

Avis sur le niveau sismique de la région de Lévis-Québec

Mémoire présenté par
André Vallières, Ph. D., géologue

Au BAPE, Projet Rabaska

Le 1er février 2007

241

P NP

DM647

Projet d'implantation du terminal méthanier
Rabaska et des infrastructures connexes

Lévis

6211-04-004

La séismologie : une science imprécise

Si, en 1987, un promoteur avait demandé à une firme-conseil de faire une étude du risque et du péril sismiques dans la région isolée et inhabitée du Saguenay, située à environ 35 km au sud-ouest de La Baie, cette firme aurait sans doute conclu, après avoir étudié les données disponibles, que le risque était négligeable. Pourtant, le 25 novembre 1988, un très important séisme, de magnitude 6.5, a secoué cette région et a causé des dommages jusqu'à Québec et Montréal.

Comme le souligne le Centre géologique de Québec, de la Commission géologique du Canada (1) :

« La séismologie n'est pas rendue à l'étape de prévisions bien définies : on ne peut prévoir quand et avec quelle magnitude un tremblement de terre se produira, pas plus qu'on ne peut affirmer qu'il n'y en aura jamais à un endroit donné. À preuve, le tremblement de terre du Saguenay en 1988 s'est produit dans une zone sismique très peu active, et celui du 5 novembre 1997 avait comme épicentre Cap-Rouge, en banlieue de Québec, où historiquement il y a peu d'épicentres connus ».

Causes de l'activité sismique dans la vallée du Saint-Laurent

Au Canada, il existe deux régions où l'activité sismique est particulièrement importante. L'une se trouve dans l'Ouest canadien, le long de la côte du Pacifique, l'autre correspond à la vallée du Saint-Laurent, avec une ramification depuis Montréal vers Mont-Laurier. Les causes de l'activité sismique dans la vallée du Saint-Laurent ne sont pas bien connues, comme l'indique le Centre géologique de Québec (2) :

« Nous connaissons mal les causes de l'activité sismique dans la vallée du Saint-Laurent et dans l'Est canadien en général. Les sismologues attribuent les tremblements de terre de l'est du Canada à des mouvements le long d'anciennes fractures ou zones de faiblesse de l'écorce terrestre. La vallée du Saint-Laurent représente une de ces grandes cassures de la croûte terrestre (...) ».

Les géologues, par des études stratigraphiques et structurales sur le terrain, appuyées par des levés géophysiques en profondeur, ont maintenant une assez bonne connaissance de la géologie de la vallée du Saint-Laurent. (3, 4 et 5). Ainsi, entre Québec et Rivière-du-Loup, nous savons qu'il existe de nombreuses failles orientées parallèlement au

Saint-Laurent. Un premier jeu de failles de gravité, à fort pendage vers le sud-est, affecte le socle précambrien, depuis la bordure nord du fleuve jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres vers le sud-est. Ces failles très anciennes se sont développées il y a environ 600 millions d'années. Elles sont reliées à l'ouverture d'un ancien océan, appelé « Iapetus », qui s'est développé suite à la fracturation de la croûte terrestre le long d'un immense sillon appelé « rift ». Puis, lors de l'orogène appalachien, vers la fin de la période ordovicienne, il y a environ 450 millions d'années, d'immenses tranches de roches, appelées « nappes », ont été poussées vers le nord-ouest le long d'importantes failles de chevauchement, jusqu'en bordure des Laurentides actuelles. Ces nappes se sont empilées les unes sur les autres, de sorte que la Nappe de Bacchus, qu'on trouve en surface dans le secteur du projet Rabaska, repose sur d'autres nappes sous-jacentes. Chacune de ces nappes est bordée de failles majeures. Elles sont elles-mêmes disséquées par de nombreuses failles parallèles aux principales. Dans le secteur du projet Rabaska, on note 4 de ces failles à l'intérieur de la Nappe de Bacchus.

Ce qui est plus difficile, d'un point de vue géologique, c'est de faire un lien entre ces failles et les tremblements de terre. Plusieurs séismes, comme celui du Saguenay, ne peuvent pas être rattachés à aucune faille connue. Cependant, dans la vallée du Saint-Laurent, il semble y avoir un lien assez étroit, car la carte des séismes connus montre une forte concentration le long de la vallée du Saint-Laurent. Plusieurs géologues pensent donc que ces failles anciennes, bien qu'inactives, pourraient rejouer lorsque des contraintes importantes s'accumulent dans la croûte. C'est la libération des contraintes, sous forme de mouvement le long de plans de glissement, qui génère les tremblements de terre. Les géologues pensent que les failles reliées à l'ouverture de l'ancien océan Iapetus sont plus susceptibles d'être réactivées car ces failles très importantes traversent toute la croûte.

On ne connaît pas bien la cause des contraintes qui pourraient réactiver les anciennes failles. Il se peut que la croûte, qui s'est affaissée sous le poids de l'énorme calotte de glace de la dernière glaciation, continue à remonter sporadiquement et brutalement le long de ces anciennes failles en causant des tremblements de terre. Mais on doute que ces contraintes puissent générer des séismes de grande amplitude.

Il est possible aussi que la plus grande concentration de séismes dans la région de Baie-Saint-Paul, La Pocatière et La Malbaie, ait un lien avec l'impact d'une énorme météorite qui a frappé cette région il y a environ 350 millions d'années, en affaiblissant la croûte. Mais cette explication ne peut être que partielle, car elle ne rend pas compte des séismes ailleurs dans l'est du Canada et dans le reste de la vallée du Saint-Laurent.

Une autre hypothèse, plus récente, veut que la vallée du Saint-Laurent constitue un nouveau rift, relié cette fois à l'ouverture de l'océan Atlantique actuel. Cette hypothèse a le mérite d'inclure les séismes de la vallée de l'Outaouais et peut-être ceux de l'axe Montréal-Mont-Laurier, car on sait que les collines montréalaises se sont mises en place le long d'une cassure majeure associée à l'ouverture de l'océan atlantique actuel. Cette hypothèse est loin d'être prouvée, mais elle est inquiétante, car elle pourrait signifier que les contraintes sont encore présentes le long de la vallée du Saint-Laurent.

Quelle que soit la cause des contraintes géologiques responsables des séismes dans l'est du Canada et dans la vallée du Saint-Laurent en particulier, un lien assez fort existe entre ces séismes et la présence des failles importantes le long de la vallée du Saint-

Laurent. Or, ces failles traversent la région de Québec-Lévis, et tant qu'on n'aura pas compris le mécanisme qui active ou réactive ces failles, le géologue prudent admet que leur présence augmente de façon significative le péril sismique.

Prédiction du péril sismique

Pour prédire le « péril sismique », c'est-à-dire la probabilité qu'un tremblement de terre puisse se produire dans la vallée du Saint-Laurent, nonobstant les conséquences possibles, les études se basent généralement sur les données recueillies depuis le début de la colonie, soit le début des années 1600. Notons que le « risque sismique » évalue la probabilité qu'un tremblement de terre puisse se produire et en plus entraîner des dommages ou des conséquences néfastes sur l'économie ou sur la population.(6).

Selon la Direction de physique du Globe, maintenant intégrée à la Commission géologique du Canada, la zone la plus active, appelée Charlevoix-Kamouraska, mesure environ 30 km par 85 km, allongée le long du fleuve Saint-Laurent, depuis Petite-Rivière-Saint-François au sud-est jusqu'au-delà de La Malbaie au nord-est, en englobant la région de La Pocatière-Kamouraska et Saint-André sur la Rive-Sud. (7)

Pendant la période historique, c'est-à-dire avant l'époque où on a commencé à mesurer la magnitude des séismes avec des instruments, cette région a subi de nombreux tremblements de terre suffisamment fort pour être ressentis par les habitants. D'après les dommages causés, on a pu déduire l'intensité de ces séismes et indirectement leur magnitude. On a donc estimé que quatre séismes ont atteint des magnitudes entre 6 et 7 pendant cette période historique, et on a en outre mesuré, en 1925, un séisme de magnitude 6.2. (7).

Imprécision

Avant les années 1900, on ne pouvait pas mesurer la magnitude des séismes ni connaître avec précision la position de leur épicentre. On a estimé la position de l'épicentre de ces séismes d'après le récit des gens qui les ont subis et des dommages causés aux bâtiments et à l'environnement. On doit donc accepter une certaine imprécision sur ces données, incluant le fait que ces séismes aient pu avoir lieu à une certaine distance dans le sud-ouest de Baie-Saint-Paul, en direction de Québec-Lévis, et qu'ils aient pu être de magnitude supérieure à celle estimée. Notons les observations du sismologue Duberger à ce sujet (8):

« (...) pour les événements de Charlevoix (...) un récent réseau local permet la détermination précise (1km) des épacentres et celle de la profondeur. Mais plusieurs des localisations d'événements de la zone de Charlevoix avant l'avènement de ce réseau peuvent être entachés d'erreurs importantes. »

Durée d'observation très limitée

Par ailleurs, il faut savoir que notre période d'observation, d'une durée d'environ 400 ans, est extrêmement limitée à l'échelle des temps géologiques. En effet, la structure géologique des Appalaches, dans la région de Québec, date de plusieurs centaines de millions d'années, comme nous l'avons indiqué plus haut. Si on représente les 600 derniers millions d'années par une journée de 24 heures, nos 400 années d'observations

représentent moins d'une seconde. On voit donc que notre période d'observation est extrêmement courte à l'échelle géologique et on peut affirmer sans grand risque de se tromper que de nombreux autres séismes importants ont affecté la région de Charlevoix-Kamouraska avant la période historique, et que plusieurs ont pu dépasser la magnitude de 7. Il n'est pas du tout exclu que certains de ces séismes majeurs aient pu affecter la région de Québec-Lévis, avec une récurrence moindre. Nous notons qu'une étude paléosismique doit être faite dans la région de Lévis, afin d'essayer de connaître l'histoire sismique des 10,000 dernières années (9). Il faut savoir que ces études sont rarement concluantes.

Les séismes imprévisibles

Il arrive que des séismes importants se produisent en dehors des zones dites actives, comme celle de Charlevoix-Kamouraska, sans qu'on en connaisse la raison, ce qui les rend pratiquement impossible à prédire.

C'est ainsi que le 25 novembre 1988, un tremblement de terre de magnitude 6,5 dont l'épicentre était au Saguenay, à 34 km au sud-ouest de La Baie (dans une région pratiquement inhabitée), a été ressenti fortement jusqu'à Québec et même jusqu'à Washington, à 1000 km de l'épicentre. Il a même causé des dommages au poste de Bersimis d'Hydro-Québec.(10). À Québec, des objets ont dégringolé des étagères, une panne de courant a suivi et des dommages mineurs ont été notés à certains édifices dans la basse-ville. Un certain malaise, sinon une inquiétude, s'est emparé d'une partie de la population pour qui c'était un premier contact avec un tremblement de terre. Pourtant, avant 1988, on n'a pas de preuve qu'il n'y ait jamais eu un tremblement de terre dont la magnitude dépassait 4.0 dans cette région du Saguenay. (11).

Aussi, « le 5 novembre 1997, l'horloge de l'Hôtel de Ville de Québec s'est arrêtée à 21 h 34, au moment où un tremblement de terre de magnitude 5,2 secouait la région. Pour une rare fois de son histoire, Québec venait de subir un séisme dont l'origine était située dans la région même, soit un peu à l'ouest de Cap-Rouge, en banlieue de Québec. »(11).

Principe de précaution

Lors de la présentation de son avis sur le projet Soligaz à Varennes, le l'ingénieur-géologue et sismologue Reynald Duberger indiquait sagement (12) que :

« À Varennes, pas plus qu'au Saguenay avant 1988, on n'a pas de preuve qu'il n'y ait jamais eu de tremblement de terre dont la magnitude dépassait 4.0 (...). On devrait donc sérieusement considérer la possibilité d'un événement de magnitude 6.0 à 6.5 dans les environnements de Varennes ».

La même considération s'applique à la région de Québec et de Lévis. Puisque notre région est beaucoup plus près de la zone active de Charlevoix-Kamouraska, on doit même considérer la possibilité qu'elle subisse éventuellement un événement de magnitude encore plus grande que celle mentionnée par le sismologue Duberger pour la région de Varennes.

Facteurs géologiques défavorables

1— Comme nous l'avons expliqué précédemment, la région de Québec-Lévis se situe dans le corridor du front des Appalaches qui a été affecté d'importantes failles

d'effondrement (ou de gravité) dans le socle grenvillien (précambrien) et ensuite de nombreuses failles de chevauchement le long desquelles les nappes appalachiennes sont venues se buter contre le Bouclier canadien. Plusieurs géologues pensent que ces failles, particulièrement les failles de socle, constituent des lieux de faiblesse dans la croûte terrestre, et qu'elles peuvent éventuellement être réactivées, produisant les tremblements de terre que nous connaissons. Plusieurs de ces failles se trouvent dans le socle précambrien sous la région de Québec-Lévis. En outre, une des nappes appalachiennes, la Bacchus, constitue le substrat de la région qui nous concerne. Quatre failles à l'intérieur de cette nappe de Bacchus, traversent la zone d'implantation potentielle du terminal (13). Il ne s'agit donc pas d'un contexte géologique idéal qui permet d'éliminer tout péril sismique, au contraire.

2— Selon les informations contenues dans les études géotechniques préparées par Terratech en 2004 et 2005 sur le site concerné, « le socle rocheux à la limite du plateau près du Saint-Laurent consiste en un grès à grain fin à moyen ou un schiste argileux très fracturé à stratification quasi verticale. » (13). Les points importants ici sont le fait que les schistes sont très fracturés et que la stratification (les lits) est quasi verticale. Il s'agit également d'un contexte géologique dangereux, car, dans le cas d'un séisme important, une partie importante de ces couches de roc verticales pourraient s'écrouler, entraîner les canalisations de gaz et s'effondrer sur les installations sous-jacentes.

3— Le substrat rocheux sur lequel reposeraient les réservoirs de GNL est fracturé, selon les rapports fournis. Cette fracturation affecterait bien sûr la capacité portante des réservoirs, mais on nous dit que cette capacité, évaluée à 500 kPa (rapport final de Terratech 2006) est suffisante. Cependant, dans l'analyse du risque sismique local, nous pensons qu'on a négligé d'envisager la possibilité que le poids élevé des réservoirs remplis puisse déclencher des séismes dans le substrat rocheux fracturé, particulièrement s'il se trouve des failles subverticales à proximité. Il est à noter que ce type de failles est difficile à détecter en surface.

Conclusion

La vallée du Saint-Laurent à l'ouest de Rimouski constitue une région sismique importante centrée autour de la zone active de Charlevoix-Kamouraska. Cette zone active ne se trouve qu'à 70 km au nord-est du site à l'étude.

Sans qu'on connaisse exactement la cause des séismes dans la vallée du Saint-Laurent, plusieurs géologues croient que ces séismes sont associés d'une façon ou d'une autre à l'existence de nombreuses failles majeures qui affectent la vallée du Saint-Laurent, particulièrement les failles de gravité qui traversent complètement la croûte. Or, ces failles sont présentes dans la région de Québec-Lévis.

L'imprécision des données historiques, la très courte période d'observation à l'échelle géologique et l'existence de séismes importants hors de la zone active doivent nous amener à considérer sérieusement la possibilité qu'un séisme majeur se soit déjà produit, ou puisse se produire un jour dans la région de Québec-Lévis, en dehors de la zone active de Charlevoix-Kamouraska. Pourtant, en réponse aux questions CA-014 à CA-023 sur la sismicité dans la zone d'implantation, SNC-Lavalin répond que « (...) le site retenu pour l'implantation du terminal reste acceptable du point de vue sismique et présente le risque

sismique le plus faible par rapport aux deux autres sites qui avaient été considérés, Gros Cacouna et Pointe Saint-Denis » (14).

Considérant qu'un séisme majeur pourrait se produire dans la région de Lévis, endommager les réservoirs et les canalisations de GNL et causer des fuites importantes, nous croyons que le « risque sismique » est réel et non pas « négligeable » comme l'indique le rapport de SNC-Lavalin. Compte tenu que ces installations seraient construites près des habitations, et qu'un nuage de gaz pourrait atteindre des zones à forte population, nous ne croyons pas qu'on doive accepter ce risque que SNC-Lavalin qualifie de « négligeable ». C'est un principe de précaution élémentaire. C'est sur ce même principe qu'on interdit l'accès au tunnel Hypolithe-Lafontaine aux véhicules transportant des matières dangereuses, bien qu'on ne croit pas, et ne souhaite pas, qu'un accident catastrophique s'y produise.

Le point mentionné par SNC-Lavalin à l'effet qu'il s'agit du site où le risque sismique est le plus faible par rapport aux deux autres considérés, ne justifie pas qu'on le choisisse. Nous croyons plutôt que le site doit être abandonné et que les promoteurs doivent en trouver un qui se trouve loin des populations. Le péril sismique peut difficilement être évité le long de la vallée du Saint-Laurent, mais le risque sismique peut l'être.

Recommandation

Étant donné l'importance du volet sismique dans ce dossier, et des conséquences catastrophiques potentielles sur la population en cas d'accident, nous recommandons au Bureau d'Audience Publique sur l'Environnement de demander un avis à un expert-sismologue indépendant sur le risque sismique de cet emplacement, et une analyse critique des rapports fournis par le promoteur. Dans le cas du projet Soligaz de Varennes, le BAPE avait demandé l'avis de monsieur Reynald Duberger, ingénieur-géologue et sismologue réputé, rattaché à l'Université du Québec à Chicoutimi.

Références :

- 1- Centre Géologique de Québec : voir le site
- 2- Centre Géologique de Québec : voir le site
- 3- Vallières, A. Hubert, C. et Brooks, C. 1978. A slice of Precambrian basement in the Appalachian mobile belt. *Can. J. Earth Sci.* 15 pp. 1242-1249.
- 4- Vallières, André. 1971. Relations stratigraphiques et structurales du Supergroupe de Québec dans la région de Saint-Malachie ouest. Thèse de maîtrise, Université de Montréal, Montréal, Québec, 100 p.
- 5- Vallières, André. 1984. Stratigraphie et structure de l'orogène tectonique de la région de Rivière-du-Loup. Thèse de doctorat, Université Laval, Québec, Québec, 316 p.
- 6- Duberger, Reynald. 1990. Avis sur le niveau d'activité sismique dans la région de Varennes, Annexe 12, p. 5, Bureau d'Audience publique sur l'Environnement.
- 7- Séismes Canada : voir le site
- 8- Duberger, Reynald, *op.cit.*, p. 7.
- 9- BAPE, voir http://www.rabaska.net/docs/addenda_1_Complet.pdf
- 10- Duberger, Reynald, *op.cit.* p. 14.
- 11- Centre Géologique de Québec : voir le site
- 12- Duberger, Reynald, *op.cit.* p. 18.
- 13- BAPE, voir le site www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/rabaska/documents/liste_documents.htm
- 14- BAPE, voir le site www.rabaska.net/docs/addenda/_1_Complet.pdf