



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

**COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA
DOSSIER PUBLIC 8745**

**Quelques aspects de la géologie du parc marin
du Saguenay – Saint-Laurent (Québec)**

M. Lamontagne

2021



COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA DOSSIER PUBLIC 8745

Quelques aspects de la géologie du parc marin du Saguenay – Saint-Laurent (Québec)

M. Lamontagne

2021

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre des Ressources naturelles, 2021

Le contenu de cette publication ou de ce produit peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques mais non commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contraire.

On demande seulement :

- de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et le nom de l'organisation qui en est l'auteur;
- d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par Ressources naturelles Canada (RNCAN) et que la reproduction n'a pas été faite en association avec RNCAN ni avec l'appui de celui-ci.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales sont interdites, sauf avec la permission écrite de RNCAN. Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec RNCAN à rncan.copyrightdroitdauteur.mcan@canada.ca.

Lien permanent : <https://doi.org/10.4095/327207>

On peut télécharger cette publication gratuitement à partir de GEOSCAN (<https://geoscan.rncan.gc.ca/>).

Notation bibliographique conseillée

Lamontagne, M., 2021. Quelques aspects de la géologie du parc marin du Saguenay – Saint-Laurent (Québec);
Commission géologique du Canada, Dossier public 8745, 28 p. <https://doi.org/10.4095/327207>

Les publications de cette série ne sont pas révisées; elles sont publiées telles que soumises par l'auteur.

Quelques aspects de la géologie du parc marin du Saguenay – Saint-Laurent (Québec)

Maurice Lamontagne, ing.
Commission géologique du Canada
Ressources naturelles Canada
maurice.lamontagne@canada.ca

Introduction

Située à la frontière de trois provinces géologiques, bien à l'intérieur de la plaque nord-américaine, la région du parc marin du Saguenay - Saint-Laurent est passionnante pour la variété de phénomènes géologiques qu'on y trouve. Avec quelques notions de géologie et quelques cartes, sous forme numérique ou sur papier, les visiteurs pourront apprécier cette richesse lors de leur promenade dans la région.

Ce court texte et les quelques photos constituent un bref aperçu de quelques traits géologiques de la région autour du parc marin du Saguenay - Saint-Laurent (ci-après appelé le Parc). Ce texte est bref et par conséquent, il n'inclut qu'un minimum d'information. Écrit pour les lecteurs non-spécialistes des sciences de la Terre, il procure quelques notions de base pour permettre d'interpréter et d'apprécier la géologie du Parc. Pour plus d'information, on réfère le lecteur aux autres ouvrages dans la bibliographie, qui comprend entre autres Landry et coll. (2013) qui décrit plus en détail de nombreux aspects de la géologie du Québec. Le site en ligne « Planète Terre » (Bourque, 2010) est aussi très informatif. Le fjord du Saguenay est très bien décrit dans Locat et Levesque (2009). L'auteur remercie toutes les personnes qui ont permis d'expliquer les caractéristiques géologiques de cette région.

La géologie du Parc comporte des formations rocheuses et des dépôts non consolidés (sable, argiles, cailloux, blocs détachés). Ils sont le fruit de phénomènes géologiques s'étalant sur plus d'un milliard d'années. Les géologues et géomorphologues définissent l'histoire géologique de la région en utilisant les indices géologiques laissés dans les formations de roches et de matériaux non consolidés.

Afin de bien comprendre la géologie de la région, on doit mentionner que pour un géologue ou ingénieur géologique, la roche en place est ce que l'on voit sur un affleurement rocheux, donc sur une masse très solide. Les cailloux et les blocs de roches, quant à eux, peuvent provenir de plus loin, d'une distance de quelques mètres jusqu'à des dizaines de kilomètres parfois. Une roche détachée ne

représente donc pas toujours la roche en place. D'autre part, les événements géologiques qui ont formé la géologie locale sont parfois séparés de centaines de millions d'années, pendant lesquelles l'érosion et les mouvements de la croûte terrestre ont fait leur œuvre, de façon imperceptible à l'échelle humaine, mais puissante et continue à l'échelle de notre planète. Un géologue peut déchiffrer l'information contenue dans les roches afin de déterminer leur âge, leur milieu de formation et les événements géologiques qui les ont affectées.

1- Temps géologiques

La Terre existe depuis environ 4,5 milliards d'années et a connu une naissance tumultueuse. Depuis au moins un milliard d'années, la Terre subit des processus géologiques qui sont bien expliqués par ce que l'on nomme la tectonique des plaques. Selon ce modèle géologique, la surface externe de la Terre (composée de la croûte terrestre et la partie supérieure du manteau terrestre, jusqu'à environ 150 km d'épaisseur) définit une série de plaques tectoniques, qui sont de grands ensembles à l'échelle de continents.

Présentement, la Terre comporte environ une douzaine de grandes plaques tectoniques avec plusieurs plus petites. Les plaques qui existent aujourd'hui sont plus ou moins les mêmes qui existaient il y a 50 millions d'années, mais elles sont bien différentes de celles qui ont créé la géologie du Parc. Tout l'est du continent nord-américain est situé sur la plaque nord-Américaine (Figure 1). Les plaques tectoniques ont des déplacements lents et prévisibles à l'échelle humaine qui dérivent des mouvements à l'intérieur du manteau terrestre, à plus de 40 km sous nos pieds.

À l'échelle humaine, ces mouvements sont lents et constants, de quelques centimètres par année. À l'échelle du dernier milliard d'années cependant, ces mouvements ont causé de grandes perturbations comme du volcanisme et des collisions entre plaques qui ont amené la création de montagnes. Le Parc se situe présentement bien à l'intérieur de la plaque nord-américaine, mais cela n'a pas toujours été le cas tel que décrit ci-bas.

2- Roches et minéraux

Changeons d'échelle et parlons maintenant de ce que l'on peut voir sur place. Les roches sont faites de minéraux. Un minéral est un composé naturel qui possède une composition chimique homogène. Des exemples de minéraux sont : le quartz (SiO_2 : un atome de silice pour deux d'oxygène; SiO_2); le sel (NaCl : un atome de sodium et un de chlore); et le diamant : (C : uniquement du carbone). Une roche (granite, calcaire, gneiss) est faite de plusieurs minéraux distincts. Souvent, des non-spécialistes nomment

granite toute roche dure alors que pour un géologue, un granite a une composition chimique (et donc une minéralogie) bien définie. On trouvera plus bas des descriptions de minéraux et de roches.

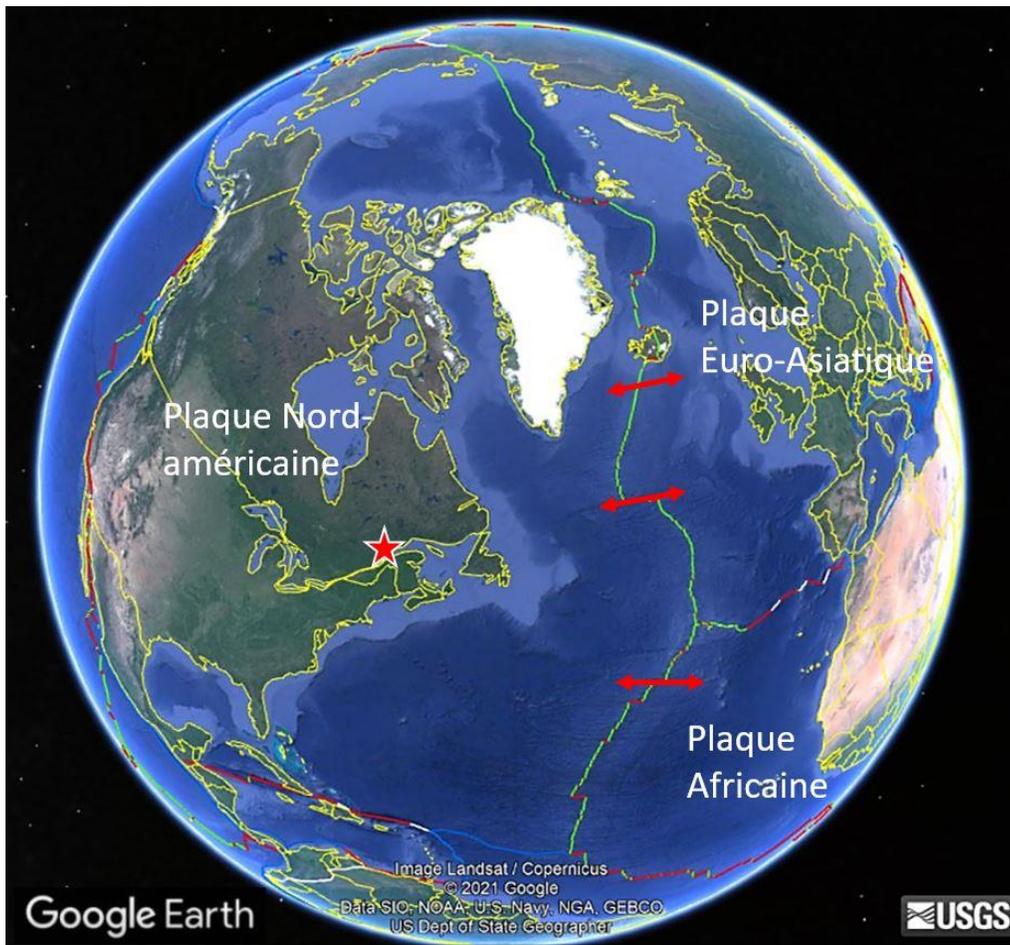


Figure 1 : Vue des plaques tectoniques de l'Atlantique Nord. La région du Parc (étoile) est située bien au centre de la plaque tectonique nord-américaine. Celle-ci s'éloigne de l'Europe et de l'Afrique à un taux de quelques centimètres par année (indiquée par des flèches rouges) à partir de la ride médio-Atlantique (ligne verte). La grande majorité des séismes du monde se produisent le long des plaques tectoniques.

3- Les grandes familles de roches

Il existe trois grands types de roches et chacun correspond à un mode de formation différent.

a- Les roches ignées sont issues d'un magma (de la roche fondue) qui soit a atteint la surface (roches volcaniques), soit est devenu solide (cristallisé) à plusieurs kilomètres sous la surface (roches

plutoniques intrusives). La région du Parc ne comprend pas de roches volcaniques, mais présente beaucoup de roches plutoniques, possiblement la partie profonde de volcans très anciens aujourd'hui érodés.

b- Le deuxième type de roches, les roches sédimentaires, sont généralement formées par la déposition de fragments de roches (sédiments) comme les cailloux, le sable, l'argile, et parfois de dépôts chimiques, comme les parties de matière animale dure (coquillages, coraux). Ces matériaux se déposent généralement au fond de lacs, de bassins ou de la mer. On peut voir des exemples de dépôts de sédiments (qu'on appelle non-consolidés parce que les fragments ne sont pas liés entre eux) dans le Parc. Des roches sédimentaires (donc faits de sédiments consolidés) beaucoup plus anciennes sont soit trouvées sous le fleuve Saint-Laurent, soit visibles dans des affleurements rocheux du côté de l'Île aux Lièvres et de la rive sud du Saint-Laurent.

c- Le troisième type de roches, les roches métamorphiques, proviennent de roches ignées ou sédimentaires qui ont été modifiées (métamorphisées) par l'augmentation de pression et de température, généralement lorsque les roches originales se retrouvent plus profondément dans la croûte terrestre. Ce déplacement vers le bas peut être dû à l'accumulation de roches par-dessus ou à des mouvements tectoniques. La région a de grandes quantités de roches métamorphiques car ces roches ont été formées en grande profondeur dans la croûte terrestre.

Une fois formées, les formations rocheuses peuvent subir des événements et des processus géologiques qui peuvent les modifier ou les transporter latéralement ou verticalement parfois sur des dizaines de kilomètres de distance au fil de millions d'années de leur histoire (un déplacement annuel de 1 cm deviendra dix kilomètres après un million d'années). Ces événements géologiques peuvent déplacer des roches de part et d'autre de failles géologiques (les failles étant des cassures dans les roches), les modifier par l'impact d'une météorite, ou plus simplement, les altérer et les éroder pour déposer les débris plus loin (sous forme de boue ou de bancs de sable par exemple).

4- Provinces géologiques

La région du parc marin se situe à la rencontre de trois provinces géologiques (Figures 2 et 3): la province géologique du Grenville qui fait partie du Bouclier canadien, celle de la Plate-forme du Saint-Laurent (non visible dans le Parc mais présente sous le fleuve) et celle des Appalaches (présente sous une bonne partie du fleuve mais seulement visible sur la rive sud du fleuve et à l'Île aux Lièvres). Une

province géologique regroupe des roches d'âge et d'histoire semblables. De façon sommaire, on peut dire que dans la région, plus la roche est dure et dense, plus elle est vieille.

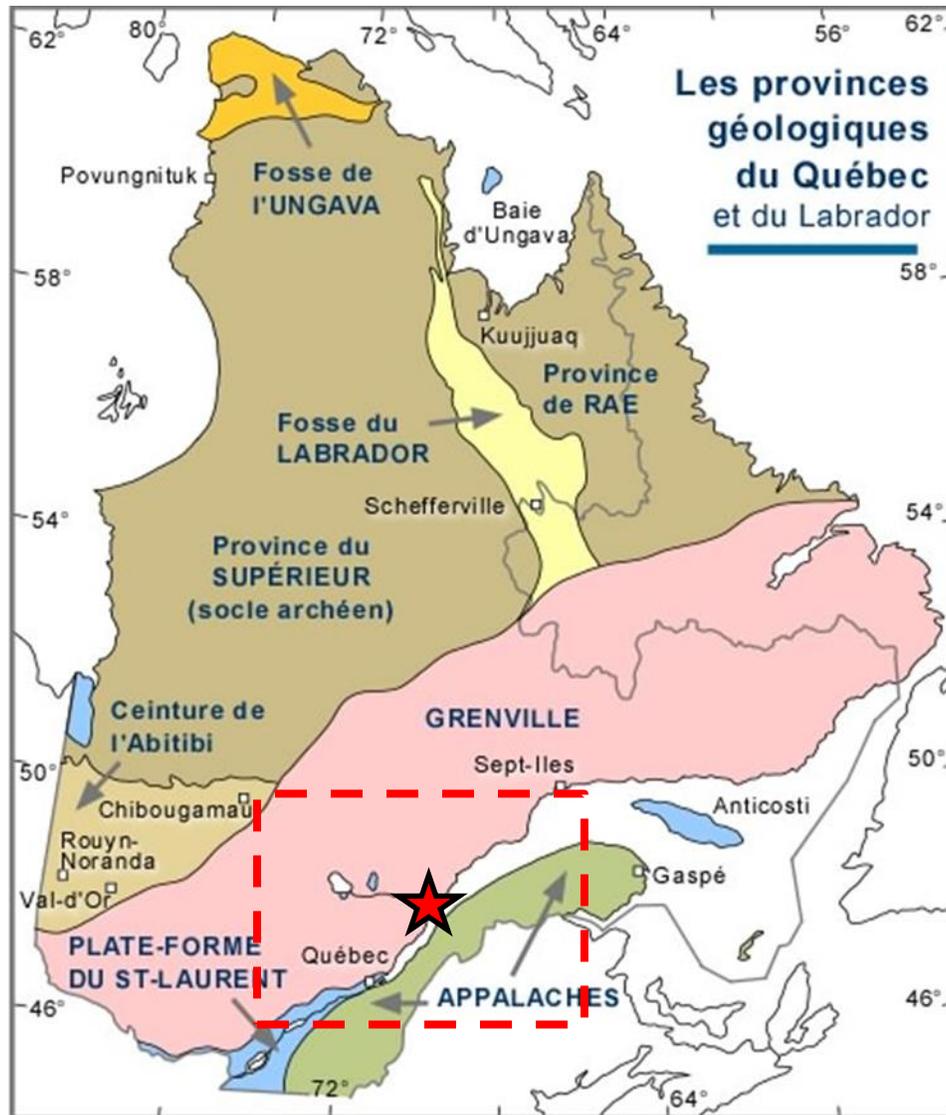


Figure 2. Localisation du parc marin du Saguenay - Saint-Laurent (étoile) par rapport aux grands ensembles géologiques du Québec. Le cadre définit la position de la Figure 3. Figure adaptée de Planète Terre / P.-A. Bourque, U. Laval.

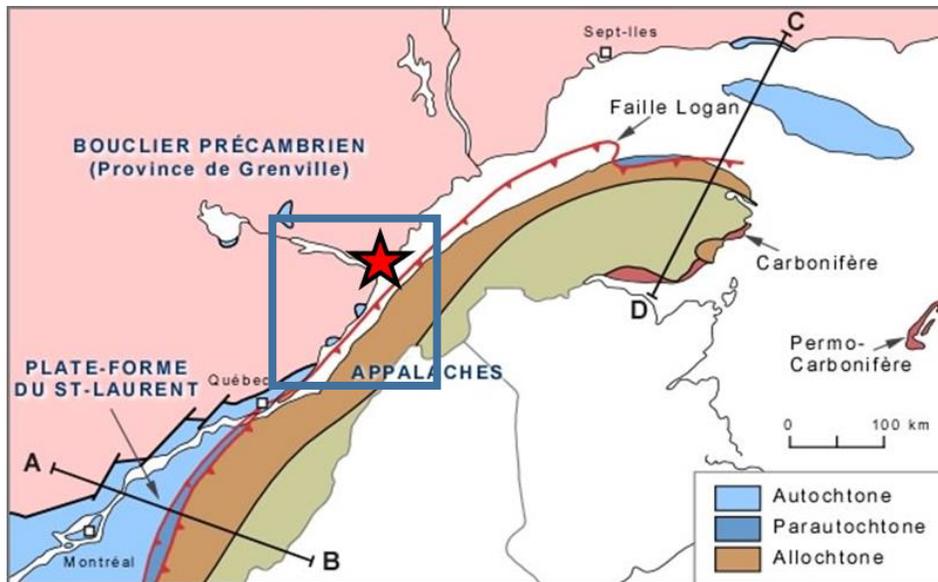


Figure 3. Position du parc marin du Saguenay - Saint-Laurent (étoile) par rapport aux grands ensembles géologiques du sud du Québec. Le cadre définit la position de la Figure 4. Les coupes A-B et C-D sont disponibles sur le site Planète Terre / P.-A. Bourque, U. Laval.

Sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent, les roches visibles du Parc appartiennent à la Province géologique du Grenville. Ce sont des roches ignées (plutoniques) et métamorphiques. Ces dernières ont été formées 25-30 km sous la surface, il y a environ 1 milliard d'années. Pour illustrer la situation, la température y était d'environ 750°C et la pression correspondait à celle de 25-30 km de roches au-dessus.

Il y a 1 milliard d'années, la Province de Grenville était comme la chaîne de l'Himalaya d'aujourd'hui, c'est-à-dire un lieu de collision entre deux plaques tectoniques continentales. De nos jours, les roches visibles dans le Parc correspondent à la partie profonde de la chaîne de montagnes. À des profondeurs de 25-30 km, les roches ont été modifiées sous de très hautes pressions et températures. Comme elles étaient chaudes, elles pouvaient se déformer lentement comme de la pâte à modeler et certaines ont même commencé à fondre.

L'érosion amenée par les rivières et des mouvements tectoniques ont peu à peu enlevé toute la partie supérieure de ces montagnes. On ne voit aujourd'hui que la partie qui était enfouie en grande profondeur.

La ligne de Logan (aussi appelée faille de Logan ou faille Logan) représente la frontière entre les Appalaches et la province de Grenville et la plate-forme du Saint-Laurent (Figures 3 et 4). Les roches des Appalaches ont été poussées au-dessus des deux autres groupes lorsqu'un océan ancien s'est refermé, l'océan Iapétus, il y a quelque 470 millions d'années. Les roches des Appalaches dans la région sont des roches parfois inclinées, de types sédimentaires (Figure 5) et métamorphiques lorsque soumises à de faibles pressions et températures. La Ligne de Logan est aujourd'hui une faille inactive; ce n'est pas elle qui cause les tremblements de terre parfois ressentis dans la région.

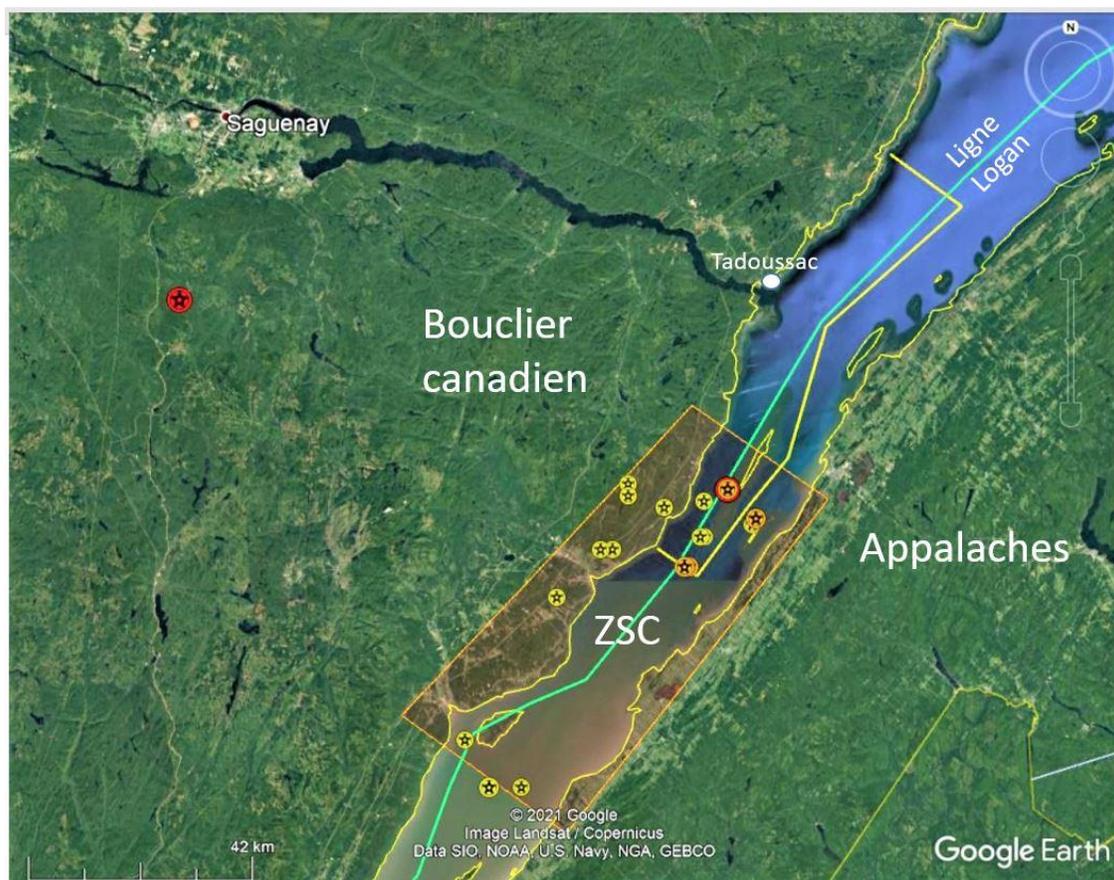


Figure 4: Quelques éléments géologiques du parc marin du Saguenay - Saint-Laurent. Les frontières approximatives du Parc sont indiquées par une ligne jaune. La Ligne de Logan est la frontière nord-est des roches des Appalaches (ligne verte). La zone sismique de Charlevoix (ZSC) est indiquée avec les séismes de magnitude 4 et plus entre 1924 et 2020. L'étoile rouge isolée indique l'épicentre du séisme du Saguenay de 1988.



Figure 5. Roches typiques des Appalaches. Photo de Maurice Lamontagne. Photo RNCAN 2020-941

Lorsque le roc solide est visible à la surface, on l'appelle un affleurement. Cela signifie que le roc est bien attaché au reste de la croûte terrestre et qu'il n'y a pas de sable ou gravier en-dessous contrairement aux fragments ou blocs de roches isolés que l'on trouve dans les champs. Les géologues identifient les roches en place et produisent des cartes géologiques de celles-ci. Les géomorphologues et les géologues du Quaternaire sont intéressés par les dépôts meubles (sable, argiles, rocs détachés) qui eux peuvent être transportés par des facteurs d'érosion comme les glaciers, les rivières, les courants et même les glaces du fleuve.

5- Les granites

Dans la région, on voit plusieurs affleurements montrant une roche rosée, qui est un granite rose (Figures 6 et 7).



Figure 6. Affleurements de granite rose. Photo de Maurice Lamontagne. PhotoRNCAN 2020-938





Figure 7 : Cap-de-Bon-Désir : Majoritairement du granite rose (Photos gracieuseté de Mme Jade Brossard).

Un granite est une roche ignée (plutonique) qui était à l'origine un magma. La fonte (fusion) de roches préexistantes en profondeur lors d'événements géologiques anciens a créé du magma. Parce que le magma est plus léger que la roche environnante, il monte vers la surface, vers des températures plus froides. Le magma passe alors progressivement de la phase liquide à solide. Peu à peu, alors que le magma se refroidit, des cristaux (les minéraux) vont se former, jusqu'à ce que tout le magma soit solidifié.

Les cristaux visibles dans le granite sont les feldspaths (minéraux roses avec parfois de belles faces droites), le quartz (minéral blanc ou gris pâle et translucide sans forme particulière), et des micas (minéraux noirs qui se détachent en fines couches). Ces roches ne contiennent pas de fossiles.

6- Les gneiss

Un autre type de roches présent dans le Parc sont les gneiss (Figures 8 et 9), qui sont des roches métamorphiques. Les gneiss représentent le changement (métamorphisme) de roches préexistantes, ignées ou sédimentaires. Ils se forment à des profondeurs d'au moins 20 km sous la surface là où règnent de grandes pressions et températures. Ils ne sont pas formés à partir du magma. Ils ne contiennent pas de fossiles.



Figure 8. Gneiss (bandes pâles et foncées dans le coin supérieur gauche) et pegmatite (à l'avant plan). Photo de Maurice Lamontagne. Photo RNCan 2020-939

Les gneiss présentent une alternance de lignes ou bandes claires et foncées (Figure 9). La différence de couleur vient de la composition différente des couches qui ont des minéraux différents.





Figure 9 : Pointe Rouge : Photographies de gneiss, une roche métamorphique de hautes pressions et températures. Notez l'alternance de bandes pâles et foncées. (Photos gracieuseté de Mme Jade Brossard).

7- Les pegmatites, les veines de quartz et les dykes

Les pegmatites sont des roches ignées intrusives formées de très gros cristaux de différents minéraux (Figure 10). Les minéraux principaux sont des feldspaths (cristaux roses ou blancs avec surfaces souvent planes), des micas (biotite, plaquettes noires) ainsi que le quartz (minéral blanc ou gris pâle sans surfaces bien définies, très dur). Les pegmatites se forment à la fin de la cristallisation d'un magma par la formation de minéraux à partir de solutions minéralisées. Elles forment souvent des veines ou des filons (longues bandes) à travers la roche tout autour, qu'on appelle roche encaissante (figures 11, 12, 13, 14).



Figure 10. Pegmatite. Photo de Maurice Lamontagne. Photo RNCan 2020-940



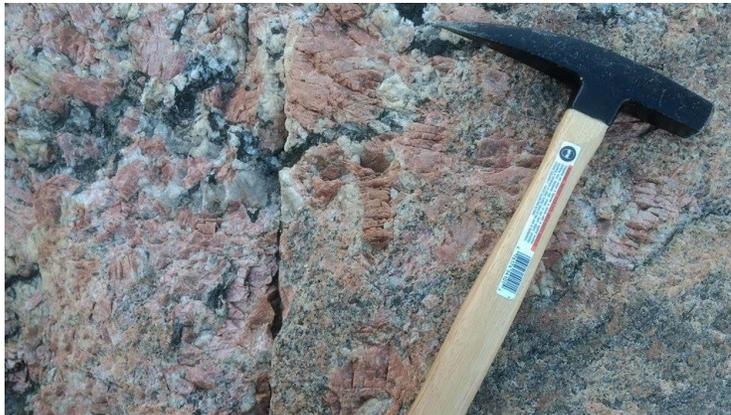


Figure 11 : Pegmatites (bandes ou veines rosées à grains grossiers sous le marteau), roches intrusives formées par la cristallisation de minéraux à partir de solutions minéralisées (des liquides) qui circulent le long de fissures en profondeur dans la croûte terrestre. Photos gracieuseté de Mme Jade Brossard.

Les solutions minéralisées qui circulent sont parfois composés presque exclusivement de silice. Les dépôts qu'ils formeront alors seront des veines de quartz. Le quartz est un minéral généralement blanc, très dur et qui ne peut pas être rayé par un canif.



Figure 12 : Veine de quartz (avec des feldspaths roses): le quartz est un minéral composé entièrement de silice et d'oxygène (SiO_2) très commun dans la croûte terrestre des continents. Il peut être transparent ou de couleurs variées. Lorsque blanc, on l'appellera quartz laiteux comme dans ces photos où il a cristallisé sous forme d'une veine qui recoupe les autres roches. Photos gracieuseté de Mme Jade Brossard.



Figure 13: Petite veine de composition granitique (aplite): Dans cette photo, on peut voir une petite veine de feldspath rose et d'un peu de quartz qui recoupe la roche en place. Les ondulations pourraient représenter une déformation « plastique » ou « ductile », c'est-à-dire lorsque la roche était encore très chaude et malléable, en profondeur dans la croûte terrestre. Photo gracieuseté de Mme Jade Brossard.



Figure 14 : Petit dyke : le filet de roche sombre (juste sous la pointe du marteau) pourrait représenter un intrusif mince, nommé dyke. Il semble avoir lui-aussi subi une déformation

plastique en profondeur dans la croûte terrestre, lorsque la roche était encore très chaude et malléable. Photo gracieuseté de Mme Jade Brossard.

8- Failles et joints

Tout au cours de leur existence, les roches sont soumises à des pressions et des forces qui les déforment. Si elles sont chaudes et soumises à de fortes pressions, les roches vont se déformer lentement et former des gneiss, par exemple. Lorsque plus près de la surface et plus froides, les roches peuvent casser si elles sont soumises à de fortes pressions. Une faille représente une cassure le long de laquelle deux blocs de roches ont glissé. Lorsque cela survient, le frottement produit des ondes sismiques qu'on appelle tremblement de terre.

Les roches du Bouclier canadien sont fortement fracturées car elles ont subi des événements géologiques pendant des millions d'années. Le Bouclier canadien est donc traversé par de nombreuses failles, parfois locales, parfois visibles sur des dizaines de kilomètres.

Lorsque la roche casse sans qu'il y ait déplacement le long de la cassure, on appellera la cassure un joint (ou diaclase; Figure 15). Ces cassures peuvent être dues aux pressions à l'intérieur de la croûte terrestre ou au relâchement de pression à la suite de la fonte des glaciers. Une analogie aux joints serait le morceau de bois qui se fendille lorsqu'on essaie de le plier.

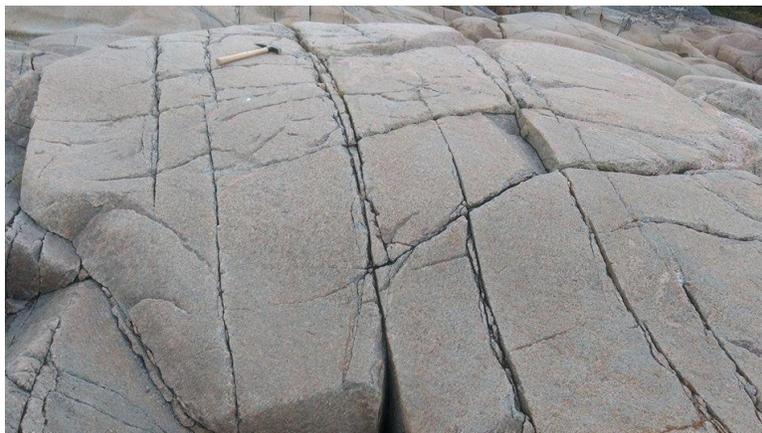




Figure 15 : Joints (aussi appelé diaclases) : lorsque soumise à des pressions qui l'amène à se déformer, la roche peut céder localement en donnant naissance à des fractures, qu'on appelle diaclases ou joints. Photos gracieuseté de Mme Jade Brossard.

9- Fjord du Saguenay

Un Fjord (aussi écrit fiord) est une vallée glaciaire aux bords escarpés envahie par la mer à la suite du retrait des glaciers. Le Fjord du Saguenay est à l'origine un système de failles formées par l'extension de la croûte terrestre au Cambrien, il a environ 550 millions d'années. Ce système de failles s'appelle le Graben du Saguenay. Graben est un mot allemand qui signifie fossé.

Ces failles se sont d'abord formées lors de l'ouverture de l'océan lapétus, il y a plus de 600 millions d'années. La partie centrale du Fjord s'est affaissée alors que les bords demeuraient plus élevés. Ces failles ont été réactivées par la suite, lorsque les Appalaches ont été poussées sur le Bouclier (environ 470 millions d'années) et lors de l'ouverture de l'océan Atlantique actuel (100 millions d'années). Beaucoup plus près de nous, au cours du dernier million d'années, le fjord a été fortement érodé par le passage de glaciers (voir section suivante). Le fond du fjord est couvert d'épais dépôts argileux pouvant atteindre jusqu'à 900 m d'accumulation! (Locat et Levesque, 2009).

10- La surface ondulée du Parc

L'altitude de la partie émergée du Parc et la bathymétrie (profondeur) du fleuve varient beaucoup. Ces différences sont causées par des mouvements tectoniques anciens (failles), par l'érosion progressive des roches de la surface (glaciation, remodelage par les rivières et courants) et par la déposition de ces

matériaux arrachés. Par la suite, ces matériaux meubles peuvent être déplacés par l'érosion ou par des glissements de terrain.

Devant Les Escoumins, l'estuaire du Saint-Laurent atteint une profondeur de 300 mètres (Figure 16). Le fjord du Saguenay a une grande profondeur aussi car c'est une zone avec des failles qui ont abaissé la croûte terrestre et qu'il a été aplani et surcreusé par le passage des glaciers lors des multiples épisodes de glaciation continentale (voir ci-bas).

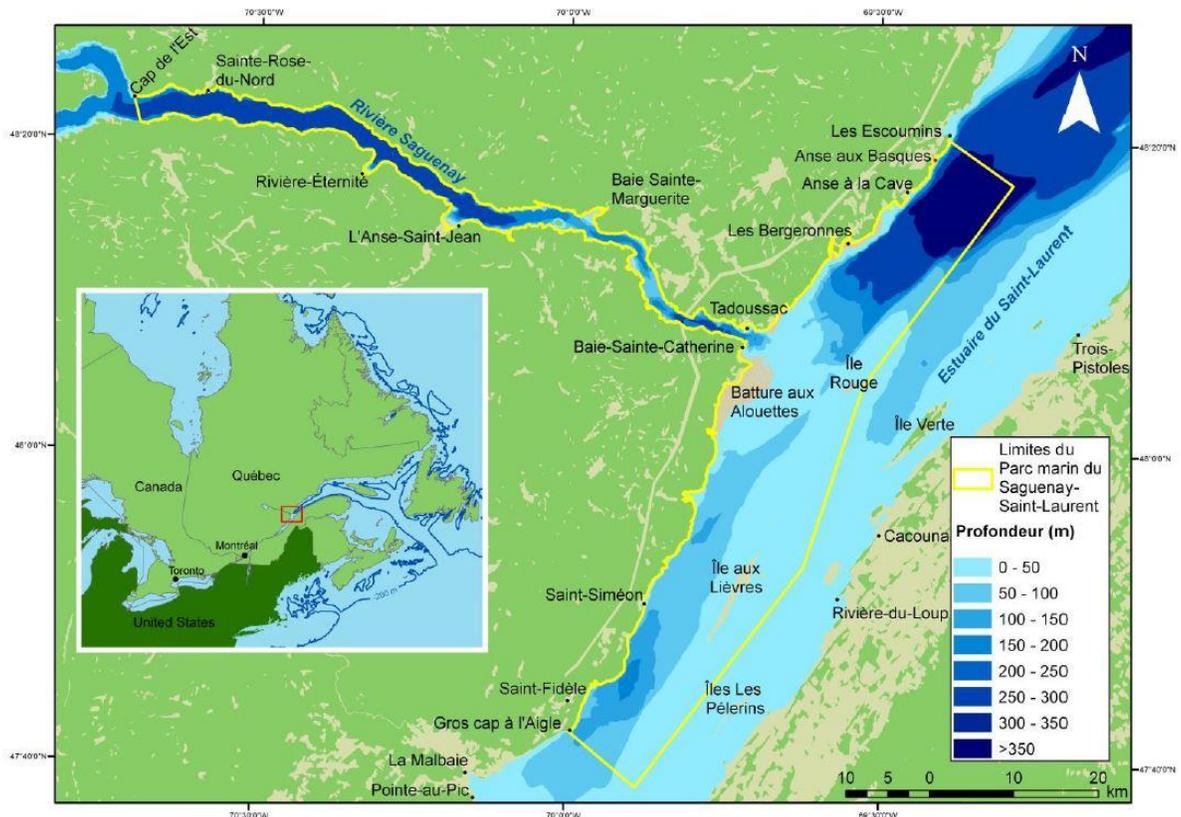


Figure 16. Bathymétrie de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent (Source : Chion et coll., 2009). Le parc marin du Saguenay - Saint-Laurent est situé dans une zone de grandes variations de profondeur.

11- L'impact des glaciers

Il ne reste plus de glaciers sur le territoire du Québec. Toutefois, ils ont été présents dans le passé, lorsque les températures globales étaient plus basses. Aujourd'hui, en Amérique du Nord, on trouve des

lambeaux dans les îles de l'Arctique canadien, au Groenland et en altitude dans la cordillère de l'Ouest (glaciers alpins). Les glaciers sont des agents d'érosion extrêmement puissants et ils ont fortement modifié les paysages canadiens.

a. Entre 1 800 000 et 10 000 ans, au moins quatre périodes glaciaires se sont succédées. Chacune d'elles a mené à l'accumulation d'imposantes épaisseurs de glace qui ont couvert une grande partie du nord du continent. Le mouvement des glaciers de ces calottes glaciaires (Figure 17) a contribué à éroder, à aplanir, et parfois à accroître le relief du Bouclier canadien et des Appalaches.



Figure 17. Situation géographique du Parc, il y a 12,000 ans (rectangle rouge). Le Parc était alors à la frontière du Glacier continental dont le front reculait peu à peu alors que les glaciers

continuaient à couler dans une direction approximativement du nord-ouest vers le sud-est (indiqué par les flèches; Source : Dyke et Prest, 1987). On peut présumer que les glaciers s'approchant de la mer (la Mer de Goldthwait) qui avait envahi l'estuaire actuel du Saint-Laurent relâchait des icebergs de temps à autre.

- b. Une de ces grandes époques glaciaires a affecté tout le nord du continent entre 75,000 et 10,000 ans avant aujourd'hui. Toute la région du Parc se trouvait alors sous 2 à 3 kilomètres de glace.
- c. Les glaciers ne reculent pas; ils avancent toujours vers le bas. La partie avant (le front glaciaire) va reculer ou avancer selon les températures et les précipitations en neige.
- d. Par leur masse et leur pouvoir d'abrasion, les glaciers sont capables d'aplanir de grandes étendues et de creuser des vallées. À cause de leur immense pouvoir d'abrasion, les glaciers peuvent arracher des roches et les transporter sur de très longues distances, un peu comme un immense tapis roulant. Dans la région du Parc, les glaciers ont arraché de grandes quantités de roches à la surface et les ont transportés plus loin, peut-être même à des dizaines de kilomètres du Parc.
- e. Lorsque les températures se sont réchauffées, le front glaciaire s'est progressivement déplacé vers le nord, exposant le roc en place et laissant derrière toutes les roches et des débris (de toutes dimensions incluant le sable et l'argile) qui avaient été arrachés et transportés.
- f. Les glaciers par leur poids et le matériel qu'ils transportent à leur base agissent comme du papier sablé en polissant la surface du roc et en la rendant très lisse (Figure 18). Des marques (les stries glaciaires, des cannelures, des fractures de broutage) peuvent indiquer dans quelle direction le glacier coulait lors de son passage (Figure 19).



Figure 18 : Les belles surfaces lisses représentent la roche en place qui a été « sablée » par le mouvement continu de la base du glacier et par le mouvement des eaux de fonte chargées de particules sous le glacier. Photos gracieuseté de Mme Jade Brossard.





Figure 19 : Évidences du passage des glaciers : les fractures de broutage sur le roc montrent le passage de glaciers au-dessus de la roche en place. Les fractures de broutage indiquent la direction du passage des glaciers, du haut en bas dans ces photographies. L'écoulement des glaciers était généralement du nord-ouest vers le sud-est dans la région du Parc, mais des variations locales peuvent exister. L'écoulement de l'eau sous les glaciers a probablement aussi créé les belles surfaces lisses de la roche en place. Photos gracieuses de Mme Jade Brossard.

- g. Il y a environ 10,000 ans, le Parc ressemblait au Groenland d'aujourd'hui, avec des glaciers qui atteignaient le fleuve qui était alors un large bras de mer en se brisant en icebergs. Les bélugas du Parc, animaux des mers arctiques, vivent ici depuis cette époque.
- h. Le poids des glaciers a comprimé le continent vers le bas, ce qui a permis à la mer d'envahir des terrains et d'y laisser des dépôts marins d'argile. Au fil des milliers d'années, le continent s'est peu à peu relevé, et la mer s'est retirée.
- i. Ces dépôts de surface ont pu être transportés par les rivières qui ont formé à leur embouchure des deltas où le sable s'est accumulé en grandes terrasses. Les dunes de sable visibles près de Tadoussac représentent un ensemble « fluvio-glaciaire », c'est-à-dire un lieu où le sable issu de la fonte des glaciers a été transporté et s'est déposé (Figure 20).



Figure 20: Pentas de sable près de Tadoussac. Il s'agit de dépôts fluvioglaciaires créés lors de la retraite des glaciers. Photo gracieuseté Parc marin du Saguenay - Saint-Laurent.

j. Les grands blocs rocheux ont pu être déposés sur place et parfois déplacés par les glaces du Saint-Laurent. Ils sont faits de roches souvent différentes de la roche en place car ils ont pu être transportés sur de grandes distances.

12- Tremblements de terre

Les tremblements de terre sont bien connus des résidents de Charlevoix et de Kamouraska, mais moins des habitants de Tadoussac. C'est que la zone la plus active est une bande d'environ 30 km de largeur par 85 km de longueur qui s'étire le long du fleuve Saint-Laurent entre l'île aux Lièvres (qui est à l'intérieur du parc marin du Saguenay - Saint-Laurent) jusqu'à l'île aux Coudres environ. On appelle cette bande la zone sismique de Charlevoix (Figure 4). De temps à autre, dans Charlevoix, un petit séisme fait entendre son grondement et parfois un plus fort fait trembler des bibelots et peut parfois tirer les gens du lit en pleine nuit. Ceux qui causent des dommages sont encore plus rares et sont souvent séparés par plusieurs décennies. Ces événements nous rappellent que la région est active car elle a connu des séismes importants dans le passé et qu'elle en connaîtra sûrement d'autres dans l'avenir.

a. Le Parc inclut une portion de la zone sismique de Charlevoix, où cinq séismes de magnitude entre 6 et 7 se sont produits depuis les débuts 1600 : en 1663 (magnitude d'environ 7); 1791 (magnitude d'environ 6); 1860 (magnitude approchant 6); 1870 (magnitude d'environ 6,5); et 1925 (magnitude 6,2). Le séisme de novembre 1988 (magnitude 5,9) que plusieurs se rappellent avoir ressenti et ce, à la

grandeur du Québec, avait son épiceutre au sud de la ville de Saguenay (Chicoutimi à l'époque), à l'extérieur de la zone sismique de Charlevoix. Le séisme de 1663 a causé des glissements de terrain dont certains ont laissé leurs traces au fond du fjord du Saguenay (Locat et Levesque, 2009).

b. Chaque année, plus de 200 séismes sont enregistrés par des sismographes dans la zone sismique de Charlevoix. En moyenne, entre 3 et 5 de ceux-ci sont ressentis chaque année par des gens. Il faut une magnitude d'environ 2,5 pour qu'un séisme soit senti. À mesure que la magnitude s'accroît, on passera de sons à des vibrations ressenties de plus en plus fortes. Si le séisme est de magnitude 4,0 ou plus, comme il s'en est produit à 12 reprises entre 1985 et 2017, on peut entendre un bruit de détonation suivie de vibrations. À partir de magnitude 5,0 environ, des petits objets pourraient commencer à tomber et à partir de 6,0 environ, on pourrait constater des dommages considérables même à plusieurs centaines de kilomètres de l'épicentre.

c. Les séismes près de Charlevoix se concentrent surtout sous le fleuve Saint-Laurent entre Baie-Saint-Paul et l'Île aux Lièvres (Figure 21). La zone sismique de Charlevoix est la plus active de l'Est du Canada, un fait reconnu dans les cartes de zonage sismique du Canada. Ces cartes, intégrées dans le Code national du bâtiment du Canada, permettent d'inclure des normes de résistance à la conception d'édifices.

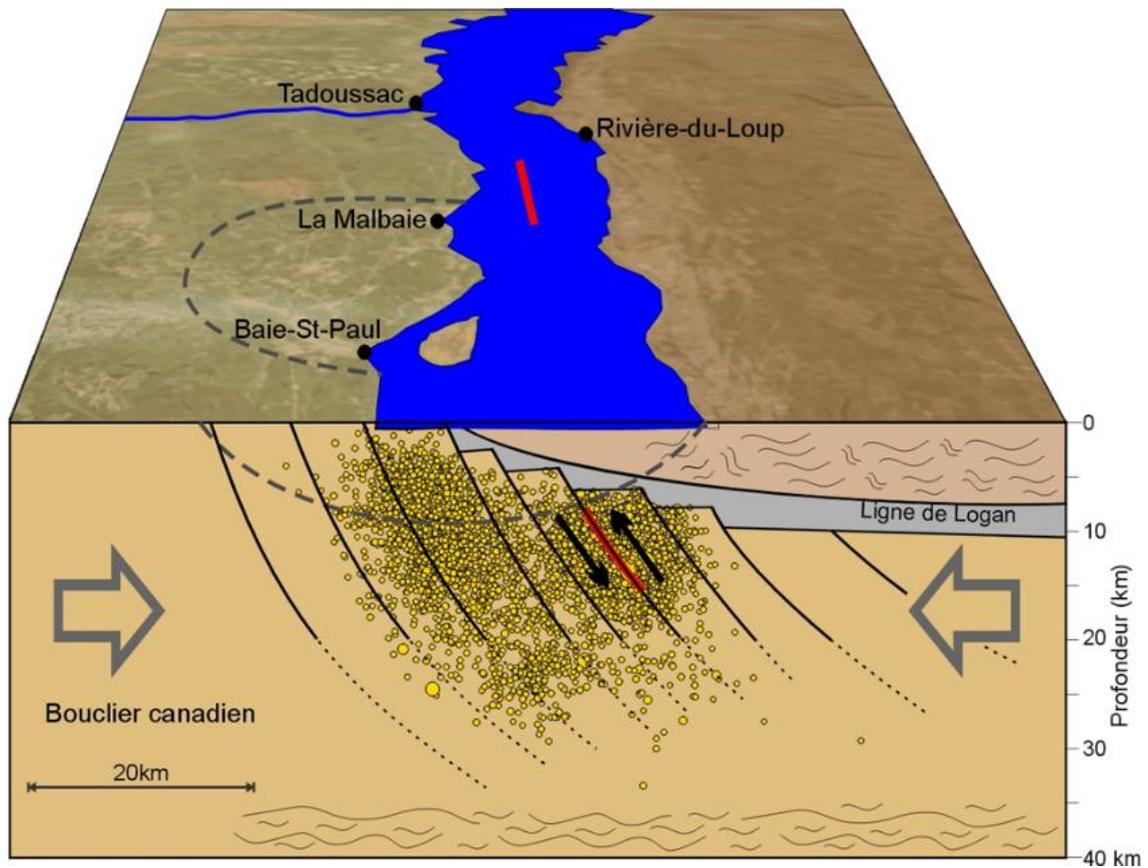


Figure 21 : Vue en trois-dimensions de la géologie de la zone sismique de Charlevoix avec la position des foyers de tremblements de terre enregistrés au fil des ans.

- d. Comme pour toute situation d'urgence, il faut savoir comment réagir si un séisme survient (www.grandesecousse.org).

Conclusions

De nombreux phénomènes géologiques ont formé le parc marin du Saguenay - Saint-Laurent. On y retrouve surtout des roches magmatiques et métamorphiques du Précambrien près de Tadoussac, mais des roches beaucoup plus jeunes se trouvent à l'Île aux Lièvres. Des dépôts meubles issus surtout de la dernière glaciation recouvrent une partie du territoire du Parc. Des séismes qui se produisent surtout dans la zone sismique de Charlevoix nous rappellent que cette longue histoire géologique n'est pas terminée.

Remerciements

L'auteur remercie la Dre Natasha Wodicka de la CGC qui a fait une lecture critique du texte et a suggéré des améliorations. Nous remercions aussi mesdames Jade Brossard et Barbara Lamontagne pour les commentaires et les photos des aspects géologiques du Parc qu'elles ont partagées avec l'auteur. Nous remercions aussi le Professeur Clément Chion, de l'UQO pour sa permission d'utiliser une figure de son rapport et Monsieur Olivier Rabeau de l'université Laval, pour sa permission de reproduire deux figures du site internet « Planète Terre » respectivement. L'auteur remercie aussi plusieurs personnes qui ont eu la gentillesse de partager leurs impressions et commentaires avec moi : Madame France Catherine Ritchot et messieurs Pierre Archambault, Michel Marmette et Michel B. Séguin.

Bibliographie :

Bourque, P.-A. 2010. Planète Terre.

(http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html)

Chion, C., Turgeon, S., Michaud, R., Landry, J.-A., Parrott, L. 2009. Portrait de la navigation dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent. Caractérisation des activités sans prélèvement de ressources entre le 1^{er} mai et le 31 octobre 2007. Présenté à Parcs Canada. 86 pages. (disponible en ligne

[Portrait de la navigation dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent](#)

Dionne, Jean-Claude et Serge Occhietti. 1996. Aperçu du Quaternaire à l'embouchure du Saguenay, Québec. Géographie physique et Quaternaire, volume 50, numéro 1, p. 5–34.

Dyke, A.S. et Prest, V.K., 1987. Paleogeography of northern North America, 18 000 - 5 000 years ago.

Commission géologique du Canada, Carte série "A" 1703A, 1987, 3 feuilles,

<https://doi.org/10.4095/133927>

Lamontagne, M. et Marceau, P. 2013. « Les tremblements de terre au Québec. Le Québec compte trois zones sismiques importantes. » INTER ACTION. 12. Volume 4, numéro 1, printemps 2013 (disponible à :

https://www.securitepublique.gouv.qc.ca/fileadmin/Documents/securite_civile/inter_action/2013/inter_action_vol_4_no_1_printemps_2103.pdf; fonctionnel le 1^{er} juillet 2018).

Landry, B. 2013. Notions de géologie, 4e édition. Modulo éditeur, Montréal, QC. 656p. ISBN : 978-2-89650-470-1

Locat, J. et Levesque, C. 2009. Le fjord du Saguenay : une physiographie et un registre exceptionnels. Revue des sciences de l'eau. 22. 135

<https://www.researchgate.net/publication/272894998> Le fjord du Saguenay une physiographie et un registre exceptionnels)