

**GÉRER L'OFFRE, MAIS AUSSI LA DEMANDE :  
UNE POLITIQUE PUBLIQUE FAVORABLE À LA SANTÉ**

Mémoire national de santé publique

présenté à la Commission de l'économie et du travail  
dans le cadre de la consultation publique sur la sécurité  
et l'avenir énergétiques au Québec

par monsieur Alain Poirier  
Directeur national de santé publique

Janvier 2005

## TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION .....	3
ÉNERGIE ET SANTÉ : UN LIEN ÉTROIT .....	4
PRINCIPES GUIDANT L'APPRÉCIATION DES RISQUES À LA SANTÉ .....	6
PRIORITÉS DE LA SANTÉ PUBLIQUE EN MATIÈRE D'ÉNERGIE .....	7
BILAN ÉNERGÉTIQUE ACTUEL : QUELQUES CONSTATS .....	7
AGIR SUR LA DEMANDE : L'INFLÉCHIR ET L'ORIENTER .....	8
AGIR SUR L'OFFRE : PRIVILÉGIER DES CHOIX SANTÉ .....	10
RÉDUIRE LA FILIÈRE THERMIQUE .....	10
Les énergies fossiles (hydrocarbures) .....	10
Le nucléaire .....	16
MAINTENIR ET DÉVELOPPER LES ÉNERGIES RENOUVELABLES .....	16
L'hydroélectricité .....	16
L'énergie éolienne .....	18
L'énergie solaire .....	18
La biomasse .....	19
Les carburants verts et l'hydrogène .....	20
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....	22
ANNEXE .....	24

## INTRODUCTION

Le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) et son réseau de santé publique participent depuis plusieurs années à divers travaux touchant le dossier énergétique au Québec. Lors du dernier débat public sur l'énergie il y a dix ans, le réseau de santé publique avait ainsi pris position et défendu des choix énergétiques durables et sains pour la santé et le développement des collectivités<sup>1</sup>.

Que ce soit lors de sa production ou de son utilisation, outre ses bénéfices, l'énergie peut constituer une menace pour l'environnement, la santé et la sécurité de la population. La principale menace découle de la pollution atmosphérique associée au transport et à la production d'énergie utilisant des combustibles fossiles. De fait, la détérioration de la qualité de l'air causée par l'émission de polluants dans l'atmosphère constitue une préoccupation particulière. Le gouvernement l'a d'ailleurs souligné dans sa Politique de la santé et du bien-être en 1992. Ainsi, le MSSS et son réseau doivent s'associer au mouvement pour le développement durable qui préconise une exploitation des ressources et un développement économique compatibles avec la protection et la promotion d'environnements sains et sécuritaires pour le bénéfice des générations actuelles et futures<sup>2</sup>. D'autre part, nous ne pouvons ignorer les menaces à la santé et à la sécurité des individus d'un approvisionnement énergétique déficient ou inopérant. Les événements extrêmes vécus en 1998 (tempête du verglas) par la population québécoise conditionnent aussi notre réflexion dans le cadre du débat actuel.

Dans une optique de santé publique, nous devons nous assurer que les orientations de développement énergétique soient les plus favorables à la protection de la santé de la population, et ce, dans une perspective globale. Compte tenu de l'évolution du contexte mondial tant dans ses aspects politique, scientifique et environnemental, celui-ci module obligatoirement nos choix énergétiques actuels et futurs. Il en va ainsi de la mondialisation des questions environnementales, qui est aujourd'hui un considérant important dans toute réflexion sur l'avenir énergétique des communautés.

La tribune qui nous est offerte aujourd'hui permet donc au réseau de santé publique, à son directeur national et à ses directeurs régionaux, de soumettre sa réflexion et quelques recommandations sur les choix énergétiques que le Québec pourrait faire, de même que les avenues qu'il pourrait prendre pour renforcer sa sécurité énergétique dans une perspective de protection et d'amélioration de la santé publique.

---

<sup>1</sup> Marcel BÉLANGER, Benoit GIRARD et Pierre GOSSELIN, *L'énergie et la santé publique au Québec*, Mémoire, Comité de santé environnementale du Québec, 1995, 48 p.

<sup>2</sup> Ministère de la Santé et des Services sociaux, *La politique de la santé et du bien-être*, [En ligne], Québec, Ministère de la Santé et des Services sociaux, 1998, 192p.,  
[<http://www.wpp01.msss.gouv.qc.ca/appl/h33/fichiers/PSBE.pdf>].

## ÉNERGIE ET SANTÉ : UN LIEN ÉTROIT

La relation énergie et santé est aux yeux de tous, indissociable. Il ne peut y avoir de santé et de bien-être sans énergie suffisante et les avantages de son utilisation l'emportent généralement sur les inconvénients liés à sa production.

Au Québec, nous disposons de différentes formes d'énergie permettant de répondre de façon optimale à nos besoins de chauffage, de transport, de production industrielle et autres. Toutefois, une rupture en alimentation d'énergie des foyers québécois peut avoir des répercussions importantes sur la morbidité et la mortalité de la population. Les pannes majeures d'approvisionnement en électricité à l'hiver 1998, dans le sud-ouest québécois, et celle plus récente au mois d'août 2003, en Ontario et dans le nord-est des États-Unis, ont permis de mesurer l'ampleur de ces effets.

- En 1998, une tempête de pluie verglaçante s'abat durant 5 jours sur une grande partie du nord-est de l'Amérique du Nord détruisant des réseaux de distribution d'électricité. Pénurie d'eau potable, rationnement de l'essence, des milliers de personnes évacuées et 21 décès au Québec seulement<sup>3</sup>.
- Au mois d'août 2003, la panne d'électricité qui est survenue dans le nord-est des États-Unis ainsi qu'une partie de l'Ontario a touché quelques 50 millions de personnes<sup>4</sup>. Lors de cette panne électrique, qui a duré jusqu'à 4 jours, au 8 huit décès attribuables à celle-ci sont rapportés à Ottawa, au Connecticut et dans la ville de New York.

D'autre part, les préoccupations environnementales, au regard des dommages causés par la chaîne énergétique, ont mis en exergue les risques pour l'environnement et la santé publique associés aux combustibles fossiles et les difficultés rattachées à la production de l'énergie nucléaire à l'égard de ses déchets. Les impacts sanitaires associés au secteur de l'énergie se font de plus en plus sentir à l'échelle de la planète, pensons aux répercussions causées par les gaz à effet de serre (GES) et leur contribution aux changements climatiques mondiaux. De plus, les impacts environnementaux et sanitaires locaux et régionaux associés à certaines formes d'énergie, comme les hydrocarbures, sont bien présents au Québec. Nous n'avons qu'à penser à la pollution atmosphérique et au *smog* généré notamment par le transport routier en milieu urbain dans le sud-ouest québécois ou encore à la contamination de nappes d'eau souterraines causée par des fuites de réservoirs d'essence privant ainsi des individus d'un accès à une eau potable.

Le lien énergie et santé peut être aussi qualifié de positif à cause des bénéfices qu'il occasionne sur la santé des collectivités. Par exemple, le secteur de l'énergie peut représenter une opportunité de développement économique et social pour certaines communautés, particulièrement dans les régions périphériques aux grands centres urbains. Il est reconnu que c'est un ensemble de déterminants qui contribuent à l'état de bien-être physique, mental et social de la communauté et des individus qui la

<sup>3</sup> Lucie-Andrée ROY, « Le verglas de 1998 dans le Nord-Est de l'Amérique », *Bulletin d'information en santé environnementale*, vol. 9, n° 6, novembre-décembre 1998, p.5-6.

<sup>4</sup> Louise NORMANDIN, *Les filières énergétiques au Québec*, Longueuil, Agence de développement des réseaux locaux de services de santé et de services sociaux de la Montérégie, 2004, 13 p.

composent, certains de ces déterminants étant l'accessibilité au travail et à un revenu adéquat. La création d'emplois est l'un des liens positifs entre l'énergie et la santé. D'un point de vue de santé publique, tenir compte des effets économiques des orientations à privilégier dans une stratégie énergétique revêt une importance certaine puisqu'ils sont contributifs à la santé et au bien-être des individus.

Dans les lignes qui suivent, nous voulons approfondir le lien qui existe entre l'énergie et la santé humaine, particulièrement l'analyse des risques à la santé induits par différentes filières énergétiques.

## PRINCIPES GUIDANT L'APPRÉCIATION DES RISQUES À LA SANTÉ

La détermination des choix des filières énergétiques que le Québec s'apprête à faire doit être soumise à une analyse de nombreuses composantes des contextes québécois, canadien et international.

L'appréciation des risques à la santé au regard de la question énergétique suit des règles générales (principes directeurs) et interpelle particulièrement celles de la primauté de la protection de la santé humaine, de la prudence et de l'équité<sup>5</sup>, <sup>6</sup>. L'application de ces principes sous-tend que la **protection de la santé humaine** doit être vue de manière globale en incluant les notions de maintien et d'amélioration de la santé, de la sécurité des populations et de la prévention des maladies. De même, elle sous-tend que nous devrions être en mesure d'apprécier à l'avance les dangers et à agir de manière à éviter tout risque inutile. Dépendamment du niveau de certitude qui entoure le risque, on cherchera à prévenir les risques qui sont connus et associés à un danger établi ou on cherchera à éviter les risques potentiels mal connus, mais dont les preuves raisonnables indiquent que la situation pourrait produire des effets importants sur la santé. On parle ici du **principe de précaution** utilisé lorsque la science ne peut apporter de réponses suffisantes et précises.

Quant au **principe d'équité**, il arrive que les bénéfices et les inconvénients pour un risque donné ne soient pas distribués uniformément dans la population. Retenons dans le présent contexte, qu'il faut éviter de faire peser le fardeau des inconvénients d'une filière énergétique ou encore d'en offrir les bénéfices toujours aux mêmes groupes de la population.

Par ailleurs, l'appréciation des risques pour la santé ne relève pas seulement que du domaine de la science, car la détermination du caractère acceptable de ces risques nécessite qu'un jugement social soit porté. Les récents débats entourant le projet du Suroît montrent à quel point l'acceptabilité sociale est un élément décisif dans la prise de décisions.

---

<sup>5</sup> Sylvie RICARD, *Cadre de référence en gestion des risques pour la santé dans le réseau québécois de la santé publique*, Québec, Institut national de santé publique du Québec, 2003, 85 p.

<sup>6</sup> Le *Cadre de référence* définit les principes directeurs comme étant des règles théoriques guidant et encadrant la conduite dans la démarche de gestion des risques. Le fait d'ériger ces règles en principes vient mettre l'accent sur leur importance dans la gestion des risques et reflète la philosophie sur laquelle s'appuie la prise de décisions en matière de gestion des risques.

*Principe de la primauté de la protection de la santé humaine* : La gestion des risques par la santé publique doit accorder la priorité à la protection de la santé humaine. *Principe de prudence* : La gestion des risques par la santé publique doit prôner la réduction ou l'élimination des risques chaque fois qu'il est possible de le faire et l'adoption d'une attitude vigilante afin d'agir de manière à éviter tout risque inutile. Cette attitude s'exerce tant dans un contexte de relative certitude (prévention) que d'incertitude scientifique (précaution).

*Principe d'équité* : La gestion des risques par la santé publique doit garantir la juste répartition des bénéfices et des inconvénients des risques au sein des communautés.

## PRIORITÉS DE LA SANTÉ PUBLIQUE EN MATIÈRE D'ÉNERGIE

Préalablement à l'identification des priorités de la santé publique en matière d'énergie, l'examen sommaire des tendances de consommation et de production d'énergie nous a permis d'établir quelques constats quant aux choix énergétiques actuels du Québec et d'orienter notre réflexion dans le cadre du débat actuel.

### Bilan énergétique actuel : quelques constats

Le plus récent bilan énergétique du Québec<sup>7</sup> dresse un portrait de l'utilisation de l'énergie, de sa production ainsi que de la contribution du secteur énergétique à la pollution atmosphérique. Ce bilan s'est passablement modifié au cours des quarante dernières années. L'utilisation du charbon a pratiquement disparu, les énergies fossiles (principalement le pétrole) ont baissé du tiers, l'utilisation de l'électricité a doublé de même que la consommation énergétique. Bien que la consommation énergétique par habitant soit la plus faible au Canada, le Québec demeure une des régions du monde où la consommation d'énergie est la plus élevée. Les prévisions de consommation totale d'énergie font état d'une hausse pour les vingt prochaines années, particulièrement pour le secteur des transports de marchandises.

Nous nous distinguons du reste de l'Amérique du Nord par nos besoins de chauffage importants et particulièrement par la forte utilisation de l'électricité comme source d'énergie pour la satisfaction de ce besoin, entre autres en raison du prix, des coûts peu élevés des équipements et du réseau peu étendu de distribution du gaz naturel sur le territoire.

Il y a peu de diversités dans la production d'énergie au Québec, l'hydroélectricité occupant la presque totalité du marché tandis que la part des autres énergies de sources renouvelables (éolien, biomasse, solaire) est minime. Par ailleurs, depuis la fin des années 1980, on observe une augmentation importante de l'utilisation du bois comme mode de chauffage principal ou d'appoint dans les habitations québécoises.

D'autre part, notre dépendance envers le pétrole pour assurer nos transports demeure et notre approvisionnement est forcément soumis aux aléas du marché et du contexte géopolitique international.

Par contre, la performance actuelle du Québec en matière de pollution atmosphérique et d'émissions de gaz à effet de serre liée au secteur énergétique est enviable, et ce, compte tenu du recours à l'hydroélectricité qui contrebalance les apports importants du secteur des transports.

---

<sup>7</sup> Pierre FILION et Marie-Josée BOUCHER, *L'énergie au Québec : édition 2003*, [En ligne], Charlesbourg, Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, 2004, 131p.,  
[<http://www.mrnfp.gouv.qc.ca/publications/energie/energie/energie-au-quebec-2003.pdf>].

### Le bilan énergétique en quelques chiffres

- Les énergies renouvelables représentent 97,1 % de la production énergétique du Québec répartie entre l'hydroélectricité (96,7 %), la biomasse (0,3 %) et l'énergie éolienne (0,1 %). Les produits pétroliers, le gaz naturel, et l'énergie nucléaire sont les autres filières utilisées.
- La consommation énergétique en 2002 se résume ainsi : électricité 38 %, pétrole 37,6 %, gaz naturel 12,9 %, biomasse 10,4 % et charbon 1 %.
- Le secteur industriel est très énergivore, totalisant à lui seul 38,8 % de la consommation énergétique québécoise en 2001. Le secteur des transports s'accapare 24,9 % alors que les secteurs résidentiel et commercial représentaient 19,9 % et 16,4 %.
- La consommation du pétrole est principalement liée aux besoins en transport (65,3 %), les secteurs industriel et commercial en consommant environ 25 %. Pour le secteur résidentiel, le mazout lourd est de moins en moins utilisé comme moyen de chauffage (moins de 20 % des logements comparativement à 50 % en 1981).
- La consommation du gaz naturel a diminué de 16,5 % en 2001 comparativement à l'année précédente, bien qu'elle est augmentée de 8,4 % à 12,2 % de 1981 à 2001. Les secteurs industriel et commercial en sont les principaux utilisateurs (88 %) et les habitations québécoises l'utilisent pour la chauffe que dans 6 % des cas.
- Le nombre de logements utilisant le chauffage au bois s'est accru d'environ 60 % de 1987 à 2000.
- On estime qu'entre 1996 et 2011, la consommation totale d'énergie va croître à un rythme annuel de 1,2 % et de 0,6 % au cours de la décennie suivante.
- En 2000, les émissions totales de GES au Québec atteignaient 88 millions de tonnes équivalent de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), dont plus des deux tiers (59,1 millions de tonnes) sont attribuables aux activités énergétiques. Le secteur des transports explique près de la moitié (47,9 %) des émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'énergie. En 2001, il était aussi responsable de 95,8 % des émissions de composés organiques volatils (COV) liées à l'énergie. Les COV sont précurseurs de la formation de *smog* urbain.

À la lumière de ces quelques constats, la question soulevée est d'assurer la sécurité énergétique du Québec dans un contexte de protection de la santé publique, de développement durable et du respect de l'environnement.

### Agir sur la demande : l'infléchir et l'orienter

Afin d'optimiser une stratégie énergétique basée sur la protection et la prévention de la santé publique, celle-ci doit adopter une approche qui embrasse aussi bien l'offre que la demande. De notre point de vue, le gouvernement doit inscrire, dans sa stratégie énergétique, un ensemble de mesures visant à maîtriser la demande d'énergie. Les éventuels risques pour la sécurité de l'approvisionnement énergétique peuvent être diminués, et ce à moindre frais, par une réduction de la demande d'énergie. De plus, comme plusieurs filières d'énergie occasionnent des impacts sur l'environnement, le fait d'éviter de consommer une certaine quantité d'énergie résulte directement en un bénéfice sur l'environnement et inévitablement sur la santé.



La réduction de la demande de l'énergie a des répercussions sur la santé et la qualité de vie de la population, en ce sens qu'elle est associée à des modifications de comportements individuels ou collectifs favorisant généralement la santé. Par exemple, dans le secteur de l'énergie associé au transport individuel, le recours à des moyens non motorisés de transport en milieu urbain a un impact positif sur la pollution atmosphérique locale et diminue ainsi l'occurrence et la gravité des problèmes cardio-respiratoires chez les individus plus sensibles. Cette simple mesure contribue aussi à diminuer les problèmes de santé associés au surpoids en favorisant l'activité physique, permettant ainsi de diminuer le fardeau économique de ces problèmes de santé sur les individus et le gouvernement.

Malgré les efforts consentis, notamment par l'Agence de l'efficacité énergétique, plusieurs mesures doivent être accentuées pour tendre vers une diminution significative de la demande. Pour ce faire, différentes avenues s'offrent à nous. On pense particulièrement à des mesures d'efficacité énergétique et d'économies d'énergie. Ces mesures s'articulent autour de la notion du développement durable et devraient cibler la sensibilisation du consommateur ou du producteur d'énergie, la modification de la réglementation, le recours à des instruments économiques<sup>8</sup> ou l'harmonisation d'orientations au sein de l'appareil gouvernemental.

L'emploi de politiques visant la densification urbaine et non son étalement, la planification des noyaux urbains mettant l'emphase sur la diminution de l'utilisation de l'automobile et accentuant le recours au vélo ou encore favorisant la marche, devrait être renforcé. Le développement et la promotion de transport collectif efficace et abordable devraient être soutenus adéquatement par le gouvernement afin de permettre son implantation de manière optimale par les municipalités. Au niveau réglementaire, les normes de construction dans le secteur du bâtiment devraient par exemple être revues afin d'augmenter l'efficacité thermique des bâtiments. Quant aux incitatifs économiques, ceux-ci devraient se traduire par une diminution des coûts pour les actions favorables à l'environnement ou une augmentation des coûts pour les actions défavorables, par exemple des mesures encourageant l'utilisation de véhicules moins polluants et moins énergivores et d'autres encourageant le recours à des véhicules hybrides.

Les Québécois bénéficient de tarifs d'électricité très bas en raison d'un choix gouvernemental au sujet de la production patrimoniale d'Hydro-Québec. Les tarifs d'électricité sont fixés en fonction d'un coût de production basé sur les coûts historiques et non sur le prix du marché<sup>9</sup>. Cette situation a pour effet que les Québécois bénéficient de tarifs très avantageux qui favorisent une surconsommation de l'électricité.

Nous croyons que le tarif devrait être fixé à un niveau permettant de réels incitatifs aux économies d'énergie, ce qui amène à revoir la tarification de l'électricité. Par ailleurs, on doit mettre à la disposition de tous les Québécois une énergie suffisante à un coût raisonnable qui n'enfreint pas la santé et le bien-être des plus démunis. La tarification devrait ainsi prévoir des mécanismes de réduction des coûts pour les clientèles défavorisées.

---

<sup>8</sup> Alain WEBSTER, *Le développement durable*, [En ligne], Québec, Université de Sherbrooke, 2004, 21 p., [<http://www.mrnfp.gouv.qc.ca/energie/strategie/strategie-questions.jsp>].

<sup>9</sup> Joseph DOUCET, *La sécurité énergétique et la filière thermique*, [En ligne], Québec, Joseph Doucet Economic Consulting Inc., 2004, 20 p., [<http://www.mrnfp.gouv.qc.ca/energie/strategie/strategie-questions.jsp>].

En définitive, en inscrivant dans sa stratégie gouvernementale un ensemble de mesures fortes et cohérentes visant à agir sur la demande d'énergie, et notamment la réduction de la demande pour des énergies polluantes, le gouvernement adopte ainsi une politique favorable à la santé. La réduction de la demande énergétique doit devenir pour lui une préoccupation durable et à cet égard, la stratégie énergétique devrait soutenir la mise en place d'un plan national d'efficacité énergétique et d'économie d'énergie de longue durée, englobant les différentes formes d'énergie.

## Agir sur l'offre : privilégier des choix santé

Cela va de soi, pour faire des choix éclairés, on doit évaluer les répercussions positives et négatives de chaque filière énergétique sur l'environnement et sur la santé de la population. Cependant, cette analyse n'est pas disponible à l'intérieur du document de consultation préparé par le Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec<sup>10</sup>. Selon nous, cette démarche évaluative est une étape essentielle à la détermination des choix énergétiques, mais elle demeure toutefois manquante, et ce, malgré la Politique d'évaluation environnementale stratégique déposée au Comité interministériel du développement durable depuis déjà deux ans.

Étant donné ce préalable, en référence aux connaissances actuelles, nous avons procédé à cette analyse, d'un point de vue santé, et nous profitons de cette tribune pour en présenter les principaux éléments<sup>11</sup>.

### *Réduire la filière thermique*

#### *Les énergies fossiles (hydrocarbures)*

Le recours aux hydrocarbures, essentiellement le pétrole et le gaz naturel, compte pour 52 % de notre consommation énergétique totale. Des deux, le gaz naturel est le moins polluant. Les émissions de contaminants associées à la combustion des hydrocarbures sont communes à tous, seules les proportions des émissions problématiques que sont le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), l'oxyde d'azote (NO<sub>x</sub>), le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et les imbrûlés (COV, hydrocarbures aromatiques polycycliques [HAP] et matières en suspension respirables) varient d'un combustible à l'autre. Ces contaminants contribuent à la pollution atmosphérique locale ou régionale. De plus, certains sont reconnus comme étant des GES.

---

<sup>10</sup> Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, *Le secteur énergétique au Québec : Contexte, enjeux et questionnements*, [En ligne], Québec, Gouvernement du Québec, 2004, 68 p., [<http://www.mrnfp.gouv.qc.ca/publications/energie/strategie-2004.pdf>].

<sup>11</sup> La majeure partie des informations sont issues de trois rapports du réseau de santé publique, soit :

- Marcel BÉLANGER, Benoit GIRARD et Pierre GOSSELIN, *L'énergie et la santé publique au Québec*, Mémoire, Comité de santé environnementale du Québec, 1995, 48 p.
- Louise NORMANDIN, *Impact sur la santé de la population des gaz à effet de serre*, Longueuil, Agence de développement des réseaux locaux de services de santé et de services sociaux de la Montérégie, 2004, 63 p.
- Louise NORMANDIN, *Les filières énergétiques au Québec*, Longueuil, Agence de développement des réseaux locaux de services de santé et de services sociaux de la Montérégie, 2004, 13 p.

Les GES sont responsables du réchauffement climatique planétaire. Les activités liées à l'énergie représentent de loin la plus grande source d'émission des GES au Canada (80 % en 2000) et au Québec (70 % en 2001). Les émissions de GES par le Canada sont parmi les plus élevées au monde. Depuis 1990 (à l'exception de deux années), les émissions totales canadiennes augmentent d'une année à l'autre. En maintenant le *statu quo*, il est estimé qu'en 2010 elles auront augmenté d'environ 33 % comparativement à 1990. Rappelons que dans le cadre du protocole de Kyoto de 1997, le Canada s'est engagé à réduire ses émissions de GES de 6 % en deçà des niveaux de 1990.

Le principal GES rejeté dans l'atmosphère est le CO<sub>2</sub>, particulièrement associé à l'utilisation du charbon et du pétrole. La concentration atmosphérique de ce gaz a augmenté de 31 % entre le début de l'ère industrielle et 1998. Environ les trois quarts de cette augmentation sont causés par la combustion d'énergies fossiles, le reste est imputable aux modifications de l'utilisation des sols et, en particulier, au déboisement. Si la tendance actuelle des émissions de CO<sub>2</sub> se maintient, la concentration atmosphérique de ce gaz sera, d'ici la fin du siècle, au moins le double de ce qu'elle était avant la révolution industrielle.

Les impacts du changement climatique imputables aux GES sont multiples. Les scientifiques s'accordent pour dire que dans l'éventualité d'un doublement de la concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub>, il y aura une augmentation de la température de 1 ° à 4 °C et une augmentation des précipitations de 20 % dans le sud du Québec. Des événements climatiques extrêmes pourraient augmenter en fréquence et en intensité. On pense ici aux périodes de sécheresse, aux inondations ou encore aux vagues de chaleur accablante et de froid intense.

Le changement climatique a des répercussions sur la santé humaine (un inventaire détaillé est présenté en annexe). Déjà, ses effets se font sentir à l'échelle planétaire. L'Organisation mondiale de la santé fait d'ailleurs état, pour l'année 2000 seulement, de quelques 150 000 décès attribuables au changement climatique. Les vagues de chaleur illustrent bien notre propos à l'égard des effets sanitaires imputables à l'une des conséquences des changements climatiques. Le réseau de santé publique s'organise actuellement pour être en mesure de répondre adéquatement et efficacement à ce type d'événement. Dans différentes régions du sud-ouest québécois, des plans d'urgence ont été élaborés, le repérage des « îlots thermiques de chaleur » et des personnes à risque est en cours, de même que la mobilisation des acteurs de différents milieux, comme la sécurité publique et les municipalités. Le réseau de santé publique considère comme très probable la survenue de tels épisodes de chaleur accablante.

Présentement, durant un été normal à Montréal, on estime que la chaleur est responsable d'une hausse annuelle de la mortalité de plus de 2 décès par 100 000 résidants, soit 36 personnes par année<sup>12</sup>. Cette hausse est plus marquée chez les personnes âgées de 65 ans et plus, s'établissant à 11,3 décès additionnels par 100 000 personnes âgées. En présence d'un doublement des concentrations de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et en considérant que la population ne s'acclimaterait pas à ces nouvelles conditions de température, la mortalité estivale en raison de la chaleur pourrait excéder de 40 décès par 100 000 Montréalais, soit un total de 725 personnes par année. En présence d'une acclimatation de la population, le taux de mortalité excéderait d'environ quatre fois le taux actuel. Outre ses effets sur la

---

<sup>12</sup> Établi sur la base de la population de l'île de Montréal, selon les données du recensement de 2001, [<http://www.santepub-mtl.qc.ca/Portrait/nouvelle/10032003.html>].

mortalité, la chaleur accablante est aussi à l'origine de divers malaises, comme la syncope et le coup de chaleur et l'épuisement à la chaleur.

Un exemple récent montre bien les effets dramatiques de ce type d'événements climatiques extrêmes. À l'été 2003, une partie de l'Europe, particulièrement la France, connaissait une vague de chaleur d'une intensité et d'une durée sans précédent. L'Institut de veille sanitaire de la France a comparé cette vague de chaleur, survenue si brusquement, à un « séisme thermique »<sup>13</sup>. L'été le plus chaud qu'a connu ce pays depuis 53 ans s'est accompagné d'une vague de surmortalité à court terme d'une importance exceptionnelle estimée à près de 15 000 décès, soit une augmentation de 60 % par rapport à la mortalité attendue dans ce pays. La surmortalité observée à partir de 45 ans était importante et croissante avec l'âge, allant jusqu'à 70 % chez les personnes âgées entre 75 et 94 ans, et variable selon les agglomérations, par exemple à Paris on y enregistra une surmortalité de 142 %<sup>14</sup>. Il est estimé qu'entre 22 000 et 35 000 Européens ont perdu la vie durant la canicule de 2003<sup>15</sup>.

---

<sup>13</sup> Institut de veille sanitaire, *Rapport annuel 2003*, [En ligne], [s. l.], Institut de veille sanitaire, 2004, p. 17-30, [[http://www.invs.sante.fr/publications/2004/rapport\\_annuel\\_2003/alertes\\_canicule\\_2003.pdf](http://www.invs.sante.fr/publications/2004/rapport_annuel_2003/alertes_canicule_2003.pdf)].

<sup>14</sup> Sylvie CASSADOU et autres, *Vague de chaleur de l'été 2003 : relations entre température, pollution atmosphérique et mortalité dans neuf villes françaises*, [En ligne], [s. l.], Institut de veille sanitaire, 2004, 69 p., [[http://www.invs.sante.fr/publications/2004/psas9\\_070904/rapport.pdf](http://www.invs.sante.fr/publications/2004/psas9_070904/rapport.pdf)].

<sup>15</sup> Le Monde, « Des étés de plus en plus chaud en France et en Europe », [En ligne], *Le Monde*, 5 décembre 2004, [s. p.], [<http://www.LeMonde.fr>] (5 janvier 2005).

## Quelques impacts sanitaires du changement climatique

*Santé Canada identifie huit effets importants sur la santé découlant du changement et de la variabilité climatique<sup>16</sup> :*

Préoccupations pour la santé	Exemples de points névralgiques en matière de santé
Morbidité et mortalité liées à la température	<ul style="list-style-type: none"><li>maladies liées au froid et au chaud;</li><li>maladies respiratoires et cardiovasculaires;</li><li>risques accrus pour la santé des travailleurs.</li></ul>
Effets causés par des conditions exceptionnelles	<ul style="list-style-type: none"><li>dommages causés aux infrastructures d'hygiène publique;</li><li>traumatismes et maladies;</li><li>stress social et psychologique causés par les sinistres.</li></ul>
Effets liés à la pollution de l'air	<ul style="list-style-type: none"><li>modification de l'exposition aux polluants et aux allergènes;</li><li>asthme et autres affections respiratoires;</li><li>cancer.</li></ul>
Contaminations par l'eau et la nourriture	<ul style="list-style-type: none"><li>infections dues à des micro-organismes entéropathogènes.</li></ul>
Maladies infectieuses et par transmission vectorielle	<ul style="list-style-type: none"><li>nouveau profil des maladies causées par des bactéries, des virus et autres agents pathogènes véhiculés par des agents vectoriels (moustiques, tiques, ...).</li></ul>
Appauvrissement de la couche d'ozone et exposition accrue au rayonnement ultraviolet	<ul style="list-style-type: none"><li>lésions cutanées et cancer de la peau;</li><li>cataractes;</li><li>affaiblissement des défenses immunitaires.</li></ul>
Vulnérabilité des populations dans les campagnes et les zones urbaines	<ul style="list-style-type: none"><li>personnes âgées, enfants;</li><li>personnes avec mauvaise santé;</li><li>personnes avec faible revenu.</li></ul>
Impacts socioéconomiques sur la santé et le bien-être des populations	<ul style="list-style-type: none"><li>fardeau général de la maladie;</li><li>déterminants de la santé et du bien-être modifiés.</li></ul>

**1998, une année chaude...**

À l'échelle mondiale, 1998 a été l'année la plus chaude. La Chine est frappée par les pires inondations depuis les cinquante dernières années (180 millions de sinistrés, près de 4 000 décès et 7 millions de maisons détruites). L'ouragan Mitch provoque 7 500 morts au Honduras, au Nicaragua, au Guatemala et au Salvador. Les vagues de chaleur en Inde ont causé de nombreux décès<sup>17</sup>. La tempête de verglas qui s'abat en hiver sur une partie de l'Amérique du Nord provoque, au Québec seulement, 21 décès, des centaines de cas de traumatismes et environ 200 personnes sont traitées pour des intoxications au monoxyde de carbone.

Bien que d'un point de vue sanitaire le changement climatique lié aux gaz à effets de serre revêt une importance certaine et un enjeu incontournable, la pollution atmosphérique locale ou régionale l'est tout autant pour les communautés qui y sont exposées. Nous regarderons donc maintenant cette autre forme de pollution diffuse fortement associée aux énergies fossiles.

<sup>16</sup> Luc FORTIN, « Changements climatiques et risques pour la santé : une première conférence canadienne », *Bulletin d'information en santé environnementale*, vol. 12, n° 6, novembre – décembre 2001, p. 1-4.

<sup>17</sup> Organisation mondiale de la santé, *Climat et santé*, [En ligne], [s. l.], Organisation mondiale de la santé, Aide-mémoire n° 266, révisé décembre 2001, [s. p.], [<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/fr/>].

Comme mentionné précédemment, en plus du dioxyde de carbone, la combustion d'hydrocarbures émet des oxydes d'azote, du soufre et des composés imbrûlés contribuant à la pollution atmosphérique. Le soufre est particulièrement associé à la combustion du charbon tandis que le gaz naturel produit principalement des oxydes d'azote qui réagissent avec les composés organiques volatils pour produire de l'ozone au sol. Ce sont les irritants respiratoires du *smog urbain*. Ceux-ci peuvent devenir suffisamment concentrés dans les smogs pour entraîner des problèmes respiratoires chez les individus sensibles, comme les enfants, les gens âgés ou les personnes allergiques. Dans les grands centres urbains, comme Montréal, le problème du smog est présent entre 6 à 10 jours par été et cette situation se rencontre aussi en hiver.

#### Quelques impacts sanitaires de la pollution atmosphérique<sup>18</sup>

Des études épidémiologiques récentes portant sur l'impact de la pollution atmosphérique démontrent qu'une augmentation des niveaux de polluants atmosphériques comparables aux niveaux actuels mesurés dans les régions de Montréal et Québec concernant notamment certains gaz (ozone, monoxyde de carbone, oxydes d'azote et soufre) et les particules respirables est associée à une augmentation statistiquement significative de la mortalité précoce et de la morbidité respiratoire et cardiovasculaire, de consultations médicales et de symptômes respiratoires. Les personnes âgées déjà atteintes de maladies cardiovasculaires et pulmonaires sont des populations plus vulnérables, de même que les enfants. Également, les populations socioéconomiquement défavorisées sont plus susceptibles d'habiter des régions ou quartiers touchés par la pollution.

De façon spécifique pour la période de 1980 à 1991, on a mesuré une augmentation de 8,4 % à Montréal et de 11 % à Québec du risque de mortalité prématurée associée à l'exposition aux polluants atmosphériques gazeux mesurés dans ces villes. Une augmentation significative de 21 % du nombre moyen de visites à l'urgence à Montréal pour maladies respiratoires a été observée à l'été 1993 associée à une augmentation de la concentration horaire d'ozone. Le sud-ouest du Québec est soumis périodiquement à des périodes estivales de smog urbain où les niveaux d'ozone dépassent les normes.

Il a été estimé que l'introduction de véhicules et de carburants moins polluants au Canada permettrait de réduire le fardeau économique des effets sur la santé de 24 milliards de dollars sur une période de 24 ans.

Le transport routier est la principale source de pollution en milieu urbain.

Quant aux imbrûlés, il s'agit de composés organiques d'une famille très vaste qui comprend plusieurs substances cancérigènes pour l'humain. Le dernier bilan énergétique évalue que le secteur des transports contribue pour 95,8 % à l'émission des COV. Les HAP sont un autre groupe d'imbrûlés. La combustion du diesel est une importante source d'émission de HAP où ils sont condensés notamment dans les suies. On estime aussi que 5 à 10 % de l'incidence des cancers du poumon de certaines zones industrielles du Québec seraient attribuables au benzo(a)pyrène (un HAP), en excluant la contribution du tabagisme.

Les combustibles fossiles et en particulier le pétrole peuvent entraîner d'autres effets sur la santé par la contamination de déversements volontaires ou accidentels lors de l'entreposage, du transport ou de l'élimination de résidus. Les hydrocarbures sont responsables de nombreux cas de contamination de sols et de nappes phréatiques, privant d'eau potable les communautés ou les contraignant à se munir de systèmes sophistiqués de traitement d'eau, comme ce fut le cas à Sainte-Clotilde-de-Châteauguay ou à Léry en Montérégie.

<sup>18</sup> Direction de santé publique de Montréal, *Risques pour la santé reliés à la pollution atmosphérique et aux variations climatiques*, Montréal, Agence de développement de réseaux locaux de services de santé et de services sociaux de Montréal, non publié, 2001, [s. p.].

Somme toute, le recours à la filière thermique de production d'énergie utilisant du pétrole, du gaz ou du charbon a des impacts significatifs sur la santé des populations locale, régionale et mondiale qui doivent être évités, et ce, compte tenu du contexte de mondialisation des questions environnementales et dans le respect des engagements du gouvernement à stabiliser ses émissions de gaz à effet de serre. D'un point de vue de santé publique, nous ne devrions pas privilégier l'utilisation d'hydrocarbures pour la production d'électricité autrement que comme source d'appoint interruptible, et ceci, tant que nous pourrions compter sur des ressources renouvelables, comme l'hydraulique et le vent. Bien que le gaz naturel soit un hydrocarbure moins polluant que le pétrole, son utilisation devrait être maintenue que dans le cadre d'une alimentation directe aux usagers et non aux fins d'une centrale thermique.

D'un point de vue économique ou encore du point de vue de la sécurité des approvisionnements, l'exploration et l'exploitation de nouveaux gisements d'hydrocarbures (pétrole et gaz naturel) en sol québécois peuvent sembler des options alléchantes. L'utilisation de cette filière est cependant de courte durée (de moins de quarante ans) et comme on l'a vu, la combustion du pétrole demeure l'un des responsables des changements climatiques. Les principaux gisements sont par ailleurs situés dans le golfe du Saint-Laurent et leur exploitation peut présenter des risques importants pour les ressources en pêche, la biodiversité marine et le volet touristique.

Comme le soulignait le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement du Québec dans son rapport *Les enjeux liés aux levés sismiques dans l'estuaire et le golfe du Saint Laurent*<sup>19</sup>, le tourisme représente une activité économique importante pour le Québec maritime. Environ 2,5 millions de touristes fréquentent cette région annuellement, auxquels s'ajoutent 1,1 millions d'excursionnistes pour l'observation des mammifères marins. Considérant l'état limité des connaissances et le niveau élevé des préoccupations sociales et scientifiques, la commission estimait qu'une approche de précaution s'imposait face aux levés sismiques dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. De plus, elle concluait que l'évaluation des enjeux du développement des hydrocarbures dans le Saint-Laurent devrait se faire dans la foulée d'une évaluation environnementale stratégique intégrant les aspects sociaux, économiques et biophysiques.

Finalement, quant au secteur de l'énergie associé aux transports, notre dépendance à l'égard du pétrole demeure malgré la précarité de la ressource. La stratégie énergétique québécoise devrait accorder une place importante aux mesures visant notamment l'accentuation de la disponibilité et de l'accessibilité à des transports collectifs et un renforcement des principes d'aménagement du territoire visant la limitation de l'étalement urbain de même que des incitatifs fiscaux encourageant l'utilisation de véhicules hybrides ou encore des mesures visant à démotiver l'utilisation de véhicules à grande consommation de carburants fossiles. Elle devrait aussi favoriser la mise sur pied d'un programme obligatoire d'inspection des camions et automobiles (le Québec est la seule juridiction nord-américaine à ne pas avoir de tel programme) permettant ainsi de réduire la consommation de carburant. En outre, elle devrait privilégier et soutenir la recherche et le développement de combustible propre comme l'hydrogène.

---

<sup>19</sup> Bureau d'audiences publiques sur l'environnement du Québec, *Les enjeux liés aux levés sismiques dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent*, [En ligne], Québec, Bureau d'audiences publiques sur l'environnement du Québec, 2004, 95 p., [<http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/rapports/publications/bape193.pdf>].

### *Le nucléaire*

Une seule centrale nucléaire est exploitée au Québec, soit celle de Bécancour (Gentilly-2). La Direction de santé publique de la Mauricie et du Centre-du-Québec exerce une surveillance des impacts potentiels sur la population de son territoire. L'analyse montre que les rejets à l'environnement sont négligeables et qu'il n'y a pas plus de cancer ni d'anomalie congénitale aux environs de Gentilly-2 qu'ailleurs au Québec<sup>20</sup>.

Regardée sous le seul angle de la pollution atmosphérique, l'énergie nucléaire constitue une source très valable d'électricité, car elle contribue peu à la pollution de l'atmosphère. Toutefois, les impacts dramatiques potentiels associés à un accident technologique dans une centrale nucléaire de même que l'absence de solution sécuritaire et durable quant à la gestion des déchets radioactifs font en sorte que, d'un point de vue sécurité et santé publique, l'énergie nucléaire ne constitue pas une alternative énergétique souhaitable. De plus, l'acceptabilité sociale d'une telle forme d'énergie dans le portefeuille énergétique québécois risque de rencontrer une forte opposition.

### *Maintenir et développer les énergies renouvelables*

#### *L'hydroélectricité*

Les sources d'énergies renouvelables devraient pouvoir assurer un approvisionnement en énergie sécuritaire, propre et abordable à partir de sources indigènes, sans risque d'épuisement des réserves. Il en est ainsi de l'hydroélectricité.

Les effets négatifs ou positifs de l'hydroélectricité sont différents selon qu'ils se situent à l'étape de l'implantation d'un ouvrage de production (barrage) ou lors du transport d'électricité ou encore au moment de son utilisation. Il faut noter d'entrée de jeu que les effets associés au transport ou à l'utilisation de l'électricité dans les maisons québécoises ne sont évidemment pas exclusifs à la filière de l'hydraulique. N'importe laquelle des filières énergétiques aura d'une façon ou d'une autre recours à un réseau de transport d'énergie (ligne à haute tension, ...) et l'électricité produite par ces différents types de ressources sera utilisée pour faire fonctionner les appareils qui généreront des champs électromagnétiques peu importe la filière d'énergie.

Les impacts associés à l'implantation d'un ouvrage de production hydroélectrique méritent d'être documentés. L'aménagement d'un barrage a des impacts variables selon le type d'ouvrage (petit ou grand) et le lieu de son implantation. Inévitablement, le harnachement d'un cours d'eau entraîne un ennoisement du territoire, lequel engendre la putréfaction des matières organiques inondées et accélère la libération du CO<sub>2</sub>. Le CO<sub>2</sub> ne présente pas en soi de danger pour la santé par ce mode de production naturel. Dans ce contexte, le phénomène se résorbe rapidement et est sans récurrence. D'autre part, l'ennoisement peut

---

<sup>20</sup> Directeur de santé publique de la Mauricie et du Centre-du-Québec, *Mémoire présenté à la commission du Bureau d'audiences publiques sur l'environnement sur le projet de modification des installations de stockage des déchets radioactifs et réfection de Gentilly-2 par Hydro-Québec*, [s. l.], Agence de développement de réseaux locaux de services de santé et de services sociaux de la Mauricie et du Centre-du-Québec, 2004, 4 p.



nécessiter le déplacement de populations humaines ou perturber de façon majeure leurs modes de vie ou leurs activités économiques.

On sait que l'implantation d'un barrage génère du méthylmercure, un contaminant chimique résultant de la transformation microbiologique du mercure, normalement présent dans les sols. Le méthylmercure se solubilise dans l'eau où il est bioaccumulé dans la chaîne alimentaire. Il a des effets délétères sérieux pour toute population exposée. Cette contamination perdure de deux à trois décennies. On peut réduire cet impact en limitant la consommation des espèces animales contaminées. Par contre, ceci amène des modifications importantes du régime alimentaire des individus, régime qui est intimement lié au mode de vie et aux pratiques ancestrales (on pense ici à l'exemple des communautés Cris de la Baie James).

Dans un autre ordre d'idée, la survenue d'une catastrophe, telle la rupture d'un barrage, présente un risque d'impacts potentiels majeurs de l'exploitation hydroélectrique.

De façon générale, on peut dire que les impacts écologiques liés à l'implantation d'un ouvrage de production hydroélectrique sont immédiats, non récurrents, contrôlables et compensables. Par contre, ils peuvent comporter des impacts importants sur les communautés indigènes, notamment au niveau de leurs déplacements de territoire, de leurs habitudes et modes de vie et inévitablement, leur santé mentale et physique peut en être affectée. En contrepartie, l'implantation d'un barrage, souvent situé en région éloignée et défavorisée économiquement, constitue un apport important à l'activité économique pour cette communauté.

Au niveau du transport d'électricité, les réseaux de distribution occupent de grandes surfaces, pouvant affecter l'écologie locale ou obliger un déplacement de population. Des impacts visuels et une perte d'usage du sol sont la résultante fréquente de l'établissement des lignes de transport d'électricité. Outre ces effets, le réseau de santé publique s'intéresse aussi à la problématique du bruit généré par les lignes à haute tension et aux champs électromagnétiques.

À l'égard des champs électromagnétiques, nos préoccupations sont à l'endroit de la santé des enfants, à cause du lien suspecté avec la leucémie<sup>21</sup>. Dans ce contexte, l'application du principe de précaution est considérée, ce qui nous amène à proposer une distance minimale à respecter à partir des lignes de transport d'électricité.

De façon générale, la production hydroélectrique ne contribue pas aux problèmes environnementaux globaux et permet même de contribuer à leur remédiation à moyen et long terme par le remplacement de sources fossiles de production électrique. Il s'agit d'une source d'énergie encore abondante présentant des avantages écologiques et durables. D'autres ressources renouvelables offrent aussi ces mêmes impacts positifs.

---

<sup>21</sup> La Maison du 21<sup>e</sup> siècle, « Champs électromagnétiques et santé : Position du Comité de suivi des études sur les effets des lignes à haute tension sur la santé (24 mai 2000) », [En ligne], Québec, *La Maison du 21<sup>e</sup> siècle*, [s. d.], [s. p.], [[http://www.21siècle.qc.ca/cem\\_sante.html](http://www.21siècle.qc.ca/cem_sante.html)].

### *L'énergie éolienne*

Tout comme l'hydroélectricité, le principal avantage de la filière éolienne repose sur le fait qu'il s'agit d'une énergie propre et renouvelable ou devrait-on dire, inépuisable. D'un point de vue de santé publique, vu l'absence de pollution atmosphérique, les effets potentiels de l'énergie éolienne sur la santé ont probablement peu d'impacts. Le bruit, principalement généré par le glissement de l'air sur les pales par l'éolienne, est considéré comme étant minime. En effet, selon des experts du ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec, le bruit produit par une éolienne située à une distance de 300 mètres est d'environ 50 décibels, ce qui est comparable au bruit d'un vent de 35 km/h qui souffle dans les feuilles d'un arbre.

Même si à court terme, les coûts de production de la filière éolienne peuvent sembler plus onéreux que d'autres filières, cette technologie a atteint une maturité qui rend possible son intégration dans le portefeuille énergétique du Québec. Par ailleurs, la construction de parcs éoliens est bénéfique pour le développement économique des régions (les Îles-de-la-Madeleine, l'Île d'Anticosti, la moyenne et la basse Côte-Nord, la Gaspésie et le nord du Québec sont des régions qui disposent d'un important potentiel pour la production d'énergie éolienne).

Depuis 2003<sup>22</sup>, mais particulièrement depuis l'avis de la Régie de l'énergie sur la sécurité énergétique des Québécois produit à l'été 2004, il est devenu évident que l'intérêt du gouvernement pour l'énergie éolienne est de plus en plus manifeste puisqu'il entend maintenant accroître la capacité de production d'électricité à partir de cette filière. Par cette initiative, le Québec encourage une véritable source d'énergie renouvelable, sans impact majeur de santé publique. De plus, il contribue à limiter sa contribution au bilan global de GES. La stratégie énergétique devrait faire une large place à cette filière dans son portefeuille énergétique et viser à utiliser tout le potentiel éolien pour le bénéfice de l'ensemble des régions concernées.

### *L'énergie solaire*

Il existe une autre source d'énergie propre et sans impact majeur sur la santé publique, l'énergie solaire. Selon le ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec, elle est abondante au Québec, contrairement à la croyance populaire.

L'industrie photovoltaïque mondiale est demeurée marginale par rapport aux autres filières d'énergie renouvelable. Les estimés de croissance de la dernière décennie montrent que cette industrie croît rapidement laissant présager que cette filière suivra le chemin de l'éolien<sup>23</sup>. Le gouvernement devrait supporter plus activement la recherche et le développement de cette filière sécuritaire.

---

<sup>22</sup> Adoption en 2003 par le gouvernement du Règlement sur l'énergie éolienne et sur l'énergie produite à partir de la biomasse.

<sup>23</sup> Gaëtan LAFRANCE, *La sécurité énergétique et la filière éolienne*, [En ligne], Québec, Université du Québec, 2004, 43 p., [<http://www.mrnfp.gouv.qc.ca/energie/strategie/strategie-questions.jsp>].

### *La biomasse*

Enfin, une autre filière renouvelable retient notre attention, soit la biomasse. Rappelons que la consommation énergétique associée à la biomasse n'est pas négligeable, représentant 10 % de la consommation d'énergie au Québec. Son utilisation se fait à l'échelle résidentielle ou industrielle, mais les procédés utilisés dans ces deux situations diffèrent et produisent des risques différents pour la santé publique.

Tout d'abord, en milieu résidentiel, on a recours au bois de chauffage. Les impacts de santé publique de la combustion du bois s'apparentent à ceux de l'ensemble des hydrocarbures. Elle libère les mêmes contaminants (particules fines, COV, HAP, monoxyde de carbone, oxydes d'azote), mais dans des proportions différentes et occasionne des excès de morbidité respiratoire. Certaines substances contenues dans la fumée de bois de chauffage sont aussi reconnues comme étant cancérigènes. Il s'agit d'une exposition plus ou moins continue favorisée par une mauvaise installation ou une installation non performante.

Dans les régions où le chauffage au bois est prévalent, la fumée de bois peut être responsable de la présence dans l'air de 25 % des fines particules, 15 % de COV et 10 % de CO. Dans ces régions, les concentrations atmosphériques de ces contaminants sont souvent supérieures à celles mesurées dans le centre-ville de Montréal.

Lorsqu'il y a exposition des individus aux polluants de la fumée de bois, celle-ci peut causer différents maux, tels que l'irritation des yeux et des voies respiratoires, des maux de tête, de la nausée, de l'étourdissement et de la congestion des bronches. Elle peut également aggraver l'asthme et être liée à l'augmentation de problèmes respiratoires.

Nos connaissances concernant l'exposition de la population québécoise et l'impact sanitaire de la combustion du bois sur celle-ci demeurent limitées. Toutefois, il est clair que la stratégie énergétique devrait favoriser l'adoption par le gouvernement d'une réglementation pour la vente de poêles à bois performants et limitant l'émission de contaminants dans l'atmosphère et l'air intérieur des habitations.

D'autre part, la combustion de biomasse à l'échelle industrielle, spécialement en cogénération, doit être vue de façon différente. D'abord la combustion dans des équipements appropriés se réalise à plus haute température et libère beaucoup moins d'imbrûlés. Par ailleurs, la biodécomposition et la putréfaction de la biomasse utilisée, si elle n'était pas valorisée à des fins énergétiques, libèrent ultimement les mêmes quantités de CO<sub>2</sub> que leur combustion, mais sans toutefois récupérer de chaleur utile.

La biomasse est généralement concentrée dans des régions éloignées moins favorisées économiquement, mais aussi moins polluées et de faible densité de population. On peut espérer des impacts socioéconomiques favorables avec un minimum d'impacts sur la santé. Par ailleurs, la combustion de déchets municipaux peut contrôler très adéquatement les impacts négatifs de leur élimination par enfouissement. Cet avantage peut se combiner à ceux de la cogénération pour en faire une alternative énergétique souhaitable. On peut même avantageusement brûler les biogaz dégagés par l'enfouissement sanitaire pour cogénérer de l'électricité.

La cogénération industrielle d'énergie permettant de valoriser les résidus de biomasse (lisiers, déchets de bois, ...) et les déchets organiques qui seraient autrement perdus demeure un choix durable de santé environnementale offrant un maximum de potentiel de récupération énergétique. Une évaluation comparative des impacts environnementaux et sanitaires des différentes possibilités permettrait d'évaluer les situations où cette option s'avérerait valable.

### *Les carburants verts et l'hydrogène*

Nous avons regardé les différentes filières énergétiques associées à la production d'électricité qui permettent, entre autres d'assurer la chauffe des bâtiments. Mais qu'en est-il des formes d'énergie de remplacement du pétrole qui pourraient être utilisées par le secteur des transports? On mentionne souvent que des combustibles végétaux, comme le méthanol ou l'éthanol, peuvent remplacer les énergies fossiles. Toutefois, dans ces cas-ci, à la différence des filières permettant une valorisation de la biomasse, il s'agit plutôt de production de biomasse à des fins énergétiques qui entrerait en compétition avec les usages alimentaires.

De plus, la fabrication de l'éthanol pourrait poser un certain problème au Québec, compte tenu de son recours à la production de maïs. La culture intensive du maïs occupe une bonne part de la superficie des terres en culture au Québec. De plus, elle a recours à l'utilisation de grandes quantités de fertilisants (notamment du lisier de porcs) qui, dans certaines conditions, peuvent présenter un risque de contaminations microbiologique et physicochimique (nitrates) des eaux souterraines et d'eutrophisation des cours d'eau par excès de phosphore. La contamination des eaux souterraines présente un impact négatif certain pour les communautés rurales fortement dépendantes de la nappe phréatique pour assurer leur alimentation en eau potable. Le recours à d'autres types de carburants, notamment l'hydrogène et l'électricité, serait à privilégier et la recherche accentuée et soutenue.

D'autre part, depuis la fin des années 1980, le Québec est activement engagé dans le développement des techniques liées à l'hydrogène. Il constitue un carburant de substitution stratégique par rapport aux produits pétroliers et est un combustible idéal puisque sa combustion n'émet que de l'eau pure. L'hydrogène est produit à partir d'électrolyse de l'eau avec une perte de rendement énergétique de l'électricité dans sa production et une autre perte lors de son utilisation. Par contre, sa souplesse d'utilisation en ferait un combustible propre de remplacement des hydrocarbures pour le transport, lorsqu'on aura solutionné les risques de son entreposage et de sa manutention et évalué les impacts environnementaux et sanitaires reliés à sa production et à sa distribution.

En définitive, dans une optique de santé publique, toute stratégie énergétique doit assurer la disponibilité physique et continue des produits énergétiques sur le marché, à un prix accessible, dans le respect des préoccupations environnementales<sup>24</sup>, de la protection de la santé des citoyens et dans la perspective du virage que le gouvernement s'apprête à prendre à l'égard du développement durable. Une saine stratégie

---

<sup>24</sup> Commission européenne, *Livre vert : Vers une stratégie européenne de sécurité d'approvisionnement énergétique*, [En ligne], Luxembourg, Communautés européennes, 2001, 111 p., [[http://www/europa.eu.int/comm/energy\\_transport/fr/lpi\\_fr.html](http://www/europa.eu.int/comm/energy_transport/fr/lpi_fr.html)].

énergétique doit tendre à minimiser les risques à la santé et à maximiser localement et régionalement les retombées positives sociales et économiques du développement.

## CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le MSSS et son réseau de santé publique ont inscrit aujourd'hui leurs préoccupations à l'égard de la stratégie énergétique québécoise. En vertu de la mission de la santé publique quant à la prévention et la protection de la santé de la population, nous devons nous assurer que les orientations de développement énergétique soient des plus favorables à la protection et à l'amélioration de la santé des Québécois, et ce, dans une perspective globale et durable.

L'énergie est un bien essentiel pour le développement, le bien-être et la santé des individus et des collectivités. Une rupture dans l'approvisionnement des ressources énergétiques peut avoir des conséquences importantes sur la société québécoise.

Pour renforcer la sécurité des approvisionnements, il est de notre intérêt que le Québec adopte une approche déterminante qui embrasse tout aussi bien l'offre que la demande d'énergie. La stratégie énergétique québécoise doit comporter un ensemble de mesures fortes et cohérentes visant tout d'abord à agir sur la demande d'énergie, à l'infléchir et à l'orienter. Toute réduction de la consommation énergétique résulte en un bénéfice pour l'environnement et indirectement sur la santé humaine. Également, elle devrait accorder une place importante aux mesures visant notamment l'accentuation de la disponibilité et de l'accessibilité à des transports collectifs et encourageant l'utilisation de véhicules moins polluants, de même qu'un renforcement des mesures et incitatifs d'aménagement du territoire visant la limitation de l'étalement urbain. La politique tarifaire de l'électricité devrait être revue afin de favoriser un réel incitatif aux économies d'énergie, tout en n'enfreignant pas la santé et le bien-être des clientèles défavorisées.

La stratégie énergétique québécoise doit aussi assurer une saine gestion de l'offre énergétique et privilégier ainsi des choix santé, c'est à dire des choix de filières qui permettent la protection et la prévention de la santé des populations. Afin de faire des choix éclairés, il est essentiel de procéder à une démarche évaluative comparative des filières énergétiques. Celle-ci est toutefois absente de l'actuelle consultation. Sur la base des connaissances actuelles, le réseau de santé a apprécié les risques de certaines filières d'un point de vue santé. Ces risques sont appréciés en suivant différents principes qui préconisent la primauté de la santé humaine, la prudence et l'équité. L'acceptabilité sociale est par ailleurs déterminante dans la prise de décisions des gestionnaires énergétiques.

Cette appréciation du risque nous indique que la filière énergétique de production d'électricité ayant recours aux hydrocarbures présente des risques pour la santé publique qui peuvent être évités, et ce, dans un contexte de mondialisation des questions environnementales et dans le respect des engagements du gouvernement à stabiliser ses émissions de gaz à effet de serre (GES). Par ailleurs, au niveau du secteur de l'énergie associé aux transports, notre dépendance à l'égard du pétrole demeure toujours aussi importante malgré la précarité de la ressource. L'exploration et l'exploitation de nouveaux gisements d'hydrocarbures (pétrole et gaz naturel) en sol québécois peuvent sembler des options alléchantes. L'utilisation de cette filière est cependant de courte durée et la combustion du pétrole demeure l'une des responsables des changements climatiques. Des mesures visant à accentuer la disponibilité et l'accessibilité à des transports collectifs et un renforcement des mesures d'aménagement du territoire visant la limitation de l'étalement urbain de même que des incitatifs fiscaux encourageant l'utilisation de

véhicules moins énergivores et moins polluants seraient des avenues à inscrire dans la stratégie québécoise. Celle-ci doit privilégier et soutenir la recherche et le développement de combustibles propres, comme l'hydrogène.

Afin de préserver le bilan enviable d'émission de GES du Québec, imputable principalement au secteur de la production d'électricité, la stratégie énergétique doit miser sur le renforcement et le développement soutenu des filières d'énergies renouvelables et durables que sont l'éolien et le solaire, elle doit maintenir la filière de l'hydraulique, de même qu'elle doit permettre la recherche et le développement des sources d'énergies émergentes (biogaz, valorisation de la biomasse, ...). Ces choix s'avèrent à privilégier d'un point de vue de santé publique.

Il est incontestable que le Québec doit demeurer un chef de file dans la production d'énergie tout en limitant ses émissions de GES. La mise en place d'un ensemble de mesures visant à mieux gérer l'offre tout autant que la demande constitue une étape importante dans l'adoption par le Québec d'une politique énergétique favorable à la santé.

Ainsi, nous recommandons :

1. **que la stratégie énergétique québécoise prévoit la mise sur pied d'un programme permanent d'analyse des impacts environnementaux, sanitaires et économiques des filières énergétiques et des mesures d'atténuation.** Plusieurs filières énergétiques, notamment les filières émergentes, doivent faire l'objet d'une analyse comparative de leurs impacts permettant de faire ainsi des choix éclairés.
2. **que la stratégie du Québec en matière d'énergie s'articule autour de mesures fortes visant à infléchir et à orienter la demande d'énergie,** et ce, compte tenu que le Québec est l'une des régions du monde où la consommation d'énergie est la plus élevée et que les prévisions de consommation totale d'énergie font état d'une hausse pour les prochaines années. De plus, considérant l'impact sur la santé associé au secteur du transport et compte tenu de la précarité de la ressource (pétrole), **nous recommandons que la stratégie énergétique accorde une place importante aux mesures visant la réduction de la demande d'énergie polluante dans le secteur des transports,** notamment par l'accentuation de la disponibilité et de l'accessibilité à des transports collectifs, un renforcement des mesures d'aménagement du territoire visant la limitation de l'étalement urbain, un programme d'inspection obligatoire pour les camions et automobiles, de même que des incitatifs fiscaux encourageant l'utilisation de véhicules hybrides ou encore des mesures visant à démotiver l'utilisation de véhicules à grande consommation de carburant fossile. Elle devrait aussi privilégier et soutenir la recherche et le développement de combustibles propres comme l'hydrogène et l'électricité;
3. **que la stratégie énergétique ne privilégie pas l'utilisation d'hydrocarbures pour la production d'électricité autrement que comme source d'appoint interruptible et ceci tant que nous pourrions compter sur des ressources renouvelables.** Les impacts environnementaux associés aux hydrocarbures ne sont plus à démontrer et les engagements du Québec et du Canada, formulés dans le cadre du protocole de Kyoto, visant à réduire leurs émissions de GES, doivent être respectés,

compte tenu de l'impact actuel et appréhendé des changements climatiques sur la santé humaine, de même que les impacts actuels de la pollution atmosphérique locale associés au secteur de l'énergie;

1. **de ne pas développer davantage le nucléaire au Québec** compte tenu des impacts dramatiques potentiels associés à un accident technologique dans une centrale nucléaire de même qu'en l'absence de solution durable quant à la gestion sécuritaire des déchets radioactifs;
1. **que la filière de l'hydroélectricité demeure une source principale de production d'énergie** compte tenu qu'elle permet au Québec d'obtenir un bilan enviable d'émission de GES et compte tenu que la production hydroélectrique permet même de contribuer à la remédiation des problèmes environnementaux globaux à moyen et long terme par le remplacement de sources fossiles de production électrique. L'abondance de cette ressource en sol québécois contribue aussi à favoriser cette filière;
1. **que la stratégie énergétique diversifie ses sources de production d'électricité en privilégiant les filières d'énergie renouvelable et durable. Elle doit faire ainsi une plus large place à la filière éolienne et accroître et soutenir efficacement les efforts en recherche et développement dans le cas des autres filières d'énergie renouvelable, en commençant par le solaire**, et ce, compte tenu du peu de diversité dans la production d'énergie au Québec et du faible impact sur l'environnement et la santé de ces filières inépuisables;
1. **que la stratégie québécoise considère sérieusement la valorisation énergétique des résidus de biomasse (lisiers, déchets de bois, ...) et les déchets organiques** compte tenu que la cogénération d'énergie permet de valoriser les résidus de biomasse qui seraient autrement perdus et qu'elle demeure un choix durable de santé environnementale offrant un maximum de potentiel de récupération énergétique. De plus, étant donné l'augmentation importante de l'utilisation du bois comme mode de chauffage principal ou d'appoint dans les habitations québécoises et les risques que présentent la combustion du bois pour l'environnement et la santé publique, **la stratégie énergétique doit favoriser l'adoption d'une réglementation sur les poêles à bois limitant l'émission de contaminants**;
1. finalement, une meilleure distribution de la richesse collective et une plus grande justice dans l'exposition aux facteurs de risque sont une prémisses à l'amélioration de l'état de santé de la population, **nous croyons donc que la stratégie québécoise devrait favoriser le développement des régions périphériques.**



## ANNEXE

# EFFETS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LA SANTÉ HUMAINE

## 1. EFFETS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LA SANTÉ HUMAINE

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), les changements climatiques ont été responsables de quelques 150 000 décès dans le monde seulement pour l'an 2000. L'OMS s'attend que, d'ici 2030, le nombre de morts doublera à l'échelle planétaire du fait des changements climatiques (Environnement Canada, 2004b).

Santé Canada a identifié huit effets importants sur la santé des Canadiens découlant du changement et la variabilité climatique. On y retrouve notamment la morbidité et la mortalité liées à la température, les problèmes de santé issus des effets des conditions météorologiques exceptionnelles, l'augmentation des polluants atmosphériques, la contamination par l'eau et par les aliments, les maladies infectieuses à transmission vectorielle, l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique et l'exposition accrue aux rayons ultraviolets (UV), les effets sur les groupes démographiques vulnérables (enfants, personnes âgées, personnes de santé fragile et handicapées, sans-abri et personnes à faible revenu et groupes de cultures subsistantes) et finalement les impacts socioéconomiques sur la santé et le bien-être des populations (Santé Canada, 2001).

### 1.1 Morbidité et mortalité liées à la température

#### 1.1.1 *Vagues de chaleur*

Au Canada entre 1965 et 1992, 183 décès en raison de la chaleur ont été enregistrés (Environnement Canada, 1998). Ceci qui correspond à moins de 7 décès par année pour l'ensemble du Canada. Sur l'île de Montréal, Koutsavlis et Kosatsky (2003) ont évalué, à l'aide de diverses sources (rapports du coroner, certificats de décès, feuilles sommaires au congé de l'hôpital et examens des dossiers hospitaliers), les hospitalisations et les décès des résidants causés par la température. Entre 1992 et 1999, seulement 16 % de la morbidité et de la mortalité liées à la température est attribuable à la chaleur accablante, le 84 % restant est imputable au froid. Ainsi, les taux d'hospitalisations et de mortalités causées par la chaleur s'établissent respectivement à 0,5 et 0,05 par 100 000 personnes par année. Basé sur la population de 1 802 309 résidants, ceci équivaut à 9 hospitalisations et à 1 décès par année. Toutefois, Kalkstein et Smoyer (1993) estiment que durant un été normal à Montréal, la chaleur est responsable d'une hausse annuelle de la mortalité de plus de 2 décès par 100 000 résidants. Cette hausse est plus marquée chez les personnes âgées de 65 ans et plus, s'établissant à 11,3 décès additionnels par 100 000 personnes âgées.

Cette étude sur les impacts potentiels du changement climatique sur les taux de mortalité imputables à la chaleur indique qu'en présence d'un doublement des concentrations de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) atmosphérique, la ville de Montréal, qui est exposée à un climat chaud et humide en été, pourrait présenter une hausse significative de la mortalité causée par la chaleur. Selon les estimations établies à partir du modèle de circulation générale, en l'absence d'acclimatation, la mortalité estivale en raison de la chaleur pourrait excéder 40 décès par 100 000 résidants montréalais. Chez les personnes âgées de 65 ans et plus, la mortalité pourrait même dépasser 260 décès. Ainsi, ces taux de mortalité seraient 15 et 18 fois supérieurs aux taux actuels de décès liés à la chaleur. L'augmentation des taux de morbidité et de

mortalité imputable à la chaleur pourrait être en partie compensée par l'acclimatation des populations aux nouvelles conditions climatiques (Environnement Canada, 1998). Dans l'optique où la population s'acclimaterait, le taux de décès relié à la chaleur serait considérablement inférieur que dans le scénario d'une non-acclimatation. Cependant, le taux de mortalité excéderait d'environ quatre fois le taux actuel (Environnement Canada, 1997).

La chaleur accablante est aussi à l'origine de divers malaises. Parmi les effets directs, les crampes de chaleur, la syncope de chaleur, l'épuisement à la chaleur et le coup de chaleur sont des pathologies thermiques aiguës survenant fréquemment lors de chaleur accablante (Direction de santé publique de Montréal, 2004). Les crampes de chaleur sont des crampes musculaires brèves, intermittentes et sévères qui surviennent pendant ou peu de temps après un exercice physique et semblent résulter d'un déséquilibre électrolytique (sodium, potassium, etc.) transitoire. La syncope de chaleur est une perte de conscience transitoire qui résulte d'une baisse du débit sanguin au cerveau. L'épuisement par la chaleur résulte d'un mauvais remplacement des réserves d'eau et d'électrolytes de l'organisme, après plusieurs jours d'exposition à la chaleur accablante. Ses symptômes sont de la température corporelle légèrement inférieure à 40 degrés Celsius (°C), des étourdissements, de la faiblesse et de la fatigue (Direction de santé publique de Montréal, 2004).

La cause la plus courante de décès lié à la chaleur est le coup de chaleur. Il se caractérise par un début rapide et est dû à une défaillance des mécanismes de déperdition de la chaleur (Institut de veille sanitaire, 2003). Le premier stade du coup de chaleur se caractérise par la vasodilatation périphérique et la sudation mais qui s'avèrent en bout de ligne inefficaces pour contrer la hausse de température. Le corps n'arrivant plus à contrôler sa température, celle-ci s'élève au-dessus de 40 °C. À cette température, les cellules cérébrales responsables de la thermorégulation ne peuvent continuer à fonctionner normalement et ordonnent une cessation de transpiration et de vasodilatation ce qui augmente encore plus la température corporelle. Les symptômes du coup de chaleur sont une peau pâle et froide, des frissonnements, une désorientation, une perte de conscience, le coma et la mort (Institut de veille sanitaire, 2003; Guyton et Hall, 1996; Brooks et al., 1995). S'il n'est pas traité rapidement, il peut entraîner des séquelles cérébrales permanentes de même que des dommages ischémiques aux niveaux des reins, du cœur et du foie.

Les conséquences indirectes de la chaleur accablante, telles que l'aggravation des problèmes de santé existants, englobent les maladies cardiovasculaires, cérébrovasculaires et respiratoires (Gouvernement du Canada, 2004). La majorité de la surmortalité liée aux vagues de chaleur résulte de ces maladies. Toutefois, l'impact de la mortalité des vagues de chaleur est incertain en terme du nombre de vie perdu puisqu'une proportion de décès survient chez les individus vulnérables qui décéderaient de toute façon dans un avenir futur (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001). La chaleur accablante peut également être mise en cause dans l'apparition de comportements violents et d'autres formes de comportements antisociaux (Environnement Canada, 1998).

L'augmentation de la gravité et de la fréquence des vagues de chaleur occasionnée par le réchauffement climatique pourrait entraîner une hausse de la morbidité et de la mortalité, notamment chez les personnes âgées, les jeunes enfants, les individus malades, les individus prenant des médicaments qui affectent la thermorégulation, les personnes qui travaillent à l'extérieur ou qui font de l'exercice, les sans-abri et les

individus ayant un faible revenu résidant dans les grands centres urbains (Environnement Canada, 1998; Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001).

Généralement, les vagues de chaleur ont des effets à la santé plus graves dans les villes que dans les banlieues ou les régions rurales, probablement à cause du phénomène des « îlots thermiques urbains » (Gouvernement du Canada, 2004). L'architecture urbaine (brique, pierre, asphalte) absorbe la chaleur de l'énergie solaire durant la journée et la radie durant la nuit ce qui maintient continuellement un environnement chaud (Longstreth, 1999). Le moment d'apparition des vagues de chaleur peut influencer sur la gravité des effets sur la santé. La chaleur accablante qui survient au début de la saison estivale résulte habituellement en plus de décès que si elle se produit plus tard au cours de l'été puisque les gens n'ont pas encore eu le temps de s'acclimater à la chaleur (Gouvernement du Canada, 2004).

Au niveau international en août 2003, la France a connu une vague de chaleur d'une intensité et d'une durée sans précédent. Cette vague de chaleur s'est accompagnée d'une vague de surmortalité à court terme, principalement chez les personnes âgées. Le nombre cumulé de décès en excès par rapport aux années précédentes a été d'environ 14 800 pour la période du 1<sup>er</sup> au 20 août, soit une augmentation de 60 % par rapport à la mortalité attendue (Hémon et Jouglu, 2003). Cet exemple concret illustre bien ce qui pourrait se produire si les scénarios de changements climatiques se confirment.

### 1.1.2 *Froid intense*

Une augmentation des températures moyennes suite aux changements climatiques résulterait non seulement de températures estivales en moyenne plus chaudes, mais également de températures légèrement plus douces en hiver. Au Canada, les taux de morbidité et de mortalité liées à la température sont supérieurs en hiver qu'en été. Comparativement aux décès causés par la chaleur, pour la même période de temps, le Canada a enregistré beaucoup plus de décès en lien avec le froid. Entre 1965 et 1992, 2 875 décès ont été signalés comparativement à 183 décès causés par la chaleur (Environnement Canada, 1998). Actuellement, plus de 80 Canadiens décèdent annuellement suite à une surexposition au froid (Environnement Canada, 2001).

Bien que la région montréalaise ait des hivers longs et froids, peu de données sont disponibles sur les taux de morbidité et mortalité actuels imputables au froid. En plus d'évaluer les lésions causées par la chaleur extrême, Koutsavlis et Kosatsky (2003) ont évalué les hospitalisations et les décès des résidents de l'île de Montréal suite à une exposition au froid intense. Le taux d'hospitalisation et de mortalité imputable au froid s'établit respectivement à 2,6 hospitalisations et 0,3 décès par 100 000 personnes années. Basé sur la population de 1 802 309 résidents, ceci équivaut à 47 hospitalisations et à 5 décès par année.

Les effets adverses à la santé humaine directement attribuables à une exposition prolongée à des températures froides incluent les engelures et l'hypothermie. L'engelure résulte d'une diminution de température au niveau local et même une congélation des tissus. Dans les cas graves, des thromboses artérielles localisées provoquent l'apparition de gangrène pouvant conduire à l'amputation, notamment des doigts et des orteils (Braunwald, [s.d.]; Decker et Mosby, 1985; Delamare et al., 1998). Quant à l'hypothermie, la production de chaleur ne réussit pas à égaler les pertes de chaleur. Ceci résulte en une

diminution de la température corporelle au-dessous de 35 °C (Delamare et al., 1998). Initialement, la baisse de température corporelle stimule tous les systèmes, on assiste donc à une tachycardie<sup>25</sup>, une tachypnée<sup>26</sup>, une augmentation du tonus musculaire à partir de frissonnements, vasoconstriction, etc. Il s'ensuit une dépression progressive de toutes les fonctions principales (Decker et Mosby, 1985). Le pouls, la tension artérielle, le tonus musculaire, la vitesse de conduction nerveuse s'abaissent tous, de même que la température. Si rien n'est fait pour corriger cette dernière et qu'elle plonge sous la barre des 29,5 °C, la capacité de thermorégulation est perdue (la vasoconstriction et le frissonnement cessent pour laisser place au coma et à la mort). Le refroidissement éolien<sup>27</sup> est parfois déterminant dans ces incidents puisqu'il accélère la perte de chaleur corporelle. Quant aux effets indirects, ils incluent notamment une augmentation du taux de pneumonie, d'influenza et d'autres maladies respiratoires (Kalkstein et Greene, 1997). En hiver, plusieurs décès sont liés à ces effets indirects (Martens, 1998).

Les hivers plus doux anticipés pour la province de Québec pourraient être accompagnés par une diminution du nombre de mortalité qui sont directement et indirectement attribuables à une exposition aux froids extrêmes. Cependant, l'augmentation des températures moyennes hivernales, sous un scénario de doublement des concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub>, aura peu d'impact sur la morbidité et la mortalité attribuables à des températures froides. Même si les températures hivernales s'adoucissent de quelques °C, les modèles de circulation générale indiquent que les températures seront suffisamment froides pour continuer de causer de la morbidité et de la mortalité (Kalkstein et Smoyer, 1993) puisque des décès reliés à l'hypothermie environnementale peuvent survenir à des températures avoisinant 6 °C (Centers for Disease Control and Prevention, 1998).

En Grande-Bretagne, une étude indique une diminution annuelle de décès imputables au froid de l'ordre de 25 % en 2050, soit 20 000 décès. Cependant, une autre étude estime que l'augmentation de la mortalité reliée à la chaleur dépassera d'au moins trois fois la diminution de mortalité causée par le froid (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001).

Les personnes âgées, les jeunes enfants et les sans-abri sont susceptibles de développer une pathologie liée au froid. Les personnes âgées sont vulnérables à l'hypothermie étant donné leur perte d'efficacité de frissonnement, la rareté de graisses sous-cutanées, la diminution du taux métabolique, la mobilité limitée, les maladies chroniques et l'absence de perception du froid (Centers for Disease Control and Prevention, 1993). Les jeunes enfants sont vulnérables par leur taux de perte de chaleur élevé en raison de leur haut rapport surface corporelle/poids du corps et de l'absence de frissonnements efficaces. Un individu mal

---

<sup>25</sup> Accélération du rythme cardiaque

<sup>26</sup> Accélération considérable du rythme respiratoire

<sup>27</sup> Danger pour la santé du refroidissement éolien

0 à -9 : Faible. Le refroidissement éolien augmente un peu l'inconfort.

-10 à -24 : Modéré. Inconfortable. La peau exposée ressent le froid. Risque d'hypothermie si à l'extérieur pendant de longues périodes sans protection adéquate.

-25 à -44 : Élevé. Risque de gelure grave de la peau. Risque d'hypothermie si à l'extérieur pendant de longues périodes sans protection adéquate.

-45 à -59 : Extrême. Quelques minutes suffisent pour geler la peau exposée. Sérieux risque d'hypothermie si à l'extérieur pendant de longues périodes.

< -60 : Extrême. Danger. La peau exposée peut geler en moins de deux minutes.

nourri est à risque d'hypothermie étant donné la rareté de ses graisses sous-cutanées et des réserves énergétiques utilisées habituellement dans la thermogénèse compensatoire.

La consommation d'alcool et la prise de médicaments neuroleptiques sont deux des facteurs de risques associés à l'hypothermie. La consommation d'alcool résulte en une vasodilatation qui interfère avec une vasoconstriction périphérique, un mécanisme physiologique important dans la défense à une température froide. Quant à la prise de médicaments neuroleptiques, ils induisent une vasodilatation et suppriment la réponse de frissonnements; les températures froides amplifient l'effet hypothermique de ces médicaments (Centers for Disease Control and Prevention, 1998).

## 1.2 Effets des conditions météorologiques exceptionnelles sur la santé

Sous un climat plus chaud, la fréquence et l'intensité des événements climatiques extrêmes, tels que les inondations, les tempêtes de pluie verglaçante, les tornades, le temps violent estival de nature convective et les périodes de sécheresse devraient augmenter. Ces augmentations pourraient entraîner une hausse des taux de mortalité, de blessures, de maladies infectieuses et de troubles liés au stress aussi bien que diverses autres conséquences néfastes pour la santé humaine résultant de perturbations sociales, de mouvements migratoires forcés provoqués par l'altération des conditions environnementales et à la ghettoïsation des régions urbaines (Environnement Canada, 1998).

### 1.2.1 *Inondations*

Au Canada, les inondations sont les désastres naturels les plus fréquents (Greifenhagen et Noland, 2003). Toutefois, les pertes de vies attribuables directement aux inondations sont rares. En effet, malgré l'importance du désastre, les inondations survenues dans la région du Saguenay en 1996 n'ont causé aucune perte de vie par noyade, sur les dix décès rapportés, huit sont liés à des phénomènes de mouvement de sol (coulée de boue et affaissement de routes) et deux à une erreur de navigation (Environnement Canada, 1997).

Suite à une inondation, les victimes peuvent être à risque de désordres post-traumatiques liés au stress et à la dépression pouvant mener jusqu'au suicide. Une étude effectuée 4 ans après une inondation a montré que le taux de suicide avait augmenté de 12,1 à 13,8 par 100 000 individus (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001).

Les inondations des sites contaminés par des déchets toxiques, des eaux d'égout, des déchets animaux ou des produits agrochimiques peuvent provoquer une exposition humaine immédiate à une eau contaminée et à la contamination de poissons comestibles (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001).

### 1.2.2 *Tempête de pluie verglaçante*

Les tempêtes hivernales sévères sont associées à des mortalités autres que celles causées par des températures froides. La tempête de pluie verglaçante qui s'est abattue en janvier 1998 sur le sud-ouest du Québec a occasionné 21 décès directement reliés à la tempête, soit 6 par intoxication au monoxyde de

carbone (CO), 4 par hypothermie, 6 à la suite d'un incendie et 5 par des traumatismes divers. Cinquante et une personnes ont été traitées en chambre hyperbare en raison d'une intoxication sévère au CO, plus de 150 personnes ont consulté leur centre hospitalier pour des intoxications de moindre importance alors que 811 personnes ont appelé le Centre antipoison du Québec (CAPO) (Roy, 1998). En Montérégie, durant les deux premières semaines de la panne d'électricité, le nombre d'appels au CAPO était presque le double du nombre d'appels enregistrés durant toute l'année 1997. Des centaines de cas de traumatismes ont également été enregistrés suite aux opérations de déglacage. Ces cas allaient de fractures de membres jusqu'à des fractures de la colonne vertébrale et même à des décès.

Une étude épidémiologique réalisée chez les Montérégiens, qui ont presque tous été infligés par une panne d'électricité pouvant s'étendre jusqu'à 4 semaines, révèle 924 décès pour les 3 dernières semaines du mois de janvier comparativement à 733 décès pour la même période en 1997, soit une augmentation de 26 %. La surmortalité est attribuable principalement à une mortalité par maladies des systèmes circulatoire et respiratoire. On observe également une surmorbidity pour les traumatismes et empoisonnements, les maladies des systèmes respiratoire et circulatoire et les maladies infectieuses et parasitaires (Tremblay et al. 1998).

D'autres études ont rapporté que la mortalité causée par les cardiopathies ischémiques, telles que l'infarctus du myocarde et l'angine, augmentent lorsque des vents glaciaux et violents du nord sont accompagnés de tempête de neige (Greenough et al., 2001).

Le stress prénatal subi par les femmes enceintes pendant la crise du verglas a eu un impact négatif sur le développement de leurs enfants. À l'âge de deux ans, ces enfants avaient un développement mental inférieur et un vocabulaire un peu moins élaboré que la moyenne des enfants de leur âge (Laplante et al., 2004).

### ***1.2.3 Temps violent estival de nature convective***

Par leur nature soudaine et violente, les tornades sont des événements climatiques pouvant résulter en un désastre inattendu (Greenough et al., 2001). En 1987, la tornade ayant eu lieu à Edmonton, Alberta, a tué 27 personnes et en a blessé 253 autres (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001). En plus des fractures et des blessures à la tête causées par des débris volant (Greenough et al., 2001), les individus exposés aux tornades subissent régulièrement une variété de stress incluant la dépression, le stress aigu et post-traumatique, l'abus d'alcool et de drogue et l'anxiété (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001).

### ***1.2.4 Période de sécheresse***

Les périodes de sécheresse peuvent être associées à une augmentation potentielle des feux de forêts. La fumée dégagée lors de ces feux transporte une quantité considérable de fines particules qui aggravent les problèmes cardiaques et respiratoires, incluant l'asthme et les autres maladies pulmonaires obstructives chroniques. Les individus avec des maladies respiratoires préexistantes sont les plus à risques. La sinusite, les infections des voies respiratoires supérieures, la laryngite et l'irritation oculaire sont des

symptômes qui ont été rapportés suite à une exposition aux fumées lors de feux de forêt (Greenough et al., 2001).

### 1.3 Effet de la pollution atmosphérique sur la santé

La pollution atmosphérique et le smog constituent d'importantes préoccupations en matière de santé publique, et on peut s'attendre que les changements climatiques les aggravent. Selon de nombreuses études, la pollution de l'air risque d'augmenter les admissions dans les hôpitaux et les visites aux salles d'urgence, d'aggraver les problèmes cardiaques et respiratoires déjà existants et d'entraîner des décès prématurés (Environnement Canada 2004c; Toronto Public Health, 2004).

La santé publique de Toronto estime que la pollution atmosphérique de la ville contribue annuellement à environ 1 700 décès prématurés. De ces décès, 518 sont imputables à l'exposition aiguë aux polluants gazeux atmosphériques causant le smog tels que le CO, le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), l'ozone troposphérique et le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) tandis que 1 236 décès sont attribuables à l'exposition chronique de particules en suspension dans l'air inférieures à 2,5 micromètres (µm) PM<sub>2,5</sub> (particulate matter). Environ 6 000 hospitalisations surviennent annuellement suite à des problèmes respiratoires et cardiaques causés par ces quatre polluants gazeux atmosphériques en incluant les particules en suspension dans l'air inférieures à 10 µm (PM<sub>10</sub>). De plus, plusieurs dizaines de milliers d'individus sont affectés annuellement par des effets adverses à la santé de moindre importance, tels que la bronchite chronique et les symptômes d'asthme pouvant nécessiter des visites à l'urgence (Toronto Public Health, 2004).

#### 1.3.1 Smog

Le terme « smog » provient de la contraction des mots anglais « smoke » et « fog ». Le smog est le résultat d'une réaction chimique qui se produit lorsqu'un mélange toxique de polluants atmosphériques réagit avec les rayons solaires et la chaleur (Environnement Canada, 2004b). Les concentrations de smog atteignent leur niveau maximal durant les journées chaudes et ensoleillées (Environnement Canada, 1998). L'ozone troposphérique et les particules fines en suspension dans l'air sont les deux principaux polluants composant le smog. Les autres polluants retrouvés dans le smog sont le NO<sub>2</sub>, le SO<sub>2</sub> et le CO (Environnement Canada, 2004a).

Le changement climatique et l'augmentation de journées chaudes et ensoleillées peuvent conduire à davantage de jours ponctués par des épisodes de smog (Toronto Public Health, 2004). Toute augmentation du nombre de jours de smog risque de se traduire par un accroissement du nombre d'admissions hospitalières (Environnement Canada, 1998) et de décès.

##### 1.3.1.1 Ozone troposphérique

À la différence de l'ozone stratosphérique qui est bénéfique pour nous protéger des rayons UV du soleil dommageables pour la peau et les yeux, l'ozone dans les basses couches de l'atmosphère est un gaz extrêmement irritant lorsque présent en grandes concentrations. Ce gaz, se forme durant l'après-midi juste au-dessus de la surface de la terre lorsque les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et les composés organiques volatils



(COV), deux polluants primaires, réagissent au soleil et à l'air stagnant. Les NO<sub>x</sub> et les COV proviennent de sources naturelles ou de l'activité humaine (Environnement Canada, 2004a).

Les NO<sub>x</sub> sont des composés d'azote et d'oxygène qui comprennent les gaz d'acide nitrique et de NO<sub>2</sub>. Ils proviennent principalement de la combustion du charbon, des combustibles des véhicules moteurs, des résidences, des industries et des centrales électriques. Quant aux COV, ce sont des gaz et des vapeurs qui contiennent du carbone. Ils proviennent généralement de la combustion de l'essence et de l'évaporation des combustibles liquides et des solvants (Environnement Canada, 2004a).

Plus de la moitié des Canadiens vivent dans des régions où les concentrations d'ozone troposphérique peuvent atteindre des niveaux inacceptables durant l'été. À titre d'exemple, le corridor Windsor-Québec enregistre régulièrement des concentrations d'ozone troposphérique supérieures à 82 ppb (partie par milliard [10<sup>9</sup>]) sur une heure, soit l'objectif canadien de qualité de l'air ambiant, et les concentrations maximales atteignent souvent 150 ppb (Environnement Canada, 1998). Le tableau 1 (page suivante) présente le nombre de jours par année de dépassement de la norme de qualité de l'air dans certaines régions québécoises.

**Tableau 1 Nombre de jours où l'ozone a dépassé 80 ppb<sup>1</sup> dans certaines régions québécoises, entre 1991 et 2001**

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000 <sup>2</sup>	2001
Capitale nationale de Québec	10	7	7	1	5	2	4	5	5	1	5
Mauricie-Centre du Québec	13	8	8	4	16	5	6	5	14	1	15
Estrie	14	4	5	3	5	2	3	3	3	1	8
Montréal - Laval	17	12	11	6	12	2	11	11	15	1	17
Outaouais	13	5	8	7	3	2	3	5	12	1	12
Lanaudière	-	-	-	-	-	6	8	5	7	0	7
Laurentides	6	7	4	3	6	1	2	5	4	1	4
Montréal	17	7	4	5	16	6	7	11	13	0	20

<sup>1</sup> Norme horaire selon le Règlement sur la qualité de l'air, en parties par milliard.

<sup>2</sup> Les conditions météorologiques défavorables de l'année 2000 ont fait en sorte qu'il y a eu très peu d'épisodes de smog.  
Source : Ministère de l'Environnement, 2004

L'ozone irrite le nez, la gorge et les yeux. Il provoque de la toux et des difficultés respiratoires causées notamment par une constriction des bronches et des bronchioles (Ministère de l'Environnement, 2004). Les effets sur la santé de l'ozone troposphérique, à des concentrations pouvant être atteintes au Canada, incluent l'inflammation pulmonaire, la perte par décrets de la fonction ventilatoire, l'hyperréactivité des voies respiratoires, les symptômes respiratoires, la possibilité d'une intensification de la consommation de médicaments ainsi que des consultations médicales et l'augmentation des admissions en salle d'urgence chez les personnes souffrant de troubles respiratoires ou cardiaques, une perte de capacité de faire de l'exercice, la hausse du nombre d'hospitalisations et une hausse de la mortalité (Environnement Canada, 1998).

Une étude, menée par la santé publique de Toronto, estime qu'annuellement l'ozone troposphérique est responsable de 219 décès prématurés et de 337 admissions hospitalières suite à des problèmes respiratoires (Toronto Public Health, 2004).

Les épisodes de fortes concentrations d'ozone sont souvent associées à une chaleur accablante, ce qui peut augmenter la vulnérabilité des sous-populations sensibles à pollution atmosphérique (Environnement Québec, 2004). Ainsi, il peut constituer un risque pour la santé chez les personnes atteintes de maladies respiratoires chroniques comme l'asthme, l'emphysème et la bronchite puisqu'il aggrave les symptômes de ces maladies (Environnement Canada, 1998). Ces problèmes respiratoires affectent environ 7,5 % de la population canadienne. Il présente également un risque chez les personnes âgées et les personnes souffrant de troubles cardiovasculaires (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001). Les enfants sont vulnérables, car ils sont très actifs à l'extérieur, où ils demeurent plus longtemps pendant les périodes de la journée où les concentrations d'ozone sont le plus élevées (Environnement Canada, 2002). En été, les individus en santé qui pratiquent beaucoup d'activités physiques ou qui travaillent à l'extérieur durant plusieurs heures peuvent éprouver une perte d'efficacité de leur fonction ventilatoire et une augmentation des symptômes respiratoires lorsqu'elles sont exposées à des concentrations d'ozone troposphérique inférieures aux valeurs-seuils canadiennes (82 ppb) (Environnement Canada, 1997; Environnement Canada, 1998).

Sous des conditions de réchauffement planétaire de l'ordre de 4 °C, les modèles prévoient une augmentation des concentrations d'ozone troposphérique. Les résultats indiquent que les modifications des concentrations quotidiennes les plus élevées d'ozone pourraient se situer entre -2,4 % à 20 %. Quant à l'étude la plus récente, elle prévoit un accroissement d'ozone troposphérique se situant entre 8 et 28 ppb (Bernard et al., 2001). Ces résultats suggèrent que la piètre qualité de l'air soit un problème de santé publique durant les journées chaudes et ensoleillées puisque la formation d'ozone sera accrue lors de ces journées.

### *1.3.1.2 Particules en suspension dans l'air*

Les particules en suspension dans l'air, dont l'acronyme est PM pour « particulate matter », sont l'une des composantes principales du smog. Ces particules demeurent en suspension dans l'air pendant un certain temps. Elles sont acheminées directement dans l'atmosphère sous forme de poussières, de saletés, de brouillard salin, de pollen et de spores soufflées par le vent. Elles donnent en partie la couleur au smog et affectent la visibilité (Environnement Canada, 2004a).

Les particules susceptibles d'être inhalées par les humains peuvent être classées en fonction de leur taille, soit les PM<sub>2,5</sub> (particules dont le diamètre aérodynamique moyen est inférieur à 2,5 microns) et les PM<sub>10</sub> (particules dont le diamètre aérodynamique moyen est inférieur à 10 microns) (Environnement Canada, 2004a).

Les effets pathogènes de l'exposition par inhalation à des particules sont en fonction de leur grosseur puisque cette dernière détermine le lieu de la déposition des particules dans les voies respiratoires. Les particules les plus grosses (5 à 30 µm) sont retenues dans le naso-pharynx. Le nez est très efficace pour

retenir ces particules ; presque toutes les particules d'un diamètre supérieur à 20  $\mu\text{m}$  et environ 95 % des particules d'un diamètre de 5  $\mu\text{m}$  sont filtrées par le nez. Ainsi, le nez est responsable de l'élimination d'une partie importante de la masse de l'aérosol inhalée. Les particules de tailles moyennes (1 - 5  $\mu\text{m}$ ) se déposent au niveau de la trachée, des bronches et des bronchioles terminales. Les particules de dimension inférieure à 1  $\mu\text{m}$  sont suffisamment petites pour parvenir jusqu'aux alvéoles où elles sont probablement absorbées par l'organisme. Ces particules sont celles qui ont le plus d'effets pathogènes. Les particules qui sont déposées dans les voies respiratoires supérieures peuvent être éliminées par l'ascenseur muco-ciliaire pour ensuite être avalées (Normandin, 2002).

On associe les particules fines à des symptômes respiratoires, à l'hyperactivité des voies respiratoires, à une perturbation de la fonction ventilatoire, à une perte de la capacité de faire de l'exercice, à l'inflammation pulmonaire, à une perte par décrets de la fonction ventilatoire, à l'augmentation du nombre d'admissions en salle d'urgence pour les cas d'asthme, à une hospitalisation accrue, à une hausse d'absentéisme au travail et à l'école, à l'aggravation des maladies pulmonaires et cardiovasculaires existantes et à l'accroissement de la mortalité par maladies cardiopulmonaires ou par cancer du poumon. Les enfants, les personnes âgées, les fumeurs, les asthmatiques et les autres personnes souffrant de troubles respiratoires sont plus vulnérables à ce type de polluants atmosphériques (Environnement Canada, 1998).

L'exposition aiguë aux  $\text{PM}_{10}$  est responsable annuellement de 177 décès prématurés, 597 admissions hospitalières suite à des problèmes respiratoires et 421 admissions hospitalières pour des problèmes cardiovasculaires. À cela, on ajoute chaque année 1 236 décès prématurés attribuables à une exposition chronique aux  $\text{PM}_{2,5}$ , et ce, pour la ville de Toronto seulement (Toronto Public Health, 2004).

### *1.3.1.3 Précipitations acides*

Le  $\text{SO}_2$  et les  $\text{NO}_x$  sont oxydés dans l'atmosphère pour former respectivement de l'acide sulfurique et nitrique qui peuvent être transportés sur de grandes distances (Environnement Canada, 1998).

Les aérosols acides comme le  $\text{SO}_2$ , le sulfate et le  $\text{NO}_2$  ont une affinité pour les colloïdes formés de particules fines, qui leur servent de vecteurs pour la pénétration dans les voies respiratoires inférieures. En général, on constate que le  $\text{SO}_2$  et le  $\text{NO}_2$  ont des effets nocifs aigus sur le système respiratoire (Environnement Canada, 1998).

#### *1.3.1.3.1 Dioxyde de soufre*

Les émissions de  $\text{SO}_2$ , un polluant gazeux, proviennent principalement des centrales alimentées au charbon et à l'huile, des fonderies, des chaudières industrielles et des usines de raffinage de l'huile et du gaz (Environnement Canada, 1998).

Le  $\text{SO}_2$  peut accroître la vulnérabilité aux infections respiratoires et à la constriction des voies respiratoires chez les asthmatiques. Ceux-ci sont un sous-groupe de la population vulnérable à une exposition au  $\text{SO}_2$ . Ils peuvent manifester une réactivité bronchique plus intense que l'ensemble de la population. Selon

l'OMS, les asthmatiques qui font de l'exercice éprouvent des symptômes respiratoires à partir de 0,5 ppm (partie par million [10<sup>6</sup>]) (Environnement Canada, 1998), soit le seuil acceptable fixé par la ville de Montréal pour la moyenne horaire de SO<sub>2</sub> (Ville de Montréal, 2003).

Le nombre d'individus se rendant aux services d'urgence des hôpitaux augmente lorsque la concentration atmosphérique de SO<sub>2</sub> est élevée (Environnement Canada, 1998). Une étude estime qu'il est responsable de 30 décès prématurés et 319 admissions dans les hôpitaux chaque année, et ce, à Toronto seulement. De ces 319 admissions hospitalières, 215 sont reliés à des problèmes respiratoires et 104 à des problèmes cardiovasculaires (Toronto Public Health, 2004).

Un modèle examinant les impacts d'une augmentation de température sur la production de précipitations acides indique qu'une augmentation de température de 10 °C accroîtra la production de sulfate d'environ deux fois et demie (Bernard et al., 2001).

#### 1.3.1.3.2 Oxydes d'azote

Les NO<sub>x</sub> sont produits par les émissions des véhicules. Le NO<sub>2</sub> est considéré comme étant un polluant secondaire puisqu'il est produit par l'oxydation de NO<sub>x</sub> par temps ensoleillé (Environnement Canada, 1998).

Le NO<sub>2</sub> est un irritant des voies respiratoires. Les effets directs du NO<sub>2</sub> sur la santé comprennent des infections des voies respiratoires inférieures et l'altération des défenses de l'hôte au niveau des voies respiratoires. Il provoque également la bronchoconstriction (resserrement des voies respiratoires qui accroît la résistance au passage de l'air) et l'asthme de manière apparentée à celle de l'ozone (Environnement Canada, 1998).

Davantage de personnes âgées se présentent pour des soins d'urgence lorsque les concentrations atmosphériques de NO<sub>2</sub> augmentent (Environnement Canada, 1998). Récemment, une étude menée par la santé publique de Toronto estime qu'annuellement le NO<sub>2</sub> est responsable de 249 décès prématurés et de 4 318 admissions hospitalières (1 461 admissions pour des problèmes respiratoires et 2 857 pour des problèmes cardiovasculaires) (Toronto Public Health, 2004).

#### 1.3.1.4 Monoxyde de carbone

Publiée en juillet 2004, une étude estime qu'une exposition aiguë au CO cause annuellement 20 décès prématurés et 272 admissions hospitalières pour des problèmes respiratoires, et ce, à Toronto seulement (Toronto Public Health, 2004).

## 1.4 Effets de la contamination de l'eau et des aliments sur la santé

### 1.4.1 Maladies d'origine hydrique

Les maladies d'origine hydrique sont causées par les agents pathogènes qui se propagent par l'eau de consommation ou par l'exposition à de l'eau contaminée lors d'activités récréatives, telles que la baignade et la pêche.

Aux États-Unis, on estime qu'environ 9 000 000 de cas de maladies d'origine hydrique surviennent annuellement. La majorité de ces cas développent une gastroentérite légère (inflammation de l'intestin et de l'estomac) (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001). À Montréal, 35 % des maladies entériques sont en lien avec des maladies d'origine hydrique évitable. L'incidence de ces maladies est sous-estimée puisque dans la majorité des cas, aucune intervention médicale n'est requise (Greifenhagen et Noland, 2003). Toutefois, la forme sévère de la maladie peut survenir dans tous les groupes d'âges.

L'augmentation des températures, l'allongement de la saison estivale, la multiplication des épisodes de fortes précipitations provoquées par le changement climatique laissent présager une prolifération et une aggravation des maladies d'origine hydrique causées par les parasites intestinaux *Giardia* et *Cryptosporidium* (Environnement Canada, 1998). *Giardia lamblia* est considéré comme le pathogène causant le plus d'épidémies de maladies d'origine hydrique au Canada suivi ensuite par le *Cryptosporidium* (Greifenhagen et Noland, 2003). Leurs maladies respectives, soit la lambliaose et la cryptosporidiose, se manifestent par des diarrhées qui n'ont habituellement pas de conséquences graves chez la plupart des gens, toutefois les jeunes enfants, les personnes âgées et les individus dont le système immunitaire est affaibli peuvent y être vulnérables (Gouvernement du Canada, 2004). D'autres causes d'épidémies de maladies d'origine hydrique incluent entre autres *Escherichia coli* O157:H7 et *Campylobacter jejuni*.

La bactérie *Escherichia coli* O157:H7 cause une infection intestinale sévère qui résulte généralement en des diarrhées sanguinolentes, des vomissements, de la fièvre et peut conduire à certaines complications tels qu'un syndrome hémolytique urémique, des défaillances rénales permanentes et la mort. Les enfants et les personnes âgées sont les plus vulnérables à ce type d'infection (Greifenhagen et Noland, 2003).

En l'an 2000, la ville de Walkerton, située en Ontario, a été le théâtre de la plus importante écloison d'infections par *Escherichia coli* O157:H7 et *Campylobacter jejuni* d'origine hydrique qu'ait connue le Canada. Plus de 2 000 personnes ayant consommé l'eau du réseau d'aqueduc municipal de la ville ont développé des symptômes de diarrhée. Soixante-cinq patients ont été hospitalisés et vingt-sept d'entre eux ont développé un syndrome hémolytique urémique. Six personnes sont décédées par suite de cette écloison (Santé Canada, 2000a). Cette épidémie de gastroentérite peut s'expliquer en partie par la survenue d'un épisode de pluies exceptionnellement fortes après une période de sécheresse. De telles circonstances sont propices à l'écloison d'épidémies de maladies d'origine hydrique puisque plus de la moitié de ces épidémies qui se sont déclarées aux États-Unis ont été précédées d'épisodes de précipitations intenses (Gouvernement du Canada, 2004).

Bien que moins fréquentes que les éclosions d'*Escherichia coli* O157:H7 attribuables à l'eau de consommation, des éclosions de cette bactérie peuvent être associées à l'eau de baignade dans les plans d'eau naturels. En 2001, la température estivale beaucoup plus chaude que la moyenne habituelle accompagnée d'un taux d'humidité élevé a été associée à la première éclosion de cette bactérie attribuable à l'eau de baignade dans la région de Montréal. Quatre jeunes garçons, âgés entre 3 et 7 ans, ayant visité une plage publique entre une et quatre fois ont développé des symptômes. Trois de ces cas ont été hospitalisés sans toutefois développer le syndrome hémolytique urémique (Santé Canada, 2004).

Le changement de précipitations projeté au Québec peut affecter le taux d'infection entérique d'origine hydrique. Le dégel fréquent à l'hiver et les étés secs ponctués par d'abondantes précipitations peuvent augmenter la source non ponctuelle de contamination des eaux de surface (Greifenhagen et Noland, 2003).

#### 1.4.2 *Maladies d'origine alimentaire*

Aux États-Unis, les maladies d'origine alimentaire causent annuellement environ 76 millions de cas de maladie, 325 000 hospitalisations et 5 000 décès (Rose et al., 2001). À chaque année au Canada, les intoxications d'origine alimentaire causent un nombre significatif de morbidité et de mortalité. La plupart de ces intoxications causent seulement des maladies gastro-intestinales mineures dont la majorité de celles-ci ne sont pas rapportées au personnel médical (Greifenhagen et Noland, 2003).

La multiplication des épisodes de fortes précipitations et l'augmentation des températures pourraient accroître la prolifération d'algues toxiques (marées rouges) en milieu marin. Ces algues peuvent contaminer les mollusques et crustacés. Pour les humains qui les consomment, il y a un risque d'intoxication par les phycotoxines paralysantes, diarrhéiques et amnésiques (Gouvernement du Canada, 2004; Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001).

L'acide domoïque, une toxine produite par l'algue *Nitzschia pungens*, habituellement inconnue dans les eaux froides, cause des troubles de mémoire après une intoxication par les mollusques et crustacés (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001). Au Canada en 1987, des patients ont souffert d'amnésie après avoir consommé des moules provenant de l'Île-du-Prince-Édouard. Lors de cet épisode, un total de 107 patients ont été intoxiqués. Dix-neuf patients ont été hospitalisés dont douze ont nécessité des soins intensifs puisqu'ils présentaient des sécrétions respiratoires abondantes, une pression artérielle instable et étaient dans le coma. Trois patients sont décédés (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001).

En Angleterre et au Pays de Galles, une étude prévoit qu'en l'an 2050 179 000 cas additionnels d'intoxication alimentaire par année seront imputables au réchauffement planétaire (Bentham et Langford, 1995).

## 1.5 Maladies infectieuses à transmission vectorielle

Une augmentation des températures, des modifications dans les précipitations et une variabilité du climat modifieraient les zones et le caractère saisonnier des maladies infectieuses à transmission vectorielle. Ces maladies, comprenant entre autres le virus du Nil occidental (VNO), la malaria et la maladie de Lyme, sont transmises aux humains par des hôtes intermédiaires qui sont souvent des arthropodes hématophages<sup>28</sup> tels les moustiques, les tiques et les puces (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2001). Au Canada, on prévoit que l'incidence de ces maladies risque d'être modifiée par le réchauffement atmosphérique. Dans certains cas, ces maladies pourraient se propager et même s'étendre (Environnement Canada, 1998).

### 1.5.1 Encéphalite à arbovirus

Les arbovirus désignent un groupe de virus transmis par des piqûres d'arthropodes hématophages dans l'organisme desquels ils se multiplient. Le cycle de transmission des arbovirus implique des arthropodes qui agissent comme vecteurs et s'infectent en se nourrissant du sang d'un hôte virémique (habituellement un oiseau ou un rongeur) et transmettent l'infection aux humains en le piquant (Institut national de santé publique du Québec, 2002). Chez l'humain, les symptômes rencontrés d'encéphalite à arbovirus vont d'une simple fièvre à une encéphalite sévère pouvant mener à la mort. Les principales encéphalites à arbovirus déjà signalées au Canada ou dans certains états américains adjacents sont le VNO, l'encéphalite de Saint-Louis, l'encéphalite équine de l'est et de l'ouest ainsi que le bunyavirus et virus du groupe Californie (Greifenhagen et Noland, 2003). Au Canada, le réchauffement climatique devrait modifier considérablement l'incidence des arbovirus, compte tenu du lien qui existe entre ces infections et les conditions climatiques (Environnement Canada, 1998).

#### 1.5.1.1 Virus du Nil occidental

Le VNO a été isolé pour la première fois en 1937 dans la province du Nil de l'ouest en Ouganda. Jusqu'à récemment, la maladie a été observée seulement en Afrique du Sud, en Égypte, en Israël, aux Indes et en Europe (Delamare et al., 1998). En Amérique du Nord, le VNO a été détecté pour la première fois en 1999 dans la ville de New York. En 2002, les premiers cas humains canadiens ont été observés en Ontario, au Manitoba, en Alberta et au Québec (Greifenhagen et Noland, 2003). Pour la province de Québec, il y a eu 19 cas confirmés et 2 cas probables de contamination. Parmi les cas confirmés, 8 patients ont développé une encéphalite, 7 ont eu une méningite, 2 ont eu des symptômes plus légers et l'information est manquante pour 2 patients. Deux individus en sont décédés. Aux États-Unis, où l'épidémie a été plus importante, on a rapporté 4 156 cas dont 284 décès (Institut national de santé publique du Québec, 2003).

Le VNO se transmet aux humains principalement par la piqûre d'un moustique infecté appartenant au genre *Culex*, communément appelé maringouin. Celui-ci s'étant infecté en prenant un repas de sang sur un oiseau virémique, notamment les corneilles et les geais bleus. Il peut également se transmettre par transfusions sanguines, transplantation d'organes, transmission transplacentaire, allaitement maternel

---

<sup>28</sup> Un arthropode hématophage est un insecte qui se nourrit du sang d'un autre animal.

(Sampathkumar, 2003) et possiblement lors de dialyse (Centers for Disease Control and Prevention, 2004b). À ce jour, aucun cas de transmission de l'animal à l'humain ou de l'humain à l'humain n'a été signalé (Sampathkumar, 2003).

La période d'incubation du virus chez les humains varie entre 3 et 6 jours mais peut s'étendre jusqu'à 14 jours. La symptomatologie est plus ou moins sévère chez les individus infectés, allant d'une fièvre supérieure à 38 °C persistant durant 4 à 5 jours à une méningite, une encéphalite ou une méningo-encéphalite grave pouvant être fatale (Institut national de santé publique du Québec, 2002). Environ 80 % des individus infectés par le VNO ne présentent aucun symptôme tandis que les 20 % restant ont des symptômes modérés de la fièvre du Nil occidental. Une personne sur 150 infectées peut développer la maladie sévère comportant des atteintes neurologiques (Institut national de santé publique du Québec, 2003).

L'ataxie, la faiblesse et le dysfonctionnement cognitif sont des séquelles neurologiques possibles. Peu d'études ont effectué un suivi des séquelles observées chez les patients ayant survécu à l'infection. Les résultats de ces études publiées récemment divergent quelque peu. En effet, une étude a montré que la moitié des 19 patients admis à l'hôpital présentaient encore un déficit fonctionnel et seulement le tiers était complètement rétabli après un an. Toutefois, une autre étude a observé qu'après un trimestre de suivi, 69 % des 32 patients âgés de plus de 65 ans n'ont eu aucune séquelle et 88 % ont complètement récupéré après une réhabilitation active et prolongée (Institut national de santé publique du Québec, 2003).

Chez les individus ayant développé les atteintes neurologiques sévères, la létalité varie de 4 à 14 % et s'avère plus élevée chez les personnes âgées de plus de 50 ans (Institut national de santé publique du Québec, 2003).

La persistance du virus et sa propagation aux États-Unis ainsi qu'au Canada suggèrent que le VNO est endémique en Amérique du Nord et qu'il va continuer de s'étendre (Greifenhagen et Noland, 2003). Dans un contexte de réchauffement planétaire, des hivers doux suivis par des étés chauds et secs accompagnés de vagues de chaleur favoriseront le cycle de transmission d'infection entre les oiseaux, les moustiques et les humains (Epstein, 2001).

#### *1.5.1.2 Encéphalite de Saint-Louis*

Une augmentation de 3 à 5 °C de la température moyenne causée par le réchauffement planétaire pourrait modifier la distribution du virus de l'encéphalite de Saint-Louis en Amérique du Nord (Gubler et al., 2001). En effet, étant donné la chaleur excessive, ce virus cesserait d'être endémique dans le sud-ouest américain et se déplacerait plus au nord (Greifenhagen et Noland, 2003).

Bien que ce virus ait causé peu de cas humains au Québec, en Ontario et au Manitoba (Leighton, 2000a), avec une moyenne de 128 cas (médiane 26 cas) par année entre 1964 et 1998, il est une des principales causes d'encéphalite endémique aux États-Unis (Institut national de santé publique du Québec, 2002). Elles surviennent généralement au sud de l'isotherme de 20 °C en juin, elles semblent être associées avec



une séquence d'un hiver doux et humide, d'un printemps frais et d'un été chaud et sec et elles surviennent lorsque les températures excèdent 30 °C durant une période de plusieurs jours (Gubler et al., 2001).

Le cycle de transmission ce virus s'effectue entre les moustiques ornithophiles vecteurs appartenant au genre *Culex* et les oiseaux constituant le réservoir de base. Occasionnellement, il est transmis à l'humain par des moustiques infectés (Institut national de santé publique du Québec, 2002). Après une période d'incubation s'échelonnant de 4 à 21 jours, moins de 1 % des individus infectés vont développer les symptômes de la maladie (Leighton, 2000a). Celle-ci débute brusquement par une fièvre, des douleurs musculaires; puis après une brève rémission, survient une reprise brutale de la fièvre, accompagnée de violents maux de tête, d'agitation, de torpeur, de contractures et de tremblements (Delamare et al., 1998). L'évolution de la maladie peut être mortelle dans 5 à 30 % des cas (Leighton, 2000a). Le décès survient surtout chez les personnes âgées de plus de 50 ans et augmente avec l'âge. En effet, la létalité est de 20 % chez les individus âgés de 60 ans et plus et s'accroît jusqu'à près de 70 % chez les personnes de plus de 75 ans (Institut national de santé publique du Québec, 2002).

### 1.5.1.3 Encéphalite équine de l'est et de l'ouest

En présence de nouvelles conditions climatiques créées par le réchauffement planétaire, l'aire d'endémicité de l'encéphalite équine de l'est et de l'encéphalite équine de l'ouest s'étendra fort probablement au Canada (Environnement Canada, 1998).

#### 1.5.1.3.1 Encéphalite équine de l'est

Le cycle naturel de la transmission de l'infection s'effectue surtout entre les oiseaux sauvages, notamment le passereau, et le vecteur ornithophile *Culiseta melanura*. Ce moustique s'alimente exclusivement du sang d'oiseau et rarement du sang de l'humain. Par conséquent, il ne transmet pas le virus de l'encéphalite équine de l'est à l'humain. Toutefois, lorsque le virus s'échappe de son foyer naturel, il peut s'installer dans un cycle secondaire utilisant des moustiques vecteurs et des hôtes différents. Ainsi, les moustiques des genres *Aedes* et *Coquillettidia* se nourrissant autant sur les oiseaux que sur les mammifères et l'humain peuvent leur transmettre le virus (Institut national de santé publique du Québec, 2002).

La période d'incubation chez l'humain se situe entre 5 et 15 jours. La symptomatologie de l'infection varie de symptômes d'une maladie virale légère jusqu'à l'encéphalite. L'encéphalite équine de l'est est la plus grave des encéphalites à arbovirus en Amérique du Nord puisqu'elle peut causer des séquelles neurologiques permanentes et peut conduire à la mortalité dans approximativement 30 à 35 % des cas ayant développé la maladie. Les individus les plus susceptibles sont les enfants de moins de 15 ans et les personnes âgées de plus de 50 ans. Ces deux groupes d'individus représentent 70 à 90 % des cas lors d'éclousions (Institut national de santé publique du Québec, 2002).

Bien que des cas humains d'encéphalite équine de l'est aient été signalés de façon sporadique au Québec et en Ontario, cette maladie est relativement rare. En effet, entre 1964 et 1998, une moyenne de 5 cas par année a été déclarée aux Centers for Disease Control and Prevention (Institut national de santé publique du Québec, 2002). Toutefois, l'impact économique a été estimé à 3 000 000 \$ par cas (Gubler et al., 2001).

Les éclosions de cas humains d'encéphalite équine de l'est sont associées à un printemps pluvieux, une température élevée et des moustiques nombreux (Institut national de santé publique du Québec, 2002).

#### 1.5.3.1.2 Encéphalite équine de l'ouest

Le cycle du virus de l'encéphalite équine de l'ouest implique des oiseaux, notamment le passereau, comme réservoir principal et le moustique *Culex tarsalis* comme vecteur habituel. Ce vecteur ornithophile peut également se nourrir du sang de mammifères et d'humains. Ceux-ci peuvent alors être des hôtes accidentels de l'infection (Institut national de santé publique du Québec, 2002). Même si le virus est principalement transmis aux humains par le moustique *Culex tarsalis*, la maladie peut être occasionnellement transmise par d'autres espèces de moustiques des genres *Aedes*, *Anopheles*, *Coquillettidia*, *Culex* et *Culiseta* (Greifenhagen et Noland, 2003).

Chez l'humain, la période d'incubation du virus varie entre 5 et 10 jours. La majorité des infections causées par ce virus sont asymptomatiques. Lorsqu'elles sont symptomatiques, la maladie se déclare soudainement et la symptomatologie s'étend d'une légère fièvre accompagnée d'une céphalée jusqu'à l'encéphalite. Chez les enfants, parmi les symptômes neurologiques, les convulsions et les paralysies flasques et spastiques sont fréquentes. L'incidence et la sévérité de la maladie sont les plus élevées surtout chez les enfants âgés de moins d'un an. En effet, 20 % des cas surviennent dans ce groupe d'âge et 50 % chez les enfants de moins de 10 ans (Institut national de santé publique du Québec, 2002). Les enfants peuvent conserver des séquelles neurologiques permanentes de l'infection dans 5 à 30 % des cas (Greifenhagen et Noland, 2003) alors que les adultes récupèrent habituellement complètement. La létalité varie de 3 à 14 % (Institut national de santé publique du Québec, 2002).

Depuis 1930, des éclosions sporadiques surviennent à chaque décade. L'épidémie la plus grave est survenue en 1941 dans les provinces des prairies (Manitoba et Saskatchewan) durant laquelle 1 094 personnes furent atteintes (Greifenhagen et Noland, 2003).

#### 1.5.1.4 Virus du groupe Californie du genre *Bunyavirus* de la famille des *Bunyaviridae*

Au Canada, le réchauffement climatique devrait modifier l'aire d'endémicité des virus du groupe Californie du genre *Bunyavirus* de la famille des *Bunyaviridae*, notamment l'infection causée par le virus Snowshoe hare (Environnement Canada, 1998).

Les principaux vecteurs du virus Snowshoe hare sont les moustiques infectés appartenant aux genres *Aedes*, *Culiseta* et *Culex*. Ce virus a été identifié la première fois chez le lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*). Cette espèce est considérée comme étant l'hôte principal (Leighton, 2000b).

Bien que les cas d'encéphalite de Californie diagnostiqués causés par le virus Snowshoe hare soient très rares (Institut national de santé publique du Québec, 2002) et rarement mortels (Delamare et al., 1998), de façon sporadique, des cas humains ont déjà été signalés au Québec et ailleurs au Canada (Environnement Canada, 1998). Toutefois, l'infection de canadiens au virus Snowshoe hare est plus fréquente que la

maladie elle-même, puisque 0,5 à 32 % de la population possède des anticorps des virus du groupe Californie; chez la majorité de ces individus, le virus est le Showshoe hare (Leighton, 2000b).

### 1.5.2 Maladies transmises par les tiques

Le changement climatique pourrait favoriser l'extension de l'aire de répartition des maladies transmises par les tiques tels que la maladie de Lyme et la fièvre pourprée des montagnes Rocheuses (Environnement Canada, 1998).

#### 1.5.2.1 Maladie de Lyme

Découverte en 1975 dans la ville de Lyme (Connecticut, États-Unis) suite à un agrégat de cas d'arthrite rhumatoïde juvénile (Marques, 2001), la maladie de Lyme est depuis la maladie infectieuse à transmission vectorielle la plus répandue aux États-Unis et semble être en progression. En effet, entre 1982 et 1998, le nombre de cas rapportés annuellement a augmenté de façon manifeste passant de 497 à environ 16 000 cas (Gubler et al., 2001). À titre de comparaison, la maladie semble moins répandue au Canada puisque moins de 70 cas sont rapportés annuellement au pays (Health Canada – Science Advisory Board, 2002). L'incidence de la maladie de Lyme en Ontario pour les années 1988 à 1998, est de 0,2 cas pour 100 000 individus (Greifenhagen et Noland, 2003).

Cette maladie infectieuse est causée par la bactérie *Borrelia burgdorferi sensu lato*. Cette bactérie est en fait un complexe de plus de dix espèces dont trois sont pathogènes chez l'humain, soit *Borrelia burgdorferi sensu stricto*, *Borrelia garinii* et *Borrelia afseii*. Aux États-Unis, seule la *Borrelia burgdorferi sensu stricto* est pathogène tandis que les trois espèces circulent en Europe et en Asie (Institut Pasteur, 2004a).

Les tiques à pattes noires, *Ixodes scapularis*, contractent la bactérie en prenant un repas sanguin. La souris à pattes blanches (*Peromyscus leucopus*) est le principal hôte pour les stades immatures (larves et nymphes) de la tique et est considérée comme le principal réservoir naturel de la bactérie. Pour le stade adulte, l'hôte le plus fréquent est le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) (Greifenhagen et Noland, 2003).

La bactérie responsable de la maladie de Lyme est transmise aux humains par la morsure de tiques infectées. Le risque de transmission de la bactérie aux humains est d'autant plus grand que la durée de fixation de la tique à la peau est longue. Un minimum de 36 à 48 heures d'adhésion est requis pour avoir une transmission efficace de la bactérie à l'humain (Marques, 2001).

L'évolution clinique de la maladie chez les individus infectés se présente généralement en trois phases<sup>29</sup>, soit la phase primaire localisée, la phase primaire disséminée et la phase tardive (Marques, 2001).

---

<sup>29</sup> Les manifestations cliniques de la maladie de Lyme se présentent comme suit :

Phase primaire localisée : Erythème migrant.

Phase primaire disséminée : Manifestations cutanées (érythème chronique migrant multiple), manifestations cardiaques (troubles de la conduction), manifestations rhumatologiques (arthrites), manifestations

Après une période d'incubation d'environ 7 à 14 jours, mais pouvant s'échelonner jusqu'à 30 jours, la maladie débute avec l'apparition d'un érythème migrant au site de la morsure de la tique. Cette lésion initiale rouge et arrondie augmente progressivement de manière à former un anneau alors que le centre s'éclaircit. Elle s'accompagne fréquemment de douleurs musculaires et de fatigue (Marques, 2001). Certaines personnes peuvent cependant présenter des symptômes plus tardifs de la maladie sans jamais avoir développé l'érythème migrant (Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail, 2004).

Dans les jours ou les semaines qui suivent, le patient peut développer un érythème migrant multiple. Ces lésions sont similaires aux lésions du début. D'autres symptômes fréquents et intermittents tels que la fièvre, la céphalée, une légère raideur au niveau du cou, la douleur musculo-squelettique, le malaise profond et la fatigue peuvent survenir. Au cours de cette phase, 15 à 20 % des individus infectés peuvent développer des atteintes neurologiques; 4 à 8 % des patients peuvent manifester des troubles cardiaques tandis que des manifestations rhumatologiques principalement au niveau des genoux peuvent survenir chez 60 % des patients 6 mois après le début de la maladie (Marques, 2001).

La phase tardive de la maladie se manifeste plus d'un an après l'infection. L'arthrite chronique survient généralement au niveau des genoux et affecte 11 % des patients non traités pour l'érythème migrant. Si elle n'est pas traitée, l'arthrite peut persister ou se résoudre spontanément. Une encéphalopathie légère peut affecter la mémoire et la concentration (Marques, 2001).

Si la première phase de l'érythème est indistinctement liée aux trois espèces bactériennes, l'évolution vers la forme rhumatologique est préférentiellement associée à l'espèce *Borrelia burgdorferi sensu stricto*, les manifestations neurologiques sont plutôt associées à l'espèce *Borrelia garinii* alors que l'agent étiologique spécifique pour les manifestations cutanées tardives est *Borrelia afseii* (Institut Pasteur, 2004a).

La maladie de Lyme est endémique aux États-Unis (Greifenhagen et Noland, 2003). Bien que la présence de tiques vectrices ait été signalée dans diverses régions canadiennes, l'existence de populations viables de tiques infectées n'est confirmée qu'à Long Point, qu'au Parc national Point Pelée et qu'au Parc provincial Rondeau, tous situés dans le sud de l'Ontario. Néanmoins, il existe des évidences que les oiseaux migrateurs introduisent annuellement des larves de tiques infectées, contribuant ainsi à l'occurrence sporadique de la maladie au Canada (Environnement Canada, 1998; Greifenhagen et Noland, 2003). Le réchauffement planétaire fera en sorte que les hivers deviendront plus doux et que les saisons du printemps et de l'automne seront prolongées, ce n'est donc qu'une question de temps avant que la maladie de Lyme sévisse de façon endémique en divers endroits du Canada (Environnement Canada, 1998; Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001).

---

Phase tardive :	neurologiques (méningite lymphocytaire, atteinte radriculaire, atteinte des nerfs crâniens, paralysie faciale périphérique), manifestations oculaires. Manifestations rhumatologiques (principalement au niveau des genoux), manifestations cutanées (acrodermatite chronique atrophiante), manifestations neurologiques (encéphalomyélites).
-----------------	--

### 1.5.2.2 *Fièvre pourprée des montagnes Rocheuses*

Suite au réchauffement climatique, l'incidence de la fièvre pourprée des montagnes Rocheuses pourrait s'accroître dans certaines régions canadiennes (Environnement Canada, 1998).

La fièvre pourprée des montagnes Rocheuses est une maladie infectieuse causée par la bactérie *Rickettsia rickettsii* qui a été transmise aux humains par une morsure de tique infectée (*Dermacentor variabilis*) (Centers for Disease Control and Prevention, 2004a ; Greifenhagen et Noland, 2003). Les symptômes apparaissent généralement après une période d'incubation variant entre 3 et 14 jours. Ils sont caractérisés par un début soudain d'une fièvre modérée à élevée persistant durant 2 à 3 semaines accompagnée de frissons, de céphalées intenses, de myalgies profondes et d'un rash maculaire (Illinois Department of Public Health, 2004). Le rash débute quelques jours après le début de la fièvre (Centers for Disease Control and Prevention, 2004a). Il apparaît au niveau des mains et des pieds et peut se propager rapidement sur tout le corps. Toutefois, certains patients ne le développent pas (Illinois Department of Public Health, 2004).

Les cas non traités peuvent résulter en des manifestations systémiques sévères incluant une pneumonite, une myocardite, une hépatite, une défaillance rénale aiguë, une encéphalite, une gangrène et le décès. L'infection peut être rapide, puisque 50 % des décès surviennent dans les 9 jours suivants le début de la maladie. Chez les individus non traités, la létalité peut atteindre 30 %. Toutefois, la létalité est de 4 % lorsque les patients sont traités. Aux États-Unis, entre 1983 et 1998, on dénombre 612 décès imputables à cette maladie qui est considérée comme étant la plus mortelle des maladies transmises par les tiques (Centers for Disease Control and Prevention, 2004a).

### 1.5.3 *Maladies vectorielles exotiques*

#### 1.5.3.1 *Malaria*

Le sud de l'Ontario étant déjà situé dans une zone climatique où la transmission de la malaria pourrait survenir (Health Canada – Science Advisory Board, 2002), dans un contexte de changement climatique, d'ici 2100, plusieurs études laissent à croire qu'une augmentation de la température moyenne pourrait conduire à des conditions favorables pour la propagation et la réintroduction de la maladie dans cette région et pourrait s'étendre plus au nord (Environnement Canada, 1998; Health Canada – Science Advisory Board, 2002). Bien que la malaria soit actuellement confinée aux régions tropicales et subtropicales, elle a déjà sévi dans tout le sud du Canada. En effet, au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, l'Ontario constituait seulement une petite fraction de la vaste zone d'endémicité de cette maladie, qui s'étendait de l'Ontario jusqu'à l'état du Michigan (Environnement Canada, 1998).

La malaria est présentement la maladie infectieuse à transmission vectorielle la plus répandue et la plus grave (Delamare et al., 1998). Selon les estimations de l'OMS, cette maladie endémique menace actuellement environ 40 % de la population mondiale et cause plus de 300 millions de cas de maladie

aiguë et au moins un million de décès survenant principalement chez les enfants (Organisation mondiale de la santé, 2004).

La malaria est transmise à l'homme par la piqûre d'un moustique femelle, du genre *Anopheles*, elle-même infectée après avoir piqué un individu déjà infecté. Quatre espèces de parasites du genre *Plasmodium* sont responsables de la maladie chez l'humain, soit *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium ovale* et *Plasmodium malariae*. Le *Plasmodium falciparum* est l'espèce la plus pathogène et est responsable des cas mortels de la maladie (Institut Pasteur, 2004b).

Les manifestations cliniques de la malaria se manifestent 9 à 14 jours environ après la piqûre du moustique infecté. Généralement, la maladie s'accompagne de fièvre, de céphalées, de douleurs musculaires, de vomissements, de diarrhées, de toux et autres symptômes de type grippal (Organisation mondiale de la santé, 2004; Institut Pasteur, 2004b).

### 1.5.3.2 Dengue et fièvre jaune

Le réchauffement climatique pourrait faire en sorte que la répartition géographique de la dengue et de la fièvre jaune effectue une percée vers le nord pour atteindre le Canada (Environnement Canada, 1998).

#### 1.5.3.2.1 Dengue

Parmi les maladies infectieuses à transmission vectorielle, après la malaria, la dengue est la seconde plus importante maladie vectorielle exotique en terme de prévalence à travers le monde (Gubler, et al. 2001). Actuellement, environ 2,5 milliards d'individus, soit environ 40 % de la population mondiale, sont désormais exposés au risque de transmission de la dengue (Organisation mondiale de la santé, 2002). Les modèles de circulation générale suggèrent qu'une augmentation relativement faible des températures dans les régions tempérées augmenterait le potentiel épidémique de la dengue de façon substantielle (Patz et al., 1997). En effet, les modèles de circulation générale prévoient qu'en 2055 et 2085, 4,1 milliards (44 %) et 5,2 milliards (52 %) d'individus seraient respectivement à risque d'être exposés à la dengue (Hales et al., 2002).

La dengue sévit dans les régions tropicales et subtropicales de la planète avec une prédilection pour les zones urbaines et périurbaines. Le virus responsable de cette maladie endémique est transmis à l'homme par la piqûre du moustique *Aedes aegypti* infecté qui a acquis généralement le virus en se nourrissant du sang d'une personne infectée (Organisation mondiale de la santé, 2002).

Le virus de la dengue existe sous quatre formes distinctes (1, 2, 3, 4) étroitement apparentées (Organisation mondiale de la santé, 2002). Après une période d'incubation de 3 à 8 jours, la dengue se manifeste brutalement par l'apparition d'une forte fièvre souvent accompagnée de douleurs musculaires et articulaires, de maux de tête, de nausées, de vomissements et d'une éruption cutanée persistant 3 ou 4 jours. Suite à une brève rémission, les symptômes s'intensifient – des hémorragies conjonctivales, des saignements de nez ou des ecchymoses pouvant survenir – avant de régresser rapidement au bout d'une semaine. Sous cette forme, la dengue n'est pas dangereuse (Institut Pasteur, 2002a). La guérison entraîne

une immunité à vie contre le sérotype ayant provoqué l'infection, mais pas contre les trois autres virus. L'infection par un second virus augmente le risque de maladie plus grave avec complication hémorragique (Organisation mondiale de la santé, 2002).

La forme hémorragique de la dengue est extrêmement sévère et se caractérise par une forte fièvre persistant de 2 à 7 jours s'accompagnant d'hémorragies gastro-intestinales, cutanées et cérébrales. La guérison peut être rapide et sans séquelle après la disparition de la fièvre (Institut Pasteur, 2002a). Dans les cas graves, l'état de santé du malade peut se détériorer rapidement après une période fébrile de quelques jours; la température s'effondre, puis des signes de collapsus cardiovasculaire apparaissent et l'état de l'individu peut rapidement se détériorer vers un état critique de choc et mourir dans les 12 à 24 heures. À l'échelle planétaire pour chaque année, on estime que 500 000 cas de dengue hémorragique nécessitent une hospitalisation. La mortalité survient dans au moins 2,5 % des cas, mais le taux de létalité pourrait être le double, soit plus de 20 000 morts (Institut Pasteur, 2002a; Organisation mondiale de la santé, 2002). Faute d'un traitement adéquat, le taux de létalité de la dengue hémorragique peut atteindre 20 % (Organisation mondiale de la santé, 2002).

La gravité des symptômes de la dengue varie avec l'âge. Les symptômes chez les nourrissons et les enfants en bas âge sont plus sévères que ceux rencontrés chez les enfants plus âgés et les adultes (Organisation mondiale de la santé, 2002).

#### 1.5.3.2.2 Fièvre jaune

La fièvre jaune est une maladie virale dont l'origine est les rives du golfe du Mexique (Delamare et al., 1998). Cette maladie endémique, dans plusieurs pays tropicaux d'Amérique du Sud et d'Afrique (Santé Canada, 2000b), est causée par un arbovirus, le virus amaril. Ce virus est transmis à l'homme par la piqûre de moustiques infectés, notamment des *Aedes aegypti* pour la fièvre jaune urbaine et des *Haemagogus janthinomys* pour la fièvre jaune de la jungle (Institut Pasteur, 2002b). Ainsi, ce même virus cause les deux formes de la maladie (Santé Canada, 2000b).

La fièvre jaune peut atteindre divers niveaux de gravité. Après une période d'incubation variant de 3 à 6 jours (Santé Canada, 2000b), la maladie débute brutalement avec de la fièvre à 40 °C accompagnée de frissons, de douleurs lombaires, de céphalées et de vomissements. En 3 ou 4 jours la fièvre tombe et, après une légère reprise, la guérison survient dans les formes légères de la maladie. Dans les formes graves, la fièvre monte à nouveau, des vomissements sanglants, l'ictère, d'où le nom de la maladie, et des troubles rénaux (protéinurie et anurie) apparaissent. Après une phase de délire, de convulsions et de coma, cette fièvre hémorragique entraîne la mort dans 50 à 80 % des cas (Delamare et al., 1998; Institut Pasteur, 2002b). D'après l'OMS, avec 95 % des cas recensés dans le monde, l'Afrique compte 200 000 cas et 30 000 décès par an (Institut Pasteur, 2002b).

## 1.6 Espèces nuisibles

### 1.6.1 *Hantavirus*

Les Hantavirus, notamment le virus Sin Nombre, causent le syndrome pulmonaire à Hantavirus qui sont transmis à l'humain par l'intermédiaire de la souris sylvestre (*Peromyscus maniculatus*) (Greifenhagen et Noland, 2003).

Chez l'humain, les symptômes de cette maladie rare récemment décrite apparaissent de 3 jours à 6 semaines après l'exposition par inhalation de particules aéroportées de salive, d'urine ou d'excréments provenant de rongeurs infectés ou lors du contact avec ces rongeurs (Directors of Health Promotion and Education, 2004). Les premiers symptômes sont de la fièvre, des frissons, des myalgies sévères au niveau des cuisses, des hanches, du dos et des épaules. Ils sont parfois accompagnés de nausées, de vomissements et de douleurs abdominales. La toux et l'essoufflement sont suivis par un début abrupt de détresse respiratoire conduisant à un œdème pulmonaire aigu et dans les cas sévères à la mort par suffocation (Public Health - Seattle & King County, 2004; Directors of Health Promotion and Education, 2004). La létalité est d'environ 50 % chez les individus ayant été infectés (Public Health - Seattle & King County, 2004).

Seulement 36 cas du syndrome pulmonaire à Hantavirus ont été signalés au Canada entre 1989 et 2001. Tous ces cas ont été détectés en Colombie-Britannique, en Alberta, en Saskatchewan et au Manitoba. Cependant, la présence de souris infectées dans l'est du Canada suggère que le potentiel du syndrome pulmonaire à Hantavirus existe dans tout le pays (Greifenhagen et Noland, 2003).

L'émergence du syndrome pulmonaire à Hantavirus au début des années 1990 au sud des États-Unis a été associée aux conditions climatiques favorisant l'augmentation rapide de la population de rongeurs. En effet, les conditions de sécheresse durant plusieurs années consécutives ont réduit les populations des prédateurs naturels des rongeurs; subséquemment les précipitations abondantes et prolongées de pluie au printemps ont favorisé la reproduction de moustiques, lesquels servent à l'alimentation des rongeurs. Ces effets combinés ont conduit à une augmentation manifeste de la population de souris sylvestres (World Health Organization, 2003; Greifenhagen et Noland, 2003), lesquelles sont des réservoirs pour les hantavirus.

Le réchauffement planétaire influera sur l'incidence du syndrome pulmonaire à Hantavirus, compte tenu du fait que le virus Sin Nombre est déjà présent chez les rongeurs au Canada et que les changements climatiques affectent le comportement des rongeurs (Environnement Canada, 1998). Toutefois, étant donné la variabilité régionale des précipitations de pluie, les modifications sur l'incidence de ce syndrome seront difficiles à prédire (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001).



## 1.7 Appauvrissement de l'ozone stratosphérique et exposition accrue au rayonnement ultraviolet

Certains gaz à effet de serre, tels que les perfluorocarbones, contribuent à l'amincissement de la couche d'ozone stratosphérique (Santé et Bien-être social Canada, 1992). Le rôle de la couche d'ozone est d'atténuer dans la stratosphère les rayons UV du soleil, particulièrement les UV-B, afin qu'ils ne puissent atteindre la surface terrestre. Toute dégradation de la couche d'ozone se traduit par une augmentation des radiations UV-B parvenant à la terre (Programme des Nations Unies pour l'environnement, 2000). Bien que ces radiations UV-B ne pénètrent que superficiellement dans l'organisme, elles sont fortement absorbées par les tissus (de Gruijl et al., 2003). Même si une exposition modérée aux UV-B est indispensable chez les humains en favorisant la formation de la vitamine D, une exposition trop élevée à ce type de rayonnement peut causer des conséquences néfastes à la santé humaine dont diverses formes de cancer de la peau, les cataractes et certains troubles du système immunitaire (Programme des Nations Unies pour l'environnement, 2000).

### 1.7.1 Lésions cutanées et cancer de la peau

Les cancers de la peau se répartissent en différentes catégories, soit les mélanomes bénins et les mélanomes malins (Environnement Canada, 1998).

L'incidence des cancers avec mélanomes bénins a augmenté au cours des dernières années. Des études récentes ont confirmé l'existence d'un lien entre l'exposition cumulée aux rayons solaires et le risque de cancer de la peau avec mélanomes bénins. Cette forme de cancer de la peau apparaît le plus souvent sur les régions corporelles les plus fréquemment exposées au soleil, notamment la tête, le cou, les bras et les mains. L'incidence de cancers de la peau avec mélanomes bénins est plus élevée dans les régions près de l'équateur. L'exposition intermittente aux rayons du soleil, en particulier durant l'enfance, a également été mise en cause dans l'apparition de cette forme de cancer (Environnement Canada, 1998).

L'incidence de cancers de la peau avec mélanomes malins a considérablement augmenté au cours des dernières décennies. Bien que moins fréquents que les formes de cancers à mélanomes bénins, ces cancers sont plus envahissant et causent un plus grand nombre de décès. Les individus peu susceptibles de bronzer et ayant une pigmentation qui les protège mal contre les rayons UV du soleil développent plus souvent de mélanomes malins que les autres individus. Ainsi, cette constatation pointe vers une association positive entre l'exposition au rayonnement solaire et l'apparition de mélanomes malins (Environnement Canada, 1998).

Des études animales ont démontré que les températures élevées accroissent le cancer de la peau induit par les rayons UV solaire. Extrapolé à l'humain, une hausse de température de 2 °C due au réchauffement planétaire augmenterait la cancérogénicité des rayons UV de 10 %. Cependant, l'augmentation de cancer de la peau devrait être plus prononcée puisque la synergie entre la déplétion d'ozone et le réchauffement climatique augmenterait l'incidence d'excès de cancer de la peau d'environ 20 %. Il en résulterait, au Royaume-Uni, une augmentation de 5 000 à 6 000 cas par année d'ici l'an 2050 (Diffey, 2004). D'autres études stipulent, si la couche d'ozone stratosphérique continue de se dégrader, que le taux de cancer

cutané imputable aux rayons UV pourrait quadrupler d'ici 2100. En effet, des données américaines indiquent que l'incidence des mélanomes malins chez les jeunes âgés de 15 à 19 ans a augmenté de 2,6 % par année entre 1973 et 1995, pour une augmentation totale de 85 % (Shea, 2003).

### **1.7.2 Cataractes**

Bon nombre d'études épidémiologiques ont révélé une association positive entre l'exposition aux rayons UV-B et le développement de cataractes (McCarty et Taylor, 2002). À l'échelle planétaire, les cataractes sont la principale cause de cécité (McCarty et Taylor, 2002).

À long terme, un amincissement de 10 % de la couche d'ozone pourrait entraîner une incidence d'un million de cas de cataractes par année pour l'ensemble de la planète (Chevalier et Gosselin, 2003).

### **1.7.3 Affaiblissement des défenses immunitaires**

L'exposition au rayonnement UV peut perturber et affaiblir le système immunitaire au niveau de la peau. Celle-ci étant la première ligne de défense du système immunitaire contre les agents extérieurs, tout porte à croire que l'exposition aux rayons UV peut nuire à la capacité systémique ou locale de défense de l'individu contre des agents infectieux et contre l'apparition des cancers de la peau (Environnement Canada, 1998).

Dans un contexte de changement climatique où les conditions deviendraient plus favorables à la transmission de maladies infectieuses, l'augmentation des rayons UV causée par la déplétion de la couche d'ozone pourrait mener à des cas plus sévères de maladies étant donné la diminution du système immunitaire (de Gruijl et al., 2003).

## **1.8 Effets sur les groupes démographiques vulnérables dans les collectivités urbaines et rurales**

### **1.8.1 Personnes âgées**

Les personnes âgées constituent une sous-population qui augmente en taille et qui est plus vulnérable que la population générale aux effets du réchauffement climatique pour diverses raisons (Santé Canada, 2001).

Dans le cas spécifique de la chaleur accablante, la vulnérabilité des personnes âgées passe généralement par une capacité réduite d'adaptation à la chaleur caractérisée par une réduction de la perception de la chaleur, une fibrose des glandes sudoripares et une diminution de la capacité de vasodilatation du système capillaire sous-cutané (Direction de santé publique de Montréal, 2004). Par ailleurs, le besoin de boire est de moins en moins bien perçu avec l'âge, une déshydratation modérée n'entraînant peu ou pas de sensation de soif après 70 ou 75 ans, ceci accentuant le phénomène de déshydratation qui s'installe par temps chaud.

Aussi, une proportion considérable de personnes âgées souffrent de maladies chroniques nécessitant une prise régulière de médicaments susceptibles d'aggraver le syndrome d'épuisement et de coup de chaleur (antihypertenseurs, antiangineux, diurétiques, etc.) et de médicaments pouvant interférer avec la thermorégulation (neuroleptiques, certains antiparkinsoniens, etc.) (Direction de santé publique de Montréal, 2004).

Les personnes âgées atteintes de maladies respiratoires, cardiovasculaires ou cérébrovasculaires sont plus susceptibles aux effets aigus d'une augmentation de la pollution atmosphérique puisque la pollution aggrave les symptômes de ces maladies (Longstreth, 1999).

Les personnes âgées sont plus susceptibles aux maladies infectieuses étant donné que leur système immunitaire est affaibli comparativement aux adultes (Longstreth, 1999). À titre d'exemple, suite à une infection au VNO, l'incidence d'atteintes neurologiques sévères tels que la méningite, l'encéphalite et la méningoencéphalite et la mortalité est plus fréquente chez les adultes que chez les enfants et augmente significativement avec l'âge. En effet, suite à l'épidémie de VNO survenue aux États-Unis en 2002, chez les individus âgés de moins de 40 ans, l'incidence d'atteintes neurologiques était de 4 cas par million d'individus. Cette incidence a augmenté plus de 3 fois chez les individus âgés entre 40 et 59 ans, de 10 fois chez les individus âgés entre 70 et 79 ans et plus de 12 fois chez les individus âgés de 80 à 89 ans, pour atteindre 50 cas par million d'individus. Ces derniers sont considérés comme étant les plus vulnérables de développer des symptômes neurologiques. Quant à la mortalité, elle était également plus élevée chez les personnes âgées. Suite aux atteintes neurologiques, 21 % des individus âgés de plus de 70 ans sont décédés comparativement à 4 % chez les individus âgés de 20 à 69 ans et seulement 1 % chez les personnes âgées de moins de 19 ans (O'Leary et al., 2004).

Les personnes âgées, étant moins mobiles et en perte d'autonomie, sont plus vulnérables aux dangers des conditions météorologiques extrêmes telles que les inondations puisqu'elles sont moins aptes à évacuer rapidement (Longstreth, 1999).

### **1.8.2 Enfants**

Tout comme les adultes, les enfants forment une sous-population particulièrement vulnérables aux effets du changement climatique sur leur santé. L'OMS estime que le tiers du fardeau global de la maladie est causé par des facteurs environnementaux et que les enfants âgés de 5 ans et moins, même s'ils ne comptent seulement que pour 12 % de la population mondiale, représentent plus de 40 % du fardeau (Shea, 2003). Pourtant, à ce jour, peu d'études ont été réalisées sur la relation entre les effets du changement climatique et leur santé (Santé Canada, 2001).

Contrairement aux personnes âgées, dans leur cas, ce n'est pas une diminution de leurs fonctions, mais plutôt c'est qu'elles n'ont pas encore acquis leur maturité (Longstreth, 1999). Étant donné la croissance rapide, le développement et l'immaturité physiologique et immunitaire, les enfants sont souvent plus exposés et plus vulnérables de développer une maladie due aux risques biologiques, chimiques et physiques suite à des changements climatiques comparativement aux autres groupes d'âges (Shea, 2003).

Dans le cas de stress lié à la température, la sensibilité à l'épuisement à la chaleur et au coup de chaleur est plus élevée chez les enfants âgés de moins d'un an puisque plusieurs défenses naturelles du corps contre la chaleur, comme la capacité d'éliminer celle-ci par la transpiration, ne se développent complètement que plus tard (Environnement Canada, 2004d). Les enfants souffrant de diarrhée sont vulnérables au stress lié à la chaleur possiblement à cause que la déshydratation compromet la thermorégulation en diminuant la transpiration (Longstreth, 1999).

Les enfants sont vulnérables aux effets adverses des polluants atmosphériques sur leur système respiratoire puisqu'ils respirent plus d'air par unité de poids corporel, sont physiquement plus actifs et passent plus de temps à l'extérieur que les adultes (Shea, 2003). De plus, leur système respiratoire est moins efficace que celui des adultes pour éliminer les particules étrangères (Longstreth, 1999). Une augmentation des concentrations des polluants atmosphériques, tels que l'ozone et les particules fines en suspension, est associée à une augmentation du nombre de visites à l'urgence et d'hospitalisations chez les enfants asthmatiques (Shea, 2003). Au cours des 15 dernières années, la prévalence des cas d'asthme a doublé à travers le monde. Aux États-Unis, entre 1979 – 1981 et 1997 – 1999, le taux d'hospitalisations pour les jeunes enfants âgés de 5 ans et moins a augmenté de 48 % (National Institutes of Health, 2001).

Les enfants consomment plus d'eau par unité de poids corporel que les adultes. En consommant plus d'eau, ils sont plus exposés que les adultes aux micro-organismes pathogènes d'origine hydrique (Bunyavanich et al. 2003).

Ils sont également vulnérables aux maladies infectieuses à transmission vectorielle vu qu'ils sont plus exposés que les adultes aux piqûres de moustiques et de tiques étant donné leurs nombreuses activités à l'extérieur de leur résidence (Bunyavanich et al. 2003).

Quant aux fœtus, ils sont vulnérables aux maladies infectieuses à transmission vectorielle tel que le VNO. Le premier cas de transmission transplacentaire du VNO d'une mère à son fœtus a été signalé aux États-Unis en 2002. À la naissance, l'enfant présentait des séquelles neurologiques et ophtalmiques importantes. Toutefois, ce cas d'anomalies congénitales ne prouve pas l'existence d'un lien de cause à effet entre l'infection par le VNO et ces anomalies (Centers for Disease Control and Prevention, 2002).

### **1.8.3 Personnes de santé fragile**

Le système immunitaire est diminué chez les cancéreux, les sidéens, les diabétiques, les individus ayant reçu un traitement immunosuppresseur incluant les personnes greffées et les personnes souffrant d'hypertension et de maladies respiratoires. Les patients qui sont atteints de ces maladies peuvent présenter moins de résistance aux maladies infectieuses à transmission vectorielle, d'origine hydrique ou alimentaire (Institut national de santé publique du Québec, 2003; Santé Canada, 2001). Par conséquent ces individus peuvent contribuer à augmenter le taux de morbidité et de mortalité de ces maladies (Longstreth, 1999). À titre d'exemple, ils sont plus à risque de développer une infection sévère au VNO. En effet, le risque d'une atteinte neurologique est estimé entre 3 et 5 par 100 000 pour les individus du sud de

l'Ontario et à 200 par 100 000 chez les patients greffés (Institut national de santé publique du Québec, 2003).

Les maladies cardiovasculaires sont à l'origine de 26 % des décès liés à la chaleur. L'infarctus du myocarde et l'insuffisance cardiaque décompensée sont les causes de mortalité les plus fréquentes et comptent pour 13 à 72 % de la surmortalité lors des vagues de chaleur. Quant aux accidents vasculaires cérébraux, ils représentent 6 à 52 % de la surmortalité (Institut de veille sanitaire, 2003).

Les individus souffrant de problèmes cardiaques sont vulnérables à la chaleur accablante puisque leur système cardiovasculaire doit travailler davantage pour garder le corps plus froid lors de températures chaudes. Ainsi, l'épuisement à la chaleur et les problèmes respiratoires augmentent (United States Environmental Protection Agency, 2004). De plus, la sudation plaçant ces sujets dans un état de déshydratation relative, le volume sanguin circulant efficace s'en trouve diminué. Afin de maintenir un apport sanguin adéquat au cœur, au cerveau et aux muscles, le cœur bat plus vite et l'apport aux organes qui en ont moins besoin (système digestif, génito-urinaire, etc.) est diminué par vasoconstriction (Brooks et al., 1995). Si le volume est toujours insuffisant après ces modifications, le besoin en oxygène du cœur et du cerveau pour accomplir les fonctions métaboliques supplémentaires dues à la chaleur risque d'être non comblé, ce qui nous mènera en bout de ligne à un infarctus ou un accident vasculaire cérébral dans certains cas.

Les polluants atmosphériques peuvent exacerber les pathologies respiratoires. Les enfants actifs, dans une région où les concentrations d'ozone sont élevées, ont 40 % de chance de développer de l'asthme. Une réduction dans la concentration ambiante d'ozone est associée à une diminution d'admissions pédiatriques à l'urgence (Bunyavanich et al., 2003).

Finalement, les individus souffrant de maladies cognitives tels que l'Alzheimer sont vulnérables aux événements climatiques extrêmes tels que les inondations puisqu'ils ne peuvent répondre adéquatement à ces menaces environnementales (Longstreth, 1999).

#### **1.8.4 Sans-abri et personnes à faible revenu**

La pauvreté est un facteur de risque en ce qui concerne la morbidité et la mortalité causées par le changement climatique. Aux États-Unis, la mortalité durant les vagues de chaleur est principalement un phénomène urbain qui affecte de manière disproportionnée les quartiers à faible revenu (Longstreth, 1999). Les personnes vivant dans ces quartiers sont plus susceptibles d'habiter dans les logements non climatisés des régions urbaines (Santé Canada, 2002), où les températures estivales sont plus élevées que celles des villes probablement à cause du phénomène des « îlots thermiques urbains ».

Ces individus dépendent davantage des sources locales de nourritures et ont moins d'argent pour s'alimenter correctement (Santé Canada, 2002). Par conséquent, leur susceptibilité de développer une maladie infectieuse est accrue étant donné que leur système immunitaire est affaibli (Longstreth, 1999). De plus, ils peuvent avoir moins facilement accès aux services de santé (Santé Canada, 2002).

Au niveau international, le deux tiers de toutes les maladies évitables dues aux conditions environnementales surviennent chez les enfants, les plus affectés étant ceux provenant de population défavorisée (World Health Organization, 1997).

### *1.8.5 Groupes de cultures subsistantes*

Bon nombre de peuples autochtones vivant dans le nord canadien qui entreprennent des activités de chasse et de pêche pour leur subsistance peuvent être vulnérables aux maladies d'origine alimentaire occasionnées par le réchauffement climatique puisque leur source d'alimentation n'est pas réglementée. Les changements climatiques peuvent altérer l'abondance et la distribution de la faune, la flore et des poissons. Par conséquent, les vivres et les moyens d'existence des peuples autochtones pourraient être mis en danger. La disparition des mets traditionnels et des plantes médicinales des régions où vivent ces peuples pourraient affecter leur bien-être physique et mental (Greifenhagen et Noland, 2003).

## RÉFÉRENCES

- BENTHAM, G., et I. H. LANGFORD (1995). « Climate change and the incidence of food poisoning in England and Wales », *Int. J. Biometeorol.*, 39 : 81-86.
- BERNARD, S. M., *et al.* (2001). « The potential impacts of climate variability and change on air pollution-related health effects in the United States », *Environ. Health Perspect.*, 109 (Suppl. 2) : 199-209.
- BRAUNWALD, *et al.* [s. d.]. *Harrison-Principes de Médecine Interne*, 15<sup>e</sup> édition, [s. l.], Médecine-Sciences/Flammarion, Chapitres 17 et 20, 2630 p.
- BROOKS, S., *et al.* (1995). *Environmental Medicine*, 1<sup>re</sup> édition, [s. l.], Mosby, pp. 563-575.
- BUNYAVANICH, S., *et al.* (2003). « The impact of climate change on child health », *Ambul. Pediatr.*, 3 (1) : 44-52.
- CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (1993). « Hypothermia-related deaths – Cook County, Illinois, November 1992 – March 1993 », *Mor. Mortal. Wkly Rep.*, 42 : 917-919.
- CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (1998). « Hypothermia-related deaths – Georgia, January 1996 – December 1997, and United States, 1979 – 1995 », *Mor. Mortal. Wkly Rep.*, 47 : 1037-1040.
- CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (2002). « Intrauterine west Nile virus infection – New York, 2002 », *Mor. Mortal. Wkly Rep.*, 51 : 1135-1136.
- CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (2004a). « Fatal cases of Rocky mountain spotted fever in family clusters - three states, 2003 », *Mor. Mortal. Wkly Rep.*, 53 (19) : 407-410.
- CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (2004b). « Possible dialysis-related West Nile virus transmission – Georgia, 2003 », *Mor. Mortal. Wkly Rep.*, 53 (32) : 738-739.
- CENTRE CANADIEN D'HYGIÈNE ET DE SÉCURITÉ AU TRAVAIL (2004). *Maladie de Lyme*, [En ligne], [s. l.], Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail, [s. p.], [<http://www.cchst.ca/reponsesst/diseases/lyme.html?print#top>] (23 août 2004).
- CHEVALIER, P., et P. GOSSELIN (2003). *La planète et nous. In Environnement et santé publique – Fondements et pratique*, [s. l.], Gérin, M., Gosselin, P., Cordier, S., Viau, C., Quénel, P. et Dewailly, E. Ed. Edisem., 1023 p.
- DECKER, B. C., et C. V. MOSBY (1985). *Current Therapy in Sports Medicine, 1985-1986*, [s. l.], Chapter « Hazards of Cold Air », pp. 40-45.

- DE GRUIJL, F. R., *et al.* (2003). « Health effects from stratospheric ozone depletion and interactions with climate change », *Photochem. Photobiol. Sci.*, 2 :16-28.
- DELAMARE, J., *et al.* (1998). *Le Garnier Delamare - Dictionnaire des termes de médecine*, 25<sup>e</sup> édition, Paris, Maloine, 973 p.
- DIFFEY, B. (2004). « Climate change, ozone depletion and the impact on ultraviolet exposure of human skin », *Phys. Med. Biol.*, 49 : R1-R11.
- DIRECTION DE SANTÉ PUBLIQUE DE MONTRÉAL (2004). *Chaleur accablante – « Docteur, il fait chaud pour mourir! »*, [En ligne], Montréal, Agence de développement de réseaux locaux de services de santé et de services sociaux de Montréal, 4 p.,  
[<http://www.santepub-mtl.qc.ca/Publication/pdfppm/ppmjuin04.pdf>] (13 septembre 2004).
- DIRECTORS OF HEALTH PROMOTION AND EDUCATION (2004). *Hantavirus*, [En ligne], [s. l.], Directors of Health Promotion and Education, [s. p.],  
[<http://www.astdhphe.org/infect/hanta.html>] (17 août 2004).
- ENVIRONNEMENT CANADA (1997). *Impacts et adaptation à la variabilité et au changement du climat au Québec*, Tome V de l'Étude pan-canadienne : Impacts et adaptation au climat, [Cédérom], [s. l.], Environnement Canada.
- ENVIRONNEMENT CANADA (1998). *Questions sectorielles et intersectorielles*, Tome VII et VIII de l'Étude pan-canadienne sur les impacts et l'adaptation à la variabilité et au changement climatique, [Cédérom], [s. l.], Environnement Canada.
- ENVIRONNEMENT CANADA (2001). *Le nouvel indice de refroidissement éolien du Canada! Le refroidissement éolien des faits dans le vent*, [En ligne], [s. l.], Environnement Canada, 6 p.,  
[[http://www.smc-msc.ec.gc.ca/education/windchill/education\\_documents/Fact\\_sheet\\_f.pdf](http://www.smc-msc.ec.gc.ca/education/windchill/education_documents/Fact_sheet_f.pdf)] (22 juillet 2004).
- ENVIRONNEMENT CANADA (2002). *Normes nationales de qualité de l'air ambiant : proposition de décisions concernant les particules en suspension dans l'air et l'ozone*, [En ligne], [s. l.], Environnement Canada, [s. p.],  
[<http://www.ec.gc.ca/air/qual/Canada>], (5 septembre 2004).
- ENVIRONNEMENT CANADA (2004a). *L'air pur*, [En ligne], [s. l.], Environnement Canada, [s. p.],  
[[http://www.ec.gc.ca/air/introduction\\_f.html](http://www.ec.gc.ca/air/introduction_f.html)], (1<sup>er</sup> septembre 2004).
- ENVIRONNEMENT CANADA (2004b). *Quelle chaleur!*, [En ligne], [s. l.], Environnement Canada, [s. p.],  
[[http://www.ec.gc.ca/EnviroZine/french/issues/45/feature1\\_f.cfm](http://www.ec.gc.ca/EnviroZine/french/issues/45/feature1_f.cfm)], (1<sup>er</sup> septembre 2004).



EPSTEIN, P. R. (2001). « West nile virus and the climate », *Journal of urban health: bulletin of the New York Academy of Medicine.*, 78 (2) : 367-371.

GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT (2001). *Bilan 2001 des changements climatiques : Conséquences, adaptation et vulnérabilité*, [En ligne], Genève, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 101 p., [http://www.ipcc.ch/pub/un/giecgt2.pdf] (2004).

GOUVERNEMENT DU CANADA (2004). *Impacts et adaptation liés aux changements climatiques : perspective canadienne*, [En ligne], [s. l.], Gouvernement du Canada, 190 p., [http://adaptation.nrcan.gc.ca/app/filerepository/B8F2AC678318441BB241FC1C8B489F25.pdf], 7 septembre 2004.

GREENOUGH, G., *et al.* (2001). « The potential impacts of climate variability and change on health impacts of extreme weather events in the United States », *Environ. Health Perspect.*, 109 (suppl. 2) : 191-198.

GREIFENHAGEN, S., et T. L. NOLAND (2003). « A synopsis of known and potential diseases and parasites associated with climate change. Ontario Ministry of Natural Resources, Ontario Forest Research Institute, Sault Ste. Marie », *On. Info. Pap.*, n° 154, 200 p.

GUBLER, D. J., *et al.* (2001). « Climate variability and change in the United States : potential impacts on vector-and rodent-borne diseases », *Environ. Health Perspect.*, 109 (suppl. 2) : 223-233.

GUYTON, et HALL (A. C. et J. E.) (1996). *Textbook of Medical Physiology*, 9<sup>e</sup> édition, Saunders, chapitres 72 et 73, p. 903-910 et 911-923.

HALES, S., *et al.* (2002). « Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever : an empirical model », *Lancet*, 360 : 830-834.

HEALTH CANADA - SCIENCE ADVISORY BOARD (2002). *Emerging Infectious Disease*. [En ligne], [s. l.], Health Canada – Science Advisory Board, [s. p.], [http://www.hc-sc.gc.ca/sab-ccs/nov2000\_eid\_slide1\_e.html], (9 août 2004).

HÉMON, D., et E. JOUGLA (2003). *Surmortalité liée à la canicule d'août 2003 – Rapport d'étape (1/3). Estimation de la surmortalité et principales caractéristiques épidémiologiques*, [En ligne], [s. l.], Institut national de la santé et de la recherche médicale, 59 p., [http://www.adiph.org/rapportcanicule-inserm.pdf], (27 mai 2004).

- ILLINOIS DEPARTMENT OF PUBLIC HEALTH (2004). *Rocky mountain spotted fever*, [En ligne], [s. l.], Illinois Department of Public Health, [s. p.],  
[<http://www.idph.state.il.us/public/hb/hbrmsf.htm>], (5 août 2004).
- INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC (2002). *Épidémiologie et effets de l'infection par le virus du Nil occidental sur la santé humaine.*, [En ligne], [s. l.], Institut national de santé publique du Québec, 84 p.,  
[[http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/088\\_EpidemioEffetsVNO.pdf](http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/088_EpidemioEffetsVNO.pdf)], (4 juin 2004).
- INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC (2003). *Épidémiologie et effets de l'infection par le virus du Nil occidental sur la santé humaine – Mise à jour 2003*, [En ligne], [s. l.], Institut national de santé publique du Québec, 71 p.,  
[<http://www.inspq.qc.ca/default.asp?A=1>], (27 juillet 2004).
- INSTITUT PASTEUR (2002a). *Dengue*, [En ligne], [s. l.], Institut Pasteur, [s. p.],  
[<http://www.pasteur.fr/externe>], (28 juillet 2004).
- INSTITUT PASTEUR (2002b). *Fièvre jaune*, [En ligne], [s. l.], Institut Pasteur, [s. p.],  
[<http://www.pasteur.fr/externe>], (28 juillet 2004).
- INSTITUT PASTEUR (2004a). *La maladie de Lyme*, [En ligne], [s. l.], Institut Pasteur, [s. p.],  
[<http://www.pasteur.fr/externe>], (5 août 2004).
- INSTITUT PASTEUR (2004b). *Le paludisme*, [En ligne], [s. l.], Institut Pasteur, [s. p.],  
[<http://www.pasteur.fr/externe>], (5 août 2004).
- INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE (2003). *Impact sanitaire de la vague de chaleur d'août 2003 en France. Bilan et perspectives – Octobre 2003*, [En ligne], [s. l.], Institut de Veille Sanitaire, 120 p.,  
[[http://www.invs.sante.fr/publications/2003/bilan\\_chaleur\\_1103/vf\\_invs\\_canicule.pdf](http://www.invs.sante.fr/publications/2003/bilan_chaleur_1103/vf_invs_canicule.pdf)], (10 septembre 2004).
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2001). *Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability*, [En ligne], [s. l.], Intergovernmental Panel on Climate Change, [s. p.],  
[[http://www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/wg2/index.htm](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg2/index.htm)], (20 juillet 2004).
- KALKSTEIN, L. S., et J. S. GREENE (1997). « An evaluation of climate/mortality relationships in large U.S. cities and possible impacts of a climate change », *Environ. Health Perspect.*, 105 (1) : 84-93.
- KALKSTEIN, L. S., et K. E. SMOYER (1993). *The impact of climate on Canadian mortality: present relationships and future scenarios. Report n° 93-7*, Environment Canada/Canadian Climate Centre, Downsview, Ontario, [s. p.].

- KOUTSAVLIS, A. T., et T. KOSATSKY (2003). « Environmental-temperature injury in a Canadian metropolis », *J. Environ. Health*, 66 (5) : 40-45.
- LAPLANTE, D. P., et al. (2004). « Stress during pregnancy affects general intellectual and language functioning in human toddler », *Pediatr. Res.*, 56 : [s. p.].
- LEIGHTON, F. A. (2000a). *St. Louis encephalitis virus*, [En ligne], [s. l.], Centre canadien coopératif de la santé de la faune, [s. p.],  
[[http://wildlife1.usask.ca/ccwhc2003/wildlife\\_health\\_topics/arbovirus/arbosle.htm](http://wildlife1.usask.ca/ccwhc2003/wildlife_health_topics/arbovirus/arbosle.htm)], (3 août 2004).
- LEIGHTON, F. A. (2000b). *Snowshoe hare virus*, [En ligne], [s. l.], Centre canadien coopératif de la santé de la faune, [s. p.],  
[[http://wildlife1.usask.ca/ccwhc2003/wildlife\\_health\\_topics/arbovirus/arbossh.htm](http://wildlife1.usask.ca/ccwhc2003/wildlife_health_topics/arbovirus/arbossh.htm)], (3 août 2004).
- LONGSTRETH, J. (1999). « Public health consequences of global climate change in the United States – Some regions may suffer disproportionately », *Environ. Health Perspect.*, 107 (suppl. 1) : 169-179.
- MARQUES, A. R. (2001). « Lyme disease : an update », *Current Allergy and Asthma Reports*, 1 : 541-549.
- MARTENS, W. J. (1998). « Climate change, thermal stress and mortality changes », *Soc. Sci. Med.*, 46 (3) : 331-344.
- MCCARTY, C. A., et H. R. TAYLOR (2002). « A review of the epidemiologic evidence linking ultraviolet radiation and cataracts », *Dev. Ophthalmol.*, 35 : 21-31.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT (2004). *L'air au Québec*, [En ligne], [s. l.], Ministère de l'Environnement, [s. p.], [<http://www.menv.gouv.qc.ca/air/inter.htm>].
- NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH (2001). *NHLBI reports new asthma data for world asthma day 2001: Asthma still a problem but more groups fighting it*, [En ligne], [s. l.], National Institutes of Health, Communiqué de presse, [<http://www.nih.gov/news/pr/may2001/nhlbi-03.htm>], (4 juin 2004).
- NORMANDIN, L. (2002). *Évaluation de la bioaccumulation, de la neuropathologie et des effets neurocomportementaux associées à une exposition subchronique (90 jours) par inhalation au phosphate de manganèse*, Thèse de doctorat, Université de Montréal, [s. p.].
- O'LEARY, D. R., et al. (2004). « The epidemic of west Nile virus in the United States, 2002 », *Vector-Borne Zoonotic Dis.*, 4 : 61-70.
- ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (2002). *Dengue et dengue hémorragique*, [En ligne], [s. l.], Organisation mondiale de la santé, [s. p.],  
[<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/fr/>], (29 juillet 2004).

- ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (2004). *Paludisme*, [En ligne], [s. l.], Organisation mondiale de la santé, [s. p.],  
[<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs094/fr/print.html>], (29 juillet 2004).
- PATZ, J. A., *et al.* (1998). « Dengue fever epidemic potential as projected by general circulation models of global climate change », *Environ. Health Perspect.*, 106 : 147-153.
- PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT (2000). *L'action pour l'ozone*, [En ligne], Genève, Programme des Nations Unies pour l'environnement, 21 p.,  
[<http://www.unep.org/ozone/pdf/ozone-action-fr.pdf>], (18 août 2004).
- PUBLIC HEALTH - SEATTLE & KING COUNTY (2004). *Communicable Diseases and Epidemiology - Hantavirus fact sheet*, [En ligne], [s. l.], Public Health – Seattle & King County, [s. p.],  
[<http://www.metrokc.gov/health/prevcont/hanta.htm>], (17 août 2004).
- ROSE, J. B., *et al.* (2001). « Climate variability and change in the United States : potential impacts on water- and foodborne diseases caused by microbiologic agents », *Environ. Health Perspect.*, 109 (suppl. 2) : 211-221.
- ROY, L. A. (1998). « Le verglas de 1998 dans le nord-est de l'Amérique », [En ligne], Montréal, *Bulletin d'information en santé environnementale*, vol. 9, n° 6, novembre-décembre 1998, [s. p.],  
[http://www.inspq.qc.ca/bulletin/bise/1998/bise\\_9\\_6.asp?Annee=1998&plain#article2](http://www.inspq.qc.ca/bulletin/bise/1998/bise_9_6.asp?Annee=1998&plain#article2), (4 juin 2004).
- SAMPATHKUMAR, P. (2003). « West Nile virus : epidemiology, clinical presentation, diagnosis, and prevention », *Mayo Clin. Proc.*, 78 : 1137-1144.
- SANTÉ ET BIEN-ÊTRE SOCIAL CANADA (1992). *Un lien naturel. La santé et l'environnement au Canada*, [s. l.], Santé et Bien-être Canada, 160 p.
- SANTÉ CANADA (2000a). « Écllosion de gastro-entérite d'origine hydrique associée à un réseau d'aqueduc municipal contaminé, Walkerton (Ontario), mai-juin 2000 », [En ligne], [s.l.], Santé Canada, *Relevé des maladies transmissibles au Canada*, vol. 26-20, p. 170-173,  
[<http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgspsp/publicat/ccdr-rmtc/00vol26/dr2620eb.html>], (6 septembre 2004).
- SANTÉ CANADA (2000b). *Fièvre jaune*, [En ligne], [s. l.], Santé Canada, [s. p.],  
[[http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgspsp/tmp-pmv/info/yf\\_fj\\_f.html](http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgspsp/tmp-pmv/info/yf_fj_f.html)], (28 juillet 2004).
- SANTÉ CANADA (2001). *Le changement climatique, la santé et le bien-être : un abécédaire en matière de politiques*, [s. l.], Santé Canada, 63 p.
- SANTÉ CANADA (2002). *Changement climatique, santé et bien-être : notions préliminaires aux politiques pour le nord canadien*, [En ligne], Ottawa, Santé Canada, 44 p.,

[<http://www.c-ciarn.ca/health/app/filerepository/DC8722C4514040EC807B71C2DE3F8839.pdf>],  
(11 septembre 2004).

SANTÉ CANADA (2004). « Écllosion de *E. coli*/O157:H7 associée à la baignade à une plage publique de la région de Montréal-Centre », [En ligne], [s.l.], Santé Canada, *Relevé des maladies transmissibles au Canada*, 30(15) : 133-136.  
[<http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgspsp/publicat/ccdr-rmtc/04vol30/rm3015fa.html>], (6 septembre 2004).

SHEA, K. M. (2003). « Global environmental change and children's health: understanding the challenges and finding solutions », *J. Pediatr.*, 143 : 149-154.

TORONTO PUBLIC HEALTH (2004). *Air pollution burden of illness in Toronto : 2004 Summary*. Toronto : City of Toronto, Toronto, Toronto Public Health, [s. p.].

TREMBLAY, C., *et al.* (1998). « Les impacts du verglas de 1998 sur la santé de Montréalais », [En ligne], Longueuil, *Bulletin d'information en santé environnementale*, vol. 9, n° 6, novembre-décembre 1998, [s. p.],  
[[http://www.inspq.qc.ca/bulletin/bise/1998/bise\\_9\\_6.asp?Annee=1998&plain#article1](http://www.inspq.qc.ca/bulletin/bise/1998/bise_9_6.asp?Annee=1998&plain#article1)], (4 juin 2004).

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2004). *Health*, [En ligne], [s. l.], United States Environmental Protection Agency, [s. p.],  
[<http://yosemite.epa.gov/oar/globalwarming.nsf/content/impactshealth.html>], (13 septembre 2004).

VILLE DE MONTRÉAL (2003). *Données 2003 – Réseau de surveillance de la qualité de l'air de la ville de Montréal*, [En ligne], Montréal, Ville de Montréal, 29 p.,  
[[http://www.rsqa.qc.ca/pdf/RSQA\\_donnees\\_2003.pdf](http://www.rsqa.qc.ca/pdf/RSQA_donnees_2003.pdf)], (5 septembre 2004).

WORLD HEALTH ORGANIZATION (1997). *Health and environment in sustainable development: 5 years after the earth summit*, [En ligne], [s. l.], World Health Organization, Communiqué de presse,  
[<http://www.who.int/archives/inf-pr-1997/en/pr97-47.html>], (18 juin 2004).

WORLD HEALTH ORGANIZATION (2003). *Climate change and human health – Risks and responses*, Geneva, Ed. McMichael, A. J., Campbell-Lendrum, D. H., Corvalan, C. F. et al., 322 p.