



Ville de Québec

**PLAN DE GESTION DES EAUX PLUVIALES
DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE LORETTE
ET DES SECTEURS AÉROPORT JEAN-LESAGE ET VAL-BÉLAIR**

- **BASSINS VERSANTS DES RIVIÈRES LORETTE ET SAINT-CHARLES (EN PARTIE)**
- **RAPPORT D'ÉTAPE 2 : ÉTAT ACTUEL**

Référence de la Ville de Québec : DPD-05-070-9
Notre référence: CSOB615 (60ET)

Le 4 avril 2008
Révision : 1

VILLE DE QUÉBEC

PLAN DE GESTION DES EAUX PLUVIALES DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE LORETTE ET DES SECTEURS AÉROPORT JEAN-LESAGE ET VAL-BÉLAIR

BASSINS VERSANTS DES RIVIÈRES LORETTE ET SAINT-CHARLES (EN PARTIE) RAPPORT D'ÉTAPE 2 : ÉTAT ACTUEL

Notre référence: CSOB615 (60ET)



BPR INC.

4655, boulevard Wilfrid-Hamel
Québec, Québec, G1P 2J7

Téléphone : (418) 871-8151

Télécopieur : (418) 871-9569

Préparé par :

Véronique Fortier, ing.

Jean Gauthier, ing., M.Sc.

Vérifié par :

Nathalie Jolicoeur, ing.
Directrice de projets

4 avril 2008/Rév. 1

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : i
			Rév. : 1

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Charles Fortier, ing., agronome

Véronique Fortier, ing.

Jean Gauthier, ing., M.Sc.

Nathalie Jolicoeur, ing.

Eve Nantel, M.Sc.

Lynn Stewart

Kenneth Tremblay, tech.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : ii
			Rév. : 1

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE EXÉCUTIF	VII
2 RAPPORT D'ÉTAPE 2: ÉTAT ACTUEL.....	1
2.1 INTRODUCTION.....	1
2.2 MODÉLISATIONS HYDROLOGIQUE, HYDRAULIQUE RÉSEAU ET HYDRAULIQUE RIVIÈRE	2
2.2.1 Numérotation des éléments modélisés.....	3
2.2.2 Modèle hydrologique	4
2.2.3 Modèles hydrauliques « réseau »	5
2.2.4 Modèles hydrauliques « rivière »	5
2.3 CAMPAGNE DE MESURES ET TRAITEMENT DES DONNÉES.....	5
2.3.1 Mesures « réseau » et « rivière »	5
2.3.1.1 Collecteur Henri-IV.....	6
2.3.1.2 Ruisseau Des Friches.....	6
2.3.1.3 Ruisseau du Mont-Châtel	6
2.3.1.4 Ruisseau Notre-Dame	6
2.3.1.5 Rivière Lorette, secteur amont.....	8
2.3.1.6 Rivière Lorette, secteur centre.....	8
2.3.2 Traitement et validation des données débitmétriques	8
2.3.3 Traitement et validation des données pluviométriques.....	9
2.4 RÉSULTATS DE CALAGE	9
2.4.1 Situation modélisée	9
2.4.2 Méthodologie de calage.....	10
2.4.3 Précision attendue à la suite du calage des modèles	11
2.4.4 Sélection d'événements pluie-débit pour le processus de calage des modèles hydrologique et hydraulique.....	11
2.4.5 Conditions antécédentes d'humidité et pertes initiales	12
2.4.6 Calage des coefficients de Manning en rivière	13
2.4.7 Résultats de calage	13
2.4.7.1 Collecteur Henri-IV.....	13
2.4.7.2 Ruisseau Des Friches.....	18
2.4.7.3 Ruisseau du Mont-Châtel	18
2.4.7.4 Ruisseau Notre-Dame	22
2.4.7.5 Rivière Lorette, secteur amont.....	26
2.4.7.6 Rivière Lorette, secteur centre.....	26
2.4.7.7 Rivière Lorette, secteur aval	33
2.4.8 Conclusion sur le calage.....	35
2.5 ANALYSE À L'ÉTAT ACTUEL DES COURS D'EAU POUR DES ÉVÉNEMENTS EXTRÊMES.....	35
2.5.1 Description des événements extrêmes.....	35
2.5.1.1 Pluies du SCS (six heures et 24 heures).....	36
2.5.1.2 Pluies Chicago (toutes durées).....	37
2.5.1.3 Pluies du SEA (une heure et douze heures).....	37
2.5.1.4 Pluies triangulaires (toutes durées).....	37
2.5.1.5 Conclusions	38

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : iii
			Rév. : 1

	2.5.1.6	Pluies de projets retenues	39
	2.5.1.7	Pluie des 25 et 26 septembre 2005 « Rita »	39
	2.5.1.8	Références.....	40
	2.5.2	Débit et volume pour les événements extrêmes	41
	2.5.3	Commentaires sur la modélisation de l'évènement « Rita »	45
2.6		IDENTIFICATION DES AXES DE SOLUTIONS POTENTIELS	45
	2.6.1	Contrôle de l'aléa	47
	2.6.1.1	Zones de rétention.....	47
	2.6.1.2	Emmagasinement aux lacs Laberge (base de plein air de Sainte-Foy).....	53
	2.6.1.3	Modifications et/ou corrections des ouvrages d'art pour améliorer leur capacité hydraulique	53
	2.6.1.4	Renaturalisation et requalification d'un tronçon du cours d'eau dans la partie aval du bassin versant	56
	2.6.1.5	Suivi de restrictions hydrauliques locales	61
	2.6.1.6	Travaux de dragage.....	61
	2.6.1.7	Canal de crue (conduite) - Secteur ruisseau du Mont-Châtel	61
	2.6.1.8	Canal de crue (tunnel) - Rivière Lorette, secteur Parc de l'Ancienne- Lorette.....	66
	2.6.1.9	Canal de crue (fossé) - Secteur Saint-Jean-Baptiste.....	66
	2.6.1.10	Canal de crue (conduite) - secteur boulevard Wilfrid-Hamel	67
	2.6.1.11	Utilisation du tunnel affluent et de l'émissaire des eaux traitées de la station Ouest.....	71
	2.6.1.12	Dérivation vers le collecteur Saint-Jude.....	71
	2.6.2	Mesures d'immunisation	72
	2.6.2.1	Relocalisation de bâtiments situés dans la zone inondable de grand courant.....	72
	2.6.2.2	Mise en place de clapets antiretour, de postes de pompage et correction du profil de la berge	72
	2.6.3	Mesures non structurelles	78
	2.6.3.1	Protection et conservation des rives, du littoral, des plaines inondables et de débordement et des zones humides et boisées.....	78
	2.6.3.2	Surveillance et entretien de la rivière.....	78
	2.6.3.3	Programme de stabilisation des berges et de requalification des lots riverains	78
	2.6.4	Tableau global de solutions « rivière » étudiées.....	78
2.7		SCÉNARIOS D'INTERVENTION ÉTUDIÉS.....	81
	2.7.1	Scénario 1	82
	2.7.2	Scénario 2	83
	2.7.3	Scénario 3	85
	2.7.4	Scénario 4	86
	2.7.5	Scénario 5	87
	2.7.6	Scénario 6	89
2.8		CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	90

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : iv
			Rév. : 1

LISTE DES FIGURES

Figure 2-1 : Plan de localisation des sites de mesures	7
Figure 2-2 : Collecteur Henri-IV, pluie du 26 juin 2006	16
Figure 2-3 : Collecteur Henri-IV, pluie du 29 juin 2006	16
Figure 2-4 : Collecteur Henri-IV, pluie du 2 juillet 2006	17
Figure 2-5 : Collecteur Henri-IV, pluie du 16 juillet 2006	17
Figure 2-6 : Ruisseau du Mont-Châtel, pluie du 26 juin 2006	21
Figure 2-7 : Ruisseau du Mont-Châtel, pluie du 30 juin 2006	21
Figure 2-8 : Ruisseau du Mont-Châtel, pluie du 17 juillet 2006	22
Figure 2-9 : Ruisseau Notre-Dame, pluie du 26 juin 2006	25
Figure 2-10 : Ruisseau Notre-Dame, pluie du 4 juillet 2006	25
Figure 2-11 : Ruisseau Notre-Dame, pluie du 17 juillet 2006	26
Figure 2-12 : Rivière Lorette, secteur centre, pluie du 17 juillet 2006	31
Figure 2-13 : Rivière Lorette, secteur centre, pluie du 12 octobre 2006	32
Figure 2-14 : Rivière Lorette, secteur centre, pluie du 28 octobre 2006	32
Figure 2-15 : Hyétoigrammes des pluies de type SCS (type II), Chicago et triangulaire, récurrence 100 ans, durée 24 heures, IDF Québec-A (2005)	38
Figure 2-16 : Hyétoigrammes des pluies de type Chicago, triangulaire et SEA, récurrence 100 ans, durée 12 heures, IDF Québec-A (2005)	39
Figure 2-17 : Hydrogrammes générés par HEC-RAS pour les quatre événements directement en amont du pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel	43
Figure 2-18 : Profil de la surface de l'eau de la rivière Lorette pour les quatre événements sur le tronçon localisé entre la rue Saint-Paul et son exutoire dans la rivière Saint-Charles	44
Figure 2-19 : Résultat de simulation pour l'évènement « Rita », secteur du pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel	45
Figure 2-20 : Exemple de diminution de la pointe de la crue par l'aménagement d'une zone de rétention	48
Figure 2-21 : Zones potentielles de rétention	50
Figure 2-22 : Exemple de projet de bassin de rétention	52
Figure 2-23 : Exemple d'une zone de rétention (17 000 m ³)	52
Figure 2-24 : Profils de la ligne d'eau calculée dans la partie amont de la rivière Lorette pour l'évènement « Rita » (conditions avec ponts et ponceaux et sans ponts ni ponceaux)	54
Figure 2-25 : Hydrogramme calculé dans la partie amont de la rivière Lorette (section 330) pour l'évènement « Rita » (conditions avec ponts et ponceaux et sans pont ni ponceau)	55
Figure 2-26 : Exemple d'une zone de sédimentation, rivière Lorette, été 2006	57
Figure 2-27 : Exemples de zones d'érosion, rivière Lorette, été 2006	57
Figure 2-28 : Schéma type de la renaturalisation et requalification de la rivière	59
Figure 2-29 : Effet d'un canal de crue sur l'hydrogramme simulé lors de l'évènement « Rita » dans la partie en aval du ruisseau du Mont-Châtel	62
Figure 2-30 : Canal de crue, secteur amont - Ruisseau du Mont-Châtel	65
Figure 2-31 : Canal de crue – Rivière Lorette, secteur Parc de l'Ancienne-Lorette	68
Figure 2-32 : Canal de crue, secteur aval - Saint-Jean-Baptiste	69
Figure 2-33 : Canal de crue, secteur aval – Boulevard Wilfrid-Hamel	70
Figure 2-34 : Déviation vers le collecteur Saint-Jude	72
Figure 2-35 : Débordement du réseau d'égout pluvial sur la rue Rideau (photographie prise le 26 septembre 2005)	73
Figure 2-36 : Immunisation locale, secteur Carrefour du commerce (rue Rideau)	74
Figure 2-37 : Schéma type de clapet et poste de pompage	75

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : v
			Rév. : 1

Figure 2-38 : Exemple d'environnement pour l'implantation des digues permettant la correction du profil de la berge.....	77
Figure 2-39 : Scénario 1 - Hydrogramme calculé au droit du pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel (section HEC #168) pour l'évènement « Rita »	83
Figure 2-40 : Scénario 2 - Hydrogramme calculé au droit du pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel (section HEC #168) pour l'évènement « Rita »	84
Figure 2-41 : Scénario 3 - Hydrogramme calculé en aval du pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel (section HEC #157) pour l'évènement « Rita »	85
Figure 2-42 : Scénario 4 - Hydrogramme calculé au droit du boulevard Wilfrid-Hamel Ouest (section HEC #168) pour l'évènement « Rita »	86
Figure 2-43 : Scénario 5 - Hydrogramme calculé au droit du boulevard Wilfrid-Hamel Ouest (section HEC #168) pour l'évènement « Rita »	88
Figure 2-44 : Scénario 6 - Hydrogramme calculé au droit du pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel (section HEC #168) pour l'évènement « Rita »	89

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2-1 : Imperméabilité totale associée à différents types d'occupation de sol (évaluée sur un échantillonnage de 12 zones représentatives)	4
Tableau 2-2 : Description des sites de mesures	8
Tableau 2-3 : Description des pluviomètres	9
Tableau 2-4 : Superficies totale et contributive tributaires des points de mesures	10
Tableau 2-5 : Répartition de la superficie du bassin versant de la rivière Lorette associée à chacun des pluviomètres	10
Tableau 2-6 : Événements retenus pour le calage	12
Tableau 2-7 : Caractéristiques pluviométriques, collecteur Henri-IV	14
Tableau 2-8 : Caractéristiques du bassin versant tributaire du point de mesures, collecteur Henri-IV	15
Tableau 2-9 : Résultats de calage, collecteur Henri-IV	15
Tableau 2-10 : Caractéristiques pluviométriques, ruisseau du Mont-Châtel	19
Tableau 2-11 : Caractéristiques du bassin versant tributaire, ruisseau du Mont-Châtel	20
Tableau 2-12 : Synthèse des résultats de calage, ruisseau du Mont-Châtel	20
Tableau 2-13 : Caractéristiques pluviométriques, ruisseau Notre-Dame	23
Tableau 2-14 : Caractéristiques du bassin versant tributaire, ruisseau Notre-Dame	24
Tableau 2-15 : Synthèse des résultats de calage, ruisseau Notre-Dame	24
Tableau 2-16 : Caractéristiques pluviométriques, rivière Lorette, secteur centre	27
Tableau 2-17 : Caractéristiques du bassin versant tributaire, ruisseau Des Friches	29
Tableau 2-18 : Caractéristiques du bassin versant tributaire, rivière Lorette, secteur amont	29
Tableau 2-19 : Caractéristiques du bassin versant tributaire, rivière Lorette, secteur centre	29
Tableau 2-20 : Synthèse des résultats de calage, rivière Lorette, secteur centre	30
Tableau 2-21 : Caractéristiques du bassin versant tributaire, rivière Lorette, secteur aval	34
Tableau 2-22 : Caractéristiques des pluies de projet	39
Tableau 2-23 : Caractéristiques de la pluie « Rita » aux différents pluviomètres	40
Tableau 2-24 : Débit maximum en aval de chacun des tronçons de modélisation HEC-RAS	41
Tableau 2-25 : Volumes totaux ruisselés en aval de chacun des tronçons de modélisation HEC-RAS	42
Tableau 2-26 : Différentiel du niveau d'eau calculé en amont des ponts dans le secteur aval de la rivière Lorette pour un débit de 75 m ³ /s	56
Tableau 2-27 : Niveau d'eau dans la rivière Lorette pour un débit de l'ordre de 85 m ³ /s	60

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : vi
			Rév. : 1

Tableau 2-28 : Analyse comparative des vitesses d'écoulement à différentes sections de la rivière Lorette entre un scénario sans aucune solution (état actuel) et un scénario avec correction de profil de la berge (digue)	77
Tableau 2-29 : Synthèse des axes de solutions « rivières » étudiés.....	79
Tableau 2-30 : Synthèse du scénario 1	82
Tableau 2-31 : Synthèse du scénario 2	83
Tableau 2-32 : Synthèse du scénario 3	85
Tableau 2-33 : Synthèse du scénario 4	86
Tableau 2-34 : Synthèse du scénario 5	87
Tableau 2-35 : Synthèse du scénario 6	89
Tableau 2-36 : Synthèse des scénarios d'intervention étudiés	92
Tableau 2-37 : Principaux critères décisionnels.....	94

LISTE DES ANNEXES

Annexe 2.1 :	Présentation au ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs le 15 janvier 2008
Annexe 2.2 :	Plans de la modélisation XPSWMM
Annexe 2.3 :	Plans de la modélisation HEC-RAS
Annexe 2.4 :	Rapport de la campagne de mesures en réseau et en rivière, tel que produit par Environnement ESA
Annexe 2.5 :	Hyétogrammes des pluies réelles et des pluies de projet
Annexe 2.6 :	Profils et tableaux HEC-RAS montrant les lignes piézométriques qui justifient les interventions
Annexe 2.7 :	Ventilation des estimations des coûts de mise en œuvre des axes de solutions retenus
Annexe 2.8 :	Localisation des zones de rétention
Annexe 2.9 :	Restrictions hydrauliques locales
Annexe 2.10 :	Correction du profil de la berge
Annexe 2.11 :	Modèles de l'état actuel XPSWMM et HEC-RAS (CD joint à ce rapport)

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : vii
			Rév. : 1

SOMMAIRE EXÉCUTIF

Depuis la fin de 2003, plusieurs événements pluvieux ont causé des inconvénients aux résidences et aux commerces sur une partie du bassin versant de la rivière Saint-Charles et, plus particulièrement, sur celui de la rivière Lorette. Les pluies des 25 et 26 septembre 2005 (événement « Rita ») ont provoqué des inondations majeures, notamment de part et d'autre du boulevard Wilfrid-Hamel, entre l'autoroute Henri-IV et le pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel. C'est dans ce contexte que le Service de l'ingénierie de la Ville de Québec a octroyé un mandat d'étude visant la réalisation d'un plan directeur de gestion des eaux pluviales.

En résumé, ce mandat consiste à réaliser et/ou à mettre à jour trois plans directeurs de drainage sectoriels, chacun représentant le bassin versant de rivières distinctes, soit ceux des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie), celui de la rivière Du Cap-Rouge (secteur Aéroport Jean-Lesage) et celui de la rivière Nelson.

L'ensemble du projet est divisé en trois étapes principales, chacune faisant l'objet de rapports distincts : (1) la synthèse des acquis (inventaire, relevés de terrain et assistance technique, dont les rapports par secteur ont été déposés à la Ville de Québec le 5 octobre 2006; (2 et 3) les états actuel et ultime de développement qui visent l'établissement et la recommandation de solutions à court et à moyen termes pour diminuer la problématique d'inondations et de restrictions hydrauliques de la rivière Lorette et de certains tributaires.

Le présent rapport porte uniquement sur l'étape 2 des bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie). **Le territoire à l'étude a été modélisé pour les conditions actuelles de développement, année de référence 2006** (Chapitre 2.2). Des mesures recueillies à l'été 2006 (Chapitre 2.3) ont servi, après validation, au calage des modèles (Chapitre 2.4). Cette étape ayant été réalisée selon les règles de l'art et en respectant des critères de calage sévères, le niveau de confiance envers les résultats de simulation nécessaires à la poursuite de ce mandat est maximal. Soulignons ici la similitude entre les résultats de simulation de l'évènement « Rita » en ce qui a trait au synchronisme de la pointe de débit et les niveaux d'eau atteints lorsqu'on les compare avec différentes observations de terrain (Chapitre 2.5).

L'évènement « Rita » est retenu comme objectif de contrôle et guide l'analyse de solutions potentielles.

Ainsi, sans ordre de priorité, les axes de solutions potentiels sont identifiés au Chapitre 2.6 et analysés de façon suffisante pour établir l'intérêt de les conserver comme solutions réellement applicables ou de les rejeter, incluant une estimation de classe D (niveau 1 selon la classification de la Ville de Québec) des coûts de mise en œuvre des axes de solutions retenus. Les estimations excluent les coûts liés à l'acquisition ou à l'expropriation des terrains, le cas échéant, et aux servitudes, de même que les frais d'ingénierie et de laboratoire, mais incluent les taxes applicables.

La complexité de la situation et l'acuité des problèmes d'inondation sur le bassin versant de la rivière Lorette ne peuvent être résolues par l'application d'une solution unique, mais par la mise en œuvre d'un ensemble de solutions. Du large éventail de solutions potentielles analysées, la mise en place de zones de rétention, de canaux de crue, de clapets antiretour, de digues et de postes de pompage apparaissent rapidement comme des incontournables et feront partie des scénarios d'intervention étudiés dans le cadre de ce mandat (Chapitre 2.7). Trois scénarios d'intervention se distinguent des autres et sont résumés au tableau ci-dessous (scénarios 4, 5 et 6).

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	Page : viii
		Date : 4 avril 2008	Rév. : 1

Scénarios d'intervention favorisés

Section	Axe de solutions	Brève description	Coût budgétaire selon les scénarios d'intervention		
			4	5	6
2.6.1.7	Canal de crue du Mont-Châtel	Canal de crue optimisé avec un prélèvement maximum de 10 m³/s	±9,4 M\$	±9,4 M\$	±9,4 M\$
2.6.1.1	Zone de rétention « C » ruisseau Des Friches, secteur amont	Volume de rétention ± 200 000 m³		±3,1 M\$	
2.6.1.4	Renaturalisation/requalification du cours d'eau	Réaménager la rivière avec une section d'écoulement requalifiée incluant un lit mineur, une zone inondable de grand courant et une zone inondable de faible courant			±7,2 M\$
2.6.2.2	Poste de pompage, clapet et digues	Mesures d'immunisation locale dans le secteur Saint-Jean-Baptiste	±2,5 M\$ (1)	±2,4 M\$	±2,5 M\$ (1)
2.6.1.12	Dérivation vers le collecteur Saint-Jude	Opportunité de détournement des eaux vers ce collecteur et la rivière Saint-Charles	±0,5 M\$	±0,5 M\$	±0,5 M\$
2.6.1.5	Suivi et corrections des restrictions hydrauliques locales	Secteur Saint-Jean-Baptiste	±0,2 M\$	±0,2 M\$	±0,2 M\$
TOTAL :			±12,6 M\$	±15,6 M\$	±19,8 M\$
Débit dans le tronçon aval de la rivière Lorette :			85 m³/s	78 m³/s	85 m³/s

(1) Corrections plus importantes du profil de la berge.

Les différents scénarios proposés mettent en œuvre les axes de solutions principaux suivants :

Canal de crue du Mont-Châtel

Cet axe de solution consiste à construire une conduite permettant de dériver une partie du débit du ruisseau du Mont-Châtel, un tributaire de la rivière Lorette, en direction de la rivière Saint-Charles. Le canal de crue du Mont-Châtel agit à titre de dérivation temporaire et acheminera une certaine quantité d'eau en direction de la rivière Saint-Charles pour de courtes périodes de temps. Il n'est donc pas question de modifier le régime hydrologique naturel des cours d'eau. Des vérifications préliminaires confirment la faisabilité de cette solution sans augmentation des risques d'inondation avec nuisances dans la rivière Saint-Charles. Cependant, une étude hydraulique détaillée (hors mandat) devra être effectuée pour bien démontrer les impacts hydrauliques d'un tel scénario dans différentes situations.

Soulignons que lorsque comparé à l'utilisation d'une zone de rétention, un canal de crue présente l'avantage d'être disponible en tout temps sans aucune limite de volume disponible, ce qui offre une plus grande flexibilité de gestion et simplifie le mode opérationnel de l'ouvrage.

Zone de rétention Des Friches

Cet axe de solution consiste à emmagasiner une quantité importante d'eau dans la partie amont du bassin versant afin de diminuer le débit de pointe des crues majeures.

La zone de rétention Des Friches, secteur amont, est localisée sur des terrains à vocation agricole actuellement en friche. Cet ouvrage sera construit en dérivation par rapport au cours d'eau et à l'extérieur de la bande riveraine. Le régime hydrologique naturel du cours d'eau ne sera pas modifié de façon significative puisque le contrôle des débits ne sera effectué que pour des événements exceptionnels susceptibles de créer des nuisances (inondations) dans la partie aval du cours d'eau. Seule la pointe de l'hydrogramme des crues de grande importance sera écrêtée. L'aménagement de cette zone de rétention se fera par excavation afin de permettre un remplissage et une vidange gravitaire. Il pourrait être envisagé d'intégrer la construction d'une zone humide, d'un marais ou d'un marécage au fond de cette zone de rétention, permettant ainsi la création de nouveaux habitats fauniques d'intérêt.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : ix
			Rév. : 1

Renaturalisation/requalification du cours d'eau

Cet axe de solution consiste à réaménager un tronçon de la rivière Lorette dans le secteur aval du bassin versant (secteur Saint-Jean-Baptiste) afin de permettre le passage des crues sans nuisances aux infrastructures.

En comparaison avec l'état de dégradation actuel de la rivière Lorette dans le secteur Saint-Jean-Baptiste, sa renaturalisation et requalification sur une distance d'environ 1 500 m permettrait d'obtenir un impact global positif sur le plan environnemental par l'aménagement d'un lit mineur et d'un lit majeur renaturalisé, incluant la mise en place et la protection d'une bande riveraine naturelle. De plus, ce type d'aménagement présente un effet positif sur la qualité des habitats fauniques de la rivière et il permet d'embellir le paysage riverain et de revitaliser le secteur. Il serait envisageable d'augmenter l'accessibilité publique par la création d'un parc linéaire dans cette nouvelle bande riveraine, par exemple.

Poste de pompage, clapets et digues

Cet axe de solution consiste à mettre en place des clapets antiretour et des postes de pompage sur un certain nombre de conduites d'égout pluvial en lien hydraulique avec la rivière et causant des problèmes de refoulement en période de crue de la rivière.

La correction du profil de la berge (petites digues) associée à la mise en place de clapets et de postes de pompage dans la partie aval de la rivière (secteur Saint-Jean-Baptiste) nous assure d'une capacité uniforme de 75 à 85 m³/s du cours d'eau dans ce secteur avant débordement et nuisances. Rappelons que les débits véhiculés lors de l'événement « Rita » atteignaient les 96 m³/s. Sans intervention aucune, la capacité de la rivière Lorette dans ce secteur n'est que de 50 m³/s par endroits et il serait impossible pour la Ville de Québec d'assumer les investissements requis pour contrôler les apports de l'amont à un tel débit.

De façon générale, la construction de ces petites digues, dont la hauteur varierait entre 10 et 100 cm selon les endroits, sera effectuée en arrière-lots des terrains commerciaux et industriels présents dans ce secteur. Dans la mesure du possible, la construction de ces petites digues sera effectuée à l'extérieur de la bande riveraine d'une largeur de 10 m (Annexe 2.10). Rappelons que la rivière et la bande riveraine relèvent de la propriété privée dans ce secteur.

Quel que soit le scénario d'intervention retenu, **la mise en place d'un système de contrôle de type « temps réel » est nécessaire** afin d'optimiser les volumes disponibles dans les zones de rétention et l'utilisation de canaux de crue. Ce dispositif permettra d'actionner la dérivation des eaux de ruissellement ou encore le remplissage de l'ouvrage de rétention dans la partie amont du bassin versant de la rivière Lorette en fonction d'une consigne reliée au niveau d'eau mesuré dans le secteur vulnérable localisé dans la partie aval du bassin versant (secteur Saint-Jean-Baptiste). L'utilisation optimale de ces ouvrages est un incontournable car l'efficacité de la solution retenue en dépend. Autrement dit, il ne faut pas seulement se doter d'ouvrages imposants pour sécuriser les secteurs à risque d'inondations, il faut les opérer au bon moment. La mise en place d'un dispositif de contrôle de type « temps réel » nécessite, entre autres, l'utilisation de sondes de niveau d'eau et d'actionneurs automatiques des vannes de contrôle. Des outils de prédiction météorologique pourraient être ajoutés à la boucle décisionnelle de gestion des eaux. La conception de ce système devra être confirmée dans un mandat ultérieur, lors de l'étape d'avant-projet.

Dans la mesure du possible, les axes de solutions présentés dans ce rapport tentent de contrôler l'aléa, c'est à dire l'événement « Rita » dans ses aspects physiques, hydrologiques et statistiques, et de diminuer la vulnérabilité du secteur Saint-Jean Baptiste. **Il demeure qu'en dépit des interventions visant la maîtrise des eaux du bassin versant de la rivière Lorette qui pourraient être mises en place par la Ville dans le cadre de son plan directeur, il demeurera toujours des situations hors du contrôle de l'homme et pouvant potentiellement causer des nuisances en ce qui a trait aux infrastructures.**

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : x
			Rév. : 1

La Ville de Québec est pressée d'agir et souhaite entamer un processus d'appel d'offres pour la réalisation des plans et devis de certains travaux spécifiques qu'elle aura retenus dès le printemps 2008. Il est important de souligner qu'en vue d'une réalisation à court terme, la Ville de Québec devra nécessairement inclure les étapes d'avant-projet et de conception à cet appel d'offres.

Les scénarios d'intervention étudiés à cette étape ne considèrent pas les correctifs nécessaires directement sur le réseau pluvial. Ces interventions, ainsi que la mise à niveau de solutions « rivière », seront définies dans le rapport d'étape 3 présentant l'état ultime de développement du territoire.

Mentionnons pour terminer que des ouvrages visant spécifiquement le contrôle des sédiments et la qualité de l'eau n'ont pas été intégrés aux différents scénarios d'intervention mais pourraient l'être dans une perspective plus générale de gestion de l'eau des bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie).

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 1
			Rév. : 1

2 RAPPORT D'ÉTAPE 2: ÉTAT ACTUEL

Afin de favoriser une approche par bassin versant, chacun des trois secteurs à l'étude a fait l'objet d'un rapport distinct, lequel sera bonifié suivant l'avancement des trois étapes du projet, soit :

- étape 1 : synthèse des acquis;
- étape 2 : état actuel;
- étape 3 : état ultime.

Les versions finales des rapports d'étape 1 des trois secteurs à l'étude, qui ont fait la synthèse de l'inventaire, des relevés de terrain et de l'assistance technique, ont été déposées à la Ville de Québec le 5 octobre 2006.

Le rapport d'étape 2 présente la synthèse des hypothèses de modélisation du territoire à l'étude, du suivi de la campagne de mesures, du processus et des résultats du calage des modèles, des simulations de l'état actuel et de l'identification de solutions « rivière » aux problématiques actuelles dans le secteur inondé en 2005.

Le dernier rapport d'étape fera, quant à lui, la synthèse des activités réalisées depuis le rapport d'étape 2, lesquelles couvrent toutes les activités ayant mené à l'analyse de solutions appropriées aux problèmes identifiés sur l'ensemble du bassin versant et ce, pour un état ultime de développement.

2.1 INTRODUCTION

Le contenu des différents chapitres de ce rapport d'étape se décrit comme suit :

- Chapitre 2.2 : Modélisations hydrologique, hydraulique réseau et hydraulique rivière

Ce chapitre présente la liste des principales données utilisées pour les modélisations hydrologique et hydraulique, la description de la caractérisation de ces modèles et les hypothèses de modélisation utilisées.

- Chapitre 2.3 : Campagne de mesures et traitement des données

Ce chapitre présente la campagne de mesures, le traitement des données pluviométriques et débitométriques, ainsi que la validation des mesures.

- Chapitre 2.4 : Résultats de calage

Ce chapitre présente la méthodologie de calage, une description des pluies utilisées et les résultats obtenus à chacun des sites de mesures.

- Chapitre 2.5 : Analyse à l'état actuel des cours d'eau pour des événements extrêmes

Ce chapitre présente les résultats des simulations « rivière » obtenus pour des événements extrêmes, soit la pluie « Rita » des 25 et 26 septembre 2005, ainsi que des pluies de projet de récurrence 100 ans IDF « Climat futur » de différentes durées.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 2
			Rév. : 1

- Chapitre 2.6 : Identification des axes de solutions potentiels

Ce chapitre présente l'analyse des axes de solutions potentiels identifiés, incluant une estimation de classe D des axes de solutions retenus. Un tableau global reprend toutes les solutions « rivière » étudiées.

- Chapitre 2.7 : Scénarios d'intervention étudiés

Ce chapitre comprend la description des six scénarios de solutions « rivière » élaborés pour limiter la problématique vécue lors de l'évènement « Rita » des 25 et 26 septembre 2005.

- Chapitre 2.8 : Conclusion et recommandations

Ce chapitre fixe les conclusions à cette étape du mandat.

- Annexe 2.1 : Présentation au ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs le 15 janvier 2008.
- Annexe 2.2 : Plans de la modélisation XPSWMM.
- Annexe 2.3 : Plans de la modélisation HEC-RAS.
- Annexe 2.4 : Rapport de la campagne de mesures en réseau et en rivière, tel que produit par la firme Environnement ESA.
- Annexe 2.5 : Hyétogrammes des pluies réelles et des pluies de projet.
- Annexe 2.6 : Profils et tableaux HEC-RAS montrant les lignes piézométriques qui justifient les interventions.
- Annexe 2.7 : Ventilation des estimations des coûts de mise en œuvre des axes de solutions retenus.
- Annexe 2.8 : Localisation des zones de rétention
- Annexe 2.9 : Restrictions hydrauliques locales
- Annexe 2.10 : Correction du profil de la berge
- Annexe 2.11 : Modèles de l'état actuel XPSWMM et HEC-RAS (CD joint à ce rapport)

2.2 MODÉLISATIONS HYDROLOGIQUE, HYDRAULIQUE RÉSEAU ET HYDRAULIQUE RIVIÈRE

Des modélisations hydrologique et hydraulique du bassin de drainage ont été effectuées avec le logiciel XPSWMM, version 10.52d (modules RUNOFF, TRANSPORT et EXTRAN). Ces modélisations permettent de générer les hydrogrammes de ruissellement des sous-bassins de drainage modélisés, de solliciter le réseau pluvial, de tracer des profils hydrauliques et d'évaluer les débits maximums qui seront véhiculés dans le réseau et vers les cours d'eau de plus grande importance, lesquels ont été modélisés avec le logiciel HEC-RAS, version 3.1.3. Ce logiciel permet de tracer le profil hydraulique de l'écoulement en rivière en régime transitoire à partir des différents hydrogrammes de débits générés préalablement par le modèle XPSWMM.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 3
			Rév. : 1

Ce chapitre présente la liste des principales données utilisées pour les modélisations hydrologique et hydraulique, la description de la caractérisation de ces modèles et les hypothèses de modélisation utilisées.

La modélisation du drainage de l'état actuel de développement est illustrée aux plans de l'Annexe 2.2, pour la modélisation XPSWMM, et au plan de l'Annexe 2.3 pour la modélisation HEC-RAS.

2.2.1 Numérotation des éléments modélisés

La numérotation des différents nœuds du modèle hydraulique « réseau » sous XPSWMM suit la logique suivante :

ZZxxXXXyy

Où, en respectant la nomenclature des cours d'eau et les règles d'attribution des abréviations :

- « ZZ » représente les deux premières lettres du cours d'eau à l'étude soit :
 - MC : du Mont-Châtel;
 - LO : Lorette;
 - FR : Des Friches;
 - ND : Notre-Dame;
 - SC : Saint-Charles;
 - SG : Sainte-Geneviève.
- « xxXXX » représente le chaînage de l'émissaire « réseau » à partir de la confluence aval du cours d'eau :
 - xx : mesure des kilomètres;
 - XXX : mesure des mètres.
- « yy » est un numéro séquentiel. Sur un même tronçon, le numéro des nœuds est attribué de l'aval vers l'amont. L'axe principal se fait en premier et les axes secondaires sont numérotés en second. Le nom des nœuds est toujours impair et peut contenir des lettres.
- Les conduites portent le numéro de leur nœud amont, auquel nous avons soustrait 1. Le nom des conduites est toujours pair et peut aussi contenir des lettres.

Le nom attribué aux sous-bassins contient le numéro du nœud auquel il se raccorde et l'identifiant du nombre de sous-bassins tributaires de ce dernier. Pour des raisons de modélisation, on trouve seulement cinq sous-bassins par nœuds.

Le modèle hydraulique « rivière » est représenté par des sections de rivières qui ont été numérotées de manière séquentielles. À partir de la confluence aval du cours d'eau, les sections « rivière » portent le nom de HECxx, où « Xx » représente un numéro séquentiel. Il est à noter qu'en cours de mandat, nous avons opté pour un transfert de la modélisation d'une partie du ruisseau du Mont-Châtel de HEC-RAS à XPSWMM et la numérotation des sections modélisées est demeurée la même.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 4
			Rév. : 1

2.2.2 Modèle hydrologique

La modélisation hydrologique (précipitations, pertes initiales et infiltration, ruissellement) à l'échelle du sous-bassin a été effectuée à l'aide du logiciel XPSWMM, version 10.52d (modules RUNOFF, TRANSPORT et EXTRAN).

La méthode de calcul du ruissellement et de l'infiltration est fonction du type de drainage du sous-bassin considéré. Si le drainage se fait principalement par un réseau de conduites, alors la méthode du réservoir non linéaire de SWMM (RUNOFF, « SWMM runoff non-linear reservoir method ») est retenue. À l'inverse, si le drainage se fait par fossés, la méthode du « Soil Conservation Service » est utilisée (« SCS Hydrology »). La caractérisation des sous-bassins vise à fournir les données nécessaires aux méthodes de calcul mentionnées ci-dessus.

En ce qui a trait à la méthode du réservoir non linéaire, chaque sous-bassin est caractérisé par la superficie contributive, la pente, la largeur de drainage, l'imperméabilité, les pertes initiales et les paramètres de la fonction d'infiltration d'Horton, lesquels dépendent du type de sol.

Pour le ruissellement calculé par la méthode du SCS, les paramètres suivants sont requis pour représenter chaque sous-bassin, soit la superficie, le temps de concentration, le « Curve Number » (CN) et les pertes initiales.

Les données suivantes sont requises pour évaluer chacun des paramètres exigés pour la caractérisation des sous-bassins de drainage, c'est-à-dire :

- photographies aériennes (2005);
- fichiers Microstation montrant le réseau routier, les bâtiments, le lotissement, les courbes de niveau, les points cotés, le réseau pluvial et le réseau hydrographique du territoire;
- carte de dépôts de surface (ministère de la Défense 1971).

L'imperméabilité totale a été attribuée à chaque sous-bassin en comparant un échantillonnage préalablement réalisé. Cet échantillonnage est constitué de quatre types d'occupation de sol (maison unifamiliale, maison jumelée, maison en rangée, résidentiel haute densité) répartis sur l'ensemble du territoire. L'imperméabilité des zones sélectionnées a été calculée à partir des photographies aériennes. Le Tableau 2-1 présente une synthèse de l'imperméabilité totale de l'échantillonnage réalisé. La seule exception concerne les sous-bassins représentant des secteurs institutionnel, industriel et commercial pour lesquels l'imperméabilité totale est calculée pour chaque sous-bassin. Le processus de calage (Chapitre 2.4) permettra la détermination de l'imperméabilité efficace.

Tableau 2-1 :
Imperméabilité totale associée à différents types d'occupation de sol
(évaluée sur un échantillonnage de 12 zones représentatives)

Occupation de sol	Imperméabilité totale (%)
Maison unifamiliale	25 - 45
Maison jumelée	43 - 53
Maison en rangée	51
Résidentiel haute densité	38 - 56
Institutionnel, industriel et commercial	65-100

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 5
			Rév. : 1

2.2.3 Modèles hydrauliques « réseau »

La résolution des équations hydrauliques en réseau a été effectuée à l'aide du logiciel XPSWMM, version 10.52d (modules RUNOFF, TRANSPORT et EXTRAN). Le bloc TRANSPORT ou EXTRAN de XPSWMM est utilisé pour la modélisation en réseau selon les indications figurant dans les documents de l'appel d'offres de la Ville de Québec. En fonction de la complexité des conditions hydrauliques à modéliser, des nuisances répertoriées et des ouvrages hydrauliques à représenter, le bloc TRANSPORT (résolution de l'onde cinématique, effets de remous non modélisés) ou EXTRAN (résolution d'écoulements non uniformes graduellement variés, mise en charge, remous et ouvrages hydrauliques spéciaux modélisés) a été choisi. Le type de modélisation, TRANSPORT ou EXTRAN, utilisé pour chacun des collecteurs est illustré aux plans de l'Annexe 2.2.

Les caractéristiques des éléments de la modélisation « réseau », c'est-à-dire les regards, les conduites et les ouvrages de régulation, proviennent de la base de données ARC GIS transmise par la Ville de Québec. Des relevés de terrain additionnels, de même que des plans « tel que construit » ont également été utilisés pour valider ou compléter la base de données.

2.2.4 Modèles hydrauliques « rivière »

La résolution des équations hydrauliques en rivière a été effectuée soit à l'aide du bloc EXTRAN de XPSWMM, version 10.52d (modules RUNOFF, TRANSPORT et EXTRAN), soit par le logiciel HEC-RAS, version 3.1.3.

Le recours au logiciel XPSWMM a été limité aux fossés et cours d'eau de faible importance en tête de réseau, alors que le logiciel HEC-RAS a été utilisé pour les principaux cours d'eau présentant des problématiques de plaine inondable, de ponceaux ou de ponts qui sont submergés lors de certains événements pluvieux. Les plans de l'Annexe 2.2 montrent la modélisation des cours d'eau sous XPSWMM, alors que la modélisation des cours d'eau sous HEC-RAS est présentée à l'Annexe 2.3.

Les caractéristiques des sections et des ponceaux proviennent des relevés de terrain effectués par BPR, des modèles bruts du Centre d'expertise hydrique du Québec, des plans « tel que construit » et des données topographiques (modèle numérique de terrain).

Ainsi, l'ensemble des singularités hydrauliques (ponts, ponceaux, seuils, barrages, réservoirs, plaines inondables) ont été intégrées au modèle hydraulique HEC-RAS, qui permet d'effectuer des simulations en régime transitoire prenant en compte les volumes d'eau emmagasinés et réintroduits dans le modèle d'écoulement. L'effet de laminage des débits de pointe est donc pris en compte.

2.3 CAMPAGNE DE MESURES ET TRAITEMENT DES DONNÉES

Ce chapitre présente la campagne de mesures, le traitement des données pluviométriques et débitométriques, ainsi que la validation des mesures.

2.3.1 Mesures « réseau » et « rivière »

Le but de cette campagne de mesures consistait à réaliser le calage du modèle hydrologique et des modèles hydrauliques « réseau » et « rivière ». Six stations de mesures ont été mises en place sur le bassin versant de la rivière Lorette. Cinq de ces sites de mesures ont été instrumentés par la firme Environnement ESA sous la supervision de BPR. Il s'agit du ruisseau Des Friches, du ruisseau du Mont-Châtel, du ruisseau Notre-Dame, de la rivière Lorette, secteur amont, et du collecteur Henri-IV (appelé également collecteur du Versant Nord). La description de la campagne de mesures et les résultats obtenus sont présentés au

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 6
			Rév. : 1

rapport produit par Environnement ESA, lequel est inclus à l'Annexe 2.4. Le sixième site, celui de la rivière Lorette, secteur centre, a été installé par le Centre d'expertise hydrique du Québec. La Figure 2-1 montre la localisation des sites de mesures.

2.3.1.1 Collecteur Henri-IV

Trois sondes hauteur-vitesse ont été installées par Environnement ESA à l'intérieur d'un regard donnant accès au collecteur Henri-IV, localisé 347 mètres en amont de son exutoire à la rivière Lorette. Ce site est le seul point de mesures en conduite pluviale et il draine une superficie fortement urbanisée. Le collecteur reçoit des eaux pluviales jusqu'à la traverse de la rue Rideau. Ce site a été en fonction du 20 juin au 17 juillet 2006.

2.3.1.2 Ruisseau Des Friches

Un limnimètre à bulles a été installé par Environnement ESA dans la partie aval du ruisseau Des Friches, 50 mètres en aval du pont de la route Étienne-Lessard. Ce site de mesures a permis de mesurer la hauteur d'eau en continu dans le ruisseau Des Friches, du 27 juin au 21 août 2006. L'objectif de ce dernier consiste à effectuer le calage des bassins versants du ruisseau Des Friches et du ruisseau Sainte-Geneviève, lesquels présentent une occupation de sol principalement rurale.

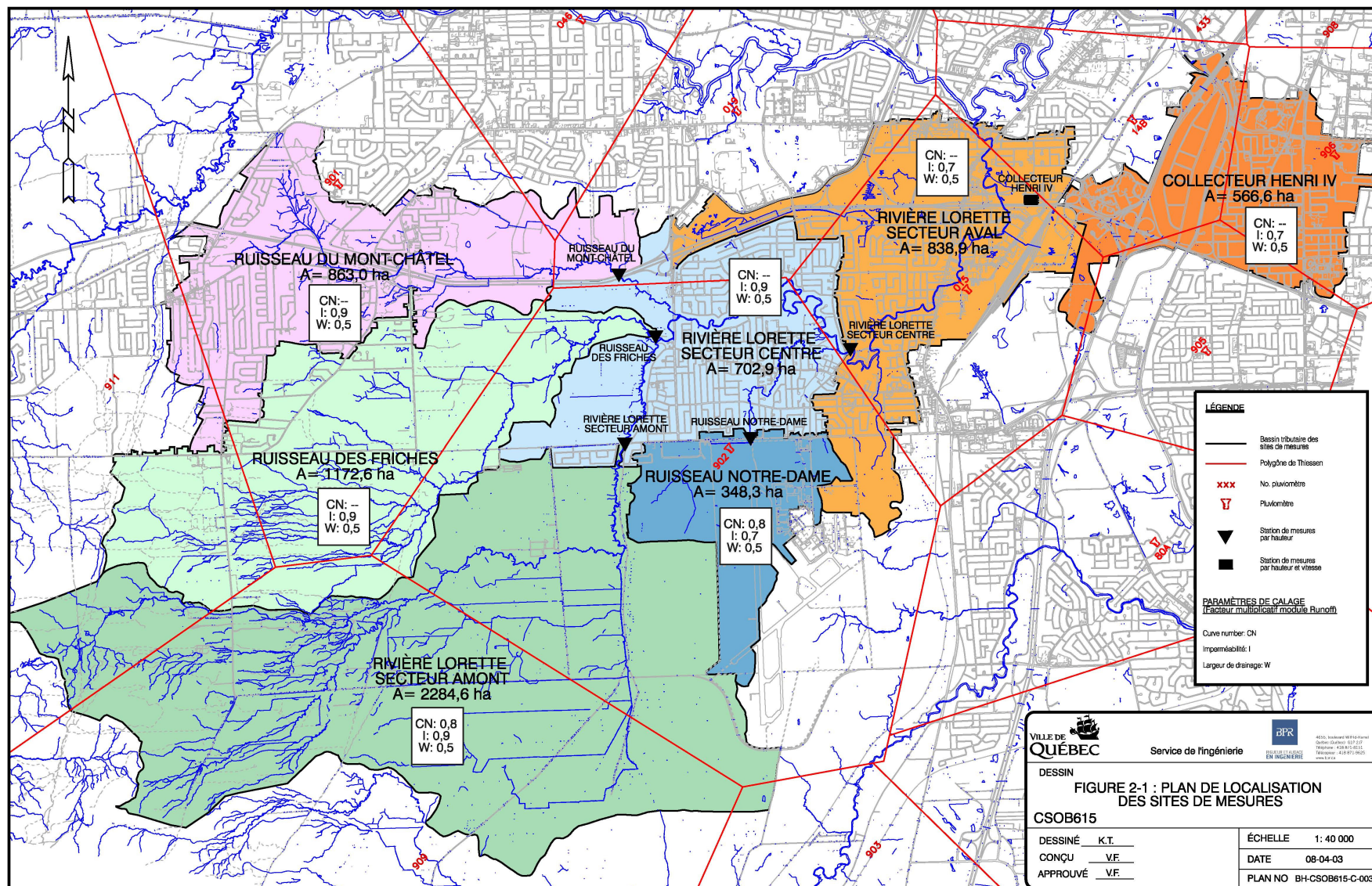
2.3.1.3 Ruisseau du Mont-Châtel

Un limnimètre à bulles a été installé par Environnement ESA sur la face du mur de béton en amont du dernier ponceau du ruisseau du Mont-Châtel, lequel traverse l'autoroute Henri-IV. Ce site de mesures a permis de mesurer la hauteur d'eau en continu dans le ruisseau du 20 juin au 6 août 2006. Ce dernier permettra le calage des apports urbains et ruraux du bassin versant du ruisseau du Mont-Châtel. Seule une petite partie du bassin versant du ruisseau du Mont-Châtel, soit le Golf Métropolitain, n'est pas couverte par ce point de mesures.

2.3.1.4 Ruisseau Notre-Dame

Un limnimètre à bulles a été installé par Environnement ESA dans la partie amont du ruisseau Notre-Dame, 25 mètres en aval de la sortie du ponceau de la route de l'Aéroport. Ce site de mesures a permis de mesurer la hauteur d'eau en continu dans le ruisseau Notre-Dame, du 20 juin au 30 juillet 2006. L'objectif de ce site consiste à effectuer le calage des apports de l'Aéroport international Jean-Lesage.

Figure 2-1 : Plan de localisation des sites de mesures



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 8
			Rév. : 1

2.3.1.5 Rivière Lorette, secteur amont

Un limnimètre à bulles a été installé par Environnement ESA sous le pont au croisement de la rivière Lorette avec la route de l'Aéroport. Ce site de mesures a permis de mesurer la hauteur d'eau en continu dans la partie amont de la rivière Lorette du 20 juin au 11 septembre 2006. L'objectif consiste à effectuer le calage des apports ruraux de la rivière Lorette.

2.3.1.6 Rivière Lorette, secteur centre

Un limnimètre à bulles a été installé par le Centre d'expertise hydrique directement sur la rivière Lorette en aval du ruisseau Notre-Dame, près de la rue du Moulin. Ce site mesure les niveaux d'eau en continu dans la rivière depuis sa mise en place le 15 juin 2006.

Le Tableau 2-2 résume la description des sites.

**Tableau 2-2 :
Description des sites de mesures**

Identifiant du site de mesures	Type de mesures	Calcul du débit	Localisation	Période de mesures
Collecteur Henri-IV	Hauteur d'eau et vitesse	Section mouillée multipliée par vitesse	À l'intérieur d'un regard donnant accès au collecteur, localisé 347 mètres en amont de l'exutoire du collecteur	20 juin au 17 juillet 2006
Ruisseau Des Friches	Hauteur d'eau	Relation hauteur/débit	50 mètres en aval du pont de la route Étienne-Lessard	27 juin au 21 août 2006
Ruisseau du Mont-Châtel	Hauteur d'eau	Relation hauteur/débit	En rive gauche, sur la face amont du mur de béton du ponceau traversant l'autoroute Henri-IV	20 juin au 14 juillet 2006, 17 juillet au 6 août 2006
Ruisseau Notre-Dame	Hauteur d'eau	Relation hauteur/débit	25 mètres en aval de la sortie du ponceau de la route de l'Aéroport	20 juin au 30 juillet 2006
Rivière Lorette, secteur amont	Hauteur d'eau	Relation hauteur/débit	Sous le pont, au croisement de la rivière Lorette avec la route de l'Aéroport	20 juin au 11 septembre 2006
Rivière Lorette, secteur centre	Hauteur d'eau	Relation hauteur/débit	Sous le pont de la rue St-Jean-Baptiste, à l'Ancienne-Lorette	Site permanent depuis le 15 juin 2006

2.3.2 Traitement et validation des données débitmétriques

Les quatre sites de mesures de niveau d'eau situés en rivière et exploités par Environnement ESA (Lorette, secteur amont, Notre-Dame, du Mont-Châtel et Des Friches) ont fait l'objet d'au moins trois jaugeages à différents débits afin de construire une courbe de relation hauteur/débit. Les jaugeages ont tous été effectués à l'aide d'un micro-moulinet permettant de mesurer la vitesse d'écoulement.

À partir de ces données de jaugeage, les différents modèles XPSWMM et HEC-RAS ont été calibrés afin d'obtenir les hauteurs d'eau adéquates pour les débits jaugés. Une fois les paramètres hydrauliques calibrés au droit des sites de mesures, ces derniers ont été utilisés pour interpoler et extrapoler d'autres points qui ont servi à générer la relation hauteur/débit à chacun des sites.

En ce qui concerne le site de la rivière Lorette, secteur centre, le Centre d'expertise hydrique du Québec nous a fourni la relation hauteur/débit qu'il a lui-même développé. Néanmoins, un jaugeage par temps sec a été effectué étant donné que le plus bas point de jaugeage fourni était en fonction d'un débit de l'ordre de 1 m³/s alors que les débits de base de la rivière à cet endroit sont de l'ordre de 0,25 m³/s.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 9
			Rév. : 1

2.3.3 Traitement et validation des données pluviométriques

Les données pluviométriques ont été enregistrées à neuf stations de mesures utilisées pour le contrôle en temps réel des débordements des réseaux unitaires de la Ville de Québec. Ces données couvrent la période du 20 juin au 15 septembre 2006 et ont été récupérées depuis les bases de données « temps réel » et « temps différé » du système d'acquisition et d'enregistrement des données.

La localisation des stations de mesures (pluviomètres) utilisées à des fins de calage des modèles hydrologique et hydrauliques est donnée au Tableau 2-3, ainsi qu'à la Figure 2-1.

La Ville de Québec a confié à la firme BPR la validation et la reconstitution des données pluviométriques. Ces deux étapes s'articulent autour des opérations suivantes :

- la vérification des séries chronologiques, identification et insertion des pas de temps manquants;
- l'identification et la reconstitution des valeurs manquantes ou invalides et l'attribution de cotes de fiabilité;
- la validation des mesures restaurées à l'aide de stations de référence.

La très grande majorité des valeurs reconstituées provient d'épisodes de temps sec ou de très faibles intensités pluviométriques. Les valeurs de remplacement sont donc jugées fiables, d'autant plus que la comparaison entre la lame précipitée enregistrée aux pluviomètres de la Ville et celle enregistrée aux stations d'Environnement Canada de l'Aéroport international Jean-Lesage et de Sainte-Foy (Université Laval) montre une excellente cohérence.

Tableau 2-3 : Description des pluviomètres

Identifiant du pluviomètre	Nom du pluviomètre	Type de mesures	Localisation	Période de mesures
S14B	Parc technologique	Lame précipitée	2580, boulevard du Parc technologique	20 juin au 15 septembre 2006
U015	L'Ancienne-Lorette	Lame précipitée	4031, rue Valet	
U019	L'Ormière n° 19	Lame précipitée	7580, boulevard l'Ormière	
U901	Pluviomètre du Mont-Châtel	Lame précipitée	13500, rue Duhamel	
S902	Aéroport Jean-Lesage	Lame précipitée	près de la porte A-42 Route de l'Aéroport	
S905	Piscine Sainte-Geneviève	Lame précipitée	3221, rue Lavallée	
S906	Université Laval	Lame précipitée	Nord Jardin Van den Hende	
S909	Poste Notre-Dame	Lame précipitée	3775, rue Notre-Dame	
S911	Poste Honfleur	Lame précipitée	1644, rue Honfleur	

2.4 RÉSULTATS DE CALAGE

Les paragraphes suivants donnent les principales informations concernant le processus de calage en ce qui a trait à la méthodologie, à la situation modélisée, aux critères de performance, de même que les résultats obtenus et leur analyse.

2.4.1 Situation modélisée

La schématisation du territoire modélisé a été effectuée au meilleur de notre connaissance. Elle correspond à celle de l'été 2006 lorsque la campagne de mesures a eu lieu. Les données utilisées et les principales hypothèses adoptées pour ce faire sont celles énumérées au Chapitre 2.2.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 10
			Rév. : 1

La présence de secteurs incluant des réseaux pseudo-séparatifs et leur impact sur les volumes s'écoulant dans le réseau pluvial (réduction des volumes puisque des drains de fondation, des toits plats et parfois des gouttières sont raccordés au réseau domestique), ont été pris en compte lors du calage de la modélisation. Ainsi, pour un secteur tributaire d'un site de mesures, la superficie calculée sur plan de ce secteur a été réduite au prorata de la superficie des réseaux pseudo-séparatifs identifiés en amont du site, sur la base des informations contenues au plan directeur des eaux usées (notre référence : Ville de Québec, *Plan directeur du réseau collecteur d'eaux usées, Rapport final*, BPR, septembre 2005). Ces nouvelles superficies ajustées sont désignées « superficies contributives » dans le présent rapport. Le Tableau 2-4 présente un résumé des superficies totales et contributives tributaires de chaque point de mesures.

Tableau 2-4 :
Superficies totale et contributive tributaires des points de mesures

Site de mesures	Superficie totale (ha)	Superficie contributive (ha)
Collecteur Henri-IV	566,6	556,9
Ruisseau Notre-Dame	348,3	348,1
Rivière Lorette, secteur amont	2 284,6	2 284,6
Ruisseau Des Friches	1 172,6	1 171,6
Ruisseau du Mont-Châtel	863,0	861,6
Rivière Lorette, secteur centre	5 371,4	5360,2

L'association pluviomètre/sous-bassin de drainage a été réalisée par la méthode des polygones de Thiessen basée sur l'ensemble des pluviomètres du territoire de la Ville de Québec. Le Tableau 2-5 présente la répartition de la superficie en pourcentage du bassin versant de la rivière Lorette associée à chacun des pluviomètres. Les pluviomètres et les polygones de Thiessen sont représentés à la Figure 2-1.

Tableau 2-5 :
**Répartition de la superficie du bassin versant de la rivière Lorette
associée à chacun des pluviomètres**

Pluviomètres	Répartition de la superficie
S14B	6,1 %
U015	9,7 %
U019	3,0 %
U901	26,3 %
S902	27,2 %
S905	0,2 %
S906	2,1 %
S909	24,2 %
S911	1,1 %
Total :	100,0 %

2.4.2 Méthodologie de calage

Le calage des modèles hydrologique et hydraulique consiste à ajuster certains de leurs paramètres afin de simuler de manière satisfaisante les volumes écoulés, les débits de pointe et leur synchronisme par rapport aux mesures effectuées lors de la campagne 2006. Les principaux paramètres qui sont ajustés lors d'un calage sont l'imperméabilité efficace et la largeur de drainage (caractéristiques des sous-bassins; RUNOFF), les pertes initiales et les paramètres d'infiltration (fonction d'infiltration; RUNOFF), le « Curve Number » (CN) et le temps de concentration (caractéristique des sous-bassins, SCS), le coefficient de

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 11
			Rév. : 1

Manning du réseau de drainage « réseau » et « cours d'eau » (TRANSPORT, EXTRAN et HEC-RAS) et les pertes de charge singulières (EXTRAN).

Le calage consiste, dans un premier temps, à reproduire le volume écoulé respectant la précision souhaitée (Section 2.4.3) en ajustant l'imperméabilité efficace et le « Curve Number » (CN) des sous-bassins, ainsi que les pertes initiales et les paramètres de la fonction d'infiltration. Dans un second temps, en modifiant la valeur de la largeur de drainage et du coefficient de Manning, il est possible d'ajuster la valeur du débit maximum et le temps de pointe (synchronisme avec les débits maximums calculés).

Le processus de calage de la modélisation est de type « essai-erreur ». Il porte sur un certain nombre d'événements pluie-débit sélectionnés (Section 2.4.4).

2.4.3 Précision attendue à la suite du calage des modèles

Le calage des modèles hydrologique et hydraulique à l'aide des événements pluviométriques sélectionnés devrait permettre d'atteindre la précision suivante :

- ± 20 % sur les volumes ruisselés;
- ± 15 % sur les débits maximums;
- \pm dix minutes sur le synchronisme des débits maximums;
- ± 10 cm sur les niveaux d'eau mesurés en rivière.

Selon l'ouvrage intitulé *Rules for Responsible Modeling, 4th Edition*, rédigé par William James en 2005, un calage adéquat doit être effectué sur trois événements pluviométriques distincts pour lesquels la prévision généralement attendue est la suivante : +20 % à -10 % sur les volumes ruisselés, +25 % à -15 % sur les débits maximums, et, de manière générale, une forme similaire de l'hydrogramme; +50 cm à -10 cm sur les niveaux d'eau mesurés.

L'ajustement des paramètres des modèles hydrologique et hydraulique a donc pour objectif d'atteindre, pour chaque événement modélisé, les précisions mentionnées ci-dessus.

Il faut cependant veiller à ce que les nouvelles valeurs attribuées aux paramètres à la suite du calage soient comprises à l'intérieur d'une gamme référencée et réaliste, sans quoi la validité de la modélisation ou la qualité des débits calculés doit être questionnée.

Finalement, il faut relever que les critères de performance sont parfois très sévères lorsque de faibles débits ont été mesurés (débit inférieur à quelques centaines de litres par seconde). En effet, lorsque de tels cas surviennent, la modélisation des processus hydrologique et hydraulique, combinée à l'hétérogénéité des précipitations, peut entraîner des écarts plus importants par rapport aux mesures et, donc, s'écarter des objectifs fixés.

2.4.4 Sélection d'événements pluie-débit pour le processus de calage des modèles hydrologique et hydraulique

Les événements pluie-débit pour fins de calage ont été sélectionnés selon les critères suivants :

- bonne réponse limnimétrique/débitmétrique du site de mesures;
- homogénéité des précipitations entre les différents pluviomètres associés à un site de mesures;

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 12
			Rév. : 1

- lame précipitée totale « importante » pour obtenir une réponse des sous-bassins naturels, intensités assez différentes entre événements.

Le Tableau 2-6 donne les événements retenus pour le calage et résume globalement les neuf pluviomètres, ainsi que leurs principales caractéristiques.

Les caractéristiques des événements associés à chacun des pluviomètres sont présentées à la Section 2.4.7.

Tableau 2-6 : Événements retenus pour le calage

Événements	Hauteur précipitée (mm)	Intensité maximum sur 5 minutes (mm/h)	Durée moyenne (h)
26 juin 2006, 22:45	26,2 à 34,8	13,2 à 26,4	13,5
29 juin 2006, 14:50	0 à 14,9	0 à 120,0	0,37
30 juin 2006, 13:00	4,7 à 18,5	10,5 à 84,0	2,2
2 juillet 2006, 02:00	7,5 à 10,8	6,0 à 10,8	8,7
4 juillet 2006, 19:30	2,8 à 16,8	8,4 à 50,4	2,3
16 juillet 2006, 23:40	0 à 15,6	0 à 110,4	15,4
17 juillet 2006, 19:40	24,8 à 41,9	52,8 à 132,0	13,4
12 octobre 2006, 02:05	34,6 à 41,6	15,6 à 44,4	25,0
28 octobre 2006, 08:35	58,7 à 77,0	9,6 à 19,2	48,4

Les hyétogrammes de chacune des pluies de calage sont présentés aux figures des résultats de calage (Section 2.4.7).

2.4.5 Conditions antécédentes d'humidité et pertes initiales

Les pertes initiales (soit, les pertes par dépression qui doivent être remplies avant l'occurrence d'un ruissellement sur les surfaces perméables et imperméables), les paramètres de la fonction d'infiltration, ainsi que le paramètre de ruissellement « Curve Number » (CN), sont ajustés en fonction des précipitations précédant l'événement pluie-débit simulé.

En ce qui a trait aux pertes initiales, leur valeur par défaut est fixée à 1,6 mm pour les surfaces imperméables et à 4,7 mm pour les surfaces perméables. Si des précipitations dont les hauteurs d'eau sont supérieures à ces valeurs surviennent dans les 24 heures précédant l'événement simulé, elles sont considérées comme étant nulles.

Les paramètres de la fonction d'infiltration et le « Curve Number » (CN) dépendent du type de sol et des conditions antécédentes d'humidité du sol, elles-mêmes définies par les précipitations des cinq jours précédant l'événement pluie-débit simulé. Comme mentionné à la Section 2.2.2, le paramètre de ruissellement « Curve Number » (CN) est utilisé dans la méthode du « Soil Conservation Service » (« SCS Hydrology »), qui sert dans la présente étude à la modélisation des sous-bassins naturels. Ce paramètre se définit par le type de sol, ainsi que par le type et les conditions hydrologiques de la couverture du sous-bassin à caractériser. Le paramètre de ruissellement original CNII correspond à un sol relativement humide (AMCII). Des équations permettent de modifier ce paramètre pour le ramener à des conditions d'humidité reliées à l'événement de pluie simulé.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 13
			Rév. : 1

2.4.6 Calage des coefficients de Manning en rivière

Les coefficients de Manning en rivière qui ont été attribués à chacune des sections ont été basés sur les différentes sources d'information qui étaient disponibles, soit :

- jaugeage permettant de caler une section particulière;
- observations de hauteur d'eau à différents endroits pour un débit connu (principalement pour la rivière Lorette à partir de valeurs obtenues du Centre d'expertise hydrique du Québec);
- informations de terrain recueillies lors de l'inventaire de l'été 2006 qui permettent, à l'aide de tables théoriques, d'attribuer une valeur de Manning aux sections restantes.

À la suite de cette première étape, les coefficients de Manning non fixés ont pu être ajustés afin de reproduire le plus adéquatement possible les simulations de pluies de calage. En effet, l'augmentation des coefficients de Manning a pour effet de laminer davantage les crues et de retarder le temps d'atteinte de la pointe des hydrogrammes. La diminution des coefficients provoque l'effet contraire.

2.4.7 Résultats de calage

Cette section présente les résultats de calage des différents sites de mesures.

2.4.7.1 Collecteur Henri-IV

Le point de mesure du collecteur Henri-IV est placé à l'intérieur d'un regard (LO0148603) localisé 347 mètres en amont de son exutoire à la rivière Lorette. Le bassin versant tributaire de ce point de mesures présente une superficie totale de 566,6 hectares. De cette superficie, 9,7 ha sont associés à des réseaux pseudo-séparatifs et 132,5 hectares sont tributaires du bassin de rétention Talus, lequel déborde vers le collecteur pluvial lorsque la capacité du bassin de rétention est atteinte. Aucun débordement n'a été enregistré pendant la période de mesures de débit du site du collecteur Henri-IV. Les apports ont donc tous été contrôlés et dirigés vers la station de traitement des eaux usées et n'influencent pas le calage à ce site de mesures.

La superficie contributive du secteur tributaire au point de mesures s'étend sur 424,4 hectares (sans le bassin versant de Talus). Donc, 312,9 hectares constituent des surfaces urbaines drainées par collecteur et elles ont été modélisées par la méthode de calcul du réservoir non linéaire de SWMM. Une superficie de 111,5 hectares a été modélisée par la méthode du « Soil Conservation Service ».

Quatre événements pluie-débit ont été utilisés pour le calage, c'est-à-dire ceux du 26 juin 2006, du 29 juin 2006, du 2 juillet 2006 et du 16 juillet 2006. L'ensemble des sous-bassins est associé à quatre pluviomètres, soit S014B, S015, S905 et S906. Le Tableau 2-7 donne les caractéristiques pluviométriques pour les quatre pluviomètres utilisés pour le calage du bassin versant tributaire du site de mesures du collecteur Henri-IV.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 14
			Rév. : 1

Tableau 2-7 : Caractéristiques pluviométriques, collecteur Henri-IV

Évènements	Pluviomètres			
	S014B	S015	S905	S906
26 juin 2006 22 :45	26,0 mm	28,1 mm	27,2 mm	27,7 mm
	21,6 mm/h	16,8 mm/h	26,4 mm/h	20,4 mm/h
	15,2 h	13,7 h	13,6 h	13,4 h
	1 mois (5 minutes)/ 1 mois (1 heure)	2 semaines (5 minutes)/ 1 mois (1 heure)	1 mois (5 minutes)/ 1 mois (1 heure)	2 semaines (5 minutes)/ 1 mois (1 heure)
29 juin 2006 14 :50	13,8 mm	2,8 mm	14,9 mm	11,84 mm
	75,4 mm/h	21,0 mm/h	120,0 mm/h	54 mm/h
	1,7 h	2,1 h	0,63 h	1,7 h
	1 an (5 minutes)/ 2 mois (1 heure)	1 mois (5 minutes)/ <2 semaines (1 heure)	2 ans (5 minutes)/ 1 an (1 heure)	2 mois à 1 an (5 minutes)/ 2 mois (1 heure)
2 juillet 2006 02 :00	12,5 mm	12,5 mm	12,9 mm	13,31 mm
	10,0 mm/h	10,8 mm/h	9,0 mm/h	8,4 mm/h
	8,4 h	8,5 h	8,5 h	8,2 h
	<2 semaines (5 minutes)/ 1 mois (1 heure)	<2 semaines (5 minutes)/ 1 mois (1 heure)	<2 semaines (5 minutes)/ 2 semaines (1 heure)	<2 sem. (5 min)/ 1 mois (1 h)
16 juillet 2006 23 :40	15,6 mm	11,6 mm	9,9 mm	10,33 mm
	110,4 mm/h	86 mm/h	88,0 mm/h	76,3 mm/h
	0,42 h	0,83 h	0,42 h	0,83 h
	1 an (5 minutes)/ 1 an (1 heure)	1 an (5 minutes)/ 2 mois (1 heure)	1 an (5 minutes)/ 2 mois (1 heure)	1 an (5 minutes)/ 2 mois (1 heure)

1^{re} ligne : Lame d'eau précipitée (mm).

2^e ligne : Intensité maximum (mm/h).

3^e ligne : Durée (h).

4^e ligne : Récurrence sur cinq minutes et une heure (cf. IDF « Climat futur » et rapport intitulé Société québécoise d'assainissement des eaux, *Élaboration d'une méthodologie de définition des intensités de précipitation pour le contrôle des déversements*, Roche, 1989).

Le Tableau 2-8 donne les caractéristiques d'origine et après calage pour le bassin versant tributaire de ce secteur. En résumé, la largeur de drainage a été réduite de moitié par rapport au calcul d'origine et l'imperméabilité efficace a été réduite d'un facteur de 0,7. Le Tableau 2-9 compare les débits, les volumes et les hauteurs d'eau simulés aux mesures de terrain pour les quatre évènements de calage. Les Figures 2-2 à 2-5 comparent l'hydrogramme mesuré à l'hydrogramme simulé après ajustement des paramètres de calage. Les hyétogrammes des trois principaux pluviomètres sont également présentés.

Les pourcentages d'erreur respectent les critères énoncés ci-haut à l'exception du pourcentage d'erreur sur le débit maximum pour la pluie du 29 juin 2006, lequel atteint 17,8 %. L'hétérogénéité de cette pluie peut expliquer cette erreur plus importante. En effet, l'intensité maximum au pluviomètre S906 atteint 54 mm/h alors qu'elle atteint 120 mm/h au pluviomètre S905. La pluie réellement tombée sur chacun des sous-bassins peut facilement différer de celle enregistrée au pluviomètre associé en raison de l'hétérogénéité de la pluie.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 15
			Rév. : 1

**Tableau 2-8 :
Caractéristiques du bassin versant tributaire du point de mesures, collecteur Henri-IV**

	Méthode de calcul	Superficie contributive (ha)	Imperméabilité efficace (%) (1)	Largeur de drainage (m) (2)	Pente (m/m)	Curve Number (CN) (AMCII)	Pertes initiales la (mm)	Temps de concentration Tc (min) (3)
Paramètre d'origine	Runoff	312,9	63,3	22 324	0,019			
	SCS	111,5				82,2	5,7	54,9
Paramètre après calage	Runoff	312,9	44,3	11 162	0,019			
	SCS	111,5				82,2	5,7	54,9

- 1 Formule de Denver appliquée à l'imperméabilité totale.
- 2 Somme de toutes les largeurs de drainage des sous-bassins.
- 3 Moyenne des temps de concentration de l'ensemble des sous-bassins.

Tableau 2-9 : Résultats de calage, collecteur Henri-IV

Pluie	Mesures de terrain			Simulation			Erreur sur le temps de pointe (min)	Pourcentage d'erreur	
	Q max (m³/s)	Volume (m³)	Temps de pointe (h)	Q max (m³/s)	Volume (m³)	Temps de pointe (h)		Q max	Volume
26 juin 2006	2,84	38 950	2006-06-27, 07:55	2,80	36 343	2006-06-27, 07:47	8	-1,3 %	-6,7 %
29 juin 2006	6,07	17 221	2006-06-29, 16:00	7,15	16 253	2006-06-29, 15:54	6	17,8 %	-5,6 %
2 juillet 2006	2,48	18 408	2006-07-02, 07:25	2,31	16 911	2006-07-02, 07:22	3	-6,6 %	-8,1 %
16 juillet 2006	6,81	17 149	2006-07-17, 01:40	7,07	15 783	2006-07-17, 01:42	-2	3,9 %	-8,0 %
Cible	-	-	-	-	-	-	± 10	±15 %	±20 %

Figure 2-2 : Collecteur Henri-IV, pluie du 26 juin 2006

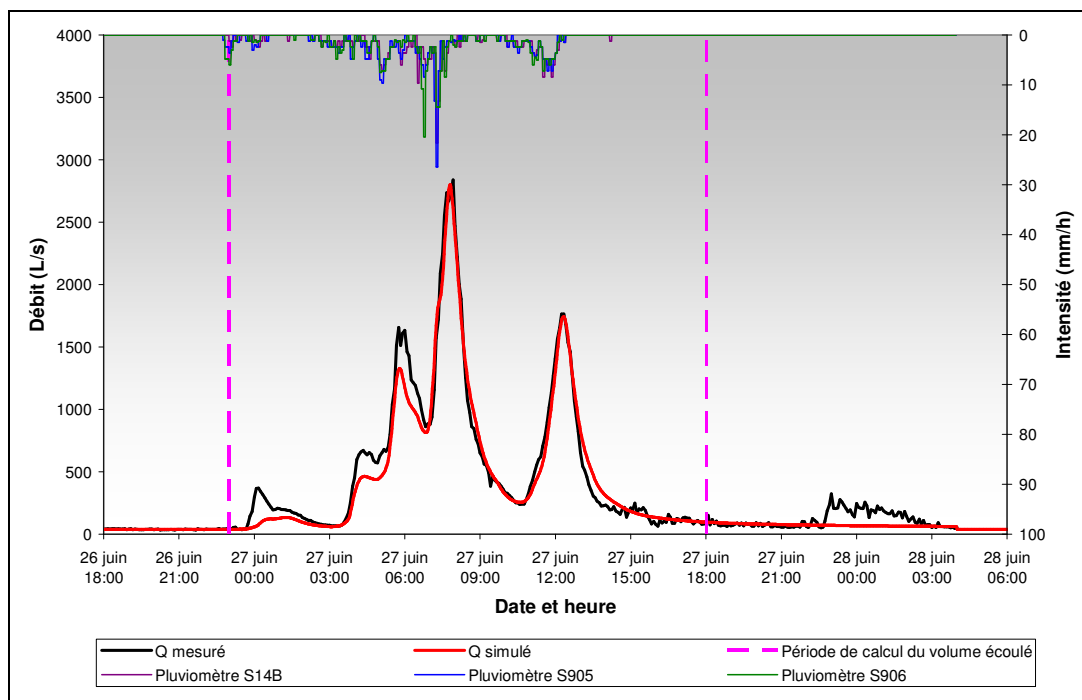
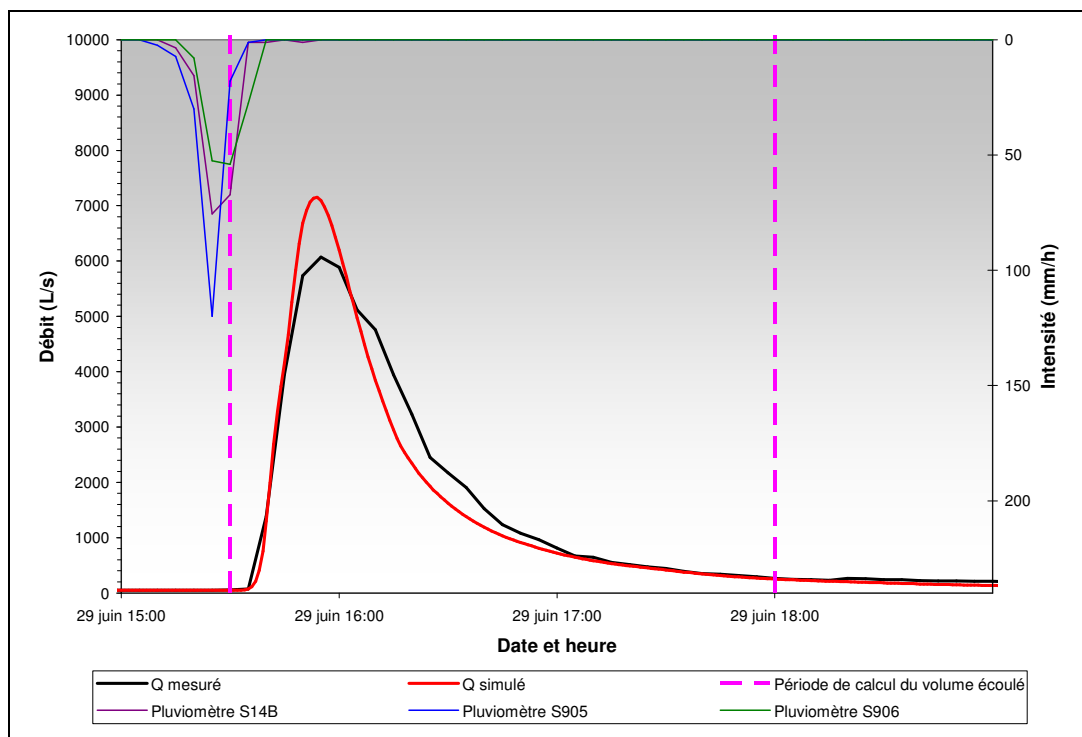


Figure 2-3 : Collecteur Henri-IV, pluie du 29 juin 2006



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 17
			Rév. : 1

Figure 2-4 : Collecteur Henri-IV, pluie du 2 juillet 2006

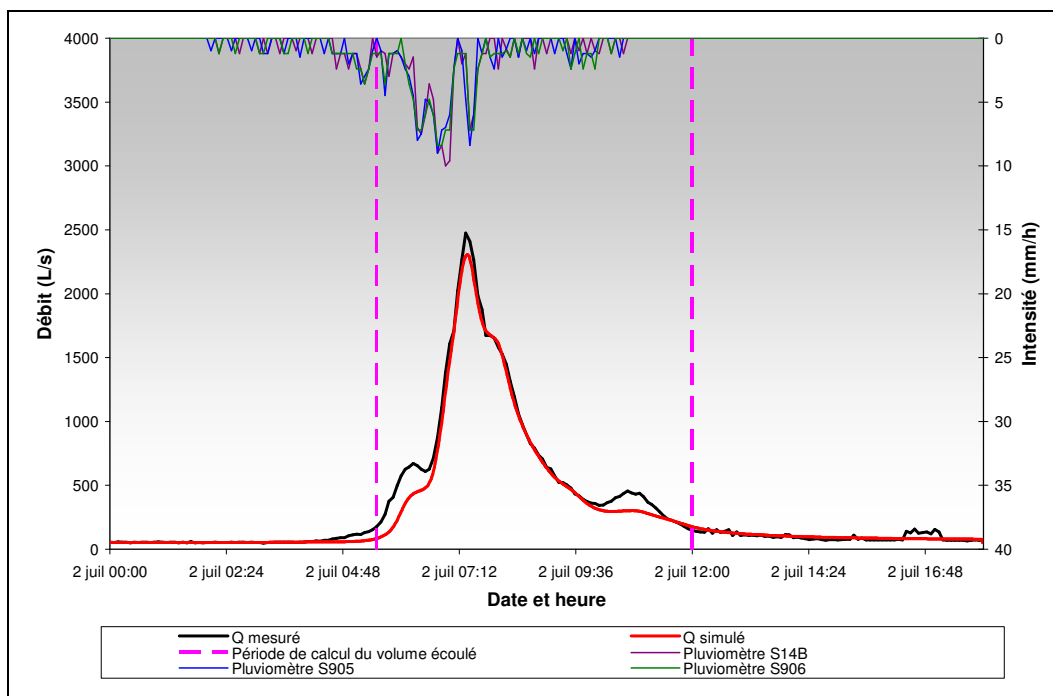
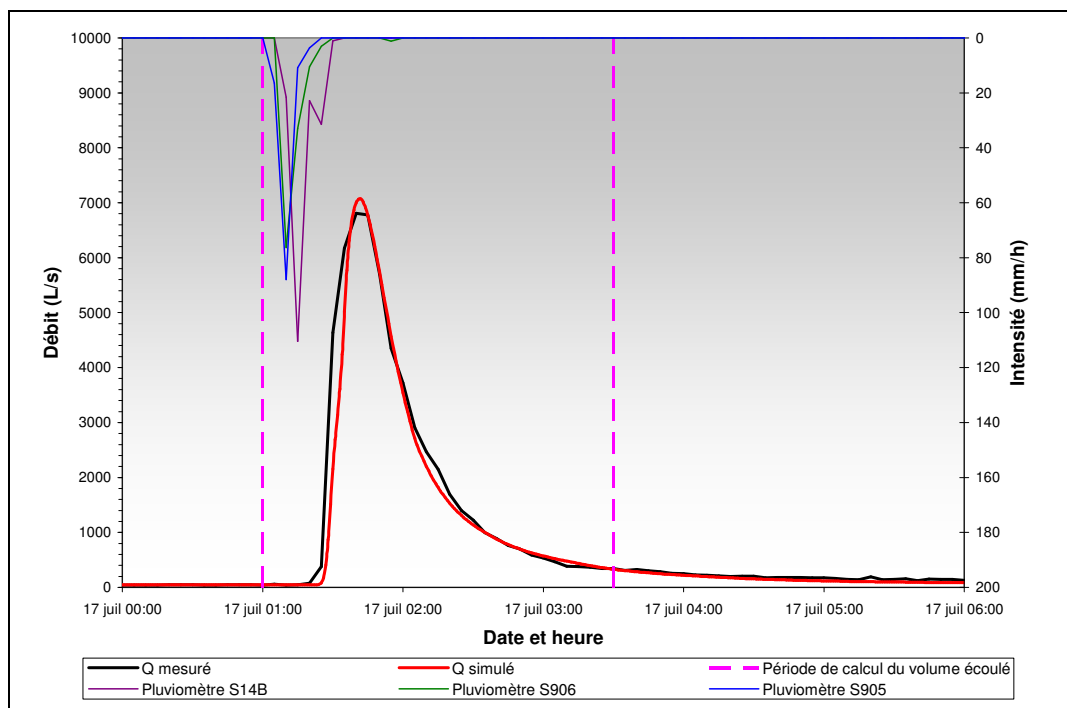


Figure 2-5 : Collecteur Henri-IV, pluie du 16 juillet 2006



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 18
			Rév. : 1

2.4.7.2 Ruisseau Des Friches

Le point de mesure du ruisseau Des Friches est situé dans la partie aval de ce dernier, 50 mètres en aval du pont de la route Étienne-Lessard. Le bassin versant tributaire de ce point de mesures s'étend sur 1 172,6 hectares. 115,3 hectares ont été modélisés par la méthode de calcul du réservoir non linéaire de SWMM et 1 057,3 hectares par la méthode du « Soil Conservation Service ».

Des hauteurs d'eau ont été mesurées en continu dans le ruisseau Des Friches, du 27 juin au 21 août 2006. Pendant toute la durée de la campagne de mesures, peu d'événements ont fait élever significativement le niveau d'eau dans le ruisseau. Le maximum de hauteur d'eau mesurée dans le ruisseau est de 30 cm par rapport au niveau de l'eau en débit de base, ce qui correspond à un débit de 2,5 m³/s.

Le calage des apports hydrologiques de ce bassin versant s'avère impossible avec les mesures disponibles. Ces derniers seront donc calés via le point de mesures de la rivière Lorette, secteur centre. Les coefficients de Manning de l'ensemble des cours d'eau modélisés dans ce bassin versant ont tout de même été ajustés afin de synchroniser le début de la crue simulée avec celle mesurée.

2.4.7.3 Ruisseau du Mont-Châtel

Le bassin versant tributaire au point de mesures du ruisseau du Mont-Châtel présente une superficie totale de 863,0 hectares. La superficie contributive s'élève à 861,6 hectares, dont 334,1 hectares ont été modélisés par la méthode de calcul du réservoir non linéaire de SWMM, et 527,5 hectares par la méthode du « Soil Conservation Service ».

Trois événements de pluie-débit ont été utilisés pour le calage, soit celui du 26 juin 2006, du 30 juin 2006 et du 17 juillet 2006. L'ensemble des sous-bassins est associé à trois pluviomètres, c'est-à-dire U019, U901 et S911. Le Tableau 2-10 donne les caractéristiques pluviométriques pour les trois pluviomètres utilisés pour le calage du bassin versant tributaire du site de mesures du ruisseau du Mont-Châtel. Le Tableau 2-11 donne les caractéristiques d'origine et après calage pour le bassin versant tributaire de ce secteur. En résumé, la largeur de drainage a été réduite de moitié par rapport au calcul d'origine et l'imperméabilité efficace a été réduite d'un facteur de 0,9. Les coefficients de Manning de l'ensemble des cours d'eau modélisés dans le bassin versant ont également été ajustés afin de synchroniser la crue simulée (la montée et la pointe) avec celle mesurée. Le Tableau 2-12 compare les débits, les volumes et les hauteurs d'eau simulés aux mesures de terrain pour les trois événements de calage. Les Figures 2-6 à 2-8 comparent l'hydrogramme mesuré à l'hydrogramme simulé après ajustement des paramètres de calage. Les hyétogrammes des trois pluviomètres sont également présentés.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 19
			Rév. : 1

Tableau 2-10 : Caractéristiques pluviométriques, ruisseau du Mont-Châtel

Évènements	Pluviomètres		
	U019	U901	S911
26 juin 2006 22 :45	25,1 mm	25,3 mm	23,8 mm
	15,6 mm/h	15,6 mm/h	15,6 mm/h
	13,3 h	13,2 h	12,8 h
	<2 semaines (5 minutes)/ 1 mois (1 heure)	<2 semaines (5 minutes)/ 1 mois (1 heure)	<2 semaines (5 minutes)/ 1 mois (1 heure)
30 juin 2006 13 :00	4,8 mm	15,8 mm	18,5 mm
	10,5 mm/h	44,4 mm/h	84,0 mm/h
	2,5 h	2,0 h	1,8 h
	<2 semaines (5 minutes)/ <2 semaines (1 heure)	<2 semaines (5 minutes)/ 1 mois (1 heure)	1 an (5 minutes)/ 1 an (1 heure)
17 juillet 2006 19 :40	34,9 mm	29,8 mm	41,9 mm
	91,2 mm/h	52,8 mm/h	97,2 mm/h
	12,4 h	16,8 h	11,5 h
	1 an (5 minutes)/ 2 ans (1 heure)	2 mois (5 minutes)/ 1 an (1 heure)	1 an (5 minutes)/ 2 à 5 ans (1 heure)

1^{re} ligne : Lame d'eau précipitée (mm).

2^e ligne : Intensité maximum (mm/h).

3^e ligne : Durée (h).

4^e ligne : Récurrence sur cinq minutes et une heure (cf. IDF « Climat futur » et rapport intitulé Société québécoise d'assainissement des eaux, *Élaboration d'une méthodologie de définition des intensités de précipitation pour le contrôle des déversements*, Roche, 1989).

Les pourcentages d'erreur sur les débits, les volumes et les niveaux d'eau respectent les critères énoncés ci-haut à l'exception du pourcentage d'erreur sur le débit maximum pour la pluie du 26 juin, lequel atteint 17,2 %. Pour obtenir un pourcentage d'erreur plus faible, il aurait fallu diminuer davantage la largeur de drainage, ce qui aurait eu pour effet de sous-estimer davantage le débit de pointe de la pluie du 17 juillet. Or, nous souhaitons que les résultats soient plus concluants pour une pluie annuelle, voire quinquennale, que pour une pluie mensuelle, comme la pluie du 26 juin.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 20
			Rév. : 1

Tableau 2-11 : Caractéristiques du bassin versant tributaire, ruisseau du Mont-Châtel

	Méthode de calcul	Superficie contributive (ha)	Imperméabilité efficace (%) (1)	Largeur de drainage (m) (2)	Pente (m/m)	Curve Number (CN) (AMCII)	Pertes initiales la (mm)	Temps de concentration Tc (min) (3)
Paramètre d'origine	Runoff	334,1	32,9	47 385	0,024			
	SCS	527,5				71,2	8,2	54,0
Paramètre après calage	Runoff	334,1	29,7	23 693	0,024			
	SCS	527,5				71,2	8,2	54,0

- 1 Formule de Denver appliquée à l'imperméabilité totale.
- 2 Somme de toutes les largeurs de drainage des sous-bassins.
- 3 Moyenne des temps de concentration de l'ensemble des sous-bassins.

Tableau 2-12 : Synthèse des résultats de calage, ruisseau du Mont-Châtel

Pluie	Mesures de terrain				Simulation				Erreur sur le temps de pointe (min)	Erreur sur l'élévation maximum (m)	Pourcentage d'erreur	
	Q max (m³/s)	Volume (m³)	Élévation maximum (m)	Temps de pointe (h)	Q max (m³/s)	Volume (m³)	Élévation maximum (m)	Temps de pointe (h)			Q max	Volume
26 juin 2006	1,50	30 199	63,405	2006-06-27, 13:35	1,75	34 501	63,450	2006-06-27, 13:35	0	-0,04	17,2 %	14,2 %
30 juin 2006	3,23	28 935	63,730	2006-06-30, 15:15	3,59	31 424	63,795	2006-06-30, 15:15	0	-0,06	11,2 %	8,6 %
17 juil. 2006	3,89	35 935	63,865	2006-07-18, 01:15	3,75	31 337	63,821	2006-07-18, 01:10	5	0,04	-3,6 %	-12,8 %
Cible	-	-	-	-	-	-	-	-	± 10	± 0,10	±15 %	±20 %

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 21
			Rév. : 1

Figure 2-6 : Ruisseau du Mont-Châtel, pluie du 26 juin 2006

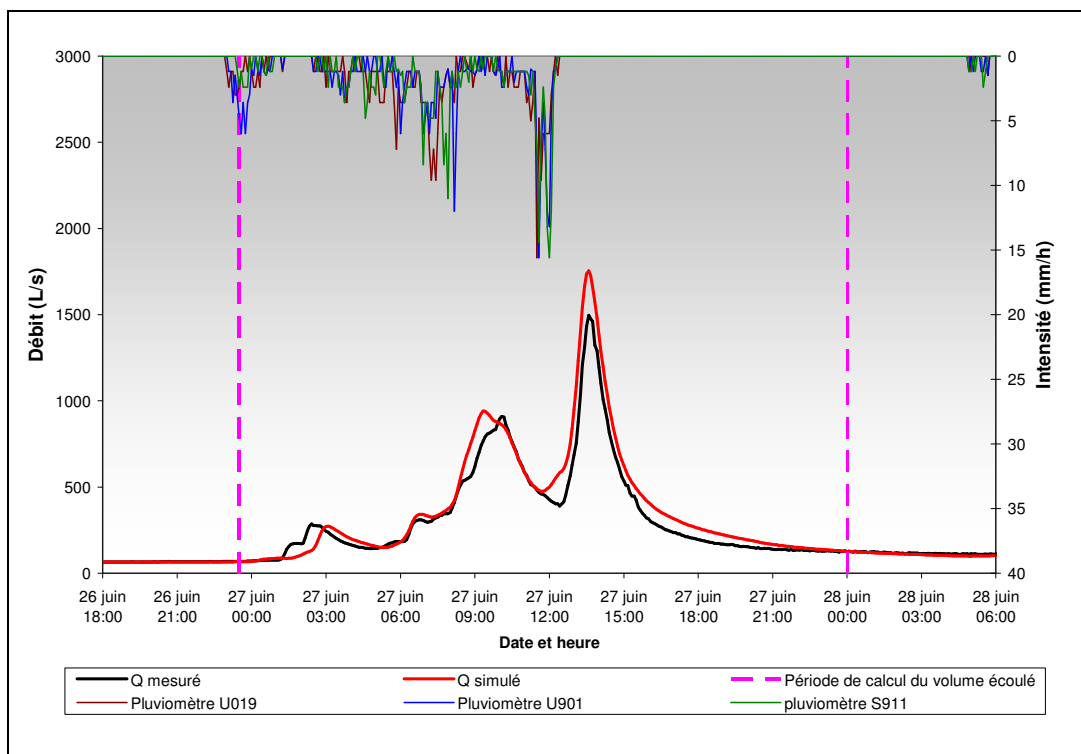
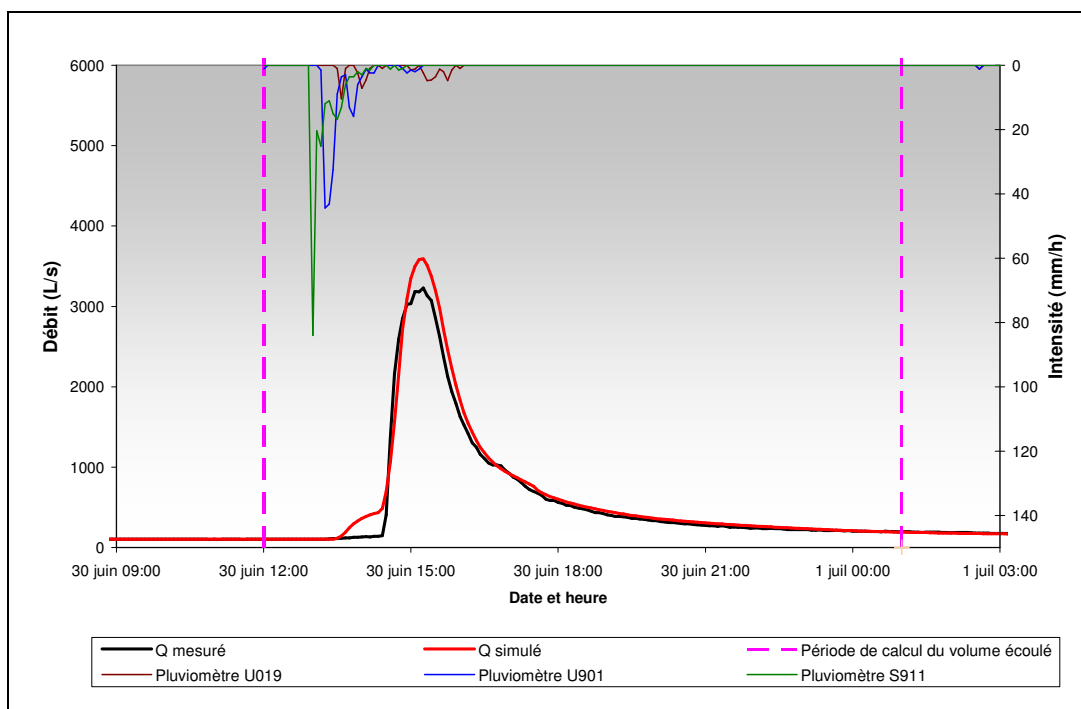
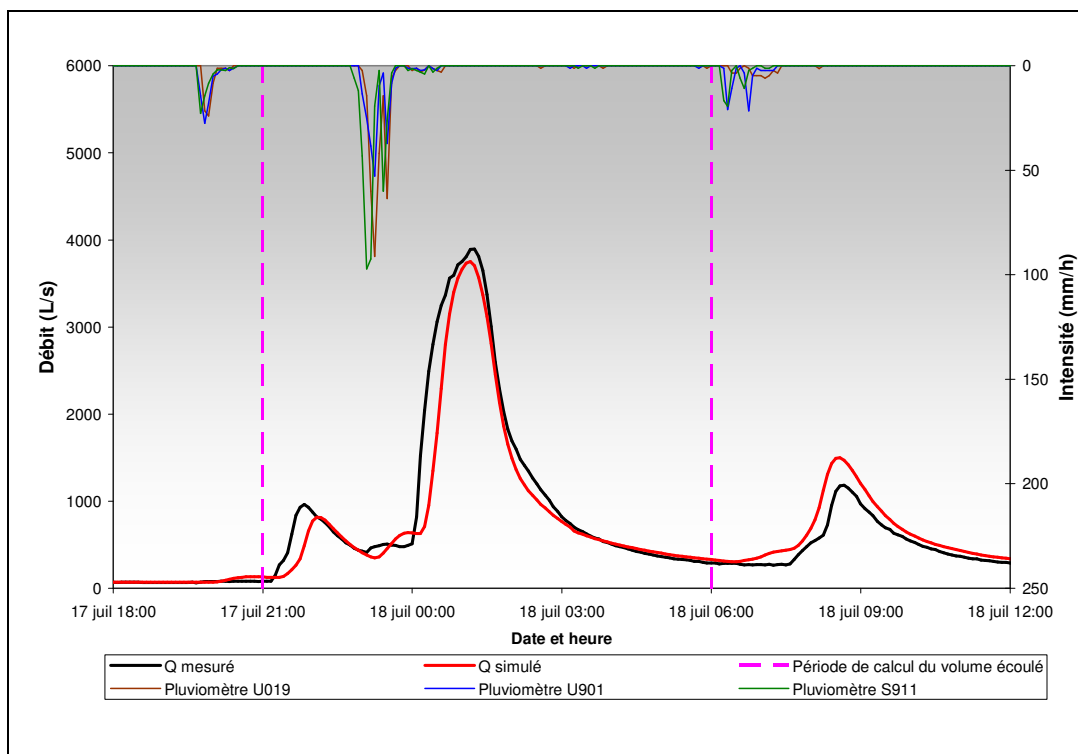


Figure 2-7 : Ruisseau du Mont-Châtel, pluie du 30 juin 2006



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 22
			Rév. : 1

Figure 2-8 : Ruisseau du Mont-Châtel, pluie du 17 juillet 2006



2.4.7.4 Ruisseau Notre-Dame

Le bassin versant tributaire au point de mesures du ruisseau Notre-Dame présente une superficie totale de 348,3 hectares. La superficie contributive s'élève à 348,1 hectares dont 52,4 hectares ont été modélisés par la méthode de calcul du réservoir non linéaire de SWMM, et à 295,7 hectares par la méthode du « Soil Conservation Service ».

Trois événements de pluie-débit ont été utilisés pour le calage, soit celui du 26 juin 2006, celui du 4 juillet 2006 et celui du 17 juillet 2006. L'ensemble des sous-bassins est associé à un pluviomètre, c'est-à-dire S902, situé à l'Aéroport international Jean-Lesage. Le Tableau 2-13 donne les caractéristiques pluviométriques du pluviomètre S902 utilisé pour le calage du bassin versant tributaire du site de mesures du ruisseau Notre-Dame. Le Tableau 2-14 donne les caractéristiques d'origine et après calage pour le bassin versant tributaire de ce secteur. En résumé, la largeur de drainage a été réduite de moitié par rapport au calcul d'origine et l'imperméabilité efficace a été réduite d'un facteur de 0,7. Le paramètre de ruissellement du « Curve Number » et les pertes initiales associées ont été réduites d'un facteur de 0,8. Le Tableau 2-15 compare les débits, les volumes et les hauteurs d'eau simulés aux mesures de terrain pour les trois événements de calage. Les Figures 2-9 à 2-11 comparent l'hydrogramme mesuré à l'hydrogramme simulé après ajustement des paramètres de calage. Le hyétogramme du pluviomètre S902 est également présenté.

Les pourcentages d'erreur sur les volumes et l'erreur sur le niveau sont respectés pour les trois pluies de calage. Pour les débits, une seule pluie de calage, celle du 4 juillet 2006, ne respecte pas le critère sur le pourcentage d'erreur. Bien qu'un seul pluviomètre soit associé aux bassins versants de ce site de mesures,

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 23
			Rév. : 1

la pluie du 4 juillet 2006 était une pluie hétérogène. Dans ce contexte, le résultat de calage est jugé satisfaisant.

Tableau 2-13 : Caractéristiques pluviométriques, ruisseau Notre-Dame

Évènements	Pluviomètre S902
26 juin 2006, 22:45	25,9 mm
	13,2 mm/h
	13,3 h
	<2 semaines (5 minutes)/1 mois (1 heure)
4 juillet 2006, 19:30	16,8 mm
	50,4 mm/h
	3,2 h
	2 mois (5 minutes)/1 an (1 heure)
17 juillet 2006, 19:40	33,9 mm
	112,8 mm/h
	11,6 h
	1 à 2 ans (5 minutes)/2 ans (1 heure)

1^{re} ligne : Lame d'eau précipitée (mm).

2^e ligne : Intensité maximum (mm/h).

3^e ligne : Durée (h).

4^e ligne : Récurrence sur cinq minutes et une heure (cf. IDF « Climat futur » et rapport intitulé Société québécoise d'assainissement des eaux, *Élaboration d'une méthodologie de définition des intensités de précipitation pour le contrôle des déversements*, Roche, 1989).

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 24
		Rév. : 1	

Tableau 2-14 : Caractéristiques du bassin versant tributaire, ruisseau Notre-Dame

	Méthode de calcul	Superficie contributive (ha)	Imperméabilité efficace (%) (1)	Largeur de drainage (m) (2)	Pente (m/m)	Curve Number (CN) (AMCII)	Pertes initiales I_a (mm)	Temps de concentration T_c (min) (3)
Paramètre d'origine	Runoff	52,4	77,9	3 652	0,004			
	SCS	295,7				85,3	5,0	74,1
Paramètre après calage	Runoff	52,4	54,6	1 826	0,004			
	SCS	295,7				68,2	8,8	74,1

- 1 Formule de Denver appliqué à l'imperméabilité totale.
- 2 Somme de toutes les largeurs de drainage des sous-bassins.
- 3 Moyenne des temps de concentration de l'ensemble des sous-bassins.

Tableau 2-15 : Synthèse des résultats de calage, ruisseau Notre-Dame

Pluie	Mesures de terrain				Simulation				Erreur sur le temps de pointe (min)	Erreur sur l'élévation maximum (m)	Pourcentage d'erreur	
	Q max (m³/s)	Volume (m³)	Élévation maximum (m)	Temps de pointe (h)	Q max (m³/s)	Volume (m³)	Élévation maximum (m)	Temps de pointe (h)			Q max	Volume
26 juin 2006	0,44	9 078	55,117	2006-06-27, 12:35	0,49	10 458	55,085	2006-06-27, 12:27	8	0,03	11,1 %	15,2 %
4 juillet 2006	1,10	10 882	55,262	2006-07-04, 21:15	1,33	10 530	55,233	2006-07-04, 21:23	-8	0,03	21,0 %	-3,2 %
17 juillet 2006	1,91	14 776	55,388	2006-07-17, 23:50	1,84	14 553	55,302	2006-07-17, 23:48	2	0,09	-3,8 %	-1,5 %
Cible	-	-	-	-	-	-	-	-	± 10	± 0,10	±15 %	±20 %

Figure 2-9 : Ruisseau Notre-Dame, pluie du 26 juin 2006

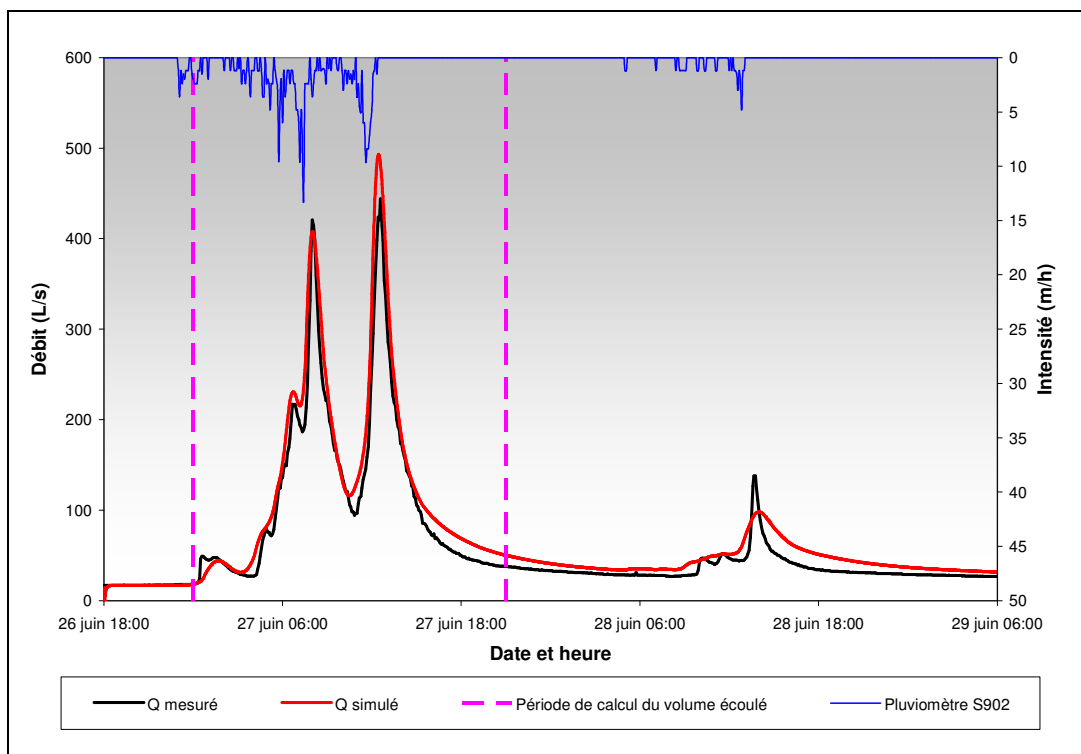


Figure 2-10 : Ruisseau Notre-Dame, pluie du 4 juillet 2006

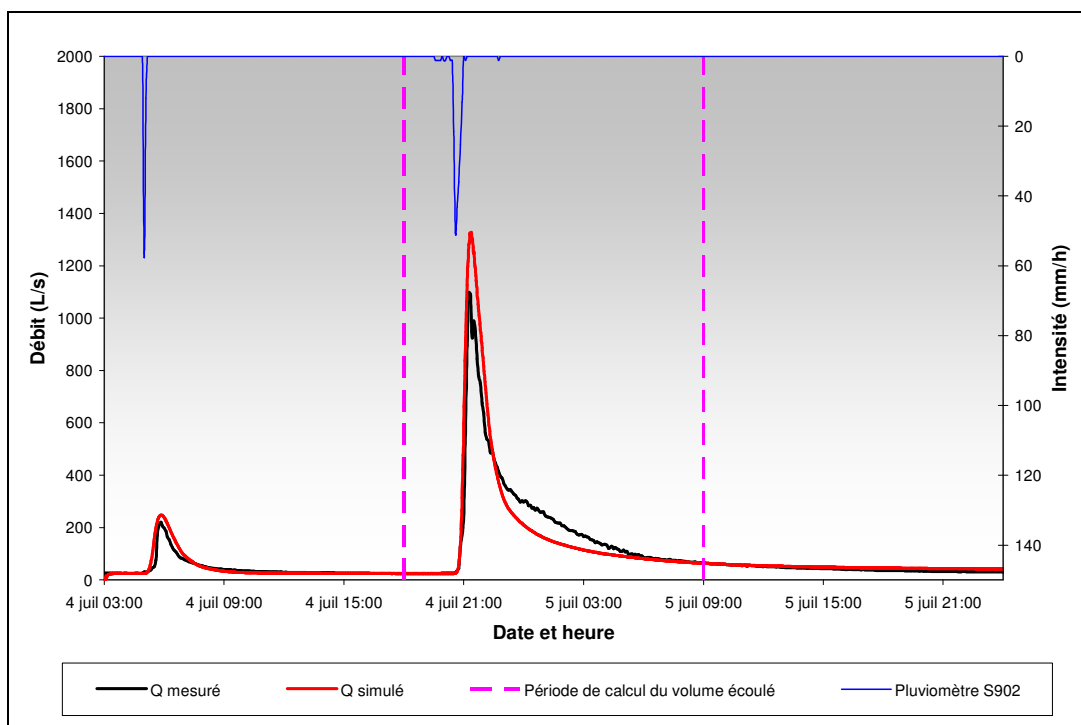
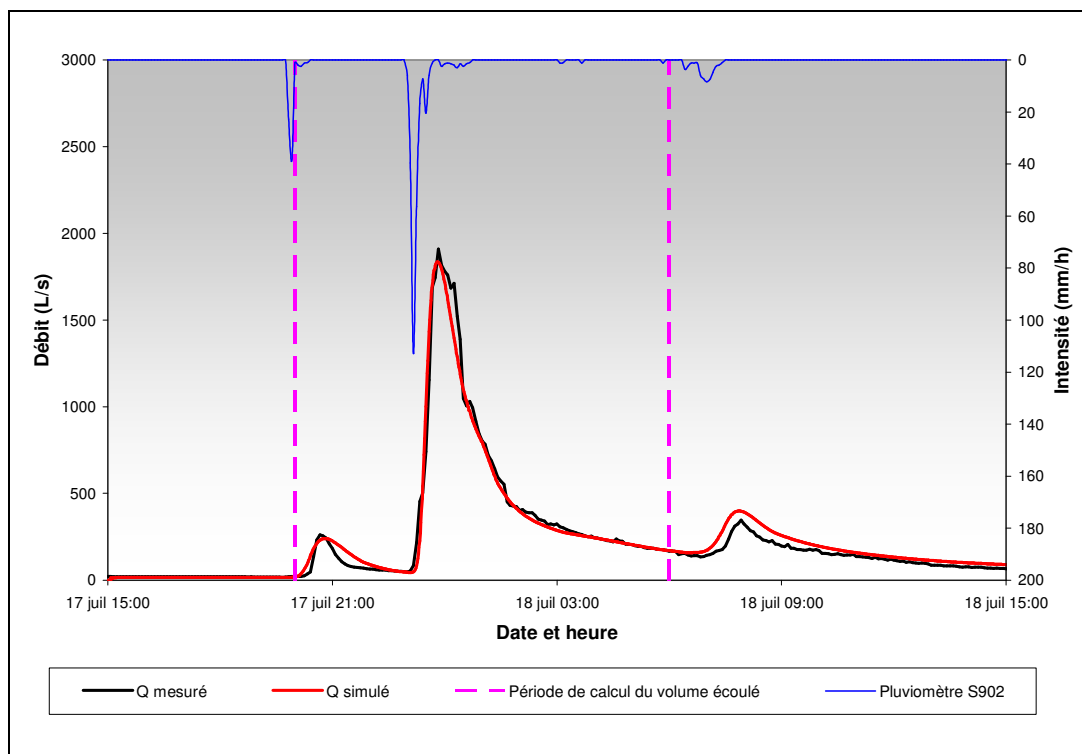


Figure 2-11 : Ruisseau Notre-Dame, pluie du 17 juillet 2006



2.4.7.5 Rivière Lorette, secteur amont

Le point de mesure de la rivière Lorette, secteur amont, est situé sous le pont au croisement de la rivière avec la route de l'Aéroport. Le bassin versant tributaire de ce point de mesures s'étend sur 2 284,6 hectares. La totalité de la superficie a été modélisée par la méthode du « Soil Conservation Service ».

Des hauteurs d'eau ont été mesurées en continu dans la rivière Lorette du 20 juin au 11 septembre 2006. Pendant toute la durée de la campagne de mesures, peu d'événements ont fait élever significativement le niveau d'eau dans la rivière. Le maximum de hauteur d'eau mesurée dans la rivière s'élève à 40 cm par rapport au niveau de l'eau en débit de base, ce qui correspond à un débit de 1,7 m³/s. Cet événement a été mesuré le 17 juillet 2006 et donne un débit de 0,74 L/s-ha. Le calage de ce site avec les événements mesurés se serait avéré une tâche complexe et insatisfaisante puisque les erreurs sur la mesure sont plus importantes à faible niveau.

Après discussion avec la Ville, il a été convenu que les apports de ce secteur serait calés via le site de mesures de la rivière Lorette, secteur centre (voir section suivante).

2.4.7.6 Rivière Lorette, secteur centre

Le point de mesures de la rivière Lorette, secteur centre, est un site permanent situé sous le pont de la rue St-Jean-Baptiste, en aval de la confluence avec le ruisseau Notre-Dame. Ce site est en fonction depuis le 22 juin 2006 et mesure des niveaux d'eau toutes les quinze minutes.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 27
			Rév. : 1

Le bassin versant tributaire de ce point de mesures s'étend sur 5 371,4 hectares et inclut les bassins versants du ruisseau du Mont-Châtel, du ruisseau Des Friches, du ruisseau Notre-Dame et des secteurs amont et centre de la rivière Lorette. Une partie du bassin versant, soit 1 211,3 hectares, a été calée par l'entremise des sites de mesures du ruisseau du Mont-Châtel et du ruisseau Notre-Dame. Comme mentionné précédemment, les points de mesures du ruisseau Des Friches et la rivière Lorette, secteur amont, n'ont pas été utilisés pour le calage des paramètres hydrologiques de leur bassin versant tributaire. L'ajustement de leurs paramètres sera fait via le site de mesures de la rivière Lorette, secteur centre. Dans l'objectif de trouver des événements qui sollicitent les bassins versants naturels, la recherche d'événements de calage a été effectuée du 22 juin 2006 au 4 septembre 2007. Les trois événements retenus sont les suivants :

- Pluie du 17 juillet 2006 : pluie de forte intensité, hétérogène sur l'intensité maximum, mais homogène sur la lame d'eau précipitée.
- Pluie du 12 octobre 2006 : pluie homogène de moyenne intensité.
- Pluie du 28 octobre 2006 : pluie homogène de faible intensité dont la lame d'eau précipitée est importante.

Le Tableau 2-16 présente les caractéristiques pluviométriques des cinq pluviomètres pour les trois événements de calage.

Tableau 2-16 :
Caractéristiques pluviométriques, rivière Lorette, secteur centre

Événements	Pluviomètres				
	U019	U901	U902	U909	U911
17 juillet 2006 19 :40	34,9 mm	29,8 mm	33,9 mm	28,7 mm	41,9 mm
	91,2 mm/h	52,8 mm/h	112,8 mm/h	80,4 mm/h	97,2 mm/h
	12,4 h	16,8 h	11,6 h	14,2 h	11,5 h
	1 an (5 min.)/ 2 ans (1 heure)	2 mois (5 min.)/ 1 an (1 heure)	1 à 2 ans (5 min.)/ 2 ans (1 heure)	1 ans (5 min.)/ 1 an (1 heure)	1 an (5 min.)/ 2 à 5 ans (1 heure)
12 octobre 2006 02 :05	38,5 mm	35,9 mm	40,9 mm	24,6 mm	39,9 mm
	22,8 mm/h	20,4 mm/h	25,2 mm/h	19,2 mm/h	15,6 mm/h
	25,1 h	25,3 h	25,2 h	24,6 h	25,0 h
	1 mois (5 min.)/ 1 à 2 mois (1 heure)	1 mois (5 min.)/ 1 mois (1 heure)	1 mois (5 min.)/ 1 à 2 mois (1 heure)	2 semaines (1 mois)/ 2 mois (1 heure)	2 semaines (5 min.)/ 1 à 2 mois (1 heure)
28 octobre 2006 08:35	77,0 mm	58,7 mm	72,9 mm	64,2 mm	74,5 mm
	19,2 mm/h	10,8 mm/h	13,2 mm/h	9,6 mm/h	12,0 mm/h
	48,9 h	47,8 h	47,8 h	48,3 h	49,6 h
	2 ans (24 heures)/ 2 semaines à 1 mois	<2 semaines (5 min.)/ <2 ans (24 heures)	<2 semaines (5 min.)/ <2 ans (24 heures)	<2 semaines (5 min.)/ <2 ans (24 heures)	<2 semaines (5 min.)/ <2 ans (24 heures)

1^{re} ligne : Lame d'eau précipitée (mm).

2^e ligne : Intensité maximum (mm/h).

3^e ligne : Durée (h).

4^e ligne : Récurrence sur cinq minutes et 24 heure (cf. IDF « Climat futur » et rapport intitulé Société québécoise d'assainissement des eaux, *Élaboration d'une méthodologie de définition des intensités de précipitation pour le contrôle des déversements*, Roche, 1989).

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 28
			Rév. : 1

Les Tableaux 2-17 à 2-19 présentent les caractéristiques d'origine et après calage des bassins versants tributaires des points de mesures du ruisseau Des Friches et de la rivière Lorette, secteurs amont et centre. Les caractéristiques des bassins versants des points de mesures du ruisseau du Mont-Châtel et du ruisseau Notre-Dame sont présentées aux Tableaux 2-11 et 2-14 respectivement.

En résumé, pour les bassins versants tributaires du ruisseau Des Friches et de la rivière Lorette, la largeur de drainage a été réduite de moitié par rapport au calcul d'origine alors que l'imperméabilité efficace a été réduite d'un facteur de 0,9. Le paramètre de ruissellement du « Curve Number » et les pertes initiales associées ont été réduits d'un facteur de 0,8 seulement pour le bassin versant de la rivière Lorette, secteur amont.

Le Tableau 2-20 compare les débits, les volumes et les hauteurs d'eau simulé aux mesures de terrain pour les trois événements de calage. Pour chacune des pluies, les maximums en ce qui a trait au débit et à la hauteur d'eau ont été analysés pour deux pointes de débits. Les Figures 2-12 à 2-14 comparent l'hydrogramme mesuré à l'hydrogramme simulé après ajustement des paramètres de calage. Les hydrogrammes des pluviomètres U019, U901, S902, S909 et S911 sont également présentés.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 29
			Rév. : 1

Tableau 2-17 : Caractéristiques du bassin versant tributaire, ruisseau Des Friches

	Méthode de calcul	Superficie contributive (ha)	Imperméabilité efficace (%) (1)	Largeur de drainage (m) (2)	Pente (m/m)	Curve Number (CN) (AMCII)	Pertes initiales la (mm)	Temps de concentration Tc (min) (3)
Paramètre d'origine	Runoff	115,3	25,5	18 530	0,039			
	SCS	1 057,3				71,2	8,1	71,0
Paramètre après calage	Runoff	115,3	22,9	9 265	0,039			
	SCS	1 057,3				71,2	8,1	71,0

- 1 Formule de Denver appliquée à l'imperméabilité totale.
- 2 Somme de toutes les largeurs de drainage des sous-bassins.
- 3 Moyenne des temps de concentration de l'ensemble des sous-bassins.

Tableau 2-18 : Caractéristiques du bassin versant tributaire, rivière Lorette, secteur amont

	Méthode de calcul	Superficie contributive (ha)	Imperméabilité efficace (%) (1)	Largeur de drainage (m) (2)	Pente (m/m)	Curve Number (CN) (AMCII)	Pertes initiales la (mm)	Temps de concentration Tc (min) (3)
Paramètre d'origine	Runoff							
	SCS	2 284,6				81,2	5,9	62,9
Paramètre après calage	Runoff							
	SCS	2 284,6				73,1	7,7	62,9

- 1 Formule de Denver appliquée à l'imperméabilité totale.
- 2 Somme de toutes les largeurs de drainage des sous-bassins.
- 3 Moyenne des temps de concentration de l'ensemble des sous-bassins.

Tableau 2-19 : Caractéristiques du bassin versant tributaire, rivière Lorette, secteur centre

	Méthode de calcul	Superficie contributive (ha)	Imperméabilité efficace (%) (1)	Largeur de drainage (m) (2)	Pente (m/m)	Curve Number (CN) (AMCII)	Pertes initiales la (mm)	Temps de concentration Tc (min) (3)
Paramètre d'origine	Runoff	370,2	31,9	53 596	0,027			
	SCS	324,1				79,5	6,3	56,7
Paramètre après calage	Runoff	370,2	28,7	26 798	0,027			
	SCS	324,1				79,5	6,3	56,7

- 1 Formule de Denver appliquée à l'imperméabilité totale.
- 2 Somme de toutes les largeurs de drainage des sous-bassins.
- 3 Moyenne des temps de concentration de l'ensemble des sous-bassins.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 30
			Rév. : 1

Tableau 2-20 : Synthèse des résultats de calage, rivière Lorette, secteur centre

Pluie	Mesures de terrain				Simulation				Erreur sur le temps de pointe (minimum)	Erreur sur l'élévation maximum (m)	Pourcentage d'erreur	
	Q max (m ³ /s)	Volume (m ³)	Élévation maximum (m)	Temps de pointe (h)	Q max (m ³ /s)	Volume (m ³)	Élévation maximum (m)	Temps de pointe (h)			Q max	Volume
17 juil. 2006	9,08	290 973	33,871	2006-07-18, 00:00	9,38	313 617	33,920	2006-07-18, 00:10	-10	-0,05	3,3 %	7,8 %
	7,74		33,831	2006-07-18, 02:30	8,11		33,870	2006-07-18, 02:15	15	-0,04	4,7 %	
12 oct. 2006	14,40	1 031 080	34,015	2006-10-12, 10:15	12,91	1 058 883	34,020	2006-10-12, 10:15	0	-0,01	-10,4 %	2,7 %
	11,92		33,950	2006-10-12, 18:45	12,09		34,000	2006-10-12, 18:25	20	-0,05	1,5 %	
28 oct. 2006	29,16	2 702 793	34,358	2006-10-28, 18:15	19,44	2 840 068	34,210	2006-10-28, 18:55	-40	0,15	-33,3 %	5,1 %
	23,40		34,231	2006-10-29, 04:30	27,47		34,420	2006-10-29, 03:55	35	-0,19	17,4 %	
Cible	-	-	-	-	-	-	-	-	± 10	± 0,10	±15 %	±20 %

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 31
			Rév. : 1

Les pourcentages d'erreur sur les volumes sont respectés pour les trois pluies de calage. L'erreur sur les temps de réponse varie de -40 minutes à 35 minutes. Les mesures en rivière à ce site sont données aux quinze minutes. On ne peut donc exiger une précision plus grande que l'intervalle de la mesure. Le pourcentage d'erreur documenté au Tableau 2-20 est évalué sur la valeur ponctuelle maximale des débits mesurés et simulés. Cependant, tel que présenté aux Figures 2-12 à 2-14, le calage de ce site est jugé satisfaisant car la crue et la décrue se produisent dans la même période de temps.

Pour les débits et les hauteurs d'eau, l'erreur est respectée pour les pluies du 17 juillet et du 12 octobre. La pluie du 28 octobre ne respecte pas les critères de débit et de niveau d'eau. La première pointe de débit mesurée de la pluie du 28 octobre 2006 peut difficilement être reproduite par le modèle puisque la pluie mesurée ne peut donner une telle réponse. Les sources d'erreurs possibles sont les suivantes :

- mesures limnimétriques : des débris peuvent avoir affecté temporairement l'instrument de mesures;
- un bris de barrage ou une vidange d'un ouvrage quelconque (bassin de rétention, nettoyage, etc.) pourrait causer une pointe de débit. Le volume généré par cette pointe de débit mesuré est de l'ordre de 27 500 m³;
- mesures pluviométriques : des intensités supérieures seraient tombées. Cette erreur est peu probable puisque qu'aucune intensité forte n'a été enregistrée sur l'ensemble des pluviomètres installés sur le territoire.

Afin de comprendre et de préciser davantage la source d'erreur, des mesures en rivière en amont de ce site auraient été requises. Compte tenu des données disponibles, le calage est jugé satisfaisant pour la suite du mandat.

Figure 2-12 : Rivière Lorette, secteur centre, pluie du 17 juillet 2006

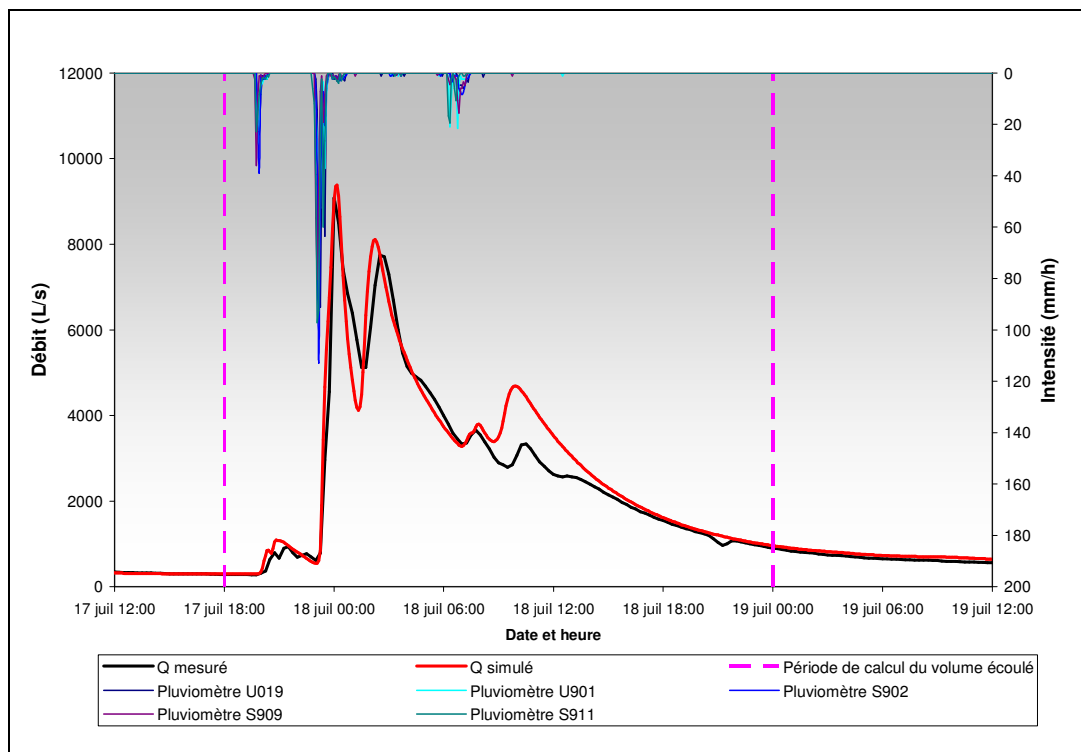


Figure 2-13 : Rivière Lorette, secteur centre, pluie du 12 octobre 2006

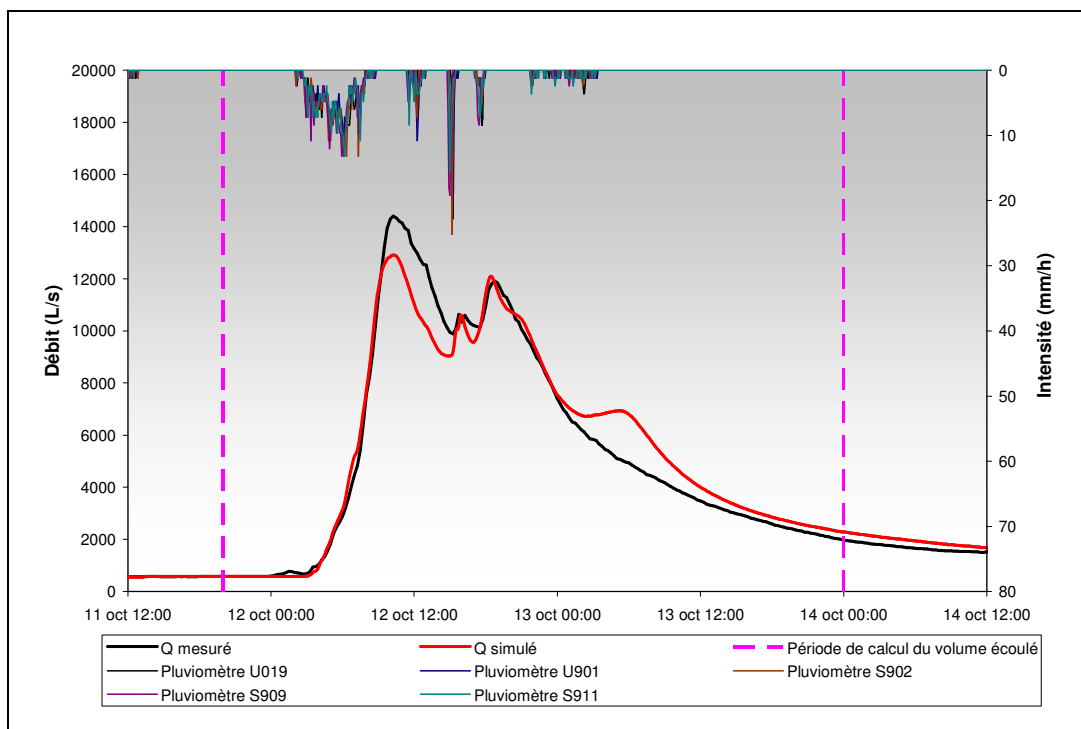
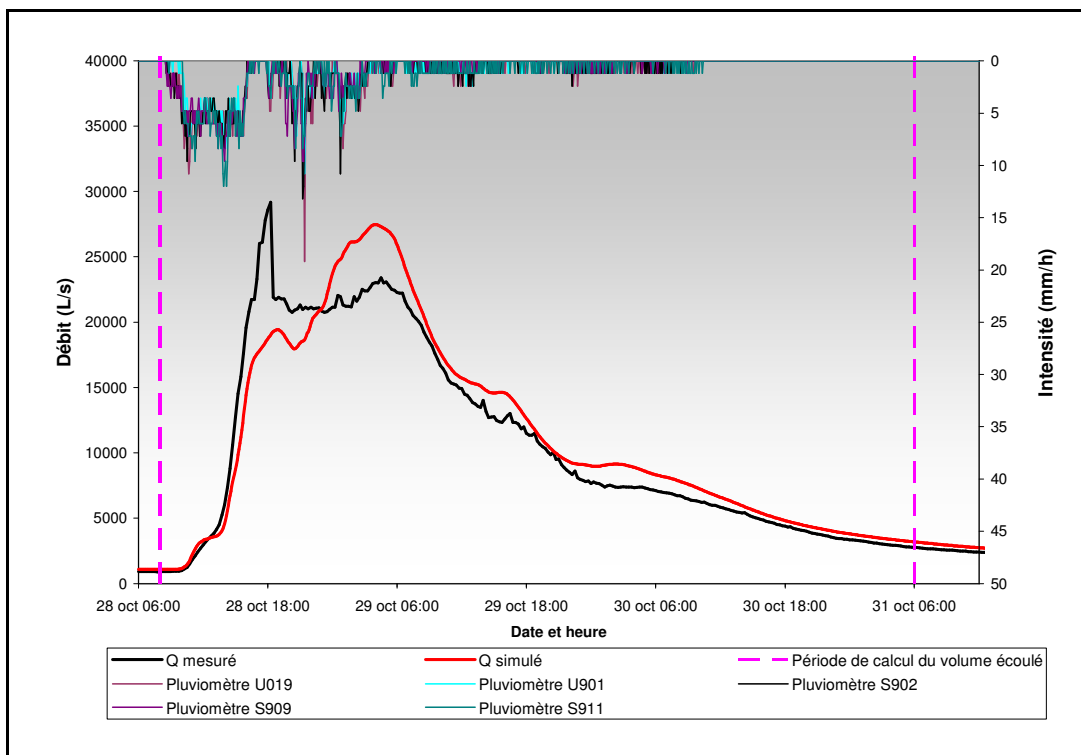


Figure 2-14 : Rivière Lorette, secteur centre, pluie du 28 octobre 2006



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 33
			Rév. : 1

2.4.7.7 Rivière Lorette, secteur aval

Les paramètres hydrologiques et hydrauliques du bassin versant de la rivière Lorette, secteur aval, n'ont pu être validés par calage puisque non mesurés. Cependant, les paramètres de ce dernier ont été ajustés en fonction du calage des autres bassins versants adjacents. Le Tableau 2-21 présente les caractéristiques d'origine et après ajustement du bassin versant de la rivière Lorette, secteur aval. La largeur de drainage a été réduite de moitié alors que l'imperméabilité efficace a été réduite d'un facteur de 0,7. Les paramètres hydrologiques des sous-bassins modélisés par la méthode « Soil Conservation Service » n'ont subi aucun changement.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 34
		Rév. : 1	

Tableau 2-21 : Caractéristiques du bassin versant tributaire, rivière Lorette, secteur aval

	Méthode de calcul	Superficie contributive (ha)	Imperméabilité efficace (%) (1)	Largeur de drainage (m) (2)	Pente (m/m)	Curve Number (CN) (AMCII)	Pertes initiales la (mm)	Temps de concentration Tc (min) (3)
Paramètre d'origine	Runoff	450,5	50,9	59 050	0,012			
	SCS	371,6				81,6	5,8	59,7
Paramètre après calage	Runoff	450,5	35,6	29 525	0,012			
	SCS	371,6				81,6	5,8	59,7

- 1 Formule de Denver appliquée à l'imperméabilité totale.
- 2 Somme de toutes les largeurs de drainage des sous-bassins.
- 3 Moyenne des temps de concentration de l'ensemble des sous-bassins.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 35
			Rév. : 1

2.4.8 Conclusion sur le calage

Six sites de mesures ont été mis en place à l'été 2006 afin de permettre le calage hydrologique et hydraulique des bassins versants de la rivière Lorette, tel qu'illustré à la Figure 2-1. Le bassin versant de la rivière Lorette a été divisé en sept grands sous-bassins versants, c'est-à-dire le collecteur Henri-IV, le ruisseau du Mont-Châtel, le ruisseau Notre-Dame, le ruisseau Des Friches, la rivière Lorette, secteur amont, la rivière Lorette, secteur centre et la rivière Lorette, secteur aval. Six de ces bassins, tributaires d'un point de mesures, ont suivi le processus de calage et l'ajustement des paramètres hydrologiques et hydrauliques. Tel qu'illustré sur cette figure, les paramètres suivants ont été modifiés :

- la largeur de drainage a été réduite de moitié par rapport à sa valeur d'origine sur l'ensemble du territoire;
- l'imperméabilité efficace a été réduite d'un facteur de 0,9 pour les bassins versants du ruisseau Des Friches, du ruisseau du Mont-Châtel et de la rivière Lorette, secteurs amont et centre. Elle a été réduite de 0,7 pour les bassins versants du ruisseau Notre-Dame et du collecteur Henri-IV;
- le paramètre hydrologique « CN » a été réduit d'un facteur de 0,8 pour les bassins versants de la rivière Lorette, secteur amont, et du ruisseau Notre-Dame;
- les coefficients de Manning en cours d'eau ont été ajustés sur l'ensemble du territoire afin de bien représenter la montée et la pointe de la crue dans les délais recommandés.

Les paramètres hydrologiques et hydrauliques du bassin versant de la rivière Lorette, secteur aval n'ont pu être validés par calage. Cependant, les paramètres de ce dernier seront ajustés par transposition du calage des autres bassins versants adjacents.

Compte tenu de la nature particulière de ce mandat et de l'importance des investissements municipaux qui seront requis pour la mise en place de solutions aux nuisances vécues les 25 et 26 septembre 2005 lors de l'évènement « Rita », il était particulièrement important d'obtenir un calage des modèles hydrologique et hydraulique « réseau » et « rivière » satisfaisant. Puisque par sa nature, cet évènement pluviométrique a provoqué une contribution importante du ruissellement en provenance des terres naturelles, les mesures recueillies lors de deux pluies de l'automne 2006 au site de la rivière Lorette, secteur centre, ont été ajoutées aux données recueillies lors de la campagne de mesures de l'été 2006. L'ensemble de ces mesures ont été validées et a permis l'ajustement des modèles de manière hautement satisfaisante. Dès lors, il est entendu que le niveau de confiance envers les résultats de simulations nécessaires à la poursuite de ce mandat sera maximal.

2.5 ANALYSE À L'ÉTAT ACTUEL DES COURS D'EAU POUR DES ÉVÈNEMENTS EXTRÊMES

Cette section présente les résultats à l'état actuel des cours d'eau pour des évènements extrêmes.

2.5.1 Description des évènements extrêmes

Au document d'appel d'offres du présent mandat, il est spécifié que le consultant doit établir les combinaisons « type-réurrence-durée » les plus critiques à partir des pluies synthétiques suivantes :

- types : SEA et SCS;

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 36
			Rév. : 1

- récurrences : 2 ans, 5 ans, 10 ans, 20 ans, 100 ans;
- durées : 1, 2, 3, 6, 12 et 24 heures.

Pour les simulations d'événements extrêmes visant l'analyse à l'état actuel des cours d'eau, le choix de pluies de projets de durées de 6, 12 et 24 heures et de récurrence de 100 ans est requis.

Nous reprenons ci-dessous le contenu d'une discussion sur les pluies de projets produites par BPR pour le compte de la Ville de Québec dans un mandat précédent (BPR 2007). Puisque n'influençant pas les conclusions, les Figures 2-15 et 2-16 des pluies de projets ont été reprises telles quelles et utilisent les courbes IDF de la station Québec-A (2005).

Comme discuté dans Rousselle (1990), l'utilisation des pluies de projet est très populaire au Canada pour les calculs de drainage urbain. Il faut toutefois prendre soin de choisir une pluie de projet appropriée aux objectifs de la situation à l'étude et de bien l'utiliser à l'intérieur des limites de son champ d'applicabilité (Marsalek et Watt 1984).

La période de retour, la durée, la hauteur totale de pluie, les répartitions dans le temps et dans l'espace de la précipitation pluviale sont des caractéristiques de pluies de projet :

- la période de retour du débit de pointe calculé est supposé égale à celle de la pluie de projet;
- la durée de la pluie est posée égale ou supérieure au temps de concentration du bassin versant;
- la hauteur totale de pluie est tirée des courbes IDF;
- la répartition dans le temps de la précipitation est généralement caractérisée par son intensité de pointe et le temps nécessaire pour atteindre cette intensité.

Quatre types de répartitions temporelles seront discutés et comparés avant de conclure.

2.5.1.1 Pluies du SCS (six heures et 24 heures)

Le « Soil Conservation Service » (SCS) des États-Unis a développé une pluie synthétique en déterminant pour des pluies réelles une courbe de masse typique pour la hauteur de pluie :

- l'utilisation de la pluie de six heures n'est pas recommandée en milieu urbain à moins que des données de précipitations locales ne soient disponibles (Wisner 1983);
- l'analyse effectuée pour définir une pluie de 24 heures a permis le développement de quatre types selon les régions des États-Unis (types I, IA, II et III). Pour éviter l'utilisation de séries distinctes selon le temps de réponse de divers bassins versants, une série unique a été développée pour chaque type. Elle maximise les intensités de pluie en incorporant des intensités de courte durée à celles requises pour des durées plus longues et ce, pour une même récurrence. Le type II est le plus intense des quatre. Il s'applique pour une grande partie des États-Unis et est habituellement utilisé au Québec pour des bassins ruraux (USDA 1986; Rivard 2005).

Selon Marsalek et Watt (1984), l'utilisation des pluies du SCS avec les outils informatiques de modélisation dans leurs formes actuelles ne devrait pas être encouragée pour plusieurs raisons. Elles ont été développées à l'origine pour des bassins de drainage naturels de grandes dimensions aux États-Unis. Par conséquent, les distributions temporelles et les composantes de pertes des modèles de simulation ne sont pas particulièrement appropriées pour des conditions urbaines.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 37
			Rév. : 1

La Figure 2-15 présente l'hyétogramme de la pluie du SCS de type II d'une durée de 24 heures pour une récurrence centennale produit à partir de la courbe IDF de la station Québec-A (2005).

2.5.1.2 Pluies Chicago (toutes durées)

La répartition du type Chicago repose sur l'hypothèse voulant que la pluie de projet, pour une période de retour donnée, doit comprendre tous les maxima correspondant aux diverses durées. La répartition peut être établie à partir de courbes IDF locales (Roussel 1990).

Une pluie Chicago comprend donc les intensités maximales enregistrées par le passé sur cinq minutes, dix minutes, 30 minutes, etc. Ces intensités proviennent d'événements distincts mais sont désormais combinées un même événement, ce qui est très sévère et peu réaliste.

La Figure 2-15 et la Figure 2-16 présentent l'hyétogramme de la pluie Chicago (durées de 24 heures et de douze heures pour une récurrence centennale) produit à partir de la courbe IDF de la station Québec-A (2005).

2.5.1.3 Pluies du SEA (une heure et douze heures)

Les pluies du SEA sont basées sur des données provenant de 45 stations météorologiques canadiennes :

- la répartition d'une heure du SEA (type 2) est basée sur les valeurs moyennes régionales de temps nécessaires pour atteindre l'intensité de pointe, de rapport de la hauteur de pointe à la hauteur totale et de la quantité de pluie avant que ne soit atteinte l'intensité de pointe (Rousselle 1990; Hogg 1982).
- pour une durée de douze heures, les distributions ont été tracées sous forme cumulée pour divers centiles de probabilité et pour diverses régions canadiennes, dont le Québec. Le ministère des Ressources naturelles de l'Ontario recommande d'utiliser le 30^e centile du SEA pour la conception d'ouvrages dans cette province. Des analyses préliminaires indiquent que les distributions du 70^e centile du SEA pourraient s'appliquer aux autres régions du pays à l'exception de la Colombie-Britannique, où la distribution du 50^e centile pourrait être appliquée (Roussel 1990).

La Figure 2-16 présente l'hyétogramme de la pluie du SEA (30^e centile), d'une durée de douze heures pour une récurrence centennale, produit à partir de la courbe IDF de la station Québec-A (2005).

Bien que la répartition du type Chicago soit toujours utilisée à une grande échelle, on la juge moins convenable que la répartition du SEA. Des études récentes indiquent que la répartition du type Chicago ne convient pas du tout à certaines régions du Canada et ne constitue pas l'outil idéal pour le reste du pays (Roussel 1990) car ses débits de pointe trop critiques mènent à un surdimensionnement.

2.5.1.4 Pluies triangulaires (toutes durées)

Yen et Chow (1980) ont analysé 9 869 événements orageux à quatre sites, c'est-à-dire Urbana (Illinois), Boston (Massachusetts), Elizabeth City (New Jersey) et San Luis Obispo (Californie). La répartition qu'ils ont élaborée ne nécessite qu'un seul paramètre, soit le temps d'apparition du débit de pointe, qui détermine la forme de la distribution.

La pluie de type triangulaire est préférée à la pluie de type Chicago pour ce qui est de la détermination des volumes de rétention car étant plus étalée. Elle contribue à saturer les capacités du réseau plus longtemps, occasionnant ainsi un plus grand volume d'eau excédentaire à emmagasiner.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 38
			Rév. : 1

La Figure 2-15 et la Figure 2-16 présentent l'hyétogramme de la pluie triangulaire (durées de 24 heures et de douze heures pour une récurrence centennale) produit à partir de la courbe IDF de la station Québec-A (2005).

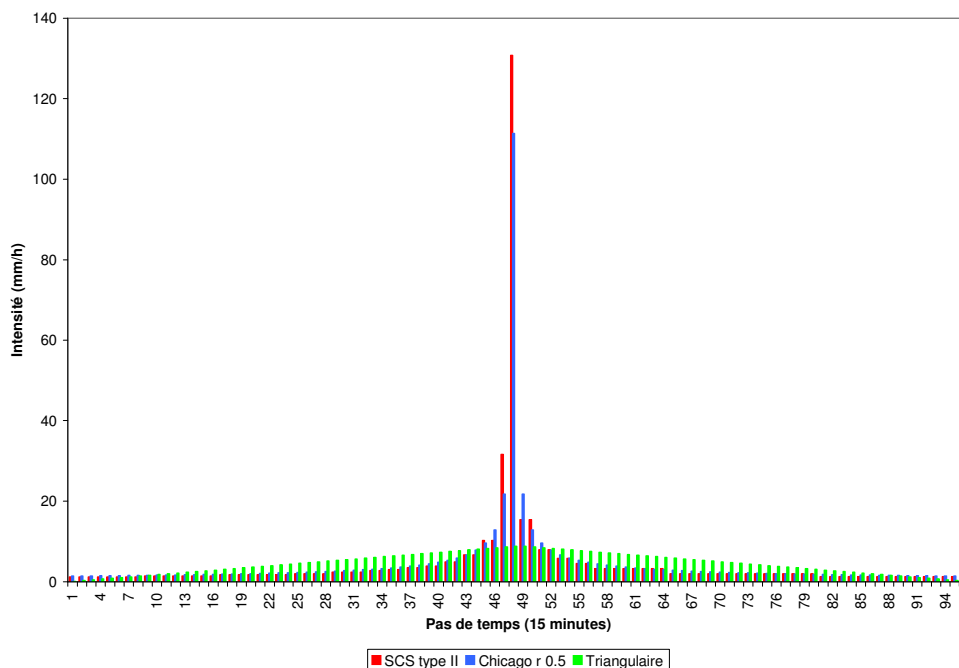
2.5.1.5 Conclusions

Sur la base de ces informations, la pluie du SEA semble la plus appropriée pour représenter des événements d'une durée de douze heures au Canada. Or, comme illustré à la Figure 2-16, la pluie triangulaire et la pluie SEA sont « comparables ». Cependant, la pluie Chicago se détache nettement du groupe. Ses intensités élevées y sont bien illustrées. Puisque son utilisation est déjà remise en question par les experts, la pluie Chicago n'est pas retenue pour les calculs de drainage urbain. De plus, il semble que la pluie triangulaire pourrait servir de référence pour le dimensionnement de volumes de rétention lorsque les temps de réponses du bassin versant ne permettent pas l'utilisation de la pluie du SEA douze heures, ce qui est le cas dans le cadre du présent mandat pour lequel une durée de six heures doit être simulée.

Pour une durée de 24 heures, la Figure 2-15 illustre la pluie du SCS type II et la pluie Chicago. Puisque ces deux pluies sont « comparables », l'utilisation de la pluie du SCS type II est remise en question au même titre que celle de type Chicago. Il ne reste que la pluie triangulaire qui est préférée en ce qui a trait à la détermination des volumes de rétention.

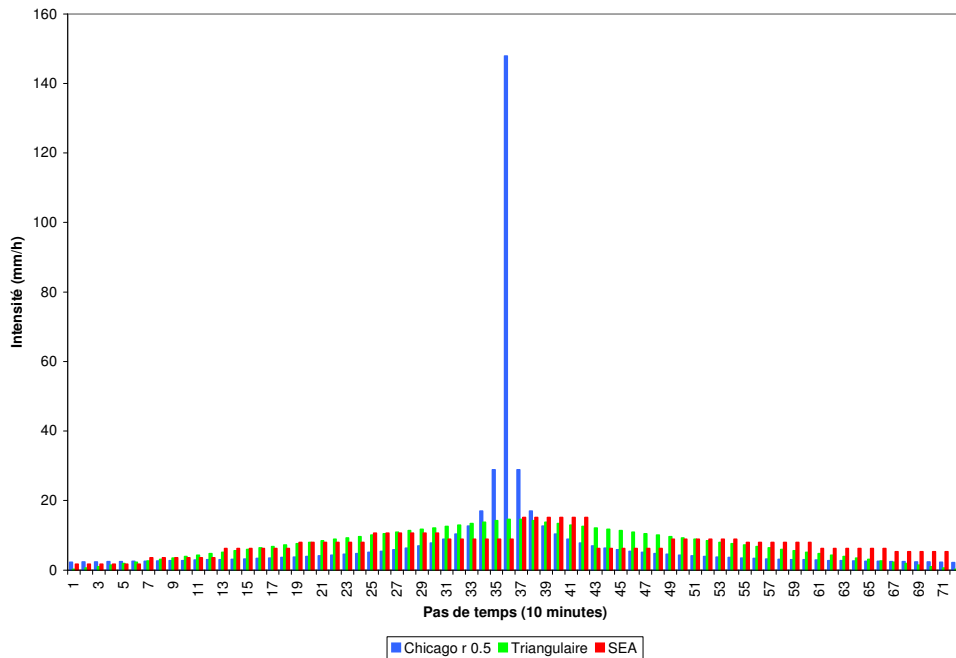
Dans le présent mandat, quatre pluies ont été retenues pour l'analyse des cours d'eau à l'état actuel. Trois sont des pluies de projets de type triangulaire et de récurrence une fois dans 100 ans pour des durées de 6 heures, 12 heures et 24 heures créées à partir des courbes IDF « Climat futur ». Le quatrième événement retenu est « Rita » qui a provoqué des inondations dans le bassin versant de la rivière Lorette les 25 et 26 septembre 2005.

**Figure 2-15 :
Hyétogrammes des pluies de type SCS (type II), Chicago et triangulaire,
récurrence 100 ans, durée 24 heures, IDF Québec-A (2005)**



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 39
			Rév. : 1

Figure 2-16 :
Hyétogrammes des pluies de type Chicago, triangulaire et SEA,
récurrence 100 ans, durée 12 heures, IDF Québec-A (2005)



2.5.1.6 Pluies de projets retenues

Pour les simulations des trois pluies de projets, des conditions de sol relativement humide (AMCII) ont été considérés comme conditions antécédentes de pluie et ce, sur l'ensemble de la superficie perméable du bassin versant de la rivière Lorette. Le Tableau 2-22 résume les caractéristiques des pluies de projet. Les hyétogrammes de ces pluies sont inclus à l'Annexe 2.5.

Tableau 2-22 : Caractéristiques des pluies de projet

Évènements	Hauteur précitée (mm)	Intensité maximum sur 5 minutes (mm/h)
Triangulaire 100 ans 6 heures	107,8	34,9
Triangulaire 100 ans 12 heures	115,3	18,9
Triangulaire 100 ans 24 heures	124,1	10,3

2.5.1.7 Pluie des 25 et 26 septembre 2005 « Rita »

Comme mentionné précédemment, la pluie des 25 et 26 septembre 2005, nommée « Rita », a provoqué des inondations sur le bassin versant de la rivière Lorette. Pour les besoins de cette étude, les mesures enregistrées à neuf pluviomètres présents sur le territoire de la Ville de Québec ont été utilisées. Cependant, les séries de données pluviométriques sont partielles et certaines valeurs manquantes ont dû être restaurées avant leur utilisation.

La restauration des séries pluviométriques consiste à substituer les données manquantes par des valeurs de remplacement qui s'approchent de la réalité. Dans le cas présent, la méthode de l'interpolation a été privilégiée pour restaurer les séries temporelles. Cette méthode consiste à remplacer chaque valeur

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 40
			Rév. : 1

manquante par la précipitation moyenne du moment, comme calculé par la moyenne de l'intensité pluviométrique précédant et suivant la panne. Afin d'évaluer la précision de la méthode de restauration par interpolation, nous avons comparé les données brutes et restaurées de la station S902 avec celles de l'Aéroport international Jean-Lesage, lesquelles sont considérées intègres, pour ensuite les appliquer aux séries de données incomplètes provenant des autres stations de la Ville de Québec. Une fois les données restaurées, les statistiques de la pluie peuvent être calculées en regard de la fiche statistique produite pour la station de l'Aéroport international Jean-Lesage.

Le Tableau 2-23 résume les caractéristiques de cette pluie sur l'ensemble des pluviomètres touchant le territoire. Les hyétogrammes de ces pluies sont inclus à l'Annexe 2.5. L'événement « Rita » sur le territoire à l'étude a débuté à 16h40, le 25 septembre 2005.

La lame d'eau totale précipitée sur le bassin versant de la rivière Lorette varie de 104,8 mm à 134,6 mm, soit une récurrence centennale sur 24 heures basée sur les courbes IDF « Climat futur ». Les plus fortes précipitations ont été enregistrées aux pluviomètres S909 et S911, lesquels touchent l'amont des bassins versants du ruisseau Des Friches et celui de la rivière Lorette, secteur amont. Il s'agit de secteurs de type rural. La superficie de bassin versant associé à ces pluviomètres s'étend sur 1714,5 ha, soit 25,3 % de la superficie totale du bassin versant de la rivière Lorette.

De plus, à cette pluie est combinée une condition de sol relativement humide à saturée, ce qui résulte en un important volume ruisselé vers le cours d'eau. En effet, cinq jours précédant l'événement, environ 40 mm d'eau sont tombés, créant des conditions sévères d'humidité de sol. Les terrains naturels étant pratiquement saturés avant le début de la pluie, peu d'infiltration dans le sol s'est produite et les sols ont réagi comme s'ils étaient imperméables.

Tableau 2-23 : Caractéristiques de la pluie « Rita » aux différents pluviomètres

Pluviomètres	Lame d'eau précipitée (mm)	Intensité maximale sur 5 minutes (mm/h)	Durée (heure)	Récurrence (1)		
				5 minutes	1 heure	24 heures
S14B	106,7	22,8	29,1	1 mois	1 an	10 ans
U015	104,8	28,8	29,1	1 mois	1 an	10 ans
U019	116,5	27,6	28,7	1 mois	1 an	25 à 50 ans
U901	109,1	24,0	30,8	1 mois	2 mois à 1 an	10 à 25 ans
S902	118,4	34,8	29,0	2 mois	1 an	50 ans
S905	117,5	34,5	29,3	2 mois	1 an	50 ans
S906	105,8	33,0	29,1	2 mois	1 an	10 ans
S909	134,6	28,8	29,2	1 mois	1 an	>100 ans
S911	126,5	30,0	29,9	1 à 2 mois	1 an	100 ans

(1) Ces récurrences font référence aux courbes IDF « Climat futur » et à Roche (1989).

La Section 2.5.2 présente les résultats de simulation en rivière à l'état actuel pour les quatre événements extrêmes décrits précédemment.

2.5.1.8 Références

BPR (2007). Ville de Québec, Boulevard du Loiret, Gestion des apports pluviaux, CSOB707, Juin 2007. 11p. + 3 annexes.

Hogg, W.D. (1982). *Distribution of rainfall with time: design considerations*. Rapport présenté à l'American Geophysical Union Chapman Conference on Rainfall Rates, 27-29 avril, Urbana, IL (États-Unis).

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 41
			Rév. : 1

Marsalek, J. et Watt, W.E. (1984). *Design storms for urban drainage design*. Canadian Journal of Civil Engineering, 11:574-584.

Rivard, G. (2005). *Gestion des eaux pluviales en milieu urbain. Concepts et applications*. Laval : Alias communication design inc. 329 pages. ISBN 2-9805883-1-8.

Roche (1989). Société Québécoise d'Assainissement des Eaux, Élaboration d'une méthodologie de définition des intensités de précipitation pour le contrôle des déversements, Octobre 1989. 12 pages + Annexes

Rousselle, J., Watt, W.E., Lathern, K.W., Neill, C.R. et Richards, T.L. (1990). *Hydrologie des crues au Canada – Guide de planification*. Conseil national de recherches Canada, Comité associé d'hydrologie. Ottawa, 227 p.

United States Department of Agriculture (USDA), *Natural Resources Conservation Service (1986). Urban Hydrology for Small Watersheds. Technical Release 55. 2nd Edition, June 1986. 6 chapitres + 6 annexes.*

Wisner, P. et Fraser, H. (1983). *Design storms for stormwater management studies*. IMPSWM Procedures, Part V, Ottawa.

Yen, B.C. et Chow, V.T. (1980). *Design hyetographs for small drainage structures*. Journal of the Hydraulic Division, 106(HY6): 1055-1076.

2.5.2 Débit et volume pour les événements extrêmes

Les résultats des simulations HEC-RAS en rivière pour les quatre événements extrêmes sont présentés dans cette section. Ils proviennent tous de simulations effectuées en régime transitoire avec des modèles calibrés ayant pour intrants des hydrogrammes localisés en amont et au droit de chacune des entrées d'eau le long des différents cours d'eau. L'ensemble des résultats pour chacune des sections modélisées est présenté sous forme de tableaux à l'Annexe 2.6. Les colonnes de ces tableaux indiquent notamment le débit total, l'élévation du fond de la section, l'élévation maximum atteinte par la surface de l'eau, la vitesse moyenne dans le chenal d'écoulement principal et la largeur totale inondée. Toutefois, les débits maximums et volumes totaux ruisselés par chacun des événements à l'exutoire de chaque tronçon du modèle HEC-RAS ont été extraits et sont présentés au Tableau 2-24 et au Tableau 2-25. De plus, afin de visualiser l'aspect des débits générés par ces quatre événements, la Figure 2-17 montre leurs hydrogrammes pris au droit de la section 168 du tronçon de la rivière Lorette, secteur aval. Cette section est localisée directement en amont du pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel. Finalement, la Figure 2-18 présente les profils des hauteurs d'eau maximums atteintes pour chacune des pluies pour la partie de la rivière Lorette située entre le pont de la rue Saint-Paul et l'exutoire dans la rivière Saint-Charles.

Tableau 2-24 : Débit maximum en aval de chacun des tronçons de modélisation HEC-RAS

Nom du cours d'eau	Section (n°)	Débit de pointes (m³/s)			
		100 ans 6 heures	100 ans 12 heures	100 ans 24 heures	« Rita »
Rivière Lorette, secteur aval	1	103,1	95,9	92,6	98,3
Rivière Lorette, secteur centre	207	96,6	95,1	82,4	96,1
Rivière Lorette, secteur amont	330	42,8	41,7	36,4	49,1
Ruisseau Notre-Dame	1	16	11,7	8,4	8,9
Ruisseau du Mont-Châtel	1	24	21,5	16,7	18,3
Ruisseau Des Friches	1	21,3	21	18,8	19,4
Ruisseau Sainte-Geneviève	1	6,1	4,4	3,1	3,3
Ruisseau n° 3	1	14,9	13,2	10,5	13,4

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 42
			Rév. : 1

Tableau 2-25 : Volumes totaux ruisselés en aval de chacun des tronçons de modélisation HEC-RAS

Nom du cours d'eau	Section (n°)	Volumes (x 1000 m³)			
		100 ans 6 heures	100 ans 12 heures	100 ans 24 heures	« Rita »
Rivière Lorette, secteur aval	1	6329,0	6529,7	6913,1	7629,1
Rivière Lorette, secteur centre	207	4802,9	5104,8	5459,1	6378,5
Rivière Lorette, secteur amont	330	2022,6	2194,6	2382,4	3122,2
Ruisseau Notre-Dame	1	481,8	519,2	566,9	621,5
Ruisseau du Mont-Châtel	1	798,7	870,3	932,8	970,1
Ruisseau Des Friches	1	1137,6	1268,4	1359,5	1417,8
Ruisseau Sainte-Geneviève	1	145,5	188,8	202,65	245,5
Ruisseau n° 3	1	389,5	442,2	518,6	683,8

Les résultats indiquent que les débits maximums atteints par la pluie « Rita » ne sont pas directement comparables à aucun des trois autres événements théoriques simulés. Toutefois, les débits de pointe atteints se rapprochent davantage de la pluie d'une durée de 12 heures que des deux autres. Par contre, en observant leur hydrogrammes respectifs à la Figure 2-17, il ressort que le volume total d'eau généré par la pluie « Rita » est supérieur à celui des trois autres pluies qui ont duré 6, 12 et 24 heures.

Figure 2-17 :
Hydrogrammes générés par HEC-RAS pour les quatre événements directement en amont du pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel

Rivière Lorette section 168

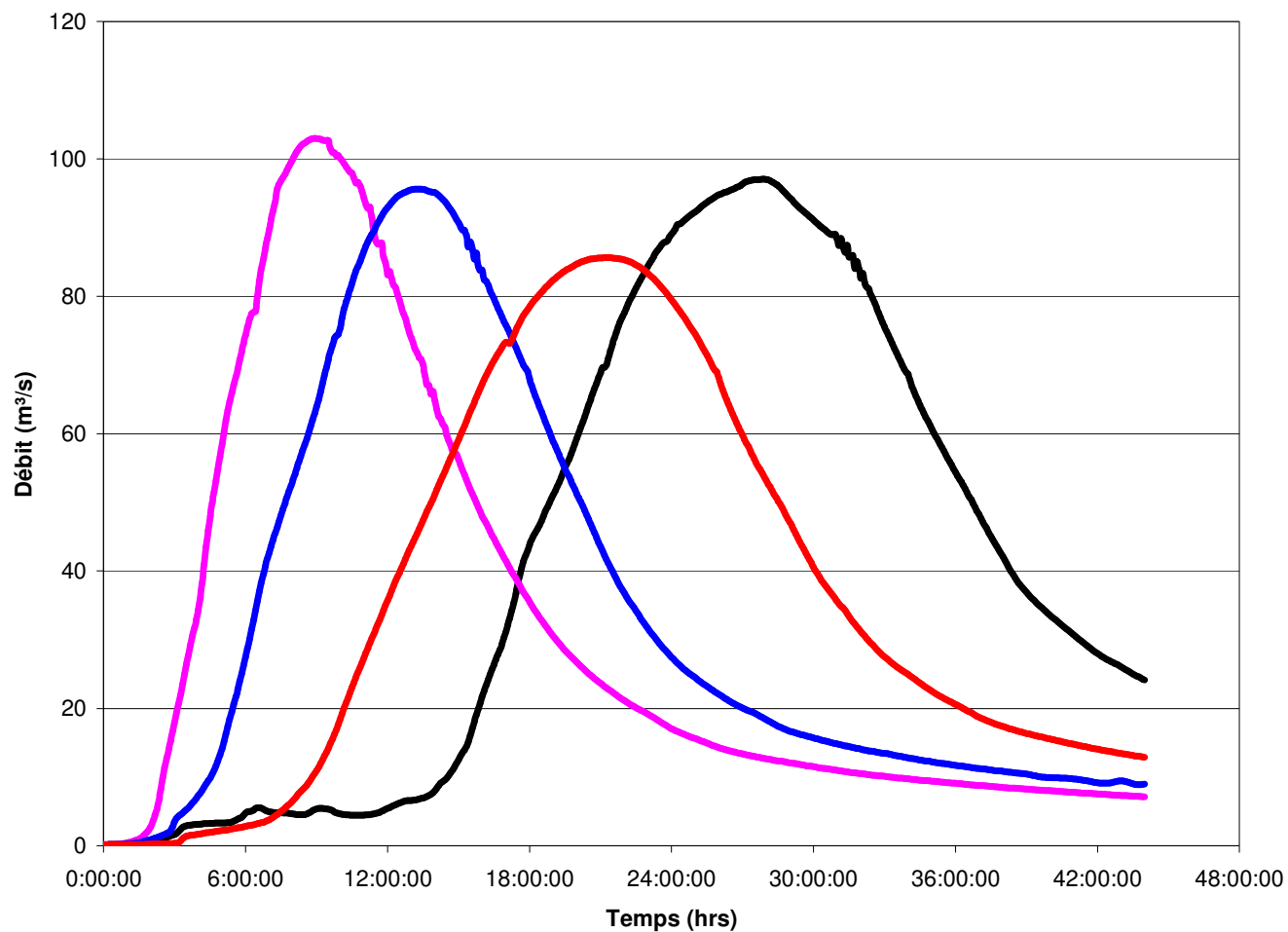
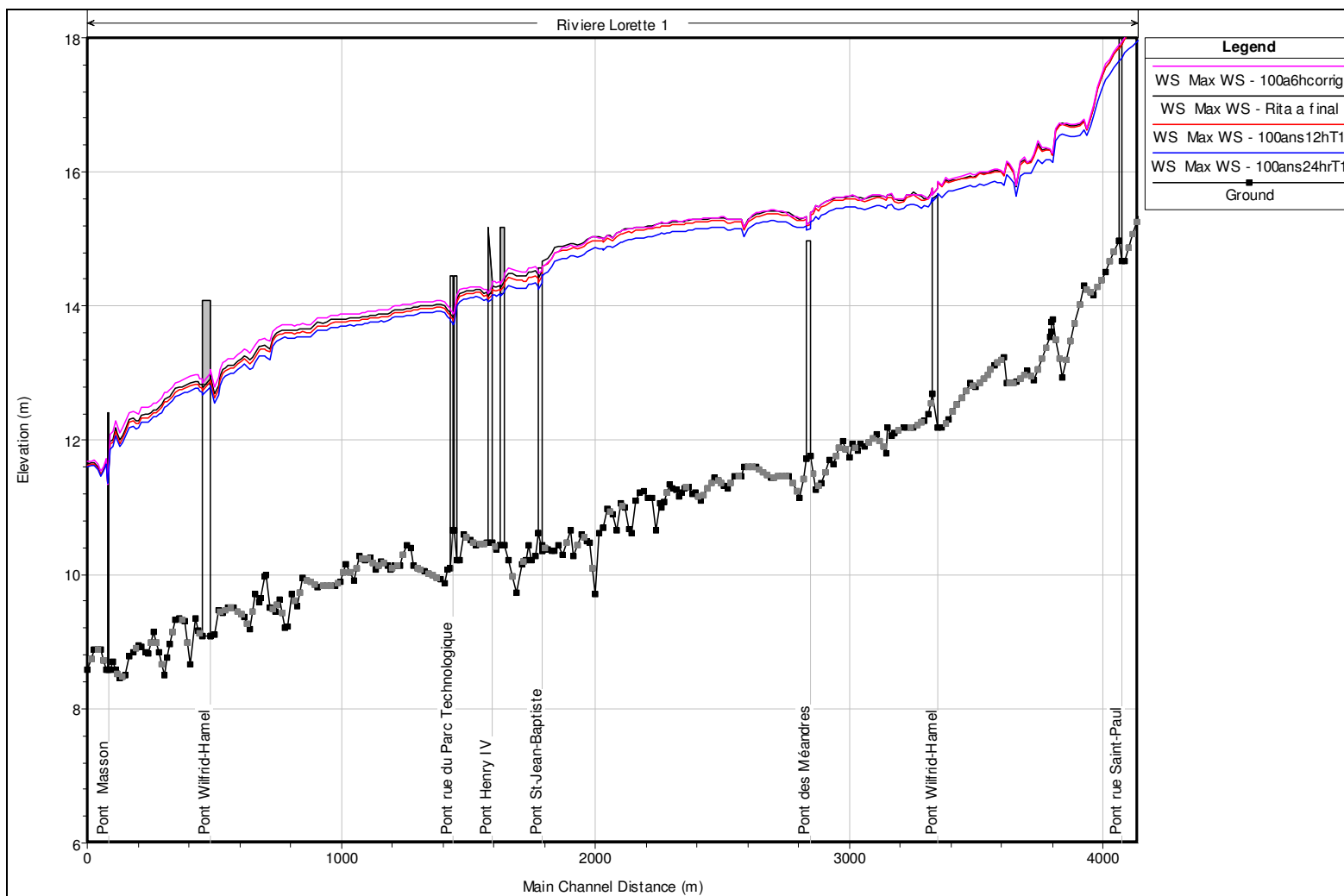


Figure 2-18 :
Profil de la surface de l'eau de la rivière Lorette pour les quatre évènements sur le tronçon localisé entre la rue Saint-Paul
et son exutoire dans la rivière Saint-Charles



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 45
			Rév. : 1

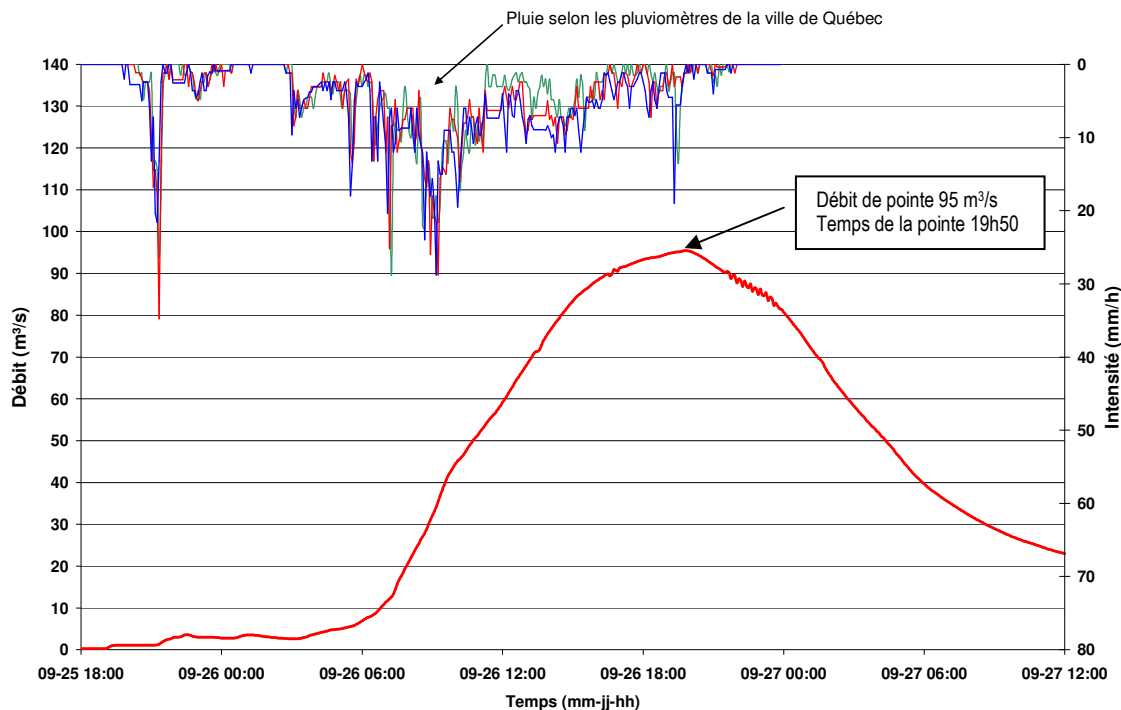
2.5.3 Commentaires sur la modélisation de l'évènement « Rita »

Il est intéressant de comparer les résultats de la modélisation de l'évènement des 25 et 26 septembre 2005 avec différentes observations de terrains effectuées lors de ce même évènement. La Figure 2-19 présente l'hydrogramme du débit simulé dans le secteur du pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel en considérant la pluie telle qu'enregistrée aux différents pluviomètres de la Ville de Québec.

Une première observation concerne le temps du débit de pointe simulé qui survient le 26 septembre à 19h50,. Cela correspond aux différents commentaires et observations émis par les représentants de la Ville de Québec mentionnant que le niveau de la crue aurait atteint son maximum aux alentours de 20h00 dans la soirée du 26 septembre.

Également, à titre indicatif, mentionnons que le niveau d'eau maximum mesuré par les représentants de la Ville de Québec à partir de délaissés de crues sur le terrain s'élève à 15,65 m dans le secteur de la rue Rideau. Cela correspond au niveau d'eau calculé par le modèle hydraulique, soit 15,62 m dans ce même secteur de la rivière (section 155 du modèle).

**Figure 2-19 : Résultat de simulation pour l'évènement « Rita »,
secteur du pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel**



2.6 IDENTIFICATION DES AXES DE SOLUTIONS POTENTIELS

Un projet type à la Ville de Québec doit suivre cinq étapes charnières en vue de sa réalisation, soit :

1. L'identification.
2. La définition.
3. L'avant-projet.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 46
			Rév. : 1

4. La conception.

5. La réalisation.

Le présent mandat porte sur l'identification (Chapitres 2.6 et 2.7) ainsi que sur la définition (Chapitre 2.8) de solutions « rivière » à la problématique vécue lors de l'évènement « Rita » les 25 et 26 septembre 2005. Ce travail a été réalisé en collaboration avec les autorités municipales.

La complexité de la situation et l'acuité des problèmes d'inondation sur le bassin versant de la rivière Lorette ne peut être résolu par l'application d'une solution unique, mais par la mise en œuvre d'un ensemble de solutions. Les éléments suivants doivent être pris en compte dans l'identification et la recherche des solutions :

- la rivière Lorette a été l'objet de plusieurs travaux de déplacement et de correction de son tracé depuis plus de 60 ans, tant dans sa partie agricole qu'urbaine. Dans ce contexte, il existe de nombreux empiètements dans la bande riveraine et dans la zone inondable;
- les rives et le littoral de la rivière se trouvent sur des propriétés privées sur la presque totalité de son cours, ce qui rend toutes les interventions plus complexes considérant que la Ville n'intervient pas sur ces propriétés;
- la rivière présente une capacité d'écoulement limitée à son niveau plein bord et l'occupation des rives s'est urbanisée avec les années, principalement dans la partie aval du bassin versant, ce qui entraîne des nuisances lorsque la rivière déborde;
- nous sommes actuellement dans une période d'évolution du climat qui est susceptible de provoquer une augmentation des débits des cours d'eau. Dans ce contexte, l'application du principe de précaution commande de prendre en considération les impacts prévisibles liés aux changements climatiques.

Trois types d'approches sont envisageables dans le contrôle des inondations et le plan d'action devra évidemment intervenir en regard de ces trois approches.

1. Contrôle de l'aléa

L'aléa peut être défini comme un évènement naturel causant des dommages, lequel se présente de façon imprévisible, irrésistible et extérieure. Dans le cas présent, l'inondation constitue l'aléa et son contrôle nécessite la mise en place d'ouvrages permettant de maîtriser les apports en eau provoquant les inondations ou la modification du régime hydraulique du cours d'eau.

2. Mesures d'immunisation

Mise en place d'ouvrages permettant de protéger les infrastructures localisées dans des zones à risques de manière à limiter les nuisances.

3. Mesures non structurelles (zonage, réglementation, etc.)

Mise en place de règlements de zonage, de protection du territoire et d'acquisition de territoire, etc., de manière à limiter l'exposition des populations aux risques d'inondation.

Les axes de solutions identifiés dans ce chapitre ne sont pas présentés par ordre de priorité. Chaque solution potentielle a été analysée de façon suffisante pour établir l'intérêt de la conserver comme solution réellement applicable ou de la rejeter.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 47
			Rév. : 1

Une estimation des coûts de mise en œuvre des axes de solutions identifiés est présentée. Il s'agit d'un estimé de classe D (niveau 1 selon la classification de la Ville de Québec) identifiant l'envergure des coûts de travaux sur la base d'une conception préliminaire de l'ouvrage. Préparée à partir de la définition des besoins, cette estimation a pour but de fournir des éléments d'information nécessaires à l'étude comparative de solutions et à la prise de décisions relativement à la poursuite du projet. Elle peut être préparée à partir de projets comparables complétés antérieurement et ce, après ajustements des coûts, pour tenir compte des variations reliées au site, au temps ou à des exigences spécifiques. Elle est sommaire et peut être présentée sous forme de rapport. Les estimations présentées dans ce document excluent les coûts liés à l'acquisition ou l'expropriation des terrains, le cas échéant, les servitudes, de même que les frais d'ingénierie et de laboratoire, mais incluent les taxes applicables. Les tableaux de l'Annexe 2.7 ventilent les estimations des axes de solutions retenus uniquement.

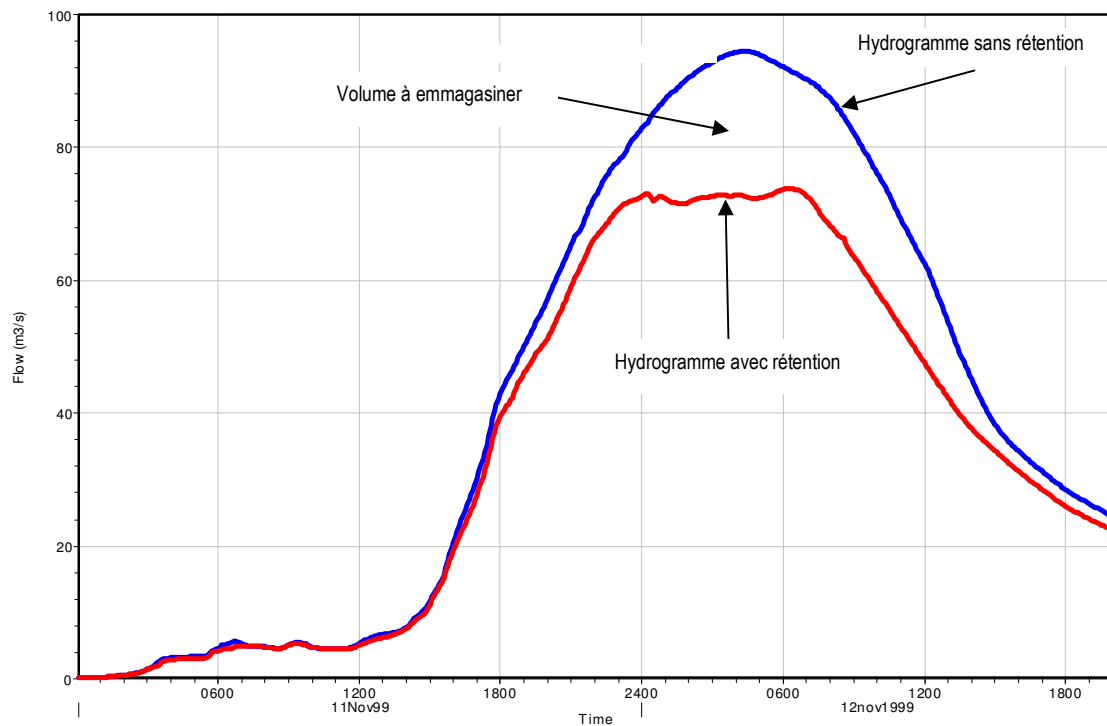
2.6.1 Contrôle de l'aléa

2.6.1.1 Zones de rétention

Cette solution consiste à construire des ouvrages de type réservoir de rétention permettant de régulariser le débit de la rivière et particulièrement d'écarter les pointes des crues majeures par l'emmagasinement d'un volume important d'eau. La Figure 2-20 présente un exemple d'hydrogramme de crue ayant été écarté. Pour être efficace, la rétention doit évidemment se faire en amont des secteurs vulnérables.

À titre indicatif, en considérant une capacité maximum de la rivière avant débordement de l'ordre de 70 m³/s dans le secteur ayant subi les principaux dommages lors des inondations de septembre 2005 (rue Rideau, rue Michel-Fragasso - anciennement nommée rue des Méandres - etc.), le volume de rétention dans les secteurs amont devraient donc être suffisant pour maintenir le débit en-dessous de cette valeur critique. Dans le cas de l'évènement des 25 et 26 septembre 2005, cela nécessiterait un volume de rétention de l'ordre de 750 000 m³. Ce volume représente l'ensemble du volume ruisselé supérieur à 70 m³/s calculé dans le secteur de la rue Rideau.

Figure 2-20 :
Exemple de diminution de la pointe de la crue par l'aménagement d'une zone de rétention



Deux concepts de zones de rétention peuvent être envisagés, soit les ouvrages au fil de l'eau ou en dérivation.

2.6.1.1.1 Concept au fil de l'eau

Le concept au fil de l'eau nécessite la construction d'une structure de type barrage-réservoir. L'ouvrage doit toujours être vide (pertuis ouvert) de manière à conserver l'espace disponible pour la rétention. En période de crue, lorsque requis, la fermeture automatique des pertuis permet le remplissage du réservoir. Ce type d'ouvrage demande une intervention importante dans le cours d'eau en raison de la nécessité de construire un barrage directement dans le cours d'eau. De plus, il nécessite généralement des travaux d'excavation et la mise en place de digues de confinement pour l'aménagement du réservoir, permettant de retenir une lame d'eau d'une hauteur minimum de l'ordre de 3,0 m d'épaisseur.

2.6.1.1.2 Concept en dérivation

Le concept en dérivation, comme son nom l'indique, consiste à dériver de façon gravitaire une partie de l'écoulement en direction d'un bassin aménagé en rive. L'aménagement d'un canal d'amenée et d'un muret déversoir équipé d'une vanne de contrôle avec un actionneur mécanique est nécessaire. Le débit d'entrée dans le réservoir peut être très variable selon les besoins (entre 3 et 10 m³/s par exemple). La zone de rétention doit être aménagée par excavation jusqu'à un niveau permettant sa vidange de façon gravitaire un peu plus loin en aval dans le cours d'eau. Une conduite permettant une vidange lente du réservoir, après le passage de la crue, est nécessaire. Le choix du site est évidemment très important de manière à limiter les besoins en excavation.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 49
			Rév. : 1

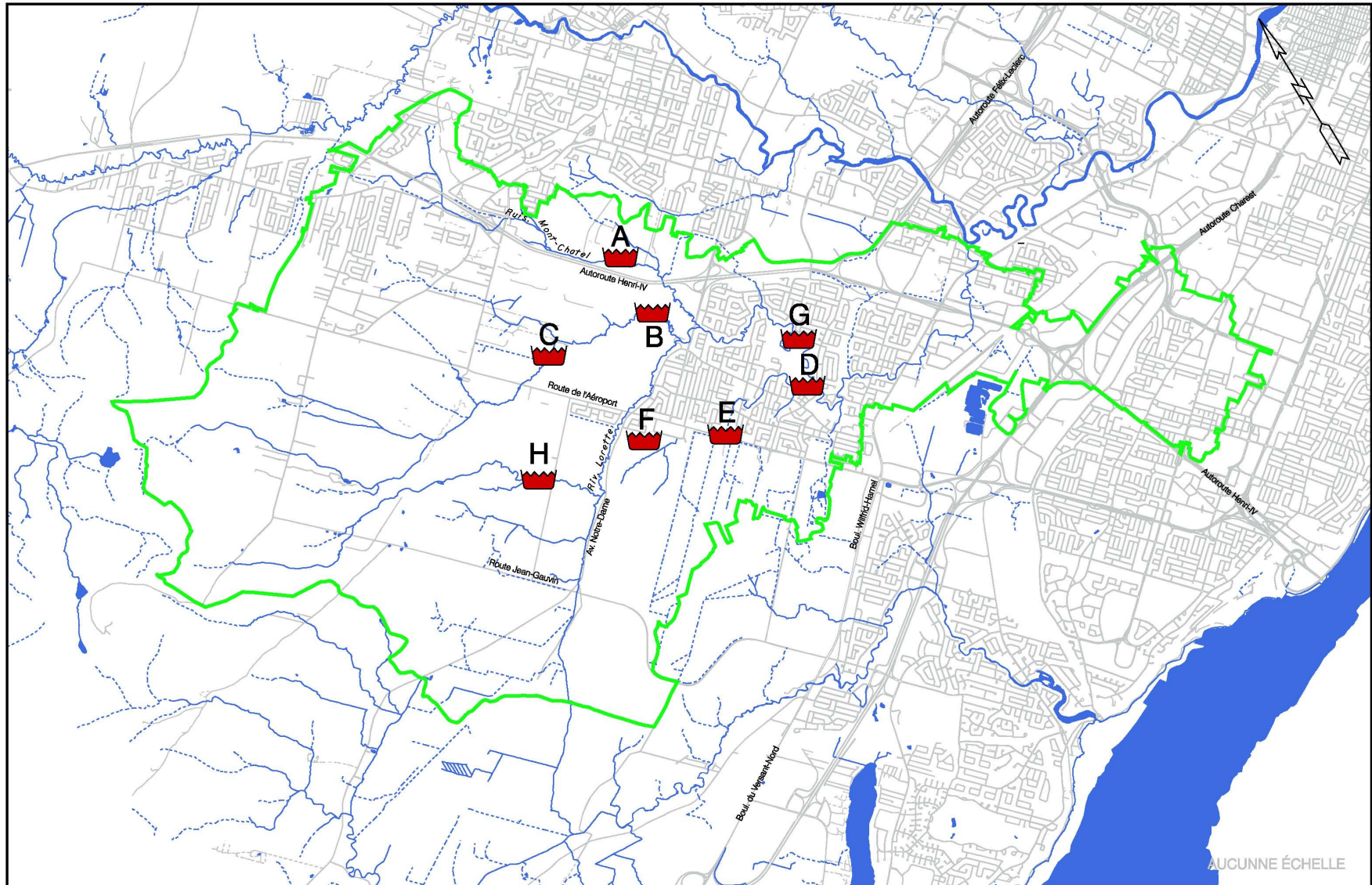
De manière à optimiser les volumes disponibles dans les zones de rétention, il serait nécessaire de mettre en place un système de contrôle automatique de type « temps réel » permettant d'actionner le dispositif de contrôle du remplissage de l'ouvrage de rétention en fonction d'une consigne reliée au niveau d'eau mesuré dans le secteur vulnérable localisé dans la partie aval du bassin versant (secteur Saint-Jean-Baptiste). Des outils de prédiction météorologique pourraient être ajoutés à la boucle décisionnelle de gestion des eaux.

Après l'analyse préliminaire des deux concepts, nous sommes d'avis qu'il est préférable de privilégier les zones de rétention en dérivation. Ce type d'ouvrage apparaît plus facile en termes de construction et de gestion optimale des volumes disponibles pour l'emmagasinement. De plus, les ouvrages en dérivation présentent généralement moins d'impacts sur l'environnement et moins de contraintes dans le processus d'autorisation auprès des autorités gouvernementales responsables.

Comme illustré à la Figure 2-21, une analyse préliminaire du territoire a permis d'identifier huit zones potentielles de rétention, représentant un volume total de rétention de $\pm 850\,000\text{ m}^3$. L'Annexe 2.8 inclut une carte de localisation plus précise des zones identifiées.

- A. ruisseau du Mont-Châtel en amont de l'autoroute Henri-IV ($\pm 120\,000\text{ m}^3$);
- B. ruisseau Des Friches au droit des vestiges du vieux barrage ($\pm 100\,000\text{ m}^3$);
- C. ruisseau Des Friches dans le secteur en amont du ruisseau Sainte-Geneviève ($\pm 200\,000\text{ m}^3$);
- D. ruisseau Notre-Dame à son embouchure ($\pm 35\,000\text{ m}^3$);
- E. ruisseau Notre-Dame, aval à la sortie de l'aéroport ($\pm 30\,000\text{ m}^3$);
- F. rivière Lorette, secteur amont, au sud de la rue Notre-Dame ($\pm 300\,000\text{ m}^3$);
- G. rivière Lorette, secteur centre, au parc de la rue des Loisirs ($\pm 35\,000\text{ m}^3$);
- H. ruisseau n° 3 en amont du petit lac existant (cimetière La Souvenance) ($\pm 30\,000\text{ m}^3$).

Figure 2-21 : Zones potentielles de rétention



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 51
			Rév. : 1

Une des principales contraintes à l'aménagement de zones de rétention est liée au fait qu'il n'existe pas ou peu de terrains de propriété municipale sur l'ensemble du bassin versant. Un processus d'acquisition de terrains et/ou la nécessité de conclure des ententes à long terme avec les propriétaires concernés doit être envisagée.

Également, certaines zones de rétention sont localisées sur des terres agricoles. La *Loi sur la protection du territoire et des activités agricole* sera donc appliquée pour un usage autre que l'agriculture. Notons que l'application de cette loi est particulièrement contraignante pour un usage autre que l'agriculture, particulièrement pour les terres qui sont actuellement cultivées.

Finalement, il est essentiel de vérifier l'assujettissement de ce type d'ouvrage à la procédure d'examen et d'évaluation des impacts sur l'environnement puisque si les zones de rétention sont considérées comme étant des lacs artificiels, les projets ayant une superficie excédant 50 000 m² sont assujettis à la procédure. Mentionnons que l'aménagement de zones de rétention nécessitera l'excavation de quantités relativement importantes de matériaux. Bien qu'à priori ces zones seront toujours vides (il n'existera pas de plans d'eau permanents), elles seront toujours humides en raison de la proximité de la nappe phréatique habituellement observable en bordure des cours d'eau. Dans ce contexte, le concept d'aménagement de ces zones pourra intégrer l'aménagement de milieux humides présentant un bénéfice pour la faune et la flore.

À titre indicatif, un exemple de projet de bassin de rétention est présenté à la Figure 2-22. Il s'agit d'un projet différent des zones de rétention proposées dans le cadre de la présente étude mais il démontre l'envergure des travaux nécessaires. La Figure 2-23 présente donc un bassin de rétention d'eau pluviale d'une capacité de 17 000 m³ calculée à la hauteur des enrochements de protection visibles autour du bassin. Un plan d'eau permanent est existant et le bassin est intégré dans un parc urbain.

L'aménagement de zones de rétention est un axe de solution qui présente un potentiel intéressant et il est recommandé à la Ville de retenir ce type d'ouvrage dans l'élaboration des scénarios de solutions. Le volume nécessaire en rétention sera précisé à la Section 2.7 en fonction des différents scénarios de solutions proposés. L'analyse plus détaillée de la géométrie des ouvrages et des aménagements connexes sera réalisée dans un autre mandat, lors de l'étape d'avant-projet.

Les coûts de construction des zones de rétention varient en fonction des particularités propres à chacun des sites. Ces coûts sont présentés à la Section 2.7 en fonction des différents scénarios de solutions proposés. Les tableaux de l'Annexe 2.7 ventilent les estimations pour les zones de rétention retenues uniquement.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 52
			Rév. : 1

Figure 2-22 : Exemple de projet de bassin de rétention

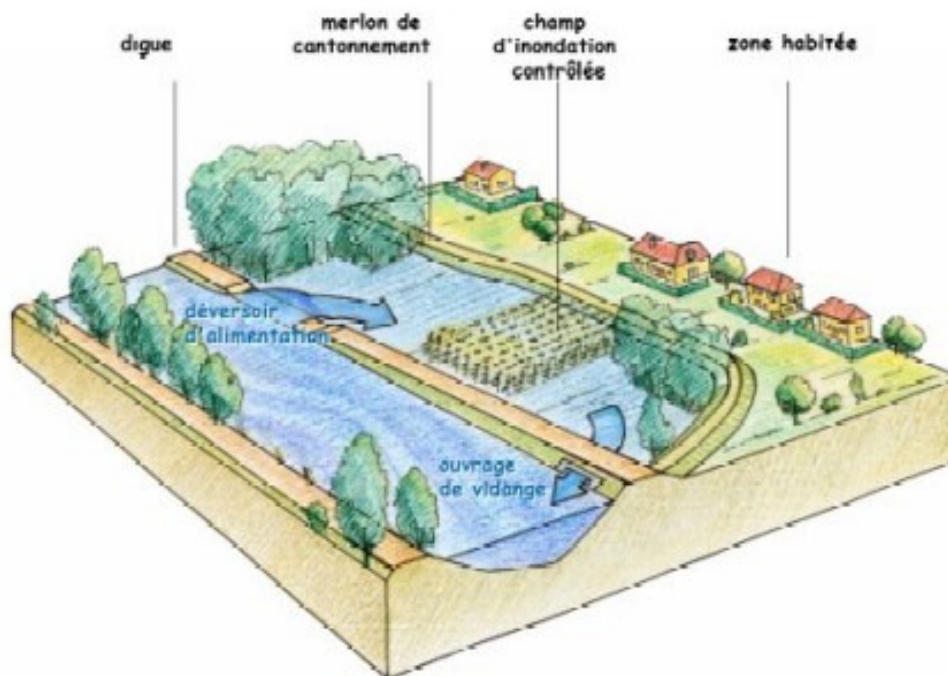


Figure 2-23 : Exemple d'une zone de rétention (17 000 m³)



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 53
			Rév. : 1

2.6.1.2 Emmagasinement aux lacs Laberge (base de plein air de Sainte-Foy)

Les lacs Laberge sont des lacs artificiels localisés sur le territoire de la base de plein air de Sainte-Foy, tout juste au sud du bassin versant de la rivière Lorette. Afin de diminuer la quantité d'eau transitant dans la rivière Lorette en période de crue, il a été envisagé de transférer une quantité importante d'eau de la rivière Lorette (de l'ordre de 15 m³/s) en direction des lacs Laberge. Cette solution nécessite la construction d'un lien hydraulique (canal, conduite, tunnel) entre la rivière Lorette et les lacs Laberge.

De façon préliminaire, les principales contraintes identifiées sont les suivantes :

- la faible pente du terrain dans ce secteur (pente presque nulle) fait en sorte que le lien hydraulique doit avoir une section d'écoulement importante pour un débit de l'ordre de 15 m³/s;
- le lien hydraulique devra traverser la gare de triage du chemin de fer, nécessitant des ententes et des travaux importants qui risquent de perturber les activités ferroviaires;
- le lien hydraulique devra traverser une tourbière ayant un caractère unique dans la région avec un impact écologique anticipé non négligeable sur ce milieu;
- l'impact potentiel sur l'écologie des lacs lié à la qualité de l'eau de la rivière Lorette et dans un contexte de problème de qualité des eaux des lacs Laberge;
- le peu de volume dans les lacs en période de nappe haute. En considérant un marnage d'un mètre d'épaisseur, le volume de rétention est de l'ordre de 150 000 m³;
- les lacs ne présentent actuellement aucun exutoire. Il faudrait aménager un exutoire probablement en direction de la rivière Cap-Rouge.

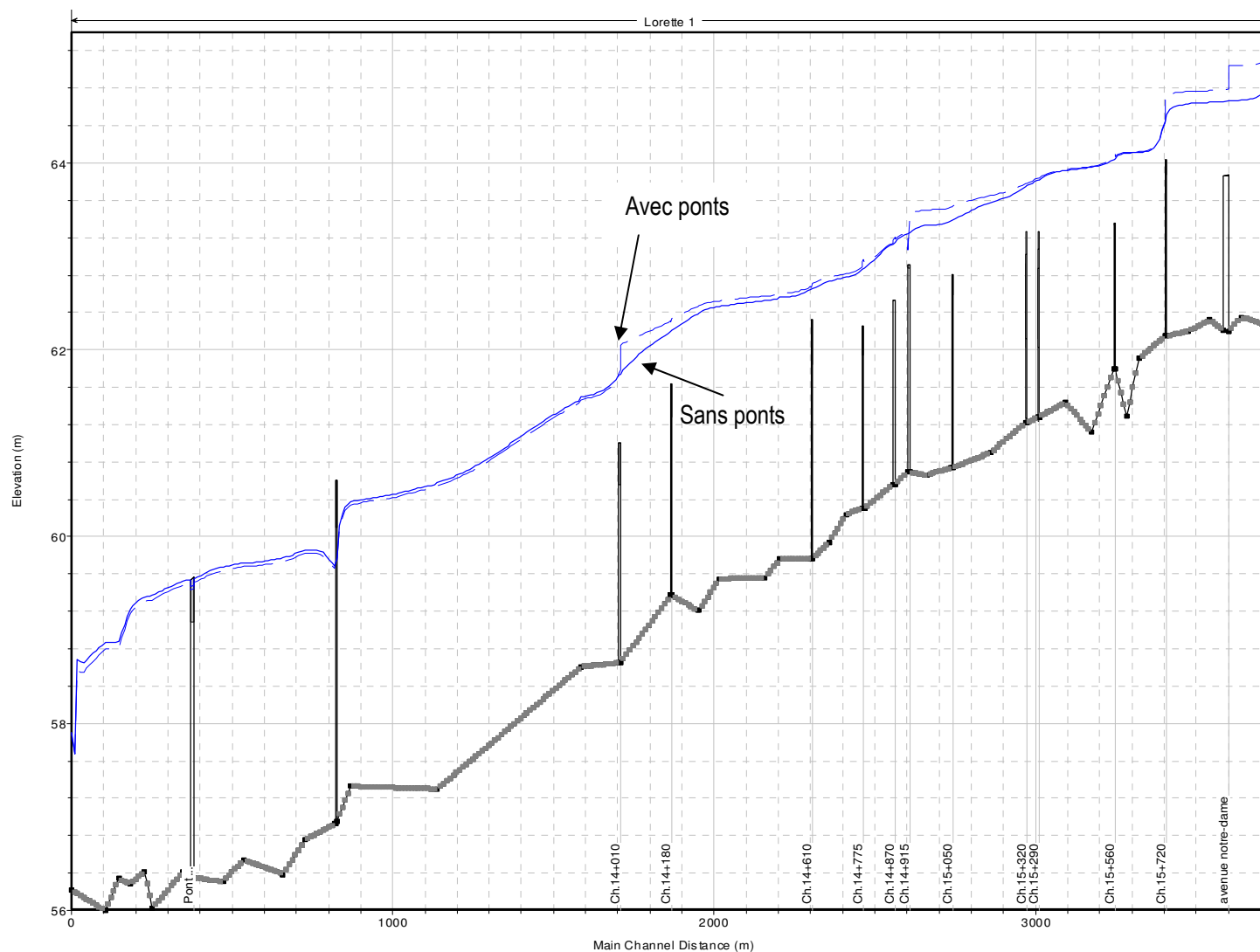
Dans ce contexte, il n'est pas recommandé de retenir cet axe de solution dans l'élaboration des différents scénarios de solutions.

2.6.1.3 Modifications et/ou corrections des ouvrages d'art pour améliorer leur capacité hydraulique

La rivière Lorette est traversée par un grand nombre de ponts, ponceaux et passerelles dont la propriété est privée ou publique. L'objectif de cet axe de solution consiste à vérifier la restriction hydraulique engendrée par chacun de ces ouvrages et de procéder, le cas échéant, aux correctifs nécessaires pour s'assurer qu'ils ne constituent plus une restriction à l'écoulement.

De façon évidente, plusieurs ponceaux privés localisés dans la partie amont de la rivière Lorette, particulièrement le long de la rue Notre-Dame, provoquent des restrictions hydrauliques. Ces dernières contribuent à rehausser le profil hydraulique localement et, dans certains cas, peuvent entraîner l'inondation de certains terrains qui ne seraient pas inondés autrement. La Figure 2-24 présente le profil de la ligne d'eau calculée dans la partie amont de la rivière Lorette (sections 380 à 330 du modèle Lorette, secteur amont) pour l'évènement « Rita » et ce, pour deux conditions, soit, dans un premier temps, avec les ponts et ponceaux actuellement en place et, dans un deuxième temps, sans aucun pont ni ponceau.

Figure 2-24 :
Profils de la ligne d'eau calculée dans la partie amont de la rivière Lorette pour l'évènement « Rita » (conditions avec ponts et ponceaux et sans ponts ni ponceaux)

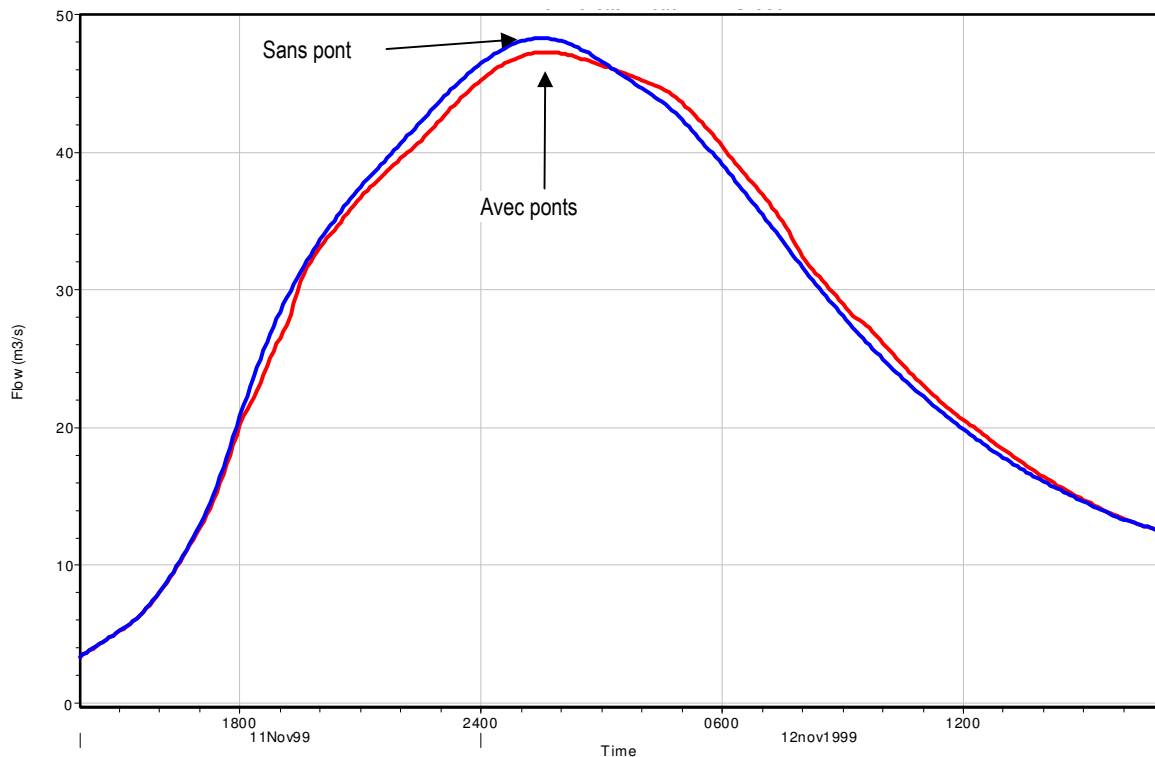


Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 55
			Rév. : 1

La Figure 2-25 présente l'hydrogramme calculé à la section 330 du modèle de la rivière Lorette, secteur amont, pour l'évènement « Rita » et ce, pour deux conditions, soit, dans un premier temps, avec les ponts et ponceaux actuellement en place et, dans un deuxième temps, sans aucun pont ni ponceau. On observe que l'effet des ouvrages existants provoque une baisse de 1,03 m³/s sur le débit de pointe calculé et qu'il entraîne un léger retard de l'hydrogramme au moment de la crue et de la décrue.

Considérant la relativement faible influence des ouvrages restrictifs sur le risque d'inondation dans la partie aval du bassin versant, aucune intervention n'est recommandée en ce qui a trait à ces ouvrages.

Figure 2-25 :
Hydrogramme calculé dans la partie amont de la rivière Lorette (section 330)
pour l'évènement « Rita » (conditions avec ponts et ponceaux et sans pont ni ponceau)



Dans la partie aval du bassin versant, neuf ouvrages d'art sont présents entre le pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel et la rivière Saint-Charles. Des vérifications réalisées à l'aide du modèle « rivière » HEC-RAS permettent d'identifier les bénéfices anticipés de la modification de la géométrie des ponts. Le Tableau 2-26 présente les résultats du différentiel des niveaux d'eau calculés pour un débit de 75 m³/s en considérant la présence et, par la suite, l'absence des ouvrages. Dans un premier temps, la colonne « Différentiel » présente l'effet local de l'enlèvement d'un seul ouvrage et, dans un second temps, la colonne « Différentiel cumulatif » présente l'effet de l'enlèvement de l'ensemble des ouvrages.

Ces résultats démontrent l'effet relativement faible, voire même négligeable à certains endroits, de la restriction causée par les ponts dans ce secteur, (ponts Saint-Jean-Baptiste et du Parc technologique). À titre indicatif, mentionnons que le pont de la rue Michel-Fragasso est celui qui engendre le rehaussement le plus grand, soit 11 cm.

Notons également que des travaux correctifs ont été réalisés avant l'été 2006 au pont Saint-Jean-Baptiste pour corriger l'approche du pont en rive droite.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 56
			Rév. : 1

L'effet restrictif relativement peu important des ouvrages d'art est cohérent avec la réalité du terrain où les ponts n'empiètent que faiblement dans la rivière par rapport à la ligne de berge actuelle. Notons cependant que l'effet restrictif des ponts aura tendance à augmenter pour des débits supérieurs à 75 m³/s puisqu'à cette valeur, certains ouvrages deviennent en charge et que des débordements de la rivière se produisent dans sa plaine inondable.

Tableau 2-26 :
Différentiel du niveau d'eau calculé en amont des ponts dans le secteur aval
de la rivière Lorette pour un débit de 75 m³/s

Pont	Section HEC	Différentiel (m)	Différentiel cumulatif (m)
Boulevard Wilfrid-Hamel Ouest	168	0,06	0,09
	170	0,05	0,08
Michel-Fragasso	147	0,11	0,12
	148	0,11	0,12
Saint-Jean-Baptiste	94	0,01	0,09
	97	0,01	0,08
Henri-IV	85	0,03	0,07
	91	0,04	0,07
Parc Technologique	79	0,01	0,04
	82	0,01	0,04
Boulevard Wilfrid-Hamel Est	27	0,11	0,11
	30	0,09	0,09

Dans ce contexte, il n'est pas recommandé de retenir cet axe de solution dans l'élaboration des différents scénarios de solutions.

2.6.1.4 Renaturalisation et requalification d'un tronçon du cours d'eau dans la partie aval du bassin versant

Dans le tronçon localisé en aval de la rue Saint-Paul, la rivière Lorette est située dans un secteur fortement urbanisé où les rives et les plaines inondables ont subi, au fil des années, des travaux de remblayage et/ou de déblai ayant modifié le lit majeur de la rivière.

Également, ce tronçon aval de la rivière a perdu son caractère naturel et montre un état de dégradation important de son lit et de ses rives par la présence de nombreuses zones de dépôts de sable, de zones d'érosion, par l'absence d'une rive présentant des caractéristiques naturelles et de plaines de débordement pour contenir les débits de récurrence 2, 20 et 100 ans. La Figure 2-26 et la Figure 2-27 présentent des exemples de cette dégradation de la rivière.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 57
			Rév. : 1

Figure 2-26 : Exemple d'une zone de sédimentation, rivière Lorette, été 2006



Figure 2-27 : Exemples de zones d'érosion, rivière Lorette, été 2006



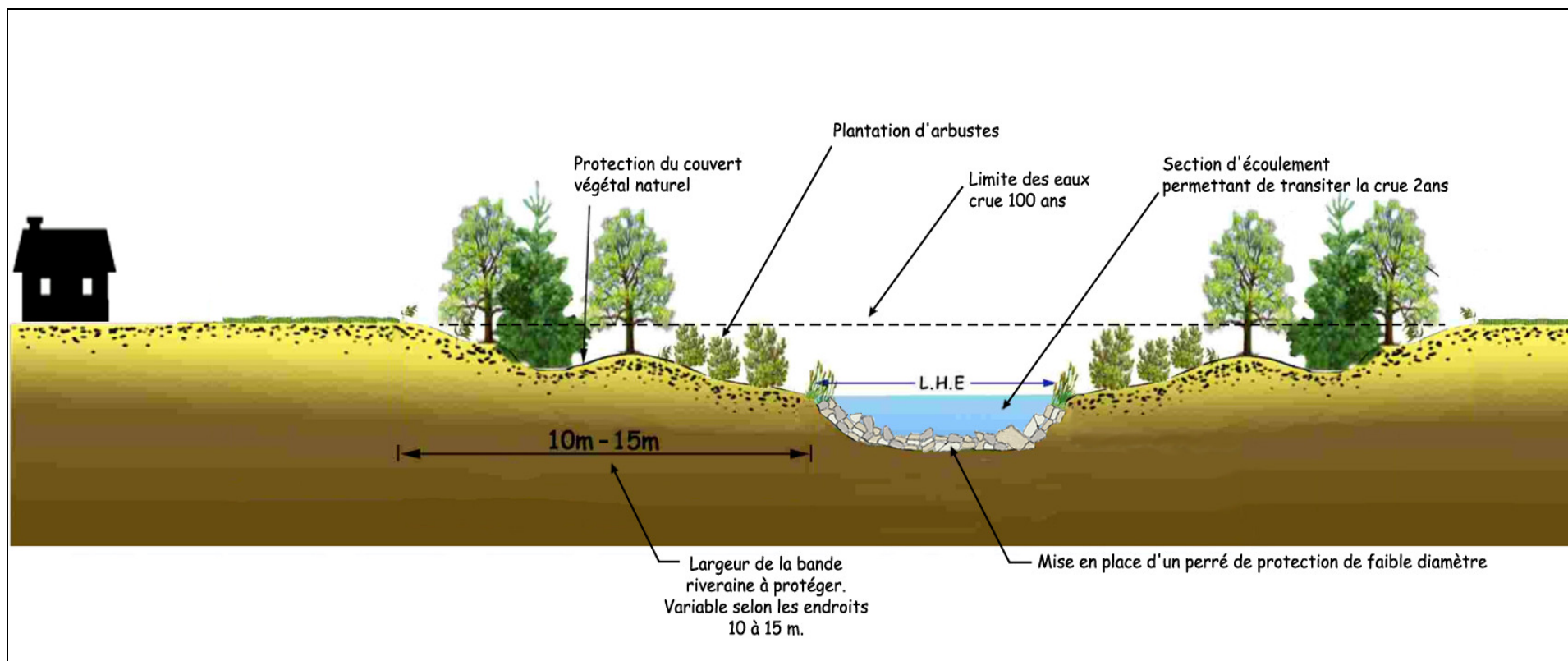
Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 58
			Rév. : 1

Cette axe de solution consiste donc à réaménager la rivière avec une section d'écoulement requalifiée incluant un lit mineur, une zone inondable de grand courant et une zone inondable de faible courant incluant l'instauration de mesures non structurelles visant la protection et la mise en valeur de la zone inondable. La Figure 2-28 présente un schéma type des travaux de renaturalisation. Les travaux consistent essentiellement à réaménager sur une des rives ou sur les deux rives, selon le cas, de manière à redonner à la rivière un lit majeur naturel capable de véhiculer les débits de crue sans nuisances.

Cette requalification doit permettre l'écoulement sans nuisances d'une crue de récurrence au moins centennale. Pour être efficace hydrauliquement, cette solution doit être mise en place sur un tronçon suffisamment long. À titre indicatif, une requalification entre le pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel et le pont Saint-Jean-Baptiste (environ 1 500 mètres linéaires) nous apparaît être un tronçon d'une longueur suffisante et des sections restrictives ne doivent pas se présenter dans l'ensemble du tronçon pour que la solution soit efficace.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 59
			Rév. : 1

Figure 2-28 : Schéma type de la renaturalisation et requalification de la rivière



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 60
			Rév. : 1

Considérant la nature privée de l'occupation du territoire visé, cette solution nécessite l'expropriation et l'acquisition de propriétés, ainsi que des travaux majeurs en cours d'eau. À titre indicatif, un corridor d'intervention d'une largeur de 15 à 20 m, localisé totalement sur une des rives ou répartie sur les deux rives, selon le cas, doit être envisagé pour effectuer les travaux.

D'un point de vue hydraulique, cette solution permet d'augmenter la capacité hydraulique de la rivière et ainsi abaisser le profil hydraulique d'environ 15 cm dans le secteur des travaux. Un abaissement supplémentaire (de 15 à 30 cm) peut être envisagé si des travaux d'enlèvement des sédiments sont effectués en concomitance avec la requalification du cours d'eau (voir Section 2.6.1.6).

Sur le plan environnemental, en comparaison avec l'état de dégradation actuel de ce secteur, cette solution permettrait d'obtenir un impact global positif par l'aménagement d'un lit mineur et d'un lit majeur renaturalisé incluant la mise en place et la protection d'une bande riveraine naturelle. De plus, ce type d'aménagement présente un effet positif sur la qualité des habitats fauniques de la rivière et il permet d'embellir le paysage riverain et de revitaliser le secteur. Il serait envisageable d'augmenter l'accessibilité publique par la création d'un parc linéaire dans cette nouvelle bande riveraine, par exemple.

Les principales contraintes identifiées sont les suivantes :

- propriétés privées sur l'ensemble du tronçon nécessitant l'expropriation et l'acquisition de la bande riveraine pour permettre les travaux ou la négociation d'ententes avec les propriétaires;
- certains ponts peuvent devenir restrictifs après requalification de la rivière. Il serait donc nécessaire d'envisager la possibilité d'augmenter la capacité de ces ouvrages par la mise en place de ponceaux rectangulaires en béton de chaque côté des ponts existants. À titre indicatif, le Tableau 2-27 présente le niveau d'eau calculé à différents ponts en considérant un débit de l'ordre de 85 m³/s dans la rivière Lorette;

Tableau 2-27 : Niveau d'eau dans la rivière Lorette pour un débit de l'ordre de 85 m³/s

Pont	Niveau d'eau simulé (m)	Élévation du dessous de la structure du pont (m)
Boulevard Wilfrid-Hamel Ouest	15,67	15,66
Michel-Fragasso	15,20	14,97
Saint-Jean-Baptiste	14,36	14,58
Henri-IV amont	14,27	14,18
Henri-IV aval	14,14	14,18
Parc Technologique	14,05	14,46

- travaux en rivière complexes et accessibilité limitée;
- processus d'autorisation environnementale nécessitant la réalisation d'une étude d'impact et probablement la tenue d'audiences publiques considérant l'intérêt de la population face à ce dossier. Un délai minimum de l'ordre de 18 à 24 mois est à prévoir pour ce processus.

Le coût des travaux reliés à ce type de solution peut varier grandement en fonction du concept d'aménagement qui serait retenu. En excluant les coûts liés à l'acquisition des terrains, ce type de projet représente des coûts de l'ordre de 3 000 \$ à 3 500 \$/mètre linéaire. En considérant une zone d'intervention d'environ 1 500 m et les coûts associés à la modification de certains ouvrages d'art, cet axe de solution est estimé à 7,2 M\$. Les tableaux de l'Annexe 2.7 ventilent cette estimation.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 61
			Rév. : 1

En raison des contraintes d'acquisition de terrains et du processus d'autorisation environnementale, des délais importants sont à prévoir. Cette solution ne peut donc pas être mise en place à court terme.

Dans ce contexte, cette solution n'est pas rejetée et doit être considérée dans la recherche des différents scénarios d'intervention.

2.6.1.5 Suivi de restrictions hydrauliques locales

La Ville de Québec devra faire le suivi de six sites causant potentiellement des restrictions hydrauliques locales dans le secteur de la rivière localisé entre les deux ponts du boulevard Wilfrid-Hamel. Ces sites ne constituent pas des restrictions majeures susceptibles de provoquer à elles seules des nuisances, mais elles contribuent au rehaussement global du profil hydraulique en période de crue. De plus, il s'agit de sites qui sont généralement plus propices à la formation d'embâcles qui, eux, peuvent causer des restrictions hydrauliques importantes. Le lecteur référera à l'Annexe 2.9 pour plus de détails.

L'ensemble de ces six sites d'intervention représente des travaux de l'ordre de 200 k\$. Il est recommandé de les réaliser à court terme (été 2008). Les tableaux de l'Annexe 2.7 ventilent cet estimé.

2.6.1.6 Travaux de dragage

L'inventaire des zones d'érosion et de sédimentation sur l'ensemble du cours de la rivière Lorette et de ses tributaires a démontré l'abondance des zones d'érosion et de sédiments en transit dans la rivière. De façon plus spécifique, le secteur localisé entre le pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel et l'embouchure de la rivière présente plusieurs zones d'accumulation de sédiments, certaines formant de petits îlots en période d'étiage.

De façon préliminaire, cet axe de solution consisterait à enlever des sédiments (entre 30 et 100 cm d'épaisseur selon les endroits) au fond de la rivière sur une distance de plus de 2000 mètres linéaires dans le secteur entre les deux ponts du boulevard Wilfrid-Hamel.

Cette action a un effet peu significatif sur l'abaissement du profil hydraulique jusqu'aux ponts de l'autoroute Henri-IV, mais son effet augmente jusqu'à une valeur de ± 30 cm localement au pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel.

Ce type de travaux nécessiterait également la mise en place d'un perré de protection à la base du talus dans la zone d'intervention pour protéger la rivière contre le phénomène d'érosion causé par le marnage fréquent du niveau de l'eau.

La mise en place de cette solution est estimée à environ 1,2 M\$.

Les principales contraintes sont reliées à la complexité de réalisation des travaux en raison des problèmes d'accès. De plus, le processus d'autorisation environnementale nécessitera la réalisation d'une étude d'impact et, de toute évidence, la tenue d'une audience publique. Également, ce type d'intervention n'est pas durable et devra être récurrent si aucun contrôle de l'apport en sédiments n'est effectué sur l'ensemble du bassin versant.

Dans ce contexte, il n'est pas recommandé de retenir cet axe de solution au plan d'action.

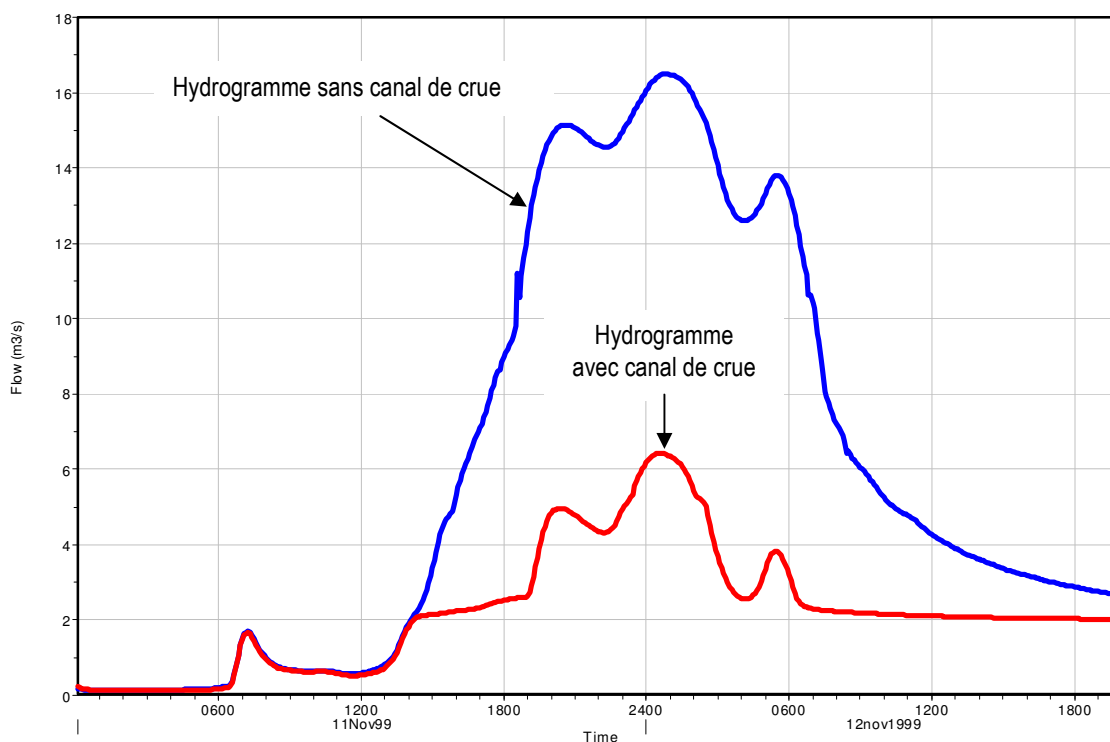
2.6.1.7 Canal de crue (conduite) - Secteur ruisseau du Mont-Châtel

Cet axe de solution consiste à dériver de façon occasionnelle et ponctuelle une partie des eaux du ruisseau du Mont-Châtel en direction de la rivière Saint-Charles à l'aide d'une conduite de dérivation. Le canal de crue permet ainsi de diminuer la pointe de la crue. À titre indicatif, la Figure 2-29 montre l'effet d'un canal de

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 62
			Rév. : 1

cru sur l'hydrogramme simulé dans la partie aval du ruisseau du Mont-Châtel lors de l'évènement « Rita ». Le mode de contrôle du débit dans le ruisseau du Mont-Châtel a été défini à la suite d'un processus d'essais-erreurs en évaluant les bénéfices obtenus en termes de diminution du niveau d'eau dans le secteur à risque d'inondation dans la partie aval du bassin versant de la rivière Lorette. Le mode de gestion proposé consiste donc à détourner le maximum de débit jusqu'à la capacité maximale du canal de crue ($10 \text{ m}^3/\text{s}$) à partir d'un point de contrôle fixé arbitrairement à $2 \text{ m}^3/\text{s}$ dans le cas présent. La pointe de la crue passe d'une valeur de l'ordre de $16,5 \text{ m}^3/\text{s}$ à une valeur de l'ordre de $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$, représentant une diminution du débit de pointe de $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

Figure 2-29 :
Effet d'un canal de crue sur l'hydrogramme simulé lors de l'évènement « Rita »
dans la partie en aval du ruisseau du Mont-Châtel



Notons à titre indicatif qu'un mode de gestion basé sur un débit consigne uniforme à ne pas dépasser dans le ruisseau du Mont-Châtel, de l'ordre de $6 \text{ m}^3/\text{s}$ par exemple, ne permet pas de rencontrer les objectifs de gestion de contrôle des inondations en aval. Le problème se fait sentir principalement lors de la décrue. En effet, en comparant les résultats des hydrogrammes présentés à la Figure 2-29 (hydrogramme du ruisseau du Mont-Châtel) et à la Figure 2-17 (hydrogramme de l'évènement « Rita » dans le secteur aval de la rivière Lorette, courbe en noir) on observe qu'à partir de 24:00 sur l'échelle de temps des graphiques, la rivière Lorette entre dans sa période critique en termes de débit de pointe. Le ruisseau du Mont-Châtel, quant à lui, entre dans sa période de décrue. Considérant le temps de parcours relativement court entre les deux sites, il est important de contrôler un maximum de débit en amont pendant cette période. Un contrôle fixe à une valeur de $6 \text{ m}^3/\text{s}$ aurait débité une plus grande quantité d'eau vers l'aval pendant cette période critique et n'aurait pas permis d'atteindre les objectifs de gestion visés.

L'utilisation de canaux de crue nécessite la mise en place d'un système de contrôle automatique de type « temps réel ». Les simulations ont démontré que la décision de favoriser la dérivation des eaux de ruissellement dans la partie amont du bassin versant de la rivière Lorette doit être prise au bon moment

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 63
			Rév. : 1

pour être efficace et protéger adéquatement les secteurs à haut risque d'inondation. L'utilisation optimale des ouvrages de dérivation proposés est incontournable car l'efficacité de la solution retenue en dépend. Autrement dit, il ne faut pas seulement se doter d'ouvrages de dérivation imposants pour sécuriser les secteurs à risque d'inondation, il faut les opérer au bon moment. Le système « temps réel » actionnera donc le dispositif de contrôle de dérivation dans un canal de crue en fonction d'une consigne reliée au niveau d'eau mesuré en différents points stratégiques sur le bassin versant, dont le secteur vulnérable localisé dans la partie aval du bassin versant (secteur Saint-Jean-Baptiste). La mise en place d'un dispositif de contrôle en temps réel nécessite, entre autres, l'utilisation de sondes de niveau d'eau et d'actionneurs automatiques des vannes de contrôle.

Notons également, que dans le cas spécifique du canal de crue du ruisseau du Mont-Châtel, il sera peut-être nécessaire d'obtenir de l'information sur le niveau d'eau de la rivière Saint-Charles dans l'éventualité où des contraintes de gestion étaient identifiées dans le bassin versant de cette rivière.

La Figure 2-30 présente un tracé préliminaire potentiel pour l'aménagement d'un canal de crue. Celui-ci capterait l'eau du ruisseau immédiatement en amont de l'autoroute Henri-IV et l'acheminerait en conduite jusqu'au ruisseau Sainte-Barbe, lequel est tributaire de la rivière Saint-Charles.

La conduite de 2,4 m de diamètre permettrait de véhiculer un débit de pointe de l'ordre de 10 m³/s. Le radier amont serait situé à une élévation d'environ 63 m, tandis que la sortie, située 2 300 m plus en aval, se trouverait à une élévation d'environ 61 m, ce qui donne une pente moyenne de l'ordre de 0,2 %.

La profondeur moyenne à excaver pour la mise en place de la conduite s'élève à 5 m et trois infrastructures routières doivent être traversées, soit le boulevard de l'Auvergne, la rue Armand-Viau Nord et le boulevard de L'Ormière. La mise en place de cette conduite serait effectuée par des travaux conventionnels en tranchée ouverte. Des travaux d'aménagement et de protection seront également nécessaires dans le ruisseau Sainte-Barbe dans sa portion située entre l'embouchure de la conduite de dérivation et la rivière Saint-Charles. De façon préliminaire, nous envisageons que ces travaux de protection ne seront pas nécessaires sur plus de 300 mètres linéaires. Cependant, une étude hydraulique détaillée du ruisseau Sainte-Barbe devra être effectuée pour déterminer de façon précise la nature des travaux à réaliser pour accueillir un débit supplémentaire de l'ordre de 10 m³/s dans ce cours d'eau. Notons qu'un tracé alternatif a été identifié le long du boulevard de l'Auvergne, directement jusqu'à la rivière Saint-Charles. Le choix du meilleur tracé devra être évalué dans le cadre d'un autre mandat, à l'étape d'avant-projet.

Les principales contraintes identifiées pour cet axe de solution sont les suivantes :

- propriété des terrains nécessitant une servitude

Les terrains sur lesquels l'aménagement du canal de crue serait effectué ne se trouvent pas sur des propriétés appartenant à la Ville de Québec ce qui nécessite la négociation d'ententes avec les propriétaires.

- autorisation gouvernementale

Plusieurs éléments doivent être discutés avec les autorités gouvernementales concernant l'autorisation de ce type de projet. Notons, entre autres, le principe même de la dérivation qui devra faire l'objet d'une entente. Mentionnons cependant que la nature occasionnelle et ponctuelle de la dérivation fera en sorte que des crues se produiront quand même annuellement dans le ruisseau du Mont-Châtel, maintenant ainsi un équilibre des processus hydrologiques naturels. Également, le prélèvement de l'eau se ferait dans la partie aval du bassin versant, à moins d'un kilomètre de l'embouchure du cours d'eau, ce qui minimise l'impact.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 64 Rév. : 1

- aspects humains liés aux craintes de déplacer le problème ailleurs

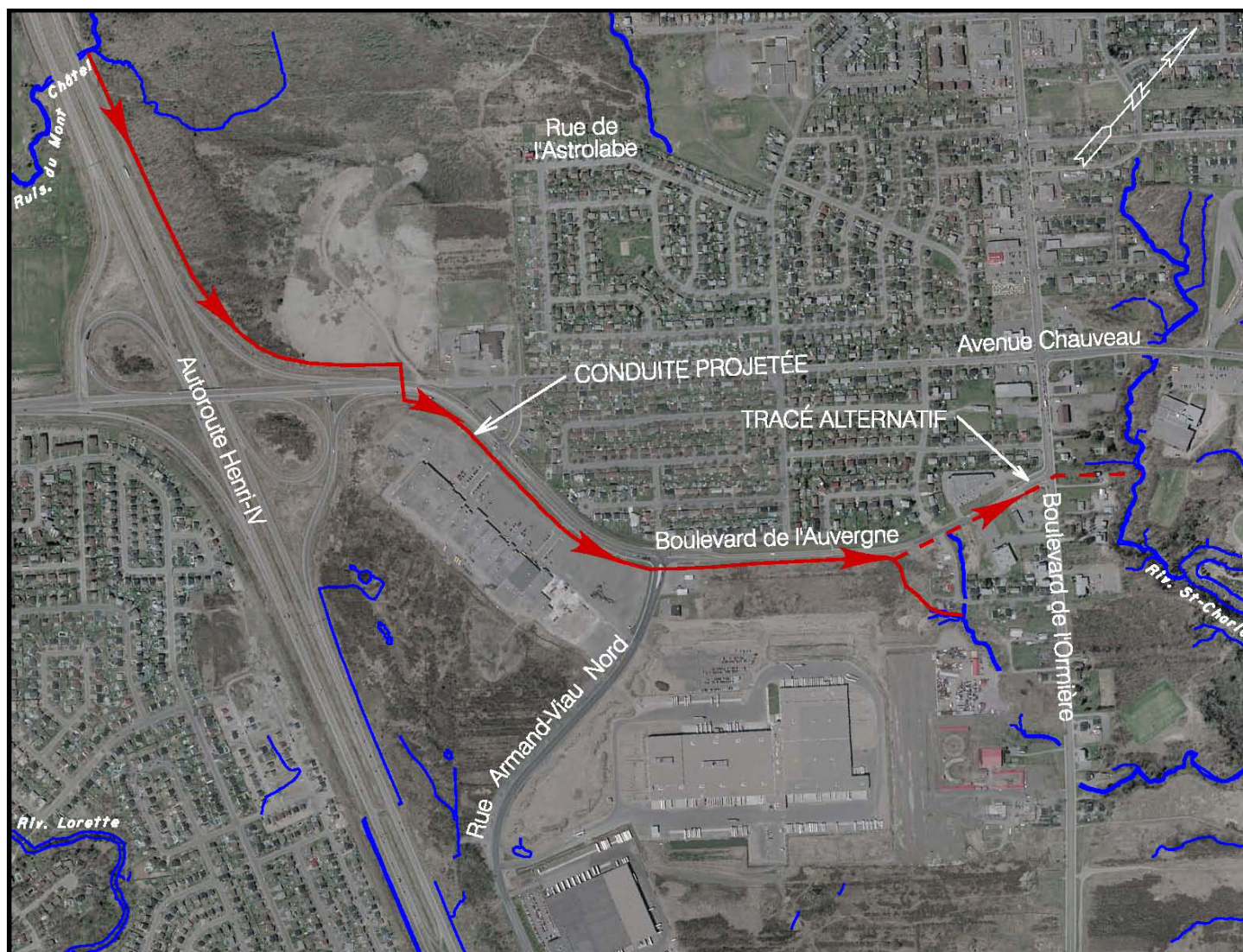
Des vérifications préliminaires sur les impacts potentiels dans la rivière Saint-Charles, notamment en termes de risques accrus d'inondation, ont été réalisées et démontrent que l'ajout d'un débit de l'ordre de 10 m³/s n'est pas de nature à créer des nuisances dans ce tronçon de la rivière Saint-Charles. À titre indicatif, les débits de crue de récurrence 20 et 100 ans à cet endroit dans la rivière Saint-Charles s'élèvent respectivement à 90 et 97 m³/s, ce qui représente une augmentation des débits de l'ordre de 10 % dans un secteur qui ne présente pas de problématique de capacité hydraulique. Le secteur de la rue Saint-Léandre, localisé un peu en aval du boulevard Père-Lelièvre, est le seul endroit qui nécessite une attention particulière car ce secteur présente un risque d'inondation. Ce secteur est cependant immédiatement en amont de la rivière Lorette et subit déjà l'influence de cette dernière. Une étude hydraulique spécifique devra être effectuée pour bien documenter les impacts de dériver un débit de l'ordre de 10 m³/s en direction de la rivière Saint-Charles.

Cet axe de solution représente des coûts de construction d'environ 9,4 M\$ (excluant les servitudes). Notons que cette solution ne nécessite aucune acquisition de terrain. Les tableaux de l'Annexe 2.7 ventilent cette estimation.

Par rapport à l'aménagement d'une zone de rétention telle que présentée à la Section 2.6.1.1, la construction d'un canal de crue offre l'avantage d'être disponible en tout temps sans aucune limite de volume disponible. Cela offre une plus grande flexibilité de gestion et simplifie le mode opérationnel de l'ouvrage. De plus, cet axe de solution intervient dans la partie amont du bassin versant de la rivière Lorette. Les bénéfices se font donc sentir sur l'ensemble du cours d'eau en aval de l'intervention.

Il est recommandé de retenir cet axe de solution dans l'analyse des différents scénarios d'intervention.

Figure 2-30 : Canal de crue, secteur amont - Ruisseau du Mont-Châtel



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 66
			Rév. : 1

2.6.1.8 Canal de crue (tunnel) - Rivière Lorette, secteur Parc de l'Ancienne-Lorette

Cet axe de solution consiste à dériver des eaux de la rivière Lorette vers la rivière Saint-Charles à l'aide d'une conduite mise en place à l'aide d'un tunnelier. Celle-ci capterait l'eau de la rivière Lorette dans le secteur du Parc de l'Ancienne-Lorette pour l'acheminer directement à la rivière Saint-Charles.

La conduite de 2,4 m de diamètre permettrait de véhiculer un débit de l'ordre de 10 m³/s. Le radier amont serait situé à l'élévation 48 m, tandis que la sortie située 2 500 m plus en aval serait à l'élévation 35 m. Notons que le terrain naturel atteint une élévation de 67 m entre ces deux points (Figure 2-31).

Les principales contraintes identifiées sont les suivantes :

- faisabilité technique du projet;
- aspects humains liés aux craintes de déplacer le problème ailleurs;
- autorisation gouvernementale;
- propriété des terrains nécessitant une servitude.

Cet axe de solution représente des coûts de construction de plus de 25 M\$ en excluant les servitudes nécessaires.

Il n'est pas recommandé de retenir cet axe de solution au plan d'action.

2.6.1.9 Canal de crue (fossé) - Secteur Saint-Jean-Baptiste

L'aménagement d'un canal à ciel ouvert dans le secteur Saint-Jean-Baptiste permettrait de détourner une fraction significative du débit de la rivière Lorette afin de contourner le secteur vulnérable. Tel qu'illustré à la Figure 2-32, le canal serait aménagé en rive droite de la rivière, le long de la voie ferrée. L'entrée serait localisée dans le méandre de la rivière Lorette, un peu en amont de la rue Rideau, et la sortie serait située dans la plaine inondable en rive droite, immédiatement en aval du pont du Parc Technologique. Cette solution présente les caractéristiques suivantes :

- longueur d'environ 2 300 m;
- élévation du fond du fossé en amont de 12 m, en aval de 10 m;
- pente de 0,086 %;
- capacité d'environ 15 m³/s;
- section trapézoïdale avec une largeur au fond de 2 m, une profondeur de 4 m et des talus d'une pente de 1,5:1. La section moyenne à excaver serait de 32 m² par mètre linéaire. Il serait également possible d'aménager un canal ayant une section rectangulaire par la mise en place un ouvrage de type gabion permettant l'aménagement de murs verticaux. Dans ce contexte, la mise en place d'une clôture devra être envisagée le long du canal. Le cas échéant, le choix du design final du canal sera précisé à l'étape d'avant-projet;
- ensemencement des pentes suffisant pour protéger le sol contre l'érosion puisqu'il ne se produira pas d'écoulement en permanence dans ce fossé;

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 67
			Rév. : 1

- en amont du fossé, en rive de la rivière Lorette, un seuil déversoir de béton fixe pourrait être aménagé pour empêcher l'eau de s'écouler dans le fossé en période d'écoulement normal. L'élévation de la crête du déversoir serait située à l'élévation 13 m, soit 1,2 m plus haut que le fond du lit de la rivière à cet endroit. Un système équipé d'une vanne mécanique pourrait être mis en place en amont du canal pour le contrôle de l'entrée d'eau dans le canal;
- trois infrastructures routières doivent être traversées, c'est-à-dire la rue Rideau, l'autoroute Henri-IV et la rue du Parc technologique;
- mise en place localement de digues de confinement d'une hauteur moyenne de 1,3 m sur les rives de la rivière et du fossé afin de confiner l'écoulement dans la rivière Lorette aux environs du début du fossé.

Les principales contraintes identifiées sont les suivantes :

- faible pente du terrain, ce qui limite la capacité du canal;
- intervention sur des terrains privés nécessitant l'acquisition ou une servitude de largeur suffisante;
- nécessité de traverser la rue Rideau, l'autoroute Henri-IV et la rue du Parc technologique avec de nouveaux ponts
- autorisation gouvernementale.

Les coûts de construction de cette solution sont estimés à environ 9,7 M\$ (excluant les servitudes et les acquisitions de terrains). Les tableaux de l'Annexe 2.7 ventilent cette estimation.

Il est recommandé de retenir cet axe de solution dans l'analyse des différents scénarios d'intervention.

2.6.1.10 Canal de crue (conduite) - secteur boulevard Wilfrid-Hamel

Cette variante du canal de crue permettrait d'acheminer un débit de l'ordre de 15 m³/s du pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel, près du commerce « Centre-jardin Hamel », au pont le plus à l'est du boulevard Wilfrid-Hamel, près du boulevard Masson, via une conduite souterraine enfouie dans l'axe du boulevard Wilfrid-Hamel. Hydrauliquement, ce parcours de plus de 1 500 mètres linéaires nécessite la mise en place d'une conduite rectangulaire de 2,0 x 3,5 m, laquelle se trouvera en charge à plusieurs endroits (voir Figure 2-33).

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615
		Page : 68
		Rév. : 1

Figure 2-31 : Canal de crue – Rivière Lorette, secteur Parc de l'Ancienne-Lorette

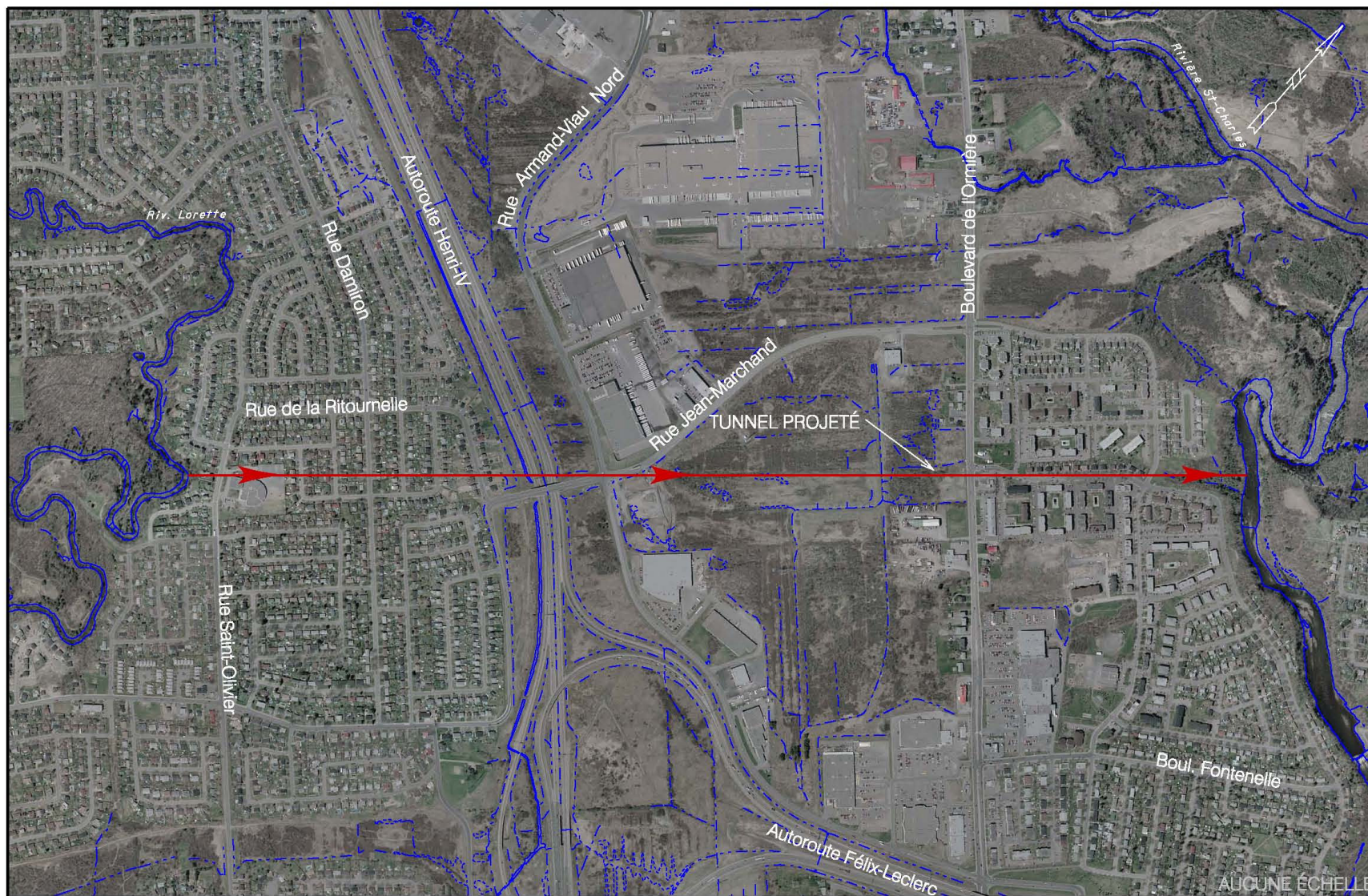
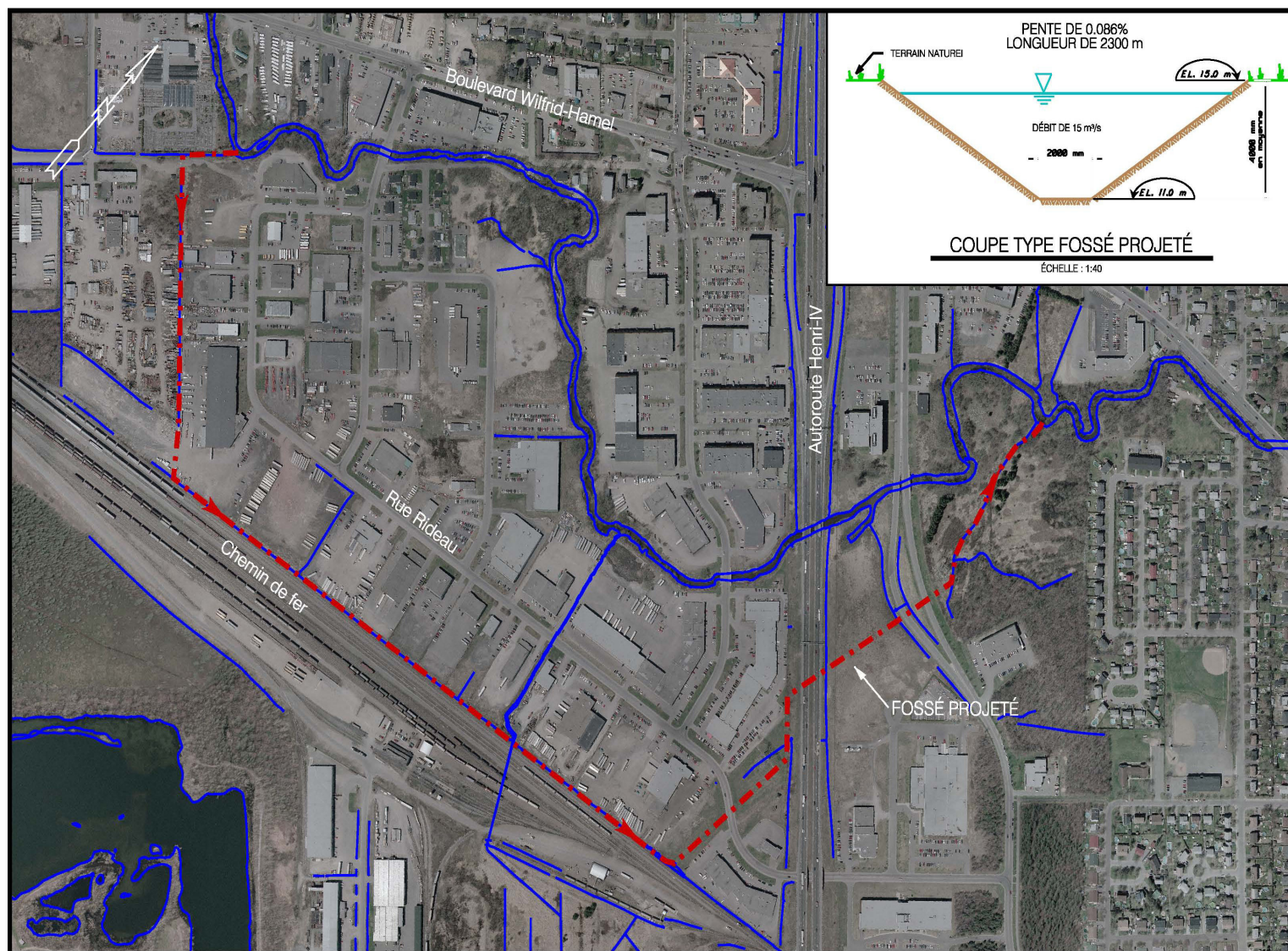


Figure 2-32 : Canal de crue, secteur aval - Saint-Jean-Baptiste



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615
		Page : 70
		Rév. : 1

Figure 2-33 : Canal de crue, secteur aval – Boulevard Wilfrid-Hamel



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 71
			Rév. : 1

Techniquement, la réalisation de cette solution nous apparaît très complexe en raison de plusieurs contraintes importantes liées à la présence de différents réseaux (gaz, Hydro-Québec, aqueduc), au croisement de plusieurs conduites pluviales, dont cinq nécessiteraient de façon préliminaire la mise en place d'un poste de pompage, à la présence d'égouts sanitaires, etc. De plus, la traversée de l'autoroute Henri-IV sous le viaduc présente des contraintes particulières et la gestion de la circulation pendant la durée des travaux constituerait un défi de taille sur cette artère importante de la Ville.

Une estimation préliminaire des coûts établit cet axe de solution à une valeur de l'ordre de 25 M\$.

Dans ce contexte, il n'est pas recommandé de retenir cet axe de solution dans les différents scénarios d'intervention à analyser.

2.6.1.11 Utilisation du tunnel affluent et de l'émissaire des eaux traitées de la station Ouest

L'utilisation de la capacité de rétention du tunnel affluent à la station Ouest de la Ville de Québec, en combinaison avec un rejet au fleuve Saint-Laurent via l'émissaire des eaux traitées de cette station, a été envisagée.

Dans les deux cas, une conduite de raccordement devrait être mise en place entre la rivière Lorette et la station Ouest.

Les principales contraintes identifiées sont les suivantes :

- capacité limitée de la conduite, principalement en période de marée haute;
- travaux de raccordement complexes.

Le système de contrôle en temps réel maximise déjà l'utilisation de ces éléments en temps de pluie, ce qui rend cette option caduque. Cet axe de solution n'est donc pas retenu.

2.6.1.12 Dérivation vers le collecteur Saint-Jude

Il s'agit ici de profiter de l'opportunité d'effectuer le détournement du collecteur de la rue Einstein vers le collecteur Saint-Jude, dont le remplacement est déjà prévu par la Ville en 2008. Pour ce faire, le tracé des rues futures est à définir dans le parc technologique en fonction de l'implantation d'industries futures.

Tel qu'illustré à la Figure 2-34, cette solution permettrait le détournement du ruissellement de 78 hectares actuellement tributaires de la rivière Lorette via le collecteur Henri-IV. Le coût de cette intervention est estimé par le Service de l'Ingénierie de la Ville de Québec à ±500 k\$. Il est recommandé de mettre en œuvre cette solution sur un horizon court terme (2008).

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 73
			Rév. : 1

Lors de crues importantes, l'eau de la rivière Lorette peut envahir le réseau d'égout pluvial et provoquer des inondations par refoulement du réseau d'égout tel que présenté à la Figure 2-35. Des secteurs qui ne seraient pas normalement inondés par débordement direct de la rivière peuvent ainsi être inondés par refoulement de la rivière dans le réseau pluvial.

Figure 2-35 :
Débordement du réseau d'égout pluvial sur la rue Rideau (photographie prise le 26 septembre 2005)



Cet axe de solution vise à immuniser des terrains situés dans les zones à risques d'inondation par la mise en place de clapets antiretour et de postes de pompage sur certains émissaires pluviaux.

Comme illustré à la Figure 2-36, cette solution nécessite la mise en place d'un clapet antiretour et d'un poste de pompage sur quatre émissaires pluviaux, ainsi que la mise en place d'un clapet antiretour uniquement à trois autres sites. À titre indicatif, la Figure 2-37 présente un schéma type de ce type d'ouvrage

Notons que la Ville de L'Ancienne-Lorette a mis en place un clapet antiretour et un poste de pompage à l'extrémité sud de la rue Drolet (Figure 2-36), ouvrage existant) afin d'améliorer l'immunisation du secteur localisé à l'intersection des rues St-Eugène et Papillon.

Figure 2-36 : Immunisation locale, secteur Carrefour du commerce (rue Rideau)

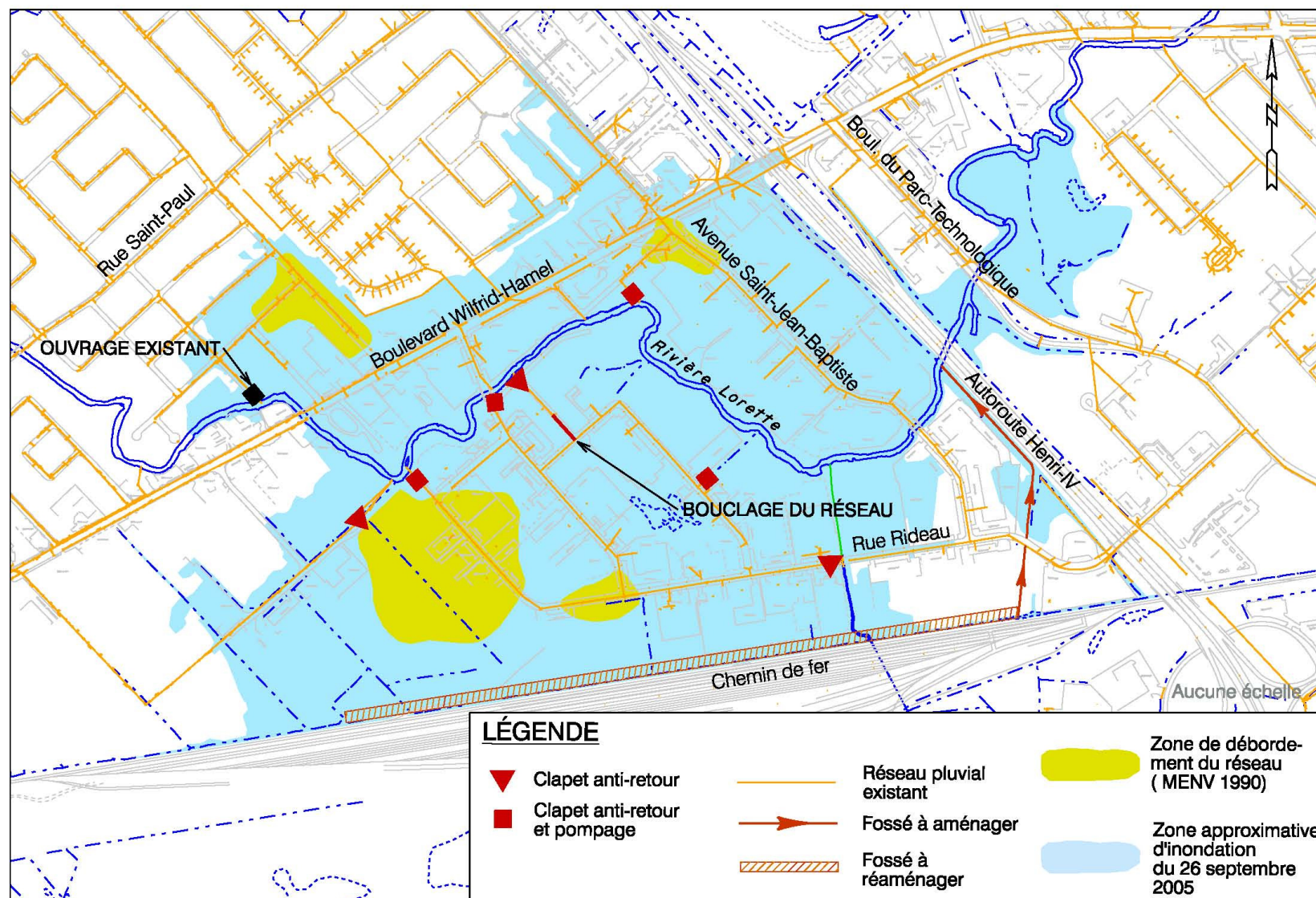
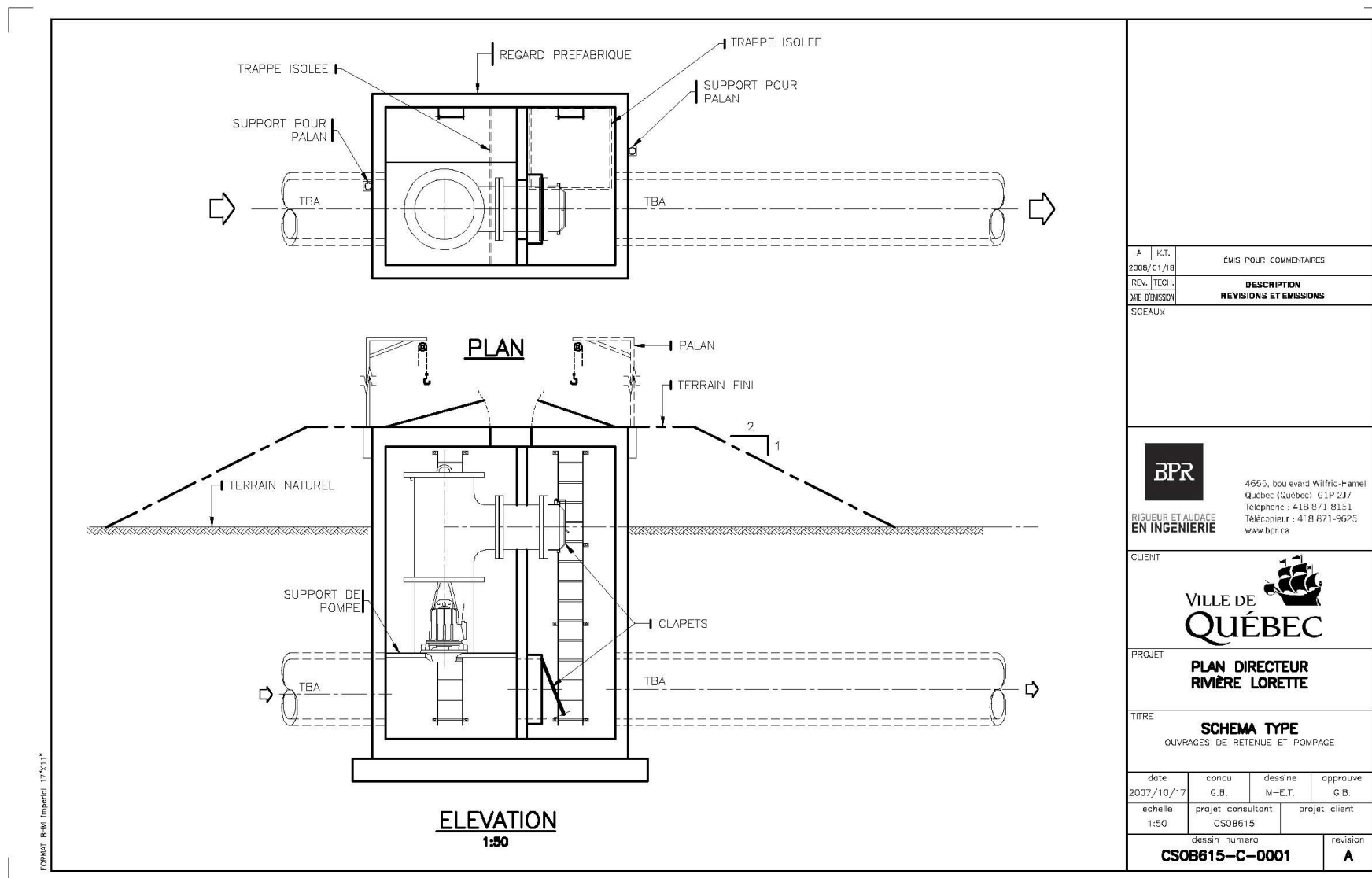


Figure 2-37 : Schéma type de clapet et poste de pompage



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 76
			Rév. : 1

Pour rendre ces mesures d'immunisation efficaces, le drainage de surface doit être amélioré. En effet, le fossé longeant le chemin de fer au sud de la zone visée doit être réaménagé pour acheminer les eaux de ruissellement vers la rivière Lorette et ce, le plus en aval possible, soit tout juste en amont du pont de l'autoroute Henri-IV. Le tracé proposé pour ce fossé réaménagé utilise l'emprise de la ligne de transmission électrique pour franchir la rue Rideau et longe l'autoroute Henri-IV vers le nord, tel que montré à la Figure 2-36. Le tout représente un réaménagement des fossés existants sur 1 250 mètres linéaires en longeant le chemin de fer et l'aménagement d'un nouveau fossé sur une longueur de 500 mètres linéaires entre ce dernier et la rivière, incluant la pose d'un ponceau sous la rue Rideau.

Également, cet axe de solution nécessite à plusieurs endroits la correction du profil de la berge en construisant localement de petites digues en bordure de la rivière de manière à empêcher son débordement. Ces digues seront végétalisées à l'aide de plantes herbacées et de graminées pour qu'elles puissent s'intégrer au paysage. La mise en place de ces petites digues est nécessaire pour assurer un niveau de service uniforme pour l'ensemble du secteur et qu'un point bas de la rive ne permettra pas le débordement de la rivière et l'inondation des terrains. De plus, la présence des postes de pompage permet d'envisager ce type d'aménagement considérant la possibilité de drainer l'ensemble des terrains via le réseau pluvial et les postes de pompage. Pour ce faire, il sera probablement nécessaire d'effectuer des travaux de reprofilage et de drainage des arrières-lots. Une étude spécifique pour déterminer la nature exacte de ces travaux devra être réalisée à l'étape d'avant-projet. C'est donc dans ce contexte qu'un niveau de service correspondant à un débit de l'ordre de 75 m³/s a été défini pour ce tronçon de rivière. À ce débit, l'ensemble des ouvrages d'art fonctionnent de façon acceptable et la correction moyenne du profil de la berge à l'aide de digues est de 36 cm avec un maximum localement de 102 cm en excluant les revanches de sécurité nécessaires. La carte de l'Annexe 2.10 présente la localisation des zones de correction du profil de la berge.

Il est important de préciser que l'aménagement de ces digues sera effectué, dans tout les cas de figure, au sommet du talus formant la rive dans une zone déjà perturbée et localisée en arrières-lots de secteurs industriels et commerciaux. Cette zone est située à l'extérieur de la limite naturelle des hautes eaux de la rivière, comme présenté sur la carte de l'Annexe 2.10. Notons également que la mise en place de ces petites digues ne provoquera pas d'augmentation significative des vitesses d'écoulement le long des rives, tel que présenté au Tableau 2-28.

En terminant, mentionnons que lorsque applicable, des travaux de stabilisation de la berge pourront être réalisés de façon simultanée à la construction des digues. En effet, dans certains cas bien particuliers, des travaux de stabilisation de la berge sont nécessaires en raison de l'érosion importante du talus. Dans ces cas de figure, la petite digue pourra être intégrée aux travaux de stabilisation. La détermination précise de ces endroits devra être réalisée dans le cadre d'une étude d'avant-projet visant la conception détaillée des ouvrages. L'impact sur le milieu naturel de cet axe de solution est jugé négligeable dans ce contexte. À titre indicatif, la Figure 2-38 présente un exemple d'environnement dans lequel ce type d'aménagement sera réalisé.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 77
			Rév. : 1

Tableau 2-28 :
Analyse comparative des vitesses d'écoulement à différentes sections de la rivière Lorette
entre un scénario sans aucune solution (état actuel) et un scénario
avec correction de profil de la berge (digue)

Section	Solution	Vitesse (m/s)		
		Rive gauche	Centre	Rive droite
150	Aucune (1)	0,39	1,58	0,26
150	Avec digue (2)	0,43	1,67	0,26
140	Aucune (1)	0,23	1,62	0,31
140	Avec digue (2)	0,25	1,66	0,30
130	Aucune (1)	0,43	1,42	0,38
130	Avec digue (2)	0,41	1,39	0,36
120	Aucune (1)	0,40	1,16	0,42
120	Avec digue (2)	0,56	1,28	0,45
80	Aucune (1)	0,40	0,78	0,37
80	Avec digue (2)	0,38	0,76	0,37

(1) Scénario sans aucune solution pour l'événement « Rita », débit $\pm 95 \text{ m}^3/\text{s}$.

(2) Scénario avec mise en place de différents contrôles du débit en amont, débit $\pm 75 \text{ m}^3/\text{s}$.

Figure 2-38 :
Exemple d'environnement pour l'implantation des digues
permettant la correction du profil de la berge



La principale contrainte identifiée porte sur la nécessité de travaux d'entretien récurrents en ce qui a trait aux clapets antiretour et aux postes de pompage installés. Également, la construction des postes de pompage et la mise en place des digues nécessiteront la négociation d'ententes et de servitudes avec les

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 78
			Rév. : 1

propriétaires concernés considérant que la Ville ne possède aucun terrain dans ce secteur. L'obtention d'une autorisation gouvernementale est également requise avant de procéder à des travaux de cette nature.

L'ensemble de ces travaux d'immunisation locale représente un investissement de l'ordre de 2,4 M\$ en excluant les acquisitions de terrains. Les tableaux de l'Annexe 2.7 ventilent cette estimation.

Il est recommandé de considérer de façon prioritaire la mise en œuvre de cet axe de solution dans l'analyse des différents scénarios de solutions.

2.6.3 Mesures non structurelles

2.6.3.1 Protection et conservation des rives, du littoral, des plaines inondables et de débordement et des zones humides et boisées

L'ensemble de ces milieux joue un rôle important dans la régulation du cycle hydrologique mais également dans la biodiversité, tel qu'énoncé dans la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables* du gouvernement du Québec. C'est dans ce contexte qu'il est important de définir de façon prioritaire les plaines de débordement sur l'ensemble du bassin versant de la rivière Lorette et de traduire ces secteurs identifiés en zones de conservation dans la réglementation municipale. Son application permettra, entre autres, de favoriser le laminage des crues et l'infiltration d'une certaine quantité d'eau en prévenant le développement dans les zones à risques.

2.6.3.2 Surveillance et entretien de la rivière

La surveillance et l'entretien de la rivière, principalement en ce qui concerne les zones d'érosion et de sédimentation, ainsi que le libre écoulement de la rivière (embâcles et autres), sont des activités effectuées de façon récurrente par la Ville. Les programmes en place doivent être maintenus et valorisés dans la mesure du possible.

2.6.3.3 Programme de stabilisation des berges et de requalification des lots riverains

La Ville a déjà mis en place un programme de stabilisation des berges. Il est important de le maintenir et de le valoriser, dans la mesure du possible, de façon spécifique pour l'ensemble du bassin versant de la rivière Lorette.

Également, il existe un programme de requalification des lots riverains inondés visant à évaluer l'opportunité de réaliser des travaux permettant de régulariser la situation sur ces lots dans le cadre d'une analyse coûts/avantages. Ce programme doit être maintenu et valorisé.

2.6.4 Tableau global de solutions « rivière » étudiées

Le Tableau 2-29 présente une synthèse de l'ensemble des axes de solutions « rivière » étudiés.

Tableau 2-29 : Synthèse des axes de solutions « rivières » étudiés

Section	Axes de solutions	Brève description	Principales contraintes	Envergure des coûts	Commentaires
2.6.1	Mesures visant le contrôle de l'aléa				
2.6.1.1	Zones de rétention	Construction de zones de rétention majeures permettant d'écarter les débits de pointe des crues. Contrôle de la fermeture des vannes de l'ouvrage automatisé en « temps réel » en fonction du niveau d'eau dans la rivière dans les secteurs à risques d'inondation. Huit sites potentiels identifiés représentant un volume de rétention de ±850 000 m³. Besoin total préliminaire (sans canaux de dérivation) estimé à environ 750 000 m³	<ul style="list-style-type: none">Aucun site sur des propriétés municipales.Acquisition et/ou entente avec les propriétaires des terrains identifiés.Certains sites en territoire agricole. Application de la <i>Loi sur la protection du territoire agricole</i>.Application de la Loi sur la sécurité des barrages.Délais importants pour la mise en place de ce type de solution.Mode de gestion optimale complexe.	21,4 M\$ (excluant l'acquisition de terrains)	Axe de solution retenu pour l'analyse des scénarios d'intervention
2.6.1.2	Emmagasinement aux lacs Laberge (base de plein air de Sainte-Foy)	Transfert d'une quantité importante d'eau de la rivière Lorette en période de crue en direction des lacs Laberge, localisés sur la base plein-air de Sainte-Foy. Nécessite la construction d'un lien hydraulique (canal, conduite, tunnel) entre la rivière Lorette et les lacs Laberge.	<ul style="list-style-type: none">Le lien hydraulique devra traverser la gare de triage du chemin de fer et une tourbière.Impact sur l'écologie des lacs.Peu de volume dans les lacs en période de nappe haute.Les lacs n'ont aucun exutoire actuellement.	N.D.	Non retenu
2.6.1.3	Modifications et/ou corrections des ouvrages d'art pour améliorer leur capacité hydraulique	Remplacement, élargissement ou correction des ouvrages d'art situés entre le pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel et la rivière Saint-Charles. Des vérifications hydrauliques ont démontré qu'actuellement, chaque pont, pris individuellement, a un effet marginal sur le rehaussement du profil hydraulique pour un débit de crue de 75 m³/s. L'effet cumulatif d'une modification de l'ensemble des ponts est de l'ordre de 10 cm.	<ul style="list-style-type: none">Impact sur la population pendant les travaux.	N.D.	Non retenu
2.6.1.4	Renaturalisation et requalification d'un tronçon du cours d'eau dans la partie aval du bassin versant	Renaturalisation de la rivière par l'aménagement d'une section d'écoulement requalifiée incluant un lit mineur, une zone inondable de grand courant et une zone inondable de faible courant. Cette requalification doit permettre l'écoulement sans nuisances des crues. La zone d'intervention visée est localisée entre le pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel et le pont Saint-Jean-Baptiste, sur une distance d'environ 1 500 mètres linéaires.	<ul style="list-style-type: none">Propriétés de nature privée des terrains.Certains ponts peuvent devenir restrictifs, nécessitant des travaux correctifs.Processus d'autorisation environnementale nécessitant une étude d'impact et des audiences publiques.Délai importants à prévoir avant la réalisation de cette solution (minimum de 18-24 mois).	7.2 M\$ (excluant l'acquisition de terrains)	Axe de solution retenu pour l'analyse des scénarios d'intervention
2.6.1.5	Suivi des restrictions hydrauliques locales	Faire le suivi de six sites d'intervention relativement à des restrictions hydrauliques locales dans le secteur de la rivière localisé entre les deux ponts du boulevard Wilfrid-Hamel.	<ul style="list-style-type: none">Intervention sur des sites qui ne sont pas des propriétés municipales.Certificat d'autorisation requis du MDDEP.	±200 k\$	Intervention court terme (2008)
2.6.1.6	Travaux de dragage	Enlèvement de sédiments (entre 30 et 100 cm) au fond de la rivière sur une distance de plus de 2 000 mètres linéaires dans le secteur entre les deux ponts du boulevard Wilfrid-Hamel. Cette action a un effet peu significatif sur l'abaissement du profil hydraulique jusqu'aux ponts de l'autoroute Henri-IV, mais son effet augmente jusqu'à une valeur de ±30 cm au pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel. Cette solution inclut également la mise en place d'un perré de protection à la base du talus dans la zone d'intervention.	<ul style="list-style-type: none">Travaux complexes en ce qui concerne l'organisation de chantier, principalement en raison des accès.Processus d'autorisation environnementale nécessitant une étude d'impact et des audiences publiques.Mesure temporaire si aucun contrôle de l'apport en sédiments.Délai importants à prévoir avant la réalisation de cette solution (minimum 18-24 mois).	±1,2 M\$	Intervention non retenue si mise en œuvre seule Possible de façon complémentaire à la requalification du cours d'eau
2.6.1.7	Canal de crue (conduite) Secteur ruisseau du Mont-Châtel	Dérivation des eaux du ruisseau du Mont-Châtel en direction du ruisseau Sainte-Barbe, un tributaire de la rivière Saint-Charles, à l'aide d'une conduite de dérivation sur une distance d'environ 2 300 m. Le débit détourné pourrait atteindre 10 m³/s.	<ul style="list-style-type: none">Aspects humains liés aux craintes de déplacer le problème ailleurs.Propriété des terrains nécessitant une servitude.	±9,4 M\$ (excluant les servitudes)	Axe de solution retenu pour l'analyse des scénarios d'intervention
2.6.1.8	Canal de crue (tunnel) Rivière Lorette, secteur Parc de l'Ancienne-Lorette	Dérivation d'une partie des eaux de la rivière Lorette en direction de la rivière Saint-Charles à l'aide d'un tunnel d'environ 2,4 m de diamètre sur une distance d'environ 2 500 m.	<ul style="list-style-type: none">Aspects humains liés aux craintes de déplacer le problème ailleurs.Difficultés techniques de réalisation.Propriété des terrains nécessitant une servitude.	>25 M\$ (excluant les servitudes)	Non retenu

Section	Axes de solutions	Brève description	Principales contraintes	Envergure des coûts	Commentaires
2.6.1.9	Canal de crue (fossé) Secteur Saint-Jean-Baptiste	Construction d'un canal à ciel ouvert aménagé le long de la voie ferrée entre le méandre de la rivière dans le secteur de la rue Rideau et l'aval du pont du Parc technologique.	<ul style="list-style-type: none">Faible pente du terrain, ce qui limite la capacité du canal.Intervention sur des terrains privés nécessitant l'acquisition ou une servitude de 30 m de largeur.Nécessité de traverser l'autoroute Henri-IV et la rue du Parc technologique avec de nouveaux ponts.	±9,7 M\$ (excluant les servitudes et les acquisitions de terrain)	Axe de solution retenu pour l'analyse des scénarios d'intervention
2.6.1.10	Canal de crue (conduite) Secteur boulevard Hamel	Construction d'un canal de crue en conduite aménagé dans l'axe du boulevard Wilfrid-Hamel entre les deux ponts sur une distance de plus de 1 500 mètres linéaires. Dérivation d'un débit de l'ordre de 15 m³/s.	<ul style="list-style-type: none">Difficultés techniques de réalisationConstruction sur une artère importante de la Ville où se trouvent plusieurs réseaux et services publics.Gestion de la circulation.	±25 M\$	Non retenu
2.6.1.11	Utilisation du tunnel affluent et de l'émissaire des eaux traitées de la station Ouest	Utilisation de la capacité de rétention du tunnel affluent à la station Ouest en combinaison avec un rejet au fleuve Saint-Laurent via l'émissaire des eaux traitées. Nécessite la construction d'une conduite de raccordement entre la rivière Lorette et la station Ouest.	<ul style="list-style-type: none">Capacité limitée de la conduite, principalement en période de marée haute.Travaux de raccordement complexes.	N.D.	Non retenu
2.6.1.12	Dérivation vers le collecteur Saint-Jude	Détournement du collecteur de la rue Einstein vers le collecteur Saint-Jude, dont le remplacement est prévu par la Ville en 2008.	<ul style="list-style-type: none">Tracé des rues futures à définir dans le parc technologique (en fonction de l'implantation d'industries futures).	±500 k\$ (Service de l'Ingénierie)	Intervention court terme (2008)
2.6.2	Mesures d'immunisation				
2.6.2.1	Relocalisation de bâtiments situés dans la zone inondable de grand courant	Déplacement de bâtiments localisés dans des zones à risques. Le choix de relocalisation de certains bâtiments doit s'appuyer sur une analyse coûts/avantages.	<ul style="list-style-type: none">Aspects juridiques.Impacts sociopolitiques.Temps de mise en œuvre.	N.D.	
2.6.2.2	Mise en place de digue/clapets antiretour/postes de pompage	Sécurisation des terrains situés dans les zones à risques d'inondation par la mise en place localement de digues en bordure de la rivière de manière à empêcher son débordement, de clapets antiretour sur certains émissaires pluviaux créant des inondations par refoulement de la rivière et par la construction de postes de pompage pour évacuer les eaux du secteur endigué.	<ul style="list-style-type: none">Nécessite des travaux d'entretien récurrents.Travaux sur des propriétés privées nécessitant des ententes avec les propriétaires.Autorisation gouvernementale	±2,4 M\$ (excluant l'acquisition de terrains)	Axe de solution retenu pour l'analyse des scénarios d'intervention
2.6.3	Mesures non structurelles				
2.6.3.1	Protection et conservation des rives du littoral des plaines inondables de débordement et des zones humides et boisées	Définir les plaines de débordement sur l'ensemble du bassin versant. Traduire la conservation de ces zones dans la réglementation municipale. Son application permettra de favoriser le laminage des crues, l'infiltration d'une certaine quantité d'eau et, surtout, de prévenir la construction dans les zones à risques.	<ul style="list-style-type: none">Impacts sur les territoires développables.	N.D.	Intervention court terme
2.6.3.2	Surveillance et entretien de la rivière	Maintien et valorisation des programmes de surveillance et d'entretien de la rivière, principalement en ce qui concerne les zones d'érosion et de sédimentation, ainsi que le libre écoulement de la rivière (embâcles et autres).			Activité récurrente déjà mise en place par la Ville
2.6.3.3	Programmes de stabilisation des berges et de requalification des lots riverains	Maintien et valorisation de ces programmes.			Activité récurrente déjà mise en place par la Ville

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 81
			Rév. : 1

2.7 SCÉNARIOS D'INTERVENTION ÉTUDIÉS

La Section 2.6 du présent document décrit les différents axes de solutions possibles pour le contrôle des inondations sur le territoire à l'étude. Il s'agit de l'éventail des solutions potentielles parmi lesquelles il faut choisir celles qui, mises ensemble via un scénario d'intervention, permettront d'atteindre les objectifs de la Ville. Dans ce contexte, cette section présente les scénarios d'intervention potentiels qui ont tous été simulés et validés.

L'analyse des solutions potentielles s'est faite en regard de l'évènement survenu les 25 et 26 septembre 2005 (« Rita ») qui a été défini comme objectif de contrôle. Les scénarios doivent donc être en mesure de gérer cet évènement sans nuisances. Rappelons que l'évènement « Rita » tel que simulé a atteint, dans le secteur Saint-Jean-Baptiste, un débit de pointe et un volume d'eau ruisselé supérieur à la crue de récurrence 100 ans (6, 12 et 24 heures), cela en considérant les courbes IDF « Climat futur. »

Voici quelques notes générales qui s'appliquent à l'ensemble des scénarios de solutions :

- l'axe de solution visant l'immunisation du secteur Saint-Jean-Baptiste par la mise en place de postes de pompage, de clapets et la correction du profil de la berge (digues) est une intervention qui se doit d'être réalisée à court terme et qui est commune à chacun des scénarios;
- l'axe de solution visant la construction du canal de crue du Mont-Châtel est une intervention commune à chacun des scénarios présentés;
- l'axe de solution visant les travaux de détournement du collecteur Saint-Jude est commun à chacun des scénarios;
- les travaux de suivi et la correction des restrictions hydrauliques sont communs à chacun des scénarios;
- les volumes de rétention indiqués dans les tableaux sont les volumes minimaux nécessaires en considérant un contrôle optimisé des volumes disponibles. Ce type de fonctionnement suppose la mise en place d'un dispositif de contrôle en temps réel (sondes de niveau d'eau, actionneur automatique des vannes de contrôle, système prévisionnel, etc.);
- les coûts présentés sont une estimation sommaire de classe D (niveau 1 selon la classification de la Ville de Québec) identifiant l'envergure des coûts de travaux sur la base d'une conception préliminaire de l'ouvrage. L'ensemble des estimations présentées dans ce document inclut les taxes applicables mais exclut les coûts liés à l'acquisition, à l'expropriation des terrains ou aux servitudes et entretien, le cas échéant, de même que les frais d'ingénierie et de laboratoire.

La mise en place d'un système de contrôle automatique de type « temps réel » est nécessaire pour tous les scénarios d'intervention afin d'optimiser l'utilisation des canaux de crue et des volumes disponibles dans les zones de rétention. Ce dispositif permettra d'actionner la dérivation des eaux de ruissellement ou encore le remplissage de l'ouvrage de rétention dans la partie amont du bassin versant de la rivière Lorette en fonction d'une consigne reliée au niveau d'eau mesuré dans le secteur vulnérable localisé dans la partie aval du bassin versant (secteur Saint-Jean-Baptiste). Les simulations ont démontré que ces décisions doivent être prises au bon moment pour être efficaces et protéger adéquatement les secteurs à haut risque d'inondation. L'utilisation optimale de ces ouvrages proposés est incontournable car l'efficacité de la solution retenue en dépend.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 82
			Rév. : 1

2.7.1 Scénario 1

Ce scénario met en œuvre la construction du canal de crue sur le ruisseau du Mont-Châtel et la construction de zones de rétention pour un volume total de 365 000 m³. Le Tableau 2-30 présente une synthèse du scénario 1.

Tableau 2-30 : Synthèse du scénario 1

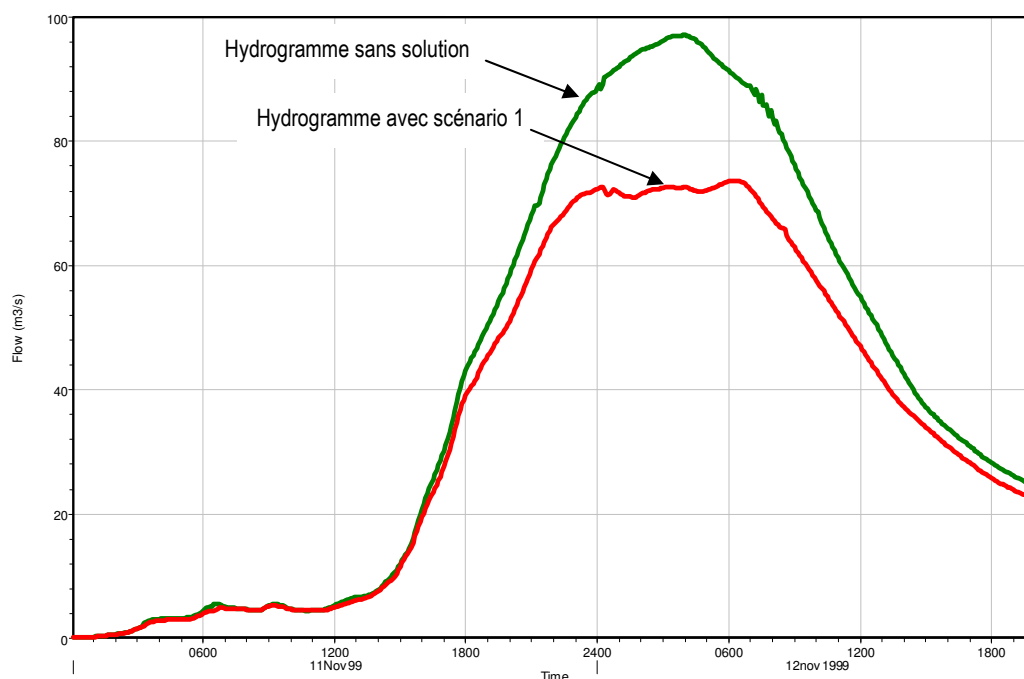
Section	Interventions	Brève description	Coût budgétaire
2.6.1.7	Canal de crue du Mont-Châtel	Canal de crue optimisé avec un prélèvement maximum de 10 m ³ /s	±9,4 M\$
2.6.1.1	Zone de rétention « B » ruisseau Des Friches, secteur du vieux barrage	Volume de rétention ±100 000 m ³ .	±2,0 M\$
	Zone de rétention « C » ruisseau Des Friches, secteur amont	Volume de rétention ± 200 000 m ³ .	±3,1 M\$
	Zone de rétention « D » ruisseau Notre-Dame, secteur aval	Volume de rétention ± 35 000 m ³ .	±1,5 M\$
	Zone de rétention « E » ruisseau Notre-Dame, secteur route de l'Aéroport	Volume de rétention ± 30 000 m ³ .	±1,5 M\$
2.6.2.2	Poste de pompage, clapet et digues	Mesures d'immunisation locale dans le secteur Saint-Jean-Baptiste	±2,4 M\$
2.6.1.12	Dérivation vers le collecteur Saint-Jude	Opportunité de détournement des eaux vers ce collecteur et la rivière Saint-Charles	±0,5 M\$
2.6.1.5	Suivi et corrections des restrictions hydrauliques locales	Secteur Saint-Jean-Baptiste	±0,2 M\$
TOTAL :			±20,6 M\$

Tel que présenté à la Figure 2-39, ce scénario permet de diminuer le débit à une valeur de l'ordre de 72 m³/s dans le secteur du pont du boulevard Wilfrid-Hamel Ouest, soit au droit de la section 168 du modèle HEC-RAS. Le coût de ce scénario s'élève à 20,6 M\$.

Comme présenté sur les cartes de l'Annexe 2.8, la zone de rétention sur le ruisseau Des Friches, secteur amont, est localisée à proximité de la jonction des ruisseaux Des Friches et Sainte-Geneviève, sur un seul lot actuellement en friche. La topographie du secteur est favorable à l'aménagement d'une zone de rétention en dérivation en minimisant les travaux de remblai/déblai. Cette zone de rétention est l'une de celles qui présente un coût de revient au mètre cube le plus faible. La seconde zone de rétention du ruisseau Des Friches est localisée à proximité des vestiges d'un vieux barrage. Mentionnons que ce dernier effectue déjà une certaine rétention en période de crue.

Notons que la zone de rétention localisée à proximité de la route de l'Aéroport présente un bénéfice local significatif pour le ruisseau Notre-Dame lui-même, car ce dernier présente d'importants problèmes d'érosion et la capacité de plusieurs d'ouvrages d'art est limitée sur ce cours d'eau.

Figure 2-39 :
Scénario 1 - Hydrogramme calculé au droit du pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel
(section HEC #168) pour l'évènement « Rita »



2.7.2 Scénario 2

Ce scénario met en œuvre la construction du canal de crue sur le ruisseau du Mont-Châtel et la construction d'une seule zone de rétention dans le secteur amont de la rivière Lorette, localisée au sud de l'avenue Notre-Dame, pour un volume total de 300 000 m³. Le Tableau 2-31 présente une synthèse du scénario 2.

Tableau 2-31 : Synthèse du scénario 2

Section	Interventions	Brève description	Coût budgétaire
2.6.1.7	Canal de crue du Mont-Châtel	Canal de crue optimisé avec un prélèvement maximum de 10 m ³ /s	±9,4 M\$
2.6.1.1	Zone de rétention « F » secteur Lorette amont (au sud de Notre-Dame)	Volume de rétention ±300 000 m ³ .	±8,3 M\$
2.6.2.2	Poste de pompage, clapet et digues	Mesures d'immunisation locale dans le secteur Saint-Jean-Baptiste	±2,4 M\$
2.6.1.12	Dérivation vers le collecteur Saint-Jude	Opportunité de détournement des eaux vers ce collecteur et la rivière Saint-Charles	±0,5 M\$
2.6.1.5	Suivi et corrections des restrictions hydrauliques locales	Secteur Saint-Jean-Baptiste	±0,2 M\$
Total			±20,8 M\$

Comme présenté à la Figure 2-40, ce scénario permet de diminuer le débit à une valeur de l'ordre de 76 m³/s dans le secteur du pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel, soit au droit de la section 168 du modèle HEC-RAS. Le coût de ce scénario est évalué à environ 20,8 M\$.

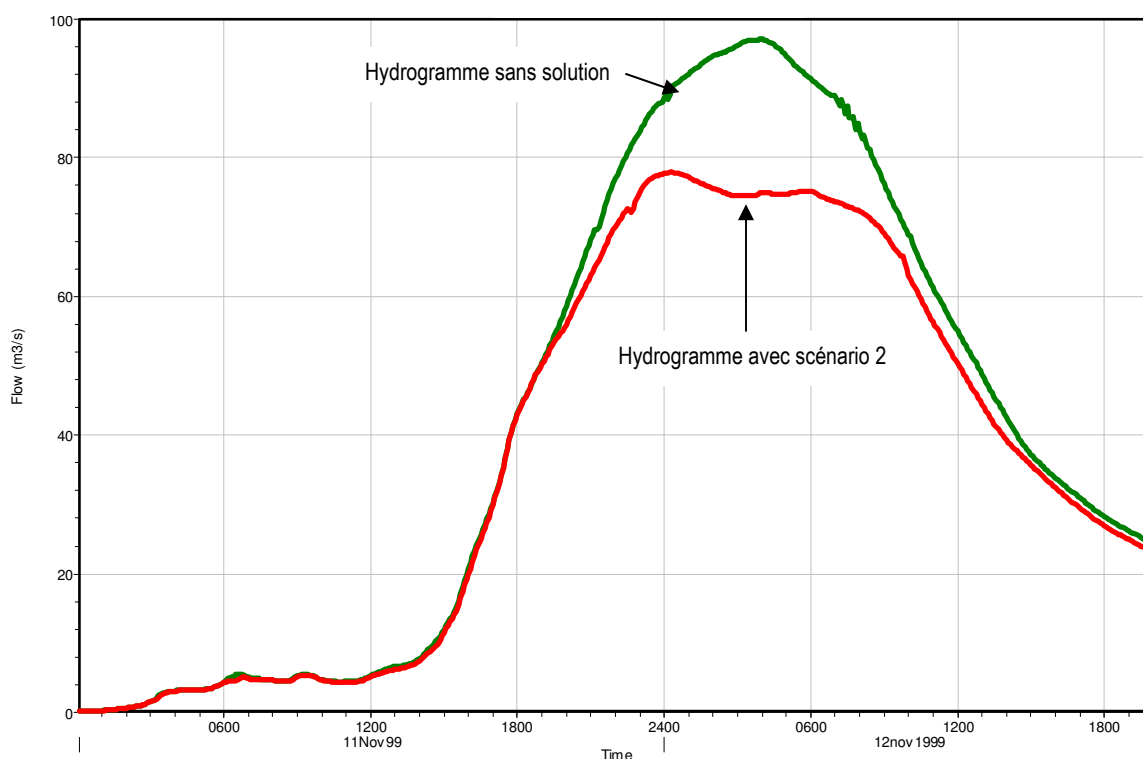
Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 84
			Rév. : 1

Comme présenté sur les figures de l'Annexe 2.8, la zone de rétention visée est localisée en zone agricole dans la partie amont du tronçon principal de la rivière Lorette. Rappelons que l'application de la *Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles* s'appliquera dans le cadre de cette zone de rétention, ce qui représente une contrainte non négligeable considérant que le secteur est actuellement actif pour l'agriculture.

Le coût relativement élevé pour l'aménagement de cette zone est lié à la nécessité de traverser l'avenue Notre-Dame avec une conduite de gros diamètre permettant de remplir la zone de rétention et à la nécessité de construire une conduite de vidange sur plus d'un kilomètre pour rejeter les eaux gravitairement en direction du ruisseau Notre-Dame sans transiter sur le terrain de l'Aéroport international Jean-Lesage. Ce scénario visait, entre autres, à évaluer les bénéfices de faire de la rétention directement sur le tronçon principal de la rivière Lorette.

Dans l'ensemble, ce scénario d'intervention permet de diminuer le débit de pointe sur une grande portion du cours principal de la rivière Lorette. Les bénéfices sont donc présents sur l'ensemble du cours de la rivière Lorette.

Figure 2-40 :
Scénario 2 - Hydrogramme calculé au droit du pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel
(section HEC #168) pour l'évènement « Rita »



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 85
			Rév. : 1

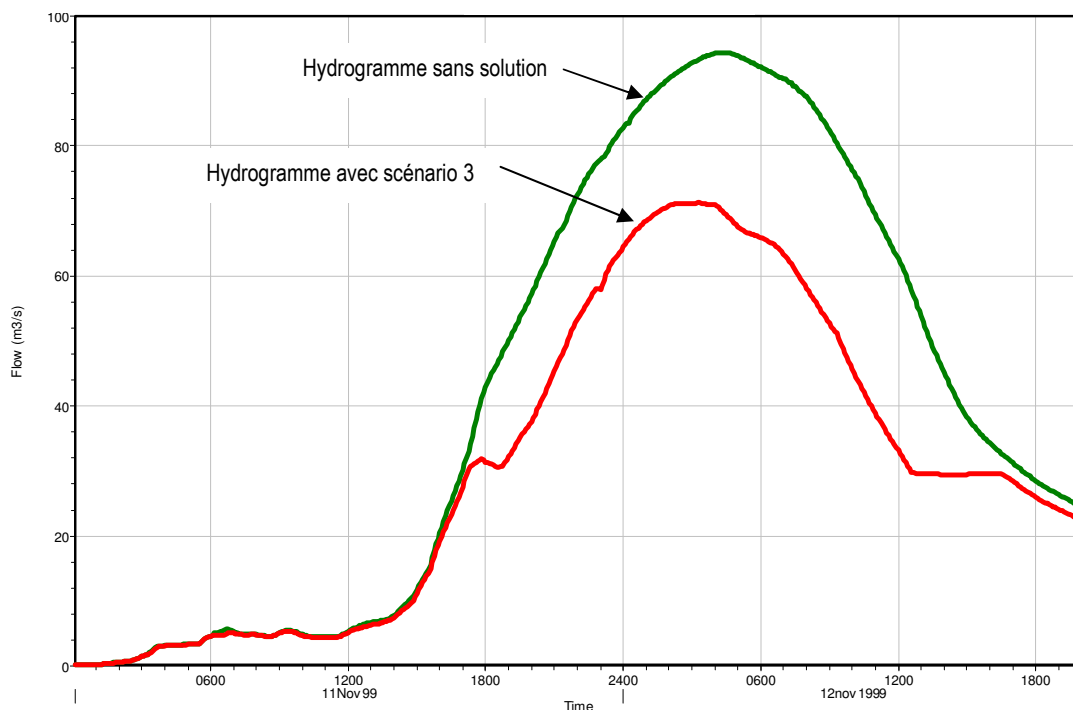
2.7.3 Scénario 3

Comme pour les scénarios précédents, le canal de crue du Mont-Châtel est recommandé. Cependant, plutôt que de faire de la rétention en amont du bassin versant, ce scénario propose la construction du canal de crue Saint-Jean-Baptiste dans la partie aval du bassin versant, tel que présenté au Tableau 2-32. Ce scénario permet de diminuer le débit de crue à une valeur de l'ordre de 70 m³/s à partir du point de prélèvement du canal de crue localisé dans le méandre du pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel. Le coût de ce scénario de gestion est évalué à environ 20,7 M\$.

Tableau 2-32 : Synthèse du scénario 3

Section	Interventions	Breve description	Coût budgétaire
2.6.1.7	Canal de crue du Mont-Châtel	Canal de crue optimisé avec un prélèvement maximum de 10 m³/s	±9,4 M\$
2.6.1.9	Canal de crue Saint-Jean-Baptiste	Canal de crue optimisé avec un prélèvement maximal de 15 m³/s	±9,7 M\$.
2.6.2.2	Poste de pompage, clapet et correction du profil de la berge	Mesures d'immunisation locale dans le secteur Saint-Jean-Baptiste	±2,4 M\$
2.6.1.12	Dérivation vers le collecteur Saint-Jude	Opportunité de détournement des eaux vers ce collecteur et la rivière Saint-Charles	±0,5 M\$
2.6.1.5	Suivi et corrections des restrictions hydrauliques locales	Secteur Saint-Jean-Baptiste	±0,2 M\$
Total			±22,2 M\$

Figure 2-41 :
Scénario 3 - Hydrogramme calculé en aval du pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel (section HEC #157) pour l'évènement « Rita »



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 86
			Rév. : 1

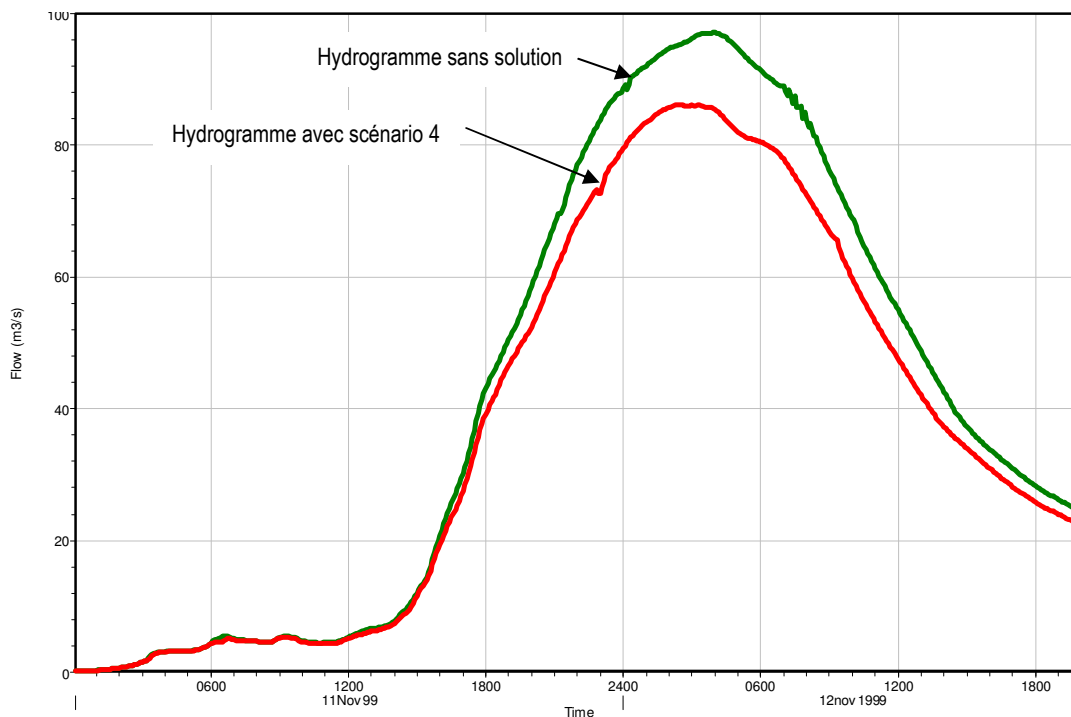
2.7.4 Scénario 4

Comme présenté au Tableau 2-33, ce scénario minimise les interventions nécessaires tout en contrôlant les nuisances dans le secteur aval de la rivière. Cependant, considérant que les interventions visant le contrôle des apports en eau dans la partie amont du bassin versant sont minimales, le débit qui transite à la hauteur du pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel demeure élevé ($\pm 85 \text{ m}^3/\text{s}$), tel que présenté à la Figure 2-42. À ce débit, pour contrôler l'ensemble des nuisances liées aux débordements de la rivière dans la partie en aval, il est nécessaire d'intervenir de façon plus importante dans les mesures d'immunisation locales en rehaussant d'environ 15 cm la hauteur des digues visant la correction du profil de la berge. Notons que le linéaire d'intervention est également augmenté de quelques dizaines de mètres.

Tableau 2-33 : Synthèse du scénario 4

Section	Interventions	Brève description	Coût budgétaire
2.6.1.7	Canal de crue du Mont-Châtel	Canal de crue optimisé avec un prélèvement max de $10 \text{ m}^3/\text{s}$	$\pm 9,4 \text{ M\$}$
2.6.2.2	Poste de pompage, clapet et correction du profil de la berge	Mesures d'immunisation locale dans le secteur Saint-Jean-Baptiste. Correction plus importante du profil de la berge.	$\pm 2,5 \text{ M\$}$
2.6.1.12	Dérivation vers le collecteur Saint-Jude	Opportunité de détournement des eaux de ce collecteur vers la rivière Saint-Charles	$\pm 0,5 \text{ M\$}$
2.6.1.5	Suivi et corrections des restrictions hydrauliques locales	Secteur Saint-Jean-Baptiste	$\pm 0,2 \text{ M\$}$
Total			$\pm 12,6 \text{ M\\$}$

Figure 2-42 :
Scénario 4 - Hydrogramme calculé au droit du boulevard Wilfrid-Hamel Ouest
(section HEC #168) pour l'évènement « Rita »



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 87
			Rév. : 1

2.7.5 Scénario 5

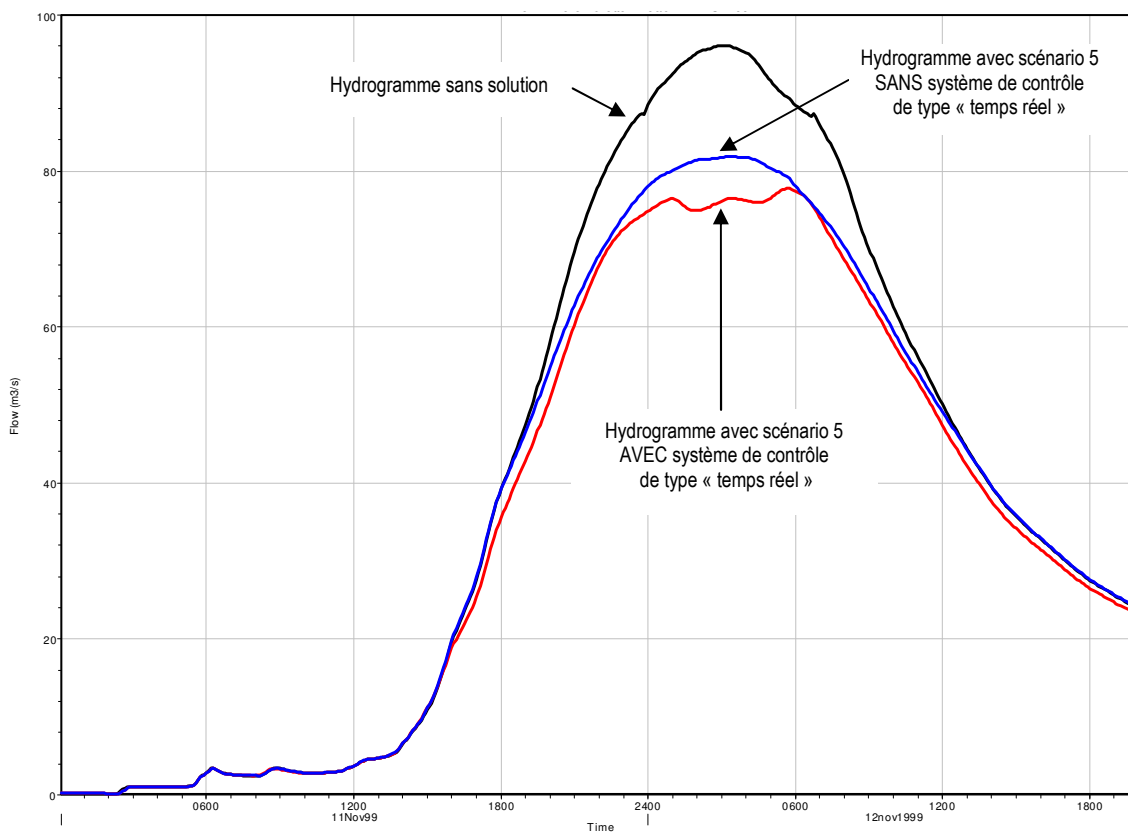
Ce scénario est une variante du scénario 2 dans laquelle la zone de rétention de 300 000 m³ localisée dans la partie amont de la rivière Lorette est remplacée par une zone de rétention de 200 000 m³ dans la partie amont du ruisseau Des Friches. Ce scénario de gestion permet de diminuer les coûts du scénario 2 tout en conservant un niveau de contrôle relativement important des apports dans la partie amont du bassin versant. De plus, cela offre un niveau de sécurité plus élevé par rapport au scénario 4. Dans ce contexte, le débit simulé dans le tronçon aval de la rivière est de l'ordre de 78 m³/s, comme présenté à la Figure 2-43 (courbe en rouge). Sur cette figure, la courbe en bleu représente une opération statique du canal de crue du Mont-Châtel et de la zone de rétention du ruisseau Des Friches, secteur amont. Par une simple opération de ces ouvrages au moment opportun, le débit est réduit de près de 3 m³/s dans le secteur d'intérêt

À un débit de l'ordre de 78 m³/s pour contrôler l'ensemble des nuisances liées aux débordements de la rivière dans la partie aval, il est nécessaire d'intervenir de façon plus importante dans les mesures d'immunisation locales en rehaussant légèrement la hauteur des digues visant la correction de profil de la berge. Notons que le linéaire d'intervention est également augmenté de quelques dizaines de mètres. Le coût du scénario de gestion 5 est évalué à 15,6 M\$. Le Tableau 2-34 présente une synthèse du scénario 5.

Tableau 2-34 : Synthèse du scénario 5

Section	Interventions	Brève description	Coût budgétaire
2.6.1.7	Canal de crue du Mont-Châtel	Canal de crue optimisé avec un prélèvement max de 10 m ³ /s,	±9,4 M\$
2.6.1.1	Zone de rétention « C » ruisseau Des Friches secteur amont	Volume de rétention ± 200 000 m ³ .	±3,1 M\$
2.6.2.2	Poste de pompage, clapet et correction du profil de la berge	Mesures d'immunisation locale dans le secteur Saint-Jean-Baptiste	±2,4 M\$
2.6.1.12	Collecteur Saint-Jude	Opportunité de détournement des eaux vers le collecteur et la rivière Saint-Charles	±0,5 M\$
2.6.1.5	Suivi et corrections des restrictions hydrauliques locales	Secteur Saint-Jean-Baptiste	±0,2 M\$
Total			±15,6 M\$

Figure 2-43 :
Scénario 5 - Hydrogramme calculé au droit du boulevard Wilfrid-Hamel Ouest
(section HEC #168) pour l'évènement « Rita »



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 89
			Rév. : 1

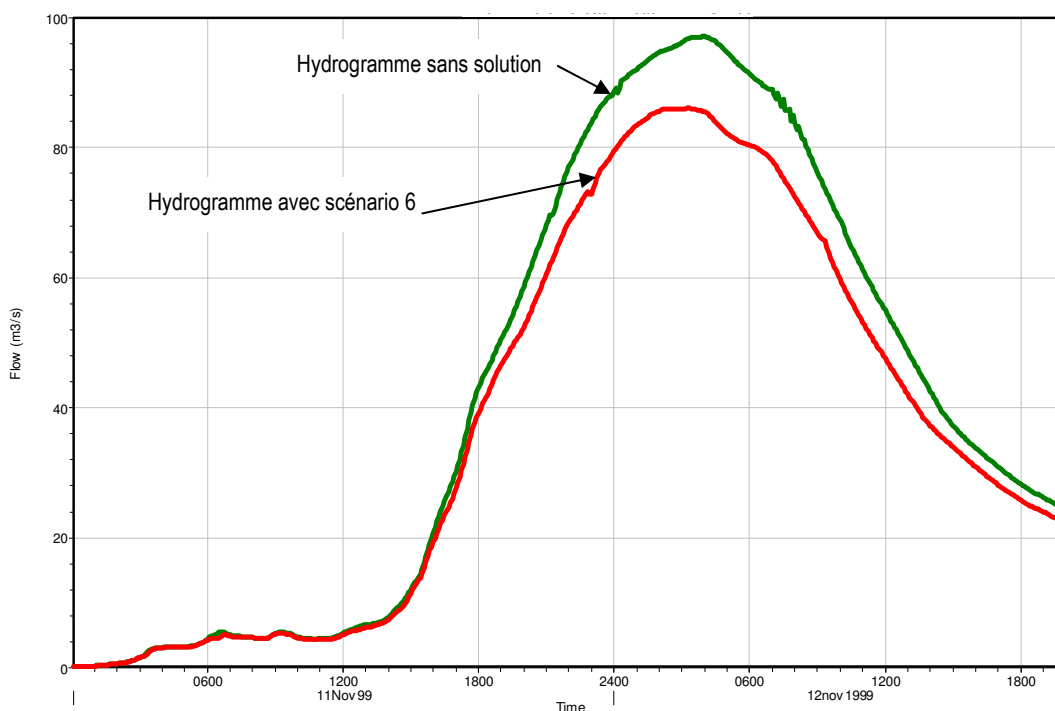
2.7.6 Scénario 6

Ce scénario met en œuvre la renaturalisation et requalification du cours d'eau dans sa partie aval et la construction du canal de crue du Mont-Châtel, comme présenté au Tableau 2-35. Ce scénario évalué à environ 19,5 M\$ ne prévoit aucune zone de rétention dans la partie amont du bassin versant. Dans ce contexte, le débit dans le tronçon aval de la rivière est de l'ordre de 85 m³/s (Figure 2-45), de façon similaire au scénario 4. L'avantage principal de ce scénario réside dans le fait qu'il offre une valeur ajoutée en termes de revitalisation du secteur de la rivière faisant l'objet des travaux de renaturalisation.

Tableau 2-35 : Synthèse du scénario 6

Section	Interventions	Breve description	Coût budgétaire
2.6.1.7	Canal de crue du Mont-Châtel	Canal de crue optimisé avec un prélèvement max de 10 m³/s	±9,4 M\$
2.6.1.4	Renaturalisation / requalification du cours d'eau	Réaménager la rivière avec une section d'écoulement requalifiée incluant un lit mineur, une zone inondable de grand courant et une zone inondable de faible courant	±7,2 M\$
2.6.2.2	Poste de pompage, clapet	Mesures d'immunisation locale dans le secteur Saint-Jean-Baptiste, tel que décrit à la Section 2.6.2.2.	±2,5 M\$
2.6.1.12	Dérivation vers le collecteur Saint-Jude	Opportunité de détournement des eaux vers ce collecteur et la rivière Saint-Charles	±0,5 M\$
2.6.1.5	Suivi et corrections des restrictions hydrauliques locales	Secteur Saint-Jean-Baptiste	±0,2 M\$
Total			±19,8 M\$

Figure 2-44 :
Scénario 6 - Hydrogramme calculé au droit du pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel (section HEC #168) pour l'évènement « Rita »



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 90
			Rév. : 1

2.8 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'objectif du présent rapport consiste à réaliser le plan directeur de drainage du bassin versant de la rivière Lorette pour son état actuel de développement. Il présente donc les axes de solutions à court et à moyen termes pour diminuer la problématique d'inondation et de restrictions hydrauliques de la rivière Lorette et de certains tributaires.

Le Chapitre 2.2 présente la synthèse des hypothèses de modélisation du territoire à l'étude, laquelle a été représentée ici dans les conditions « actuelles » de développement du territoire (année de référence 2006). Les campagnes de mesures « réseau » et « rivière » effectuées à l'été 2006 en six stations (Chapitre 2.3) ont servi, après validation, au calage des modèles (Chapitre 2.4). Rappelons qu'en raison de la nature particulière de ce mandat et de l'importance des investissements municipaux qui seront requis pour la mise en place de solutions aux nuisances vécues les 25 et 26 septembre 2005 lors de l'évènement « Rita », il était particulièrement important d'obtenir un calage des modèles hydrologique et hydraulique « réseau » et « rivière » satisfaisant. Cette étape ayant été réalisée avec succès, le niveau de confiance envers les résultats de simulations nécessaires à la poursuite de ce mandat est maximal.

Par la suite, les débits véhiculés par la rivière Lorette et ses principaux tributaires ont été simulés pour des événements extrêmes, soit la pluie « Rita », ainsi que trois pluies de projet de type triangulaire, de récurrence une fois dans 100 ans, de durées de 6 heures, 12 heures et 24 heures, créés à partir des courbes IDF « Climat futur » (Chapitre 2.5). Soulignons ici la similitude entre les résultats de simulation de l'évènement « Rita » et différentes observations de terrain, qui vient confirmer la représentativité des modèles développés.

L'évènement « Rita » est retenu comme objectif de contrôle et guide l'analyse de solutions potentielles. Ainsi, sans ordre de priorité, les axes de solutions potentiels sont identifiés au Chapitre 2.6 et analysés de façon suffisante pour établir l'intérêt de les conserver comme solutions réellement applicables ou de les rejeter. Une estimation de classe D (niveau 1 selon la classification de la Ville de Québec) des coûts de mise en œuvre des axes de solutions retenus est également présentée dans ce chapitre. Notons que la complexité de la situation et l'acuité des problèmes d'inondation sur le bassin versant de la rivière Lorette ne peuvent être résolues par l'application d'une solution unique, mais par la mise en œuvre d'un ensemble de solutions. Du large éventail de solutions potentielles analysées, les mises en place de zones de rétention, de canaux de crue, de clapets antiretour et de postes de pompage apparaissent rapidement comme des incontournables et feront parties de scénarios d'intervention.

Le Chapitre 2.7 présente les six scénarios d'intervention étudiés dans le cadre de ce mandat. Ces derniers sont résumés au Tableau 2-36.

Peu importe le scénario d'intervention retenu, il est important de rappeler qu'afin d'optimiser les volumes disponibles dans les zones de rétention et l'utilisation de canaux de crue, la mise en place d'un système de contrôle automatique de type « temps réel » est nécessaire. Ce dispositif permettra d'actionner la dérivation des eaux de ruissellement ou encore le remplissage des ouvrages de rétention dans la partie amont du bassin versant de la rivière Lorette en fonction, entre autres, d'une consigne reliée au niveau d'eau mesuré dans le secteur vulnérable localisé dans la partie aval du bassin versant (secteur Saint-Jean-Baptiste). Les simulations ont démontré que ces décisions doivent être prises au bon moment pour être efficaces et protéger adéquatement les secteurs à haut risque d'inondation. L'utilisation optimale de ces ouvrages proposés est incontournable car l'efficacité de la solution retenue en dépend. Autrement dit, il ne faut pas seulement se doter d'ouvrages imposants pour sécuriser les secteurs qui présentent des risques d'inondation, il faut les opérer au bon moment. La mise en place d'un dispositif de contrôle en temps réel nécessite, entre autres, l'utilisation de sondes de niveau d'eau et d'actionneurs automatiques des vannes

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 91
			Rév. : 1

de contrôle. Des outils de prédiction météorologique pourraient être ajoutés à la boucle décisionnelle de gestion des eaux.

Notons également, que dans le cas spécifique du canal de crue du ruisseau du Mont-Châtel, il sera peut-être nécessaire d'obtenir de l'information sur le niveau d'eau de la rivière Saint-Charles dans l'éventualité où des contraintes de gestion étaient identifiées dans le bassin versant de cette rivière.

Soulignons finalement que lorsque comparée à l'aménagement d'une zone de rétention, la construction d'un canal de crue présente l'avantage d'être disponible en tout temps sans aucune limite de volume disponible. Cela offre une plus grande flexibilité de gestion et simplifie le mode opérationnel de l'ouvrage. De plus, cet axe de solution intervient dans la partie amont du bassin versant de la rivière Lorette. Les bénéfices se font donc sentir sur l'ensemble du cours d'eau en aval de l'intervention.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615
		Page : 92
		Date : 4 avril 2008 Rév. : 1

Tableau 2-36 : Synthèse des scénarios d'intervention étudiés

SECTION DU RAPPORT	AXE DE SOLUTIONS	BRÈVE DESCRIPTION	SCÉNARIOS					
			Coût budgétaire selon les scénarios d'intervention étudiés					
			1	2	3	4	5	6
2.6.1.7	Canal de crue du Mont-Châtel	Canal de crue optimisé avec un prélèvement maximum de 10 m³/s	±9,4 M\$	±9,4 M\$	±9,4 M\$	±9,4 M\$	±9,4 M\$	±9,4 M\$
2.6.1.9	Canal de crue Saint-Jean-Baptiste	Canal de crue optimisé avec un prélèvement maximal de 15 m³/s			±9,7 M\$			
2.6.1.1	Zone de rétention « B » ruisseau Des Friches, secteur du vieux barrage	Volume de rétention ±100 000 m³	±2,0 M\$					
	Zone de rétention « C » ruisseau Des Friches, secteur amont	Volume de rétention ± 200 000 m³	±3,1 M\$				±3,1 M\$	
	Zone de rétention « D » ruisseau Notre-Dame, secteur aval	Volume de rétention ± 35 000 m³	±1,5 M\$					
	Zone de rétention « E » ruisseau Notre-Dame, secteur route de l'Aéroport	Volume de rétention ± 30 000 m³	±1,5 M\$					
	Zone de rétention « F » secteur Lorette amont (au sud de Notre-Dame)	Volume de rétention ±300 000 m³		±8,3 M\$				
2.6.1.4	Renaturalisation/requalification du cours d'eau	Réaménager la rivière avec une section d'écoulement requalifiée incluant un lit mineur, une zone inondable de grand courant et une zone inondable de faible courant						±7,2 M\$
2.6.2.2	Poste de pompage, clapet et digues	Mesures d'immunisation locale dans le secteur Saint-Jean-Baptiste	±2,4 M\$	±2,4 M\$	±2,4 M\$	±2,5 M\$ (1)	±2,4 M\$	±2,5 M\$ (1)
2.6.1.12	Dérivation vers le collecteur Saint-Jude	Opportunité de détournement des eaux vers ce collecteur et la rivière Saint-Charles	±0,5 M\$	±0,5 M\$	±0,5 M\$	±0,5 M\$	±0,5 M\$	±0,5 M\$
2.6.1.5	Suivi et corrections des restrictions hydrauliques locales	Secteur Saint-Jean-Baptiste	±0,2 M\$	±0,2 M\$	±0,2 M\$	±0,2 M\$	±0,2 M\$	±0,2 M\$
Total			±20,6 M\$	20,8 M\$	±22,2 M\$	±12,6 M\$	±15,6 M\$	±19,8 M\$
Débit dans le tronçon aval de la rivière Lorette			72 m³/s	76 m³/s	70 m³/s	85 m³/s	78 m³/s	85 m³/s

(1) Corrections plus importantes du profil de la berge.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 93
			Rév. : 1

De façon globale, l'analyse des différents scénarios d'intervention présentés et les choix à faire en termes de priorisation des solutions à mettre en place doivent être effectués en considérant les impacts environnementaux appréhendés de l'ensemble du projet. Dans ce contexte, voici certains commentaires en regard à la problématique environnementale de différentes solutions :

- les différentes zones potentielles de rétention identifiées sur le territoire sont principalement localisées sur des terrains à vocation agricole actuellement en culture ou en friche. Les secteurs boisés ont été de préférence évités comme sites potentiels. Il est important de mentionner que les zones de rétention seront préférablement construites en dérivation par rapport au cours d'eau et à l'extérieur de la bande riveraine de manière à minimiser les impacts sur les cours d'eau. De plus, le régime hydrologique naturel du cours d'eau ne sera pas modifié de façon significative puisque le contrôle des débits ne sera effectué que pour des événements exceptionnels susceptibles de créer des nuisances (inondations) dans la partie aval du cours d'eau. Il ne s'agit donc pas d'une régularisation uniforme du débit. La rivière continuera à être soumise aux crues printanières et aux étiages estivaux et hivernaux. Seule la pointe de l'hydrogramme des crues de grandes importances sera écrêtée. Également, l'aménagement des zones de rétention se fera principalement par excavation afin de permettre un remplissage et une vidange gravitaire. Une attention particulière sera portée de manière à intégrer l'ouvrage dans son environnement en évitant les formes géométriques trop régulières. De plus, il pourrait être envisagé d'intégrer la construction de zones humides, de marais et de marécages au fond des zones de rétention, permettant ainsi la création de nouveaux habitats fauniques d'intérêt. Dans ce contexte, nous croyons qu'il est possible d'envisager la mise en place de cet axe de solution en minimisant les impacts sur l'environnement;
- les ouvrages de dérivation de type canaux de crue doivent également faire l'objet d'une attention particulière en termes d'impacts potentiels sur l'environnement. Évidemment, la préoccupation première consiste à s'assurer de ne pas déplacer le problème d'inondation vers un autre secteur ou bassin versant par l'activité de dérivation de l'eau. Rappelons qu'il s'agit d'un concept de dérivation temporaire pour de courtes périodes de temps. Il n'est donc pas question de modifier le régime hydrologique naturel des cours d'eau. Dans le cas du canal de dérivation localisé dans le secteur aval de la rivière (secteur Saint-Jean-Baptiste), le concept prévoit de prélever une certaine quantité d'eau dans la rivière Lorette pour la retourner dans cette même rivière environ 2 km plus en aval. Aucun impact environnemental significatif n'est appréhendé dans ce contexte. Dans le cas du canal de crue du Mont-Châtel, le concept prévoit acheminer une certaine quantité d'eau en direction de la rivière Saint-Charles. Dans ce cas de figure particulier, des vérifications préliminaires ont été réalisées pour évaluer le potentiel de risque d'inondation dans la rivière Saint-Charles à la suite de cette intervention. À priori, cet axe de solution semble réalisable sans augmenter les risques d'inondation avec nuisances dans la rivière Saint-Charles. Cependant, une étude hydraulique détaillée devra être effectuée pour bien démontrer les impacts hydrauliques d'un tel scénario dans différentes situations. Ce type d'étude dépasse le cadre du présent mandat. Dans l'éventualité où des impacts hydrauliques étaient démontrés du côté du bassin de la rivière Saint-Charles, des mesures d'atténuation devraient alors être développées avant la mise en œuvre de ce type de solution. Le dispositif de contrôle en « temps réel » du canal de crue pourrait par exemple intégrer une contrainte opérationnelle qui serait fonction du débit et du niveau d'eau dans la rivière Saint-Charles, ou encore des mesures d'immunisations pourraient être développées pour les secteurs critiques de la rivière Saint-Charles, comme dans le secteur de la rue Saint-Léandre, par exemple. Dans ce contexte, nous croyons qu'il est possible d'envisager la mise en place de cet axe de solution en minimisant les impacts sur l'environnement;
- un autre élément de solution identifié comme présentant des enjeux potentiels d'un point de vue environnemental concerne les travaux de correction du profil de la berge (petites digues) associées à la mise en place de clapets et de postes de pompage dans la partie aval de la rivière (secteur Saint-Jean-

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 94
			Rév. : 1

Baptiste). Rappelons que la mise en place de ces petites digues vise principalement à assurer une capacité uniforme du cours d'eau avant débordement et nuisances dans ce secteur. De façon générale, la construction de cette petite digue, dont la hauteur varierait entre 10 et 100 cm selon les endroits, sera effectuée en arrière-lots des terrains commerciaux et industriels présents dans ce secteur. Dans la mesure du possible, la construction de ces petites digues sera effectuée à l'extérieur de la bande riveraine d'une largeur de 10 m. Cet aménagement pourrait, dans certains cas, marquer la limite de la bande riveraine, identifiant ainsi sur le terrain cette limite, ce qui sensibilisera les propriétaires à l'importance de préserver cette bande de protection pour des considérations environnementales mais également dans un objectif d'immunisation contre les inondations. Cependant, rappelons que dans ce secteur, la rivière et la bande riveraine relèvent de la propriété privée et qu'à plusieurs endroits, la largeur de la bande riveraine atteint moins de 10 m. Dans ce contexte, nous croyons qu'il est possible de mettre en place cet axe de solution en envisageant dégager un impact positif sur l'environnement par une protection accrue de la bande riveraine.

- finalement, la renaturation et la requalification de la rivière Lorette sur une distance d'environ 1 500 m dans le secteur Saint-Jean-Baptiste permettrait d'obtenir un impact global positif sur le plan environnemental par l'aménagement d'un lit mineur et d'un lit majeur renaturisé, incluant la mise en place et la protection d'une bande riveraine naturelle. De plus, ce type d'aménagement présente un effet positif sur la qualité des habitats fauniques de la rivière et il permet d'embellir le paysage riverain et de revitaliser le secteur. Il serait envisageable d'augmenter l'accessibilité publique par la création d'un parc linéaire dans cette nouvelle bande riveraine, par exemple.

Le choix d'un scénario d'intervention doit se faire sur la base de différents critères décisionnels. À titre indicatif, le Tableau 2-37 présente les principaux critères qui devraient guider le choix du scénario de gestion.

Tableau 2-37 : Principaux critères décisionnels

Critères	Commentaires
Processus d'autorisation gouvernemental	Fait référence au type d'autorisation à obtenir. Certains scénarios nécessitent la réalisation d'une étude d'impact conformément à l'Article 31.1 de la LQE, alors que d'autres ne nécessitent qu'une autorisation en vertu des Articles 22 ou 32 de la LQE. Également, certaines interventions doivent se réaliser sur des terres agricoles impliquant l'application de la Loi sur la protection du territoire agricole.
Propriété des terrains visés par l'intervention	La majorité des interventions doit être réalisée sur des propriétés privées, ce qui nécessite soit un processus d'acquisition, soit des négociations de servitudes avec les propriétaires concernés.
Coût de réalisation	Coûts de mise en œuvre auxquels il faut ajouter les coûts d'acquisition de terrain, de servitudes et d'entretien, le cas échéant, de même que les frais d'ingénierie et de laboratoire.
Faisabilité technique	Contraintes techniques à la mise en œuvre des interventions.
Acceptabilité sociale de l'intervention	Acceptation par la population locale et insertion dans le milieu des interventions.
Temps nécessaire pour la mise en œuvre de l'intervention	Il est urgent de mettre en œuvre des solutions rapidement. Le délai de réalisation est donc un paramètre important.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 95 Rév. : 1

Parmi les six scénarios de gestion présentés ci-haut, trois se distinguent des autres, à notre avis, à savoir les scénarios 4, 5 et 6.

Le scénario 4 est celui qui présente le coût le plus faible ($\pm 12,6$ M\$). Cependant, il minimise les mesures de contrôle des apports en eau dans la partie amont du bassin versant par la seule construction du canal de crue du Mont-Châtel. Il en résulte que le débit de pointe dans le tronçon aval est plus élevé (de l'ordre de $85 \text{ m}^3/\text{s}$), ce qui nécessite la mise en place de mesures d'immunisation locales légèrement plus importantes par le rehaussement des digues servant à corriger le profil de la berge dans le tronçon aval de la rivière. L'ensemble des interventions de ce scénario peut être mis en œuvre rapidement, soit en 2008-2009, et nous croyons que ce scénario présentera un haut niveau d'acceptabilité par la population.

Le scénario 5 se caractérise par un contrôle relativement important des apports en eau dans la partie amont du bassin versant, à savoir la construction du canal de crue du Mont-Châtel et l'aménagement d'une zone de rétention de $200\,000 \text{ m}^3$ dans la partie amont du ruisseau Des Friches. Ce scénario, estimé à un coût de $\pm 15,6$ M\$, présente ainsi un niveau de sécurité plus grand dans le tronçon aval et des bénéfices pour l'ensemble du tronçon principal de la rivière Lorette. Bien que le canal de crue et la mise en œuvre des mesures d'immunisation locales (digue, clapet et poste de pompage) peuvent être réalisés dans un délai relativement court (2008-2009), la zone de rétention nécessite des autorisations gouvernementales plus complexes, principalement en regard de la Commission de protection du territoire agricole du Québec (CPTAQ). De plus, l'acquisition de terrains devrait être réalisée pour permettre l'aménagement de cette zone de rétention.

Finalement, le scénario 6 se caractérise par la mise en place d'un projet de renaturation du tronçon aval de rivière Lorette localisé entre le pont le plus à l'ouest du boulevard Wilfrid-Hamel et le pont de la rue Saint-Jean-Baptiste, et par la construction du canal de crue du Mont-Châtel comme mesure de contrôle des apports en eau dans la partie amont du bassin versant. L'estimation des coûts reliés à ce scénario de gestion est plus élevée que les deux autres, mais il présente une valeur ajoutée importante sur la revitalisation du secteur des travaux. Considérant que l'ensemble des terrains visés par cette intervention est constitué de propriétés privées, ce scénario nécessite l'acquisition de plusieurs terrains en bordure de la rivière pour permettre la réalisation des travaux. De plus, en raison du linéaire d'intervention dans la rivière et sur ses rives (environ $1\,500 \text{ m}$), ce type de projet sera soumis à la procédure d'évaluation des impacts sur l'environnement avec ce que cela entraîne comme délais et coûts. Dans ce contexte, un délai de plus de deux ans est à prévoir avant la mise en œuvre de ce scénario.

Chacun de ces trois scénarios d'intervention permet à la Ville d'atteindre ses objectifs de gestion en regard du contrôle des inondations dans le tronçon aval de la rivière Lorette et ce, en considérant le niveau d'urbanisation actuel du bassin versant et un événement de référence similaire à celui des 25 et 26 septembre 2005 (« Rita »).

Le travail effectué dans le cadre de ce mandat met en relief la problématique liée à la notion de risque en zone inondable. La définition généralement acceptée du risque comporte deux composantes principales, c'est-à-dire l'aléa qui représente l'événement problématique dans ses aspects physiques, hydrologiques et statistiques, d'une part, et la vulnérabilité de la plaine inondable qui représente les dommages potentiels résultant de différents types d'aléa, d'autre part. La vulnérabilité dépend évidemment du degré d'exposition à la submersion (adapté de Leclerc, M., Boudreau, P., Roy, N., Secretan, Y., El Adlouni, S., Ouarda, T., Chaumont, D., Falardeau, I. et Morneau, F., *Contribution à la recherche d'une solution intégrée au risque d'inondation à Châteauguay*, Rapport de recherche R841, 2006). Les différentes solutions présentées dans ce rapport tentent de contrôler, dans la mesure du possible, tantôt l'aléa, tantôt de diminuer la vulnérabilité d'un secteur. Il demeure qu'en dépit des interventions visant la maîtrise des eaux du bassin versant de la rivière Lorette qui pourraient être mises en place par la Ville dans le cadre de son plan directeur, il

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Page : 96
			Rév. : 1

demeurera toujours des situations hors du contrôle de l'homme et pouvant potentiellement causer des nuisances en ce qui a trait aux infrastructures.

Rappelons que ces scénarios de gestion ne considèrent pas les interventions qui seront nécessaires directement sur le réseau pluvial. Ces interventions, ainsi que la mise à niveau de solutions « rivière », seront définies dans le rapport d'étape 3 présentant l'état ultime de développement du territoire.

De plus, notons en terminant que des ouvrages visant spécifiquement le contrôle des sédiments et la qualité de l'eau pourraient être éventuellement intégrés aux différents scénarios d'intervention dans une perspective plus générale de gestion de l'eau du bassin versant de la rivière Lorette.

La Ville de Québec est pressée d'agir et souhaite entamer un processus d'appel d'offres pour la réalisation des plans et devis pour la mise en œuvre de certaines solutions de certains travaux spécifiques qu'elle aura retenus dès le printemps 2008. Il est important de souligner qu'en vue d'une réalisation à court terme, la Ville de Québec devra nécessairement inclure les étapes d'avant-projet et de conception à cet appel d'offres. Ces étapes sont essentielles, entre autres pour la définition d'un système de contrôle de type « temps réel » nécessaire au fonctionnement adéquat de zones de rétention et de canaux de crue.

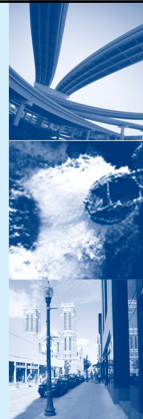
Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Annexe 2.1
			Rév. : 1

ANNEXE 2.1

***Présentation au ministère du Développement durable,
de l'Environnement et des Parcs le 15 janvier 2008***

Mise en contexte

- 5 étapes charnières d'un projet :
 1. L'identification → Axes de solutions
 2. La définition → Scénarios d'interventions
 3. L'avant-projet
 4. La conception
 5. La réalisation
- Solutions « rivière » - état actuel de développement
- Événement « Rita » les 25 et 26 septembre 2005 :
Q, V ~ 100 ans « IDF Climat-futur » (6, 12 et 24 hrs)



VILLE DE
QUÉBEC

DOCUMENT
DE TRAVAIL

BPR

RIGUEUR ET AUDACE
EN INGÉNIERIE

1

Problématique complexe

- Occupation du territoire en zone inondable
- Rives et littoral sur propriétés privées
- Capacité limitée du cours d'eau
($\pm 50 - 75 \text{ m}^3/\text{s}$)
- Évolution du climat, augmentation des débits, événement de septembre 2005
($\pm 94 \text{ m}^3/\text{s}$)
- Forte urbanisation en aval



VILLE DE
QUÉBEC

DOCUMENT
DE TRAVAIL

BPR

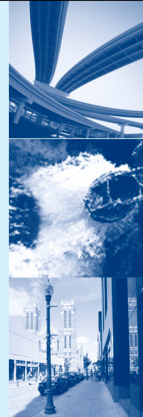
RIGUEUR ET AUDACE
EN INGÉNIERIE

2

Identification

→ Axes de solutions RETENUES

1. Zones de rétention
2. Canaux de crue
3. Dérivation, Collecteur Saint-Jude
4. Restrictions hydrauliques locales
5. Immunisation locale
6. Renaturalisation et requalification de la rivière
7. Mesures non-structurelles



VILLE DE
QUÉBEC

DOCUMENT
DE TRAVAIL

BPR

RIGUEUR ET AUDACE
EN INGÉNIERIE

3

1. Zones de rétention

- Retenir les eaux en amont de secteurs problématiques pour écrêter la pointe des crues majeures
- Volume nécessaire supérieur à 750 000 m³
- Concept au fil de l'eau vs dérivation
- Contrôle en temps réel du remplissage + vidange
- Huit (8) sites potentiels identifiés



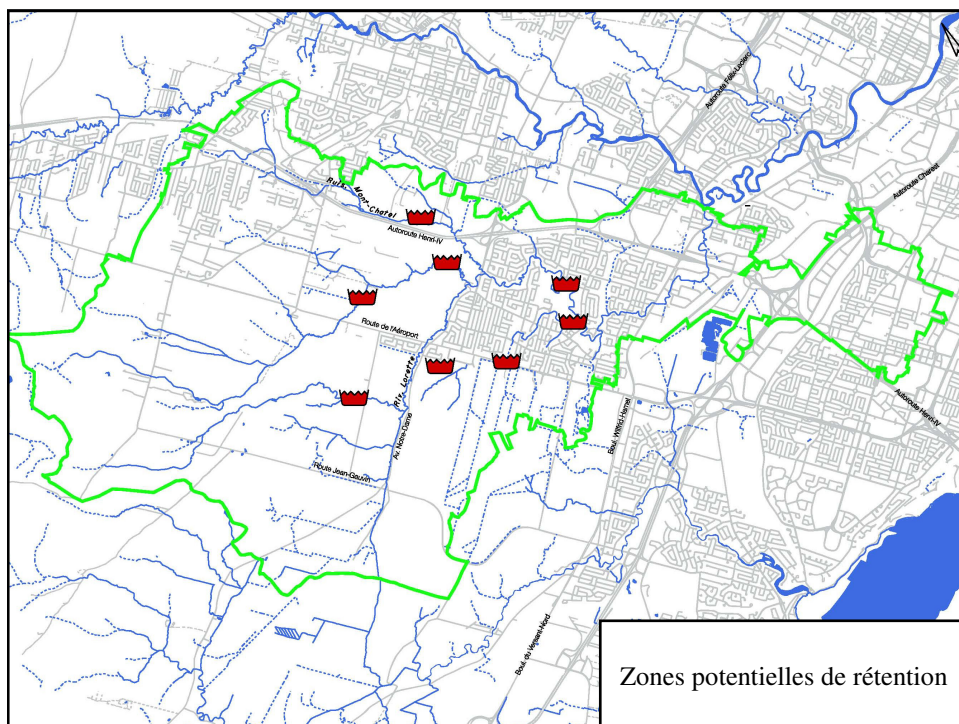
VILLE DE
QUÉBEC

DOCUMENT
DE TRAVAIL

BPR

RIGUEUR ET AUDACE
EN INGÉNIERIE

4



Exemple d'une zone de rétention (17 000 m³)



VILLE DE
QUÉBEC

DOCUMENT
DE TRAVAIL

BPR

RIGUEUR ET AUDACE
EN INGÉNIERIE

6

2. Canaux de crue

- Détournement des eaux en amont de secteurs problématiques pour diminuer la pointe des crues
- Disponible en tout temps, aucune limite de volume
- Grande flexibilité de gestion
- Bénéfices sur l'ensemble du cours d'eau
- Deux sites potentiels :
 - Secteur amont (conduite) – ruisseau du Montchâtel
 - Secteur aval (fossé) – secteur Saint-Jean-Baptiste



VILLE DE
QUÉBEC

DOCUMENT
DE TRAVAIL

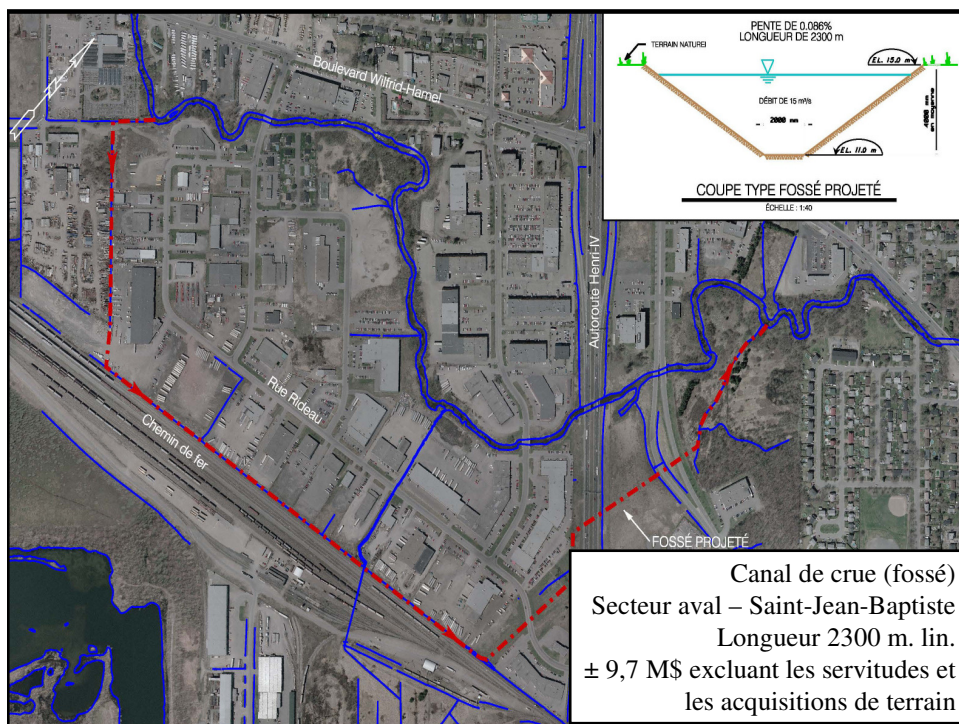
BPR

RIGUEUR ET AUDACE
EN INGÉNIERIE

7

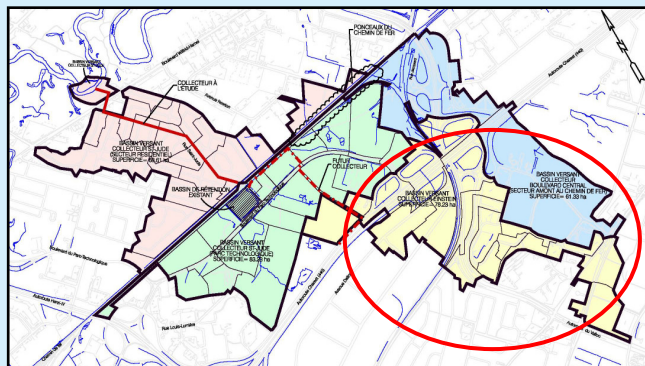


Canal de crue (conduite)
Secteur amont - Ruisseau Montchâtel
Longueur 2300 m lin.
± 9,4 M\$ excluant les servitudes



3. Dérivation, Collecteur Saint-Jude

- Détournement des eaux en amont de secteurs problématiques
- Disponible en tout temps
- ± 500 k\$ (Service de l'Ingénierie)



VILLE DE
QUÉBEC

DOCUMENT
DE TRAVAIL

BPR

RIGUEUR ET AUDACE
EN INGÉNIERIE

10

4. Restrictions hydrauliques locales

- Suivi de la géométrie causant des restrictions hydrauliques locales dans le secteur Saint-Jean-Baptiste
 - Six sites d'intervention pour ± 200 k\$
- Sept ponts entre Hamel ouest et la rivière Saint-Charles
 - Effet marginal sur le niveau d'eau



VILLE DE
QUÉBEC

DOCUMENT
DE TRAVAIL

BPR

RIGUEUR ET AUDACE
EN INGÉNIERIE

11

Pont Hamel amont



Pont Saint-Jean-Baptiste



Le 26 septembre 2005



Pont Henri IV



Pont Des Ingénieurs

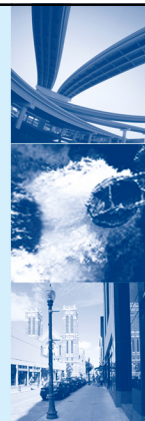
Le 26 septembre 2005

Pont Hamel aval



5. Immunisation locale

- Secteur Carrefour du commerce (rue Rideau)
- Limiter le débordement dans les rues par le réseau d'égout
- Événements fréquents
- Clapets anti-retour, postes de pompage et correction du profil de la berge
- ± 2,4 M\$ excluant les acquisitions de terrain



VILLE DE
QUÉBEC

DOCUMENT
DE TRAVAIL

BPR

RIGUEUR ET AUDACE
EN INGÉNIERIE

14



VILLE DE
QUÉBEC

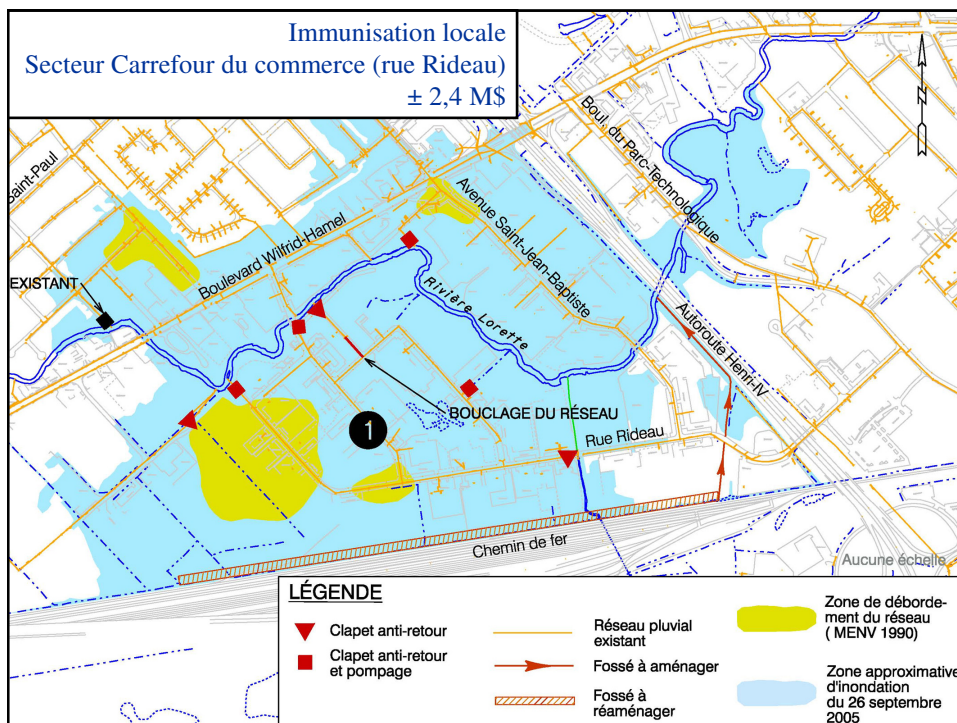
DOCUMENT
DE TRAVAIL

BPR

RIGUEUR ET AUDACE
EN INGÉNIERIE

15

Rue Rideau Le 26 septembre 2005



Axe de la rivière Lorette

Axe d'implantation d'une digue



**DOCUMENT
DE TRAVAIL**

BPR

RIGUEUR ET AUDACE
EN INGÉNIERIE

17

[illegible]

6. Renaturalisation et requalification de la rivière

- Augmenter la capacité hydraulique de la rivière
- Recréer des plaines de débordement naturelles
- Recréer des habitats fauniques
- Embellir le paysage riverain et revitaliser le secteur
- Augmenter l'accessibilité publique par la création d'un parc linéaire
- Entre les ponts Wilfrid-Hamel amont et Henri-IV sur environ 1500 m lin.
- ± 7,2 M\$



VILLE DE
QUÉBEC

DOCUMENT
DE TRAVAIL

BPR

RIGUEUR ET AUDACE
EN INGÉNIERIE

19

Exemples de la dégradation de la rivière Lorette



VILLE DE
QUÉBEC

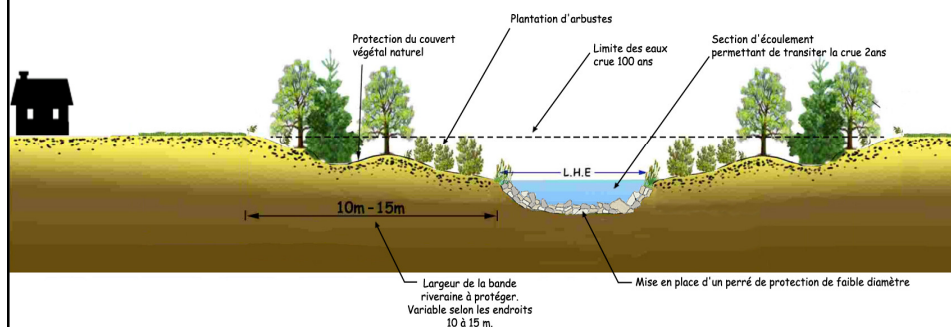
DOCUMENT
DE TRAVAIL

BPR

RIGUEUR ET AUDACE
EN INGÉNIERIE

20

Schéma-type de la renaturalisation et requalification de la rivière



7. Mesures non structurelles

- Maintien et valorisation des programmes de surveillance et d'entretien de la rivière
- Gestion des sédiments (travaux récurrents)
- Protection et conservation des plaines de débordement et des zones humides et boisées
- Poursuite du programme de stabilisation des berges
- Programme de requalification des lots riverains inondés (incluant entre autre une analyse coût/avantage)



VILLE DE
QUÉBEC

DOCUMENT
DE TRAVAIL

BPR

RIGUEUR ET AUDACE
EN INGÉNIERIE

22

Interventions court terme – 2008/2009

- Clapets, postes de pompage et correction du profil de la berge dans le secteur Carrefour du commerce (rue Rideau)
± 2,4 M\$ (excluant l'acquisition de terrains)
- Remplacement du collecteur Saint-Jude et dérivation
± 500 k\$ (Service de l'ingénierie)
- Suivi des restrictions hydrauliques locales
± 200 k\$
- Une première zone de rétention
1-2 M\$ (excluant l'acquisition de terrains)



**DOCUMENT
DE TRAVAIL**

BPR

RIGUEUR ET AUDACE
EN INGÉNIERIE

23

Définition

→ Scénarios d'intervention RETENUS (choix)

DESCRIPTION	COÛT	SCÉNARIO		
		A	B	C
Canal de crue - Secteur amont (conduite) -ruisseau Montchâtel	± 9.4 M\$			
Immunisation locale - Secteur carrefour du Commerce (rue Rideau)	± 2.4 M\$			
Dérivation - Collecteur Saint-Jude	± 0.5 M\$			
Restrictions hydrauliques locales	± 0.2 M\$			
Zone de rétention ruisseau des Friches secteur amont (± 200 000 m3)	± 3.1 M\$			
Renaturalisation et requalification du cours d'eau	± 7.2 M\$			
Total (excluant servitudes et acquisitions)		± 12.6 M\$	± 15.6 M\$	± 19.5 M\$
Débit		85 m³/s	78 m³/s	85 m³/s



**DOCUMENT
DE TRAVAIL**

BPR

RIGUEUR ET AUDACE
EN INGÉNIERIE

24

Identification

→ Axes de solutions REJETÉES

8. Emmagasinement aux lacs Laberge (base de plein air de Sainte-Foy)
9. Modifications et/ou corrections des ouvrages d'art pour améliorer leur capacité hydraulique
10. Travaux de dragage
11. Canaux de crue
 - Secteur Parc de l'Ancienne-Lorette (tunnel)
 - Boulevard Wilfrid-Hamel (conduite)
12. Utilisation du tunnel affluent et de l'émissaire des eaux traitées de la station Ouest



VILLE DE
QUÉBEC

DOCUMENT
DE TRAVAIL

BPR

RIGUEUR ET AUDACE
EN INGÉNIERIE

25

Questions
et
discussion



VILLE DE
QUÉBEC

DOCUMENT
DE TRAVAIL

BPR

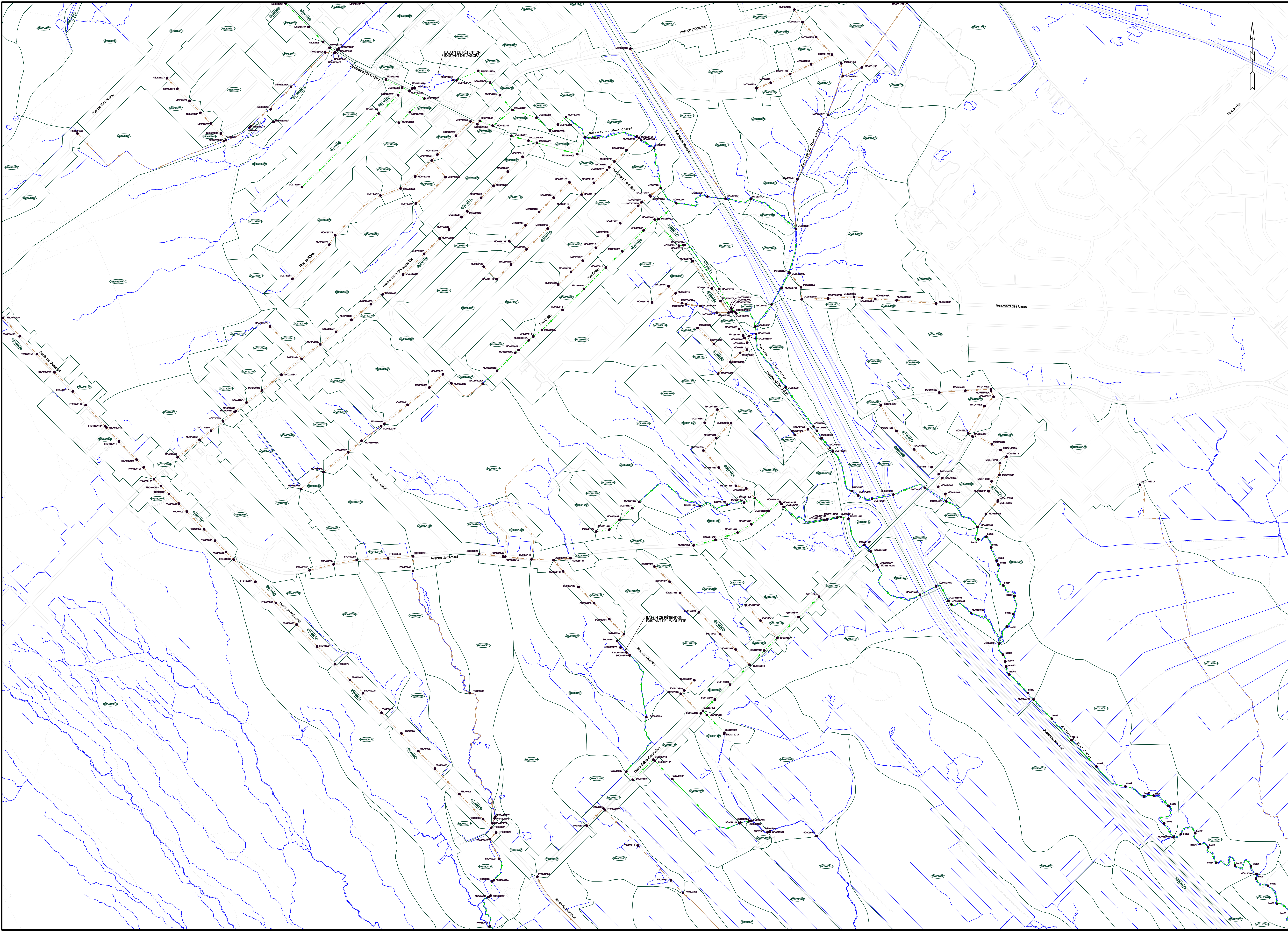
RIGUEUR ET AUDACE
EN INGÉNIERIE


26

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Annexe 2.2
			Rév. : 1

ANNEXE 2.2

Plans de la modélisation XPSWMM





ARRONDISSEMENTS #7 ET 8

PROJET PLAN DE GESTION DES EAUX PLUVIALES DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIERE LORETTE ET DES SECTEURS AÉROPORT JEAN-LESAGE ET VAL-BÉLAIR
VILLE DE QUÉBEC

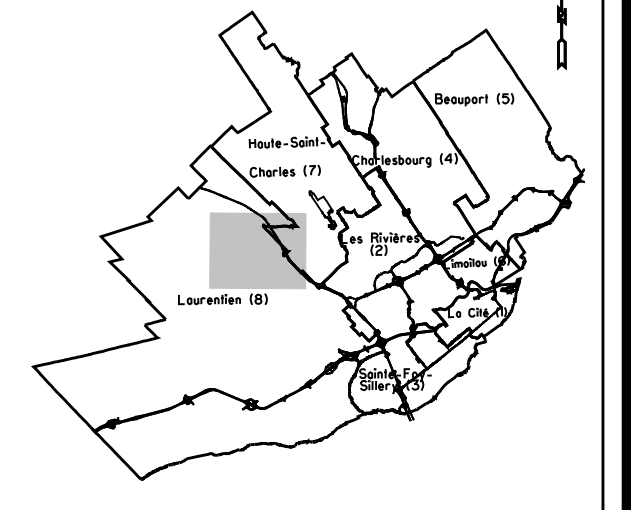
GESTION DU PROJET
SERVICE DE L'INGÉNIERIE
Responsable : Denis Blais, Ing.
Hydrologie Urbaine
BPR Inc.
Responsable : Vincent Fortin, Ing.
Demandé par : Kenneth Tardif, Tech.

LÉGENDE

- Numéro de sous-bassin
- Limite de bassin versant
- Limite de sous-bassin de drainage
- Noeud de schématisation
- Réseau pluvial modélisé (transport)
- Réseau pluvial modélisé (extran)
- Fossé modélisé (transport)
- Fossé modélisé (extran)

BPR
INGÉNIEURS & ARCHITECTES
EN INGÉNIERIE

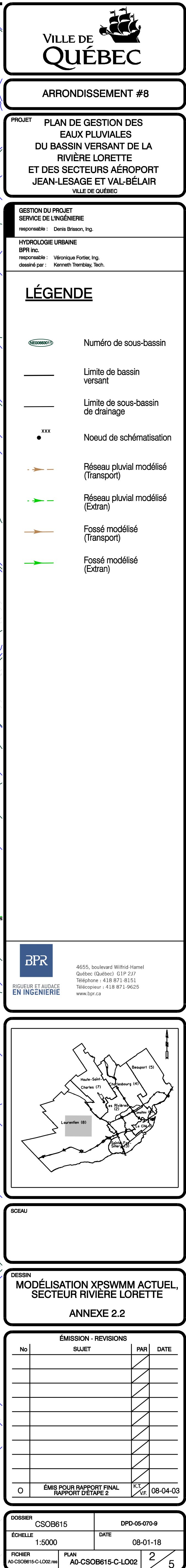
4555, Boulevard Wilfrid-Hamel
Québec (Québec) G1P 2J7
Téléphone : 418 871-8531
Télécopieur : 418 871-9625
www.bpr.ca



ÉCHELLE

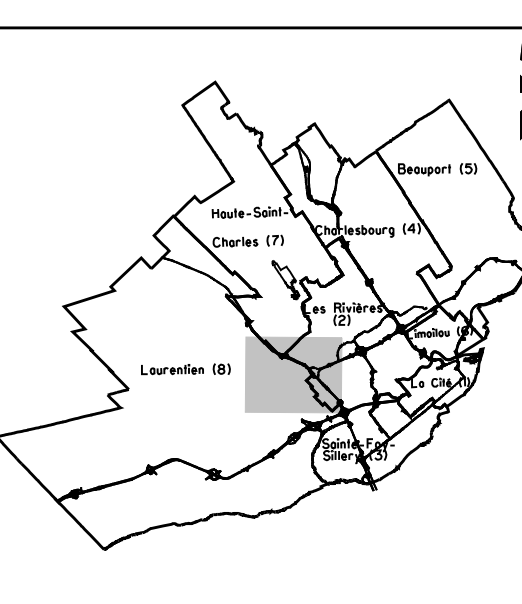
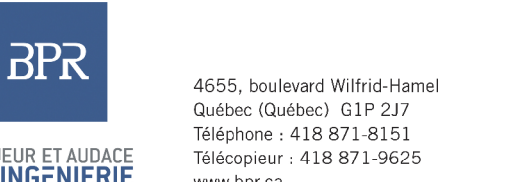
ÉMISSION - RÉVISIONS			
No	SUJET	PAR	DATE
0	ÉMISSION POUR RAPPORT FINAL		08-04-03
1	ÉMISSION POUR RAPPORT D'ÉTAPE 2		08-04-03

DOSSIER CS0B615
ÉCHELLE 1:5000
DATE 08-01-18
FICHIER AO-CS0B615-C-001
PLAN AO-CS0B615-C-001
1



LÉGENDE

- | | |
|--|-------------------------------------|
| | Numéro de sous-bassin |
| | Limite de bassin versant |
| | Limite de sous-bassin de drainage |
| | Nœud de schématisation |
| | Réseau pluvial modélisé (Transport) |
| | Réseau pluvial modélisé (Extran) |
| | Fossé modélisé (Transport) |
| | Fossé modélisé (Extran) |



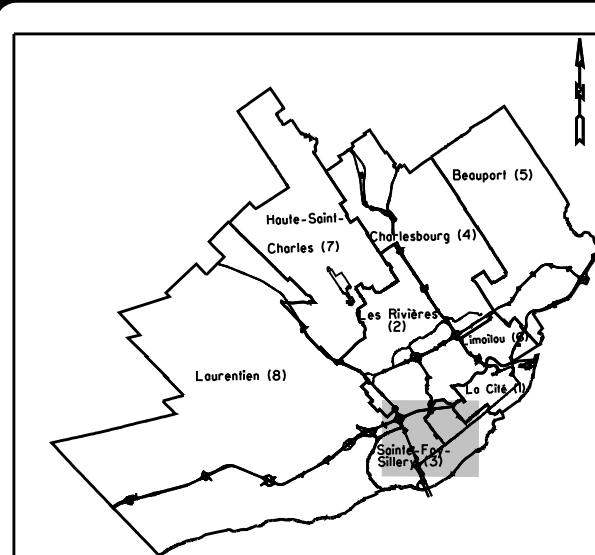
ÉMISSION - REVISIONS			
no	SUJET	PAR	DATE
	ÉMIS POUR RAPPORT FINAL	R.E.	08-01-2009

LÉGENDE

- | | Número de sous-bassin |
|--|-------------------------------------|
| | Limite de bassin versant |
| | Limite de sous-bassin de drainage |
| | Noeud de schématisation |
| | Réseau pluvial modélisé (Transport) |
| | Réseau pluvial modélisé (Extran) |
| | Fossés modélisés (Transport) |
| | Fossés modélisés (Extran) |



**RIGUEUR ET AUDACE
EN INGENIERIE**



SCEN

DESSIN
MODÉLISATION XPSWMM ACTUEL
SECTEUR RIVIÈRE LORETTE

ANNEXE 2.2

ÉMISSION - REVISIONS			
No	SUJET	PNR	DATE
		/	/
		/	/
		/	/
		/	/
		/	/
		/	/
		/	/
		/	/
		/	/
		/	/
O	ÉMIS POUR RAPPORT FINAL RAPPORT DÉTAIÉ 2	K.1 VF	08-04-

DOSSIER CSOB615		DPD-05-070-9	
ECHELLE 1:5000		DATE 08-03-18	
FICHER AO-CSOB615-C-LO04 (90)	PLAN A0-CSOB615-C-LO04		4

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Annexe 2.3
			Rév. : 1

ANNEXE 2.3

Plans de la modélisation HEC-RAS et des interventions proposées

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Annexe 2.4
			Rév. : 1

ANNEXE 2.4

Rapport de la campagne de mesures en réseau et en rivière, tel que produit par Environnement ESA

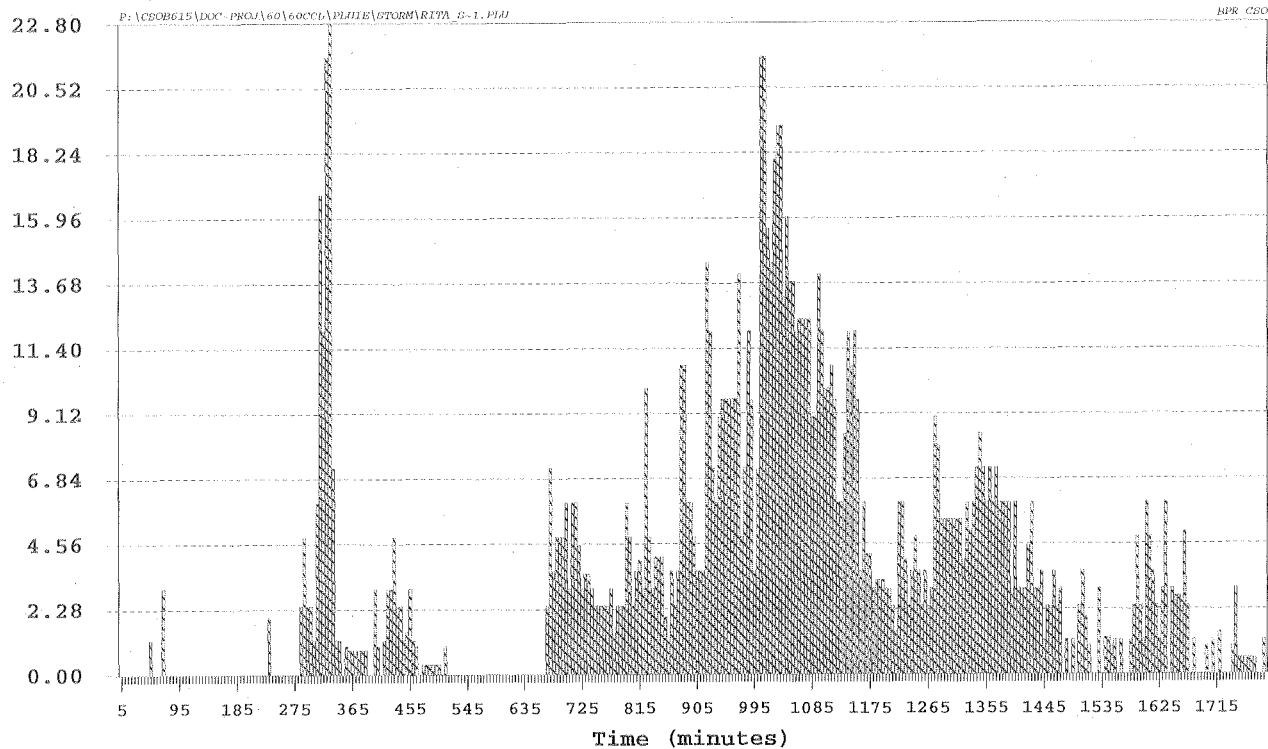
Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Annexe 2.5
			Rév. : 1

ANNEXE 2.5

Hyétogrammes des pluies réelles et des pluies de projet

RITA- 25 septembre 2005 - S14B

Rainfall (mm/hr)



Storm Statistics:

Storm Filename : P:\CSOB615\DOC-PROJ\60\60CC6\PLUIE\STORM\RITA_S-1.PLU

Title / Comment: RITA- 25 septembre 2005 - S14B

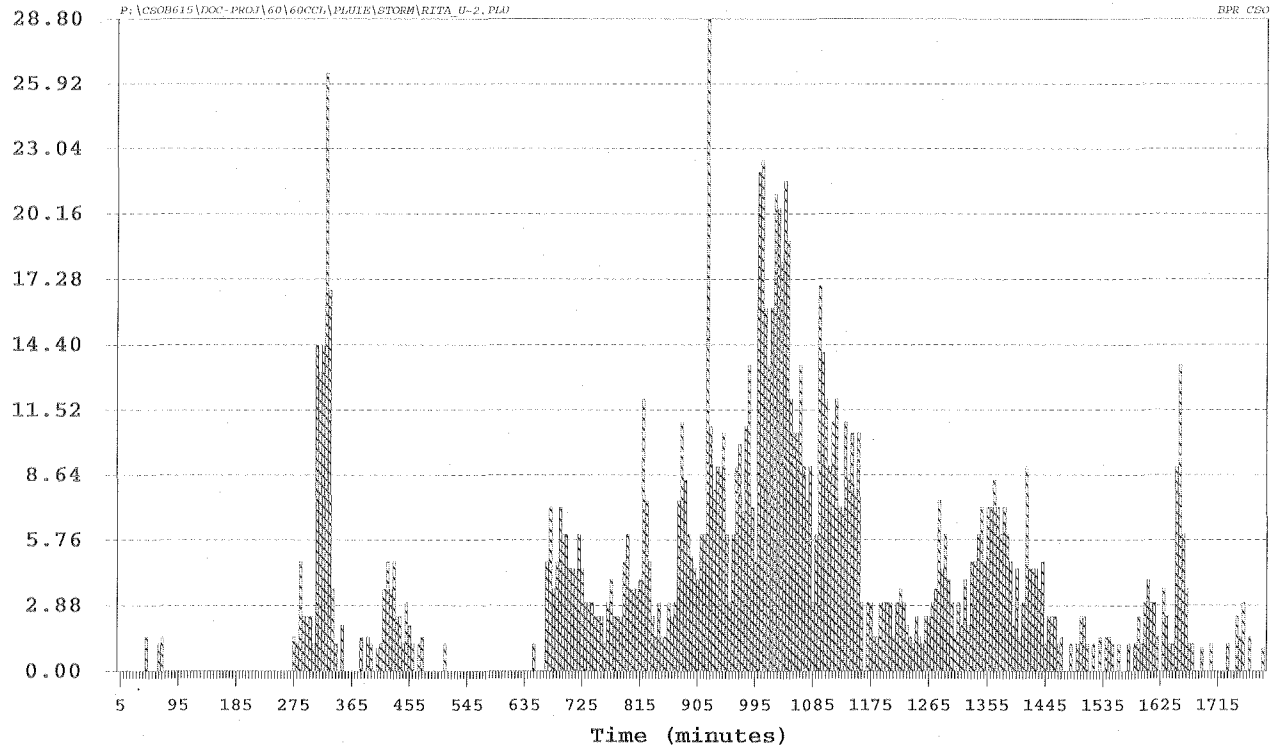
Total Precipitation = 106.70 (mm)
 Storm Duration = 1790.00 (minutes) from time '0'
 Average Intensity = 3.58 (mm/hr)
 Maximum Intensity = 22.80 (mm/hr) at 330.00 (minutes)

Maximum Average Intensities: (mm/hr)

Time Window	5 min	10 min	15 min	30 min	1 hr	2 hrs	3 hrs	6 hrs	12 hrs	24 hrs
Average Intensity	22.80	22.20	19.60	18.40	16.52	13.85	12.19	9.24	6.86	4.39

RITA- 25 septembre 2005 - U015

Rainfall (mm/hr)



Storm Statistics:

Storm Filename : P:\CSOB615\DOC-PROJ\60\60CCL\PLUIE\STORM\RITA_U-2.PLU

Title / Comment: RITA- 25 septembre 2005 - U015

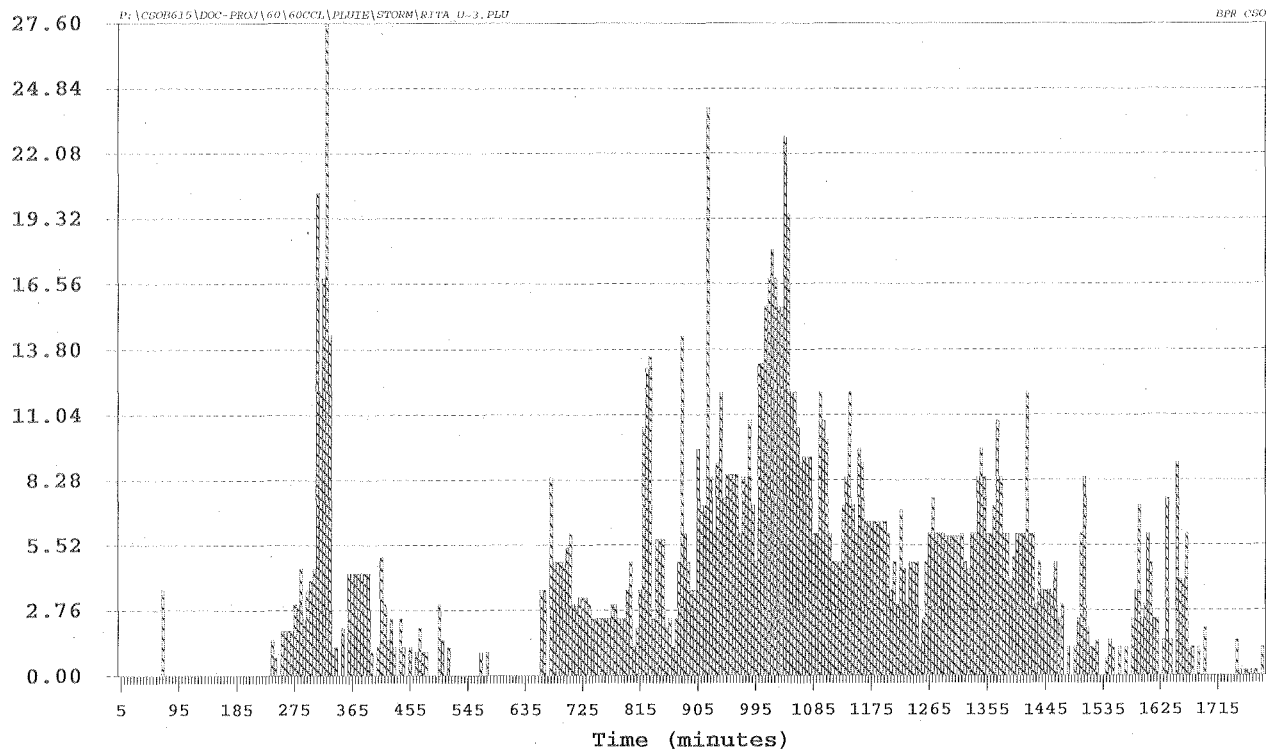
Total Precipitation = 104.81 (mm)
 Storm Duration = 1785.00 (minutes) from time '0'
 Average Intensity = 3.52 (mm/hr)
 Maximum Intensity = 28.80 (mm/hr) at 920.00 (minutes)

Maximum Average Intensities: (mm/hr)

Time Window	5 min	10 min	15 min	30 min	1 hr	2 hrs	3 hrs	6 hrs	12 hrs	24 hrs
Average Intensity ->	28.80	22.25	20.17	19.33	17.71	13.92	12.36	9.42	6.63	4.32

RITA- 25 septembre 2005 - U019

Rainfall (mm/hr)



Storm Statistics:

Storm Filename : P:\CSOB615\DOC-PROJ\60\60CCL\PLUIE\STORM\RITA_U-3.PLU

Title / Comment: RITA- 25 septembre 2005 - U019

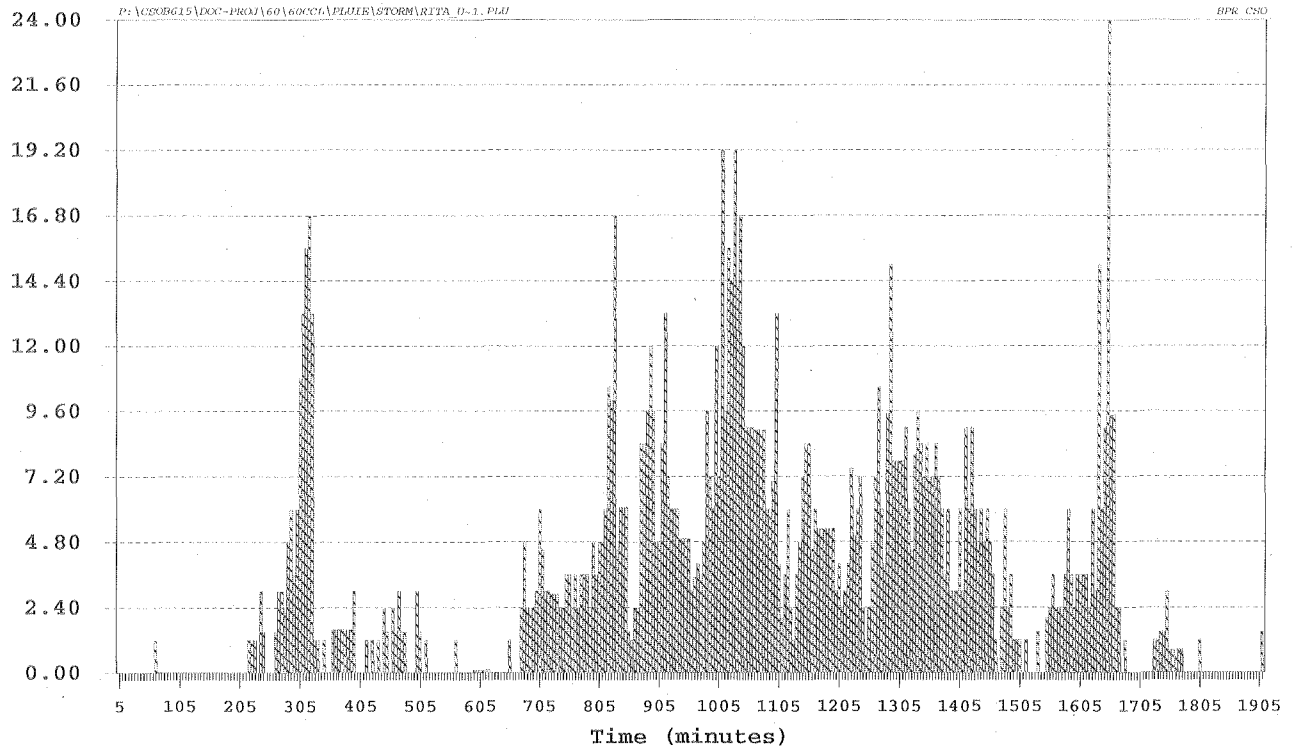
Total Precipitation = 116.45 (mm)
 Storm Duration = 1785.00 (minutes) from time '0'
 Average Intensity = 3.91 (mm/hr)
 Maximum Intensity = 27.60 (mm/hr) at 325.00 (minutes)

Maximum Average Intensities: (mm/hr)

Time Window	5 min	10 min	15 min	30 min	1 hr	2 hrs	3 hrs	6 hrs	12 hrs	24 hrs
Average Intensity ->	27.60	22.20	19.60	18.05	15.92	12.33	11.36	9.10	7.09	4.81

RITA- 25 septembre 2005 - U901

Rainfall (mm/hr)



Storm Statistics:

Storm Filename : P:\CSC615\DOC-PROJ\60\60CCL\PLUIE\STORM\RITA_U-1.PLU

Title / Comment: RITA- 25 septembre 2005 - U901

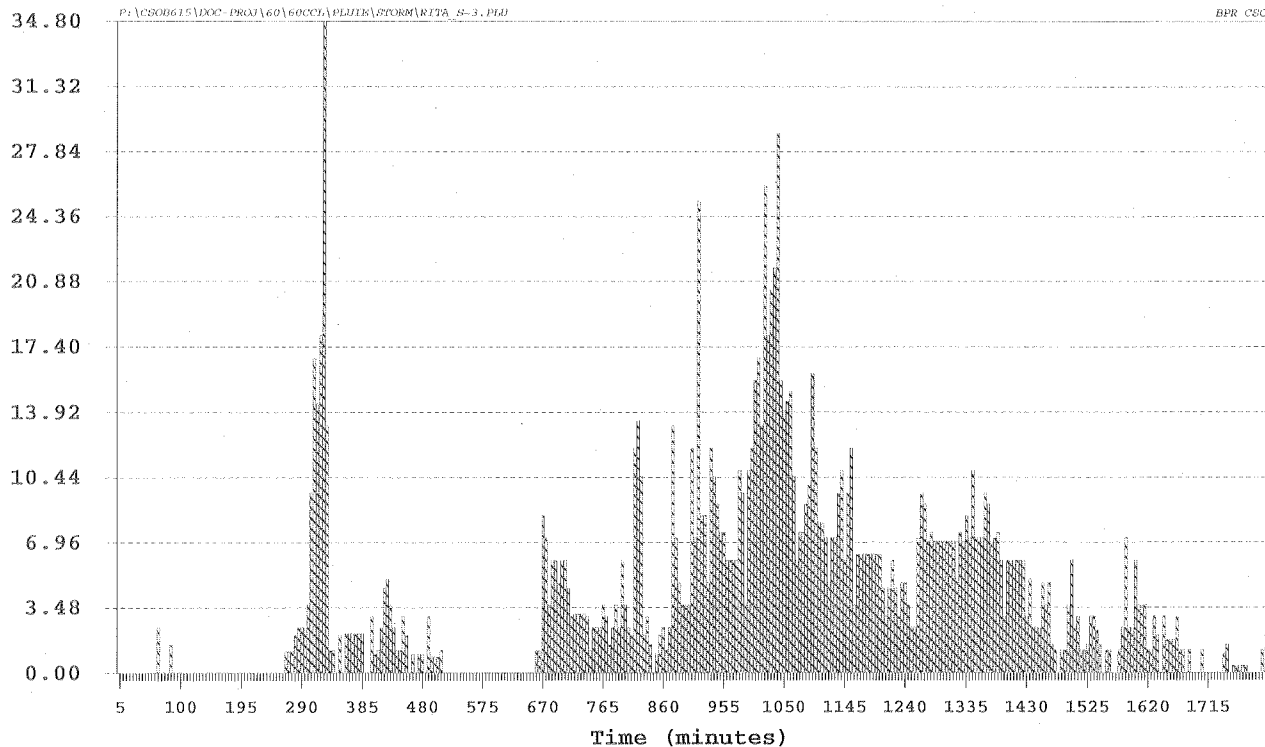
Total Precipitation = 109.07 (mm)
 Storm Duration = 1910.00 (minutes) from time '0'
 Average Intensity = 3.43 (mm/hr)
 Maximum Intensity = 24.00 (mm/hr) at 1650.00 (minutes)

Maximum Average Intensities: (mm/hr)

Time Window	5 min	10 min	15 min	30 min	1 hr	2 hrs	3 hrs	6 hrs	12 hrs	24 hrs
Average Intensity ->	24.00	16.80	16.80	15.40	13.20	10.75	8.81	7.52	6.51	4.47

RITA- 25 septembre 2005 - S902

Rainfall (mm/hr)



Storm Statistics:

Storm Filename : P:\CSOB615\DOC-PROJ\60\60CCL\PLUIE\STORM\RITA_S-3.PLU

Title / Comment: RITA- 25 septembre 2005 - S902

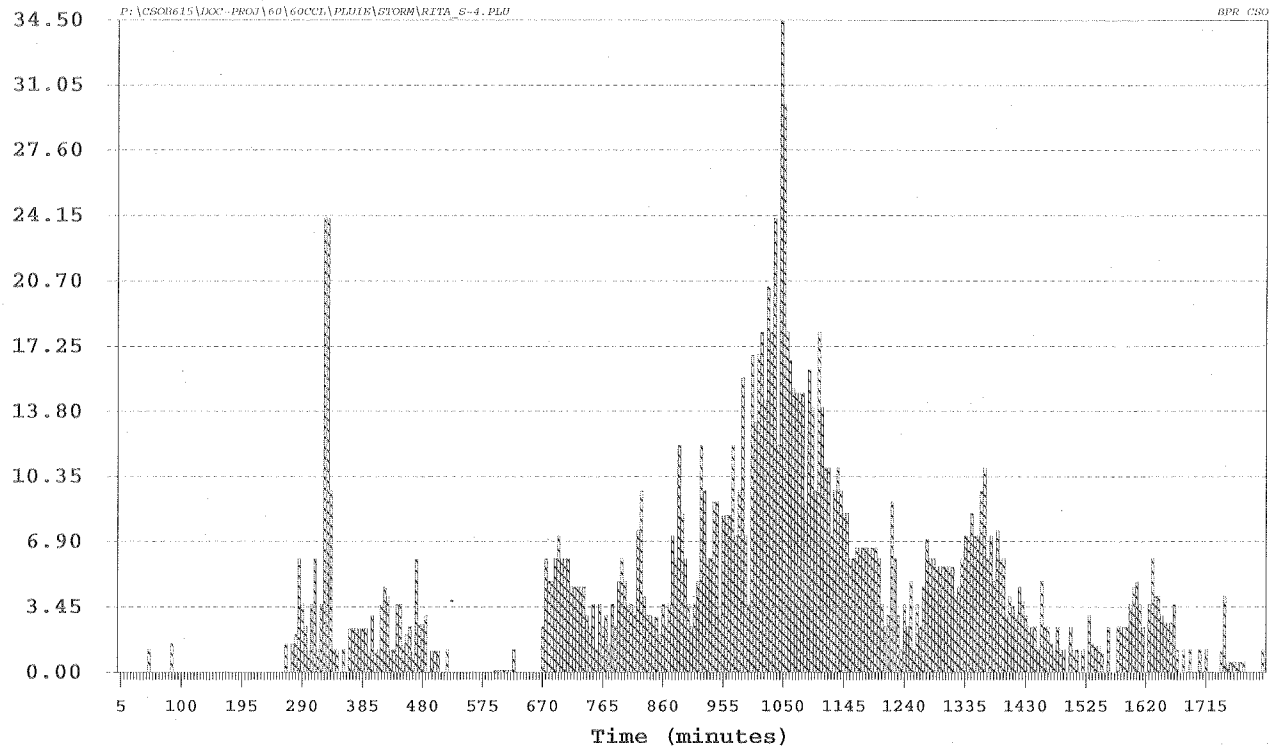
Total Precipitation = 118.45 (mm)
 Storm Duration = 1800.00 (minutes) from time '0'
 Average Intensity = 3.95 (mm/hr)
 Maximum Intensity = 34.80 (mm/hr) at 325.00 (minutes)

Maximum Average Intensities: (mm/hr)

Time Window	5 min	10 min	15 min	30 min	1 hr	2 hrs	3 hrs	6 hrs	12 hrs	24 hrs
Average Intensity ->	34.80	26.40	23.60	21.73	18.29	14.03	12.09	9.55	7.40	4.90

RITA- 25 septembre 2005 - S905

Rainfall (mm/hr)



Storm Statistics:

Storm Filename : P:\CSOB615\DOC-PROJ\60\60CCL\PLUIE\STORM\RITA_S-4.PLU

Title / Comment: RITA- 25 septembre 2005 - S905

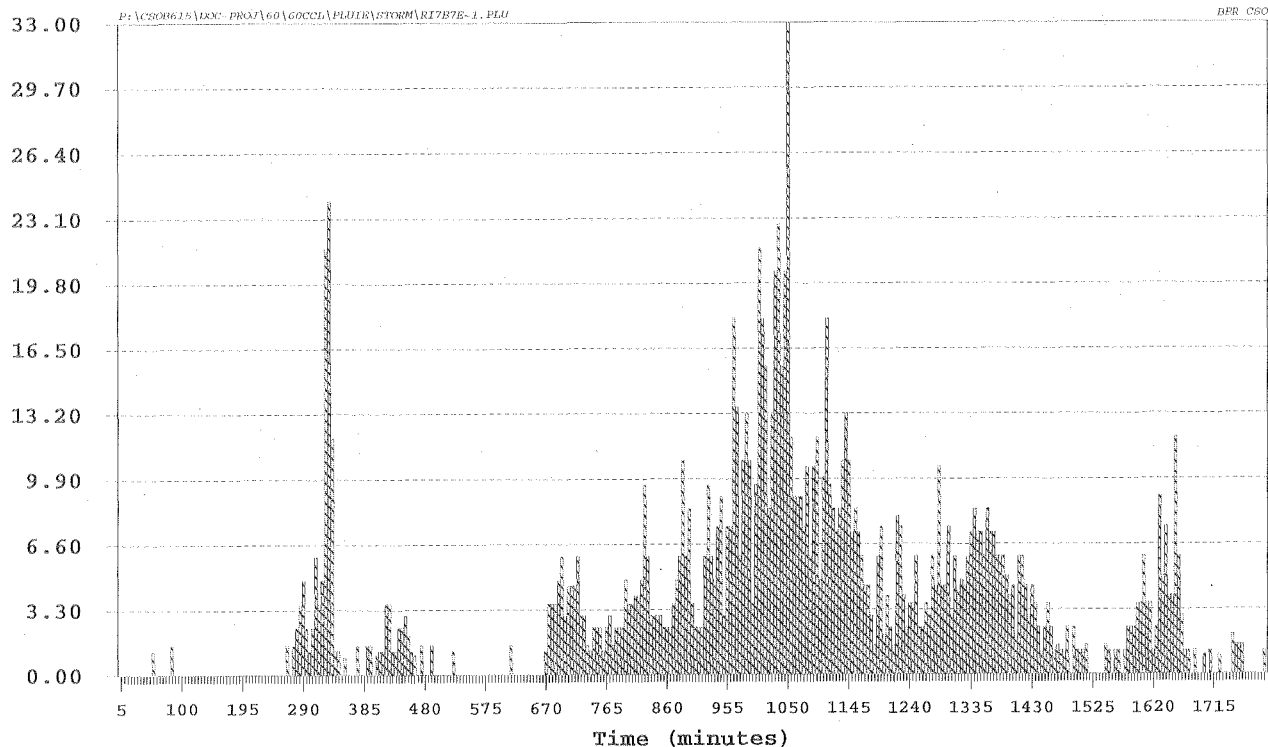
Total Precipitation = 117.55 (mm)
 Storm Duration = 1805.00 (minutes) from time '0'
 Average Intensity = 3.91 (mm/hr)
 Maximum Intensity = 34.50 (mm/hr) at 1045.00 (minutes)

Maximum Average Intensities: (mm/hr)

Time Window	5 min	10 min	15 min	30 min	1 hr	2 hrs	3 hrs	6 hrs	12 hrs	24 hrs
Average Intensity ->	34.50	32.25	27.50	23.15	19.80	16.80	14.30	10.39	7.60	4.85

RITA- 25 septembre 2005 - S906

Rainfall (mm/hr)



Storm Statistics:

Storm Filename : P:\CSOB615\DOC-PROJ\60\60CCL\PLUIR\STORM\RI7B7E-1.PLU

Title / Comment: RITA- 25 septembre 2005 - S906

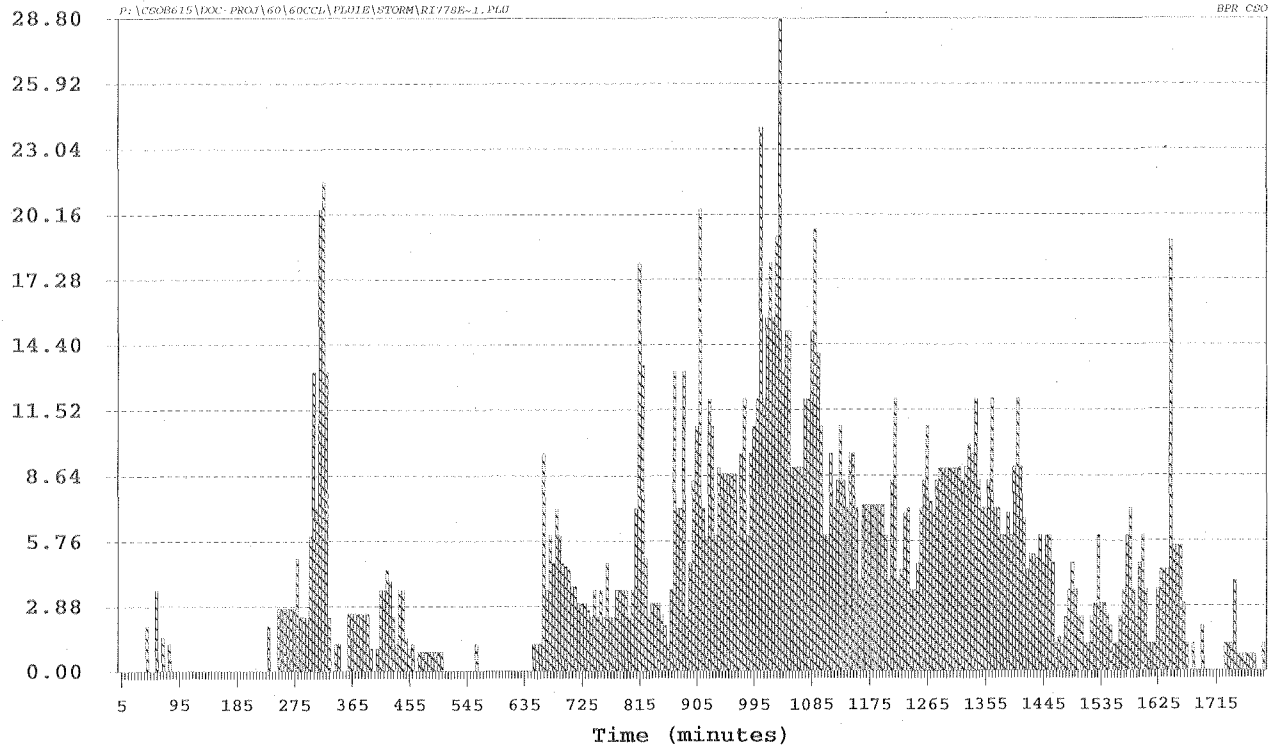
Total Precipitation = 105.79 (mm)
 Storm Duration = 1795.00 (minutes) from time '0'
 Average Intensity = 3.54 (mm/hr)
 Maximum Intensity = 33.00 (mm/hr) at 1050.00 (minutes)

Maximum Average Intensities: (mm/hr)

Time Window	5 min	10 min	15 min	30 min	1 hr	2 hrs	3 hrs	6 hrs	12 hrs	24 hrs
Average Intensity ->	33.00	26.70	23.00	20.90	17.55	13.81	12.51	9.08	6.74	4.36

RITA- 25 septembre 2005 - S909

Rainfall (mm/hr)



Storm Statistics:

Storm Filename : P:\CSOB615\DOC-PROJ\60\60CCL\PLUIE\STORM\RI778E-1.PLU

Title / Comment: RITA- 25 septembre 2005 - S909

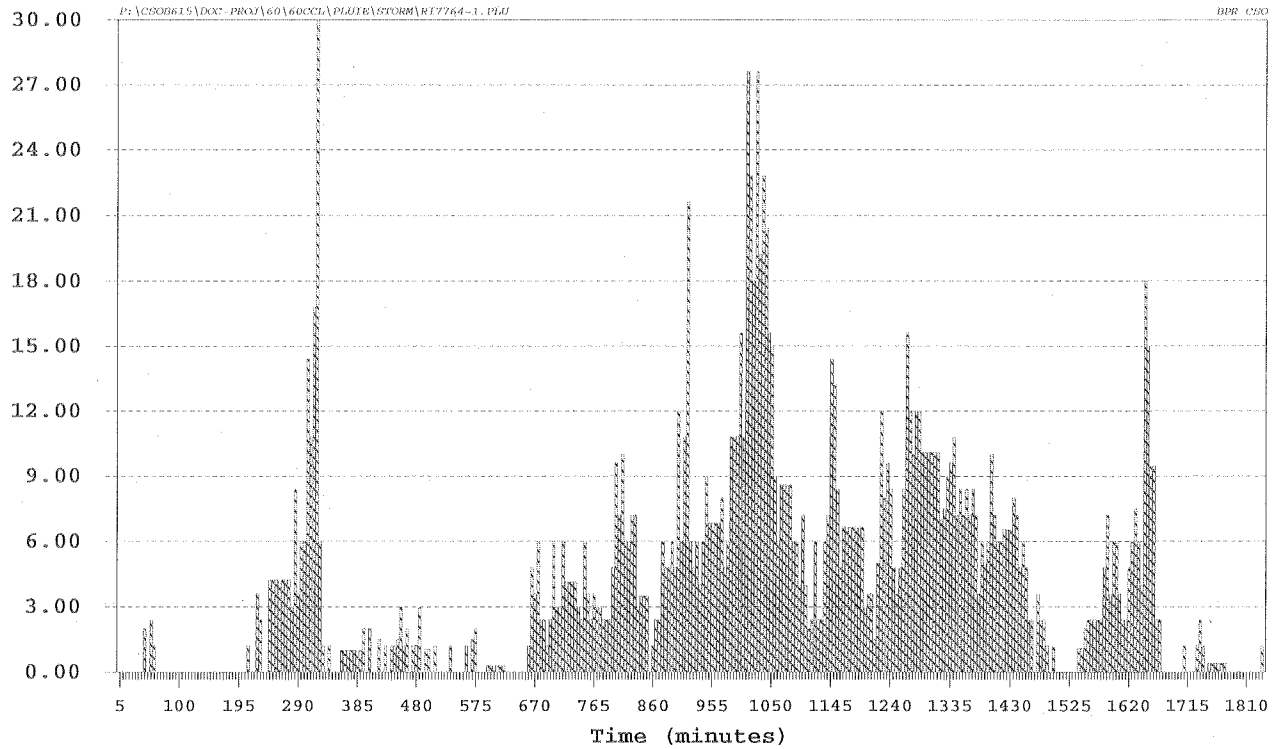
Total Precipitation = 134.56 (mm)
 Storm Duration = 1790.00 (minutes) from time '0'
 Average Intensity = 4.51 (mm/hr)
 Maximum Intensity = 28.80 (mm/hr) at 1035.00 (minutes)

Maximum Average Intensities: (mm/hr)

Time Window	5 min	10 min	15 min	30 min	1 hr	2 hrs	3 hrs	6 hrs	12 hrs	24 hrs
Average Intensity ->	28.80	24.00	21.20	18.40	16.60	13.97	12.31	10.11	8.25	5.52

RITA- 25 septembre 2005 - S911

Rainfall (mm/hr)



Storm Statistics:

Storm Filename : P:\CSOB615\DOC-PROJ\60\60CCL\PLUIE\STORM\RI7764-1.PLU

Title / Comment: RITA- 25 septembre 2005 - S911

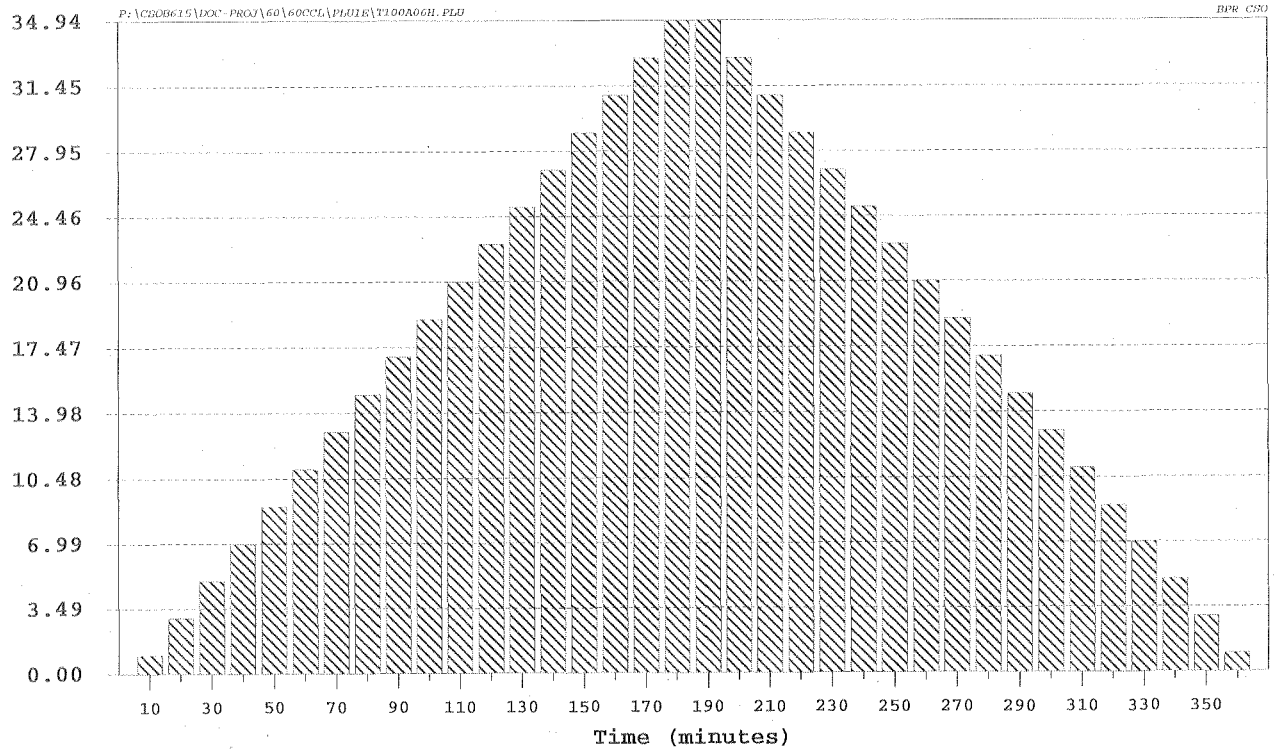
Total Precipitation = 126.50 (mm)
 Storm Duration = 1835.00 (minutes) from time '0'
 Average Intensity = 4.14 (mm/hr)
 Maximum Intensity = 30.00 (mm/hr) at 320.00 (minutes)

Maximum Average Intensities: (mm/hr)

Time Window	5 min	10 min	15 min	30 min	1 hr	2 hrs	3 hrs	6 hrs	12 hrs	24 hrs
Average Intensity	30.00	25.20	23.20	23.00	18.85	13.45	11.69	9.48	7.69	5.20

QUEBEC CLIMAT FUTUR - TRIANGULAIRE - 100 ANS - 6 HEURES

Rainfall (mm/hr)



Storm Statistics:

Storm Filename : P:\CSOB615\DOC-PROJ\60\60CCL\PLU1E\T100A06H.PLU

Title / Comment: QUEBEC CLIMAT FUTUR - TRIANGULAIRE - 100 ANS - 6 HEURES

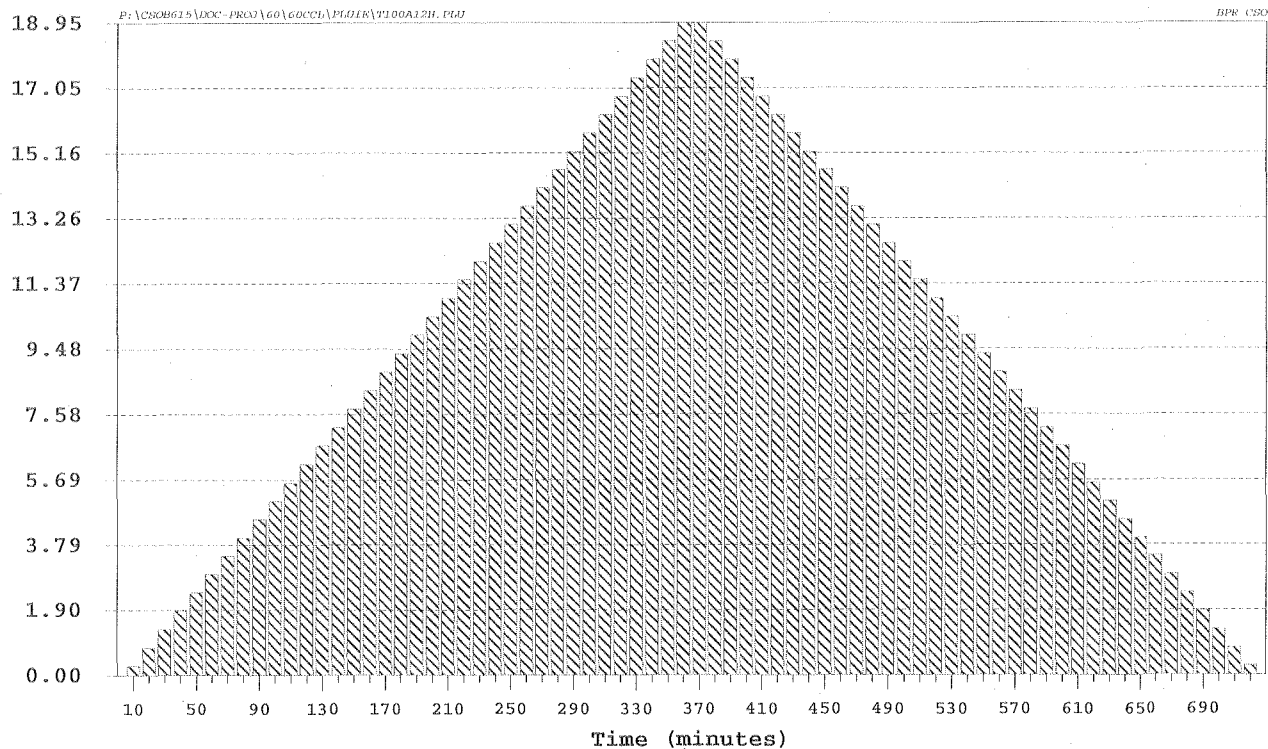
Total Precipitation = 107.80 (mm)
 Storm Duration = 360.00 (minutes) from time '0'
 Average Intensity = 17.97 (mm/hr)
 Maximum Intensity = 34.94 (mm/hr) at 180.00 (minutes)

Maximum Average Intensities: (mm/hr)

Time Window	5 min	10 min	15 min	30 min	1 hr	2 hrs	3 hrs	6 hrs	12 hrs	24 hrs
Average Intensity ->	34.94	34.94	34.94	34.27	32.94	29.95	26.95	17.97	n/a	n/a

QUEBEC CLIMAT FUTUR - TRIANGULAIRE - 100 ANS - 12 HEURES

Rainfall (mm/hr)



Storm Statistics:

Storm Filename : P:\CSOB615\DOC-PROJ\60\60CCL\PLUIE\T100A12H.PLU

Title / Comment: QUEBEC CLIMAT FUTUR - TRIANGULAIRE - 100 ANS - 12 HEURES

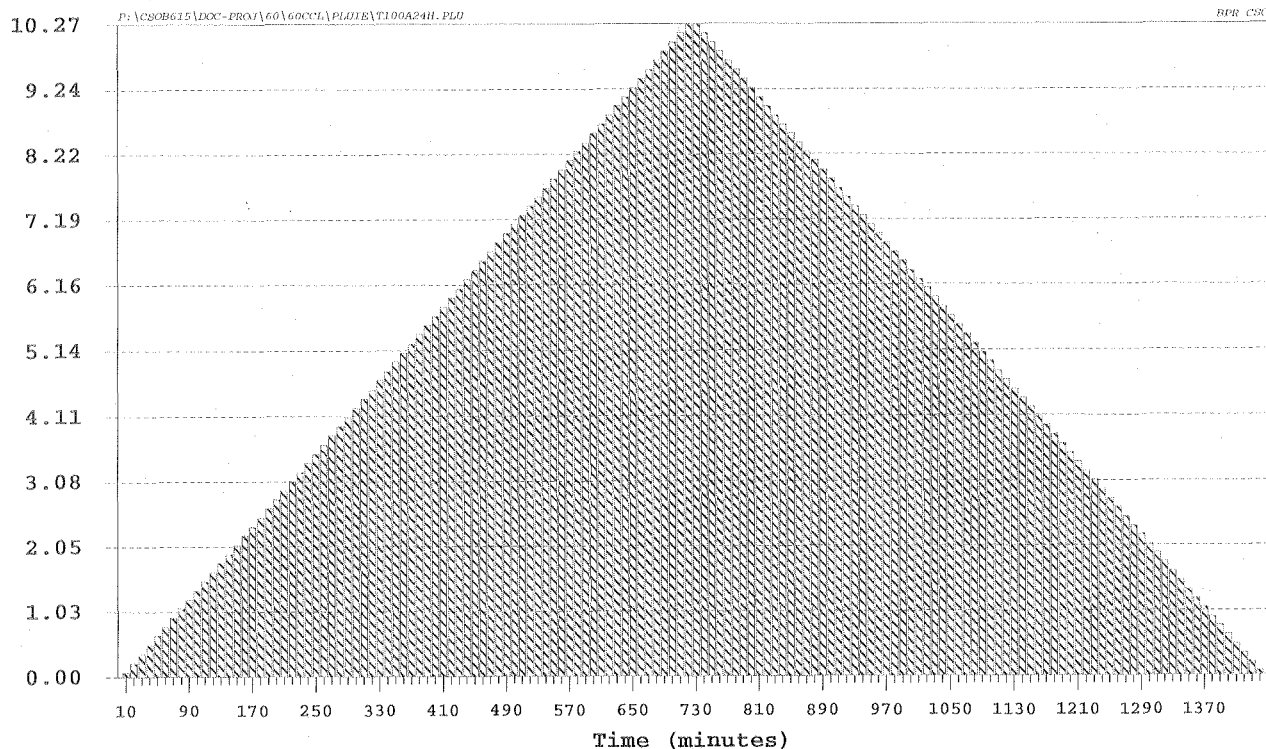
Total Precipitation = 115.30 (mm)
 Storm Duration = 720.00 (minutes) from time '0'
 Average Intensity = 9.61 (mm/hr)
 Maximum Intensity = 18.95 (mm/hr) at 360.00 (minutes)

Maximum Average Intensities: (mm/hr)

Time Window	5 min	10 min	15 min	30 min	1 hr	2 hrs	3 hrs	6 hrs	12 hrs	24 hrs
Average Intensity ->	18.95	18.95	18.95	18.77	18.42	17.62	16.81	14.41	9.61	n/a

QUEBEC CLIMAT FUTUR - TRIANGULAIRE - 100 ANS - 24 HEURES

Rainfall (mm/hr)



Storm Statistics:

Storm Filename : P:\CSOB615\DOC-PROJ\60\60CCL\PLUIE\T100A24H.PLU

Title / Comment: QUEBEC CLIMAT FUTUR - TRIANGULAIRE - 100 ANS - 24 HEURES

Total Precipitation = 124.10 (mm)
 Storm Duration = 1440.00 (minutes) from time '0'
 Average Intensity = 5.17 (mm/hr)
 Maximum Intensity = 10.27 (mm/hr) at 720.00 (minutes)

Maximum Average Intensities: (mm/hr)

Time Window	5 min	10 min	15 min	30 min	1 hr	2 hrs	3 hrs	6 hrs	12 hrs	24 hrs
Average Intensity ->	10.27	10.27	10.27	10.22	10.13	9.91	9.70	9.05	7.76	5.17

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Annexe 2.6
			Rév. : 1

ANNEXE 2.6

Profils et tableaux HEC-RAS montrant les lignes piézométriques qui justifient les interventions

**Annexe 2.6: Résultats HEC-RAS des scénarios d'intervention
Rivière Lorette, section centre (section 330 à 207)**

Sections (#)	Solutions (#)	Débit maximum (m³/s)	Élévation surface (m)	Profondeur (m)	Vitesse rive gauche (m/s)	Vitesse au centre (m/s)	Vitesse rive droite (m/s)	Largeur inondée (m)
330	Aucune	48,9	59,48	3,26	0,35	0,91	0,55	45,9
330	3, 4 et 6	47,0	59,37	3,15	0,35	0,92	0,57	44,8
330	1	47,1	59,37	3,15	0,35	0,92	0,57	44,8
330	2	39,2	58,92	2,70	0,36	0,99	0,60	42,4
330	5	47,0	59,37	3,15	0,35	0,92	0,57	44,8
329	Aucune	48,9	59,45	3,67	0,26	0,74	0,19	77,2
329	3, 4 et 6	47,0	59,34	3,56	0,27	0,75	0,19	75,8
329	1	47,1	59,34	3,56	0,27	0,75	0,19	75,7
329	2	39,1	58,86	3,08	0,28	0,82	0,20	69,7
329	5	47,0	59,34	3,56	0,27	0,75	0,19	75,8
328	Aucune	48,9	59,43	3,77	0,25	0,71	0,18	77,8
328	3, 4 et 6	47,0	59,32	3,66	0,25	0,72	0,18	76,6
328	1	47,1	59,32	3,66	0,25	0,72	0,18	76,6
328	2	39,1	58,83	3,17	0,26	0,80	0,20	71,5
328	5	47,0	59,32	3,66	0,25	0,72	0,18	76,6
327	Aucune	49,2	59,42	3,70	0,29	0,74	0,22	64,3
327	3, 4 et 6	47,4	59,30	3,58	0,29	0,75	0,23	63,6
327	1	47,4	59,30	3,58	0,29	0,75	0,23	63,5
327	2	39,3	58,81	3,09	0,30	0,81	0,24	60,4
327	5	47,4	59,30	3,58	0,29	0,75	0,23	63,6
326	Aucune	49,2	59,40	3,44	0,30	0,75	0,15	69,6
326	3, 4 et 6	47,4	59,29	3,33	0,30	0,77	0,15	67,9
326	1	47,4	59,29	3,33	0,30	0,77	0,15	67,9
326	2	39,3	58,79	2,83	0,32	0,84	0,18	60,2
326	5	47,4	59,29	3,33	0,30	0,77	0,15	67,9
325	Aucune	49,2	59,40	3,58	0,29	0,76	0,15	71,2
325	3, 4 et 6	47,4	59,29	3,47	0,30	0,77	0,16	69,1
325	1	47,4	59,29	3,47	0,30	0,77	0,16	69,0
325	2	39,3	58,79	2,97	0,31	0,84	0,19	60,9
325	5	47,4	59,29	3,47	0,30	0,77	0,16	69,1
324	Aucune	49,2	59,40	3,72	0,29	0,76	0,15	71,5
324	3, 4 et 6	47,4	59,29	3,61	0,29	0,77	0,16	69,2
324	1	47,4	59,29	3,61	0,29	0,77	0,16	69,2
324	2	39,3	58,79	3,11	0,30	0,83	0,19	61,8
324	5	47,4	59,29	3,61	0,29	0,77	0,16	69,2
323	Aucune	49,2	59,40	3,86	0,29	0,73	0,15	72,0
323	3, 4 et 6	47,4	59,29	3,75	0,29	0,74	0,16	69,6
323	1	47,4	59,29	3,75	0,29	0,74	0,16	69,6
323	2	39,3	58,79	3,25	0,30	0,80	0,19	62,6
323	5	47,4	59,29	3,75	0,29	0,74	0,16	69,6

Note:

Les fichiers de cette annexe se trouvent sur le CD joint à l'annexe 2.10.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Annexe 2.6
			Rév. : 1

Résultats HEC-RAS pour les événements extrêmes

Reach	River Sta	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Top Width (m)
1	12	100ans24hrT1	9.4	65.85	67.04	1.69	7.7
1	12	100ans12hrT1	11.7	65.85	67.16	1.83	8.1
1	12	Rita 1	12.2	65.85	67.20	1.82	8.3
1	12	100an6ht5	13.3	65.85	67.24	1.92	8.5
1	11	100ans24hrT1	9.4	65.65	67.04	1.36	8.5
1	11	100ans12hrT1	11.7	65.65	67.17	1.50	9.0
1	11	Rita 1	12.2	65.65	67.21	1.50	9.2
1	11	100an6ht5	13.3	65.65	67.25	1.58	9.4
1	10	100ans24hrT1	9.4	65.65	66.16	4.33	5.6
1	10	100ans12hrT1	11.8	65.65	66.23	4.61	5.8
1	10	Rita 1	12.2	65.65	66.23	4.74	5.8
1	10	100an6ht5	13.3	65.65	66.27	4.77	5.9
1	8.9	100ans24hrT1	9.0	64.53	65.88	1.57	6.7
1	8.9	100ans12hrT1	13.2	64.53	66.01	2.04	7.0
1	8.9	Rita 1	13.5	64.53	66.03	2.06	7.1
1	8.9	100an6ht5	14.9	64.53	66.11	2.12	7.3
1	8.5	Bridge					
1	8	100ans24hrT1	9.7	64.53	65.56	2.43	5.8
1	8	100ans12hrT1	9.7	64.53	65.56	2.44	5.8
1	8	Rita 1	9.9	64.53	65.57	2.45	5.8
1	8	100an6ht5	10.0	64.53	65.57	2.48	5.8
1	7	100ans24hrT1	10.5	64.86	65.61	1.75	13.6
1	7	100ans12hrT1	13.2	64.86	65.69	1.90	15.0
1	7	Rita 1	13.5	64.86	65.69	1.91	15.0
1	7	100an6ht5	14.9	64.86	65.73	2.00	15.1
1	6	100ans24hrT1	10.5	63.33	64.39	2.62	6.7
1	6	100ans12hrT1	13.2	63.33	64.59	2.52	63.7
1	6	Rita 1	13.5	63.33	64.62	2.42	81.9
1	6	100an6ht5	14.9	63.33	64.68	2.21	124.2
1	5	100ans24hrT1	10.5	62.42	63.59	2.15	17.9
1	5	100ans12hrT1	13.2	62.42	63.64	2.47	28.7
1	5	Rita 1	13.4	62.42	63.65	2.50	29.2
1	5	100an6ht5	14.1	62.42	63.65	2.60	30.3
1	4	100ans24hrT1	10.5	61.68	62.86	2.39	8.0
1	4	100ans12hrT1	13.2	61.68	62.95	2.62	20.4
1	4	Rita 1	13.4	61.68	62.97	2.61	22.2
1	4	100an6ht5	14.9	61.68	63.02	2.65	28.4
1	3	100ans24hrT1	10.5	60.87	62.10	2.02	12.3
1	3	100ans12hrT1	13.2	60.87	62.24	2.08	29.5
1	3	Rita 1	13.4	60.87	62.25	2.08	30.3
1	3	100an6ht5	14.9	60.87	62.30	2.10	34.6
1	2	100ans24hrT1	10.5	60.42	61.53	1.89	7.6
1	2	100ans12hrT1	13.2	60.42	61.64	2.10	8.7
1	2	Rita 1	13.4	60.42	61.65	2.12	9.6
1	2	100an6ht5	14.9	60.42	61.69	2.24	12.3

Note:

Les fichiers de cette annexe se trouvent sur le CD joint à l'annexe 2.10.

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Annexe 2.7
			Rév. : 1

ANNEXE 2.7

Ventilation des estimations des coûts de mise en œuvre des axes de solutions retenus

ANNEXE 2.7
Estimation budgétaire

Zone de rétention "C" Des Friches amont
Volume ±200 000 m³

Description	Unité	Coût unitaire	Total
Travaux d'excavation et terrassement	240 000 m ³	7,00 \$/m ³	1 680 000 \$
Ensemencement hydraulique et plantation	58 000 m ²	5,00 \$/m ²	290 000 \$
Raccordement électrique	1 uni.	50 000,00 \$/unité	50 000 \$
Ouvrage de contrôle à l'entrée	2 unités	50 000,00 \$/unité	100 000 \$
Ouvrage de contrôle à la sortie	1 unité	50 000,00 \$/unité	50 000 \$
Conduite à la sortie	50 m.li.	400,00 \$/m.li.	20 000 \$
Instrumentation	1 unité	100 000,00 \$/unité	100 000 \$
<i>Sous-total :</i>			<i>2 290 000 \$</i>
<i>Contingences (20 %) :</i>			<i>458 000 \$</i>
<i>TPS (5 %) :</i>			<i>137 400 \$</i>
<i>TVQ (7,5 %) :</i>			<i>216 405 \$</i>
TOTAL :			3 101 805 \$

Zone de rétention type "E" ruisseau Notre-Dame
Volume 3±5 000 m³

Description	Unité	Coût unitaire	Total
Travaux d'excavation et terrassement	100 000 m ³	7,00 \$/m ³	700 000 \$
Ensemencement hydraulique et plantations	20 000 m ²	5,00 \$/m ²	100 000 \$
Raccordement électrique	1 unité	50 000,00 \$/unité	50 000 \$
Ouvrage de contrôle à l'entrée	2 unités	50 000,00 \$/unité	100 000 \$
Ouvrage de contrôle à la sortie	1 unité	50 000,00 \$/unité	50 000 \$
Conduite à la sortie	50 m.li.	400,00 \$/m.li.	20 000 \$
Instrumentation	1 unité	100 000,00 \$/unité	100 000 \$
<i>Sous-total :</i>			<i>1 120 000 \$</i>
<i>Contingences (20 %) :</i>			<i>224 000 \$</i>
<i>TPS (5 %) :</i>			<i>67 200 \$</i>
<i>TVQ (7,5 %) :</i>			<i>105 840 \$</i>
TOTAL :			1 517 040 \$

Zone de rétention "F" Lorette amont
Volume ±300 000 m³

Description	Unité	Coût unitaire	Total
Travaux d'excavation et terrassement	630 000 m ³	7,00 \$/m ³	4410 000 \$
Ensemencement hydraulique et plantations	120 000 m ²	5,00 \$/m ²	600 000 \$
Raccordement électrique	1 unité	20 000,00 \$/unité	20 000 \$
Ouvrage de contrôle à l'entrée	2 unités	50 000,00 \$/unité	100 000 \$
Ouvrage de contrôle à la sortie	1 unité	50 000,00 \$/unité	50 000 \$
Traverse rue Notre-Dame	1 unité	150 000,00 \$/unité	150 000 \$
Conduite d'amenée en béton	150 m.li.	2 000,00 \$/m.li.	300 000 \$
Conduite à la sortie	1 000 m.li.	400,00 \$/m.li.	400 000 \$
Instrumentation	1 unité	100 000,00 \$/unité	100 000 \$
<i>Sous-total :</i>			<i>6 130 000 \$</i>
<i>Contingences (20 %) :</i>			<i>1 226 000 \$</i>
<i>TPS (5 %) :</i>			<i>367 800 \$</i>
<i>TVQ (7,5 %) :</i>			<i>579 285 \$</i>
TOTAL :			8 303 085 \$

ANNEXE 2.7
Estimation budgétaire

**Renaturalisation et requalification d'un tronçon du cours d'eau
dans la partie aval du bassin versant
(Section 2.6.1.4)**

Description	Unité	Coût unitaire	Total
Travaux d'excavation et renaturalisation	1 500 m.li.	3 000,00 \$/m.li.	4 500 000 \$
Réparation de surface	10 000 m ²	10,00 \$/m ²	100 000 \$
Modification aux ouvrages d'art	3 unités	250 000,00 \$/unité	750 000 \$
<i>Sous-total :</i>			<i>5 350 000 \$</i>
<i>Contingences (20 %) :</i>			<i>1 070 000 \$</i>
<i>TPS (5 %) :</i>			<i>321 000 \$</i>
<i>TVQ (7,5 %) :</i>			<i>505 575 \$</i>
<i>TOTAL :</i>			<i>7 246 575 \$</i>

**Canal de crue (conduite) - Secteur ruisseau du Mont-Châtel
(Section 2.6.1.7)**

Description	Unité	Coût unitaire	Total
Travaux d'excavation et remblayage de la tranchée	2 300 m.li.	560,00 \$/m.li.	1 288 000 \$
Conduite en béton armé 2 400 mm	2 300 m.li.	1 250,00 \$/m.li.	2 875 000 \$
Regard d'accès	8 unités	25 000,00 \$/unité	200 000 \$
Radier de béton pour support de conduite	2 300 m.li.	270,00 \$/m.li.	621 000 \$
Réparation de surface et ensemencement	44 000 m ²	3,50 \$/m ²	154 000 \$
Réparation de surface stationnement	1 200 m ²	35,00 \$/m ²	42 000 \$
Conduite parallèle au ponceau existant	1 unité	500 000,00 \$/unité	500 000 \$
Traverse boulevard Armand-Viau	1 unité	125 000,00 \$/unité	125 000 \$
Traverse de l'Ormière	1 unité	550 000,00 \$/unité	550 000 \$
Traverse boulevard de l'Auvergne	1 unité	200 000,00 \$/unité	200 000 \$
Ouvrage à l'entrée	1 unité	75 000,00 \$/unité	75 000 \$
Ouvrage à la sortie	1 unité	100 000,00 \$/unité	100 000 \$
Instrumentation	1 unité	100 000,00 \$/unité	100 000 \$
Protection de berge ruisseau Sainte-Barbe	250 m.li.	500,00 \$/m.li.	125 000 \$
<i>Sous-total :</i>			<i>6 955 000 \$</i>
<i>Contingences (20 %) :</i>			<i>1 391 000 \$</i>
<i>TPS (5 %) :</i>			<i>417 300 \$</i>
<i>TVQ (7,5 %) :</i>			<i>657 248 \$</i>
<i>TOTAL :</i>			<i>9 420 548 \$</i>

**Canal de crue (Fossé) - Secteur Saint-Jean-Baptiste
(Section 2.6.1.9)**

Description	Unité	Coût unitaire	Total
Travaux d'excavation et remblayage de la tranchée	2 300 m.li.	350,00 \$ /m.li.	805 000 \$
Réparation de surface	50 000 m ²	15,00 \$/m ²	750 000 \$
Ensemencement hydraulique et plantations	45 000 m ²	3,00 \$/m ²	135 000 \$
Traverse rue Rideau	1 unité	500 000,00 \$/unité	500 000 \$
Traverse rue du Parc Technologique	1 unité	1 000 000,00 \$/unité	1 000 000 \$
Traverse autoroute Henri-IV	1 unité	3 000 000,00 \$/unité	3 000 000 \$
Ouvrage à l'entrée	1 unité	100 000,00 \$/unité	100 000 \$
Ouvrage à la sortie	1 unité	100 000,00 \$/unité	100 000 \$
Instrumentation	1 unité.	75 000,00 \$/unité	75 000 \$
Digues et correction de profil localement	2 000 m.li.	350,00 \$/m.li.	700 000 \$
<i>Sous-total :</i>			<i>7 165 000 \$</i>
<i>Contingences (20 %) :</i>			<i>1 433 000 \$</i>
<i>TPS (5 %) :</i>			<i>429 900 \$</i>
<i>TVQ (7,5 %) :</i>			<i>677 093 \$</i>
<i>TOTAL :</i>			<i>9 704 993 \$</i>

ANNEXE 2.7
Estimation budgétaire

Mise en place de digues/clapets antiretour/postes de pompage
(Section 2.6.2.2)

Description	Unité	Coût unitaire	Total
Digue de protection et correction de profil (remblai, travaux de végétalisation)	2 100 m.li.	100,00 \$/m.li.	210 000 \$
Ouvrage de retenue de type clapet seulement	7 unités	50 000,00 \$/unité	350 000 \$
Ouvrage de retenue de type clapet avec poste de pompage	4 unités	250 000,00 \$/unité	1 000 000 \$
Réaménagement du fossé existant	1 250 m.li.	20,00 \$/m. li.	25 000 \$
Aménagement d'un nouveau fossé	500 m.li.	100,00 \$/m. li.	50 000 \$
Nouveau ponceau sous la rue Rideau	1 unité	125 000,00 \$/unité	125 000 \$
<i>Sous-total :</i>			<i>1 760 000 \$</i>
<i>Contingences (20 %) :</i>			<i>352 000 \$</i>
<i>TPS (5 %) :</i>			<i>105 600 \$</i>
<i>TVQ (7,5 %) :</i>			<i>166 320 \$</i>
TOTAL :			2 383 920 \$

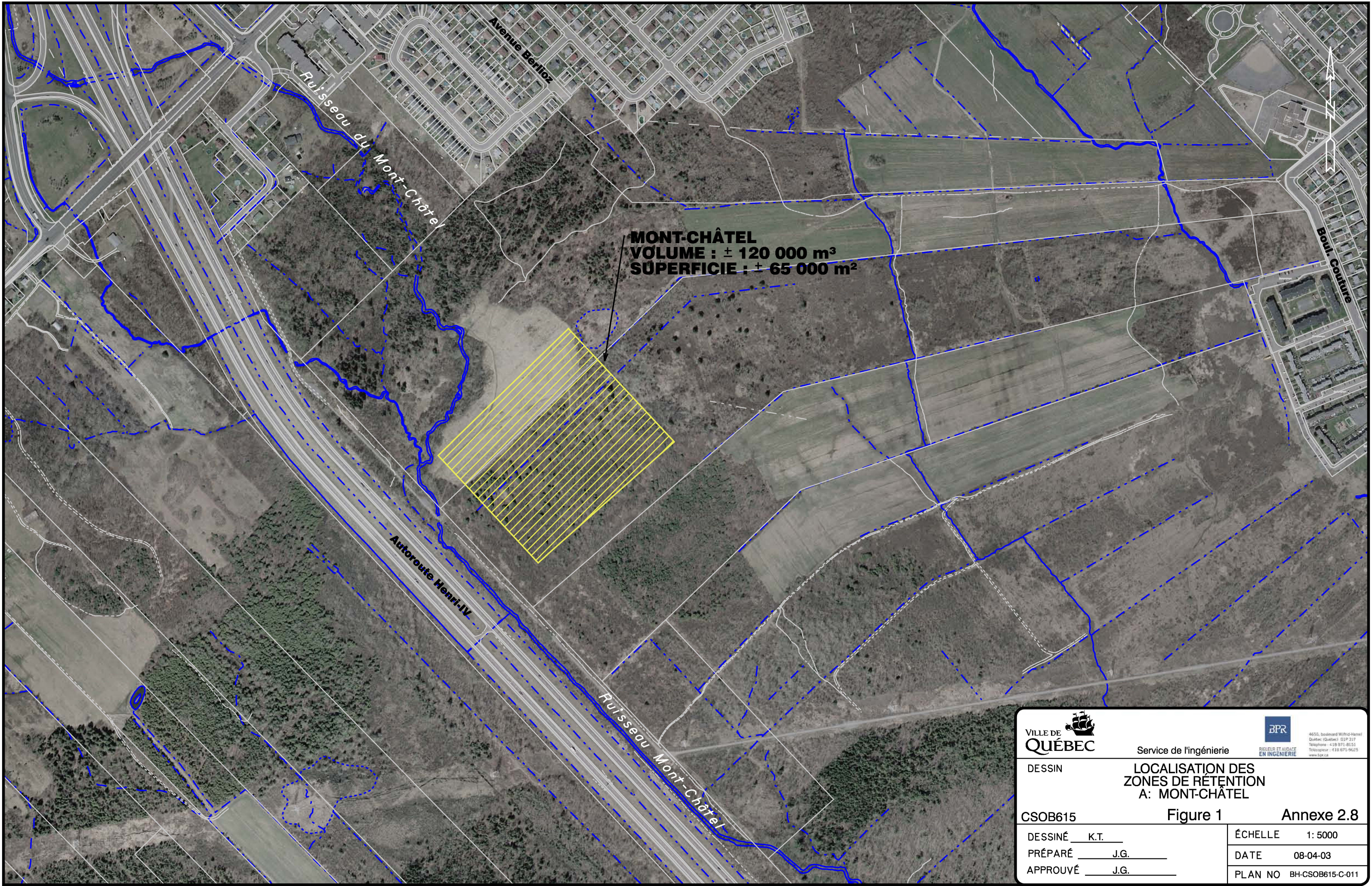
Correction et suivi de six zones de restriction hydraulique

Description	Unité	Coût unitaire	Total
Site 1 : Ch. 0+550 – Un peu en amont du boulevard Wilfrid-Hamel. Conduite pluviale à démanteler et arbre à couper	1 unité	10 000,00 \$/unité	10 000 \$
Site 2 : Ch. 1+430 – Pont des ingénieurs. Modifier la protection des culées (60 m.li.)	1 unité	25 000,00 \$/unité	25 000 \$
Site 3 : Ch. 1+760 – Amont du Pont de l'avenue Saint-Jean-Baptiste, enlever une zone de sédimentation	1 unité	10 000,00 \$/unité	10 000 \$
Site 4 : Ch. 2+000 – Amont du Pont de l'avenue Saint-Jean-Baptiste, protection de berge et nettoyage	1 unité	75 000,00 \$/unité	75 000 \$
Site 5 : Ch. 2+560 – Rue Flaubert, protection de la conduite pluviale	1 unité	10 000,00 \$/unité	10 000 \$
Site 6 : Ch. 2+800 – Pont Michel-Fragasso, modification de la protection des culées	1 unité	20 000,00 \$/unité	20 000 \$
<i>Sous-total :</i>			<i>150 000 \$</i>
<i>Contingences (20 %) :</i>			<i>30 000 \$</i>
<i>TPS (5 %) :</i>			<i>9 000 \$</i>
<i>TVQ (7,5 %) :</i>			<i>14 175 \$</i>
TOTAL :			203 175 \$

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Annexe 2.8
			Rév. : 1

ANNEXE 2.8

Localisation des zones de rétention



Service de l'ingénierie



4655, boulevard Wilfrid-Hamel
Québec (Québec) G1P 2J7
Téléphone : 418 671-8151
Télécopieur : 418 671-9625
www.bpr.ca

DESSIN

LOCALISATION DES
ZONES DE RÉTENTION
A: MONT-CHÂTEL

CSOB615

Figure 1

Annexe 2.8

DESSINÉ K.T.

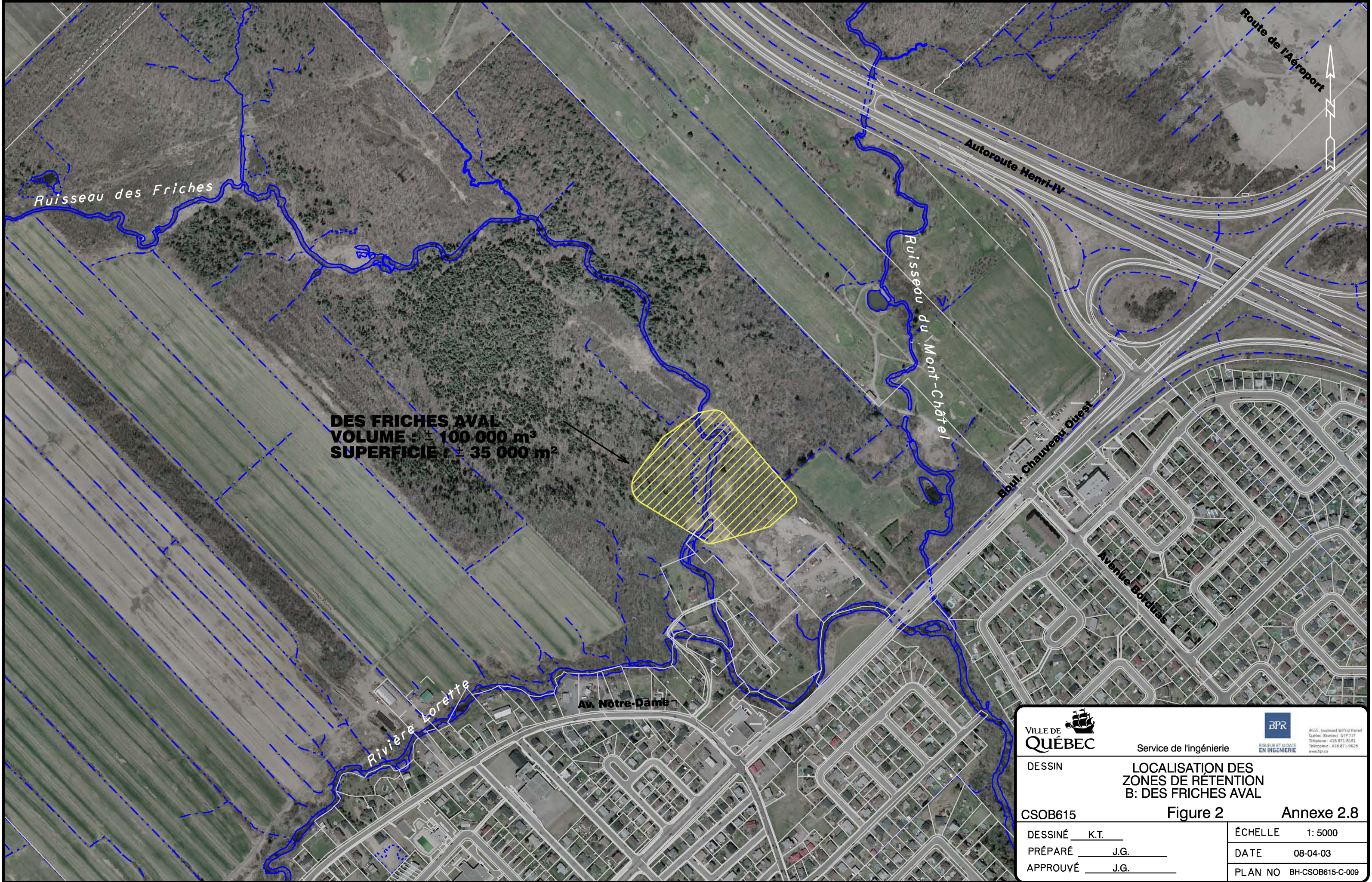
ÉCHELLE 1: 5000


PRÉPARÉ J.G.

DATE 08-04-03


APPROUVÉ J.G.

PLAN NO BH-CSOB615-C-011





VILLE DE
QUÉBEC



BPR

INGÉNIEUR ET ALIANCE
EN INGÉNIERIE

4055, boulevard Wilfrid Hamel
Québec (Québec) G1P 2J7
Téléphone : 418 871-8151
Télécopieur : 418 871-9625
www.bpr.ca

Service de l'ingénierie

DESSIN

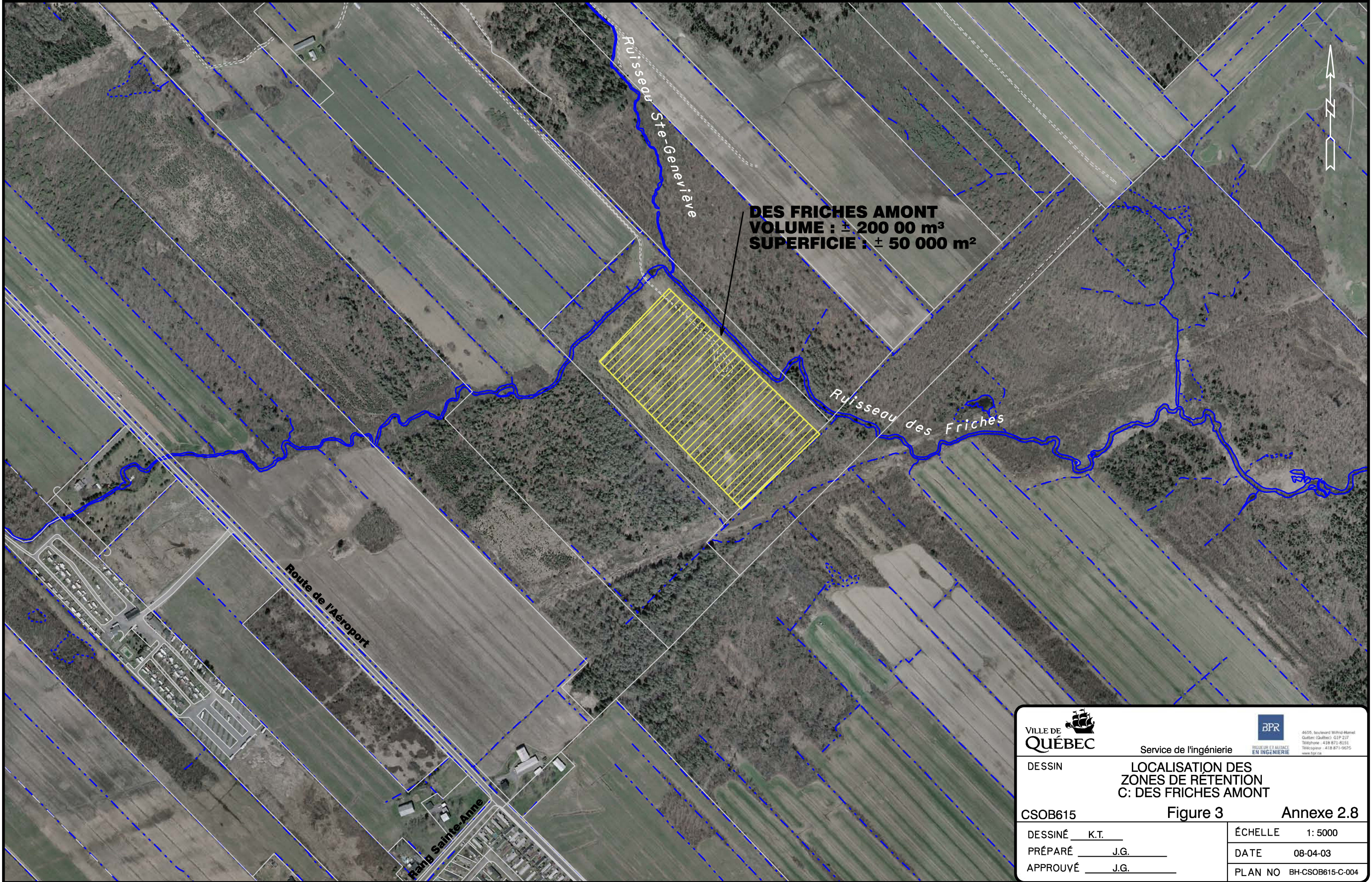
LOCALISATION DES
ZONES DE RETENTION
B: DES FRICHES AVAL

CSOB615

Figure 2

Annexe 2.8

DESSINÉ	K.T.	ÉCHELLE	1: 5000
PRÉPARÉ	J.G.	DATE	08-04-03
APPROUVÉ	J.G.	PLAN NO	BH-CSOB615-C-009





VILLE DE
QUÉBEC



Service de l'ingénierie

4655, boulevard Wilfrid-Hamel
Québec (Québec) G1P 2J7
Téléphone : 418 871-6111
Télécopieur : 418 871-9635
www.bpr.ca

DESSIN

LOCALISATION DES
ZONES DE RÉTENTION
C: DES FRICHES AMONT

CSOB615

Figure 3

Annexe 2.8

DESSINÉ K.T.

PRÉPARÉ J.G.

APPROUVÉ J.G.

ÉCHELLE 1: 5000

DATE 08-04-03

PLAN NO BH-CSOB615-C-004



Service de l'ingénierie



2825, boulevard Wilfrid-Hamel
Québec (Québec) G1P 2J7
Téléphone : 418 671-8151
Télécopieur : 418 671-9625
www.bpr.ca

DESSIN

LOCALISATION DES
ZONES DE RÉTENTION
D: NOTRE-DAME AVAL

CSOB615

Figure 4

Annexe 2.8

DESSINÉ K.T.

ÉCHELLE 1: 5000

PRÉPARÉ J.G.

DATE 08-04-03

APPROUVÉ J.G.

PLAN NO BH-CSOB615-C-007



Service de l'ingénierie



4555, boulevard Wilfrid-Hamel
Québec (Québec) G1P 2J7
Téléphone : 418 871-8151
Télécopieur : 418 871-9625
www.bpr.ca

DESSIN

LOCALISATION DES
ZONES DE RÉTENTION
E: NOTRE-DAME AMONT

CSOB615

Figure 5

Annexe 2.8

DESSINÉ K.T.

ÉCHELLE 1: 5000

PRÉPARÉ J.G.

DATE 08-04-03

APPROUVÉ J.G.

PLAN NO BH-CSOB615-C-005



Service de l'ingénierie



4805, boulevard Wilfrid-Hamel
Québec (Québec) G1P 2J7
Téléphone : 418 871-6151
Télécopieur : 418 871-9525
www.bpr.ca

DESSIN

LOCALISATION DES
ZONES DE RÉTENTION
F: LORETTE AMONT

CSOB615

Figure 6

Annexe 2.8

DESSINÉ K.T.

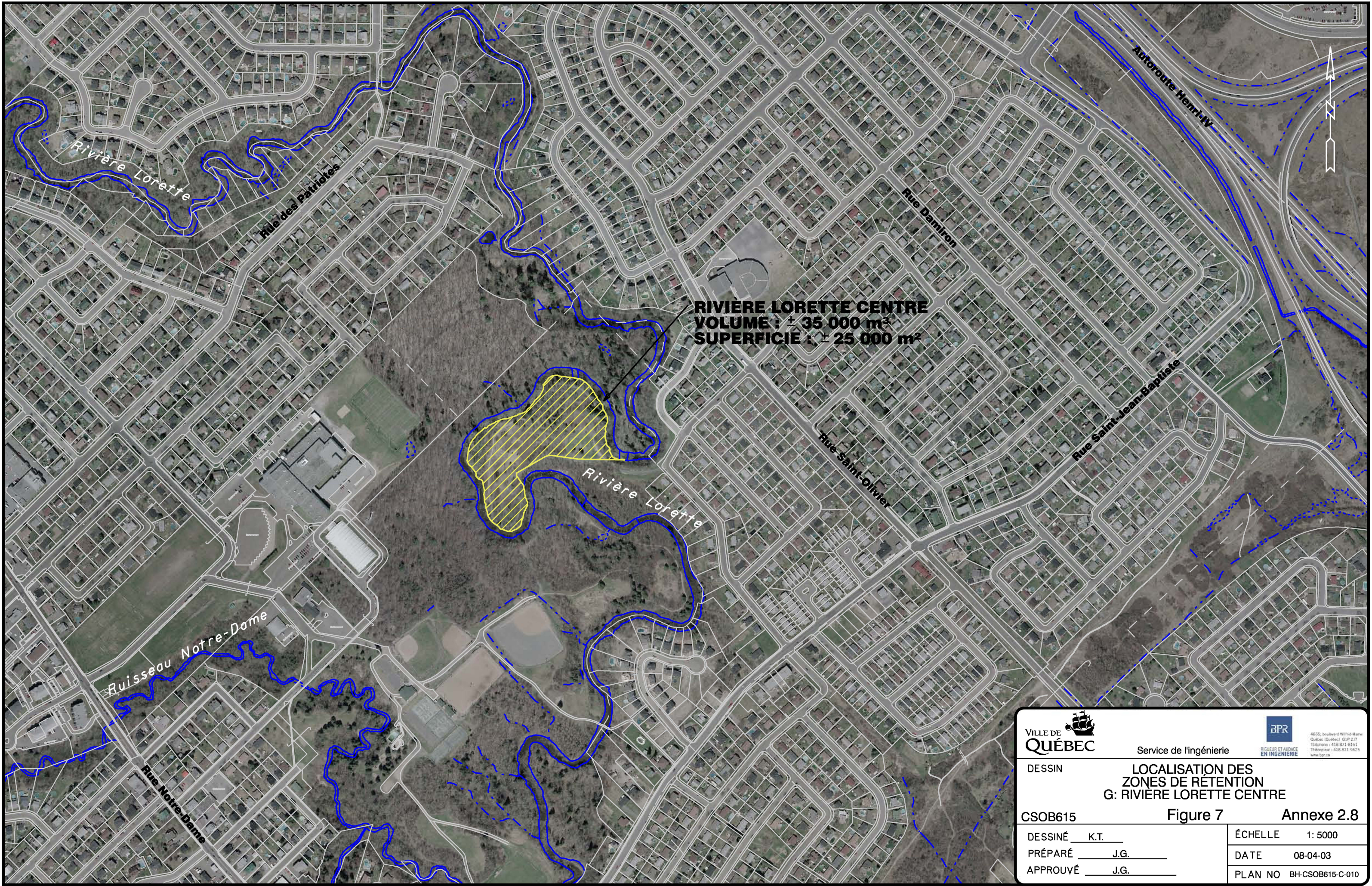
ÉCHELLE 1: 5000

PRÉPARÉ J.G.

DATE 08-04-03

APPROUVÉ J.G.

PLAN NO BH-CSOB615-C-006



RIVIÈRE LORETTE CENTRE
VOLUME : $\pm 35\,000\text{ m}^3$
SUPERFICIE : $\pm 25\,000\text{ m}^2$



VILLE DE
QUÉBEC



BPR
RIQUEUR ET AIDACE
EN INGÉNIERIE

4655, boulevard Wilfrid-Hamel
Québec (Québec) G1P 2J7
Téléphone : 418-871-8131
Télécopieur : 418-871-9625
www.bpr.ca

Service de l'ingénierie

DESSIN

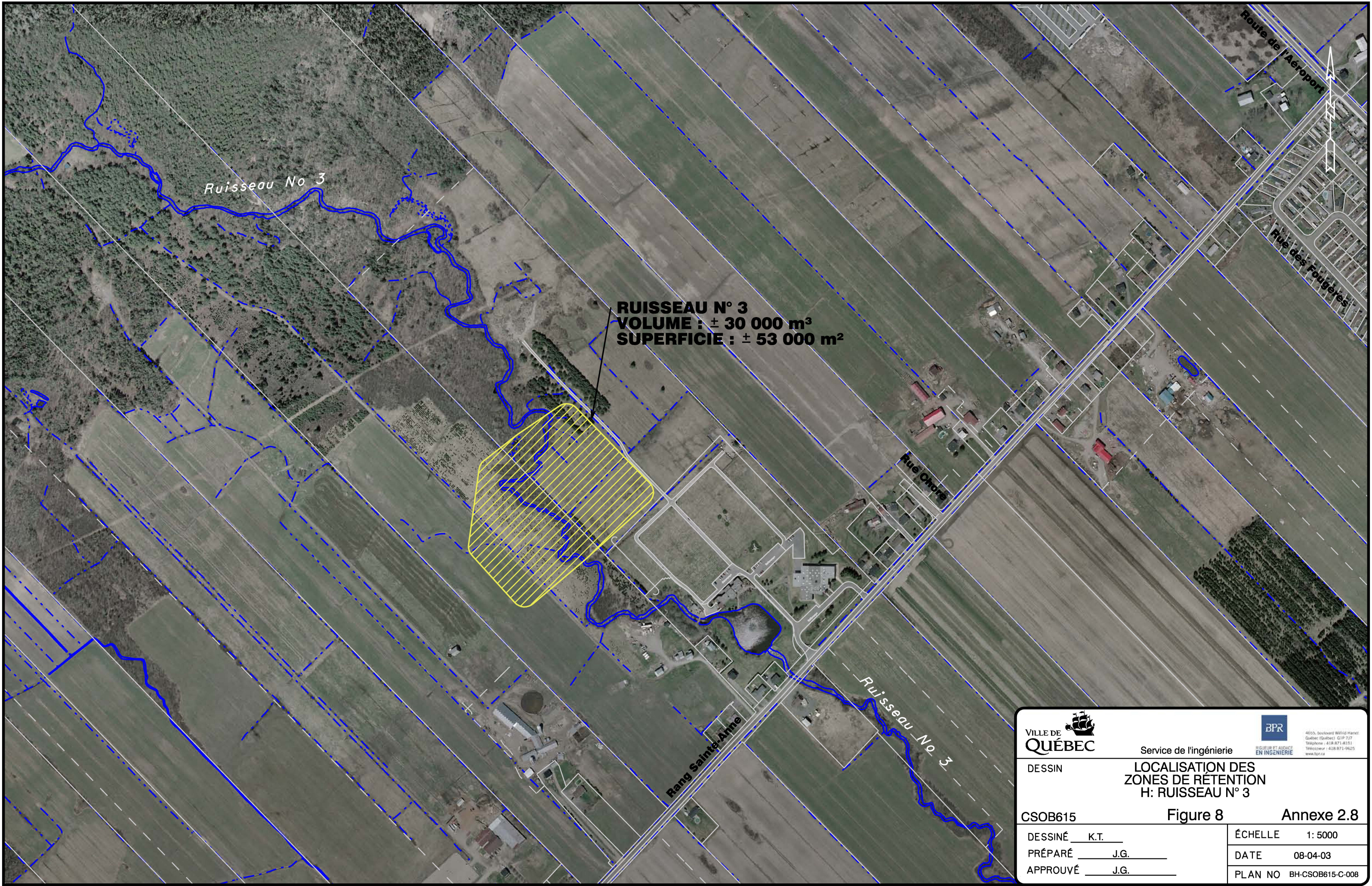
LOCALISATION DES
ZONES DE RÉTENTION
G: RIVIÈRE LORETTE CENTRE

CSOB615

Figure 7

Annexe 2.8

DESSINÉ	K.T.	ÉCHELLE	1: 5000
PRÉPARÉ	J.G.	DATE	08-04-03
APPROUVÉ	J.G.	PLAN NO	BH-CSOB615-C-010



RUISSEAU N° 3
VOLUME : ± 30 000 m³
SUPERFICIE : ± 53 000 m²



Service de l'ingénierie



4605, boulevard Wilfrid Hamet
Québec (Québec) G1P 2T7
Téléphone : 418 871-8151
Télécopieur : 418 871-9625
www.bpr.ca

DESSIN

**LOCALISATION DES
ZONES DE RÉTENTION
H: RUISSEAU N° 3**

CSOB615

Figure 8

Annexe 2.8

DESSINÉ K.T.
PRÉPARÉ J.G.
APPROUVÉ J.G.

ÉCHELLE 1: 5000
DATE 08-04-03
PLAN NO BH-CSOB615-C-008

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Annexe 2.9
			Rév. : 1

ANNEXE 2.9

Restrictions hydrauliques locales

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Annexe 2.10
			Rév. : 1

RESTRICTIONS HYDRAULIQUES LOCALES

Site 1 : Ch. 0+550 - Un peu en amont du boulevard Wilfrid-Hamel Est (Québec)

Une conduite pluviale en rive droite avance dans la rivière, conjuguée à la présence d'un gros arbre en rive gauche. Ces deux éléments sont presque vis-à-vis et forment une restriction hydraulique en période de crue. Il s'agit d'un site propice à la formation d'embâcles de bois ou de glace.

Il faut prévoir le réaménagement de la sortie de la conduite pluviale, l'abattage de l'arbre en rive gauche, ainsi que la plantation d'arbustes en rive gauche près du niveau de l'eau et d'arbres en sommet de talus.

Figure 2-45 :

**Restriction hydraulique locale, Site 1 : Ch. 0+550. un peu en amont du boulevard Wilfrid-Hamel aval (Québec)
(16 août 2006)**



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Annexe 2.10
			Rév. : 1

Site 2 : Ch. 1+430 - Pont des ingénieurs

Le perré de protection des culées du pont des Ingénieurs occupe une surface non négligeable dans la rivière Lorette. Il faut évaluer la possibilité de modifier l'enrochement de protection des culées sur environ 60 mètres linéaires.

Figure 2-46 :
Restriction hydraulique locale au site 2 : Ch. 1+430 - Pont des Ingénieurs (16 août 2006)



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Annexe 2.10
			Rév. : 1

Site 3 : Ch. 1+760 - Amont du pont Saint-Jean-Baptiste

Il existe une zone de dépôt de sable en rive gauche, juste en amont du pont de la rue Saint-Jean-Baptiste. Ce dépôt fait en sorte que la rivière est déplacée vers la rive droite à l'entrée du pont. Des travaux de protection ont été réalisés sur la rive droite pour améliorer l'hydraulique à l'entrée de l'ouvrage. Ces travaux sont adéquats et ne nécessitent qu'un suivi sur l'état du perré.

Cependant, il est recommandé d'enlever le dépôt de sable de la rive gauche et de reprofiler cette rive sur une distance d'environ 30 mètres linéaires.

**Figure 2-47 :
Restriction hydraulique locale au Site 3 : Ch. 1+760 - Amont du pont Saint-Jean-Baptiste (4 août 2006)**



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Annexe 2.10
			Rév. : 1

Site 4 : Ch. 2+000 - Amont du pont Saint-Jean-Baptiste

Il existe une zone d'accumulation de sable et de débris de bois dans ce secteur où un embâcle important s'est déjà formé. L'érosion des berges de chaque côté du site de l'embâcle est visible. Une nouvelle zone d'érosion en rive droite force la rivière à faire une forme en « S », ce qui crée une restriction à l'écoulement. Aux sites 2+680 et 2+880, des arbres en rive font une obstruction.

Il est recommandé d'enlever les débris et les dépôts de sable et d'effectuer des travaux de protection de la berge sur environ 100 mètres linéaires.

Figure 2-48 :
Restriction hydraulique locale au site 4 : Ch. 2+000 - Amont du pont Saint-Jean-Baptiste (13 novembre 2007)



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Annexe 2.10
			Rév. : 1

Site 5 : Ch. 2+560 - Rue Flaubert

On note la présence d'un remblai de protection et d'une conduite pluviale en rive gauche qui empiète dans le lit de la rivière. Il est recommandé de modifier la géométrie du massif de protection de la conduite pluviale et de corriger la localisation du perré de protection.

Figure 2-49 : Restriction hydraulique locale au site 5 : Ch. 2+560 - Rue Flaubert (4 août 2006)



Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Annexe 2.10
			Rév. : 1

Site 6 : Ch. 2+800 - Pont rue Michel-Fragasso

Le perré de protection des culées du pont de la rue Michel-Fragasso (anciennement nommée Des Méandres) occupe une section non négligeable de la section d'écoulement de la rivière. Il est recommandé de faire un suivi de la restriction hydraulique que provoque ce perré en période de crue.

**Figure 2-50 : Restriction hydraulique locale au site 6 : Ch. 2+800 - Pont rue Michel-Fragasso
(13 novembre 2007)**




Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Annexe 2.10
			Rév. : 1

ANNEXE 2.10

Correction du profil de la berge



Section HEC	Scénarios 1, 2, 3 et 5				Scénarios 4 et 6			
	Élévation du terrain naturel (m)		Élévation de la correction du profil de la berge (m)		Élévation de la correction du profil de la berge (m)		Élévation de la correction du profil de la berge (m)	
	Rive Gauche	Rive Droite	Niveau d'eau (m)	Rive gauche	Rive droite	Niveau d'eau (m)	Rive gauche	Rive droite
172	15.85	15.65	15.67	0.00	0.02	15.8	0.00	0.15
171	15.85	15.67	15.68	0.03	0.01	15.82	0.17	0.15
170	15.82	15.64	15.61	0.00	0.00	15.73	0.11	0.09
169	15.69	15.78	15.51	0.00	0.00	15.64	0.00	0.00
168	15.41	15.37	15.4	0.00	0.03	15.51	0.10	0.14
165	14.70	15.40	15.42	0.72	0.02	15.54	0.84	0.14
164	14.50	15.30	15.45	0.95	0.15	15.57	1.07	0.27
163	14.74	15.70	15.44	0.70	0.00	15.56	0.82	0.00
162	14.55	15.48	15.4	0.85	0.00	15.52	0.97	0.04
161	14.75	15.24	15.39	0.64	0.15	15.51	0.76	0.27
160	14.90	15.31	15.39	0.49	0.08	15.51	0.61	0.20
159	14.80	15.21	15.4	0.60	0.19	15.52	0.72	0.31
158	14.80	15.21	15.39	0.59	0.18	15.52	0.72	0.31
157	14.80	15.34	15.44	0.64	0.10	15.57	0.77	0.23
156	15.18	15.07	15.35	0.17	0.28	15.48	0.30	0.41
155	15.22	14.61	15.35	0.13	0.74	15.47	0.25	0.86
154	15.22	15.07	15.39	0.17	0.32	15.52	0.30	0.45
153	14.84	14.40	15.42	0.58	1.02	15.55	0.71	1.15
150	14.90	15.46	15.37	0.47	0.00	15.6	0.70	0.14
149	15.09	15.23	15.34	0.25	0.11	15.61	0.52	0.38
148	14.97	15.13	15.27	0.30	0.14	15.61	0.64	0.48
147	15.01	14.95	15.27	0.26	0.32	15.61	0.60	0.66
144	15.19	14.72	15.13	0.00	0.41	15.53	0.34	0.81
143	14.99	14.91	15.16	0.17	0.25	15.48	0.49	0.57
142	14.60	14.60	15.23	0.63	0.63	15.41	0.81	0.81
141	15.05	15.28	15.19	0.14	0.00	15.4	0.35	0.12
140	14.70	15.15	15.11	0.41	0.00	15.34	0.64	0.19
139	14.60	15.15	15.11	0.51	0.00	15.34	0.74	0.19
138	14.50	15.15	15.09	0.59	0.00	15.34	0.84	0.19
137	14.50	15.15	15.13	0.63	0.00	15.29	0.79	0.14
136	14.16	15.15	15.13	0.97	0.00	15.28	1.12	0.13
132	14.85	15.65	15.09	0.44	0.00	15.21	0.56	0.00
125	14.40	15.75	15.01	0.61	0.00	15.13	0.73	0.00
121	14.51	15.75	14.96	0.45	0.00	15.08	0.57	0.00
119	14.70	14.80	14.95	0.25	0.15	15.08	0.38	0.28
118	14.70	14.85	14.94	0.24	0.09	15.07	0.37	0.22
115	14.44	14.78	14.91	0.47	0.13	15.08	0.64	0.30
113	14.56	15.75	14.83	0.27	0.00	14.94	0.38	0.00
111	15.29	15.73	14.77	0.00	0.00	14.89	0.00	0.00
109	14.60	15.03	14.75	0.15	0.00	14.85	0.25	0.00
105	14.80	14.70	14.71	0.00	0.01	14.86	0.06	0.16
103	14.80	15.20	14.66	0.00	0.00	14.78	0.00	0.00
102	13.90	14.80	14.52	0.72	0.00	14.75	0.85	0.00
100	14.38	15.03	14.48	0.10	0.00	14.60	0.22	0.00
Moyenne:			0.37	0.13	Moyenne:	0.52	0.25	



ARRONDISSEMENTS
#2 ET 8

PROJET

PLAN DE GESTION DES
EAUX PLUVIALES
DU BASSIN VERSANT DE LA
RIVIÈRE LORETTE
ET DES SECTEURS AÉROPORT
JEAN-LESAGE ET VAL-BÉLAIR

VILLE DE QUÉBEC

GESTION DU PROJET
SERVICE DE L'INGÉNÉRIE
responsable : Daris Brisson, Ing.

HYDROLOGIE URBAINE
BPR
responsable : Jean Gauthier, Ing.
dessiné par : Kenneth Tremblay, Tech.

LÉGENDE

— Digue projetée

XX Identification et
localisation des
sections utilisées
pour la modélisation
hydraulique

— Limite naturelle des
hautes eaux

BPR

4655, boulevard Wilfrid-Hamel
Québec (Québec) G2P 2J7
Téléphone : 418 871 8131
Télécopieur : 418 871 9625
www.bpr.ca

DESSIN

CORRECTION DU PROFIL
DE LA BERGE DE LA
RIVIÈRE LORETTE

ANNEXE 2-10

ÉMISSION - REVISIONS

N°	SUJET	PAR	DATE
0	ÉMS POUR RAPPORT FINAL RAPPORT DÉTAIL 2	K.T.	08-04-05

DOSSIER

CSOB815

DPD-05-070-9

ÉCHELLE

1:2000

DATE

08-01-18

FICHER

C-CSOB815-C-001

1

1

Ville de Québec	Plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière Lorette et des secteurs Aéroport Jean-Lesage et Val-Bélair Bassins versants des rivières Lorette et Saint-Charles (en partie) Rapport d'étape 2	Projet n° : CSOB615	
		Date : 4 avril 2008	Annexe 2.11
			Rév. : 1

ANNEXE 2.11

Modèles de l'état actuel XPSWMM et HEC-RAS (CD joint à ce rapport)