

Ondes de tempête



Les ondes de tempête peuvent survenir sur des rivages marins ou lacustres, et peuvent causer des inondations côtières importantes. On définit une onde de tempête comme étant la différence entre une marée prévue (ou, dans le cas d'un lac, le niveau habituel de ce dernier) et le niveau mesuré des hautes eaux. On appelle aussi la marée prévue une marée astronomique, parce qu'elle est causée, notamment, par les mouvements relatifs du Soleil, de la Lune et de la Terre. Le niveau d'eau mesuré à l'aide d'un marégraphe comprend tant la marée astronomique (ou le niveau du lac) que les incidences météorologiques sur le niveau d'eau, comme la vitesse et la direction du vent, ainsi que la pression atmosphérique. On dit qu'une onde de tempête se produit lorsque le niveau d'eau dépasse celui de la marée prévue ou le niveau prévu du lac. Comme son appellation le laisse entendre, une onde de tempête se produit durant une tempête lorsque de forts vents soufflent du large, poussant l'eau contre la côte. Un autre facteur entre en ligne de compte dans le cas d'une onde de tempête : la faible pression atmosphérique durant une tempête élève davantage le niveau d'eau sur la côte. La pente du fond marin près de la côte influence également la hauteur qu'une onde de tempête peut atteindre localement (une onde de tempête est plus élevée, par exemple, sur une côte faiblement inclinée que sur une côte escarpée).

Une onde de tempête peut se produire à n'importe quel stade de la marée, mais est la plus dommageable lorsqu'elle survient à marée haute. Une onde de tempête se produisant à marée haute peut provoquer une inondation susceptible de s'étendre loin à l'intérieur des terres, ce qui risque de couper les routes d'accès aux localités et aux services d'urgence et d'entraîner la pollution de sources d'eau potable et même des décès. Les zones de faible altitude sont les plus sujettes aux inondations. Les hautes vagues qui ont également tendance à se produire durant les ondes de tempête peuvent entraîner une forte érosion et de graves dommages à des structures situées sur la rive des lacs ou le littoral marin, comme les quais et les maisons. Elles peuvent causer encore plus de dommages s'il y a de la glace : la glace poussée du large par les vagues et à des niveaux d'eau anormalement élevés présente un risque important le long d'une bonne partie des rives et des littoraux marins du Canada.

Les rivages océaniques du Canada mesurent environ 243 000 kilomètres de longueur et incluent les côtes du Pacifique, de l'Atlantique et de l'Arctique. Ce total ne comprend pas les rives de grands lacs canadiens, comme les Grands Lacs eux-mêmes et le lac Winnipeg, de très longues lignes de rivage. On sait que les ondes de tempête se produisent sur les quatre côtes susmentionnées, mais, dans la plupart des régions, on ne connaît pas de manière détaillée les risques d'ondes de tempête.

Les répercussions de l'élévation du niveau de la mer sont l'un des problèmes qui touchent différemment les localités et qu'il est important d'intégrer à la planification de la gestion des risques d'ondes de tempête au niveau local. Beaucoup de localités côtières au Canada sont actuellement confrontées à l'élévation du niveau de la mer; la possibilité d'une élévation accélérée du niveau de la mer est, en outre, l'une des conséquences du changement climatique. Cela a de l'importance pour la gestion des ondes de tempête, parce que sur une période de planification de 50 ans, par exemple, les ondes de tempête entraîneront des niveaux d'eau plus élevés et provoqueront des inondations plus graves. Le futur taux d'élévation du niveau de la mer différera d'une localité à une autre, parce qu'il dépendra des taux d'affaissement ou de soulèvement des étendues émergées. Dans les zones qui s'affaissent, l'élévation du niveau de la mer pourrait atteindre jusqu'à 70 centimètres au cours des 100 prochaines années.

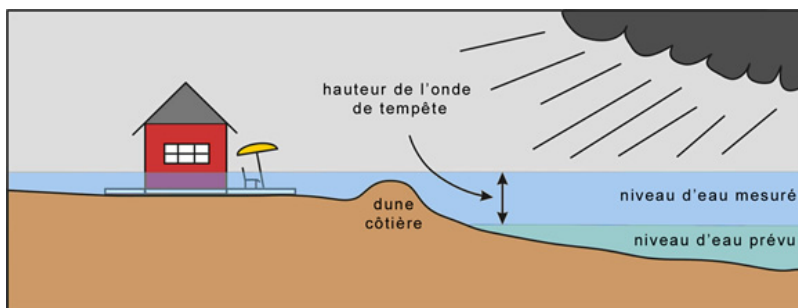


Figure 1 : Hauteur d'une onde de tempête durant un épisode de vents soufflant du large lorsque les niveaux d'eau mesurés sont plus élevés que prévu. Dans cette figure, l'onde de tempête élève le niveau d'eau prévu à une hauteur suffisante pour dépasser le sommet d'une petite dune côtière et provoquer une inondation, ce qui a des répercussions pour une habitation située à l'intérieur des terres. La figure ne montre pas ce qui se produit lorsqu'une onde de tempête se surimposerait au niveau de hautes eaux, ce qui causerait des dommages additionnels à l'habitation ainsi qu'à la petite dune côtière de protection.

Source : Commission géologique du Canada

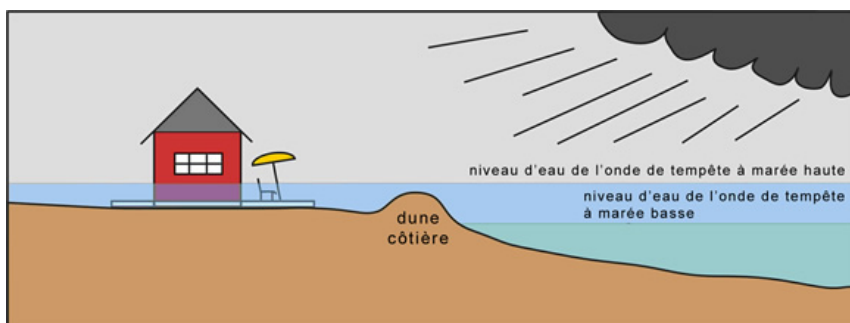


Figure 2 : La marée détermine dans une mesure importante l'ampleur que peut atteindre une inondation durant une onde de tempête. Cette figure montre une onde de tempête qui ne dépasserait pas le sommet de la dune à marée basse, de telle sorte qu'il ne se produirait pas d'inondation, et la même onde de tempête à marée haute, qui entraînerait une inondation et des dommages importants à une habitation située dans les terres.

Source : Commission géologique du Canada

Tableau 1. Répercussions des ondes de tempête

Date	Emplacement	Données financières et sur les décès
Octobre 2003	Halifax et d'autres régions de la Nouvelle-Écosse et de l'Île-du-Prince-Édouard	200 millions de dollars (avaries/dommages principalement dus aux vents)
Janvier 2000	Surtout à Charlottetown (Voir l'étude de cas ci-dessous.)	20 millions de dollars
Septembre 1985	Long Point, lac Érié	40 chalets détruits
Octobre 1983	Cape Breton	2,7 millions de dollars, 36 bateaux détruits
Décembre 1982	Vancouver et Victoria	Dommages matériels
Septembre 1970	Delta du Mackenzie – Tuktoyaktuk (Voir l'étude de cas ci-dessous.)	2 victimes
Décembre 1951	Terre-Neuve (côte sud)	600 personnes évacuées
Octobre 1869	Baie de Fundy	30 victimes (estimation)

Sources : Tempêtes choisies à partir du site Web de Sécurité publique Canada, décrites par des résidents locaux ou tirées de publications scientifiques

Études de cas

Tuktoyaktuk

Le 14 septembre 1970, une violente tempête se dirigeant vers l'est et ayant pénétré dans la mer de Beaufort a produit une onde de tempête qui a touché la côte du Yukon, le delta du Mackenzie et le hameau côtier de Tuktoyaktuk, dans les Territoires du Nord-Ouest. Cette tempête a engendré des vents du nord-ouest dont

les vitesses atteignaient jusqu'à 92 kilomètres heure et soulevé des vagues d'une hauteur atteignant jusqu'à 4,2 mètres. Comme le marégraphe de Tuktoyaktuk ne fonctionnait pas à ce moment-là, on ignore la hauteur exacte de l'onde de tempête. On estime d'après des lignes du bois échoué sur les grèves que le niveau de l'eau a atteint 2,4 mètres au-dessus du zéro des cartes (au Canada, on définit le zéro des cartes comme étant le niveau de basse mer inférieure atteint durant de grandes marées, essentiellement le niveau de l'eau durant de très faibles marées). Cette tempête a entraîné le niveau de hautes eaux le plus élevé jamais enregistré à Tuktoyaktuk.

C'est un événement important, parce qu'il a en partie causé le décès de deux techniciens qui effectuaient des travaux d'entretien sur une installation d'aide à la navigation située à l'île Tent, dans le delta du Mackenzie. L'onde de tempête a recouvert toute l'île, qui s'élève à moins de 1 mètre au-dessus du niveau de l'eau, ce qui a obligé les techniciens arpenteurs à grimper à une tour d'aide à la navigation, dans laquelle ils ont succombé à l'hypothermie.

Le niveau de la mer s'élève actuellement à Tuktoyaktuk de 3,5 millimètres par année. Des modèles climatiques laissent supposer une accélération du taux d'élévation du niveau de la mer, ce qui pourrait entraîner l'élévation de 0,31 mètre d'ici à 2050 et de 0,76 mètre d'ici à 2100. L'ajout de ces valeurs au niveau de l'eau atteint durant la tempête de 1970 indique que, si une tempête comme celle de 1970 survenait en 2050 et en 2100, il se produirait une inondation atteignant respectivement jusqu'à 2,7 mètres et 3,2 mètres au-dessus du zéro des cartes. La période de récurrence du niveau de l'eau de 2,4 mètres atteint en 1970 est d'environ 30 ans. D'ici à 2100, une inondation atteignant jusqu'à 2,4 mètres au-dessus du zéro des cartes devrait se produire chaque année.



Figure 3 : Bois de grève déposé bien au-delà du niveau de la mer dans le lit d'un lac près de Tuktoyaktuk durant l'onde de tempête de 1970

Source : Photographie de Gavin Manson, Commission géologique du Canada



Figure 4 : Tuktoyaktuk durant une tempête d'intensité modérée accompagnée d'une petite onde de tempête

Source : Photographie de Gavin Manson, Commission géologique du Canada

Charlottetown

Le 21 janvier 2000, une tempête de forte intensité remontant en direction nord la côte est des États-Unis est passée sur l'Île-du-Prince-Édouard, à environ 55 kilomètres à l'est de Charlottetown. Les vitesses des vents de nord-est dans le sud du golfe du Saint-Laurent ont dépassé 70 kilomètres heure et une onde de tempête de 1,36 mètre de hauteur a coïncidé avec la marée haute pour entraîner à Charlottetown un nouveau niveau d'eau record de 4,23 mètres au-dessus du zéro des cartes.

D'importants dommages dus aux inondations se sont produits à Charlottetown et dans d'autres localités de l'Île-du-Prince-Édouard. Les infrastructures endommagées durant l'onde de tempête survenue à Charlottetown comprenaient des quais bordant le port, une centrale électrique, un phare, ainsi qu'un grand nombre de postes d'essence et de propriétés municipales et privées. Environ 460 propriétés, d'une valeur évaluée globalement à 1,7 million de dollars, ont été ou ont failli être inondées. On a estimé les dommages pour toutes les zones touchées par cette onde de tempête à 20 millions de dollars.

Le niveau de la mer à Charlottetown s'élève à raison de 3,2 millimètres par année. Lorsqu'on tient compte des prévisions associées au changement climatique, on constate que l'élévation du niveau de la mer devrait atteindre 0,7 mètre d'ici à 2100, ce qui porterait le niveau de l'inondation attribuable à la tempête de 2000 à 4,93 mètres au-dessus du zéro des cartes. Un tel scénario d'onde de tempête ferait

grimper à 685 le nombre de propriétés qui risqueraient d'être inondées et l'évaluation de leur valeur à 2,02 millions de dollars.

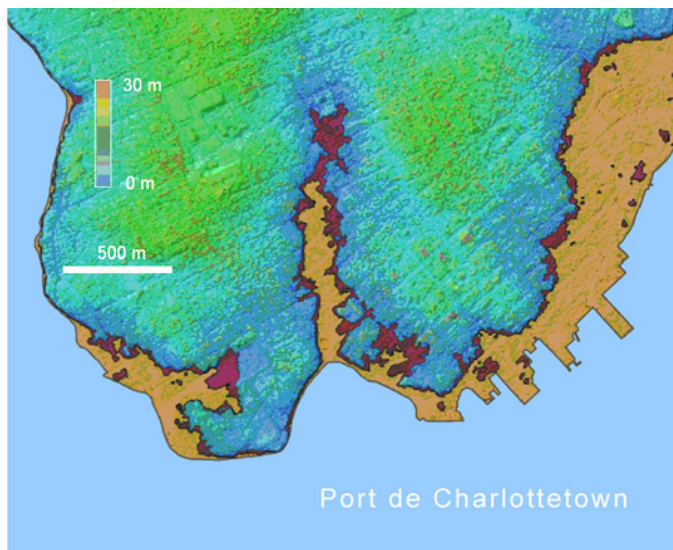


Figure 5 : Modèle numérique d'altitude de Charlottetown. Ce modèle altimétrique numérique de Charlottetown montre une inondation durant la tempête de janvier 2000 (en orange) et une projection d'une inondation additionnelle si la même tempête se produisait en 2100 après une élévation du niveau de la mer de 0,7 mètre (en rouge). Le bleu clair représente le niveau actuel de la mer et la limite des quais de Charlottetown.

Source : Commission géologique du Canada



Figure 6 : Dommages à un phare situé dans le port de Charlottetown. L'onde de tempête a élevé le niveau d'eau au-dessus de la fondation du phare; le vent, en plus, a entraîné de la glace de mer à travers la partie inférieure du mur en bois et déplacé toute la structure de sa fondation. On peut voir une nappe de glace sortant du mur.

Source : Photographie de Gavin Manson, Commission géologique du Canada

Atténuation/vulnérabilité

Lorsqu'une tempête s'approchant de la côte risque de soulever une onde de tempête, le Service météorologique du Canada diffuse un avertissement par le Web, par ses services téléphoniques et de Radiométéo et aussi habituellement par les bulletins de nouvelles locales et de prévisions météorologiques. Dans les cas extrêmes, ces avertissements peuvent être accompagnés de recommandations d'organismes locaux de mesures d'urgence quant à l'évacuation des zones de faible altitude. Protégez votre famille en surveillant les tempêtes qui approchent et les avertissements d'ondes de tempête. Sachez si vous vivez dans une zone sujette aux ondes de tempête. Établissez-vous un plan pour reprendre contact avec les membres de votre famille en cas d'évacuation et renseignez-vous sur les itinéraires qui vous permettront d'évacuer sans danger le lieu où vous vous trouverez. Prévoyez une trousse de sécurité renfermant des aliments, de l'eau douce, une lampe de poche, des fournitures de premiers soins et une radio alimentée par pile (ainsi que des piles supplémentaires). Il y a sur le site Web de Sécurité publique Canada « Votre famille est-elle prête? » (<http://www.preparez-vous.gc.ca/index-fra.aspx>) d'excellents conseils sur ce qu'il faut inclure aussi bien dans un plan de mesures d'urgence que

dans une trousse d'urgence. Vous pouvez faire bon usage de tout cela en cas de catastrophe naturelle ou de situation d'urgence.

Au niveau communautaire, les planificateurs et les dirigeants municipaux peuvent se préparer à une onde de tempête en élaborant un plan de mesures d'urgence qui sera coordonné et appliqué durant un tel événement par une équipe dont les membres auront déjà été désignés. Au Canada, les organismes provinciaux de gestion des situations d'urgence peuvent aider à élaborer des plans de mesures d'urgence et à former du personnel d'intervention d'urgence en prévision de tels événements. Les planificateurs peuvent déterminer les zones d'une localité qui sont les plus vulnérables et si du personnel d'intervention d'urgence pourra atteindre ces zones durant une onde de tempête. La préparation de cartes de risques d'ondes de tempête et des exercices de simulation au niveau local peuvent être utiles pour les déterminer. Il est possible de prévenir en partie les dommages que risque d'entraîner une onde de tempête en renforçant ou en protégeant les infrastructures vitales, mais il faut tenir compte du coût de leur protection par rapport au coût de leur déplacement. Si une infrastructure était endommagée durant une onde de tempête, les planificateurs et les dirigeants municipaux devraient alors déterminer s'il faudra la reconstruire au même endroit ou dans une zone moins vulnérable. On devrait songer dans le cadre de la prise de telles décisions que, dans les zones où le niveau de la mer s'élève, la superficie des zones vulnérables qui risquent d'être inondées augmentera. Dans les zones qui ont été inondées par le passé, l'élévation du niveau de la mer entraînera également une augmentation de la hauteur de l'inondation et, par conséquent, des dommages causés.

Définition du terme souligné

Zéro des cartes : Niveau de référence des profondeurs indiquées sur les cartes marines, qui est également celui des hauteurs de marée prédites dans les annuaires des marées. Il est d'ordinaire choisi aussi voisin que possible d'un niveau bas de marée convenable, par exemple le niveau des plus basses mers. Dans les eaux sans marées, le zéro des cartes correspond approximativement aux basses eaux normales en période d'étiage et en considérant la période de navigation. (Source : Dictionnaire hydrographique de l'Organisation hydrographique internationale et Manuel canadien des marées du Service hydrographique du Canada, Pêche et Océans Canada)