

MINÉRAI DE FER QUÉBEC

# MINE DE FER DU LAC BLOOM – AUGMENTATION DE LA CAPACITÉ D'ENTREPOSAGE DES RÉSIDUS ET STÉRILES MINIERES

## ÉTUDE DE RUPTURE DES DIGUES PROPOSÉES

RÉF. WSP : 181-03709-02

DATE : SEPTEMBRE 2019







MINÉRAI DE FER QUÉBEC

**MINE DE FER DU LAC BLOOM –  
AUGMENTATION DE LA CAPACITÉ  
D'ENTREPOSAGE DES RÉSIDUS  
ET STÉRILES MINIERS**

**ÉTUDE DE RUPTURE DES DIGUES  
PROPOSÉES**

RÉF. WSP : 181-03709-02  
DATE : SEPTEMBRE 2019

VERSION FINALE

WSP CANADA INC.  
1890, AVENUE CHARLES-NORMAND  
BAIE-COMEAU (QUÉBEC) G4Z 0A8

TÉLÉPHONE : +1 418-589-8911  
TÉLÉCOPIEUR : +1 418-589-2339

WSP.COM



---

# SIGNATURES

## PRÉPARÉ PAR



---

Simon Dagher, ing., M. ing.



---

Claudine Breton, ing.

## RÉVISÉ PAR



---

Simon Nolin, ing., M.Sc.

Le présent rapport a été préparé par WSP pour le compte de Minerai de fer Québec conformément à l'entente de services professionnels. La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport incombe uniquement au destinataire prévu. Son contenu reflète le meilleur jugement de WSP à la lumière des informations disponibles au moment de la préparation du rapport. Toute utilisation que pourrait en faire une tierce partie ou toute référence ou toutes décisions en découlant sont l'entière responsabilité de ladite tierce partie. WSP n'accepte aucune responsabilité quant aux dommages, s'il en était, que pourrait subir une tierce partie à la suite d'une décision ou d'un geste basé sur le présent rapport. Cet énoncé de limitation fait partie du présent rapport.

L'original du document technologique que nous vous transmettons a été authentifié et sera conservé par WSP pour une période minimale de 10 ans. Étant donné que le fichier transmis n'est plus sous le contrôle de WSP et que son intégrité n'est pas assurée, aucune garantie n'est donnée sur les modifications ultérieures qui peuvent y être apportées.



---

# ÉQUIPE DE RÉALISATION

## MINERAI DE FER QUÉBEC

Vice-président Production durable      François Lafrenière

## WSP CANADA INC.

Directeur de projet      Jean-François Poulin, biologiste M. Sc.

Chargé de projet      Luc Bouchard, biologiste M. Sc.

Responsable de discipline      Simon Dagher, ing., M. Ing.

Hydrauliciens      Florent Sabarly, ing. jr.  
Claudine Breton, ing., M. Sc.A.

Aviseur technique      Douglas Sparks, ing.

Relecture      Simon Nolin, ing., M.Sc.

Cartographie      Hugues Gagnon

Édition et mise en page      Emilie Knight, adj. administrative

---

### ***Référence à citer :***

WSP. 2019. *Mine de fer du lac Bloom – Augmentation de la capacité d’entreposage des résidus et stériles miniers – Étude de rupture des digues proposées*. Rapport produit pour Minerai de fer Québec. 35 pp. et annexes.



---

## ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES

Mm <sup>3</sup>	Millions mètres cube (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
Km	Kilomètre
Pa	Pascal (unité de pression ou de contrainte du Système international d'unités)
ACB	Association canadienne des barrages
CEHQ	Centre d'expertise hydrique du Québec
LSB	Loi sur la sécurité des barrages
RSB	Règlement sur la sécurité des barrages
MELCC	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MFQ	Minerai de fer Québec



# TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
1.1	Mise en contexte .....	1
1.2	Objectifs de l'étude .....	1
1.3	Particularités relatives aux digues de résidus .....	2
1.4	Portée de l'étude .....	2
<b>2</b>	<b>ZONE D'ÉTUDE ET SCÉNARIOS.....</b>	<b>3</b>
2.1	Délimitation de la zone d'étude.....	3
2.2	Scénarios à l'étude.....	3
<b>3</b>	<b>SYSTÈMES DE CLASSEMENT .....</b>	<b>5</b>
3.1	Loi sur la sécurité de barrage (LSB) .....	5
3.2	association Canadienne des Barrages (ACB) .....	5
<b>4</b>	<b>MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>7</b>
4.1	<b>Processus 1 : Propagation de l'onde de rupture .....</b>	<b>7</b>
4.1.1	Propagation de l'onde .....	7
4.1.2	Dispersion des sédiments.....	7
4.1.3	Logiciel TELEMAT-2D .....	8
4.2	<b>Processus 2 : Affaissement de la halde à résidus.....</b>	<b>8</b>
4.3	<b>Classification .....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>DONNÉES ET HYPOTHÈSES.....</b>	<b>11</b>
5.1	Données cartographiques .....	11
5.2	Année d'analyse .....	11
5.3	Caractéristiques des digues .....	12
5.4	<b>Conditions hydrologiques de base .....</b>	<b>13</b>
5.4.1	Rupture des digues H, G, FN et A.....	13
5.4.2	Rupture de la digue Sud .....	13
5.5	<b>Caractéristiques des brèches .....</b>	<b>14</b>
5.6	<b>Caractéristiques des résidus et stériles .....</b>	<b>14</b>
5.6.1	Rhéologie des résidus .....	15
5.6.2	Comportement de la halde à Stériles lors de la rupture de la digue Sud.....	15
5.7	<b>Résidus libérés avec l'onde de rupture .....</b>	<b>15</b>

<b>5.8</b>	<b>Niveaux d'eau initiaux.....</b>	<b>16</b>
5.8.1	Rupture des digues H, G, FN et A.....	16
5.8.2	Rupture de la digue Sud.....	16
<b>6</b>	<b>RÉSULTATS.....</b>	<b>17</b>
<b>6.1</b>	<b>Digue H.....</b>	<b>17</b>
6.1.1	Résultats de simulation.....	17
6.1.2	Conséquences.....	20
<b>6.2</b>	<b>Digue de Fermeture Nord.....</b>	<b>20</b>
6.2.1	Résultats de simulations.....	20
6.2.2	Conséquences.....	23
<b>6.3</b>	<b>Digue G.....</b>	<b>23</b>
6.3.1	Résultats de simulations.....	23
6.3.2	Conséquences.....	26
<b>6.4</b>	<b>Digue A.....</b>	<b>26</b>
6.4.1	Résultats de simulations.....	26
6.4.2	Conséquences.....	28
<b>6.5</b>	<b>Digue Sud.....</b>	<b>28</b>
6.5.1	Résultats de simulations.....	28
6.5.2	Conséquences.....	30
<b>6.6</b>	<b>Classification.....</b>	<b>31</b>
6.6.1	Classification selon la LSB.....	31
6.6.2	Classification selon l'ACB.....	32
<b>7</b>	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>33</b>
	<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>35</b>

### *TABLEAUX*

TABLEAU 1.	SCÉNARIOS DE RUPTURE À L'ÉTUDE.....	3
TABLEAU 2.	SOURCES DES DONNÉES GÉOGRAPHIQUES.....	11
TABLEAU 3.	CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DES DIGUES À L'ÉTUDE.....	12
TABLEAU 4.	DÉBIT DES COURS D'EAU INJECTÉS DANS LA ZONE MODÉLISÉE AVANT LA RUPTURE.....	13
TABLEAU 5.	CARACTÉRISTIQUES DES BRÈCHES À L'ÉTUDE.....	14

TABLEAU 6.	CARACTÉRISTIQUES DES RÉSIDUS – DIGUES H, G, FN, A ET SUD .....	14
TABLEAU 7.	VOLUMES D'EAU ET DE RÉSIDUS – DIGUES H, G, FN, A ET SUD .....	16
TABLEAU 8.	NIVEAUX D'EAU INITIAUX DANS LES LACS ET RÉSERVOIRS – RUPTURE DE LA DIGUE SUD.....	16
TABLEAU 9.	PROPAGATION DE L'ONDE DE RUPTURE DE LA DIGUE H.....	18
TABLEAU 10.	PROPAGATION DE L'ONDE DE RUPTURE DE LA DIGUE DE FERMETURE NORD .....	21
TABLEAU 11.	PROPAGATION DE L'ONDE DE RUPTURE DE LA DIGUE G .....	24
TABLEAU 12.	PROPAGATION DE L'ONDE DE RUPTURE DE LA DIGUE A.....	27
TABLEAU 13.	PROPAGATION DE L'ONDE DE RUPTURE DE LA DIGUE SUD .....	29
TABLEAU 14.	CLASSIFICATIONS DES DIGUES SELON LA RSB .....	31
TABLEAU 15.	CLASSIFICATIONS DES DIGUES SELON LA ACB .....	32

## *FIGURES*

---

FIGURE 1.	HYDROGRAMME À LA BRÈCHE DE LA DIGUE H .....	19
FIGURE 2.	CONTRAINTE DE CISAILLEMENT MAXIMALE – RUPTURE DE LA DIGUE H EN CONDITIONS DE CRUE .....	19
FIGURE 3.	HYDROGRAMME À LA BRÈCHE DE LA DIGUE DE FERMETURE NORD .....	22
FIGURE 4.	CONTRAINTE DE CISAILLEMENT MAXIMALE – RUPTURE DE LA DIGUE DE FERMETURE NORD EN CONDITIONS DE CRUE .....	22
FIGURE 5.	HYDROGRAMME À LA BRÈCHE DE LA DIGUE G .....	24
FIGURE 6.	CONTRAINTE DE CISAILLEMENT MAXIMALE – RUPTURE DE LA DIGUE G EN CONDITIONS DE CRUE .....	25
FIGURE 7.	HYDROGRAMME À LA BRÈCHE DE LA DIGUE A .....	28
FIGURE 8.	HYDROGRAMME À LA BRÈCHE DE LA DIGUE SUD .....	30

## *ANNEXES*

---

- A VUE EN PLAN DES INFRASTRUCTURES À L'ÉTUDE
- B CRITÈRES DE CLASSIFICATION DES BARRAGES
- C CARTES D'INONDATION
- D CLASSIFICATION DES DIGUES

# 1 INTRODUCTION

## 1.1 MISE EN CONTEXTE

La mine du Lac Bloom est située dans la région administrative de la Côte-Nord (09), sur le territoire de la MRC Caniapiscau, à environ 13 km au nord-ouest de Fermont, au Québec. Minerai de fer Québec (MFQ) est propriétaire du site et des installations depuis avril 2016, ce qui a permis la reprise des opérations d'exploitation de la mine et de la concentration du minerai en février 2018.

MFQ prévoit prolonger la durée de vie de la mine jusqu'en 2040 tout en augmentant leur production avec la mise en service du concentrateur de la phase II. À ce titre, la mine aura besoin d'augmenter sa capacité à long terme d'entreposage des résidus et des stériles miniers. À la suite d'une analyse de solutions de rechange, deux zones d'expansion ont été jugées les plus appropriées par WSP : un nouveau parc à résidus au nord de la mine (HPA-Nord) et une nouvelle installation à stériles au sud de la fosse (Halde Sud). En outre, pour accueillir un volume de résidus fins plus important dans le parc à résidus fins existant (bassin A), la digue A devra être rehaussée à un niveau plus élevé qu'initialement prévu lors de sa conception originale, et le parc à résidus existant, HPA-Ouest, nécessitera une expansion au-delà du bassin versant affluent du bassin D2. Les expansions dans leurs états finals (année 2040) provenant de l'étude de faisabilité (WSP, 2019) sont présentées à l'annexe A.

Afin de contenir la crue de projet et de collecter tout surnageant, les expansions décrites ci-dessus nécessiteront des bassins de rétention d'eau qui seront confinés par des digues. WSP a été mandatée par MFQ pour réaliser une étude de faisabilité de ces digues et leurs infrastructures de gestion d'eaux associées, ainsi que le rehaussement de la digue A. Dans le cadre de cette étude, WSP a réalisé une étude de rupture des digues proposées (digues H, G, Sud, et la digue de fermeture Nord (FN)) et de la digue A existante, ce qui est abordé dans le présent rapport.

## 1.2 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Le premier objectif de cette étude est d'évaluer les conséquences potentielles d'une rupture des digues proposées (digues H, G, FN et Sud) et de la digue A existante, dans leurs formes finales. Ceci est accompli en modélisant numériquement les brèches et la propagation de la masse libérée, que ce soit par la propagation de l'eau surnageante stockée dans les bassins, ou l'affaissement de la halde à résidus. Les résultats de ces modèles sont ensuite utilisés pour tracer les cartes d'inondation, définir l'empreinte de la zone potentiellement touchée par l'onde de rupture et calculer des indicateurs de l'intensité des impacts potentiels de la rupture, tels que les profondeurs d'eau, les vitesses maximales et les temps d'arrivée du front d'onde. Ces résultats sont ensuite interprétés pour évaluer la gravité des impacts, permettant ainsi une évaluation des conséquences potentielles sur les biens humains et environnementaux.

Le second objectif consiste à établir la classification des digues en considérant les conséquences prévues. Les classifications sont accordées conformément à 1° la méthodologie de l'Association canadienne des barrages (ACB, 2007), et 2° à la Loi sur la sécurité des barrages (LSB) et à son Règlement sur la sécurité des barrages (RSB) (gouvernement du Québec, 2019).

## 1.3 PARTICULARITÉS RELATIVES AUX DIGUES DE RÉSIDUS

Les études de rupture de digues associées aux parcs à résidus présentent des inconnus et défis particuliers par rapport aux études portant uniquement sur les barrages et digues de réservoir d'eau. Bien que le mouvement de l'eau soit bien compris et fréquemment étudié, la libération et le mouvement des résidus sont à la fois plus complexes et moins souvent décrits dans la littérature (Martin, 2019).

Deux processus de décharge ont été historiquement observés avec les ruptures de digue de résidus (Martin, 2019). Le Processus (1), souvent désigné comme l'onde de rupture initiale, est caractérisé par la libération de l'eau retenue dans le bassin de surnageant qui apporte avec elle un certain volume de résidus érodés. Les particules restent en suspension jusqu'à ce que les vitesses d'écoulement soient suffisamment faibles pour permettre leur déposition.

Le Processus (2) est caractérisé par une déformation plastique et un affaissement de la halde de résidus, ce qui se compare à un phénomène de glissement de terrain. Ce mouvement est entamé par la perte de confinement et l'accentuation locale des pentes créées par le déversement initial du Processus (1). La déformation se produit jusqu'à ce que la masse se stabilise à son angle de repos.

Pour les digues associées aux parcs à résidus (digues A, H, G, FN), les deux processus seront traités et présentés dans ce rapport et dans la cartographie. Étant donné que la digue Sud n'est pas associée au confinement des résidus, elle est traitée comme une digue de rétention d'eau. Ainsi, seul le Processus (1) est considéré pour la digue Sud.

## 1.4 PORTÉE DE L'ÉTUDE

La portée de cette étude inclut une analyse de rupture de chaque digue (digues H, G, A, Sud et FN), ainsi que leur classification. Ceci est fait en tenant compte des particularités des ruptures de barrage minier, décrites dans la section précédente. Pour chaque digue, les tâches suivantes sont effectuées :

- Modélisation de rupture de digue et de la propagation de l'onde de rupture (Processus (1)) en utilisant le logiciel TELEMAC-2D.
  - Les scénarios de rupture sont décrits à la section 2.2.
- Évaluation de la portée potentiellement de l'affaissement des haldes à résidus (Processus (2)).
- Cartographie représentant visuellement les éléments suivants :
  - Les zones susceptibles d'être touchées par l'onde de rupture (cartes des rehaussements du niveau d'eau).
  - La portée potentielle de l'affaissement de la fraction solide contenue dans les parcs à résidus.
- La portée potentielle des particules solides en suspension avec l'onde de rupture.
- Évaluation des conséquences potentielles en termes de pertes de vies humaines, d'infrastructures et des valeurs environnementales.
- Classification de chacune des digues en conformité avec les critères de l'Association canadienne des barrages (ACB, 2007) et ceux de la Loi sur la sécurité des barrages et son Règlement (gouvernement du Québec, 2019).

## 2 ZONE D'ÉTUDE ET SCÉNARIOS

### 2.1 DÉLIMITATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La carte 1 de l'annexe C présente la zone à l'étude, incluant la localisation proposée des futures digues, ainsi que plusieurs points d'intérêts. Cette zone est située sur le site minier du Lac Bloom à environ 13 km au nord-ouest de Fermont, au Québec.

Le HPA-Nord proposé est situé au nord du parc à résidus existant associé au bassin A. Compte tenu de l'orientation attendue des écoulements, la zone d'étude inclut le système des lacs et milieux humides qui constituent les sources amont du lac Germaine et éventuellement du lac Opiscoteo.

L'aménagement de la digue Sud proposé est situé au nord-est du lac Mogridge. Compte tenu de l'orientation attendue des écoulements, la zone d'étude pour la digue Sud inclut le complexe minier de Mont-Wright, ainsi qu'une section d'une quinzaine de kilomètres de la rivière aux Pékans.

### 2.2 SCÉNARIOS À L'ÉTUDE

Les scénarios à l'étude sont listés dans le Tableau 1. Conformément à la réglementation et guides en vigueur (LSB et ACB), deux conditions hydrologiques initiales sont considérées : 1<sup>o</sup> temps sec et 2<sup>o</sup> période de crue.

Pour les scénarios en crues, l'ACB recommande l'utilisation d'un débit supérieur à celui pour lequel la digue a été conçue. Étant donné que les ouvrages sont assujettis à la crue de projet tel que défini par la Directive 019 et celle-ci spécifie que les ouvrages doivent contenir la pluie millénale (MELCC, 2012), une crue décennale a été utilisée dans cette analyse.

Cinq scénarios de rupture en cascade sont intégrés dans l'analyse : RTS-H-FN, R-10000-H-FN, RTS-A-RC1/RC2, R-10000-A-RC1/2 et R-Crue-S-MOG (Tableau 1).

**Tableau 1. Scénarios de rupture à l'étude**

Nom	Description
RTS-H-FN	Rupture en temps sec de la digue H et de la digue de Fermeture Nord (cascade)
R-10000-H-FN	Rupture en crue décennale de la digue H et de la digue de Fermeture Nord (cascade)
RTS-G	Rupture en temps sec de la digue G
R-10000-G	Rupture en crue décennale de la digue G
RTS-FN	Rupture en temps sec de la digue de Fermeture Nord
R-10000-FN	Rupture en crue décennale de la digue de Fermeture Nord
RTS-A-RC1/RC2	Rupture en temps sec de la digue A et de la digue RC1/RC2 (cascade)
R-10000-A- RC1/RC2	Rupture en crue décennale de la digue A et de la digue RC1/RC2 (cascade)
RTS-S	Rupture en temps sec de la digue Sud
R-Crue-S-MOG <sup>(1)</sup>	Rupture en crue de la digue sud et du barrage Mogridge (cascade)

<sup>1</sup> Voir remarque à la section 5.4.2.



# 3 SYSTÈMES DE CLASSEMENT

## 3.1 LOI SUR LA SÉCURITÉ DE BARRAGE (LSB)

Compte tenu des attentes du Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) et conformément à Loi de sécurité des barrages (LSB), tous les barrages désignés à « forte contenance » doivent être numérotés et répertoriés. Pour ces ouvrages, le propriétaire doit fournir au MELCC les données nécessaires pour élaborer la fiche technique de l'ouvrage qui doit être mise à la disposition du public. Ce document fournit des informations pertinentes sur le barrage, telles que sa localisation, son réseau hydrographique, sa fonction, son type de structure et ses paramètres physiques (hauteur et capacité). La fiche technique inclut également le niveau des conséquences (en cas de rupture) et la classe du barrage.

Le règlement d'application de la LSB, la RSB, fournit les critères pour attribuer le niveau des conséquences compte tenu de l'inventaire des éléments touchés par la rupture. Les conséquences sont concentrées à la fois sur le risque de perte de vie humaine (que ce soit dans une habitation, une zone de loisirs ou sur un lieu de travail) et sur les pertes d'infrastructures et de services publics. Le tableau des critères est reproduit au tableau 1 de l'Annexe B (gouvernement du Québec, 2019).

Le chapitre III du RSB fournit également une procédure pour déterminer la classe du barrage. En résumé, la classe est attribuée en tenant compte à la fois du niveau des conséquences et de sa vulnérabilité à une occurrence de brèche. La vulnérabilité est évaluée en prenant en compte plusieurs caractéristiques physiques de la structure, incluant la taille, le type et la fondation du barrage, son âge, son état et sa proximité avec les régions actives sur le plan sismique. Un système de points est utilisé. La classification finale est déterminée en considérant le produit du pointage des conséquences avec celle de la vulnérabilité.

Le niveau des conséquences et la classe déterminent, entre autres, la crue de sécurité du barrage, la fréquence des visites de reconnaissance et d'inspection exigée et le contenu requis des études de sécurité.

## 3.2 ASSOCIATION CANADIENNE DES BARRAGES (ACB)

Bien que cela ne soit pas implicitement requis par une réglementation, la classification du barrage selon l'ACB est fortement recommandée et est couramment utilisée dans l'industrie minière. Cette classification est utilisée pour spécifier certains critères de conception des ouvrages, tels que le séisme de conception et la crue de sécurité.

Le système de classement adopté par l'ACB considère l'ampleur potentielle des conséquences selon quatre catégories : la population à risque, les pertes de vies humaines, les pertes de valeurs environnementales ou culturelles, et les pertes des infrastructures et l'économie. Le tableau des critères est reproduit au tableau 2 de l'Annexe B (ACB, 2007). La classe la plus élevée des catégories est retenue comme le classement général de l'ouvrage.



# 4 MÉTHODOLOGIE

## 4.1 PROCESSUS 1 : PROPAGATION DE L'ONDE DE RUPTURE

### 4.1.1 PROPAGATION DE L'ONDE

Les étapes suivantes ont été suivies afin de réaliser les simulations de rupture et la propagation de l'onde de rupture associée avec le Processus (1):

- 1 Établir les hypothèses de calcul et la géométrie des brèches.
- 2 Préparer un modèle numérique de terrain (MNT) à partir des données d'élévation disponibles.
- 3 Générer un modèle hydraulique bi-dimensionnel à l'aide du logiciel TELEMAC-2D:
  - a Développer le maillage de simulation;
  - b Établir les paramètres physiques du modèle, incluant les conditions aux limites et les coefficients de frottement.
- 4 Simuler les scénarios de rupture par temps sec et en conditions de crues.

### 4.1.2 DISPERSION DES SÉDIMENTS

#### 4.1.2.1 RÉSIDUS GROSSIERS (DIGUES G, H ET FN)

Les digues G, H et FN retiennent, en plus de l'eau, des résidus grossiers. La rupture de ces digues causerait l'entraînement vers l'aval d'une partie des résidus contenus dans le réservoir. Afin d'évaluer la distance sur laquelle ces résidus seraient entraînés par la dispersion, l'approche suivante a été retenue :

- 1 Évaluer le diamètre moyen des résidus ( $D_{50}$ ) à partir des courbes granulométriques disponibles. Le diamètre moyen des résidus retenus est évalué à 0,26 mm.
- 2 Établir la contrainte de frottement critique pour initier le déplacement de la particule de diamètre moyen. À cet effet, l'équation de Lane (Julien, 1998) est utilisée. Pour une particule de diamètre de 0,26 m, la contrainte de frottement critique est de 0,20 N/m<sup>2</sup>.

- 3 Calculer la contrainte de cisaillement ( $\tau_0$ ) maximale en aval de la digue suite à la rupture, à partir des résultats de modélisation hydraulique 2D. L'hypothèse est posée que le fond est plat et que la largeur de l'écoulement est assez grande pour que le rayon hydraulique puisse être approximé par la hauteur d'eau. L'équation est la suivante :

$$\tau_0 = \frac{\gamma_w V^2 n^2}{h^{1/3}}$$

Où  $\gamma_w$  est le poids spécifique de l'eau (9804 N/m), V est la vitesse d'écoulement, n est le coefficient de frottement (Manning) et h est la hauteur d'eau.

- 4 Établir, sur la carte des contraintes de cisaillement maximales, la limite de la zone où la contrainte de cisaillement atteint la contrainte critique de 0,20 N/m<sup>2</sup>.

#### 4.1.2.2 RÉSIDUS FINS (DIGUE A)

La digue A, qui retient l'eau du bassin A, est associée au parc à résidus fins. Le diamètre moyen des résidus fins (18  $\mu$ m) est inférieur à la limite applicable de l'approche élaborée par Julien (1998). En pratique, compte tenu de leurs tailles, les particules resteront en suspension aussi longtemps qu'un écoulement se produit. Ainsi, pour les scénarios de rupture de la digue A, la dispersion se produira tant que l'onde de crue n'est pas atténuée.

#### 4.1.3 LOGICIEL TELEMAC-2D

Le logiciel TELEMAC-2D, développé par le Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement d'Électricité de France, résout les équations de Saint-Venant en deux dimensions (2D), faisant appel à l'approche par éléments finis. L'application de TELEMAC-2D requiert une discrétisation géométrique du domaine de calcul en un maillage irrégulier formé d'éléments triangulaires. Les résultats de la modélisation sont obtenus à chacun des nœuds du maillage de calcul.

La zone modélisée est couverte par 4 modèles TELEMAC-2D, qui contiennent environ 78 000 nœuds de calcul pour le domaine de la digue H et FN, 106 000 nœuds pour le domaine des digues A et G, et 104 000 nœuds pour le domaine de la digue Sud. L'espacement entre deux nœuds varie entre 2 et 160 m selon la zone modélisée. Les barrages et digues sur le domaine à l'étude sont directement intégrés dans la géométrie du modèle.

## 4.2 PROCESSUS 2 : AFFAISSEMENT DE LA HALDE À RÉSIDUS

Le matériel mobilisé par le Processus 2 se propagera de manière visqueuse jusqu'à ce qu'il atteigne son angle de repos et tant qu'il n'est pas contenu. Sur la base des observations historiques, on s'attend à un angle de l'ordre de 3,5 à 5° pour la géométrie finale de la halde et amont de la brèche, et à une pente de 1 à 4° en aval de la brèche (Martin, 2019, faisant référence à Lucia, 1981 et Blight, 2003). À des fins conservatives, les angles de repos de 3,5° et 1° seront considérés dans l'analyse pour l'amont et l'aval de la brèche respectivement.

Compte tenu de ces angles de repos, l'étendue de l'affaissement pour chaque digue est déterminée utilisant la procédure graphique suivante :

- Un profil du terrain naturel est extrait du modèle numérique de terrain en direction de l'écoulement. Ce profil s'étend du talus amont de la halde et est projeté en aval de la digue. Aux endroits où l'écoulement est susceptible de se diviser, des profils multiples sont considérés.
- Les profils des haldes à résidus et des digues sont ajoutés aux emplacements proposés et à leurs élévations finales.
- Une ligne est dessinée, commençant au talus amont de la halde inclinée à 3,5° jusqu'à la crête de la digue, puis à 1° en aval de la digue. L'étendue maximale de l'affaissement de la halde est définie comme étant le point où cette ligne intersecte le terrain naturel.
- L'étendue maximale de l'affaissement est ajoutée à la cartographie en tant que limites perpendiculaires aux chemins d'écoulement (Annexe C).

### **4.3 CLASSIFICATION**

Pour chaque digue, les résultats de la modélisation sont utilisés pour déterminer les éléments touchés par la rupture, ce qui permet de quantifier les conséquences différentielles; c'est-à-dire les conséquences en excédent à celles causées par une crue naturelle sans rupture. Après cette évaluation, il est possible de procéder à la classification selon les critères de la LSB et de l'ACB.



# 5 DONNÉES ET HYPOTHÈSES

Cette section présente les données de base et les principales hypothèses de calcul utilisées dans le cadre de l'étude.

## 5.1 DONNÉES CARTOGRAPHIQUES

Le Tableau 2 résume les données cartographiques utilisées dans le cadre de la présente étude.

**Tableau 2. Sources des données cartographiques**

Donnée	Source
Données topographiques LIDAR	LIDAR relevé par PHB Géomatique en septembre 2018 (fourni par MFQ) Courbes de niveau construites à partir d'un LIDAR, relevé par Cadoret en 2015 (fourni par ArcelorMittal) Modèle numérique d'élévation du Canada, MNEC (Ressources naturelles Canada)
Imagerie satellite	Microsoft Bing Maps
Données du milieu autochtone et zones avec potentiel archéologique	Rencontres réalisées auprès des communautés autochtones par WSP (2019) Inventaire des sites archéologiques du Québec (2008)
Données touristiques et de loisir	Composantes d'utilisation géographique régionale (2016) Club de motoneige Les Lagopèdes de Fermont (2019)
Données sur la localisation des milieux humides	Photo-interprétation Genivar/WSP (2012 à 2019)

## 5.2 ANNÉE D'ANALYSE

La configuration des infrastructures et des haldes de résidus miniers utilisée pour l'analyse correspond à leur état final qui sera atteint lors de la dernière année de la vie de mine, soit en 2040. Ce cas correspond au scénario le plus critique en termes de conséquences potentielles.

## 5.3 CARACTÉRISTIQUES DES DIGUES

Le Tableau 3 résume les caractéristiques principales des digues à l'étude.

**Tableau 3. Caractéristiques principales des digues à l'étude**

Type	Description	Unité	H	G	FN <sup>1</sup>	A	Sud	RC1/RC2
Digue et bassin d'eau	Volume d'eau maximum emmagasiné dans le bassin	Mm <sup>3</sup>	7,5	0,4	0,5	8,0 <sup>3</sup>	4	1,1
	Élévation au pied du barrage	m	718	694	675	690	683	676
	Élévation de la crête du barrage	m	730	702,5	702,5	722	701,5	694
	Hauteur de la digue	m	12	8,5	27,5	32	18,5	18
	Élévation du déversoir	m	726,5	698,5	698,5	719,0	697,5	692,0
	Élévation du noyau étanche	m	727,5	700,0	700,0	719,5	699,0	693,5
	Composition de la digue <sup>2</sup>	-	Terre	Terre	Terre	Terre	Terre	Terre
	Fondation sur laquelle la digue est placée <sup>2</sup>	-	Till	Till traité	Roc traité	N/D (till supposé)	Roc traité	N/D
Halde à résidus à l'état final	Halde associée	-	HPA-Nord	HPA-Nord	HPA-Ouest	PAR fins	Halde sud	-
	Élévation maximale de la halde	m	770	770	745	730	920	-
	Volume des résidus retenus	Mm <sup>3</sup>	235	235	88,0	62	s.o. <sup>4</sup>	0
	Volume total emmagasiné (eau plus résidus)	Mm <sup>3</sup>	243	235	88,5	70	s.o. <sup>4</sup>	1,1

<sup>1</sup> Digue de Fermeture Nord

<sup>2</sup> Selon la nomenclature de l'Annexe II de la RSB

<sup>3</sup> Le volume stocké dans le bassin A est variable et est sujet à des rehaussements des digues qui n'ont pas encore été établies. En tant qu'hypothèse prudente et compte tenu de sa géométrie actuelle et les variations historiques de sa capacité, un volume total de 8,0 Mm<sup>3</sup> a été supposé.

<sup>4</sup> Bien que les données sur la halde à stériles associée à la digue Sud soient disponibles, elles n'ont pas été utilisées dans cette étude, car il a été supposé que la halde reste stable en cas de rupture. Voir la section 5.6.2.

## 5.4 CONDITIONS HYDROLOGIQUES DE BASE

### 5.4.1 RUPTURE DES DIGUES H, G, FN ET A

Pour les scénarios en temps secs, plusieurs points d'injection de débits ont été programmés dans le domaine modélisé, de telle sorte que les niveaux d'eau des lacs correspondent à ceux relevés en temps normal (ou, lorsqu'un relevé n'était pas disponible, le niveau observé par le LIDAR).

La méthode de transposition de bassin versant a été utilisée pour estimer les conditions en crue décennales. La station de référence était la rivière aux Pékans (n° de station 072302) qui a une superficie de bassin versant de 3 390 km<sup>2</sup>. À cette station, le débit module spécifique est de 22.2 L/s/km<sup>2</sup>, et le débit de crue décennale spécifique est estimé à 300 L/s/km<sup>2</sup>. Le Tableau 4 fournit les débits utilisés dans cette analyse.

Tableau 4. Débits naturels des cours d'eau injectés dans la zone modélisée (avant rupture)

Point d'injection	Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> )	Débit temps sec (m <sup>3</sup> /s)	Débit crue décennale (m <sup>3</sup> /s)
Émissaire du lac D	26,3	1,91	6,66
Petit lac en amont du lac Boulder	5,8	0,50	1,75
Lac Boulder	11,3	0,98	3,40
Petit lac amont du lac Lawrence	3,9	0,34	1,18
Lac Lawrence	6,3	0,54	1,88
Lac Cherny	7,8	0,67	2,34
Petit lac amont du lac Cherny	3,2	0,27	0,95
<b>Total</b>	<b>64,6</b>	<b>5,21</b>	<b>18,2</b>

### 5.4.2 RUPTURE DE LA DIGUE SUD

Compte tenu de l'absence de données hydrométriques et bathymétriques des cours d'eau dans le domaine de modélisation de la rupture de la digue Sud, et notamment de la rivière aux Pékans, les conditions hydrologiques en période de crues n'ont pas pu être intégrées dans cette analyse. Également, les informations disponibles concernant le barrage Mogridge ainsi que les bassins Hesse Centre et Hesse Sud, dont ArcelorMittal Exploitation Minière Canada (AMEM) est propriétaire, ont également été limités. WSP n'a pas reçu de données concernant les dimensions et l'état de l'infrastructure d'évacuation de crues ni de protocoles opérationnels. Dans ce contexte, WSP n'a pas été en mesure de déterminer les conditions hydrologiques en crue décennale.

Afin de distinguer les scénarios en temps sec et en période de crue, des valeurs différentes de niveaux d'eau initiaux ont été utilisées (Tableau 8). Pour le scénario de crue, le niveau d'eau initial du lac Mogridge a été fixé plus haut qu'en temps sec, afin de déclencher une rupture du barrage Mogridge. Le scénario en conditions de crue correspond donc à un scénario de rupture en cascade de la digue Sud suivi du barrage Mogridge.

Étant donné l'impossibilité d'évaluer les conditions hydrologiques de base lors de la crue, la présente étude suppose que les impacts déterminés par le scénario de rupture en crue correspondent aux impacts différentiels. Ceci est une approche conservative.

## 5.5 CARACTÉRISTIQUES DES BRÈCHES

Les géométries des brèches ont été déterminées selon la méthode décrite par Marche (2008) :

- La brèche est supposée de forme trapézoïdale, avec des pentes latérales de 45 degrés.
- La largeur de la base est posée égale à 4 fois la hauteur du barrage.
- Le temps de formation est de 30 minutes (formation linéaire dans la direction verticale).

Le Tableau 5 présente les caractéristiques des brèches à l'étude pour chaque digue et barrage.

**Tableau 5. Caractéristiques des brèches à l'étude**

Caractéristique	Digue H	Digue G	Digue FN	Digue A	Digue Sud	RC1/RC2	Barrage Mogridge
Élévation en crête (m)	730	702,5	702,5	722	701,5	701,5	679,5 <sup>1</sup>
Élévation à sa base (m)	718	694	675	690	683	676	671,9
Hauteur de la brèche (m)	12	8,5	27,5	32	18,5	18	7,6 <sup>2</sup>
Durée de formation de la brèche (min)	30	30	30	30	30	30	30
Largeur à la base (m)	48	34	98	128	76	72	30,4

<sup>1</sup> Le niveau a été estimé à partir du LIDAR.

<sup>2</sup> La hauteur du barrage est tirée de la fiche technique du barrage Mogridge (CEHQ, 2019).

## 5.6 CARACTÉRISTIQUES DES RÉSIDUS ET STÉRILES

Le Tableau 6 résume les caractéristiques des résidus fins et grossiers considérés dans l'analyse.

**Tableau 6. Caractéristiques des résidus – digues H, G, FN, A et Sud**

Caractéristique	Unité	Résidus fins	Résidus grossiers
Aire de déposition		Bassin A (digue A)	HPA-Nord (digue H, G), HPA-Ouest (digue FN)
Densité sèche moyenne	t/m <sup>3</sup>	1,4	1,4
Densité du solide	t/m <sup>3</sup>	2,7	2,7
Diamètre médian des particules (D50)	mm	0,018	0,26
Contrainte de frottement critique	N/m <sup>2</sup>	< 0,15	0,20

### 5.6.1 RHÉOLOGIE DES RÉSIDUS

Le comportement rhéologique (science de la déformation et écoulement de la matière liquide) de la masse libérée à la suite d'une rupture de digue de résidus est différent de celui de l'eau. Ces matériaux sont décrits dans la littérature comme des liquides non newtoniens avec un comportement d'un fluide plastique Bingham. C'est-à-dire que le mouvement se produit uniquement si le cisaillement interne dépasse la limite d'élasticité apparente (Jeyapalan, 1983; Seddon, 2010; Kulesza, 2011). Pour ce genre de liquide, la viscosité est uniforme et, particulièrement pour le processus (2), est considérablement faible (donc plus « épais » et « visqueux » comparé à l'eau).

Comme la concentration des solides de l'onde de rupture (Processus (1)) reste inconnue et peut avoir tendance à être faible, le fluide a été modélisé en supposant une viscosité dynamique de l'eau de 0,001 Pa.s. En ce qui concerne l'affaissement selon le Processus (2), la méthode décrite dans la section 4.2 est compatible avec la rhéologie d'une boue épaisse qui se propage uniquement si le cisaillement interne dépasse sa limite.

### 5.6.2 COMPORTEMENT DE LA HALDE À STÉRILES LORS DE LA RUPTURE DE LA DIGUE SUD

On suppose qu'une grande partie de la matière stockée dans la halde à stériles est grossière et a un contact minimal avec le bassin d'eau. Ainsi, en cas de rupture de la digue Sud, il est supposé qu'aucun volume de solide ne soit libéré avec le rejet d'eau. Le matériau stocké n'affecte donc ni le volume ni la viscosité de la masse libérée.

## 5.7 RÉSIDUS LIBÉRÉS AVEC L'ONDE DE RUPTURE

Pour les digues A, H, G et FN, la fraction de la halde à résidus associée qui est susceptible de s'éroder et de se mobiliser avec la décharge soudaine d'eau du bassin dépend de plusieurs paramètres et variables. Ceci inclut le mode de défaillance, la géométrie de la brèche et le temps de formation, ainsi que les propriétés physiques et rhéologiques du matériau entreposé (Fontaine, 2015). La littérature fournit des méthodes pour estimer le volume libéré (Martin, 2019, Rico, 2008, Fontaine, 2015). La méthodologie proposée par Fontaine (2015) a été retenue pour cette analyse. Cette méthode considère :

- Le volume total d'eau emmagasiné dans le bassin (Tableau 3);
- Les caractéristiques physiques des résidus (Tableau 6);
- Une hypothèse de la concentration des particules en suspension. Fontaine (2015) recommande une teneur en matières solides de 55 % (par masse).

Le Tableau 7 indique le volume libéré supposé pour chaque digue. Compte tenu de ces volumes, la bathymétrie des bassins associés à chaque digue a été modifiée de manière à ce que le volume libéré durant la simulation corresponde au volume calculé.

**Tableau 7. Volumes d'eau et de résidus – digues H, G, FN, A et Sud**

Description	Unité	Digue H	Digue G	Digue FN	Digue A	Digue Sud
Volume d'eau retenue	Mm <sup>3</sup>	7,5	0,4	0,5	8,0	4,0
Volume de résidus mobilisés	Mm <sup>3</sup>	11,3	0,6	0,8	12,0	0
Volume total libéré	Mm <sup>3</sup>	18,8	1,0	1,3	20,0	4,0

## 5.8 NIVEAUX D'EAU INITIAUX

### 5.8.1 RUPTURE DES DIGUES H, G, FN ET A

Dans les scénarios en temps sec, les bassins ont été considérés initialement pleins avant la rupture. Ainsi, le niveau d'eau initial a été fixé au niveau du déversoir de la digue.

En période de crue, le niveau d'eau initial est fixé égal à l'élévation du noyau étanche des digues (Tableau 3).

### 5.8.2 RUPTURE DE LA DIGUE SUD

Le Tableau 8 indique les niveaux d'eau initiaux définis pour chaque plan d'eau majeur, applicable aux deux scénarios de rupture de la digue Sud.

**Tableau 8. Niveaux d'eau initiaux dans les lacs et réservoirs – Rupture de la digue Sud**

Plan d'eau	Temps sec (RTS-S)		Scénario de crue (R-Crue-S-MOG)	
	Élévation	Condition	Élévation	Condition
Bassin Sud	697,5 m	Élévation du déversoir	699,0 m	Élévation du noyau étanche.
Lac Mogridge – amont du barrage	675,6 m	Élévation moyenne selon le relevé LIDAR.	678,7 m	La brèche commence lorsque le lac atteint 678,9 m (élévation supposée du noyau étanche).
Lac Mogridge – aval du barrage	sec	-	673,2 m	Élévation moyenne selon le relevé LIDAR.
Hesse Centre et Sud	sec	-	613,0 m	Niveau maximal d'exploitation (AFW, 2015).

# 6 RÉSULTATS

## 6.1 DIGUE H

### 6.1.1 RÉSULTATS DE SIMULATION

Le Tableau 9 résume les résultats des calculs de formation et de propagation de l'onde de rupture de la digue H, en temps sec et en crue. La Figure 1 présente l'hydrogramme de l'écoulement passant par la brèche. Les cartes 2 et 3 de l'annexe C illustrent le rehaussement maximal du niveau d'eau au passage de l'onde de rupture.

Le débit de pointe traversant la brèche atteint 1 432 m<sup>3</sup>/s (temps sec) et 1 732 m<sup>3</sup>/s (en crue). La rupture de la digue H entraîne la libération d'une fraction des résidus stockés dans le HPA-Nord sous forme de résidus liquéfiables, en plus de l'eau stockée dans le bassin H. Comme le montrent les cartes 2 et 3, l'onde de rupture est déviée vers le nord, ce qui surcharge la digue FN et provoque sa rupture. Cette rupture entraîne une augmentation du débit de pointe à plus de 3 000 m<sup>3</sup>/s.

En aval de la digue FN, l'onde traverse la zone humide à l'est du lac Boulder. Après avoir rehaussé le niveau d'eau du lac Boulder d'environ 1,7 m, l'écoulement se poursuivra vers l'ouest dans lac Lawrence et ensuite dans le lac Cherny, où le rehaussement est encore de l'ordre de 2,3 m. De là, une grande partie de l'énergie est dissipée, mais il faudra encore que l'onde de rupture se propage plus en aval, avant qu'elle ne soit atténuée dans le lac Germaine.

La Figure 2 illustre la contrainte de cisaillement maximale associée à la rupture de la digue H en période de crue. Cette contrainte diminue sous les 0,20 N/m<sup>2</sup> dans le lac Cherny, où est placée la limite de propagation des résidus retenus par les digues H et FN, autant en temps sec qu'en crue. Les cartes 2 et 3 présentent également la portée potentielle de l'affaissement du HPA-Nord, ce qui montre qu'elle devrait être contenue dans le lac Boulder.

**Tableau 9. Propagation de l'onde de rupture de la digue H**

Point de référence <sup>1</sup>	Niveau d'eau initial (m)	Niveau d'eau maximal (m)	Rehaussement maximal (m)	Temps d'arrivée du front d'onde (h)	Débit maximal (m <sup>3</sup> /s)	Vitesse maximale (m/s)
<b>Rupture de la digue H en temps sec</b>	726,5	-	-	-	-	-
1- Aval de la digue H	sec	720,54	3,5	0,08	1 432	6,5
2 – Amont de la digue FN	698,50	700,94	2,4	0,08	3 466	3,3
3- Aval de la digue FN	sec	670,40	3,0	0,33	3 466	7,1
4- Entrée du lac Boulder	644,46	646,20	1,7	1,00	- <sup>2</sup>	1,9
5- Nord du lac Boulder	643,77	645,26	1,5	1,22	- <sup>2</sup>	0,2
6 – Lac U	640,02	641,73	1,7	1,54	506	0,5
7- Lac Lawrence	639,29	640,91	1,6	2,48	455	0,2
8- Lac Cherny	638,30	640,39	2,1	4,05	330	0,5
9- Sortie du lac Cherny	634,74	636,74	2,0	4,53	311	0,4
<b>Rupture de la digue H en crue</b>	727,5	-	-	-	-	-
1- Aval de la digue H	sec	720,68	3,7	0,08	1 732	7,2
2 – Amont de la digue FN	700,00	700,32	0,3	0,08	3 242	3,4
3- Aval de la digue FN	sec	671,92	4,6	0,20	3 242	8,6
4- Entrée du lac Boulder	644,60	646,26	1,7	0,78	- <sup>2</sup>	2,0
5- Nord du lac Boulder	643,98	645,47	1,5	0,95	- <sup>2</sup>	0,3
6 – Lac U	640,19	641,95	1,8	1,23	676	0,5
7- Lac Lawrence	639,51	641,09	1,6	1,90	637	0,2
8- Lac Cherny	638,54	640,81	2,3	2,73	486	0,6
9- Sortie du lac Cherny	634,93	637,13	2,2	3,51	424	0,5

<sup>1</sup> Voir les cartes de propagation de l'onde de rupture pour la localisation des points de référence (Annexe C)

<sup>2</sup> À cet endroit, le débit est diffus et n'a pas pu être calculé le long d'un profil transversal.

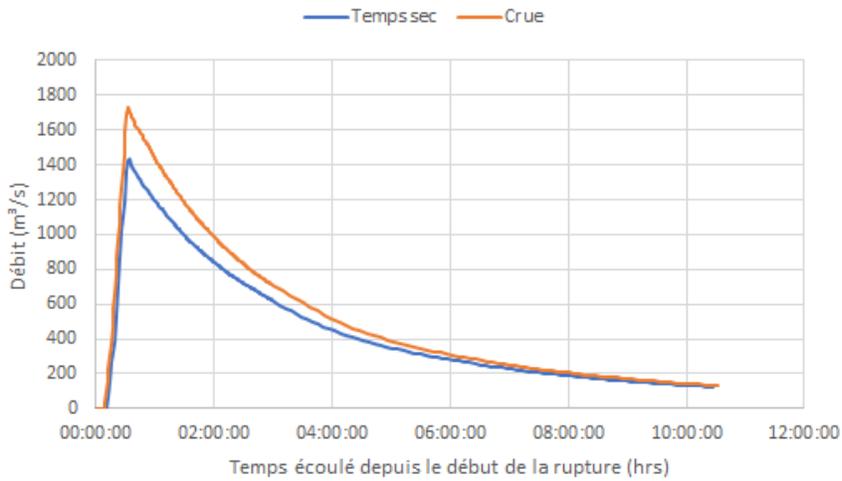


Figure 1. Hydrogramme à la brèche de la digue H

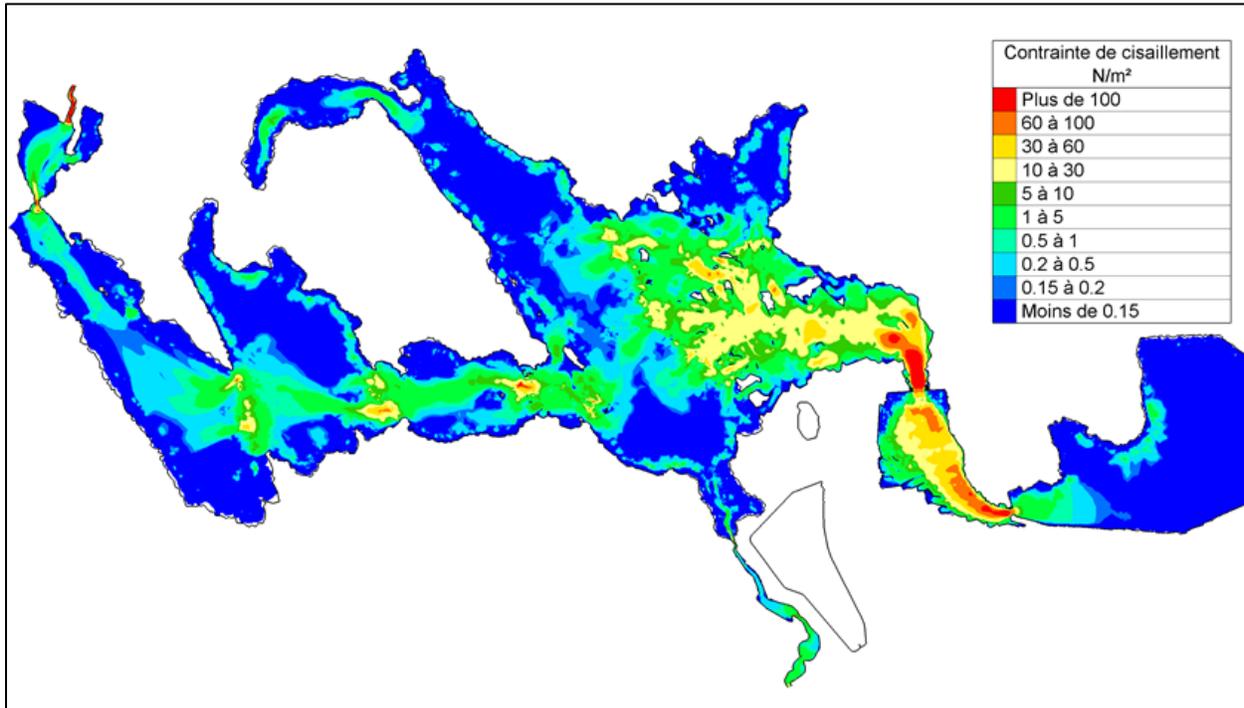


Figure 2. Contrainte de cisaillement maximale – Rupture de la digue H en conditions de crue

## 6.1.2 CONSÉQUENCES

Cette section décrit les conséquences potentielles selon chaque catégorie référencée dans les deux systèmes de classification. Ces conséquences sont également résumées à la section 6.6.

### CONSÉQUENCES SUR LA POPULATION

Le chemin de l'onde de rupture a été examiné jusqu'au lac Germaine afin d'identifier les résidents potentiellement touchés. En se basant sur une interprétation des résultats, quatre villégiatures seront touchées. Il n'y a pas de résident permanent dans le secteur. Compte tenu de la dissipation d'énergie et des faibles vitesses d'écoulement, il est peu probable que des vies de non-travailleurs soient perdues.

### CONSÉQUENCES SUR L'ENVIRONNEMENT ET LES VALEURS CULTURELLES

La rupture de la digue H entraînerait des pertes incrémentales environnementales significatives, dont les habitats piscicoles du système des lacs Boulder, U, Lawrence et Cherny, ainsi que sur les milieux humides. Par contre, aucun habitat « essentiel » n'est situé dans les zones affectées, selon les critères de l'ACB.

### CONSÉQUENCES SUR L'INFRASTRUCTURE ET LES VALEURS ÉCONOMIQUES

Aucune infrastructure importante n'est touchée par l'onde de rupture, à l'exception de la digue de fermeture Nord.

## 6.2 DIGUE DE FERMETURE NORD

### 6.2.1 RÉSULTATS DE SIMULATIONS

Le Tableau 10 résume les résultats des calculs de formation et de propagation de l'onde de rupture de la digue de fermeture Nord, en temps sec et en période de crue. La Figure 3 présente l'hydrogramme de l'écoulement passant par la brèche. Les cartes 4 et 5 de l'annexe C illustrent le rehaussement maximal du niveau d'eau au passage de l'onde de rupture.

Le débit de pointe traversant la brèche atteint 1 380 m<sup>3</sup>/s (temps sec) et 1 706 m<sup>3</sup>/s (en crue). La rupture de la digue de fermeture Nord entraînera la libération d'une fraction des résidus stockés dans le HPA-Ouest sous forme de résidus liquéfiables, en plus de l'eau retenue par la digue. Le volume d'eau retenu est cependant faible et la vidange du bassin est très rapide, soit moins d'une heure. Comme le montrent les cartes 4 et 5, l'onde de rupture se dirigera vers le nord, et traversera la zone humide à l'est du lac Boulder. Après avoir rehaussé le niveau d'eau du lac Boulder d'environ 0,7 m, l'écoulement se poursuivra vers l'ouest dans lac Lawrence et Cherny, où l'onde de rupture est atténuée.

La Figure 4 illustre la contrainte de cisaillement maximale associée à la rupture de la digue en période de crue. Cette contrainte diminue sous les 0,20 N/m<sup>2</sup> à l'entrée du lac Boulder, où est placée la limite de propagation des résidus retenus par la digue de fermeture Nord, autant en temps sec qu'en crue. Les cartes 2 et 3 présentent également la portée potentielle de l'affaissement de la du HPA-Nord, ce qui montre qu'elle devrait être contenue dans le lac Boulder.

**Tableau 10. Propagation de l'onde de rupture de la digue de fermeture Nord**

Point de référence <sup>1</sup>	Niveau d'eau initial (m)	Niveau d'eau maximal (m)	Rehaussement maximal (m)	Temps d'arrivée du front d'onde (h)	Débit maximal (m <sup>3</sup> /s)	Vitesse maximale (m/s)
Rupture de la digue de fermeture Nord en temps sec	698,50	-	-	-	-	-
3- Aval de la digue FN	sec	669,77	2,0	0,08	1 380	6,3
4- Entrée du lac Boulder	644,46	645,16	0,7	0,67	- <sup>2</sup>	0,4
5- Nord du lac Boulder	643,77	643,93	0,2	0,97	- <sup>2</sup>	0
6 – Lac U	640,02	640,15	0,1	Atténué	11	0
7- Lac Lawrence	639,29	639,40	0,1	Atténué	-	-
8- Lac Cherny	638,30	638,41	0,1	Atténué	-	-
9- Sortie du lac Cherny	634,74	634,84	0,1	Atténué	-	-
Rupture de la digue de fermeture Nord en crue	700,00	-	-	-	-	-
3- Aval de la digue FN	sec	670,12	2,8	0,08	1 706	7,5
4- Entrée du lac Boulder	644,60	645,34	0,7	0,57	- <sup>2</sup>	0,6
5- Nord du lac Boulder	643,98	644,21	0,2	0,84	- <sup>2</sup>	0
6 – Lac U	640,19	640,34	0,2	Atténué	26	0,1
7- Lac Lawrence	639,51	639,67	0,2	Atténué	-	-
8- Lac Cherny	638,54	638,60	0,1	Atténué	-	-
9- Sortie du lac Cherny	634,93	634,97	<0,1	Atténué	-	-

<sup>1</sup> Voir les cartes de propagation de l'onde de rupture pour la localisation des points de référence (Annexe C)

<sup>2</sup> À cet endroit, le débit est diffus et n'a pas pu être calculé le long d'un profil transversal.

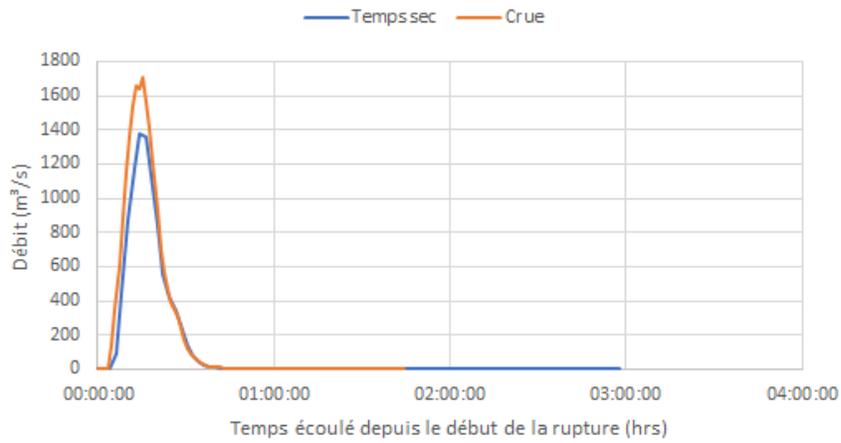


Figure 3. Hydrogramme à la brèche de la digue de fermeture Nord

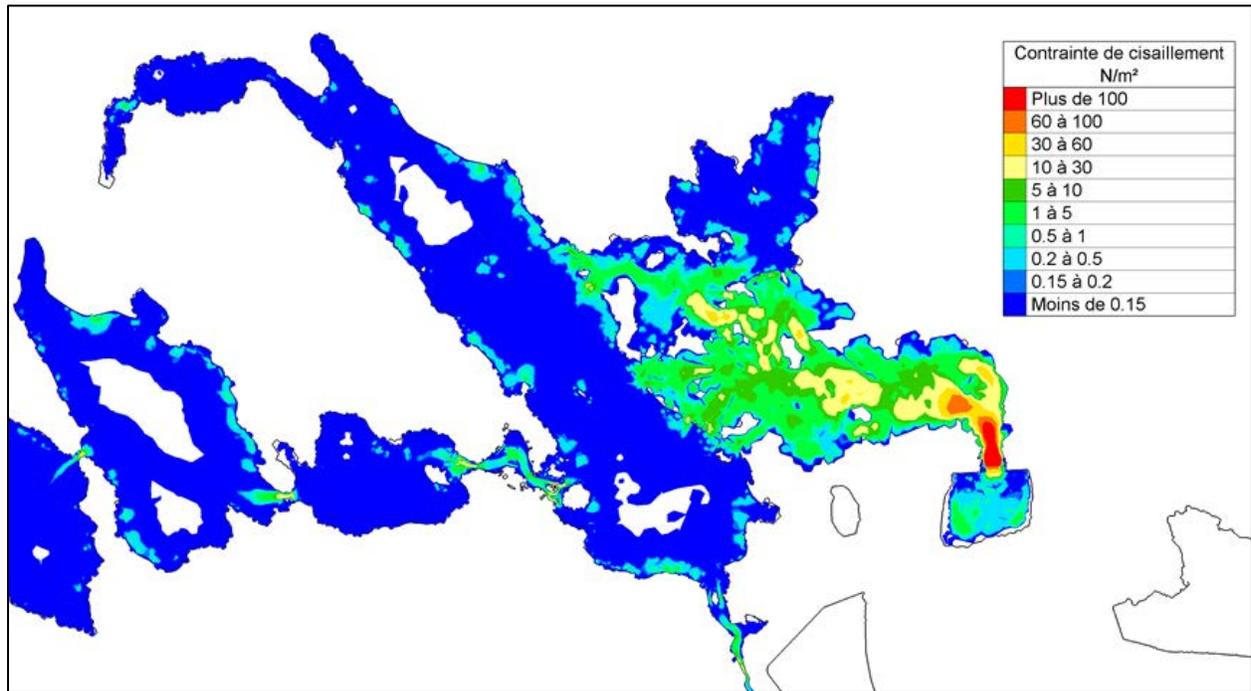


Figure 4. Contrainte de cisaillement maximale – Rupture de la digue de fermeture Nord en conditions de crue

## **6.2.2 CONSÉQUENCES**

### **CONSÉQUENCES SUR LA POPULATION**

Il n'y a pas de résident permanent ou temporaire le long du chemin de propagation de l'onde de rupture.

### **CONSÉQUENCES SUR L'ENVIRONNEMENT ET LES VALEURS CULTURELLES**

La rupture de la digue de fermeture Nord entraînerait des pertes environnementales significatives dont les habitats piscicoles du lac Boulder. Par contre, aucun habitat « essentiel » n'est situé dans les zones affectées, selon les critères de l'ACB.

### **CONSÉQUENCES SUR L'INFRASTRUCTURE ET LES VALEURS ÉCONOMIQUES**

Aucune infrastructure importante n'est touchée par l'onde de rupture.

## **6.3 DIGUE G**

### **6.3.1 RÉSULTATS DE SIMULATIONS**

Le Tableau 11 résume les résultats des calculs de formation et de propagation de l'onde de rupture de la digue G, en temps sec et en période de crue. La Figure 5 présente l'hydrogramme de l'écoulement passant par la brèche. Les cartes 6 et 7 de l'annexe C illustrent le rehaussement maximal du niveau d'eau au passage de l'onde de rupture.

Le débit de pointe traversant la brèche atteint 298 m<sup>3</sup>/s (temps sec) et 458 m<sup>3</sup>/s (en crue). La rupture de la digue G entraînera la libération d'une fraction des résidus stockés dans le HPA-Nord sous forme de résidus liquéfiables, en plus de l'eau stockée dans le bassin G. Comme le montrent les cartes 8 et 9, l'onde de rupture sera entièrement contenue dans le lac G pour la rupture en temps sec, et se propagera jusqu'au lac Confusion pour la rupture en crue où elle sera atténuée avec un rehaussement de 0,6 m.

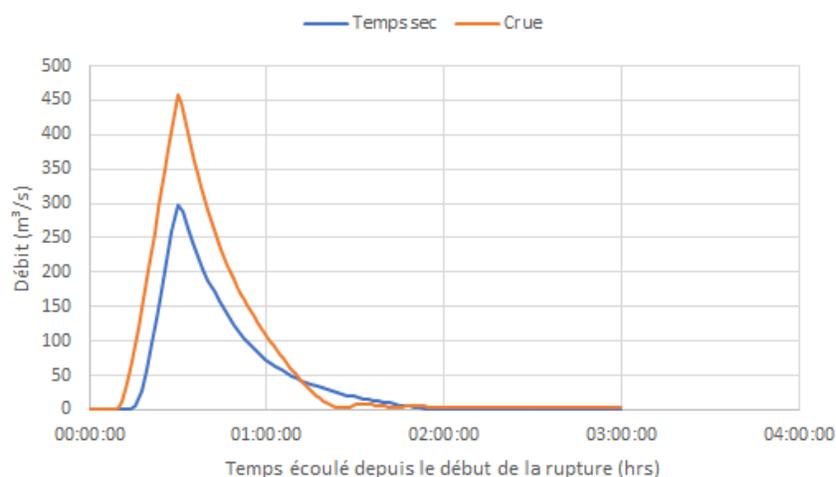
La Figure 6 illustre la contrainte de cisaillement maximale associée à la rupture de la digue en période de crue. Cette contrainte diminue sous les 0,20 N/m<sup>2</sup> dès l'entrée dans le lac Confusion, où est placée la limite de propagation des résidus retenus par la digue G.

La portée potentielle de l'affaissement est également indiquée aux cartes 6 et 7. Dû à la taille relative importante de la HPA-Nord comparée au bassin G, l'affaissement est susceptible de dépasser la limite de l'onde de rupture ainsi que de la dispersion. Les conséquences potentielles de la rupture de la digue G sont d'avantage attribuables à l'affaissement, ce qui est susceptible de toucher la plateforme minière du lac Bloom, ainsi que la boucle ferroviaire qui se dirige vers l'ouest au Labrador.

**Tableau 11. Propagation de l'onde de rupture de la digue G**

Point de référence <sup>1</sup>	Niveau d'eau initial (m)	Niveau d'eau maximal (m)	Rehaussement maximal (m)	Temps d'arrivée du front d'onde (h)	Débit maximal (m <sup>3</sup> /s)	Vitesse maximale (m/s)
<b>Rupture de la digue G en temps sec</b>	698,50	-	-	-	-	-
1 – Lac G	693,10	694,97	1,9	0,35	298	0,7
<b>Rupture de la digue G en crue</b>	700,00	-	-	-	-	-
1- Lac G	693,08	695,67	2,6	0,30	458	0,8
2 – Installations entre les lacs G et Confusion	692,52	693,45	0,9	0,82	31	1,5
3 – Lac Confusion	678,16	678,78	0,6	1,25	Atténué	0,1

<sup>1</sup> Voir les cartes de propagation de l'onde de rupture pour la localisation des points de référence (Annexe C)



**Figure 5. Hydrogramme à la brèche de la digue G**

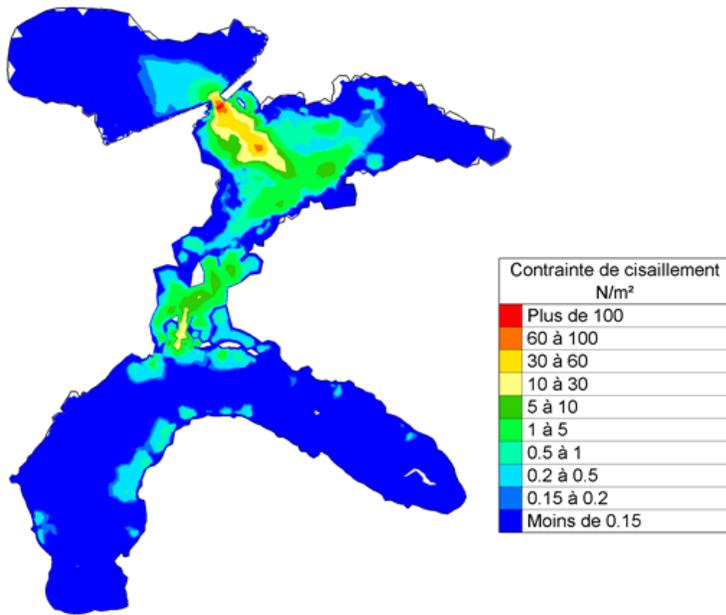


Figure 6. Contrainte de cisaillement maximale – Rupture de la digue G en conditions de crue

## 6.3.2 CONSÉQUENCES

### CONSÉQUENCES SUR LA POPULATION

Il n'y a pas de résident permanent ou temporaire le long du chemin de propagation de l'onde de rupture. Il y a un risque de perte de vie des travailleurs sur la plateforme de la mine du lac Bloom en raison du potentiel d'affaissement.

### CONSÉQUENCES SUR L'ENVIRONNEMENT ET LES VALEURS CULTURELLES

La rupture de la digue G entraînerait des pertes environnementales incrémentales significatives, dont les habitats piscicoles du lac G, lac de la Confusion et le lac Mazaré. Par contre, aucun habitat « essentiel » n'est situé dans les zones affectées, selon les critères de l'ACB.

### CONSÉQUENCES SUR L'INFRASTRUCTURE ET LES VALEURS ÉCONOMIQUES

Plusieurs infrastructures minières du complexe minier du Lac Bloom, incluant le concentrateur de la phase II et le point de déchargement du convoyeur, risquent d'être touchées par l'affaissement de la HPA-Nord. La boucle ferroviaire pour les envois minéraux, situés au Labrador, est aussi susceptible d'être touchée.

## 6.4 DIGUE A

### 6.4.1 RÉSULTATS DE SIMULATIONS

Le Tableau 12 résume les résultats des calculs de formation et de propagation de l'onde de rupture de la digue A, en temps sec et en période de crue. La Figure 7 présente l'hydrogramme de l'écoulement passant par la brèche. Les cartes 6 et 7 de l'annexe C illustrent le rehaussement maximal du niveau d'eau au passage de l'onde de rupture.

Le débit de pointe traversant la brèche atteint 14 287 m<sup>3</sup>/s (temps sec) et 15 050 m<sup>3</sup>/s (en crue). Les bassins RC-1 et RC-2, situés immédiatement en aval, subissent une rupture en cascade, ce qui augmente d'avantage le débit de pointe de l'onde de rupture. Comme le montrent les cartes 6 et 7, l'onde de rupture se propage dans la chaîne de lacs situés au nord où le rehaussement est de l'ordre de 2 à 3 m. De là, une grande partie de l'énergie aura été dissipée, mais il faudra encore que l'onde de rupture se propage plus en aval, dans le lac Germaine au nord-ouest, avant que l'onde de rupture ne soit atténuée.

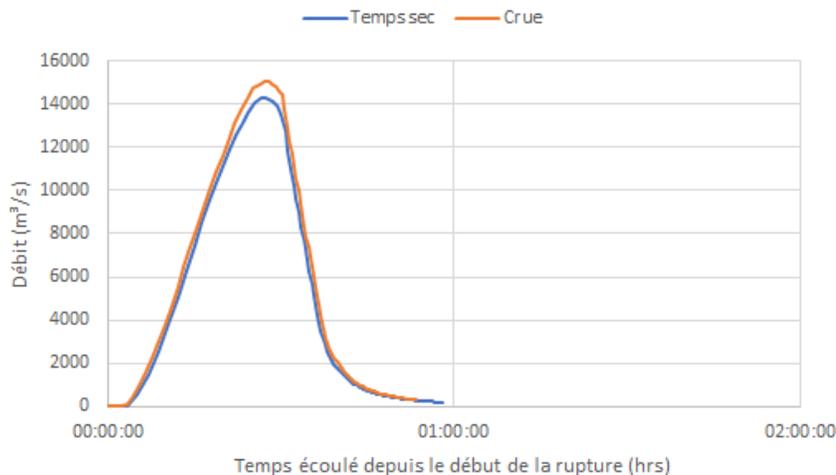
Compte tenu de leur petite taille (18 µm), une grande partie des résidus libérés du bassin A sont susceptibles de rester en suspension jusqu'à ce l'énergie soit dissipée, soit dans le lac Germain.

**Tableau 12. Propagation de l'onde de rupture de la digue A**

Point de référence <sup>1</sup>	Niveau d'eau initial (m)	Niveau d'eau maximal (m)	Rehaussement maximal (m)	Temps d'arrivée du front d'onde (h)	Débit maximal (m <sup>3</sup> /s)	Vitesse maximale (m/s)
<b>Rupture de la digue A en temps sec</b>	719,00	-	-	-	-	-
1- Bassins RC-1 et RC-2	692,00	697,21	5,2	0,12	14 287	6,9
2 – Lac Mazaré - amont	668,00	680,23	12,2	0,23	15 276	3,6
3- Lac Mazaré - aval	667,25	675,61	8,4	0,35	7952	6,0
4- Lac D	649,80	653,88	4,1	0,73	2122	3,3
5- Entrée du lac Boulder	643,72	645,63	1,9	1,25	2122	7,0
6- Nord du lac Boulder	643,72	645,75	2,0	1,50	- <sup>2</sup>	0,6
7 – Lac U	640,01	642,12	2,1	1,57	851	1,1
8- Lac Lawrence	639,29	641,09	1,8	1,98	677	0,2
9- Lac Cherny	638,33	640,64	2,3	2,77	471	0,5
10- Sortie du lac Cherny	634,78	637,41	2,6	3,17	413	0,6
<b>Rupture de la digue A en crue</b>	719,50	-	-	-	-	-
1- Bassins RC-1 et RC-2	693,50	699,05	5,6	0,09	15 050	7,1
2 – Lac Mazaré - amont	668,25	681,21	13,0	0,18	16 374	1,2
3- Lac Mazaré - aval	667,47	676,33	8,8	0,33	9608	6,0
4- Lac D	650,03	654,27	4,2	0,69	2403	3,6
5- Entrée du lac Boulder	643,94	645,84	1,9	1,11	2735	7,3
6- Nord du lac Boulder	643,94	645,99	2,1	1,33	- <sup>2</sup>	0,7
7 – Lac U	640,15	642,36	2,2	1,44	1107	1,1
8- Lac Lawrence	639,47	641,27	1,8	1,77	923	0,3
9- Lac Cherny	638,59	641,05	2,5	2,28	655	0,5
10- Sortie du lac Cherny	635,00	637,79	2,8	2,68	552	0,7

<sup>1</sup> Voir les cartes de propagation de l'onde de rupture pour la localisation des points de référence (Annexe C)

<sup>2</sup> À cet endroit, le débit est diffus et n'a pas pu être calculé le long d'un profil transversal.



**Figure 7. Hydrogramme à la brèche de la digue A**

## 6.4.2 CONSÉQUENCES

### CONSÉQUENCES SUR LA POPULATION

Le chemin de l'onde de rupture a été examiné jusqu'au lac Germaine afin d'identifier les résidents potentiellement touchés. En se basant sur une interprétation des résultats, quatre villégiatures seront touchées. Il n'y a pas de résident permanent dans le secteur. Compte tenu de la dissipation d'énergie et des faibles vitesses d'écoulement, il est peu probable que des vies de non-travailleurs soient perdues.

### CONSÉQUENCES SUR L'ENVIRONNEMENT ET LES VALEURS CULTURELLES

La rupture de la digue A entraînerait des pertes environnementales incrémentales significatives, dont les habitats piscicoles du système des lacs Mazaré, Carotte, D, Boulder, U, Lawrence et Cherny, ainsi que sur les milieux humides. Par contre, aucun habitat « essentiel » n'est situé dans les zones affectées, selon les critères de l'ACB.

### CONSÉQUENCES SUR L'INFRASTRUCTURE ET LES VALEURS ÉCONOMIQUES

Aucune infrastructure publique importante n'a été identifiée comme touchés par l'onde de rupture. Les digues RC1/RC2 seront touchées, et il pourrait y avoir des impacts sur le convoyeur à l'endroit où il traverse le lac Mazaré.

## 6.5 DIGUE SUD

### 6.5.1 RÉSULTATS DE SIMULATIONS

Le Tableau 13 résume les résultats des calculs de formation et de propagation de l'onde de rupture de la digue Sud, en temps sec et en période de crue. La Figure 8 présente l'hydrogramme de l'écoulement passant par la brèche. Les cartes 10 et 11 de l'annexe C illustrent le rehaussement maximal du niveau d'eau au passage de l'onde de rupture.

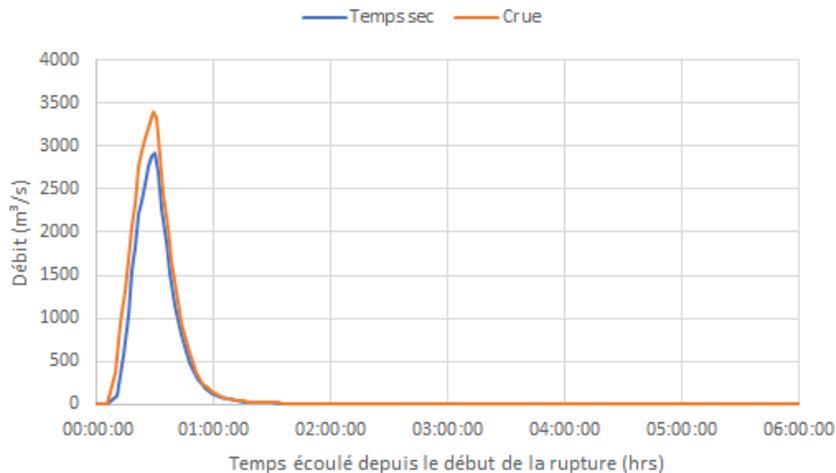
Le débit de pointe traversant la brèche atteint 2 928 m<sup>3</sup>/s (temps sec) et 3 404 m<sup>3</sup>/s (en crue). Comme le montrent les cartes 10 et 11, l'onde de rupture suit une trajectoire préférentielle vers le tronçon du lac Mogridge en aval du barrage Mogridge. Pour le scénario en temps sec, le niveau d'eau dans le lac Mogridge s'élève de 0,8 m (676,4 m), ce qui est inférieur à l'élévation du noyau étanche du barrage et n'amorce donc pas la rupture de cet ouvrage. Dans ce scénario, l'onde de rupture est atténuée complètement dans le lac et aucun impact n'est attendu en aval.

Selon les hypothèses statuées pour le scénario en période de crue, l'afflux provenant de la brèche est susceptible de provoquer une rupture en cascade du barrage Mogridge. Si cela se produit, l'onde de rupture suit ensuite une trajectoire préférentielle le long du canal Mogridge, qui traverse la plateforme de mine du complexe Mont-Wright et se dirige vers les bassins Hesse Centre et Sud. Ces bassins se remplissent progressivement et, compte tenu des niveaux d'eau initiaux supposés déjà élevés avant l'arrivée du front de l'onde, se déversent au nord-ouest en direction de la rivière aux Pékans. Dans la rivière, l'onde de rupture rehausse le niveau d'eau d'environ 1 m, avant de s'atténuer progressivement.

**Tableau 13. Propagation de l'onde de rupture de la digue Sud**

Point de référence <sup>1</sup>	Niveau d'eau initial (m)	Niveau d'eau maximal (m)	Rehaussement maximal (m)	Temps d'arrivée du front d'onde (h)	Débit maximal (m <sup>3</sup> /s)	Vitesse maximale (m/s)
<b>Rupture de la digue Sud en temps sec</b>	697,5	-	-	-	-	-
1- Aval de la digue Sud	sec	687,1	4,2	0,08	2 928	8,1
2- Amont de la route 389	675,6	677,5	1,9	0,50	600	0,8
3- Lac Mogridge – Amont du barrage	675,6	676,4	0,8	0,67	0	0
4 – Lac Mogridge – Aval du barrage	673,3	673,3	0,0	Atténué	-	-
<b>Rupture de la digue Sud en crue</b>	699,0	-	-	-	-	-
1- Aval de la digue Sud	sec	687,3	4,3	0,08	3 404	8,7
2- Lac Mogridge – Amont de la route 389	678,7	679,4	0,7	0,41	1 958	1,4
3- Lac Mogridge – Amont du barrage	678,7	679,3	0,6	0,54	682	0,7
4 – Lac Mogridge – Aval du barrage	673,3	675,4	2,1	0,73	693	3,1
5- Installations minières	sec	635,96	1,96	2,86	653	1,7
6- Bassin Hesse Centre	613,00	616,25	3,25	3,55	309	0,1
7- Pont de la route 389 en aval du bassin Hesse	603,00	605,92	2,92	7,83	310	0,6
8- Entrée dans la rivière aux Pékans	566,09	567,04	0,95	11,23	255	1,5
9- Pont de la route 389 sur la rivière aux Pékans	564,97	565,30	0,33	23,23	53	0,6
10 – Confluent Webb et Pékan	564,18	564,57	0,39	29,40	41	0,8

<sup>1</sup> Voir les cartes de propagation de l'onde de rupture pour la localisation des points de référence (Annexe C)



**Figure 8. Hydrogramme à la brèche de la digue Sud**

## 6.5.2 CONSÉQUENCES

Pour le scénario en période de crue, plusieurs routes et bâtiments situés sur la plateforme du Mont-Wright, dont AMEM est propriétaire, subissent des inondations. Le poste de chargement du minerai et le chemin de fer sont également touchés. Le temps d'arrivée du front de l'onde de rupture sur ces infrastructures est d'environ 3h, soit environ 1h45 min après la rupture du barrage de Mogridge.

### CONSÉQUENCES SUR LA POPULATION

Il existe cinq villégiatures et trois camps innus le long de la rivière aux Pékans qui sont susceptibles d'être touchés par l'onde de rupture. Le temps d'arrivée du front de l'onde sur ces infrastructures est d'environ 1h, soit 12h après la rupture du barrage de Mogridge. Compte tenu de la dissipation d'énergie et des faibles vitesses d'écoulement, il est peu probable que des vies soient perdues à cet endroit.

En raison de l'absence de données topographiques et bathymétriques précises dans le secteur de la rivière aux Pékans, il n'est pas possible actuellement d'évaluer avec précision les impacts de la rupture à cet endroit ni de déterminer si les éléments présents sont déjà affectés avant la rupture. Ces éléments pourraient donc être affectés par la rupture en cascade (digue Sud - Mogridge).

### CONSÉQUENCES SUR L'ENVIRONNEMENT ET LES VALEURS CULTURELLES

Les impacts environnementaux en temps sec sont limités à une contamination du lac Mogridge avec de l'eau préalablement en contact avec une halde à stérile Sud.

Pour le scénario en période de crue, les eaux du bassin de Hesse Centre (eau de recirculation des procédés, chargée en MES) sont en partie entraînées par la propagation de l'onde vers la rivière aux Pékans. Il est donc probable que des impacts environnementaux soient observables sur la rivière aux Pékans.

## CONSÉQUENCES SUR L'INFRASTRUCTURE ET LES VALEURS ÉCONOMIQUES

Sur le passage de l'onde de rupture de la digue Sud (en temps sec et en crue), il est fort probable que le remblai de la route 389 s'érode, avec une possibilité d'arrachement d'une portion de route.

Pour la rupture en période de crue, l'onde de rupture est susceptible de causer des dommages importants à deux autres points de contact de la route 389: sur la crête du barrage Mogridge et à la sortie du petit lac situé au nord du bassin Hesse Centre. Deux points de contact du chemin de fer sont également susceptibles de subir des impacts : au point de chargement du minerai du complexe minier de Mont-Wright et à la sortie nord du bassin Hesse Centre.

## 6.6 CLASSIFICATION

### 6.6.1 CLASSIFICATION SELON LA LSB

Selon les critères élaborés dans la RSB (Tableau 1 de l'annexe B), le niveau des conséquences accordé pour les digues H, FN et A est « faible », puisque les territoires en aval ont une quantité limitée d'infrastructures et sont peuplés sporadiquement de villégiateurs. La digue G est située en amont d'infrastructures minières, donc il a été accordé un niveau « très important ». Le niveau des conséquences accordé pour la digue Sud est « considérable », compte tenu de la présence du barrage Mogridge en aval dont le niveau des conséquences est « considérable » (CEHQ, 2019).

Le Tableau 1 de l'annexe D fournit une compilation des intrants utilisés pour attribuer la vulnérabilité « V » à chaque digue selon la méthodologie du RSB. Les résultats sont résumés au Tableau 14.

La vulnérabilité « V » de chaque digue a été jugée relativement faible. La légère variabilité dans les chiffres reportés dans le Tableau 14 est attribuée au type de fondation des digues.

En prenant le produit du pointage des conséquences et de la vulnérabilité, une valeur « P » a été déterminée pour chaque ouvrage. Compte tenu des conséquences de rupture faibles sur le plan des vies humaines et des infrastructures, la classe D a été attribuée à la digue H, à la digue A, et à la digue de fermeture Nord. Pour les digues G et Sud, la classe B a été attribuée.

**Tableau 14. Classification des digues selon la LSB**

	Digue H	Digue G	Digue de Fermeture Nord	Digue A	Digue Sud
Niveau des conséquences « C »	Faible (2)	Très important (8)	Faible (2)	Faible (2)	Considérable (10)
Vulnérabilité « V »	10,5	8,8	9,1	11,1	8,7
Valeur « P »	21	71	18	22	87
Classe	D	B	D	D	B

## 6.6.2 CLASSIFICATION SELON L'ACB

Comme décrit dans la section 6, une rupture d'une des digues confinant la HPA-Nord, HPA-Ouest ou le bassin A existant provoque le relâchement de l'eau et de résidus miniers dans le réseau de lacs qui alimentent le lac Opiscoteo, ce qui entraîne des pertes différentielles environnementales significatives, dont les habitats piscicoles. Ceci implique une classe supérieure à « Risque important » selon les critères de l'ACB (voir le Tableau 2 de l'annexe B). On considère qu'il n'y a pas d'habitat « essentiel » dans les zones potentiellement affectées, donc une classe inférieure à « Risque très élevé » devrait être affecté. Nous concluons donc avec une classe « élevée » pour ces ouvrages, telle que présentée au Tableau 15, à l'exception de la digue G (risque très élevé; conséquences sur la plateforme minière du complexe minier du lac Bloom).

Pour la digue Sud, les pertes incrémentales sur l'infrastructure correspondent à une classe « Risque très élevé » à cause des impacts prévus sur la route nationale 389 et potentiellement sur le complexe minier du Mont-Wright. Les pertes environnementales sont limitées au lac Mogridge et potentiellement à la rivière aux Pékans, qui n'a pas d'habitat de poissons « essentiel ».

Le Tableau 2 de l'annexe D présente plus de détails de la démarche utilisée pour classer les digues selon les critères de l'ACB.

**Tableau 15. Classification des digues selon la ACB**

	<b>Digue H (cascade avec la digue FN)</b>	<b>Digue G</b>	<b>Digue de fermeture Nord</b>	<b>Digue A (cascade avec RC1)</b>	<b>Digue Sud</b>
Classe ACB	Risque élevé	Risque très élevé	Risque élevé	Risque élevé	Risque très élevé
Catégorie contrôlante	Valeurs sur le plan de l'environnement et de la culture	Infrastructure et pertes économiques	Valeurs sur le plan de l'environnement et de la culture	Valeurs sur le plan de l'environnement et de la culture	Pertes de vies & Infrastructure et pertes économiques

## 7 CONCLUSION

WSP a été mandatée par MFQ pour établir les conséquences potentielles d'une rupture de la digue A existante ainsi que les futures digues H, G, Sud et la digue de fermeture Nord prévues au projet d'agrandissement des aires d'entreposage des stériles et résidus miniers du lac Bloom. La classification de chaque digue a aussi été réalisée, selon la méthodologie de l'Association canadienne des barrages (ACB, 2007), et le Règlement sur la sécurité des barrages (RSB).

Dans ce contexte, la rupture de chaque digue, à la fois en temps sec et en crue, a été modélisée à l'aide du logiciel TELEMAC-2D, afin d'évaluer les impacts de la propagation de l'onde de rupture dans les secteurs concernés. La portée potentielle de l'affaissement des haldes à résidus associés aux digues a également été évaluée pour déterminer les conséquences potentielles attribuables à ce phénomène. Finalement, afin de mieux évaluer la portée des impacts environnementaux, la dispersion des particules en suspension avec l'onde de rupture a été évaluée et cartographiée.

Le modèle hydrodynamique ainsi que les scénarios de simulations ont été établis sur la base de multiples hypothèses. À la lumière de ces hypothèses et de l'approche conservatrice utilisée dans l'évaluation des conséquences, les conclusions de cette étude de rupture se résument comme suit:

### **Pour les digues H, A, G et la digue de fermeture Nord associées aux augmentations de la capacité d'entreposage des résidus :**

- Les impacts environnementaux de la rupture seraient significatifs en raison de la dispersion des particules en suspension, ainsi qu'à l'élévation soudaine des niveaux d'eau dans les lacs, milieux humides et cours d'eau;
- La rupture de la digue G (située en amont des infrastructures minières) risque de causer des pertes de vies humaines des travailleurs et de causer des dommages importants aux infrastructures minières;
- En fonction de la proximité du rivage, quatre villégiateurs peuvent être touchés par l'onde de rupture des digues A et H. En raison de la dissipation d'énergie, il est peu probable que des pertes de vies humaines se produisent.

### **Pour la digue Sud associée à l'augmentation de la capacité d'entreposage des stériles :**

- La route nationale 389 serait lourdement endommagée par la rupture de la digue Sud;
- La rupture en temps sec n'entraîne pas la rupture en cascade du barrage Mogridge, et l'onde de rupture est complètement atténuée dans le lac Mogridge (aucun impact en aval);
- La rupture en crue entraîne la rupture en cascade du barrage Mogridge. Plusieurs routes et bâtiments situés sur la plateforme du complexe minier de Mont-Wright subissent des inondations. De plus, la rivière aux Pékans et de nombreux villégiateurs situés sur son rivage subiraient probablement des impacts, suite à l'entraînement d'eau provenant du bassin de Hesse Centre.



# RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

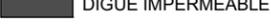
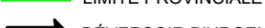
- Amec Foster Wheeler. 2015. *Note Technique - Calcul des bilans d'eaux de conception (Complexe minier du Mont-Wright)*. Fermont, Québec. Rapport produit pour ArcelorMittal Exploitation minière. Réf. Amec Foster Wheeler : TX15002203-3100-NRE-0001-A., 33 pp.
- Association canadienne des barrages. 2007. *Recommandations de sécurité des barrages de l'ACB (Édition 2013)*. Édition numérique. 82 pp.
- Blight, G. E. et Fourie, A. B. 2003. *A review of catastrophic flow failures of deposits of mine waste and municipal refuse*. Proceedings of the international conference, Naples, Italie, pp. 1-17.
- Centre d'expertise hydrique du Québec. 2019. *Fiche technique : barrage numéro X2122688*. Répertoire des barrages. Consulté le 15 juin 2019.  
[https://www.cehq.gouv.qc.ca/barrages/detail.asp?no\\_mef\\_lieu=X2122688](https://www.cehq.gouv.qc.ca/barrages/detail.asp?no_mef_lieu=X2122688)
- Fontaine D.D. et V. Martin. 2015. *Tailings Mobilization Estimates for Dam Breach Studies*. Proceedings of the 2015 Tailings and Mine Waste Conference, Vancouver, Colombie-Britannique.
- Gouvernement du Québec. 2019. *Règlement sur la sécurité des barrages*, chapitre S-3.1.01, r. 1.
- Jeyapalan J. K., Duncan J. M. et Seed H. B. 1983. *Analysis of flow failures of mine tailings dams*. ASCE, Journal of Geotechnical Engineering, 109(2); 150-171.
- Julien, P.Y. 1998. *Erosion and sedimentation*. Cambridge University Press.
- Kulesza, R. 2011. *Review of Technical Literature on Tailings Dam Failures involving Flow of Tailings*. USSD Workshop on Dam Break Analysis Applied to Tailings Dams, Denver, Colorado.
- Lucia P. C., Duncan J. M. et Seed H. B. 1981. *Summary of research on case histories of flow failures of mine tailings impoundments*. Mine Waste Disposal Technology, Proceedings of the Bureau of Mines Technology Transfer Workshop, Denver, Colorado, pp. 46-53.
- Marche, Claude. 2008. *Barrages : crues de rupture et protection civile*. 1<sup>re</sup> édition, Presses internationales Polytechnique, Montréal.
- Martin, V., Al-Mamun, M., et Small, A. 2019. *CDA Technical Bulletin on Tailings Dam Breach Analyses*. 87<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Commission on Large Dams. Ottawa, Canada
- Martin, Violeta, Daniel Fontaine, et Jaime Grant Cathcart. 2015. *Challenges with Conducting Tailings Dam Breach Studies*. 85<sup>th</sup> Annual Meeting of International Commission on Large Dams, Prague, République Tchèque.
- MELCC. 2012. *Directives 019 sur l'industrie minière*. ISBN : 978-2-550-64507-8 (PDF)
- Rico, M., Benito, G. et Diez-Herrero, A. 2008. *Floods from Tailings Dam Failures*. Journal of Hazard Management. pp. 79-87.
- Seddon, K. D. 2010. *Approaches to Estimation of Runout Distances of Liquefied Tailings*. First International Seminar on the Reduction of Risk in the Management of Tailings and Mine Waste, Mine Waste 2010, Perth, Australie.
- WSP. 2019. *Étude de faisabilité LBP2 - Gestion des eaux, des résidus et des stériles (Mine du lac Bloom)*, Fermont, Québec. Rapport produit pour Minerai de fer Québec. Réf. WSP : 181-03709-01.

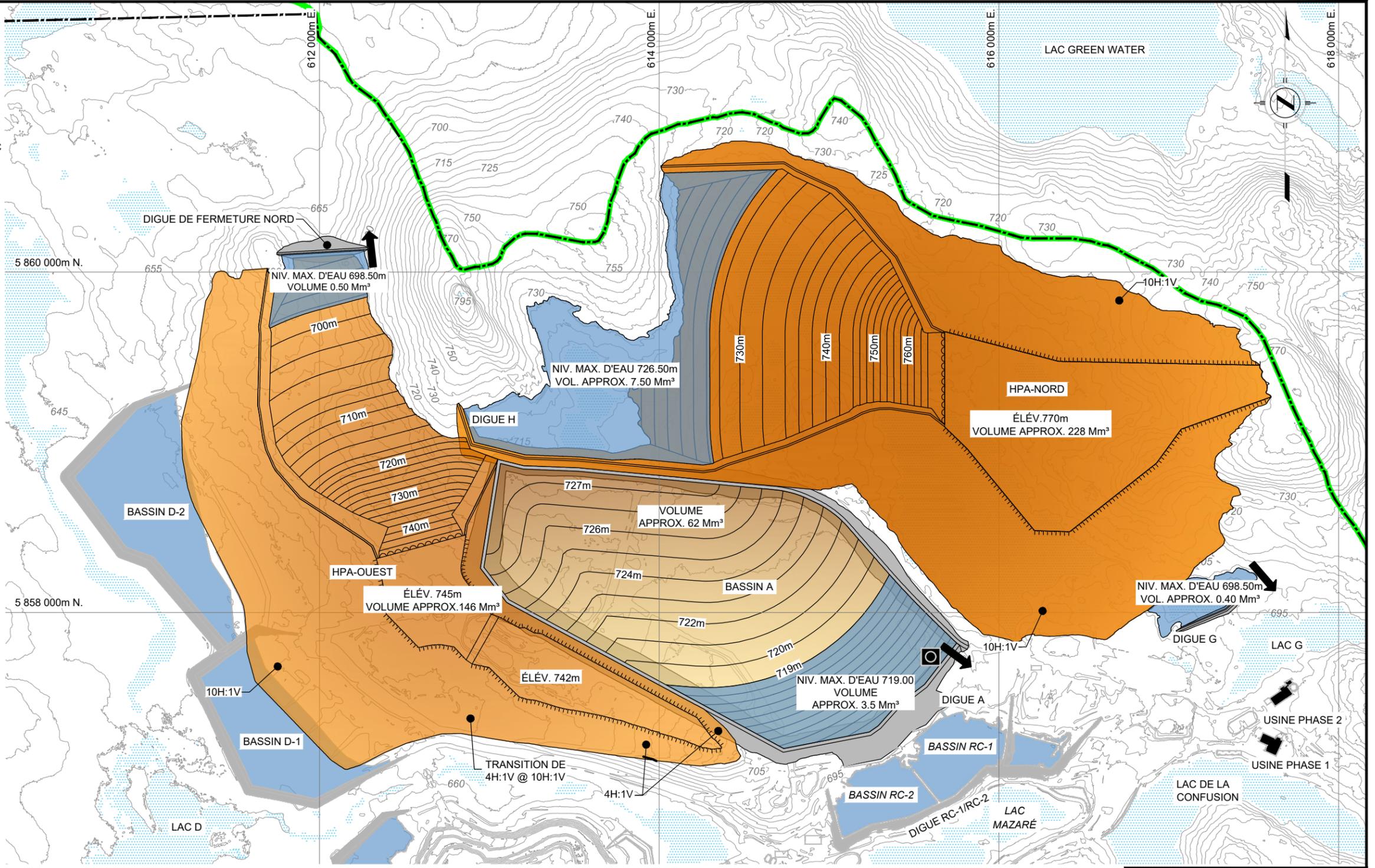


# ANNEXE

## A VUE EN PLAN DES INFRASTRUCTURES À L'ÉTUDE



- LÉGENDE:**
-  LAC EXISTANT
  -  RÉSIDUS GROSSIERS PROPOSÉS
  -  RÉSIDUS FINS PROPOSÉS
  -  BASSIN D'EAU DE PROCÉDÉ
  -  DIGUE IMPERMÉABLE
  -  LIMITE DE PROPRIÉTÉ DE MINÉRAI DE FER QUÉBEC
  -  LIMITE PROVINCIALE
  -  DÉVERSOIR D'URGENCE PROPOSÉ
  -  STRUCTURE DE CONTRÔLE DU NIVEAU D'EAU PROPOSÉE



- NOTES :**
- 1- COORDONNÉES ET ÉLÉVATIONS EN MÈTRES.
  - 2- COORDONNÉES UTM NAD 83 ZONE 19.
  - 3- ISOCONTOURS À INTERVALLES DE 5m.
  - 4- FOND TOPOGRAPHIQUE BASÉ SUR LES DONNÉES LIDAR PRÉPARÉES PAR PERRON HUDON BÉLANGER INC. (PHB), PRISES LE 13,18 ET 19 AOÛT 2018.
  - 5- LA BATHYMÉTRIE DES BASSINS A, RC-1, RC-2, D-1 ET D-2 A ÉTÉ PRÉPARÉE PAR MARCEL CADORET ARPENTEUR GÉOMÈTRE (GROUPE CADORET, ARPENTEURS-GÉOMÈTRES INC.), PRISES LE 13,14,15 ET 16 SEPTEMBRE 2018.

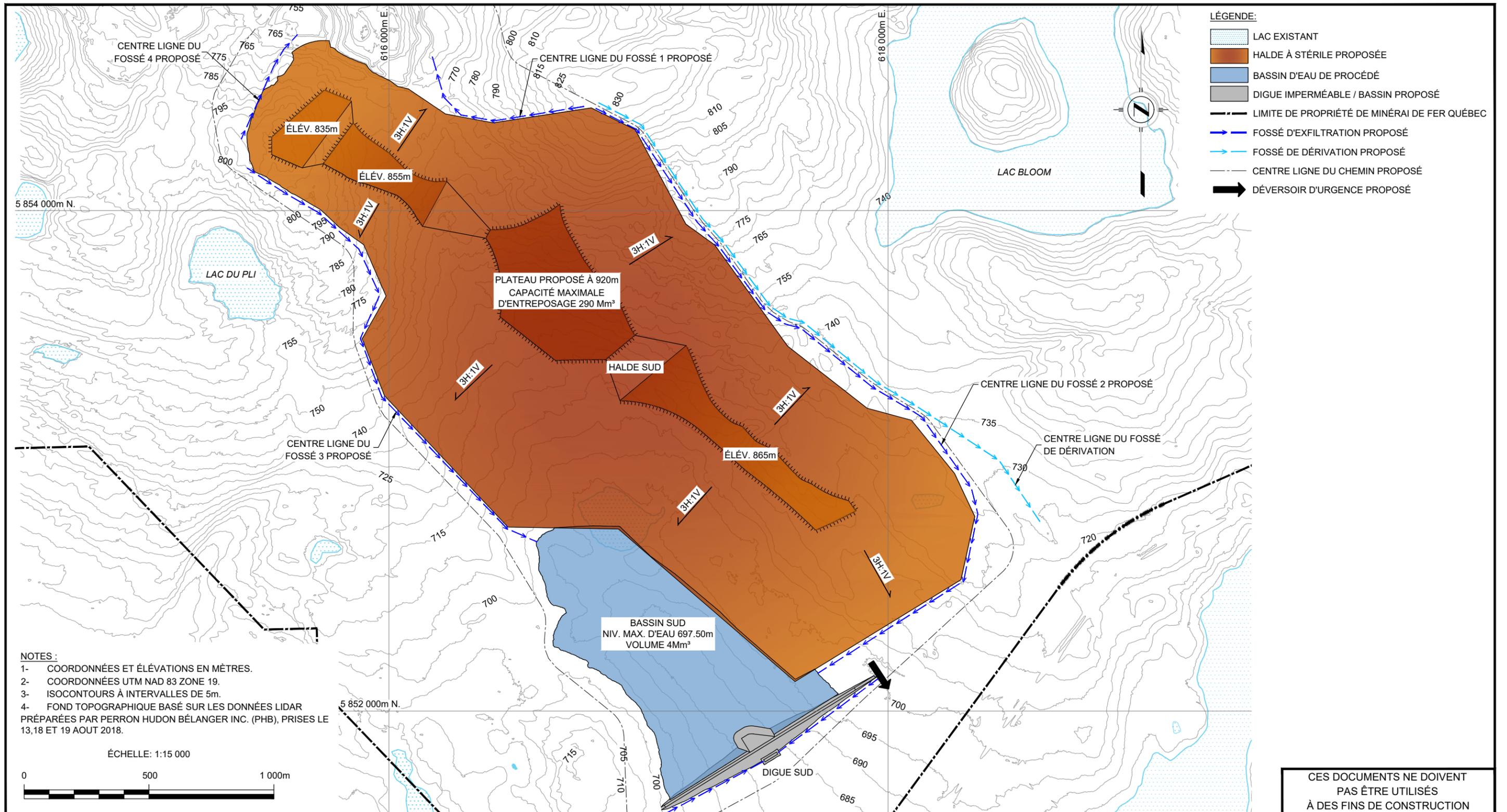
ÉCHELLE : 1:25 000



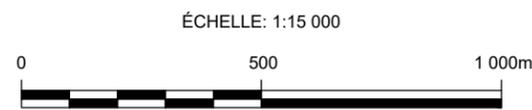
**CES DOCUMENTS NE DOIVENT PAS ÊTRE UTILISÉS À DES FINS DE CONSTRUCTION**

		PROJET : <b>EXPANSION DE LA MINE DU LAC BLOOM          PLAN DE REMPLISSAGE - PARC À RÉSIDUS          ANNÉE 2040</b>	ÉCHELLE : 1:25 000	DESSINÉ PAR : I. DJERMOUNI / E. GAMSBY, tech.	
		<b>FERMONT, QUÉBEC</b>	DATE : (AA-MM-JJ) 19-09-05	PROJETÉ PAR : O. HOUDE, ing.	
PROJET NO : 181-03709-01			VÉRIFIÉ PAR : F. CHOQUET, ing.		
DESSIN NO : 181-03709-01-G106			FORMAT : 11X17	REV. : B	





**NOTES :**  
 1- COORDONNÉES ET ÉLÉVATIONS EN MÈTRES.  
 2- COORDONNÉES UTM NAD 83 ZONE 19.  
 3- ISOCONTOURS À INTERVALLES DE 5m.  
 4- FOND TOPOGRAPHIQUE BASÉ SUR LES DONNÉES LIDAR PRÉPARÉES PAR PERRON HUDON BÉLANGER INC. (PHB), PRISES LE 13,18 ET 19 AOUT 2018.



**CES DOCUMENTS NE DOIVENT PAS ÊTRE UTILISÉS À DES FINS DE CONSTRUCTION**

 	PROJET : <b>EXPANSION DE LA MINE DU LAC BLOOM          HALDE SUD CAPACITÉ MAXIMALE          VUE EN PLAN</b> FERMONT, QUÉBEC	ÉCHELLE : 1:15 000 DATE : (AA-MM-JJ) 19-09-05 PROJET NO : 181-03709-01 DESSIN NO : 181-03709-01-C200	DESSINÉ PAR : I. DJERMOUNI / E. GAMSBY, tech. PROJETÉ PAR : M-H. RATHÉ, ing. jr. VÉRIFIÉ PAR : F. CHOQUET, ing. FORMAT : 11X17 REV. : B
--	---	---	--



# ANNEXE

## **B** CRITÈRES DE CLASSIFICATION DES BARRAGES



**Tableau 1 Critères du niveau des conséquences de rupture selon la RSB**

Caractéristiques du territoire affecté (Densité de la population et importance des infrastructures et des services détruits ou lourdement endommagés)	Niveau des conséquences
Territoire non habité;	
OU	
Territoire comprenant des infrastructures ou services de peu d'importance telles que: - un autre barrage dont le niveau des conséquences d'une rupture est «minimal»; - un chemin d'accès aux ressources; - une terre agricole; - une installation commerciale sans hébergement;	Minimal
Territoire habité occasionnellement et comptant moins de 10 chalets ou résidences saisonnières;	
OU	
Territoire comportant une installation commerciale qui offre de l'hébergement pour moins de 25 personnes ou qui compte moins de 10 unités d'hébergement (10 chalets, 10 emplacements de camping, 10 chambres de motel, etc.);	Faible
OU	
Territoire comprenant des infrastructures ou services de faible importance tels que: - un autre barrage dont le niveau des conséquences d'une rupture est «faible»; - une route locale;	
Territoire habité soit en permanence et comptant moins de 10 résidences, soit occasionnellement et comptant 10 chalets ou résidences saisonnières et plus;	
OU	
Territoire comportant une installation commerciale qui est saisonnière et offre de l'hébergement pour 25 personnes ou plus ou compte 10 unités d'hébergement ou plus ou qui est exploitée à l'année et offre de l'hébergement pour moins de 25 personnes ou compte moins de 10 unités d'hébergement;	Moyen
OU	
Territoire comprenant des infrastructures ou services de moyenne importance tels que: - un autre barrage dont le niveau des conséquences d'une rupture est «moyen»; - une route collectrice; - une ligne de chemin de fer (locale ou régionale); - une entreprise comptant moins de 50 employés; - une prise d'eau principale alimentant une municipalité, que cette prise soit située en amont ou en aval du barrage;	

**Tableau 1 Critères du niveau des conséquences de rupture selon la RSB (continué)**

<p>Territoire habité en permanence comptant 10 résidences ou plus et moins de 1 000 habitants;</p> <p style="text-align: center;">OU</p> <p>Territoire comportant une installation commerciale qui est exploitée à l'année et offre de l'hébergement pour 25 personnes ou plus ou compte 10 unités d'hébergement ou plus;</p> <p style="text-align: center;">OU</p> <p>Territoire comprenant des infrastructures ou services importants tels que:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- un autre barrage dont le niveau des conséquences d'une rupture est «important»;</li> <li>- une route régionale;</li> <li>- une ligne de chemin de fer (transcontinentale ou transfrontalière);</li> <li>- une école;</li> <li>- une entreprise comptant de 50 à 499 employés;</li> </ul>	<p>Important</p>
<p>Territoire habité en permanence comptant plus de 1 000 et moins de 10 000 habitants;</p> <p style="text-align: center;">OU</p> <p>Territoire comprenant des infrastructures ou services très importants tels que:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- un autre barrage dont le niveau des conséquences d'une rupture est «très important»;</li> <li>- une autoroute ou une route nationale;</li> <li>- une entreprise comptant 500 employés ou plus;</li> <li>- un parc industriel;</li> <li>- un site d'entreposage de matières dangereuses;</li> </ul>	<p>Très important</p>
<p>Territoire habité en permanence comptant 10 000 habitants ou plus;</p> <p style="text-align: center;">OU</p> <p>Territoire comprenant des infrastructures ou services d'importance considérable tels que:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- un autre barrage dont le niveau des conséquences d'une rupture est «considérable»;</li> <li>- un hôpital;</li> <li>- un complexe industriel majeur;</li> <li>- un site important d'entreposage de matières dangereuses;</li> </ul>	<p>Considérable</p>

Aux fins du tableau ci-dessus, on entend par l'expression «installation commerciale», un terrain de golf, une piste cyclable ou de ski de fond, un sentier pour motoneige, un camping, une pourvoirie, une base de plein air, une colonie de vacances, un complexe récréotouristique ou une toute autre installation de même nature destinée à des fins sportives ou récréatives.

La nomenclature des routes à laquelle se réfère le tableau ci-dessus provient de la classification fonctionnelle établie par le ministère des Transports.

D. 300-2002, Ann. V.

**Tableau 2 Critères de classement des barrages selon l'ACB**

Classe du barrage	Population à risque [note 1]	Pertes incrémentales		
		Pertes de vie [note 2]	Valeurs sur le plan de l'environnement et de la culture	Infrastructure et pertes économiques
Risque faible	Aucune	0	Pertes à court terme minimales Aucune perte à long terme.	Faibles pertes économiques; zone ne comptant qu'un nombre limité d'infrastructures ou de services.
Risque important	Temporaire seulement	Nombre non spécifié	Aucune perte significative ou détérioration de l'habitat piscicole ou faunique. Perte d'habitat marginal seulement. Restauration ou indemnisation en nature très possible.	Pertes d'installations de loisirs, de lieux de travail saisonnier et de voies de transport peu utilisées.
Risque élevé	Permanente	10 ou moins	Perte ou détérioration d'une partie <i>importante</i> de l'habitat piscicole ou faunique. Restauration ou indemnisation en nature très possible.	Pertes économiques élevées touchant les infrastructures, le transport public et les installations commerciales.
Risque très élevé	Permanente	100 ou moins	Perte ou détérioration importante de l'habitat piscicole ou faunique <i>essentiel</i> . Restauration ou indemnisation en nature possible, mais non pratique.	Pertes économiques très élevées touchant des infrastructures ou des services importants (p. ex. autoroutes, installations industrielles et installations d'entreposage de produits dangereux).
Risque extrême	Permanente	Plus de 100	Perte majeure de l'habitat piscicole ou faunique <i>essentiel</i> . Restauration ou indemnisation en nature impossible.	Pertes extrêmes touchant des infrastructures ou des services essentiels (p. ex. hôpitaux, complexes industriels importants et grandes installations d'entreposage produits dangereux).

**Note 1.** Définitions visant la population à risque:

**Aucune** — Il n'y a pas de population à risque identifiable, donc aucune possibilité de pertes de vie autre que par suite d'un incident imprévisible.

**Temporaire** — Les personnes ne sont présentes que provisoirement (en raison, p. ex., de leur utilisation saisonnière d'une maison de campagne, de leur circulation sur une route ou de leur participation à des activités de loisirs) dans la zone qui serait inondée en cas de rupture du barrage.

**Permanente** — La population à risque se trouve habituellement (p. ex. les résidents permanents) dans la zone qui serait inondée s'il y avait rupture du barrage; on recommande d'utiliser trois classes de risques (élevé, très élevé, extrême) pour obtenir une estimation plus détaillée du nombre potentiel de pertes de vie (pour aider à la prise de décisions si l'analyse appropriée est effectuée).

**Note 2.** Implications en ce qui concerne les pertes de vie:

**Nombre non spécifié** — Le niveau de sécurité nécessaire au barrage lorsque des personnes sont provisoirement à risque dépend du nombre de personnes, de la durée d'exposition, de la nature de leurs activités et d'autres facteurs. Une classe de risque supérieure pourrait être plus appropriée, si les conditions l'exigent. Toutefois, l'exigence de la crue de sécurité, par exemple, pourrait ne pas être plus élevée si la population temporaire est vraisemblablement absente durant la saison des crues.

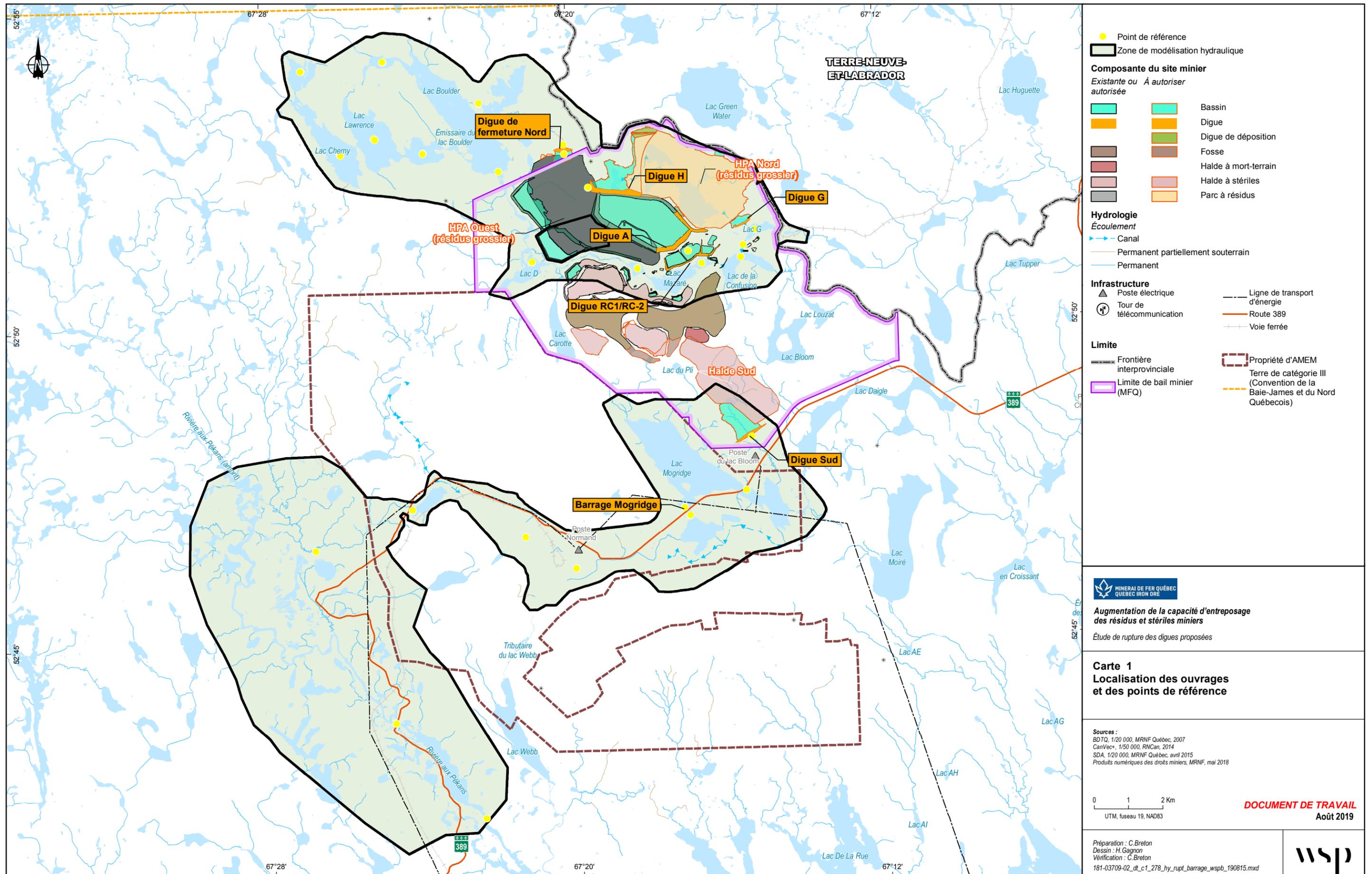


# ANNEXE

## C

CARTES  
D'INONDATION

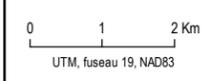




**Augmentation de la capacité d'entreposage des résidus et stériles miniers**  
 Étude de rupture des digues proposées

**Carte 1**  
**Localisation des ouvrages et des points de référence**

**Sources :**  
 BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007  
 CanVec+, 1/50 000, RNCAN, 2014  
 SDA, 1/20 000, MRNF Québec, avril 2015  
 Produits numériques des droits miniers, MRNF, mai 2018



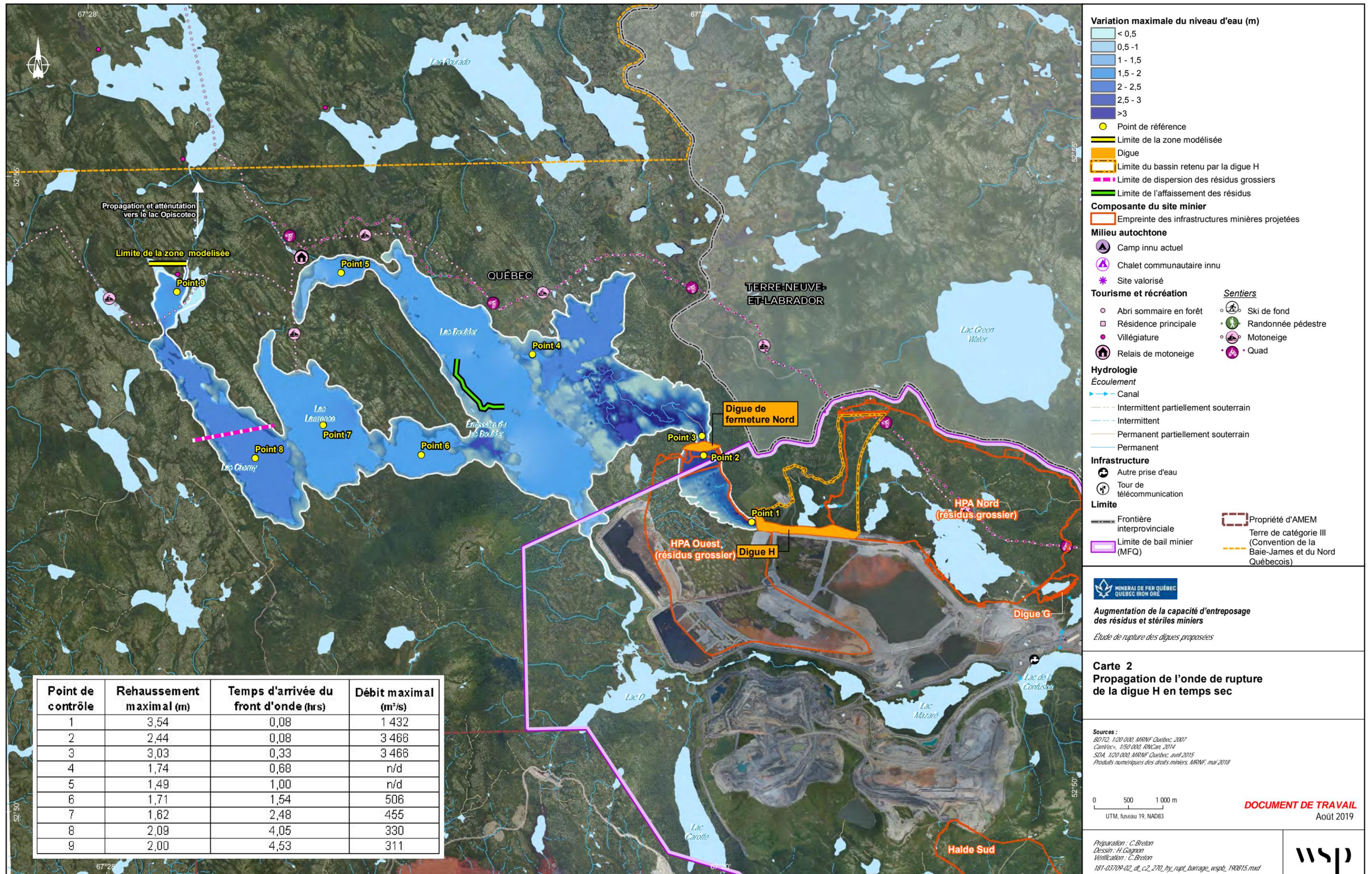
**DOCUMENT DE TRAVAIL**  
 Août 2019

Préparation : C. Breton  
 Dessin : H. Gagnon  
 Vérification : C. Breton  
 181-03709-02\_dt\_c1\_278\_hy\_rupt\_barrage\_wsp\_190815.mxd



La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.





**Variation maximale du niveau d'eau (m)**

- < 0,5
- 0,5 - 1
- 1 - 1,5
- 1,5 - 2
- 2 - 2,5
- 2,5 - 3
- >3

● Point de référence

— Limite de la zone modélisée

— Digue

— Limite du bassin retenu par la digue H

— Limite de dispersion des résidus grossiers

— Limite de l'affaissement des résidus

**Composante du site minier**

— Empreinte des infrastructures minières projetées

**Milieu autochtone**

- ▲ Camp innu actuel
- ▲ Chalet communautaire innu
- ★ Site valorisé

**Tourisme et récréation**

- Abri sommaire en forêt
- Résidence principale
- Villégiature
- 🏠 Relais de motoneige

**Sentiers**

- 🏂 Ski de fond
- 👤 Randonnée pédestre
- 🛷 Motoneige
- 🚙 Quad

**Hydrologie**

**Écoulement**

- Canal
- Intermittent partiellement souterrain
- Intermittent
- Permanent partiellement souterrain
- Permanent

**Infrastructure**

- ⊕ Autre prise d'eau
- 📡 Tour de télécommunication

**Limite**

- Frontière interprovinciale
- Limite de bail minier (MFQ)
- Propriété d'AMEM
- Terre de catégorie III (Convention de la Baie-James et du Nord Québécois)

**MINÉRAI DE FER QUÉBEC**  
**QUÉBEC IRON ORE**

**Augmentation de la capacité d'entreposage des résidus et stériles miniers**

*Étude de rupture des digues proposées*

**Carte 2**  
**Propagation de l'onde de rupture de la digue H en temps sec**

**Sources :**  
 BD70, 1:20 000, MRNF Québec, 2007  
 CanVec+, 1:50 000, RNCan, 2014  
 SDA, 1:20 000, MRNF Québec, avril 2015  
 Produits numériques des droits miniers, MRNF, mai 2018

0 500 1 000 m  
 UTM, fuseau 19, NAD83

**DOCUMENT DE TRAVAIL**  
 Août 2019

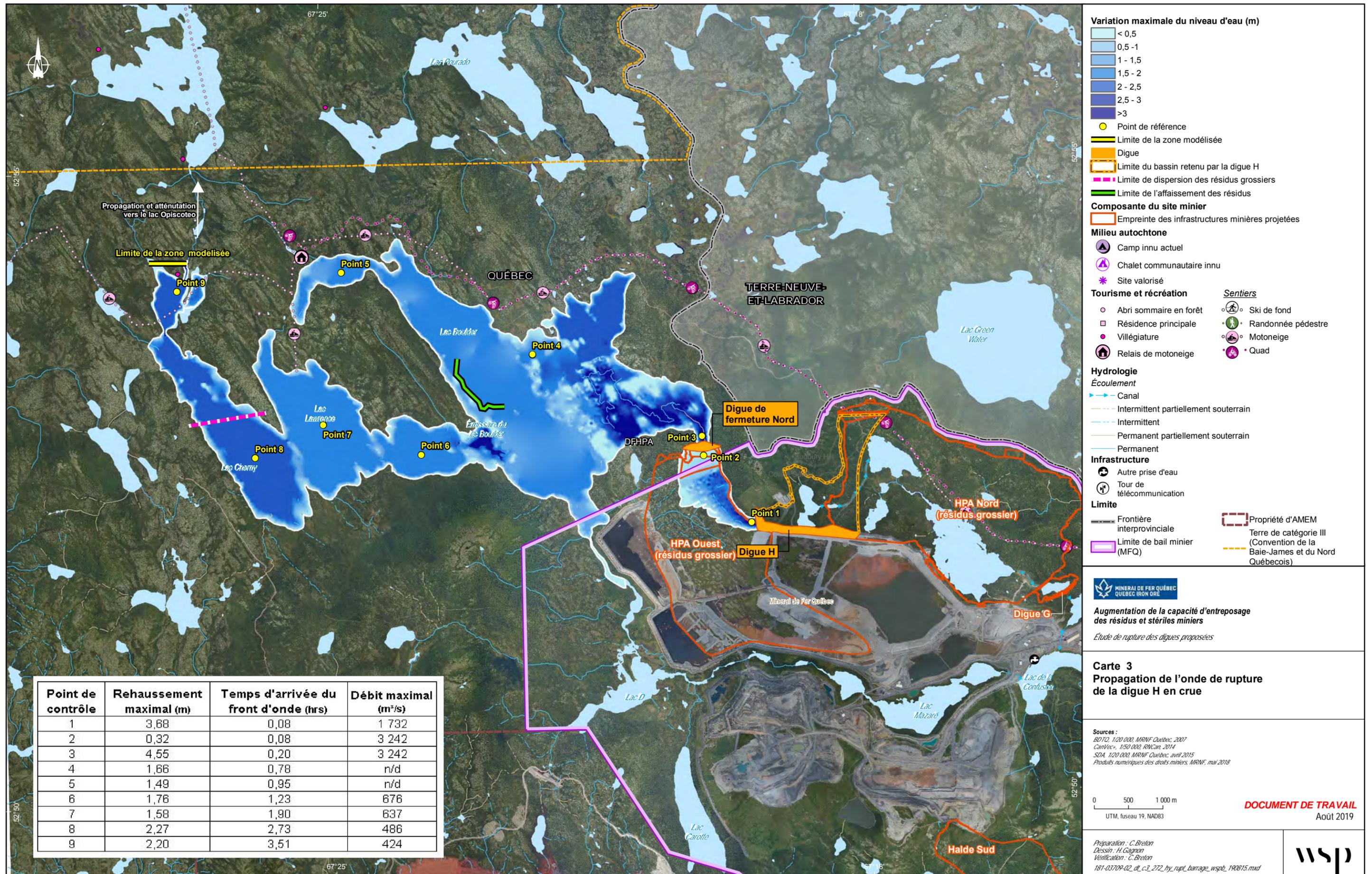
Préparation : C. Breton  
 Dessin : H. Gagnon  
 Vérification : C. Breton  
 151-03709-02\_dt\_c2\_270\_hy\_rupt\_barrage\_wspb\_190815.mxd

**wsp**

Point de contrôle	Rehaussement maximal (m)	Temps d'arrivée du front d'onde (hrs)	Débit maximal (m³/s)
1	3,54	0,08	1 432
2	2,44	0,08	3 466
3	3,03	0,33	3 466
4	1,74	0,68	n/d
5	1,49	1,00	n/d
6	1,71	1,54	506
7	1,62	2,48	455
8	2,09	4,05	330
9	2,00	4,53	311

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.





- Variation maximale du niveau d'eau (m)**
- < 0,5
  - 0,5 - 1
  - 1 - 1,5
  - 1,5 - 2
  - 2 - 2,5
  - 2,5 - 3
  - >3
- Point de référence
- Limite de la zone modélisée
- Digue
- Limite du bassin retenu par la digue H
- Limite de dispersion des résidus grossiers
- Limite de l'affaissement des résidus
- Composante du site minier**
- Empreinte des infrastructures minières projetées
- Milieu autochtone**
- ▲ Camp innu actuel
  - ▲ Chalet communautaire innu
  - ★ Site valorisé
- Tourisme et récréation**
- Abri sommaire en forêt
  - Résidence principale
  - Villégiature
  - 🏠 Relais de motoneige
- Sentiers**
- Ski de fond
  - Randonnée pédestre
  - Motoneige
  - Quad
- Hydrologie**
- Écoulement**
- Canal
  - Intermittent partiellement souterrain
  - Intermittent
  - Permanent partiellement souterrain
  - Permanent
- Infrastructure**
- ⊕ Autre prise d'eau
  - 📶 Tour de télécommunication
- Limite**
- Frontière interprovinciale
  - Limite de bail minier (MFQ)
  - Propriété d'AMEM
  - Terre de catégorie III (Convention de la Baie-James et du Nord Québécois)

**MINÉRAI DE FER QUÉBEC**  
**QUÉBEC IRON ORE**

**Augmentation de la capacité d'entreposage des résidus et stériles miniers**

*Étude de rupture des digues proposées*

**Carte 3**  
**Propagation de l'onde de rupture de la digue H en crue**

**Sources :**  
 BDTO, 1:20 000, MRNF Québec, 2007  
 CanVec+, 1:50 000, RNCin, 2014  
 SDA, 1:20 000, MRNF Québec, avril 2015  
 Produits numériques des droits miniers, MRNF, mai 2018

0 500 1 000 m  
 UTM, fuseau 19, NAD83

**DOCUMENT DE TRAVAIL**  
 Août 2019

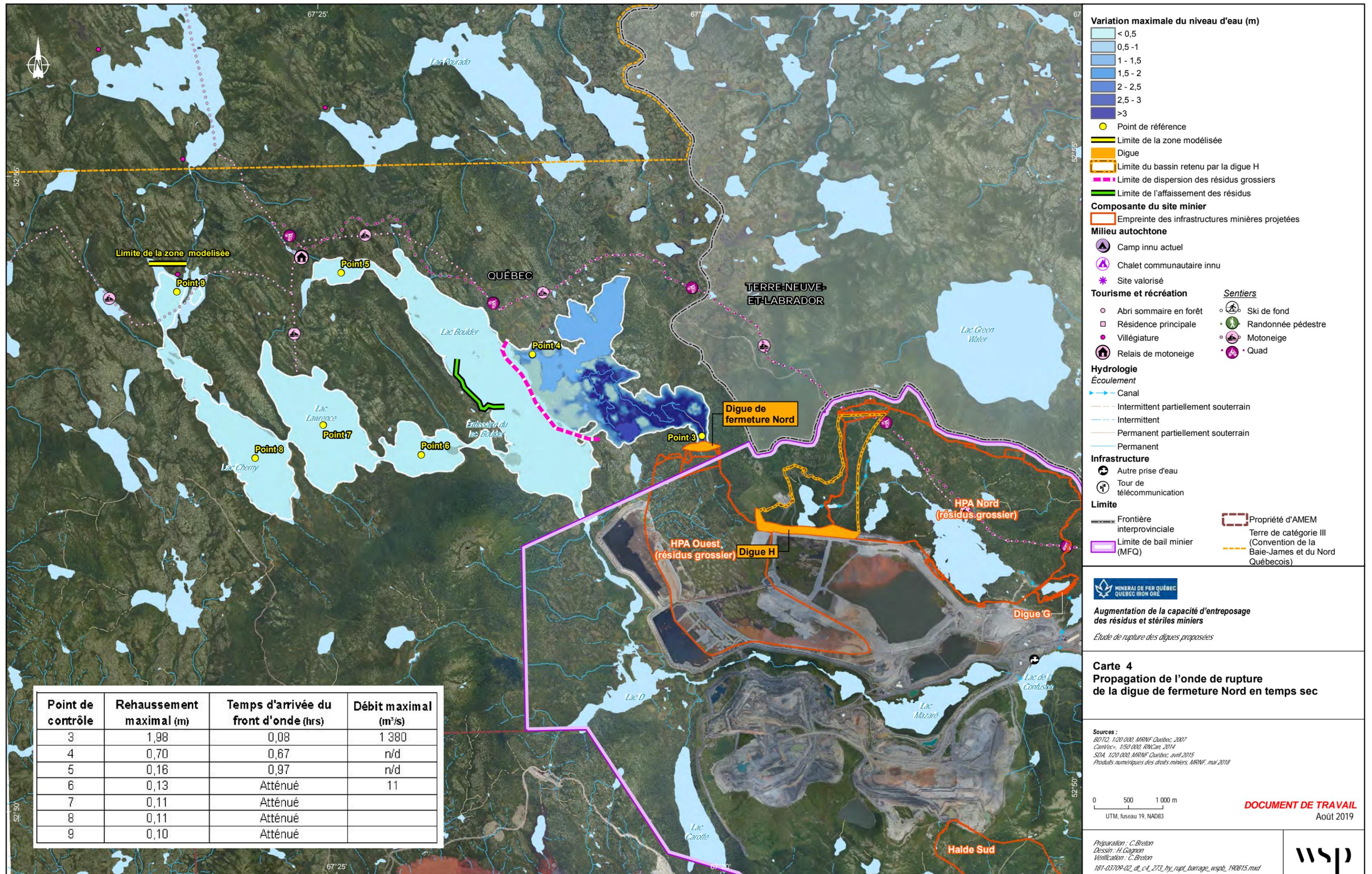
Préparation : C. Breton  
 Dessin : H. Gagnon  
 Vérification : C. Breton  
 151-03709-02\_d1\_c3\_272\_hy\_rupt\_barrage\_wspb\_190815.mxd

**wsp**

Point de contrôle	Rehaussement maximal (m)	Temps d'arrivée du front d'onde (hrs)	Débit maximal (m <sup>3</sup> /s)
1	3,88	0,08	1 732
2	0,32	0,08	3 242
3	4,55	0,20	3 242
4	1,66	0,78	n/d
5	1,49	0,95	n/d
6	1,76	1,23	676
7	1,58	1,90	637
8	2,27	2,73	486
9	2,20	3,51	424

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.





**Variation maximale du niveau d'eau (m)**

- < 0,5
- 0,5 - 1
- 1 - 1,5
- 1,5 - 2
- 2 - 2,5
- 2,5 - 3
- >3

● Point de référence

— Limite de la zone modélisée

— Digue

— Limite du bassin retenu par la digue H

— Limite de dispersion des résidus grossiers

— Limite de l'affaissement des résidus

**Composante du site minier**

— Empreinte des infrastructures minières projetées

**Milieu autochtone**

- ▲ Camp innu actuel
- ▲ Chalet communautaire innu
- ★ Site valorisé

**Tourisme et récréation**

- Abri sommaire en forêt
- Résidence principale
- Villégiature
- 🏠 Relais de motoneige

**Sentiers**

- 🏂 Ski de fond
- 👤 Randonnée pédestre
- 🏍️ Motoneige
- 🚙 Quad

**Hydrologie**

**Écoulement**

- Canal
- Intermittent partiellement souterrain
- Intermittent
- Permanent partiellement souterrain
- Permanent

**Infrastructure**

- 🔌 Autre prise d'eau
- 📶 Tour de télécommunication

**Limite**

- Frontière interprovinciale
- Limite de bail minier (MFQ)
- Propriété d'AMEM
- Terre de catégorie III (Convention de la Baie-James et du Nord Québécois)

**MINÉRAI DE FER QUÉBEC**  
**QUÉBEC IRON ORE**

**Augmentation de la capacité d'entreposage des résidus et stériles miniers**

*Étude de rupture des digues proposées*

**Carte 4**  
**Propagation de l'onde de rupture de la digue de fermeture Nord en temps sec**

**Sources :**  
 BDTQ, 1:20 000, MRNF Québec, 2007  
 CanVec+, 1:50 000, RNCan, 2014  
 SDA, 1:20 000, MRNF Québec, avril 2015  
 Produits numériques des droits miniers, MRNF, mai 2018

0 500 1 000 m  
 UTM, fuseau 19, NAD83

**DOCUMENT DE TRAVAIL**  
 Août 2019

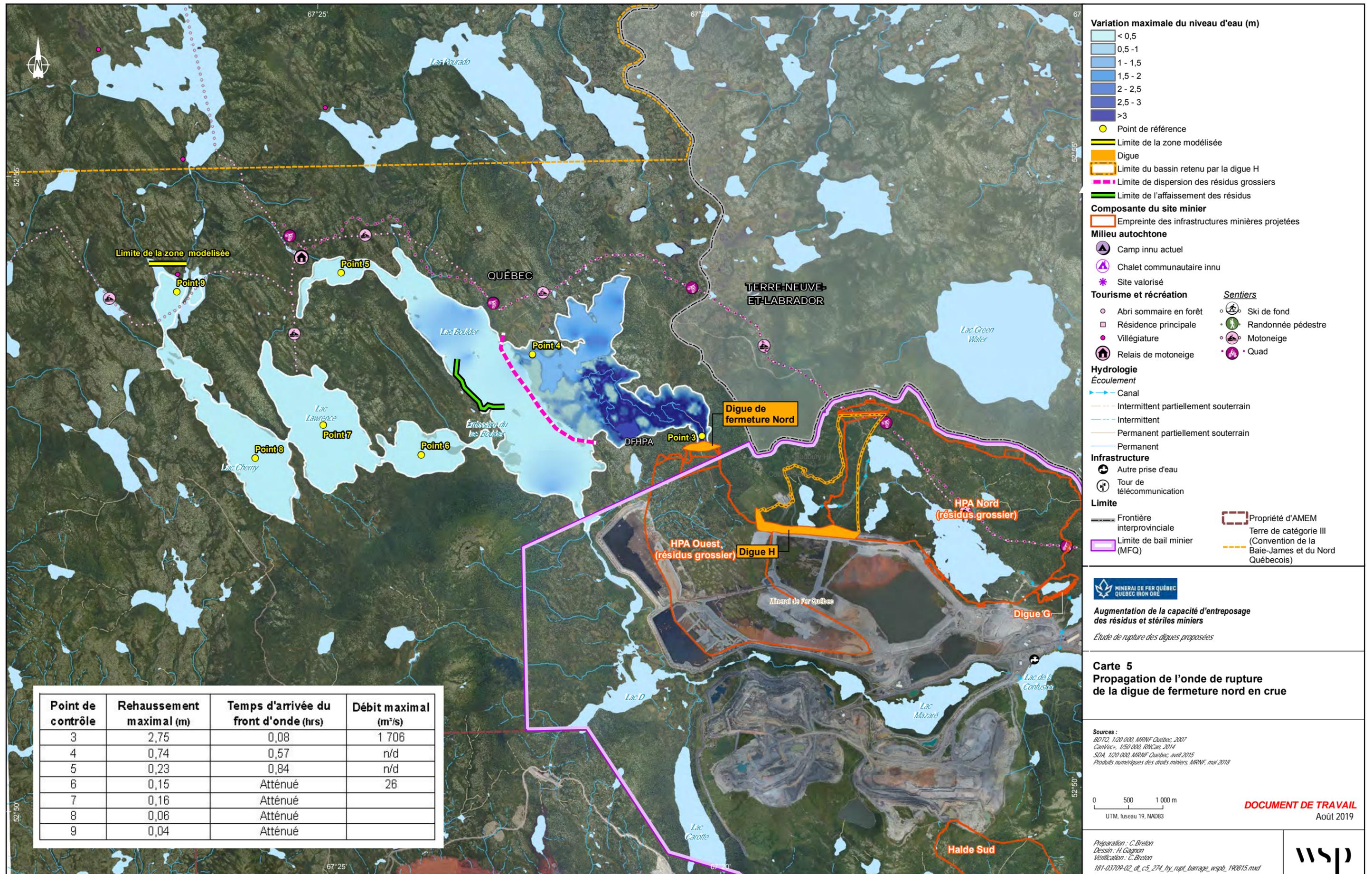
Préparation : C. Breton  
 Dessin : H. Gagnon  
 Vérification : C. Breton  
 151-03709-02\_d1\_c4\_272\_hy\_rupt\_barrage\_wspb\_190815.mxd

**WSP**

Point de contrôle	Rehaussement maximal (m)	Temps d'arrivée du front d'onde (hrs)	Débit maximal (m³/s)
3	1,98	0,08	1 380
4	0,70	0,67	n/d
5	0,16	0,97	n/d
6	0,13	Atténué	11
7	0,11	Atténué	
8	0,11	Atténué	
9	0,10	Atténué	

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.





- Variation maximale du niveau d'eau (m)**
- <math>< 0,5</math>
  - 0,5 - 1
  - 1 - 1,5
  - 1,5 - 2
  - 2 - 2,5
  - 2,5 - 3
  - >3
- Point de référence
  - Limite de la zone modélisée
  - Digue
  - Limite du bassin retenu par la digue H
  - Limite de dispersion des résidus grossiers
  - Limite de l'affaissement des résidus
- Composante du site minier**
- Empreinte des infrastructures minières projetées
- Milieu autochtone**
- ▲ Camp innu actuel
  - ▲ Chalet communautaire innu
  - ★ Site valorisé
- Tourisme et récréation**
- Abri sommaire en forêt
  - Résidence principale
  - Villégiature
  - 🏠 Relais de motoneige
- Sentiers**
- 🏂 Ski de fond
  - 👤 Randonnée pédestre
  - 🛷 Motoneige
  - 🚙 Quad
- Hydrologie**
- Écoulement**
- Canal
  - Intermittent partiellement souterrain
  - Intermittent
  - Permanent partiellement souterrain
  - Permanent
- Infrastructure**
- ⊕ Autre prise d'eau
  - 📶 Tour de télécommunication
- Limite**
- Frontière interprovinciale
  - Limite de bail minier (MFQ)
  - Propriété d'AMEM
  - Terre de catégorie III (Convention de la Baie-James et du Nord Québécois)

**MINÉRAI DE FER QUÉBEC**  
**QUÉBEC IRON ORE**

**Augmentation de la capacité d'entreposage des résidus et stériles miniers**  
*Étude de rupture des digues proposées*

**Carte 5**  
**Propagation de l'onde de rupture de la digue de fermeture nord en crue**

**Sources :**  
 BDTQ, 1:20 000, MRNF Québec, 2007  
 CanVec+, 1:50 000, RNCan, 2014  
 SDA, 1:20 000, MRNF Québec, avril 2015  
 Produits numériques des droits miniers, MRNF, mai 2018

0 500 1 000 m  
 UTM, fuseau 19, NAD83

**DOCUMENT DE TRAVAIL**  
 Août 2019

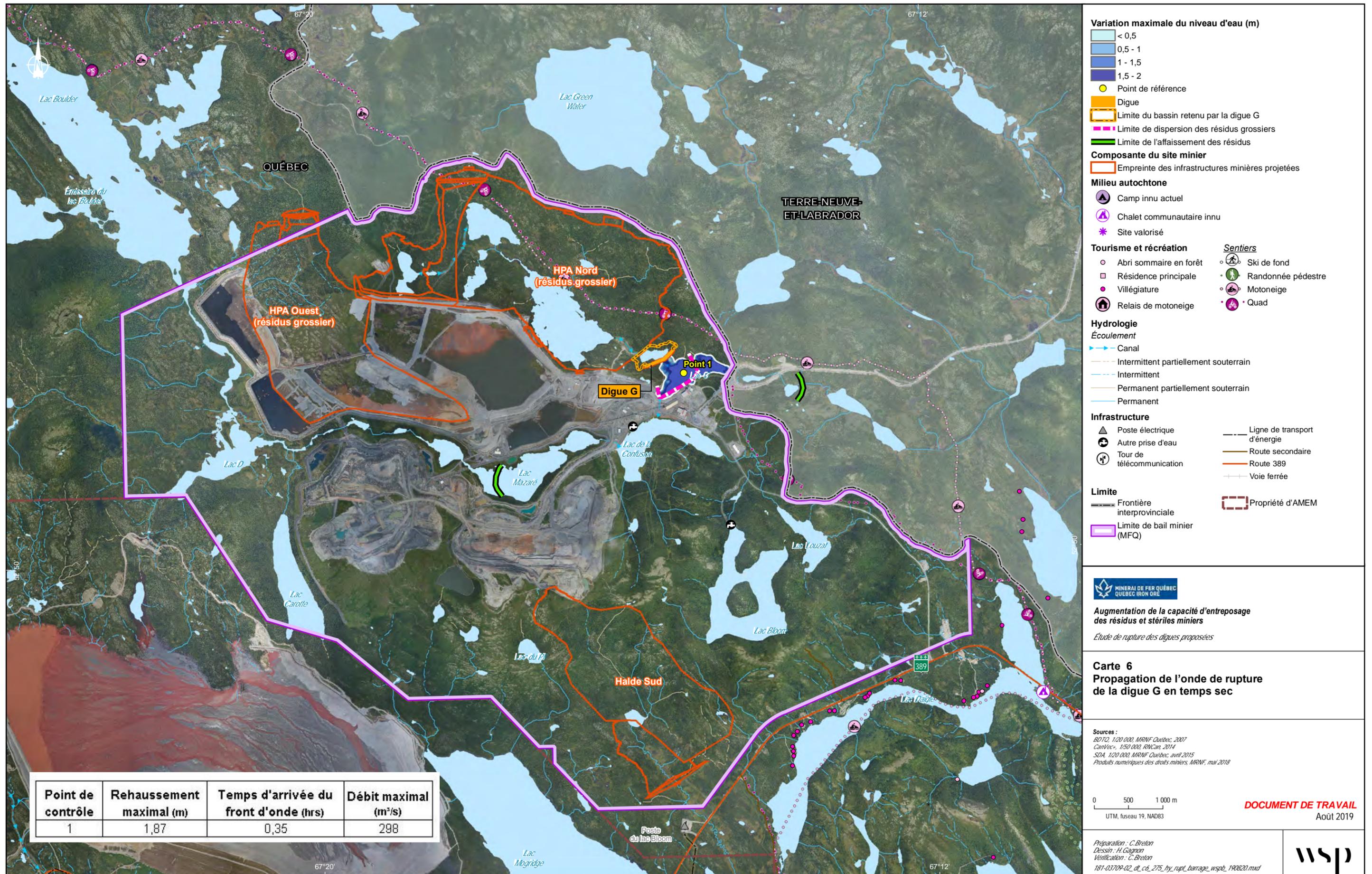
Préparation : C. Breton  
 Dessin : H. Gagnon  
 Vérification : C. Breton  
 151-03709-02\_dt\_c5\_274\_hy\_rupt\_barrage\_wspb\_190815.mxd

**WSP**

Point de contrôle	Rehaussement maximal (m)	Temps d'arrivée du front d'onde (hrs)	Débit maximal (m <sup>3</sup> /s)
3	2,75	0,08	1 708
4	0,74	0,57	n/d
5	0,23	0,84	n/d
6	0,15	Atténué	26
7	0,16	Atténué	
8	0,06	Atténué	
9	0,04	Atténué	

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.





- Variation maximale du niveau d'eau (m)**
- < 0,5
  - 0,5 - 1
  - 1 - 1,5
  - 1,5 - 2
- Point de référence
- Digue
- Limite du bassin retenu par la digue G
- ▬ Limite de dispersion des résidus grossiers
- ▬ Limite de l'affaissement des résidus
- Composante du site minier**
- ▭ Empreinte des infrastructures minières projetées
- Milieu autochtone**
- ▲ Camp innu actuel
  - ▲ Chalet communautaire innu
  - ★ Site valorisé
- Tourisme et récréation**
- Abri sommaire en forêt
  - Résidence principale
  - Villégiature
  - 🏠 Relais de motoneige
- Sentiers**
- 🏂 Ski de fond
  - 👤 Randonnée pédestre
  - 🏍️ Motoneige
  - 🚙 Quad
- Hydrologie**
- Écoulement**
- Canal
  - Intermittent partiellement souterrain
  - Intermittent
  - Permanent partiellement souterrain
  - Permanent
- Infrastructure**
- ⚡ Poste électrique
  - ⊕ Autre prise d'eau
  - 📶 Tour de télécommunication
  - Ligne de transport d'énergie
  - Route secondaire
  - Route 389
  - Voie ferrée
- Limite**
- Frontière interprovinciale
  - ▬ Limite de bail minier (MFQ)
  - ▭ Propriété d'AMEM

**MINÉRAI DE FER QUÉBEC**  
**QUÉBEC IRON ORE**

**Augmentation de la capacité d'entreposage des résidus et stériles miniers**

*Étude de rupture des digues proposées*

**Carte 6**  
**Propagation de l'onde de rupture de la digue G en temps sec**

**Sources :**  
 BDTQ, 1:20 000, MRNF Québec, 2007  
 CanVec+, 1:50 000, RNCAN, 2014  
 SDA, 1:20 000, MRNF Québec, avril 2015  
 Produits numériques des droits miniers, MRNF, mai 2018

0 500 1 000 m  
 UTM, fuseau 19, NAD83

**DOCUMENT DE TRAVAIL**  
 Août 2019

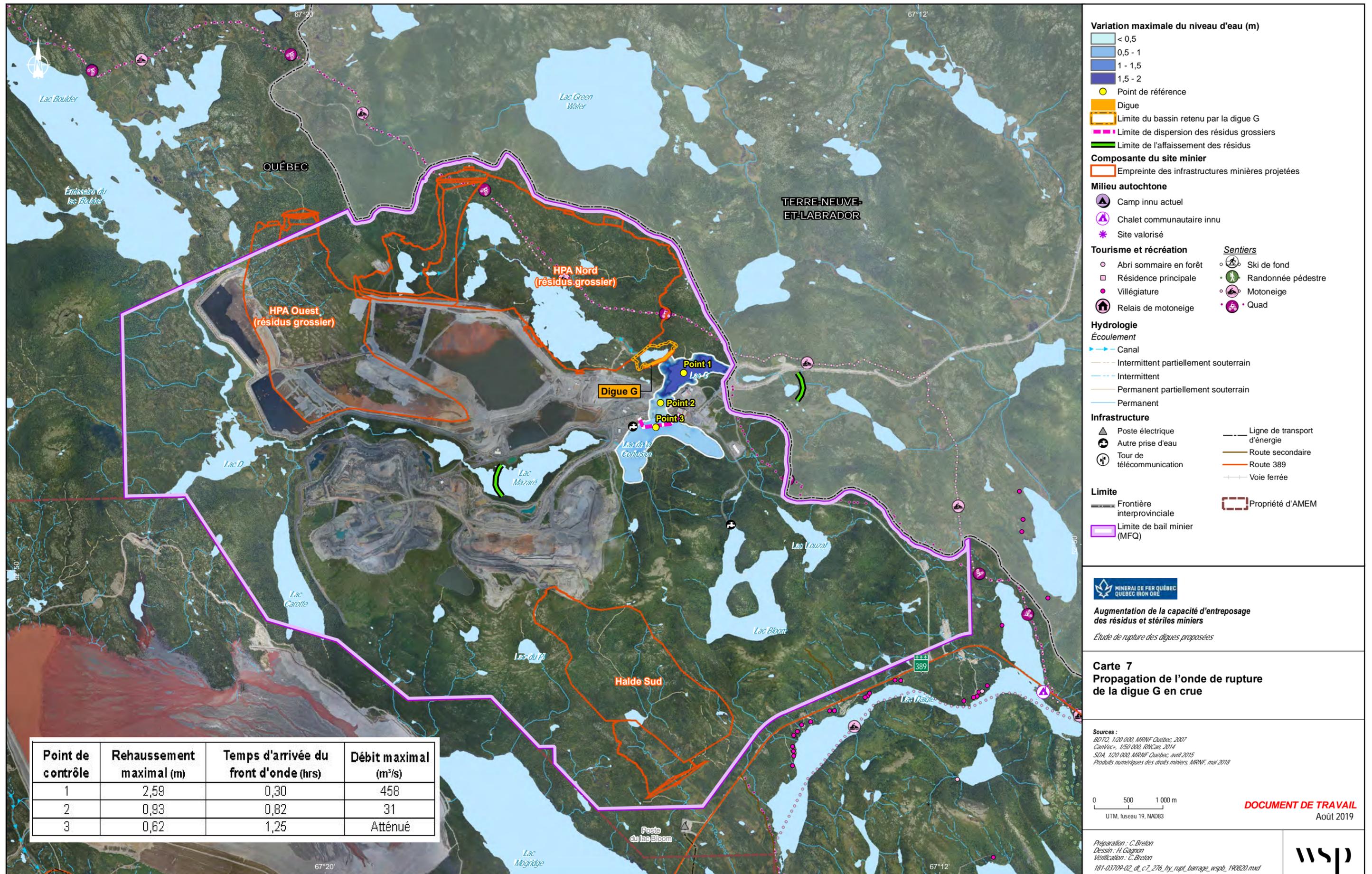
Préparation : C. Breton  
 Dessin : H. Gagnon  
 Vérification : C. Breton  
 151-03709-02\_d1\_c6\_275\_hy\_rupt\_barrage\_wspb\_190820.mxd

**WSP**

Point de contrôle	Rehaussement maximal (m)	Temps d'arrivée du front d'onde (hrs)	Débit maximal (m³/s)
1	1,87	0,35	298

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.





- Variation maximale du niveau d'eau (m)**
- < 0,5
  - 0,5 - 1
  - 1 - 1,5
  - 1,5 - 2
- Point de référence
- Digue
- Limite du bassin retenu par la digue G
- ▬ Limite de dispersion des résidus grossiers
- ▬ Limite de l'affaissement des résidus
- Composante du site minier**
- ▭ Empreinte des infrastructures minières projetées
- Milieu autochtone**
- ▲ Camp innu actuel
  - ▲ Chalet communautaire innu
  - ✳ Site valorisé
- Tourisme et récréation**
- Abri sommaire en forêt
  - Résidence principale
  - Villégiature
  - 🏠 Relais de motoneige
- Sentiers**
- 🏂 Ski de fond
  - 👤 Randonnée pédestre
  - 🏂 Motoneige
  - 🛹 Quad
- Hydrologie**
- Écoulement**
- ➡ Canal
  - Intermittent partiellement souterrain
  - Intermittent
  - Permanent partiellement souterrain
  - Permanent
- Infrastructure**
- ⚡ Poste électrique
  - ⚙ Autre prise d'eau
  - 📡 Tour de télécommunication
  - Ligne de transport d'énergie
  - Route secondaire
  - Route 389
  - Voie ferrée
- Limite**
- Frontière interprovinciale
  - ▬ Limite de bail minier (MFQ)
  - ▭ Propriété d'AMEM

**MINÉRAI DE FER QUÉBEC**  
**QUÉBEC IRON ORE**

**Augmentation de la capacité d'entreposage des résidus et stériles miniers**

*Étude de rupture des digues proposées*

**Carte 7**  
**Propagation de l'onde de rupture de la digue G en crue**

**Sources :**  
 BDTQ, 1:20 000, MRNF Québec, 2007  
 CanVec+, 1:50 000, RNCan, 2014  
 SDA, 1:20 000, MRNF Québec, avril 2015  
 Produits numériques des droits miniers, MRNF, mai 2018

0 500 1 000 m  
 UTM, fuseau 19, NAD83

**DOCUMENT DE TRAVAIL**  
 Août 2019

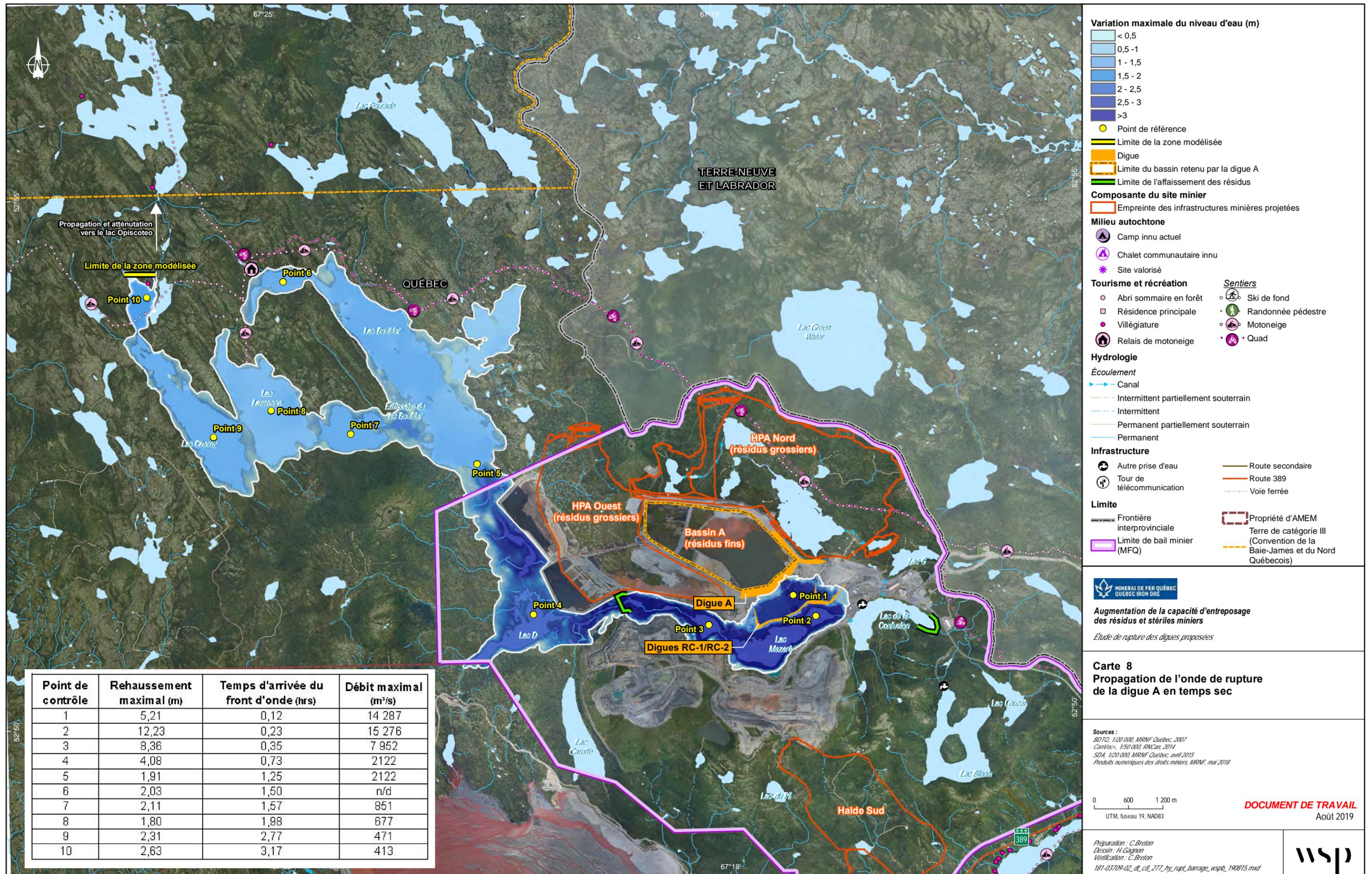
Préparation : C. Breton  
 Dessin : H. Gagnon  
 Vérification : C. Breton  
 151-03709-02\_d1\_c7\_276\_hy\_rupt\_barrage\_wspb\_190820.mxd

**WSP**

Point de contrôle	Rehaussement maximal (m)	Temps d'arrivée du front d'onde (hrs)	Débit maximal (m³/s)
1	2,59	0,30	458
2	0,93	0,82	31
3	0,62	1,25	Atténué

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.





- Variation maximale du niveau d'eau (m)**
- < 0,5
  - 0,5 - 1
  - 1 - 1,5
  - 1,5 - 2
  - 2 - 2,5
  - 2,5 - 3
  - >3
- Point de référence
- Limite de la zone modélisée
- Digue
- Limite du bassin retenu par la digue A
- Limite de l'affaissement des résidus
- Composante du site minier**
- Empreinte des infrastructures minières projetées
- Milieu autochtone**
- Camp innu actuel
  - Chalet communautaire innu
  - Site valorisé
- Tourisme et récréation**
- Abri sommaire en forêt
  - Résidence principale
  - Villégiature
  - Relais de motoneige
- Sentiers**
- Ski de fond
  - Randonnée pédestre
  - Motoneige
  - Quad
- Hydrologie**
- Écoulement**
- Canal
  - Intermittent partiellement souterrain
  - Intermittent
  - Permanent partiellement souterrain
  - Permanent
- Infrastructure**
- Autre prise d'eau
  - Tour de télécommunication
  - Route secondaire
  - Route 389
  - Voie ferrée
- Limite**
- Frontière interprovinciale
  - Limite de bail minier (MFQ)
  - Propriété d'AMEM
  - Terre de catégorie III (Convention de la Baie-James et du Nord Québécois)

Point de contrôle	Rehaussement maximal (m)	Temps d'arrivée du front d'onde (hrs)	Débit maximal (m³/s)
1	5,21	0,12	14 287
2	12,23	0,23	15 276
3	8,36	0,35	7 952
4	4,08	0,73	2122
5	1,91	1,25	2122
6	2,03	1,50	n/d
7	2,11	1,57	851
8	1,80	1,98	677
9	2,31	2,77	471
10	2,63	3,17	413

**MINÉRAI DE FER QUÉBEC**  
**QUEBEC IRON ORE**

**Augmentation de la capacité d'entreposage des résidus et stériles miniers**

*Étude de rupture des digues proposées*

**Carte 8**  
**Propagation de l'onde de rupture de la digue A en temps sec**

**Sources :**  
 BDTQ, 1:20 000, MRNF Québec, 2007  
 CanVec+, 1:50 000, RNCin, 2014  
 SDA, 1:20 000, MRNF Québec, avril 2015  
 Produits numériques des droits miniers, MRNF, mai 2018

0 600 1 200 m  
 UTM, fuseau 19, NAD83

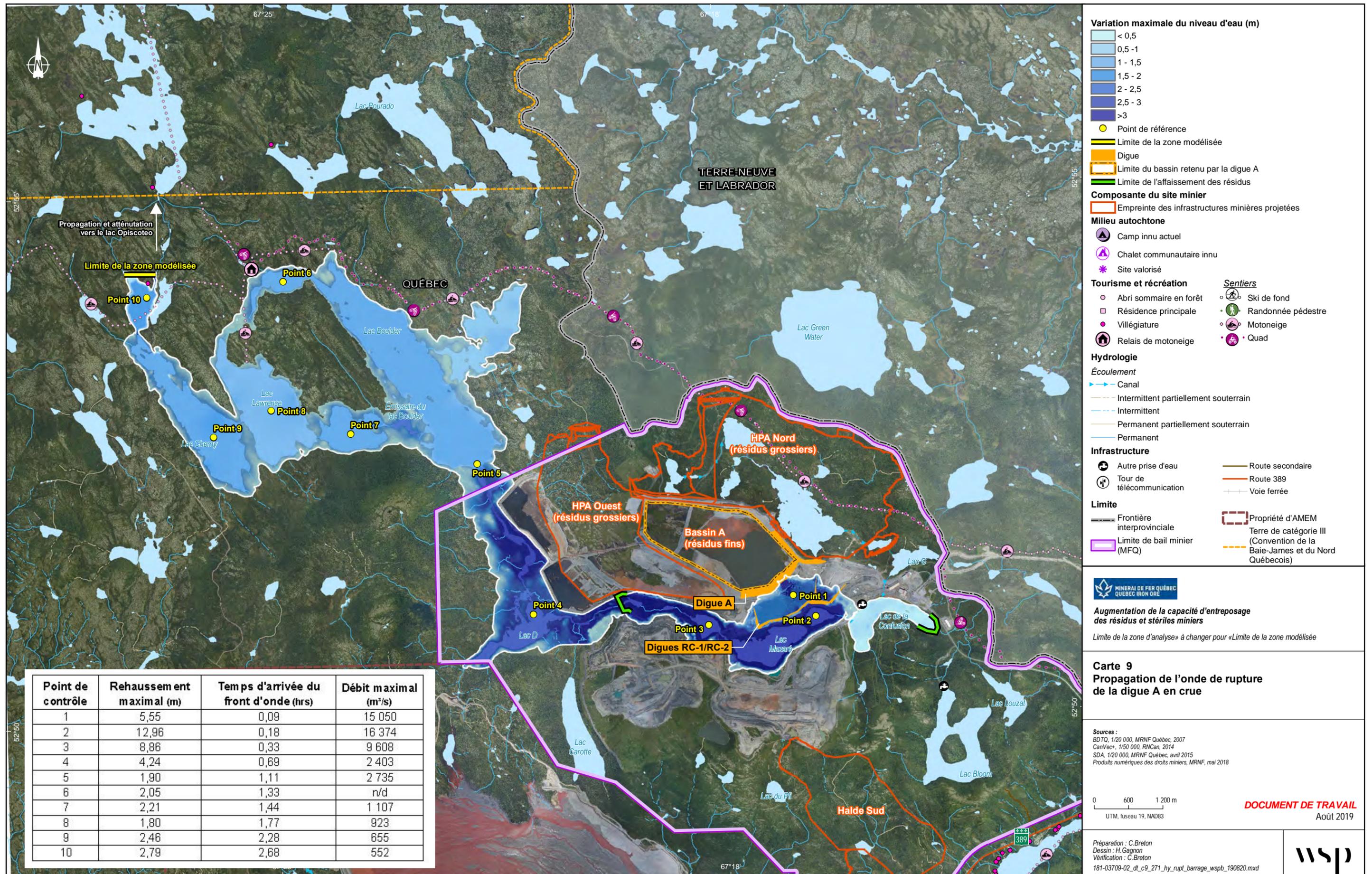
**DOCUMENT DE TRAVAIL**  
 Août 2019

Préparation : C. Breton  
 Dessin : H. Gagnon  
 Vérification : C. Breton  
 151-03709-02\_d8\_c8\_277\_hy\_rupt\_barrage\_wspb\_190815.mxd

**wsp**

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.





- Variation maximale du niveau d'eau (m)**
- < 0,5
  - 0,5 - 1
  - 1 - 1,5
  - 1,5 - 2
  - 2 - 2,5
  - 2,5 - 3
  - >3
- Point de référence
- Limite de la zone modélisée
- Digue
- Limite du bassin retenu par la digue A
- Limite de l'affaissement des résidus
- Composante du site minier**
- Empreinte des infrastructures minières projetées
- Milieu autochtone**
- ▲ Camp innu actuel
  - ▲ Chalet communautaire innu
  - ✳ Site valorisé
- Tourisme et récréation**
- Abri sommaire en forêt
  - Résidence principale
  - Villégiature
  - 🏠 Relais de motoneige
- Sentiers**
- Ski de fond
  - Randonnée pédestre
  - Motoneige
  - Quad
- Hydrologie**
- Écoulement**
- Canal
  - Intermittent partiellement souterrain
  - Intermittent
  - Permanent partiellement souterrain
  - Permanent
- Infrastructure**
- ⊕ Autre prise d'eau
  - 📶 Tour de télécommunication
  - Route secondaire
  - Route 389
  - Voie ferrée
- Limite**
- Frontière interprovinciale
  - Limite de bail minier (MFQ)
  - Propriété d'AMEM
  - Terre de catégorie III (Convention de la Baie-James et du Nord Québécois)

Point de contrôle	Rehaussement maximal (m)	Temps d'arrivée du front d'onde (hrs)	Débit maximal (m³/s)
1	5,55	0,09	15 050
2	12,96	0,18	16 374
3	8,86	0,33	9 608
4	4,24	0,69	2 403
5	1,90	1,11	2 735
6	2,05	1,33	n/d
7	2,21	1,44	1 107
8	1,80	1,77	923
9	2,46	2,28	655
10	2,79	2,68	552

**MINÉRAI DE FER QUÉBEC**  
**QUÉBEC IRON ORE**

**Augmentation de la capacité d'entreposage des résidus et stériles miniers**

Limite de la zone d'analyse à changer pour «Limite de la zone modélisée»

**Carte 9**  
**Propagation de l'onde de rupture de la digue A en crue**

**Sources :**  
 BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007  
 CanVec+, 1/50 000, RNCAN, 2014  
 SDA, 1/20 000, MRNF Québec, avril 2015  
 Produits numériques des droits miniers, MRNF, mai 2018

0 600 1 200 m  
 UTM, fuseau 19, NAD83

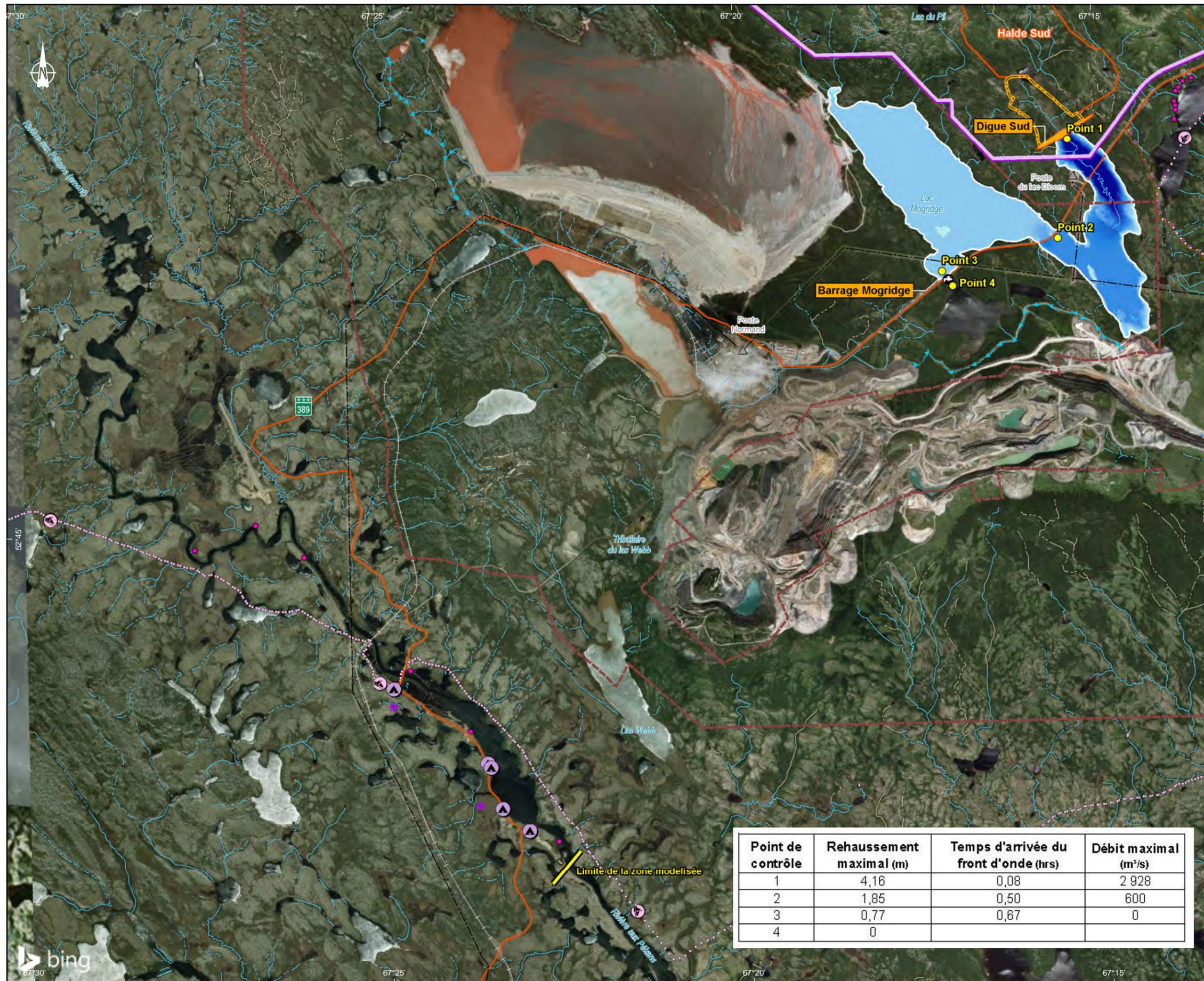
**DOCUMENT DE TRAVAIL**  
 Août 2019

Préparation : C. Breton  
 Dessin : H. Gagnon  
 Vérification : C. Breton  
 181-03709-02\_dt\_c9\_271\_hy\_rupt\_barrage\_wspb\_190820.mxd

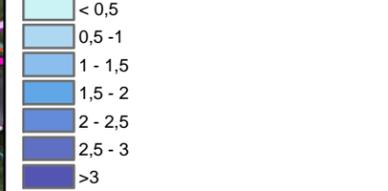
**wsp**

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.





**Variation maximale du niveau d'eau (m)**



- Point de référence
- Limite de la zone modélisée
- Digue
- Limite du bassin retenu par la digue Sud

**Milieu autochtone**

- Camp innu actuel
- Chalet communautaire innu
- Site valorisé

**Tourisme et récréation**

- Abri sommaire en forêt
- Résidence principale
- Villégiature
- Relais de motoneige
- Ski de fond
- Randonnée pédestre
- Motoneige
- Quad

**Hydrographie**

- Écoulement**
- Canal
  - Intermittent partiellement souterrain
  - Intermittent
  - Permanent partiellement souterrain
  - Permanent

**Infrastructure**

- Poste électrique
- Autre prise d'eau
- Tour de télécommunication
- Ligne de transport d'énergie
- Route secondaire
- Route 389
- Voie ferrée

**Limite**

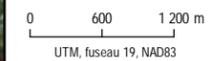
- Limite de bail minier (MFQ)
- Propriété d'AMEM



**Augmentation de la capacité d'entreposage des résidus et stériles miniers**  
*Étude de rupture des digues proposées*

**Carte 10**  
**Propagation de l'onde de rupture de la digue Sud en temps sec**

**Sources :**  
 BDTQ, 1:20 000, MRNF Québec, 2007  
 CanVec+, 1:50 000, RNCin, 2014  
 SDA, 1:20 000, MRNF Québec, avril 2015  
 Produits numériques des droits miniers, MRNF, mai 2018



**DOCUMENT DE TRAVAIL**  
 Août 2019

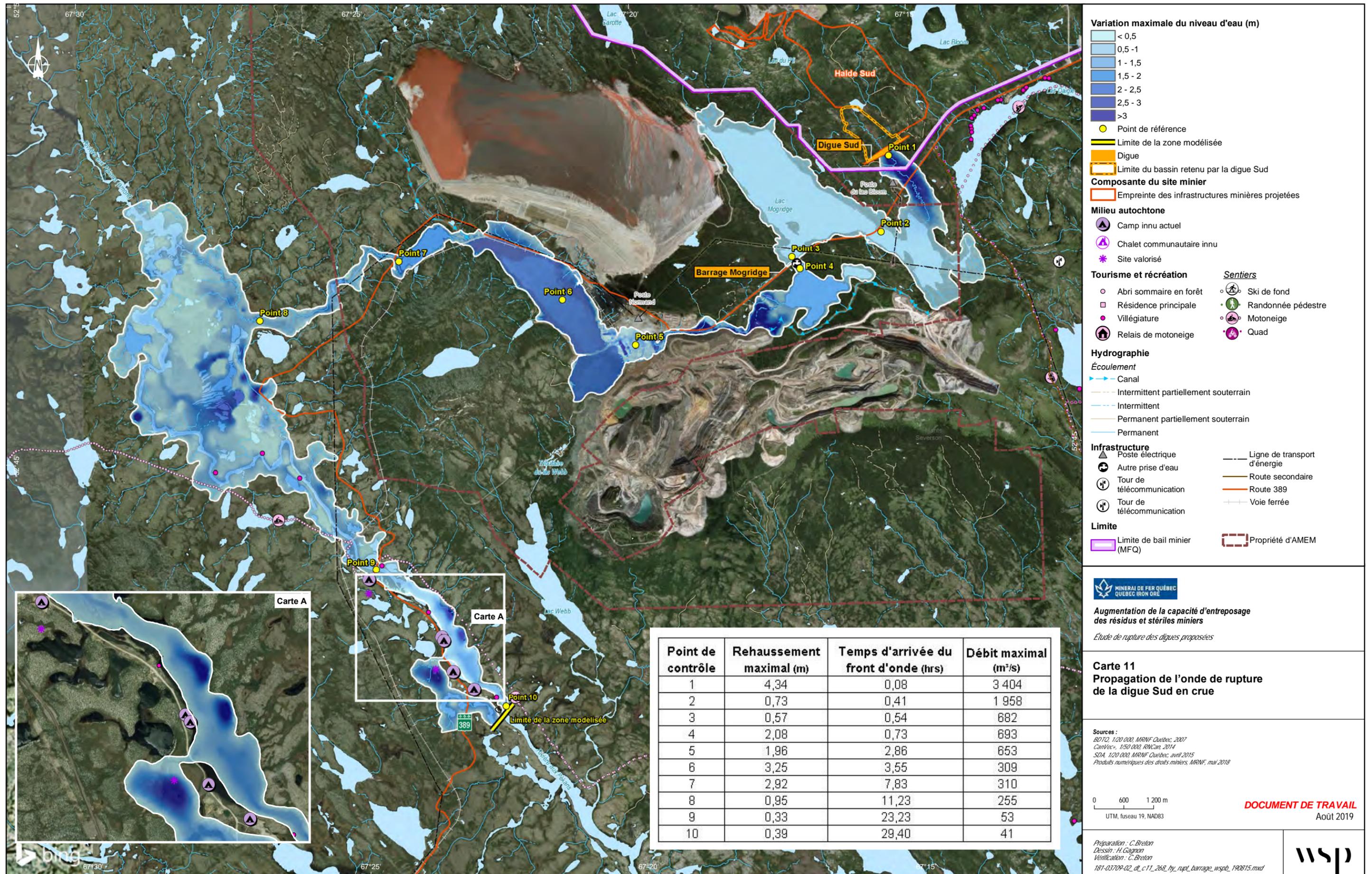
Point de contrôle	Rehaussement maximal (m)	Temps d'arrivée du front d'onde (hrs)	Débit maximal (m³/s)
1	4,16	0,08	2 928
2	1,85	0,50	600
3	0,77	0,67	0
4	0		

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.



Préparation : C. Breton  
 Dessin : H. Gagnon  
 Vérification : C. Breton  
 181-03709-02\_d\_c10\_269\_hy\_rupt\_barrage\_wspb\_190815.mxd





- Variation maximale du niveau d'eau (m)**
- < 0,5
  - 0,5 - 1
  - 1 - 1,5
  - 1,5 - 2
  - 2 - 2,5
  - 2,5 - 3
  - >3
- Point de référence
- Limite de la zone modélisée
- Digue
- Limite du bassin retenu par la digue Sud
- Composante du site minier**
- ▭ Empreinte des infrastructures minières projetées
- Milieu autochtone**
- ▲ Camp innu actuel
  - ▲ Chalet communautaire innu
  - ★ Site valorisé
- Tourisme et récréation**
- Abri sommaire en forêt
  - Résidence principale
  - Villégiature
  - 🏠 Relais de motoneige
- Sentiers**
- 🏂 Ski de fond
  - 👤 Randonnée pédestre
  - 🏍️ Motoneige
  - 🚙 Quad
- Hydrographie**
- Écoulement**
- Canal
  - Intermittent partiellement souterrain
  - Intermittent
  - Permanent partiellement souterrain
  - Permanent
- Infrastructure**
- ⚡ Poste électrique
  - ⚡ Autre prise d'eau
  - 📶 Tour de télécommunication
  - 📶 Tour de télécommunication
- Ligne de transport d'énergie
  - Route secondaire
  - Route 389
  - Voie ferrée
- Limite**
- ▭ Limite de bail minier (MFQ)
  - ▭ Propriété d'AMEM

**MINÉRAI DE FER QUÉBEC**  
**QUÉBEC IRON ORE**

**Augmentation de la capacité d'entreposage des résidus et stériles miniers**

*Étude de rupture des digues proposées*

**Carte 11**  
**Propagation de l'onde de rupture de la digue Sud en crue**

**Sources :**  
 BD70, 1:20 000, MRNF Québec, 2007  
 CanVec+, 1:50 000, RNCin, 2014  
 SDA, 1:20 000, MRNF Québec, avril 2015  
 Produits numériques des droits miniers, MRNF, mai 2018

0 600 1 200 m  
 UTM, fuseau 19, NAD83

**DOCUMENT DE TRAVAIL**  
 Août 2019

Préparation : C. Breton  
 Dessin : H. Gagnon  
 Vérification : C. Breton  
 151-03709-02\_d1\_c11\_268\_by\_rupt\_barrage\_wspb\_190815.mxd

**wsp**

Point de contrôle	Rehaussement maximal (m)	Temps d'arrivée du front d'onde (hrs)	Débit maximal (m³/s)
1	4,34	0,08	3 404
2	0,73	0,41	1 958
3	0,57	0,54	682
4	2,08	0,73	693
5	1,96	2,86	653
6	3,25	3,55	309
7	2,92	7,83	310
8	0,95	11,23	255
9	0,33	23,23	53
10	0,39	29,40	41

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.



# ANNEXE

## D CLASSIFICATION DES DIGUES



**Tableau 1 Classification des digues selon la méthodologie de la Règlement sur la sécurité des barrages (RSB)**

Mesure	Catégorie d'impact		Digue H	Digue G	Digue de fermeture Nord	Digue A	Digue Sud	
Mesure des conséquences d'une rupture du barrage valeur "C" critères selon l'Annexe IV et V de la RSB	Habitation humain en aval	Inventaire	4 villégiateurs	Territoire non habité	Territoire non habité	4 villégiateurs	- 5 villégiateurs - 3 camps innus	
		Niveau de conséquence	Faible	Minimal	Minimal	Faible	Faible	
	Infrastructures ou services en aval	Inventaire	- Autre barrage dont le niveau de conséquence d'une rupture est minimal - 2x sentier motoneige	- Chemin de fer régionale - Route locale - Parc industriel minier avec atelier (entreprise de 50 à 499 employés) - 1x sentier motoneige		- Autre barrage dont le niveau de conséquence d'une rupture est faible - 2x sentier motoneige	- autre barrage dont le niveau des conséquences d'une rupture est «considérable» - Route nationale - Parc industriel minier avec atelier (entreprise de 50 à 499 employés) - 1x sentier motoneige	
		Niveau de conséquence	Faible	Très important	Minimal	Faible	Considérable	
	Niveau des conséquences dominante		Faible	Très important	Minimal	Faible	Considérable	
<b>Mesure de conséquence (Points "C")</b>			<b>2</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	
Mesure de la vulnérabilité valeur "V" critères selon l'Annexe I, II, III de la RSB	Paramètres physiques constantes	Hauteur du barrage	Hauteur (m)	12.0	8.5	24.5	32.0	18.5
			Points	2.3	1.7	4.0	4.6	3.3
		Type de barrage	Type	Terre	Terre	Terre	Terre	Terre
			Points	10	10	10	10	10
		Capacité de retenue	Capacité (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	7.5	0.4	0.5	8.0	4.0
			Points	1.3	1.0	1.0	1.3	1.1
	Type de terrain au fondation	Valeur	Till	Till traité	Roc traité	Till	Roc traité	
		Points	4.0	3.0	1.0	4.0	1.0	
	Moyen arithmétique		Points	4.4	3.9	4.0	5.0	3.8
	Paramètres variables	Âge du barrage (considérant un barrage en remblai)	Âge (années)	20	20	20	20	20
			Points	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
		Zone de seismicité	Zone	1	1	1	1	1
			Points	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
		Fiabilité des appareils	Fiabilité	Adéquate	Adéquate	Adéquate	Adéquate	Adéquate
Points			1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
État du barrage	État	Bon	Bon	Bon	Bon	Bon		
	Points	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
Moyen arithmétique		Points	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	
<b>Vulnérabilité (points "V") = produit des moyens</b>			<b>9.9</b>	<b>8.8</b>	<b>9.0</b>	<b>11.2</b>	<b>8.7</b>	
			Digue H	Digue G	DFN	Digue A	Digue Sud	
<b>Valeur "P" ( P = V x C )</b>			20	71	9	22	87	
<b>Classe selon la Loi Sécurité de Barrage, Article 10.</b>			<b>D</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>B</b>	

**Tableau 2 Classification des digues selon la méthodologie de l'Association canadienne des barrages (ACB)**

Catégorie d'impact		Digue H	Digue G	Digue de fermeture Nord	Digue A	Digue Sud
Population à risque	Inventaire	4 villégiateurs	Pas d'habitation	Pas d'habitation	4 villégiateurs	- 5 villégiateurs - 3 camps d'innus
	Description	Temporaire seulement	Aucune	Aucune	Temporaire seulement	Temporaire seulement
	Class du la digue	Risque important	Risque faible	Risque faible	Risque faible	Risque important
Perte de vie	Inventaire	- Travailleur du complexe minier lac Bloom	- Villégiateurs avec occupation temporaire - Travailleur du complexe minier lac Bloom	- Travailleur du complexe minier lac Bloom	- Travailleur du complexe minier lac Bloom	- Travailleur du complexe minier Mont-Wright - circulation de la route 389
	Description	Nombre non spécifié	10 ou moins	Nombre non spécifié	Nombre non spécifié	100 ou moins
	Class	Risque important	Risque élevé	Risque important	Risque important	Risque très élevé
Valeurs sur le plan de l'environnement et de la culture	Inventaire	- Résidus relâché dans un réseau de lac avec frayères et milieux humides - Zone de potentiel archéologique	- Résidus relâché dans un réseau de lac avec frayères et milieux humides	- Résidus relâché dans un réseau de lac avec frayères et milieux humides	- Résidus relâché dans un réseau de lac avec frayères et milieux humides - Zone de potentiel archéologique	- Résidus relâché dans une rivière et milieux humides
	Description	Perte ou détérioration d'une	Perte ou détérioration significatif d'habitat important du poisson ou de la faune	Perte ou détérioration significatif d'habitat important du poisson ou de la faune	Perte ou détérioration significatif d'habitat important du poisson ou de la faune	Perte ou détérioration significatif d'habitat importante du poisson ou de la faune
	Class	Risque élevé	Risque élevé	Risque élevé	Risque élevé	Risque élevé
Infrastructure et pertes économiques	Inventaire		- Chemin de fer régionale - Parc industriel minier avec atelier			- Route nationale - Parc industriel minier avec atelier - Barrage minier
	Description	Faibles pertes économiques (autres que celles dont MFQ est propriétaire);	Pertes économiques très élevées touchant des infrastructures importants (installation industrielle)	Faibles pertes économiques (autres que celles dont MFQ est propriétaire);	Faibles pertes économiques (autres que celles dont MFQ est propriétaire);	Pertes économiques très élevées touchant des infrastructures importants (installation industrielle)
	Class	Risque faible	Risque très élevé	Risque faible	Risque faible	Risque très élevé
<b>Catégorie d'impact dominante</b>		Valeurs sur le plan de l'environnement et de la culture	Infrastructure et pertes économiques	Valeurs sur le plan de l'environnement et de la culture	Valeurs sur le plan de l'environnement et de la culture	Perte de vie & Infrastructure et pertes économiques
<b>Classification dominante et retenue</b>		Risque élevé	Risque très élevé	Risque élevé	Risque élevé	Risque très élevé