

CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC
DIRECTION DE L'EXPERTISE HYDRIQUE

DÉTERMINATION DES COTES DE CRUES

Rivière du Cap Rouge

**Villes de Québec
et de Saint-Augustin-de-Desmaures**

**CEHQ 4132-0539-05-9959
(Référence Ville de Québec : PPD2010646)**

Préparé par :

Vérifié par :

Original signé par :

Marie-Ève Boucher, ing. jr

Original signé par :

Jean Francoeur, ing., M. Sc.

Octobre 2013

Équipe de réalisation

Étude hydraulique : Marie-Ève Boucher, ingénieure junior

Révision et supervision: Jean Francoeur, ingénieur, M. Sc.

Rédaction du rapport : Marie-Ève Boucher, ingénieure junior
Joëlle Bérubé, ingénieure, M. Sc.

Corrections et mise en page : Colette Proulx, secrétaire

Figures et mise en plan : Renée Lavergne, technicienne

Relevés de terrain et hydrométriques :

Marie-Ève Boucher, ingénieure junior	Marie-Lise Paquin, technicienne
Simon Lachance-Cloutier, ingénieur junior	Philippe Paradis-Lacombe, stagiaire
Mathieu Landry, technicien	Kevin Paquette, technicien
Audrey Lavoie, ingénieure	Bruno Verreault, technicien
Marc Lebel, technicien	

Avis aux utilisateurs du présent rapport

- Ce rapport a pour but de présenter et de vulgariser les résultats de nombreuses analyses techniques ayant mené à la détermination des cotes de crues. Des informations supplémentaires concernant les aspects et détails techniques peuvent être obtenues en contactant le Centre d'expertise hydrique du Québec. Pour obtenir des informations sur la réglementation dans le domaine des zones inondables, veuillez communiquer avec la MRC ou la municipalité concernée.
- L'expression « niveau d'eau » employée dans ce rapport fait référence à une élévation géodésique.
- Une cote de crue indique le niveau d'eau atteint lors d'une crue donnée.
- Les cotes de crues de récurrence de 20 ans et de 100 ans déterminées dans le présent rapport sont associées à des probabilités théoriques d'occurrence. Par exemple, une cote de crue de récurrence de 20 ans signifie que, chaque année, la probabilité que le niveau de l'eau atteigne cette cote est de 5 %. Ainsi, le fait d'être situé à l'intérieur de la zone inondable délimitée par une cote d'une certaine récurrence ne constitue pas une certitude, mais plutôt une probabilité d'inondation. Aussi, le fait d'être situé à l'extérieur des limites de la zone inondable ne constitue pas une certitude de ne jamais être inondé, mais plutôt une probabilité beaucoup plus faible de l'être.
- Tout travail futur dans le cours d'eau ayant une influence sur le régime d'écoulement pourrait modifier les résultats de cette étude.

Table des matières

1	INTRODUCTION.....	1
2	MANDAT.....	2
3	DESCRIPTION ET LOCALISATION DU SECTEUR À L'ÉTUDE.....	3
4	ÉTUDE HYDROLOGIQUE.....	11
	4.1 Objectif.....	11
	4.2 Cas de la rivière du Cap Rouge.....	11
5	ÉTUDE HYDRAULIQUE.....	13
	5.1 Objectif.....	13
	5.2 Description des méthodes utilisées pour la détermination des cotes de crues.....	13
	5.3 Cas de la rivière du Cap Rouge.....	13
	5.4 Modèle hydraulique.....	14
	5.5 Conditions limites utilisées pour les simulations de crues de récurrence de 2 ans, de 20 ans et de 100 ans.....	14
6	RÉSULTATS.....	15
7	CONCLUSION.....	20
8	RÉFÉRENCES CITÉES.....	21
9	GLOSSAIRE.....	22

Liste des figures

Figure 1 :	Secteur à l'étude de la rivière du Cap Rouge.....	5
Figure 2 :	Bassin versant naturel de la rivière du Cap Rouge.....	7
Figure 3 :	Bassin versant de la rivière du Cap Rouge incluant la gestion des eaux pluviales.....	9

Liste des tableaux

Tableau 1 : Ouvrages de retenue sur la rivière du Cap Rouge	4
Tableau 2 : Débits de récurrence de 2 ans, de 20 ans et de 100 ans retenus pour la détermination des cotes de crues de la rivière du Cap Rouge (source : Génivar, rapport 111-18510-00)	12
Tableau 3 : Conditions limites aval du modèle HEC-RAS (section 1)	14
Tableau 4 : Conditions limites amont du modèle HEC-RAS (section 101)	14
Tableau 5 : Cotes de crues de récurrence de 2 ans, de 20 ans et de 100 ans - Rivière du Cap Rouge	15

Liste des annexes

Annexe 1 : Profils des plans d'eau de la rivière du Cap Rouge - Récurrences de 2 ans, de 20 ans et de 100 ans

Figure A1-1 : Vue en plan de la rivière du Cap Rouge et localisation des sections transversales et des sites d'observation de niveaux d'eau (sites 1 à 20.1)

Figure A1-2 : Profil des plans d'eau de la rivière du Cap Rouge (sites 1 à 20.1)

Figure A1-3 : Vue en plan de la rivière du Cap Rouge et localisation des sections transversales et des sites d'observation de niveaux d'eau (sites 21 à 43)

Figure A1-4 : Profil des plans d'eau de la rivière du Cap Rouge (sites 21 à 43)

Figure A1-5 : Vue en plan de la rivière du Cap Rouge et localisation des sections transversales et des sites d'observation de niveaux d'eau (sites 43 à 63.2)

Figure A1-6 : Profil des plans d'eau de la rivière du Cap Rouge (sites 43 à 63.2)

Figure A1-7 : Vue en plan de la rivière Cap Rouge Berger et localisation des sections transversales et des sites d'observation de niveaux d'eau (sites 63.2 à 80.2)

Figure A1-8 : Profil des plans d'eau de la rivière du Cap Rouge (sites 63.2 à 80.2)

Figure A1-9 : Vue en plan de la rivière du Cap Rouge et localisation des sections transversales et des sites d'observation de niveaux d'eau (sites 80.2 à 92)

Figure A1-10 : Profil des plans d'eau de la rivière du Cap Rouge (sites 80.2 à 92)

1 Introduction

En 1990, dans le cadre du Programme de cartographie, issu de la Convention entre le gouvernement du Canada et le gouvernement du Québec relativement à la cartographie et à la protection des plaines d'inondation et au développement durable des ressources en eau, la Direction du domaine hydrique du ministère de l'Environnement du Québec a mené une étude sur la cartographie des zones inondables de la rivière Saint-Charles et de ses quatre principaux tributaires (Boucher et Hébert, 1990). Cette étude visait à déterminer les cotes de crues de récurrence de 20 ans et de 100 ans aux abords des rivières Saint-Charles, du Berger, Lorette, Nelson et Jaune ainsi qu'à faire la cartographie de ces zones. Elle a permis de proposer aux municipalités concernées certaines mesures au regard de l'aménagement du territoire en fonction des zones inondables afin d'assurer la sécurité de la population et de minimiser la construction de bâtiments et de structures susceptibles d'être touchés par les crues.

Les zones inondables délimitées lors de ces études ont été tracées sur des cartes qui ont été désignées conjointement par le ministre de l'Environnement du Québec et par le ministre de l'Environnement du Canada en octobre 1991. À l'époque, les autres rivières situées sur le territoire de la Ville de Québec n'avaient cependant pas fait l'objet d'études de détermination de leurs zones inondables.

En avril 2001, le Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ), une agence rattachée au ministère de l'Environnement, a été créé. L'un des mandats du CEHQ est de fournir du soutien aux municipalités dans la détermination des zones inondables et des moyens de lutte contre les inondations. La présente étude a donc pour objectif la détermination des cotes de crues de récurrence de 20 ans et de 100 ans relatives à la rivière du Cap Rouge. Les cotes de crues de récurrence de 2 ans seront aussi évaluées en guise de complément d'information.

2 Mandat

Soucieuse de mieux connaître le comportement hydraulique des principales rivières sur son territoire et dans le but d'être mieux outillée pour assurer un aménagement durable de celles-ci, la Ville de Québec par l'intermédiaire de son Service de l'ingénierie a mandaté le CEHQ pour réaliser deux types d'études. Le premier type porte sur la détermination ou la mise à jour des cotes de crues des rivières sur son territoire. Ces cotes sont nécessaires à la cartographie des zones inondables. Un rapport technique faisant état de la démarche utilisée et des résultats obtenus, ainsi que des cartes illustrant l'étendue des zones inondables, sont produits pour chacune des rivières étudiées. Le deuxième type de mandat accordé au CEHQ porte sur l'évaluation de la capacité hydraulique des rivières. Cette capacité représente la quantité d'eau (débit) pouvant s'écouler dans les rivières sans qu'il y ait débordement ou atteinte à des bâtiments et à des infrastructures.

Comme mentionné en introduction, le présent rapport est produit dans le cadre du premier type de mandat. Il porte sur la détermination des cotes de crues de la rivière du Cap Rouge. La zone à l'étude se situe sur le territoire des villes de Québec et de Saint-Augustin-de-Desmaures.

En premier lieu, ce rapport présente la localisation ainsi qu'une brève description du secteur visé. Par la suite, il résume les conclusions de l'étude hydrologique réalisée par une firme de consultants en ingénierie en vue d'évaluer les débits de pointe de la rivière. Enfin, une étude hydraulique menant à la détermination des cotes de crues nécessaires à la cartographie des zones inondables est effectuée.

3 Description et localisation du secteur à l'étude

La rivière du Cap Rouge draine la portion est du territoire de la Ville de Québec, soit principalement l'arrondissement Sainte-Foy-Sillery-Cap-Rouge ainsi que la partie nord-ouest de la ville de Saint-Augustin-de-Desmaures. Elle prend sa source sur le mont Bélair dans l'arrondissement de La Haute-Saint-Charles (district Val-Bélair). L'embouchure de la rivière dans le fleuve Saint-Laurent se situe dans l'Anse du Cap Rouge à proximité du Parc nautique de Cap-Rouge (figure 1).

Le bassin versant naturel de la rivière du Cap Rouge a une superficie d'environ 78 km² à son embouchure. Il est orienté est-ouest (figure 2). Quelques ruisseaux contribuent au réseau hydrographique de la rivière du Cap Rouge, mais une partie importante de la superficie du bassin versant est drainée par des fossés, des drains agricoles ou par le réseau de collecte des eaux pluviales dans le milieu urbain. Le sous-bassin le plus important de la rivière du Cap Rouge est celui du ruisseau d'Eau-Claire qui draine le versant sud du mont Bélair. Comme la partie aval du bassin versant est fortement urbanisée, le réseau de conduites pluviales modifie le drainage qui s'écoulerait normalement vers la rivière du Cap Rouge. Ainsi, en tenant compte de la gestion des eaux pluviales, le bassin versant contribuant au débit de la rivière du Cap Rouge a une superficie d'un peu plus de 87 km² (figure 3).

Le bassin versant est bordé à l'ouest par celui de la rivière aux Pommes, qui fait partie du bassin versant de la rivière Jacques-Cartier, et à l'est par celui de la rivière Lorette qui fait partie du bassin versant de la rivière Saint-Charles. Le point le plus haut est situé au nord du bassin et s'élève à 487 m d'altitude (mont Bélair). L'exutoire, quant à lui, est à une élévation de 5 m.

La pente moyenne de la rivière est de 0,37 % sur un parcours total de 21,8 km. S'orientant d'abord vers l'est, elle change brusquement de direction dans le secteur de l'autoroute Félix-Leclerc pour s'écouler vers le sud. La partie amont de la rivière du Cap Rouge se situe en milieu agricole où le cours d'eau a été redressé, ce qui lui donne un parcours linéarisé sur ses quatre premiers kilomètres. Les sept kilomètres suivants sont sinueux et présentent des méandres courts et fréquents. La partie aval présente quelques grands méandres.

Le bassin de la rivière du Cap Rouge est dominé dans sa partie amont par le milieu agricole et dans le tronçon aval par des milieux résidentiels de faible à forte densité. Dans le secteur agricole, peu de bandes riveraines bordent le cours d'eau. En milieu urbain, il est plus fréquent que les berges soient boisées. De plus, son parcours y est ponctué par quelques espaces verts, par exemple le Parc des sentiers de la rivière du Cap Rouge.

Le secteur à l'étude s'étend du chemin Couture jusqu'à l'embouchure du cours d'eau dans le fleuve Saint-Laurent.

La rivière du Cap Rouge ne compte plus de station hydrométrique de mesures de débit en opération. La station 053901 a été en fonction de novembre 1974 à juillet 1979, mais n'a pas été remplacée.

Selon le Répertoire des barrages disponible sur le site Internet du CEHQ, on dénombre neuf barrages sur le bassin versant de la rivière du Cap Rouge. Trois de ces barrages sont situés directement sur la rivière du Cap Rouge, deux sur le ruisseau Bélair et quatre sur des tributaires secondaires. Deux de ces infrastructures sont situées dans le tronçon à l'étude. Le tableau 1 résume les caractéristiques principales de ces ouvrages.

Tableau 1 : Ouvrages de retenue sur la rivière du Cap Rouge

Rivière	N° Barrage	Nom	Propriétaire	Type	Type d'utilisation	Capacité de retenue (m ³)
Rivière du Cap Rouge	X0001680		Personne physique	Béton-gravité	Récréatif et villégiature	Faible contenance 825
	X0001695	Barrage du Moulin	Ville de Québec	Béton-gravité	Autre ou inconnu	Petit barrage 1500
	X0001705		Personne physique	Béton-gravité	Prise d'eau	Faible contenance 1325
Ruisseau Bélair	X2089110		Ville de Québec	Digue de terre/écran de béton	Agriculture	Faible contenance 1680
	X0001694		Personne physique	Terre	Récréatif et villégiature	Petit barrage 975
Tributaires de la rivière du Cap Rouge	X0001690		Personne physique	Béton-gravité	Régularisation	Faible contenance 200
	X0001691		Personne physique	Terre	Récréatif et villégiature	Petit barrage 1650
	X0001693		Personne physique	Terre	Récréatif et villégiature	Petit barrage 12000
	X0001694		Personne physique	Terre	Récréatif et villégiature	Petit barrage 975

* Source : Répertoire des barrages, www.cehq.gouv.qc.ca/barrages, novembre 2012

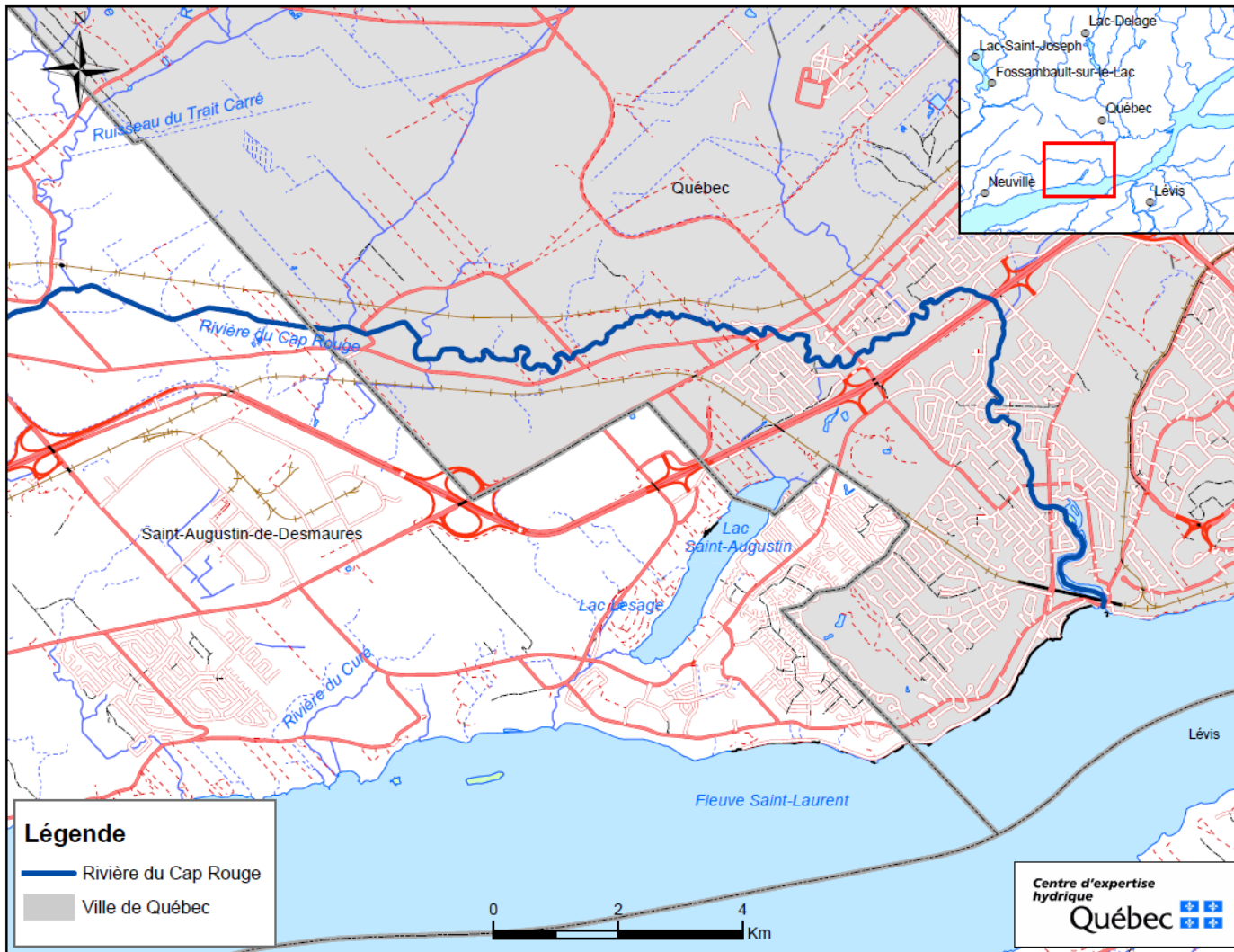


Figure 1 : Secteur à l'étude de la rivière du Cap Rouge

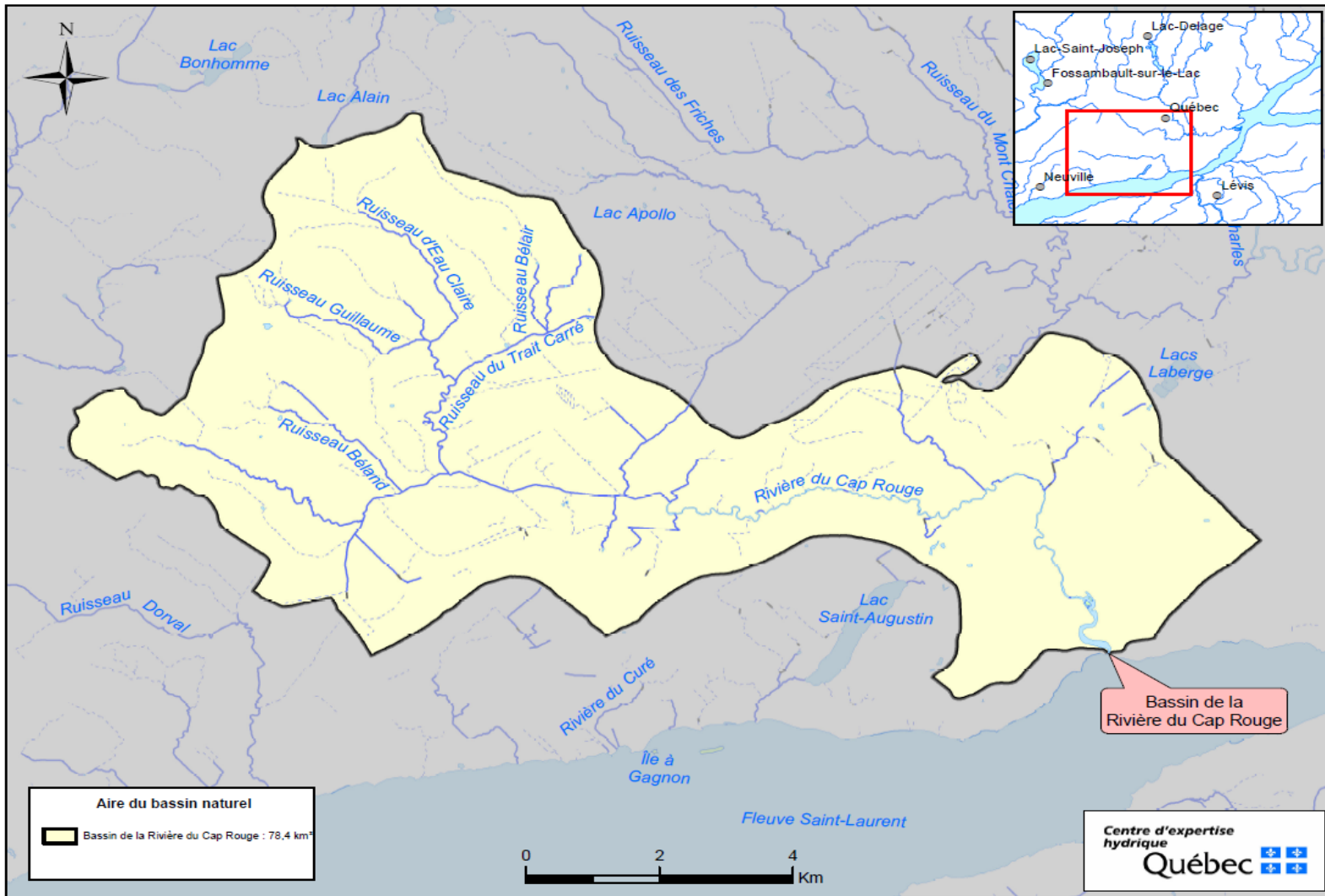


Figure 2 : Bassin versant naturel de la rivière du Cap Rouge

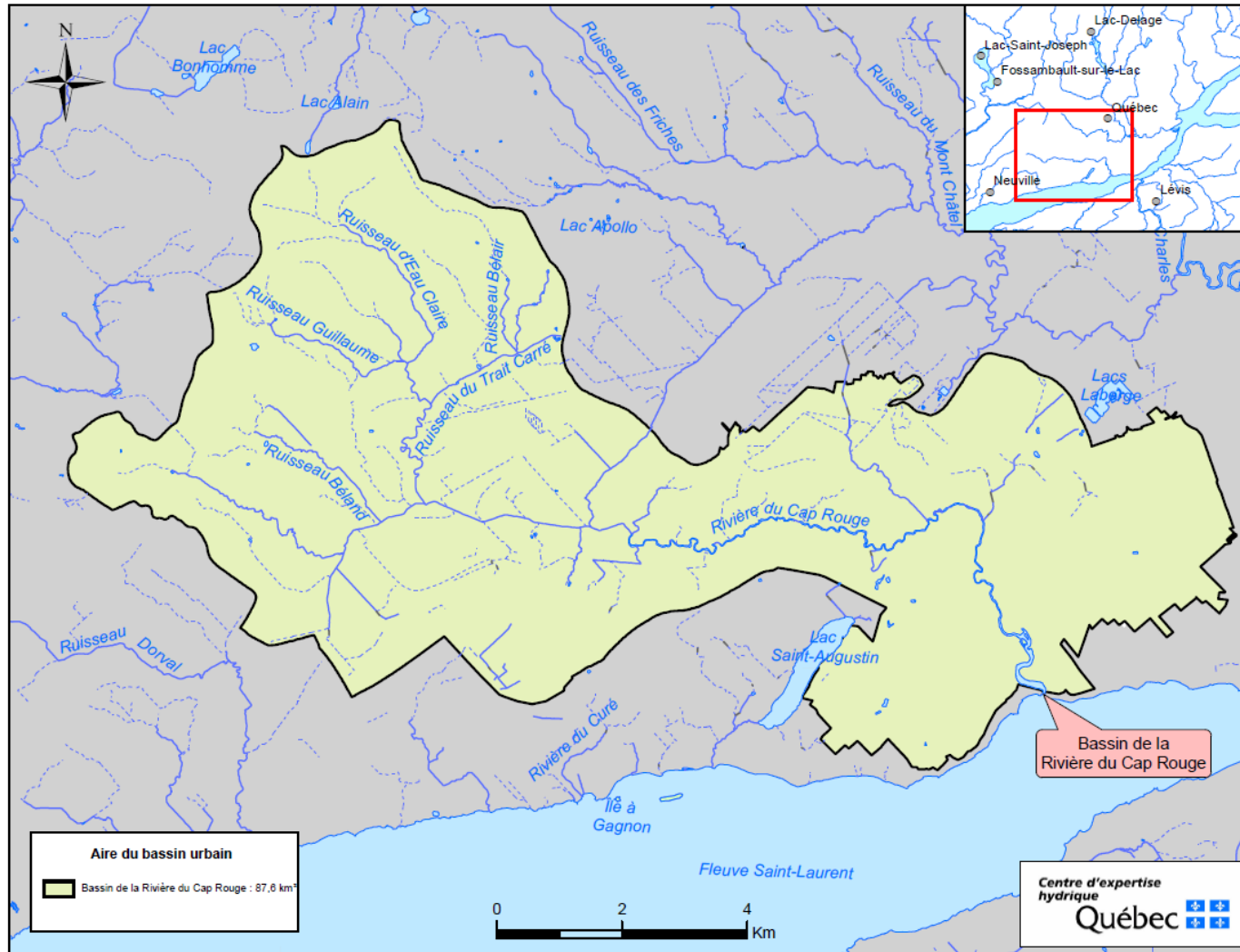


Figure 3 : Bassin versant de la rivière du Cap Rouge incluant la gestion des eaux pluviales

4 Étude hydrologique

4.1 Objectif

Le but de l'étude hydrologique est d'établir les débits de crues de la rivière du Cap Rouge. Ces données sont nécessaires à la détermination des cotes de crues du secteur concerné.

4.2 Cas de la rivière du Cap Rouge

Étant donné l'urbanisation actuelle et potentielle des secteurs à l'étude, les méthodes utilisées pour déterminer des débits de crues en milieux naturels ne peuvent s'appliquer aux cours d'eau à l'étude. Les débits doivent plutôt être calculés en utilisant des logiciels d'hydrologie urbaine. Le CEHQ ne souhaitant pas réaliser ce calcul, il a été convenu avec la Ville de Québec que cette dernière fournirait les différents débits de pointe nécessaires à la détermination des cotes de crues de la rivière du Cap Rouge. Les débits utilisés pour la détermination des cotes de crues ont donc été fournis par la Ville de Québec (transmission par courriel le 28 août 2013). Ces données proviennent de l'étude du plan de gestion des eaux pluviales du bassin versant de la rivière du Cap Rouge réalisée par la firme d'ingénierie Génivar (Plan de gestion des eaux pluviales – Bassin versant de la rivière du Cap Rouge, no 111-18510-00).

L'approche retenue par Génivar pour déterminer les différents débits de récurrence est basée sur des pluies de projet de type SCS (Soil Conservation Service) d'une durée de 24 heures. Les apports en pluies sont eux-mêmes basés sur des données de précipitation en fonction des prévisions futures dues aux changements climatiques (Villeneuve et autres 2007). Il a été confirmé par l'ingénieur de Génivar qui a réalisé l'étude que les débits issus de la pluie SCS-24 heures étaient ceux devant être utilisés dans la détermination des zones inondables. Ces derniers généreraient les débits les plus critiques en tous points des tronçons à l'étude, et cela pour les récurrences de 2 ans, de 20 ans et de 100 ans.

Le tableau 2 présente les débits de pointe associés aux pluies de projet de récurrence retenues. Le numéro de section indiqué pour la localisation des débits a été explicité à la section 4.3.1 du rapport *Évaluation de la capacité hydraulique – Rivière du Cap Rouge* (Boucher, janvier 2013).

Normalement, le débit d'une rivière augmente vers l'aval puisque les apports qu'elle reçoit contribuent à l'augmentation de son débit. Les zones d'emmagasinement et la présence d'infrastructures (pont et ponceau) permettant de laminar la crue engendrent cependant parfois une réduction du débit. Dans le cas de la rivière du Cap Rouge, ce phénomène est observable entre les sections 84 et 86, entre les sections 62 et 70.6 et entre les sections 37 à 59.6.

Tableau 2 : Débits de récurrence de 2 ans, de 20 ans et de 100 ans retenus pour la détermination des cotes de crues de la rivière du Cap Rouge (source : Génivar, rapport 111-18510-00)

Section	Débit (m ³ /s)		
	2 ans	20 ans	100 ans
88.2	24,5	36,7	41,2
87	25,0	38,6	43,0
86	24,9	38,4	42,5
84	24,6	38,1	42,1
83	27,2	40,5	44,6
82	27,1	40,5	44,7
80	28,5	44,1	48,0
78	34,5	56,0	61,9
76	37,1	61,9	69,6
71.3	38,2	63,2	71,3
70.6	39,5	64,5	72,8
69	39,3	63,7	71,9
65	39,3	64,0	72,5
63	38,8	63,2	71,4
62	38,8	63,2	71,3
59.6	41,0	66,7	73,7
59	38,1	61,3	62,4
58	38,4	61,0	61,5
54	38,0	60,9	61,3
53	38,0	60,9	61,3
51	38,0	60,9	61,3
45	38,5	61,9	63,0
42	38,5	61,9	63,0
37	38,8	62,4	64,0
29	45,3	70,3	73,2
26.7	45,3	70,3	73,2
25	45,3	70,4	73,4
24	45,3	70,4	73,4
22	49,3	75,6	79,9
20.1	49,4	75,8	80,3
19	49,9	76,7	81,8
17.2	50,0	77,0	82,4
15.1	50,0	77,0	82,4
14.1	50,0	77,0	82,4
12	50,1	77,1	82,7
9	50,9	77,6	88,6
2	59,6	89,7	105,2

5 Étude hydraulique

5.1 Objectif

Afin d'établir les cotes de crues de récurrence de 20 ans et de 100 ans nécessaires à la détermination des zones inondables de la rivière du Cap Rouge, une étude hydraulique est réalisée. Ces travaux permettent aussi de calculer les cotes de crues pour une récurrence de 2 ans, et ce, à titre de complément d'information. La section 5.2 résume les méthodes utilisées dans le cadre des travaux menés par le CEHQ tandis que les sections subséquentes présentent la méthodologie retenue et les résultats obtenus.

5.2 Description des méthodes utilisées pour la détermination des cotes de crues

Dans le cadre des études menées par le CEHQ, plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour déterminer les cotes de crues relatives à une rivière.

Une première méthode consiste en la modélisation du secteur concerné à l'aide du logiciel HEC-RAS, un logiciel de courbes de remous à une dimension. Il permet notamment de simuler les niveaux d'eau en tenant compte de l'effet des ponts, des ponceaux, des déversoirs et des autres structures hydrauliques. Ce logiciel a été conçu par le US Army Corps of Engineers.

Une seconde méthode consiste à recourir à des modèles hydrodynamiques à deux dimensions. Les logiciels utilisés au CEHQ pour réaliser de telles études sont H2D2, mis au point par le Centre Eau, Terre et Environnement de l'Institut national de la recherche scientifique, et TELEMAC 2D, un logiciel européen. Ces logiciels combinent les caractéristiques d'un système d'information géographique (SIG) appliquées à l'hydraulique fluviale aux caractéristiques d'un calculateur d'éléments finis (EF) qui permet la résolution d'équations hydrodynamiques en deux dimensions (équations de Saint-Venant).

Dans la majorité des cas, on choisit une seule méthode pour l'étude d'une rivière. À l'occasion, il est possible de combiner plus d'une méthode.

5.3 Cas de la rivière du Cap Rouge

La simulation des niveaux d'eau à l'aide de logiciel HEC-RAS est la méthode préconisée dans le cadre de l'étude de la rivière du Cap Rouge.

Afin de déterminer les cotes de crues de récurrence de 20 ans et de 100 ans, un modèle HEC-RAS doit donc être réalisé. Pour ce faire, un modèle numérique de terrain (MNT) représentant le secteur à l'étude est développé dans un premier temps. Ce MNT est réalisé à l'aide de différents relevés topographiques et bathymétriques. Par la suite, le modèle HEC-RAS est calé de façon à ajuster les niveaux d'eau simulés à ceux relevés lors des campagnes de mesures. Une fois cette étape terminée, les débits déterminés au chapitre 4 sont simulés afin d'obtenir les cotes de crues correspondantes.

5.4 Modèle hydraulique

Le modèle HEC-RAS utilisé dans cette étude débute à la section 1 (embouchure de la rivière). Il s'agit du même modèle que celui ayant permis de déterminer la capacité hydraulique de la rivière du Cap Rouge. Les données d'entrée du modèle et les résultats du calage sont présentés dans le rapport d'évaluation de la capacité hydraulique (Boucher, 2013).

5.5 Conditions limites utilisées pour les simulations de crues de récurrence de 2 ans, de 20 ans et de 100 ans

Les conditions limites aval de niveaux d'eau de la rivière du Cap Rouge utilisées par le logiciel HEC-RAS à la section 1 (extrémité aval du modèle) proviennent de l'étude de zones inondables du fleuve Saint-Laurent (mars 1986). Les niveaux d'eau retenus sont ceux déterminés pour la rive nord du Saint-Laurent à la hauteur de Cap-Rouge. Ces niveaux ont été calculés par interpolation linéaire des résultats des analyses faites aux stations de Neuville et de Saint-François. Ils sont donnés au tableau 3.

De plus, comme les simulations sont effectuées selon une condition d'écoulement mixte (fluvial et torrentiel), des conditions limites en amont de la rivière du Cap Rouge doivent également être déterminées. Pour ce faire, la démarche suivante a été utilisée. Dans un premier temps, une simulation est faite en régime fluvial sur tout le modèle. Une telle simulation ne nécessite pas l'entrée de conditions limite amont. L'hypothèse est alors posée que, même si des zones torrentielles existent sur le cours d'eau, la courbe de remous calculée a le temps de se rééquilibrer à un état équivalent à un écoulement fluvial avant l'amont du tronçon. Le niveau d'eau obtenu en écoulement fluvial à la dernière section amont de chaque cours d'eau est alors réutilisé comme conditions limites amont pour les simulations en écoulement mixte (tableau 4).

Tableau 3 : Conditions limites aval du modèle HEC-RAS (section 1)

Niveau d'eau de crues (récurrence)	Condition limite aval (m)
2 ans	4,55
20 ans	5,01
100 ans	5,19

Tableau 4 : Conditions limites amont du modèle HEC-RAS (section 101)

Niveau d'eau de crues (récurrence)	Condition limite amont (m)
2 ans	54,29
20 ans	54,51
100 ans	54,55

6 Résultats

Les résultats obtenus à la suite de la simulation des débits associés aux crues de récurrence de 2 ans, de 20 ans et de 100 ans pour le secteur à l'étude sont présentés au tableau 5. Les profils des plans d'eau sont illustrés et présentés à l'annexe 1 (figures A1-1 à A1-10).

**Tableau 5 : Cotes de crues de récurrence de 2 ans, de 20 ans et de 100 ans -
Rivière du Cap Rouge**

Section	Niveau (m)		
	2 ans	20 ans	100 ans
1	4,55	5,01	5,19
2	4,56	5,02	5,21
2.7	4,56	5,03	5,21
3	4,56	5,04	5,23
4	4,56	5,04	5,23
5	4,56	5,04	5,23
6	4,57	5,04	5,23
7	4,57	5,04	5,23
8	4,57	5,04	5,23
9	4,58	5,06	5,25
9.9	4,58	5,07	5,26
10	4,58	5,07	5,26
10.1	4,58	5,07	5,26
11	4,59	5,07	5,26
12	4,59	5,07	5,27
13	4,65	5,15	5,34
14	4,88	5,39	5,55
14.1	4,90	5,40	5,55
15	5,20	5,82	5,97
15.1	5,32	5,99	6,14
16	5,32	5,99	6,14
17	6,19	6,77	6,86
17.2	6,33	6,88	7,01
18	6,64	7,19	7,29
19	6,80	7,37	7,47
20	8,98	9,35	9,40
20.1	9,12	9,56	9,62
21	10,35	10,84	10,92
22	10,52	11,01	11,10
23	11,86	12,19	12,23

Section	Niveau (m)		
	2 ans	20 ans	100 ans
24	12,51	12,90	12,94
25	12,72	13,14	13,18
26	13,61	14,01	14,05
26.7	14,10	14,56	14,61
27	14,10	14,56	14,61
28	16,03	16,69	16,74
28.9	16,92	17,44	17,51
29	16,95	17,47	17,53
30	17,32	17,86	17,93
31	17,90	18,31	18,34
32	18,88	19,10	19,11
33	21,25	21,54	21,57
34	22,02	22,51	22,54
35	24,41	24,68	24,68
36	26,32	26,82	26,86
36.8	26,66	27,24	27,28
37	26,66	27,24	27,28
38	27,03	27,58	27,62
39	28,71	28,97	28,97
40	29,74	30,16	30,18
41	30,88	31,39	31,41
41.8	31,96	32,54	32,55
42	32,04	32,59	32,61
43	33,75	34,09	34,11
44	35,73	36,19	36,21
45	36,16	36,74	36,77
46	36,44	37,03	37,06
47	37,08	38,05	38,08
48	38,42	39,03	39,03
49	40,02	40,33	40,33
49.3	41,46	41,72	41,73
50	41,46	41,72	41,73
50.8	41,46	41,72	41,73
51	41,46	41,72	41,73
51.2	41,54	41,92	41,92
52	41,72	42,20	42,21
52.9	41,80	42,31	42,32
53	41,82	42,42	42,42
53.8	41,97	42,42	42,42

Section	Niveau (m)		
	2 ans	20 ans	100 ans
54	42,01	42,94	42,97
55	42,49	43,23	43,25
56	42,52	43,24	43,26
57	42,63	43,32	43,33
57.6	42,65	43,37	43,38
57.8	42,65	43,37	43,38
58	42,65	44,05	44,08
58.2	43,04	44,05	44,09
58.6	43,10	44,06	44,09
58.8	43,21	44,06	44,09
59	43,38	44,06	44,10
59.2	43,51	44,11	44,14
59.4	43,67	44,20	44,28
59.5	43,67	44,20	44,29
59.6	43,67	44,21	44,30
59.8	43,71	44,22	44,31
60	43,86	44,31	44,37
61	43,96	44,35	44,40
62	43,97	44,37	44,45
62.8	44,25	44,85	44,97
63	44,26	44,86	44,99
63.2	44,32	44,97	45,13
64	44,62	45,29	45,46
64.4	44,80	45,39	45,55
64.6	44,85	45,40	45,55
64.8	44,85	45,40	45,55
65	44,87	45,68	45,83
65.2	45,08	45,68	45,83
66	45,22	45,84	45,98
66.6	45,46	46,15	46,32
67	45,48	46,15	46,32
67.4	45,59	46,29	46,46
67.6	45,59	46,29	46,46
67.8	45,59	46,29	46,46
68	45,61	46,29	46,46
68.2	45,70	46,29	46,46
68.4	45,96	46,58	46,75
68.6	46,10	46,70	46,87
68.8	46,10	46,75	47,27

Section	Niveau (m)		
	2 ans	20 ans	100 ans
69	46,53	47,61	47,68
69.7	46,88	47,77	47,86
70	47,31	48,09	48,21
70.5	47,46	48,16	48,28
70.6	47,49	48,21	48,34
71	47,57	48,27	48,40
71.1	47,63	48,31	48,45
71.2	47,66	48,31	48,45
71.3	47,66	48,42	48,59
72	47,90	48,91	48,92
73	48,09	49,00	49,03
74	48,22	49,20	49,28
74.8	49,09	49,75	49,88
75	49,11	49,75	49,88
76	49,19	50,05	50,27
76.2	49,29	50,13	50,33
77	49,41	50,21	50,40
77.8	49,49	50,26	50,45
78	49,62	50,36	50,52
78.8	49,79	50,41	50,56
79	49,79	50,41	50,56
79.8	49,82	50,41	50,56
80	49,83	50,43	50,59
80.2	49,87	50,49	50,64
81	49,9	50,52	50,68
81.6	49,94	50,55	50,70
81.8	49,94	50,55	50,71
82	49,94	50,57	50,73
82.2	50,11	50,61	50,75
82.8	50,15	50,62	50,76
82.9	50,15	50,62	50,77
83	50,18	50,65	50,79
83.2	50,22	50,66	50,80
83.8	50,29	50,71	50,84
84	50,32	50,76	50,87
84.8	50,40	50,88	50,99
85	50,41	50,89	50,99
85.2	50,41	50,89	50,99
85.8	50,48	50,98	51,09

Section	Niveau (m)		
	2 ans	20 ans	100 ans
86	50,50	51,01	51,13
86.8	50,63	51,19	51,32
87	50,63	51,19	51,32
87.2	50,83	51,46	51,62
88	50,95	51,57	51,74
88.2	50,98	51,62	51,79
89	51,40	52,03	52,21
90	52,44	52,75	52,86
91	53,93	54,26	54,36
92	54,29	54,51	54,55

7 Conclusion

L'objectif de cette étude était de déterminer les cotes de crues de récurrence de 20 ans et de 100 ans relatives à la rivière du Cap Rouge. Elle visait également à évaluer les cotes de crues de récurrence de 2 ans de ce secteur.

En premier lieu, étant donné le fort degré d'urbanisation du secteur à l'étude, une modélisation hydrologique basée sur les précipitations estimées pour la région de la Ville de Québec a été réalisée par une firme privée de consultants en ingénierie. Elle a été réalisée à l'aide de logiciels spécialement conçus à cette fin, par lesquels le modèle hydrologique est sollicité par différentes pluies de projet de périodes de retour différentes. Les débits de crues résultant de cette étude ont été transmis au CEHQ et ceux-ci ont été retenus pour déterminer les cotes de crues pour le secteur à l'étude.

Une étude hydraulique a été effectuée en vue de déterminer les cotes de crues recherchées. Pour ce faire, le logiciel de courbes de remous HEC-RAS a été utilisé. Les débits de crues associés aux pluies de projet de récurrence de 2 ans, de 20 ans et de 100 ans ont été simulés et les cotes de crues correspondantes ont été déterminées.

8 Références citées

BOUCHER, Jean-Paul et Louis HÉBERT (1990) « *Cartographie des zones inondables – Rivières Saint-Charles, du Berger, Lorette, Nelson et Jaune à Québec, territoire Communauté urbaine de Québec MH-90-02* », Direction du domaine hydrique, ministère de l'Environnement, Québec.

BOUCHER, Marie-Ève et Jean FRANCOEUR (2013) « *Évaluation de la capacité hydraulique – Rivière du Cap Rouge, 4132-0539-04-9959* », Centre d'expertise hydrique du Québec.

LAPOINTE, Denis, « *Zones inondables – Fleuve St-Laurent, tronçon Grondines – Sainte-Anne-Des-Monts, calcul des niveaux de récurrence 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans* », Document de travail No RA-86-02, Ministère de l'Environnement – Direction des relevés aquatiques, mars 1986.

9 Glossaire

- Amont :** Direction opposée à l'écoulement d'un cours d'eau.
- Aval :** Direction vers laquelle coule un cours d'eau.
- Barrage à faible contenance :** Barrage d'une hauteur de 2 m ou plus qui n'est pas à forte contenance.
- Barrage à forte contenance :** Barrage d'une hauteur de 1 m ou plus dont la capacité de retenue est supérieure à 1 000 000 m³ ou barrage d'une hauteur de 2,5 m ou plus dont la capacité de retenue est supérieure à 30 000 m³ ou barrage d'une hauteur de 7,5 m ou plus, sans égard à la capacité de retenue.
- Bassin versant :** Territoire circonscrit par une ligne de partage des eaux et qui se draine dans un cours d'eau, un lac, un réservoir ou un autre plan d'eau.
- Cote de crue :** Élévation du niveau de l'eau pour un débit de crue donné.
- Débit de crue :** Débit élevé causé par de fortes pluies ou la fonte des neiges.
- Embouchure :** Lieu où un cours d'eau se jette dans un autre cours d'eau, un lac, un réservoir ou la mer.
- Profil en long :** Graphique qui présente, pour un débit donné, l'allure du plan d'eau pour un tronçon de rivière et qui permet de mettre en évidence les paliers et les pentes du tronçon de rivière à l'étude.
- Récurrence :** Période de retour d'un événement égale à l'inverse de la probabilité que cet événement soit dépassé ou égalé chaque année (probabilité au dépassement). Par exemple, un débit dont la récurrence est de 100 ans est un débit dont la probabilité au dépassement est de 0,01 (1/100).
- Station hydrométrique :** Ensemble des instruments nécessaires à la collecte, à l'enregistrement et à la retransmission des données hydrométriques (niveau ou débit).
- Tributaire :** Cours d'eau qui se jette dans un autre.

Annexe 1 : Profils des plans d'eau de la rivière du Cap Rouge
Récurrences de 2 ans, de 20 ans et de 100 ans

