



**COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA**

**DOSSIER PUBLIC 5547**

---

**Les dommages dus aux tremblements de terre  
dans la région de Québec entre 1608 et 2007**

---

M. Lamontagne

2008

---



Ressources naturelles  
Canada

Natural Resources  
Canada

Canada

# **COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA**

## **DOSSIER PUBLIC 5547**

### **Les dommages dus aux tremblements de terre dans la région de Québec entre 1608 et 2007**

M. Lamontagne

**2008**

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada 2008

En vente à l'endroit suivant :

Commission géologique du Canada

601, rue Booth

Ottawa (Ontario) K1A 0E8

**Lamontagne, M.**

**2008: Les dommages dus aux tremblements de terre dans la région de Québec entre 1608 et 2007**

Les dossiers publics sont des produits qui n'ont pas été soumis au processus officiel de publication de la CGC.

# **Les dommages dus aux tremblements de terre dans la région de Québec entre 1608 et 2007**

## **Résumé**

Ce dossier public présente un relevé des tremblements de terre qui ont affecté la région de Québec entre 1608 et 2007 ainsi qu'un survol de leurs conséquences locales. La région de Québec a subi les vibrations de séismes de magnitude modérée à forte dont les épicentres étaient situés soit dans la zone sismique de Charlevoix-Kamouraska en 1663, 1791, 1860, 1870 et 1925 soit dans la région du Saguenay pour celui de 1988. D'autres séismes avec des épicentres plus rapprochés ont aussi été ressentis, mais n'ont causé que des dommages mineurs. Pour chacun des séismes d'importance, la base de données procure les évidences de dommage avec leur position géographique, l'intensité correspondante sur l'échelle de Mercalli Modifiée de 1931 et des extraits de descriptions de documents écrits. Les évidences de dommages dus aux séismes mettent en relief certains quartiers et zones de la région plus susceptibles de subir des mouvements forts du sol. Ces renseignements pourront être corrélés avec les mesures de vitesses sismiques et de propriétés géotechniques. Ces renseignements peuvent aussi être utilisés dans la phase de préparation aux mesures d'urgence en permettant, par exemple, la conception d'exercices crédibles de sécurité civile.

## **1. Introduction**

Ce dossier public est un relevé des tremblements de terre qui ont affecté la région de Québec entre 1608 et 2007 et un survol de leurs conséquences locales. Jusqu'ici les renseignements disponibles étaient soit incomplets, soit disséminés dans des documents variés, souvent difficiles d'accès. Le présent document représente la source d'information la plus détaillée possible sur l'impact de ces séismes sur la région de Québec. Les évidences de dommages dus aux séismes mettent en relief certains quartiers et zones de la

région plus susceptibles à subir des mouvements forts du sol dus aux propriétés mécaniques des sols. Ces renseignements peuvent être utilisés dans la phase de préparation aux mesures d'urgence en permettant, par exemple, la conception d'exercices de sécurité civile. Ce dossier public poursuit un objectif du programme Réduction des risques dus aux aléas naturels (RRAN) de Ressources Naturelles Canada : la réduction des conséquences, pour la population et les infrastructures canadiennes, des aléas naturels par l'évaluation des aléas, des vulnérabilités et des risques, et une sensibilisation de la population aux géorisques.

Ce rapport public comporte deux parties, le présent fichier avec les descriptions des renseignements de la base de données (seismes-vquebec.doc) et la base de données elle-même (intensités-vquebec.xls). Pour fins de visualisation, nous joignons un fichier kml utilisable par le programme GoogleEarth<sup>MC</sup> téléchargeable gratuitement à [www.GoogleEarth.com](http://www.GoogleEarth.com). On doit toutefois se rappeler que la précision des points de la base de données est souvent moindre que celle représentée dans les images à haute résolution de GoogleEarth<sup>MC</sup>.

## **2. Les séismes qui ont affecté la région de Québec**

### **A) La liste**

Le premier feuillet du fichier en format Excel de la base de données liste les événements connus qui ont eu un certain impact sur la région de Québec. Pour chaque événement, les renseignements suivants sont donnés :

**Année :** année du séisme

**Date (T.U.) : Heure (T.U.) :** date et heure d'origine du séisme en temps universel.

**Date (Locale) Heure (locale) :** date et heure d'origine du séisme en heure locale.

Note : Pour les séismes pré-1900, seule l'heure locale est utilisée. L'heure universelle est égale à l'heure normale de l'est + 5 heures ou l'heure avancée de l'est + 4 heures. Pour

cette raison, un événement ayant une heure d'origine après 20 heures (HNE) n'a pas la même date en temps universel.

**Région** : région épacentrale ou zone sismique reconnue

**Note**: remarque concernant l'épicentre

**Lat (°N)°** : latitude, en degrés décimaux

**Lon (°W)** : longitude, en degrés décimaux

**Précision de l'épicentre** : A :  $\pm 5$  km; B :  $\pm 10$  km ; C :  $\pm 25$  km ; D :  $\pm 100$  km

Note : La précision de la localisation de l'épicentre est reliée à la manière dont l'épicentre est identifié. La localisation des épicentres des séismes pré-1900 n'est estimée que d'après les comptes rendus historiques et est donc plus imprécise.

**Profondeur (km)** : profondeur du foyer du séisme (hypocentre) lorsque connue.

**Magnitude** : magnitude du séisme

**Type de Magnitude** : type de magnitude indiquée dans la case précédente

**Autres magnitudes** : Autres valeurs de magnitude pour le séisme en question.

**Dommages aux édifices à Québec** : dommages mineurs ou plus importants relevés aux édifices de la région de Québec; Oui ou non (X)

**IMM Maximale à Québec** : intensité maximale relevé dans la région de Québec sur l'échelle de Mercalli Modifiée de 1931 (voir annexe pour la description des valeurs de IMM).

**Source**: référence bibliographique à l'IMM Maximale à Québec.

**Notes additionnelles**: commentaires sur le séisme.

**URL** : lien internet pointant vers la page web décrivant le séisme en question.

## **B) Les séismes**

La région de Québec fut affectée par des séismes ayant leurs épicentres à environ 100 km de distance (séismes régionaux) et par d'autres plus faibles dans un rayon de moins de 50 km de distance (séismes locaux). Les tremblements de terre qui ont eu le plus de conséquences sur la région de Québec étaient des séismes régionaux avec leurs épicentres soit dans la zone sismique de Charlevoix-Kamouraska (1663, 1791, 1860, 1870 et 1925) soit au sud du Saguenay (1988). Ces séismes, d'une magnitude<sup>1</sup> estimée à  $m_b(Lg)$  6 ou plus, ont fortement secoué la région de Québec, causant des dommages aux habitations et édifices et créant beaucoup d'émoi dans la population. Quelques autres séismes de magnitude plus faible et dont les épicentres sont plus proches ont aussi eu un certain impact. D'autres finalement, n'ont pas eu d'impact autre que d'être remarqué par la population. Les séismes qui ont eu un impact décrit dans les autres feuillets du fichier sont mis en évidence dans la base de données et décrits ci-bas.

### **A. Séismes régionaux**

**1663 :** le séisme le plus puissant jamais ressenti dans la région de Québec est celui du 5 février 1663. La magnitude est estimée à près de  $6,5 \pm 0,5$  ( $m_b(Lg)$ ; Gouin, 2001) ou  $M_L$  7.0 par Ressources Naturelles Canada (RNCAN). On sait que le séisme fut ressenti dans toute la Nouvelle-France et jusqu'en Nouvelle-Angleterre. Il a causé de nombreux glissements de terrain dans les régions de Charlevoix, du Saguenay, de la Côte-Nord et de la Mauricie. Peu de dommages matériels furent causés par ce séisme car la très faible population de la Nouvelle-France à l'époque se concentrait en trois lieux : Québec, Trois-Rivières et Montréal (Ville-Marie). Aucun dommage ne fut rapporté à Québec ou à Beaufort et une intensité  $\leq VI$  sur l'échelle de Mercalli Modifiée fut assignée (MM;

---

<sup>1</sup> Dans ce document, la magnitude généralement utilisée pour fins de discussion sera  $m_b(Lg)$ . Cette magnitude, basée sur l'amplitude des ondes Lg enregistrée par des sismographes à des distances régionales est la plus couramment utilisée pour décrire les séismes de l'est du Canada. Elle est environ égale à la Magnitude du Moment Sismique (Moment Magnitude) + 0.5. Pour les séismes pré-instrumentaux, la magnitude listée sera une magnitude  $m_b(Lg)$  équivalente, basée sur les impacts ou la superficie sur laquelle le séisme fut ressenti.

Tableau 2). La faible hauteur des constructions en bois rond de l'époque pourrait expliquer ces dommages limités (Gouin, 2001).

**1791** : ce séisme a causé des dommages dans Charlevoix et fut fortement ressenti à Québec (Gouin, 2001). Ce séisme a une magnitude évaluée par Gouin (2001) à environ  $m_b(Lg)$  4,3 d'après l'aire de IMM IV ce que nous estimons sous-évalué considérant les dommages causés dans Charlevoix. RNCan donne une magnitude de 6,0 pour ce séisme. Aucun dommage ne fut rapporté à Québec.

**1860** : le séisme de 1860 a causé des dommages dans la région de La Malbaie. Le séisme a déclenché un grand émoi dans la population de Québec, mais les seuls dommages constatés sont ceux d'une cheminée écroulée et d'une lucarne de pierre craquée (intensité de MM V; Gouin, 2001).

**1870** : le séisme de 1870 est l'un des plus fortement ressenti à Québec, surtout dans le quartier Saint-Roch où des murs et cheminées furent endommagés. Gouin (2001) assigne une intensité de MM VI pour Québec, mais plusieurs cas de dommages correspondent à des intensités de VII et VIII. On peut déduire d'après les dommages aux cheminées de maisons et non à celles des usines que les vibrations devaient être surtout de hautes fréquences, en accord avec un séisme de magnitude d'environ 6.

**1925** : le séisme de Charlevoix-Kamouraska de magnitude  $m_b(Lg)$   $6,2 \pm 0,3$  du 28 février 1925 (1<sup>er</sup> mars 1925 à l'heure universelle) est le plus fort séisme du Québec au cours du XX<sup>e</sup> siècle (Bent, 1992; Cajka, 1999). Une intensité moyenne de VI fut assignée par Cajka (1999) à la grande région de Québec, mais plusieurs cas d'intensités supérieures à VI furent constatés. Les dommages importants furent circonscrits dans la Basse-ville et dans le Port (Hodgson, 1950). La Gare du Palais a elle-aussi été touchée lorsque des rangées de briques dans de la maçonnerie non-renforcée s'est affaissée. Les élévateurs à grains et un hangar du Port de Québec ont été touchés par ce qui semble être un tassement différentiel peut-être lié à un phénomène de liquéfaction. Le séisme fut aussi ressenti dans la haute-

ville de Québec sans toutefois causer de dommages. Malgré la force du séisme, aucun mouvement de terrain ou éboulis ne fut rapporté où que ce soit au Québec.

**1988** : ce séisme de magnitude  $m_b(Lg)$  6,5 (**M** 5,8) s'est produit à quelque 40 km au sud de Chicoutimi (maintenant Saguenay). Ce séisme est le mieux étudié de tous ceux ayant affecté la région de Québec. L'épicentre était localisé dans la Réserve faunique des Laurentides, une région jusque là pratiquement inactive (Du Berger et al. 1990). Les vibrations furent ressenties jusqu'à 1000 km de distance (Cajka et Drysdale, 1996). Ce séisme fut le premier de l'Est de l'Amérique du Nord à être enregistré par un réseau d'accélérographes, permettant de comparer les enregistrements avec les modèles d'amortissement des ondes sismiques (Munro et North, 1989). Les réponses spectrales montrèrent un contenu d'énergie très élevé dans les hautes fréquences (Tinawi et al. 1990).

À l'échelle du Québec, plus de \$25 millions de compensation furent consacrés aux écoles, \$6 millions aux hôpitaux, et \$5 millions aux domiciles de deux étages et moins (Paultre et al. 1993). Ce fut surtout l'amplification locale due aux dépôts meubles qui explique la plupart des dommages (Karray et al. 1995). D'autres facteurs comme la qualité de la construction et l'entretien ont aussi contribué aux dommages. Généralement, les dommages importants ont correspondu aux zones de dépôts meubles et de sable dans un rayon de 150 km de l'épicentre, et les zones argileuses jusqu'à plus de 300 km de l'épicentre.

Le séisme du Saguenay de 1988 a fortement secoué la région de Québec avec des intensités variant entre MM V et MM VII. Le seul accélérographe de la région de Québec (distance épacentrale de 150 km) avait alors enregistré une accélération horizontale de pointe au roc de 5,1 % g à une fréquence de 10,5 Hz. (Munro et North, 1989).

Du côté géotechnique, trois cas de mouvements de terrain furent rapportés dans la région (Lefebvre et al. 1992). Tous ces cas, Côte de la Miche (110 km de l'épicentre), Sainte-Brigitte-de-Laval et Stoneham (120 km de l'épicentre), représentent des ruptures de talus de route sablonneux. Pour les édifices importants de la région de Québec, la plupart des



dommages furent confinés aux zones d'épais dépôts alluvionnaires concentrés autour de la rivière Saint-Charles, dans la Basse-Ville de Québec (Tinawi et al. 1990).

Du côté des dommages aux constructions, la région de Québec a compté plusieurs édifices endommagés et représenté 43% des réclamations faites à la suite du séisme au bureau de la Sécurité civile (Boivin, 1992). Parmi ceux-ci, l'Hippodrome de Québec avait eu un mur décoratif non-renforcé partiellement effondré. L'Hôpital Saint-François d'Assise avait subi des dommages importants à sa maçonnerie, incluant l'effondrement total d'une cheminée et partiel de deux autres et les fissures en cisaillement d'un mur de maçonnerie. L'École Wilbrod Bhérer a eu des fissures dans les cloisons des murs non armés et des tuiles du plafond sont tombées. Pour la région de Québec, les dommages les plus fréquemment rapportés furent des fissures, des bris de fondations, de cheminées, de murs extérieurs ou intérieurs, de murs de briques ou pierres et des modifications de débit de puits artésiens (Boivin, 1992).

## **B- Les séismes locaux**

De temps à autre, des séismes plus faibles mais avec des épicentres plus près, ont aussi secoué la région de Québec, sans toutefois causer de dommages appréciables. Un de ces séismes, celui du 20 avril 1864 évalué à une magnitude 3,8 par Gouin (2001), aurait causé une intensité de MM IV-V, établie d'après un affaissement de sol mineur sur la rue Scott dans la Haute-Ville. Le séisme de Cap-Rouge de magnitude 5,1 du 5 novembre 1997 s'est produit à une profondeur de 22 kilomètres sous la surface (Nadeau et al. 1998). En ce qui a trait aux dommages, ils furent limités à une chute de bloc d'un mur de maçonnerie non armée dans une école élémentaire.

## **3. Les renseignements sur les séismes et leurs conséquences**

Les renseignements sur les conséquences des séismes contenus dans ce Dossier Public proviennent de documents écrits tels que journaux, livres, rapports techniques et comptes rendus personnels. L'auteur a essayé de trouver des copies de toutes les sources existantes.

Par exemple, les journaux furent examinés, parfois sous forme originale, souvent sur microfilms et plus rarement sur support électronique.

La base de données est la plus complète et détaillée possible. Notre connaissance des évidences dépend grandement de l'exactitude des documents originaux. Les rapports de journaux sont souvent incomplets en terme de description, particulièrement lorsque l'on recule dans le temps, et ils sont parfois même trompeurs. Dans ces cas, l'auteur de ce Dossier Public a ajouté une note pour expliquer l'incongruité de certains rapports. Il va de soi aussi que les séismes anciens ont peut-être été sans conséquence, simplement parce que la portion du territoire occupé était limitée et que les édifices étaient peu nombreux ou de construction simple et robuste. Il est possible que d'autres documents inédits puissent compléter la base de données dans l'avenir.

Les tremblements de terre qui figurent dans la liste sont ceux connus d'après les rapports historiques (lettres, journaux) et ceux enregistrés par des appareils (séismographes) depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle. Les séismes qui se sont produits avant le début du XX<sup>e</sup> siècle ont une position (épicerentre) et une magnitude estimées d'après une interprétation des comptes rendus historiques. Pour ces événements, la position de l'épicerentre est généralement estimée d'après la région de dommages maximum ou correspond au centre approximatif de la zone sur laquelle le séisme fut ressenti. La magnitude, quant à elle, est estimée d'après les dommages constatés ou la superficie sur laquelle le séisme fut ressenti. Puisqu'il s'agit d'une interprétation, il est donc normal que des variations importantes de positions et magnitudes existent entre différents auteurs et sources. Tous les séismes «historiques» du Québec (précédant celui du 28 février 1925) sont décrits dans Gouin (2001). Les séismes du XX<sup>e</sup> siècle furent enregistrés par des séismographes et ont donc un épicerentre et une magnitude calculées avec une précision grandissante. Pour tous les séismes, les épicercentres proviennent de la base de données séismologiques canadienne de RNCan.

#### **4. Les impacts**

La base de données comporte neuf feuillets correspondant aux neuf séismes reconnus comme ayant eu un certain impact. Chacune des lignes représente une évidence d'impact. Chaque ligne comporte plusieurs colonnes dont les principales sont décrites ci-après :

**Endroit :** nom correspondant à l'édifice ou, dans le cas où la position est moins précise, une rue, un quartier, ou un secteur de la région de Québec.

**Adresse (si-connue) :** l'adresse actuelle de l'édifice s'il existe toujours.

**Municipalité – Quartier :** quartier ou municipalité de la grande région de Québec.

**Latitude-Longitude-Précision de la localisation :** coordonnées (latitude et longitude en degrés décimaux) de l'endroit en question. L'item « précision » indique la précision approximative évaluée par l'auteur. Une incertitude plus grande peut indiquer que la position du site est approximative d'après les renseignements disponibles, par exemple une rue ou un quartier, ou que le site couvre une vaste superficie (un centre commercial par exemple). Les coordonnées furent obtenues en comparant les renseignements disponibles avec la position identifiée à l'aide de GoogleEarth ou sur les cartes au 1:50,000 de Ressources Naturelles Canada.

**IMM (Intensité sur l'échelle de Mercalli Modifiée) :** intensité **régionale** sur l'échelle de Mercalli Modifiée (version 1931; IMM) telle que publiée dans des travaux antérieurs. L'annexe 1 procure les évidences correspondantes à chacune des unités de l'échelle MMI. Les sources principales d'information sont Gouin (2001) pour la période 1608-1924, Cajka (1999) pour le séisme de 1925, Cajka et Drysdale (1996) pour le séisme de 1988 et Cajka et Halchuk (1998) pour le séisme de 1997. On a aussi inclus des valeurs plus locales correspondant par exemple aux quartiers (ou autres municipalités) de la région.

**Révisée IMM - Base d'évaluation - Source**

Les valeurs révisées correspondent à une évaluation de l'impact d'après l'échelle d'intensité modifiée de Mercalli (1931 : IMM). Les niveaux d'IMM inférieurs à IV ne sont pas évalués. Il est à noter qu'un seul élément procure une intensité donnée; par exemple, une vitre cassée indique une intensité de V, même si d'autres éléments de ce niveau d'intensité ne sont pas rapportés. Sous la colonne Base d'évaluation, on donne les éléments qui ont été utilisés pour assigner une telle valeur. Dans certains cas, la valeur d'intensité assignée n'est pas décrite dans l'échelle IMM et dans ces cas, l'auteur a assigné une valeur qui lui semblait raisonnable.

## Source

Référence à un document écrit pour l'évidence du niveau IMM. Les colonnes qui suivent procurent des extraits significatifs de journaux, de rapports ou de correspondance.

## 5. Interprétation

La surface de la zone habitée dans la grande région de Québec s'est progressivement accrue entre les séismes d'importance. La surface habitée en 1663 était minuscule comparée à celle en 1988 lorsque le séisme du Saguenay s'est produit. Chaque séisme a donc affecté une zone habitée de dimension variable selon l'époque. Afin de mieux visualiser le biais introduit par l'évolution de l'occupation du territoire, les intensités auraient dû être reportées sur des cartes de l'époque à laquelle le séisme s'est produit, mais les limites de ce projet n'ont pas permis de le faire. On peut toutefois dresser le tableau approximatif suivant, dans lequel les cases en gris indiquent que le quartier n'était pas développé lors du séisme et le signe (-) indique qu'aucune donnée n'existe pour ce quartier:

Quartier	1663	1791	1860	1870	1925	1988
Haute-Ville	-	-	VI	VI	V	V
Champlain	-	-	VI	VII	VIII	V
Beauport	VI	-	-	VII	-	VII

Saint-Roch		-	VII	VII	VI	VII
Saint-Sauveur				-	-	-
Limoilou				-	VIII	VIII
Charlesbourg	-	-	-	-	IV	VII
Loretteville				-	V	-
Beaupré	V	-	-	VIII	-	-

Globalement, les dommages causés par les séismes dans la région de Québec peuvent être considérés modérés. Les cas de dommages nous apparaissent plutôt ponctuels que généralisés et ce, même à l'échelle d'un quartier. Le séisme du 20 octobre 1870 est le seul qui semble avoir affecté un quartier entier en endommageant plusieurs édifices de maçonnerie des quartiers Saint-Roch et Champlain, mais encore là sans créer de sinistre majeur. Les commentaires de *L'Événement* du 20 octobre 1870 qui auraient pu laisser croire à un impact important sur ce quartier: «Depuis l'église St. Roch jusqu'au Parc, il n'y a presque pas de cheminées qui soient restées debout.» furent démentis par *Le Canadien* du 21 octobre: «*L'Événement*, comme toujours, a parlé de cet accident avec un ton de légèreté impardonnable.» Pour tous les séismes, on ne peut certes pas parler de dommages considérables qui ont fortement perturbé la vie des citoyens, mais plutôt d'événements à conséquences limitées sur les édifices, mais quand même anxiogènes pour une population peu préparée à subir ce genre d'événements.

La position géographique des cas de dommages est en partie liée aux types de matériaux sous-jacents, un phénomène reconnu par Hodgson (1925) et Chagnon (1992). Il est bien connu qu'à distance égale de l'épicentre d'un séisme d'importance, les édifices situés sur des matériaux meubles, comme le sable, l'argile ou les remblais mal compactés, vont subir des vibrations plus fortes que s'ils reposaient sur du roc ou des sols compacts. Généralement, ces matériaux meubles peuvent amplifier les ondes sismiques, provoquant localement des dommages plus importants. Pour le séisme du Saguenay de 1988, on a trouvé que les édifices reposant sur l'argile ont subi des dommages à de très grandes

distances de l'épicentre ( $> 300$  km), alors que ceux reposant sur le sable l'étaient jusqu'à 150 km (Paultre et al. 1993). On a aussi trouvé que l'épaisseur de ces dépôts meubles était généralement entre 5 et 30 m. Cette raison explique probablement que la Basse-Ville à proximité de la rivière Saint-Charles a subi la plupart des dommages dus aux séismes historiques.

Ces descriptions de séismes mettent en évidence les caractéristiques des séismes affectant la région de Québec : des séismes modérés avec des épicentres dans la région immédiate et des séismes violents à des distances épicentrales entre 100 et 150 km causant des dommages. Les séismes locaux, jusqu'ici de magnitude modéré et comportant surtout des vibrations de hautes fréquences, n'ont pas causé de dommages appréciables. Les séismes plus forts et plus distants ont eu plus d'impact car les vibrations furent plus intenses et leurs fréquences plus basses sont plus proches des fréquences naturelles d'édifices communs. De plus, ces ondes sont susceptibles d'être amplifiées par les dépôts meubles qui ont une fréquence naturelle semblable.

Le projet de microzonage en cours dans la région de Québec permettra de mieux expliquer pourquoi certains édifices et quartiers de Québec furent plus fortement affectés par les séismes.

## **Remerciements**

Penny Minter de RNCAN nous a grandement aidé en obtenant les microfilms des journaux. Nous remercions Claude De GrandPré, Daniel Boivin, René Tinawi, D.E. Allen ainsi que le regretté Pierre Gouin, de nous avoir communiqué des renseignements utiles. Nous remercions le Dr Didier Perret de RNCAN dont la revue critique a permis d'améliorer ce Dossier Public.

## **Bibliographie**

Allen, D.E., Fontaine, L., Maurenbrecher, A.H.P., et M. Gingras. 1989. Le séisme de 1988 dans la région du Saguenay : dommages aux constructions en maçonnerie. Conseil National de recherches Canada, Institut de recherche en construction, Rapport interne 584.

Bent, A. L. 1992. A re-examination of the 1925 Charlevoix, Quebec earthquake, Bulletin of the Seismological Society of America, 82 : 2097-2113.

Boivin, D.J. 1992. Analyse et cartographie des dommages du séisme survenu au Québec le 25 novembre 1988. Le géographe canadien, 36. no. 2, 114-123.

Bruneau, M. and Lamontagne, M. 1994. Damage from 20th century earthquakes in eastern Canada and seismic vulnerability of unreinforced masonry buildings. Can. J. of Civil Engineering, 21 (4): 643-662.

Cajka, M.G., 1999. The 1925 Charlevoix, Québec earthquake: re-evaluation of the Canadian intensity data using the Modified Mercalli Scale. Commission géologique du Canada, Dossier public 3786, 70 p.

Cajka, M. et Drysdale, J. 1996. Intensity report of the November 25, 1988 Saguenay, Québec, Earthquake. Commission géologique du Canada, Dossier public 3279, 71p.

Cajka, M. et Halchuk, S. 1998. Collecting intensity data via the Internet: the Cap-Rouge, Quebec earthquake. Seismological Research Letters, 69: 585-587.

Chagnon, Y. 1992. Séismes : quelles sont les zones à risque dans la région de Québec. Interface, 13(6) : 30-39.

Du Berger, R., Roy, D.W. , Lamontagne, M., Woussen, G., North R.G. et R.J. Wetmiller, 1990. The Saguenay (Québec) earthquake of November 25, 1988: Seismological data and geological setting. *Tectonophysics*, 186, pp. 59-74.

Hodgson, E.A. 1925. The St. Lawrence earthquake February 28, 1925: *Bulletin of the Seismological Society of America*. 15: no. 2, 84-103.

Hodgson, E. A. 1950. The Saint Lawrence earthquake, March 1, 1925: *Dominion Observatory Publications*, Ottawa, v. 7, No. 10, 361-436.

Gouin, P., 2001. Tremblements de terre historiques au Québec : de 1534 à mars 1925, identifiés et interprétés à partir des textes originaux contemporains -- Historical earthquakes felt in Quebec : from 1534 to March 1925, as revealed by the local contemporary literature. Montréal : Guérin Ed., 1491p.

Hodgson, E. A., 1950. The Saint Lawrence earthquake, March 1, 1925: *Dominion Observatory Publications* Ottawa, vol. 7, No. 10, 361-436.

Karray, M., Lefebvre, G. et Paultre, P. 1995. Étude de la performance sismique des maisons de type unifamilial pour l'est du Canada. *Compte-rendus de la 7<sup>e</sup> conférence canadienne sur le génie parasismique*, Montréal, 373-380.

Lefebvre, G., Paultre, P., Devic, J.P. and Côté, G. 1991: Distribution of Damages and Site Effects During the 1988 Saguenay Earthquake, *Proceedings of the 6th Canadian Conference on Earthquake Engineering*, Toronto, Ontario, June 12-14, 719-726.

Lefebvre, G., Leboeuf, D., Hornyh, P., et Tanguay, L. 1992. Slope failures associated with the 1988 Saguenay earthquake, Québec, Canada. *Revue canadienne de géotechnique*, 29, 117-130.



- Mitchell, D., Tinawi, R. and Law, T. 1990. Damage caused by the November 25, 1988 Saguenay earthquake. *Revue canadienne de génie civil*, 17(3): 338-365.
- Munro, P.S., North, R.G., 1989. Le tremblement de terre du Saguenay, le 25 novembre 1988, Enregistrements des secousses fortes. Dossier public de la Commission géologique du Canada no. 1976, 17 pages.
- Munro, P. et Weichert, D. 1990. Tremblement de terre du Saguenay, le 25 novembre 1988, enregistrements traités des secousses fortes. Dossier public de la Commission géologique du Canada 1996, 150p.
- Nadeau, L., Lamontagne, M., Wetmiller, R.J., Brouillette, P., Bent, A.B., et P. Keating, 1998. Preliminary results and tectonic setting of the Cap-Rouge earthquake of November 5, 1997, Quebec. *Travaux en cours 1998-E*, Commission géologique du Canada: 105-115.
- Noppen, L. et Morisset, L.K. 2000. Québec, L'Architecture de Saint-Roch. Guide de promenade, Les Publications du Québec/Ville de Québec/Ministère de la Culture et des Communications du Québec, 139 p.
- Paultre, P., Lefebvre, G., Devic, J.-P., Côté, G. 1993. Statistical analyses of damages to buildings in the 1988 Saguenay earthquake. *Revue canadienne de génie civil*, 20, 988-998.
- Pierre, J.-R., 1989. Comportement des postes et expertise des dommages causés par le tremblement de terre du 25 novembre 1988. Rapport interne, Service études et normalisation d'Hydro-Québec.
- Pierre, J.-R., 1991. First experience concerning the seismic behaviour of an electric power system in eastern North America. *Proceedings of the Third U.S. conference on Lifeline Earthquake Engineering*, Technical Council on Lifeline Earthquake Engineering, Monograph no. 4, August 1991, 266-274.

Paultre, P., Lefebvre, G., Devic, J.-P. and G. Côté 1993. Statistical analyses of damages to buildings in the 1988 Saguenay earthquake. Canadian Journal of Civil Engineering / Revue canadienne de génie civil **20**: 988-998.

Stevens, A.E. 1991. Damage associated with three early Eastern North American earthquakes. 6<sup>th</sup> Canadian Conference on earthquake engineering, p. 807-814.

Tinawi, R., Mitchell, D., and Law, T. 1990. Les dommages dus au tremblement de terre du Saguenay du 25 novembre 1988. Revue canadienne de génie civil. 17, 366-394.

Wood, H.O. et Neumann F. 1931, Bulletin of the Seismological Society of America, **21** : 277-283.

**Annexe I Échelle macroséismique de Mercalli modifiée non-abrégée (MM; Wood et Neumann, 1931).** Traduit de l'anglais par Maurice Lamontagne.

*Note: L'échelle de Mercalli modifiée est conçue afin de décrire les effets d'un séisme, à un endroit donné, sur des objets naturels, sur des installations industrielles et sur les êtres humains. L'intensité diffère de la magnitude, qui est liée à l'énergie relâchée par un séisme. Il y a plusieurs versions de l'échelle MM; celle qui suit est la version de Wood et Neumann (1931).*

**MM I.** Non ressenti ou limité à quelques personnes dans des circonstances très favorables. Sous certaines conditions, les effets suivants peuvent apparaître dans la région immédiate affectée par une secousse: oiseaux et petits animaux semblent perturbés; rarement des nausées ou des étourdissements sont ressentis; quelquefois les arbres, les structures, les liquides et les étendues d'eau peuvent s'agiter - les portes peuvent se balancer très lentement.

**MM II.** Ressenti par quelques personnes, surtout par celles situées aux étages supérieurs des maisons ou par des gens nerveux ou sensibles. Certains effets peuvent être perçus comme pour l'intensité I, mais avec plus de vigueur: balancement possible des objets délicatement suspendus; quelquefois les arbres, les structures, les liquides et les étendues d'eau peuvent s'agiter - les portes peuvent se balancer très lentement; oiseaux et petits animaux semblent perturbés; parfois des nausées ou des étourdissements sont ressentis.

**MM III.** Ressenti par plusieurs à l'intérieur, mouvement d'une vibration rapide. Au début, plusieurs personnes ne se rendent pas compte qu'il s'agit d'un séisme. Durée quelquefois estimée. Vibrations analogues à celles causées par des camions légers, ou des camions peu chargés, ou des camions lourds circulant à bonne distance. Les objets suspendus peuvent osciller légèrement. Le mouvement peut être plus notable aux étages supérieurs des hautes structures. Les voitures en stationnement peuvent osciller légèrement.

**MM IV.** La secousse est ressentie à l'intérieur des habitations par de nombreuses personnes et n'est ressentie à l'extérieur que par un petit nombre. Quelques dormeurs sont réveillés, en particulier ceux au sommeil léger. Seules les personnes ayant ressenti un séisme important auparavant sont apeurées. Vibrations comparable au passage d'un camion lourd, ou lourdement chargé. Sensation analogue à un corps lourd heurtant l'immeuble ou à la chute d'un objet lourd à l'intérieur. Vibration des assiettes, des fenêtres, des portes, de la verrerie et de la vaisselle. Craquement des murs, cadre, surtout vers le maximum de cette intensité. Les objets suspendus se balancent, dans plusieurs cas. Les liquides dans les contenants ouverts sont agités. Les voitures en stationnement se balancent.

**MM V.** La secousse est ressentie à l'intérieur des habitations par la plupart des personnes et à l'extérieur par quelques personnes. À l'extérieur, on peut estimer la direction du mouvement. Quelques personnes effrayées se précipitent dehors. Réveil de la plupart des dormeurs. Les immeubles tremblent en entier. Bris de vaisselle et de verrerie, dans plusieurs cas. Fenêtres brisées – dans quelques cas mais pas partout. Renversement de vases, d'objets petits ou instables, dans plusieurs cas, avec chute occasionnelle. Objets suspendus et portes se balancent généralement ou considérablement. Claquement des cadres accrochés aux murs ou balancement hors de leur position. Des portes ou des fenêtres s'ouvrent ou se ferment. Les horloges à pendule s'arrêtent, se remettent en marche, prennent de l'avance ou du retard. Les liquides oscillent et peuvent être projetés hors des récipients pleins. Arbres, arbustes, vibrent légèrement.

**MM VI.** Ressenti par tous, à l'intérieur et à l'extérieur. Plusieurs sont effrayés, excitation générale, quelque détresse, et plusieurs courent à l'extérieur. Tous sont réveillés. Les gens se déplacent d'une manière chancelante. Arbres, arbustes s'agitent légèrement à modérément. Les liquides s'agitent vigoureusement. Les petites cloches sonnent - école, chapelle, église, etc. Dégâts légers aux maisons mal construites. Plâtre fissuré quelque peu, spécialement quelques fines fissures dans les cheminées. Bris de vaisselle, verrerie brisées en grande quantité, et quelques fenêtres. Chute de bibelots, livres et cadres. Déplacement de mobilier modérément lourd.

**MM VII.** Tous apeurés – Appréhension générale, tout le monde se précipite à l'extérieur. Quelques-uns ou la plupart, ont de la difficulté à rester debout. Remarqué par les conducteurs de véhicules. Arbres et buissons oscillent modérément à considérablement. Vagues sur les étangs, les lacs et l'eau courante. Eau troublée par la boue remuée. Affaissements mineurs des berges de ruisseau en sable ou en gravier. Fait sonner les grosses cloches d'église. Les objets suspendus peuvent trembler. Dégâts négligeables dans les édifices bien conçus et construits, légers à modérés dans les structures communes de bonne construction, considérables dans les édifices mal construits ou mal conçus, maisons en adobe, vieux murs (spécialement ceux construits sans mortier), flèche de clocher, etc. Cheminées craquées considérablement, et murs jusqu'à un certain point. Chute de plâtre en quantité considérable à grande, aussi du stucco. Bris de plusieurs fenêtres, et de meubles jusqu'à un certain point. Bris de cheminées faibles au niveau du toit (avec dommages possibles du toit). Chute des corniches des tours et les grands immeubles. Briques et pierres des murs délogées. Mobilier lourd renversé, avec dommages associés. Dommage considérable aux canaux d'irrigation en béton.

**MM VIII.** Peur générale -- appréhension près de la panique. Inquiète les conducteurs d'automobiles en mouvement. Arbres balancent violemment – branches, troncs brisés, spécialement les palmiers. Éjection de petites quantités de sable et de boue. Changements permanents ou temporaires : dans le débit des sources et des puits; puits asséchés retrouvent leur débit; pour la température des eaux des ruisseaux et puits. Dégâts légers dans les structures (briques) spécialement conçues pour résister aux séismes; considérables dans les immeubles communs d'une certaine importance, effondrement partiel : écroulée, abattue; maison de bois dans quelques cas; détruit des murs en panneau dans des constructions à ossature en bois; brise les « decayed piling ». Craque, brise sérieusement des murs de pierres solides. Mouille le sol jusqu'à un certain point, et le sol sur des pentes raides. Torsion, chutes de cheminées, colonnes, monuments, cheminées d'usine, tours. Mobilier très lourd visiblement déplacé ou renversé.

**MM IX.** Panique générale. Dégâts considérables dans les structures (de maçonnerie) spécialement conçues pour résister aux séismes; met hors niveau des structures de bois

spécialement conçues pour résister aux séismes; considérables dans les édifices importants (de maçonnerie), effondrement partiel de grandes sections; ou édifices à ossature complètement déplacés de leurs fondations; structure d'édifice endommagée; sérieux aux réservoirs; canalisations souterraines parfois endommagées.

**MM X.** Sol fissuré, surtout lorsque mou et humide, jusqu'à des largeurs de plusieurs pouces : fissures jusqu'à une verge de largeur lorsqu'elles longent les canaux et berges de rivières. Importants glissements de terrain à partir des berges de rivières et dans les pentes abruptes. Sable et boue déplacés horizontalement sur les berges et côtes abruptes. Changements importants dans le niveau d'eau des puits. Eau des rivières et des lacs projetée sur le rivage. Changements dans le niveau d'eau des puits. Eau lancée sur les rives de canaux, lacs, rivières, etc. Dommages sérieux aux barrages, digues et levées de terre. Sévère aux structures de bois bien construites et aux ponts, avec quelques-uns détruits. Fissures dangereuses développées dans de bons murs de briques. Destruction de la plupart des bâtiments de maçonnerie ou à charpente de bonne qualité, et de leurs fondations. Rails de chemins de fer déformés. Canalisations souterraines séparés ou écrasées. Fissures ouvertes et large plis dans le pavement de ciment et les surfaces des routes.

**MM XI.** Perturbations du sol nombreuses et généralisées, suivant la composition du sol. Grandes fissures, mouvements de masse et glissements de terrain dans les sols lâches et humides. Eau éjectée en grande quantité avec du sable et de la boue. Cause des ondes océaniques (« raz-de-marée ») de grande amplitude. Dommages sévères aux structures en bois, en particulier près de la source des chocs. Dommages considérables aux barrages, digues et levées de terre, souvent sur de grandes distances. Pratiquement aucune structure de maçonnerie ne subsiste. Détruit les grands ponts bien construits en endommageant les piliers de support. Ponts de bois flexibles moins affectés. Rails de chemin de fer fortement tordus et raccourcis. Canalisations souterraines complètement hors service.

**MM XII.** Destruction totale - pratiquement toutes oeuvres de construction sont grandement endommagées ou détruites. Perturbations du sol grandes et variées, nombreuses fractures

de cisaillement. Glissements de terrain, chutes de roches significatives, glissement des berges des rivières, etc – nombreuses et étendues. Glissement le long de failles dans le roc solide, déplacements verticaux et horizontaux importants le long des failles. Modifications majeures du cours des rivières et des eaux souterraines. Lacs de barrages, chutes créées, cours de rivières modifiées, etc. Ondulations visibles à la surface (en fait vues, probablement, dans quelques cas). Lignes de visée et de niveau modifiées. Objets lancés dans les airs.