

Conséquences des inondations de la rivière Richelieu en 2011 sur la survenue d'événements cardiovasculaires : une approche méthodologique innovante

SURVEILLANCE DES MALADIES CHRONIQUES

Numéro 16

PRINCIPAUX CONSTATS

+ Les inondations peuvent avoir une multitude de conséquences majeures sur la santé, mais pour bien les analyser, il serait utile de définir clairement les zones inondées.

La méthodologie présentée dans ce feuillet a permis de déterminer les pourcentages de surfaces inondées par code postal.

Au final, aucune différence significative dans les événements cardiovasculaires n'a été trouvée entre les zones inondées et les zones adjacentes.

Le petit nombre d'événements aigus observés dans la région inondée peut s'expliquer par le manque de puissance statistique à détecter les différences, mais d'autres hypothèses sont aussi discutées.

Introduction

Les inondations constituent les désastres naturels les plus communs partout dans le monde (Ahern et collab., 2005). Les changements climatiques aggraveront vraisemblablement cette situation en raison de l'augmentation du niveau des mers ainsi que de la fréquence, de l'intensité et du nombre d'épisodes de précipitations abondantes (GIEC et collab., 2014).

Les inondations peuvent avoir une multitude de conséquences majeures sur la santé, dont la propagation de maladies associées à l'insalubrité qui suit souvent les inondations et la détresse psychologique (Alderman et collab., 2012, Few et collab., 2004). Certaines publications font aussi état de l'augmentation de la mortalité ou de la morbidité liée aux maladies cardiovasculaires (MCV) lors d'ouragans (Jiao et collab., 2012) ou de tsunamis (Aoki et collab., 2012, Nakamura et collab., 2012). Toutefois, peu de choses sont connues sur la relation entre les inondations et les MCV. Une inondation pourrait augmenter la survenue d'événements cardiovasculaires aigus par le biais d'un stress physique inhabituel (ex. : déplacer des meubles ou des sacs de sable) chez des personnes à risque de MCV. De plus, le stress et l'anxiété associés à l'inondation et le bris de continuité des soins (ex. : arrêt de médication) peuvent occasionner de la morbidité/mortalité additive par rapport au niveau préinondation.

Le cas des inondations de la rivière Richelieu en 2011 sera utilisé pour évaluer les conséquences des inondations majeures sur la santé cardiovasculaire de la population locale. Ce feuillet propose une approche géomatique innovante pour identifier les territoires inondés et les populations touchées. Cette approche de surveillance pourra être réutilisée lorsque d'autres inondations majeures surviendront pour soutenir la prise de décision, à court ou long terme, tant pour les MCV que pour d'autres maladies chroniques pouvant être exacerbées par des sinistres similaires.

Méthodologie

Identification des événements cardiovasculaires

Les données du Système intégré de surveillance des maladies chroniques du Québec (SISMACQ) de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) (Blais et collab., 2014), constitué d'un jumelage de fichiers médico-administratifs dénominalisés, ont été utilisées pour identifier les événements cardiovasculaires aigus. Les diagnostics de MCV majeures et potentiellement mortelles¹ ont été considérés comme des épisodes aigus s'ils faisaient l'objet d'une consultation à l'urgence pour une MCV ou une hospitalisation avec une admission urgente avec un diagnostic principal de MCV. Malheureusement, le fichier des décès n'étant pas disponible pour les années d'intérêt au moment de l'analyse des données, la mortalité cardiovasculaire n'a pu être étudiée dans le cadre de ce projet.

Définition de la population à l'étude

Dans la présente étude, la population adulte (20 ans et plus) de la ville de Saint-Jean-sur-Richelieu, située en Montérégie (92 394 habitants lors du recensement de 2011), constituait à la fois la population exposée et la population contrôle, selon les quartiers de la résidence principale. Les territoires inondés ont été déterminés avec une approche géomatique innovante décrite aux pages suivantes. La Figure 1 présente les différentes zones à l'étude.

Chaque individu de la région a été attribué à une zone en se basant sur le code postal de leur résidence principale indiqué au fichier d'inscription des personnes assurées (FIPA) jumelé au SISMACQ. Les gens se trouvant dans la zone tampon de 200 mètres entre la zone inondée et les zones contrôles ont été exclus des analyses.

Figure 1 Illustration des zones à l'étude situées à Saint-Jean-sur-Richelieu



Légende : zone 1 inondée (violet), zone 2 non inondée en bordure de rivière (vert), zone 3 non inondée ailleurs en ville (beige). La zone orange constitue une zone tampon de 200 mètres entre la zone inondée et les zones contrôles, appelée zone 4 ci-après. La zone bleue est le lit normal de la rivière.

Analyses statistiques

Trois types de comparaisons ont été effectués pour vérifier le lien entre les inondations et la survenue d'événements cardiovasculaires aigus en utilisant la cohorte rétrospective :

- comparaison des taux d'événements cardiovasculaires aigus durant la période d'inondation (printemps 2011) par rapport aux périodes pré et post-inondation (printemps 2010 et 2012);
- comparaison des taux d'événements de MCV dans les zones inondées par rapport à celles non inondées adjacentes (groupe contrôle);
- comparaison du risque d'événements cardiovasculaires aigus chez les résidents de la zone inondée durant l'année financière 2011-2012, selon l'intensité de l'inondation.

¹ Maladies coronariennes : Codes de la Classification internationale des maladies (CIM) = 410-414 (CIM-9), I20-I25 (CIM-10), Insuffisance cardiaque : Codes = 428 (CIM-9), I50 (CIM-10).

Ces comparaisons ont été effectuées à l'aide d'une régression logistique afin de prendre en compte l'âge, le sexe et l'état de santé des individus au moment de l'exposition aux inondations. Le modèle statistique utilisé pour les comparaisons avec les périodes pré et post-inondation est une régression logistique multiple avec mesures répétées, à l'aide d'une méthode d'équations d'estimation généralisées afin de tenir compte de l'autocorrélation dans le temps. L'état de santé a été caractérisé à l'aide des données du SISMACQ selon la présence d'antécédents (depuis 1996) de MCV ou de facteurs de risque cardiovasculaire (diabète et hypertension), d'un antécédent de troubles mentaux dans l'année précédant le début de la période d'intérêt et le nombre de comorbidités, selon l'indice de D'Hoore (1996), dans l'année précédant le début de la période d'intérêt.

Approche géomatique innovante

Deux pièces maîtresses ont permis de réaliser le volet géomatique : les données d'élévation topographique de la région ainsi que les données de niveau d'eau de la rivière Richelieu. Les niveaux d'eau de la rivière provenaient des relevés hydrologiques du Gouvernement du Canada qui possède des postes de mesure pour plusieurs cours d'eau au pays, dont un directement à Saint-Jean-sur-Richelieu. Ces données sont disponibles gratuitement grâce à la base de données HYDAT qui contient l'information générée par le Programme hydrométrique fédéral (station 02OJ016, Environnement Canada). La base de données HYDAT fournit principalement des données de débit d'eau, mais aussi des valeurs quotidiennes de niveau d'eau, en temps réel, et en valeurs archivées depuis 1972 pour certaines stations. C'est le cas pour la station 02OJ016 de la rivière Richelieu. À titre d'information, on peut facilement observer l'amplitude de l'inondation du printemps 2011 en comparant les valeurs quotidiennes de niveau d'eau mesurées en 2010, 2011 et 2012 (figure 2).

Figure 2 Niveau d'eau de la rivière Richelieu enregistré à la station 02OJ016 située à la marina de Saint-Jean-sur-Richelieu en 2010 (orange), 2011 (bleu) et 2012 (gris)



Les données de niveau d'eau de la rivière Richelieu ont été jumelées à des relevés topographiques extrêmement précis de la région (figure 3a), grâce à des logiciels complémentaires d'hydrologie comme HEC-GEORAS (figure 3b), qui se programment à l'aide du logiciel de géomatique ArcGIS. Les relevés topographiques provenaient de la technologie de télédétection aéroportée LiDAR (Light Detection and Ranging) qui utilise un faisceau laser émis par un avion. Cette technologie offre des cartes topographiques très précises. Ces données ont été fournies par la cartothèque de l'Université de Sherbrooke.

Figure 3a Exemple de carte topographique générée par les relevés LiDAR sur laquelle des courbes de niveaux aux intervalles de 50 cm ont été profilées²



LiDAR : Light Detection and Ranging.

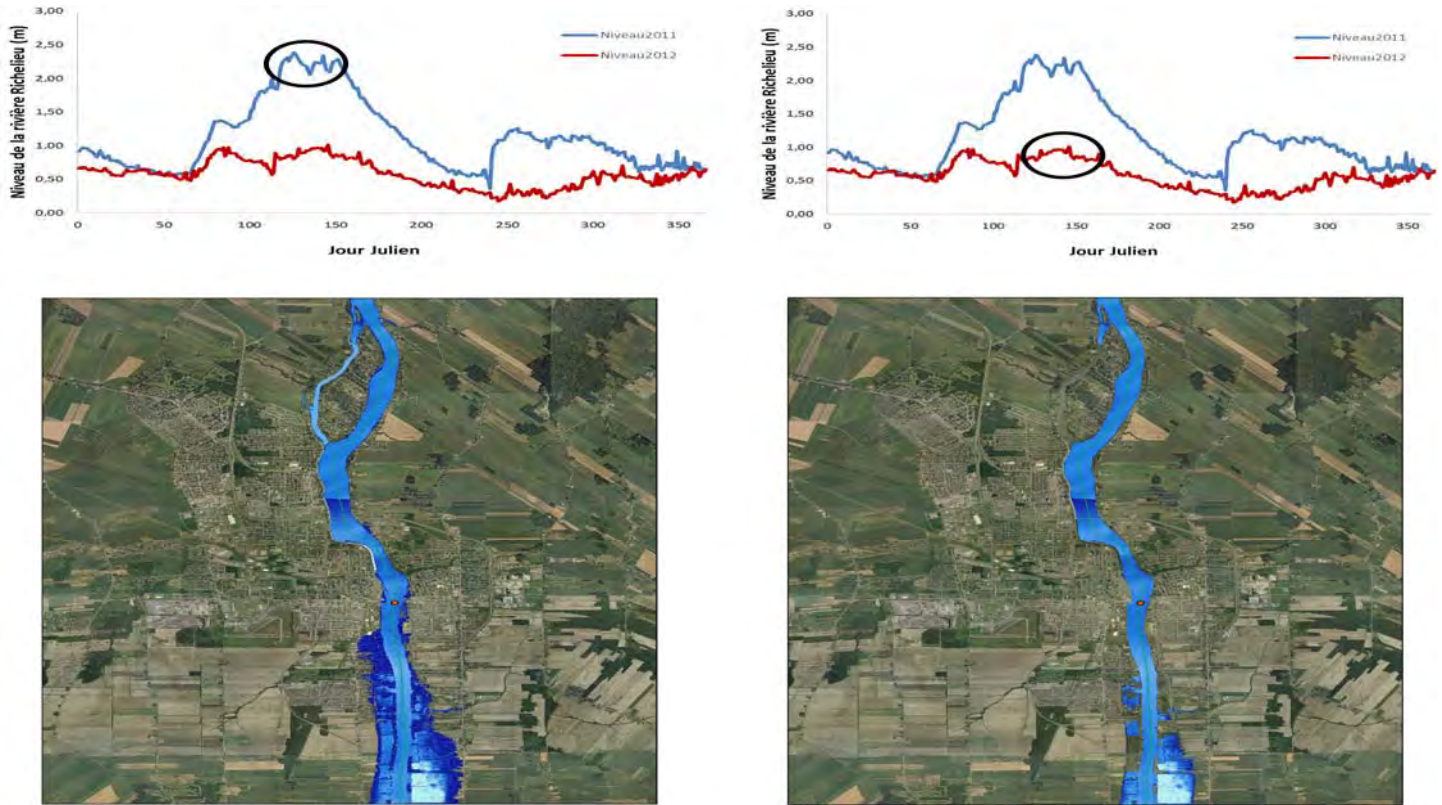
Figure 3b Exemple de modélisation de zones inondées grâce aux données LiDAR implémentées dans ArcGIS et le logiciel complémentaire HEC-GEORAS³



² <http://desktop.arcgis.com/fr/arcmap/10.3/manage-data/las-dataset/floodplain-modeling-using-lidar-in-arcgis.htm>.

³ <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-georas/downloads.aspx>.

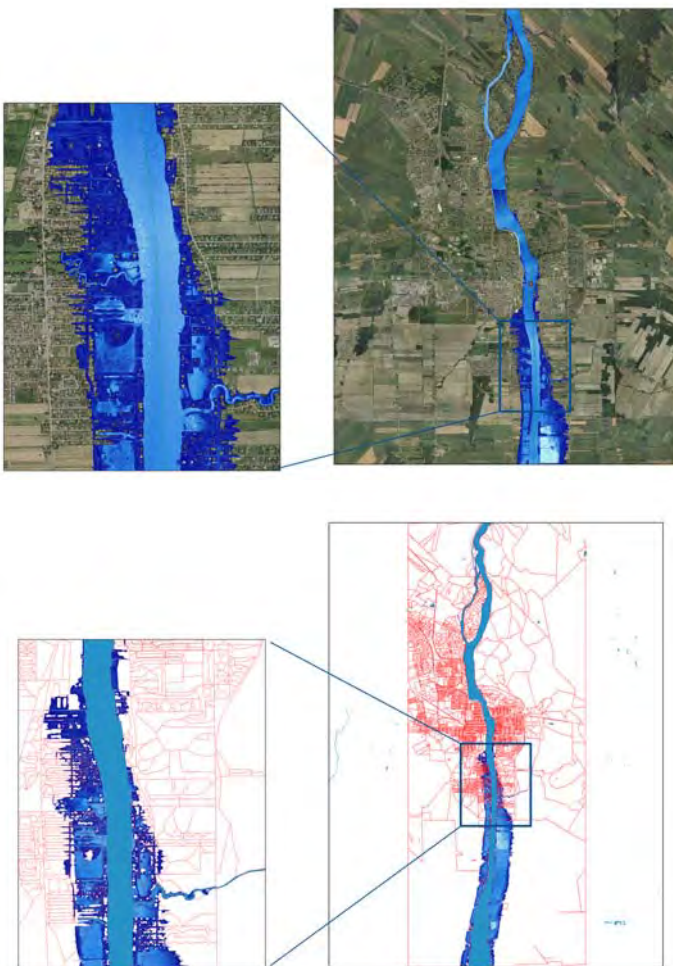
Figure 4 Niveaux d'eau de la rivière Richelieu enregistrés à la station 02OJ016 située à la marina de Saint-Jean-sur-Richelieu en 2011 et en 2012 et représentation cartographique



Le résultat du jumelage des données de niveau d'eau de la rivière Richelieu et des relevés topographiques est illustré à la figure 4 pour l'année 2011 (année de l'inondation) et pour l'année suivante. Les cercles délimitent la période de l'inondation de 2011 (figure de gauche), soit du 22 avril 2011 au 15 juin 2011 (Sécurité Publique du Canada, 2016), et la période correspondante en 2012.

La figure 5 représente les codes postaux touchés par les inondations de 2011; elle a été obtenue en superposant la couche cartographique des codes postaux (DMTI Spatial Inc., 2013) à la couche de la figure 4. Cette méthode a permis de déterminer les pourcentages de surfaces inondées par code postal. La zone de couleur violet (à gauche, figure 5) est constituée de 271 zones de codes postaux inondées au moins partiellement. Parmi ceux-ci, 119 avaient une surface inondée à plus de 50 %.

Figure 5 Identification des zones inondées, par codes postaux



Résultats

Tout d'abord, durant l'année 2011-2012, 10 103 personnes assurées à la RAMQ avaient leur adresse résidentielle située dans la zone inondée. Contrairement aux zones contrôles, cette population était composée de plus d'hommes (51,3 %) et présentait, en général, moins de comorbidités. Par ailleurs, les caractéristiques de la population de la zone inondée étaient relativement stables dans le temps, de 2010 à 2013.

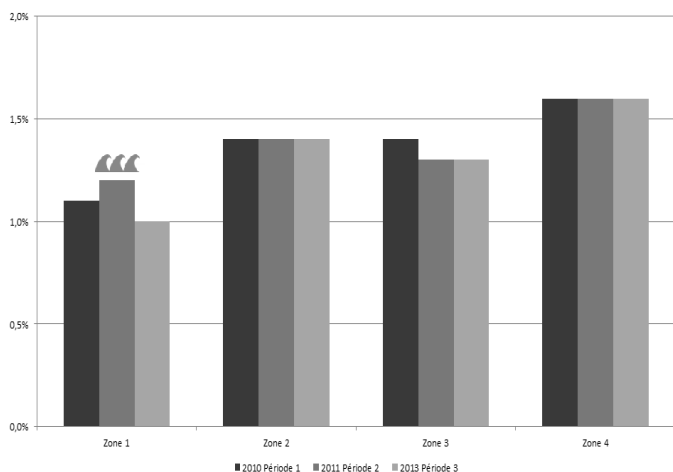
Durant l'année financière 2011-2012 chez la population résidant dans la zone inondée, 123 événements cardiovasculaires ont été répertoriés soit à l'urgence, soit comme diagnostic principal lors d'une hospitalisation de type urgente, ce qui représente 1,2 % de cette population. Toutefois, peu de variation est observée selon l'année, et ce, même dans la zone inondée.

En effet, les régressions logistiques multiples révèlent que, dans la zone inondée, la variable « année » n'est pas associée statistiquement aux événements cardiovasculaires aigus, alors que l'avancement en âge, la présence d'une MCV antérieure, de diabète, d'hypertension et d'au moins deux comorbidités autres que les précédentes, le sont toutes. En outre, bien que les taux bruts d'événements cardiovasculaires soient statistiquement différents entre les zones durant l'année 2011-2012, ils ne le sont plus une fois le modèle contrôlé pour les autres variables (figure 6).

On peut se demander si l'absence de différences statistiquement significatives entre les zones (en 2011-2012) et entre les années (dans la zone inondée) est due au fait que la période d'observation de 1 an est trop large et pourrait ainsi cacher une augmentation durant la période précise de l'inondation (avril à juillet), suivie d'une diminution relative durant les autres mois de l'année. Pour vérifier cette hypothèse, des analyses comparatives ont été effectuées en se concentrant uniquement sur les quatre premiers mois de chaque année financière (avril à juillet). Selon les résultats, une augmentation des MCV apparaît durant le printemps 2011 comparativement aux printemps 2010 et 2012 pour la zone inondée seulement (figure 7). Toutefois, vu les petits nombres, cette augmentation n'est pas statistiquement significative, même en contrôlant pour les covariables ($p = 0,3$). De plus, aucune

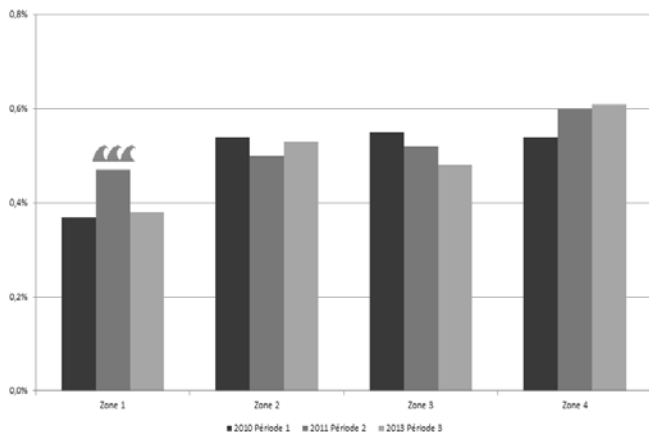
différence n'est observée entre les zones au printemps 2011 et on n'observe aucune tendance claire lorsqu'on compare le nombre de MCV aigües par semaine aux printemps 2010 et 2012 (données non présentées ici). Finalement, on a trouvé une association négative, mais non statistiquement significative entre la proportion de surface inondée et l'incidence d'événements cardiovasculaires dans la zone inondée.

Figure 6 Variation des taux annuels de maladies cardiovasculaires aigües, selon la zone et l'année



Légende : ☁ Période d'inondation.

Figure 7 Variation des taux de maladies cardiovasculaires aigües durant la période d'avril à juillet, selon la zone et l'année



Légende : ☁ Période d'inondation.

Tous les résultats mentionnés ci-dessus peuvent être consultés dans le rapport du projet ([Vanasse et collab., 2015](#)).

Discussion

Malgré une augmentation de près de 25 % de l'incidence de MCV aigües lors des inondations du printemps 2011 à Saint-Jean-sur-Richelieu, cette relation n'était pas statistiquement significative. Nous avons alors émis l'hypothèse que l'unité temporelle choisie (une saison) diluait possiblement la force du lien entre l'inondation et les MCV.

Dans une revue systématique de la littérature scientifique effectuée par Alderman et collab. (2014) sur les inondations et la santé, peu d'études portent spécifiquement sur l'impact d'inondations majeures sur les maladies chroniques. Parmi ces études, des données de surveillance analysées à la suite des inondations provoquées par l'ouragan Katrina montrent une proportion importante de mortalité cardiovasculaire (Brunkard et collab., 2008) et de consultations médicales dues aux MCV (Sharma et collab., 2008). Une explication mise de l'avant serait une brisure dans la continuité des soins. Au Japon, une étude a rapporté une augmentation de l'arrêt de la médication chez les sinistrés (23 %) à la suite des inondations de 2006. Les personnes ayant interrompu leur médication étaient plus à risque de voir leur état de santé se détériorer dans le mois suivant la catastrophe (Tomio et collab., 2010). Par ailleurs, une étude qualitative effectuée auprès de professionnels de la santé a rapporté que la principale barrière à la continuité des soins des maladies chroniques pendant l'ouragan Katrina était la difficulté à maintenir une médication stable (Arrieta et collab., 2008), en raison du manque de connaissances des patients concernant leurs propres prescriptions et leur manque de réserves de médicaments.

Bien que certaines études mentionnées ci-dessus aient montré une association entre les inondations et les MCV, l'absence d'un tel lien a également été rapportée ailleurs (Obrová et collab., 2014). Cette dernière étude a, en effet, montré une augmentation de décès cardiovasculaires durant le mois où ont eu lieu les inondations (République Tchèque en 1997), mais, comme pour notre étude effectuée à Saint-Jean-sur-Richelieu, cette augmentation n'était pas statistiquement significative.

Plusieurs raisons peuvent expliquer l'absence d'effet statistiquement significatif entre les inondations de Saint-Jean-sur-Richelieu et les MCV :

- le petit nombre de MCV aigües observé dans la région inondée peut expliquer le manque de puissance statistique à détecter une augmentation de plus de 25 %;
- les inondations au Québec beaucoup moins importantes et dommageables que celles faisant l'objet d'études publiées (ouragan Katrina, tsunami au Japon, inondation en Europe centrale, etc.), et leurs impacts sur la santé pourraient être beaucoup moins importants;
- les mesures d'urgence importantes déployées lors d'une inondation au Québec, par rapport à celles ailleurs dans le monde, pourraient aussi y avoir contribué. À titre d'exemple, pendant la crise de Saint-Jean-sur-Richelieu, une équipe de soutien psychosocial a rapidement été déployée et était présente sur le terrain tous les jours (INSPQ 2012). De 10 à 20 intervenants sillonnaient en effet les municipalités pour aller à la rencontre des gens à leur domicile ou dans les hôtels où ils étaient logés. Le travail s'est fait en collaboration avec la municipalité, les policiers, les pompiers et même les voisins.

Conclusion

Il est possible que l'association statistiquement non significative entre les inondations de Saint-Jean-sur-Richelieu et les événements cardiovasculaires aigus soit liée au manque de puissance statistique et à la population étudiée, comme mentionné précédemment. Toutefois, il se pourrait aussi que l'impact nul sur la santé cardiovasculaire en phase aigüe soit réel, et ceci pourrait s'expliquer de plusieurs façons : l'ampleur du sinistre n'était pas assez importante pour générer de tels effets; l'accès aux services de santé n'a pas été affecté puisque les cliniques, les hôpitaux et les pharmacies se trouvaient en dehors de la zone sinistrée; et la gestion de la crise a été efficace tant au niveau régional que provincial. L'évaluation de l'impact des catastrophes naturelles sur la santé des populations touchées peut aider à l'interprétation des comparaisons territoriales et des tendances temporelles des indicateurs de surveillance en maladies chroniques.

Références

- Ahern, M. et collab., 2005. Global health impacts of floods: Epidemiologic evidence. *Epidemiologic Reviews*, 27, pp. 36–46.
- Alderman K, Turner LR, Tong S. Floods and human health: a systematic review. *Environ Int.* 2012 Oct 15; 47:37-47.
- Aoki, T. *et collab.*, 2012. The Great East Japan Earthquake Disaster and cardiovascular diseases. *European Heart Journal*, 33(22), pp. 2796–2803.
- Arrieta M, Foreman R, Crook E, Icenogle M. Providing continuity of care for chronic diseases in the aftermath of Katrina: from field experience to policy recommendations. *Disaster Med Public Health Prep* 2009; 3:174–82.
- Blais C, Jean S, Sirois C, Rochette L, Plante C, Larocque I, Doucet M, Ruel G, Simard M, Gamache P, Hamel D, St-Laurent D, Émond V. (2014). Le Système intégré de surveillance des maladies chroniques du Québec (SISMACQ), une approche novatrice. *Maladies chroniques et blessures au Canada*, 34(4), 247-256.
- Brook, R.D. et collab., 2004. Air pollution and cardiovascular disease: A statement for healthcare professionals from the expert panel on population and prevention science of the American Heart Association. *Circulation*, 109(21), pp. 2655–2671.
- Brunkard J, Namulanda G, Ratard R. Hurricane Katrina deaths, Louisiana, 2005. *Disaster Med Public Health Prep* 2008; 2:215–23.
- DMTI Spatial Inc., 2013. CanMap postal code suite [ressource électronique], Markham, Ontario.
- Environnement Canada. Données hydrométriques. Consulté le 17 avril 2015. Accessible sur : <http://www.wsc.ec.gc.ca/applications/H2O/index-fra.cfm>.
- Few, R. et collab., 2004. Floods, health and climate change: a strategic review. *Tyndall Centre Working Paper No. 63*, pp. 1-138.

GIEC. Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques. Résumé à l'intention des décideurs. Cambridge University Press, Cambridge and New York. Consulté le 17 mars 2017 au : https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_brochure_fr.pdf.

INSPQ. Un an après : les impacts psychosociaux des inondations en Montérégie. Site web : Mon Climat, Ma santé. Avril 2012. Consulté le 9 juin 2016 : <http://www.monclimatmasante.qc.ca/un-an-apr%C3%A8s--les-impacts-psychosociaux-des-inondations-en-mont%C3%A9r%C3%A9gie.aspx>.

ISQ. Le bilan démographique du Québec. Édition 2015. Consulté le 9 juin 2016 au : <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/population-demographie/bilan2015.pdf>.

Jiao, Z. et collab., 2012. Effect of Hurricane Katrina on incidence of acute myocardial infarction in New Orleans three years after the storm. *American Journal of Cardiology*, 109(4), pp. 502–505.

Nakamura, M. et collab., 2012. Comparison of the incidence of acute decompensated heart failure before and after the major tsunami in northeast japan. *American Journal of Cardiology*, 110(12), pp. 1856–1860.

Sharma A, Young S, Stephens K, Ratard R, Straif-Bourgeois S, et collab. Chronic disease and related conditions at emergency treatment facilities in the New Orleans area after Hurricane Katrina. *Disaster Med Public Health Prep* 2008; 2:27–32.

Tomio J, Sato H, Mizumura H. Interruption of medication among outpatients with chronic conditions after a flood. *Prehosp Disaster Med* 2010; 25:42–50.

Vanasse A, Cohen A, Courteau J, Bergeron P, Chebana F, Gosselin P, Rochette L, Blais C et Ouarda T. B. M. J. (2015). Projet E4 : Impact des inondations importantes sur la santé cardiovasculaire au Québec : Les cas de Saguenay (1996) et de St-Jean-sur-Richelieu (2011). INRS Eau Terre Environnement. Rapport de recherche no R1637. 83 p.

Vanasse A, Cohen A, Courteau J, Bergeron P, Dault R, Gosselin P, Blais C, Bélanger D, Rochette L, & Chebana F (2016). Association between Floods and Acute Cardiovascular Diseases: A Population-Based Cohort Study Using a Geographic Information System Approach. *International journal of environmental research and public health*, 13(2), 168.



Pour plus de détails sur cette étude, vous pouvez consulter le rapport en français ([Vanasse et collab., 2015](#)) ou la publication scientifique en anglais ([Vanasse et collab., 2016](#)).

Ce projet fait partie du Programme de recherche en santé cardiovasculaire et changements climatiques 2011-2016, dans le cadre d'une entente entre l'INSPQ et le Centre de recherche Eau-Terre-Environnement de l'Institut national de la recherche scientifique.

Conséquences des inondations de la rivière Richelieu en 2011 sur la survenue d'événements cardiovasculaires : une approche méthodologique innovante

AUTEURS

Alain Vanasse,
Alan Cohen,
Josiane Courteau,
Patrick Bergeron,
Groupe PRIMUS, Département de médecine de famille et de médecine d'urgence, Université de Sherbrooke

Fateh Chebana,
Taha Ouarda
Institut national de la recherche scientifique - Centre Eau Terre Environnement

Pierre Gosselin,
Louis Rochette,
Institut national de santé publique du Québec

Claudia Blais,
Institut national de santé publique du Québec
Faculté de pharmacie, Université Laval

MISE EN PAGE

Nabila Haddouche
Bureau d'information et d'études en santé des populations,
Institut national de santé publique du Québec

Remerciements

Cette étude a été financée par le Fonds vert dans le cadre de l'Action 21 du Plan d'action sur les changements climatiques 2006-2012 du gouvernement du Québec, au sein du Programme de recherche en santé cardiovasculaire et des changements climatiques 2011- 2016, réalisé par l'INSPQ et le Centre de recherche Eau Terre Environnement de l'Institut national de recherche scientifique du Québec.

Déjà paru :

Numéro 10 : Surveillance de la maladie d'Alzheimer et des maladies apparentées : étude de faisabilité à partir des fichiers administratifs

Numéro 11 : Surveillance des troubles de la personnalité au Québec : prévalence, mortalité et profil d'utilisation des services

Numéro 12 : Utilisation des médicaments antidiabétiques et cardioprotecteurs chez les aînés diabétiques au Québec en 2011-2012

Numéro 13 : Surveillance de la maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC) : prévalence, incidence et mortalité au Québec de 2001 à 2011

Numéro 14 : Surveillance de la polyarthrite rhumatoïde au Québec : prévalence, incidence et mortalité

Numéro 15 : Conditions météorologiques et délai de survenue d'événements d'insuffisance cardiaque chez les aînés au Québec, de 2001 à 2011

Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.

Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : <http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en écrivant un courriel à : droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca.

Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.

Dépôt légal – 1^{er} trimestre 2018
Bibliothèque et Archives Canada
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISSN : 1922-1762
ISBN : 978-2-550-80748-3 (PDF)

© Gouvernement du Québec (2018)

N° de publication : 2361