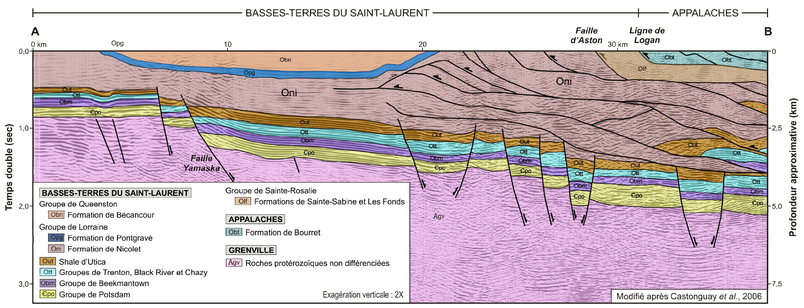
Géologie des Basses-Terres du Saint-Laurent

Interprétation du profil sismique de la ligne M-2003



Introduction

Cette carte géologique des Basses-Terres du Saint-Laurent, produite à l'échelle de 1/250 000, représente une nouvelle interprétation basée sur des données géoscientifiques acquises au cours des dernières années et provenant principalement des séquences sédimentaires du Shale d'Utica et du Groupe de Lorraine et, dans une moindre mesure, du Groupe de Trenton (Thériault, 2012a, 2012b). Ces nouvelles données ont été recueillies en grande partie à partir de puits gaziers forés par les compagnies d'exploration pétrolière et gazière sur l'ensemble de la superficie des Basses-Terres du Saint-Laurent. Cela a permis, entre autres, de modifier de façon significative la position des contacts géologiques entre le Groupe de Lorraine et les formations sous-jacentes (Groupe de Trenton et Groupe de Beekmantown) ainsi que la faille Yamaska, située à l'ouest de la région des Basses-Terres du Saint-Laurent et représentée un peu partout sur la carte, considérant l'intérêt majeur démontré par les compagnies d'exploration pétrolière et gazière depuis 2006 pour le potentiel gazier du Shale d'Utica, et s'inscrit dans la nouvelle tendance observée en Amérique du Nord d'exploiter les hydrocarbures de type non conventionnel piégés dans les shales. À noter que la carte géologique actuelle des Basses-Terres du Saint-Laurent à l'échelle de 1/250 000 a été produite par le Ministère des Ressources naturelles (MRN) il y a plus de 25 ans (Globensky, 1987).

En plus de la carte géologique, un profil sismique interprété est également présenté (voir le profil A-B sur la carte). Cette ligne sismique (ligne M-2003) a été produite en 1978 par le Secteur de l'énergie du MRN à l'aide de camions vibrateurs. Le profil sismique est orienté NW-SE, et recoupe donc de façon perpendiculaire la direction des principales unités stratigraphiques. Un retraitement des données et une interprétation géologique plus raffinée de ce profil sismique ont été réalisés par Castonguay et al. (2006, 2010), et permet de voir l'extension en profondeur des principales unités stratigraphiques ainsi que des failles normales et inverses.

Finalement, une colonne stratigraphique des Basses-Terres du Saint-Laurent accompagne la légende géologique. En plus de montrer l'âge, la période et l'époque (ou série) des différentes unités, la colonne stratigraphique présente également les séquences cratoniques et les environnements tectoniques prévalant lors de la déposition des couches sédimentaires.

À noter que les descriptions et les interprétations présentées ci-dessous ne concernent que les éléments de la carte géologique des Basses-Terres du Saint-Laurent qui ont fait l'objet de modification substantielle par rapport à la carte géologique publiée par Globensky (1987).

Géologie régionale

Le bassin sédimentaire des Basses-Terres du Saint-Laurent s'est développé à la suite de la rupture du supercontinent Rodinia vers la fin du Néoprotérozoïque, soit il y a environ 550 à 600 millions d'années (Thomas, 2006; Lavoie, 2008). Ces sédiments se sont déposés le long d'une ancienne bordure continentale datant la fin du Cambrien et à l'Ordovicien, en marge de l'Océan Iapetus. En particulier, les unités sédimentaires à dominance argileuse formant le Shale d'Utica et le Groupe de Lorraine se sont accumulées dans un bassin d'avant-pays qui s'est développé à l'Ordovicien Supérieur lors de l'orogénèse taconienne, c'est-à-dire il y a environ 450 millions d'années.

À partir de l'analyse des données sismiques, trois principaux réseaux de failles sont reconnus dans les Basses-Terres du Saint-Laurent, soit :

1) Un réseau dominant de failles normales en grabens et demi-grabens orientées NNE-SSW à NE-SW dans la plateforme et le socle précambrien (voir le profil sismique), formées lors du *rifting* du supercontinent Rodinia. Un certain nombre de ces failles ont vraisemblablement rejoué par la suite lors de la sédimentation ainsi que pendant l'orogène appalachien, par exemple la Faille Yamaska.

2) Un réseau de failles de chevauchement orientées NNE-SSW à NE-SW, situées dans la partie est des Basses-Terres du Saint-Laurent, par exemple les failles de Saint-Barnabé et d'Aston ainsi que la Ligne de Logan. Ces failles de chevauchement se sont formées lors de l'orogénèse taconienne, il y a environ 450 millions d'années.

3) Un réseau de failles normales et/ou en décrochement orientées E-W à ESE-WNW, et interprétées comme étant associées au graben d'Ottawa-Bonnechère et/ou à de possibles failles transformantes reliées au *rifting* du supercontinent Rodinia vers la fin du Protérozoïque. Mis à part le secteur de Montréal et des régions avoisinantes, où ces failles se retrouvent en surface, la plupart des failles appartenant à cette catégorie ont été interprétées à partir des données sismiques. Ces structures ont probablement été réactivées lors de la sédimentation ainsi que lors de l'orogénèse taconienne.

Shale d'Utica

Le bassin sédimentaire des Basses-Terres du Saint-Laurent renferme une séquence de roches argileuses particulièrement enrichies en gaz naturel, soit le Shale d'Utica. Cette unité se retrouve dans la vallée du Saint-Laurent, entre Montréal et Québec, et couvre en surface et en sous-surface une superficie de près de 10 000 kilomètres carrés. Les roches de cette unité affleurent de façon sporadique le long d'une étroite bande située sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent, où elles montrent un léger pendage (< 5°) vers le sud-est. Ainsi, le Shale d'Utica se retrouve en sous-surface au sud-est de cette bande, où il atteint près de quatre (4) kilomètres de profondeur le long de la Ligne de Logan (voir le profil sismique).

Le Shale d'Utica recouvre la plateforme de roches carbonatées des Basses-Terres du Saint-Laurent, et possède une épaisseur variant généralement entre 100 et 250 mètres, laquelle atteint jusqu'à 750 mètres au sud de la région dans le secteur de la rivière Richelieu et du lac Champlain. À partir des puits de forage, l'épaisseur moyenne du Shale d'Utica est évaluée à 105 mètres à l'ouest de la Faille Yamaska, passant à 220 mètres à l'est de cette dernière (voir le profil sismique). L'épaisseur moyenne de l'Utica dans la partie sud des Basses-Terres du Saint-Laurent (région de Richelieu et du lac Champlain) est de l'ordre de 640 mètres.

Le Shale d'Utica est constitué de shales calcareux et de minces interlits de calcaire (Globensky, 1987; Thériault, 2012b). Ainsi, ces shales peuvent être considérés comme étant des marnes (Bertrand et Thériault, 2010), comme en témoigne leur composition minéralogique très riche en minéraux carbonatés. Des analyses par diffractométrie de rayons X (DRX) ont d'ailleurs démontré une composition minéralogique moyenne de l'ordre de 53 % de calcite, 23 % d'argiles, 13 % de quartz, 5 % de dolomie et 5 % de feldspaths (Thériault, 2012b). Le contact entre les calcaires du Trenton et les shales calcareux de l'Utica est transitionnel, alors que celui entre le Shale d'Utica et le Groupe de Lorraine est transitionnel à l'est de la Faille Yamaska, et abrupt à l'ouest de cette faille, étant caractérisé par une possible discordance.

À partir des données minéralogiques, géochimiques et diagraphiques provenant des échantillons prélevés à partir des puits pétroliers et gaziers, le Shale d'Utica a été subdivisé en deux formations informelles distinctes, soit le Shale d'Utica Supérieur et le Shale d'Utica Inférieur (Thériault, 2008, 2012a, 2012b). L'épaisseur du Shale d'Utica Supérieur demeure relativement faible (< 30 mètres) et a été interprétée seulement dans les deux cas à l'est de la Faille Yamaska. L'Utica Supérieur est généralement caractérisé par une composition minéralogique qui évolue graduellement vers celle des shales sus-jacents du Groupe de Lorraine, avec une source de sédiments semblant provenir de l'érosion de la chaîne taconienne située à l'est. De façon similaire, la composition minéralogique de l'Utica inférieur montre une transition graduelle vers celle des calcaires sous-jacents du Groupe de Trenton, avec une source de sédiments interprétée comme provenant principalement de la plateforme carbonatée située dans la partie ouest des Basses-Terres du Saint-Laurent (Thériault, 2012b).

Groupe de Lorraine

Le Groupe de Lorraine couvre en surface une très grande superficie qui s'étend du sud-est de Montréal jusqu'à Québec, et de la rive nord du fleuve Saint-Laurent jusqu'à la Faille d'Aston, située tout juste à l'ouest de la Ligne de Logan. Son épaisseur atteint en moyenne 2000 à 2500 mètres dans l'axe du Synclinal de Chambly-Fortierville. Le Groupe de Lorraine est surmonté par la séquence de molasses (lits rouges) du Groupe de Queenston (Beaulieu et al., 1980; Globensky, 1987).

Le Groupe de Lorraine est subdivisé en deux formations distinctes, soit à la base la Formation de Nicolet, beaucoup plus épaisse, laquelle est recouverte par la Formation de Pontgravé. La séquence sédimentaire est constituée d'une succession de flyschs orogénéiques dominés par des shales et siltstones argileux et siliceux, avec de minces interlits de grès et de calcaire. Les niveaux de calcaire deviennent plus abondants vers le sommet, ce qui caractérise la Formation de Pontgravé. Tel que mentionné précédemment, alors que les sédiments formant le Shale d'Utica sont dérivés de la plateforme carbonatée située au nord-ouest, comme en témoigne leur teneur élevée en carbonates, les unités sédimentaires formant la Formation de Nicolet ont une source provenant vraisemblablement du sud-est, soit de la chaîne taconienne. Cela expliquerait leur contenu élevé en quartz (27 %), en feldspaths (10 %) et en minéraux argileux (46 %), et leur très faible contenu en carbonates (8 % calcite et 7 % dolomie) par rapport au Shale d'Utica, tel que le montrent les analyses par DRX.

Références

Beaulieu, J. – Lajoie, J. – Hubert, C., 1980 – Provenance et mode de dépôt de la Formation de la Rivière Nicolet : flysch taconique du domaine autochtone et du domaine externe des Appalaches du Québec. Journal canadien des Sciences de la Terre; volume 17, pages 855-865.

Bertrand, R. – Thériault, R., 2010 – Le Shale d'Utica, le principal objectif pour le gaz de shale dans les Basses-Terres du Saint-Laurent : sa maturité thermique et son potentiel. Congrès annuel de l'Association pétrolière et gazière du Québec (APGQ); Programme et résumés, Montréal, octobre 2010.

Castonguay, S. – Dietrich, J. – Shinduke, R. – Laliberté, J.-Y., 2006 – Nouveau regard sur l'architecture de la Plate-forme du Saint-Laurent et des Appalaches du sud du Québec par le retraitement des profils de sismique réflexion M-2001, M-2002 et M-2003. Commission géologique du Canada; dossier public 5328, 19 pages, 2 feuillets.

Castonguay, S. – Dietrich, J. – Lavoie, D. – Laliberté, J.-Y., 2010 – Structure and petroleum plays of the St. Lawrence Platform and Appalachians in southern Quebec: insights from interpretation of MRNQ seismic reflection data. Bulletin of Canadian Petroleum Geology; volume 58(3), pages 1-16.

Globensky, Y.,1987 – Géologie des Basses-Terres du Saint-Laurent. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MM 85-02, 63 pages.

Lavoie, D., 2008 – Appalachian foreland basin of Canada. In: Sedimentary basins of the World, Volume 5 – The sedimentary basins of the United States and Canada (A.D. Miall, editor); Chapter 3, pages 65-103.

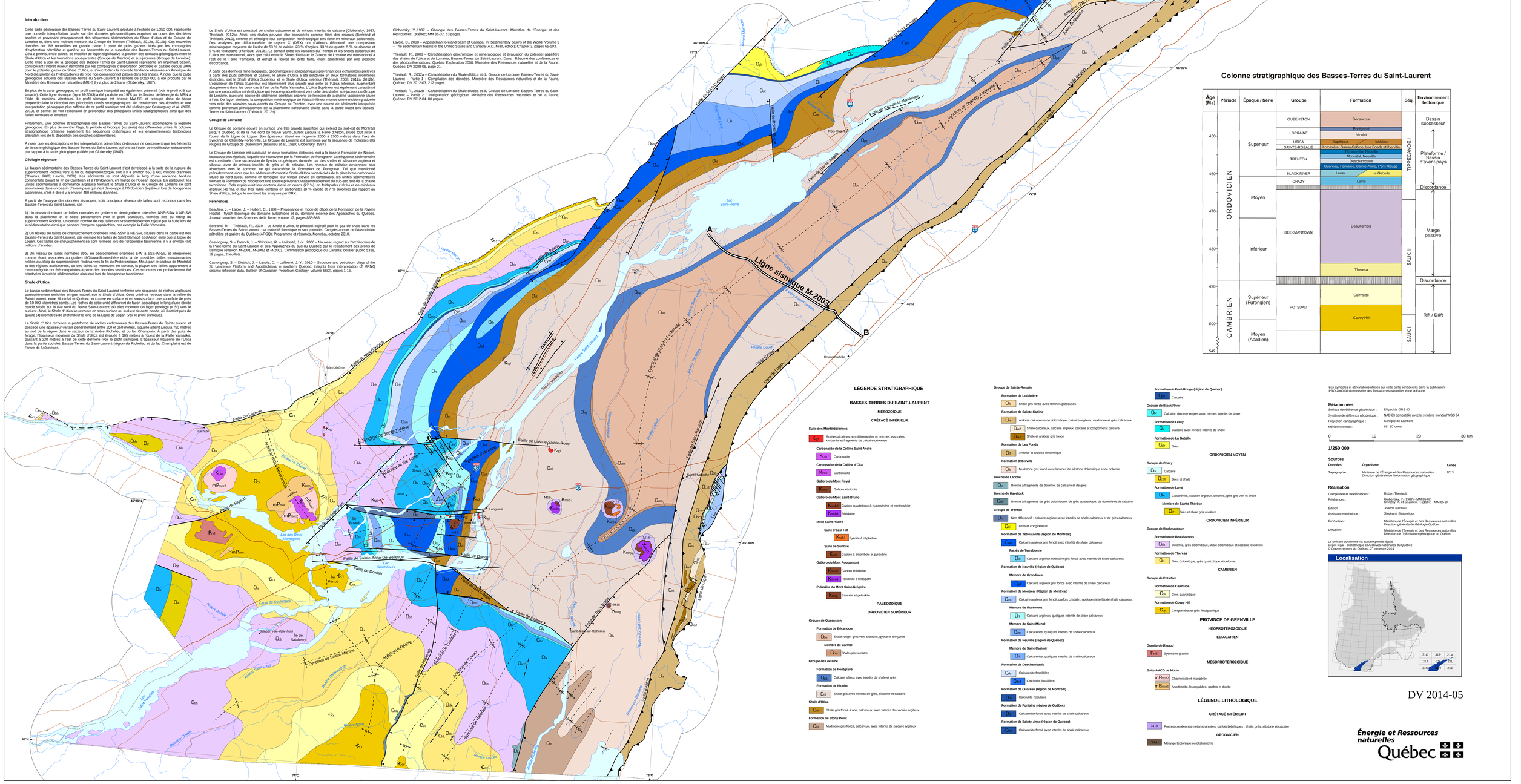
Thériault, R., 2008 – Caractérisation géochimique et minéralogique et évaluation du potentiel gazéifère des shales de l'Utica et du Lorraine, Basses-Terres du Saint-Laurent. Dans : Résumé des conférences et des photoprésentations, Québec Exploration 2008. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; DV 2008-06, page 21.

Thériault, R., 2012a – Caractérisation du Shale d'Utica et du Groupe de Lorraine, Basses-Terres du Saint-Laurent – Partie 1 : Compilation des données. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; DV 2012-03, 212 pages.

Thériault, R., 2012b – Caractérisation du Shale d'Utica et du Groupe de Lorraine, Basses-Terres du Saint-Laurent – Partie 2 : Interprétation géologique. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; DV 2012-04, 80 pages.

Colonne stratigraphique des Basses-Terres du Saint-Laurent

Âge (Ma)	Période	Époque / Série	Groupe	Formation	Séq.	Environnement tectonique
450	ORDOVICIEN	Supérieur	QUEENSTON	Bécancour	TIPPECANOE I	Bassin successeur
			LORRAINE	Pontgravé		Plateforme / Bassin d'avant-pays
				Nicolet		
			UTICA	Supérieur / Inférieur		
			SAINTE-ROSALIE	Lotbinière, Sainte-Sabine, Les Fonds et Iberville		
465			TRENTON	Weenomah, Neuville		
				Montréal, Neuville		
				Deschambault		
				Ouareau, Fontaine, Sainte-Anne, Pont-Rouge		
			BLACK RIVER	Leray / La Gabelle		
			CHAZY	Laval		
						Discordance
470		Moyen	BEEKMANTOWN	Beauharnois	SAUK III	Marge passive
480		Inférieur				
				Theresa		
						Discordance
490	CAMBRIEN	Supérieur (Furongien)	POTSDAM	Cairnside		
				Covey Hill		Rift / Drift
500		Moyen (Acadien)			SAUK II	
542						


Ligne sismique M-2003
A
B
Faille de Bas-de-Sainte-Rose
Faille de Sainte-Anne-De-Bellevue
Faille de Dowker
Faille de Logan
Faille d'Aston
Faille de Saint-Barnabé
Faille de Saint-Ignace
Faille de Saint-Cyrille
Faille de Rigaud
Faille De Lachute
Faille de Saint-Cohrbert
Faille de Saint-Hilaire
Faille de Saint-Pierre
Faille de Saint-Gervais
Faille de Saint-Guillaume
Faille de Saint-Hyacinthe
Faille de Pontfarcy
Faille de Sainte-Angèle
Faille de Sainte-Rosalie
Faille de Saint-Roch
Faille de Saint-Paul
Faille de Saint-Alban
Faille de Saint-Marc
Faille du Cap-de-la-Madeleine
Faille de Neuville
Faille d'Aston
Faille du Lac-Tourville
Faille de Lambton
Faille de Beauceville
Faille de Sainte-Marie
Faille de Jackson-Manson
Faille du Sud-Ouest
Faille de Saint-Laurent
Faille de Montmorency
Faille de la Malbaie-Hautes-Gaspésies
Faille de la Rivière-Ouelle
Faille de l'Islet
Faille de Kamouraska
Faille de Rivière-Ouelle
Faille de Cacouna
Faille de Trois-Pistoles
Faille de Rimouski
Faille de Causapscal
Faille de Matane
Faille de Carleton
Faille de Pointe-Sayabec
Faille de Port-Daniel
Faille de Shickshock
Faille de Chic-Chocs
Faille de Weymontachie
Faille de Lac-Pythonga
Faille de Lac-Matapedia
Faille de Lac-Matane
Faille de Grand-Remous
Faille de Gracefield
Faille de Maniwaki
Faille de Labelle
Faille de Rivière-Rouge
Faille de Mont-Laurier
Faille de Saint-Jérôme
Faille de Saint-Lucien
Faille de Chambly
Faille de Yamaska
Faille de Lac-Brompton
Faille de Napierville
Faille de Clarenceville
Faille de Lacolle
Faille de Saint-Armand
Faille de Saint-Narcisse
Faille de Saint-Ignace-de-Loyola
Faille de Saint-Philippe
Faille de Saint-Sylvestre
Faille de Saint-Zacharie
Faille de Beauceville
Faille de Sainte-Marie
Faille de Jackson-Manson
Faille de Scarpe
Faille de Malbaie
Faille de Port-Daniel
Faille de Shickshock
Faille de Chic-Chocs
Faille de Weymontachie
Faille de Lac-Pythonga
Faille de Lac-Matapedia
Faille de Lac-Matane
Faille de Grand-Remous
Faille de Gracefield
Faille de Maniwaki
Faille de Labelle
Faille de Rivière-Rouge
Faille de Mont-Laurier
Faille de Saint-Jérôme
Faille de Saint-Lucien
Faille de Chambly
Faille de Yamaska
Faille de Lac-Brompton
Faille de Napierville
Faille de Clarenceville
Faille de Lacolle
Faille de Saint-Armand
Faille de Saint-Narcisse
Faille de Saint-Ignace-de-Loyola
Faille de Saint-Philippe
Faille de Saint-Sylvestre
Faille de Saint-Zacharie
Faille de Beauceville
Faille de Sainte-Marie
Synclinal de Saint-Cyrille
Synclinal de Drummondville
Synclinal de l'Islet
Synclinal de Kamouraska
Synclinal de Rivière-Ouelle
Synclinal de Trois-Pistoles
Synclinal de Rimouski
Synclinal de Causapscal
Synclinal de Matane
Synclinal de Carleton
Synclinal de Port-Daniel
Synclinal de Chic-Chocs
Synclinal de Weymontachie
Synclinal de Lac-Pythonga
Synclinal de Lac-Matapédia
Synclinal de Lac-Matane
Synclinal de Grand-Remous
Synclinal de Gracefield
Synclinal de Maniwaki
Synclinal de Labelle
Synclinal de Rivière-Rouge
Synclinal de Mont-Laurier
Synclinal de Saint-Jérôme
Synclinal de Chambly-Fortierville
Synclinal de Napierville
Synclinal de Saint-Ignace-de-Loyola
Synclinal de Beauceville
Synclinal de Sainte-Marie
Anticlinal de Pontgravé
Anticlinal de Rivière-Ouelle
Anticlinal de Causapscal
Anticlinal de Matane
Anticlinal de Lac-Matane
Anticlinal de Grand-Remous
Anticlinal de Gracefield
Anticlinal de Maniwaki
Anticlinal de Labelle
Anticlinal de Rivière-Rouge
Anticlinal de Mont-Laurier
Anticlinal de Saint-Jérôme
Anticlinal de Beauceville
Anticlinal de Sainte-Marie
Anticlinal de Scarpe
Anticlinal de Malbaie
Anticlinal de Port-Daniel
Anticlinal de Chic-Chocs
Anticlinal de Weymontachie
Anticlinal de Lac-Matane
Anticlinal de Grand-Remous
Anticlinal de Gracefield
Anticlinal de Maniwaki
Anticlinal de Labelle
Anticlinal de Rivière-Rouge
Anticlinal de Mont-Laurier
Anticlinal de Saint-Jérôme
Anticlinal de Beauceville
Anticlinal de Sainte-Marie
Lac Saint-Pierre
Lac Saint-Louis
Lac des Deux Montagnes
Lac Champlain
Lac Memphrémagog
Lac Saint-François
Lac Saint-Jean
Lac Kénogami
Lac Saint-Charles
Lac Témiscouata
Lac Pohénégamook
Lac Frontière
Lac Mégantic
Lac Aylmer
Lac Dufresnoy
Lac Bécancour
Lac Nicolet
Lac Saint-Paul
Lac Saint-Pierre
Lac Saint-Louis
Lac des Deux Montagnes
Lac Champlain
Lac Memphrémagog
Lac Saint-François
Lac Saint-Jean
Lac Kénogami
Lac Saint-Charles
Lac Témiscouata
Lac Pohénégamook
Lac Frontière
Lac Mégantic
Lac Aylmer
Lac Dufresnoy
Lac Bécancour
Lac Nicolet
Lac Saint-Paul
Rivière Richelieu
Rivière Yamaska
Rivière Saint-François
Rivière Bécancour
Rivière Nicolet
Rivière Chaudière
Rivière Etchemin
Rivière Boyer
Rivière Noire
Rivière Lacolle
Rivière Châteauguay
Rivière Saint-Louis
Rivière Delisle
Rivière Blanche
Rivière Noire
Rivière Ouelle
Rivière du Sud
Rivière Bécancour
Rivière Nicolet
Rivière Saint-Régis
Rivière Saint-Jean
Rivière Saint-Maurice
Rivière Batiscan
Rivière Sainte-Anne
Rivière Jacques-Cartier
Rivière Malbaie
Rivière Port-Daniel
Rivière Cascapédia
Rivière Matane
Rivière Bonaventure
Rivière Ste-Marguerite
Rivière Rimouski
Rivière Trois-Pistoles
Rivière Verte
Rivière Ste-Anne
Rivière Noire
Rivière Lacolle
Rivière Richelieu
Rivière Yamaska
Rivière Saint-François
Rivière Bécancour
Rivière Nicolet
Rivière Chaudière
Rivière Etchemin
Rivière Boyer
Rivière Noire
Rivière Lacolle
Rivière Châteauguay
Rivière Saint-Louis
Rivière Delisle
Rivière Blanche
Rivière Noire
Rivière Ouelle
Rivière du Sud
Rivière Bécancour
Rivière Nicolet
Rivière Saint-Régis
Rivière Saint-Jean
Rivière Saint-Maurice
Rivière Batiscan
Rivière Sainte-Anne
Rivière Jacques-Cartier
Rivière Malbaie
Rivière Port-Daniel
Rivière Cascapédia
Rivière Matane
Rivière Bonaventure
Rivière Ste-Marguerite
Rivière Rimouski
Rivière Trois-Pistoles
Rivière Verte
Rivière Ste-Anne
Fleuve Saint-Laurent
Île d'Orléans
Île Perrot
Île Bizard
Île de Salaberry
Île de Sainte-Thérèse
Île de Montréal
Île de Vaudreuil
Île de Salaberry-de-Valleyfield
Saint-Jérôme
Lachute
Laval
Longueuil
Saint-Hyacinthe
Drummondville
Trois-Rivières
Tracy
Saint-Jean-sur-Richelieu
Saint-Rémi
Saint-Lambert
Saint-Hilaire
Saint-Eustache
Saint-Sauveur
Saint-Pie
Saint-Ignace-de-Loyola
Saint-Philippe
Saint-Sylvestre
Saint-Zacharie
Saint-Narcisse
Saint-Armand
Saint-Cyrille
Saint-Paul
Saint-Alban
Saint-Marc
Saint-Roch
Saint-Ignace
Saint-Gervais
Saint-Guillaume
Saint-Hyacinthe
Saint-Pierre
Saint-Louis
Saint-Jean
Saint-Jean-Baptiste
Saint-Jean-Port-Joli
Saint-Pascal
Saint-Alexandre
Saint-Paul
Saint-Pie
Saint-Ignace