AVRIL 2019





STABILISATION ET PROTECTION DU TALUS DE LA RIVIÈRE MINGAN, HAVRE-SAINT-PIERRE

Étude d'impact sur l'environnement

Complément d'information aux questions et commentaires du MELCC

MELCC/Nº de dossier : 3211-02-294 MTQ/Nº du projet : 154-02-0502 MTQ/Nº de dossier : 6703-15-AC01

Englobe/Nº Réf.: 046-P-0010138-0-01-001-EI-R-0300-00

VERSION FINALE



Préparé par :

Christophe Marquis, biol. Professionnel en environnement Études environnementales et relations

avec les communautés

Vérifié par :

Fabien Bolduc, biol., M. Sc.

Chef de projets en environnement Études environnementales et relations

avec les communautés

Table des matières

1 PRÉAN	/BULE	1
	LÉMENT D'INFORMATION AUX QUESTIONS ET ENTAIRES	1
Tableaux		
Tableau 1	Liste des stations hydrométriques	5
Tableau 2	Caractéristiques et quantiles de débit aux stations hydrométriques analysées	
Tableau 3	Débits de crue calculés pour le pont Mingan	7
Tableau 4	Débits de crue calculés pour le pont Manitou	7
Tableau 5	Débits de crue retenus pour les secteurs de l'enrochement	7
Tableau 6	Comparaison des débits (quantiles) de crue	9
Tableau 7	Risque d'occurrence d'un évènement en fonction de la période de retour de conception	13
Figures		
Figure 1	Localisation du site à l'étude, du pont Mingan et du pont Manitou	2
Figure 2	Bassin versant pour la rivière Mingan	3
Figure 3	Bassin versant pour la rivière Manitou	4
Figure 4	Localisation des stations hydrométriques employées	5
Figure 5	Courbes de régression régionales pour différentes récurrences	6
Figure 6	Exemple des résultats obtenus avec la modélisation 2D	12
Annexes		
Annexe A	MELCC – Deuxième série de questions et commentaires, 31 janvier 2019	



1 Préambule

Dans le contexte du projet de stabilisation et de protection du talus de la rivière Mingan, le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) a émis, le 31 janvier 2019, une deuxième série de questions pour donner suite aux réponses de la première série de questions transmises au MELCC en novembre 2018. Le présent rapport constitue un addenda à l'étude d'impact du projet et apporte un complément d'information à ces questions et à ces commentaires.



2 Complément d'information aux questions et commentaires

Pour éviter toute confusion, les questions et les commentaires du MELCC apparaîtront, dans les sections qui suivent, en caractères gras, alors que les réponses seront en caractères normaux. L'annexe A présente le document intégral transmis par le MELCC.

Comme les questions QC2-1 et QC2-2 visent principalement à obtenir des précisions concernant l'étude hydraulique réalisée par Roche Itée (Roche) en 2012 (annexe B de l'addenda 1), les informations fournies ci-dessous proviennent de Norda Stelo.

QC2-1 Réponse à la QC-2

Dans l'étude hydraulique présentée à l'annexe B des réponses aux questions et commentaires, il est écrit que les résultats pour les débits de crue aux ponts Mingan et Manitou proviennent d'études précédentes dont la référence n'est pas donnée. De plus, les méthodes HP4O et HP33 utilisées dans l'étude hydraulique ne sont plus utilisées au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) depuis une dizaine d'années, étant considérées comme désuètes. Enfin, les débits de crue à l'embouchure de la rivière Mingan sont obtenus en additionnant les débits de crue estimés aux deux ponts, ce qui est contraire aux bonnes pratiques habituellement employées dans le domaine et ce qui, ainsi, surestime les débits de crue obtenus.

Selon les estimations présentées dans l'Atlas hydroclimatique produit par le MELCC, le débit de crue 2 ans à l'embouchure de la rivière Mingan (bassin versant de 2 221 km2) est de 299 m3/s. Le débit de crue 20 ans est de 460 m3/s. Les valeurs présentées au rapport pour ta conception de l'enrochement pour les récurrences de 2 ans et de 25 ans sont de 455 m3/s et de 816 m3/s, soit des valeurs beaucoup plus élevées. L'Atlas ne fournit pas d'estimation de débit de récurrence de 50 ans. Toutefois, il permet de croire que les valeurs utilisées dans le rapport sont surestimées et devraient être revues afin de ne pas surdimensionner l'ouvrage.

a) L'initiateur doit expliquer la différence marquée entre les débits présentés dans l'étude hydraulique de l'annexe B et les estimations de l'Atlas hydroclimatique du MELCC. En l'absence de justificatif acceptable, l'initiateur doit réviser ses données et modifier les coupes-types présentées aux figures 2-1 à 2-3 de l'étude d'impact.

Tout d'abord, commençons en vérifiant la méthode utilisée par Roche à l'époque. À l'époque de la réalisation du mandat de la conception de l'enrochement, Roche était mandaté par le ministère des Transports (MTQ) pour réaliser la construction de deux ponts en amont de la zone à l'étude, le pont Mingan et le pont Manitou.

À ce moment, et afin d'établir les débits de pointe pour les différentes récurrences de crue, nous avons additionné les débits des cours d'eau aux deux ponts précédents, en sachant et en mentionnant qu'il serait à noter que « ces débits obtenus par sommation sont une approximation du débit réel, étant donné que d'autres zones se déversent dans cette rivière avant d'atteindre la zone d'étude. Par contre, en considérant la distance des ponts par rapport au site étudié et nonobstant les différentiels possibles entre les temps de concentration du débit



de pointe au droit des deux ponts, nous considérons les débits obtenus comme étant représentatifs pour la présente étude. »

La figure 1 montre l'emplacement des deux ponts par rapport au site à l'étude.

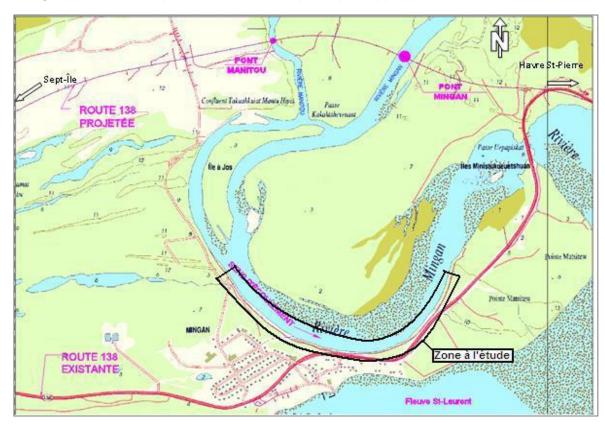


Figure 1 Localisation du site à l'étude, du pont Mingan et du pont Manitou

Le bassin versant au droit du pont Mingan a été évalué à 1 684,42 km² à partir de cartes topographiques à l'échelle 1:20 000, et 1:50 000 pour la partie nord du bassin versant en raison de l'indisponibilité des cartes 1:20 000 pour ce secteur. La figure 2 montre le bassin versant pour la rivière Mingan au droit du pont.

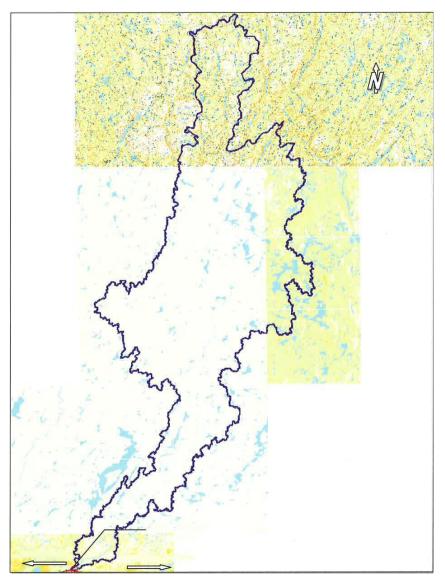


Figure 2 Bassin versant pour la rivière Mingan

Pour sa part, le bassin versant pour le pont Manitou a été évalué à 612,35 km² à partir des cartes topographiques à l'échelle 1:20 000. La figure 3 montre le bassin versant pour la rivière Manitou au droit du pont.

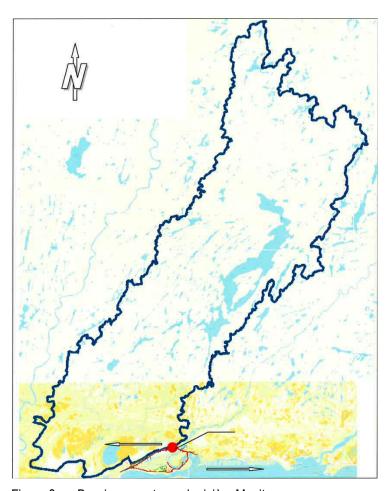


Figure 3 Bassin versant pour la rivière Manitou

En additionnant les deux surfaces, une surface totale de 2 296,77 km² est obtenue, valeur jugée proche des 2 221 km² établis par l'Atlas hydroclimatique du MELCC, et cela en considérant les limitations mentionnées concernant l'échelle de certaines cartes.

À la suite de la consultation de la base des données d'hydrologie du Canada et du Québec, il a été constaté qu'il n'y a pas de station hydrométrique à l'intérieur du bassin versant. À ce moment, deux approches possibles ont été étudiées, à savoir l'analyse à l'aide des méthodes régionales et l'analyse à l'aide d'une méthode de régression régionale.

Trois méthodes régionales ont été considérées. La première méthode d'analyse régionale a été celle proposée par François Antil, Nicolas Martel et Van Diem Hoang en 1998, telle que présentée dans « Analyse régionale des crues journalières de la province de Québec. CNRC Canada ». Les deuxième et troisième méthodes ont été les formulations HP40 et HP33, telles que présentées par le MTQ dans le *Guide de préparation des projets routiers - Annexe hydraulique* de l'année 2003, un guide qui établissait les différentes méthodes à utiliser à l'époque du déroulement du projet.

Finalement, la méthode de régression régionale a été considérée. Cette méthode fait une corrélation sous la forme d'une relation de puissance $Q = B \times A_b^{\times}$ (où A_b représente la superficie du bassin versant à l'étude) à partir des données des stations hydrométriques qui se trouvent près du bassin versant à l'étude.



Douze stations hydrométriques ont été retenues pour l'analyse de régression régionale. Le tableau 1 et la figure 4 montrent les stations considérées.

Tableau 1 Liste des stations hydrométriques

N°	ID fédéral	ID du Québec	Rivière	Coordonnées		Ab (km2)	Débit journalier disponible
1	02VB004	073503	Décharge du lac Magpie	50°41'09	64°34'51	7 230	1978-aujourd'hui
2	02VA003	073303	Rivière au Tonnerre	50 ⁰ 18'29	64°44'50	676	1984-1993
3	02VC001	073801	Rivière Romaine	50°18'28	63°37'21	13 000	1956-aujourd'hui
4	02VB003	073052	Rivière Magpie	50°22'39	64°25'33	7 590	1965-1979
5	02VB001	073501	Rivière Magpie	50°19'27	64°27′15	7 610	1954-1959;1946-1951
6	02VA001	073301	Rivière au Tonnerre	50°16'57	64°46'58	684	1947-1986
7	02UC006	072503	Rivière Matamec	50°17'36	65°57'48	679	1975-1986
8	02UC005	072502	Rivière Matamec	50°20'30	65°56'19	458	1974-1986
9	02UC002	072301	Rivière Moisie	50°21'01	66°11'25	19 000	1965-aujourd'hui
10	02WA002	074701	Rivière Aguanish	50°14'51	62°07'03	5 590	1962-1982
11	02WA003	074702	Rivière Dany	50°14'39	50°14'39 62°08'15		1962-1972
12	02WA001		Rivière Nabisipi	50°15'11	62°12'44	2 060	1962-1982



Figure 4 Localisation des stations hydrométriques employées

Parmi ces stations, sept (7), soit 02VA001, 02VB003, 02VB004, 02VC001, 02UC002, 02WA001 et 02WA002, ont adhéré aux tests de statistique en ce qui concerne l'indépendance des observations ainsi que l'homogénéité. De plus, l'étendue de leur observation étant de quinze ans et plus, ces stations ont été retenues pour la constitution des équations de régression.



À ce moment, une loi statistique des valeurs extrêmes de type Gumbel a été utilisée pour déterminer les débits de crue pour différentes récurrences. Le tableau 2 montre les résultats obtenus.

Tableau 2	Caractéristiques	et quantile	s de débit aux	stations h	ydrométriqu	ies analysées

Stat	ion	Superficie	Don	née	Débit de crue journaliers (m3/s)						
Nº du Canada	Nº du Québec	(km ²)	De	À	2ans	5ans	10ans	25ans	50ans	100ans	500ans
02VB004	073503	7 230	1979	2009	822	1 127	1 163	1 335	1 463	1 589	1 882
02VC001	073801	13 000	1957	2009	1 473	1 849	2 097	2 411	2 644	2 875	3 410
02VB003	073052	7 590	1966	1978	1 024	1 230	1 367	1 540	1 669	1 796	2 090
02VA001	073301	684	1948	1985	161	226	269	324	364	404	497
02UC002	072301	19 000	1966	2009	2 105	2 613	2 905	3 375	3 691	4 004	4 728
02WA002	074701	5 590	1963	1981	899	1 062	1 169	1 305	1 406	1 506	1 737
02WA001		2 060	1963	1981	361	442	496	564	614	664	779

À la suite de ces analyses, des équations de régression régionales ont été ajustées sous forme de puissance $Q = B \times A_b^{\times}$ où sont mis en relation le débit de crue journalière Q pour une récurrence donnée et la superficie A_b du bassin versant correspondant, pour l'ensemble des stations hydrométriques considérées. La figure 5 montre les régressions établies pour les quantiles de crues 2 ans, 25 ans, 50 ans et 100 ans pour le secteur des rivières Mingan et Manitou.

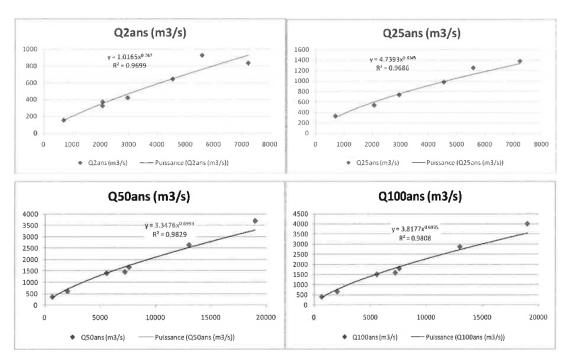


Figure 5 Courbes de régression régionales pour différentes récurrences

À partir de ces courbes, ainsi que des trois (3) autres méthodes, les résultats suivants ont été trouvés pour le pont Mingan (tableau 3) et le pont Manitou (tableau 4). Il est d'ailleurs possible de constater une assez bonne adéquation entre les débits de crue déterminés par régression régionale et ceux obtenus avec les méthodes HP 40 et HP33.

Tableau 3 Débits de crue calculés pour le pont Mingan

	Débit de crue journalier (m³/s)								
Période de récurrence	HP40 ¹	HP33	Anctil et al.	Régression régionale	Débit de conception				
2 ans	311,51	268,37	275,29	314,09	314,09				
25 ans	480,61	421,34	504,84	547,95	547,95				
50 ans	522,15	466,96	561,00	603,94	603,94				
100 ans	566,65	509,90	616,40	659,70	659,70				
500 ans	-	72	•	788,69	788,69				

Tableau 4 Débits de crue calculés pour le pont Manitou

	Débit de crue journalier (m³/s)								
Période de récurrence	HP40	HP33	Anctil et al.	Régression régionale	Débit de conception				
2 ans	137,25	119,45	135,57	141,17	141,17				
25 ans	211,76	187,53	248,62	268,22	268,22				
50 ans	230,06	207,84	276,28	297,64	297,64				
100 ans	249,67	226,95	303,56	327,03	327,03				
500 ans		::=	-	395,03	395,03				

Comme constaté aux tableaux précédents, les résultats obtenus à l'aide de la méthode de régression régionale ont été retenus pour la suite des analyses, et non les méthodes HP40 ou HP33. Finalement, le tableau 5 montre les débits de crue journalière retenus pour le secteur de l'enrochement en aval.

Tableau 5 Débits de crue retenus pour les secteurs de l'enrochement

Période de récurrence	Pont Mingan	Pont Manitou	Total Mingan
2 ans	314,09	141,17	455,26
25 ans	547,95	268,22	816,17
50 ans	603,94	297,64	901,58
100 ans	659,7	327,03	986,73
500 ans	788,69	395,03	1183,72



Il importe de souligner la qualité de l'ajustement des courbes de régression par rapport aux quantiles de crue obtenus pour les différentes stations hydrométriques. Ceci est particulièrement vrai pour les quantiles 25 ans, 50 ans et 100 ans, aux stations dont la superficie du bassin versant est inférieure ou égale à 7 600 km². Il s'avère que les bassins versants des rivières Mingan et Manitou possèdent une superficie inférieure à cette valeur, et que c'est le quantile de crue 100 ans qui est utilisé pour la conception de l'enrochement. Les débits de crue à la récurrence 100 ans des rivières Mingan et Manitou estimés par la méthode de régression régionale sont donc considérés comme adéquats et représentatifs.

L'Atlas hydroclimatique du MELCC est un excellent outil qui vise à reproduire au mieux, et dans certaines limites, les phénomènes physiques, mais qui n'était pas disponible à l'époque de la réalisation de l'étude et de la conception. Il fallait donc avoir recours à une autre méthode, pouvant être considérée fiable et représentative, d'où le choix de la méthode de régression régionale.

Il importe de souligner que les débits de crue, ou quantiles, fournis dans l'Atlas hydroclimatique sont des résultats issus de simulations avec un modèle hydrologique numérique. Ce ne sont donc pas des débits réellement mesurés ou des résultats de calculs effectués directement sur des débits mesurés, au contraire de la méthode de régression régionale. Par principe et définition, les débits de crue fournis dans l'Atlas hydroclimatique sont empreints d'une certaine imprécision. Il est nécessaire de mentionner que le modèle utilisé pour les générer couvre un territoire de 726 000 km² et que le calage du modèle a employé les données hydrométriques provenant de plus de 50 stations de la province, dont seulement quatre sont situées sur la Côte-Nord. Or, les superficies des bassins versants de ces quatre stations sont toutes supérieures à 7 000 km². Donc, aucune station hydrométrique de la Côte-Nord dont le bassin versant a une taille comparable à celui de la rivière Mingan n'aurait été employée pour ajuster le modèle hydrologique duquel sont issus les résultats de l'Atlas hydroclimatique.

Une analyse plus approfondie des débits (quantiles) de crue présentés dans l'Atlas hydroclimatique a été effectuée en comparant ces derniers avec les quantiles obtenus aux stations hydrométriques du secteur, utilisées dans la méthode par régression régionale (voir tableau 2). Cette analyse révèle une sous-estimation des débits (quantiles) de crue des rivières de la région pour les bassins versants d'une superficie inférieure à 7 000 km². Ceci est observé tant pour le quantile de crue de 2 ans que celui de 20 ans. Le tableau 6 présente la comparaison entre les débits de crue, ou quantiles, présentés dans l'Atlas hydroclimatique, et ceux obtenus par analyse statistique des débits réellement mesurés, pour les différentes stations d'intérêt. Pour chaque station, la première ligne correspond aux données de l'Atlas hydroclimatique, alors que la seconde correspond aux quantiles obtenus par analyse statistique des débits. Pour ces derniers, les quantiles de crue 10 ans et 25 ans sont présentés conjointement plutôt que le quantile 20 ans étant donné que ce dernier n'a pas été calculé.

Les données présentées au tableau 6 montrent clairement une sous-estimation des quantiles de crue, pour les données présentées dans l'Atlas hydroclimatique, dans le cas des bassins versants de superficie inférieure à 7 000 km². À titre d'exemple, dans les trois cas, le quantile de crue 20 ans présenté dans l'Atlas hydroclimatique est inférieur au quantile de crue 10 ans déterminé par analyse statistique. De surcroît, il est probable que les débits de crue de la rivière Mingan (superficie : 2 221 km²) présentés dans l'Atlas hydroclimatique soient également sous-estimés par rapport aux débits réels du cours d'eau. Considérant cela, il n'apparaît pas prudent d'utiliser ces valeurs comme référence pour la conception. Pour leur part, les débits de crue obtenus par la méthode de régression régionale peuvent être considérés comme conservateurs, et donc acceptables pour la conception.



Tableau 6 Comparaison des débits (quantiles) de crue

Station	on		0	Superficie de	Qı	ıantile de crue (m³/s)
Nº du Canada	Nº du Québec	Rivière	Source des données	référence (km²)	2 ans	Atlas : 20 ans Anal. stat. : 10 / 25 ans
02VA001	073301	Au Tonnerre	Atlas	733	113	208
02 VA00 I	2VA001 073301	Au Tonnerre	Anal. stat.	684	161	269 / 324
02WA001		Nabisipi	Atlas	2158	272	473
02VVA001	-	Ναυισιρι	Anal. stat.	2060	361	496 / 564
02WA002	074701	Aguaniah	Atlas	5612	704	1090
02VVA002	0/4/01	Aguanish	Anal. stat.	5590	899	1169 / 1305
02BV004	072502	Magnia	Atlas	7074	833	1390
U2DVUU4	073503	Magpie	Anal. stat.	7230	822	1163 / 1335
02BV003	073052	Magnia	Atlas	7558	886	1450
0264003	073052	Magpie	Anal. stat.	7590	1024	1367 / 1540
021/0004	072004	Domoino	Atlas	12 959	1460	2510
02VC001	073801	Romaine	Anal. stat.	13 000	1473	2097 / 2411
02110002	070204	Maiaia	Atlas	18 328	2050	3480
02UC002	072301	Moisie	Anal. stat.	19 000	2105	2905 / 3375

b) L'initiateur prévoit que le niveau supérieur de l'enrochement est revu 300 mm plus haut que les niveaux NHEC correspondant à la crue de 100 ans. Dans un souci de ne pas surdimensionner les ouvrages de protection, l'initiateur doit présenter les arguments démontrant que l'enrochement est nécessaire jusqu'à ce niveau. En l'absence de justificatif, l'initiateur doit apporter les corrections requises.

Le secteur à l'étude se trouve proche de l'embouchure de la rivière Mingan et il est influencé par les oscillations des marées. Un des principaux résultats que nous avons trouvé dans cette étude a été que les pires conditions par rapport aux vitesses d'écoulement arrivaient lorsqu'on incorpore l'effet de la marée descendante (jusant) à l'écoulement. Par ailleurs, les conditions de marées de grande amplitude engendrent des niveaux d'eau élevés dans la rivière à la fin de la marée montante (flot) et au début de la marée descendante.

Le critère de conception choisi est celui présenté dans le *Manuel de conception des ouvrages d'art, Tome III, chapitre 2* du MTQ. Voici l'extrait :

« c) Niveaux des eaux hautes de conception

À moins d'indication contraire, les niveaux des eaux hautes utilisés pour la conception doivent être les niveaux correspondant au débit de la crue de conception en eau libre (sans embâcle de glaces). Si la traversée est sujette à des conditions anormales de crue, les pires conditions prévisibles jumelées avec la crue de conception doivent être prises en considération. Les conditions anormales de crue sont les embâcles de glaces ou de débris ainsi que les contrôles en aval : les marées, les lacs, les barrages, etc. »

À ce moment, nous avons choisi comme niveau de conception le niveau imposé par la marée extrême enregistrée et le débit de récurrence 100 ans, plus un franc-bord (revanche) de 300 mm. Au-delà de la stricte conformité avec les normes du MTQ pour la conception des



ouvrages d'art, le fait de considérer le niveau des eaux hautes de conception dans le dimensionnement s'appuie sur des considérations hydrodynamiques. En effet, la pente du talus existant et projeté est prononcée. Dans le cas du talus projeté, la pente varie généralement entre 35 et 53 %. Une telle inclinaison fait en sorte que le gradient transversal de vitesse entre la berge et le point de vitesse maximale dans le cours d'eau demeure relativement élevé, même pour les parties supérieures du talus, submergées lors de la crue de conception. Ces parties supérieures demeurent donc soumises à des contraintes de cisaillement suffisamment élevées pour justifier qu'elles soient empierrées.

Le franc-bord est ajouté pour tenir compte de la montée des vagues, de la surélévation, des irrégularités du profil, des débris flottants, de la glace et des vagues de surface. À titre d'exemple, en Colombie-Britannique, le franc-bord typique est généralement de 0,6 m, et il peut être justifié de l'augmenter dans les cours d'eau abrupts à écoulement critique ou torrentiel.

À notre avis, le choix d'un franc-bord égal à 300 mm est justifié en considérant le choix de retenir comme critère de conception les niveaux d'eau associés à la marée extrême enregistrée. Le fait de ne pas inclure un franc-bord dans la définition du niveau supérieur de l'enrochement exposerait donc la partie supérieure, non-protégée du talus, à l'érosion par l'action des vagues, des glaces ou des débris flottants lors de la crue de conception. Il est par ailleurs important de souligner qu'une crue de faible récurrence, telle que la crue 1:100 ans, est susceptible de transporter des quantités importantes de débris (arbres morts et autres) en raison de l'érosion significative des berges qui subvient généralement lors de tels événements. De la même façon, ce sont dans les conditions de marée haute extrême que l'amplitude des vagues et l'érosion induite par celles-ci sont susceptibles d'être les plus importantes. Afin de prévenir cette érosion (vagues, débris ou autres), il est pertinent d'étendre la protection de la berge jusqu'à 300 mm au-dessus des eaux hautes de conception.

D'après les plans, les eaux hautes de conception sont à l'élévation 2,71 m dans le tronçon A et une partie du B, et à 2,22 m dans la partie aval du tronçon B. La crête de l'empierrement est située 0,3 m plus haut dans tous les cas.

QC2-2 Réponse à la QC-15

La réponse à la QC-15 ne fait pas la démonstration que l'initiateur de projet a pris en compte les changements climatiques dans la conception de son projet, et ce, pour sa durée de vie.

a) En complément à la réponse b) de la question précédente, l'initiateur doit expliquer en quoi l'utilisation des débits de récurrence de 100 ans, pour la conception, assurera la pérennité du projet dans un contexte de changements climatiques.

Le débit de crue de récurrence 100 ans retenu pour la conception, obtenu par la méthode de régression régionale, représente une valeur conservatrice, comme exposé dans la réponse à la question QC2-1a. Il a notamment été montré que les débits de crue obtenus par la méthode régionale étaient supérieurs à ceux établis dans l'Atlas hydroclimatique pour la période de référence (1971-2000) en ce qui concerne la rivière Mingan. Par ailleurs, il aurait été possible de faire la conception en considérant un débit de crue de récurrence 50 ans plutôt que 100 ans étant donné que la route 138 est une route de catégorie nationale. Le fait de considérer un débit de crue de récurrence 100 ans plutôt que 50 ans fait en sorte de majorer le débit de conception de 9,4 %.



Cette majoration permet notamment d'intégrer un facteur de sécurité qui assurera un comportement futur adéquat des ouvrages, en contexte de changements climatiques. En effet, l'écart de 9,4 % est supérieur à la majoration prévue pour la crue de récurrence 20 ans en réponse aux changements climatiques, dans l'Atlas hydroclimatique, qui est de 6,9 %, à l'horizon 2050 (scénario RCP4.5). Par conséquent, la conception intègre l'effet de majoration du débit lié aux changements climatiques.

b) L'initiateur indique que les calculs des débits ont été faits avec des documents de référence dont les mises à jour ont été effectuées en 2010 afin de tenir compte des changements climatiques. L'initiateur doit utiliser des données projetées en climat futur afin de calculer les débits pour tenir compte des changements climatiques, car des données mises à jour en 2010 reflètent le climat actuel et non le climat futur en contexte de changements climatiques. Si ces données ne sont pas disponibles, l'initiateur doit expliquer comment il gère le risque associé au climat futur.

L'Atlas hydroclimatique du Québec méridional présente l'impact des changements climatiques sur les débits pour le tronçon de rivière à l'étude.

Comme mentionné auparavant, l'Atlas hydroclimatique du MELCC est un excellent outil qui n'était pas disponible à l'époque de la réalisation de l'étude et de la conception. Il fallait donc avoir recours à une autre méthode, pouvant être considérée fiable et représentative, d'où le choix de la méthode de régression régionale (voir réponse à la question QC2-1a).

Les débits de crue, ou quantiles, fournis dans l'Atlas hydroclimatique sont des résultats issus de simulations avec un modèle hydrologique numérique. Ce ne sont donc pas des débits réellement mesurés ni des résultats de calculs effectués directement sur des débits mesurés. Les débits de crue fournis dans l'Atlas hydroclimatique risquent donc d'être empreints d'une certaine imprécision.

L'Atlas hydroclimatique prévoit que le débit de crue de récurrence 20 ans de la rivière Mingan va augmenter de 6,9 %, à l'horizon 2050, selon le scénario RCP4.5. Aucune estimation n'est faite pour la crue de récurrence 100 ans, utilisée pour la conception. En l'absence d'une telle estimation, l'hypothèse peut être faite que l'augmentation du débit de crue de récurrence 100 ans en réponse aux changements climatiques sera du même ordre de grandeur que pour le débit de crue de récurrence 20 ans.

L'augmentation du débit en réponse aux changements climatiques aura deux conséquences principales liées à la conception, soit une hausse des vitesses d'écoulement et une hausse du niveau d'eau associé à la crue, en raison d'une augmentation de l'aire d'écoulement transversale, dans la rivière. Une augmentation de débit de l'ordre de 6,9 % mènera à une augmentation moindre de chacun des paramètres de vitesse d'écoulement et de niveau d'eau, étant donné que les deux sont interreliés et fluctuent de façon proportionnelle. De plus, le produit de la vitesse (V) et de l'aire d'écoulement (A) est égal au débit (Q), en l'occurrence Q = VA. Malgré cela, en posant l'hypothèse conservatrice et peu probable d'une augmentation de la vitesse d'écoulement de 6,9 % à la pointe de la crue 100 ans en climat futur, il apparaît que les calibres d'empierrement retenus pour la stabilisation des berges demeureraient adéquats. De la même façon, en posant l'hypothèse conservatrice et peu probable d'une augmentation de 6,9 % du niveau d'eau à la pointe de crue 100 ans en climat futur, la portion supérieure des protections d'empierrement demeurerait émergée en raison de l'inclusion d'un franc-bord (revanche) dans la conception.



Par conséquent, nous sommes d'avis que nos choix de critères de conception sont sécuritaires par rapport aux changements climatiques. Voici les autres éléments nous permettant d'assurer que notre choix est sécuritaire face aux changements climatiques :

- Nous avons choisi comme niveau de conception le niveau imposé par la marée extrême enregistrée. Comme son nom l'indique, ce niveau est une valeur historique extrême qui à ce jour ne s'est produite qu'une seule fois.
- Nous avons considéré que le niveau de marée extrême (caractéristique de la période hivernale) et le débit de récurrence 100 ans (caractéristique de la période printanière) vont arriver en même temps. La probabilité d'occurrence simultanée de ces deux conditions est plus faible que la probabilité d'occurrence des deux événements séparés. En d'autres termes, un événement incorporant les deux conditions se produira moins fréquemment qu'un événement possédant une période de retour de 100 ans. Ce choix de conception fait en sorte de diminuer davantage la récurrence combinée de conception (augmentation de la période de retour), et il implique en soit un facteur de majoration assimilable à ceux applicables en contexte de changement climatique.
- Nous avons fait l'analyse à marée descendante avec l'objectif d'incorporer l'effet de jusant sur l'écoulement. Cela a donné comme résultat des vitesses plus importantes en face des ouvrages.
- Nous avons utilisé un modèle hydrodynamique en deux dimensions (2D), et cela avec l'objectif de bien analyser l'impact des changements de direction de la rivière. Cet outil nous a permis de bien vérifier le comportement des vitesses en face des ouvrages. Par contre, si un modèle en une dimension (1D) avait été utilisé, il aurait été impossible d'observer l'augmentation des vitesses qui se produit en rive droite de la rivière Mingan, étant donné qu'un modèle 1D donne la vitesse moyenne dans la section transversale de l'écoulement. De fait, ce choix d'approche de conception a permis d'obtenir des résultats plus conservateurs. La figure 6 montre un exemple des résultats de vitesse d'écoulement obtenus à l'aide de la modélisation 2D, à la crue centennale.

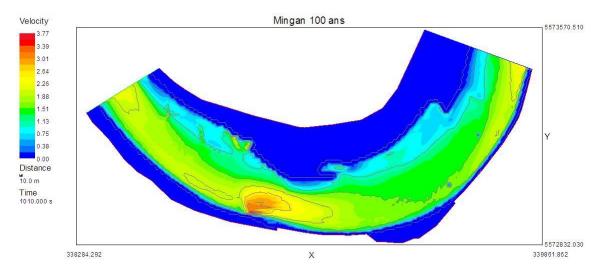


Figure 6 Exemple des résultats obtenus avec la modélisation 2D



De plus, il faut incorporer la notion de la vie utile des ouvrages et les risques. L'équation qui suit exprime la relation qui existe entre la période de retour et le risque :

$$R = 1 - (1 - P)^{N}$$

Où R est le risque qu'un événement avec une probabilité P soit atteint ou dépassé au moins une fois en N années. Le tableau 7 montre le risque (R) en N années.

Tableau 7 Risque d'occurrence d'un évènement en fonction de la période de retour de conception

Période de retour	P (n>m)	Risque d'occurrence en n années (%)						
de conception		N=100	N=75	N=50	N=25	N=10	N=5	N=1
100 ans	0,010	63	53	39	22	10	5	1
75 ans	0,013	74	63	49	29	13	6	1
50 ans	0,020	87	78	64	40	18	10	2
25 ans	0,040	98	95	87	64	34	18	4
10 ans	0,100	100	100	99	93	65	41	10
5 ans	0,200	100	100	100	100	89	67	20
2 ans	0,500	100	100	100	100	100	97	50

Au tableau précédent, on observe que dans une période de 50 années (N=50), le risque de connaître un événement de récurrence 100 ans est de 39 %, tandis que pour une période de 25 ans, le risque est de 22 %. De plus, il faut ajouter à cela que la marée extrême va se produire au même moment (et à marée descendante), aspects qui vont diminuer davantage la récurrence combinée de conception (augmentation de la période de retour), et donc diminuer le risque que les ouvrages soient soumis à des conditions dépassant celles des critères de conception.

Tous ces éléments nous amènent à affirmer que nos critères de conception sont sécuritaires face aux changements climatiques, et cela toujours dans le contexte de la vie utile des ouvrages.



Annexe A MELCC – Deuxième série de questions et commentaires, 31 janvier 2019



Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Québec 💀 🕶

Direction de l'évaluation environnementale des projets hydriques et industriels

REÇU LE

Le 31 janvier 2019

Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Electrification des transports Direction Genérale de la Côte-Nord

Madame Isabelle Desjardins Ministère des Transports Direction de la Côte-Nord 625, boulevard Laflèche, bureau 110 Baie-Comeau (Québec) G5C 1C5

Objet : Deuxième série de questions et commentaires / Projet de stabilisation et de protection des berges de la rivière Mingan (Dossier 3211-02-294)

Madame,

Nous avons procédé à l'analyse de vos réponses à la première série de questions et commentaires que nous vous avons adressée. Cette analyse nous amène à constater que quelques interrogations demeurent quant aux données utilisées pour la conception des ouvrages de stabilisation et de protection des berges. Ces interrogations ne nous permettent pas d'avoir une bonne compréhension des impacts qui peuvent découler de la réalisation de votre projet et des mesures d'atténuation et de compensation requises pour rendre le projet acceptable sur le plan environnemental. Pour cette raison, l'étude d'impact, y compris les documents complémentaires, est toujours jugée non recevable. Vous devez compléter votre étude en prenant en considération les éléments soulevés et les demandes d'information complémentaires que vous trouverez ci-dessous :

QC2-1 Réponse à la QC-2

Dans l'étude hydraulique présentée à l'annexe B des réponses aux questions et commentaires, il est écrit que les résultats pour les débits de crue aux ponts Mingan et Manitou proviennent d'études précédentes dont la référence n'est pas donnée. De plus, les méthodes HP40 et HP33 utilisées dans l'étude hydraulique ne sont plus utilisées au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) depuis une dizaine d'années, étant considérées désuètes. Enfin, les débits de crue à l'embouchure de la rivière Mingan sont obtenus en additionnant les débits de crue estimés aux deux ponts, ce qui est contraire aux bonnes pratiques habituellement employées dans le domaine et ce qui, ainsi, surestime les débits de crue obtenus.

Selon les estimations présentées dans l'Atlas hydroclimatique produit par le MELCC, le débit de crue 2 ans à l'embouchure de la rivière Mingan (bassin versant de 2 221 km²) est de 299 m³/s. Le débit de crue 20 ans est de 460 m³/s. Les valeurs présentées au rapport pour la conception de l'enrochement pour les récurrences de 2 ans et de 25 ans sont de 455 m³/s et de 816 m³/s, soit des valeurs beaucoup plus élevées. L'Atlas ne fournit pas d'estimation de débit de récurrence de 50 ans. Toutefois, il permet de croire que les valeurs utilisées dans le rapport sont surestimées et devraient être revues afin de ne pas surdimensionner l'ouvrage.

- a) L'initiateur doit expliquer la différence marquée entre les débits présentés dans l'étude hydraulique de l'annexe B et les estimations de l'Atlas hydroclimatique du MELCC. En l'absence de justificatif acceptable, l'initiateur doit réviser ses données et modifier les coupes-types présentées aux figures 2-1 à 2-3 de l'étude d'impact.
- b) L'initiateur prévoit que le niveau supérieur de l'enrochement est prévu 300 mm plus haut que les niveaux NHEC correspondant à la crue de 100 ans. Dans un souci de ne pas surdimensionner les ouvrages de protection, l'initiateur doit présenter les arguments démontrant que l'enrochement est nécessaire jusqu'à ce niveau. En l'absence de justificatif, l'initiateur doit apporter les corrections requises.

QC2-2 Réponse à la QC-15

La réponse à la QC-15 ne fait pas la démonstration que l'initiateur de projet a pris en compte les changements climatiques dans la conception de son projet, et ce, pour sa durée de vie.

- a) En complément à la réponse b) de la question précédente, l'initiateur doit expliquer en quoi l'utilisation des débits de récurrence de 100 ans, pour la conception, assurera la pérennité du projet dans un contexte de changements climatiques.
- b) L'initiateur indique que les calculs des débits ont été faits avec des documents de référence dont les mises à jour ont été effectuées en 2010 afin de tenir compte des changements climatiques. L'initiateur doit utiliser des données projetées en climat futur afin de calculer les débits pour tenir compte des changements climatiques, car des données mises à jour en 2010 reflètent le climat actuel et non le climat futur en contexte de changements climatiques. Si ces données ne sont pas disponibles, l'initiateur doit expliquer comment il gère le risque associé au climat futur.

L'Atlas hydroclimatique du Québec méridional présente l'impact des changements climatiques sur les débits pour le tronçon de rivière à l'étude.

Je vous prie de recevoir, Madame, mes meilleures salutations.

La directrice,

Mélissa Gagnon

