

Modélisation de l'aléa de submersion marine sur une programmation urbaine d'un ancien site portuaire à Cherbourg-en-Cotentin

Auteurs : PEETERS Pierre¹, Antonin AMIOT², Geoffrey CLAMOUR², Marie-Line CANOVILLE³, Gaëlle SCHAUNER⁴

¹SETEC hydratec, 16 Boulevard de l'Ecce Homo 49100 Angers, France,
pierre.peeters@setec.com

²Les Marneurs, 24 rue Léon Frot 75011 Paris, France, contact@lesmarneurs.fr

³Ville de Cherbourg-en-Cotentin, Direction urbanisme opérationnel et foncier, 2 quai de Caligny 50100 Cherbourg-en-Cotentin, France, marie-line.canoville@cherbourg.fr

⁴Cerema Normandie-Centre, DADT / GTPM, 10 Chemin de la Poudrière CS 90245 76121 Le Grand-Quevilly cedex, France, gaelle.schauner@cerema.fr

RESUME : *La ville de Cherbourg-en-Cotentin s'est historiquement développée à l'embouchure de la Divette, sur sa rive gauche, dans un paysage de lagunes et de marais mais à l'abri de la mer. Sa position stratégique à l'échelle de la Manche a fortement façonné son identité portuaire et maritime, effaçant progressivement ce territoire amphibie pour gagner des terres sur la mer (polder et endiguement).*

Situé au fond de la petite rade de Cherbourg mais soumis à l'aléa de submersion marine, le site du Quai Lawton-Collins présente un fort intérêt urbain, du fait de disponibilités spatiales et de sa localisation stratégique.

La problématique du rehaussement du niveau des océans et la prise en compte du risque de submersion marine sur ce secteur bas de Cherbourg-en-Cotentin a permis d'orienter cette reconquête maritime et littorale, en faisant du risque et de l'environnement, des outils d'aménagement et de programmation.

A travers l'analyse des contraintes liées à la submersion nous nous efforcerons de décrire l'approche méthodologique qui a permis de prendre en compte le risque de submersion marine, à l'aide de la modélisation numérique, dans le projet d'aménagement qui intègre notamment une stratégie de protection / réduction du risque submersion sur le quai et dans l'espace public résilient, et une démarche d'innovation dans la constructibilité en prévoyant dès le stade de la conception la possibilité des bâtiments et des espaces publics à s'adapter à différents niveaux de submersion, au-delà de la cote seuil du PPRN actuel.

MOTS CLEFS : Programmation urbaine, Submersion marine, Résilience, Changement climatique

ABSTRACT: *The town of Cherbourg-en-Cotentin has historically developed on the left bank of the Divette river mouth, in a landscape of lagoons and marshes but sheltered from the sea. Its strategic position across the English Channel has strongly shaped its port and maritime identity, gradually erasing the intertidal territory to gain land on the sea (polder and dyking).*

Located at the bottom of the small harbour of Cherbourg but subject to the risk of marine submersion, the site of the Quai Lawton-Collins is of great urban interest, due to its spatial availability and its strategic location.

The problem of rising sea levels and the consideration of the risk of marine submersion in this low-lying sector of Cherbourg-en-Cotentin has made it possible to orient this maritime and coastal reclamation, by making the risk and the environment into planning and programming tools.

Through the analysis of the constraints linked to submersion, we will endeavour to describe the methodological approach which has made it possible to take into account the risk of marine submersion, with the help of digital modelling, in the development project which especially integrates a strategy of protection / reduction of the submersion risk on the quay and in the resilient public space, and an innovative approach to constructability by providing, from the design stage, for the possibility of buildings and public spaces adapting to different levels of flooding, above the threshold level of the current PPRN.

KEYWORDS: Urban planning, Marine submersion, Resilience, Climate change.

1. PROBLEMATIQUE

Lieu chargé d'histoire, le Quai Lawton-Collins a gagné progressivement sur la mer pour accueillir diverses activités portuaires dont l'ancienne gare maritime (1912) puis la gare maritime transatlantique (1929-1932) qui abrite à présent la Cité de la mer. Aujourd'hui, ce quai se révèle être un désordre urbanistique avec une cohabitation d'anciens bâtiments, qui pour certains ont des qualités architecturales et patrimoniales indéniables, de hangars industriels et de friches. Le délitement successif des différentes activités qui s'y sont installées laisse un ressenti d'abandon. Le site présente néanmoins un fort intérêt urbain, du fait de disponibilités spatiales et de sa localisation stratégique. L'aménagement du secteur du Quai Lawton Collins s'intègre dans la stratégie d'attractivité du centre-ville de Cherbourg.

Construit en remblais sur l'estran et la mer, à l'emplacement de l'ancien estuaire de la Divette et du Trottebec, le site du Quai Lawton Collins constitue, comme tous sites littoraux, un espace sensible aux aléas climatiques et au phénomène de changement climatique qui les exacerbent. Ces changements climatiques ont des conséquences directes sur les espaces littoraux, les activités maritimes et plus largement la soutenabilité voire la pérennité des espaces et des usages sur ces espaces. Il y a un enjeu d'adaptation des grands espaces publics face aux aléas climatiques à l'échelle de Cherbourg-en-Cotentin. Le risque de submersion marine doit être caractérisé et géré à l'échelle de la petite rade afin de développer une approche cohérente de la résilience.

Le schéma d'aménagement proposé dans le cadre de programmation urbaine du secteur du Quai Lawton-Collins a donc été considéré dans le contexte hydraulique d'un site soumis à la submersion marine (AZAÏS, 2020). L'analyse a montré que le phénomène de submersion du quartier de Val-de-Saire, à l'arrière du secteur de projet, est mal représenté par la méthode de superposition niveau marin/topographie, des modélisations numériques de la submersion ont alors été mises en œuvre.

à l'écoulement de crue, et les zones d'expansion. Ce domaine peut aussi inclure des sections fermées, représentant des tronçons de cours d'eau canalisé en souterrain ou des collecteurs ;

- Le domaine du casier : il correspond à la zone d'accumulation dans le lit majeur où la vitesse moyenne est faible et les transferts de débits conditionnés par des lois d'échange aux frontières, ses contours s'appuient sur la topographie naturelle ou sur des obstacles artificiels à l'écoulement des eaux ;
- Le domaine bidimensionnel : il s'applique aux zones avec écoulement fortement bidimensionnel, décrites par une topographie détaillée qui permet de restituer notamment la carte des vitesses locales ;
- Zones urbaines denses : elles sont constituées de bâtiments qui représentent un obstacle à l'écoulement. L'eau ne peut pas y circuler.
- Les rues : elles sont des axes privilégiés des écoulements et assimilées à un système filaire ;

Les schématisations filaires et multifilaires sont régies respectivement par les équations de Saint Venant généralisées et bidimensionnelles, ce qui permet de modéliser l'impact de n'importe quel ouvrage et aménagement hydraulique.

1.2 Caractéristiques du modèle

La construction du modèle d'écoulement s'appuie sur les éléments suivants :

- Les données topographiques issues du LIDAR (2011) à une résolution de 1 m ;
- Les données topographiques ponctuelles fournies par PNA sur les terrepleins et quais de l'avant-port, dont le quai Lawton-Collins ;
- Les conditions aux limites maritimes définies par les conditions en mer sous formes de loi cote en fonction du temps,
- Une distribution du coefficient de rugosité des domaines bidimensionnel définie en fonction de l'occupation des sols.

1.3 Domaines du modèle

L'ensemble du domaine d'étude est défini par un maillage 2D dont la précision est fonction de la topographie. Le maillage s'appuie sur les singularités formées par les remblais, les routes et les chenaux. Les variations de l'occupation du sol ont un impact sur l'écoulement. Il convient donc d'adapter le modèle en conséquence. D'une part en délimitant des domaines de zones urbaines inondables où le flux ne circule pas afin de ne pas surestimer l'extension totale de l'inondation et d'autre part en assignant un coefficient de frottement au maillage 2D différent en fonction de l'occupation du sol. En outre, la présence de bâti peut modifier significativement l'écoulement en impactant les hauteurs d'eau ou influencer sur les vitesses et sens d'écoulement. Les bâtiments sont définis par des domaines « zones urbaines dense ». Les rues sont définies par le domaine « rue ». Ce sont des axes de propagation de l'inondation à ne pas négliger dans la dynamique de la submersion.

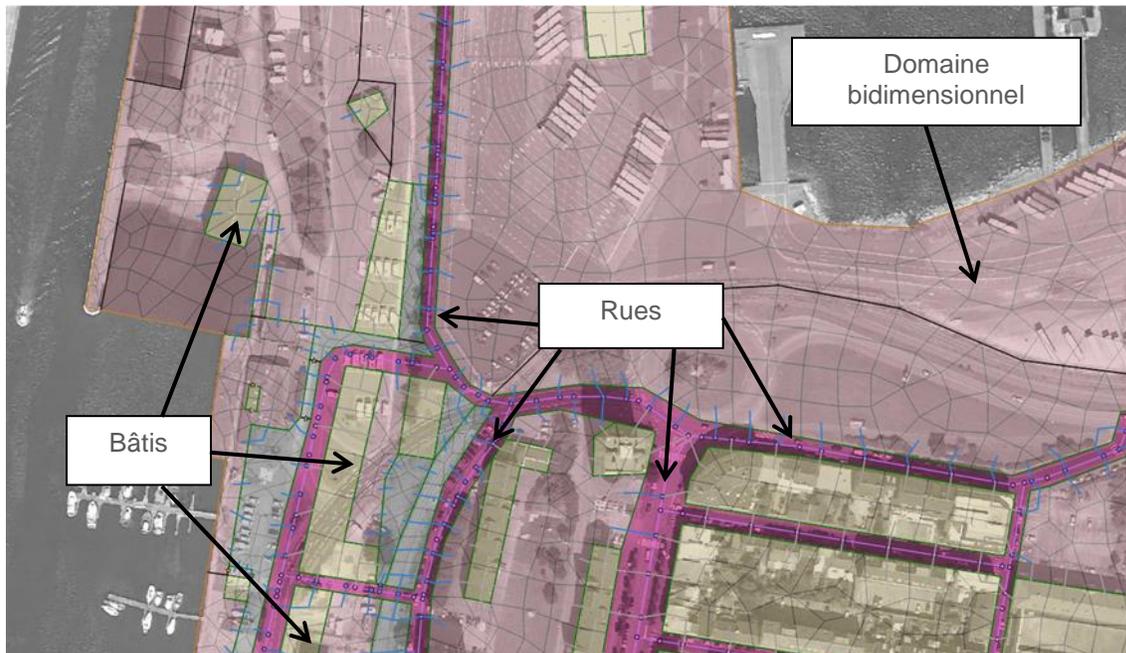


Figure 2 : Domaines de schématisations du modèle hydraulique de submersion du Quai Lawton-Collins

Les conditions aux limites maritimes sont appliquées aux mailles du modèle 2D qui bordent le trait de côte.

1.4 Définition des conditions aux limites

L'analyse historique des épisodes de submersion marine enregistrés depuis la fin XVIII^e siècle révèle que l'avant-port et le quai L. Collins sont régulièrement inondés lors d'épisodes tempétueux (dépression, vents, grand coefficient de marée) mais également lors des grandes marées hivernales. Le dernier épisode datant du 10 mars 2008, correspond à la tempête Johanna. Le niveau a alors été mesuré à +4.12 m NGF au marégraphe du port militaire et estimé à +4.20 m NGF au niveau du bassin du Commerce (IMDC, 2016a).

Les dernières projections du GIEC (2022) donnent une plage probable d'élévation du niveau des océans de 0,29 m à 1,10 m d'ici 2100 par rapport à 1986–2005, selon trois trajectoires d'évolution du climat évaluées. En prenant en compte la moyenne du scénario le plus impactant (RCP8.5), l'élévation du niveau moyen des mers serait de +11 cm en 2026, +27cm en 2050 et +84 cm à l'horizon 2100 par rapport à la période 1986–2005. Avec ces hypothèses, le niveau marin pour un événement de type du 10 mars 2008 correspondant actuellement à une période de retour 40 ans (SHOM, CETMEF, 2012), se verrait dépasser en moyenne une fois par an en 2070. En prenant les hypothèses plus pessimistes, ce niveau sera atteint près de deux fois par an d'ici 40 ans (2060) et sera dépassé à chaque marée de vive-eau en 2100.

Pour construire les conditions aux limites du modèle, une chronique de niveaux marins à la côte a été reconstituée sur 37h à partir de la marée théorique prédite par le SHOM à Cherbourg le 10 mai 2008. Le graphique ci-dessous illustre la courbe de marée reconstituée donnant la cote d'eau en fonction du temps, imposée en condition limite maritime du modèle au niveau de l'avant-port pour le scénario T100 : Évènement de référence marin actuel de période de retour 100 ans tel que défini dans le cadre du PPRN multirisques de la région cherbourgeoise intégrant une élévation du niveau moyen liée au changement climatique à court terme de 20 cm

(IMDC, 2016b) :

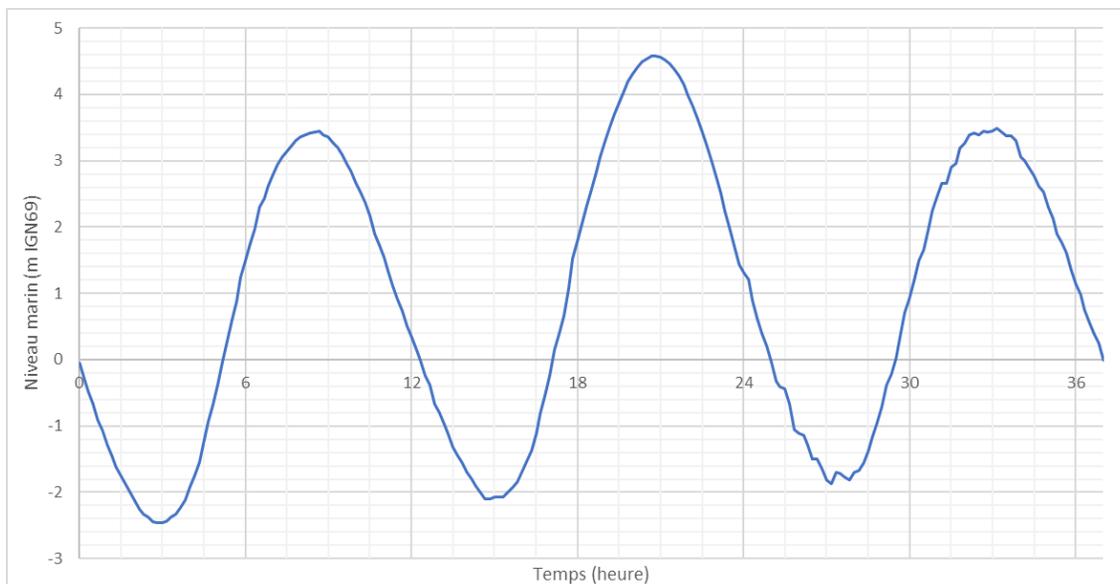


Figure 3 : Courbe de marée reconstituée pour le scénario T100 au niveau de l'avant-port

Il faut noter que les cotes réglementaires du PPRN n'intègrent qu'une augmentation du niveau marin de 60 cm sur la base de l'hypothèse « pessimiste » de l'ONERC (2010), publiée en 2010. Or depuis, les experts ont encore revu à la hausse leurs projections pour la fin du siècle, en 2014 puis plus récemment en 2019 (GIEC, 2014 et 2019). C'est pourquoi afin de proposer un aménagement résilient et après concertation avec les acteurs de la co-construction, la réflexion de la programmation urbaine a été faite sur une hypothèse d'élévation du niveau marin de +1m à horizon 2100, soit la cote +5.50mNGF.

Deux autres scénarios de niveau marin ont donc été étudiés afin de caractériser l'impact du changement climatique et de l'élévation du niveau de la mer sur l'aléa submersion marine :

- Scénario T100 + CC 0.6m : Évènement de référence marin de période de retour 100 ans à échéance 2100 du PPRN intégrant un changement climatique à long terme de 60 cm (IMDC, 2016b)
- Scénario T100 + CC 1.0m : Évènement de référence marin de période de retour 100 ans tenant compte de l'impact du changement climatique avec 1 m d'élévation du niveau de la mer.

A noter que chaque événement intègre également une marge de sécurité de 20cm pour tenir compte des incertitudes restantes telle que le préconise le guide méthodologique pour l'élaboration des PPRN (IMDC, 2016b).

3. RESULTATS

Pour chacun des scénarios décrits précédemment, les situations actuel et projet d'aménagement du quai Lawton-Collins sont modélisées. Les résultats sont fournis à l'échelle du m², correspondant la résolution du LIDAR. Les hauteurs de submersions sont obtenues en croisant le niveau d'eau calculé par le modèle à l'échelle d'une maille et le MNT à l'aide d'un outil de post-processing complémentaire à Hydra.

Les cartes suivantes présentent les résultats des hauteurs maximums atteintes sur l'ensemble du bassin de risque Quai Lawton-Collins / Val-de-Saire au cours du cycle de la

simulation de chacun des scénarios à l'état actuel et en situation projet.

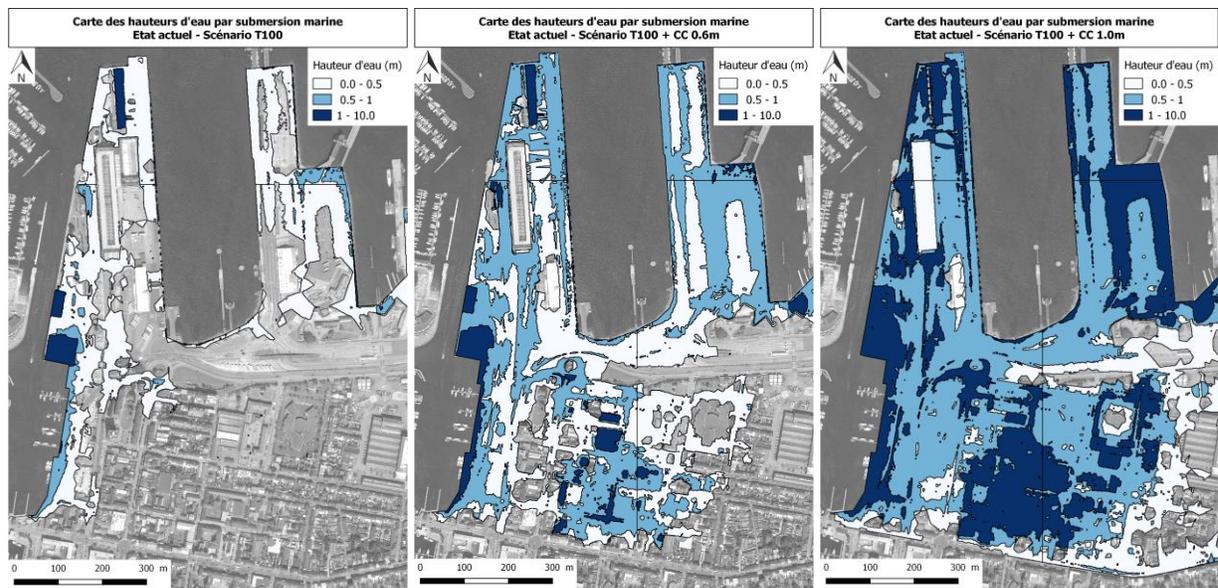


Figure 4 : Carte des hauteurs d'eau par submersion marine - Etat actuel - Scénario T100 (à gauche) T100+CC 0.6m (au centre) et T100+CC 1m (à droite)

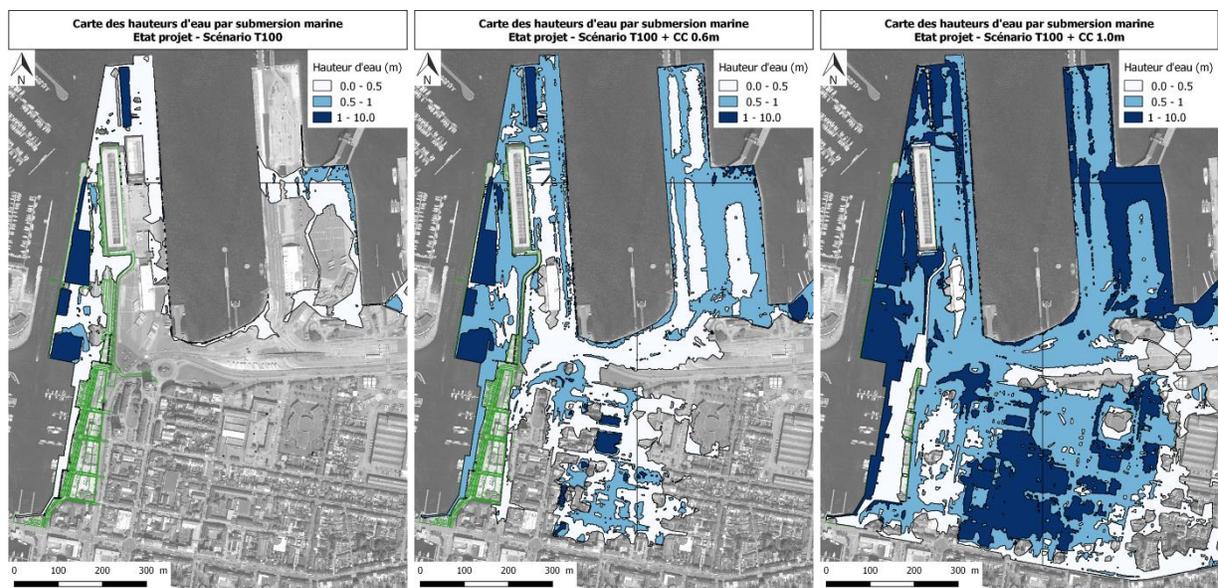


Figure 5 : Carte des hauteurs d'eau par submersion marine - Etat projet - Scénario T100 (à gauche) et T100+CC 1m (à droite)

La modélisation d'une submersion marine de type T100 CC + 0,6m sur la situation projetée permet de préciser les enjeux de réduction de la vulnérabilité notamment pour le quartier Val-de-Saire. En effet, malgré l'aménagement du Quai Lawton-Collins, on observe une entrée d'eau qui persiste au nord du rond-point de Minerve / sud de la darse Transatlantique et qui provoque l'inondation du quartier Val-de-Saire. Une des solutions envisagées afin de réduire le risque de vulnérabilité à moyen terme est de prolonger la stratégie de remblaiement / nivellement du quai, en complétant le dispositif par des batardeaux amovibles sur les infrastructures routières et ferroviaires.

La modélisation d'une submersion marine de type T100 CC +1m (c'est-à-dire au-delà

du référentiel actuel) confirme la situation de vulnérabilité à moyen-long terme du quartier Val-de-Saire. En ce sens, la stratégie de protection / réduction du risque de submersion marine proposée pour l'aléa de type T100 CC +0,6m doit être davantage perçue comme une solution intermédiaire en vue de l'adaptation du tissu faubourien, voire d'un plan de relocalisation.

3. REFERENCES

- Céline AZAÏS, Antonin AMIOT, Geoffrey CLAMOUR, Marie-Line CANOVILLE, Pierre PEETERS, Gaëlle SCHAUNER (2020), *Etude de programmation urbaine pour un projet résilient sur un site soumis au risque de submersion marine*. XVIème Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Le Havre 2020
- GIEC (2014). *Climate Change 2013*. Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (V). 1552 p.
- GIEC (2019). *Ocean and Cryosphere in a Changing Climate - Chapter 4: Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities*. Rapport spécial du GIEC, 126 p.
- IMDC (2016a). *Plan de Prévention des Risques Naturels Multirisques : submersion marine, inondations par débordement de cours d'eau et chutes de blocs de la région cherbourgeoise - Phase 2 Caractérisation des aléas : Evénements de référence au large*, Rapport, 122p.
- IMDC (2016b). *Plan de Prévention des Risques Naturels Multirisques : submersion marine, inondations par débordement de cours d'eau et chutes de blocs de la région cherbourgeoise - Phase 2 Caractérisation des aléas : Modélisation de submersion, de l'érosion du trait de côte et cartographie des aléas*, Rapport, 138p.
- ONERC (2010). *Synthèse - Prise en compte de l'élévation du niveau de la mer en vue de l'estimation des impacts du changement climatique et des mesures d'adaptation possibles*. 6p. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/synth%20niveau%20mer.pdf>
- SHOM, CETMEF (2012). *Statistiques des niveaux marins extrêmes des côtes de France (Manche et Atlantique)*, Édition SHOM.