



Proposition d'indicateurs
aux fins de vigie et de surveillance
des troubles de la santé liés
aux vents violents

Proposition d'indicateurs aux fins de vigie et de surveillance des troubles de la santé liés aux vents violents

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Avril 2010

AUTEURS

Diane Bélanger, chercheuse
Centre de recherche
Centre hospitalier universitaire de Québec

Ray Bustinza, agent de recherche
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie
Institut national de santé publique du Québec

Fassiatou O. Tairou, agente de recherche
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie
Institut national de santé publique du Québec

Pierre Gosselin, médecin-conseil
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie
Institut national de santé publique du Québec

MISE EN PAGES

Nicole Dubé
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie
Institut national de santé publique du Québec

REMERCIEMENTS

Nous remercions madame Lise Laplante, médecin-conseil à la Direction de la santé environnementale et de la toxicologie de l'Institut national de santé publique du Québec, d'avoir pris le temps de réviser ce document et de nous avoir transmis de précieux commentaires.

Cette étude est financée par le Fonds vert dans le cadre de l'Action 21 du Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques du gouvernement du Québec.

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 – 3^e TRIMESTRE 2010
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES NATIONALES DU QUÉBEC
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES CANADA
ISBN : 978-2-550-59844-2 (VERSION IMPRIMÉE)
ISBN : 978-2-550-59845-9 (PDF)

©Gouvernement du Québec (2010)

AVANT-PROPOS

Le Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques du gouvernement du Québec intitulé *Le Québec et les changements climatiques, un défi pour l'avenir*, met à contribution plusieurs ministères et organismes québécois. Le Fonds vert, constitué par une redevance sur les carburants et les combustibles fossiles, assure majoritairement le financement de 26 actions s'articulant autour de deux grands objectifs : la réduction ou l'évitement des émissions de gaz à effet de serre et l'adaptation aux changements climatiques.

Le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) est responsable du volet santé de l'Action 21 visant l'instauration des mécanismes qui serviront à prévenir et à atténuer les impacts des changements climatiques sur la santé. Il s'est ainsi engagé, d'ici 2013, à œuvrer dans six champs d'action liés à l'adaptation du Québec aux changements climatiques, comptant chacun plusieurs projets de recherche ou d'intervention, soit :

- la mise sur pied d'un système intégré de veille-avertissement en temps réel de vagues de chaleur et de surveillance des problèmes de santé associés pour toutes les régions du Québec susceptibles d'en être affectées;
- l'adaptation du système de surveillance des maladies infectieuses afin de détecter rapidement les agents pathogènes, les vecteurs et les maladies, dont le développement est favorisé par le climat;
- la mise sur pied d'un système de surveillance des problèmes de santé physique et psychosociale liés aux aléas hydrométéorologiques (tempêtes hivernales et estivales, orages et pluies torrentielles, tornades, incendies de forêt, inondations, etc.) ou géologiques (comme les glissements de terrain, l'érosion côtière);
- le soutien de l'adaptation du réseau de la santé aux aléas hydrométéorologiques ou géologiques sur les plans clinique, social et matériel, afin de protéger les populations les plus vulnérables;
- le soutien de l'aménagement préventif des lieux et des espaces habités pour atténuer l'impact des changements climatiques sur la santé des populations vulnérables;
- l'amélioration de la formation et la diffusion des connaissances sur les problèmes de santé liés aux changements climatiques et les solutions possibles.

Le MSSS a confié à l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), en novembre 2007, le mandat de gestion du volet santé de l'Action 21, y compris la coordination de l'ensemble des projets indiqués ci-dessus, le soutien professionnel au MSSS et les relations avec les partenaires.

Le présent rapport s'insère dans les travaux visés dans le troisième axe du volet santé de l'Action 21, soit la mise en place d'un système de veille-avertissement des aléas hydrométéorologiques ou géologiques amplifiés par les changements climatiques et de surveillance santé en temps réel dans le but de soutenir les fonctions vigie et de surveillance du MSSS et des directeurs régionaux de santé publique.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	V
LISTE DES FIGURES.....	V
INTRODUCTION.....	1
PREMIÈRE PARTIE	3
1 DÉFINITION D'UN ALÉA	3
2 RELATION ENTRE LES ALÉAS HYDROMÉTÉOROLOGIQUES OU GÉOLOGIQUES ET LA SANTÉ HUMAINE : MODÈLE RETENU.....	5
3 MÉTHODOLOGIE UTILISÉE POUR LA REVUE DE LA LITTÉRATURE	9
4 SURVEILLANCE DU TEMPS VIOLENT AU CANADA	11
4.1 Production de prévisions météorologiques et d'avertissements de temps violent.....	11
4.2 Base de données canadienne sur les désastres	12
4.3 Atlas du Canada	13
DEUXIÈME PARTIE : VENTS VIOLENTS	15
1 PRÉCISIONS MÉTHODOLOGIQUES.....	17
1.1 Définitions des effets et indicateurs sanitaires.....	17
1.2 Recension des publications	17
1.3 Sources de données utilisées dans les publications retenues.....	19
2 OURAGANS	21
2.1 Généralités relatives aux ouragans	21
2.2 Conséquences sanitaires des ouragans.....	23
3 TORNADES	39
3.1 Généralités relatives aux tornades	39
3.2 Conséquences sanitaires des tornades.....	40
4 AUTRES VENTS VIOLENTS	67
4.1 Généralités relatives aux autres vents violents.....	67
4.2 Conséquences sanitaires des autres vents violents	68
CONCLUSION	75
BIBLIOGRAPHIE.....	79

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Mots-clés selon la source de renseignements	18
Tableau 2	Périodes étudiées	25
Tableau 3	Définitions de l'impact	26
Tableau 4	Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des ouragans	28
Tableau 5	Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des tornades	48
Tableau 6	Résumé des études sur les conséquences sanitaires des autres vents violents	71
Tableau 7	Indicateurs proposés aux fins de veille et de surveillance des conséquences sanitaires des vents violents	76

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Relation entre les aléas hydrométéorologiques ou géologiques et la santé humaine	5
----------	---	---

INTRODUCTION

Il est largement admis et reconnu de plus en plus au sein de la communauté scientifique mondiale que les changements climatiques sont un fait (voir l'encadré) et qu'il a des répercussions sur la santé humaine (OMS, 2009a). Afin de faire face à ces risques sanitaires, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) recommande de renforcer les systèmes de santé. Pour ce faire, l'OMS propose, entre autres, de développer des moyens d'évaluation et de surveillance de la vulnérabilité, des risques pour la santé et des conséquences qu'entraînent les changements climatiques. Ces conséquences incluent les situations d'urgence résultant de l'élévation du niveau de la mer et d'aléas hydrométéorologiques (dont les tornades, les pluies diluviennes, les vagues de chaleur ou de froid intense) ou géologiques (comme les glissements de terrain et l'érosion côtière).

Les répercussions des catastrophes naturelles se sont multipliées de manière considérable à travers le monde. De fait, le nombre de catastrophes naturelles recensées est passé de 10 par année de 1900 à 1940, à 65 par année dans les années 1960, à 280 par année dans les années 1980 et à 470 par année depuis 2000 (Base de données internationale sur les catastrophes, 2007, dans Berry et collab., 2008).

La fréquence et la vulnérabilité croissante des systèmes humains expliquent en bonne partie cette hausse observée. L'amélioration des systèmes visant la déclaration des catastrophes naturelles y a également contribué (Berry et collab., 2008).

L'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) développe actuellement une plateforme technologique pour la vigie et la surveillance applicable aux changements climatiques, et notamment aux événements météorologiques extrêmes. Ce système, prévu pour les régions et le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS), sera accessible centralement dans chacune des régions sociosanitaires du Québec. Il inclura la veille-avertissement (vigie) d'aléas hydrométéorologiques ou géologiques et la surveillance en temps réel et différé de leurs impacts sur la santé et ses déterminants¹. Ces travaux s'inscrivent au sein du volet santé du Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques (PACC) du gouvernement du Québec (axe 3).

Dans ce contexte, une série de rapports est produite par l'INSPQ afin de proposer un ensemble d'effets et d'indicateurs sanitaires à intégrer aux systèmes de vigie et de surveillance, tout en traçant un tableau rapide des initiatives déjà mises en place dans ce secteur d'activités au Canada. Chacun de ces rapports se compose de deux parties distinctes.

La première partie, d'ordre général et commune à tous les rapports, présente succinctement la définition d'un aléa, le modèle retenu pour illustrer la relation entre les aléas hydrométéorologiques ou géologiques et la santé humaine, puis la méthodologie utilisée pour la revue de la littérature. Elle rapporte aussi quelques renseignements relatifs à la surveillance du temps violent au Canada.

¹ Selon la Loi sur la santé publique, surveiller l'état de santé de la population et ses déterminants signifie notamment : de dresser un portrait global de l'état de santé de la population, d'observer les tendances et les variations temporelles et spatiales, de détecter les problèmes en émergence, de développer des scénarios prospectifs, de déterminer les problèmes de santé prioritaires, et de suivre l'évolution au sein de la population de certains problèmes de santé et de leurs déterminants (Éditeur officiel du Québec, 2009).

Quant à la deuxième partie, elle porte spécifiquement sur un groupe d'aléas. On y retrouve essentiellement :

- quelques précisions méthodologiques en rapport avec les publications retenues;
- quelques généralités relatives au groupe d'aléas étudiés;
- les principaux résultats des conséquences sanitaires associées au groupe d'aléas étudiés et les points saillants qui découlent de ces résultats;
- une conclusion visant principalement à présenter une liste d'effets et d'indicateurs sanitaires à inclure aux systèmes de veille (vigie) et de surveillance des problèmes de santé liés au groupe d'aléas étudiés.

Dans le présent rapport, cette deuxième partie a comme objet les « vents violents ».

PREMIÈRE PARTIE

1 DÉFINITION D'UN ALÉA

Le terme « aléa » s'impose de plus en plus dans la francophonie pour exprimer la notion de *hazard* utilisée en anglais (Morin, 2008).

Un aléa constitue un phénomène, une manifestation physique ou une activité humaine susceptible d'occasionner des pertes de vies humaines ou des blessures, des dommages aux biens, des perturbations sociales et économiques ou une dégradation de l'environnement (Morin, 2008). Cette définition a été adaptée par les autorités de la sécurité publique du Québec, à partir de la définition retenue par la Stratégie internationale des Nations Unies pour la prévention des catastrophes.

Comme rapporté dans les concepts de base de la sécurité civile (Morin, 2008), les aléas présentent des caractéristiques variées. L'intensité², la probabilité d'occurrence³ ou la récurrence⁴, la localisation spatiale et l'étendue possible de ses effets⁵ y sont identifiées comme étant les caractéristiques le plus souvent utilisées pour estimer l'importance de l'aléa. Elles y sont également qualifiées de déterminantes dans l'établissement du niveau de risque.

Selon la typologie des aléas, présentée à titre indicatif par la sécurité publique du Québec, les aléas naturels sont constitués d'aléas hydrométéorologiques, d'aléas géologiques et d'aléas biologiques (p. ex. : épidémie, pandémie) (Morin, 2008). Toutefois, dans le cadre du PACC, seuls les aléas hydrométéorologiques ou géologiques⁶ amplifiés par les changements climatiques font l'objet de rapports.

Les aléas hydrométéorologiques incluent divers aléas comme les ouragans, les tornades et autres vents violents, les incendies de forêt, les tempêtes de neige, le verglas, les vagues de froid intense, les vagues de chaleur, les pluies diluviennes, la grêle, les inondations, la sécheresse, la foudre et les avalanches, alors que les aléas géologiques recoupent surtout des mouvements de terrain, dont les glissements et l'érosion.

² Par exemple, la force d'une tornade.

³ Par exemple, la probabilité de la survenue d'une inondation comparativement à celle d'une tornade.

⁴ Par exemple, la récurrence élevée pour une inondation dont la période de retour de débits des crues est inférieure à 20 ans.

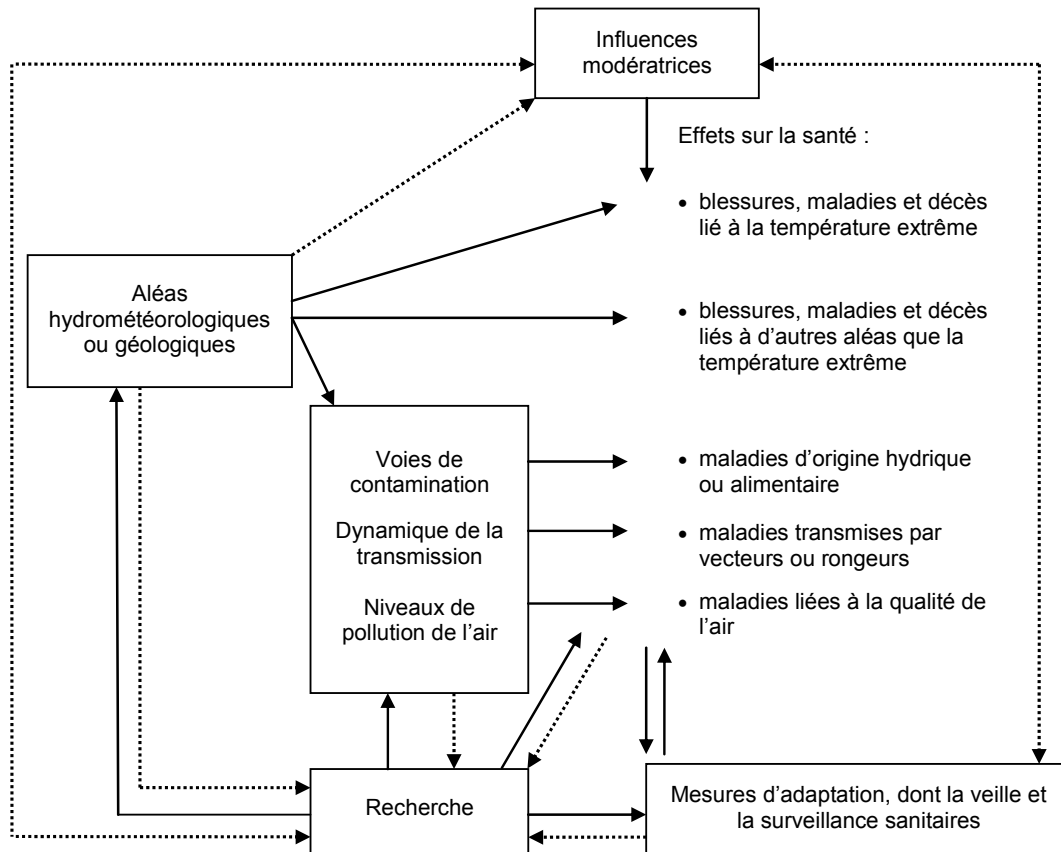
⁵ Par exemple, le verglas de 1998 relativement à un verglas de moindre envergure.

⁶ Comme synonymes d'aléa hydrométéorologique ou géologique, le présent document référera aux termes « événement météorologique extrême » et « phénomène météorologique extrême ».

2 RELATION ENTRE LES ALÉAS HYDROMÉTÉOROLOGIQUES OU GÉOLOGIQUES ET LA SANTÉ HUMAINE : MODÈLE RETENU

Afin d'illustrer la relation entre les aléas hydrométéorologiques ou géologiques et la santé humaine, nous avons retenu le modèle de Patz et collaborateurs (2000), lequel porte sur les effets sanitaires potentiels de la variabilité et des changements climatiques.

Ce modèle inclut sept composantes, soit le changement de climat, les changements régionaux de température, les effets sanitaires directs, les effets sanitaires indirects, les influences modératrices, les mesures d'adaptation et la recherche. Afin d'alléger la présentation du modèle (figure 1), nous avons choisi de regrouper les changements de climat et de température sous une même étiquette, soit « les aléas hydrométéorologiques ou géologiques ». Les indicateurs caractérisant l'exposition à un aléa, comme sa gravité et le moment de sa survenue, y sont implicites.



Légende

Ligne pleine : relation proposée par Patz et collaborateurs

Ligne pointillée : relation suggérée par Bélanger et collaborateurs

Figure 1 Relation entre les aléas hydrométéorologiques ou géologiques et la santé humaine

Source : Patz et collaborateurs, 2000 (Adaptation du modèle).

Comme illustré à la figure 1, Patz et ses collaborateurs (2000) distinguent les effets sanitaires directs des effets sanitaires indirects. Les effets directs sont causés par l'aléa (les températures extrêmes et autres aléas hydrométéorologiques ou géologiques), alors que les effets indirects sont ou bien liés à la sensibilité individuelle (comme la morbidité préexistante), ou bien occasionnés par des conditions malsaines (telle la pollution de l'air) ou insalubres (dont la contamination de l'eau) (Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2006a). En outre, les effets directs ne surviennent que durant la phase d'impact, alors que les effets indirects peuvent apparaître avant (p. ex. : lors de l'évacuation), pendant ou après l'impact (p. ex. : lors du nettoyage) (CDC, 2006a). À titre d'exemple, les blessures engendrées par les débris en suspension durant une tornade réfèrent à des effets sanitaires directs, tout comme le décès dû à une hypothermie lors d'une vague de froid intense. Par contre, une intoxication au monoxyde de carbone durant une tempête de verglas ayant provoqué une panne d'électricité, ou une crise cardiaque durant une tempête de neige au cours de laquelle on a dû pelleter intensivement, sont considérées comme des effets indirects.

Selon Patz et collaborateurs (2000), les influences modératrices incluent divers facteurs non climatiques d'ordre populationnel (dont l'urbanisation et les infrastructures publiques du système de santé) et d'ordre individuel (comme l'âge, la pauvreté et l'état de santé) pouvant moduler la relation entre le climat et la santé. Contrairement au modèle original, nous suggérons toutefois un lien entre ces influences et les aléas, d'où l'ajout d'une ligne pointillée entre ces deux composantes (figure 1). Divers exemples issus de la littérature sur les changements climatiques et la santé humaine ont orienté notre choix en ce sens, comme l'excès de mortalité hivernale de 1986 à 1996 en Angleterre, attribué notamment à l'absence de chauffage central et au prix élevé du chauffage (Wilkinson et collab., 2001). Le nombre important de décès (directs) dus aux tornades dans certaines régions situées au sud des États-Unis, où l'on observe une grande concentration de maisons mobiles et de gens pauvres (Ashley, 2007), en est un autre exemple.

Pour Patz et collaborateurs (2000), les mesures d'adaptation incluent diverses actions visant à réduire les risques d'effets néfastes sur la santé. Les auteurs rapportent entre autres la surveillance sanitaire, le monitoring, l'utilisation de technologies protectrices (comme la filtration et le traitement de l'eau), l'usage des prédictions climatiques et le développement de systèmes d'alerte météorologique, de même que les programmes de préparation aux désastres, d'organisation des urgences, puis l'éducation auprès de la population. Selon Patz et collaborateurs, les mesures d'adaptation influencent seulement les effets sanitaires, et vice versa. À notre avis, il serait cependant souhaitable d'insérer un lien similaire entre les mesures d'adaptation et les influences modératrices (figure 1). Diverses observations issues de la littérature sur les changements climatiques et la santé humaine soutiennent notre option. À titre d'exemple, les personnes défavorisées économiquement ne disposent pas toujours des ressources matérielles nécessaires à leur adaptation au froid, comme d'un logement bien isolé (Bélanger et collab., 2006). Certaines d'entre elles se servent donc de chaufferettes électriques portatives comme chauffage d'appoint. Or, toutes ces chaufferettes ne sont pas efficaces à 100 % pour convertir en chaleur l'énergie qu'elles consomment (Manitoba Hydro éconergique, 2007). Certaines chaufferettes, moins dispendieuses à l'achat, peuvent même être très énergivores (Mallet, 2009) et conséquemment s'avérer très

coûteuses à utiliser. Les coûts occasionnés par l'usage efficient de certains climatiseurs amovibles en sont un autre exemple, mis en évidence lors de la vague de chaleur à Chicago en 1995 au cours de laquelle la fourniture électrique a été coupée pour certaines personnes, en raison du non-paiement de factures (Dixsaut, 2005).

Terminons avec la dernière composante de Patz et collaborateurs (2000) : la recherche. Selon leur modèle, la recherche peut influencer sur toutes les composantes, à l'exception des influences modératrices. Pour notre part, nous préférons relier ces deux composantes également (figure 1). De fait, plusieurs enseignements tirés de la canicule européenne 2003 nous invitent à aller en ce sens. À titre d'exemple, la mise en évidence par la recherche que la chaleur ajoute un stress à des organismes déjà stressés par des états morbides préexistants (telles les maladies cardiovasculaires) et peut ainsi précipiter les personnes atteintes de ces pathologies vers le décès (OMS, 2009b). Des observations dont la connaissance a contribué à regrouper certains de ces états morbides sous les influences modératrices. Voilà pourquoi nous suggérons un va-et-vient entre la recherche et les autres composantes du modèle (d'où l'ajout de flèches pointillées pointant vers la recherche), contrairement au modèle de Patz et collaborateurs (figure 1).

3 MÉTHODOLOGIE UTILISÉE POUR LA REVUE DE LA LITTÉRATURE

Une stratégie de recherche systématique a été mise au point dans le but de repérer les publications portant sur la relation entre les aléas hydrométéorologiques ou géologiques et leurs conséquences sur la santé humaine.

Pour atteindre notre objectif, la recension des articles scientifiques a été réalisée à l'aide des bases de données MEDLINE, Pilots, PsycINFO et Web of Science. Pour la littérature grise, nous avons consulté les sites Internet des organismes connexes, comme l'Organisation mondiale de la Santé et l'agence américaine Environmental Protection Agency, à l'aide de moteurs de recherche du genre Google MC. Les bibliographies des publications sélectionnées ont également été dépouillées manuellement.

L'identification des termes de recherche – les Mesh® ou Medical Subject Headings – a d'abord été effectuée à l'aide du thésaurus de vocabulaire normatif et hiérarchique utilisé par la National Library of Medicine (2008), bibliothèque qui héberge PubMed. Cette démarche a ensuite été adaptée selon le profil de la source d'information.

Les mots-clés ayant servi aux fins de la recherche documentaire ont varié selon l'objet étudié. Selon l'usage courant, tous ces mots sont en anglais, indépendamment de la langue utilisée pour la publication. Ils sont listés par groupe d'aléas et banque de données, dans la deuxième partie du rapport.

Pour être retenue dans le cadre de la présente revue de la littérature, une publication devait satisfaire des critères de sélection. Plus précisément, elle devait :

- avoir été menée auprès de populations exposées à un aléa hydrométéorologique ou géologique (outre les vagues de chaleur, lesquelles font déjà l'objet d'un rapport⁷);
- avoir documenté des effets sanitaires parmi les suivants : les décès, les blessures, les maladies physiques, les problèmes psychosociaux⁸;
- avoir été publiée en 1995 ou après, en français, en anglais ou en espagnol.

Enfin, les publications retenues sont présentées par groupe d'aléas, sous forme tabulaire. Pour chaque publication, on y retrouve :

- la référence complète;
- l'aléa hydrométéorologique ou géologique concerné (comme les ouragans survenus aux États-Unis de 2004 à 2005);
- la population touchée (p. ex. : la population de la Floride);
- des renseignements d'ordre méthodologique;
- les principaux résultats de la recherche;

⁷ Tairou, F., Bélanger, D., Gosselin, P. (2010).

⁸ Les problèmes psychosociaux seront traités dans un rapport distinct et signé par un expert rattaché à ce secteur d'activités.

- des éléments de discussion rapportés par les auteurs de l'étude et pertinents pour l'atteinte de nos objectifs.

Les renseignements d'ordre méthodologique réfèrent au type d'étude et à la source des données.

Le type d'étude est descriptif ou à visée étiologique. Comme défini par Bernard et Lapointe (1987), l'étude descriptive décrit un problème de santé dans une population ou un groupe d'individus et en établit la fréquence selon certaines variables de personnes, de lieux et de temps. En santé publique, ce type d'étude permet de mesurer l'importance d'un problème de santé, d'en tracer le profil suivant des variables choisies et conséquemment d'identifier des groupes à risque.

Quant à l'étude à visée étiologique, elle cherche à déterminer le rôle que peuvent jouer un ou des facteurs dans l'étiologie d'une ou plusieurs maladies. Dans sa forme la plus simple, ce type d'étude génère des mesures d'association entre un facteur d'exposition et une maladie (Bernard et Lapointe, 1987).

4 SURVEILLANCE DU TEMPS VIOLENT AU CANADA

Trois points relatifs à la surveillance du temps violent au Canada sont couverts dans les paragraphes suivants. Le premier point touche le processus de la production de prévisions météorologiques et d'avertissements de temps violent au Canada. Le deuxième point concerne la Base de données canadienne sur les désastres, alors que le troisième porte sur l'Atlas du Canada.

4.1 PRODUCTION DE PRÉVISIONS MÉTÉOROLOGIQUES ET D'AVERTISSEMENTS DE TEMPS VIOLENT

Au Canada, la principale source d'information météorologique est Environnement Canada (Bureau du vérificateur général du Canada, 2008). La prestation des services météorologiques est toutefois assurée non par une seule unité au sein de ce ministère, mais par divers intervenants ministériels, dont les activités sont supervisées par le Conseil des services météorologiques et environnementaux constitué de hauts fonctionnaires (Bureau du vérificateur général du Canada, 2008). Parmi ces activités, donnons l'exemple de la mise sur pied du Centre canadien de prévision d'ouragan à Halifax (Nouvelle-Écosse), en 1985, par le Service météorologique du Canada (Berry et collab., 2008).

Afin d'évaluer l'état actuel de l'atmosphère et d'en prévoir l'état futur, d'élaborer des prévisions et des avertissements puis de les communiquer à la population du Canada, le processus de production de prévisions météorologiques et d'avertissements de temps violent fait intervenir la collecte de données météorologiques et l'utilisation de données mondiales dans des modèles informatiques de simulation numérique (Bureau du vérificateur général du Canada, 2008). Les avertissements de temps violent reposent aussi sur la participation directe des météorologistes et sur l'utilisation de données météorologiques en temps réel. Ainsi, plus de 10 000 avertissements de temps violent sont émis chaque année à l'échelle du pays, selon les chiffres d'Environnement Canada (Bureau du vérificateur général du Canada, 2008).

En 2008, la gestion des avertissements de temps violent a été examinée par le Bureau du vérificateur général du Canada (2008). Diverses constatations et recommandations (toutes acceptées par Environnement Canada) ont ainsi été émises par le Commissaire à l'environnement et au développement durable, puis rapportées à la Chambre des communes. Tirés textuellement du rapport du commissaire (Bureau du vérificateur général du Canada, 2008, pages 2 et 3), les points saillants suivants témoignent de l'importance de ces constatations et recommandations pour la santé publique.

« Bien qu'il y ait eu certaines vérifications ponctuelles dans la plupart des régions, Environnement Canada ne s'est pas doté d'un programme ou d'un système national pour vérifier l'exactitude ou l'efficacité de ses avertissements de temps violent ou déterminer s'ils sont diffusés en temps voulu. Ce genre d'information permettrait au Ministère d'évaluer la qualité de ses services dans l'ensemble du Canada, de déterminer si le rendement actuel est satisfaisant et de discerner les aspects de ses services auxquels il doit apporter des améliorations. Ces informations aideraient également à prendre des décisions avisées en matière d'investissement.

Le Ministère a recours à divers moyens, dont Internet et les médias, pour transmettre aux Canadiens les avertissements de temps violent. Malgré ses efforts, aucun système national qui permettrait de prévenir automatiquement le public des épisodes de temps violent ou d'autres urgences n'a été mis en place; un tel système permettrait de diffuser les avertissements sur toutes les stations de radio ou de télévision et à des dispositifs mobiles, comme les téléphones cellulaires. Radiométéo est le seul outil d'Environnement Canada qui permet d'alerter automatiquement le public en cas d'avertissements de temps violent, mais des sondages nationaux ont révélé que le public n'utilise que très peu Radiométéo.

Environnement Canada n'a pas géré adéquatement ses réseaux d'observation météorologique, dont les réseaux radar et de surface, pour faire en sorte qu'ils continuent de fournir les données nécessaires afin de produire et de vérifier les avertissements de temps violent. Environnement Canada ne dispose pas des informations sur la performance de ses actifs — par exemple, les tendances des coûts de réparation et des taux de panne pendant les épisodes de temps violent — informations dont il a besoin pour prendre des décisions d'investissement tout au long du cycle de vie de ces actifs. Les décisions d'investissement portant entre autres sur le choix à faire entre réparer l'équipement ou le remplacer.

Le Ministère se trouve devant de nombreux défis importants — que ce soit la mise en place d'un système robuste et utile pour vérifier les avertissements de temps violent, la gestion de ses réseaux de surveillance au cours de leur cycle de vie dans un contexte de ressources limitées, ou encore la gestion des risques liés à sa stratégie actuelle qui consiste à se reposer sur des partenariats. Il n'a pas encore de stratégie à long terme à jour pour relever ces défis et faire en sorte qu'il puisse, à l'avenir, continuer à produire et à diffuser en temps voulu des avertissements de temps violent fiables. »

Selon Kuhn et collaborateurs (2005), l'évaluation de la qualité des systèmes de surveillance locaux existants est un premier pas important dans le développement ou l'amélioration du système de surveillance. Souhaitons que le rapport du commissaire à l'environnement et au développement durable ait cette portée pour l'amélioration du système canadien de surveillance de temps violent.

4.2 BASE DE DONNÉES CANADIENNE SUR LES DÉASTRES

La Base de données canadienne sur les désastres de Sécurité publique Canada contient des renseignements sur les désastres naturels, technologiques ou conflictuels (outre les guerres) ayant touché la population canadienne depuis 1900 (Sécurité publique Canada, 2007).

Ces renseignements constituent des événements importants sur le plan historique ou ont eu les conséquences suivantes :

- le décès de 10 personnes ou plus;
- au moins 100 personnes sinistrées, blessées, évacuées ou sans abri;
- un appel officiel demandant de l'aide à l'échelle nationale ou internationale; ou
- des dommages aux fonctions de la collectivité ou interruption de celles-ci au point où la collectivité n'arrive pas à se rétablir par elle-même (Berry et collab., 2008).

La date du désastre, sa localisation et diverses informations sur les personnes touchées sont colligées dans cette base de données, et ce, pour divers types de désastres météorologiques ou géologiques (p. ex. : les ouragans, les tornades, les tremblements de terre). Ces renseignements peuvent être dépouillés par région, principalement des provinces canadiennes.

La Base de données canadienne sur les désastres constitue la base de données la plus exhaustive sur les dangers naturels survenus au pays (Berry et collab., 2008). Cette base de données s'avère toutefois incomplète et d'une fiabilité discutable pour les catastrophes et les événements liés aux conditions météorologiques survenus au fil du temps (Berry et collab., 2008). De fait, la Base de données canadienne sur les désastres n'a pas été mise à jour depuis juin 2005 – situation à laquelle on devrait avoir remédié au printemps 2010⁹. De plus, certains aléas n'y sont généralement pas rapportés (p. ex. : les orages, les vagues de chaleur, les tempêtes de pluie), en raison du caractère très sélectif des critères utilisés (p. ex. : décès de 10 personnes ou plus). Conséquemment, les statistiques de cette base de données sous-estiment le nombre total d'aléas ainsi que l'ampleur de leurs répercussions (Berry et collab., 2008).

Nonobstant ces limites, on observe une tendance à la hausse marquée du nombre total de cette catégorie de catastrophes naturelles au Canada pour la période 1900-2002, passant de 160 catastrophes pour la période 1900-1960 (en moyenne, moins de 3 catastrophes par année), à 92 pour les années 1970 (plus de 9 catastrophes par année), à 114 pour les années 1980 (plus de 11 catastrophes par année), à 151 pour les années 1990 (plus de 15 catastrophes par année) et à 29 catastrophes de 2000 à 2002 (soit de l'ordre de 15 catastrophes par année) (Berry et collab., 2008). Au total, 578 238 Canadiens ont été touchés par les catastrophes naturelles de 1994 à 2003, alors que ce nombre s'élevait à 79 066 pour la période 1984-1993.

4.3 ATLAS DU CANADA

L'atlas du Canada est un ensemble de cartes composées de plusieurs couches de données réparties principalement en deux catégories : les couches de données-cadres et les couches thématiques (Ressources naturelles Canada, 2009).

⁹ Helen Vaughan, conseillère principale en recherches, Politiques en matière de gestion des urgences, Sécurité publique Canada. Communication avec Steve Toutant, analyste en géomatique, INSPQ, en date du 29 janvier 2010.

Les couches de données-cadres représentent les entités géographiques qui servent de fond aux données thématiques. Ces entités sont les cours d'eau, les lacs, les limites administratives, les lieux habités, les routes et les chemins de fer (Ressources naturelles Canada, 2009).

Les couches de données thématiques concernent divers types de catastrophes recensées dans la Base de données canadienne des désastres. Par exemple, la planche relative aux tornades illustre les principales tornades survenues depuis le début du 20^e siècle et inclut des renseignements sur l'importance des dégâts, la date et une brève description de l'événement (Ressources naturelles Canada, 2009).

Une version géospatiale de la base de données canadienne sur les désastres est prévue pour mai ou juin 2010¹⁰. Elle permettra aux utilisateurs de définir une recherche dans la base de données en délimitant une zone spécifique.

¹⁰ Helen Vaughan, conseillère principale en recherches, Politiques en matière de gestion des urgences, Sécurité publique Canada. Communication avec Steve Toutant, analyste en géomatique, INSPQ, en date du 29 janvier 2010.

DEUXIÈME PARTIE : VENTS VIOLENTS

Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2007), le changement des conditions climatiques influencera à la hausse la gravité, la fréquence et l'étendue des aléas hydrométéorologiques ou géologiques. Les Canadiens peuvent donc s'attendre à davantage d'épisodes de temps violent (GIEC, 2007 dans Bureau du vérificateur général du Canada, 2008). Ces épisodes incluent des vents dotés d'une grande force pouvant entraîner des dommages à l'environnement, causer des blessures et des pertes de vies humaines, en plus de toucher de nombreux secteurs de l'économie, dont celui de la santé. Répertorier les effets sanitaires et les principaux indicateurs associés aux vents violents s'avère donc pertinent aux fins de veille et de surveillance de la santé publique, dans un contexte des changements climatiques.

Dans ce rapport, les vents violents sont subdivisés en trois groupes :

- le premier groupe concerne les ouragans;
- le deuxième, les tornades;
- le troisième, d'autres types de vents violents plus fréquents que les tornades et les ouragans, mais non alimentés par convection¹¹ (Ashley et Black, 2008), ou convectifs, mais non tornadiques (Black et Ashley, 2009). Dans ce rapport, on les regroupe sous l'étiquette « autres vents violents ».

Cette partie du rapport inclut cinq sections.

La première section concerne quelques précisions méthodologiques. Ces précisions rapportent ce qu'on entend par effets et indicateurs sanitaires et comment la recension des publications retenues a été effectuée. On y regroupe également les principales sources de données utilisées dans ces publications.

Les deuxième, troisième et quatrième sections touchent respectivement les ouragans, les tornades et les autres vents violents. Chacune de ces sections présente :

- quelques généralités relatives à l'aléa;
- les principaux résultats, présentés sous forme tabulaire, des conséquences sanitaires de l'aléa;
- les points saillants qui découlent de ces résultats, couplés de quelques éléments de réflexion, éléments pouvant s'appuyer sur d'autres types de documents que les études répertoriées.

Enfin, la cinquième section conclut cette deuxième partie du rapport, principalement en suggérant une liste d'effets et d'indicateurs sanitaires à inclure aux systèmes de veille (vigie) et de surveillance des troubles de la santé liés aux vents violents, systèmes développés présentement par l'INSPQ dans le cadre du PACC.

¹¹ La convection est le déplacement de masses d'air échauffées au contact du sol (Le nouveau Petit Robert de la langue française 2007, p. 534).

1 PRÉCISIONS MÉTHODOLOGIQUES

1.1 DÉFINITIONS DES EFFETS ET INDICATEURS SANITAIRES

Comme Patz et collaborateurs (2000), dont le modèle a été présenté à la première partie du présent document, nous distinguons les effets de l'aléa sur la morbidité et la mortalité des autres indicateurs sanitaires.

Par effets sanitaires, on entend des indicateurs mesurant les effets (directs et indirects) des vents violents sur la santé humaine et plus précisément les blessures, les maladies d'ordre physique et les décès. Rappelons que les conséquences psychosociales des aléas hydrométéorologiques ou géologiques feront l'objet d'un rapport distinct.

Par indicateurs sanitaires, on entend des caractéristiques, des états ou des conditions pouvant moduler la relation entre les vents violents et les effets sanitaires. Ces indicateurs incluent notamment divers aspects sociaux (p. ex. : urbanisation), des caractéristiques (p. ex. : âge du décédé) et des attributs personnels (p. ex. : perception de la réalité de la survenue de la tornade) de même que la localisation lors de l'événement (p. ex. : dans une maison mobile) (Hammer et Schmidlin, 2001, dans Ashley, 2007). Dans le modèle de Patz et collaborateurs (2000), ces indicateurs réfèrent aux influences modératrices.

Quant aux indicateurs de l'aléa, ils correspondent aux caractéristiques pouvant bien estimer l'importance de l'aléa, en plus d'être déterminantes dans l'établissement du niveau de risque (Morin, 2008). Ces indicateurs réfèrent à la mesure de l'intensité ou de la gravité de l'aléa, à la probabilité de son occurrence ou de sa récurrence, à sa localisation spatiale et à l'étendue possible de ses effets.

1.2 RECENSION DES PUBLICATIONS

La recension des publications portant sur les tornades, les ouragans et autres vents violents a été effectuée à l'aide des bases de données MEDLINE et Web of Science. Parmi les 3 843 publications repérées (MEDLINE : 604; Web of Science : 3 239), 43 ont été retenues¹². Pour atteindre notre objectif, divers mots-clés ont été utilisés, comme en témoigne le tableau suivant.

¹² Les critères de sélection de la revue de la littérature sont présentés à la première partie du rapport.

Tableau 1 Mots-clés selon la source de renseignements

MEDLINE	Web of Science
<i>Mesh</i>	<i>Topic</i>
<ul style="list-style-type: none"> • cyclones OR • tornadoes OR 	<ul style="list-style-type: none"> • cyclone* OR • tornado* OR • hurricane* OR • tropical cyclone* OR • tropical storm* OR • wind*
<i>Title/Abstract</i>	AND
<ul style="list-style-type: none"> • hurricane(s) OR • tornado(es) OR • tropical cyclone(s) OR • tropical storm(s) OR • wind(s) OR • windstorm(s) OR 	<i>Topic</i>
AND	<ul style="list-style-type: none"> • accident* OR • casualt* OR • death* OR • disease* OR • infect* OR • mortalit* OR • outbreak* OR • wound*
<i>Mesh</i>	AND
<ul style="list-style-type: none"> • accidents, aviation OR • accidents, traffic OR • bacterial infections and mycoses OR • cardiovascular diseases OR • cause of death OR • disease outbreaks OR • disease reservoirs OR • disease vectors OR • mass casualty incidents OR • mortality OR • parasitic diseases OR • respiratory tract diseases OR • virus diseases OR • wounds and injuries 	<i>Subject Areas</i>
	<ul style="list-style-type: none"> • cardiac & cardiovascular systems OR • critical care medicine OR • emergency medicine OR • environmental sciences OR • health care sciences & services OR • infectious diseases OR • medicine, general & internal OR • medicine, legal OR • meteorology & atmospheric sciences OR • multidisciplinary sciences OR • pathology OR • public, environmental & occupational health OR • respiratory system OR • surgery

1.3 SOURCES DE DONNÉES UTILISÉES DANS LES PUBLICATIONS RETENUES

Pour étudier le lien entre les troubles de la santé et les vents violents, des sources de données très diversifiées ont été utilisées par les auteurs des publications retenues.

Globalement, on distingue six groupes de sources de données.

Le premier groupe inclut diverses données statutaires liées aux décès (comme les rapports du coroner et les certificats de décès), aux services médicaux (dont les visites aux urgences et les hospitalisations) et aux services paramédicaux (telles les demandes de remboursement du régime américain d'assurance maladie Medicaid).

Le deuxième groupe englobe des données courantes de surveillance de santé publique (comme les données des CDC).

Le troisième groupe contient des données ad hoc de surveillance de santé publique (dont les données des centres d'évacuation ou encore les données des hôpitaux et des installations non hospitalières ayant traité les résidents des secteurs atteints par l'aléa).

Le quatrième groupe est formé de données individuelles recueillies par les auteurs de l'étude que nous avons retenue ou d'autres de leurs recherches (données issues notamment d'entrevues auprès des résidents de la zone sinistrée ou auprès des proches des décédés).

Le cinquième groupe est constitué d'informations journalistiques.

Le sixième groupe concerne des bases de renseignements sur des désastres ayant touché des populations (principalement la Storm Events Database et les données de l'étude longitudinale sur les tornades aux États-Unis par Grazulis).

La description de ces sources de données dépasse l'objet du présent rapport, de même que les limites méthodologiques inhérentes à chacune d'elles. À titre d'exemple, l'utilisation des journaux est originale, mais elle peut sous-estimer (ou surestimer, selon le cas) le nombre de décès (Schmidlin et King, 1995). De même, la Storm Events Database regroupe quelques caractéristiques des sinistrés (p. ex. : âge, sexe, localisation lors de l'aléa) et décrit les dommages causés par l'aléa. Elle doit toutefois être utilisée avec prudence, puisque certaines de ses données ne seraient pas codifiées correctement (Ashley, 2007). Pour pallier ces lacunes, relevons que certains auteurs (p. ex. : Borden et Cutter, 2008; Ashley, 2007) utilisent plus d'une source de données et suggèrent l'amélioration de la qualité et de l'exhaustivité des renseignements collectés lors d'un désastre.

2 OURAGANS

2.1 GÉNÉRALITÉS RELATIVES AUX OURAGANS

Le nom d'un cyclone tropical varie selon le bassin océanique d'où il provient¹³ (Environnement Canada, 2009a). Ainsi, on le nomme « ouragan » s'il est issu de l'océan Atlantique Nord ou du nord-est du Pacifique; « typhon », s'il provient du nord-ouest de l'océan Pacifique; « forte tempête cyclonique », s'il balaie le nord de l'océan Indien; « cyclone tropical », s'il se forme au sud-ouest de l'océan Indien; « puissant cyclone tropical », s'il vient du sud-est de l'océan Indien ou du sud-ouest de l'océan Pacifique. Dans ce texte, nous référerons indifféremment aux termes « ouragan », « tempête tropicale » et « cyclone tropical ».

Le cyclone tropical se forme principalement lors de conditions chaudes et humides¹⁴ (Environnement Canada, 2009a). Il se définit comme une tempête dotée d'un centre dépressionnaire et d'orages qui charrient des vents violents et d'énormes quantités d'eau en très peu de temps (Environnement Canada, 2009b). Il peut aussi donner naissance à de hautes vagues, à des ondes de tempête dévastatrices, voire à des tornades. Enfin, les climatologues ne savent pas encore jusqu'à quel point les ouragans régissent la chaleur de la terre, mais il semble que 80 à 85 % d'entre eux y jouent un rôle (Environnement Canada, 2009b).

L'ouragan naît lorsque les vents excèdent 118 kilomètres à l'heure (km/h) (Environnement Canada, 2009c). Avant ce stade, on parle de dépression tropicale, si la zone orageuse développe un mouvement de rotation et des vents d'au moins 37 km/h, ou de tempête tropicale, quand des vents soutenus s'amplifient jusqu'à 63 km/h ou plus. Les tempêtes tropicales peuvent déverser de 100 à 200 millimètres (mm) de pluie; les ouragans, au moins 200 mm.

Les dommages et les inondations que l'ouragan risque de causer en atteignant les côtes sont mesurés à l'aide de l'échelle de Saffir-Simpson (Environnement Canada, 2009c). Cette échelle se constitue de cinq catégories d'intensité des ouragans, soit :

- la catégorie 1, laquelle correspond à des vents de plus (>) de 118 km/h et des ondes de tempête d'au moins (\geq) 1,2 mètre (m);
- la catégorie 2, à des vents > 152 km/h et des ondes de tempêtes \geq 1,8 m;
- la catégorie 3, à des vents > 176 km/h et des ondes de tempêtes \geq 2,7 m;

¹³ Ouragans de l'**océan Atlantique Nord** (dont les Caraïbes et le golfe du Mexique), de juin à novembre, avec un maximum saisonnier (nommé « maximum » ci-après) en septembre; du **nord-est du Pacifique**, de la mi-mai à la mi-novembre, avec un maximum de la fin août au début septembre; du **nord-ouest de l'océan Pacifique** (dont la mer de Chine méridionale), toute l'année, avec un maximum de la fin août au début septembre; du **nord de l'océan Indien** (incluant la baie du Bengale et la mer d'Oman), d'avril à juin et d'octobre à décembre, avec un maximum en mai et en novembre; du **sud-ouest de l'océan Indien**, d'octobre à mai, avec un maximum de la mi-janvier à la fin mars; au **sud-est de l'océan Indien** (nord de l'Australie), d'octobre à mai, avec un maximum de la mi-janvier à la fin mars; au **sud-ouest de l'océan Pacifique**, toute l'année, avec un maximum de février au début de mars (Environnement Canada, 2009a).

¹⁴ Étapes de formation des ouragans : 1) l'air chaud et humide se déplace à la surface de l'océan; 2) la vapeur d'eau monte dans l'atmosphère; 3) en montant, la vapeur d'eau refroidit et se condense en gouttes d'eau; 4) la condensation libère la chaleur dans l'atmosphère et allège l'air; 5) l'air réchauffé continue à monter; l'humidité de l'océan prend sa place et augmente la vitesse du vent (Environnement Canada, 2009a).

- la catégorie 4, à des vents > 209 km/h et des ondes de tempêtes $\geq 4,0$ m;
- la catégorie 5, à des vents > 251 km/h et des ondes de tempêtes $\geq 5,5$ m.

Conçue pour les latitudes australes, l'échelle de Saffir-Simpson n'a pas fait ses preuves au Canada, où on met en doute son utilité, notamment en raison de l'expérience vécue en 2003 durant l'ouragan Juan (Environnement Canada, 2009c). Lors de ce dernier, les vents, marginaux, étaient de catégorie 2, alors que les dommages aux arbres correspondaient plutôt à des vents de catégorie 3.

En fait, pour mesurer les cyclones tropicaux, on utilise généralement la force de leurs coups de vent, lesquels peuvent être restreints en superficie (< 100 km) ou de très grande envergure (> 1 000 km) (Environnement Canada, 2009d). Cette mesure n'a aucun rapport avec celle de l'intensité, comme démontré par les ouragans Andrew (1992) et Floyd (1999), tous deux de catégorie 4 même si le premier balayait une plus grande superficie sur son passage que le second.

Au Canada

Plus de 600 vies ont été fauchées par de telles tempêtes au Canada depuis 1900 (Environnement Canada, 2009b). Au cours de la période 1901-2000, 351 tempêtes distinctes (tous types confondus) ont traversé le pays (Environnement Canada, 2009e), dont 31 le Québec (Environnement Canada, 2009f). Parmi ces tempêtes :

- 173 atteignaient la force d'un ouragan, soit 89 de catégorie 1, 57 de catégorie 2, 22 de catégorie 3 et cinq de catégorie 4 (Environnement Canada, 2009e);
- 216 sont survenues de 1951 à 2000, incluant 63 ouragans de catégorie 1, 29 de catégorie 2, 10 de catégorie 3 et quatre de catégorie 4 (Environnement Canada, 2009e);
- au cours de ces 50 années, l'Ontario, le Québec, la région Atlantique et la Colombie-Britannique ont connu 18 catastrophes découlant de cyclones tropicaux (typhons et ouragans), lesquels ont entraîné d'importants dommages et causé 137 décès (Berry et collab., 2008).

L'ouragan Juan (2003) est toutefois un rare exemple d'ouragan ayant touché le pays (la côte de Nouvelle-Écosse) avec la presque totalité de ses caractéristiques tropicales (Environnement Canada, 2009g), tout comme Alex (2004), le premier ouragan de taille en plus de 20 ans (de catégorie 3 à son arrivée dans les eaux canadiennes) et dont les vents soutenus de 180 km/h se sont avérés 50 % plus destructifs que ceux de Juan (Environnement Canada, 2009c).

De fait, la plupart des cyclones tropicaux de style canadien sont des systèmes atmosphériques à mi-chemin entre le cyclone tropical (tempêtes types entre le 8° et le 15° de latitude de part et d'autre de l'équateur¹⁵) et le cyclone extratropical (tempêtes types des latitudes moyennes : entre le 30° et le 60° de latitude de part et d'autre de l'équateur)¹⁶

¹⁵ Les cyclones tropicaux ne se développent ni près de l'équateur (la force de Coriolis y étant trop faible pour générer l'effet de rotation), ni trop loin de l'équateur (où l'eau est trop froide), mais généralement dans une bande de latitudes allant de 8 à 15° au nord et au sud de l'équateur (Environnement Canada, 2009a).

¹⁶ Diverses caractéristiques différencient les cyclones extratropicaux des cyclones tropicaux (p. ex. : les cyclones extratropicaux ont un cœur froid; les cyclones tropicaux, un cœur chaud). Pour en savoir davantage, consultez le site Internet d'Environnement Canada (2009g).

(Environnement Canada, 2009g). On nomme ces systèmes des cyclones en « transition extratropicale » (connus au Canada comme étape posttropicale) ou TE parmi les météorologues¹⁷ (Environnement Canada, 2009g). Les TE sont les types de tempêtes les plus imprévisibles, souvent égales sinon pires que leur version tropicale antérieure. Hazel – le plus connu de ces ouragans canadiens qui n'en sont pas vraiment (Environnement Canada, 2009g) – a causé 81 décès et plus de 7 400 évacuations en 1954 au Québec et en Ontario (Berry et collab., 2008).

Chaque année, trois ou quatre tempêtes tropicales menacent le Canada ou ses eaux territoriales (Environnement Canada, 2004a, dans Berry et collab., 2008), fréquence qui pourrait augmenter en raison des changements climatiques (GIEC, 2007d, dans Berry et collab., 2008). Ces tempêtes se déplacent selon une trajectoire qui suit normalement la côte est ou traverse l'est des États-Unis (Berry et collab., 2008). Certaines tempêtes violentes d'automne et d'hiver (cyclones extratropicaux) touchent toutefois la Colombie-Britannique une fois ou deux par année, dont l'ex-typhon Freda (1962), nommé aussi la tempête du Columbus Day (Environnement Canada, 2009g).

2.2 CONSÉQUENCES SANITAIRES DES OURAGANS

Au total, 23 études ont été retenues pour mettre en lumière les effets et les indicateurs sanitaires associés aux ouragans. Leurs principaux résultats sont résumés au tableau 4. Cinq points saillants émergent de ce tableau; ils sont énoncés et commentés ci-dessous.

2.2.1 Les études retenues visent des aléas et des États américains précis

Les 23 études portant sur les conséquences sanitaires des ouragans ont été réalisées aux États-Unis.

Parmi ces études :

- vingt-deux concernaient un ou deux ouragans, principalement Katrina (14 publications) – l'un des plus puissants et étendus ouragans (rayon de plus de 650 km) à avoir frappé les États-Unis (Wikipédia, 2010a);
- quinze n'incluaient qu'un seul État, généralement la Louisiane;
- une seule couvrait les conséquences de plusieurs ouragans, mais uniquement pour la Floride et sur une période d'observation de deux ans (Ragan et collab., 2008);
- deux couvrent au moins quatre États, mais à la suite de Katrina seulement (CDC, 2006b; CDC, 2005a).

Aussi, aucune des 23 études retenues ne présente une analyse temporelle et spatiale des troubles de la santé liés aux ouragans, ajustée pour les caractéristiques des aléas. La généralisation de ces données peut donc poser certains défis.

¹⁷ Quand un cyclone tropical entre dans des zones subtropicales ou des latitudes moyennes, il peut interagir avec les autres systèmes météorologiques extratropicaux qui s'y trouvent (comme des tempêtes à pleine maturité) (Environnement Canada, 2009g). Il en résulte souvent un nouveau système atmosphérique à mi-chemin entre le cyclone tropical et le cyclone extratropical, qu'on nomme « transition extratropicale » (ou TE, parmi les météorologues).

2.2.2 Les études retenues sont généralement descriptives

Des 23 études choisies, 19 étaient descriptives et s'appuyaient sur un devis transversal. Les quatre autres études étaient à visée étiologique, soit :

- l'étude de Caillouët et collaborateurs (2008) réalisée en Louisiane et au Mississippi (ouragan Katrina, le 29 août 2005) dans le but d'évaluer les effets de l'ouragan sur l'incidence de l'encéphalite causée par le virus du Nil occidental à court (trois semaines avant et trois semaines après l'ouragan) et à long terme (données de 2002-2005 et données de 2006) à l'aide des données de surveillance du CDC;
- l'étude de Setzer et Domino (2004) effectuée en Caroline du Nord (ouragan Floyd, le 16 septembre 1999) afin de mettre en parallèle le nombre de visites médicales pré- (01-07-1998 – 30-09-1999) et postouragan (01-10-1999 – 30-09-2000) pour certains types d'infections (p. ex. : infection à *Cryptosporidium*) ayant fait l'objet d'une demande de remboursement chez Medicaid;
- enfin, deux études du CDC (2000, 1996), la première réalisée en Caroline du Nord (ouragan Floyd, 16 septembre 1999), la seconde dans les Îles Vierges et en Floride (ouragans Marilyn, 15 septembre 1995 et Opal, 4 octobre 1995), toutes deux dans le but de comparer la morbidité ou la mortalité avant et après l'aléa.

Ainsi, la plupart des études retenues pour les ouragans s'appuient sur des devis relativement faibles sur le plan de l'évaluation de la causalité, au sens strict du concept. De plus, les résultats des recherches à visée étiologique ont une portée limitée, notamment en raison de la sous-déclaration des cas (Setzer et Domino, 2004) et de l'étude de problèmes de santé très précis (Caillouët et collab., 2008; Setzer et Domino, 2004).

2.2.3 La période étudiée est relativement courte

La grande majorité des périodes étudiées variaient de quelques jours à deux ou trois mois (tableau 2). Cette observation, intimement liée au type de devis utilisé, rend difficile la comparaison des études entre elles et ne permet pas de détecter les répercussions moins tangibles à moyenne et plus longue échéance (comme des problèmes respiratoires associés aux moisissures).

Tableau 2 Périodes étudiées

Références	Périodes étudiées
Ragan et collab. (2008)	2004 et 2005
Caillouët et collab. (2008)	3 semaines pré- (08-2005) versus 3 semaines postouragan (10-2005) et 2002-2005 versus 2006
Brunkard et collab. (2008)	Lors de l'impact (non précisé)
Lehman et collab. (2007)	2003 versus 2004 versus 2005 (deux semaines préouragan)
Yee et collab. (2007)	02-09-2005 – 12-09-2005 = 11 j
Stephens et collab. (2007)	01-2006 – 06-2006 versus 01-06-2002 et 2003
CDC (2006a)	25-08-2005 – 01-09-2005 = 8 j et 27-09-2005 – 17-10-2005 = 52 j
CDC (2006b)	01-09-2005 – 22-09-2005 = 23 j et 05-09-2005 – 22-09-2005 = 18 j
CDC (2006c)	07-09-2005 – 21-09-2005 = 15 j et 01-09-2005 – 23-09-2005 = 23 j
CDC (2006d)	05-09-2005 – 11-09-2005 = 7 j et 12-09-2005 – 11-10-2005 = 30 j
CDC (2006e)	25-09-2005 – 15-10-2005 = 21 j
CDC (2006f)	08-09-2005 – 26-10-2005 = 49 j
Jani et collab. (2006)	18-09-2003 – 30-11-2003 = 74 j
CDC (2005a)	3 semaines postouragan (29-09-2005)
CDC (2005b)	08-09-2005 – 25-09-2005 = 18 j
CDC (2005c)	29-08-2005 – 11-09-2005 = 14 j
Setzer et Domino (2004)	01-07-1998 – 30-09-1999 versus 01-10-1999 – 30-09-2000
Yale et collab. (2003)	Lors de l'impact (non précisé)
CDC (2000)	16-09-1999 – 27-09-1999 = 42 j; première semaine post- versus première semaine de septembre 1998; un mois post- versus même période en 1998
CDC (1996a)	16-09-1995 – 30-09-1995 = 15 j et 04-10-1995 – 09-10-1995 versus 27-09-1995 – 03-10-1995 = 6 j
CDC (1996b)	15-09-1995 – 04-10-1995 = 20 j et 04-10-1995 – 25-10-1995 = 22 j
Combs et collab. (1996)	Lors de l'impact (non précisé)
Lew et Wetli (1996)	Lors de l'impact (non précisé)

2.2.4 Les impacts directs et indirects sont peu souvent définis

Seulement sept des 23 publications retenues ont explicitement distingué les impacts directs des impacts indirects, et ce, surtout pour les décès et avec une précision variable (tableau 3). Il s'avère donc délicat de juger de l'importance des premiers par rapport aux seconds. Selon d'autres sources de renseignements, il semble toutefois que le plus grand nombre de décès est directement occasionné par les catastrophes secondaires déclenchées par l'ouragan (p. ex. : une crue éclair, une onde de tempêtes), suivis des décès attribuables à ses vents violents (p. ex. : des décès dus à l'effondrement des structures). Ainsi, aux États-Unis, de 1970 à 1999, 60 % des décès dus aux cyclones tropicaux étaient le résultat des inondations engendrées par de fortes pluies (Environnement Canada, 2009h).

Tableau 3 Définitions de l'impact

Études	Définitions
Ragan et collab. (2008)	<ul style="list-style-type: none"> • Décès directs : décès dus aux forces physiques de l'ouragan, soit les décès causés par l'ouragan, la montée de la tempête, la pluie liée aux inondations ou la montée rapide de l'eau de surface, les effets du vent, les changements de température et la foudre. • Décès indirects : décès causés par des conditions malsaines et insalubres associées à la préparation pour la survenue de l'ouragan et incluant ceux liés à la perte ou la perturbation des services habituels tels l'électricité, le transport, les soins de santé (physique et mentale), ou une perte personnelle ou une perturbation du style de vie (évacuation, abri temporaire, stress psychologique et nettoyage après désastre).
Stephens et collab. (2007)	<ul style="list-style-type: none"> • Décès indirects : survenus 6 mois après l'ouragan.
CDC (2006a)	<ul style="list-style-type: none"> • Décès directs : décès causés par la force physique de l'ouragan. • Décès indirects : décès causés par des conditions malsaines et insalubres qui existent pendant la phase d'évacuation, lors de l'ouragan ou la phase de nettoyage (post-). • Décès possiblement liés : si 1) décès produits dans un secteur affecté par l'ouragan du 23 août au 23 octobre 2005, 2) cause de décès indéterminée, 3) les interviewers approuvent l'existence d'une relation possible entre les décès et l'ouragan. • Les causes naturelles de décès sont attribuables à l'ouragan si un stress physique ou mental avant, pendant et après l'ouragan entraîne l'aggravation des conditions médicales préexistantes et contribue à la mort.
Jani et collab. (2006)	<ul style="list-style-type: none"> • Décès ou blessures directs : directement attribuables à l'ouragan ou au résultat de l'impact par les débris en suspension (noyade, traumatisme des tissus mous). • Décès indirects : produits à l'approche de l'événement hydrométéorologique ou après sa fin, mais qui ne sont pas directement causés par l'impact ou les débris de l'événement (accidents liés aux opérations de nettoyage, accidents de véhicule, perte d'électricité, intoxication au monoxyde de carbone).
CDC (1996b)	<ul style="list-style-type: none"> • Décès directs : résultant de la force environnementale de l'ouragan. • Décès indirects : décès causés par une blessure ou une maladie associée aux événements liés à l'ouragan comme l'évacuation, le nettoyage et la perte d'électricité.
Combs et collab. (1996)	<p><i>Floride</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Décès directs : liés à la force environnementale de l'ouragan (vents, montée des eaux). • Décès indirects : résultent d'autres événements liés à l'ouragan comme l'évacuation ou le nettoyage. <p><i>Louisiane</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Décès attribuables à l'ouragan : décès survenus du 24 août à midi au 21 septembre à minuit résultant directement ou indirectement de la préparation à l'ouragan, de l'impact de l'ouragan ou des nettoyages après.
Lew et Wetli (1996)	<ul style="list-style-type: none"> • Décès directs : directement liés aux effets de la tempête. • Décès indirects : décès survenus 2 semaines après et qui sont liés aux activités de la tempête (la période de 2 semaines a été choisie en tenant compte du fait qu'après 2 semaines « l'excitation importante et la phase de réponse » devraient être passées et les effets de la tempête stabilisés). • Décès naturels : décès survenus durant la tempête; non naturels : lors d'activités liées à l'ouragan.

2.2.5 Les renseignements collectés reposent sur quelques indicateurs seulement

Au mieux, les renseignements collectés permettent d'identifier : la date de l'arrivée de l'ouragan; son intensité selon l'échelle de Saffir-Simpson (catégories 1 à 5); la région touchée; l'âge et le sexe des personnes décédées, blessées ou malades; leur activité (p. ex. : pendant les travaux de nettoyage) et leur localisation (p. ex. : dans un véhicule moteur) lorsque l'ouragan les a touchées et selon le cas, la raison de la consultation médicale. Le type de sources de données utilisées (principalement des données statutaires et de surveillance) explique en partie cet état de choses.

Sur la base de ces renseignements émergent toutefois quelques observations, notamment les suivantes :

- Les gens âgés d'au moins 40 ans (p. ex. : Ragan et collab., 2008) apparaissent plus à risque de décéder lors d'un ouragan que leurs cadets, de même que les hommes par rapport aux femmes (p. ex. : Jani et collab., 2006).
- Les décès semblent survenir surtout pendant la phase d'impact, soit près d'un plan d'eau (p. ex. : Ragan et collab., 2008), dans un véhicule moteur (p. ex. : Yale et collab., 2003), une structure permanente (Jani et collab., 2006) ou mobile (Ragan et collab., 2008). Toutefois, les autres phases peuvent également s'avérer fatales, notamment lors des travaux de préparation à l'ouragan (Ragan et collab., 2008).
- Les décès semblent principalement causés par la noyade (p. ex. : Brunkard et collab., 2008), des troubles cardiaques (p. ex. : Lew et Wetli, 1996) et des blessures (en raison d'une chute pouvant être attribuable au manque d'électricité, d'un accident de la route, de la chute d'un arbre) (p. ex. : Lew et Wetli, 1996). Parmi les autres causes de décès, on relève les intoxications au monoxyde de carbone, les électrocutions et des incendies dus entre autres à l'utilisation d'une bougie (p. ex. : Lew et Wetli, 1996).
- Les raisons de consultation médicale sont très diversifiées. Elles incluent principalement des maladies gastro-intestinales (p. ex. : CDC, 2006b), des blessures (p. ex. : CDC, 2006c) et des maladies respiratoires (p. ex. : CDC, 2006e), puis dans une moindre mesure, diverses maladies chroniques comme les maladies cardiovasculaires (p. ex. : CDC, 2006b), des maladies vectorielles telles l'infection au virus du Nil occidental (p. ex. : Lehman et collab., 2007), des troubles dermatologiques (p. ex. : CDC, 2006c), des troubles mentaux (CDC, 2006c), des intoxications (CDC, 2005b), des maladies infectieuses (comme la tuberculose) (p. ex. : CDC, 2006f), des douleurs ou maux de tête (CDC, 2006c), des symptômes neurologiques (CDC, 2006c), des troubles obstétriques (CDC, 2006c), l'hypothermie (CDC, 2000) et le renouvellement d'ordonnances (p. ex. : CDC, 2006c).
- Enfin, même les ouragans de catégorie 1 peuvent avoir des conséquences sur la santé humaine, voire mortelles dans certains cas (Jani et collab., 2006).

Tableau 4 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des ouragans

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Brunkard, J., Namulanda G., & Ratard R. (2008) Hurricane Katrina deaths, Louisiana, 2005. <i>Disaster Med Public Health Prep</i> 2(4) 215-223.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragan Katrina, Louisiane, États-Unis, 2005. Population étudiée : Louisiane et évacués dans d'autres États. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> - certificats de décès (27-08 au 31-10); - données de <i>Disaster Mortuary Operational Response Team's confirmed victims</i>. 	<p>29 août 2005, ouragan Katrina, catégorie 3, en Louisiane</p> <ul style="list-style-type: none"> 971 décès en Louisiane liés à l'ouragan, dont 49 % âgés de 75 ans et +. 15 décès parmi les évacués dans d'autres États. Des 799 décès en Louisiane (avec date du décès), 81 % ont été causés lors de l'impact (deux jours avant l'impact : 7 décès). Causes des 971 décès survenus en Louisiane : 40 % par noyade; 25 % dus à des blessures; 11 % à des troubles cardiaques; 5 % d'autres maladies spécifiques; 19 % des causes non spécifiques.
Caillouët KA, Michaels SR, Xiong X, Foppa I and Wesson DM (2008) Increase in West Nile Neuroinvasive Disease after Hurricane Katrina. <i>Emerging Infectious Diseases</i> , 14(5) : 804-807.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragan Katrina, Louisiane et le Mississippi, États-Unis, 2005. Population étudiée : Louisiane et Mississippi. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude à visée étiologique. Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> - données de surveillance du CDC. 	<p>29 août 2005, ouragan Katrina, catégorie 3, en Louisiane</p> <ul style="list-style-type: none"> Louisiane, comparaison des cas survenus durant les 3 semaines précédant l'ouragan (août 2005) versus 3 semaines après : <ul style="list-style-type: none"> - dans les régions atteintes par l'ouragan, augmentation (↑) du nombre de cas de maladie neuroinvasive (ou encéphalite) du Nil occidental (MNON) passant de 0 (IC_{95%} : 0-3) à 11 cas (IC_{95%} : 6,2-19,7) ($p < 0,05$) – cette ↑ n'a pas été observée durant les mêmes périodes de 2002, 2003, 2004 ou 2006; - selon les mêmes périodes, aucune augmentation de cas de MNON dans les régions non atteintes par l'ouragan. Louisiane, dans les régions atteintes par l'ouragan, comparaison des données 2002-2005 aux données de 2006 afin d'évaluer les effets à long terme de l'ouragan sur le taux d'incidence (par 100 000) de MNON : <ul style="list-style-type: none"> - ↑ de 2,1 (2002-2005) à 4,4 (2006) (RT = 2,09; IC_{95%} : 1,48-2,94). Mississippi, comparaison des cas survenus durant les 3 semaines précédant l'ouragan (août 2005) versus 3 semaines après : <ul style="list-style-type: none"> - dans les régions atteintes par l'ouragan, ↑ du nombre de cas de MNON passant de 0 (IC_{95%} : 0-3) à 10 cas (IC_{95%} : 5,5-18,4) ($p < 0,05$) – cette ↑ n'a pas été observée durant les mêmes périodes de 2002, 2003, 2004, 2006; - selon les mêmes périodes, aucune augmentation de cas de MNON dans les régions non atteintes par l'ouragan. Mississippi, dans les régions atteintes par l'ouragan, comparaison des données 2002-2005 aux données de 2006 afin d'évaluer les effets à long terme de l'ouragan sur le taux d'incidence (par 100 000) de MNON : ↑ de 2,6 (2002-2005) à 6,5 (2006) (RT = 2,45; IC_{95%} : 1,77-3,47).

Tableau 4 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des ouragans (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Ragan P, Schulte J, Nelson SJ & Jones KT (2008) Mortality Surveillance 2004 to 2005 Florida Hurricane-Related Deaths. <i>American of Forensic Medicine and Pathology</i> 29 (2) : 148-153.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragans, Floride, États-Unis, 2004-2005. Population étudiée : Floride. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> certificats de décès (quelques jours avant l'arrivée de l'ouragan jusqu'à 30 jours après; décès survenus après cette période, mais liés aux blessures causées durant la période); rapports du coroner. 	2004 et 2005, 8 ouragans (2004 : 4 ouragans; 2005 : 4 ouragans) en Floride <ul style="list-style-type: none"> 213 décès (2004 : 144; 2005 : 69). 9 % des décès durant la période préimpact; 31 % lors de l'impact; 60 % durant la période postimpact. 76 % des décès de sexe masculin. 79 % des décès âgés ≥ 40 ans. 19 % des décès de type direct (âge médian = 54,4 ans); 81 % de type indirect (âge médian = 56,4 ans, pas de différence statistiquement significative entre les décès directs et indirects selon l'âge). 66 % des directs et 27 % des indirects survenus près d'un plan d'eau, dans ou près d'un véhicule, ou dans une structure non permanente (ex. : maisons mobiles). 42 % des décès indirects survenus en plein air et reliés aux travaux de préparation avant l'arrivée de l'ouragan (pas d'information sur la distribution restante).
Lehman JA, Hinckley AF, Krista KL, Nasci RS, Smith TL, Campbell GL and Hayes EB (2007) Effect of Hurricane Katrina on Arboviral Disease Transmission. <i>Emerging Infectious Diseases</i> 13(8) : 1273-1275.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragan Katrina, Louisiane et le Mississippi, États-Unis, 2005. Population étudiée : Louisiane et Mississippi. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> ArboNET des Centers for Disease Control and Prevention. 	29 août 2005, ouragan Katrina, catégorie 3, en Louisiane <ul style="list-style-type: none"> En Louisiane, ↑ du nombre de cas MNON de 85 en 2003 à 101 en 2004 et à 117 en 2005 (deux semaines avant l'ouragan). Fluctuations du nombre de cas d'encéphalite de Saint-Louis : de 9 en 2003 à 0 en 2004 et à 2 en 2005. Au Mississippi, fluctuations du nombre de cas de MNON de 34 en 2003 à 31 en 2004 et à 39 en 2005. Fluctuations du nombre de cas d'encéphalite de Saint-Louis : est passé de 2 en 2003, à 0 en 2004 et à 5 en 2005.
Stephens KU & al. (2007) Excess Mortality in the Aftermath of Hurricane Katrina: A Preliminary Report. <i>Disaster Medicine And Public Health Preparedness</i> 1 (1) : 15-20.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragan Katrina, Nouvelle-Orléans, États-Unis, 2005. Population étudiée : Nouvelle-Orléans. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Source de données : <ul style="list-style-type: none"> journaux (<i>Time-Picayune, NewsBank, Inc</i>) (janvier-juin 2002, 2003 et 2006); Louisiana Office of Public Health. 	29 août 2005, ouragan Katrina, catégorie 3, en Louisiane <ul style="list-style-type: none"> ↑ de 47 % des décès indirects postouragan (janvier-juin 2006) versus mortalité de base préouragan (janvier-juin 2002 et 2003). ↑ du taux de mortalité par 100 000, passant de 62,17 (intervalle de confiance à 95 %, IC_{95%} : 52,31-72,02) dans la période préouragan à 91,37 (IC_{95%} : 56,44-126,30) dans la période postouragan. Commentaires : possibilité de sous-estimation de la mortalité, car tous les décès ne sont pas publiés dans le <i>Time-Picayune</i> (comme avis de décès).

Tableau 4 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des ouragans (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Yee EL, Palacio H, Atmar RL, Shah U, Kilborn C <i>et al.</i> (2007) Widespread Outbreak of Norovirus Gastroenteritis among Evacuees of Hurricane Katrina Residing in a Large "Megashelter" in Houston, Texas: Lessons Learned for Prevention. <i>Critical Infectious Diseases</i> 44 : 1032-10329.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragan Katrina, Louisiane, États-Unis, 2005. Population étudiée : évacués, Houston (Texas). 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> - données de surveillance de Reliant Park Medical Clinic. 	<p>29 août 2005, ouragan Katrina, catégorie 3, en Louisiane</p> <ul style="list-style-type: none"> > 27 000 évacués à l'abri Reliant Park Complex. Visites à Reliant Park Medical Clinic. (2-12 septembre = 11 j) : <ul style="list-style-type: none"> - 6 985 visites, dont 17 % pour gastroentérites; - incidence moyenne de la gastroentérite par jour : 4,6 par 1 000 résidants; - parmi les 78 patients pour lesquels on avait des analyses, 45 % atteints de gastroentérite à norovirus.
CDC (2006a) Mortality Associated with Hurricane Katrina-Florida and Alabama, August-October 2005. <i>MMWR</i> 55 (9) : 239-242.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragan Katrina, Floride et Alabama, États-Unis, 2005. Population étudiée : Floride et Alabama. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> - rapports du coroner (<i>medical examiner records</i>); - certificats de décès. 	<p>25 août 2005, ouragan Katrina, catégorie 1, en Floride et 29 août 2005, ouragan Katrina, catégorie 1, en Alabama</p> <ul style="list-style-type: none"> 38 décès, dont 14 en Floride (25 août-1^{er} septembre = 8 j), soit 5 décès directs, 8 indirects, un possiblement lié; et 24 en Alabama (27 août-17 octobre = 52 j), soit 15 décès indirects, 9 possiblement liés. Hommes : 71 % des décès en Floride et 88 % en Alabama.
CDC (2006b) Morbidity Surveillance after Hurricane Katrina-Arkansas, Louisiana, Mississippi, and Texas, September 2005. <i>MMWR</i> 55(26) : 727-731.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragan Katrina, Louisiane, États-Unis, 2005. Population étudiée : Arkansas, Louisiane, Mississippi, Texas. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Source de données : <ul style="list-style-type: none"> - données de surveillance des centres d'évacuation; - données de surveillance des établissements de santé. 	<p>29 août 2005, ouragan Katrina, catégorie 3, en Arkansas, Louisiane, au Mississippi et au Texas</p> <ul style="list-style-type: none"> 14 531 visites aux centres d'évacuation (1-22 septembre = 23 j) : 33 % pour maladies chroniques (diabète, asthme, maladies cardiovasculaires, etc.); 27 % pour maladies gastro-intestinales; 20 % pour maladies respiratoires; < 6 % pour blessures; < 6 % pour troubles mentaux. 9 772 visites dans les établissements de santé (5-22 septembre = 18 j) : 58 % pour blessures; 16 % pour maladies respiratoires; < 10 % pour éruptions cutanées, maladies chroniques, troubles mentaux et maladies gastro-intestinales. Commentaires : la variabilité du nombre d'établissements de santé et de la population totale sous surveillance a limité l'interprétation des tendances temporelles; taux non calculés, car les données de population étaient incomplètes.

Tableau 4 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des ouragans (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
CDC (2006c) <i>Illness surveillance and Rapid Needs Assessment Among Hurricane Katrina Evacuees-Colorado, September 1-23, 2005. MMWR 55(09) : 244-247.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragan Katrina, Louisiane, États-Unis, 2005. Population étudiée : évacués au Colorado. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Source de données : <ul style="list-style-type: none"> - données de surveillance de l'établissement de santé de la base aérienne de Lowry; - données de surveillance des urgences des hôpitaux du Colorado. 	<p>29 août 2005, ouragan Katrina, catégorie 3, Louisiane</p> <ul style="list-style-type: none"> Base aérienne de Lowry (7-21 septembre = 15 j) : <ul style="list-style-type: none"> - environ (≈) 3 600 personnes évacuées de la base; - 509 visites aux établissements de santé de la base, dont 10 cas de vomissements et de diarrhées, 10 cas aigus de toux et de fièvre, 15 cas de blessures infectées ou cellulites et 17 cas de troubles mentaux; - la plupart des visites étaient pour le renouvellement d'ordonnances; - pas d'épidémies de maladies infectieuses identifiées. État de la Louisiane (1-23 septembre = 23 j) : <ul style="list-style-type: none"> - ≈ 6 000 personnes évacuées de l'État (incluant les 3 600 personnes évacuées de la base de Lowry); - 124 visites aux urgences des hôpitaux, dont : 20,2 % pour douleurs ou maux de tête, 12,9 % pour renouvellement d'ordonnances, 10,5 % pour maladies chroniques, 10,5 % pour maladies respiratoires, 6,5 % pour symptômes neurologiques, 5,6 % pour blessures, 5,6 % pour infections de la peau, 4,0 % pour troubles mentaux, 3,2 % pour troubles obstétriques, 2,4 % pour maladies gastro-intestinales, 1,6 % pour maladies éruptives, 1,6 % pour possibilité de tuberculose, et 15,3 % pour autres causes. Commentaires : la surveillance s'est limitée aux patients des urgences et ne prenait pas en compte les patients des cliniques.
CDC (2006d) <i>Surveillance for Illness and Injury After Hurricane Katrina-Three Counties, Mississippi, September 5-October 11, 2005. MMWR 55(09)231-234.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragan Katrina, Louisiane, États-Unis, 2005. Population étudiée : trois comtés du Mississippi. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> - dossiers des urgences des hôpitaux; - fiches de visites du Disaster Medical Assistance Team (DMAT). 	<p>29 août 2005, ouragan Katrina, catégorie 3, en Louisiane</p> <ul style="list-style-type: none"> Surveillance active (5-11 septembre = 7 j) : <ul style="list-style-type: none"> - 11 424 visites, dont 57,3 % pour maladies, 38,4 % pour blessures, 4,3 % de causes non précisées; - ↑ de 83,6 % du total des visites versus visites la semaine précédant l'ouragan. Surveillance passive (12 septembre-11 octobre = 30 j) : <ul style="list-style-type: none"> - 27 135 visites, dont : 21,8 % pour blessures; 6,8 % pour infections de la peau ou de plaie, 6,5 % pour infections respirations supérieures, 4,5 % pour piqûres ou morsures d'insectes, 2,8 % pour infections respiratoires inférieures, 2,7 % pour nausées et vomissements, 2,5 % pour troubles mentaux, 1,1 % pour diarrhées aqueuses et 0,1 % pour diarrhées sanguinolentes (autres problèmes de santé : 50,3 %).

Tableau 4 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des ouragans (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
CDC (2006e) Injury and Illness Surveillance in Hospitals and Acute-Care Facilities After Hurricanes Katrina and Rita-New Orleans Area, Louisiana, September 25-October 15, 2005. <i>MMWR</i> 55(2) : 35-38.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragan Katrina (Nouvelle-Orléans et ses environs) et Rita, États-Unis, 2005. Population étudiée : Nouvelle-Orléans et ses environs. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Sources de données : - données de surveillance. 	<p>29 août 2005, ouragan Katrina, catégorie 3, en Nouvelle-Orléans et environs et 24 septembre 2005 : ouragan Rita, catégorie 3, en Nouvelle-Orléans et environs</p> <ul style="list-style-type: none"> 17 446 visites (25 septembre-15 octobre = 21 j), dont : <ul style="list-style-type: none"> 51,6 % pour maladies, soit : 32 % pour maladies infectieuses (882 infections de la peau, 1 304 infections respiratoires aiguës, 233 cas de diarrhée et 470 cas d'autres maladies infectieuses) et 68 % pour d'autres maladies qu'infectieuses; 26,2 % pour blessures ou expositions; 22,2 % pour autres affections non aiguës ou pour des raisons indéterminées. Pour les cas avec statut d'hospitalisation disponible (n = 13 717) : <ul style="list-style-type: none"> 81,4 % ont été libérés (sans hospitalisation); 10,9 % hospitalisés en raison de : maladies cardiaques (26,6 %), maladies gastro-intestinales sans diarrhée (12,3 %), trouble mental (6,7 %), maladie liée à la chaleur (6,1 %; autres causes d'hospitalisation non rapportées); 3,9 % ont quitté l'hôpital sans avis médical ni traitement; 3,5 % transférés à une autre institution; 0,2 % décédés, dont 23 patients vus pour cause de maladies et 2 pour cause de blessures. Commentaires : biais d'information possible, car données incomplètes pour certaines variables; pas de données de base aux fins de comparaison.
CDC (2006f) Surveillance in Hurricane Evacuation Centers-Louisiana, September-October 2005. <i>MMWR</i> 55(2) : 32-35.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragan Katrina, Louisiane, États-Unis, 2005. Population étudiée : sinistrés évacués, Louisiane. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Sources de données : - données de surveillance des centres d'évacuation. 	<p>29 août 2005, ouragan Katrina, catégorie 3, en Louisiane</p> <ul style="list-style-type: none"> ≈ 50 000 personnes dans des centres d'évacuation (8 septembre-26 octobre 2005 = 49 j) : <ul style="list-style-type: none"> incidence quotidienne moyenne par 1 000 personnes : syndrome grippal = 4,7; rougeur = 2,7; diarrhée liquide avec ou sans vomissements = 1,8; blessures infectées = 1,6; vomissements seulement = 1,3; gale, poux et autres infestations = 0,6; fièvre = 0,5; conjonctivites = 0,4; diarrhée sanguinolente (non incluse dans la diarrhée liquide) = 0,1.

Tableau 4 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des ouragans (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Jani AA <i>et al.</i> (2006) Hurricane Isabel-Related Mortality – Virginia, 2003. <i>Journal of Public Health Management Practice</i> 12(1) : 97-102.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragan Isabel, Virginie, États-Unis, 2003. Population étudiée : Virginie. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> rapports du coroner (<i>records of medical examiner</i>); certificats de décès. 	<p>18 septembre 2003, ouragan Isabel, catégorie 2, sur la côte atlantique américaine</p> <ul style="list-style-type: none"> 32 décès (18 septembre-30 novembre = 74 j), dont 20 décès dans les 48 premières heures; 24 décès de sexe masculin; 21 décès ≥ 45 ans. 12 décès directs (âge moyen : 46 ans); 20 décès (âge moyen : 60 ans). Lieu du décès : 16 décès dans des maisons permanentes, 7 décès dans des rivières et zones inondées (données manquantes : 9 décès). Nombre par cause de décès : <ul style="list-style-type: none"> noyade = 7; intoxication par monoxyde de carbone = 4 (toutes de > 65 ans); chute due à une clarté inadéquate, en raison du manque d'électricité = 2; incendie causé par l'utilisation d'une bougie = 1; blessures à la tête dues aux accidents de véhicules moteurs = 6; chute d'arbres sur les victimes = 5; accidents pendant des travaux de nettoyage (postimpact) = 5; stress = 2, dont un par infarctus du myocarde et un par suicide.
CDC (2005a) Infectious Disease and Dermatologic Conditions in Evacuees and Rescue Workers After Hurricane Katrina- Multiple States, August-September, 2005. <i>MMWR</i> 54(38) : 961-964.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragan Katrina, Louisiane, États-Unis, 2005. Population étudiée : évacués et secouristes, plusieurs États américains. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> données de surveillance des centres d'évacuation. 	<p>29 août 2005, ouragan Katrina, catégorie 3, en Louisiane</p> <ul style="list-style-type: none"> > 200 000 évacués trois premières semaines après l'ouragan. Troubles dermatologiques : <ul style="list-style-type: none"> à Dallas (Texas), 30 cas d'infections de la peau avec <i>Staphylococcus aureus</i> résistant à la méthicilline et 24 cas d'infections de la peau avec <i>Vibrio vulnificus</i> et <i>V. parahaemolyticus</i> (6 décès). Maladies diarrhéiques : <ul style="list-style-type: none"> en Louisiane, 20 agrégats (<i>clusters</i>) de maladies diarrhéiques; au Tennessee, maladie gastro-intestinale = première cause de consultation pour troubles aigus; Mississippi et Texas, 1 000 cas de diarrhée et vomissements, soit un agrégat de norovirus (Texas); autres infections : salmonella non typhoïde, <i>V. cholerae</i> non toxigénique O1, etc. Maladies respiratoires : <ul style="list-style-type: none"> Tennessee, un cas de coqueluche; Philadelphie, un cas de tuberculose.

Tableau 4 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des ouragans (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
CDC (2005b) Surveillance for Illness and Injury after Hurricane Katrina-New Orleans, Louisiana, September 8-25, 2005. <i>MMWR</i> 54(40) : 1018-1021.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragan Katrina, États-Unis, 2005. Population étudiée : Louisiane, Nouvelle-Orléans et ses environs. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Sources de données : - données des hôpitaux et installations non hospitalières ayant traité les personnes habitant les secteurs atteints. 	<p>29 août 2005, ouragan Katrina, catégorie 3, en Nouvelle-Orléans et environs</p> <ul style="list-style-type: none"> 7 508 cas (8-25 septembre = 18 j) : <ul style="list-style-type: none"> 56 % pour maladies soit : 38 % pour maladies infectieuses (640 infections de la peau, 505 infections respiratoires aiguës, 146 cas de diarrhée et 288 cas d'autres maladies infectieuses) et 62 % pour autres maladies; 26,9 % pour blessures (1 977) ou intoxications (41); 17,5 % (1 321) pour autres affections non aiguës. 6 167 cas de décès ou de blessures avec information sur le suivi : 9 % hospitalisés et 0,08 % décédé. Commentaires : les données sur les maladies et les blessures avant l'ouragan n'étaient pas disponibles aux fins de comparaison.
CDC (2005c) <i>Vibrio</i> Illnesses after Hurricane Katrina-Multiple States, August-September 2005. <i>MMWR</i> 54(37) : 928-931.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragan Katrina, Louisiane, États-Unis, 2005. Population étudiée : Alabama, Louisiane et Mississippi. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Sources de données : - données de surveillance. 	<p>29 août 2005, ouragan Katrina, catégorie 3, en Louisiane</p> <ul style="list-style-type: none"> 29 août-11 septembre 2005 (14 j) : <ul style="list-style-type: none"> 18 cas d'infection de plaies à <i>Vibrio</i> (15 hommes), dont : 12 cas parmi les résidents des États touchés, 6 parmi les déplacés; 17 cas diagnostiqués en laboratoire (14 à <i>V. vulnificus</i>, 3 à <i>V. parahaemolyticus</i>); 5 décès (3 à <i>V. vulnificus</i> et 2 à <i>V. parahaemolyticus</i>); 4 cas d'infection à <i>Vibrio</i> non associés à des plaies (3 parmi les résidents des États touchés, un parmi les déplacés); un cas <i>gastroentéris</i> <i>V. cholerae</i> non toxigénique; 2 cas <i>V. parahaemolyticus</i>; aucun décès.
Setzer C & Domino ME (2004) Medicaid outpatient utilization for waterborne pathogenic illness following Hurricane Floyd. <i>Public Health Rep</i> 119(5) : 472-478.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : inondation à la suite de l'ouragan Floyd, Caroline du Nord, États-Unis, 1999-2000. Population étudiée : Caroline du Nord. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude à visée étiologique. Sources de données : - demandes de remboursement du régime d'assurance Medicaid. 	<p>16 septembre 1999, ouragan Floyd, catégorie 3, Caroline du Nord</p> <ul style="list-style-type: none"> Comparaison du nombre de visites avant (01-07-1998 – 30-09-1999) et après l'ouragan (01-10-1999 – 30-09-2000) : <ul style="list-style-type: none"> aucune différence statistiquement significative pour aucun des agents pathogènes étudiés (<i>Cryptosporidium</i>, <i>G. lamblia</i>, <i>M. avium</i>, <i>H. pylori</i>, <i>T. gondii</i>, adénovirus) dans les régions sévèrement atteintes, ou modérément atteintes ou non atteintes par Floyd; ↑ des visites médicales pour des infections intestinales non spécifiques dans les zones sévèrement ($\beta = 4,8$; $p < 0,01$) et modérément ($\beta = 6,21$; $p < 0,01$) touchées par l'inondation, par rapport aux comtés non atteints; ↑ des visites médicales pour <i>T. gondii</i> ($\beta = 0,44$; $p < 0,05$) et adénovirus ($\beta = 0,23$; $p < 0,01$) dans les zones sévèrement atteintes par l'inondation, par rapport aux comtés non atteints. Commentaires : possibilité de sous-déclaration.

Tableau 4 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des ouragans (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Yale JD, Cole TB, Garrison HG, Runyan & Riad Ruback JK (2003), Motor Vehicle-Related Drowning Deaths Associated with Inland Flooding after Hurricane Floyd: A Field Investigation. <i>Traffic Injury Prevention</i> 4 : 279-284.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : inondations à la suite de l'ouragan Floyd, Caroline du Nord, États-Unis, 1999. Population étudiée : Caroline du Nord (15, 16 et 17 septembre). 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> medical examiner records; entrevues des proches; motor vehicle crash reports. 	<p>16 septembre 1999, ouragan Floyd, catégorie 3, en Caroline du Nord</p> <ul style="list-style-type: none"> Selon les <i>motor vehicle crash reports</i>, 66 accidents de circulation attribuables à l'inondation. De ces 66 accidents (données incomplètes pour 3 véhicules) : <ul style="list-style-type: none"> 19 véhicules accidentés et partiellement ou totalement submergés, 27 occupants (totalement submergés : 19 occupants; partiellement submergés : 8 occupants), 14 décès dans les véhicules totalement submergés (aucun dans les partiellement submergés), aucun blessé; 44 véhicules accidentés non submergés, 65 occupants, 27 blessés, aucun décès; âge moyen des décédés = 49 ans; âge moyen des survivants = 30 ans. Selon les <i>medical examiner reports</i> et les entrevues de proches : <ul style="list-style-type: none"> 22 décès par noyade liés à l'utilisation d'un véhicule moteur; 16 des personnes décédées (les seules pour lesquelles l'information était disponible) ont reçu des avertissements météo pendant l'ouragan.
CDC (2000) Morbidity and Mortality Associated With Hurricane Floyd- North Carolina, September-October 1999. <i>MMWR</i> 49(17) : 369-372.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragan Floyd, Caroline du Nord, États-Unis, 1999. Population étudiée : Caroline du Nord. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude à visée étiologique. Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> rapports du coroner (<i>medical examiner's office</i>). 	<p>16 septembre 1999, ouragan Floyd, catégorie 3, en Caroline du Nord</p> <ul style="list-style-type: none"> 52 décès directement liés à l'ouragan (67 % lors de l'impact), dont 73 % des hommes. Cause du décès : 69 % par noyade; 13 %, accidents par véhicules moteurs; 8 %, infarctus du myocarde (autres causes : 10 %). 59 398 visites aux urgences (16 septembre-27 octobre = 42 j) : <ul style="list-style-type: none"> 67 % pour maladies, soit : 15 % pour maladies respiratoires; 11 %, gastro-intestinales; 9 %, cardiovasculaires; 32 %, non précisées; 33 % pour blessures, soit : 28 % pour orthopédie ou blessures des tissus mous; 5 %, blessures non précisées. Analyse univariée, comparaison de la première semaine après l'ouragan avec la première semaine de septembre 1998 : <ul style="list-style-type: none"> + de cas d'hypothermie en 1999 (n = 19) qu'en 1998 (n = 0); + de cas d'intoxication par monoxyde de carbone en 1999 (n = 10) qu'en 1998 (n = 0); ↑ risque de tentatives de suicide en 1999 versus 1998 (RR = 5,0; IC_{95%} : 1,4-17,1); ↑ risque de morsures de chien en 1999 versus 1998 (RR = 4,1; IC_{95%} : 2,0-8,1); ↑ risque de maladies fébriles en 1999 versus 1998 (RR = 1,5; IC_{95%} : 1,3-1,9);

Tableau 4 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des ouragans (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
CDC (2000) (suite)	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragan Floyd, Caroline du Nord, États-Unis, 1999. Population étudiée : Caroline du Nord. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude à visée étiologique. Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> rapports du coroner (<i>medical examiner's office</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ risque de dermatites en 1999 versus 1998 (RR = 1,4; IC_{95%} : 1,2-1,6); ↑ besoin de soins médicaux de base en 1999 versus 1998 (RR = 1,4; IC_{95%} : 1,2-1,8). Analyse univariée, comparaison hebdomadaire un mois après l'ouragan avec la même période que l'année précédente (1998) : <ul style="list-style-type: none"> ↑ risque de morsures d'arthropodes en 1999 versus 1998 (RR = 2,2; IC_{95%} : 1,4-3,4); ↑ risque de diarrhée en 1999 versus 1998 (RR = 2,0; IC_{95%} : 1,4-2,8); ↑ risque de violence en 1999 versus 1998 (RR = 1,5; IC_{95%} : 1,1-2,2); ↑ risque d'asthme en 1999 versus 1998 (RR = 1,4; IC_{95%} : 1,2-1,7). Commentaires : une seule source de données.
CDC (1996a) Surveillance for Injuries and Illnesses and Rapid Health-Needs Assessment Following Hurricanes Marilyn and Opal, September-October 1995. <i>MMWR</i> 45(04) : 81-85.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragans Marilyn et Opal, îles Vierges et Floride, États-Unis, 1995. Population étudiée : Îles Vierges et Floride. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude à visée étiologique. Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> pour Marilyn, sommaires quotidiens des patients du Governor Juan F. Luis Hospital and Medical center, de trois cliniques de traitement de patients non hospitalisés et de deux sites cliniques du Disaster Medical Assistance Teams (DMAT); pour Opal, revue des dossiers des visites aux urgences de deux hôpitaux. 	<p>15 septembre 1995, Marilyn, catégorie 2, îles Vierges et Floride et 4 octobre 1995, Opal, catégorie 3, îles Vierges et Floride</p> <ul style="list-style-type: none"> Ouragan Marilyn, 3 265 visites aux urgences à la suite de l'ouragan (16-30 septembre = 15 j), dont : 33 % pour blessures, 12 % pour troubles respiratoires, 6 % pour troubles dermatologiques, 5 % pour troubles gastro-intestinaux (dont 77 cas pour des maladies diarrhéiques); 44 %, autres causes. Ouragan Opal, analyse univariée, comparaison des visites aux urgences 6 jours postouragan (4-9 octobre) aux 6 jours préouragan (27 septembre-3 octobre = 6 j) : <ul style="list-style-type: none"> 1 135 visites postouragan versus 996 visites préouragan; ↑ du % de visites pour morsures d'insectes : 1,7 % (n = 23) après l'ouragan, 0,2 % (n = 2) avant ($p < 0,05$); différences du % des visites aux urgences non statistiquement significatives pour raison de blessures, maladies gastro-intestinales, maladies respiratoires et troubles dermatologiques.

Tableau 4 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des ouragans (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
CDC (1996b) Deaths Associated with Hurricanes Marilyn and Opal-United States, September-October 1995. <i>MMWR</i> 45(2) : 32-38.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragans Marilyn et Opal, divers États des États-Unis, 1995. Population étudiée : divers États américains. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Sources de données : - rapports du coroner (<i>medical examiner's office</i>). 	<p>15 septembre 1995, ouragan Marilyn, catégorie 2, aux îles Vierges américaines, Culebra et Vieques, et 4 octobre 1995, ouragan Opal (catégorie 3), en Floride, Alabama, Géorgie et Caroline du Nord</p> <ul style="list-style-type: none"> Marilyn (période 15 septembre-4 octobre = 20 j) : 114 000 personnes exposées (recensement 1990); 10 décès directs et indirects (phase préimpact : 1; impact : 9), dont 8 hommes. Opal (période 4-25 octobre = 22 j) : 27 décès (phase préimpact : 1; impact : 13; postimpact : 13), dont 21 hommes. Commentaires : une seule source de données.
Combs DL, Parrish GR, McNabb SJN & Davis JH (1996) Deaths Related to Hurricane Andrew in Florida and Louisiana, 1992. <i>International Journal of Epidemiology</i> 25(3) : 537-544.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragan Andrew, Floride et Louisiane, États-Unis, 1992. Population étudiée : Floride et Louisiane. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Sources de données : - rapports du coroner (<i>medical examiner's office</i>). 	<p>24 août 1992, ouragan Andrew, catégorie 4, en Floride et Louisiane</p> <ul style="list-style-type: none"> Taux de mortalité le plus élevé : en Floride, soit mortalité directe (n = 8) de 11,7 pour 1 000 000 habitants chez les 45 à 64 ans. En Floride, 44 décès (directs = 15, dont 3 chez ≥ 65 ans; indirects = 29, dont 14 chez ≥ 65 ans), dont 17 chez ≥ 65 ans; 70 % des décès chez les hommes. En Floride, taux de mortalité total pour 1 000 000 habitants : <ul style="list-style-type: none"> - décès toutes causes = 12,9; décès directs = 4,4; décès indirects = 8,5; - ≥ 65 ans : décès toutes causes = 29,4; décès directs = 5,2; décès indirects = 24,2. En Louisiane, 11 décès (directs = 2, aucun chez ≥ 65 ans; indirects = 9, dont 3 chez ≥ 65 ans); 3 des 11 décès chez ≥ 65 ans; 82 % chez les hommes. En Louisiane, taux de mortalité total pour 1 000 000 habitants : <ul style="list-style-type: none"> - décès toutes causes = 3,4; décès directs = 0,6; décès indirects = 2,8; - ≥ 65 ans : décès toutes causes = 8,9; décès directs = 0; décès indirects = 8,9. Commentaires : une seule source de données.

Tableau 4 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des ouragans (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Lew EO & Wetli CV (1996) Mortality from Hurricane Andrew. <i>Journal of Forensic Sciences</i> 41(3) : 449-452.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : ouragan Andrew, Floride, États-Unis, 1992. Population étudiée : Floride. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> - rapports du coroner. 	<p>24 août 1992, ouragan Andrew, catégorie 4, en Floride</p> <ul style="list-style-type: none"> 62 décès liés à l'ouragan, soit : <ul style="list-style-type: none"> - 15 décès accidentels directs, dont 12 sur terre (8 traumatismes contondants, 4 par asphyxie mécanique) et 3 dans l'eau; - 15 décès naturels indirects (jusqu'à deux semaines après l'ouragan), dont 12 liés aux maladies cardiovasculaires deux semaines après l'ouragan, 3 durant l'ouragan (un par infarctus aigu du myocarde durant l'évacuation, un par hémorragie intracérébrale et un retrouvé mort dans son logement); - 32 décès accidentels indirects (jusqu'à 6 mois après l'ouragan), dont 11 dans un véhicule, 6 dus à une chute, 5 à un incendie, 2 à une intoxication au monoxyde de carbone, 3 à une électrocution (autres causes : 5). Commentaires : une seule source de données.

IC_{95%} : intervalle de confiance à 95 %.

p : valeur p.

RR : risque relatif.

RT : rapport de taux.

3 TORNADES

3.1 GÉNÉRALITÉS RELATIVES AUX TORNADES

Une tornade est un vortex (tourbillon) de vents extrêmement violents prenant naissance à la base d'un nuage d'orage lorsque les conditions de cisaillement des vents¹⁸ y sont favorables dans la basse atmosphère (Wikipédia, 2006), par temps chaud et humide (Environnement Canada, 2007a). Le ciel devient habituellement vert, jaune ou noir et on peut entendre un grondement ou un sifflement (Gouvernement du Canada, 2008).

Certaines tornades peuvent avoir l'apparence d'un gros nuage bas, d'une grosse colonne de pluie ou encore de la fumée d'un incendie (Environnement Canada, 2007a). La majorité d'entre elles ressemble toutefois à un nuage en entonnoir tourbillonnant violemment (Environnement Canada, 2007a), dont la taille, la vitesse de déplacement et la quantité de dommages qu'ils causent demeurent très variables (Berry et collab., 2008).

Les tornades durent de quelques minutes à quelques heures (Environnement Canada, 2007a). Elles se déplacent généralement du sud-ouest vers le nord-est, mais leur trajectoire peut changer de direction subitement.

La gravité des tornades se mesure uniquement en fonction des dégâts causés, à l'aide de l'échelle Fujita (Environnement Canada, 2007b). La vitesse des vents incluse dans cette échelle est fournie à titre indicatif seulement puisqu'il s'agit d'estimations théoriques non validées empiriquement. Comme rapporté par Environnement Canada, cette échelle permet de classer les tornades selon l'ordre suivant :

- F0 ou tornades légères (28 % des tornades), dont les vents de 64 à 116 km/h causent certains dommages aux arbres, aux cheminées, aux antennes de télévision, aux bardeaux, aux enseignes ou aux fenêtres;
- F1 ou tornades modérées (39 % des tornades), dont les vents de 117 à 180 km/h renversent les automobiles, détruisent les abris et déracinent les arbres;
- F2 ou tornades considérables (24 % des tornades), dont les vents de 181 à 252 km/h arrachent les toits, démolissent les hangars et les dépendances, renversent les maisons mobiles;
- F3 ou tornades graves (6 % des tornades), dont les vents de 253 à 330 km/h projettent dans les airs les murs extérieurs et les toits, font s'effondrer ou occasionnent d'importants dégâts aux maisons et bâtiments de métal, aplatissent les forêts et les terres agricoles;
- F4 ou tornades dévastatrices (2 % des tornades), dont les vents de 331 à 417 km/h causent l'effondrement de la plupart ou de tous les murs d'habitations bien construites et peuvent projeter dans les airs de grosses pièces d'acier et de béton sur de grandes distances;

¹⁸ Le cisaillement des vents est la différence de la vitesse ou de la direction du vent entre deux points suffisamment proche de l'atmosphère (Wikipédia, 2009a). Il est dit vertical ou horizontal, selon que les deux points de référence sont à des altitudes différentes ou à des coordonnées géographiques différentes. Le cisaillement vertical apparaît typiquement près du sol, alors que le cisaillement horizontal s'observe à proximité des côtes et des fronts de perturbation.

- F5 ou tornades incroyables (2 % des tornades), dont les vents de 418 à 509 km/h arrachent des maisons solides de leurs fondations, les transportent sur des distances considérables avant de le désintégrer, projettent dans les airs des projectiles de la grosseur d'automobiles à des distances de plus de 10 mètres et endommagent gravement des structures de béton armé.

Au Canada

Le Canada occupe la deuxième place des pays où surviennent des tornades, après les États-Unis. Durant une année moyenne, on y compte environ 80 tornades (causant deux décès et vingt blessés, en moyenne) (Environnement Canada, 2007a), dont six touchent le Québec (Centre de Recherche en Impacts et Adaptation au Climat et à ses Changements, 2008). Ces tornades font généralement irruption dans les régions dites couloir de tornades, où se rencontrent des conditions atmosphériques favorables à leur formation (Ashley, 2007). Au Québec, ce couloir se situe dans le sud-est de la province (Environnement Canada, 2007a).

La majorité des tornades canadiennes sont de faible gravité (F0 et F1), avec des vents inférieurs à 160 km/h, causant moins de 3 % des décès (Environnement Canada, 2007a). En fait, seulement trois tornades de forte envergure (F4 et F5) auraient touché le pays, et plus précisément le Manitoba, dans la région de Rosa-Saint-Malo en 1977 (F4) (Environnement Canada, 2007a), de Birtle en 1994 (F4) et d'Elie en 2007 (F5) (Environnement Canada, 2007c). De ces trois tornades, seule celle de 1977 aurait entraîné des pertes de vies humaines (trois décès). Ceci étant dit, des tornades de moins grande magnitude, mais plus meurtrières, ont tout de même touché diverses régions canadiennes au cours des deux derniers siècles (Environnement Canada, 2007a).

Au total, de 1912 à 2005, 31 catastrophes causées par des tornades ont été recensées dans la Base de données canadienne sur les désastres (SPPCC, 2005a, dans Berry et collab., 2008), dont sept au Québec. Ces tornades ont entraîné 142 décès (en moyenne, 4,6 décès par tornade), 1 930 blessés (en moyenne, 62 blessés par tornade) et 6 500 évacués (Berry et collab., 2008).

Bien qu'intéressantes, ces statistiques canadiennes doivent toutefois être considérées avec précaution, notamment parce que plusieurs tornades ont frappé des régions non peuplées et ne sont, de ce fait, ni signalées, ni enregistrées (Environnement Canada, 2007a; Ashley, 2007). Selon Environnement Canada (2007a), le nombre de tornades au pays serait ainsi sous-estimé.

3.2 CONSÉQUENCES SANITAIRES DES TORNADES

Au total, 17 études ont été retenues pour mettre en lumière les effets et les indicateurs sanitaires associés aux tornades. Leurs principaux résultats sont résumés au tableau 5.

Plusieurs des points saillants en émergent; ils sont énoncés et commentés ci-après.

3.2.1 Les études retenues sur les tornades sont strictement américaines

Comme pour les ouragans, les études retenues sur les tornades ont toutes été réalisées aux États-Unis. Cette situation était attendue, notamment parce ce pays est celui où y survient le plus grand nombre de tornades (Gouvernement du Canada, 2008), soit de 800 à 1 400 chaque année (Ashley, 2007). La généralisation de leurs résultats peut donc poser des problèmes.

3.2.2 Les impacts directs et indirects sont rarement distingués les uns des autres

Les études retenues sur les tornades distinguent rarement les impacts directs des impacts indirects. L'utilisation de bases de données historiques sur les désastres (p. ex. : la Storm Events Database) pourrait expliquer en partie cet état de choses, puisqu'elles permettaient difficilement de documenter où et comment les tornades ont causé des dommages et des conséquences sur la santé humaine jusqu'en 1985 (Ashley, 2007).

3.2.3 Les résultats des études sur les conséquences sanitaires des tornades sont moins morcelés et plus informatifs que les études sur les ouragans

Les études retenues pour les tornades (sept descriptives et dix à visée étiologique) rapportent généralement des résultats plus informatifs que les études présentées sur les ouragans. Leur analyse, davantage approfondie, tient compte d'un plus large éventail d'indicateurs. Certaines d'entre elles couvrent même des périodes d'au moins dix ans, ce qui permet de synthétiser spatialement et temporellement certaines conséquences sanitaires des tornades et de considérer l'influence des caractéristiques des aléas (p. ex. : Ashley, 2007). Plusieurs des points saillants suivants rendent compte de cette observation.

3.2.4 Les tornades survenant en saison ont moins de conséquences sur la santé humaine que les tornades se produisant hors saison

Aux États-Unis, la saison des tornades s'étend de mars à juin (avec un pic en mai et juin), alors que les mois d'avril à novembre définissent la période hors saison (Ashley et collab., 2008). Or, les conséquences sanitaires par aléa seraient d'une moindre ampleur en saison. Ces statistiques américaines de l'étude de Simmons et Sutter (2008b) en témoignent : de 1986 à 2002, les blessures et les décès attendus étaient respectivement de 22 % et de 15 % moins élevés pour les tornades survenant de mars à juin, comparativement à la période d'avril à novembre (analyse multivariée). La sensibilisation des citoyens durant la saison des tornades (Ashley et collab., 2008) et la plus grande vitesse de déplacement des tornades hors saison (ce qui donne moins de temps pour s'y préparer) (Ashley, 2007) sont deux des commentaires rapportés dans la littérature à ce propos.

3.2.5 Les tornades survenant le weekend ont plus d'impact sur la santé publique que les tornades se produisant en semaine

Le weekend, les gens sont plus souvent à leur résidence qu'en semaine, notamment parce qu'ils ne travaillent pas (Simmons et Sutter, 2008b). Conséquemment, les tornades survenant le samedi et le dimanche ont davantage de conséquences sur la santé humaine, comme illustré par les résultats obtenus d'une étude de Simmons et Sutter (2008b) : aux

États-Unis, les pourcentages de décès et de blessés attendus de 1986 à 2002 étaient respectivement de l'ordre de 70 et de 15 % plus élevés lorsque la tornade frappait le weekend, comparativement aux autres jours de la semaine.

3.2.6 Les tornades nocturnes sont plus meurtrières que les tornades diurnes

Davantage de décès occasionnés par les tornades surviennent la nuit (de minuit au lever du soleil). À titre d'exemple, selon l'étude d'Ashley et collaborateurs (2008), les tornades nocturnes ayant touché les États-Unis de 1950 à 2005 auraient été 2,5 fois plus meurtrières que les tornades survenues à d'autres moments de la journée. Diverses explications ont été émises à ce sujet, notamment la difficulté d'identifier une tornade de nuit, même pour les experts, et le fait que les gens dorment généralement au cours de cette période de la journée, ce qui réduit la probabilité d'être avertis de l'arrivée de la tornade (Monk et collab., 2000, dans Ashley et collab., 2008).

3.2.7 Les tornades F4 et F5 sont peu fréquentes, mais tuent de nombreuses personnes

Aux États-Unis, le nombre de tornades F0-F1 et F2-F3 a augmenté depuis 1970 (année au cours de laquelle le National Weather Service a officiellement adopté l'échelle Fujita), mais ce sont les violentes tornades (F4-F5) qui ont causé le plus de conséquences sanitaires (Ashley, 2007). De 1950 à 2004, 67,5 % des décès ont été attribués à des tornades de F4-F5, lesquelles comptent seulement pour 2,1 % de l'ensemble des tornades (Ashley, 2007). En fait, plus augmente la force de la tornade et plus s'élève le nombre de blessures ou de décès attendus. À titre d'exemple, citons l'étude de Simmons et Sutter (2008b), dans laquelle chaque hausse d'une catégorie de l'échelle Fujita augmentait le risque de décéder par un facteur de 5 (ou plus) de 1986 à 2002, si bien qu'une tornade F5 était 30 000 fois plus meurtrière qu'une F0.

3.2.8 Les régions situées au sud-est et au sud centre des États-Unis présentent le plus grand nombre de décès liés aux tornades

C'est dans la partie centrale des États-Unis (soit les grandes plaines) que survient le plus grand nombre de tornades, incluant les tornades violentes (Ashley, 2007). On appelle cette région le couloir des tornades. Toutefois, c'est dans ses régions situées au sud-est et au sud centre qu'on y compte le plus grand nombre de décès, notamment en raison de la plus grande fréquence de tornades nocturnes et de tornades hors saison.

3.2.9 La superficie touchée par la tornade est associée positivement au risque de décéder ou d'être blessé

La superficie touchée est le produit de la longueur par la largeur de la trajectoire de la tornade (Donner, 2007). D'après l'étude de Donner (2007), chaque augmentation de 1,4 mille carré (un écart-type; environ 3,6 km²) de la superficie touchée a engendré une hausse de 8,4 décès et de 10,5 blessures aux États-Unis de 1998 à 2000. Selon cet auteur, la superficie touchée donne une idée de la magnitude de la tornade plus objective que les catégories de l'échelle Fujita (p. ex. : F4), lesquelles sont basées sur un jugement humain aux fins d'estimation des dommages causés par l'aléa (Donner, 2007).

3.2.10 La longueur de la trajectoire de la tornade – l'une des deux composantes de la superficie touchée – s'avère également un bon indicateur de risque

Selon Simmons et Sutter (2008b), la longueur de la trajectoire de la tornade est un indicateur proxy de la force de l'aléa. Ainsi, plus s'allonge la tornade, plus croît son potentiel de tuer ou de blesser des personnes, particulièrement dans les régions densément peuplées. Ces auteurs ont d'ailleurs observé une association positive entre les décès (ou les blessures) attendus et le terme d'interaction incluant la longueur de la tornade et la densité de population (analyse multivariée ajustée pour d'autres caractéristiques de la tornade).

3.2.11 Plus dense est la population touchée par une tornade, plus les conséquences sanitaires peuvent être de grande ampleur

Diverses publications ont rapporté la relation positive entre la densité de la population et la mortalité ou la morbidité dues aux tornades (Simmons et Sutter, 2008b, 2005a, 2005b, Donner 2007). À titre d'exemple, de 1986 à 2002, Simmons et Sutter (2008b) ont observé une hausse de 19 % des décès pour chaque augmentation de 1 000 personnes par mille carré (environ 2,6 km²), de même qu'une hausse d'environ 7 % des blessures pour chaque augmentation de 100 personnes par mille carré. Pour qu'une population soit considérée comme vulnérable, d'autres caractéristiques doivent toutefois être prises en compte (Hall et Ashley, 2008; étude non présentée au tableau 5), comme la défavorisation socioéconomique.

3.2.12 Les personnes défavorisées socioéconomiquement sont plus à risque de décéder ou d'être blessées lors d'une tornade

Donner (2007) a mis en relation un indice de défavorisation avec les conséquences sanitaires des tornades survenues aux États-Unis de 1998 à 2000. Cet indice, dont la valeur allait de 0 à 300, a été calculé à l'aide du pourcentage de ménages vivant sous le seuil de la pauvreté, du pourcentage de handicapés et du pourcentage de la population sans éducation secondaire complétée (12^e année). Or, plus la valeur de l'indice était élevée, plus la population était à risque de blessures lors d'une tornade. De fait, chaque augmentation de 24,4 points (un écart-type) de l'indice de défavorisation engendrait une hausse de 1,4 blessure.

3.2.13 La plupart des décès dus aux tornades surviennent dans une structure résidentielle

La plupart des décès dus aux tornades surviennent dans une structure résidentielle (p. ex. : maison mobile, maison, appartement) (Ashley, 2007; Daley et collab., 2005). Aux États-Unis, cela constituait 71,3 % des décès pour la période 1985-2005 (Ashley et Ashley, 2008; étude non présentée au tableau 5). Parmi ces logements, on retrouve des maisons permanentes (25 % des décès¹⁹), l'un des trois principaux lieux de décès lors de tornades, outre les maisons mobiles (1^{er} rang) et les véhicules moteurs (3^e rang).

¹⁹ 1986-1990 : 15,6 % des décès; 1991-1995 : 21,8 %; 1996-2005 : 35,1 %; 2001-2005 : 25,9 %.

3.2.14 Le fait de vivre dans une maison mobile est un indicateur de risque incontournable

Aux États-Unis, Simmons et Sutter (2008b) ont observé une augmentation de 6,6 % des décès et un accroissement d'environ 5 % des blessures dus aux tornades de 1986 à 2002, pour chaque hausse de 1 % du parc immobilier en maisons mobiles. Selon Ashley et collab. (2008), 44 % des décès causés par les tornades de 1985 à 2005 se sont produits dans ce type de structures. Or, la proportion du parc immobilier en maisons mobiles augmente à l'échelle des États-Unis (Brooks et Doswell, 2002, dans Ashley, 2007), à l'instar de la prévalence des décès qui y surviennent lors de tornades (1986-1990 : 37,2 % des décès; 2001-2005 : 56,7 %) ²⁰ (Ashley, 2007).

Cette situation est inquiétante, particulièrement dans le Sud profond ²¹, où 52,1 % des personnes décédées de 1985 à 2007 lors de tornades vivaient dans une maison mobile et où la proportion du parc immobilier en ce type de structures atteindrait les 20 % (Ashley, 2007). Ce qui indique, selon Ashley (2007), qu'une large portion de la population de cette région est vulnérable lors de tornades non seulement à cause du type de tornades qui s'y produisent (tornades nocturnes et hors saison), mais aussi en raison du type de résidence habitée.

3.2.15 L'intégrité de la structure habitée prévient les décès lors de tornades

Schmidlin et King (1995) ont étudié les facteurs de risque de décéder lors des tornades (F2 à F5) ayant frappé l'Alabama et la Géorgie en 1994. Au total, 40 personnes y sont décédées et plus de 300 y ont été blessées, principalement parce qu'un objet (comme un morceau de mur) les avait frappées (100 % des décès et 30 % des blessures). Selon Schmidlin et King (1995), ces résultats illustrent l'importance de l'intégrité des structures pour diminuer les risques encourus lors de tornades.

3.2.16 L'année de construction des maisons usinées pourrait être importante à considérer, en raison de l'évolution de la réglementation

Selon Simmons et Sutter (2008a), les maisons usinées depuis 1995 seraient plus sécuritaires que celles construites antérieurement, comme en témoignent ces résultats issus de l'une de leurs études. Lors des tornades F3 survenues en Floride en février 2007, 17 % des maisons usinées construites à partir de 1995 ont été détruites ou rasées. Ce pourcentage s'élevait à 29 % des maisons construites de 1977 à 1994, soit après la réglementation américaine du Department of Housing and Urban Development, mais avant l'adaptation de cette réglementation à la suite de l'ouragan Andrew de 1994, et à 46 % pour les maisons construites avant 1976, c'est-à-dire avant l'entrée en vigueur de la réglementation américaine.

²⁰ 1991-1995 : 44,1 %; 1996-2005 : 43,6 %.

²¹ Arkansas, Alabama, Géorgie, Mississippi, Tennessee.

3.2.17 Lors d'une tornade, l'utilisation d'un véhicule moteur peut être mortelle

Aux États-Unis, le véhicule moteur est le troisième principal lieu de décès lors de tornades, avec une prévalence s'élevant à 10 % pour la période 1985-2005 (Ashley, 2007). Contrairement aux décès survenus dans une structure résidentielle (p. ex. : maison mobile), ce type de décès dus aux tornades semble diminuer depuis quelques décennies, passant de 18,1 %, de 1986 à 1990, à 5,4 %, de 2001 à 2005²². Le véhicule moteur est notamment utilisé lors de la recherche d'un abri, surtout lorsque la distance à couvrir s'élève à 200 mètres ou plus (Schmidlin et collab., 2009).

3.2.18 Plusieurs personnes sortent chercher un abri lors d'une tornade

Schmidlin et collab. (2009) ont réalisé une étude corrélationnelle visant à déterminer les raisons ayant incité les résidents de maisons mobiles à sortir chercher un abri lors de tornades survenues en Géorgie, au Mississippi, dans l'Illinois et dans l'Oklahoma de 2000 à 2001. Des 401 participants, 31 % ont cherché un abri à une distance médiane de 805 mètres du logement (soit 1,5 mille), principalement (76 %) à bord d'un véhicule moteur.

Parmi les raisons évoquées pour la recherche d'un abri ($p < 0,05$), on retrouve la croyance d'être en danger, la connaissance d'un immeuble qualifié de solide comme abri, la localisation d'une maison mobile sur un lot privé (plutôt que public), la non-référence à une cause divine (durant l'entrevue), la présence d'enfants dans la maison, le fait d'avoir un diplôme d'études secondaires (*high school*) et la croyance de résider sur la trajectoire de la tornade. Ces deux derniers facteurs ont également été mis en lumière par Balluz et collab. (2000), dont l'étude visait à expliquer la recherche d'un abri à la suite d'un avertissement de tornade parmi 146 résidents de l'Arkansas (choisis aléatoirement par le numéro de téléphone).

Mentionnons en passant que le fait d'avoir déjà vécu l'expérience d'une tornade, d'avoir entendu une sirène d'alarme annonçant l'arrivée de l'aléa et la présence d'une personne atteinte d'une incapacité physique dans le ménage constituaient certains des facteurs non corrélés à la recherche d'un abri dans la recherche de Schmidlin et collab. (2009).

3.2.19 Les avertissements de tornades diminuent le risque de blessures, mais leur impact sur la diminution des décès est plus délicat à interpréter

Selon Simmons et Sutter (2008b), les avertissements de tornades aux États-Unis ont diminué de 32 % les blessures attendues de 1986 à 2002. À l'inverse de ce qui était attendu, les chercheurs ont toutefois observé une hausse de 0,6 % des décès pour chaque augmentation d'une minute de délai entre l'avertissement de l'arrivée de la tornade et le moment où elle a touché terre²³. L'explication avancée est que la sévérité des tornades permet en fait de les prévoir et donc d'avertir plus longtemps d'avance que pour une tornade de moindre ampleur. De fait, comme mis en lumière par Simmons et Sutter (2008b), l'avertissement d'une tornade atteignant une longueur de plus de 13 milles était associé à

²² 1991-1995 : 8,5 %; 1996-2005 : 9,9 %.

²³ Simmons et Sutter (2008b) ont observé une relation non monotone (qui fluctue) entre le délai et les conséquences sanitaires. Donner (2007) fait mention d'une courbe en U.

une augmentation d'environ 22 % des décès, mais à une diminution de 24 % des décès pour les tornades d'une longueur d'au plus 13 milles (Simmons et Sutter, 2008b).

3.2.20 Parmi les moyens utilisés pour s'informer de l'approche d'une tornade, l'utilisation de la télévision et la sirène à tornade semblent les plus populaires

Aux États-Unis, divers moyens sont utilisés pour signifier l'approche d'une tornade. L'étude de Comstock et Mallonee (2005), réalisée parmi des résidents de l'Oklahoma ayant vécu une tornade en 1999 (n = 250) ou en 2003 (n = 324), nous informe à ce sujet. Parmi ces moyens, relevons la télévision, de loin le plus populaire d'entre eux. Ensuite, mentionnons la sirène à tornade, laquelle inciterait la recherche d'un abri plus que les autres moyens. Enfin, nommons le changement de température, le fait de voir la tornade de ses propres yeux, l'utilisation d'une radio généraliste, d'un téléphone ou d'un téléavertisseur, le bouche-à-oreille et les bandes radio sur la météorologie.

3.2.21 Les conséquences sanitaires d'une tornade touchent surtout les gens âgés d'au moins 40 ans

Aux États-Unis, le risque d'être blessé (p. ex. : May et collab., 2002) ou de décéder (p. ex. : Ashley, 2007, Schmidlin et King, 1995) lors d'une tornade apparaît plus élevé chez les personnes âgées de 40 ans ou plus que chez leurs cadets, alors qu'ils sont proportionnellement moins nombreux à l'échelle de la population américaine²⁴ (Rogerson, 2001, Ashley, 2007). Conséquemment, les régions avec une densité de population âgée élevée (p. ex. : l'est de l'autoroute inter-États I-35, qui traverse le centre des États-Unis du sud au nord) seraient plus vulnérables aux tornades (Ashley, 2007).

3.2.22 L'influence du sexe sur les résultats varie d'une étude à l'autre

Selon Comstock et Mallonee (2005), les femmes se dirigeraient en lieu sûr (p. ex. : abri à tornades) plus souvent que les hommes lors d'une tornade, ce qui les protégerait davantage. À l'inverse, Schmidlin et collab. (2009) rapportent que la recherche d'un abri est corrélée positivement au sexe masculin. Enfin, d'après l'étude d'Ashley (2007), la prévalence des décès était équivalente chez les femmes (44,3 %) et les hommes (47,6 %) au cours de la période 1985-2005. Ces quelques exemples illustrent que l'influence du sexe sur les résultats varie d'une étude à l'autre. Le fait que ce renseignement ne soit pas toujours colligé dans les bases de données sur les désastres (Ashley et Ashley, 2008; étude non présentée au tableau 5) pourrait expliquer, en partie, cette observation.

3.2.23 La relation entre le revenu et les conséquences sanitaires des tornades n'est pas claire

Expliquer la relation entre les tornades et la vulnérabilité de la population est complexe, comme en témoignent ces résultats issus de deux études de Simmons et Sutter publiées en 2005 (2005a) et en 2008 (2008b). Alors que la première étude indiquait une association

²⁴ Aux États-Unis, le pourcentage de décès dans chacun des groupes de 10 ans d'âge (environ 16 % de 40 à 49 ans; 13 % de 50 à 59 ans; 14 % de 60 à 69 ans; 11 % de 70-79 ans; 8 % pour les 80 ans ou plus) était plus élevé que le pourcentage de la population américaine dans les mêmes catégories d'âge (environ 15 % de 40 à 49 ans; 11 % de 50 à 59 ans; 7 % de 60 à 69 ans; 6 % de 70-79 ans; 3 % pour les 80 ans ou plus).

positive entre la diminution du revenu moyen familial et une augmentation des blessures et des décès dus aux tornades pour la période 1950-2000, la seconde montre plutôt une augmentation des décès et des blessures pour chaque hausse du revenu médian de 1 000 \$ (en dollars de 1999) pour la période 1986-2002.

Diverses raisons pourraient être émises pour expliquer ces différences, notamment une plus longue période d'observation dans la publication de 2005. L'éclosion de nouveaux développements moins densément peuplés et principalement constitués de gens bien nantis pourrait aussi y avoir contribué. Selon Ashley et Ashley (2008; étude non présentée au tableau 5), ces nouveaux développements pourraient être davantage à risque de subir des dommages lors d'une tornade, en raison de leur étendue spatiale. Les résultats de leur étude en témoignent : si la tornade F5 de 1990 survenue au sud-est de Chicago s'était produite en 2000, on aurait observé une augmentation de 8 629 personnes et de 3 058 maisons atteintes par l'ouragan (Ashley et Ashley, 2008).

3.2.24 Plus augmente le nombre moyen de personnes dans le ménage, plus croît le risque de blessures

Pour chaque augmentation de 0,27 personne (un écart-type) en moyenne par ménage, Donner (2007) a observé une hausse de 1,3 blessure due aux tornades de 1998 à 2000. Selon l'auteur, il est possible que les familles nombreuses prennent plus de temps à organiser leurs mesures préventives, comme leur évacuation (Donner, 2007).

3.2.25 Les Afro-Américains ne seraient pas plus vulnérables que les autres citoyens lors de tornades : un résultat à relativiser

Contrairement à ce qui était attendu par Donner (2007), le pourcentage d'Afro-Américains n'a pas été associé à un risque accru de blessures ou de décès dus aux tornades de 1998 à 2000 (analyse multivariée). Il demeure toutefois possible que les Afro-Américains soient plus vulnérables lors de tornades que d'autres groupes de personnes, en raison de leur plus grande pauvreté (Donner, 2007). Une dimension filtrée par l'indice de défavorisation, dont tenaient compte les analyses de Donner. Ces analyses considéraient également la densité de population. Or, selon Hall et Ashley (2008; étude non présentée au tableau 5), les régions américaines densément peuplées seraient caractérisées par de fortes proportions de minorités.

Tableau 5 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des tornades

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Schmidlin TW, Hammer BO, Ono Y & King SP (2009). Tornado shelter-seeking behavior and tornado shelter options among mobile home residents in the United States. <i>Natural Hazards</i> 48 : 191-201.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : tornades, Géorgie, Mississippi, Illinois et Oklahoma, États-Unis, 2000-2001. Population étudiée : 401 résidents de maisons de type mobile en Géorgie, au Mississippi, dans l'Illinois et l'Oklahoma. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> - enquête; - service administratif. 	<ul style="list-style-type: none"> Sirène à tornade près de la maison : 71 % des 401 résidents de maisons mobiles, dont 57 % ont rapporté avoir entendu la sirène durant l'avertissement. Sources d'avertissement de tornade : 85 % par télévision; 53 % par sirène; 11 % par radio locale; 9 % par appel téléphonique personnel; 2 % par radio NOAA Weather. Recherche d'un abri durant l'avertissement de tornade : <ul style="list-style-type: none"> - recherche d'un abri chez 31 % des répondants (ou 126), dont 52 % se sont relogés dans une maison non mobile chez des amis ou voisins, 15 % dans un immeuble estimé solide (abri à tornades, église, station de pompiers, stationnement souterrain, immeuble à logement), 9 % autres endroits; - distance médiane entre le logement et l'abri : 805 mètres (0,5 mille); - recherche d'un abri à bord d'un véhicule : 73 %; - temps médian pour rejoindre l'abri : 0,5 h : 13 %; 1 h : 43 %; 2 h : 13 %. Indicateurs corrélés positivement ($p < 0,05$) à la recherche d'un abri (statistiques non rapportées) : croyance d'être sur la trajectoire de la tornade; croyance d'être en danger; connaissance d'un immeuble solide comme abri; localisation d'une maison mobile sur un lot privé; sexe masculin; présence d'enfants dans la maison; avoir un diplôme d'études secondaires (<i>high school</i>); ne pas faire référence pendant l'entrevue à une cause divine. Indicateurs non corrélés ($p > 0,05$) à la recherche d'un abri (statistiques non rapportées) : expérience antérieure de tornade; entendre la sirène d'alarme de tornade; connaître ou avoir une radio NOAA Weather; âge; ethnie; nombre de personnes dans le ménage; diplôme d'études collégiales; une personne du ménage atteinte d'une incapacité physique. Possède un abri (sous-sol ou abri souterrain) : <ul style="list-style-type: none"> - 21 % des répondants (15 % des répondants ont un sous-sol ou un abri souterrain à moins de 200 mètres, cependant, seulement 43 % d'entre eux ont utilisé cet abri); distance médiane : 135 mètres; délai médian pour rejoindre l'abri : 2,5 min; - abri à < 200 m, recherche à bord d'un véhicule : 7 %; à pied : 93 %; - abri à > 200 m, recherche à bord d'un véhicule : 87 %; à pied : 13 %. Accès à un immeuble solide pour se protéger des tornades : 59 % des répondants; distance médiane : 350 mètres; temps médian pour rejoindre l'abri : 3 min; <ul style="list-style-type: none"> - abri à < 200 m, recherche à bord d'un véhicule : 13 %; à pied : 87 %; - abri à > 200 m, recherche à bord d'un véhicule : 98 %; à pied : 2 %.

Tableau 5 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des tornades (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Schmidlin et collab. (2009) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> • 58 % des résidents de maisons mobiles ont accès à une construction solide (maison avec fondation, immeuble) à < 200 mètres; 35 % d'entre eux ont utilisé cet abri. • Pas d'accès à un sous-sol, abri souterrain, immeuble à < 200 mètres : 31 % des répondants.
Ashley WS, Krmeneč AJ & Schwantes R (2008) Vulnerability due to Nocturnal Tornadoes. <i>Weather and Forecasting</i> 23(5) : 795-807.	<ul style="list-style-type: none"> • Aléas étudiés : tornades aux États-Unis, de 1880 à 2007. • Population étudiée : États-Unis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Étude à visée étiologique. • Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> - <i>National Climatic Data Center's publication Storm Data</i>; - <i>Long-term study of U.S. tornadoes by Grazulis</i>; - <i>Historical archives of event and fatality data</i> (National Oceanic and Atmospheric Administration's Storm Prediction Center). 	<ul style="list-style-type: none"> • De 1880 à 2007 : <ul style="list-style-type: none"> - 18 864 décès attribuables à 3 650 tornades meurtrières (nombre total de tornades meurtrières, ou non meurtrières, non rapporté par les auteurs); - 5,2 décès par tornade; - environ 39 % des tornades meurtrières (34 % des décès) survenues entre le coucher et le lever du soleil (tornades nocturnes). • De 1950 à 2005 : <ul style="list-style-type: none"> - 48 165 tornades (meurtrières et non meurtrières), dont 27 % nocturnes; - 39 % des décès liés aux tornades (nombre total non rapporté) et 42 % des tornades meurtrières (nombre total non rapporté) entre le coucher et le lever du soleil; - 39 % des décès nocturnes, 9 % de nuit (de minuit au lever du soleil) et 30 % de soir (entre le coucher du soleil et minuit); - 42 % de tornades meurtrières nocturnes : 13 % de nuit et 29 % de soir; - les tornades nocturnes sont plus meurtrières que tornades de soir ($p < 0,05$); - les tornades de nuit ($p < 0,0001$) et de soir ($p < 0,0001$) plus meurtrières que les diurnes; - comme rapporté par les auteurs et illustré par les figures de leur article, les taux de mortalité associés aux tornades nocturnes étaient très élevés de novembre à avril (période avec peu de tornades), par rapport (p/r) aux mois de mai à juin (période propice aux tornades) – explication des auteurs : notamment, la plus grande sensibilisation des citoyens durant la saison des tornades (diminuant ainsi le risque de décès); - de 1920 à 2007, réduction (↓) significative du nombre de décès par million par décennie associée aux tornades diurnes ($\beta = -0,0406$) et aux tornades nocturnes ($\beta = -0,0302$); - ↓ du % de tornades nocturnes de 28 % en 1960 à 26 % au cours de la période 2000-2005, mais ↑ du % de décès nocturnes de 32 % en 1960 à 63 % de 2000 à 2007 (cette banque de données permettait d'aller au-delà de 2005); de même, ↑ du % de tornades meurtrières de 36 % (1960) à 53 % (2000-2007); - de 1985 à 2007, lieu des décès associés aux tornades : 45 % dans des maisons mobiles et 26 % dans des maisons permanentes;

Tableau 5 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des tornades (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Ashley et collab. (2008) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> - de 1985 à 2007, lieu des décès associés aux tornades nocturnes : 61 % dans des maisons mobiles; - régions situées au sud des États-Unis étaient significativement plus vulnérables aux tornades nocturnes que les régions des plaines et du Midwest.
Simmons KM & Sutter D (2008a) <i>Manufactured home building regulations and the February 2, 2007 Florida tornadoes. Natural Hazards</i> 46 : 415-425.	<ul style="list-style-type: none"> • Aléas étudiés : tornades, Floride, États-Unis, 2007. • Population étudiée : 278 maisons usinées et 377 maisons non usinées, Floride. 	<ul style="list-style-type: none"> • Étude à visée étiologique. • Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> - Lake County Tax Appraiser's Office; - Lake County Office of Emergency; - <i>Management Orlando Sentinel website.</i> 	<p>2 février 2007, 2 tornades F3 et une tornade F1, centre de la Floride</p> <ul style="list-style-type: none"> • 21 décès, tous dans 13 maisons usinées, dont 16 décès dans des maisons usinées détruites (structure partiellement restée debout) ou rasées (structure complètement rasée). • 76 blessures attribuables aux tornades. • Maisons non usinées (n = 377) : <ul style="list-style-type: none"> - 4 % maisons non usinées détruites et 2 % rasées; - niveau des dommages : « 0 » (sans dommages) : 47,7 %; « 1 » (structures touchées) : 2,1 %; « 2 » (dommages mineurs) : 30,7 %; « 3 » (dommages majeurs) : 13 %; « 4 » (structures détruites) : 4 %; « 5 » (structures rasées) : 2,4 %. • Maisons usinées (n = 278) : <ul style="list-style-type: none"> - 13 % maisons usinées détruites et 19 % maisons usinées rasées; - niveau de dommages : « 0 » : 38,5 %; « 1 » : 2,5 %; « 2 » : 13,7 %; « 3 » : 12,6 %; « 4 » : 13,3 %; « 5 » : 19,4 %; - niveau de dommages 4 et 5 : 46 % des maisons usinées construites avant 1976 (avant l'entrée en vigueur de la réglementation du Department of Housing and Urban Development – HUD); 29 %, entre 1977 et 1994 (après l'HUD de 1976 et avant la réglementation de l'HUD postouragan Andrew de 1994); 17 %, après 1995 (après la réglementation de l'HUD postouragan Andrew de 1994); - 56,7 % des maisons usinées endommagées parmi les maisons construites avant 1976 (niveau moyen des dommages = 2,65); 44 % des maisons endommagées parmi les maisons construites de 1977 à 1994 (niveau moyen des dommages = 2,11); 28 % des maisons endommagées parmi les maisons construites > 1995 (niveau moyen des dommages = 1,41). • Analyse multivariée (méthode des probits) : maisons rasées (niveau des dommages : 5) versus autres maisons (niveaux 0-4); <ul style="list-style-type: none"> - moins de maisons rasées si constructions de 1995 ou plus versus constructions de 1976 ou moins ($\beta = -0,9190$, $p < 0,05$); - moins de maisons rasées si auvent à auto (<i>carport</i>) versus sans abri ($\beta = -0,4340$, $p < 0,10$); - explication de la variable dépendante (pseudo R^2) de l'ordre de 5 %.

Tableau 5 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des tornades (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Simmons & Sutter (2008a) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> • Analyse multivariée (méthode des probits) : maisons détruites ou rasées (niveaux des dommages : 4 et 5) versus autres maisons (niveaux : 0-3) : <ul style="list-style-type: none"> - moins de maisons détruites ou rasées si constructions de 1995 ou plus versus constructions de 1976 ou moins ($\beta = -1,160, p < 0,01$); - moins de maisons détruites ou rasées si constructions de 1977-1994 versus constructions de 1976 ou moins ($\beta = -0,6303, p < 0,05$); - moins de maisons détruites ou rasées si abri à auto (<i>carport</i>) versus sans abri ($\beta = -0,3511, p < 0,10$); - explication de la variable dépendante (pseudo R^2) de l'ordre de 5 %. • Analyse multivariée (analyse des effets marginaux par la méthode des probits) : maisons rasées versus maisons construites avant 1977 avec qualité de grade moyen et les valeurs modales pour autres variables : <ul style="list-style-type: none"> - probabilité que la maison usinée avant 1977 soit rasée : 23 %; - réglementation de l'HUD de 1994 ↓ la probabilité que la maison usinée soit rasée de 79 % (soit de 23 % à 4,9 %) versus une maison usinée avant 1977 et ↓ de 68 % (soit de 15,4 % à 4,9 %) versus une maison usinée après 1977; - un abri pour voiture (<i>carport</i>) ↓ la probabilité que la maison usinée soit rasée de 48 % (soit de 23 % à 12 %); - la présence d'un porche ouvert (<i>open porch</i>) ↑ la probabilité que la maison usinée soit rasée de 41 % (de 23 % à 32,5 %); - la présence d'un porche avec écran (<i>screen porch</i>) ↑ la probabilité que la maison usinée soit rasée de 6 % (de 23 % à 24,5 %). • Analyse multivariée (analyse des effets marginaux par la méthode des probits) : maisons détruites ou rasées versus maisons construites avant 1977 avec qualité de grade moyen et les valeurs modales pour autres variables : <ul style="list-style-type: none"> - probabilité que la maison usinée avant 1977 soit détruite ou rasée : 51,2 %; - réglementation de l'HUD de 1994 ↓ la probabilité que la maison usinée soit détruite ou rasée de 74,7 % (soit de 51,2 % à 13 %) versus une maison usinée avant 1977 et ↓ de 52,8 % (soit de 27,5 % à 13 %) versus une maison usinée après 1977; - un auvent pour voiture (<i>carport</i>) ↓ la probabilité que la maison usinée soit détruite ou rasée de 26,9 % (soit de 51,2 % à 37,4 %); - la présence d'un porche ouvert (<i>open porch</i>) ↑ la probabilité que la maison usinée soit détruite ou rasée de 11,7 % (de 51,2 % à 57,3 %); - la présence d'un porche avec écran (<i>screen porch</i>) ↓ la probabilité que la maison usinée soit détruite ou rasée de 1,7 % (de 51,2 % à 50,4 %). • Commentaires : analyses ne contrôlent pas pour la force des tornades.

Tableau 5 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des tornades (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Simmons KM & Sutter D (2008b) Tornado Warnings, Lead Times, and Tornado Casualties: An Empirical Investigation. <i>Weather and Forecasting</i> 23(2) : 246-258.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : tornades aux États-Unis, de 1986 à 2002. Population étudiée : États-Unis. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude à visée étiologique. Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <i>Storm Prediction Center's (SPC's) national tornado archive;</i> <i>Tornado warning verification statistics</i> (National Oceanic and Atmospheric Administration). 	<ul style="list-style-type: none"> De 1986 à 2002 : <ul style="list-style-type: none"> 18 220 tornades aux États-Unis; un peu plus de 300 de ces tornades ont occasionné des décès, dont 15, au moins 10 décès; parmi l'ensemble des tornades, 50,7 % avec avertissement 49,3 % sans avertissement; 72 % et + (ou 626) des décès et 65 % (ou 11 552) des blessures dus à des tornades avec avertissement; 28 % des décès (ou 235) et 35 % des blessures (ou 6 131) tornades sans avertissement; avertissement d'une tornade : ↓ des blessures attendues de 32 % (IC_{95%} : 22-41); pour chaque minute ajoutée au temps d'avertissement (0 = sans avertissement ou après l'arrivée de la tornade; 1 = avertissement une minute avant la tornade; etc.) : ↓ des blessures attendues de 1,1 % (IC_{95%} : 0,5-1,6); globalement, l'avertissement n'a pas eu d'effet sur la réduction des décès de façon statistiquement significative, même qu'on a observé une ↑ de 0,6 % (IC_{95%} : 0,07-1,2) des décès pour chaque augmentation d'une minute (min) du délai entre l'avertissement et le moment où la tornade touche terre – relation positive associée à des tornades très meurtrières; analyse plus fine du délai d'avertissement : mise en lumière d'une durée bénéfique autour de 6 à 15 minutes, durée qui a diminué les décès attendus de 41 % et les blessures de 47 % – relation non monotone entre décès, ou blessures, et délai; taux de décès par tornade selon délai (min) : 0 min : 0,0315; 1 à 5 : 0,0652; 6-10 : 0,0541; 11-15 : 0,0407; 16-20 : 0,1118; 21-30 : 0,0918; 31 + : 0,0554; taux de blessures par tornade selon délai (min) : 0 min : 0,824; 1 à 5 : 1,024; 6-10 : 1,443; 11-15 : 0,757; 16-20 : 1,766; 21-30 : 1,360; 31 + : 0,779. Analyse multivariée (régression de Poisson) : explication des décès attendus par tornade (ou décès ci-après) : <ul style="list-style-type: none"> ↓ de 1 % des décès attendus si avertissement, versus sans avertissement ($p > 0,10$); pour chaque minute d'↑ du délai, ↑ de 0,6 % des décès ($p < 0,10$); pour chaque ↑ de 1 000 personnes par mille carré (mi²) (densité de population), ↑ d'environ 19 % des décès ($p < 0,01$); pour chaque ↑ du revenu médian de 1 000 \$, ↑ de 3,6 % des décès ($p < 0,01$); pour chaque ↑ de 1 % de maisons mobiles du parc immobilier du comté, ↑ de 6,6 % des décès ($p < 0,01$);

Tableau 5 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des tornades (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Simmons & Sutter (2008b) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> - ↓ de 15 % des décès si saison des tornades (03-06), versus hors saison (07-02) ($p < 0,01$); - ↓ des décès de 64 % si tornades de jour, de 40 % si de soir, versus de nuit ($p < 0,01$); - ↑ des décès \approx 70 % si weekend, versus jour de semaine ($p < 0,01$); - + force de la tornade ↑ (F1, ou F2, ou F3, ou F4, ou F5, versus F0), + les décès attendus ↑ ($p < 0,01$) – chaque catégorie (F) ↑ le risque de décès par un facteur de 5 ou + (tornade F5 est 30 000 fois plus meurtrière que F0). • Analyse multivariée (régression binomiale négative) : explication des blessures attendues par tornade (ou blessures ci-après) : <ul style="list-style-type: none"> - ↓ de 32 % des blessures si avertissement de tornade, versus sans avertissement ($p < 0,01$); - pour chaque min d'↑ du délai, ↓ de 1,1 % des blessures ($p < 0,01$); - pour chaque ↑ de 100 personnes par mi^2 (densité de population), ↑ \approx 7 % des blessures ($p < 0,01$); - pour chaque ↑ du revenu médian de 1 000 \$, ↑ d'au plus 2 % des blessures ($p < 0,01$); - pour chaque ↑ de 1 % de maisons mobiles du parc immobilier du comté, ↑ \approx 5 % des blessures ($p < 0,01$); - ↓ des blessures de 22 %, si saison des tornades (03-06), versus hors saison (07-02) ($p < 0,01$); - ↓ des décès de 43 % si tornades de jour, de 38 % si de soir, versus de nuit ($p < 0,01$); - ↑ des blessures d'environ 15 % si weekend, versus jours de semaine ($p < 0,01$); - + force de tornade ↑ (F1, ou F2, ou F3, ou F4, ou F5, versus F0), + les blessures ↑ ($p < 0,01$). • Analyse multivariée incluant le délai entre un avertissement et la survenue de la tornade (en catégories) et d'autres variables confondantes : <ul style="list-style-type: none"> - ↓ de 19 % des décès si délai de 1-5 min ($p > 0,10$), de 41 % si délai de 6-10 min ($p < 0,01$) et de 19 % si délai de 11-15 min ($p > 0,10$) versus sans avertissement (0); mais ↑ de 60 % des décès si délai de 16-20 min ($p < 0,01$), 37 % si délai de 21-30 min ($p < 0,01$), et 1 % si délai + de 31 min ($p > 0,10$); - ↓ de 42 % ($p < 0,01$), 26 % ($p < 0,10$), 47 % ($p < 0,01$), 24 % ($p < 0,10$), 19 % ($p < 0,10$), 41 % ($p < 0,01$) des blessures selon les délais respectifs; - autres variables confondantes : relations stables (voir modèles précédents).

Tableau 5 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des tornades (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Simmons & Sutter (2008b) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> • Autres résultats : <ul style="list-style-type: none"> - si la longueur de tornade est au plus 13 milles : avertissement d'une tornade ↓ de 24 % des décès ($p < 0,10$) et de 40 % des blessures ($p < 0,01$); - si la longueur de tornade est + de 13 milles : avertissement d'une tornade ↑ ≈ 22 % des décès ($p > 0,10$), mais ↓ ≈ 11 % des blessures ($p > 0,10$).
Ablah E, Tinius AM, Konda K, Synovitz C & Do S (2007) Regional Health System Response to the 2007 Greensburg, Kansas, EF5 Tornado. <i>Disaster Med Public Preparedness</i> 1 : 90-95.	<ul style="list-style-type: none"> • Aléas étudiés : tornades au Kansas (États-Unis), 2007. • Population étudiée : patients traités dans les 24 heures (h) suivant la tornade, Greensburg (communauté rurale), Kansas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Étude descriptive. • Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> - dossiers des services d'urgences médicales; - dossiers des hôpitaux régionaux. 	<p>4 mai 2007, tornade F5 Greensburg (communauté rurale), Kansas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Blessés : <ul style="list-style-type: none"> - 90 blessés pendant la tornade et traités dans les 24 h suivant la tornade; âge moyen : 53 ans; 60 ans ou + : 39 %; 18 ans ou - : 7 %; - score moyen de sévérité des blessures (<i>Injury Severity Scores</i>, ISS; valeurs : 0 à 75) : 6,4; - corrélation positive entre ↑ de l'âge et ↑ de l'ISS ($p = 0,051$); - 46 femmes et 44 hommes blessés (corrélation non statistiquement significative (n. s.) entre le sexe et ISS). • Décès : <ul style="list-style-type: none"> - 12 décès (8 hommes et 4 femmes; 7 chez les 60 ans et +); - 10 immédiats et 2 à l'hôpital; - 2 décès chez les blessés avec un ISS ≥ 15.
Ashley WS (2007) Spatial and Temporal Analysis of Tornado Fatalities in the United States: 1880-2005. <i>American Meteorological Society</i> 22 : 1214-1228.	<ul style="list-style-type: none"> • Aléas étudiés : tornades aux États-Unis, 3 périodes étudiées, soit 1880-2005, 1950-2004 et 1985-2005. • Population étudiée : États-Unis, outre l'Alaska et Hawaï. 	<ul style="list-style-type: none"> • Étude descriptive. • Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> - <i>Long term study of US tornadoes (Grazulis)</i>; - <i>National Climatic Data Center's Storm Data</i> (NCDC 1959-2005); - <i>Storm Events database</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entre 1880 et 2005 : <ul style="list-style-type: none"> - 18 717 décès causés directement par les vents de 3 688 tornades; - nombre moyen de décès par km² par 1 000 habitants : 2,7; - nombre moyen d'événements mortels par km² par 1 000 événements : 0,537; - période de mi-mars à mi-juin : + de décès liés aux tornades que les autres périodes; - saison automnale : 2^e maximum de décès liés aux tornades – ce 2^e pic touche principalement le Sud et concerne des tornades meurtrières. • De 1950-2004 : <ul style="list-style-type: none"> - régions du sud-est et du sud centre des États-Unis présentent le plus grand nombre de décès liés aux tornades et aux tornades meurtrières qu'ailleurs au pays; - dans ces régions : % plus élevé de tornades nocturnes; plusieurs tornades hors saison (vitesse de tornade + grande, donc moins de temps pour s'y préparer), ↑ du parc de maisons mobiles; - toutefois, c'est la partie centrale des États-Unis (les grandes plaines) qui accuse le plus grand nombre de tornades, incluant des tornades violentes. - 2,1 % des tornades sont F4 et F5, mais elles occasionnent 67,5 % des décès. • De 1985 à 2005 : 25,8 % des tornades aux États-Unis (42,5 % des décès liés aux tornades) surviennent entre le coucher et le lever du soleil.

Tableau 5 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des tornades (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Ashley (2007) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> • De 1985 à 2005, les trois principaux lieux de décès étaient : <ul style="list-style-type: none"> - maisons mobiles (44 %), surtout dans le sud des États-Unis (52,1 %, alors que le parc de maisons mobiles était de 20 %) – de plus, ↑ des décès survenus dans une maison mobile au fil du temps (1986-90 : 37,2 %; 1991-95 : 44,1 %; 1996-05 : 43,6 %; 2001-05 : 56,7 %); - véhicules moteurs (10 %), mais ↓ des décès survenus dans un véhicule moteur au fil du temps (1986-90 : 18,1 %; 1991-95 : 8,5 %; 1996-2005 : 9,9 %; 2001-2005 : 5,4 %). - maisons permanentes (25 %) – de façon générale, il semble y avoir une ↑ des décès survenus dans une maison permanente au fil du temps (1986-90 : 15,6 %; 1991-95 : 21,8 %; 1996-05 : 35,1 %; 2001-05 : 25,9 %); - (autres lieux, dont appartement, église, entrepôt commercial, dehors, structure permanente, école : moins de 5 % chacun). • Même probabilité de décéder chez les hommes (47,6 %) et les femmes (44,3 %). • Risque de décéder lors d'une tornade + élevé chez les 40 ans et + versus leurs cadets. • % de décédés dans chacun des groupes d'âge de > 40 ans*, + élevé que le % de la distribution de la population américaine dans les mêmes catégories**.
Donner WR (2007) The Political Ecology of Disaster: An analysis of factors influencing U.S. tornado fatalities and injuries, 1998-2000. <i>Demography</i> 44(3) : 669-685.	<ul style="list-style-type: none"> • Aléas étudiés : tornades aux États-Unis, de 1998 à 2000. • Population étudiée : États-Unis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Étude à visée étiologique. • Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> - John Hart's Plot V2.0 - <i>National Weather Service (NWS) Warning Verification data;</i> - <i>Storm Prediction Center (SPC) watch data;</i> - <i>Tract-level census data;</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Du 1^{er} janvier 1998 au 31 décembre 2000 <ul style="list-style-type: none"> - ≈ 3 810 tornades aux États-Unis; - de ce total, 3 590 avec information complète, dont 9 % avec blessures et 2 % des décès; - nombre moyen de décès par tornade : 0,07 (écart-type : 1); - nombre moyen de blessures par tornade : 1,2 (écart-type : 13,5); - délai moyen (avertissement-tornade touche terre) : 11,1 minutes (écart-type : 13,7). • Analyse multivariée (régression binomiale négative) : explication des décès et blessures attendus : <ul style="list-style-type: none"> - pour chaque ↑ d'un écart-type (ET) de superficie touchée par la tornade (ET = 1,4 mi²), ↑ de 8,4 décès ($p < 0,001$) et de 10,5 blessures ($p < 0,001$);

* 0-9 ans : 10 %; 10-19 : ≈ 6 %; 20-29 : ≈ 9 %; 30-39 : ≈ 14 %; 40-49 : ≈ 16 %; 50-59 : ≈ 13 %; 60-69 : ≈ 14 %; 70-79 : ≈ 11 %; 80 + : 8 %.

** 0-9 ans : 14 %; 10-19 : ≈ 14 %; 20-29 : ≈ 14 %; 30-39 : ≈ 15 %; 40-49 : ≈ 15 %; 50-59 : ≈ 11 %; 60-69 : ≈ 7 %; 70-79 : ≈ 6 %; 80 + : ≈ 3 %.

Tableau 5 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des tornades (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Donner (2007) (suite)		<ul style="list-style-type: none"> - indice de défavorisation (<i>deprivation index</i>) (valeurs de 0 à 300); - l'indice de défavorisation est calculé à partir des données sur le % de ménages sous le seuil de pauvreté, le % de handicapés et le % de la population sans éducation secondaire complétée (12^e année aux États-Unis). 	<ul style="list-style-type: none"> - pour chaque ↑ d'un ET du % de la population rurale (ET = 34,1 %), ↓ de 0,66 décès ($p = 0,05$) et de 0,62 des blessures ($p < 0,001$); - pour chaque ↑ d'un ET du % de maisons mobiles (ET = 12,3 %), ↑ de 1,6 décès ($p = 0,02$) et de 1,2 blessure ($p = 0,07$); - pour chaque ↑ d'un ET du délai avertissement-tornade (ET = 13,7 min), ↓ de un décès ($p = 0,89$) et de 0,75 blessure ($p < 0,001$); - pour chaque ↑ d'un ET de l'indice de défavorisation (<i>deprivation index</i>) (ET = 24,4 points), ↑ de 1,2 décès ($p = 0,29$) et de 1,4 blessure ($p < 0,001$); - pour chaque ↑ d'un ET de la densité de population (ET = 1 306,5 personnes par mi²), ↑ de 1,2 décès ($p = 0,57$) et de 1,4 blessure ($p = 0,03$); - pour chaque ↑ d'un ET du nombre moyen de personnes par ménage (ET = 0,27 personne), ↑ de 1,3 décès ($p = 0,10$) et de 1,3 blessure ($p = 0$); - pour chaque ↑ d'un ET du % d'Afro-Américains (ET = 13,1 %), ↑ de un décès ($p = 0,84$) et de 1,2 blessure ($p = 0,16$).
Comstock RD & Mallonee S (2005) Comparing reactions to two severe tornadoes in one Oklahoma community. <i>Disasters</i> 29(3) : 277-287.	<ul style="list-style-type: none"> • Aléas étudiés : tornades à Moore (Oklahoma, États-Unis), 1999 et 2003. • Population étudiée : 250 résidants de Moore ayant vécu la tornade de 1999 et 324 résidants de Moore ayant vécu la tornade de 2003. 	<ul style="list-style-type: none"> • Étude à visée étiologique. • Sources de données : - questionnaires auprès des sinistrés (échantillon de convenance). 	<p>3 mai 1999 et 8 mai 2003, tornades de force F5 (1999) et F3 (2003), Moore (Oklahoma)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Âge moyen des répondants en 1999 : 48,7; en 2003 : 51,4 (différence n. s.). • % de femmes en 1999 : 51,4 %; en 2003 : 60,5 % ($p = 0,03$). • % dans un lieu sûr (abri, sous-sol ou habitation sans murs extérieurs) au passage de la tornade dans leur région : 74,1 % en 1999 et 73,1 % en 2003 – pas de différence selon l'âge, mais les femmes s'y dirigent plus souvent que les hommes (RC = 1,59; IC_{95%} : 1,09-2,3). • Analyse bivariée (régression logistique) : comparaisons 1999 et 2003 : <ul style="list-style-type: none"> - + de blessures en 1999 (18,5 %) qu'en 2003 (6,9 %) (RC = 3,3; IC_{95%} : 1,83-5,96); - + de constructions avec quelques murs endommagés en 1999 (32,2 %) qu'en 2003 (26,8 %) (RC = 5,08; IC_{95%} : 2,11-12,65); - + de constructions complètement effondrées en 1999 (24,8 %) qu'en 2003 (3,3 %) (RC = 31,65; IC_{95%} : 10,17-104,08); - + souvent à la maison (1^{er} avertissement) en 1999 (89,7 %) qu'en 2003 (80,7 %) (RC = 2,09; IC_{95%} : 1,23-3,59); - + souvent dans la maison lors de la tornade en 1999 (72,4 %) qu'en 2003 (54,2 %) (RC = 2,22; IC_{95%} : 1,52-3,25);

Tableau 5 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des tornades (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Comstock & Mallonee (2005) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> - + souvent dans un abri à tempêtes en 2003 (36,2 %) qu'en 1999 (22,4 %) (RC = 1,97; IC_{95%} : 1,31-2,94); - + de femmes que d'hommes en lieu sûr (RC = 1,59; IC_{95%} : 1,09-2,31); - âge : n. s. • Moyens d'avertissement à l'approche de la tornade : <ul style="list-style-type: none"> - en 1999, télévision : ≈ 93 %; par une sirène (tornade) : ≈ 73 %; changement de température : ≈ 32 %; voir la tornade : ≈ 25 %; radio généraliste : ≈ 24 %; téléphone ou téléavertisseur : ≈ 15 %; bouche à oreille : ≈ 13 %; bande radio sur la température : ≈ 3 %; sans avertissement : ≈ 1 %; - en 2003, télévision : ≈ 75 %; par une sirène (tornade) : ≈ 78 %; changement de température : ≈ 22 %; voir la tornade : ≈ 23 %; radio généraliste : ≈ 12 %; téléphone ou téléavertisseur : ≈ 8 %; bouche à oreille : ≈ 17 %; bande radio sur la température : ≈ 3 %; sans avertissement : ≈ 1 %. • Moyens d'avertissement qui a motivé l'action protectrice : <ul style="list-style-type: none"> - en 1999, télévision : ≈ 58 %; par une sirène (tornade) : ≈ 11 %; changement de température : ≈ 4 %; voir la tornade : ≈ 14 %; radio généraliste : ≈ 5 %; téléphone ou téléavertisseur : ≈ 3 %; bouche à oreille : ≈ 2 %; bande radio sur la température : ≈ 0 %; sans avertissement : ≈ 2 %; - en 2003, télévision : ≈ 22 %; par une sirène (tornade) : ≈ 25 %; changement de température : ≈ 3 %; voir la tornade : ≈ 15 %; radio généraliste : ≈ 3 %; téléphone ou téléavertisseur : ≈ 3 %; bouche à oreille : ≈ 13 %; bande radio sur la température : ≈ 1 %; sans avertissement : ≈ 0 %. • Analyse bivariée (régression logistique) : comparaisons des sinistrés de 1999 et 2003 : <ul style="list-style-type: none"> - + souvent avisés par la télévision en 1999 (92,8 %) qu'en 2003 (75 %) (RC = 4,25, IC_{95%} : 2,33-7,84) et conséquemment, la télévision a motivé significativement plus la recherche d'abris en 1999 qu'en 2003 (RC = 4,38; IC_{95%} : 2,96-6,48); - pas de différence statistiquement significative pour les avertissements avec sirènes de tornade, en revanche, les sirènes de tornade ont motivé significativement plus la recherche d'abris en 2003 qu'en 1999 (RC = 2,9; IC_{95%} : 1,7-4,99). • Délai (minutes) entre l'avertissement et le moment où la tornade passe dans la région (données disponibles pour 2003 seulement) : moins de 10 min : 51,6 % des participants; 10-30 min : 38,5 %; 30 min et + : 9,9 %.

Tableau 5 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des tornades (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Comstock & Mallonee (2005) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> • Mesures préventives (2003 seulement) : <ul style="list-style-type: none"> - 71,3 % des participants avaient vécu la tornade de 1999, dont 98,8 % ont fourni des informations sur leurs mesures de protection; - 51 % même protection; 21,9 %, moins de protection; 26,8 %, plus de protection (pas de différence selon l'âge ou le sexe); - par rapport aux personnes ayant pris les mêmes précautions en 2003 qu'en 1999, celles en ayant pris moins en 2003 étaient plus souvent dans un endroit non sécuritaire lors de la tornade (p. ex. : dehors) (RC = 9,17; IC_{95%} : 4,03-23,13) et celles en ayant pris plus, plus souvent dans un endroit sécuritaire (RC = 6,56; IC_{95%} : 2,62-16,75); - principales raisons pour prendre moins de précautions en 2003 qu'en 1999 : moins de temps pour se protéger (52 %); faible/mauvais avertissement (28 %), ne pas croire au danger d'une F3 versus F5 (14 %); accès différent à la protection (12 %); - principales raisons pour prendre plus de précautions en 2003 qu'en 1999 : + accès à une protection (42,6 %); + de connaissance pour se protéger (21,3 %); de meilleurs avertissements (11,5 %); + de temps pour se protéger (4,9 %); meilleures consignes de la télévision ou de la radio (3,3 %).
Daley WR, Brown S, Archer Pam, Kruger E, Jordan F, Batts D & Mallonee S (2005) Risk of Tornado-related Death and Injury in Oklahoma, May 3, 1999. <i>American Journal of Epidemiology</i> 161 : 1144-1150.	<ul style="list-style-type: none"> • Aléas étudiés : tornades dans l'Oklahoma (États-Unis), 1999. • Population étudiée : Oklahoma. 	<ul style="list-style-type: none"> • Étude à visée étiologique. • Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> - admissions hospitalières; - visites aux urgences; - questionnaire auprès des résidents de la zone sinistrée. 	<p>3 mai 1999, plusieurs tornades (dont une F5) dans l'État de l'Oklahoma</p> <ul style="list-style-type: none"> • 40 décès directs et 5 décès indirects. • 398 blessures directes; 247 maladies ou blessures indirectes. • Taux par 100 000 habitants pour décès et blessures causés directement : 3,1 pour les décès directs; 10,4 (n = 133) pour les blessures sévères (impacts directs); 20,6 (n = 265) pour les blessures mineures (impacts directs). <p>3 mai 1999, plusieurs tornades F5 dans la ville d'Oklahoma</p> <ul style="list-style-type: none"> • Décès et blessures directs : 36 décès, 111 blessures sévères, et 210 blessures mineures. • Analyse multivariée (régression logistique) : par rapport aux personnes vivant dans une maison arrimée sur une fondation, cote de décès (n = 17 décès) : <ul style="list-style-type: none"> - + élevée chez les résidents en appartement (rapport de cotes, RC = 20,2; IC_{95%} : 3,4-115,6); - + élevée chez les résidents d'une maison mobile (RC = 35,3; IC_{95%} : 7,8-175,6); - + élevée décès chez les gens se trouvant dans un endroit public ou commercial (RC = 3,4; IC_{95%} : 0,1-30,1); - + élevée chez les gens se trouvant dehors (RC = 141,2; IC_{95%} : 15,9-6379,8); - aucun décès chez les personnes se trouvant dans un véhicule moteur, abri contre les tempêtes ou d'autres lieux que ceux énumérés précédemment.

Tableau 5 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des tornades (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Daley et collab. (2005) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> Analyse multivariée (régression logistique) : par rapport aux personnes vivant dans une maison arrimée sur une fondation, cote de blessures sévères (n = 80 blessures sévères) : <ul style="list-style-type: none"> + élevée chez les résidents en appartement (RC = 2,1; IC_{95%} : 0,2-15,2); + élevée chez les résidents d'une maison mobile (RC = 11,8; IC_{95%} : 3,4-51,7); + élevée décès chez les gens se trouvant dans un endroit public ou commercial (RC = 2,1; IC_{95%} : 0,3-10,3); + élevée chez les gens se trouvant dehors (RC = 34,3; IC_{95%} : 4,4-1526,2); - aucun décès dans un véhicule moteur ou un abri à tempêtes; + élevée chez les gens se trouvant dans d'autres lieux que ceux énumérés précédemment (RC = 2,1; IC_{95%} : 0,0-41,6). Analyse multivariée (régression logistique) : par rapport aux personnes vivant dans une maison arrimée sur une fondation, cote de blessures mineures (n = 133) : <ul style="list-style-type: none"> + élevée chez les résidents en appartement (RC = 5,2; IC_{95%} : 1,3-23,7); - élevée chez les résidents d'une maison mobile (RC = 0,6; IC_{95%} : 0,0-6,6); - élevée chez les gens se trouvant dans un véhicule moteur (RC = 0,8; IC_{95%} : 0,1-3,1); - élevée chez les gens se trouvant dans un abri contre les tempêtes (RC = 0,0; IC_{95%} : 0,0-0,2); + élevée chez les gens se trouvant dans un endroit public ou commercial (RC = 3,9; IC_{95%} : 1,2-13,4); + élevée chez les cas se trouvant dehors (RC = 46,4; IC_{95%} : 7,1-1939,5); + élevée chez les cas se trouvant dans d'autres lieux que ceux énumérés précédemment (RC = 3,9; IC_{95%} : 0,4-46,6).
Simmons KM & Sutter D. (2005a) Protection from Nature's Fury: Analysis of Fatalities and Injuries from F5 Tornadoes. <i>Natural Hazards Review</i> 6(2) : 82-87.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : tornades F5 États-Unis, 1900-1999. Population étudiée : États-Unis. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude à visée étiologique. Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <i>Storm Prediction Center's (SPC) national tornado archive</i> (tornades de 1950 à 1999); Grazulis (tornades de 1900 à 1950). 	<ul style="list-style-type: none"> De 1900 à 1999 : <ul style="list-style-type: none"> 77 tornades F5 et 90 segments d'États touchés par ces tornades; de 0 à 695 décès (moyenne : 29,7; médiane : 9); de 0 à 2 027 blessures (moyenne : 193,2; médiane : 71). Analyse multivariée (régression de Poisson), de 1950 à 1999 (nombre de tornades F5 = 51; nombre segments d'États touchés par les tornades F5 = 64) : <ul style="list-style-type: none"> ↑ densité de la population, ↑ décès ($p < 0,0001$) et des blessures ($p < 0,0001$); ↓ revenu moyen familial, ↑ décès ($p < 0,01$) et des blessures ($p < 0,01$);

Tableau 5 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des tornades (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Simmons & Sutter (2005a) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> - ↓ des décès ($p < 0,01$) et des blessures ($p < 0,05$), plus on approche de la fin du 20^e; - + de décès ($p < 0,05$) et de blessures ($p < 0,01$) lors de tornades le soir que le jour; - - de décès ($p > 0,10$) et + de blessures ($p < 0,01$) lors de tornades nocturnes que diurnes; - - de décès ($p > 0,10$) et de blessures ($p < 0,01$) en saison de tornades (mars à mai) que hors saison (juillet à février). • Selon la densité de population et de revenu de 1950 (42,8 personnes par mi² et 19 340 \$) et de 1999 (79,6 personnes par mi² et 48 950 \$), assumant une tornade diurne hors saison : <ul style="list-style-type: none"> - selon le niveau 1950 : 23 décès et 192 blessures par tornade en 1950 (année 0); 13,4 décès et 167 blessures par tornade en 1999 (année 49); - selon le niveau 1999 : 15,4 décès et 175 blessures par tornade en 1950 (année 0); 9,05 décès et 152 blessures par tornade en 1999 (année 49); - donc, ↓ des décès attendus (par tornade) de 41 % et des blessures attendues (par tornade) de 13 %; - ↓ + petite pour les blessures parce qu'on les a mieux rapportées au cours des dernières années. • Effet de la densité de population dans le couloir de la tornade (en personnes par mi² : minimale = 5,25; maximale = 2,219; moyenne = 149,8) de 1999, assumant revenu médian et une tornade diurne hors saison en 1999 : <ul style="list-style-type: none"> - ↓ de 21 % des décès et de 18 % des blessures attendus si densité minimale versus moyenne; - 33 fois + de décès et 18 fois + de blessures si densité maximale versus moyenne. • Effet du revenu médian familial (en \$: minimal = 5 906; maximal = 63 095; moyen = 33 490) de 1999, assumant densité de population et une tornade diurne hors saison en 1999 : ↓ + de 50 % des décès et de 25 % des blessures attendus quand le revenu passe de minimal (5 906 \$) à maximal (63 095 \$) – l'impact du revenu indique la tendance temporelle, étant donné la hausse du revenu réel dans les 50 dernières années. • Analyse multivariée (régression de Poisson), de 1900 à 1999 (nombre de tornades F5 = 77; nombre segments d'États touchés par les tornades F5 = 90) : <ul style="list-style-type: none"> - ↑ densité de la population, ↑ décès ($p < 0,05$) et des blessures ($p < 0,05$); - ↓ des décès ($p < 0,01$) et des blessures ($p < 0,01$), plus on approche de la fin du 20^e;

Tableau 5 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des tornades (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Simmons & Sutter (2005a) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> - - de décès ($p < 0,01$) et de blessures ($p < 0,01$) lors de tornades le soir que le jour; - - de décès ($p < 0,01$) et de blessures ($p < 0,01$) lors de tornades nocturnes que diurnes; - + de décès ($p < 0,10$) et - de blessures ($p > 0,10$) en saison de tornades (mars à mai) que hors saison (juillet à février). • Effet du temps (années allant de 1900 à 1999), assumant une tornade diurne hors saison : ↓ de 91 % des décès et de 37 % des blessures liés aux tornades F5 à la fin du 20^e siècle versus le début. • Effet de la densité de population dans le couloir de la tornade (en personnes par mi² : minimale = 0,778; maximale = 2,209; moyenne = 114,4) de 1999, assumant une tornade diurne hors saison en 1999 : ↑ de 56 % des décès et de 142 % des blessures si densité maximale versus minimale.
Simmons KM & Sutter D (2005b) WSR-88D Radar, Tornado Warnings, and Tornado Casualties. <i>Weather and Forecasting</i> 20(3) : 301-310.	<ul style="list-style-type: none"> • Aléas étudiés : tornades États-Unis, 1986-1999. • Population étudiée : États-Unis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Étude à visée étiologique. • Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> - <i>Storm Prediction Center (SPC) national tornado archive.</i> • Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> - National Weather Service (NWS) Weather Forecast Offices (WFO); - National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (<i>for tornado warning verification statistics</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> • De 1986 à 1999 : <ul style="list-style-type: none"> - 14 979 tornades, dont 47 % (ou 7 079) après l'installation du <i>Weather Surveillance Radar - 1988 Doppler (WSR-88D Radar)</i>; - ↑ du % de tornades avec émission d'un avertissement après l'installation du Doppler (60 %; avant = 35 %; $p < 0,01$); - ↑ du % de faux positifs (après Doppler = 79 %; avant = 76 %; $p < 0,01$); - ↑ du délai moyen d'avertissement (après Doppler = 9,5 min; avant = 5,3 min; $p < 0,01$). • Analyse multivariée (régression de Poisson) : explication des décès attendus : <ul style="list-style-type: none"> - ↓ de 45 % (IC_{95%} : 20-63) des décès après installation du Doppler versus avant; - densité de la population (moyenne = 160 personnes par mi²) et longueur de l'itinéraire de la tornade (moyenne = 25,6 milles) non associées (→) aux décès, mais association positive avec le terme d'interaction (densité x longueur) ($\beta = 0,0070$, $p < 0,01$); - ↑ du revenu familial moyen, ↑ décès ($\beta = 0,0382$, $p < 0,01$); - pour chaque ↑ de 1 % de maisons mobiles dans le parc immobilier du comté, ↑ 6 % des décès ($\beta = 5,97$, $p < 0,01$); - - de décès en saison des tornades versus hors saison ($\beta = -0,132$, $p > 0,10$); - ↓ 66 % des décès si tornades diurnes et de 45 % si tornades de soir versus tornades de nuit; - ↑ de gravité (F1 : $\beta = 2,75$, $p < 0,01$;... ; F5 : $\beta = 9,91$, $p < 0,01$), ↑ des décès.

Tableau 5 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des tornades (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Simmons & Sutter (2005b) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> • Analyse multivariée (régression binomiale négative) : explication des blessures attendues : <ul style="list-style-type: none"> - ↓ de 40 % (IC_{95%} : 17-57) des blessures après installation du Doppler versus avant; - ↑ densité de la population (moyenne = 160 personnes par mi²), ↑ des blessures ($\beta = 0,636, p < 0,01$); - ↑ longueur de l'itinéraire de la tornade (moyenne = 25,6 milles), ↑ des blessures ($\beta = 0,0028, p < 0,01$); - interaction densité de la population x longueur de la tornade associée positivement avec ↑ des blessures ($\beta = 0,0126, p < 0,01$); - ↑ du revenu familial moyen, ↑ blessures ($\beta = 0,0176, p < 0,01$); - pour chaque ↑ de 1 % de maisons mobiles dans le parc immobilier du comté, ↑ de 5 % des blessures ($\beta = 4,99, p < 0,01$); - de décès en saison des tornades versus hors saison ($\beta = -0,325, p < 0,01$); - ↓ 47 % des décès si tornades diurnes et de 43 % si tornades de soir versus tornades de nuit; - ↑ de gravité (F1 : $\beta = 2,41, p < 0,01$;...; F5 : $\beta = 7,10, p < 0,01$), ↑ des décès.
May BM, Hogan DE & Feighner KR (2002) Impact of tornado on a community hospital. <i>J Am Osteopath Assoc</i> 102(04) : 225-306.	<ul style="list-style-type: none"> • Aléas étudiés : tornade, Oklahoma, États-Unis, 1999. • Population étudiée : patients hôpital St-Michael avec diagnostic, traitement ou interventions pour blessures liées à la tornade, dans les 12 heures après l'impact. 	<ul style="list-style-type: none"> • Étude descriptive. • Sources de données : - dossiers médicaux. 	<p>3 mai 1999, tornade F5, ville d'Oklahoma, en Oklahoma</p> <ul style="list-style-type: none"> • Blessures : <ul style="list-style-type: none"> - 147 blessés attribuables à la tornade, de 2 à 86 ans, 45,5 % de sexe masculin (femmes : 53,7 %); - 79 % des blessés : traités et libérés de l'hôpital le même jour; 21 % hospitalisés.
Balluz L, Schieve L, Holmes T, Kiezak S & Malilay J (2000) Predictors for People's Response to a Tornado Warning : Arkansas, 1 March 1997. <i>Disasters</i> 24(1) : 71-77.	<ul style="list-style-type: none"> • Aléas étudiés : tornades, comtés de Saline et Clark (Arkansas), États-Unis, 1997. • Population étudiée : 146 résidents des comtés de Saline et Clark, Arkansas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Étude à visée étiologique. • Sélection de l'échantillon : numéros aléatoires de téléphone. • Sources de données : - questionnaires par téléphone. 	<p>1^{er} mars 1997 (en après-midi), tornades F4, deux comtés (Saline et Clark) de l'état d'Arkansas</p> <ul style="list-style-type: none"> • 146 participants (blessés = 0; dommages à la maison = 5) : <ul style="list-style-type: none"> - 96 % (ou 140) différencient « veille de tornade » (conditions météorologiques propices à la formation d'une tornade) de « avertissement de tornade » (tornade identifiée), dont 46 % (ou 64) ont répondu aux avertissements en cherchant un abri (durée de la recherche = 5 min pour 58); - 56 % ont pris conscience de la menace de tornade > 10 minutes avant son passage dans la région.

Tableau 5 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des tornades (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Balluz et collab. (2000) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> • Analyse multivariée (régression logistique) pour expliquer la recherche d'un abri à la suite d'un avertissement de tornade : <ul style="list-style-type: none"> - cote + ↑ si niveau secondaire ou +, versus un avec moins de scolarité (RC = 4,2; IC_{95%} : 1,14-15,5); - cote + ↑ si les sirènes entendues, versus non entendues (RC = 9,2; IC_{95%} : 1,63-54,1); - cote + ↑ si réside sur le trajet de la tornade, versus en dehors du trajet (RC = 14,9; IC_{95%} : 2,71-81,6); - cote + ↑ si plan d'action à la maison en cas de tornade, versus aucun plan (RC = 3,7; IC_{95%} : 1,41-9,9).
May AK, McGwin G, Lancaster LJ, Hardin W, Taylor AJ, Holden S, Davis GG & Rue III LW (2000) The April 8, 1998 Tornado: Assessment of the Trauma System Response and the Resulting Injuries. <i>The Journal of Trauma : Injury, Infection, and Critical Care</i> 48(4) : 666-672.	<ul style="list-style-type: none"> • Aléas étudiés : tornades, Alabama, États-Unis, 1998. • Population étudiée : Alabama. 	<ul style="list-style-type: none"> • Étude descriptive. • Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> - Registres des urgences des hôpitaux du <i>Birmingham Regional Emergency Medical Services System (BREMSS)</i>; - <i>Trauma Communications Center (TCC) database</i>; - dossiers médicaux; - dossiers du coroner. 	<p>8 avril 1998, tornade F5, deux comtés de l'Alabama</p> <ul style="list-style-type: none"> • Décès : <ul style="list-style-type: none"> - 32 décès attribuables à la tornade, 30 sur les lieux de la tornade et 2 à l'hôpital; - parmi les 30 décès observés sur le lieu de la tornade (âge moyen : 56,5 ans), 4 décès (13 %) dus à une asphyxie mécanique et 26 (87 %) à un traumatisme contondant. • Blessures : <ul style="list-style-type: none"> - 224 blessés amenés à l'urgence, dont 161 (72 %) traités et libérés, 63 (28 %) hospitalisés (dont 2 décès); - âge moyen chez les 161 personnes blessées non hospitalisées : 37,6 ans. • Âge moyen 191 blessés et 30 décès survenus sur les lieux de la tornade : 40 ans.
CDC (1997a) Tornado Disaster-Texas, May 1997. <i>MMWR</i> 46(45) : 1069-1073.	<ul style="list-style-type: none"> • Aléas étudiés : tornades, Texas, États-Unis, 2007. • Population étudiée : Texas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Étude descriptive. • Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> - dossiers des départements des urgences; - dossiers hospitaliers; - certificats de décès. 	<p>27 mai 2007, trois tornades au Texas, soit à Jarrell (F5), Cedar Park (F3), Pedernales Valleys (F4)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Décès : <ul style="list-style-type: none"> - 29 décès, dont 27 (93 %) dans la ville de Jarrell; - décédés âgés de 5 à 69 ans (médiane : 22 ans); < 18 ans : 14 (48 %) des décès; - 16 hommes (55 %) décédés; - 28 (97 %) des décès sur le lieu de la tornade; 0 décès dans des structures avec fondations; - cause immédiate du décès de 26 (90 %) personnes : traumatismes multiples; autres causes de décès (n = 3) : infarctus du myocarde, blessure à la tête et asphyxie.

Tableau 5 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des tornades (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
CDC (1997a) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> • Blessures : <ul style="list-style-type: none"> - blessures liées directement ou indirectement aux tornades : 33 personnes, dont 27 traitées et libérées de l'hôpital, 5 hospitalisées et un décès aux urgences; - âge des blessés : de 1 à 75 ans (médiane : 38 ans). • Délai entre l'émission de l'avertissement et le moment où la tornade touche terre : 10 min pour la ville de Jarrell; 30 min pour la ville de Cedar Park; 41 min pour la ville de Pedernales Valleys.
CDC (1997b) Tornado-Associated Fatalities- Arkansas, 1997. <i>MMWR</i> 46(19) : 412-416.	<ul style="list-style-type: none"> • Aléas étudiés : tornades, Arkansas, États-Unis, 1997. • Population étudiée : Arkansas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Étude descriptive. • Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> - dossiers hospitaliers; - <i>medical examiner's offices</i>; - <i>coroner's offices</i>; - certificats de décès provenant du Department of Vital Statistics (vérification des décès); - entrevues auprès des familles ou des voisins des personnes décédées. 	<p>1^{er} mars 1997, de l'ordre de 9 tornades (deux orages), en Arkansas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Décès dus aux tornades : <ul style="list-style-type: none"> - 26 décès résultant des blessures, dont 22 sur le lieu de la blessure, 3 lors du transport à l'hôpital, un le lendemain à l'hôpital; 14 décès dus à des blessures multiples et à la tête; - 14 (54 %) hommes décédés; - décédés : de 14 à 79 ans (médiane : 48 ans); - lieu du décès : 14 (54 %) décès dans une maison mobile (dont 10 sans accès à des abris souterrains, selon les entrevues réalisées auprès des voisins ou de la famille – probablement le cas des 4 autres personnes aussi, selon les autorités de santé publique); 4 (15 %) décès dans des logements unifamiliaux; 3 (12 %) décès dans immeubles non résidentiels; 3 (12 %) décès dans un véhicule moteur; 2 (8 %) décès dehors. • Décès après la tornade : un décès par électrocution durant les activités de nettoyage. • Blessures : blessures non fatales attribuables aux tornades : 400 personnes, dont 296 (74 %) traitées et libérées de l'urgence, 104 (26 %) hospitalisées. • Émission de l'avertissement : <ul style="list-style-type: none"> - délai entre l'émission de l'avertissement et le moment où la tornade touche terre : 15 min pour la plupart des comtés très atteints; - délais pour tous les comtés où il y a des décès ou blessés : de 18 à 32 min.
Schmidlin TW. & King PS (1995) Risks Factors for Death in the 27 March 1994 Georgia and Alabama Tornadoes. <i>Disasters</i> 19(2) : 170-177.	<ul style="list-style-type: none"> • Aléas étudiés : tornades, Alabama et Géorgie, États-Unis, 1994. • Population étudiée : Alabama et Géorgie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Étude à visée étiologique. • Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> - journaux; - rapports du coroner; - information des voisins ou familles des personnes décédées. 	<p>27 mars 1994, tornades, dont six majeures, en Alabama et Géorgie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Force variable (F2 à F5, selon le cas) difficile à juger (p. ex. : tornade passée à travers les forêts); • Décès à une semaine après tornades : 40 décès attribuables aux tornades; 20 dans une église, 15 dans une maison mobile, deux dans une maison autre que mobile, dont l'une sans fondation, deux dehors, un dans un véhicule moteur. • > 300 blessés.

Tableau 5 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des tornades (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Schmidlin TW. & King PS (1995) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> • Comparaison entre 40 décès (ou moins selon l'analyse) et 30 survivants : <ul style="list-style-type: none"> - âge moyen + élevé chez les décédés (55,6 ans) que survivants (42,4 ans, $p = 0,04$); - % de résidants d'une maison mobile + élevé chez les décédés (75 %) que chez les survivants (23 %, $p = 0,001$), mais - élevé dans une maison avec fondation (décédés : 10 %, survivants, 74 %, $p = 0,001$); - % de maisons avec téléviseur + élevé chez les survivants (70 %) que décédés (25 %) ($p = 0,08$); - décédés (données pour 7 décès) étaient éveillés depuis moins longtemps (< 1 min avant que la tornade frappe) que survivants (< 1 min : 32 %, < 5 min : 45 %, > 15 min : 23 %, $p = 0,002$); - % frappé par un objet (p. ex. : morceau de mur) durant la tornade : 100 % des décédés et 30 % des survivants ($p < 0,0001$) – ce qui illustre l'importance de l'intégrité de la structure pour diminuer le risque de décès; - pas de différence statistiquement significative selon : l'état matrimonial (décédés : 47 %; survivants : 62 %), le sexe (décédés : 55 %; survivants : 61 %), le niveau d'éducation (statistiques non rapportées), le fait d'avoir une radio à la maison (statistiques non rapportées), l'atteinte d'un problème de santé physique ou mentale (décédés : 25 %; survivants : 10 %). • Méthodes d'avertissement (connues seulement chez les survivants) : 29 % éveillés lorsqu'ils ont entendu le bruit de la tempête; 23 % ont vu approcher la tornade; 16 % par télévision (durant une heure avant la tornade); 16 % par famille, ami, voisin; 13 % par radio (durant une heure avant la tornade); 10 % ne savait pas que la tornade arrivait. • Commentaires : possibilité de surestimation ou sous-estimation du nombre de décès provenant des journaux.

β : coefficient de régression.
 ET : écart-type.
 IC_{95%} : intervalle de confiance à 95 %.
 p : valeur p .
 RC : rapport de cotes.

4 AUTRES VENTS VIOLENTS

4.1 GÉNÉRALITÉS RELATIVES AUX AUTRES VENTS VIOLENTS

Outre les ouragans et les tornades, d'autres vents violents peuvent causer des dommages à l'environnement et faucher des vies humaines. Ils incluent divers vents convectifs non tornadiques, lesquels sont officiellement définis aux États-Unis par des coups de vent de 25 m/s ou par des dommages compatibles avec de tels coups de vent, s'ils ne sont mesurés (Black et Ashley, 2008). Parmi ces vents convectifs non tornadiques (Black et Ashley, 2008), on retrouve les dérêchos (Ashley et Mote, 2005).

Un dérêcho est un système météorologique convectif extratropical qui se déplace rapidement en ligne droite (direction constante contrairement aux tornades qui tourbillonnent), tout en produisant de très fortes rafales descendantes (Wikipédia, 2009b). Ce type de vents violents peut durer plusieurs heures (même plus de dix heures) et ainsi parcourir de très grandes distances, voire jusqu'à 1 000 km ou plus. On observe deux types de dérêchos : le premier survient en saison chaude, le second, en saison froide. Ces dérêchos se différencient les uns des autres de diverses manières, notamment par la fréquence de leur survenue, plus élevée en saison chaude (Wikipédia, 2009b).

Enfin, les autres vents violents englobent divers vents non convectifs associés aux cyclones extratropicaux (parfois nommés cyclones des latitudes moyennes), dont les vents à pente descendante (*downslope winds*), les brèches éoliennes (*gap winds*), les vents gradients (*gradient winds*) et les tempêtes de poussière (*dust storms*) (Ashley et Black, 2008). La description de ces groupes de vents dépasse l'objectif de ce rapport. Rapportons néanmoins que les cyclones extratropicaux – des systèmes météorologiques de basse pression qui se forment entre la ligne des tropiques et le cercle polaire par cyclogénèse ou à la fin de l'existence d'un cyclone tropical – balayent quotidiennement la majorité de la Terre (Wikipédia, 2010b). Ils circulent généralement d'ouest en est, avec une intensité variable. De fait, les cyclones extratropicaux peuvent amener un temps doux avec de faibles pluies et des vents de surface de 15 à 30 km/h, tout comme un temps froid avec des pluies torrentielles et des vents excédant les 119 km/h (on les nomme parfois, mais faussement, ouragans) (Wikipédia, 2010b).

Au Canada

Comme déjà mentionné, 351 tempêtes distinctes (tous types confondus) ont traversé le Canada de 1901 à 2000 (Environnement Canada, 2009e), dont 31 le Québec (Environnement Canada, 2009f). Parmi ces tempêtes, 178 (dont 28 au Québec) n'étaient pas des tornades, mais d'autres types de dépressions avec des vents pouvant aller jusqu'à 116 km/h. Les caractéristiques spatiales et temporelles de ces tempêtes et leurs conséquences humaines demeurent largement inconnues (Black et Ashley, 2009). Afin d'illustrer certaines de leurs conséquences environnementales, mentionnons toutefois que des vents de 70 à 90 km/h endommagent les bardeaux des maisons et les branches des arbres, alors que des vents de 90 km/h peuvent déraciner ces derniers et retourner de petits avions.

4.2 CONSÉQUENCES SANITAIRES DES AUTRES VENTS VIOLENTS

Seulement trois études ont été retenues pour mettre en lumière les effets et les indicateurs sanitaires associés aux autres vents violents. Leurs principaux résultats sont résumés au tableau 6. Quelques points saillants en émergent; ils sont énoncés et commentés ci-dessous. Le premier de ces points touche, de façon générale, les vents violents autres que les tornades et les ouragans. Les trois points suivants concernent les vents convectifs non tornadiques; les trois autres points, les dérèchos; les quatre derniers points, les vents non convectifs.

4.2.1 Les vents violents autres que les tornades et les ouragans sont peu souvent étudiés, même aux États-Unis, bien qu'ils y aient occasionné plusieurs décès

Aux États-Unis, de 1977 à 2007, 3 721 décès ont été attribués aux vents violents, dont 1 710 aux tornades, 1 195 aux vents convectifs non tornadiques, 635 aux vents non convectifs et 181 aux ouragans (Black et Ashley, 2009). Comme suggéré par Ashley et Black (2008), bien que les vents convectifs non tornadiques et les vents non convectifs représentent une menace comparable aux tornades, ils ont retenu beaucoup moins l'attention de la part de la population, des médias et de la recherche. Conséquemment, seulement trois études descriptives, réalisées aux États-Unis, ont été choisies à ce sujet dans le présent rapport.

VENTS CONVECTIFS NON TORNADIQUES

4.2.2 La saison des décès associés aux vents convectifs non tornadiques se situe de mai à juillet

Aux États-Unis, les mois de mai à juillet comptent le plus de décès (mai : > 110 décès, juin : > 130 décès; juillet : > 170 décès) dus aux vents convectifs non tornadiques, alors que les décès associés aux tornades augmentent d'avril à mai (Black et Ashley, 2009).

4.2.3 Ces décès surviennent surtout en après-midi

Contrairement aux tornades, peu de décès (7,7 % des décès) liés aux vents convectifs non tornadiques surviennent la nuit (de 0 à 5 h 59) (Black et Ashley, 2009). De fait, le pic des décès associés à ces vents violents – pic qui représente 27,8 % des décès – se situe de 14 h à 15 h 59.

4.2.4 Les moyens de transport sont lieu de prédilection des décès

De l'ordre de 37 %, des décès liés aux vents convectifs non tornadiques se sont produits en avion, 17,4 % dans un véhicule moteur circulant sur terre et 14,3 % en bateau (Black et Ashley, 2009). Les autres décès se sont produits lors d'activités extérieures, comme le camping (18,6 %), dans une maison mobile (environ 6 %) ou dans une structure permanente (environ 3 %; inconnues ou autres : environ 2 %). Plus de deux décès sur cinq (43 %) sont associés à la chute d'arbres.

DÉRÉCHOS

4.2.5 Les dérêchos expliquent 39 % des décès et 40 % des blessures attribuables aux vents convectifs non tornadiques

Selon l'étude d'Ashley et Mote (2005), 377 dérêchos sont survenus aux États-Unis de 1986 à 2003. Ces dérêchos ont blessé 2 605 personnes et causé la mort de 153 autres. En moyenne, cela signifie par année de l'ordre de 21 dérêchos, de 145 blessés et de 8 à 9 décès. De 1993 à 2003, les dérêchos ont expliqué 39 % des décès et 40 % des blessures attribuables aux vents convectifs non tornadiques.

4.2.6 Le plus grand nombre de décès et de blessés dus aux dérêchos surviennent dans les régions où la fréquence de ces vents n'est pas la plus élevée

Les régions les plus propices aux dérêchos sont situées au sud des Grandes Plaines, entre l'Oklahoma et la vallée du Mississippi et entre le Midwest et la vallée de l'Ohio (Ashley et Mote, 2005). Toutefois, 37 % des décès liés à ces vents violents (n = 153) se produisent dans les États du Michigan, de New York et de l'Ohio; de même, 28 % des blessés surviennent dans les États du Kentucky, du Michigan et de l'Illinois. Diverses raisons peuvent expliquer cet état de choses, notamment la pratique élevée d'activités extérieures (p. ex. : camping) et aquatiques (p. ex. : bateau) dans ces régions (Ashley et de Black, 2008).

4.2.7 Les moyens de transport (sur terre et sur l'eau) et les maisons mobiles sont les deux principaux lieux de décès et de blessures dus aux dérêchos

De 1986 à 2003, 30 % des décès (n = 153) dus aux dérêchos sont survenus dans un moyen de transport, soit 19 % en bateau et 30 % dans un véhicule moteur, notamment lors du renversement d'une remorque, de la chute d'un arbre ou en heurtant un arbre tombé (Ashley et Mote, 2005). De même, parmi les 1 563 blessés pour qui l'information était disponible, 23 % se trouvait dans leur maison mobile au moment de l'impact, et 21 % dans leur véhicule.

VENTS NON CONVECTIFS

4.2.8 De 1980 à 2005, les vents non convectifs ont causé 21,4 % de l'ensemble des décès directs causés par les vents²⁵

Aux États-Unis, de 1980 à 2005, les vents non convectifs ont causé 616 des décès dus aux vents (n = 2 877), outre de nombreux blessés (2 865 blessés) (Ashley et Black, 2008). Chaque année, on y compte en moyenne 23,7 décès.

4.2.9 Mars et novembre sont les mois les plus propices aux vents non convectifs, et aussi les plus mortels

De l'ordre de 35 %, des décès dus aux vents non convectifs surviennent en mars (18,2 %) et en novembre (16,7 %) (Ashley et Black, 2008).

²⁵ Les décès indirects réfèrent, par exemple, à un problème cardiaque ou relié au nettoyage des débris après la tempête (Ashley et Black, 2008).

4.2.10 Comme pour les dérèchos, les décès causés par les vents non convectifs surviennent principalement dans un moyen de transport

De l'ordre de 43 %, des décès dus aux vents non convectifs se sont produits dans un véhicule, principalement dans une automobile et une camionnette, notamment en raison de la chute d'arbres (Ashley et Black, 2008). De même, 25,2 % des décès sont survenus en bateau, surtout en Californie et en Floride.

4.2.11 Les décès dus aux vents non convectifs surviennent surtout le long de la côte ouest et dans la partie nord-est des États-Unis

La majorité des décès dus aux vents non convectifs sont associés au passage des cyclones extratropicaux (83 %), lesquels circulent surtout le long de la côte ouest et au nord-est des États-Unis – des régions propices aux activités aquatiques ou en forêt (Ashley et Black, 2008).

Tableau 6 Résumé des études sur les conséquences sanitaires des autres vents violents

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Black AW & Ashley WS (2009) Nontornadic convective wind fatalities in the United States. <i>Natural Hazards</i> , Online publication, 27 October 2009.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : vents convectifs non tornadiques, États-Unis, 1977-2007. Population étudiée : États-Unis. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <i>Storm Data</i>; National Transportation Safety Board's (NTSB); <i>Aviation Accident Database</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> De 1977 à 2007 : <ul style="list-style-type: none"> 1 195 décès directs attribuables aux vents convectifs non tornadiques, dont 38,9 % en avion; 3 721 décès liés aux vents : 46 % dus aux tornades; 32,1 % (incluant décès en avion), aux vents convectifs non tornadiques; 17,1 %, aux vents non convectifs; 4,9 %, aux ouragans et tempêtes tropicales. Décès attribuables aux vents convectifs non tornadiques non liés aux avions (n = 730) : <ul style="list-style-type: none"> mois de mai à juillet comptent le plus de décès (mai = > 110, juin = > 130, juillet = > 170) et de rapports de vents sévères (mai ≈ 110, juin ≈ 160, juillet ≈ 170), alors que les décès associés aux tornades augmentent d'avril à mai; la nuit (de 0 à 5 h 59), peu de décès (7,7 %), puis ↑ en fin d'avant-midi avec un pic des décès (soit 27,8 %) de 14 h à 15 h 59 (zone horaire centrale standard), puis ↓ des décès; parallèlement, la nuit, peu de rapports de vents convectifs non tornadiques (10,6 % de 0 à 5 h 59), puis ↑ en fin d'avant-midi avec un pic des vents (soit 27,8 %) en après-midi, puis ↓ des vents; régions où les conditions météorologiques propices aux vents convectifs non tornadiques : régions du nord-est, Grands Lacs et régions du sud-est. Circonstances des décès lors de vents convectifs non tornadiques : 37 % en avion; 18,6 % dehors (dont 40 % dus à la chute d'arbres); 17,4 % dans un véhicule (dont 47 % dus à la chute d'arbres); 14,3 % en bateau; ≈ 6 % dans une maison mobile; ≈ 3 % dans une structure permanente (inconnues ou autres : ≈ 2 %). % des décès associés à la chute d'arbres : 43 %.
Ashley WS & Mote TL (2005) Dérécho hazards in the United States. <i>Bulletin of the American Meteorological Society</i> 86 (11) : 1577-1592.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : déréchos, États-Unis, 1986-2003. Population étudiée : États-Unis. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> Bentlet et Mote (1998); Bentley et Sparks (2003); Coniglio et Stensrud (2004); Storm Prediction Center; <i>Storm Data</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Dans cette étude, critères d'un dérécho incluent : bourrasque de vent de > 26 m/s sur une distance de ≥ 400 km. De 1986 à 2003 : <ul style="list-style-type: none"> 377 déréchos aux États-Unis (en moyenne, 20,9 aléas par année), dont 69 % de mai à août; 153 décès (en moyenne, 8,5 décès par année) et 2 605 blessures (en moyenne, 144,7 blessures par année).

Tableau 6 Résumé des études sur les conséquences sanitaires des autres vents violents (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Ashley & Mote (2005) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> - De 1993 à 2003, parmi les décès et blessés causés par les vents convectifs non tornadiques : - les dérêchos expliquent 39 % des décès et 40 % des blessés. • Distribution géographique : <ul style="list-style-type: none"> - les régions propices aux dérêchos : région sud des Grandes Plaines, axe entre Oklahoma et la vallée du Mississippi, axe entre le Midwest et la vallée de l'Ohio; - le plus grand nombre de décès et blessés surviennent dans les régions où la fréquence de dérêchos n'est pas la plus élevée : ainsi 37 % des décès liés aux dérêchos : Michigan (17 décès), New York (23 décès) et Ohio (16 décès) – diverses explications possibles, notamment la pratique élevée d'activités extérieures (p. ex. : camping), aquatiques (p. ex. : bateau) – de même, les états qui présentent plus de blessés liés aux dérêchos sont le Kentucky (333 blessés), Michigan (200 blessés), et Illinois (187 blessés). • Distribution des 153 décès par lieu du décès : 30 % dans un véhicule (principalement lors du renversement de la remorque, en raison de la chute d'un arbre, ou en heurtant un arbre tombé); 19 % dans un bateau; 11 % sous un arbre; 10 % dans une structure permanente; 9 % dans un camping; 9 % dans une maison mobile (autres : 12 %). • Distribution des 2 605 blessés par lieu (causes rapportées dans la base de données <i>Storm Data</i> pour 60 % des 2 605 blessures) : 23 % dans une maison mobile; 21 % dans un véhicule; 10 % dus à des débris envolés dans les airs; 10 % dans une structure permanente; 10 % dans un camping; 9 % dans des structures temporaires ou des tentes récréatives; 5 % sous un arbre, des débris; 3 % en bateau; 2 % sur un chantier de construction; 2 % (autres : 7 %). • De 1986 à 2003 : 153 décès dus aux dérêchos, 254 dus aux ouragans (incluant les ouragans Floyd et Fran), 71 dus aux tornades F0 et F1, 229 dus aux tornades F0, F1 et F2.

Tableau 6 Résumé des études sur les conséquences sanitaires des autres vents violents (suite)

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Ashley WS & Black A (2008) Fatalities associated with Nonconvective High-Winds Events in the United States. <i>Journal of Applied Meteorology and Climatology</i> 47 (2) : 717-725.	<ul style="list-style-type: none"> Aléas étudiés : vents non convectifs, États-Unis, 1980-2005. Population étudiée : États-Unis. 	<ul style="list-style-type: none"> Étude descriptive. Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> - <i>National Climatic Data Center's Storm Events</i>; - <i>Storm Data</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Dans cette étude, vents non convectifs incluent notamment des vents associés aux cyclones extratropicaux, des tempêtes de sable (<i>dust storms</i>), des vents gradients (<i>gradient winds</i>), des vents espacés (<i>gap winds</i>) et des vents descendants (<i>downslope winds</i>). 35 % des décès dus aux vents non convectifs surviennent en mars (18,2 %) et en novembre (16,7 %). De 1980 à 2005, 2 877 décès causés par les vents : 48,2 % dus aux tornades; 21,4 % dus aux vents non convectifs; 24,2 %, aux vents de tempêtes (convectifs non tornadiques); 6,3 %, aux ouragans ou aux tempêtes tropicales. De 1980 à 2005 : <ul style="list-style-type: none"> - 616 décès et 2 865 blessés dus aux vents non convectifs; - de 6 à 50 décès par année (soit en moyenne 23,7 décès par année); - 2 pics de décès dus aux vents non convectifs : mois de mars (ou 112 décès) et mois de novembre (ou 103 décès); - 33 % de tous les décès liés aux vents non convectifs : trois états situés à l'ouest des États-Unis, soit Californie (96 décès), Oregon (46 décès) et Washington (66 décès); - 18 % de tous les décès liés aux vents non convectifs : six états situés au nord-est des États-Unis, soit New York (57 décès), Pennsylvanie (23 décès), Connecticut (8 décès), New Jersey (11 décès), Maryland et Washington D.C. (8 décès) et Delaware (un décès); - ≈ 83 % des décès associés aux systèmes extratropicaux; 10,9 % explicitement aux vents gradients, 5,7 % aux brèches éoliennes (<i>gap winds</i>) et aux vents descendants (<i>downslope winds</i>). Distribution des 616 décès par lieu : <ul style="list-style-type: none"> - 42,6 % dans un véhicule (dont 82 % dans une automobile ou une camionnette, 6 % une remorque, 12 % dans un autre type de véhicules comme autobus, motocyclettes); 44 % des décès liés aux véhicules associés à la chute d'arbres; 28 %, à de la poussière souflée par le vent (24 %) ou à de la neige (4 %); - 25,2 % en bateau (surtout en Californie et en Floride); - 23,4 % dehors (dont 40 % en raison de la chute d'un arbre, 31 % de débris envolés dans les airs, 19 % sur un site de construction). 3 % dans une structure permanente et 2 % dans une maison mobile (autres causes ou causes inconnues : 4 %).

CONCLUSION

Le présent rapport s'insère dans les travaux visés dans le troisième axe du volet santé de l'Action 21, soit la mise en place d'un système de veille-avertissement des aléas hydrométéorologiques ou géologiques amplifiés par les changements climatiques et de surveillance santé en temps réel dans le but de soutenir les fonctions vigie et de surveillance du MSSS et des directeurs régionaux de santé publique.

La recension des publications portant sur les tornades, les ouragans et autres vents violents a été effectuée à l'aide des bases de données MEDLINE et Web of Science. Parmi les 3 843 publications repérées (MEDLINE : 604; Web of Science : 3 239), 43 ont été retenues.

De ces 43 publications :

- 23 concernaient les ouragans;
- 17 portaient sur les tornades;
- seulement trois touchaient les vents non convectifs ou convectifs, mais non tornadiques – une situation attendue, puisque ces vents violents seraient peu étudiés aux États-Unis, même s'ils présentent une menace pour la santé humaine comparable aux tornades (Ashley et Black, 2008).

Aucune des 43 études n'a été réalisée au Canada, bien que 578 238 Canadiens aient été touchés par les catastrophes naturelles de 1994 à 2003 (Berry et collab., 2008). De fait, toutes ces publications se rapportaient aux États-Unis. La généralisation de leurs résultats à d'autres populations, comme la population canadienne, n'a donc pas été examinée.

La plupart des études retenues s'appuyaient sur des devis relativement faibles sur le plan de l'évaluation de la causalité, au sens strict du concept. Les études descriptives ont toutefois été utiles pour identifier divers problèmes de santé associés aux vents violents. Les publications portant sur des données historiques couvrant une période d'au moins dix ans ont notamment permis de considérer l'influence de certaines caractéristiques des aléas. Quant aux études à visée étiologique, elles ont amélioré notre compréhension de l'impact des vents violents sur la santé humaine, notamment en ce qui concerne l'importance du type de construction et de l'intégrité du logement habité.

Afin d'illustrer la relation entre les aléas hydrométéorologiques ou géologiques et la santé humaine, nous avons retenu le modèle de Patz et collaborateurs (2000) sur les effets sanitaires potentiels de la variabilité et des changements climatiques. Tout compte fait, l'utilisation de ce modèle a été inutile pour l'étude des conséquences sanitaires sur les vents violents. De fait, dans les publications retenues, les impacts directs et indirects étaient peu souvent définis et distingués les uns des autres. De plus, le type de renseignements collectés y était peu exhaustif : ils n'incluaient généralement que la date de la survenue de l'aléa, son intensité, la région touchée, l'âge et le sexe des personnes décédées, blessées ou malades, leur activité (p. ex. : pendant les travaux de nettoyage) et leur localisation (p. ex. : dans un véhicule moteur) lorsque l'ouragan les a touchées, et selon l'objet de l'étude, la raison de la consultation médicale. Les sources de données utilisées expliquent en partie cet état de choses. À titre d'exemple, les bases de données sur les désastres incluent

très peu d'indicateurs de santé publique et à l'inverse, les données de surveillance sanitaire tiennent rarement compte des caractéristiques de l'aléa.

Malgré ces limites, il nous est possible de suggérer quelques indicateurs aux fins de veille et de surveillance des conséquences sanitaires des vents violents. Ces indicateurs sont présentés au tableau 7.

Tableau 7 Indicateurs proposés aux fins de veille et de surveillance des conséquences sanitaires des vents violents

Indicateurs	Vigie	Surveillance
Les effets sanitaires, soit la mortalité et la morbidité*		
• toutes causes	√	√
• blessures	√	√
• maladies gastro-intestinales		√
• maladies de l'appareil respiratoire		√
• autres maladies chroniques (p. ex. : diabète, maladies cardiovasculaires)		√
• maladies vectorielles (p. ex. : virus du Nil occidental)		√
• maladies infectieuses (p. ex. : tuberculose)		√
• problèmes dermatologiques		√
• symptômes neurologiques		√
• troubles mentaux		√
• intoxications (p. ex. : au monoxyde de carbone)	√	√
• autres problèmes de santé (p. ex. : hypothermie)		√
• admissions à l'urgence	√	√
• admissions à l'hôpital	√	√
• transports ambulanciers	√	√
• admissions autres que par l'urgence	√	√
• facteurs temporels (p. ex. : date du relevé)	√	√
Les aléas		
• type d'aléas	√	√
• facteurs temporels (heure, date, jour de semaine, saison)	√	√
• intensité de l'aléa (catégories des dommages selon l'échelle Fujita ou selon l'échelle de Saffir-Simpson)	√	√
• force du coup de vent	√	√
• superficie touchée (longueur et largeur)	√	√
• circonstances et localisation des personnes touchées (p. ex. : dans une automobile) si disponibles dans la mise à jour de la Base de données canadiennes des désastres		√
Le milieu de vie		
• région de résidence	√	√
• densité de population	√	√
• type de logement (p. ex. : maison mobile)		√
• année de construction du logement		√
• nécessité de réparations majeures au logement (comme indicateur proxy de l'intégrité de la structure habitée)		√
• propriétaire ou locataire (à croiser avec la nécessité de réparer le logement)		√
• nombre de personnes dans le ménage		√

Tableau 7 Indicateurs proposés aux fins de veille et de surveillance des conséquences sanitaires des vents violents (suite)

Indicateurs	Vigie	Surveillance
La démographie		
• âge	√	√
• sexe	√	√
Le socioculturel et le socioéconomique		
• indice de défavorisation sociale et matérielle (INSPQ, 2009)	√	√
• indice de défavorisation (Donner, 2007)		√
• population n'ayant pas un niveau élevé de soutien social		√
• état matrimonial		√
• proportion d'immigrants		√
• langue assez bien connue pour soutenir une conversation		√
• population vivant sous le seuil de la pauvreté		√
• revenu personnel par habitant		√
• proportion de la population de 25 ans et plus selon le plus haut niveau de scolarité		√
• statut socioprofessionnel		√
La morbidité préexistante		
• principaux problèmes de santé chroniques (se référer aux effets sanitaires présentés au début du tableau)		√
• nombre de problèmes de santé		√
• limitations fonctionnelles (difficulté à entendre, à voir, à communiquer, à marcher, à monter un escalier, à se pencher, à apprendre ou à faire d'autres activités semblables)	√	√

* La Classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes (dont l'acronyme est CIM), notamment sa dixième version (Institut canadien d'information sur la santé, 2006), permet de rapporter les causes externes de morbidité et de mortalité (codes V01-Y98). Ces causes incluent entre autres diverses expositions aux forces de la nature (X30-X39), comme les tornades et les ouragans.

Quelques-uns des indicateurs proposés n'ont pas été associés directement aux vents violents. Nous avons toutefois décidé de les conserver vu leur utilité potentielle pour la santé publique. C'est le cas de la présence d'une personne atteinte d'une incapacité physique dans le ménage, non corrélée à la recherche d'un abri lors d'une tornade (Schmidlin et collab., 2009), mais indirectement associée au risque de blessure dans l'étude de Donner (2007), en tant que composante de l'indice de défavorisation.

Enfin, mentionnons que certains indicateurs pourront sembler redondants, du fait qu'ils touchent une même dimension. Cela était voulu pour permettre l'adaptabilité des systèmes de veille et de surveillance à différents contextes, allant au-delà de la simple cueillette de renseignements. À titre d'exemple, l'indice de défavorisation sociale et matérielle (INSPQ, 2009) peut être utile à la surveillance, comme indicateur touchant un niveau agrégé ou contextuel dans une analyse multiniveau (p. ex. : Courgeau, 2004), alors que ses composantes, comme le revenu, sont préférées à l'utilisation d'un indice pour ajuster les analyses portant strictement sur des individus.

BIBLIOGRAPHIE

- Ablah, E., Tinius, A. M., Konda, K., Synovitz, C., Do, S. (2007). Regional Health System Response to the 2007 Greensburg, Kansas, EF5 Tornado, *Disaster Med Public preparedness*, vol. 1, p. 90-95.
- Ashley, W. S., Krmenc, A. J., Schwantes, R. (2008). Vulnerability due to Nocturnal Tornadoes, *Weather and Forecasting*, vol. 23, n° 5, p. 795-807.
- Ashley, W. S., Black, A. (2008). Fatalities associated with Nonconvective High-Winds Events in the United States, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, vol. 47, n° 2, p. 717-725.
- Ashley, S. T., Ashley, W. S. (2008). Flood fatalities in the United States, *American Meteorological Society*, p. 805-817.
- Ashley, W. S. (2007). Spatial and Temporal Analysis of Tornado Fatalities in the United States: 1880-2005, *American Meteorological Society*, vol. 22, p. 1214-1228.
- Ashley, W. S., Mote, T. L. (2005). Derecho hazards in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 86, n° 11, p. 1577-1592.
- Balluz, L., Schieve, L., Holmes, T., Kiezak, S., Malilay, J. (2000). Predictors for People's Response to a Tornado Warning: Arkansas, 1 March 1997, *Disasters*, vol. 24, n° 1, p. 71-77.
- Bélanger, D., Gosselin, P., Valois, P., Abdous, B. (2006). *Vagues de froid au Québec méridional : adaptations actuelles et suggestions d'adaptations futures*. Accessible au : <http://www.inspq.qc.ca/publications/default.asp?E=p&NumPublication=537>. Consulté en décembre 2009.
- Bernard, P. M., Lapointe, C. (1987). Mesures statistiques en épidémiologie, Québec : *Presses de l'Université du Québec*, 328 p.
- Berry, P., McBean, G., Séguin, J. *Vulnérabilités aux dangers naturels et aux conditions météorologiques extrêmes*, chapitre 3 dans Séguin J (éd.), Santé humaine et changements climatiques : Évaluation des vulnérabilités et de la capacité d'adaptation au Canada, Santé Canada, Ottawa, Juillet 2008, 558 p.
- Black, A. W., Ashley, W. S. (2009). Nontornadic convective wind fatalities in the United States, *Natural Hazards*, Online publication, October 27 2009.
- Borden, K. A., Cutter, S. L. (2008). Spatial patterns of natural hazards mortality in the United States, *International Journal of Health Geographics*, vol. 7, n° 64, p. 1-13.

- Bureau du vérificateur général du Canada (2008). *Rapport du commissaire à l'environnement et au développement durable à la Chambre des communes*, chapitre 2, La gestion des avertissements de temps violent – Environnement Canada. Accessible au : http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl_cesd_200812_02_f_31819.html. Consulté le 17 mars 2010.
- Brunkard, J., Namulanda, G., Ratard, R. (2008). Hurricane Katrina deaths, Louisiana, 2005, *Disaster Med Public Health Prep*, vol. 2, n° 4, p. 215-223.
- Caillouët, K. A., Michaels, S. R., Xiong, X., Foppa, I., Wesson, D. M. (2008). Increase in West Nile Neuroinvasive Disease after Hurricane Katrina, *Emerging Infectious Diseases*, vol. 14, n° 5, p. 804-807.
- CDC (2006a). Mortality Associated with Hurricane Katrina-Florida and Alabama, August-October 2005, *MMWR*, vol. 55, n° 9, p. 239-242.
- CDC (2006b). Morbidity Surveillance after Hurricane Katrina-Arkansas, Louisiana, Mississippi, and Texas, September 2005, *MMWR*, vol. 55, n° 26, p. 727-731.
- CDC (2006c). Illness surveillance and Rapid Needs Assessment among Hurricane Katrina Evacuees-Colorado, September 1-23, 2005, *MMWR*, vol. 55, n° 09, p. 244-247.
- CDC (2006d). Surveillance for Illness and Injury After Hurricane Katrina-Three Counties, Mississippi, September 5-October 11, 2005, *MMWR*, vol. 55, n° 9, p. 231-234.
- CDC (2006e). Injury and Illness Surveillance in Hospitals and Acute-Care Facilities After Hurricanes Katrina and Rita-New Orleans Area, Louisiana, September 25-October 15, 2005, *MMWR*, vol. 55, n° 2, p. 35-38.
- CDC (2006f). Surveillance in Hurricane Evacuation Centers-Louisiana, September-October 2005, *MMWR*, vol. 55, n° 2, p. 32-35.
- CDC (2005a). Infectious Disease and Dermatologic Conditions in Evacuees and Rescue Workers After Hurricane Katrina-Multiple States, August-September, 2005, *MMWR*, vol. 54, n° 38, p. 961-964.
- CDC (2005b). Surveillance for Illness and Injury after Hurricane Katrina-New Orleans, Louisiana, September 8-25, 2005, *MMWR*, vol. 54, n° 40, p. 1018-1021.
- CDC (2005c). Vibrio Illnesses after Hurricane Katrina-Multiple States, August-September 2005, *MMWR*, vol. 54, n° 37, p. 928-931.
- CDC (2000). Morbidity and Mortality Associated With Hurricane Floyd- North Carolina, September-October 1999, *MMWR*, vol. 49, n° 17, p. 369-372.
- CDC (1997a). Tornado Disaster-Texas, May 1997, *MMWR*, vol. 46, n° 45, p. 1069-1073.

- CDC (1997b). Tornado-Associated Fatalities-Arkansas, 1997, *MMWR*, vol. 46, n° 19, p. 412-416.
- CDC (1996a). Surveillance for Injuries and Illnesses and Rapid Health-Needs Assessment Following Hurricanes Marilyn and Opal, September-October 1995, *MMWR*, vol. 45, n° 04, p. 81-85.
- CDC (1996b). Deaths Associated with Hurricanes Marilyn and Opal-United States, September-October 1995, *MMWR*, vol. 45, n° 2, p. 32-38.
- Centre de Ressources en impacts et Adaptation au Climat et à ses Changements (2008). *Tornades*. Accessible au : http://www.criacc.qc.ca/climat/suivi/tornado_f.html. Consulté le 17 mars 2010.
- Combs, D. L., Parrish, G. R., McNabb, S. J. N., Davis, J. H. (1996). Deaths Related to Hurricane Andrew in Florida and Louisiana, 1992, *International Journal of Epidemiology*, vol. 25, n° 3, p. 537-544.
- Comstock, R. D., Mallonee, S. (2005). Comparing reactions to two severe tornadoes in one Oklahoma community, *Disasters*, vol. 29, n° 3, p. 277-287.
- Courgeau, D. (2004). *Du groupe à l'individu : synthèse multiniveau*. Paris : Éditions de l'Institut national d'études démographiques, 242 p.
- Daley, W. R., Brown, S., Archer, Pam, Kruger, E., Jordan, F., Batts, D., Mallonee, S. (2005). Risk of Tornado-related Death and Injury in Oklahoma, May 3, 1999, *American Journal of Epidemiology*, vol. 161, p. 1144-1150.
- Dixsaut, G. 2005. Vague de chaleur et climatisation : revue bibliographique, *Bise*, vol. 164, p. 1-6.
- Donner, W. R. (2007). The Political Ecology of Disaster: An analysis of factors influencing U.S. tornado fatalities and injuries, 1998-2000, *Demography*, vol. 44, n° 3, p. 669-685.
- Éditeur officiel du Québec (2009). *Loi sur la santé publique*. Accessible au : http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/S_2_2/S2_2.html. Consulté le 17 mars 2010.
- Environnement Canada (2007a). *Les tornades*. Accessible au : <http://www.pnr-rpn.ec.gc.ca/air/summersevere/ae00s02.fr.html>. Consulté le 17 mars 2010.
- Environnement Canada (2007b). *Échelle Fujita : outil de mesure de la gravité des tornades*. Accessible au : <http://www.ec.gc.ca/default.asp?lang=Fr&xml=697FC410-72B8-4598-A4CF-2B725FAE4D7A>. Consulté le 17 mars 2010.

Environnement Canada (2007c). *La tornade à Elie est reclassifiée à la plus haute cote sur l'échelle des dommages – La première tornade officielle du Canada*. Accessible au : <http://www.ec.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=714D9AAE-1&news=4B3DE57E-4967-4B09-98D6-EF974B32D6B5>. Consulté le 17 mars 2010.

Environnement Canada (2009a). *Comment et où se forment les ouragans*. Accessible au : <http://www.ec.gc.ca/ouragans-hurricanes/default.asp?lang=Fr&n=9FDFBF2C-1>. Consulté le 17 mars 2010.

Environnement Canada (2009b). *À propos des ouragans*. Accessible au : <http://www.ec.gc.ca/ouragans-hurricanes/default.asp?lang=Fr&n=77977664-1>. Consulté le 17 mars 2010.

Environnement Canada (2009c). *Classification des cyclones tropicaux (stades de développement)*. Accessible au : <http://www.ec.gc.ca/ouragans-hurricanes/default.asp?lang=Fr&n=AB062B74-1>. Consulté le 17 mars 2010.

Environnement Canada (2009d). *Structure et déplacement*. Accessible au : <http://www.ec.gc.ca/ouragans-hurricanes/default.asp?lang=Fr&n=00677163-1>. Consulté le 17 mars 2010.

Environnement Canada (2009e). *Conditions atmosphériques et météorologie*. Introduction : utilité de ces données. Accessible au : <http://www.environmentcanada.gc.ca/hurricane/default.asp?lang=Fr&n=1BF124E5-1>. Consulté le 17 mars 2010.

Environnement Canada (2009f). *Conditions atmosphériques et météorologie*. Québec : sommaire statistique. Accessible au : <http://www.environmentcanada.gc.ca/meteo-weather/default.asp?lang=Fr&n=FD98F96-1>. Consulté le 17 mars 2010.

Environnement Canada (2009g). *Transition extratropicale*. Accessible au : <http://www.ec.gc.ca/ouragans-hurricanes/default.asp?lang=Fr&n=9D3B5EE5-1>. Consulté le 17 mars 2010.

Environnement Canada (2009h). *Dangers et impacts*. Accessible au : <http://www.environmentcanada.gc.ca/ouragans-hurricanes/default.asp?lang=Fr&n=502E94BA-1>. Consulté le 17 mars 2010.

Gouvernement du Canada (2008). *Les tornades au Canada*. Accessible au : <http://www.preparez-vous.gc.ca/knw/ris/trn-fra.aspx>. Consulté le 17 mars 2010.

GIEC (2007). *Les éléments scientifiques - Changements climatiques 2007 - Résumé à l'intention des décideurs*. Accessible au : <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm-fr.pdf>. Consulté le 17 mars 2010.

- Institut canadien d'information sur la santé (2006). *Classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes*. Dixième version. CIM-10-CA/CCI. Accessible au : http://secure.cihi.ca/cihiweb/fr/downloads/CIM-10-CA_Vol1_final.pdf. Consulté le 17 mars 2010.
- Institut national de santé publique de Québec (2009). *Guide méthodologique « L'indice de défavorisation sociale : en bref »*. Accessible au : http://www.inspq.qc.ca/santescope/documents/Guide_Metho_Indice_defavo_mars_2009.pdf. Consulté le 17 mars 2010.
- Jani, A. A., et collab. (2006). Hurricane Isabel-Related Mortality – Virginia, 2003, *Journal of Public Health Management Practice*, vol. 12, n° 1, p. 97-102.
- Kuhn, K., Campbell-Lendrum, D., Haines, A., Cox, J. (2005). *Using climate to predict infectious disease epidemics*. World Health Organization, Geneve, 54 p. Accessible au : <http://www.who.int/globalchange/publications/infectdiseases.pdf>. Consulté le 17 mars 2008.
- Lehman, J. A., Hinckley, A. F., Krista, K. L., Nasci, R. S., Smith, T. L., Campbell, G. L., Hayes, E.B. (2007). Effect of Hurricane Katrina on Arboviral Disease Transmission, *Emerging Infectious Diseases*, vol. 13, n° 8, p. 1273-1275.
- Le nouveau Petit Robert de la langue française 2007*. Dictionnaires Robert. Paris. 2007. 2387 p.
- Lew, E. O., Wetli, C. V. (1996). Mortality from Hurricane Andrew, *Journal of Forensic Sciences*, vol. 41, n° 3, p. 449-452.
- Mallet, M. (2009). *Les chaufferettes peuvent-elles être vertes?* Accessible au : <http://www.greenlivingonline.com/article/les-chaufferettes-peuvent-elles-%C3%AAtre-vertes>. Consulté le 17 mars 2010.
- Manitoba Hydro éconergique (2007). *Chaufferettes électriques portatives*. Accessible au : http://www.hydro.mb.ca/francais/your_home/home_comfort/ps_portable_electric_heaters.pdf. Consulté le 17 mars 2010.
- May, A. K., McGwin, G., Lancaster, L. J., Hardin, W., Taylor, A. J., Holden, S., Davis, G. G., Rue, L. W. (2000). The April 8, 1998 Tornado: Assessment of the Trauma System Response and the Resulting Injuries, *The Journal of Trauma : Injury, Infection, and Critical Care*, vol. 48, n° 4, p. 666-672.
- May, B. M., Hogan, D. E., Feighner, K. R. (2002). Impact of tornado on a community hospital, *J Am Osteopath Assoc*, vol. 102, n° 04, p. 225-306.
- Morin, M. (2008). *Concepts de base en sécurité civile*. Accessible au : http://www.msp.gouv.qc.ca/secivile/publications/concepts_base/concepts_base.pdf. Consulté le 12 février 2010.

- National Library of Medicine (2008). *Fact Sheet: Medical Subject Headings (Mesh®)*. Accessible au : <http://www.nlm.nih.gov/pubs/factsheets/mesh.html>. Consulté le 17 mars 2010.
- Organisation mondiale de la santé (2009a). *Changement climatique et santé : rapport du secrétariat*. Soixante-deuxième assemblée mondiale de la santé, point 12.7 de l'ordre du jour provisoire. Accessible au : http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/A62/A62_11-fr.pdf. Consulté le 17 mars 2010.
- Organisation mondiale de la santé (2009b). *Health and Global Environmental Change, Series, n° 2*. Accessible au : <http://www.euro.who.int/document/e82629.pdf?language=French>. Consulté le 17 mars 2010.
- Patz, J. A., McGeehin, M. A., Bernard, S. M., Ebi, K. L., Epstein, P. R., Grambsch, A., Gubler, D.J., Reiter, P., Romieu, I., Rose, J.B., Samet, J. M., and Trtanj, J. (2000). The potential health impacts of climate variability and change for the United States: executive summary of the report of the health sector of the U.S. national assessment, *Environmental Health Perspectives*, vol. 108, n° 4, p. 367-376.
- Ragan, P., Schulte, J., Nelson, S. J., Jones, K. T. (2008). Mortality Surveillance 2004 to 2005 Florida Hurricane-Related Deaths, *American of Forensic Medecine and Pathology*, vol. 29, n° 2, p. 148-153.
- Ressources naturelles Canada (2009). *Atlas du Canada*. Accessible au : <http://atlas.nrcan.gc.ca/site/francais/maps/environment/naturalhazards/naturalhazards1999/majortornadoes/referencesandlinks.html/#mapsources>. Consulté le 17 mars 2010.
- Schmidlin, T. W., Hammer, B. O., Ono, Y., King, S. P. (2009). Tornado shelter-seeking behavior and tornado shelter options among mobile home residents in the United Sates, *Natural Hazards*, vol. 48, p. 191-201.
- Schmidlin, T. W., King, P. S. (1995). Risks Factors for Death in the 27 March 1994 Georgia and Alabama Tornadoes, *Disasters*, vol. 19, n° 2, p. 170-177.
- Sécurité publique Canada (2007). *Base de données canadienne sur les désastres*. Accessible au : <http://www.securitepublique.gc.ca/res/em/cdd/index-fra.aspx>. Consulté le 17 mars 2010.
- Setzer, C., Domino, M. E. (2004). Medicaid outpatient utilization for waterborne pathogenic illness following Hurricane Floyd, *Public Health Rep*, vol. 119, n° 5, p. 472-478.
- Simmons, K. M., Sutter, D. (2008a). Manufactured home building regulations and the February 2, 2007 Florida tornadoes, *Natural Hazards*, vol. 46, p. 415-425.
- Simmons, K. M., Sutter, D. (2008b). Tornado Warnings, Lead Times, and Tornado Casualties: An Empirical Investigation, *Weather and Forecasting*, vol. 23, n° 2, p. 246-258.

- Simmons, K. M., Sutter, D. (2005a). Protection from Nature's Fury: Analysis of Fatalities and Injuries from F5 Tornadoes, *Natural Hazards Review*, vol. 6, n° 2, p. 82-87.
- Simmons, K. M., Sutter, D. (2005b). WSR-88D Radar, Tornado Warnings, and Tornado Casualties, *Weather and Forecasting*, vol. 20, n° 3, p. 301-310.
- Stephens, K. U., et collab. (2007). Excess Mortality in the Aftermath of Hurricane Katrina: A Preliminary Report, *Disaster Medicine And Public Health Preparedness*, vol. 1, n° 1, p. 15-20.
- Wilkinson, P., Landon, M., Armstrong, B., Stevenson, S., Pattenden, S., Mckee, M., Fletcher, T. (2001). Cold comfort: The social and environmental determinants of excess winter deaths in England, 1986-1996, UK, *The Policy Press*, 24 p.
- Wikipédia (2006). *Tornado*. Accessible au : http://fr.wikipedia.org/wiki/Tornado#cite_note-Universalis-0. Consulté le 17 mars 2010.
- Wikipédia (2009a). *Cisaillement (météorologie)*. Accessible au : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Cisaillement_\(m%C3%A9t%C3%A9orologie\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Cisaillement_(m%C3%A9t%C3%A9orologie)). Consulté le 17 mars 2010.
- Wikipédia (2009b) *Derecho*. Accessible au : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Derecho>. Consulté le 17 mars 2010.
- Wikipédia (2010a) *Ouragan Katrina*. Accessible au : http://fr.wikipedia.org/wiki/Ouragan_Katrina. Consulté le 17 mars 2010.
- Wikipédia (2010b) *Cyclone extratropical*. Accessible au : http://fr.wikipedia.org/wiki/Cyclone_extratropical. Consulté le 17 mars 2010.
- Yale, J. D., Cole, T. B., Garrison, H. G., Runyan, Riad, Ruback, J. K. (2003). Motor Vehicle-Related Drowning Deaths Associated with Inland Flooding after Hurricane Floyd: A Field Investigation, *Traffic Injury Prevention*, vol. 4, p. 279-284.
- Yee, E. L., Palacio, H., Atmar, R. L., Shah, U., Kilborn, C. et collab. (2007). Widespread Outbreak of Norovirus Gastroenteritis among Evacuees of Hurricane Katrina Residing in a Large "Megashelter" in Houston, Texas: Lessons Learned for Prevention, *Critical Infectious Diseases*, vol. 44, p. 1032-10329.

*Institut national
de santé publique*

Québec

