



Manipulation des MNT haute résolution pour détecter les obstacles aux submersions marines et cartographier les phénomènes - Exemples sur la côte méditerranéenne française

Céline TRMAL¹, Frédéric PONS²

1. Cerema, Pôle d'Activités Les Milles, Avenue Albert Einstein,
CS 70499 Aix-en-Provence Cedex 3, France.
celine.trmal@cerema.fr ; frederic.pons@cerema.fr

Résumé :

Dans le cadre de la direction européenne Inondation, des modèles numériques de terrain (MNT) de haute résolution (Lidar) ont été produits sur la quasi-totalité du littoral français.

Les méthodes employées avec ces données pour la côte méditerranéenne pour cartographier la submersion marine ont été la simple superposition du niveau marin sur le terrain naturel.

Les méthodes actuellement en cours de mise en œuvre permettent en comparant les résultats précédents et les zones effectivement connectées à la mer pour un niveau donné de déterminer des zones protégées pour ce niveau.

L'étape suivante consiste à déterminer, le cas échéant, le système de protection. L'algorithme développé à cet effet permet de le localiser et déterminer son niveau de protection.

Mots-clés : MNT Lidar, Submersion marine, Ouvrages de protection, SIG.

1. Introduction

Dans le cadre de la direction européenne Inondation (DI, DIRECTIVE 2007/60/CE – PE & CONSEIL DE l'UE, 2007), des modèles numériques de terrain (MNT) de haute résolution (Lidar) ont été produits sur la quasi-totalité du littoral français et notamment sur l'ensemble du littoral méditerranéen (de la frontière espagnole à la frontière italienne et la Corse).

Dans ce même cadre, en 2012-2013, une cartographie de la submersion marine a été réalisée pour 4 événements (fréquents, moyens, moyens + changement climatique, extrêmes) en utilisant une méthode de superposition du niveau marin ad hoc au MNT. Cette méthode simplifiée a permis de cartographier la submersion marine sur de très grands linéaires de côte. Cependant cette méthode a quelques limites, notamment celle de faire remonter la submersion marine très loin dans les terres dans les zones planes, tant que l'altitude du terrain est inférieure au niveau marin (par exemple la Camargue) et également d'inonder des terrains bas non connectés à la mer.

Dans le même esprit de cartographie sur de grands espaces, nous avons étudié la possibilité d'améliorer cette méthode en essayant de limiter l'extension de la submersion, de détecter les obstacles à la submersion et de déterminer les zones protégées.

Ces nouveaux concepts sont mis en œuvre en s'appuyant sur le logiciel Qgis pour la visualisation des résultats et sur le logiciel Grass pour les calculs, avec une interface programmée en langage R pour établir la communication entre les deux logiciels, en vue d'une automatisation sur de grands secteurs (TRMAL *et al.*, 2015).

2. Détermination des zones potentiellement protégées

Les outils du Système d'Information Géographique (SIG) permettent aujourd'hui de cartographier pour un niveau marin donné l'extension de la submersion marine sur des zones connectées à la mer. Concrètement un niveau marin donné est injecté en mer et ensuite les pixels du MNT sont analysés de voisin en voisin afin d'identifier ceux qui sont d'altitude inférieure au niveau donné et ceux qui sont également voisin d'un pixel déjà inondé. Le module *r.lake* de Grass a été utilisé.

Cette routine est mise en œuvre pour une série de niveaux marins espacés d'un pas constant.

La méthode de superposition des niveaux marins au MNT sans se soucier des connexions est également mise en œuvre pour ces mêmes niveaux (méthode DI).

Une zone potentiellement protégée est alors définie comme une zone inondée par la méthode de superposition niveau marin/MNT et non inondée par la méthode utilisant les connexions.

La comparaison des deux résultats pour chaque niveau marin donne les zones potentiellement protégées pour ce niveau donné (cf schéma figure 1).

Par exemple une zone peut être a priori protégée pour un niveau de 2,5 m NGF (inondée qu'avec la méthode simple DI) et ne plus l'être pour 3 NGF (inondée par les 2 méthodes), ce qui signifie que le remblai ou terrain naturel qui la protège a une altitude comprise entre 2,5 et 3 m NGF (pas des niveaux marins : 0,5 m).

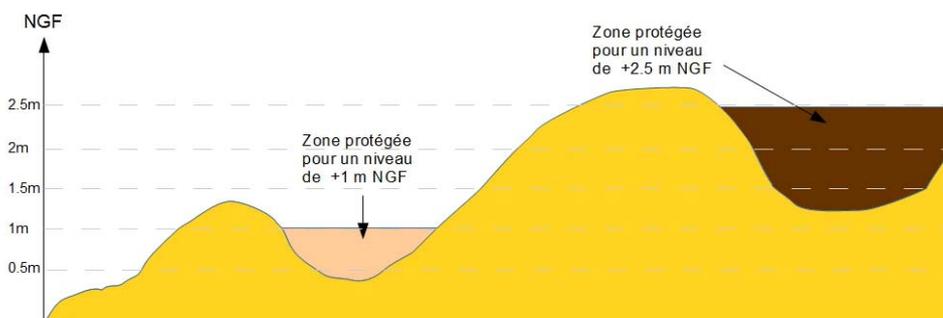


Figure 1. Schéma de la détermination des zones potentiellement protégées.



Figure 2. Exemple de résultats des zones potentiellement protégées (Baie d'Agay).

Quelques limites ont pu être identifiées lors de la mise en œuvre.

La première est intrinsèque à la méthode SIG. Une connexion par un seul pixel (1 m de large dans le cas des MNT utilisés) en diagonale est suffisante pour laisser passer un volume infini d'eau. Or dans la réalité une brèche de l'ordre du mètre ne va pas laisser passer de tel volume. Une parade consiste à durcir le MNT en modifiant le MNT initial par le maximum sur une fenêtre de voisinage de taille donnée. Par exemple, une fenêtre de voisinage d'une taille de 25 pixels (i.e. 25 m) ne permet de faire passer l'eau que si la brèche a une largeur d'au moins 25 m.

La deuxième est liée à la qualité des MNT. Les Lidar dont nous disposions étaient souvent des Lidar topographiques et donc ne représentaient pas bien la bathymétrie des cours d'eau. Il est alors nécessaire de creuser les cours d'eau se jetant dans la mer pour que celle-ci puisse remonter le cours d'eau en cas de forts niveaux marins.

3. Détection des obstacles à l'écoulement

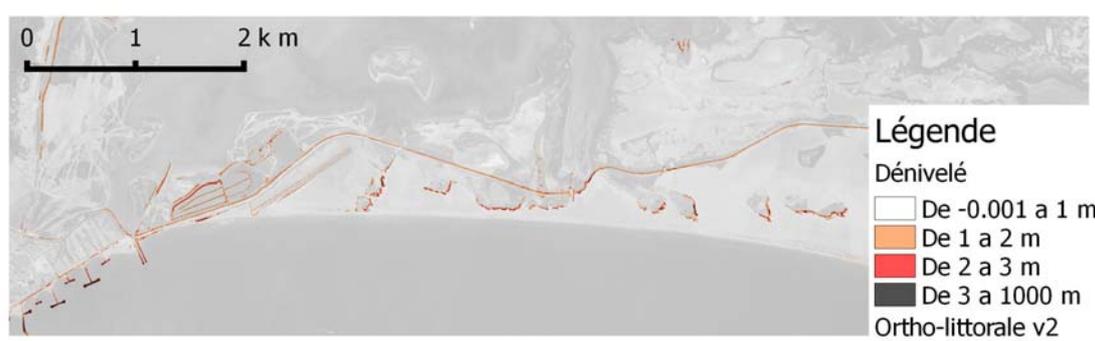
Un des points clés, que ce soit de la cartographie à grand rendement ou de la modélisation numérique, est la connaissance de l'emplacement des digues, des remblais ou encore des cordons dunaires, notamment pour compléter les travaux précédents et d'identifier les systèmes qui protègent les zones identifiées.

Dans le cadre de nos divers travaux, plusieurs méthodes de détection des remblais furent testées comme la détermination des ruptures de pente et l'analyse des courbures du terrain. Les résultats furent visuellement intéressants mais difficiles à exploiter.

L'algorithme développé s'appuie sur le calcul de dénivelé autour d'un point. En effet sur la crête de digue, ou du remblai, nous nous trouvons plus haut que le terrain à

gauche et à droite, donc il faut un dénivelé positif de part et d'autre. L'algorithme est calculé suivant 4 directions car la direction de la digue n'est pas connue à priori, sur une certaine largeur.

Les résultats (voir figure 3) mettent en avant les dénivelés supérieurs à 1 m, qui caractérisent les digues, remblais artificiels ou naturels. Le réglage de la largeur permet de détecter des structures plus ou moins larges.



4. Conclusions et perspectives

Les cartographies produites des zones submergées, des zones potentiellement protégées et la détection des remblais permettent de mieux comprendre les phénomènes tout en traitant des zones très étendues, que ne permettent pas les modèles numériques.

Dans le cadre de la détermination des ZERIP (Zones d'Endiguement à Risques Importants Potentiels), ces méthodes sont en cours de mise en œuvre sur le littoral français, entre autres sur le littoral méditerranéen. Elles peuvent être fort utiles également pour le recensement des ouvrages de protection contre les submersions ou les inondations des cours d'eau, par exemple dans le cadre de la GEMAPI (loi du 27 janvier 2014).

5. Références bibliographiques

PE, CONSEIL DE L'UE –Parlement Européen, Conseil de l'Union Européenne– (2007). *Directive 2007/60/CE du parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation*. Journal Officiel de l'Union Européenne, pp L 288/27-L 288/34. Disponible en ligne sur URL :

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:288:0027:0034:FR:PDF>

TRMAL C., PONS F., ALQUIER M. (2015). *Notice de DICARTO packagé en R*, Cerema, Disponible en ligne sur URL :

http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Notice_de_DICARTO_packag%C3%A9_avec_R