

4 Présentation des résultats

Ce chapitre présente les résultats des simulations des scénarios de rupture du barrage Gouin avec et sans les nouveaux aménagements de la Chute-Allard et de Rapides-des-Cœurs. Les principaux résultats sont l'évolution dans le temps des débits et des niveaux d'eau maximaux atteints aux points d'intérêt de la rivière Saint-Maurice, le temps d'arrivée du front d'onde et d'obtention du niveau maximal tout le long de la vallée. La vidange du réservoir de Gouin est également présentée.

Les caractéristiques hydrauliques dans la vallée de la rivière, suite à la rupture du barrage Gouin en absence des nouveaux aménagements de la Chute-Allard et de Rapides-des-Cœurs sont présentées au tableau 4.1 tandis que celles en présence des nouveaux aménagements au tableau 4.2.

4.1 Résultat en conditions actuelles, en absence des nouveaux aménagements

La rupture du barrage Gouin par temps sec causera la rupture en cascade de tous les aménagements de la rivière Saint-Maurice. Le débit maximal à la brèche au barrage de Gouin atteint $12\,430\text{ m}^3/\text{s}$ lorsque la rupture est initiée au niveau maximal d'exploitation de $405,08\text{ m}$ dans le réservoir. La vitesse d'écoulement atteint est de $7,7\text{ m/s}$ dans la brèche. La vidange du réservoir se fait lentement puisqu'après 200 heures le niveau du réservoir a abaissé de seulement $6,4\text{ m}$. À ce moment le débit à la brèche est de $6\,797\text{ m}^3/\text{s}$. Le réservoir Gouin se vidange dans environ 300 heures. La figure 4.1 montre l'évolution de la vidange du réservoir Gouin en cas de rupture du barrage.

Les figures 4.2 et 4.3 montre respectivement les hydrogrammes et les limnigrammes aux points d'intérêts sur la rivière Saint-Maurice.

Il faut noter qu'au barrage de Rapide-Blanc, le débit maximal atteint est de $19\,533\text{ m}^3/\text{s}$. Le niveau d'eau rehaussera de $1,84\text{ m}$. Le temps d'arrivée du front d'onde à Rapide-Blanc sera de $13,97\text{ heures}$.

Toutefois au barrage Trenche, le débit de rupture est de $108\,805\text{ m}^3/\text{s}$ et au barrage Beaumont, le débit maximal est de $48\,081\text{ m}^3/\text{s}$.

À l'aval du barrage Gouin, soit à proximité du rapide Chaudière, le rehaussement sera d'environ 22 m . De plus, en aval immédiat des barrages Trenche et Beaumont, le rehaussement peut atteindre plus de 30 m . En aval de la Gabelle, le rehaussement est d'environ 12 m .

Les vitesses d'écoulement tout au long de la rivière Saint-Maurice varient entre $0,03\text{ m/s}$ à 18 m/s .

Aux Pks $85,5$ et $119,2$, soit aux sections où seront situées les nouvelles centrales, le rehaussement est de $7,4$ et $12,5\text{ m}$ à l'état naturel. Le débit maximal atteint sera de $13\,080$ et $13\,009\text{ m}^3/\text{s}$ respectivement.

À l'embouchure de la rivière Saint-Maurice, le débit maximal atteint sera de 13 106 m³/s. Le niveau d'eau en aval du rapides des Forges situés au PK 372 rehaussera d'environ 9,5 m mais s'atténuera dans le fleuve Saint-Laurent. Le temps d'arrivée du front d'onde à Trois-Rivières sera de 23,5 heures.

4.2 Résultat en conditions futures, en présence des nouveaux aménagements

La rupture du barrage Gouin par temps sec causera la rupture en cascade de tous les aménagements sur la cascade de la rivière Saint-Maurice incluant les aménagements de la Chute Allard et de Rapides-des-Cœurs. De plus, il y aura effacement totale du barrage de la Chute Allard. Le débit maximal à la brèche au barrage de Gouin atteint 12 30 m³/s lorsque la rupture se produit au niveau maximal d'exploitation de 405,08 m

Les figures 4.4 et 4.5 montre respectivement les hydrogrammes et les limnigrammes aux points d'intérêts sur la rivière Saint-Maurice.

Au barrage de la Chute Allard, le niveau d'eau rehaussera de 3,5 m tandis qu'à la même sections, sans le barrage d'eau, le niveau rehaussera de 7,4 m. Au barrage des Rapides des Cœurs, le niveau d'eau rehausse de 2,5 m avec barrage comparativement à 12,45 m sans le barrage en place. Les niveaux d'eau maximaux obtenus aux barrages de la Chute-Allard et de Rapides-des-Cœurs seront de 349,5 m et 302,0 m respectivement. Les débits maximaux atteignent aux barrages de la Chute-Allard et de Rapides-des-Cœurs seront de 13 078 et 12 364 m³/s respectivement.

Il faut noter qu'au barrage de Rapide-Blanc, le débit maximal atteint est de 19 969 m³/s. Le niveau d'eau rehaussera de 1,84 m. Le temps d'arrivée du front d'onde à Rapide-Blanc sera de 13,25 heures. Toutefois au barrage Trenche le débit de rupture est de 108 772 m³/s. et au barrage Beaumont, le débit maximal est de 48 417 m³/s.

À l'embouchure de la rivière Saint-Maurice, le débit maximal sera de 13 101 m³/s. Le temps d'arrivée du front d'onde à Trois-Rivières sera de 22,1 heures.

4.3 Comparaisons des résultats en présence et en absence des nouveaux aménagements

Les résultats démontrent qu'à l'exception de la région à proximité du barrage des Rapides-Des-Cœurs, la présence des nouveaux aménagements n'augmente pas le niveau d'eau maximal obtenu ni le débit maximal obtenu aux ouvrages suite à la rupture du barrage Gouin. Toutefois, le temps d'arrivée du front d'onde et le temps d'obtention du niveau d'eau maximal seront diminués. En absence des nouveaux aménagements, le temps d'arrivée du front d'onde au barrage Rapide-Blanc suite à la rupture de Gouin est de 13,97 heures et le temps d'obtention du niveau d'eau maximal est d'environ 17,75 heures. En présence des nouveaux aménagements et en considérant l'effacement total des ouvrages de l'aménagement de la Chute-Allard et le bris progressif du barrage Rapides-des-Cœurs, le temps d'arrivée du front d'onde à l'aménagement Rapide-Blanc diminue de 0,72 heures tandis que le temps d'obtention du niveau d'eau maximal diminue de 1,42 heures.

Entre le barrage Rapide-Blanc et la ville de Trois-Rivières, le temps d'arrivée du front d'onde diminue d'environ 1,4 heures en présence des nouveaux aménagements de la Chute-Allard et de Rapides-des-Cœurs. En ce qui concerne le temps d'obtention du niveau d'eau maximal, ce temps sera réduit mais la réduction varie entre 1,4 et 0,09 heures respectivement.

La figure 4.6 présente la comparaison du niveau d'eau maximal en fonction du chaînage de la rivière Saint-Maurice obtenu avec et sans la présence des nouveaux aménagements. La figure 4.7 présente la comparaison du débit maximal obtenu avec et sans la présence des nouveaux aménagements. La figure 4.8 présente la comparaison du temps d'arrivée du front d'onde avec et sans la présence des nouveaux aménagements.

4.4 Comparaisons des résultats avec les études antérieures

Les résultats de rupture du barrage Gouin en absence des aménagements de la Chute-Allard et des Rapides-des-Cœurs ont été comparés avec les études antérieures. Les résultats d'une étude qui a été effectuée en 1988 (réf. 3.2) a été comparés avec la présente étude car il s'agissait d'une étude de rupture partielle du barrage Gouin et des sept barrages situés en aval. Le tableau 4.3 présente la comparaison des niveaux d'eau maximal et le temps d'obtention de ce niveau.

En générale, les niveaux d'eau maximaux obtenus aux barrages sont inférieurs à ceux calculés en 1988. En ce qui concerne le temps d'obtention du niveau d'eau maximal, le temps pour atteindre ce niveau est plus court dans cette étude que dans celle de 1988.

Tel que mentionné à la section 2.1 du présent rapport, dans l'étude de 1988, la rupture partielle et instantanée des barrages situés en aval avait été initiée lorsque le niveau d'eau atteignait seulement 0,3 m au dessus du niveau de la crête du barrage tandis que dans la présente étude, la rupture est initiée lorsque le niveau d'eau atteint 1,5 m au dessus du niveau de la crête du barrage. Toutefois, l'étude de 1988 démontre que le niveau d'eau maximal obtenu aux barrages Trenche, Beaumont, La Tuque et Shawinigan est plus élevé que le niveau d'eau auquel débute la rupture. Il est donc fort probable que les dimensions des brèches utilisées étaient trop petites. De plus, les débits de brèches ne sont pas les mêmes dans les deux études car en 1988, on n'utilisait pas l'hypothèse de rupture qui indique que la largeur de la brèche doit être égal à 4 fois la hauteur du barrage.

La différence majeure entre ces deux études est le débit maximal obtenu aux barrages aval. Selon l'étude de 1988, un débit maximal de 20 000 m³/s avait été imposé comme étant le débit maximal tout le long du tronçon de l'étude ainsi qu'à Trois-Rivières. Dans le rapport d'une étude faite en 1980, il est indiqué qu'à cause de la topographie à la sortie du barrage Gouin il y a une section de contrôle et qu'à cet endroit le débit dans la vallée tend vers une valeur asymptotique. Un débit, soit le débit maximal fourni par le barrage Gouin, de 20 000 m³/s a donc été imposé. De plus, au barrage Trenche la brèche utilisée dans l'étude de 1988 est peu profonde et donc le débit de brèche est égale à 18 400 m³/s. Dans la présente étude, une brèche dont la largeur est égale à 4 fois la hauteur a été utilisée et le débit de la brèche est plus de 100 000 m³/s. Ceci explique donc la rapidité du temps d'obtention du niveau d'eau maximal dans la présente étude.

Finalement, dans les études antérieures, le modèle numérique Dambrk a été utilisé pour faire les calculs tandis que dans la présente étude, nous avons utilisé le modèle Mascaret. Avec le modèle Dambrk, les sections transversales utilisées par le modèle sont des sections miroirs tandis qu'avec le modèle Mascaret, les sections transversales utilisées sont des sections en forme x et y et donc les résultats obtenus par ce modèle sont plus précis.

5 Cartes d'inondation

Les zones maximales d'inondation du scénario qui représentent la rupture du barrage Gouin en présence des nouveaux aménagements de la Chute-Allard et de Rapides-des-Cœurs sont représentées sur 8 cartes en format A0. Le feuillet Index sert à montrer la délimitation des cartes représentant les inondations sur la rivière Saint-maurice.

5.1 Majoration et minoration des résultats du scénario en présence des nouveaux aménagements

Comme le propose le guide des études de rupture de barrage (réf. 5.1) les résultats doivent être traités comme suit pour la projection sur les cartes d'inondation :

- la majoration de 15 % du rehaussement du niveau d'eau impliquant une correction du niveau d'eau maximal;
- la minoration de 15 % du temps d'arrivée du front d'onde;
- la minoration de 15 % du temps d'obtention du niveau d'eau maximal.

Ainsi les résultats avec les majorations et le minoration servant à la réalisation des cartes d'inondation sont montrés aux tableaux 4.1 et 4.2. Ces corrections servent à prendre en compte les imprécisions de certaines valeurs considérées dans la présente étude.

5.2 Cartes d'inondation

Les cartes d'inondation maximale ont été réalisées sur la rivière Saint-Maurice du barrage Gouin situé au PK 0.0 jusqu'à l'embouchure de la rivière au PK 387. Elles sont tracées sur les cartes topographiques à l'échelle 1:50 000 à partir du format MapInfo sur lesquelles sont indiquées les caractéristiques hydraulique (temps d'arrivée du front d'onde, niveau maximal atteint, rehaussement maximal, temps d'obtention du niveau maximal) à chacun des sites d'intérêt situés le long du tronçon modélisé.

Les zones d'inondation de la rivière Saint-Maurice sont montrées sur les cartes suivantes :

- la carte 1 représente les zones du barrage Gouin au PK 0.0 jusqu'au barrage de la Chute Allard au PK 30, soit jusqu'au Rapides Chaudières;
- la carte 2 représente les zones du PK 30 au PK 84, soit dans le bief amont de la centrale Chute-Allard;

- la carte 3 représente les zones du barrage de l'aménagement de la Chute-Allard du PK 77 jusqu'au PK 133, soit dans le réservoir de Rapide Blanc;
- la carte 4 représente les zones du PK 133 jusqu'au PK 200, soit jusqu'à l'aménagement de Beaumont;
- la carte 5 représente les zones du PK 195 jusqu'au PK 242, soit en amont de la rivière aux Rats;
- la carte 6 représente les zones du PK 240 jusqu'au PK 285, à proximité de la rivière Mattawin;
- la carte 7 représente les zones du PK 282 jusqu'au PK 339, soit au barrage de Grand-Mère;
- la carte 8 représente les zones du barrage Grand-Mère du PK 337 jusqu'au PK 386, soit l'embouchure de la rivière Saint-Maurice.

Carte 1

Le tronçon de 30 km à l'aval du barrage Gouin subit des débordement importants. Il y a des rehaussement qui peuvent aller jusqu'à 25 m . Les inondations remontent dans la rivière Wabano jusqu'au barrage du Carpe Rouge. La Pouvoirie du barrage Gouin sera touchée.

Carte 2

Le tronçon de rivière entre le PK 30 et le PK 84, le rehaussement varie entre 4 et 26 m respectivement. La voie ferrée qui longe la rivière Ruban sera inondée. Toutefois, la Pouvoirie du lac Lareau ne sera pas touchée.

Carte 3

Le tronçon entre la centrale de la Chute-Allard et le réservoir Blanc est démontre sur cette carte. La rupture de Gouin entraînera la rupture des barrage des aménagements de la Chute-allard et des Rapides-des-Cœurs. Le secteur situé à l'embouchure de la rivière Manouane sera inondée. Plus de cinquante bâtiments seront inondés. La pouvoirie Chez Farrar située à Mctavis sera inondée. La route 461 située entre la Pouvoirie du Relais Quoquochée et le village de Kotowakan sera partiellement inondée. De plus, cette pourvoirie sera aussi inondée. Le temps d'arrivée du front d'onde à cet endroit est d'environ 9 heures.

Carte 4

Il y aura rehaussement du niveau d'eau dans les réservoirs Rapide Blanc et Trenché suite à la rupture du barrage Gouin. Le rehaussement du réservoir Rapide Blanc sera d'environ 9 m. Le Club de chasses et pêches Duplessis sera légèrement touché. Toutefois, il y aura débordement au-dessus de la digue du Poisson Blanc. Cela causera des inondations en aval allant jusqu'à la rivière Vermillion.

Carte 5

Le tronçon de la rivière entre l'aménagement de Beaumont et La Tuque subit des débordements importants surtout en aval de la centrale de La Tuque. Le rehaussement pourrait atteindre jusqu'à 20 m. La route 155 sera inondée ainsi qu'une section de la voie ferrée, soit en amont de l'aménagement La Tuque. La Pourvoirie Beaumont sera touchée. Toutefois le Poste de La Tuque ne sera pas touchée par les inondations ni L'Aéroport du Lac à Beauce.

Carte 6

Le tronçon de la rivière Saint-Maurice situé entre la rivière Aux-Rats et la rivière Mattawin subira des rehaussements de plus de 18 m. De plus la route 155 qui long la rivière à cet endroit sera inondée. La centrale Club des Alcaniens, qui est une centrale privée, sera aussi inondée. Toutefois, la réserve faunique du Saint Maurice ne sera pas touchée.

Carte 7

Il y aura des débordements assez important à l'embouchure de la rivière Mattawin. De plus, plusieurs bâtiments seront inondés dans la région de Saint-éjan des Piles et Grandes Piles. À Grand-Mère, les postes de Grand-Mère et de Ston Consolidated seront inondés. La route 155 sera inondée dans ce secteur.

Carte 8

Le tronçon de rivière entre l'aménagement de Grand-Mère et Trois-Rivières ne subit pas d'énormes rehaussements. Toutefois, il s'agit des endroits les plus peuplés. À Shawinigan, plusieurs bâtiments seront inondés. La route 153 sera également touchée ainsi que le Poste Leman. En aval de la centrale La Gabelle, le rehaussement peut atteindre plus de 13 m. À Trois Rivières, quelques maisons seront touchées. Au nord du lac Saint-Pierre, l'autoroute 40 sera aussi touché par les inondations. Finalement, la centrale de Gentilly 2 sera protégée par sa digue.

6 Modélisation 2-D de LaGabelle à Gentilly

Dans le cadre des études de rupture du barrage Gouin avec et sans la présence des nouveaux aménagements de la Chute Allard et de Rapides-des-Cœurs, une étude de propagation de l'onde de submersion à l'aide du modèle hydrodynamique bidimensionnel (2D) a été effectuées sur le tronçon de la rivière Saint-Maurice entre l'aménagement de La Gabelle et Trois-Rivières ainsi que dans le fleuve Saint-Laurent entre le lac Saint-Pierre et Lévi. La centrale nucléaire de Gentilly était particulièrement visée par cette étude car il s'agissait de déterminer son risque d'inondation suite à la rupture du barrage Gouin. La firme Génivar a été mandaté pour effectuer cette étude (réf. 6.1).

Deux scénarios principaux de propagation d'onde de rupture amorcée au barrage Gouin, par temps sec, ont été simulés, soit la rupture des aménagements de la rivière Saint-Maurice, sans les aménagements Chute-Allard et Rapides-des-Cœurs et la rupture des aménagements de la rivière Saint-Maurice, avec les aménagements Chute-Allard et Rapides-des-Cœurs.

Les résultats qui se dégagent de cette étude démontrent que la présence des nouveaux aménagements a un effet très faible sur la dynamique d'inondation en cas de rupture du barrage Gouin. Effectivement, le seul impact notable de leur ajout est la réduction du temps d'arrivée du front d'onde d'environ 1,4 h.

Dans les deux cas de rupture, le rehaussement maximal des niveaux d'eau généré par le passage de l'onde de submersion est de 1,34 m, ce qui correspond à un niveau de 5,53 m. La crête des digues entourant la centrale Gentilly est à la cote 8,4 m, ce qui laisse une revanche de 2,87 m par rapport au niveau maximal atteint par les eaux.

7 Conclusions

Conformément à sa politique sur la sécurité des ses barrages, Hydro-Québec a entrepris à l'automne 2003 l'étude de rupture du barrage Gouin avec et sans la présence des nouveaux aménagements de la Chute Allard et de Rapides-des-Cœurs.

L'objectif principal de l'étude est d'établir à des fins de demande des permis de construction de nouveaux ouvrages de la Chute Allard et de Rapides-des-Cœurs, l'impact qu'auraient ces nouveaux aménagements sur la rivière Saint-Maurice. Il s'agissait de déterminer si les nouveaux aménagements causeraient une augmentation du niveau d'eau dans le fleuve Saint-Laurent suite à la rupture par temps sec du barrage principal de Gouin qui entraînera la rupture en cascade de tous les aménagements sur le Saint-Maurice. De plus, il fallait déterminer le temps de réaction disponible avec et sans les nouveaux aménagements en place.

Deux scénarios ont été étudiés, le premier étant la rupture par temps sec du barrage Gouin sans la présence des nouveaux aménagements de la Chute-Allard et de Rapides-des-Cœurs tandis que le deuxième étant la rupture par temps sec du barrage Gouin sans la présence des nouveaux aménagements.

Le modèle unidimensionnel Mascaret a été utilisé pour simuler les ruptures en cascade et la propagation de l'onde. La synthèse des caractéristiques majorées et minorées de l'onde avec les nouveaux aménagements en place sont fournies au tableau 4.2. On remarque les points suivants:

Le débit maximal à la brèche du barrage Gouin atteint 12 430 m³/s au niveau maximal d'exploitation de 405,08 m dans le réservoir. La vidange est complète après 300 heures.

- À l'aval du barrage le rehaussement du niveau d'eau de 10 à 22 m. La vitesse d'écoulement varie entre 0,8 et 8 m/s.
- À la nouvelle centrale de Chute Allard, le débit maximal sera de 13 078 m³/s et le niveau d'eau maximal sera de 349,5 m. La vitesse d'écoulement est de 8,5 m au pied du barrage. Le rehaussement maximal est de 3,5 m et le front d'onde arrive en 7,5 h.
- À la nouvelle centrale des Rapides-des-Coeurs, le débit maximal sera de 12 364 m³/s et le niveau d'eau maximal sera de 302 m. La vitesse d'écoulement est de 12,5 m au pied du barrage. Le rehaussement maximal est de 2,5 m et le front d'onde arrive en 10,3 h.
- L'onde de rupture provoque un rehaussement de 1,84 m au barrage de Rapide-Blanc. Il y a ensuite rupture de ce dernier.
- Au barrage Trenche, le débit de rupture est énorme et on parle de 108 772 m³/s. Le rehaussement est de 1,9 m. Le temps d'arrivée du front d'onde est de 16,5 h.
- Au barrage Beaumont, le débit maximal atteint est de 48 417 m³/s tandis qu'à La Tuque ce débit diminue à 21 551 m³/s. le temps d'arrivée du front d'onde sera de 17,06 h à Beaumont et de 17,2 à La Tuque.

- Au barrage de Grand-Mère, le débit maximal atteint est de 13 090 m³/s, soit un peu plus que la CMP. Le rehaussement est de 1,8 m au barrage.
- À Shawinigan, il y aura rupture des deux évacuateurs de crues, soit Almaville et Melville. Le débit maximal atteint est de 13 087 m³/s tandis que le niveau d'eau rehausse de 1,8 m avant qu'il ait rupture.
- À La Gabelle le niveau rehausse de 1,8 m avant la rupture et le débit maximal sera de 13 102 m³/s. Le temps d'arrivée du front d'onde sera de 21,8 h. En aval de La Gabelle, le niveau d'eau rehausse de plus de 12 m.
- À Trois-Rivières, le débit maximal atteint sera de 13 101 m³/s et le temps d'arrivée du front d'onde sera de 22,05 h.

Une comparaison a été effectuée pour évaluer les conséquences sur la rivière Saint-Maurice en présence et en l'absence des nouveaux aménagements de la Chute-Allard et des Rapides-des-Cœurs.

Les résultats démontrent que la présence des nouveaux aménagements n'augmente pas le niveau d'eau maximal obtenu ni le débit maximal obtenu aux ouvrages suite à la rupture du barrage Gouin. Toutefois, le temps d'arrivée du front d'onde et le temps d'obtention du niveau d'eau maximal seront diminués. En absence des nouveaux aménagements, le temps d'arrivée du front d'onde au barrage Rapide-Blanc suite à la rupture de Gouin est d'environ 14 heures et le temps d'obtention du niveau d'eau maximal est d'environ 18 heures. En présence des nouveaux aménagements et en considérant l'effacement total des ouvrages de l'aménagement de la Chute-Allard et le bris progressif du barrage Rapides-des-Cœurs, le temps d'arrivée du front d'onde à l'aménagement Rapide-Blanc diminue d'environ 0,75 heures tandis que le temps d'obtention du niveau d'eau maximal diminue d'environ 1,4 heures.

Entre le barrage Rapide-Blanc et la ville de Trois-Rivières, le temps d'arrivée du front d'onde diminue d'environ 1,4 heures en présence des nouveaux aménagements de la Chute-Allard et de Rapides-des-Cœurs. En ce qui concerne le temps d'obtention du niveau d'eau maximal, ce temps sera réduit mais la réduction varie entre 1,4 et 0,09 heures respectivement.