

*RÉGIE INTERMUNICIPALE DU PARC RÉGIONAL MASSAWIPPI*

*Barrage de la rivière Massawippi*

*Évaluation de la sécurité du barrage (X0007340)*

*No de projet BPR : 64247E162 (60ET)*





RIGUEUR ET AUDACE  
EN INGÉNIERIE

## ***RÉGIE INTERMUNICIPALE DU PARC RÉGIONAL MASSAWIPPI***

### ***Barrage de la rivière Massawippi***

### ***Évaluation de la sécurité du barrage (X0007340)***

***No de projet BPR : 64247E162 (60ET)***

BPR  
2835, rue Hertel  
Sherbrooke (Québec) J1L 1Y3  
☎ 819 562-7266  
☎ 819 562-7210

Préparé par :

Louis-Philippe Caron, B. Ing.

Annie Limoges, Ing. jr., M. Sc.

Vérfié par :

Gilles L. Bouchard, Ing., M. Ing.

Mourad Karray, Ing., PhD. (section 2.2)

Mars 2009  
Révision # 01

# TABLE DES MATIÈRES

|  |    |
|--|----|
| INTRODUCTION.....  | 1  |
| <br>   |    |
| SECTION 1.....   | 2  |
| VÉRIFICATION DE L'ÉTAT ET DU COMPORTEMENT DU BARRAGE.....              | 2  |
| 1.1 INSPECTION DÉTAILLÉE DES COMPOSANTES DU BARRAGE .....              | 2  |
| 1.1.1 MUR DE FERMETURE EN RIVE GAUCHE .....                            | 4  |
| 1.1.2 VANNES D'ÉVACUATION ET PLATE-FORME D'OPÉRATION.....              | 8  |
| 1.1.3 DÉVERSOIR.....   | 12 |
| 1.1.4 MUR DE FERMETURE EN RIVE DROITE .....                            | 17 |
| 1.1.5 REVANCHE HYDRAULIQUE.....  | 19 |
| 1.2 ANALYSE DES RÉSULTATS DES ACTIVITÉS DE SURVEILLANCE PASSÉES .....  | 20 |
| 1.2.1 ACTIVITÉS DE SURVEILLANCES PASSÉES.....                          | 20 |
| 1.3 ANALYSE DES RÉSULTATS D'AUSCULTATION.....                          | 20 |
| 1.4 VÉRIFICATION DE LA FONCTIONNALITÉ DES APPAREILS D'ÉVACUATION ..... | 22 |
| <br>   |    |
| SECTION 2.....   | 23 |
| VÉRIFICATION DE LA CONCEPTION DU BARRAGE .....                         | 23 |
| 2.1 VÉRIFICATION DES CRITÈRES DE CONCEPTION.....                       | 23 |
| 2.2 ANALYSE DE STABILITÉ - BARRAGE .....                               | 24 |
| 2.2.1 NIVEAU D'EAU CONSIDÉRÉ .....                                     | 25 |
| 2.2.2 CAS ÉTUDIÉS.....   | 25 |
| 2.2.3 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.....                                | 26 |
| 2.2.4 POTENTIEL DE LIQUÉFACTION .....                                  | 26 |
| 2.2.5 GRADIENT HYDRAULIQUE ET SOUS-PRESSION .....                      | 27 |
| 2.2.6 ALLONGEMENT DU RADIER.....                                       | 27 |
| 2.2.7 STABILITÉ DES FONDATIONS SOUS L'ÉVACUATEUR DE CRUE .....         | 28 |
| 2.2.8 RECOMMANDATIONS .....  | 29 |
| 2.3 ANALYSE DE STABILITÉ - ÉVACUATEUR DE CRUES .....                   | 30 |
| 2.3.1 MÉTHODE DE CALCUL.....   | 30 |
| 2.3.2 CHARGES DE CALCUL.....   | 31 |
| 2.3.2.1 Généralités .....  | 31 |
| 2.3.2.2 Charges permanentes .....                                      | 31 |
| 2.3.2.3 Poussée hydrostatique.....                                     | 31 |
| 2.3.2.4 Sous-Pressions.....  | 32 |
| 2.3.2.5 Poussée statique de la glace.....                              | 32 |
| 2.3.2.6 Charges sismiques.....   | 33 |
| 2.3.3 DONNÉES UTILISÉES POUR LA STABILITÉ AU GLISSEMENT .....          | 33 |
| 2.3.4 COMBINAISONS DES CHARGES .....                                   | 34 |
| 2.3.5 COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ ET CONTRAINTES ADMISSIBLES .....        | 35 |
| 2.3.6 RÉSULTATS DES ÉTUDES DE STABILITÉ À LA BASE DE L'ÉVACUATEUR..... | 36 |

DSB/71.08

CEHQ  
REÇU  
  
17 MAR. 2009  
  
Direction de la sécurité  
des barrages



|   |    |
|---|----|
| SECTION 3.....  | 41 |
| DISPOSITIFS DE SÉCURITÉ DONT EST MUNI LE BARRAGE..... | 41 |
| <br>  |    |
| SECTION 4.....  | 42 |
| RÉVISION DU CLASSEMENT ACCORDÉ AU BARRAGE .....       | 42 |
| 4.1 DESCRIPTION DES RENSEIGNEMENTS .....              | 42 |
| 4.2 RÉVISION DU CLASSEMENT .....                      | 42 |
| 4.3 RÉVISION DU NIVEAU DE CONSÉQUENCE .....           | 44 |
| <br>  |    |
| OBLIGATIONS .....                                     | 45 |
| <br>  |    |
| CALENDRIER DES TRAVAUX PROPOSÉS .....                 | 46 |
| <br>  |    |
| CONCLUSIONS .....                                     | 47 |

## ANNEXES

|                     |  |
|---------------------|--|
| ANNEXE A :          | COUPE TYPE DU BARRAGE ET DE L'ÉVACUATEUR DE CRUE |
| ANNEXE B :          | FIGURES SEEP & SLOPE – ANALYSE DE STABILITÉ      |
| <i>Annexe B-1 :</i> | <i>ÉCOULEMENT – GRADIENTS – SOUS-PRESSION</i>    |
| <i>Annexe B-2 :</i> | <i>ANALYSE DE STABILITÉ</i>                      |
| <i>Annexe B-3 :</i> | <i>LIQUÉFACTION</i>                              |
| ANNEXE C :          | CARTE DES ZONES INONDABLES EN PÉRIODE DE CRUE    |
| ANNEXE D :          | PLANS  |
| ANNEXE E :          | PLAN DE GESTION DES EAUX RETENUES                |
| ANNEXE F :          | RAPPORT GÉOTECHNIQUE RÉALISÉ PAR GÉOLAB INC.     |

## LISTE DES PHOTOGRAPHIES

|  |    |
|--|----|
| Photographie 1 : Mur de soutènement en rive gauche – côté amont.....   | 4  |
| Photographie 2 : Section aval du mur de soutènement en rive gauche .....   | 5  |
| Photographie 3 : Présence de drains dans la section aval du mur de soutènement en rive gauche .....                  | 6  |
| Photographie 4 : Section aval en rive gauche du mur de soutènement constituée de blocs .....                         | 6  |
| Photographie 5 : Eau frappant le mur de soutènement en rive gauche lors de sa sortie des vannes<br>d'évacuation..... | 7  |
| Photographie 6 : Vannes d'évacuation au barrage North Hatley .....   | 9  |
| Photographie 7 : Section inférieure des vannes corrodée.....   | 9  |
| Photographie 8 : Composantes du système d'évacuation au barrage North Hatley .....                                   | 10 |
| Photographie 9 : Face amont du pilier central et pilier externe.....   | 11 |
| Photographie 10 : Vue de la face aval du barrage Massawippi.....   | 12 |
| Photographie 11 : Réseau de fissures longitudinales .....  | 13 |
| Photographie 12 : Fissures longitudinales profondes.....   | 13 |
| Photographie 13 : Calotte de béton manquante.....  | 14 |
| Photographie 14 : Vue sur les dalles en béton situées au pied aval du barrage.....                                   | 15 |
| Photographie 15 : Affaissement d'une dalle de béton.....   | 16 |
| Photographie 16 : Déplacement d'une des dalles de béton .....  | 16 |
| Photographie 17 : Mur de fermeture en rive droite du barrage .....   | 17 |
| Photographie 18 : Jonction entre déversoir et mur de fermeture en rive droite.....                                   | 18 |
| Photographie 19 : Morceau de béton manquant et végétation présente sur le dessus du mur .....                        | 18 |
| Photographie 20 : clôture en rive gauche      Photographie 21 : panneau signalétique.....                            | 41 |



## LISTE DES FIGURES

|  |    |
|--|----|
| Figure 1 : Plan de localisation.....   | 2  |
| Figure 2 : Schéma de localisation des différentes composantes du barrage. Vue de l'aval.....                             | 3  |
| Figure 3 : Courbe d'évacuation pour le barrage de la rivière Massawippi. Pleine ouverture de la vanne d'évacuation ..... | 23 |
| Figure 4 : Coupe du nouveau système d'évacuation.....  | 28 |

## LISTE DES TABLEAUX

|  |    |
|--|----|
| Tableau 1 : Méthode et conditions des analyses de stabilité .....                        | 24 |
| Tableau 2 : Paramètres utilisés pour les analyses de stabilité .....                     | 24 |
| Tableau 3 : Niveaux d'eau considérés pour les analyses de stabilités.....                | 25 |
| Tableau 4 : Conductivité hydraulique des matériaux .....                                 | 25 |
| Tableau 5 : Résultat des analyses de stabilité.....                                      | 26 |
| Tableau 6 : Combinaisons de charges pour l'évacuateur de crues .....                     | 34 |
| Tableau 7 : Facteurs de sécurité, critères de stabilité et contraintes admissibles ..... | 35 |
| Tableau 8 : Résultats de l'analyse de stabilité de la section 1 .....                    | 39 |
| Tableau 9 : Paramètres considérés pour le classement du barrage.....                     | 43 |
| Tableau 10 : Résumé des recommandations .....  | 46 |

## RÉFÉRENCES

- Référence 1 : **Caractérisation du béton et de la fondation – Auscultation du barrage Massawippi, North Hatley, février 2008, réalisée par Géolab Inc.**
- Référence 2 : **Fiche technique du barrage X0007340, Centre d'Expertise Hydrique du Québec**
- Référence 3 : **Dam safety, 2007, Association canadienne des barrages.**
- Référence 4 : **Dam safety guidelines, janvier 1999, Association canadienne des barrages.**
- Référence 5 : **Norme Hydro-Québec, Évaluation de la stabilité des barrages-poids en béton, SB-61-08-00, 31 mai 2003**
- Référence 6 : **Règlement sur la sécurité des barrages (c. S-3.1.01, r. 1), Gouvernement du Québec.**
- Référence 7 : **Association Canadienne de Normalisation, Norme « CSA A23.3-04 - Design of Concrete Structures », Décembre 2004.**



## INTRODUCTION

À l'automne 2007, la Régie intermunicipale du Parc régional Massawippi regroupant les municipalités de Sainte-Catherine-de-Hatley, du Canton de Hatley, de Hatley, du Village d'Ayer's Cliff et du Village de North Hatley mandatait la firme BPR-Énergie inc. pour effectuer *l'Évaluation de la sécurité* de son barrage situé sur la rivière Massawippi, tel que requis par le règlement de la Loi sur la sécurité des barrages (LSB, 2000, c.9). L'évaluation de la sécurité vise à vérifier l'état et le comportement du barrage par le biais d'une inspection détaillée de chacune des composantes civiles et de l'analyse des activités de surveillance et des résultats d'auscultation obtenus. La vérification de la conception du barrage est aussi réalisée au moyen des études de stabilité et de la capacité d'évacuation du barrage. La révision du classement du barrage est également réalisée dans le présent rapport.

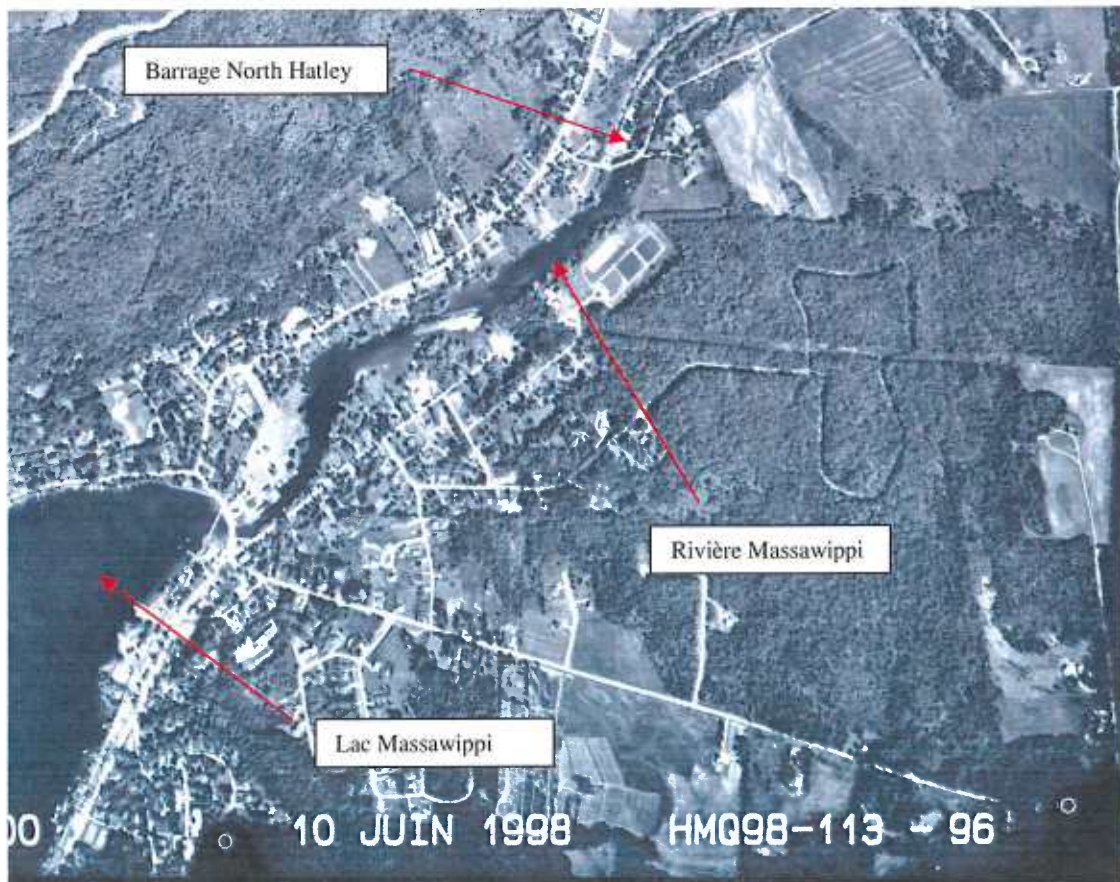
La présente étude est donc réalisée dans le but d'évaluer la sécurité du barrage et d'émettre, le cas échéant, des recommandations quant aux correctifs requis dans l'optique de réhabiliter le barrage afin d'en assurer la sécurité et la pérennité.

## SECTION 1 VÉRIFICATION DE L'ÉTAT ET DU COMPORTEMENT DU BARRAGE

### 1.1 Inspection détaillée des composantes du barrage

Le barrage est un ouvrage à crête déversante de type « béton-gravité » construit en 1964. Il sert principalement à la régulation du lac et de la rivière Massawippi. Le barrage de la rivière Massawippi est orienté Nord-Est / Sud-Ouest et se situe aux coordonnées géographiques 45°17'00" N et 71°57'48" O. La hauteur du barrage est évaluée à 4,5 mètres et la hauteur de retenue à 2,5 mètres selon la fiche du Centre d'expertise hydrique du Québec. Le barrage rehausse le niveau d'eau amont favorisant ainsi les sports nautiques et le développement récréo-touristique des municipalités riveraines. La longueur du barrage est évaluée à 54,3 mètres selon la fiche technique du MDDEP (Réf. 2).

Figure 1 : Plan de localisation



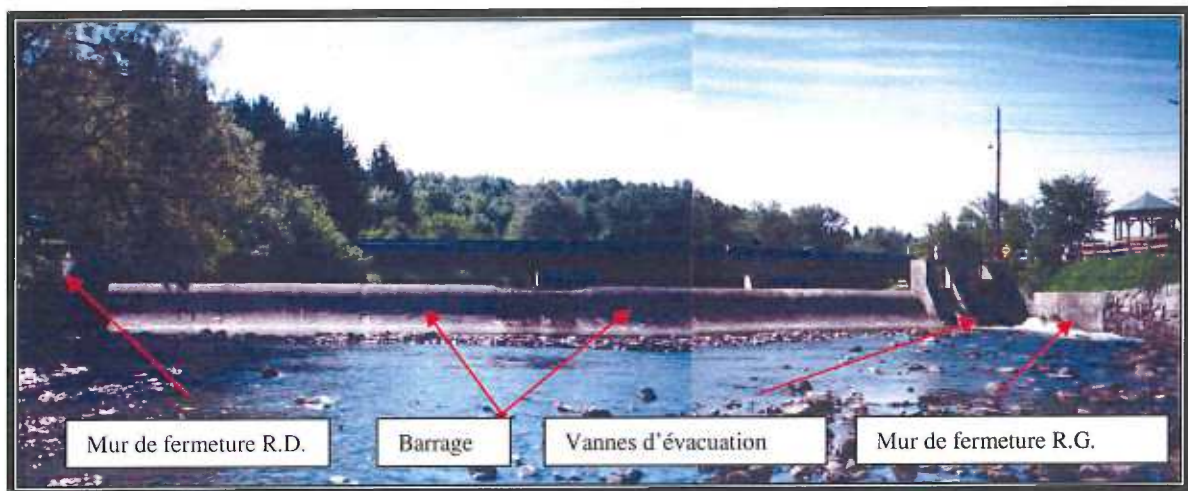
Lors de la visite du 5 septembre 2007, le niveau d'eau au barrage était à l'élévation 160,45 m. Le débit de la rivière Massawippi était de 2 m<sup>3</sup>/s selon la station hydrométrique 030220 situé à 1,6 km en aval du Lac Massawippi. Le temps était dégagé et la température ambiante était de 14° C avec des vents nuls.

Si on survole le barrage de sa rive gauche à sa rive droite, les différentes composantes se succèdent ainsi :

- mur de fermeture en rive gauche;
- vannes d'évacuation et plate-forme d'opération;
- barrage / déversoir;
- mur de fermeture en rive droite.

Le schéma de localisation des différentes composantes du barrage de la rivière Massawippi est présenté ci-dessous :

**Figure 2 : Schéma de localisation des différentes composantes du barrage. Vue de l'aval.**





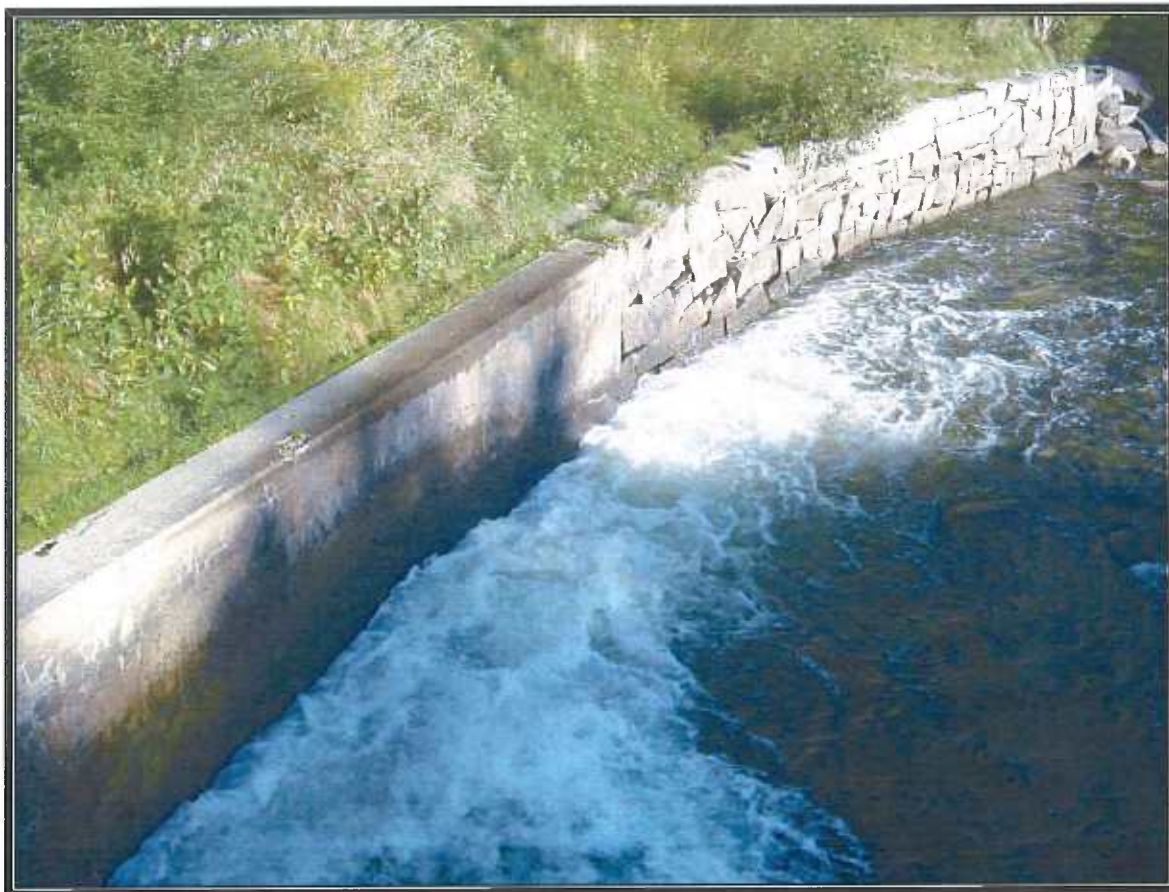
### 1.1.1 Mur de fermeture en rive gauche

Le mur de soutènement en rive gauche a une longueur totale de 35,2 mètres. De cette longueur, 2,2 m se retrouvent en amont du barrage et 33 m en aval. La section amont agit à titre de mur de soutènement et comme mur guideau (photographie 1). Le béton de cette section est en bon état et présente quelques fissures superficielles seulement. Des blocs de béton formant un angle d'environ 45 degrés avec le muret assure la fermeture avec le rivage tout en gardant le remblai à l'arrière de ceux-ci en place (photographie 1).



Photographie 1 : Mur de soutènement en rive gauche – côté amont

La section aval du mur de soutènement est divisée en deux parties qui sont chacune constituées de matériaux différents (photographie 2). La première section est un mur en béton agissant comme mur de soutènement ainsi que comme mur guideau pour l'eau sortant des vannes d'évacuation.



**Photographie 2 : Section aval du mur de soutènement en rive gauche**

Le béton de cette section semble être en bon état à part quelques signes d'érosion à la base de ce mur dus au passage de l'eau. Des drains horizontaux et perpendiculaires au mur de soutènement sont présents afin d'éliminer toute pression hydrostatique potentielle dans le remblai à l'arrière de ce mur (photographie 3). La deuxième section du mur de soutènement en rive gauche est constituée de blocs de grosseurs différentes et de formes asymétriques (photographie 2 et 4). Les blocs sont intercalés les uns aux autres de façon irrégulière et aucune présence de mortier n'a été détectée. Seules les forces de friction et de gravité assurent la stabilité de ce mur.