



Sayona Québec inc.

Projet Authier

La Motte, QC

Rapport technique

**Étude de rupture des digues des bassins BC1,
BC2, BC3 et BC4**

N° document **BBA** / Rév. : 6015021-000000-41-ERA-0001 / R00

8 décembre 2020

FINAL

Préparé par:
Abdellah Mahdi, CPI.
OIQ no. 5089935

Préparé et vérifié par :
Zoubir Bouazza, ing.
OIQ no. 135212



HISTORIQUE DES RÉVISIONS

Révision	État du document – Description de la révision	Date
R00	Final	2020-12-08

Ce document est préparé par BBA pour le seul bénéfice de son Client et ne peut être utilisé par aucune autre partie et pour aucune autre fin sans le consentement préalable écrit de BBA. BBA ne sera en aucun cas responsable des dommages, pertes, réclamations ou frais quels qu'ils soient découlant ou en relation avec l'utilisation de ce document par toute autre personne que le Client.

Bien que les informations contenues dans ce document soient fiables sous réserve des conditions et limitations qui y sont prévues, ce document est fondé sur des informations qui ne sont pas sous le contrôle de BBA ou que BBA n'a pu vérifier; par conséquent, BBA ne peut en garantir la suffisance et l'exactitude. Les commentaires contenus dans ce document reflètent l'opinion de BBA à la lumière des informations disponibles au moment de la préparation du document.

L'utilisation de ce document confirme l'acceptation de ces conditions.

TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction et mise en contexte.....	1
2. Objectifs.....	2
3. Documents de référence et exigences réglementaires.....	2
4. Données de bases et documents de référence.....	3
5. Methodologie.....	3
6. Étape de l'analyse.....	4
6.1 Description sommaire du plan d'aménagement et des bassins d'eau.....	4
6.2 Paramètre de la brèche hypothétique.....	5
6.3 Scénarios de la rupture.....	5
6.4 Modèle numérique.....	6
7. Résultats préliminaires.....	7
8. Estimation préliminaire du niveau de conséquences.....	8
9. Conclusion et recommandations.....	11
10. Références.....	12

LISTE DE TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des digues des bassins.....	4
Tableau 2 : Paramètres des brèches potentielles.....	5
Tableau 3 : Débits de pointe estimés selon les scénarios analysés.....	6
Tableau 4 : Volume évacué lors de la rupture pour chaque bassin.....	6
Tableau 5 : Inventaire des infrastructures situées en aval des bassins (digues) et risque d'inondation en cas de rupture.....	9
Tableau 6 : Temps d'arrivée de l'onde de rupture aux principaux points stratégiques.....	10
Tableau 7 : Évaluation des pertes et classement préliminaire des digues des bassins.....	11

LISTE DE FIGURES

Figure 1 : Localisation du projet Authier (Sayona, 2020)	1
Figure 2 : Zones d'inondation des ruptures de digues	7
Figure 3 : Localisation des composantes sensibles	8

ANNEXES

Annexe A : Variation temporaire de la propagation de la crue

1. INTRODUCTION ET MISE EN CONTEXTE

Le projet Authier (Figure 1) vise l'exploitation d'un gisement de lithium pour un horizon de temps estimé à 14 ans. Il est prévu la construction de quatre bassins pour stocker et gérer les eaux de ruissellement (eaux de contact) du site minier. La localisation des bassins est montrée à la Figure 2.

Le présent document constitue une étude préliminaire des ruptures potentielles des digues pour les quatre bassins (BC1, BC2, BC3 et BC4). Cette analyse fait partie intégrante de la gestion des risques du projet et constitue une exigence vis-à-vis de la réglementation en vigueur.

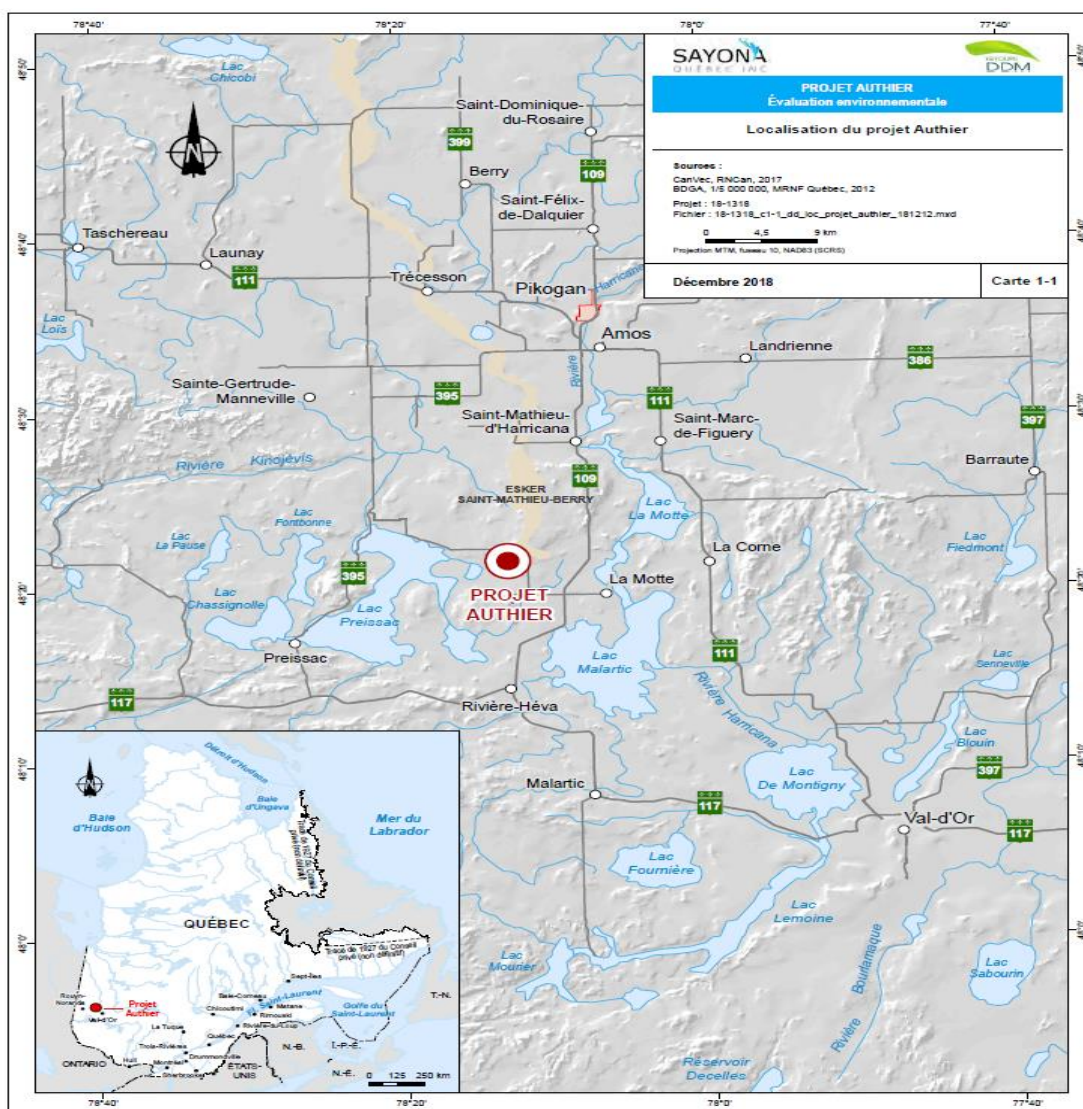


Figure 1 : Localisation du projet Authier (Sayona, 2020)

2. OBJECTIFS

L'objectif principal de cette étude préliminaire est d'identifier les conséquences d'une rupture potentielle d'une des digues de chaque bassin et de faire le classement des digues.

3. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE ET EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES

Les barrages miniers situés sur des cours d'eau et ou des plans d'eau non mentionnés dans le Répertoire Toponymique du Québec ou dans l'un de ses suppléments ne sont pas assujettis à la *Loi sur la sécurité des barrages* (LSB) du Québec (Chapitre 1, Article 2). Toutefois, le promoteur doit faire une demande de non-assujettissement à la LSB auprès de la Direction des barrages du Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques) avant de demander les permis de construction.

Nonobstant le fait que ces barrages ne soient pas assujettis à la LSB, les recommandations de l'Association Canadienne des Barrages (ACB) notamment le Bulletin technique 14 : Application des recommandations de sécurité des barrages aux barrages miniers (ACB, 2014) demeurent applicables.

Par conséquent, la présente analyse pour la classification des digues des quatre bassins de gestion de l'eau du site Authier a été faite en se basant sur les guides de l'ACB. Cette analyse a été menée conformément aux lois, règlements et guides suivants :

1. Loi sur la sécurité des barrages (LSB);
2. Règlement sur la sécurité des barrages (RSB);
3. Directive 019 sur l'industrie minière (MDDEP, 2012), et
4. Guides de l'Association Canadienne des barrages (ACB/CDA, 2013, 2014).

La *Loi sur la sécurité des barrages* et le Règlement sur la sécurité des barrages sont spécifiques aux barrages de réserve d'eau (barrages conventionnels) et ne couvrent pas les barrages de parcs à résidus miniers ni les retenues de matériaux contaminés. Le cas spécifique de la rupture de ces ouvrages implique à la fois des aspects quantitatifs : crues et inondations des biens humains et matériels, et des aspects qualitatifs : transport de contaminants et de sédiments et impacts sur l'environnement. La Directive 019 donne les principaux critères de conception et de sécurité de tels ouvrages.

Les guides de l'ACB ont émis des recommandations spécifiques aux barrages miniers (associés aux parcs à résidus). La réglementation exige une étude d'évaluation de sécurité pour tout barrage. L'étude d'évaluation de la sécurité vise à caractériser le régime hydrologique, à calculer les ondes de rupture du barrage et à en évaluer les conséquences, à établir la stabilité et la pérennité de l'ouvrage et, finalement, à produire des recommandations pour le plan de la gestion

des eaux retenues ainsi qu'un plan de mesures d'urgence et éventuellement un plan d'intervention.

Plus particulièrement, un plan de mesures d'urgence (PMU) doit être préparé, testé, divulgué et maintenu à jour pour tout barrage incluant un barrage en construction ou un batardeau, dont la rupture pourrait entraîner des pertes de vies, ainsi que tout barrage pour lequel une annonce à l'avance permet de réduire les dommages en amont et/ou en aval (ACB, 2013).

Pour un barrage, un PMU est un plan formel écrit qui identifie les procédures et le processus que les gestionnaires du barrage doivent suivre en cas de rupture survenant au barrage. Les mesures d'urgence sont les mesures qui doivent être mises en œuvre advenant une rupture du barrage.

4. DONNÉES DE BASES ET DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Les données de base et les documents de référence consultés et/ou utilisés dans la présente étude sont :

- BBA. 2020. Plans de conception des bassins de stockage (Étude de faisabilité)
- BBA. 2020. Rapport technique : Plan préliminaire de gestion des matières résiduelles. Rapport 6015021-000000-4E-ERA-0001 / R00
- BBA 2019. Rapport technique : Mise à jour du plan de gestion des eaux et bilans d'eau du site Authier. Rapport 6015013-000000-41-ERA-0001 / RAA
- Canadian Dam Association. 2020. Guidelines for Tailings Dam Breach Assessment. Draft Technical Bulletin, prepared by Tailings Dam Breach Working Group
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Gouvernement de Québec. Données topographie de site (Lidar 1m x 1m)
- Ministère du développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). 2012. Directive 019 sur l'industrie minière
- Modèles hydrologie et de simulation numérique des écoulements (HEC-RAS 5.0.7. HES-HMS 4.2.1)
- Sayona Québec. 2020. Étude d'impact environnementale.
- SNC-Lavalin. 2018. Documents de description du milieu hydrologie à la mine Authier. Rapport 653655-0000-4HER-0001

5. METHODOLOGIE

Compte tenu du statut du projet Authier, les bassins et leurs digues étant encore au stade d'études, l'analyse de risques liés aux ruptures potentielles de ces bassins requiert une analyse

de haut niveau, sans trop de détails. Toutefois, la présente analyse a davantage développée que le contenu minimum requis. Les éléments suivants ont été considérés pour l'élaboration de cette étude :

- Revue des plans de conception de chaque bassin;
- Identification des hypothèses de la rupture : scénarios de rupture et formation de brèches;
- Application d'un modèle numérique bidimensionnel pour simuler la crue générée suite à une rupture;
- Génération des cartes d'inondation pour estimer les pertes et le niveau de conséquences en aval de chaque bassin;
- Classement des digues et préparation de recommandations pour les stades ultérieurs du projet.

6. ÉTAPE DE L'ANALYSE

6.1 Description sommaire du plan d'aménagement et des bassins d'eau

La revue des plans de conception, a permis de configurer les digues et les bassins d'eau qui leur sont associés. Le tableau 1 présente une synthèse des caractéristiques de chaque bassin. Le volume d'eau maximal stocké dans chaque bassin correspond à l'élévation du seuil du déversoir d'urgence.

Tableau 1 : Caractéristiques des digues des bassins

Bassin	Hauteur de la digue (m)	Capacité de stockage (m ³)	Élévation de la crête de la digue* (m)	Élévation du pied de la digue (m)	Longueur de la digue (m)	Élévation du seuil de déversoir d'urgence (m)
BC1	2.30	68 391	327	324.7	207.1	325
BC2	1.80	32 823	336.5	334.7	212.2	335
BC3	2.50	119 404	311.5	309	582.2	310
BC4	2.5	141 349	314.5	312	257.1	313

Notes : * : le niveau de l'écran imperméable (étanche) se trouve environ 0.5 m en dessous de la crête!

Pentes aval des digues : 3H : 1V

Pentes amont des digues : 2.5H : 1V

6.2 Paramètre de la brèche hypothétique

Les paramètres de la brèche de la rupture ont été estimés en se basant sur les recommandations et les bonnes pratiques sur la sécurité des barrages notamment le document de l'ACB-CDA (2013). Ces paramètres sont résumés au Tableau 2 :

Tableau 2 : Paramètres des brèches potentielles

ID	Hauteur de la brèche (m)	Largeur à la base (m)	Pentes latérales (H :V)	Durée de formation (h)
Bassin BC1	2,30	9,2	1 :1	0,5
Bassin BC2	1,8	7,2	1 :1	0,5
Bassin BC3	2,5	10	1 :1	0,5
Bassin BC4	2,5	10	1 :1	0,5

6.3 Scénarios de la rupture

Deux principaux scénarios de ruptures ont été supposés :

1. Rupture en temps sec : la rupture débute à cause des fissurations dans la digue (*Piping*).
2. Rupture en temps de crue : la rupture est causée par la submersion de la digue par de l'eau stockée dans le bassin (*Overtopping*).

L'hydrogramme de la rupture pour chaque scénario a été établi en utilisant le modèle hydrologique HEC-HMS (et/ou HEC-RAS) qui est capable de générer l'hydrogramme en se basant sur la configuration de la brèche, les dimensions des digues et les capacités d'emmagasinement des bassins. Pour le deuxième scénario, le débit total évacué est la somme du débit du déversoir d'urgence et de la brèche étant donné que la rupture est supposée se produire durant la crue maximale probable. Pour ce scénario, le niveau d'eau initial a été considéré aux mêmes élévations que celles de la crête pour chaque bassin. Le Tableau 3 présente les valeurs des débits de pointes pour chaque scénario. Le Tableau 4 présente les volumes stockés et les volumes relâchés.

Tableau 3 : Débits de pointe estimés selon les scénarios analysés

Bassin	Débit de pointe (m³/s)		
	Scénario 1	Scénario 2	
	Brèche	Déversoir	Brèche
BC1	32,50	24,00	20,00
BC2	14,60	15,60	7,40
BC3	47,80	15,60	39,70
BC4	34,00	15,60	26,60

Tableau 4 : Volume évacué lors de la rupture pour chaque bassin.

Bassin	Volume maximum (m³)	Volume évacué (m³)	%
BC1	145 638	72 420	49,7
BC2	61 969	27 390	44,2
BC3	219 654	123 390	56,2
BC4	114 508	65 880	57,5

6.4 Modèle numérique

Le modèle numérique HEC RAS 2D a été utilisé pour simuler la propagation de l'écoulement généré par la rupture de digues des quatre bassins.

Le domaine modélisé en aval des digues est le terrain naturel discrétisé à l'aide d'un maillage de 10 m x 10 m. Le coefficient de Manning a été estimé en se basant sur la nature du sol et l'occupation du sol. Une valeur de l'ordre 0,10 a été adoptée. La durée totale de la simulation est de 8 h.

Les conditions aux limites du domaine sont les plans d'eau naturels situés en aval dont l'élévation a été estimée correspondante à celle du terrain naturel ou à celle de l'étendue d'eau (atténuation complète de l'onde de crue).

7. RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

Pour le bassin BC-2, la crue de la rupture va être évacuée dans la fosse et, par la suite, il n'y aura aucun débordement dans le milieu naturel en aval. La Figure 2 montre la limite maximale des zones d'inondation.

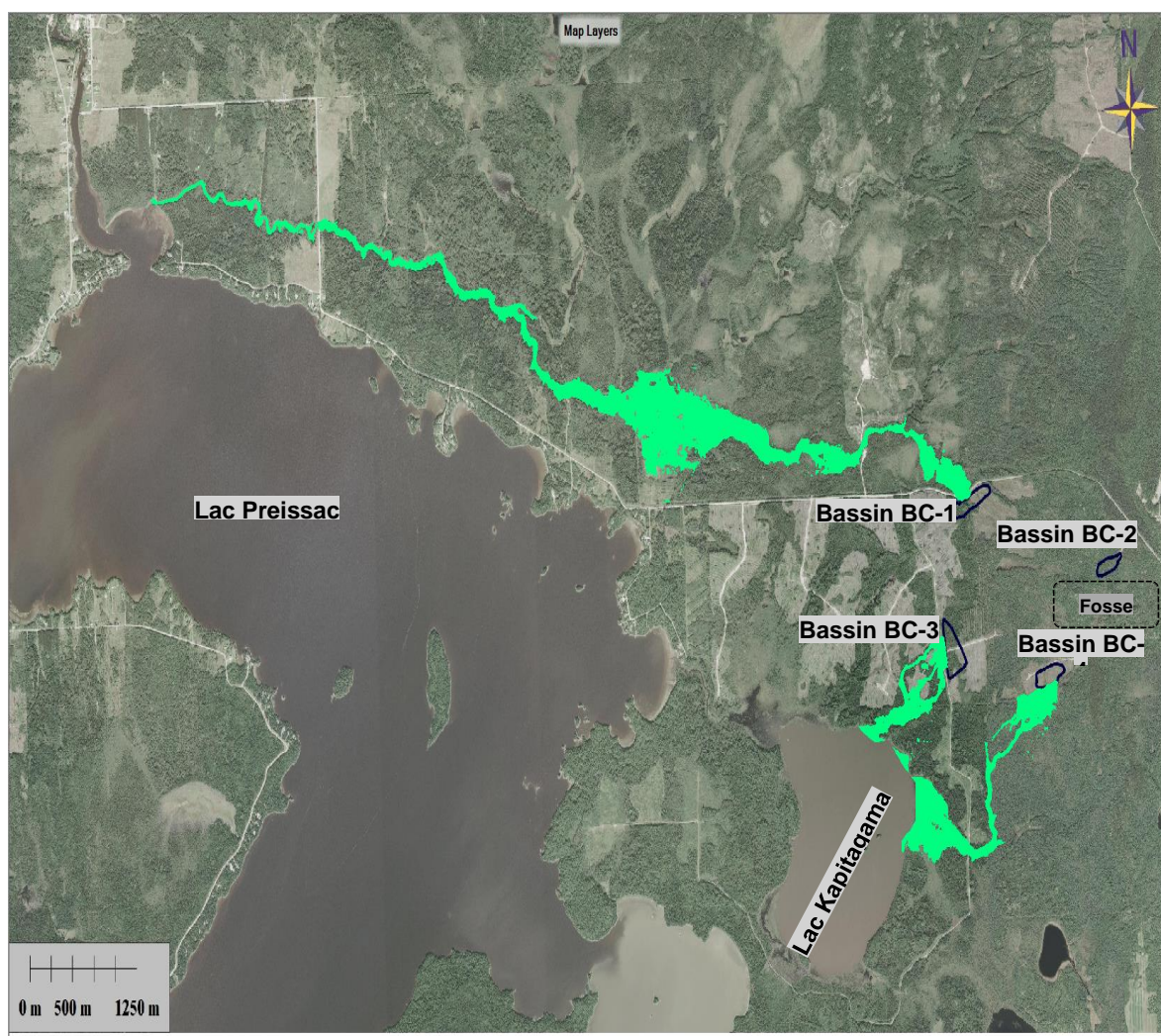


Figure 2 : Zones d'inondation des ruptures de digues

8. ESTIMATION PRÉLIMINAIRE DU NIVEAU DE CONSÉQUENCES

La comparaison des deux scénarios de simulation montre que le scénario le plus critique est celui qui est basé sur la rupture en temps de crue. Ce scénario a donc été retenu pour évaluer les conséquences. La Figure 3 présente la localisation des composantes sensibles qui se trouvent dans les environs de la zone d'étude.

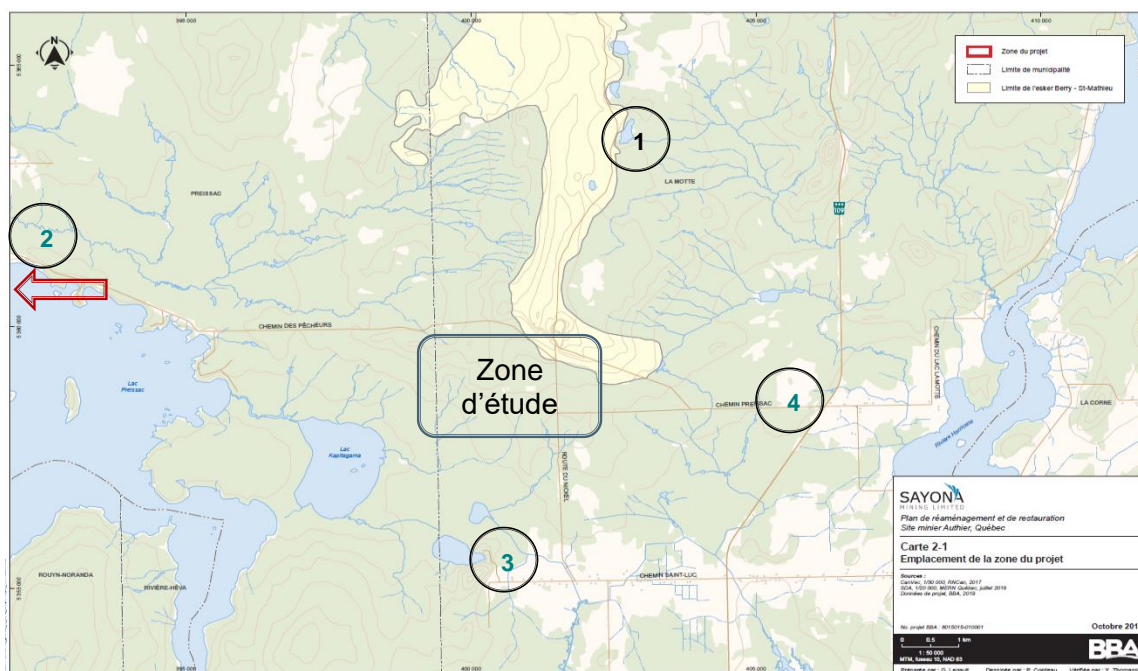


Figure 3 : Localisation des composantes sensibles

- Point 1 : Habitations situées au nord de la zone d'étude dans la municipalité de la Motte en bordure du lac Tessier.
- Point 2 : Habitations situées à l'ouest de la zone d'étude dans la municipalité de Preissac en bordure du lac Preissac.
- Point 3 : Zone agricole située au sud de la zone d'étude.
- Point 4 : Zone forestière située à l'est de la zone d'étude.

L'inventaire des infrastructures situées en aval des bassins est présenté au Tableau 5.

**Tableau 5 : Inventaire des infrastructures situées en aval des bassins (digues)
et risque d'inondation en cas de rupture**

Bassin	Infrastructure	Nombre	Probabilité	Distance (km)
BC1	- Chemin des Pêcheurs	500 m	Forte	0,1 – 1,41
	- Piste (ouvrage de franchissement)	1	Forte	-
	- Cours d'eau Preissac			1,4
BC4	- Piste d'accès	1	Forte	1,84
	- Lac Kapitagama			
BC3	- Piste d'accès	1	Forte	0,1
	- Lac Kapitagama		Forte	0,90

Aucune zone résidentielle n'a été identifiée dans la zone d'inondation en aval des bassins. La majorité de la zone est occupée par des forêts et on y retrouve des pistes d'accès et des chemins.

La rupture hypothétique du bassin BC1 pourrait avoir des conséquences faibles consistant en la détérioration du Chemin des Pêcheurs sur une courte longueur (500 m environ). L'eau n'impacterait pas le lac Preissac, mais elle pourrait se propager en aval de celui-ci à partir de son exutoire. Les habitations identifiées sur le pourtour du lac Preissac (Point 2 de la carte) ne seraient probablement pas touchées.

Le Lac Kapitagama situé en aval des bassins BC3 et BC4 pourrait être impacté mais l'impact serait temporaire et de courte durée. Il s'agit essentiellement d'une perte temporaire de l'usage limité de ce lac (pêche, loisirs, villégiature).

Finalement, la rupture du bassin BC2 qui se drainerait naturellement vers le Lac Kapitagama impacterait la fosse minière et se limiterait à celle-ci. Toutefois, vu la présence de travailleurs et d'équipements miniers dans la fosse durant la phase d'opération, les pertes pourraient être significatives. Il est estimé que moins de 10 travailleurs pourraient se retrouver dans la fosse au moment de la rupture du bassin BC2.

Il a été conclu que l'ensemble des impacts demeurent faibles à l'exception du cas du bassin BC2. Ceci est d'autant plus vrai que les volumes relâchés en cas de ruptures sont faibles (moins de 124 000 m³) et que les débits de pointe seraient dans le pire des cas de l'ordre de 50 m³/s à la sortie des bassins. Ces débits s'atténueraient rapidement sur une courte distance en aval des bassins. L'eau relâchée pourrait contenir des matières en suspension (diluées) et potentiellement des métaux dissous (p.e. nickel). Elle pourrait avoir un pH neutre à légèrement acide. Elles ne contiendraient pas de résidus miniers puisque les bassins sont physiquement indépendants du parc de co-disposition des résidus miniers et des stériles miniers. Il n'y aurait pas d'évacuation de résidus proprement dit.

Les eaux relâchées seraient rapidement diluées une fois ayant atteint les plans d'eau situés en aval des bassins (Lac Kapitagama et ruisseau Preissac).

Le Tableau 6 indique le temps d'arrivée de l'onde de rupture aux points identifiés comme étant des points stratégiques pour le plan de mesures d'urgence et le plan d'alerte.

Tableau 6 : Temps d'arrivée de l'onde de rupture aux principaux points stratégiques

Bassin	Infrastructure	Distance (km)	Temps d'arrivée de l'onde de rupture (h)
BC1	Chemin des Pêcheurs	< 0,5	< 0,1
	Piste (ouvrage de franchissement)	< 1,5	< 0,5
	Lac Preissac	10,5	< 12,0
BC3	Piste d'accès	< 0,5	< 0,1
	Lac Kapitagama	0,9	< 0,4
BC4	Piste d'accès	< 0,5	< 0,1
	Lac Kapitagama	1,8	< 1,5

Finalement, sur la base de ces estimations et des hypothèses faites à priori, le classement des digues a été établi et est présenté au Tableau 7. La méthode de classement est celle recommandée dans le guide de l'Association Canadienne des Barrages (2013).

A cause de l'impact sur le lac Kapitagama, les digues BC3 et BC4 sont classées au niveau de risque important. Toutefois, s'il s'avère que l'accès au lac est contrôlé et/ou que les activités de pêche y sont rares, ce niveau pourrait être revu à la baisse ultérieurement.

Tableau 7 : Évaluation des pertes et classement préliminaire des digues des bassins

Bassin	Pertes incrémentales			Classe
	Population/Vie humaines	Économiques (infrastructures)	Environnement et biens culturels	
BC1	Temporaire/non estimée	Chemin/route locale	Pertes à court terme et temporaires de l'usage du ruisseau en aval du Lac Preissac	Risque faible
BC4	Temporaire/non estimée	Piste Installation de traitement d'eau	Pertes à court terme et temporaires de l'usage du Lac Kapitagama	Risque important
BC3	Temporaire/non estimée	Piste	Pertes à court terme et temporaires de l'usage du Lac Kapitagama	Risque important
BC2	Temporaire-permanente / moins de 10 travailleurs	Équipements miniers dans la fosse	Très faibles	Risque Élevé

9. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'étude de rupture des digues des bassins BC1, BC2, BC3 et BC4 a permis d'identifier les zones d'inondation potentielle et de prédire le sens des écoulements, en cas d'une rupture. Les débits de pointe estimés varient entre 7,4 m³/s et 47,8 m³/s. Les cartes d'inondation ont montré qu'il y aurait un impact sur les infrastructures identifiées dans la zone, ainsi que sur la qualité de l'eau du Lac Kapitagama qui se situe en aval des bassins BC3 et BC4. Cet impact serait temporaire et de courte durée. En guise de recommandations, il faut mentionner que :

- Le promoteur Sayona doit faire une demande de confirmation de non-assujettissement des digues à la Loi sur la sécurité des barrages du Québec auprès de la Direction des barrages (MDELCC);
- La mise en place d'un Plan d'intervention et d'un Plan de mesures d'urgences appropriés sont déjà prévus pour le projet Authier, de même qu'un plan de gestion des eaux;
- Les mesures de prévention et d'atténuation suivantes seront mises en place :
 - Un suivi rapproché et en continu des niveaux d'eau dans le bassin BC2 devra être réalisé lors des précipitations intenses et soutenues;
 - La fosse sera évacuée en cas de débordement de bassin d'accumulation BC2 lors de précipitations très abondantes;

- Une berme périphérique sera aménagée pour prévenir l'apport d'eau de surface vers la fosse;
- Un plan de mesures d'urgence (Réf : Rapport P00643-2-RF-rev 2 - Étude des risques technologiques, Projet Authier, version finale, daté 2-11-2020) devra être mis en œuvre.

10. RÉFÉRENCES

Association Canadienne des Barrages (ACB). 2014. Application des recommandations de sécurité des barrages aux barrages miniers. Bulletin technique no. 14.

Association Canadienne des Barrages (ACB). 2013. Recommandations de sécurité des barrages.

BBA. 2020. Plans de conception des bassins de stockage (Étude de faisabilité)

BBA. 2020. Rapport technique : Plan préliminaire de gestion des matières résiduelles. Rapport 6015021-000000-4E-ERA-0001 / R00

BBA 2019. Rapport technique : Mise à jour du plan de gestion des eaux et bilans d'eau du site Authier. Rapport 6015013-000000-41-ERA-0001 / RAA

Canadian Dam Association. 2020. Guidelines for Tailings Dam Breach Assessment. Draft Technical Bulletin, prepared by Tailings Dam Breach Working Group

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Gouvernement de Québec. Données topographie de site (Lidar 1m x 1m)


Ministère du développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). 2012. Directive 019 sur l'industrie minière

Sayona Québec. 2020. Étude d'impact environnementale.

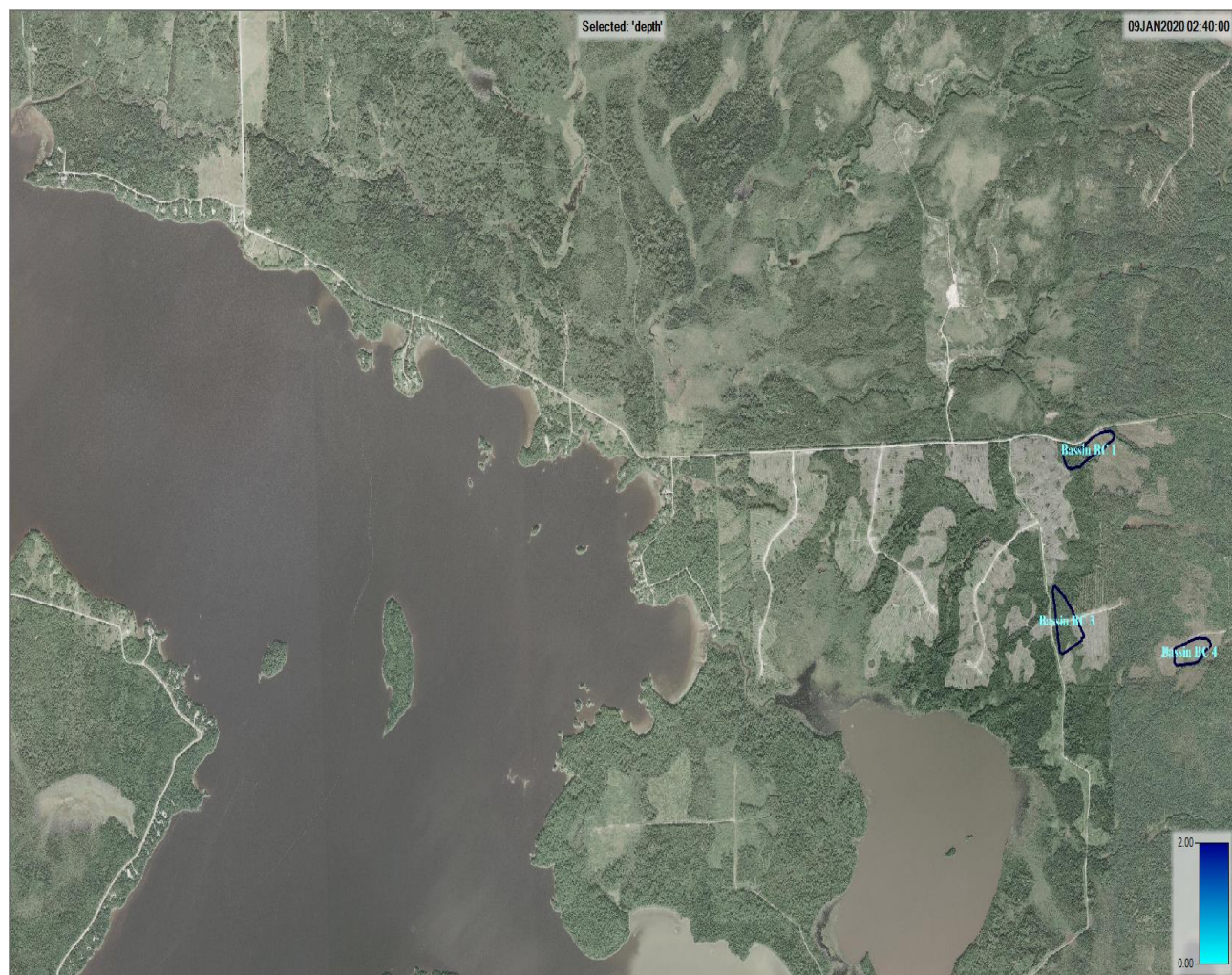
Sayona Québec. 2020. Étude des risques technologiques, Rapport P00643-2-RF-rev 2, Projet Authier, version finale, consulté le 2 novembre 2020

SNC-Lavalin. 2018. Documents de description du milieu hydrologie à la mine Authier. Rapport 653655-0000-4HER-0001

Annexe A : Variation temporaire de la propagation de la crue



T=0 h



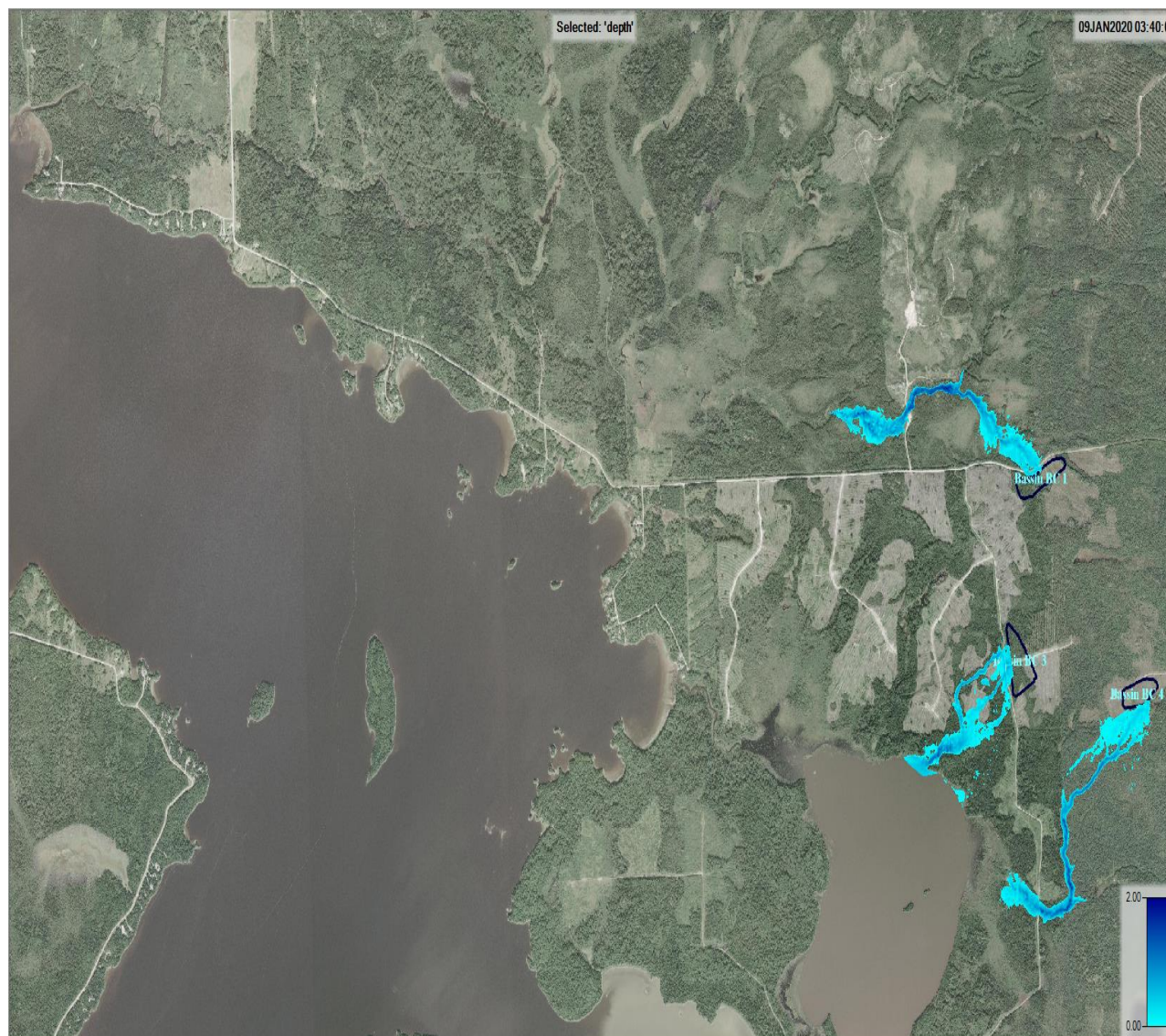
T=20 min



T=40 min



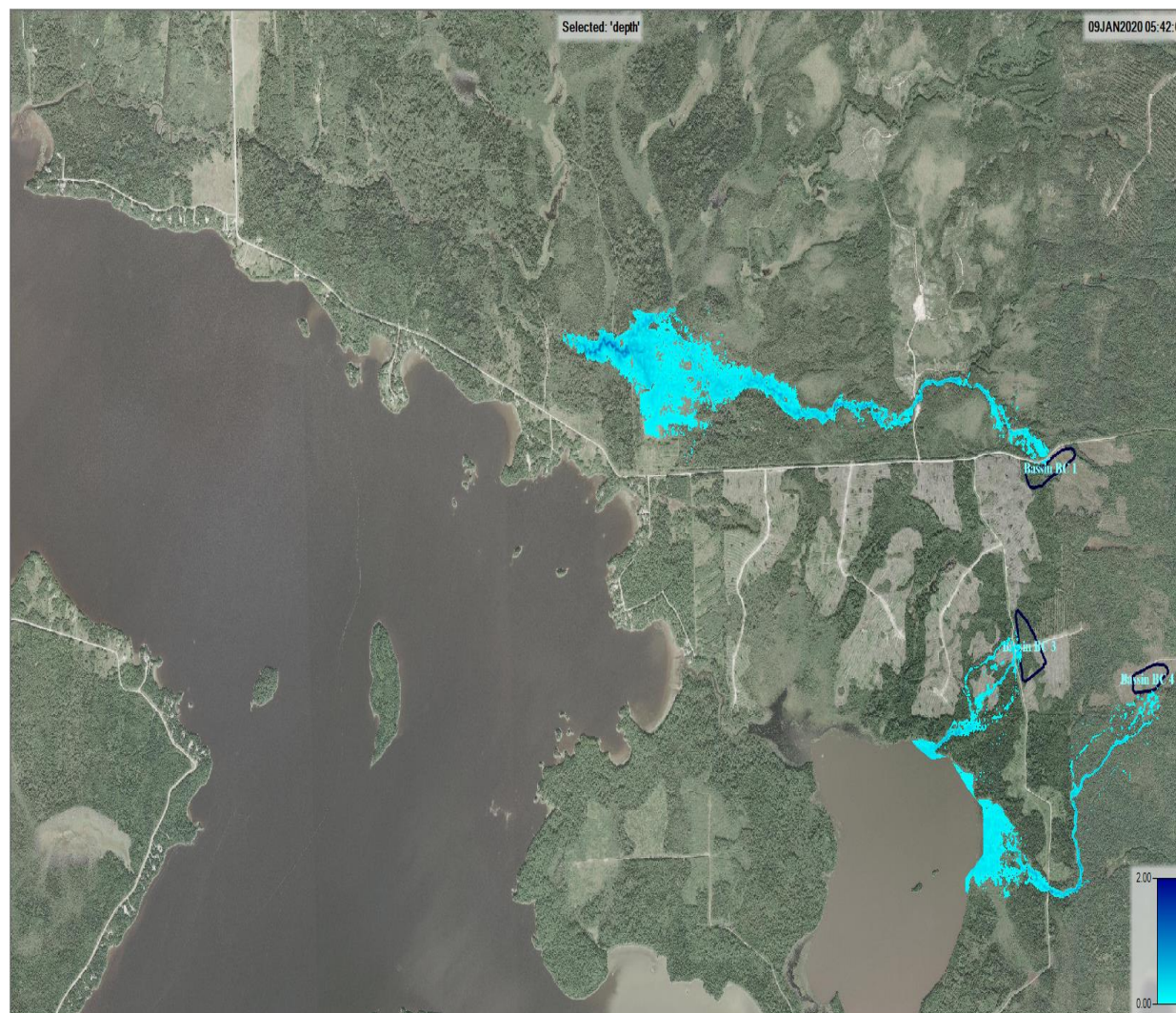
T=1 h



T=2 h



T=4 h



Tfinal

