



MUNICIPALITÉ DE SAINTE-ANNE-DES-LACS

ÉTUDE DE SÉCURITÉ DU BARRAGE DU LAC SUZANNE (X0005034)

BARRAGE X0005034

#P54 : MSAL3-2403

Étude de sécurité rev. 01

Janvier 2025

PARA | ÈLE 54
EXPERT CONSEIL

MUNICIPALITÉ DE SAINTE-ANNE-DES-LACS

ÉTUDE DE SECURITE DU BARRAGE DU LAC SUZANNE (X0005034)

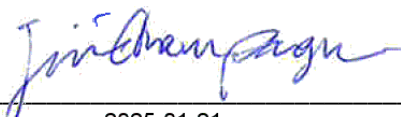
Dossier n° : MSAL3-2403

Rapport final rev 01.

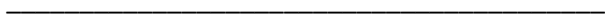
Janvier 2025

Parallèle 54 Expert-Conseil Inc.
82, rue Principale
Saint-Esprit (Québec) J0K 2L0

Préparé par :


2025-01-21
Jérémy Champagne, ing.
N° O.I.Q. : 6 054 372

Vérifié par :


Marc-Antoine Giguère, ing.
N° O.I.Q. : 5 085 831

AVIS

Le présent rapport a été préparé par **Parallèle 54 Expert-Conseil inc.** pour le compte de la Municipalité de Sainte-Anne-des-Lacs.

Toute utilisation qu'une tierce partie fera de ce rapport ou toute action ou décision prise sur son fondement demeure la responsabilité de ladite partie. **Parallèle 54 Expert-Conseil inc.** ne peut être tenue responsable des dommages subis, le cas échéant, résultant des décisions prises ou des actions posées par un tiers en vertu du présent rapport.

RÉVISION

Rév.	Description	Date
1	Rapport préliminaire 90 %	2024-09-12
2	Rapport préliminaire 95%	2024-10-02
3	Rapport final	2024-11-28
4	Rapport final rev.01	2024-01-21
5		
6		

LISTE DE DISTRIBUTION

Nom	Coordonnées
M. Mathieu Langlois Municipalité de Sainte-Anne-des-Lacs	mlanglois@sadl.qc.ca 450 224-2675, poste 226
Direction de la sécurité des barrages Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques de la Faune et des Parcs (MELCCFP)	infos.dsb@mddelcc.gouv.qc.ca 418 521-3945

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	4
1.1	MISE EN CONTEXTE.....	4
2	RENSEIGNEMENTS.....	5
2.1	RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX :	5
2.2	RENSEIGNEMENTS SUR LE BARRAGE :	5
3	LOCALISATION	6
4	DESCRIPTION DU BARRAGE	7
4.1	DESCRIPTION GÉNÉRALE DU BARRAGE	7
4.2	STRUCTURE.....	7
4.3	APPAREILS D'ÉVACUATION	13
5	PARAMÈTRES DU BARRAGE	14
5.1	VOLUME DES EAUX RETENUES.....	14
5.2	CONTENANCE DU BARRAGE ET CLASSEMENT DU BARRAGE.....	14
5.3	NIVEAU DE CONSÉQUENCES DE RUPTURE	14
5.4	ÂGE DU BARRAGE.....	14
5.5	GESTION DU BARRAGE.....	14
6	HYDROLOGIE ET HYDRAULIQUE	15
6.1	HYDROGRAPHIE	15
6.2	HYDROLOGIE.....	16
6.2.1	<i>Méthode rationnelle avec hydrogramme synthétique.....</i>	17
6.2.2	<i>Pluie de conception.....</i>	18
6.2.3	<i>Crue de sécurité</i>	19
6.2.4	<i>Méthode SCS, type II</i>	21
6.2.5	<i>Capacité d'évacuation.....</i>	23
6.2.6	<i>Pluie de conception</i>	23
6.3	COURBE D'EMMAGASINEMENT ET D'ÉVACUATION DU LAC SUZANNE.....	25
6.4	HYDRAULIQUE DES ÉVACUATEURS.....	25
6.5	EFFET DES VAGUES	27
6.6	REVANCHE.....	28
6.7	ANALYSE DU POURTOUR DU RÉSERVOIR	28
7	GÉOTECHNIQUE	29
7.1	GÉOMORPHOLOGIE	29
7.2	SÉISMICITÉ ET LIQUÉFACTION.....	29
7.3	STABILITÉS DU BARRAGE ET DE SA DIGUE	29
7.4	ÉROSION INTERNE	31
7.5	ÉROSION EXTERNE.....	31
8	CONSÉQUENCES D'UNE RUPTURE	32
8.1	MÉTHODOLOGIE	32
8.2	FORME DE LA BRÈCHE	33
8.3	DÉBIT DE RUPTURE	34
8.4	DÉBITS INTERMÉDIAIRES	36
8.5	DESCRIPTION DU TERRITOIRE EN AVAL DU BARRAGE	36
8.6	PROPAGATION DE L'ONDE DE RUPTURE.....	37
8.7	VULNÉRABILITÉ DE LA ZONE EN AVAL DU BARRAGE	37
8.8	NIVEAU D'EAU OBSERVÉ	39
8.9	NIVEAU DE CONSÉQUENCES.....	39

9	CLASSEMENT GLOBAL DU BARRAGE	40
10	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	42
11	ÉCHÉANCIER DE RÉALISATION DES CORRECTIFS	43

ANNEXES

Annexe 1 –	Bassin versant
Annexe 2 –	Cartes crues d’inondation
Annexe 3 –	Fiche technique du barrage X0005034
Annexe 4 –	Plan des mesures d’urgence du barrage du Lac Suzanne (X0005034)
Annexe 5 –	Étude géotechnique et analyse de stabilité
Annexe 6 –	Étude bathymétrique de L’Université de Montréal (2009)
Annexe 7 –	Calcul de la remontée des vagues
Annexe 8–	Rapport d’inspection

1 INTRODUCTION

1.1 Mise en contexte

Le présent rapport a été produit à la demande de la Municipalité de Sainte-Anne-des-Lacs afin de statuer sur la sécurité du barrage situé sur le lac Suzanne. Cette démarche s'applique au cadre juridique de la Loi et du Règlement sur la sécurité des barrages. Dans le registre du Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ), cette structure de retenue porte le numéro X0005034.

Ce document a été produit à la suite des visites du barrage lui-même et du territoire en aval, ainsi que d'une analyse technique de cette structure de retenue située à l'exutoire du lac Suzanne. Il a été préparé conformément aux exigences de la Loi sur la sécurité des barrages et du Règlement sur la sécurité des barrages.

Les observations sur le terrain ont été effectuées au printemps 2024. Sauf indication contraire, les photographies présentées dans ce document ont été prises lors des visites sur le terrain aux dates mentionnées ci-dessus.

Ce rapport présente donc l'étude hydrologique et hydraulique de ce barrage, l'étude géotechnique ainsi qu'une actualisation des conséquences de rupture de celui-ci à la suite des correctifs apportés par la Municipalité en 2022.



Figure 1 - Photo du barrage X0005034

2 RENSEIGNEMENTS

2.1 Renseignements généraux :

Tableau 1 - Identification et localisation du barrage X0005034

Nom du barrage :	S/O
Numéro du barrage :	X0005034
Municipalité :	Sainte-Anne-des-Lacs
MRC :	Les Pays-d'en-Haut
Région administrative :	Laurentides
Coordonnées géographiques :	Latitude 45° 50' 15" Longitudes -74° 6' 40"
Propriétaire :	Municipalité de Sainte-Anne-des-Lacs

2.2 Renseignements sur le barrage :

Tableau 2 - Caractéristiques du barrage X0005034

Année de construction :	1963
Année de dernière modification :	2022
Hauteur du barrage :	3,40 m
Hauteur de retenue :	2,90 m
Zone sismique :	4
Capacité de retenue :	71 260 m ³
Superficie du bassin versant :	0,23 km ²
Superficie du réservoir :	3,3 ha

3 LOCALISATION

Le barrage du lac Suzanne est situé sur le Chemin de la Paix, à l'exutoire du lac Suzanne. Il est accessible à partir du Chemin Filion.

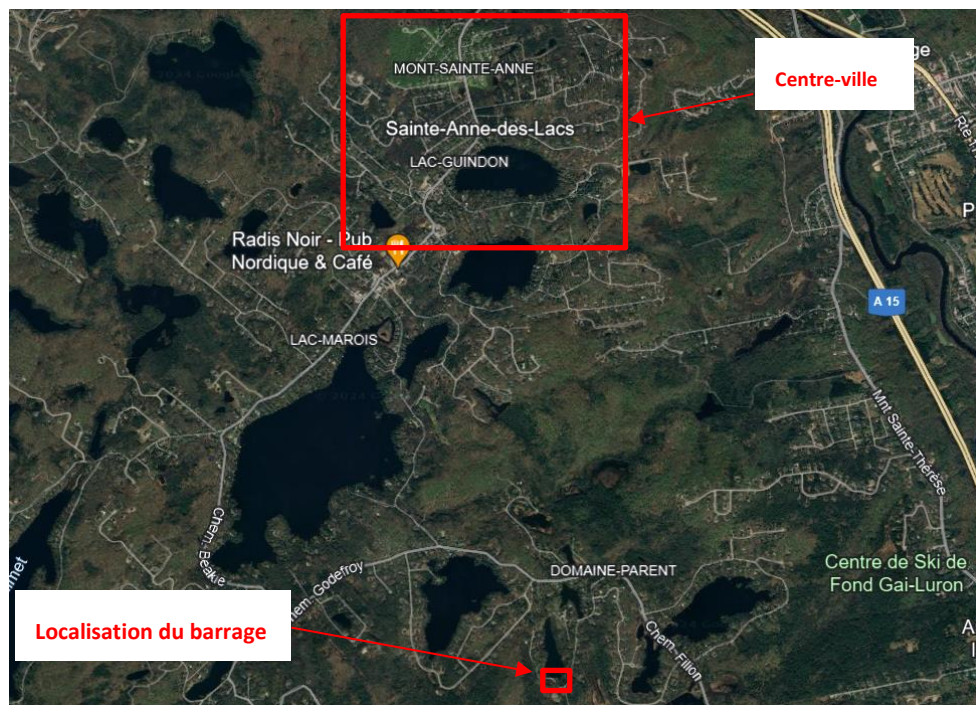


Figure 2 - Localisation du barrage à grande échelle



Figure 3 - Localisation du barrage à petite échelle

4 DESCRIPTION DU BARRAGE

Les données recueillies lors des visites des lieux ainsi que les documents disponibles concernant le barrage X0005034 sont présentées dans cette étude de sécurité. Voici la liste des documents disponibles consultés pour la rédaction de cette étude de sécurité :

- a) *Sommaire exécutif des activités de surveillance de 2022 – Barrages X0005020, X0005033 et X0005034, WSP Canada inc. (22-12-2022)*
- b) *Localisation barrage X0005034, Municipalité de Sainte-Anne-des-Lacs – Service Environnement (19-06-2023)*
- c) *Rapport d'évaluation de sécurité de barrage – Barrage du lac Suzanne, Équipe Laurence (21-02-2018)*
- d) *Lettre d'approbation de l'exposé des correctifs et du calendrier de mise en œuvre résultant de l'évaluation de la sécurité du barrage X0005034 situé à l'exutoire du lac Suzanne, MDDELCC (24-05-2016)*
- e) *Constats concernant l'état du barrage du lac Dominique (X2179731) et Niveau des conséquences du barrage du lac Suzanne (X0005034) – WSP Canada inc. (30-11-2022)*
- f) *Attestation des travaux correctifs – Travaux d'urgence au barrage du Lac Suzanne (X0005034), WSP Canada inc. (03-11-2022)*
- g) *Inspection des barrages du lac Colette (X0005033) et du lac Suzanne (X0005034) – Activité de surveillance 2022, WSP Canada inc. (25-05-2022)*

4.1 Description générale du barrage

Le barrage X0005034 est situé l'exutoire du Lac Suzanne, soit à son extrémité sud. Cet ouvrage construit en 1963 est composé d'une digue en terre ayant une longueur de 61 m. La hauteur maximale du barrage, étant le dessus du Chemin de la paix, est de 3,40 m et la hauteur de la retenue est de 2,90 m. Cette hauteur est déterminée par la différence d'élévation entre le niveau d'exploitation et le pied aval du barrage. Les ponceaux évacuateurs agissent à titre de trop-plein du lac grâce à la présence d'un seuil en amont où sa principale utilisation est récréative et villégiature. L'appareil d'évacuation est donc fixe et le niveau varie selon l'évaporation ainsi que l'arrivée des différentes crues de ruissellement.

4.2 Structure

Selon la fiche technique et les observations terrain, le seuil du barrage en terre ne correspond pas aux radiers des ponceaux. Dans les faits un seuil métallique est présent +/-1.5m en avant de l'extrémité amont des ponceaux et est fixés à +/- 300mm plus haut que le radier des ponceaux. Ce seuil métallique est non-étanche et peut difficilement se manipuler. Ce seuil correspond au niveau d'exploitation du lac. Les deux ponceaux sont positionnés côte à côte et sont en PEHD de 450 mm de diamètre. Les ponceaux acheminent l'eau dans le cours d'eau se trouvant de l'autre côté du Chemin de la Paix. L'entrée des ponceaux présente un seuil en bois et en

acier, suivi d'un coursier en enrochement. Le barrage ne possède qu'une seule rive et elle se situe à gauche du barrage. Le seuil est situé à l'extrémité droite du barrage. La rive gauche en amont et en aval est composée de terre. On recense également la présence de végétation et de quelques arbres matures. Le talus amont possède une pente de 0,5H : 1V. Le talus aval est constitué d'une pente de 1H : 1V. Les conduites en PHED à la sortie en aval du barrage reposent également sur un enrochement de calibre 100-200 mm. **L'état du barrage est jugé « bon ».**

Les figures ci-dessous présentent l'état du barrage et de la composition de ses rives:



Figure 4 - Rive gauche en aval du barrage (Décrochage du talus aval)



Figure 5 - Borne sèche à l'extrémité gauche du barrage



Figure 6 - Seuil de l'appareil d'évacuation en amont (fin de la rive gauche / aucune rive droite)



Figure 7 - Conduites d'évacuation en PHED en aval du barrage



Figure 8 - Débit d'évacuation du barrage en date de l'inspection



Figure 9 - Rive gauche en aval du barrage



Figure 10 - Zone ferreuse (trace de rouille) en aval du barrage (au sud du Chemin de la Paix)



Figure 11 - Chemin de la Paix (dessus du barrage)

4.3 Appareils d'évacuation

Les appareils d'évacuation sont de type ponceau en PHED avec seuil en amont. Les deux (2) ponceaux sont côte à côte et possèdent chacun un diamètre de 450 mm. Ces derniers reposent sur un lit en enrochement de calibre 100-200 mm.

Lors de la visite, il avait été remarquer que les radiers des ponceaux évacuateurs ne correspondaient pas au niveau d'exploitation du Lac. Le seuil métallique présent à +/-1500mm en amont des ponceaux et positionner 300mm plus haute que les radiers des ponceaux correspondent au niveau d'exploitation du lac.

Lors de crue plus importante, aucune manipulation humaine n'est requise afin d'opérer l'appareil d'évacuation. Le niveau du lac se régule lui-même par le principe de trop-plein au niveau du seuil. De plus, le seuil est muni d'un couvert en planches de bois situé à une hauteur d'environ 0,5 m au-dessus du seuil métallique retenant l'eau du lac. Ce couvert en bois est visé à la structure et rend l'accès au ponceau difficile. Ainsi, le risque que les appareils d'évacuation soient complètement obstrués par des corps flottants est relativement élevé.

Advenant le cas où un objet viendrait à se loger dans l'ouverture du ponceau de trop-plein, le niveau du lac monterait de 450mm. **La fiabilité des appareils d'évacuation est considérée «acceptable».**

Bien que le niveau du lac soit considéré comme étant actuellement à son niveau d'exploitation, il est impossible de gérer avec précision le niveau du lac avec les infrastructures en place. Lors des crues plus importantes, aucune manipulation humaine n'est requise afin d'opérer l'appareil d'évacuation.

Quant à la gestion actuelle du niveau de l'eau, il est important de considérer qu'aucun système n'est requis pour gérer les eaux en période de crue.

5 PARAMÈTRES DU BARRAGE

5.1 Volume des eaux retenues

La capacité de retenue d'un barrage est le volume total de la retenue mesuré au niveau maximal d'exploitation. La capacité de retenue du barrage du lac Suzanne est évaluée à 71 260 m³ selon la fiche technique du barrage fourni par le MELCCFP. L'Université de Montréal a réalisé une bathymétrie en 2009. Selon le document fourni, le volume obtenu serait de +/- 72 000 m³. Le volume inscrit à la fiche est valide.

5.2 Contenance du barrage et classement du barrage

Étant donné que la hauteur du barrage est supérieure à 2,50 m et que le volume des eaux retenues dépasse 30 000 m³, le barrage appartient à la catégorie administrative de forte contenance.

5.3 Niveau de conséquences de rupture

Le barrage appartient à la catégorie administrative de forte contenance. Selon la fiche technique du CEHQ, Direction de la sécurité des barrages, le niveau des conséquences du barrage est « moyen ». Dans la présente étude, nous considérons que le niveau des conséquences d'une éventuelle rupture devient de niveau de conséquence « **faible** ». Naturellement, ce paramètre est analysé dans les chapitres suivants.

5.4 Âge du barrage

Le barrage a été construit en 1963 afin de permettre une utilisation récréative du lac Suzanne. L'âge du barrage est donc d'environ 61 ans.

5.5 Gestion du barrage

Puisque le barrage est muni de deux ponceaux correspondants et d'un seuil métallique ne comportant aucune composante ne permettant leur manipulation, aucune gestion du niveau d'eau, ni du débit transitant, les appareils d'évacuation ne sont actuellement exercés.

6 HYDROLOGIE ET HYDRAULIQUE

6.1 Hydrographie

Le lac Suzanne, créé par le barrage X0005034, est un plan d'eau de petite envergure. Le barrage du lac Suzanne est situé à l'exutoire du lac de même nom dans la municipalité de Sainte-Anne-des-Lacs aux coordonnées 45°50'15.153"N et 74°6'40.571"

6.1.1 À l'amont

Le principal affluent du lac Suzanne est le lac Colette auquel il est relié par une conduite de tôle ondulée qui se déverse à l'extrémité nord du lac Suzanne. Le lac Suzanne a une superficie de 3,3 ha (Selon la Fiche technique du centre d'Expertise hydrique et barrages) et la superficie totale de son bassin versant est de 0.23 km.ca. La moitié (50%) du bassin versant est sous un couvert forestier boisé dense. Mise à part le lac Suzanne, le lac Colette fait partie du bassin versant (21.7%). Le barrage du lac Suzanne se situe dans la partie sud de la municipalité. Entre le lac Suzanne et la rivière du Nord se trouvent les éléments suivants (voir section 6.1.2 Aval). On constate qu'il y a peu de résidence domiciliaire ou autres activités humaines qui auraient pu impacter de manière importante les superficies et le comportement hydrologique du bassin versant. Un réseau routier secondaire parcourt pratiquement l'ensemble du bassin versant, mais sa superficie est assez faible.

Un barrage se situe en amont du barrage étudié, soit le barrage du lac Colette (X0005033), dont le réservoir possède une superficie de 1,7 ha.

6.1.2 À l'aval

Le lac Suzanne se déverse à son extrémité sud dans un petit ruisseau qui coule sur environ 300 m et rejoint un petit lac sans nom. Ce lac fait partie du cours de la Petite Rivière qui rejoint quelque 200 m plus bas le lac Castor. La Petite Rivière rejoint enfin la rivière du Nord à environ 2 km plus en aval. Enfin, en aval du barrage étudié, un seul barrage est dénombré, soit celui du lac Dominique (X2179731), dont le réservoir possède une superficie de 2,0 ha.

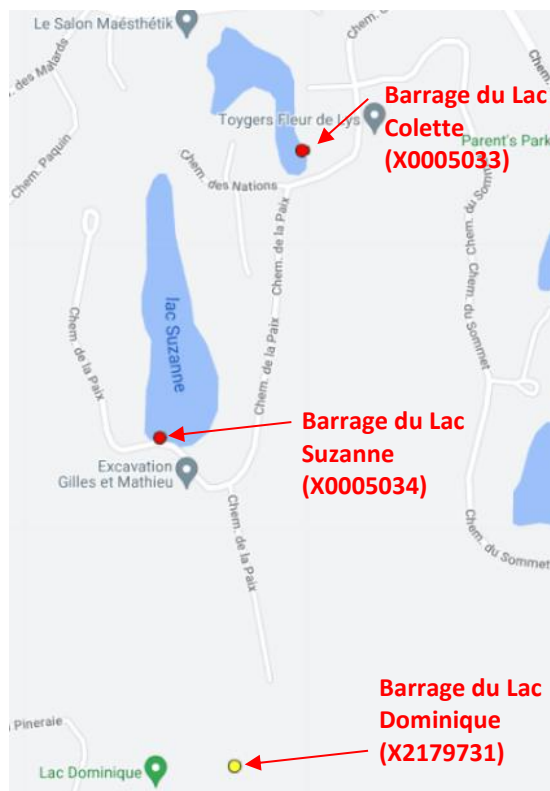


Figure 12 - Localisation des barrages en aval

6.2 Hydrologie

Pour le présent barrage, deux types pluies seront utilisés dans le but de comparer les différents débits de conception.

La distribution temporelle de la précipitation est la variation dans le temps de l'intensité de la pluie pendant un orage. Pour une même quantité de pluie, cette distribution dans le temps peut évidemment avoir une influence non négligeable sur les débits de ruissellement générés. Comme le lac sert également de prise d'eau, aucune quantité d'eau prélevée par la municipalité n'a été prise en compte dans les simulations. Les résultats obtenus sont donc conservateurs.

Les différents types de pluies de projet qui sont proposés dans la littérature peuvent être divisés selon deux catégories générales soit :

- Les pluies obtenues sont égales au temps de concentration, et représentées sous forme d'une distribution : hyétogramme synthétique;
- Les pluies dont la distribution temporelle est dérivée à partir d'analyses sur des événements pluvieux réels (pluies du NRCS anciennement SCS).

Pour la pluie synthétique avec méthode rationnelle : L'hypothèse de base est que pour obtenir un débit de pointe, une pluie constante égale au temps de concentration est utilisée (méthode rationnelle). Afin d'obtenir un hydrogramme d'entrée au barrage, une pluie synthétique unitaire est utilisée.

Pour les Pluies du NRCS (anciennement SCS) : Cette pluie a été définie en déterminant pour des pluies réelles une courbe de masse typique pour la hauteur de pluie. L'hyétogramme de type II présente une pointe vers le milieu de la durée totale de 24 heures. Le principe est pratiquement le même pour la pluie 6 h et 12 h. Les hyétogrammes de chacune des pluies seront présentés dans les sections plus bas.

La méthode de transposition depuis un bassin instrumenté est difficile à appliquer puisque les séries de données provenant de bassins versants de dimensions similaires dans la région sont insuffisantes.

Pour cette étude, nous utiliserons donc le logiciel SWMM pour la simulation des débits d'entrée au lac et du laminage.

6.2.1 Méthode rationnelle avec hydrogramme synthétique

Premièrement, le comportement hydrologique du bassin versant a été analysé par la méthode rationnelle. La méthode rationnelle permet d'estimer les débits de pointe de ruissellement d'un territoire ayant une superficie inférieure à 25 km² pour les ouvrages de gestion des eaux pluviales dont le critère de conception est le débit de ruissellement. Mentionnons que la superficie du bassin versant considérée dans les analyses hydrologiques est relativement difficile à estimer. En effet, à cette échelle, la très faible superficie du bassin rend les cartes topographiques peu précises. Puisque le bassin versant du barrage en question est de 23 km².

Le coefficient de ruissellement du sol a été estimé à partir des observations visuelles de dépôts de surface dans le bassin et du matériel cartographique disponible (courbe pédologique 31G16102. Il est cependant à noter que ce coefficient peut varier considérablement en fonction des conditions du sol (présence de gel, état de la végétation, construction de voies de communication, etc.).

Mentionnons que les plans d'eau du bassin sont responsables d'un certain laminage de la crue. La superficie totale des plans d'eau du bassin est relativement importante et atteint approximativement 21.7% du bassin versant. Cette méthode présente des résultats conservateurs, donc le débit réel du bassin versant devrait être légèrement inférieur à celui obtenu par cette méthode.

Tableau 3 - Superficie des Lacs dans le bassin versant étudié

Nom du Lac	Superficie des lacs (m.ca)
Lac Suzanne*	+/- 33 000
Lac Colette	+/- 17 000
Total	+/- 50 000

La caractérisation du bassin versant présentée dans le manuel de conception des ponceaux du MTMD est utilisée afin d'évaluer les débits. Le tableau 4 présente les différentes caractéristiques :

Tableau 4 - Caractéristiques du bassin versant du barrage X0005034

Aire du bassin versant (ha)	23
Longueur du cours d'eau le plus long (m)	610
Proportion de lacs (%)	21.7 %
Pente moyenne du bassin versant (Sb)	Moins de 3 %
Classification hydrologique	BC
Type de bassin versant (laminage)	B
Végétation	Boisé
Type de terrain	Vallonnée

La délimitation du bassin versant ainsi que la localisation des différents cours d'eau et autres barrages sont présentées à l'annexe 1. La méthode rationnelle affiche habituellement des résultats relativement conservateurs.

Nous estimons que les débits réels du bassin versant sont légèrement inférieurs aux valeurs présentées.

6.2.2 Pluie de conception

Lorsque, dans l'application de la méthode rationnelle ou d'un modèle informatique, des valeurs d'intensité-durée-fréquence des chutes de pluie sont utilisées, ces valeurs doivent découler de l'analyse statistique de données pluviométriques d'une station météorologique dont les conditions de précipitation et l'altitude sont représentatives de celles prévalant sur le territoire drainé vers le système de gestion des eaux pluviales, et avoir été produites par Environnement et Changement climatique Canada, le service Agrométéo Québec ou une Ville.

Une pluie de récurrence de 1 : 100 ans a été utilisée à l'aide des courbes IDF disponibles pour la station « Saint-Jérôme » #7037400, avec des données disponibles de 1971 à 1991.

Tableau 5 - Précipitations totale station Saint-Jérôme en mm (sans changements climatiques)

Période de retour	5 min.	10 min.	15 min.	30 min.	60 min.	120 min.	360 min.	720 min.	1440 min.
2 ans	6,8	10,3	12,7	16,8	19,6	25	34	41,1	49
5 ans	9,4	14,1	18	24,1	27,3	33,5	45,2	55,3	62,7
10 ans	11,2	16,6	21,5	29	32,3	39,1	52,6	64,7	71,8
25 ans	13,3	19,8	25,9	35,2	38,7	46,1	62	76,5	83,3
50 ans	15	22,1	29,1	39,7	43,5	51,4	69	85,3	91,8
100 ans	16,6	24,5	32,4	44,3	48,2	56,6	75,9	94,1	100,2
1000 ans	21,9	32,2	43,1	59,2	63,8	73,8	98,7	122,9	128,1

Tableau 6 - Précipitations totale station Saint-Jérôme en mm/h (avec 18% changements climatiques)

Période de retour	5 min.	10 min.	15 min.	30 min.	60 min.	120 min.	360 min.	720 min.	1440 min.
2 ans	81,6	61,8	50,8	33,6	19,6	12,5	5,7	3,4	2,0
5 ans	112,8	84,6	72,0	48,2	27,3	16,8	7,5	4,6	2,6
10 ans	134,4	99,6	86,0	58,0	32,3	19,6	8,8	45,4	3,0
25 ans	159,6	118,8	103,6	70,4	38,7	23,1	10,3	6,4	3,5
50 ans	180,0	132,6	116,4	79,4	43,5	25,7	11,5	7,1	3,8
100 ans	199,2	147,0	129,6	88,6	48,2	28,3	12,7	7,8	4,2
1000 ans	262,8	193,2	172,4	118,4	63,8	36,9	16,5	10,2	5,3

6.2.3 Crue de sécurité

Dans la présente étude, on considère la crue de sécurité instantanée de récurrence 1 : 100 ans puisque le barrage appartient à la catégorie de forte contenance et que ces conséquences de rupture potentielle sont évaluées à faible voir la section 8.9. La hauteur du barrage ainsi que sa capacité de retenue ont permis d'identifier la catégorie

administrative du barrage. Les débits de pointes évalués selon la méthode rationnelle sont indiqués au tableau 5. Le temps de concentration du bassin a été estimé à 41 minutes. La classe hydrologique du sol est BC soit un sol Saint-Colomban d'après la carte de dépôts de surface du Québec. Pour ce type de sol, le coefficient de ruissellement adopté est de 0,26 correspondant à un couvert de type boisé et vallonné. Le débit laminé a été obtenu en considérant l'effet des lacs (Manuel de conception des ponceaux 2019). Un coefficient de 0,57 a été appliqué en considérant la courbe BC (Zone de rétention en tête du bassin versant à l'étude). Les lacs ont une superficie 5 ha et le bassin a une superficie de 23 ha, compte tenu de l'autre lac en amont, le ratio des lacs a été estimé à 21,7 %.

Le tableau 7 présente les résultats obtenus à l'aide de la méthode rationnelle :

Résultats méthode rationnelle pour les débits du barrage X0005034 100 ans et 1000 ans

Hydrologie	
Ab - superficie du bassin versant (ha)	23
Al - superficie des lacs et marégages (ha)	5
Sb - pente moyenne du bassin versant (%)	3,87%
Cp - coefficient de ruissellement	0,26
I - intensité de précipitation (mm/hr)	73,8
Lc - longueur du cours d'eau (m)	610
Sc - pente 85-10 du cours d'eau (%)	0,28%
tc - temps de concentration (min)	33
FI - coefficient de correction de l'intensité	1
FI - coefficient de réduction du début pour laminage	0,57
Qlam. - Q laminé (m.cu/s) (100 ans)	0,698
Qpt. - Q de pointe (m.cu/s) (100 ans)	1,225
Qpt. - Changement climatique +20% (100 ans)	1,471
Qlam. - Q laminé (m.cu/s) (1000 ans)	1.241
Qpt. - Q de pointe (m.cu/s) (1000 ans)	1.633

**Qpt. - Changement climatique
+20% (1000 ans)**

1.960

À la suite de l'évaluation des caractéristiques du bassin versant, le débit de la crue de sécurité est estimé à **1.96 m³/s.** pour 1000 ans et **1.47 m³/s.** pour 100 ans. Le résultat obtenu avec la méthode rationnelle est généralement moins adapté pour les milieux forestiers. Cette valeur est donc considérée sécuritaire. Les débits associés à différentes récurrences sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 7 - Débits de conception selon la récurrence

Période de récurrence	2	5	10	25	50	100	1000
Intensité (mm/hr)	26,87	38,15	45,64	55,15	62,13	69,17	92,14
Débit de pointe (m.cu/s)	0,473	0,673	0,807	0,976	1,100	1,225	1,634
Débit laminé (m.cu/s)	0,269	0,384	0,460	0,556	0,627	0,698	0,931
Changement climatique (%)	20	20	20	20	20	20	20
Débit de pointe avec changement climatique (m.cu/s)	0,567	0,808	0,968	1,171	1,32	1,471	1,961

6.2.4 Méthode SCS, type II

Le comportement hydrologique du bassin versant du lac Suzanne a été réalisé avec le logiciel PCSWMM. Les paramètres employés pour la modélisation des différents sous-bassins sont expliqués à la section suivante. Le temps de concentration du bassin devrait être court compte tenu de la faible superficie du bassin. Cependant, comme l'effet du laminage pourrait être très important, il se peut que des événements de plus longue durée soient plus critiques du point de vue de la remontée du niveau d'eau dans le réservoir. Des pluies de 6h, 12 h et 24 h sont donc générées d'après les formes d'hydrogrammes synthétiques SCS type II.

Une durée de pluie de variant de 6h, 12h et 24 h a été préconisée. Les paramètres généraux suivants ont été utilisés avec le logiciel PCSWMM :

Paramètres		Référence
Modèle d'infiltration	Horton	Paramètre de modélisation – SWMM5 – section de la gestion de l'eau (SRGE)
Méthode de propagation	Onde dynamique	
Stockage de surface	Permis	

Unités de débit	LPS	
Pas de temps – Création du rapport	1 minute	
Pas de temps – Ruissellement temps sec	10 minutes	
Pas de temps – Ruissellement temps de pluie	5 minutes	
Propagation	5 secondes	
Onde dynamique – Terme d’inertie	Amortir	
Onde dynamique – Critère d’écoulement normal	Pente & Froude	
Onde dynamique – Équation conduite en charge	Hazen-Williams	
Onde dynamique – Méthode de surcharge	Extan	

Les paramètres suivants des pluviomètres ont été utilisés avec le logiciel PCSWMM :

Paramètres		Référence
Format pluie	Intensité	Paramètre de modélisation – SWMM5 – section de la gestion de l’eau (SRGE)
<i>Intervalle de temps</i>	<i>5 secondes</i>	

Les paramètres du bassin versant suivants ont été utilisés :

Paramètres		Référence
Imperméabilité (%) du bassin	36%	Selon Carte pédologique
Perte de charges initiales imperméables (Nimp)	0.016	Paramètre de modélisation – SWMM5 – section de la gestion de l’eau (SRGE)
Perte de charges initiales perméables (Nper)	0.26	
Stock.Surf.Imp. (mm)	1.5	
Stock.Surf.Per. (mm)	5	
Pourcentage propagé	PERVIOUS	
Infiltration – Taux infiltration max. (mm)	75	
Infiltration – Taux d’infiltration min. (mm)	5	
Infiltration – Constance décroissance (1/hr)	4	
Infiltration – Temps de séchage (jours)	7	
Imperméabilité (Fossés engazonnés et gazons) (%)	0	
Largeur de la surface par unité (m)	+/-437 m de Moy.	PCSWMM Support : Flow Length vs Width

6.2.5 Capacité d'évacuation

L'ouvrage d'évacuation est constitué de deux conduites de PEHD de 450 mm en parallèle dont l'entrée est contrôlée par un seuil en métallique de 1,25 m de largeur.

Dans le modèle PCSWMM développé, l'altitude du seuil métallique dicte le niveau d'eau initial, le niveau d'eau initial simulé est à 276,63 m.

La longueur des ponceaux est de 12.2 m, leur pente à +/-6.3% et le coefficient de Manning est à 0,012. Le radier des ponceaux d'entrée sont fixées à 276.45m.

Comme le déversoir et les conduites sont disposés en série, le plus restrictif des ouvrages qui contrôle le débit est le seuil métallique.

Le seuil métallique se trouvant à +/-1.5m des ponceaux en PEHD est fixé à l'élévation 276.63 m.

Le débit de contrôle de l'ensemble est illustré par le trait foncé à la Figure 14.

6.2.6 Pluie de conception

Une durée de pluie de variant de 6h, 12h et 24 h ont été préconisées différentes ont été considérées dans le cadre de cette étude, soit 6 heures, 12 heures et 24 heures. Généralement, une pluie de plus longue durée présente des débits plus importants et donc représente plus fidèlement la réalité et les pires conditions pour le respect de la crue de sécurité.

Le niveau de conséquences du barrage étant faible, une pluie de récurrence de 1 : 100 ans a été utilisée à l'aide des courbes IDF disponibles pour la station « Saint-Jérôme » #7037400, avec des données disponibles de 1971 à 1991. La précipitation totale pour différentes durées a été présentée aux tableaux 5 et 6.

Pour la distribution de la pluie, une pluie de type synthétique SCS type II et Chicago ont été utilisée. La figure ci-dessous présente l'intensité en fonction du temps :

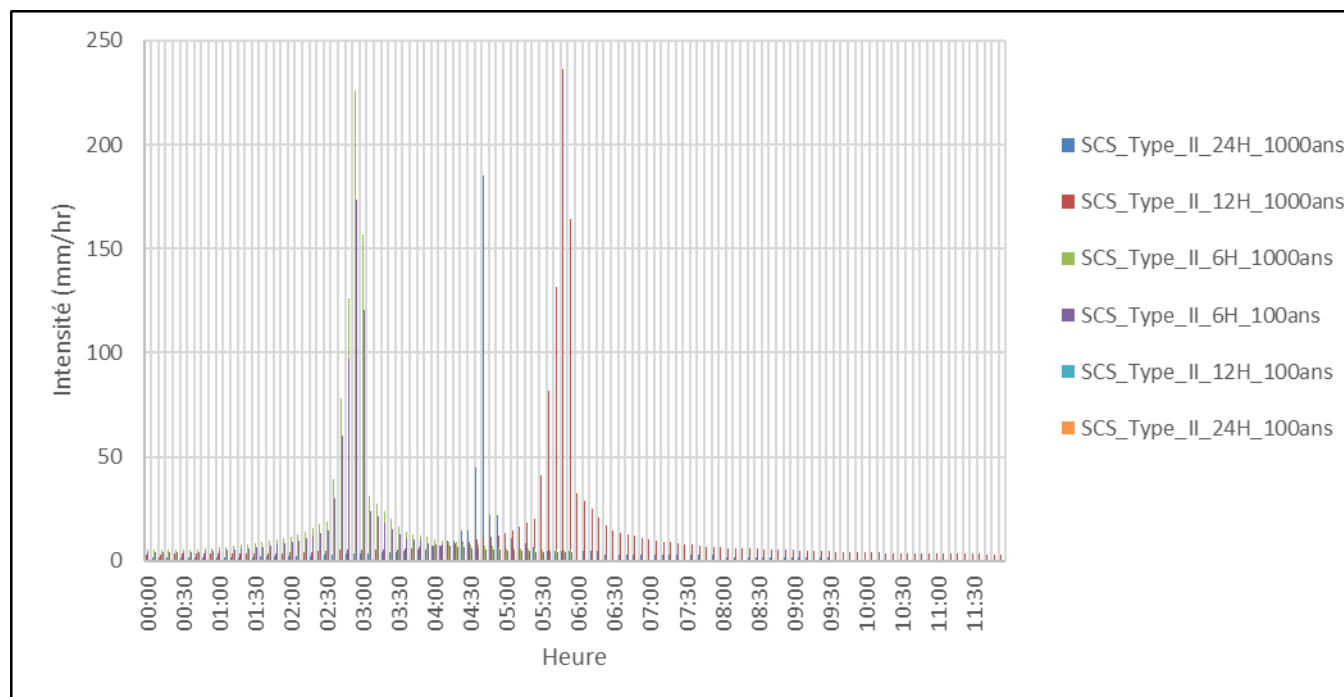


Figure 13 - Intensité selon le temps, pluie SCS type II 6h, 12h et 24h

Le débit de pointe acheminé au lac Suzanne durant une courte période de temps se situe entre 1.45 et 1.80 m.cu.sec pour 1000 ans et de 0.93 et 1.10 m.cu.sec pour 100 ans, dépendamment de la durée de la pluie.

L'hydrogramme d'entrée est présenté ci-dessous :

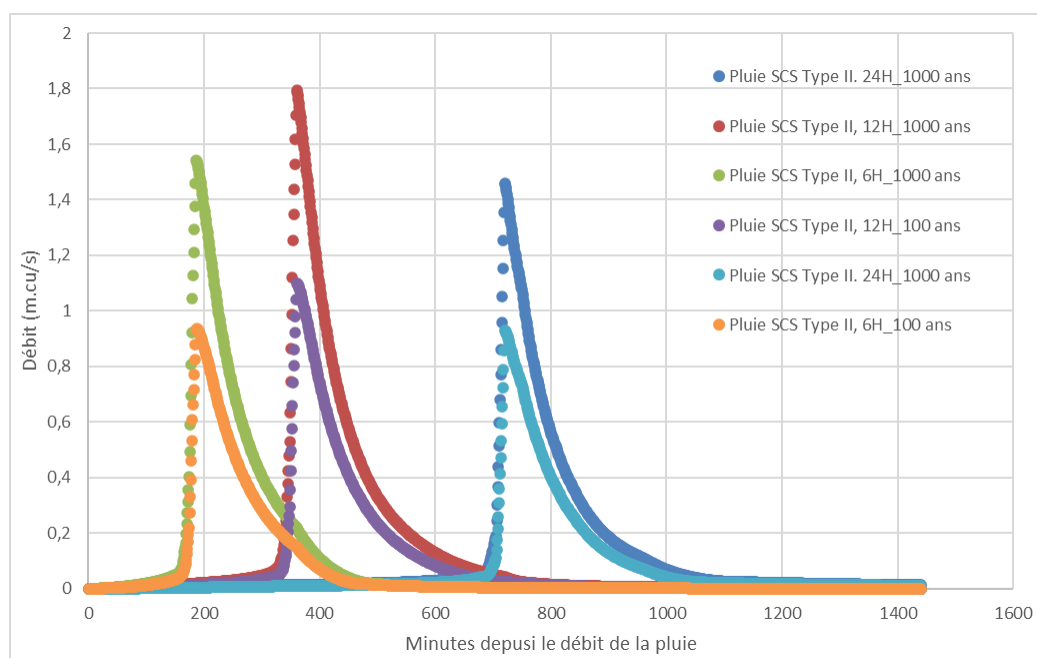


Figure 14 - Hydrogramme d'arrivée au lac Suzanne, pluie SCS

6.3 Courbe d'emmagasinement et d'évacuation du lac Suzanne

Une analyse de la courbe d'emmagasinement du lac Suzanne ainsi que la capacité d'évacuation des ponceaux évacuateurs ont été réalisées afin de vérifier si la revanche minimale de 1,0 m serait respectée. La courbe d'emmagasinement a été extraite à partir de la bathymétrie. L'hydrogramme le plus critique a été sélectionner pour établir la crue de sécurité, soit la pluie SCS type II, 12 H.

La figure ci-dessous présente la courbe obtenue :

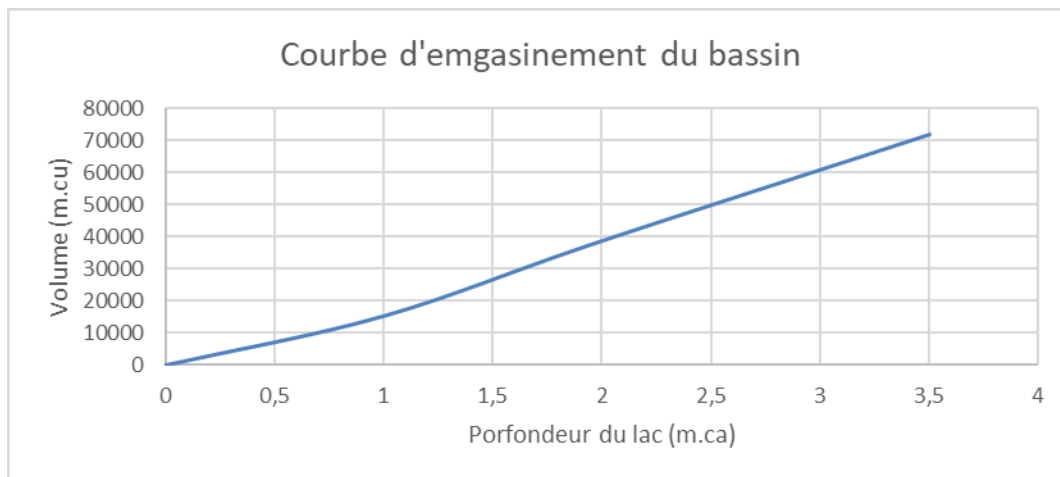


Figure 15 - Courbe d'emmagasinement

La courbe obtenue est conservatrice et permet d'évaluer la capacité d'emmagasinement du réservoir lors de l'arrivée de la crue non laminée.

6.4 Hydraulique des évacuateurs

Comme mentionné plus tôt dans le rapport, le barrage est composé d'un seuil avec deux ponceaux en PEHD en d'une dimension de 450 mm. La courbe d'évacuation a été obtenue à l'aide du logiciel PCSWMM. La figure ci-dessous présente la capacité d'évacuation combiné provenant du seuil et des ponceaux du barrage du lac Suzanne:

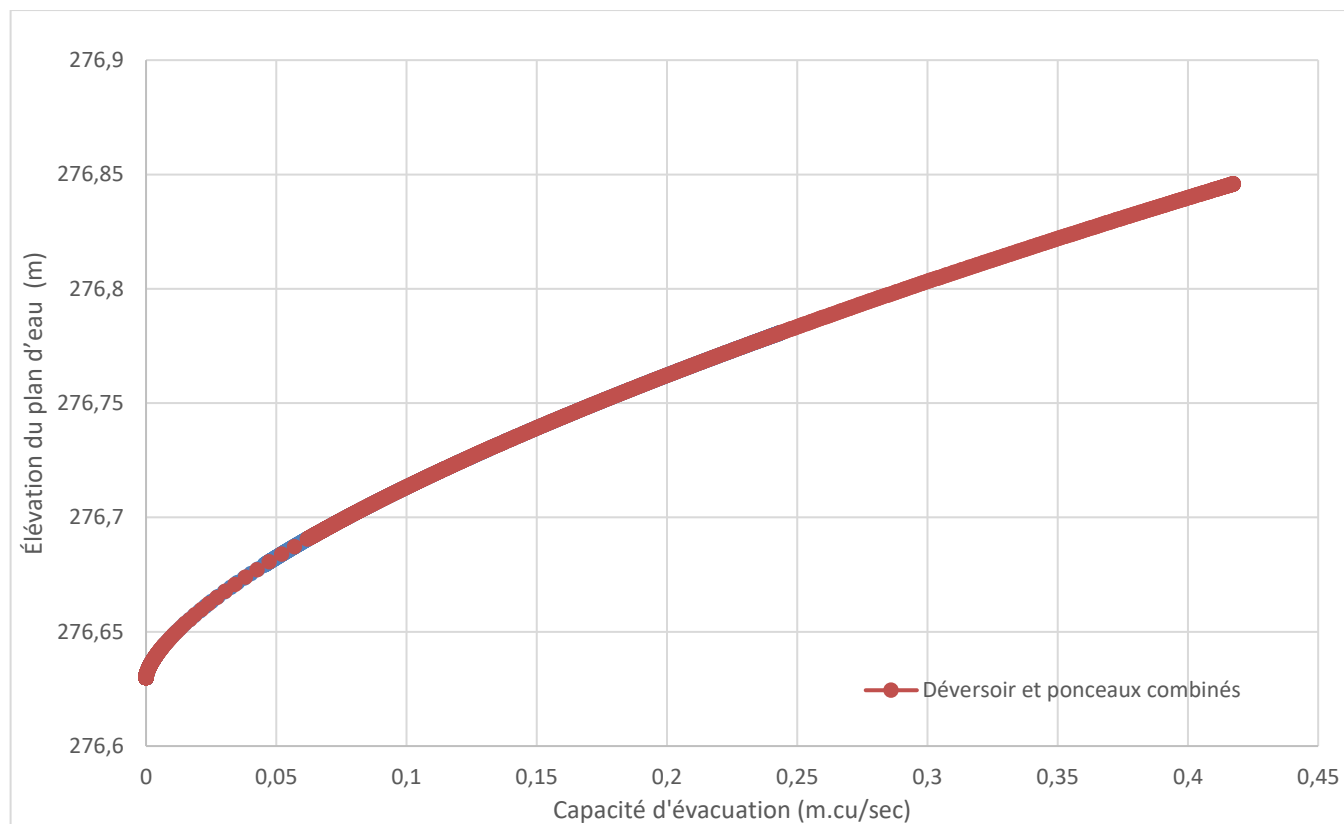


Figure 16 - Courbe d'évacuation du barrage du lac Suzanne

Afin d'évaluer la capacité d'évacuation du barrage du lac Suzanne en crue de sécurité, l'analyse de niveau du lac a été réalisée en prenant compte des hydrogrammes d'entrées possibles (SCS type II 12H), la capacité de laminage du lac et la capacité d'évacuation des ponceaux. La revanche actuelle ne permet pas de respecter le 1.0 m minimum recommandé selon le règlement.

La figure ci-dessous présente le passage de la crue de sécurité (niveau d'eau du lac) selon la méthode SCS type II 12H :

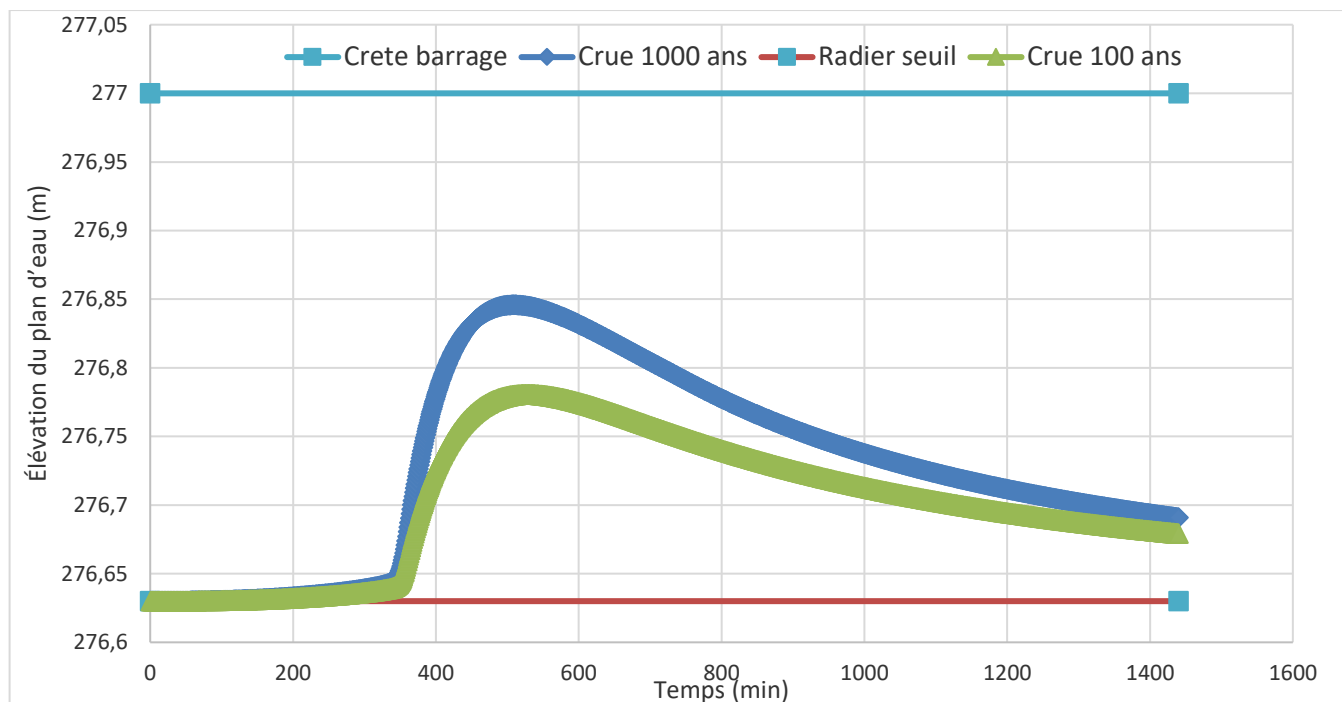


Figure 17 - Variation du niveau du lac suite au passage des différentes crues de sécurité

On peut observer que la capacité de laminage du Lac Suzanne est suffisante pour pallier la crue de sécurité obtenue selon la pluie SCS type II 12H. En comparaison avec la crue de sécurité à respecter, la capacité d'évacuation est **suffisante**. Le niveau ne passe pas par-dessus la crête du barrage. Par contre, la revanche de 1 m prévue à l'article 25 du règlement n'est pas respectée. La hauteur maximale du niveau d'eau est **276.85 m** avec la pluie SCS type II de 12 heures 1000 ans et de **276.78 m** avec la pluie SCS type II de 12 heures 100 ans. La revanche de 1 m prévue à l'article 25 du règlement n'est pas respectée au droit du barrage. La revanche obtenue est de 0,14 m pour la crue 1000ans et de 0,22m pour la crue 100 ans.

6.5 Effet des vagues

L'effet des vagues a été évalué à l'aide de méthode présentée par Daniel Lavallée « Évaluation de la remontée des vagues sur des barrages en milieu forestier créant des retenues modestes ». Pour une période de retour de 10 ans, la remontée des vagues sur le parement amont est évaluée à 0,27 m. Pour une période de retour de 100 ans, la remontée des vagues sur le parement amont est évaluée à 0,32 m.

6.6 Revanche

La revanche d'un barrage se définit comme la différence verticale entre le niveau d'eau au passage de la crue de sécurité et la crête du barrage. Il est évident que ce paramètre doit être surveillé étroitement dans le cas des barrages.

Après analyse des différentes crues de sécurité, on peut remarquer que la revanche disponible n'est pas supérieure à 1 mètre pour le barrage, section centrale. Celle-ci est donc **non-conforme** au règlement.

Toutefois, suivant l'ensemble des analyses hydrologiques réalisées, l'effet des vagues ainsi que le type d'évacuateur, nous considérons que la revanche obtenue de 0,25 m est **insuffisante**. Des travaux de rechargement mineurs seraient requis.

6.7 Analyse du pourtour du réservoir

Une analyse à l'aide du Lidar disponible pour la région a été réalisée et cette dernière présente un point bas avant le commencement de la digue de l'aile gauche. En effet, des élévations de +/- 277.00 ont été observées. Advenant une montée des eaux à ce niveau, les eaux pourraient contourner la digue.

Cependant, comme démontré à la section 6,4, le niveau maximal de la montée des eaux est estimé à 276.85 pour la crue 1000 ans et de 276.75 pour la crue 100 ans. Donc, les eaux ne contourneraient pas le barrage X0005034.

7 GÉOTECHNIQUE

L'étude géotechnique ainsi que les analyses complètes de stabilité ont été réalisées par PG Expertise. Le rapport complet est disponible à l'annexe 5.

7.1 Géomorphologie

Selon les cartes des dépôts meubles de la région, le barrage X0005034 se situe dans une zone comprenant du till en couverture généralement continue. Le sol en place serait un diamicton en couverture généralement continue comprenant principalement des faciès de fond et d'ablation, et dont l'épaisseur est supérieure à 1m.

7.2 Séismicité et liquéfaction

Le barrage est situé dans la zone sismique no 4 à l'échelle du Québec, on retrouve des zones catégorisées allant de 1 jusqu'à 5, et on peut considérer le barrage X0005034 comme moyennement affecté par d'éventuelles secousses sismiques.

À la suite des analyses de stabilités réalisées à l'aide des données de la Commission géologique du Canada (désagréations sismiques du site à l'étude), le barrage **est sujet au phénomène de liquéfaction**. Le tableau suivant présente les résultats :

Forage	Épaisseur du dépôt	Liquéfaction	Tassements
Barrage	6,9 m	OUI (F.S. < 1,0)	110 mm

La valeur étant obtenue à l'aide d'indice N, ces derniers peuvent sous-estimer la capacité d'un sol à résister aux séismes.

7.3 Stabilités du barrage et de sa digue

Après l'analyse des différents cas de chargements possibles provenant de l'étude hydrologique et hydraulique, voici les facteurs de sécurité du barrage X0005034 :

Analyse	Type d'analyse	Facteur de sécurité (F.S.)	Remarque
Coupe chainage 0 + 046			
Conditions normales d'exploitation	Morgenstern-Price	Aval : 1,39 < 1,5 Amont : 3,38 > 1,5	Non-conforme.
Crue de sécurité	Morgenstern-Price	Aval : 1,39 < 1,5 Amont : 3,88 > 1,5	Non-conforme.
Pseudo-statique (1 : 2475)	Morgenstern-Price	Aval : 1,05 > 1,00 Amont : 1,98 > 1,00	Conforme en aval et amont
Coupe chainage 0 + 059			
Conditions normales d'exploitation	Morgenstern-Price	Aval : 1,53 > 1,5 Amont : 3,11 > 1,5	Conforme.
Crue de sécurité	Morgenstern-Price	Aval : 1,54 > 1,5 Amont : 3,01 > 1,5	Conforme.
Pseudo-statique (1 : 2475)	Morgenstern-Price	Aval : 1,09 > 1,00 Amont : 1,64 > 1,00	Conforme.
Coupe chainage 0 + 075			
Conditions normales d'exploitation	Morgenstern-Price	Aval : 1,50 = 1,5 Amont : 2,52 > 1,5	Conforme.
Crue de sécurité	Morgenstern-Price	Aval : 1,53 > 1,5 Amont : 2,23 > 1,5	Conforme.
Pseudo-statique (1 : 2475)	Morgenstern-Price	Aval : 1,07 > 1,00 Amont : 1,32 > 1,00	Conforme.

Le cas de vidange rapide n'a pas été analysé puisque la vidange se réalise sur plusieurs heures, ce qui a un effet négligeable sur la stabilité de la digue. Deux facteurs de sécurités sont légèrement inférieurs aux règles de l'art, des mesures correctives sont donc à prévoir au droit de ce chainage.

7.4 Érosion interne

Une analyse par éléments finis a été réalisée afin d'évaluer le potentiel d'érosion interne du barrage et de la digue. Il est possible d'affirmer que le barrage n'est pas susceptible au phénomène d'érosion interne (gradient de 0,5 m/m qui est inférieur au gradient critique de 1m/m). Considérant que de l'eau provenant de la digue se trouve au bas de la pente aval, il est recommandé de vérifier à chaque année si cette eau contient des sédiments.

7.5 Érosion externe

Considérant la taille de l'enrochement pour le déversoir, il est d'avis que le barrage n'est pas susceptible à l'érosion externe. Cependant, lors de chaque nouvelle inspection, le géotechnicien devra s'assurer de valider la présence d'érosion le long du déversoir.

8 CONSÉQUENCES D'UNE RUPTURE

Pour évaluer le comportement du cours d'eau en aval du barrage, une analyse de l'onde de rupture a été effectuée. Mentionnons que cette analyse est très complexe et qu'elle dépend de plusieurs paramètres variables. Par exemple, l'abondance et l'état de la végétation riveraine, la sévérité de la crue provenant du bassin et de la résistance des autres infrastructures (ponts, barrages) à la vague créée par la rupture sont des éléments qui ont un impact important sur le laminage de débit. Naturellement, tous ces paramètres sont difficiles à analyser et à intégrer dans un modèle global. Par conséquent, cette analyse devrait être interprétée comme un estimé présentant un ordre de grandeur plutôt qu'une analyse exhaustive. Afin d'analyser l'impact de la rupture du barrage sur le territoire en aval, une modélisation numérique à l'aide du logiciel HEC-RAS a été réalisée.

8.1 Méthodologie

L'étude de rupture du barrage du lac Suzanne a été réalisée à l'aide du logiciel HEC-RAS (version 6,3,1) du US Army Corps of Engineers (USACE). Un modèle hydraulique 2D a été défini selon un maillage de 10 x 10 m modélisé du barrage (0+000) jusqu'au point d'atténuation considéré (1+770) et un maillage plus raffiné de 2 x 2 m. a été défini au niveau du cours d'eau et du milieu humide. Le LIDAR a été obtenu à la suite des cartes interactives des données écoforestières (forêt ouverte) afin de servir de relief pour produire le modèle terrain. Les coefficients de Manning du modèle ont été définis selon le type d'occupation observé et la description du Manuel des ponceaux du MTQ (2020). La calibration du modèle a été réalisée sur une période de 6 heures en générant un débit intermédiaire, voir la section 8.4. Une condition limite de pente de 0,1 % a été définie en aval du barrage puisque c'est le lac Suzanne.



Figure 18 - Modèle 2D (HEC-RAS)

8.2 Forme de la brèche

L'hydrogramme de rupture au droit du barrage a été produit à l'aide de l'équation de Claude Marche :

Cet hydrogramme a ensuite été incorporé en tant que condition limite amont du modèle. Il a été considéré que la brèche survient lorsque le lac atteint un niveau maximum de fluctuation pour chaque scénario donné.

Les simulations sont réalisées en régime non permanent (unsteady) et les conditions initiales sont définies au débit module pour stabiliser la simulation.

Afin d'analyser l'impact de la rupture du barrage sur le territoire en aval, une modélisation numérique à l'aide du logiciel HEC-RAS a été réalisée. Une modélisation de l'écoulement en 2D a été retenue afin d'obtenir une carte d'inondation plus précise, vu le terrain relativement plat de la zone en aval.

Deux scénarios ont été évalués en lien avec l'article 18 du Règlement sur la sécurité des barrages et le niveau de conséquences de l'ouvrage :

1. En période de crue (rupture par submersion)
2. En temps sec (rupture par érosion interne)

La zone à l'étude s'étend jusqu'à l'entrée dans le marais des castors. Les rehaussements observés à cet endroit sont de l'ordre de 0,45 m pour en temps de crue et de 0,30 m pour en temps d'étiage. Le rehaussement du lac Dominique est de l'ordre de 0,6 m pour en temps de crue et de 0,50 m pour en temps d'étiage. L'analyse de l'onde de rupture s'arrête donc à 1770 mètres en aval du barrage X0005034.

Le barrage du lac Suzanne étant un barrage en terre, une brèche de forme trapézoïdale a donc été considérée comme critique dans l'aile gauche. C'est cette aile qui présente la pente la plus critique ainsi que le potentiel de débit de point le plus grand. La brèche hypothétique la plus susceptible de survenir au barrage correspond à une brèche par érosion interne survenant au sein du remblai. La brèche est évaluée selon une forme trapézoïdale qui prend forme graduellement dans le temps.

Pour une brèche par érosion interne, le temps T est considéré à partir du moment où l'érosion du remblai au droit de l'orifice est telle que le remblai est déstabilisé et s'affaisse, laissant place à une brèche par surverse des eaux.

HEC-RAS recense plusieurs études américaines qui proposent différents paramètres de H et T pour la brèche, mais au Québec, les critères généralement considérés sont ceux définis par Hydro-Québec pour ses barrages, lesquels sont rapportés par Claude Marche.

Aux fins de cette cartographie, l'étendue du territoire affecté est établie en ajoutant le débit de brèche à celui correspondant à une crue milléniale jusqu'à un point d'atténuation ou de restriction, tel que la confluence avec un lac important, une rivière principale ou un autre barrage.

Le barrage X0005034 étant un barrage en terre, une brèche de forme trapézoïdale avec les paramètres suivants a été considérée :

Paramètre	Temps sec	Temps crue
Élévation, base de la brèche (aval)	273,40 m	273,40 m
Élévation de la crête de la brèche (niveau d'eau amont)	276,63 m	276,75 m
Largeur à la base	11,92 m	13,40 m
Hauteur effective de la brèche	3,23 m	3,35 m
Pente	1V : 1H	1V : 1H
Largeur à la crête effective	19,38 m	20,1 m
Temps d'arrivée du débit de pointe	5 minutes	5 minutes
Temps de formation de la brèche complète	30 minutes	30 minutes

Une brèche dans l'aile gauche qui a été retenue puisque c'est la section la plus critique du barrage et qui permet la plus haute hauteur de brèche. Selon l'étude géotechnique, le roc a été atteint à une profondeur de 6,0 à 7,0 mètres. Ainsi, selon les logs de forage, la fondation du barrage est composée d'un sable silteux. Un des forages a été arrêté à 7,93m de profondeur. La rupture proposée est donc conservatrice et correspondrait à la pire brèche que le barrage pourrait subir.

8.3 Débit de rupture

Les ouvrages en terre et enrochement permettent généralement le développement d'une brèche en 30 minutes. Une brèche trapézoïdale dont la largeur au fond sera égale à quatre fois la hauteur maximale de l'ouvrage. Les parois latérales de cette brèche seront inclinées à 45 degrés.

La hauteur d'eau en amont de la digue est estimée à la hauteur maximale atteinte lors du laminage de la crue pour en temps de crue et au niveau d'exploitation pour en temps sec.

L'hydrogramme de la brèche du barrage est présenté à la figure ci-dessous selon les deux scénarios :

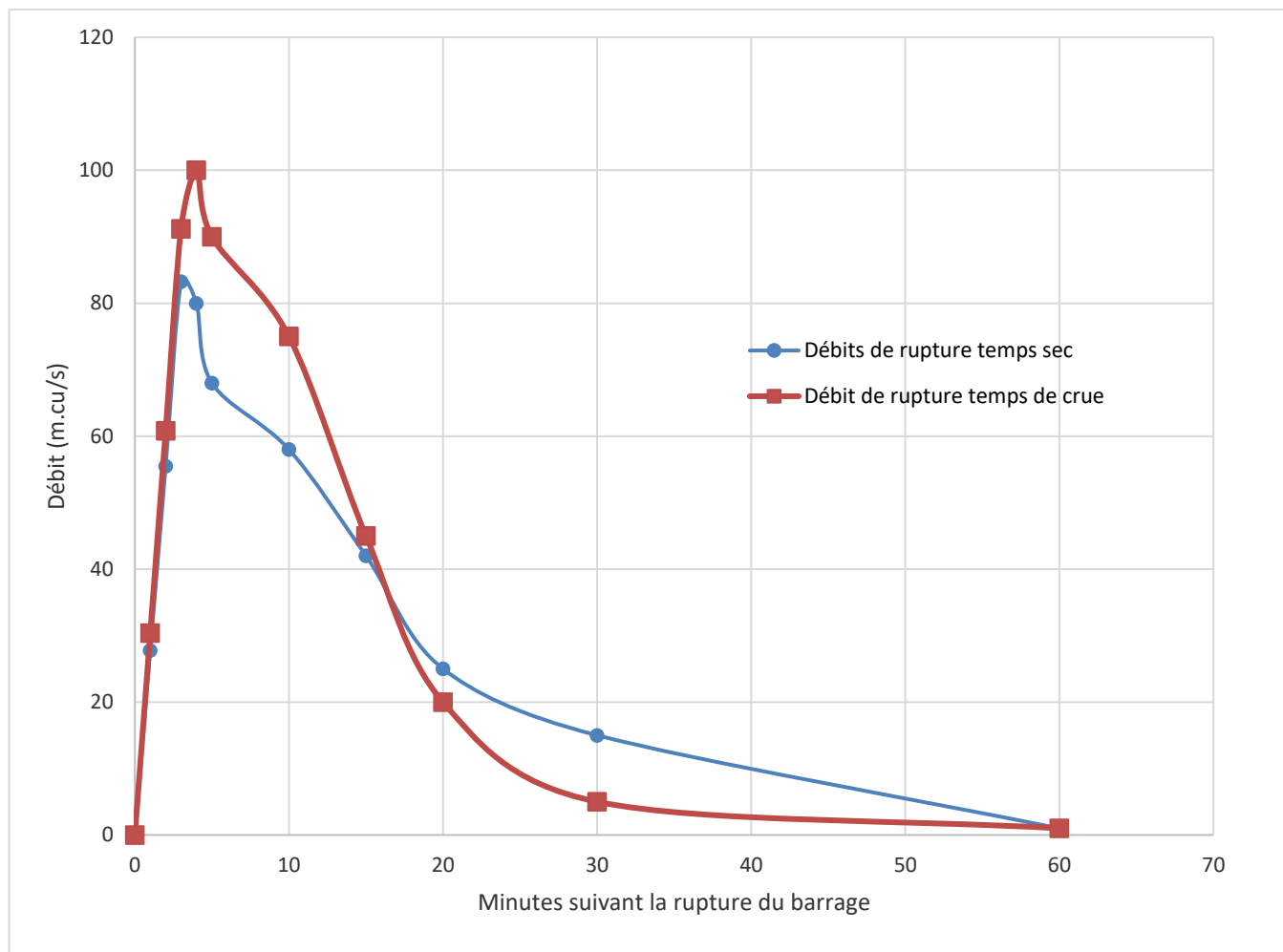


Figure 19 - Brèche de rupture du barrage

Un débit de pointe d'approximativement 101 m³/s est obtenu à l'aide de la brèche considérée au point 8,2 pour en temps de crue et d'environ 83.00 m³/s pour en temps sec. La vidange complète du lac est très rapide, après environ 1 à 2 heures.

8.4 Débits intermédiaires

Aucun débit intermédiaire n'a été considéré puisqu'aucun cours d'eau intermédiaire n'est présent dans la zone en aval affectée par la rupture du barrage.

8.5 Description du territoire en aval du barrage

De toute évidence, les paramètres physiques de la vallée présents en aval de la digue de fermeture présentent une grande importance pour la propagation de l'onde de rupture. Les paramètres tels que la distance, la forme, la pente et la couverture de la surface terrestre exercent une forte influence pour la dissipation de la crue provoquée par la rupture. À la suite de l'inspection réalisée, plusieurs résidences ont été observées en aval du barrage incluant également quelques routes locales. La majorité du bassin se trouvant en aval présente un couvert très peu urbanisé. Le tableau ci-dessous présente les différentes sections d'écoulement le long de la zone à l'étude.

Tableau 8 - Section d'écoulement en aval du barrage X0005034 lors d'une rupture¹

Chaînage	Chaînage fin de section	Infrastructure
0 + 000	N / A	Barrage X0005034
0 + 000	0+250	Section forte pente directement en aval du barrage et entrée dans le lac Dominique
0 + 890	0 + 900	Chemin de la Paix
0 + 900	1 + 770	Chemin Fillion

¹ : Les kilomètres ont été mesurés à partir du barrage X0005034 du lac Suzanne.



Figure 20 - Localisation des infrastructures en aval du barrage

8.6 Propagation de l'onde de rupture

En analysant l'onde de rupture du barrage et les infrastructures en aval, la majorité des dommages serait au niveau de la structure elle-même et au chemin de la Paix. Une partie de la crue de rupture pourrait être laminée par les sections d'écoulement présentes soit le lac Dominique et le marais au Castor.

8.7 Vulnérabilité de la zone en aval du barrage

Le tableau 10 résume les infrastructures et zones vulnérables pouvant être affectées par la rupture du barrage X0005034. Une cartographie de ces zones est présentée à l'annexe 2. L'analyse des résidences touchées selon la carte d'inondation est complétée et disponible en annexe 2.

Il est important de mentionner que l'étude du territoire a révélé que le territoire en aval présente des risques de conséquences mineurs si le barrage venait à céder. Lors d'une rupture en temps de crue et en temps sec, 0 résidence sera touchée.

Le tableau ci-dessous présente les infrastructures touchées par les deux scénarios potentiels :

Tableau 9 - Éléments considérés en aval du barrage X0005034 lors d'une rupture

Chaînage	Infrastructure	Domage anticipé	
		Barrage (X0005034) Domage anticipé	
		Temps sec	Temps crue
0 + 000	Barrage (X0005034)	Destruction du barrage, formation d'une brèche trapézoïdale	
0+250	Entrée dans le lac Dominique	Laminage modéré. Domage important à la faune et la flore.	
0+890	Chemin de la Paix et ponceau passant sous le chemin de la Paix	Dommages importants a la structure du chemin de la paix, montée des eaux par-dessus la route. Laminage modéré. Domage important à la faune et la flore.	
1+770	Chemin Filion et ponceau passant sous le chemin Filion	Dommages mineurs à prévoir, montée des eaux. Aucun domage pour l'infrastructure du chemin Filion.	

8.8 Niveau d'eau observé

Les différents scénarios de rupture étudiés ont permis de démontrer qu'aucune résidence ne sera touchée.

8.9 Niveau de conséquences

Comme aucune infrastructure d'importance (résidence permanente, route collectrice, ligne de transport d'énergie, etc.) ne serait sévèrement endommagée par le passage de l'onde de rupture du barrage, le niveau de conséquence d'une éventuelle rupture du barrage X0005034 situé à l'exutoire du lac Suzanne est « **faible** ».

Selon les élévations obtenues, le niveau de revanche du barrage de faible contenance du lac Dominique est de +/- 0.6m ce qui est l'équivalent du rehaussement du lac advenant la rupture du lac Suzanne. Les chances de rupture de barrage en cascade restent faibles et négligeables. Advenant une telle rupture, les débits seraient laminés dans le marais au Castor et n'engendreraient pas de dommage supplémentaire.

9 CLASSEMENT GLOBAL DU BARRAGE

Le classement du barrage a été fait en fonction des éléments mentionnés précédemment dans le rapport. Certaines informations ont été tirées de la fiche technique du barrage X0005034 produite par le Centre d'expertise hydrique du Québec. Le tableau 12 présenté ci-dessous résume les principaux paramètres qui ont servi à établir le classement du barrage.

Tableau 10 - Classification du barrage X0005034

Barrage du lac Suzanne

Classification d'une structure de retenue

Règlement sur la sécurité des barrages - Chapitre III Section I

Plan d'eau : **Lac Suzanne**

Nom du barrage : **S/O**

Numéro : **X0005034**

Date : **25-sept-24**

Paramètre physique		Déversoir principale		Digue droite		Digue gauche	
			(Points)		(Points)		(Points)
Hauteur	[A1]	3,06	1,0	3,4m	1,0	3,22	1,0
Type de structure	[A2]	Terre	10,0	Terre	10,0	Terre	10,0
		Alluvions ou nature		Alluvions ou nature		Alluvions ou nature	
Fondations	[A3]	inconnue	10,0	inconnue	10,0	inconnue	10,0
Volume de retenue	[A4]	72000 m3	1,0	72000 m3	1,0	72000 m3	1,0
Paramètres physiques (VC)	[A]		5,5		5,5		5,5
Paramètre variable							
Âge	[B1]	61 ans	1,0	61 ans	1,0	61 ans	1,0
Zone de sismicité	[B2]	4	6,0	4	6,0	4	6,0
Fiabilité	[B3]	Acceptable	5,0	Acceptable	5,0	Acceptable	5,0
État	[B4]	Acceptable	5,0	Acceptable	5,0	Acceptable	5,0
Paramètres variables (VV)	[B]		3,3		3,3		3,3
Paramètre de conséquence	[C]	Faible	2,0	Faible	2,0	Faible	2,0
Pointage final (A x B x C)			46,75				46,75
Mesure de la vulnérabilité V = VC * VV			23,40				
Pointage maximal			46,75				
Classement du barrage selon le répertoire des barrages			C				
Classe du barrage (selon art. 74)			C				

Tel qu'on peut le voir dans le tableau 11, le pointage du barrage lui attribue la **classe C**. Cette dernière information, jointe à la catégorie administrative et au niveau des conséquences, permet de compléter le classement du barrage. Ce classement indique la marche à suivre lors de l'évaluation de la sécurité du barrage. Ainsi, avec le présent classement, on doit exposer les correctifs à apporter et discuter du calendrier de mise en œuvre.

Selon l'article 41 du règlement sur la sécurité des barrages, le barrage X0005034 doit suivre les activités de surveillance ci-dessous :

Activité de surveillance	Classe C
Visite de reconnaissance	2 par année
Inspection	1 aux 5 ans

10 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'évaluation de la sécurité a permis d'avoir une meilleure idée de l'état actuel du barrage du lac Suzanne en effectuant principalement une inspection détaillée de toutes ses composantes, une étude hydrologique et hydraulique du bassin versant, une étude d'onde de rupture ainsi qu'une analyse de stabilité du barrage. Ces analyses ont permis d'établir un calendrier des différentes interventions requises à court, moyen et long terme.

Malgré tout, l'aspect sécuritaire du barrage est jugé « acceptable » à la suite de l'évaluation de la sécurité complète du barrage. La crête et la revanche du barrage n'est pas conforme aux exigences du Règlement sur la sécurité des barrages ainsi que des règles de l'art. Des travaux mineurs de rechargement de la digue afin d'obtenir une revanche sécuritaire sont requis.

Au niveau hydraulique, les évacuateurs actuels (deux ponceaux de 450 mm dia. en PEHD) permettent d'évacuer la crue de sécurité d'une récurrence de 1 : 100 ans.

Au niveau géotechnique, le barrage est susceptible au phénomène de liquéfaction avec des tassements estimés à 110 mm. Au niveau de la stabilité de la digue, elle rencontre la majorité des facteurs de sécurités assurant sa stabilité à long terme sauf en aval près du chainage 0 + 046. Des travaux correctifs sont à prévoir afin d'obtenir les facteurs de sécurités requis. La qualité du remblai est qualifiée de pauvre avec présence de débris sous forme de bois. Il y a présence de sédiments et d'ocre ferreux en aval de la digue également.

En conclusion, le barrage du lac Suzanne, construit en 1963, est en bon état.

Il est important de mentionner que l'étude du territoire a révélé que le territoire en aval présente des risques de conséquences mineurs si le barrage ne venait qu'à céder. En effet, le territoire se situant entre l'exutoire du barrage serait faiblement endommagé. Les cartes d'inondation sont présentées à l'annexe 2.

11 ÉCHÉANCIER DE RÉALISATION DES CORRECTIFS

Afin de s'assurer de l'entretien du barrage et de la pérennité de l'ouvrage, les observations annuelles suivantes sont recommandées lors des visites de reconnaissance.

Numéro des travaux correctifs	Recommandations	Réalisation (d'ici la fin de l'année)
1	Considérant que de l'eau provenant de la digue se trouve au bas de la pente aval, il est recommandé de valider chaque année l'apport en sédiments. Effectuer un suivi sur la présence de sédiments dans l'enrochement en aval des ponceaux lors de chaque visite de reconnaissance du barrage.	À chaque visite de reconnaissance
2	Effectuer une visite de suivi moins de 24h suivant un séisme.	Suivant chaque séisme

Afin d'assurer la sécurité du barrage et à la suite de l'évaluation de sa condition, un échéancier de réalisation des travaux correctifs est présenté ci-dessous :

Numéro des travaux correctifs	Recommandations	Réalisation (d'ici la fin de l'année)
Travaux correctifs recommandés pouvant affecter la sécurité de l'ouvrage		
1	S'assurer de l'enlèvement de la petite végétation au bas des talus afin d'éviter tout risque d'instabilité des berges et talus.	Annuel
2	Rechargement de la crête de la digue sur l'aile gauche et droite afin d'obtenir une revanche sécuritaire	2030
3	Réaliser des investigations géotechniques (géo-radar) afin de statuer sur le potentiel présence de vides dans le remblai du barrage.	2030

4	Réalisation d'une analyse au piézocône sismique afin d'obtenir un meilleur portait des sols en place et du tassement post-liquéfaction.	2030
5	Procéder à des travaux correctifs sur la digue gauche en amont et en aval afin de respecter les normes de sécurités minimales	2030

Annexe 1 – Bassin versant

Annexe 2 – Cartes crues d'inondation

Annexe 3 – Fiche technique du barrage
X0005034

Annexe 4 – Plan des mesures d'urgence du
barrage du Lac Suzanne
(X0005034)

Annexe 5 – Étude géotechnique et analyse de stabilité

Annexe 6 – Étude bathymétrique de L'Université de Montréal (2009)

Annexe 7 – Calcul de la remontée des vagues

Annexe 8– Rapport d’inspection

