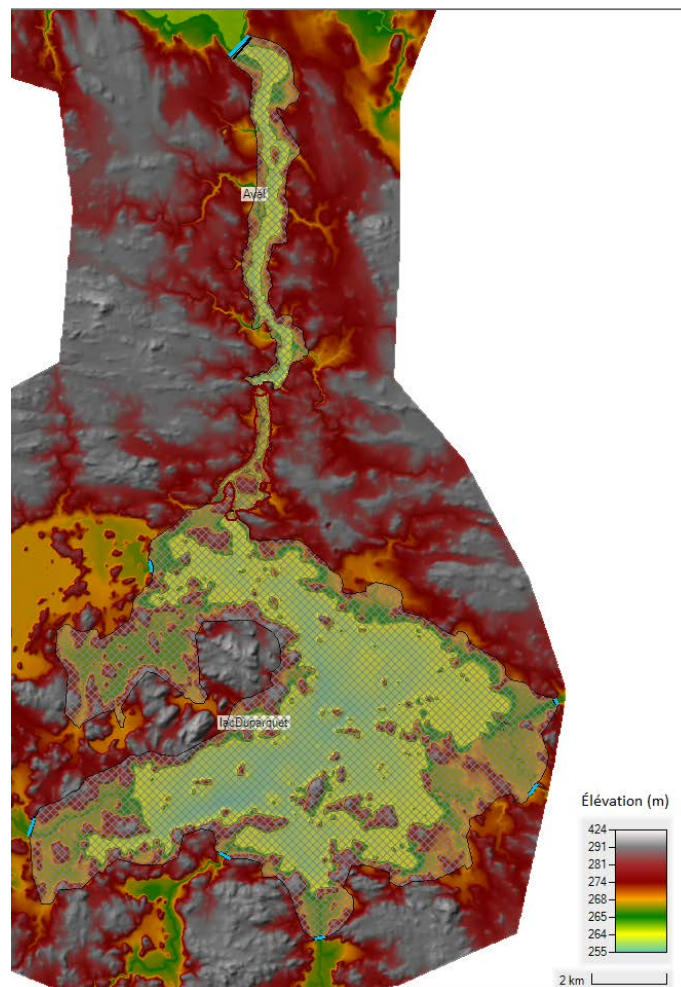


# Co-construction de mitigation des inondations à Rapide-Danseur en Abitibi

## Volet 2 : Analyses hydrologique et hydraulique



Septembre 2023

Université de Sherbrooke

## Équipe de réalisation

### Rédaction et coordination :

**Mélanie Trudel**, ing., Ph. D.

*Professeur agrégée, Département de génie civil et de génie du bâtiment, Université de Sherbrooke*

### Réalisation des analyses et travaux terrain:

Mélanie Trudel, ing., Ph. D.

Antoine Pruneau, agent de recherche

Nicolas Simard, technicien

## Partenaires



## Table des matières

Liste des figures .....	iv
Liste des tableaux.....	iv
1. Introduction .....	1
2. Localisation de la rivière à l'étude.....	1
3. Analyse hydrologique .....	3
4. Analyse hydraulique .....	4
5. Simulations .....	8
6. Conclusion .....	12

## Liste des figures

Figure 1. Localisation de la rivière Duparquet .....	1
Figure 2. Localisation du seuil de la rivière Duparquet .....	2
Figure 3. Localisation des tronçons de l’Atlas Hydroclimatique du Québec .....	3
Figure 4. Acquisition des de la géométrie de la rivière (bathymétrie) .....	4
Figure 5. Géométrie du tronçon à l’étude .....	5
Figure 6. Utilisation du territoire .....	6
Figure 7. Comparaison des niveaux simulés et observés a) le 20 octobre 2020 et b) le 18 mai 2022 .....	7
Figure 8. Contour des niveaux d’eau pour les PDA de 50%, 5% et 1%.....	8
Figure 9. Contour des niveaux d’eau pour les PDA de 50%, 5% et 1%, zoom sur le Lac Duparquet.....	9
Figure 10. Contour des niveaux d’eau en climat actuel et futur (scénario modéré- horizon 2071-2100) pour les PDA de a) 5% et b) 1%, zoom sur le Lac Duparquet.....	10
Figure 11. Profondeur d’eau en a) climat actuel et b) futur (scénario modéré- horizon 2071-2100) pour la PDA de 1%, zoom sur le Lac Duparquet.....	10
Figure 12. Localisation et géométrie du ponceau .....	11

## Liste des tableaux

Tableau 1. Estimation des débits pour différentes PDA et impact des changements climatiques.....	3
Tableau 2. Résultats du calage du modèle .....	7
Tableau 3. Niveaux d’eau en climat actuel et futur.....	9
Tableau 4. Distribution des débits et diminution des niveaux d’eau simulé à la suite de l’ajout du ponceau .....	11

## 1. Introduction

Les inondations causent des impacts sociaux, environnementaux et économiques majeurs. Les inondations récentes au Québec (Richelieu en 2011 et plusieurs cours d'eau au printemps 2017 et en 2019) et au Canada (Calgary en 2013) ont mis en lumière la vulnérabilité des communautés riveraines. L'évolution des conditions hydroclimatiques attendue en réponse à la transformation du climat modifiera l'occurrence et l'intensité des inondations futures. Face à cette réalité, les communautés locales doivent comprendre et réduire les risques liés aux inondations.

Ce rapport présente le deuxième volet du projet de co-construction de mitigation des inondations à Rapide-Danseur en Abitibi financé par le Réseau Inondations InterSectoriel du Québec (RIISQ). Il consiste à une analyse hydrologique des débits dans un contexte de changement climatique ainsi qu'une analyse hydraulique des niveaux d'eau du secteur à l'étude. Il présente ensuite un scénario de modification au seuil situé à Rapide-Danseur par l'ajout d'un ponceau.

L'étude est réalisée dans un contexte de recherche et les résultats ne devraient pas être utilisés pour un cadre réglementaire.

## 2. Localisation de la rivière à l'étude

La rivière Duparquet se situe dans la région administrative de l'Abitibi-Témiscamingue (Figure 1). Elle prend sa source dans le lac Duparquet en amont et se jette dans le lac Abitibi en aval. D'une longueur de 13,7 km, on retrouve un seuil à 3,7 km de l'embouchure avec le lac Duparquet (Figure 2). La largeur de la rivière est de l'ordre de 300 à 400 m, mais n'est que d'environ 10 m au seuil.



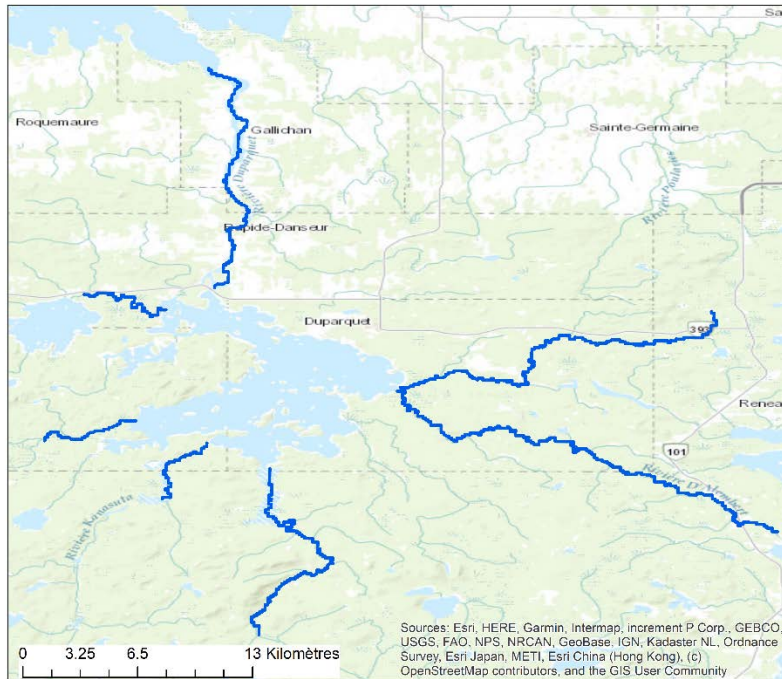
**Figure 1. Localisation de la rivière Duparquet**



**Figure 2. Localisation du seuil de la rivière Duparquet**

### 3. Analyse hydrologique

Il n’y a pas de station hydrométrique présente sur la rivière Duparquet permettant d’avoir un historique des débits. Ainsi, les données de l’Atlas Hydroclimatique du Québec (<https://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/carte-indicateurs/index.htm>) sont utilisées pour l’étude hydrologique (Figure 3).



**Figure 3. Localisation des tronçons de l’Atlas Hydroclimatique du Québec**

Les débits journaliers pour les probabilités de dépassement annuel (PDA) pour le tronçon à l’exutoire du lac Duparquet sont présentés dans le Tableau 1. Étant donné la taille du bassin versant de même que la présence d’un lac en amont et en aval du secteur d’étude, il n’y a pas de facteur de pointe appliqué. Les débits varient peu pour la PDA de 50% dans un climat futur. Les débits pour les PDA 5% et 1% sont plus élevés pour le scénario modéré à l’horizon 2071-2100 et augmentent de 10 à 11%.

**Tableau 1. Estimation des débits pour différentes PDA et impact des changements climatiques**

Récurrence - PDA	Historique (m <sup>3</sup> /s)	2041-2070 (m <sup>3</sup> /s)		2071-2100 (m <sup>3</sup> /s)	
		Modéré	Élevé	Modéré	Élevé
2 ans – PDA 50%	80,0	79,0	<b>81,7</b>	80,2	78,1
20 ans – PDA 5%	124,1	130,0	135,5	<b>136,8</b>	134,5
100 ans – PDA 1%	156,5	161,7	170,2	<b>173,7</b>	172,8

## 4. Analyse hydraulique

L'étude hydraulique est réalisée à l'aide du modèle hydraulique HEC-RAS 6.3.1 (<https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>). Une campagne de mesure de la géométrie de la rivière (bathymétrie) a été effectuée en octobre 2020 à l'aide d'un sonar sur un bateau (Figure 4). Les données LiDAR provenant du gouvernement du Québec (<https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/produits-derives-de-base-du-lidar>) à 1 m de résolution sont utilisées pour caractériser l'élévation de la plaine d'inondation.

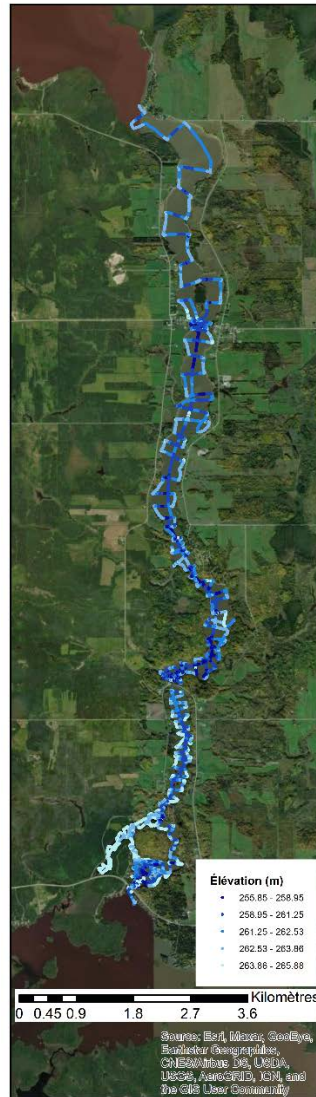
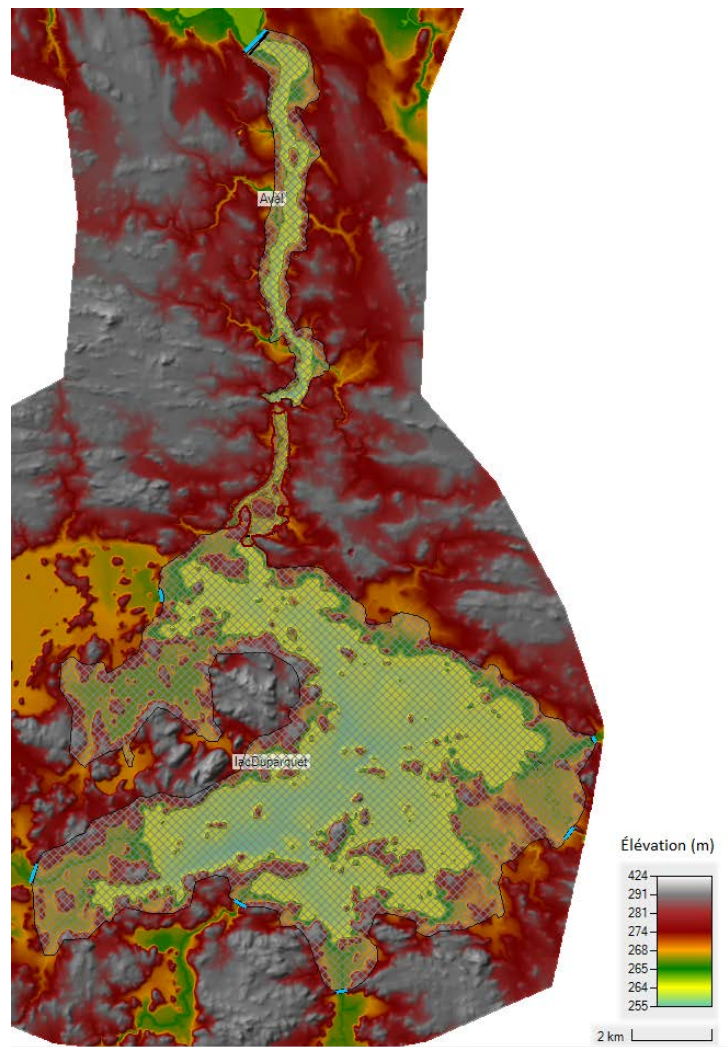


Figure 4. Acquisition des de la géométrie de la rivière (bathymétrie)

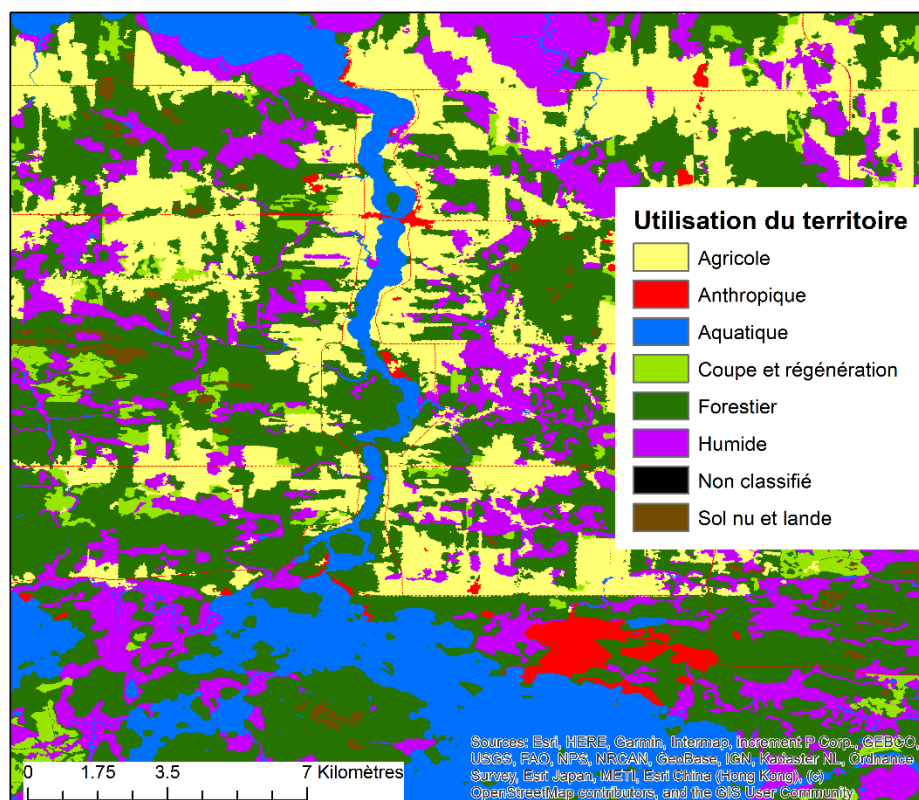


*Géométrie du modèle*

La Figure 5 présente la géométrie du secteur à l'étude. Il s'agit d'un modèle bidimensionnel (2D) couvrant le lac Duparquet et la rivière Duparquet jusqu'à l'embouchure du lac Abitibi. Le maillage est en général de 20 m x 20 m au lac Duparquet et de 10 m x 10 m dans la rivière Duparquet, mais il est raffiné jusqu'à 1 m x 1 m à l'approche du seuil de Rapide-Danseur. Une connexion 2D est utilisée pour éventuellement simuler un ponceau à proximité du rapide de même que pour simuler le seuil. L'utilisation du territoire de 2020 provenant du gouvernement du Québec (<https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/utilisation-du-territoire>), présentée à la Figure 6, a été utilisée pour définir les valeurs des coefficients de Manning de la plaine d'inondation. Le secteur comprend trois ponts inclus dans le modèle, un pont à la route 388 à Duparquet, un pont à la route du village, à Rapide-Danseur, et un pont au chemin Gallichan à Gallichan.



**Figure 5. Géométrie du tronçon à l'étude**



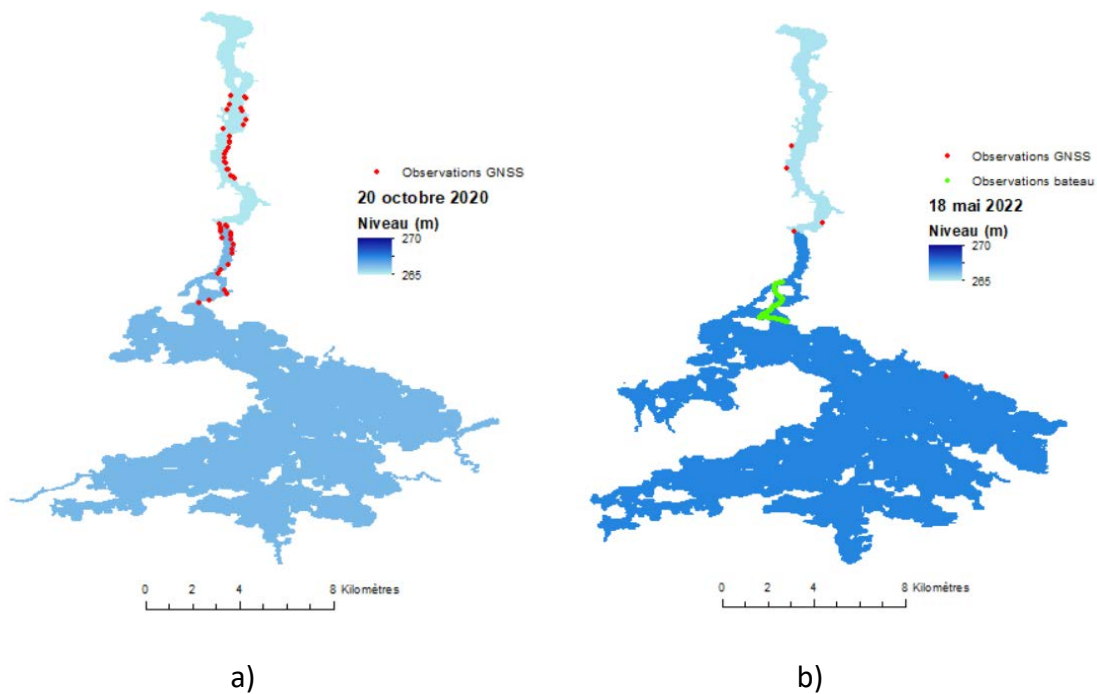
**Figure 6. Utilisation du territoire**

### Conditions limites

La condition frontière en aval est une condition de niveau d'eau qui provient de la station hydrométrique au lac Abitibi. La superficie du bassin versant en amont de la rivière Duparquet est évaluée à 1680 km<sup>2</sup> et celle en aval est évaluée à 1775 km<sup>2</sup>. L'écart est donc de 5,6%. Les apports latéraux sont donc considérés négligeables. Ainsi, le débit mesuré au pont de la route 388 a été utilisé pour l'ensemble du modèle.

### Relevés hydrométriques et calage du modèle

Des mesures de niveaux d'eau (Figure 7) ont été faites le 20 octobre 2020, ainsi que le 18 mai 2022. Les mesures ont été faites à la fois avec un GNSS (Global Navigation Satellite Systems) en rive et un GNSS sur un bateau. Les débits mesurés à l'aide d'un courantomètre à effet Doppler (ADCP) au pont de la route 388 sont de 45 m<sup>3</sup>/s pour le 20 octobre 2020 et 95 m<sup>3</sup>/s pour le 18 mars 2022.



**Figure 7. Comparaison des niveaux simulés et observés a) le 20 octobre 2020 et b) le 18 mai 2022**

Le modèle est peu sensible aux variations de coefficient de Manning dans la rivière. Les niveaux d’eau simulés en amont du seuil et dans le lac Duparquet sont plutôt constants. En aval du seuil, il y a également très peu de variation jusqu’au lac Abitibi. Les mesures de débits et de niveaux ont été utilisées pour ajuster le coefficient du seuil.

Trois critères ont été retenus lors du calage pour comparer les niveaux d’eau simulés et les niveaux d’eau observés, soit une valeur de racine de l’écart-quadrique moyenne inférieure à 15 cm, un écart pour chaque observation inférieure à 15 cm, et ce 9 fois sur 10, ainsi qu’un biais inférieur à 10 cm. Les résultats sont présentés dans le Tableau 2.

**Tableau 2. Résultats du calage du modèle**

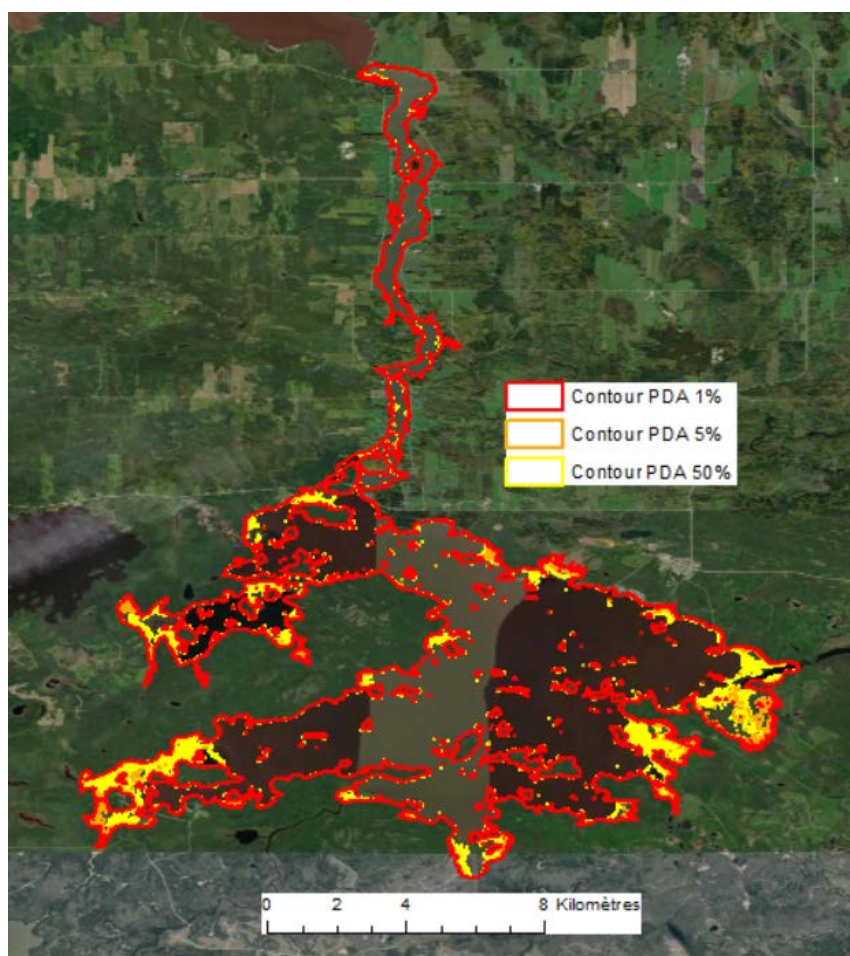
Date	Nombre d’observations	RMSE (m)	Biais (m)	N > 0,15 cm
20 octobre 2020	21	0,09	-0,04	0
18 mai 2022	4 en rive + 908 en bateau	0,03	0,02	0

## 5. Simulations

Le modèle est ensuite utilisé pour simuler les différentes PDA en climat actuel et en climat futur ainsi que des modifications près du seuil.

### *Résultats pour les PDA de 50%, 5%, 1%*

Le niveau d'eau en aval est estimé à l'aide d'une analyse fréquentielle des niveaux au lac Abitibi. Deux distributions sont statistiquement représentatives des données, soit la distribution Gumbel et la distribution Weibull. Les deux distributions donnent les mêmes valeurs de niveaux d'eau, soit 265,49 m, 265,77 m et 265,85 m respectivement pour les PDA de 50%, 5% et 1%. Toutefois, le niveau d'eau en aval du modèle a très peu d'impact sur le niveau d'eau en amont du rapide. Les débits pour les différentes PDA permettent de définir le niveau d'eau en amont du rapide et ainsi de définir les contours des niveaux d'eau pour les différentes PDA (Figure 8). Une zone plus problématique autour du lac Duparquet est présentée à la Figure 9. Les niveaux d'eau en amont sont de 267,11 m, 268,00 m et 268,49 m pour les PDA de 50%, 5% et 1% respectivement.



**Figure 8. Contour des niveaux d'eau pour les PDA de 50%, 5% et 1%**

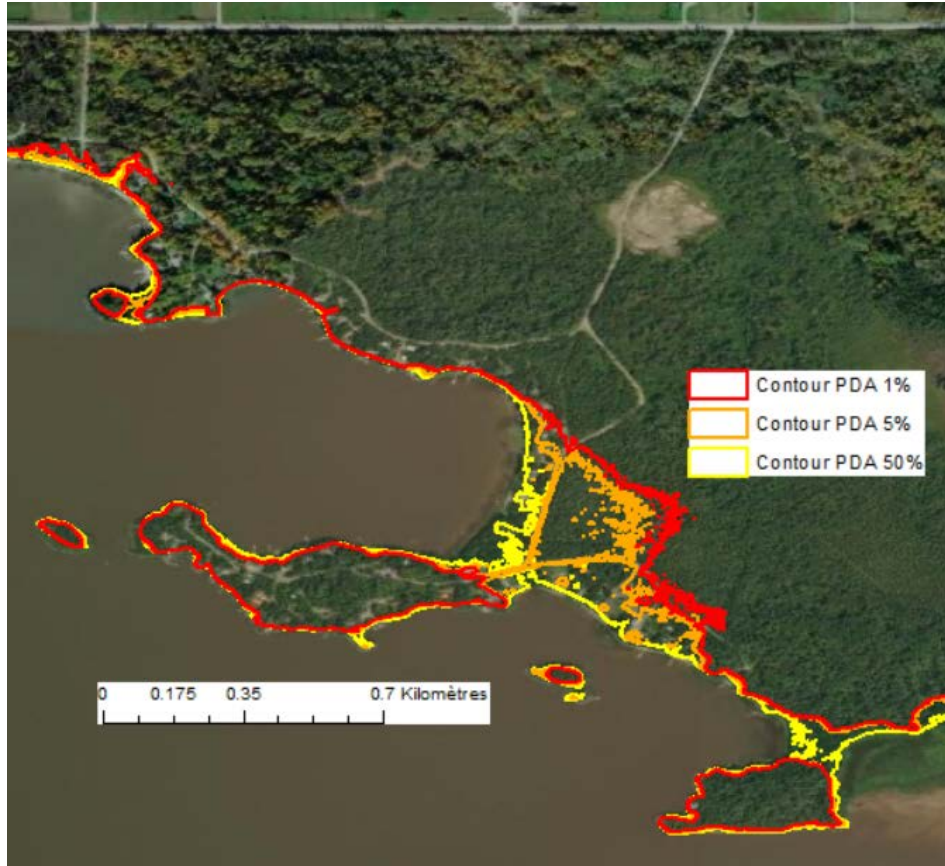


Figure 9. Contour des niveaux d'eau pour les PDA de 50%, 5% et 1%, zoom sur le Lac Duparquet

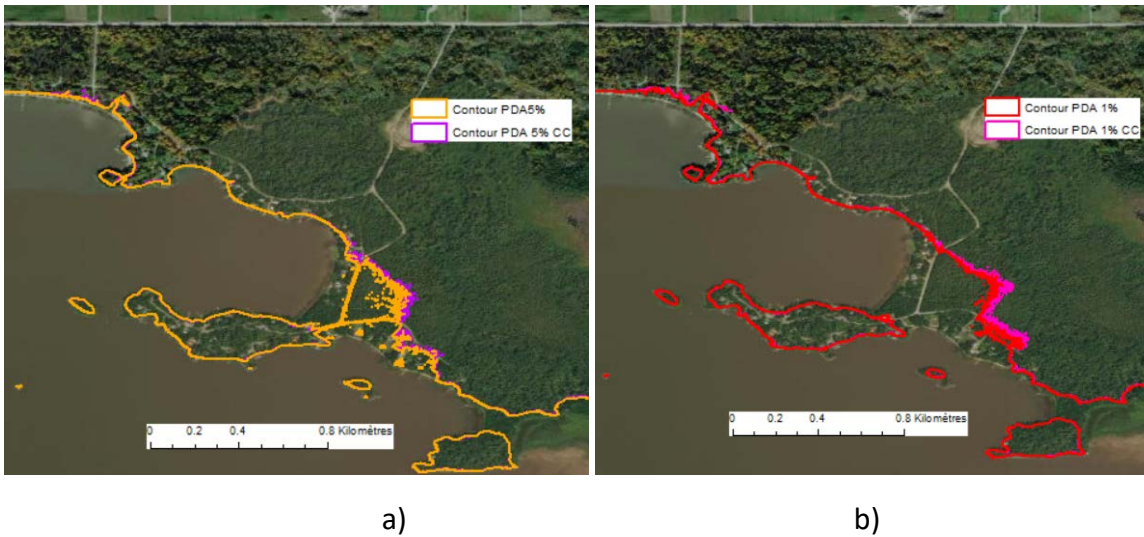
Impact des changements climatiques

Le niveau d'eau en aval n'est pas modifié dans les simulations en contexte de changements climatiques puisque ceux-ci correspondent au niveau d'eau du lac Abitibi. Les débits dans un contexte de changement climatique sont utilisés dans les simulations afin de déterminer le niveau d'eau en amont du rapide. Comme les débits pour la PDA de 50 % varient peu en changement climatique, les simulations ont été réalisées pour les PDA de 5% et 1%. Les scénarios modérés à l'horizon 2071-2100 présentent les valeurs de débit les plus élevées. Les niveaux d'eau en amont sont alors de 268,20 m et 268,72 m respectivement pour les PDA de 5% et 1%, soit une augmentation de 0,20 m et 0,23 m respectivement. Le Tableau 3 présente l'ensemble des niveaux d'eau pour les différents débits.

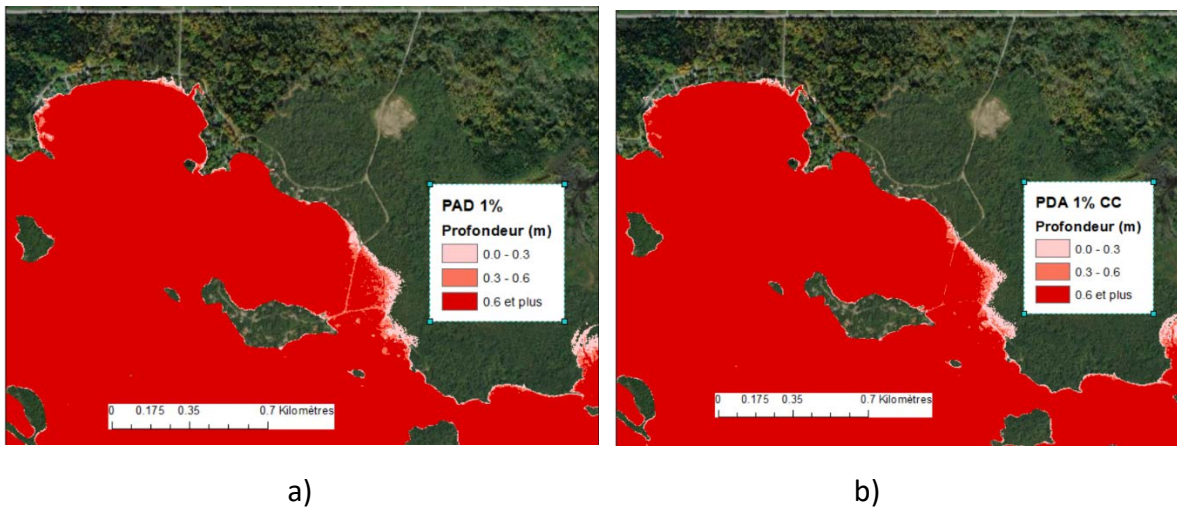
Tableau 3. Niveaux d'eau en climat actuel et futur

Récurrence - PDA	Historique (m)	2041-2070 (m)		2071-2100 (m)	
		Modéré	Élevé	Modéré	Élevé
20 ans – PDA 5%	268,00	268,10	268,18	<b>268,20</b>	268,16
100 ans – PDA 1%	268,49	268,56	268,68	<b>268,72</b>	268,71

L'impact sur le contour d'inondation est présenté à la Figure 10. En plus de l'impact sur le contour d'inondation, il est également intéressant d'évaluer l'impact sur la profondeur d'eau atteinte. La profondeur d'eau selon trois classes (0-30 cm; 30-60 cm et 60 et plus cm) pour la PDA de 1% en climat actuel et futur est présentée dans la Figure 11. Ainsi, même s'il y a peu d'impact sur le contour d'inondation, l'augmentation de la profondeur d'eau augmente les risques associés à l'inondation en climat futur.



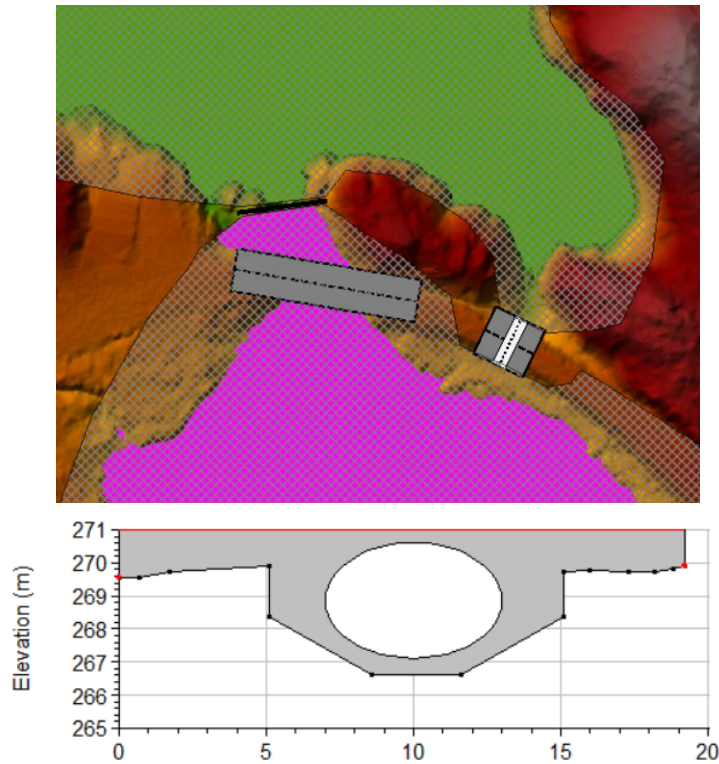
**Figure 10. Contour des niveaux d'eau en climat actuel et futur (scénario modéré- horizon 2071-2100) pour les PDA de a) 5% et b) 1%, zoom sur le Lac Duparquet**



**Figure 11. Profondeur d'eau en a) climat actuel et b) futur (scénario modéré- horizon 2071-2100) pour la PDA de 1%, zoom sur le Lac Duparquet**

*Modifications au rapide*

La modélisation hydraulique permet de simuler l'impact d'une modification au rapide telle que l'ajout d'un ponceau. Un ponceau de 6,0 m par 3,5 m a été ajouté entre l'amont et l'aval du seuil en rive droite (Figure 12). Le ponceau est à une élévation de 267,11 m en amont afin de ne pas affecter le niveau d'eau associé à une PDA de 50%. Ainsi, pour des niveaux d'eau inférieur à 267,11 m, le ponceau n'est pas effectif.



**Figure 12. Localisation et géométrie du ponceau**

Le débit passant par le ponceau dépend du niveau d'eau, pour un maximum de 11,5 m<sup>3</sup>/s pour un niveau de 268,73 m. Le Tableau 4 présente les débits passant par le rapide et le ponceau ainsi que la diminution des niveaux d'eau simulé à la suite de l'ajout du ponceau pour les PDA de 5% et 1% en climat actuel et en climat futur. La diminution des niveaux d'eau est plus importante pour des débits plus élevés, mais ne dépasse pas 0,14 m.

**Tableau 4. Distribution des débits et diminution des niveaux d'eau simulé à la suite de l'ajout du ponceau**

Récurrence - PDA	Historique			2071-2100 (m) – Scénario modéré		
	Débit Rapide (m <sup>3</sup> /s)	Débit ponceau (m <sup>3</sup> /s)	Variation (m)	Débit Rapide (m <sup>3</sup> /s)	Débit ponceau (m <sup>3</sup> /s)	Variation (m)
20 ans – PDA 5%	120,8	3,7	0,04	131,8	5,0	0,08
100 ans – PDA 1%	148,9	7,5	0,12	163,3	9,9	0,14

## 6. Conclusion

Le volet 2 de l'étude de co-construction de mitigation des inondations à Rapide-Danseur en Abitibi consiste à faire une analyse hydrologique et hydraulique de la rivière Duparquet.

L'analyse hydrologique a été faite à l'aide de données de l'Atlas Hydroclimatique du Québec. Les débits pour la PDA de 50% varient peu en climat futur. Les débits pour les PDA de 5% et 1% sont maximums pour le scénario modéré à l'horizon 2071-2100 et présentent une augmentation entre 10 et 11%.

L'analyse hydraulique a été réalisée à l'aide d'un modèle HEC-RAS 2D couvrant le secteur du lac Duparquet jusqu'à l'embouchure du lac Abitibi. Les niveaux d'eau pour les PDA de 50%, 5%, et 1% sont respectivement de 267,11m, 268,00m, 268,49m. À l'horizon 2071-2100 pour un scénario modéré, les niveaux d'eau simulés augmentent de 0,20 m et 0,23 m pour les PDA de 5% et 1% respectivement. L'ajout d'un ponceau de 6,0 m par 3,5 m avec une élévation en amont de 267,11 m permet de réduire les niveaux d'eau de 0,04 m et 0,12 m pour les PDA en climat actuel de 5% et 1% respectivement. Il permet de réduire les niveaux d'eau de 0,08 m et 0,14 m à l'horizon 2071-2100 (scénario modéré) pour les PDA de 5% et 1% respectivement.

L'étude comporte certaines limites. D'abord, les simulations ont été réalisées en écoulement permanent, soit en considérant les débits constants. Ces débits sont estimés en amont de la rivière Duparquet, soit juste en aval du lac Duparquet. La présence du lac Duparquet en amont peut créer un effet de laminage de la crue et une simulation en écoulement transitoire serait peut-être pertinente. Les niveaux d'eau mesurés en amont du seuil à Rapide-Danseur jusque dans le lac Duparquet sont plutôt constants. Toutefois, il n'y a pas de mesure qui ont été réalisées plus en amont dans le lac Duparquet. Également, seulement deux mesures combinées de niveau d'eau et débit ont été réalisées et utilisées pour ajuster le modèle hydraulique. Une des mesures étaient supérieures à un débit d'une PDA de 50%, mais d'autres mesures permettraient de valider la relation au seuil. Enfin, d'autres scénarios de ponceau pourraient être envisagés.