



Le 4 septembre 2019

Madame Isabelle Desjardins
Ministère des Transports du Québec
Direction de la Côte Nord
625, boul. Laflèche, bureau 101

Objet : Projet de stabilisation des berges de la rivière Mingan
Réponses aux questions sur l'acceptabilité environnementale du projet
Volet hydraulique et conception des ouvrages
Dossier : 154-02-0502

Madame,

Suite à notre conférence téléphonique et à votre envoi du 19 août dernier, vous trouverez ci-joint nos réponses aux questions émises par le Ministère de l'Environnement et de la Lutte aux Changements Climatiques concernant le volet hydraulique et conception.

Question 1 :

Dans son document intitulé « Complément d'information aux questions et commentaires du MELCC », l'initiateur explique plus en détail la méthodologie qu'il a utilisée pour déterminer les débits de crue des différentes récurrences. Le MELCC accepte les explications de l'initiateur et la méthode utilisée.

Cependant, à la figure 5 du document, il présente quatre graphiques montrant en x la superficie du bassin versant et en y le débit de crue pour les sept stations hydrométriques retenues au tableau 2. Ces graphiques ont servi à poser des équations de régression. Les points sur les graphiques 2 ans et 25 ans ne concordent pas tous avec les sept points du tableau 2 : les stations ayant des bassins versants de 13 000 km² et 19 000 km² n'y apparaissent pas, mais semblent remplacées par d'autres points.

D'autre part, si des équations reliant la superficie du bassin versant avec le débit de crue de chaque récurrence sont disponibles, l'initiateur devrait utiliser ses graphiques pour calculer les débits de crue pour le bassin au site étudié, soit le bassin total de la rivière Mingan (2 221 km²). Ceci éviterait la problématique reliée à l'addition des débits de crue de la rivière et du tributaire. Selon les équations sur les graphiques actuels, les débits 2, 25, 50 et 100 ans seraient respectivement de 375 m³/s, 617 m³/s, 732 m³/s et 799 m³/s. Les valeurs du consultant obtenues en additionnant la rivière et le tributaire sont de 20% à 30% plus élevées.

Pour que le projet soit jugé acceptable, l'initiateur doit :

- expliquer l'incohérence au niveau des graphiques de la figure 5 et au besoin y apporter les corrections nécessaires.
- Utiliser les graphiques, actuels ou corrigés, pour déterminer les débits de crue de chaque récurrence pour le bassin versant visé par les travaux et présenter les résultats. L'initiateur doit expliquer si ces nouvelles valeurs de débits entraîneront des modifications aux coupes-types présentées aux figures 2-1 à 2-3 de l'étude d'impact. Le cas échéant, l'initiateur présenter ces modification.

Réponse à la Question 1a) :

Des erreurs se sont glissées dans les graphiques Q 2 ans et Q 25 ans présentés à la figure 5 du document « Complément d'information aux questions et commentaires du MELCC ». Celles-ci ont été corrigées. La figure 1 du présent document expose les graphiques corrigés.

Les équations de régression dégagées de ces deux graphiques corrigés diffèrent légèrement de celles associées aux versions initiales, non-corrigées. Les débits de crue de période de retour 2 ans et 25 ans des rivières Mingan et Manitou ont été recalculés à l'aide des équations de régression mises à jour.

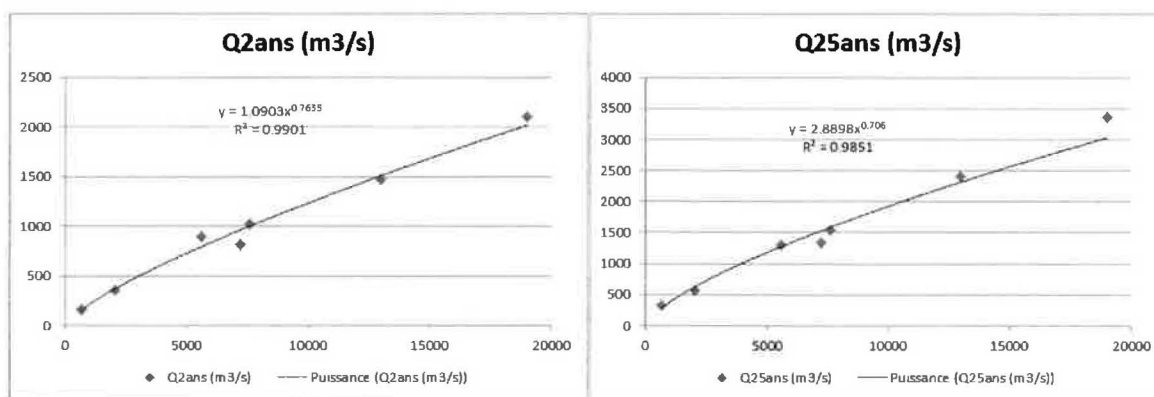


Figure 1 - Courbes de régression régionale corrigées pour les périodes de retour 2 et 25 ans

Les débits de crue révisés de période de retour 2 ans des rivières Mingan et Manitou sont de 316,91 et 146,36 m³/s, respectivement. Ils se chiffraient respectivement à 314,09 et 141,17 m³/s, lorsque calculés avec l'équation initiale. La sommation des deux débits révisés, correspondant au débit de crue de période de retour 2 ans dans le secteur visé par les travaux de stabilisation des berges, se chiffre à 463,27 m³/s.

Les débits de crue de période de retour 25 ans calculés avec l'équation de régression mise à jour sont exactement les mêmes que ceux obtenus avec l'équation initiale.

Il est à noter que ni les débits de crue de période de retour 2 ans, ni ceux de période de retour 25 ans ne sont intervenus dans la conception. Les erreurs incluses aux graphiques présentés initialement n'ont donc aucune incidence sur le dimensionnement des ouvrages de stabilisation des berges. De plus, les graphiques initialement présentés pour les débits de crue de période de retour 50 et 100 ans ne contiennent pas d'erreur.

Réponse à la Question 1b)

L'approche suggérée à la question 1b) pour le calcul des débits de crue au site visé par les travaux de stabilisation serait pertinente pour la plupart des cours d'eau de la région. Il est toutefois d'avis qu'elle n'est pas appropriée pour ce site précis, en raison de l'hydrologie particulière du secteur, qui est caractérisée par la confluence de deux cours d'eau d'envergure, juste à l'amont du site visé par les travaux. Cette situation ne se retrouve à aucune des stations hydrométriques dont les données ont été utilisées pour générer les équations de régression ayant servi aux calculs des débits de crue. Dans tous les cas, ces stations se situent sur des cours d'eau qui ne possèdent pas de tributaire majeur faisant confluence, à l'amont de la station hydrométrique concerné. L'essentiel du drainage et de l'évacuation de l'eau à l'échelle du bassin versant s'effectue donc par le cours d'eau jaugé.

Il est d'avis que les équations de régression générées sont représentatives de tels cours d'eau, ne possédant pas de tributaire majeur à proximité de son exutoire. Un tel contexte hydrologique permet un effet d'atténuation de l'intensité des débits de crue, en raison de l'effet d'emménagement temporaire de l'eau dans le cours d'eau et du délai associé au « routage », ou déplacement réel de la masse d'eau le long du cours d'eau. Cet effet d'atténuation est responsable de la non-linéarité habituelle de la relation entre l'aire d'un bassin versant et son débit, non-linéarité qui est exprimée par l'exposant <1 dans les relations de puissance telles que les équations de régression dont il est question ici.

Dans le cas présent, le site visé par les travaux de stabilisation se trouve directement à l'aval de la confluence de deux cours d'eau dont la taille du bassin versant est de même ordre de grandeur l'un que l'autre. En effet, le bassin versant de la rivière Manitou représente environ 36 % de la superficie du bassin versant de la rivière Mingan, déterminé avant la confluence d'avec la rivière Manitou. Pour sa part, le site visé par les travaux se trouve entre 2 et 3 km en aval de la confluence des deux rivières.

À l'amont de la confluence, les deux cours d'eau s'écoulent de façon indépendante, tout en étant soumis aux mêmes processus atmosphériques, les deux bassins versant étant contigus sur plusieurs dizaines de kilomètres. La rivière Manitou est donc en mesure d'apporter un débit de crue de l'ordre de $327 \text{ m}^3/\text{s}$ jusqu'à la confluence, lors d'un événement de période de retour de 100 ans. À son égal, la rivière Mingan est en mesure d'apporter un débit de crue de l'ordre de $660 \text{ m}^3/\text{s}$ jusqu'à la confluence, lors d'un événement centennal. Ces deux apports se combineront et s'additionneront. La distance entre la confluence et le site des travaux est faible. L'atténuation de l'onde de crue susceptible de se produire sur 2 à 3 km serait marginale, en raison d'un effet d'emménagement et d'un délai de routage extrêmement limités. Il n'y aurait pas de réduction significative du débit de crue entre la confluence et le site des travaux. Qui plus est, les terrains situés de part et d'autre de la rivière Mingan, entre la confluence et le site des travaux, contribueraient à un apport en eau supplémentaire, bien que faible, à la rivière.

Les paragraphes précédents justifient la logique derrière le fait d'utiliser la sommation des débits de crue calculés individuellement pour les rivières Mingan et Manitou, plutôt que

d'appliquer directement les équations de régression pour l'ensemble du bassin versant du site des travaux.

La question de la simultanéité des maximums de débit aux deux rivières mérite également d'être abordée. D'une part, la relative similitude entre les superficies des deux bassins versants fait en sorte que cette simultanéité est plausible, voire probable. De plus, les débits utilisés pour générer les équations de régression sont des débits journaliers. Les débits de crue calculés à partir de ces équations sont donc également des débits au pas de temps journalier. Un décalage de plusieurs heures, voire de près d'une journée, peut donc exister entre les maximums instantanés de débit de chacune des rivières, au point de confluence, sans que le débit global à l'aval de la confluence ne diverge de la sommation des débits maximums individuels des deux rivières. Il importe de souligner que les crues générant les débits maximum sont les crues printanières. Ces événements se caractérisent par des phases de crue et de décrue relativement graduelle, avec une transition de l'une à l'autre (phase « maximale ») qui est également relativement graduelle. Ainsi, même si un décalage de quelques jours devait subvenir entre les débits maximum à l'un et l'autre des cours d'eau, la sommation des deux débits simultanés demeurerait proche de la sommation des deux maximums de crue.

En conséquence, il est de l'avis du concepteur que le fait de calculer les débits de crue au site des travaux par addition des débits de crue des rivières Mingan et Manitou établis par régression régionale est non seulement la façon la plus prudente, mais aussi la façon la plus réaliste de rendre compte de l'hydrologie réelle locale. Il n'est donc pas jugé pertinent d'utiliser les graphiques pour déterminer les débits de crue de différentes récurrences pour le bassin versant visé par les travaux.

En dernier lieu, tel que mentionné précédemment, les débits de crue établis pour les rivières Manitou et Mingan juste à l'amont de leur confluence sont des débits journaliers. Les débits maximums instantanés pouvant s'y produire sont donc plus élevés. Incidemment, le débit maximum instantané qui en résulterait, au site des travaux, serait également plus élevé, pour une crue de récurrence donnée. La différence entre le débit maximum instantané et le débit maximum journalier, exprimé par le facteur (ou rapport) de pointe, est possiblement faible, si l'on se base sur les quelques cours d'eau jaugés de la région. Ces cours d'eau jaugés ont toutefois des aires de bassin versant significativement plus grandes que celles des rivières Mingan et Manitou, ce qui pourrait résulter en des facteurs de pointe plus élevés pour ces deux dernières. Dans un cas comme dans l'autre, la différence entre les débits maximum instantané et journalier pourrait faire augmenter de quelques pourcents les débits de crue évalués pour l'une et l'autre. Ceci pourrait résulter en des débits de crue effectifs plus élevés que ceux obtenus par sommation des débits journaliers, au droit du site des travaux.

Bien qu'une majoration additionnelle des débits de crue au site des travaux ne soit pas jugée requise, ceci appuie et justifie une approche plus conservatrice (prudente) d'évaluation des débits de crue au site des travaux.

Question 2 :

Toujours dans le même document, l'initiateur doit documenter davantage sa réponse à la QC2-1 b). Le MELCC doute de la nécessité de mettre en place une revanche de 300

mm en enrochement au-dessus de la cote de récurrence de 100 ans pour tenir compte de la surcote des vagues, étant donné la position du tronçon étudié. Le tronçon est complètement protégé des vagues engendrées par les vents principaux venant du sud, sud-est et sud-ouest. D'autre part, l'initiateur n'a pas démontré que la rivière est particulièrement sujette à transporter une grande quantité de débris ou de glace. La fiche de caractérisation terrain du MTQ pour le pont de la 138 en aval du secteur étudié pourrait fournir de l'information pertinente.

L'initiateur doit justifier davantage la nécessité de mettre en place une telle revanche et doit également évaluer si elle pourrait être remplacée par une protection végétale de 300 mm.

La station météorologique d'Environnement et Changements climatiques Canada (ECCC) située la plus proche de Mingan et pour laquelle des statistiques de vent sont disponibles se trouve à Natashquan. Les vents dominants y sont de l'ouest, du nord-ouest et de l'est. Le site Windfinder.com présente des statistiques de vent pour le secteur de Havre-Saint-Pierre, basées sur des observations réalisées entre 2011 et 2019. Il présente également des statistiques pour le secteur de Longue-Pointe-de-Mingan, basées sur des observations réalisées entre 2013 et 2019. D'après Windfinder.com, les vents dominants observés à Havre-Saint-Pierre sont de l'ouest-sud-ouest et de l'est-nord-est, et dans le cas de Longue-Pointe-de-Mingan, ils sont de l'ouest et de l'est-nord-est. Les vents y soufflent du nord-est dans 10 et 7,9 % du temps, respectivement pour Havre-Saint-Pierre et Longue-Pointe-de-Mingan. Pour ce dernier site, les vents y soufflent du nord-ouest environ 6.9 % du temps.

Ces informations indiquent une exposition substantielle aux vents, pour les talus visés par les travaux de stabilisation. Pour les vents du nord-ouest, la longueur maximale de fetch en conditions de hautes eaux est évaluée à 1400 m, alors qu'elle est évaluée à 1800 m pour des vents du nord-est. D'après les données d'ECCC, la vitesse moyenne locale du vent serait de l'ordre de 15 km/h.

La hauteur de vague significative au site des travaux est ainsi estimée à 0,11 m pour des vents du nord-ouest, et à 0,13 m pour des vents du nord-est. Sur la base de ces valeurs, il apparaît que 10 % des vagues possèdent une hauteur de 0,16 m, et 1% des vagues possèdent une hauteur de 0,21 m, lors de conditions de vent moyen soufflant du nord-est ou du nord-ouest.

En supposant une longueur d'onde de vague de 5 secondes, cela signifie qu'une vague de 0,16 m frappe le talus à toutes les 50 secondes, et qu'une vague de 0,21 m frappe le talus à toutes les 8,3 minutes, durant un événement de vent moyen soufflant du nord-est ou du nord-ouest. Ces hauteurs de vague correspondent au rehaussement momentané du niveau d'eau de la rivière par rapport à un niveau sans vague, tel que les eaux hautes de conception ayant servi à la

conception des enrochements de protection. Il apparaît ainsi qu'une vague sur 10 atteindrait un niveau supérieur de 0,16 cm à l'élévation des eaux hautes de conception, lors d'un événement de crue centennale combiné à des conditions de vent moyen orienté du nord-ouest ou du nord-est. Par le fait-même, une vague sur 100 atteindrait un niveau supérieur de 0,21 cm à l'élévation des eaux hautes de conception, lors de telles conditions.

Il importe de mentionner que ces hauteurs de vague n'incluent pas la surélévation due à la montée de la vague sur le talus (run-up), lorsque celle-ci le frappe. Cette surélévation augmenterait vraisemblablement de quelques centimètres la hauteur totale de la vague atteinte, au-dessus de la surface statique de l'eau. Par ailleurs, en situation de tempête de vent, la vitesse extrême du vent pourrait atteindre 80 km/h, et la vitesse extrêmes des rafales, plus de 100 km/h, en conditions printanières (saison durant laquelle les crues maximales subviennent). De telles vitesses de vent créeraient des hauteurs de vague significativement plus élevées, au-dessus du niveau de la rivière établi en conditions sans vagues.

Un autre processus va également contribuer à augmenter le niveau de l'eau au-dessus du niveau de conception établi, au droit des talus visés par les travaux. Il s'agit de la surélévation associée à l'écoulement en méandre. Sous l'effet de la force centrifuge, un différentiel de pression hydrostatique transversal s'établit et la surface de l'eau se surélève, du côté externe des méandres.

La surélévation en conditions de crue centennale a été évaluée à l'aide de l'équation de Woodward (1920)¹. Les rayons de courbure locale ont été estimés à 560 et 700 m, respectivement pour le rayon interne et pour le rayon externe du méandre. Une différence d'élévation de 40 cm est obtenue entre le niveau d'eau en rive interne et celui en rive externe. Ceci représente une surélévation de 20 cm du niveau d'eau le long des talus visés par les travaux, par rapport à l'élévation des eaux hautes de conception, qui a été établie sans tenir compte de cet effet. Il aurait été prudent d'ajouter une hauteur de 20 cm à l'élévation des eaux hautes de conception. Prévoir une revanche de 30 cm (300 mm) au-dessus de cette élévation pour fixer la crête des enrochements permet de prendre en compte l'effet de la surélévation transversale, dans la conception des ouvrages de stabilisation.

Tel qu'exposé précédemment, la revanche prévue permet également d'offrir une protection contre les vagues déferlant sur les talus. L'effet des vagues s'ajoutant à l'effet de surélévation, une revanche de 300 mm apparaît comme un minimum requis, au-dessus des eaux hautes de conception établie sans tenir compte de l'un ou l'autre de ces effets.

¹ Woodward, «S.M., 1920. *Hydraulics of the Miami flood control project*. Tech. Reports, Miami Conservancy District, Dayton, OH.

Espérant le tout à votre entière satisfaction, nous vous prions d'agréer, Madame, l'expression de nos sentiments distingués.

Préparé par :



Christian Boyaud, ing. M.Sc

Approuvé par :



André Gélinas, ing.