



Proposition d'indicateurs  
aux fins de vigie et de surveillance  
des troubles de la santé liés à la foudre  
et aux incendies de forêt



# Proposition d'indicateurs aux fins de vigie et de surveillance des troubles de la santé liés à la foudre et aux incendies de forêt

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Octobre 2010

## **AUTEURS**

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

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

## **MISE EN PAGES**

Christine Giguère  
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](mailto:droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca).*

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

DÉPÔT LÉGAL – 1<sup>er</sup> TRIMESTRE 2011  
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES NATIONALES DU QUÉBEC  
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES CANADA  
ISBN : 978-2-550-61293-3 (VERSION IMPRIMÉE)  
ISBN : 978-2-550-61294-0 (PDF)

©Gouvernement du Québec (2011)

## 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 en lien avec les événements météorologiques extrêmes 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

<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>V</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>V</b>
<b>LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES.....</b>	<b>VII</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>PREMIÈRE PARTIE .....</b>	<b>3</b>
<b>1 DÉFINITION D'UN ALÉA .....</b>	<b>3</b>
<b>2 RELATION ENTRE LES ALÉAS HYDROMÉTÉOROLOGIQUES OU     GÉOLOGIQUES ET LA SANTÉ HUMAINE : MODÈLE RETENU.....</b>	<b>5</b>
<b>3 MÉTHODOLOGIE UTILISÉE POUR LA REVUE DE LA LITTÉRATURE .....</b>	<b>9</b>
<b>4 SURVEILLANCE DU TEMPS VIOLENT AU CANADA .....</b>	<b>11</b>
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
<b>DEUXIÈME PARTIE : LA Foudre ET LES INCENDIES DE FORÊT.....</b>	<b>15</b>
<b>1 LA Foudre .....</b>	<b>17</b>
1.1 Précisions méthodologiques .....	17
1.2 Généralités.....	22
1.3 Conséquences sanitaires.....	23
<b>2 LES INCENDIES DE FORÊT .....</b>	<b>35</b>
2.1 Précisions méthodologiques .....	35
2.2 Généralités.....	39
2.3 Conséquences sanitaires.....	40
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>63</b>
<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>67</b>



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Mots-clés utilisés pour le recensement des publications concernant la foudre.....	18
Tableau 2	Quelques sources de données identifiées dans les études retenues.....	19
Tableau 3	Blessures et décès attribuables à la foudre par pays.....	25
Tableau 4	Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires de la foudre.....	28
Tableau 5	Mots-clés utilisés pour le recensement des publications concernant les incendies de forêt.....	36
Tableau 6	Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des incendies de forêt.....	46
Tableau 7	Indicateurs proposés aux fins de veille et de surveillance des conséquences sanitaires liées à la foudre.....	64
Tableau 8	Indicateurs proposés aux fins de veille et de surveillance des conséquences sanitaires liées aux incendies de forêt.....	66

## LISTE DES FIGURES

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



## LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

CCDP&CI	Conseil canadien des directeurs provinciaux et des commissaires des incendies
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
CO	Monoxyde de carbone
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone
HEPA	<i>High Efficiency Particulate Air</i>
IC <sub>95%</sub>	Intervalle de confiance avec une probabilité égale à 95 % de contenir la valeur du paramètre que l'on cherche à estimer
ICIS	Institut canadien d'information sur la santé
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
MeSH	<i>Medical Subject Headings</i>
MPOC	Maladie pulmonaire obstructive chronique
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux
NO <sub>2</sub>	Dioxyde d'azote
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NO <sub>x</sub>	Famille des oxydes d'azote
O <sub>3</sub>	Ozone
OMS	Organisation mondiale de la Santé
PACC	Plan d'action sur les changements climatiques
PM	Matières particulaires (sigle de l'anglais <i>Particulate Matter</i> )
PM <sub>10</sub>	Matières particulaires de diamètre inférieur à 10 µm (micromètre)
PM <sub>2,5</sub>	Matières particulaires de diamètre inférieur à 2,5 µm
RC	Rapport de cotes
SO <sub>2</sub>	Dioxyde de soufre
TORRO	TORnado and storm Research Organisation



## 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 et 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 par année est passé de 10 de 1900 à 1940, à 65 dans les années 1960, à 280 dans les années 1980 et à 470 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<sup>1</sup> et la surveillance applicable aux changements climatiques, et notamment aux événements météorologiques extrêmes. Ce système, prévu pour les régions et le 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 déterminants<sup>2</sup>. 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.

<sup>1</sup> Selon la Loi sur la santé publique, la vigie sanitaire au sein de la population vise à permettre aux autorités de santé publique d'intervenir lorsque la santé de la population est menacée. La vigie sanitaire doit permettre aux autorités de détecter la présence au sein de la population d'un agent biologique, chimique ou physique susceptible d'affecter leur santé si la présence de cet agent n'est pas contrôlée. (Éditeur officiel du Québec, 2010).

<sup>2</sup> 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, 2010).

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.

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, la deuxième partie a comme objet la « foudre » et les « incendies de forêt ».

## 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'intensité<sup>3</sup>, la probabilité d'occurrence<sup>4</sup> ou la récurrence<sup>5</sup>, la localisation spatiale et l'étendue possible de ses effets<sup>6</sup> 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 (par exemple, épidémie, pandémie) (Morin, 2008). Toutefois, dans le cadre du PACC, seuls les aléas hydrométéorologiques ou géologiques amplifiés par les changements climatiques<sup>7</sup> 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.

---

<sup>3</sup> Par exemple, la force d'une tornade.

<sup>4</sup> Par exemple, la probabilité de la survenue d'une inondation comparativement à celle d'une tornade.

<sup>5</sup> Par exemple, la récurrence élevée pour une inondation dont la période de retour de débits des crues est inférieure à 20 ans.

<sup>6</sup> Par exemple, le verglas de 1998 relativement à un verglas de moindre envergure.

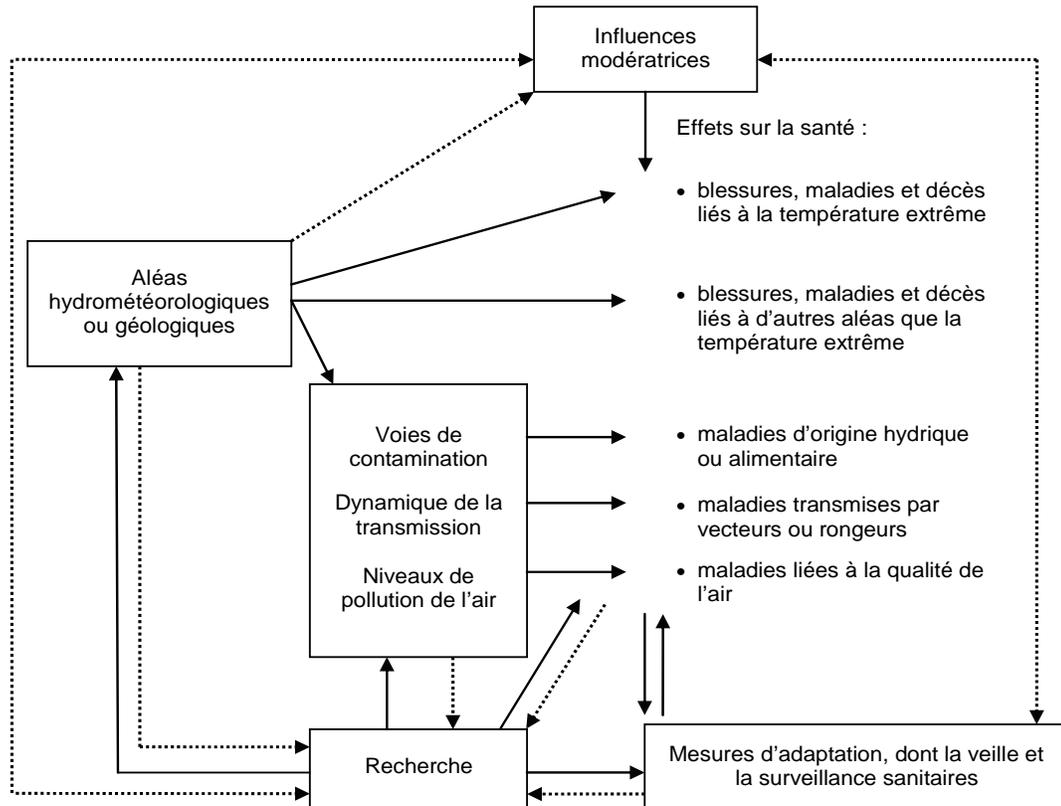
<sup>7</sup> Comme synonymes d'aléa hydrométéorologique ou géologique, le présent document référera aux termes « événement météorologique extrême » et « phénomène météorologique extrême ».



## 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 des effets sanitaires potentiels de la variabilité et des changements climatiques de Patz et collaborateurs (Patz et collab., 2000).

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.



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

Ligne pleine : relation proposée par Patz et collaborateurs.  
Ligne pointillée : relation suggérée par Bélanger et collaborateurs.  
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), 2006). En outre, les effets directs ne surviennent que durant la phase d'impact, alors que les effets indirects peuvent apparaître avant (par exemple, lors de l'évacuation), pendant ou après l'impact (par exemple, lors du nettoyage) (CDC, 2006). 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, est considérée comme un effet indirect.

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 *mobile homes* 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, le recensement des articles scientifiques a été réalisé 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 (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 étaient 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 (autre les vagues de chaleur, lesquelles font déjà l'objet d'un rapport<sup>8</sup>);
- avoir documenté des effets sanitaires parmi les suivants : les décès, les blessures, les maladies physiques, les problèmes psychosociaux<sup>9</sup>;
- 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 (par exemple, la population de la Floride);
- des renseignements d'ordre méthodologique;
- les principaux résultats de la recherche;

---

<sup>8</sup> Tairou, F., Bélanger, D., Gosselin, P. (2010) Proposition d'indicateurs aux fins de vigie et de surveillance des troubles de la santé liés aux vagues de chaleur. Accessible sur le site de l'INSPQ.

<sup>9</sup> 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 définie 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 des pages 2 et 3 du rapport du commissaire (Bureau du vérificateur général du Canada, 2008), 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, dans l'avenir, continuer à produire et à diffuser en temps voulu des avertissements de temps violent fiables.

Selon Kuhn et collaborateurs (Kuhn et collab., 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 (Sécurité publique Canada, 2007) 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 (par exemple les ouragans, les tornades, les tremblements de terre) (Sécurité publique Canada, 2007). 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. De plus, certains aléas n'y sont généralement pas rapportés (par exemple, les orages, les vagues de chaleur, les tempêtes de pluie), en raison du caractère très sélectif des critères utilisés (par exemple, 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 (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).

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 XX<sup>e</sup> 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 janvier 2011<sup>10</sup>. Elle permettra aux utilisateurs de définir une recherche dans la base de données en délimitant une zone spécifique.

---

<sup>10</sup> 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 9 août 2010.

## **DEUXIÈME PARTIE : LA Foudre ET LES INCENDIES DE FORÊT**

Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, le changement des conditions climatiques influencera à la hausse la gravité, la fréquence et l'étendue des aléas hydrométéorologiques ou géologiques (GIEC, 2007). Les Canadiens peuvent donc s'attendre à davantage d'épisodes de temps violent qu'incluent des tempêtes violentes dotées d'une grande force pouvant entraîner des dommages à l'environnement, causer des blessures et des pertes en 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 à la foudre et aux incendies de forêt liés aux tempêtes violentes s'avère donc pertinent aux fins de veille et de surveillance de la santé publique, dans un contexte de changements climatiques.

La première et la deuxième section concernent les aléas la foudre et les incendies de forêt respectivement. Chacune de ces sections présente des informations d'ordre méthodologique sur les définitions des effets et indicateurs sanitaires, de même que sur la recension des écrits retenus dans le cadre de ce travail. On y regroupe également les principales sources de données utilisées dans les publications retenues ainsi que quelques particularités méthodologiques des études retenues. Finalement, chacune des sections présente les principaux résultats des études retenues sous forme de tableau et les principales conclusions qui découlent de ces résultats, accompagnés de quelques éléments de réflexion, éléments pouvant s'appuyer sur d'autres types de documents que les études répertoriées.



# **1 LA Foudre**

## **1.1 PRÉCISIONS MÉTHODOLOGIQUES**

### **1.1.1 Définition de foudre**

La foudre est une décharge électrique qui se produit, le plus souvent lors d'orages, quand de l'électricité statique s'accumule entre des nuages orageux ou entre des nuages orageux et la terre (Environnement Canada, 2004b). La foudre peut transporter jusqu'à 100 millions de volts d'électricité (Environnement Canada, 2004b), soit un million de fois plus de volts que le courant d'un domicile.

### **1.1.2 Définitions des effets et indicateurs sanitaires**

Conformément au modèle proposé (Patz et collab., 2000), nous distinguons les effets de l'aléa sur la santé des autres indicateurs sanitaires et des indicateurs de l'aléa.

Par effets sanitaires, on entend des indicateurs mesurant les effets directs et indirects de la foudre 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 font l'objet d'un rapport distinct. Les décès et blessures liés directement à la foudre sont causés par certaines caractéristiques de la foudre : son haut voltage, sa production de la chaleur et sa force explosive (Greenough et collab., 2001). De façon indirecte, la foudre peut causer la mort ou blesser des personnes en provoquant des incendies de forêt ou à cause de la chute d'objets, tels les arbres sur les maisons ou sur les voitures.

Par indicateurs sanitaires, on entend les caractéristiques ou les conditions pouvant moduler la relation entre la foudre et les effets sanitaires. Ils incluent les caractéristiques personnelles comme l'âge et le sexe des victimes, les aspects sociaux comme la race, mais aussi le niveau de sensibilisation de la population par rapport au danger de la foudre (Duclos et Sanderson, 1990), et l'emplacement des victimes (Duclos et collab., 1990).

Les indicateurs qui définissent l'aléa correspondent aux caractéristiques permettant de mieux comprendre la nature de l'aléa. Ils sont souvent utilisés pour estimer l'importance de l'aléa et sont aussi déterminants dans l'établissement du niveau de risque (Morin, 2008). Par exemple, il existe une corrélation positive entre la mortalité provoquée par la foudre et la durée de la tempête ou encore avec la densité de la foudre (Duclos et Sanderson, 1990). 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, à sa dimension temporelle et à sa durée.

### 1.1.3 Recensement des publications

Le recensement des publications portant sur la foudre a été effectué à l'aide des bases de données MEDLINE et *Web of Science*. Parmi les 535 publications repérées (MEDLINE : 227; *Web of Science* : 308), 11 ont été retenues<sup>11</sup>. Les mots-clés utilisés pour la recension des études sont présentés dans le tableau 1.

Trois des études ayant évalué le lien entre la foudre et les impacts sanitaires ont été menées au Canada, cinq aux États-Unis, une au Royaume-Uni, une en Afrique du Sud et une en Iran.

**Tableau 1 Mots-clés utilisés pour le recensement des publications concernant la foudre**

MEDLINE	Web of Science
<i>Mesh</i> : • <i>lightning injuries</i>	<i>Topic</i> : • <i>lightning*</i> AND <i>Topic</i> : • <i>casualt*</i> OR • <i>death*</i> OR • <i>wound*</i> OR • <i>injur*</i> • <i>mortalit*</i>

### 1.1.4 Sources de données

Diverses sources de données ont été utilisées par les auteurs des publications retenues pour étudier le lien entre la foudre et les troubles de la santé. Dans la plupart des études analysant le lien entre la santé publique et la foudre, les données permettant d'estimer le nombre des décès et des blessures se fondent sur les statistiques sanitaires gouvernementales (certificats de décès, statistiques démographiques, données d'hospitalisation) et les articles de presse (Adekoya et Nolte, 2005; Ashley et Gilson, 2009; Bains et Hoey, 1998; CDC, 1998; Curran et collab., 2000; Elsom, 2001; López et Holle, 1998; Mills et collab., 2008; Nguyen et collab., 2004) (tableau 2).

---

<sup>11</sup> Les critères de sélection de la revue de la littérature sont présentés à la première partie du rapport.

**Tableau 2 Quelques sources de données identifiées dans les études retenues**

<b>Pays – Données</b>	<b>Source</b>
<b>Canada</b>	
Décès	Statistique Canada Certificats de décès Rapports des coroners Factiva : information médiatique
Hospitalisations et consultations	Institut canadien d'information sur la santé (ICIS)
Blessures (incendies)	Conseil canadien des directeurs provinciaux et des commissaires des incendies (CCDP&CI)
<b>États-Unis</b>	
Décès	Bureau of the census and public health LexisNexis Academic : information médiatique National Centers for Health Statistics
Décès et blessures	<i>Storm Data</i> de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)
<b>Royaume-Uni</b>	
Décès et blessures	TORnado and storm Research Organisation (TORRO)

### **Canada**

Au Canada, les auteurs des publications retenues sur les décès et blessures liés à la foudre ont utilisé les certificats de décès (Bains et Hoey, 1998) et les rapports des coroners (Nguyen et collab., 2004). L'évaluation canadienne la plus récente (Mills et collab., 2008) a fait appel à plusieurs sources de données : Statistique Canada (statistiques démographiques), l'Institut canadien d'information sur la santé – ICIS (hospitalisations et consultations en salle d'urgence), le Conseil canadien des directeurs provinciaux et des commissaires des incendies - CCDP&CI (données sur les pertes imputables aux incendies), Factiva (base de données sur les rapports médiatiques canadiens) et les bases de données en ligne de journaux communautaires.

La Base de données canadienne sur les désastres (Sécurité publique Canada, 2007) n'inclut pas spécifiquement la foudre. Elle présente des données liées à la foudre dans une seule rubrique : les tempêtes de grêle et les orages. Ainsi, au Québec, de 1900 à 2005, dans la rubrique « Tempête de grêle/Orage », cette base fournit seulement de l'information sur trois tempêtes de grêle survenues à Montréal. L'information des journaux et des médias constitue le fondement de la Base de données canadienne sur les désastres.

### **États-Unis**

Aux États-Unis, les chercheurs américains se réfèrent aux bases de données suivantes : la *Storm Data* de la National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA (Ashley et Gilson, 2009; Curran et collab., 2000); le Bureau of the Census and Public Health Service (López et Holle, 1998); la National Centers for Health Statistics (Adekoya et Nolte, 2005; Ashley et Gilson, 2009; CDC, 1998) et l'information médiatique de la LexisNexis Academic (Ashley et Gilson, 2009).

La *Storm Data* utilise une combinaison de références médiatiques et de rapports obtenus auprès d'organismes d'application de la loi, de représentants du gouvernement local et d'autres entités (NOAA, 2007). La *Storm Data* est la principale source d'information aux États-Unis concernant les risques naturels. Depuis 1959, elle est publiée tous les mois par la National Climatic Data Center d'Asheville, Caroline du Nord. Concernant les données sur la foudre, elle se fonde presque exclusivement sur les rapports médiatiques (López et collab., 1993). La *Storm Data* rapporte les aléas météorologiques sévères qui se produisent chaque mois de l'année ainsi que les décès, les blessures et les pertes matérielles associés. La responsabilité de la compilation de l'information dans chaque État repose sur les bureaux locaux de la National Weather Service.

## Royaume-Uni

Depuis 1993, au Royaume-Uni, le TORnado and storm Research Organisation (TORRO) a établi une base de données sur les incidences liées à la foudre (TORRO, 2088). Cette base de données utilise de l'information obtenue à partir des journaux météorologiques (par exemple, *Journal of Meteorology*, *Weather*, *COL Bulletin*), des articles de presse et du réseau d'observateurs bénévoles (Elsom, 2001).

Concernant les prévisions météorologiques, depuis 1998, le Réseau canadien de détection de la foudre fait partie du réseau nord-américain, le plus vaste du genre au monde, lequel est capable de traiter plus de 200 000 épisodes de foudre à l'heure et de déterminer l'emplacement de la foudre, parfois à moins d'un demi-kilomètre près (Environnement Canada, 2000). Le réseau canadien comprend 84 capteurs de technologie IMPACT et LS7000, dont 11 au Québec situés pour la plupart au sud du 56<sup>e</sup> parallèle<sup>12</sup>.

## L'information médiatique et la sous-déclaration

L'information médiatique peut constituer une source utile de données quantitatives et qualitatives pour estimer les risques de décès et de blessure associés à la foudre. L'information des journaux et des médias constitue le fondement de la Base de données canadienne sur les désastres et de la *Storm Data* publiée aux États-Unis par la NOAA. La base de données TORRO au Royaume-Uni utilise aussi les rapports médiatiques comme une des sources. Les études utilisant l'information médiatique pour évaluer les risques liés à la foudre signalent que les quotidiens importants peuvent sous-déclarer les événements liés à la foudre (López et collab., 1993), surtout dans les régions rurales (Mills et collab., 2008).

La sous-déclaration est un sujet qui se discute souvent dans plusieurs études (Coates et collab., 1993; Curran et collab., 2000; Duclos et collab., 1990; Holle et collab., 2005; López et collab., 1993; Shearman et Ojala, 1999) surtout en ce qui concerne les blessures liées à la foudre. Les bases de données nationales qui se fondent sur les informations médiatiques peuvent être limitées en raison du fait que les articles de presse s'attachent à des incidents méritant, selon le point de vue de la presse, d'être signalés aux nouvelles. Selon une étude, les rapports médiatiques peuvent sous-estimer de 36 % les décès causés par la foudre (Mills et collab., 2008). La précision de la base de données de la *Storm Data* a été analysée par plusieurs chercheurs (Ashley et Gilson, 2009; Cherington et collab., 1999; Holle et collab.,

---

<sup>12</sup> Sylvain Labrecque, Service météorologique du Canada, Environnement Canada. Communication avec Ray Bustinza, agent de recherche, INSPQ, en date du 12 août 2010.

2005; López et collab., 1993; Shearman et Ojala, 1999). Ils estiment que la sous-déclaration des décès liés à la foudre de cette base de données oscille de 17 à 49 %. Un des plus fiables indicateurs de la qualité des données est le ratio blessés-morts; ce ratio devrait être de l'ordre de 10:1 lorsque les victimes de la foudre ont été bien documentées (Holle, 2008).

### **1.1.5 Particularités méthodologiques des études retenues**

La plupart des onze études retenues ont été menées aux États-Unis (5) et au Canada (3). Toutes les études sont descriptives et elles couvrent des périodes allant de 4 à 148 ans.

#### *1.1.5.1 Type de données utilisées*

Bien que toutes les études retenues soient descriptives, cette situation ne pose pas de problèmes concernant la certitude de l'exposition à la foudre ni des liens de causalité entre la foudre et ses impacts sanitaires. Étant donné la nature des effets sanitaires provoqués par la foudre (décès et blessures des personnes frappées par la foudre ou par la chute d'objets frappés par la foudre, tels les arbres, sur les maisons, sur les voitures ou sur les victimes directement), le risque de biais de classification<sup>13</sup> et de confusion<sup>14</sup> est presque inexistant. Cependant, des erreurs de signalement peuvent être présentes dans certains cas dans les bases de données. Ainsi, l'absence de témoins de l'événement peut rendre difficile de déterminer si les impacts sanitaires sont le résultat de la foudre.

#### *1.1.5.2 Définition des effets sanitaires*

Dans cinq des études retenues (Adekoya et Nolte, 2005; Bains et Hoey, 1998; Blumenthal, 2005; CDC, 1998; Elsom, 2001), les effets sanitaires directs (blessures et décès) ont été clairement définis à l'aide des codes de la Classification internationale des maladies (OMS, 2010). Néanmoins, l'information peut être limitée en raison des erreurs d'interprétation de ces codes (Shearman et Ojala, 1999). Selon la 9<sup>e</sup> version de la Classification internationale des maladies, le registre d'une personne frappée par la foudre peut être classé sous le code E907 (frappé par la foudre) ou sous le code N994 (brûlures, décharge électrique et surdité), ce qui peut porter à l'attribution d'un code erroné provoqué par l'absence d'une définition normalisée. De plus, sont exclus du code E907 les cas de personnes blessées ou mortes par un feu allumé par la foudre, ou par la chute d'un arbre (ou un autre objet) frappé par la foudre. Seulement une étude (Mills et collab., 2008) a explicitement distingué les décès directs (les personnes frappées par la foudre) des décès secondaires aux incendies allumés par la foudre. Il est donc difficile de juger de l'importance des premiers par rapport aux seconds.

#### *1.1.5.3 Analyse de certaines variables*

Certaines variables peuvent influencer le risque d'être frappé par la foudre et les études devraient analyser ces variables. Par exemple, le fait de se trouver à l'extérieur peut représenter un risque plus élevé d'être frappé par la foudre, ou il est possible que les décès

---

<sup>13</sup> Biais de classification : les individus qui ont présenté un effet ne sont pas forcément ceux qui ont été exposés à la foudre.

<sup>14</sup> Confusion : la fréquence plus élevée d'un effet sanitaire peut être liée plutôt à la fréquence plus élevée d'une caractéristique quelconque de la population étudiée qu'à la foudre.

augmentent ou diminuent dans le temps en proportion de la taille ou de la ruralité de la population. Ainsi, quatre des études retenues ont analysé des variables sur l'emplacement des victimes (Blumenthal, 2005; Curran et collab., 2000; Elsom, 2001; Nguyen et collab., 2004), deux autres études ont évalué des variables sur l'occupation des victimes (Adekoya et Nolte, 2005; Maghsoudi et collab., 2007) et une autre étude a analysé des variables sur la proportion de la population rurale (López et Holle, 1998).

## 1.2 GÉNÉRALITÉS

Au Canada, il survient quelque 2,7 millions d'éclairs<sup>15</sup> par an (Environnement Canada, 2003a). Le sud de l'Ontario, le sud de la Saskatchewan et les contreforts de l'Alberta sont les régions où la foudre est plus fréquente (Environnement Canada, 2003b). À Montréal, le nombre moyen d'éclairs par an survenant au-dessus d'un carré de 10 km de côté (soit 100 km<sup>2</sup>) est de 112, tandis qu'à Québec, il est de 51 (Environnement Canada, 2003c).

Il existe plusieurs modes d'exposition à la foudre : les foudroiements directs; la tension de contact (lorsque le courant pénètre dans le corps par l'intermédiaire d'un objet avec lequel la personne est en contact (par exemple un bâton de golf); la tension de rejaillissement (lorsque la foudre frappe un objet, par exemple un arbre, pour retomber ensuite sur une personne); et la tension par paliers (lorsque le courant frappe la surface du sol et se transfère du sol au corps d'une personne) (Cooper et collab., 2001; Lewis, 1997). Lorsque la foudre touche le corps humain, le courant électrique peut soit s'écouler le long de la surface de la peau, soit traverser le corps, soit les deux. La traversée du corps est dangereuse, la nature des organes traversés détermine les conséquences pathologiques. Une personne peut aussi subir des blessures associées à la foudre par des mécanismes secondaires, en se faisant projeter, par exemple, par la force de l'onde de choc résultant de la foudre (Mills et collab., 2008). La cause principale de décès par la foudre est l'arrêt cardiaque qui peut survenir soit par fibrillation ventriculaire, soit par asystolie (Cooper et collab., 2001).

L'exposition à la foudre chez l'humain a de multiples conséquences sur de nombreux systèmes du corps humain. Les blessures causées par la foudre peuvent atteindre : le système tégumentaire (brûlures), le système cardiaque (fibrillation ventriculaire, asystolie, hypertension artérielle, tachycardie, etc.), le système nerveux central (faiblesse, amnésie, confusion, etc.), et les systèmes auditif et visuel (perforation de la membrane du tympan, cataractes, etc.) (Lewis, 1997). La littérature scientifique fournit plusieurs références à la présentation des blessures liées à la foudre : atteintes neurologiques (Cabane, 1998; Cherington, 1995; Cherington, 2003; Cooper, 1998; Duff et McCaffrey, 2001; Kleinschmidt-DeMasters, 1995), atteintes cardiaques (Ruiz Ruiz et collab., 2002), atteintes cutanées (Cooray et collab., 2007; Edlich et collab., 2005; Ritenour et collab., 2008), ruptures de tympan (Duclos et collab., 1990; Edlich et collab., 2005; O'Keefe Gatewood et Zane, 2004; Ritenour et collab., 2008; Wetli, 1996), lésions oculaires (Cazabon et Dabbs, 2000; Grover et Goodwin, 1995; Hunt, 2000; Lagrèze et collab., 1995; Norman et collab., 2001), et troubles musculaires et rénaux (Edlich et collab., 2005; Okafor, 2005; Ritenour et collab., 2008).

---

<sup>15</sup> L'éclair est le phénomène lumineux produit par la foudre.

Au Canada, chaque année, la foudre tue environ une demi-douzaine de personnes, en blesse environ 70, et allume quelque 4 000 incendies de forêt (Environnement Canada, 2003a). Les décès causés par la foudre ont toutefois diminué considérablement au cours du dernier siècle. Ils ont passé de 2,4 décès par million d'habitants de 1931 à 1935 à 0,1 décès de 1999 à 2003 (Mills et collab., 2008). Depuis 1921, plus de 90 % des décès ont eu lieu en Ontario, au Québec, en Saskatchewan, en Alberta et au Manitoba (Mills et collab., 2008).

Aux États-Unis, la foudre tue environ 100 personnes par année (Duclos et Sanderson, 1990). Elle provoque la mort des personnes touchées dans 30 % des cas et des séquelles permanentes chez 74 % des survivants (Cooper, 1980).

### **1.3 CONSÉQUENCES SANITAIRES**

Au total, onze études ont été retenues pour évaluer les effets et les indicateurs sanitaires associés à la foudre. Leurs principaux résultats sont résumés dans le tableau 4.

#### **1.3.1 Il existe un nombre important de décès et blessures causés par la foudre**

##### *1.3.1.1 Décès*

Au Canada, le nombre de décès moyen par année causé par la foudre (incluant les décès directs et les décès secondaires aux incendies allumés par la foudre), de 1994 à 2001, est de 9,5, soit un taux de 0,32 par million d'habitants (Mills et collab., 2008). La même étude signale qu'au Québec, dans les périodes de 1921 à 1958 et de 1965 à 1999, il a été dénombré un total de 206 décès, soit 22 % du total canadien. Dans le groupe d'âge de 0 à 19 ans, le nombre de décès annuel moyen par électrocution par la foudre au Canada, de 1991 à 1996, est de 0,8 par million (Nguyen et collab., 2004).

Aux États-Unis, les taux de décès liés à la foudre montrent des valeurs similaires à ceux des études canadiennes, variant de 0,42 par million d'habitants de 1959 à 1994 (Curran et collab., 2000), à 0,23 par million d'habitants de 1995 à 2000 (Adekoya et Nolte, 2005). Un taux annuel de décès attribuables à la foudre de 0,05 par million d'habitants est rapporté au Royaume-Uni de 1993 à 1999 (Elsom, 2001).

##### *1.3.1.2 Blessures*

Au Canada, de 1994 à 2003, les blessures directes causées par la foudre et les blessures secondaires aux incendies allumés par la foudre varient de 92 à 164 par année, soit un taux par million d'habitants de 3,3 à 5,2 (Mills et collab., 2008). Aux États-Unis, de 1959 à 1994, le taux annuel de blessures est de 1,26 par million d'habitants (Curran et collab., 2000).

##### *1.3.1.3 Ratio décès-blessures*

Les dénombrements et les taux de blessures liés à la foudre sont plus difficiles à documenter et à suivre que ceux des décès (Ashley et Gilson, 2009; Mills et collab., 2008). Les blessures sont, en général, plus fréquentes que les décès, et les estimations du ratio blessure-mortalité varient selon les pays : 3:1 aux États-Unis (Curran et collab., 2000), 10:1 au Canada (Mills et collab., 2008) et 16:1 au Royaume-Uni (Elsom, 2001). Les tendances attestent un ratio

blessure-mortalité plus élevée les dernières années, ce qui est probablement attribuable au fait de l'amélioration de la science médicale et des interventions d'urgence (López et Holle, 1996) et aussi aux progrès de la capacité de constater et de repérer les blessures. Ainsi, un bon nombre de personnes qui auraient pu perdre la vie auparavant sont maintenant sauvées, mais toujours blessées (Duclos et Sanderson, 1990; López et Holle, 1996; Mills et collab., 2008).

### **1.3.2 Les décès historiques liés à la foudre montrent une tendance importante à la baisse**

Les taux annuels de mortalité montrent que le nombre des décès liés à la foudre a diminué de manière importante au cours des dernières années. Au Canada, le taux de décès par million d'habitants est passé de 0,52 en 1994 à 0,26 en 2001 (Mills et collab, 2008).

Le constat est le même dans les études menées aux États-Unis. Une étude américaine signale que le taux de décès attribuables à la foudre par million d'habitants est passé de 4,83 en 1900 à 0,30 en 1991 (Lopez et Holle, 1998), tandis qu'une autre rapporte que le taux de décès par million est passé de 0,29 en 1995 à 0,18 en 2000 (Adekoya et Nolte, 2005).

Cette tendance à la baisse du nombre de décès liés à la foudre au cours des dernières années serait attribuable aux facteurs suivants :

- l'exode rural – moins de personnes travaillent à l'extérieur en plein champ (Cooper et collab., 2001; Elsom, 2001; Gourbière, 2008; Holle et collab., 2005);
- l'amélioration des prévisions météorologiques – permet aux gens de planifier leurs activités de manière à ne pas être à l'extérieur lors d'un orage (Duclos et collab., 1990; Elsom, 2001; Holle, 2008);
- la meilleure disponibilité de l'information sur les risques associés à la foudre (Adekoya et Nolte, 2005);
- une meilleure conscience du risque – la population est plus sensible et prend davantage de précautions (Adekoya et Nolte, 2005; Duclos et collab., 1990; Duclos et Sanderson, 1990; Holle, 2008);
- le développement de la médecine d'urgence (Adekoya et Nolte, 2005; Gourbière, 2008), incluant l'amélioration de l'efficacité des interventions médicales d'urgence (Elsom, 2001; López et Holle, 1995);
- l'expansion des zones urbaines – procurant un plus grand nombre de structures pour attirer la foudre (Elsom, 2001).

Un résumé des données consignées dans les études retenues concernant les décès et blessures liés à la foudre se trouve dans le tableau 3.

**Tableau 3 Blessures et décès attribuables à la foudre par pays**

Pays	Référence	Année(s)	Blessures : nombre ou moyenne/ année	Décès : nombre ou moyenne/ année	Taux de décès par million
Canada	Mills et collab. (2008)	1994-2003	92 – 164	-	-
		1994-2001	-	10	0,32
		1994	-	15	0,52
		2001	-	8	0,26
	Nguyen et collab. (2004)*	1991-1996	1,5	0,8	-
	Bains et collab. (1998)	1991-1995	-	5,4	-
États-Unis	Ashley et collab. (2009)	1959-2006	-	101,2	-
		1960-1969	-	133,2	-
		1997-2006	-	59,6	-
	Adekoya et collab. (2005)	1995-2000	-	62	0,23
		1995	-	76	0,29
		2000	-	50	0,18
	Curran et collab. (2000)	1959-1994	273	90	0,42
	López et collab. (1998)	1900	-	95	4,83
1991		-	75	0,30	
CDC (1998)	1980-1995	-	82	-	
Royaume-Uni	Elsom (2001)	1993-1999	49	3	0,05
Afrique du Sud	Blumenthal (2005)	1997-2000	-	10	6,30
Iran	Maghsoudi et collab. (2007)	1999-2004	1,3	0,2	-

\* Population étudiée de 0 à 19 ans.

### 1.3.3 Importance relative des décès et blessures liés à la foudre

De 1992 à 1994, la foudre a été responsable de 44 % des décès et de 19 % des blessures provoquées par les phénomènes climatiques convectifs (tornades, ouragans, grêle et foudre) aux États-Unis (Curran et collab., 2000). Les mêmes auteurs signalent que de 1965 à 1994, la foudre (87 décès) a été au deuxième rang dans la liste des causes de décès causés par les aléas météorologiques, les inondations (139 décès) au premier rang, les tornades (82 décès) et les ouragans (27 décès) aux troisième et quatrième rangs respectivement.

### 1.3.4 Les adolescents et les jeunes adultes de sexe masculin sont plus à risque

La plupart des études repérées constatent que la majorité des victimes de la foudre sont des hommes âgés de 15 à 50 ans (Adekoya et Nolte, 2005; Bains et Hoey, 1998; Blumenthal, 2005; CDC, 1998; Elsom, 2001; Mills et collab., 2008).

Au Canada, selon les données canadiennes officielles (Statistique Canada et l'Institut canadien d'information sur la santé), 84 % des personnes tuées par la foudre depuis 1921 étaient des hommes (Mills et collab., 2008). Dans la même étude, les analyses des rapports médiatiques signalent que la victime type de la foudre est un homme âgé de 16 à 45 ans.

Aux États-Unis, Curran et collab. (2000) ont signalé que les hommes comptaient pour 82 % des blessures et 84 % des décès causés par la foudre au cours de la période de 1959 à 1994. Dans la même veine, dans un autre écrit américain (CDC, 1998), les hommes comptaient pour 85 % des décès causés par la foudre et 68 % étaient âgés de 15 à 44 ans. Les auteurs d'une autre étude américaine ont signalé que 85 % des décès attribuables à la foudre survenaient chez des hommes et 54 % étaient âgés de 20 à 44 ans (Adekoya et Nolte, 2005).

### **1.3.5 Le risque est plus élevé près des agglomérations urbaines**

Il a été signalé que les îlots de chaleur urbains peuvent modifier ou augmenter la fréquence de la foudre près des lieux se trouvant dans la direction du vent des grandes zones urbaines (Rose et collab., 2008). Il est aussi possible que le risque de décès liés à la foudre soit plus élevé dans les zones densément peuplées qui ne sont pas spécialement exposées à la foudre, probablement dû au fait que ces populations ont moins d'expérience liée à la foudre et que leur perception du danger est moindre (Ashley et Gilson, 2009).

### **1.3.6 Un orage peu sévère ne signifie pas que le risque de décès soit moindre**

Dans une étude américaine, parmi les 320 tempêtes mortelles répertoriées, 84 % étaient des orages avec une faible énergie de convection disponible (orages unicellulaires) (Ashley et Gilson, 2009). Dans la même étude, il a été signalé que des 551 décès liés à la foudre, 77 % sont liés à des aléas sans avertissement météorologique (d'orage violent ou de tornade).

Étant donné que les orages moins violents sont rarement accompagnés d'avertissements, il est possible que la population n'adopte pas les mesures de protection nécessaires (Ashley et Gilson, 2009). Il est aussi possible qu'étant donné que les orages les plus faibles sont plus fréquents en été, l'exposition au risque soit plus élevée en raison de la tendance des personnes à passer plus de temps à l'extérieur, comparé aux autres saisons (Ashley et Gilson, 2009).

### **1.3.7 Être à l'extérieur augmente le risque**

La majorité des décès se produisent dans un cadre extérieur (Blumenthal, 2005; Elsom, 2001), lors des activités associées aux loisirs (Curran et collab., 2000; Mills et collab., 2008) ou dans une ferme (Adekoya et Nolte, 2005). D'un autre côté, un lien important a été signalé entre la tendance à la diminution des décès attribuables à la foudre et la décroissance de la proportion de la population rurale aux États-Unis (López et Holle, 1998). Probablement à cause de cet exode, le peu de tâches rurales restantes a notamment été laissé à certains groupes ethniques, et ainsi, aux États-Unis, les immigrants d'origine hispanique, de 1995 à 2000, constituent 32 % (41/129) du total des décès au travail causés par la foudre (Adekoya et Nolte, 2005).

Dans la même veine et en appui à ces résultats, dans une étude américaine ayant pour objet l'examen des décès au travail causés par la foudre, les industries qui totalisaient le plus grand nombre de victimes étaient l'agriculture, 34 % (44/129) et la construction, 25 % (32/129). Concernant l'emplacement des victimes, 33 % (42/129) se trouvaient dans une ferme et 23 % (30/129) sur un site industriel (Adekoya et Nolte, 2005). En Iran, il a été

signalé que des huit victimes de la foudre répertoriées dans un centre de brûlés, de 1999 à 2004, quatre étaient des agriculteurs et deux des bergers (Maghsoudi et collab., 2007).

En résumé, la victime type est une personne qui est à l'extérieur dans une situation à risque : travailleur dans une ferme ou dans la construction (Adekoya et Nolte, 2005; Coates et collab., 1993), ou faire du camping, des randonnées à pied ou à vélo, des sports de montagne, du golf, de la pêche, et de la navigation (Mills et collab., 2008).

Toutefois, la foudre peut aussi frapper à l'intérieur des maisons. Les cas de personnes frappées à l'intérieur des maisons surviennent surtout en milieu rural (Gourbière, 2008), dans des circonstances particulières, surtout pendant l'usage du téléphone (Dinakaran et collab., 1998; Elsom, 2001). Cependant, dans une étude anglaise, aucun décès n'a été répertorié parmi les personnes foudroyées à l'intérieur des maisons (Elsom, 2001).

### **1.3.8 L'après-midi des fins de semaine d'été est le moment le plus à risque**

Quelques études signalent que l'été est la saison où il survient le plus grand nombre de blessures et de décès liés à la foudre (Adekoya et Nolte, 2005; Blumenthal, 2005; Elsom, 2001; Mills et collab., 2008); notamment au cours de la fin de semaine (Curran et collab., 2000; Mills et collab., 2008), de 12 h à 18 h (Blumenthal, 2005; Curran et collab., 2000).

**Tableau 4 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires de la foudre**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Ashley, W.S., Gilson, C.W. (2009) A Reassessment of U.S. Lightning Mortality. Bulletin of the American Meteorological Society 90(10) 1501-1518.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléas étudiés : foudre, États-Unis, 1959-2006.</li> <li>Population étudiée : décès (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étude descriptive</li> <li>Sources de données :                             <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Storm Data</i> de la United States National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 1959-2006 (décès);</li> <li><i>Compressed Mortality File of CDC's National Center for Health Statistics, 1977-2004</i> (décès);</li> <li>Information médiatique de la LexisNexis Academic (décès).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Décès directs liés à la foudre (exclut les décès causés par un incendie provoqué par la foudre, ou par la chute d'un arbre ou un autre objet causée par la foudre) :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1960 à 1969 :                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 133,2 décès par année.</li> </ul> </li> <li>1959 à 2006 :                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 101,2 décès par année.</li> </ul> </li> <li>1997 à 2006 :                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 59,6 décès par année.</li> <li>- 72 % des décès entre juin et août.</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>Estimation de la sous-déclaration des décès liés à la foudre dans la base de données <i>Storm Data</i> = 29,5 %.</li> <li>Avertissements et morphologie de la foudre :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1994 à 2004 :                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 551 décès liés à la foudre.</li> <li>- 77 % sont liés à des aléas sans avertissement d'orage violent ou de tornade.</li> </ul> </li> <li>1998 à 2006 :                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 320 tempêtes mortelles répertoriées.</li> <li>- 84 % sont des orages avec une faible énergie de convection disponible (orages unicellulaires).</li> <li>- Par conséquent : les décès liés à la foudre sont souvent associées à des orages moins sévères et sans avertissements météorologiques.</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>Commentaire :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les auteurs signalent qu'il est possible que le risque de décès lié à la foudre soit plus élevé dans les zones densément peuplées qui ne sont pas spécialement exposées à la foudre, à cause du manque de perception du danger de cette population. Les possibilités d'avertissement de ce type de situation sont aussi plutôt réduites.</li> </ul> </li> </ul>
Mills, B., Unrau, D., et collab. (2008) Assessment of lightning-related fatality and injury risk in Canada, Natural Hazards, vol. 47, n° 2, p. 157-183.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléas étudiés : foudre, Canada, 1921-2005.</li> <li>Population étudiée : décès (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étude descriptive</li> <li>Sources de données :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Statistique Canada (décès, données démographiques);</li> <li>Institut canadien d'information sur la santé – ICIS (décès, blessures et consultations).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Décès liés à la foudre :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1994-2001 :                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- Directs : 6,1 par année (Statistique Canada et Factiva).</li> <li>- Secondaires aux incendies allumés par la foudre : 3,4 par année (CCDP&amp;CI).</li> <li>- Total : 9,5 décès par année.</li> <li>- Taux de décès total par million d'habitants = 0,32.</li> <li>- Taux de décès total par un million d'habitants est passé de 0,52 en 1994 à 0,26 en 2001.</li> </ul> </li> <li>1994-2005 :                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 72 % sont hommes (Factiva + en ligne).</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

**Tableau 4 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires de la foudre (suite)**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Mills, B., Unrau, D., et collab. (2008) (suite)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Articles de journaux (Factiva) et bases de données en ligne de journaux communautaires (décès)</li> <li>- Conseil canadien des directeurs provinciaux et des commissaires des incendies – CCDP&amp;CI (décès).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 66 % âgés &lt; 46 ans (Factiva + en ligne).</li> <li>- &gt; 94 % dans les mois de juin à août (Factiva + en ligne).</li> <li>- 55 % dans la période de jeudi à samedi (Factiva + en ligne).</li> <li>- 70 % participaient à des activités récréatives extérieures (Factiva + en ligne).</li> <li>1921-2003 : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le taux de mortalité est passé de 2,4 (1931-1935) à 0,11 (1999-2003) par million d'habitants (Statistique Canada).</li> <li>- Au Québec, dans les périodes de 1921 à 1958 et de 1964 à 1999, il y a eu 206 décès liés à la foudre (22 % du total de décès au Canada, deuxième après l'Ontario – 34 %) (Statistique Canada).</li> </ul> </li> <li>• Blessures liées à la foudre : <ul style="list-style-type: none"> <li>1994-2003 : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Directes et secondaires aux incendies allumés par la foudre : de 91,7 à 164,2 blessés par année (ICIS, Factiva et CCDP&amp;CI)</li> <li>- Taux estimé de 3,3 à 5,2 par un million d'habitants (ICIS, Factiva et CCDP&amp;CI).</li> </ul> </li> <li>1994-2005 : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 77 % sont hommes (Factiva + en ligne)</li> <li>- 78 % âgés &lt; 46 ans (Factiva + en ligne).</li> <li>- ≈ 74 % dans les mois de juin à août (Factiva + en ligne).</li> <li>- &gt; 70 % dans la période de jeudi à samedi (Factiva + en ligne).</li> <li>- 62 % participaient à des activités récréatives extérieures, surtout la randonnée et le camping (Factiva + en ligne).</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Les articles de journaux sous-estiment la mortalité (36 %) et la morbidité (20 à 60 %) liées à la foudre.</li> <li>• Commentaires : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Multiples sources avec des définitions différentes.</li> <li>- Les taux de mortalité reflètent, en général, à niveau provincial, la grandeur de la population et la fréquence de survenue de la foudre.</li> </ul> </li> </ul>
Maghsoudi, H., Adyani, J., Ahmadian, N. (2007) Electrical and lightning injuries, Journal of Burn Care & Research, Vol. 28, No. (2), p. 255-261.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aléas étudiés : foudre, Iran, 1999-2004.</li> <li>• Population étudiée : hospitalisations, Azerbaïdjan oriental (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Étude descriptive.</li> <li>• Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Archives du Centre de brûlés de l'hôpital Sina (décès et blessures).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 202 patients hospitalisés par brûlures électriques (foudre incluse).</li> <li>• Décès et blessures attribuables à la foudre : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Un décès et sept blessures.</li> <li>- La personne décédée était un homme de 60 ans avec une fibrillation ventriculaire réfractaire.</li> <li>- Quatre des huit victimes étaient âgées de 11 à 30 ans.</li> <li>- Des huit victimes, il y avait : quatre agriculteurs, deux bergers, un militaire et une personne au chômage.</li> </ul> </li> <li>• Commentaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Petit échantillon.</li> </ul> </li> </ul>

**Tableau 4 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires de la foudre (suite)**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Adekoya, N., Nolte, K.B. (2005) Struck-by-lightning deaths in the United States, <i>Journal of Environmental Health</i> , Vol. 67, No. (9), p. 45-50.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléas étudiés : foudre, États-Unis, 1995-2000.</li> <li>Population étudiée : décès, États-Unis (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étude descriptive</li> <li>Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <li>National Center for Health Statistics (décès);</li> <li><i>Census of Fatal Occupational Injuries</i> (décès);</li> <li>U.S. Census Bureau (données de population);</li> <li><i>Current Population Survey</i> (population de travailleurs).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parmi la population générale : <ul style="list-style-type: none"> <li>374 décès liés à la foudre (exclut les décès causés par un incendie provoqué par la foudre, ou par la chute d'un arbre ou un autre objet causée par la foudre).</li> <li>Taux annuel de décès par 1 000 000 d'habitants = 0,23.</li> <li>Le taux annuel de décès par million est passé de 0,29 en 1995 à 0,18 en 2000 (<math>p = 0,0577</math>).</li> <li>54 % âgés de 20 à 44 ans.</li> <li>85 % hommes.</li> <li>89 % blancs, 8 % noirs et 3 % autres groupes ethniques.</li> <li>76 % des décès dans le sud et le Midwest américain.</li> </ul> </li> <li>Parmi les travailleurs : <ul style="list-style-type: none"> <li>129 décès liés à la foudre (exclut les décès causés par un incendie provoqué par la foudre, ou par la chute d'un arbre ou un autre objet causée par la foudre).</li> <li>Taux annuel par 1 000 000 de travailleurs = 0,12.</li> <li>Diminution non significative (<math>p = 0,1182</math>) des taux annuels de décès.</li> <li>92 % des décès se sont produits de mai à septembre.</li> <li>67 % âgés de 20 à 44 ans.</li> <li>98 % hommes.</li> <li>25 % travailleurs de la construction.</li> <li>Au moment de la foudre, la ferme est l'emplacement du travailleur le plus fréquent dans 33 % des cas.</li> <li>Des travailleurs hispaniques représentent 32 % des décès, 58 % des blancs, 7 % des noirs et 3 % autres.</li> </ul> </li> <li>Commentaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>Possibilité de sous-déclaration.</li> </ul> </li> </ul>
Blumenthal, R. (2005) Lightning fatalities on the South African Highveld: a retrospective study for the period 1997 to 2000, <i>American Journal of Forensic Medicine and Pathology</i> , Vol. 26, No. (1), p. 66-69.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléas étudiés : foudre, Afrique du Sud, 1997-2000.</li> <li>Population étudiée : décès, Highveld, Gauteng (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étude descriptive</li> <li>Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <li>Rapports d'autopsie des centres médicolégaux (décès).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Population totale de Highveld : <ul style="list-style-type: none"> <li>7,2 millions.</li> <li>79 % noirs.</li> </ul> </li> <li>1997-2000 : <ul style="list-style-type: none"> <li>Décès toutes causes = 58 927.</li> </ul> </li> <li>Décès attribuables à la foudre (exclut les décès causés par un incendie provoqué par la foudre, ou par la chute d'un arbre ou un autre objet causée par la foudre) : <ul style="list-style-type: none"> <li>38 décès.</li> <li>Incidence de 6,3 par 1 000 000 d'habitants.</li> <li>Âge moyen de 36 ans (écart de 5 à 61 ans).</li> <li>95 % noirs.</li> </ul> </li> </ul>

**Tableau 4 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires de la foudre (suite)**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Blumenthal, R. (2005) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> <li>- 79 % hommes.</li> <li>- 37 (97 %) étaient à l'extérieur, dont 14 sur un champ ouvert.</li> <li>- Tous les décès se sont produits pendant l'été (septembre à avril).</li> <li>- La majorité de décès de 15 h 30 à 18 h 30.</li> </ul>
Nguyen, B.H., MacKay, M., et collab. (2004) Epidemiology of electrical and lightning related deaths and injuries among Canadian children and youth, Injury Prevention, Vol. 10, No. (2), p. 122-124.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aléas étudiés : foudre, Canada, 1991-1996.</li> <li>• Population étudiée : décès et blessures, Canada (0-19 ans).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Étude descriptive</li> <li>• Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bureaux des coroners (décès);</li> <li>- Système canadien hospitalier d'information et de recherche en prévention des traumatismes - données de dix hôpitaux pédiatriques et de cinq hôpitaux généraux (consultations en salle d'urgence).</li> </ul> </li> </ul>	<p>1991-1996, Canada, de 0 à 19 ans :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Décès et blessés par électrocution en général (foudre comprise) :</li> </ul> <p><i>Décès</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 21 décès, dont 20 de sexe masculin.</li> <li>- 18 cas se trouvaient à l'extérieur.</li> <li>- Taux annuel de mortalité de 0,045 par 100 000 enfants âgés de 0 à 19 ans.</li> </ul> <p><i>Blessés</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 606 blessés, dont 411 (68 %) avaient de 0 à 4 ans, 84 (14 %) de 5 à 9 ans, 79 (13 %) de 10 à 14 ans et 32 (5 %) de 15 à 19 ans.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Décès et blessures causés par électrocution par la foudre :</li> </ul> <p><i>Décès</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cinq décès.</li> <li>- Taux par 100 000 enfants âgés de 0 à 19 ans : ≈ 0,011.</li> <li>- Âge moyen : 14,2 ans.</li> </ul> <p><i>Blessés</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Neuf blessés.</li> <li style="padding-left: 40px;">0 à 4 ans : un (11 %);</li> <li style="padding-left: 40px;">5 à 9 ans : deux (22 %);</li> <li style="padding-left: 40px;">10 à 14 ans : cinq (56%); et</li> <li style="padding-left: 40px;">15 à 19 ans : un (11 %).</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Commentaires :</li> <li>- Les données de mortalité sont incomplètes (pas d'information sur Terre-Neuve et celle d'Ontario est préliminaire).</li> <li>- Les données des hospitalisations n'ont pas été analysées.</li> </ul>

**Tableau 4 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires de la foudre (suite)**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Elsom, D.M. (2001) Deaths and injuries caused by lightning in the United Kingdom: analyses of two databases, Atmospheric Research, Vol. 56, No. (1-4), p. 325-334.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléas étudiés : foudre, Royaume-Uni, 1852-1999.</li> <li>Population étudiée : décès et blessures, Royaume-Uni (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étude descriptive.</li> <li>Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <li>TORnado and storm Research Organisation database (TORRO) (décès et blessures);</li> <li>Office of Population Censuses and Surveys database (certificats de décès).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Royaume-Uni, 1993 à 1999 (TORRO)</li> <li>Foudroiements : <ul style="list-style-type: none"> <li>341 personnes frappées par la foudre.</li> <li>65 % hommes.</li> <li>Taux de 0,84 par million d'habitants.</li> <li>Possibilité de foudroiement de 1 par 1,2 million-année.</li> <li>En moyenne, un sur 12 000 éclairs frappe une personne ou plus.</li> </ul> </li> <li>Décès et blessures causés par la foudre : <ul style="list-style-type: none"> <li>22 décès.</li> <li>73 % hommes.</li> <li>Taux de décès de 0,05 par million d'habitants.</li> <li>Âge moyen des décédés de 30 ans.</li> <li>Possibilité de décès par foudroiement de 1 par 19 million-année.</li> <li>En moyenne, un sur 100 000 éclairs tue une personne ou plus.</li> <li>Risque de décès = 1:16 (22 décès par 341 personnes frappées).</li> <li>Tous les décédés se trouvaient à l'extérieur.</li> <li>52 % des foudroiements ont frappé des personnes à l'intérieur.</li> <li>1 sur 4 des foudroiements qui ont frappé des personnes à l'intérieur concerne l'utilisation d'un téléphone.</li> <li>66 % des décès et blessures se sont produits en été (juin à août).</li> <li>La majorité des personnes frappées par la foudre ne souffrent que de blessures mineures.</li> </ul> </li> <li>Angleterre et Pays de Galles, 1852 à 1999 (Office of Population Censuses and Surveys)</li> <li>Décès causés par la foudre (les décès causés par un incendie provoqué par la foudre, ou par la chute d'un arbre ou un autre objet causée par la foudre sont exclus) : <ul style="list-style-type: none"> <li>Le nombre moyen de décès annuels est passé de 20,5 pour la période de 1852 à 1859, à 2,6 pour la période de 1990 à 1999.</li> <li>85 % des décès étaient des hommes.</li> </ul> </li> <li>Commentaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>Possibilité de sous-déclaration.</li> </ul> </li> </ul>

**Tableau 4 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires de la foudre (suite)**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Curran, E.B., Holle, R.L., Lopez, R.E. (2000) Lightning casualties and damages in the United States from 1959 to 1994, Journal of Climate, Vol. 13, No. (19), p. 3448-3464.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléas étudiés : foudre, États-Unis, 1959-1994.</li> <li>Population étudiée : décès et blessures, États-Unis (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étude descriptive.</li> <li>Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <li>Storm Data de la United States National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA (décès et blessures).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>De 1992 à 1994 Des impacts sanitaires provoqués par les phénomènes climatiques convectifs (tornades, ouragans, grêle et foudre) aux États-Unis, la foudre est responsable de : <ul style="list-style-type: none"> <li>44 % des décès, et</li> <li>19 % des blessures.</li> </ul> </li> <li>De 1965 à 1994 Décès provoqués par les aléas météorologiques : <ul style="list-style-type: none"> <li>Inondations = 139 décès;</li> <li>Foudre = 87 décès;</li> <li>Tornades = 82 décès; et</li> <li>Ouragans = 27 décès.</li> </ul> </li> <li>De 1959 à 1994 <ul style="list-style-type: none"> <li>Décès et blessures causés par la foudre : <ul style="list-style-type: none"> <li>Taux annuel de décès de 0,42 par 1 000 000 d'habitants.</li> <li>Taux annuel de blessures de 1,26 par 1 000 000 d'habitants.</li> <li>1 victime (décès ou blessé) par 86 000 éclairs.</li> </ul> </li> <li>Diminution du taux de décès et blessures : de <math>\approx 1,8</math> dans les années soixante à <math>\approx 1,1</math> dans les années quatre-vingt.</li> <li><math>\approx 70</math> % de décès et blessures se produisent pendant les mois de juin à août.</li> <li>Deux tiers des décès et blessures se produisent de midi à 18 h.</li> <li>Les dimanches, les décès sont 24 % plus élevés que les autres jours.</li> <li>84 % des décès étaient des hommes.</li> <li>82 % des blessés étaient des hommes.</li> <li>Les emplacements des victimes de la foudre les plus fréquemment rapportés sont : plein air, sous les arbres, plans d'eau (natation, pêche, canotage) et terrain de golf.</li> </ul> </li> <li>Commentaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>Une seule source de données, possibilité de sous-déclaration.</li> </ul> </li> </ul>
Bains, N., Hoey, J. (1998) Before lightning strikes, Canadian Medical Association Journal, Vol. 159, No. (2), p. 163.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléas étudiés : foudre, Canada, 1991-1995.</li> <li>Population étudiée : décès, Canada (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étude descriptive.</li> <li>Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <li>Certificats de décès.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vingt-sept décès liés à la foudre (exclut les décès causés par la chute d'un arbre ou un autre objet causée par la foudre) pendant la période d'étude, dont 6 au Québec.</li> <li>La majorité des décès sont des hommes âgés de 15 à 50 ans.</li> <li>Commentaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>Une seule source de données.</li> </ul> </li> </ul>

**Tableau 4 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires de la foudre (suite)**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Lopez, R.E., Holle, R.L. (1998) Changes in the number of lightning deaths in the United States during the twentieth century, Journal of Climate, Vol. 11, No. (8), p. 2070-2077.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléas étudiés : foudre, États-Unis, 1900-1991.</li> <li>Population étudiée : décès, États-Unis à l'exclusion d'Hawaï et l'Alaska (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étude descriptive.</li> <li>Sources de données :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Bureau of the Census and Public Health Service (décès et données démographiques).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le taux de décès par un million d'habitants est passé de 4,83 en 1900 à 0,3 en 1991.</li> <li>Il existe une corrélation très importante entre la diminution des décès par la foudre et la décroissance de la proportion de la population rurale.</li> <li>Commentaires :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Le nombre d'états participants dans le registre national ayant changé durant la période peut entraîner une sous-déclaration.</li> <li>La méthodologie de classification des cas a aussi changé.</li> <li>Les auteurs signalent que l'amélioration des systèmes électriques des maisons, des traitements médicaux, de la sensibilisation de la population et des avis météorologiques ont pu aussi contribuer à la réduction du nombre de victimes de la foudre, variables aussi liées à l'exode rural.</li> <li>Les auteurs aussi signalent que la réduction du nombre de décès est possiblement le résultat des changements de la température au sol ou de la fréquence de foudroiements.</li> </ul> </li> </ul>
Centers for Disease Control and Prevention (1998) Lightning-associated deaths: United States, 1980-1995. Morbidity and Mortality Weekly Report 47(19) 391-394.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléas étudiés : foudre, États-Unis, 1980-1995.</li> <li>Population étudiée : décès, États-Unis (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étude descriptive.</li> <li>Sources de données :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Compressed Mortality File of CDC's National Center for Health Statistics (décès).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>De 1980 à 1995, 1 318 décès ont été attribués à la foudre (exclut les décès causés par la chute d'un arbre ou un autre objet causée par la foudre).</li> <li>85 % hommes.</li> <li>68 % âgés de 15 à 44 ans.</li> <li>Le taux brut de décès est plus élevé parmi les personnes âgées de 15 à 19 ans : 0,3 par un million d'habitants.</li> <li>Commentaire :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Une seule source de données.</li> </ul> </li> </ul>

## **2 LES INCENDIES DE FORÊT**

### **2.1 PRÉCISIONS MÉTHODOLOGIQUES**

#### **2.1.1 Définition d'incendie de forêt**

Un incendie de forêt est un incendie qui dévaste une région boisée, une zone de brousse ou un champ à ciel ouvert de façon incontrôlée (IPSC, 2008). Des conditions très sèches combinées à de forts vents produisent parfois des situations où les incendies ne peuvent être contrôlés par les ressources et les technologies actuelles de lutte contre les incendies (Environnement Canada, 2008). Au Canada, une grande majorité des incendies de forêt sont le résultat de la foudre (Environnement Canada, 2008).

Il a été décidé d'inclure également dans cette recherche d'articles des études qui analysent les incendies provoqués par l'homme. Ces incendies, dits « contrôlés », provoqués par les éleveurs (pour favoriser la repousse d'herbes fraîches pour leur bétail ou pour détruire les tiques qu'y se multiplient) ou les agriculteurs (pour détruire la végétation spontanée et rendre la terre propre à la culture), ont été inclus d'abord parce que ces incendies peuvent devenir incontrôlés et détruire des aires importantes de forêt ou brousse menaçant ainsi la santé humaine, et deuxièmement, parce que la fumée ou l'air chaud des incendies peuvent aussi, de même que ceux des incendies de forêt incontrôlés, provoquer des impacts importants sur la santé humaine (Chen et collab., 2006; Morgan et collab., 2006).

#### **2.1.2 Définitions des effets et indicateurs sanitaires**

Suivant le modèle proposé (Patz et collab., 2000), nous distinguons les effets de l'aléa sur la santé des autres indicateurs sanitaires et des indicateurs de l'aléa.

Par effets sanitaires, on entend des indicateurs mesurant les effets directs et indirects des incendies de forêt sur la santé humaine. Parmi les effets sanitaires directs des incendies de forêt on trouve les décès ou blessures résultant du contact direct avec le feu, la fumée ou l'air chaud. Les effets sanitaires indirects sont les décès, les blessures ou maladies produits du contact indirect avec la fumée ou l'air chaud (p. ex., maladies cardiaques ou respiratoires liées à l'augmentation des concentrations des gaz et des matières particulaires causée par les incendies, ou les décès et les blessures provoqués par les accidents de la route occasionnés par une visibilité réduite causée par la fumée des incendies) (CDC, 2007).

Par indicateurs sanitaires, on entend les caractéristiques ou les conditions pouvant moduler la relation entre les incendies de forêt et les effets sanitaires. Ils incluent les caractéristiques personnelles comme l'âge et le sexe des victimes, les aspects sociaux comme la race et les attributs personnels.

Quant aux indicateurs de l'aléa, ils correspondent aux caractéristiques permettant de mieux comprendre la nature de l'aléa. Elles sont souvent utilisées pour estimer l'importance de l'aléa et sont aussi 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, à sa dimension temporelle et à sa durée.

### 2.1.3 Recensement des publications

Le recensement des publications portant sur les incendies de forêt a été effectué à l'aide des bases de données MEDLINE et *Web of Science*. Parmi les 981 publications repérées (MEDLINE : 39; *Web of Science* : 942), 18 ont été retenues<sup>16</sup>. Les mots-clés utilisés pour la recension des études sont présentés dans le tableau 5.

**Tableau 5 Mots-clés utilisés pour le recensement des publications concernant les incendies de forêt**

MEDLINE	Web of Science
Titre ou Résumé : <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>bushfire</i> OR</li><li>• <i>bushfires</i> OR</li><li>• <i>wildfire</i> OR</li><li>• <i>wildfires</i> OR</li><li>• <i>forest fire</i> OR</li><li>• <i>forest fires</i></li></ul> AND Mesh : <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>cause of death</i> OR</li><li>• <i>mortality</i> OR</li><li>• <i>wounds and injuries</i> OR</li><li>• <i>cardiovascular diseases</i> OR</li><li>• <i>respiratory tract diseases</i></li></ul>	<i>Topic</i> : <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>bushfire*</i> OR</li><li>• <i>wildfire*</i> OR</li><li>• <i>forest fire*</i></li></ul> AND <i>Topic</i> : <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>casualt*</i> OR</li><li>• <i>death*</i> OR</li><li>• <i>wound*</i> OR</li><li>• <i>injur*</i> OR</li><li>• <i>mortalit*</i> OR</li><li>• <i>respiratory disease*</i> OR</li><li>• <i>cardiovascular disease*</i></li></ul>

### 2.1.4 Sources de données utilisées dans les publications retenues

Diverses sources de données ont été utilisées par les auteurs des publications retenues pour étudier le lien entre les incendies de forêt et les troubles de la santé.

#### 2.1.4.1 Décès et blessures

Dans les quatre études repérées évaluant le lien entre la mortalité et les blessures, et les incendies de forêt, différentes sources de données ont été utilisées. Aux États-Unis, le CDC a identifié les cas par des journaux locaux et à l'aide d'entrevues auprès des fonctionnaires locaux de gestion d'urgence et du contrôle routier (CDC, 2007). Dans une autre étude américaine (Vedal et Dutton, 2006), on a utilisé l'ensemble de données des informations sanitaires de la section Statistiques de santé du Département de santé publique et Environnement du Colorado pour identifier le nombre de cas. En Malaisie, les auteurs se réfèrent aux données de mortalité provenant des dossiers de statistiques vitales (Sastry, 2002) et en Indonésie, une étude a fait appel aux registres des décès hospitaliers (Emmanuel, 2000).

---

<sup>16</sup> Les critères de sélection de la revue de la littérature sont présentés à la première partie du rapport.

#### 2.1.4.2 *Maladies cardio-respiratoires*

Quinze études ont analysé le lien entre les incendies de forêt et la santé cardio-pulmonaire. Les deux études canadiennes (Langford et collab., 2006; Moore et collab., 2006) qui ont analysé ce lien se sont fondées sur les données des archives des hospitalisations ou de consultations externes ainsi que sur les données des concentrations des matières particulaires (PM – sigles de l'anglais *Particulate Matter*) du ministère de l'Environnement de la Saskatchewan et de la Colombie Britannique, et sur les données d'aire brûlée du *Fire Management and Forest Protection Branch*, du ministère de l'Environnement de la Saskatchewan.

Aux États-Unis, deux des trois études analysant ce lien ont utilisé des questionnaires pour évaluer l'état de santé des participants (Kunzli et collab., 2006; Sutherland et collab., 2005) et la troisième a utilisé des données de consultations médicales (Mott et collab., 2002). Concernant les concentrations des PM, une étude (Sutherland et collab., 2005) a utilisé des données des stations météorologiques, les autres deux études ne fournissent pas la source.

Cinq des sept études australiennes ont eu recours aux données des archives des hospitalisations ou des consultations (Chen et collab., 2006; Hanigan et collab., 2008; Johnston et collab., 2002; Johnston et collab., 2007; Smith et collab., 1996). Les deux études restantes ont utilisé des questionnaires pour la collecte de l'information sur l'état de santé (Jalaludin et collab., 2000; Johnston et collab., 2006). Six des sept études ont utilisé également des données de stations météorologiques sur les PM, l'étude restante a fait appel à des simulations faites à partir de la visibilité pour calculer les PM (Hanigan et collab., 2008).

Les trois études restantes, menées en Asie, ont utilisé des données sur les hospitalisations ou les consultations, et les données des concentrations des PM des stations météorologiques (Emmanuel, 2000; Mott et collab., 2005; Yadav et collab., 2003).

#### 2.1.5 **Particularités méthodologiques des études retenues**

Sept des dix-huit études retenues ont été menées en Australie, dont cinq sur des incendies de brousse contrôlés et deux sur des incendies de forêt. Toutes les autres études touchent les incendies de forêt : cinq menées aux États-Unis, deux au Canada, et les quatre restantes en Asie. La majorité des études sont à visée étiologique (14) et les périodes visées varient d'un épisode individuel d'incendie de quelques jours à des périodes allant jusqu'à 23 ans.

##### 2.1.5.1 *Type de données utilisées*

La majorité des études retenues sont, grâce à leur devis à visée étiologique, relativement fortes sur le plan de l'évaluation de la causalité, mais ils ont une portée limitée notamment en raison du devis écologique utilisé. Les études écologiques utilisent des données agrégées et non des données individuelles, de sorte que les corrélations entre les variables d'exposition et de santé sont plus susceptibles aux biais de classification (les individus étudiés ne sont pas forcément exposés, en raison de l'adoption de mesures de mitigation par exemple) et de confusion (la fréquence plus élevée d'un effet sanitaire peut être liée plutôt à la fréquence plus élevée d'une caractéristique quelconque de la population étudiée qu'à l'exposition

analysée) (Rothman et Greenland, 1998). Dans les cas des incendies de forêt, il est possible que, par exemple, l'exposition à la pollution de l'air soit significativement modifiée, en raison de l'adoption de mesures de mitigation : moins de sorties à l'extérieur, port de masques, utilisation de climatiseurs (Sastry, 2002). Cependant, une étude statistique sur des données individuelles d'exposition à la pollution de l'air suggère que ces biais sont probablement petits (Dominici et Zeger, 2000).

#### *2.1.5.2 Variables pour analyser l'exposition aux incendies de forêt*

En ce qui concerne la mesure de l'exposition aux incendies de forêt, treize études ont analysé les effets sanitaires suivant la valeur des concentrations des PM, dont onze études concernant les maladies et deux les décès indirects. Trois autres études ont analysé le lien des effets sanitaires pendant les périodes d'incendies, une autre étude avec l'aire brûlée et une dernière avec la présence subjective de l'odeur de fumée.

Lorsque les incendies de forêt affectent de grands centres populationnels, il est difficile d'établir l'effet spécifique des incendies sur la santé, car, en général, ces populations sont déjà exposées à un mélange complexe de polluants, où la majeure concentration provient de la combustion de combustibles fossiles. D'un autre côté, lorsque les incendies de forêt affectent des petites populations, où la majeure partie des polluants proviennent de la combustion de la biomasse, le nombre de cas peut être petit et limiter ainsi la puissance statistique de l'étude ou réduire la précision des estimations (Hanigan et collab., 2008; Johnston et collab., 2007).

L'effet sur la santé des matières particulaires dépend de sa composition chimique (proportion des matières particulaires de taille inférieure à 10 µm et à 2,5 µm, etc.), qui à son tour dépend de la source : combustion de combustibles fossiles ou de la biomasse (Hanigan et collab., 2008). Également, il est probable que la présence d'autres polluants (métaux, composants organiques et inorganiques) dépend aussi de la source (Naeher et collab., 2007; Zelikoff et collab., 2002).

#### *2.1.5.3 Définition des effets sanitaires*

Dans la majorité des études retenues, les effets sanitaires (maladies, blessures et causes de décès) ont été clairement définis à l'aide des codes de la Classification internationale des maladies (OMS, 2010).

#### *2.1.5.4 Inclusion de certaines variables dans les modèles statistiques*

Certaines variables peuvent influencer les impacts sanitaires liés aux incendies de forêt, et les modèles statistiques devraient inclure ces variables. Par exemple, il est possible que les décès augmentent ou diminuent dans le temps en proportion de la structure démographique de la population, ou aussi les décès peuvent augmenter ou diminuer durant les saisons en fonction de la pollution ou des épidémies d'influenza. Toutefois, la plupart des études repérées n'ont analysé que des épisodes individuels d'incendies où l'inclusion de ces variables est moins pertinente. Des trois études à visée étiologique repérées qui ont analysé l'impact des incendies de forêt sur la santé humaine pour des périodes allant de trois à dix ans (Chen et collab., 2006; Hanigan et collab., 2008; Johnston et collab., 2007), seule l'étude

de Chen et collab. (2006) a intégré la saison et les tendances temporelles dans les modèles statistiques, mais les trois études ont inclus la variable influenza.

#### 2.1.5.5 Temps de latence

Les impacts sur la santé provoqués par les incendies de forêt peuvent se présenter immédiatement (p. ex., les décès et les blessures, résultat du contact direct avec le feu, la fumée ou l'air chaud, alors que d'autres troubles (p. ex., les maladies cardiaques ou respiratoires liées à l'augmentation des concentrations de PM) peuvent se présenter plusieurs jours après l'exposition au froid. Ainsi, neuf des dix-huit études retenues ont intégré dans leurs analyses la variable temps de latence (temps passé entre le début de l'exposition et l'effet sanitaire) pour évaluer les effets des incendies de forêt sur la santé.

## 2.2 GÉNÉRALITÉS

Au Canada, chaque été, en moyenne 8 500 incendies brûlent une superficie de 2,5 millions d'hectares de forêt. À des fins de comparaison, il faut savoir que le Canada possède 418 millions d'hectares de forêt (Environnement Canada, 2004a) et qu'on y retrouve approximativement un million d'hectares dédiés aux récoltes. Environ 60 % des incendies de forêt sont d'origine humaine, bien que dans certaines régions, une grande majorité des incendies soient le résultat de la foudre (Environnement Canada, 2008). En moyenne, la foudre cause seulement un tiers des incendies, mais ces incendies sont responsables de 90 % de la superficie brûlée (Environnement Canada, 2004a). Les forêts canadiennes pourraient subir la conséquence d'une plus grande fréquence d'orages et de sécheresses et ainsi une augmentation de la fréquence et de la gravité des incendies (les sécheresses<sup>17</sup> et les vents violents<sup>18</sup> font déjà l'objet de deux rapports). En moyenne, les projections indiquent que la superficie brûlée au Canada augmentera de 74 à 118 % à la fin du siècle actuel (Flannigan et collab., 2005).

Les matières particulaires sont un polluant nocif pour la santé humaine, dont les débris provenant d'incendies de forêt constituent une source importante. Au Canada, les PM résultant des incendies de forêt représentent 28 % du total des PM<sub>10</sub> (matières particulaires de diamètre inférieur à 10 µm) primaires émises et 34 % des PM<sub>2,5</sub> (matières particulaires de diamètre inférieur à 2,5 µm) (Santé Canada, 2010). Pendant un incendie de forêt de cinq jours de durée à Crisholm, en Alberta, l'impact économique calculé pour déterminer les incidences sanitaires associées aux concentrations élevées de PM provenant de l'incendie est de 12 millions de dollars (Rittmaster et collab., 2006). Un des facteurs associés aux impacts grandissants des incendies de forêt sur la santé est le nombre de plus en plus grand de gens habitant à la limite des centres urbains (hors de portée des systèmes urbains de protection contre les incendies) qui, comparés à une population rurale, ont une moindre conscience des risques liés aux incendies de forêt (IPSC, 2008; Sastry, 2002).

---

<sup>17</sup> Tairou, F., Bustinza, R., Bélanger, D., Gosselin, P. (2010). Proposition d'indicateurs aux fins de vigie et de surveillance des troubles de la santé liés aux précipitations estivales et à leurs conséquences. Accessible sur le site de l'INSPQ.

<sup>18</sup> Bélanger, D., Bustinza, R., Tairou, F., Gosselin, P. (2010). Proposition d'indicateurs aux fins de vigie et de surveillance des troubles de la santé liés aux vents violents. Accessible sur le site de l'INSPQ.

En ce qui concerne les impacts liés aux incendies de forêt, au Canada, la Base de données canadiennes sur les désastres (Sécurité publique Canada, 2007) préparée par la Sécurité publique du Canada contient des renseignements sur les « feux non réprimés » (parmi d'autres désastres naturels), qui répondent à un des critères suivants : 10 personnes ou plus ont été tuées; 100 personnes ou plus sont touchées, blessées, évacuées ou sans logement; un appel à l'aide nationale ou internationale a été lancé; être d'importance historique; causer d'importants dommages ou une interruption des processus normaux à tel point que la collectivité touchée ne peut se rétablir par elle-même. Les principales sources de données de cette base sont des articles de la presse canadienne, mais aussi des données en provenance de gouvernements municipaux, d'organisations provinciales de sécurité civile, du Bureau d'assurance du Canada et des organisations non gouvernementales (CRED, 2008).

## **2.3 CONSÉQUENCES SANITAIRES**

Au total, 18 études ont été retenues pour évaluer les effets et les indicateurs sanitaires associés aux incendies de forêt. Leurs principaux résultats sont résumés dans le tableau 6.

### **2.3.1 Caractéristiques de l'aléa**

#### *2.3.1.1 Une période de sécheresse importante précède souvent les incendies de forêt*

Aux États-Unis, la sécheresse a été un facteur important dans le déclenchement des incendies de forêt de la région de Panhandle, au Texas, qui avait subi une période de sécheresse extrême pendant les cinq mois qui ont précédé les incendies (CDC, 2007). Des sécheresses ont aussi été associées à une augmentation du risque des incendies dans une étude menée à Kuala Lumpur, Malaisie (Sastry, 2002).

### **2.3.2 Décès**

#### *2.3.2.1 La majorité des décès directs liés aux incendies de forêt semblent survenir dans les premières heures des incendies*

La seule étude qui a analysé le moment de la survenue des décès directs, signale que dans un incendie dans la région de Panhandle, Texas, 11 des 12 décès se sont produits parmi la population civile dans les sept premières heures de l'incendie, tandis que l'autre décès, qui était un pompier décédé de ses blessures, s'est produit 27 jours après (CDC, 2007).

#### *2.3.2.2 L'association entre les décès indirects liés à des incendies de forêt et l'augmentation de la concentration de matières particulaires semble significative seulement parmi les personnes âgées de 65 à 74 ans*

Trois études ont exprimé les conséquences sanitaires des incendies en termes de décès indirects liés aux concentrations de PM à la suite des incendies de forêt. Deux des études, aux États-Unis (Vedal et Dutton, 2006) et en Indonésie (Emmanuel, 2000), n'ont pas trouvé des liens entre la mortalité indirecte et les concentrations de PM, mais la troisième, en Malaisie (Sastry, 2002), a trouvé des liens significatifs parmi les personnes âgées de 65 à 74 ans seulement.

Aux États-Unis, dans une étude descriptive d'un incendie de forêt à Denver, Colorado, le nombre de décès journaliers par causes non accidentelles et par causes cardio-respiratoires ne montre pas de pics inhabituels pendant ou après la période des incendies où les concentrations de PM<sub>10</sub> montrent de pics importants (Vedal et Dutton, 2006). Les auteurs signalent qu'il est possible que l'augmentation des PM pendant quelques heures seulement (de 4 à 5 heures), situation retrouvée dans l'étude, n'ait pas d'effet sur la mortalité. L'étude indonésienne, aussi descriptive, ne montre pas une augmentation des décès lorsque les valeurs de PM<sub>10</sub> passent de 50 à 150 µg/m<sup>3</sup> (Emmanuel, 2000).

À Kuala Lumpur, Malaisie, pendant une période de huit mois d'incendies de forêt, le risque relatif de décès (toutes causes et par causes non traumatiques) est de 1,19 (p < 0,10), tous les âges confondus, les jours avec des concentrations de PM<sub>10</sub> > 210 µg/m<sup>3</sup> comparé aux jours avec des concentrations moindres (Sastry, 2002). Le risque relatif est significativement plus élevé pour le groupe de 65 à 74 ans, pour les décès toutes causes (1,56; p < 0,05) et par causes non traumatiques (1,70; p < 0,05).

Il est possible que la composition chimique de la fumée des incendies de forêt ne soit pas si toxique que la pollution fossile d'origine urbaine (Vedal et Dutton, 2006). À la différence des analyses du lien entre la mortalité et les incendies de forêt, plusieurs études ont signalé de liens significatifs entre la mortalité et l'augmentation des PM d'origine urbaine (Burnett et collab., 2000; Schwartz, 1994). Il est aussi possible que les habitants exposés à la fumée des incendies de forêt, à la différence de ceux exposés à la pollution urbaine, prennent plus de mesures pour réduire l'exposition aux PM en restant chez eux et en utilisant, par exemple, des climatiseurs (Vedal et Dutton, 2006). Cependant, être à l'intérieur ne protège pas nécessairement de l'exposition aux PM les plus petites et les plus toxiques (Vedal et Dutton, 2006), mais il a été suggéré que l'utilisation de climatiseurs peut réduire l'exposition aux PM (Janssen et collab., 2002).

Sastry (2002) signale que la mortalité indirecte liée aux incendies de forêt peut être considérée comme un indicateur sentinelle pour les autres effets sanitaires liés à la pollution de l'air causé par les incendies de forêt (p. ex., les maladies).

#### 2.3.2.3 *Les antécédents sanitaires pourraient avoir un effet modulateur sur la mortalité des personnes âgées liée à la pollution de l'air causée par les incendies de forêt*

Une étude menée en Malaisie (Mott et collab., 2005) révèle que les personnes de 65 ans et plus hospitalisées pour maladie pulmonaire obstructive chronique avant les incendies de forêt sont significativement plus à risque de décès ou de ré-hospitalisation pendant les périodes d'incendies de forêt comparé aux mêmes périodes des années sans incendies de forêt.

#### 2.3.2.4 *Existe-t-il un déplacement de la mortalité<sup>19</sup> indirecte lié aux incendies de forêt?*

La seule étude qui a analysé le déplacement de la mortalité indirecte lié aux incendies de forêt (Sastry, 2002) signale que la mortalité indirecte est suivie d'une sous-mortalité, mais les auteurs signalent également qu'il n'est pas possible d'estimer la magnitude de ce déplacement. De toute façon, ce déplacement est de court terme pour le groupe de tous

---

<sup>19</sup> Nommé aussi effet de moisson ou en anglais, *harvesting effect*.

âges, mais de quelques semaines pour le groupe de 65 à 74 ans (Sastry, 2002). Ainsi, la mortalité indirecte liée aux incendies de forêt pourrait être aussi liée à l'avancement de quelques jours des décès de personnes fragilisées qui allaient mourir de toute façon dans les prochains jours pour des raisons autres que les incendies de forêt. Cette notion de déplacement est cruciale, car l'importance du fardeau sanitaire associé aux incendies de forêt, par exemple, dépend de la magnitude de l'effet moisson.

### **2.3.3 Maladies**

#### *2.3.3.1 Il existe un lien significatif entre les maladies respiratoires et les incendies de forêt*

Des quinze études qui ont analysé le lien entre les maladies respiratoires et les incendies de forêt, dix ont trouvé des liens significatifs, dont sept avec les matières particulaires (Chen et collab., 2006; Emmanuel, 2000; Johnston et collab., 2002; Johnston et collab., 2006; Mott et collab., 2002; Sutherland et collab., 2005; Yadav et collab., 2003), deux avec les périodes d'incendies (Moore et collab., 2006; Mott et collab., 2005), et une avec la présence subjective d'odeur de fumée (Kunzli et collab., 2006). Parmi les impacts sanitaires les plus fréquents, on trouve l'augmentation des consultations médicales pour l'asthme, les maladies infectieuses et pour les maladies respiratoires en général (Emmanuel, 2000; Johnston et collab., 2002; Moore et collab., 2006; Mott et collab., 2002; Yadav et collab., 2003), l'augmentation d'hospitalisations par asthme, maladie pulmonaire obstructive chronique et par maladies respiratoires en général (Chen et collab., 2006; Emmanuel, 2000; Johnston et collab., 2002; Mott et collab., 2005; Yadav et collab., 2003), l'augmentation de symptômes respiratoires (Johnston et collab., 2006; Kunzli et collab., 2006; Sutherland et collab., 2005) et le début de traitements pour soulager des troubles respiratoires (Johnston et collab., 2006; Kunzli et collab., 2006). L'étude canadienne de Moore et collab. (2006), menée dans les communautés de Kelowna et Kamloops de la Colombie britannique montre que les consultations médicales pour maladies respiratoires à Kelowna augmentent significativement pendant la deuxième (46 %,  $p = 0,003$ ), quatrième (54 %,  $p < 0,001$ ) et cinquième (78 %,  $p < 0,001$ ) semaine après le début des incendies comparées aux consultations moyennes des années sans incendies de forêt.

D'autre part, cinq études n'ont pas trouvé de liens significatifs, dont quatre avec les matières particulaires (Hanigan et collab., 2008; Jalaludin et collab., 2000; Johnston et collab., 2007; Smith et collab., 1996) et une avec la superficie brûlée (Langford et collab., 2006). L'étude canadienne de Langford et collab. (2006), menée dans les régions sanitaires de Keewatin, Yatthé, Mamawetan Churchill River et Athabasca en Saskatchewan, signale qu'il n'y a pas de corrélation entre les hospitalisations annuelles standardisées par maladies respiratoires et les superficies brûlées de plus de 2 km<sup>2</sup>. Cependant, ces résultats peuvent être expliqués par des différences méthodologiques entre les études. Par exemple, deux études ont utilisé de mesures indirectes des particules suspendues dans l'air (Hanigan et collab., 2008; Smith et collab., 1996) et une autre étude une mesure d'exposition peu utilisée : la superficie brûlée (Langford et collab., 2006). Il est aussi possible que l'impact des matières particulaires sur la santé soit petit et qu'il nécessite des échantillons importants pour détecter ces effets (Emmanuel, 2000), ce qui peut expliquer les résultats non significatifs des études avec des petits échantillons (Hanigan et collab., 2008; Jalaludin et collab., 2000; Johnston et collab., 2007; Langford et collab., 2006).

### *2.3.3.2 Les temps de latence entre l'augmentation des concentrations de PM pendant les incendies de forêt et les maladies respiratoires semblent varier de 0 à 5 jours*

Les impacts sur la santé respiratoire provoqués par les incendies de forêt semblent se présenter rapidement après l'exposition à l'augmentation des concentrations des PM pendant les incendies de forêt. Deux études analysant le lien entre les consultations pour asthme et les PM signalent des associations significatives pour des temps de latence de 0 à 5 jours (Johnston et collab., 2002; Yadav et collab., 2003), tandis que un temps de latence de 0 jour (la journée même de l'exposition) a été signalé pour les hospitalisations par maladies respiratoires (influenza exclue) (Chen et collab., 2006) et pour l'apparition de symptômes respiratoires parmi les asthmatiques (Johnston et collab., 2006).

### *2.3.3.3 L'effet modulateur de la variable âge du lien entre les incendies de forêt et leurs impacts sanitaires est peu étudié, mais les personnes plus âgées semblent être plus à risque*

Seulement trois des quinze études analysant le lien entre les maladies et les incendies de forêt ont rapporté sur l'effet modulateur de l'âge des personnes exposées. Une étude menée en Malaisie (Mott et collab., 2005) révèle que seul le groupe de personnes de 65 ans et plus hospitalisés pour des problèmes cardiorespiratoires ou pour toute cause avant les incendies de forêt est significativement plus à risque de ré-hospitalisation pour les mêmes causes pendant les périodes d'incendies de forêt comparé aux mêmes périodes des années sans incendies de forêt. Une étude menée à Darwin, Australie, parmi une population d'asthmatiques (Johnston et collab., 2006), signale que le risque de devenir symptomatique ou de commencer du traitement contre l'asthme lors de l'augmentation des matières particulaires pendant des incendies de forêt n'est pas significativement différent entre le groupe des adultes (n = 130, âge ≥ 18 ans) et le groupe des enfants (n = 121, âge < 18 ans); mais le risque parmi les adultes est toujours un peu plus élevé. Finalement, une autre étude menée à Sidney, Australie (Smith et collab., 1996), parmi les consultations médicales aux urgences par asthme, rapporte que l'âge moyen des patients pendant la période d'incendie un peu plus élevé que celui du groupe contrôle; cependant, l'étude ne trouve pas d'association significative entre les consultations médicales aux urgences par asthme et la concentration des matières particulaires (mesurée de façon indirecte par néphélobimétrie).

### *2.3.3.4 Les antécédents sanitaires peuvent avoir un effet modulateur sur la morbidité respiratoire liée à la pollution de l'air causée par les incendies de forêt*

Une étude aux États-Unis signale que la prévalence de symptômes respiratoires est plus élevée parmi les enfants avec asthme exposés à la fumée des incendies de forêt (comparée aux enfants sans asthme) (Kunzli et collab., 2006). Une autre étude menée aux États-Unis, parmi un échantillon de résidents d'une réserve indienne exposé à la fumée des incendies de forêt, précise que les personnes ayant des antécédents médicaux (maladie coronarienne, asthme, maladie pulmonaire obstructive chronique ou autre maladie respiratoire) rapportent avoir significativement plus de symptômes respiratoires que les autres personnes de la communauté (Mott et collab., 2002).

### *2.3.3.5 Les mesures prises de façon adéquate pour se protéger de la pollution de l'air pendant les incendies de forêt peuvent moduler les effets respiratoires*

Certaines mesures protectrices peuvent protéger la santé en réduisant l'exposition à la pollution de l'air. Ainsi, la durée d'utilisation de purificateurs d'air avec filtre HEPA (*High Efficiency Particulate Air*) et l'écoute des avis de service public mettant la population en garde contre les incendies de forêt réduisent significativement le risque de maladies respiratoires (Mott et collab., 2002). Par contre, les mêmes auteurs signalent que ni la durée de l'évacuation, ni l'utilisation de masques n'ont d'effet significatif sur les symptômes respiratoires. Concernant l'utilisation de masques, d'une part, on souligne que plus on utilise les masques plus on sort à l'extérieur (Mott et collab., 2002) augmentant ainsi l'exposition aux polluants. D'autre part, il est possible que les masques soient utilisés de façon inadéquate (CDC, 1999), ce qui finalement réduit leur efficacité et expose plus la personne utilisant le masque.

D'autres auteurs signalent, par contre, que l'application de mesures préventives (utilisation d'un masque ou d'un climatiseur, et passer moins de temps à l'extérieur) réduit le risque d'apparition de symptômes respiratoires liés aux incendies de forêt (Kunzli et collab., 2006).

### *2.3.3.6 Les variables socioéconomiques peuvent être des facteurs à considérer dans l'exposition des personnes vulnérables aux incendies de forêt*

Dans des régions où la pauvreté est importante, les incendies de forêt représentent une opportunité économique non négligeable (disponibilité de postes de travail pour lutter contre les incendies) pour la population locale, ce qui peut provoquer une augmentation de l'exposition occupationnelle à la fumée et en conséquence une augmentation du risque sanitaire parmi les personnes vulnérables. Par exemple, dans une étude menée dans une réserve indienne aux États-Unis où le 52 % des ménages est sous le seuil de pauvreté, le pourcentage de personnes avec antécédents médicaux (maladie coronarienne, asthme, maladie pulmonaire obstructive chronique ou autre maladie respiratoire) qui travaillent pour lutter contre les incendies de forêt est similaire à celui des autres personnes de la communauté (Mott et collab., 2002).

### *2.3.3.7 Il est possible que la pollution de l'air causée par les incendies de forêt ait un impact plus important sur la santé respiratoire que la pollution d'autres sources*

Il semble que la pollution de l'air par les incendies de forêt a un impact plus important sur les hospitalisations par maladies respiratoires que la pollution d'autres sources. Une étude australienne signale que lorsque la concentration moyenne de  $PM_{10}$  passe de  $< 15$  à  $> 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à cause des incendies de forêt, l'augmentation du risque d'hospitalisation par maladie respiratoire augmente de 19 %, tandis que l'augmentation est de 13 % seulement lorsque la même augmentation de  $PM_{10}$  est causée par d'autres sources (Chen et collab., 2006). Il est possible que la raison de cette différence réside dans les différentes compositions de  $PM_{10}$  (particulièrement la proportion de  $PM_{2,5}$ ) entre la pollution des incendies de forêt et la pollution d'autres sources (Emmanuel, 2000; Zelikoff et collab., 2002).

### *2.3.3.8 Le lien entre les maladies cardiovasculaires et les incendies de forêt n'est pas significatif*

Les cinq études répertoriées qui ont analysé le lien entre les maladies cardiovasculaires et les incendies de forêt n'ont pas trouvé de liens significatifs.

Une étude canadienne menée en Colombie britannique (Moore et collab., 2006) rapporte que le nombre de visites médicales pour maladies cardiovasculaires pendant l'année des incendies de forêt comparé aux années sans incendies de forêt n'est pas significativement différent. Une autre étude canadienne menée en Saskatchewan (Langford et collab., 2006) signale également qu'il n'y a pas de corrélation entre les hospitalisations par insuffisance cardiaque et les superficies brûlées de plus de 2 km<sup>2</sup>.

Deux études australiennes menées à Darwin (Hanigan et collab., 2008; Johnston et collab., 2007) révèlent qu'il n'y a pas d'association significative entre les hospitalisations par maladies cardiovasculaires et les concentrations des matières particulaires des incendies de forêt. Finalement, une étude menée en Malaisie (Mott et collab., 2005) signale qu'il n'y a pas d'augmentation significative des hospitalisations par maladies cardiorespiratoires, maladies circulatoires et maladies ischémiques cardiaques pendant la période d'incendie de forêt comparée aux périodes sans incendie.

### *2.3.3.9 Les minorités ethniques seraient plus vulnérables aux maladies cardiorespiratoires liées aux incendies de forêt*

En Australie, les aborigènes présentent une augmentation significative du risque d'hospitalisation par infection respiratoire (Hanigan et collab., 2008), par maladie pulmonaire obstructive chronique (Johnston et collab., 2007) et par maladie ischémique cardiaque (Johnston et collab., 2007) associée à l'augmentation de la concentration de PM<sub>10</sub> provoquée par des incendies de forêt. L'association est non significative parmi les non-aborigènes.

Il est possible que cette vulnérabilité des populations aborigènes soit le résultat de plusieurs facteurs inhérents à ce groupe ethnique, tels que la fragilité socioéconomique et le pourcentage élevé de personnes avec des antécédents de maladies cardiorespiratoires (O'Neill et collab., 2003), ainsi que le pourcentage élevé de fumeurs et le taux élevé de personnes avec surpoids (Trewin, 2006).

**Tableau 6 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des incendies de forêt**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Hanigan, I.C., Johnston, F.H., Morgan, G.G. (2008) Vegetation fire smoke, indigenous status and cardio- respiratory hospital admissions in Darwin, Australia, 1996-2005: a time-series study. Environmental Health 7 42.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléas étudiés : incendies de brousse contrôlés, Australie, 1996-2005.</li> <li>Population étudiée : hospitalisations par maladies cardiovasculaires ou problèmes respiratoires, Darwin (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étude à visée étiologique.</li> <li>Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <li>Dossiers médicaux du Northern Territory Department of Health and Community Services (hospitalisations à l'hôpital Royal Darwin - seul hôpital à Darwin);</li> <li>Simulation des concentrations de PM<sub>10</sub> à partir de données sur la visibilité;</li> <li>Bureau de météorologie (humidité relative, température);</li> <li><i>Influenza surveillance system network</i> (consultations médicales pour Influenza).</li> </ul> </li> </ul>	<p>Période étudiée :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1996 à 2005.</li> <li>Dix périodes d'incendies (d'avril à novembre).</li> <li>2 410 jours.</li> <li>Un total de 8 279 admissions.</li> <li>23 % des admissions sont d'aborigènes.</li> <li>Seulement 11 % de la population de la ville de Darwin est aborigène.</li> <li>Concentration journalière moyenne estimée de PM<sub>10</sub> : 21,2 µg/m<sup>3</sup>.</li> <li>Température journalière moyenne : 27,4 °C.</li> <li>Humidité relative journalière moyenne : 65 %.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse de régression (Poisson) du changement du pourcentage du risque relatif d'hospitalisation pour chaque changement de 10 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub> (ajustement pour la température, l'humidité, l'influenza et les jours de congé) : <ul style="list-style-type: none"> <li>Temps de latence = 0 jour Pas de lien significatif pour les hospitalisations par maladies respiratoires, infections respiratoires, asthme, maladies pulmonaires obstructives chroniques, maladies cardiovasculaires et maladies ischémiques cardiaques.</li> <li>Temps de latence = 3 jours Parmi les aborigènes, augmentation significative (p = 0,01) de 15,02 % (IC<sub>95%</sub> : 3,73-27,54) des hospitalisations par infections respiratoires. Association non significative parmi les non-aborigènes (↑ 0,67 %; IC<sub>95%</sub> : -7,55-9,61).</li> <li>En général, parmi les aborigènes, le risque d'hospitalisation par les autres causes est plus élevé, mais non significativement différent, que celui des non-aborigènes.</li> </ul> </li> <li>Commentaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>Biais possible de classification de l'exposition dû au manque des données de la qualité de l'air. Les valeurs de PM<sub>10</sub> ont été obtenues à partir des modélisations basées sur la visibilité.</li> </ul> </li> </ul>

**Tableau 6 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des incendies de forêt (suite)**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Johnston, F.H., Baillie, R.S., et collab. (2007) Ambient biomass smoke and cardio-respiratory hospital admissions in Darwin, Australia. BMC Public Health 7 240.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléas étudiés : incendies de brousse contrôlés, Australie, 2000, 2004 et 2005.</li> <li>Population étudiée : hospitalisations par maladies cardiovasculaires ou problèmes respiratoires, Darwin (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étude à visée étiologique.</li> <li>Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <li>Dossiers médicaux du Northern Territory Department of Health and Community Services (hospitalisations à l'hôpital Royal Darwin - seul hôpital à Darwin);</li> <li>Données propres sur les concentrations de PM<sub>10</sub>;</li> <li>Bureau de météorologie (humidité relative, température);</li> <li>Influenza surveillance <i>system network</i> (consultations médicales pour Influenza).</li> </ul> </li> </ul>	<p>Période étudiée :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Trois saisons d'incendies (d'avril à novembre) 2000, 2004 et 2005 (724 jours).</li> <li>Un total de 2 466 admissions, dont 23 % d'aborigènes (seulement 11 % de la population de la ville de Darwin est aborigène).</li> <li>Concentration journalière 50<sup>e</sup> percentile de PM<sub>10</sub> : 17,4 µg/m<sup>3</sup>.</li> <li>Température journalière 50<sup>e</sup> percentile : 28,9 °C.</li> <li>Humidité relative journalière 50<sup>e</sup> percentile : 67,4 %.</li> <li>Précipitations journalières 50<sup>e</sup> percentile : 0 mm.</li> </ul> <p>Analyse de régression logistique conditionnelle du rapport de cotes (RC) des admissions pour chaque augmentation de 10 µm/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub> (ajustement pour l'âge, le tabagisme, la température, l'humidité, l'influenza, les précipitations et les jours de congé) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Maladies respiratoires : <ul style="list-style-type: none"> <li>Pas d'association significative avec les hospitalisations pour infections respiratoires ou asthme ou maladies respiratoires ou maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC) pour les temps de latence de 0 à 3 jours.</li> <li>Association significative (RC : 1,98; IC<sub>95%</sub> : 1,10-3,59) parmi les aborigènes hospitalisés par MPOC pour un temps de latence de 0 jour.</li> <li>Les RC parmi les aborigènes sont plus élevés, mais non significativement différents que ceux des non-aborigènes pour les temps de latence de 0 à 3 jours.</li> </ul> </li> <li>Maladies cardiovasculaires : <ul style="list-style-type: none"> <li>Pas d'association significative pour les temps de latence de 0 à 3 jours.</li> <li>Association significative (RC : 1,71; IC<sub>95%</sub> : 1,14-2,55) parmi les aborigènes hospitalisés pour maladie ischémique cardiaque pour un temps de latence de 3 jours.</li> <li>Les RC parmi les aborigènes sont plus élevés, mais non significativement différents que ceux des non-aborigènes pour les temps de latence de 0 à 3 jours.</li> </ul> </li> <li>Commentaires : <ul style="list-style-type: none"> <li>La ville de Darwin a une population relativement petite exposée de manière relativement uniforme aux PM d'origine urbaine, ce qui d'une part réduit le risque de biais d'exposition, mais d'une autre part produit des estimations avec des intervalles de confiance de grande taille.</li> <li>Les aborigènes sont probablement plus à risque du fait d'une incidence plus grande de maladies chroniques parmi ce groupe.</li> </ul> </li> </ul>

**Tableau 6 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des incendies de forêt (suite)**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Centers for Disease Control and Prevention (2007) Wildfire-related deaths-Texas, March 12-20, 2006. Morbidity and Mortality Weekly Report 56(30) 757-760.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléas étudiés : incendies de forêt, États-Unis, 2006.</li> <li>Population étudiée : décès, région de Panhandle, Texas (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étude descriptive.</li> <li>Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <li>Journaux;</li> <li>Interviews du personnel des services d'urgences, de justice et de sécurité.</li> </ul> </li> <li>Définitions : <ul style="list-style-type: none"> <li>Décès direct : résultat du contact direct avec l'incendie ou un produit dérivé (p. ex., fumée, air très chaud);</li> <li>Décès indirect : résultat du contact indirect avec un produit dérivé de l'incendie (p. ex., accident de la route causé par une pauvre visibilité provoquée par la présence de fumée).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Du 12 au 20 mars, des incendies brûlent approximativement 4 000 kilomètres (km) carrés de forêt dans la région de Panhandle, Texas. Les incendies ont avancé de 72 km en neuf heures et elles ont été le résultat de la chute des câbles électriques causée par des vents violents (jusqu'à 85 km/h). Les incendies ont affecté neuf comtés et provoqué l'évacuation de huit communautés (4 072 personnes).</li> <li>La région de Panhandle avait subi une période de sécheresse les onze mois précédents, et les cinq derniers mois de sécheresse avaient été classés comme extrêmes par l'<i>U.S. Drought Monitor</i>. Le service national de prédiction, National Weather Service Storm Prediction Center, avait émis un avis de danger critique pour le 8 au 12 mars.</li> <li>Douze décès au total liés aux incendies de forêt (sept directs et cinq indirects), dont huit hommes.</li> <li>Les décès se sont produits dans quatre comtés ruraux dans cinq incidents distincts.</li> <li>Âge des décédés de 14 à 94 ans, médiane 84 ans.</li> <li>Dès douze victimes, onze personnes de la population civile sont décédées dans les sept premières heures après le début des incendies, et l'autre décès était un pompier qui est décédé de ses blessures 27 jours après.</li> <li>Commentaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>Il est probable que certains décès (indirects) se soient produits en dehors de la période d'étude.</li> </ul> </li> </ul>
Chen, L., Verrall, K., Tong, S. (2006) Air particulate pollution due to bushfires and respiratory hospital admissions in Brisbane, Australia. International Journal of Environmental Research 16(3) 181-191.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléas étudiés : incendies de brousse contrôlés, Australie, 1997-2000.</li> <li>Population étudiée : hospitalisations par maladies respiratoires, Brisbane (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étude à visée étiologique.</li> <li>Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <li>Queensland Environmental Protection Agency (PM<sub>10</sub>);</li> <li>Department of Emergency Service (données sur les incendies de forêt);</li> <li>Ministère de la Santé (hospitalisations par maladies respiratoires, influenza exclut);</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Juillet 1997-décembre 2000 (1 280 jours) : <ul style="list-style-type: none"> <li>42 268 hospitalisations par maladies respiratoires.</li> <li>Concentration journalière moyenne de PM<sub>10</sub> = 16,08 µg/m<sup>3</sup>.</li> <li>4 jours avec PM<sub>10</sub> &gt; 50 µg/m<sup>3</sup>.</li> <li>452 jours avec incendies de forêt (35 % du total de jours de la période) : 15 308 hospitalisations par maladies respiratoires (36 % du total) et concentration journalière moyenne de PM<sub>10</sub> = 18,28 µg/m<sup>3</sup>.</li> </ul> </li> <li>Risque relatif (modèle linéaire généralisé avec une distribution binomiale négative) d'hospitalisation par maladies respiratoire lorsque PM<sub>10</sub> &gt; 20 µg/m<sup>3</sup> comparé aux jours avec PM<sub>10</sub> &lt; 15 µg/m<sup>3</sup> pour un temps de latence de 0 jour (ajusté pour la saison, jour de la semaine, les congés, les tendances temporelles et l'influenza) : <ul style="list-style-type: none"> <li>Jours avec incendies : 1,19 (IC<sub>95%</sub> : 1,09-1,30).</li> <li>Jours sans incendies : 1,13 (IC<sub>95%</sub> : 1,06-1,23).</li> </ul> </li> </ul>

**Tableau 6 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des incendies de forêt (suite)**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Chen, L., Verrall, K., Tong, S. (2006) (suite)		- Bureau de météorologie (humidité, température, pluies et vents).	- La pollution des incendies de forêt aurait un impact sur les hospitalisations par maladies respiratoires plus grand que la pollution d'autres sources. - Les risques pour les temps de latence de 1, 3 et 5 jours sont aussi significatifs, mais plus petits que pour le temps de latence de 0 jour. • Commentaire : - Un seul site pour mesurer PM <sub>10</sub> peut fournir des valeurs non représentatives pour toute la ville ou peut sous-estimer les niveaux de pollution.
Johnston, F.H., Webby, R.J., et collab. (2006) Vegetation fires, particulate air pollution and asthma: a panel study in the Australian monsoon tropics, International Journal of Environmental Research, Vol. 16, No. (6), p. 391-404.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aléas étudiés : incendies de brousse contrôlés, Australie, 2004.</li> <li>• Population étudiée : personnes avec asthme, Darwin (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Étude à visée étiologique.</li> <li>• Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Enquête prospective (données démographiques, cliniques, sociales et environnementales);</li> <li>- Sites du Bureau de météorologie (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, concentrations de pollen et spores, température, humidité, précipitations et point de condensation)NT Department of Health and Community Services (consultations médicales pour Influenza).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observation pendant 7 mois (215 jours) : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 251 participants avec asthme, dont 130 adultes et 121 enfants.</li> <li>- 39 % des participants utilise des inhalateurs préventifs.</li> <li>- Valeurs moyennes de PM<sub>10</sub> : 20 µg/m<sup>3</sup> et PM<sub>2,5</sub> : 11 µg/m<sup>3</sup>.</li> <li>- Température maximale moyenne : 31,8 °C.</li> <li>- Température minimale moyenne : 21,3 °C.</li> </ul> </li> <li>• Rapport de cotes (régression par équations d'estimation généralisées) entre les impacts sanitaires liés à l'asthme et des augmentations de PM<sub>10</sub> (↑ 10 µg/m<sup>3</sup>) et PM<sub>2,5</sub> (↑ 5 µg/m<sup>3</sup>) pour un temps de latence de 0 jour (ajusté pour température, humidité, pollen, spores, influenza, autocorrélation des épisodes d'asthme, congés et fin de semaine) : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Devenir symptomatique, PM<sub>10</sub> : RC = 1,24 (IC<sub>95%</sub> : 1,10-1,39).</li> <li>- Devenir symptomatique, PM<sub>2,5</sub> : RC = 1,15 (IC<sub>95%</sub> : 1,07-1,23).</li> <li>- Commencer stéroïdes oraux, PM<sub>10</sub> : RC = 1,54 (IC<sub>95%</sub> : 1,01-2,34).</li> <li>- Commencer stéroïdes oraux, PM<sub>2,5</sub> : RC = 1,31 (IC<sub>95%</sub> : 1,03-1,66).</li> <li>- Commencer traitement pour soulager des symptômes, PM<sub>2,5</sub> : RC = 1,12 (IC<sub>95%</sub> : 1,03-1,21).</li> <li>- Nombre moyen de jours avec symptômes PM<sub>10</sub> : RC = 1,02 (IC<sub>95%</sub> : 1,00-1,03).</li> <li>- Nombre moyen de jours avec traitement pour soulager des symptômes PM<sub>10</sub> : RC = 1,02 (IC<sub>95%</sub> : 1,00-1,30).</li> <li>- Le risque n'est pas significativement différent entre le groupe des adultes et celui des enfants, mais celui des adultes est toujours un peu plus élevé.</li> <li>- Pas d'association avec : asthme induit par l'exercice, attaques d'asthme, absences au travail ou à l'école causées par l'asthme, consultations médicales pour asthme.</li> <li>- Pour des temps de latence d'un jour, les associations avec « devenir symptomatique » (PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub>) et « commencer traitement pour soulager des symptômes » (PM<sub>2,5</sub>) sont significatives. Pour des temps de latence de 2 à 5 jours, aucune association n'est significative. Données non montrées.</li> </ul> </li> </ul>

**Tableau 6 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des incendies de forêt (suite)**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Johnston, F.H., Webby, R.J., et collab. (2006) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Commentaires : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les impacts sanitaires sont représentatifs d'une exposition faible liée aux incendies de brousse contrôlés visant la prévention des incendies de brousse de plus grande ampleur.</li> <li>- Période d'étude courte : 7 mois. Le niveau de pollution était bas pendant l'étude en raison de conditions météorologiques inhabituelles.</li> </ul> </li> </ul>
Kunzli, N., Avol, E., et collab. (2006) Health effects of the 2003 Southern California wildfires on children. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine 174(11) 1221-1228.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aléas étudiés : incendies de forêt, États-Unis, 2003.</li> <li>• Population étudiée : étudiants de secondaire (<i>high school</i>) (17 et 18 ans) et primaire (6 et 7 ans) de seize communautés de Californie participantes à la <i>California Children's Health Study</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Étude à visée étiologique.</li> <li>• Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>California Children's Health Study</i> (données démographiques);</li> <li>- Questionnaire postal (exposition à la présence subjective d'odeur de fumée des incendies de forêt, problèmes de santé et mesures de protection prises);</li> <li>- Source non fournie (valeurs mesurées et estimations de PM<sub>10</sub>).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incendies de forêt octobre 2003 : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les vents secs et chauds de Santa Ana ont favorisé les incendies.</li> <li>- Affectent six comtés du sud de la Californie.</li> <li>- Superficie brûlée de 3 100 km<sup>2</sup> et destruction de 3 640 maisons.</li> </ul> </li> <li>• Questionnaires postaux (première vague : novembre et décembre 2003; deuxième vague : premiers six mois 2004) sur la période de deux semaines des incendies de forêt d'octobre 2003 : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Première vague : 2 624 répondants; deuxième vague : 1 985.</li> <li>- La prévalence de symptômes respiratoires est plus élevée parmi les enfants avec asthme (comparée aux enfants sans asthme).</li> <li>- La prévalence de médication et visites médicales est plus élevée parmi les enfants de primaire (comparée aux enfants plus vieux).</li> </ul> </li> <li>• Valeurs moyennes de PM<sub>10</sub> (des cinq jours les plus pollués pour les incendies en 2003, et pour la période 1992-2003), valeurs mesurées et estimées dans les seize communautés : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2003 : les valeurs varient de 30 à 252 µg/m<sup>3</sup>.</li> <li>- 1992-2003 : les valeurs varient de 14 à 66 µg/m<sup>3</sup>.</li> <li>- La moyenne par communauté de jours de présence subjective d'odeur de fumée des incendies de forêt et la moyenne communautaire de cinq jours de PM<sub>10</sub> sont fortement liées (r = 0,81).</li> </ul> </li> <li>• Rapport de cotes (RC) entre des impacts sanitaires et le nombre de jours de présence subjective d'odeur de fumée à l'intérieur des maisons : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Présence subjective de fumée de plus de 5 jours : tous les symptômes respiratoires sont significativement associés (p &lt; 0,05).</li> <li>- Présence subjective de fumée de 1 à 5 jours : tous les symptômes respiratoires sont significativement associés (p &lt; 0,05) (à l'exception des attaques d'asthme et bronchites), mais les RC sont plus petits.</li> <li>- La médication, les visites médicales et manquer l'école sont aussi significativement (p &lt; 0,05) associés à un ou plus jours de présence subjective d'odeur de fumée.</li> </ul> </li> </ul>

**Tableau 6 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des incendies de forêt (suite)**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Kunzli, N., Avol, E., et collab. (2006) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> <li>• RC des impacts sanitaires et la valeur moyenne par communauté de PM<sub>10</sub> des 5 jours les plus pollués pendant les incendies en 2003 :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Picotements et irritations oculaires, écoulement nasal et toux sèche, ainsi que la médication, sont significativement associés (<math>p &lt; 0,05</math>) aux valeurs de PM<sub>10</sub>.</li> </ul> </li> <li>• L'étude suggère que l'application de mesures préventives (utilisation d'un masque ou d'un climatiseur, et passer moins de temps à l'extérieur) réduit le risque de symptômes respiratoires de façon importante.</li> <li>• Commentaires :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Étude écologique.</li> <li>- Biais de rappel et classification (valeurs estimées de PM<sub>10</sub>) possibles.</li> </ul> </li> </ul>
Langford, L., Wittrock, V., et collab. (2006) Relationships of forest, climate wildfires and respiratory ailments in Northern Saskatchewan. Saskatoon, Saskatchewan Research Council, 146 p.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aléas étudiés : incendies de forêt, Canada, 1981-2003.</li> <li>• Population étudiée : hospitalisations par maladies cardiorespiratoires, régions sanitaires Keewatin Yatthé, Mamawetan Churchill River et Athabasca, Saskatchewan (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Étude descriptive.</li> <li>• Sources de données :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Saskatchewan Health</i> (données de population, hospitalisations);</li> <li>- Environment Canada et <i>Fire Management and Forest Protection Branch, Saskatchewan Environment</i> (température, précipitations, vitesse et direction des vents, données des incendies de forêt).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il n'y a pas de corrélation (analyse de série chronologique) entre les hospitalisations annuelles standardisées (âge) par maladies cardiorespiratoires (maladie pulmonaire obstructive chronique, pneumoconioses et autres maladies respiratoires, et insuffisance cardiaque) et les superficies brûlées de plus de 2 km<sup>2</sup> (<math>r = -0,0663</math>).</li> <li>• Commentaires :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- On n'a pas analysé les données des urgences, ce qui empêche d'avoir de l'information sur les effets sanitaires moins sévères qui ne nécessitent pas d'hospitalisation.</li> <li>- Les évacuations peuvent avoir modifié le lien étudié.</li> <li>- Les populations peuvent être exposées à la fumée de façon dépendamment de la direction des vents.</li> <li>- Faible puissance de détection de l'étude (très petite population sur un vaste territoire).</li> </ul> </li> </ul>

**Tableau 6 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des incendies de forêt (suite)**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Moore, D., Copes, R., et collab. (2006) Population health effects of air quality changes due to forest fires in British Columbia in 2003: estimates from physician-visit billing data, Canadian Journal of Public Health, Vol. 97, No. (2), p. 105-108.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléas étudiés : incendies de forêt, Canada, 2003.</li> <li>Population étudiée : consultations médicales pour maladies cardiorespiratoires, deux communautés (Kelowna et Kamloops) de la Colombie britannique (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étude à visée étiologique</li> <li>Sources de données :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>British Columbia Ministry of Water, Land and Air Protection (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>);</li> <li>Medical Services Plan (consultations médicales).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incendies de forêt 2003 :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Kelowna : incendies de forêt du 16 août au 29 septembre, 259 km<sup>2</sup> brûlés, pics de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> (250 et 200 µg/m<sup>3</sup> respectivement) au sixième jour après le début des incendies, ces valeurs restent élevées (PM<sub>2,5</sub> &gt; 10 µg/m<sup>3</sup>) jusqu'au 12 septembre.</li> <li>Kamloops : incendies de forêt du 30 juillet au 15 septembre, 264 km<sup>2</sup> brûlés, pics de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> (150 et 140 µg/m<sup>3</sup> respectivement) au dixième jour après le début des incendies, ces valeurs restent élevées (PM<sub>2,5</sub> &gt; 10 µg/m<sup>3</sup>) jusqu'au 8 septembre.</li> </ul> </li> <li>Analyse des consultations médicales hebdomadaires en 2003 comparées aux consultations moyennes de 1993 à 2002 :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>À Kelowna, le nombre de consultations médicales pour maladies respiratoires augmente significativement pendant les deuxième (↑ 46 %, p = 0,003), quatrième (↑54 %, p &lt; 0,001) et cinquième (↑78 %, p &lt; 0,001) semaines après le début des incendies.</li> <li>À Kelowna, les visites médicales pour maladies cardiovasculaires ont aussi augmenté significativement dans certaines semaines en 2003, mais ces augmentations se sont présentées avant, durant et après les incendies de forêt, donc elles ne semblent pas liées aux incendies.</li> <li>À Kamloops les consultations médicales pour maladies respiratoires et pour maladies cardiovasculaires ne changent pas significativement.</li> </ul> </li> <li>Commentaires :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>L'étude n'a pas tenu compte des données historiques de la qualité de l'air afin de voir si les données de l'étude sont dues seulement aux incendies de forêt.</li> <li>Divers autres limites méthodologiques peuvent expliquer l'absence d'augmentation des consultations médicales à Kamloops.</li> </ul> </li> </ul>

**Tableau 6 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des incendies de forêt (suite)**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Vedal, S., Dutton, S.J. (2006) Wildfire air pollution and daily mortality in a large urban area. <i>Environmental Research</i> 102(1) 29-35.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléas étudiés : incendies de forêt, États-Unis, 2002.</li> <li>Population étudiée : décès, Denver, Colorado (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étude descriptive.</li> <li>Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Colorado Health Information Dataset</i> (mortalité);</li> <li>- <i>Air Pollution Control Division</i> (PM, CO).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Des incendies de forêt au sud-ouest de Denver ont provoqué une augmentation importante des concentrations de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> le 9 et le 18 juin 2002 : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 9 juin <ul style="list-style-type: none"> <li>Pics horaires de PM<sub>10</sub> de 372 µg/m<sup>3</sup> et de PM<sub>2,5</sub> de 200 µg/m<sup>3</sup>, d'une durée de 4 à 5 heures.</li> <li>Concentration moyenne de 24 heures de PM<sub>10</sub> de 91 µg/m<sup>3</sup> et de PM<sub>2,5</sub> de 44 µg/m<sup>3</sup>.</li> </ul> </li> <li>- 18 juin <ul style="list-style-type: none"> <li>Pics horaires de PM<sub>10</sub> de 316 µg/m<sup>3</sup> et de PM<sub>2,5</sub> de 200 µg/m<sup>3</sup>, d'une durée de 4 à 5 heures.</li> <li>Concentration moyenne de 24 heures de PM<sub>10</sub> de 88 µg/m<sup>3</sup> et de PM<sub>2,5</sub> de 48 µg/m<sup>3</sup>.</li> </ul> </li> <li>- La fraction de PM<sub>2,5</sub> dans PM<sub>10</sub> est plus élevée pendant ces deux jours que dans les autres jours de juin.</li> </ul> </li> <li>Le 9 et le 18 juin, des pics de température (≈ 29 et ≈ 28 °C respectivement) et de CO (2,1 et 3 parties par million respectivement) ont aussi été répertoriés.</li> <li>Le nombre de décès journaliers par causes non accidentelles et par causes cardiorespiratoires pour le 9 et le 18 juin montre des petits pics, mais ces pics ne sont pas inhabituels pour le mois de juin.</li> <li>Le nombre de décès journaliers n'a pas changé dans les jours après les pics de PM.</li> <li>L'analyse des changements horaire des concentrations de PM et de décès montre qu'il n'y a pas d'augmentation importante de décès dans les heures suivantes les pics des PM.</li> <li>L'évolution du nombre de décès de deux villes contrôle (sans exposition à la fumée d'incendies de forêt) pour le mois de juin 2002 et de Denver pour le mois de juin 2001 (sans exposition à la fumée d'incendies de forêt), est similaire à celui de Denver pour le mois de juin 2002.</li> <li>Commentaires : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les petits pics de mortalité du 9 et 18 juin peuvent aussi être liés à l'augmentation de la température ou du CO de ces jours.</li> <li>- Les auteurs signalent qu'il est possible que l'augmentation des concentrations de PM pour des périodes courtes (4 à 5 heures) n'ait pas d'effet sur la mortalité.</li> </ul> </li> </ul>

**Tableau 6 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des incendies de forêt (suite)**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Vedal, S., Dutton, S.J. (2006) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les auteurs signalent aussi qu'il est probable que les habitants de Denver aient pris de mesures pour réduire l'exposition aux PM en restant chez eux et en utilisant, par exemple, des climatiseurs.</li> </ul>
Mott, J.A., Mannino, D.M., et collab. (2005) Cardiorespiratory hospitalizations associated with smoke exposure during the 1997, Southeast Asian forest fires. International Journal of Hygiene and Environmental Health 208(1-2) 75-85.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aléas étudiés : incendies de forêt, Indonésie, 1997.</li> <li>• Population étudiée : hospitalisations, Kuching, Sarawak, Malaisie (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Étude à visée étiologique.</li> <li>• Sources de données : - Sarawak Health Department (hospitalisations de sept hôpitaux).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incendies en Indonésie, août à octobre, 1997 : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pays affectés par la pollution : la Malaisie, Singapour, la Thaïlande, Brunei et les Philippines.</li> <li>- Le 22 septembre 1997, à Kuching, capitale de l'état de Sarawak, la concentration de PM<sub>10</sub> de 24 heures montre un pic de 852 µg/m<sup>3</sup>.</li> </ul> </li> <li>• Analyse descriptive en comparant les hospitalisations pendant la période des incendies (1997) et celles de la période sans incendie (1995, 1996 et 1998) : <ul style="list-style-type: none"> <li>- ↑ 50 % des hospitalisations par maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC) parmi le groupe de 40 à 64 ans.</li> <li>- ↑ 42 % des hospitalisations par MPOC parmi le groupe de 65 ans et plus.</li> <li>- ↑ 83 % des hospitalisations par asthme parmi le groupe de 40 à 64 ans.</li> <li>- ↑ 22 % des hospitalisations par asthme parmi le groupe de 19 à 39 ans.</li> </ul> </li> <li>• Analyse de séries chronologiques : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Asthme : le nombre d'hospitalisations pendant le mois d'octobre 1997 (255) est significativement plus élevé que les hospitalisations attendues (152 – 250) (calculées à partir des hospitalisations du 1<sup>er</sup> janvier 1995 au 31 juillet 1997 – période sans incendies - ajusté pour la saison). Cette augmentation est plus importante pour le groupe d'âge de 40 à 64 ans, chez qui l'augmentation est significative pour les mois d'août à octobre, 1997.</li> <li>- Maladie pulmonaire obstructive chronique et maladie respiratoire en général : comportements similaires aux hospitalisations pour asthme.</li> <li>- Pas d'augmentation significative des hospitalisations par maladies cardiorespiratoires, circulatoires et maladies ischémiques cardiaques.</li> </ul> </li> <li>• Analyse de survie : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les personnes de 65 ans et plus hospitalisées pour toute cause ou pour de problèmes cardiorespiratoires avant les incendies sont plus à risque de ré-hospitalisation (p = 0,015) pendant la période d'incendies de forêt (11,2 %) que pendant les années 1995 et 1996, sans incendies de forêt (9,4 %).</li> <li>- Les personnes de 65 ans et plus hospitalisées par MPOC avant les incendies sont plus à risque de ré-hospitalisation et de décès (p = 0,047) pendant la période d'incendies de forêt (14,0 %) que pendant les années 1995 et 1996, sans incendies de forêt (9,7 %).</li> </ul> </li> </ul>

**Tableau 6 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des incendies de forêt (suite)**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Mott, J.A., Mannino, D.M., et collab. (2005) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Commentaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les auteurs signalent que les personnes de plus de 65 ans avec des antécédents cardiorespiratoires devraient être identifiées pour prioriser des interventions préventives lors des incendies de forêt.</li> </ul> </li> </ul>
Sutherland, E.R., Make, B.J., et collab. (2005) Wildfire smoke and respiratory symptoms in patients with chronic obstructive pulmonary disease, <i>Journal of Allergy and Clinical Immunology</i> , Vol. 115, No. (2), p. 420-422.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aléas étudiés : incendies de forêt, États-Unis, 2002.</li> <li>• Population étudiée : patients avec maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC), Denver, Colorado (≥ 40 ans).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Étude à visée étiologique.</li> <li>• Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Interview téléphonique (symptômes respiratoires);</li> <li>- <i>Air Pollution Control Division station</i> (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et CO<sub>2</sub>).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incendie dans la zone sud-ouest de Denver, du 8 juin au 18 juillet 2002 : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Superficie brûlée : 557 km<sup>2</sup>.</li> </ul> </li> <li>• Du 8 juin au 29 juin 2002 (22 jours) : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 21 patients avec MPOC interviewés, dont 62 % hommes.</li> <li>- 2 jours avec pics de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et CO<sub>2</sub> = « jours pics » (9 juin et 18 juin).</li> <li>- PM<sub>2,5</sub> jours pics : 63 µg/m<sup>3</sup>; jours non-pics : 14 µg/m<sup>3</sup> (p = 0,03).</li> <li>- PM<sub>10</sub> jours pics : 89 µg/m<sup>3</sup>; jours non-pics : 40 µg/m<sup>3</sup> (p = 0,03).</li> <li>- CO (partie par million) jours pics : 0,96; jours non-pics : 0,67 (p = 0,05).</li> </ul> </li> <li>• Des symptômes respiratoires sont significativement plus sévères dans les jours pics que dans les jours non-pics (p = 0,002). La sévérité des symptômes revient à la normale le jour après les pics.</li> <li>• Commentaires : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de données objectives d'obstruction pulmonaire.</li> <li>- Pas de données sur l'utilisation du tabac et sur le temps passé à l'extérieur.</li> </ul> </li> </ul>
Yadav, A.K., Kumar, K., et collab. (2003) Visibility and incidence of respiratory diseases during the 1998 haze episode in Brunei Darussalam, <i>Pure and Applied Geophysics</i> , Vol. 160, No. (1-2), p. 265-277.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aléas étudiés : incendies de forêt, Brunei, 1998.</li> <li>• Population étudiée : hospitalisations, Brunei (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Étude à visée étiologique.</li> <li>• Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Site de l'aéroport (PM<sub>10</sub>, humidité, CO et visibilité);</li> <li>- <i>Outpatient Department records</i> (maladies respiratoires).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incendies de forêt de février à avril 1998.</li> <li>• Données sur les PM<sub>10</sub> : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Données disponibles du 7 avril au 31 décembre 1998.</li> <li>- Pic de ± 1 900 µg/m<sup>3</sup> le mois d'avril et de ± 300 µg/m<sup>3</sup> le mois de mai.</li> <li>- Comportement journalier : les concentrations de PM<sub>10</sub> commencent à augmenter à partir de 2 h jusqu'à un maximum à 8 h, puis commencent à descendre jusqu'à un minimum à 15 h, où elles restent stables pour plusieurs heures.</li> </ul> </li> <li>• Visibilité : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Coefficient de corrélation de Pearson – PM<sub>10</sub> : -0,31 (p &lt; 0,05).</li> <li>- Coefficient de corrélation de Pearson – Humidité relative : -0,58 (p &lt; 0,05).</li> <li>- Analyse de variance (modèle de régression) indique que PM<sub>10</sub> et l'humidité relative expliquent 44 % de la visibilité.</li> <li>- Quand les concentrations de PM<sub>10</sub> et l'humidité relative sont élevées, la visibilité est moindre.</li> </ul> </li> </ul>

**Tableau 6 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des incendies de forêt (suite)**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Yadav, A.K., Kumar, K., et collab. (2003) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lien entre les PM<sub>10</sub> et les consultations pour maladies respiratoires : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Il existe une corrélation significative (<math>p &lt; 0,001</math>) entre les consultations médicales pour asthme et pour infections respiratoires aiguës et influenza, et les PM<sub>10</sub>, pour les temps de latence de 0 à 2 jours, mais les valeurs les plus significatives sont celles du temps de latence d'un jour : asthme = 0,788 et infections respiratoires aiguës et influenza = 0,816.</li> <li>- Les diagrammes de dispersion montrent que les valeurs de PM<sub>10</sub> au-dessus 50 µg/m<sup>3</sup>, sont associées au nombre de consultations médicales pour bronchites et infections respiratoires aiguës et influenza avec beaucoup moins de dispersion que les valeurs au-dessous.</li> <li>- Les analyses de régression canonique montrent que les consultations médicales pour asthme et infections respiratoires aiguës et influenza sont expliquées de façon satisfaisante (valeur propre = 0,74) par les PM<sub>10</sub> et le CO.</li> </ul> </li> </ul>
Johnston, F.H., Kavanagh, A.M., et collab. (2002) Exposure to bushfire smoke and asthma: an ecological study. Medical Journal of Australia 176(11) 535-538.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aléas étudiés : incendies de brousse contrôlés, Australie, 2000.</li> <li>• Population étudiée : consultations médicales, Darwin (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Étude à visée étiologique.</li> <li>• Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Département d'urgences du Royal Darwin Hospital (consultations médicales pour asthme);</li> <li>- Site de surveillance : (PM<sub>10</sub>).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Période d'étude du 1<sup>er</sup> avril au 31 octobre 2000 : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentration moyenne de 24 h de PM<sub>10</sub> : 20,84 µg/m<sup>3</sup> (IC<sub>95%</sub> : 20,30-21,38). Étendue : 2,0 à 70 µg/m<sup>3</sup>. À six reprises la concentration moyenne de 24 h de PM<sub>10</sub> a dépassé 50 µg/m<sup>3</sup>.</li> <li>- 265 consultations médicales pour asthme.</li> </ul> </li> <li>• Lien entre les PM<sub>10</sub> et les consultations médicales pour asthme : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le test de tendance montre une augmentation significative des consultations médicales (rapport de proportions = 1,20; IC<sub>95%</sub> : 1,09-1,34) pour chaque augmentation de 10 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub> (ajusté pour influenza et fin de semaine).</li> <li>- Le diagramme de dispersion montre qu'à partir de 20 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub>, le nombre de consultations médicales commence à augmenter de façon linéaire.</li> <li>- Lorsque le PM<sub>10</sub> est analysé en catégories, les rapports de proportions pour les consultations médicales sont significatifs seulement pour des valeurs de PM &gt; 40 µg/m<sup>3</sup> (comparés à ceux de PM &lt; 10 µg/m<sup>3</sup>) et pour tous les temps de latence analysés (de 0 à 5 jours). Les effets sur les consultations médicales sont plus importants pour le temps de latence de 5 jours (2,56; IC<sub>95%</sub> : 1,60-4,09).</li> </ul> </li> <li>• Commentaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de données sur le pollen et les moisissures.</li> </ul> </li> </ul>

**Tableau 6 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des incendies de forêt (suite)**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Mott, J.A., Meyer, P., et collab. (2002) Wildland forest fire smoke: health effects and intervention evaluation, Hoopa, California, 1999. Western Journal of Medicine 176(3) 157-162.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléas étudiés : incendies de forêt, États-Unis, 1999.</li> <li>Population étudiée : échantillon de résidents de la réserve indienne Hoopa Valley, Californie (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étude à visée étiologique.</li> <li>Sources de données :               <ul style="list-style-type: none"> <li>Enquête communautaire – 1999 (données démographiques, prise de mesures de protection contre la pollution de l'air, symptômes respiratoires);</li> <li>Dossiers médicaux de centres de santé locaux (consultations médicales externes par problèmes respiratoires; 1998 et 1999);</li> <li>Source non fournie pour les concentrations hebdomadaires de PM<sub>10</sub> de 1998 et 1999.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incendie de forêt du 23 août au 3 novembre 1999, près de la réserve indienne.</li> <li>Consultations médicales par problèmes respiratoires du 14 août au 4 novembre, 1999 versus 1998 (période sans incendies) :               <ul style="list-style-type: none"> <li>Augmentation de 52 % du nombre des consultations médicales dans la période de fumée (1999) comparée à la période sans fumée (1998).</li> </ul> </li> <li>Concentrations hebdomadaires de PM<sub>10</sub> du 14 août au 4 novembre, 1999 versus 1998 (période sans incendie) :               <ul style="list-style-type: none"> <li>Concentrations plus élevées en 1999 qu'en 1998.</li> <li>La semaine du 26 septembre 1999 le PM<sub>10</sub> &gt; 150 µg/m<sup>3</sup>, et la semaine du 17 octobre 1999 &gt; 350 µg/m<sup>3</sup>.</li> <li>Pendant la même période en 1998, la concentration de PM<sub>10</sub> n'a jamais dépassé 50 µg/m<sup>3</sup>.</li> </ul> </li> <li>Survey, 289 personnes interviewées, dont 92 avec antécédents médicaux (maladie coronarienne, asthme, maladie pulmonaire obstructive chronique ou autre maladie respiratoire) :               <ul style="list-style-type: none"> <li>52 % de ménages sous le seuil de pauvreté.</li> <li>Plus de 60 % des répondants rapporte une augmentation des symptômes respiratoires pendant la période de l'incendie.</li> <li>Les personnes avec antécédents rapportent significativement plus de symptômes respiratoires que les autres personnes de la communauté.</li> <li>Le pourcentage de personnes avec antécédents qui travaillent pour un salaire pour lutter contre les incendies est le même à celui des autres personnes.</li> </ul> </li> <li>Analyse bivariée (corrélation de Pearson) entre les consultations médicales par maladies respiratoires et les valeurs de PM<sub>10</sub> :               <ul style="list-style-type: none"> <li>1998 : r = -0,63.</li> <li>1999 : r = 0,74. Le nombre de consultations médicales de 1999 montre une corrélation positive avec les concentrations de PM<sub>10</sub>.</li> </ul> </li> </ul>

**Tableau 6 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des incendies de forêt (suite)**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Mott, J.A., Meyer, P., et collab. (2002) (suite)			<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse (régression logistique) de risque de symptômes respiratoires selon les mesures de protection prises : <ul style="list-style-type: none"> <li>- La durée de l'utilisation de purificateurs d'air avec filtre HEPA est significativement associée avec une diminution de risque de problèmes respiratoires (RC = 0,54) (relation dose-réponse).</li> <li>- Les répondants se rappelant des Avis de service public sont moins à risque de rapporter une aggravation des symptômes respiratoires que ceux qui ne se rappellent pas (RC = 0,25).</li> <li>- La durée de l'évacuation et l'utilisation d'un masque ne changent pas le risque de symptômes respiratoires (données non montrées).</li> </ul> </li> </ul>
Sastry, N. (2002) Forest fires, air pollution, and mortality in southeast Asia. <i>Demography</i> 39(1) 1-23.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléas étudiés : incendies de forêt, Asie, 1997.</li> <li>Population étudiée : décès, Kuala Lumpur, Malaisie (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étude à visée étiologique.</li> <li>Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fichier de statistiques vitales de Malaisie (mortalité) ;</li> <li>- Malaysian Meteorological Bureau (qualité de l'air);</li> <li>- <i>U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration's Global Weather Station Database</i> (données climatiques).</li> </ul> </li> <li>Définitions : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exposition : une analyse exploratoire montre que l'effet le plus élevé sur la mortalité est associé à une concentration de <math>PM_{10} &gt; 210 \mu g/m^3</math>.</li> </ul> </li> </ul>	<p>D'avril à novembre 1997 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La fumée des incendies de forêt en Indonésie couvre pendant plusieurs mois le Sud-est asiatique (Indonésie, Malaisie, Singapour, Brunei, Thaïlande et Philippines). Surface brûlée : 46 500 km<sup>2</sup>.</li> <li>Origine : des petits incendies provoqués pour éliminer la végétation et favoriser les cultures subséquentes.</li> <li>Les incendies se sont produits particulièrement dans la période sèche de juillet à octobre avec une prédominance de vents faibles du sud-est.</li> <li>Les incendies ne se sont éteints qu'avec l'arrivée de la saison de pluies.</li> </ul> <p>Kuala Lumpur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1996-1997 : la concentration journalière moyenne de <math>PM_{10}</math> est 64,2 <math>\mu g/m^3</math>, et plusieurs jours ont présenté une concentration &gt; de 150 <math>\mu g/m^3</math>.</li> <li>Dans la deuxième moitié de 1997 les valeurs journalières de <math>PM_{10}</math> sont plus élevées que dans la première moitié, avec un pic &gt; de 400 <math>\mu g/m^3</math>.</li> </ul> <p>Analyse de régression (Poisson) du risque relatif de la mortalité journalière pour des concentrations de <math>PM_{10} &gt; 210 \mu g/m^3</math> (temps de latence = 1 jour) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tous âges : <ul style="list-style-type: none"> <li>- décès toutes causes : 1,192 (<math>p &lt; 0,10</math>);</li> <li>- décès par causes non traumatiques : 1,187 (<math>p &lt; 0,10</math>).</li> </ul> </li> <li>65 à 74 ans : <ul style="list-style-type: none"> <li>- décès toutes causes : 1,556 (<math>p &lt; 0,05</math>);</li> <li>- décès par causes non traumatiques : 1,697 (<math>p &lt; 0,05</math>).</li> </ul> </li> <li>Pour les groupes d'âge &lt; 1, 1 à 64 et &gt; 74 ans, le risque est non significatif.</li> </ul>

**Tableau 6 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des incendies de forêt (suite)**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Sastry, N. (2002) (suite)		-	<p>Analyse des temps de latence :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dans la majorité des cas, le meilleur temps de latence (<math>p &lt; 0,05</math>) pour évaluer les effets de la pollution de l'air est 1 jour (mortalité toutes causes et par causes non traumatiques). Cette augmentation de la mortalité au jour 1 est suivie d'une diminution de la mortalité au jour 2.</li> <li>• Pour les personnes âgées de 65 à 74 ans le temps de latence va jusqu'à 4 et 5 jours (mortalité toutes causes et par causes non traumatiques respectivement) pour une valeur <math>p &lt; 0,05</math>, et jusqu'à 18 jours (mortalité par causes non traumatiques) pour une valeur <math>p &lt; 0,10</math>.</li> <li>• Il existe un déplacement de la mortalité liée aux incendies de forêt (effet moisson), mais il n'est pas possible d'estimer la magnitude du déplacement. Ce déplacement est de court terme pour le groupe de tous âges, mais de quelques semaines pour le groupe de 65 à 74 ans.</li> <li>• Commentaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les auteurs signalent que la mortalité peut être considérée comme un indicateur sentinelle pour les autres effets liés, mais non mesurés (p. ex., les maladies) de la pollution de l'air.</li> </ul> </li> </ul>
Emmanuel, S.C. (2000) Impact to lung health of haze from forest fires: the Singapore experience. <i>Respirology</i> 5(2) 175-182.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aléas étudiés : incendies de forêt, Indonésie, 1997.</li> <li>• Population étudiée : consultations médicales, hospitalisations, blessés et décès, Singapour (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Étude descriptive</li> <li>• Sources de données : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ministère de l'Environnement (<math>PM_{10}</math>, <math>PM_{2,5}</math>, <math>SO_2</math>, <math>NO_x</math>, <math>CO</math>, <math>O_3</math>, humidité, température, vitesse de vents)</li> <li>- Ministère de la Santé – consultations médicales, urgences et hospitalisations.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incendies en Indonésie, août à octobre, 1997 : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pays affectés par la pollution : la Malaisie, Singapour, la Thaïlande, Brunei et les Philippines.</li> <li>- À Singapour, en août et novembre, les concentrations de <math>PM_{10}</math> ont passé des valeurs qui normalement fluctuent de 30 à 50 <math>\mu g/m^3</math>, à des valeurs de 60 à 100 <math>\mu g/m^3</math>. Pas d'augmentation des autres polluants.</li> <li>- Les <math>PM_{10}</math> étaient constituées à 94 % de <math>PM_{2,5}</math>.</li> </ul> </li> <li>• Lorsque les valeurs de <math>PM_{10}</math> passent de 50 à 150 <math>\mu g/m^3</math>, <ul style="list-style-type: none"> <li>- Augmentation significative des consultations médicales pour des cas des voies respiratoires supérieures = 12 %, asthme = 19 % et rhinites = 26 %;</li> <li>- Augmentation des consultations médicales aux urgences des maladies et symptômes reliés à la fumée des incendies de forêt;</li> <li>- Pas d'augmentation des hospitalisations ou décès.</li> </ul> </li> </ul>

**Tableau 6 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des incendies de forêt (suite)**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Jalaludin, B., Smith, M., et collab. (2000) Acute effects of bushfires on peak expiratory flow rates in children with wheeze: a time series analysis. Australian and New Zealand Journal of Public Health 24(2) 174-177.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléas étudiés : incendies de forêt, Australie, 1994.</li> <li>Population étudiée : participants à enquête de six écoles, Sydney (enfants).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étude à visée étiologique</li> <li>Sources de données :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Six sites de surveillance (PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, humidité, température) ;</li> <li>Données d'enquête des enfants de six écoles primaires avec histoire de respiration sifflante (débit expiratoire de pointe).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Janvier 1994 :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>La concentration journalière maximale de PM<sub>10</sub> (mesurée du 1 au 31 janvier) commence à augmenter le 7 janvier, présente un pic (210 µg/m<sup>3</sup>) le 13 janvier et reprend les valeurs normales pour janvier et février (≈ 35 µg/m<sup>3</sup>) le 15 janvier.</li> <li>32 enfants recrutés du 6 au 12 janvier.</li> <li>Âge moyen = 9,2 ans.</li> <li>19 garçons.</li> </ul> </li> <li>Analyse de l'association (régression par équations d'estimation généralisées) entre le débit expiratoire de pointe et les valeurs journalières moyennes de PM<sub>10</sub> (ajusté pour la période d'incendie, la médication reçue, les tendances temporelles, la température, l'humidité, le nombre d'heures passées à l'extérieur, le pollen et l'alternaria). L'alternaria est un champignon impliqué dans des allergies respiratoires :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Pas d'association significative pour les temps de latence de 0 à 4 jours.</li> </ul> </li> <li>Commentaires :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>L'échantillon de seulement 32 enfants n'est probablement pas suffisamment grand pour détecter des effets.</li> <li>Le comportement des enfants (p. ex., rester à l'intérieur pour éviter l'exposition) n'a pas été mesuré.</li> </ul> </li> </ul>

**Tableau 6 Résumé des études portant sur les conséquences sanitaires des incendies de forêt (suite)**

Références	Aléas et populations	Méthodologie	Résultats et commentaires
Smith, M.A., Jalaludin, B., et collab. (1996) Asthma presentations to emergency departments in western Sydney during the January 1994 Bushfires. International Journal of Epidemiology 25(6) 1227-1236.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléas étudiés : incendies de forêt, Australie, 1994.</li> <li>Population étudiée : consultations médicales pour asthme, Sydney (tous âges).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Étude à visée étiologique.</li> <li>Sources de données :               <ul style="list-style-type: none"> <li>Cinq sites de surveillance de la NSW Environmental Protection Authority (PM<sub>10</sub>, ozone, NO<sub>2</sub>, humidité, température, vitesse des vents, pression barométrique, précipitations);</li> <li>Consultations médicales aux urgences de sept hôpitaux publics (asthme).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Périodes à l'étude :               <ul style="list-style-type: none"> <li>T1 : du 17 décembre 1992 au 31 janvier 1993 (période contrôle) – nombre moyen de consultations médicales journalières = 14,1; âge moyen des patients = 17,3 ans (écart type = 19,1).</li> <li>T2 : du 17 décembre 1993 au 31 janvier 1994 – nombre moyen de consultations médicales journalières = 10,7; âge moyen des patients = 22,9 ans (écart type = 21,7).</li> <li>Période d'incendie : du 7 au 14 janvier 1994 (valeurs maximales horaires de PM<sub>10</sub> varient de 232 à 250 µg/m<sup>3</sup>); âge moyen des patients = 25,5 ans (écart type = 21,3).</li> </ul> </li> <li>Analyse de l'association (régression de Poisson) entre les valeurs de PM<sub>10</sub> (néphélométrie) et les consultations médicales aux urgences par asthme, pour des temps de latence de 0, 1 et 2 jours (ajusté pour température, humidité, vitesse des vents, pression barométrique, précipitations) :               <ul style="list-style-type: none"> <li>Pas d'association significative (p &gt; 0,01) pour toutes les périodes à l'étude.</li> </ul> </li> <li>Analyse de différence de proportions des consultations médicales aux urgences par asthme entre la période d'incendie et les autres périodes :               <ul style="list-style-type: none"> <li>Pas de différence significative (p &gt; 0,05).</li> </ul> </li> <li>Commentaires :               <ul style="list-style-type: none"> <li>Mesure indirecte des particules suspendues dans l'air (néphélométrie).</li> <li>Autres facteurs qui potentiellement pourraient moduler l'exposition, tel que le temps passé à l'extérieur, ou l'impact sur la santé, tel que la prise de médicaments contre l'asthme, n'ont pas été pris en compte dans les analyses.</li> </ul> </li> </ul>



## CONCLUSION

### LA Foudre

Le recensement des publications portant sur la foudre a été effectué à l'aide des bases de données MEDLINE et *Web of Science*. Parmi les 535 publications repérées, onze études, toutes descriptives, ont été retenues, dont trois menées au Canada.

Les trois études canadiennes ont utilisé comme sources des données, les certificats de décès, les rapports des coroners, les données de l'Institut canadien d'information sur la santé, la base de données Factiva sur les rapports médiatiques canadiens et les bases de données en ligne des journaux communautaires. Il est à signaler que la Base de données canadienne sur les désastres, qui se base sur l'information des journaux et des médias, n'inclut pas spécifiquement des données sur la foudre.

La sous-déclaration semble être monnaie courante dans les bases de données sur les impacts sanitaires de la foudre, spécialement dans le cas des blessures. Dans le but de réduire les risques face à la foudre, les programmes d'information pour le grand public devraient être conçus pour développer le niveau de sensibilisation et de réaction communautaire. La population devrait être éduquée sur les façons d'éviter des situations et des pratiques qui la rendent vulnérable face à la foudre. Mais, avant d'éduquer la population, il est nécessaire de mieux comprendre les situations et les pratiques qui augmentent le risque devant la foudre. Pour ce faire, il est nécessaire de développer des bases de données sur les décès et les blessures liés à la foudre. Les certificats de décès et les données d'hospitalisation peuvent être une excellente source pour la préparation de telles bases. L'information médiatique peut s'avérer également une source importante de données sur les situations et les pratiques à risque.

La foudre a une importance relative, en ce qui concerne le nombre de décès, parmi les phénomènes climatiques convectifs; elle occupe le deuxième rang, entre 1965 à 1994 aux États-Unis, dans la liste de décès causés par les aléas météorologiques (Curran et collab., 2000). La victime type des foudroiements est un jeune adulte de sexe masculin se trouvant à l'extérieur lors des activités de loisir ou de travail, dans un après-midi d'une fin de semaine d'été.

Le tableau 7 présente quelques suggestions d'indicateurs aux fins de veille et de surveillance liés à la foudre. Certains des indicateurs proposés concernent les conséquences sanitaires liées à la foudre, et d'autres sont propres à l'aléa : la foudre.

**Tableau 7 Indicateurs proposés aux fins de veille et de surveillance des conséquences sanitaires liées à la foudre**

Indicateurs	Vigie	Surveillance
<b>Effets sanitaires :</b>		
• décès des personnes frappées par la foudre	√	√
• décès causés par la chute d'objets provoquée par la foudre	√	√
• décès par incendies causés par la foudre	√	√
• blessures des personnes frappées par la foudre	√	√
• blessures causées par la chute d'objets provoquée par la foudre	√	√
• blessures par incendies causés par la foudre	√	√
• facteurs temporels (p. ex., heure et date du décès ou d'admission)		√
<b>L'aléa :</b>		
• température	√	√
• sévérité de l'orage	√	
• facteurs temporels (p. ex. : date, heure et durée de l'événement)	√	√
• lieu de l'aléa	√	√
<b>Le milieu de vie des victimes :</b>		
• région de résidence (rurale, urbaine : îlot de chaleur)	√	√
<b>Mesures protectrices :</b>		
• temps passé à l'extérieur		√
• lieu et activité au moment du décès ou de la blessure	√	√
<b>Le socioculturel et le socioéconomique</b>		
• travail à l'extérieur		√
• proportion d'immigrants		√
• langue parlée et comprise		√
<b>La démographie :</b>		
• âge	√	√
• sexe	√	√
• ethnicité		√

## LES INCENDIES DE FORÊT

Le recensement des publications portant sur les incendies de forêt a été effectué à l'aide des bases de données MEDLINE et *Web of Science*. Parmi les 981 publications repérées, 18 études ont été retenues, dont deux menées au Canada.

Les deux études canadiennes (Langford et collab., 2006; Moore et collab., 2006) ont analysé le lien entre les incendies et certaines maladies cardio-respiratoires. Elles se sont fondées sur les données des archives des hospitalisations ou de consultations externes ainsi que sur les données des concentrations des matières particulaires du ministère de l'Environnement de la Saskatchewan et de la Colombie Britannique, et sur les données d'aire brûlée du *Fire Management and Forest Protection Branch*, du ministère de l'Environnement de la Saskatchewan.

La majorité des études sont à visée étiologique (14), mais elles ont une portée limitée notamment en raison du devis écologique majoritairement utilisé. Malgré ces limites, ces études ont permis d'identifier divers problèmes de santé associés aux incendies de forêt et mieux comprendre le lien entre les conséquences sanitaires et les incendies de forêt.

La plupart des études repérées signalent un lien significatif entre les maladies respiratoires et les incendies de forêt; par contre, le lien avec les maladies cardiovasculaires n'a pas été établi.

Le nombre des décès directs liés aux incendies de forêt est peu important au Canada. Depuis 1938, quelques pompiers y ont perdu la vie, mais on ne déplore aucune perte dans la population civile (Environnement Canada, 2008). Concernant les décès indirects, les trois études repérées qui traitent du sujet n'ont pas trouvé de lien significatif avec les incendies de forêt dans la population générale; mais une des études a trouvé un lien significatif parmi les personnes de 65 à 74 ans seulement (Sastry, 2002). Il est possible qu'une augmentation soudaine et brève des concentrations de  $PM_{10}$  liées aux incendies de forêt n'ait pas d'effet sur la mortalité ou que la composition chimique de la fumée des incendies de forêt soit moins toxique (présence de métaux ou proportion de  $PM_{2,5}$ ) que la fumée des incendies d'origines différentes (Vedal et Dutton, 2006).

En Australie, les aborigènes semblent être plus vulnérables aux maladies cardiorespiratoires liées aux incendies de forêt que la population non-aborigène (Hanigan et collab., 2008; Johnston et collab., 2007).

Le tableau 8 présente quelques suggestions d'indicateurs aux fins de veille et de surveillance des conséquences sanitaires liées aux incendies de forêt. Certains des indicateurs proposés concernent les conséquences sanitaires des incendies de forêt, et d'autres sont propres à l'aléa.

**Tableau 8 Indicateurs proposés aux fins de veille et de surveillance des conséquences sanitaires liées aux incendies de forêt**

Indicateurs	Vigie	Surveillance
<b>Effets sanitaires :</b>		
• mortalité toutes causes	√	√
• mortalité par causes respiratoires	√	√
• maladies respiratoires		√
• admissions à l'urgence	√	√
• admissions à l'hôpital	√	√
• transports ambulanciers	√	√
• facteurs temporels (p. ex., date du décès ou d'admission)		√
<b>L'aléa :</b>		
• précipitations (sécheresse)	√	√
• température	√	√
• pollution de l'air (PM <sub>10</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> )	√	√
• détection de la foudre	√	√
• vitesse et direction des vents	√	√
• facteurs temporels (p. ex., date du début et durée)	√	√
• lieu de l'incendie	√	√
<b>Le milieu de vie :</b>		
• région de résidence	√	√
<b>Mesures protectrices :</b>		
• sortie à l'extérieur		√
• temps passé à l'extérieur		√
<b>Le socioculturel et le socioéconomique</b>		
• travail à l'extérieur		√
<b>La démographie :</b>		
• âge	√	√
• sexe	√	√
• ethnicité		√
<b>La morbidité préexistante :</b>		
• principaux problèmes de santé chroniques (se référer aux effets sanitaires présentés ci-avant dans le tableau)	√	√

## RÉFÉRENCES

- Adekoya, N., Nolte, K.B. (2005) Struck-by-lightning deaths in the United States, *Journal of Environmental Health*, vol. 67, n° (9), p. 45-50.
- Ashley, W.S. (2007) Spatial and temporal analysis of tornado fatalities in the United States: 1880-2005. *Weather and Forecasting* 22 1214-1228.
- Ashley, W.S., Gilson, C.W. (2009) A Reassessment of U.S. Lightning Mortality. *Bulletin of the American Meteorological Society* 90(10) 1501-1518.
- Bains, N., Hoey, J. (1998) Before lightning strikes, *Canadian Medical Association Journal*, vol. 159, n° 2, p. 163.
- Bélanger, D., Gosselin, P., et collab. (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 le 25 mars 2010.
- Bernard, P.M., Lapointe, C. (1987) Mesures statistiques en épidémiologie. Presses de l'Université du Québec, Québec, 328 p.
- Berry, P., McBean, G., Séguin, J. (2008) Vulnérabilités aux dangers naturels et aux conditions météorologiques extrêmes. Santé Canada. Santé et changement climatiques : Évaluation des vulnérabilités et de la capacité d'adaptation au Canada. Chapitre 3, 80 p.
- Blumenthal, R. (2005) Lightning fatalities on the South African Highveld: a retrospective study for the period 1997 to 2000, *American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, vol. 26, n° (1), p. 66-69.
- 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](http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl_cesd_200812_02_f_31819.html). Consulté le 25 mars 2010.
- Burnett, R.T., Brook, J., et collab. (2000) Association between particulate- and gas-phase components of urban air pollution and daily mortality in eight Canadian cities, *Inhal.Toxicol.*, vol. 12 (supplément 4), p. 15-39.
- Cabane, J. (1998) Conséquences multisystémiques du coup de foudre chez l'homme, *Revue de Médecine Interne*, vol. 19, n° (supplément 2), p. 239-242.
- Cazabon, S., Dabbs, T.R. (2000) Lightning-induced cataract, *Eye*, vol. 14, n° (Pt 6), p. 903-904.
- Centers for Disease Control and Prevention (1998) Lightning-associated deaths: United States, 1980-1995. *Morbidity and Mortality Weekly Report* 47(19) 391-394.

- Centers for Disease Control and Prevention (1999) NIOSH TB Respiratory Protection Program In Health Care Facilities Administrator's Guide. Atlanta: US Department of Health and Human Services. Accessible au : <http://www.cdc.gov/niosh/docs/99-143/>. Consulté le 26 avril 2010.
- Centers for Disease Control and Prevention (2006) Mortality associated with hurricane Katrina-Florida and Alabama, august-October 2005. *Morbidity and Mortality Weekly Report* 55(09) 239-242.
- Centers for Disease Control and Prevention (2007) Wildfire-related deaths-Texas, March 12-20, 2006. *Morbidity and Mortality Weekly Report* 56(30) 757-760.
- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (2008) Emergency Events Database: Activities: other data resources: national. Accessible au : [http://www.emdat.be/Activities/other\\_data\\_national.html](http://www.emdat.be/Activities/other_data_national.html). Consulté le 13 novembre 2008.
- Chen, L., Verrall, K., Tong, S. (2006) Air particulate pollution due to bushfires and respiratory hospital admissions in Brisbane, Australia. *International Journal of Environmental Research* 16(3) 181-191.
- Cherington, M. (1995) Central nervous system complications of lightning and electrical injuries, *Seminars in Neurology*, vol. 15, n° 3, p. 233-240.
- Cherington, M. (2003) Neurologic manifestations of lightning strikes, *Neurology*, vol. 60, n° 2, p. 182-185.
- Cherington, M., Walker, J., et collab. (1999) Closing the gap on the actual numbers of lightning casualties and deaths. 11<sup>th</sup> Conf on Applied Climatology, Dallas, TX, Amer. Meteorological Soc. p 379-380.
- Coates, L., Blong, R., Siciliano, F. (1993) Lightning fatalities in Australia, 1824-1991, *Natural Hazards*, vol. 8, n° 3, p. 217-233.
- Cooper, M.A. (1980) Lightning injuries: prognosis signs for death, *Annals of Emergency Medicine*, vol. 9, n° 3, p. 134-138.
- Cooper, M.A. (1998) Disability, not death is the main problem with lightning injury. From and address presented at the NWA Annual Meeting, Oklahoma City, Oklahoma, October 1998. Accessible au : <http://www.uic.edu/labs/lightninginjury/Disability.pdf>.
- Cooper, M.A., Andrews, C.J., Holle, R.L. (2001) Lightning injuries. Chapter 3. Auerbach P (Ed): *Wilderness Medicine*, 4<sup>th</sup> Ed., CV Mosby.
- Cooray, V., Cooray, C., Andrews, C.J. (2007) Lightning caused injuries in humans, *Journal of Electrostatics*, vol. 65, n° 5-6, p. 386-394.
- Curran, E.B., Holle, R.L., Lopez, R.E. (2000) Lightning casualties and damages in the United States from 1959 to 1994, *Journal of Climate*, vol. 13, n° 19, p. 3448-3464.
- Dinakaran, S., Desai, S.P., Elsom, D.M. (1998) Telephone-mediated lightning injury causing cataract, *Injury*, vol. 29, n° 8, p. 645-646.

- Dixsaut, G. (2005) Vague de chaleur et climatisation : Revue bibliographique. *Bise* 16(3) 1-12.
- Dominici, F., Zeger, S.L. (2000) A measurement error model for time-series studies of air pollution and mortality. *Biostatistics* 1(2) 157-175.
- Duclos, P.J., Sanderson, L.M. (1990) An epidemiological description of lightning-related deaths in the United States, *International Journal of Epidemiology*, vol. 19, n° 3, p. 673-679.
- Duclos, P.J., Sanderson, L.M., Klontz, K.C. (1990) Lightning-related mortality and morbidity in Florida, *Public Health Reports*, vol. 105, n° 3, p. 276-282.
- Duff, K., McCaffrey, R.J. (2001) Electrical injury and lightning injury: a review of their mechanisms and neuropsychological, psychiatric, and neurological sequelae, *Neuropsychology Review*, vol. 11, n° 2, p. 101-116.
- Éditeur officiel du Québec (2010) 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](http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/S_2_2/S2_2.html). Consulté le 25 mars 2010.
- Edlich, R.F., Fairholt, H.-M.A., et collab. (2005) Modern concepts of treatment and prevention of lightning injuries, *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants*, vol. 15, n° 2, p. 185-196.
- Elsom, D.M. (2001) Deaths and injuries caused by lightning in the United Kingdom: analyses of two databases, *Atmospheric Research*, vol. 56, n° 1-4, p. 325-334.
- Emmanuel, S.C. (2000) Impact to lung health of haze from forest fires: the Singapore experience. *Respirology* 5(2) 175-182.
- Environnement Canada (2000) dans Bulletin Science et Environnement, septembre-octobre 2000. Accessible au : [http://www.ec.gc.ca/science/sandesept00/article6\\_f.html](http://www.ec.gc.ca/science/sandesept00/article6_f.html). Consulté le 5 novembre 2008.
- Environnement Canada (2003a) Points chauds de la foudre : accueil. Accessible au : [http://www.msc-smc.ec.gc.ca/education/lightning/index\\_f.html](http://www.msc-smc.ec.gc.ca/education/lightning/index_f.html). Consulté le 17 juin 2008.
- Environnement Canada (2003b) Points chauds de la foudre : carte des "points chauds" du Canada. Accessible au : [http://www.msc-smc.ec.gc.ca/education/lightning/hot\\_f.html](http://www.msc-smc.ec.gc.ca/education/lightning/hot_f.html). Consulté le 16 juin 2008.
- Environnement Canada (2003c) Points chauds de la foudre : fréquence dans les principales villes canadiennes. Accessible au : [http://www.msc-smc.ec.gc.ca/education/lightning/cities\\_f.html](http://www.msc-smc.ec.gc.ca/education/lightning/cities_f.html). Consulté le 18 juin 2008.
- Environnement Canada (2004a) Feux de forêt. Accessible au : <http://atlas.nrcan.gc.ca/site/francais/maps/environment/forest/forestdisturb/forestfire/1>. Consulté le 16 juin 2008.
- Environnement Canada (2004b) Foudre. Accessible au : <http://www.mb.ec.gc.ca/air/summersevere/ae00s19.fr.html>. Consulté le 5 mai 2010.

- Environnement Canada (2008) Feux de forêt. Accessible au : [http://atlas.nrcan.gc.ca/site/francais/maps/environnement/naturalhazards/forest\\_fires/1](http://atlas.nrcan.gc.ca/site/francais/maps/environnement/naturalhazards/forest_fires/1). Consulté le 16 juin 2008.
- Flannigan, M.D., Logan, K.A., et collab. (2005) Future area burned in Canada. *Climatic Change* 72(1-2) 1-16.
- Gourbière, E. (2008) Foudre et pathologies liées à la foudre. Accessible au : <http://www.lafoudre.com/gourbiere/patho.htm>. Consulté le 12 novembre 2008.
- Greenough, G., McGeehin, M.A., et collab. (2001) The potential impacts of climate variability and change on health impacts of extreme weather events in the United States, *Environmental Health Perspectives*, vol. 109, n° (supplement 2), p. 191-198.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2007) Impacts, adaptation et vulnérabilité - Changements climatiques 2007 - Résumé à l'intention des décideurs. Accessible au : <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-spm-fr.pdf>. Consulté le 23 mai 2008.
- Grover, S., Goodwin, J. (1995) Lightning and electrical injuries: neuro-ophthalmologic aspects, *Seminars in Neurology*, vol. 15, n° 4, p. 335-341.
- Hanigan, I.C., Johnston, F.H., Morgan, G.G. (2008) Vegetation fire smoke, indigenous status and cardio-respiratory hospital admissions in Darwin, Australia, 1996-2005: a time-series study. *Environmental Health* 7 42.
- Holle, R.L. (2008) Annual rates of lightning fatalities by country. 20<sup>th</sup> International Lightning Detection Conference, 21-23 April, Tucson, Arizona, USA.
- Holle, R.L., Lopez, R.E., Navarro, B. (2005) Deaths, injuries, and damages from lightning in the United States in the 1890s in comparison with the 1990s, *Journal of Applied Meteorology*, vol. 44, n° 10, p. 1563-1573.
- Hunt, L. (2000) Ocular injuries induced by lightning, *Insight*, vol. 25, n° 2, p. 59-60.
- Institut de Prévention des Sinistres Catastrophiques (2008) Comprendre le phénomène des feux de forêt. Accessible au : <http://www.iclr.org/french/hazards/feux.htm>. Consulté le 20 juin 2008.
- Jalaludin, B., Smith, M., et collab. (2000) Acute effects of bushfires on peak expiratory flow rates in children with wheeze: a time series analysis. *Australian and New Zealand Journal of Public Health* 24(2) 174-177.
- Janssen, N.A., Schwartz, J., et collab. (2002) Air conditioning and source-specific particles as modifiers of the effect of PM(10) on hospital admissions for heart and lung disease, *Environmental Health Perspectives*, vol. 110, n° 1, p. 43-49.
- Johnston, F.H., Bailie, R.S., et collab. (2007) Ambient biomass smoke and cardio-respiratory hospital admissions in Darwin, Australia. *BMC Public Health* 7 240.
- Johnston, F.H., Kavanagh, A.M., et collab. (2002) Exposure to bushfire smoke and asthma: an ecological study. *Medical Journal of Australia* 176(11) 535-538.

- Johnston, F.H., Webby, R.J., et collab. (2006) Vegetation fires, particulate air pollution and asthma: a panel study in the Australian monsoon tropics, *International Journal of Environmental Research*, vol. 16, n° 6, p. 391-404.
- Kleinschmidt-DeMasters, B.K. (1995) Neuropathology of lightning-strike injuries, *Seminars in Neurology*, vol. 15, n° 4, p. 323-328.
- Kuhn, K., Campbell-Lendrum, D., et collab. (2005) Using climate to predict infectious disease epidemics. World Health Organization Geneve 54 p. Accessible au : <http://www.who.int/globalchange/publications/infectdiseases/en/index.html>. Consulté le 25 mars 2010.
- Kunzli, N., Avol, E., et collab. (2006) Health effects of the 2003 Southern California wildfires on children. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 174(11) 1221-1228.
- Lagrèze, W.-D.A., Bömer, T.G., Aiello, L.P. (1995) Lightning-induced ocular injury, *Archives of Ophthalmology*, vol. 113, n° 8, p. 1076-1077.
- Langford, L., Wittrock, V., et collab. (2006) Relationships of forest, climate wildfires and respiratory ailments in Northern Saskatchewan. Saskatoon, Saskatchewan Research Council, 146 p. Accessible au : [http://adaptation.nrcan.gc.ca/projdb/pdf/103a\\_e.pdf](http://adaptation.nrcan.gc.ca/projdb/pdf/103a_e.pdf). Consulté le 27 avril 2010.
- Lewis, A.M.E. (1997) Understanding the principles of lightning injuries, *Journal of Emergency Nursing*, vol. 23, n° 6, p. 535-541.
- Lopez, R.E., Holle, R.L. (1998) Changes in the number of lightning deaths in the United States during the twentieth century, *Journal of Climate*, vol. 11, n° 8, p. 2070-2077.
- López, R.E., Holle, R.L. (1995) Demographics of lightning casualties. *Seminars in Neurology* 15(3) 286-295.
- López, R.E., Holle, R.L. (1996) Fluctuations of lightning casualties in the United States: 1959-1990. *Journal of Climate* 9 608-615.
- López, R.E., Holle, R.L. (1998) Changes in the number of lightning deaths in the United States during the twentieth century. *Journal of Climate* 11(8) 2070-2077.
- López, R.E., Holle, R.L., et collab. (1993) The underreporting of lightning injuries and deaths in Colorado. *Bulletin of the American Meteorological Society* 74(11) 2171-2178.
- Maghsoudi, H., Adyani, J., Ahmadian, N. (2007) Electrical and lightning injuries, *Journal of Burn Care & Research*, vol. 28, n° 2, p. 255-261.
- 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 25 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](http://www.hydro.mb.ca/francais/your_home/home_comfort/ps_portable_electric_heaters.pdf). Consulté le 25 mars 2010.

- Mills, B., Unrau, D., et collab. (2008) Assessment of lightning-related fatality and injury risk in Canada, *Natural Hazards*, vol. 47, n° 2, p. 157-183.
- Moore, D., Copes, R., et collab. (2006) Population health effects of air quality changes due to forest fires in British Columbia in 2003: estimates from physician-visit billing data, *Canadian Journal of Public Health*, vol. 97, n° 2, p. 105-108.
- Morgan, M.G., Sheppard, V., et collab. (2006) The effects of bushfire smoke on daily mortality and hospital admissions in a major city [abstract]. *Epidemiology* 17(6) S160.
- Morin, M. (2008) Concepts de base en sécurité civile. Accessible au : <http://www.securitepublique.gouv.qc.ca/index.php?id=1264>. Consulté le 09 juin 2010.
- Mott, J.A., Mannino, D.M., et collab. (2005) Cardiorespiratory hospitalizations associated with smoke exposure during the 1997, Southeast Asian forest fires. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 208(1-2) 75-85.
- Mott, J.A., Meyer, P., et collab. (2002) Wildland forest fire smoke: health effects and intervention evaluation, Hoopa, California, 1999. *Western Journal of Medicine* 176(3) 157-162.
- Naeher, L., Brauer, M., et collab. (2007) Woodsmoke health effects: a review. *Inhalation Toxicology* 19(1) 67-106.
- National Library of Medicine (2008) Fact Sheet: Medical Subject Headings (Mesh®). Accessible au : <http://www.nlm.nih.gov/pubs/factsheets/mesh.html>. Consulté le 25 mars 2010.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (2007) Storm data publication: preliminary. National Climatic data Center Accessible au : <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/sd/>. Consulté le 6 novembre 2008.
- Nguyen, B.H., MacKay, M., et collab. (2004) Epidemiology of electrical and lightning related deaths and injuries among Canadian children and youth, *Injury Prevention*, vol. 10, n° 2, p. 122-124.
- Norman, M.E., Albertson, D., Younge, B.R. (2001) Ophthalmic manifestations of lightning strike, *Survey of Ophthalmology*, vol. 46, n° 1, p. 19-24.
- O'Keefe Gatewood, M., Zane, R.D. (2004) Lightning injuries, *Emergency Medicine Clinics of North America*, vol. 22, n° 2, p. 369-403.
- O'Neill, M.S., Jerrett, M., et collab. (2003) Health, wealth , and air pollution: advancing theory and methods. *Environmental Health Perspectives* 111(16) 1861-1870.
- Okafor, U.V. (2005) Lightning injuries and acute renal failure: a review, *Renal Failure*, vol. 27, n° 2, p. 129-134.

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](http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/A62/A62_11-fr.pdf). Consulté le 25 mars 2010.

Organisation mondiale de la Santé (2009b) Heat-waves: risks and responses, Health and Global Environmental Change, Series. Accessible au : <http://www.euro.who.int/document/e82629.pdf?language=French>. Consulté le 25 mars 2010.

Organisation mondiale de la Santé (2010) International Classification of Diseases (ICD). Accessible au : <http://www.who.int/classifications/icd/en/index.html>. Consulté le 25 mars 2010.

Patz, J.A., McGeehin, M.A., et collab. (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* 108(4) 367-376.

Ressources naturelles Canada (2009) Atlas du Canada. Accessible au : <http://atlas.nrcan.gc.ca/site/francais/maps/environment/naturalhazards/naturalhazards1999/majortornadoes/referencesandlinks.html>. Consulté le 25 mars 2010.

Ritenour, A.E., Morton, M.J., et collab. (2008) Lightning injury: a review, *Burns*, vol. 34, n° 5, p. 585-594.

Rittmaster, R., Adamowicz, W., et collab. (2006) Economic analysis of health effects from forest fires. *Canadian Journal of Forest Research* 36(4) 868-877.

Rose, L.S., Stallins, J.A., Bentley, M.L. (2008) Concurrent cloud-to-ground lightning and precipitation enhancement in the Atlanta, Georgia (United States), urban region. *Earth Interactions* 12(11) 1-30.

Rothman, K.J., Greenland, S. (1998) *Modern Epidemiology*. Lippincott-Raven Publishers, USA, 737 p.

Ruiz Ruiz, F.J., Ruiz Laiglesia, F.J., et collab. (2002) Cardiac injury after indirect lightning strike, *Revista Española de Cardiología*, vol. 55, n° 7, p. 768-770.

Santé Canada (2010) Objectifs nationaux de qualité de l'air ambiant quant aux matières particulaires - Sommaire : Sources. Accessible au : [http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/air/naaqo-onqaa/particulate\\_matter\\_matiere\\_particulaires/summary-sommaire/sources-fra.php](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/air/naaqo-onqaa/particulate_matter_matiere_particulaires/summary-sommaire/sources-fra.php). Consulté le 13 avril 2010.

Sastry, N. (2002) Forest fires, air pollution, and mortality in southeast Asia. *Demography* 39(1) 1-23.

Schwartz, J. (1994) Air pollution and daily mortality: a review and meta analysis. *Environmental Research* 64(1) 36-52.

- 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 25 mars 2010.
- Shearman, K., Ojala, C.F. (1999) Some causes for lightning data inaccuracies: the case of Michigan, *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 80, n° 9, p. 1883-1891.
- Smith, M.A., Jalaludin, B., et collab. (1996) Asthma presentations to emergency departments in western Sydney during the January 1994 Bushfires. *International Journal of Epidemiology* 25(6) 1227-1236.
- Sutherland, E.R., Make, B.J., et collab. (2005) Wildfire smoke and respiratory symptoms in patients with chronic obstructive pulmonary disease, *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, vol. 115, n° 2, p. 420-422.
- Tornado and Storm Research Organisation (2008) Lightning impacts division. Accessible au : <http://www.torro.org.uk/TORRO/research/lightning.php>. Consulté le 12 novembre 2008.
- Trewin, D. (2006) National aboriginal and Torres strait islander health survey, 2004-05. Australian Bureau of Statistics Canberra, Australia Accessible au : [http://www.ausstats.abs.gov.au/ausstats/subscriber.nsf/0/B1BCF4E6DD320A0BCA25714C001822BC/\\$File/47150\\_2004-05.pdf](http://www.ausstats.abs.gov.au/ausstats/subscriber.nsf/0/B1BCF4E6DD320A0BCA25714C001822BC/$File/47150_2004-05.pdf). Consulté le 13 avril 2010.
- Vedal, S., Dutton, S.J. (2006) Wildfire air pollution and daily mortality in a large urban area. *Environmental Research* 102(1) 29-35.
- Wetli, C.V. (1996) Keraunopathology: an analysis of 45 fatalities, *American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, vol. 17, n° 2, p. 89-98.
- Wilkinson, P., Landon, M., et collab. (2001) Cold comfort: The social and environmental determinants of excess winter deaths in England, 1986-1996. The Policy Press UK 24 pages.
- Yadav, A.K., Kumar, K., et collab. (2003) Visibility and incidence of respiratory diseases during the 1998 haze episode in Brunei Darussalam, *Pure and Applied Geophysics*, vol. 160, n°s 1-2, p. 265-277.
- Zelikoff, J.T., Chen, L.C., et collab. (2002) The toxicology of inhaled woodsmoke. *Journal of Toxicology & Environmental Health: Part B* 5(3) 269-282.





*Institut national  
de santé publique*

Québec 