

La géomatique pour le développement de processus automatisés de cartographie du risque d'inondation dans le cadre de la Mission Référent Inondation et de la Directive Inondation sur le fleuve Rhône.

Pascal BILLY : DREAL Rhône-Alpes-Service Prévention des Risques-Mission Rhône
(pascal.billy@developpement-durable.gouv.fr)

Amaury VALORGE : DREAL Rhône-Alpes-Service Prévention des Risques-Mission Rhône
(amaury.valorge@developpement-durable.gouv.fr)

Introduction - Contexte

L'élaboration de cartes de zones inondables est une activité qui a pris de l'importance dans les services de l'Etat du fait des productions nécessaires pour l'élaboration des PPRi (Plans de Prévention des Risques inondation), dans la mise en œuvre de la Directive Inondation et pour la production d'informations utiles à la gestion de crise pour les services de l'Etat (mission Référent inondation assurée par les Directions départementales de territoires).

Dans ce domaine de la gestion de crise, l'ambition est d'aller vers la prévision des inondations pour améliorer les outils actuels davantage basés sur la prévision de situations de vigilance ou de prévision de niveaux aux stations de référence.

Une première phase de cartographie de zones inondables pour une gamme de scénarios de crue doit permettre d'exploiter en situation de crise des informations établies au préalable, en attendant que les capacités techniques permettent de réaliser la prévision des inondations en temps réel.

La mise en œuvre de la Directive Inondation a constitué le premier défi à remplir avec une année pour produire la cartographie du risque inondation attendue sur l'ensemble des 120 TRI français. Le fleuve Rhône en possède 6, soit un linéaire total de 280 km de fleuve, dans lequel ont été réalisés 3 types d'atlas :

- la carte des surfaces inondables avec la représentation des hauteurs d'eau pour trois scénarios de crues : fréquent, moyen, extrême ;
- la carte de synthèse des surfaces inondables qui correspondent à l'emprise de chaque scénario ;
- la carte des risques d'inondation qui superpose les enjeux exposés.

Historiquement, les premiers atlas des zones inondables ont été d'abord dressés par l'administration des Ponts-et-Chaussées après chaque grande crue. En particulier, la crue de 1856 sur le Rhône ou la Loire ou la crue de 1910 sur la Seine font l'objet de relevés précis et de tracés méticuleux sur les cartes de l'époque. Cette connaissance de nature empirique servira de base à des documents réglementaires comme les Plans des surfaces submersibles ou le Plan des zones inondables dont les objectifs visent à assurer le libre écoulement des eaux et la préservation des champs d'expansion des crues. Parallèlement au développement de l'informatique dans les années 1970-1980, les modèles hydrauliques font leur apparition dont les algorithmes permettent de traduire des débits en lignes d'eau sur la base des équations fondamentales de l'hydraulique, mais surtout d'éléments de calage sur des crues observées¹. Parallèlement à ces modèles calculatoires, les approches hydrogéomorphologiques déterminent les enveloppes inondables à partir de l'analyse de la configuration du lit du fleuve et de ses évolutions historiques. Sur la base de l'une ou l'autre méthode, les cartes des zones inondables sont déterminées dans les années 1990 pour l'élaboration des plans de prévention des risques d'inondation, à l'échelle de la commune voire de sous-bassins versants. Enfin, la nouvelle génération de cartographie de la Directive inondation sur des étendues plus vastes a été contemporaine du développement technologique de modèles numériques de terrain très précis, notamment de grâce aux relevées LIDAR.

1 Voir sur ce point, GOUTX David et Patrick NARCY, 2012, « La place des modèles numériques dans la prise de conscience locale des risques : simulations ou stimulations ? », Congrès SHF *Événements extrêmes fluviaux et maritimes*, Paris, 1-2 février 2012.

Sur le bassin du Rhône, un MNT « LIDAR » a été réalisé entre 2008 et 2010 dans le cadre du Plan Rhône par IGN. Ce MNT inclus dans la Base de Données Topographiques Rhône a été défini pour répondre aux besoins de la modélisation hydraulique et de la définition des zones inondables. Il constitue la donnée de base sur les 3000km² du lit majeur du Rhône.

Cette nouveauté majeure en matière de topographie est le point de départ de nos réflexions dans la mesure où leur complexité questionne, d'une part les pratiques de travail de cartographie, d'autre part, les traitements des données géographiques plus complexes ont conduit à un repositionnement de la géomatique, en tant que champ d'expertise tout aussi déterminant que l'hydraulique qui était jusqu'à présent largement hégémonique².

La cartographie du risque inondation sur le Rhône

L'emprise spatiale du fleuve, le nombre de scénarios à traiter ainsi que les délais de réalisation souvent très contraints demandent la mise en place de méthodes et outils pour permettre une production automatique de données pour la constitution de cartes. Cette approche permet de renoncer à des pratiques de fabrication de cartes artisanales, manuelles et souvent avec de nombreuses lacunes méthodologiques et techniques, généralement liées aux outils traditionnellement utilisées dans les services de l'Etat (MapInfo et Vertical Mapper). Très souvent, les données SIGs livrées restent difficilement exploitables du fait de leur poids rédhibitoire, de l'absence de travail de post-traitement et de structuration de la donnée après les *runs* des modèles hydrauliques. Traditionnellement les résultats répondent uniquement à l'objectif de visualisation simple de zones inondables. Néanmoins avec la Directive Inondation, elles doivent permettre également l'analyse des enjeux impactés. Ce travail est complexe à réaliser avec une topologie défectueuse, lacune que l'on retrouve très souvent...

Tout ces éléments peuvent bénéficier de l'apport de réponses opérationnelles en géomatique. Ainsi, basé sur le retour d'expérience de la production cartographique en régie par les services de l'État sur le fleuve Rhône et un suivi du travail sur l'ensemble du bassin³, cette présentation défend l'hypothèse d'un repositionnement de l'expertise géomatique par rapport au champ de l'hydraulique du fait de l'existence de données extrêmement précises et de besoins d'analyse qui deviennent de plus en plus omniprésents.

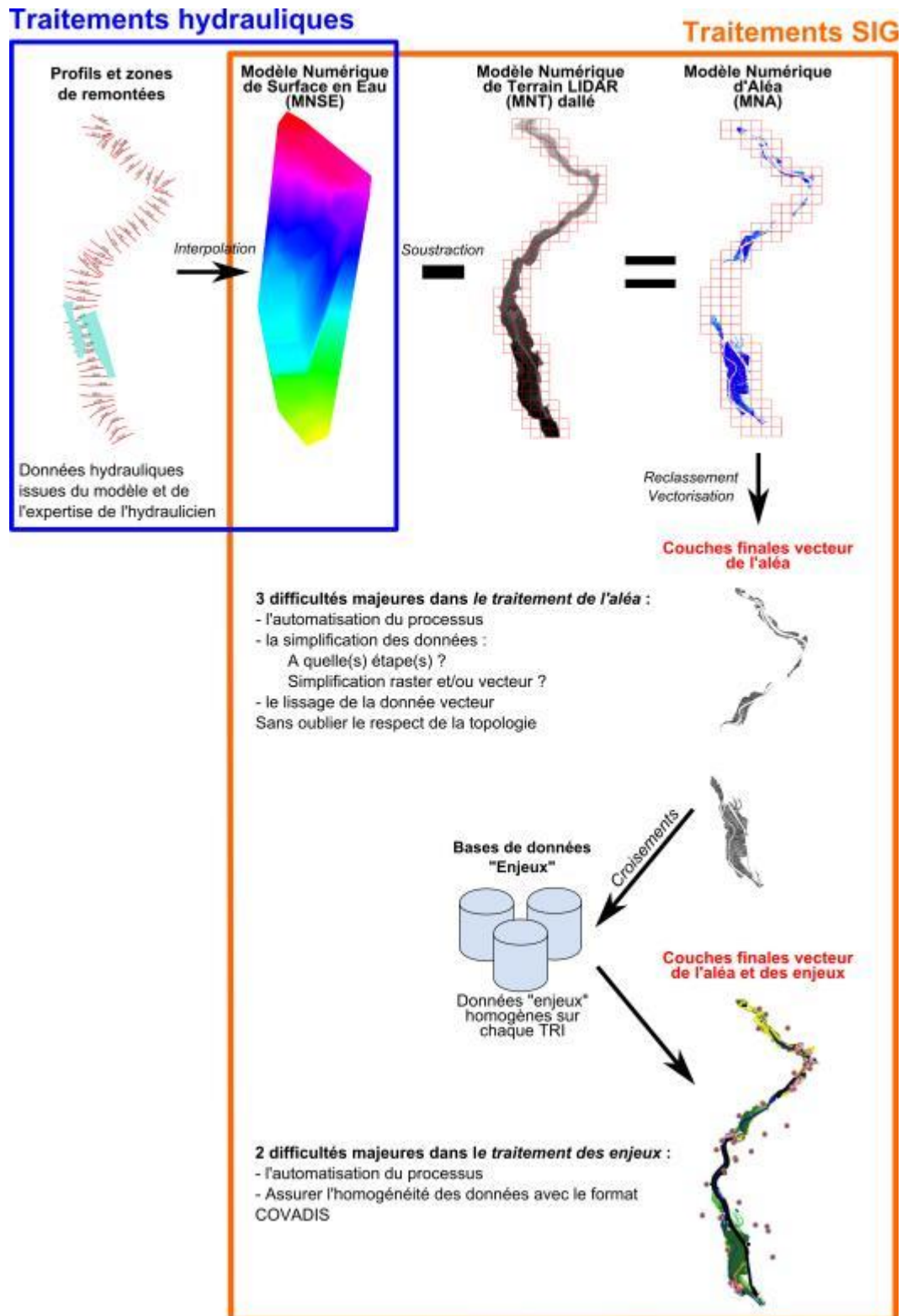
La cartographie de zones inondables sur le Rhône a la particularité d'avoir été produite entièrement en régie par les services de l'État compte-tenus des données et des outils disponibles⁴ : base de Données Topographique Rhône mise à disposition par l'IGN, modèle hydraulique Rhône de la Compagnie Nationale du Rhône en utilisation partagée avec l'État, données hydrologiques sur le Rhône. Cependant, les compétences hydrauliques ne pouvaient pas être les seules mobilisées dans ce projet, les rendus cartographiques comprenant, outre les zones inondables proprement dites, des croisements avec les enjeux et des analyses thématiques, ainsi qu'une sémiologie à caler rigoureusement.

2 Sur la base d'une analyse sociologique des profils des experts travaillant sur la cartographie des inondations, que ce soit dans les bureaux d'études, dans les services spécialisés de l'administration ou dans les cursus de formation, on montrerait facilement la réduction de la géomatique à des missions applicatives, en exécution de l'expertise hydraulique.

3 L'article est rédigé par trois auteurs sur un mode pluridisciplinaire : Amaury Valorge géomaticien ayant développé l'ensemble des traitements des données pour la cartographie de la Directive inondation, Pascal Billy spécialiste des données hydrologiques et hydrauliques sur le Rhône, Julien Langumier praticien et chercheur sur la politique nationale de prévention des risques d'inondation.

4 Cf. Pascal BILLY, 2012, « Représentation de l'aléa à l'échelle du fleuve Rhône : différentes méthodes selon les configurations », colloque international *IS-River*, Lyon, 26-28 juin 2012.

Principe général de la détermination des couches d'aléas et des enjeux :



La DREAL Rhône-Alpes s'est donc assurée le concours d'un géomaticien confirmé de manière à développer une méthodologie répondant à la fois aux critères de production des données hydrauliques et des données géographiques et statistiques.

Le projet de communication objet de ce résumé se propose de présenter :

- les spécifications de la cartographie des inondations du Rhône : données hydrauliques de base, méthodologie de cartographie, formats de restitution
- les objectifs recherchés en termes de topologie, qualité et poids des données
- la collaboration étroite mise en œuvre entre les métiers d'hydrauliciens et de géomaticiens pour parvenir aux résultats souhaités.

Regroupant toutes ces thématiques, le package méthodologique comprenant l'outil *CartAllIn* sera également présenté.

En effet, pour répondre aux enjeux d'une production importante et d'itérations nombreuses, un module GRASS, *CartAllIn* pour CARTographie de l'ALéa INondation, a été développé tout d'abord pour répondre au besoin de la Directive Inondation avec le format COVADIS⁵. GRASS (en version 6.4.x), un outil SIG Libre et Open Source, est très performant dans sa capacité à traiter de la donnée raster et donc parfait pour répondre à notre objectif. De plus, il propose un environnement permettant la production de données vecteur topologiquement correctes, assurant leur qualité et leur réutilisation pour d'autres analyses. Enfin, il offre un cadre relativement simple pour le développement de scripts sous différents langages de programmation, en l'occurrence Python, et ainsi automatiser un ensemble de processus.

Le module *CartAllIn* (actuellement en version 1.20⁶) est devenu un outil générique adapté notamment aux besoins de la Mission Référent Inondation, afin d'être utilisable sur n'importe quel cours d'eau, sous réserve d'avoir quelques données de base, c'est-à-dire, au minimum :

- un Modèle Numérique de Surfaces en Eau (MNSE, raster dont chaque pixel a la valeur de l'altitude du plan d'eau) ou un Modèle Numérique d'Aléa (MNA, raster renseigné directement avec les hauteurs d'eau) ;
- un Modèle Numérique de Terrain (MNT, raster des données altimétriques).

Il peut gérer d'autres données qui restent facultatives :

- les zones soustraites à l'inondation
- les zones toujours en eau
- le périmètre d'étude
- les zones non inondables ou dites « à nettoyer » qui sont définies manuellement à partir de la connaissance du terrain ou encore avec l'analyse visuelle de premier résultat

CartAllIn dispose d'un certain nombre de paramètres qu'il est possible d'ajuster :

- des informations générales qui vont servir au nommage des fichiers en sortie :
Nom du secteur, Scénario, nom du cours d'eau
- le choix des données à générer (raster et/ou vecteur) en sortie :
MNSE et MNA retraités, couche de l'enveloppe et des hauteurs d'eau à la fois pour l'aléa et les zones soustraites
- le choix des classes de hauteurs d'eau ;
- des paramètres de simplification/lissage raster et vecteur :
*Une méthodologie précise s'attache à filtrer les informations essentielles, et ainsi obtenir progressivement et rapidement une **donnée optimisée** à la fois en terme de poids/maniabilité, de précision et de qualité (topologie).*

5 Commission de Validation des Données pour l'Information Spatialisée définissant l'architecture des données à produire dans le cadre de la Directive Inondation.

6 La version 1 correspond à la date de publication de l'article dans la revue *GéomatiqueExpert* : Valorge A., Billy P., Langumier J., 2014_ *Cartographie du risque d'inondation : Réévaluation de la géomatique par rapport à l'hydraulique : Développement de processus automatiques de cartographie à l'occasion de la mise en œuvre de la Directive inondation*, *Géomatique Expert*, N°98, Mai-Juin 2014, 16 p.

Ce module intervient, néanmoins, dans un deuxième temps. Malgré le fait qu'une importante partie du processus ait été automatisée, nous avons choisi de garder un certain contrôle sur les données. Ainsi notre méthodologie s'articule en deux temps :

- La préparation « manuelle » des données hydrauliques sur QGIS ou GRASS. Cette première étape consiste à mettre en forme les données directement issues du modèle hydrauliques sous l'oeil de l'expert hydraulicien : interpolation des profils, rasterisations des zones de remontées, définitions des zones soustraites à l'inondation, des zones non inondables ;
- le traitement avec CartAllIn dans lequel on injecte toutes les données élaborées afin d'obtenir des données clés en main, prêtes à être mise en page ou encore pour d'autres analyses.

Désormais, les emprises inondables produites au format vecteur peuvent être mobilisés pour d'autres analyses, en l'occurrence pour déterminer les enjeux impactés par les emprises des zones inondables. Ainsi un autre module GRASS *EnjeuxDI* a été développé à la Mission Rhône afin de traiter automatiquement divers types d'enjeux à l'aide des bases de données nationales existantes (BD Topo de l'IGN, de l'INSEE de la base SIRENE et DREAL...) caractérisant l'occupation du sol ou encore les activités humaines du territoire : les bâtiments, les établissements utiles à la gestion de crise, les zones économiques, les installations classées, nucléaires, les enjeux patrimoniaux, les zones de protection naturelles, les stations d'épuration ou encore la localisation de la population et des emplois. *EnjeuxDI* s'attache ainsi à mettre en forme ces données avec le format COVADIS tout en les croisant avec les zones inondables (extraction, découpages, traitements statistiques...). Il permet d'éviter un travail long, répétitif et d'assurer l'homogénéité des données. Comme avec *CartAllIn*, les données en sortie sont prêtes pour être mise en forme sur une carte selon les préconisations sémiologiques de la Directive Inondation, mais aussi pour leur rapportage à l'Europe.

Les enseignements issus de cette démarche sur le Rhône

Plus généralement, la proposition de communication souhaite montrer que ces sujets amènent à des réajustements des pratiques professionnelles, notamment liés au poids relatif croissant pris par les compétences en géomatiques par rapport à l'expertise hydraulique. La production réalisée sur le Rhône a montré qu'une série d'itérations entre l'hydraulicien et le géomaticien était indispensable pour maîtriser la production. Au-delà, la réflexion plus autonome en géomatique pourrait questionner encore davantage les modes de faire.

En effet, une certaine habitude veut que la cartographie liée à des zonages et des périmètres soit réalisée sur la base de données vectorielle. Une autre voie, encore peu pratiquée aurait consisté à travailler sur un format raster aussi longtemps que possible et de ne procéder à la vectorisation que lorsque cela s'avérerait nécessaire. En effet, en plus du défi lié à la simplification de la donnée, l'étape de vectorisation conduit à une perte d'information du fait du regroupement de pixels différents dans les mêmes classes de hauteurs, alors que le raster numérique a la capacité de conserver l'intégralité de la donnée.

Enfin, la réflexion du cartographe peut permettre de concevoir des rendus plus pédagogiques sans surcoût important. Il s'agit de représenter alors la même donnée sous forme de géovisualisations 3D⁷. Ce type de géovisualisation offre un cadre plus propice aux dialogues entre acteurs, ou encore une aide à la compréhension de données techniques dans la mesure où il offre une vue plus réaliste de l'événement.

7 LANGUMIER Julien, JACQUINOD Florence, 2011, « Géovisualisations 3D en action dans l'aménagement du territoire. Stratégies et usages de l'outil à l'occasion de l'étude d'un Plan de Prévention des Risques Inondations », *Géocarrefour*, n° 85-4, pp. 303-311. <http://geocarrefour.revues.org/8163>