



HAL
open science

**Production d'un catalogue d'emprises
inondées mono-fréquence sur les petits cours
d'eau de l'arc méditerranéen (rapport
d'étape). Action 8.1**

Pierre Nicolle, Olivier Payrastre, Nabil Hocini

► **To cite this version:**

Pierre Nicolle, Olivier Payrastre, Nabil Hocini. Production d'un catalogue d'emprises inondées mono-fréquence sur les petits cours d'eau de l'arc méditerranéen (rapport d'étape). Action 8.1. [Rapport de recherche] IFSTTAR - Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux. 2021, 14p. hal-03327095

HAL Id: hal-03327095

<https://hal.science/hal-03327095v1>

Submitted on 26 Aug 2021

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-Université Gustave Eiffel 2020

n°2201239477 du 8 Juin 2020

Action 8.1 :

Production d'un catalogue d'emprises inondées mono-fréquence sur les petits cours d'eau de l'arc méditerranéen (rapport d'étape)

Date : 26 juin 2021

Auteur(s) : Pierre Nicolle (Univ. Eiffel), Olivier Payrastra (Univ. Eiffel) et Nabil Hocini (Univ. Eiffel)

Nomenclature d'activité : RP3-J20043

Référence sur Numéro de contrat* :

Confidentialité :

Université Gustave Eiffel

Site de Marne la Vallée

Département Géotechnique Environnement, Risques naturels et Sciences de la terre

Pt de Distribution

14-21, Boulevard Newton – Cité Descartes – Champs-sur-Marne

77 447 Marne la Vallée Cedex 2

Téléphone : 02 40 84 58 76

Adresse électronique : pierre.nicolle@univ-eiffel.fr

Version

Date	Version	Modification	responsable
22/06/2021	1	Version initiale	P. Nicolle
29/06/2021	2	Relecture et compléments	O. Payrastra
30/06/2021	3	Relecture et corrections	P. Nicolle
30/06/2021	4	Validation	P.E. Peyneau et E. Gaume

Destinataires :

DGPR/SRNL/SDCAP/BRNT

DGPR/SRNL/SCHAPI

Université Gustave Eiffel

Mr Rodolphe Van Vlaenderen et Mme Margaret Herbaux

Mr Janet Bruno

Mme Jeanne-Sylvine Guédon

SOMMAIRE

1	Introduction.....	3
2	Données utilisées	4
2.1	Réseaux hydrographiques.....	4
2.2	Modèle Numérique de Terrain.....	4
2.3	Débits d'entrée	5
3	Approche de cartographie automatisée appliquée	6
3.1	Prétraitement des données	6
3.1.1	Rééchantillonnage du MNT	6
3.1.2	Élimination des obstacles à l'écoulement.....	7
3.1.3	Sélection du réseau	7
3.1.4	Découpage du calcul.....	8
3.2	Simulations avec le modèle hydraulique 2D Floodos	8
3.2.1	Génération des grilles d'altitude (fichiers .alt).....	8
3.2.2	Génération des grilles de débit (fichiers .rain, couplage SHYREG/Floodos)	8
3.2.3	Paramétrage de Floodos	9
3.2.4	Vérification de la convergence du modèle.....	9
3.3	Post-traitement des résultats	10
4	Résultats.....	10
4.1	Convergence du modèle hydraulique Floodos	10
4.2	Volume de données et temps de calcul.....	11
4.3	Emprises inondées et limites identifiées.....	11
5	Conclusion et perspectives.....	13
6	Bibliographie.....	13

FICHE DE SATISFACTION

RESUME

Cette étude avait pour objectif de produire un catalogue de scénarios d'inondation couvrant l'ensemble des petits cours d'eau de l'arc méditerranéen français, pour des surfaces drainées supérieures à 5 km² et pour huit périodes de retour différentes (2, 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1000 ans), à l'aide d'une méthode de cartographie automatisée. La méthode appliquée se base sur une combinaison de la base de données SHYREG (INRAE), avec le modèle hydraulique 2D Floodos (Geosciences Rennes). Le rapport présente le détail de l'application de la méthode, ainsi qu'une première analyse des résultats obtenus. Les cartes d'emprises inondées et de hauteurs d'eau obtenues sont mises à disposition sur un site ftp.

MOTS CLEFS

Crues, inondations, débit, octobre 2020, Alex, Alpes-Maritimes, Roya, Tinée, Vésubie.

1 Introduction

La connaissance de l'aléa inondation constitue une information essentielle pour la gestion du risque et la gestion de crise. Cette information reste malheureusement difficile d'accès à l'heure actuelle sur les petits cours d'eau non jaugés soumis aux crues soudaines, notamment ceux surveillés par le service Vigicrues Flash du SCHAPI.

Ce rapport présente les résultats de la production d'un catalogue de scénarios d'inondation couvrant les petits cours d'eau de l'arc méditerranéen français (Figure 1). Ce catalogue comporte 8 scénarios correspondant à huit périodes de retour différentes (2 ans à 1000 ans). La zone d'étude sélectionnée couvre la majeure partie de l'arc méditerranéen, zone régulièrement affectée par des précipitations intenses qui peuvent générer des crues rapides (Figure 1). Elle représente un territoire d'environ 42000 km² pour un linéaire de cours d'eau de l'ordre de 20000 km (cours d'eau de plus de 5 km² de surface drainée, correspondant au réseau de la Base Nationale de Bassins Versants).

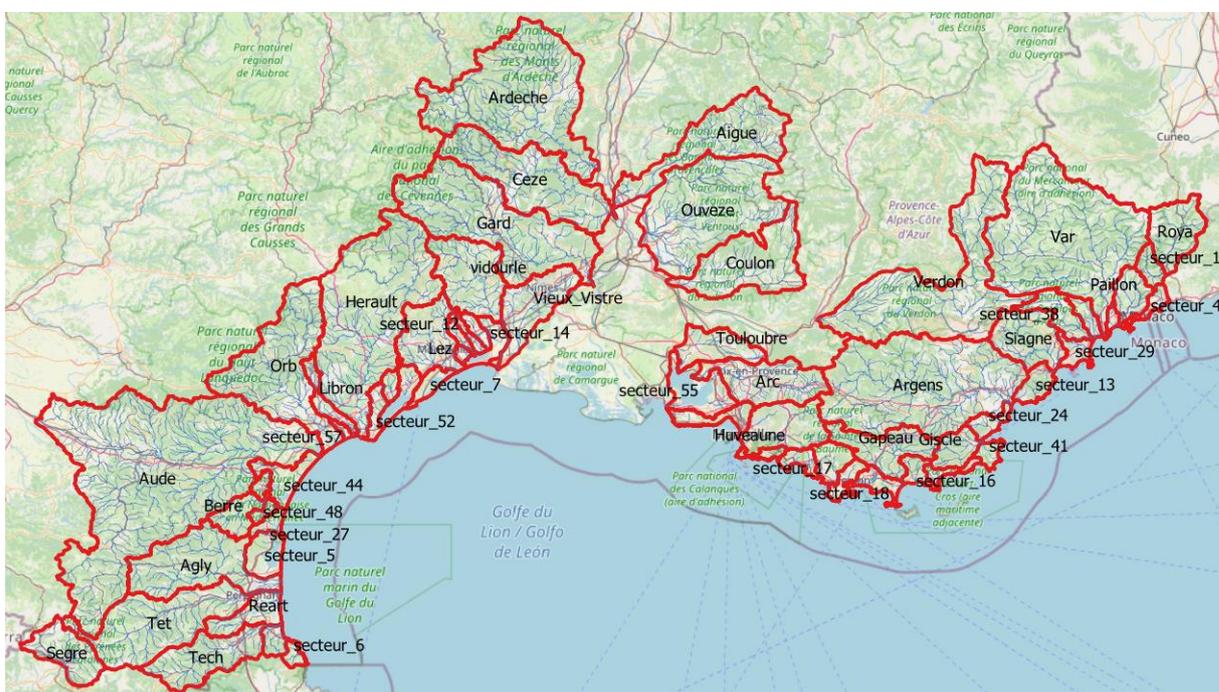


Figure 1 : Carte des secteurs traités (en rouge les contours de bassin versant ou secteurs côtiers)

Cette action s'inscrit dans la continuité des travaux réalisés sur la Nive et la Bidouze dans le cadre de la convention Ifsttar-DGPR 2017 (Payrastra et al., 2018), ainsi que des travaux sur l'amélioration et l'évaluation des approches de cartographie automatisée des inondations menés dans le cadre des conventions Ifsttar DGPR 2018 (Hocini, 2018 ; Nomis, 2018) et du projet ANR PICS (Hocini et al., 2020). Elle vise à démontrer la faisabilité d'une cartographie automatisée des inondations liées aux petits cours d'eau, sur un territoire très vaste (20000 km de cours d'eau couverts ici). Elle vise également à valoriser les différents progrès récemment réalisés :

- d'une part sur la qualité des données d'entrée : précision des MNT (acquisitions Lidar IGN récentes) et application de méthodes automatisées de prétraitement (élimination des obstacles à l'écoulement et rétablissement de cours d'eau en portion couverte).
- d'autre part, sur les méthodes de cartographie automatisée appliquées, les travaux récents ayant mis en évidence l'intérêt d'utiliser des approches hydrauliques 2D (Hocini et al., 2020) .

Le rapport présente dans un premier temps les données d'entrée utilisées. Il détaille ensuite la procédure de calcul appliquée, basées sur le modèle hydraulique 2D Floodos (Davy et al., 2017). Les résultats obtenus sont présentés et discutés dans la dernière partie. Les cartes d'emprises inondées et de hauteurs d'eau obtenues sont mises à disposition sur un site ftp.

2 Données utilisées

2.1 Réseaux hydrographiques

Deux types de données ont été utilisés dans cette étude pour représenter le réseau hydrographique :

- Le réseau de la Base Nationale de Bassins Versants est le réseau utilisé par la base de données SHYREG (Inrae). Il correspond à un réseau de drainage dérivé d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) de résolution 50 m.
- Le réseau Bd Topage (version 2019) est le référentiel hydrographique français qui remplace la BD Carthage. Ce réseau vectoriel s'avère utile lorsque le réseau BNBV dérive de la réalité du fait de la résolution du MNT utilisé pour générer le réseau de drainage. Il permet notamment de bien positionner les points d'injection de débit lors de la modélisation hydraulique.

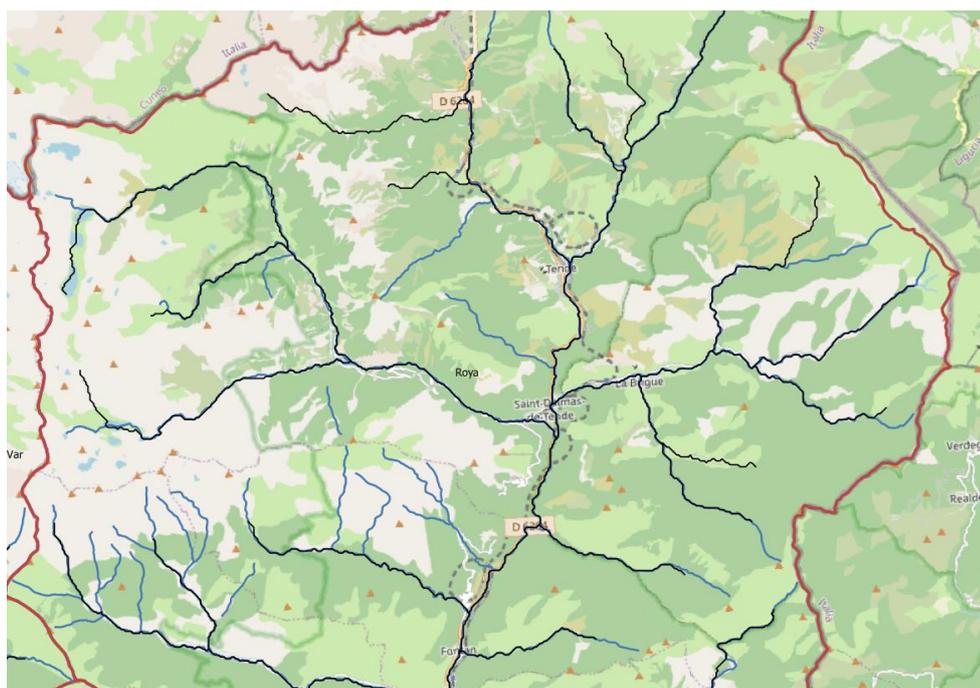


Figure 2 : Réseau hydrographique issu de la BNBV (en noir) et de la BD Topage (en bleu) sur l'amont du bassin versant de la Roya)

2.2 Modèle Numérique de Terrain

Les MNTs utilisés sont ceux disponibles dans le RGE Alti produit par l'IGN, pour des résolutions de 5 m et 1m. Ces MNTs fournissent une information d'altitude moyenne sur chaque pixel de 5m*5m (ou 1m*1m). Si le MNT à 1 m est plus précis, son utilisation pour la modélisation hydraulique est coûteuse en temps de calcul. Pour cette raison, la grille du RGE Alti 5 m est utilisée ici comme grille d'entrée pour la modélisation hydraulique. Il est à noter que le RGE Alti à 5 m est directement dérivé du RGE Alti à 1 m.

La Figure 3 présente les différentes sources de données altimétriques sur les dalles du RGE Alti, avec la précision en altitude associée. On peut noter que la précision peut être assez différente selon la source de données, avec des écarts moyens quadratiques (emq) variant de quelques centimètres à quelques mètres selon les secteurs. Cette carte montre également qu'une grande partie de la zone d'étude est désormais couverte par des données Lidar de bonne précision.

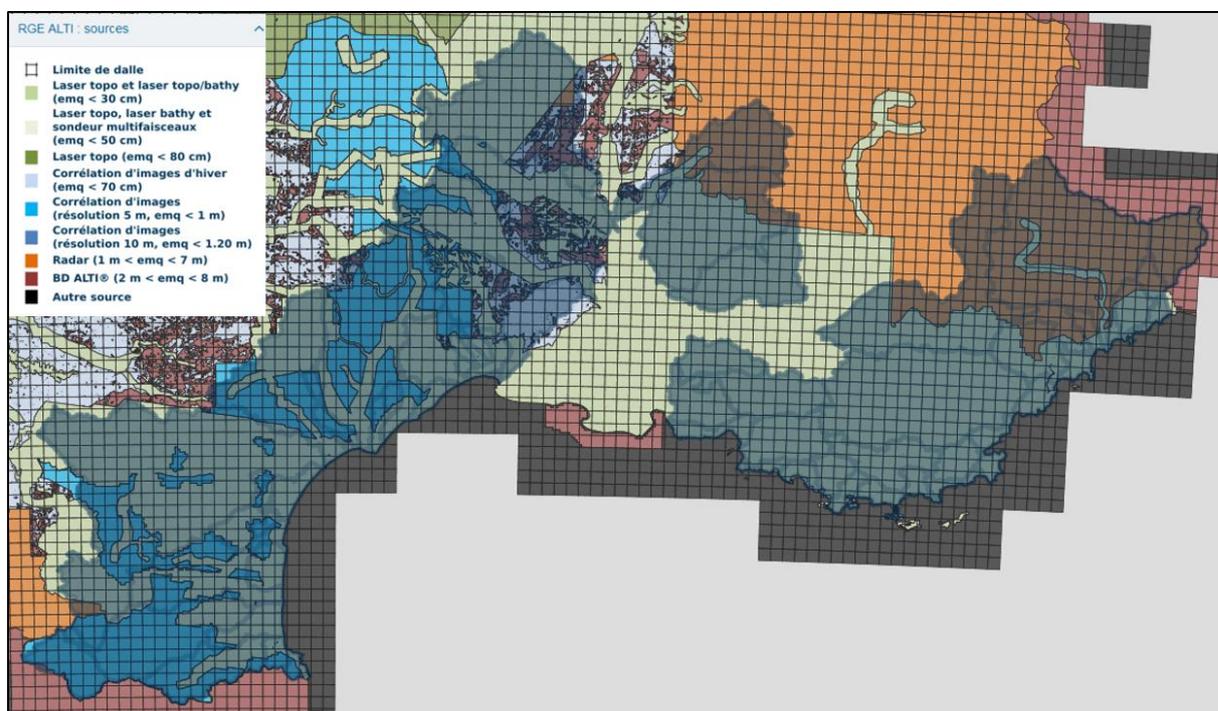


Figure 3 : source de la donnée altimétrique des dalles du RGE Alti (mise à jour au 17/05/2021)

Néanmoins, au moment de la réalisation de l'étude, le MNT de résolution 1 m du RGE Alti contenait des informations provenant de relevés Lidar récents, qui n'avaient pas encore été intégrées au RGE Alti 5 m. Lorsqu'une information Lidar récente existait, le MNT utilisé pour l'étude a donc été produit à partir du RGE Alti 1 m, dont les altitudes ont été rééchantillonnées sur la grille à 5 m (cf. paragraphe 3.2.1).

2.3 Débits d'entrée

La modélisation hydraulique des zones inondables requiert une information de débit (ou de précipitation) en entrée du modèle. Dans l'optique de réaliser une modélisation sur une grande partie de l'arc méditerranéen, il est nécessaire de disposer de données de débit en tout point du réseau hydrographique à couvrir.

Les débits utilisés en entrée du modèle hydraulique correspondent à la base nationale SHYREG-Débit Pixel à résolution 50m fournie par INRAE Aix-en-Provence (Arnaud et al., 2014). Cette base inclut les débits de pointe de périodes de retour 2,5, 10, 20, 50, 100, 500 et 1000 ans. Ces débits sont fournis de façon continue le long du réseau hydrographique, pour des surfaces drainées supérieures à 5 km², sur une grille de résolution 50 m. Ils permettent donc de disposer d'une information de débit en tout point du réseau hydrographique, et notamment sur des portions non jaugées, et là où la variabilité spatiale des précipitations peut faire varier rapidement les débits.

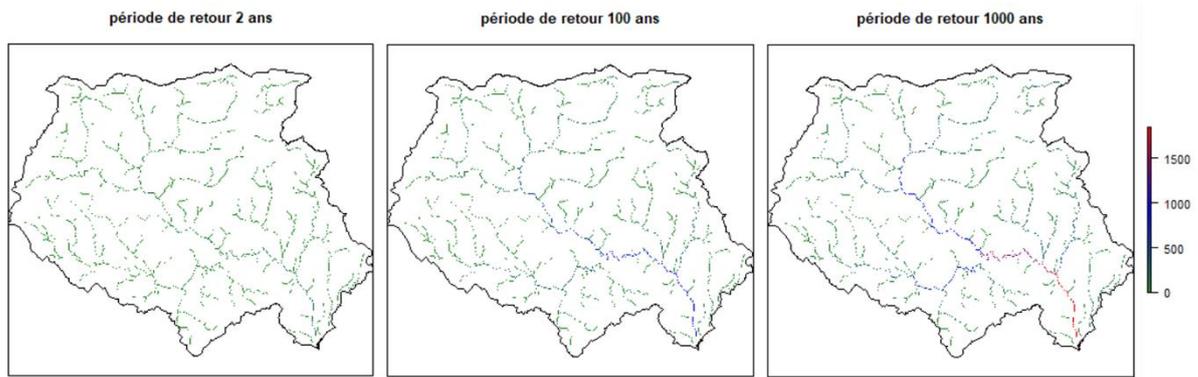


Figure 4 : Exemple de débits de pointe SHYREG (en m^3/s) sur le bassin versant de la Siagne pour les périodes de retour 2, 100 et 1000 ans

La base de données SHYREG présente néanmoins certaines limites :

- le calage de la méthode a été réalisé sur des débits périodes de retour 2 à 10 ans, les débits au-delà de ces périodes de retour sont soumis à de plus fortes incertitudes ;
- elle est basée sur des débits « naturels », des précautions sont donc à prendre quant à l'utilisation des débits à l'aval des ouvrages hydrauliques (barrages...) ;
- la méthode n'est pas adaptée pour les régimes influencés par la neige ou les bassins karstiques, ou encore les zones plates.

Ces limites doivent être prises en compte lors de l'interprétation des résultats de la modélisation hydraulique.

3 Approche de cartographie automatisée appliquée

La méthode de cartographie appliquée est basée sur l'utilisation du modèle hydraulique Floodos (Davy et al., 2017) sur chacun des tronçons du réseau hydrographique à couvrir. Une première phase de préparation et de prétraitement des données d'entrée est réalisée, puis vient la phase d'application automatisée du modèle hydraulique. Le détail de ces deux étapes du calcul est fourni dans les paragraphes qui suivent.

3.1 Prétraitement des données

3.1.1 Rééchantillonnage du MNT

La dernière mise à jour du RGE Alti à 5 m utilisée pour cette étude n'intégrait pas les derniers relevés Lidar effectués par l'IGN (d'abord intégrés au RGE Alti 1 m) au moment de l'étude. Pour cette raison, nous avons fait le choix de rééchantillonner le RGE Alti 1 m sur l'ensemble du domaine modélisé, pour bénéficier des dernières informations Lidar et disposer d'un MNT le plus homogène et précis possible. Le rééchantillonnage du MNT a été réalisé en moyennant les altitudes des pixels à 1 m sur la grille de résolution 5 m. La Figure 5 présente un exemple de différences d'altitudes sur un profil en long entre le RGE Alti 5 m et le RGE Alti 1 m rééchantillonné à 5 m. On peut y observer des différences de l'ordre de quelques dizaines de centimètres.

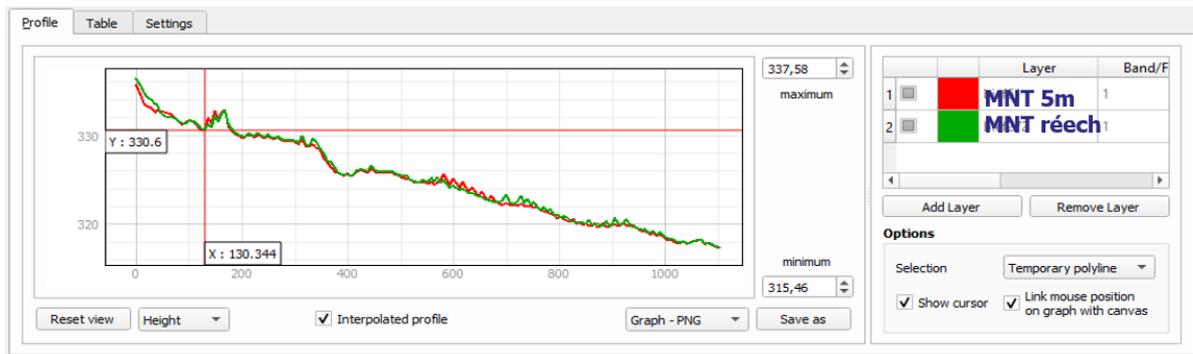


Figure 5 : Profil en long du Lauquet en aval de la confluence avec le ruisseau de Guinet à partir du MNT 5m (en rouge) et du MNT rééchantillonné (en vert)

3.1.2 Élimination des obstacles à l'écoulement

Les MNT utilisés présentent quelques défauts qui constituent des obstacles à l'écoulement de l'eau en rivière. Il s'agit principalement de certains ponts et ouvrages de franchissement qui n'ont pas été éliminés, au niveau des intersections entre rivières et routes ou voies ferrées. L'altitude du MNT à l'intersection peut parfois représenter l'altitude de la route/voie ferrée (pont) au lieu de l'altitude du lit de rivière, obstruant l'écoulement naturel de l'eau et générant une erreur importante sur la zone inondée modélisée.

L'application d'une routine de nettoyage a permis de remplacer les altitudes au niveau de ces intersections par les altitudes des pixels qui les entourent, afin de corriger ces problèmes. La Figure 6 présente un exemple du profil en long du ruisseau des Saumes (en amont de Carcassonne), pour le MNT rééchantillonné non corrigé (en rouge), et après nettoyage (en vert). On y voit clairement l'aplanissement de l'ordre de 4 à 5 m au niveau de l'intersection avec la voie ferrée.

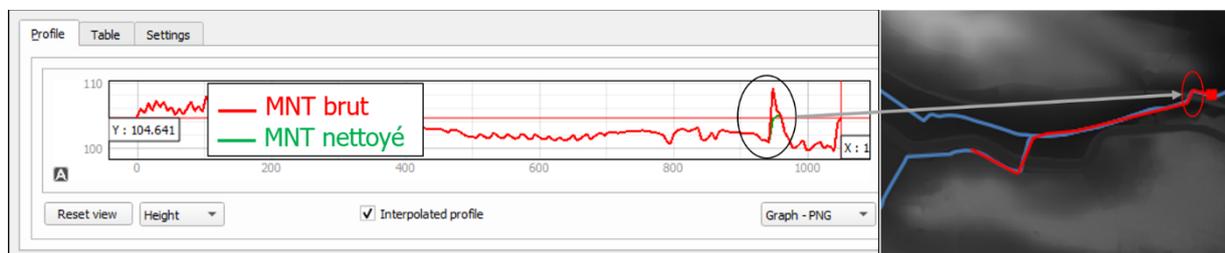


Figure 6 : Profil en long du ruisseau des Saumes à l'amont de Carcassonne, pour le MNT rééchantillonné brut (en rouge), et après nettoyage (en vert). Est entouré le franchissement de voie ferrée

3.1.3 Sélection du réseau

Comme indiqué en 2.1, l'utilisation de deux réseaux hydrographiques distincts nécessite de pouvoir définir la correspondance entre ces deux réseaux pour chaque tronçon à modéliser. Une première étape consiste à découper l'ensemble des deux réseaux au niveau des confluences, de façon à définir les tronçons sur lesquels sont lancées les simulations hydrauliques. Pour chaque tronçon ainsi défini, les informations des points amont et aval de chaque tronçon sont croisées avec des zones tampons de 75 m autour des tronçons afin de déterminer des paires de tronçons BNBV-BD Topage.

Un traitement manuel a été réalisé afin de vérifier la cohérence du traitement obtenu et d'éliminer quelques problèmes résiduels de cohérence amont/aval ou de discontinuité du réseau sélectionné.

3.1.4 Découpage du calcul

L'automatisation des calculs et la manipulation d'un important volume de données a amené à découper l'ensemble du territoire en sous-domaines dans un premier temps, correspondant aux grands bassins versants et aux secteurs côtiers (cf Figure 1). Un premier regroupement des MNT à l'échelle de ces sous-domaines a été réalisé (pour un total de 54 sous-domaines de 30 à 5000 km²).

Pour chaque sous-domaine, le calcul est ensuite découpé à l'échelle du tronçon de rivière. Un découpage du réseau hydrographique en tronçons est pour cela réalisé au niveau des confluences (voir paragraphe 3.1.3), et chaque tronçon d'une longueur supérieure à 10 km est redécoupé pour limiter les temps de calcul hydraulique. La longueur moyenne des tronçons modélisés est de 4562 m

3.2 Simulations avec le modèle hydraulique 2D Floodos

Contrairement aux travaux antérieurs réalisés sur la Nive et la Bidouze (Payraastre et al., 2018), qui avaient été réalisés à partir d'une approche hydraulique 1D (caRtino 1D), l'approche retenue ici pour la cartographie des emprises inondées est basée sur l'application automatisée du modèle hydrodynamique 2D Floodos (Davy et al., 2017). Cette approche a montré des performances supérieures aux approches Cartino 1D et HAND lors des travaux récents d'évaluation réalisés dans le cadre du projet ANR PICS (Hocini et al., 2020). Le modèle 2D Floodos présente par ailleurs l'avantage d'une certaine simplicité de mise en œuvre puisque le calcul est effectué directement sur le maillage du MNT. La résolution des équations de St Venant est basée sur la circulation dans le domaine de volumes d'eau élémentaires appelés précipitons, et présente l'avantage d'être d'une grande rapidité. Néanmoins les termes d'inertie sont négligés dans la résolution, ce qui peut occasionner quelques erreurs dans des secteurs de variations brusques de direction et/ou de chocs contre des obstacles. Par ailleurs, le modèle nécessite une vérification attentive de la convergence, qui a été automatisée ici.

Les simulations sont réalisées de façon indépendante à l'échelle de chaque tronçon de rivière (cf. paragraphe 3.1.4), et sont exécutées en régime permanent sur la base des débits de pointe de crue fournis par la base SHYREG. Ceci conduit à négliger les éventuels effets dynamiques liés à l'inondation des plaines inondables se produisant dans des régimes d'écoulement transitoires. Cette hypothèse est considérée ici comme raisonnable, puisque l'objectif étant de fournir des résultats de cartographie sur des petits cours d'eau, la largeur des plaines inondables n'excède généralement pas quelques centaines de mètres, et les volumes des plaines inondables restent limités par rapport aux volumes des crues.

3.2.1 Génération des grilles d'altitude (fichiers .alt)

Pour chaque tronçon, la zone sur laquelle est effectué le calcul est sélectionnée sur une étendue élargie à 2 km autour du tronçon (étendue suffisante pour identifier les zones inondées associées au tronçon) (cf Figure 7). Le MNT est extrait sur la zone de calcul, et un « mur » est généré artificiellement en amont du tronçon pour empêcher les écoulements de sortir du domaine de calcul par l'amont, notamment dans des zones à faible pente.

3.2.2 Génération des grilles de débit (fichiers .rain, couplage SHYREG/Floodos)

L'information de débit en entrée du modèle hydraulique correspond à des incréments de débit (différence entre le débit des pixels rivière amont/aval) injectés le long du tronçon de rivière. Le calcul des incréments de débit est réalisé en extrayant les valeurs des débits SHYREG le long du tronçon à

modéliser. Une vérification permet d'assurer que les débits injectés sont strictement croissants d'amont en aval (pas d'incrément négatif autorisé en cas de lecture d'un débit correspondant à un affluent).

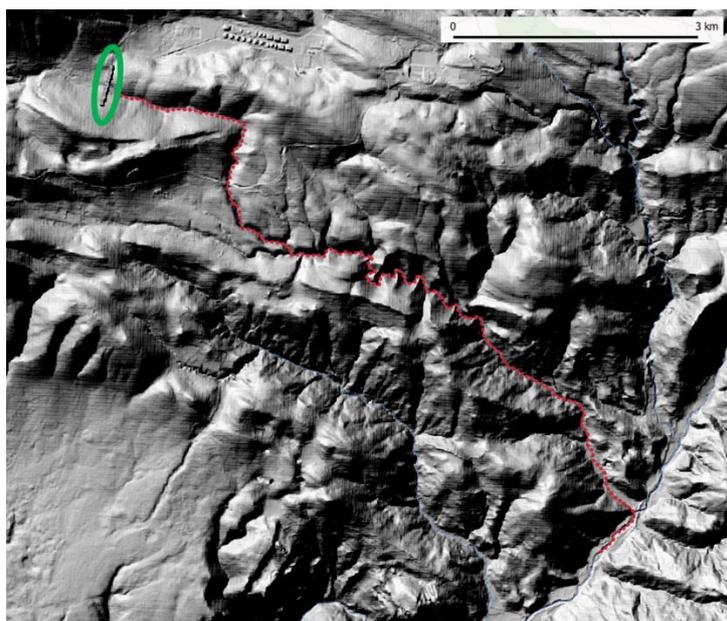


Figure 7 : Domaine découpé pour un tronçon sur le Blivosque. Le mur artificiel est entouré en vert. Les points rouges représentent les points d'injection des incréments de débit tous les 50 m

3.2.3 Paramétrage de Floodos

Le modèle hydraulique Floodos est utilisé ici en régime permanent, avec un coefficient de Strickler homogène sur l'ensemble des tronçons, et identique sur le lit mineur/majeur (fixé à $k=15$). La version du modèle utilisée ici est la version 7.3. Les paramétrages liés à la convergence du modèle sont décrits au paragraphe suivant.

3.2.4 Vérification de la convergence du modèle

Le volume de précipiton est un paramètre important du modèle Floodos qui a un effet direct sur la rapidité du calcul et la convergence du modèle. Un volume de précipiton élevé favorise un calcul rapide mais peut conduire le modèle à converger vers une solution erronée. Davy et al. (2017) ont défini un critère permettant d'évaluer le volume de précipiton maximum permettant de converger vers la bonne solution.

Un compromis entre rapidité et convergence peut être recherché en réduisant progressivement le volume de précipiton en cours de calcul. Cette solution a été retenue ici. Lors de chaque calcul Floodos, le calcul est initialisé avec un volume de précipiton de 0.25 m^3 , correspondant à un incrément de 1 cm de hauteur d'eau sur chaque cellule du MNT traversée par un précipiton. Ce premier volume permet de remplir assez rapidement le domaine de calcul. Le volume de précipiton est ensuite divisé par 2 (0.125 m^3), puis par 4 (0.0625 m^3) dans la dernière partie de l'initialisation. Suite à l'initialisation, le calcul est poursuivi avec le même volume de précipiton de 0.0625 m^3 . Ce volume permet de respecter le critère de convergence défini par Davy et al. (2017), à condition que la pente des tronçons reste supérieure à 0.07 %.

Chaque calcul est lancé sur 100 pas de temps exprimés en TU (1 TU correspondant à l'injection d'un nombre fixé de précipitons dans le domaine de calcul). En fin de calcul, la stabilisation de la hauteur d'eau moyenne dans le domaine est vérifiée sur les 25 derniers TU. La ligne d'eau est considérée comme

stabilisée si la variation de hauteur reste inférieure à 2.5 mm (correspondant à l'incrément de hauteur lors du passage d'un précipiton de 0.0625 m³ sur une cellule).

Si la stabilisation de la ligne d'eau n'est pas observée au bout des premiers 100 TU, le calcul est poursuivi autant de fois que nécessaire pour atteindre la convergence, et arrêté au bout de 5h si cette convergence n'est pas atteinte.

3.3 Post-traitement des résultats

Un post-traitement complémentaire est appliqué aux sorties de Floodos de façon à fusionner les emprises inondées au niveau des confluences : le recouplement des résultats sur plusieurs tronçons peut amener à plusieurs estimations d'emprises et de hauteurs d'eau sensiblement différentes. Il a été décidé de retenir l'emprise et la hauteur d'eau maximale sur ces zones.

4 Résultats

4.1 Convergence du modèle hydraulique Floodos

Des graphes d'évolution de la hauteur d'eau moyenne dans le domaine de calcul ont été systématiquement extraits lors de chaque calcul afin de vérifier la stabilisation du niveau moyen de la ligne d'eau et la bonne cohérence des calculs (exemple en Figure 8). Dans la grande majorité des cas, la stabilisation de la ligne d'eau est obtenue dès les premiers 100 TU de calcul (évolution de hauteur inférieure à 2.5 mm sur les 25 derniers TU).

Les cas où la stabilisation du niveau n'est pas obtenue rapidement, et qui nécessitent donc une poursuite du calcul, correspondent à :

- Des périodes de retour plus élevées : nécessité d'un plus grand nombre d'itérations pour atteindre une ligne d'eau moyenne stable pour un même tronçon, du fait de l'emprise inondée plus grande. C'est le cas du tronçon 19 sur le secteur du Loup pour les périodes de retour 500 et 100 ans par exemple (graphique de droite sur la Figure 8)
- Des zones plates où la distance à parcourir par un précipiton peut être particulièrement élevée.

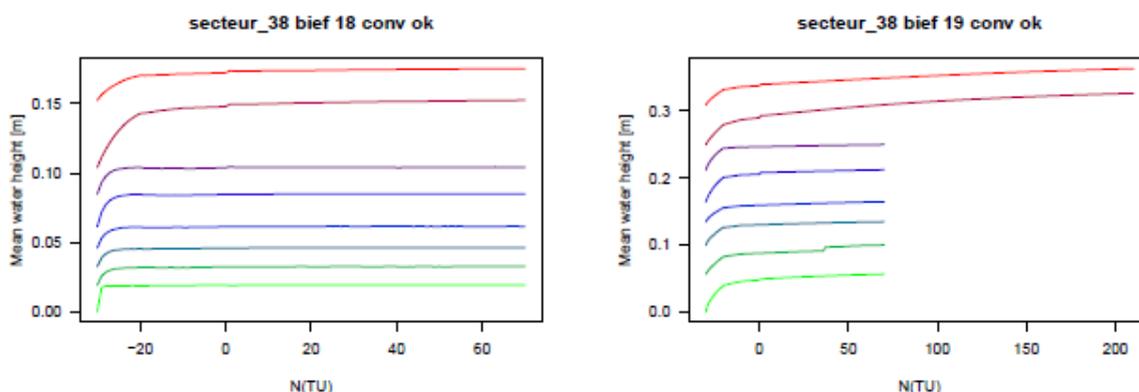


Figure 8 : Stabilisation du niveau d'eau moyen sur deux tronçons hydrographiques du Loup (secteur 38) lors du calcul pour les périodes de retour 2 ans à 1000 ans (du vert au rouge).

Pour 14 tronçons sur 4920, la ligne d'eau n'a pas pu être stabilisée au bout de 5h de calcul. Il s'agit de tronçons situés sur la Cèze (1), le Gard (4), l'Hérault (6), l'Ouveze (1), le Verdon (1), et le secteur 16 (Pansard et Maravenne) (1). Compte tenu du nombre très limité de cas concernés, les résultats

provisoires obtenus ont été conservés sur ces tronçons, pour lesquels une actualisation sera donc nécessaire. Dans une majorité des cas, il s'agit de zones plates en aval du secteur modélisé. Dans d'autres cas, il peut s'agir de tronçons qui concernent en partie des plans d'eau où la circulation des précipitations est erratique. La présence de carrières ou de dépressions peut également occasionner ces mêmes problèmes.

4.2 Volume de données et temps de calcul

L'une des limites à l'application de l'approche de cartographie à une résolution importante (5 m) et sur un très large domaine réside dans le nombre important de calculs à réaliser et le volume de données à manipuler et stocker. L'ensemble des résultats issus de Floodos représente un volume de données compressé de l'ordre de 54 Go. Le catalogue final des emprises inondées est fourni sur huit rasters de résolution 5 m (un par période de retour) pour un volume total de 1,28 Go.

Les temps de calcul sont variables, de quelques minutes à quelques heures sur les tronçons les plus problématiques (cf Figure 9). 95% des tronçons ont été modélisés en moins de 30 minutes et 63% en moins de 10 minutes. Les temps cumulés représentent l'équivalent d'environ 257 jours de calcul.

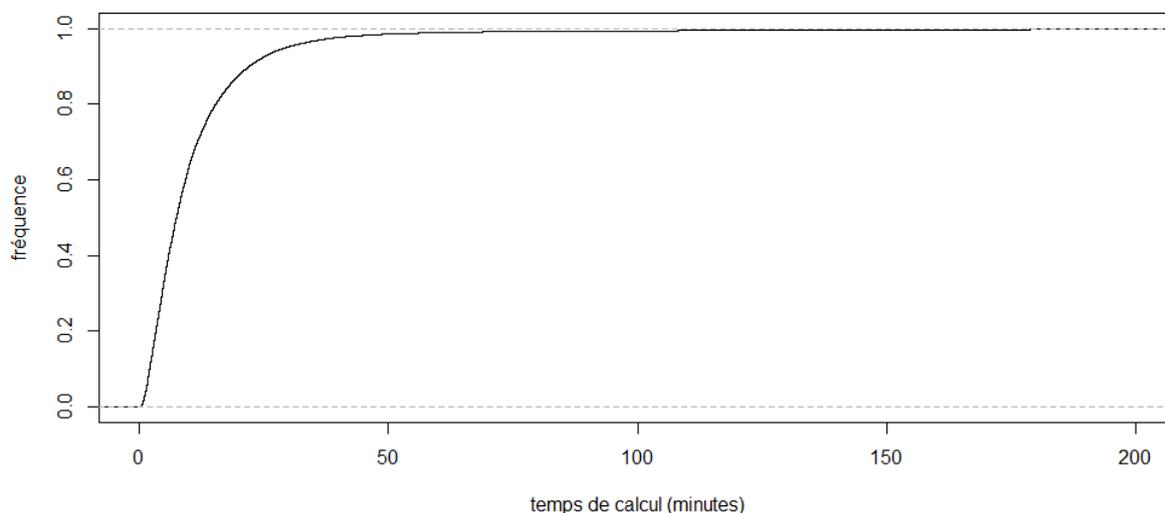


Figure 9 : distribution des temps de calcul du modèle hydraulique pour l'ensemble des tronçons

4.3 Emprises inondées et limites identifiées

Chaque calcul fournit une emprise inondée sous la forme d'un raster de hauteurs d'eau. Des champs de vitesses et de direction d'écoulements sont également disponibles. Les résultats sont agrégés par sous-domaine comme indiqué en 0. Les cartes d'emprises inondées finales sont mises à disposition sur un site ftp.

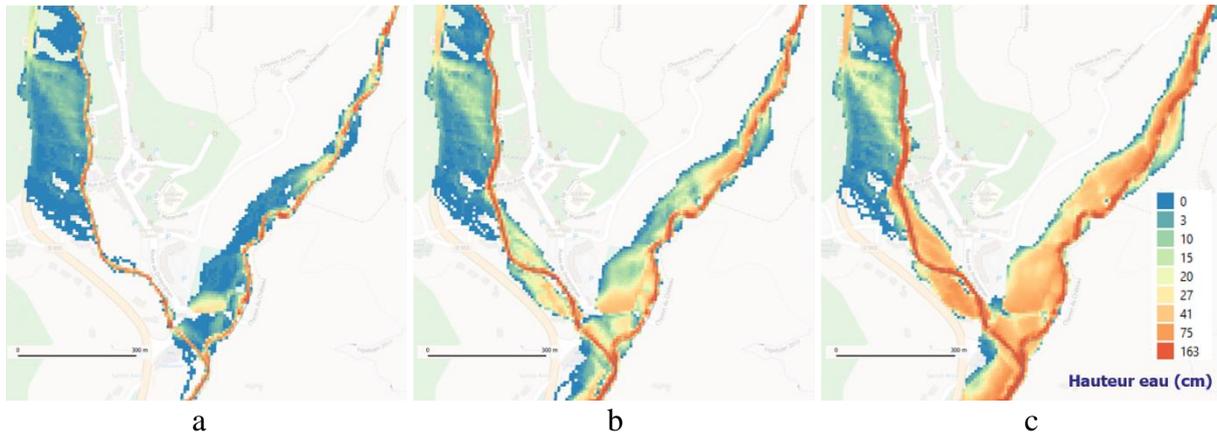


Figure 10 : Emprise inondée sur la Nartuby vers Montferrat pour les périodes de retour 2 ans (a), 20 ans (b), et 100 ans (c)

Ces résultats nécessitent encore une analyse approfondie de façon à en identifier les limites, même si certaines de ces limites ont déjà pu apparaître. Une analyse visuelle des résultats tend en effet à montrer des largeurs de zones inondées parfois trop importantes pour les faibles périodes de retour (2 ans, cf. Figure 10). Outre les limites liées aux données d'entrée SHYREG (zones plates, karstiques, aval d'ouvrages du type barrage), ces erreurs semblent être très largement reliées à des défauts résiduels du MNT. L'absence de représentation de la bathymétrie dans le lit mineur peut notamment conduire à un débordement trop rapide. La Figure 11 a) illustre par exemple un cas où le MNT amène à négliger la bathymétrie sur plus de 2 m de profondeur, conduisant à une surestimation du débordement. De même, la résolution du MNT peut amener à surélever le fond des lits et araser les digues ou berges de rivière. La Figure 11 b) illustre le cas d'un arasement des digues dans le MNT à 5m, conduisant également à une surestimation du débordement. Enfin la procédure d'élimination des ponts mérite probablement d'être améliorée de façon à assurer une meilleure continuité du profil en long. Elle doit également être étendue de façon à traiter les passages souterrains des cours d'eau sous des remblais ou dans des ouvrages, qui s'avèrent plus difficiles à éliminer car souvent plus longs que les passages sous des ponts.

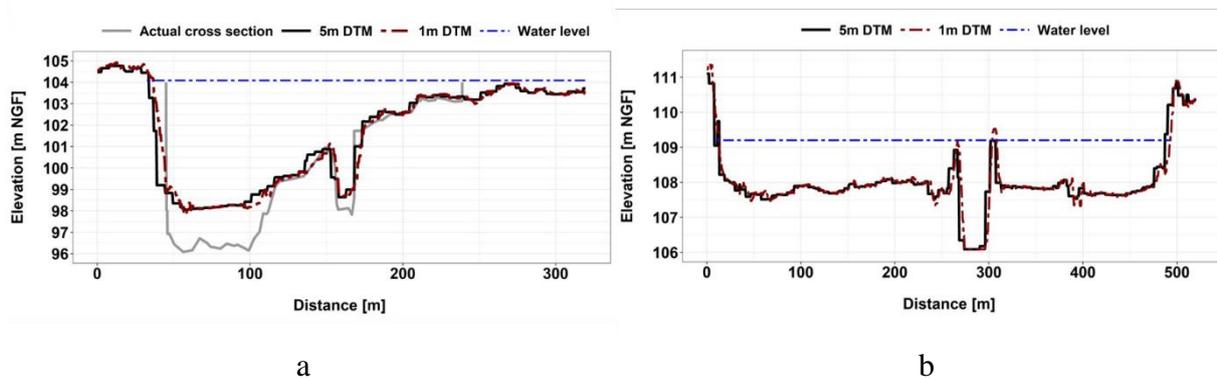


Figure 11 : erreurs liés aux limites du MNT : sections en travers de l'Aude à Carcassonne (a) et du Fresquel à Pezens (b) (tiré de Hocini et al., 2020)

5 Conclusion et perspectives

Ce travail a permis de produire un premier catalogue de scénarios d'inondation couvrant les petits cours d'eau (surface drainée > 5 km²) sur une grande partie de l'arc méditerranéen français. La méthode de calcul employée utilise les débits de pointe de la base nationale SHYREG, en entrée du modèle hydraulique 2D Floodos, pour des périodes de retour de 2 à 1000 ans. L'objectif est de fournir une première cartographie des emprises inondées sur l'ensemble des petits cours d'eau de l'arc méditerranéen, notamment ceux pour lesquels aucune information sur l'aléa n'existe à l'heure actuelle. La méthode a été appliquée à une résolution spatiale de 5 m, sans calage du modèle hydraulique avec une paramétrisation homogène sur le domaine, après une sélection et un pré-traitement adapté des données MNT du RGE Alti de l'IGN.

Les résultats représentent un volume de données important qu'il conviendra d'évaluer plus en détails, en comparant par exemple les hauteurs d'eau modélisées à celles fournies par les courbes de tarage aux stations hydrométriques (Le Bihan, 2016), ou bien aux emprises de crues de référence dont la période de retour est connue. Quelques limites à ces résultats ont néanmoins déjà été identifiées, notamment pour les scénarios de faibles périodes de retour qui semblent parfois trop débordants. Ceci semble essentiellement lié aux données d'entrée et à leur précision (représentation du lit mineur dans le MNT). L'utilisation de ces données n'est donc pas recommandée à ce stade pour les scénarios de période de retour fréquente (inférieure ou égale 20 ans), mais leur fiabilité s'améliore nettement pour les scénarios plus rares (cf. évaluation conduite par Hocini et al., 2020).

Le premier jeu de données produit dans le cadre de cette étude pourra également être évalué dans le cadre d'échanges avec le groupe utilisateurs du projet PICS (réunissant des professionnels de la gestion de crise), de façon à évaluer l'intérêt opérationnel de ces données.

Enfin, une fois la qualité de ces données validée, un croisement avec les enjeux exposés (par exemple le nombre de bâtiments en zone inondable) pourrait être envisagé pour fournir une première information concernant les risques liés aux crues soudaines, sur les cours d'eau pour lesquels l'information disponible s'avère aujourd'hui limitée.

6 Bibliographie

Arnaud, P., Aubert, Y., Organde, D., Cantet, P., Fouchier, C., & Folton, N. (2014). Estimation de l'aléa hydrométéorologique par une méthode par simulation : la méthode SHYREG : présentation – performances – bases de données. *La Houille Blanche*, (2), 20–26. <https://doi.org/10.1051/lhb/2014012>

Davy, P., Croissant, T., & Lague, D. (2017). A precipitation method to calculate river hydrodynamics, with applications to flood prediction, landscape evolution models, and braiding instabilities. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 122(8), 1491–1512. <https://doi.org/10.1002/2016JF004156>

HOCINI Nabil, 2018. Évaluation et développement de la méthode CARTINO pour la cartographie du risque inondation lié aux crues soudaines, Rapport de stage, Master Hydroprotech, 33p., septembre 2018

Hocini, N., Payrastre, O., Bourgin, F., Gaume, E., Davy, P., Lague, D., et al. (2020). Performance of automated flood inundation mapping methods in a context of flash floods: a comparison of three methods based either on the Height Above Nearest Drainage (HAND) concept, or on 1D/2D shallow water equations. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 1–23. <https://doi.org/10.5194/hess-2020-597>

Le Bihan, G. (2016, October 26). *Modèles hydrologiques régionaux pour la prévision distribuée des crues rapides : vers une estimation des impacts et des dommages potentiels* (These de doctorat). Ecole centrale de Nantes. Retrieved from <http://www.theses.fr/2016ECDN0011>

NOMIS Stan, 2018. Évaluation d'une méthode simplifiée de cartographie des zones inondables à grande échelle, Rapport de fin de stage, Polytech Nice-Sophia, 35p., septembre 2018.

Payrastre, O., Bourgin, F., Hocini, N., & Lebouc, L. (2018). *Construction d'échelles de gravité d'inondation sur les petits cours d'eau non jaugés à partir de la méthode Cartino. Application aux bassins de la Nive et de la Bidouze. Convention DGPR-Ifsttar 2017 n°2201078721 du 26 Juin 2017 - Action 13* (Research Report) (p. 21). IFSTTAR - Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02110517>