



HAL
open science

Méthode des Surcotes pour un diagnostic d'aléa extrême robuste prenant en compte la connaissance déjà acquise pour les événements moins rares

André Paquier, Q. Royer, Christine Poulard

► To cite this version:

André Paquier, Q. Royer, Christine Poulard. Méthode des Surcotes pour un diagnostic d'aléa extrême robuste prenant en compte la connaissance déjà acquise pour les événements moins rares. [Rapport de recherche] irstea. 2018, pp.20. hal-02608673

HAL Id: hal-02608673

<https://hal.inrae.fr/hal-02608673v1>


Submitted on 16 May 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.

PROGRAMME MTES (DGPR / SRNH) - IRSTEA 2018
Connaissance et prévention des risques naturels et hydrauliques

*Ces travaux bénéficient du soutien du Ministère chargé de l'environnement, de l'énergie et de la mer
par décision de subvention n°21367400*



**Méthode des Surcotes pour un
diagnostic d'aléa extrême robuste
prenant en compte la connaissance
déjà acquise pour les événements
moins rares**
Action n°4.1.1

DECEMBRE 2018

André PAQUIER
Quentin ROYER
Christine POULARD

Irstea, Unité de recherche « RiverLy »
5, rue de la DOUA
CS 20244
69625 VILLEURBANNE Cedex

www.irstea.fr

Sommaire

Sommaire.....	2
Introduction.....	3
Résultats des travaux menés en 2018.....	3
Cas du Rhône.....	5
Cas d'Alès.....	15
Perspectives pour 2019.....	18
Abstract.....	19

Introduction

La Directive Inondation a imposé de réaliser dans des délais assez courts des estimations de l'aléa sur tout le territoire (EPRI cours d'eau), ainsi que des cartes d'aléa probabiliste sur des territoires où celles-ci n'existaient pas, ce qui était surtout le cas pour la crue « extrême ».

Les outils utilisés en France pour réaliser dans les délais des cartes d'aléa demandées par la Directive Inondation là où elles n'étaient pas encore disponibles ont reposé en partie sur une approche de modélisation semi-automatique. Cette standardisation se justifie pour produire rapidement de cartes homogènes sur un grand territoire, en étant applicables avec les données disponibles partout (MNT générique, par défaut sans la bathymétrie), en utilisant pour les calculs un code hydraulique classique, mais avec des hypothèses simplificatrices fortes, notamment lors des étapes de construction du modèle et de paramétrage (pas de calage stricto sensu). Mais ce n'est pas la seule approche possible. Nous avons proposé une alternative pour construire des cartes de probabilité faible en utilisant la connaissance d'études plus fines existant déjà pour des périodes de retour moins rares, **la méthode des surcotes**.

Les travaux principalement effectués en 2013, 2014 et 2016 ont conduit à une méthode qui se propose de calculer seulement la surélévation de l'eau par rapport à une crue connue. Ce calcul de surélévation est effectué dans des sections jugées représentatives par l'application de la formule de Manning Strickler. Plusieurs variantes de la méthode ont été testées pour effectuer ce calcul, les plus efficaces conduisant à une erreur de 10 % environ sur la surface inondée additionnelle si on comparait à un calcul hydraulique détaillé avec la même topographie et les mêmes débits (Paquier et al., 2016)¹. L'incertitude due à l'estimation du débit de pointe pour une période de retour rare et l'incertitude liée à la topographie étant souvent du même ordre de grandeur, il a été jugé utile de mettre à disposition un outil permettant d'effectuer ce type de calcul aisément. L'outil doit permettre, par exemple, de passer d'une crue centennale à une crue millénale (cadre de la Directive Inondation) mais il doit pouvoir servir à toute extrapolation cartographique d'une crue bien identifiée à une crue plus rare. En 2017, l'outil a été développé sous la forme d'un plug-in de QGIS, ce qui permet à l'utilisateur de pouvoir effectuer la cartographie en disposant des fonctionnalités d'un outil SIG en libre accès et largement diffusé dans les services du Ministère et dans les bureaux d'étude.

Résultats des travaux menés en 2018

Le principal résultat des travaux 2018 a été l'amélioration de ce plug-in de QGIS (écrit en langage Python) qui permet d'appliquer la méthode des surcotes. La dernière version de ce plug-in qui date d'août 2018 est librement téléchargeable sur le site de la forge logicielle d'Irstea (<https://forge.irstea.fr/projects/surcotes>). Sur ce même site, sont proposés trois documents (jointés à ce rapport) : une présentation en une page pour indiquer l'objet du plug-in, un manuel d'installation et un manuel d'utilisation. Le plug-in peut donc être utilisé aisément. Pour compléter le dispositif autour du plug-in « Surcotes », ont été activées deux adresses :

¹ PAQUIER, A., POULARD, C., FAURE, J.B. - 2016. Quick estimate of extreme floods water levels. Proceedings of Floodrisk 2016 18/10/2016-20/10/2016, Lyon, 6 p.

« logiciel.surcotes.contact@lists.irstea.fr » pour demander toute information sur surcotes y compris aide à la mise en œuvre ;

« logiciel.surcotes.utilisateurs@lists.irstea.fr » pour échanger entre utilisateurs de Surcotes.

La version actuelle du plug-in a été bâtie en différentes étapes avec l'objectif de permettre une utilisation possible sur toute la France de l'ensemble de la méthode jusqu'à l'édition de la carte. La méthode des surcotes travaille dans un tronçon homogène sur le plan hydraulique, part d'une carte d'une crue connue (donc débit de pointe connu en tout point de l'axe hydraulique) et produit la carte d'une crue plus forte (dont on connaît aussi le débit de pointe en tout point de l'axe hydraulique.)

Les données de base nécessaires sont :

1. La topographie : on peut intégrer tous profils en travers de cours d'eau et tous MNT (en format Raster) mais il est indispensable que le MNT ou le regroupement des MNT s'étende sur la totalité de la zone inondée pour la crue extrême (en France, en général c'est le cas BD Alti de l'IGN) ;
2. L'axe d'écoulement du cours d'eau : par défaut, la BD Carthage peut être utilisée ;
3. La définition des tronçons homogènes par une série de traces de profils en travers dans le plan horizontal. Pour chaque tronçon, un profil amont et un profil aval sont requis qui détermineront les limites du tronçon. Chaque trace peut n'être définie que par deux points qui doivent être de part et d'autre de la zone inondée. Le plug-in permet de rallonger ces traces si celles-ci sont trop courtes, ce qui est le cas si ces traces correspondent par exemple au lit mineur de la rivière. L'intégration de telles données topographiques ponctuelles plus précises oblige à fusionner ces données avec celles de MNT. Par suite, si ces données sont insuffisamment nombreuses exigeant soit une interpolation entre profils soit un rallongement des profils avec une topographie définie par le MNT, il est essentiel que les données soient en accord sur la partie utilisée : sur les profils initiaux, l'ensemble du profil utilisé (totalité du profil ou partie au-dessus de la crue connue selon la méthode) (par exemple, il est nécessaire d'interpoler entre profils en travers pour cartographier efficacement la crue extrême), la solution codée actuellement n'est pas satisfaisante comme le montre l'annexe du guide d'utilisation actuel ;
4. Les débits (crue connue et crue extrême) au droit de chaque trace ;
5. La limite de la crue connue définie par une ou plusieurs polygones du plan horizontal. Cette donnée comme les précédentes données spatiales doivent être positionnées dans le même système de coordonnées ou dans un système de coordonnées que Q-Gis pourra traduire.

Pour obtenir un calcul automatique de la carte de la crue extrême sur chacun des tronçons qui soit fiable, un certain nombre de règles sont à respecter identifiées pour la crue connue. Pour ce faire, il a été introduit la génération automatique (l'utilisateur ne donne que le pas d'espace) de profils en travers intermédiaires ne faisant pas l'objet de calculs (le niveau d'eau y est interpolé linéairement) ; les points limites d'inondation ainsi définis servent alors à définir l'emprise de la zone inondée de laquelle on exclut les points plus hauts que le niveau d'eau interpolé : on peut ainsi tracer l'étendue de la zone inondée en « collant » mieux à la topographie.

La version actuelle permet des variantes de calcul :

1. différentes versions de la méthode de calcul des surcotes. Ceci permet de choisir la méthode la plus adaptée aux données disponibles ou d'estimer l'incertitude des résultats en comparant ceux fournis par les différentes versions (en liaison avec le choix de paramètres clés tels que les coefficients de Strickler).

Conformément aux résultats des travaux antérieurs qui indiquaient les versions les plus performantes, seules les alternatives suivantes ont été codées :

- a. soit application d'un frottement de Strickler uniquement sur la section additionnelle (simplifiée comme un trapèze(méthode M1) ou pas (méthode M2)) mais sur l'ensemble du périmètre mouillé ; la méthode M1 est conservée pour les cas où la topographie au-delà de la rue connue est peu fiable ;
 - b. soit application du frottement sur l'ensemble de la section (méthode M3) avec deux Stricklers, un pour la crue connue et un pour la section additionnelle. Ces Stricklers sont choisis par l'utilisateur, le plug-in faisant plusieurs propositions pour celui de la crue connue afin de rendre cette valeur compatible avec la topographie utilisée et l'extension de la crue connue. Les travaux en 2017 à partir de la topographie de la BD Alti ont montré qu'une topographie trop approximative pouvait nuire fortement à la qualité des résultats, en particulier, si cela rendaient incompatibles les niveaux d'eau estimés et le débit de pointe donné pour la crue connue. De manière évidente, on privilégiera la méthode M2 si à la fois la topographie sous le niveau de la crue connue et le niveau de la crue connue sont précis et la méthode M2 dans les autres cas, la différence entre les résultats des deux méthodes étant de toute façon une bonne estimation de l'incertitude attendue ; on rappelle que sur les gardons, l'erreur moyenne avait été évaluée à environ deux mètres en niveau et à moins de 10% sur la surface inondée.
2. possibilité d'utiliser une pente de tronçon choisie par l'utilisateur : par défaut la pente du fond est choisie mais conformément aux résultats antérieurs un choix légèrement meilleur est d'utiliser la pente hydraulique du tronçon pour la crue connue si celle-ci est réellement homogène ou une pente hydraulique locale si ce n'est pas le cas (mais il est alors recommandé de subdiviser les tronçons pour le plug-in). La pente du fond a été choisie par défaut car la pente de la crue connue n'est fiable que si les niveaux de la crue connue sont fiables.

Deux cas ont fait l'objet de travaux en 2018 : un bief du Rhône en aval de Lyon caractérisé par la présence partielle d'un chenal de navigation en parallèle au lit principal et le secteur d'Alès (lieu d'un TRI) avec la présence d'une ville avec de nombreux ouvrages, la possibilité d'une inondation en parallèle au lit principal et de nombreux affluents dans la plaine aval plus plate. Une communication sera soumise sur ce travail à la conférence Simhydro 2019 (résumé fourni en annexe accepté).

Cas du Rhône

Le bief considéré s'étend le long du Rhône à environ 50 kilomètres en aval de Lyon. Le tronçon inclut une portion de fleuve avec un canal parallèle au lit principal emprunté lors des grandes crues. Ce canal a été exclu du calcul sur un linéaire où alors le débit transité par le canal a été soustrait et inclus sur un autre linéaire où donc le débit total a été pris en compte (aussi bien pour la crue connue que pour la crue extrême).

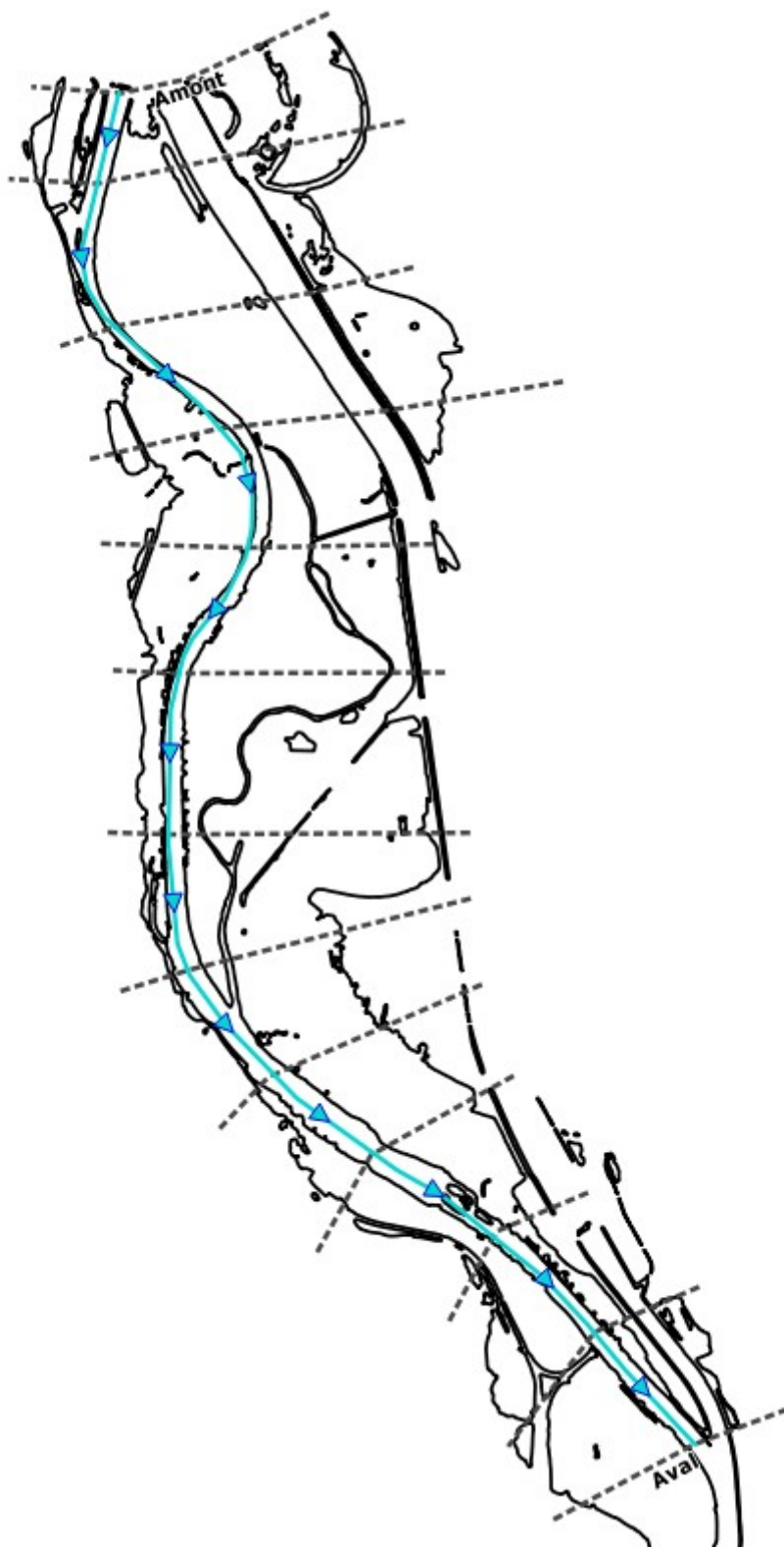


Figure 1. Données d'entrée du tronçon T1 hors MNT

Le résultat est une exclusion du canal de la crue extrême du fait de sa topographie et une exclusion des zones en rive gauche du canal lorsque les traces de profils en travers sont limitées au canal.

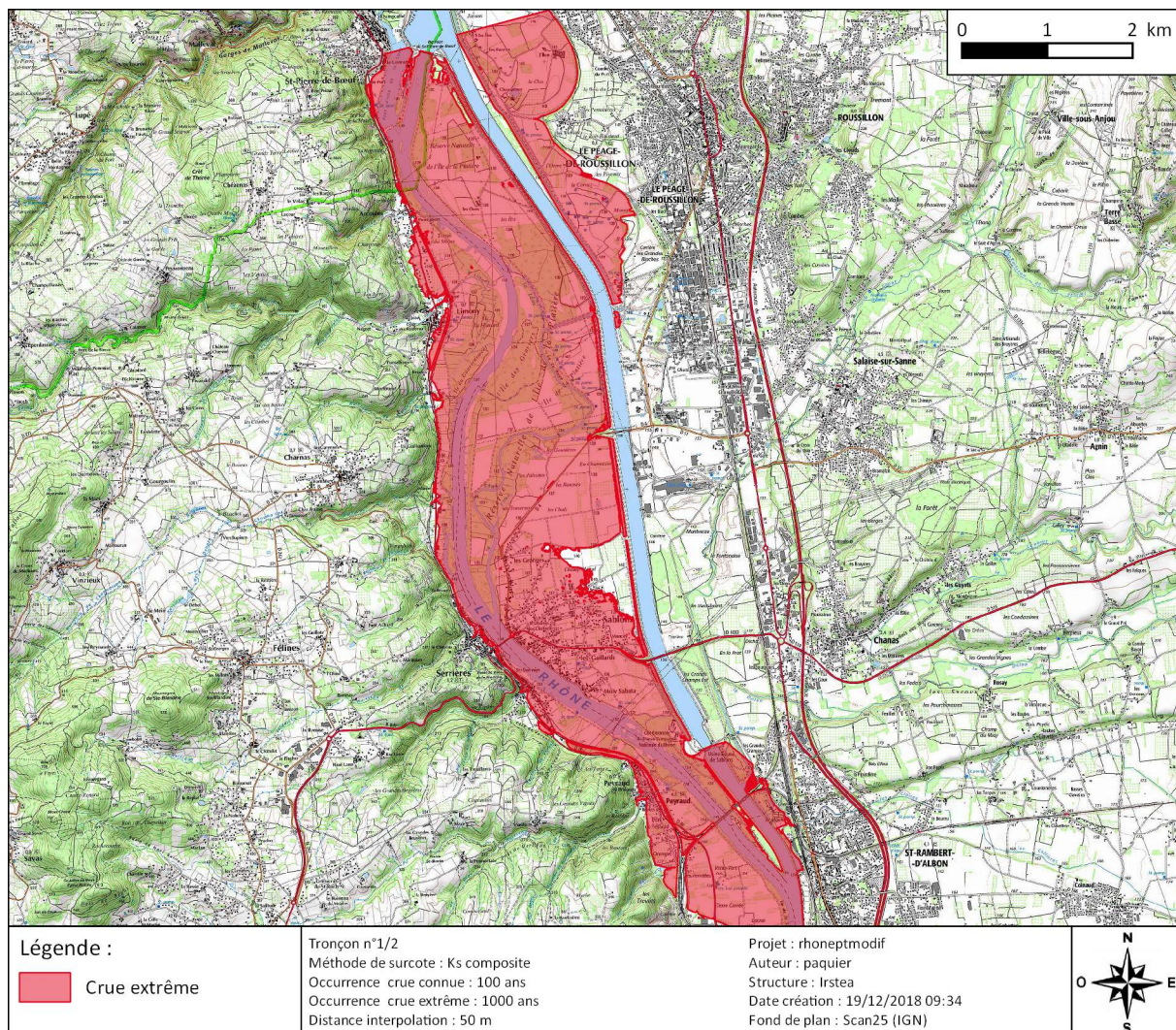


Figure 2. Carte finale de la crue extrême sur le tronçon T1.

La comparaison du résultat de la crue millénale calculée avec Surcotes (M3) sur ce tronçon montre des différences importantes sur des zones périphériques mais sur ces zones, la carte fournie pose problème puisque la crue connue inonde ces zones alors que la crue millénale ne le ferait pas. Si on exclut donc ces zones de la comparaison, on voit que Surcotes surestime très légèrement l'étendue de la crue millénale.



Figure 3. Comparaison de la crue extrême calculée avec Surcotes (rouge) avec la crue millénaire préalable (bleu) sur le tronçon T1, le trait noir délimitant la crue connue préalable.



Figure 4. Résultats initiaux de la cartographie pour la méthode M3 (ligne délimitant la crue connue, reconstitution de la crue connue en violet, crue extrême en rouge)

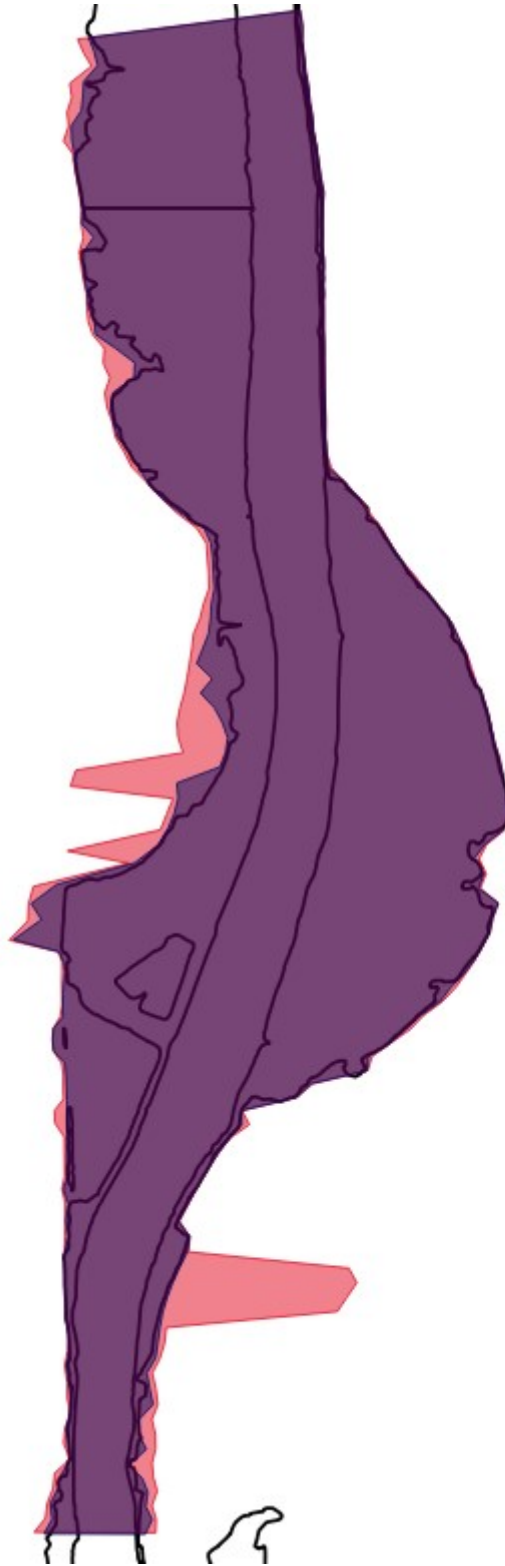


Figure 5. Résultats de la cartographie pour la méthode M3 (ligne délimitant la crue connue, reconstitution de la crue connue en violet, crue extrême en rouge) avec correction du profil aval afin de ne pas inclure la vallée secondaire

Sur le tronçon T2 plus simple, nous décomposons la première étape d'ajustement de la crue connue reconstituée à la limite de fournie. Ici on voit une contradiction entre la limite de la crue connue, le MNT utilisé et les niveaux fournis pour la crue connue. Si on ajuste la limite de la crue connue reconstituée à celle fournie, on est obligé d'ajuster le niveau d'eau à chaque profil ; cet ajustement est possible pour le tronçon T2 ce qui montre que

l'incohérence n'est vraisemblablement pas dans le MNT (RGE 1m utilisé). La comparaison des deux cartes millénales qui montre un bon accord confirme ce point ; les différences apparaissant dans cette comparaison sont en premier les plans d'eau permanents (exclus des zones inondées dans la carte fournie) et quelques zones périphériques basses non connectées à la zone inondée principale ou le long d'un affluent mais couvertes par les profils en travers définis pour Surcotes ; même sans la connaissance de la référence, ces zones auraient dû faire l'objet d'une analyse spécifique. Contrairement au tronçon T1, la méthode des Surcotes semble ici sous-estimer la zone inondée extrême.

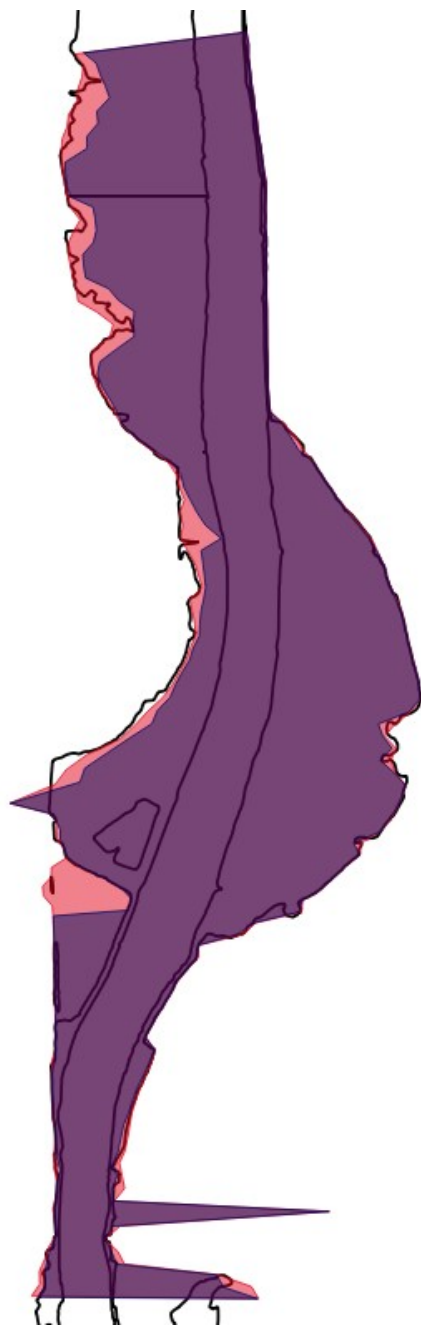


Figure 6. Résultats de la cartographie pour la méthode M3 (ligne délimitant la crue connue, reconstitution de la crue connue en violet, crue extrême en rouge) sans tenir compte du niveau de crue connue avec choix de la cote moyenne proposée par le plug-in

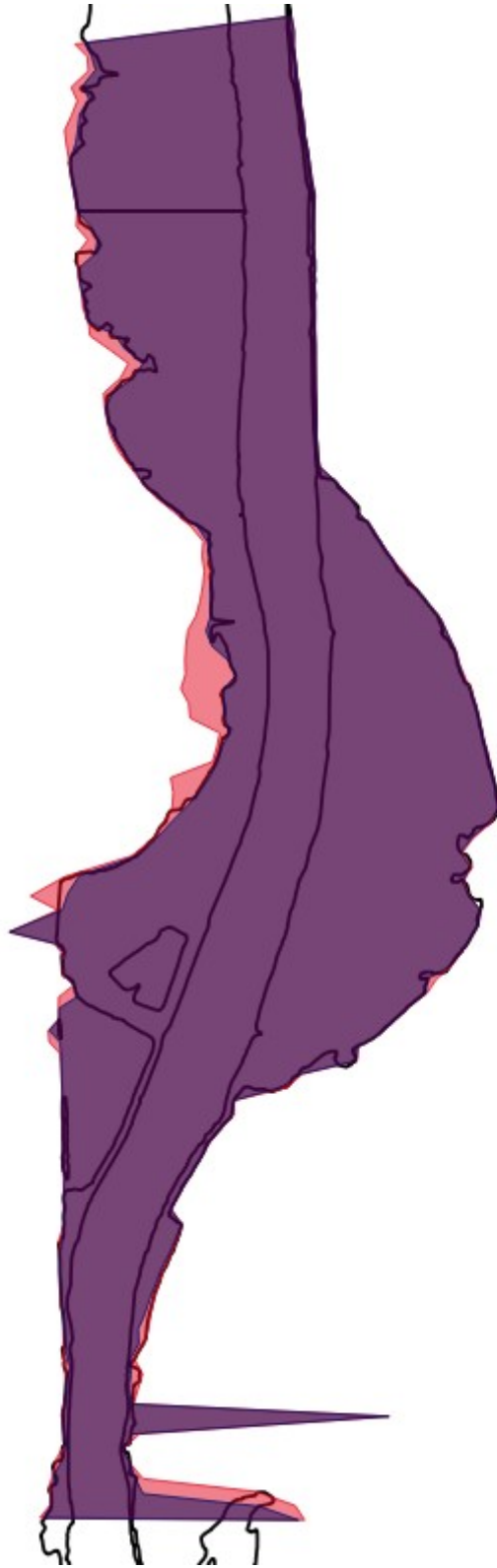


Figure 7. Résultats de la cartographie pour la méthode M3 (ligne délimitant la crue connue, reconstitution de la crue connue en violet, crue extrême en rouge) sans tenir compte du niveau de crue connue avec choix du niveau pour que la crue connue reconstituée soit proche des limites connues

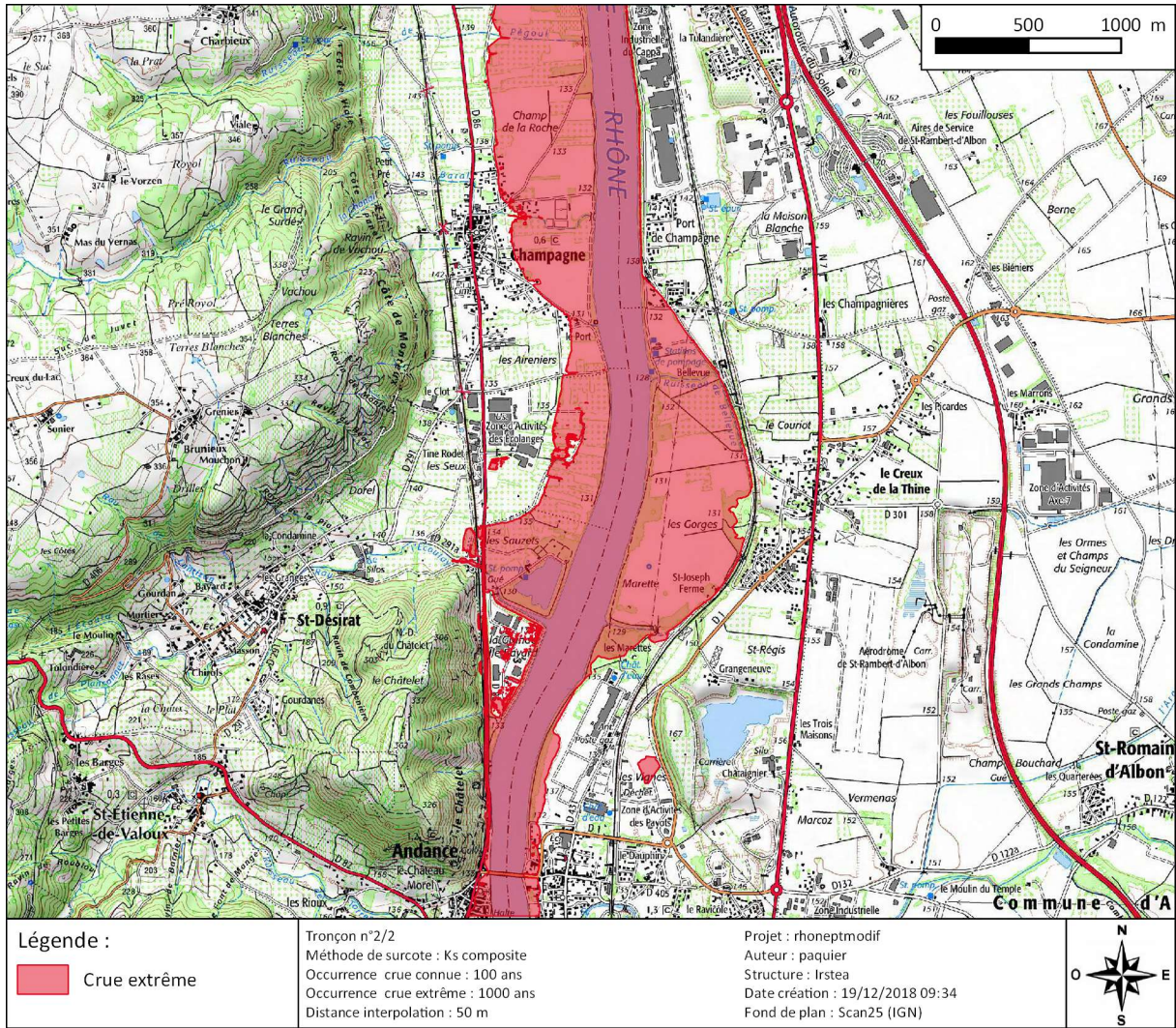


Figure 8. Carte finale de la crue extrême sur le tronçon T2

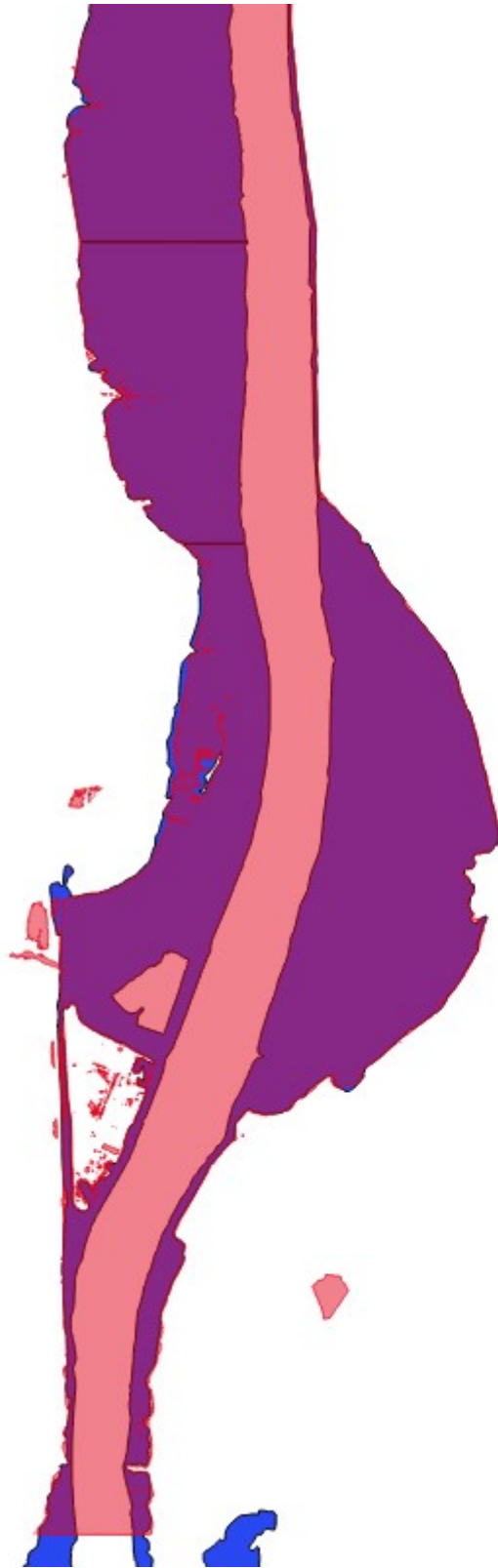


Figure 9. Comparaison de la crue extrême calculée avec Surcotes (rouge) avec la crue millénaire préalable (bleu) sur le tronçon T2

Si on examine les niveaux d'eau calculés, la relativement bonne adéquation des deux estimations est confirmée avec une différence de 0.08 m pour le calcul surcotes (surestimation) sur l'ensemble des deux tronçons et une moyenne des écarts à 0.20 m pour une surcote moyenne de 0.91 m (donc de l'ordre de 20%). Le passage au MNT 5 m dégrade faiblement ces résultats mais conduit à une sous-estimation de 0.09 m par surcotes (écart de 0.26 m). Si on ne prend pas en compte dans la méthode des surcotes, le niveau connu mais le niveau recalculé à partir de la limite qui est plus faible que celui fourni (écart de 0.69 m), on trouve des niveaux de la crue millénale plus bas, la surcote restant du même ordre de grandeur.

En conclusion, après ajustement, la méthode de surcotes sur ce cas donne des résultats raisonnables avec un écart en surcote de niveau de l'ordre de 20 % et en surface de 10%. Le principal problème constaté est une inadéquation entre les niveaux fournis et la carte fournie sur la base du RGE Alti 1m ; cette mauvaise interprétation des données ne semble pas nuire à la représentation cartographique de la crue millénale, ce qui montre la robustesse de la méthode.

Cas d'Alès

Sur le cas d'Alès, le bief considéré est très varié avec un passage en ville. Sur ce cas, une référence crue millénale en accord avec la référence crue connue n'existe pas (ou ne nous a pas été communiquée).

Les cartes des résultats initiaux d'application de la méthode Surcotes montrent bien la difficulté de reconstituer la limite de la crue connue, en particulier dans la ville d'Alès (nord du tronçon T1) et en présence d'affluents.

Comme pour le cas du Rhône, il est possible de se recalculer puis de fournir une carte de la crue millénale raisonnable (voir annexe 1).

Si on examine les résultats en niveau d'eau, on s'aperçoit d'un écart très important sur la surcote par rapport à un écart calculé par un modèle 1D appliqué pour les mêmes débits. Alors que la surcote moyenne est de 0.8 m pour ce calcul 1D, elle est de 1,77 mètre pour la méthode surcotes appliquée à une topographie constituée des mêmes profils en travers pour la crue connue et complétée par le RGE 5m et ce bien que le niveau de la crue connue de départ soit très proche (0.02 m de différence en moyenne). En revanche, si on applique la méthode des surcotes avec la seule topographie du RGE 5m, on obtient une surcote de l'ordre de 1.1 m soit un écart réduit à 30% sur l'ensemble du bief et même à 10% sur la partie aval. Si on exclut les difficultés rencontrées dans l'estimation de la crue millénale autour de la ville d'Alès (endiguement et possibilité d'inonder un deuxième lit majeur), difficultés mal prises en compte dans le modèle 1D de référence, le problème majeur est l'utilisation d'une topographie non homogène. A noter que ce problème est dans ce cas, important pour la méthode M3 mais aussi si les méthodes M1 et M2 sont utilisées, celles-ci conduisant à des surcotes moyennes encore plus importantes. L'analyse des écarts en matière d'étendue de l'inondation reste à faire, la difficulté étant ici que le calcul 1D de référence amène à une carte de la crue connue différente de celle de référence (même si le niveau d'eau moyen est proche). Pour une analyse détaillée, il y a donc lieu de repartir de la carte obtenue à partir du calcul 1D même si l'établissement de cette carte pose la question (bien connue par ailleurs) de la prise en compte d'une différence entre la base topographique du calcul hydraulique et la base topographique pour le report cartographique.

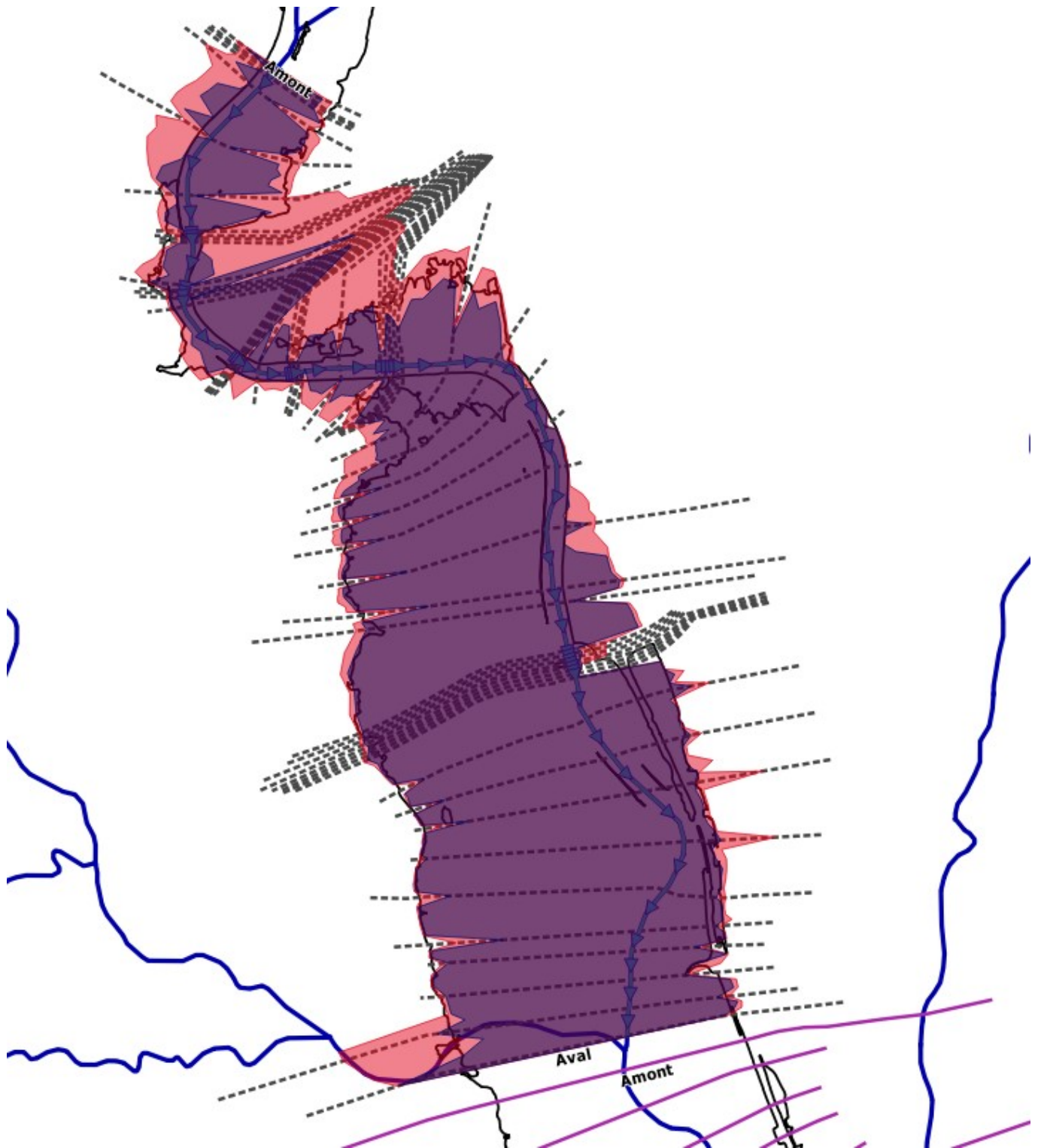


Figure 10. Résultat initial pour le tronçon T1 avec la méthode M3 (ligne délimitant la cruie connue, reconstitution de la cruie connue en violet, cruie extrême en rouge).



Figure 11. Résultat initial pour le tronçon T2 avec la méthode M3 (ligne délimitant la crue connue, reconstitution de la crue connue en violet, crue extrême en rouge).

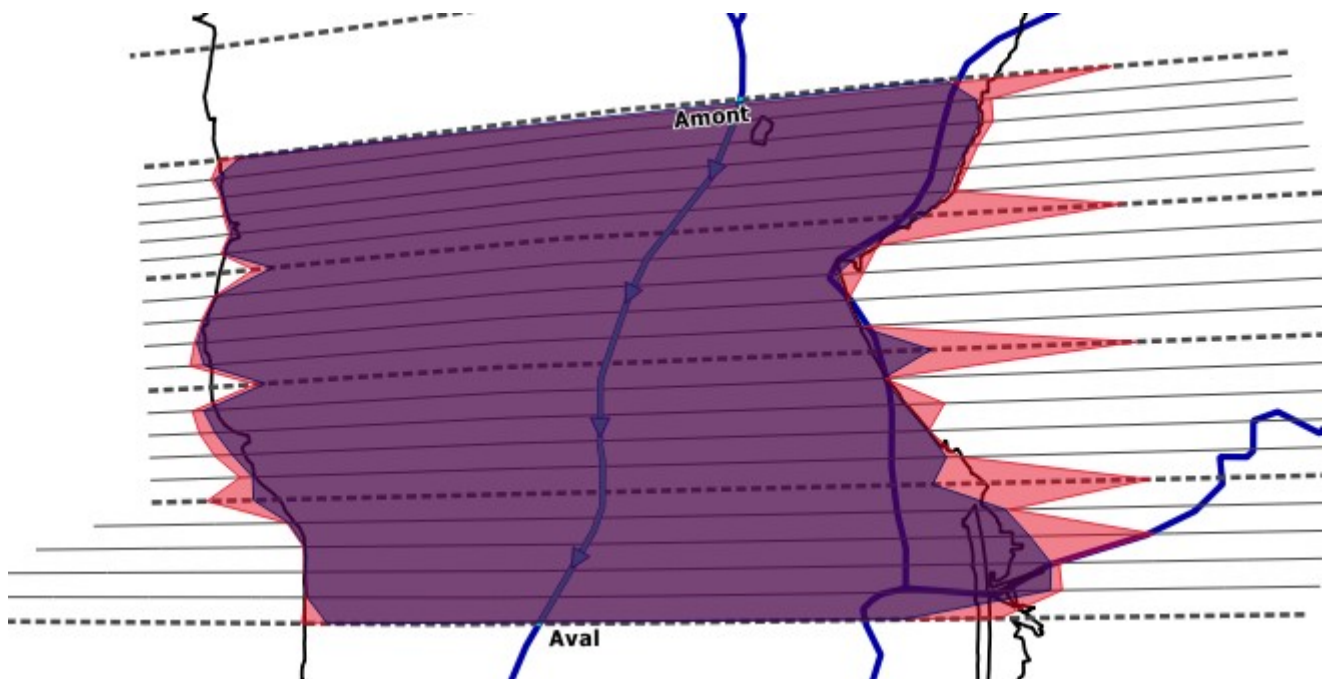


Figure 12. Résultat initial pour le tronçon T3 avec la méthode M3 (ligne délimitant la crue connue, reconstitution de la crue connue en violet, crue extrême en rouge).

Perspectives pour 2019

L'interaction avec des services de l'Etat sur des cas tests nouveaux devrait sans doute aussi amener à de nouvelles évolutions du plug-in. C'est une des tâches à mener en 2019 en même temps que sera assurée la diffusion du plug-in et sa stabilisation (correction des erreurs de codage restantes, fiabilisation dans les cas d'erreurs de données).

Enfin, une version 3 de QGIS est parue en 2018. Les premiers tests effectués en 2017 et 2018 sur la version de développement ont montré qu'un travail important était nécessaire pour disposer d'un plug-in opérationnel sous cette nouvelle version, le codage en Python étant impacté par le changement de version. Le passage du plug-in en version QGIS3 est un travail nécessaire pour la pérennisation du plug-in. Il sera effectué en parallèle à la mise au point du plug-in pour la version 2 de QGIS actuellement diffusée.

Les travaux plus scientifiques porteront sur la quantification des incertitudes, la difficulté actuelle de leur estimation empêchant de générer des cartes faisant apparaître cette incertitude. De même c'est à partir de cette incertitude et de la difficulté à rendre compte de la carte de la crue connue qu'il sera possible de recommander à l'utilisateur un redécoupage de son bief en tronçons plus homogènes.

Il est prévu de proposer un poster pour la présentation de la méthode des Surcotes lors des Assises Nationales des Risques Naturels en mars 2019.

Annexe 1 : résumé de la communication prévue à Simhydro 2019

Abstract

Defining uncertainty for a simplified method dedicated to the mapping of extreme floods

Authors: André Paquier¹, Quentin Royer¹, Christine Poulard¹ & Pascal Billy²

¹Irstea, UR RiverLy, centre de Lyon-Villeurbanne, 5, rue de la Doua, CS 20244, 69625
Villeurbanne, France

²DREAL Auvergne-Rhône-Alpes, Service Bassin Rhône-Méditerranée Plan Rhône - Pôle Plan
Rhône, 69453 Lyon cedex 06, France

Proposed topic: Models for extreme situations

Key words: extreme floods; uncertainties; simplified method; Rhône; Gardons

The risk assessment for extreme floods is a key point to anticipate and to dimension a set of measures to improve the resilience of the territories. Because extreme floods are not observed, the calculation of hazard in the flooded areas comes from an extrapolation of models calibrated on more frequent events. This latter extrapolation can be based on a detailed representation of the processes that may influence the flood features or on a more simplified approach that permits much faster calculations. In both cases, the uncertainty assessment is necessary. This uncertainty can be split in two parts: the definition of the event and the calculation method. For the specific cases of the Rhône and Gardons valleys in the Southern France, an estimation of the uncertainty is carried out in order to compare detailed representation and simplified approach.

The simplified approach called “Additional Depths Method” guesses the knowledge of a rare flood for which the flooded areas are considered to be accurately estimated. Then, the topography of the valley above the rare flood level permits to define a set of cross sections in which a uniform flow is calculated for a flow discharge calculated as the difference between the peak extreme flow and the rare extreme flow. The obtained elevations are corrected in order to define a water profile that decreases from upstream to downstream. Finally, the limits of the flooded areas are drawn starting from the water elevation interpolated between the values obtained at the set of cross sections. This simplified method is encapsulated in a plug-in of the QGIS software.

Depending on the selection of the cross sections and on the various parameters (flow discharge, slope, friction, topography), various maps are obtained with the simplified approach. The accuracy of the method can be estimated either in water elevation or in flooded area. In a narrow gorge, the flooded area can be accurate even if the water elevations show high differences. In a wide flood plain, the opposite statement can be found: a slight difference in water elevations leading to a high difference in the flooded areas. Thus, the uncertainty linked to the calculation method can vary a lot from as low as 10% up to 100%. In order to

conclude that this simplified approach can be used, this latter uncertainty should be similar as the uncertainty linked to a detailed hydrodynamic calculation (highly dependent of the accuracy of the topography) and the one linked with the definition of the event (often 20% on the peak flow estimate for a 1000 year flood). This latter comparison shows that the simplified approach is convenient in the more favorable cases in which the hypothesis of a 1D flow can be kept.

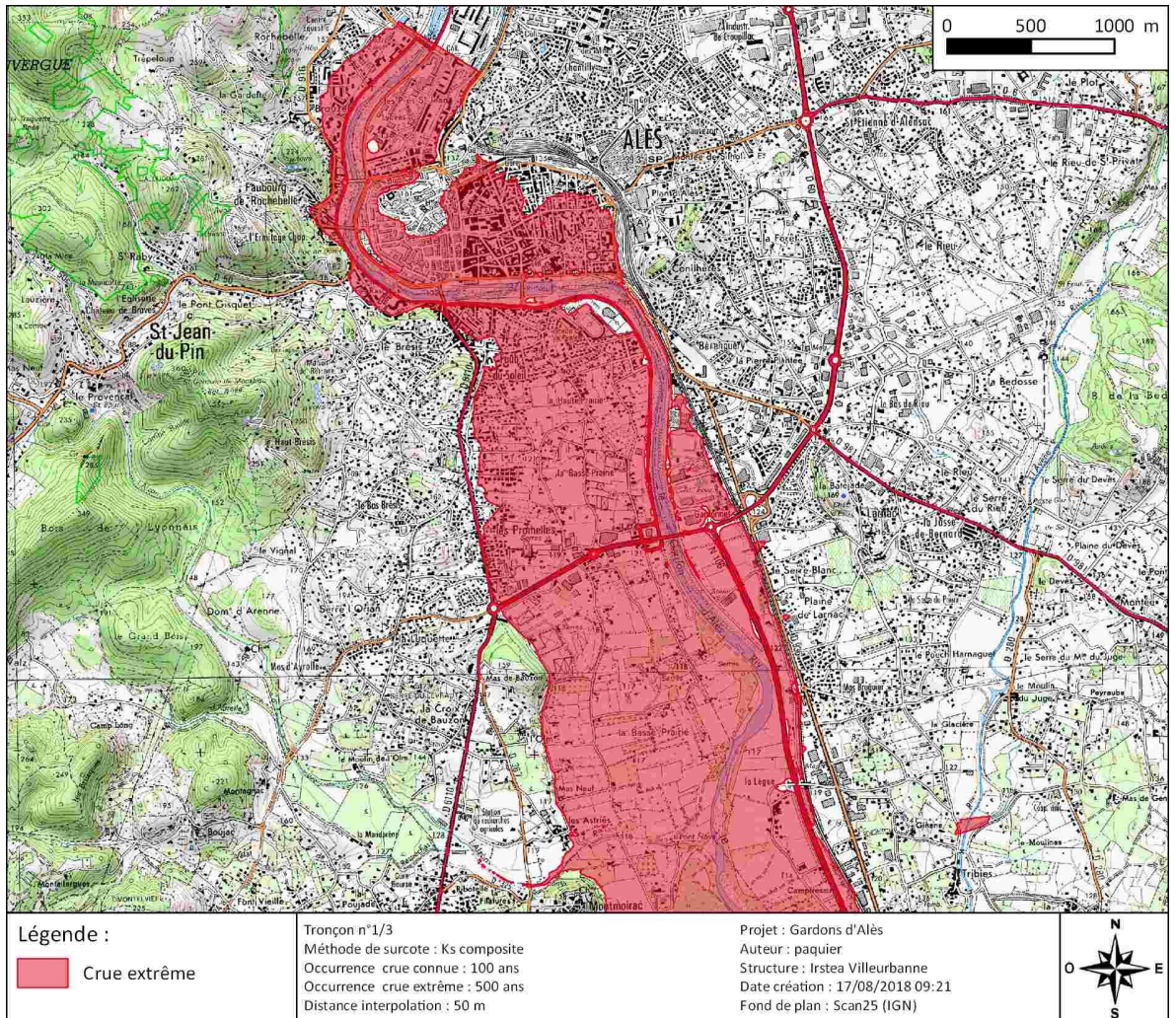


Figure 1. Example of the map resulting of one calculation with the QGIS plug-in.