

ÉTUDE HYDRAULIQUE RÉVISION 1

Route 349 et la rivière du Loup
Municipalité : Saint-Paulin
Étude n° : P-81114

Préparée
par :

Sophie Lépine, ing,
N° membre OIQ : 133715
Direction de l'hydraulique

Vérifiée
par :

Frédérique Gosselin-Lessard, ing,
N° membre OIQ : 5019737
Direction de l'hydraulique

Le 4 octobre 2019

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION	3
1.1	Mise en contexte	4
1.2	Réponses aux questions du MELCC	4
2.	ENQUÊTE SUR LE TERRAIN ET AUTRES SOURCES D'INFORMATION	6
3.	GÉOMORPHOLOGIE SOMMAIRE	13
4.	HYDROLOGIE	15
4.1	Débits	15
4.2	Barrages	16
5.	ANALYSE HYDRAULIQUE	16
5.1	Analyse hydraulique du cours d'eau actuel	18
5.2	Analyse hydraulique du cours d'eau avec la route rehaussée	19
6.	CONCLUSION	21

1. INTRODUCTION

Le présent rapport fait suite à une demande de mise à jour d'une étude hydraulique, en date du 29 août 2018, de madame Dorothee Mitchell, biologiste, de la Direction générale de la Mauricie-Centre-du-Québec (DGMCQ). Celle-ci concerne le rehaussement de certains tronçons de la route 349 entre les chaînages 4+243 et 11+182, c'est-à-dire entre le pont P-04299 et le pont P-04359, longeant la rivière du Loup à Saint-Paulin. Un plan de localisation est présenté à la figure 1.1.

Certaines normes ont été modifiées depuis l'émission de la première étude hydraulique, soit le 22 novembre 1999. De plus, le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) demande des précisions concernant l'analyse de recevabilité d'une étude d'impact pour le rehaussement de la route 349. La présente étude hydraulique répondra aux questions d'ordre hydraulique et sera modifiée selon les commentaires du MELCC. Ce rapport remplace celui du 22 novembre 1999.

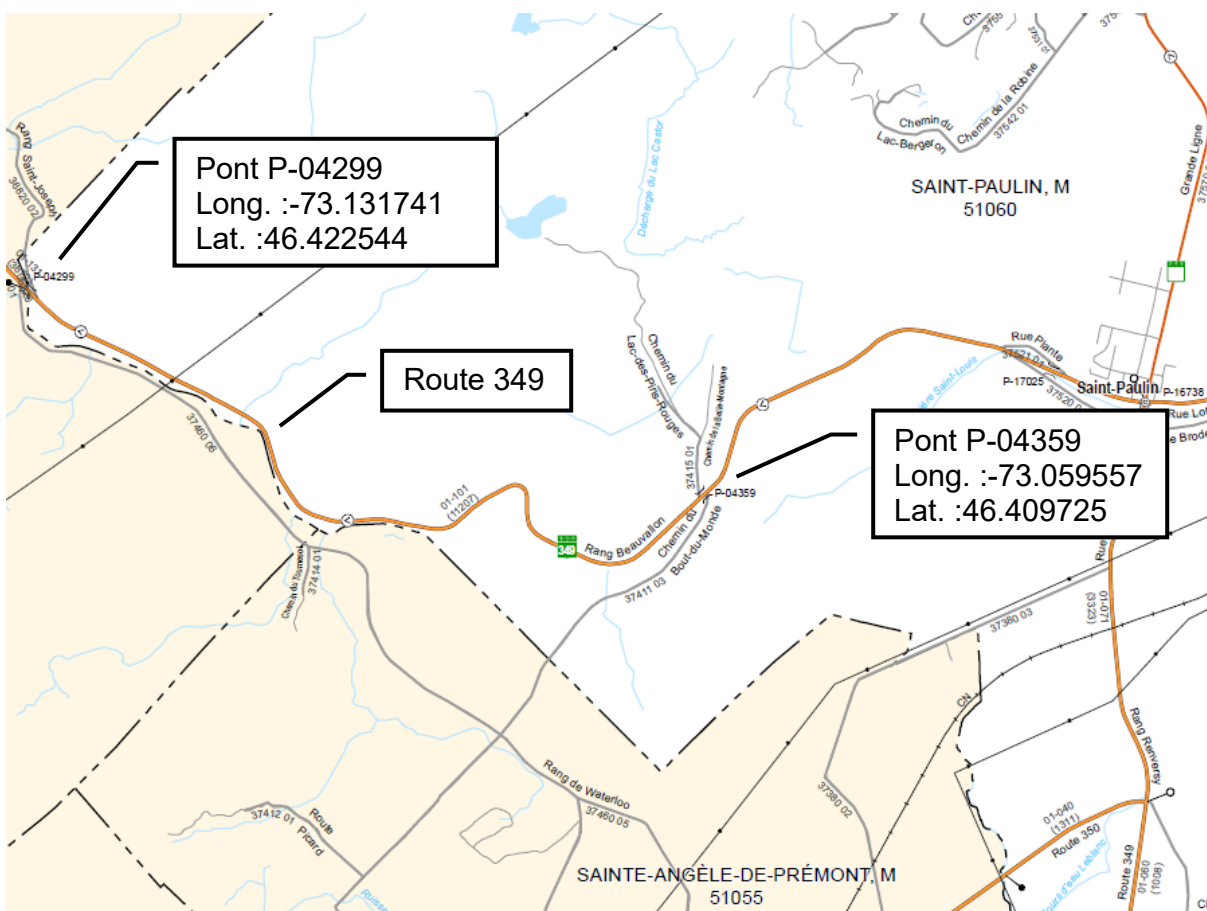


Figure 1.1 Plan de localisation

1.1 Mise en contexte

Une étude hydraulique a été effectuée par le ministère des Transports (MTQ) en 1999¹. Le but de cette étude était d'évaluer les élévations des niveaux des eaux hautes de la rivière, le long de la route, pour permettre la conception du profil de celle-ci. Un relevé de 21 sections avait été effectué pour réaliser cette étude.

Depuis, la Direction générale de l'évaluation environnementale et stratégique du MELCC a produit un document² comprenant des questions et des commentaires adressés au MTQ, dans le cadre de l'analyse de recevabilité de l'étude d'impact sur l'environnement pour le projet de rehaussement de la route 349 sur le territoire de la municipalité de Saint-Paulin.

La DGMCCQ demande à ce que les commentaires émis dans ce document soient pris en compte dans l'étude hydraulique et que les questions soient répondues.

1.2 Réponses aux questions du MELCC

La présente section présente les questions extraites du rapport du MELCC ainsi que les réponses à celles-ci.

QC-1.1 Il est mentionné dans la réponse qu'une mise à jour de l'étude hydrologique avec les débits observés pour la période de 1966 à 2015 a été effectuée. À la suite des inondations de ce printemps, le gouvernement du Québec a pris une nouvelle orientation en ce qui concerne les calculs de débits de récurrences et la détermination ou la mise à jour des zones inondables. Toutes demandes en cours et à venir doivent tenir compte de l'évènement du printemps 2017. De ce fait, l'initiateur doit inclure à son analyse hydrologique les débits observés pour les années 2016 à 2017.

L'hydrologie a été mise à jour. Les données de la station de jaugeage Du Loup (n° 052805) ont été retenues. Les débits journaliers maximums des années 1966 à 2018 à cette station ont été considérés. L'hydrologie complète est présentée à la section 4.

¹ Étude hydraulique, Inondation de la route 349 entre les chaînages 4+243 et 11+143 le long de la rivière du Loup, 22 novembre 1999

² Deuxième série de questions et commentaires pour le projet de rehaussement de la route 349 sur le territoire de la municipalité de Saint-Paulin par le ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports du Québec, Dossier 3211-02-277, Direction générale de l'évaluation environnementale et stratégique, 6 juin 2018

QC-1.2 Selon notre compréhension, le modèle utilisé par le MTMDET pour l'étude de 1999 a été calibré ou validé avec les résultats de l'étude du Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ) de 2006. Depuis 2006, la bathymétrie du cours d'eau ainsi que la topographie du secteur à l'étude ont peut-être changé (modification du lit de la rivière par érosion ou transport sédimentaire, remblai ou déblai, etc.). Il est donc important de valider que le terrain et le lit de la rivière pour ce secteur n'ont pas changé de façon significative depuis 2006. Si des changements majeurs sont observés, l'initiateur doit en tenir compte dans son étude et présenter de quelle façon ils ont été pris en compte.

L'analyse de la géomorphologie sommaire du cours d'eau présenté à la section 3 démontre que le cours d'eau n'est pas dynamique.

De plus, une visite terrain de mai 2019 a permis de confirmer qu'il n'y avait pas de changement majeur du cours d'eau.

Il est donc considéré que les sections relevées en 1999 reflètent encore la réalité et peuvent être utilisées pour la modélisation hydraulique actuelle.

Le modèle utilisé pour la présente étude a été calibré avec les marques observées lors des deux enquêtes terrain au pont P-04299. Les sections du relevé bathymétrique de 1999 ont été utilisées ainsi que celles relevées près du pont P-04299 en 2018.

QC-2 Le scénario proposé permet de protéger la route contre des crues de récurrence de 25 ans aux endroits où il y a un historique d'inondation et contre des crues de récurrence de 5 ans pour les autres secteurs. En faisant ce choix, l'initiateur doit démontrer que les secteurs à plus faible protection (récurrence de 5 ans) ne deviennent pas plus vulnérables aux inondations, et ce, en raison de l'augmentation des niveaux d'eau occasionnée par les secteurs à plus grande protection (récurrence de 25 ans).

Les niveaux d'eau ne varient pas de manière significative avant et après le rehaussement de la route. En effet, il y a des ponceaux sous la route permettant le passage de l'eau vers les plaines de débordement. La route ne crée donc pas de barrière hydraulique, et ce, même avec un rehaussement de la chaussée. De plus, les rehaussements de la route proposés sont assez faibles et les pentes de talus de la route actuelle le sont aussi. L'empiètement dans la rivière causé par le rehaussement de la route sera minime.

QC-20 L'initiateur mentionne que le projet n'aura pas d'impact sur la formation d'embâcle de glace sans toutefois préciser s'il y a vraiment une problématique d'embâcle pour ce secteur. L'initiateur doit statuer sur la présence ou non d'embâcle dans ce secteur et, le cas échéant, démontrer comment il en tient compte dans la conception finale de la route.

Il n'y a pas d'embâcle de glace dans ce secteur de la rivière selon deux voisins interrogés.

QC-22 Alors que l'étude d'impact sur l'environnement du projet ne prenait pas en compte les changements climatiques, la question QC-22 demandait d'expliquer comment le concept retenu pour le rehaussement de la route tient compte des impacts des changements climatiques. À cet effet, l'initiateur a répondu qu'il n'y a pas de directive provenant du MTMDET afin de tenir compte de l'effet des changements climatiques pour les bassins versants de superficie supérieure à 25 km². Il est à noter que la superficie totale du bassin versant de la rivière du Loup est de 1600 km². Le MDDELCC souhaite indiquer que les projections hydrologiques de l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional (CEHQ, 2015) s'appliquent pour les bassins versants entre 500 et 20 000 km². Ce document quantifie l'ampleur du changement à l'horizon 2050 pour différents indicateurs de crue, d'étiage et d'hydraulicité. L'information est donc valide et disponible pour le secteur à l'étude afin que l'initiateur puisse prendre en compte les impacts des changements climatiques pour l'élaboration du concept final de rehaussement de la route. De plus, l'initiateur est encouragé à s'assurer que les travaux prévus n'augmentent pas la vulnérabilité des berges de la rivière à l'érosion.

Il n'y a pas de changement significatif des vitesses avant et après le rehaussement de la route (voir section 5 du rapport). Puisque les vitesses ne varient pas, les berges ne seront pas plus vulnérables à l'érosion.

En ce sens, l'initiateur doit donc intégrer l'impact des changements climatiques au concept retenu en se référant à la plus récente version de l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional. La démonstration de cette intégration doit être présentée.

Selon l'Atlas hydroclimatique du Québec de 2018, les débits de la rivière Du Loup diminueront probablement. Il est donc conservateur de considérer les débits actuels.

2. ENQUÊTE SUR LE TERRAIN ET AUTRES SOURCES D'INFORMATION

Des enquêtes sur le terrain ont été effectuées par notre Direction le 18 juin 2018 et le 22 mai 2019. Un relevé topographique a été transmis par la direction générale de la Mauricie–Centre-du-Québec le 4 décembre 2018 (TT-7007-154-02-0855_083-17_Livré_2018-10-16.dwg). De plus le relevé topographique utilisé pour réaliser l'étude en 1999 a été utilisé. Les différentes données recueillies sont les suivantes :

- le fond du cours d'eau est composé de sable, de cailloux et de roches. Il y a une bande d'arbres sur les berges et ensuite il y a des champs;
- il y a des plaines de débordement. Il y a de l'eau dans les champs chaque année;
- il y a beaucoup de gros débris dans la rivière tels que des arbres morts;

- il y a un peu d'érosion sur les berges;
- lors de l'enquête terrain de 2018, l'élévation des eaux du jour au pont P-04299, situé en amont de la zone à l'étude, était à $\pm 150,7$ m. Selon les laisses de crue dans un arbre en aval du pont, le niveau extrême de l'eau en 2018 était environ 4,7 m au-dessus des eaux du jour, soit à l'élévation $\pm 155,4$ m;
- lors de l'enquête terrain de 2019, l'élévation des eaux du jour au pont P-04299, était à $\pm 152,1$ m. Selon les laisses de crue dans un arbre en aval du pont, le niveau de l'eau atteint en 2019 était environ 3,05 m au-dessus des eaux du jour, soit à l'élévation $\pm 155,15$ m;
- lors de l'enquête terrain de 2019, selon les laisses de crue, le niveau des eaux hautes est estimé aux élévations suivantes :
 - $\pm 155,0$ m vis-à-vis la résidence 3200, route 349, situé environ au chaînage 10+600;
 - $\pm 154,65$ m vis-à-vis la résidence 3170, route 349, situé environ au chaînage 10+200, soit 2,55 m au-dessus des eaux du jour;
 - $\pm 154,55$ m vis-à-vis le pont piétonnier, situé environ au chaînage 6+100.
- selon le résident des 70 dernières années du 1300, route 349, une maison située juste en amont du pont P-04299, la pire crue s'est produite au printemps 2018. Il y avait de l'eau sur le pont. De plus, l'eau a atteint son potager, soit l'élévation $\pm 155,5$ m. Il y a des problèmes d'embâcles de glace en amont du pont. La municipalité doit venir avec une pelle mécanique;
- le résident du 3200 route 349, situé environ au chaînage 10+600, mentionne qu'il n'y a pas d'embâcle de glace dans la rivière vis-à-vis chez lui. Chaque année, le champ en avant de chez lui est presque entièrement inondé. Cela signifie que l'eau atteint au moins l'élévation 154 m. En 2018, l'eau a passé par-dessus le pont. Ce fut la pire année de ces 50 ans d'observation;
- selon le résident des cinq dernières années du 3100, route 349, situé environ au chaînage 9+450, il n'y a pas de problématique de glace sur la rivière. L'année passée, le résident a eu de l'eau dans son garage. L'eau a atteint une élévation d'environ 155 m à cet endroit;
- le résident depuis 50 ans du 2776, route 349, situé environ au chaînage 7+450, mentionne que l'eau allait sur la chaussée vis-à-vis chez lui environ une fois aux dix ans. Par contre, depuis trois ans, la chaussée est toujours inondée au printemps. L'eau atteint donc une élévation minimale de $\pm 154,6$ m pour une crue avec une période de retour de 10 ans (2017 et 2019);
- la rivière a une très faible pente et il y a peu de vitesse.

Voici un tableau récapitulations des principales observations :

Observation	Année	Localisation	Chaînage	Élévation
Niveau des eaux hautes selon le résident	2018	Amont du pont P-04299		± 155,5 m
Niveau des eaux hautes selon les laisses de crue	2019	3200, route 349	± 10+600	± 155,0 m
	2019	3170, route 349	± 10+200	± 154,65 m
Niveau des eaux hautes selon le résident	2018	3100, route 349	± 9+450	± 155,0 m
	2017 et 2019	2776, route 349	± 7+450	± 154,6 m
Niveau des eaux hautes selon les laisses de crue	2019	Petit pont piétonnier	± 6+100	± 154,55 m

Des relevés ont été effectués par la DGMCC au pont P-04299 en 2015 et 2016. Selon ces données, il n'y a pas de changement notable du fond du cours d'eau.

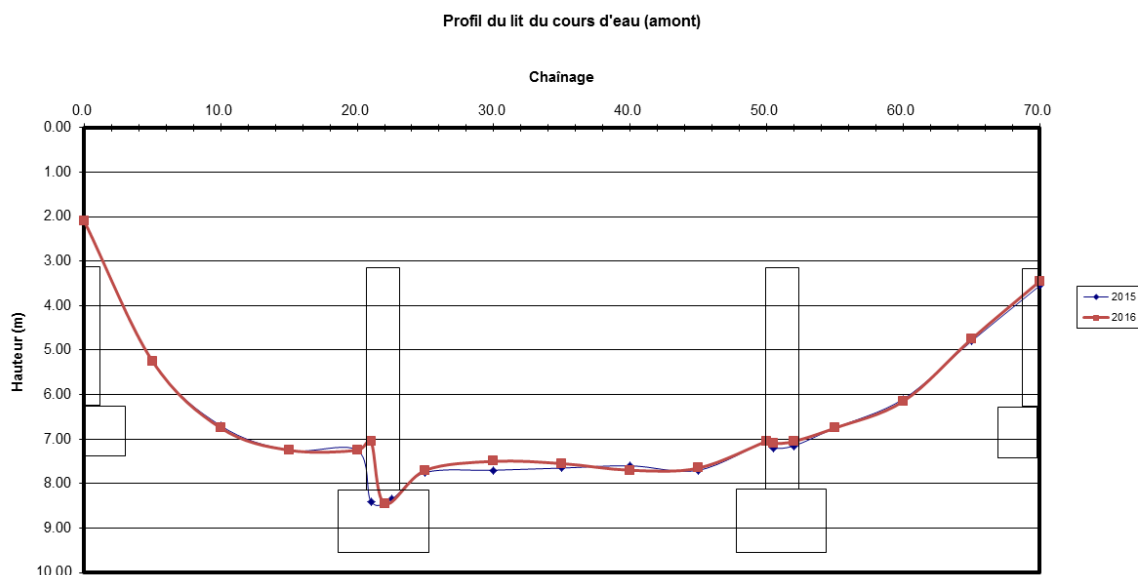


Figure 2.1 Extrait du graphique du relevé

Les photographies suivantes ont été prises lors des enquêtes terrain :



Figure 2.2 Vue du cours d'eau en aval du pont P-04299. soit au chaînage $\pm 11+300$



Figure 2.3 Laisse de crue en aval du pont P-04299



Figure 2.4 Laisse de crue vis-à-vis le 3200, route 349



Figure 2.5 Vue du cours d'eau avec des berges érodées



Figure 2.6 Vue du cours d'eau au chaînage 9+000



Figure 2.8 Extrait de Google street view mai 2018, 3091, route 349, chaînage 9+400



Figure 2.9 Passage piétonnier, chaînage 6+100



Figure 2.10 Laisse de crue au pont piétonnier

3. GÉOMORPHOLOGIE SOMMAIRE

Il s'agit d'un cours d'eau à méandres stable bien qu'il y ait un ancien méandre abandonné.



Figure 3.1 Extrait orthophoto de 2009

L'analyse des photographies aériennes du secteur, pour les années 1970 et 1985 ainsi que de l'orthophoto de 2017, a été effectuée.



Figure 3.2 Extrait de la photographie aérienne Q70847-227 de 1970



Figure 3.3 Extrait de la photographie aérienne Q85841-134 de 1985

Le cours d'eau ne semble pas s'être déplacé. De plus, selon le portail géotechnique, il n'y a pas de problème de stabilité des berges, ou des ouvrages de stabilisation, au niveau de la section de la rivière à l'étude. **Puisque le cours d'eau ne semble pas se déplacer, les sections relevées en 1999 reflètent encore la réalité et peuvent être utilisées pour la modélisation hydraulique actuelle.**

4. HYDROLOGIE

4.1 Débits

La rivière du Loup draine, à l'amont du secteur à l'étude, un bassin versant d'une superficie de 1 262 km². La rivière du Loup est jaugée. Plusieurs méthodes d'estimation des débits ont été utilisées et comparées. La méthode de transfert des analyses statistiques de bassins versants jaugés et les méthodes régionales HP-33 et HP-40 ont été employées.

À la suite de la comparaison des débits obtenus avec ces différentes méthodes, la méthode de transfert de bassin versant à partir de la station de jaugeage Du Loup (n° 052805) a été retenue. Cette station a un bassin versant de 769 km² et est située sur la rivière du Loup, environ 20 km en vol d'oiseau en amont de la zone à l'étude.

Les données de cette station ont été traitées à partir du logiciel HYFRAN PLUS de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS), afin d'obtenir les débits de pointe journaliers pour différentes périodes de retour. Les débits journaliers maximums des années 1966 à 2018 à cette station furent traités à l'aide de la loi statistique Gamma. Les débits obtenus, pour différentes périodes de retour, furent par la suite pondérés pour tenir compte de la superficie du bassin versant de la rivière du Loup au site à l'étude. Finalement, un facteur de pointe de 1,02 établi à partir des données de cette station et pondéré selon l'équation de Fuller a été appliqué afin de déterminer les débits de pointe.

Le tableau qui suit présente les débits de pointe estimés de la rivière du Loup.

Tableau 4.1 Débits de pointe – Rivière du Loup

Période de retour (ans)	Débit de pointe (m ³ /s)
2*	142,9
5	185,1
10	210,0
25	239,5
50	259,7
100	278,4

* Crue annuelle

Les débits sont similaires à ceux présentés dans l'étude hydraulique de 1999.

D'après les débits enregistrés à la station de jaugeage Du Loup (n 052805), la crue de 2018 correspondrait environ à une crue avec une période de retour de 50 ans et celle de 2019 correspondrait environ à une crue avec une période de retour de 10 ans. En effet, voici les débits de pointe à la station de jaugeage.

Tableau 4.2 Débits de pointe à la station de jaugeage Du Loup (n° 052805)

Période de retour (ans)	Débit de pointe (m³/s)
2	93,7
5	121,4
10	137,7
25	157,1
50	170,3
100	182,6

Le tableau suivant présente les débits de pointes des dernières années à la station ainsi que leurs périodes de retour correspondantes.

Tableau 4.3 Débits de pointe à la station de jaugeage Du Loup (n° 052805)

Année	Débit de pointe maximal à la station (m³/s)	Période de retour correspondante (ans)
2015	53,3	Inférieure à 2 ans
2016	80,6	Près de 2 ans
2017	141,5	Légèrement supérieure à 10 ans
2018	166,4	Près de 50 ans
2019	129,9	Près de 10 ans

4.2 Barrages

Il y a plusieurs barrages sur la rivière du Loup selon le site internet de la Direction de l'expertise hydrique du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). Les plus importants sont les barrages X0002275 et X0002276. Les deux barrages sont de fortes contenances et sont situés respectivement à 11 km et 18 km à l'aval du site à l'étude. Ces barrages n'ont pas d'impact sur les conditions hydrauliques au site à l'étude.

5. ANALYSE HYDRAULIQUE

L'analyse hydraulique, en eau libre, a été réalisée à l'aide du logiciel HEC-RAS, version 5.0.5. Les sections de l'étude hydraulique de 1999 ont été utilisées.



5.1 Analyse hydraulique du cours d'eau actuel

Le tableau 5.1 présente les résultats de l'analyse hydraulique du cours d'eau actuel. Les zones ombragées dans le tableau suivant indiquent les endroits où la route risque d'être inondée, ou sera inondée, pour diverses périodes de retour. Une marge de sécurité de 10 cm a été utilisée pour tenir compte des diverses imprécisions.

Les élévations du centre de la route proviennent de l'étude hydraulique de 1999. Une vérification de ces élévations a été effectuée avec le LiDAR (données acquises par détection de la distance par laser) de 2007. Les élévations du centre de la route peuvent différer légèrement à certains chaînages. **Une validation de ces élévations à l'aide d'un relevé d'arpentage est recommandée, car cela indique les secteurs de la route qui risquent d'être inondés.**

Tableau 5.1 Analyse hydraulique du cours d'eau avec la route 349 actuelle

Chainage	Élévation du centre la route existante (m)	Élévation de l'eau pour diverses périodes de retour (m)					
		2 ans	5 ans	10 ans	25 ans	50 ans	100 ans
4+426	155,90	153,65	154,15	154,45	154,70	154,90	155,05
5+071	154,90	153,65	154,20	154,45	154,75	154,95	155,10
5+426	154,85	153,70	154,20	154,50	154,75	154,95	155,10
5+951	154,60	153,70	154,25	154,50	154,80	155,00	155,15
6+526	155,70	153,75	154,30	154,55	154,85	155,05	155,20
6+976	155,00	153,75	154,30	154,60	154,90	155,05	155,25
7+526	154,65	153,80	154,35	154,60	154,90	155,10	155,25
7+626	154,65	153,80	154,35	154,60	154,90	155,10	155,25
7+726	154,55	153,80	154,35	154,60	154,90	155,10	155,25
7+826	154,40	153,85	154,35	154,65	154,95	155,15	155,30
7+926	154,60	153,85	154,40	154,65	154,95	155,15	155,30
8+176	155,05	153,85	154,40	154,65	154,95	155,15	155,30
8+436	154,95	153,85	154,40	154,70	155,00	155,15	155,35
8+926	154,90	153,90	154,45	154,70	155,00	155,20	155,35
9+026	154,70	153,90	154,45	154,70	155,00	155,20	155,35
9+126	154,85	153,90	154,45	154,70	155,00	155,20	155,35
9+376	155,05	153,95	154,45	154,70	155,00	155,20	155,35
9+801	155,10	154,00	154,50	154,75	155,05	155,20	155,40
10+326	155,60	154,05	154,55	154,80	155,05	155,25	155,40
10+826	156,80	154,10	154,60	154,85	155,15	155,30	155,50
11+301	155,60	154,15	154,60	154,90	155,15	155,35	155,50

Ombragé foncé= inondation de la route

Ombragé pâle = inondation probable d'une partie de la route

Les élévations d'eau provenant de l'analyse concordent avec les données recueillies sur le terrain et les témoignages. En effet, le tableau suivant compare quelques valeurs calculées avec celles observées.

Tableau 5.2 Analyse hydraulique du cours d'eau avec la route 349 actuelle

Section	Niveau d'eau calculé (m)	Niveau d'eau observé (m)	Notes
10+826	154,85	± 155,00	Observé au ch. ± 10+600 en 2019 donc crue de récurrence de 10 ans
10+326	154,80	± 154,65	Observé au ch. ± 10+200 en 2019 donc crue de récurrence de 10 ans
9+376	155,20	± 155,00	Observé au ch. ± 9+450 en 2018 donc crue de récurrence de 50 ans
7+526	154,60	± 154,60	Observé au ch. ± 7+450 en 2019 donc crue de récurrence de 10 ans
5+951	154,50	± 154,55	Observé au ch. ± 6+100 en 2019 donc crue de récurrence de 10 ans

Les résultats sont cependant différents de ceux présentés au tableau 2 de l'étude hydraulique de 1999. En effet, les nouveaux niveaux d'eau peuvent être jusqu'à 80 cm inférieurs aux précédents. Les coefficients de Manning et la condition limite aval expliquent en grande partie ces variations.

La DGMCCQ a demandée des données supplémentaires entre les sections 6+976 à 7+526 et 9+801 à 10+326. Ces données sont présentées à l'annexe A.

5.2 Analyse hydraulique du cours d'eau avec la route rehaussée

Il y a eu divers scénarios d'élaborés afin de protéger la route des risques d'inondation. Ces scénarios ont été élaborés à partir des résultats de l'étude hydraulique de 1999. Le MTQ a choisi de protéger la route 349 contre des crues de récurrence 25 ans aux endroits où, historiquement, l'eau de la rivière du Loup a recouvert la chaussée de la route 349 lors d'inondations, en plus de protéger la route contre des crues de récurrence 5 ans aux autres endroits. Voici les interventions projetées :

- chaînage 7+650 à 7+800 : Rehaussement pour une protection contre une crue de récurrence 25 ans;

- chaînage 7+043,5 à 8+260 : Rehaussement pour une protection contre une crue de récurrence 5 ans;
- chaînage 8+730 à 9+230 : Rehaussement pour une protection contre une crue de récurrence 5 ans.

D'après les nouveaux résultats, il n'y aura pas d'eau sur la chaussée pour une crue de période de retour de 5 ans. Les rehaussements de la route seront donc à revoir. Le niveau de risque accepté devra être déterminé. Par exemple, une crue d'une période de retour de 25 ans signifie qu'il y a 1 chance sur 25 que cet événement se produise durant l'année.

Pour ce rapport, il est considéré que la route sera rehaussée afin d'être protégée d'une crue d'une récurrence de 25 ans entre les chaînages 7+526 et 9+801. De plus, une marge de sécurité de 300 mm a été considérée.

Voici les élévations proposées :

Tableau 5.3 Élévations proposées pour la route 349

Chaînage	Élévation du centre la route existante (m)	Élévation minimum du centre la route proposée (m)	Rehaussement de la route proposé (m)
7+526	154,65	155,20	0,55
7+626	154,65	155,20	0,55
7+726	154,55	155,20	0,65
7+826	154,40	155,25	0,85
7+926	154,60	155,25	0,65
8+436	154,95	155,30	0,35
8+926	154,90	155,30	0,40
9+026	154,70	155,30	0,60
9+126	154,85	155,30	0,45
9+376	155,05	155,30	0,25
9+801	155,10	155,35	0,25

Il est considéré que les ponceaux actuels sous la route 349 resteront en place afin qu'il y ait un lien hydraulique entre la rivière et les plaines de débordement de l'autre côté de la route.

Malgré le rehaussement de certains tronçons de la route, les niveaux d'eau présentés au tableau 5.1 sont toujours valides. En effet, il y a une augmentation négligeable des niveaux d'eau, car il y a des plaines de débordement et que la largeur au miroir pour la crue annuelle peut varier de 100 m à 380 m. De plus, les rehaussements de la route proposés sont assez faibles et les pentes de talus de la route actuelle le sont aussi. L'empiètement dans la rivière causé par le rehaussement de la route sera minime.

6. CONCLUSION

La présente étude a permis de mettre à jour l'étude hydraulique de la rivière du Loup pour le rehaussement de certains tronçons de la route 349 à Saint-Paulin.

Certaines normes ont été modifiées depuis l'émission de la première étude hydraulique, soit le 22 novembre 1999. De plus, le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques demande des précisions concernant l'analyse de recevabilité d'une étude d'impact pour le rehaussement de la route 349. La présente étude hydraulique a répondu aux questions d'ordre hydraulique et a été modifiée selon les commentaires. Ce rapport remplace celui du 22 novembre 1999.

Il a été considéré dans l'étude que les ponceaux actuels sous la route 349 resteront en place afin qu'il y ait un lien hydraulique entre la rivière et les plaines de débordement de l'autre côté de la route 349.

Il est à souligner que les conclusions et recommandations élaborées dans le cadre de cette étude hydraulique ne sont valides que pour ce tronçon de rivière et ne pourront être utilisées pour d'autres sites, même contigus, sans avoir fait l'objet d'une étude.

SL/mcf

A N N E X E A

TABLEAUX DÉTAILLÉS DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE HYDRAULIQUE ENTRE LES CHAINAGES 6+975 À 7+535 ET 9+800 À 10+320

**Les élévations du centre de la route pour les divers chainages dans les tableaux
suivants proviennent du LiDAR de 2007.**

Tableau A.1 Analyse hydraulique du cours d'eau avec la route 349 actuelle entre les chainages 6+975 à 7+535

Chainage	Élévation du centre la route selon le LiDAR 2007 (m)	Élévation de l'eau pour diverses périodes de retour (m)					
		2 ans	5 ans	10 ans	25 ans	50 ans	100 ans
6+975	155,1 *	153,75	154,3	154,6	154,9	155,05	155,25
6+995	155,1	153,75	154,3	154,6	154,9	155,05	155,25
7+015	155,1	153,75	154,3	154,6	154,9	155,05	155,25
7+035	154,95	153,75	154,3	154,6	154,9	155,05	155,25
7+055	154,95	153,75	154,3	154,6	154,9	155,05	155,25
7+075	154,9	153,75	154,3	154,6	154,9	155,05	155,25
7+095	154,7	153,75	154,3	154,6	154,9	155,05	155,25
7+115	154,6	153,75	154,3	154,6	154,9	155,05	155,25
7+135	154,65	153,75	154,3	154,6	154,9	155,05	155,25
7+155	154,65	153,75	154,3	154,6	154,9	155,05	155,25
7+175	154,7	153,80	154,35	154,6	154,9	155,10	155,25
7+195	154,7	153,80	154,35	154,6	154,9	155,10	155,25
7+215	154,7	153,80	154,35	154,6	154,9	155,10	155,25
7+235	154,8	153,80	154,35	154,6	154,9	155,10	155,25
7+255	154,8	153,80	154,35	154,6	154,9	155,10	155,25
7+275	154,8	153,80	154,35	154,6	154,9	155,10	155,25
7+295	154,8	153,80	154,35	154,6	154,9	155,10	155,25
7+315	154,8	153,80	154,35	154,6	154,9	155,10	155,25
7+335	154,8	153,80	154,35	154,6	154,9	155,10	155,25
7+355	154,85	153,80	154,35	154,6	154,9	155,10	155,25
7+375	154,8	153,80	154,35	154,6	154,9	155,10	155,25
7+395	154,8	153,80	154,35	154,6	154,9	155,10	155,25
7+415	154,85	153,80	154,35	154,6	154,9	155,10	155,25
7+435	154,75	153,80	154,35	154,6	154,9	155,10	155,25
7+455	154,7	153,80	154,35	154,6	154,9	155,10	155,25
7+475	154,65	153,80	154,35	154,6	154,9	155,10	155,25
7+495	154,55	153,80	154,35	154,6	154,9	155,10	155,25
7+515	154,55	153,80	154,35	154,6	154,9	155,10	155,25
7+535	154,6	153,80	154,35	154,6	154,9	155,10	155,25

*Élévation de la route à 155,0 m selon étude de 1999

Ombragé foncé= inondation de la route

Ombragé pâle = inondation probable d'une partie de la route

Tableau A.2 Analyse hydraulique du cours d'eau avec la route 349 actuelle entre les chainages 9+800 et 10+320

Chainage	Élévation du centre la route selon le LiDAR 2007 (m)	Élévation de l'eau pour diverses périodes de retour (m)					
		2 ans	5 ans	10 ans	25 ans	50 ans	100 ans
9+800	155,2 *	154,00	154,5	154,75	155,05	155,2	155,4
9+820	155,3	154,00	154,5	154,75	155,05	155,2	155,4
9+840	155,35	154,00	154,5	154,75	155,05	155,2	155,4
9+860	155,4	154,00	154,5	154,75	155,05	155,2	155,4
9+880	155,4	154,00	154,5	154,75	155,05	155,2	155,4
9+900	155,45	154,00	154,5	154,75	155,05	155,2	155,4
9+920	155,45	154,00	154,5	154,75	155,05	155,2	155,4
9+940	155,45	154,00	154,5	154,75	155,05	155,2	155,4
9+960	155,45	154,00	154,5	154,75	155,05	155,2	155,4
9+980	155,45	154,00	154,5	154,75	155,05	155,2	155,4
10+000	155,4	154,00	154,5	154,75	155,05	155,2	155,4
10+020	155,4	154,00	154,5	154,75	155,05	155,2	155,4
10+040	155,45	154,00	154,5	154,75	155,05	155,2	155,4
10+060	155,5	154,05	154,55	154,80	155,05	155,25	155,4
10+080	155,6	154,05	154,55	154,80	155,05	155,25	155,4
10+100	155,6	154,05	154,55	154,80	155,05	155,25	155,4
10+120	155,55	154,05	154,55	154,80	155,05	155,25	155,4
10+140	155,6	154,05	154,55	154,80	155,05	155,25	155,4
10+160	155,55	154,05	154,55	154,80	155,05	155,25	155,4
10+180	155,6	154,05	154,55	154,80	155,05	155,25	155,4
10+200	155,6	154,05	154,55	154,80	155,05	155,25	155,4
10+220	155,7	154,05	154,55	154,80	155,05	155,25	155,4
10+240	155,7	154,05	154,55	154,80	155,05	155,25	155,4
10+260	155,7	154,05	154,55	154,80	155,05	155,25	155,4
10+280	155,9	154,05	154,55	154,80	155,05	155,25	155,4
10+300	155,95	154,05	154,55	154,80	155,05	155,25	155,4
10+320	156,05	154,05	154,55	154,8	155,05	155,25	155,4

*Élévation du centre de la route à 155,1 m selon étude hydraulique de 1999

Ombragé foncé= inondation de la route

Ombragé pâle = inondation probable d'une partie de la route