

Remodelage des rives de la rivière Lorette, secteur du boulevard Wilfrid-Hamel, Villes de Québec et de l'Ancienne -Lorette

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT :
Rapport d'étude préparatoire d'ingénierie et annexes
Tome 2 de 2

Présentée par la ville de Québec

N° de dossier : 3211-02-272



REMODELAGE DES RIVES DE LA RIVIÈRE LORETTE
SECTEUR DU BOULEVARD WILFRID-HAMEL,
VILLES DE QUÉBEC ET DE L'ANCIENNE-LORETTE

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
DÉPOSÉE AU MINISTRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE,
DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS

Rapport d'étude préparatoire d'ingénierie – Tome 2 de 2
Rapport final

N° de dossier : 3211-02-272


Présentée par :

Ville de Québec

En collaboration avec :

GENIVAR inc.

Préparée par :


Leila Ouahit, ing. jr

N° OIQ : 5016952

et


Pierre Pelletier, ing., M. Sc.

N° OIQ : 104363

JUIN 2013
121-12904-00

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Ville de Québec

Chargé de projet ingénierie	:	Denis Brisson, ing.
Chargée de projet environnement	:	Louise Babineau, biologiste
Coordonnateur projets spéciaux	:	Claude Couillard, ing.

Ville de L’Ancienne-Lorette

Directeur général	:	Serge Lapointe, ing.
Chargé de projet urbanisme	:	Jean-Sébastien Bussière

GENIVAR inc.

Directeur de projet	:	Pierre Pelletier, ing.
Codirecteur (Environnement)	:	Michel Caron, biologiste
Chargée de projet ingénierie	:	Leila Ouahit, ing. jr
Chargée de projet éco-ingénierie	:	Linda Giroux
Ingénieurs de projet	:	Étienne Cormier ing. Vincent Métivier ing. Justin McKibbon ing.
Conception / Dessin	:	Sylvain Bisson Martin Cloutier Jean-Marc Tremblay
Infographie	:	Ludovic Deschênes
Relevés	:	Sylvain Paquet Alexandre Paradis Philippe Charest-Gélinas David Gilbert
Traitement de texte et édition	:	Nancy Paquet

Référence à citer :

GENIVAR. 2013. *Remodelage des rives de la rivière Lorette, secteur du boulevard Wilfrid-Hamel, villes de Québec et de L’Ancienne-Lorette. Étude d’impact sur l’environnement déposée au Ministre du Développement durable, de l’Environnement, de la Faune et des Parcs - Rapport d’étude préparatoire d’ingénierie – Tome 2 de 2.* Rapport final de GENIVAR inc. à la Ville de Québec. 123 p. et annexes.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Équipe de réalisation	iii
Table des matières	v
Liste des tableaux.....	ix
Liste des figures.....	ix
Liste des cartes.....	x
Liste des annexes.....	xi
1. INTRODUCTION.....	1
1.1 Contexte général.....	1
1.1.1 Compétence d'agglomération	2
1.2 Objectifs	5
1.3 Localisation de la zone d'étude	6
1.4 Approche méthodologique	6
1.5 Historique	9
1.5.1 Interventions réalisées dans le cours de la rivière Lorette à l'automne 2005.....	11
2. CRITÈRES DE CONCEPTION	15
2.1 Hydrologie	15
2.1.1 Conditions actuelles et conditions projetées	15
2.1.2 Critère de conception	16
2.2 Revanche	16
2.2.1 Ouvrage de protection.....	16
2.2.2 Ponts	17
2.3 Protection en enrochement	17
2.4 Lit d'étiage.....	17
2.5 Localisation de la végétation arborescente	18
2.6 Contraintes d'aménagement	18
2.6.1 Propriétés riveraines	18
2.6.2 Paysage	19
2.6.3 Travaux de revégétalisation du lit et des rives (éco-ingénierie)	19

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

	<i>Page</i>
3. DESCRIPTION DE L'ÉTAT ACTUEL.....	23
3.1 Portrait général du bassin versant de la rivière Lorette.....	23
3.2 État actuel du lit et des berges : zones de sédimentation et érosion	27
3.2.1 Synthèse des études antérieures.....	27
3.2.2 État actuel	27
3.3 Description de la dynamique sédimentaire	28
3.3.1 Origine des sédiments.....	28
3.3.2 Évolution temporelle.....	39
3.3.3 Zones de dépôts et d'érosion observés en 2012	39
3.4 Identifications des principaux contrôles hydrauliques	41
3.5 Identification des zones d'inondation par débordement de la rivière.....	44
3.6 Diagnostic des débordements pour l'état actuel.....	49
3.7 Niveaux d'eau et vitesses en crue centennale	52
3.8 Capacités hydrauliques des ponts	52
3.9 Ligne naturelle des hautes eaux	53
4. DESCRIPTION DU CONCEPT D'ÉCO-INGENIERIE	55
4.1 Aspects reliés à la protection contre les inondations.....	55
4.1.1 Secteur Saint-Jean-Baptiste.....	55
4.1.2 Secteur Michel-Fragasso	56
4.1.3 Secteur Wilfrid-Hamel aval.....	62
4.1.4 Secteur Wilfrid-Hamel amont	68
4.1.5 Reprofilage du lit de la rivière.....	71
4.1.6 Sommaire des interventions.....	71
4.1.7 Analyse sommaire de la reconstruction du pont de la rue Michel-Fragasso.....	72
4.1.8 Niveaux d'eau en conditions projetées.....	74
4.1.9 Diamètre d'enrochement	76
4.1.10 Recommandations pour les reconstructions des ponts de la zone d'étude.....	76

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

	<i>Page</i>
4.1.11	Présentation des acquisitions nécessaires à la réalisation du concept..... 77
4.1.12	Optimisation et variantes étudiées 77
4.2	Concept d'éco-ingénierie..... 77
4.2.1	Secteur d'écoulement de la rivière (niveau inférieur à la crue 2 ans + 0,5 m) : végétalisation des enrochements..... 77
4.2.2	Secteur des rives rehaussées dans la section d'écoulement de la rivière (niveau supérieur à la crue 2 ans + 0,5 m) 78
4.2.3	Secteur des rives rehaussées en dehors de la section d'écoulement de la rivière 79
4.2.4	Intégration visuelle des murets..... 80
4.3	Échéancier des travaux 99
4.4	Estimation préliminaire des coûts..... 101
4.5	Accès temporaires et aires de dépôts 103
5.	IMPACTS HYDRAULIQUES DU CONCEPT 107
5.1	Impacts hydrauliques dans la zone d'étude locale en crue centennale 107
5.1.1	Niveaux d'eau..... 107
5.1.2	Vitesses..... 108
5.2	Impacts hydrauliques à l'aval de la zone à l'étude locale..... 108
5.2.1	Description de la zone aval 108
5.2.2	Conditions actuelles - débit centennial..... 109
5.2.3	Analyse des impacts hydrauliques aval en crue centennale..... 110
5.2.3.1	Niveaux d'eau 110
5.2.3.2	Vitesses 110
5.2.3.3	Risques d'inondations..... 110
5.2.4	Analyse des impacts hydrauliques aval en conditions moyennes d'hydraulicité 110
5.3	Impacts hydrauliques à l'amont de la zone à l'étude locale 114
5.3.1	Description de la zone d'étude amont 114

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

	Page
5.3.2	Analyse des impacts hydrauliques amont en crue centennale 114
5.3.2.1	Niveaux d'eau 114
5.3.2.2	Vitesses 114
5.3.2.3	Risques d'inondations 115
5.3.3	Analyse des impacts hydrauliques amont en conditions moyennes d'hydraulicité 115
5.4	Impacts des postes de relèvement 115
5.5	Impacts appréhendés sur la dynamique sédimentaire 116
6.	RECOMMANDATIONS 117
6.1	Ingénierie détaillée 117
6.1.1	Trop-pleins des postes de relèvement 117
6.1.2	Exutoires d'égout pluvial existant 117
6.1.3	Conduites d'égout et d'aqueduc existants en rivière 117
6.1.4	Drainage des arrières lots 117
6.1.5	Synthèse des éléments à considérer lors de l'ingénierie détaillée 117
6.1.6	Géotechnique 118
6.1.7	Hydraulique 118
6.2	Mesures complémentaires aux travaux de revégétalisation 119
7.	RÉFÉRENCES 121

LISTE DES TABLEAUX

	<i>Page</i>
Tableau 1	Débits de pointe de la rivière Lorette (climat actuel et climat futur, conditions de gestion actuelles et conditions de gestion projetées). ¹ 16
Tableau 2	Principaux barrages du bassin versant de la rivière Lorette. 23
Tableau 3	Localisation et type des contrôles hydrauliques identifiés dans la zone d'étude. 43
Tableau 4	Estimés de la capacité hydraulique des ponts situés sur la rivière Lorette (de la rue Saint-Paul à la rivière Saint-Charles). 52
Tableau 5	Sommaire des longueurs d'interventions par types. 71
Tableau 6	Niveaux d'eau en conditions projetées, débit 100 ans, au droit des ponts de la rivière Lorette (de la rue Saint-Paul à la rivière Saint-Charles). 76
Tableau 7	Échéancier détaillé de réalisation du projet. 100
Tableau 8	Estimation préliminaire des coûts des travaux. 101
Tableau 9	Rehaussement des niveaux d'eau en aval de la zone d'étude au passage d'une crue centennale (85 m ³ /s). 111
Tableau 10	Synthèse des éléments à considérer lors de l'ingénierie détaillée. 118

LISTE DES FIGURES

	<i>Page</i>
Figure 1	Coupe type des travaux de revégétalisation. 21
Figure 2	Pente « 85-10 » de la rivière Lorette. 24
Figure 3	Ligne d'eau simulée en conditions actuelles pour différents débits. 42
Figure 4	Ligne d'eau simulée en conditions actuelles et projetées pour un débit centennal. 75
Figure 5	Section A. 81
Figure 6	Section B. 83
Figure 7	Section C. 85
Figure 8	Section D. 87
Figure 9	Section E. 89
Figure 10	Section F. 91
Figure 11	Section G. 93
Figure 12	Section H. 95

LISTE DES FIGURES (SUITE)

	Page
Figure 13	Section I. 97
Figure 14	Carte de la zone inondée du pont du boulevard Henri-IV à la rivière Saint-Charles (débit 70 m ³ /s), CEHQ 2012. 112
Figure 15	Carte de la zone inondée de l'autoroute Henri-IV à la rivière Saint-Charles (débit 85 m ³ /s), CEHQ 2012. 113

LISTE DES CARTES

	Page
Carte 1	Bassin versant de la rivière Lorette : localisation et échéancier des grands travaux retenus. 3
Carte 2	Localisation de la zone d'étude locale. 7
Carte 3	Zone inondée lors du débordement de la rivière Lorette à la suite des pluies du 26 septembre 2005. 13
Carte 4	Bassin versant de la rivière Lorette. 25
Carte 5	Zones de sédimentation et d'érosion observées dans la rivière Lorette (2005, 2010 et 2011). 29
Carte 6	Zones de sédimentation et d'érosion observées – Secteur Saint-Jean-Baptiste. 31
Carte 7	Zones de sédimentation et d'érosion observées – Secteur Michel-Fragasso. 33
Carte 8	Zones de sédimentation et d'érosion observées – Secteur Wilfrid-Hamel aval. 35
Carte 9	Zones de sédimentation et d'érosion observées – Secteur Wilfrid-Hamel amont. 37
Carte 10	Identification des zones d'inondation par débordement de la rivière Lorette. 47
Carte 11	Travaux de remodelage projetés – Secteur Saint-Jean-Baptiste. 57
Carte 12	Travaux de remodelage projetés – Secteur Michel-Fragasso. 59
Carte 13	Travaux de remodelage projetés - Secteur Wilfrid-Hamel aval. 63
Carte 14	Travaux de remodelage projetés - Secteur Wilfrid-Hamel amont. 65

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 Modélisation hydrodynamique 2D : mise en œuvre et résultats
- Annexe 2 Plans concepts de reconstruction du pont Michel-Fragasso
- Annexe 3 Tableau des acquisitions
- Annexe 4 Variantes d'aménagement étudiées et optimisation
- Annexe 5 Estimation préliminaire des coûts
- Annexe 6 Répertoire photographique

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte général

Certaines problématiques récurrentes d'inondations ont été observées au cours des dernières années dans le tronçon de la rivière Lorette situé le long du boulevard Wilfrid-Hamel (carte 1). Les pluies des 25 et 26 septembre 2005, au passage de l'ouragan Rita, ont provoqué des inondations majeures et des dommages importants aux propriétés.

Les principales causes identifiées, à la suite de l'évènement Rita, pour expliquer ces inondations sont le refoulement des réseaux d'égouts et le débordement de la rivière Lorette. Dès l'automne 2005, la ville de Québec a procédé à diverses interventions et suivis pour minimiser les risques de refoulement et d'inondation, dont entre autres :

- l'enlèvement des zones d'accumulation de sédiments et des débris végétaux;
- la réalisation de travaux correctifs aux abords de trois ponts et de travaux de stabilisation des rives;
- l'identification des zones de débris et d'entretien et le suivi des zones de sédimentations.

Aussi, en collaboration avec le Bureau de la sécurité civile de la ville de Québec, un plan particulier d'inondation (niveaux d'alerte) a été mis en place et des stations de mesures en continu du niveau de la rivière Lorette ont été installées.

Afin de rechercher des solutions globales à l'échelle du bassin versant, pour minimiser les risques de refoulement et d'inondation, la ville de Québec a produit un *Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette* qui identifie, en cinq phases, les grands travaux à réaliser pour augmenter le niveau de service de la rivière Lorette (carte 1).

- phase 1 : Corrections des restrictions hydrauliques mineures;
- phase 2 : Équipements de protection (égout pluvial);
- phase 3 : Barrages de régulation des crues;
- **phase 4 : Remodelage des rives de la rivière Lorette;**
- phase 5 : Équipements de protection supplémentaires.

Les travaux de la phase 1 ont été complétés en 2009. La phase 2, terminée en 2010, visait à augmenter le niveau de service du réseau pluvial. Pour ce faire, quatre postes de relèvement ont été mis en service (Rideau, Flaubert, Michel-Fragasso et Drolet). La phase 3 consiste à construire deux barrages sur des

tributaires de la rivière Lorette dans le but de régulariser les crues de cette dernière. Un premier barrage, sur le ruisseau des Friches, a été mis en service à l'automne 2012. Le second barrage, sur le ruisseau du Mont Châtel, devrait être opérationnel en 2014. Ces barrages de régulation seront gérés par un système de gestion en temps réel. Ces ouvrages permettront de diminuer le débit de pointe lors des crues dans le secteur du boulevard Wilfrid-Hamel.

La phase 4, soit le remodelage des rives de la rivière Lorette, a comme objectifs de :

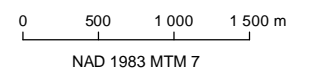
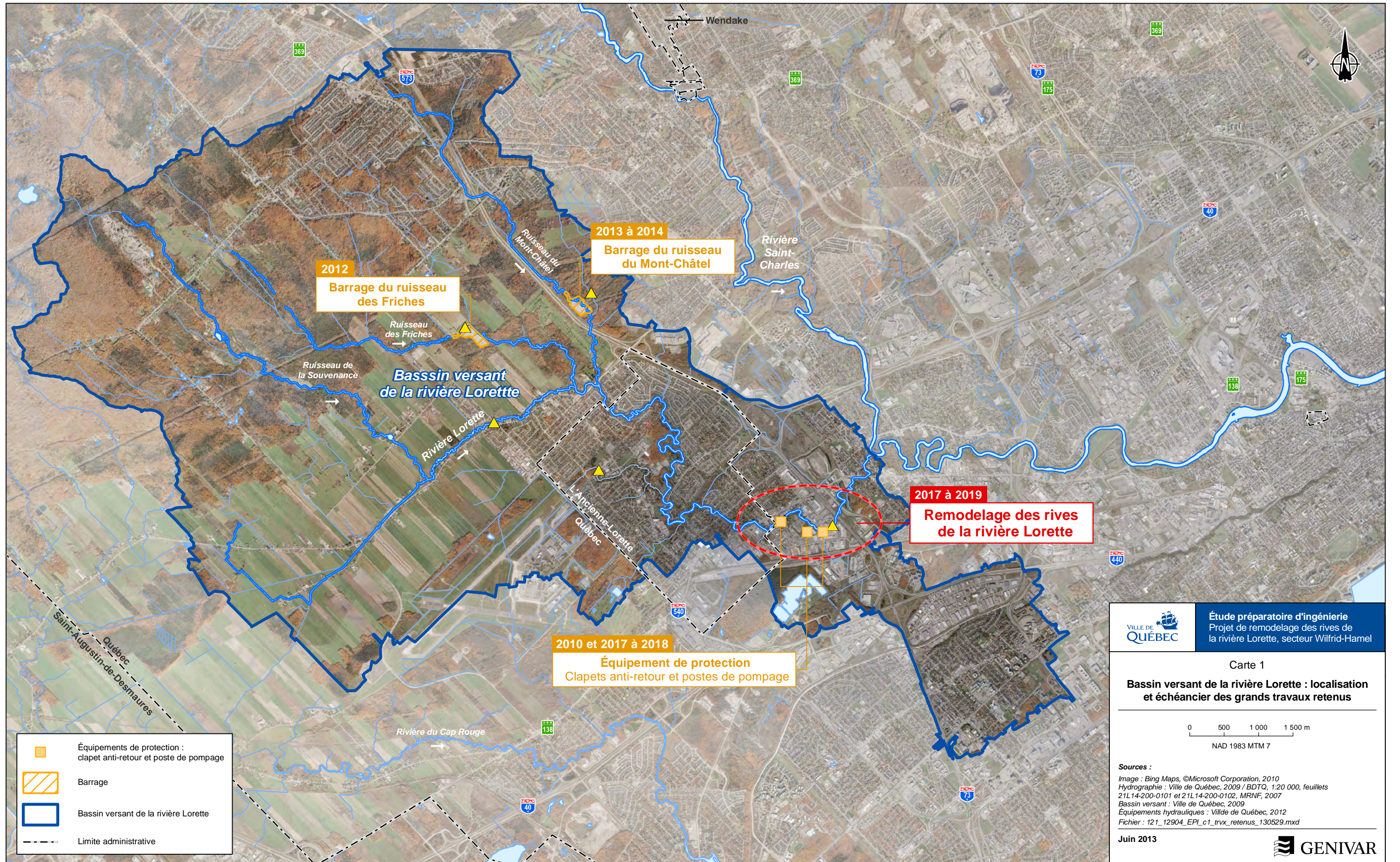
- augmenter la capacité hydraulique de la rivière;
- recréer, lorsque possible, des plaines de débordement;
- diminuer les probabilités et les risques de débordement;
- protéger les propriétés riveraines contre les inondations et atténuer les dommages liés aux inondations;
- assurer la sécurité des riverains;
- restaurer et renaturaliser les rives.

L'étude préparatoire d'ingénierie du projet de remodelage des rives de la rivière Lorette dans le secteur du boulevard Wilfrid-Hamel s'inscrit donc dans le cadre de la phase 4 des grands travaux. Les sections suivantes précisent le contexte particulier et les objectifs de la présente étude et de ceux de l'étude d'impact sur l'environnement réalisée simultanément.

Précisons enfin que la phase 5 des grands travaux prévoit l'ajout de deux autres postes de relèvement sur le réseau pluvial et des modifications au poste de pompage d'égout sanitaire de la rue Drolet. Ces travaux visent aussi à augmenter le niveau de service des réseaux d'égouts et devraient débuter en 2017 pour être complétés en 2018.

1.1.1 Compétence d'agglomération

Les zones d'étude et d'inondation sont localisées sur les territoires des villes de Québec et de L'Ancienne-Lorette. Cependant, la rivière étant une compétence d'agglomération, GENIVAR inc. (GENIVAR) a été mandaté par la ville de Québec. Les spécialistes de la ville de L'Ancienne-Lorette ont toutefois été impliqués tout au long de la réalisation du mandat.



Sources :
 Image : Bing Maps, ©Microsoft Corporation, 2010
 Hydrographie : Ville de Québec, 2009 / BDTQ, 1:20 000, feuillets 21L14-200-0101 et 21L14-200-0102, MRNF, 2007
 Bassin versant : Ville de Québec, 2009
 Équipements hydrauliques : Ville de Québec, 2012
 Fichier : 121_12904_EPI_c1_trvx_retenus_130529.mxd

1.2 Objectifs

Afin d'amorcer la phase 4 des grands travaux, la ville de Québec a mandaté GENIVAR pour élaborer un concept d'éco-ingénierie pour le remodelage des rives de la rivière Lorette, dans le secteur du boulevard Wilfrid-Hamel. Globalement, le mandat de GENIVAR consiste à la réalisation des études préparatoires d'ingénierie et de l'étude d'impact pour le remodelage des rives de la rivière Lorette dans le but d'assurer une protection aux riverains au passage d'une crue centennale.

Le présent rapport couvre la première partie du mandat, soit les études préparatoires d'ingénierie, et a comme objectifs de :

- caractériser le comportement hydraulique de la rivière Lorette pour les conditions actuelles;
- identifier les zones de débordement de la rivière;
- établir les paramètres, contraintes et critères de conception pour l'élaboration d'un concept d'éco-ingénierie;
- élaborer et présenter le concept d'éco-ingénierie pour assurer le passage d'une crue centennale;
- caractériser le comportement hydraulique de la rivière Lorette pour les conditions projetées au passage d'une crue centennale et d'un événement hydrologique comparable à celui de la tempête Rita;
- estimer les coûts de construction et établir un calendrier de réalisation des travaux;
- évaluer les impacts hydrauliques du projet;
- fournir l'ensemble des résultats hydrauliques requis pour la réalisation de l'étude d'impact;
- faire des recommandations concernant les étapes ultérieures.

Ce rapport et l'étude d'impact (GENIVAR, 2013) sont intimement liés. En fait, l'étude d'impact est basée sur le concept et les résultats fournis dans le présent rapport. Dans ce contexte, certaines parties du rapport sont reprises presque intégralement dans l'étude d'impact qui est en cours de réalisation.

La localisation de la zone d'étude, l'approche méthodologique et un bref historique des inondations et études réalisées dans le secteur complètent l'introduction. Les critères de conception sont définis au chapitre 2 et la description de l'état actuel suit au chapitre 3. Le concept d'éco-ingénierie est détaillé au chapitre 4. Les impacts hydrauliques et l'estimation des coûts du projet sont présentés au chapitre 5 et des recommandations suivent au chapitre 6.

Diverses annexes complètent le rapport où sont fournis des résultats détaillés des modélisations hydrodynamiques, des plans concepts du secteur du pont de la rue Michel-Fragasso et un répertoire photographique.

1.3 Localisation de la zone d'étude

La rivière Lorette est l'un des principaux tributaires de la rivière Saint-Charles. Elle coule sur une distance de 15,5 km et son parcours est qualifié de sinueux. Elle prend sa source dans la portion ouest de la Ville de Québec (arrondissement Laurentien) et se jette dans la rivière Saint-Charles (PK 0,00) à la hauteur de l'ancien quartier Les Saules dans l'arrondissement Les Rivières. La superficie du bassin versant de la rivière Lorette est de 67,8 km².

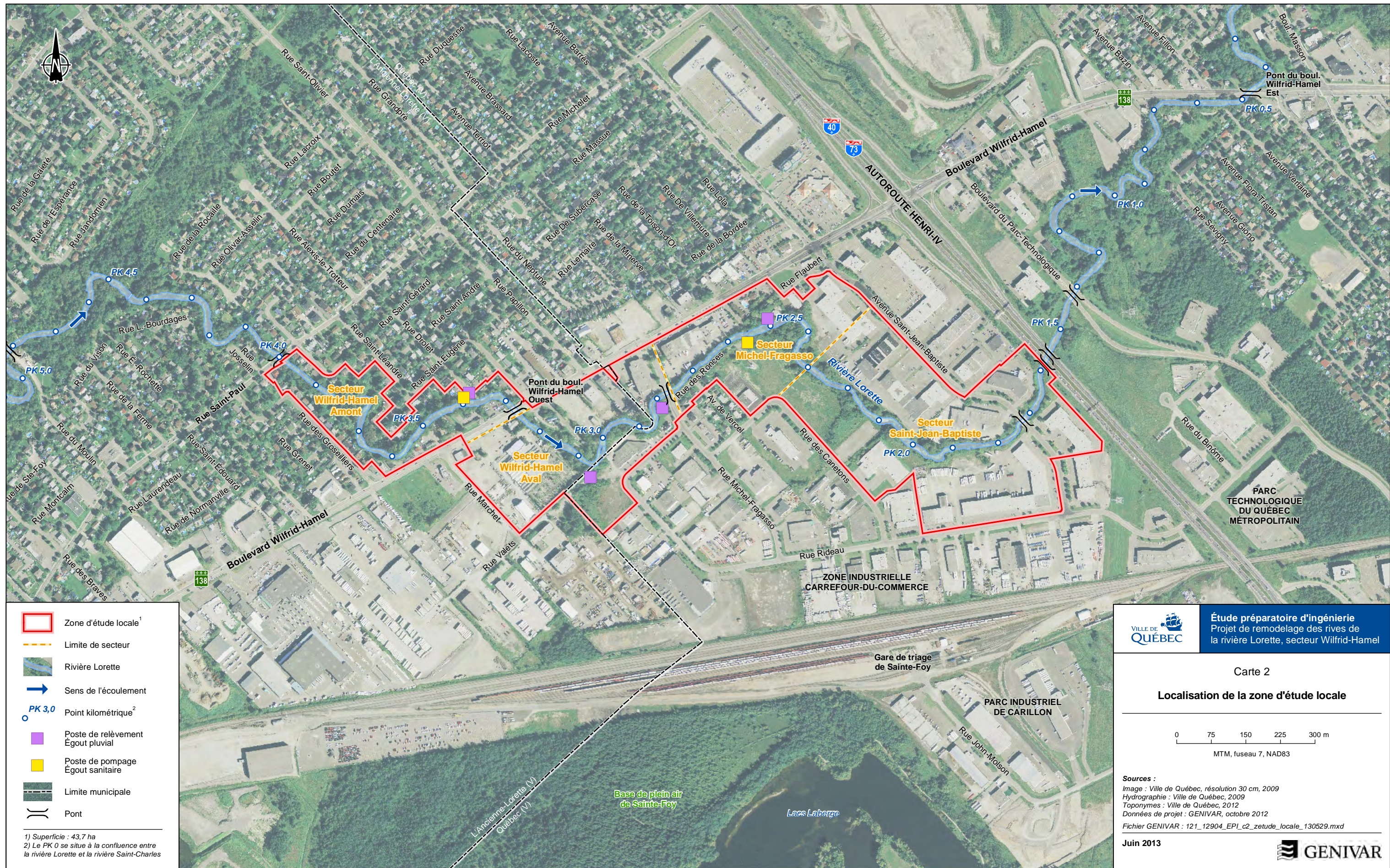
La zone à l'étude locale est comprise entre la rue Saint-Paul (PK 3,98) et l'autoroute Henri-IV (PK 1,58), soit une longueur totale de 2,42 km. La carte 2 présente la localisation de la zone d'étude. Le premier tronçon (amont) de 1 km est situé dans la ville de L'Ancienne-Lorette, entre les PK 3,39 et 2,88, tandis que le second tronçon de 1,2 km, entre les PK 2,88 et 1,58, est localisé dans la ville de Québec.

Dans le but de faciliter l'identification rapide de certaines parties de la zone d'étude locale, cette dernière a été divisée en quatre sous-secteurs, soit :

1. Le secteur Saint-Jean-Baptiste qui se situe entre les ponts de l'autoroute Henri-IV (PK 1,6) et le PK 2,30.
2. Le secteur Michel-Fragasso qui se trouve entre le PK 2,3 et le pont de la rue Michel-Fragasso (PK 2,78).
3. Le secteur Wilfrid-Hamel aval situé entre le pont de la rue Michel-Fragasso (inclus) et le pont du boulevard Wilfrid-Hamel (PK 3,26).
4. Le secteur Wilfrid-Hamel amont qui se localise entre le pont du boulevard Wilfrid-Hamel (inclus) et le PK 4,0 (pont de la rue Saint-Paul).

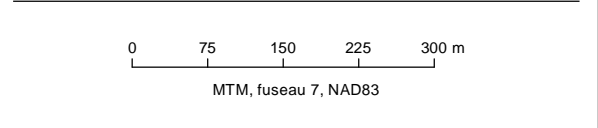
1.4 Approche méthodologique

Outre les diverses contraintes techniques, le développement d'un concept de remodelage de rivière en milieu urbain, sur près de 2,5 km, implique aussi beaucoup d'enjeux environnementaux, économiques, sociaux et légaux. Dans un tel contexte multidisciplinaire, le concept d'éco-ingénierie a été développé par une équipe composée d'ingénieurs spécialisés en hydraulique, de biologistes, d'architectes du paysage et d'urbanistes. Ainsi, dès les premières étapes du mandat, les différents spécialistes, des villes de Québec et de L'Ancienne-Lorette et de GENIVAR, ont collaboré ensemble afin de s'assurer de l'atteinte des objectifs de protection contre les inondations et des objectifs environnementaux et sociaux.



- Zone d'étude locale¹
- Limite de secteur
- Rivière Lorette
- ➔ Sens de l'écoulement
- PK 3,0 Point kilométrique²
- Poste de relèvement
Égout pluvial
- Poste de pompage
Égout sanitaire
- Limite municipale
-)) Pont

1) Superficie : 43,7 ha
 2) Le PK 0 se situe à la confluence entre la rivière Lorette et la rivière Saint-Charles



Sources :
 Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Hydrographie : Ville de Québec, 2009
 Toponymes : Ville de Québec, 2012
 Données de projet : GENIVAR, octobre 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPI_c2_zetude_locale_130529.mxd

Après avoir déterminé les critères et les paramètres de conception avec l'équipe de travail, un modèle hydrodynamique 2D de la zone d'étude a été mis en œuvre et a permis de mieux comprendre le comportement actuel de la rivière lors des crues. Les zones de débordement et les contrôles hydrauliques (ponts, restrictions de la section d'écoulement, etc.) ont bien été identifiés. En parallèle, les grandes lignes du concept d'éco-ingénierie ont été établies. Puis, en commençant par le tronçon le plus en aval près de l'autoroute Henri-IV, le concept d'éco-ingénierie a été intégré au modèle hydrodynamique 2D. En fonction des différentes contraintes locales (rues, infrastructures, ponts, etc.), le concept a été ajusté. Dans les secteurs plus problématiques, une optimisation a été réalisée afin de minimiser les impacts. Finalement, une fois le concept adapté à l'ensemble du tronçon à l'étude, une série de modélisations hydrodynamiques a été réalisée pour définir le comportement hydraulique en conditions projetées et pour permettre de définir les impacts et établir les coûts de construction.

L'étude préparatoire d'ingénierie a donc été réalisée en étroite collaboration avec les différents spécialistes en environnement responsables de l'étude d'impact environnemental afin de limiter les impacts du concept sur le milieu récepteur. Cette étude d'ingénierie sera intégrée à l'étude d'impact sur l'environnement.

1.5 Historique

Au cours des dernières décennies, une urbanisation considérable a eu lieu dans le bassin versant de la rivière Lorette, et ce, dans un contexte de changements climatiques où les événements extrêmes semblent être de plus en plus fréquents. Ces deux facteurs augmentent le ruissellement des eaux de surface vers la rivière Lorette et la vulnérabilité des infrastructures situées en zone inondable.

Divers épisodes de précipitations ont provoqué des inondations les 9 et 10 septembre 2004 et en 2005 où deux ouragans ont atteint la région de Québec, soit Katrina, les 30 et 31 août et Rita, les 25 et 26 septembre. La zone approximative des inondations du 26 septembre 2005 est présentée sur la carte 3. Précisons que c'est uniquement lors de l'évènement Rita que d'importantes inondations sont survenues dans les secteurs résidentiels et commerciaux situés dans la zone à l'étude. Dans ce tronçon de la rivière Lorette, les lots sont en grande majorité de propriété privée et se terminent au milieu de la rivière.

Les inondations causées par les refoulements du réseau domestique en 2004 dans le secteur de la ville de L'Ancienne-Lorette sont documentées dans le rapport de Consultants VFP (2004)¹. Il a été établi que les niveaux de crue de la rivière Lorette ont impliqué un refoulement dans le réseau pseudo-domestique, via les trop-pleins des stations de pompage. Des interventions sur les stations de pompage y sont recommandées.

1 CONSULTANTS VFP. 2004. *Débordement de la rivière Lorette. Événement survenu les 9 et 10 septembre 2004* (PP Drolet). Décembre 2004.

Les inondations survenues en 2005 ont été documentées dans les rapports de BPR²³ (2005 et 2006). Il y est mentionné que « *tous les ponts et ponceaux ont été saturés depuis le pont du boulevard Hamel jusqu'à la confluence avec la rivière Saint-Charles* ». Un refoulement d'égout pluvial a été constaté sur la rue Rideau, et les secteurs Rideau et des Méandres étaient impraticables. La carte 3 présente le délaissé de crue mesuré par la ville de Québec à la suite des inondations de septembre 2005. Un second rapport portant sur les inondations de 2005 a été publié en janvier 2006⁴ (BPR, 2006). Celui-ci présente les problématiques d'inondation et de refoulement d'égout observées à l'automne 2005 (constat et hypothèses préliminaires). La problématique des réseaux (réseau pluvial, réseau pseudo-sanitaire, poste de pompage Drolet) est documentée et des recommandations sont effectuées pour réaménager les réseaux d'égout afin d'éviter les refoulements chez les résidents.

La problématique d'inondation observée localement s'inscrit dans le contexte de la gestion globale du bassin versant de la rivière Lorette. Depuis 1973, de nombreuses études sur la gestion des eaux pluviales dans le bassin versant de la rivière Saint-Charles et de ses affluents ont été réalisées. Le *Plan de gestion des eaux pluviales de la rivière Lorette*⁵ fournit une mise à jour des études existantes et propose différents scénarios de gestion, en conditions actuelles et futures. Le plan de gestion vise à présenter les actions nécessaires pour offrir un niveau de service quinquennal à l'ensemble du réseau de drainage du territoire et protéger les secteurs à haut risque d'inondation pour un événement tel que « Rita ». Les différentes phases des grands travaux établis dans le plan de gestion sont décrites à la section 1.1.

2 BPR. 2005. *Inondations du 26 septembre 2005 – Rivière Lorette*. Novembre 2005.

3 BPR. 2005. *Pluvial rue Drolet L'Ancienne-Lorette*. Novembre 2005.

4 BPR. 2006. *Bassin versant en amont du poste de pompage Drolet, secteur de L'Ancienne-Lorette. Problématique d'inondation et de refoulement d'égouts, automne 2005 constats et hypothèses préliminaires*. Janvier 2006.

5 BPR. 2006. *Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs de l'aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair - Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie). Rapport d'étape 1 : Synthèse des acquis*. Octobre 2006.

BPR. 2006. *Plan directeur de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs de l'aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair – Bassins versants de la rivière Lorette. Rapport d'étape 1 : Synthèse des acquis (préliminaire). Annexe 1.5 : Fiches d'inventaire et DVD (3). Inspection rivière Lorette*. Août 2006.

BPR. 2008. *Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs de l'aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair - Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie). Rapport d'étape 2 : État actuel*. Avril 2008.

BPR. 2008. *Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs de l'aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair - Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie). Rapport d'étape 3 : État ultime*. Mai 2008.

1.5.1 Interventions réalisées dans le cours de la rivière Lorette à l'automne 2005

Des interventions ont été réalisées dans la rivière Lorette en situation d'urgence à l'automne 2005 à la suite des inondations des 25 et 26 septembre 2005. Ces interventions ne s'inscrivent pas dans un plan de remodelage des rives de la rivière Lorette préalablement établi. L'objectif de ces interventions ponctuelles était d'atténuer les inondations en cas de crue et a été recommandé uniquement sur la base d'observations de terrain. Ces interventions (stabilisation de rives, enlèvement de dépôts de sédiments, etc.) ont été recommandées par le Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ) et réalisées par la Ville de Québec (CEHQ 2005a et 2005 b)⁶⁷.

6 CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC. 2005. *Inspection de la rivière Lorette (rue Saint-Paul - rivière Saint-Charles)*. Novembre 2005.

7 CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC. 2005. *Photographies CEHQ - Accumulations sédiments*. Septembre 2005.

2. CRITÈRES DE CONCEPTION

Ce chapitre présente les principaux critères et paramètres utilisés pour l'élaboration du concept d'éco-ingénierie. Les contraintes de conception associées aux enjeux environnementaux et sociaux sont également présentées.

2.1 Hydrologie

2.1.1 Conditions actuelles et conditions projetées

Tel que prévu dans le plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette, les débits de cette dernière lors des crues importantes seront, en partie, contrôlés par deux barrages de régulation situés en amont de la zone d'étude. Il est considéré dans la préparation du concept que les barrages seront opérationnels lorsque les travaux de remodelage des rives seront complétés. Ainsi, la validation de l'hydrologie et l'établissement des débits et des hydrogrammes de conception sont exclus du présent mandat et ont été fournis par la ville de Québec.

Le tableau 1 présente les débits de différentes récurrences de la rivière Lorette en conditions actuelles et projetées qui se définissent comme suit :

- *débits en conditions actuelles* : il s'agit des débits avant la mise en opération des barrages de régulation des Fiches et Mont Châtel. Le débit de la rivière ne subit alors aucun laminage;
- *débits en conditions projetées* : il s'agit des débits après la mise en opération des barrages de régulation des Fiches et Mont Châtel. Le débit de la rivière Lorette dans la zone d'étude est alors laminé et en partie contrôlé.

Ces débits, tant en conditions actuelles que futures, ont été établis à partir des courbes IDF de la ville de Québec en climat futur (une majoration des pluies est appliquée pour prendre en considération les changements climatiques). À titre indicatif, les débits de la rivière en climat actuel (aéroport international Jean-Lesage, 2005) sont également présentés au tableau 1.

Tableau 1 Débits de pointe de la rivière Lorette (climat actuel et climat futur, conditions de gestion actuelles et conditions de gestion projetées).¹

Événement / Réurrence	Débit de pointe au pont du boulevard Wilfrid-Hamel Ouest (m ³ /s) (PK 3,27)		
	Climat actuel	Climat futur	
		Conditions actuelles ²	Conditions projetées ³
2 ans	20,42	37,04	36,99
10 ans	45,18	68,30	63,63
20 ans	53,59	80,87	69,92
50 ans	64,67	88,93	78,95
100 ans	78,80	93,14	84,67⁴
Katrina (2005-08-30)	--	85,57	76,20
Rita (2005-09-26)	--	93,88	92,58
Irene (2011-08-28)	--	42,43	42,54

1 Source :

BPR 2012-10-29HydrogrammePhase3_Préliminaire_et_conditions_actuelles_emis20121029.xls.

2 En mode de gestion actuelle sans aucun laminage des débits.

3 En mode de gestion projetée : en considérant les barrages des Friches et Mont Châtel en opération.

4 Débit de conception arrondi à 85 m³/s pour la présente étude.

2.1.2 Critère de conception

Les ouvrages et les interventions prévues en rivière du concept d'éco-ingénierie doivent assurer le passage d'une crue de récurrence 100 ans en conditions projetées, soit 85 m³/s (84,67 m³/s arrondi à 85 m³/s dans le cadre de cette étude), sans aucun débordement de la rivière Lorette.

De plus, une vérification des conditions hydrauliques au passage d'une crue comparable à celle observée lors du passage de la tempête Rita doit aussi être vérifiée. Dans l'objectif de simplifier la nomenclature, le débit de 92,58 m³/s associé à l'évènement Rita est arrondi à 93 m³/s dans cette étude.

2.2 **Revanche**

2.2.1 Ouvrage de protection

L'élévation de la crête des ouvrages de protection sera de 30 cm au-dessus des niveaux d'eau de la crue centennale. La revanche projetée devra aussi permettre le passage sécuritaire d'une crue de type Rita (2005-09-26, 93 m³/s).

La revanche sur le niveau des ouvrages de protection est d'usage courant dans ce type d'infrastructure et est requise pour tenir compte des incertitudes reliées, entre autres, à l'établissement des débits dans un contexte de changement climatique et à celles associées à la modélisation numérique des écoulements en conditions projetées pour laquelle aucune calibration des modèles mathématiques ne peut être réalisée.

2.2.2 Ponts

La zone d'étude compte cinq ponts, soit les deux de l'autoroute Henri-IV, ceux des rues Saint-Jean-Baptiste et Michel-Fragasso et celui du boulevard Wilfrid-Hamel Ouest.

La revanche visée pour ces infrastructures est de 30 cm au-dessus du niveau atteint au passage de la crue centennale. Cependant, compte tenu que ces ouvrages sont construits dans un secteur presque entièrement urbanisé et dont le relief est très plat, il est peu probable que cette revanche puisse être respectée.

Le mandat consistant à assurer le passage d'une crue centennale sans débordement de la rivière tout en limitant les impacts, il est jugé tolérable qu'il n'y ait aucune revanche au droit des ponts au passage de la crue centennale lorsque la configuration des sites ne permet pas le rehaussement suffisant du soffite. L'écoulement sous le pont doit cependant rester à surface libre à la crue centennale.

2.3 **Protection en enrochement**

Dans le contexte des travaux de remodelage, les rives de la rivière Lorette seront remodelées et protégées par une couche d'enrochement afin d'assurer leur stabilité et de contrôler l'érosion au droit des nouvelles structures hydrauliques. Une protection en enrochement est également recommandée afin d'assurer leur pérennité et d'éviter les détériorations telles que l'affouillement et l'érosion du lit et des berges.

Le dimensionnement de la protection en enrochement ainsi que de l'épaisseur sera effectué selon les normes du ministère des Transports du Québec (MTQ) (tome III - Ouvrages d'art du MTQ (2007)).

Les rives de la rivière seront enrochées jusqu'à l'élévation correspondant aux niveaux d'eau pour une crue 2 ans plus 0,5 m.

2.4 **Lit d'étiage**

Le concept de remodelage des rives de la rivière Lorette devra maintenir un lit d'étiage. Le lit d'étiage projeté sera localisé au même endroit que le lit d'étiage actuel ou, le cas échéant, à l'emplacement qui limite les impacts de sa relocalisation ou qui favorisera une hétérogénéité des sections d'écoulement.

2.5 Localisation de la végétation arborescente

Afin de limiter le risque de création d'embâcles et le rehaussement des niveaux d'eau, aucun arbre ne devra être planté dans la section d'écoulement de la rivière.

Plusieurs embâcles de bois ont été observés sur la rivière Lorette dans la zone à l'étude. Le système racinaire des nombreux arbres situés en rive de la rivière Lorette (côté rivière) est fortement érodé par les vitesses importantes observées en conditions de crue. La photo 1 montre un arbre mature situé dans la zone d'écoulement de la rivière favorisant la création d'embâcles de bois et de glace.

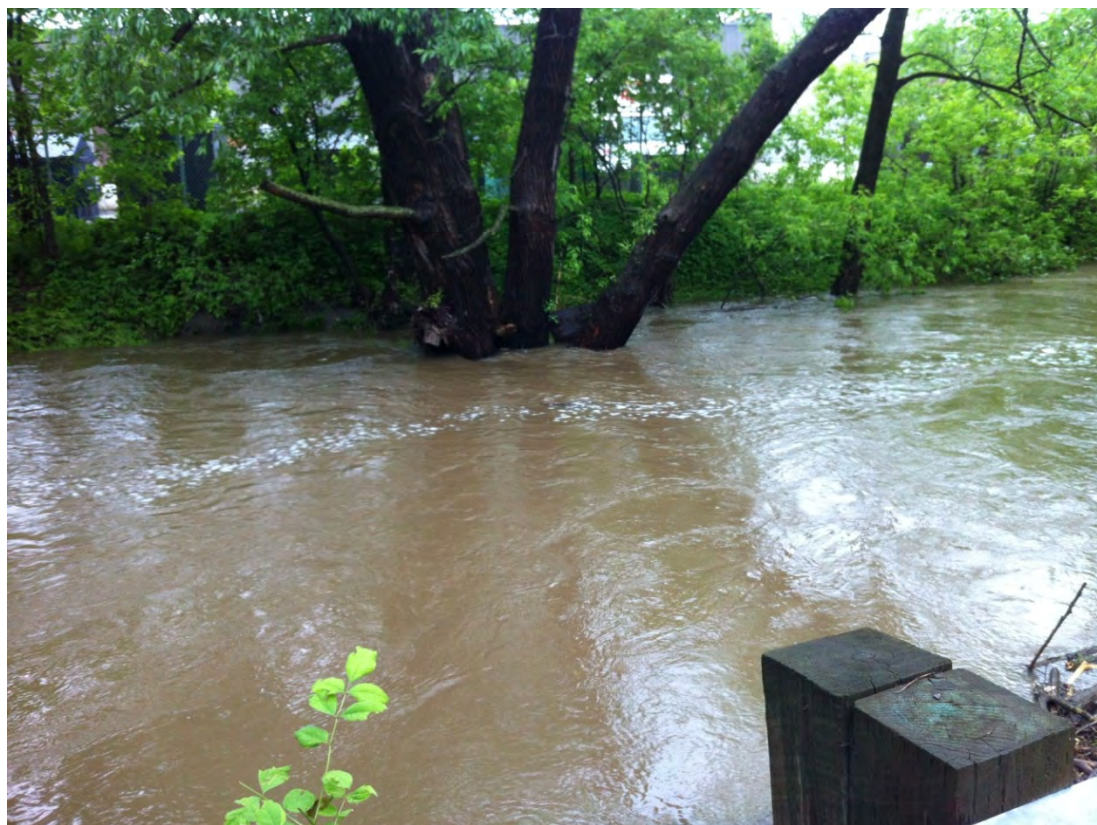


Photo 1 Secteur Michel-Fragasso – arbre mature dans le lit d'écoulement (3 juin 2012).

2.6 Contraintes d'aménagement

2.6.1 Propriétés riveraines

La présence d'infrastructures urbaines (rues, stationnements, aménagements, terrassements, etc.) dans la bande riveraine de la rivière limite les possibilités de réaménagement. La grande majorité des terrains riverains ainsi que la plupart des lots de la rivière sont des propriétés privées.

Les villes de Québec et de L'Ancienne-Lorette désirent minimiser les interventions dans la zone d'étude. L'empreinte du concept retenu devra donc être la plus réduite possible afin de limiter les acquisitions et les impacts sur les infrastructures existantes.

2.6.2 Paysage

Il est souhaitable de préserver les vues actuelles sur la rivière de certains propriétaires riverains. Il sera également important de valider la conciliation entre les aménagements mis en place par les propriétaires riverains au fil des années pour leurs besoins respectifs et les fonctions requises par les futurs aménagements (stabilisation des rives, renaturalisation avec plantes indigènes, etc.).

Selon la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables* du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP), une ouverture maximale de 5 m est permise pour la conservation et la mise en valeur des accès visuel et physique à la rivière au moyen de sentiers, d'escaliers, etc.

2.6.3 Travaux de revégétalisation du lit et des rives (éco-ingénierie)

Les concepts d'aménagement retenus devront inclure des travaux de revégétalisation du lit et des rives réalisés au moyen d'une combinaison d'un maximum de techniques d'éco-ingénierie (génie végétal) alliées à des méthodes plus traditionnelles.

L'objectif est de conserver le caractère naturel de la rivière et d'éviter, dans la mesure du possible, les infrastructures telles que des murs. Le remodelage des rives actuelles est donc l'option privilégiée. Le type de travaux de revégétalisation par secteur qu'il est possible d'implanter est synthétisé à la figure 1.

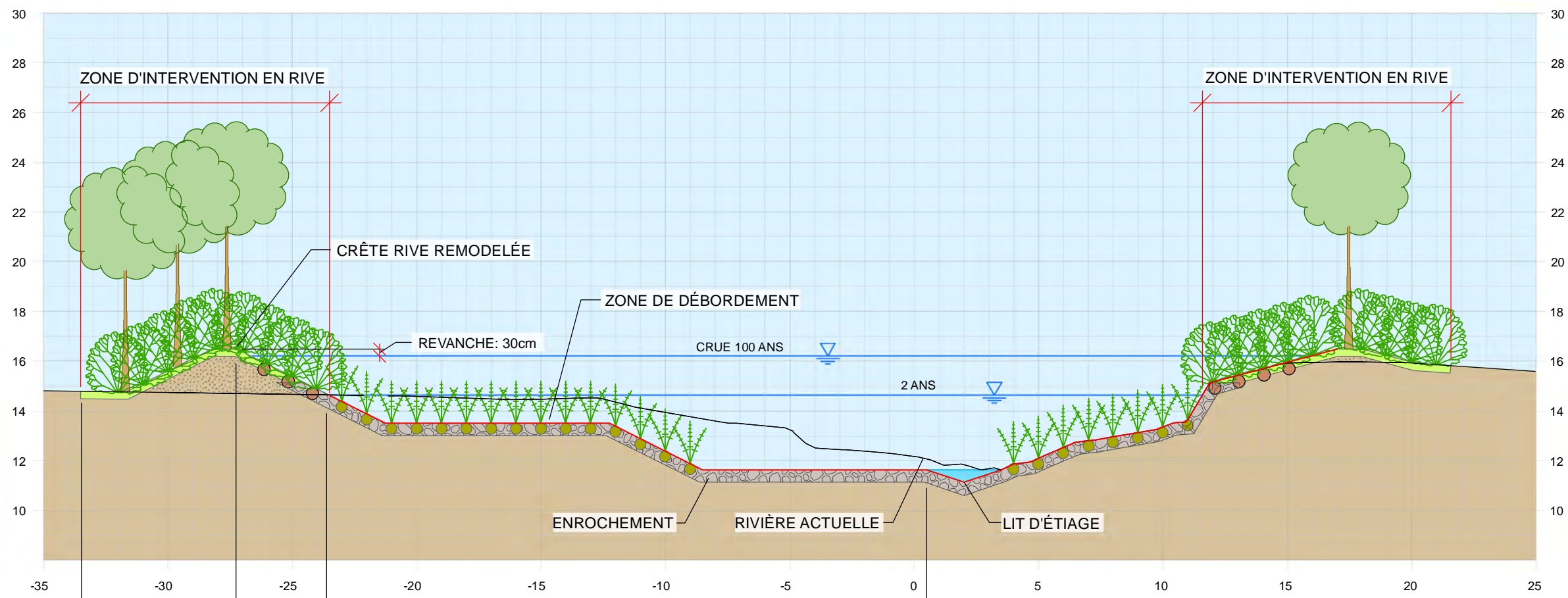
Les travaux de revégétalisation devront être prévus dans une bande riveraine minimale de 5 m à partir de la crue 2 ans. Outre la revégétalisation de la bande riveraine, le lit de la rivière sous la crue 0-2 ans pourra faire l'objet de travaux de revégétalisation conformément aux mesures spécifiques définies pour bonifier l'habitat du poisson (abri, nourriture, etc.).

Aucun arbre et arbuste ne devront toutefois être plantés dans cette zone afin d'éviter de créer des obstacles à la circulation de l'eau et la formation d'embâcles. De plus, ces espèces devront avoir un port souple et résistant aux inondations et aux forts courants tout en tolérant des périodes de sécheresse.

Dans le secteur des rives rehaussées situées du côté de la rivière, aucun arbre non plus ne devra être planté pour les mêmes raisons évoquées pour la zone 0-2 ans. Une strate arbustive et herbacée réalisée à l'aide d'une combinaison de techniques mixtes de plantation devra être prévue pour revégétaliser ce secteur.

Du côté des rives rehaussées adjacentes aux terrains, il s'agira d'implanter une strate arborescente, arbustive et herbacée de manière à reproduire très rapidement l'état d'origine.

À l'arrière des commerces et bâtiments institutionnels, les travaux de plantation devront être prévus en fonction des stationnements et des contraintes liées à ces espaces (espace restreint, circulation, déneigement, etc.).



	ZONE A Rive rehaussée côté terrain	ZONE B Rive rehaussée côté rivière (2 ans futur à 100 ans)	ZONE C Rive (sous le niveau 0-2 ans)
Type végétaux	Arbres feuillus et conifères Arbustes feuillus et conifères Plantes herbacées	Arbustes feuillus et conifères Plantes herbacées	Plantes herbacées seulement Résistance aux crues subites forts courants sécheresse étiage Habitat du poisson (abri, nourriture, reproduction)
Méthode préconisée	Contenant, multicellule, ensemencement hydraulique	Contenant, multicellule Ensemencement hydraulique, fagot, fascine, matelas branches, mur de saules	Plantation dans l'enrochement

GENIVAR
 1175, BOULEVARD LEBOURGNEUF, BUREAU 300
 QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA G2K 0B4
 TÉLÉPHONE : 418-780-0878
 TÉLÉCOPIEUR : 418-780-4182

**REMDELAGE DES RIVES
DE LA RIVIÈRE LORETTE**

FIGURE 1

CONCEPTION : L. Ouahit, ing. jr.
L. Giroux, arch.-pays.
 DESSIN : J.-M. Tremblay, tech.
 PROJET : 121-12904-00
 DATE : 30-05-2013
 ÉCHELLE : 1 : 200

3. DESCRIPTION DE L'ÉTAT ACTUEL

Une description de l'état actuel de la dynamique hydro-sédimentaire de la rivière Lorette, entre la rue Saint-Paul et l'autoroute Henri-IV, est présentée dans ce chapitre.

Tel que mentionné précédemment, une modélisation en deux dimensions de la rivière Lorette, entre la rue Saint-Paul (PK 3,98) et le boulevard Wilfrid-Hamel (PK 0,48), a été réalisée afin d'analyser le comportement de la rivière pour différents débits et d'élaborer le concept. Le détail de la mise en œuvre du modèle ainsi que les résultats de modélisation sont fournis en annexe 1. Des photographies supplémentaires sont présentées à l'annexe 6.

3.1 Portrait général du bassin versant de la rivière Lorette

La rivière Lorette prend sa source à Val-Bélair et s'écoule sur environ 15,5 km avant de se jeter dans la rivière Saint-Charles à 1,5 km en aval de la zone d'étude. Elle traverse les villes de Québec et de L'Ancienne-Lorette. Elle possède plusieurs tributaires, les plus importants étant les ruisseaux Notre-Dame, du Mont Châtel, des Fiches et de la Souvenance. Tel que montré sur la carte 4, 8 barrages sont observés dans le bassin versant, dont 1 en construction (ruisseau des Fiches). La majorité des barrages sont à usage récréatif et de villégiature. Le tableau 2 présente les principaux barrages identifiés dans le bassin versant de la rivière Lorette.

Tableau 2 Principaux barrages du bassin versant de la rivière Lorette.

Barrages	Nom	Numéro identification du CEHQ	Description
1	Lac-Apollo	X0001689*	Faible contenance
2	Rang Sainte-Anne	X0001683	Faible contenance
3	Lac Côté	X0001678	Petit barrage
4	Barrages ruisseau des Fiches	X2128183	Faible contenance
5	Ruisseau des Fiches	X0007737	Faible contenance
6	rue Étienne-Lessard	X0001686	Petit barrage
7	Golf Métropolitain	X0001685	Petit barrage
8	Rue du Moulin	X0001677	Faible contenance

La rivière présente une pente moyenne de 2,7 % sur les premiers 7 km de son parcours, de son origine à l'avenue Notre-Dame. En aval de cette limite jusqu'à son exutoire, le tracé est très sinueux avec une pente moyenne de 0,4 %. La figure 2⁸ présente la pente « 85-10 » de la rivière Lorette.

8 CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC. 2010. *Rivière Lorette (secteur central) - Évaluation de la capacité hydraulique et carte des capacités du cours d'eau*. Septembre 2010.

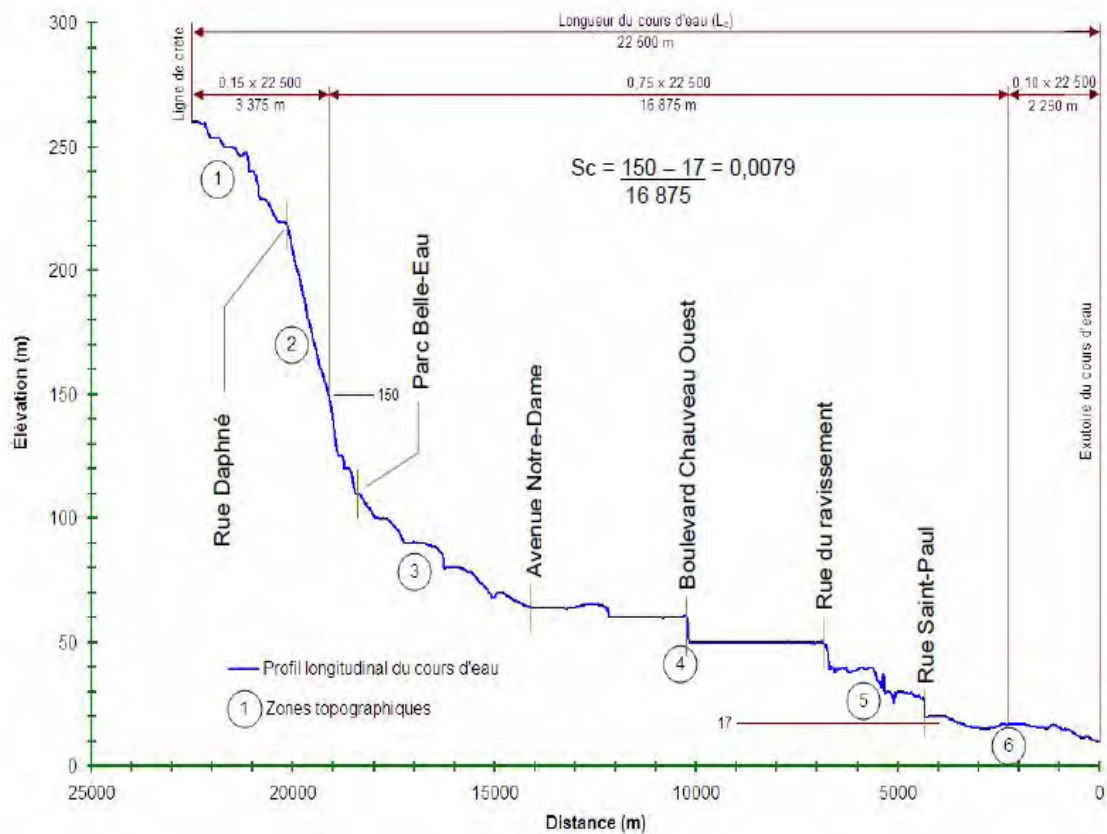
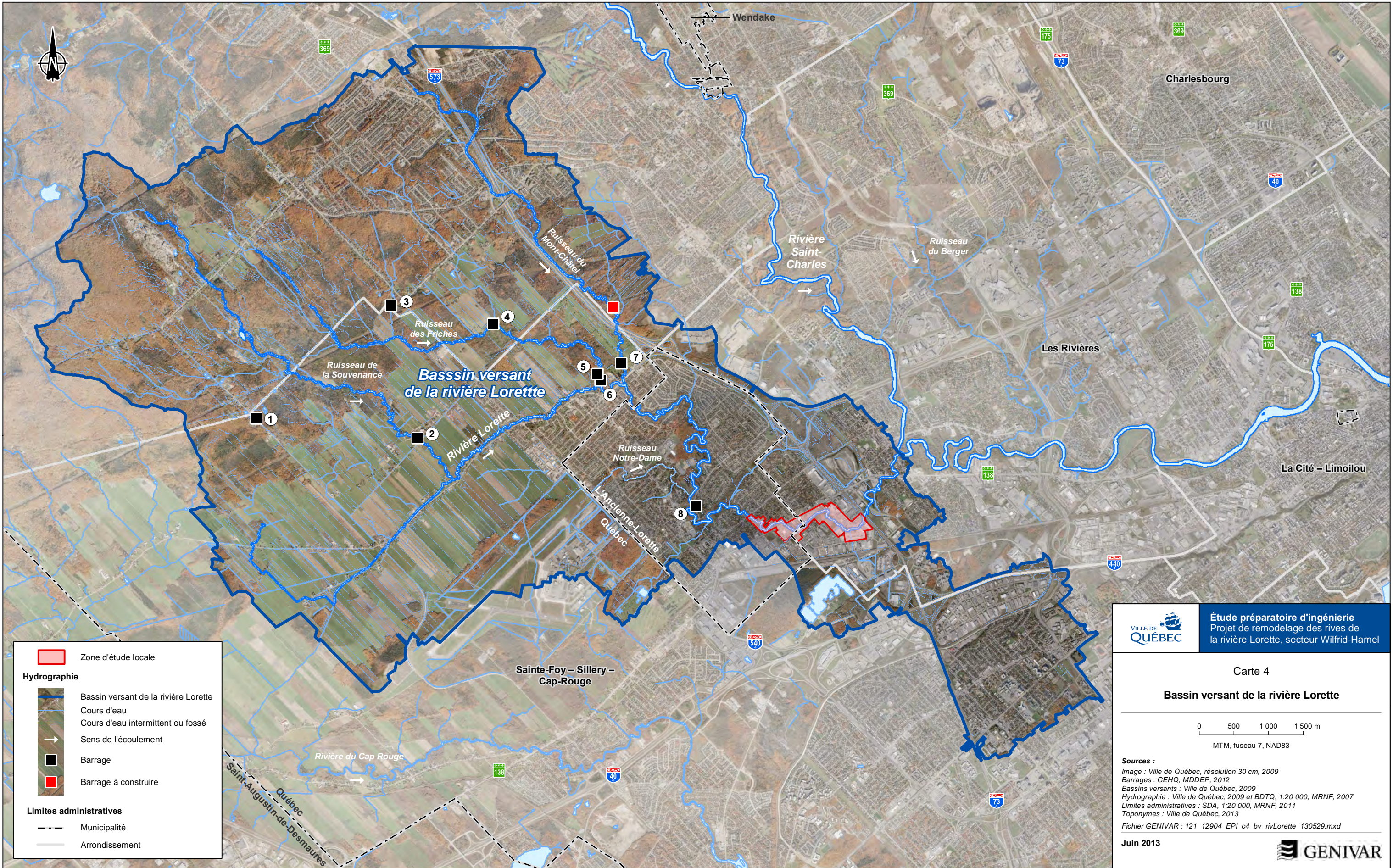


Figure 2 Pente « 85-10 » de la rivière Lorette.⁹

La superficie du bassin versant drainé par la rivière Lorette est de 68,7 km² (carte 4). Environ 35 % du bassin versant de la rivière Lorette est urbanisé, selon l'interprétation des ortho photos de 2009. La partie amont du bassin versant est très peu urbanisée. Seule une partie du sous-bassin versant du ruisseau du Mont Châtel est développée, le reste du bassin amont est essentiellement constitué de terres agricoles et de secteurs boisés. Dans cette zone, de nombreux fossés de drainage agricoles sont présents et la plupart des bandes riveraines sont dépourvues de végétation.

La partie aval du bassin versant est très fortement urbanisée. Dans ce secteur, la rivière Lorette traverse des quartiers résidentiels, industriels et commerciaux dans la ville de L'Ancienne-Lorette et l'arrondissement Les Rivières. L'ensemble du réseau pluvial de ces quartiers est drainé à la rivière. Par ailleurs, la rivière Lorette draine une partie des eaux de ruissellement de l'arrondissement de Sainte-Foy–Sillery–Cap-Rouge via un émissaire pluvial situé directement en amont du pont du boulevard du Parc-Technologique.

9 CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC. 2010. *Rivière Lorette (secteur central) - Évaluation de la capacité hydraulique et carte des capacités du cours d'eau*. Septembre 2010.



Zone d'étude locale

Hydrographie

- Bassin versant de la rivière Lorette
- Cours d'eau
- Cours d'eau intermittent ou fossé
- Sens de l'écoulement
- Barrage
- Barrage à construire

Limites administratives

- Municipalité
- Arrondissement

VILLE DE QUÉBEC

Étude préparatoire d'ingénierie
Projet de remodelage des rives de
la rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel

Carte 4

Bassin versant de la rivière Lorette

0 500 1 000 1 500 m

MTM, fuseau 7, NAD83

Sources :

Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
Barrages : CEHQ, MDDEP, 2012
Bassins versants : Ville de Québec, 2009
Hydrographie : Ville de Québec, 2009 et BDTQ, 1:20 000, MRNF, 2007
Limites administratives : SDA, 1:20 000, MRNF, 2011
Toponymes : Ville de Québec, 2013
Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_c4_bv_rivLorette_130529.mxd

Juin 2013

GENIVAR

Le lit et les rives de la rivière Lorette et de ses tributaires sont essentiellement creusés dans des dépôts meubles (matrice sablonneuse avec sable et blocs) et des dépôts argileux et limoneux. Par ailleurs, le lit et les berges de la rivière Lorette dans le secteur directement en amont de la zone d'étude sont constitués de régolites peu profonds développés sur affleurements de schistes et de mudstones¹⁰.

3.2 État actuel du lit et des berges : zones de sédimentation et érosion

3.2.1 Synthèse des études antérieures

Suivant les inondations de novembre 2005, à la demande de la Ville de Québec, le CEHQ répertoriait 15 zones de sédimentation dans le secteur à l'étude. Les zones de sédimentation dans la zone à l'étude recouvraient des superficies totales de 2 334 m² et 1 793 m² en 2010 et 2011, réparties sur une trentaine de sites. Par ailleurs, des zones d'érosion ont été répertoriées sur le territoire de L'Ancienne-Lorette en 2010¹¹. Dans le secteur amont de la zone d'étude, entre le PK 4,00 (rue Saint-Paul) et le PK 2,90, 8 zones d'érosion ont été identifiées, affectant près de 740 m de rives de la rivière Lorette⁴. Dans le secteur de l'avenue Saint-Jean-Baptiste, 4 zones d'érosion ont été identifiées par le CEHQ en 2005. Le Service des travaux publics de la Ville de Québec a également mentionné une détérioration des rives très importante dans ce secteur, plus précisément en amont du pont de l'avenue Saint-Jean-Baptiste, entre les points kilométriques 2,30 et 1,80, provoquant des chutes régulières d'arbres dans la rivière.

Les zones de sédimentation et d'érosion identifiées en 2005, 2010 et 2011 par le CEHQ et le programme spécifique d'inspection mis en place par la Ville de Québec et la firme Dessau sont présentés à la carte 5.

3.2.2 État actuel

Un inventaire spécifique a été réalisé par GENIVAR le 20 juin 2012 afin de réaliser une caractérisation de l'état des rives à l'intérieur des limites du tronçon à l'étude. Lors de cette visite, 23 zones d'érosion ont été recensées, affectant près de 1,6 km de rives de la rivière Lorette. La localisation des zones d'érosion et de sédimentation est présentée sur les cartes 6 à 9.

10 ROCHETTE, ROCHEFORT ET ASSOCIES LIMITEE ET ENVIROLAB INC. 1973. *Étude du bassin de la rivière Lorette - Dossier cartographie*. Août 1973.

11 DESSAU. 2010. *Ville de L'Ancienne-Lorette - Caractérisation et identification des perturbations anthropiques sur la rivière Lorette et le ruisseau Notre-Dame à L'Ancienne-Lorette*. Novembre 2010.

De manière générale, le lit et les berges de la rivière Lorette sont dans un état de dégradation permanente. Les impacts directs de ce phénomène sont :

- une qualité des eaux de la rivière Lorette médiocre, qui se répercute sur la qualité de l'eau de la rivière Saint-Charles¹²;
- une altération des capacités hydrauliques, amplifiant la problématique d'inondation.

3.3 Description de la dynamique sédimentaire

L'objectif de la présente section est d'analyser sommairement la dynamique sédimentaire de la rivière Lorette afin d'identifier les facteurs responsables de la création des zones d'érosion et d'accumulation de sédiments.

3.3.1 Origine des sédiments

Aucune mesure n'est actuellement disponible sur les quantités de sédiments provenant de l'amont de la zone d'étude. Cependant, tout porte à croire que la grande majorité de la charge sédimentaire provient de l'amont étant donné que la zone d'étude est située dans la plaine alluviale en plus des observations faites dans les études antérieures.

En effet, tel que mentionné dans l'étude publiée par Écogénie¹³ en 2002, la tête du bassin versant de la rivière Lorette est marquée par d'importantes zones d'érosion, principalement provoquées par la présence de sols nus en rives de la rivière dans des zones agricoles. Également, tel qu'identifié par Dessau¹⁴ en 2010, la rivière Lorette, en amont de la zone d'étude, présente de nombreuses et d'importantes zones d'érosion. Il s'agirait de certaines zones sources de sédiments. Dans ces zones, les sédiments sont produits par les processus d'altérations physiques et sont mobilisés par la rivière Lorette et ses tributaires, dont les pentes sont élevées. Ils sont ensuite déplacés par les forces tractrices et turbulentes de l'écoulement et déposés dans la zone d'accumulation, la plaine alluviale constituée en partie par la zone d'étude locale.

Il va de soi qu'une partie des sédiments provient aussi des nombreuses zones d'érosion dans le secteur d'étude, telles qu'identifiées aux cartes 6 à 9.

Finalement, il est important de préciser qu'une partie significative des sédiments observés dans la zone d'étude provient des émissaires d'égout pluvial dans les nombreux secteurs urbanisés du bassin versant.

12 CIMA⁺. 2010. *Intégrité écologique de la rivière Saint-Charles et de ses tributaires, déterminée par l'indice diatomées de l'Est du Canada (IDEC)*. Février 2010.

13 ECOGENIE. 2002. *Étude sur l'érosion des rives des rivières Lorette et Cap Rouge*. Janvier 2002.

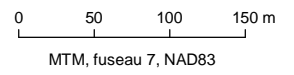
14 DESSAU. 2010. *Ville de L'Ancienne-Lorette - Caractérisation et identification des perturbations anthropiques sur la rivière Lorette et le ruisseau Notre-Dame à L'Ancienne-Lorette*. Novembre 2010.



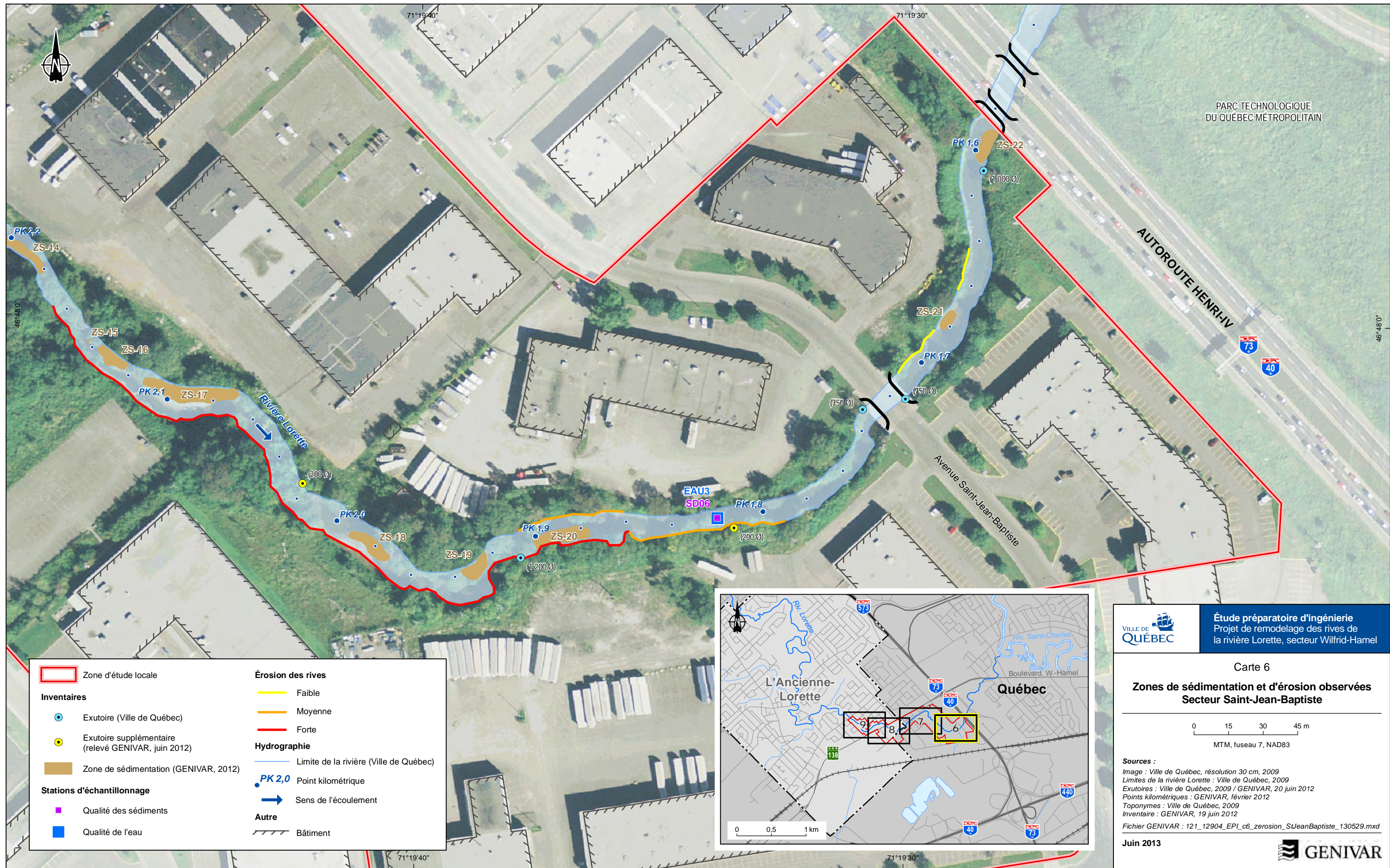
- Zone d'étude locale
- Sens de l'écoulement
- PK 3,0 Point kilométrique
- Érosion des berges**
- Centre d'expertise hydrique du Québec, 2005
- Dessau, 2010¹
- Faible
- Modérée
- Forte
- Sédimentation de dépôts**
- Centre d'expertise hydrique du Québec, 2005
- Ville de Québec, 2010
- Ville de Québec, 2011

1) L'étude réalisée par Dessau ne couvre que la portion de la zone d'étude située sur le territoire de la ville de L'Ancienne-Lorette

Carte 5
 Zones de sédimentation et d'érosion observées
 dans la rivière Lorette (2005, 2010 et 2011)



Sources :
 Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Zones d'érosion : CEHQ, MMDP, 2005 / Dessau, novembre 2010
 Zones de sédimentation : Ville de Québec, 2010 et 2011 / CEHQ, MMDP, 2005
 Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPI_c5_zerosion_observees_130529.mxd



PARC TECHNOLOGIQUE
DU QUÉBEC MÉTROPOLITAIN

AUTOROUTE HENRI-IV

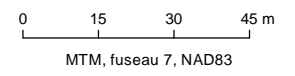
Avenue Saint-Jean-Baptiste

Rivière Lorette

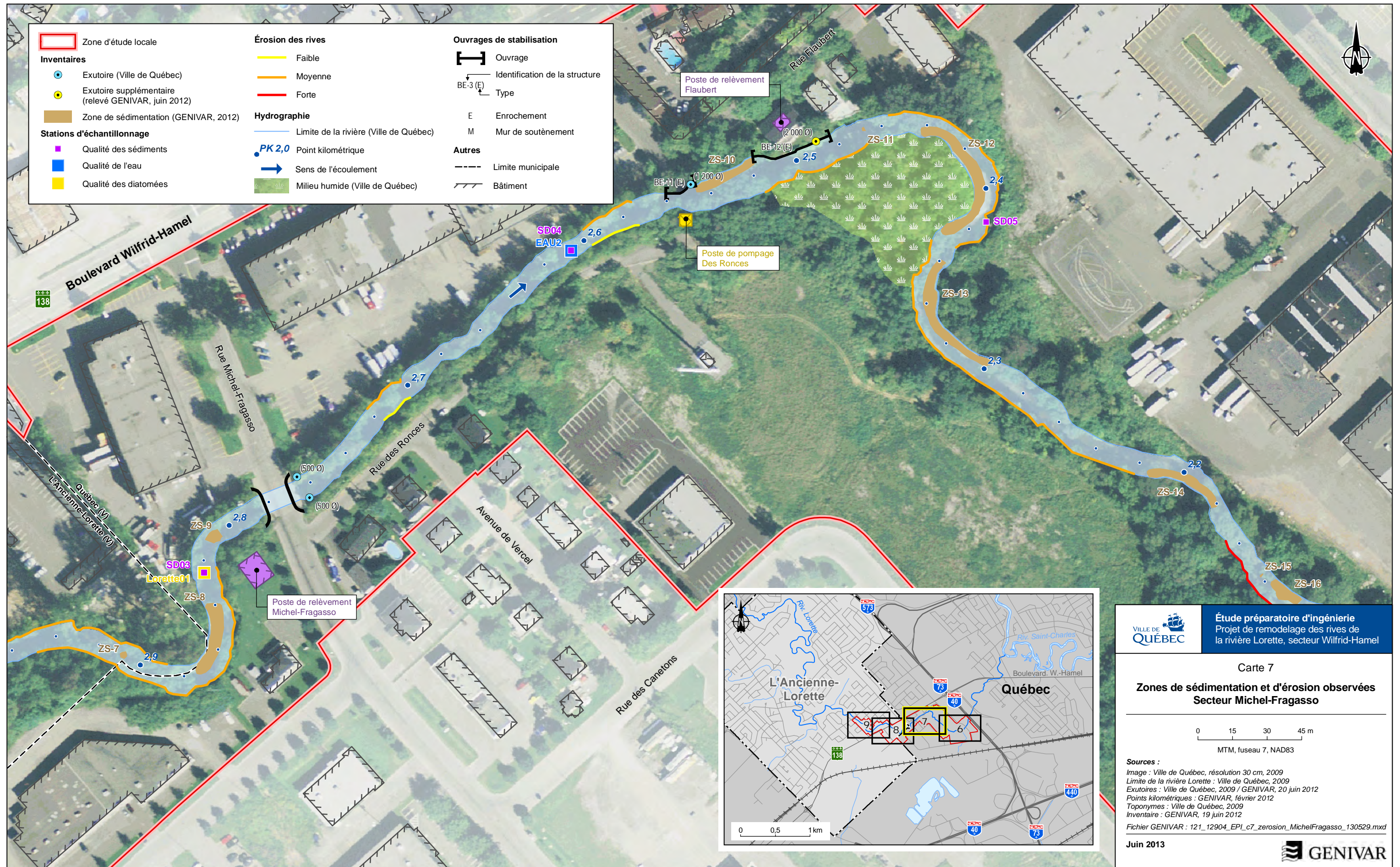
	Zone d'étude locale	Érosion des rives
Inventaires		Faible
	Exutoire (Ville de Québec)	Moyenne
	Exutoire supplémentaire (relevé GENIVAR, juin 2012)	Forte
	Zone de sédimentation (GENIVAR, 2012)	Hydrographie
Stations d'échantillonnage		Limite de la rivière (Ville de Québec)
	Qualité des sédiments	PK 2,0 Point kilométrique
	Qualité de l'eau	Sens de l'écoulement
		Autre
		Bâtiment

VILLE DE QUÉBEC
Étude préparatoire d'ingénierie
 Projet de remodelage des rives de la rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel

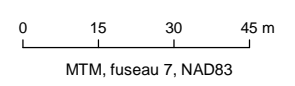
Carte 6
Zones de sédimentation et d'érosion observées
Secteur Saint-Jean-Baptiste



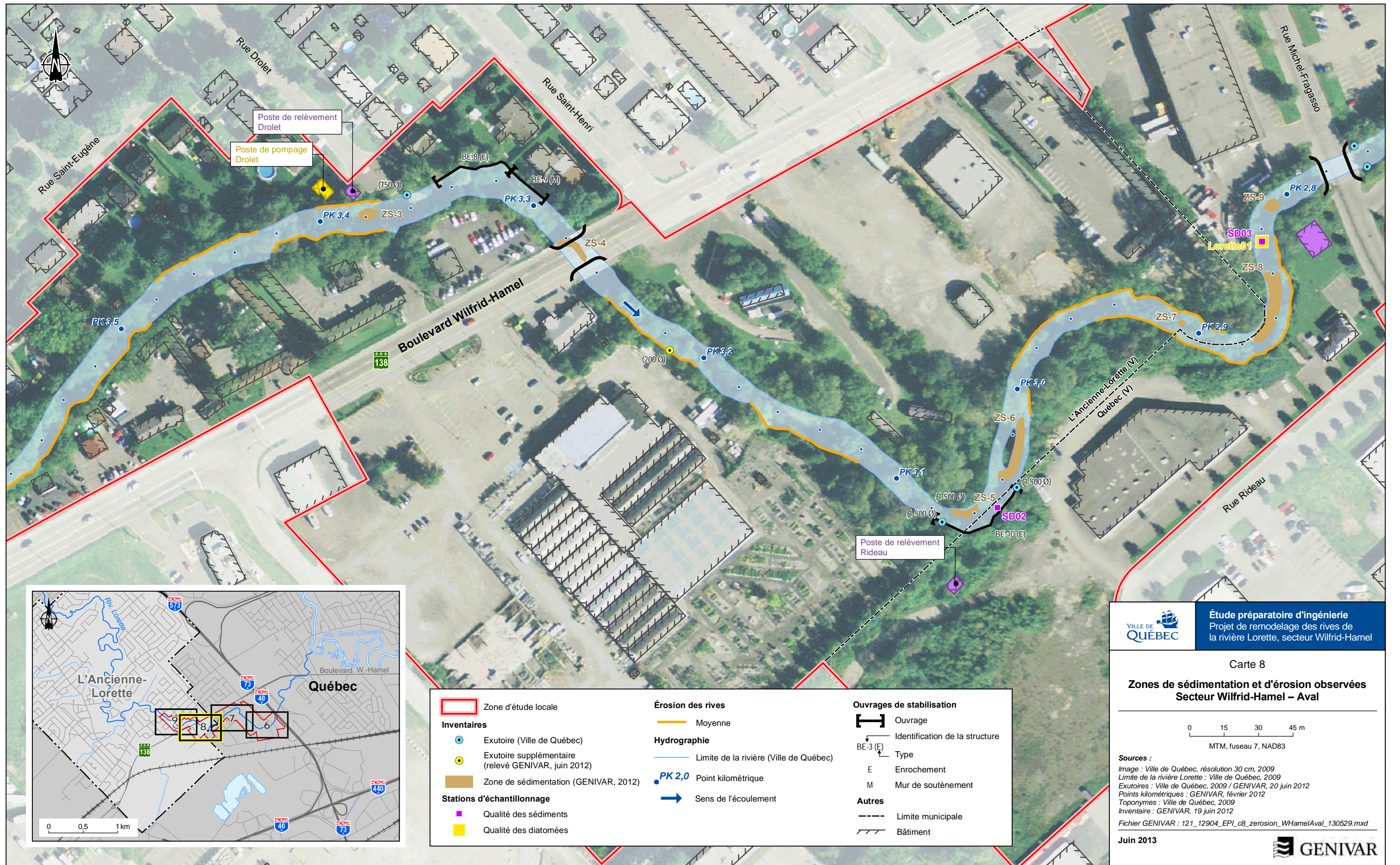
Sources :
 Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
 Exutoires : Ville de Québec, 2009 / GENIVAR, 20 juin 2012
 Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
 Toponymes : Ville de Québec, 2009
 Inventaire : GENIVAR, 19 juin 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_c6_zerosion_StJeanBaptiste_130529.mxd



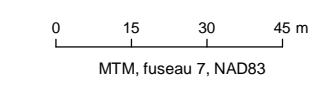
Carte 7
 Zones de sédimentation et d'érosion observées
 Secteur Michel-Fragasso



Sources :
 Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Limite de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009 / GENIVAR, 2009
 Exutoires : Ville de Québec, 2009 / GENIVAR, 20 juin 2012
 Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
 Toponymes : Ville de Québec, 2009
 Inventaire : GENIVAR, 19 juin 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_c7_zerosion_MichelFragasso_130529.mxd



Carte 8
 Zones de sédimentation et d'érosion observées
 Secteur Wilfrid-Hamel – Aval



Sources :
 Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Limite de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
 Exutoires : Ville de Québec, 2009 / GENIVAR, 20 juin 2012
 Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
 Toponymes : Ville de Québec, 2009
 Inventaire : GENIVAR, 19 juin 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPI_c8_zerosion_WHamelAval_130529.mxd

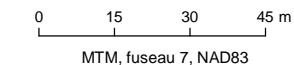
<p>Inventaires</p> <ul style="list-style-type: none"> Exutoire (Ville de Québec) Exutoire supplémentaire (relevé GENIVAR, juin 2012) Zone de sédimentation (GENIVAR, 2012) <p>Stations d'échantillonnage</p> <ul style="list-style-type: none"> Qualité des sédiments Qualité des diatomées 	<p>Érosion des rives</p> <ul style="list-style-type: none"> Moyenne <p>Hydrographie</p> <ul style="list-style-type: none"> Limite de la rivière (Ville de Québec) PK 2,0 Point kilométrique Sens de l'écoulement 	<p>Ouvrages de stabilisation</p> <ul style="list-style-type: none"> Ouvrage Identification de la structure Type E Enrochement M Mur de soutènement <p>Autres</p> <ul style="list-style-type: none"> Limite municipale Bâtiment
---	--	--



Zone d'étude locale	Érosion des rives	Ouvrages de stabilisation
Inventaires	Faible	Ouvrage
Exutoire (Ville de Québec)	Moyenne	Identification de la structure
Exutoire supplémentaire (relevé GENIVAR, juin 2012)	Hydrographie	Type
Zone de sédimentation (GENIVAR, 2012)	Limite de la rivière (Ville de Québec)	Enrochement
Stations d'échantillonnage	Point kilométrique	Mur de soutènement
Qualité des sédiments	Sens de l'écoulement	Autres
Qualité de l'eau		Bâtiment

VILLE DE QUÉBEC
Étude préparatoire d'ingénierie
 Projet de remodelage des rives de la rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel

Carte 9
Zones de sédimentation et d'érosion observées
 Secteur Wilfrid-Hamel – Amont



Sources :
 Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Limite de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009 / GENIVAR, 2009
 Exutoires : Ville de Québec, 2009 / GENIVAR, 20 juin 2012
 Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
 Toponymes : Ville de Québec, 2009
 Inventaire : GENIVAR, 19 juin 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPI_c9_zerosion_WHamelAmont_130206.mxd

3.3.2 Évolution temporelle

À la suite de l'inspection du CEHQ en 2005, des travaux d'enlèvement de sédiments ont été réalisés sur 6 des 15 zones de sédimentation alors répertoriées. L'épaisseur des zones d'accumulation de sédiments variait entre 45 cm et 1,2 m. En 2010, 5 des 6 secteurs excavés présentaient de nouveau une accumulation de sédiments. De façon générale, les zones d'accumulation se sont reformées au même endroit, et ce, dans un horizon d'environ 5 ans.

On observe par ailleurs que les zones de sédimentation observées n'augmentent pas constamment et linéairement dans le temps. En effet, il est possible que le volume et la superficie d'une zone augmentent pendant une année et diminuent l'année suivante. Cela signifie que les sédiments peuvent se déposer dans ces zones, mais également se décrocher de ces zones et se déplacer vers l'aval. Il est donc raisonnable de penser qu'il s'agit de zones de transit des sédiments dont le volume est relativement constant au fil du temps.

Ces observations tendent à démontrer que les conditions hydrodynamiques actuelles de la rivière Lorette dans la zone d'étude imposent un équilibre sédimentaire, traduit par la formation ponctuelle de zones de transit des sédiments.

3.3.3 Zones de dépôts et d'érosion observés en 2012

Typiquement en rivière, les zones de dépôts se trouvent dans les zones de faibles vitesses et les secteurs où le gradient hydraulique est faible. On pense, en outre, à l'intérieur des courbes ou en amont des contrôles hydrauliques où les vitesses diminuent dû à l'augmentation du niveau d'eau.

Tel que présenté aux cartes 6 à 9, dans la zone d'étude, les zones de dépôts de sédiments observés se trouvent principalement à l'intérieur des courbes de la rivière. Par exemple, de nombreuses zones d'accumulation de sédiments ont été observées à l'intérieur du tronçon compris entre les PK 2,46 et 1,90 (secteurs Saint-Jean-Baptiste et Michel-Fragasso) où la rivière est sinueuse et les vitesses relativement faibles (photo 2). Une importante accumulation de sédiments de gros calibre est notée au PK 3,04 (photo 3). Les courbes situées aux PK 3,77, 3,60, 3,32, 3,30 et 2,87 présentent également des zones d'accumulation de sédiments.

Les zones d'érosion à l'intérieur de la zone à l'étude sont généralement observées dans les mêmes courbes mentionnées ci-haut, mais du côté extérieur de la courbe, où les vitesses sont les plus élevées (photo 4). Les courbes non protégées présentent d'importants signes d'érosion. D'autres zones d'érosion ont été observées au droit des contrôles hydrauliques où les vitesses sont plus élevées.



Photo 2 Accumulation de sédiments et érosion en rive gauche PK 2,40, secteur Saint-Jean-Baptiste (vue vers l'aval).



Photo 3 Accumulation de sédiments PK 3,04, secteur Wilfrid-Hamel aval (vue vers l'aval).



Photo 4 Zone d'érosion, secteur Saint-Jean-Baptiste (PK 2,12 rive droite, vue vers l'aval).

3.4 Identifications des principaux contrôles hydrauliques

Les principaux contrôles hydrauliques observés à l'intérieur de la zone à l'étude de la rivière Lorette sont principalement les ponts qui créent une restriction de la section d'écoulement, des hauts-fonds qui agissent en quelque sorte comme de petits seuils hydrauliques et le resserrement des rives dans certains secteurs. Les contrôles hydrauliques diminuent la section d'écoulement de la rivière ce qui provoque un rehaussement des niveaux d'eau. Les modélisations réalisées dans le cadre du présent mandat ont aussi mis en évidence deux contrôles hydrauliques qui agissent surtout lors des crues importantes. Il s'agit des sections situées aux extrémités des rues Drolet (PK 3,36, photo 5) et Blier (PK 3,54) au droit desquelles la largeur d'écoulement est restreinte.

La figure 3 illustre les lignes d'eau en conditions actuelles pour différents débits et identifie les contrôles. Les niveaux d'eau et les vitesses pour une crue 20 ans sont présentés à l'annexe 1. Le tableau 3 synthétise l'emplacement et le type des principaux contrôles hydrauliques identifiés. Sur la figure 3, on constate que les contrôles créant le plus de pertes de charge sont les différents ponts Henri-IV, Michel-Fragasso et Wilfrid-Hamel Ouest et à grand débit, ceux des rues Drolet et Blier.

Dans l'exercice d'optimisation du concept, ces résultats permettent d'identifier les secteurs les plus critiques sur le contrôle des niveaux d'eau et par le fait même les secteurs prioritaires d'intervention.

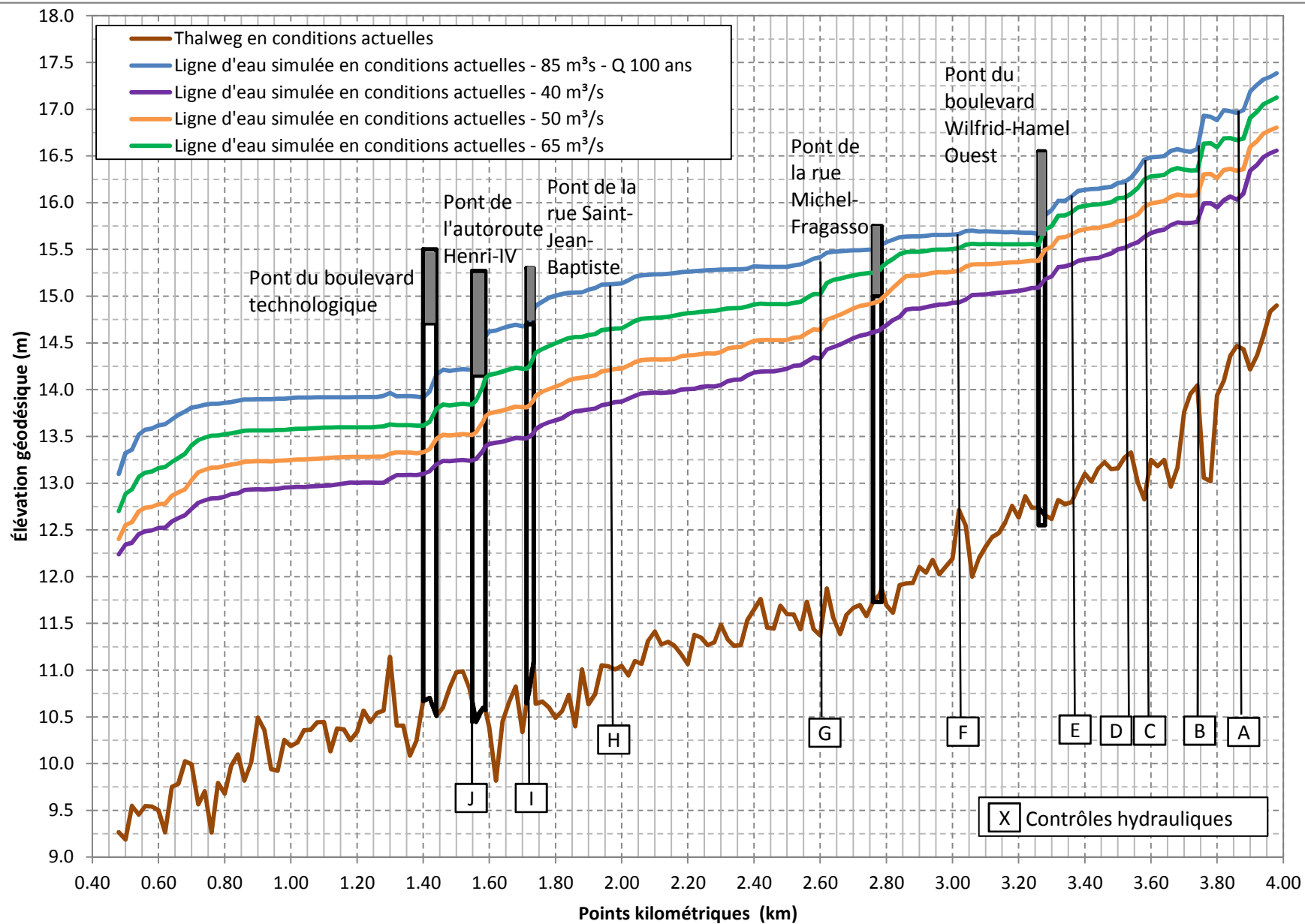


Figure 3. Lignes d'eau simulées en conditions actuelles pour différents débits

Tableau 3 Localisation et type des contrôles hydrauliques identifiés dans la zone d'étude.

PK	Type de contrôles hydrauliques	Identifiants sur la figure 3
3,88	Haut-fond	A
3,75	Haut-fond	B
3,58	Haut-fond	C
3,54 (rue Blier)	Restriction	D
3,36 (rue Drolet)	Haut-fond et restriction	E
3,33 (pont boulevard Wilfrid-Hamel)	Restriction	
3,03	Haut-fond (île)	F
2,78 (pont rue Michel-Fragasso)	Restriction	
2,60	Restriction	G
1,96	Haut-fond	H
1,72 (pont rue Saint-Jean-Baptiste)	Restriction	I
1,58 (ponts autoroute Henri-IV)	Restriction	J



Photo 5 Rétrécissement de la section, rue Drolet (PK 3,36, secteur Wilfrid-Hamel amont).

3.5 Identification des zones d'inondation par débordement de la rivière

Afin de mieux comprendre le comportement de la rivière et d'identifier les principales zones de débordement, des simulations ont été réalisées à différents débits, augmentés graduellement pour identifier les zones de débordement en fonction des débits. Cette analyse a permis d'établir les sections de la rivière Lorette possédant des capacités hydrauliques critiques. Les résultats sommaires des différentes simulations sont présentés ci-dessous et la carte 10 présente la localisation des différentes zones de débordement.

Débit de 40 m³/s

Les premières inondations surviennent à un débit de 40 m³/s, correspondant environ à la crue 2 ans (37 m³/s), dans 3 secteurs où des points bas sont présents sur les rives.

- **Zone de débordement 1** :

Dans le secteur Wilfrid-Hamel aval, un débordement se produit en rive droite de la courbe située au PK 3,06. Il s'agit du secteur près du poste de relèvement Rideau (photo 6).

Dans le secteur Michel-Fragasso, les débordements sont observés au PK 2,63 en rive gauche et en rive droite (photo 7, stationnement du secteur commercial) ainsi qu'en rive gauche de la courbe au PK 2,42 (arrière-cour du secteur industriel).

Débit de 50 m³/s

- **Zone de débordement 2** : outre les débordements observés à 40 m³/s, qui deviennent plus importants, des inondations supplémentaires surviennent dans le secteur Saint-Jean-Baptiste au droit du PK 2,18 (arrière-cour du secteur industriel) en rive gauche et dans le secteur Wilfrid-Hamel aval en rive gauche aux alentours du PK 3,00.

Débit de 65 m³/s

Lors du passage d'un débit de 65 m³/s, les secteurs Wilfrid-Hamel aval et Michel-Fragasso sont complètement inondés et le secteur Saint-Jean-Baptiste est inondé en rive gauche.

- **Zone de débordement 3** : un débordement survient dans le secteur Wilfrid-Hamel amont en rive gauche entre les PK 3,50 et 3,34, soit le secteur des motels sur le boulevard Wilfrid-Hamel (photo 5).

Débit de 85 m³/s

Lors du passage de ce débit, correspondant à la crue 100 ans en conditions futures, toute la zone à l'étude est inondée.

- **Zone de débordement 4** : à ce débit, la courbe dans le secteur Wilfrid-Hamel amont au PK 3,78 (photo 8) ne peut plus contenir la rivière et un débordement important est observé en rive gauche inondant le quartier des rues Saint-Léandre et Saint-Eugène. Selon les informations disponibles, ce débordement n'a été observé que lors des inondations survenues les 25 et 26 septembre 2005. Un débordement est également observé en rive droite au droit du PK 3,40 (en amont de la rue Drolet).



Photo 6 Vue vers le PK 3,06, poste de pompage Rideau, vers l'amont (zone de débordement 1).



Photo 7 PK 2,63, vue vers la rive gauche (zone de débordement 1).



Photo 8 Courbe du PK 3,78, vue de la rive gauche vers l'amont (zone de débordement 4).



Zone d'étude locale

Zones de débordement

- Zone n° 1
- Zone n° 2
- Zone n° 3
- Zone n° 4

→ Rivière Lorette

→ Sens de l'écoulement

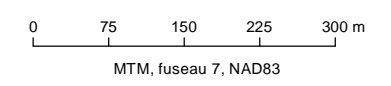
● PK 3,0 Point kilométrique de rivière

■ Poste de relèvement Égout pluvial

■ Poste de pompage Égout sanitaire

Limite municipale

) Pont



Sources :
 Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Hydrographie : Ville de Québec, 2009
 Toponymes : Ville de Québec, 2012
 Données de projet : GENIVAR, octobre 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_c10_zinondation_130529.mxd

3.6 Diagnostic des débordements pour l'état actuel

Les observations et les résultats présentés aux sections précédentes permettent de faire un meilleur diagnostic du comportement hydraulique et des causes de débordement de la rivière Lorette. Cette section présente le diagnostic en analysant le comportement de la rivière de l'aval vers l'amont en partant des ponts de l'autoroute Henri-IV.

Secteur Saint-Jean-Baptiste

De façon générale, la rivière Lorette, dans le secteur Saint-Jean-Baptiste, possède une très bonne capacité hydraulique. Cependant, tel que mentionné précédemment, un point bas sur la rive gauche (zones de débordement 2, PK 2,18) fait en sorte que des débordements sont observés à des débits aussi faibles que 50 m³/s.

À l'extrémité aval, les deux ponts de l'autoroute Henri-IV manquent de capacité et imposent une augmentation du niveau d'eau en amont, ou perte de charge, variant entre 14 et 42 cm pour des débits de 40 et 85 m³/s. Le soffite des ponts est atteint à un débit de l'ordre de 65 m³/s. Ce manque de capacité affecte directement celle du pont Saint-Jean-Baptiste situé juste en amont. Malgré cela, ce pont a une très bonne capacité hydraulique puisque le soffite n'est atteint actuellement qu'à très grand débit.

En poursuivant vers l'amont, il y a quelques zones de déposition qui n'ont pas d'influence significative sur les niveaux d'eau contrairement à la restriction au PK 2,04 qui contrôle la ligne d'eau sur près de 200 m vers l'amont. Les niveaux d'eau élevés imposés par le manque de capacité des ponts de l'autoroute Henri-IV et le contrôle au PK 2,04 augmentent la fréquence des débordements aux deux points bas situés en amont de ce secteur.

Secteur Michel-Fragasso

La courbe aval du secteur Michel-Fragasso au PK 2,42 (arrière-cour du secteur industriel) possède une très faible capacité hydraulique. La rive gauche est très peu élevée et des débordements surviennent à un débit de 40 m³/s (zone de débordement 1).

Le secteur amont de la rivière Lorette, du pont de la rue Michel-Fragasso à la courbe du PK 2,42, est relativement rectiligne, et la section d'écoulement est très étroite et les rives sont très basses (photo 9). La capacité hydraulique y est donc très faible. La partie aval de ce secteur a un gradient hydraulique relativement constant jusqu'au PK 2,60. À cet endroit, à l'extrémité est de la rue des Ronces, la section

d'écoulement est très étroite et constitue un contrôle hydraulique. Il y a d'ailleurs déjà eu un pont au droit de cette section. Entre ce contrôle et le pont Michel-Fragasso, on doit noter que le gradient, ou la pente d'écoulement, est très grand pour des débits de $50 \text{ m}^3/\text{s}$ et moins dû à la faible capacité de ce tronçon. À des débits plus élevés, le gradient diminue dû aux débordements importants.

Le rehaussement du niveau d'eau en amont de ce contrôle limite la capacité de la rivière et des débordements surviennent au PK 2,63 à un débit aussi faible que $40 \text{ m}^3/\text{s}$ (zone de débordement 2). Notons aussi que la présence d'arbres matures de grand diamètre sur les rives est favorable à la formation d'embâcles de bois et de glace qui y ont d'ailleurs déjà été observés.



Photo 9 Secteur Michel-Fragasso, vue du PK 2,53 vers l'amont.

Secteur Wilfrid-Hamel aval

Pour des débits de l'ordre de 40 à $65 \text{ m}^3/\text{s}$, une importante perte de charge, de l'ordre de 25 à 30 cm , survient entre l'aval du pont Michel-Fragasso et le PK 2,06, qui correspond à une distance de seulement 100 m . Cette perte de charge est une combinaison de la faible capacité du pont Michel-Fragasso (de l'ordre de $50 \text{ m}^3/\text{s}$) et de la sinuosité de la rivière combinée à la présence de beaucoup de végétation mature dans la section d'écoulement.

La présence d'une île au PK 3,03 impose aussi une augmentation des niveaux d'eau de l'ordre de 8 cm. Il n'est pas surprenant que les premiers débordements surviennent juste en amont, c'est-à-dire en rive droite du PK 3,06 à l'endroit où arrive un fossé (zone de débordement 1). Il est important de mentionner que ce point bas agit en quelque sorte de soupape pour la rivière et limite les inondations dans les secteurs en aval et en amont.

La section d'écoulement dans le tronçon amont, jusqu'au boulevard Wilfrid-Hamel, est très encavée et possède une capacité hydraulique acceptable.

Secteur Wilfrid-Hamel amont

Le pont Wilfrid-Hamel Ouest constitue une restriction importante à l'écoulement, et ce, même pour des débits inférieurs à 50 m³/s. En amont du pont, la section d'écoulement est relativement étroite et les vitesses d'écoulement sont assez élevées même pour les faibles crues. Les sections à l'extrémité des rues Drolet (PK 3,36) et Blier (PK 3,54) agissent comme contrôle hydraulique à partir d'environ 50 m³/s. Puis, rendu à 65 m³/s, le pont Wilfrid-Hamel Ouest a dépassé sa capacité et des débordements surviennent à plusieurs endroits entre les PK 3,36 et 3,50 (zone de débordement 5).

Pour le reste du tronçon, les débordements ont été observés uniquement lors d'événements hydrologiques de période de récurrence élevée. En effet, sur la figure 1, on constate une perte de charge d'environ 40 cm dans la courbe très serrée du PK 3,78 à un débit de 65 m³/s. Ce rehaussement subit du niveau a provoqué le débordement de la rivière en rive gauche lors de l'événement Rita du 25-26 septembre 2005 inondant les quartiers résidentiels des rues Saint-Léandre et Saint-Eugène.

En amont du PK 3,80, la rivière est très rectiligne et l'écoulement y est torrentiel. Aucune problématique particulière n'est à signaler.

En conditions actuelles, la modélisation hydraulique montre que pour un débit initial de 85 m³/s (débit de conception) imposé au droit du pont de la rue Saint-Paul, un débit de l'ordre de 60 à 65 m³/s serait observé au droit du pont Wilfrid-Hamel. Ceci signifie que près d'un quart du débit de la rivière Lorette est évacué par plusieurs points bas (principalement au droit de la courbe localisée au PK 3,78).

Finalement, il est important de préciser que lors des événements ayant provoqué les inondations majeures de 2005 (Katrina et Rita), les débits de pointe ont été estimés à 86 m³/s et 94 m³/s respectivement. Étant donné les nombreux points de débordement et d'évacuation présents dans la rivière en aval du secteur Wilfrid-Hamel amont, et dans le secteur, il est évident que lors de ces événements, le débit présent dans la rivière Lorette dans le secteur Wilfrid-Hamel amont était inférieur à 85 m³/s.

3.7 Niveaux d'eau et vitesses en crue centennale

Les niveaux d'eau et les vitesses dans la rivière Lorette pour le débit de conception ont été établis à partir du modèle hydrodynamique 2D. L'ensemble des résultats est présenté à l'annexe 1. La ligne d'eau obtenue pour le secteur à l'étude en conditions de crue 100 ans est présentée au chapitre 4 (figure 4).

Il est important de préciser que lors des crues importantes, l'ensemble du secteur d'étude est inondé et constitue en quelque sorte un lac. Bien entendu, aucune donnée de niveaux d'eau mesurés n'est disponible pour un événement de récurrence 100 ans (seuls des niveaux d'eau relevés dans certaines rues du secteur à l'étude lors de la crue de 2005 sont disponibles). Le modèle hydrodynamique n'a donc pas pu être calibré avec des mesures réelles en conditions de crue importante. Les valeurs de niveaux d'eau et de vitesses présentées en conditions actuelles permettent tout de même d'obtenir un bon portrait de la situation, mais doivent être interprétées avec discernement étant donné l'incertitude plus élevée sur les résultats à débit élevé.

3.8 Capacités hydrauliques des ponts

Le tableau 4 présente une estimation de la capacité hydraulique des ponts situés sur la rivière Lorette depuis la rue Saint-Paul jusqu'à la rivière Saint-Charles. La capacité hydraulique d'un pont est définie comme le débit de la rivière lorsque le niveau d'eau atteint le soffite du pont.

Il est important de préciser que pour les ponts localisés à l'extérieur de la zone d'étude, les estimés sont des ordres de grandeur présentés à titre informatif. Des études hydrauliques détaillées devront être réalisées pour valider ces estimations.

Tableau 4 Estimés de la capacité hydraulique des ponts situés sur la rivière Lorette (de la rue Saint-Paul à la rivière Saint-Charles).

	Capacité hydraulique (m ³ /s)
Pont de la rue Saint-Paul	> 95
Pont du boulevard Wilfrid-Hamel (ouest)	65
Pont de la rue Michel-Fragasso	50
Pont de la rue Saint-Jean-Baptiste	85
Pont de l'autoroute Henri-IV	65
Pont du boulevard du Parc-Technologique ¹	> 90
Pont du boulevard Wilfrid-Hamel (est) ¹	75
Pont du boulevard Masson ¹	> 90

¹ Source : Centre d'expertise hydrique du Québec. 2011. Rivière Lorette (secteur aval) - Évaluation de la capacité hydraulique et carte des capacités du cours d'eau. Août 2011.

3.9 Ligne naturelle des hautes eaux

Dans le cadre d'un projet de remodelage de rivière en milieu urbain, l'établissement de la bande riveraine est essentiel. Selon les règlements en vigueur, la rive correspond à une bande de 10 à l'extérieur de la limite naturelle des hautes eaux. À noter qu'une bande de protection riveraine est exigée dans certains règlements.

Il existe plusieurs méthodes permettant d'établir la « limite naturelle des hautes eaux ». La méthode favorisée dans le cas de rivière naturelle est la méthode botanique (*Guide d'interprétation de la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables*). Cependant, la rivière Lorette est majoritairement anthropique dans la zone d'étude. La méthode botanique n'est donc pas applicable.

À défaut de pouvoir identifier la « ligne naturelle des hautes eaux » par la méthode botanique, il est proposé de se référer aux limites de la rivière en conditions de crue 2 ans. Afin de définir la limite de crue 2 ans de l'état actuel, il a été décidé d'utiliser le débit 2 ans, climat futur (en tenant compte des changements climatiques). Les niveaux d'eau et vitesses en crue 2 ans sont présentés à l'annexe 1.

4. DESCRIPTION DU CONCEPT D'ÉCO-INGENIERIE

Le présent chapitre décrit, par secteur, le concept d'éco-ingénierie de remodelage des rives de la rivière Lorette développé pour répondre aux différents paramètres et critères de conception décrits au chapitre 2. L'ensemble des coupes présentant le concept est présenté à la fin de la section 4.2.

Dans un premier temps, le concept est présenté en fonction des critères reliés strictement à la protection contre les inondations (section 4.1) puis tous les ajouts au concept reliés à l'architecture du paysage sont présentés à la section 4.2.

4.1 Aspects reliés à la protection contre les inondations

De façon générale, tel que présenté au chapitre 3, le remodelage des rives a été favorisé. Cependant, lorsque les terrains riverains ne possédaient pas l'espace disponible suffisant pour la mise en place de ce type de solution, des solutions de murets ont été retenues.

Il est important de préciser par ailleurs que les ouvrages de protection et de stabilisation existants (murets de pierre, murs de gabion, enrochements) sont identifiés sur les plans et ont été intégrés au concept de remodelage. La localisation de ces ouvrages n'est donc pas modifiée, la crête des ouvrages existants devra cependant être rehaussée selon le critère de revanche présenté au chapitre 3 (30 cm au-dessus du niveau d'eau 100 ans).

4.1.1 Secteur Saint-Jean-Baptiste

Le secteur Saint-Jean-Baptiste est essentiellement constitué d'arrière-cours commerciales. L'emplacement des infrastructures existantes permet le remodelage des rives dans la totalité du secteur, tel que montré sur la carte 11 et la section A. En rive gauche, les pentes pourront être douces afin d'augmenter l'espace disponible en rivière (2H : 1V).

Les ponts de l'autoroute Henri-IV, situés à l'extrémité aval de ce secteur, sont prévus être reconstruits d'ici quelques années par le MTQ. Pour le développement du concept et les calculs hydrauliques en conditions projetées, la configuration projetée à l'heure actuelle par le MTQ pour leur reconstruction a été considérée, soit le rehaussement du soffite de 1,0 m et l'élargissement de la section d'écoulement de 1,5 m. Ainsi, ils ne représenteront pas une restriction hydraulique majeure et respecteront le critère visé pour la revanche. Leur reconstruction permettra aussi d'assurer le passage de la crue centennale au droit du pont de la rue Saint-Jean-Baptiste. Par conséquent, aucune intervention n'est prévue sur ce pont par la Ville de Québec.

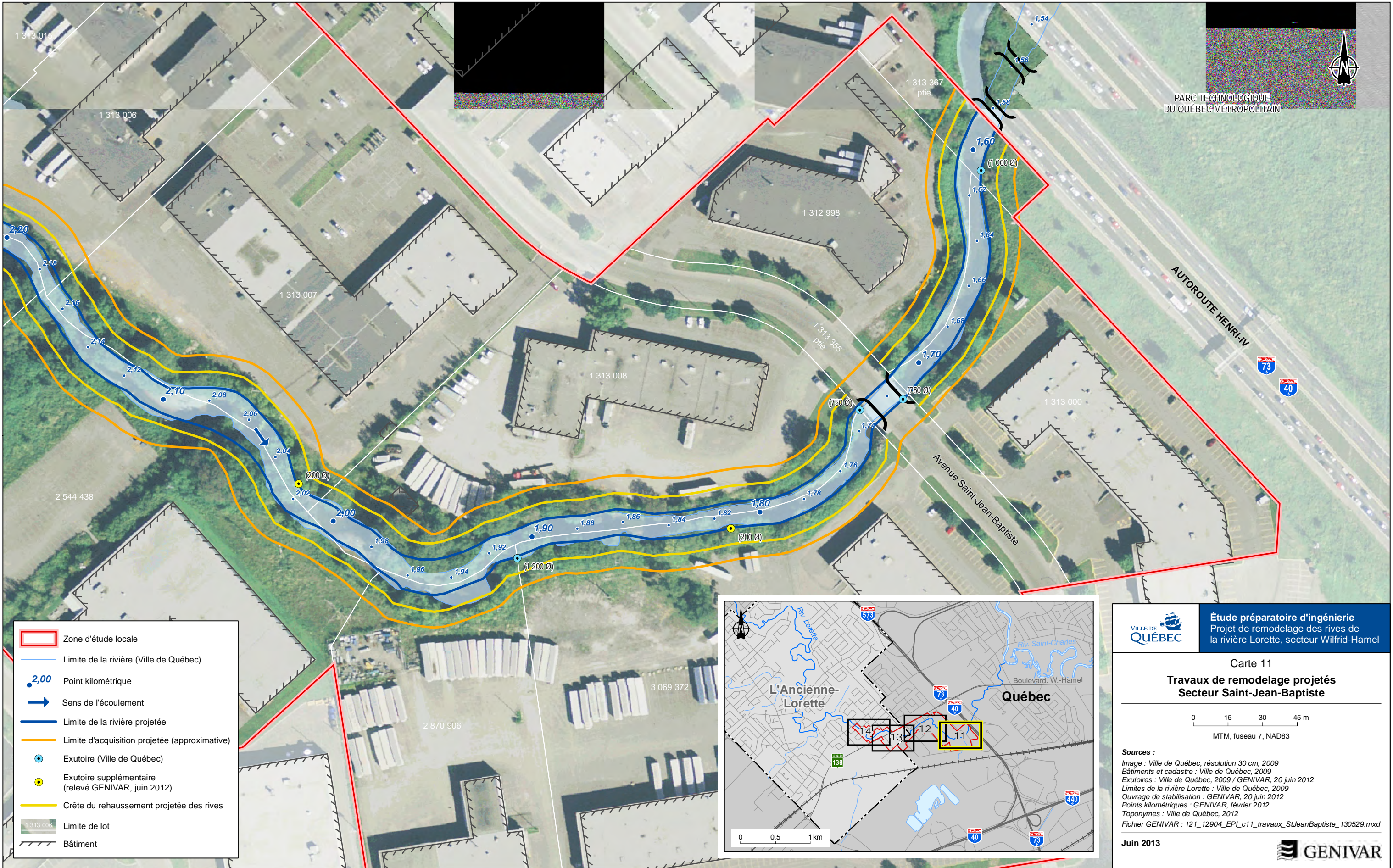
4.1.2 Secteur Michel-Fragasso

Dans la partie aval du secteur Michel-Fragasso en rive droite, entre les PK 2,52 et PK 2,34, un milieu humide est présent. Il a été décidé de ne pas intervenir à l'intérieur des limites de ce milieu afin de le préserver. Ainsi, le concept inclut un rehaussement à l'extérieur du milieu humide, tel que présenté sur la carte 12 et sur la section B. Le niveau actuel du milieu humide (élévation géodésique) ne sera pas modifié et la végétation devra être préservée.

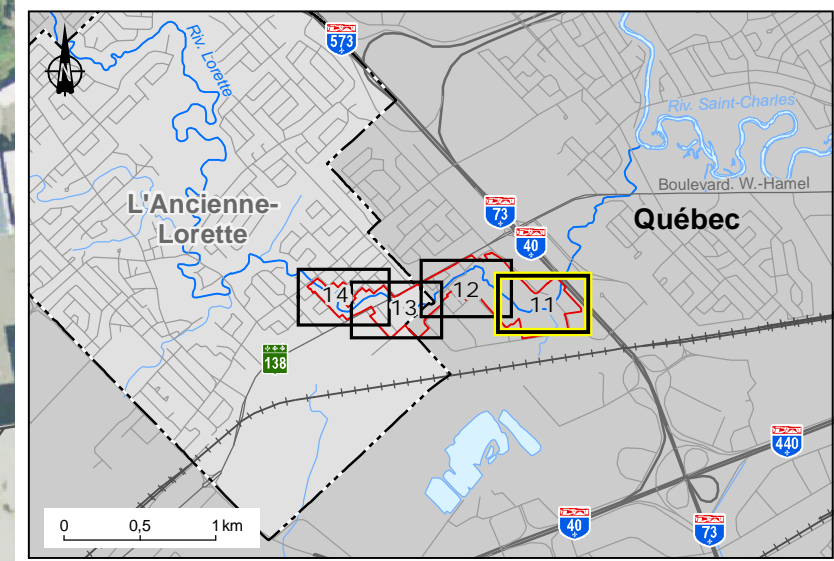
À partir du pont de la rue Michel-Fragasso (PK 2,76) jusqu'au PK 2,43 en rive gauche, le manque d'espace d'intervention (photo 10) impose une solution de type « muret ». Les murets existants au PK 2,55 et du PK 2,52 au PK 2,48 devront être intégrés et rehaussés (photo 11). Les murets proposés au PK 2,44 permettront d'atténuer la problématique d'érosion observée. Les sections C et D illustrent le concept proposé.

Une solution de type « muret » est également indiquée pour la zone située entre les PK 2,76 et 2,56 en rive droite (bordure de la rue des Ronces) afin d'augmenter la capacité hydraulique de la rivière en limitant l'impact sur la rue des Ronces.

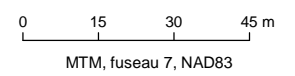
La rue des Ronces sera relocalisée à partir du PK 2,67 (à l'est du lot 1 313 018) jusqu'au milieu humide (PK 2,56). Elle sera décalée d'environ 5 m vers le sud (chemin d'accès). Cette intervention permettra d'augmenter la capacité hydraulique de la rivière et de réduire le contrôle hydraulique existant au droit du PK 2,55 (emplacement d'un ancien pont et massif en béton d'un exutoire pluvial en rivière).



- Zone d'étude locale
- Limite de la rivière (Ville de Québec)
- 2,00 Point kilométrique
- ➔ Sens de l'écoulement
- Limite de la rivière projetée
- Limite d'acquisition projetée (approximative)
- ⊙ Exutoire (Ville de Québec)
- ⊙ Exutoire supplémentaire (relevé GENIVAR, juin 2012)
- Crête du rehaussement projetée des rives
- Limite de lot
- Bâtiment



Carte 11
Travaux de remodelage projetés
Secteur Saint-Jean-Baptiste



Sources :
 Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Bâtiments et cadastre : Ville de Québec, 2009
 Exutoires : Ville de Québec, 2009 / GENIVAR, 20 juin 2012
 Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
 Ouvrage de stabilisation : GENIVAR, 20 juin 2012
 Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
 Toponymes : Ville de Québec, 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_c11_travaux_StJeanBaptiste_130529.mxd



Photo 10 Secteur Michel-Fragasso, vue du stationnement présent en rive gauche.



Photo 11 Secteur Michel-Fragasso, murets existants à conserver (PK 2,50).

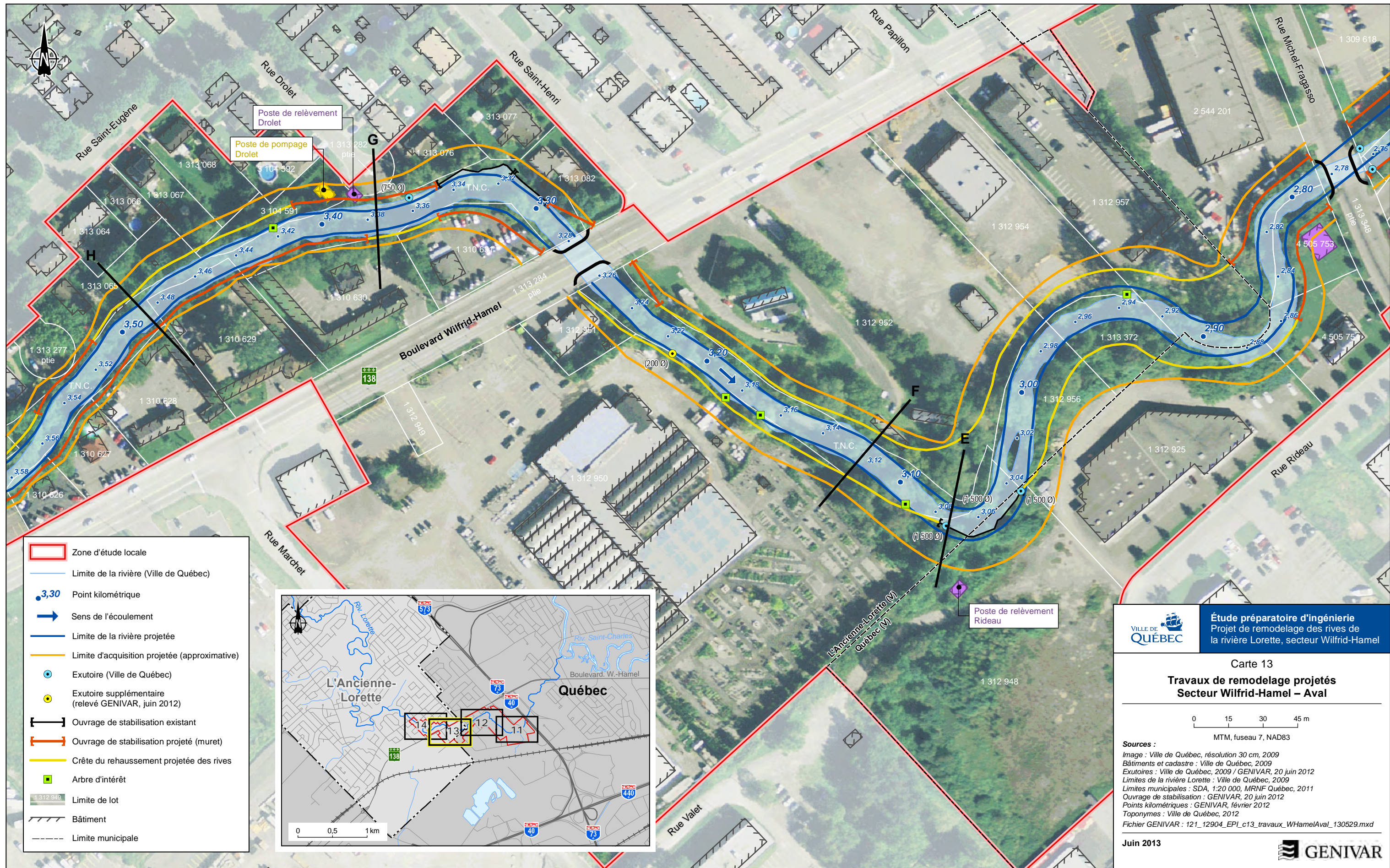
4.1.3 Secteur Wilfrid-Hamel aval

Tel que décrit au chapitre 3, le pont de la rue Michel-Fragasso représente un contrôle hydraulique majeur. Le concept de remodelage des rives inclut donc la reconstruction de ce pont, tel que présenté à la section 4.1.7.

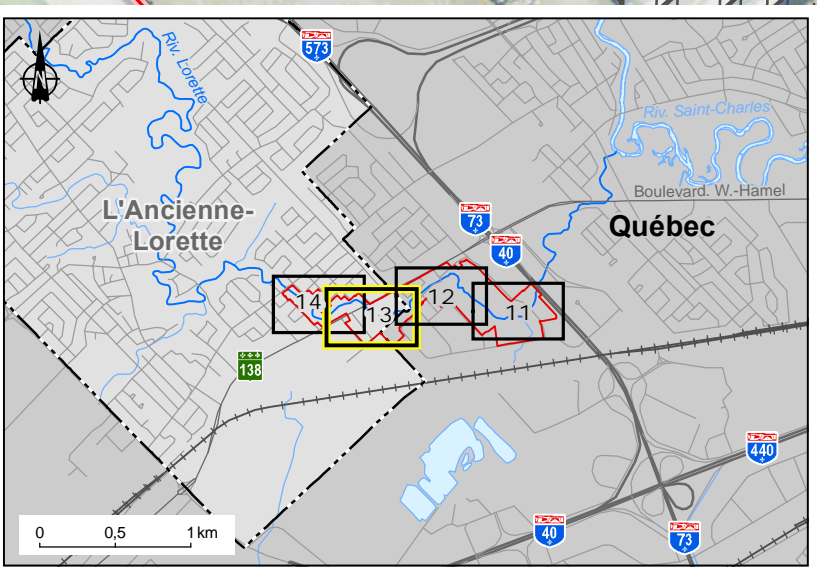
Les interventions projetées dans le secteur Wilfrid-Hamel aval sont présentées à la carte 13. Directement en amont du pont de la rue Michel-Fragasso (entre les PK 2,86 et 2,79), les infrastructures existantes (arrière-cour commerciale, génératrice de la station de pompage) sont très proches des rives de la rivière. Aucune infrastructure invasive ne peut être mise en place en rive gauche afin de préserver l'usage actuel (commerce, photo 12). En rive droite, la station de pompage Michel-Fragasso et sa génératrice (non visible sur les orthophotos) sont localisées à moins de 10 m du lit actuel de la rivière. Par ailleurs, une zone d'érosion majeure est présente en rive droite entre les PK 2,86 et 2,82 (photo 13). Il est donc nécessaire de mettre en place une solution de type murets en rive gauche et rive droite entre les PK 2,86 et 2,79. La génératrice devra être relocalisée.

Le secteur méandreux localisé entre les PK 2,84 et 3,10 est un des secteurs les plus naturels de la rivière. En rive gauche, l'espace disponible pour intervenir est important. En rive droite, les stationnements et infrastructures existants sont à une distance acceptable des rives. Afin de permettre à la rivière de contenir les crues en limitant les interventions en rivière, il est essentiel d'accentuer les plaines de « débordement » existantes au droit de ces deux méandres. En rive gauche, à l'intérieur des méandres, les interventions consisteront donc à un reprofilage du terrain naturel afin d'abaisser l'élévation existante et d'augmenter le volume disponible et, par le fait même, la capacité de la rivière. Tel que présenté sur la carte 14, un rehaussement des rives sera nécessaire en rive gauche et en rive droite. En rive gauche, les pentes des rives pourront être douces (2H : 1V) afin d'augmenter l'espace disponible en rivière. En rive droite, les pentes devront être plus inclinées afin de limiter l'impact sur les stationnements. La coupe E illustre le concept. Un intérêt particulier devra être porté sur le maintien de la protection en enrochement existante entre les PK 3,04 et 3,08.

Entre les PK 3,08 et 3,24, un rehaussement des rives devra être effectué. Étant donné la présence d'arrière-cour commerciale en rive droite et d'un terrain à usage résidentiel en rive gauche, les pentes des rives devront être de l'ordre de 1V : 1,5H en rive gauche et 1V : 2H en rive droite, tel que présenté sur la coupe F.

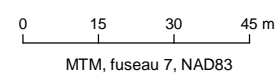


- Zone d'étude locale
- Limite de la rivière (Ville de Québec)
- 3,30 Point kilométrique
- ➔ Sens de l'écoulement
- Limite de la rivière projetée
- Limite d'acquisition projetée (approximative)
- Exutoire (Ville de Québec)
- Exutoire supplémentaire (relevé GENIVAR, juin 2012)
- Ouvrage de stabilisation existant
- Ouvrage de stabilisation projeté (muret)
- Crête du rehaussement projetée des rives
- Arbre d'intérêt
- Limite de lot
- Bâtiment
- Limite municipale

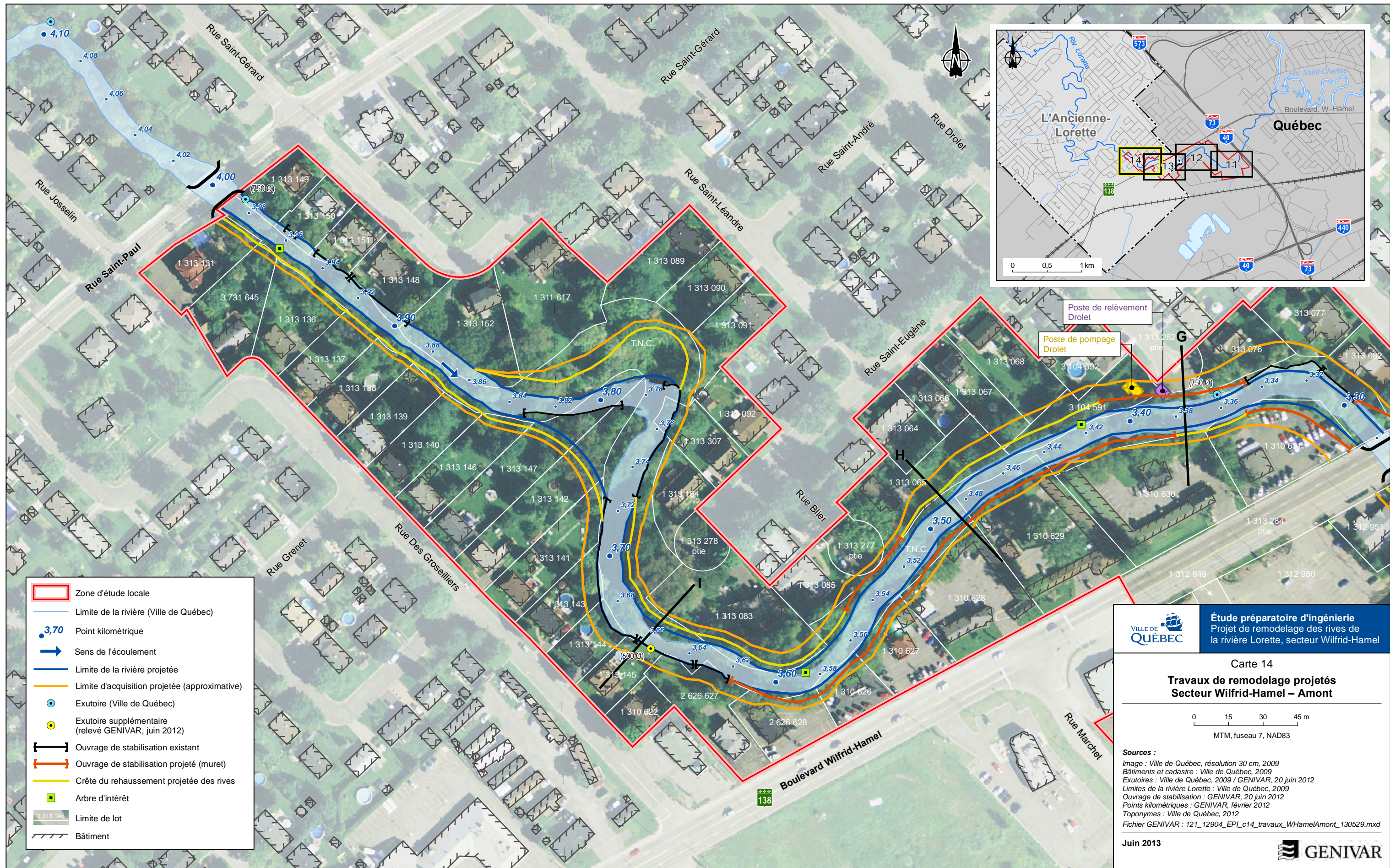


Étude préparatoire d'ingénierie
 Projet de remodelage des rives de la rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel

Carte 13
Travaux de remodelage projetés
Secteur Wilfrid-Hamel – Aval



Sources :
 Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Bâtiments et cadastre : Ville de Québec, 2009
 Exutoires : Ville de Québec, 2009 / GENIVAR, 20 juin 2012
 Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
 Limites municipales : SDA, 1:20 000, MRNF Québec, 2011
 Ouvrage de stabilisation : GENIVAR, 20 juin 2012
 Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
 Toponymes : Ville de Québec, 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_c13_travaux_WHamelAval_130529.mxd



- Zone d'étude locale
- Limite de la rivière (Ville de Québec)
- 3,70 Point kilométrique
- ➔ Sens de l'écoulement
- Limite de la rivière projetée
- Limite d'acquisition projetée (approximative)
- Exutoire (Ville de Québec)
- Exutoire supplémentaire (relevé GENIVAR, juin 2012)
- Ouvrage de stabilisation existant
- Ouvrage de stabilisation projeté (muret)
- Crête du rehaussement projetée des rives
- Arbre d'intérêt
- Limite de lot
- Bâtiment

Étude préparatoire d'ingénierie
 Projet de remodelage des rives de la rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel

Carte 14
Travaux de remodelage projetés
Secteur Wilfrid-Hamel – Amont

0 15 30 45 m
 MTM, fuseau 7, NAD83

Sources :
 Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Bâtiments et cadastre : Ville de Québec, 2009
 Exutoires : Ville de Québec, 2009 / GENIVAR, 20 juin 2012
 Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
 Ouvrage de stabilisation : GENIVAR, 20 juin 2012
 Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
 Toponymes : Ville de Québec, 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_c14_travaux_WHamelAmont_130529.mxd



Photo 12 Secteur Wilfrid-Hamel aval, PK 2,82 rive gauche. Arrière-cour commerciale près du haut de talus de la rive.



Photo 13 Secteur Wilfrid-Hamel aval, zone d'érosion au PK 2,86 rive droite et arrière-cour commerciale près du haut de talus de la rive.

4.1.4 Secteur Wilfrid-Hamel amont

Ce secteur est le secteur le plus impacté par le concept assurant le passage sécuritaire d'une crue centennale au sein de la rivière Lorette.

Le concept présenté permet d'assurer qu'aucun débordement ne survienne dans toute la zone d'étude, lors du passage d'un débit de 85 m³/s dans la rivière. Par conséquent, aucune évacuation n'aura lieu par les trois principaux points de débordement de la rivière pour atténuer la pointe de la crue et diminuer les niveaux, particulièrement dans le secteur Wilfrid-Hamel amont, tel qu'observé lors des événements de 2005. Les niveaux d'eau en conditions futures sont donc supérieurs aux niveaux d'eau simulés et estimés en conditions actuelles.

Le concept de remodelage doit assurer le passage d'une crue de 85 m³/s, soit plus que doubler la capacité hydraulique de la rivière existante. Le concept présenté nécessite donc des interventions majeures dans l'ensemble du secteur Wilfrid-Hamel amont tel que présenté à la carte 14.

À l'extrémité amont de ce secteur se trouve le pont du boulevard Wilfrid-Hamel Ouest dont la capacité hydraulique est très faible (65 m³/s). Sa reconstruction est prévue d'ici quelques années par le MTQ.

Dans le concept retenu, il est considéré que la section d'écoulement sous le pont est élargie à 15 m d'ouverture, et que la courbe en amont est reconfigurée et agrandie. Plus précisément, un rehaussement du soffite de 90 cm et une augmentation moyenne de 1,6 m de la largeur de la section d'écoulement sont intégrés au modèle hydraulique en conditions projetées. Une estimation préliminaire montre un rehaussement de la chaussée de l'ordre de 600 mm dans ces conditions.

Notons qu'un tel scénario requiert l'achat des lots situés à l'ouest du pont. Cet aspect devra être abordé à l'étape de l'ingénierie de détail.

Entre les PK 3,34 et 3,30, le lit d'écoulement de la rivière a été élargi afin de diminuer le contrôle hydraulique imposé par le pont Wilfrid-Hamel (photos 14 et 15). Étant donné la présence d'infrastructures résidentielles en rive gauche, l'élargissement du lit d'écoulement est effectué en rive droite. Les vitesses importantes et les risques d'érosion dans ce secteur imposent une solution de type murets en rive droite. Les murets de gabion existants en rive gauche devront être évalués, intégrés à l'ingénierie détaillée et rehaussés selon les critères de conception.

Tel que mentionné dans le chapitre 3, la proximité de la rue Drolet crée une restriction hydraulique majeure à l'écoulement. Il n'est cependant pas possible d'intervenir à cet endroit et d'élargir la rivière (aucun espace d'intervention disponible). Le concept consiste uniquement à construire des murets entre les PK 3,34 et 3,42 en rive gauche. En rive droite, entre les PK 3,38 et 3,35, une solution de type rehaussement de rives est adaptée, avec des pentes de 1,5 V: 1H. Le concept est illustré sur les coupes G et H (figures 11 et 12).

En rive gauche, entre les PK 3,41 et 3,51, l'espace disponible permet la mise en place d'une solution de type remodelage des rives, avec des pentes de 1,5 V: 1H pour limiter l'emprise des infrastructures de protection. En rive gauche, au droit de la rue Blier, une solution de type muret s'impose, entre les PK 3,55 et 3,52. Finalement, sur l'ensemble de la rive gauche, pour le reste du secteur à l'étude (PK 3,56 au PK 3,86), une solution de type remodelage des rives pourra être construite. À noter que l'enrochement existant, entre les PK 3,78 et 3,72, pourra être conservé.

En rive droite, entre les PK 3,58 et 3,62, la proximité des résidences riveraines et l'érosion majeure observée imposent une solution de type muret (photo 16). Entre les PK 3,72 et 3,62, les murets de gabion existants devront être évalués, intégrés à l'ingénierie détaillée et rehaussés selon les critères de conception. Le concept est illustré sur la coupe I de la figure 13.

La courbe du PK 3,80 doit être réaménagée afin de limiter les rehaussements des niveaux d'eau dans le secteur. Il est donc indiqué de :

- enlever l'enrochement en place en rive droite (entre les PK 3,84 et 3,81);
- élargir le lit de la rivière vers le sud-ouest afin de faciliter le passage des crues (entre les PK 3,84 et 3,72 rive droite);
- rehausser les rives (entre les PK 3,98 et 3,72 en rive droite et les PK 3,86 et 3,77 en rive gauche).

L'ensemble des travaux devra être réalisé sans intervention dans le milieu humide présent en rive gauche.



Photo 14 Pont Wilfrid-Hamel Ouest, vue vers l'aval.



Photo 15 PK 3,34 (vue vers l'aval).



Photo 16 PK 3,34 (vue vers l'aval).

4.1.5 Reprofilage du lit de la rivière

Le concept a été élaboré en limitant au maximum les interventions dans le lit de la rivière. Cependant, étant donné le nombre important de hauts fonds et leurs impacts sur les niveaux d'eau, à partir du PK 2,2, le lit de la rivière a été reprofilé en suivant la pente moyenne actuelle de la rivière. Les détails d'optimisation du concept sont présentés au paragraphe 4.1.7.

4.1.6 Sommaire des interventions

Le tableau 5 présente un sommaire des longueurs d'interventions par type. Le pourcentage par rapport à la longueur d'intervention totale est également présenté.

Tableau 5 Sommaire des longueurs d'interventions par types.

	Longueur (m)	% par rapport au total des interventions
Longueur totale de rehaussement	2 957	68
Longueur totale de murets	1 069	25
Longueur totale des infrastructures existantes à rehausser	316	7
Longueur totale des interventions	4 342	--
Longueur sans interventions	135	--
Longueur totale	4 477	--

4.1.7 Analyse sommaire de la reconstruction du pont de la rue Michel-Fragasso

La reconstruction du pont de la rue Michel-Fragasso est nécessaire afin de :

- augmenter sa capacité hydraulique;
- limiter les rehaussements des niveaux d'eau dans les secteurs en amont (Wilfrid-Hamel amont et aval);
- limiter l'empreinte des infrastructures nécessaires à la protection centennale des secteurs amont.

La reconstruction et le rehaussement du pont de la rue Michel-Fragasso nécessitent le reprofilage de la rue Michel-Fragasso, d'une partie de la rue des Ronces et des entrées charretières localisées de chaque côté du pont. Plus le rehaussement du soffite est important, plus les impacts sur les infrastructures existantes seront importants (reprofilage des rues). Les photos 16 et 17 montrent le pont de la rue Michel-Fragasso (vues amont et aval).

Afin de limiter les impacts sur les infrastructures existantes et d'assurer le passage sécuritaire de la crue centennale, il a été décidé de rehausser le soffite au niveau de la crue 100 ans. Aucune revanche par rapport à la crue 100 ans n'est proposée.

Ainsi, selon les résultats de modélisation, le niveau d'eau futur au droit du pont, pour une crue centennale, sera de 15,90 m et le soffite sera rehaussé à cette même élévation. Le rehaussement proposé du soffite est donc de 0,85 m et de 0,5 m pour la chaussée.

Selon cette hypothèse, la rue Michel-Fragasso, côté est, sera reprofilée avec une pente de 2,5 % sur une distance approximative de 32 m. L'entrée du commerce devra également être réaménagée. Du côté ouest, la rue Michel-Fragasso devra être reprofilée sur une distance de 27 m, avec une pente de 2,5 %. L'entrée de la station de pompage devra être réaménagée. Finalement, la rue des Ronces devra également être reprofilée sur une distance de 23 m. Il sera important de reconsidérer le système de drainage de la rue des Ronces lors de l'ingénierie de détail.

Les plans conceptuels de reconstruction du pont Michel-Fragasso sont présentés à l'annexe 2.



Photo 16 Pont de la rue Michel-Fragasso, vue vers l'amont.



Photo 17 Pont de la rue Michel-Fragasso, de la rive gauche aval (débit approximatif de 22 m³/s).

4.1.8 Niveaux d'eau en conditions projetées

La figure 4 présente les niveaux d'eau en conditions actuelles et en conditions projetées ainsi que les thalwegs actuel et projeté. Il est important de préciser que les niveaux d'eau à l'amont et à l'aval de la zone de projet ne proviennent pas de la modélisation hydrodynamique effectuée, mais de données et d'extrapolation de données du CEHQ (2012 et 2010). Les valeurs de niveaux d'eau et de vitesses en conditions projetées, pour des crues 2 ans, 20 ans et centennale, sont présentées à l'annexe 1. Les impacts hydrauliques du projet dans la zone d'étude sont présentés au chapitre 5.

Les valeurs de niveaux d'eau sont également présentées pour un débit de crue équivalent à l'évènement Rita (93 m³/s). Des rehaussements de niveaux d'eau par rapport à la crue centennale sont observés, mais sont inférieurs à 0,2 m. La revanche de 0,3 m par rapport aux niveaux d'eau 100 ans serait donc suffisante pour éviter les débordements lors du passage de la crue Rita. Lors du passage d'une telle crue, des niveaux d'eau supérieurs de 0,2 m aux niveaux d'eau en crue centennale sont observés entre les ponts de l'autoroute Henri-IV et le pont de la rue Saint-Jean-Baptiste. Le soffite du pont de la rue Saint-Jean-Baptiste est atteint. Les rehaussements de niveaux d'eau s'atténuent pour atteindre 0,1 m par rapport à la crue centennale au droit de l'extrémité de la rue des Ronces. Dans l'ensemble de ce secteur, la partie remodelée des rives permet d'augmenter la capacité hydraulique des sections, ce qui fournit une certaine capacité d'emménagement, et atténue le rehaussement des niveaux d'eau.

Au PK 2,6, le contrôle hydraulique observé en crue centennale impose des niveaux d'eau similaires pour les crues Rita et centennale au droit du pont Michel-Fragasso.

Les réaménagements des plaines de débordement effectués dans les méandres, entre les PK 2,8 et 3,0, permettent de contenir la crue de 93 m³/s et de maintenir des niveaux d'eau similaires à la crue centennale jusqu'en amont du pont du boulevard Wilfrid-Hamel Ouest. En amont du pont du boulevard Wilfrid-Hamel Ouest, la section au droit de la rue Drolet crée une restriction et provoque un rehaussement des niveaux en amont qui atteignent 10 cm par rapport à la crue centennale au droit du pont de la rue Saint-Paul.

Il est important de rappeler que le modèle hydrodynamique n'a pas pu être calibré avec des mesures réelles en conditions de crue importante. Les valeurs de niveaux d'eau et de vitesses présentées en conditions actuelles permettent tout de même d'obtenir un bon portrait de la situation, mais doivent être interprétées avec discernement.

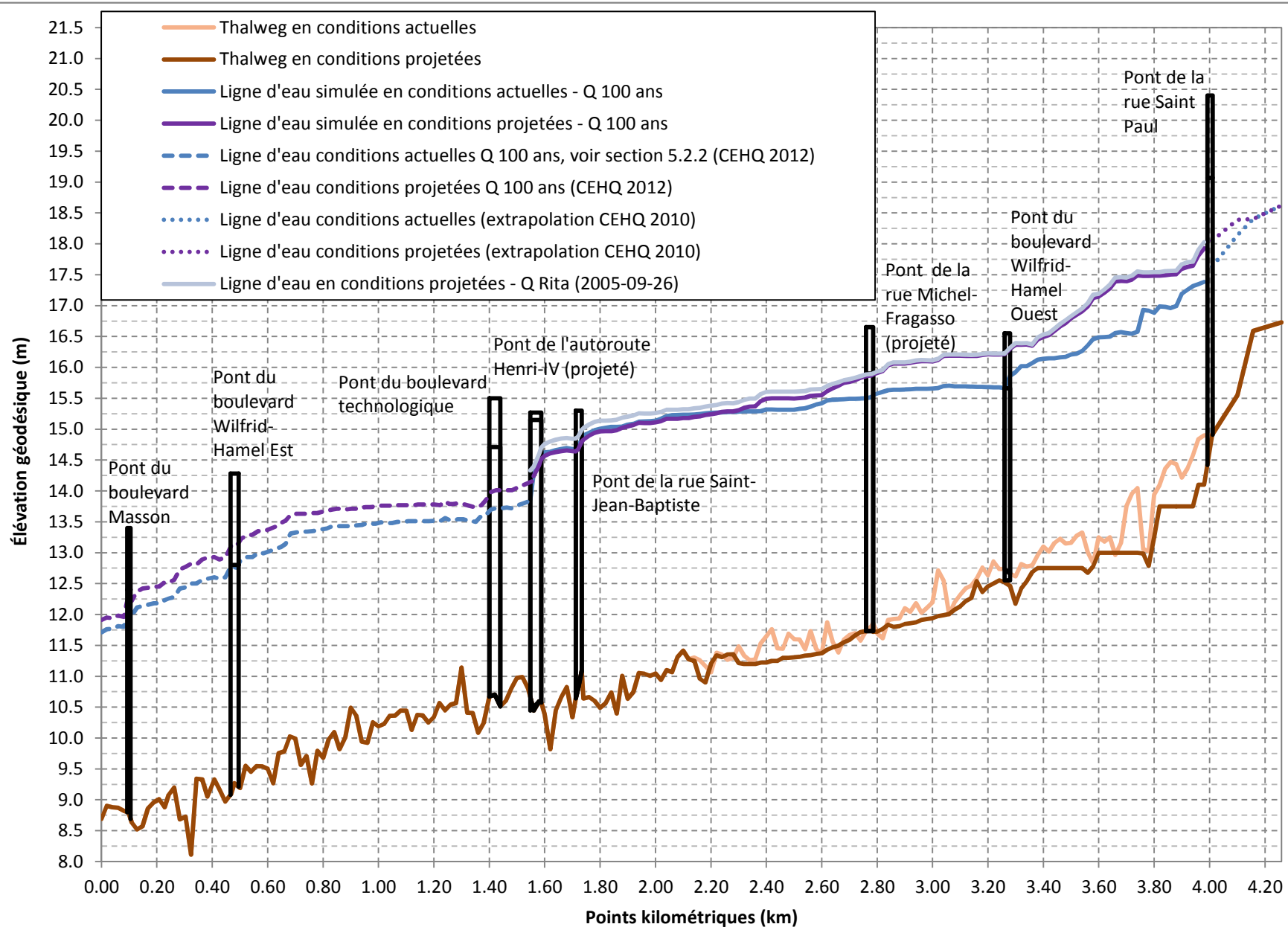


Figure 4. Lignes d'eau simulées en conditions actuelles et projetées pour des débit de 85 m³/s (centennal) et de 93 m³/s (Rita)

4.1.9 Diamètre d'enrochement

Tel que présenté à l'annexe 1 (cartes 17 à 20), les vitesses moyennes sont de l'ordre de 1,5 à 2 m/s, lors du passage d'une crue centennale en conditions projetées. L'enrochement mis en place devra donc être constitué de pavés de rivière récupérés ou de pierres dynamitées calibre 100-300, avec 50 % de l'enrochement supérieur à 200 mm.

Des vitesses plus importantes pourraient être observées ponctuellement au droit des ponts. Il est donc recommandé d'ajouter des pavés de rivière récupérés ou des pierres dynamitées de calibre 300-500 au droit des ponts lors de leur reconstruction.

Il est important de préciser qu'à la suite des travaux, le substrat actuel devrait être recréé par dépôt des sédiments et colmatage de l'empierrement. La possibilité de récupérer le substrat existant sera privilégiée selon la qualité des sols en place en fonction des résultats des études de site phases 1, 2. Mentionnons que l'étude de site phase 1 a déjà été réalisée¹⁵.

4.1.10 Recommandations pour les reconstructions des ponts de la zone d'étude

Le tableau 6 présente les niveaux d'eau projetés, en conditions de crue centennale, en amont des ponts de la zone d'étude. La recommandation concernant l'élévation du soffite du pont de la rue Michel-Fragasso a été présentée au chapitre précédent. Les concepts de reconstruction des ponts Wilfrid-Hamel Ouest et de l'autoroute Henri-IV devront considérer les niveaux d'eau présentés dans le tableau suivant. Les niveaux d'eau en crue centennale pour les ponts du boulevard Wilfrid-Hamel Est et du boulevard Masson sont également présentés à titre indicatif (données CEHQ 2012).

Tableau 6 Niveaux d'eau en conditions projetées, débit 100 ans, au droit des ponts de la rivière Lorette (de la rue Saint-Paul à la rivière Saint-Charles).

Pont	Niveau d'eau projeté, crue 100 ans (m)	Soffite actuel (approximatif) (m)
rue Saint-Paul	18,05	19,07
boulevard Wilfrid-Hamel Ouest	16,30	15,66
rue Michel-Fragasso	15,86	15,05
rue Saint-Jean-Baptiste	14,70	14,70
autoroute Henri-IV	14,52	14,15
boulevard du Parc-Tchnologique	14,13	14,70
boulevard Wilfrid-Hamel Est	13,10	12,90
boulevard Masson	11,96	12,40

15 GENIVAR. 2012. *Évaluation environnementale de sites - phase I, projet de remodelage des rives de la rivière Lorette, Québec (Québec)*. Rapport de GENIVAR inc. à la Ville de Québec. 35 p. et annexes.

4.1.11 Présentation des acquisitions nécessaires à la réalisation du concept

La limite d'acquisition présentée sur les cartes 11 à 14 a été obtenue en ajoutant 2 m à la limite des travaux projetés. Cette zone tampon de 2 m a été placée afin de prendre en considération les éventuelles modifications au concept lors de l'ingénierie de détail.

La superficie des acquisitions par lots, minimalement nécessaire à la réalisation des travaux, est présentée à l'annexe 3.

4.1.12 Optimisation et variantes étudiées

Le concept d'ingénierie assurant le passage d'une crue centennale sans débordement a été obtenu par un processus itératif. Des modifications peu invasives de la géométrie de la rivière Lorette ont d'abord été testées et les niveaux d'eau obtenus selon cette approche ont été analysés. Des modifications ponctuelles de la géométrie de la rivière ont ensuite été ajoutées et les gains hydrauliques (diminution des niveaux d'eau) de chacune de ces modifications ont été analysés. Les modifications trop invasives en rivière et apportant un gain hydraulique peu important (diminution des niveaux d'eau de quelques centimètres) n'ont pas été retenues.

Les détails de l'optimisation du concept retenu sont présentés à l'annexe 4.

4.2 **Concept d'éco-ingénierie**

Le présent paragraphe décrit les aménagements proposés par secteur ainsi que les facteurs de réussite respectifs.

4.2.1 Secteur d'écoulement de la rivière (niveau inférieur à la crue 2 ans + 0,5 m) : végétalisation des enrochements

Afin d'améliorer l'aspect naturel du nouveau lit de la rivière Lorette, à la suite des travaux de remodelage, il est prévu d'implanter des végétaux à travers les nouveaux enrochements.

Pour ce faire, les plantes herbacées pourront être transplantées directement à l'intérieur des cavités formées entre les roches à l'aide de jeunes plants en multicellule déposées sur une membrane géotextile biodégradable.

Les plantes herbacées seront ensuite recouvertes de compost. Pour maximiser l'épaisseur de compost autour des plants, il s'agira de choisir les cavités les plus

larges possible. De plus, afin de favoriser leur taux de survie, la membrane géotextile ne devra pas être refermée sur la motte racinaire. L'ajout d'une couche mince de paillis permettra de conserver les racines humides en période de sécheresse. Le type de paillis devra cependant être choisi de manière à favoriser la pénétration de l'eau. L'ensemble de ces interventions devra être réalisé directement en place afin d'éviter la fabrication des pochettes à l'extérieur de la zone des travaux.

Facteurs de réussite :

- cette technique devra être réalisée dans une période restreinte et requiert un minimum de temps pour établir une repousse et un enracinement suffisant pour résister aux crues et aux pluies subites;
- l'arrosage est primordial en période d'étiage, de sécheresse et de canicule lors de la première année de croissance.

Une seconde technique pourrait être appliquée pour faciliter la revégétalisation des enrochements dans certains secteurs et créer un meilleur lit de plantation pour les plantes herbacées. Cette technique consiste à recouvrir les enrochements à l'aide d'un substrat d'une épaisseur minimale de 100 mm composé d'un mélange de compost végétal et de pierres naturelles 5-56 mm. Ce matériel permet la mise en place de plantes herbacées à l'aide d'un ensemencement hydraulique contrairement aux travaux de plantation à travers les roches. De plus, celle-ci devra être réévaluée en fonction des périodes critiques de crues de la rivière Lorette pour éviter le lessivage du substrat. L'ajout de pierres naturelles 5-56 mm dans le compost vise cependant à limiter ce risque.

4.2.2 Secteur des rives rehaussées dans la section d'écoulement de la rivière (niveau supérieur à la crue 2 ans + 0,5 m)

Dans les secteurs où les rives seront rehaussées dans la section d'écoulement de la rivière, plusieurs méthodes de plantation peuvent être appliquées au-dessus du niveau de l'enrochement (crue 2 ans + 0,5 m). Ces travaux de revégétalisation peuvent être réalisés à l'aide d'un ensemble de techniques spécialisées d'éco-ingénierie (génie végétal) et de techniques plus traditionnelles (contenant, etc.). Ces différentes options devront être déterminées à l'étape des plans et devis en fonction des particularités de chacun des secteurs.

Selon le cas, l'implantation de rangs de fagots, de fascines et de matelas de branches pourra être installée afin de contrer les problèmes mineurs d'érosion de manière efficace tout en contribuant à redonner rapidement un aspect naturel aux rives et améliorer les conditions d'habitat du poisson. Ces techniques sont toutefois réalisées à l'aide d'arbustes indigènes dont le choix d'espèces est plus limité (salix, cornus stolonifera, etc.) que dans l'utilisation de méthodes de plantation plus traditionnelles.

Des boudins de stabilisation (ex. : Coirlog, Waterlog, etc.) peuvent aussi être utilisés comme substitut dans les secteurs les plus susceptibles à l'érosion. Ces boudins permettent la plantation d'arbustes et peuvent être réalisés dans une période moins restreinte que celle des fagots et fascines.

Des massifs d'arbustes en contenant ou en multicellule permettront d'établir une strate arbustive plus rapidement tout en permettant une plus grande biodiversité. Des plantes herbacées en contenant ou en multicellule compléteront la revégétalisation dans ces secteurs ou être implantées à l'aide d'un ensemencement hydraulique. Le choix des mélanges de graines (vivaces, annuelles, graminées) devra correspondre à des espèces indigènes représentatives du milieu de la rivière Lorette. Le type d'ensemencement hydraulique peut être réalisé à l'aide de matelas ou avec matrice selon les secteurs.

Facteurs de réussite :

- périodes des travaux différentes selon les techniques de plantation : période plus restreinte pour les techniques de génie végétal;
- les techniques de génie végétal et la pose d'ensemencement hydraulique doivent être exécutées par des firmes spécialisées dans ces domaines;
- les options doivent être sélectionnées en fonction des objectifs recherchés : effet rapide, période des travaux, disponibilité, coût, etc.;
- l'arrosage est primordial en période de sécheresse et de canicule lors de la première année de croissance.

4.2.3 Secteur des rives rehaussées en dehors de la section d'écoulement de la rivière

À l'arrière des terrains qui bordent la rivière, plusieurs techniques traditionnelles de plantation peuvent être utilisées (contenant, multicellule, ensemencement hydraulique, etc.). L'objectif principal est de recréer le plus rapidement possible une bande riveraine composée d'une strate arborescente (conifère et arbre à feuilles caduques), arbustive et herbacée.

Le long des rues et des stationnements où le manque d'espace limite les travaux de revégétalisation, des arbres pourront être plantés en fosse individuelle dans des banquettes afin de créer une zone tampon entre la rivière et ces infrastructures. Des espèces de plus gros calibres pourront être installées dans ces secteurs pour accélérer la revégétalisation.

Afin d'améliorer la gestion des eaux pluviales dans les stationnements bordant la rivière, des revêtements plus perméables pourraient être prévus et conçus de pair avec ces nouveaux îlots de plantation.

Dans les secteurs résidentiels et derrière les motels, le choix des végétaux devra être effectué de manière à ne pas créer de barrière visuelle le long des rives de la rivière Lorette. Le type et la hauteur à maturité des végétaux dans ces secteurs devront être analysés en fonction de la topographie et des aménagements résidentiels en place. À cet effet, les arbustes et les plantes herbacées devront atteindre une hauteur maximale de 1,2 m. Cette hauteur maximale devra être réajustée en fonction de chacun des terrains et des objectifs de réaménagement.

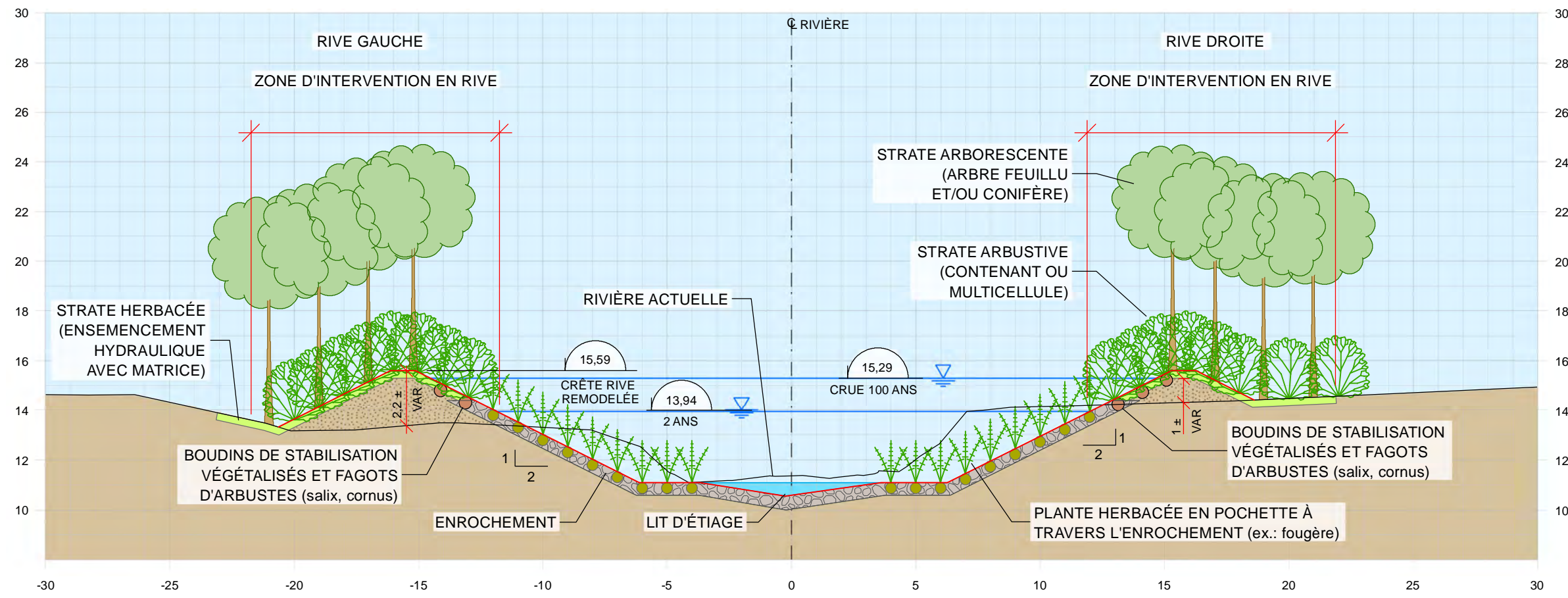
Facteurs de réussite :

- les végétaux aux abords des stationnements doivent être sélectionnés en fonction des conditions difficiles dans ces secteurs (circulation, déneigement, etc.);
- l'arrosage est primordial en période de sécheresse et de canicule lors de la première année de croissance.

4.2.4 Intégration visuelle des murets

Afin d'intégrer visuellement les murets devant être érigés dans les secteurs restreints par le manque d'espace, des structures réalisées à l'aide de tiges de saules vivants pourront être implantées devant les murets. Des plantations de végétaux en avant-plan de ces structures de saules ainsi que l'installation de plantes grimpantes (vigne, etc.) au-dessus viendront compléter ces mesures d'intégration visuelle.

L'un des objectifs de la solution de muret proposée est de limiter la durée des travaux en rivière. La faisabilité de la solution de mur végétal sera cependant documentée.



SECTION A (PK 2,25)

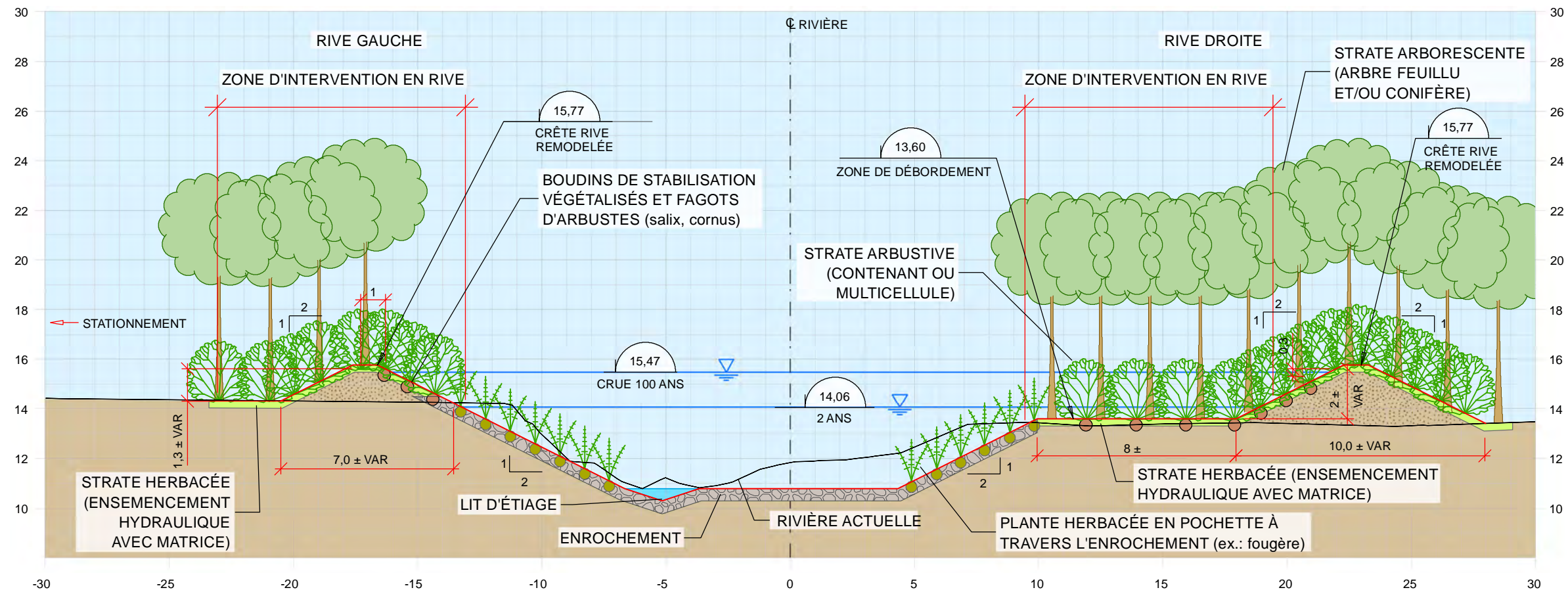
1:200

GENIVAR
 1175, BOULEVARD LEBOURGNEUF, BUREAU 300
 QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA G2K 0B4
 TÉLÉPHONE : 418-780-0878
 TÉLÉCOPIEUR : 418-780-4182

**REMDELAGE DES RIVES
 DE LA RIVIÈRE LORETTE**

FIGURE 5

CONCEPTION : P. Pelletier, ing.
 L. Ouahit, ing. jr.
 L. Giroux, arch.-pays.
 DESSIN : S. Bisson, tech.
 M. Cloutier, tech.
 J.-M. Tremblay, tech.
 PROJET : 121-12904-00
 DATE : 2013-05-30
 ÉCHELLE : 1 : 200



SECTION B (PK 2,39)

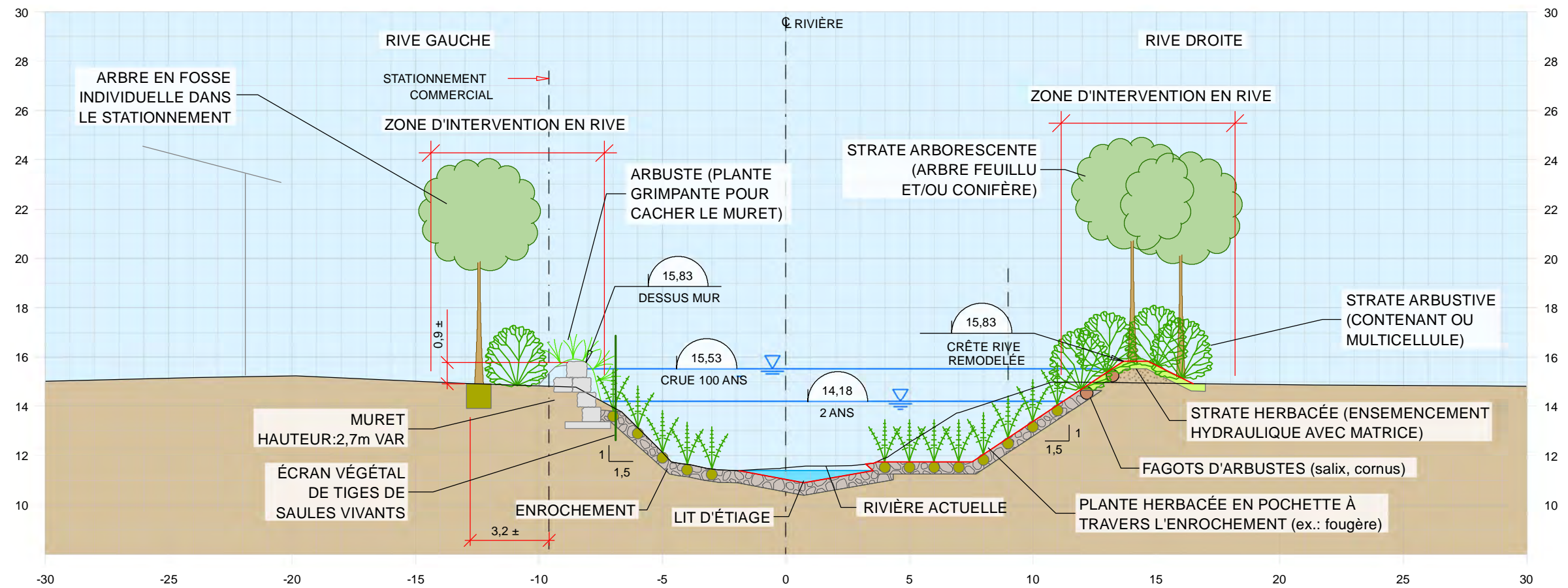
1:200

GENIVAR
 1175, BOULEVARD LEBOURGNEUF, BUREAU 300
 QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA G2K 0B4
 TÉLÉPHONE : 418-780-0878
 TÉLÉCOPIEUR : 418-780-4182

**REMDELAGE DES RIVES
 DE LA RIVIÈRE LORETTE**

FIGURE 6

CONCEPTION : P. Pelletier, ing.
 L. Ouahit, ing. jr.
 L. Giroux, arch.-pays.
 DESSIN : S. Bisson, tech.
 M. Cloutier, tech.
 J.-M. Tremblay, tech.
 PROJET : 121-12904-00
 DATE : 2013-05-30
 ÉCHELLE : 1 : 200



SECTION C (PK 2,55)

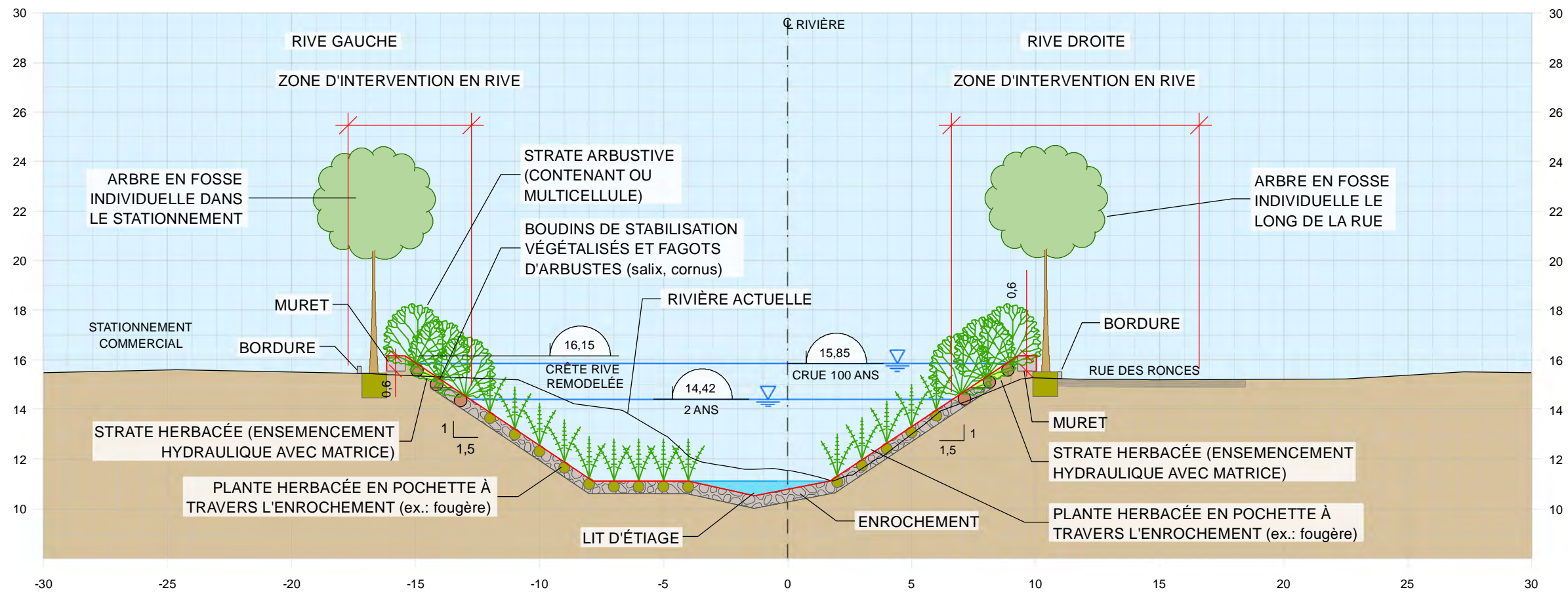
1:200

GENIVAR
 1175, BOULEVARD LEBOURGNEUF, BUREAU 300
 QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA G2K 0B4
 TÉLÉPHONE : 418-780-0878
 TÉLÉCOPIEUR : 418-780-4182

**REMODELAGE DES RIVES
 DE LA RIVIÈRE LORETTE**

FIGURE 7

CONCEPTION : P. Pelletier, ing.
 L. Ouahit, ing. jr.
 L. Giroux, arch.-pays.
 DESSIN : S. Bisson, tech.
 M. Cloutier, tech.
 J.-M. Tremblay, tech.
 PROJET : 121-12904-00
 DATE : 2013-05-30
 ÉCHELLE : 1 : 200



SECTION D (PK 2,74)

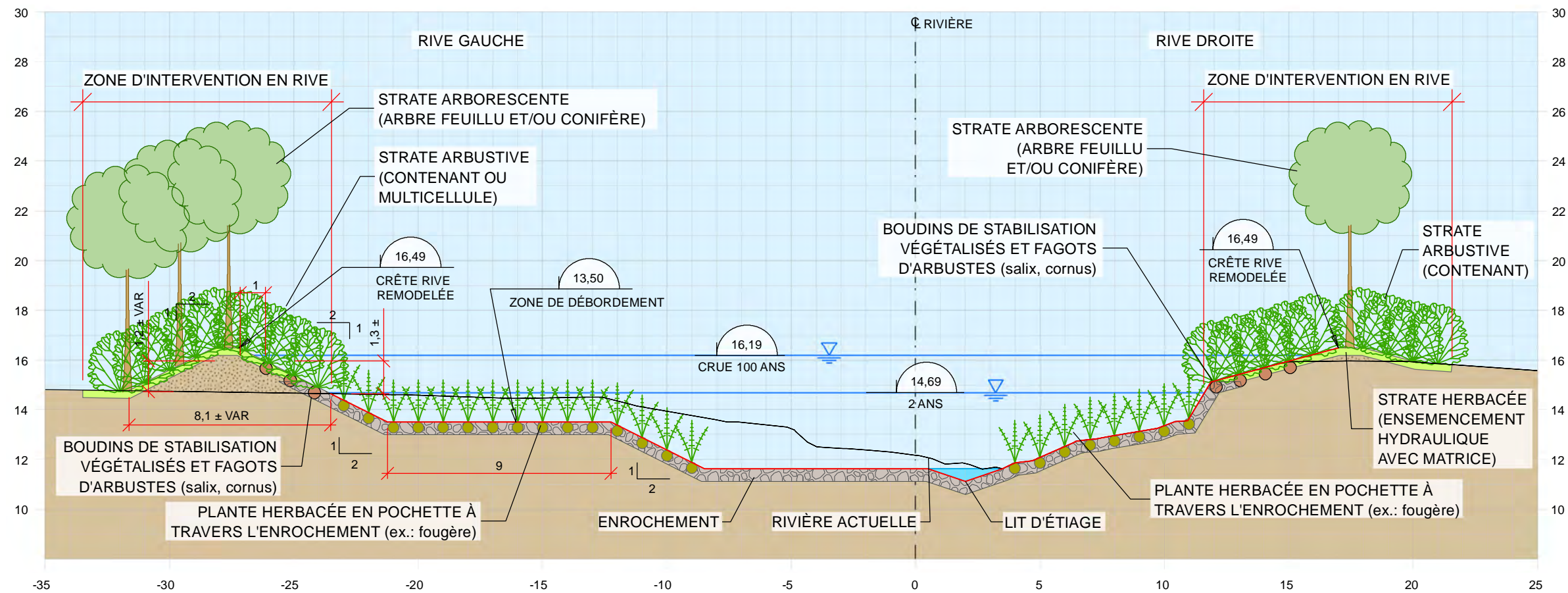
1:200

GENIVAR
 1175, BOULEVARD LEBOURGNEUF, BUREAU 300
 QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA G2K 0B4
 TÉLÉPHONE : 418-780-0878
 TÉLÉCOPIEUR : 418-780-4182

**REMODELAGE DES RIVES
 DE LA RIVIÈRE LORETTE**

FIGURE 8

CONCEPTION : P. Pelletier, ing.
 L. Ouahit, ing. jr.
 L. Giroux, arch.-pays.
 DESSIN : S. Bisson, tech.
 M. Cloutier, tech.
 J.-M. Tremblay, tech.
 PROJET : 121-12904-00
 DATE : 2013-05-30
 ÉCHELLE : 1 : 200



SECTION E (PK 3,073)

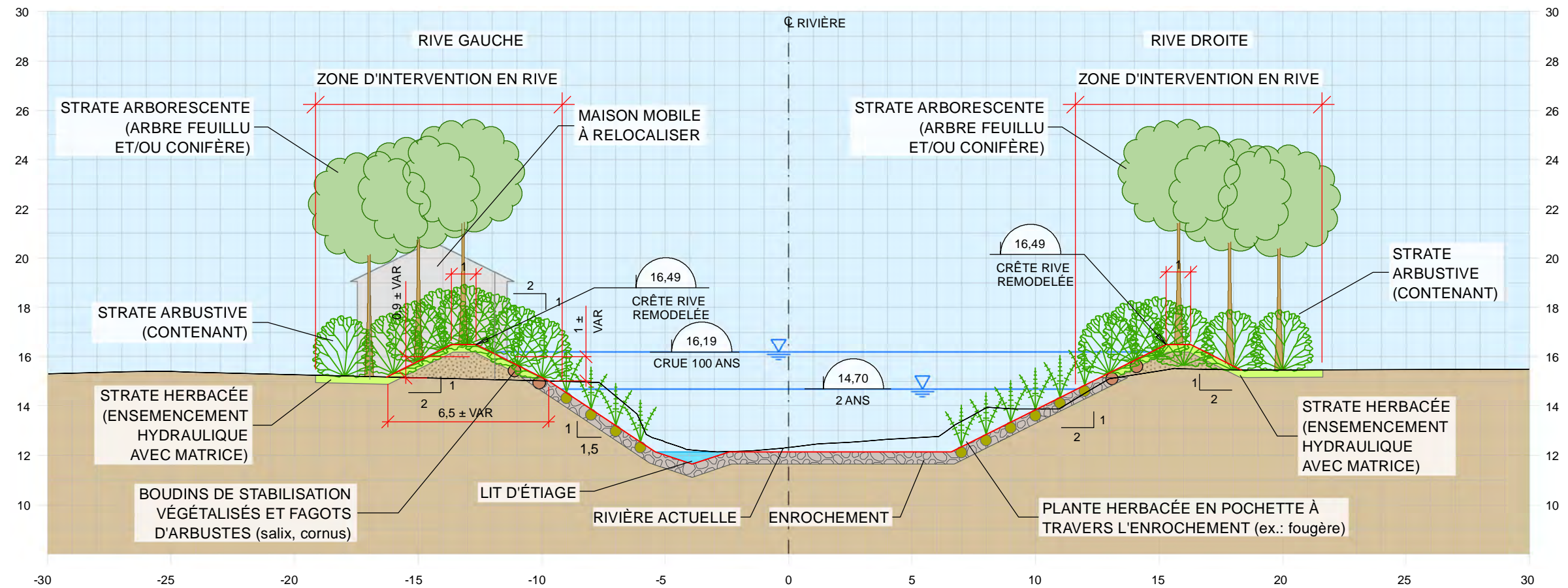
1:200

GENIVAR
 1175, BOULEVARD LEBOURGNEUF, BUREAU 300
 QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA G2K 0B4
 TÉLÉPHONE : 418-780-0878
 TÉLÉCOPIEUR : 418-780-4182

**REMDELAGE DES RIVES
 DE LA RIVIÈRE LORETTE**

FIGURE 9

CONCEPTION : P. Pelletier, ing.
 L. Ouahit, ing. jr.
 L. Giroux, arch.-pays.
 DESSIN : S. Bisson, tech.
 M. Cloutier, tech.
 J.-M. Tremblay, tech.
 PROJET : 121-12904-00
 DATE : 2013-05-30
 ÉCHELLE : 1 : 200



SECTION F (PK 3,12)

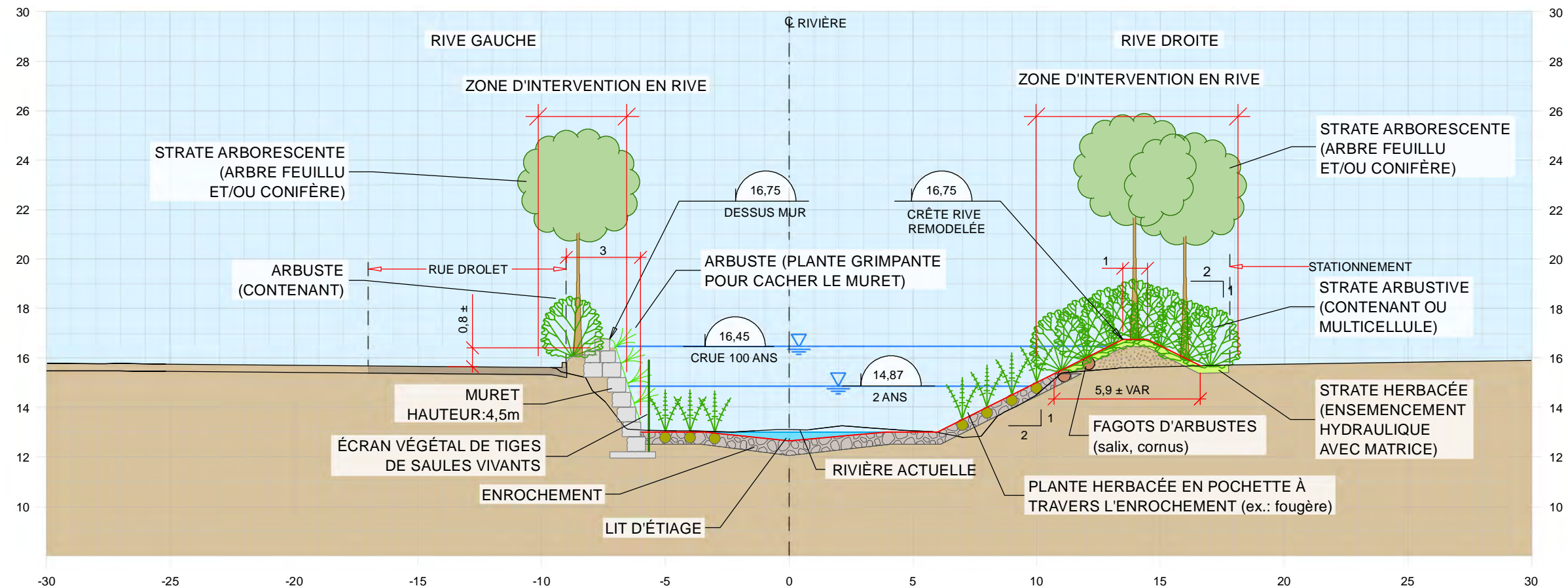
1:200

GENIVAR
 1175, BOULEVARD LEBOURGNEUF, BUREAU 300
 QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA G2K 0B4
 TÉLÉPHONE : 418-780-0878
 TÉLÉCOPIEUR : 418-780-4182

**REMDELAGE DES RIVES
 DE LA RIVIÈRE LORETTE**

FIGURE 10

CONCEPTION : P. Pelletier, ing.
 L. Ouahit, ing. jr.
 L. Giroux, arch.-pays.
 DESSIN : S. Bisson, tech.
 M. Cloutier, tech.
 J.-M. Tremblay, tech.
 PROJET : 121-12904-00
 DATE : 2013-05-30
 ÉCHELLE : 1 : 200



SECTION G (PK 3,37)

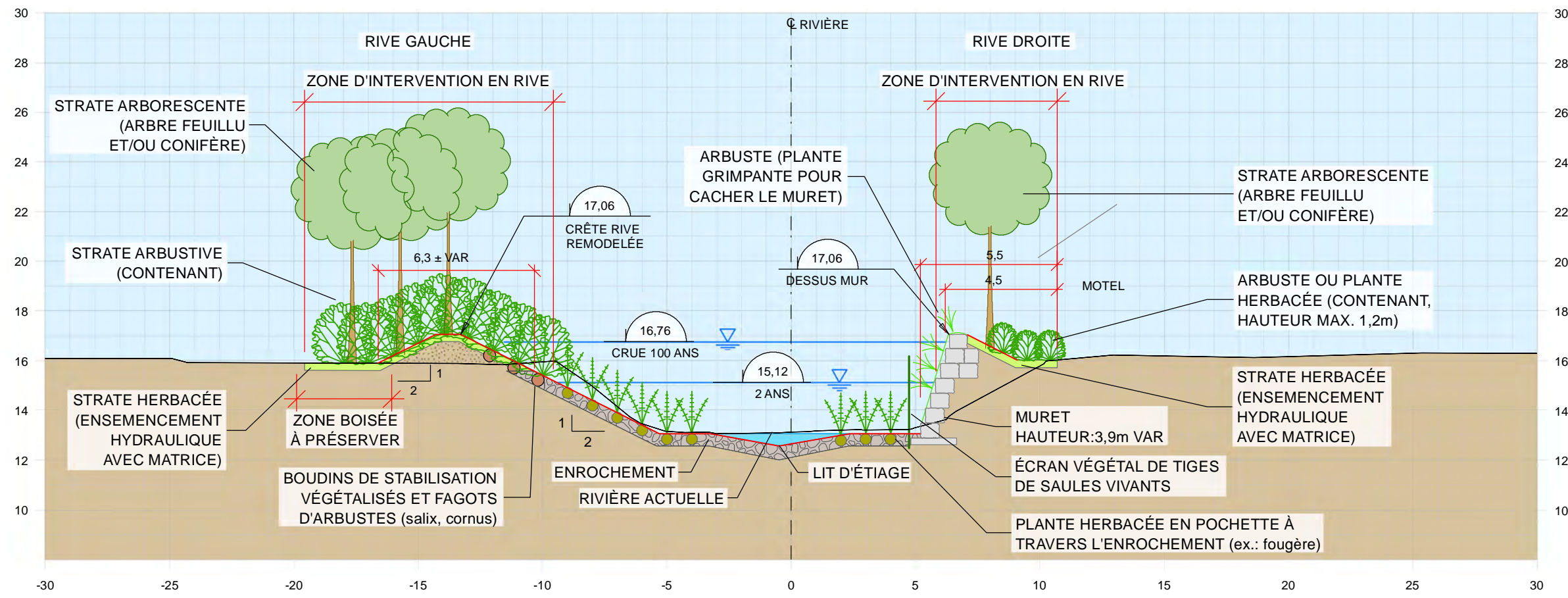
1:200

GENIVAR
 1175, BOULEVARD LEBOURGNEUF, BUREAU 300
 QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA G2K 0B4
 TÉLÉPHONE : 418-780-0878
 TÉLÉCOPIEUR : 418-780-4182

**REMDELAGE DES RIVES
 DE LA RIVIÈRE LORETTE**

FIGURE 11

CONCEPTION : P. Pelletier, ing.
 L. Ouahit, ing. jr.
 L. Giroux, arch.-pays.
 DESSIN : S. Bisson, tech.
 M. Cloutier, tech.
 J.-M. Tremblay, tech.
 PROJET : 121-12904-00
 DATE : 2013-05-30
 ÉCHELLE : 1 : 200



SECTION H (PK 3,48)

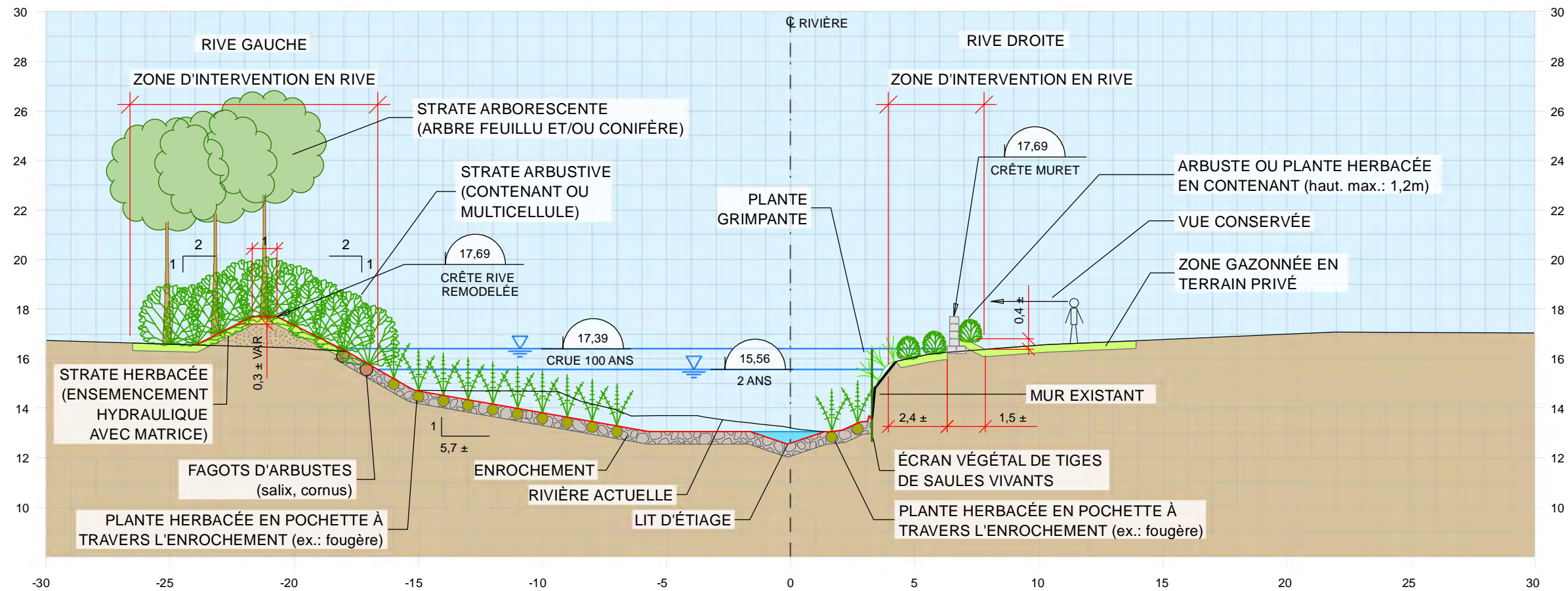
1:200

GENIVAR
 1175, BOULEVARD LEBOURGNEUF, BUREAU 300
 QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA G2K 0B4
 TÉLÉPHONE : 418-780-0878
 TÉLÉCOPIEUR : 418-780-4182

**REMDELAGE DES RIVES
 DE LA RIVIÈRE LORETTE**

FIGURE 12

CONCEPTION : P. Pelletier, ing.
 L. Ouahit, ing. jr.
 L. Giroux, arch.-pays.
 DESSIN : S. Bisson, tech.
 M. Cloutier, tech.
 J.-M. Tremblay, tech.
 PROJET : 121-12904-00
 DATE : 2013-05-30
 ÉCHELLE : 1 : 200



SECTION I (PK 3,66)

1:200

GENIVAR
 1175, BOULEVARD LEBOURGNEUF, BUREAU 300
 QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA G2K 0B4
 TÉLÉPHONE : 418-780-0878
 TÉLÉCOPIEUR : 418-780-4182

**REMDELAGE DES RIVES
 DE LA RIVIÈRE LORETTE**

FIGURE 13

CONCEPTION : P. Pelletier, ing.
 L. Ouahit, ing. jr.
 L. Giroux, arch.-pays.
 DESSIN : S. Bisson, tech.
 M. Cloutier, tech.
 J.-M. Tremblay, tech.
 PROJET : 121-12904-00
 DATE : 2013-05-30
 ÉCHELLE : 1 : 200

4.3 Échéancier des travaux

Les travaux de remodelage de la rivière doivent être réalisés en dehors des périodes de crues printanière et automnale, afin de limiter au maximum la gestion de crue pendant la construction. Ils doivent donc être effectués entre les mois d'octobre et avril. Les travaux ne nécessitant aucune intervention en rivière pourront cependant être réalisés de juin à septembre. Étant donné l'ampleur des travaux à effectuer, il est recommandé de procéder à un phasage des travaux sur deux ans. Par ailleurs, le phasage est très important, car il faudra veiller à ne pas amplifier les risques d'inondation en intervenant de manière non synchronisée. À titre d'exemple, si le point de débordement localisé au PK 3,06 (secteur Wilfrid-Hamel aval) est corrigé, mais que les travaux n'ont pas été réalisés dans le secteur Wilfrid-Hamel amont, les risques d'inondation dans le secteur Wilfrid-Hamel amont vont être augmentés significativement, puisque les niveaux d'eau vont augmenter, mais que les rives ne seront pas remodelées. Il sera donc important d'effectuer les travaux dans le secteur Wilfrid Hamel aval en dernière phase de réalisation.

Les travaux de revégétalisation devront être effectués de la fin avril à la mi-juin et de la mi-août à la mi-octobre. L'ensemble des travaux de revégétalisation devront être réalisés rapidement et au fur et à mesure que le reprofilage des rives est finalisé. Cependant, pour atteindre les meilleurs résultats possibles, ils devront idéalement être réalisés dans un temps restreint dès la fin des grandes crues du printemps et la fin juin. Les techniques d'éco-ingénierie privilégiant des tiges vivantes ou des plants à racines nues ne peuvent d'ailleurs être réalisées qu'au printemps avant le débourrement des bourgeons ou à l'automne en période de dormance.

Un échéancier détaillé de la réalisation du projet depuis l'obtention du décret est présenté au tableau 7. Cet échéancier pourra être révisé en fonction de la date d'obtention du décret.

4.4 Estimation préliminaire des coûts

Un sommaire de l'estimation des coûts des travaux est présenté au tableau 8. Le détail de l'estimation est présenté à l'annexe 5. Les éléments exclus de l'estimé ainsi que les principales hypothèses sont ensuite précisés.

Tableau 8 Estimation préliminaire des coûts des travaux.

Activités	Coûts estimés (\$)
1.0 Organisation et frais de chantier (20 % total travaux)	2 013 600
2.0 Travaux de protection contre les inondations et de stabilisation des rives (murets et rehaussement des rives)	5 162 400
3.0 Travaux de réaménagement de la rue des Ronces	165 000
4.0 Travaux de reconstruction du pont Michel-Fragasso	1 645 000
5.0 Travaux de revégétalisation	2 745 700
6.0 Mesures de contrôle pour la protection de l'environnement (forfait)	350 000
<i>Total travaux :</i>	<i>12 081 700</i>
Contingences et imprévus (30 %)	3 624 500
Total incluant contingences (avant taxes) :	15 706 300
Total (incluant TPS 5 %, TVQ 9,975 %)	18 058 300

Il est important de noter que les éléments suivants sont exclus de l'estimation préliminaire présentée au tableau 8 :

- travaux de drainage des arrières lots;
- travaux d'éventuelles modifications aux infrastructures d'aqueduc et d'égouts localisées sous le lit de la rivière;
- coût des contrôles et automatisation (instruments mis en place dans le cadre de la gestion en temps réel de la rivière Lorette).

Autres items exclus de l'estimation :

- réalisation de l'ingénierie détaillée (plans et devis);
- réalisation des études environnementales;
- compensations environnementales;
- réalisation des études exploratoires (géotechnique, arpentage pour ingénierie détaillée et arpentage légal);
- demandes de permis (préparation et coût de la demande);
- coûts des acquisitions de terrains et servitudes;
- éventuelles compensations aux résidants et commerces;
- frais de gestion des travaux;
- frais de surveillance des travaux;
- taux d'inflation par rapport à la date de réalisation des travaux.

Le coût total des travaux est majoritairement influencé par les quantités importantes de remblai, déblai et de matériaux à transporter (5 162 400 \$ pour les travaux de protection contre les inondations et la stabilisation des rives). Il est possible de noter également un montant important pour l'organisation et les frais de chantier (soit 20 % du coût des travaux). Cette section présente les principales hypothèses reliées à ces deux aspects.

Hypothèses pour l'estimation des coûts

Aucune quantité d'excavation de roc (1^{re} classe) :

Les visites de terrain n'ont montré aucun signe apparent de présence de roc dans les zones d'intervention. Cette hypothèse devra être révisée par des investigations géotechniques lors de l'ingénierie détaillée.

Volume de déblai, réutilisation des matériaux et volume d'emprunts :

Le volume approximatif estimé de déblai de sols meubles est de 65 500 m³ (ce volume n'inclut pas les déblais liés à la reconstruction du pont Michel-Fragasso, inclus dans le montant forfaitaire du coût de l'ouvrage). Il est considéré qu'environ 20 % des matériaux de déblais pourra être réutilisé, soit 13 100 m³. Cette hypothèse conservatrice permet de considérer la quantité de rebuts et de matériaux non réutilisables (gorgés d'eau, potentiellement contaminés) qui pourrait être présente dans les déblais.

Les travaux de remodelage des rives de la rivière Lorette nécessitent un volume total approximatif de remblai de 17 900 m³. Afin de compléter la quantité de sol excavé réutilisé, un volume d'emprunts de matériau de classe « B » d'environ 4 800 m³ est nécessaire. Il est possible que la quantité de déblai réutilisé soit optimisée lors de l'ingénierie détaillée, notamment dû à la présence importante d'enrochements de protection actuellement sur le site (les enrochements sont inclus dans le volume de déblais estimé, mais ne sont pas quantifiés distinctement).

Selon l'estimation effectuée, un volume d'environ 52 400 m³ (80 % des déblais) doit être acheminé vers des sites de dépôt autorisés par la Ville (ou autres pour lesquels l'entrepreneur détiendrait des permis). Les matériaux d'excavation pourraient :

- contenir de la matière ligneuse;
- être de nature végétale (récupération);
- être des enrochements de divers calibres (récupération);
- contenir des rebuts de voirie ou de services publics;
- sous une certaine élévation, être fortement gorgés d'eau;
- être un substrat de calibre adéquat (récupération).

Un tri à la source devra donc être imposé à l'exécutant, sous la supervision et les instructions d'un laboratoire qualifié afin de :

- maximiser la récupération des excavations;
- maximiser la réutilisation du substrat adéquat et de l'enrochement;
- limiter le transport vers des sites de dépôt hors des limites du contrat;
- diminuer les coûts de transport et d'achat de matériaux d'emprunt;
- éviter de mélanger inutilement des matériaux adéquats avec des rebuts;
- manipuler / séparer / transporter les matériaux imbibés d'eau qui risquent de salir les rues, axes routiers et accès et de contaminer les autres matériaux.

Organisation et frais de chantiers :

Étant donné le contexte de réalisation du projet (zone fortement urbanisée), les enjeux liés à la période des travaux et aux risques de crues, et les incertitudes sur certaines infrastructures urbaines, le montant forfaitaire pour tous les frais de chantier a été fixé à 20 % du coût des travaux. Tous les frais pour la construction des accès temporaires sont inclus à cet item.

Lors du réaménagement de la portion nord-est de la rue des Ronces et du reprofilage de sa portion sud-est, les impacts sur la circulation seront mineurs. Cependant, étant donné la durée des travaux de reconstruction du pont de la rue Michel-Fragasso et de ses approches, la circulation pourrait être perturbée considérablement et une gestion temporaire devra être effectuée.

4.5 Accès temporaires et aires de dépôts

Étant donné la localisation des travaux en zone urbanisée, la localisation des zones d'accès temporaires et des aires de dépôts est un enjeu majeur de la réalisation du projet. Une analyse sommaire de ces aspects a été réalisée.

Superficie des aires de dépôts

En supposant que tous les travaux ne se réaliseront pas en même temps, et qu'il y aura un va-et-vient des matériaux, il est possible de considérer que 25 % du volume total des enrochements et des matériaux de remblai et déblai se retrouve en transition dans un dépôt. Une partie des déblais, jugée totalement non-réutilisable, pourrait ne pas y transiter et être immédiatement acheminée vers les aires de rebuts hors site. Les matériaux d'emprunts pourraient y être entreposés. De plus, il est possible que les matériaux d'excavation gorgés d'eau doivent être entreposés sur les sites de dépôts afin de les assécher avant de les transporter définitivement, et ce, afin de minimiser le "salissage" des rues.

Selon cette hypothèse, environ 60 piles de 12 m x 12 m x 3.0 m ($\pm 8\,600\text{ m}^2$) seraient nécessaires, plus les voies d'accès dans le dépôt ($\pm 2\,100\text{ m}^2$). Une superficie totale d'environ $10\,700\text{ m}^2$ devrait donc être disponible pour les zones de dépôts. La répartition des volumes d'excavation et de remblais dans les différents secteurs se présente tel que :

- secteur Wilfrid-Hamel amont : $10\,500\text{ m}^3$ de déblais, $1\,200\text{ m}^3$ de remblais;
- secteur Wilfrid-Hamel aval : $19\,900\text{ m}^3$ de déblais, $2\,000\text{ m}^3$ de remblais;
- secteurs Saint-Jean-Baptiste et Michel-Fragasso : $35\,200\text{ m}^3$ de déblais, $14\,700\text{ m}^3$ de remblais.

Ceci démontre qu'il y a un avantage marqué à ce que les aires de dépôts (de construction) les plus importantes soient localisées dans la portion aval du projet afin de limiter le déplacement des matériaux.

Il serait souhaitable que les accès temporaires d'entrepreneur soient sur fond granulaire grossier et que la surface de roulement soit constamment nettoyée et rechargée. Il devra être imposé à l'entreprise d'avoir en permanence tous les équipements nécessaires au nettoyage et à la remise en état.

Finalement, tous les chemins d'accès en rivière, les batardeaux, les jetées d'accès ou tout autre ouvrage temporaire dans le littoral de la rivière devront être construits avec de la pierre d'un minimum de 50 mm de diamètre.

Accès temporaires et aires de dépôts

Le secteur Wilfrid-Hamel amont offre peu de possibilité pour les aires de dépôts ou d'entrepreneur. L'extrémité des rues Saint-Eugène, Blier et Drolet pourra cependant permettre d'aménager des accès temporaires pour les travaux. Certains accès devront cependant peut-être être aménagés sur la propriété privée. Ainsi, pour ce secteur, tous les matériaux d'excavation devront être dirigés vers un site dans le secteur Wilfrid-Hamel aval. Selon la méthode choisie par l'entrepreneur, ce tronçon d'environ 700 m pourra être aménagé par une succession de petites cellules complétées au fur et à mesure. Plusieurs cellules pourraient être entreprises simultanément.

Le secteur Wilfrid-Hamel aval offre quant à lui plus de possibilités pour les aires de dépôts et les zones d'accès. Actuellement, sur le lot #1 312 952, une surface d'environ $5\,000\text{ m}^2$ est disponible. De plus, plusieurs accès à la zone des travaux pourraient être aménagés sur le pourtour de ce lot.

Dans les secteurs Michel-Fragasso et Saint-Jean-Baptiste, les lots # 4 257 866 et # 2 142 986 localisés en rive droite offrent d'intéressantes possibilités concernant les superficies disponibles et les zones d'accès (lots situés à l'extrémité de la rue des Ronces, au sud-ouest). En rive gauche dans le même tronçon, les arrière-cours de certains commerces pourraient permettre l'installation de roulottes de chantier et l'aménagement d'accès temporaires. Tout l'équipement lourd (machinerie) devrait être mobilisé dans les aires de dépôts.

5. IMPACTS HYDRAULIQUES DU CONCEPT

5.1 Impacts hydrauliques dans la zone d'étude locale en crue centennale

Le concept présenté permet d'assurer qu'aucun débordement ne survienne dans la zone d'étude locale, lors du passage d'un débit de 85 m³/s dans la rivière. En conditions actuelles, pratiquement l'ensemble de la zone d'étude est inondé. Le fait de contenir la crue centennale dans la rivière engendre donc des rehaussements de niveau d'eau, tel que montré à la figure 4.

5.1.1 Niveaux d'eau

Dans le secteur Saint-Jean-Baptiste (PK 1,60 à 2,30), les niveaux d'eau actuels et projetés sont similaires. En effet, aucun point de débordement majeur n'est observé dans ce secteur et le remodelage des rives avec des pentes 2H:1V permet d'augmenter suffisamment la capacité hydraulique de la rivière pour limiter les rehaussements de niveaux d'eau.

À partir du PK 2,38, soit à la sortie de la courbe renfermant le milieu humide, jusqu'au PK 2,60, un rehaussement de niveau moyen de 0,17 m est observé. Tel que mentionné précédemment, en conditions actuelles, un important point de débordement est situé dans cette courbe. Le fait d'empêcher le débordement de la rivière à cet endroit impose donc une augmentation des niveaux d'eau. La diminution de la largeur d'écoulement au PK 2,60 (vis-à-vis de l'accès à la tour de télécommunication) provoque une restriction de l'écoulement et l'augmentation du niveau d'eau passe de 0,17 m à 0,36 m au droit du pont de la rue Michel-Fragasso.

Au PK 3,06, soit l'amont de la zone de Méandres, le rehaussement des niveaux d'eau atteint 0,48 m. Les niveaux d'eau sont contrôlés par le pont de la rue Michel-Fragasso et la section rectiligne directement en amont. Tel que mentionné précédemment, un point de débordement important de la rivière est présent au droit du poste de relèvement Rideau. Le remodelage des plaines de débordement dans les deux méandres permet cependant de limiter les rehaussements de niveaux d'eau amont, normalement provoqués par le remodelage de cette zone de débordement. Une augmentation de niveau d'eau de l'ordre de 0,5 m est ainsi observée au droit du pont du boulevard Wilfrid-Hamel Ouest.

Le réaménagement de la courbe située directement en amont du pont du boulevard Wilfrid-Hamel Ouest permet de limiter les rehaussements de niveaux d'eau imposés par la restriction au pont et des augmentations de niveau de l'ordre de 0,35 m sont observées en moyenne jusqu'au PK 3,38 (au droit de la rue Drolet). Du PK 3,38 au PK 3,74, les niveaux d'eau augmentent progressivement jusqu'à un rehaussement de l'ordre de 0,92 m. Cette augmentation est due au remodelage des zones de débordement présentes en rive gauche et à la présence de section restrictive aux droits des rues Drolet et Blier.

En amont de ce secteur, la reconfiguration de la courbe du PK 3,80 permet de limiter les rehaussements de niveaux. Une augmentation moyenne des niveaux de 0,55 m est ainsi observée jusqu'au pont de la rue Saint-Paul.

5.1.2 Vitesses

De façon générale, une augmentation des vitesses est observée dans les trois secteurs aval de la zone d'étude. L'augmentation de l'aire d'écoulement (augmentation des niveaux d'eau) n'est pas suffisante pour permettre l'augmentation de débit en rivière avec des vitesses constantes. Des augmentations des vitesses moyennes de 0,4 m/s dans le secteur Saint-Jean-Baptiste, de 0,47 m/s dans le secteur Michel-Fragasso et de 0,55 m/s dans le secteur Wilfrid-Hamel aval sont ainsi observées. Le remodelage des rives de la rivière et la protection en enrochement projetée permettront cependant de limiter les risques d'érosion liés à cette augmentation de vitesse.

Dans le secteur Wilfrid-Hamel amont, les reconfigurations des courbes en amont du pont du boulevard Wilfrid-Hamel Ouest et au droit du PK 3,80 permettent de redonner à la rivière un parcours plus naturel et des diminutions de vitesses sont observées. Des diminutions de vitesse moyennes de 0,38 m/s sont notées au droit du pont du boulevard Wilfrid-Hamel Ouest et de 0,63 m/s entre l'extrémité de la rue Saint-Eugène et le pont de la rue Saint-Paul. Finalement, dans le secteur situé entre les extrémités des rues Saint-Eugène et Drolet, une augmentation de vitesse moyenne de 0,18 m/s est observée.

5.2 **Impacts hydrauliques à l'aval de la zone à l'étude locale**

5.2.1 Description de la zone aval

La zone aval est située entre les PK 0 (rivière Saint-Charles) et PK1,58 (autoroute Henri-IV) de la rivière Lorette. Directement en aval de la zone d'étude, les ponts de l'autoroute Henri-IV imposent une restriction hydraulique entre les PK 1,58 et 1,54. Entre les ponts de l'autoroute Henri-IV et le pont des Ingénieurs (PK 1,44 à 1,40), on observe une plaine de débordement de la rivière Lorette, sur une distance approximative de 100 m. En conditions de crue, la rivière peut s'étendre sur une largeur d'écoulement de l'ordre d'une centaine de mètres au droit de cette plaine inondable. Environ 60 m en amont du pont des Ingénieurs, un important collecteur pluvial assurant le drainage d'une partie du secteur Sainte-Foy est présent (PK 1,34). Entre le pont du boulevard du Parc-Technologique (PK 1,40) et le PK 1,00, la rivière s'écoule dans une zone peu urbanisée en rive, aucune infrastructure n'est présente dans la plaine d'inondation. Entre les PK 1,00 et le pont du boulevard Wilfrid-Hamel Est (PK 0,48), des infrastructures commerciales et le

boulevard Wilfrid-Hamel sont observés en rive gauche, tandis qu'un quartier résidentiel est présent en rive droite. Il est important de préciser que les infrastructures résidentielles en rive gauche sont situées à une distance raisonnable des rives de la rivière Lorette, excepté le bâtiment localisé à l'extrémité de l'avenue Verlaine. Les stationnements présents en rive gauche ainsi que le boulevard Wilfrid-Hamel sont cependant localisés très proches des rives de la rivière Lorette. Entre le pont du boulevard Wilfrid-Hamel Est (PK 0,48) et le pont du boulevard Masson (PK 0,08), la rivière traverse un quartier résidentiel. Les maisons sont situées à une distance raisonnable de la rivière. Finalement, 80 m en aval du pont du boulevard Masson, la rivière Lorette conflue avec la rivière Saint-Charles.

5.2.2 Conditions actuelles - débit centennal

Tel que présenté dans le chapitre 3, en conditions de crue centennale, le débit présent dans la rivière Lorette, à l'extrémité aval de la zone d'étude, est inférieur au débit de $85 \text{ m}^3/\text{s}$ imposé au pont de la rue Saint-Paul, puisque de nombreuses évacuations de débit sont observées aux différents points bas.

Par ailleurs, il est possible d'observer sur la figure 3 (lignes d'eau simulées en conditions actuelles pour différents débits) que le soffite du pont du boulevard Henri-IV est atteint pour un débit de $65 \text{ m}^3/\text{s}$. Tel que présenté dans le chapitre 3, la capacité hydraulique actuelle du pont du boulevard Henri-IV est donc de l'ordre de $65 \text{ m}^3/\text{s}$. La carte 3 (zone inondée lors du débordement de la rivière Lorette à la suite des pluies du 26 septembre 2005 : Rita, débit estime à $93 \text{ m}^3/\text{s}$) montre qu'aucun débordement de la rivière n'a eu lieu au-dessus du pont de l'autoroute Henri-IV.

Ces différentes observations permettent de penser qu'en conditions de crue centennale, le pont de l'autoroute Henri-IV constitue une restriction hydraulique majeure, et que le débit dans la rivière Lorette en aval de la zone d'étude est contrôlé et limité par ce pont. Avec la configuration actuelle du pont du boulevard Henri-IV, il n'est pas possible qu'un débit de $85 \text{ m}^3/\text{s}$ soit acheminé par la rivière Lorette dans le secteur en aval du pont. En conditions actuelles (géométrie actuelle), pour un débit centennal imposé au pont de la rue Saint-Paul, seul un débit de l'ordre de $65 \text{ m}^3/\text{s}$ est présent directement en aval du pont du boulevard Henri-IV. En considérant que le collecteur pluvial Sainte-Foy peut acheminer un débit de pointe de $5 \text{ m}^3/\text{s}$, les niveaux d'eau en conditions actuelles à considérer pour l'analyse des impacts hydrauliques aval du projet sont donc les niveaux d'eau pour une crue de $70 \text{ m}^3/\text{s}$.

5.2.3 Analyse des impacts hydrauliques aval en crue centennale

En conditions projetées, la totalité du débit de 85 m³/s sera acheminée par la rivière Lorette en aval des ponts de l'autoroute Henri-IV, puisque tous les secteurs de débordement de la rivière auront été protégés. Par ailleurs, le soffite du pont sera rehaussé de 1 m ce qui éliminera le contrôle du débit à 65 m³/s. Un débit effectif de 85 m³/s sera donc présent en rivière dans le secteur aval.

L'analyse des impacts hydrauliques aval est effectuée à partir des résultats de modélisation fournis par le CEHQ (tableau 9).

5.2.3.1 Niveaux d'eau

Tel que montré à la figure 4, le passage d'un débit de 85 m³/s provoque un rehaussement des niveaux d'eau dans le secteur aval de l'ordre de 16 à 39 cm par rapport aux niveaux obtenus avec un débit de 70 m³/s. Les valeurs de rehaussement par PK sont présentées au tableau 9 (source de transmission : CEHQ 14/12/2012).

5.2.3.2 Vitesses

Des augmentations de vitesses de l'ordre de 0,4 m/s sont observées au droit des ponts de l'autoroute Henri-IV et du boulevard du Parc-Technologique. Par ailleurs, des augmentations de vitesses de l'ordre de 0,6 m/s sont observées au droit des ponts des boulevards Wilfrid-Hamel Est et Masson. Au droit des ponts, le gain en superficie des sections d'écoulement est faible lorsque le niveau d'eau augmente, l'augmentation de débit se traduit alors par une augmentation des vitesses.

Dans le reste du secteur, les vitesses sont globalement similaires. En effet, l'augmentation du débit se traduit par une augmentation de la largeur d'écoulement, et non par une augmentation des vitesses.

5.2.3.3 Risques d'inondations

Les figures 14 et 15, fournies par le CEHQ, montrent une faible augmentation de la superficie d'inondation. Aucune infrastructure supplémentaire n'est cependant inondée lors du passage d'une crue de 85 m³/s. Les impacts hydrauliques du projet en aval de la zone d'étude n'auront donc pas pour conséquence une augmentation du risque d'inondations en aval de la zone.

5.2.4 Analyse des impacts hydrauliques aval en conditions moyennes d'hydraulicité

La configuration de la rivière en aval de la zone d'étude n'est pas modifiée. Par ailleurs, les débits moyens acheminés par la rivière resteront identiques aux débits actuels. Aucun impact hydraulique (niveaux d'eau et vitesses) n'est donc appréhendé à l'aval de la zone d'étude en conditions d'hydraulicité moyenne.

Tableau 9 Rehaussement des niveaux d'eau en aval de la zone d'étude au passage d'une crue centennale (85 m³/s).¹⁶

PK	Rehaussement du niveau d'eau (m)	PK	Rehaussement du niveau d'eau (m)
0,00	0,2	0,83	0,27
boul. Masson 0,08	0,16	0,85	0,28
0,10	0,26	0,87	0,28
0,11	0,24	0,88	0,27
0,13	0,26	0,90	0,28
0,15	0,28	0,92	0,27
0,17	0,27	0,94	0,28
0,19	0,27	0,95	0,27
0,21	0,27	0,97	0,27
0,23	0,29	0,99	0,28
0,24	0,26	1,01	0,27
0,26	0,28	1,03	0,28
0,28	0,31	1,05	0,28
0,30	0,33	1,07	0,27
0,32	0,32	1,09	0,27
0,34	0,31	1,11	0,26
0,36	0,33	1,13	0,26
0,38	0,34	1,14	0,27
0,41	0,33	1,16	0,27
0,43	0,31	1,18	0,27
0,45	0,32	1,20	0,26
boul. W.-H Est 0,47	0,33	1,22	0,26
0,49	0,34	1,24	0,27
0,50	0,34	1,26	0,26
0,53	0,35	1,27	0,26
0,55	0,36	1,29	0,26
0,57	0,35	1,31	0,25
0,59	0,36	1,33	0,24
0,61	0,36	1,35	0,23
0,63	0,36	1,37	0,17
0,65	0,39	1,39	0,24
0,66	0,38	Boul. du Parc-Technologique 1,41	0,28
0,68	0,3	1,42	0,29
0,70	0,3	1,44	0,29
0,72	0,29	1,46	0,28
0,74	0,29	1,48	0,29
0,76	0,29		
0,78	0,28		
0,80	0,28		
0,81	0,29		

16 Source : CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC. 2009. *Rivière Lorette (secteur aval) - Révision des cotes de crues Rapport final et cartes des zones inondables*. Mars 2009. et CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC. 2013 Résultats de simulation CEHQ, transmission courriel 14/12/2012.

Rivière Lorette (Villes de Québec et de L'Ancienne-Lorette) - Débit de 70 m³/s

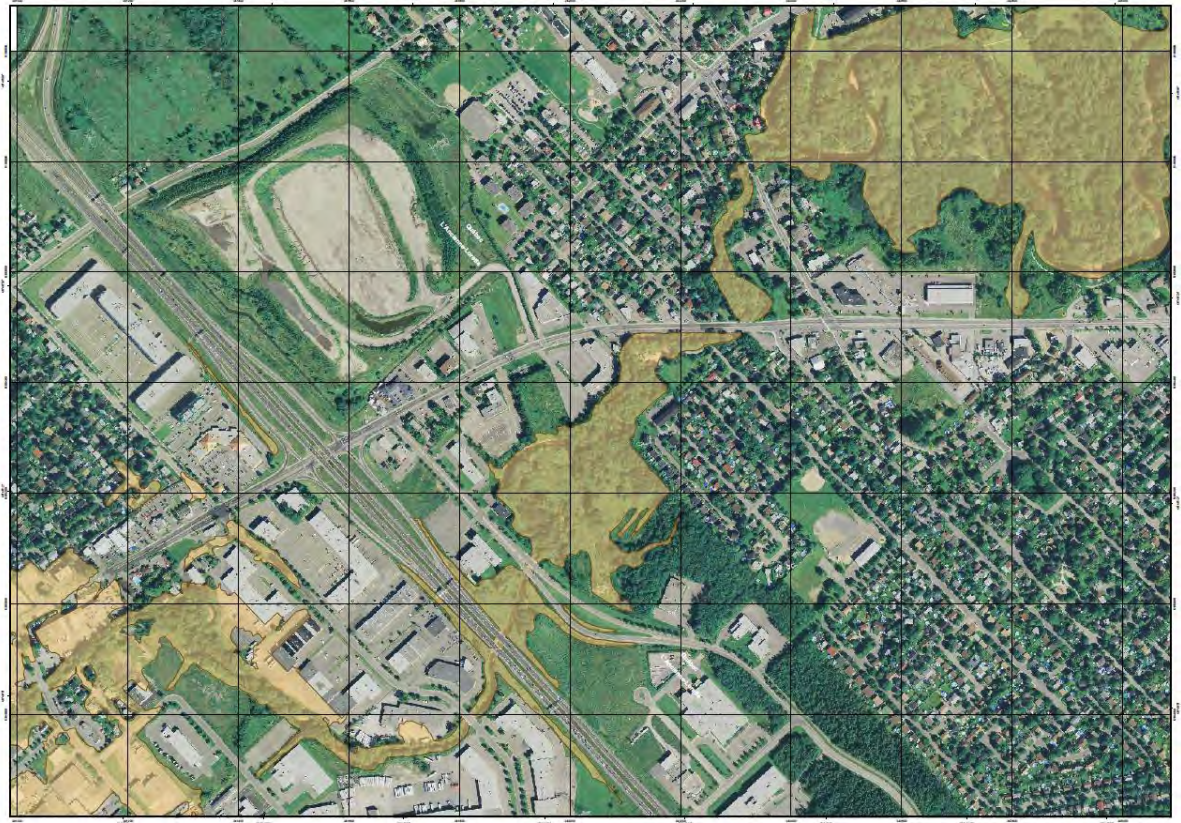
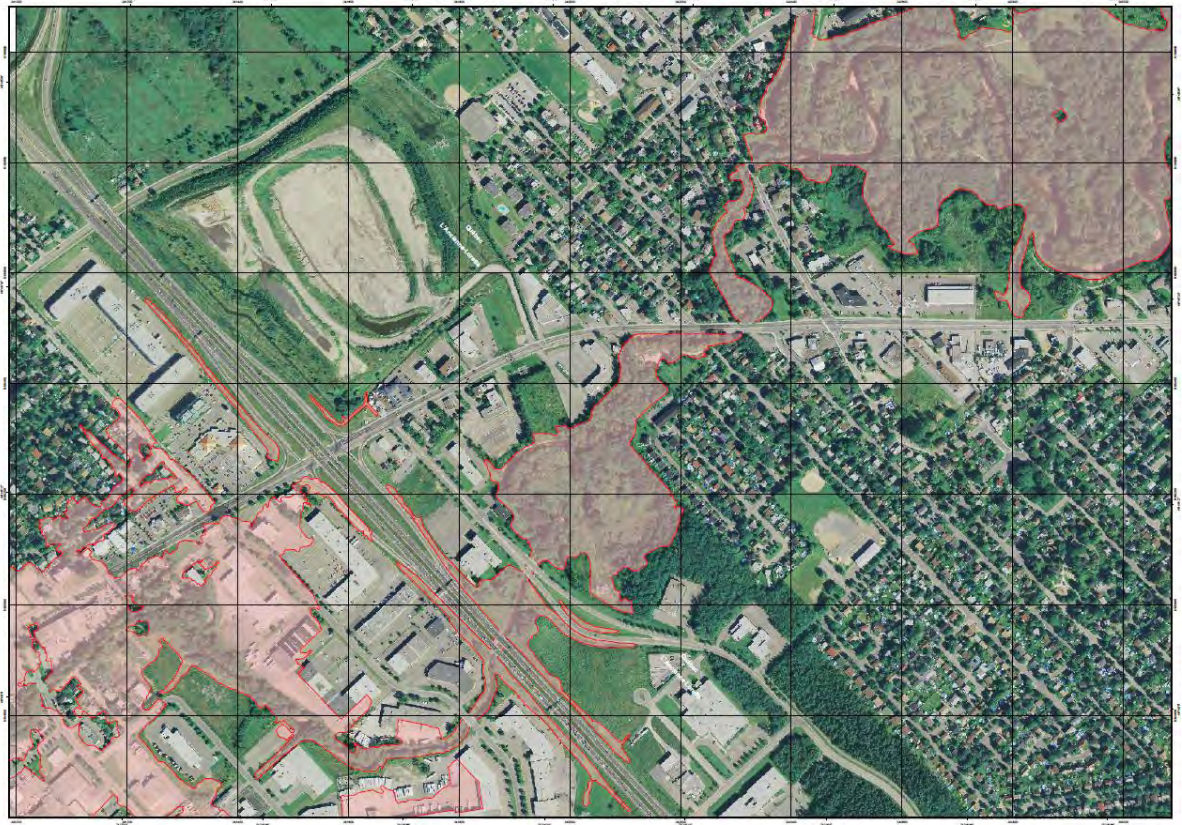


Figure 14 Carte de la zone inondée du pont du boulevard Henri-IV à la rivière Saint-Charles (débit 70 m³/s), CEHQ 2012.

Rivière Lorette(Villes de Québec et de L'Ancienne-Lorette) - Cote de récurrence de crues de 100 ans



Centre d'expertise
Hydrologique
Québec

Figure 15 Carte de la zone inondée de l'autoroute Henri-IV à la rivière Saint-Charles (débit 85 m³/s), CEHQ 2012.

5.3 Impacts hydrauliques à l'amont de la zone à l'étude locale

5.3.1 Description de la zone d'étude amont

En amont du pont de la rue Saint-Paul, la rivière traverse une zone résidentielle. Une zone de méandres et de petits rapides est observée sur environ 200 m, puis la rivière s'écoule de façon linéaire sur 85 m avant d'atteindre le pont. La pente du lit de la rivière est très importante sur une distance approximative de 160 m directement en amont du pont (1 %).

5.3.2 Analyse des impacts hydrauliques amont en crue centennale

5.3.2.1 Niveaux d'eau

Les résultats des simulations hydrodynamiques ont montré que les travaux de remodelage provoquent un rehaussement de 0,55 m par rapport aux conditions actuelles au PK 3,98 directement en aval du pont de la rue Saint-Paul.

Les travaux de remodelage ont pour objectif de contenir tout le débit d'une crue 100 ans en rehaussant les rives, ce qui entraîne un rehaussement des niveaux d'eau puisqu'il y a augmentation des débits par rapport aux conditions actuelles. Plus spécifiquement, les aménagements faits dans la courbe du PK 3+78 pour contenir la rivière sont la cause principale des rehaussements de niveaux d'eau à l'amont.

Afin de déterminer la limite d'influence amont du rehaussement de niveau d'eau observé au pont de la rue Saint-Paul, un modèle HEC-RAS a été réalisé à partir des données d'un rapport du CEHQ "*Rivière Lorette (secteur central) - Révision des cotes de crues - Rapport final et cartes des zones inondables. Août 2011*". Les résultats de la modélisation présentés à la figure 4 montrent que l'augmentation du niveau d'eau s'estompe environ 160 m en amont du pont (PK 4,16) et la ligne d'eau en conditions projetées rejoint la ligne d'eau en conditions actuelles. Cette limite représente la fin de l'influence hydraulique du pont de la rue Saint-Paul. Une augmentation de niveau d'eau d'environ 0,4 m est observée directement en amont de la rue Saint-Paul, tandis que les niveaux d'eau augmentent de 0,25 m à 100 m en amont du pont.

5.3.2.2 Vitesses

Une diminution de vitesse est observée sur le tronçon de 160 m en amont du pont de la rue Saint-Paul. Directement en aval du pont, les vitesses moyennes passent de 3,6 m/s à 3 m/s, tandis que les vitesses diminuent de 2,9 à 2,6 m/s pour la section située en amont. Les vitesses moyennes passent de 2,0 à 1,85 m/s à 100 m en amont du pont. La diminution de vitesse s'explique par le fait que le débit est inchangé, et que la superficie d'écoulement augmente due à l'augmentation des niveaux d'eau.

5.3.2.3 Risques d'inondations

En se basant sur les informations disponibles, et compte tenu que la section d'écoulement dans ce secteur est relativement encaissée, les risques de débordement de la rivière ne seront pas augmentés en amont du pont de la rue Saint-Paul. Ceci devra cependant être validé par une étude hydraulique détaillée lors de l'ingénierie détaillée.

5.3.3 Analyse des impacts hydrauliques amont en conditions moyennes d'hydraulicité

Pour une crue de récurrence 20 ans, un rehaussement des niveaux d'eau est observé sur environ 150 m en amont du pont. Un rehaussement de 0,25 m est observé directement en amont du pont, tandis les niveaux d'eau augmentent approximativement de 0,15 m à 100 m en amont du pont. Une diminution des vitesses de l'ordre de 0,25 m/s est observée au pont et de 0,1 m/s, 100 m en amont.

Les rehaussements de niveaux d'eau n'auront pas d'impacts sur les risques d'inondation dans ce secteur.

Dans le cas d'une crue de récurrence 2 ans, aucun impact sur les niveaux d'eau ou les vitesses n'est observé en amont du pont.

5.4 **Impacts des postes de relèvement**

Les postes de relèvement Rideau, Michel-Fragasso, Flaubert et Drolet possèdent des débits de pointe respectifs de 5 m³/s, 1 m³/s, 6 m³/s et 0,8 m³/s. Dans un objectif conservateur, il est supposé ici que les débits de pointe des postes de relèvement surviendraient au même moment que les débits de pointe de la rivière.

Dans le cas d'une crue 100 ans (85 m³/s), les débits pompés par les postes de relèvement seraient négligeables par rapport au débit total de la rivière (14 % du débit total). L'impact sur les niveaux d'eau serait donc très faible, et les éventuels rehaussements de niveau d'eau seraient ponctuels et bien inférieurs aux 30 cm de revanche prévus. Aucun risque d'inondation par débordement n'est ainsi envisagé.

Dans les cas de crues inférieures à la crue 100 ans, les débits pompés par les postes de relèvement pourraient provoquer des rehaussements de niveau d'eau localisés directement en aval des conduites de refoulement. Cependant, le concept de remodelage étant conçu pour contenir une crue de 85 m³/s, aucun débordement de rivière ne surviendrait.

5.5 Impacts appréhendés sur la dynamique sédimentaire

La zone d'étude est située dans la plaine alluviale de la rivière Lorette où le dépôt de sédiments est généralement favorisé étant donné des pentes et des vitesses plus faibles que dans les tronçons amont. Dans ce contexte, puisque la majorité de la charge sédimentaire provient de l'amont de la zone d'étude, il est anticipé que la zone d'étude sera encore favorable à la déposition de sédiments provenant de l'amont de la zone d'étude puisque les vitesses seront moindres dû à l'élargissement de la section d'écoulement.

Par contre, une certaine partie des dépôts observés provient de l'érosion des nombreux tronçons de rive déjà en érosion dans la zone d'étude locale. À la suite des travaux de remodelage des rives, cette charge sédimentaire ne sera plus présente étant donné la stabilisation des rives par de l'enrochement et des végétaux.

La dynamique sédimentaire anticipée est comparable à ce qui a été observé depuis 2005 à la suite de l'excavation des zones de dépôts (voir section 3.3). Rappelons que 5 des 6 zones de dépôts se sont reformées dans un horizon de 5 ans et qu'elles semblaient constituer avec le temps des zones de transit de sédiments. À court terme (0 à 5 ans), à la suite de la réalisation des travaux, plusieurs amorces de dépôt risquent de se former. La rivière cherchera à atteindre à nouveau son équilibre sédimentaire. Avec le temps, l'enrochement grossier sera en quelque sorte contaminé par le dépôt de sédiments plus fins et des dépôts plus importants se formeront à certains endroits où les vitesses sont plus lentes.

À long terme, la rivière atteindra son équilibre et les dépôts les plus significatifs en volume seront, comme actuellement, des zones de transit de sédiments. Par contre, étant donné qu'il y aura beaucoup moins de restrictions à l'écoulement et de contrôles hydrauliques, il est anticipé que le dépôt des sédiments soit réparti plus uniformément sur l'ensemble de la zone. En d'autres mots, un volume total de dépôt du même ordre de grandeur sera observé, mais moins localisé uniquement dans quelques zones comme observé depuis 2005. De ce fait, comme l'ensemble de la zone d'étude restera un secteur favorable au dépôt de sédiments, il n'est pas anticipé de changement significatif dans la dynamique sédimentaire en aval de zone d'étude.

6. RECOMMANDATIONS

Ce chapitre présente des recommandations sur les éléments importants qui devront être considérés lors de l'ingénierie détaillée du projet. Par la suite, des mesures complémentaires aux travaux de revégétalisation sont présentées.

6.1 Ingénierie détaillée

6.1.1 Trop-pleins des postes de relèvement

Une attention particulière devra être portée à l'élévation des conduites de trop-plein des postes de relèvement en fonction des niveaux d'eau futurs appréhendés et du niveau de protection requis.

6.1.2 Exutoires d'égout pluvial existant

Un total de 17 exutoires d'égout pluvial (diamètres entre 200 et 2 000 mm) ont été relevés dans la zone d'étude. Une attention particulière devra être portée aux élévations de ces conduites, en fonction des niveaux d'eau futurs appréhendés et du niveau de protection requis.

Il serait par ailleurs souhaitable de limiter l'emprise des exutoires dans le lit et les rives de la rivière afin d'éviter la création de nouveaux contrôles hydrauliques.

6.1.3 Conduites d'égout et d'aqueduc existants en rivière

Cinq conduites d'aqueduc et quatre conduites d'égout sanitaire sont situées sous le lit de la rivière. L'ingénierie détaillée devra prévoir la relocalisation et/ou la protection de ces infrastructures.

6.1.4 Drainage des arrières lots

Une vingtaine de drains en rivière ont été observés dans la zone d'étude. L'ingénierie détaillée devra inclure la localisation exacte des drains, la validation des zones de drainage de chacun des drains, les plans de drainage des arrières lots et la relocalisation et/ou réhabilitation des infrastructures.

6.1.5 Synthèse des éléments à considérer lors de l'ingénierie détaillée

Le tableau 10 synthétise par secteur les items qui devront être considérés lors de la réalisation des plans et devis.

Tableau 10 Synthèse des éléments à considérer lors de l'ingénierie détaillée.

	Conduites de trop-plein des postes de relèvement	Exutoires (diamètre 200-2 000 mm)	Conduites d'aqueduc traversant le lit de la rivière	Conduites d'égouts traversant le lit de la rivière	Drainage arrière lots
Secteur Saint-Jean-Baptiste	--	6	1 (directement en aval du pont de la rue Saint-Jean-Baptiste)	1 (directement en aval du pont de la rue Saint-Jean-Baptiste)	3
Secteur Michel-Fragasso	Poste de relèvement Flaubert	4	1 (au droit du poste de relèvement Flaubert)	1 (au droit du poste de relèvement Flaubert)	13
Secteur Wilfrid-Hamel aval	Postes de relèvement Michel-Fragasso et Rideau	4	2 (sous le pont du boulevard Wilfrid-Hamel et en amont du pont Michel-Fragasso)	1 (en amont du pont Michel-Fragasso)	7
Secteur Wilfrid-Hamel amont	Poste de relèvement Drolet	3	1 (directement en aval du pont de la rue Saint-Paul)	1 (au droit de la rue Drolet)	-

6.1.6 Géotechnique

Étant donné la présence de plusieurs tronçons où des rives ont été remblayées, il est donc recommandé d'effectuer une campagne d'investigation géotechnique avant d'entreprendre l'ingénierie détaillée. Ces investigations devront aussi contenir toutes les informations requises pour la conception des protections en enrochement et les murets (nature des sols, élévation du roc, niveau de la nappe phréatique, etc.).

6.1.7 Hydraulique

Il sera nécessaire de valider les études hydrauliques avec les relevés d'arpentage réalisés pour les plans et devis détaillés. Les capacités hydrauliques des ponts devront également être validées par la mise en œuvre de modèles détaillés. Aussi, il serait souhaitable de réaliser des jaugeages et des lignes d'eau lors de chaque crue importante afin d'avoir un maximum d'information pour calibrer les modèles hydrauliques à grand débit.

6.2 Mesures complémentaires aux travaux de revégétalisation

L'ensemble des recommandations suivantes est présenté dans l'objectif d'assurer le succès du processus de revégétalisation rapide et adéquat du lit et des rives de la rivière Lorette.

- 1- Recréer l'état d'origine avec des espèces indigènes représentatives du milieu et bien adaptées aux conditions hydrauliques projetées de la rivière Lorette. Cependant, étant donné que le couvert boisé actuel le long de la rivière a été fortement perturbé au fil des années, qu'il est peu diversifié et que plusieurs espèces indésirables sont présentes (phragmite, renouée du Japon, etc.), il est recommandé de privilégier le choix des espèces végétales en fonction d'un état de référence non perturbé à partir d'un secteur plus en amont de la rivière hors de la zone d'étude. De plus, le choix des végétaux devra être effectué en concordance avec le *Répertoire des végétaux recommandés pour la végétalisation des bandes riveraines de la FIHOQ et du MDDEFP*.
- 2- Favoriser une régénération rapide de la bande riveraine en augmentant le calibre des arbres et des arbustes à la plantation et en favorisant des espèces à croissance rapide. Une densité plus élevée au moment de la plantation à l'aide d'une équidistance plus serrée entre les nouveaux plants permettra d'atteindre cet objectif dans un horizon à plus court terme.
- 3- Éliminer les espèces indésirables en présence (renouée japonaise, phragmite) : ne pas récupérer la terre végétale où ces espèces sont présentes le long de la rivière Lorette pour l'établissement des nouvelles plantations et en disposer dans un site autorisé.
- 4- Limiter l'utilisation d'espèces moins favorisées en raison de maladies ou d'insectes : orme (maladie hollandaise), frêne (agrile du frêne).
- 5- Transplanter, dans la mesure du possible, les matteuccies. Bien que la transplantation de végétaux soit une méthode moins utilisée actuellement dans le cadre des projets de construction en raison de nombreuses contraintes (échancier, délai de courte durée pour la transplantation, entreposage temporaire, etc.), celle-ci demeure une option à analyser comme solution complémentaire pour la conservation de certaines espèces, dont les taux de survie sont atteignables comme celui de la matteuccie.
- 6- Préserver, dans la mesure du possible, la bande riveraine ayant conservé un aspect naturel sans traces d'érosion et les arbres d'intérêt en bon état (dont les vieux saules). Un inventaire arboricole détaillé devra être réalisé avant l'étape de conception des plans et devis détaillés afin d'identifier les arbres ayant une

plus grande valeur. De manière préliminaire, le choix des arbres à conserver devra être analysé selon certains critères, tels que la rareté, l'âge, l'état de santé, le taux de survie à la suite des travaux, etc. De manière à protéger et préserver la bande riveraine et ces individus, des clôtures de protection devront être installées avant le début des travaux d'excavation.

- 7- Effectuer les travaux de déboisement en période hivernale pour limiter les impacts sur la faune avienne et les impacts visuels sur les résidants.
- 8- Les travaux de revégétalisation devront faire l'objet d'une surveillance étroite par un spécialiste en travaux de plantation. Un suivi des travaux d'entretien, pendant une période minimale de deux ans, devra être prévu pour assurer la croissance et la pérennité des végétaux à long terme.

7. RÉFÉRENCES

1. CONSULTANT VFP. 2004. *Débordement de la rivière Lorette. Événement survenu les 9 et 10 septembre 2004* (PP Drolet). Décembre 2004.
2. BPR.2012 Hydrogramme Phase 3_Préliminaire_et_conditions_actuelles_emis20121029.xls
3. BPR. 2005a. *Inondations du 26 septembre 2005 – Rivière Lorette*. Novembre 2005.
4. BPR. 2005b. *Pluvial rue Drolet L’Ancienne-Lorette*. Novembre 2005.
5. BPR. 2006a. *Bassin versant en amont du poste de pompage Drolet, secteur de L’Ancienne-Lorette. Problématique d’inondation et de refoulement d’égouts, automne 2005 constats et hypothèses préliminaires*. Janvier 2006.
6. BPR. 2006b. *Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs de l’aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair - Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie). Rapport d’étape 1 : Synthèse des acquis*. Octobre 2006.
7. BPR. 2006c. *Plan directeur de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs de l’aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair – Bassins versants de la rivière Lorette. Rapport d’étape 1 : Synthèse des acquis (préliminaire). Annexe 1.5 : Fiches d’inventaire et DVD (3). Inspection rivière Lorette*. Août 2006.
8. BPR. 2008a. *Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs de l’aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie). Rapport d’étape 2 : État actuel*. Avril 2008.
9. BPR. 2008b. *Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs de l’aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie). Rapport d’étape 3 : État ultime*. Mai 2008.
10. BPR. 2010. *Rivière Lorette – Travaux correctifs (Rapport - Équipements de protection conduites restrictives et émissaires)*. Mars 2010.
11. CENTRE D’EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC. 2005a. *Inspection de la Rivière Lorette (Rue Saint-Paul - Rivière Saint-Charles)*. Novembre 2005.

12. CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC. 2005b. *Photographies CEHQ Accumulations sédiments*. Septembre 2005.
13. ROCHETTE, ROCHEFORT ET ASSOCIES LIMITÉE ET ENVIROLAB INC. 1973. *Étude du bassin de la rivière Lorette Dossier cartographie*. Août 1973.
14. DESSAU. 2010. *Ville de L'Ancienne-Lorette Caractérisation et identification des perturbations anthropiques sur la rivière Lorette et le ruisseau Notre-Dame à L'Ancienne-Lorette*. Novembre 2010.
15. CIMA⁺. 2010. *Intégrité écologique de la rivière Saint-Charles et de ses tributaires, déterminée par l'indice diatomées de l'Est du Canada (IDEC)*. Février 2010.
16. ECOGENIE. 2002. *Étude sur l'érosion des rives des rivières Lorettes et Cap Rouge*. Janvier 2002.
17. AGENCE CANADIENNE D'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE. 2012. *Correspondances gouvernementales _2012*.
18. CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC. 2009. *Rivière Lorette (secteur aval) - Révision des cotes de crues Rapport final et cartes des zones inondables*. Mars 2009.
19. CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC. 2011. *Rivière Lorette (secteur central) - Évaluation de la capacité hydraulique et carte des capacités du cours d'eau*. Août 2011.
20. CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC. 2010. *Rivière Lorette (secteur central) - Rivière Lorette (secteur central) - Révision des cotes de crues - Rapport final et cartes des zones inondables*.
21. CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC. 2011. *Rivière Lorette (secteur aval) - Évaluation de la capacité hydraulique et carte des capacités du cours d'eau*. Août 2011.
22. VDQ, MDDEP, AGENCE CANADIENNE D'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE. 2011. *Correspondances gouvernementales _2010_2011*. 2 septembre 2011.
23. VILLE DE L'ANCIENNE-LORETTE. 2010. *Règlement zonage V965-89, mars 2012*.

24. VILLE DE QUÉBEC, SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT. 2011. *Programme d'inspection annuelle des zones de dépôt de sédiments de la rivière Lorette – 2011*. Octobre 2011.
25. VILLE DE QUÉBEC, SERVICE DE L'INGÉNIERIE. 2006. *Bassin versant de la rivière Lorette - Études réalisées : résumé de problématiques et recommandations*. Avril 2006.
26. MISSION HGE. 2005. *Rapport sur la conformité des travaux d'élimination de sédiments sur la rivière Lorette. Lettre datée du 22 décembre 2005 et adressée à la Ville de Québec. 4p. et annexes*.
27. CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC, transmission courriel « Vitesses 70 m³/s et 100 ans » 14/12/2012

ANNEXE 1

Modélisation hydrodynamique 2D : mise en œuvre et résultats

1.0 MODÈLE HYDRODYNAMIQUE

Les modélisations hydrodynamiques réalisées dans le cadre du projet de la rivière Lorette sont de type bidimensionnel (2D) et font appel à l'approche des éléments finis. Le logiciel TELEMAC-2D, développé par le Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement (LNHE) d'Électricité de France (EDF, 2002), a été utilisé pour réaliser les simulations.

2.0 CARACTÉRISTIQUES DU MODÈLE

Scénarios étudiés

Deux scénarios hydrauliques ont été étudiés. Les conditions actuelles ont été modélisées pour réaliser la calibration du modèle et pour ensuite obtenir l'état de la situation actuelle en conditions de crue. À partir des résultats de ces simulations, des aménagements ont été intégrés au modèle en conditions futures pour éviter le débordement de la rivière lors du passage de la crue 100 ans. Le domaine modélisé est compris entre les PK 0,48 et 3,98 de la rivière Lorette, le PK 0,00 correspondant à l'embouchure de la rivière dans la rivière Saint-Charles.

Modèle numérique de terrain

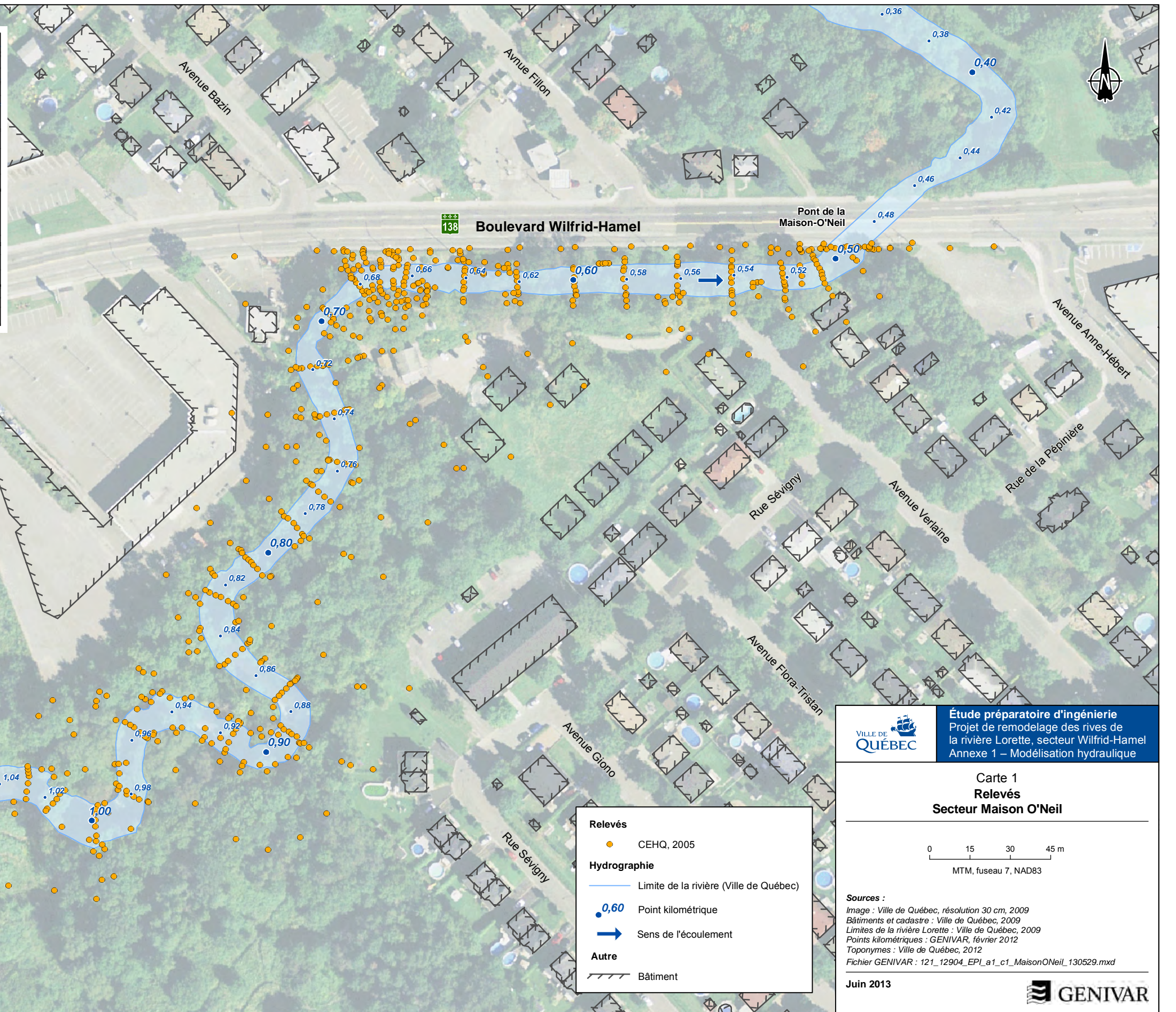
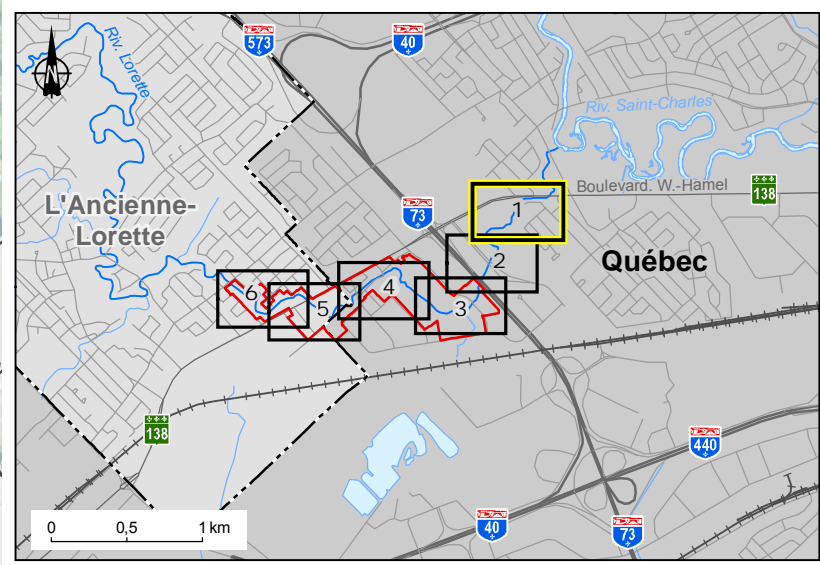
Le logiciel TELEMAC-2D est utilisé d'abord pour créer un modèle numérique de terrain et ensuite pour réaliser les simulations hydrodynamiques. Rappelons que la topographie du domaine modélisé est obtenue par une interpolation entre les divers points cotés relevés au terrain. Des points topographiques et bathymétriques ont été obtenus du Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ). Deux campagnes de terrain supplémentaires ont été réalisées pour compléter les relevés du CEHQ, une par GENI-ARP et l'autre par GENIVAR. Le modèle numérique de terrain a été mis sur pied à partir de l'ensemble de ces relevés

Les cartes 1 à 6 présentent les différents relevés réalisés par les différents intervenants à l'intérieur du domaine modélisé.

Maillage

Le MNT subit ensuite une discrétisation (c'est-à-dire un fin découpage) en de nombreux éléments de forme triangulaire et de dimensions variables. Il en résulte un maillage dont la densité est variable selon la configuration bathymétrique locale, la complexité des écoulements, en l'occurrence les zones de rapides, les seuils, les ouvrages d'art et les zones d'excavation.

Le maillage est composé de 47 517 nœuds qui forment 94 340 éléments triangulaires. La densité de maillage, définie par la longueur des côtés des triangles, pour les talus de chaque côté de la rivière, a été fixée à 1 m. Le maillage y est plus dense pour bien définir les abords de la rivière où la géométrie est plus variable. La densité du maillage du fond du lit de la rivière, où la géométrie est moins variable, varie de 1 à 3 m. Pour les bandes riveraines, la densité du maillage est de 4 m et elle est de 8 m pour les plaines inondables. En milieu urbain, cette valeur a été fixée à 10 m. Le même maillage a été utilisé en conditions actuelles et futures. Les cartes 7 à 12 présentent le maillage utilisé.



Relevés

- CEHQ, 2005

Hydrographie

- Limite de la rivière (Ville de Québec)
- 0,60 Point kilométrique
- ➔ Sens de l'écoulement

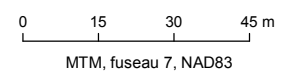
Autre

- ▭ Bâtiment

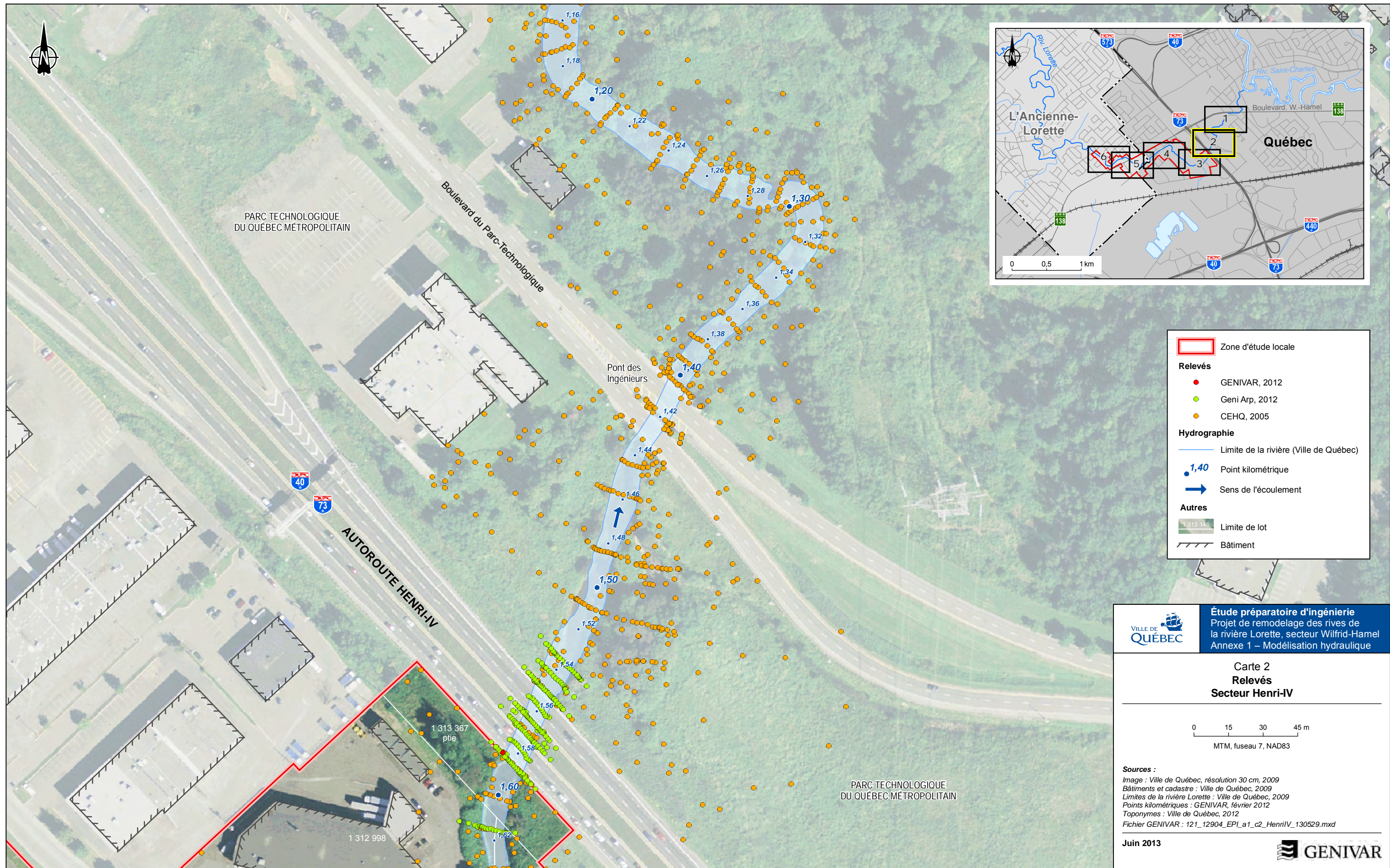
VILLE DE QUÉBEC

Étude préparatoire d'ingénierie
 Projet de remodelage des rives de
 la rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel
 Annexe 1 – Modélisation hydraulique

Carte 1
Relevés
Secteur Maison O'Neil



Sources :
 Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Bâtiments et cadastre : Ville de Québec, 2009
 Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
 Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
 Toponymes : Ville de Québec, 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_a1_c1_MaisonONeil_130529.mxd



Zone d'étude locale

Relevés

- GENIVAR, 2012
- Geni Arp, 2012
- CEHQ, 2005

Hydrographie

- Limite de la rivière (Ville de Québec)
- 1,40 Point kilométrique
- ➔ Sens de l'écoulement

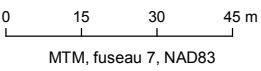
Autres

- ▭ 1 313 146 Limite de lot
- ▭ Bâtiment

VILLE DE QUÉBEC

Étude préparatoire d'ingénierie
 Projet de remodelage des rives de la rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel
 Annexe 1 – Modélisation hydraulique

Carte 2
Relevés
Secteur Henri-IV



Sources :
 Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Bâtiments et cadastre : Ville de Québec, 2009
 Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
 Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
 Toponymes : Ville de Québec, 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_a1_c2_HenriIV_130529.mxd



PARC TECHNOLOGIQUE
DU QUÉBEC METROPOLITAIN

AUTOROUTE HENRI-IV
73
40

Pont du
Carrefour

Avenue Saint-Jean-Baptiste

Zone d'étude locale

Relevés

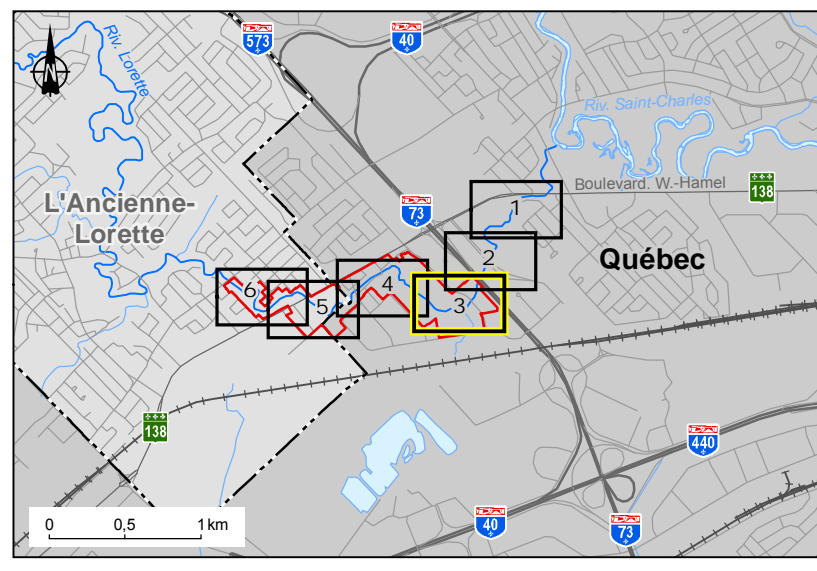
- GENIVAR, 2012
- Geni Arp, 2012
- CEHQ, 2005

Hydrographie

- Limite de la rivière (Ville de Québec)
- 1,80 Point kilométrique
- ➔ Sens de l'écoulement

Autres

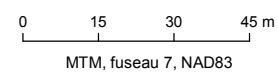
- 1 313 146 Limite de lot
- ▬ Bâtiment



VILLE DE QUÉBEC

Étude préparatoire d'ingénierie
Projet de remodelage des rives de
la rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel
Annexe 1 – Modélisation hydraulique

Carte 3
Relevés
Secteur Saint-Jean-Baptiste



Sources :
Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
Bâtiments et cadastre : Ville de Québec, 2009
Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
Toponymes : Ville de Québec, 2012
Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_a1_c3_StJeanBaptiste_130529.mxd

Juin 2013





Zone d'étude locale

Relevés

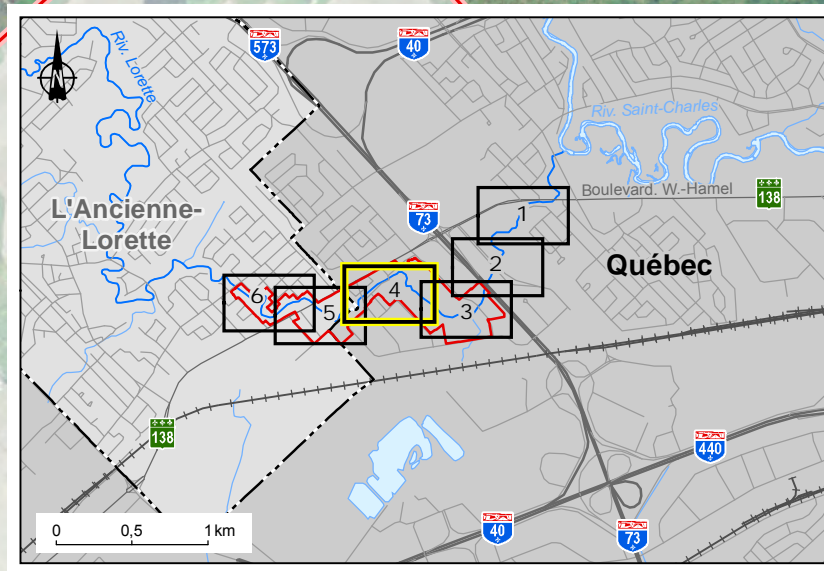
- GENIVAR, 2012
- Geni Arp, 2012
- CEHQ, 2005

Hydrographie

- Limite de la rivière (Ville de Québec)
- 2,60 Point kilométrique
- ➔ Sens de l'écoulement
- ▨ Milieu humide (Ville de Québec)

Autres

- ▭ Limite de lot
- - - Limite municipale
- ▭ Bâtiment



VILLE DE QUÉBEC

Étude préparatoire d'ingénierie
 Projet de remodelage des rives de la rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel
 Annexe 1 – Modélisation hydraulique

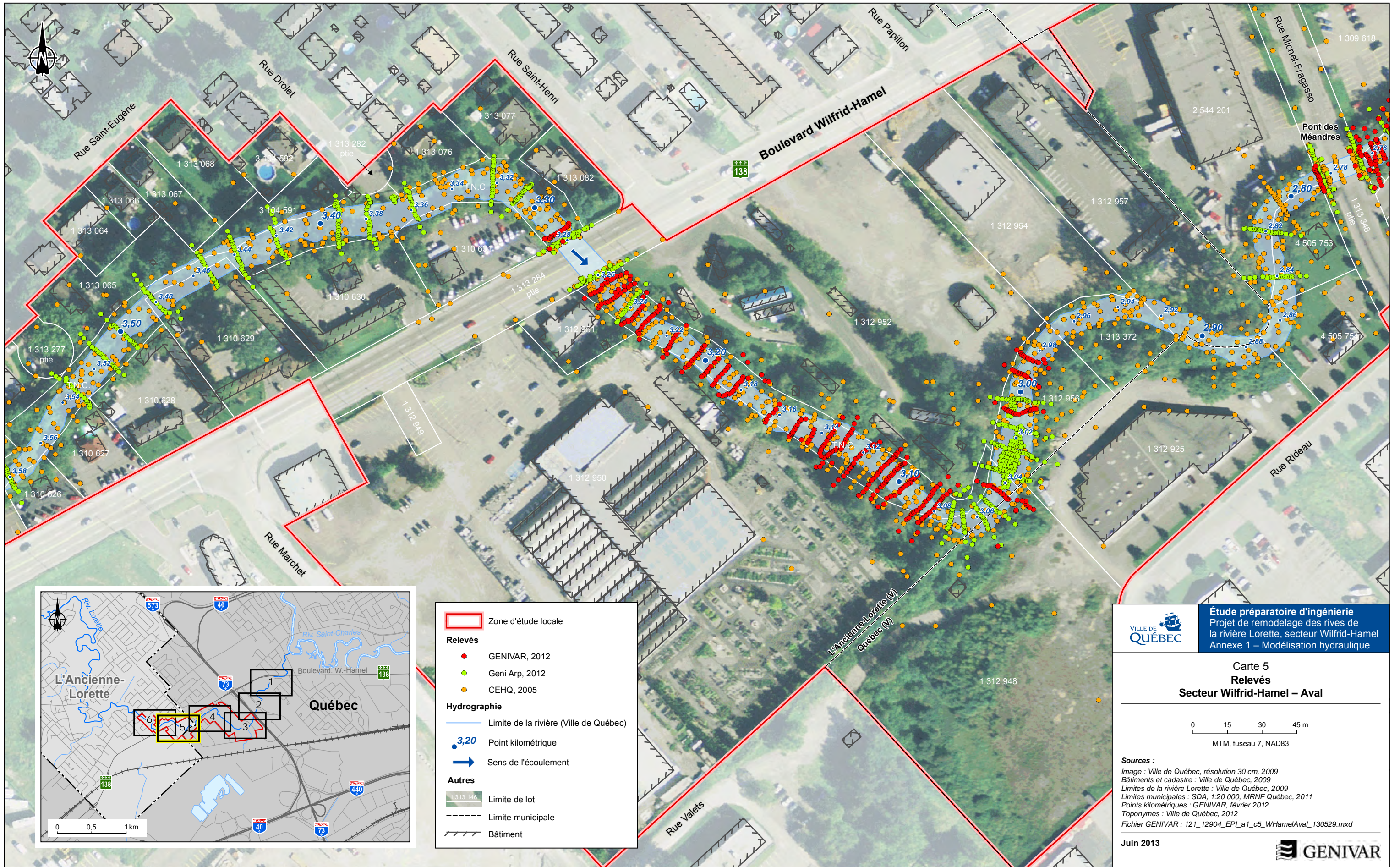
Carte 4
Relevés
Secteur Michel-Fragasso

0 15 30 45 m
 MTM, fuseau 7, NAD83

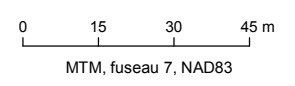
Sources :
 Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Bâtiments et cadastre : Ville de Québec, 2009
 Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
 Limites municipales : SDA, 1:20 000, MRNF Québec, 2011
 Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
 Toponymes : Ville de Québec, 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_a1_c4_MichelFragasso_130529.mxd

Jun 2013

GENIVAR

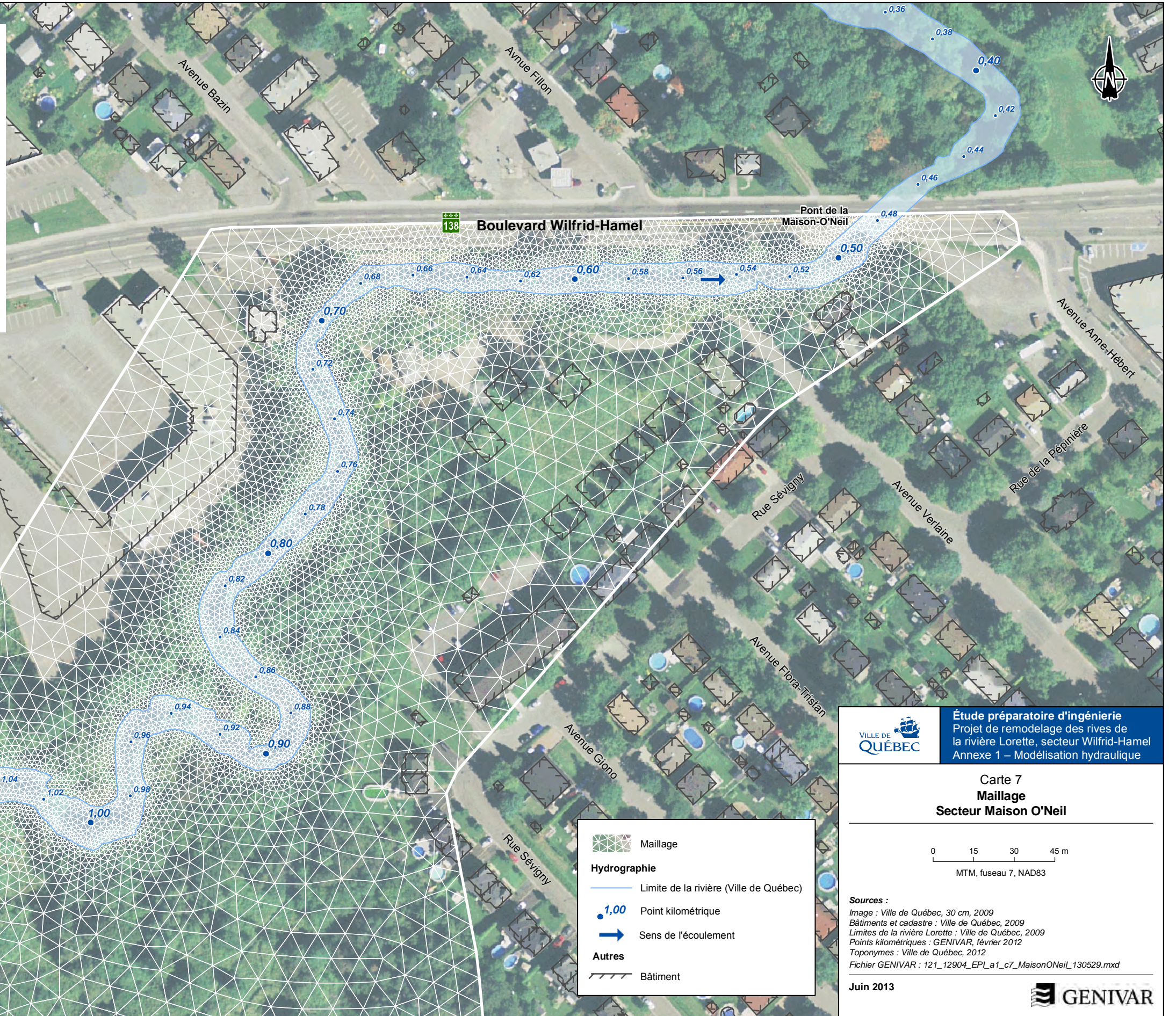
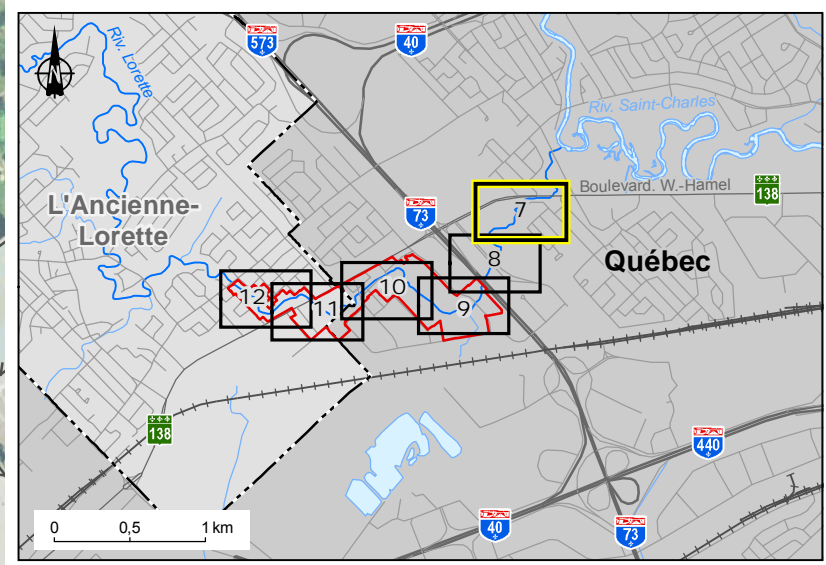


Carte 5
Relevés
Secteur Wilfrid-Hamel – Aval



Sources :
 Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Bâtiments et cadastre : Ville de Québec, 2009
 Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
 Limites municipales : SDA, 1:20 000, MRNF Québec, 2011
 Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
 Toponymes : Ville de Québec, 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_a1_c5_WHamelAval_130529.mxd





Maillage

Hydrographie

- Limite de la rivière (Ville de Québec)
- 1,00 Point kilométrique
- ➔ Sens de l'écoulement

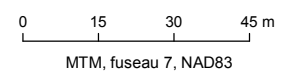
Autres

- ▭ Bâtiment

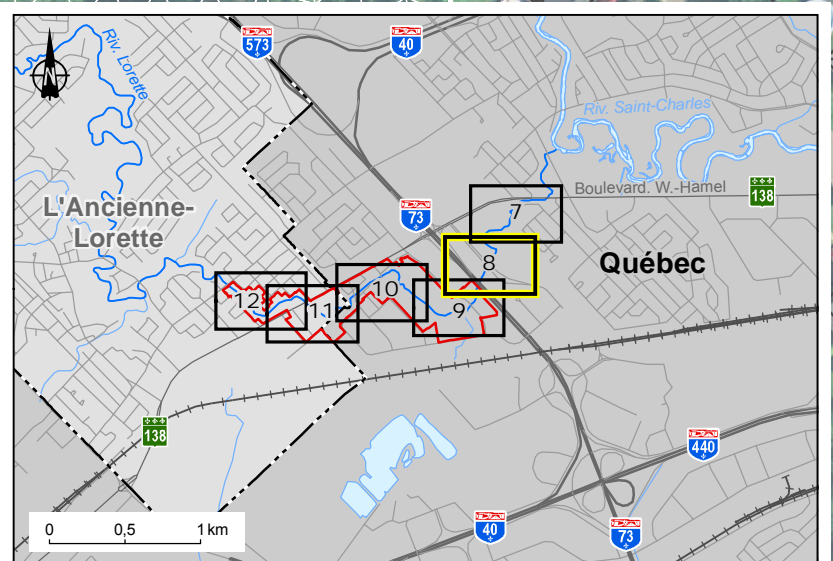
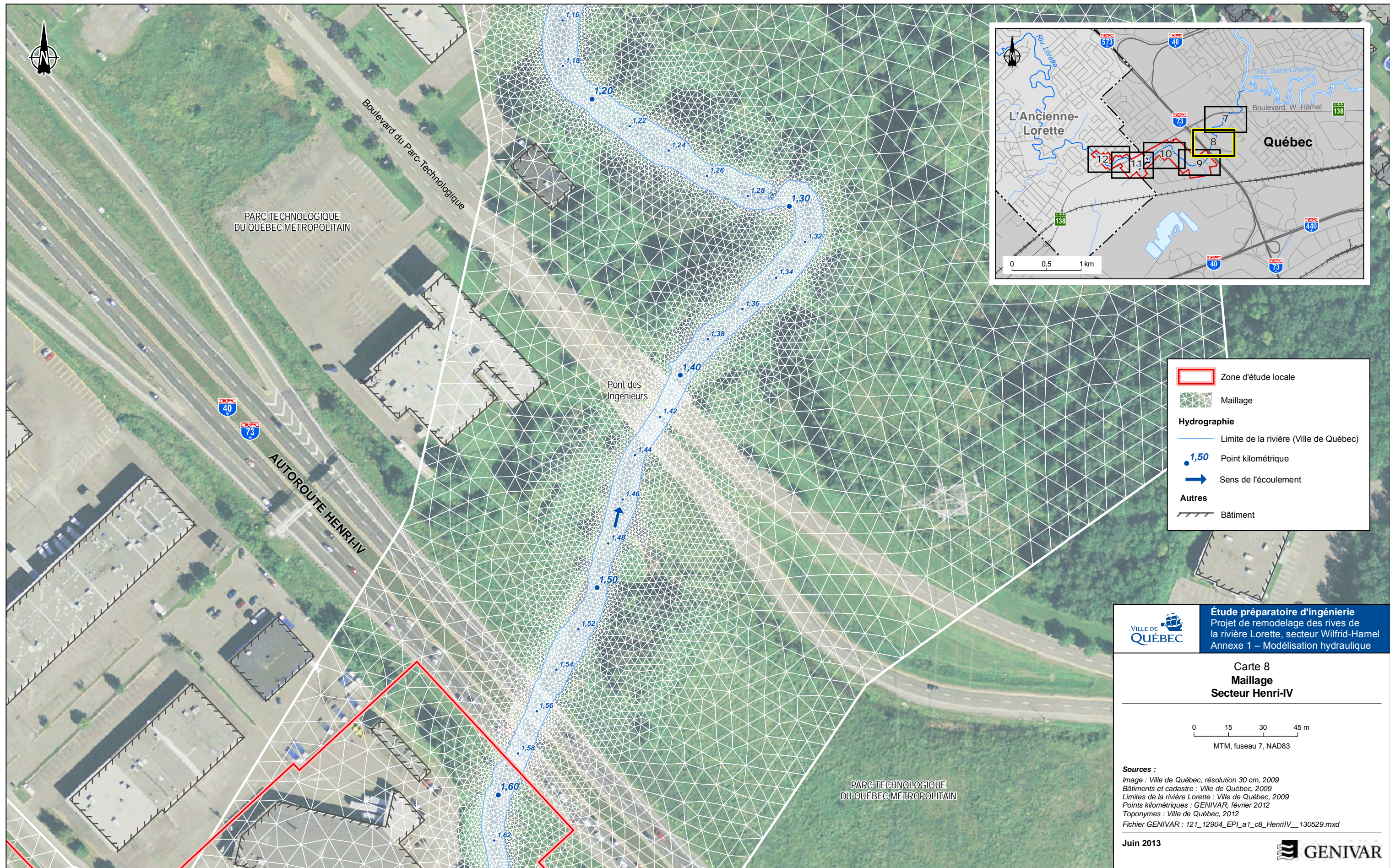
VILLE DE QUÉBEC

Étude préparatoire d'ingénierie
 Projet de remodelage des rives de la rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel
 Annexe 1 – Modélisation hydraulique

Carte 7
Maillage
Secteur Maison O'Neil



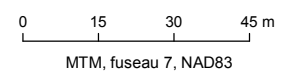
Sources :
 Image : Ville de Québec, 30 cm, 2009
 Bâtiments et cadastre : Ville de Québec, 2009
 Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
 Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
 Toponymes : Ville de Québec, 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_a1_c7_MaisonONeil_130529.mxd



	Zone d'étude locale
	Maillage
Hydrographie	
	Limite de la rivière (Ville de Québec)
	1,50 Point kilométrique
	Sens de l'écoulement
Autres	
	Bâtiment

Étude préparatoire d'ingénierie
 Projet de remodelage des rives de la rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel
 Annexe 1 – Modélisation hydraulique

Carte 8
Maillage
Secteur Henri-IV



Sources :
 Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Bâtiments et cadastre : Ville de Québec, 2009
 Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
 Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
 Toponymes : Ville de Québec, 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_a1_c8_HenriIV_130529.mxd

Jun 2013



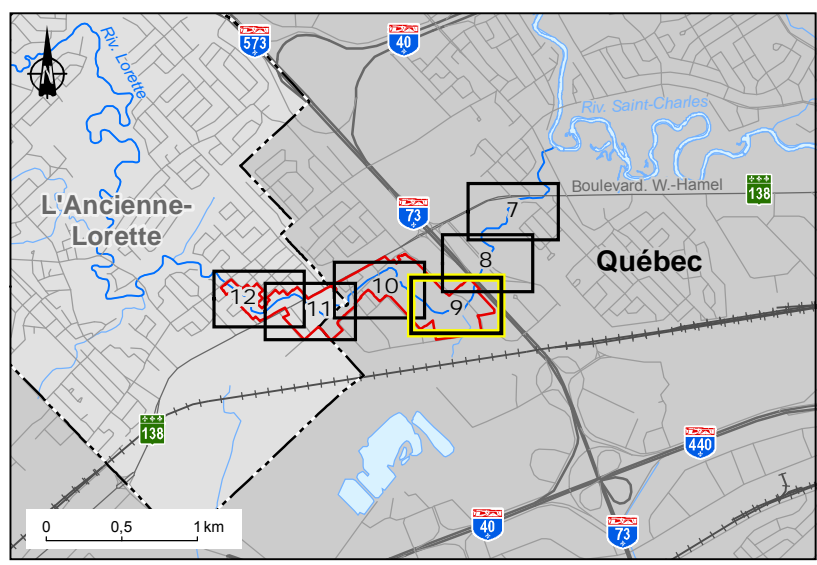


PARC TECHNOLOGIQUE
DU QUÉBEC MÉTROPOLITAIN

AUTOROUTE HENRI-IV

Pont du
Carrefour

Avenue Saint-Jean-Baptiste



Zone d'étude locale

Maillage

Hydrographie

- Limite de la rivière (Ville de Québec)
- 1,90 Point kilométrique
- ➔ Sens de l'écoulement

Autre

- ▬ Bâtiment

VILLE DE QUÉBEC

Étude préparatoire d'ingénierie
Projet de remodelage des rives de
la rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel
Annexe 1 – Modélisation hydraulique

Carte 9
Maillage
Secteur Saint-Jean-Baptiste

0 15 30 45 m
MTM, fuseau 7, NAD83

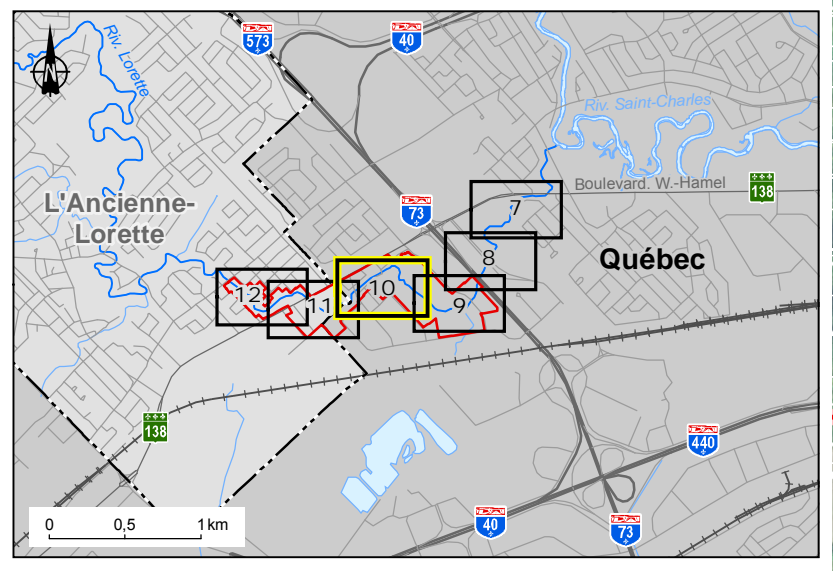
Sources :
Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
Bâtiments et cadastre : Ville de Québec, 2009
Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
Toponymes : Ville de Québec, 2012
Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_a1_c9_StJeanBaptiste_130529.mxd


Juin 2013



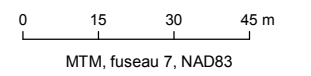


- Zone d'étude locale
- Maillage
- Hydrographie**
- Limite de la rivière (Ville de Québec)
- 2,60 Point kilométrique
- ➔ Sens de l'écoulement
- Milieu humide (Ville de Québec)
- Autres**
- Bâtiment
- Limite municipale




Étude préparatoire d'ingénierie
 Projet de remodelage des rives de
 la rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel
 Annexe 1 – Modélisation hydraulique

Carte 10
Maillage
Secteur Michel-Fragasso



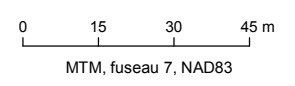
Sources :
 Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Bâtiments et cadastre : Ville de Québec, 2009
 Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
 Limites municipales : SDA, 1:20 000, MRNF Québec, 2011
 Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
 Toponymes : Ville de Québec, 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_a1_c10_MichelFragasso_130529.mxd

Juin 2013



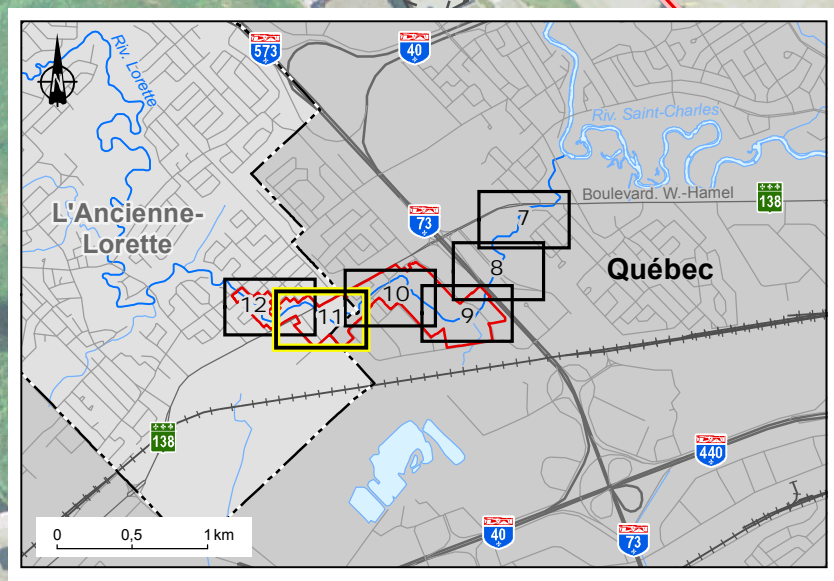


Carte 11
 Maillage
 Secteur Wilfrid-Hamel – Aval



Sources :
 Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Bâtiments et cadastre : Ville de Québec, 2009
 Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
 Limites municipales : SDA, 1:20 000, MRNF Québec, 2011
 Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
 Toponymes : Ville de Québec, 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_a1_c11_WHamelAval_130529.mxd

- Zone d'étude locale
- Maillage
- Hydrographie**
- Limite de la rivière (Ville de Québec)
- 3,10 Point kilométrique
- ➔ Sens de l'écoulement
- Autres**
- Bâtiment
- Limite municipale





Zone d'étude locale

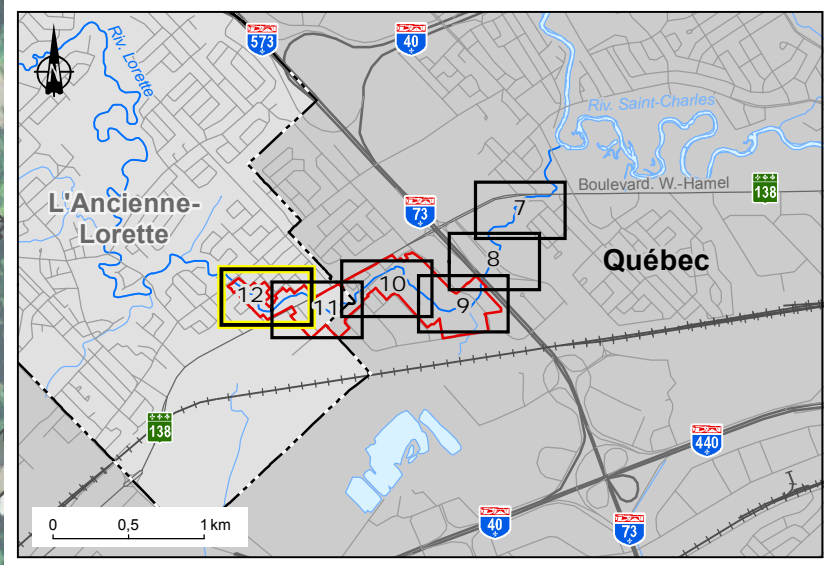
Maillage

Hydrographie

- Limite de la rivière (Ville de Québec)
- 3,60 Point kilométrique
- ➔ Sens de l'écoulement

Autre

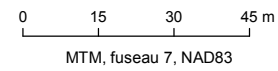
- ▬ Bâtiment



VILLE DE QUÉBEC

Étude préparatoire d'ingénierie
 Projet de remodelage des rives de la rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel
 Annexe 1 – Modélisation hydraulique

Carte 12
Maillage
Secteur Wilfrid-Hamel – Amont



Sources :
 Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Bâtiments et cadastre : Ville de Québec, 2009
 Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
 Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
 Toponymes : Ville de Québec, 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_a1_c12_WHamelAmont_130529.mxd

Conditions frontières

Les conditions imposées aux frontières amont et aval sont respectivement les débits et les niveaux d'eau. La limite aval du modèle est située au pont du boulevard Wilfrid-Hamel à l'est de l'autoroute Henri-IV. La limite amont du modèle est située au pont de la rue Saint-Paul. Le tableau 1 présente les niveaux d'eau aval imposés pour tous les débits simulés. Ces valeurs ont été soit mesurées ou obtenues à partir des résultats d'une étude antérieure du CEHQ sur la rivière Lorette.

Tableau 1 Niveaux d'eau aval et débits imposés comme conditions frontières.

Débit simulé (m ³ /s)	Niveau d'eau aval (m)
14,0	10,95*
19,5	11,05*
20,42	11,14
37	12,20
40	12,24
50	12,41
65	12,70
85	13,10
93	13,30

* Valeurs mesurées.

3.0 ÉTALONNAGE

L'étalonnage consiste, entre autres, à faire varier la valeur du coefficient de Manning ainsi que la dimension des mailles afin que les lignes d'eau simulées concordent de façon satisfaisante avec les lignes d'eau mesurées pour un débit donné. L'étalonnage du modèle hydrodynamique de la rivière Lorette s'est fait à partir des relevés hydrodynamiques effectués en 2005 à un débit de 19,5 m³/s et en 2012 à un débit de 14 m³/s. La figure 1 montre les lignes d'eau simulées et les niveaux d'eau mesurés correspondant à ces débits et le tableau 2 présente les résultats de l'étalonnage. Comme le montrent ces résultats, le modèle réagit bien aux débits simulés et les lignes d'eau sont très représentatives des lignes d'eau mesurées. À noter que la calibration s'est faite principalement avec les données mesurées à 14 m³/s par GENIVAR puisque ces données ont été jugées plus fiables. Dans la majorité des cas, à ce débit, la différence entre les niveaux d'eau simulés et les niveaux d'eau mesurés est inférieure à 0,05 m. La ligne d'eau simulée à 19,5 m³/s est aussi très près de la ligne d'eau mesurée puisque la différence entre les deux est dans la majorité des cas inférieure à 0,10 m. Les coefficients de Manning utilisés en conditions actuelles et en conditions futures sont les mêmes. Une valeur de 0,012 a été utilisée pour le lit de la rivière et une valeur de 0,04 pour les berges et les plaines inondables.

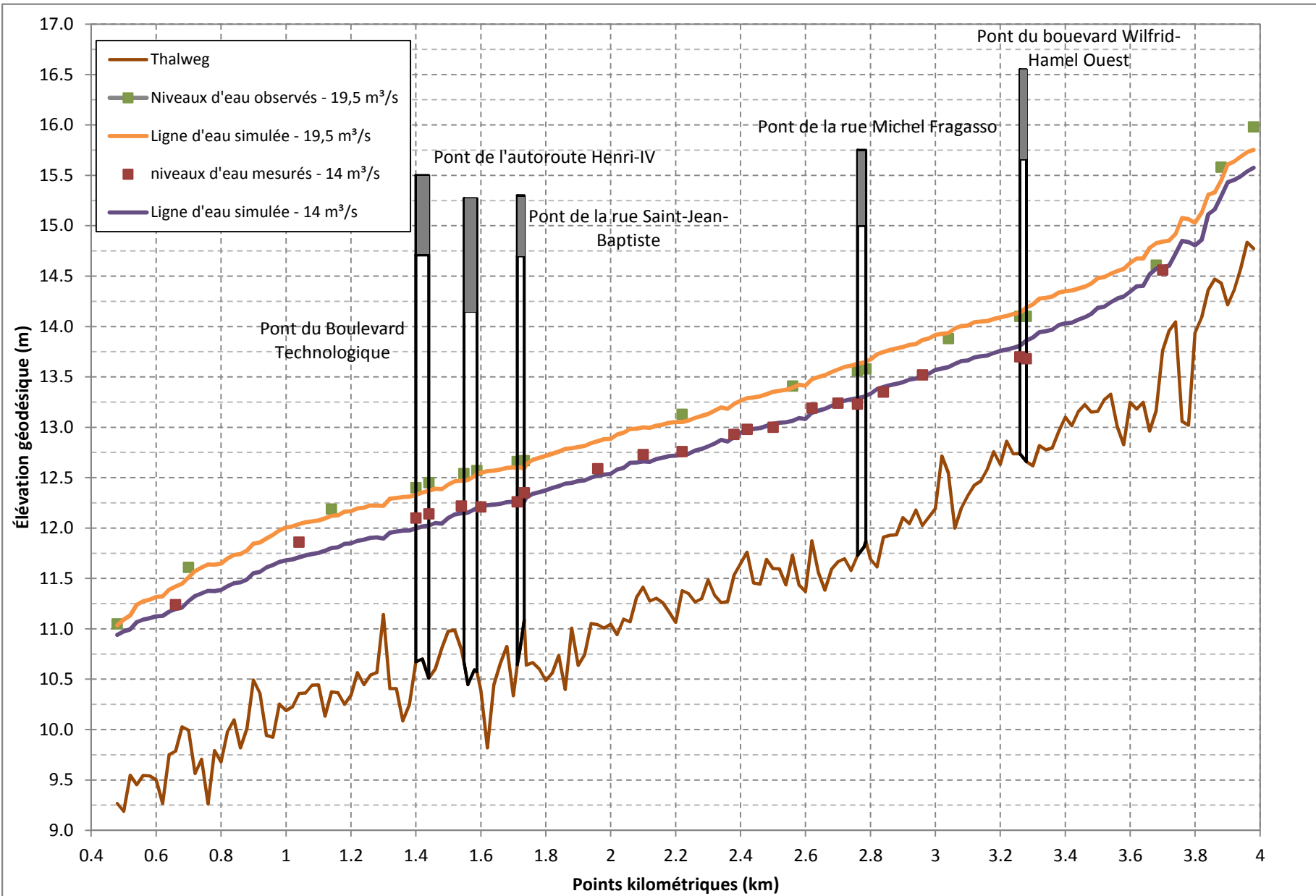


Figure 1. Lignes d'eau simulées et niveaux d'eau mesurés lors de l'étalonnage

Tableau 2 Résultats de l'étalonnage du modèle hydrodynamique en 2D de la rivière Lorette.

PK (kmk)	Débit de 14 m ³ /s			Débit de 19,5 m ³ /s		
	Niveau d'eau simulé (m)	Niveau d'eau observé (m)	Différence (m)	Niveau d'eau simulé (m)	Niveau d'eau observé (m)	Différence (m)
4,80				11,05	11,03	-0,02
6,60	11,20	11,24	-0,04			
7,00				11,61	11,51	-0,10
1,04	11,71	11,86	-0,15			
1,14				12,19	12,12	-0,07
1,40	12,00	12,10	-0,10	12,40	12,33	-0,07
1,44	12,03	12,14	-0,11	12,45	12,37	-0,08
1,54	12,15	12,22	-0,07			
1,54				12,54	12,47	-0,07
1,58				12,57	12,54	-0,03
1,60	12,21	12,21	0,00			
1,71	12,26	12,26	0,00	12,66	12,60	-0,06
1,73	12,26	12,35	-0,09	12,67	12,59	-0,08
1,96	12,52	12,59	-0,07			
2,10	12,66	12,73	-0,07			
2,22	12,73	12,76	-0,03	13,13	13,05	-0,08
2,38	12,90	12,93	-0,03			
2,42	12,98	12,98	0,00			
2,50	13,03	13,00	0,03			
2,56				13,41	13,39	-0,02
2,62	13,14	13,19	-0,05			
2,70	13,24	13,24	0,00			
2,76	13,29	13,23	0,06	13,56	13,63	0,07
2,78	13,40	13,35	0,05	13,58	13,65	0,07
2,84	13,52	13,52	0,00			
2,96						
3,04				13,88	13,93	0,05
3,26	13,81	13,70	0,11	14,10	14,13	0,03
3,28	13,86	13,68	0,18	14,10	14,19	0,09
3,68						
3,70	14,59	14,56	0,03			
3,88				15,58	15,45	-0,13
3,98				15,98	15,75	-0,23

4. RÉSULTATS DU MODÈLE HYDRODYNAMIQUE

Les résultats en conditions actuelles et projetées (niveaux d'eau et vitesses) sont présentés au tableau 3 pour le débit de récurrence 100 ans de 85 m³/s. Les niveaux d'eau obtenus en conditions projetées pour un débit de 93 m³/s correspondant à l'ouragan Rita (2005-09-26) sont également présentés. Les cartes 13 à 20 présentent les vitesses dans la rivière en conditions actuelles et futures. Le tableau 4 présente les résultats obtenus pour des débits de récurrence 20 ans (70 m³/s) et 2 ans (37 m³/s).

Tableau 3 Résultats hydrauliques pour un débit de 85 m³/s et de 93 m³/s.

PK (km)	Q = 85 m ³ /s (100 ans)				Q = 93 m ³ /s (Rita)	
	Conditions actuelles		Conditions projetées		Conditions projetées	
	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)
1,54	14,21	2,47	14,18	2,45	14,33	2,54
1,54	14,21	2,59	14,18	2,57	14,33	2,66
1,56	14,27	2,63	14,24	2,62	14,39	2,72
1,58	14,45	2,37	14,42	2,34	14,60	2,40
1,58	14,57	1,89	14,52	1,93	14,70	1,97
1,60	14,62	1,56	14,57	1,65	14,76	1,67
1,62	14,63	1,64	14,61	1,56	14,80	1,55
1,64	14,66	1,71	14,63	1,61	14,83	1,58
1,66	14,68	1,77	14,64	1,69	14,85	1,64
1,68	14,70	1,87	14,65	1,81	14,86	1,77
1,70	14,68	2,21	14,64	2,13	14,85	2,08
1,71	14,68	2,35	14,64	2,28	14,85	2,18
1,72	14,71	2,37	14,67	2,35	14,87	2,23
1,73	14,85	2,00	14,8	2,06	14,99	1,94
1,74	14,9	1,71	14,83	1,77	15,02	1,68
1,76	14,94	1,59	14,9	1,70	15,08	1,61
1,78	14,98	1,42	14,94	1,49	15,12	1,42
1,80	15,01	1,37	14,97	1,47	15,14	1,40
1,82	15,02	1,32	14,97	1,53	15,14	1,45
1,84	15,04	1,26	14,97	1,61	15,14	1,52
1,86	15,04	1,41	14,98	1,58	15,15	1,49
1,88	15,04	1,50	15,02	1,49	15,18	1,42
1,90	15,07	1,39	15,04	1,41	15,2	1,35
1,92	15,09	1,27	15,07	1,42	15,22	1,36
1,94	15,12	1,28	15,10	1,04	15,26	1,01
1,96	15,13	1,33	15,10	1,22	15,25	1,18
1,98	15,13	1,32	15,10	1,42	15,25	1,36
2,00	15,14	1,39	15,11	1,44	15,26	1,37
2,02	15,17	1,21	15,13	1,39	15,28	1,33

Tableau 3 Résultats hydrauliques pour un débit de 85 m³/s et de 93 m³/s.

PK (km)	Q = 85 m ³ /s (100 ans)				Q = 93 m ³ /s (Rita)	
	Conditions actuelles		Conditions projetées		Conditions projetées	
	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)
2,04	15,21	0,89	15,17	1,36	15,31	1,00
2,06	15,22	0,55	15,17	1,31	15,31	0,28
2,08	15,23	0,53	15,17	1,36	15,31	0,36
2,10	15,23	0,86	15,18	1,42	15,32	1,35
2,12	15,23	0,90	15,18	1,51	15,32	1,44
2,14	15,24	0,87	15,20	1,38	15,34	1,32
2,16	15,25	0,82	15,21	1,54	15,34	1,48
2,18	15,26	0,62	15,23	1,51	15,37	1,45
2,20	15,26	0,52	15,24	1,39	15,38	1,34
2,22	15,27	0,63	15,26	1,51	15,39	1,45
2,24	15,27	0,58	15,28	1,45	15,41	1,37
2,26	15,28	0,53	15,29	1,51	15,42	1,44
2,28	15,28	0,46	15,29	1,57	15,42	1,50
2,3	15,28	0,37	15,31	1,58	15,44	1,51
2,32	15,29	0,18	15,35	1,37	15,47	1,28
2,34	15,29	0,08	15,36	1,82	15,49	1,02
2,36	15,29	0,23	15,37	1,34	15,5	1,24
2,38	15,29	0,37	15,45	1,15	15,57	1,06
2,40	15,32	0,64	15,49	1,24	15,60	0,64
2,42	15,32	0,58	15,50	1,27	15,61	0,45
2,44	15,31	0,31	15,50	1,37	15,61	0,27
2,46	15,31	0,35	15,50	1,36	15,61	0,39
2,48	15,31	0,77	15,50	1,38	15,61	0,89
2,50	15,31	1,17	15,50	1,29	15,61	1,20
2,52	15,33	1,34	15,50	1,43	15,61	1,33
2,54	15,34	1,49	15,51	1,58	15,62	1,47
2,56	15,37	1,47	15,54	1,55	15,64	1,42
2,58	15,4	1,32	15,55	1,61	15,65	1,45
2,6	15,42	1,33	15,55	1,94	15,65	1,73
2,62	15,46	0,96	15,62	1,7	15,70	1,53
2,64	15,48	0,95	15,66	1,77	15,73	1,61
2,66	15,48	1,01	15,70	1,73	15,76	1,61
2,68	15,49	0,99	15,75	1,53	15,79	1,46
2,70	15,49	1,05	15,77	1,65	15,81	1,58
2,72	15,49	1,09	15,79	1,72	15,83	1,64
2,74	15,50	1,21	15,83	1,42	15,86	1,38
2,76	15,50	1,36	15,86	1,35	15,89	1,33
2,78	15,52	1,40	15,87	1,67	15,89	1,65

Tableau 3 Résultats hydrauliques pour un débit de 85 m³/s et de 93 m³/s.

PK (km)	Q = 85 m ³ /s (100 ans)				Q = 93 m ³ /s (Rita)	
	Conditions actuelles		Conditions projetées		Conditions projetées	
	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)
2,78	15,55	1,21	15,88	1,61	15,91	1,60
2,80	15,58	0,93	15,91	1,50	15,93	1,49
2,82	15,6	0,64	15,94	1,80	15,96	1,27
2,84	15,63	0,55	16,03	1,17	16,05	1,17
2,86	15,64	0,24	16,06	1,43	16,08	0,24
2,88	15,64	0,22	16,06	1,50	16,08	0,05
2,90	15,64	0,29	16,06	1,60	16,08	0,58
2,92	15,65	0,50	16,07	1,25	16,09	1,25
2,94	15,66	0,69	16,09	1,17	16,11	1,15
2,96	15,65	0,55	16,10	1,33	16,12	0,97
2,98	15,65	0,47	16,10	1,54	16,12	0,88
3,00	15,66	0,46	16,10	1,70	16,11	1,06
3,02	15,66	0,67	16,12	1,34	16,14	1,35
3,04	15,7	0,78	16,18	1,07	16,20	0,88
3,06	15,7	0,57	16,19	1,37	16,21	0,30
3,08	15,69	0,57	16,19	1,42	16,21	0,39
3,10	15,69	1,00	16,19	1,16	16,21	1,17
3,12	15,69	1,28	16,19	1,36	16,20	1,38
3,14	15,69	1,37	16,18	1,43	16,20	1,46
3,16	15,68	1,38	16,19	1,57	16,20	1,61
3,18	15,69	1,52	16,20	1,54	16,22	1,58
3,20	15,68	1,83	16,21	1,61	16,23	1,67
3,22	15,68	2,01	16,21	1,75	16,22	1,81
3,24	15,68	2,27	16,21	1,92	16,22	1,99
3,26	15,67	2,71	16,21	2,14	16,23	2,22
3,28	15,87	2,19	16,30	1,95	16,32	2,03
3,30	15,92	2,06	16,37	1,73	16,39	1,46
3,32	16,02	1,75	16,37	1,90	16,39	0,37
3,34	16,02	1,94	16,37	2,00	16,39	0,73
3,36	16,07	1,83	16,35	2,22	16,37	2,33
3,38	16,13	1,70	16,45	2,13	16,49	2,17
3,40	16,14	1,67	16,49	2,09	16,53	2,09
3,42	16,15	1,72	16,52	2,12	16,55	2,16
3,44	16,15	1,93	16,59	2,27	16,62	2,33
3,46	16,16	2,01	16,66	2,15	16,70	2,19
3,48	16,17	2,13	16,72	2,20	16,76	2,22
3,50	16,21	2,06	16,79	2,11	16,83	2,17
3,52	16,22	2,23	16,85	2,13	16,89	2,20
3,54	16,27	2,06	16,91	2,08	16,95	2,14

Tableau 3 Résultats hydrauliques pour un débit de 85 m³/s et de 93 m³/s.

PK (km)	Q = 85 m ³ /s (100 ans)				Q = 93 m ³ /s (Rita)	
	Conditions actuelles		Conditions projetées		Conditions projetées	
	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)
3,56	16,36	2,07	16,99	2,24	17,04	2,28
3,58	16,46	1,65	17,13	1,73	17,18	1,78
3,60	16,49	1,50	17,15	1,88	17,19	1,95
3,62	16,49	1,98	17,21	2,09	17,26	2,15
3,64	16,50	2,00	17,28	1,89	17,34	1,95
3,66	16,55	1,36	17,39	1,51	17,45	0,88
3,68	16,57	1,23	17,40	1,62	17,46	0,71
3,70	16,56	1,96	17,39	1,73	17,45	1,19
3,72	16,54	2,62	17,42	1,55	17,48	1,60
3,74	16,57	2,53	17,49	1,3	17,55	0,45
3,76	16,93	2,42	17,48	1,33	17,54	0,32
3,78	16,92	2,76	17,48	1,45	17,54	0,18
3,8	16,88	2,57	17,48	1,6	17,54	0,21
3,82	16,99	1,99	17,48	1,95	17,54	1,20
3,84	16,98	1,73	17,49	1,9	17,56	2,02
3,86	16,96	2,64	17,50	2,07	17,56	2,20
3,88	16,99	3,10	17,51	2,36	17,57	2,51
3,90	17,19	2,74	17,60	2,25	17,67	2,39
3,92	17,26	2,70	17,63	2,43	17,70	2,56
3,94	17,32	2,74	17,65	2,68	17,71	2,86
3,96	17,35	2,98	17,81	2,42	17,91	2,55
3,98	17,38	3,18	17,93	2,19	18,03	2,27

Tableau 4 Résultats hydrauliques pour des débits de récurrence 2 ans et 20 ans,

PK (km)	Q = 70 m ³ /s (20 ans)				Q = 37 m ³ /s (2 ans)			
	Conditions actuelles		Conditions projetées		Conditions actuelles		Conditions projetées	
	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)
1,54	13,93	2,27	13,92	2,27	13,16	1,55	13,18	1,58
1,54	13,93	2,38	13,92	2,39	13,16	1,60	13,18	1,63
1,56	13,98	2,44	13,97	2,45	13,18	1,70	13,20	1,73
1,58	14,13	2,18	14,13	2,19	13,25	1,58	13,28	1,60
1,58	14,23	1,76	14,22	1,83	13,3	1,32	13,32	1,38
1,60	14,27	1,52	14,26	1,60	13,32	1,16	13,34	1,24
1,62	14,29	1,59	14,30	1,51	13,33	1,19	13,37	1,13
1,64	14,31	1,64	14,31	1,57	13,35	1,28	13,38	1,20
1,66	14,33	1,70	14,33	1,64	13,36	1,32	13,39	1,27
1,68	14,35	1,78	14,34	1,74	13,38	1,34	13,41	1,31
1,70	14,34	2,08	14,33	2,04	13,38	1,55	13,40	1,49
1,71	14,33	2,23	14,33	2,22	13,38	1,64	13,40	1,63
1,72	14,36	2,27	14,35	2,33	13,39	1,70	13,41	1,76
1,73	14,47	1,97	14,47	2,10	13,43	1,73	13,47	1,72
1,74	14,52	1,69	14,5	1,77	13,47	1,45	13,50	1,40
1,76	14,56	1,62	14,58	1,70	13,51	1,40	13,56	1,42
1,78	14,59	1,55	14,63	1,49	13,54	1,35	13,59	1,23
1,8	14,62	1,50	14,66	1,46	13,56	1,43	13,62	1,20
1,82	14,65	1,41	14,66	1,51	13,59	1,43	13,62	1,26
1,84	14,68	1,30	14,66	1,59	13,63	1,25	13,63	1,35
1,86	14,68	1,37	14,68	1,55	13,66	1,07	13,64	1,32
1,88	14,68	1,50	14,71	1,48	13,66	1,19	13,67	1,30
1,90	14,71	1,44	14,74	1,39	13,67	1,20	13,7	1,16
1,92	14,72	1,43	14,76	1,40	13,68	1,33	13,73	1,12
1,94	14,76	1,37	14,80	1,01	13,72	1,28	13,76	0,78
1,96	14,77	1,40	14,8	1,17	13,73	1,28	13,76	0,90
1,98	14,77	1,44	14,79	1,41	13,75	1,17	13,75	1,25
2,00	14,78	1,54	14,80	1,43	13,76	1,29	13,76	1,30
2,02	14,82	1,37	14,83	1,37	13,79	1,13	13,79	1,17
2,04	14,86	1,05	14,86	0,99	13,82	1,09	13,82	0,79
2,06	14,89	0,62	14,86	0,22	13,85	0,78	13,83	0,18
2,08	14,89	0,62	14,87	0,21	13,85	0,78	13,83	0,13
2,10	14,90	1,05	14,88	1,42	13,86	1,00	13,84	1,17
2,12	14,90	1,07	14,88	1,51	13,85	1,08	13,84	1,30
2,14	14,91	1,03	14,90	1,37	13,86	1,06	13,86	1,15
2,16	14,92	0,99	14,91	1,52	13,86	1,23	13,87	1,27
2,18	14,93	0,76	14,93	1,47	13,89	1,08	13,89	1,21
2,20	14,94	0,64	14,94	1,35	13,89	0,99	13,9	1,14

Tableau 4 Résultats hydrauliques pour des débits de récurrence 2 ans et 20 ans,

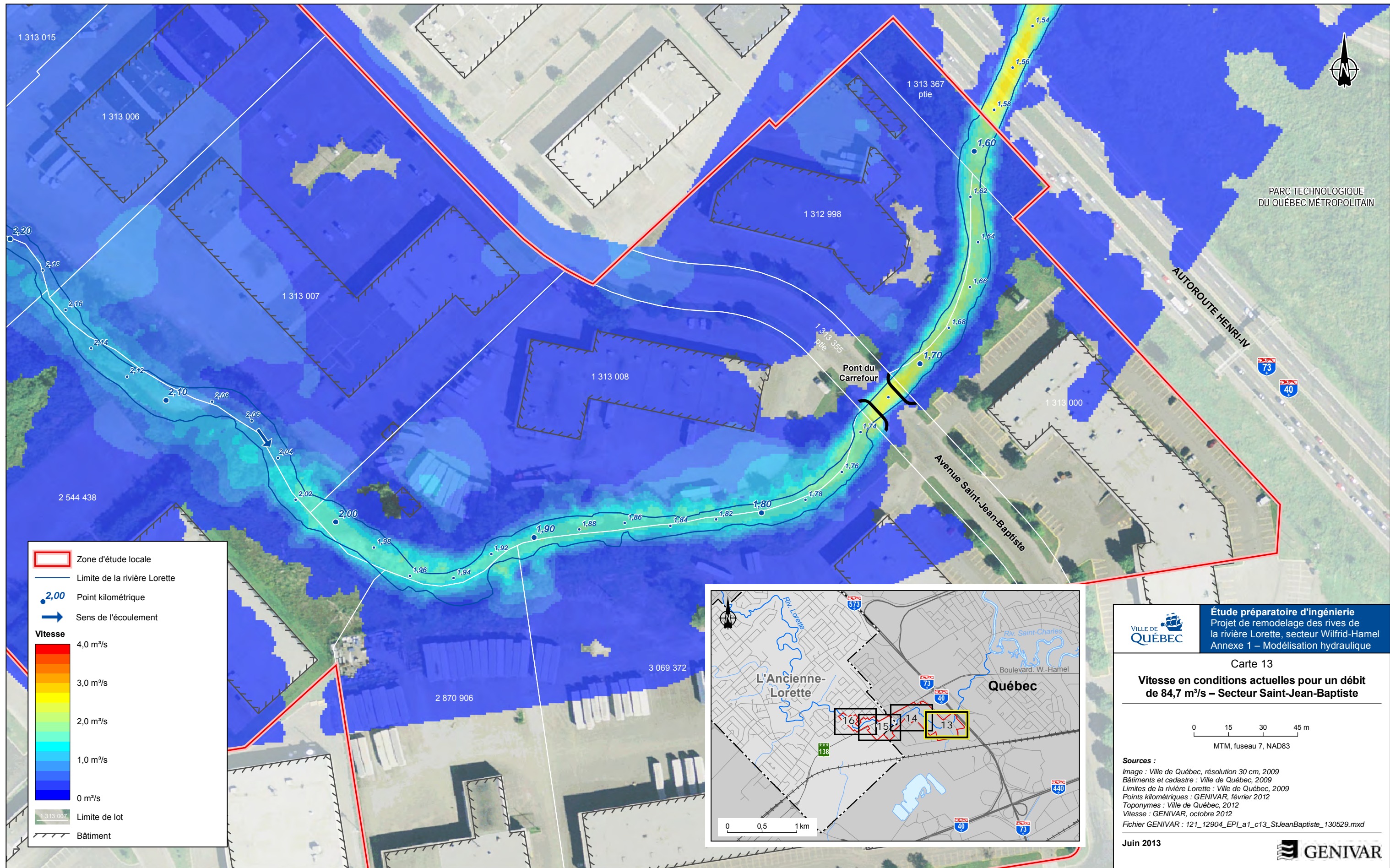
PK (km)	Q = 70 m ³ /s (20 ans)				Q = 37 m ³ /s (2 ans)			
	Conditions actuelles		Conditions projetées		Conditions actuelles		Conditions projetées	
	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)
2,22	14,95	0,81	14,96	1,51	13,9	1,24	13,91	1,35
2,24	14,95	0,79	14,98	1,44	13,92	1,14	13,93	1,26
2,26	14,96	0,76	14,99	1,50	13,93	1,23	13,95	1,31
2,28	14,97	0,67	14,99	1,55	13,93	1,34	13,96	1,29
2,30	14,98	0,62	15,01	1,56	13,94	1,35	13,98	1,26
2,32	14,98	0,41	15,05	1,35	13,98	1,14	14,00	1,13
2,34	14,98	0,28	15,07	1,12	14,00	0,97	14,03	0,94
2,36	14,99	0,28	15,07	1,34	14,00	1,23	14,03	1,13
2,38	15,00	0,50	15,15	1,18	14,04	1,24	14,05	1,17
2,40	15,02	0,78	15,19	0,8	14,07	1,06	14,08	1,07
2,42	15,03	0,77	15,20	0,61	14,09	1,08	14,10	1,03
2,44	15,02	0,49	15,20	0,43	14,09	1,11	14,11	0,88
2,46	15,02	0,58	15,20	0,57	14,09	1,29	14,12	0,94
2,48	15,02	1,02	15,20	1,04	14,11	1,37	14,13	1,14
2,50	15,02	1,40	15,20	1,32	14,13	1,35	14,14	1,23
2,52	15,04	1,56	15,21	1,44	14,16	1,33	14,16	1,24
2,54	15,05	1,76	15,22	1,59	14,17	1,59	14,17	1,37
2,56	15,08	1,79	15,25	1,58	14,21	1,55	14,21	1,28
2,58	15,12	1,72	15,26	1,61	14,25	1,38	14,23	1,25
2,60	15,13	1,90	15,26	1,92	14,24	1,81	14,24	1,43
2,62	15,24	1,29	15,33	1,7	14,33	1,42	14,28	1,25
2,64	15,27	1,19	15,38	1,76	14,36	1,45	14,30	1,32
2,66	15,28	1,25	15,42	1,73	14,38	1,49	14,32	1,33
2,68	15,29	1,20	15,47	1,53	14,42	1,42	14,35	1,18
2,70	15,31	1,24	15,49	1,66	14,45	1,39	14,37	1,27
2,72	15,32	1,27	15,51	1,72	14,48	1,35	14,38	1,36
2,74	15,32	1,39	15,55	1,39	14,49	1,40	14,41	1,15
2,76	15,33	1,57	15,59	1,34	14,52	1,49	14,43	0,96
2,78	15,35	1,61	15,60	1,65	14,53	1,60	14,44	1,40
2,78	15,39	1,46	15,62	1,6	14,56	1,54	14,46	1,33
2,80	15,42	1,17	15,64	1,53	14,58	1,49	14,48	1,29
2,82	15,46	0,82	15,68	1,28	14,63	1,25	14,50	1,21
2,84	15,51	0,75	15,76	1,20	14,66	1,43	14,56	1,13
2,86	15,52	0,28	15,8	0,33	14,74	0,89	14,6	0,56
2,88	15,52	0,22	15,8	0,13	14,75	0,79	14,6	0,50

Tableau 4 Résultats hydrauliques pour des débits de récurrence 2 ans et 20 ans,

PK (km)	Q = 70 m ³ /s (20 ans)				Q = 37 m ³ /s (2 ans)			
	Conditions actuelles		Conditions projetées		Conditions actuelles		Conditions projetées	
	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)
2,90	15,53	0,31	15,8	0,68	14,75	1,08	14,6	0,85
2,92	15,53	0,67	15,81	1,18	14,77	1,14	14,61	0,92
2,94	15,54	0,79	15,83	1,05	14,78	1,09	14,62	0,87
2,96	15,54	0,66	15,83	0,88	14,79	1,12	14,63	0,79
2,98	15,54	0,59	15,83	0,81	14,79	1,15	14,63	0,77
3,00	15,55	0,58	15,83	1,00	14,81	1,07	14,63	0,88
3,02	15,56	0,79	15,85	1,30	14,82	1,28	14,63	1,09
3,04	15,59	0,87	15,91	0,91	14,84	1,36	14,67	0,96
3,06	15,6	0,57	15,92	0,35	14,9	1,01	14,69	0,66
3,08	15,59	0,57	15,92	0,42	14,9	1,02	14,69	0,71
3,10	15,6	1,02	15,92	1,16	14,91	1,24	14,69	1,15
3,12	15,6	1,26	15,92	1,29	14,92	1,21	14,7	1,10
3,14	15,59	1,35	15,92	1,35	14,93	1,26	14,7	1,14
3,16	15,59	1,36	15,92	1,49	14,93	1,31	14,71	1,3
3,18	15,59	1,47	15,94	1,45	14,94	1,35	14,72	1,25
3,20	15,59	1,74	15,95	1,50	14,95	1,47	14,74	1,25
3,22	15,59	1,9	15,95	1,61	14,97	1,54	14,74	1,35
3,24	15,59	2,15	15,95	1,76	14,98	1,65	14,74	1,48
3,26	15,58	2,56	15,96	1,98	14,99	1,92	14,75	1,67
3,28	15,75	2,11	16,03	1,83	15,08	1,65	14,8	1,52
3,30	15,80	2,05	16,09	1,23	15,10	1,70	14,85	1,01
3,32	15,91	1,64	16,1	0,23	15,20	1,29	14,85	0,18
3,34	15,91	1,83	16,1	0,53	15,21	1,39	14,85	0,42
3,36	15,95	1,79	16,09	2,02	15,23	1,46	14,84	1,75
3,38	16,00	1,65	16,17	1,96	15,27	1,38	14,91	1,68
3,40	16,02	1,58	16,2	1,92	15,28	1,32	14,94	1,65
3,42	16,03	1,62	16,24	1,93	15,29	1,36	14,96	1,66
3,44	16,03	1,83	16,3	2,05	15,3	1,58	15,01	1,77
3,46	16,04	1,92	16,36	1,96	15,32	1,6	15,06	1,74
3,48	16,05	2,01	16,41	2,03	15,34	1,62	15,1	1,81
3,50	16,1	1,91	16,48	1,93	15,39	1,49	15,17	1,62
3,52	16,1	2,11	16,53	1,94	15,4	1,59	15,21	1,61
3,54	16,15	1,94	16,58	1,89	15,44	1,45	15,24	1,58
3,56	16,22	2,01	16,64	2,08	15,46	1,65	15,29	1,78
3,58	16,32	1,63	16,77	1,59	15,52	1,59	15,39	1,34

Tableau 4 Résultats hydrauliques pour des débits de récurrence 2 ans et 20 ans,

PK (km)	Q = 70 m ³ /s (20 ans)				Q = 37 m ³ /s (2 ans)			
	Conditions actuelles		Conditions projetées		Conditions actuelles		Conditions projetées	
	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)	Niveau d'eau (m)	Vitesse (m/s)
3,60	16,35	1,48	16,79	1,73	15,56	1,45	15,4	1,47
3,62	16,35	1,9	16,84	1,92	15,59	1,62	15,44	1,62
3,64	16,36	1,89	16,91	1,77	15,6	1,61	15,48	1,53
3,66	16,42	1,31	17,00	0,76	15,65	1,19	15,56	0,63
3,68	16,44	1,21	17,01	0,6	15,68	1,07	15,56	0,49
3,70	16,42	1,88	17,01	1,02	15,67	1,55	15,56	0,91
3,72	16,41	2,44	17,03	1,43	15,68	1,90	15,58	1,21
3,74	16,41	2,54	17,09	0,38	15,69	1,96	15,63	0,32
3,76	16,72	1,1	17,08	0,27	15,88	0,87	15,62	0,29
3,78	16,73	0,25	17,08	0,19	15,88	0,18	15,62	0,2
3,80	16,68	2,39	17,08	0,15	15,84	2,09	15,62	0,17
3,82	16,78	1,76	17,08	1,02	15,91	1,80	15,62	0,25
3,84	16,78	1,55	17,09	1,83	15,96	1,83	15,62	2,11
3,86	16,76	2,47	17,10	2,04	15,93	2,52	15,66	2,30
3,88	16,78	2,98	17,10	2,33	16,01	2,72	15,76	2,26
3,90	16,99	2,58	17,22	2,15	16,25	2,18	15,89	2,04
3,92	17,05	2,56	17,25	2,27	16,31	2,18	15,93	2,16
3,94	17,13	2,53	17,26	2,57	16,39	2,16	15,9	2,62
3,96	17,17	2,70	17,41	2,36	16,43	2,23	16,12	2,29
3,98	17,20	2,88	17,54	2,13	16,46	2,37	16,25	2,05



PARC TECHNOLOGIQUE
DU QUÉBEC METROPOLITAIN

AUTOROUTE HENRI-IV

Pont du
Carrefour

Avenue Saint-Jean-Baptiste

Zone d'étude locale

Limite de la rivière Lorette

2,00 Point kilométrique

→ Sens de l'écoulement

Vitesse

4,0 m³/s

3,0 m³/s

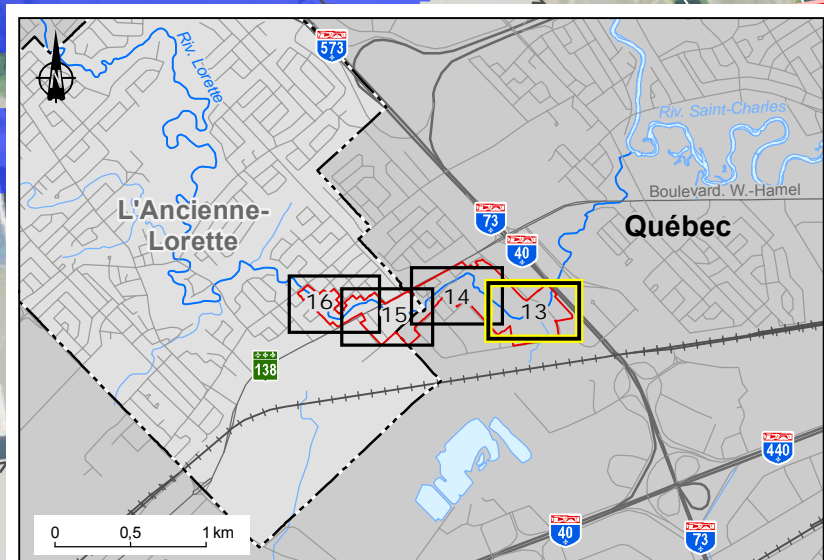
2,0 m³/s

1,0 m³/s

0 m³/s

Limite de lot

Bâtiment

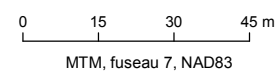


VILLE DE QUÉBEC

Étude préparatoire d'ingénierie
Projet de remodelage des rives de
la rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel
Annexe 1 – Modélisation hydraulique

Carte 13

Vitesse en conditions actuelles pour un débit
de 84,7 m³/s – Secteur Saint-Jean-Baptiste



Sources :

Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009

Bâtiments et cadastre : Ville de Québec, 2009

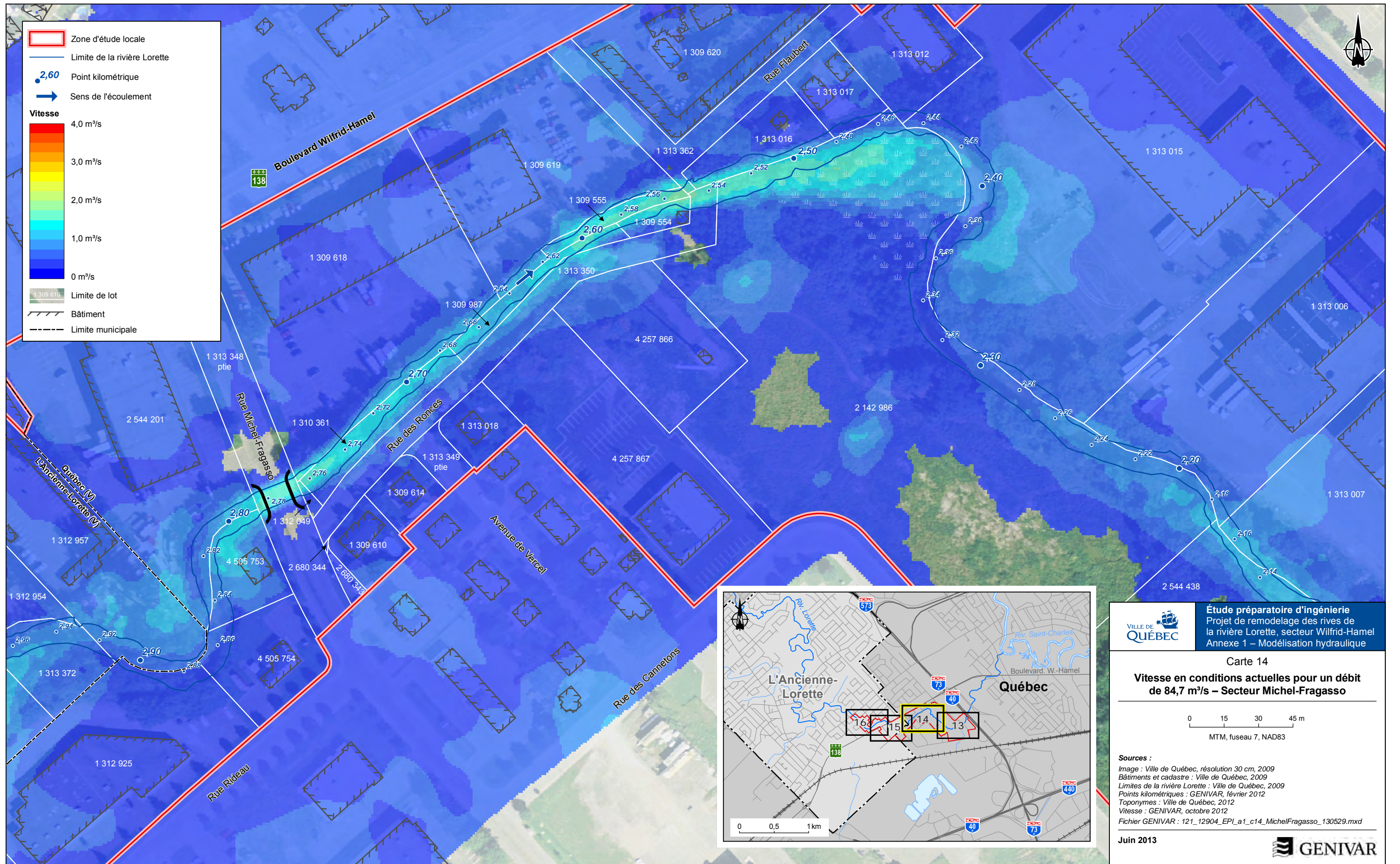
Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009

Points kilométriques : GENIVAR, février 2012

Toponymes : Ville de Québec, 2012

Vitesse : GENIVAR, octobre 2012

Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_a1_c13_StJeanBaptiste_130529.mxd



Zone d'étude locale

— Limite de la rivière Lorette

● 2,60 Point kilométrique

➔ Sens de l'écoulement

Vitesse

4,0 m³/s

3,0 m³/s

2,0 m³/s

1,0 m³/s

0 m³/s

1 309 610 Limite de lot

▭ Bâtiment

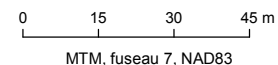
--- Limite municipale

VILLE DE QUÉBEC

Étude préparatoire d'ingénierie
Projet de remodelage des rives de la rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel
Annexe 1 – Modélisation hydraulique

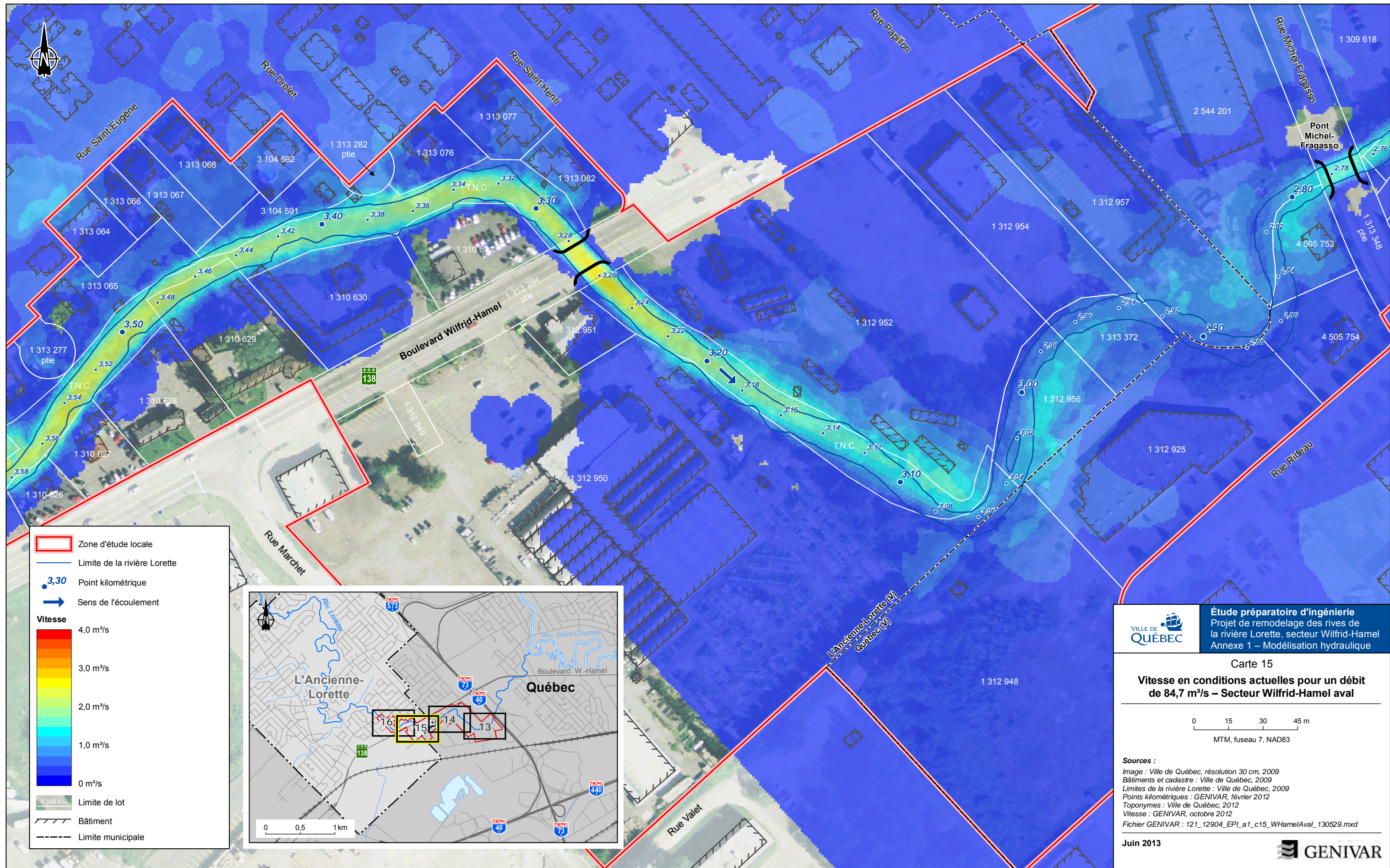
Carte 14

Vitesse en conditions actuelles pour un débit de 84,7 m³/s – Secteur Michel-Fragasso

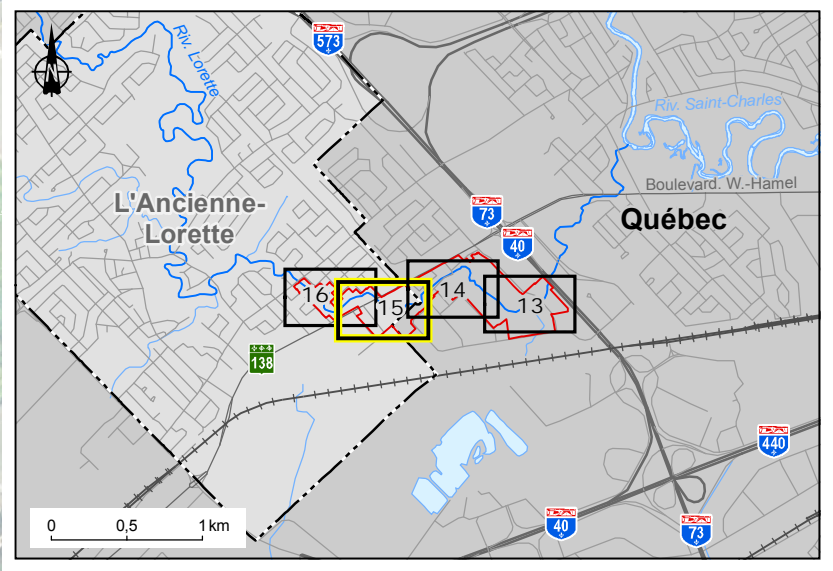


Sources :

Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
Bâtiments et cadastre : Ville de Québec, 2009
Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
Toponymes : Ville de Québec, 2012
Vitesse : GENIVAR, octobre 2012
Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_a1_c14_MichelFragasso_130529.mxd

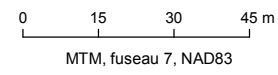


- Zone d'étude locale
- Limite de la rivière Lorette
- 3,30 Point kilométrique
- ➔ Sens de l'écoulement
- Vitesse**
- 4,0 m³/s
- 3,0 m³/s
- 2,0 m³/s
- 1,0 m³/s
- 0 m³/s
- 1 309 610 Limite de lot
- Bâtiment
- Limite municipale

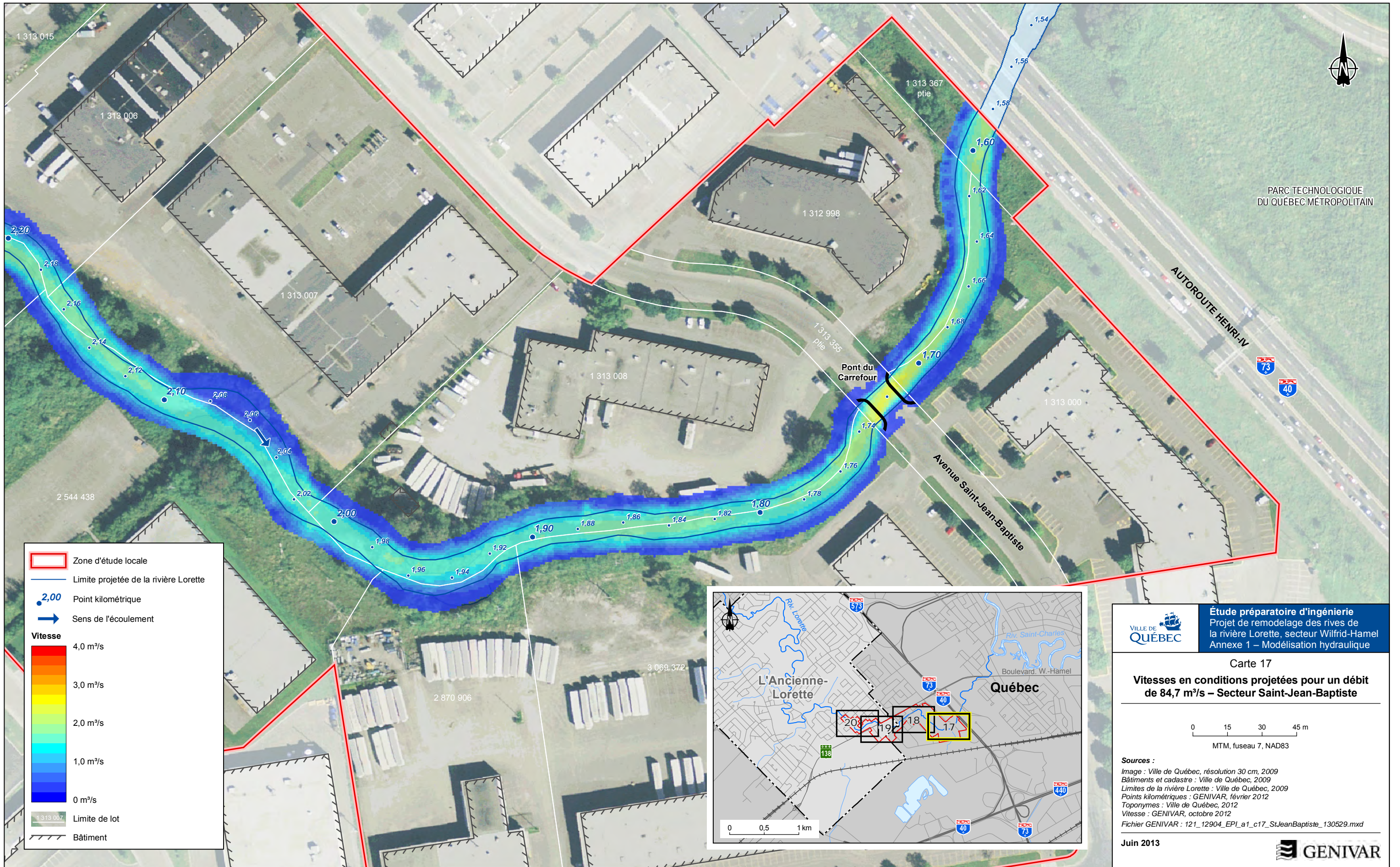


Étude préparatoire d'ingénierie
 Projet de remodelage des rives de la rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel
 Annexe 1 – Modélisation hydraulique

Carte 15
Vitesse en conditions actuelles pour un débit de 84,7 m³/s – Secteur Wilfrid-Hamel aval



Sources :
 Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Bâtiments et cadastre : Ville de Québec, 2009
 Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
 Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
 Toponymes : Ville de Québec, 2012
 Vitesse : GENIVAR, octobre 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_a1_c15_WHamelAval_130529.mxd



PARC TECHNOLOGIQUE
DU QUÉBEC METROPOLITAIN

AUTOROUTE HENRI-IV

Pont du
Carrefour

Avenue Saint-Jean-Baptiste

Zone d'étude locale

Limite projetée de la rivière Lorette

2,00 Point kilométrique

→ Sens de l'écoulement

Vitesse

4,0 m³/s

3,0 m³/s

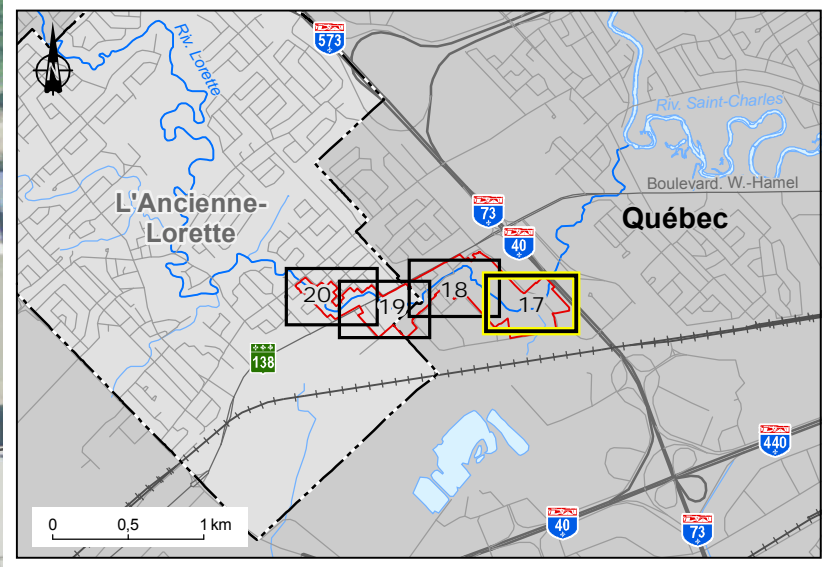
2,0 m³/s

1,0 m³/s

0 m³/s

Limite de lot

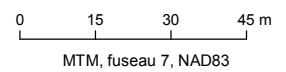
Bâtiment



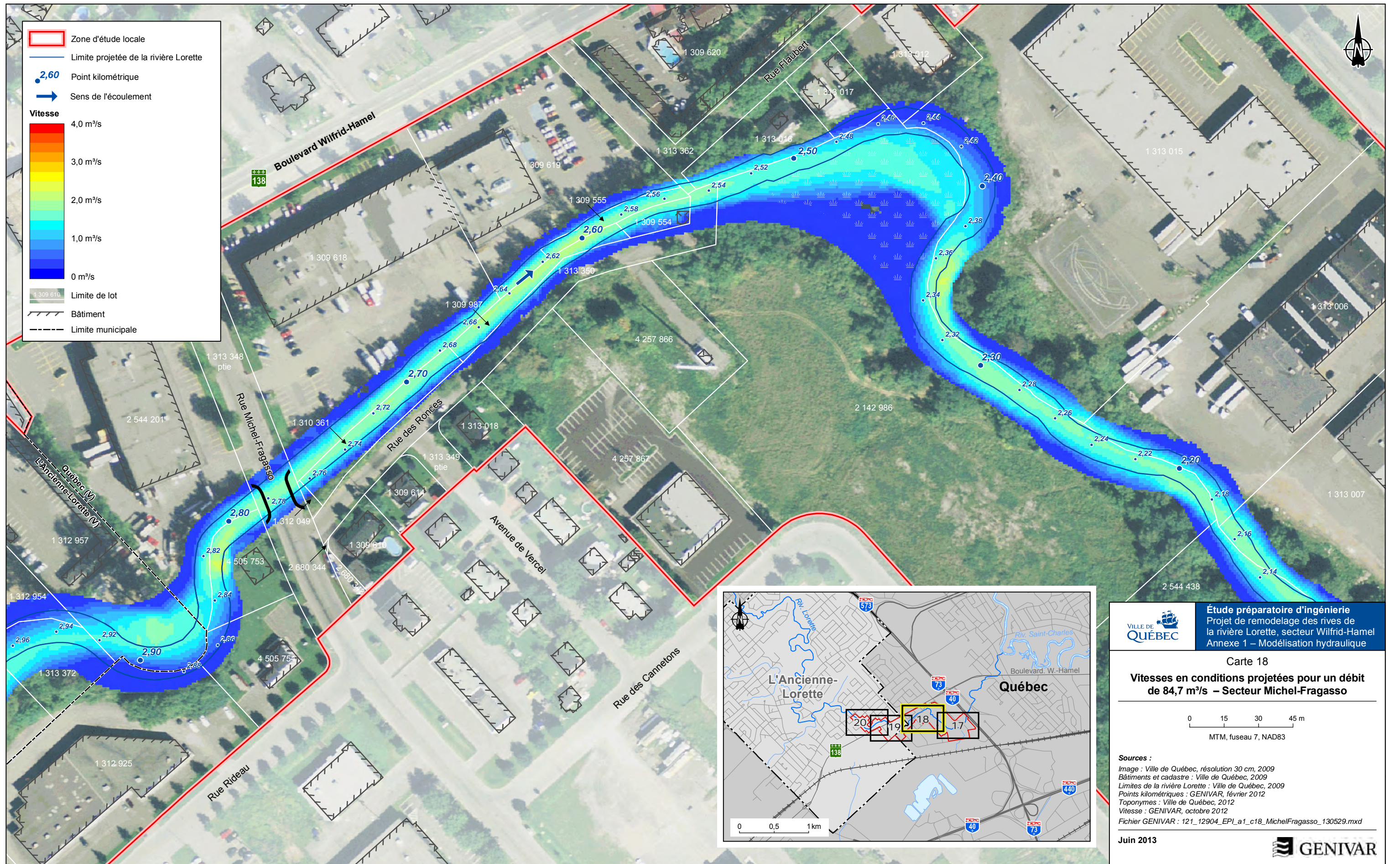
VILLE DE QUÉBEC

Étude préparatoire d'ingénierie
Projet de remodelage des rives de
la rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel
Annexe 1 – Modélisation hydraulique

Carte 17
**Vitesses en conditions projetées pour un débit
de 84,7 m³/s – Secteur Saint-Jean-Baptiste**



Sources :
Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
Bâtiments et cadastre : Ville de Québec, 2009
Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
Toponymes : Ville de Québec, 2012
Vitesse : GENIVAR, octobre 2012
Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_a1_c17_StJeanBaptiste_130529.mxd



Zone d'étude locale

— Limite projetée de la rivière Lorette

● 2,60 Point kilométrique

→ Sens de l'écoulement

Vitesse

4,0 m³/s

3,0 m³/s

2,0 m³/s

1,0 m³/s

0 m³/s

— 1 309 610 Limite de lot

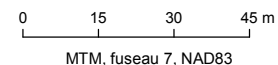
▬ Bâtiment

--- Limite municipale

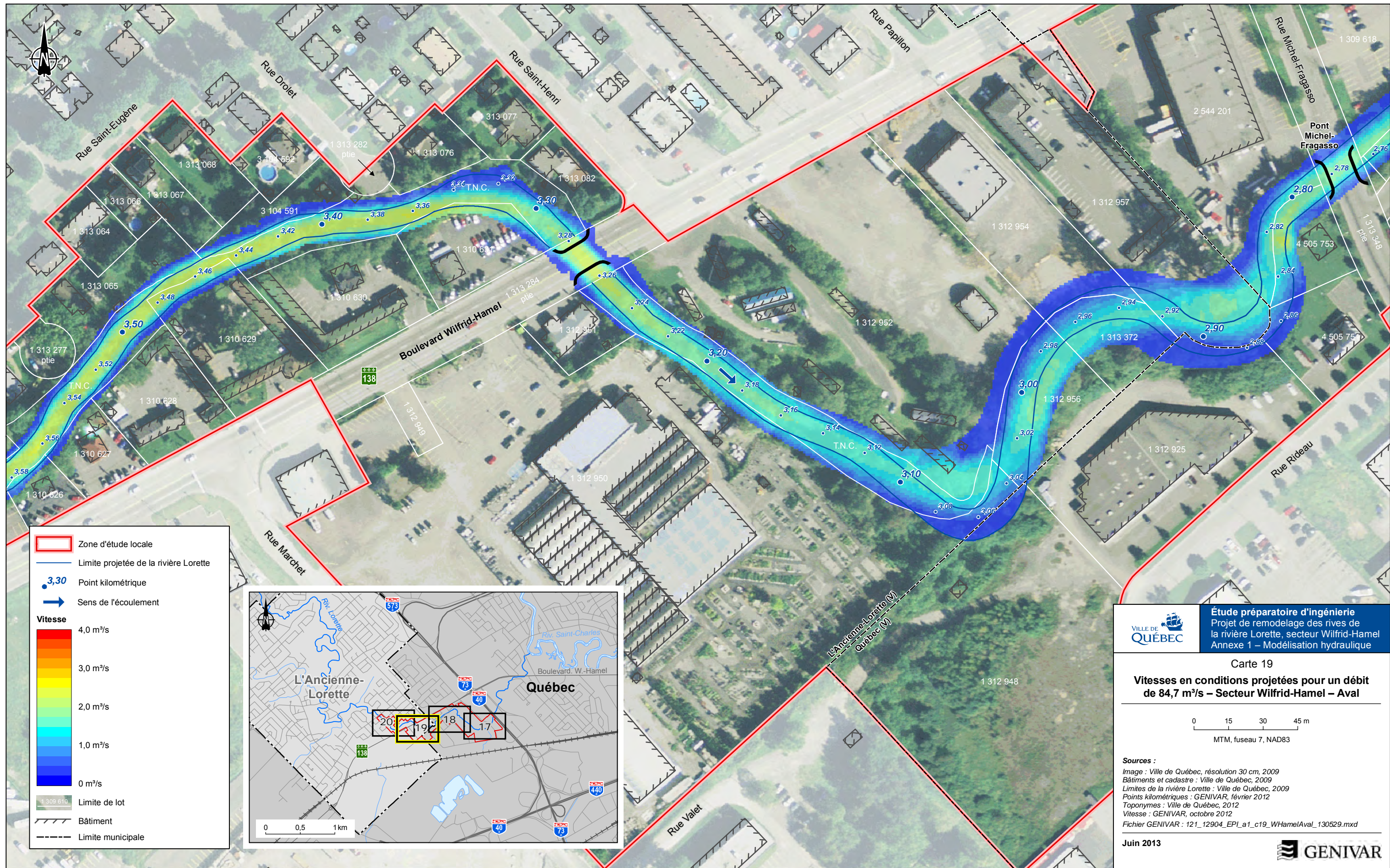
VILLE DE QUÉBEC

Étude préparatoire d'ingénierie
 Projet de remodelage des rives de la rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel
 Annexe 1 – Modélisation hydraulique

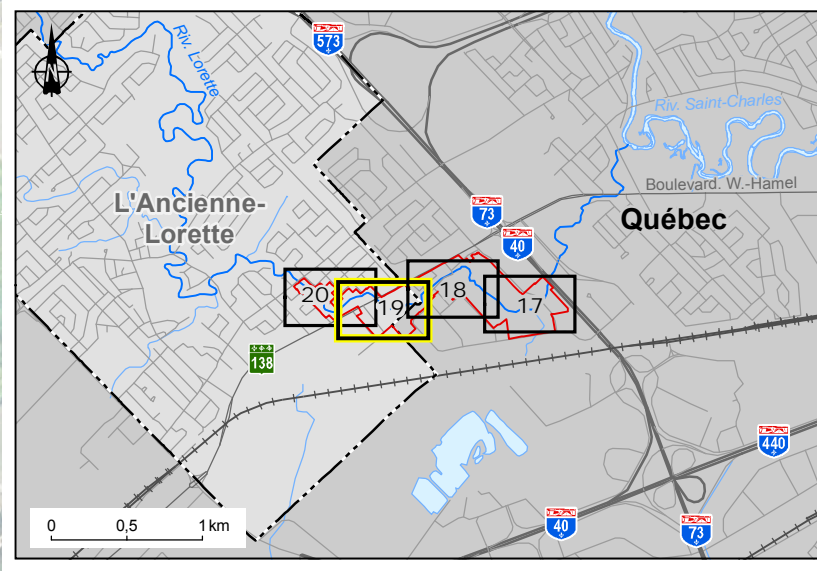
Carte 18
Vitesses en conditions projetées pour un débit de 84,7 m³/s – Secteur Michel-Fragasso



Sources :
 Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Bâtiments et cadastre : Ville de Québec, 2009
 Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
 Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
 Toponymes : Ville de Québec, 2012
 Vitesse : GENIVAR, octobre 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_a1_c18_MichelFragasso_130529.mxd

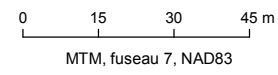


- Zone d'étude locale
- Limite projetée de la rivière Lorette
- 3,30 Point kilométrique
- ➔ Sens de l'écoulement
- Vitesse**
- 4.0 m³/s
- 3.0 m³/s
- 2.0 m³/s
- 1.0 m³/s
- 0 m³/s
- 1 309 610 Limite de lot
- Bâtiment
- Limite municipale



Étude préparatoire d'ingénierie
 Projet de remodelage des rives de la rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel
 Annexe 1 – Modélisation hydraulique

Carte 19
Vitesses en conditions projetées pour un débit de 84,7 m³/s – Secteur Wilfrid-Hamel – Aval



Sources :
 Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Bâtiments et cadastre : Ville de Québec, 2009
 Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
 Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
 Toponymes : Ville de Québec, 2012
 Vitesse : GENIVAR, octobre 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_a1_c19_WHamelAval_130529.mxd



Zone d'étude locale

Limite projetée de la rivière Lorette

3,60 Point kilométrique

→ Sens de l'écoulement

Vitesse

4,0 m³/s

3,0 m³/s

2,0 m³/s

1,0 m³/s

0 m³/s

1 313 007 Limite de lot

Bâtiment

VILLE DE QUÉBEC

Étude préparatoire d'ingénierie
 Projet de remodelage des rives de la rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel
 Annexe 1 – Modélisation hydraulique

Carte 20

Vitesses en conditions projetées pour un débit de 84,7 m³/s – Secteur Wilfrid-Hamel – Amont

0 15 30 45 m

MTM, fuseau 7, NAD83

Sources :

Image : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Bâtiments et cadastre : Ville de Québec, 2009
 Limites de la rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
 Points kilométriques : GENIVAR, février 2012
 Toponymes : Ville de Québec, 2012
 Vitesse : GENIVAR, octobre 2012
 Fichier GENIVAR : 121_12904_EPL_a1_c20_WHamelAmont_130529.mxd

Juin 2013

GENIVAR

ANNEXE 2

Plans concepts de reconstruction du pont Michel-Fragasso

- Plan 001 /3 : Tracé projeté - rues Michel-Fragasso et des Ronces vue en plan
- Plan 002 /3: Tracé projeté - rue des Ronces vue en plan
- Plan 003/ 3 Tracé projeté - rues Michel-Fragasso et des Ronces profil longitudinal

ÉMISSION - RÉVISIONS

E	R	SUJET	PAR	DATE
C	0	PRÉ-FINALES	P.P. L.O.	2013-01-30
B	0	PRÉLIMINAIRES	P.P. L.O.	2012-10-09
1		PLAN CONCEPT	P.P. L.O.	2012-08-16
A	0	EN PRÉPARATION	S.B. L.O.	2012-07-04

HYDRAULIQUE

Sceau :

Conçu par : Leila Ouahit, ing. Jr.

Vérifié par : Pierre Pelletier, ing. M.Sc.

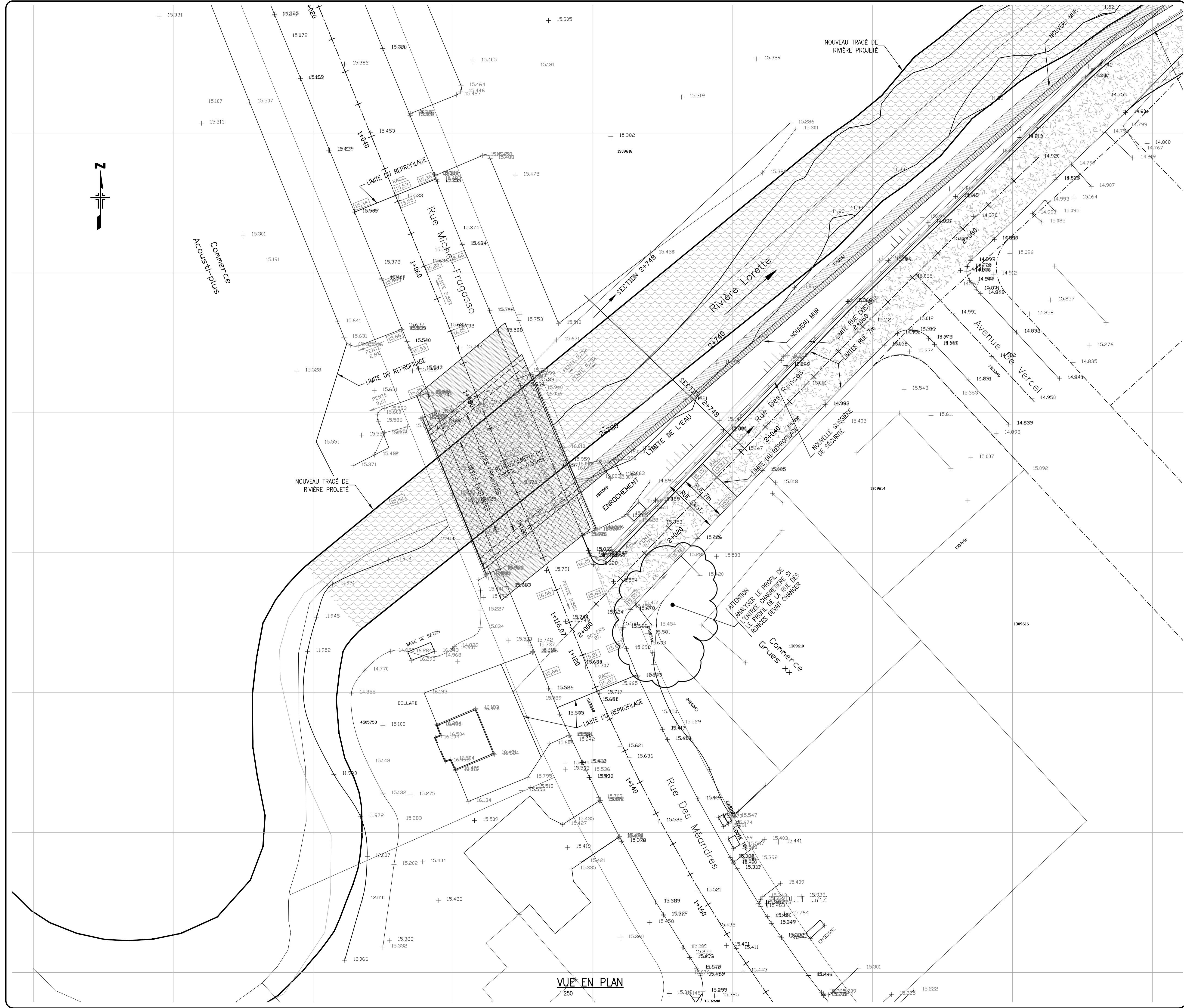
Approuvé par :

Dessiné par : Sylvain Bisson, tech.

N / D : 121-12904-00

DESSIN :
PLANS CONCEPT
TRACÉ PROJETÉ
RUES MICHEL-FRAGASSO
ET DES RONCES
VUE EN PLAN

ÉCHELLE : 1:250	DATE : 2013-01-30
DWG : 121-12904-Plan-Profil-Fragasso	APPEL D'OFFRES : VQ-44367
PROJET : PPD2010153	001



VUE EN PLAN
1:250

ÉMISSION - RÉVISIONS

E	R	SUJET	PAR	DATE
C	0	PRÉ-FINALES	P.P. L.O.	2013-01-30
B	0	PRÉLIMINAIRES	P.P. L.O.	2012-10-09
1		PLAN CONCEPT	S.B. P.P.	2012-08-16
A	0	EN PRÉPARATION	S.B. L.O.	2012-07-04

HYDRAULIQUE

Sceau :

Conçu par : Leila Ouahit, ing. Jr.

Vérifié par : Pierre Pelletier, ing. M.Sc.

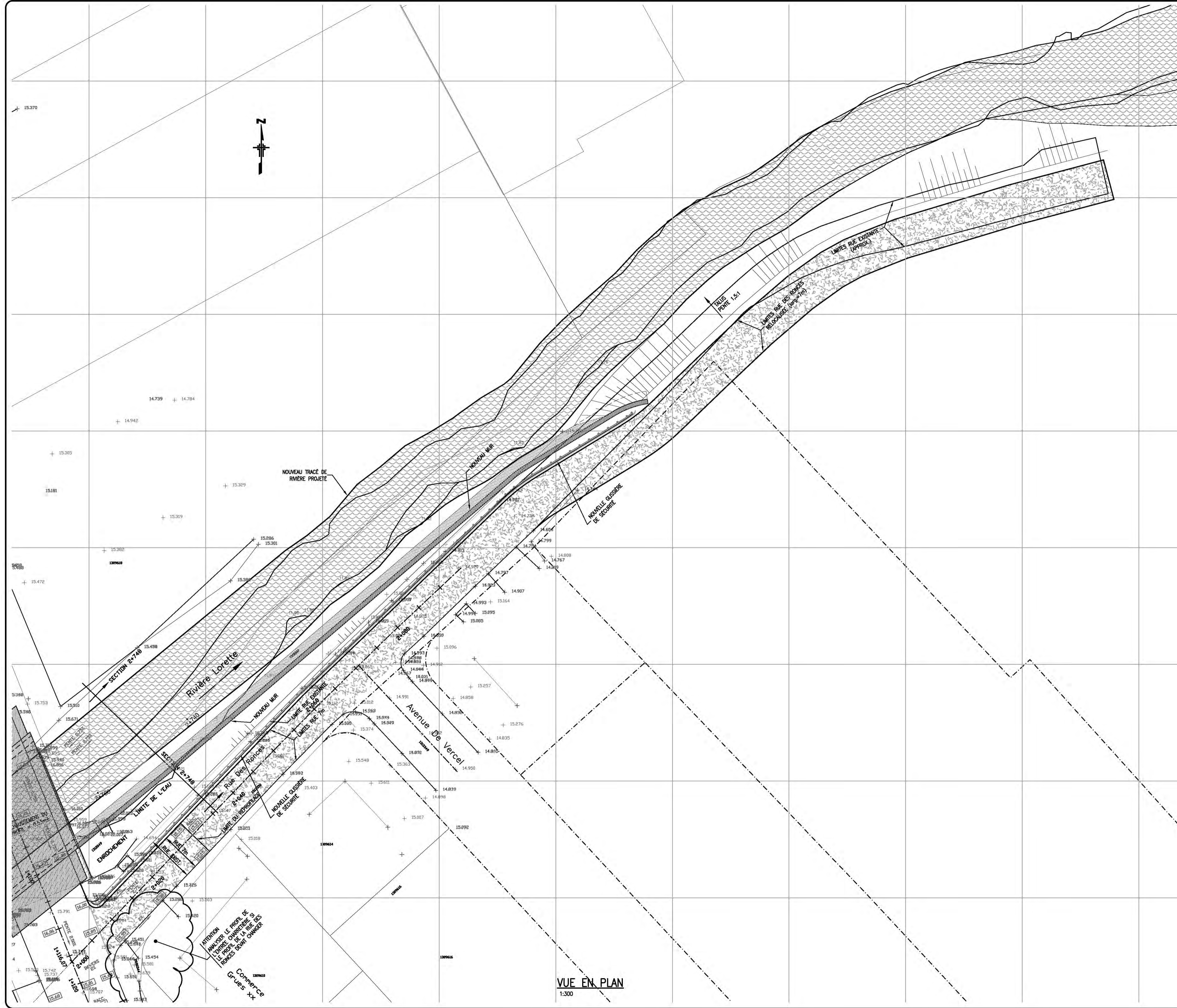
Approuvé par :

Dessiné par : Sylvain Bisson, tech.

N / D : 121-12904-00

DESSIN :
PLANS CONCEPT
TRACÉ PROJETÉ
RUE DES RONCES
VUE EN PLAN

ECHELLE : 1:300	DATE : 2013-01-30
DWG : 121-12904-Plan-Profil-Fragasso	APPEL D'OFFRES : VQ-44367
PROJET : PPD2010153	002



VUE EN PLAN
1:300

ÉMISSION - RÉVISIONS

E	R	SUJET	PAR	DATE
C	0	PRÉ-FINALES	P.P. L.O.	2013-01-30
B	0	PRÉLIMINAIRES	P.P. L.O.	2012-10-09
1		NOUVELLE DIFFUSION	S.B. P.P.	2012-08-16
A	0	EN PRÉPARATION	S.B. L.O.	2012-07-04

HYDRAULIQUE

Sceau :

Conçu par : Leila Ouahit, ing. Jr.

Vérifié par : Pierre Pelletier, ing. M.Sc.

Approuvé par :

Dessiné par : Sylvain Bisson, tech.

N / D : 121-12904-00

DESSIN :

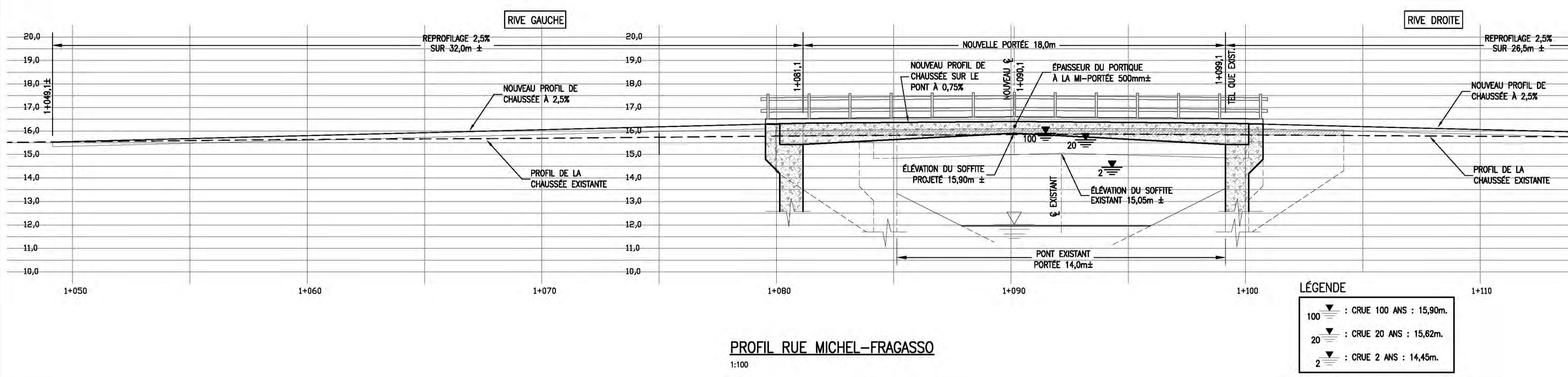
PLANS CONCEPT

TRACÉ PROJETÉ
RUES MICHEL-FRAGASSO
ET DES RONCES
PROFIL LONGITUDINAL

ÉCHELLE : 1:100 DATE : 2013-01-30

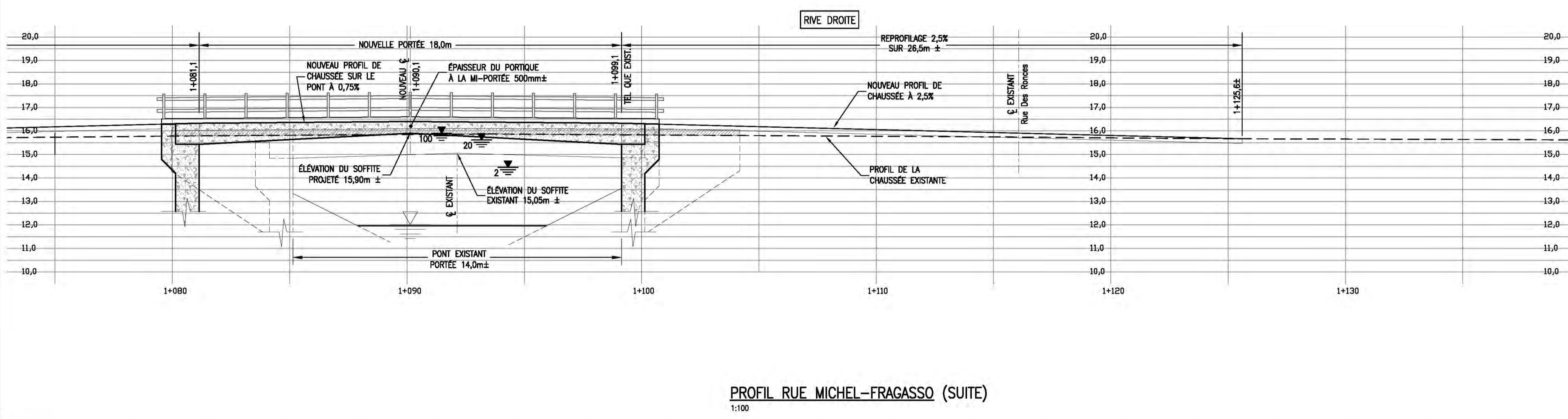
DWG : 121-12904-Plan-Profil-Fragasso APPEL D'OFFRES : VQ-44367

PROJET : PPD2010153 003



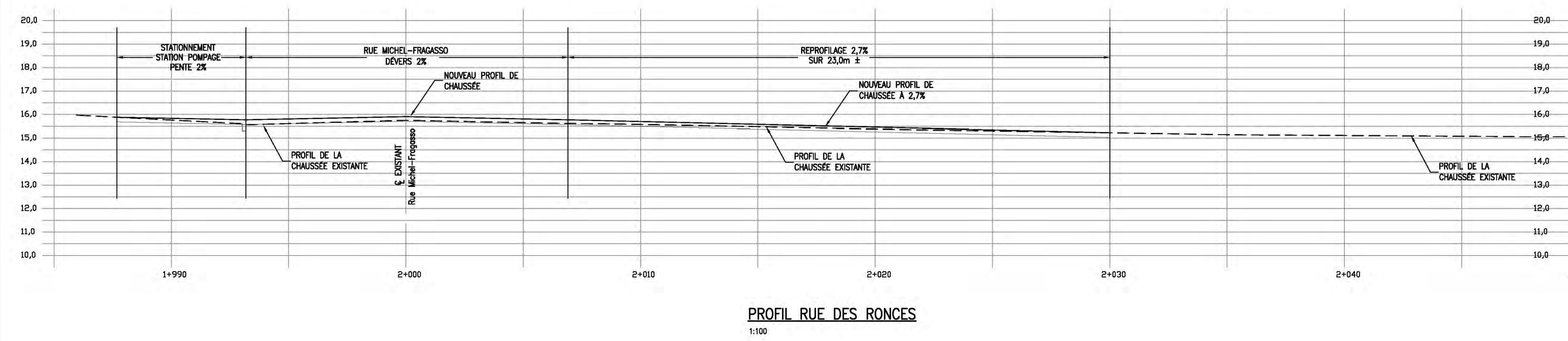
PROFIL RUE MICHEL-FRAGASSO

1:100



PROFIL RUE MICHEL-FRAGASSO (SUITE)

1:100



PROFIL RUE DES RONCES

1:100

ANNEXE 3

Tableau des acquisitions

ACQUISITIONS - VILLE DE QUÉBEC

Numéro de lot	Acquisition en rivière	Acquisition à l'intérieur de la bande riveraine ¹	Acquisition à l'extérieur de la bande riveraine ¹	Acquisition totale par lot
	m ²	m ²	m ²	m ²
2544201	360.1	786.4	42.5	1 189.0
1313348	171.8	492.3	57.8	721.9
1309618	291.8	1 454.8	263.9	2 010.5
1309619	144.3	875.7	22.0	1 042.0
1309555	352.3	33.0	0.0	385.4
1313362	17.5	23.1	0.0	40.6
1313016	264.2	487.8	0.0	752.0
1313017	83.4	322.6	20.1	426.1
1313012	31.6	268.1	84.8	384.4
1313015	937.3	2 778.7	218.8	3 934.8
1313006	206.3	1 123.5	185.8	1 515.5
1313007	712.6	1 955.1	288.4	2 956.2
1313008	1 559.9	3 393.3	442.5	5 395.6
1313355	175.8	513.5	39.4	728.6
1312998	270.1	1 361.4	32.6	1 664.1
1313367	859.1	0.0	0.0	859.1
1312948	107.9	643.4	93.2	844.5
1312956	760.4	879.2	258.6	1 898.2
1313372	421.3	811.6	57.3	1 290.2
1312925	212.0	650.6	62.7	925.3
4505754	207.1	319.0	7.1	533.3
4505753	292.6	563.5	36.8	893.0
1312049	17.0	33.9	13.2	64.1
1313350	110.0	1 673.1	569.5	2 352.6
1310361	545.1	452.6	2.8	1 000.5
1309987	424.9	189.6	0.0	614.5
1309554	108.2	211.9	0.0	320.1
4257867	0.0	0.0	24.8	24.8
4257866	0.0	3.5	55.9	59.3
2142986	2 305.7	4 769.1	2 374.1	9 448.9
2544438	1 157.6	2 580.3	217.4	3 955.2
2870906	364.1	822.6	42.8	1 229.5
3069372	967.3	2 309.9	199.3	3 476.4
1313000	764.5	1 265.6	19.4	2 049.5
1313367	274.4	725.5	3.6	1 003.6
Totaux	15 478.4	34 774.0	5 736.9	55 989.3

1313284 Propriété municipale

Date : 21/09/2012
 Révisé : 29/01/13
 Préparé par :
 M.Cloutier, Tech.
 Vérifié par : L.
 Ouahit Ing. jr

¹ Bande riveraine : Géométrie actuelle, Limite Crue 2 ans Climat Actuel +10 m

ÉTUDES PRÉPARATOIRES ET ÉTUDE D'IMPACT DES TRAVAUX DE REMODELAGE

DES RIVES DE LA RIVIÈRE LORETTE (PPD2010153)



ACQUISITIONS - VILLE DE L'ANCIENNE LORETTE				
Numéro de lot	Acquisition en rivière	Acquisition à l'intérieur de la bande riveraine ¹	Acquisition à l'extérieur de la bande riveraine ¹	Acquisition totale par lot
	m²	m²	m²	m²
1313149	50.2	0.0	0.0	50.2
1313150	63.0	0.0	0.0	63.0
1313151	18.7	0.0	0.0	18.7
1313148	53.7	0.0	0.0	53.7
1313152	297.8	77.6	0.0	375.4
1311617	0.0	11.7	0.0	11.7
1313090	0.0	1.5	0.0	1.5
1313091	0.0	38.4	0.0	38.4
1313307	85.2	74.4	0.0	159.5
1313154	0.0	32.2	0.0	32.2
1313083	58.7	477.8	0.0	536.4
1313085	0.0	73.1	0.0	73.1
1313277	0.0	32.0	0.0	32.0
1313065	20.2	564.4	18.6	603.2
1313067	0.0	107.8	5.3	113.1
1313068	0.0	26.9	3.4	30.3
3104592	0.0	10.2	14.3	24.4
3104591	97.1	694.2	10.5	801.8
1313282	0.0	80.1	0.0	80.1
1313076	0.0	364.5	0.0	364.5
1313077	0.0	54.0	0.0	54.0
1313082	0.0	39.7	0.0	39.7
1313284	255.6	427.1	0.0	682.7
1312952	16.5	2 123.6	626.1	2 766.2
1312954	15.9	457.8	166.8	640.4
1312957	352.9	1 104.7	456.3	1 913.8
1313131	0.0	92.2	0.0	92.2
3731645	0.0	38.3	0.0	38.3
1313136	0.0	109.2	0.0	109.2
1313137	0.0	58.6	0.0	58.6
1313138	0.0	40.8	0.0	40.8
1313139	0.0	22.0	0.0	22.0
1313140	0.0	34.4	0.0	34.4
1313146	0.0	104.7	0.0	104.7
1313147	175.1	171.7	0.0	346.9
1313142	71.9	145.9	0.0	217.8
1313141	0.0	158.9	0.0	158.9
1313143	29.2	162.7	0.0	191.9
1313144	52.0	129.1	0.4	181.4
1313145	3.4	111.1	0.0	114.5
2626627	17.0	241.1	0.0	258.1
2626628	2.4	165.8	0.0	168.2
1310626	46.6	114.0	0.0	160.6
1310627	6.5	179.9	0.0	186.4
1310628	0.2	128.5	0.0	128.7
1310629	275.2	195.0	0.0	470.1
1310630	0.6	85.7	0.0	86.3
1310631	52.6	519.1	34.7	606.5
1312951	0.0	231.7	0.0	231.7
1312950	388.2	1 905.9	134.2	2 428.3

Totaux	2 506.1	12 019.6	1 470.6	15 996.4
---------------	----------------	-----------------	----------------	-----------------

¹ Bande riveraine : Géométrie actuelle, Limite Crue 2 ans Climat Actuel +10 m

Date : 21/09/2012
 Révisé : 29/01/13
 Préparé par : M.Cloutier, Tech.
 Vérifié par : L.
 Ouahit Ing. jr

1313284 Propriété municipale

ANNEXE 4

Variantes d'aménagement étudiées et optimisation

Cette annexe présente les principales variantes d'aménagement étudiées pour le secteur Michel-Fragasso (rue des Ronces), le reprofilage du thalweg et le secteur Wilfrid Hamel Amont. Les différentes options d'aménagement et l'option finalement retenue sont présentées.

- **Secteur Michel-Fragasso : Rue des Ronces**

Dans l'objectif d'augmenter la section d'écoulement afin de limiter les niveaux d'eau futurs au pont Michel-Fragasso, et l'emprise des infrastructures en rive gauche, il a été envisagée de fermer la rue des Ronces, ou de réduire sa largeur.

Les impacts sur les acquisitions et la circulation des deux options suivantes ont été évalués par la Ville de Québec :

- 1) Créer un sens unique.
- 2) Fermer entièrement la rue des Ronces et construire un rond de virée au bout de la rue Vercel.

Selon la ville de Québec, les options provoqueraient des modifications trop importantes aux habitudes des riverains, elles n'ont donc pas été retenues.

Considérant le faible dégagement supplémentaire obtenue par la création d'une rue à sens unique, il a été privilégié par la Ville de Québec de maintenir la circulation à double sens sur la première partie de la rue des Ronces. Il a donc été décidé que :

- ✓ Dans la première partie de la rue des Ronces (de la rue Michel Fragasso jusqu'à la dernière maison après la rue Vercel), l'emplacement de la rue ne sera pas modifié.
- ✓ La deuxième partie de la rue des Ronces peut être décalée vers les terrains riverains. Il est acceptable d'accentuer la courbe afin d'optimiser l'espace disponible pour le réaménagement de la rivière.

- **Reprofilage du thalweg**

Dans l'objectif de faire baisser les niveaux d'eau en crue centennale, et de limiter l'emprise des infrastructures de protection, différents scénarios de réaménagement du thalweg de la rivière ont été étudiés.

Scénarios étudiés :

- Scénario 1 : Araser les contrôles hydrauliques (hauts fonds)
- Scénario 2 : Excavations majeures

La figure 1 montre les lignes d'eau obtenues pour les scénarios 1 et 2. Étant donné le faible gain hydraulique obtenu suite aux modifications majeures du lit de la rivière effectuée dans le scénario 2, il a été décidé de retenir le scénario 1.

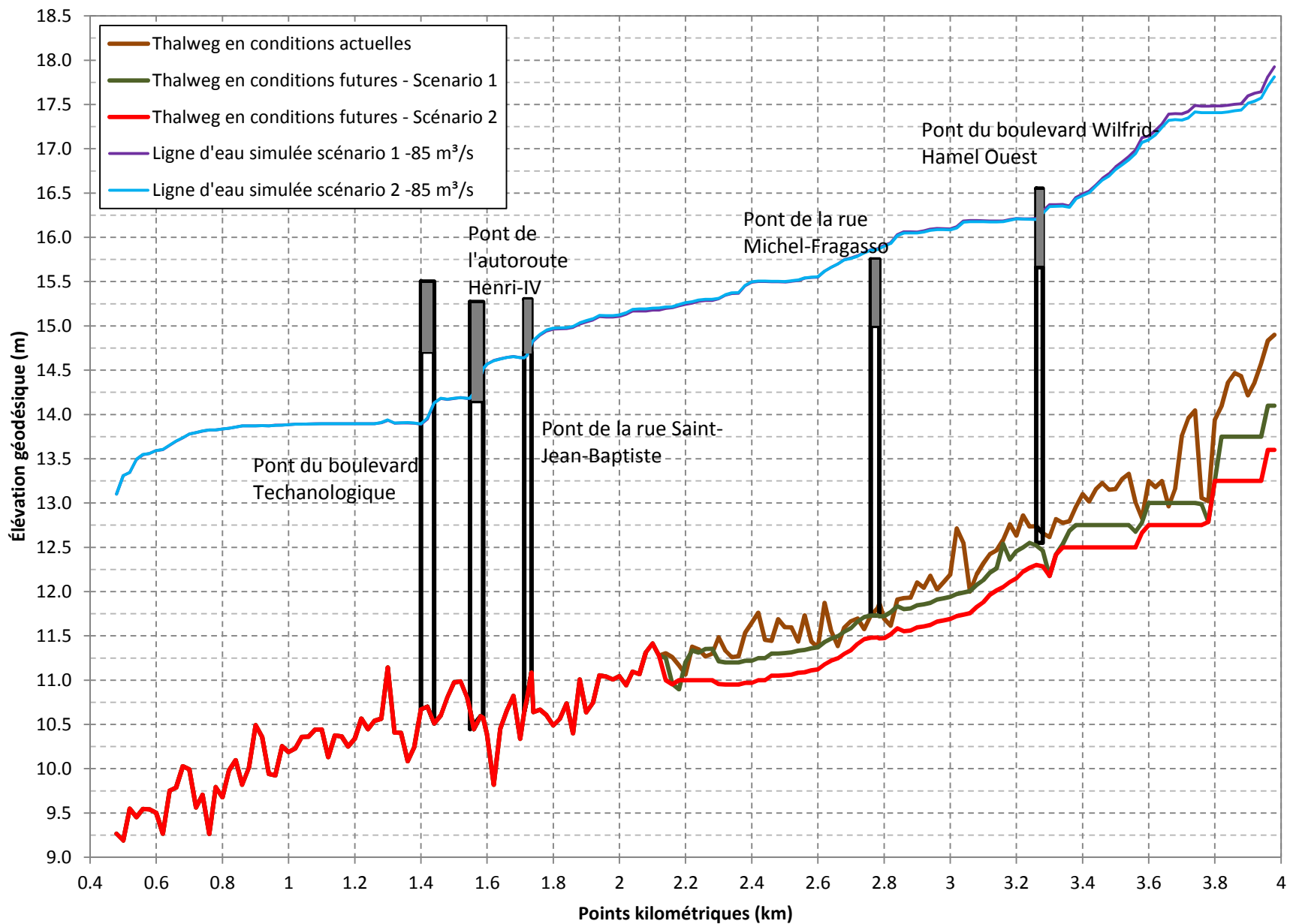


Figure 1. Différentes géométries de thalweg en conditions futures et lignes d'eau simulées associées - Débit 100 ans

- **Secteur Wilfrid Hamel amont**

Suite au remodelage de l'ensemble des rives de la rivière Lorette dans les 3 secteurs aval du secteur Wilfrid Hamel amont, les niveaux d'eau sont considérablement rehaussés. Afin de limiter l'ampleur des infrastructures de protection nécessaires, les scénarios de réaménagements majeurs suivants ont été étudiés :

- ✓ Réaménagement de la courbe directement en amont pont W.Hamel (en rive droite)
- ✓ Réaménagement de la courbe au PK 3,68
- ✓ Réaménagement de la courbe au PK 3,80

Les gains hydrauliques obtenus suite à ces différents réaménagements sont majeurs (supérieurs à 10 cm), et permettent de diminuer significativement les niveaux d'eau dans le secteur et donc la hauteur des murs et du remodelage des rives.

Il a été décidé de retenir ces différentes interventions en rivière qui ont des impacts ponctuels importants sur les propriétés visées, mais qui ont un impact positif sur l'ensemble des réaménagements du secteur Wilfrid Hamel Amont.

ANNEXE 5

Estimation préliminaire des coûts

#	Activité	Unité	Qté.	\$ /unité	Coût	Total activité
1 Organisation et frais de chantier (20 % total travaux)						
	Mobilisations/démobilisations, ouvrage de dérivations temporaires, accès temporaire, alimentation électrique temporaire etc					
	Maintien de la circulation				Forfait	
	Aménagement de l'aire de dépôts					
	Utilités et maintien des services publics (Bell, videotron, gazmètre, hydroqc, aqueduc, égouts)					
	<i>Sous Total :</i>					2,013,623 \$
2 Travaux de protection contre les inondations et de stabilisation des rives (murets et rehaussement des rives)						
2.1 Déblai et préparation du site						
	Débroussaillage, déboisement/essouchement et transport hors site	ha	6	4,000	25,750 \$	
	Excavation (2ème classe, 80 % déblai)	m³	52,409	15	786,137 \$	
	Disposition des matériaux de rebus et exédentaire (hors site)	m³	52,409	18	943,365 \$	
	Déblai et utilisation au site pour les digues	m³	13,102	7	91,716 \$	
	Préparation des aires de dépôts		forfait		50,000 \$	
	<i>Sous Total :</i>					1,896,968 \$
2.2 Rehaussement et stabilisation des rives et du lit						
	Remblai supplémentaire requis (emprunt)	m³	4,800	9	43,202 \$	
	Mise en place et compaction	m³	17,900	6	107,400 \$	
	Enrochement (pavé de rivière récupéré ou pierres dynamitées calibre 100-300, 50% > 200 mm, (emprunt))	m³	10,700	45	481,500 \$	
	Enrochement (pavé de rivière récupéré ou pierres dynamitées calibre 300-500, 50% > 200 mm, (emprunt))	m³	240	55	13,200 \$	
	Géotextile	m²	26,750	6	160,500 \$	
	<i>Sous Total :</i>					805,802 \$
2.3 Reaménagement du lit d'écoulement						
	Enrochement 100-300 mm épaisseur 400mm	m²	11,230	55	617,667 \$	
	Géotextile	m²	23,080	6	138,480 \$	
	<i>Sous Total :</i>					756,147 \$
2.4 Murets en blocs (fourniture et pause de blocs incluant assise, géogrid, etc) < 3m						
	Murets en blocs (fourniture et pause incluant assise, géogrid, etc...) > 3m	m	650	1,050	682,500 \$	
	Murets en blocs (fourniture et pause incluant assise, géogrid, etc...) > 3m	m	430	1,750	752,500 \$	
	<i>Sous Total :</i>					1,435,000 \$
2.5 Intervention sur ouvrages de protection existants en rivière (hypth: aucune démolition des ouvrages)						
		m	440	200	88,000 \$	
2.6 Reconstruction des extrémités des émissaires (pluvial + trop plein stations de pompage)						
				Forfait	80,000 \$	
2.7 Réfection de la voirie (rues Drolet, Blier et St Eugène) et stationnements						
				Forfait	100,500 \$	
	<i>Sous Total :</i>					268,500 \$
3 Réaménagement de la rue des Ronces						
Reconstruction de la voirie (incluant glissière de sécurité, fondation, pavage et bordure)						
3.1				Forfait	130,000 \$	
Réfection des ouvrages municipaux existants (déplacement de la station de pompage sanitaire, entrée de services etc.)						
3.2				Forfait	35,000 \$	
	<i>Sous Total :</i>					165,000 \$
4 Reconstruction du pont Michel Fragasso (incluant approches)						
Reconstruction du Pont Michel Fragasso (incluant démolition, et gestion de la circulation)						
4.1				Forfait	1,500,000 \$	
Reconstruction de la structure de voirie existante (approches, et entrees charretières) incluant fondation, pavage et bordure						
4.2				Forfait	110,000 \$	
Réfection des ouvrages municipaux existants (station de pompage: relocalisation de la génératrice, entrée de services etc.)						
4.3				Forfait	35,000 \$	
	<i>Sous Total :</i>					1,645,000 \$
5 Revégétalisation						
5.1 Végétalisation des enrochements (0-2 ans)						
	Rives, côté rivière (ensemencement hydraulique, plantation d'arbustes en multicellule et en contenant, Fagots, fascines, boudins, murs de saule)	m²	8,000	30 \$	240,000 \$	
5.2 Rives, côté terrains (ensemencement hydraulique, plantation d'arbres gros calibre en contenant, plantation d'arbuste)						
		m²	35,670	30 \$	1,070,100 \$	
5.3						
		m²	28,712	50 \$	1,435,600 \$	
	<i>Sous Total :</i>					2,745,700 \$
6 Mesures de contrôle pour la protection de l'environnement (forfait)						
						350,000 \$
Total travaux						10,068,117 \$
Total travaux et organisation, frais de chantier						12,081,741 \$
Contingences						3,624,522 \$
Total avec contingences (avant taxes)						15,706,263 \$
Total (incluant TPS 5%, TVQ 9,975%)						18,058,276 \$
Éléments de travaux exclus de l'estimation :						
Travaux de réaménagement des drainages d'arrière lots						
Éventuelles travaux de modifications aux infrastructures d'aqueduc et d'égout localisées sous le lit de la rivière (fonction des élévations)						
Autres items exclus de l'estimation :						
Réalisation des études environnementales et compensations environnementales						
Réalisation des études exploratoires (géotechnique, arpentage légal et pour ingénierie détaillée)						
Réalisation de l'étude d'ingénierie détaillée (plans et devis)						
Gestions des travaux par le promoteur et les professionnels et surveillance des travaux						
Demandes de permis (coûts de préparation et de demandes)						
Coûts d'acquisitions de terrains et servitudes						
Éventuels coûts des compensations aux résidents et commerces						
Coût des contrôle et automatisation (instruments du contrôle en temps réel de la rivière Lorette)						
Taux d'inflation par rapport à la date de réalisation des travaux						

ANNEXE 6

Répertoire photographique

Secteur Saint-Jean-Baptiste



Dépôt de neige et altération des rives en rive gauche, point de débordement
(PK 2,40, vue amont).



Important dépôt de neige en rive gauche (PK 2,40, vue aval).



Érosion des rives en rive droite et accumulation de sédiments en rive gauche
(PK 2,34, vue aval).



Point bas et rive érodée en rive gauche (PK 2,180, rive gauche).



Arrivée du fossé de drainage et risque d'affaissement de la rive (PK 2,08, rive droite).



Vue espace disponible arrière cours commerciale (PK 2,24).

Secteur Michel-Fragasso



Pont Michel-Fragasso, vue vers l'aval.



Arbres situés sous le niveau de la crue 2 ans (PK 2,72, vue vers l'aval).



Proximité de la rue des Ronces en rive droite (PK 2,68, rive droite,
vue vers l'aval).



Proximité des stationnements commerciaux en rive gauche
(PK 2,65, vue vers l'aval).



Point bas, zone de débordement en rive gauche (PK 2,62).



Tronçon rectiligne de la rivière dans le secteur Michel-Fragasso
(PK 2,56, vue vers l'amont).



Rétrécissement et contrôle hydraulique (PK 2,56, rive gauche).



Exutoire en rive gauche de la rivière créant une restriction hydraulique
(PK 2,53, vue vers l'amont).



Muret de protection existant en rive gauche (PK 2,46, vue vers l'aval).

Secteur Wilfrid-Hamel

Aval



Vue directement en aval du pont Wilfrid-Hamel, présence d'arbres sous la crue 2 ans (PK 3,24, vue vers l'aval).



Infrastructures existantes en rive droite de la rivière et conduite de drainage d'arrière lot (PK 3,24, rive droite).



Infrastructures existantes (PK 3,10, rive gauche).



Point de débordement de la rivière (PK 3,06, rive droite, vue vers l'aval).



Importante érosion des rives dans la partie extérieure de la courbe
(PK 2,88, rive droite, vue vers l'amont).



Érosion des rives et présence d'arbre sous le niveau de la crue 2 ans,
dans la courbe en amont du pont de la rue Michel-Fragasso
(PK 2,83, vue vers l'amont).

Secteur Wilfrid-Hamel

Amont



Courbe en amont du secteur Wilfrid-Hamel amont à réaménager, enrochement en rive droite à conserver (PK 3,78, vue vers l'aval rive gauche).



Enrochements à conserver (PK 3,74, rive droite).



Zone de dépôt à l'intérieur de la courbe et enrochement à conserver en rive droite (PK 3,72, vue vers l'amont).



Présence de dépôts de calibre important à l'intérieure de la courbe en rive droite et mur de gabion existant à conserver en rive gauche (PK 3,68, rive gauche, vue vers l'aval).



Présence d'infrastructures riveraines (PK 3,62, rive gauche).



Érosion importante des rives en rive droite de la courbe à proximité du
boulevard Wilfid-Hamel (PK 3,60, vue vers l'aval).



Exemple de rebus à gérer lors des travaux de remodelage des rives (PK 3,57, rive droite).



Érosion des rives et présence d'arbres instables (PK 3,48, rive gauche).



Importante érosion des rives (PK 3,43, rive droite).



Courbe en amont du pont du boulevard Wilfrid-Hamel, murets existants à conserver en rive gauche (PK 3,34, vue vers l'aval).



Contrôle hydraulique sous le pont Hamel Ouest, vue vers l'amont.