

# Réduction du risque relié aux inondations du ruisseau Pratt dans la ville de Coaticook

---

## Portrait financier des dommages et du risque

---

Document correspondant aux rapports 2.2, 2, 3.2, 3.3, 6.1, 6.2 et 6

5 février 2020

---

Travail réalisé pour :

Ministère de la Sécurité publique  
Direction de la prévention et de la planification  
2525, boulevard Laurier, Tour des Laurentides, 6e étage  
Québec (Québec) G1V 2L2

Travail réalisé par :

Département de génie civil et de génie des eaux de l'Université Laval  
Faculté des sciences et de génie, Université Laval, pavillon Adrien-Pouliot  
1065, av. de la Médecine,  
Québec (Québec), G1V 0A6

## Contributeurs à l'étude

Brian Morse, Professeur, Université Laval, PhD, ing.

Théotime Forest, Étudiant à la maîtrise

Gabriel Poulin-Roy, Étudiant à la maîtrise

Jean-Robert Ladouceur, Étudiant à la maîtrise

**N.B. Alors que ces personnes ont toutes contribué à l'étude, seul l'auteur principal (Morse) est responsable du contenu de ce rapport.**

**Ce projet est réalisé sous la direction de Pascal Marceau, Ministère de la Sécurité publique.**

## Pour citer ce rapport

Morse, B., Forest, T., Roy-Poulin, G et Ladouceur, J.-R. 2020. Réduction du risque relié aux inondations du ruisseau Pratt dans la ville de Coaticook. Portrait financier des dommages et du risque. 5 février. 22p.

## Note

Ce sous-projet fait partie d'un projet qui a été appuyé par le Cadre pour la prévention de sinistres 2013-2020 du gouvernement du Québec.

---

---

## Table des matières

Document correspondant aux rapports 2.2, 2, 3.2, 3.3, 6.1, 6.2 et 6 .....	i
Contributeurs à l'étude .....	ii
Ce projet est réalisé sous la direction de Pascal Marceau, Ministère de la Sécurité publique.....	ii
Pour citer ce rapport .....	ii
Note .....	ii
Table des matières.....	iii
Liste des figures .....	iv
Liste des tableaux .....	iv
1. Contexte .....	5
2. Objectifs.....	5
3. L'aléa.....	5
4. Caractérisation des enjeux et des vulnérabilités.....	8
5. Portrait financier des dommages historiques .....	12
6. Portrait du risque.....	13
7. Rentabilité des mesures .....	17
7.1    Méthode .....	17
7.2    Résultats .....	18
8. Résumé et Conclusions.....	19
Références.....	22

## Liste des figures

Figure 1. Pluies historiques proches de Coaticook simulées par SWMHMO .....	8
Figure 2. Cartographie des zones inondables du centre-ville de Coaticook à l'état actuel.....	9
Figure 3. Cartographie des zones inondables du centre-ville de Coaticook avec aménagement du bassin de rétention.....	10
Figure 4. Cartographie des zones inondables du centre-ville de Coaticook avec aménagement du bassin de rétention et aménagement de murets (25 m <sup>3</sup> /s).....	11
Figure 5. Courbe de dommages au centre-ville causés par l'inondation du ruisseau Pratt.....	14
Figure 6. Structure des composantes du DMA (statu quo) à Coaticook .....	15
Figure 7. Structure des composantes du DMA à Coaticook avec bassin Pratt.....	16

## Liste des tableaux

Tableau 1. Relation entre le débit en ville (Q) et la période de retour (T).....	5
Tableau 2. Inondations Pratt historiques .....	6
Tableau 3. Dommages évalués pour les inondations de 2014 et 2015.....	13
Tableau 4. Période de retour dans un contexte de changements climatiques.....	13
Tableau 5. L'aléa débit avec la construction du Bassin de rétention Pratt .....	15
Tableau 6. Dommage moyen annuel pour le centre-ville .....	16
Tableau 7. Plafond des investissements rentables.....	18

## 1. Contexte

Le rapport préliminaire sur les risques d'inondation du ruisseau Pratt à Coaticook fut soumis le 28 janvier 2019.

Les rapports modifiés du 29 mai 2019 et du 5 février 2020 contiennent quelques petits ajustements mais aucun changement ou ajout majeur.

## 2. Objectifs

Cette étude fut réalisée par des auteurs provenant du Département de génie civil et génie des eaux de l'Université Laval (« Équipe »). L'objectif global est d'évaluer les risques d'inondation de la ville de Coaticook par les ruisseaux Pratt et Cloutier, d'identifier les mesures de mitigation et de faire des recommandations au MSP et à la Ville.

## 3. L'aléa

L'aléa pluie et l'aléa débit sont présentés en détail sous couverture séparée (Forest et Morse, 2019). En voici un résumé.

Tout d'abord, il est à rappeler qu'il existe encore des incertitudes sur les probabilités à associer aux pluies, débits, embâcles et glace de fond. Malgré cela, une estimation des récurrences des débits (sans fonte de neige) est retenue pour la conception des ouvrages et pour l'analyse de risque (Tableau 1). Basées sur plusieurs types d'analyse, les valeurs présentées dans le tableau peuvent être caractérisées comme étant « conservatrices, mais réalistes ».

**Tableau 1. Relation entre le débit en ville (Q) et la période de retour (T)**

<b>T (ans)</b>	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	11	19	25	34	41	49	61	82	100

Les inondations peuvent être causées par des pluies, mais aussi par des embâcles et par la fonte de neige. La Ville peut également être inondée par la rivière Coaticook qui peut travailler de concert avec le ruisseau Pratt. Le tableau 2 présente un résumé des inondations historiques du ruisseau Pratt au centre-ville (Grenier, 2017):

**Tableau 2. Inondations Pratt historiques**

Date	Embâcle présent?	Inondation sur la rivière aussi?	Impact (rues, etc.)
1986 : 31 mars 11h au 1 avril 13h	Oui	Non	30 cm d'eau sur Child et Main + de l'eau sur Saint-Jean Baptiste
1943 : 15-16 juin	Oui (par le bois)	Oui, la rivière aussi en même temps. La rivière était surtout la cause de l'inondation Pratt.	60 à 150 cm d'eau sur Main et Child : Coaticook est isolée. Événement traumatique.
2014 : 11 janvier	Oui, mais temporaire alors pas la cause de l'inondation. Celle-ci était causée par le débit trop élevé.	Non	Child : 9 locataires évacués
2015 : 9 - 10 juin	Non	Non	Child, St-Jean Baptiste, Yves, Barnston, Ottawa, Union, Fougères

- En 2014, il s'agissait d'un événement de pluie combiné avec fonte de neige. Un embâcle s'est formé au ponceau Child qui a causé l'inondation temporaire de cette rue. C'est surtout le débit produit par la suite (possiblement par l'effet du relâchement de l'embâcle) qui a causé la grande majorité des dommages ;
- En 2015, il s'agissait d'une pluie estivale qui a ruisselé dans un canal déjà à moitié érodé par l'événement de 2014.

**Constats:**

1. Le ponceau Child est problématique pour les embâcles mais la Ville a la capacité et les compétences pour minimiser les blocages à cet endroit ;
2. Durant l'hiver, le canal Pratt (de Child à Chartier) génère de la glace de fond et des barrages de glace. Dans ces conditions, le canal peut se remplir assez facilement avec très peu de débit (Exemple 2018) ;
3. La Ville est vulnérable l'hiver et durant la période de fonte au printemps. La Ville a la capacité et les compétences de réduire cet aléa en brisant la glace présente dans le canal proactivement lorsqu'un événement hivernal est annoncé ;
4. La Ville devrait évaluer la possibilité d'utiliser l'eau tiède des bornes fontaines pour réduire les accumulations de glace dans le ruisseau Pratt au centre-ville ;
5. L'événement de 2015 (83 mm au total, 63 mm en 6 heures) est le seul événement pluvial estival quantifié ayant causé un débordement sur Pratt. Il y a eu des dommages partout. En ville (ruisseau Pratt) : les rues Child, Marchands, Chartier et Saint-Jean-Baptiste ;

Au nord (ruisseau Cloutier) : Barnston, Fougères et Yves ;

Au sud (ruisseau Cloutier) : Union, Ottawa, Verret.

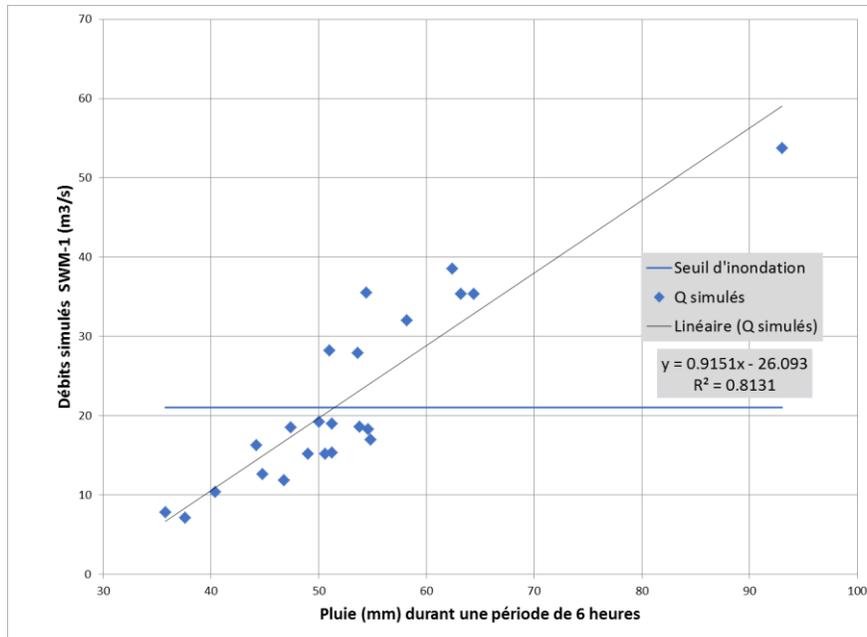
6. Il y a eu plusieurs événements estivaux ayant été observés comme étant sur le point d'inonder et/ou qui ont causé des dommages mineurs. Les capacités hydrauliques de Pratt et Cloutier sont très limitées ;
7. Les ruisseaux peuvent avoir des problèmes d'érosion et de sédimentation. Cette vulnérabilité pourrait être réduite avec des interventions du genre « bonnes pratiques » telles que déjà documentées dans un rapport remis par un tiers à la MRC ;
8. Le ruisseau Cloutier a ses propres problèmes. En 2015, alors qu'il y a eu peu de dommages réclamés par des riverains bordant la rue de Barnston (65 k\$), il y avait aussi des dommages aux routes et ponceaux (environ 100 k\$ de travaux de réparation) ;
9. Cloutier a aussi causé des dommages en bas de la falaise. Le montant de la réparation pour le chemin de fer érodé n'est pas connu. Incluant 2015, sur la rue Ottawa, un propriétaire nous a dit avoir été inondé au sous-sol quatre fois depuis 1985. Chaque fois, il fallait nettoyer son sous-sol mais il n'a jamais fait de réclamations.

Les pluies historiques d'intérêt furent simulées avec le modèle SWMHYMO livré par JFSA en avril 2018. Les résultats sont présentés à la figure 1. Selon ce modèle, il faut que la pluie mesurée durant 6 heures soit plus élevée que 50 mm pour causer une inondation sur la Ville (seuil de débordement  $\approx 20 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Il est surprenant que l'événement historique de 1975 (pluie de 6 heures de 93 mm) n'ait pas causé d'inondation bien que le débit simulé par SWMHYMO fût de  $55 \text{ m}^3/\text{s}$ , une valeur largement plus élevée que la capacité du ruisseau.

Cet événement démontre la non-linéarité de la chaîne de causalité :

pluie  $\rightarrow$  ruissellement  $\rightarrow$  débit  $\rightarrow$  niveau d'eau  $\rightarrow$  inondation; et ainsi la difficulté de « définir » l'aléa. Devant ce constat, il faut voir les estimations de débit données au tableau 1 comme des paramètres d'analyse et non pas comme des données factuelles.



**Figure 1. Pluies historiques proches de Coaticook simulées par SWMHMO**

#### 4. Caractérisation des enjeux et des vulnérabilités

Avant de présenter les enjeux et les vulnérabilités des ruisseaux Pratt et Cloutier, il faut souligner qu'ils sont désormais significativement réduits grâce aux interventions proactives de la Ville, qui connaît bien son territoire et ses cours d'eau.

##### **Ruisseau Pratt :**

L'estimation du débit de pointe en 2015 au centre-ville est de 39 m<sup>3</sup>/s. Si l'eau de Cloutier n'avait pas dévié, il aurait pu s'y ajouter un 5 m<sup>3</sup>/s de plus, causant ainsi une inondation encore plus intense. Pour comprendre la vulnérabilité du centre-ville aux inondations, nous avons construit des modèles hydrodynamiques HEC-RAS 1-D et HEC-RAS 2-D. Ces modèles ont été calés le plus possible sur les observations disponibles. Les modèles ont ensuite été utilisés pour simuler les niveaux des débits de référence présentés au tableau 1. Le détail de cet effort est présenté dans le rapport Roy-Poulin et Morse, 2020.

Différentes cartes ont été établies afin de caractériser les enjeux et les vulnérabilités et sont présentées dans les figures 2, 3 et 4, montrant respectivement les zones inondables selon les conditions actuelles, selon les conditions avec aménagement d'un bassin de rétention en amont du centre-ville, et selon les conditions avec aménagement d'un bassin combiné à des travaux d'érection de murs pouvant contenir une crue de 25 m<sup>3</sup>/s en eau libre. Leurs particularités sont décrites dans le rapport Roy-Poulin et Morse, 2020.

La figure 2 correspondant à la carte de l'état actuel montre, pour les récurrences 20 et 100 ans, deux types de zones inondables soit les zones d'inondation en eau libre et celles liées à une diminution de capacité hydraulique au pont de la rue Child.

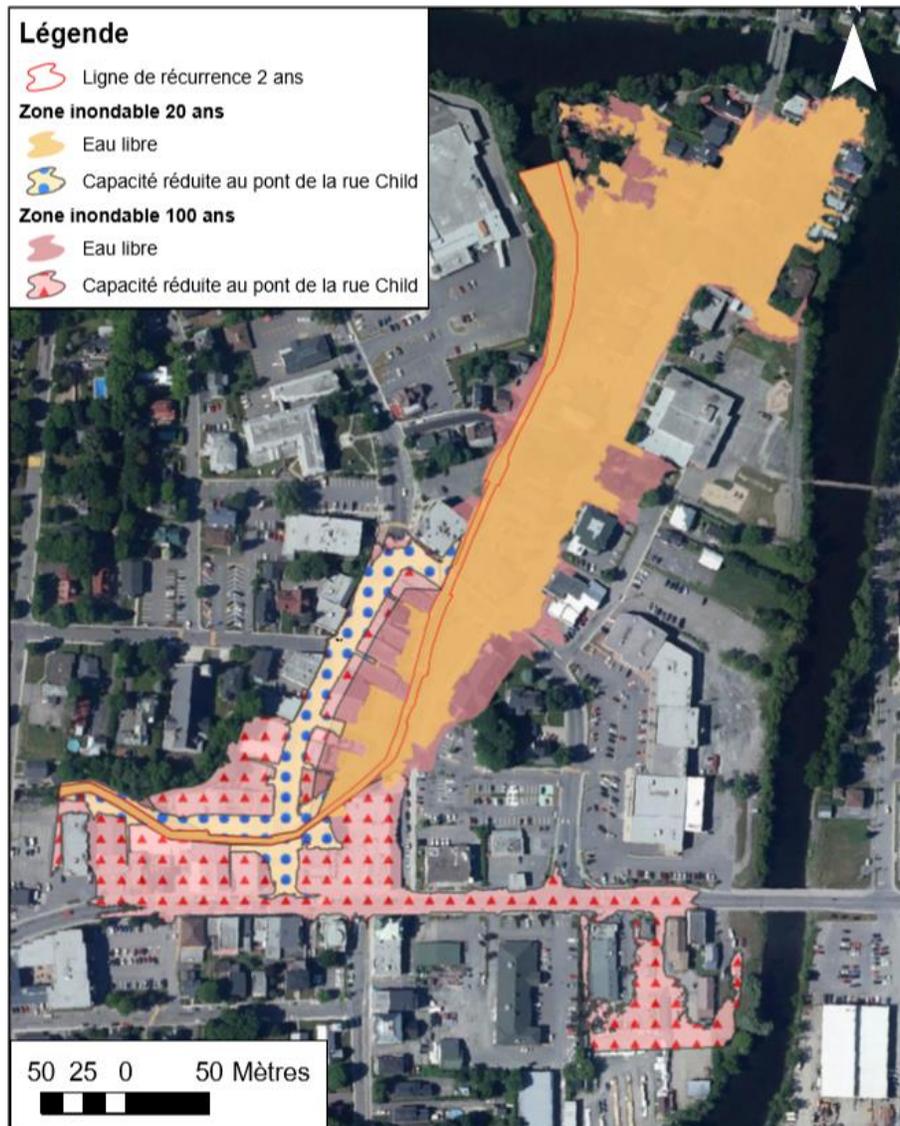
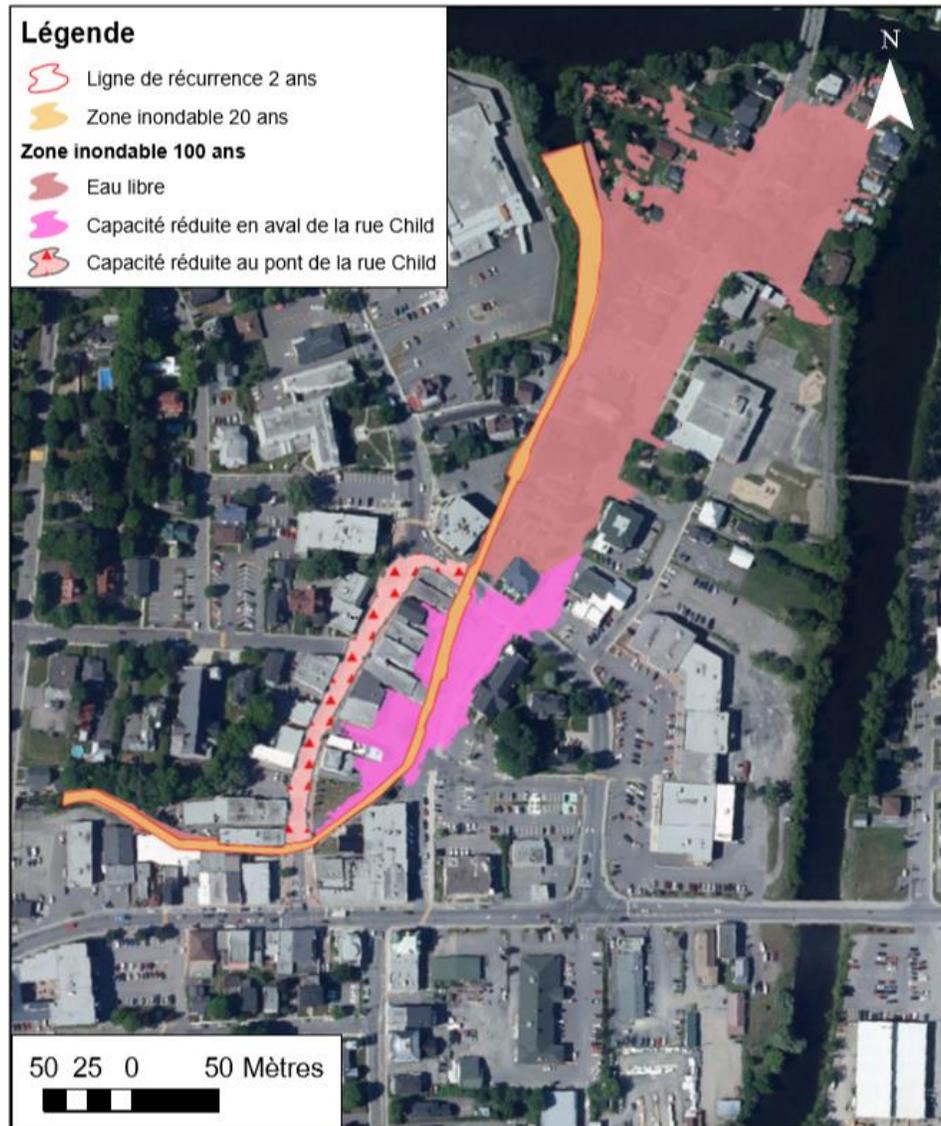


Figure 2. Cartographie des zones inondables du centre-ville de Coaticook à l'état actuel

La figure 3 correspondant à la carte selon les conditions associées à l'aménagement d'un bassin montre une zone de récurrence de 20 ans contenue et une zone de récurrence de 100 ans étendue et subdivisée en 3 types : la zone inondable en eau libre, la zone associée à une perte de capacité hydraulique au pont de la rue Child et la zone associée à une perte de capacité en aval de cette section.



**Figure 3. Cartographie des zones inondables du centre-ville de Coaticook avec aménagement du bassin de rétention**

Enfin, la figure 4 correspondant à la carte selon les conditions associées à l'aménagement d'un bassin combiné à l'érection de murs au centre-ville montre que toutes les crues en eau libre sont contenues.



**Figure 4. Cartographie des zones inondables du centre-ville de Coaticook avec aménagement du bassin de rétention et aménagement de murets ( $25 \text{ m}^3/\text{s}$ )**

**Ruisseau Cloutier** : Les simulations des débordements du ruisseau Cloutier ont été réalisées avec HEC-RAS 1D (Ladouceur, 2018). Si le débordement 2015 n'est qu'un signe des débordements à venir, les impacts sur le secteur résidentiel (rue Barnston) et industriel (rue Union), le chemin de fer (déjà détruit en 2015) et le secteur rues Verret-Ottawa pourraient devenir de plus en plus coûteux.

## 5. Portrait financier des dommages historiques

En 2014, au centre-ville, l'inondation a causé la destruction de trois blocs (commerces et résidences) sur la rue Child (Simon Morin, communication personnelle, 2018). En 2015, deux maisons du secteur de la rue Saint-Jean-Baptiste furent démolies.

Ailleurs en 2015, les débordements du ruisseau Cloutier ont provoqué des inondations résidentielles, routières et ferroviaires.

L'évaluation des dommages des événements de 2014 et de 2015 a été réalisée à l'aide des informations fournies par le MSP. Selon les demandes de réclamation, les montants versés en 2014 et 2015 étaient respectivement de 328 k\$ et 727 k\$. Les demandes ont aussi révélé des dommages qui n'étaient pas remboursables selon la politique (Tableau 3). En tout, les documents du MSP démontrent que les dommages totaux 2014 et 2015 étaient au moins de respectivement 745 k\$ et 985 k\$.

À ces valeurs, il faut ajouter les montants pour les travaux sur les infrastructures, surtout en 2015, soit :

- 1.3 M\$ pour la reconstruction du canal Pratt au centre-ville entre la rue Child et la rue Chartier ;
- 0.1 M\$ pour des interventions sur les fossés, routes, ponceaux, etc. pour le ruisseau Cloutier.

À Saint-Raymond, une étude approfondie a été réalisée par Turcotte et coll., 2017 sur les dommages causés par une inondation de cette ville en 2014. L'analyse a révélé que le total des dommages à la société était de 4.2 fois les montants versés par le MSP. Cette valeur provient du fait que tous les dommages ne sont pas remboursables, que tous n'ont pas été réclamés et que certains ont été payés par des tiers (compagnies d'assurance, compagnies privées, ministère de Transports, etc.).

Une règle de pouce informelle (probablement basée sur plus d'information sur plus d'inondations) suggère que les coûts totaux à la société sont de l'ordre de 2.5 à 3.0 fois les montants versés par le MSP.

En excluant les travaux de réparation du chenal Pratt et en supposant que les dommages totaux sont 3 fois les montants versés, les montants totaux des dommages directs et indirects à la société sont évalués à 1.0 M\$ et 2.2 M\$ pour 2014 et 2015 respectivement.

**Tableau 3. Dommages évalués pour les inondations de 2014 et 2015**

	Montants versés par le MSP	Dommages identifiés, mais non remboursables par le MSP	Total des montants versés et non remboursables MSP	Total estimé pour l'ensemble de la société
2014:	\$ 327,807	\$ 417,207	\$ 745,014	1.0 M\$
2015:	\$ 726,651	\$ 258,159	\$ 984,810	2.2 M\$

## 6. Portrait du risque

Le risque a été calculé ainsi :

- Pour le scénario de base, l'aléa débit est présenté au tableau 1.
- Pour le scénario de changements climatiques, les débits au tableau 1 sont majorés de 20% et la probabilité de leur occurrence est ainsi :

**Tableau 4. Période de retour dans un contexte de changements climatiques**

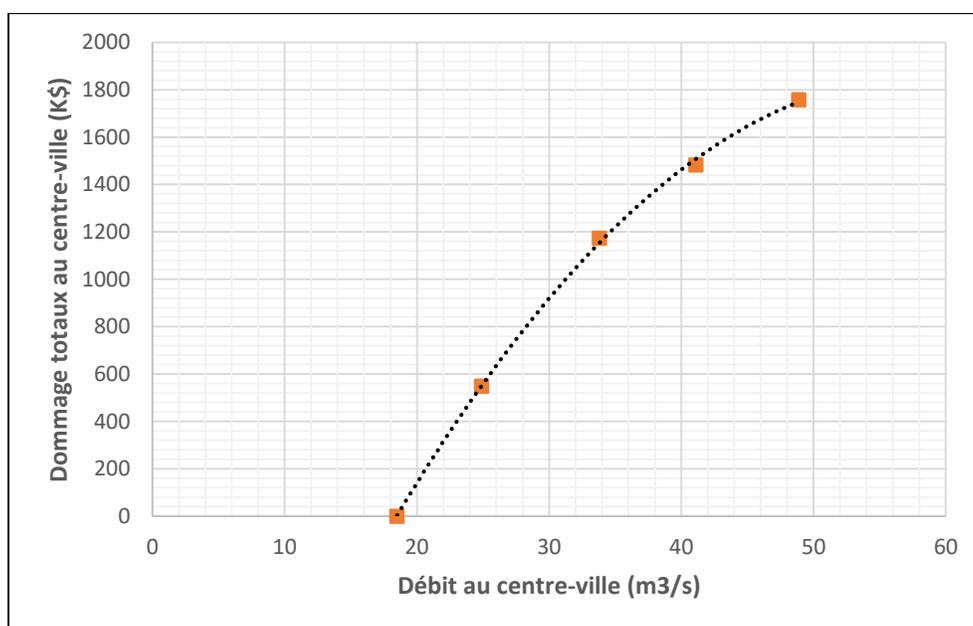
T <sub>cc</sub> (ans)	1,8	3,4	6,8	13	26	51	110	300
Q (m <sup>3</sup> /s)	11	19	25	34	41	49	61	82

- Chaque débit des tableaux 1 et/ou 4 a été simulé avec le modèle HEC-RAS-2D qui était calé principalement sur les niveaux observés pour l'événement de 2015 (Q = 39 m<sup>3</sup>/s).
- Chaque bâtiment/résidence « touché » par l'inondation simulée a été identifié pour chaque débit (« Touché » veut dire que l'eau était moins d'un élément numérique du modèle du bâtiment, soit approximativement un maximum inférieur à 1.5 m de distance du bâtiment).
- Le taux de dommage associé à chaque bâtiment fut évalué en utilisant les courbes de dommages évalués pour Saint-Raymond.
- Le taux calculé fut majoré par 26% pour tenir compte de l'hypothèse que les dommages d'un secteur sont 3 fois les montants MSP versés (alors qu'à Saint-Raymond, l'estimation était de 4.2 fois et les courbes étaient majorées par 76%).
- Un facteur supplémentaire a été appliqué pour limiter l'endommagement de certains bâtiments exposés à des profondeurs négatives de submersion (p. ex. : -2,0 m par rapport au rez-de-chaussée). Ce facteur provient d'une « courbe de participation »

développée pour le projet de Saint-Raymond, mais qui a été ajusté à la situation de Coaticook lors de la calibration de l'événement de 2015.

- Les étendues des inondations de 11 et 19 m<sup>3</sup>/s sont issues des résultats du modèle HEC-RAS 1D. Ce modèle s'avère mieux adapté lorsque l'écoulement est principalement unidirectionnel (Roy-Poulin, G. et Morse, B., 2019)

Le résultat de la simulation des dommages au centre-ville en fonction du débit est présenté à la figure 5. On note que pour un débit de 39 m<sup>3</sup>/s, l'estimation est de 1.4 M\$. Celle-ci est supérieure au montant total réclamé (0.985 M\$; tableau 1), mais bien inférieure au montant estimé pour l'ensemble de la société (2.2 M\$; tableau 1). Selon ce résultat, les dommages estimés par nos hypothèses et modélisations semblent « conservateurs, mais réalistes ».



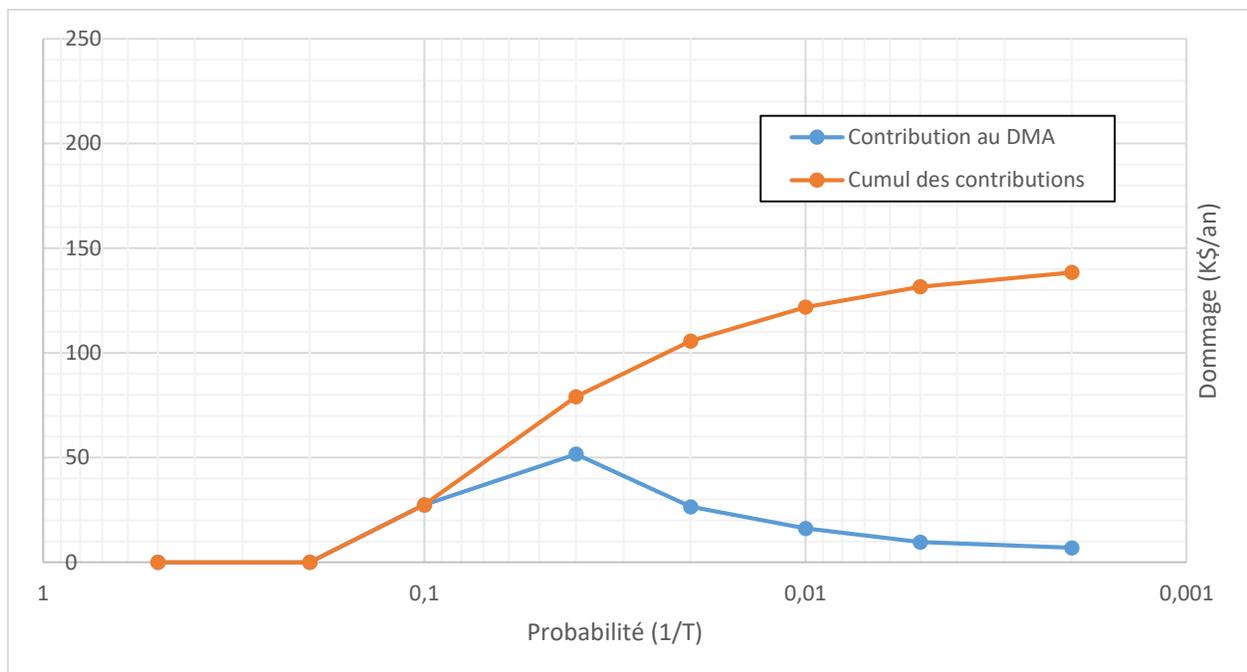
**Figure 5. Courbe de dommages au centre-ville causés par l'inondation du ruisseau Pratt**

En multipliant les dommages par la probabilité du débit associé, le dommage moyen annuel (DMA) fut calculé. Pour le centre-ville, pour le statu quo, le DMA est estimé à 138 k\$/an. La contribution de chaque débit au DMA est présentée à la figure 6. On note que les débits qui contribuent le plus au DMA se situent entre 25 m<sup>3</sup>/s ( $p = 0,1$ ) et 40 m<sup>3</sup>/s ( $p = 0,02$ ).

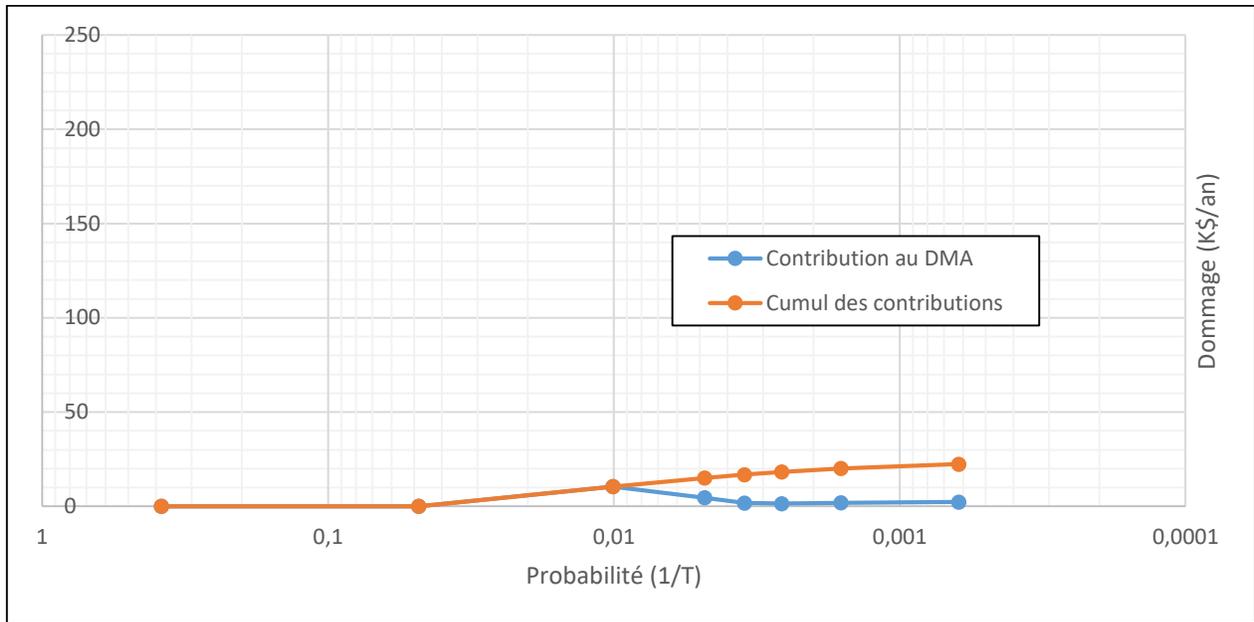
Le risque a aussi été évalué avec la construction du bassin de rétention 324.47 m proposé, le débit de 100 ans ciblé pour le design est de 25 m<sup>3</sup>/s (Forest et Morse, 2019). Avec sa construction, les périodes de retour estimées pour les débits du tableau 1 sont présentées au tableau 5. Par exemple, en présence du bassin, le débit de 49 m<sup>3</sup>/s (qui est un débit ayant une période de retour  $T = 100$  ans aujourd'hui) se produit beaucoup moins fréquemment. Sa période de retour avec le bassin est estimée à  $T_{BP} = 390$  ans. En présence du bassin, le DMA tombe à 22 k\$/an, sa structure est présentée à la figure 7.

**Tableau 5. L'aléa débit avec la construction du Bassin de rétention Pratt**

<b>T<sub>BP</sub> (ans)</b>	2,6	21	99	210	290	390	620	1600
<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	11	19	25	34	41	49	61	82



**Figure 6. Structure des composantes du DMA (statu quo) à Coaticook**



**Figure 7. Structure des composantes du DMA à Coaticook avec bassin Pratt**

Les DMA pour d'autres scénarios sont présentés au tableau 6. Dans un contexte de changements climatiques (CC = Débit majoré de 20%), le DMA monte de 138 k\$ à 217 k\$ sans bassin et monte de 28 k\$ à 46 k\$ avec bassin.

Sachant qu'il peut encore y avoir des dommages (surtout par des débits de 25 m<sup>3</sup>/s à 35 m<sup>3</sup>/s; figure 6), la faisabilité de l'installation de murets à des endroits stratégiques entre la rue des Marchands et Chartier a été évaluée (Ladouceur et coll., 2019). S'ils protègent le territoire contre tout débit inférieur à 30 m<sup>3</sup>/s, le DMA résiduel tomberait à 9 k\$ (aujourd'hui) et à 15 k\$ (CC) (voir tableau 6). Nous avons aussi évalué la réduction du DMA en présence de murets qui contiennent des débits de 35 m<sup>3</sup>/s. L'impact est une réduction additionnelle de 3 k\$ sur les DMA.

**Tableau 6. Dommage moyen annuel pour le centre-ville**

	Scénario	Sans bassin	Avec bassin	Avec bassin et murets (30 m <sup>3</sup> /s)
DMA (k\$)	Aujourd'hui	138	22	9
	Avec Q*1.2 (CC)	217	39	15

## 7. Rentabilité des mesures

### 7.1 Méthode

Le calcul des indicateurs de rentabilité, c'est-à-dire la Valeur Actualisée Nette (VAN) et le ratio Avantage/Coût (A/C), est réalisé en considérant un taux d'actualisation de 4% sur une durée de 50 ans avec les formules suivantes :

$$VAN = -C_0 + \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+r)^i} (A_i - C_i)$$

Avec :

VAN : valeur actualisée nette, \$

$C_0$  : coûts initiaux de la mesure lors de la première année, \$

$C_i$  : coûts annuels différés (exemple : coûts d'entretien annuel), \$

$r$  : taux d'actualisation,

$n$  : horizon temporel en années,

$A_i$  : avantages annuels, soit la réduction annuelle du DMA, \$

La limite de rentabilité de l'investissement pour une mesure est celle pour laquelle  $VAN = 0$ , c'est-à-dire le cas où les coûts  $C_0$  sont égaux à la somme des gains annuels, qui équivalent les avantages annuels moins les coûts annuels. On appelle cette valeur  $C_{0max}$ , qui vaut :

$$C_{0max} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+r)^i} (A_i - C_i)$$

Le ratio avantages actualisés sur coûts actualisés (A/C) peut se comprendre comme le retour sur investissement de chaque dollar investi dans la mesure. Les formules pour calculer A et C sont les suivantes :

$$A = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{(1+r)^i}$$

$$C = C_0 + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

Ainsi, quand VAN = 0, ce qui correspond à  $C_0 = C_{0max}$ , alors le ratio A/C = 1.

## 7.2 Résultats

Aux fins des calculs, on a considéré un taux d'actualisation de 4% sur une durée de 50 ans, qui sont des valeurs usuelles pour de tels cas. Dans ce cas :

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+r)^i} = \sum_{i=1}^{50} \frac{1}{(1+0.04)^i} = 21,48 \approx 21,5$$

### Centre-Ville

Pour la mesure visant la construction du bassin Pratt (Forest et Morse, 2019), selon le tableau 6, la réduction du DMA serait de 116 k\$ (soit 138 k\$ - 22 k\$) aujourd'hui ou de 178 k\$ (soit 217 k\$ - 39 k\$) dans un contexte de changement climatique. En présumant que le coût de l'entretien annuel du bassin est  $C_i = 5$  k\$, l'investissement maximal rentable est  $C_{0max} = 2.4$  M\$ (soit  $21,5 * (116 \text{ k\$} - 5 \text{ k\$})$ ) aujourd'hui ou  $C_{0max} = 3.7$  M\$ (soit  $21,5 * (178 \text{ k\$} - 5 \text{ k\$})$ ) dans un contexte de changements climatiques. Ces valeurs sont présentées au tableau 7.

Pour la mesure additionnelle des murs, en présumant un coût d'entretien annuel de 2 k\$ et en sachant que la réduction additionnelle du DMA serait de 13 k\$ (aujourd'hui) ou de 24 k\$ (CC), l'investissement maximal rentable serait de 0.2 M\$ (aujourd'hui) à 0.5 M\$ (CC). Si les murs étaient plus hauts pour protéger contre 35 m<sup>3</sup>/s, l'investissement rentable serait 60 k\$ de plus.

**Tableau 7. Plafond des investissements rentables**

Scénario	Investissement rentable (M\$)	
	Bassin	Murs
Aujourd'hui	2,4	0,2
Avec changements climatiques	3,7	0,5

## Cloutier

En se basant sur les réclamations MSP en 2014 et 2015, nous estimons que les dommages du ruisseau Cloutier sont de l'ordre de 5% par rapport au montant des dommages au centre-ville. Ce qui correspond à un DMA = 7 k\$ (aujourd'hui) et 11 k\$ (CC).

Si des mesures de reconstruction du ponceau à Barnston, du profilage de fossé, d'aménagements de contrôle du débit étaient installées, n'avaient pas de coûts d'entretien et étaient 100 % efficace, les maximums des montants totaux rentables seraient de 21,5 fois le DMA, soit  $C_{0\max\text{Cloutier}} = 250 \text{ k\$}$  (aujourd'hui) à  $C_{0\max\text{Cloutier}} = 230 \text{ k\$}$  (contexte CC).

Ajoutons que les bénéfices potentiels des mesures pourraient être sous-estimés pour trois raisons :

1. En 2015, les dommages causés par Cloutier étaient plutôt de l'ordre de 10 % des dommages au centre-ville ;
2. Les dommages causés par Cloutier pourraient monter plus vite que ceux au Centre-Ville, car la zone Cloutier n'est pas beaucoup immunisée contre les inondations. Si jamais il y avait une pluie qui était en résonance avec la forme de son bassin versant, le débit de pointe pourrait être important. Si cette eau est encore une fois déviée de façon aléatoire et chaotique, elle pourrait causer des dommages considérables au quartier résidentiel Barnston et/ou au Parc industriel et au quartier résidentiel en bas de la falaise ;
3. En contrôlant le débit de Cloutier, le débit de Pratt est aussi contrôlé et les zones vulnérables à Pratt pourraient alors également subir des retombées qui ne sont pas comptabilisées dans les tableaux présentés ici haut.

## **8. Résumé et Conclusions**

### Évaluation de l'aléa

- Le centre-ville de Coaticook est vulnérable à des inondations par la rivière Coaticook et par le ruisseau Pratt. Cette étude évalue le risque au centre-ville pour le ruisseau Pratt seulement.
- Selon les événements historiques, en plus des dommages causés par le ruissellement lui-même, les inondations peuvent être causées par des embâcles (bois et/ou glace) et par la glace (surtout glace de fond) qui est présente dans le chenal.
- La Ville a les moyens, les compétences, l'expérience et la volonté de minimiser les inondations par embâcles et par glace, tandis que ce rapport se concentre sur l'aléa pluie sans considération d'embâcles ou de glace. Il se peut que la présence du bassin de rétention proposé ait des retombés additionnels pour l'aléa glace/embâcles qui ne sont pas comptabilisés dans ce rapport.
- L'aléa pluie a été caractérisé par une analyse des données canadiennes et américaines (Forest et Morse, 2019). Les deux séries de données se rejoignent, les courbes JFSA, 2017 basées sur les données canadiennes étant plus conservatrices que celles des

données américaines. En même temps, les séries américaines quantifient les probabilités des différentes structures d'événements pluie. Cette information est utile pour préciser la caractérisation de l'aléa débit dans l'éventualité de l'installation d'un système d'alerte précoce.

- La relation pluie-débit fut principalement établie par une simulation hydrologique SWMHYMO (JFSA, 2017 et Forest et Morse, 2019). La relation pluie-de-6-heures au débit-de-pointe-centre-ville est présentée à la figure 1.
- L'aléa débit fut évalué par une étude historique, la modification du modèle hydrodynamique HEC-RAS 1D et la création du modèle hydrodynamique HEC-RAS 2D (Roy-Poulin et Morse, 2019). L'aléa débit est décrit dans les tableaux 1 (aujourd'hui) et 4 (contexte CC).

### Évaluation du Dommage moyen annuel (DMA)

- Les dommages historiques au centre-ville furent comptabilisés en utilisant les données provenant du MSP. Le dommage total à la société est estimé être égal à 3 fois le total du « montant versé » par le MSP.
- Les dommages au centre-ville furent simulés à l'aide du modèle HEC-RAS 2D et des courbes submersion-dommages construites pour Saint-Raymond. Une fois les courbes adaptées à Coaticook et majorées pour tenir compte de l'ensemble des coûts à la société, les dommages de l'événement de 2015 simulé ( $Q = 39 \text{ m}^3/\text{s}$ ) étaient calculés à 1.4 M\$. Sans compter les travaux réalisés pour la stabilisation du ruisseau (1.5 M\$), cette estimation est supérieure au total des montants réclamés auprès du MSP (0.985 M\$ ; tableau 1), mais bien inférieure au montant estimé pour l'ensemble de la société (2.2 M\$ ; tableau 1). Selon ce résultat, les dommages estimés par la méthode présentée dans ce rapport semblent « conservateurs, mais réalistes ».
- Les DMAs ont été évalués pour plusieurs scénarios et sont présentés au tableau 6. Les scénarios tiennent compte des probabilités de récurrence des débits, des courbes de dommages, des scénarios de changements climatiques et des scénarios de construction du bassin Pratt avec ou sans murets érigés au centre-ville entre la rue des Marchands et Chartier.

### Construction du bassin de rétention sur le ruisseau Pratt

- La conception du bassin Pratt est présentée par Forest et Morse, 2019. Le bassin recommandé contiendrait l'eau à un niveau d'eau maximal de 324.47 m, et la digue aurait une revanche de 0.5 m. Les structures de contrôle sont conçues pour laisser passer un débit de  $13 \text{ m}^3/\text{s}$  lorsque le réservoir est plein afin de limiter le débit en ville de 100 ans à  $25 \text{ m}^3/\text{s}$  une fois que la contribution de Cloutier et autres sont additionnées. L'aléa débit au centre-ville en présence de ce bassin est présenté au tableau 5.
- En tenant compte des frais d'entretien annuel et des avantages, les montants maximums rentables pour investir dans le bassin Pratt sont présentés dans le tableau 7. Le montant pour le bassin se situe entre 2,4 M\$ et 3,7 M\$ selon le scénario retenu.

- Sachant que le coût estimé pour la construction du bassin Pratt est évalué à 1,9 M\$ plus taxes (EXP, 2018), et s'il y a peu de frais non comptabilisés (tel que la valeur des terrains), sa construction semble être rentable et la recommandation de sa construction proposée par EXP en 2016 est appuyée par nos analyses de risque présentées ici.

#### Mise à niveau des élévations des murets au centre-ville

- Les déficiences de hauteur de mur sur le ruisseau Pratt au centre-ville furent identifiées et quantifiées (Roy-Poulin et Morse, 2019).
- En tenant compte des frais d'entretien annuel et des avantages, les montants maximums rentables pour investir dans les murets au centre-ville sont présentés dans le tableau 7. Le montant rentable pour les murets se situe entre 0.2 M\$ et 0.5 M\$ selon le scénario.
- La mise à niveau des élévations des murets au centre-ville évaluée par ALPG (2019) était estimée à un montant entre 0.9 M\$ et 1.3 M\$ selon la méthode choisie. Leurs différentes solutions ne seraient pas rentables.
- Par ailleurs, une conception pour la construction de murets pour le même secteur fut proposée par Ladouceur et coll., 2019. Selon cette étude, le coût de construction serait estimé à 0.3 M\$ plus taxes. L'intervention pourrait être justifiée (la réduction rentable est de 0.2 M\$ à 0.5 M\$ selon le scénario) pourvu qu'il puisse avoir des ententes avec les propriétaires et que les inconvénients en termes d'esthétique et de perte de terrains soient acceptables.
- Le ruisseau Cloutier est aussi problématique. La Ville a une décision à prendre selon sa vision à long terme pour la Ville et pour son Parc industriel. L'investissement rentable est au moins de 0.2 M\$ (mais pourrait être beaucoup plus – voir section 7.2 Résultats – Cloutier pour une discussion sur le sujet).

#### Mesures non structurelles

Nous recommandons aussi la mise en œuvre des mesures de sensibilisation et d'éducation du public suivantes (de l'ordre de 10 k\$ à 20k\$ chacune) :

- Repères de crue et panneaux explicatifs ;
- Reportage vidéo sur la connaissance et la gestion des risques.

#### Autres mesures

Comme expliqué précédemment dans ce rapport, l'inondation peut être d'ampleur bien plus importante que celle simulée par nos modèles lorsqu'il y a présence de glace. Afin que la Ville puisse enlever la glace à un endroit critique et afin de réduire la vulnérabilité elle-même, nous recommandons l'acquisition et la démolition de la résidence située à l'angle des rues Chartier et Saint-Jean-Baptiste (52-54 rue Chartier) afin de pouvoir retirer mécaniquement les glaces et embâcles qui s'accumulent sous le pont adjacent.

Enfin, il est à mentionner que l'Université Laval, dans le cadre du présent contrat de recherche, travaille à l'élaboration d'un Système d'Alerte Précoce afin de mieux anticiper les crues du ruisseau Pratt. Nous recommandons son exploitation lorsqu'il sera mis au point.

## Références

Forest, T., et Morse, B. 2019. Réduction du risque relié aux inondations du ruisseau Pratt dans la ville de Coaticook. Caractérisation de l'aléa. 12 p.

Forest, T., et Morse, B. 2019. Réduction du risque relié aux inondations du ruisseau Pratt dans la ville de Coaticook. Mesures de mitigation. 20 p.

Grenier, L. 2018. Historique des inondations ayant eu lieu à Coaticook, ruisseau Pratt. 9p.

JFSA, 2017. Étude hydrologique du ruisseau Pratt (version pour discussion) 33 p. + annexes. 22 décembre 2017.

Ladouceur, J.-R., Roy-Poulin, G., Forest, T., Morse, B., 2019. Réduction du risque d'inondation à Coaticook: Analyse et proposition d'aménagement du canal Pratt au centre-ville. 12 p.

Ladouceur, J-R., 2018. Conception d'un canal de dérivation à Coaticook.

Morse, B. 2017. Réduction des risques à Coaticook, rapport préliminaire soumis au MSP.

Roy-Poulin, G. et Morse, B., 2020. Modélisation hydraulique 2D : Réduction du risque relié aux inondations du ruisseau Pratt dans la ville de Coaticook. 5 février. 23 p.

Roy-Poulin, G., Robert, J-R. et Morse, B., 2019. Réduction du risque d'inondation à Coaticook: Analyse et proposition d'aménagement du canal Pratt au centre-ville avec des murets pour protéger contre les débits de 35 m<sup>3</sup>/s. 11 p.