place ont été évalués en parallèle¹.

MÉTHODOLOGIE

L'aléa ruissellement a été modélisé sur la Brague à l'échelle du bassin versant. L'approche est basée sur le modèle inon-

ation CCR² qui a une résolution de 25 m (cf : Article ruissellement p.09). Quant aux informations sur les caractéristiques et la localisation des sinistres lors de l'événement d'octobre 2015, celles-ci ont été extraites de l'historique de sinistralité de CCR et portent uniquement sur les propriétaires de maisons individuelles. En ce qui concerne la modélisation du changement climatique, l'analyse sur la Brague a été effectuée à partir des résultats de l'étude CCR et Météo-France de 2018³ qui portait sur l'ensemble du territoire métropolitain.

En complément de cette analyse à large échelle, l'aléa débordement de cours d'eau a été réanalysé plus finement sur la zone de la basse vallée où les dommages les plus graves ont été enregistrés. INRAE a utilisé le modèle numérique 2D Iber⁴ pour estimer les hauteurs et vitesses des crues à une maille de 2 m. Un lever LIDAR récent a permis de reconstruire la géométrie de la vallée et des levés de topographie terrestre ont été digitalisés pour déterminer la bathymétrie de la rivière et la géométrie des nombreux ponts et ouvrages hydrauliques présents sur la rivière et ses affluents. Les données des BD Carto[®] et BD Topo[®] de l'IGN ont été utilisées pour intégrer tous les bâtiments et routes au modèle et les données d'occupation du sol ont été vérifiées et précisées pour modéliser les rugosités variables du terrain. Des rapports d'étude existant sur les deux crues majeures bien documentées dans les archives, octobre 2015 et novembre 2011, ont été utilisés pour reconstruire virtuellement ces événements et calibrer le modèle. Plus de 400 laisses de crues, de données géolocalisées, de niveaux atteints par les crues, ont été utilisées pour s'assurer de la vraisemblance des niveaux d'eaux calculés (Figure 1). La méthode SHYREG⁵ a ensuite été appliquée pour calculer des épisodes de crue de proba-

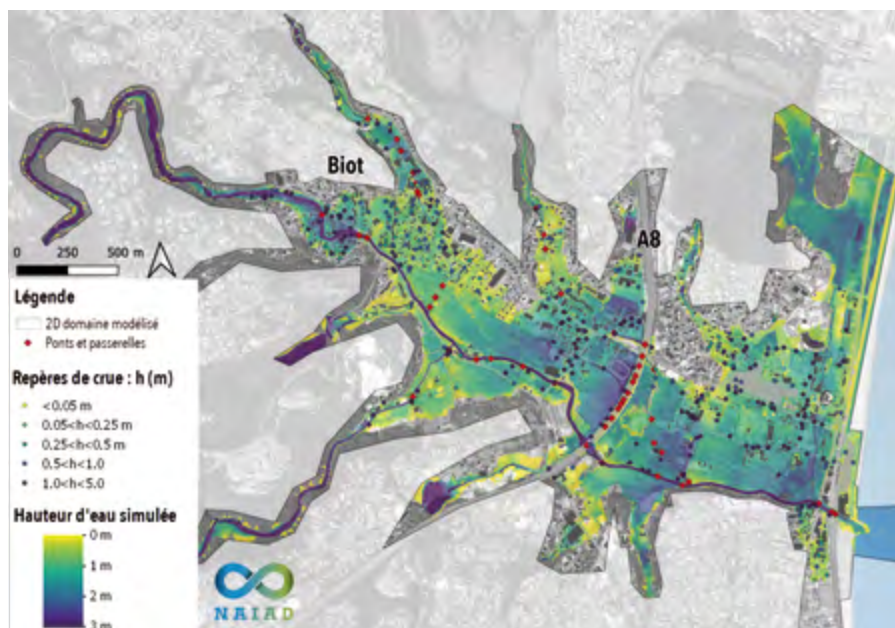


Figure 1 - Résultat de la modélisation effectuée, avec les hauteurs d'eau simulées, comparées aux repères de crue relevés lors de la crue d'Oct. 2015.

bilité d'occurrence donnée dans des scénarios de climat actuel et futur (RCP 4.5 et 8.5 du GIEC). Elle a aussi été utilisée dans des scénarios d'occupation des sols actuel et futur ou encore en présence d'ouvrages de protection conventionnels (barrages de rétention) ou SfN.

Le MTES a développé des courbes de dommages standardisées et nationales qui servent de manière systématique à la réalisation d'analyses coût-bénéfice pour l'octroi de subventions du fonds Barnier aux projets de protection contre les inondations⁶. Les courbes de dommages sont des fonctions représentant la relation entre les dommages mesurés au travers des coûts de réparation et les intensités d'aléas (hauteurs d'eau ou débits).

Ces courbes moyennes ont été réutilisées et comparées aux dommages réels observés et aux approches alternatives de CCR. La calibration des courbes de dommages >

Solutions Fondées sur la Nature : le projet européen H2020 NAIAD

> basée sur l'utilisation des données de sinistralité assurée a été appliquée à la fois sur le calage des courbes pour le ruissellement et le débordement, selon les intensités d'aléa issues du modèle Iber. Les courbes de dommages ont ensuite été croisées avec les modélisations des aléas issus de l'étude sur les conséquences du changement climatique sur les dommages assurés en France³.

RÉSULTATS

La précision sur les niveaux de crue est de l'ordre de ± 25 cm pour l'événement de calibration (Oct. 2015) et un peu moins pour l'événement de validation (Nov. 2011).

- Pour des hauteurs d'eau comprises entre 1,5 et 3,5 m (modèle Iber de maille 2 m), le taux de destruction est de l'ordre de 30 % de la valeur assurée. Il a aussi été mis en évidence que les zones soumises à des hauteurs d'écoulement de moins de 20 cm n'étaient généralement pas sinistrées. C'est seulement à partir d'une telle hauteur que les dispositifs d'assainissement pluvial sont complètement saturés et que l'eau atteint les réseaux électriques augmentant significativement les dommages ;

- Pour des ruissellements de l'ordre de $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ par pixel de 25 m, les taux de destruction moyens sont de 15 % de la valeur assurantielle. Cette très forte sinistralité est notamment corrélée à l'intensité exceptionnelle du phénomène de crue d'octobre 2015 lors duquel plusieurs branches du bassin versant de la Brague ont provoqué des crues proches ou supérieures à une crue centennale⁷. L'occurrence conjointe de ces magnitudes est encore plus rare.

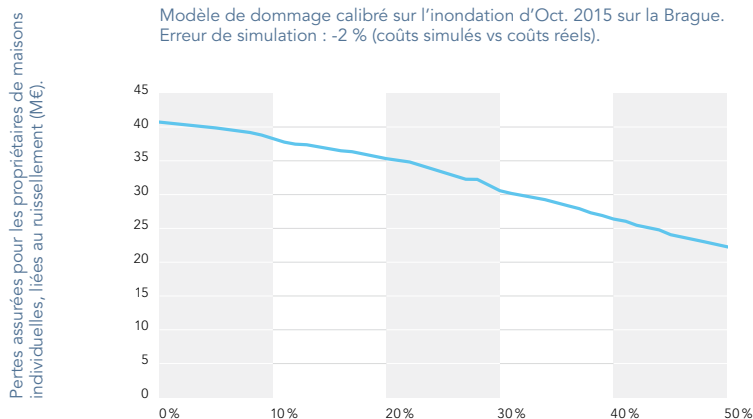
L'aspect plus ou moins chaotique des écoulements dans le milieu périurbain de la

basse vallée de la Brague est partiellement reproduit par les modèles hydrauliques utilisés. Des lacunes sur de nombreuses données d'entrée telles que les débits et la présence d'embâcle n'ont par ailleurs pas permis de réduire davantage les incertitudes sur les niveaux d'inondation.

À la suite de ces évaluations des risques actuels, il a été possible d'évaluer les performances potentielles de stratégies de prévention. Vis-à-vis du ruissellement, il a par exemple été mené une approche inverse où les liens entre réduction du débit de ruissellement et diminution des dommages, quelles que soient les mesures employées pour réduire le ruissellement, ont été quantifiés. Sans réduction de l'aléa, les dommages estimés pour l'ensemble des propriétaires de maisons individuelles sont de 4 M€ pour un événement type Oct. 2015 sur le bassin versant. Une diminution de 20 % des débits de ruissellement réduirait les dommages à 3,5 M€ soit de 12 % (Graphique ci-dessous).

Effet de la réduction de l'aléa ruissellement sur les dommages assurés liés aux inondations d'Oct. 2015

Modèle de dommage calibré sur l'inondation d'Oct. 2015 sur la Brague.
Erreur de simulation : -2 % (coûts simulés vs coûts réels).



% de réduction de l'aléa appliqué sur le débit de ruissellement (m^3/s)
0% équivaut à aucune réduction de l'aléa.

INRAE (anciennement IRSTEA) et CCR sont partenaires depuis 10 ans dont 3 ans au sein du consortium du projet NAIAD (2016-2019). Les deux partenaires échangent leurs connaissances en matière d'aléas et d'évaluation des dommages assurés. De nombreux livrables disponibles en ligne soulignent leurs travaux réalisés au sein de NAIAD www.naiad2020.eu. En 2020, IRSTEA et INRA fusionnent pour devenir INRAE.

Au niveau de la basse vallée, un scénario SfN de restauration du corridor hydraulique et écologique de la rivière, «giving-room-to-the-river», a été intégré dans le modèle Iber afin d'estimer les dommages évités par sa mise en place. Selon les estimations et l'utilisation des courbes d'endommagement du CGDD⁶ et de CCR, les dommages annuels moyens évités pourraient atteindre 200-700 K€, soit 30 % des dommages annuels moyens actuels. Ceci sans prendre en compte les mesures de réductions des ruissellements amont dont l'ambition reste à définir localement. L'amélioration de la qualité des milieux naturels, du paysage, de la qualité de vie et de la dynamique économique de la vallée sont autant de co-bénéfices qu'il a été difficile d'estimer précisément mais qui pourraient être évalués à plusieurs millions d'euros par an². Les ruissellements issus des nombreux vallons surplombant la basse vallée limitent par ailleurs l'efficacité de tout projet se limitant à des aménagements exclusifs de la rivière. Ceci met en évidence le besoin de mutualiser les approches et mesures envisagées : réduire au mieux les ruissellements à la source et faciliter les écoulements des ruissellements inévitables.

Les courbes de dommages calibrées sur l'événement d'octobre 2015 ont été intégrées dans le modèle de dommages pour estimer le coût des inondations pour des climats actuels et futurs. Les courbes ont été validées en comparant le coût réel des dommages d'octobre 2015 avec le coût estimé pour les niveaux d'intensité modélisés pour cet événement (erreur inférieure à 2 %). A climat actuel, les dommages annuels moyens sont estimés à 48,7 M€ pour les propriétaires de maisons individuelles uniquement. Ces estimations tendent vers 61 M€ à l'horizon 2050 pour le scénario RCP 8.5 du GIEC, soit une augmentation de l'ordre de 25 %, sans

prendre en compte l'augmentation de la vulnérabilité. Les modèles indiquent une augmentation probable de la fréquence des événements intenses et des dommages associés. Ainsi, pour limiter les effets du changement climatique sur les dommages, une réduction de l'aléa de 45 % serait nécessaire pour maintenir les pertes au niveau actuel qui est pourtant déjà considéré localement comme insupportable (Graphique ci-dessous).

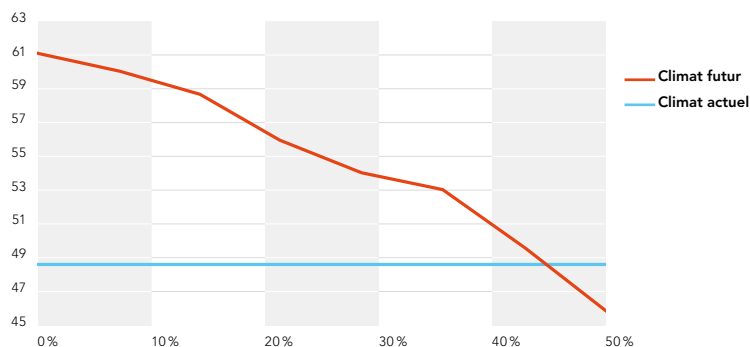
CONCLUSION

Cette étude approfondie et complémentaire des aléas débordement et ruissellement urbain a permis d'améliorer la connaissance sur les dommages assurés, sur l'évaluation des dommages évités et les co-bénéfices liés à la mise en place de SfN dans le bassin versant de la Brague. Selon les estimations, les dommages an-

Pertes assurées annuelles moyennes pour la Brague basées sur une simulation stochastique de 400 années de précipitations horaires résultant du modèle ARPEGE-Climat à climat actuel et climat 2050 (M€).

Pourcentage de réduction de l'aléa ruissellement requis pour maintenir les dommages assurés au niveau actuel

Modèle de dommage calibré sur l'inondation d'Oct. 2015 sur la Brague.
Erreur de simulation : -2 % (coûts simulés vs coûts réels).



% de réduction de l'aléa appliqué sur le débit de ruissellement (m³/s)
0% équivaut à aucune réduction de l'aléa.

Solutions Fondées sur la Nature : le projet européen H2020 NAIAD

> nuels moyens évités pourraient atteindre 30 % avec la mise en place de mesures de prévention portant sur l'aléa débordement, sans tenir compte des mesures réduisant le ruissellement. De manière générale, pour avoir un réel impact sur la réduction de l'aléa et des dommages, les politiques de prévention, utilisant les SfN se doivent d'être ambitieuses. Les résultats de cette étude peuvent participer à orienter les décideurs locaux en matière de prévention via l'utilisation d'analyses coût-bénéfice et multicritères. La sinistralité peut être réduite mais le risque résiduel est toujours présent compte tenu des incertitudes liées à l'aléa et au changement climatique./

RÉFÉRENCES

1. Gnonlonfin A., Piton G., Marchal R., Munir M.B., Wang Z.X., Moncoulon D., Mas, A., Arnaud, P., Tacnet J-M. & Douai, A. 2019. DELIVERABLE 6.3 DEMO Insurance Value Assessment - Part 7: France: Brague, NAIAD H2020 project (Grant Agreement n° 730497), 267-428.
2. Moncoulon D., Labat D., Ardon J., Leblois E., Onfroy T., Poulard C., Aji S., Rémy A., and Quantin A. 2014. Analysis of the French insurance market exposure to floods: a stochastic model combining river overflow and surface runoff. *Natural Hazards and Earth System Science* 14:2469–2485.
3. Moncoulon D., Desarthe J., Naulin J-P, Onfroy T., Tinard P., Wang Z-X., Hajji C., Veysseire M., Dequé M., and Régimbeau F. 2018. « Conséquences du changement climatique sur le coût des catastrophes naturelles en France à l'horizon 2050. » Paris : Caisse Centrale de Réassurance & Météo-France.
4. Bladé E., Cea L., Corestein G., Escolano E., Puertas J., Vázquez-Cendón E., Dolz J., and Coll A. 2014. Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en rios. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería* 30:1–10.
5. Arnaud et al. 2014. Hydro-meteorological risk estimation based on a flood generation model: SHYREG approach: The method, its performances and the associated database [Estimation de l'aléa hydrométéorologique par une méthode par simulation: la méthode SHYREG *: présentation - performances - bases de données]. *Houille Blanche*:20–26.
6. CGDD. 2018. Analyse multicritère des projets de prévention des inondations - Guide méthodologique 2018. Commissariat général au développement durable.
7. Lebouc L. & Payrastre O. 2017. Reconstitution et analyse des débits de pointe des crues du 3 octobre 2015 dans les Alpes Maritimes. *Convention DGPR-Ifsttar 2016*, 18p.



LE PROJET NAIAD

Le projet NAIAD est financé par la Commission Européenne sous le programme H2020 de recherche et d'innovation sous l'accord de subvention N° 730497. Il est constitué de vingt-trois partenaires européens dont quatre en France (BRGM, INRAE, Université de Nice et CCR) et coordonné par la Confédération Hydraulique du Duero (Espagne). Le projet de recherche est appliqué sur neuf sites d'étude répartis dans onze pays européens et aux échelles variables : d'un quartier urbain à Rotterdam au bassin versant du Danube par exemple.

CITATION

Marchal et al., Solutions Fondées sur la Nature : le projet européen H2020 NAIAD. In *Rapport Scientifique CCR 2019* ; CCR, Paris, France, 2020, pp. 18-22.