

**Étude d'impact sur
l'environnement
Addenda III – Réponses aux
questions et commentaires du
6 octobre 2017**

Stabilisation de talus riverain le long
de la rivière Richelieu entre la rue
Bernard-Pilon et l'autoroute 20 à
Beloeil



Préparé pour :
Ville de Beloeil

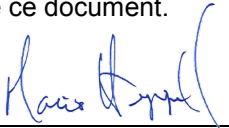
Préparé par :
Stantec Experts-conseils Itée

N/Réf. : 159200036

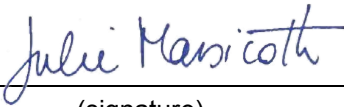
Septembre 2018

Propriété et confidentialité

Le présent document, intitulé *Étude d'impact sur l'environnement, Addenda III – Réponses aux questions et commentaires du 6 octobre 2017*, a été préparé par Stantec Experts-conseils ltée (« Stantec ») pour le compte de la Ville de Beloeil (le « Client »). Toute utilisation de ce document par une tierce partie est strictement défendue. Le contenu de ce document illustre le jugement professionnel de Stantec à la lumière de la portée, de l'échéancier et d'autres facteurs limitatifs énoncés dans le document ainsi que dans le contrat entre Stantec et le Client. Les opinions exprimées dans ce document sont fondées sur les conditions et les renseignements qui existaient au moment de sa préparation et ne sauraient tenir compte des changements subséquents. Dans la préparation de ce document, Stantec n'a pas vérifié les renseignements fournis par d'autres. Toute utilisation de ce document par un tiers engage la responsabilité de ce dernier. Ce tiers reconnaît que Stantec ne pourra être tenue responsable des coûts ou des dommages, peu importe leur nature, le cas échéant, engagés ou subis par ce tiers ou par tout autre tiers en raison des décisions ou des mesures prises en fonction de ce document.

Préparé par _____

(signature)

Mario Heppell, biol.- aménagiste, M. ATDR

Vérifié par _____

(signature)

Julie Massicotte, biol., M.Sc.

Approuvé par _____

(signature)

Joëlle Duguay, biol.

Révision	Description	Auteur	Vérification qualité	Revue indépendante
A	Preliminaire	Mario Heppell	Joëlle Duguay	Julie Massicotte
0	Final	Mario Heppell	Joëlle Duguay	Julie Massicotte

Table des matières

1.0	INTRODUCTION	1
2.0	QUESTIONS ET COMMENTAIRES.....	3
2.1	HYDROLOGIE ET HYDRAULIQUE	3
2.2	GÉNIE VÉGÉTAL VERSUS ENROCHEMENT	4

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Résumé des pertes d'habitats dans les secteurs avec enrochements	7
-----------	--	---

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A ÉTUDE HYDRAULIQUE

1.0 INTRODUCTION

La Ville de Belœil entend procéder à la stabilisation d'une portion du talus riverain le long de la rivière Richelieu, entre les rues Bernard-Pilon et l'autoroute 20. Compte tenu de la nature des sols en place généralement constitués, soit de sable fin brun silteux à sable et silt brun, soit d'argile silteuse grise contenant des traces de sable fin, les berges de la rivière sont très susceptibles aux effets de l'érosion fluviale. Selon les résultats d'inspection visuelle de 2012, 300 m linéaires de berge en érosion répartis en sept sites ont été identifiés comme nécessitant des travaux de stabilisation d'urgence tandis qu'environ 2 215 m linéaires de berge répartis en 16 sites ont été identifiés à surveiller et feront l'objet consolidation par l'utilisation du génie végétal.

Compte tenu de son envergure, le projet est soumis à l'article 31.1 de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE) (L.R.Q., c. Q-2) et devra faire l'objet d'un décret gouvernemental en vertu de l'article 31.5 de cette loi.

Dans ce contexte, la Ville de Belœil a déposé son étude d'impact sur l'environnement en janvier 2016 en réponse à la directive du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) transmise en septembre 2014. À la suite de son analyse, le MDDELCC a émis une série de questions et commentaires le 26 avril 2016 et un addenda à l'étude d'impact a été déposé le 16 février 2017. Une deuxième série de questions et de commentaires a été émise par la suite par le MDDELCC, le 31 mars 2017 et un second addenda à l'étude d'impact a été déposé le 18 juillet 2017.

Le présent rapport constitue le troisième addenda à l'étude d'impact du projet faisant suite à la réception d'une série de questions et de commentaires ayant été transmise le 6 octobre 2017. Il apporte les réponses à ces questions et commentaires.

2.0 QUESTIONS ET COMMENTAIRES

2.1 HYDROLOGIE ET HYDRAULIQUE

Question 1 Une réponse complète à la QC-90 est essentielle pour le choix de la technique d'intervention et pour le design des ouvrages. L'initiateur doit développer davantage la description du régime des glaces. Il doit notamment préciser si les blocs de glace sont susceptibles d'initier un processus d'érosion mécanique des berges. Pour ce faire, celui-ci doit fournir davantage de détails sur les caractéristiques du couvert de glace et sur les mécanismes de débâcle printanière afin de justifier le design retenu.

RQC-1 Afin de compléter les réponses aux questions QC-11 et QC-90 posées respectivement les 26 avril 2016 et 31 mars 2017 par le MDDELCC et dans la présente question, Stantec a réalisé une étude hydraulique couvrant les différents points demandés (bathymétrie de la section à l'étude du Richelieu, niveaux d'eau à l'étiage et en crue, débits correspondants à ces niveaux, vitesses des courants, régime des vagues, régime sédimentologique et régime des glaces). Cette étude est fournie à l'annexe A du présent document. Les résultats de celle-ci démontrent que l'érosion des berges de ce secteur n'est pas due aux niveaux d'eau ou aux vitesses de courants de ce cours d'eau. Les berges semblent bien adaptées à ces paramètres. Ce sont davantage les vagues et les glaces qui causent cette érosion. Les vagues des bateaux, surtout ceux circulant à des vitesses supérieures à 30 km/h, peuvent induire un batillage causant de l'érosion (vagues supérieures à 0,6 m). De plus, les vents peuvent générer des vagues de l'ordre de 0,7 à 0,8 m sur une récurrence de 2 ans et de 1,0 m et plus pour des récurrences de 10 ans et plus.

D'un autre côté, l'examen des conditions de glace a démontré que ces glaces peuvent exercer des contraintes mécaniques plus importantes encore sur les berges que les vagues. En effet, les glaces, pouvant présenter une épaisseur théorique de 50 à 60 cm le long des rives de chaque côté de la rivière Richelieu, ont la capacité d'éroder les berges en raison de leur dérive au gré des courants lors de la débâcle printanière. C'est le principal facteur qui justifie le calibre des pierres à utiliser dans les enrochements à construire aux endroits les plus exposés à l'érosion. Aux endroits les moins exposés, les coupes-types fournies antérieurement s'appliquent.

Question 2 La cote de la limite naturelle des hautes eaux au tableau 3 de l'addenda 1 est représentative du niveau observé à quelques kilomètres en amont de la zone d'étude. L'initiateur doit démontrer que ce niveau d'eau est aussi représentatif de celui dans le secteur visé par le projet. De plus, la cote de la limite naturelle des hautes eaux (0-2 ans) est plus élevée que la cote de crue de 20 ans ce qui n'est pas cohérent. L'initiateur doit bonifier son argumentaire quant à la détermination de ces cotes et corriger les incohérences. Il doit appuyer son argumentaire sur des données récentes. Il doit aussi évaluer si la hauteur des vagues devrait être additionnée aux niveaux d'eau pour le design des ouvrages de stabilisation. Il doit préciser si les vagues les plus importantes sont générées par le vent ou par le batillage.

RQC-2 Comme le MDDELCC le souligne, il semble en effet y avoir plusieurs incohérences au sujet des diverses cotes de niveaux d'eau applicables à la zone d'étude. Aussi, dans le cadre de l'étude hydraulique fournie à l'annexe A, toutes les cotes d'élévation de niveau d'eau ont été vérifiées à partir

QUESTIONS ET COMMENTAIRES

de mesures *in situ* et de nouveaux calculs de niveaux de récurrence (2, 5, 10 ans) en fonction des données disponibles et des débits correspondants ont été effectués.

La ligne naturelle des hautes eaux a fait l'objet de mesures en fonction de la méthode botanique. Cependant, l'absence généralisée d'espèces végétales hydrophiles a fait en sorte que ce sont plutôt la limite inférieure des végétaux terrestres ainsi que des indices indirects de niveaux d'eau (différences de couleur sur les troncs d'arbres, sur le substrat des rives, laisses de débris riverains, etc.) qui ont guidé la réalisation des relevés.

Ainsi, à partir de la moyenne des cotes à 17 endroits différents le long des berges, cette ligne des hautes eaux a ainsi été établie à la cote de 7,82 m soit un mètre de moins que celle qui avait été indiquée initialement dans l'étude d'impact et deux mètres de moins que celle qui avait été indiquée dans la réponse à la QC-13. Pour vérifier la cohérence de cette donnée, celle-ci a été comparée à l'élévation du niveau de la rivière correspondante à un débit de récurrence 2 ans. Or, ce niveau équivalait à une cote de 8,17 m, soit 35 cm plus élevé que la ligne des hautes eaux issues des relevés. Comme ces deux cotes sont, sauf exception relativement similaires, il apparaît donc tout à fait plausible que la ligne véritable des hautes eaux soit de l'ordre de 8,0 m. C'est donc cette valeur de 8,0 m qui devrait dorénavant être utilisée dans le cadre du présent projet de stabilisation. Les cotes de 25 et 100 ans, spécifiques à chaque secteur de la zone d'étude, sont présentées dans l'étude hydraulique. Aussi, il convient de souligner que, dans cette étude, le niveau d'étiage du secteur a été établi à 6,87 m.

En ce qui a trait aux hauteurs de vagues, le sujet a été traité dans la réponse précédente.

2.2 GÉNIE VÉGÉTAL VERSUS ENROCHEMENT

L'artificialisation des rives n'est pas souhaitable et va à l'encontre des orientations de la politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables, laquelle vise à promouvoir la restauration des milieux riverains dégradés en privilégiant l'usage de techniques les plus naturelles possible. L'initiateur doit tenir compte des orientations de la politique dans le choix des techniques de stabilisation.

Question 3 En complément de sa réponse à la QC-99, l'initiateur doit mieux justifier l'utilisation d'une stabilisation mécanique par enrochement et l'exclusion des techniques de génie végétal. L'initiateur précise que le génie végétal nécessite plus de 6 m en haut de talus pour abaisser la pente. L'initiateur doit préciser la source de cette affirmation. De plus, il est indiqué, au tableau 17 de l'étude d'impact que les secteurs urgents ont une pente entre 45 et 90°. Cette pente est très élevée et non recommandée pour une stabilisation en enrochement. L'initiateur doit préciser le design qu'il mettra en place pour s'assurer de la stabilité des enrochements dans les secteurs à fortes pentes, le cas échéant. Enfin, il doit comparer l'utilisation des techniques de génie végétal applicables pour les secteurs à fortes pentes avec l'enrochement prévu pour les critères de largeur, hauteur et pente de talus de même que les niveaux d'eau.

RQC-3 Selon les données du tableau 9 des réponses à la première série de questions et commentaires (page 3.47), les talus ont une hauteur de 3 à 6 m et présentent des pentes de 35 à 70°. Avec des talus aussi bas et des infrastructures à protéger qui sont situées à quelques mètres seulement du haut de talus, il est difficile d'obtenir une pente idéale et suffisante pour l'application de la plupart des techniques de stabilisation. L'enrochement s'impose donc en quelque sorte, par obligation. Quoiqu'il en soit, selon l'endroit, les pentes seront ajustées pour présenter un profil d'équilibre suffisamment stable pour assurer

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT ADDENDA III – RÉPONSES AUX QUESTIONS ET COMMENTAIRES DU 6 OCTOBRE 2017

QUESTIONS ET COMMENTAIRES

la pérennité de ces ouvrages, une fois construites. Il y va de l'intérêt de la Ville de se doter d'ouvrages stables.

Afin de rencontrer les orientations de la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (PPRLPI) en termes de conservation maximale du caractère naturel des berges, tous les enrochements requis, dans le cadre du présent projet de stabilisation, seront sujets à une végétalisation (technique mixte de génie végétal). Ainsi, à l'étape des plans et devis, la végétalisation des espaces vides entre les pierres au moyen d'essences végétales arbustives « robustes et résilientes » (saules, cornouillers, etc.) sera planifiée depuis la clé de l'ouvrage, soit au-dessus du niveau d'étiage (6,87 m) jusqu'au niveau de la cote de récurrence 2 ans (voir la réponse à la QC-98 de l'addenda II). Au-dessus de cette dernière, des vignes de rivage seraient ajoutées au travers des espèces déjà utilisées et, ce jusqu'à la cote de 20 ans. Plus haut sur le talus, des essences végétales ripicoles seront également utilisées pour recouvrir les ouvrages de pierres. Cependant, les essences utilisables étant plus variées, leur sélection sera laissée à la discrétion de l'architecte paysagiste qui préparera les plans et devis qui seront soumis au MDDELCC lors de la demande d'autorisation de construction. En somme, les ouvrages en enrochement requis seront végétalisés au maximum. Il est à noter qu'afin d'assurer le développement d'un couvert végétal optimal et résistant dans la zone sous la ligne des hautes eaux et même au-dessus, la réalisation des travaux de végétalisation devra se faire aussitôt que possible au printemps suivant les travaux de stabilisation en enrochement. En effet, on s'assurera ainsi que la saison d'implantation et de croissance du système racinaire sera suffisamment longue pour que les végétaux puissent s'ancrer suffisamment entre les pieds pour pouvoir résister à l'abrasion des glaces de la débâcle du printemps suivant. Par ailleurs, un suivi annuel du développement de ces végétaux devra être assuré sur une période minimale de 2 ans suivant les travaux de végétalisation afin d'évaluer la performance biologique de ces plantations, de même que le besoin de procéder à des travaux correctifs, le cas échéant.

Question 4 En complément de la réponse à la QC-104, l'initiateur doit estimer les superficies totales d'intervention à l'intérieur de la rive, du littoral, de la plaine inondable ou d'un milieu humide pour chacun des secteurs par solutions choisies (enrochement, génie végétal, technique mixte).

Afin de pouvoir estimer les superficies totales impliquées par toutes les interventions du projet en berges (enrochement, génie végétal et technique mixte), une révision des tableaux n° 9 du premier addenda de l'étude d'impact et n° 3 de la réponse à la QC-104 de l'addenda II a été effectuée en tenant compte de la nouvelle cote estimée à 8 m pour la LNHE (tableau 1 qui suit). Cet abaissement de la cote de 9,8 m à 8,0 m a eu pour effet de réduire sensiblement les valeurs estimées des empiètements sous la LNHE, c'est-à-dire dans le littoral, qui sont ainsi passées de 1498 m² à 773 m², soit une réduction de près de la moitié.

Parallèlement, la superficie de perte d'habitat du poisson pour les fouilles-roches et dards a également été réduite de 1068 m² à 598 m². Celle pour le chevalier cuivré est demeurée identique à 89 m². Pour la section 0+630 à 0+700 m, comme il s'agit de travaux de réfection de l'ouvrage existant sans empreinte supplémentaire, l'initiateur et son consultant sont d'avis que le 204 m² d'empiètement ne constitue pas une perte réelle de littoral et d'habitat comparativement à la situation existante. Aussi, l'empiètement total dans le littoral devrait être de 569 m², la perte d'habitat pour les fouilles-roches et dards de 394 m² et celle du chevalier cuivré de 32 m².

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
ADDENDA III – RÉPONSES AUX QUESTIONS ET COMMENTAIRES DU 6 OCTOBRE 2017

QUESTIONS ET COMMENTAIRES

Par ailleurs, pour estimer les empiétements dans la bande riveraine (rive) sur l'ensemble du projet, il a d'abord été considéré pour les sites d'interventions prioritaires que les travaux se limiteront à l'empreinte de l'ouvrage proposé. Pour toutes les sections dont le niveau d'érosion est à surveiller, les superficies d'intervention ont été estimées à partir de la ligne d'eau jusqu'à un maximum de 10 m ou 15 m selon que la hauteur du talus était supérieure ou inférieure à 5 m. De plus, comme ces interventions feront l'objet de techniques de génie végétal « pur » ou « mixte », les zones d'intervention considérées dans ces bandes de 10 ou 15 m se sont limitées à l'espace anticipée d'intervention, c'est-à-dire qu'elles ne tiennent pas compte des espaces aménagés qui s'y trouvent déjà (par exemple les espaces gazonnés et entretenus situés ou non au-dessus d'un muret), ni des espaces boisés qui seront conservés intacts. De cette manière, la superficie maximale sur laquelle les diverses interventions pourront être réalisées a été estimée à 18 913 m². Comme toutes les interventions envisagées ne sont pas encore définies précisément et que, d'autre part, le génie végétal y est priorisé, aucune perte d'habitat littoral ou riverain n'y a été évaluée. Le cas échéant, celles-ci seront précisées aux éventuels plans et devis d'intervention ainsi que dans les demandes d'autorisation en vertu de l'article 22 de la LQE qui s'ensuivront.

QUESTIONS ET COMMENTAIRES

Tableau 1 Résumé des pertes d'habitats dans les secteurs avec enrochements

Chaînage de référence		Talus		Commentaires	Catégorie d'intervention	Stratégie d'intervention	Référence cartographique	Coupe type du milieu	Perte de végétation riveraine temporaire (m ²)	Perte de végétation terrestre temporaire (m ²)	Bande riveraine au-dessus de la LNHE ou de la ligne d'eau (m ²)	Empiètement permanent sous la LHE à 8 m (m ²)	Perte d'habitat (Fouilles-roches et dards)	Perte d'habitat (Chevalier cuivré)	Remarques
Début	Fin	Hauteur (m)	Pente (°)												
Secteur 1 (chaînage 0+000 à 0+450)															
0+000	0+100	6,5	33-45	Présence de pierres et de blocs de béton. Présence d'un émissaire pluvial.	Stable	s.o.	s.o.	Secteur 1	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.			
0+100	0+150	6,3	38	Arbres penchés et pente de 70 ° dans un secteur circonscrit.	À surveiller	Coupe type 1 dans les zones à risque	1	Secteur 1	s.o.	s.o.	687,5	s.o.			Les bandes aménagées le long de la route sont conservées.
0+150	0+400	4,9 à 7,92	22-38	Présence d'un mur de béton (0+300) et d'un enrochement 1000-1500 mm (0+350).	Stable	s.o.	s.o.	Secteur 1	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.			
0+400	0+440	5,6	58	Section presque verticale du talus.	Action urgente à prendre	Enrochement	2	Secteur 1	55,3	108,4	214,1	132,2	0,0	31,5	
0+440	0+450	5,85	35	Présence d'une descente à la rivière.	Stable	s.o.	s.o.	Secteur 1	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.			
Secteur 2 (chaînage 0+450 à 0+950)															
0+450	0+470	5,85	35	Présence d'une descente à la rivière.	Stable	s.o.	s.o.	aucune	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.			
0+470	0+505	5,95	42	Section presque verticale dans le talus. Signe d'érosion.	Action urgente à prendre	Enrochement	3	Secteur 02-3	61,9	198,6	311,4	3,9	0,0	0,0	
0+505	0+630	Entre 6,2 et 6,35	33	Fissure longitudinale sur la route près la bordure (0+550 à 0+625).	À surveiller	Coupe type 1 dans les zones à risque	4	Secteur 02-1	s.o.	s.o.	843,7	s.o.			Les zones boisées le long de la route sont conservées.
0+630	0+700	5,4	35	Perte de roches au pied du talus. Risque de glissement. Arbre tombé dans le Richelieu.	Action urgente à prendre	Réparation de l'enrochement existant	5	Secteur 02-1	s.o.	s.o.	0,0	204,0	204,0	57,0	Il s'agit d'une réfection d'un enrochement existant au même endroit. Aucune perte.

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
ADDENDA III – RÉPONSES AUX QUESTIONS ET COMMENTAIRES DU 6 OCTOBRE 2017

QUESTIONS ET COMMENTAIRES

Chaînage de référence		Talus		Commentaires	Catégorie d'intervention	Stratégie d'intervention	Référence cartographique	Coupe type du milieu	Perte de végétation riveraine temporaire (m ²)	Perte de végétation terrestre temporaire (m ²)	Bande riveraine au-dessus de la LNHE ou de la ligne d'eau (m ²)	Empiètement permanent sous la LHE à 8 m (m ²)	Perte d'habitat (Fouilles-roches et dards)	Perte d'habitat (Chevalier cuivré)	Remarques
Début	Fin	Hauteur (m)	Pente (°)												
0+700	0+800	Entre 4,55 et 5,2	Entre 32 et 45	Arbres penchés et tombés. Décollement de l'asphalte et de la bordure. Petite section de 1,75 m verticale. Enrochement autour de la conduite pluviale à refaire.	À surveiller	Coupe type 1 dans les zones à risque	6	Secteur 02-2	s.o.	s.o.	463,9	s.o.			Les bandes aménagées le long de la route sont conservées.
0+800	0+850	3,95	45	Présence d'un mur de soutènement.	Stable	s.o.	s.o.	Secteur 02-3	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.			
0+850	0+900	4	40	Paroi très abrupte (70 °) à certains endroits. Arbres penchés vers la rivière.	À surveiller	Reprofilage et coupe type 1 dans les zones à risque	7	Secteur 02-3	s.o.	s.o.	145,0	s.o.			Les zones boisées le long de la route sont conservées.
0+900	0+947	4,8	45	Présence d'enrochement.	Stable	s.o.	s.o.	Secteur 02-2	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.			
0+947	0+950	4,7	Entre 55 et 58	Partie supérieure du talus a une pente de 35 °, mais la partie inférieure est presque verticale.	Action urgente à prendre	Enrochement	8	Secteur 02-3	4,2	5,1	11,8	7,5	7,5	0,8	
Secteur 3 (chaînage 0+950 à 1+450)															
0+950	1+015	4,7	Entre 55 et 58	Partie supérieure du talus a une pente de 35 °, mais la partie inférieure est presque verticale.	Action urgente à prendre	Enrochement	8	Secteur 03	106,9	79,3	280,5	138,7	138,7	0,0	
1+015	1+200	Entre 4,2 et 4,6	Entre 35 et 60	Paroi très abrupte. Paroi verticale. À 1+140, il y a un affaissement en avant et en arrière de la bordure. Entraînement de fine-joint ouvert au puisard.	À surveiller	Reprofilage et coupe type 1 dans les zones à risque	9	Secteur 03	s.o.	s.o.	937,3	s.o.			Les bandes aménagées et les zones boisées le long de la route sont conservées, selon l'endroit.
1+200	1+450	4,1 à 6,1	35-37	Aucun signe d'érosion.	Stable	s.o.	s.o.	Secteur 03	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.			
Secteur 4 (chaînage 1+450 à 2+300)															
1+450	1+470	4,1 à 6,1	35-37	Aucun signe d'érosion.	Stable	s.o.	s.o.	Secteur 4-2	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.			

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
ADDENDA III – RÉPONSES AUX QUESTIONS ET COMMENTAIRES DU 6 OCTOBRE 2017

QUESTIONS ET COMMENTAIRES

Chaînage de référence		Talus		Commentaires	Catégorie d'intervention	Stratégie d'intervention	Référence cartographique	Coupe type du milieu	Perte de végétation riveraine temporaire (m ²)	Perte de végétation terrestre temporaire (m ²)	Bande riveraine au-dessus de la LNHE ou de la ligne d'eau (m ²)	Empiètement permanent sous la LHE à 8 m (m ²)	Perte d'habitat (Fouilles-roches et dards)	Perte d'habitat (Chevalier cuivré)	Remarques
Début	Fin	Hauteur (m)	Pente (°)												
1+470	1+500	5	47	Partie du talus très abrupte et présence de roches au pied du talus. Fissures et baises dans l'asphalte et la terre derrière la bordure.	Action urgente à prendre	Enrochement	10	Secteur 4-2	50,0	134,2	245,9	70,1	70,1	0,0	
1+500	1+700	5,3	39	Fissures le long de la route.	À surveiller	Coupe type 1 dans les zones à risque	11	Secteur 4-1.1	s.o.	s.o.	1770,6	s.o.			Les bandes aménagées et les zones boisées le long de la route sont conservées, selon l'endroit.
1+700	1+800	5,35	38	Aucun signe d'érosion.	Stable	s.o.	s.o.		s.o.	s.o.	s.o.	s.o.			
1+800	2+015	Entre 4,3 et 5,65	Entre 35 et 45	Fissure longitudinale sur la route près la bordure. Affaissement du terrain derrière la bordure, décollement de l'asphalte et fissures longitudinales. Arbres penchés vers la rivière, affaissement du terrain derrière la bordure, décollement de l'asphalte et fissures longitudinales.	À surveiller	Coupe type 1 dans les zones à risque	12	Secteur 4-1.2	s.o.	s.o.	2517,1	s.o.			Les bandes aménagées et les zones boisées le long de la route sont conservées, selon l'endroit.
2+015	2+200	5,35	37	Présence d'un muret de béton	Stable	s.o.	s.o.	Secteur 4-2	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.			
2+200	2+300	Entre 5,25 et 5,35	Entre 30 et 44	Beaucoup de fissures dans le talus bétonné.	À surveiller	Coupe type 1 dans les zones à risque	13	Secteur 4-2	s.o.	s.o.	573,1	s.o.			Les zones boisées le long de la route sont conservées.
Secteur 5 (chaînage 2+300 à 2+900)															
2+300	2+400	Entre 5,25 et 5,35	Entre 30 et 44	Décollement de l'asphalte et fissures longitudinales. Peu de hauts de talus.	À surveiller	Coupe type 2 dans les zones à risque	13	Secteur 5	s.o.	s.o.	870,2	s.o.			Les bandes aménagées et les zones boisées le long de la route sont conservées, selon l'endroit.

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
ADDENDA III – RÉPONSES AUX QUESTIONS ET COMMENTAIRES DU 6 OCTOBRE 2017

QUESTIONS ET COMMENTAIRES

Chaînage de référence		Talus		Commentaires	Catégorie d'intervention	Stratégie d'intervention	Référence cartographique	Coupe type du milieu	Perte de végétation riveraine temporaire (m ²)	Perte de végétation terrestre temporaire (m ²)	Bande riveraine au-dessus de la LNHE ou de la ligne d'eau (m ²)	Empiètement permanent sous la LHE à 8 m (m ²)	Perte d'habitat (Fouilles-roches et dards)	Perte d'habitat (Chevalier cuivré)	Remarques
Début	Fin	Hauteur (m)	Pente (°)												
2+400	2+500	5,05	35	Aucun signe d'érosion. Présence d'un muret.	Stable	s.o.	s.o.	Secteur 5	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.			
2+500	2+575	5,65	27	Présence de fissures longitudinales. Muret de pierre et mortier montrant des pertes de mortier et de pierre.	À surveiller	Coupe type 2 dans les zones à risque	14	Secteur 5	s.o.	s.o.	286,3	s.o.			Les bandes aménagées et les zones boisées le long de la route sont conservées, selon l'endroit.
2+575	2+700	6,4	24	Aucun signe d'érosion. Présence d'un muret.	Stable	s.o.	s.o.	Secteur 5	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.			
2+700	2+800	6,5	36	Présence de sections presque verticales. Le muret de béton est en mauvais état ; il s'incline vers la rivière.	À surveiller	Coupe type 2 dans les zones à risque	23	Secteur 5	s.o.	s.o.	132,5	s.o.			Les bandes aménagées et les zones boisées le long de la route sont conservées, selon l'endroit. Présence d'un muret.
2+800	2+900	5,2	25-38	Aucun signe d'érosion. Présence d'un muret.	Stable	s.o.	s.o.	Secteur 5	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.			
Secteurs 6 (chaînage 2+900 à 3+300)															
2+900	3+200	Entre 3,88 et 5,12	15-oct	Présence d'un muret.	Stable	s.o.	s.o.	Secteur 6	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.			
3+200	3+300	3,88	10	Muret en très mauvais état. Pente de 10 ° pour le gazon et 90 ° pour le mur.	À surveiller	Réparation du muret	15	Secteur 6	s.o.	s.o.	89,5	s.o.			Les bandes aménagées et les zones boisées le long de la route sont conservées, selon l'endroit. Muret.
Secteurs 7 (chaînage 3+300 à 3+800)															
3+300	3+400	3,88	10	Muret en très mauvais état. Pente de 10 ° pour le gazon et 90 ° pour le mur.	À surveiller	Réparation du muret	15	Secteur 6	s.o.	s.o.	39,9	s.o.			Les bandes aménagées et les zones boisées le long de la route sont conservées, selon l'endroit. Muret.
3+400	3+700	Entre 3,26 et 3,66	Entre 3 et 12	Présence d'un muret.	Stable	s.o.	s.o.	Secteur 6	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.			

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
ADDENDA III – RÉPONSES AUX QUESTIONS ET COMMENTAIRES DU 6 OCTOBRE 2017

QUESTIONS ET COMMENTAIRES

Chaînage de référence		Talus		Commentaires	Catégorie d'intervention	Stratégie d'intervention	Référence cartographique	Coupe type du milieu	Perte de végétation riveraine temporaire (m ²)	Perte de végétation terrestre temporaire (m ²)	Bande riveraine au-dessus de la LNHE ou de la ligne d'eau (m ²)	Empiètement permanent sous la LHE à 8 m (m ²)	Perte d'habitat (Fouilles-roches et dards)	Perte d'habitat (Chevalier cuivré)	Remarques
Début	Fin	Hauteur (m)	Pente (°)												
3+700	3+800	3,2	35	Signe d'érosion dans le haut du talus.	À surveiller	Coupe type 2 dans les zones à risque	16	Secteur 7	s.o.	s.o.	383,8	s.o.			Les bandes aménagées et les zones boisées le long de la route sont conservées, selon l'endroit. Muret.
Secteur 8 (chaînage 3+800 à 4+400)															
3+800	4+000	Entre 3,15 et 3,6	Entre 36 et 41	Aucun signe d'érosion.	Stable	s.o.	s.o.	Secteur 7	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.			
4+000	4+200	2,95	58	Érosion dans la partie supérieure du talus.	À surveiller	Coupe type 2 dans les zones à risque	17	Secteur 8	s.o.	s.o.	814,3	s.o.			Les bandes aménagées le long de la route sont conservées.
4+200	4+350	Entre 3,05 et 3,1	40-45	Aucun signe d'érosion.	Stable	s.o.	s.o.	Secteur 7	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.			
4+350	4+400	3,52	57	Mur de béton penche vers la rivière.	À surveiller	Réparation du mur et coupe type 2 dans les zones à risque	18	Secteur 6	s.o.	s.o.	59,6	s.o.			Les bandes aménagées et les zones boisées le long de la route sont conservées, selon l'endroit. Muret.
Secteur 9 (chaînage 4+400 à 5+000)															
4+400	4+420	3,52	57	Sections dénudées et verticales. Le haut du talus n'est cependant pas affecté.	À surveiller	Reprofilage et coupe type 1 dans les zones à risque	18	Secteur 9-1	s.o.	s.o.	118,5	s.o.			Les zones boisées le long de la route sont conservées.
4+420	4+430	3	70	Pente raide.	Action urgente à prendre	Enrochement	19	Secteur 10	22,9	0,2	36,3	39,3	0,0	0,0	
4+430	4+600	2,92	34	Aucun signe d'érosion. Présence d'enrochement.	Stable	s.o.	s.o.	Secteur 4-2	s.o.	s.o.					
4+600	4+900	Entre 2,87 et 3,58	Entre 30 et 38	Dépression ponctuelle notée en haut du talus. Présence de talus dans la roche. Sections en surplomb entre 4+820 et 4+850.	À surveiller	Reprofilage et coupe type 1 dans les zones à risque et coupe type 2 dans les zones à risque (4+800 à 4+900)	20	Secteur 9-1	s.o.	s.o.	1074,7	s.o.			Les bandes aménagées le long de la route sont conservées.

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
ADDENDA III – RÉPONSES AUX QUESTIONS ET COMMENTAIRES DU 6 OCTOBRE 2017

QUESTIONS ET COMMENTAIRES

Chaînage de référence		Talus		Commentaires	Catégorie d'intervention	Stratégie d'intervention	Référence cartographique	Coupe type du milieu	Perte de végétation riveraine temporaire (m ²)	Perte de végétation terrestre temporaire (m ²)	Bande riveraine au-dessus de la LNHE ou de la ligne d'eau (m ²)	Empiètement permanent sous la LHE à 8 m (m ²)	Perte d'habitat (Fouilles-roches et dards)	Perte d'habitat (Chevalier cuivré)	Remarques
Début	Fin	Hauteur (m)	Pente (°)												
4+900	4+947	3,47	69	Haut de talus en surplomb et arbres penchés. Décrochage mineur.	Action urgente à prendre	Enrochement	21	Secteur 10	69,3	6,4	157,0	177,2	177,2	0,0	
4+947	5+000	3,6	63	Haut de talus en surplomb et arbres penchés.	À surveiller	Reprofilage et coupe type 1 dans les zones à risque	22	Secteur 10	s.o.	s.o.	479,5	s.o.			La pente le long de la route serait à réaménager entièrement.
Secteur 10 (chaînage 5+000 à 5+700)															
5+000	5+600	Entre 3,59 et 3,71	Entre 42 et 76	Haut de talus en surplomb et arbres penchés. Sections en surplomb et décrochage localisé. Haut de talus très étroit et pente raide.	À surveiller	Reprofilage et coupe type 1 dans les zones à risque	22	Secteur 10	s.o.	s.o.	5369,1	s.o.			La pente le long de la route serait à réaménager entièrement.
5+600	5+700	4,1	42	Aucun signe d'érosion.	Stable	s.o.	s.o.	Secteur 7	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.			
Total									370,5	532,2	18912,9	772,9	597,5	89,3	

Annexe A ÉTUDE HYDRAULIQUE

Destinataire : Ville de Beloeil
1000 rue Dupré
Beloeil (Québec) J3G 4A8
Dossier/projet : 159200036

Expéditeur : Ammar Taha, ing., Ph. D.
375, boulevard Roland-Therrien
Longueuil (Québec) J4H 4A6
Date: 26 Juillet 2018

Objet : Étude hydraulique pour les berges de la rivière Richelieu à Beloeil

Dans le cadre du projet de stabilisation des berges de la rivière Richelieu à Beloeil, Stantec a été mandatée pour réaliser une étude d'impact sur l'environnement (Stantec, 2016). Suite au dépôt de cette étude, le MDDELCC a émis des commentaires et la présente note technique vise à répondre aux commentaires à caractère hydraulique. La figure 1, tirée de l'étude d'impacts (Stantec, 2016) montre une vue d'ensemble de la zone à l'étude. 22 secteurs avaient été considérés instables lors de l'étude d'impact, et l'annexe 2 présente ces 22 secteurs. La présente note technique vise tous ces secteurs.



Figure 1 : Zone à l'étude (Stantec, 2016)

Objet : Étude hydraulique pour les berges de la rivière Richelieu à Beloeil

1. COMMENTAIRES DU MDDELCC

Les réponses aux commentaires du MDDELCC sont discutées au fil de cette note technique, et les sujets suivants sont traités :

- A. Bathymétrie (section 4.1)
- B. Niveaux d'étiage (section 6.0) et de crue (section 4.5), et débits correspondants (section 3.0)
- C. Vitesses moyennes de courants lors des crues (section 4.4)
- D. Régime des vagues (section 8.0)
- E. Régime sédimentologique (section 5.0) et processus actifs d'érosion (section 2.0)
- F. Régime des glaces (section 7.0)

2. VISITE DU SITE

Une visite du site a été réalisée le 15 juin 2018. Lors de cette visite, les 22 secteurs à l'étude ont été visités. Il a été remarqué que le pont de la voie ferrée a un impact sur les niveaux d'eau de la rivière entre l'amont et l'aval du pont, celui de l'amont étant plus élevé.

Identification des processus d'érosion : Lors de la visite, aucune marque de vagues n'a été clairement observée à cause de la densité de la végétation et de l'absence de plages, mais les riverains ont confirmé la présence de vagues. Six marques d'érosion glacielle ont été observées (voir ci-bas). Malgré le peu d'indices visuelles, il semble néanmoins que les vagues et la glace constituent les principales causes d'érosion. Lors de la visite, le courant de la rivière n'était pas perceptible sur les berges et l'écoulement se faisait au centre de la rivière.

Enquête auprès des riverains : Lors de la visite, une enquête auprès des riverains a été réalisée auprès de 10 riverains localisés sur la rue Richelieu sur tout le secteur à l'étude (5 km). Selon les riverains, l'eau ne déborde jamais sur la route Richelieu. Il y a assez de courants dans la rivière pour que celle-ci ne gèle pas complètement. Cependant, les rives sont presque toujours gelées en hiver et la glace n'y est pas mobile.

LHE : En raison de l'anthropisation importante des rives et de l'absence générale de végétaux hydrophiles le long des berges, la LHE déterminée sur le terrain correspond parfois à la base des végétaux terrestres observés, mais le plus souvent à des indices physiques comme des marques plus foncées sur les pierres ou autres matériaux composant les berges ou des lignes de laisses de rivage (débris de toute sorte accumulée de longues dates). En conséquence, la limite des hautes eaux (LHE) a été relevée, en amont du pont, à l'élévation 8,93 m. La LHE a été relevée à 17 endroits en aval du pont de la voie ferrée et cette élévation varie entre 7,54 m et 8,39 m, avec une moyenne à l'élévation 7,82 m.

Niveau du jour : Le niveau d'eau du jour était de 7,41 m en amont du pont de la voie ferrée. En aval du pont de la voie ferrée, le niveau d'eau du jour était de 7,25 m. À la limite aval de la zone d'étude (près du pont de l'autoroute 20), le niveau d'eau était de 7,15 m. Ainsi, sur le secteur à l'étude (5 km de longueur), le niveau d'eau s'abaisse de 10 cm.

Glacé : Lors de la visite, 6 marques d'érosion glacielle ont été observées sur l'écorce des arbres, toutes en aval du pont de la voie ferrée. L'élévation des marques de glace varient entre 8,38 m et 8,95 m, avec une élévation moyenne de 8,59 m.

Objet : Étude hydraulique pour les berges de la rivière Richelieu à Beloeil

3. DÉTERMINATION DES DÉBITS

La station de débit 02OJ007 aux Rapides Fryers est utilisée dans cette étude (1937-2017). La station est située 20 km en amont de la zone à l'étude et a un bassin versant de 22 000 km². La rivière l'Acadie se jette dans le bassin Chambly, en aval de cette station, et constitue un apport de débit non négligeable. Le sous-bassin versant compris entre la station et la zone à l'étude, incluant la rivière l'Acadie, a été délimité. Ce sous-bassin versant présente une superficie de 986 km².

Les débits maximums annuels de la station ont été utilisés pour l'analyse statistique fréquentielle dans le but de calculer les débits fréquents pour différentes périodes de récurrence. La loi de distribution de Log Pearson type III a été utilisée, car elle représente mieux la distribution comparativement aux loi Normal, LogNormal et Gumbel.

Pour tenir en compte de l'ajout des débits entre la station et la zone à l'étude, la transposition des débits s'effectue selon l'équation :

$$Q_2 = Q_1 \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^b$$

où Q2 est le débit transposé qui s'exprime en m³/s, Q1 est le débit de la station de référence qui s'exprime en m³/s, A2 est la surface du bassin versant pour lequel on veut transposer le débit, A1 est la surface du bassin versant de référence, et b est le coefficient de transposition qui a été pris égal à 1.

Le tableau suivant présente les débits à considérer pour la suite de cette étude.

Tableau 1: Débits à considérer

Récurrence (années)	Débit à la station 02OJ007 (m ³ /s)	Débit du sous-bassin versant intermédiaire (m ³ /s)	Débit total à Beloeil (m ³ /s)
2	916	41	957
5	1098	49	1147
10	1193	53	1246
20	1271	57	1328
25	1293	58	1351
50	1356	61	1417
75	1390	62	1452
100	1412	63	1475

Objet : Étude hydraulique pour les berges de la rivière Richelieu à Beloeil

4. MODÉLISATION 2D

4.1 MODÈLE DE TERRAIN

Une modélisation hydraulique a été réalisée pour vérifier si l'écoulement de la rivière est une cause d'érosion observée, puisque les études précédentes n'ont jamais étudié l'érosion potentielle causée par l'écoulement de la rivière Richelieu. La modélisation hydraulique a été réalisée à l'aide du logiciel HEC-RAS 5.0.4, rendu disponible par le US Army Corps of Engineer avec la fonction de modélisation 2D.

Un arpentage de la limite des hautes eaux a été réalisé sur les berges. La carte marine 1450 du Service hydrographique du Canada a été obtenue. Sur la terre ferme, en dehors des limites de la carte bathymétrique, les données topographiques 1 :50 000 disponibles sur Géoboutique ont été également obtenues. Les trois sources de données ont été jumelées en accordant leur ordre de priorité. Un coefficient de Manning de 0,025 a été appliqué, tel que décrit dans le rapport de cartographie des plaines inondables Bas Richelieu (Ministère de l'Environnement, 1985).

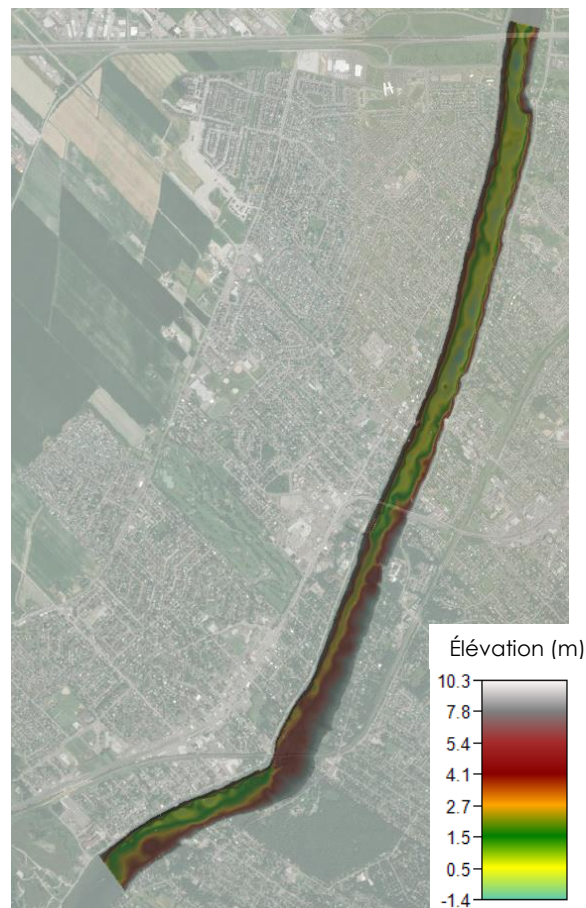


Figure 2 : Bathymétrie de la rivière

Objet : Étude hydraulique pour les berges de la rivière Richelieu à Beloeil

4.2 CONDITIONS FRONTIÈRE DU MODÈLE HYDRAULIQUE (HEC-RAS)

Amont : La condition frontière amont correspond aux débits calculés dans la section 3 de cette note.

Aval : Le rapport de cartographie des plaines inondables Bas Richelieu (Ministère de l'Environnement, 1985) présente les résultats de la courbe de remous à divers endroits. Au pont de l'autoroute 20, (limite aval du modèle), des valeurs élévation-débit sont fournies, ce qui permet d'établir une courbe de tarage. Il est à noter que les valeurs de débits de récurrence 20 ans et 100 ans ne sont plus à jour, mais que les valeurs présentées à la section 3 sont applicables. Le tableau suivant montre les données extraites du rapport de 1985. Toutefois, la relation niveau-débit est considérée comme étant toujours valide. La courbe de tarage a été extrapolée pour les valeurs de débit supérieures, telles que montrées à la figure suivante. Cette courbe de tarage est donc appliquée comme condition frontière aval au modèle.

Tableau 2: Relation débit-niveau (MENV, 1985)

	Élévation (m)	Débit (m ³ /s)
(1979-05-16)	7,46	679
(1979-03-29)	8,14	950
20 ans (tiré du rapport de 1985)	9,65	1274
100 ans (tiré du rapport de 1985)	9,93	1337

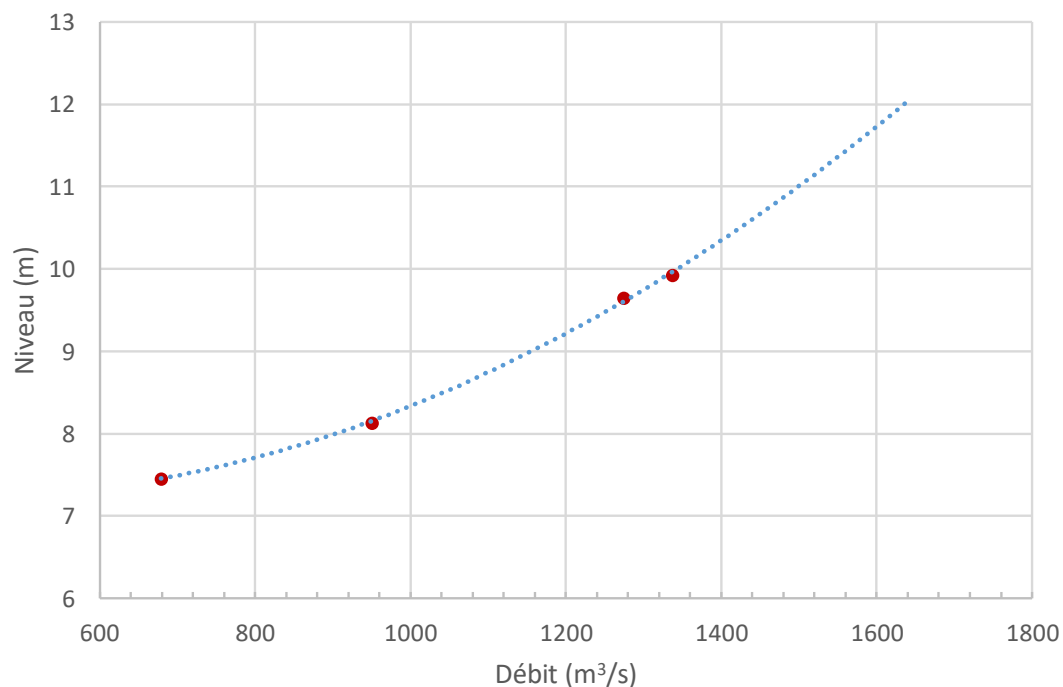


Figure 3 : Courbe de tarage au pont de l'autoroute 20

Objet : Étude hydraulique pour les berges de la rivière Richelieu à Beloeil

4.3 VÉRIFICATION DU MODÈLE

Le débit de récurrence 2 ans a été calculé à 957 m³/s et présenté à la section 3 de cette note. Selon la courbe de tarage de la figure 3 de la section 4.2, pour un débit de 957 m³/s, le niveau d'eau est **8,17 m**.

Lors de la visite du site, la LHE relevée en aval du pont de la voie ferrée variait entre 7,54 m et 8,39 m, avec une moyenne à l'élévation **7,82 m**.

L'élévation de la limite des hautes eaux correspond généralement à une crue de récurrence 2 ans. Toutefois, dans le cas présent, le niveau de récurrence 2 ans (8,17 m) est 0,35 m supérieure à la LHE relevé (7,82 m). Ainsi, il a été choisi de réaliser deux simulations :

- Courbe de tarage originale : Considère la courbe de tarage tel que présenté à la figure 3.
- Courbe de tarage translatée : Considère une translation de la courbe de tarage en l'abaissant de 0,35 m pour la faire correspondre à la LHE relevée sur le site.

Le tableau suivant présente, au pied de talus à l'endroit du pont de la route 116, les résultats de vitesses pour les scénarios avec la courbe de tarage originale et la courbe de tarage translatée. Il s'avère que les vitesses et niveaux les plus élevés sont observés avec la courbe de tarage originale, donc la courbe de tarage originale sera utilisée pour la suite de cette étude.

Tableau 3: Comparaison des résultats entre les deux courbes de tarage à l'endroit du pont de la route 116

	Vitesse (m/s)		Niveau (m)	
	Courbe de tarage originale	Courbe de tarage translatée	Courbe de tarage originale	Courbe de tarage translatée
2 ans	0,17	0,11	8,27	7,94
25 ans	0,39	0,39	10,11	9,77
100 ans	0,44	0,44	10,91	10,57

4.4 VITESSE ET NIVEAUX D'EAU EN CRUE

Afin de visualiser la distribution des vitesses, les figures suivantes présentent les vitesses simulées. On remarque que les plus grandes vitesses sont situées entre le pont de la voie ferrée et le pont de la route 116.

Objet : Étude hydraulique pour les berges de la rivière Richelieu à Beloeil

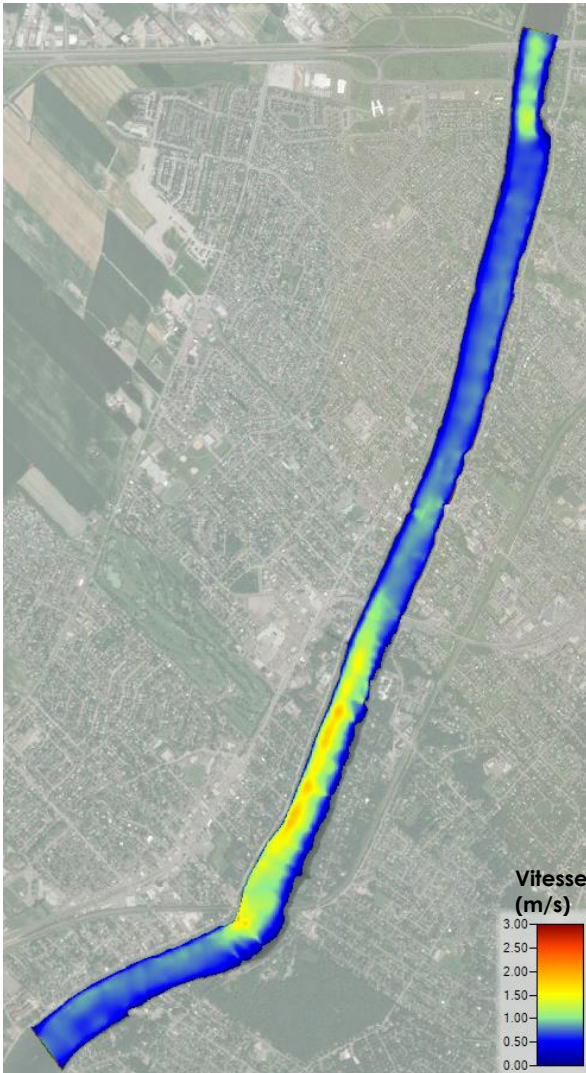


Figure 4 : Vitesses de récurrence 2 ans

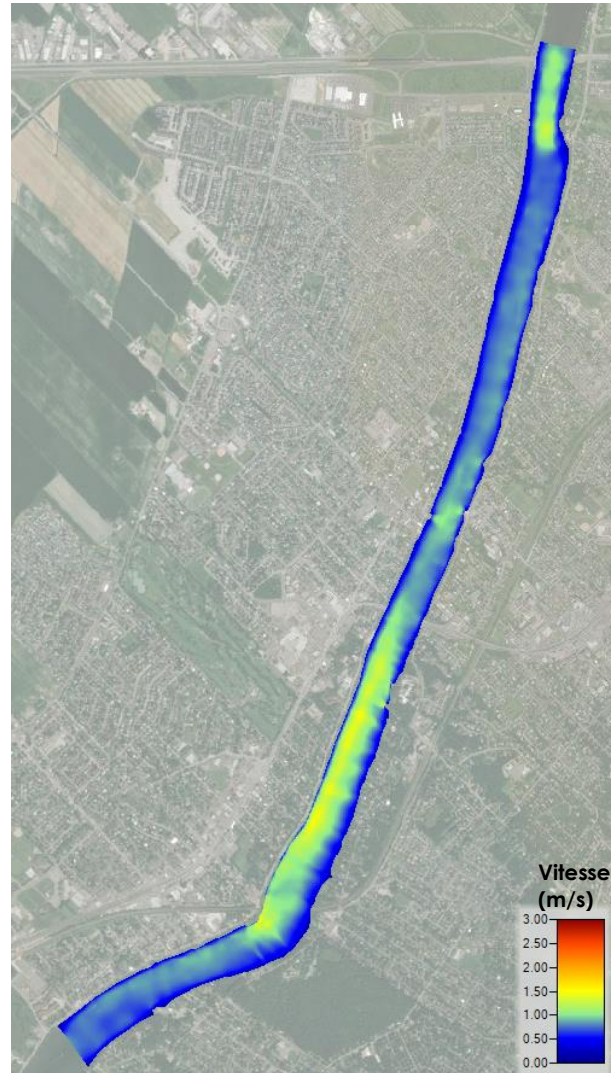


Figure 5 : Vitesses de récurrence 100 ans

Les résultats ont été simulés en considérant la courbe de tarage originale et sont présentées à 4 endroits sur la rivière. Les résultats sont mesurés au pied des talus où les travaux seront réalisés. Le tableau suivant présente les vitesses et niveaux d'eau à 4 endroits. Les plus grandes vitesses sont observées en aval du pont de la voie ferrée (secteur 4). Il s'avère que les vitesses maximales y sont de 0,75 m/s en raison de la restriction imposée par la structure de ce pont. Plus en aval, elles sont généralement comprises entre 0,11 et 0,17 m/s pour la récurrence de 2 ans, pouvant atteindre près de 0,40 m/s, pour une récurrence de 25 ans.

Objet : Étude hydraulique pour les berges de la rivière Richelieu à Beloeil

Tableau 4: Résultats de vitesses d'eau au pied du talus et niveaux de la rivière pour différentes zones et différentes récurrences

Récurrence	Vitesse (m/s)			Niveau (m)		
	2 ans	25 ans	100 ans	2 ans	25 ans	100 ans
Amont du pont de la voie ferrée (Secteur 1)	0,36	0,48	0,50	8,57	10,28	11,04
Aval du pont de la voie ferrée (Secteur 4)	0,72	0,73	0,75	8,51	10,24	11,01
Pont de la route 116 (Secteur 13)	0,17	0,39	0,44	8,27	10,11	10,91
Amont du pont de l'autoroute 20 (Secteur 22)	0,11	0,31	0,40	8,20	10,04	10,85

5. ANALYSE HYDROSÉDIMENTAIRE (ÉCOULEMENT DE LA RIVIÈRE)

Aucun échantillon de sol n'a été prélevé pour établir une granulométrie. Tel que décrit dans l'étude d'impact (Stantec, 2016), la nature des sols en place est généralement constituée, soit de sable fin brun silteux à sable et silt brun, soit d'argile silteuse grise contenant des traces de sable fin. Lors de la visite du site, il a été observé que la rivière au pied de talus est plutôt constituée de gravier, comme illustré sur la figure suivante.



Figure 6 : Gravier au pied de talus de la zone d'étude

Selon le diagramme d'Hjulstrom (figure suivante), l'érosion du sable débute à des vitesses de 0,2 m/s. Comme les vitesses calculées simulées sont plus grandes que 0,2 m/s, le sable ne reste pas en place. Ceci a été observé sur le site lors de la visite, car le substrat dans le fond de la rivière est du gravier. Les plus grandes vitesses simulées (récurrence 100 ans) sont de 0,75 m/s; donc, tel qu'observé sur les berges du secteur, un gravier de 5 mm est suffisant pour résister aux vitesses d'eau en conditions naturelles d'écoulement. L'étude de vague et de glace (section 7 et 8 de cette note) présente des enrochements avec des diamètres beaucoup plus grands que 5 mm, donc l'érosion causée par le débit ne sera pas problématique, si les enrochements proposés dans les section 7 et 8 sont mis en place.

Objet : Étude hydraulique pour les berges de la rivière Richelieu à Beloeil

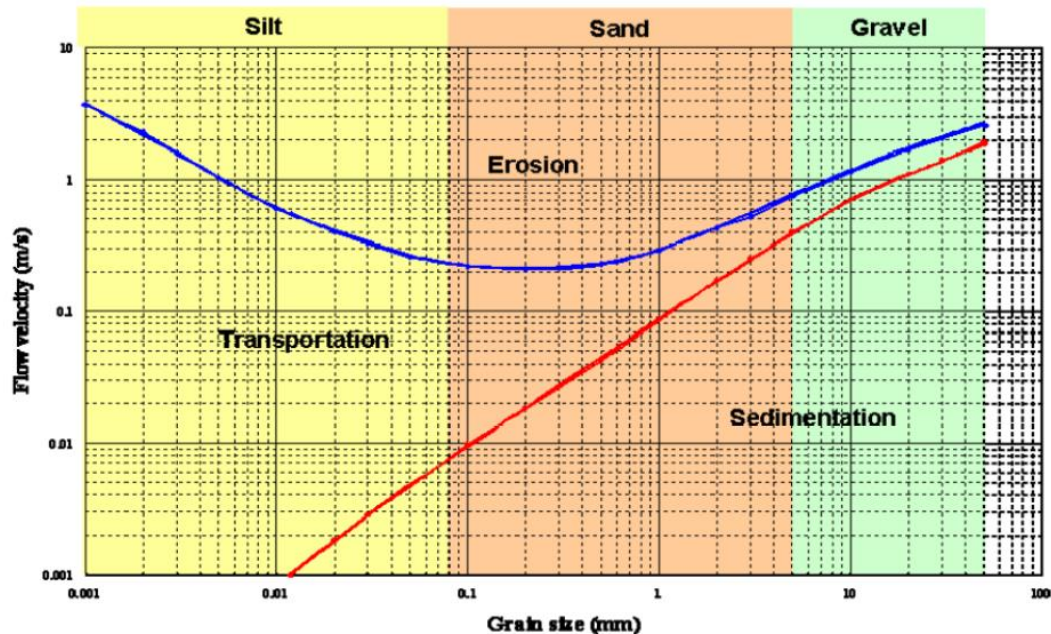


Figure 7 : Diagramme d'Hjulstrom

6. NIVEAU D'EAU EN ÉTIAGE

Le rapport de cartographie des plaines inondables Bas Richelieu (Ministère de l'Environnement, 1985) présente des analyses en crue, mais ne présente pas de valeurs en étiage. Il a été choisi de ne pas extrapoler la courbe de tarage de la section 4.2 pour des faibles débits, car la gestion des niveaux d'eau en étiage est influencée par les besoins aux écluses de Saint-Ours, et non par le débit observé. Une station hydrométrique d'Environnement Canada (02OJ031) a été en fonction à Beloeil de 1991 à 1993. Cette station était située dans la zone à l'étude. Suivant ces données, il apparaît que le niveau d'eau en été est maintenu constant pour la navigation et ce, peu importe le débit, tel que montré sur la figure suivante. Le niveau minimum absolue enregistré en période d'étiage pendant ces 3 années a été de 6,83 m. Afin d'établir un niveau d'étiage, toutes les valeurs enregistrées lors de la période de navigation de ces 3 années (mai à octobre inclusivement) ont été analysées. Le niveau d'étiage y a été de 6,87 m, avec 95% de récurrence journalière en période d'étiage.

Objet : Étude hydraulique pour les berges de la rivière Richelieu à Beloeil

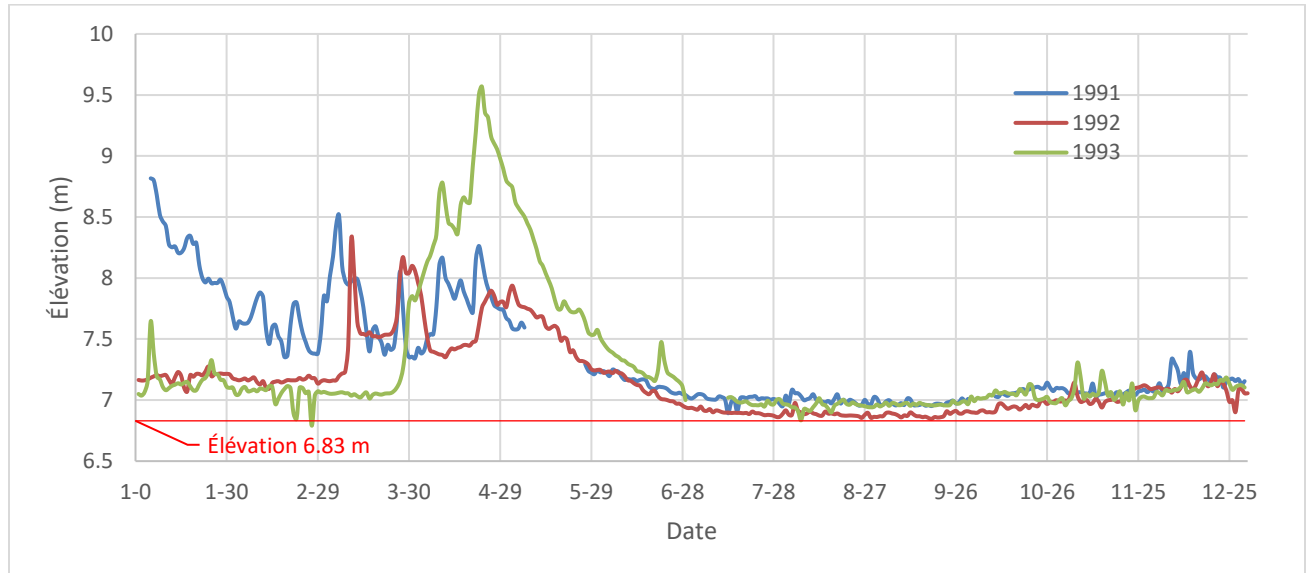


Figure 8 : Niveau d'eau à Beloeil (étiage)

7. ÉTUDE DE GLACE

7.1 ANALYSE DES DONNÉES DE TEMPÉRATURE

La température moyenne journalière de l'air a été enregistrée à la station St-Hubert A de 1953 à 2017 et est disponible sur le site Internet d'Environnement Canada (station 7027320).

Les hivers glaciologiques sont analysés selon les degrés-jour de gel accumulés (DJGA). Ce calcul consiste à faire la somme des degrés par jour qui participent à la formation de la glace. La température de congélation de l'eau douce est 0 °C, donc les degrés-jour accumulés sont calculés seulement avec les températures inférieures à 0 °C. La valeur maximale atteinte pendant l'hiver consiste à la valeur retenue pour les analyses subséquentes.

Une analyse statistique a été effectuée avec ces 64 années de mesures, et la loi Log-Pearson III s'est avérée la plus représentative des DJGA maximum annuels. Les résultats sont présentés sur la figure et au tableau suivant.

Objet : Étude hydraulique pour les berges de la rivière Richelieu à Beloeil

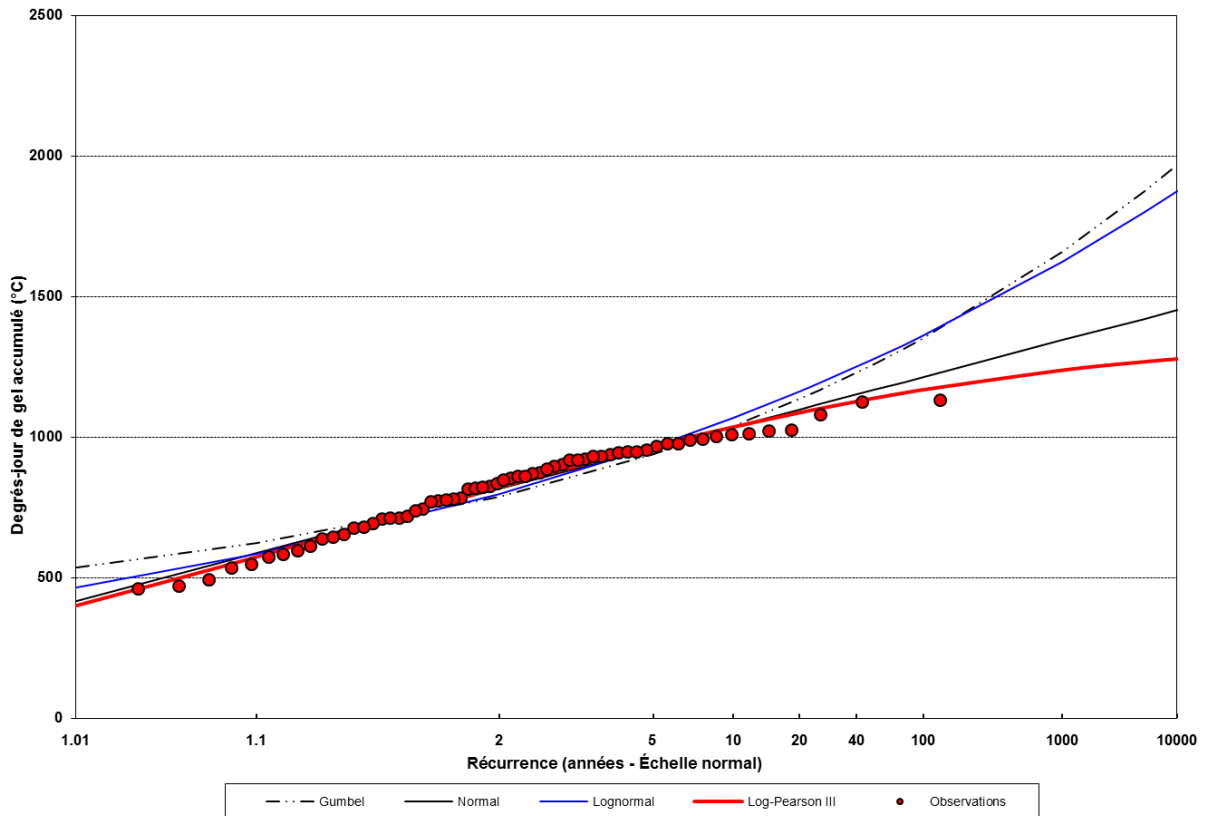


Figure 9 : Loi de distribution de DJGA Annuels Maximums

Tableau 5: DJGA statistique à St-Hubert

Période de récurrence (ans)	DJGA (°C)
2	823
5	968
10	1036
20	1087
25	1101
50	1139
100	1169

Objet : Étude hydraulique pour les berges de la rivière Richelieu à Beloeil

7.2 ÉPAISSEURS DE GLACE THÉORIQUES

L'épaisseur de glace est calculée avec la méthode du USACE. La formule suivante est applicable.

$$h = \alpha \sqrt{DJGA}$$

Où h est l'épaisseur de glace théorique(m), et α est un coefficient lié aux conditions. Dans cette étude, un coefficient 1,7 est considéré. Le Tableau 6 montre les valeurs obtenues avec cette méthode.

Tableau 6: Épaisseur de glace théorique

Période de retour (ans)	Épaisseur théorique de la glace selon USACE (m)
2	0,49
5	0,53
10	0,55
20	0,56
25	0,56
50	0,57
100	0,58

L'importante épaisseur théorique calculée de la glace démontre qu'en hiver, la glace localisée le long des rives ne bougent généralement pas, à moins d'un redoux hivernal qui ferait se fragmenter cette glace, en plus de faire augmenter le niveau de l'eau. Ainsi, l'érosion induite par les glaces se présentent généralement lors de la débâcle printanière des glaces alors que les glaces se fragmentent et que les débits, les vitesses de courant et les niveaux d'eau sont plus important. C'est à ce moment-là que les forces érosives dues aux glaces sont le plus en action.

7.3 CALIBRE DE L'ENROCHEMENT DE PROTECTION CONTRE LA GLACE

Le dimensionnement de l'enrochement de protection est calculé avec la méthode de Carter, 2003. Trois cas de dimensionnement pour résister à la glace sont présentés (pente des berges de 1H :1V).

- **Soulèvement des blocs - Cas #1** : Lorsque le plan d'eau est susceptible de subir un brusque rehaussement au cours de l'hiver pour éviter l'arrachement des blocs de protection.
- **Débâcle hivernale - Cas #2** : Suite à une chute de pluie abondante, des débâcles hivernales se produisent alors que la couche de glace est encore saine et résistante.
- **Conditions printanières (champs de glace flottants) Cas #3** : Les champs de glace au printemps dérivant au gré des courants peut exposer l'enrochement à l'attaque des glaces partiellement détériorées et affaiblies.

Les conditions d'érosion par débâcle hivernale (cas #2) sont peu probables de se produire dans la rivière Richelieu, étant donné que l'eau continue à couler au centre de la rivière, malgré le gel complet des deux

Objet : Étude hydraulique pour les berges de la rivière Richelieu à Beloeil

côtés près des berges. Il est plus probable, lors d'une abondante chute de pluie en hiver, que cette situation provoque des phénomènes similaires au cas #3.

Le tableau suivant présente le D_{50} de l'enrochement. En comparant les cas #1 et #3 (compte tenu que le cas #2 a été écarté), le dimensionnement de l'enrochement correspond au cas #3.

Tableau 7: Dimensionnement (D_{50}) de l'enrochement de protection contre la glace

Période de retour (ans)	Soulèvement des blocs d'enrochement Cas #1	Débâcle hivernale Cas #2	Conditions printanières (champs de glace flottants) Cas #3
2	0,49	1,33	0,80 (0,54-1,35)
5	0,53	1,38	0,83 (0,55-1,37)
10	0,55	1,41	0,84 (0,56-1,40)
20	0,56	1,42	0,85 (0,57-1,43)
25	0,56	1,43	0,86 (0,57-1,43)
50	0,57	1,44	0,86 (0,57-1,43)
100	0,58	1,45	0,87 (0,58-1,45)

8. PROTECTION CONTRE LES VAGUES

8.1 BATILLAGE CAUSÉ PAR LES EMBARCATIONS DE PLAISANCE

La taille des bateaux est limitée par le format des écluses. Selon le document Instructions nautiques – Cap-Rouge à Montréal et rivière Richelieu (MPO, 2009), les limites suivantes de format de bateau sont applicables :

- Longueur : 33,5 m;
- Largeur: 7,0 m;
- Profondeur au seuil des écluses : 1,98 m.
- Il n'y a pas de limite de vitesse à cet endroit.

Pour estimer la hauteur des vagues générée par les bateaux, le Coastal Engineering Manual (USACE, 2015) a été utilisé. Le tableau II-7-5 est utilisé pour estimer la hauteur de vagues. Compte tenu des limites de format, les bateaux les plus gros prévus sont « air-sea rescue vessel » avec la plus grande vitesse présentée dans le tableau (7,2 m/s). Selon la carte bathymétrique, le bord du chenal de navigation est situé à environ 50 m de la berge Ouest, donc la valeur du tableau à une distance de 30 m est utilisée et non pas la valeur à 150 m. Ainsi, les plus grosses vagues prévues sont de **0,6 m**.

Comme l'étude de vents et vagues (section 8.3) donne des vagues supérieures à 0,6 m, la conception sera réalisée avec les vagues causées par le vent.

Il est à noter que cette valeur est observée au passage d'un seul bateau à la fois, car le passage de plusieurs bateaux va fusionner les différentes fréquences et diminuer la hauteur observée des vagues.

Objet : Étude hydraulique pour les berges de la rivière Richelieu à Beloeil

8.2 VAGUES CAUSÉES PAR LE VENT

Les vents utilisés pour cette modélisation ont été enregistrés à la station St-Hubert A. Cette station couvre les années 1953 à 2017. Une analyse fréquentielle a été réalisée sur les vents maximaux horaires enregistrés (vent soutenu sur une heure) de 1953 à 2017. Une analyse statistique a été effectuée avec les vents maximaux horaires annuels afin de déterminer les vitesses de vents fréquentielles dans les quatre directions principales. Quatre lois statistiques ont été comparées (Gumbel, Normal, Log-Normal et Log-Pearson-III). La loi (Log-Pearson-III) s'est avérée la plus représentative et les vents retenus sont présentés au tableau suivant.

Tableau 8 : Vitesses des vents considérées annuelles (km/h)

Période de retour (années)	Nord	Est	Sud	Ouest
2	49,71	43,38	55,25	64,77
10	67,30	58,91	69,41	80,72
25	77,02	66,49	76,98	88,71
100	92,65	77,69	88,82	100,71

Des foyers ont été considérés, qui représentent le point à partir duquel des distances de radiales ont été tracées sur une surface d'eau ininterrompue. La longueur et l'angle de chaque radiale sont utilisés pour calculer la hauteur des vagues. Le *Guide pratique de dimensionnement du Rip-Rap* de la Société d'énergie de la Baie James (SEBJ, 1997) est utilisé pour déterminer la hauteur des vagues. Les vents soufflant dans les quatre directions sont utilisés dans cette méthode. La pente des talus a été considéré 1H :1V et la profondeur moyenne de la rivière a été estimée à partir de la carte bathymétrique comme égale à 4 m. Les figures des radiales et fetchs sont présentés à l'annexe A. Les valeurs de radiales et fetchs sont présentées au tableau suivant. Deux foyers représentatifs ont été choisis :

- Le foyer 1 est exposé aux vents provenant du sud et de l'est, et est représentatif du secteur 1.
- Le foyer 2 est exposé aux vents provenant de l'est, et est représentatif des secteurs 2 à 22.

Les hauteurs de vagues sont présentées aux tableaux 10 et 11.

Tableau 9 : Radiales et fetchs des deux foyers

Numéro du foyer	Radiale la plus longue (km)	Longueur du fetch (km)	Direction du fetch azimuth (°)
1	3,44	0,466	225
2	2,82	0,393	171

8.3 PROTECTION CONTRE LES VAGUES

Le dimensionnement de l'enrochement est présenté aux tableaux suivants.

Objet : Étude hydraulique pour les berges de la rivière Richelieu à Beloeil

**Tableau 10 : Hauteur de vagues et enrochements pour le foyer #1 (secteur 1)
(pente 1H :1V pour berge)**

Récurrance	Hauteur de 95 % des vagues (m)	Remontée du plan d'eau (m)	Remontée des vagues (m)	Rehaussement total des vagues (m)	Calibre de l'enrochement (m)	Épaisseur min. de l'enrochement (m)
2	0,38	0,05	0,39	0,81	0,23-0,39	0,61
10	0,51	0,08	0,51	1,10	0,30-0,52	0,82
25	0,58	0,11	0,57	1,25	0,34-0,59	0,93
100	0,69	0,16	0,67	1,51	0,41-0,70	1,11

**Tableau 11 : Hauteur de vagues et enrochements pour le foyer #2 (secteurs 2 à 22)
(pente 1H :1V pour berge)**

Récurrance	Hauteur de 95 % des vagues (m)	Remontée du plan d'eau (m)	Remontée des vagues (m)	Rehaussement total des vagues (m)	Calibre de l'enrochement (m)	Épaisseur min. de l'enrochement (m)
2	0,31	0,05	0,32	0,68	0,19-0,32	0,51
10	0,43	0,08	0,43	0,94	0,26-0,44	0,69
25	0,49	0,10	0,48	1,08	0,29-0,50	0,80
100	0,60	0,13	0,58	1,31	0,36-0,61	0,97

9. CONCLUSIONS

La modélisation 2D a démontré que les vitesses maximales sont de l'ordre de 0,75 m/s, donc un gravier de calibre $D_{50} = 5$ mm est suffisant pour résister aux vitesses. Les études de vagues et de glace ont démontré que des calibres d'enrochement plus grands sont nécessaires pour résister à ces phénomènes. Il est donc recommandé d'utiliser le plus gros calibre d'enrochement, soit la protection contre la glace. Le tableau suivant résume les résultats des études de vagues et glace. La solution à retenir est celle qui correspond à la protection contre la glace.

Tableau 12 : Calibre d'enrochement pour la protection contre la glace et les vagues

Récurrance	Calibre d'enrochement pour la protection contre la glace (m)	Calibre d'enrochement pour la protection contre les vagues (m)	
		Secteur 1	Secteurs 2 à 22
	Tous les secteurs		
2	0,54-1,35	0,23-0,39	0,19-0,32
10	0,56-1,40	0,30-0,52	0,26-0,44
25	0,57-1,43	0,34-0,59	0,29-0,50
100	0,58-1,45	0,41-0,70	0,36-0,61

Objet : Étude hydraulique pour les berges de la rivière Richelieu à Beloeil

10. RÉFÉRENCES

- Pêche et Océan Canada (MPO). 2009. Instructions nautiques – Cap-Rouge à Montréal et rivière Richelieu.
- Société d'énergie de la Baie James (SEBJ). 1997. Guide pratique de dimensionnement du Rip-Rap.
- Environnement Canada. 1979. Carte du risque d'inondation (31H11-020-0412, 31H11-020-0512, 31H11-020-0612, 31H11-020-0613, 31H11-020-0713 et 31H11-020-0813). [En ligne] <http://www.cehq.gouv.qc.ca/zones-inond/rapports-carto.htm> (consulté le 27 juin 2018).
- Service Hydrographique du Canada. 2014. Carte marine 1450 Sorel-Otterburn Park.
- Stantec. 2016. Étude d'impact sur l'environnement. Stabilisation de talus riverain le long de la rivière Richelieu entre la rue Bernard-Pilon et l'autoroute 20 à Beloeil.
- Ministère de l'Environnement, 1985. Rapport de cartographie des plaines inondables Bas Richelieu.

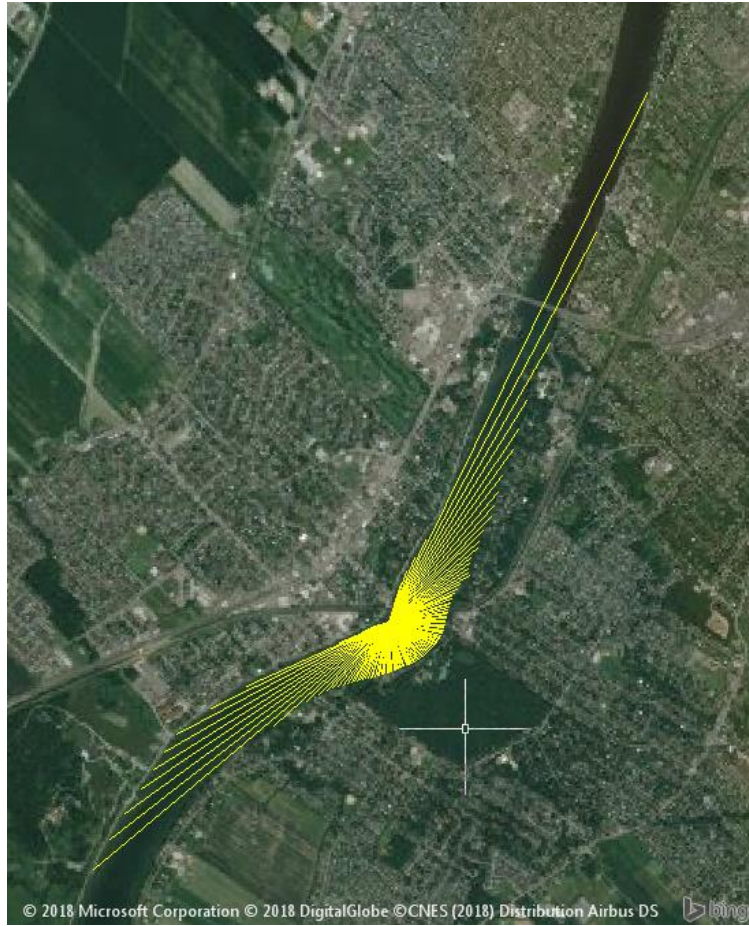
Préparé par

Pascal Morrissette-Paré, ing., M. Ing.
Hydrologie et ressources hydriques
Téléphone : (514) 281-1033 X1851
Pascal.Morrissette-Pare@stantec.com

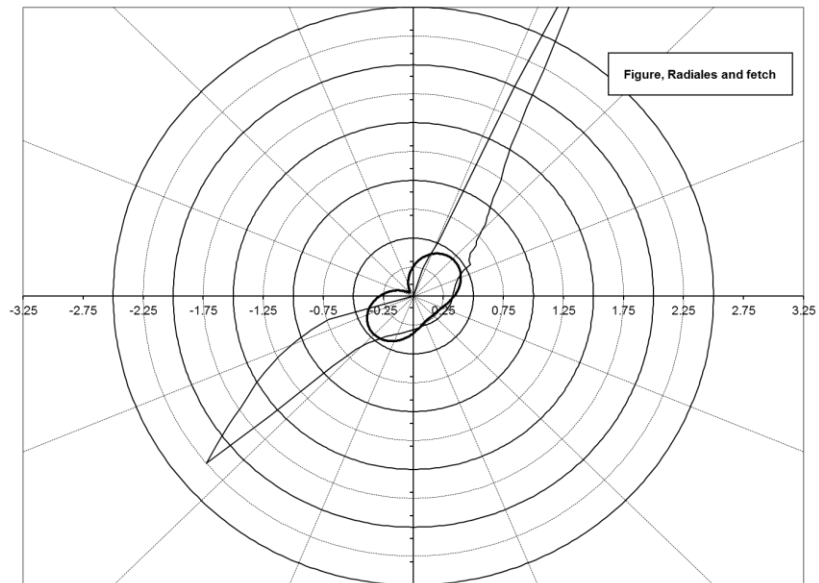
Préparé et vérifié par

Ammar Taha, ing., Ph. D.
Directeur de secteur hydrologie et hydraulique
Téléphone : (514) 281-1033 X1406
Ammar.Taha@stantec.com

ANNEXE A FIGURES RADIALES ET FETCHS



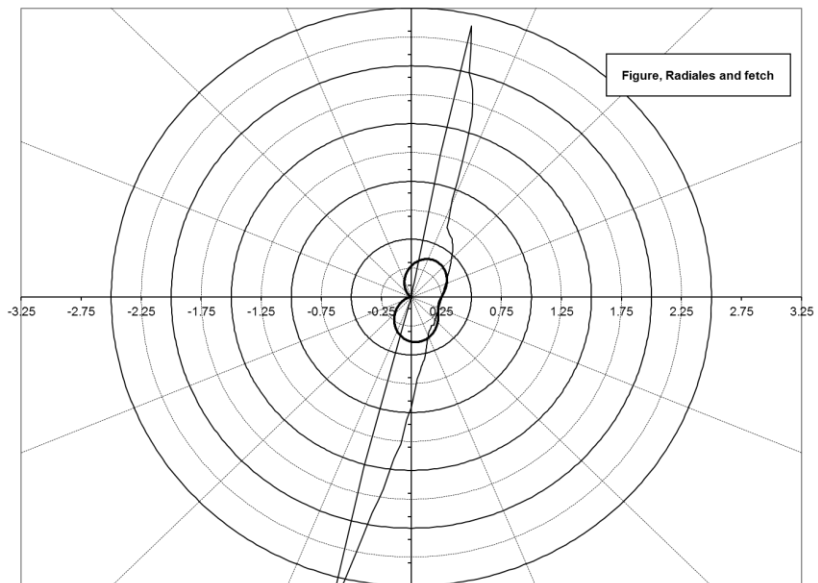
Foyer 1



Foyer 1

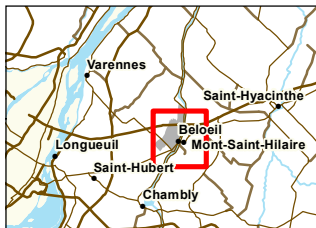


Foyer 2



Foyer 2

ANNEXE B 22 SECTEURS À L'ÉTUDE



- Secteur
- Numéro de secteur
- Zone d'étude
- Municipalité
- Municipalité régionale de comté

0 725 1450
m
1:60 000 (Au format original 8.5x11)
Système de coordonnées : NAD 1983 CRS MTM 8

Stantec
1080, Côte du Beaver Hall, #300
Montréal (Québec) H2Z 1S8
Téléphone: 514.281.1010
Télécopieur: 514.798.8790

N° projet : 15920036-202
N° dessin : C0002
Révision : 00
Date : 2016-01-20
Préparé par : Sylvain Deslandes
Dessiné par : Sylvain Deslandes
Vérifié par : Philippe Roy
Chargé de projet : Sylvie Côté

Client/Projet
Projet de stabilisation de talus riverain
le long de la rivière Richelieu
entre la rue Bernard-Pilon et
l'autoroute 20 à Beloeil

Sources
CanVec version 7, 1/50 000, RNCn, 2010
Adresses Québec, MRN Québec, 4 décembre 2014
Services exp. 2012

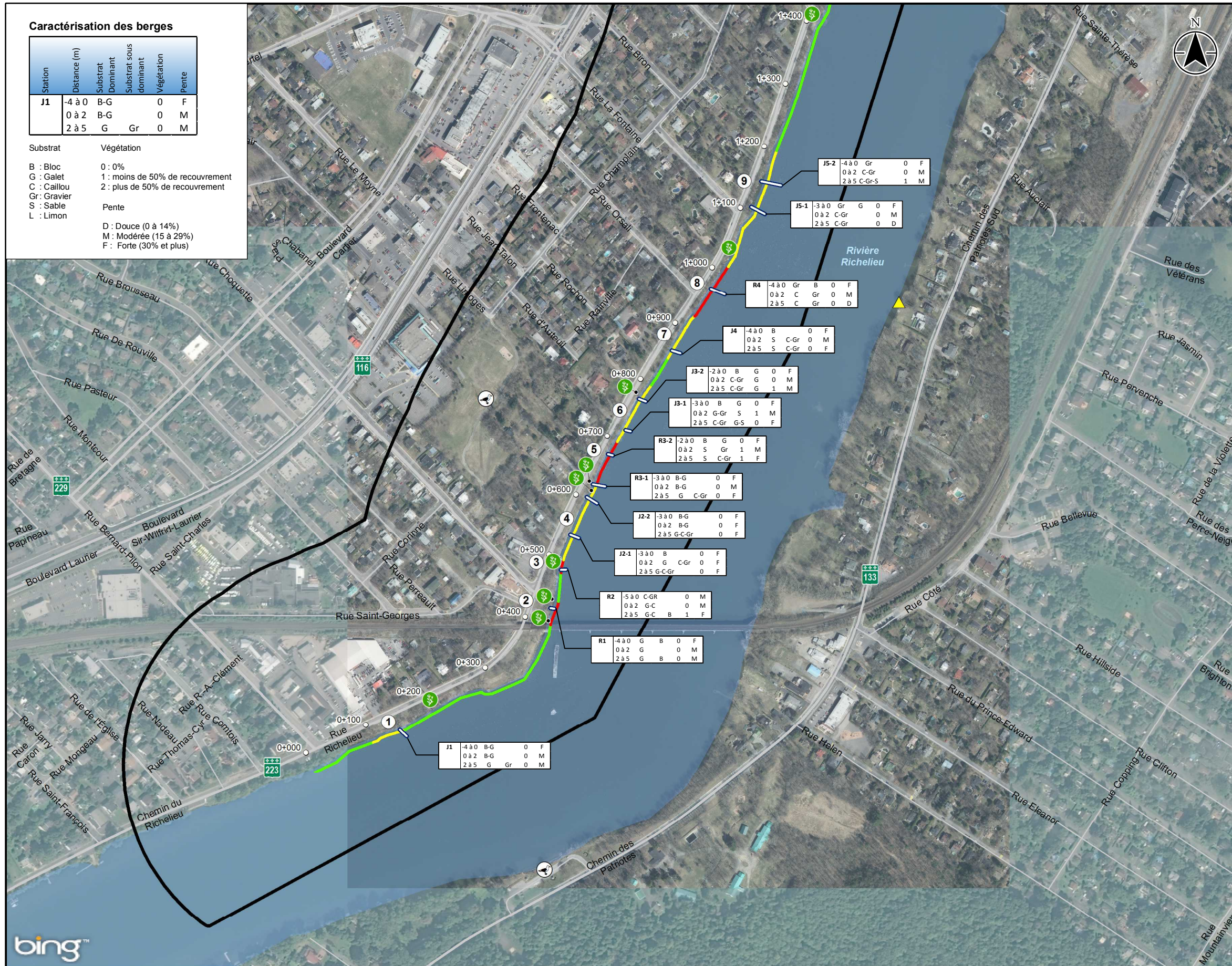
Prrière de ne pas modifier les échelles de dimensions des plans/dessins transmis - toute erreur ou omission doit être rapportée à Stantec sans délai. Les droits d'auteur des plans et dessins demeurent la propriété de Stantec. Toute reproduction ou utilisation pour tout autre motif autre que celui autorisé par Stantec est strictement interdite.

Titre
Figure 1 : Localisation du projet

Caractérisation des berges

Station	Distance (m)	Substrat Dominant	Substrat sous dominant	Végétation	Pente
J1	-4 à 0	B-G		0	F
	0 à 2	B-G		0	M
	2 à 5	G	Gr	0	M

Substrat	Végétation
B : Bloc	0 : 0%
G : Galet	1 : moins de 50% de recouvrement
C : Caillou	2 : plus de 50% de recouvrement
Gr : Gravier	
S : Sable	Pente
L : Limon	D : Douce (0 à 14%)
	M : Modérée (15 à 29%)
	F : Forte (30% et plus)



1080, Côte du Beaver Hall, bureau 300
Montréal (Québec) H2Z 1S8
Téléphone: 514.281.1010
Télécopieur: 514.798.8790

Milieu biophysique

- ♣ Espèce faunique à statut (CDPNQ)
- ▲ Herpétofaune
- ♣ Espèce exotique envahissante
- 🕒 Site d'observation eBird
- ① Flore terrestre - Numéro de section

Habitat du poisson

- Transect de caractérisation

Catégorie de berge *

- Action urgente à prendre
- À surveiller
- Stable

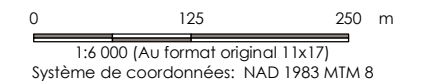
Hydrographie

- Cours d'eau

Composantes du projet

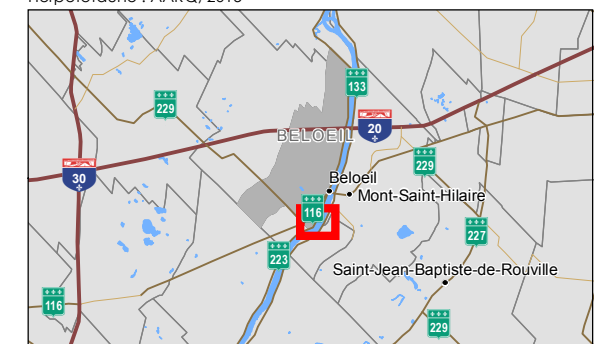
- ▭ Zone d'étude
- Chaînage

* Limites des zones reportées sur la rive selon le chaînage de la route



Sources

Base cartographique : Relevés terrain, Stantec et Englobe, 2015.
Chaînage, EXP, 2012
Réseau routier : Adresse Québec, MRNF Québec, 14 décembre 2014
Image : Ortho-images, 12 cm, Ville de Beloeil
Espèce faunique à statut : MRNF, CDPNQ faune, 2015
Herpétofaune : AARQ, 2015



N° projet : 159200036-200
N° dessin : C0003
Révision : 00
Date : 2016-01-20

Préparé par : Louis-Simon Barville
Dessiné par : Sylvain Deslandes
Vérifié par : Philippe Roy
Chargé de projet : Sylvie Côté

Client/Projet

Projet de stabilisation de talus riverain
le long de la rivière Richelieu
entre la rue Bernard-Pilon et l'autoroute 20
à Beloeil



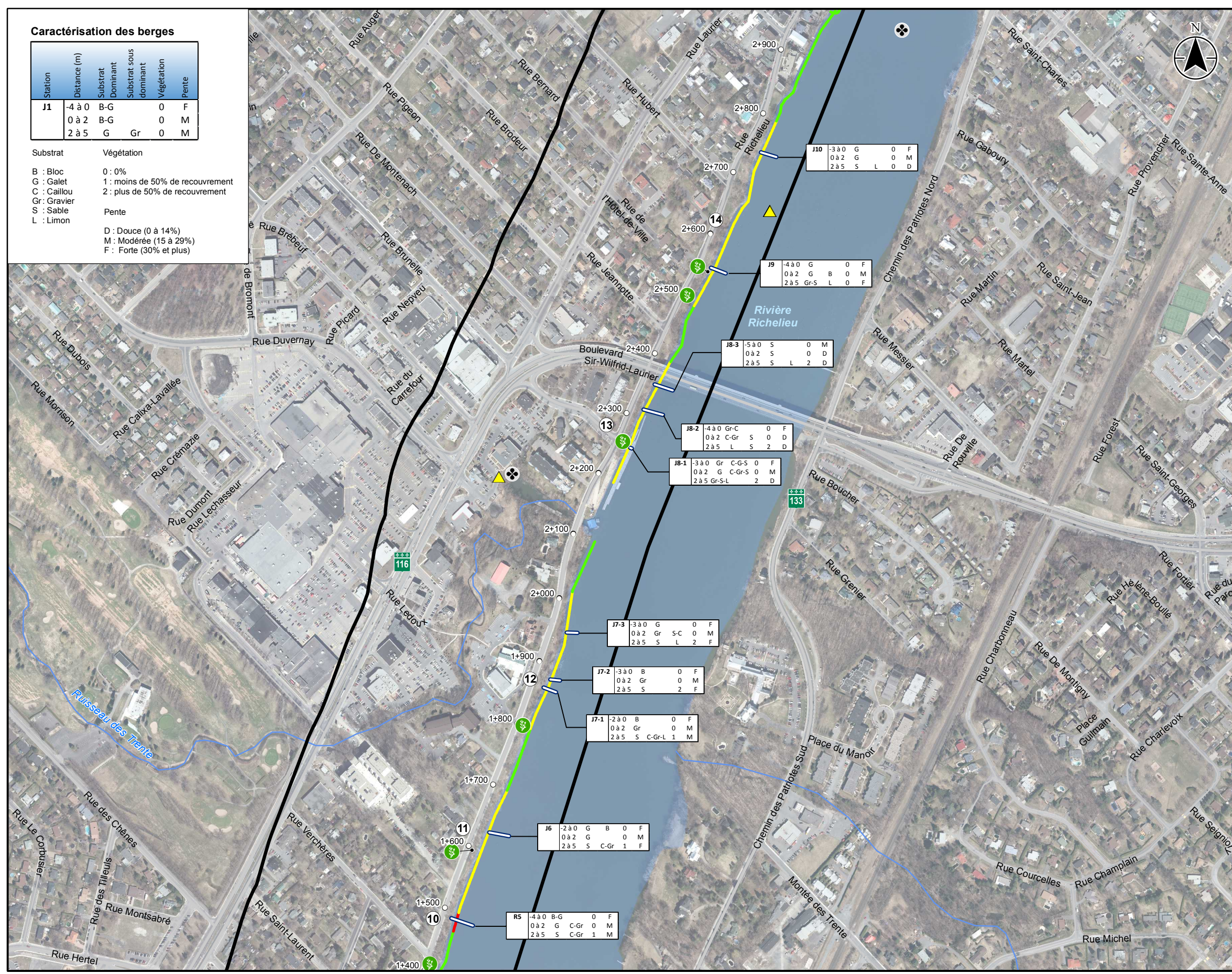
Titre

Figure 2 : Milieu biophysique

Caractérisation des berges

Station	Distance (m)	Substrat Dominant	Substrat sous dominant	Végétation	Pente
J1	-4 à 0	B-G		0	F
	0 à 2	B-G		0	M
	2 à 5	G	Gr	0	M

Substrat	Végétation
B : Bloc	0 : 0%
G : Galet	1 : moins de 50% de recouvrement
C : Caillou	2 : plus de 50% de recouvrement
Gr : Gravier	
S : Sable	Pente
L : Limon	D : Douce (0 à 14%)
	M : Modérée (15 à 29%)
	F : Forte (30% et plus)



Milieu biophysique

- ♣ Espèce faunique à statut (CDPNQ)
- ▲ Herpétofaune
- 🌿 Espèce exotique envahissante
- 🕒 Site d'observation eBird
- ① Flore terrestre - Numéro de section

Habitat du poisson

- Transect de caractérisation

Catégorie de berge *

- Action urgente à prendre
- À surveiller
- Stable

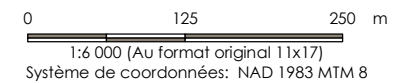
Hydrographie

- Cours d'eau

Composantes du projet

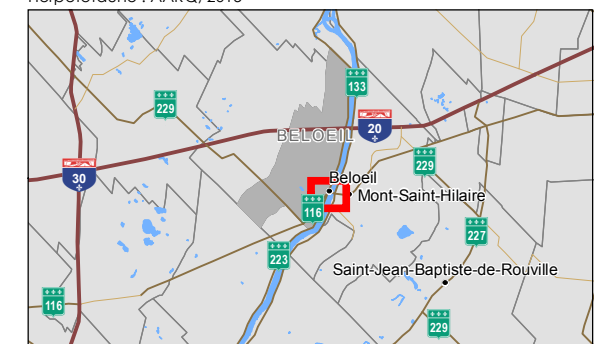
- ▭ Zone d'étude
- Chaînage

* Limites des zones reportées sur la rive selon le chaînage de la route



Sources

Base cartographique : Relevés terrain, Stantec et Englobe, 2015.
 Chaînage, EXP, 2012
 Réseau routier : Adresse Québec, MRNF Québec, 14 décembre 2014
 Image : Ortho-images, 12 cm, Ville de Beloeil
 Espèce faunique à statut : MRNF, CDPNQ faune, 2015
 Herpétofaune : AARQ, 2015



N° projet : 159200036-200
 N° dessin : C0003
 Révision : 00
 Date : 2016-01-20

Préparé par : Louis-Simon Barville
 Dessiné par : Sylvain Deslandes
 Vérifié par : Philippe Roy
 Chargé de projet : Sylvie Côté

Client/Projet

Projet de stabilisation de talus riverain
 le long de la rivière Richelieu
 entre la rue Bernard-Pilon et l'autoroute 20
 à Beloeil



Titre

Figure 2 : Milieu biophysique

Fichier : \local\PROJETS\151\159200036-El.Beloeil\2_CAD\GOV\2_DocProj\Concept\Ve_Geomatique\2_Comp\1_AKD\159200036-C0003-00_mb_20160120_F2.mxd Révision: 2016-01-20 Par: vbohy

Prière de ne pas modifier les échelles de dimensions des plans/dessins transmis - toute erreur ou omission doit être rapportée à Stantec sans délai. Les droits d'auteur des plans et dessins demeurent la propriété de Stantec. Toute reproduction ou utilisation pour tout autre motif autre que celui autorisé par Stantec est strictement interdite.

Caractérisation des berges

Station	Distance (m)	Substrat Dominant	Substrat sous dominant	Végétation	Pente
J1	-4 à 0	B-G		0	F
	0 à 2	B-G		0	M
	2 à 5	G	Gr	0	M

Substrat Végétation

B : Bloc 0 : 0%

G : Galet 1 : moins de 50% de recouvrement

C : Caillou 2 : plus de 50% de recouvrement

Gr : Gravier

S : Sable

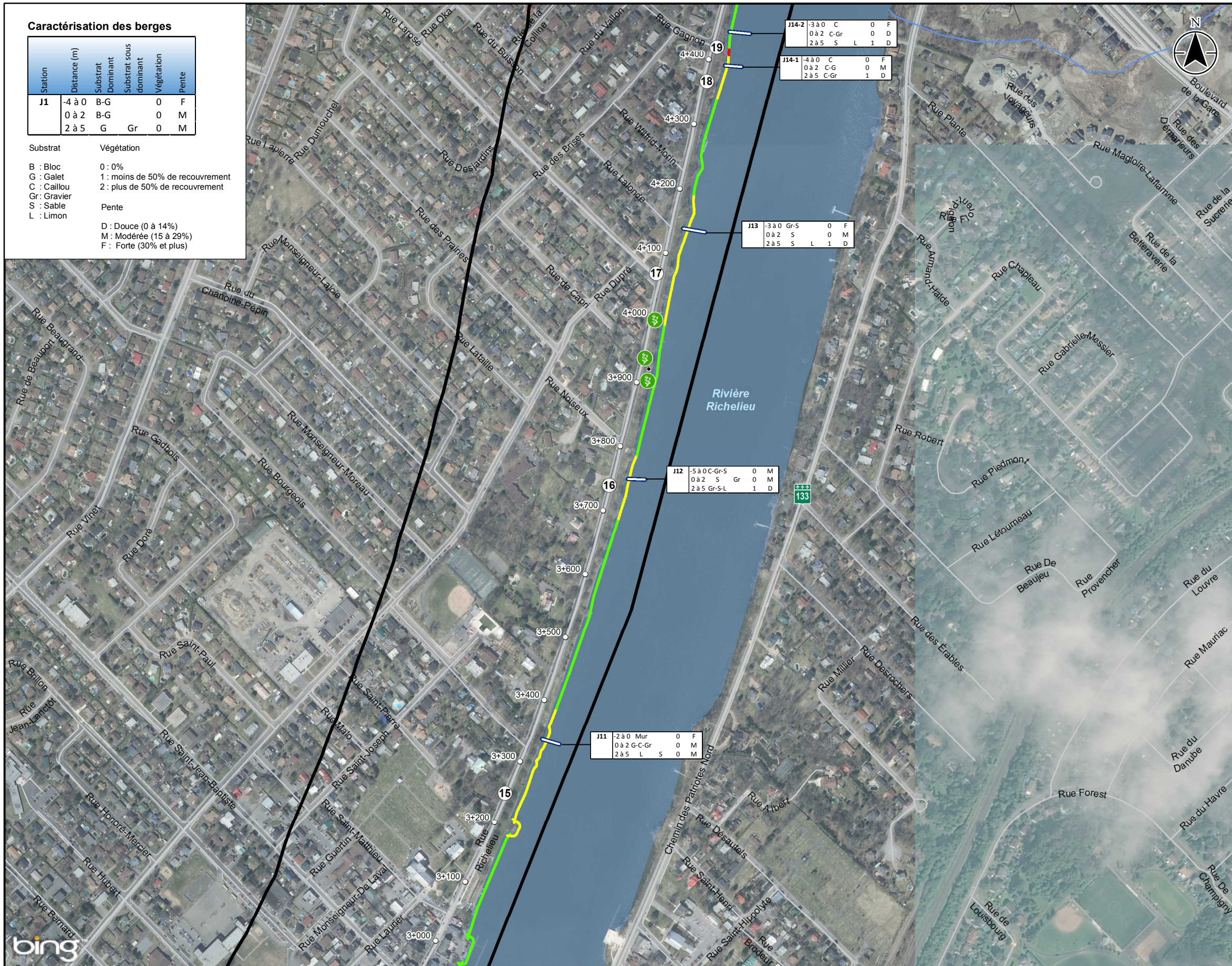
L : Limon

Pente

D : Douce (0 à 14%)

M : Modérée (15 à 29%)

F : Forte (30% et plus)



1080, Côte du Beaver Hall, bureau 300
 Montréal (Québec) H2Z 1S8
 Téléphone: 514.281.1010
 Télécopieur: 514.798.8790

Milieu biophysique

- ♣ Espèce faunique à statut (CDPNQ)
- ▲ Herpétofaune
- 🌿 Espèce exotique envahissante
- 🕒 Site d'observation eBird
- ① Flore terrestre - Numéro de section

Habitat du poisson

- Transect de caractérisation

Catégorie de berge *

- Action urgente à prendre
- À surveiller
- Stable

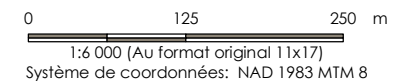
Hydrographie

- Cours d'eau

Composantes du projet

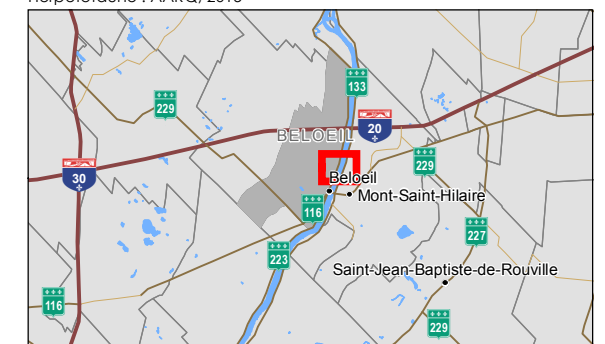
- ▭ Zone d'étude
- Chaînage

* Limites des zones reportées sur la rive selon le chaînage de la route



Sources

Base cartographique : Relevés terrain, Stantec et Englobe, 2015.
 Chaînage, EXP, 2012
 Réseau routier : Adresse Québec, MRNF Québec, 14 décembre 2014
 Image : Ortho-images, 12 cm, Ville de Beloeil
 Espèce faunique à statut : MRNF, CDPNQ faune, 2015
 Herpétofaune : AARQ, 2015



N° projet : 159200036-200
 N° dessin : C0003
 Révision : 00
 Date : 2016-01-20

Préparé par : Louis-Simon Barville
 Dessiné par : Sylvain Deslandes
 Vérifié par : Philippe Roy
 Chargé de projet : Sylvie Côté

Client/Projet

Projet de stabilisation de talus riverain
 le long de la rivière Richelieu
 entre la rue Bernard-Pilon et l'autoroute 20
 à Beloeil



Titre

Figure 2 : Milieu biophysique

Caractérisation des berges

Station	Distance (m)	Substrat Dominant	Substrat sous dominant	Végétation	Pente
J1	-4 à 0	B-G		0	F
	0 à 2	B-G		0	M
	2 à 5	G	Gr	0	M

Substrat Végétation

B : Bloc 0 : 0%

G : Galet 1 : moins de 50% de recouvrement

C : Caillou 2 : plus de 50% de recouvrement

Gr : Gravier

S : Sable

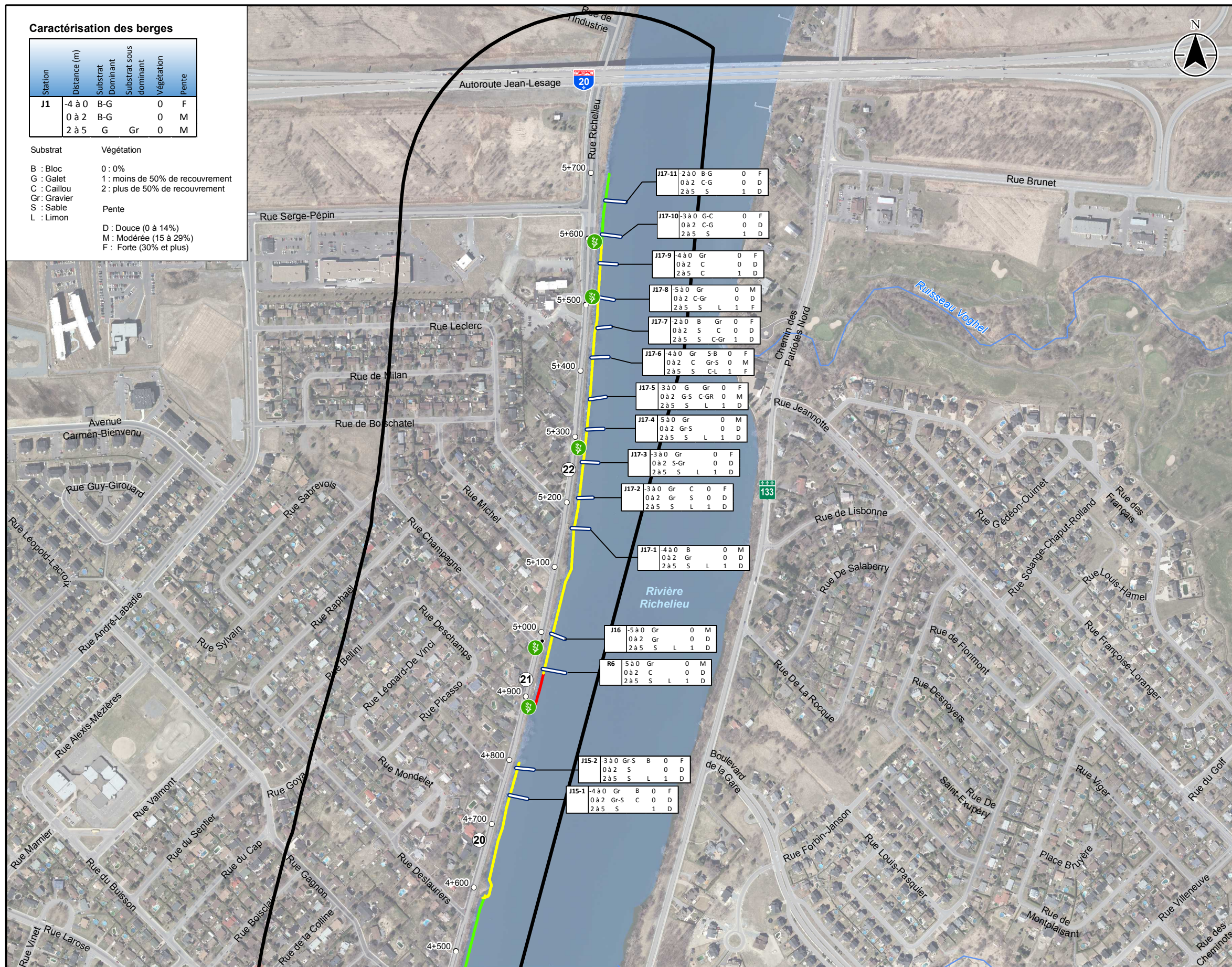
L : Limon

Pente

D : Douce (0 à 14%)

M : Modérée (15 à 29%)

F : Forte (30% et plus)



1080, Côte du Beaver Hall, bureau 300
Montréal (Québec) H2Z 1S8
Téléphone: 514.281.1010
Télécopieur: 514.798.8790

Milieu biophysique

- ♣ Espèce faunique à statut (CDPNQ)
- ▲ Herpétofaune
- 🌿 Espèce exotique envahissante
- 🕒 Site d'observation eBird
- ① Flore terrestre - Numéro de section

Habitat du poisson

- Transect de caractérisation

Catégorie de berge *

- Action urgente à prendre
- À surveiller
- Stable

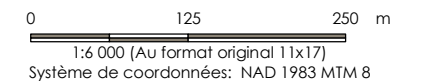
Hydrographie

- Cours d'eau

Composantes du projet

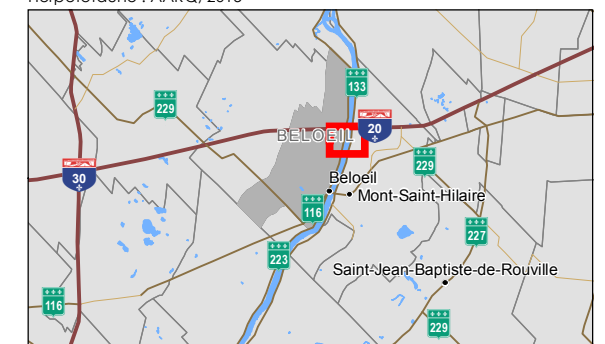
- ▭ Zone d'étude
- Chaînage

* Limites des zones reportées sur la rive selon le chaînage de la route



Sources

Base cartographique : Relevés terrain, Stantec et Englobe, 2015.
Chaînage, EXP, 2012
Réseau routier : Adresse Québec, MRNF Québec, 14 décembre 2014
Image : Ortho-images, 12 cm, Ville de Beloeil
Espèce faunique à statut : MRNF, CDPNQ faune, 2015
Herpétofaune : AARQ, 2015



N° projet : 159200036-200
N° dessin : C0003
Révision : 00
Date : 2016-01-20

Préparé par : Louis-Simon Barville
Dessiné par : Sylvain Deslandes
Vérifié par : Philippe Roy
Chargé de projet : Sylvie Côté

Cient/Projet

Projet de stabilisation de talus riverain
le long de la rivière Richelieu
entre la rue Bernard-Pilon et l'autoroute 20
à Beloeil



Titre

Figure 2 : Milieu biophysique

