

MESURES PERMANENTES POUR CONTRER LES INONDATIONS DE LA RIVIÈRE LORETTE DANS LE SECTEUR DU BOULEVARD WILFRID-HAMEL, VILLE DE QUÉBEC ET VILLE DE L'ANCIENNE- LORETTE

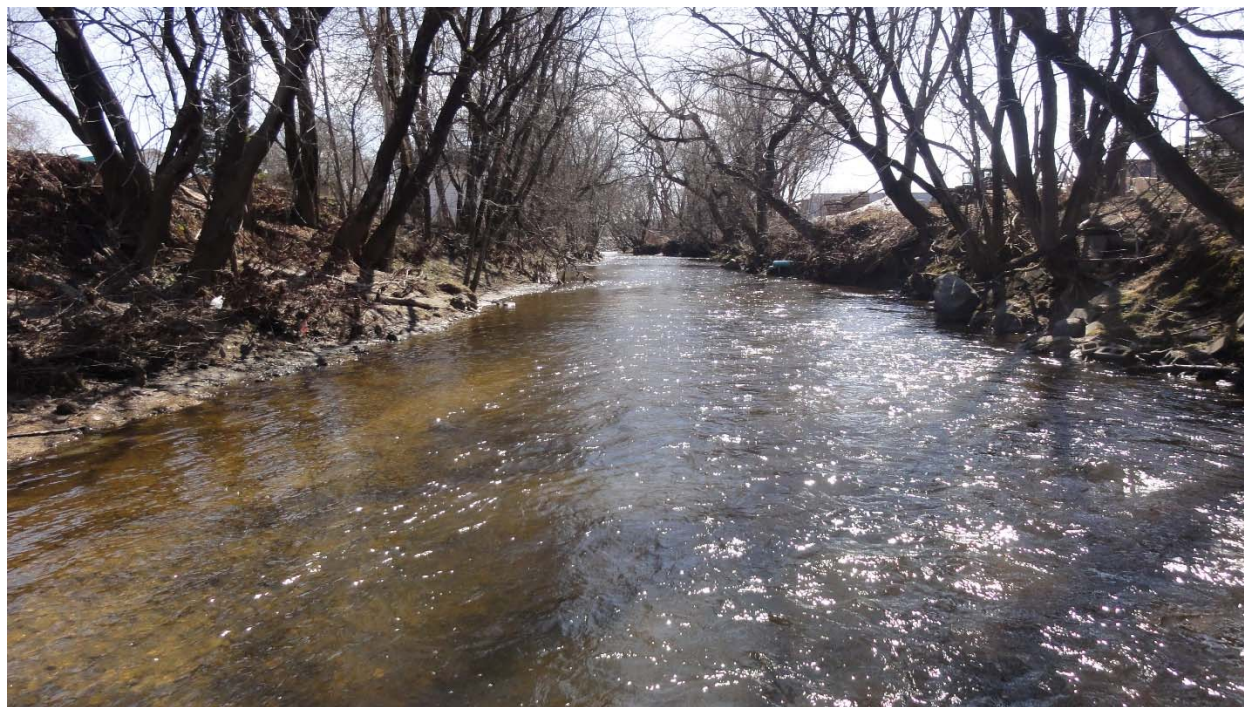
PHASE 2 : MURS ANTI-CRUE ET INTERVENTIONS EN
RIVIÈRE – COMPLÉMENT À L'ÉTUDE D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT

TOME 1 DE 2 : RAPPORT D'ÉTUDE PRÉPARATOIRE D'INGÉNIERIE

AGGLOMÉRATION DE QUÉBEC

N° dossier MELCC : 3211-02-0272

RÉVISION AVRIL 2021





MESURES PERMANENTES POUR
CONTRER LES INONDATIONS DE
LA RIVIÈRE LORETTE DANS LE
SECTEUR DU BOULEVARD
WILFRID-HAMEL, VILLE DE
QUÉBEC ET VILLE DE
L'ANCIENNE-LORETTE

PHASE 2 : MURS ANTI-CRUE ET
INTERVENTIONS EN RIVIÈRE –
COMPLÉMENT À L'ÉTUDE D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT

**TOME 1 DE 2 : RAPPORT D'ÉTUDE
PRÉPARATOIRE D'INGÉNIERIE**

AGGLOMÉRATION DE QUÉBEC

N° dossier MELCC : 3211-02-0272

VERSION FINALE RÉVISÉE EN AVRIL 2021

N° DE DOSSIER : 3211-02-272
PROJET WSP N° : 131-24822-00 (121-12904-00)
PROJET VILLE DE QUÉBEC N° : PSP130468

DATE : AVRIL 2021

WSP CANADA INC.
1135, BOULEVARD LEBOURGNEUF
QUÉBEC (QUÉBEC) G2K 0M5

TÉLÉPHONE : +1 418-623-2254
TÉLÉCOPIEUR : +1 418-624-1857
WSP.COM


SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR

Claudine Breton, ing., M. Sc. A.
N° OIQ : 116294



François Groux, ing.
N° OIQ : 5037284



Christophe M. Lambert, ing.
N° OIQ : 5024489

RÉVISÉ PAR

Pierre Pelletier, ing., M. Sc.
N° OIQ : 104363

L'original du document technologique que nous vous transmettons a été authentifié et sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. Étant donné que le fichier transmis n'est plus sous le contrôle de WSP et que son intégrité n'est pas assurée, aucune garantie n'est donnée sur les modifications ultérieures qui peuvent y être apportées.

| ÉMISSION/RÉVISION | PRÉPARÉ POUR | DATE |
|-------------------|-----------------|-----------------|
| Préfinale | Ville de Québec | 22 juillet 2016 |
| Finale | Ville de Québec | 27 juillet 2016 |
| Finale – Rév. 01 | Ville de Québec | 27 avril 2021 |

ÉQUIPE DE RÉALISATION

VILLE QUÉBEC

| | |
|---------------------|--|
| Directeur de projet | Guy Laliberté, ing. |
| Chargé de projet | Denis Brisson, ing. |
| Équipe de projet | Louise Babineau, B. A., M. Sc. Amélie Morissette-Desjardins, urb. |

VILLE DE L'ANCIENNE-LORETTE

| | |
|----------------------|----------------|
| Représentant désigné | André Rousseau |
|----------------------|----------------|

WSP CANADA INC. (WSP)

| | |
|--------------------------------|---|
| Directeur de projet | Pierre Pelletier, ing., M. Sc. |
| Équipe de projet | Claudine Breton, ing., M. Sc. A. Linda Giroux, arch. paysagiste, c. écologie, AAPQ Christophe M. Lambert, ing. David Collins-Fekete, ing., M. Sc. François Groux, ing. Patrick Béland, ing., M. Sc. Vincent Cormier, ing., M. Sc. |
| Traitement de texte et édition | Nancy Paquet, adj. administrative |

Référence à citer :

WSP. 2021. *Mesures permanentes pour contrer les inondations de la rivière Lorette dans le secteur du boulevard Wilfrid-Hamel, Ville de Québec et Ville de L'Ancienne-Lorette – Phase 2 : Murs anti-crue et interventions en rivière - Complément à l'étude d'impact sur l'environnement – Tome 1 de 2 : Rapport d'étude préparatoire d'ingénierie – Agglomération de Québec*. Rapport de WSP Canada Inc. à la Ville de Québec. 112 p. et annexes.

TABLE DES MATIÈRES

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUCTION..... | 1 |
| 1.1 | ÉVOLUTION DU PROJET | 1 |
| 1.2 | CONTEXTE GÉNÉRAL..... | 2 |
| 1.3 | OBJECTIFS..... | 4 |
| 1.4 | LOCALISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE | 5 |
| 1.4.1 | SECTEUR AMONT | 5 |
| 1.4.2 | SECTEUR AVAL | 5 |
| 1.5 | PRINCIPALES MODIFICATIONS APPORTÉES AU PROJET | 6 |
| 2 | CRITÈRES DE CONCEPTION | 9 |
| 2.1 | HYDROLOGIE | 9 |
| 2.1.1 | ÉVALUATION DES DÉBITS DE CRUES EN CONDITIONS INITIALES ET PROJETÉES..... | 9 |
| 2.1.2 | DÉBITS MOYENS CARACTÉRISTIQUES | 10 |
| 2.2 | REVANCHE | 11 |
| 2.2.1 | OUVRAGES DE PROTECTION CONTRE LES DÉBORDEMENTS | 11 |
| 2.2.2 | PONTS | 12 |
| 2.3 | PROTECTION DES TALUS..... | 12 |
| 2.4 | MORPHOLOGIE FLUVIALE | 13 |
| 2.4.1 | MAINTIEN D'UN LIT D'ÉTIAGE..... | 13 |
| 2.4.2 | MAINTIEN D'UNE DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE NATURELLE DANS LE LIT PRINCIPAL DE LA RIVIÈRE..... | 13 |
| 2.5 | LOCALISATION DE LA VÉGÉTATION ARBORESCENTE..... | 14 |
| 3 | CONCEPT D'AMÉNAGEMENT..... | 15 |
| 3.1 | PRINCIPES GÉNÉRAUX..... | 15 |
| 3.2 | MURS ANTI-CRUE | 15 |
| 3.2.1 | TYPES D'OUVRAGES..... | 16 |
| 3.2.2 | MURS EN BÉTON | 18 |
| 3.2.3 | PALPLANCHES | 22 |
| 3.2.4 | GAIN ENVIRONNEMENTAL..... | 24 |
| 3.3 | POSITIONNEMENT DU MUR..... | 25 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.3.1 | CRITÈRES GÉNÉRAUX | 25 |
| 3.3.2 | LIGNES DIRECTRICES | 25 |
| 3.3.3 | SCHÉMA DÉCISIONNEL | 26 |
| 3.4 | AMÉLIORATION DES ÉCOULEMENTS EN CRUE . | 28 |
| 3.4.1 | RECONSTRUCTION DE PONTS | 28 |
| 3.4.2 | INTERVENTIONS LOCALES DANS LE LIT DE LA RIVIÈRE ET RÉAMÉNAGEMENT DE COURBES | 29 |
| 3.4.3 | PLAINES DE DÉBORDEMENT | 31 |
| 3.4.4 | BRAS DE DÉCHARGE DE CRUE | 33 |
| 3.5 | STABILISATION ET PROTECTION DES TALUS ... | 36 |
| 3.5.1 | CONCEPT | 36 |
| 3.5.2 | GAIN ENVIRONNEMENTAL | 38 |
| 3.6 | DRAINAGE DES ARRIÈRE-LOTS | 38 |
| 3.7 | INTERVENTIONS PONCTUELLES SUR LES ÉMISSAIRES DU POSTE DE POMPAGE RIDEAU . | 39 |
| 3.8 | VÉGÉTALISATION D'ENROCHEMENTS EXISTANTS | 39 |
| 3.9 | PHASAGE DES TRAVAUX (QC-29, QC-30 ET QC-41) | 39 |
| 3.10 | ESTIMATION DES COÛTS DES TRAVAUX ET D'ENTRETIEN | 40 |
| 3.11 | ACCÈS AU CHANTIER ET AIRES D'ENTREPOSAGE (QC-42 ET QC-43) | 42 |
| 4 | IMPACTS HYDRAULIQUES DU CONCEPT | 77 |
| 4.1 | IMPACTS HYDRAULIQUES DANS LA ZONE D'ÉTUDE LOCALE – SECTEUR EN AMONT DE L'AUTOROUTE HENRI-IV (QC-37) | 77 |
| 4.1.1 | EN CRUE CENTENNALE | 77 |
| 4.1.2 | EN CRUE BIENNALE | 83 |
| 4.2 | IMPACTS HYDRAULIQUES DANS LA ZONE À L'ÉTUDE LOCALE – SECTEUR EN AVAL DE L'AUTOROUTE HENRI-IV (QC-37 ET QC-45) | 84 |
| 4.2.1 | DESCRIPTION DE LA ZONE AVAL | 84 |
| 4.2.2 | ANALYSE DES IMPACTS HYDRAULIQUES | 84 |
| 4.3 | IMPACTS HYDRAULIQUES À L'AMONT DE LA ZONE À L'ÉTUDE LOCALE (QC-37 ET QC-45) | 88 |
| 4.3.1 | EN CRUE CENTENNALE | 88 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.3.2 | EN CRUE BIENNALE | 88 |
| 4.4 | IMPACTS APPRÉHENDÉS SUR LA DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE | 89 |
| 4.5 | SUIVI DES QUESTIONS SOULEVÉES EN 2013 PAR LE MDDELCC..... | 89 |
| 4.5.1 | QUESTION 19..... | 89 |
| 4.5.2 | QUESTION 34..... | 89 |
| 4.5.3 | QUESTION 36..... | 90 |
| 4.5.4 | QUESTION 38..... | 90 |
| 4.5.5 | QUESTION 40..... | 95 |
| 4.5.6 | QUESTION 44..... | 96 |
| 4.5.7 | QUESTION 46..... | 96 |
| 4.5.8 | QUESTION 47..... | 98 |
| 4.5.9 | QUESTION 48..... | 99 |
| 4.5.10 | QUESTION 49..... | 99 |
| 4.5.11 | QUESTION 50..... | 103 |
| 4.5.12 | QUESTION 51..... | 104 |
| 5 | RECOMMANDATIONS..... | 105 |
| 5.1 | RELEVÉS D'ARPENTAGE COMPLETS | 105 |
| 5.1.1 | TROP-PLEINS DES POSTES DE RELÈVEMENT | 105 |
| 5.2 | PRISE EN COMPTE DES CONDUITES D'ÉGOUT ET D'AQUEDUC EXISTANTES EN RIVIÈRE..... | 105 |
| 5.3 | GÉOTECHNIQUE | 108 |
| 5.4 | HYDRAULIQUE | 108 |
| | RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 111 |

TABLEAUX

| | |
|-------------|--|
| TABLEAU 2.1 | DÉBITS DE POINTE CARACTÉRISTIQUES DE LA RIVIÈRE LORETTE (CLIMAT ACTUEL ET CLIMAT FUTUR, CONDITIONS DE GESTION SANS BARRAGES ET CONDITIONS DE GESTION AVEC BARRAGES) POUR LE SECTEUR EN AMONT DE L'AUTOROUTE HENRI-IV 10 |
| TABLEAU 2.2 | CARACTÉRISTIQUES DE LA STATION HYDROMÉTRIQUE N° 054001 SUR LA RIVIÈRE BEAUPORT 11 |
| TABLEAU 2.3 | DÉBITS CLASSÉS ANNUELS ET D'AVRIL À MAI 11 |
| TABLEAU 2.4 | PARAMÈTRES UTILISÉS DANS LE CALCUL DU DÉBIT DE DÉBUT D'ENTRAÎNEMENT 14 |
| TABLEAU 3.1 | LINÉAIRES ET TYPES DE MURS ANTI-CRUE PRÉVUS DANS LE CADRE DU PROJET 17 |
| TABLEAU 3.2 | STATISTIQUES DE HAUTEURS DES MURS ANTI-CRUE PRÉVUS DANS LE CADRE DU PROJET 17 |
| TABLEAU 3.3 | LOCALISATION ET TYPE DE MURS EN RIVE DROITE ET IDENTIFICATION DE CEUX NÉCESSITANT UNE PROTECTION EN ENROCHEMENT AU PIED DE L'OUVRAGE CÔTÉ RIVIÈRE 20 |
| TABLEAU 3.4 | LOCALISATION ET TYPE DE MURS EN RIVE GAUCHE ET IDENTIFICATION DE CEUX NÉCESSITANT UNE PROTECTION EN ENROCHEMENT AU PIED DE L'OUVRAGE CÔTÉ RIVIÈRE 20 |
| TABLEAU 3.5 | SYNTHÈSE DES DIMENSIONS INITIALES ET ACTUELLES (2021) DES PONTS 29 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| TABLEAU 3.6 | SYNTHÈSE DE L'ESTIMATION DES COÛTS DES TRAVAUX ET D'ENTRETIEN..... | 41 |
| TABLEAU 4.1 | CONDITIONS HYDRAULIQUES DANS LA RIVIÈRE LORETTE EN CRUE 2 ANS ET 100 ANS POUR LE SECTEUR AMONT | 79 |
| TABLEAU 4.2 | REHAUSSEMENT DES NIVEAUX D'EAU EN AVAL DE LA ZONE D'ÉTUDE AU PASSAGE D'UNE CRUE CENTENNALE (88,5 M ³ /S) | 86 |
| TABLEAU 4.3 | DÉBITS JOURNALIERS MAXIMUMS DE LA RIVIÈRE SAINT-CHARLES..... | 100 |
| TABLEAU 5.1 | TABLEAU RÉSUMÉ DE L'INVENTAIRE DES ÉMISSAIRES EN RIVE GAUCHE À LA RIVIÈRE LORETTE | 106 |
| TABLEAU 5.2 | TABLEAU RÉSUMÉ DE L'INVENTAIRE DES ÉMISSAIRES EN RIVE DROITE À LA RIVIÈRE LORETTE | 107 |

FIGURES

| | | |
|------------|---|----|
| FIGURE 3.1 | DÉTAIL TYPIQUE DES MURS DE BÉTON..... | 19 |
| FIGURE 3.2 | SIMULATION VISUELLE DE L'IMPLANTATION D'UN MUR EN BÉTON (SECTEUR 3+500) | 21 |
| FIGURE 3.3 | EXEMPLE DE MUR DE BÉTON CONTRE LES INONDATIONS (LAC-SAINT-CHARLES) | 21 |
| FIGURE 3.4 | DÉTAIL TYPIQUE DES MURS EN PALPLANCHES | 23 |

| | | |
|-------------|--|----|
| FIGURE 3.5 | SIMULATION VISUELLE D'UNE PROTECTION EN PALPLANCHES COUPLÉE À DU SOUTÈNEMENT (AVAL DU PONT DE LA RUE MICHEL FRAGASSO) | 24 |
| FIGURE 3.6 | SCHÉMA DÉCISIONNEL ÉTABLISSANT LE PROCESSUS DE DÉTERMINATION DU POSITIONNEMENT DES MURS ANTI-CRUE | 27 |
| FIGURE 3.7 | VITESSES D'ÉCOULEMENT EN CRUE BIENNALE DANS LE BRAS DE DÉCHARGE DU SECTEUR DE LA RUE FLAUBERT (PK 2+330 À 2+550) | 35 |
| FIGURE 3.8 | VITESSES D'ÉCOULEMENT EN CRUE BIENNALE DANS LE BRAS DE DÉCHARGE DU MÉANDRE SITUÉ DANS LE SECTEUR DE LA RUE RIDEAU ENTRE LES PK 2+990 ET 3+110..... | 36 |
| FIGURE 3.9 | AIRES D'ENTREPOSAGE TEMPORAIRES DES SÉDIMENTS | 44 |
| FIGURE 3.10 | COUPE TYPE AU PK 1+940, EN AMONT DU PONT SAINT-JEAN-BAPTISTE | 57 |
| FIGURE 3.11 | COUPE TYPE DE L'AMÉNAGEMENT DE LA PLAINE DE DÉBORDEMENT AUX ENVIRONS DU PK 2+050 | 59 |
| FIGURE 3.12 | COUPE TYPE DU BRAS DE DÉCHARGE DU MÉANDRE DU SECTEUR DE LA RUE FLAUBERT (PK 2+330 À 2+550)..... | 61 |
| FIGURE 3.13 | PROFIL EN LONG DES BRAS DE DÉCHARGE DES MÉANDRES SITUÉS ENTRE LES PK 2+330 À 2+550 (SECTEUR FLAUBERT) ET ENTRE LES PK 2+990 ET 3+110..... | 63 |

| | | |
|-------------|--|----|
| FIGURE 3.14 | COUPE TYPE DU RÉAMÉNAGEMENT DE LA RIVE GAUCHE À L'AIDE DE PALPLANCHES EN AVAL DU PONT DE LA RUE MICHEL-FRAGASSO (SECTEUR PK 2+700)..... | 65 |
| FIGURE 3.15 | COUPE TYPE DE L'AMÉNAGEMENT DE LA PLAINE DE DÉBORDEMENT DANS LE MÉANDRE SITUÉ EN AMONT DE LA RUE MICHEL-FRAGASSO (SECTEUR PK 2+880)..... | 67 |
| FIGURE 3.16 | COUPE TYPE DU BRAS DE DÉCHARGE DU MÉANDRE SITUÉ ENTRE LES PK 2+990 ET 3+110..... | 69 |
| FIGURE 3.17 | COUPE TYPE DU RÉAMÉNAGEMENT DE LA COURBE AU DROIT DU PONT DU BOULEVARD WILFRID-HAMEL (SECTEUR PK 3+300)..... | 71 |
| FIGURE 3.18 | COUPE TYPE DU RÉAMÉNAGEMENT LOCAL DE LA BERGE EN RIVE DROITE ENTRE LES PK 3+440 ET 3+540..... | 73 |
| FIGURE 3.19 | COUPE TYPE DE L'AMÉNAGEMENT DE LA PLAINE DE DÉBORDEMENT DANS LA COURBE SITUÉE À L'EXTRÉMITÉ OUEST DE LA RUE SAINT-EUGÈNE (SECTEUR PK 3+600)..... | 75 |
| FIGURE 4.1 | IMPACTS DU PROJET SUR LES NIVEAUX D'EAU LORS DU PASSAGE DE LA CRUE CENTENNALE..... | 82 |
| FIGURE 4.2 | LIMITE APPROXIMATIVE DE LA CRUE CENTENNALE DANS LE SECTEUR AVAL DE LA LORETTE EN CONDITIONS INITIALES ET FUTURES..... | 87 |
| FIGURE 4.3 | LIGNES D'EAU SIMULÉES PAR LE CEHQ ET GENIVAR, RIVIÈRE LORETTE, SECTEUR WILFRID-HAMEL..... | 93 |

| | | |
|------------|---|-----|
| FIGURE 4.4 | LIGNES D'EAU SIMULÉES ET NIVEAUX D'EAU MESURÉS LORS DE L'ÉTALONNAGE – COMPARAISON CEHQ / GENIVAR | 94 |
| FIGURE 4.5 | HYDROGRAMMES GÉNÉRÉS PAR LA PLUIE RITA, SEPTEMBRE 2005 | 102 |
| FIGURE 5.1 | LOCALISATION DES ÉMISSAIRES LE LONG DE LA RIVIÈRE LORETTE (RELEVÉS EFFECTUÉS EN JUIN ET JUILLET 2014) | 109 |

CARTES

| | | |
|------------|--|----|
| CARTE 1.1 | LOCALISATION DES ZONES D'ÉTUDE | 7 |
| CARTE 3.0a | AMÉNAGEMENTS PROPOSÉS POUR LA PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS – SECTEUR AVAL 1 | 45 |
| CARTE 3.0b | AMÉNAGEMENTS PROPOSÉS POUR LA PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS – SECTEUR AVAL 2 | 47 |
| CARTE 3.1 | AMÉNAGEMENTS PROPOSÉS POUR LA PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS – SECTEUR SAINT-JEAN-BAPTISTE | 49 |
| CARTE 3.2 | AMÉNAGEMENTS PROPOSÉS POUR LA PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS – SECTEURS MICHEL-FRAGASSO ET WILFRID-HAMEL – AVAL | 51 |
| CARTE 3.3 | AMÉNAGEMENTS PROPOSÉS POUR LA PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS – SECTEUR WILFRID-HAMEL – AMONT | 53 |
| CARTE 3.4 | ACCÈS AU CHANTIER ET AIRES D'ENTREPOSAGE POTENTIELLES | 55 |

ANNEXES

- 1** TABLEAU DE SYNTHÈSE DES CRITÈRES DE SÉLECTIONS DES MURS ANTI-CRUE (7 AVRIL 2016)
- 2** GARANTIE ET FICHE TECHNIQUE DU BOIS TRAITÉ BORD EN BORD À 100 % (ANNULÉE)
- 3** TABLEAU RÉSUMÉ DE L'APPLICATION DU SCHÉMA DÉCISIONNEL, RIVE GAUCHE ET RIVE DROITE ET FICHES INDIVIDUELLES DES PROPRIÉTÉS
- 4** MISE EN ŒUVRE DU MODÈLE HYDRODYNAMIQUE 2D

1 INTRODUCTION

Le présent rapport d'étude préparatoire d'ingénierie présente le nouveau concept de protection contre les inondations de la rivière Lorette dans le secteur du boulevard Wilfrid-Hamel mis à jour en date d'avril 2021 à la suite de l'évolution du projet décrite à la section suivante.

Les principales modifications au concept à la suite de l'évolution du projet sont décrites à la section 1.4.

1.1 ÉVOLUTION DU PROJET

Le projet de mesures permanentes pour contrer les inondations de la rivière Lorette dans le secteur du boulevard Wilfrid-Hamel a évolué considérablement au cours des dernières années. Ainsi, une première étude d'impact a été déposée au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) en juin 2013 (GENIVAR, 2013). Le projet étudié en 2013 consistait à remodeler les rives et le lit de la rivière Lorette sur une longueur de 2,4 km, de façon à agrandir substantiellement la section d'écoulement du cours d'eau. Des modifications majeures au concept basées sur l'ajout d'un mur anti-crue en haut de talus ont permis de réduire considérablement la portée des interventions requises.

Dans ce contexte, un addenda à l'étude d'impact a été déposé en juillet 2016 (WSP, 2016), afin d'intégrer les bonifications apportées au projet initial. Après le dépôt de cet addenda, des interventions additionnelles ont été ajoutées au projet entre l'autoroute Henri-IV et la rivière Saint-Charles, haussant à 4 km la longueur du tronçon de la rivière Lorette visé par les interventions. Ces changements au projet (remplacement du pont de l'Accueil et ajouts de murs anti-crue en amont du boulevard Wilfrid-Hamel) sont décrits dans le résumé de l'addenda à l'étude d'impact déposé au printemps 2017 (WSP, 2017). Ils ont également été présentés au Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE) lors de l'audience publique du projet au printemps 2017.

Puis, le 27 novembre 2017, l'Agglomération de Québec (l'initiateur) annonçait le retrait du projet de réaménagement de la rivière Lorette qui avait été soumis à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement du MELCC. Au même moment, l'initiateur annonçait un projet révisé qui incluait, entre autres, la pérennisation des mesures temporaires d'urgence. Plus tard, au printemps 2018, une demande d'autorisation pour la reconstruction du pont de l'Accueil était déposée au MELCC. Cependant, le MELCC n'a alors pas émis d'autorisation en précisant que ces travaux devaient être inclus à l'étude d'impact du projet global visant à contrer les inondations de la rivière Lorette.

C'est dans ce contexte que, avec l'accord du MELCC, le projet révisé a été divisé en trois phases, de façon à permettre l'obtention d'un décret selon les trois phases distinctes suivantes :

- phase 1 : reconstruction du pont de l'Accueil sur le boulevard Masson;
- phase 2 : aménagement d'un canal de crue à l'ouest du pont de la Maison-O'Neill, situé sur le boulevard Wilfrid-Hamel, afin d'augmenter sa capacité hydraulique;
- phase 3 : pérennisation des mesures temporaires d'urgence mises en place en 2013.

La phase 1, correspondant au remplacement du pont de l'Accueil, a d'abord fait l'objet d'un complément à l'étude d'impact qui a été déposé en septembre 2019 (WSP, 2019), avant qu'une nouvelle demande d'autorisation ne soit déposée au printemps 2020. Après avoir reçu l'aval du MELCC, les travaux de remplacement du pont ont débuté en 2020 et seront complétés en 2021.

Depuis, avec la poursuite de l'ingénierie préliminaire, la phase 2 du projet a été abandonnée par le promoteur et la phase 3, prévue initialement, a été renommée la phase 2 pour la suite de l'étude d'impact environnementale. Cette nouvelle phase 2 est très semblable au projet présenté au BAPE en 2017, mais certaines modifications ont dû être apportées au concept à la suite des nouvelles informations disponibles et à la révision de l'ingénierie préliminaire. Essentiellement, l'étude géotechnique réalisée en 2018 (LABO S.M., 2018) a démontré la faible capacité portante des sols et leur hétérogénéité sur l'ensemble du linéaire ce qui a mené à la révision des types de murs anti-crue pouvant être construits dans un tel contexte. Ainsi, les murs anti-crue prévus en bois dans le concept présenté au BAPE sont remplacés par des murs en béton. De plus, les nouveaux relevés topographiques et hydrométriques et la mise à jour du modèle hydraulique ont permis d'éliminer approximativement 280 m de murs anti-crue dans le secteur en amont de l'autoroute Henri-IV. Enfin, l'ensemble des interventions en rivière (bras de décharge, plaines de débordement, reconfiguration de courbes, etc.) sont conservées intégralement.

Cette mise à jour ne vise que la phase 2 du projet et couvre la rivière Lorette entre la rue Saint-Paul et son embouchure avec la rivière Saint-Charles (points kilométriques (PK) 4,10 et 0,00 (Carte 1.1)). Bien que plusieurs précisions soient apportées dans le présent document, la mise à jour s'appuie également sur la documentation déjà déposée au MELCC dans le contexte du projet.

Ce rapport constitue le tome 1 de 2 du complément de l'addenda de l'étude d'impact sur l'environnement (EIE) déposée en 2016. Les conditions de référence de la rivière n'y sont pas développées, puisque déjà présentées dans le rapport d'étude préparatoire d'ingénierie édité en 2013 ainsi que dans le corps de l'EIE et de son addenda.

1.2 CONTEXTE GÉNÉRAL

Au cours des 50 dernières années, une urbanisation 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. L'urbanisation et les changements climatiques sont deux facteurs qui font en sorte d'augmenter le ruissellement des eaux de surface vers la rivière Lorette et la vulnérabilité des infrastructures situées en rive.

Divers épisodes de précipitations ont provoqué des inondations, dont ceux des 9 et 10 septembre 2004 ainsi qu'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. De plus, le 31 mai 2013, un violent orage provoquait une nouvelle fois des inondations majeures dans les secteurs résidentiels et commerciaux situés dans la zone d'étude.

Les principales causes identifiées à la suite de ces événements 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 sédimentation.

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 mesure en continu du niveau de la rivière Lorette ont été installées.

En 2013, à la suite de la crue du 31 mai, la Ville de Québec a entrepris la mise en place de mesures de protection temporaire d'urgence visant à augmenter la capacité hydraulique de la rivière Lorette pour répondre à la problématique d'inondation pour le court terme. Ainsi, après obtention d'un décret gouvernemental, la Ville de Québec a pu mener à bien, dès l'automne de la même année, les travaux suivants :

- la démolition du pont des Méandres sur la rue Michel-Fragasso qui constituait une entrave à l'écoulement des eaux;
- le rehaussement temporaire des berges visant à garantir une capacité de 60 m³/s;
- les travaux correctifs sur plusieurs restrictions hydrauliques, notamment l'enlèvement des principales zones d'accumulation de sédiments et de débris végétaux.

De plus, en 2008, afin de rechercher des solutions à l'échelle du bassin versant et sur le long terme 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 :

- 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 consistait 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, a quant à lui été mis en service en 2014. Ces barrages de régulation sont gérés par un système de gestion en temps réel. Ces ouvrages permettent dorénavant de laminer le débit de pointe de crue dans le secteur du boulevard Wilfrid-Hamel.

La phase 4, soit le remodelage des rives de la rivière Lorette qui a été remplacé par la construction de murs anti-crue et d'ouvrages connexes dans le but de contrer les inondations, fait l'objet du présent rapport et a comme objectifs de :

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

Précisons enfin que la phase 5 des grands travaux prévoit l'ajout de deux autres postes de relèvement sur le réseau pluvial. Ces travaux visent aussi à augmenter le niveau de service des réseaux d'égouts.

1.3 OBJECTIFS

Afin d'amorcer la phase 4 des grands travaux, la Ville de Québec a mandaté WSP pour élaborer (2012-2013) puis revoir (2015-2021) un concept de protection contre les inondations de la rivière Lorette, dans le secteur du boulevard Wilfrid-Hamel. Globalement, le mandat de WSP consiste en 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 l'équité de protection contre l'inondation aux riverains au passage d'une crue centennale.

Le présent rapport d'étude préparatoire constitue une révision du rapport déposé en 2016 et couvre les éléments suivants :

- réviser les paramètres, contraintes et critères de conception pour l'élaboration d'un concept de protection contre les inondations;
- élaborer et présenter le nouveau concept de protection contre les inondations 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;
- 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.

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 le concept de protection contre les inondations et l'estimation des coûts du projet sont présentés au chapitre 3. Les impacts hydrauliques sont détaillés au chapitre 4 et des recommandations suivent au chapitre 5.

1.4 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 de La Haute-Saint-Charles) et se jette dans la rivière Saint-Charles (PK 0+000) 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 s'étend de l'aval immédiat du pont de la rue Saint-Paul (PK 3+980) jusqu'à son embouchure dans la rivière Sait-Charles, soit sur une longueur totale de près de 4 km. La Carte 1.1 présente la localisation de la zone d'étude. Le premier tronçon de 1 km, le plus en amont, est situé dans la Ville de L'Ancienne-Lorette, entre les PK 3+390 et 2+880, tandis que le second tronçon de près de 3 km, entre les PK 2+880 et 0+000, 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 deux grands secteurs.

1.4.1 SECTEUR AMONT

Le secteur amont s'étend de l'autoroute Henri-IV jusqu'au pont de la rue Saint-Paul. Ce secteur correspond en fait à la zone d'étude locale du projet initial présenté en 2013 et du projet révisé en 2016.

Ce secteur est divisé en quatre sous-secteurs, soit :

le secteur Saint-Jean-Baptiste qui se situe entre les ponts de l'autoroute Henri-IV (PK 1+580) et le PK 2+300;

le secteur Michel-Fragasso qui se trouve entre le PK 2+300 et le pont des Méandres sur la rue Michel-Fragasso (PK 2+780);

le secteur Wilfrid-Hamel aval situé entre le pont des Méandres sur la rue Michel-Fragasso (inclus) et le pont du boulevard Wilfrid-Hamel (PK 3+260);

le secteur Wilfrid-Hamel amont qui se localise entre le pont du boulevard Wilfrid-Hamel (inclus) et le pont de la rue Saint-Paul (PK 3+980).

1.4.2 SECTEUR AVAL

Le secteur aval a été ajouté à la zone d'étude locale à la suite de la révision du projet, réalisée à la suite des audiences du BAPE (WSP, 2017). Ce secteur s'étend de la rivière Saint-Charles (PK 0+000) jusqu'à l'autoroute Henri-IV (PK 1+580).

1.5 PRINCIPALES MODIFICATIONS APPORTÉES AU PROJET

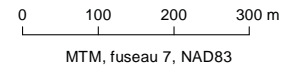
À la suite des audiences du BAPE, aux nouvelles données topographiques et bathymétriques disponibles, à une révision du modèle hydraulique et aux nouvelles investigations géotechniques, les principales modifications apportées au projet par rapport à celui présenté dans le résumé de l'étude d'impact environnementale (WSP, 2017) sont :

1. les murs anti-crue prévus en bois sont remplacés par des murs en béton dû à la faible capacité portante et à l'hétérogénéité des sols sur l'ensemble du linéaire (voir section 3.2.1);
2. la diminution de 280 mètres du linéaire de murs anti-crue dans le secteur en amont de l'autoroute Henri-IV, principalement dans le secteur résidentiel de la Ville de L'Ancienne-Lorette;
3. l'ajout de 40 mètres de murs anti-crue dans le secteur Verlaine en aval de l'autoroute Henri-IV;
4. la reconstruction du pont de l'Accueil (boulevard Masson).



Résumé – Addenda au rapport d'étude d'impact sur l'environnement daté de juin 2013
 Mesures permanentes pour contrer les inondations de la rivière Lorette, secteur du boulevard Wilfrid-Hamel, Villes de Québec et de L'Ancienne-Lorette

Carte 1.1
Localisation des zones d'étude



Sources :
 Images : Ville de Québec, résolution 30 cm, 2009
 Rivière Lorette : Ville de Québec, 2009
 Points kilométriques : GENIVAR, 2012
 Toponymes : Ville de Québec, 2012
 Fichier : 121_12904_RES_c3_1_loc_zetude_170302.mxd

Mars 2017



2 CRITÈRES DE CONCEPTION

2.1 HYDROLOGIE

2.1.1 ÉVALUATION DES DÉBITS DE CRUES EN CONDITIONS INITIALES ET 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 sont, en partie, contrôlés par deux barrages de régulation des crues situés en amont de la zone d'étude. 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 2.1 présente les débits de différentes récurrences de la rivière Lorette en conditions initiales et projetées qui se définissent comme suit :

- *débits en conditions initiales* : il s'agit des débits avant la mise en opération des barrages de régulation des ruisseaux des Fiches et du Mont Châtel. Le débit de la rivière ne subit alors aucun laminage;
- *débits en conditions projetées* : il s'agit des débits à la suite de la mise en opération des barrages de régulation des crues sur les ruisseaux des Fiches et du Mont-Châtel qui a été complétée en 2014. Le débit de la rivière Lorette dans la zone d'étude est alors laminé et en partie contrôlé.

Ces débits, tant en conditions initiales que projetées, 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 2.1.

Les ouvrages et les interventions prévus en rivière du concept de protection contre les inondations doivent assurer le passage d'une crue de récurrence 100 ans en conditions projetées, soit 85 m³/s (84,67 m³/s arrondis à 85 m³/s dans le cadre de cette étude) sans aucun débordement de la rivière Lorette pour tout le secteur en amont de l'autoroute Henri-IV et 88,5 m³/s pour le tronçon en aval de l'autoroute.

Les débits présentés au Tableau 2.1 sont utilisés pour tout le secteur en amont de l'autoroute Henri-IV. Pour le secteur en aval de l'autoroute Henri-IV, les débits caractéristiques utilisés pour la conception du mur anti-crue sont présentés au Tableau 2.1-A.

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 évaluée. 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.

Tableau 2.1 Débits de pointe caractéristiques de la rivière Lorette (climat actuel et climat futur, conditions de gestion sans barrages et conditions de gestion avec barrages) pour le secteur en amont de l'autoroute Henri-IV

| ÉVÉNEMENT / RÉCURRENCE | DÉBIT DE POINTE AU PONT DU BOULEVARD WILFRID-HAMEL « OUEST » (m ³ /s) (PK 3+270) | | |
|------------------------|---|--------------------------|--------------------------|
| | CLIMAT ACTUEL | CLIMAT FUTUR | |
| | | CONDITIONS SANS BARRAGES | CONDITIONS AVEC BARRAGES |
| 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 |
| Orage (2013-05-31) | -- | 70 ⁵ | N/D |

- 1 Source : BPR 2012-10-29HydrogrammePhase3_Préliminaire_et_conditions_actuelles_emis20121029.xls.
- 2 En mode de gestion sans l'utilisation des barrages : aucun laminage des débits.
- 3 En mode de gestion projetée : avec l'utilisation des barrages des Friches et Mont Châtel en opération depuis 2014.
- 4 Débit de conception arrondi à 85 m³/s pour la présente étude.
- 5 Estimation du débit basée sur les observations de niveaux d'eau lors de l'évènement.

Tableau 2.1-A Débits de pointe caractéristiques de la rivière Lorette en climat futur utilisés pour le dimensionnement du mur anti-crue en aval de l'autoroute Henri-IV

| ÉVÉNEMENT / RÉCURRENCE | DÉBIT DE POINTE EN AVAL DE L'AUTOROUTE HENRI-IV (m ³ /s) (PK 1+550) | |
|------------------------|--|--|
| | CLIMAT FUTUR | |
| | CONDITIONS SANS BARRAGES | |
| 2 ans | 40,2 | |
| 20 ans | 74,7 | |
| 100 ans | 88,5 | |

2.1.2 DÉBITS MOYENS CARACTÉRISTIQUES

Les débits classés de la rivière Lorette ont été évalués pour une période annuelle et pour la période de crue printanière entre avril et mai. Le classement des débits permet d'établir, pour une période donnée, la probabilité de dépassement associée à un certain débit. La rivière Lorette n'ayant été jaugée que sur une très courte période (environ trois années) et n'étant plus jaugée, les débits moyens journaliers sont obtenus en appliquant la méthode de transfert des bassins versants à partir des débits enregistrés à la station n° 054001 (rivière Beauport). Cette station, située dans la même région hydrologique, couvre un bassin versant dont les caractéristiques se rapprochent de celles du bassin de la rivière Lorette (superficie inférieure à 100 km², urbanisation significative du bassin). Le choix de cette station a été confirmé par une

comparaison des débits mesurés aux stations de la rivière Beauport et de la rivière Lorette au cours de la période où cette dernière était en fonction. Cet exercice a permis d'observer des réactions hydrologiques similaires sur les deux bassins versants. Les débits moyens journaliers de la rivière Lorette sont obtenus par application de la règle de transposition du débit en fonction de la superficie du bassin versant. Les principales caractéristiques de la station hydrométrique de la rivière Beauport sont listées au Tableau 2.2.

Tableau 2.2 Caractéristiques de la station hydrométrique n° 054001 sur la rivière Beauport

| NUMÉRO DE LA STATION | NOM DE LA STATION | SÉRIE DE DONNÉES UTILISÉES | BASSIN VERSANT (km ²) | DISTANCE ENTRE LA STATION ET LE SITE À L'ÉTUDE (km) | LOCALISATION (degré) | |
|----------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------------|---|----------------------|-----------|
| | | | | | Latitude | Longitude |
| 054001 | Beauport | 2007-2015 | 23,9 | 12 | 46°51'51" | 71°12'22" |

Les débits classés annuels et printaniers (avril-mai) de la rivière Lorette sont présentés au Tableau 2.3.

Tableau 2.3 Débits classés annuels et d'avril à mai

| PROBABILITÉ DE DÉPASSEMENT (%) | DÉBITS CLASSÉS (m ³ /s) | |
|--------------------------------|------------------------------------|--------|
| | Avril-mai | Annuel |
| 1 | 16,2 | 10,4 |
| 2 | 11,6 | 8,7 |
| 5 | 9,2 | 5,9 |
| 10 | 6,5 | 3,9 |
| 20 | 4,7 | 2,4 |
| 30 | 3,4 | 1,7 |
| 40 | 2,5 | 1,4 |
| 50 | 2,0 | 1,2 |
| 60 | 1,7 | 1,0 |
| 70 | 1,4 | 0,9 |
| 80 | 1,2 | 0,7 |
| 90 | 1,0 | 0,5 |
| 99 | 0,6 | 0,3 |

2.2 REVANCHE

2.2.1 OUVRAGES DE PROTECTION CONTRE LES DÉBORDEMENTS

L'élévation de la crête des ouvrages de protection sera de 30 cm au-dessus des niveaux d'eau de la crue centennale.

Le rôle de la revanche consiste à compenser les incertitudes liées à l'établissement du niveau d'eau pour la crue de conception afin d'assurer un niveau de service au moins égal à l'objectif.

Les incertitudes couvertes par la revanche sont les suivantes :

- hydrologie :
 - imprécisions des modèles hydrologiques ayant été utilisés pour établir les crues de conception;
 - variabilité spatio-temporelle de la pluie (un même cumul de précipitations peut mener à des débits très différents selon la manière dont s'est abattue cette pluie).
- hydraulique :
 - imprécisions dans la bathymétrie de la rivière et la topographie des rives;
 - imprécisions des modèles hydrauliques (calage pour des débits inférieurs au débit de conception).
- risques de formation d'embâcles de bois ou de débris durant la crue : importance, localisation, impact;
- implantation des ouvrages et imprécisions dans les relevés d'arpentage.

La plupart de ces incertitudes ne peuvent être quantifiées. La valeur de 30 cm est une valeur usuelle sécuritaire. Par exemple, si l'on considère que toutes les incertitudes sont dans le « mauvais sens » (c'est-à-dire dans le sens d'un niveau d'eau réel plus important que le niveau d'eau utilisé en conception), 30 cm pourraient correspondre à 10 cm pour l'hydrologie, 10 cm pour l'hydraulique et 10 cm pour l'implantation des ouvrages.

Une revanche n'est pas un surdimensionnement. La revanche permet de s'assurer de faire passer la crue centennale malgré les incertitudes et non de garantir le passage d'une crue plus que centennale.

2.2.2 PONTS

La zone d'étude compte neuf ponts, soit ceux du boulevard Masson (pont de l'Accueil) et du boulevard Wilfrid-Hamel « Est » (pont de la Maison-O'Neill), les deux du boulevard Technologiques, les deux de l'autoroute Henri-IV, ceux des rues Saint-Jean-Baptiste et Michel-Fragasso (pont des Méanres) et celui du boulevard Wilfrid-Hamel « Ouest ».

La revanche minimale visée pour ces infrastructures est de 30 cm au-dessus du niveau atteint au passage de la crue centennale, à l'exception des ponts de l'autoroute Henri-IV où elle est de 1 m.

2.3 PROTECTION DES TALUS

Les concepts d'aménagement retenus devront parfois inclure des travaux de stabilisation des talus, réalisés au moyen d'une combinaison d'un maximum de techniques d'éco-ingénierie (génie végétal) alliées à des méthodes plus traditionnelles de stabilisation par enrochement et végétalisation.

Le choix de la méthode de stabilisation et le dimensionnement des protections de rive seront établis, dans les grandes lignes, en fonction :

- des vitesses d'écoulement obtenues à partir des simulations numériques;
- de l'enjeu que représentent le ou les ouvrages situés en arrière;
- de l'exposition naturelle de la rive à l'érosion (tendances hydromorphologiques);
- de l'espace disponible et de la pente du talus.

Les critères de conception utilisés pour le choix des techniques de protection de rive et leur dimensionnement sont repris et détaillés dans la section 3.5 du présent rapport.

2.4 MORPHOLOGIE FLUVIALE

2.4.1 MAINTIEN D'UN LIT D'ÉTIAGE

Le concept de protection contre les inondations de la rivière Lorette devra maintenir un lit d'étiage sur l'ensemble du linéaire. Aux endroits où des interventions locales ou un réaménagement des courbes de la rivière sont prévus, un lit d'étiage devra être reconstitué, favorisant la concentration des faibles débits et le maintien d'une continuité écologique et d'une qualité d'habitat adéquate en période d'étiage.

2.4.2 MAINTIEN D'UNE DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE NATURELLE DANS LE LIT PRINCIPAL DE LA RIVIÈRE

Certaines interventions prévues dans le projet conduiront à une réduction des débits transitant dans certains tronçons du lit mineur de la rivière lors du passage des crues (voir sections 3.4.1 à 3.4.4). Afin d'assurer le maintien de l'équilibre hydrosédimentaire existant dans le lit mineur de la rivière, une analyse a été réalisée dans le but de déterminer le débit minimum à garantir dans le lit mineur avant tout débordement contrôlé ou dérivation d'une partie du débit lors des crues.

Dans un premier temps, le diamètre moyen des particules sédimentaires de la rivière Lorette a été évalué lors de la visite de terrain du 19 avril 2016. Ce diamètre est établi de manière conservatrice à environ 10 mm dans les secteurs où la dynamique sédimentaire semble la plus importante et où des accumulations d'alluvions grossières sont présentes. De manière à demeurer conservateur, WSP n'a pas établi de débit minimum pour les tronçons présentant un lit recouvert essentiellement de sédiments fins. En effet, le débit minimum pour assurer le transport des sédiments fins est nécessairement inférieur à celui nécessaire pour assurer le transport des alluvions grossières.

À partir de ce diamètre, le débit de début d'entraînement, correspondant au débit liquide minimum nécessaire dans le cours d'eau pour qu'un charriage des sédiments ait lieu, a ensuite été évalué. Dans la présente étude, ce débit a été déterminé à partir du critère de Shields, qui dépend du type de rivière et qui stipule que les sédiments du lit d'un cours d'eau commencent à se mettre en mouvement lorsque la contrainte qui s'exerce sur le fond est supérieure à une

certaine valeur. À partir de cette contrainte, s'exprimant en fonction notamment de la hauteur d'eau dans la rivière, il est donc possible de déduire une hauteur d'eau minimale nécessaire pour la mise en mouvement des sédiments, et donc un débit de début d'entraînement par la formule de Manning. Les paramètres utilisés dans le calcul du débit de début d'entraînement sont présentés au Tableau 2.4.

Tableau 2.4 Paramètres utilisés dans le calcul du débit de début d'entraînement.

| PARAMÈTRE | VALEUR RETENUE |
|---|------------------|
| Pente du cours d'eau | 0,1 % |
| Largeur du cours d'eau | 11 m |
| Pente latérale des berges du cours d'eau | 1 (H) dans 1 (V) |
| Coefficient de Manning | 0,025 |
| Diamètre moyen des sédiments (d_{50}) | 10 mm |

Dans ces conditions, le débit de début d'entraînement obtenu est de 14 m³/s pour des sédiments de diamètre moyen autour de 10 mm.

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 déjà 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 crues.

3 CONCEPT D'AMÉNAGEMENT

3.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX

Les concepts d'aménagement proposés dans le cadre de la protection permanente contre les inondations de la rivière Lorette ont été définis dans le souci d'atteindre les objectifs suivants :

1. assurer une équité de protection contre les inondations pour tous au moyen d'un ouvrage :
 - respectant les usages et présentant une emprise minimale;
 - pérenne et non vulnérable à l'érosion;
 - constructible dans un contexte urbain présentant de multiples contraintes d'espace;
 - rapide à construire;
 - permettant un accès pour l'inspection et l'entretien;
 - ayant des coûts de construction et d'entretien raisonnables.
 2. faciliter les écoulements dans la rivière en période de crue par des interventions ponctuelles ciblées dans le but de limiter les rehaussements des niveaux d'eau, la hauteur et la longueur des ouvrages de protection nécessaires;
 3. minimiser, autant que possible, les interventions dans le lit de la rivière en dehors de celles nécessaires pour assurer l'atteinte des objectifs précédents;
 4. respecter les usages dans une optique d'acceptabilité sociale;
 5. donner un gain environnemental au projet de protection contre les inondations.
-

3.2 MURS ANTI-CRUE

Afin de répondre aux objectifs présentés dans la section précédente, l'option d'aménagement retenue pour la protection contre les inondations est celle de murs anti-crue. Il s'agit d'ouvrages présentant une très faible empreinte au sol, adaptés aux multiples contraintes de construction et qui permettent de répondre à l'ensemble des objectifs fixés.

La construction de l'ouvrage et son entretien seront rendus possibles grâce à une servitude permanente de 1,75 m de part et d'autre du centre des murs.

Un programme d'inspection sera élaboré et intégré au plan particulier d'inondation de la rivière Lorette, afin de garantir un suivi régulier de l'état du mur et son entretien adéquat.

Enfin, tous les murs seront conçus afin de pouvoir résister structurellement au passage d'une crue de récurrence de 1 000 ans (climat futur). Ce critère est basé sur les exigences de la *Loi sur la sécurité des barrages* (LSB) applicable au Québec pour un barrage qui serait construit dans un contexte comparable. Cet aspect sera pris en compte à la phase de l'ingénierie détaillée.

3.2.1 TYPES D'OUVRAGES

Une revue des retours d'expériences au Québec et en Europe, où ce type d'aménagement est fréquent, a permis d'identifier les options possibles et d'en analyser les avantages et inconvénients dans le contexte de la rivière Lorette. Au total, 12 options ont été analysées. Ces options sont présentées à l'annexe 1.

Dans la version précédente du présent rapport (WSP, 2016), au regard de cette analyse, trois types de murs avaient été sélectionnés pour la réalisation du projet de protection permanente contre les débordements de la rivière Lorette, soit des murs en bois, des murs en béton et des murs en palplanches. Depuis, dans le cadre des études préparatoires de la phase d'ingénierie détaillée du projet, une campagne d'investigation géotechnique (LABO S.M., 2018) a été réalisée sur l'ensemble du linéaire du mur projeté.

Les principales conclusions tirées de cette étude géotechnique sont les suivantes :

- sols **incompétents** sur l'ensemble du linéaire du mur sur **plusieurs mètres (>4,3 m)** de profondeur;
- conditions géotechniques précaires : **hétérogénéité** dans la nature et compacité des sols, présence d'argile molle sous des remblais organiques, etc.;
- très faible capacité portante et résistance latérale des sols faible voire inexistante;
- pourrait nécessiter des pieux vissés de plus de 6 m de longueur.

Ces nouvelles données au projet ont mené à d'autres analyses pour vérifier la faisabilité des trois types de murs sélectionnés en 2016. La faible capacité portante des sols, leur hétérogénéité et la nécessité de pieux d'une très grande longueur font en sorte que des murs de bois n'étaient pas compatibles avec le contexte spécifique des sols en rive de la rivière Lorette. Seuls les murs en béton et ceux en palplanches étaient adaptés aux conditions de sol observées. Ainsi, pour la révision du projet, les murs prévus en bois initialement sont remplacés par des murs en béton. Les murs en palplanches sont conservés.

Par conséquent, deux types de murs ont été sélectionnés pour la réalisation du projet de protection permanente contre les débordements de la rivière Lorette, soit :

- **des murs en béton (91 % du projet)** : ces murs sont choisis pour leur résistance accrue à un coût raisonnable dans les secteurs résidentiels, et ceux à vocations commerciale et industrielle où des contraintes d'aménagement particulières s'appliquent (aménagement le long d'une voie de circulation, hauteur importante). Les détails du concept de muret en béton sont présentés à la section 3.2.2;
- **des murs en palplanches (9 % du projet)** : ces murs seront utilisés uniquement dans les secteurs où l'espace disponible est insuffisant pour permettre l'emploi de murs en béton. Les murs de palplanches jouent alors un double rôle : la protection contre les débordements et le soutènement de la rive. Les détails du concept de mur de palplanches sont présentés à la section 3.2.3.

Les deux concepts choisis sont des solutions non spécialisées sans fournisseur unique qui permettent à plusieurs entrepreneurs et fournisseurs de soumissionner, au bénéfice de la concurrence et du maintien de coûts raisonnables.

Les cartes 3.0A, 3.0B et 3.1 à 3.3, présentées à la fin de ce chapitre, suivies de coupes type (figures 3.10 à 3.19) présentent la localisation des différents types de murs sélectionnés sur l'ensemble du secteur ciblé pour la protection permanente contre les débordements. Les murs anti-crue ne seront construits que là où ils sont nécessaires pour assurer le passage sécuritaire de la crue centennale. Ainsi, les rives dépourvues de murs de protection sont celles qui présentent des élévations du terrain naturel supérieures aux niveaux atteints lors de la crue centennale, rehaussés de la revanche de 30 cm. La hauteur des murs présentée sur les cartes intègre elle aussi ce même critère de revanche. Lorsque la hauteur indiquée est de 0,5 m, la hauteur des murs devra être ajustée en fonction des relevés d'arpentage détaillés qui seront réalisés à l'étape de l'ingénierie détaillée et pourra alors en réalité varier et être moindre que 0,5 m.

Le Tableau 3.1 et le Tableau 3.2 présentent une synthèse des linéaires, des types et des hauteurs de murs anti-crue prévus dans le cadre du projet.

Tableau 3.1 Linéaires et types de murs anti-crue prévus dans le cadre du projet

| | MURS EN BÉTON (m) | MURS DE PALPLANCHE (m) | TOTAL (m) |
|--------------------------------|----------------------|---------------------------|--------------|
| Linéaire en rive droite | | | |
| Amont Henri-IV | 1 426 | 0 | 1 426 |
| Aval Henri-IV | 223 | 120 | 343 |
| <i>Total :</i> | <i>1 649</i> | <i>120</i> | 1 769 |
| Linéaire en rive gauche | | | |
| Amont Henri-IV | 1 415 | 124 | 1 539 |
| Aval Henri-IV | 36 | 58 | 94 |
| <i>Total :</i> | <i>1 451</i> | <i>182</i> | 1 633 |
| TOTAL : | 3 100 | 302 | 3 401 |

Tableau 3.2 Statistiques de hauteurs des murs anti-crue prévus dans le cadre du projet

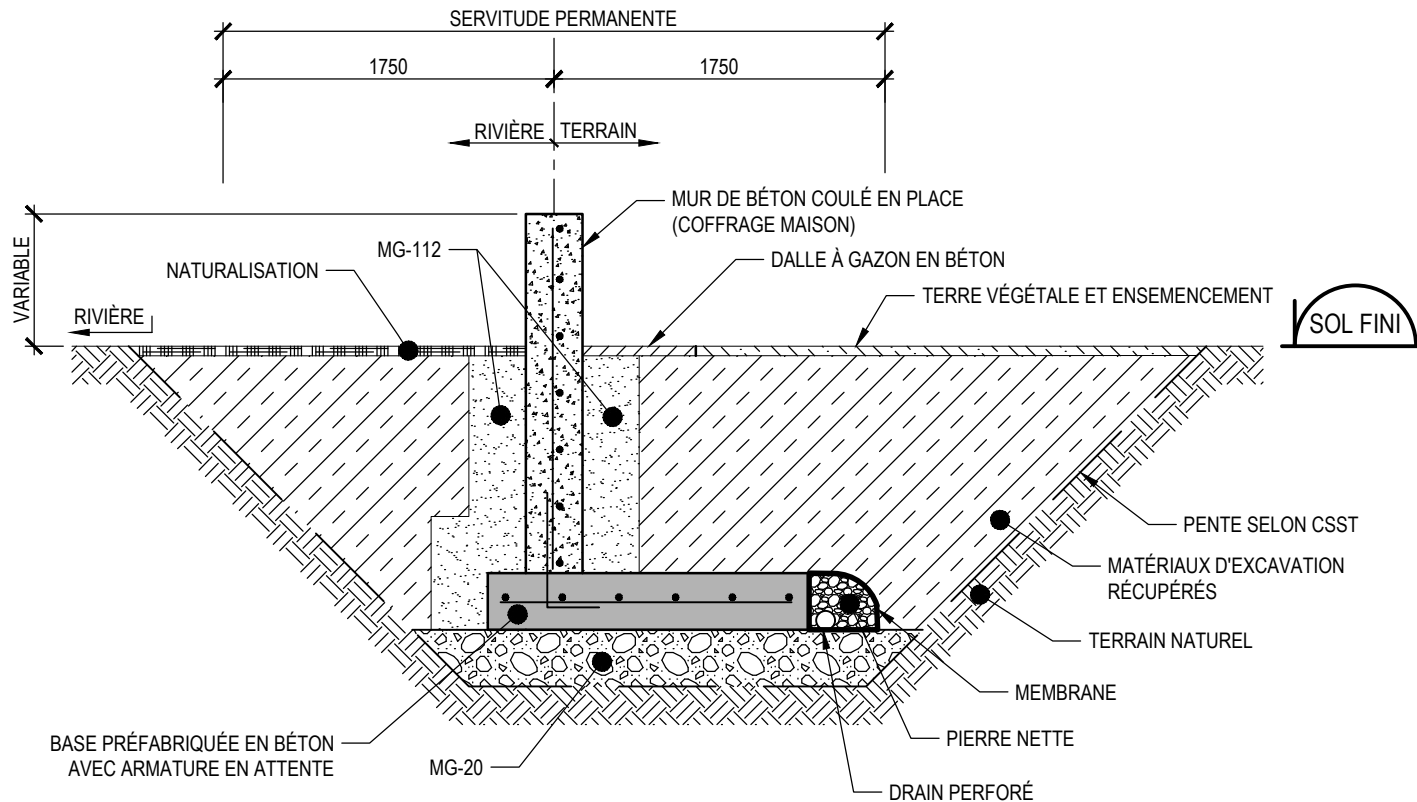
| | LINÉAIRE TOTAL (m) | HAUTEUR MAXIMALE (m) | HAUTEUR MOYENNE (m) |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| Rive droite | | | |
| Amont Henri-IV | 1 426 | 1,9 | 0,70 |
| Aval Henri-IV | 343 | 1,3 | 0,74 |
| Rive gauche | | | |
| Amont Henri-IV | 1 539 | 1,5 | 0,80 |
| Aval Henri-IV | 94 | 1,1 | 0,59 |
| ENSEMBLE DU PROJET : | 3 401 | 1,9 | 0,76 |

3.2.2 MURS EN BÉTON

Le mur est composé de béton armé appuyé sur une semelle filante à l'abri du gel reposant sur une assise compactée (Figure 3.1). Un drain est installé afin d'assurer un bon drainage. Dans la mesure du possible, et si jugé requis en fonction des critères de conception retenus, la mise en place de la semelle des murs de béton nécessitera une excavation jusqu'au gel. L'emprise pour la construction des murs sera adaptée à la machinerie requise pour ce type d'ouvrage. À ce stade, les estimations ont été faites en considérant des murs coulés en place pour les murs d'une hauteur hors sol supérieure à 1 m et les secteurs faciles d'accès pour la machinerie. Toutefois, l'utilisation d'éléments préfabriqués est considérée pour les murs de faibles hauteurs situés dans le secteur résidentiel de L'Ancienne-Lorette, où l'emprise des travaux est très limitée, tel qu'illustré sur la Figure 3.1.

Les murs de béton seront construits sur des terrains résidentiels et sur des terrains déjà pavés. Dans ce dernier cas, aucune structure additionnelle n'est requise pour garantir l'intégrité de l'ouvrage en cas de surverse. Sur les terrains non pavés, tel que dans les secteurs résidentiels, une structure de béton ajourée de type dalle à gazon sera mise en place sous le terrain naturel du côté extérieur afin d'éviter toute érosion en cas de surverse lors d'une crue supérieure à la crue centennale ayant servi à la détermination de la hauteur des murs. Les dimensions et le positionnement de cette dalle sont déterminés en fonction de l'évaluation de la zone d'impact au sol anticipée en cas de débordement.

Du côté de la rivière, afin d'éviter toute érosion préjudiciable au pied de l'ouvrage, un empiérement de calibre adapté devra être prévu là où les vitesses d'écoulement sont supérieures à 1 m/s. En effet, de telles vitesses pourraient conduire à la dégradation du couvert végétal devant le mur lors du passage de la crue centennale. Le Tableau 3.3 et le Tableau 3.4 présentent, respectivement pour la rive droite et pour la rive gauche, les linéaires de mur où l'ajout d'un empiérement est prévu en rive afin d'assurer la pérennité de l'ouvrage à long terme.



COUPE - MUR DE BÉTON
 ÉCHELLE : AUCUNE



1135, BOULEVARD LEBOURGNEUF
 QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA G2K 0M5
 TÉL. : 418 623-2254 | TÉLÉC. : 418 624-1857 | WWW.WSPGROUP.COM

TITRE :

FIGURE 3-1
DÉTAIL TYPIQUE DES MURS DE BÉTON

NO PROJET :
 131-24822-00
 DATE :
 2021-04-22
 DESSIN NO :
 1 / 11

Tableau 3.3 Localisation et type de murs en rive droite et identification de ceux nécessitant une protection en enrochement au pied de l'ouvrage côté rivière

| LINÉAIRE CONCERNÉ | | TYPE DE MUR | | PROTECTION EN ENROCHEMENT EN RIVE AU PIED DE L'OUVRAGE |
|-------------------|-------|-------------|------------|--|
| DÉBUT | FIN | BÉTON | PALPLANCHE | |
| 3+884 | 3+705 | X | | |
| 3+705 | 3+535 | X | | X |
| 3+417 | 3+368 | X | | X |
| 3+241 | 2+890 | X | | |
| 2+890 | 2+841 | X | | X |
| 2+759 | 2+504 | X | | |
| 2+409 | 2+339 | X | | |
| 2+139 | 2+095 | X | | |
| 1+970 | 1+910 | X | | X |
| 1+910 | 1+793 | X | | |
| 0+867 | 0+597 | X | | |
| 0+597 | 0+483 | | X | À l'extrémité aval seulement |

Tableau 3.4 Localisation et type de murs en rive gauche et identification de ceux nécessitant une protection en enrochement au pied de l'ouvrage côté rivière

| LINÉAIRE CONCERNÉ | | TYPE DE MUR | | PROTECTION EN ENROCHEMENT AU PIED DE L'OUVRAGE |
|-------------------|-------|-------------|------------|--|
| DÉBUT | FIN | BÉTON | PALPLANCHE | |
| 3+800 | 3+730 | X | | X |
| 3+541 | 3+520 | X | | X |
| 3+520 | 3+420 | X | | |
| 3+420 | 3+279 | X | | X |
| 3+140 | 3+040 | X | | X |
| 3+040 | 2+902 | X | | |
| 2+902 | 2+801 | | X | X |
| 2+723 | 2+607 | | X | X |
| 2+607 | 2+522 | X | | X |
| 2+487 | 2+440 | X | | X |
| 2+440 | 1+760 | X | | |
| 0+723 | 0+673 | | X | X |
| 0+450 | 0+385 | X | | |

Enfin, notons que les murs seront très peu fréquemment sollicités puisque seules les crues supérieures à 50 m³/s devraient conduire à une mise en action des murs, ce qui survient en moyenne moins de 1 fois toutes les 2 années (crue biennale de 37 m³/s environ).



Figure 3.2 Simulation visuelle de l'implantation d'un mur en béton (secteur 3+500)

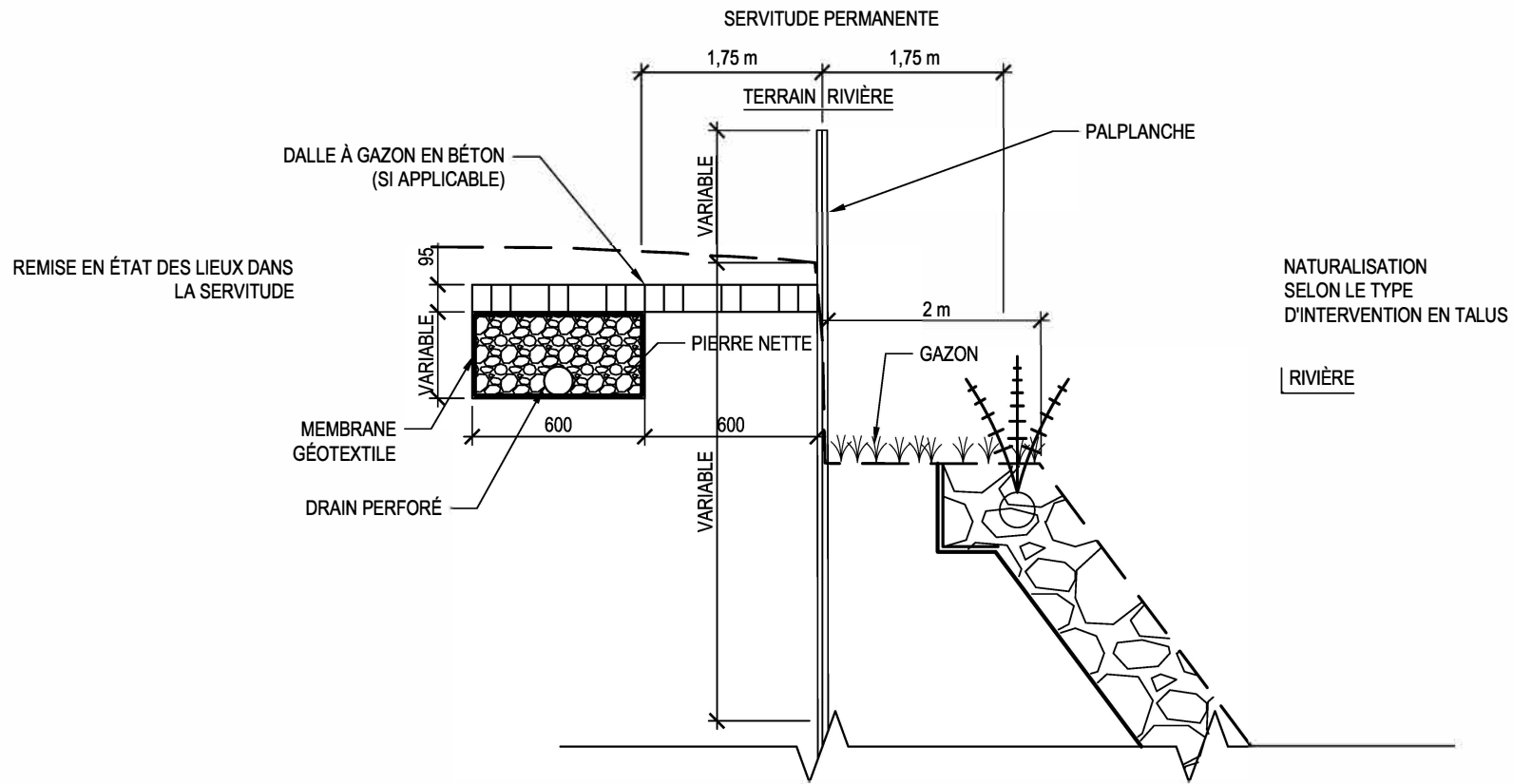


Figure 3.3 Exemple de mur de béton contre les inondations (Lac-Saint-Charles)

3.2.3 PALPLANCHES

Les palplanches (Figure 3.4) sont des plaques d'acier en U enfoncées dans le sol et accrochées les unes aux autres. Il s'agit d'un matériau de construction solide et durable. De plus, afin d'en prolonger la durée de vie, une galvanisation est recommandée. La méthode de mise en place par battage, par vibrofonçage ou par presse hydraulique reste à déterminer. Une fiche enfouie, de l'ordre de 2 fois la longueur hors-sol (soutènement), a été considérée pour les calculs et les estimations préliminaires. Ces éléments devront être validés lors de l'ingénierie détaillée du projet en fonction du type de sol, de la hauteur des murs et du niveau de sensibilité des bâtiments ou ouvrages voisins. Un tel ouvrage a d'ores et déjà été construit en 2015, en rive gauche de la rivière, dans le cadre de la reconstruction du pont des Méandres sur la rue Michel-Fragsso, ainsi qu'en 2014 lors de la reconstruction du poste de pompage Drolet. Le Tableau 3.3 et le Tableau 3.4 indiquent où des murs de palplanches sont projetés pour les rives droite et gauche respectivement.

Devant la palplanche, côté rivière, un enrochement végétalisé sera mis en place jusqu'au niveau de la crue biennale. Cet enrochement végétalisé permet, outre la reconstitution d'une berge plus naturelle, d'assurer le maintien d'une masse devant le rideau de palplanches qui limite les charges à reprendre et donc les dimensions et coûts de l'ouvrage. Une simulation visuelle de l'installation de palplanches sur le tronçon ciblé est présentée à la Figure 3.5.



COUPE - MUR PALPLANCHE
 ÉCHELLE : AUCUNE



1175, BOULEVARD LEBOURGNEUF, BUREAU 300
 QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA G2K 0B4
 TÉL. : 1-418-780-0878 | TÉLÉC. : 1-418-780-4182 | WWW.WSPGROUP.COM

TITRE :

FIGURE 3-4
DÉTAIL TYPIQUE DES MURS EN PALPLANCHE

NO PROJET :

131-24822-00

DATE :

2016-07-26

DESSIN NO :

--



Figure 3.5 Simulation visuelle d'une protection en palplanches couplée à du soutènement (aval du pont de la rue Michel Fragasso)

3.2.4 GAIN ENVIRONNEMENTAL

Le concept de murs anti-crue s'accompagne de plusieurs gains environnementaux, soit :

- les murs anti-crue ont l'avantage de présenter une très faible emprise, limitant de beaucoup les impacts sur la végétation existante dans la bande riveraine et sur les écoulements de la rivière en crue;
- une volonté de restauration de la rive côté rivière, en cohérence avec le plan municipal sur la vision de l'arbre et l'objectif général d'augmentation des ratios de canopée sur le territoire urbain :
 - que ce soit dans le secteur commercial ou résidentiel, l'approche retenue est celle qui consiste à laisser pousser la végétation naturellement dans la rive lorsque le sol n'a pas été remanié. Dans les situations où le sol a été remanié par les travaux et qu'il est à nu, l'ensemencement hydraulique sera l'approche à privilégier au début pour maximiser la rapidité de croissance de la végétation. La plantation d'espèces indigènes pourra se faire par la suite;
 - dans le secteur commercial, une bande gazonnée côté rivière de 1,75 m tondue régulièrement sera implantée dans l'emprise pour assurer la visibilité du mur pour l'entretien et l'inspection. Le fait de tondre régulièrement le gazon en plaque permet de contrôler la poussée des plantes envahissantes. Dans les portions de rive attenante à l'emprise où les surfaces minérales préexistantes sont présentes et que la pente le permet, la Ville de Québec demandera au propriétaire la possibilité de procéder à de l'ensemencement hydraulique et à la plantation d'espèces indigènes. Cette autorisation de végétaliser la rive facilitera l'augmentation du pourcentage de couvert végétal en rive dans le secteur commercial plus faiblement pourvu;

- dans le secteur résidentiel, la bande gazonnée de 1,75 m sera tondu régulièrement pour assurer l’inspection et l’entretien du mur anti-crue et aussi pour contrôler la poussée des plantes envahissantes. Les propriétaires privés seront invités à laisser pousser la végétation naturellement dans le reste de la rive. La Ville offrira des plantes indigènes que pourront se procurer les citoyens gratuitement et procéder eux-mêmes à la plantation ou avec l’aide d’un organisme sans but lucratif mandaté par la Ville de Québec pour effectuer les plantations. La Ville de Québec verra à sensibiliser et à encourager les propriétaires riverains à l’importance de la végétation riveraine.
- enfin, une reconfiguration de la rue des Ronces est prévue de manière à maximiser l’espace disponible pour la rivière et à renaturaliser la majeure partie du tracé actuel. La largeur de la rue des Ronces sera réduite au minimum (6 m pour les voies de circulation et deux 2 accotements de 0,5 m) entre la rue Michel-Fragasso et l’avenue de Vercel. La partie de la rue des Ronces située à l’est de l’intersection avec l’avenue de Vercel sera quant à elle abandonnée en totalité et renaturalisée. Le maintien de l’accès au lot commercial 4 257 866 sera assuré par le lotissement d’une future voie d’accès aménagée depuis la rue des Canetons.

3.3 POSITIONNEMENT DU MUR

3.3.1 CRITÈRES GÉNÉRAUX

Le choix de positionnement des murs anti-crue sur les différents lots est soumis à plusieurs critères généraux, dont les déclinaisons sont présentées dans les sections qui suivent :

- la protection des biens et des personnes;
- le respect des usages actuels sur les propriétés riveraines;
- le respect de la réglementation en vigueur, notamment en matière d’environnement;
- le maintien de coûts raisonnables pour les citoyens;
- la constructibilité;
- l’accessibilité pour l’inspection et l’entretien;
- l’équité pour tous.

Le strict respect de l’ensemble de ces critères n’étant pas toujours possible pour des raisons d’incompatibilité des critères entre eux, des lignes directrices pour le choix du positionnement du mur ont été élaborées, puis déclinées sous forme de schéma décisionnel. Ce processus de détermination de la position des murs anti-crue a été réalisé de concert avec les représentants des villes de Québec et de L’Ancienne-Lorette.

3.3.2 LIGNES DIRECTRICES

Les critères généraux présentés à la section 3.3.1 se déclinent sous forme des lignes directrices suivantes :

- **protéger les biens et les personnes** : les bâtiments principaux doivent être protégés et les usages associés maintenus. Les bâtiments secondaires et aménagements divers tels que les cabanons de jardin et piscine ne sont pas considérés comme des biens à protéger, car ils peuvent être déplacés. Un espace minimum de 5 m doit être maintenu, lorsque nécessaire, pour garantir l'accès à l'arrière des bâtiments et la protection incendie;
- pour le respect **des usages**, une définition différente s'applique lorsque l'on considère des lots résidentiels ou commerciaux - industriels, à savoir :
 - pour les lots commerciaux ou industriels : la soustraction d'une partie de la superficie utilisable du lot due à la présence du mur anti-crue ne doit pas compromettre la réalisation des activités en cours;
 - pour les lots résidentiels : la présence du mur anti-crue ne devrait pas isoler plus de 25 % de la superficie totale utilisable de cour arrière, dans la mesure du possible. La superficie utilisable de cour arrière est définie comme la partie du lot comprise entre la limite du bâtiment principal et la plus proche des deux limites suivantes : la limite du lot ou la limite du littoral de la rivière (en effet, aucun usage n'est possible dans le littoral des cours d'eau).
- **respecter la réglementation de zonage en vigueur** : construction en dehors de la rive de la rivière. La rive est définie comme la zone située à moins de 10 m du littoral, le littoral étant quant à lui défini par le niveau de la ligne des hautes eaux (LHE);
- **assurer la pérennité de l'ouvrage** : le mur doit demeurer à une distance minimale raisonnable de la rivière qui tient compte des contraintes hydrauliques, des phénomènes d'érosion et de mobilité de la rivière et des techniques de stabilisation qui peuvent être utilisées. En aucun cas, les murs de béton ne peuvent être positionnés à moins de 2 m du haut de talus de la rivière;
- **assurer la continuité du mur** : il s'agit d'une ligne directrice en lien avec la constructibilité des murs. Il s'agit principalement d'éviter toute transition brusque dans le tracé;
- **assurer l'équité** : appliquer ces lignes directrices de la même manière pour tous.

3.3.3 SCHÉMA DÉCISIONNEL

Afin de garantir une application juste et équitable des critères exposés dans les lignes directrices présentées à la section 3.3.2, un schéma décisionnel a été établi de concert avec les représentants des villes de Québec et de L'Ancienne-Lorette (Figure 3.6). Ce schéma décline, étape par étape, le processus menant au choix final de l'emplacement du mur. Ce schéma établit donc un ordre de priorité dans l'application des critères. Les incompatibilités entre certains critères, lorsqu'elles sont rencontrées, sont ainsi résolues.

Les cartes 3.0A à 3.3 présentent la localisation des murs anti-crue sur l'ensemble des lots concernés. Les pourcentages de cours arrière, dont l'accès est rendu plus difficile du fait de la présence des murs, y sont également indiqués. À l'annexe 3, est présenté un tableau résumé précisant la nature des travaux sur chacun des lots de la zone d'étude et, pour les lots où un mur est projeté, l'application du schéma décisionnel y est aussi précisée sur des fiches individuelles spécifiques.

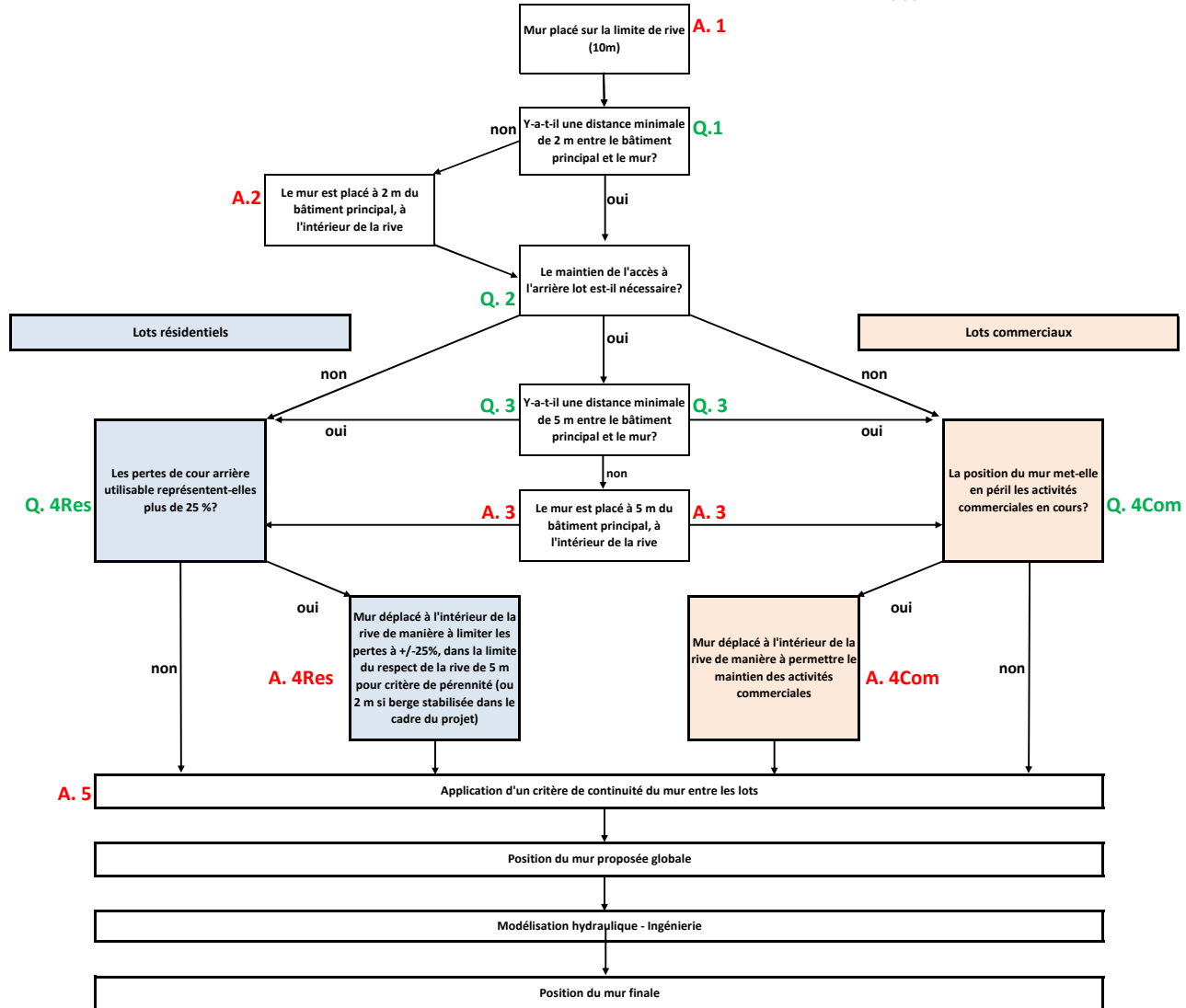


Figure 3-6 Schéma décisionnel établissant le processus de détermination du positionnement des murs anti-crue

3.4 AMÉLIORATION DES ÉCOULEMENTS EN CRUE

En complément de la construction de murs anti-crue, des interventions ponctuelles ciblées sont prévues afin de limiter le rehaussement des niveaux lors des crues en raison du fait que celles-ci sont contenues dans un espace plus restreint.

Ces interventions ponctuelles ont été étudiées et analysées à l'aide du modèle numérique 2D des écoulements mis en œuvre dans le cadre du projet et dont les détails sont présentés à l'annexe 4. Ainsi, pour les différentes interventions étudiées, le modèle a permis d'évaluer les gains hydrauliques (baisse du niveau d'eau, impact sur les vitesses, etc.) ce qui a permis d'optimiser le concept dans une optique de limiter les interventions dans le littoral tout en assurant une équité de protection contre les inondations.

3.4.1 RECONSTRUCTION DE PONTS

Dans le but d'améliorer les écoulements lors des crues, plusieurs ponts ont fait ou feront l'objet d'une reconstruction complète qui permettra d'en augmenter significativement l'ouverture hydraulique.

Neuf ponts sont présents dans le secteur du projet :

- **le pont de l'Accueil du boulevard Masson** : les travaux de reconstruction de ce pont font partie du projet et constituent la phase 1 de l'étude d'impact environnementale (WSP, 2019). Sa reconstruction a débuté en 2020 et sera complétée à l'été 2021;
- **le pont de la Maison-O'Neill, aussi nommé pont du boulevard Wilfrid-Hamel « Est »** : l'option de reconstruire ce pont dans le cadre du présent projet a été analysée. Cependant, étant donné le très bon état de cet ouvrage, il a été décidé de le conserver. De plus, lorsque le pont aura atteint la fin de sa vie utile, l'Agglomération de Québec s'est engagée à ce que celui-ci soit reconstruit de façon à permettre le passage sécuritaire d'un débit d'au moins 88,5 m³/s (ENG-74);
- **les ponts du boulevard du Parc-Technologique (2 ponts)** : ils pourront être maintenus en raison de leur capacité hydraulique suffisante;
- **le pont de l'avenue Saint-Jean-Baptiste** : il pourra être maintenu en raison de sa capacité suffisante à la suite de la reconstruction des ponts de l'autoroute Henri-IV;
- **le pont des Méandres de la rue Michel-Fragasso** : il a d'ores et déjà été démolé lors des travaux d'urgence réalisés en 2013 visant à favoriser le passage des crues, puis reconstruit en 2015 avec une ouverture hydraulique nettement supérieure. Il n'est désormais plus une contrainte pour le passage de la crue centennale;
- **le pont du boulevard Wilfrid-Hamel « Ouest »** : il a d'ores et déjà été reconstruit en 2017. Sa nouvelle configuration est considérée dans le projet présenté dans ce rapport, mais c'est le ministère des Transports du Québec (MTQ) qui a assumé la responsabilité de sa reconstruction. La conception du nouveau pont respecte les objectifs établis ici de libre passage de la crue centennale. La coordination en cours entre la Ville de Québec et le MTQ est garante de la cohérence dans les projets conjoints de reconstruction du pont et de protection permanente contre les inondations.

Par ailleurs, il est important de noter que le MTQ a déjà procédé à la reconstruction des deux **ponts de l'autoroute Henri-IV** situés dans le secteur d'étude. Là encore, la coordination étroite entre les représentants du MTQ et ceux de la Ville de Québec a assuré une reconstruction selon des critères uniformes à ceux utilisés dans le projet de protection permanente contre les débordements.

Le Tableau 3.5 présente une synthèse des dimensions de l'ouverture hydraulique de chacun des ponts en conditions initiales et actuelles

Tableau 3.5 Synthèse des dimensions initiales et actuelles (2021) des ponts

| LOCALISATION | CONFIGURATION | LARGEUR ENTRE LES CULÉES (m) | OUVERTURE PERPENDICULAIRE À L'ÉCOULEMENT (m) | ÉLÉVATION DU SOFFITE (m) |
|--|----------------------|------------------------------|--|--------------------------|
| Boulevard Wilfrid-Hamel « Ouest » | Initiale | 14,2 | 13,6 | 15,66 |
| | Actuelle | 19,8 | 19,0 | 16,64 |
| Pont de la rue Michel-Fragasso (pont des Méandres) | Initiale | 13,9 | 13,9 | 15,00 |
| | Actuelle | 19,6 | 19,0 | 16,20 |
| Pont de la rue Saint-Jean-Baptiste | Initiale et actuelle | 13,8 | 13,8 | 14,70 |
| Autoroute Henri-IV (A73) (2 ponts) | Initiale | 13,3 | 12,2 | 14,10 |
| | Actuelle | 22,0 | 24,4 | 15,52 |
| Boulevard du Parc-Technologique – direction sud | Initiale et actuelle | 15,2 | 15,0 | 14,70 |
| Boulevard Wilfrid-Hamel « Est » Pont de la Maison-O'Neill | Initiale et actuelle | 18,0 | 11,2 | 12,80 |
| Boulevard Masson (pont de l'Accueil) | Initiale | 11,6 | 11,5 | 12,50 |
| | Actuelle | 19,6 | 19,6 | 12,72 |

3.4.2 INTERVENTIONS LOCALES DANS LE LIT DE LA RIVIÈRE ET RÉAMÉNAGEMENT DE COURBES

3.4.2.1 CONCEPT

Pour l'ensemble du secteur des projets, quatre tronçons ont été identifiés pour des interventions locales visant à garantir une section d'écoulement suffisante et à faciliter le passage des crues. De l'aval vers l'amont :

- **dans le méandre situé à l'amont immédiat du pont des Méandres, entre les PK 2+850 et 2+900** : ici, le réaménagement consiste en un léger déplacement du lit de la rivière vers la rive gauche en vue de permettre la réalisation des travaux de stabilisation par enrochement végétalisé de la rive droite (voir détails à la section 3.5) sans réduction de la section d'écoulement du lit mineur principal. En effet, la stabilisation de la rive droite avec une pente maximale de 1,5 (H) pour 1 (V) conduit à un faible empiètement dans le lit de la rivière, les pentes de talus actuelles étant plus abruptes que celles projetées (érosion en cours et rive stabilisée en 2013 à l'occasion des travaux d'urgence au moyen d'un mur vertical de blocs de béton). La coupe type de l'aménagement est présentée à la Figure 3.15;

- **dans la courbe située au droit du pont du boulevard Wilfrid-Hamel, entre les PK 3+230 et 3+360** : le réaménagement de la courbe, qui présente actuellement un angle proche de 90°, permettra de réduire considérablement les pertes de charge lors des crues et facilitera les écoulements à l'approche du pont du boulevard Wilfrid-Hamel. Le rayon de la courbe sera augmenté significativement par un reprofilage de la berge extérieure (rive gauche) qui provoquera un empiètement dans le lit de la rivière, et par la reconstitution d'une nouvelle berge en rive droite à l'intérieur de la courbe qui permettra de compenser cet empiètement et même d'augmenter la section d'écoulement. La berge de la rive gauche (extérieur de la courbe), soumise à des contraintes hydrauliques importantes, sera stabilisée par un enrochement végétalisé et présentera une pente de 1,5 (H) pour 1 (V) (voir détails à la section 3.5). La berge de la rive droite (intérieur de la courbe) sera quant à elle peu sollicitée en crue et sera stabilisée uniquement au moyen de techniques de génie végétal (voir détails à la section 3.5). La pente du talus de la rive droite sera adoucie pour atteindre un ratio de 4 (H) pour 1 (V), réduisant ainsi les risques d'érosion et facilitant le passage des crues. La coupe type de l'aménagement est présentée à la Figure 3.17. Les gains hydrauliques sont documentés à l'annexe 4;
- **entre les PKP 3+440 et 3+540, en rive droite** : un réaménagement du talus avec une pente de 4 (H) pour 1 (V) permettra d'augmenter la section d'écoulement lors des crues et de compenser, en partie, l'effet de réduction importante des zones de débordement par les murs anti-crue. Ces travaux nécessiteront certaines acquisitions. Une transition progressive est prévue entre le secteur réaménagé en pente douce et chacune des deux extrémités où les pentes des talus prévues sont de 1,5 (H) pour 1 (V). La Figure 3.18 présente une coupe type de cet aménagement;
- **dans la courbe située à l'extrémité ouest de la rue Saint-Eugène, entre les PK 3+550 et 3+710** : dans ce secteur, le lit mineur de la rivière présente actuellement une section réduite qui génère des pertes de charge significatives et donc un rehaussement des niveaux d'eau en crue. De plus, le talus de la rive droite, soumis à d'importantes contraintes hydrauliques, devra faire l'objet d'une stabilisation par enrochement végétalisé (voir détails à la section 3.5) qui provoquera localement un empiètement au sein du lit mineur. Afin de compenser la réduction sensible de la section en rive droite et d'améliorer les conditions d'écoulement en crue, un élargissement sera effectué en rive gauche afin de maintenir une largeur d'environ 11 m pour le lit mineur sur l'ensemble du tronçon. Ce réaménagement local du lit mineur sera couplé à la création d'une plaine de débordement en rive gauche (voir détails à la section 3.4.3). La coupe type de l'aménagement est présentée à la Figure 3.19.

Les cartes 3.0A à 3.3 présentent la localisation de l'ensemble des interventions prévues en rivière et des coupes types présentées dans les différentes figures.

Les impacts hydrauliques de ces aménagements sont quant à eux présentés à l'annexe 4.

3.4.2.2 GAIN ENVIRONNEMENTAL

Pour les trois sites où des travaux de réaménagement sont prévus, le gain environnemental sera assuré par la création d'un lit présentant un substrat de qualité permettant d'améliorer la qualité de l'habitat du poisson. Pour toutes les interventions au sein du lit mineur, un mélange de sable, gravier et galets adapté à l'habitat du poisson sera utilisé pour reconstituer le fond de la rivière dans les élargissements, et ajouté au pied des talus dans les zones d'empiètement.

3.4.3 PLAINES DE DÉBORDEMENT

3.4.3.1 CONCEPT

La mise en place de plaines de débordement consiste en la création d'un plateau de faible élévation sur l'une des rives de la rivière qui permettra des débordements plus fréquents et une augmentation significative de la section d'écoulement lors des crues. Les plaines de débordement sont positionnées dans des courbes qui provoquent des pertes de charge importantes. La présence d'une plaine de débordement du côté intérieur de ces courbes garantira des écoulements plus efficaces, car plus directs en période de crue (voir annexe 4 sur les impacts hydrauliques). La limite de début de débordement sur ces plaines a été déterminée en fonction du critère de préservation de l'équilibre de la dynamique hydrosédimentaire présenté à la section 2.4.2. Il s'agit donc de permettre des débordements contrôlés à l'intérieur de certaines courbes dès lors que le débit de la rivière dépasse la valeur limite de 14 m³/s. D'après les analyses hydrologiques présentées à la section 2.1.2, ce débit est dépassé ponctuellement à 6 reprises en moyenne chaque année. Toutefois, les crues de la rivière Lorette étant de courte durée, les débordements sur les plaines prévues à cet effet ne seraient généralement qu'assez brefs. En moyenne, le débit moyen journalier de la rivière Lorette ne dépasse 14 m³/s qu'une seule journée par an selon les évaluations réalisées (au cours d'une même journée, le débit peut atteindre et dépasser 14 m³/s alors que le débit moyen de cette même journée pourrait être inférieur à 10 m³/s par exemple, car le débit augmente puis diminue rapidement en réaction aux événements de pluie, du fait de la faible taille du bassin versant et de son urbanisation. Lorsque le débit moyen journalier est supérieur à 14 m³/s, il s'agit de crues lentes ou de crues rapides dont le débit de pointe pourra être largement supérieur à 14 m³/s). Dans ces conditions, les plaines de débordement ne constitueraient pas des habitats utilisables pour la reproduction du poisson, mais seulement des aires de repos et d'alimentation lors du passage des crues.

Des travaux de génie végétal seront réalisés dans le but d'assurer une bonne couverture végétale et de limiter les risques d'érosion et l'envahissement par les espèces exotiques envahissantes. À ce sujet, une coordination étroite devra être réalisée avec les représentants de la Ville de Québec avant le démarrage des travaux afin que des interventions visant l'élimination des plantes exotiques envahissantes puissent être menées juste avant la réalisation des travaux en rivière. Dans les travaux préconisés, toute partie du sol qui sera mise à nue au cours des interventions sera densément végétalisée très rapidement. Dans certains cas, un enrochement sera mis en place en pied de talus en périphérie de la plaine de débordement (clef en enrochement) afin d'en assurer la stabilité à long terme dans les parties les plus exposées aux écoulements et à la glace.

Trois plaines de débordement sont prévues dans le projet. De l'aval vers l'amont :

- **dans la courbe située aux environs du PK 2 +050** : il s'agit de la plaine de débordement la plus petite prévue dans le projet. Elle a pour but de réduire les pertes de charge au passage des crues en limitant les changements de direction. L'élévation moyenne de cette plaine de débordement qui permettra une mise en eau autour de 14 m³/s se situe autour de 12,7 m. Les détails de l'aménagement sont présentés sur la coupe type de la Figure 3.11;
- **dans le méandre situé à l'amont immédiat du pont des Méandres, entre les PK 2+850 et 2+900** : cette plaine de débordement jouera un rôle important dans l'amélioration des écoulements en crue puisqu'elle se situe dans un secteur où les pertes de charge étaient

importantes dans les conditions initiales. Outre la réduction des pertes de charge dues aux changements de direction dans le méandre, cet aménagement permettra de créer une transition progressive des écoulements vers le pont des Méandres situé immédiatement en aval. Le gain hydraulique obtenu grâce au remplacement du pont sera ainsi accru. L'élévation moyenne de cette plaine de débordement, qui permettra une mise en eau autour de 14 m³/s, se situe autour de 13,4 m. Les détails de cette plaine de débordement sont présentés sur la coupe type de la Figure 3.15;

- **dans la courbe située à l'extrémité ouest de la rue Saint-Eugène, entre les PK 3+550 et 3+710** : cette dernière plaine de débordement est la plus importante des trois par ses dimensions. En effet, elle bordera le lit principal de la rivière Lorette sur environ 160 m. La construction de cette plaine de débordement, associée au réaménagement du lit présenté à la section 3.4.2, sera rendue possible par l'acquisition de deux terrains. L'élévation moyenne de cette plaine de débordement, qui permettra une mise en eau autour de 14 m³/s, variera graduellement de 14,2 à 14,4 m. Les détails de cette plaine de débordement sont présentés sur la coupe type de la Figure 3.19.

Notons par ailleurs que le méandre situé aux environs du PK 3+800 ne fait pas l'objet d'un aménagement spécifique. En effet, il est situé très en amont de la zone d'étude et ne permettrait pas d'obtenir un gain hydraulique suffisant pour améliorer significativement les écoulements en crue plus en amont. Les aménagements prévus plus en aval assurent déjà une amélioration importante des conditions d'écoulement au passage des crues, amélioration dont les effets restent significatifs jusqu'à l'amont du secteur d'étude, au-delà du méandre du PK 3+800.

Les cartes 3.0A à 3.3 présentent la localisation de l'ensemble des interventions prévues en rivière et des coupes types présentées dans les différentes figures.

Les impacts hydrauliques de ces aménagements sont quant à eux présentés à l'annexe 4.

3.4.3.2 GAIN ENVIRONNEMENTAL

Les plaines de débordement permettent d'augmenter significativement les surfaces d'habitat disponibles pour le poisson en période de crue. Ces zones de débordement peuvent constituer des zones d'abri et d'alimentation en période de hautes eaux. De plus, bien que les plaines de débordement soient généralement inondées sur de trop courtes périodes pour servir à la reproduction du poisson, la partie périphérique de ces plaines de débordement, plus régulièrement inondée grâce à la création de banquettes de niveau intermédiaire, pourra profiter à certaines espèces comme la perchaude dans le cadre de leur reproduction au printemps. Les différents niveaux intermédiaires (banquettes) devront être déterminés au stade de l'ingénierie détaillée en fonction des espèces ciblées et de nouvelles analyses hydrologiques.

Les plaines de débordement seront entièrement végétalisées au moyen d'espèces indigènes adaptées au contexte fluvial et aux débordements réguliers prévus. Ces plaines de débordement constitueront donc des refuges intéressants pour la faune en plus d'améliorer la qualité de la bande riveraine.

3.4.4 BRAS DE DÉCHARGE DE CRUE

3.4.4.1 CONCEPT

À l'instar des plaines de débordement présentées à la section précédente, les bras de décharge de crue ont pour vocation première la réduction des pertes de charge et donc des niveaux d'eau en crue au passage de certains méandres prononcés. Ces aménagements, qui permettent de court-circuiter partiellement des méandres uniquement lors du passage des crues importantes, permettent de limiter le rehaussement des niveaux d'eau induit par la présence des murs. En effet, les bras de décharge constituent des bras secondaires de la rivière qui, lorsqu'ils s'inondent, permettent d'augmenter la capacité hydraulique totale disponible. Les écoulements qui empruntent les bras de décharge rejoignent l'aval des méandres concernés plus rapidement, grâce à un tracé plus direct et plus court à travers l'intérieur des méandres. Le principe de maintien de l'écoulement principal dans le lit naturel actuel est identique à celui présenté à la section 3.4.3 pour les plaines de débordement. En effet, pour les bras de décharge de crue, la mise en eau se produira lorsque le débit de la rivière Lorette atteindra environ 14 m³/s (6 fois par année en moyenne). Toutefois, le concept des bras de décharge a été ajusté de manière à en faire des habitats permanents du poisson dans lesquels la présence d'eau sera assurée par refoulement depuis l'aval (voir section 3.4.4.2). Au stade de l'ingénierie détaillée, le concept des seuils de contrôle à l'entrée des bras de décharge pourra être bonifié afin de permettre un ajustement du débit limite de débordement vers le bras de décharge dans le futur.

Deux bras de décharge sont prévus dans le projet de protection permanente contre les inondations de la rivière Lorette, soit, de l'aval vers l'amont :

- **dans le méandre situé dans le secteur de la rue Flaubert, entre les PK 2+330 et 2+550** : il s'agit du plus grand méandre de la zone d'étude. Lors des crues supérieures à 14 m³/s, le bras de décharge permettra à une partie des écoulements de rejoindre l'aval du méandre après un parcours de seulement 115 m au lieu des 220 m nécessaires actuellement. Le contrôle des débits entrant dans le bras de décharge sera assuré par un seuil en enrochement dont la crête est positionnée à l'élévation 12,95 m. L'orientation de ce seuil par rapport à l'axe de la rivière a été définie de manière à assurer une transition progressive vers le bras de décharge, favorable à une répartition optimale des débits entre le bras naturel et le bras de décharge. De plus, la connexion amont des bras de décharge au lit naturel est couplée à un réaménagement local du lit afin d'augmenter progressivement la section d'écoulement à l'approche de l'ouvrage. Ceci permet de limiter les augmentations de vitesse immédiatement en amont de la connexion. Une fosse de dissipation d'énergie sera construite en aval du seuil. Le nouveau chenal creusé en aval aura une largeur d'environ 5 m, ce qui permettra le maintien de vitesses suffisantes lors des crues afin de limiter les dépôts de sédiments. En crue biennale, les vitesses moyennes seront de l'ordre de 0,75 m/s. Les pentes de talus ne devront pas excéder 2 (H) pour 1 (V). En dehors du seuil et de la fosse de dissipation qui seront enrochés, la stabilisation des nouveaux talus sera assurée entièrement par des techniques de génie végétal. Les ajouts au concept hydraulique en vue d'une valorisation environnementale sont présentés à la section 3.4.4.2. La Figure 3.16 et la Figure 3.15 présentent respectivement un profil en long de l'aménagement et une coupe type. La Figure 3.10 présente quant à elle la répartition des vitesses dans le bras de décharge pour une crue biennale;

- **dans le premier méandre situé en aval du pont Wilfrid-Hamel, entre les PK 2+990 et 3+110** : ce bras de décharge sera de dimensions plus modestes. Il permettra à une partie des écoulements, au-delà de 14 m³/s, de rejoindre l'aval du méandre après un parcours de 75 m au lieu des 120 m nécessaires actuellement. Le contrôle des débits entrant dans le bras de décharge sera également assuré par un seuil en enrochement dont la crête est quant à elle positionnée à l'élévation 13,60 m. Tout comme pour le bras de décharge situé dans le secteur de la rue Flaubert en aval, l'orientation du seuil par rapport à l'axe de la rivière a été définie de manière à assurer une transition progressive vers le bras de décharge. Une fosse de dissipation d'énergie sera aussi construite en aval du seuil et le nouveau chenal creusé aura une largeur d'environ 5 m. En crue biennale, les vitesses moyennes seront de l'ordre de 0,90 m/s. Les pentes de talus ne devront pas excéder 2 (H) pour 1 (V). En dehors du seuil et de la fosse de dissipation qui seront enrochés, la stabilisation des nouveaux talus sera assurée entièrement par des techniques de génie végétal. Les ajouts au concept hydraulique en vue d'une valorisation environnementale sont présentés à la section 3.4.4.2. La Figure 3.16 et la Figure 3.19 présentent respectivement un profil en long de l'aménagement et une coupe type. La Figure 3.11 présente quant à elle la répartition des vitesses dans le bras de décharge pour une crue biennale.

Les cartes 3.0a à 3.3 présentent la localisation de l'ensemble des interventions prévues en rivière et des coupes types présentées dans les différentes figures.

Les impacts hydrauliques de ces aménagements sont quant à eux présentés à l'annexe 4.

3.4.4.2 GAIN ENVIRONNEMENTAL

Tel qu'énoncé dans la présentation du concept, le concept des bras de décharge a été adapté de manière à créer des habitats d'intérêt pour la faune aquatique et terrestre. Les bras de décharge, dont l'objectif hydraulique de réduction des niveaux d'eau est atteint par des mises en eau occasionnelles depuis l'amont, seront toutefois creusés de sorte à maintenir en tout temps un niveau d'eau minimum garanti par un refoulement depuis la rivière en aval. Les bras de décharge deviendront donc des habitats aquatiques permanents et seront soumis à la réglementation de la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables*, garantissant ainsi la protection de cet espace aménagé à long terme.

Par ce mode de fonctionnement, les bras de décharge s'apparentent à des bras morts ou annexes hydrauliques que l'on retrouve naturellement sur les cours d'eau qui présentent une dynamique morphologique importante (bras abandonnés par la rivière, mais toujours connectés à celle-ci et n'étant sollicités par des écoulements actifs qu'en période de crue). De telles annexes hydrauliques sont généralement réputées pour la qualité des habitats qu'elles représentent, aussi bien pour le poisson (zone d'alimentation, de fraie pour certaines espèces et de repos).

La fosse de dissipation d'énergie nécessaire à la sortie de chacun des seuils de contrôle sera ainsi surcreusée de manière à garantir une profondeur de l'ordre de 1 m en période d'étiage. En hiver, de telles zones plus profondes pourront constituer des refuges de choix pour les poissons de la rivière Lorette où les fosses naturelles sont rares. Dans le chenal d'écoulement des bras de décharge, le niveau du fond sera déterminé de manière à maintenir une lame d'eau de l'ordre de 30 cm tout au long de l'année.

De plus, dans le concept du bras de décharge le plus en aval (secteur de la rue Flaubert) où les emprises disponibles sont plus importantes, un bras secondaire a été intégré au concept afin de diversifier encore les types d'habitats disponibles. Ce bras secondaire sera normalement à sec et pourra être conçu de manière à en faire un milieu propice, par exemple, à la reproduction de certaines espèces de poissons comme la perchaude. À cet effet, lors de l'ingénierie détaillée, une élévation devra être déterminée pour le fond de ce chenal afin d'assurer une mise en eau par l'aval (et l'amont lorsque les débits excèdent $14 \text{ m}^3/\text{s}$), durant les périodes et pendant des durées établies en fonction des objectifs fauniques ciblés. L'inondation de ce bras secondaire pourrait, par exemple, être obtenue par l'aval à partir d'un débit de $5 \text{ m}^3/\text{s}$, ce qui assurerait une inondation en moyenne 15 à 20 % du temps (9 à 12 jours) au printemps lors de la reproduction de certaines espèces.

À chaque type d'habitat reconstitué seront associées des plantations de végétaux indigènes adaptés et propices au développement de la faune.

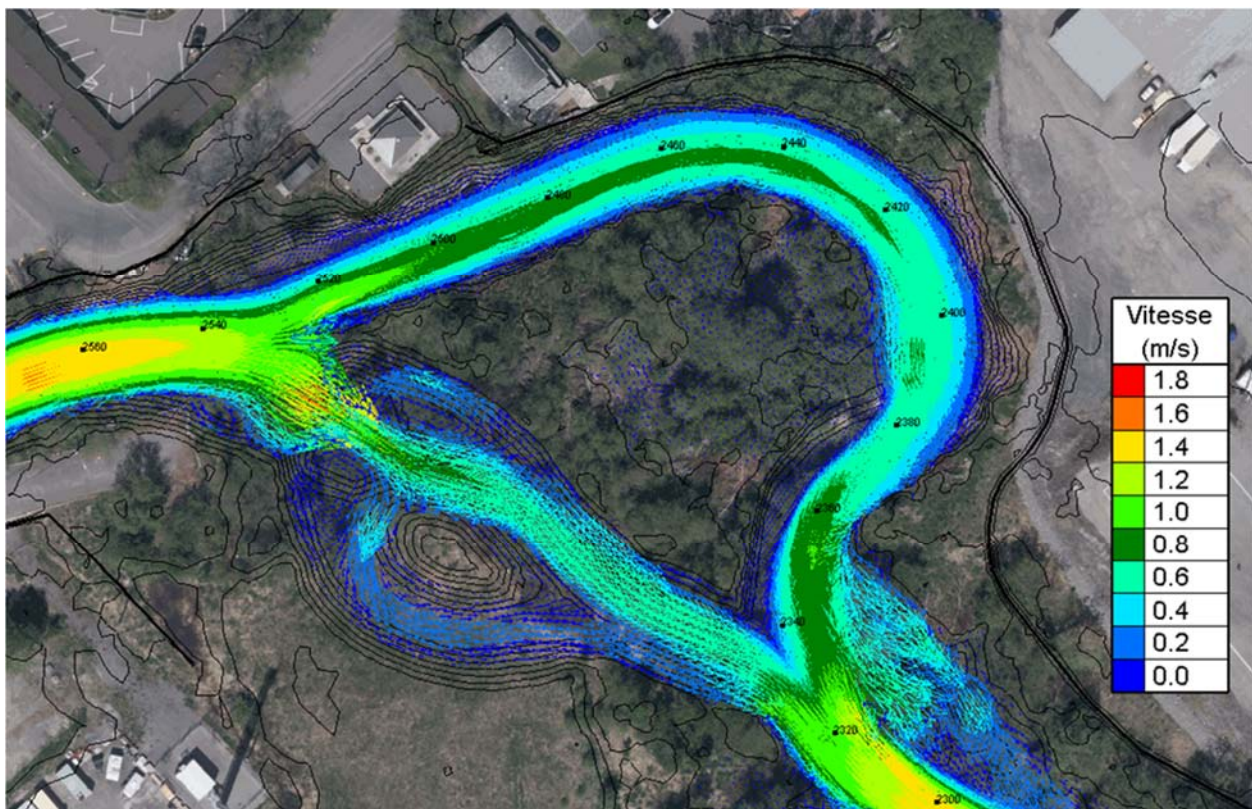


Figure 3.7 Vitesses d'écoulement en crue biennale dans le bras de décharge du secteur de la rue Flaubert (PK 2+330 à 2+550)

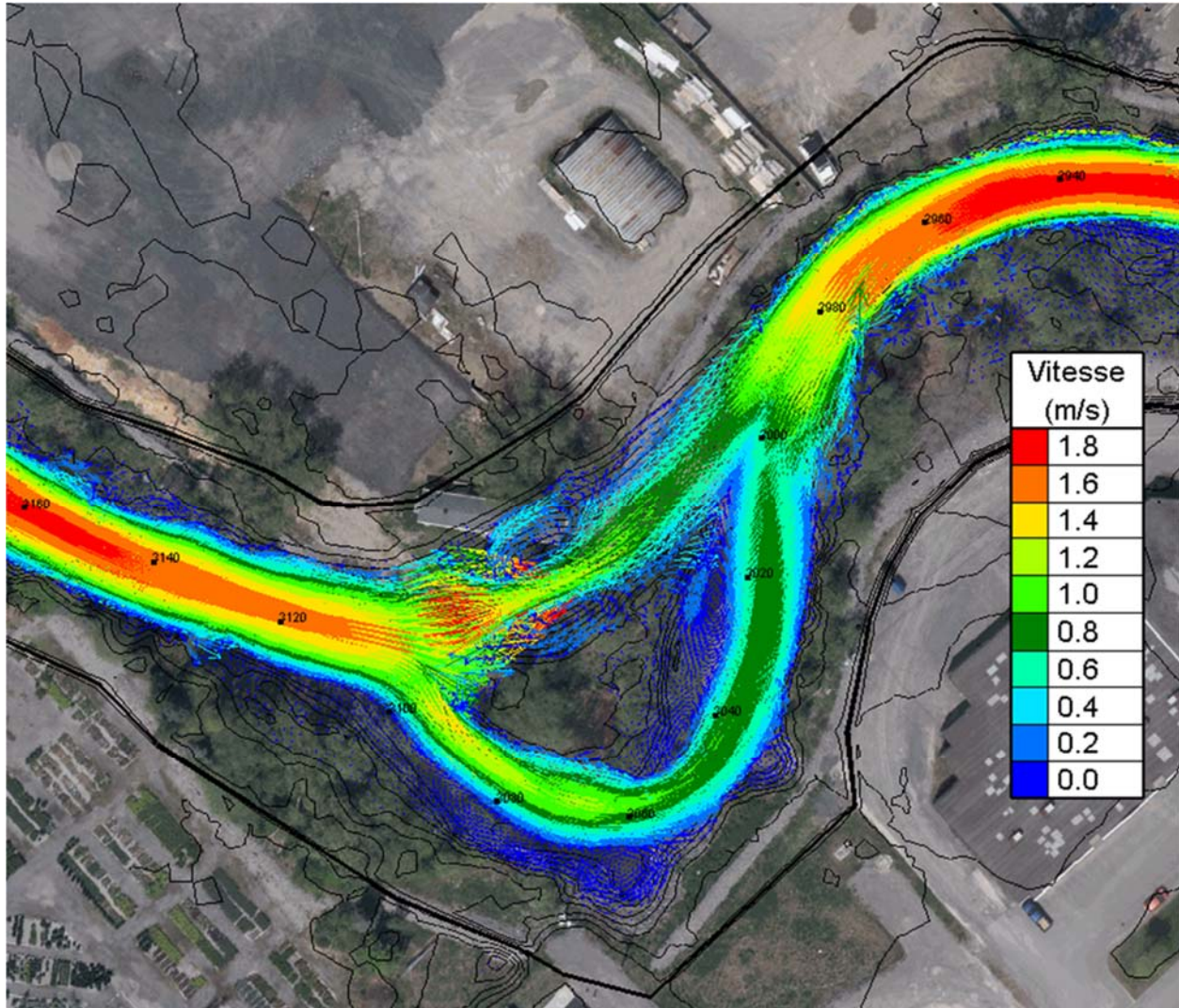


Figure 3.8 Vitesses d'écoulement en crue biennale dans le bras de décharge du méandre situé dans le secteur de la rue Rideau entre les PK 2+990 et 3+110

3.5 STABILISATION ET PROTECTION DES TALUS

3.5.1 CONCEPT

Des travaux de stabilisation et de protection des talus sont prévus dès lors qu'un risque d'érosion pouvant mettre en péril la pérennité des murs anti-crue est identifié. Ce risque d'érosion a été mis en évidence, d'une part à partir des résultats de modélisation présentés à l'annexe 4 (vitesses d'écoulement), d'autre part, grâce à l'étude hydromorphologique réalisée, présentée à l'annexe 6 de l'addenda de l'étude d'impact (juillet 2016), et enfin, grâce aux informations recueillies sur le terrain. De plus, des mesures de protection des talus ont été

prévues sur l'ensemble des tronçons ciblés pour les travaux de réaménagement local (section 3.4.2), de plaines de débordement (section 3.4.3) et les bras de décharge (section 3.4.4), où un reprofilage de talus est nécessaire.

PROTECTION EN ENROCHEMENT

Des travaux d'enrochement de stabilisation pour les talus sont prévus dans les cas suivants :

- lorsque la distance entre le mur et la rivière est inférieure à 5 m : dans ce cas, l'enrochement sera réalisé jusqu'en haut de talus afin de garantir qu'aucun recul du talus ne puisse survenir à long terme;
- lorsque le mur est situé à proximité d'un tronçon de la rivière identifié historiquement comme mobile et où une distance, même de 10 m, entre le mur et la rivière, ne permettrait pas de garantir la pérennité du mur à long terme sans une protection de talus en enrochement réalisée dans les règles de l'art. Dans ce cas, l'enrochement de protection sera construit jusqu'au niveau de la crue biennale;
- le long des palplanches afin de reconstituer une berge et d'assurer la pérennité de l'ouvrage à moindre coût. L'enrochement sera alors construit jusqu'au niveau de crue biennale;
- dans le cadre de l'aménagement des bras de décharge de crue, de part et d'autre du seuil de contrôle et dans la fosse de dissipation d'énergie. L'enrochement y sera construit jusqu'en haut de talus étant donné les contraintes hydrauliques importantes en présence.

Parmi les secteurs visés par des travaux d'enrochement, plusieurs tronçons sont actuellement déjà pourvus d'ouvrages de stabilisation. Toutefois, la plupart de ces ouvrages de stabilisation existants sont en mauvais état et ne peuvent permettre de garantir la pérennité du mur qui sera situé en arrière à long terme. Ces ouvrages sont, par exemple, des murs de gabions (secteur PK 3+660 en rive droite et PK 3+320 en rive gauche) ou des enrochements non construits selon les règles de l'art (par exemple autour du 3+740, en rive gauche). Tous les enrochements mis en place seront végétalisés, depuis le niveau moyen de la rivière (sous lequel la végétation ne pourrait tenir) et jusqu'en haut de la protection, et ce, afin d'en améliorer l'intégration paysagère et la valeur environnementale.

STABILISATION PAR TECHNIQUES DE GÉNIE VÉGÉTAL

Des mesures de protection de berge par techniques de génie végétal seront mises en place afin de garantir la stabilité dans les cas suivants :

- lorsque les pentes de talus sont inférieures à 2 (H) pour 1 (V) et que les vitesses d'écoulement demeurent de l'ordre de 1 m/s ou moins;
- sur les plateaux des plaines de débordement et leurs talus extérieurs où les risques d'érosion sont limités;
- dans les bras de décharge de crue en aval des fosses de dissipation d'énergie.

Parmi les techniques retenues, notons l'utilisation de lit de branches et de fagots pour les parties les plus exposées aux écoulements et la réalisation de plantations de végétaux en pochettes et d'arbustes dans les autres.

La localisation des différents secteurs visés par des travaux de stabilisation de talus est présentée sur les cartes 3.0A à 3.3.

3.5.2 GAIN ENVIRONNEMENTAL

Afin d'améliorer la qualité des habitats aquatiques, les travaux de stabilisation de talus seront couplés à :

- l'ajout de microépis en enrochement en pied de talus visant à favoriser la diversité des faciès d'écoulement dans les secteurs rectilignes, comme par exemple en rive gauche le long du mur de palplanches entre les PK 2+620 et 2+760;
- une végétalisation systématique des talus concernés par les travaux. De plus, pour lutter contre l'envahissement par les espèces exotiques envahissantes, une coordination étroite devra être réalisée avec les représentants de la Ville de Québec avant le démarrage des travaux afin que des interventions visant l'élimination des plantes exotiques envahissantes puissent être menées juste avant la réalisation des travaux en rivière. Dans les travaux préconisés, toute partie du sol qui sera mise à nue au cours des interventions sera densément végétalisée très rapidement;
- l'ajout de substrat propice à l'alimentation et à la reproduction du poisson (mélange de sable, graviers et galets) le long du pied de talus dans tous les secteurs concernés par des travaux de stabilisation, hormis dans les secteurs où les vitesses d'écoulement, trop importantes, ne permettraient pas le maintien d'un tel substrat.

Par ailleurs, sur le territoire de la Ville de L'Ancienne-Lorette, à l'intérieur du méandre situé au PK 3+780, il a été décidé de ne pas remplacer les ouvrages de stabilisation existants, qui sont très fortement sollicités en crue, mais plutôt de repousser le mur anti-crue plus loin de la rivière afin d'en assurer la pérennité à long terme considérant la possibilité de reprise de l'activité morphodynamique de la rivière dans ce secteur (recouplement de méandre). Ce choix permet de préserver un espace de mobilité à la rivière.

3.6 DRAINAGE DES ARRIÈRE-LOTS

La présence d'un mur anti-crue continu dans les arrières-lots exige de prévoir des dispositifs permettant de garantir un bon drainage des eaux pluviales pour les surfaces initialement drainées directement vers la rivière et qui en seront déconnectées dans le cadre du projet. Le drainage d'arrière-lots a été étudié d'une manière globale pour l'ensemble du projet. Il devra donc être révisé et approfondi à l'ingénierie détaillée à l'échelle du lot.

Le principe retenu est celui d'une tranchée drainante qui permettra de gérer localement les apports d'eau pluviale, en favorisant l'infiltration. Un drain perforé à l'intérieur d'une tranchée de pierre nette entouré d'un géotextile sera mis en place au pied du mur du côté des propriétés. Cette tranchée drainante, d'une largeur de 0,6 m et d'une hauteur variable, sera aménagée dans l'emprise permanente de 1,75 m maintenue de part et d'autre du mur. Ce drainage sera raccordé au réseau pluvial existant là où des raccordements gravitaires sont possibles. Sinon, des puits d'infiltration pourront être mis en place localement pour gérer le surplus d'eau captée. La Figure 3.1 et la Figure 3.4 présentent le concept de tranchée drainante retenu.

3.7 INTERVENTIONS PONCTUELLES SUR LES ÉMISSAIRES DU POSTE DE POMPAGE RIDEAU

Le poste de pompage des eaux pluviales de la rue Rideau est associé à deux émissaires en rivière. Ces émissaires ont été construits légèrement en retrait du lit de la rivière et de la zone d'écoulement dynamique, au sein d'un talus stabilisé par un enrochement. Le fait que les émissaires soient en retrait de la zone d'écoulement principal de la rivière crée des zones de recirculation importante en période de crue à la sortie des émissaires, ce qui se traduit par d'importantes accumulations de sédiments, nuisibles au bon fonctionnement des réseaux. Afin de corriger cette situation, profitant des interventions à réaliser par ailleurs sur l'enrochement (voir section 3.8), un prolongement des émissaires et une reprise ponctuelle de l'enrochement dans le talus seront réalisés.

3.8 VÉGÉTALISATION D'ENROCHEMENTS EXISTANTS

Plusieurs secteurs ont fait l'objet de travaux de stabilisation par enrochement au cours des dernières années. Ces enrochements répondent aux règles de l'art en matière de conception et ne devront pas faire l'objet d'un remplacement dans le cadre du projet. Toutefois, dans le cadre de la mise en valeur de la rivière, des travaux de plantation sont prévus dans le but de végétaliser l'ensemble de ces enrochements préexistants. Il s'agit des tronçons suivants :

- PK 3+360 à 3+400, en rive gauche : enrochement mis en place dans le cadre des travaux d'urgence en 2013 et de la reconstruction du poste de pompage de la rue Drolet;
- PK 3+040 à 3+070, en rive droite : enrochement mis en place dans le cadre de la construction du poste Rideau et des émissaires associés;
- PK 2+780 à 2+850, en rive droite : enrochement mis en place dans le cadre des travaux d'urgence réalisés en 2013;
- PK 2+740 à 2+820, en rive gauche : enrochement mis en place dans le cadre de la reconstruction du pont des Méandres en 2015;
- PK 2+590 à 2+610, sur les deux rives : enrochement mis en place dans le cadre des travaux d'urgence réalisés en 2013;
- PK 2+480 à 2+520, sur la rive gauche : enrochement mis en place lors de la construction du poste de pompage Flaubert.

3.9 PHASAGE DES TRAVAUX (QC-29, QC-30 ET QC-41)

Les travaux se dérouleront sur deux années consécutives. Il est primordial que l'ensemble des travaux en rivière soit effectué dès la première année, avant le début de la construction des murs. En effet, la capacité hydraulique de la rivière en conditions projetées doit être garantie avant la mise en place des murs, sous peine d'amplifier les risques de débordement dans le cas contraire. De plus, pour des critères de constructibilité, il est nettement préférable de réaliser tous les travaux en rivière avant de mettre en place les murs qui constitueront des entraves supplémentaires pour l'accès à la rivière avec de la machinerie. Finalement, le phasage des travaux est prévu comme suit :

- **travaux 2021 :**
 - fin de la reconstruction du pont de l'Accueil (Masson). Phase 1 de la présente étude d'impact environnementale.
- **travaux 2023-2024 :**
 - **PHASE 2.1 :**
 - construction des plaines de débordement;
 - construction des bras de décharge de crue;
 - travaux de réaménagement local;
 - travaux de stabilisation des talus additionnels;
 - travaux de plantation et de végétalisation.
 - **PHASE 2.2 :**
 - construction des murs anti-crue en progressant de l'amont vers l'aval. Ce sens de progression permet de protéger rapidement les premiers citoyens en garantissant immédiatement l'efficacité du mur. Dans le cas d'une progression de l'aval vers l'amont, les citoyens de l'aval ne profiteraient pas de la protection tant que le mur ne serait pas complété à 100 % puisque des débordements en amont du secteur protégé par les murs pourraient les inonder. De plus, les murs construits en aval génèreraient une augmentation des niveaux d'eau en amont et donc une aggravation potentielle des débordements et inondations dans les secteurs où le mur ne serait pas encore construit;
 - renaturalisation des rives entre la rivière et le mur dans les secteurs ciblés (voir section 3.2.4);
 - reprise des plantations, si nécessaire, pour les travaux dans le littoral réalisés en 2023.

L'ensemble des travaux requis devrait pouvoir être réalisé entre le printemps et l'automne, évitant ainsi les contraintes liées à des travaux d'hiver.

3.10 ESTIMATION DES COÛTS DES TRAVAUX ET D'ENTRETIEN

Un sommaire de l'estimation des coûts des travaux est présenté au Tableau 3.6. Les éléments exclus de l'estimation ainsi que les principales hypothèses sont ensuite précisés.

Tableau 3.6 Synthèse de l'estimation des coûts des travaux et d'entretien

| | TRAVAUX | ESTIMATION DES COÛTS DES TRAVAUX ¹ (\$ excluant les taxes) |
|--|--|---|
| TRAVAUX EN RIVES | Mise en place d'un muret anti-crue en béton incluant le drainage d'arrière-lot Secteur amont de l'autoroute Henri-IV 1 415 m. l. en rive gauche / 1 426 m. l. en rive droite | 7 620 000 |
| | Secteur aval de l'autoroute Henri-IV 36 m. l. en rive gauche / 223 m. l. en rive droite | 675 000 |
| | Stabilisation de rive à long terme (palplanches) Secteur amont de l'autoroute Henri-IV 124 m en rive gauche (secteurs Michel-Fragasso à Flaubert) | 1 460 000 |
| | Secteur aval de l'autoroute Henri-IV 58 m en rive gauche et 120 m en rive droite | 2 100 000 |
| | Démantèlement des digues temporaires et sacs de sable | 315 000 |
| | Réaménagement rue des Ronces et rue Blier | 336 000 |
| TRAVAUX EN RIVIÈRE | Bras de décharge PK 2+530 | 882 000 |
| | Bras de décharge PK 3+110 | 567 000 |
| | Plaine de débordement PK 2+050 | 179 000 |
| | Plaine de débordement PK 2+880 | 294 000 |
| | Plaine de débordement PK 3+617 | 515 000 |
| | Reprofilage PK 3+480 (secteur des motels) | 252 000 |
| | Reconfiguration de la courbe de rivière en amont du pont du boulevard Wilfrid-Hamel (entre les PK 3+200 et PK 3+350) | 515 000 |
| | Stabilisation localisée des talus incluant : reprofilage enrochement de protection, génie végétal et renaturalisation des rives Secteur amont de l'autoroute Henri-IV 440 m en rive gauche et 380 m en rive droite | 2 376 000 |
| | Secteur aval de l'autoroute Henri-IV 100 m en rive gauche et 140 m en rive droite | 64 000 |
| <i>Sous-total Travaux en rives :</i> | | 12 506 000 |
| <i>Sous-total Travaux en rivière :</i> | | 6 220 000 |
| Total travaux : | | 18 726 000 |
| Contingences travaux (20 %) : | | 3 745 200 |
| Taxes (T.P.S. et T.V.Q.) : | | 3 365 062 |
| GRAND TOTAL : | | 25 836 262 |

1 Un montant de 3,3 millions incluant les taxes devra être prévu pour l'inspection et l'entretien des murs anti-crue (en dollars 2021, sur une période de 20 ans, inflation 3 %/an).

Il est important de noter que les éléments suivants sont exclus de l'estimation préliminaire présentée au Tableau 3.6 :

- le coût des démolitions;
- les coûts liés aux transactions immobilières diverses;
- les travaux d'éventuelles modifications aux infrastructures d'aqueduc et d'égouts localisées sous le lit de la rivière;

- le coût des contrôles et automatisation (instruments mis en place dans le cadre de la gestion en temps réel de la rivière Lorette);
- la réalisation des études exploratoires (géotechnique, arpentage pour ingénierie détaillée et arpentage légal);
- le taux d’inflation par rapport à la date de réalisation des travaux.

Les deux différents types de murs anti-crue ont été estimés séparément pour obtenir un prix au mètre linéaire applicable par un incrément de hauteur. Celle-ci a été obtenue à la suite de la modélisation du niveau d’eau de la crue centennale avec une revanche de 30 cm par rapport au terrain naturel sous le mur projeté.

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.

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.

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, une contingence de 20 % est appliquée à l’ensemble des travaux.

3.11 ACCÈS AU CHANTIER ET AIRES D’ENTREPOSAGE (QC-42 ET QC-43)

Les accès au chantier et les aires d’entreposage potentielles pour le projet sont présentés sur la Carte 3.4.

Étant donné que les travaux sont réalisés en zone urbanisée, la localisation des zones d’accès temporaires et des aires d’entreposage est un enjeu majeur pour la logistique de construction. Puisque les abords de la rivière sont urbanisés, plusieurs petits sites d’entreposage devraient être prioritaires et une machinerie de petite taille, lorsque possible, devrait être envisagée. Une analyse sommaire de ces aspects a été réalisée.

Puisque 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 qu’un certain volume d’enrochement et de 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'emprunt pourraient y être entreposés. De plus, il est possible que les matériaux d'excavation gorgés d'eau doivent être entreposés sur les sites de dépôt afin de les assécher avant de les transporter définitivement, et ce, afin de minimiser le "salissage" des rues.

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

Le secteur en amont du pont Wilfrid-Hamel offre peu de possibilités pour les aires d'entreposage puisqu'il est majoritairement résidentiel. Les extrémités des rues Saint-Eugène, Blier et Drolet pourront cependant permettre d'aménager des accès temporaires pour les travaux, et les ronds-points pourront servir, en partie, d'aire d'entreposage tel que fait précédemment lors des travaux d'urgence temporaire en 2013. Certains accès devront cependant être aménagés sur les terrains des propriétés acquises par la ville de Québec dans le cadre du présent projet sur des propriétés privées.

En aval du pont Wilfrid-Hamel, le secteur étant commercial, offre quant à lui plus de possibilités pour les aires d'entreposage et les zones d'accès. En rive gauche, le bras de décharge au PK 3+110 et la plaine de débordement au PK 2+880 pourront être utilisés. Le secteur de la rue des Ronces et de la rue Flaubert pourra être utilisé tel que lors des travaux d'urgence pour les mesures temporaires contre les inondations en 2013.

Les secteurs de la rue Michel-Fragasso et de l'avenue Saint-Jean-Baptiste, localisés en rive droite, offrent des possibilités intéressantes concernant les superficies disponibles et les zones d'accès. 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 dépôt.

Les sédiments retirés seront entreposés, dans la mesure du possible, à l'extérieur de la bande riveraine (à plus de 10 m du cours d'eau) et éliminés selon la grille de gestion des sols excavés intérimaire de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*. La Figure 3.9 Figure 3.9 présente les aires d'entreposage des sédiments recommandés.

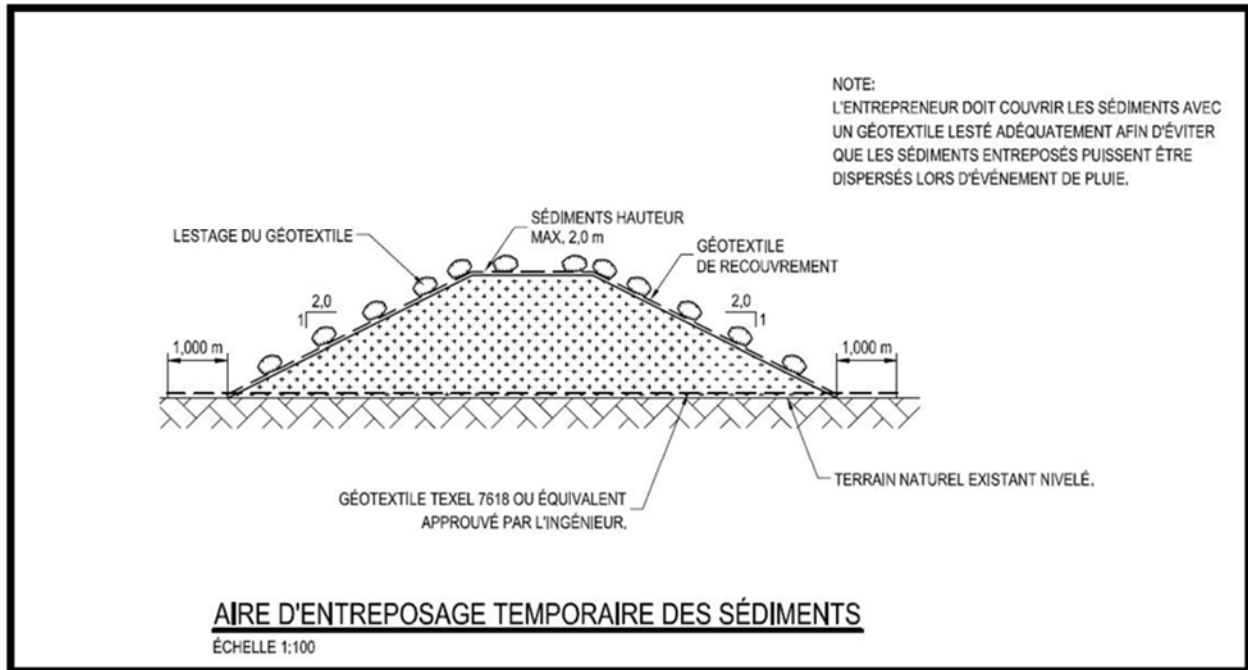


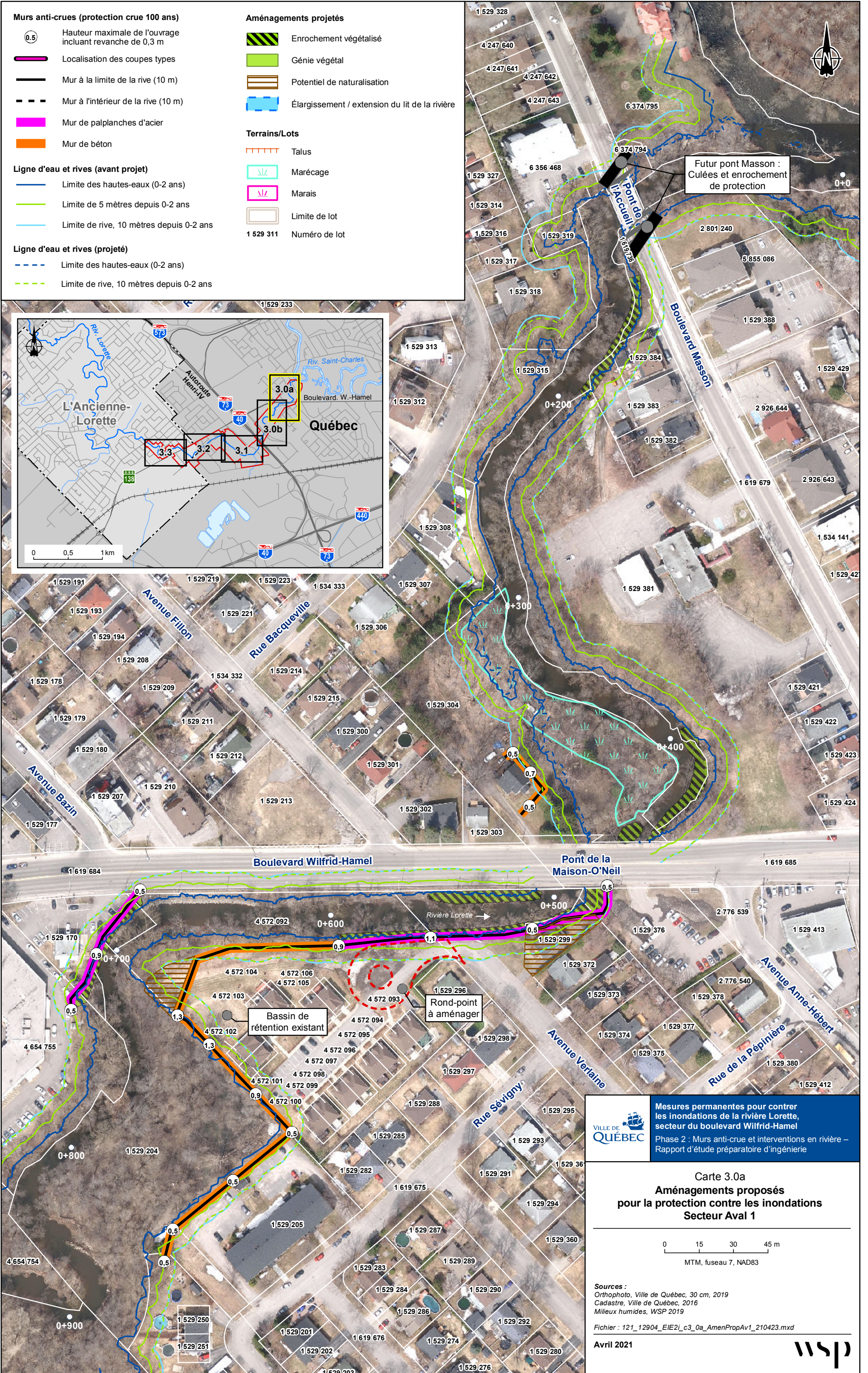
Figure 3.9 Aires d'entreposage temporaires des sédiments

Si requis, les excavations des amoncellements de sédiments pourront être asséchées à l'aide de batardeaux temporaires selon les conditions de travail au moment des travaux (débit, équipement et machinerie de l'entrepreneur, etc.). L'utilisation de batardeaux de type "New Jersey" en béton ou blocs de béton avec géosynthétiques est privilégiée pour ce projet. Des accès en remblai dans le littoral pourraient être requis en cas de conditions particulières de chantier et de la machinerie disponible. Si tel est le cas, alors les matériaux utilisés pour la réalisation de ces accès seront exempts de matériaux fins (diamètre minimum > 50 mm) et une granulométrie appropriée sera exigée pour ces ouvrages.

L'entrepreneur devra coordonner ces travaux afin de réaliser les excavations des amoncellements en période d'étiage de la rivière.

Les produits d'excavation doivent être évacués vers les aires de déblais illustrées aux plans pour les matériaux excavés sous le fil de l'eau. Par la suite, après leur séchage, ils seront évacués hors du site des travaux à une aire de rejet déterminée par l'entrepreneur et approuvée par l'ingénieur.

Pour les matériaux excavés au-dessus du fil de l'eau, l'entrepreneur pourra évacuer directement ces matériaux hors du site des travaux à une aire de rejet déterminée par l'entrepreneur et approuvée par l'ingénieur s'ils présentent une teneur en eau adéquate, le tout sujet à l'approbation de l'ingénieur.



Murs anti-crues (protection crue 100 ans)

- 0.5 Hauteur maximale de l'ouvrage incluant revanche de 0,3 m
- Localisation des coupes types
- Mur à la limite de la rive (10 m)
- Mur à l'intérieur de la rive (10 m)
- Mur de palplanches d'acier
- Mur de béton

Ligne d'eau et rives (avant projet)

- Limite des hautes-eaux (0-2 ans)
- Limite de 5 mètres depuis 0-2 ans
- Limite de rive, 10 mètres depuis 0-2 ans

Ligne d'eau et rives (projeté)

- Limite des hautes-eaux (0-2 ans)
- Limite de rive, 10 mètres depuis 0-2 ans

Aménagements projetés

- Enrochement végétalisé
- Génie végétal
- Potentiel de naturalisation
- Élargissement / extension du lit de la rivière

Terrains/Lots

- Talus
- Marécage
- Marais
- Limite de lot
- 1 529 311 Numéro de lot

Futur pont Masson :
Culées et enrochement
de protection

Bassin de
rétention existant

Rond-point
à aménager

VILLE DE QUÉBEC
Mesures permanentes pour contrer les inondations de la rivière Lorette, secteur du boulevard Wilfrid-Hamel
Phase 2 : Murs anti-crue et interventions en rivière – Rapport d'étude préparatoire d'ingénierie

Carte 3.0a
Aménagements proposés
pour la protection contre les inondations
Secteur Aval 1

0 15 30 45 m
MTM, fuseau 7, NAD83

Sources :
Orthophoto, Ville de Québec, 30 cm, 2019
Cadastré, Ville de Québec, 2016
Milieux humides, WSP 2019
Fichier : 121_12904_EIE21_c3_0a_AmenPropAv1_210423.mxd

Avril 2021





Murs anti-crues (protection crue 100 ans)

- 0.5 Hauteur maximale de l'ouvrage incluant revanche de 0,3 m
- Localisation des coupes types
- Mur à la limite de la rive (10 m)
- Mur à l'intérieur de la rive (10 m)
- Mur de palplanches d'acier
- Mur de béton

Ligne d'eau et rives (avant projet)

- Limite des hautes-eaux (0-2 ans)
- Limite de 5 mètres depuis 0-2 ans
- Limite de rive, 10 mètres depuis 0-2 ans

Ligne d'eau et rives (projeté)

- Limite des hautes-eaux (0-2 ans)
- Limite de rive, 10 mètres depuis 0-2 ans

Aménagements projetés

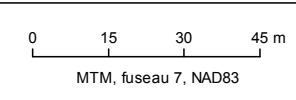
- Enrochement végétalisé
- Génie végétal
- Potentiel de naturalisation
- Élargissement / extension du lit de la rivière

Terrains/Lots

- Talus
- Marécage
- Marais
- Limite de lot
- 1 529 311 Numéro de lot

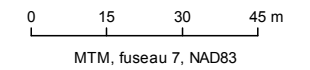
VILLE DE QUÉBEC
 Mesures permanentes pour contrer les inondations de la rivière Lorette, secteur du boulevard Wilfrid-Hamel
 Phase 2 : Murs anti-crue et interventions en rivière – Rapport d'étude préparatoire d'ingénierie

Carte 3.0b
Aménagements proposés
 pour la protection contre les inondations
 Secteur Aval 2



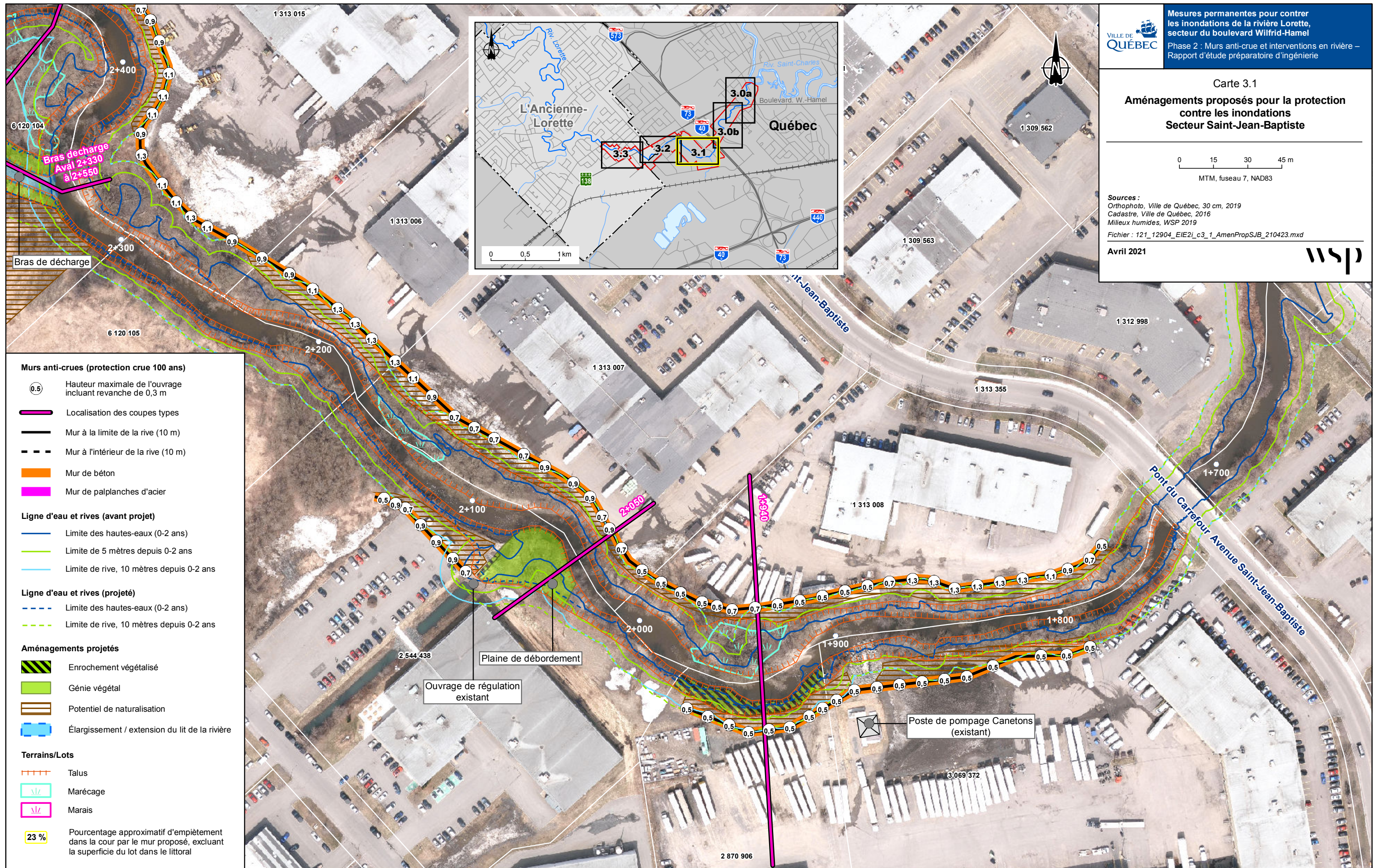
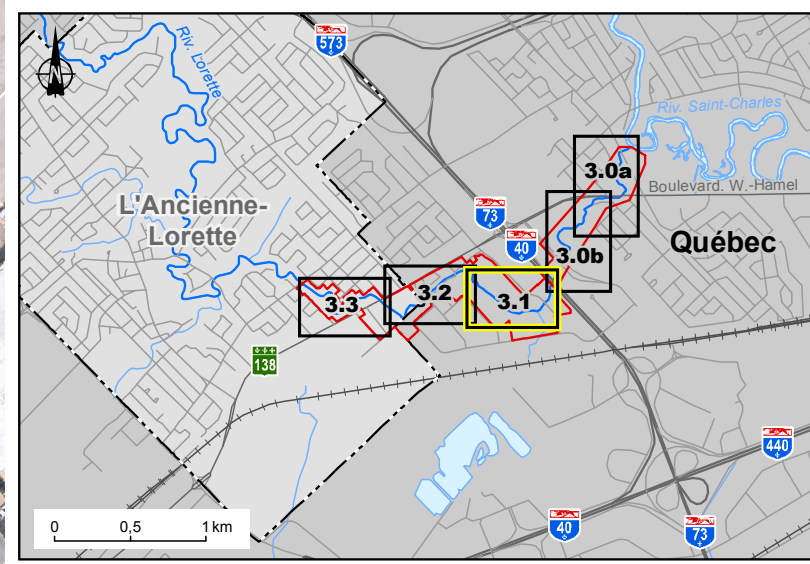
Sources :
 Orthophoto, Ville de Québec, 30 cm, 2019
 Cadastre, Ville de Québec, 2016
 Milieux humides, WSP 2019

Carte 3.1
Aménagements proposés pour la protection contre les inondations
Secteur Saint-Jean-Baptiste



Sources :
Orthophoto, Ville de Québec, 30 cm, 2019
Cadastrre, Ville de Québec, 2016
Milieux humides, WSP 2019
Fichier : 121_12904_EIE2i_c3_1_AmenPropSJB_210423.mxd

Avril 2021



Murs anti-crues (protection crue 100 ans)

- ⊙(0.5) Hauteur maximale de l'ouvrage incluant revanche de 0,3 m
- Localisation des coupes types
- Mur à la limite de la rive (10 m)
- - - Mur à l'intérieur de la rive (10 m)
- Mur de béton
- Mur de palplanches d'acier

Ligne d'eau et rives (avant projet)

- Limite des hautes-eaux (0-2 ans)
- Limite de 5 mètres depuis 0-2 ans
- Limite de rive, 10 mètres depuis 0-2 ans

Ligne d'eau et rives (projeté)

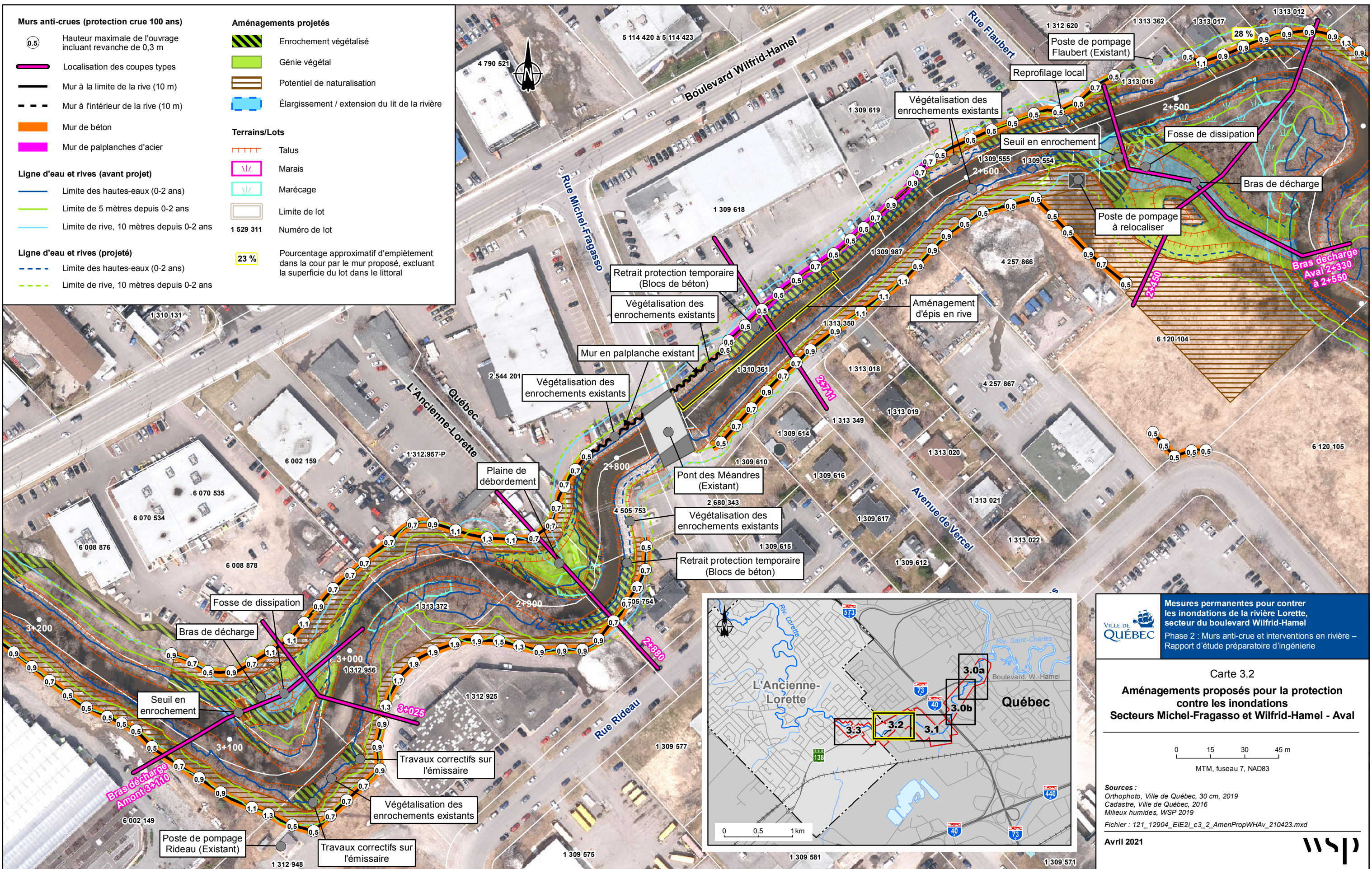
- - - Limite des hautes-eaux (0-2 ans)
- - - Limite de rive, 10 mètres depuis 0-2 ans

Aménagements projetés

- Enrochement végétalisé
- Génie végétal
- Potentiel de naturalisation
- Élargissement / extension du lit de la rivière

Terrains/Lots

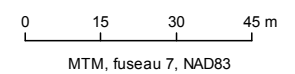
- Talus
- Marécage
- Marais
- 23 % Pourcentage approximatif d'empiètement dans la cour par le mur proposé, excluant la superficie du lot dans le littoral



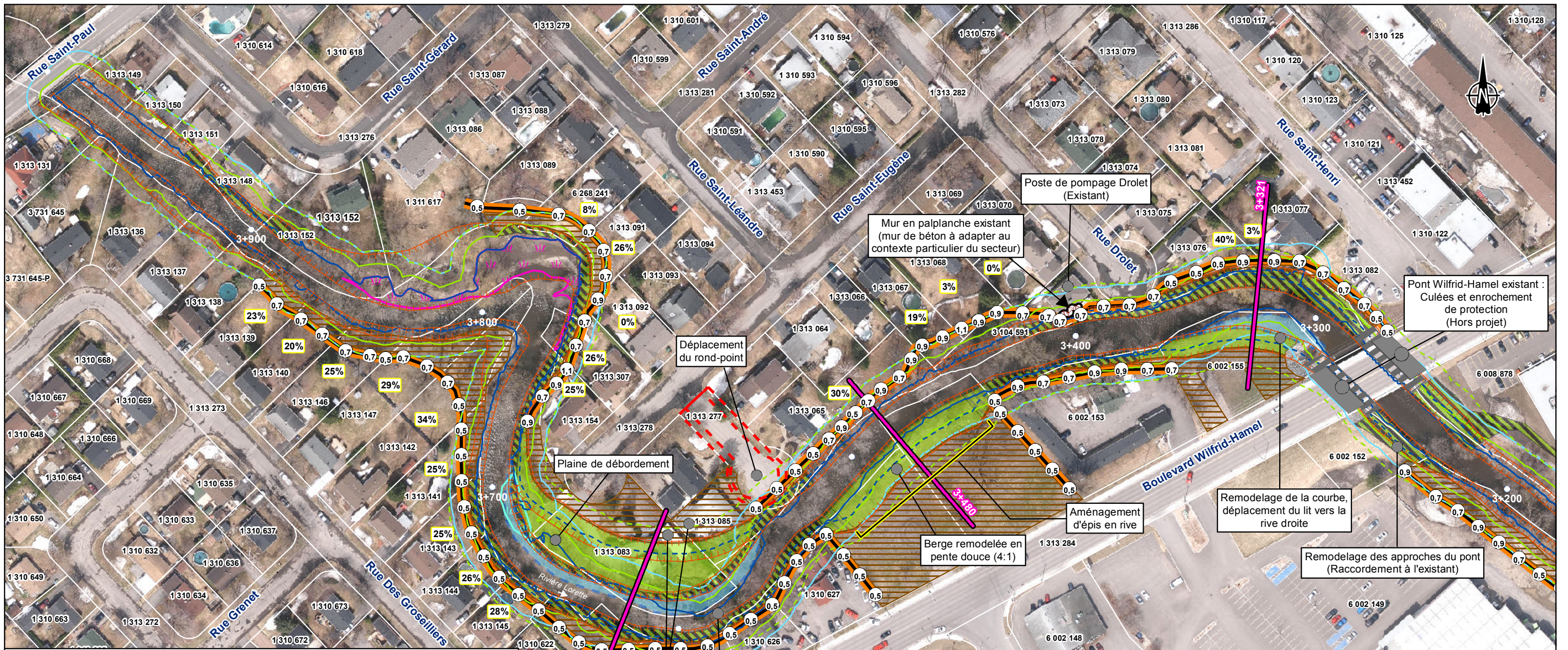
| | |
|---|---|
| Murs anti-crues (protection crue 100 ans) | Aménagements projetés |
| ⊙(0.5) Hauteur maximale de l'ouvrage incluant revanche de 0,3 m | Enrochement végétalisé |
| Localisation des coupes types | Génie végétal |
| Mur à la limite de la rive (10 m) | Potentiel de naturalisation |
| Mur à l'intérieur de la rive (10 m) | Élargissement / extension du lit de la rivière |
| Mur de béton | Terrains/Lots |
| Mur de palplanches d'acier | Talus |
| Ligne d'eau et rives (avant projet) | Marais |
| Limite des hautes-eaux (0-2 ans) | Marécage |
| Limite de 5 mètres depuis 0-2 ans | Limite de lot |
| Limite de rive, 10 mètres depuis 0-2 ans | 1 529 311 Numéro de lot |
| Ligne d'eau et rives (projeté) | 23 % Pourcentage approximatif d'empiètement dans la cour par le mur proposé, excluant la superficie du lot dans le littoral |
| Limite des hautes-eaux (0-2 ans) | |
| Limite de rive, 10 mètres depuis 0-2 ans | |

Mesures permanentes pour contrer les inondations de la rivière Lorette, secteur du boulevard Wilfrid-Hamel
 Phase 2 : Murs anti-crue et interventions en rivière – Rapport d'étude préparatoire d'ingénierie

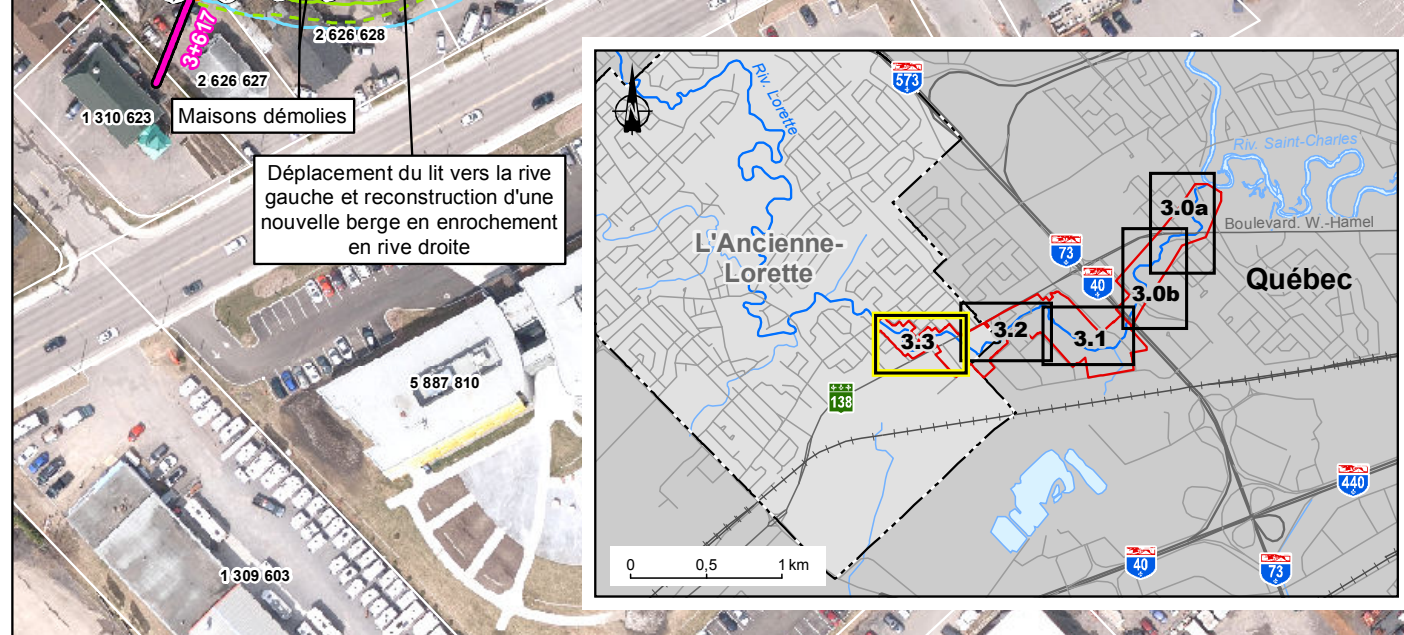
Carte 3.2
Aménagements proposés pour la protection contre les inondations
Secteurs Michel-Fragasso et Wilfrid-Hamel - Aval



Sources :
 Orthophoto, Ville de Québec, 30 cm, 2019
 Cadastre, Ville de Québec, 2016
 Milleux humides, WSP 2019
 Fichier : 121_12904_EIE2i_c3_2_AmenPropWHA_v_210423.mxd



| | |
|--|--|
| <p>Murs anti-crués (protection crue 100 ans)</p> <ul style="list-style-type: none"> Hauteur maximale de l'ouvrage incluant revanche de 0,3 m Localisation des coupes types Mur à la limite de la rive (10 m) Mur à l'intérieur de la rive (10 m) Mur de béton Mur de palplanches d'acier <p>Ligne d'eau et rives (avant projet)</p> <ul style="list-style-type: none"> Limite des hautes-eaux (0-2 ans) Limite de 5 mètres depuis 0-2 ans Limite de rive, 10 mètres depuis 0-2 ans <p>Ligne d'eau et rives (projeté)</p> <ul style="list-style-type: none"> Limite des hautes-eaux (0-2 ans) Limite de rive, 10 mètres depuis 0-2 ans | <p>Aménagements projetés</p> <ul style="list-style-type: none"> Enrochement végétalisé Génie végétal Potentiel de naturalisation Élargissement / extension du lit de la rivière <p>Terrains/Lots</p> <ul style="list-style-type: none"> Talus Marais Marécage Limite de lot Numéro de lot Pourcentage approximatif d'empiètement dans la cour par le mur proposé, excluant la superficie du lot dans le littoral |
|--|--|



Mesures permanentes pour contrer les inondations de la rivière Lorette, secteur du boulevard Wilfrid-Hamel

Phase 2 : Murs anti-crué et interventions en rivière – Rapport d'étude préparatoire d'ingénierie

Carte 3.3

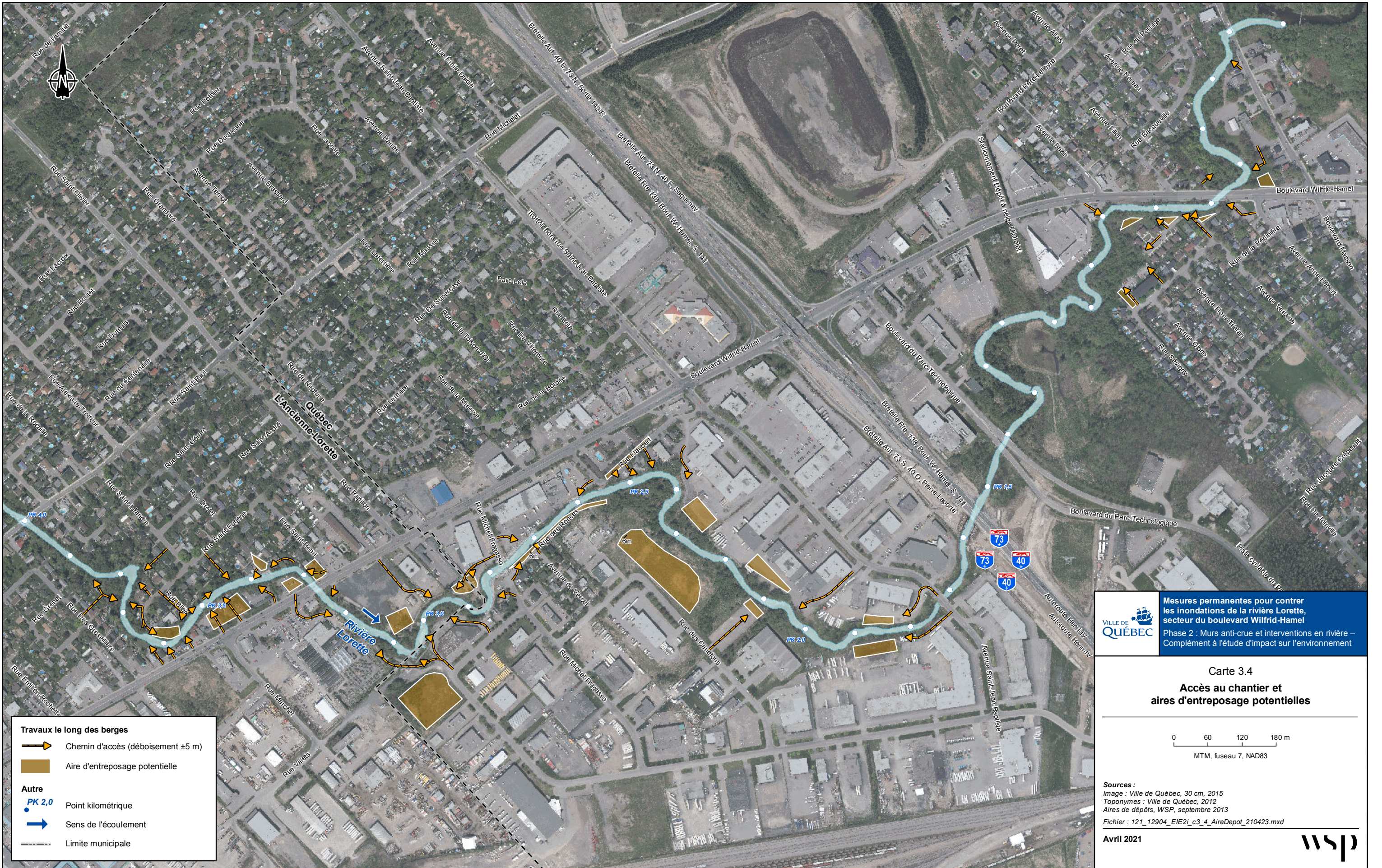
Aménagements proposés pour la protection contre les inondations Secteur Wilfrid-Hamel - Amont.


MTM, fuseau 7, NAD83

Sources :
 Orthophoto, Ville de Québec, 30 cm, 2019
 Cadastre, Ville de Québec, 2016
 Mieux humides, WSP 2019

Fichier : 121_12904_EIE2i_c3_3_AmenPropWHAm_210423.mxd

Avril 2021




Mesures permanentes pour contrer les inondations de la rivière Lorette, secteur du boulevard Wilfrid-Hamel
 Phase 2 : Murs anti-crue et interventions en rivière – Complément à l'étude d'impact sur l'environnement






Carte 3.4
Accès au chantier et aires d'entreposage potentielles

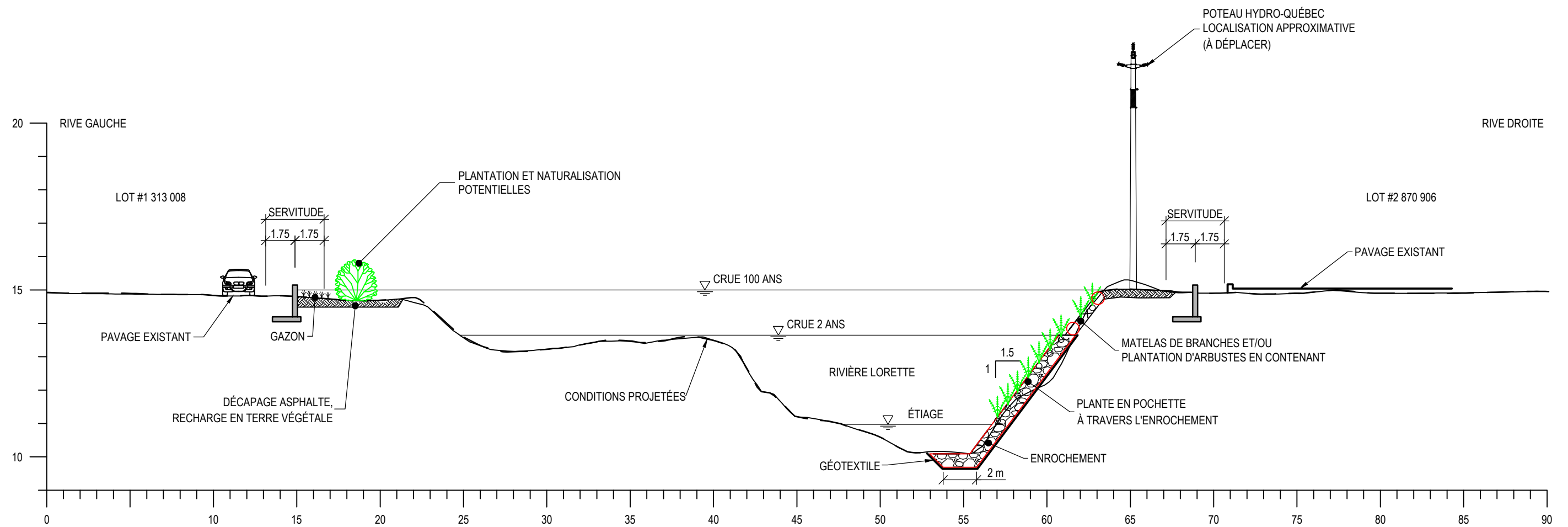
0 60 120 180 m
 MTM, fuseau 7, NAD83

Sources :
 Image : Ville de Québec, 30 cm, 2015
 Toponymes : Ville de Québec, 2012
 Aires de dépôts, WSP, septembre 2013
 Fichier : 121_12904_EIE2i_c3_4_AireDepot_210423.mxd

Avril 2021

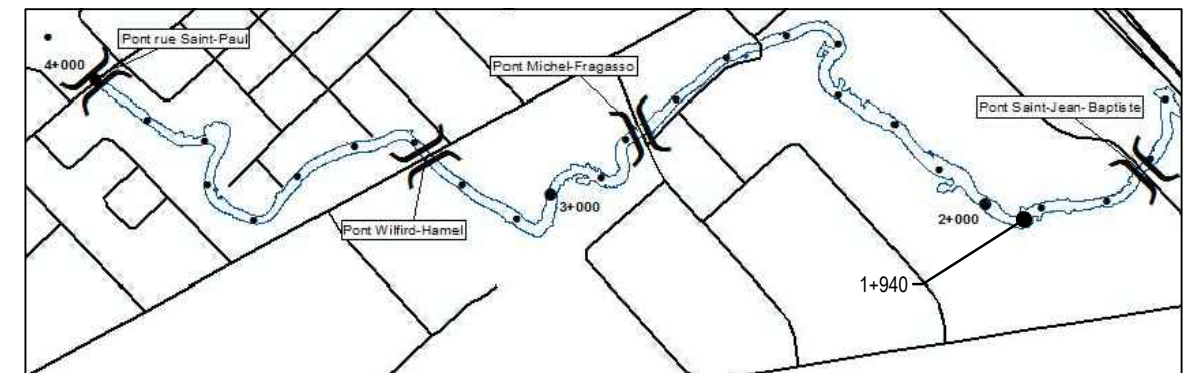


- Travaux le long des berges**
-  Chemin d'accès (déboisement ±5 m)
 -  Aire d'entreposage potentielle
- Autre**
-  PK 2,0
 -  Sens de l'écoulement
 -  Limite municipale



COUPE 1+940

H 1:250
V 1:125



PLAN DE LOCALISATION



1135, BOULEVARD LEBOURGNEUF
QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA G2K 0M5
TÉL. : 418 623-2254 | TÉLÉC. : 418 624-1857 | WWW.WSPGROUP.COM

TITRE :

FIGURE 3-10
COUPE TYPE AU PK 1+940, EN AMONT DU PONT SAINT-JEAN-BAPTISTE
MESURES PERMANENTES POUR CONTRER LES INONDATIONS DE LA RIVIÈRE LORETTE DANS LE SECTEUR DU BOULEVARD WILFRID-HAMEL
VILLE DE QUÉBEC ET VILLE DE L'ANCIENNE LORETTE

NO PROJET :

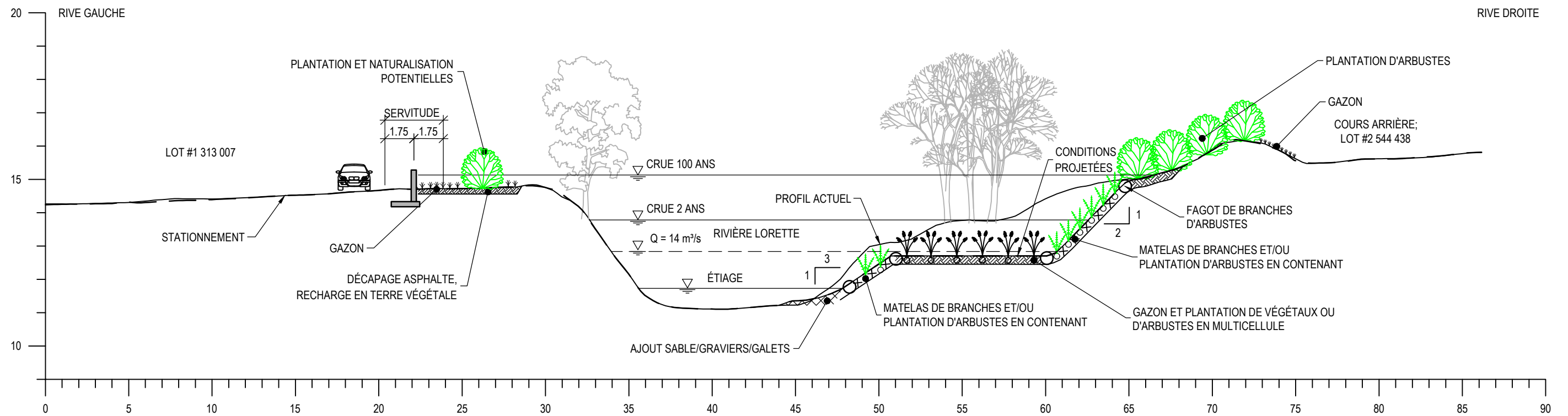
131-24822-00 _ RL300

DATE :

2021-04-22

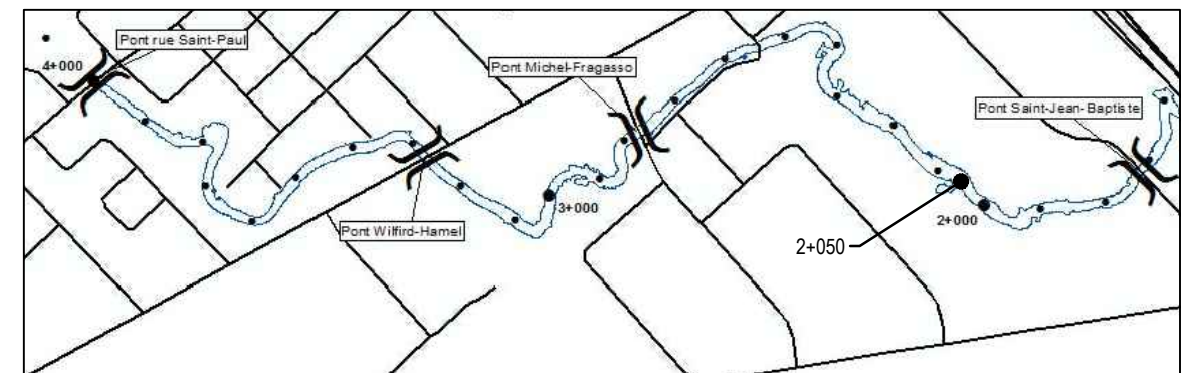
DESSIN NO :

2 / 11



PLAINE DE DÉBORDEMENT COUPE 2+050

H 1:250
V 1:125



PLAN DE LOCALISATION

FIGURE 3-11

COUPE TYPE DE L'AMÉNAGEMENT DE LA PLAINE DE DÉBORDEMENT AUX ENVIRONS DU PK 2+050

MESURES PERMANENTES POUR CONTRER LES INONDATIONS DE LA RIVIÈRE LORETTE DANS LE SECTEUR DU BOULEVARD WILFRID-HAMEL
VILLE DE QUÉBEC ET VILLE DE L'ANCIENNE LORETTE

NO PROJET :

131-24822-00 _ RL300

DATE :

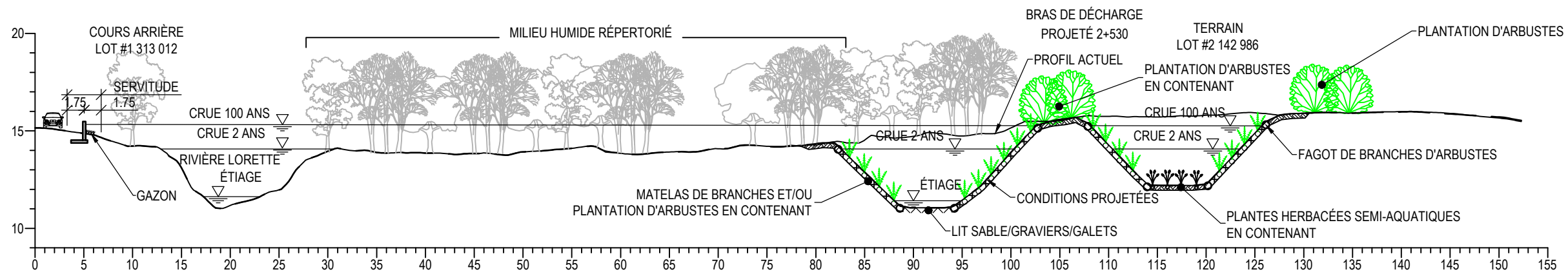
2021-04-22

DESSIN NO :

3 / 11

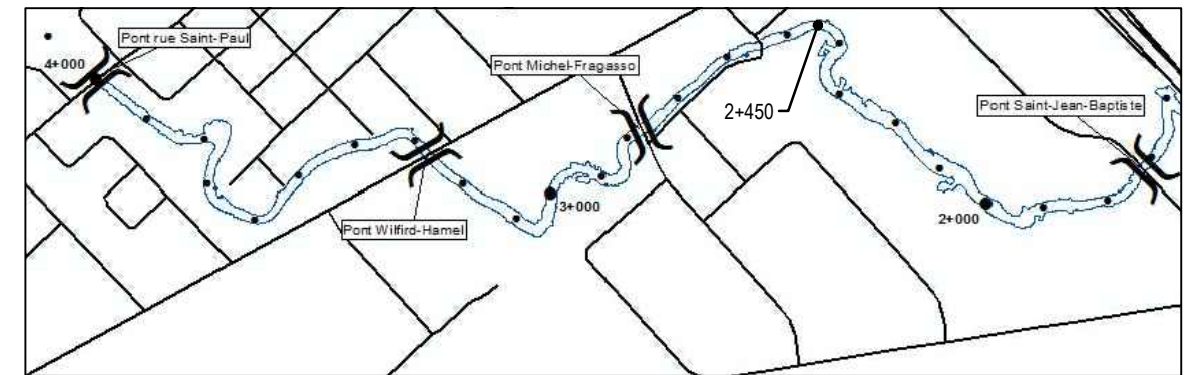


1135, BOULEVARD LEBOURGNEUF
QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA G2K 0M5
TÉL. : 418 623-2254 | TÉLÉC. : 418 624-1857 | WWW.WSPGROUP.COM

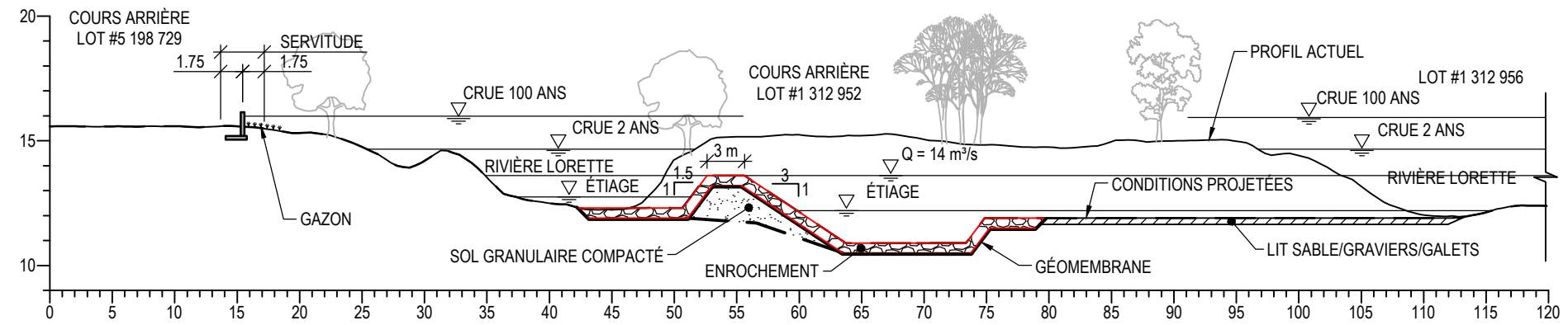


BRAS DE DÉCHARGE COUPE 2+450

H 1 : 500
V 1 : 250

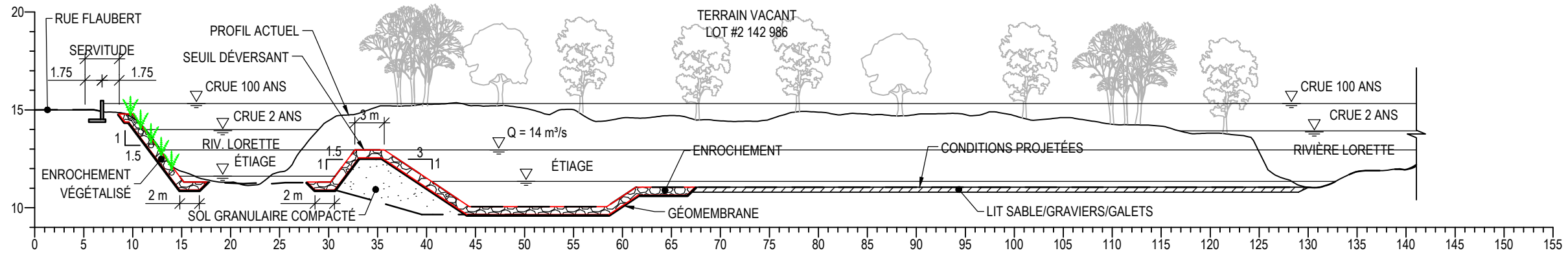


PLAN DE LOCALISATION



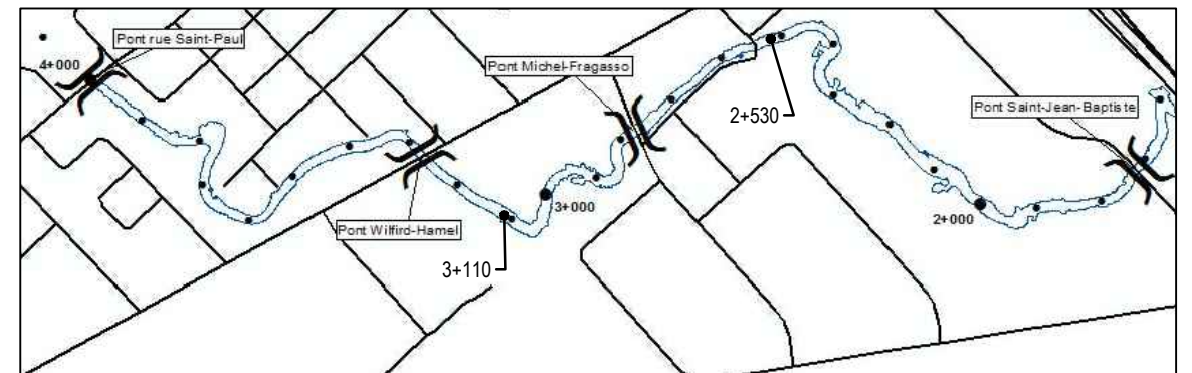
BRAS DE DÉCHARGE AMONT COUPE 3+110

H 1 : 500
V 1 : 250

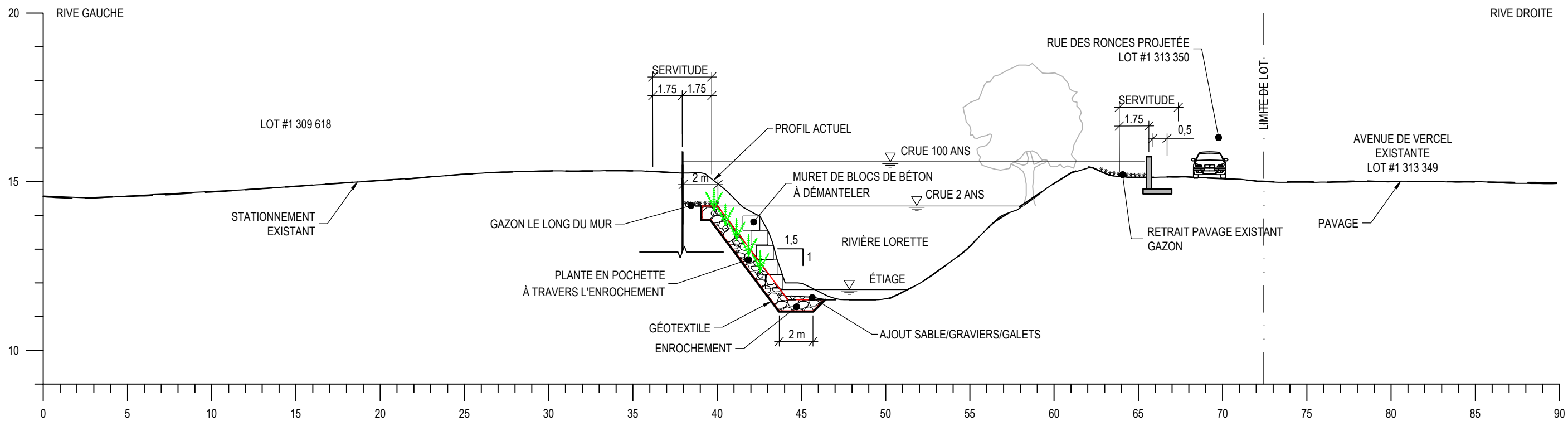


BRAS DE DÉCHARGE AVAL COUPE 2+530

H 1 : 500
V 1 : 250

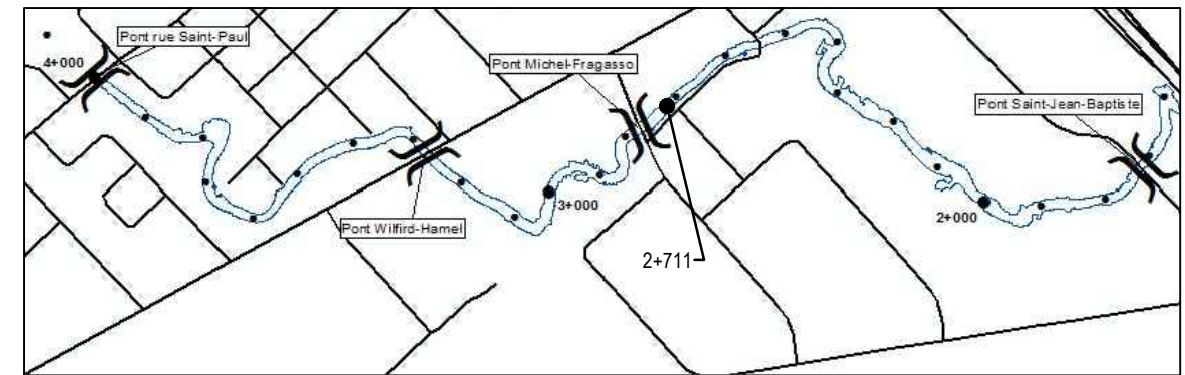


PLAN DE LOCALISATION

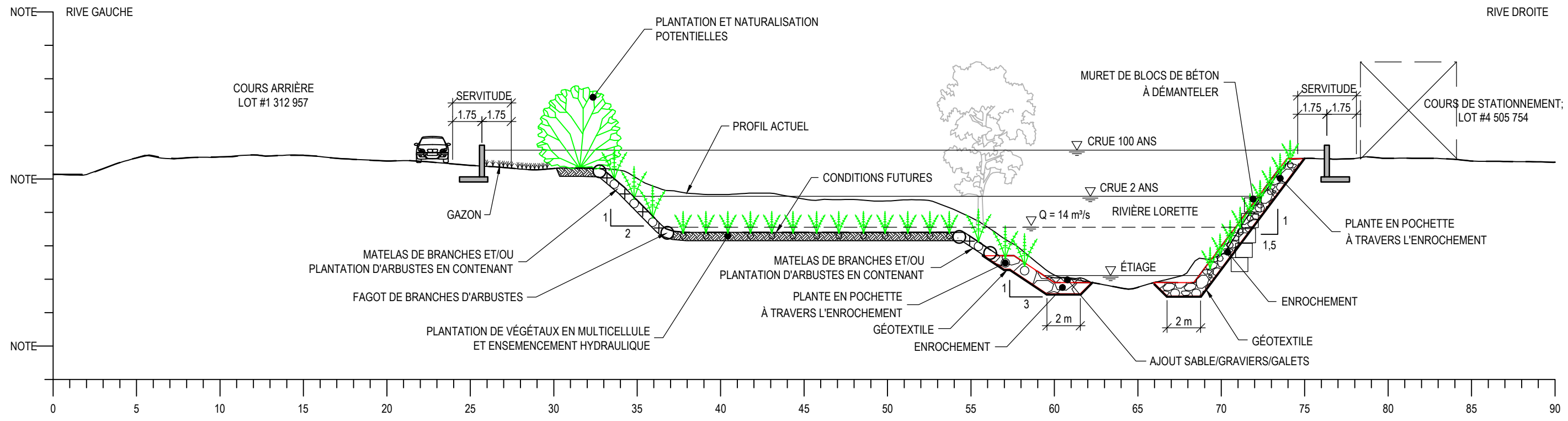


COUPE 2+711

H 1:250
V 1:125

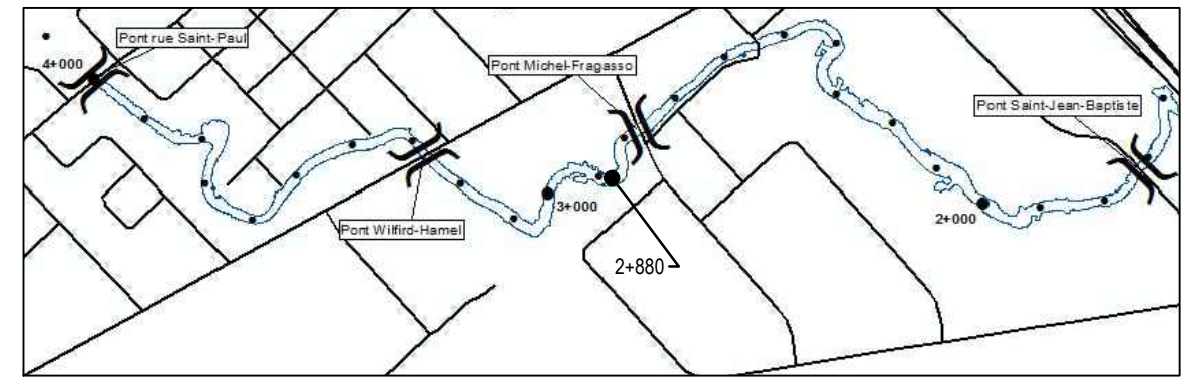


PLAN DE LOCALISATION



**PLAINE DE DÉBORDEMENT
COUPE 2+880**

H 1:250
V 1:125



PLAN DE LOCALISATION

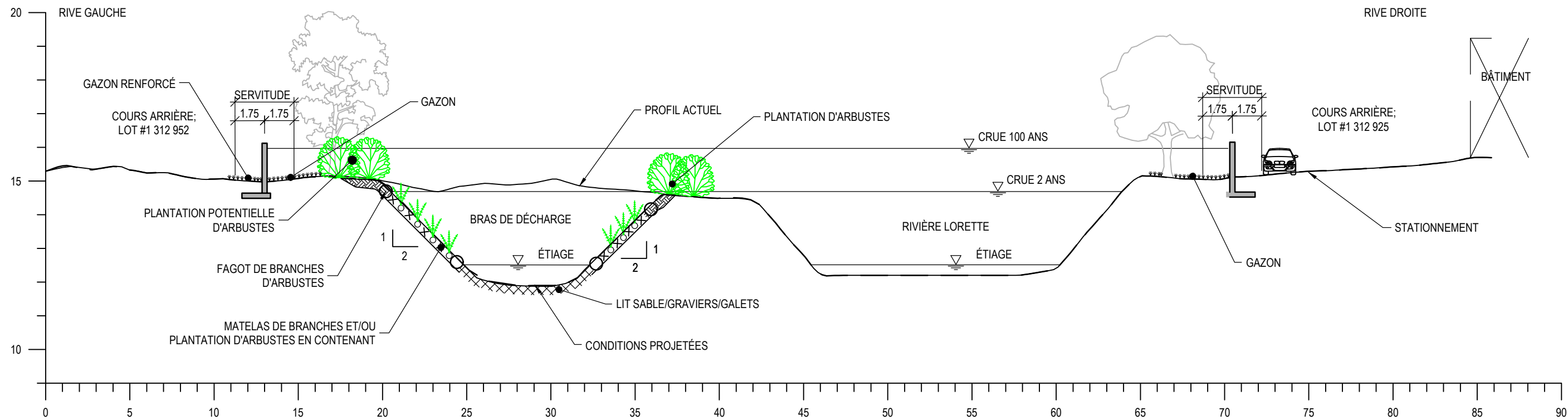
1135, BOULEVARD LEBOURGNEUF
QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA G2K 0M5
TÉL. : 418 623-2254 | TÉLÉC. : 418 624-1857 | WWW.WSPGROUP.COM

TITRE :

**FIGURE 3-15
COUPE TYPE DE L'AMÉNAGEMENT DE LA PLAINE DE DÉBORDEMENT DANS LE MÉANDRE SITUÉ EN AMONT DE LA RUE MICHEL-FRAGASSO (SECTEUR PK 2+880)
MESURES PERMANENTES POUR CONTRER LES INONDATIONS DE LA RIVIÈRE LORETTE DANS LE SECTEUR DU BOULEVARD WILFRID-HAMEL
VILLE DE QUÉBEC ET VILLE DE L'ANCIENNE LORETTE**

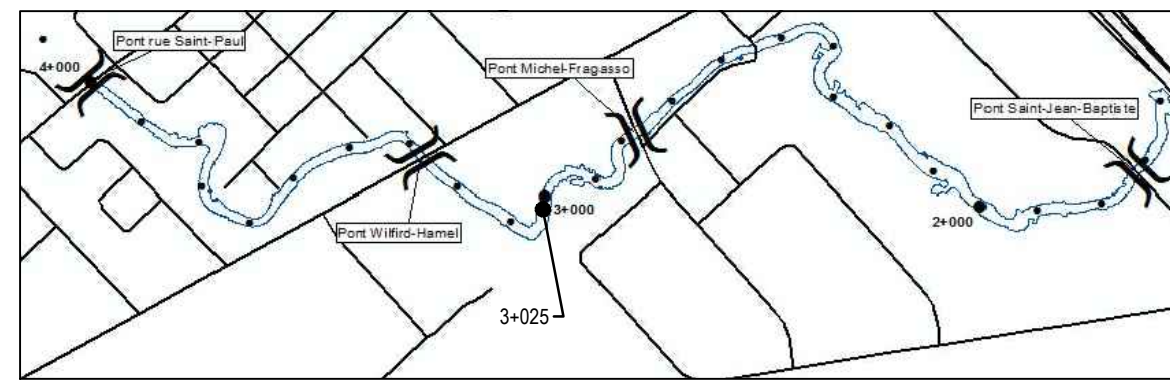
NO PROJET :
131-24822-00 _ RL300
DATE :
2021-04-22
DESSIN NO :
7 / 11

Ansi B-RPT, \c:\aque2\dat\01\Projets\2013\1131-24822-00\Energie\5_CDAO\DAO\Profils_Lorette_Amont_2016\Dsn_Sections-Profils_Lorette_Mur_1-250.dwg, 2021-04-22 07:43:30



**BRAS DE DÉCHARGE AMONT
COUPE 3+025**

H 1:250
V 1:125



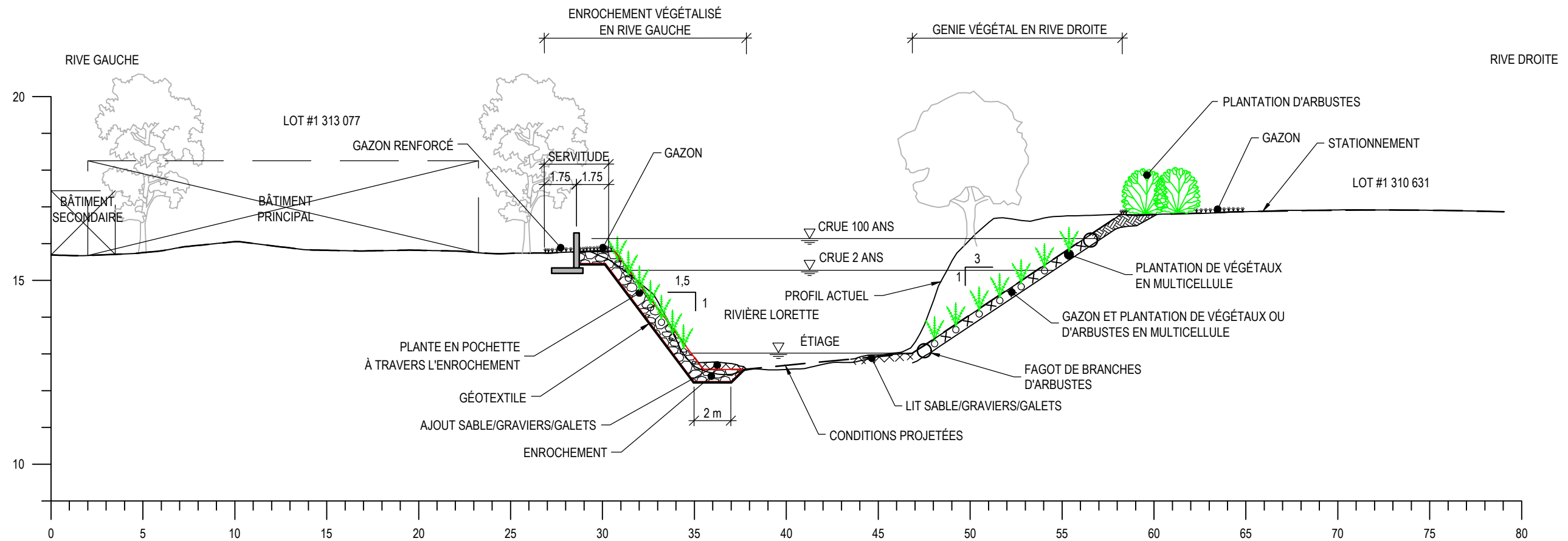
PLAN DE LOCALISATION



TITRE :

FIGURE 3-16
COUPE TYPE DU BRAS DE DÉCHARGE DU MÉANDRE SITUÉ ENTRE LES PK 2+990 ET 3+110
MESURES PERMANENTES POUR CONTRER LES INONDATIONS DE LA RIVIÈRE LORETTE DANS LE SECTEUR DU BOULEVARD WILFRID-HAMEL
VILLE DE QUÉBEC ET VILLE DE L'ANCIENNE LORETTE

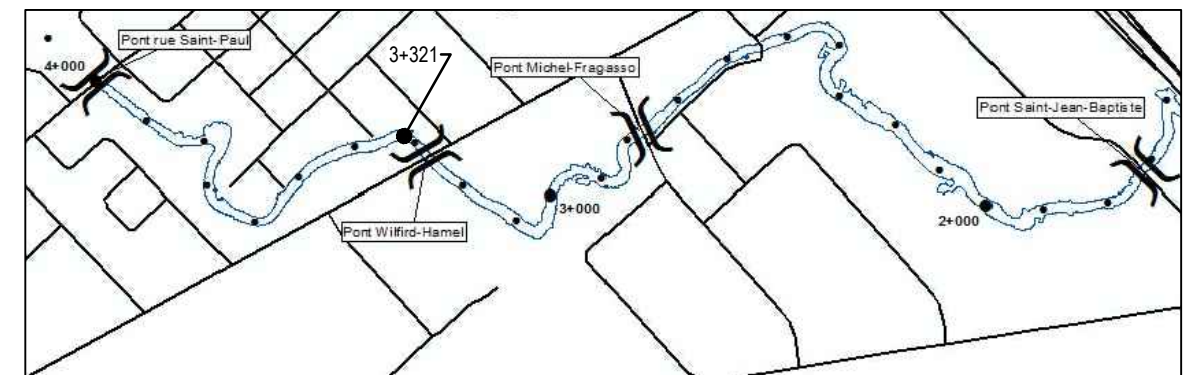
NO PROJET :
131-24822-00 _ RL300
DATE :
2021-04-22
DESSIN NO :
8 / 11



COUPE 3+321

H 1:250

V 1:125



PLAN DE LOCALISATION

FIGURE 3-17

COUPE TYPE DU RÉAMÉNAGEMENT DE LA COURBE AU DROIT DU PONT DU BOULEVARD WILFRID-HAMEL (SECTEUR PK 3+300)

MESURES PERMANENTES POUR CONTRER LES INONDATIONS DE LA RIVIÈRE LORETTE DANS LE SECTEUR DU BOULEVARD WILFRID-HAMEL
VILLE DE QUÉBEC ET VILLE DE L'ANCIENNE LORETTE

NO PROJET :

131-24822-00 _ RL300

DATE :

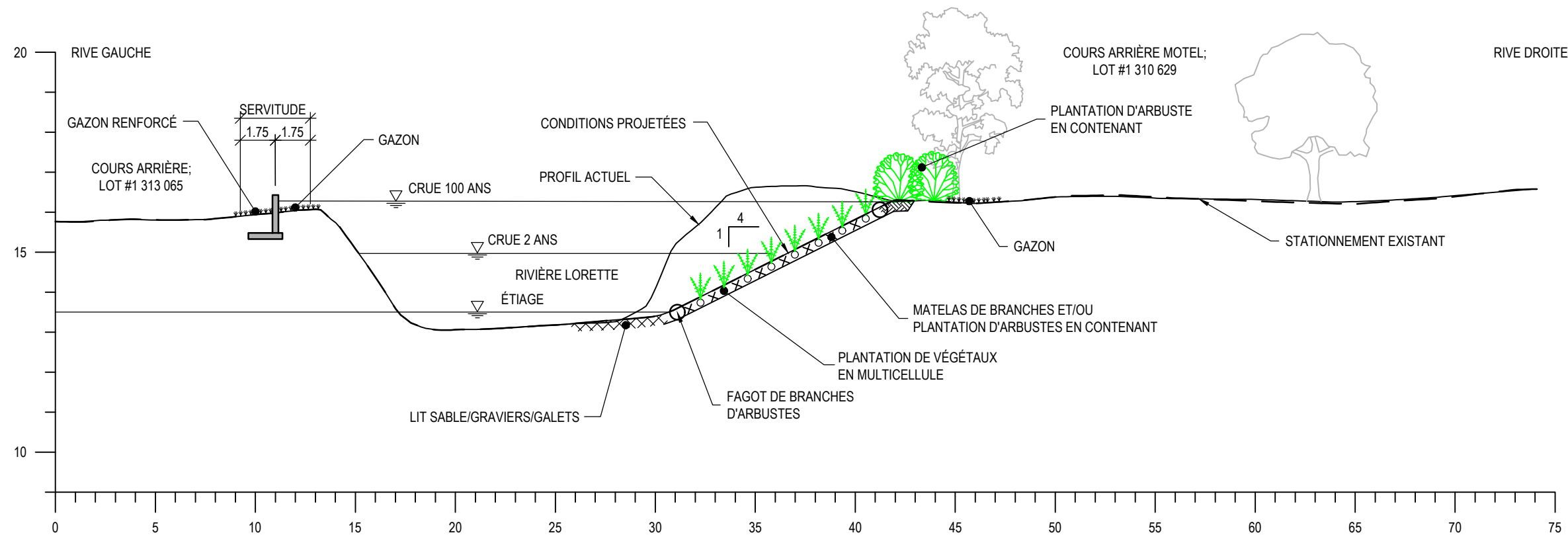
2021-04-22

DESSIN NO :

9 / 11

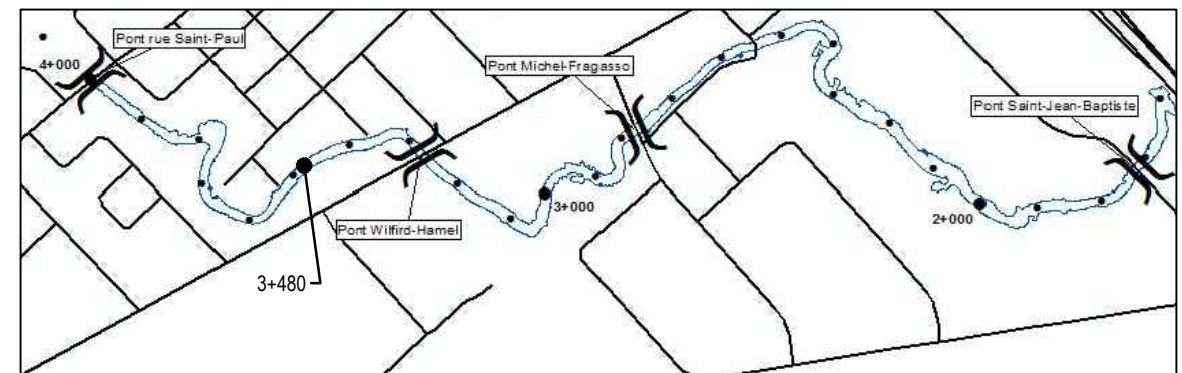


1135, BOULEVARD LESBOURGNEUF
QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA G2K 0M5
TÉL. : 418 623-2254 | TÉLÉC. : 418 624-1857 | WWW.WSPGROUP.COM

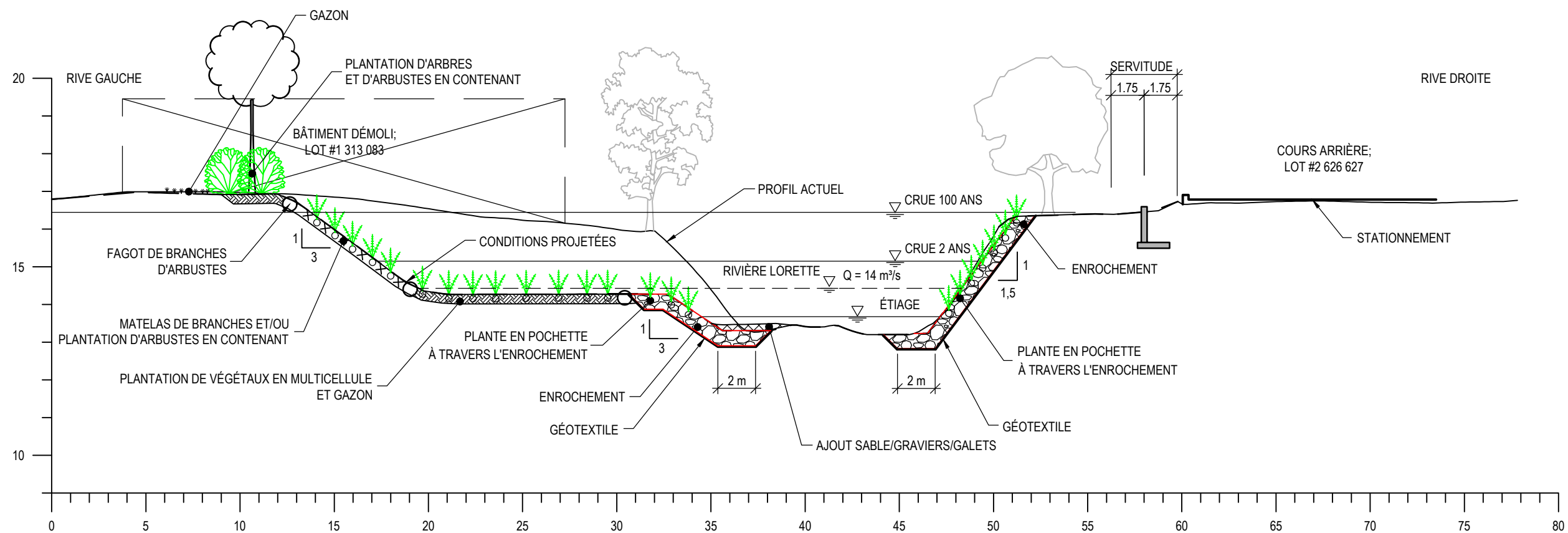


COUPE 3+480

H 1:250
V 1:125

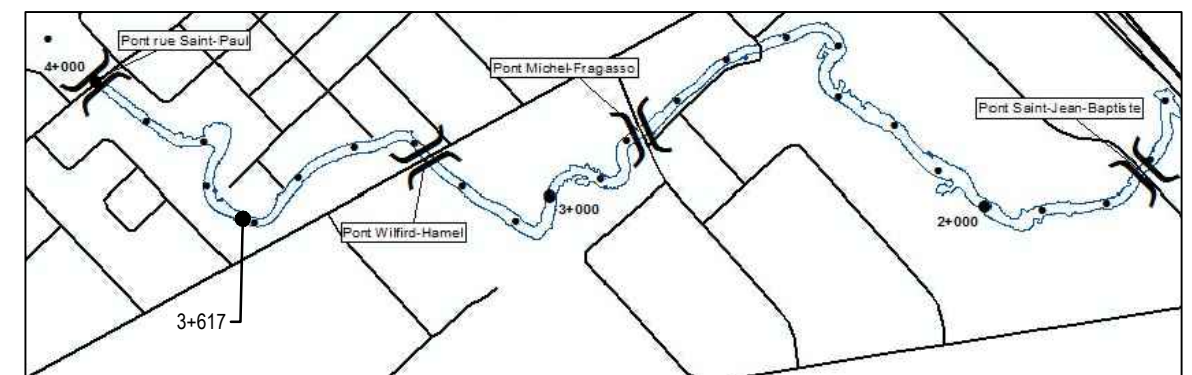


PLAN DE LOCALISATION



PLAINE DE DÉBORDEMENT COUPE 3+617

H 1:250
V 1:125



PLAN DE LOCALISATION

FIGURE 3-19

COUPE TYPE DE L'AMÉNAGEMENT DE LA PLAINE DE DÉBORDEMENT DANS LA COURBE SITUÉE À L'EXTRÉMITÉ OUEST DE LA RUE SAINT-EUGÈNE (SECTEUR PK 3+600)

MESURES PERMANENTES POUR CONTRER LES INONDATIONS DE LA RIVIÈRE LORETTE DANS LE SECTEUR DU BOULEVARD WILFRID-HAMEL
VILLE DE QUÉBEC ET VILLE DE L'ANCIENNE LORETTE

NO PROJET :

131-24822-00 _ RL300

DATE :

2021-04-22

DESSIN NO :

11 / 11



1135, BOULEVARD LEBOURGNEUF
QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA G2K 0M5
TÉL. : 418 623-2254 | TÉLÉC. : 418 624-1857 | WWW.WSPGROUP.COM

4 IMPACTS HYDRAULIQUES DU CONCEPT

Mise en contexte

Les conditions d'écoulement, notamment les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement, sont calculées à l'aide d'un modèle hydraulique bidimensionnel. Depuis l'initiation du projet, ce modèle hydraulique a été mis à jour à quelques reprises afin d'intégrer de nouvelles données topographiques et bathymétriques, de tenir compte des travaux d'urgence effectués et de la reconstruction de certains ponts, et de préciser l'étalonnage du modèle à partir de niveaux d'eau mesurés lors des crues.

Par conséquent, l'amélioration en continu du modèle hydraulique peut mener à certaines incohérences locales en termes de niveau d'eau si l'on compare l'état initial de la rivière, pour lequel les niveaux d'eau ont été calculés en 2013, et la dernière version du modèle, beaucoup plus précis, présentant l'état projeté. Toutefois, les effets sur l'hydraulique des interventions prévues dans le cadre du projet sont évalués adéquatement à partir des versions du modèle applicables.

4.1 IMPACTS HYDRAULIQUES DANS LA ZONE D'ÉTUDE LOCALE – SECTEUR EN AMONT DE L'AUTOROUTE HENRI-IV (QC-37)

4.1.1 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 dans le tronçon en amont de l'autoroute Henri-IV et d'un débit de 88,5 m³/s en aval de l'autoroute. En conditions initiales, pratiquement l'ensemble de la zone d'étude en amont de l'autoroute est inondé. Le fait de contenir la crue centennale dans la rivière peut engendrer des rehaussements de niveau d'eau. Toutefois, les travaux ponctuels visant à améliorer les conditions d'écoulement en crue (plaines de débordement, bras de décharge, suppression de contrôles hydrauliques) permettent de limiter significativement ces rehaussements, tel que montré à la Figure 4.1. L'annexe 4 présente en détail les calculs hydrauliques réalisés dans le cadre du projet.

NIVEAUX D'EAU

Les impacts du projet sur les niveaux d'eau atteints lors du passage de la crue centennale sont décrits dans la présente section, de l'aval vers l'amont.

La reconstruction des ponts de l'autoroute Henri-IV au PK 1+600, qui inclue un élargissement important et le rehaussement du tablier, permet d'abaisser le niveau d'eau en crue et d'éviter l'entrée en charge des écoulements. Les niveaux d'eau en amont des ponts de l'autoroute Henri-IV seront donc plus bas d'environ 20 cm en conditions projetées. Cet abaissement du niveau d'eau évitera l'entrée en charge du pont de la rue Saint-Jean-Baptiste, situé juste en amont au PK 1+700. Les travaux effectués aux ponts de l'autoroute Henri-IV permettent d'éviter un rehaussement de niveau d'eau malgré l'ajout des murs anti-crue dans le secteur Saint-Jean-Baptiste (PK 1+600 à 2+300) et en aval de l'autoroute.

Cet abaissement du niveau d'eau est observable jusqu'au PK 2+400, soit à la sortie de la courbe renfermant le milieu humide du secteur de la rue Flaubert, où les niveaux initiaux et projetés sont similaires.

L'ajout d'un bras de décharge permettant aux écoulements de court-circuiter en partie le méandre durant les crues importantes, entre les PK 2+540 et 2+340, permettra d'abaisser le niveau d'eau en conditions projetées entre les PK 2+500 et 2+800, de l'ordre de 10 cm, malgré l'ajout des murs sur les deux rives pour contenir la crue dans ce secteur où existait un important point de débordement en rive droite.

Le pont de la rue Michel-Fragasso au PK 2+780 a été reconstruit en 2015 afin d'en rehausser le niveau du tablier et d'élargir la section entre les culées. Ce pont, qui présentait une restriction importante à l'écoulement et entraînait en charge lors des fortes crues, avait d'ailleurs été démoli dès les travaux temporaires d'urgence de 2013. La nouvelle configuration du pont permettra de limiter la hausse du niveau d'eau à environ 7 cm à proximité du pont malgré le confinement de la crue par les murs.

En amont du pont des Méandres, entre les PK 2+800 et 3+300, où la rivière coule en méandres, les niveaux d'eau projetés seront plus élevés que les niveaux initiaux, malgré la création d'un bras de décharge au PK 3+100 et d'une plaine de débordement au PK 2+900, limitant ce rehaussement. Encore une fois, ce rehaussement est attribuable au confinement de la crue entre les murs. Le rehaussement atteint un maximum de 43 cm en aval du pont du boulevard Wilfrid-Hamel « Ouest », au PK 3+260.

La reconstruction du pont du boulevard Wilfrid-Hamel « Ouest » et surtout le réaménagement de la courbe située directement en amont de ce pont permettront de limiter les rehaussements de niveaux d'eau dans le secteur en amont du pont, entre les PK 3+340 et 3+800. De plus, le réaménagement du lit et la création d'une plaine de débordement à l'extrémité de la rue Saint-Eugène aux PK 3+700 à 3+550 contribuent à abaisser le niveau d'eau en crue, jusqu'à 8 cm au PK 3+700. En amont du PK 3+800, où la pente d'écoulement est plus forte, il n'y a pas d'écart notable entre le niveau d'eau initial et celui projeté.

Les niveaux d'eau et les vitesses en conditions initiales (avant les travaux temporaires d'urgence) et projetées sont présentés au Tableau 4.1 pour les débits de 37 m³/s (2 ans) et de 85 m³/s (100 ans). Ces résultats sont extraits au centre du cours d'eau. Les vitesses d'écoulement calculées sont une valeur moyenne sur la colonne d'eau.

Tableau 4.1 Conditions hydrauliques dans la rivière Lorette en crue 2 ans et 100 ans pour le secteur amont

| PK (KM) | Q = 37 M ³ /S (2 ANS) | | | | Q = 85 M ³ /S (100 ANS) | | | |
|------------|----------------------------------|------------------|-------------------------|------------------|------------------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | CONDITIONS INITIALES | | CONDITIONS PROJETÉES | | CONDITIONS INITIALES | | 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) |
| 1,58 | 13,3 | 1,32 | 13,33 | 1,16 | 14,57 | 1,89 | 14,39 | 1,88 |
| 1,60 | 13,32 | 1,16 | 13,34 | 1,14 | 14,62 | 1,56 | 14,40 | 1,86 |
| 1,62 | 13,33 | 1,19 | 13,34 | 1,17 | 14,63 | 1,64 | 14,40 | 1,86 |
| 1,64 | 13,35 | 1,28 | 13,34 | 1,30 | 14,66 | 1,71 | 14,40 | 2,04 |
| 1,66 | 13,36 | 1,32 | 13,36 | 1,37 | 14,68 | 1,77 | 14,45 | 2,08 |
| 1,68 | 13,38 | 1,34 | 13,37 | 1,47 | 14,70 | 1,87 | 14,47 | 2,21 |
| 1,70 | 13,38 | 1,55 | 13,38 | 1,52 | 14,68 | 2,21 | 14,46 | 2,33 |
| 1,71 | 13,38 | 1,64 | 13,37 | 1,64 | 14,68 | 2,35 | 14,47 | 2,36 |
| 1,72 | 13,39 | 1,70 | 13,38 | 1,72 | 14,71 | 2,37 | 14,46 | 2,52 |
| 1,73 | 13,43 | 1,73 | 13,42 | 1,85 | 14,85 | 2,00 | 14,49 | 2,67 |
| 1,74 | 13,47 | 1,45 | 13,47 | 1,88 | 14,90 | 1,71 | 14,62 | 2,32 |
| 1,76 | 13,51 | 1,40 | 13,52 | 1,57 | 14,94 | 1,59 | 14,68 | 2,01 |
| 1,78 | 13,54 | 1,35 | 13,55 | 1,45 | 14,98 | 1,42 | 14,74 | 1,92 |
| 1,80 | 13,56 | 1,43 | 13,56 | 1,42 | 15,01 | 1,37 | 14,78 | 1,88 |
| 1,82 | 13,59 | 1,43 | 13,58 | 1,46 | 15,02 | 1,32 | 14,80 | 1,88 |
| 1,84 | 13,63 | 1,25 | 13,62 | 1,45 | 15,04 | 1,26 | 14,83 | 1,82 |
| 1,86 | 13,66 | 1,07 | 13,65 | 1,34 | 15,04 | 1,41 | 14,87 | 1,72 |
| 1,88 | 13,66 | 1,19 | 13,66 | 1,30 | 15,04 | 1,50 | 14,90 | 1,80 |
| 1,90 | 13,67 | 1,20 | 13,67 | 1,11 | 15,07 | 1,39 | 14,92 | 1,55 |
| 1,92 | 13,68 | 1,33 | 13,67 | 0,50 | 15,09 | 1,27 | 14,93 | 0,98 |
| 1,94 | 13,72 | 1,28 | 13,68 | 1,29 | 15,12 | 1,28 | 14,96 | 1,65 |
| 1,96 | 13,73 | 1,28 | 13,70 | 1,48 | 15,13 | 1,33 | 14,98 | 1,74 |
| 1,98 | 13,75 | 1,17 | 13,74 | 1,22 | 15,13 | 1,32 | 15,00 | 1,60 |
| 2,00 | 13,76 | 1,29 | 13,74 | 1,32 | 15,14 | 1,39 | 15,02 | 1,60 |
| 2,02 | 13,79 | 1,13 | 13,78 | 1,06 | 15,17 | 1,21 | 15,06 | 1,42 |
| 2,04 | 13,82 | 1,09 | 13,81 | 0,91 | 15,21 | 0,89 | 15,10 | 1,00 |
| 2,06 | 13,85 | 0,78 | 13,82 | 0,31 | 15,22 | 0,55 | 15,11 | 0,43 |
| 2,08 | 13,85 | 0,78 | 13,82 | 0,12 | 15,23 | 0,53 | 15,11 | 0,49 |
| 2,10 | 13,86 | 1,00 | 13,82 | 1,15 | 15,23 | 0,86 | 15,11 | 1,35 |
| 2,12 | 13,85 | 1,08 | 13,83 | 1,21 | 15,23 | 0,90 | 15,12 | 1,35 |
| 2,14 | 13,86 | 1,06 | 13,84 | 1,15 | 15,24 | 0,87 | 15,13 | 1,26 |
| 2,16 | 13,86 | 1,23 | 13,84 | 1,35 | 15,25 | 0,82 | 15,13 | 1,44 |
| 2,18 | 13,89 | 1,08 | 13,86 | 1,23 | 15,26 | 0,62 | 15,16 | 1,18 |
| 2,20 | 13,89 | 0,99 | 13,88 | 1,12 | 15,26 | 0,52 | 15,17 | 1,05 |
| 2,22 | 13,9 | 1,24 | 13,89 | 1,30 | 15,27 | 0,63 | 15,19 | 1,26 |
| 2,24 | 13,92 | 1,14 | 13,91 | 1,29 | 15,27 | 0,58 | 15,19 | 1,25 |
| 2,26 | 13,93 | 1,23 | 13,92 | 1,30 | 15,28 | 0,53 | 15,21 | 1,18 |

| PK (KM) | Q = 37 M ³ /S (2 ANS) | | | | Q = 85 M ³ /S (100 ANS) | | | |
|------------|----------------------------------|------------------|-------------------------|------------------|------------------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | CONDITIONS INITIALES | | CONDITIONS PROJETÉES | | CONDITIONS INITIALES | | 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) |
| 2,28 | 13,93 | 1,34 | 13,93 | 1,30 | 15,28 | 0,46 | 15,22 | 1,09 |
| 2,3 | 13,94 | 1,35 | 13,96 | 1,25 | 15,28 | 0,37 | 15,25 | 0,89 |
| 2,32 | 13,98 | 1,14 | 13,99 | 1,07 | 15,29 | 0,18 | 15,26 | 0,68 |
| 2,34 | 14,00 | 0,97 | 14,04 | 0,50 | 15,29 | 0,08 | 15,28 | 0,38 |
| 2,36 | 14,00 | 1,23 | 14,04 | 0,76 | 15,29 | 0,23 | 15,29 | 0,41 |
| 2,38 | 14,04 | 1,24 | 14,04 | 0,73 | 15,29 | 0,37 | 15,30 | 0,31 |
| 2,40 | 14,07 | 1,06 | 14,06 | 0,72 | 15,32 | 0,64 | 15,31 | 0,32 |
| 2,42 | 14,09 | 1,08 | 14,06 | 0,75 | 15,32 | 0,58 | 15,31 | 0,19 |
| 2,44 | 14,09 | 1,11 | 14,06 | 0,72 | 15,31 | 0,31 | 15,31 | 0,04 |
| 2,46 | 14,09 | 1,29 | 14,07 | 0,73 | 15,31 | 0,35 | 15,31 | 0,05 |
| 2,48 | 14,11 | 1,37 | 14,07 | 0,77 | 15,31 | 0,77 | 15,31 | 0,04 |
| 2,50 | 14,13 | 1,35 | 14,07 | 0,78 | 15,31 | 1,17 | 15,31 | 0,19 |
| 2,52 | 14,16 | 1,33 | 14,07 | 0,78 | 15,33 | 1,34 | 15,31 | 0,72 |
| 2,54 | 14,17 | 1,59 | 14,07 | 1,25 | 15,34 | 1,49 | 15,30 | 1,79 |
| 2,56 | 14,21 | 1,55 | 14,06 | 1,45 | 15,37 | 1,47 | 15,30 | 1,94 |
| 2,58 | 14,25 | 1,38 | 14,07 | 1,50 | 15,4 | 1,32 | 15,30 | 2,02 |
| 2,6 | 14,24 | 1,81 | 14,08 | 1,56 | 15,42 | 1,33 | 15,31 | 2,11 |
| 2,62 | 14,33 | 1,42 | 14,09 | 1,69 | 15,46 | 0,96 | 15,32 | 2,19 |
| 2,64 | 14,36 | 1,45 | 14,10 | 1,79 | 15,48 | 0,95 | 15,34 | 2,21 |
| 2,66 | 14,38 | 1,49 | 14,14 | 1,76 | 15,48 | 1,01 | 15,39 | 2,16 |
| 2,68 | 14,42 | 1,42 | 14,20 | 1,56 | 15,49 | 0,99 | 15,45 | 1,95 |
| 2,70 | 14,45 | 1,39 | 14,23 | 1,57 | 15,49 | 1,05 | 15,48 | 1,98 |
| 2,72 | 14,48 | 1,35 | 14,26 | 1,48 | 15,49 | 1,09 | 15,52 | 1,92 |
| 2,74 | 14,49 | 1,40 | 14,31 | 1,09 | 15,50 | 1,21 | 15,57 | 1,51 |
| 2,76 | 14,52 | 1,49 | 14,31 | 1,01 | 15,50 | 1,36 | 15,54 | 1,42 |
| 2,78 | 14,53 | 1,60 | 14,30 | 1,54 | 15,52 | 1,40 | 15,56 | 2,08 |
| 2,78 | 14,56 | 1,54 | 14,31 | 1,69 | 15,55 | 1,21 | 15,58 | 2,15 |
| 2,80 | 14,58 | 1,49 | 14,36 | 1,43 | 15,58 | 0,93 | 15,65 | 1,82 |
| 2,82 | 14,63 | 1,25 | 14,37 | 0,06 | 15,6 | 0,64 | 15,66 | 0,29 |
| 2,84 | 14,66 | 1,43 | 14,42 | 1,35 | 15,63 | 0,55 | 15,77 | 1,44 |
| 2,86 | 14,74 | 0,89 | 14,49 | 0,51 | 15,64 | 0,24 | 15,81 | 0,44 |
| 2,88 | 14,75 | 0,79 | 14,49 | 0,11 | 15,64 | 0,22 | 15,81 | 0,27 |
| 2,90 | 14,75 | 1,08 | 14,49 | 0,52 | 15,64 | 0,29 | 15,81 | 0,73 |
| 2,92 | 14,77 | 1,14 | 14,49 | 1,53 | 15,65 | 0,50 | 15,82 | 1,42 |
| 2,94 | 14,78 | 1,09 | 14,53 | 1,58 | 15,66 | 0,69 | 15,86 | 1,40 |
| 2,96 | 14,79 | 1,12 | 14,55 | 1,54 | 15,65 | 0,55 | 15,87 | 1,33 |
| 2,98 | 14,79 | 1,15 | 14,58 | 1,42 | 15,65 | 0,47 | 15,88 | 1,33 |
| 3,00 | 14,81 | 1,07 | 14,65 | 0,72 | 15,66 | 0,46 | 15,90 | 1,36 |
| 3,02 | 14,82 | 1,28 | 14,66 | 0,75 | 15,66 | 0,67 | 15,93 | 1,57 |

| PK (KM) | Q = 37 M ³ /S (2 ANS) | | | | Q = 85 M ³ /S (100 ANS) | | | |
|------------|----------------------------------|------------------|-------------------------|------------------|------------------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | CONDITIONS INITIALES | | CONDITIONS PROJETÉES | | CONDITIONS INITIALES | | 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) |
| 3,04 | 14,84 | 1,36 | 14,66 | 0,90 | 15,7 | 0,78 | 15,94 | 1,64 |
| 3,06 | 14,9 | 1,01 | 14,68 | 0,86 | 15,7 | 0,57 | 15,94 | 1,43 |
| 3,08 | 14,9 | 1,02 | 14,69 | 0,60 | 15,69 | 0,57 | 15,94 | 1,49 |
| 3,10 | 14,91 | 1,24 | 14,69 | 0,49 | 15,69 | 1,00 | 15,94 | 1,65 |
| 3,12 | 14,92 | 1,21 | 14,69 | 1,48 | 15,69 | 1,28 | 15,93 | 1,78 |
| 3,14 | 14,93 | 1,26 | 14,70 | 1,59 | 15,69 | 1,37 | 15,93 | 1,90 |
| 3,16 | 14,93 | 1,31 | 14,71 | 1,70 | 15,68 | 1,38 | 15,95 | 1,93 |
| 3,18 | 14,94 | 1,35 | 14,74 | 1,72 | 15,69 | 1,52 | 15,97 | 1,95 |
| 3,20 | 14,95 | 1,47 | 14,78 | 1,64 | 15,68 | 1,83 | 15,99 | 2,00 |
| 3,22 | 14,97 | 1,54 | 14,80 | 1,68 | 15,68 | 2,01 | 16,00 | 2,01 |
| 3,24 | 14,98 | 1,65 | 14,88 | 1,31 | 15,68 | 2,27 | 16,08 | 1,75 |
| 3,26 | 14,99 | 1,92 | 14,90 | 1,24 | 15,67 | 2,71 | 16,09 | 1,78 |
| 3,28 | 15,08 | 1,65 | 14,90 | 1,39 | 15,87 | 2,19 | 16,10 | 1,87 |
| 3,30 | 15,10 | 1,70 | 14,93 | 1,07 | 15,92 | 2,06 | 16,16 | 1,42 |
| 3,32 | 15,20 | 1,29 | 14,94 | 0,25 | 16,02 | 1,75 | 16,16 | 0,28 |
| 3,34 | 15,21 | 1,39 | 14,94 | 0,55 | 16,02 | 1,94 | 16,16 | 0,80 |
| 3,36 | 15,23 | 1,46 | 14,94 | 1,58 | 16,07 | 1,83 | 16,16 | 1,99 |
| 3,38 | 15,27 | 1,38 | 14,95 | 1,64 | 16,13 | 1,70 | 16,17 | 2,06 |
| 3,40 | 15,28 | 1,32 | 14,97 | 1,65 | 16,14 | 1,67 | 16,19 | 2,02 |
| 3,42 | 15,29 | 1,36 | 14,98 | 1,72 | 16,15 | 1,72 | 16,22 | 2,03 |
| 3,44 | 15,3 | 1,58 | 15,02 | 1,74 | 16,15 | 1,93 | 16,26 | 2,01 |
| 3,46 | 15,32 | 1,6 | 15,07 | 1,62 | 16,16 | 2,01 | 16,30 | 1,90 |
| 3,48 | 15,34 | 1,62 | 15,09 | 1,59 | 16,17 | 2,13 | 16,31 | 1,88 |
| 3,50 | 15,39 | 1,49 | 15,11 | 1,54 | 16,21 | 2,06 | 16,31 | 1,89 |
| 3,52 | 15,4 | 1,59 | 15,11 | 1,75 | 16,22 | 2,23 | 16,31 | 2,18 |
| 3,54 | 15,44 | 1,45 | 15,12 | 1,76 | 16,27 | 2,06 | 16,33 | 2,11 |
| 3,56 | 15,46 | 1,65 | 15,23 | 1,44 | 16,36 | 2,07 | 16,43 | 1,95 |
| 3,58 | 15,52 | 1,59 | 15,23 | 1,51 | 16,46 | 1,65 | 16,43 | 2,12 |
| 3,60 | 15,56 | 1,45 | 15,22 | 1,69 | 16,49 | 1,50 | 16,43 | 2,22 |
| 3,62 | 15,59 | 1,62 | 15,22 | 1,80 | 16,49 | 1,98 | 16,41 | 2,32 |
| 3,64 | 15,6 | 1,61 | 15,21 | 1,95 | 16,50 | 2,00 | 16,40 | 2,41 |
| 3,66 | 15,65 | 1,19 | 15,26 | 1,77 | 16,55 | 1,36 | 16,48 | 1,90 |
| 3,68 | 15,68 | 1,07 | 15,28 | 1,96 | 16,57 | 1,23 | 16,49 | 1,82 |
| 3,70 | 15,67 | 1,55 | 15,27 | 2,47 | 16,56 | 1,96 | 16,48 | 2,52 |
| 3,72 | 15,68 | 1,90 | 15,31 | 2,72 | 16,54 | 2,62 | 16,45 | 3,17 |
| 3,74 | 15,69 | 1,96 | 15,45 | 2,45 | 16,57 | 2,53 | 16,56 | 2,98 |
| 3,76 | 15,88 | 0,87 | 15,70 | 2,20 | 16,93 | 2,42 | 16,95 | 2,57 |
| 3,78 | 15,88 | 0,18 | 15,71 | 2,59 | 16,92 | 2,76 | 16,96 | 3,04 |
| 3,8 | 15,84 | 2,09 | 15,66 | 2,71 | 16,88 | 2,57 | 16,91 | 2,62 |

| PK (KM) | Q = 37 M ³ /S (2 ANS) | | | | Q = 85 M ³ /S (100 ANS) | | | |
|---------|----------------------------------|---------------|----------------------|---------------|------------------------------------|---------------|----------------------|---------------|
| | CONDITIONS INITIALES | | CONDITIONS PROJÉTÉES | | CONDITIONS INITIALES | | CONDITIONS PROJÉTÉES | |
| | 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) |
| 3,82 | 15,91 | 1,80 | 15,77 | 2,55 | 16,99 | 1,99 | 17,00 | 2,34 |
| 3,84 | 15,96 | 1,83 | 15,96 | 2,11 | 16,98 | 1,73 | 17,05 | 2,28 |
| 3,86 | 15,93 | 2,52 | 15,98 | 2,29 | 16,96 | 2,64 | 17,04 | 2,75 |
| 3,88 | 16,01 | 2,72 | 16,04 | 2,31 | 16,99 | 3,10 | 17,07 | 2,93 |
| 3,90 | 16,25 | 2,18 | 16,10 | 2,44 | 17,19 | 2,74 | 17,13 | 2,99 |
| 3,92 | 16,31 | 2,18 | 16,18 | 2,46 | 17,26 | 2,70 | 17,24 | 2,88 |
| 3,94 | 16,39 | 2,16 | 16,28 | 2,46 | 17,32 | 2,74 | 17,33 | 2,91 |
| 3,96 | 16,43 | 2,23 | 16,32 | 2,67 | 17,35 | 2,98 | 17,32 | 3,22 |
| 3,98 | 16,46 | 2,37 | 16,43 | 2,57 | 17,38 | 3,18 | 17,40 | 3,20 |

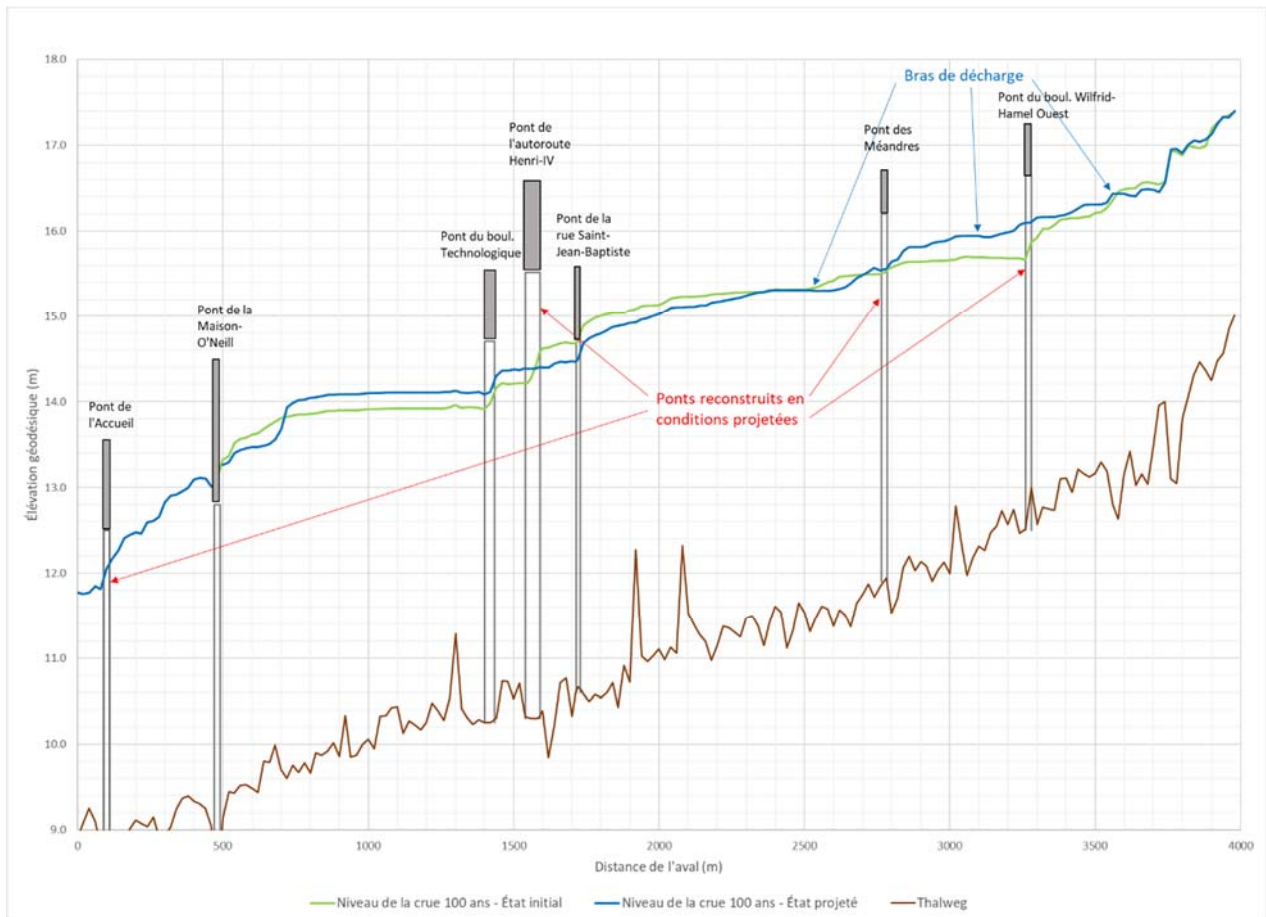


Figure 4.1 Impacts du projet sur les niveaux d'eau lors du passage de la crue centennale

VITESSES

De façon générale, une augmentation des vitesses est observée dans l'ensemble de la zone d'étude, sauf pour trois secteurs restreints, situés aux deux bras de décharge et dans la courbe en amont du boulevard Wilfrid-Hamel Ouest. Pour ces trois zones, la section d'écoulement a été augmentée. Dans le reste de la zone d'étude, la section a été réduite par le rehaussement des rives et le confinement de la crue. Globalement, l'augmentation des vitesses, mesurée au centre de la rivière, est de 0,5 m/s pour la crue centennale. La protection en enrochement projetée aux endroits où les vitesses dépassent 1 m/s permettra cependant de limiter les risques d'érosion liés à cette augmentation de vitesse.

4.1.2 EN CRUE BIENNALE

NIVEAUX D'EAU

Le portrait de la modification des niveaux d'eau par le réaménagement de la rivière et des rives diffère entre les scénarios de crues biennale et centennale. Alors qu'en crue centennale l'ajout de murs confinant les crues a pour effet de rehausser localement les niveaux d'eau entre l'état initial et projeté, en crue biennale, les écoulements demeurent dans le lit principal sans solliciter les murs. Ainsi, toutes les interventions visant à élargir le lit de la rivière puis aménager des bras de décharge et plaines de débordement se traduisent directement par un abaissement du niveau de la crue. De manière globale, cet abaissement moyen atteint 14 cm. Il est nul dans la partie aval entre les PK 1+600 et 2+500, et il est plus notable en amont du PK 2+600 où est aménagé le bras de décharge. Cet abaissement est de 10 à 40 cm entre les PK 2+600 et 3+800.

VITESSES

En raison de l'abaissement du niveau d'eau, qui a pour effet de réduire la section d'écoulement sauf aux endroits où le lit est élargi, les vitesses d'écoulement augmentent légèrement. L'augmentation globale est de l'ordre de 0,01 m/s, mais elle est plus importante entre les PK 3+300 et 3+800, atteignant 1 m/s par endroit. La protection en enrochement projetée aux endroits où les vitesses dépassent 1 m/s permettra de limiter les risques d'érosion.

Dans les tronçons court-circuités par les bras de décharge (PK 2+500 et 3+100) et au droit des plaines de débordement, la vitesse d'écoulement dans le lit de la rivière sera toutefois réduite par ces aménagements.

LHE

La ligne des hautes eaux (LHE) des conditions projetées a été établie à partir de la LHE de référence établie dans le cadre de l'étude d'impact déposée en 2013, à partir de la simulation de la crue biennale dans le modèle hydraulique TELEMAC-2D. La LHE de référence a été modifiée à partir du modèle hydraulique des conditions projetées dans tous les secteurs où des interventions dans le littoral sont prévues.

4.2 IMPACTS HYDRAULIQUES DANS LA ZONE À L'ÉTUDE LOCALE – SECTEUR EN AVAL DE L'AUTOROUTE HENRI-IV (QC-37 ET QC-45)

4.2.1 DESCRIPTION DE LA ZONE AVAL

La zone du secteur aval est située entre la rivière Saint-Charles et le PK 1+580 (autoroute Henri-IV) de la rivière Lorette. Directement en aval de la zone d'étude du secteur amont, les ponts de l'autoroute Henri-IV imposaient une restriction hydraulique entre les PK 1+580 et 1+540 avant leur reconstruction complétée en 2015. La capacité hydraulique des nouveaux ponts est augmentée significativement. Entre les ponts de l'autoroute Henri-IV et le pont du boulevard du Parc-Technologique (PK 1+440 à 1+400), 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 sur le boulevard du Parc-Technologique, au PK 1+340, se déverse un important collecteur pluvial assurant le drainage d'une partie du secteur Sainte-Foy. Entre le pont du boulevard du Parc-Technologique (PK 1+400) et le PK 1+000, la rivière s'écoule dans une zone peu urbanisée en rive et aucune infrastructure n'est présente dans la plaine d'inondation. Entre les PK 1+000 et le pont du boulevard Wilfrid-Hamel « Est » (PK 0+480), 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 certaine distance 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 « Est » sont cependant localisés très proches des rives de la rivière Lorette. Des murs seront érigés en rive droite afin de protéger le secteur de l'avenue Verlaine contre les crues, et en rive gauche sur une courte distance au PK 0+700. Entre le pont du boulevard Wilfrid-Hamel « Est » (PK 0+480) et le pont du boulevard Masson (PK 0+080), la rivière traverse un quartier résidentiel. Les maisons sont situées à une distance raisonnable de la rivière, exception faite de la résidence en rive gauche au PK 0+360 qui doit être protégée par un mur. La reconstruction du pont du boulevard Masson (le pont de l'Accueil) avec une ouverture hydraulique plus grande, qui sera complétée en 2021, réduira la restriction aux écoulements à cet endroit. Finalement, 80 m en aval du pont du boulevard Masson, la rivière Lorette conflue avec la rivière Saint-Charles.

4.2.2 ANALYSE DES IMPACTS HYDRAULIQUES

4.2.2.1 EN CRUE CENTENNALE

IMPACT SUR LES DÉBITS

CONDITIONS INITIALES

En conditions de crue centennale, le débit de la rivière Lorette, dans le secteur aval de la zone d'étude, est inférieur au débit de 85 m³/s au pont de la rue Saint-Paul, puisque de nombreuses évacuations de débit sont observées aux différents points bas sur les rives.

Par ailleurs, il est évalué que le soffite des ponts de l'autoroute Henri-IV (avant leur reconstruction) était atteint pour un débit d'environ 65 m³/s.

Ces différentes observations permettent de penser qu'en conditions de crue centennale, les ponts de l'autoroute Henri-IV constituaient une restriction hydraulique majeure, et que le débit dans la rivière Lorette du secteur aval de la zone d'étude était contrôlé et limité par ces ponts. Avec la configuration de ces ponts avant leur reconstruction, il n'était pas possible qu'un débit de 85 m³/s soit acheminé par la rivière Lorette dans le secteur en aval du pont en crue centennale.

Des simulations hydrauliques du passage de la crue centennale en régime transitoire permettent d'évaluer que, considérant l'état initial de la rivière (avant la reconstruction des ponts et les mesures temporaires d'urgence), la pointe de la crue est réduite de l'ordre de 10 m³/s en raison de l'entrée en charge des ponts et des débordements. Avec un débit centennal imposé au pont de la rue Saint-Paul (85 m³/s) et un débit de 3,8 m³/s au collecteur pluvial Sainte-Foy, la pointe atteint 78 m³/s en aval du collecteur (en aval de l'autoroute Henri-IV). Les niveaux d'eau en conditions initiales à considérer pour l'analyse des impacts hydrauliques aval du projet sont donc ceux d'une crue de 78 m³/s.

CONDITIONS PROJETÉES

En conditions projetées, puisque les eaux de la crue centennale sont contenues par les murs anti-crue, et que les ponts de l'autoroute Henri-IV ne limitent plus le débit en aval à la suite de sa reconstruction, le débit dans le secteur aval pourra atteindre une pointe de près de 89 m³/s lors d'une crue centennale.

IMPACTS HYDRAULIQUES

En conditions projetées, la pointe de la crue centennale ne sera plus atténuée, puisque tous les secteurs de débordement de la rivière auront été protégés. Par ailleurs, le soffite des ponts de l'autoroute Henri-IV ayant été rehaussé de plus de 1 m élimine l'entrée en charge à 65 m³/s.

La crue centennale en conditions projetées aura une pointe de l'ordre de 10 m³/s supérieure à la même crue en état initial dans le secteur aval de la rivière. Cette augmentation du débit provoque un rehaussement des niveaux d'eau de l'ordre de 23 cm en aval des ponts de l'autoroute Henri-IV, tel que présenté au Tableau 4.2. Le calcul du rehaussement est basé sur un débit de 78 m³/s dans le secteur aval, avant la reconstruction du pont de l'Accueil, et sans mur, et un débit de 88,5 m³/s à l'état projeté. Toutefois, la reconstruction du pont de l'Accueil permet de compenser pour la hausse du débit et même de diminuer les niveaux d'eau localement. La différence de zone inondable est illustrée sur la Figure 4.2.

L'écart de vitesses entre les conditions initiales et futures varie le long du tronçon aval. En aval du pont du boulevard Wilfrid-Hamel Est et dans le secteur de l'avenue Verlainé, les vitesses augmenteront de 0 à 0,4 m/s, le maximum étant localisé juste en amont du pont du boulevard Masson. Entre le pont du boulevard Wilfrid-Hamel Est et le pont du boulevard du Parc-Technologique, les vitesses seront légèrement plus faibles en raison de l'augmentation du niveau d'eau qui permet une augmentation significative de l'aire d'écoulement. Entre ce dernier pont et les ponts de l'autoroute Henri-IV, il y aura une légère augmentation de vitesses, de l'ordre de 0,1 m/s.

La Figure 4.2 montre une faible augmentation de la superficie d'inondation en crue centennale, avant et après les travaux projetés sur la Lorette. Cette augmentation est principalement localisée dans le secteur du pont du boulevard Wilfrid-Hamel « Est ».

Tableau 4.2 Rehaussement des niveaux d'eau en aval de la zone d'étude au passage d'une crue centennale (88,5 m³/s)

| PK | REHAUSSEMENT DU NIVEAU D'EAU (m) | PK | REHAUSSEMENT DU NIVEAU D'EAU (m) |
|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 0+000 | 0 | 0+820 | 0,21 |
| 0+080 | 0,01 | 0+840 | 0,21 |
| Pont boul. Masson 0+100 | | 0+860 | 0,21 |
| 0+120 | -0,14 | 0+880 | 0,21 |
| 0+140 | -0,14 | 0+900 | 0,21 |
| 0+160 | -0,09 | 0+920 | 0,21 |
| 0+180 | -0,08 | 0+940 | 0,21 |
| 0+200 | -0,06 | 0+960 | 0,21 |
| 0+220 | -0,07 | 0+980 | 0,21 |
| 0+240 | -0,03 | 1+000 | 0,21 |
| 0+260 | -0,03 | 1+020 | 0,20 |
| 0+280 | -0,01 | 1+040 | 0,21 |
| 0+300 | 0,02 | 1+060 | 0,20 |
| 0+320 | 0,05 | 1+080 | 0,20 |
| 0+340 | 0,06 | 1+100 | 0,20 |
| 0+360 | 0,06 | 1+120 | 0,20 |
| 0+380 | 0,10 | 1+140 | 0,20 |
| 0+400 | 0,10 | 1+160 | 0,20 |
| 0+420 | 0,09 | 1+180 | 0,20 |
| 0+440 | 0,08 | 1+200 | 0,20 |
| 0+460 | 0,03 | 1+220 | 0,20 |
| Pont Wilfrid-Hamel Est | | 1+240 | 0,20 |
| 0+500 | 0,12 | 1+260 | 0,20 |
| 0+520 | 0,13 | 1+280 | 0,20 |
| 0+540 | 0,12 | 1+300 | 0,21 |
| 0+560 | 0,12 | 1+320 | 0,18 |
| 0+580 | 0,13 | 1+340 | 0,20 |
| 0+600 | 0,13 | 1+360 | 0,20 |
| 0+620 | 0,13 | 1+380 | 0,20 |
| 0+640 | 0,12 | 1+400 | 0,19 |
| 0+660 | 0,14 | Pont du boul. Parc-Technologique | 0,20 |
| 0+680 | 0,15 | 1+440 | 0,23 |
| 0+700 | 0,17 | 1+460 | 0,23 |
| 0+720 | 0,21 | 1+480 | 0,23 |
| 0+740 | 0,21 | 1+500 | 0,23 |
| 0+760 | 0,21 | 1+520 | 0,23 |
| 0+780 | 0,21 | | |
| 0+800 | 0,21 | | |

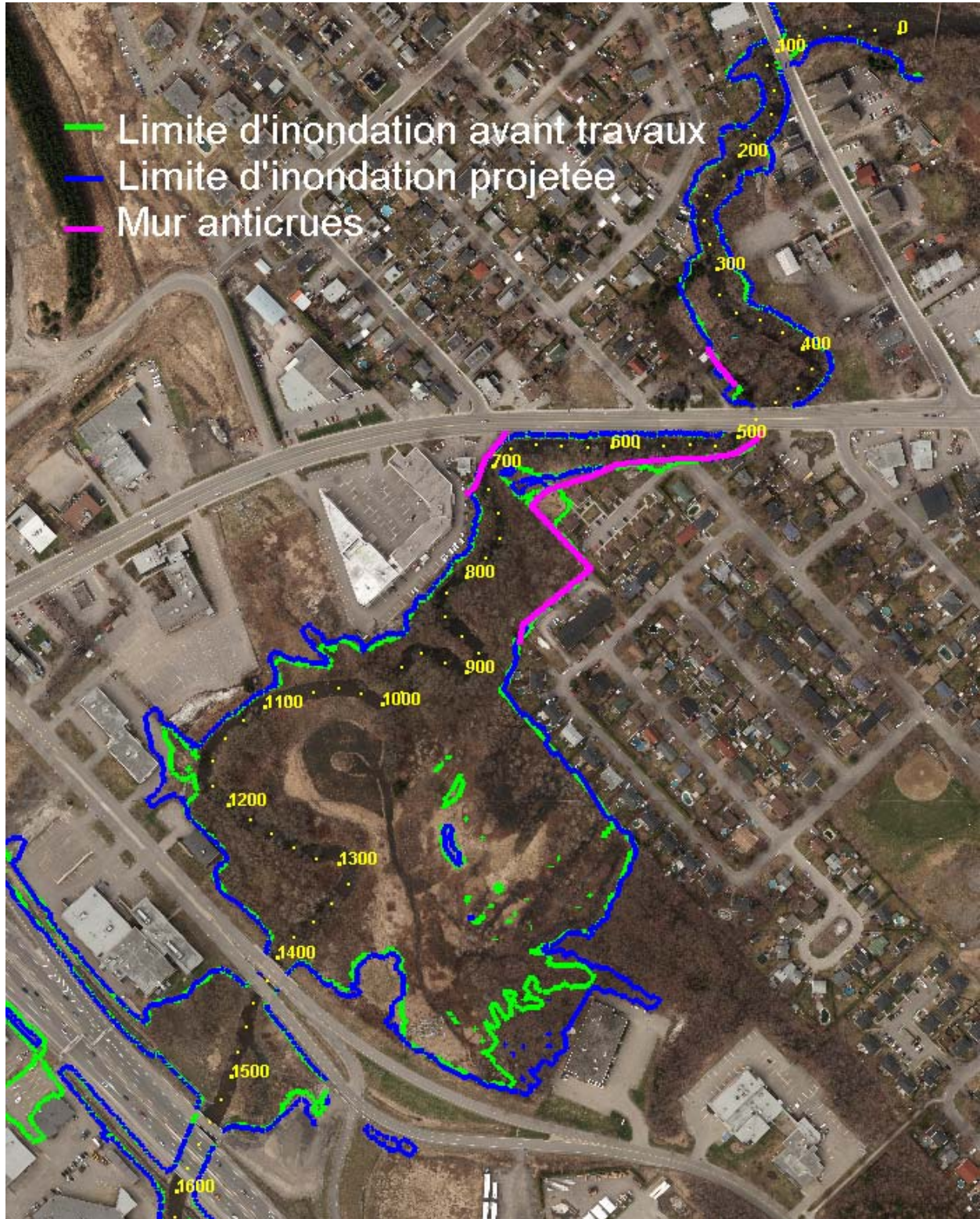


Figure 4.2 Limite approximative de la crue centennale dans le secteur aval de la Lorette en conditions initiales et futures

4.2.2.2 EN CONDITIONS D'HYDRAULICITÉ MOYENNE

La configuration de la rivière dans le secteur 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.

4.3 IMPACTS HYDRAULIQUES À L'AMONT DE LA ZONE À L'ÉTUDE LOCALE (QC-37 ET QC-45)

En amont du pont de la rue Saint-Paul, la rivière traverse un secteur résidentiel. 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 assez forte sur une distance approximative de 160 m directement en amont du pont (1 %).

4.3.1 EN CRUE CENTENNALE

Les calculs effectués indiquent qu'en crue centennale, il n'y aura pas d'impact notable des modifications de la rivière Lorette sur les conditions d'écoulement en amont du pont de la rue Saint-Paul. Ceci s'explique par les facteurs suivants :

- un contrôle hydraulique (une section rapide) se forme au PK 3+740, où le nombre de Froude caractérisant l'écoulement s'approche d'une valeur de 1. À cet endroit, le niveau d'eau chute brusquement de 0,5 m, entre les PK 3+740 et 3+720;
- un autre contrôle hydraulique pourrait prendre place au PK 3+980, immédiatement en aval du pont de la rue Saint-Paul;
- le réaménagement de la courbe entre les PK 3+600 et 3+700 a pour effet d'abaisser les niveaux d'eau en amont de cette courbe, évitant de noyer les contrôles hydrauliques des PK 3+740 et 3+980 par un rehaussement du niveau aval.

Donc, en raison de la forte pente de la rivière dans le secteur du pont de la rue Saint-Paul, et des travaux projetés entre les PK 3+600 et 3+700, il n'y aura pas d'impact sur les niveaux d'eau, les vitesses et le risque d'inondation en amont de la zone des interventions prévues.

4.3.2 EN CRUE BIENNALE

Pour une crue de récurrence 2 ans, les contrôles hydrauliques aux PK 3+740 et 3+980 sont davantage marqués. Le nombre de Froude dans le méandre du PK 3+740 dépasse une valeur de 1 et indique nettement la présence d'un contrôle hydraulique. En amont du méandre, l'écoulement n'atteint pas les murs anti-crue et ne subit donc pas de modification. Il n'y aura donc pas d'impact sur les conditions d'écoulement en amont de la rue Saint-Paul.

4.4 IMPACTS APPRÉHENDÉS SUR LA DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE

Aucun impact significatif du projet n'est anticipé sur la dynamique sédimentaire puisque le maintien en tout point d'un débit au moins égal au débit de début d'entraînement ($14 \text{ m}^3/\text{s}$) lors des crues permettra de garantir le transport de sédiments tel qu'il se produit actuellement.

4.5 SUIVI DES QUESTIONS SOULEVÉES EN 2013 PAR LE MDDELCC

Cette section répond à certaines questions soulevées par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) lors de l'étude d'impact déposé en 2013 et qui n'ont pas été répondues dans le présent rapport où fourni des compléments de réponse.

4.5.1 QUESTION 19

Question :

À la page 99 de l'étude d'impact, l'initiateur mentionne que le débit de conception de l'ouvrage est de 100 ans ($85 \text{ m}^3/\text{s}$), mais que la revanche de 30 cm permettra le passage d'un événement de type Rita ($93 \text{ m}^3/\text{s}$) sans débordement. Advenant un événement de crue supérieure, l'initiateur doit décrire les impacts appréhendés des digues sur le secteur. Il doit, de plus, mentionner quelles mesures seront mises en place pour atténuer les impacts dans une telle situation (plan de mesures d'urgence, mise en place d'un dispositif de déversoir, etc.).

Réponse :

Advenant le passage d'une crue supérieure au débit de type Rita ($93 \text{ m}^3/\text{s}$), des inondations par surverse en crête et sur les portions de rive n'étant pas protégées par les murs anti-crue seront observées. En fonction du débit de la rivière Lorette, des inondations de différentes ampleurs pourraient être observées. Une étude a porté spécifiquement sur l'évaluation du risque résiduel, notamment au passage d'une crue d'une récurrence de 250 ans. Cette étude a notamment permis de constater que pour toute valeur de débit supérieure à $93 \text{ m}^3/\text{s}$, l'impact du projet sur le secteur sera une diminution de l'ampleur des inondations par rapport aux conditions actuelles. De plus, le plan particulier d'inondation de la rivière Lorette, préparé par la Ville de Québec, sera ajusté pour tenir compte de cette nouvelle réalité.

4.5.2 QUESTION 34

Question :

L'initiateur devra expliquer les critères qui ont été utilisés afin de statuer sur un enrochement de 50 cm au-delà de la limite des inondations de récurrence de 2 ans.

Réponse :

Les critères utilisés pour statuer sur l'enrochement de 50 cm au-dessus de la limite de la crue 2 ans sont :

- critères de bonnes pratiques de génie civil et d'hydraulique (incluant les expériences des ingénieurs de projets dans des projets similaires et vérification de la pertinence du critère lors du suivi de projet après construction);
- critères du MTQ;
- critères de résistance aux techniques d'écogénie.

Il est important de mentionner à ce sujet qu'advenant le cas où l'enrochement n'est pas sollicité durant une période prolongée (année de faible hydraulicité), la végétation reprendra naturellement le dessus, et l'enrochement ne sera plus visible.

4.5.3 QUESTION 36

Question :

L'initiateur doit mentionner si, les vitesses dans le lit d'étiage seront suffisamment élevées pour éviter le comblement dans les zones de déposition sédimentaire projetées

Réponse :

La conception détaillée du lit d'étiage sera effectuée lors de l'ingénierie détaillée. Il sera important de veiller à dimensionner ce dernier afin d'optimiser les vitesses d'écoulement, obtenir des vitesses satisfaisantes pour l'habitat du poisson et limiter les risques de déposition. Notons cependant que la rivière cherche naturellement à obtenir son équilibre sédimentaire. Ainsi, même si le dimensionnement du lit d'étiage permet théoriquement d'éviter son comblement, il ne sera pas possible de garantir que le lit d'étiage ne se comblera pas à certains endroits, à long ou moyen terme.

4.5.4 QUESTION 38

Question :

En 2009, le Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ) a mis à jour les zones inondables de la rivière Lorette et a également mené une étude de détermination de la capacité hydraulique pour ce cours d'eau. Lors de ces deux études, menées pour le compte de la Ville de Québec, la rivière Lorette a été modélisée à l'aide d'un modèle hydrodynamique en deux dimensions, de son embouchure jusqu'à la rue Saint-Paul. Les zones inondables de récurrence de 2 ans, 20 ans et 100 ans ont été cartographiées de même que les zones inondées sous différents débits, simulés par incréments de 5 m³/s (de 10 m³/s à 90 m³/s). À cet effet, l'initiateur doit :

- mentionner si la modélisation hydrodynamique faite dans le cadre de l'étude d'impact donne des résultats cohérents avec ceux obtenus par le CEHQ et, dans le cas contraire, expliquer les différences observées;

- expliquer les différences observées entre les zones d'inondation par débordement identifiées à la section 3.5 (soit à 40 m³/s, 50 m³/s, 65 m³/s et 85 m³/s) et celles que le CEHQ a obtenues dans le cadre de l'étude de capacité hydraulique et qui démontre que certains secteurs débordent à des débits aussi faibles que 25 m³/s.

Réponse :

Les résultats obtenus dans le cadre de l'étude d'impact sont globalement cohérents avec ceux obtenus par le CEHQ. La Figure 4.3 compare les lignes d'eau obtenues par le CEHQ pour des débits de 67,7 m³/s (CEHQ, 2009) et par WSP pour des débits de 60 et 70 m³/s pour le modèle de l'état initial (2013) (GENIVAR, 2012). Il est possible de remarquer que :

- pour le secteur en aval du pont du boulevard Wilfrid-Hamel « Ouest », les niveaux d'eau obtenus par WSP sont globalement supérieurs aux niveaux obtenus par le CEHQ;
- pour le secteur en amont du pont du boulevard Wilfrid-Hamel « Ouest », les niveaux d'eau obtenus par WSP sont globalement inférieurs aux niveaux obtenus par le CEHQ.

Ces différences peuvent s'expliquer par plusieurs raisons (liste non exhaustive) :

- 1) l'étalonnage du modèle hydraulique effectué par WSP est différent de celui du CEHQ. Tel que montré sur la Figure 4.4, dans la partie aval du secteur à l'étude, soit entre les ponts de l'autoroute Henri-IV et le pont du boulevard Wilfrid-Hamel « Ouest », les niveaux obtenus par le CEHQ pour un débit de 19 m³/s sont inférieurs aux niveaux relevés, et également inférieurs aux niveaux simulés par WSP. En amont du pont du boulevard Wilfrid-Hamel « Ouest », les niveaux simulés par le CEHQ et WSP sont similaires (exceptés au droit du pont de la rue Saint-Paul, où le niveau simulé par WSP est inférieur au niveau relevé et simulé par le CEHQ). Les modèles développés par WSP et par le CEHQ ne représentent pas exactement de la même façon la rivière Lorette dans le secteur à l'étude (topographie, Manning, etc.), ce qui explique les différences mineures observées;
- 2) le modèle réalisé par le CEHQ est basé sur les relevés bathymétriques de 2005, tandis que le modèle numérique de terrain développé par WSP inclut de nombreux relevés réalisés en 2012, et prend ainsi en considération les modifications de géométrie intervenues dans le lit et les berges de la rivière Lorette entre 2005 et 2012;
- 3) les logiciels utilisés par le CEHQ et WSP sont différents (TELEMAC-2D pour WSP et Modeleur et Hydrosim pour le CEHQ). Ainsi, il est probable que même si les deux modèles avaient été montés et calibrés exactement de la même façon, des différences soient observées dans les résultats.

Des différences sont observées entre les zones d'inondation par débordement identifiées à la section 3.5 par WSP et celles que le CEHQ a obtenues dans le cadre de l'étude de capacité hydraulique. Ces différences s'expliquent principalement par les différences de mandat et de modèles du CEHQ et de WSP.

- Le CEHQ présente la capacité hydraulique, soit « le débit que les différentes sections de cette rivière peuvent évacuer sans déborder du lit principal ni affecter un bâtiment ou une infrastructure situés à proximité ». Il est mentionné que « la capacité des différentes sections de la rivière est déterminée en considérant la hauteur d'eau disponible entre le fond du cours d'eau et le haut du talus le plus bas (H_{pb}) de ses rives ». D'après notre compréhension du rapport, le CEHQ considère qu'un secteur déborde dès que le niveau

d'eau dépasse le niveau Hai (soit le niveau avant inondation définissant la capacité avant inondation).

- L'objectif du paragraphe 3.5 de l'étude de WSP n'est pas de présenter les capacités hydrauliques de l'ensemble du secteur à l'étude de façon exhaustive, et d'identifier à 5 m³/s près le débit avant inondation de chacun des tronçons, tel qu'effectué par le CEHQ. L'objectif de ce paragraphe est de présenter les secteurs considérés comme critiques, soit les secteurs où un certain débit est évacué lors du débordement (et non uniquement les secteurs où une faible inondation d'un terrain pourrait être observée), afin de comprendre la dynamique de la rivière lors du passage d'une crue. Cette partie du rapport introduit ainsi les principaux points de débordement de la rivière, et ne présente pas l'ensemble des capacités hydrauliques de la rivière Lorette dans le secteur à l'étude.

Les différences observées entre les capacités hydrauliques présentées par le CEHQ et les zones de débordement proviennent donc du fait que les rédacteurs ne cherchent pas à présenter les mêmes résultats.

À titre indicatif, le rapport du CEHQ indique que le secteur compris entre les PK 2,79 et 3,10 (soit le secteur des Méandres, directement en amont du pont des Méandres) déborde à un débit de 25 m³/s. WSP identifie ce secteur comme la première zone de débordement : « un débordement survient en rive droite de la courbe située au PK 3,06 », pour un débit de 37 m³/s. Ce secteur a été identifié comme zone de débordement 1 à 37 m³/s, car à ce débit, un certain débit est évacué par le point bas du secteur. Pour un débit inférieur, des flaques d'eau sont observées.

Finalement, il est important de préciser que les différences observées entre les résultats de modélisation du CEHQ et de WSP ne font que démontrer que des incertitudes sont reliées à toutes modélisations hydrauliques, justifiant le critère de revanche, et ne changent rien au concept présenté, ni à la faisabilité de ce dernier.

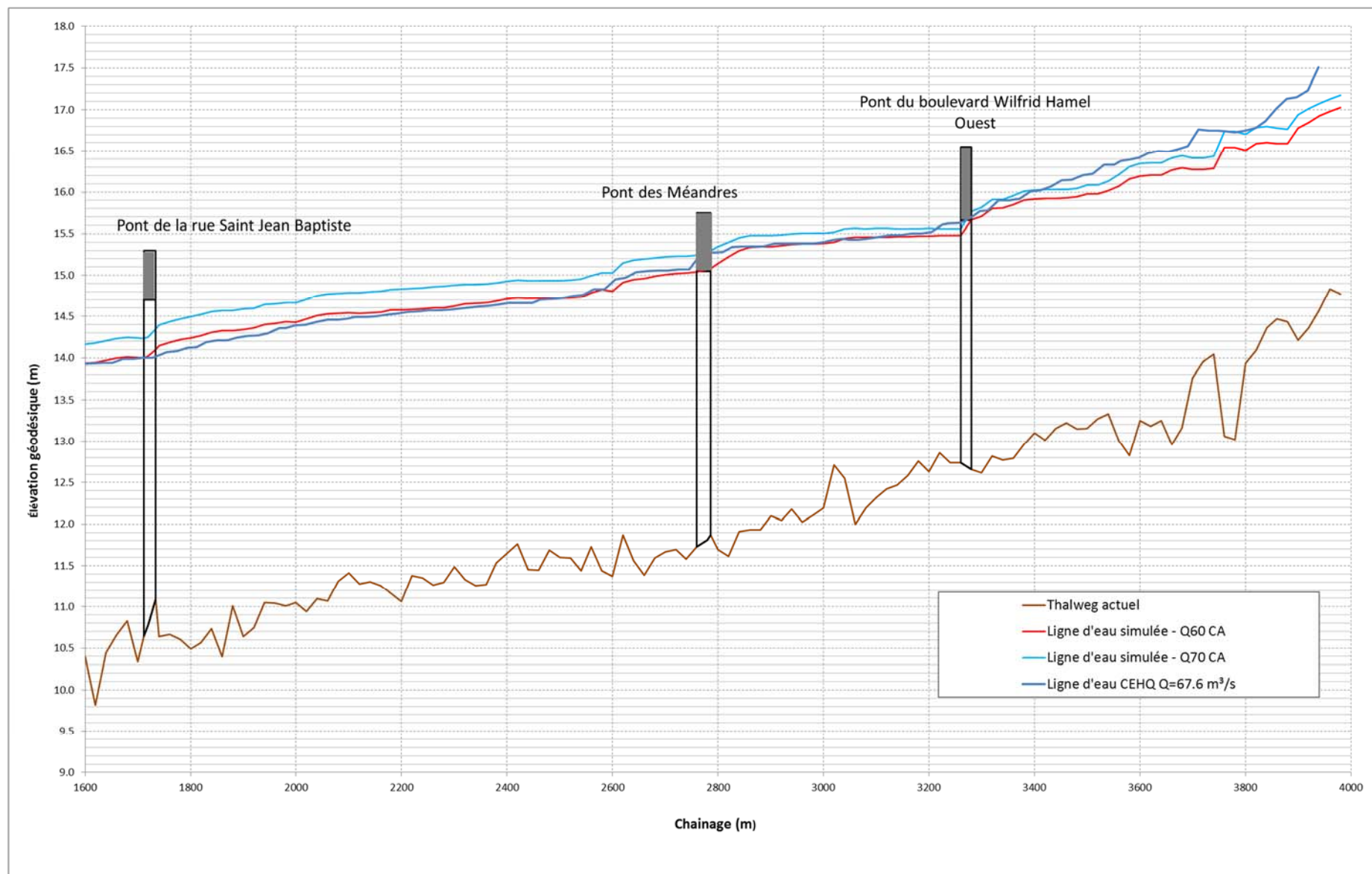


Figure 4.3 Lignes d'eau simulées par le CEHQ et GENIVAR, rivière Lorette, secteur Wilfrid-Hamel

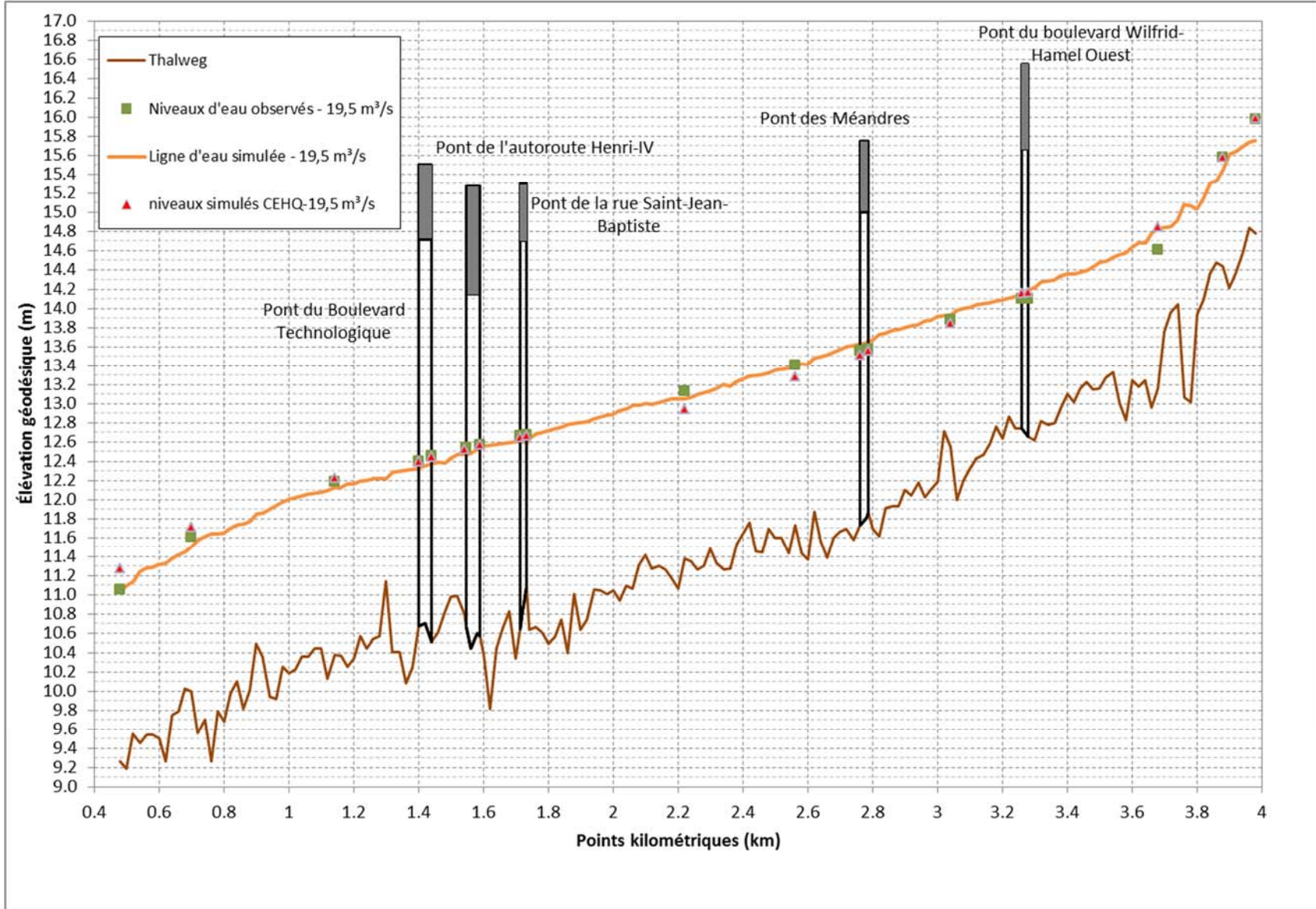


Figure 4.4 Lignes d'eau simulées et niveaux d'eau mesurés lors de l'étalonnage – Comparaison CEHQ / GENIVAR

4.5.5 QUESTION 40

Question :

L'initiateur doit expliquer comment est calculée la capacité hydraulique des ponts présentés au tableau 4. Il doit, de plus, mentionner s'il est possible que certaines valeurs soient influencées par le refoulement créé par une structure ou une restriction à l'écoulement située en aval et doit justifier sa réponse.

Réponse

La capacité hydraulique des ponts a été estimée en fonction des niveaux d'eau obtenus par simulations de différents débits et des élévations des soffites des ponts. Lorsque le niveau d'eau au droit du pont atteint le niveau du soffite, il est considéré que la capacité hydraulique du pont est atteinte. Notez par ailleurs qu'un modèle HEC-RAS (modèle une dimension, communément utilisé pour la réalisation d'études hydrauliques pour la réalisation de ponts) a été réalisé pour valider la capacité hydraulique du pont des Méandres avant sa reconstruction.

Tel qu'observé sur la figure 3 du tome 2 de 2 (lignes d'eau simulées en conditions actuelles pour différents débits) (GENIVAR, 2013), la capacité hydraulique de certains ponts est en effet influencée par le « refoulement créé par une structure ou une restriction à l'écoulement situé en aval ». Ainsi, les niveaux d'eau au pont de la rue Saint-Jean-Baptiste (et donc sa capacité hydraulique) sont influencés par les ponts de l'autoroute Henri-IV. Les niveaux d'eau au pont des Méandres sont influencés par l'ensemble des restrictions hydrauliques présentées en aval (voir tableau 3 – Localisation et type de contrôles hydrauliques dans la zone d'étude, tome 2 de 2). Les niveaux au pont du boulevard Wilfrid-Hamel « Ouest » sont influencés par les niveaux en amont du pont des Méandres.

Les travaux déjà réalisés et prévus sur le tronçon de la rivière Lorette en aval du pont de la rue Saint-Paul incluent la reconstruction de plusieurs ponts :

- les ponts de l'autoroute Henri-IV ont été reconstruits en 2015;
- le pont des Méandres a été démolé en 2013 et reconstruit en 2015;
- le pont du boulevard Wilfrid-Hamel « Ouest » a été reconstruit en 2017;
- la reconstruction du pont de l'Accueil sera complétée en 2021.

La reconstruction des ponts l'autoroute Henri-IV fait en sorte que le pont de la rue Saint-Jean-Baptiste n'entrera plus en charge en crue centennale. Il n'y aura donc plus aucun pont entrant en charge dans la zone d'étude pour la crue de conception. En ce qui concerne les ponts plus en aval, ceux du boulevard Wilfrid-Hamel « Est » et du boulevard Masson, leur entrée en charge est prise en compte dans la version 2016 du modèle hydraulique (et suivantes) représentant l'état projeté. Les niveaux d'eau simulés pour l'état projeté sont donc représentatifs des restrictions qui seront observées à chacun des ponts en aval de la rue Saint-Paul.

4.5.6 QUESTION 44

Question :

L'initiateur doit préciser si l'étude hydraulique présentée est suffisamment étoffée pour assurer la faisabilité du concept de remodelage des rives de la rivière Lorette tel que proposé. L'initiateur doit justifier sa réponse.

Réponse :

Le modèle hydraulique est étalonné sur des lignes d'eau associées à des débits de crues de 14, 19 et 30 m³/s, relevées en 2005 et 2012. La dernière version du modèle hydraulique, représentant l'état de la rivière en 2018, a pu être validée et ajustée sur la base d'un relevé de ligne d'eau avec jaugeage effectué lors de la crue du printemps 2019. À cette occasion, le débit de la rivière Lorette a atteint entre 37 et 47 m³/s d'un bout à l'autre du tronçon de rivière à l'étude. L'étalonnage du modèle hydraulique avec des lignes d'eau à des débits proches de celui de la crue de conception aurait permis d'obtenir une meilleure précision sur les résultats. Ce type de données n'est malheureusement pas disponible. Cependant, le modèle hydraulique est construit sur une quantité importante de données bathymétriques (campagnes de 2005, 2012, 2013, 2015, 2018) et topographiques (lidar). Les contraintes hydrauliques sont adéquatement représentées. La version du modèle créée en 2016 et mise à jour en 2018 et 2020 pour intégrer les aménagements projetés est constituée d'un maillage de calcul fin permettant de reproduire la géométrie du cours d'eau avec une bonne précision. Les coefficients de frottement sur le fond ont été fixés à des valeurs usuelles pour le lit et les berges (0,025 et 0,050). Considérant tous les efforts mis en œuvre pour la modélisation et les résultats de l'étalonnage effectués, le modèle hydraulique est considéré fiable pour la conception des aménagements. Les incertitudes reliées à la simulation d'un débit supérieur aux débits d'étalonnage ont été considérées par la mise en place d'une revanche dans l'ensemble du concept de faisabilité proposé. L'étude hydraulique est jugée suffisamment étoffée pour assurer la faisabilité du concept.

4.5.7 QUESTION 46

Question :

Le fondement du projet est de contenir à l'intérieur de l'endiguement le débit de récurrence de 100 ans. L'étude se réfère également au débit observé lors de l'ouragan Rita en 2005 comme prémisse du calcul de capacité hydraulique. Cependant, presque aucune mention n'est faite au sujet de l'inondation de juin 2013. Pourtant, cet événement a été le deuxième en importance au cours des dernières années. De plus, le modèle utilisé sert à simuler des débits allant jusqu'à 93 m³/s tandis que les débits ayant servi à son calage sont de 14 et 19 m³/s ce qui représente une grande extrapolation. Dans ce contexte l'initiateur devra :

- a) Décrire et caractériser cet événement en fournissant, sans s'y restreindre, le débit reconstitué ou estimé, le volume de la crue, les niveaux atteints, les secteurs inondés, etc.
- b) Décrire et documenter l'impact qu'a eu le barrage des Friches dans le laminage de la crue et mentionner l'impact éventuel du barrage du Mont-Châtel.

- c) Illustrer les résultats obtenus de la simulation de son modèle versus les inondations réelles des évènements de 2005 et 2013 et justifier les différences observées, le cas échéant.
- d) Mentionner si les données de l'évènement de 2013 seront intégrées afin de bonifier son modèle hydraulique.
- e) Mentionner pourquoi la campagne de terrain du 16 octobre 2005 (débit de 26,6 m³/s) faite par le CEHQ n'a pas été retenue pour le calage.

Réponse :

- a) Le débit de la crue du 31 mai 2013 a été estimé à 70 m³/s à partir des observations de niveaux d'eau sur le terrain lors de l'évènement. Le volume de crue ne peut être estimé avec les données disponibles. Au total, 300 résidences ont été inondées. Les données disponibles ne permettent pas de répondre à cette question.
- b) Les données disponibles ne permettent pas de répondre à cette question.
- c) Lors des évènements de 2005 et 2013, des débits de l'ordre de 93 m³/s et 70 m³/s ont été estimés. Il est essentiel de noter dans un premier lieu qu'il existe une grande incertitude quant à l'estimation de ces débits. Aucun jaugeage n'a été réalisé lors du passage de ces crues. Les débits ont ainsi été estimés uniquement à partir des niveaux d'eau enregistrés, de modèles hydrologiques et de relations niveaux-débits développées pour des débits strictement inférieurs aux débits de crues observés. Par ailleurs, le relevé des inondations réelles présente également de nombreuses imprécisions. Il a été effectué pour la crue de 2005 de façon approximative (pour la délimitation de la zone inondée). Les hauteurs d'eau qui ont été mesurées dans les rues n'ont pas été mesurées simultanément, lors du passage du pic de la crue. Le délaissé de la crue de 2005 est très approximatif. Il n'existe pas de délaissé officiel de la crue de 2013. Finalement, le modèle hydrodynamique ne modélise pas l'interaction avec le réseau d'égout pluvial. Considérant l'ensemble des points présentés, et l'importance des incertitudes reliées à la quantification des débits de crues de 2005 et 2013, il n'est pas jugé pertinent d'illustrer les résultats obtenus de la simulation versus les inondations réelles. À titre informatif, les résultats du modèle développé pour l'élaboration montrent qu'un « lac » se forme dans l'ensemble du secteur étudié à la suite du passage des crues de 2005 et 2013, tel qu'observé lors des inondations. Il est important de noter que, tel que mentionné dans la question, l'objectif du projet est de présenter un concept permettant de contenir la crue de récurrence 100 ans à l'intérieur de « l'endiguement ». Pour ce faire, il est donc fondamental que le modèle représente le plus fidèlement possible la rivière, dans l'état actuel, et surtout dans l'état projeté. Le fait que le modèle illustre plus ou moins fidèlement les zones d'inondation situées à plusieurs centaines de mètres de la rivière (dont la source d'inondation est d'ailleurs incertaine : refoulement d'égout et/ou de fossés ou débordement de rivière) lors du passage de crue de type 2005 ou 2013 ne change ainsi rien dans la capacité du modèle à représenter l'état actuel de la rivière, et les travaux nécessaires pour augmenter sa capacité hydraulique.
- d) À cet effet, les données de 2013 ne seront pas intégrées afin de « bonifier » le modèle, tel que suggéré. Comme mentionné précédemment, cet évènement n'a pas fait l'objet d'un jaugeage ou d'un relevé de niveaux d'eau permettant de servir de base à l'étalonnage. Cependant, certaines données de cette crue (les niveaux d'eau) ont pu être utilisées pour les simulations en régime transitoire, qui sont basées sur la forme de l'hydrogramme de

cette crue. De plus, des crues plus récentes (2018 et surtout 2019, avec un débit de 40 m³/s) ont pu être mesurées et utilisées pour la mise à jour du modèle hydraulique représentant l'état de 2018 et 2019 de la rivière.

- e) La campagne de terrain faite par le CEHQ le 16 octobre 2005 n'a pas été retenue pour l'étalonnage du modèle de l'état initial (2013), car il semblait y avoir une certaine incertitude quant à la précision des relevés (débits et niveaux). Le CEHQ simule d'ailleurs un niveau d'eau supérieur de 47 cm au niveau observé lorsqu'il utilise cette campagne de relevés. Cette ligne d'eau a cependant été utilisée pour l'étalonnage du modèle des conditions projetées. Par contre, des écarts importants entre les valeurs mesurées et simulées ont été obtenus en amont du pont du boulevard Hamel-Ouest, cet écart allant jusqu'à 39 cm.

4.5.8 QUESTION 47

Question :

L'initiateur doit expliquer pourquoi il a fixé le coefficient de frottement de Manning à une seule valeur pour le lit de la rivière et une seule également pour les berges.

Réponse :

Le coefficient de Manning représente la rugosité relative d'une surface, estimé à partir de l'observation de la rugosité effective des matériaux qui la compose. Ainsi, dans les modélisations, les cours d'eau et leur champ d'inondation sont le plus souvent représentés par des surfaces planes (pas de rugosité effective) auxquelles on associe un coefficient de rugosité relative de Manning.

Le coefficient de Manning est un paramètre de calage important des modèles hydrauliques puisque la rugosité des surfaces d'écoulement influence directement le comportement de la ligne d'eau et que ce paramètre ne peut être déterminé de manière formelle par le calcul.

Généralement, le coefficient de Manning est ajusté différemment pour le lit et les berges, et prend également des valeurs variables dans le champ d'inondation en fonction de l'occupation des sols et de la rugosité effective des matériaux.

Dans le cas du modèle TELEMAC construit par GENIVAR dans le cadre de son mandat, le modèle a été généré à partir d'un modèle numérique de terrain (lidar+bathymétrie) et d'un maillage triangulaire très fin, notamment sur les berges de la rivière Lorette. La multitude de mailles qui constituent les berges de la rivière crée une rugosité effective importante (les facettes créées par les mailles ne forment pas une surface plane, mais au contraire, une surface rugueuse très irrégulière). Ainsi, la rugosité relative que représente le coefficient de Manning (rugosité de chacune des petites facettes qui composent les surfaces) n'a plus d'effet significatif sur les écoulements, alors que c'est la géométrie du modèle qui va influencer fortement ceux-ci. Le calage du modèle s'est donc fait par des réajustements locaux de la géométrie du modèle, tandis que les ajustements de coefficient de Manning ont rapidement montré leur limite.

4.5.9 QUESTION 48

Question :

De façon générale, le modèle hydrodynamique utilise les données bathymétriques relevées par le CEHQ. Cependant, des données supplémentaires ont été prises à plusieurs endroits. L'initiateur doit :

- justifier et expliquer l'acquisition de données supplémentaires à ces endroits en particulier;
- mentionner si les divers jeux de données (CEHQ, Géni-Arp, Génivar) sont cohérents.

Réponse :

L'acquisition de données supplémentaires a été réalisée sur l'ensemble du tronçon à l'étude et non uniquement à des endroits particuliers tel que mentionné (voir cartes 1 à 5 de l'annexe 1, relevés 2012 et 2013). L'initiateur a procédé à des relevés complémentaires afin d'obtenir un portrait à jour de la topographie de la rivière, et une calibration du modèle acceptable pour définir le concept et sa faisabilité. Les données du CEHQ datent de 2005. Il a donc été jugé nécessaire de procéder à la mise à jour de ces dernières. Notamment, il était nécessaire d'inclure les mesures temporaires d'urgence au modèle numérique de terrain.

Tel que mentionné dans l'étude, la rivière Lorette est sujette à la sédimentation et à l'érosion. Ainsi, la comparaison des jeux de données a montré que certaines zones de dépôts de sédiments avaient migré, et que l'érosion avait progressé dans certains secteurs. Cependant, la topographie générale de la rivière et les élévations moyennes du lit et des berges sont similaires, ce qui confirme la cohérence entre les différents jeux de données.

4.5.10 QUESTION 49

Question :

Le concept de la solution proposée repose sur les résultats fournis par un modèle hydrodynamique, lui-même basé, entre autres, sur des conditions limites aval de niveaux d'eau calculés par le CEHQ dans une étude antérieure.

À cet effet, l'initiateur doit mentionner comment il compte maintenir les conditions aval actuelles à long terme afin d'empêcher tout développement qui viendrait modifier les conditions hydrauliques et ainsi invalider le modèle et le concept de remodelage des rives qui en découle. Dans un même ordre d'idées, il devra également mentionner les mesures qui seront prises dans le bassin versant de la rivière pour éviter l'augmentation de l'imperméabilisation des sols, du drainage urbain et agricole et l'apport sédimentaire qui pourrait également avoir un impact sur le concept de remodelage des rives proposé.

Réponse :

Les conditions limites aval du modèle du CEHQ des rivières Saint-Charles et Lorette n'ont pas d'influence sur les résultats de simulation de GENIVAR, et ce, pour trois raisons :

- 1) les tests de sensibilité ont montré que la condition limite aval (soit le niveau de la rivière Saint-Charles) n'a plus d'influence réelle sur les résultats de simulation dans le tronçon à aménager. De plus, les études de 1990 indiquent une forte contrainte hydraulique au niveau du pont du boulevard Masson, en amont immédiat de la confluence Lorette-Saint-Charles, affranchissant le tronçon amont de l'influence aval pour les débits importants (dès 55 m³/s);
- 2) les niveaux d'eau calculés par le CEHQ sont basés sur les valeurs de débit calculées par BPR en conditions futures¹. Or, les simulations de GENIVAR sont basées sur ces mêmes valeurs de débit. La modélisation hydraulique tient déjà compte de l'état ultime de développement du territoire sur le bassin versant de la rivière Lorette;
- 3) le modèle hydraulique des rivières Lorette et Saint-Charles du CEHQ, utilisé pour la détermination des conditions à la limite aval du modèle TELEMAC de GENIVAR, s'avère être très conservateur au regard des hypothèses hydrologiques considérées. En effet, d'après les rapports du CEHQ, le débit de la rivière Saint-Charles en aval de la confluence avec la rivière Lorette est obtenu par addition :
 - du débit de crue de la rivière Saint-Charles estimé par analyse statistique à la station n° 050904. Les débits de crues les plus importants observés sur le bassin versant de la rivière Saint-Charles à ce niveau sont générés par la fonte printanière (37 années sur 44 années d'enregistrement, voir Tableau 4.3 suivant);
 - du débit de crue de la rivière Lorette estimé par BPR à partir de son modèle hydrologique urbain en considérant des pluies de 6 à 12 h, caractéristiques d'évènements intenses de précipitation comme l'on peut en observer à l'automne (exemple de RITA).

Tableau 4.3 Débits journaliers maximums de la rivière Saint-Charles

| ANNÉES | DÉBIT JOURNALIER MAXIMUM (m ³ /s) ANNUEL | DÉBIT JOURNALIER MAXIMUM (m ³ /s) PÉRIODE DU 15 MARS AU 15 MAI | DÉBIT JOURNALIER MAXIMUM (m ³ /s) PÉRIODE DU 15 MAI AU 15 DÉCEMBRE | COMMENTAIRES |
|--------|---|---|---|------------------------------|
| 1969 | 71,6 | 71,6 | 56,9 | |
| 1970 | 55,8 | 55,8 | 36,5 | |
| 1971 | 45,9 | 45,9 | 40,8 | |
| 1972 | 53,8 | 49,8 | 53,8 | Pluie été-automne (fin août) |
| 1973 | 60,9 | 60,9 | 59,2 | |
| 1974 | 74,2 | 74,2 | 59,5 | |
| 1975 | 46,2 | 42,5 | 46,2 | Pluie été-automne (juin) |
| 1976 | 69,7 | 69,7 | 43 | |
| 1977 | 72,5 | 72,5 | 30 | |
| 1978 | 62,5 | 62,5 | 34,6 | |
| 1979 | 74,9 | 74,9 | 57 | |
| 1980 | 65,3 | 65,3 | 21,3 | |
| 1981 | 65,5 | 60,5 | 30,3 | |
| 1982 | 54,6 | 54,6 | 38 | |
| 1983 | 73,6 | 73,6 | 35 | |
| 1984 | 56,8 | 56,8 | 32,8 | |
| 1985 | 63,5 | 63,5 | 45,1 | |

1 CEHQ - Rivière lorette (secteur aval) – Villes de Québec et de L'Ancienne-Lorette – Révision des cotes de crues – Rapport final – Mars 2009.

| ANNÉES | DÉBIT JOURNALIER MAXIMUM (m ³ /s) ANNUEL | DÉBIT JOURNALIER MAXIMUM (m ³ /s) PÉRIODE DU 15 MARS AU 15 MAI | DÉBIT JOURNALIER MAXIMUM (m ³ /s) PÉRIODE DU 15 MAI AU 15 DÉCEMBRE | COMMENTAIRES |
|--------|---|--|--|--|
| 1986 | 51,9 | 51,9 | 47,1 | |
| 1987 | 93,5 | 93,5 | 43,5 | |
| 1988 | 50,3 | 50,3 | 21,7 | |
| 1989 | 82 | 82 | 38,6 | |
| 1990 | 65,6 | 65,6 | 55,7 | |
| 1991 | 59,7 | 59,7 | 36,83 | |
| 1992 | 59,7 | 59,7 | 54,43 | |
| 1993 | 61,02 | 61,02 | 41,38 | |
| 1994 | 65,07 | 65,07 | 33,37 | |
| 1995 | 48,21 | 48,21 | 40,36 | |
| 1996 | 74,64 | 74,64 | 48,46 | |
| 1997 | 71,81 | 71,81 | 48,08 | |
| 1998 | 63 | 63 | 41,72 | |
| 1999 | 44,07 | 37,37 | 44,07 | Pluie été-automne (octobre) |
| 2000 | 44,29 | 44,29 | 20,32 | |
| 2001 | 46,96 | 46,96 | 23,83 | |
| 2002 | 68,89 | 68,89 | 44,6 | |
| 2003 | 59,84 | 39,98 | 59,84 | Pluie été-automne (novembre) |
| 2004 | 57,03 | 57,03 | 53,98 | |
| 2005 | 77,34 | 64,55 | 77,34 | Pluie été-automnale (septembre) Crue maximum générée lors de RITA |
| 2006 | 59,2 | 59,2 | 48,53 | |
| 2007 | 67,99 | 67,99 | 28,31 | |
| 2008 | 90,89 | 90,89 | 41,63 | |
| 2009 | 55,59 | 55,59 | 23,05 | |
| 2010 | 48,78 | 31,35 | 48,78 | Pluie été-automne (octobre) |
| 2011 | 75,69 | 75,69 | 52,54 | |
| 2012 | 66,6 | 66,6 | 33,89 | |
| 2013 | 53,04 | 42,77 | 53,04 | Année incomplète Crue maximum lors de l'orage du 31 mai |

Or, le pic de crue printanière de la rivière Saint-Charles ne peut très probablement pas survenir simultanément à une pluie intense de courte ou moyenne durée (été-automne). De plus, les crues printanières de la rivière Lorette et les crues automnales de la rivière Saint-Charles sont généralement de moindre ampleur. Ainsi, l'addition des deux pics de crue tel que considéré (crue de printemps sur la Saint-Charles et crue d'automne sur la Lorette) par le CEHQ est très conservatrice.

En complément, l'analyse des hydrogrammes de crue des rivières Lorette et Saint-Charles indique des temps de réponse variables et donc, des pics de crue non concomitants. Le CEHQ ayant réalisé des simulations en régime permanent avec le débit de pointe estimé, les résultats de leur modèle sont d'autant plus conservateurs.

Si on réalise une nouvelle analyse statistique sur les débits de crues de la rivière Saint-Charles en excluant la période de fonte printanière allant du 15 mars au 15 mai, on obtient un débit de pointe de crue de l'ordre de 86 m³/s (ajustement retenu : Gumbel par méthode des moments) pour une période de retour de 100 ans (à comparer au débit de pointe considéré par le CEHQ de 99,1 m³/s).

Pour l'évènement Rita, représentatif de pluies automnales fortes, si on analyse les chroniques de débits horaires à la station n° 050904 de la rivière Saint-Charles (0,8 km de la confluence avec la Lorette) et qu'on les compare à l'hydrogramme reconstitué de la rivière Lorette au droit du pont Wilfrid-Hamel Ouest (3,15 km en amont de la confluence avec la Saint-Charles / BPR rapport d'étape 2, avril 2008), on constate un décalage des pointes de crue de l'ordre de 17 h 40 (pic à 19 h 50 le 26 septembre sur la Lorette au droit de Wilfrid-Hamel Ouest et à 13 h 30 le 27 septembre sur la Saint-Charles à la station).

Ainsi, à la confluence, au moment de l'arrivée du pic de crue de la rivière Lorette, le débit de la rivière Saint-Charles est encore relativement éloigné de son maximum. En prenant en compte un décalage d'environ 30 minutes entre les hydrogrammes présentés (du fait des écarts entre les points de mesure et la confluence), on peut retracer de manière approchée l'hydrogramme de crue à l'aval de la confluence Lorette-Saint-Charles pour l'évènement Rita. On remarque alors que le débit de pointe atteint 158 m³/s (95 m³/s apporté par la Lorette complété de 63 m³/s environ sur la Saint-Charles). L'addition des débits de pointe des deux rivières (telle que proposée par le CEHQ) aurait quant à elle fourni une valeur de 177 m³/s.

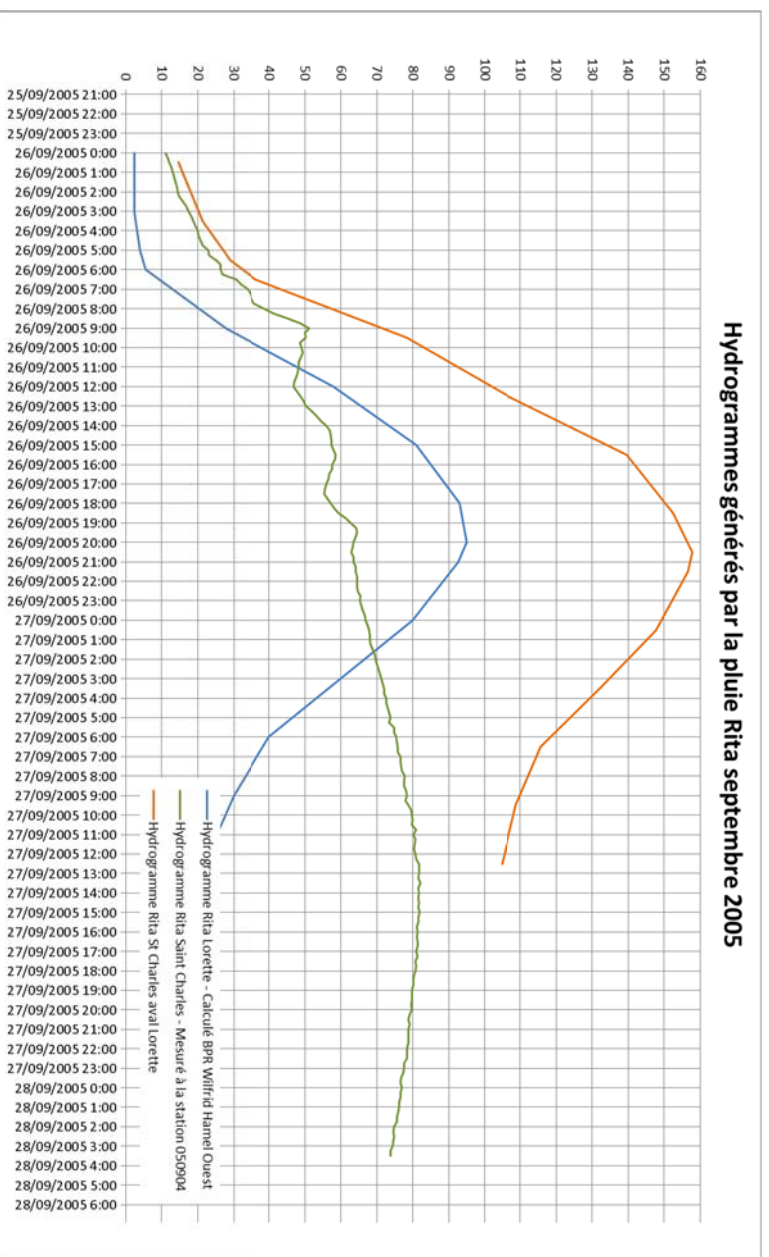


Figure 4.5 Hydrogrammes générés par la pluie Rita, septembre 2005

Pour être moins sécuritaire, mais plus proche sans doute de la réalité, la condition limite aval considérée dans le modèle GENIVAR aurait donc dû être basée sur une modélisation de la rivière Saint-Charles par le CEHQ avec un débit moins conservateur que le 187,6 m³/s, obtenu par addition de pics de crue non concomitants pour la crue 100 ans. Si l'on accepte que la dynamique des crues ressemble à celle observée lors de l'évènement Rita, alors on pourra considérer que le débit instantané de la rivière Saint-Charles est environ égal à 0,77 fois son débit de pointe lors de l'arrivée du pic de crue de la rivière Lorette (en 1990, les études parlent de 80 % d'après les évènements observés). En appliquant cela aux valeurs de débits caractéristiques pour la crue 100 ans, on obtient :

- i. débit de pointe de la rivière Lorette avant confluence : 88,5 m³/s;
- ii. débit de la rivière Saint-Charles avant confluence à l'arrivée du pic de la rivière Lorette :
 $0,77 * 86$ (débit de crue de récurrence 100 ans excluant les crues printanières) = 66,2 m³/s;
- iii. débit de pointe de crue sur la rivière Saint-Charles après la confluence : 154,7 m³/s.

Si l'on observe désormais la relation niveau-débit qui ressort des résultats de simulation du CEHQ au point de confluence des rivières Lorette et Saint-Charles, on obtient la relation suivante : niveau confluence = $0,006 * Q_{total} + 10,762$. Pour un débit centennal de 155 m³/s environ, l'élévation à la confluence serait donc d'environ 11,69 m. Or, dans les modèles GENIVAR et CEHQ, cette élévation est considérée égale à 11,89 m.

En conclusion, la condition limite aval considérée par GENIVAR est très conservatrice. En effet, en plus d'avoir très peu voire aucune influence sur les écoulements dans le secteur à remodeler, l'élévation à la confluence considérée fournit une certaine marge d'évolution puisque l'on peut estimer que pour la crue 100 ans, le niveau pris en compte est surévalué d'environ 0,20 m.

4.5.11 QUESTION 50

Question :

L'initiateur doit préciser, à l'aide d'une simulation hydrodynamique à la suite de la mise en place du projet, quels sont les impacts appréhendés de l'augmentation des débits dans le tronçon à l'étude sur la rivière Saint-Charles.

Réponse :

Pour appréhender l'impact des opérations de remodelage de la rivière Lorette sur la dynamique des crues en aval du projet, une modélisation en régime transitoire est indispensable.

L'estimation des niveaux de crue de la rivière Saint-Charles en aval de la confluence avec la rivière Lorette ayant chaque fois été réalisée en régime permanent par addition des pics de crue des rivières Saint-Charles et Lorette (CEHQ, 2009 et 2011² et ministère de l'Environnement –

2 CEHQ – Rivière Saint-Charles – Tronçon 2 – Ville de Québec – Mise à jour des cotes de crues – Rapport final – Décembre 2011.

Direction du domaine hydrique, 1989³), sans prise en compte de leur non-concomitance, il est certain que les aménagements qui seront réalisés sur la rivière Lorette ne peuvent pas remettre en question les cotes d'inondation aujourd'hui en vigueur le long de la rivière Saint-Charles.

4.5.12 QUESTION 51

Question :

En plus des cartes illustrant les vitesses, une cartographie des zones inondées doit également être présentée pour les différents débits simulés aux tableaux 3 et 4 de l'annexe 1 : mise en œuvre du modèle hydrodynamique 20.

Réponse :

L'initiateur estime que les données présentées et cartographiées dans l'étude sont suffisantes pour les objectifs visés, soit la préparation du concept d'éco-ingénierie et l'évaluation des impacts du projet de remodelage des rives de la rivière Lorette.

Les résultats des simulations présentés à l'annexe 4 correspondent aux débits suivants :

- 85 m³/s (100 ans);
- 37 m³/s (2 ans).

Des cartes présentant les vitesses pour un débit de 85 m³/s sont déjà fournies. Des cartes présentant les niveaux d'eau pour une crue de récurrence 2 ans (37 m³/s) sont fournies dans le cadre du présent document.

Dans le cadre du présent projet, l'initiateur n'estime pas pertinent de cartographier en plus les résultats pour des débits de 93 m³/s et 70 m³/s.

3 Ministère de l'Environnement – Direction du domaine hydrique – Cartographie des zones inondables des rivières Saint-Charles, du Berger, Lorette et Nelson.

5 RECOMMANDATIONS

Ce chapitre présente des recommandations sur les éléments importants qui devront être considérés lors de l'ingénierie détaillée du projet.

5.1 RELEVÉS D'ARPENTAGE COMPLETS

Afin de réaliser les plans d'ingénierie détaillée, un relevé topographique complémentaire est requis et permettra, entre autres, de relever les aspects suivants :

- l'élévation précise du terrain naturel où sera construit le mur;
- les margelles, seuils de portes et de fenêtres, fondation, etc.;
- la localisation des arbres, cabanons, poteaux, etc.

Ces relevés permettront aussi de valider dans certains secteurs la nécessité de construire un mur de protection.

5.1.1 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.

5.2 PRISE EN COMPTE DES CONDUITES D'ÉGOUT ET D'AQUEDUC EXISTANTES EN RIVIÈRE

Une multitude d'émissaires ont été relevés dans la zone d'étude lors d'une campagne de relevés réalisée en 2014 (WSP, 2014). 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.

Le Tableau 5.1 et le Tableau 5.2 listent l'ensemble des émissaires recensés en 2014. La Figure 5.1 complète cette information par la localisation de ces émissaires.

Tableau 5.1 Tableau résumé de l'inventaire des émissaires en rive gauche à la rivière Lorette

| NUMÉRO EXUTOIRE | PK (km) | STATUT | TERRITOIRE (VQ OU VAL)* | DIAMÈTRE INTÉRIEUR (mm) | MATÉRIAU |
|-----------------|---------|------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| EM-RG-01 | 3+990 | Privé | VAL | 762 | TTO |
| EM-RG-01A | 3+940 | Privé | VAL | 100 | PVC |
| EM-RG-01B | 3+930 | Privé | VAL | 100 | Drain agricole PEHD |
| EM-RG-01C | 3+760 | Privé | VAL | 100 | Drain agricole PEHD |
| EM-RG-01D | 3+570 | Privé | VAL | 100 | Drain agricole PEHD |
| EM-RG-01E | 3+530 | Privé | VAL | 150 | TTO |
| EM-RG-01F | 3+500 | Privé | VAL | 100 | Drain agricole PEHD |
| EM-RG-01G | 3+390 | Municipal | VAL | 258 | Fonte |
| EM-RG-01H | 3+365 | Municipal | VAL | 914 | TTO |
| EM-RG-01J | 3+365 | Municipal | VAL | 362 | Fonte |
| EM-RG-02 | 3+365 | Municipal | VAL | 362 | Fonte |
| EM-RG-03 | 3+280 | Municipal | VQ | 380 | TBA |
| EM-RG-04 | 2+820 | Privé | VQ | 150 | PVC |
| EM-RG-05 | 2+770 | Municipal | VQ | 450 | TBA |
| EM-RG-05A | 2+710 | Privé | VQ | 150 | PVC |
| EM-RG-06 | 2+680 | Privé | VQ | 150 | PVC |
| EM-RG-06A | 2+630 | Privé / VQ | VQ | 250 | PVC |
| EM-RG-07 | 2+570 | Privé | VQ | 250 | TBA |
| EM-RG-08 | 2+550 | Municipal | VQ | 1 400 | TBA |
| EM-RG-09 | 2+490 | Municipal | VQ | 2 100 | TBA |
| EM-RG-10 | 2+180 | Privé | VQ | 200 | PVC |
| EM-RG-11 | 2+040 | Privé | VQ | 200 | PVC |
| EM-RG-12 | 1+725 | Municipal | VQ | 760 | TBA |

* VQ : Ville de Québec, VAL : Ville de L'Ancienne-Lorette.

Tableau 5.2 Tableau résumé de l'inventaire des émissaires en rive droite à la rivière Lorette

| NUMÉRO EXUTOIRE | PK (km) | STATUT | TERRITOIRE (VQ OU VAL)* | DIAMÈTRE INTÉRIEUR (mm) | MATÉRIAU |
|-----------------|---------|-----------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| EM-RD-01 | 3+995 | Privé | VAL | 150 | PVC |
| EM-RD-01A | 3+970 | Privé | VAL | 100 | Drain agricole PEHD |
| EM-RD-01B | 3+885 | Privé | VAL | 100 | Drain agricole PEHD |
| EM-RD-01C | 3+882 | Privé | VAL | 100 | Drain agricole PEHD |
| EM-RD-01D | 3+880 | Privé | VAL | 100 | Drain agricole PEHD |
| EM-RD-02 | 3+652 | Municipal | VAL | 762 | TTO |
| EM-RD-02A | 3+618 | Privé | VAL | 100 | PVC |
| EM-RD-02B | 3+570 | Privé | VAL | 38 | PVC / ABS |
| EM-RD-02C | 3+550 | Privé | VAL | 100 | PVC |
| EM-RD-02D | 3+470 | Privé | VAL | 100 | Drain agricole PEHD |
| EM-RD-02E | 3+469 | Privé | VAL | 100 | Drain agricole PEHD |
| EM-RD-02F | 3+415 | Privé | VAL | 100 | Drain agricole PEHD |
| EM-RD-02G | 3+415 | Privé | VAL | 100 | PVC / ABS |
| EM-RD-02H | 3+392 | Privé | VAL | 100 | Drain agricole PEHD |
| EM-RD-02J | 3+390 | Privé | VAL | 100 | Drain agricole PEHD |
| EM-RD-02K | 3+390 | Privé | VAL | 150 | TBA |
| EM-RD-03 | 3+280 | Municipal | VQ | 460 | TBA |
| EM-RD-04 | 3+260 | Municipal | VQ | 460 | TBA |
| EM-RD-05 | 3+220 | Privé | VAL | 250 | PVC |
| EM-RD-06 | 3+180 | Privé | VAL | 300 | TTOG |
| EM-RD-07 | 3+070 | Municipal | VAL | 1 800 | TBA |
| EM-RD-07A | 2+920 | Municipal | VAL | 1 200 | TBA |
| EM-RD-07B | 2+920 | Municipal | VAL | 250 | PVC |
| EM-RD-08 | 2+760 | Municipal | VQ | 1 200 | TBA |
| EM-RD-08A | 2+720 | Municipal | VQ | 300 | PVC |
| EM-RD-08B | 2+550 | Municipal | VQ | 250 | PVC |
| EM-RD-09 | 2+070 | Municipal | VQ | 800 | TBA |
| EM-RD-10 | 1+910 | Municipal | VQ | 900 | TBA |
| EM-RD-11 | 1+790 | Privé | VQ | 200 | PVC |
| EM-RD-12 | 1+720 | Municipal | VQ | 760 | TBA |

* VQ : Ville de Québec, VAL : Ville de L'Ancienne-Lorette.

De plus, 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.

5.3 GÉOTECHNIQUE

Étant donné la présence de plusieurs tronçons où des rives ont été remblayées, il est recommandé d'effectuer une campagne d'investigations géotechniques complémentaires 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.). Notons cependant que plusieurs campagnes ont déjà été réalisées dans le cadre de la construction des postes de pompage, des travaux temporaires d'urgence et de la reconstruction des ponts des Méandres, de l'Accueil, du boulevard Hamel-Ouest et de ceux de l'autoroute Henri-IV.

5.4 HYDRAULIQUE

Il sera nécessaire de valider les études hydrauliques avec les relevés d'arpentage réalisés pour les plans et devis détaillés et pour tenir compte des modifications qui pourraient être apportées au concept présenté dans la présente étude

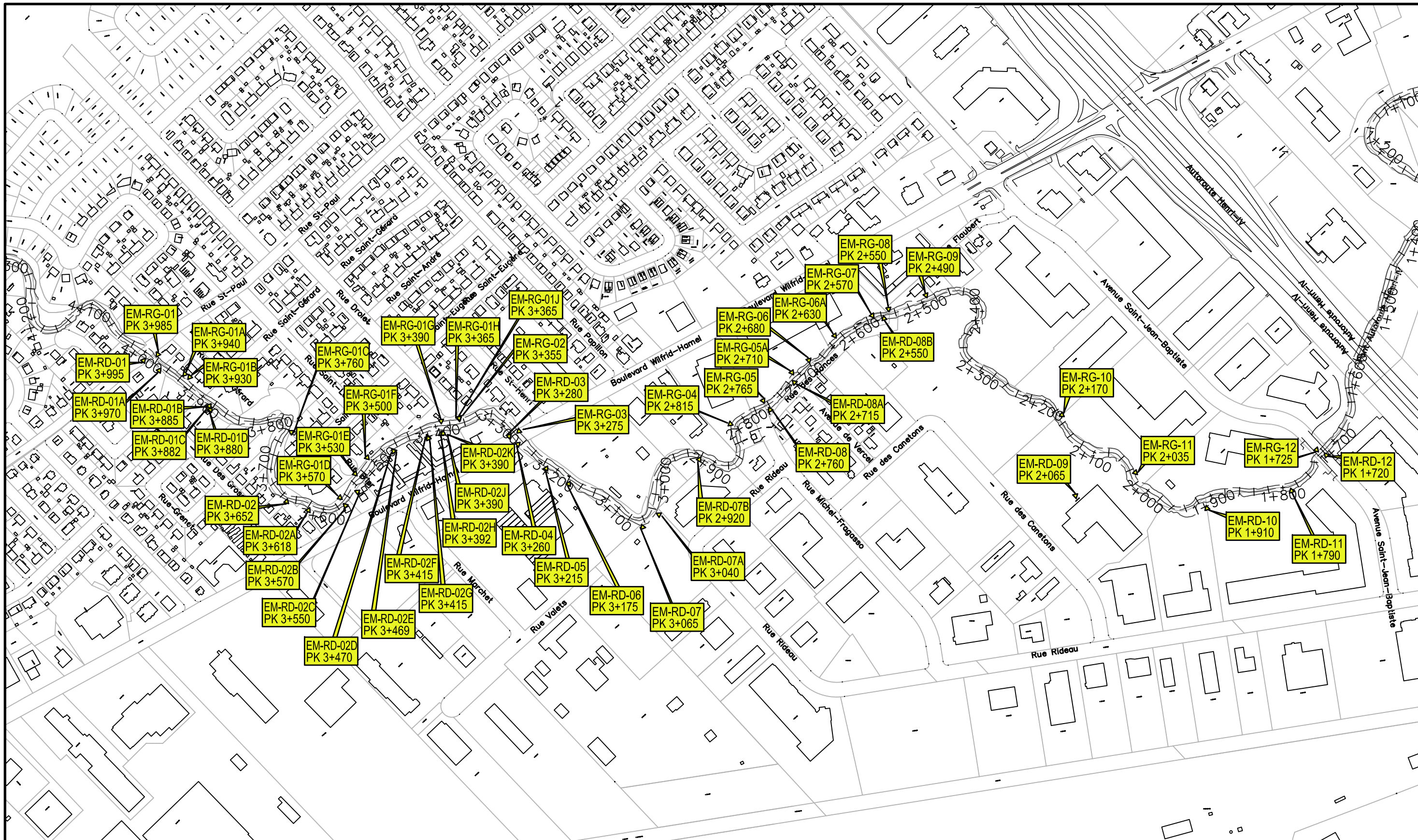


FIGURE 5-1
LOCALISATION DES ÉMISSAIRES LE LONG DE LA RIVIÈRE LORETTE
(RELEVÉS EFFECTUÉS EN JUIN ET JUILLET 2014)



1175, BOULEVARD LEBOURGNEUF, BUREAU 300
 QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA G2K 0B4
 TÉL. : 1-418-780-0878 | TÉLÉC. : 1-418-780-4182 | WWW.WSPGROUP.COM

TITRE :

ÉCHELLE :

RÉVISION :

1 : 5 000

0

DATE :

2016-07-21

NO PROJET :

DESSIN NO :

--

131-24822-00

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BPR. 2005. *Inondations du 26 septembre 2005 – Rivière Lorette*. Novembre 2005.
- BPR. 2005. *Pluvial rue Drolet L’Ancienne-Lorette*. Novembre 2005.
- 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.
- 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.
- CENTRE D’EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC. 2005. *Inspection de la rivière Lorette (rue-Saint-Paul - rivière Saint-Charles)*. Novembre 2005.
- CENTRE D’EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC. 2005. *Photographies CEHQ - Accumulations sédiments*. Septembre 2005.
- 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.
- 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.
- CENTRE D’EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC. 2013. *Résultats de simulation CEHQ, transmission courriel 14/12/2012*.
- 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.
- CONSULTANTS VFP. 2004. *Débordement de la rivière Lorette. Événement survenu les 9 et 10 septembre 2004 (PP Drolet)*. Décembre 2004.

- 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.
- ECOGÉNIE. 2002. *Étude sur l’érosion des rives des rivières Lorette et Cap Rouge*. Janvier 2002.
- 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.
- LABO S.M. 2018. *Étude géotechnique relative à des mesures permanentes pour contrer les inondations de la rivière Lorette (PSP160656), secteur de la rivière Lorette, Québec (Québec)*. N/Réf. : F1730686-001, V/Réf. : PSP-160656.
- ROCHETTE, ROCHEFORT ET ASSOCIÉS LIMITÉE ET ENVIROLAB INC. 1973. *Étude du bassin de la rivière Lorette – Dossier cartographie*. Août 1973.
- WSP. 2014. *Étude de faisabilité - Mesures de mitigation temporaires pour contrer les refoulements pour le réseau d’égout lors des crues de la rivière Lorette - Version préliminaire 60 %*. Rapport de WSP Canada Inc. à la Ville de Québec. 19 p. et annexes.
- WSP. 2016. *Mesures permanentes pour contrer les inondations de la rivière Lorette, secteur du boulevard Wilfrid-Hamel, villes de Québec et de L’Ancienne-Lorette – Addenda au rapport d’étude d’impact sur l’environnement daté de juin 2013 – Tome 2 de 2 : Étude d’impact sur l’environnement. Version finale*. Rapport produit pour la Ville de Québec. 289 pages et annexes.
- WSP. 2017. *Mesures permanentes pour contrer les inondations de la rivière Lorette, secteur du boulevard Wilfrid-Hamel, villes de Québec et de L’Ancienne-Lorette – Addenda au rapport d’étude d’impact sur l’environnement daté de juin 2013 – Résumé de l’étude d’impact sur l’environnement*. Rapport produit pour la Ville de Québec. 78 pages et annexes.
- WSP. 2019. *Mesures permanentes pour contrer les inondations de la rivière Lorette, secteur du boulevard Wilfrid-Hamel, villes de Québec et de L’Ancienne-Lorette – Phase 1 : Remplacement du pont de l’Accueil – Complément à l’étude d’impact sur l’environnement*. Rapport de WSP Canada Inc. à l’Agglomération de Québec. 42 p. et annexes.

ANNEXE



1

**TABLEAU DE SYNTHÈSE DES
CRITÈRES DE SÉLECTIONS
DES MURS ANTI-CRUE
(7 AVRIL 2016)**
















Tableau 1 : Tableau de synthèse des critères de sélections des murs anti crues (7 avril 2016). Document de travail.

| | |
|---|---|
| <p>Mesures permanentes pour contrer les inondations de la rivière Lorette, Ville de Québec et Ville de L'Ancienne-Lorette</p> | <p>Critères généraux établis par la Ville de Québec et la Ville de L'Ancienne-Lorette pour le choix et la position des murs anti crues :</p> <ul style="list-style-type: none">→ Coûts raisonnables pour les citoyens→ Empreinte minimale au sol→ Pérennité→ Équité de protection→ Conservation maximale de la végétation→ Entretien→ Solution non spécialisée sans fournisseur unique→ Faisabilité technique / enjeux de construction→ Réglementation→ Usages→ Rapidité d'exécution |
|---|---|

Tableau 2 : Tableau comparatif des types de murs (7 avril 2016). Document de travail.

| TYPE DE MUR | AVANTAGES | INCONVÉNIENTS | COÛTS | UTILISATION DANS LE PROJET |
|--|--|--|--|--|
|  <p>→ Mur de bois avec poteau d'acier</p> | <ul style="list-style-type: none"> → Solution non spécialisée, sans fournisseur unique (permet à plusieurs entrepreneurs / fournisseurs de soumissionner) → Réalisable avec de la petite machinerie, limite les problèmes d'accès dans les cours arrière → Rapidité d'exécution → Bonne intégration paysagère → Emprise des travaux minimisée | <ul style="list-style-type: none"> → Manque de retour d'expérience → Fuite résiduelle possible, mais admissible → Inquiétude possible des citoyens s'il y a fuite résiduelle | <p>→ Le moins cher (\$)</p> | <p>→ Utilisation dans l'ensemble des secteurs à dominance résidentielle lorsque la hauteur de protection nécessaire dépasse 0,5 m</p> |
|  <p>→ Mur de béton</p> | <ul style="list-style-type: none"> → Solution non spécialisée, sans fournisseur unique (permet à plusieurs entrepreneurs / fournisseurs de soumissionner) → Matériaux de construction robustes et durables → Technique connue → Entretien et inspection minimisés | <ul style="list-style-type: none"> → Nécessite de plus grosses machineries pour l'excavation et la mise en place du béton → Difficulté de mise en place dans les secteurs « confinés » tels que les arrière-cours résidentielles → Une bonne intégration paysagère peut requérir l'ajout d'un parement additionnel, coûteux → Rapidité d'exécution | <p>→ Solution intermédiaire (\$\$)</p> | <p>→ Utilisation dans les secteurs commerciaux où les contraintes physiques sont importantes (passage de véhicules lourds et légers à proximité du mur, déneigement)</p> |
|  <p>→ Mur de palplanches 0,5 m de hauteur « type banc »</p> | <ul style="list-style-type: none"> → Belle apparence esthétique → Permet aux résidents de préserver en partie l'usage de la cour arrière → Solution facile de réalisation → Emprise de travaux minimisée → Solution non spécialisée, sans fournisseur unique (permet à plusieurs entrepreneurs / fournisseurs de soumissionner) | <ul style="list-style-type: none"> → Entretien du revêtement architectural (dégradation / vandalisme) | <p>→ Solution intermédiaire (\$\$)</p> | <p>→ Utilisation dans l'ensemble des secteurs à dominance résidentielle lorsque la hauteur de protection nécessaire est de moins de 0,5 m</p> |
|  <p>→ Mur de palplanches</p> | <ul style="list-style-type: none"> → Matériaux de construction solides et durables → Pérennité de l'ouvrage (galvanisation requise) → Solution non spécialisée, sans fournisseur unique (permet à plusieurs entrepreneurs / fournisseurs de soumissionner) → Permet à la fois la stabilisation et la protection contre les débordements dans un espace restreint | <ul style="list-style-type: none"> → Une bonne intégration paysagère peut requérir l'ajout d'un parement additionnel, coûteux → Les vibrations et les nuisances sonores peuvent déranger lors de la mise en place → Les vibrations peuvent provoquer des fissures aux bâtiments voisins (des relevés avant travaux sont recommandés) | <p>→ Solution coûteuse (\$\$\$)</p> | <p>→ Utilisation dans les secteurs commerciaux où les contraintes d'emprises et des restrictions hydrauliques sont importantes</p> |

| TYPE DE MUR | AVANTAGES | INCONVÉNIENTS | COÛTS | UTILISATION DANS LE PROJET |
|---|---|--|---|---|
|  | <p>→ Mur transparent (vitre - plexiglass)</p> <p>→ Les résidents conservent une partie du visuel de la rivière</p> <p>→ Belle apparence esthétique</p> | <p>→ Nécessite de l'entretien plus rigoureux</p> <p>→ Nécessité de justifier l'emplacement à certains endroits (équité)</p> | <p>→ Solution coûteuse (\$\$\$)</p> | <p>→ N/A pour le projet, raisons principales : entretien, équité et coût élevé</p> |
|  | <p>→ Mur amovible (type batardeaux en aluminium préfabriqué)</p> <p>→ A fait ses preuves, testé à plusieurs reprises en Europe</p> | <p>→ Nécessite un délai pour la mise en place</p> <p>→ Nécessité de personnel formé et disponible en tout temps</p> <p>→ Fournisseur unique</p> | <p>→ Solution coûteuse (\$\$\$)</p> | <p>→ N/A pour le projet, raison principale : délais d'installation incompatibles avec les crues subites de la Lorette</p> |
|  | <p>→ Barrage à compartiments multiples constitué d'un treillis électro-soudé en acier galvanisé doublé à l'intérieur d'un géotextile</p> <p>→ Possibilité d'intégration paysagère</p> | <p>→ Pérennité</p> <p>→ Considéré comme un ouvrage temporaire</p> <p>→ Fournisseur unique</p> | <p>→ Solution intermédiaire (\$\$)</p> | <p>→ N/A pour le projet, raison principale : considéré comme un ouvrage temporaire</p> |
|  | <p>→ Barrages gonflables</p> <p>→ Mise en place rapide, réutilisable, économique</p> | <p>→ Considéré comme un ouvrage temporaire</p> <p>→ Nécessite un délai pour la mise en place</p> <p>→ Nécessité de personnel formé et disponible en tout temps</p> <p>→ Fournisseur unique</p> | <p>→ Solution intermédiaire (\$\$)</p> | <p>→ N/A pour le projet, raisons principales : considéré comme un ouvrage temporaire, délais d'installation incompatibles avec les crues subites de la Lorette</p> |
|  | <p>→ Barrière anti crue automatique</p> <p>→ Réduit la perte d'accès au terrain des riverains</p> | <p>→ Technologie non testée en milieu nordique</p> <p>→ Nécessité de beaucoup de surveillance et d'entretien,</p> <p>→ Fournisseur unique</p> | <p>→ Solution coûteuse (\$\$\$)</p> | <p>→ N/A pour le projet, raisons principales : coût élevé et efficacité incertaine</p> |

| TYPE DE MUR | AVANTAGES | INCONVÉNIENTS | COÛTS | UTILISATION DANS LE PROJET |
|---|---|--|--|---|
|  <p>→ Éléments préfabriqués en béton</p> | <p>→ Rapidité d'installation → Emprise des travaux limitée → Solution non spécialisée, sans fournisseur unique (permet à plusieurs entrepreneurs / fournisseurs de soumissionner)</p> | <p>→ Pérennité → Fuite résiduelle possible, mais admissible → Considéré comme un ouvrage temporaire → Aspect visuel</p> | <p>→ Solution économique (\$)</p> | <p>→ N/A pour le projet, raisons principales : considéré comme un ouvrage temporaire, pérennité</p> |
|  <p>→ Sacs de sable</p> | <p>→ Rapidité d'installation → Emprise des travaux limitée → Solution non spécialisée, sans fournisseur unique (permet à plusieurs entrepreneurs / fournisseurs de soumissionner)</p> | <p>→ Pérennité → Considéré comme un ouvrage temporaire → Fuite résiduelle possible, mais admissible</p> | <p>→ Solution économique (\$)</p> | <p>→ N/A pour le projet, raisons principales : considéré comme un ouvrage temporaire, pérennité</p> |
|  <p>→ Digue</p> | <p>→ Rapidité d'installation → Solution non spécialisée, sans fournisseur unique (permet à plusieurs entrepreneurs / fournisseurs de soumissionner)</p> | <p>→ Pérennité → Difficulté d'inspection et d'entretien → Risque d'érosion → Emprise importante (nuisance hydraulique et aux riverains)</p> | <p>→ Solution économique (\$)</p> | <p>→ N/A pour le projet, raison principale : considéré comme un ouvrage temporaire (solution envisagée en 2012 et écartée pour la pérennité)</p> |

Note : Limitation sur les images (les images ne représentent pas nécessairement des murs anti crues).

Source des images :

- Mur de bois avec poteau d'acier : <http://atoutclotures.fr/wp-content/uploads/2015/06/Planches-empoilables-avec-poteau-b%C3%A9ton-et-dalle-de-soubassement-de-25-cm.jpg>
- Mur de béton : <http://www.cc-molsheim-mutzig.fr/vie-locale/protection-habitat-crues.htm>
- Mur de palplanche 0,5 m de hauteur type « banc » : <http://www.cc-molsheim-mutzig.fr/vie-locale/protection-habitat-crues.htm>
- Mur de palplanche : photo WSP, palplanche pont des Méandres, Michel-Fragasso
- Mur transparent (vitre Plexiglass) : <http://www.hellopro.fr/images/produit-2/7/6/3/dispositif-anti-crue-demontable-non-mobile-ibs-glasswall-5646367.jpg>
- Mur amovible (type batardeaux en aluminium préfabriqué) : image tirée de : www.hellopro.fr/barriere-anti-crue-demontable-2015581-270575-produit.html
- Barrage à compartiments multiples constitué d'un treillis électro-soudé en acier galvanisé doublé à l'intérieur d'un géotextile : <http://www.hellopro.fr/gabion-anti-inondation-rapiddam-2002944-5646372-produit.html>
- Batardeaux gonflables : <http://dinkbuster.com/aquadam.fr/>
- Barrière anticrue automatique : <http://www.floodcontrolinternational.com/PRODUCTS/FLOOD-BARRIERS/self-closing.html>
- Bloc de béton et enrochement : photo WSP, rivière Lorette
- Sacs de sable : photo WSP, rivière Lorette
- Digue : photo WSP, Rivière Lorette

ANNEXE

2

GARANTIE ET FICHE
TECHNIQUE DU BOIS TRAITÉ
BORD EN BORD À 100 %
(ANNULÉE)

