

Annexe C

Rapport « Investigations géologiques 2010 »

PROJET HYDRO-CANYON SAINT-JOACHIM
INVESTIGATIONS GÉOLOGIQUES 2010



Rapport présenté au Groupe AXOR Inc.

Mars 2011

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION.....	1
2.	METHODOLOGIE	1
3.	HYDROGRAPHIE	3
4.	PHYSIOGRAPHIE	3
5.	SÉDIMENTS MEUBLES EN SURFACE.....	4
6.	ROCHE DE FOND.....	6
7.	GÉOLOGIE ÉCONOMIQUE	7
8.	CONTEXTE SÉISMO-TECTONIQUE.....	9
9.	GÉOLOGIE DU SITE	11
9.1.	RÉSERVOIR	11
9.2.	BARRAGE ET ÉVACUATEUR DE CRUES	13
9.3.	PRISE D'EAU.....	14
9.4.	GALERIE D'AMENÉE	14
9.5.	CENTRALE ET CANAL DE FUITE	15
9.6.	ACCÈS.....	17
9.7.	LIGNE DE TRANSMISSION	17
10.	INVESTIGATIONS GÉOTECHNIQUES PROPOSÉES	17
11.	CONCLUSION	18
	BIBLIOGRAPHIE.....	19

Liste des annexes

Annexe 1	<i>Photographies</i>	
Annexe 2	<i>Plans</i>	
Annexe 3	<i>Couvertures de photographies aériennes provinciales, de 1963 à 2002</i>	
Annexe 4	<i>Inventaire des barrages du CEHQ (MDDEP) pour les MRC La Côte-de-Beaupré et Charlevoix</i>	




Liste des tableaux

Tableau 1	<i>Principales caractéristiques des lignes de sismique réfraction réalisées en novembre 2010 par Géophysique Sigma Inc.</i>	2
Tableau 2	<i>Valeurs, au site de la centrale projetée, des accélérations spectrales interpolées</i>	11

Liste des figures

Figure 1	<i>Localisation des sablières et de la carrière de la zone d'étude.</i>	9
-----------------	---	---

LÉGENDE

LÉGENDE GÉOLOGIQUE	
PT	Couche de matières organiques (1M+)
PTm	Couche mince de matières organiques (0-1m)
Hum	Zone humide (Pt)
S	Sable
Sm	Couche mince de sable (0-1m)
PTm/S	Couche mince de matières organiques sur sable
CM	Argile silteux à silt argileux
Ti	Till (couche de plus de 3m)
Ti/R	Till/Roc (couche de moins de 3m d'épaisseur)
R+Ti/R	Roc+till/roc (couche discontinue et mince de till)
R	Roc
B	Blocs
C	Cailloux
G	Gravier
M	Silt
X	Affleurement localisé de roc
BCG	Niveau grossier de blocs, cailloux et graviers avec sable
SG	Sable graveleux
SM	Sable silteux
R+B/R	Affleurement de roche avec amas de blocs épars
	Contour géologique observé
	Contour géologique interprété
	Escarpement rocheux
	Rebord supérieur de terrasse
	Zone de glissement superficiel
	Nappe phréatique
	Ligne arpentée
	Ligne déboisée
	Sondage à la tige
	sondage à la tarière
	Forage
	Zone humide
	Photolinéament
	Joint vertical, incliné
	Stratification
	Source temporaire

1. INTRODUCTION

Le projet hydroélectrique Hydro-Canyon Saint-Joachim (23,2 MW) est situé sur la rivière Sainte-Anne-du-Nord dans la paroisse de Saint-Joachim de la MRC La Côte-de-Beaupré à quelque 39 km, à vol d'oiseau, au nord-est de la ville de Québec. La municipalité de Saint-Ferréol-les-Neiges borde le projet au nord de la rivière. Le projet est situé dans l'emprise du site récréotouristique Canyon Sainte-Anne. Le lit de la rivière et une partie des rives appartiennent actuellement à Hydro-Québec, tout comme les droits hydrauliques associés.

Le site est facilement accessible, depuis la ville de Québec, par la route provinciale no 138 qui relie Beaupré à Baie Saint-Paul. Cette route passe à quelques kilomètres au sud de la rivière Sainte-Anne-du-Nord. La route 360 (Boulevard du Beau-Pré puis Boulevard Les Neiges) relie Beaupré à Saint-Ferréol-les-Neiges, longeant et passant à moins de 2 km au nord de cette rivière. Les accès routiers au site récréotouristique donnent également accès à la rive gauche de la rivière et un réseau de sentiers et de ponts suspendus ou sur culées permet de parcourir une bonne partie des deux rives au niveau du canyon. De petites routes de terre provenant du site récréotouristique ou de la sablière en amont permettent d'atteindre la partie amont de la rive gauche. Il n'y a pas d'accès direct à la rive du côté nord, les quelques accès existants s'arrêtant au sommet des terrasses bordant la rivière au nord.

Immédiatement au sud du projet et recoupant les chemins d'accès, on rencontre les lignes de transmission suivantes (TransÉnergie) :

- Les lignes nos 7007, 7008 et 7023 à 735 kV reliant les postes de Manic-2 et de Lévis.
- La ligne no 771 à 69 kV reliant le poste de Saint-Tite-des-Caps à celui de Baie Saint-Paul.

Cette sous-région est particulièrement bien dotée en attraits de tous genres. Citons, à ce titre, le Cyclorama de Jérusalem, le Musée de Sainte-Anne, la Basilique de Sainte-Anne-de-Beaupré, le Parc du Mont Sainte-Anne, le site d'interprétation et de plein-air Les Sept-Chutes, le site récréotouristique Le Canyon Sainte-Anne, la Réserve Nationale de Faune du Cap-Tourmente.

Exception faite des corridors des lignes de transport et des sablières en amont, la bande comprise entre la rivière Sainte-Anne-du-Nord et la route 138 est boisée d'arbres matures. Les premières centaines de mètres au nord de la rivière sont également boisés. Ils font place, plus au nord, à un golf, au village de Bourg-Les-Neiges, à des champs en friche et à une sablière.

2. METHODOLOGIE

Ce rapport fait suite à une série de visites réalisées dans le secteur et au site, le 4 décembre 2009 et les 5 et 6 octobre 2010. Concurrément à ces visites du terrain, une recherche bibliographique fut complétée (cf. Bibliographie ci-dessous) afin d'identifier tous

les rapports, cartes, analyses et études de nature géologique, géotechnique, géomorphologique ou séismo-tectonique concernant le secteur. Un inventaire des photographies aériennes provinciales disponibles fut réalisé (cf. annexe 3) et les photographies noir et blanc de 2002 à l'échelle 1 :15 000 couvrant le projet furent acquises. Nous avons aussi consulté l'imagerie 2002-2003 disponible sur le site de Google Earth. Le projet est couvert par la carte topographique fédérale au 1 :50 000 no 21 M/02 et la carte provinciale au 1 :20 000 no 21 M/02-200-0101. Une topographie LIDAR a été réalisée pour l'ensemble du projet et a servi de base pour la mise en plan de la cartographie géologique.

Suite à une première analyse de la documentation, nous avons procédé à une première analyse photogéologique en utilisant les photographies aériennes et la topographie LIDAR. Les visites au terrain des 5 et 6 octobre 2010 ont permis de valider cette photogéologie et d'acquérir de l'information plus détaillée sur la nature des sédiments meubles et de la roche de fond. Tous les phénomènes d'intérêt ont été photographiés et transmis à Axor sur CR-ROM.

Un programme préliminaire d'investigations géotechniques a été élaboré à partir des informations obtenues de l'exercice décrit précédemment. Ce programme visait à répondre aux principales interrogations soulevées par cette première étude géologique, le tout basé sur le concept d'aménagement de l'époque.

Ainsi, des relevés de sismique réfraction ont été réalisés en rive gauche de la rivière afin de bien couvrir l'aménagement proposé, du barrage en amont jusqu'à la centrale en aval, en passant par la galerie d'amenée. L'objectif de cette campagne de relevés géophysiques était de préciser la nature, l'épaisseur et la compacité des matériaux meubles de surface, la profondeur et la qualité de la roche de fondation, la position de la faille de Cap-Tourmente. Les relevés ont été effectués par la firme Géophysique Sigma Inc. entre le 1er et le 5 novembre 2010 et le 13 décembre 2010 pour préciser certains résultats. Le tableau 1 donne les principales caractéristiques des lignes relevées.

Tableau 1 : Principales caractéristiques des lignes de sismique réfraction réalisées en novembre 2010 par Géophysique Sigma Inc.

Ligne no	Ouvrage concerné	Orientation	Longueur (m)
LS-01-10	Barrage	N.O.-S.E.	110
LS-02-10	Conduite enfouie amont	N.O.-S.E.	100
LS-03-10	Conduite enfouie amont	N.O.-S.E.	86,7
LS-04-10	Galerie d'amenée	N.E.-S.O.	300
LS-05-10	Galerie d'amenée	N.O.-S.E.	100
LS-06-10	Galerie d'amenée	N.O.-S.E.	100
LS-07-10	Centrale	N.N.O.-S.S.E.	100
LS-08-10	Centrale	N.N.O.-S.S.E.	100
TOTAL			996,7

3. HYDROGRAPHIE

La rivière Sainte-Anne-du-Nord (no 512) fait partie du bassin hydrographique no 5. Elle possède un bassin versant de quelque 1 078 km² orienté grossièrement nord-sud, long de ± 38 km et large, au plus, de 14 km. Ce bassin est bordé à l'ouest par les bassins versants des rivières Montmorency / Des Neiges et Aux Chiens, au nord par les rivières Malbaie et Du Gouffre, à l'est par les bassins du ruisseau du Sol, de la Petite Rivière Saint-François et par celui du fleuve Saint-Laurent. Le bassin est situé dans les MRC La Côte-de-Beaupré et Charlevoix. L'embouchure de la rivière est située à Beaupré.

Ses principaux affluents sont les rivières Jean-Larose, des Roches, Lombrette, du Mont Saint-Étienne, Brûlée, Beaumier et Savane-du-Nord. Les lacs sont relativement peu nombreux et généralement de petites dimensions.

Au pk 2,8 de la rivière, un barrage avec 4 vannes et crête déversante appartenant à la compagnie Abitibi-Bowater (no X0001337, cf. annexe 4) a été utilisé pour l'aménagement de la prise d'eau de la municipalité de Beaupré. La centrale projetée est située en rive gauche de la rivière près du pk 5,1 et le barrage est planifié au pk ± 5,9. La centrale hydroélectrique des Sept-Chutes (no X0001330 et 1331, cf. annexe 4), située au pk 12 de la rivière, au niveau de Rivière-des-Roches, datant de 1915 et construite par la Laurentian Power Company, est devenue la propriété d'Hydro-Québec en 1963. Sa puissance installée est de 22 MW, pour une chute brute de 125 m.

Un certain nombre de petits barrages ont été construits dans le bassin de la rivière, à l'intérieur des paroisses de Saint-Joachim et de Saint-Urbain, des municipalités de Saint-Ferréol-les-Neiges, Saint-Tite-des-Caps et Baie Saint-Paul et des territoires non organisés de Lac-Jacques-Cartier et Lac Pikauba. Le résumé de leurs principales caractéristiques est donné à l'annexe 4. La majorité de ces retenues servent pour la récréation, la villégiature et la faune et, dans quelques rares cas, pour une prise d'eau (Mont Sainte-Anne, Beaupré). Une bonne partie appartient au Séminaire de Québec, au Centre d'Expertise Hydrique, au Parc du Mont Sainte-Anne et à quelques associations de propriétaires. Les propriétaires privés sont essentiellement concentrés dans les municipalités de Saint-Ferréol-les-Neiges et Saint-Tite-des-Caps. Sur les 83 retenues inventoriées, une dizaine¹ seulement possède des réserves d'eau supérieures à 1 000 000 m³. Les ouvrages les plus importants pour le projet sont le site des Sept-Chutes en amont et le barrage / prise d'eau d'Abitibi-Bowater en aval.

4. PHYSIOGRAPHIE

Le projet est situé sur la bordure sud des Laurentides (Plateau Laurentien), à la limite nord de la vallée du Saint-Laurent. Dans le secteur du projet, entre le site amont des Sept-Chutes et l'embouchure, la rivière coule en méandres hecto- à kilométriques. Elle présente

¹ Lac Brûlé, Lac Louis, Réservoir des Sept-Chutes, lac Allieux, lac Cassé, lac du Nord-Est, Lac Croche, Lac à l'Ours, lac du Mont Ste-Anne, lac des Eaux-Mortes.

certaines orientations préférentielles (NNE-SSO à NE-SO, N-S à NNO-SSE, E-O) reliés à celle des éléments structuraux du secteur. Les rivières Jean-Larose, du Bourg-des-Neiges, du Moulin et Des Roches sont les seuls affluents significatifs en rive droite, ceux-ci étant pratiquement absents en rive gauche. La rivière Sainte-Anne s'encaisse rapidement en aval du site des Sept-Chutes dans des sédiments sablonneux d'origines fluvio-glaciaire et deltaïque. L'encaissement atteint, par endroits, plus de 100 m.

Au nord de la rivière, on observe une série de replats de terrasses, formées dans le delta de la rivière Sainte-Anne, dont l'altitude augmente du SO au NE (100-115 m, 120-135 m, 160-170 m). Cette zone de terrasses est large de 1,5 à 3,5 km et est bordée au nord par les collines des Laurentides, le Mont Sainte-Anne, avec ses 903 m, représentant le point haut de cette zone. Dans la partie aval de cette bande, la rivière Jean-Larose s'est encaissée de plus de 100 m dans cette séquence de sédiments meubles.

Au sud de la rivière, on observe également une séquence semblable de terrasses dont l'altitude augmente vers le nord-est (120-130 m, 150-170 m). Elles sont toutefois moins bien développées et plus basses que leurs vis-à-vis au nord. Elles bordent, au sud, la plaine du Saint-Laurent (élévation < 30 m) et sont bordées au nord-est par une colline rocheuse culminant à 424 m.

5. SÉDIMENTS MEUBLES EN SURFACE

L'encaissement des rivières Sainte-Anne-du-Nord et Jean-Larose, les nombreuses sablières et les coupes le long des routes ont permis aux géologues d'observer la stratigraphie des dépôts meubles de surface dans notre secteur et de reconstituer la séquence des événements responsables de leur mise en place.

De la base vers le sommet, on a observé les lithofaciès suivants :

- Des graviers de roches précambriennes, possiblement d'origine fluviale, reposant directement au pied des chutes de la rivière Jean-Larose. Ceux-ci sont surmontés de sables bien stratifiés ;
- Des sables et des silts argileux interstratifiés compacts fortement plissés et faillés à Beaupré et Beauport. Il s'agit de varves distales épaisses de quelques centimètres passant vers le haut à des varves proximales plus épaisses (sables). Vers le haut de la séquence on rencontre des sédiments grossiers de contact glaciaire ou des diamictons glaciaires. Ces varves non fossilifères ont été déposées dans un lac proglaciaire formé lors de l'avancée d'un lobe glaciaire dans l'estuaire du Saint-Laurent, en aval de Montmagny ;
- Un till gris, compact à très compact, fortement calcaireux, contenant une prédominance de blocs de calcaire, sans doute déposé lors de l'avancée Gentilly vers le sud-est ;

- Des sables fins bien stratifiés déposés dans un lac glaciaire temporaire dans la partie est de la vallée de la rivière Sainte-Anne. Des sables et graviers ont alors été déposés dans les Hautes-Terres ;
- Des argiles silteuses marines, par endroits, fossilifères déposées dans la Mer de Goldwaith ;
- Des sables et des graviers stratifiés de rivage ou d'eaux peu profondes reposant sur l'argile marine (sédiments deltaïques) ou des sables et graviers avec blocs sur du till dans les hauts terrains (till remanié) ;
- Des sables et graviers des basses plaines alluviales contenant une certaine proportion de matières organiques ;
- Les sédiments des Basses-Terrasses (sable, silt et argile) reposant sur la terrasse rocheuse de Micmac et déposés dans le lit actuel ou passé du Saint-Laurent ;
- Les dépôts organiques (tourbières) généralement peu abondants, concentrés dans les plaines alluviales des rivières Jacques-Cartier et Montmorency.

L'Inlandsis laurentien a commencé à se retirer du secteur vers 11 500 BP. Les stries de la région montrent que l'écoulement du glacier s'est fait vers le sud-est, puis vers l'est et le sud-ouest sous l'influence du chenal du Saint-Laurent. Le retrait du glacier s'est fait vers le nord-ouest à un taux de ± 200 m/an mais le front glaciaire est demeuré actif. On a ainsi observé une avancée du glacier sur des sédiments marins au nord de Québec et une réavancée dans la mer de Champlain vers 10 800 BP. Un barrage glaciaire sur le Saint-Laurent situé à l'est de Rimouski a permis la création du lac glaciaire Candona au sud-ouest, dans le centre des Basses-terres du Saint-Laurent et la vallée du lac Champlain. Pendant ce temps, au nord-est, l'estuaire du Saint-Laurent était occupé par la mer de Goldwaith. La disparition de ce barrage glaciaire a entraîné la vidange rapide du lac Candona vers la Mer de Goldwaith ($\pm 11\ 500$ à $11\ 000$ BP) et l'invasion non moins rapide de la vallée du Saint-Laurent au sud-ouest par la Mer de Champlain ($11\ 200$ à $11\ 000$ BP). Cette mer a persisté de $11\ 000$ à $9\ 400$ BP devenant moins profonde et moins salée avec le temps. Pendant la phase pleni-marine, la mer de Champlain est restée en contact pendant plusieurs siècles avec le front glaciaire associé au complexe de la Moraine de Saint-Narcisse. Cette mer a été suivie par un lac d'eau douce (lac à Lampsilis) situé au sud-est de la ville de Québec. La vidange de ce lac a donné progressivement naissance au Proto-Saint-Laurent. Le Saint-Laurent occupait sa position actuelle, dans la région de Montréal, vers $6\ 700$ BP. La transgression marine, dans le secteur, a atteint la cote de ± 200 m. Le niveau de la mer était supérieur à ± 60 m il y a $\pm 9\ 300$ ans et dépassait 15 m il y a $5\ 000$ ans.

Les sédiments meubles observés dans le secteur du projet appartiennent au complexe fluvio-glaciaire et deltaïque de la rivière Sainte-Anne. On y observe également des sédiments fins, des colluvions et quelques talus d'éboulis.

6. ROCHE DE FOND

Le projet est situé dans les roches métamorphiques et ignées de la province géologique du Grenville, au contact de cette province avec celle des Basses-terres du Saint-Laurent, immédiatement au sud.

Les roches précambriennes du Grenville appartiennent au massif charnockitique du Parc des Laurentides. La composition de cette série varie du granite ou de la syénite au gabbro mais la monzonite est le faciès le plus important. Dans le secteur, ces roches montrent une structure gneissique avec une foliation millimétrique à centimétrique bien développée montrant une orientation N.-S. à N.E.-S.O. et des pendages faibles à modérés vers le sud-est. La roche est vert-foncé en cassure fraîche et brun pâle à blanc grisâtre en surface. L'altération millimétrique à centimétrique met bien en relief la foliation. La roche contient des proportions variables de quartz, de microcline et d'oligoclase avec de la biotite, de la hornblende et de l'hyperstène comme minéraux ferromagnésiens. La magnétite est un minéral accessoire important et la pyrite est occasionnelle. Ces roches ont subi une phase de métamorphisme initial, la plus importante, vers 1 350 – 1 400 Ma, cette phase ayant été suivie par l'orogénèse grenvillienne, datée entre 950 et 1 050 Ma, accompagnée de fracturation et de métamorphisme. Les failles régionales associées sont surtout orientées N.N.E.-S.S.O. avec un système conjugué moins important est-ouest.

La roche est découpée par un système de fractures sub-verticales (75o – 90o) et orthogonales orientées à N100o à 115oE et N000o à 060oE. La famille de fractures orientées de N100o à 115oE est passablement mieux développée et présente de plus grandes continuités et une fréquence plus élevée. L'espacement de ces fractures varie de 0,2 à 2 m et est généralement supérieur à 0,6 m. Le système orienté de N000o à 060oE est plus irrégulier en termes d'espacement, de continuité et d'orientation. En surface les roches sont souvent découpées par la gélifraction, la décompression et l'intempérisme, en blocs parallélépipédiques caractéristiques, de dimensions sub-métriques à métriques. Les dykes de pegmatites y sont rares et de très petites dimensions. Nous n'avons pas relevé de zones de cisaillement associées au système de fractures.

Ces roches sont limitées au sud-ouest par la faille de gravité du Cap-Tourmente, une faille de gravité orientée grossièrement est-ouest avec fort pendage vers le sud-ouest. Le bloc sud a été abaissé par rapport au bloc nord. Des zones de brèches y sont généralement associées, tant dans les roches précambriennes du Grenville que sédimentaires des Basses-Terres du Saint-Laurent. Cette faille est particulièrement bien visible sur la rivière Friponne, plus à l'est.

Immédiatement au sud-ouest de la faille du Cap Tourmente on observe des roches sédimentaires ordoviciennes plissées. À la base de la séquence on observe des grès grisâtres à grains fins à grossiers et à ciment parfois calcaireux ou argileux. Au-dessus on retrouve du calcaire en couches de 5 à 20 cm d'épaisseur interstratifié avec de minces couches de shale. Le calcaire est dur, à grains fins, gris foncé et fossilifère. Au-dessus on observe les shales de l'Utica. Ceux-ci sont parfois gréseux.

7. GÉOLOGIE ÉCONOMIQUE

On signale très peu de gîtes minéraux ou de métaux dans ce secteur.

Au niveau des métaux, l'ilménite (FeTiO₃) associée aux massifs d'anorthosite², est sans doute l'attrait minier le plus important de cette région. On en observe quelques concentrations dans la Seigneurie de Beaupré, sous le contrôle du Séminaire de Québec. Les charnockites de la région contiennent généralement de la magnétite comme minéral accessoire. Les mangérites, les dykes de pegmatite et les sables peuvent aussi en contenir. La minéralisation de magnétite la plus intéressante a été observée dans le ruisseau de la Friponne, à l'ouest du Cap Tourmente. Une anomalie magnétique est ressentie sur près de 150 m dans ce secteur. Des sulfures ont été observés en quelques endroits. On n'a pas relevé d'anomalie radioactive dans le secteur.

Un dépôt de kaolin est exploité sur les lots 426-428 du rang II de la municipalité de Château-Richer. Celui-ci provient de l'altération météorique de l'anorthosite. Le kaolin a été principalement employé pour la fabrication de la brique de parement.

Quelques carrières ont été exploitées dans les calcaires du Trenton (Ordovicien), à Saint-Joachim, Château-Richer et Beauport. Quelques-unes de ces carrières ont une longue histoire, le calcaire ayant servi à la construction de certains bâtiments du régime français. Une seule carrière est actuellement en exploitation à Château-Richer, sur les lots 152 et 160 du rang I. Au moins quatre autres carrières ont été exploitées dans ce secteur au début du XX^e siècle, comme pierre de taille ou pour les agrégats.

Une carrière a été ouverte au nord de Saint-Joachim à ± 1,7 km à l'est de la centrale projetée (Ent. L. T. Ltée). Elle est facilement accessible par la route 138 et l'avenue Royale qui descend vers Saint-Joachim. Elle est utilisée pour fabriquer de la pierre concassée utilisée dans le béton bitumineux, le béton de ciment et comme remblai de voirie. On l'a aussi utilisé comme pierre à bâtir pour la reconstruction et la rénovation des édifices historiques de la Place Royale à Québec. La roche est constituée de calcaire et de shale de la Formation Neuville du Groupe de Trenton. On y retrouve environ 90 % de calcisiltite et de calcilitite avec 5 –10 % de shale et quelques lits de bentonite. On y retrouve des traces de bitume et de pyrite.

Du calcaire de Trenton fut jadis exploité dans une petite carrière située au pied de la falaise près du ruisseau de la Friponne, à l'ouest du Cap Tourmente.

Le schiste d'Utica de la région de Boischatel a jadis été exploité pour la production de la brique commune et de parement.

Une carrière³ a été ouverte de 1892 à 1893 pour fournir la pierre pour la construction de l'Église de Saint-Tite-des-Caps (Prop. Jean-Noël Martineau – 1995). La roche est un

² *Gisement Bignell de la Paroisse de St-Urbain, affleurements à l'est du lac Ontario, anorthosite de Château-Richer.*

³ *Localisation UTM, Zone 19, 365250 m E. – 5220900 m N., carte 21 M/02-200-0201, rang Conc. St-Pierre, lots 67-68.*

gneiss migmatisé rose saumon à rose rougeâtre, à grains fins à grossiers. On y observe des veines et des lentilles de quartz sub-parallèles à la gneissosité, quelques dykes de pegmatite et de petites concentrations de minéraux ferro-magnésiens. Cette carrière n'est plus en activité. Elle est située à ± 10 km au nord-est du projet et est accessible par la route 138.

Les sablières et gravières sont nombreuses dans le secteur, souvent de bonnes dimensions et facilement accessibles.

Les plus grandes sont à moins de 1 km à l'est et au sud-est de la centrale et couvrent une surface de 1 x 1 km entre la route 138 et la rivière Sainte-Anne, en partie sous l'emprise des lignes de transmission à 69 kV et à 735 kV (Ent. L. T. Ltée). Elles sont exploitées dans une série de terrasses étagées, passant de 130 m au sud-ouest à près de 180 m au nord-est. On y observe des sables et des sables plus ou moins graveleux et caillouteux d'origines fluvio-glaciaire et deltaïque. On y entrepose également des matériaux solides et des boues organiques. C'est de loin la sablière la plus importante du secteur et on peut y retrouver plusieurs types de matériaux, allant de la poussière de pierre, au sable tout venant de classe A, au sable à béton et à la pierre nette de différentes dimensions⁴.

Il y a une petite sablière située immédiatement au sud de la route 138, à quelque 1,5 km au S.S.E. de la centrale projetée (Ent. L. T. Ltée). Elle est occasionnellement exploitée dans des sables deltaïques contenant des traces à un peu de gravier fin, sur une terrasse à 130 m.

Une petite sablière a déjà été exploitée à 2 km à l'est de la centrale projetée, au sud-est de la route 138, le long du Chemin des Carrières vers Saint-Joachim, dans des sables deltaïques reposant sur des silts sableux marins et fossilifères du versant sud de la terrasse de 130 m.

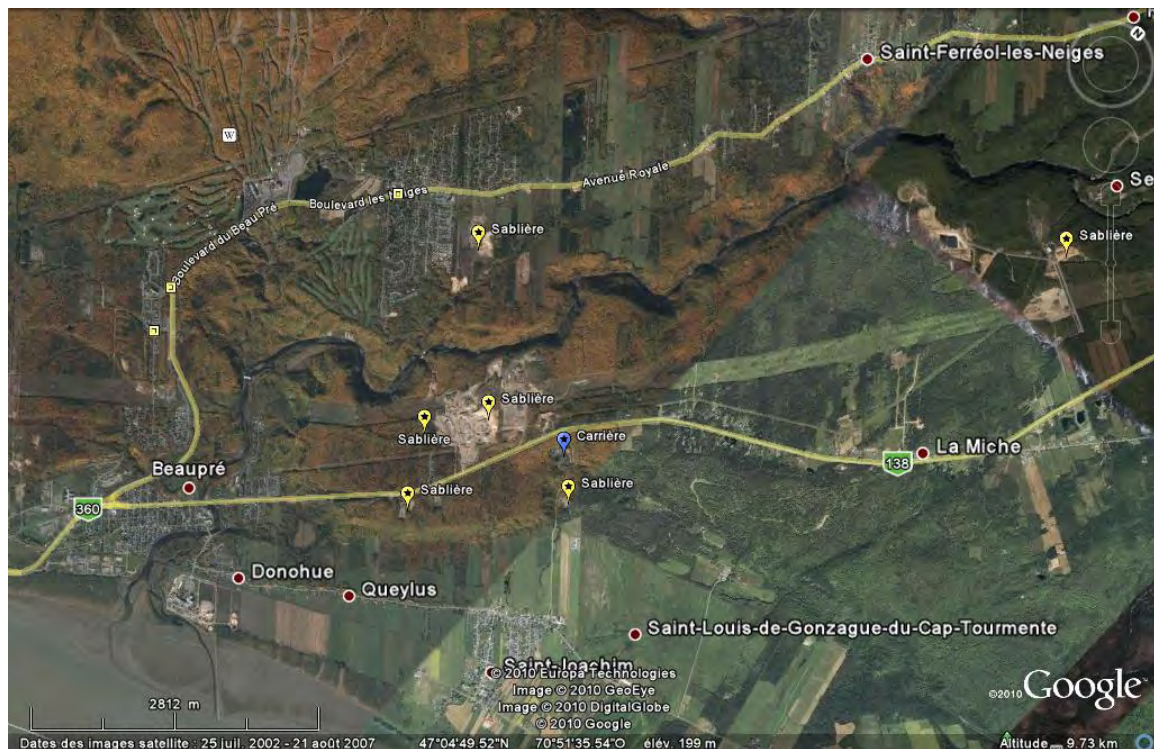
Il y a aussi une grande sablière au nord de la rivière Sainte-Anne, de 0,7 à 1,3 km au N.N.O. de la centrale projetée sur des terrasses étagées passant de 160 m au sud à 190 m au nord. Celle-ci est exploitée dans des sables deltaïques.

Il y a un complexe de sablières au sud (1,2 à 2,3 km) du barrage des Sept-Chutes et à ± 6 km au nord-est de la centrale projetée, entre la route 138 et la rivière Sainte-Anne, tout près du corridor de la ligne de transmission à 735 kV. Les sables sont exploités dans des sables d'épandage fluvio-glaciaire, entre 300 et 390 m d'altitude. Le site est facilement accessible depuis la route 138.

Finalement, il y a une petite sablière située immédiatement à l'est de la route d'accès au site récréo-touristique, entre les corridors des lignes de transmission à 69 et 735 kV. Celle-ci est exploitée occasionnellement dans des sables plus ou moins graveleux reposant sur des sables. La sablière sert également pour le rejet de matériaux solides.

⁴ Référence : M. Serge Coté, L.T. Excavation, 418-663-0555, poste 230.

Figure 1 : Localisation des sablières et de la carrière de la zone d'étude.



8. CONTEXTE SÉISMO-TECTONIQUE

Le secteur est situé dans la partie nord-ouest du rift du Saint-Laurent. Celui-ci est caractérisé par une série de failles de gravité en escalier orientées N.E.-S.O. avec bloc effondré du côté est. De petites intrusions ou des dykes basiques, ultrabasiques et alcalins y sont parfois associées. Certains de ces dykes ont été datés à quelque 700 Ma⁵. La transgression marine de l'Ordovicien Moyen s'est faite il y a quelque 475 Ma. Les failles de gravité ont été réactivées à la fin de l'Ordovicien Moyen sous l'effet combiné du poids additionnel associé aux sédiments transgressifs et de la poussée des nappes de charriage venant du sud-est (apparition des Appalaches).

Parmi ces failles de gravité on retrouve la faille est-ouest du Cap-Tourmente, la faille Jean-Larose orientée N.E.-S.O. et passant à moins de 2 km au nord-est de la centrale projetée, la faille de la Friponne orientée N.E.-S.O. et passant à moins de 4,5 au nord-est de la centrale, la faille du Saint-Laurent qui longe la rive du fleuve et dont le rejet vertical a été évalué à ± 2 km.

Signalons également la présence de l'astroblème de La Malbaie dont le centre placé au Mont des Éboulements n'est qu'à 67 km au nord-est de la centrale. La limite des déformations de la croûte terrestre dues à l'astroblème n'est qu'à 25 km au nord-est de la

⁵ Correspondant à l'ouverture de l'Océan Iapetus.

centrale. Les failles qui y sont associées y sont toutefois peu profondes. Cet impact météoritique, d'un diamètre de 56 km, date du Dévonien (± 360 Ma) et son centre est pratiquement situé à la frontière entre le Grenville et les Basses-Terres du Saint-Laurent.

L'Est du Canada est situé dans une région stable de la plate-forme continentale américaine où l'activité sismique y est relativement faible. Des secousses sismiques importantes et destructrices ont toutefois été observées dans le passé. La cause des secousses sismiques de cette région est mal connue. L'activité sismique semble être reliée à des champs de stress régionaux avec une concentration des secousses dans les zones de faiblesse de la croûte terrestre.

Même si les secousses peuvent être ressenties partout dans cette zone, les observations montrent certains regroupements le long, entre autres, du Saint-Laurent, du Saguenay, de la rivière des Outaouais, du segment Montréal – Mont-Laurier. Les intensités maximales sont situées dans le Saint-Laurent, au niveau du secteur de Charlevoix.

La zone d'étude fait ainsi partie de la zone sismique de Charlevoix-Kamouraska. La majorité des secousses ont été enregistrées sous le fleuve, entre la Malbaie, Baie Saint-Paul, La Pocatière et Rivière-du-Loup. Cette zone est longue de ± 85 km et large de ± 30 km. Au niveau historique la région a subi cinq (5) séismes de magnitude égale ou supérieure à 6⁶. On a installé, en 1977, un réseau local de sismographes (7 stations). On y a ainsi enregistré, entre 1978 et 1997, près de 2 200 séismes locaux, dont 54 ont dépassé la magnitude de 3 et 8 la magnitude de 4 ou plus. Le réseau détecte, en moyenne, plus de 200 séismes par année. La profondeur des épencentres varie de 0 à 30 km. Les séismes plus importants semblent associés aux failles de gravité du paléo-rift du Saint-Laurent. Les séismes situés dans l'enceinte de l'astrolème montrent des orientations et des mécanismes plus variables que pour les événements situés à l'extérieur. Il semble bien que l'impact météoritique ait affaibli les failles du rift et introduit ses propres points de faiblesses.

Le tableau 1 donne les valeurs d'accélération spectrale (S_a) pour des périodes de 0,2, 0,5, 1,0 et 2,0 secondes (i.e. 5, 2, 1 et 0,5 Hertz), évaluées pour différentes probabilités de dépassement. Le site est situé à l'intérieur de la zone sismique 5 (CEHQ) avec un coefficient sismique $k=0,250$.

⁶ 1663 ($M = 7$), 1 791 ($M = 6$), 1860 ($M = 6$), 1870 ($M = 6,5$), 1925 ($M = 6,2 \pm 0,3$). Seul le séisme de 1925 a été enregistré par des sismographes. Les magnitudes des séismes antérieurs ont été évaluées à partir des zones ressenties et des dommages.

Tableau 2 : Valeurs, au site de la centrale projetée, des accélérations spectrales interpolées.

Probabilité de dépassement	Périodes (secondes)				PGA*
	Sa (0,2)	Sa (0,5)	Sa (1,0)	Sa (2,0)	
2 % / 50 ans	0,803 g	0,441 g	0,211 g	0,071g	0,450 g
40 % / 50 ans	0,144 g	0,060 g	0,023 g	0,007g	0,101 g
10 % / 50 ans	0,377 g	0,181 g	0,077 g	0,025 g	0,228g
5 % / 50 ans	0,543 g	0,280 g	0,127 g	0,042 g	0,312g

Interpolation pour un centre situé à 47,0725 N. et 70,8763 O. au moyen de l'Interpolateur de Ressources Naturelles Canada utilisé pour la détermination des valeurs des aléas sismiques au Canada (Code National du Bâtiment, 2005).

- *Peak ground accélération*

9. GÉOLOGIE DU SITE

9.1. Réservoir

Vu la présence de conditions géologiques non propices à l'implantation d'un barrage au site initialement prévu en 2009 (sillon profond perméable rempli de blocs), il a été décidé de déplacer le site du barrage à quelque 100 m en aval, là où des affleurements de roche sont visibles sur les deux rives et dans le lit de la rivière. La cote maximale prévue pour la version 2011 du réservoir sera de 101,1 m pour une crue de 1 :100 et de 100 m en période d'exploitation normale. Son exploitation se fera au fil de l'eau, le marnage étant inférieur à 0,5 m. Ce petit réservoir étroit ($\pm 0,63$ ha) sera long d'un peu plus de 660 m et large, au maximum, d'un peu moins de 70 m. Il sera localisé dans une section encaissée de la rivière bordée, de part et d'autre, par une série de terrasses étagées plus ou moins bien développées culminant à 135 – 140 m, 155 – 160 m, 175 m, 180 – 185m, 190 – 192 m et 198 - 200 m constituées de sables plus ou moins graveleux d'origines fluvio-glaciaire et deltaïque et reposant sur une topographie rocheuse variable. À cet endroit la rivière est orientée N.E.-S.O., coule alternativement en sections rapides et plus calmes sur un lit de blocs angulaires et est large de 35 à 40 m selon les endroits. La pente longitudinale moyenne du thalweg est de $\pm 1,2$ %, celle-ci étant plus forte dans la partie amont du réservoir. Le réservoir se termine en amont dans la courbe où la rivière passe à une orientation nord-sud, pour le niveau de 101,1 m et à quelque 125 m en aval pour le niveau normal d'exploitation. Les versants sont abrupts et boisés d'arbres matures.

Le réservoir est situé à l'intérieur des terrains d'Hydro-Québec, ceux-ci étant bordés au sud par les lots de la paroisse de Saint-Joachim et au nord par les lots de la municipalité de Saint-Ferréol-les-Neiges.

Dans la partie aval de la rive gauche, on observe une basse terrasse alluviale longue de près de 200 m, large, au plus de 50 m, avec un replat situé entre les cotes de 100 et 105 m. Une bande haute de 2 – 3 m constituée de blocs de dimensions sub-métriques à métriques, sub-angulaires à arrondis longe la rive gauche de cette terrasse, alors que les

affleurements de gneiss sus-jacents aux talus de blocs notés dans les parties amont et aval disparaissent subitement vis-à-vis de la partie médiane de la terrasse pour faire place à versant régulier développé dans les sables deltaïques de la terrasse à ± 160 m. L'épaisseur de ces sédiments n'est pas connue mais supposée forte si l'on se base sur les résultats obtenus sur les lignes sismiques LS-01-10 et LS-02-10 et sur notre première interprétation géologique qui supposait un sillon rempli de blocs dans le lit de la rivière (LS-01-10) et un canyon enfoui passant par la ligne LS-02-10 et se dirigeant vers le sud sous la terrasse à 160 m. Il s'agirait là d'un ancien chenal de la rivière Sainte-Anne masqué par les sédiments déposés lors de la dernière déglaciation. Celui-ci pourrait bien se diriger vers la vallée enfouie centrée sur la faille N.O.-S.E. de Cap-Tourmente mise en évidence par la cartographie géologique et les lignes sismiques LS-07-10 et LS-08-10. Une petite source temporaire a été observée au contact entre les affleurements de gneiss en amont et le versant régulier en sable immédiatement en aval (à environ 25 m en amont de la ligne sismique LS-01-10). Une autre source a été notée dans le talus de sable, à quelque 15 m en aval de la ligne sismique LS-02-10.

En amont de cette terrasse de la rive gauche, on rencontre des talus de blocs sub-angulaires à sub-arrondis de dimensions métriques à sub-métriques, larges de quelques mètres à près de 50 m, provenant en bonne partie du démantèlement par gélifraction et éboulis des affleurements de gneiss situés plus hauts sur le versant. L'épaisseur de ce niveau n'est pas connue, sa limite supérieure se situant entre le niveau de la rivière et la cote de 125 m. Les sédiments sableux deltaïques commencent à affleurer au-dessus des gneiss à partir de 130 – 140 m suivant les endroits. Occasionnellement ces sables descendent pratiquement jusqu'au niveau de la rivière⁷. Les affleurements de gneiss descendent jusqu'à la rivière par endroits, rendant toute progression à pied difficile le long de la rive. Ainsi la section située en amont de la cote de 95 m traversant la rivière n'a pas pu être visitée lors de notre passage en octobre 2010.

L'accès en rive gauche, au réservoir et au site des ouvrages, est actuellement possible en empruntant la grande sablière et la route qui conduit au chalet de M. Bourget (terrasse à 130 m) puis le sentier pédestre qui conduit à la terrasse alluviale aval et à ses quelques petites infrastructures. Il n'y a pas d'accès en rive droite.

En rivière on observe ici et là des blocs de dimensions sub-métriques à métriques, sub-angulaires à sub-arrondis. L'épaisseur de ces blocs n'est pas connue mais supposée forte au niveau de la ligne sismique LS-01-10.

Dans la partie aval de la rive droite, on observe un versant rocheux régulier surmonté, vers la cote de 140 m, de sables fluvi-deltaïques. À la base de ce versant, on rencontre une bande de blocs de dimensions généralement métriques, surtout angulaires à sub-angulaires. L'épaisseur de cet amas de blocs n'est pas connue mais est supposée faible. L'épaisseur et la largeur de cette bande augmentent de l'aval vers l'amont. Immédiatement en amont, entre les cotes de 93,8 et 94,6 traversant la rivière, il y a une

⁷ Notamment au niveau de la cote de 95 m traversant la rivière.

basse terrasse, large au maximum de 30 m, constituée de blocs angulaires surtout métriques provenant du démantèlement de la falaise de gneiss sus-jacents. L'épaisseur de cet amas de blocs n'est pas connue et sa limite supérieure atteint 101 m. Cette bande fait place, à l'amont entre les cotes 94,6 et 96,9 m traversant la rivière, à une autre basse terrasse culminant à 102 m, large de 30 m et longue de quelque 200 m. En amont de la cote de 96,9 m le versant est raide et régulier avec une petite terrasse alluviale haute au plus de quelques mètres à l'extrémité amont du réservoir (± 106 m). Comme sur la rive gauche, les gneiss sus-jacents à ces terrasses font place vers le haut à des sédiments deltaïques.

On n'a relevé aucun signe d'instabilité ou d'érosion significatif au niveau de la zone du réservoir. Nous n'anticipons pas de problème de stabilité ou d'érosion significatif relié à l'exploitation de ce réservoir. Nous ne savons toutefois pas si la présence du sillon enfoui pourra avoir un impact sur l'étanchéité de la partie aval du réservoir. Signalons que la partie du réservoir située en amont de la cote de 95 m n'a pas été visitée faute d'accès sécuritaire.

La formation et le transport du frasil depuis l'aménagement des Sept-Chutes devraient être évalués. Les deux rives du réservoir devraient éventuellement être parcourues pour confirmer nos hypothèses quant au comportement futur du réservoir.

9.2. Barrage et évacuateur de crues

Le nouveau site choisi pour l'implantation du barrage et de l'évacuateur de crues est situé immédiatement en aval de la terrasse aval rive gauche du réservoir, là où la rivière amorce un méandre étiré en Z et là où apparaissent les premiers affleurements rocheux en rivière. Le site correspond au point où la cote de $\pm 91,8$ m traverse la rivière. L'évacuateur de crues est prévu en rive gauche et l'orientation générale des axes longitudinaux barrage – évacuateur est de N.N.O.-S.S.E. La position de l'évacuateur de crues tombe en gros sur l'extrémité nord de la ligne sismique LS-03-10.

En rive droite, on observe des affleurements rocheux immédiatement en amont de l'axe du barrage et, immédiatement en aval, une couche supposée mince de blocs angulaires de dimensions sub-métriques à métriques reposant sur une roche disloquée en surface.

Le lit de la rivière laisse voir des affleurements en rive droite et, par endroits, dans le thalweg. On y note également des blocs angulaires sub-métriques épars.

En rive gauche, on a observé un important talus d'éboulis très perméable constitué de blocs angulaires de dimensions métriques provenant du démantèlement de la falaise au sud. L'interprétation de la ligne sismique LS-03-10 montre des épaisseurs croissantes de ce matériau vers le sud-est, i.e. faibles (3 – 4 m) en rive gauche et avec des maximums de ± 10 m dans la demie nord-ouest et de ± 20 m dans la demie sud-est. Des affleurements rocheux sont visibles en rive gauche immédiatement en aval de ce talus de blocs. Le roc est interprété aux cotes 89 – 91 m dans le secteur de l'évacuateur de crues. Les vitesses sismiques enregistrées (4 600 m/s) suggèrent une roche de bonne qualité.

9.3. Prise d'eau

La prise d'eau est implantée immédiatement au sud de l'évacuateur de crues dans le talus d'éboulis très perméable décrit précédemment et où les épaisseurs de matériaux meubles pourraient atteindre ± 10 m. La roche est interprétée à ± 90 m.

Le promontoire rocheux visible immédiatement au sud de la ligne sismique montre une roche disloquée par le gel / dégel et la décompression suivant les joints sub-verticaux et les plans de foliation à faible pendage vers le sud-est. Le sommet de cette falaise est situé entre les cotes de 115 et 120 m, laissant ainsi une couverture suffisante pour le porche d'entrée amont de la galerie. Des travaux d'écaillage et de stabilisation seront sans doute requis pour cette face rocheuse située immédiatement à l'aval de la structure de prise d'eau.

9.4. Galerie d'amenée

Nos observations de terrain permettent de diviser le corridor assigné à la galerie d'amenée en deux sections de longueurs et natures très différentes.

La **partie amont** du corridor est longue de ± 210 m et traverse une zone où l'on observe de petites cuestas rocheuses orientées nord-sud avec pentes faibles vers l'est, des zones minces de blocs angulaires reposant sur du roc plus ou moins disloqué et des affleurements locaux de roche. De petites zones humides ont été observées dans cette bande essentiellement rocheuse. Le sommet du roc passe d'un peu plus de 120 m dans la partie amont à un peu moins de 115 m dans la partie aval, limite correspondant en gros à l'emplacement du pont amont enjambant la rivière Sainte-Anne.

La partie amont de la galerie nous semble passer très près de l'escarpement orienté E.N.E.-O.S.O. situé immédiatement au nord de cette galerie. Cette partie de l'escarpement est disloquée et il s'ensuivra sans doute des problèmes de pertes d'eau vers le canyon et de dislocation de la masse rocheuse lors des sautages dans cette zone.

La **partie aval** est longue de ± 230 m, traverse une grande terrasse culminant à ± 115 m et présente un versant aval raide à l'ouest de son rebord. Aucun affleurement rocheux n'a été observé dans ce corridor. La ligne sismique LS-04-10 suggère que le sommet du roc descend vers l'ouest de la cote 112 m à la cote de 90 m, sous le rebord ouest de la terrasse. Nos observations montrent que, le long de la rive gauche du canyon, le sommet du roc est à ± 90 m au niveau du pont amont, remonte à ± 95 m au niveau de la grande chute, descend à ± 80 m au niveau du pont suspendu supérieur et n'est possiblement plus qu'à ± 70 m immédiatement en amont de la centrale. La position actuelle du sentier de randonnée en rive gauche marque en gros la position du sommet des affleurements rocheux qui bordent la rivière au sud. Les observations et les levés sismiques montrent que le sommet du roc est sub-horizontale et légèrement ondulante à l'est du chemin d'accès au pont amont. Ces données montrent également que le sommet du roc descend vers l'ouest et le sud à l'ouest du chemin d'accès. La pente du roc augmente rapidement à

l'ouest du rebord ouest de la terrasse et celui-ci se retrouve sous la cote de 35 m au niveau de la petite baie en rive gauche. Les vitesses sismiques interprétées sont généralement supérieures à 5 000 m/s suggérant un roc de très bonne qualité (RMR classe I - II). Des vitesses de 4 200 m/s ont été interprétées dans la partie amont de la ligne LS-04-10 et sur la ligne LS-08-10 au sud de son intersection avec la ligne LS-04-10 suggérant une roche de qualité moyenne (RMR classe III)⁸.

La partie supérieure de cette terrasse est constituée d'un niveau fortement caillouteux et graveleux épais de quelques mètres contenant des blocs sub-arrondis à arrondis de dimensions généralement sub-métriques. Ce matériau a tendance à descendre par éboulis ou reptation sur les versants des terrasses et à masquer les sédiments sous-jacents. Quelques observations faites dans les sections sous-jacentes ont montré des sables, des sables silteux et des silts. Les relevés sismiques dans ce secteur montrent une couche mince et discontinue de matériaux de faible compacité (300 – 500 m/s) reposant sur des matériaux plus compacts, plus grossiers et, possiblement, plus silteux (800 – 1 300 m/s). Les épaisseurs maximales sous la ligne LS-04-10 atteignent près de 20 m sous le rebord ouest de la terrasse et près de 25 m à l'extrémité sud de la ligne LS-06-10.

Compte tenu du niveau souvent élevé de dislocation du rocher observé en surface, il est recommandé de conserver, pour la galerie d'amenée, une couverture rocheuse minimale de 15 m à l'amont afin de s'assurer de son étanchéité. Compte tenu de l'orientation des joints et des plans de foliation, la galerie d'amenée aura tendance à donner une section rectangulaire suite aux travaux de sautage et excavation. Un boulonnage sporadique sera requis et il ne sera sans doute pas requis de bétonner la galerie, une application localisée de béton projeté étant suffisante. La pose de ces boulons et du béton projeté devrait être faite suite aux recommandations d'un géologue, au fur et à mesure de l'excavation de la galerie.

9.5. Centrale et canal de fuite

Le site envisagé pour l'implantation de la centrale est situé en rive gauche de la rivière, près du contact entre les roches du Grenville, à l'amont, et celles des Basses-Terres du Saint-Laurent, à l'aval, dans une section nord-sud de la rivière. À cet endroit la rivière est encaissée de ± 78 m (112 à 34 m) dans des sables plus ou moins graveleux reposant sur la roche de fondation. Des baies orientées est-ouest se sont développées de part et d'autre de la rivière, dans la partie bréchique et fortement plissée et fracturée des roches sédimentaires ordoviciennes. En rive gauche, cette baie fait $\pm 25 \times 35$ m. Les gneiss affleurent sur la rive amont de cette baie et les calcaires sur la rive aval alors que le fond de la baie est tapissé de blocs sub-arrondis à arrondis de dimensions sub-métriques à métriques d'épaisseur inconnue. Cette bande de blocs est haute de $\pm 2,5$ m et correspond à la zone de fluctuation de la rivière.

⁸ Cette baisse de la vitesse est possiblement reliée à la présence d'un niveau superficiel de roche plus disloqué comme celui observé en surface à l'est de cette ligne.

Dans les gneiss en amont, la foliation est bien visible ($062^{\circ} - 45^{\circ}$ S.E.) et seules quelques petites fractures sub-verticales orientées à $\pm N.110^{\circ}$ E. sont visibles. Il n'y a pas d'indices de fracturation, brèche ou cisaillement reliés à la faille de Cap-Tourmente, la roche demeurant de très bonne qualité. Des vitesses sismiques de 5 200 m/s ont d'ailleurs été enregistrées dans ce versant sur les lignes sismiques LS-04-10, LS-07-10 et LS-08-10. Les affleurements sont visibles vers le haut jusqu'à la cote de ± 55 m mais disparaissent rapidement lorsqu'on remonte le petit cours d'eau temporaire qui se jette dans la baie, ceux-ci devenant recouverts par une épaisse couverture de sables plus ou moins graveleux.

Les calcaires en aval sont orientés pratiquement est-ouest et montrent des pendages prononcés vers le sud, ceux-ci devenant pratiquement verticaux lorsqu'on se rapproche des gneiss en amont. Ils sont passablement plus fracturés et de moins bonne qualité que les gneiss en amont. Les affleurements sont visibles jusqu'à la cote de ± 65 m sur la pointe aval de la baie.

Ces affleurements de roche sont séparés par deux petites vallées coalescentes légèrement encaissées dans le versant essentiellement sablonneux qui remonte jusqu'au replat de la terrasse à 112 – 115 m. La vallée amont orientale est parcourue par un petit cours d'eau temporaire. Le fond de ces vallées est tapissé d'une couche mince de blocs sub-arrondis à arrondis montrant un diamètre moyen inférieur à 0,5 m et maximum de $\pm 1,2$ m. Ces blocs semblent provenir en bonne partie de la partie supérieure de la terrasse. Celle-ci est fortement caillouteuse et graveleuse, comme c'est généralement le cas dans ce secteur. L'épaisseur des sables deltaïques n'est pas connue mais supposée forte, la ligne sismique LS-07-10 y montrant une accumulation de plus de 30 m. La stratigraphie plus détaillée de ces sables et leurs caractéristiques physico-mécaniques ne sont pas connus. Les levés sismiques montrent une couche granulaire peu compacte et mince (275 – 500 m/s) reposant sur un matériau plus épais, compact et graveleux (900 – 1 100 m/s). La présence d'une nappe phréatique n'a pas été identifiée par ces levés sismiques.

Le propriétaire du site utilise la petite vallée amont orientale pour y déverser des déblais caillouteux et graveleux provenant de travaux d'excavation à proximité. Cette zone de rejet montre quelques signes d'instabilité. Ailleurs le versant semble stable. La pente naturelle du talus de terrasse immédiatement en amont de la centrale est légèrement supérieure à 30° le long de la LS-04-10 et atteint 40° sur la ligne LS-08-10⁹.

Nous n'avons relevé aucun affleurement de roche ou indice de sa proximité dans ce versant sablonneux occupé par les deux petites vallées. L'épaisse terrasse de sable masque donc complètement la topographie du rocher de fondation et de la brèche associée à la faille de Cap-Tourmente.

⁹ La ligne LS-04-10 est oblique à la pente du talus de terrasse alors que la ligne LS-08-10 est parallèle à la pente maximale, d'où la valeur plus élevée.

Sous ces petites vallées, des vitesses sismiques de 3 200 et 2 000 m/s interprétées sur les lignes LS-07-10 et LS-08-10 indiquent une roche plus fracturée de qualité pauvre à très pauvre associée à la faille de Cap-Tourmente (RMR classes IV-V). Les largeurs de cette bande sont respectivement de ± 22 et ± 5 m. Le calcaire de Trenton au sud de la faille montre des vitesses de 4 200 à 4 700 m/s, ce qui est considéré comme passablement bon pour ce type de roche sédimentaire. Basée sur les données géomorphologique et sismiques, il est aperçu que la faille de Cap-Tourmente est orientée E.N.E.-O.S.O. Une vallée enfouie avec thalweg à la cote de ± 47 m, large de 20 à 25 m, a donc été mise en évidence par les relevés sismiques. Celle-ci correspond à la présence de la faille de Cap-Tourmente.

9.6. Accès

Les accès prévus pour la centrale et le barrage seront essentiellement réalisés sur ou dans des matériaux granulaires perméables plus ou moins graveleux et caillouteux. Il se peut que ces routes recoupent des niveaux plus fins et silteux dans les parties inférieures des terrasses. Les versants raides présents dans la zone de la centrale pourraient occasionner certains problèmes de stabilité et d'érosion. La route du barrage recoupe actuellement, sur moins de 50 m, l'escarpement décarné créé par les gneiss de la partie médiane de la galerie d'amenée. Une légère modification du tracé permettrait d'éviter ces affleurements et de rester dans les sables du versant de la terrasse limitrophe. Ces routes recouperont de très petites venues d'eau temporaires, près de la centrale et de la prise d'eau.

9.7. Ligne de transmission

La ligne de transmission à 69 kV sera implantée le long de la route d'accès à la centrale entièrement dans des matériaux granulaires perméables plus ou moins graveleux et caillouteux. La sous-station devrait être implantée sur le sommet de la terrasse, à 70 m, plutôt que dans le versant raide.

10. INVESTIGATIONS GÉOTECHNIQUES PROPOSÉES

Il sera intéressant, lors de l'ingénierie, de préciser la topographie du rocher dans le secteur de l'évacuateur et de la prise d'eau au moyen de quelques relevés sismiques additionnels. La présence du talus de blocs avec sa forte perméabilité, pourrait compliquer la construction. Il est donc important de connaître la nature, les caractéristiques et l'épaisseur des matériaux meubles présents dans ce secteur.

Des relevés additionnels par SPT ou CPT pourraient être requis dans les sables situés en amont de la centrale pour évaluer la stabilité à long terme de cette pente et évaluer si des travaux de stabilisation seront requis.

11. CONCLUSION

Les relevés géologiques et géophysiques ont permis d'identifier les principales caractéristiques du contexte dans lequel s'insérait ce projet hydroélectrique, ce qui a permis d'en ajuster le concept pour tenir compte des particularités observées en amont (sillon enfoui) et en aval (faille de gravité). Des relevés complémentaires pourraient être requis dans le secteur de l'évacuateur de crues / prise d'eau et de la centrale. De plus nous ne connaissons pas l'impact que pourrait avoir la présence de la vallée enfouie en amont sur les écoulements souterrains dans ce secteur, pas plus que nous ne connaissons le parcours de ce canyon enfoui.

Ce rapport représente la version finale des versions précédentes présentées vers la mi-octobre et la mi-novembre pour couvrir l'aménagement original avec ses ouvrages de tête plus en amont sur la rivière. Le choix des photographies de l'annexe 1 a également été revu en conséquence.

BIBLIOGRAPHIE

Rivière Sainte-Anne-du-Nord, levé de sismique réfraction 2010, 2011. Rapport préparé par Géophysique Sigma pour Groupe Axor inc., rapport no C10529, janvier, i, 10 p., 2 ann.

Potentiel en pierres architecturales et ornementales sédimentaires du Québec : région des Basses-Terres du Saint-Laurent, 2009. Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, Petryk, A. A., rapport GM 63977, 359 p., 4 tab., 19 fig., 74 ph.

Potentiel en pierres architecturales et ornementales sédimentaires du Québec : région des Basses-Terres du Saint-Laurent, 2003. Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, rapport GM 60956, 187 p., 2 cartes.

2003, Effet réservoir sur les âges 14C de la Mer de Champlain à la transition Pléistocène-Holocène : révision de la chronologie de la déglaciation au Québec Méridional, 2003. Géographie physique et Quaternaire, Occhietti, S. et Richard, P. J. H., vol. 57, nos 2-3, p. 115-138.

Late Wisconsinian sedimentation in the Québec City region, Canada: Evidence for subaqueous fan deposition during initial deglaciation, 2001. Géographie physique et Quaternaire, Cummings, D. et Occhietti, S., vol. 55, p. 257-273.

Late Wisconsinian glacial dynamics, deglaciation and marine invasion in Southern Québec, 2001. *In Deglacial history and relative sea-level changes, northern New-England and adjacent Canada*, Occhietti, S., Parent, M., Shilts W. W., Dionne, J.-C., Govare, J.-C. and Harmand, D., Geological Society of America, Special paper 351, T. K. Weddie and M. J. Retelle, edit., Boulder, p. 245-272.

Relative sea-level changes in the St-Lawrence estuary from deglaciation to present day, 2001. *In Deglacial history and relative sea-level changes, northern New-England and adjacent Canada*, Dionne, J.-C., Geological Society of America, Special paper 351, T. K. Weddie and M. J. Retelle, edit., Boulder, p. 271-284.

Paléoenvironnements de la Mer de Champlain dans la région de Québec, entre 11 300 et 9 750 BP : le site de St-Nicolas, 2001. Géographie physique et Quaternaire, Occhietti, S., Chartier, M., Hillaire-Marcel, C., Cournoyer, M., Cumbaa, S. L. et Harington, R., vol. 55, no 1, p. 23-46.

Relative sea-level variations during the Holocene, middle St-Lawrence estuary, 1998. *Field trip B-1 Guidebook*, Dionne, J.-C., Geological Association of Canada Annual meeting, Québec, 1998, 49 p.

Nouvelles données sur la Transgression laurentienne, côte sud du moyen estuaire du Saint-Laurent, Québec, 1997. Géographie Physique et Quaternaire, Dionne, J.-C., 51, p. 199-208.

Carte de localisation des carrières et autres sites potentiels, Charlevoix-Lanaudière, 1996. M.R.N.Q., rapport MB-95-46, Bellemare, Y et Petryk, A. A., 2 cartes au 1:250 000.

Inventaire des carrières de pierre au nord du fleuve St-Laurent, région de Charlevoix (SNRC 21 M, 21 N/13, 22 C/04), 1994. M.N.R.Q., rapport no MB 95-47, Bellemare, Y. et Petryk, A., 118 p. (22 p. + 2 ann.)

Younger Dryas-age readvance of Laurentide ice into the Champlain Sea, 1993. Boreas, Lasalle, P. and Shilts, W. W., no 22, p. 25-37.

Carte minérale de la région de Québec, 1992. M.R.N.Q., rapport PRO 90-03, Avramtchev, L., 1 carte au 1:250 000.

Carte de localisation des gîtes minéraux 021 M, 1991. M.R.N.Q., rapport FG 021M-CL (fiches de gîtes), 1 carte au 1:250 000.

Carte des dépôts de surface 021M/02 – document de travail, 1990. M.R.N.Q., Service de l'inventaire forestier, document no SIF –21M/02, 1 carte au 1:50 000.

Carte des dépôts de surface 021M/03 – document de travail, 1990. M.R.N.Q., Service de l'inventaire forestier, document no SIF 021M/03, 1 carte au 1:50 000.

Géologie de Charlevoix, 1989. Ministère des Ressources Naturelles, Rondot, J., rapport MB 89-21, 2 vol., 606 p., fig., tab., 19 cartes au 1 :20 000.

Late Wisconsinian deglaciation and Champlain Sea invasion in the St-Lawrence Valley, Québec, 1988. Géographie physique et Quaternaire, Parent, M. et Occhietti, S., vol. 42, p. 215-246.

Late Wisconsinian and Holocene history of the Laurentide Ice Sheet, 1987. Géographie physique et Quaternaire, Dyke, A. S. and Prest, V. K., vol. 41, p. 237-263.

Géologie des Basses-Terres du Saint-Laurent, 1987. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Globensky, Y., rapport MM 85-02, avec carte no 1999, 63 p.

Stratigraphie du Quaternaire du Québec : une revue, 1985. Ministère de l'Énergie et des Ressources, P. Lasalle, rapport MB 85-11, iii, 70 p., 6 fig.

Quaternary stratigraphy of Québec : a review, 1984. In Quaternary stratigraphy of Canada – A Canadian contribution to IGCP Project 24, R. J. Fulton edit., Lasalle, P., Geological Survey of Canada, Paper 84-10, 210 p.

Les paléoenvironnements de la Mer de Champlain dans la région de Québec, entre 11 500 et 9 000 BP, 1982. Colloque Milieux glacio-marins actuels et passés, Occhietti, S. et Hillaire-Marcel, C., Congrès de l'A.C.F.A.S., Montréal, Résumés, vol. 49, p. 136.

Catalogue des gîtes minéraux du Québec : Région de Laurentie-Saguenay, 1981. M.R.N.Q., rapport DPV 809, Avramtchev, L. et Piché, G., 62 p., 12 cartes au 1:250 000, nos M-315 à M326 et 1 légende (carte de Baie St-Paul, 21 M).

Reconnaitances géologiques dans Charlevoix-Saguenay, 1979. Ministère des Richesses Naturelles, Rondot, J., rapport DPV 682, iv, 44 p., 51 fig., 2 cartes au 1 :250 000.

Géologie des sédiments de surface de la région de Québec, 1978. M.R.N.Q., rapport DPV 565, Lasalle, P., 3 p., 22 cartes au 1:50 000 et 1 index.

Dépôts morainiques et stries glaciaires dans la région de Beauce – Monts Notre-Dame – Parc des Laurentides, 1977. M.R.N.Q., rapport DPV 515, Chauvin, L., Lasalle, P. et Martineau, G., 24 p., 1 carte au 1:250 000.

Morphologie, stratigraphie et déglaciation dans la région de Beauce – Monts Notre-Dame – Parc des Laurentides, 1977. M.R.N.Q., rapport DPV 516, Chauvin, L., Lasalle, P. et Martineau, G., 74 p., 14 fig., 41 ph., 6 ann.

Étude sédimentologique du Cambro-Ordovicien des Basses-terres du Saint-Laurent, 1976. .B.E.I.C.I.P., rapport no DP-375, 103 p., 2 tab., 12 cartes au 1 :253 440, 9 pl.

Région des rivières Mistassini, Péribonca, Saguenay (Grenville, 1965-1967), 1975. Ministère des Richesses Naturelles, Laurin, A. F. et Sharma, K. N. M., rapport RG 161, 89 p., 20 fig., 2 tab., 10 cartes au 1 :250 000, biblio.

Géologie des dépôts meubles de la région de Québec, 1974. M.R.N.Q., rapport DP 249, Lasalle, P., 14 p., 4 cartes au 1:31 680 (carte provisoire St-Joachim, 21 M/02W).

Géologie d'une partie de la Seigneurie de Beupré, 1973. M.R.N.Q., rapport préliminaire RP 600, Sabourin, R. J. E., 19 p., 2 tab., 1 carte au 1:126 720.

Une position du front glaciaire au nord et au nord-est de la ville de Québec, 1972. Ministère des Richesses Naturelles du Québec, Document S 135, P. Lasalle, L. Hardy et P. Poulin, 8 p., fig., 2 tab., biblio.

Grenville Project (1965-1967) : Mistassini North River, Mistassini River South, Peribonka Lake, Pipmuacan Reservoir, Chicoutimi and Baie St-Paul, Québec, 1972. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, Laurin, A. F. et Sharma, K. N. M., rapport no DP-126 (GM-28403), ii, 81 p., 2 tab., 19 ph., biblio., 10 cartes au 1 :250 000.

Rapport sur les utilisations du granite, Côte de Beupré, 1960. Ministère des Richesses Naturelles, GM-17328, 3 pages.

Rapport sur les principaux indices minéralisés en fer et titane et magnétite, Côte de Beupré, 1958. Séminaire de Québec, GM 8709, 2 p.

Information report on limestone occurrences, 1948. Ministère des Mines, 44 p.

ANNEXE 1 : PHOTOGRAPHIES



Escarpement de la faille de Cap Tourmente vu depuis le Chemin des Carrières à St-Joachim.



Vue vers l'est de la Côte-de-Beaupré à partir du pont de la rivière Ste-Anne-du-Nord montrant le passage des basses terrasses alluviales de la rivière (élévation : 15 à 20 m) aux terrasses deltaïques supérieures (élévation : 125 à 130 m).



Rivière Ste-Anne-du-Nord vue vers l'amont à partir du pont de Beaupré. À noter les installations en rive gauche pour les compétitions de kayak.



Barrage d'Abitibi-Bowater sur la rivière Ste-Anne-du-Nord, vu depuis l'aval avec le Mont Ste-Anne à l'arrière-plan.



Prise d'eau de la ville de Beaugré située en rive gauche de la rivière Ste-Anne-du-Nord, immédiatement en amont du barrage d'Abitibi-Bowater. À noter les schistes d'Utica en rive droite.



Barrage Simard sous le pont Antoine-Bélanger. Ce barrage ferme la vallée de la rivière Jean-Larose, un affluent rive droite de la rivière Ste-Anne-du-Nord en aval de la centrale projetée et en amont du barrage d'Abitibi-Bowater. Ce barrage qui a servi à la création du lac du Mont Ste-Anne présente de nombreux problèmes de sous-écoulements liés à la présence de phénomènes karstiques dans les fondations calcaires.



Chemin d'accès à l'aménagement des Sept-Chutes (Hydro-Québec) en amont du projet. Vue vers le sud-est à partir de la route 360.



Ligne de transmission à 69 kV, vue vers le nord-est à partir du chemin d'accès au site récréo-touristique Canyon Ste-Anne. À cet endroit la ligne est implantée sur la terrasse à 130 m.



Corridor des lignes de transmission à 735 kV de TransÉnergie vu vers le sud-ouest à partir de la route d'accès au site récréo-touristique Canyon Ste-Anne. À noter les terrasses étagées. Des travaux de déboisement du corridor avaient cours lors de notre passage.



Partie de la demi-ouest de la grande sablière bordant les terrains du site récréo-touristique Canyon Ste-Anne. Vue vers le sud-ouest et l'entrée au site à partir d'une terrasse à ± 170 m.



Petite sablière exploitée sporadiquement située au sud de la route 138, sur la terrasse à 130 m, à quelque 1,5 km au S.S.E. de la centrale projetée. Vue vers le sud-est depuis l'entrée au site sur la route 138.



Petite sablière désaffectée située le long du Chemin des Carrières, à quelque 2 km à l'est de la centrale projetée.



Petite sablière située au sud du corridor des lignes de transmission à 735 kV et immédiatement à l'est de la route d'accès au site récréo-touristique Canyon Ste-Anne.



Sablière située en rive droite de la rivière Ste-Anne-du-Nord, à quelque 1 km au nord de la centrale projetée. Vue vers le sud-est depuis la route 360 avec les lignes de transmission à 735 kV à l'arrière-plan.



Carrière exploitée dans les calcaires de Trenton située le long du Chemin des Carrières, au sud de la route 138, à $\pm 1,7$ km à l'est de la centrale projetée. Vue du village de St-Joachim à l'arrière-plan et de la pointe est de l'Île d'Orléans.



Vue vers l'amont du réservoir, entre les cotes ± 94 m et ± 95 m traversant la rivière. À noter le talus d'éboulis en rive gauche et les amas de blocs en rive droite.



Vue vers l'amont du réservoir dans le secteur de la cote ± 95 m. À noter les affleurements de roche en rive droite.



Réservoir rive gauche, en amont de la terrasse aval, vue vers l'aval. À noter le talus d'éboulis à l'avant-plan et les blocs en rive droite. Des affleurements de roche sont visibles en rive droite, en aval, dans le secteur du barrage.



Base du talus de la terrasse à 160 m, au contact entre le talus de blocs et les affleurements de roche à gauche (partie amont) et les sables graveleux à droite (partie aval). Une petite source temporaire est visible au centre.



Partie amont de la terrasse alluviale (100 à 105 m) observée en rive gauche en amont des ouvrages de tête. Vue vers l'aval.



Partie centrale de la terrasse alluviale (100 à 105 m) précédente. Vue vers l'aval.



Sentier d'accès à la terrasse alluviale (100 – 105 m) depuis le chalet de M. Bourget montrant le passage rapide des affleurements de roche (Ro), au talus de blocs (TB) et finalement au sable graveleux (SG). Vue vers l'amont et le nord-est.



Talus d'éboulis visible au pied de l'escarpement rocheux situé à la limite aval de la terrasse alluviale (100 à 105 m). Vue vers l'aval.



Zone rive gauche du barrage et de l'évacuateur de crues avec, à l'aval, l'escarpement rocheux contenant la partie amont de la conduite d'amenée. À noter la bande de blocs riverains en amont. Vue vers l'aval.



Secteur situé immédiatement en aval du barrage rive gauche avec vue de la rive droite. À noter les affleurements de roche au premier plan.



Secteur du barrage rive gauche et de l'évacuateur de crues. À noter les blocs en rive et le talus de blocs plus haut. À noter également le mode de fracturation de l'escarpement à droite. Vue vers l'amont.



Secteur du barrage rive droite vu depuis la rive gauche avec les affleurements immédiatement en amont et les blocs en aval.



Affleurements de roche disloquée de la partie amont de la galerie d'amenée. À noter le réseau orthogonal de joints sub-verticaux et les plans de foliation sub-horizontaux découpant la roche en blocs parallélépipédiques.



Vue vers l'amont, depuis le pont amont, de la rive droite du barrage. À noter les falaises de roche en rive droite et la bande riveraine de blocs en rive gauche.



Détail de la photographie précédente.



Amas de blocs sub-angulaires à sub-arrondis entre la route d'accès au pont amont et la partie amont de la galerie d'amenée.



Coupe excavée le long de la route d'accès au pont amont montrant le niveau supérieur de la terrasse à 110 – 115 m riche en blocs, cailloux et graviers (delta en éventail).



Sédiments fins visibles sous le niveau grossier précédent le long de la route d'accès au pont amont.



Secteur de la centrale. Vue vers l'aval, depuis le pont suspendu inférieur aval, de la baie érodée en rive gauche avec les gneiss à l'avant-plan et les calcaires plissés en aval de la baie.



Secteur de la centrale. Détail des affleurements de calcaire de Trenton sur la rive aval de la baie en rive gauche. Vue depuis la rive gauche.



Secteur de la centrale. Vue vers l'aval depuis la rive amont de la baie de la rive gauche montrant le contact entre les calcaires plissés et le niveau de blocs en rive.



Secteur de la centrale. Vue vers l'amont des roches métamorphiques de la rive amont de la baie de la rive gauche, avec la bande de blocs à l'avant-plan.



Secteur de la centrale. Vue de la partie aval des affleurements de gneiss montrant une foliation bien développée avec pendage vers le sud-est. À noter l'absence de fractures, de cisaillement ou de brèche.



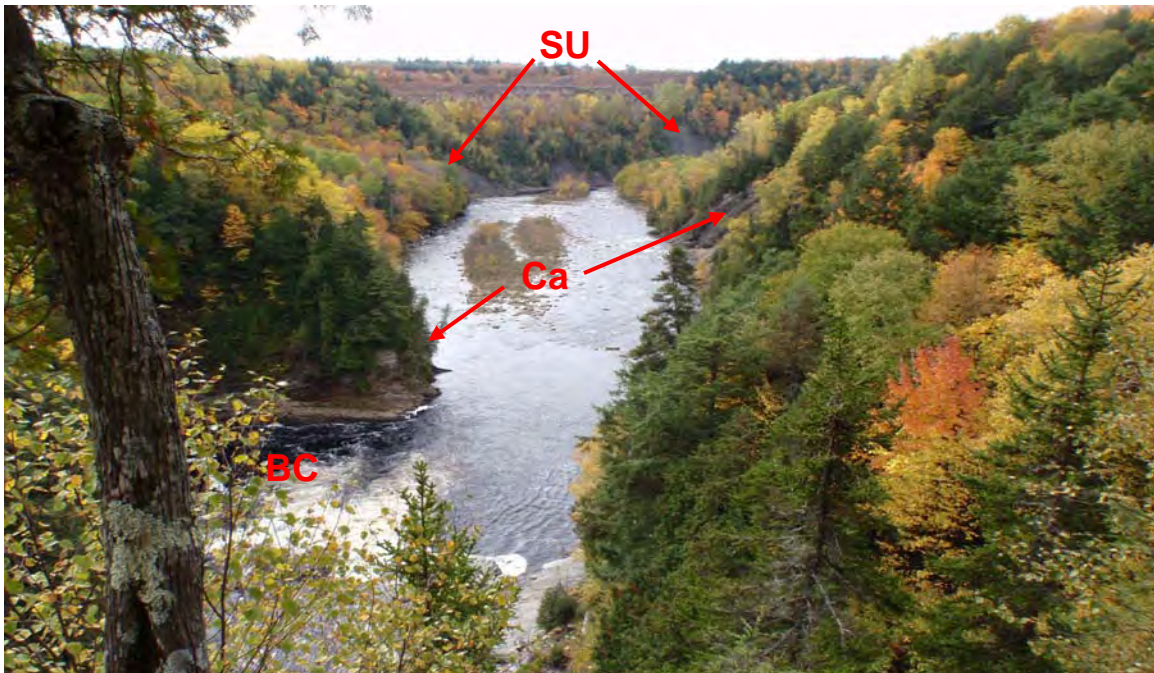
Secteur de la centrale. Vue vers l'est depuis la baie de la rive gauche montrant la coalescence des petites vallées à l'arrière-plan.



Secteur de la centrale. Vue vers l'est de la petite vallée nord du fond de la baie en rive gauche. Cette vallée est parcourue par un petit cours d'eau temporaire. À noter l'accumulation de cailloux et blocs sub-arrondis dans le fond de la vallée.

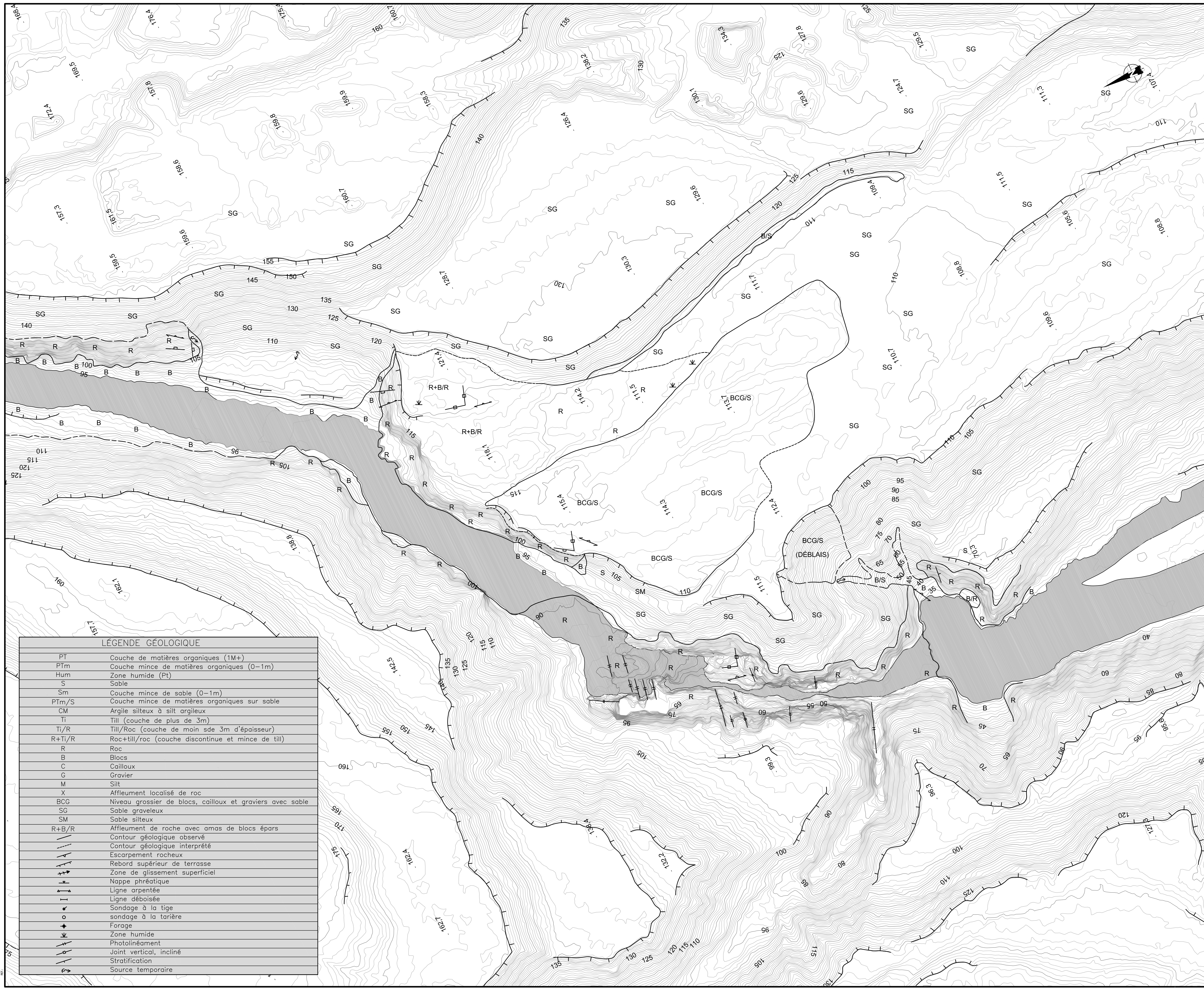


Vue vers le bas de la petite vallée précédente à partir du sommet de la terrasse à 115 m. Ces matériaux grossiers déversés depuis le haut proviennent d'excavation faites sur les terrains à proximité.



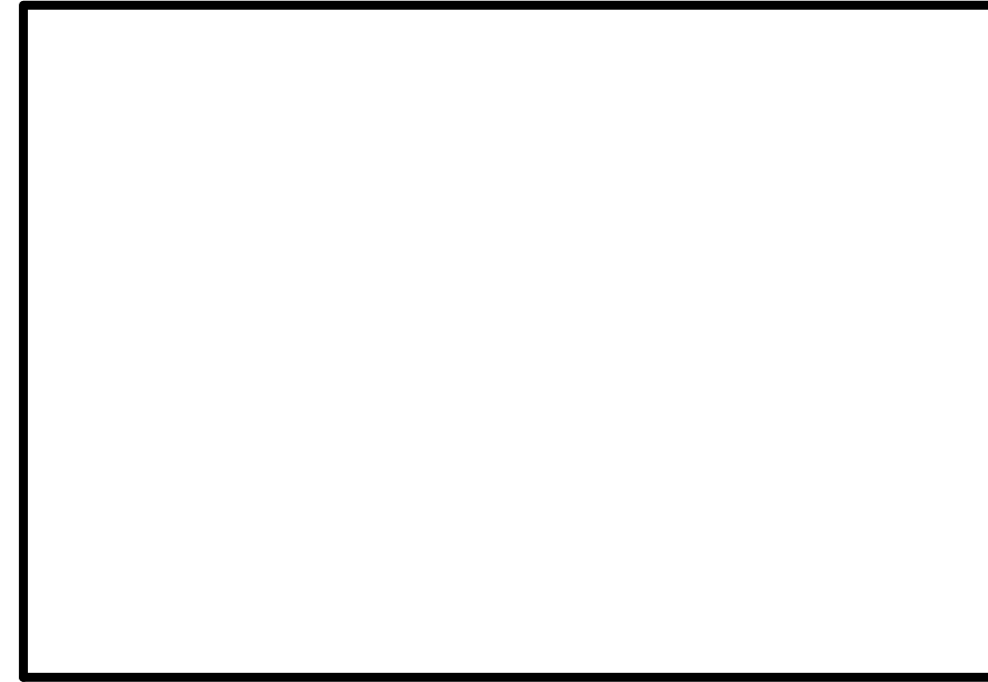
Vue vers l'aval de la rivière Ste-Anne-du-Nord depuis le pont suspendu supérieur aval avec la baie de la centrale en rive gauche (BC), les calcaires (Ca) en rives gauche et droite et les schistes d'Utica à l'arrière-plan (SU)

ANNEXE 2 : PLANS



LÉGENDE GÉOLOGIQUE

PT	Couche de matières organiques (1M+)
PTm	Couche mince de matières organiques (0-1m)
Hum	Zone humide (Pt)
S	Sable
Sm	Couche mince de sable (0-1m)
PTm/S	Couche mince de matières organiques sur sable
CM	Argile silteux à silt argileux
Ti	Till (couche de plus de 3m)
Ti/R	Till/Roc (couche de min sde 3m d'épaisseur)
R+Ti/R	Roc+till/roc (couche discontinue et mince de till)
R	Roc
B	Blocs
C	Cailloux
G	Gravier
M	Silt
X	Affluent localisé de roc
BCG	Niveau grossier de blocs, cailloux et graviers avec sable
SG	Sable graveleux
SM	Sable silteux
R+B/R	Affluent de roche avec amas de blocs épars
- - - - -	Contour géologique observé
- - - - -	Contour géologique interprété
	Escarpement rocheux
	Rebord supérieur de terrasse
--- ---	Zone de glissement superficiel
	Nappe phréatique
— —	Ligne arpentée
— —	Ligne déboisée
o o o	Sondage à la tige
o o o	sondage à la tarière
+	Forage
	Zone humide
	Photolinéament
	Joint vertical, incliné
	Stratification
	Source temporaire



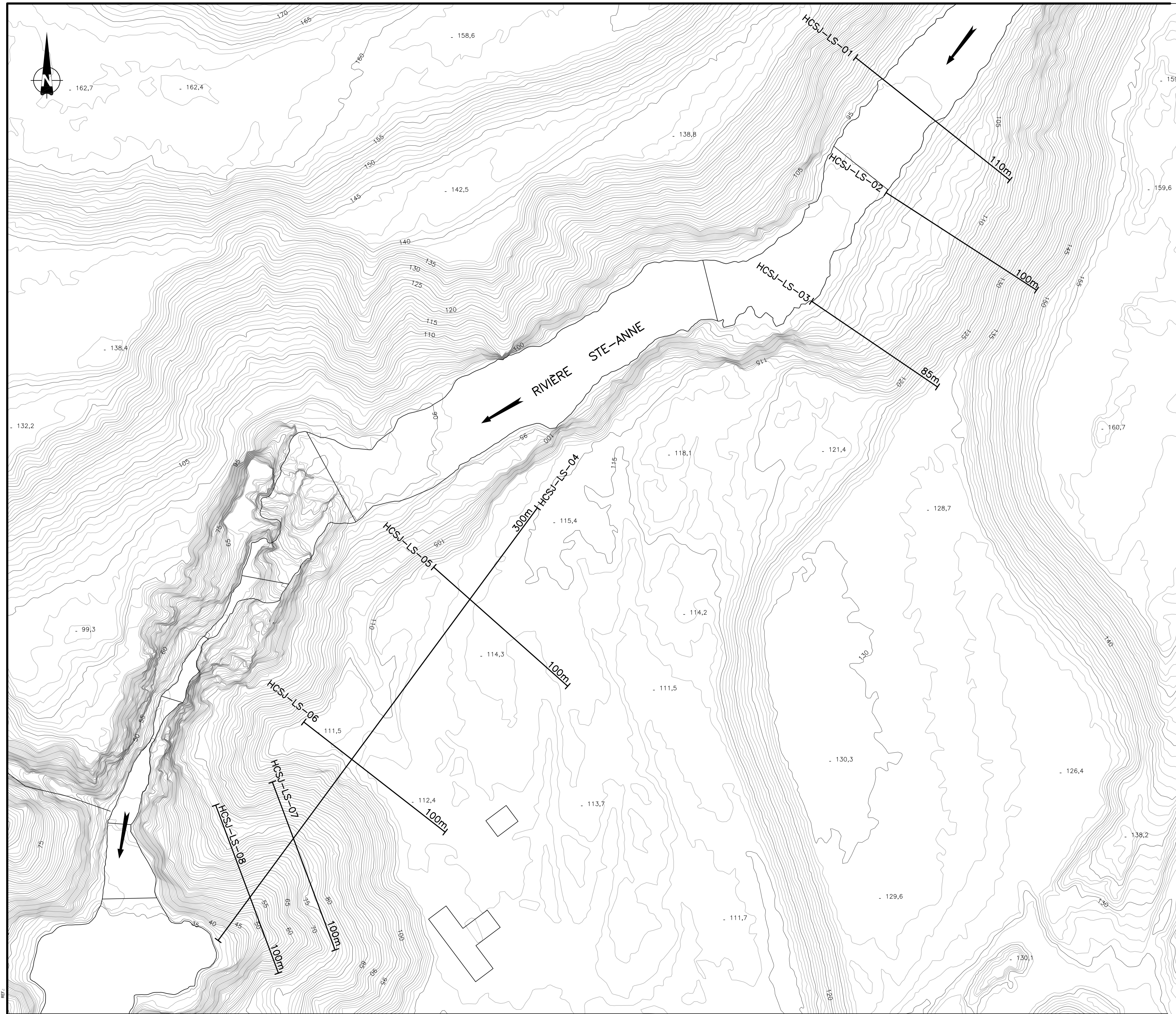


PROJET HYDRO-CANYON SAINT-JOACHIM

TITRE:
CARTOGRAPHIE GÉOLOGIQUE SECTEUR DES OUVRAGES RIVE GAUCHE

PROJETÉ: M. BEAUPRÉ	APPROUVÉ:
DESSINÉ: K. JOLETTE	ÉCHELLE: 1:1000
VERIFIÉ:	DATE: 08/09/95

S:\Offres\800-008-945-Chute Ste-Anne Hydro-Canyon\Drawings\Géologie\800-008-945-G-V1-S1-002.dwg



NO.	ÉMISSIONS	REV.	AA/MM/JJ	PAR



SCEAUX:

PROJET: **PROJET HYDRO-CANYON SAINT-JOACHIM**

TITRE: **LIGNES SISMIQUES**

PROJETÉ: M. BEAUPRÉ	APPROUVÉ: S. GOURDEAU
DESSINÉ: D. ZISU	ÉCHELLE: 1:1000
VÉRIFIÉ: S. GOURDEAU	DATE: 12/10/2010

NO. DE PROJET	NO. DE DESSIN	RÉVISION
800-008-945	G-V1-S1-003	0

ANNEXE 3 : PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES

***Aménagement Hydro-Canyon Saint-Joachim
inventaire des couvertures
de photographies aériennes provinciales***

ANNÉE	ÉCHELLE	TYPE	REMARQUE
2002	1 :15 000	Noir et blanc	-----
2002	1 :15 000	Infrarouge couleur	-----
1998	1 :15 000	Noir et blanc	-----
1993	1 :15 000	Noir et blanc	-----
1991	1 :40 000	Noir et blanc	-----
1990	1 :15 000	Infrarouge couleur	-----
1981	1 :40 000	Noir et blanc	-----
1981	1 :15 000	Infrarouge noir et blanc	-----
1979	1 :20 000	Noir et blanc	-----
1978	1 :15 000	Noir et blanc	Couverture partielle
1977	1 :10 000	Noir et blanc	Couverture partielle
1972	1 :15 000	Couleur	-----
1969	1 :15 840	Noir et blanc	-----
1966	1 :40 000	Noir et blanc	-----
1964	1 :15 840	Noir et blanc	-----
1963	1 :19 200	Noir et blanc	-----

ANNEXE 4 : LISTE DES BARRAGES DU CEHQ (MDDEP)

Municipalité de St-Tite-des-Caps, MRC La Côte-de-Beaupré – Inventaire des barrages du CEHQ (MDDEPQ)

No CEHQ	Lac	Rivière	Coordonnées		Barrage		Réservoir		Usage	Propriétaire
			Latitude N.	Longitude O.	Longueur (m)	Hauteur (m)	Surface (ha)	Volume (m ³)		
X0001289	Crique Savard	Rivière Lombrette	47o 10'	70o 44'	72,5	3,7	0,2	6 600	R+V	P
X0001290	Ruisseau Noir	Rivière Lombrette	47o 08'	70o 45'	89	3,9	0,5	15 000	R=V	P
X0001291	Ruisseau Guay	Rivière Lombrette	47o 12'	70o 43'	81,5	3,2	0,1	3 100	R+V	P
X0001292	Lac St-Tite	Rivière Lombrette	47o 07'	70o 45'	22	1,6	54,5	436 000	R+V	APLST
X0001294	Lac des Chevaliers de Colomb	Rivière Lombrette	47o 12'	70o 42'	10,7	1,8	0,1	800	R+V	CdC
X0001295	Lac à Roger	Rivière Lombrette	47o 12'	70o 42'	210	3,9	2,8	82 000	R+V	P
X0001296	Lac Ferland	Tributaire R S-A	47o 11'	70o 46'	11,3	1,4	0,6	4 800	R+V	P
X0001297	Lac des Gravel	Tributaire R S-A	47o 11'	70o 45'	26	2,6	1	26 000	R+V	P
X0001301	Lac à Bolduc	Rivière Lombrette	47o 13'	70o 43'	66,5	2,9	0,4	8 400	R+V	P
X0001302	Lac Giguère	Ruisseau Clair	47o 13'	70o 47'	75,5	6,3	8,5	442 000	R+V	SQ
X0001303	Lac de la Montagne des Sables	Ruisseau de la Montagne des Sables	47o 13'	70o 46'	143	3,9	4	135 660	R+V	SQ
X0001304	Lac Noël -Tremblay	Ruisseau de la Montagne des Sables	47o 13'	70o 45'	69	2,8	1	20 500	R+V	SQ
X0007736	Lac des Chenaux	Ruisseau des Chenaux	47o 14'	70o 43'	150	2,2	8	119 000	R+V	SQ
X0007934	Lac à Maximim	Tributaire R S-A	47o 11'	70o 44'	23	1,1	0,5	4 000	R+V	P
X0007935	Lac des Chevaliers de Colomb	Ruisseau Guay	47o 12'	70o 42'	91	3,3	0,1	15 550	R+V	CdC
X2096334	Lac à Bolduc	Rivière Lombrette	47o 13'	70o 43'	178	3,6	2,1	56 200	R+V	P
X2096336	Ruisseau Fret	Rivière Lombrette	47o 13'	70o 43'	28	3,6	0,1	2 700	R+V	P

Municipalité de St-Ferréol-des-Neiges, MRC La Côte-de-Beaupré – Inventaire des barrages du CEHQ (MDDEP)

No CEHQ	Lac	Rivière	Coordonnées		Barrage		Réservoir		Usage	Propriétaire
			Latitude N.	Longitude O.	Longueur (m)	Hauteur (m)	Surface (ha)	Volume (m ³)		
X0001309	Rivière Jean-Larose	Rivière Ste-Anne	47o 07'	70o 53'	20	5	0,1	2 000	PE	CAMSA
X0001310	Tributaire R S-A	Rivière Ste-Anne	47o 07'	70o 53'	90	1,5	0,2	1 400	R+V	CAMSA
X0001311	Tributaire R S-A	Rivière Ste-Anne	47o 08'	70o 51'	51,5	1,5	0,2	2 300	R+V	P
X0001314	Lac de la Colline	Rivière des Roches	47o 08'	70o 50'	140	4,8	0,5	17 500	R+V	P
X0001315	Lac d'Argent	Tributaire R S-A	47o 08'	70o 51'	87	2,5	0,4	8 100	R+V	P
X0001316	Lac F-2313	Rivière des Roches	47o 10'	70o 51'	50	3,1	0,3	4 216	R+V	P
X0001317	Ruisseau de St-Nicolas	Rivière Ste-Anne	47o 09'	79o 51'	5,5	1,6	0	105	R+V	P
X0001320	Lac des Trois-Castors	Tributaire R S-A	47o 09'	70o 50'	119	1,3	2	20 000	R+V	APTC
X0001322	Lac des Trois-Castors	Tributaire R S-A	47o 09'	70o 51'	179	2,7	1	23 000	R+V	P
X0001323	Lac des Trois-Castors	Tributaire R S-A	47o 09'	70o 51'	144,2	3	0,8	22 400	R+V	P
X0001326	Tributaire R S-A	Rivière Ste-Anne	47o 10'	70o 48'	100	3,2	1,3	25 000	R+V	P
X0001327	Tributaire R S-A	Rivière Ste-Anne	47o 10'	70o 48'	49	3,2	0,3	5 000	F	P
X0001328	Riv. du Mt St-Étienne	Rivière Ste-Anne	47o 11'	70o 49'	15	1,8	0	345	?	P
X0001330	Sept-Chutes	Rivière Ste-Anne	47o 07'	70o 49'	170	30,9	37,5	3 000 000	HE	HQ
X0001331	Sept-Chutes	Tributaire R S-A	47o 07'	70o 49'	---	20	37,5	100 000	HE	HQ
X0007184	Lac des Trois-Castors	Tributaire R S-A	47o 10'	70o 50'	90	1,1	2,8	16 800	R+V	APTC
X2068171	Rivière du Moulin	Rivière Ste-Anne	47o 06'	70o 51'	85	3,9	0,7	20 800	R+V	Z
X2119638	Rivière Jean-Larose	Rivière Ste-Anne	47o 07'	70o 52'	20	1,9	---	113	PE	CAMSA
X2119639	Rivière Ste-Anne	Rivière Ste-Anne	47o 07'	70o 52'	60	3,9	---	3 392	R+V	P

TNO Lac-Jacques-Cartier, MRC La Côte-de-Beaupré – Inventaire des barrages du CEHQ (MDDEP)

No CEHQ	Lac	Rivière	Coordonnées		Barrage		Réservoir		Usage	Propriétaire
			Latitude N.	Longitude O.	Longueur (m)	Hauteur (m)	Surface (ha)	Volume (m ³)		
X0001389	Lac du Chicot	Tributaire R S-A	47o 13'	70o 55'	88	2,2	8,4	172 200	R+V	SQ
X0001393	Lac Janot	Ruisseau Janot	47o 15'	70o 53'	120	2,9	12,4	149 000	R+V	SQ
X0001399	Lac Fourchu	Rivière Brûlé	47o 19'	70o 54'	63,4	2	32	416 000	R+V	SQ
X0001400	Lac du barrage Brûlé	Rivière Brûlé	47o 19'	70o 54'	72,5	8,3	220,4	15 141 500	R+V	SQ
X0001401	Lac du Caribou	Rivière du Caribou	47o 20'	70o 53'	94,4	3,4	26,3	617 350	R+V	SQ
X0001402	Lac Cruche	Ruisseau des Chutes	47o 20'	70o 50'	47,2	3,5	12	312 000	R+V	SQ
X0007731	Lac Creux	Ruisseau Creux	47o 21'	70o 55'	69	3,2	13,3	232 050	R+V	SQ
X0007735	Lac de la Route	Ruisseau du Portage	47o 22'	70o 51'	58	3,7	6,2	130 400	R+V	SQ
X0007815	Lac de la Tour	Ruisseau de la Tour	47o 19'	70o 49'	50	1,7	3,1	40 610	R+V	SQ
X0007816	Lac Petite Savane	Petite Rivière Savane	47o 18'	70o 48'	107,1	2,2	8,3	88 810	R+V	SQ
X0007831	Petit lac Noël	Ruisseau Janot	47o 17'	70o 57'	19	1,1	4,2	34 440	R+V	SQ
X0007833	Lac Cœur	Tributaire R S-A	47o 14'	70o 55'	4	1,8	6,6	83 820	R+V	SQ
X0007850	Lac Noël	Ruisseau Janot	47o 17'	70o 56'	40	1,7	8,2	95 120	R+V	SQ
X2011362	Lac du Mt St-Étienne	Riv. Du Mt St-Étienne	47o 14'	70o 54'	72	2,4	28,7	574 000	F	SQ
X2115847	-----	Rivière Brûlé	47o 09'	70o 58'	---	1,6	---	1	FI	SQ

Municipalité de Beaupré, MRC La Côte-de-Beaupré – Inventaire des barrages du CEHQ (MDDEP)

X0001337	Rivière Ste-Anne	Rivière Ste-Anne	47o 03'	70o 53'	433	15,2	5,5	16 100	PE	F+M
X0007900	Lac du Mont Ste-Anne	Rivière Jean-Larose	47o 04'	70o 54'	157	21	7,7	1 459 200	R+V	SEPAQ
X2075327	Rivière Ste-Anne	Rivière Ste-Anne	47o 03'	70o 53'	16	5,9	0	2 100	R	P

Municipalité de Baie St-Paul, MRC de Charlevoix – Inventaire des barrages du CEHQ (MDDEP)

No CEHQ	Lac	Rivière	Coordonnées		Barrage		Réservoir		Usage	Propriétaire
			Latitude N.	Longitude O.	Longueur (m)	Hauteur (m)	Surface (ha)	Volume (m ³)		
X0001181	Lac du Nord-est	Ruisseau Louis	47o 24'	70o 45'	85,5	4,5	40,1	1 242 500	R+V	SQ
X0001182	Lac Louis	Tributaire rivière Ste-Anne	47o 23'	70o 48'	115,3	5,7	112,1	3 194 000	R+V	SQ
X0001183	Lac Mestashito	Tributaire rivière Ste-Anne	47o 25'	70o 50'	44	1,9	13,6	190 400	R+V	SQ
X0001194	Lac Équerre	Ruisseau Équerre	47o 20'	70o 41'	96,8	4,7	16,1	660 100	R+V	SQ
X0001195	Petit lac Ste-Anne	Ruisseau Équerre	47o 21'	70o 43'	57,5	4,3	5,1	188 750	R+V	SQ
X0001196	Lac des Sources	Ruisseau des Sources	47o 21'	70o 42'	134	1,8	1	15 000	R+V	SQ
X0001197	Lac Castor	Tributaire rivière Ste-Anne	47o 20'	70o 43'	20,6	1,2	9,3	74 400	R+V	SQ
X0001199	Lac Quecy	Tributaire rivière Ste-Anne	47o 17'	70o 42'	110	2,4	1	19 000	R+V	SQ
X0001200	Lac Fortin	Rivière des Chenaux	47o 17'	70o 41'	82	2,1	15,8	268 600	R+V	SQ
X0001208	Lac François	Tributaire rivière Ste-Anne	47o 28'	70o 47'	56,4	4,0	9,1	282 400	R+V	SQ
X0001211	Lac Croche	Tributaire rivière Ste-Anne	47o 29'	70o 45'	38,2	4,8	125,2	4 182 000	R+V	SQ
X0001212	Lac les Étangs	Ruisseau du Petit lac Double	47o 30'	70o 44'	50	2,4	25,8	219 300	R+V	SQ
X0001215	Lac Gagné	Ruisseau Beaubois	47o 19'	70o 41'	70,3	2,2	27,7	166 200	R+V	SQ
X0001219	Lac Équerre	Ruisseau Équerre	47o 20'	70o 41'	70	2,4	16,1	289 800	R+V	SQ
X0007724	Lac Wellie	Tributaire rivière Ste-Anne	47o 28'	70o 46'	35	2,3	3,1	43 400	R+V	SQ
X0007727	Lac Wellie	Tributaire rivière Ste-Anne	47o 28'	70o 46'	38	2,4	3,1	930	R+V	SQ
X0007728	Lac à l'Ours	Tributaire rivière Ste-Anne	47o 29'	70o 44,	60	3,3	68,8	1 411 300	R+V	SQ
X0007734	Lac de la Dame	Ruisseau Beaubois	47o 20'	70o 43'	105	2,5	2,2	22 690	R+V	SQ
XO007828	Lac Auguste	Tributaire rivière Ste-Anne	47o 29'	70o 48'	83	2,1	27,7	349 020	R+V	SQ

Paroisse de St-Urbain, MRC de Charlevoix – Inventaire des barrages du CEHQ (MDDEP)

No CEHQ	Lac	Rivière	Coordonnées		Barrage		Réservoir		Usage	Propriétaire
			Latitude N.	Longitude O.	Longueur (m)	Hauteur (m)	Surface (ha)	Volume (m ³)		
X0001258	Lac Bissonnette	Tributaire rivière Ste-Anne	47o 33'	70o 42'	27,6	1,7	13,4	53 600	R+V	SQ
X0007725	Lac cassé	Tributaire rivière Ste-Anne	47o 30'	70o 44'	89	6,4	22	1 065 060	R+V	SQ
X0007726	Lac 35382	Tributaire rivière Ste-Anne	47o 31'	70o 44'	13	1,7	3,6	36 000	R+V	SQ
X0007729	Lac Jobidon	Ruisseau du Petit lac Double	47o 31'	70o 45'	110	5,0	11,7	460 570	R+V	SQ

TNO Lac Pikauba, MRC de Charlevoix – Inventaire des barrages du CEHQ (MDDEP)

No CEHQ	Lac	Rivière	Coordonnées		Barrage		Réservoir		Usage	Propriétaire
			Latitude N.	Longitude O.	Longueur (m)	Hauteur (m)	Surface (ha)	Volume (m ³)		
X0001273	Lac des Eaux Mortes	Ruisseau Gourganne	47o 32'	70o 52'	97,1	5,8	30	1 500 000	F	CEHQ
X0001280	Lac Arthabasca	Rivière Ste-Anne	47o 39O	70o 46'	78,7	4,5	24,6	504 000	F	CEHQ
X0001281	Lac Allioux	Tributaire rivière Ste-Anne	47o 27'	70o 54'	167,6	5,2	237,6	12 356 250	F	CEHQ
X0001282	Lac Pemmican	Rivière Ste-Anne	47o 37'	70o 45'	74,7	3,9	24	691 200	F	CEHQ
X0007180	Lac Intermittent	Tributaire rivière Ste-Anne	47o 31'	70o 52'	55	2,9	2,5	22 500	F	CEHQ
X0007182	Lac F1745	Rivière Ste-Anne	47o 36'	70o 46'	52	1,6	9	90 000	F	CEHQ

Usages

- F : Faune
- FI : Flottage du bois
- HE : Hydroélectricité
- PE : Prise d'eau
- R : Régularisation
- R+V : Récréation et villégiature

Propriétaires

- APLST : Association des propriétaires du lac St-Tite-des-Caps
- APTC : Association des propriétaires du domaine du lac des Trois Castors
- CAMSA : Corporation des activités du Mont Ste-Anne
- CdC : Les Chevaliers de Colomb du Conseil de Montmorency no : 2882
- CEHQ : Centre d'expertise hydrique du Québec (MDDEP)
- F+M : Fer et Métaux Américains S.E.C.
- P : Privé
- SEPAQ : Société des établissements de plein-air du Mont Ste-Anne
- SQ : Séminaire de Québec
- Z : Zonespa Inc.