
Vulnérabilité des zones côtières face aux tsunamis, l'exemple d'Hispaniola.

Eric DAVID¹, Christophe COULET¹, Annette R. GRILLI² and Stéphan T. GRILLI²

¹ *Artelia, 6 rue de Lorraine, 38130 Echirolles*

² *Department of Ocean Engineering, University of Rhode Island, Narragansett, RI, USA*

RESUME. Avant le tremblement de terre dévastateur de magnitude Mw 7.0 qui a frappé la République d'Haïti causant plus de 230 000 morts, la côte nord de Haïti, en particulier les villes de Cap-Haïtien et Port-de-Paix, avaient déjà connu en 1842 un tremblement de terre d'une magnitude estimée Mw 7.6 à 8.1. Un tsunami destructeur l'avait accompagné. Le séisme et le tsunami ont fortement affecté la côte nord d'Hispaniola depuis Haïti jusqu'à la République Dominicaine. Environ 5 000 personnes ont été tuées par les effets de la secousse sismique et 300 par le tsunami. Sous l'égide de l'UNESCO, des efforts importants se sont portés sur l'île d'Hispaniola afin d'identifier et d'atténuer les risques associés aux futurs tremblements de terre et aux tsunamis, notamment dans l'identification des sources possibles pouvant engendrer de tels risques. Le présent article présente une analyse détaillée de l'aléa tsunami et de la vulnérabilité au sens de la prévention, réalisée sur 2 sites de la côte nord. Le cadre de cette étude se prévaut d'une évaluation méthodologique pour une transposition mais aussi pour l'intégration dans des guides de plan de prévention des risques naturels.

SUMMARY. Before the devastating earthquake of Mw 7.0 magnitude that struck the Republic of Haiti causing more than 230,000 deaths, the north coast of Haiti, in particular the cities of Cap-Haïtien and Port-de-Paix, had already known in 1842 an earthquake with an estimated magnitude Mw 7.6 to 8.1. A destructive tsunami had accompanied him. The earthquake and the tsunami have strongly affected the north coast of Hispaniola from Haiti to the Dominican Republic. Approximately 5,000 people were killed by the effects of the earthquake and 300 by the tsunami. Under the auspices of UNESCO, significant efforts have been focused on the island of Hispaniola to identify and mitigate risks associated with future earthquakes and tsunamis, particularly in identifying possible sources may give rise to such risks. This article presents a detailed analysis of tsunami hazard and vulnerability within the meaning of prevention, performed on the north coast for 2 sites. This study invokes a methodological assessment for transposition but also for integration in natural risk prevention plan.

MOTS-CLÉS : Tsunami, Hispaniola, Vulnérabilité, modélisation, mesure d'atténuation.

KEY WORDS: Tsunami, Hispaniola, Vulnerability, modeling, mitigation.

1. Introduction

Au lendemain du tremblement de terre dévastateur de 2010 en Haïti, des efforts importants ont été consacrés à l'identification et l'atténuation des risques associés aux futurs tremblements de terre et aux tsunamis qui pourraient affecter Haïti. En plus des efforts axés sur Port-au-Prince, la recherche et les évaluations sont effectuées pour tout le nord d'Haïti. Le 10 et 11 Juillet 2013, un panel d'experts s'est réuni à Port-au-Prince, en Haïti, dans un atelier pour évaluer ce risque [UNE 13]. Au cours de cet atelier, les experts ont discuté de la source de l'événement de 1842, ainsi que de celles d'autres tremblements de terre et tsunamis qui pourraient affecter la côte nord d'Haïti, et être utilisés pour les projets d'évaluation des risques liés aux séismes et aux tsunamis et de réduction des risques dans ce domaine. Les emplacements possibles des séismes historiques, en particulier ceux ayant causé des tsunamis, ont été examinés et identifiés. Outre des sources distantes, selon la cartographie des failles aujourd'hui dans l'île d'Hispaniola, plusieurs failles ou segments de failles ont été identifiées qui pourraient générer d'importants tremblements de terre, et pourraient potentiellement également déclencher des tsunamis proches de l'île d'Hispaniola. Des sources non-sismiques de tsunamis dans le nord d'Haïti ont également été considérées (par exemple, les glissements de terrain sous-marins).

L'atelier a conclu que de nouvelles données étaient nécessaires pour aider à identifier et à préciser certaines des sources de tsunamis potentiels, en particulier la cartographie des failles (sur terre et en mer), des études de paléosismologie, sismicité ... À la lumière de ces conclusions, l'UNESCO a priorisé l'évaluation du risque de tsunami sur la côte nord de l'île d'Hispaniola sur la base des connaissances des sources existantes.

L'objectif global de ce projet est en conséquence de développer un cadre pour l'évaluation des risques liés aux tsunamis et des éléments clés de vulnérabilité le long de la côte Nord de l'île d'Hispaniola et de mettre en œuvre une telle évaluation avec comme objectifs spécifiques:

- Déterminer les séismes générant les tsunamis les plus importants selon trois échelles : lointain, régional et local.
- Elaborer des cartes de risque de tsunami pour la côte nord de l'île d'Hispaniola et pour un certain nombre de zones choisies dans le nord de Haïti et de la République Dominicaine; pour cela, développer des outils standards et réutilisables pour la propagation des tsunamis depuis leurs sources, la propagation à terre, l'analyse de la vulnérabilité non exhaustive mais centrée sur la fragilité des populations et des infrastructures, le déploiement sur 2 villes principales (démonstrateurs), Cap Haïtien et Puerto Plata, et la cartographie de l'aléa : hauteur d'eau et vitesses maximales.
- Développer les capacités locales en matière d'évaluation des risques de tsunami (formation, sensibilisation et transfert de technologie)
- Proposer des mesures d'atténuation visant à faciliter aux gouvernements d'Haïti et de la République Dominicaine la prise de mesures appropriées pour la réduction des risques de tsunami.

Nous abordons plus particulièrement ici les étapes de l'aléa, de la vulnérabilité et des mesures d'atténuation sur le cas de Cap Haïtien. Les étapes d'identification des sources, de génération et de propagation en mer des tsunamis sont en cours de publication par ailleurs [GRI 15] et seront donc abordées brièvement ici, pour définir notamment la notion clef de TMP – Tsunami Maximum Probable. L'évaluation de l'aléa a été faite pour les tsunamis les plus importants et abordée par une méthodologie innovante prenant en compte la possible résistance ou non des bâtiments. Les enjeux locaux croisés avec l'aléa permettent d'évaluer l'impact potentiel du tsunami sur les habitants et le tissu économique. Enfin, le croisement avec les principes des travaux de préparation des populations en cours d'élaboration permettent d'affiner ceci, notamment sur les préconisations en termes de route d'évacuation, de points de ralliement et d'autres mesures de mitigation, notamment pour les secteurs présentant des risques de non-capacité d'évacuation.

2.1. Identification

Le nombre de sources possibles de tsunamis est extrêmement grand dans l'Atlantique et particulièrement dans les Caraïbes. Mais tous les tsunamis n'auront pas obligatoirement un impact majeur possible sur l'île d'Hispaniola. L'identification des sources réalisée par le panel de Juillet 2013 [UNE 13] est documentée et étudiée dans [GRI 15]. En synthèse ont été retenues en sources distantes une série de sources sismiques de Mw 9 dans la zone de convergence des Açores, constituant les sources possibles du tremblement de terre historique de 1755 à Lisbonne [GRI 13a]; une source sismique extrême de Mw 9 dans la fosse de Puerto Rico [GRI 10, GRI 13b]; un effondrement en masse (450 km³) du flanc ouest du volcan Cumbre Vieja sur l'île de La Palma aux Canaries [ABA 12, HAR 12].

Comme sources rapprochées, un scénario extrême de magnitude Mw 8.7 le long de la « North Hispaniola Thrust fault » (NHTF), qui marque la zone de subduction de la plaque Nord-Américaine sous la micro-plaque Gonave, représentant un séisme plus important que le cas historique de 1946 dans la région et une rupture de de magnitude Mw 8 le long de la partie offshore (segment ouest) de la « Septentrional Fault » (SF), supposé similaire au cas historique de 1842, ont été retenues.

2.2. Génération et propagation maritime des tsunamis

Là encore nous invitons le lecteur à se reporter à l'article [GRI 15] pour plus de détails. La génération des tsunamis sismiques a été simulée par la méthode d'Okada [OKA, 85] en considérant une (ou des) plan(s) de faille de longueur L , largeur W , et d'orientation définie par les angles de « strike », « dip » et « rake » et en se basant sur la définition du « moment magnitude » du séisme attribué à chaque plan de faille: $M_0 = L \times W \times S \times \mu$, où S représente le glissement (ou « slip ») du plan de faille dû au séisme, et μ le module de Coulomb du matériau dans la zone de subduction, variant de 60 GPa pour du basalte (très rigide), typique d'une rupture profonde, à 20 GPa pour des roches peu consolidées typiques d'une rupture peu profonde. La magnitude du séisme est ensuite définie comme: $M_w = \log(M_0)/1.5 - 6$, en utilisant le « moment magnitude » correspondant à l'ensemble des plans de failles définis. Sur la base de ces paramètres, la méthode d'Okada permet de calculer la déformation du fond de l'océan causée par le séisme et l'élévation de la surface libre qui en résulte.

La génération du tsunami causé par l'effondrement du volcan CVV a été simulée comme un glissement subaérien d'un fluide lourd équivalent à du basalte à l'aide du modèle de Navier-Stokes multi-fluides/matériels THETIS [ABA 10, ABA 12].

La propagation de chacun de ces tsunamis générés fut ensuite simulée à l'aide du modèle FUNWAVE-TVD (modèle bidimensionnel Boussinesq non-linéaire et dispersif [SHI 12], tout d'abord dans un maillage sphérique de résolution 1 arc-min (1800 m) couvrant l'ensemble de l'Atlantique Nord, et ensuite dans des maillages emboîtés sphériques, puis cartésiens, de plus en plus fins, jusqu'à 200 m au final autour des sites considérés. Les sources en champ proche sont, elles, directement définies dans le maillage côtier de résolution 200 m.

La figure 1 montre un exemple de résultat de ces propagations pour les cas TMP (voir chapitre suivant) pour les scénarios Puerto Rico, CVV et NHTF.

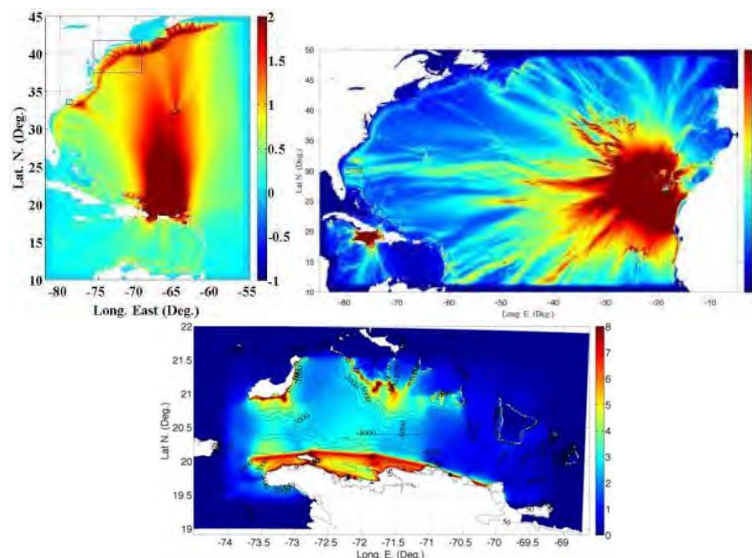


Figure 1. Enveloppe de l'élévation maximale de surface libre (échelle des couleurs en mètre) durant la propagation des tsunamis Puerto Rico à gauche, Cumbre Vieja au centre et NHTF à droite, calculée à l'aide du modèle FUNWAVE-TVD.

2.3. Notion de Tsunami Maximum Probable

Comme indiqué précédemment, l'élévation de la surface initiale des tsunamis causés par les sources sismiques, en champ proche ou lointain, est modélisée par la méthode et le modèle d'Okada, sur la base de paramètres géographiques, géologiques et d'une constante du matériau de chaque plan de faille (module de cisaillement ou de Coulomb). Pour chacune de ces sources, nous déterminons le cas le plus extrême en ce qui concerne la génération d'un tsunami pouvant affecter l'île d'Hispaniola, dénommé «Tsunami Maximum

Probable» (TMP), en sélectionnant judicieusement les divers paramètres de la méthode d'Okada au sein de leur intervalle de variation acceptable et réaliste connu de par l'état de l'art. Les paramètres retenus de la méthode d'Okada pour définir le TMP de la faille NHTF sont présentés dans le tableau suivant.

Site	Facette SIFT	Prof. (km)	Strike (deg.)	Dip (deg.)	Long. (km)	Larg. (km)	Rake (deg.)	Slip (m)
Cap Haïtien	B56	5	102.64	20	100	50	90	15.76
Puerto Plata	B58	5	84.34	20	100	50	90	15.76

Tableau 1. Paramètres retenus de la méthode d'Okada pour la faille NHTF définissant le TMP sur les deux sites d'étude.

Cette notion de TMP est essentielle pour l'évaluation du risque tsunami sur les sites considérés. Si la probabilité de retour de cet évènement en particulier est souvent impossible à déterminer, il possède cependant l'avantage de fournir l'information du risque maximum dans une gamme probable d'incertitude. Une fois la détermination du PMT par source, les scénarios retenus pour l'analyse de risque sont le/les tsunamis présentant la vague principale la plus importante. Dans le cas de Cap Haïtien, le tsunami provoqué par la faille proche NHTF est le scénario dimensionnant avec 12 m d'élévation maximale (figure 2). Même le cas de l'effondrement maximal du volcan Cumbre Vieja représente un enjeu moindre (élévation maximale de 8 m). Il est à noter que les conclusions sont différentes pour le cas de Puerto Plata. Si le scénario principal retenu est le tsunami issu de la faille NHTF (élévation maximale 8 m), le scénario extrême de Cumbre Vieja présente une élévation maximale de 20 m et son impact a été étudié dans le principe de définir un scénario extrême pour la gestion de crise.

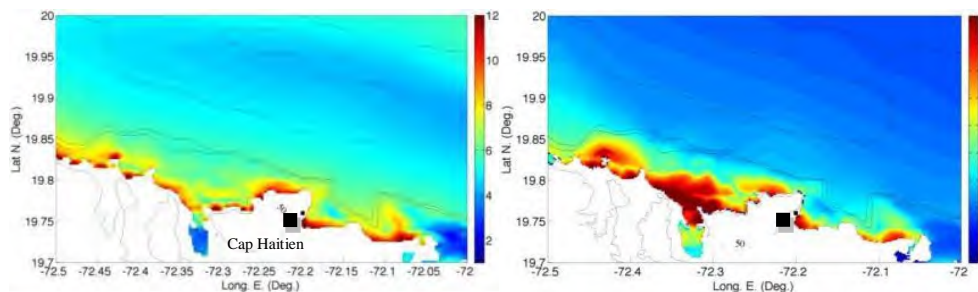


Figure 2. Enveloppe des élévations maximales de surface libre (échelle des couleurs en mètre) calculée pour la source NHTF à gauche et CVV à droite sur la région côtière entourant Cap Haïtien.

3.1. Propagation terrestre des tsunamis

Le modèle utilisé pour simuler la propagation proche de la côte et à terre des tsunamis est le code européen TELEMAC [HER 07], qui est un système de modélisation aux éléments finis développé par un consortium de partenaires Européens dirigé par EDF-R&D. Ce code est un logiciel dédié aux problèmes environnementaux de la mécanique des fluides.

Le module TELEMAC-2D résout les équations régissant la dynamique des écoulements à surface libre (équations de St Venant, non-dispersives). Par conséquent, l'évolution temporelle de la hauteur d'eau et des courants horizontaux est calculée à n'importe quel point de la zone d'étude. Dans ce dernier cas, le calcul reproduit à la fois la direction et l'intensité (le courant est moyenné sur la profondeur de l'eau). Le modèle TELEMAC utilise une méthode d'éléments finis sur des maillages triangulaires irréguliers. L'avantage d'utiliser une technique d'éléments finis est sa capacité à représenter des maillages non structurés et, par conséquent, la résolution terrain amende (bathymétrie, côte, les infrastructures portuaires, les villes et les bâtiments, ...).

La tenue possible du bâti et des infrastructures dans le cadre de l'impact d'un tsunami reste une incertitude aujourd'hui. Par ailleurs, sur certains quartiers de Cap Haïtien, vu l'état de nombreux bâtiments, ils ne résisteraient probablement pas à une submersion importante. La littérature montre dans le cas de certains tsunamis que la prise en compte des bâtiments dans la modélisation de la propagation des tsunamis à terre est un élément important vis-à-vis des observations, mais ces évaluations sont faites pour des tsunamis de faible et moyenne ampleur où, en général, les bâtiments ont résistés (Sri Lanka, 2004 [PED 14]; Antibes 1977 [LER 14]). Les observations sur le tsunami du Japon montrent que cette assertion peut être inexacte au moins sur certains secteurs (figure 3). Si les bâtiments sont effacés comme au Japon, la propagation du tsunami à l'intérieur des terres est plus importante. Si les bâtiments résistent, la propagation intérieure est moins importante mais la hauteur d'eau dans la partie urbaine est plus importante et les vitesses dans les rues aussi; le tsunami présente

alors un risque supérieur localement. Hydrauliquement, les bâtiments créent à la fois une perte de charge augmentant les niveaux d'eau mais aussi une réflexion de l'onde vers le large, diminuant le volume total pénétrant sur les terres et donc la capacité de propagation.



Figure 3. Tsunami du Japon 2011. Exemple de bâtis emportés et de quartiers dévastés (En haut à gauche, centre-ville de Natori ; à droite, après nettoyage de Minami Sanriku).

Dans un cadre d'évaluation du risque sur un site n'ayant pas connu un tel retour d'expérience, il est nécessaire de prendre en compte cette incertitude de manière simplifiée, dans un objectif de décrire le risque maximal potentiel. Pour cela une méthodologie nouvelle est évaluée pour la détermination des aléas qui consiste à maximiser l'analyse de risque localement en modélisant les deux extrêmes, c'est-à-dire à la fois la vague sur un terrain sans bâtiment mais encombrés de débris (frottement augmenté) et d'autre part en considérant les bâtiments comme totalement résistants. L'aléa se définit alors comme l'enveloppe maximisant la hauteur d'eau et les vitesses de ces deux résultats. La figure 4 montre un zoom des deux modèles (avec et sans bâtiments) sur le centre-ville de Cap Haïtien.

Le modèle de propagation à terre est alors interfacé à ces limites avec les résultats du modèle FUNWAVE-TVD. La compatibilité des deux modèles a été assurée notamment par la prise en compte de la même bathymétrie établie à partir des données les plus fiables collectées autour du site d'étude. L'aléa est ensuite déterminé en modélisant la propagation à terre des scénarios TMP choisis selon la méthode décrite précédemment.

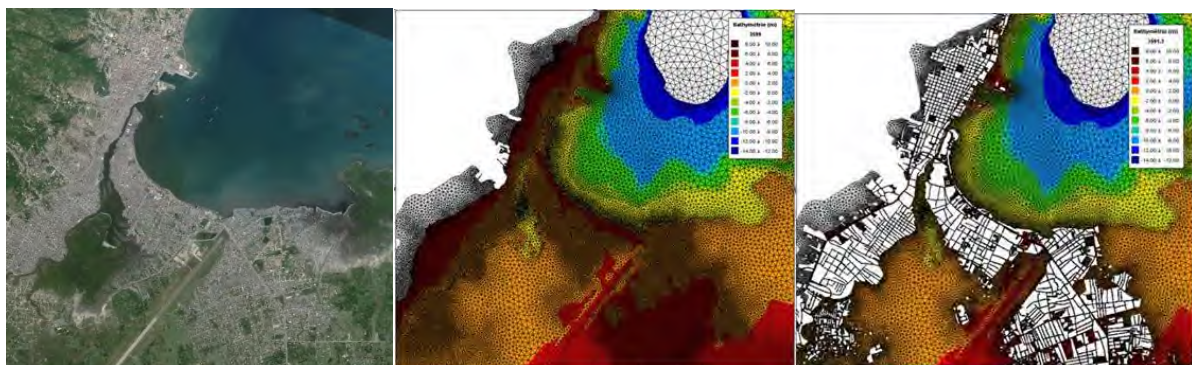


Figure 4. Centre-ville de Cap Haïtien. Vue satellitaire à gauche, modèle numérique de terrain pour le système TELEMAC (maillage et topographie-bathymétrie) sans (milieu) et avec (droite) prise en compte des bâtiments. Dans les deux cas la maille la plus fine est de 10m environ.

3.2. Cartographie des aléas.

La cartographie de référence des aléas est établie pour le cas de Cap Haïtien, sur la base du scénario de la source NHTF en hauteur d'eau et vitesse maximales (figure 5).

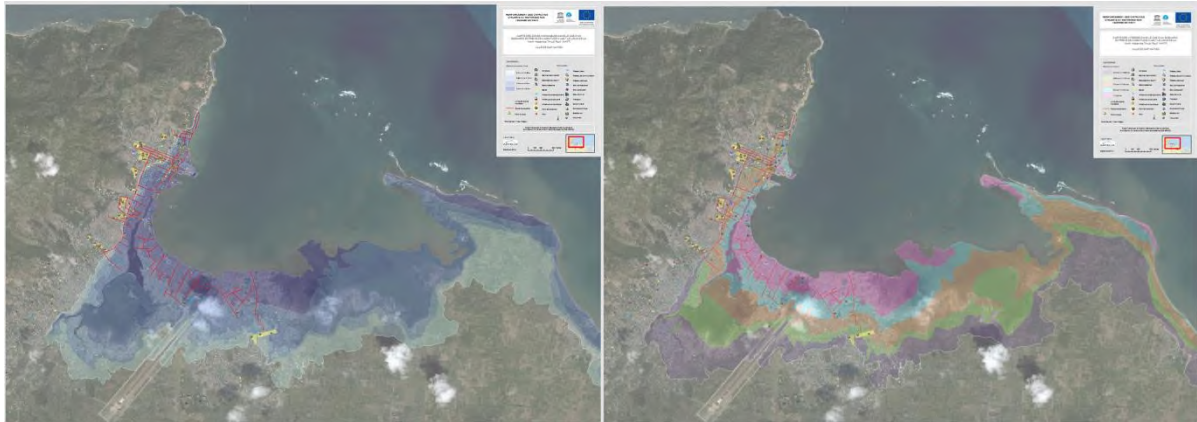


Figure 5. Cap Haïtien - Scénario NHTF - Cartographie des Hauteurs d'eau potentielles maximales à Gauche et des Vitesses potentielles maximales à droite.

La propagation du tsunami depuis la source à terre est très rapide (10 minutes environ). A terre sa propagation est plus lente parcourant le premier kilomètre de terre en 10 minutes puis s'étalant progressivement en perdant de l'énergie comme le montre le graphique de la figure 6. Les points de sonde sont répartis selon un axe traversant le sud de la ville et sont espacés d'un kilomètre.

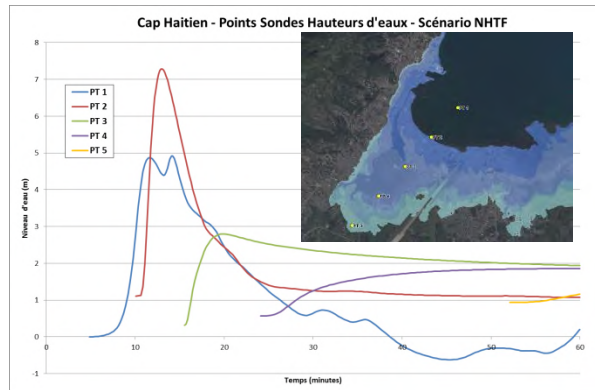


Figure 6. Vulnérabilité de Cap Haïtien - Scénario NHTF – Courbes temporelles de la vague décrivant sa propagation dans les terres pendant une heure.

Les enjeux urbains ont été établis sur la base d'un ensemble de données collectées : La densité de population n'est connue qu'à l'échelle de l'agglomération selon le recensement de 2012 (Institut Haïtien de Statistique). Ces données sont complétées en proportionnalité par la caractérisation de la population de la ville sur la base du recensement de 2003, notamment en termes de genre, âge et de personnes à mobilité réduite. Pour évaluer la vulnérabilité de la population, nous avons utilisé une méthode simplifiée qui pourra être améliorée ultérieurement en fonction des données disponibles. La population exposée est ainsi évaluée proportionnellement à la surface de l'habitat touché par le tsunami, sans tenir compte de la hauteur des bâtiments (figure 7).

Habitants concernés par le risque inondation			Scénario NHTF	
Hauteur d'eau (m)		Scenario NHTF	H<0,5m	H>0,5m
Minimum	Maximum			
0	0,5	17390	2820	18450
0,5	1	22500	850	5590
1	2	21740	300	1940
2	5	65430	560	3640
5	+	4200		
Total		131260		

Figure 7. Vulnérabilité de Cap Haïtien - Scénario NHTF – Evaluation de la vulnérabilité de la population selon la hauteur d'eau considéré et par typologie d'habitants.

En synthèse, le tsunami issu de la faille nord d'Hispaniola NHTF peut concerner plus de 130 000 personnes au total dont près de 20 000 personnes sensibles et en zone de danger (hauteur d'eau supérieure à 50 cm) (figure 7).

Les enjeux ponctuels sont collectés auprès des institutions nationales et de l'UNESCO, et complétés par recoupement d'informations externes (web, visite de terrain, ...). Les éléments suivants ont été ainsi recensés sous forme de base de données géographique : Bâtiments (Bâtiment Administratif, Eglise, Etablissement sportif, Monument, Service Hospitalier, Service éducatif, Zone économique, Station essence), Infrastructures (Aéroportuaires, Portuaires, Touristiques, Pont, Réseau de communication, Réseau d'eau, Réseau électrique, Transport, Routes), Structures de gestion de crise (Zone Militaire, Point de ralliement, Sécurité civile, routes d'évacuations, signalisation) et quelques autres sites comme les Cimetières et Espaces Vert. Un extrait de la base de données géographique des enjeux ponctuels est présenté sur la figure 8.

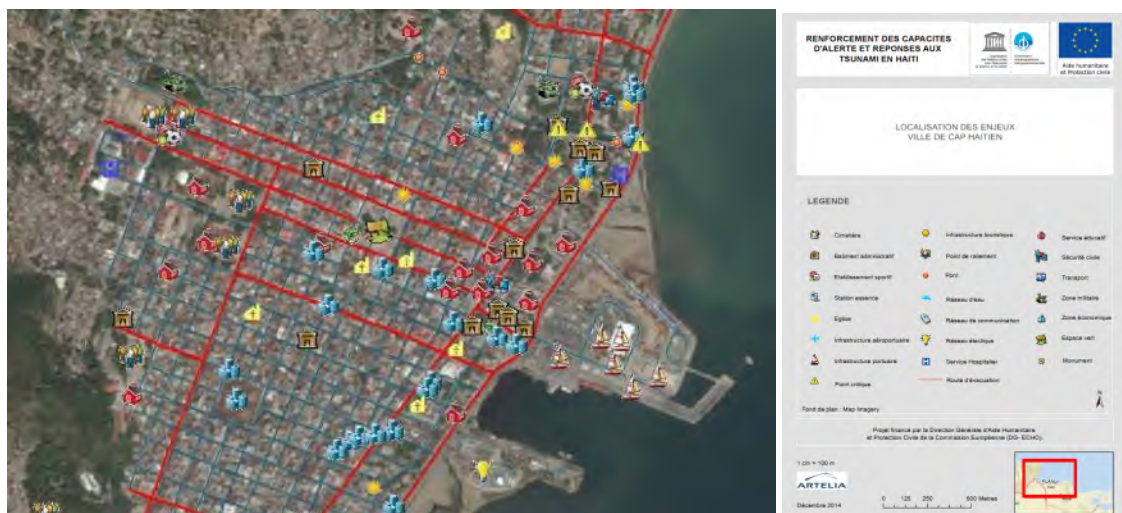


Figure 8. Détail issu de la base de données géographiques des enjeux ponctuels et infrastructures sur Cap Haïtien et légende.

Cette base de données est croisée avec l'aléa pour définir l'exposition des infrastructures sans pouvoir préciser à ce stade leur degré de détérioration. En synthèse, on note les structures particulièrement exposées suivantes : les bâtiments de l'aéroport et des ports, la centrale électrique, plusieurs bâtiments de la sécurité civile et des zones militaires, quelques points de ralliement qui devront être redéfinis ; de nombreuses écoles et services hospitaliers, la majorité des ponts et la plupart des enjeux économiques.

Au vu des résultats, la situation sur Cap Haïtien est délicate. Le risque majeur de tsunami vient d'une source proche, la faille NHTF. Cette source peut induire un tsunami de 12 m arrivant en 10 minutes, temps souvent couvert par les secousses successives du tremblement de terre. L'UNESCO et les autorités locales travaillent à minimiser le risque ou au moins ses conséquences. Au-delà des mesures en cours d'élaboration (système d'alerte, document de procédures opérationnelles sur les alertes, schémas et signalisation d'évacuation, exercices d'évacuations, éducation ...), ce travail permet de préciser la fiabilité et les besoins d'adaptation de ces mesures de manière sectorielle, notamment en termes de point de ralliement, de routes et chemins préférentiels d'évacuation, et de signalisation de ces chemins. Ces résultats montrent d'autre part que sur de nombreux secteurs, notamment côtiers, l'identification, l'adaptation voire la création, de points hauts sur des bâtiments résistants, afin de procéder à une évacuation verticale, est la seule solution pour une partie de la population comme l'a montré le retour d'expérience du Tsunami du Japon de 2011 [JMA 13]. Ces mesures restent cependant difficiles à mettre en place aujourd'hui au vu de la situation actuelle du pays.

L'étude des différentes sources de risques tsunami a permis de mettre en avant essentiellement une source majeure présentant des risques importants pour Cap Haïtien : La faille du Nord d'Hispaniola (NHTF). Celle-ci peut provoquer un grand tsunami avec des vagues de 9 à 12 m d'élévation, et des délais d'alerte très courts (quelques minutes). Des modélisations détaillées de la propagation des tsunamis à la côte, puis des modélisations détaillées de la propagation à terre, avec ou sans prise en compte des bâtiments, ont permis d'établir des cartes d'aléa tsunami pour ce scénario NHTF. Ces cartes sont croisées avec les enjeux pour déterminer les populations et les infrastructures concernées par le risque.

L'analyse des résultats montre la difficulté de gestion de ce type d'évènement et l'inadaptation des modes de gestion actuels, pour autant en constante amélioration. Un ensemble de mesures liant la configuration du site et de l'évènement est préconisée. L'action prioritaire est de compléter les documents de procédures opérationnelles sur les alertes en cours d'élaboration par les autorités, à travers l'optimisation des chemins d'évacuation et des points de rassemblement, incluant la détermination de points de rassemblement verticaux fiables existants, et la création d'une signalétique adaptée, conduisant à terme à un véritable plan de gestion de crise. D'autre part, il faut poursuivre des actions complémentaires sur l'éducation et l'entraînement de la population et des personnels de sécurité civile. A terme, il est fortement recommandé de réaliser de nouvelles mesures de sauvegarde par la construction de refuges verticaux dans des secteurs sensibles, isolés de chemins d'évacuation, généralement près de la côte, et en particulier sur les secteurs à l'Est de la rivière Mapou, y compris la préconisation de mesures d'urbanisme pour inclure cette fonctionnalité aux nouveaux bâtiments sensibles (scolaires, hospitaliers, sécurité civile, et si possible administratifs).

Ce travail a été réalisé avec le soutien de la Commission Océanographique Intergouvernementale de l'UNESCO, Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, et le Bureau d'Aide Humanitaire de l'Union Européenne (ECHO).

- [ABA 10] ABADIE, S., MORICHON, D., GRILLI, S.T. AND GLOCKNER, S., « Numerical simulation of waves generated by landslides using a multiple-fluid Navier-Stokes model », *Coastal Engineering*, n°57, 2010, p.779-794.
- [ABA 12] ABADIE, S., J.C. HARRIS, S.T. GRILLI AND R. FABRE 2012. « Numerical modeling of tsunami waves generated by the flank collapse of the Cumbre Vieja Volcano (La Palma, Canary Islands): tsunami source and near field effects », *J. Geophys. Res.*, N°117, 2012.
- [GRI 10] GRILLI, S.T. DUBOSQ, S., POPHET, N., PÉRIGNON, Y., KIRBY, J.T. AND SHI, F., « Numerical simulation and first-order hazard analysis of large co-seismic tsunamis generated in the Puerto Rico trench: near-field impact on the North shore of Puerto Rico and far-field impact on the US East Coast », *Natural Hazards and Earth System Sciences*, N°10.
- [GRI 13a] GRILLI A.R. AND GRILLI S.T., « Modeling of tsunami generation, propagation and regional impact along the U.S. East Coast from the Azores Convergence Zone », *Research Report no. CACR-13-04. NTHMP Award.*
- [GRI 13b] GRILLI A.R. AND GRILLI S.T., « Modeling of tsunami generation, propagation and regional impact along the upper U.S East coast from the Puerto Rico trench », *Research Report no. CACR-13-02. NTHMP Award.*
- [GRI 15] GRILLI, A. R., GRILLI S. T. AND DAVID, E., « Modeling of tsunami propagation in the Atlantic Ocean Basin for tsunami hazard assessment along the North Shore of Hispaniola », *International Society of Offshore & Polar Engineers - ISOPE 2015 Kona Hawaii conference.*, to be published.
- [HAR 12] HARRIS, J.C., GRILLI, S.T., ABADIE, S., AND TAJALIBAKHSH, T. « Near- and far-field tsunami hazard from the potential flank collapse of the Cumbre Vieja Volcano », In *Proc. 22nd Offshore and Polar Eng. Conf. ISOPE12, Ro-dos, Greece, June 17-22, 2012*, Intl. Society of Offshore and Polar Eng., p. 242-249.
- [HER 07] HERVOUET, J.M. . « *Hydrodynamics of Free Surface Flows: Modelling with the Finite Element Method* », Wiley Edition, April 2007, 360p.
- [JMA 13] Japan Meteorological Agency . « *Lessons learned from the tsunami disaster caused by the 2011 Great East Japan Earthquake and improvements in JMA's tsunami warning system* », Oct 2013, JMA Internal Report.
- [LER 14] LEROY, S, PEDREROS, MONFORT-CLIMENT, D. ET TERRIER, M., « *Simulations numériques de tsunamis sur la côte méditerranéenne française : le cas d'Antibes, Colloque Grands Transitoires Hydrauliques* », *Modélisation opérationnelle des grands transitoires hydrauliques*, Juin 2014, Sophia-Antipolis. Société Hydrotechnique de France (SHF), 44p.
- [OKA 85] OKADA Y. « *Surface deformation due to shear and tensile faults in a half space* », *Bulletin of the Seismological Society of America*, N° 75(4), p.1135–1154.
- [PED 14] PEDREROS R. LEROY, S. , LECACHEUX, S. , TERRIER, M. , GARCIN, M. , PARIS, F. , BULTEAU, T. , NICOLAE LERMA, A. ET LEMOINE A. , « *Des phénomènes sources à la submersion en milieu urbain* », *CFGI*, Paris, 06 Fev 2014.
- [SHI 12] SHI, F., KIRBY J.T., HARRIS J.C., GEIMAN J.D. AND GRILLI S.T.. « *A High- Order Adaptive Time-Stepping TVD Solver for Boussinesq Modeling of Breaking Waves and Coastal Inundation* », *Ocean Modelling*, p. 43-44.
- [UNE 13] UNESCO, *Earthquake and Tsunami Hazard in Northern Haiti: Historical Events and Potential Sources. Meeting of Experts, Port-au-Prince, Haiti 10–11 July 2013, Workshop Report No. 255, 32 pp.*