

La tempête de verglas de janvier 1998 - perspectives météorologiques et climatologiques

par

Denis Gosselin

Météorologiste p.i., Suivi du climat et de ses extrêmes
Division des Sciences atmosphériques et enjeux environnementaux
Environnement Canada - Région du Québec

Introduction

La tempête de verglas qui s'est échelonnée du 4 au 11 janvier 1998 a durement touché le sud du Québec ainsi que plusieurs régions de l'est de l'Ontario, des Maritimes et du nord-est des États-Unis. À plusieurs sinon à tous les égards, elle représente l'événement de pluie verglaçante le plus mémorable et le plus significatif au pays et l'un des événements climatiques extrêmes les plus importants de l'histoire météorologique québécoise et canadienne.

Le contenu de la présentation est un résumé du Compte-rendu climatologique de la tempête de verglas de janvier 1998 au Québec préparé par Jennifer Milton et Alain Bourque d'Environnement Canada [1]. Le document a été publié une première fois en septembre 1998 et réédité en mars 1999.

La présentation couvre les points suivants:

Introduction - plan de la présentation et structure d'Environnement Canada - Région du Québec

Conditions favorables à la pluie verglaçante

Réseaux d'observation et mesures

Évolution des éléments météorologiques pendant la tempête

Climatologie de la pluie verglaçante

Liens avec El Nino et les changements climatiques

Conclusion

La figure 1 ci-dessous illustre la structure d'Environnement Canada - Région du Québec. Sous l'égide de M. Jean-Pierre Gauthier, EC - Région du Québec est constitué de six directions. La Direction de l'Environnement atmosphérique (DEA) se subdivise elle-même en trois composantes: la Division de la Météorologie qui regroupe principalement les activités des trois bureaux de services météorologiques et environnementaux au Québec (Montréal, Sainte-Foy et Rimouski), la Division du Monitoring et des technologies qui est principalement responsable de tout ce qui touche les réseaux d'acquisition de données, et la Division des Sciences atmosphériques et enjeux environnementaux. En plus du suivi et de l'adaptation au climat, les activités de la Division se structurent autour de la qualité de l'air et du transport des polluants.

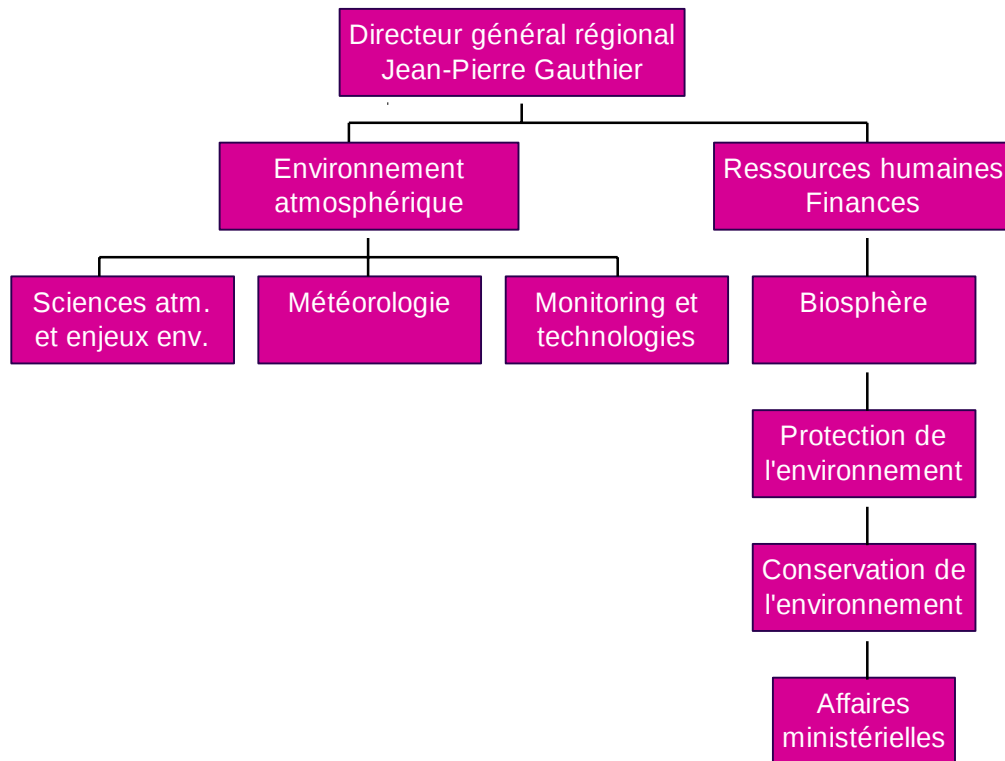


Figure 1. Organigramme d'Environnement Canada - Région du Québec.

Conditions favorables à la pluie verglaçante

Pour qu'il y ait occurrence de pluie verglaçante, deux conditions sont requises: la présence de précipitations (humidité et mouvement ascendant de l'air) et une structure thermique verticale de l'atmosphère qui est telle qu'une couche d'air chaud (température supérieure au point de congélation) surplombe une couche d'air froid (température inférieure au point de congélation) en contact avec le sol.

D'un point de vue local, ces conditions prennent la forme du profil vertical de la figure 2. Ce type particulier de diagramme avec l'altitude en ordonnée et la température en abscisse est appelé téphigramme. Il ne permet cependant pas d'illustrer s'il y a présence ou non de précipitation.

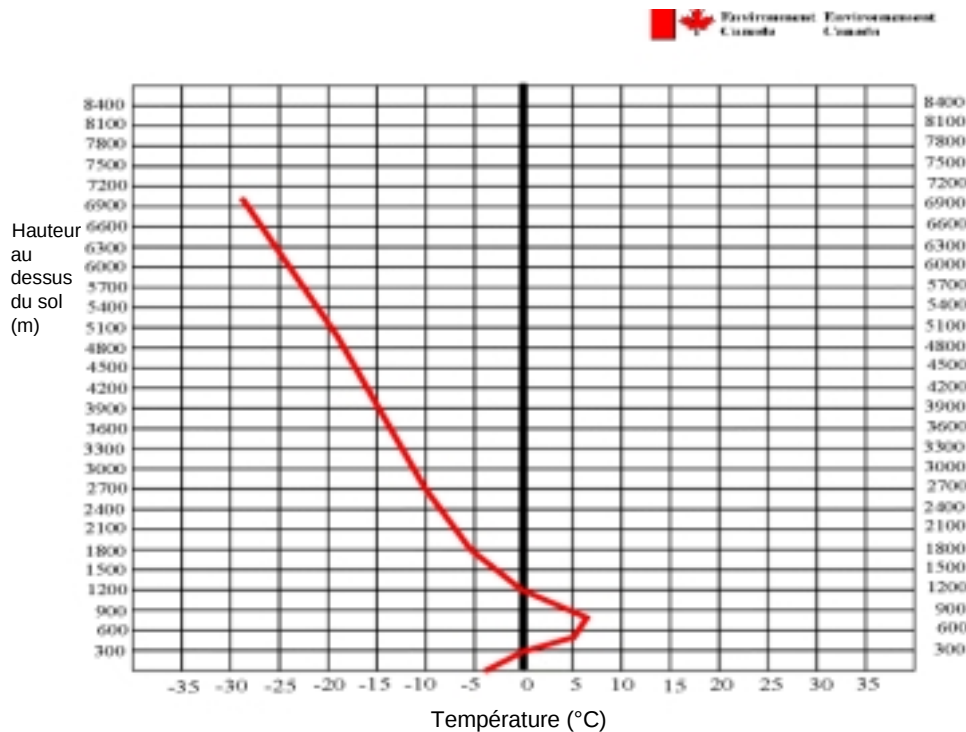


Figure 2. Profil de température typique d'une situation de pluie verglaçante.

En partant de l'hypothèse qu'il y a précipitation et que le profil de température de la figure 2 est celui qui est analysé dans une situation donnée, il est possible de constater que la précipitation qui prend son origine à une altitude de 4000 ou 5000 mètres va amorcer sa descente vers le sol sous forme de neige. À 1200 mètres d'altitude, la neige pénètre dans la couche d'air chaud et se transforme en pluie. Cette pluie tombe ensuite dans l'air froid près du sol sans se solidifier (état dit de surfusion) étant donné la minceur relative (environ 300 mètres) de la couche d'air froid; ce n'est qu'en touchant le sol ou tout autre objet à la température ambiante que la goutte d'eau se solidifie.

Il est important de noter ici que toute variation dans les épaisseurs respectives des couches d'air chaud et froid va entraîner un changement dans le type de précipitation reçu au sol. Ainsi, si la couche d'air froid près du sol est plus épaisse, il est possible que les gouttes de pluie se solidifient partiellement ou totalement, ce qui entraîne du grésil. Si la couche d'air chaud est très mince, la neige qui tombe des niveaux supérieurs de l'atmosphère ne fond que partiellement avant de se solidifier à nouveau et former ainsi du grésil. Il est évidemment possible aussi d'observer un mélange de différents types de précipitation. En somme, les conditions favorables à la pluie verglaçantes sont tellement particulières qu'elles ne persistent généralement pas plus de quelques heures.

À une échelle régionale, c'est la présence de systèmes météorologiques (centres de basse pression et de haute pression) dans certains secteurs qui permet la réalisation d'un profil vertical de température favorable à la pluie verglaçante. Ainsi, pour qu'il y ait formation d'un tel profil vertical de température sur le sud du Québec, il faut:

un centre de basse pression (ou dépression) dans la région des Grands Lacs auquel sont associés les nuages, la précipitation et la couche d'air chaud,

un centre de haute pression (ou anticyclone) quasi stationnaire dans la région du Labrador auquel est associé l'air froid près du sol sous la couche d'air chaud.

Une telle configuration a pour effet entre autres de favoriser une circulation persistante d'air froid de l'est ou du nord-est dans les bas niveaux de l'atmosphère sur le sud du Québec, ce qui force l'air chaud associé à la dépression à surplomber l'air froid.

Comme les systèmes météorologiques en général (et les dépressions en particulier) ont tendance à se déplacer plus ou moins rapidement, la configuration décrite précédemment ne dure généralement pas plus de quelques heures non plus.

Réseaux d'observations et mesures

Les données disponibles pour fin d'analyse météorologique et/ou climatologique à Environnement Canada - Région du Québec proviennent essentiellement de deux sources:

le réseau météorologique d'Environnement Canada qui fournit des observations horaires,

le réseau climatologique conjoint d'Environnement Canada et du Ministère de l'Environnement et de la faune du Québec qui fournit des observations quotidiennes.

Le réseau météorologique est constitué d'une cinquantaine de stations dont la plupart sont automatiques et ne peuvent, par conséquent, distinguer les différents types de précipitation entre eux. Ce problème est en partie contourné par l'embauche de personnel contractuel et par des ententes avec d'autres organismes (municipaux ou privés) pour la mesure des précipitations.

Le réseau climatologique est pour sa part constitué de près d'une centaine de stations. Les mesures des paramètres météorologiques de base sont effectuées deux fois par jour. Il est donc nécessaire de se livrer à un exercice d'interpolation pour déterminer les conditions atmosphériques entre les deux mesures.

Les deux réseaux ont une densité de station nettement plus grande sur le sud du Québec que plus au nord, ce qui s'est bien sûr révélé avantageux pour l'analyse de la tempête de janvier 1998. De plus, il a été possible d'obtenir des données des autres régions canadiennes touchées (l'Ontario et les Maritimes) ainsi que des états américains frontaliers (New York, Vermont, New Hampshire, Maine).

Il convient de souligner que les procédures d'observation appliquées prévoient la mesure des précipitations liquides (pluie, pluie verglaçante) et des précipitations solides (grésil, neige) séparément. L'accumulation de glace ne constitue pas une mesure officielle. Parmi les raisons qui motivent cet état de chose, il faut surtout noter la grande variabilité des accumulations de glace en fonction de divers facteurs comme le vent, la température et même la forme de la surface. Une façon de contourner en partie ce problème est abordée plus loin. Ceci dit, la procédure privilégiée n'est pas non plus des plus simples puisqu'elle repose sur la mesure d'une hauteur de liquide et que le givrage des appareils complique énormément la procédure même lorsqu'ils sont chauffants, ce qui est l'exception plutôt que la règle.

Évolution des éléments météorologiques pendant la tempête

Ce qu'il est convenu d'appeler la tempête de verglas de janvier 1998 est en fait constitué d'une série de deux ou trois événements consécutifs distincts de précipitations verglaçantes. Ce constat ressort clairement dans l'analyse de la figure 2 qui illustre l'évolution de quelques paramètres météorologiques (température, précipitation) à la station d'observation de l'aéroport de Dorval.

À Dorval, il est possible de distinguer deux épisodes relativement plus importants de précipitations, le premier les 5 et 6 janvier (principalement pluie et bruine verglaçantes) et le second les 8 et 9 (principalement pluie verglaçante et grésil). Chaque épisode est accompagné d'une hausse des températures qui ne franchissent cependant pas le point de congélation. Ce n'est que les 10 et 11 janvier que ce seuil est dépassé.

Des graphiques semblables (non inclus ici) ont été réalisés pour Mirabel, Saint-Hubert, Sherbrooke et Québec. Les graphiques de Mirabel et de Saint-Hubert ressemblent à celui de Dorval sauf pour le type de précipitations qui tend un peu plus vers le solide (pluie verglaçante et grésil) à Mirabel comparativement à Saint-Hubert où la tendance est plutôt vers des précipitations liquides (pluie et bruine verglaçantes). À Sherbrooke, deux épisodes de précipitations ont été enregistrés, chacun étant accompagné d'une hausse des températures au-dessus du point de congélation. La pluie a donc constitué le principal type de précipitation à cet endroit. À Québec, à l'exception de très brefs épisodes de grésil parfois mêlé de pluie verglaçante, la neige et même la poudrerie ont été observés pendant une bonne partie de la semaine, le tout étant accompagné de températures qui ont grimpé lentement pour brièvement dépasser le point de congélation vers la fin de la tempête.

L'analyse des quantités de précipitations révèle des chiffres étonnants: pour toutes les régions du sud du Québec, l'équivalent-eau de toutes les précipitations reçues varie de près de 50 à plus de 100 millimètres. Cela s'est traduit par près de 80 centimètres de neige et de grésil dans la région de Québec, près de 100 millimètres de pluie dans les secteurs frontaliers de l'Estrie et de la Montérégie, et surtout de 60 à plus de 100 millimètres (maximum de 120 dans le désormais célèbre "triangle noir") de pluie verglaçante dans les régions mitoyennes (Montréal, Montérégie, Drummondville, Bois-Francs). Mince consolation, à l'exception de la région de Québec où ils ont soufflé avec vigueur, les vents ont été somme toute relativement faibles dans les autres régions bien qu'ils aient atteint de 30 à 60 km/h en deuxième moitié de semaine. Cela a permis d'éviter une situation qui eût été encore plus grave étant donné les charges de glace considérables sur les structures et la végétation.

Climatologie de la pluie verglaçante

Lorsqu'un événement de l'ampleur de la tempête de janvier 1998 survient, la question se pose à savoir s'il était prévisible. Un examen des données climatologiques permet de répondre à cette question. Pour les fins de la discussion, les données de Saint-Hubert constituent un excellent point de départ étant donné leur couverture historique considérable et la proximité du site d'observation par rapport à la zone la plus affectée par le verglas.

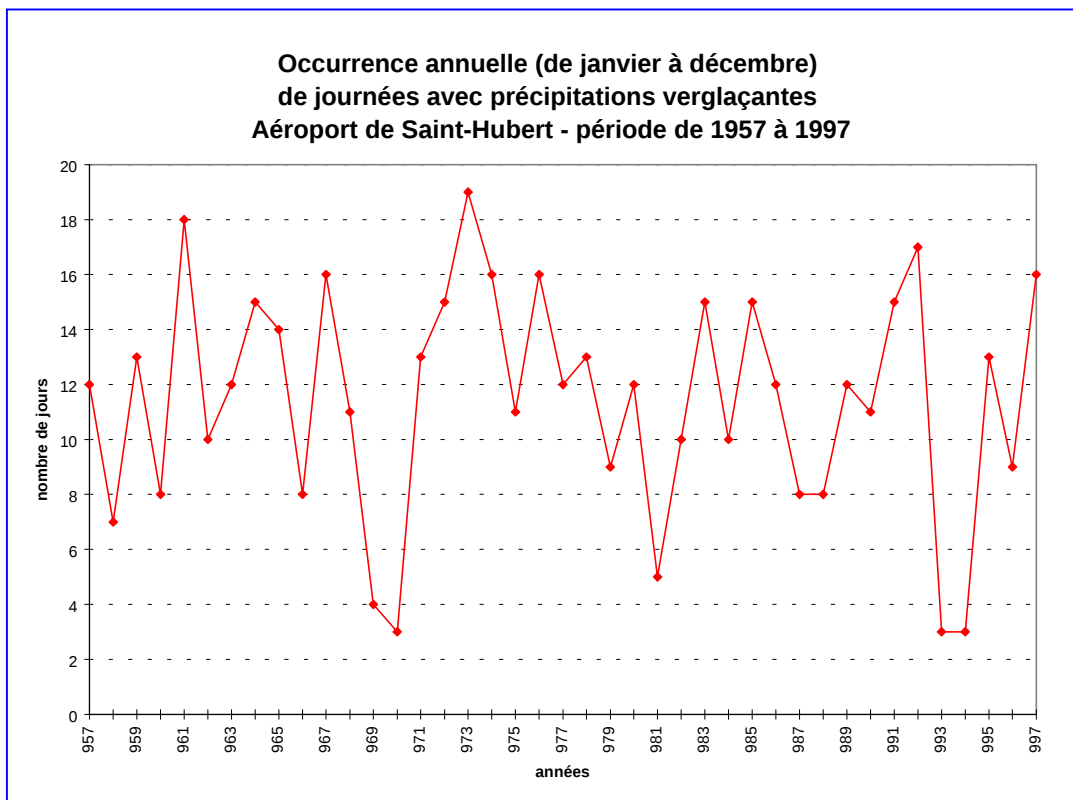


Figure 4. Nombre annuel de jours avec précipitation verglaçante en fonction de l'année entre 1957 et 1997 à Saint-Hubert.

La figure 4 est un graphique du nombre annuel de jours avec précipitation verglaçante en fonction de l'année. En plus de la grande variabilité de ce nombre d'une année à l'autre, il ressort de ce graphique qu'il n'y a pas de tendance détectable à l'augmentation ou à la diminution au fil des quarante ans de données.

Si le même exercice est effectué à la figure 5 en considérant le nombre annuel d'heures avec précipitation verglaçante en fonction de l'année pour la même période (1957 à 1997), les mêmes constats s'imposent. La variabilité d'une année à l'autre est considérable et il n'est pas possible de détecter quelque tendance que ce soit dans un sens ou dans l'autre. La moyenne pour la période s'établit à près de sept heures.

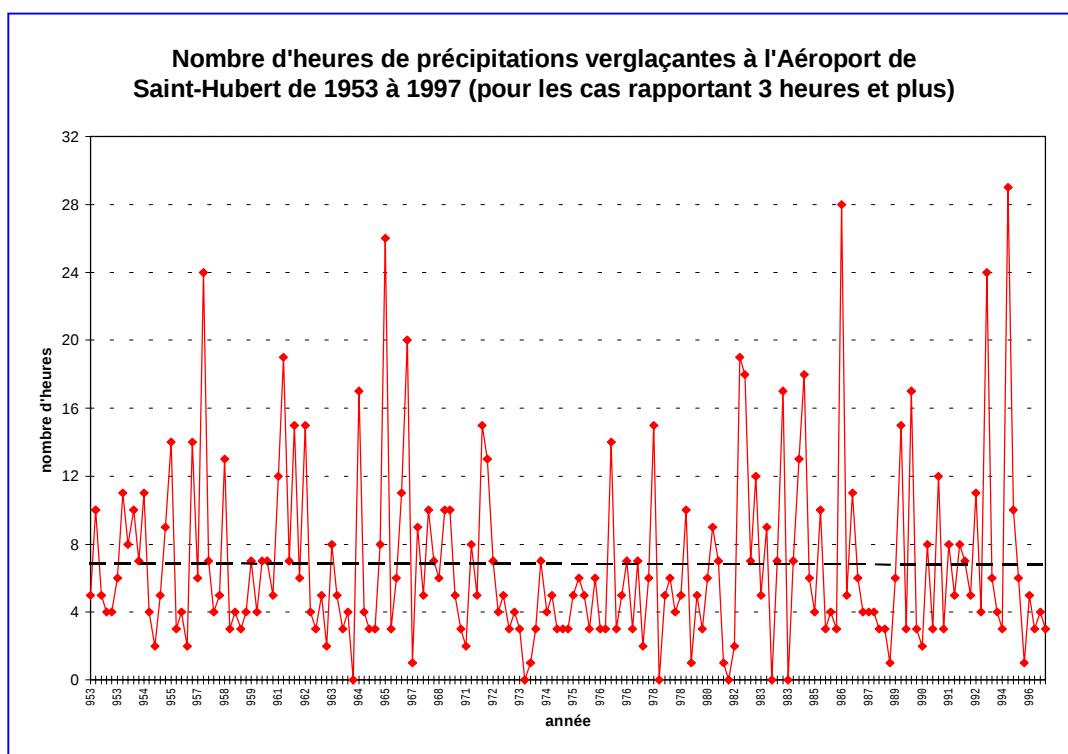


Figure 5. Nombre annuel d'heures avec précipitation verglaçante en fonction de l'année entre 1957 et 1997 à Saint-Hubert.

Bien que les données climatologiques pour un point précis comme Saint-Hubert soient très utiles sous certains aspects, elles ne disent pas tout. Une tempête de verglas n'étant pas restreinte à un point, la question se pose effectivement à savoir si des événements comparables ne sont pas déjà survenus auparavant dans les régions du sud du Québec. Tout en tenant compte des limites imposées par l'évolution du réseau d'observation entre le début des années quarante et la présente décennie, il est possible de retracer un certain nombre d'événements significatifs de pluie verglaçante. Le tableau 1 en dresse la liste.

Tableau 1. D'autres cas importants de pluie verglaçante

27-30 décembre 1942	12-15 décembre 1983
27-29 décembre 1954	27-28 décembre 1984
24-26 février 1961	23-25 février 1985
1-2 février 1973	4-6 janvier 1997

En somme, lorsque les données relative à la tempête de verglas de janvier 1998 sont comparées à celles que fournit la climatologie pour les cinquante dernières années, les conclusions suivantes peuvent être dégagées:

la tempête de janvier 1998 est celle dont la durée a été la plus longue (près de cinq jours),

elle est aussi celle au cours de laquelle le plus grand nombre d'heures de pluie verglaçante a été enregistré (sur la base des données de Saint-Hubert),

elle est celle pour laquelle le plus grand nombre d'observations horaires de pluie verglaçante a été enregistré (près du double de la moyenne annuelle à Saint-Hubert),

elle a affecté le territoire le plus vaste,

et finalement, elle a apporté les plus importantes quantités de pluie verglaçantes jamais mesurées.

L'examen des données historiques accompli a permis de répondre à certaines questions par rapport à l'importance relative de la tempête et à sa prévisibilité. Puisque le caractère exceptionnel de la tempête est maintenant établi, il faut tenter de déterminer, à l'aide de méthodes statistiques appropriées, quelle est la période de récurrence d'un tel événement. Ces méthodes, dites de statistiques des extrêmes, sont généralement basées sur les quantités mesurées de précipitations. Or, comme il a été mentionné précédemment, l'accumulation de glace n'est pas une variable météorologique directement mesurée. Il est cependant possible de l'obtenir d'une façon indirecte en utilisant des modèles d'accumulation de glace [2]. À Environnement Canada, c'est le modèle de Chaîné qui est utilisé; à partir d'observations météorologiques standards et sur la base d'un certain nombre d'hypothèses, ce modèle permet d'obtenir des valeurs raisonnablement fiables d'accumulations de glace des surfaces horizontales, verticales et cylindriques.

Lorsque cette approche est appliquée, les chiffres obtenus pour la période de récurrence d'un événement de l'ampleur de la tempête de janvier 1998 sont de plusieurs milliers d'années, que la tempête de janvier 1998 soit ou non intégrée aux données de départ. Il est cependant important de préciser que pour un échantillon de départ de près de cinquante ans, les périodes de récurrence de plus de cent ans comportent une incertitude considérable. C'est pourquoi, en tenant compte de ce qui précède et en étant très conservateur, Environnement Canada considère que la période de récurrence de la tempête de verglas de janvier 1998 est de l'ordre de plusieurs centaines d'années.

Lien avec El Nino et les changements climatiques

Bien qu'extrêmement valables, les résultats obtenus sur la base des données climatologiques limitent la perspective de l'analyse au climat des quatre ou cinq dernières décennies. Or, non seulement le climat est-il en constante évolution, mais il est de plus en plus à craindre que des changements significatifs ne se produisent à une échelle temporelle beaucoup plus courte que ce qui a été observé jusqu'ici. Dans ce nouveau cadre climatique, n'est-il pas justifié de conclure qu'un événement de l'ampleur de la tempête de janvier 1998 ne puisse se reproduire plus rapidement que ce que les analyses statistiques indiquent?

Il n'est évidemment pas possible de répondre à cette question de façon définitive. Une approche intéressante consiste à tenter de dresser des parallèles entre les événements météorologiques extrêmes et des indicateurs climatiques comme El Nino. Autrement dit, il faut tenter de savoir s'il y a un lien entre la tempête de verglas de janvier 1998 et El Nino pour ensuite, dans l'affirmative, examiner l'hypothèse qu'un phénomène comme El Nino survienne plus fréquemment dans un climat modifié.

Il convient de rappeler qu'El Nino est une anomalie climatique qui se manifeste par une diminution de la force des alizés à la hauteur du Pacifique équatorial qui entraîne à son tour des anomalies chaudes de température de l'eau sur la portion est de la même région. Étant donné l'importance de la superficie affectée et des échanges énergétiques impliqués, les répercussions d'El Nino se font sentir à l'échelle du globe.

Pour répondre à la première question, il faut revenir aux conditions favorables à la pluie verglaçante énoncées au début du présent document. L'une de ces conditions est la présence d'une couche d'air chaud

surplombant l'air froid des bas niveaux. Un examen de la circulation atmosphérique qui a prévalu pendant la semaine du 4 au 11 janvier révèle qu'El Nino était vraisemblablement responsable de l'intense circulation d'air chaud en provenance du Golfe du Mexique qui a persisté pendant près d'une semaine sur le sud du Québec. Comme il ne s'agit là que de l'une des conditions nécessaires à la formation de pluie verglaçante, il faut donc en conclure qu'El Nino est à tout le moins en partie responsable pour la tempête de verglas de janvier 1998.

Qu'en est-il de la fréquence d'El Nino au fil des quarante ou cinquante dernières années? Après que le phénomène ait été formellement identifié à la fin des années soixante-dix, les climatologues sont retournés consulter les archives et ont détecté d'autres épisodes El Nino dont la liste apparaît dans le tableau 2. Ces épisodes reviennent à intervalles plus ou moins réguliers bien que deux épisodes particulièrement forts se soient produits au cours des quinze dernières années en 1992 et en 1997.

Tableau 2. Années El Nino

1941	1972
1951	1976
1953	1982
1957	1986
1958	1991
1965	1994
1969	1997

El Nino se produira-t'il plus fréquemment dans le futur? L'augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère risque d'entraîner, selon les divers travaux de modélisation réalisés jusqu'ici, un réchauffement marqué et relativement brusque des températures à une échelle globale. En étant situé aux latitudes moyennes et hautes, le Québec connaîtrait des hausses relativement fortes de température. Jusqu'à tout récemment, la réponse à la question El Nino était restée sans réponse mais un article publié récemment dans un magazine scientifique américain suggère qu'un réchauffement planétaire pourrait se traduire par une fréquence plus élevée du phénomène El Nino à la hauteur du Pacifique équatorial. Reste maintenant à voir si d'autres travaux viendront corroborer ces conclusions au cours des prochaines années.

Conclusion

Sur la base des informations qui précèdent, un certain nombre d'affirmations peuvent être énoncées, à savoir:

la tempête de verglas de janvier 1998 est la plus importante du genre au cours des cinquante dernières années,

la période de récurrence d'un tel phénomène est de l'ordre de plusieurs centaines d'années,

El Nino est en partie responsable de la tempête,

il existe probablement un rapport entre El Nino et l'augmentation des gaz à effet de serre mais cela reste à démontrer avec certitude,

il existe aussi probablement un rapport entre les phénomènes météorologiques extrêmes et l'augmentation des gaz à effet de serre.

Bibliographie

[1] Milton, J., & A. Bourque, 1999 : Compte-rendu climatologique de la tempête de verglas de janvier 1998 au Québec. Rapport préparé par la Division des Sciences atmosphériques et enjeux environnementaux d'Environnement Canada - Région du Québec, 87 pp.

[2] Rapport interne d'Environnement Canada