



# SURMONTER LA TEMPÊTE :

ÉLABORER UNE NORME CANADIENNE POUR  
RENDRE LES ZONES RÉSIDENTIELLES EXISTANTES  
RÉSILIENTES FACE AUX INONDATIONS

NATALIA MOUDRAK ET BLAIR FELTMATE  
CENTRE INTACT D'ADAPTATION AU CLIMAT

JANVIER 2019



**CENTRE INTACT**  
D'ADAPTATION AU CLIMAT

AVEC LE SOUTIEN DE :



National Research  
Council Canada

Conseil national de  
recherches Canada



Conseil canadien des normes  
Standards Council of Canada





### À propos du Centre Intact d'adaptation au climat

Le Centre Intact d'adaptation au climat (Centre Intact) est un centre de recherche appliquée de l'Université de Waterloo. Il a été fondé en 2015 grâce au financement d'Intact Corporation financière, le plus grand assureur en dommages du Canada. Il aide les propriétaires, les collectivités et les entreprises à réduire les risques associés aux changements climatiques et aux phénomènes météorologiques extrêmes.

Pour en savoir plus, consultez le [www.centreintactadaptationclimat.ca](http://www.centreintactadaptationclimat.ca).

### À propos de l'Université de Waterloo

L'Université de Waterloo est l'université la plus novatrice au Canada. Comptant plus de 36 000 étudiants, elle accueille le plus vaste système d'enseignement coopératif en son genre au monde. Sa culture entrepreneuriale inégalée, combinée à une mission fortement axée sur la recherche, alimente l'un des meilleurs centres d'innovation au monde.

Pour en savoir plus, consultez le [www.uwaterloo.ca](http://www.uwaterloo.ca).

### À propos du Conseil canadien des normes

Le Conseil canadien des normes (CCN) est une société d'État fédérale qui fait partie du portefeuille d'Innovation, Sciences et Développement économique Canada. Il dirige et facilite l'élaboration et l'utilisation des normes nationales et internationales ainsi que des services d'accréditation en vue d'améliorer la compétitivité et le bien-être du Canada.

Pour en savoir plus, consultez le [www.ccn.ca](http://www.ccn.ca).

### À propos du Conseil national de recherches du Canada

Le Conseil national de recherches du Canada (CNRC) est le principal organe de recherche et de développement du gouvernement canadien. Le CNRC s'associe à l'industrie canadienne pour sortir la recherche du laboratoire et lui trouver des applications commerciales dont les retombées bénéficieront à l'ensemble de la population. Cette approche axée sur le marché permettra d'innover plus rapidement, de rehausser les conditions de vie des Canadiens et de trouver une solution à quelques-uns des problèmes les plus pressants qui touchent aujourd'hui la planète.

Pour en savoir plus, consultez le [www.nrc-cnrc.gc.ca/fra/apropos/index.html](http://www.nrc-cnrc.gc.ca/fra/apropos/index.html).

### À propos d'Intact Corporation financière

Intact Corporation financière (TSX : IFC) est le plus important prestataire de services d'assurance incendie, accidents et risques divers (IARD) au Canada, avec plus de huit milliards de dollars en primes annuelles. Forte de plus de 12 000 employés, la société assure plus de cinq millions de particuliers et d'entreprises grâce à ses filiales d'assurance et est le plus important fournisseur d'assurance IARD du secteur privé en Colombie-Britannique, en Alberta, en Ontario, au Québec, en Nouvelle-Écosse et à Terre-Neuve-et-Labrador. Elle distribue ses produits d'assurance sous la marque Intact Assurance par un vaste réseau de courtiers, notamment sa filiale en propriété exclusive, BrokerLink, et directement aux consommateurs par [belairdirect](http://belairdirect.com).

Pour en savoir plus, consultez le [www.intactcf.com](http://www.intactcf.com).

### Citation

Moudrak, N. et B. Feltmate (2019). *Surmonter la tempête : élaborer une norme canadienne pour rendre les zones résidentielles existantes résilientes face aux inondations*. Préparé pour le Conseil canadien des normes et le Conseil national de recherches du Canada. Centre Intact d'adaptation au climat, Université de Waterloo.

Pour en savoir plus sur ce rapport, communiquez avec Natalia Moudrak à [nmoudrak@uwaterloo.ca](mailto:nmoudrak@uwaterloo.ca).

### Avis de non-responsabilité

À notre connaissance, les renseignements contenus dans le présent rapport ont été recueillis et vérifiés autant que possible. Le Centre Intact ne donne aucune garantie quant à leur exhaustivité, leur exactitude, leur pertinence ou leur fiabilité. Le présent rapport vise à offrir des lignes directrices générales portant uniquement sur son objet et ne constitue pas un avis professionnel. Nous vous déconseillons d'agir en fonction de son contenu sans obtenir l'avis personnalisé d'un spécialiste. Nous n'offrons aucune garantie, expresse ou tacite, quant à l'exactitude ou à l'exhaustivité des renseignements contenus dans le présent rapport, et le Centre Intact, ses employés et les entités qui lui sont affiliées n'acceptent ni n'assument l'obligation, la responsabilité ou le devoir de diligence pour toute conséquence subie par vous ou

toute autre personne résultant d'une action, d'une absence d'action ou de toute décision prise sur la base de ces renseignements.

## REMERCIEMENTS

Le Centre Intact remercie le CCN, le CNRC et IFC pour leur soutien financier, ainsi que les intervenants de partout au Canada qui ont donné temps et conseils tout au long de la production du présent rapport, dont les suivants :

### Examen technique et conseils

Ron Scheckenberger, directeur, Ressources en eau, Solutions environnementales et d'infrastructure, Wood

### Élaboration du rapport de base

Robert Muir, chef de la gestion des eaux de ruissellement et des services environnementaux, Ville de Markham

Hiran Sandanayake, ingénieur principal, Ressources en eau, Ville d'Ottawa

### Consultation et commentaires techniques

Alain Charron, chargé de programme, Surverses d'égouts pluviaux et unitaires, Ville de Montréal

Amna Tariq, ingénieure, Sciences de l'eau et des changements climatiques, Credit Valley Conservation

Amy Mayes, coordonnatrice, Cartographie des plaines inondables, Conservation Halton

Barbara Robinson, présidente, Norton Engineering

Barbara Veale, directrice, Planification et gestion des bassins hydrographiques, Conservation Halton

Bert van Duin, responsable technique du drainage, Planification des aménagements, Planification des infrastructures, Ressources en eau, Ville de Calgary

Chris Rol, conseillère principale en politiques, Bureau d'assurance du Canada

Christine Zimmer, directrice principale, Sciences de l'eau et des changements climatiques, Credit Valley Conservation

Claude Collette, chef de division par intérim, Études techniques, Ingénierie, Plans directeurs, Ville de Laval

Dan Sandink, directeur de la recherche, Institut de prévention des sinistres catastrophiques

Daniel Henstra, professeur agrégé, Université de Waterloo

David Crenna, directeur, Questions urbaines, Association canadienne des constructeurs d'habitations

David Foster, directeur principal, Communications, Association canadienne des constructeurs d'habitations

David Kellershohn, chef de la gestion des eaux de ruissellement, Gestion des infrastructures hydrauliques, Toronto Water

Ehsan Roshani, agent de recherche en génie civil, en infrastructures et en construction, Conseil national de recherches du Canada

Eric Tousignant, ingénieur principal, Ressources en eau, Services d'infrastructure, Ville d'Ottawa

Fabian Papa, ingénieur-conseil désigné, Fabian Papa & Partners

Gilles Rivard, vice-président, Hydrologie urbaine, Lasalle | NHC

Jeff Walker, chargé de programme, Ressources naturelles, Groupe CSA

Jesal Shah, directeur, Programme d'atténuation des catastrophes, Emergency Management British Columbia

Joanna Kyriazis, directrice des politiques, Zizzo Strategy

Jo-Anne Rzadki, Développement des affaires et partenariats, Conservation Ontario

Jody Boone, Opérations routières, Ingénierie et Opérations, Ville de Fredericton

John van der Eerden, vice-président, Ressources en eau, Associated Engineering

Kendall Thiessen, ingénieur en gestion des berges, Service de l'urbanisme, des biens et de l'aménagement, Ville de Winnipeg

Luke Dempsey, technologue en services publics, Planification des infrastructures, Ville de Kelowna

Mark Green, chef des Services environnementaux, Ville de St. Catharines

Michael Chau, ingénieur principal en planification, Ville de Calgary

Milos Posavljak, analyste en gestion des infrastructures, Ville de Waterloo

Phillip Santana, gestionnaire, Développement durable, Mattamy Homes

Sameer Dhalla, directeur associé, Services techniques, restauration et infrastructures, Office de protection de la nature de Toronto et de la région

Scott Adams, chef des travaux publics, Ville de Charlottetown

Sean Lee, directeur adjoint du génie et des opérations, Ville de Fredericton

Shawna Peddle, directrice de la réduction des risques de catastrophe, Croix-Rouge canadienne

Stan Dueck, inspecteur en chef des bâtiments, Services aux collectivités, Normes de construction et sécurité des bâtiments, gouvernement du Yukon

Steve Brown, chef des eaux de surface, Est du Canada, Stantec

Susan Ancel, directrice des stratégies de gestion des eaux de ruissellement, EPCOR Water Services

Twyla Kowalczyk, ingénieure en changements climatiques, Planification relative aux bassins hydrographiques, Ressources en eau, Ville de Calgary

Victoria Kramkowski, coordonnatrice du programme de redevances pour les eaux de ruissellement, Ville de Mississauga

Yehuda Kleiner, agent de recherche principal, Conseil national de recherches du Canada

## TABLE DES MATIÈRES

Sommaire .....	6
<b>Chapitre 1 : Introduction – Les impératifs de l’adaptation au climat au Canada</b> .....	8
1.1 Les catastrophes naturelles et les inondations sont de plus en plus coûteuses au Canada.....	8
1.2 Les inondations récurrentes sont source de stress pour les titulaires de prêts hypothécaires au Canada.....	10
1.3 Les risques climatiques et les inondations réduisent les cotes de solvabilité .....	10
1.4 Les inondations font pleuvoir les poursuites.....	10
1.5 Les inondations minent la santé mentale des Canadiens .....	12
<b>Chapitre 2 : Caractérisation des difficultés courantes liées au risque d’inondation au Canada</b> .....	13
2.1 Inondation riveraine.....	14
2.2 Inondation de surface .....	14
2.3 Refoulement d’égout pluvial ou sanitaire .....	15
2.4 Défaillance des systèmes de drainage des fondations.....	16
<b>Chapitre 3 : Cadre de hiérarchisation des travaux de résilience face aux inondations dans les zones résidentielles existantes au Canada</b> .....	17
3.1 Évaluation de base du risque d’inondation.....	19
3.1.1 Facteurs généraux à prendre en compte dans l’évaluation du danger.....	21
3.1.2 Inondations riveraines – Facteurs à prendre en compte dans l’évaluation du danger .....	23
3.1.3 Inondations de surface – Facteurs à prendre en compte dans l’évaluation du danger.....	25
3.1.4 Refoulement d’égout pluvial ou sanitaire – Facteurs à prendre en compte dans l’évaluation du danger .....	25
3.1.5 Défaillances du système de drainage des fondations – Facteurs à prendre en compte dans l’évaluation du danger .....	27
3.2 Évaluation générale de la vulnérabilité aux inondations .....	28
3.2.1 Infrastructures et services essentiels.....	28
3.2.2 Populations vulnérables .....	28
3.3 Application du cadre de hiérarchisation des travaux de résilience face aux inondations dans les zones résidentielles existantes : étude de cas de la Credit Valley Conservation, en Ontario.....	29
<b>Chapitre 4 : Approches pour la réduction du risque d’inondation des zones résidentielles existantes au Canada</b> .....	30
4.1 Conseils pour réduire le risque d’inondation.....	31
4.2 Programmes d’exploitation et d’entretien .....	32
4.3 Mobilisation du public.....	32
4.4 Mesures physiques choisies pour réduire le risque d’inondation.....	33
4.4.1 Inondation riveraine.....	33
4.4.2 Inondation de surface.....	33
4.4.3 Refoulement d’égout pluvial ou sanitaire .....	34
4.4.4 Défaillances du système de drainage des fondations.....	34
<b>Chapitre 5 : Conclusion et prochaines étapes</b> .....	35
Définitions.....	36
<b>Annexe A : Examen des changements apportés au Code national du bâtiment qui modifient la résilience face aux inondations des logements résidentiels</b> .....	39
<b>Annexe B : Mesures physiques mises en œuvre pour réduire le risque d’inondation de zones résidentielles existantes au Canada</b> .....	41
Système de lutte contre les inondations au ruisseau Davis, à Hamilton, en Ontario .....	41
Projet de remise en état du lac Pelly’s (milieu humide), au Manitoba.....	42
Étude des inondations dans le secteur d’Orléans, à Ottawa, en Ontario.....	43
Programme d’atténuation des inondations de St. Catharines, en Ontario .....	44
Projet de séparation des égouts unitaires à Charlottetown, à l’Île-du-Prince-Édouard .....	46
Projet d’installation d’une digue secondaire sur la rue Scotia, à Winnipeg, au Manitoba .....	47
Projet d’atténuation des inondations au centre-ville de Calgary, en Alberta .....	48
Notes en fin de texte .....	50

## SOMMAIRE

Ces dernières années, les coûts financiers et sociaux des catastrophes naturelles au Canada ont atteint des niveaux sans précédent. Cette tendance s'explique en bonne partie par les inondations de zones résidentielles, qui ont entraîné des pressions à la hausse sur les primes d'assurance habitation, ont causé un stress psychologique aux propriétaires des logements inondés et ont pu faire augmenter le nombre de défauts de paiement de prêts hypothécaires résidentiels. À cela s'ajoutent les poursuites intentées contre des constructeurs et des municipalités qui ont failli à leur devoir fiduciaire d'anticiper et d'atténuer les risques d'inondation.

Heureusement, il existe une panoplie de solutions pratiques pour réduire et limiter le risque d'inondation dans différentes circonstances, comme l'entretien préventif des structures de lutte contre les inondations, le renouvellement des terrains et des voies de circulation, la construction ou la mise à niveau d'installations de stockage des eaux de ruissellement (tableau 1). Des programmes de mobilisation et d'information du public sur la prévention des inondations et les activités d'entretien peuvent aussi favoriser la mise en œuvre d'initiatives d'amélioration de la résilience face aux inondations dans les zones résidentielles existantes, surtout les solutions « à faible coût » qui dépendent de la participation et de l'appui des propriétaires de logement.

Pour bien hiérarchiser les différentes approches d'atténuation du risque d'inondation, il faudrait un cadre d'évaluation du risque d'inondation et de la vulnérabilité aux inondations qui ferait ressortir les secteurs résidentiels nécessitant une attention immédiate. Or, grâce à une vaste consultation des principaux intervenants au Canada, le présent rapport établit un tel cadre, lequel tient compte des facteurs suivants :

- **Période d'aménagement** : À moins de travaux de modernisation majeurs, les vieux secteurs du Canada (p. ex. aménagés avant les années 1970) sont habituellement plus sujets aux inondations que les nouveaux lotissements.
- **Antécédents d'inondation** : À moins de travaux de modernisation majeurs, si les documents municipaux (p. ex. rapports d'inondation) indiquent qu'une zone a été inondée à répétition, cette zone peut faire partie des plus sujettes aux inondations.
- **Normes de conception** : Les secteurs aménagés selon des normes moins strictes (p. ex. aménagement permis dans une plaine inondable) présentent habituellement un risque plus élevé d'inondation.
- **Proximité de la plaine inondable** : Les secteurs situés près d'une plaine inondable sont généralement plus susceptibles d'être inondés.
- **Topographie** : Les zones de faible élévation présentent habituellement un risque plus élevé d'inondation.

- **Changements dans l'utilisation des terres et taux de densification** : Les zones qui ont connu une urbanisation et une croissance importantes et qui ont vu leur capacité naturelle d'absorption des eaux pluviales diminuer (p. ex. perte de surfaces perméables due à de nouveaux aménagements) présentent un risque plus élevé d'inondation.
- **Type de réseau d'égouts** : Les zones desservies par un réseau d'égouts unitaires (la même conduite fait office d'égout pluvial et d'égout sanitaire) ou un réseau d'égouts pseudo-séparatif sont, en règle générale, plus sujettes aux inondations que celles desservies par un réseau d'égouts séparatif.
- **Présence d'infrastructures essentielles, de services essentiels ou de populations vulnérables** : Chacun de ces critères rend plus urgente la protection des secteurs propices aux inondations relevés.

L'application de ce cadre éclairera les collectivités dans leurs décisions de hiérarchisation des zones pour ce qui est des programmes de résilience face aux inondations. Le présent rapport se veut un document initial qui servira de base à une future Norme nationale du Canada.

Les conseils qu'il renferme ont été validés par les propos d'urbanistes, d'ingénieurs, d'experts-conseils, d'offices de protection de la nature, de promoteurs, de constructeurs d'habitations, de représentants du secteur de l'assurance et d'intervenants de partout au Canada.

Le rapport a fait l'objet d'un soutien financier et technique du Conseil canadien des normes (CCN) et du Conseil national de recherches du Canada (CNRC), à la suite des engagements pris par le Canada comme signataire de l'Accord de Paris<sup>1</sup> et du Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe de l'Organisation des Nations Unies<sup>2</sup>, et en appui au Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques. Dans le même esprit que ces engagements internationaux et nationaux, il a pour but d'aider les Canadiens non seulement à résister aux tempêtes d'aujourd'hui, mais aussi à les rendre résilients face aux inondations et mieux préparés aux changements climatiques de demain.



Tableau 1 : Exemples d'approches de réduction des risques d'inondation, selon le type d'inondation (zones résidentielles au Canada)

Type d'inondation	Exemples d'approches
<p>Inondation riveraine (aussi appelée <i>inondation fluviale</i>) Se produit lorsqu'un cours d'eau sort de son lit en raison de pluies extrêmes, de la fonte des neiges, d'un embâcle ou d'une accumulation de débris.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entretenir préventivement les ponceaux, ponts et autres structures de lutte contre les inondations.</li> <li>• Gérer préventivement la végétation et retirer les débris le long des cours d'eau.</li> <li>• Protéger les propriétés adjacentes à un cours d'eau contre les inondations (p. ex. ériger des murs d'endiguement et aménager des bermes, reniveler les terrains et encourager les propriétaires de logement à surélever les appareils électriques au-dessus du niveau des crues potentielles).</li> </ul>
<p>Inondation de surface (aussi appelée <i>inondation pluviale</i>) Se produit lorsque des eaux de ruissellement excédentaires gagnent des terrains privés, pénètrent dans les habitations par les ouvertures les plus basses (p. ex. fenêtres et portes des sous-sols) et font des dégâts.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nettoyer préventivement les bassins collecteurs et les ponceaux pour permettre le drainage des eaux de surface.</li> <li>• Dénéiger les chemins critiques d'écoulement de surface avant le dégel printanier pour en éviter l'obstruction.</li> <li>• Reniveler les terrains et les voies de circulation pour éloigner les eaux de ruissellement des propriétés et les rediriger vers les emprises.</li> <li>• Ajouter des installations (p. ex. bassins, réservoirs souterrains) pour stocker les eaux pluviales et ralentir l'écoulement de surface.</li> </ul>
<p>Refoulement d'égout pluvial ou sanitaire* Se produit lorsque les égouts pluviaux ou sanitaires sont saturés et que le trop-plein remonte dans les sous-sols.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Installer des clapets anti-retour (dispositifs anti-refoulement) sur les conduites pluviales ou sanitaires secondaires pour empêcher le trop-plein des égouts de pénétrer dans les sous-sols.</li> <li>• Débrancher les tuyaux de descente des égouts sanitaires.</li> <li>• Sceller et boulonner les plaques des regards d'égout dans les zones de faible élévation, où l'eau s'accumule et risque de contribuer à une surcharge des égouts.</li> <li>• Réaliser des projets d'évacuation des eaux de ruissellement (p. ex. installer des conduites pour acheminer les eaux de ruissellement excédentaires vers des zones de plus grande capacité).</li> </ul>
<p>Défaillance des systèmes de drainage des fondations* Se produit lorsque le système de drainage des fondations cesse de fonctionner et que de l'eau s'infiltré dans le sous-sol par le drain de fondation ou les murs de fondation.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Installer des pompes de puisard avec pompe auxiliaire et alimentation de secours.</li> <li>• Entourer les habitations d'une couche de sol imperméable (remblayage des fondations) pour réduire le risque d'infiltration d'eau par les murs de fondation.</li> </ul>

\* Les Lignes directrices sur la protection des sous-sols contre les inondations et la réduction des risques (CSA-Z800-F18) du Groupe CSA comprennent la liste complète des pratiques exemplaires de gestion des risques de refoulement d'égout pluvial ou sanitaire et de défaillance de systèmes de drainage des fondations.

## CHAPITRE 1 : INTRODUCTION – LES IMPÉRATIFS DE L'ADAPTATION AU CLIMAT AU CANADA

Les changements climatiques et les phénomènes météorologiques extrêmes sont en hausse au Canada et plombent de plus en plus les finances de ses gouvernements, de ses entreprises et, ultimement, de tous ses habitants<sup>3</sup>. Depuis une dizaine d'années, les inondations sont devenues les catastrophes naturelles les plus répandues et les plus coûteuses au pays, faisant vivre des difficultés financières et psychosociales aux habitants de nombreuses régions. Pour limiter les conséquences des inondations, tous les ordres de gouvernement (gouvernements fédéral, provinciaux, territoriaux et autochtones, et administrations municipales) consacrent des fonds neufs aux infrastructures et mettent en œuvre des stratégies de réduction des risques d'inondation.

Le présent rapport fait état d'approches que peuvent adopter les municipalités, les entreprises de services publics et les organismes locaux (p. ex. responsables de bassins hydrographiques, comme les offices de protection de la nature en Ontario) pour réduire le risque d'inondation des zones résidentielles existantes au Canada<sup>i</sup>.

Sa structure est la suivante :

- Le chapitre 1 traite des impératifs de l'adaptation au climat, surtout en ce qui concerne la réduction des risques d'inondation dans les zones résidentielles existantes au Canada.
- Le chapitre 2 porte sur les difficultés courantes liées aux inondations riveraines, aux inondations de surface, aux refoulements d'égout pluvial ou sanitaire, ainsi qu'aux défaillances de systèmes de drainage des fondations qui peuvent entraîner une inondation de sous-sol.
- Le chapitre 3 propose un cadre général pour sélectionner, dans une collectivité donnée, les secteurs prioritaires quant à l'exécution de travaux de réduction des risques d'inondation.
- Le chapitre 4 fait état de quelques approches que peuvent adopter les municipalités, les entreprises de services publics et les organismes locaux pour réduire le risque d'inondation au Canada.
- Le chapitre 5 présente les conclusions et les prochaines étapes.

Le rapport résume les principales modifications apportées depuis 1941 au Code national du bâtiment en ce qui concerne la résilience des bâtiments résidentiels face aux inondations (annexe A), ainsi que sept études de cas portant sur des interventions physiques qui ont eu lieu dans des zones résidentielles partout au Canada (annexe B).

### 1.1 Les catastrophes naturelles et les inondations sont de plus en plus coûteuses au Canada

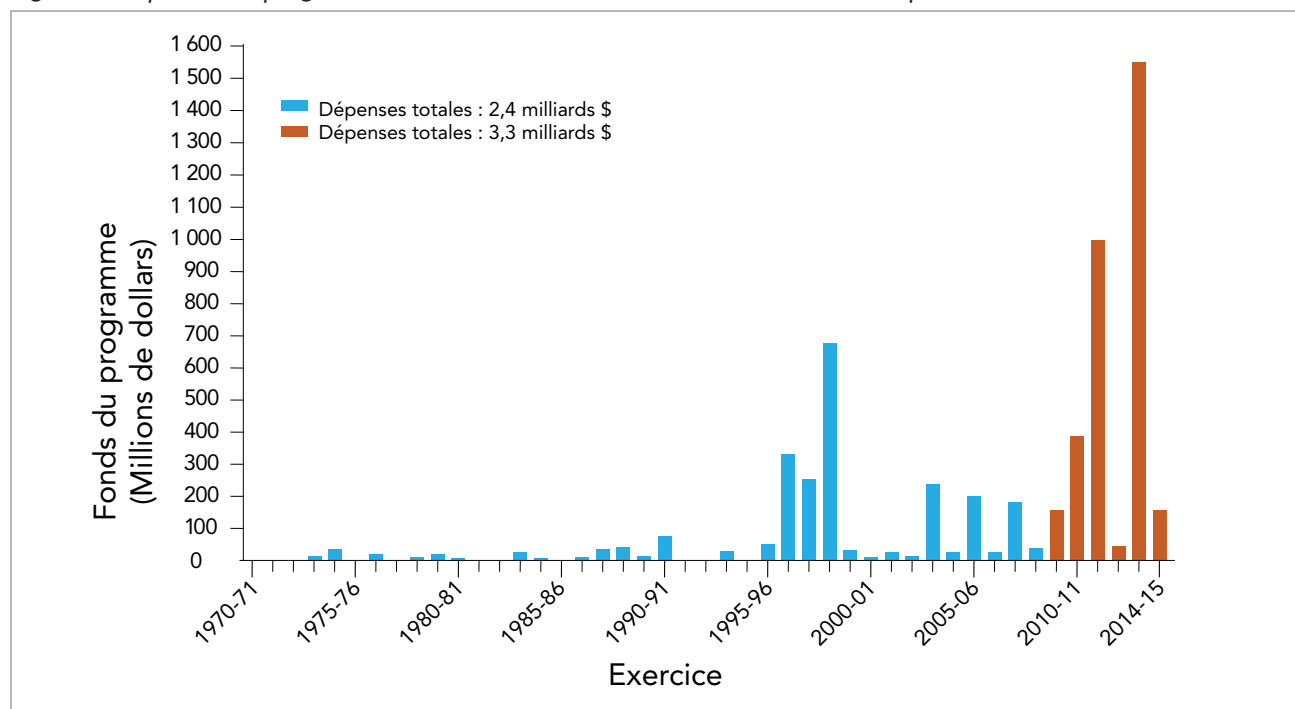
Les catastrophes naturelles liées au climat et les pertes économiques qui s'ensuivent devraient poursuivre leur augmentation au cours des prochaines années. En effet, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) prévoit que la planète continuera de se réchauffer et de connaître des épisodes de fortes précipitations plus fréquents au XXI<sup>e</sup> siècle<sup>4</sup>, et qu'au Canada, les températures grimperont plus vite que la moyenne, et les événements météorologiques violents s'intensifieront et se multiplieront<sup>5</sup>. De même, Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) anticipe une croissance de la fréquence et de la gravité des phénomènes météorologiques extrêmes au pays<sup>6</sup>. Par exemple, une étude récente du Fraser Basin Council indique que si une inondation majeure (récurrence de 500 ans) se produisait dans le Lower Mainland de la Colombie-Britannique d'ici 2100, il s'ensuivrait des pertes économiques de l'ordre de 20 à 30 milliards de dollars, ce qui constituerait la plus grande catastrophe de l'histoire du Canada<sup>7</sup>.

Les tendances escomptées quant aux catastrophes liées au climat commencent déjà à se faire sentir et constituent un enjeu économique important. Selon Sécurité publique Canada, le nombre de catastrophes naturelles pour lesquelles les provinces et les territoires ont demandé et obtenu une aide financière dans le cadre des Accords d'aide financière en cas de catastrophe (AAFCC) a fortement augmenté entre 1970 et 2015<sup>8</sup>. Par ailleurs, d'après le Bureau du vérificateur général du Canada, les enveloppes remises aux provinces et aux territoires de 2009 à 2015 ont dépassé le total des 39 exercices financiers précédents (voir la figure 1)<sup>9</sup>. Les sommes versées au titre des AAFCC à la suite d'inondations ont représenté 75 % de toutes les dépenses associées aux conditions météorologiques<sup>10</sup>.

<sup>i</sup> Pour connaître les approches favorisant l'aménagement, au Canada, de zones résidentielles plus résilientes face aux inondations, voir le rapport du Centre Intact intitulé *Prévenir les catastrophes avant qu'elles ne surviennent : élaborer des normes canadiennes pour rendre les nouvelles zones résidentielles résilientes face aux inondations*, qui sert de cadre à une Norme nationale du Canada en cours d'élaboration (CSA-W1006). Des idées de mesures à prendre à l'échelle des habitations pour réduire le risque d'inondation figurent dans les *Lignes directrices sur la protection des sous-sols contre les inondations et la réduction des risques* (CSA-Z800-F18) du Groupe CSA.



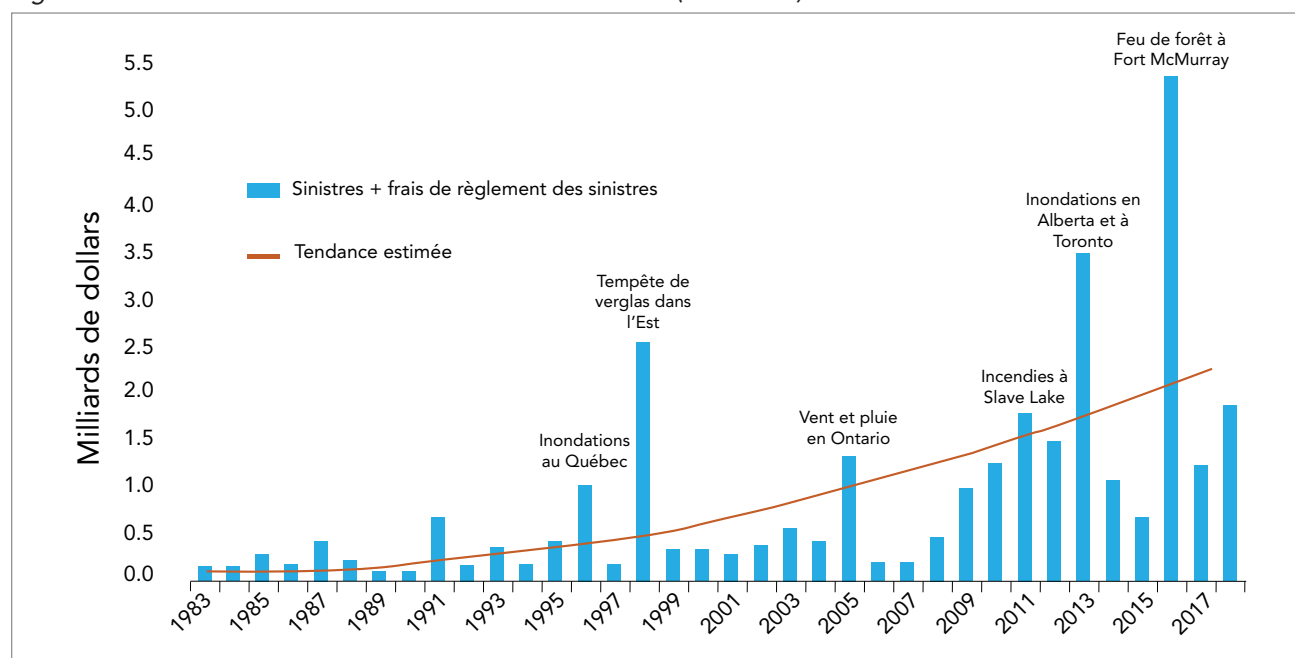
Figure 1 : Dépenses de programme des Accords d'aide financière en cas de catastrophe, en dollars canadiens (1970-2015)



Source : Bureau du vérificateur général du Canada (2016). Rapport 2 – L'atténuation des effets du temps violent.

D'après le Bureau d'assurance du Canada (BAC), les « règlements de sinistres [en assurance de dommages] attribuables aux conditions météorologiques extrêmes ont plus que doublé tous les cinq à dix ans depuis les années 1980<sup>11</sup> ». Si les indemnités en assurance de dommages au Canada se sont chiffrées, en moyenne, à 405 millions de dollars par année de 1983 à 2008, les neuf années suivantes, la moyenne des sommes versées relativement à des sinistres catastrophiques s'est établie à 1,8 milliard de dollars par année. Les sinistres liés à l'eau ont beaucoup joué dans l'augmentation des indemnités, qu'elles expliquent à plus de 50 %. La couverture d'assurance au Canada comporte d'ailleurs des lacunes considérables : pour chaque dollar que versent les assureurs, les gouvernements, les propriétaires de logement et les propriétaires d'entreprise en assument de trois à quatre.

Figure 2 : Pertes assurées découlant de sinistres au Canada (1980-2017)



Sources : Publication Assurances de dommages au Canada du BAC, PCS, CatIQ, Swiss Re, Munich Re et Deloitte.

\* Valeurs en dollars canadiens de 2017, 2017; total des sinistres liés aux catastrophes naturelles, normalisé en fonction de l'inflation et de l'accumulation de richesses par habitant.

## 1.2 Les inondations récurrentes sont source de stress pour les titulaires de prêts hypothécaires au Canada

Quelque 1,7 million de ménages canadiens, soit 19 % de la population du pays, courent un risque d'inondation riveraine ou de surface<sup>ii</sup>. Dans les secteurs où il est difficile ou impossible d'obtenir une assurance contre ce genre de phénomène et où vivent les Canadiens les plus susceptibles de subir une inondation, l'enjeu économique est de taille. Les dommages causés par une inondation peuvent coûter des dizaines de milliers de dollars en réparation au propriétaire de logement. Par exemple, on estime le coût moyen des dommages aux logements inondés dans le Grand Toronto à 43 000 \$<sup>iii</sup>. Quant à elle, l'Association canadienne de la paie rapportait en 2017 que près de la moitié des Canadiens vivaient d'une paie à l'autre, et que 47 % peineraient à honorer leurs obligations financières si le versement de leur paie était reporté d'une semaine<sup>12</sup>. Par conséquent, on voit poindre un nouveau risque pour le marché hypothécaire canadien : plus de prêts hypothécaires risquent de se retrouver en souffrance après des inondations, puisque les taux d'épargne restent faibles et qu'un plus grand nombre de ménages sont exposés à des inondations récurrentes. De plus, les secteurs sujets aux inondations peuvent finir par être stigmatisés, ce qui ferait baisser les valeurs foncières, possiblement en deçà des soldes hypothécaires impayés.

## 1.3 Les risques climatiques et les inondations réduisent les cotes de solvabilité

Les agences de notation mondiales, comme le Dominion Bond Rating Service (DBRS), Moody's et Standard & Poor's, commencent à évaluer les risques attribuables aux changements climatiques et les incidences possibles sur la notation des actifs échangeables, dont font partie les obligations municipales<sup>13</sup>. D'après le Carbon Disclosure Project (CDP), les analyses des obligations municipales commenceront à tenir compte de trois grands facteurs pour évaluer les risques climatiques encourus par les municipalités : l'assiette fiscale, les niveaux d'endettement et la qualité de la gestion<sup>14</sup>. En novembre 2017, Moody's Investors Service (l'agence de notation d'obligations de Moody's Corporation) a fait état de quatre facteurs de risque clés associés aux changements climatiques sur lesquels se penchent les analystes de crédit de Moody's lorsqu'ils évaluent les risques d'une administration locale ou d'un gouvernement :

1. Perturbations économiques (p. ex. pertes et dégâts matériels; baisse des revenus; interruption des activités; augmentation de l'endettement; hausse des coûts d'assurance);

2. Dommages matériels (p. ex. pertes et dégâts matériels, perte de réseaux de services publics, de transport ou de communication);
3. Santé et sécurité publiques (p. ex. décès, détresse psychologique, compromission des services d'urgence critiques);
4. Déplacement de populations (p. ex. réinstallations à court terme, migration à long terme)<sup>15</sup>.

Il convient de souligner que parmi les paramètres d'évaluation des risques climatiques qu'applique Moody's, la plupart se rapportent au risque d'inondation, soit les points 2, 3, 4 et 5 ci-dessous :

1. PIB de comtés côtiers/PIB total de l'État, 2016;
2. Dommages dus à des cyclones tropicaux (1980-2017)/PIB de l'État, 2016;
3. Logements côtiers se trouvant dans une plaine inondable associée à une période de récurrence de 100 à 500 ans/nombre total de logements côtiers;
4. Dommages dus à des phénomènes météorologiques autres que des cyclones tropicaux (1980-2017)/PIB de l'État, 2016;
5. Logements non côtiers se trouvant dans une plaine inondable associée à une période de récurrence de 100 à 500 ans/nombre total de logements non côtiers;
6. Agriculture, foresterie, pêche et chasse/PIB total de l'État, 2016<sup>16</sup>.

Au Canada, l'analyse des obligations municipales portera certainement sur les initiatives des administrations locales pour améliorer leur résilience face aux inondations, puisque ces dernières sont les catastrophes météorologiques les plus courantes pour les municipalités. Les mesures prises pour atténuer l'exposition physique aux risques climatiques pèseront lourd dans la cote de solvabilité<sup>17</sup>.



ii Le BAC a commandé une analyse du risque d'inondation fluviale ou pluviale en zone résidentielle au Canada, d'après le parc résidentiel de 2015, exception faite des immeubles d'appartements et des logements en copropriété.

iii Les estimations du BAC se fondent sur les inondations survenues à Toronto en juillet 2013.

Tableau 2 : Exemples de poursuites liées à la gestion des eaux de ruissellement ou aux inondations intentées au Canada

Nom de l'affaire et année	Description (y compris le montant des dommages, des dépenses et du règlement, lorsque précisé)	Défendeurs
<p><i>Anderson et al. c. Manitoba et al.</i>, 2017 (en cours)</p> <p><b>Manitoba</b></p>	<p>Un recours collectif de 950 M\$ a été intenté par 4 000 membres de quatre Premières Nations à la suite d'une grave inondation survenue au printemps 2011, qui a endommagé des propriétés et forcé de nombreux résidents à évacuer leur maison. Les demandeurs ont déposé des réclamations pour cause de négligence, de nuisance et de violation des droits issus de traité, alléguant que le gouvernement du Manitoba avait causé l'inondation par ses mesures de lutte contre les inondations et ses ouvrages régulateurs des eaux, qui avaient modifié les niveaux d'eau près des quatre Premières Nations. Le recours collectif a été certifié en janvier 2017, et la procédure suit son cours.</p>	<p>Province, Manitoba Association of Native FireFighters Inc.</p>
<p>Recours collectif de la région de Muskoka, 2016 (en cours)</p> <p><b>Ontario</b></p>	<p>Un recours collectif de 900 M\$ a été intenté contre la province de l'Ontario par des résidents, des propriétaires de chalet et des propriétaires d'entreprise de Muskoka à la suite de dommages causés par des inondations et l'élévation des niveaux d'eau. Les demandeurs soutiennent que le ministère des Richesses naturelles a fait preuve de négligence en omettant de contrôler les niveaux d'eau. Cette affaire est en cours.</p>	<p>Province</p>
<p><i>Cerra et al. c. The Corporation of the City of Thunder Bay</i>, 2012 (en cours)</p> <p><b>Ontario</b></p>	<p>Les inondations de mai 2012 ont causé des dommages importants à Thunder Bay, en Ontario. Les demandeurs soutiennent qu'il y a eu négligence dans la réparation, l'inspection et l'entretien de la station d'épuration des eaux usées, et un manque de diligence dans l'exploitation et la supervision au moment des inondations (ils allèguent aussi que des alarmes ont été ignorées). La poursuite de 300 M\$ est en cours. La Cour a certifié l'action sur consentement en 2013.</p>	<p>Municipalité</p>
<p>Recours collectif de Maple Ridge, 2010<sup>18</sup> (en cours)</p> <p><b>Colombie-Britannique</b></p>	<p>À la suite d'une inondation survenue en 2010, 15 ménages ont déposé un recours collectif contre un promoteur et entrepreneur, deux firmes d'ingénierie et la Ville de Maple Ridge. Les demandeurs avancent que les défendeurs ont été négligents, invoquant des vices de construction, des malfaçons et des défauts de conception ainsi que l'omission des défendeurs de vérifier la présence de fuites dans les sous-sols et de réparer ces dernières comme demandé. Les demandeurs allèguent également que l'étanchéité des maisons n'était pas conforme au code, malgré l'inspection, l'évaluation et la délivrance du permis par la Ville. Le procès devait commencer en 2016. Cette affaire est en cours.</p>	<p>Municipalité, promoteur, entrepreneur, firmes d'ingénierie</p>
<p><i>Panza et al. c. The Corporation of the City of Mississauga et al.</i>, 2012</p> <p><b>Ontario</b></p>	<p>Une poursuite pour négligence liée à des inondations récurrentes pendant plusieurs années dans le quartier Lisgar, à Mississauga, avait été intentée contre les deux paliers de la municipalité, la province et l'office de protection de la nature. Même si cette poursuite de 200 M\$ a été retirée avant l'ouverture du procès, elle montre bien que les problèmes systémiques d'inondation sont susceptibles de donner lieu à des recours collectifs.</p>	<p>Province, municipalité, office de protection de la nature</p>
<p><i>Dicaire c. Chambly</i>, 2008</p> <p><b>Québec</b></p>	<p>La Cour d'appel du Québec a rejeté un recours collectif intenté par les propriétaires de 1 723 logements qui avaient été inondés en 1997, lorsque de fortes pluies avaient entraîné un refoulement d'égout. Elle a statué que les égouts avaient été conçus conformément aux directives provinciales, c'est-à-dire en fonction d'une intensité de pluie dont la période de récurrence est de cinq ans, et que la Ville n'était pas tenue d'en faire plus. Cependant, la Cour a également souligné que les normes de conception actuelles pourraient ne pas protéger les municipalités contre les poursuites futures, « au regard des phénomènes climatiques récents ou en fonction de toute autre avancée de la science ».</p>	<p>Municipalité</p>
<p><i>McLaren c. Stratford (Ville)</i>, 2005</p> <p><b>Ontario</b></p>	<p>En 2002, à la suite de pluies abondantes, une grave inondation a fait refouler des eaux usées dans beaucoup de sous-sols de la ville de Stratford. Les demandeurs ont allégué qu'il y avait eu négligence dans la conception, la construction, l'exploitation et l'entretien du réseau d'égouts. Le recours a été certifié par la Cour en 2005 et réglé à l'amiable en 2010, huit ans après l'inondation. La Ville de Stratford a dû verser 7,7 M\$ en règlement; elle avait déjà déboursé 1,3 M\$ pour les secours d'urgence et les améliorations, et avait ensuite mis à niveau son réseau en fonction d'une période de récurrence de 250 ans.</p>	<p>Municipalité</p>

Source : Zizzo Strategy (2017). Legal Risks and Requirements to Address Flood-Resilience. Préparé pour le Centre Intact d'adaptation au climat.

### 1.4 Les inondations font pleuvoir les poursuites

On assiste au Canada à une hausse des poursuites liées à des inondations qui mettent en cause des propriétaires de logement, des promoteurs, des administrations locales, des responsables de bassins hydrographiques (p. ex. offices de protection de la nature), des communautés autochtones, des gouvernements provinciaux ou des entreprises privées. Le tableau 2 en donne quelques exemples et fait ressortir la nécessité, pour tous les ordres de gouvernement, les entreprises et la société, d'améliorer la résilience face aux inondations afin de limiter les risques juridiques.

### 1.5 Les inondations minent la santé mentale des Canadiens

Les inondations peuvent avoir des répercussions sur la santé mentale et entraîner, par exemple, un état général de détresse psychologique, de l'anxiété, un trouble de stress post-traumatique et une dépression. On parle de détresse psychologique lorsque les symptômes « sont assez intenses pour perturber la vie normale d'un individu <sup>19</sup> ».

Plusieurs études menées au pays ont montré que les inondations avaient fait subir à des Canadiens de la détresse psychologique, dans l'immédiat et à plus long terme :

- Selon une enquête menée en 2017 auprès de 200 ménages montréalais ayant subi une inondation, « près de 70 % des répondants ont rapporté avoir eu des problèmes d'anxiété, de perturbation du sommeil ou des troubles de concentration depuis les inondations<sup>20</sup> ».
- Une étude réalisée en 2004 auprès de 176 ménages manitobains a révélé que plus du tiers s'étaient retrouvés en détresse psychologique à la suite d'une inondation majeure<sup>21</sup>.
- D'après une étude menée en 2016 auprès de femmes et d'hommes touchés par les inondations de 2013 en Alberta, il y a eu une hausse de 164 % de la consommation d'anxiolytiques et une hausse de 232 % de la consommation de somnifères chez les femmes à High River, l'un des secteurs les plus durement touchés<sup>22</sup>.
- Une étude réalisée en 2000 auprès des résidents du Saguenay–Lac-Saint-Jean à la suite des inondations de 1996 a révélé que 12 % avaient pris des congés de maladie ou s'étaient absentés du travail, et que 6 % avaient devancé leur départ à la retraite<sup>23</sup>.

Ce constat est confirmé par une enquête du Centre Intact auprès de 100 ménages de quartiers inondés dans le Sud de l'Ontario (2018). À noter que trois ans après avoir vécu une inondation, près de 50 % des ménages sont encore « très inquiets » que la situation se reproduise lorsqu'il pleut. En outre, les propriétaires de logement qui ont subi une inondation de sous-sol ont dû, en moyenne, s'absenter sept jours du travail par la suite<sup>24</sup>.



Robert Deeks

## CHAPITRE 2 : CARACTÉRISATION DES DIFFICULTÉS COURANTES LIÉES AU RISQUE D'INONDATION AU CANADA

Cette section traite des difficultés courantes au Canada en ce qui concerne les inondations riveraines ou de surface, les refoulements d'égout pluvial ou sanitaire et les défaillances de systèmes de drainage des fondations. Il peut s'agir d'un manque de renseignements pour éclairer les décisions de planification et de gestion de l'utilisation des terres, ou bien de problèmes physiques comme le vieillissement et le manque d'entretien des infrastructures.

Au nombre des difficultés transversales figure le fait que les infrastructures de gestion des eaux de ruissellement (tableau 3) sont conçues pour gérer des niveaux de ruissellement établis, associés à des épisodes de pluie (averses nominales) qui se fondent sur les données archivées sur les chutes de pluie. Or, si la configuration des précipitations change (p. ex. sous l'effet des changements climatiques), il se peut que les paramètres de conception tirés de modèles probabilistes deviennent obsolètes. Par exemple, à mesure que la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone augmente sur la planète, la température moyenne de l'air devrait grimper elle aussi, et rendre le cycle hydrologique plus actif. De plus, la hausse de la température de l'air accélère l'évaporation, ce qui alourdit la charge des réseaux d'égouts pluviaux et peut faire augmenter la fréquence et l'intensité des épisodes de pluie<sup>25</sup>.

Tableau 3 : Exemples d'infrastructures de gestion des eaux de ruissellement

Gestion des eaux de ruissellement en milieu urbain	Lutte contre les inondations riveraines
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fossés le long des routes</li> <li>• Conduites d'eaux de ruissellement, drains et égouts</li> <li>• Regards d'égout</li> <li>• Prises d'eau et bassins collecteurs</li> <li>• Dispositifs de contrôle du débit</li> <li>• Ponceaux et grilles de ponceau</li> <li>• Vannes</li> <li>• Exutoires</li> <li>• Circuits d'écoulement de surface</li> <li>• Systèmes de contrôle des inondations par la gestion des eaux de ruissellement (p. ex. bassins, chambres de stockage)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cours d'eau (p. ex. fleuves, rivières, ruisseaux, chenaux)</li> <li>• Protection des berges (p. ex. revêtements, perrés)</li> <li>• Structures hydrauliques (p. ex. ponts, ponceaux)</li> <li>• Structures et barrières de contrôle des inondations (p. ex. digues, murs, canaux de dérivation)</li> <li>• Systèmes de contrôle des inondations (p. ex. barrages, réservoirs)</li> </ul>

Les sous-sections suivantes décrivent séparément les problèmes se rapportant aux inondations riveraines, aux inondations de surface, aux refoulements d'égout pluvial ou sanitaire et aux défaillances de systèmes de drainage des fondations. Or, il convient de souligner que les mécanismes d'inondation sont interreliés et, souvent, interdépendants. Par conséquent, lorsque surviennent des phénomènes extrêmes, le risque d'inondation peut être multiplié, et les dommages, aggravés.

En outre, lorsque plusieurs administrations gèrent ensemble un ou plusieurs bassins hydrographiques, il peut y avoir une incidence sur le risque d'inondation et des situations où des changements dans l'utilisation des terres en amont accroissent le risque d'inondation dans les territoires en aval. Par exemple, au Manitoba, les collectivités de Brandon, de Winnipeg et de The Pas ont vu leur risque d'inondation augmenter en raison de certaines pratiques d'utilisation des terres agricoles dans des régions en amont situées en Saskatchewan, en Alberta et aux États-Unis. Il est donc important, pour atténuer le risque d'inondation dans les régions en aval, que les administrations se concertent dans leurs plans et leurs études fondées sur les bassins hydrographiques. Ce travail passe notamment par des analyses à grande échelle des bassins hydrographiques. Parmi les exemples de concertation du genre, citons la Red River Basin Commission<sup>26</sup>, qui surveille les activités de gestion et de réduction des risques d'inondation pour la rivière Rouge (qui traverse le Dakota du Sud, le Dakota du Nord, le Minnesota et le Sud du Manitoba).

## 2.1 Inondation riveraine

Pour les besoins du présent document, inondation riveraine<sup>iv</sup> s'entend d'un débit supérieur à la normale d'un cours d'eau qui cause la submersion ou l'inondation de terrains ne faisant normalement pas partie des berges. Les inondations riveraines peuvent être causées ou aggravées par des pluies extrêmes, la fonte des neiges et l'état physique (p. ex. embâcles, obstruction par des sédiments ou des débris, changements dans la configuration des cours d'eau, restrictions de capacité).

### Difficultés courantes

1. Absence de cartes des plaines inondables à jour, tenant compte des changements climatiques, des modifications de l'utilisation des terres et de l'aménagement, ainsi que de l'évolution naturelle des cours d'eau et des plaines inondables qui n'avaient pas été prévues à la conception de la zone résidentielle.
2. Aménagements existants qui empiètent sur une plaine inondable ou qui sont situés très près.
3. Embâcles et accumulation de sédiments et de débris.
4. Normes de conception insuffisantes pour assurer la résistance des infrastructures de protection contre les inondations (p. ex. digues, murs d'endiguement) aux phénomènes météorologiques extrêmes.
5. Difficultés financières et techniques associées à la modernisation des infrastructures de protection contre les inondations en fonction des normes de conception contemporaines.
6. Infrastructures de protection contre les inondations riveraines (p. ex. murs d'endiguement, réservoirs) vétustes ou en mauvais état.
7. Ouvrages de franchissement sous-dimensionnés (p. ex. ponts, ponceaux, canalisations), y compris ceux qui sont sujets à l'accumulation de débris, aux embâcles, à l'affouillement et à la formation de dépôts.
8. Utilisation prolongée de mesures temporaires de protection contre les inondations riveraines, non conçues pour atténuer le risque d'inondation riveraine de façon permanente.

## 2.2 Inondation de surface

Pour les besoins du présent document, le terme *inondation de surface* désigne les inondations qui se produisent lorsque le ruissellement en milieu urbain excède la capacité combinée des fossés, des bassins collecteurs et des égouts pluviaux du secteur et que le

trop-plein s'écoule dans les rues, puis sur les propriétés résidentielles. Des inondations de surface peuvent survenir n'importe où dans une collectivité.

Dans les climats froids, les précipitations de pluie sur la neige, le gel du sol, l'obstruction des chemins d'écoulement de surface (p. ex. chaussées et fossés remplis de glace et de neige), ainsi que le gel des ponceaux, des prises d'eau de bassins collecteurs et des conduites peuvent se combiner et ainsi aggraver les inondations de surface.

### Difficultés courantes

1. Lacunes physiques dans le drainage de surface attribuables à un nivellement inadéquat ou à d'anciennes pratiques d'aménagement (p. ex. avant les années 1980, où les rues et les emprises n'étaient pas conçues expressément de sorte que les eaux de ruissellement excédentaires s'éloignent par gravité des propriétés privées).
2. Tendance des zones de faible élévation à présenter un risque élevé d'inondation de surface, vu les eaux de ruissellement qui s'y accumulent.
3. Augmentation de l'imperméabilité au fil du temps, ce qui amène des volumes et des débits de ruissellement supérieurs à ceux prévus à la conception des infrastructures de gestion des eaux de ruissellement<sup>v</sup>.
4. Grilles de ponceau, prises d'eau et bassins collecteurs qui n'ont pas été conçus en fonction des normes contemporaines (p. ex. les vieux systèmes de prise d'eau ont souvent tendance à s'obstruer et, donc, à transporter moins d'eaux de ruissellement que prévu à la conception, ce qui fait augmenter le ruissellement en surface).
5. Grilles de ponceau, prises d'eau et bassins collecteurs qui ne sont pas nettoyés ou entretenus régulièrement.
6. Entrées de cour et terrains en pente inversée faisant en sorte que les eaux de ruissellement s'écoulent en surface vers les habitations, et non vers la chaussée.
7. Obstruction des canaux de drainage de surface en raison d'un manque d'entretien ou de modifications des terrains.
8. Obstruction des égouts pluviaux, faute d'un entretien adéquat.
9. Accumulation de sédiments dans les fossés le long des routes ou remblayage de ces fossés; ponceaux de route bloqués.



<sup>iv</sup> Les niveaux des cours d'eau fluctuent naturellement. Une inondation qui cause des dommages matériels se produit généralement en cas de dépassement de la crue quinquennale, une situation qui fait normalement sortir le cours d'eau de son lit.

<sup>v</sup> L'imperméabilité peut augmenter sur les terrains privés et publics en raison de l'aménagement intercalaire, de la densification, de la construction de voies de circulation et de stationnements, de l'élargissement d'entrées de cour et de l'agrandissement de maisons.

## 2.3 Refoulement d'égout pluvial ou sanitaire

Pour les besoins du présent document, les réseaux d'égouts sont divisés en quatre grands types :

- **Égout pluvial** : Un refoulement se produit lorsqu'un égout pluvial est bloqué ou surchargé par des eaux de ruissellement et que le trop-plein refoule dans l'habitation par la conduite pluviale secondaire reliée au système de drainage des fondations. À noter également que de hauts niveaux d'eau dans les égouts pluviaux peuvent nuire au drainage des fondations et donner lieu à l'inondation de sous-sols, les eaux s'infiltrant par les murs de fondation<sup>vi</sup>.
- **Égout sanitaire** : Un refoulement se produit lorsque l'eau de captage et l'infiltration surchargent ou bloquent l'égout sanitaire, ce qui empêche l'évacuation adéquate de la décharge sanitaire de la maison vers l'égout sanitaire.
- **Égout unitaire** : Un refoulement se produit lorsque les eaux de ruissellement surchargent ou bloquent l'égout unitaire (la même conduite transporte à la fois les eaux usées et les eaux de ruissellement), ce qui empêche l'évacuation adéquate de la décharge sanitaire de la maison vers l'égout unitaire ou qui entraîne une inversion du flux de l'égout collecteur vers les habitations.
- **Égout pseudo-séparatif** : Un réseau autonome d'égouts pluviaux vient recueillir le ruissellement de surface et désengorger le réseau d'égouts unitaires.

À noter que l'utilisation des sous-sols comme surfaces habitables, surtout dans les vieilles maisons, aggrave les dommages en cas de refoulement d'égout et fait augmenter les coûts s'y rattachant.

### Difficultés courantes

1. Capacité nominale limitée des égouts pluviaux dans les vieux quartiers (p. ex. réseau d'égouts pluviaux conçu pour des événements de faible intensité, sans drainage double).
2. Infiltration d'eaux souterraines dans les égouts sanitaires en raison de conduites vétustes ou défectueuses, ou encore de raccords de tuyauterie ou de regards d'égout non étanches.
3. Captage dans les égouts sanitaires par les drains de fondation, les descentes pluviales, les tuyaux de descente, les plaques de regard d'égout et les raccords (p. ex. ceux des bassins collecteurs et des conduites pluviales secondaires).
4. Zones de faible élévation présentant un risque élevé de surcharge des égouts en raison de l'accumulation d'eau stagnante au-dessus des regards d'égout après une inondation, ce qui fait augmenter le risque de captage dans les égouts.

5. Accumulation de sédiments et d'autres matières (p. ex. limon, sable, débris, gras, huiles, graisses, produits sanitaires et autres détritiques) dans les conduites d'égout sanitaire, qui finit par réduire la capacité des égouts.
6. Dégradation structurale des conduites d'égout pluvial ou sanitaire (p. ex. creux qui se forment dans les conduites et qui peuvent entraîner l'accumulation de sédiments et réduire la capacité de l'égout; effondrement partiel d'une conduite pouvant aggraver le captage dans les égouts et conduire à des affaissements de chaussée).
7. Niveaux d'eau élevés des cours et plans d'eau récepteurs, qui peuvent limiter la capacité de drainage des réseaux d'égouts pluviaux et unitaires.
8. Défaillances des usines de traitement des eaux usées et des stations de pompage (p. ex. lors de précipitations extrêmes) pouvant entraîner des refoulements d'égouts pluviaux et sanitaires.



Robert Deeks

<sup>vi</sup> Les eaux des égouts pluviaux peuvent aussi ressortir des bassins collecteurs, des regards d'égout ou des entrées d'eau de ponceaux ou de fossés et conduire à une inondation de surface.

## 2.4 Défaillance des systèmes de drainage des fondations

Il existe trois grandes méthodes de drainage des fondations<sup>vii</sup>, à savoir les suivantes :

- 1. Système à pompes de puisard :** Système mécanique doté d'un puisard pour recueillir les eaux drainées par les dalots souterrains entourant les fondations de l'habitation. Une fois le puisard rempli à un niveau donné, les eaux sont aspirées par une petite pompe directement jusqu'à la surface, puis s'écoulent généralement en direction opposée de l'habitation. Lorsque la cour est petite, les eaux peuvent être rejetées dans une conduite secondaire peu profonde qui débouche sur un égout pluvial, un fossé ou un bassin collecteur. Par le passé, on installait des systèmes à pompes de puisard là où la profondeur ne suffisait pas au drainage des fondations par gravité vers un égout pluvial. Depuis le début des années 1990, les systèmes à pompes de puisard se sont répandus au Canada et ont gagné en fiabilité.
- 2. Système de drainage par gravité raccordé à l'égout pluvial :** Système qui recueille les eaux qui s'accumulent autour des semelles de fondation par des dalots souterrains et les achemine par une conduite pluviale secondaire à l'égout pluvial, sous l'effet de la gravité. Pour que ce mode de drainage soit viable, l'égout pluvial doit être plus bas que le sous-sol (habituellement 2,4 m sous la ligne médiane de la chaussée), tout comme doit l'être, généralement, la ligne piézométrique pour un événement prescrit (p. ex. tempête centennale).
- 3. Système de drainage par gravité raccordé au collecteur du drain de fondation :** Dans certains secteurs, où les égouts pluviaux sont peu profonds et où l'on n'utilise pas de pompes de puisard pour drainer les fondations, les eaux qui s'accumulent autour des fondations sont transportées comme dans la méthode n° 2. Cependant, au lieu d'être rejetées dans l'égout pluvial, elles sont transportées par une conduite secondaire vers un système collecteur de drain de fondation débouchant sur un plan d'eau ou un égout pluvial profond qui se trouve habituellement beaucoup plus loin en aval.
3. Les vieilles maisons (p. ex. 80 ans ou plus) sont souvent dépourvues de systèmes de drainage des fondations adéquats, comme des dalots souterrains ou des systèmes à pompes de puisard, ou sont équipés de systèmes qui ont dépassé leur durée de vie raisonnable, si bien que les eaux drainées des fondations s'accumulent autour des murs et des semelles et s'infiltrent dans le sous-sol.
4. L'absence d'une source d'alimentation de secours, ou l'insuffisance de cette source, pour le système à pompes de puisard peut conduire à une inondation en cas de panne de courant.
5. Les habitations qui se trouvent dans des zones aux niveaux phréatiques élevés peuvent être exposées à un risque d'inondation plus grand : les systèmes sont sollicités à la fois par les eaux souterraines et par les autres eaux qui gagnent les drains de fondation (p. ex. pluie, fonte des neiges).
6. Les habitations construites à des endroits où un sol perméable repose sur un aquitard (couche solide et imperméable sus-jacente ou sous-jacente à un aquifère) sont particulièrement susceptibles à l'infiltration par les fondations, puisque les couches supérieures du sol laissent les eaux descendre rapidement, tandis que l'aquitard situé en dessous en empêche le drainage.
7. La réduction de l'utilisation industrielle ou municipale des ressources en eaux souterraines ou la modernisation des infrastructures peuvent se solder par une augmentation du niveau de l'eau (p. ex. à mesure que les vieilles conduites d'égout en argile ou en béton dont les joints fuient sont remplacées par des conduites neuves étanches, la capacité accessoire des égouts à capter les eaux souterraines baisse, ce qui fait augmenter le niveau phréatique et expose les propriétés à un risque d'infiltration d'eau souterraine).

### Difficultés courantes

1. Si le système de drainage par gravité du sous-sol est raccordé à l'égout pluvial (méthode n° 2), la surcharge de ce dernier peut provoquer un refoulement et de l'infiltration par les murs de fondation.
2. Si le remblayage est inadéquat (p. ex. sol mal compacté), les eaux de surface peuvent s'infiltrer plus rapidement – et en grande quantité – dans les dalots souterrains, qui débordent et entraînent ainsi une inondation de sous-sol.



Thinkstock\_520771152

<sup>vii</sup> Les systèmes résidentiels modernes de drainage des fondations recueillent et acheminent les eaux de surface et les eaux souterraines qui s'accumulent autour des semelles des sous-sols. Anciennement, on trouvait d'autres systèmes, comme des systèmes de drainage par gravité qui étaient raccordés à un égout sanitaire ou unitaire et qui comportaient, autour des murs de fondation, des dalots souterrains qui débouchaient sur la conduite sanitaire secondaire. Ces installations étaient une grande source de captage et d'infiltration et faisaient augmenter le risque de refoulement d'égout.



## CHAPITRE 3 : CADRE DE HIÉRARCHISATION DES TRAVAUX DE RÉSILIENCE FACE AUX INONDATIONS DANS LES ZONES RÉSIDENTIELLES EXISTANTES AU CANADA

Ce chapitre présente un cadre de sélection général des zones résidentielles qui ont un besoin criant de travaux de réduction des risques d'inondation. Nous soulignons l'apport de Hiran Sandanayake, ingénieur principal, Ressources en eau à la Ville d'Ottawa et de Robert Muir, responsable des eaux de ruissellement au Service de gestion des biens de la Ville de Markham, dont les commentaires ont servi à jeter les bases de ce cadre<sup>viii</sup>.

Le tableau 4 illustre l'évolution conceptuelle de l'évaluation du risque d'inondation, dont le cadre de sélection général proposé constitue l'étape « de base » (sur fond gris). Les renseignements nécessaires à l'application du cadre sont détaillés aux sections 3.1 (risque d'inondation) et 3.2 (vulnérabilité aux inondations).

Les collectivités canadiennes étant de plus en plus nombreuses à étudier attentivement le risque d'inondation, les renseignements requis augmentent de concert avec le niveau de connaissance attendu du sujet

(p. ex. évaluations « intermédiaires » et « avancées » du tableau 4). Pour en savoir plus sur les méthodes avancées d'évaluation du risque d'inondation, on peut se fier à plusieurs cadres (p. ex. *Protocole d'ingénierie* du CVIIP d'Ingénieurs Canada<sup>27</sup>, *Professional Practice Guidelines for Legislated Flood Assessments in a Changing Climate in BC* de l'APEGBC<sup>28</sup>, lignes directrices d'évaluation du risque d'inondation à paraître bientôt dans la série *Guides d'orientation fédéraux sur la cartographie des zones inondables*)<sup>29</sup>. Ces évaluations peuvent guider la sélection et l'application de solutions plus techniques de réduction des risques d'inondation, tout en aidant à cerner le risque d'inondation (p. ex. connaissance du risque d'inondation d'une propriété donnée). Les analyses municipales peuvent d'ailleurs être complétées par des évaluations externes du risque d'inondation, comme celles des sociétés d'assurance ou de réassurance.



shutterstock\_499704352

viii Communication personnelle relative à l'élaboration de la méthode du « profil de risque d'inondation » de la Ville d'Ottawa, et document *Reducing Flood Risk from Flood Plain to Floor Drain* de Robert Muir, accessible à l'adresse <http://www.cityfloodmap.com/2018/02/reducing-flood-risk-from-flood-plain-to.html>.

Tableau 4 : Évaluation du risque d'inondation et renseignements nécessaires (échelle de maturité)

Évaluation <b>de base</b> du risque d'inondation	Évaluation <b>intermédiaire</b> du risque d'inondation	Évaluation <b>avancée</b> du risque d'inondation
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Période d'aménagement (avant les années 1970, entre les années 1970 et 1990, après les années 1990)</li> <li>• Antécédents d'inondations (d'après les problèmes d'inondation rapportés)</li> <li>• Normes de conception</li> <li>• Proximité de la plaine inondable</li> <li>• Topographie (zones de faible élévation et creux localisés)</li> <li>• Changements dans l'utilisation des terres (taux de densification)</li> <li>• Type de réseau d'égouts (unitaires, séparatifs, pseudo-séparatifs)</li> <li>• Type de système de drainage des fondations</li> </ul>	<p>Renseignements à ajouter à ceux d'une évaluation <b>de base</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modélisation hydrologique et hydraulique (urbaine et riveraine) pour les tempêtes de différents intervalles de récurrence et les événements réglementaires afin d'éclairer la cartographie des risques d'inondation et l'évaluation des dommages dus aux inondations</li> <li>• Modélisation tenant compte de l'évolution des averses (intensité de pointe, volume et durée) attribuable aux changements climatiques</li> <li>• Modélisation tenant compte de l'utilisation future des terres et des plans de croissance</li> <li>• Évaluations de l'état des infrastructures de gestion des eaux de ruissellement et attribution de cotes</li> <li>• Analyse de la capacité des égouts sanitaires, y compris le suivi des chutes de pluie et des débits à court terme pour déterminer les charges d'infiltration et de captage dans les égouts sanitaires</li> </ul>	<p>Renseignements à ajouter à ceux d'une évaluation <b>intermédiaire</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Surveillance à long terme des débits des réseaux d'égouts pluviaux et sanitaires et des cours d'eau, des quantités de pluie (hauteur de précipitation), des niveaux phréatiques et du comportement par temps de pluie</li> <li>• Données pédologiques détaillées et discrètes permettant une application rationnelle des techniques de contrôle à la source (pratiques visant à réduire le ruissellement au point d'où provient l'eau)</li> <li>• Consignation des jonctions fautives des égouts pluviaux et sanitaires</li> <li>• Données sur l'exploitation et l'entretien, utiles pour optimiser les programmes d'entretien et d'inspection afin d'atténuer le risque d'inondation</li> </ul>
<p>Évaluation <b>de base</b> de la vulnérabilité aux inondations</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre de propriétés susceptibles d'être inondées</li> <li>• Nombre d'infrastructures essentielles susceptibles d'être inondées</li> <li>• Densité des populations vulnérables ou à haut risque qui sont exposées au risque d'inondation</li> </ul>	<p>Évaluation <b>intermédiaire</b> de la vulnérabilité aux inondations</p> <p>Renseignements à ajouter à ceux d'une évaluation <b>de base</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Évaluation des répercussions sur les infrastructures essentielles et la prestation des services essentiels (p. ex. intervention d'urgence, soins de santé, transport)</li> <li>• Évaluation des répercussions sociales des inondations (p. ex. populations vulnérables touchées)</li> </ul>	<p>Évaluation <b>avancée</b> de la vulnérabilité aux inondations</p> <p>Renseignements à ajouter à ceux d'une évaluation <b>intermédiaire</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Évaluation des répercussions environnementales des inondations (p. ex. débordements d'eaux usées, érosion des berges)</li> <li>• Évaluation des répercussions économiques globales des inondations (p. ex. heures de travail perdues, perturbation des activités)</li> </ul>



### 3.1 Évaluation de base du risque d'inondation

Le tableau 5 résume les critères de sélection des zones des collectivités en fonction de leur exposition potentielle au risque d'inondation. On peut attribuer à chaque critère une cote (p. ex. faible : 1; moyen : 2; élevé : 3), puis faire la somme des cotes pour les différentes zones d'une collectivité. Ainsi, plus la cote absolue d'une zone est élevée, plus celle-ci est susceptible d'être inondée. Il convient toutefois de noter que tous les critères n'ont pas la même influence sur le risque d'inondation. **Les critères qui devraient normalement avoir plus de poids (parce qu'ils font augmenter le risque d'inondation) sont présentés sur fond gris.** Il est attendu que les utilisateurs du cadre d'évaluation du risque d'inondation ci-dessous détermineront eux-mêmes la pondération de chacun des critères s'appliquant à la zone, d'après leurs risques d'inondation et leurs objectifs et priorités en matière de gestion des eaux de ruissellement. Une explication détaillée de chaque critère figure aux sections subséquentes.

**Tableau 5 : Exposition au risque d'inondation – Critères généraux de classement**

Cote	Description
<b>A. Conditions générales</b>	
<b>1. Période d'aménagement*</b>	
Faible	Avant les années 1990.
Moyen	Après les années 1970, mais avant les années 1990.
Élevé	Avant les années 1970.
* À moins que des travaux de modernisation majeurs soient venus augmenter le niveau de service dans le secteur.	
<b>2. Antécédents d'inondation</b>	
Faible	Peu ou pas de propriétés ayant des antécédents d'inondation, ou des mesures temporaires d'atténuation des inondations ont rarement été prises dans le secteur en réponse à des inondations, voire jamais.
Moyen	Quelques propriétés ayant des antécédents d'inondation à peu près semblables à la moyenne de la collectivité*, ou des mesures temporaires d'atténuation des inondations ont été prises à l'occasion dans le secteur en réponse à des inondations.
Élevé	Forte densité (groupes) de propriétés ayant des antécédents d'inondation supérieurs à la moyenne de la collectivité*, ou des mesures temporaires d'atténuation des inondations sont régulièrement prises dans le secteur en réponse à des inondations.
* Pour calculer la moyenne d'une collectivité, il s'agit de diviser le nombre d'habitations pour lesquelles une inondation a été rapportée par le nombre total d'habitations dans cette collectivité.	
<b>3. Systèmes de prévision et d'annonce de crues</b>	
Faible	Des systèmes de prévision et d'annonce de crues sont en place et donnent assez de temps pour mettre en œuvre des mesures de protection en cas d'inondation.
Moyen	Des systèmes de prévision et d'annonce de crues sont en place, mais la densité des indicateurs ou les caractéristiques des bassins hydrographiques réduisent la capacité à assurer une réponse adéquate et rapide.
Élevé	Il n'y a pas de système de prévision ou d'annonce de crues.
<b>B. Inondation riveraine</b>	
<b>1. Crue réglementaire et cartographie des plaines inondables</b>	
Faible	Un intervalle de récurrence plus long est utilisé comme averse nominale (p. ex. récurrence de 500 ans). Les cartes des plaines inondables sont à jour et tiennent compte des changements touchant le climat, l'utilisation des terres et les aménagements, ainsi que de l'évolution naturelle potentielle des conditions des cours d'eau et des plaines inondables.
Moyen	Des cartes des plaines inondables sont disponibles pour les utilisations projetées des terres, mais remontent à plus de 10 ans et ne tiennent pas compte des changements climatiques.

Élevé	Un intervalle de récurrence plus court est utilisé comme averse nominale (p. ex. récurrence de 100 ans ou moins). Les cartes des plaines inondables sont désuètes (elles ne tiennent pas compte des changements touchant le climat, l'utilisation des terres et les aménagements, ni de l'évolution naturelle des conditions des cours d'eau et des plaines inondables).
<b>2. Proximité de la plaine inondable</b>	
Faible	Les habitations, les terrains et les accès aux emprises se trouvent hors de la plaine inondable actuelle et de la plaine inondable ajustée en fonction des changements climatiques, ou sont protégés par des ouvrages permanents de protection contre les inondations (p. ex. digues, ponceaux surdimensionnés, dérivations de canaux).
Moyen	Les habitations se trouvent hors de la plaine inondable actuelle ou sont protégées par des ouvrages temporaires de protection contre les inondations (p. ex. bassins, bermes, barrages), mais une partie des terrains et des accès aux emprises sont à l'intérieur de la plaine inondable actuelle.
Élevé	Les habitations, les terrains et les accès aux emprises se trouvent dans la plaine inondable et dépendent de mesures d'urgence pour la protection contre les inondations (p. ex. sacs de sable, barrières anti-crues temporaires).
<b>C. Inondation de surface</b>	
<b>1. Topographie</b>	
Faible	Le dénivelé moyen des zones de drainage en milieu urbain dépasse 1 %
Moyen	Le dénivelé moyen des zones de drainage en milieu urbain est inférieur à 1 %, mais il n'y a pas de dépressions évidentes.
Élevé	Il est question de zones de faible élévation, et il y a des dépressions localisées et des creux dans la chaussée.
<b>2. Utilisation des terres – Densification et imperméabilité</b>	
Faible	La zone résidentielle a gardé essentiellement son caractère d'origine, OU des pratiques exemplaires de gestion des eaux de ruissellement ont été adoptées parallèlement à un changement de caractère.
Moyen	La zone résidentielle fait en ce moment l'objet d'un changement de caractère qui agrandira la superficie imperméable.
Élevé	La zone résidentielle a subi un changement de caractère qui a agrandi la superficie imperméable (p. ex. maisons plus grandes, immeubles d'habitation).
<b>D. Refoulement d'égout pluvial ou sanitaire</b>	
<b>1. Type de réseau d'égouts</b>	
Faible	Réseaux séparatifs.
Moyen	Réseaux pseudo-séparatifs ou égouts unitaires de capacité suffisante et pourvus d'un trop-plein adéquat.
Élevé	Réseaux pseudo-séparatifs ou égouts unitaires de capacité insuffisante et pourvus d'un trop-plein restreint.
<b>2. Normes de conception des systèmes mineurs (égouts pluviaux)</b>	
Faible	Intervalle de récurrence de 10 ans ou plus.
Moyen	Intervalle de récurrence de 5 ans.
Élevé	Intervalle de récurrence de 2 ans ou moins.
<b>3. Conception et emplacement des stations de pompage des eaux usées</b>	
Faible	Stations de pompage des eaux usées qui se trouvent à des endroits où elles pourront demeurer entièrement fonctionnelles et accessibles en cas de pluie torrentielle ou d'inondation riveraine.

Moyen	Stations de pompage des eaux usées qui se trouvent à des endroits sujets aux inondations OU qui n'ont pas été mises aux normes contemporaines.
Élevé	Stations de pompage des eaux usées qui se trouvent à des endroits sujets aux inondations ET qui n'ont pas été mises aux normes contemporaines ET qui n'ont pas d'alimentation électrique de secours.
<b>E. Défaillance des systèmes de drainage des fondations</b>	
<b>1. Système à pompes de puisard</b>	
Faible	Alimentation de secours ET pompe auxiliaire.
Moyen	Alimentation de secours OU pompe auxiliaire.
Élevé	Aucune alimentation de secours NI pompe secondaire.
<b>2. Système de drainage par gravité raccordé à l'égout pluvial</b>	
Faible	Aucune inondation de sous-sols en cas de crue centennale selon la modélisation, et égout pluvial à plus de 2,4 m sous la ligne médiane de la chaussée.
Moyen	Égout pluvial à plus de 2,4 m sous la ligne médiane de la chaussée.
Élevé	Égout pluvial à moins de 2,4 m sous la ligne médiane de la chaussée.
<b>3. Système de drainage par gravité raccordé au collecteur du drain de fondation</b>	
Faible	Nappe phréatique basse et dépôts profonds de sols perméables.
Moyen	Nappe phréatique haute par saisons, et conditions de sols variables et à risque potentiellement élevé.
Élevé	Nappe phréatique haute toute l'année, ou sols perméables reposant sur un aquitard relativement peu profond.

### 3.1.1 Facteurs généraux à prendre en compte dans l'évaluation du danger

#### Période d'aménagement

Depuis 1941, le Code national du bâtiment du Canada (CNB) énonce des exigences techniques pour la conception et la construction de nouveaux bâtiments. Les provinces et les territoires doivent établir leur propre code du bâtiment et, pour ce faire, s'appuient sur le cadre national que constitue le CNB. Comme ce dernier est mis à jour à peu près tous les cinq ans, on peut suivre l'historique des grandes mesures de résilience face aux inondations qui y ont été incluses et, par conséquent, leur mise en œuvre dans les aménagements résidentiels. Les différentes administrations du pays n'appliquent pas toutes le CNB au même moment et dans la même mesure, mais on trouvera à l'annexe A les modifications importantes des codes, ainsi que leur date, soit autant de pistes intéressantes pour évaluer le risque d'inondation selon la période d'aménagement.

De plus, on peut utiliser quelques dates importantes dans l'évolution de la gestion des eaux de ruissellement au Canada pour cerner les difficultés potentielles relatives au risque d'inondation qui sont associées à « certaines périodes » d'aménagement résidentiel (voir l'encadré 1).

#### *Encadré 1 : Histoire de la gestion des eaux de ruissellement au Canada – Quatre grandes périodes*

##### **Période des égouts pluviaux (1880-1970)**

Sur la période allant à peu près de 1880 à 1970, pour contrer la hausse des volumes et des débits d'eaux de ruissellement en milieu urbain, on aménageait un réseau d'égouts qui acheminait ces eaux des zones urbanisées en amont vers les plans et cours d'eau récepteurs en aval. Le même réseau unitaire transportait généralement aussi les eaux usées domestiques, et le tout était rejeté sans traitement. On prescrivait dans les critères de conception une averse nominale assortie d'un intervalle de récurrence donné, habituellement entre 2 et 10 ans (et parfois jusqu'à 25 ans), ainsi qu'une procédure (la méthode rationnelle) pour calculer le débit de pointe amené par cette averse sur une durée égale au temps de concentration. On dimensionnait les conduites pour qu'elles puissent transporter ces débits de pointe. L'un des avantages de la solution des égouts pluviaux résidait dans la réduction au minimum des inondations locales, sauf en cas de tempête extrême. Cependant, les zones urbaines ont connu une forte croissance, et les coûts associés aux gros égouts collecteurs et aux mesures de contrôle de l'érosion ont augmenté. En règle générale, le coût environnemental de la pollution des eaux réceptrices n'était pas pris en considération durant l'essentiel de la période des égouts pluviaux.

### Période de la gestion des eaux de ruissellement (1970-1990)

Durant les années 1970 et 1980, on a ajouté deux moyens de composer avec les volumes et les débits accrus : a) la mise en place d'installations de stockage des eaux de ruissellement (p. ex. bassins) à l'intérieur ou vis-à-vis de l'extrémité en aval du réseau d'égouts pluviaux; et b) dans beaucoup de territoires, mais pas tous, la prise en compte explicite de la possibilité d'utiliser le système majeur (écoulement de surface) pour transporter les eaux excédant la capacité du système mineur (conduites et bassins). Les nouveaux aménagements de cette période étaient généralement desservis par des réseaux séparatifs (égouts sanitaires et pluviaux). On prescrivait dans les critères de conception une averse nominale pour les systèmes mineur et majeur ainsi qu'une restriction quant au débit après l'aménagement, qui ne devait normalement pas dépasser le débit antérieur en cas d'averse nominale. L'intervalle de récurrence indiqué était habituellement de 2 à 10 ans pour le système mineur, et de 100 ans pour le système majeur. Les procédures de conception comprenaient l'utilisation de modèles numériques de prévision du ruissellement en milieu urbain, combinés aux données de l'averse nominale, afin de calculer à tout moment le débit à un point donné du système. Les conduites et les bassins étaient dimensionnés de façon à transporter et à stocker ces eaux. Comparativement à la *période des égouts pluviaux*, les solutions de gestion des eaux de ruissellement limitaient les inondations dans la zone et en aval, réduisaient souvent le coût des égouts et permettaient l'aménagement de propriétés au bord des bassins de retenue. Il restait cependant les coûts à long terme, notamment pour l'entretien des bassins et le contrôle de l'érosion en aval. Durant cette période, la pollution des eaux réceptrices était généralement reconnue, mais le processus de conception ne tenait pas compte explicitement des coûts s'y rattachant.

### Période des pratiques exemplaires de gestion des eaux de ruissellement en milieu urbain (1990-2000)

À partir des années 1990, des préoccupations concernant les problèmes résiduels de la gestion des eaux de ruissellement, ainsi que la détérioration de la qualité de l'eau, y compris l'érosion, ont amené certaines administrations à entrer dans la période des pratiques exemplaires de gestion des eaux de ruissellement en milieu urbain. Parmi les pionniers au Canada, on trouve Edmonton, Winnipeg, Hamilton, Toronto, Ottawa et Montréal, ainsi que le District régional du Grand Vancouver (Marsalek, 1999). Cette période se distingue de la précédente en ce sens que la problématique a été élargie à la qualité et à la quantité des eaux de ruissellement et que sont apparues une multitude de pratiques exemplaires de gestion des eaux de ruissellement en milieu urbain : grands bassins de rétention, tranchées et bassins d'infiltration, chaussées poreuses, filtres à sable, prises protégeant la qualité de l'eau, recours aux végétaux, etc. Ces solutions avaient aussi pour avantage (par rapport aux solutions de la période précédente) de réduire l'érosion et d'améliorer la qualité de l'eau dans les plans et cours d'eau récepteurs, mais ces effets positifs étaient amoindris par une hausse des coûts d'entretien.

### Nouveaux paradigmes (2000 à aujourd'hui)

En cette période de gestion des eaux de ruissellement au Canada, on constate que la gestion du drainage se perfectionne au fil du temps et qu'une importance grandissante est accordée à la lutte contre les inondations dans le cadre de la gestion globale des bassins hydrographiques et de la gestion intégrée des eaux en milieu urbain. Dans la conception des systèmes de drainage de cette période, on met souvent l'accent sur les critères de durabilité et la protection des écosystèmes (p. ex. lutte contre la pollution et contrôle de l'érosion). Certaines administrations canadiennes (p. ex. Colombie-Britannique) ont établi des cibles de contrôle des volumes d'eaux de ruissellement, prescrit des méthodes de rétention et de retenue des eaux de ruissellement et adopté des approches hiérarchisées de gestion des eaux de ruissellement, qui commencent par le contrôle à la source (terrain par terrain), suivi du transport des eaux de ruissellement (p. ex. par les routes et les espaces publics), puis du traitement en aval avant le rejet.

Sources : Watt, W. E., D. Waters et R. McLean (2003). « *Climate Variability and Urban Stormwater Infrastructure in Canada: Context and Case Studies* ». Toronto-Niagara Region Study Report and Working Paper Series, rapport 2003-1. Service météorologique du Canada, Waterloo, Ontario.

Rivard, G. (2015). LID Implementation: From an international Perspective to a Canadian One: Synthesis of the SOCOMA (Source Control Management) Activities Specific Needs for Successful Projects in Canada. Présenté à la 4e édition annuelle du TRIECA.

Muir, R. Reducing Flood Risk from Flood Plain to Floor Drain, *blogue CityFloodMap.com*. Sur Internet : <http://www.cityfloodmap.com/2018/02/reducing-flood-risk-from-flood-plain-to.html>.

### Antécédents d'inondation

Les dossiers municipaux indiquant les endroits inondés à répétition sont utiles pour trouver les zones où les inondations constituent un problème chronique. Ces dossiers pourraient aussi aider à caractériser des inondations particulières (p. ex. le mécanisme en jeu ainsi que l'ampleur, la fréquence et les effets des inondations).

### Systèmes de prévision et d'annonce de crues

Il n'est pas facile de prévoir les crues et d'en aviser le public, deux fonctions qui relèvent habituellement des gestionnaires de bassin hydrographique. Pour évaluer l'efficacité des systèmes de prévision et d'annonce de crues, on considère surtout la durée entre l'annonce et l'inondation. Lorsque l'annonce est diffusée suffisamment en avance pour laisser le temps à une évacuation ordonnée ou à la mise en place de mesures de protection contre l'inondation, on juge que les systèmes fonctionnent bien. Il est plus difficile de diffuser une annonce utile dans les milieux urbains (comparativement, par exemple, aux grands bassins hydrographiques où le temps de réponse est plus long).

### 3.1.2 Inondations riveraines – Facteurs à prendre en compte dans l'évaluation du danger

#### Crue réglementaire et cartographie des plaines inondables

Les provinces et territoires canadiens appliquent depuis toujours des règlements différents sur la gestion des plaines inondables. En général, ces règlements interdisent les nouveaux aménagements résidentiels dans la partie active des plaines inondables (souvent appelée *canal de crue*), et limitent les aménagements dans la zone périphérique (partie à l'extérieur du canal de crue caractérisée par de moins grandes profondeurs et vitesses d'écoulement). Dans certains cas (p. ex. dans les plaines inondables à deux zones ou dans les zones de dérogation), les propriétés résidentielles situées dans la plaine inondable doivent être dotées de mesures de protection adéquates contre les inondations. Le tableau 6 présente les définitions de *canal de crue* et de *zone périphérique* actuellement utilisées au Canada. De manière générale, plus l'intervalle de récurrence entrant dans la définition de la crue réglementaire est élevé, plus le risque d'inondation riveraine est faible.

D'autres facteurs pouvant influencer la gestion du risque d'inondation riveraine sont l'âge, la précision et l'étendue des cartes des plaines inondables (chapitre 2). Au Canada, la toute première initiative de cartographie des plaines inondables à grande échelle a eu lieu dans les années 1980, dans le cadre du Programme de réduction des dommages causés par les inondations (PRDI) du gouvernement canadien. Depuis la fin de ce programme, on a peu révisé certaines de ces cartes. Par ailleurs, il existe encore aujourd'hui des zones urbaines qui ont été construites bien avant la création de cartes officielles des plaines inondables. Ainsi, malgré l'existence de cartes à jour, des zones résidentielles peuvent être exposées à un risque accru d'inondation.

**Tableau 6 : Définitions de crue réglementaire, de canal de crue et de zone périphérique aux fins de la gestion des inondations riveraines au Canada\***

Province ou territoire	Définition de crue réglementaire	Définition de canal de crue	Définition de zone périphérique
Colombie-Britannique	Récurrence de 200 ans, avec revanche supplémentaire ajoutée pour les incertitudes hydrologiques et hydrauliques, ou crue record de 1894 du Bas Fraser.	Chenal du cours d'eau et parties de la plaine inondable qui sont vraisemblablement nécessaires pour acheminer la crue nominale. Au minimum, le canal de crue s'étend sur toute la largeur du chenal comprise entre ses frontières naturelles, auxquelles s'ajoutent au moins 30 m de retrait, calculés à partir des frontières naturelles de chaque côté du chenal, à moins d'une approbation contraire.	Partie de la plaine inondable située hors du canal de crue, sujette aux exigences d'atténuation du risque d'inondation.
Alberta	Récurrence de 100 ans.	Comprend les zones qui ont les caractéristiques suivantes : la profondeur de l'eau est d'au moins 1 m; les vitesses locales sont d'au moins 1 m/s; et, si le cours d'eau était entravé, la hausse du niveau de l'eau serait d'au moins 0,3 m.	Terres longeant les limites de la zone exposée aux inondations, où l'eau est relativement peu profonde (moins de 1 m) et où les vitesses sont plus faibles (moins de 1 m/s).
Saskatchewan	Récurrence de 500 ans, avec revanche supplémentaire ajoutée pour les incertitudes hydrologiques et hydrauliques.	Partie de la plaine inondable adjacente au chenal, où il est estimé que l'écoulement de la crue à récurrence de 500 ans a une profondeur d'au moins 1 m ou une vitesse d'au moins 1 m/s.	Partie de la plaine inondable où il est estimé que l'écoulement de la crue à récurrence de 500 ans a une profondeur de moins de 1 m et une vitesse de moins de 1 m/s.
Manitoba	Récurrence de 100 ans, ou de 700 ans pour la Ville de Winnipeg.	Partie de la plaine inondable où la hauteur de la crue est de plus de 1 m.	Reste de la plaine inondable, au-delà du canal de crue.

Ontario	Récurrence de 100 ans OU tempêtes régionales (ouragan Hazel ou tempête de Timmins), selon la plus forte crue.	Lorsque le concept de la zone unique est appliqué, toute la plaine inondable. Lorsque le concept des deux zones est appliqué, partie centrale de la plaine inondable, représentant la zone nécessaire à l'écoulement normal de la crue et celle où la profondeur et la vitesse d'écoulement sont considérées comme pouvant mettre en danger la vie humaine ou les biens.	Partie extérieure de la plaine inondable, entre le canal de crue et la limite du risque d'inondation.
Québec	Récurrence de 100 ans.	Partie de la plaine inondable qui peut être inondée lors d'une crue à récurrence de 20 ans.	Partie de la plaine inondable, au-delà de la limite du canal de crue, qui peut être inondée lors d'une crue à récurrence de 100 ans.
Nouveau-Brunswick	Récurrence de 100 ans.	Partie de la plaine inondable qui peut être inondée lors d'une crue à récurrence de 20 ans.	Partie de la plaine inondable, entre le canal de crue et la limite du risque d'inondation, qui correspond à la limite d'inondation de la crue à récurrence de 100 ans ou d'une plus haute crue ayant eu lieu dans le passé.
Nouvelle-Écosse	Récurrence de 100 ans.	Partie intérieure de la zone à risque d'inondation la plus susceptible d'être inondée, soit en moyenne aux 20 ans, et où la profondeur et la vitesse d'écoulement sont les plus grandes.	Partie en bordure de la zone à risque d'inondation, entre le canal de crue et la frontière de ladite zone, où le risque d'inondation est au maximum ou en moyenne d'une fois par 100 ans et où l'écoulement est moins profond et moins rapide.
Terre-Neuve-et-Labrador	Récurrence de 100 ans, après prise en compte des changements climatiques.	Partie intérieure de la zone à risque d'inondation la plus susceptible d'être inondée, soit en moyenne aux 20 ans, et où la profondeur et la vitesse d'écoulement sont les plus grandes.	Partie en bordure de la zone à risque d'inondation, entre le canal de crue et la frontière de ladite zone, où le risque d'inondation est au maximum ou en moyenne d'une fois par 100 ans et où l'écoulement est moins profond et moins rapide.
Territoires du Nord-Ouest	Récurrence de 100 ans.	Comprend les zones qui ont les caractéristiques suivantes : la profondeur de l'eau est d'au moins 1 m; les vitesses locales sont d'au moins 1 m/s; et, si le cours d'eau était entravé, la hausse du niveau de l'eau serait d'au moins 0,3 m.	Terres longeant les limites de la zone exposées aux inondations, où l'eau est relativement peu profonde (moins de 1 m) et où les vitesses sont plus faibles (moins de 1 m/s).
Nunavut	Récurrence de 100 ans.	Comprend les zones qui ont les caractéristiques suivantes : la profondeur de l'eau est d'au moins 1 m; les vitesses locales sont d'au moins 1 m/s; et, si le cours d'eau était entravé, la hausse du niveau de l'eau serait d'au moins 0,3 m.	Terre longeant les limites de la zone exposées aux inondations, où l'eau est relativement peu profonde (moins de 1 m) et où les vitesses sont plus faibles (moins de 1 m/s).

\* L'Île-du-Prince-Édouard et le Yukon n'ont pas défini le canal de crue ni la zone périphérique.



## Proximité de la plaine inondable

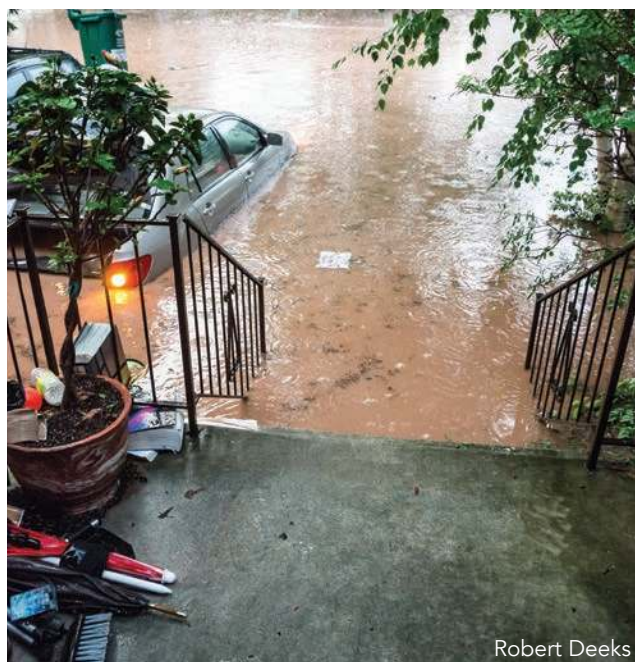
Les aménagements résidentiels situés très près ou à l'intérieur (en tout ou en partie) de la plaine inondable réglementaire, ou dans la zone de débordement d'un système fluvial, pourraient courir un risque accru d'inondation directe et indirecte en cas d'événement météorologique extrême. Il faut cependant reconnaître que le risque d'inondation riveraine peut être atténué par des mesures de protection permanentes et non permanentes comme des canaux de dérivation, des digues et des barrages. Par conséquent, comme l'indique le tableau 5, lorsqu'une autorité estime que les mesures de protection contre les inondations d'une certaine zone sont permanentes (car elles ont été conçues pour résister aux événements météorologiques extrêmes et sont bien entretenues), elle peut considérer que le risque d'inondation riveraine de cette zone est réduit, et alléger la réglementation en la matière.

### 3.1.3 Inondations de surface – Facteurs à prendre en compte dans l'évaluation du danger

#### Topographie

Les zones de faible élévation, particulièrement celles susceptibles de recevoir l'écoulement de surface de zones de drainage plus grandes, courent un risque d'inondation de surface, car elles ont tendance à accumuler le ruissellement, surtout lorsqu'elles ne disposent d'aucun exutoire convenable. Ces zones pourraient également être plus propices aux inondations de sous-sol, en raison du captage dans les égouts sanitaires.

Les zones de faible élévation peuvent couvrir plusieurs pâtés de maisons, et elles pourraient ne se manifester qu'après une grosse tempête. Par exemple, des examens d'archives sur les inondations de sous-sol à Edmonton, en Alberta, ont montré que ces inondations avaient davantage tendance à se produire dans les zones de



Robert Deeks

faibles élévations, lesquelles se situaient parfois là où des lits de ruisseau, des lacs ou des marécages étaient présents avant l'aménagement des lotissements. Une façon d'obtenir de premiers indices de l'emplacement de ces zones en vue d'une évaluation du risque d'inondation est de cartographier de manière générale la topographie de la région.

## Densification et imperméabilité des utilisations du sol

En raison de l'évolution des politiques d'urbanisme au Canada, qui visent actuellement à réduire l'étalement urbain, à accroître l'efficacité des aménagements et à diminuer les coûts d'entretien des infrastructures, de nombreuses villes travaillent à augmenter les densités de population dans leurs limites urbaines. Avec le temps, cette approche accroît la superficie revêtue de matériaux inertes (p. ex. bâtiments, stationnements et aires d'agrément). De plus, une tendance actuelle consiste à grossir la taille des maisons : sur les grands lots, les petites maisons sont démolies pour laisser place à de bien plus grandes maisons flanquées d'un aménagement paysager imperméable (ou alors, des maisons unifamiliales sont remplacées par des immeubles d'habitation). Cette pratique peut augmenter la quantité et le débit des eaux de ruissellement en surface. En outre, comme les quartiers situés très près ou à l'intérieur de plaines inondables sont souvent plus attractifs, la densification y est plus intense, ce qui aggrave leur risque d'inondation riveraine.

### 3.1.4 Refoulement d'égout pluvial ou sanitaire – Facteurs à prendre en compte dans l'évaluation du danger

#### Type de réseau d'égouts

Comme noté plus haut, il existe principalement trois types de réseaux d'égouts : unitaires (les mêmes conduites transportent la décharge sanitaire et les eaux de ruissellement); séparatifs (des réseaux indépendants transportent la décharge sanitaire et les eaux de ruissellement); et pseudo-séparatifs (réseaux unitaires en processus de séparation). En général, par leur fonctionnement, les réseaux unitaires présentent le plus grand risque de refoulement d'eaux usées, car le captage des eaux de ruissellement les surcharge rapidement. Par ailleurs, les réseaux unitaires et les réseaux pseudo-séparatifs dans lesquels le débordement de l'égout unitaire est restreint et ne libère pas suffisamment le réseau peuvent aussi comporter un risque d'inondation élevé (p. ex. villes de St. Catharines, de Montréal et d'Ottawa).

La modernisation des réseaux d'égouts, par exemple lors de projets de séparation d'égouts unitaires, donne généralement lieu à la séparation complète de la partie publique du réseau, mais pas nécessairement de la partie privée (p. ex. les descentes pluviales, les dalots souterrains et les bassins collecteurs privés peuvent demeurer entièrement ou en partie raccordés à l'égout unitaire). Cette situation est susceptible de compliquer les études sur les inondations.

## Normes de conception des systèmes mineurs (égouts pluviaux) et majeurs (en surface) et hypothèses relatives au niveau de service

Les normes de conception des infrastructures sanitaires et pluviales peuvent servir à évaluer le risque. Par exemple, le risque qu'un égout pluvial soit surchargé au cours d'une année donnée est de 50 % environ si l'égout a été conçu selon une crue à récurrence de 2 ans, et de 10 % s'il repose plutôt sur une crue à récurrence de 10 ans. Il en va de même pour les systèmes d'écoulement de surface (majeurs), lesquels n'étaient pas reconnus pendant certaines ères d'aménagement (aucun système à « drainage double » n'étant envisagé, on ne se servait pas de la gravité pour guider l'écoulement de surface vers un endroit approprié). Après les années 1980, de nombreuses administrations ont adopté une approche de drainage double (systèmes majeur et mineur) et établi des normes pour l'acheminement de l'écoulement de surface. Bon nombre de municipalités utilisent comme norme une crue à récurrence de 100 ans (qui a, en moyenne, 1 % de chance de se produire pendant une année donnée) pour la conception des systèmes majeurs de surface. Il faut toutefois savoir que le risque qu'une crue à récurrence de 100 ans survienne au moins une fois pendant une période de 25 ans n'est pas de 1 %, mais de 22 % (et de 40 % pour une période de 50 ans). La relation entre l'intervalle de récurrence et la probabilité moyenne d'occurrence par année est présentée dans le tableau 7 ci-dessous.

**Tableau 7 : Risque d'inondation pour différents intervalles de récurrences et différentes probabilités moyennes d'occurrence par année**

Intervalle de récurrence (années)	Probabilité moyenne d'occurrence par année	Risque d'inondation pour une période donnée de N années				
		N = 100	N = 50	N = 25	N = 10	N = 1
100	1 %	64 %	40 %	22 %	10 %	1 %
50	2 %	87 %	64 %	40 %	18 %	2 %
25	4 %	98 %	87 %	64 %	34 %	4 %
10	10 %	100 %	99 %	93 %	65 %	10 %
5	20 %	100 %	100 %	100 %	89 %	20 %

Source : Adapté du Guide de gestion des eaux pluviales, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Québec, 2011.

## Conception et emplacement des stations de pompage des eaux usées

Les stations de pompage des eaux usées courent un risque accru de défaillance en raison d'inondations, de coupures de courant pendant des événements météorologiques extrêmes et de problèmes de fonctionnement si elles sont situées sur une plaine inondable riveraine ou sur un chemin délimité d'écoulement de surface. Si la plupart des systèmes de pompage comportent des dispositifs de sécurité (p. ex. déversoirs d'orage), ces dispositifs sont eux-mêmes susceptibles de tomber en panne ou d'être moins efficaces que normalement pendant les événements météorologiques extrêmes, ce qui aggrave le risque d'inondation. Par ailleurs, les stations de pompage sont parfois situées dans des endroits relativement éloignés, ce qui peut allonger le délai d'intervention en cas d'urgence.



Robert Deeks

### 3.1.5 Défaillances du système de drainage des fondations – Facteurs à prendre en compte dans l'évaluation du danger

#### Système à pompes de puisard

Les pompes de puisard sont des appareils mécaniques qui ont besoin d'énergie et de certaines conditions pour fonctionner. Si elles ne reçoivent plus d'énergie, elles cessent de fonctionner et l'eau s'accumule autour des murs de fondation, ce qui augmente le risque d'inondation de sous-sol. Ce risque s'accroît aussi si les pompes ne sont pas bien entretenues ou si elles sont surutilisées et donc propices aux défaillances. Pour limiter l'accumulation d'eau en cas de défaillance, il est possible d'installer une pompe auxiliaire. Par ailleurs, si la pompe se décharge à la surface, il faut diriger l'écoulement loin de la maison, vers un endroit d'où il ne reviendra pas immédiatement vers les murs de fondation. Ceci peut poser problème sur les petits terrains mal nivelés et aux endroits où les conduites d'évacuation sont débranchées, bloquées ou gelées.

#### Systèmes de drainage par gravité raccordés à l'égout pluvial

Si les égouts pluviaux sont enfouis assez profondément (au moins 2,4 m sous la ligne médiane de la chaussée), il est possible de laisser la gravité diriger l'écoulement du drainage des fondations vers les égouts. Les précipitations importantes peuvent néanmoins entraîner la surcharge des égouts, empêchant ainsi les eaux drainées d'y entrer ou causant l'inversion de l'écoulement, qui se dirige alors des égouts vers la maison. Dans les cas les plus extrêmes, les eaux peuvent refouler dans le sous-sol par l'intermédiaire du système de drainage des fondations.

#### Systèmes de drainage par gravité raccordés au collecteur du drain de fondation

Si les égouts pluviaux ne sont pas enfouis assez profondément et qu'aucune pompe de puisard n'y dirige l'écoulement des eaux, il est possible d'utiliser une troisième conduite, nommée *collecteur du drain de fondation*. Dans les endroits où les sols sont très perméables et où les niveaux d'eaux souterraines sont bas, il est peu probable que de l'eau de l'extérieur du système entre dans le collecteur. Par contre, si les niveaux d'eaux souterraines sont élevés et que la tranchée du collecteur traverse une couche de sol semi-perméable, le risque d'accumulation d'eau autour du collecteur s'accroît, de même que celui d'infiltration d'eau dans le sous-sol.

Un niveau d'eaux souterraines élevé durant toute l'année ou toute une saison est aussi susceptible d'accroître le risque d'inondation. Il peut, par exemple, entraîner l'augmentation de l'infiltration et du captage dans les égouts pluviaux et sanitaires, ce qui réduit leur capacité, ou causer la surcharge des drains de fondation autour des maisons.



## 3.2 Évaluation générale de la vulnérabilité aux inondations

Si l'on juge que deux zones courent le même risque d'inondation (selon le tableau 5), on peut déterminer laquelle devrait être d'abord protégée en évaluant la présence d'infrastructures et de services essentiels ainsi que de grandes concentrations de populations vulnérables. Il est ainsi possible de fixer les priorités relatives à la lutte contre les inondations en ajoutant aux facteurs examinés dans une évaluation de base du risque d'inondation (notamment le nombre de propriétés résidentielles exposées à ce risque) une mesure des infrastructures essentielles exposées au risque d'inondation et la densité des populations vulnérables ou à haut risque qui sont exposées au risque d'inondation.

### 3.2.1 Infrastructures et services essentiels

Selon Sécurité publique Canada, les infrastructures essentielles sont « les processus, les systèmes, les installations, les technologies, les réseaux, les biens et les services qui sont essentiels à la santé, à la sécurité ou au bien-être économique des Canadiens et des Canadiennes, ainsi qu'au fonctionnement efficace du gouvernement<sup>30</sup> ». La perte de ces infrastructures ou une perturbation des services essentiels pourrait avoir d'importantes répercussions négatives sur les plans économique, social et environnemental. Par conséquent, il faut intégrer au processus d'évaluation du risque d'inondation et de hiérarchisation connexe une analyse des infrastructures et des services essentiels qui repose sur les conséquences de leur perte<sup>31</sup>. Voici quelques exemples d'infrastructures essentielles : installations de traitement des eaux, des eaux de ruissellement et des eaux usées, stations de pompage, réseaux de services publics, réseaux de transport, établissements de santé. Voici aussi des exemples de services essentiels généralement retrouvés dans les municipalités :

- Services de police et d'incendie;
- Soins de santé;
- Installations et circuits d'intervention d'urgence;
- Traitement et distribution de l'eau;
- Collecte et traitement des eaux usées;
- Gestion des eaux de ruissellement et protection contre les inondations;
- Collecte des déchets et des matières recyclables;
- Transport public;
- Entretien des routes, des trottoirs et des lampadaires de rue.

La détermination des infrastructures essentielles à protéger en priorité contre les inondations peut s'appuyer sur les sondages d'opinion publique. Par exemple, EPCOR a mené en 2018 un sondage<sup>32</sup> auprès de résidents d'Edmonton qui a permis de déterminer l'ordre de priorité pour la protection contre les inondations :

1. Services essentiels : Les résidents voulaient que soient d'abord protégés les hôpitaux et les établissements de soins d'urgence ainsi que les services essentiels comme les services d'incendie, de police et d'intervention en cas d'urgence, et les services publics.
2. Organismes sociaux : En deuxième, les résidents ont placé les organismes qui protègent la population contre les risques pour la vie humaine et ceux qui offrent un refuge et des services aux populations vulnérables.
3. Centres de loisirs, centres commerciaux, stations de transport en commun, écoles, universités et collèges.
4. Services financiers et environnementaux : Les conséquences sur les plans financier et environnemental ont été jugées moins importantes, tout comme les effets réversibles, temporaires ou possiblement couverts par une assurance<sup>33</sup>.

### 3.2.2 Populations vulnérables

Le gouvernement du Canada reconnaît que l'environnement peut avoir un effet sur la santé et que certaines populations du pays sont plus vulnérables aux risques présents dans l'environnement en raison de leurs particularités physiques, de leurs comportements, du lieu où elles habitent ou du contrôle qu'elles exercent sur leur environnement<sup>34</sup>. La Croix-Rouge indique qu'au Canada, les 10 populations suivantes sont vulnérables (à haut risque) :

1. Personnes âgées
2. Personnes handicapées
3. Autochtones
4. Personnes dont la santé dépend de soins médicaux
5. Personnes à faible revenu
6. Enfants et jeunes
7. Personnes peu alphabétisées
8. Femmes
9. Populations de passage
10. Nouveaux arrivants et minorités culturelles<sup>35</sup>

Les établissements à forte concentration de populations vulnérables, comme les garderies, les écoles et les centres de soins infirmiers, doivent être pris en compte dans les analyses de vulnérabilité aux inondations. D'ailleurs, certaines municipalités canadiennes ont créé des indices de bien-être qui permettent de localiser les concentrations élevées de populations vulnérables, ce qui peut être utile pour les analyses<sup>36</sup>.

### 3.3 Application du cadre de hiérarchisation des travaux de résilience face aux inondations dans les zones résidentielles existantes : étude de cas de la Credit Valley Conservation, en Ontario

Ci-dessous est présentée une étude de cas de la Credit Valley Conservation (CVC), qui démontre l'utilité du cadre décrit plus haut. Cette étude a été préparée par une équipe de la CVC formée de Christine Zimmer, directrice principale, Sciences de l'eau et des changements climatiques, d'Amna Tariq, ingénieure, Sciences de l'eau et des changements climatiques, et de Kamal Paudel, spécialiste principal, Gestion des données et informatique décisionnelle.

La gestion des eaux de ruissellement a évolué rapidement ces 40 dernières années, comme on peut le constater par les différents niveaux de service fournis dans la plupart des municipalités canadiennes. La réfection des infrastructures en vue d'assurer des niveaux de service adéquats coûte très cher. Les municipalités doivent donc déterminer les zones prioritaires et choisir les meilleures mesures pour réduire les risques.

Afin d'acquérir une compréhension globale du risque d'inondation, la Credit Valley Conservation (CVC) et des municipalités partenaires ont entrepris un exercice de cartographie du risque d'inondation dans le bassin hydrographique de la vallée de Credit, en Ontario.

La première étape consistait à appliquer la méthode de sélection proposée par le cadre général de sélection des zones en danger d'inondation 2018 du Centre Intact. Étant donné que les renseignements contenus dans le système d'information géographique (SIG) variaient selon l'emplacement dans le bassin hydrographique, la sélection a reposé uniquement sur les facteurs suivants du cadre, lorsque des données étaient disponibles :

- Période d'aménagement de chaque aire de diffusion (unité géographique standard de Statistique Canada).
- Antécédents d'inondation (inondations signalées et dommages causés par une inondation signalés).
- Proximité de la plaine inondable (y compris les structures vulnérables aux inondations).
- Pertes assurables signalées.

Cette première étape a mis en évidence les menaces planant sur les infrastructures de gestion des eaux de ruissellement.

La deuxième étape a consisté à évaluer les conséquences d'une inondation sur les services et les populations qui y sont peu résilients (refuges, écoles, hôpitaux et établissements de soins pour personnes âgées). Les données suivantes se sont ainsi ajoutées à la cartographie de la vulnérabilité des infrastructures :

- Populations vulnérables dans chaque aire de diffusion (notamment les enfants, les personnes âgées et les locataires à faible revenu).
- Établissements et centres de santé.
- Services publics (y compris de télécommunication).
- Infrastructures de services d'urgence (services médicaux, d'incendie et de police).
- Installations communautaires servant de centre de premiers secours (notamment les centres d'évacuation, les centres communautaires et les écoles).

Les deux premières étapes ont fait ressortir les zones susceptibles d'être inondées qu'il conviendrait peut-être de prioriser pour la mise en œuvre de mesures d'atténuation.

La CVC a ensuite examiné d'autres facteurs pour appuyer le plan directeur de gestion du bassin hydrographique et des eaux de ruissellement dans la région (notamment l'approvisionnement en eau potable, la qualité de l'eau, l'érosion du sol, le bilan hydrique et le bien-être du public en général). Suivant l'approche du Centre Intact, elle a donc ajouté des données afin de pousser l'évaluation :

- Emplacements des bassins d'eaux pluviales et des installations de stockage de crue.
- Emplacements où des problèmes de qualité de l'eau existent ou sont prévus.
- Emplacements où des solutions d'infrastructure verte sont possibles.
- Niveau phréatique.

Après avoir réalisé diverses étapes, la CVC a observé que certains facteurs influencent le résultat de l'évaluation de façon unique; il convient donc d'ajuster leur importance. La CVC procède actuellement à des analyses de sensibilité dans tout le bassin hydrographique en tenant compte des besoins variés de chaque municipalité. Les critères de pondération seront classés selon les risques propres à chaque endroit. Par exemple, il peut être essentiel pour les municipalités qui dépendent des eaux souterraines de maintenir le débit de base et la qualité de ces eaux, alors que des municipalités tirant leur eau de lacs pourraient préférer prioriser la réduction du risque d'inondation, la lutte contre l'érosion et le contrôle de la qualité de l'eau. Dans ce travail, la CVC collabore avec des partenaires de divers services municipaux, notamment ceux de la santé, de l'urbanisme, de l'intervention d'urgence et de la gestion de l'eau.

Les cartes serviront à déterminer les endroits devant faire l'objet de recherches approfondies en vue de comprendre les vulnérabilités aux inondations et de choisir les meilleures pratiques de gestion pour les réduire.

## CHAPITRE 4 : APPROCHES POUR LA RÉDUCTION DU RISQUE D'INONDATION DES ZONES RÉSIDENIELLES EXISTANTES AU CANADA

Le présent chapitre décrit quelques approches que les municipalités et les organismes gouvernementaux locaux peuvent mettre en œuvre pour réduire le risque d'inondation dans les zones résidentielles. Le tableau 8 décrit la portée de ces pratiques exemplaires.

**Tableau 8 : Portée des pratiques exemplaires pour la réduction du risque d'inondation**

Inclus	Exclus
<p><b>Approches</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conseils pour réduire le risque d'inondation</li> <li>• Programmes d'exploitation et d'entretien</li> <li>• Mobilisation du public</li> <li>• Mesures physiques choisies pour réduire le risque d'inondation</li> </ul>	<p><b>Approches</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Améliorations du côté des lotissements (partie privée), car elles sont couvertes par les <i>Lignes directrices sur la protection des sous-sols contre les inondations et la réduction des risques</i> (CSA-Z800-F18) du Groupe CSA</li> <li>• Approches se rapportant à la <i>planification des mesures d'urgence et à l'intervention</i>, parce que le présent document porte sur la prévention des inondations</li> </ul>
<p><b>Géographie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Collectivités canadiennes situées sous le 60e parallèle nord (collectivités du sud)</li> </ul>	<p><b>Géographie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Collectivités bâties sur le pergélisol</li> </ul>
<p><b>Dangers d'inondation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inondation riveraine</li> <li>• Inondation de surface</li> <li>• Refoulement d'égout pluvial ou sanitaire</li> <li>• Défaillances du système de drainage des fondations</li> </ul>	<p><b>Dangers d'inondation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Onde de tempête, inondation due à la marée, hausse du niveau de la mer</li> <li>• Inondations exceptionnelles (p. ex. ruptures de barrage et tsunami)</li> </ul>
<p><b>Types d'aménagement</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aménagements résidentiels urbains et suburbains*</li> <li>• Aménagements à usage mixte (p. ex. à usage résidentiel et commercial)</li> </ul>	<p><b>Types d'aménagement</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aménagements non résidentiels (p. ex. à usage seulement industriel, commercial ou institutionnel, terres agricoles et voies de circulation majeures)</li> </ul>

\* De nombreuses pratiques exemplaires s'appliquent néanmoins aussi aux aménagements résidentiels ruraux.

Comme il est noté dans le tableau 8, le présent rapport exclut les approches se rapportant à la planification des mesures d'urgence et à l'intervention, car il porte principalement sur la prévention des inondations. Cependant, certains intervenants ont laissé entendre que ce domaine nécessite d'être étudié, et d'autres ont aussi indiqué qu'il faudrait étudier plus en profondeur les activités d'exploitation et d'entretien des infrastructures de gestion des eaux de ruissellement et des cours d'eau.

#### 4.1 Conseils pour réduire le risque d'inondation

Voici quelques conseils pour réduire le risque d'inondation, à l'intention des collectivités canadiennes qui souhaiteraient accroître leur résilience face aux inondations.

1. Concevoir et mettre régulièrement à jour des évaluations du risque d'inondation portant sur tous les dangers d'inondation, afin d'orienter la réfection des infrastructures, le réaménagement communautaire et la densification.
2. Réviser régulièrement les averses nominales et les courbes intensité-durée-fréquence (IDF) pour veiller à ce qu'elles représentent le climat actuel.
3. Veiller à ce que les plans officiels, les lignes directrices et les règlements municipaux spécifient que les nouveaux plans d'aménagement, de densification et de réaménagement doivent réduire, ou à tout le moins ne pas augmenter, le risque d'inondation des zones bâties.
4. Veiller à ce que les plans officiels et les règlements (notamment ceux de zonage) limitent les modifications aux propriétés situées dans des zones à haut risque d'inondation qui pourraient donner lieu à des dommages accrus en cas d'inondation (p. ex. dans les zones à haut risque d'inondation, interdire la construction de nouveaux sous-sols à entrée directe, l'utilisation des sous-sols comme surfaces habitables et l'augmentation de l'imperméabilisation des aménagements paysagers).
5. Veiller à ce que les règlements limitent les aménagements résidentiels empiétant sur la plaine inondable (p. ex. en privilégiant l'aménagement intercalaire, la densification et le réaménagement), à moins qu'ils ne satisfassent à certains critères<sup>ix</sup>.
6. Veiller à ce que les lignes directrices municipales exigent un contrôle à la source local pour atténuer les effets des aménagements intercalaires et de la densification dans la région, qui accroissent avec le temps l'imperméabilité des collectivités.
7. Veiller à ce que les lignes directrices municipales exigent le débranchement de toutes les descentes pluviales des égouts unitaires et sanitaires.
8. Au besoin, délimiter et protéger les chemins d'écoulement de surface par l'acquisition de servitudes ou de droits de propriété.
9. Élaborer et réviser régulièrement des protocoles permettant de recueillir des données exactes sur les crues auprès des résidents, en vue d'éclairer les études du risque d'inondation et les travaux de remise en état (p. ex. appels au 311).
10. Veiller à ce que soient en place des procédures décrivant clairement les responsabilités des principaux intervenants (p. ex. propriétaires résidentiels, offices de protection de la nature et municipalités) en ce qui a trait aux activités de gestion du risque d'inondation et d'exploitation et d'entretien des infrastructures de gestion des eaux de ruissellement.
11. Obtenir les ressources adéquates pour les services de gestion des eaux de ruissellement, y compris les programmes d'inspection et d'entretien. Pour ce faire, envisager de mettre en place des redevances afférentes aux eaux de ruissellement qui sont structurées de manière à inciter la prise de mesures de réduction du risque d'inondation sur la partie privée du système.
12. Veiller à ce que soient en place des protocoles de prévision et d'annonce de crues, y compris des protocoles de communication et de transmission de messages standard.
13. Pour les zones fréquemment inondées, maintenir une réserve de matériel de protection contre les inondations en cas d'urgence (p. ex. barrières anti-crues temporaires et sacs de sable). Veiller à ce que les premiers intervenants et les intervenants communautaires locaux soient formés à son utilisation.



<sup>ix</sup> Dans certaines collectivités, les aménagements empiétant sur la plaine inondable sont permis dans ce que l'on appelle des zones de dérogation, à condition que des mesures de défense ou de protection contre les inondations soient mises en place. De telles mesures peuvent comprendre la hausse des ouvertures des bâtiments ainsi que des systèmes électriques et mécaniques au-dessus du niveau de la crue réglementaire, l'installation de clapets anti-retour et l'utilisation de matériaux résistants aux inondations dans les sous-sols.

## 4.2 Programmes d'exploitation et d'entretien

### Inondation riveraine

1. Inspecter et entretenir régulièrement (p. ex. tous les 5 à 10 ans) les couloirs traversés par un cours d'eau selon une approche stratégique de gestion de la végétation et de retrait des débris.
2. Inspecter et entretenir régulièrement (p. ex. tous les ans) les ponceaux, les ponts et les structures de lutte contre les inondations (p. ex. digues et barrages).
3. Drainer préventivement l'eau accumulée dans les systèmes désignés pour le stockage de crue (p. ex. réservoirs, bassins et citernes) avant les grandes crues prévues.
4. Là où les embâcles sont courants, surveiller et gérer de façon préventive la glace fluviale.

### Inondation de surface

1. Inspecter et entretenir les chemins critiques d'écoulement de surface avant les grandes crues prévues.
2. Dénéiger les chemins critiques d'écoulement de surface avant le dégel printanier.
3. Dénéiger et dégeler de façon préventive les bassins collecteurs et ponceaux critiques avant le dégel printanier et les grandes crues prévues.
4. Retirer préventivement les feuilles mortes des bassins collecteurs, des ponceaux et des prises d'eau en automne.

### Refoulement d'égout pluvial ou sanitaire

1. Inspecter et entretenir régulièrement (p. ex. tous les ans) les bassins collecteurs, les exutoires et les prises d'eau.
2. Inspecter et entretenir régulièrement (p. ex. tous les 5 à 10 ans) les égouts pluviaux et sanitaires. Pour les zones problématiques, établir la liste des endroits nécessitant un nettoyage fréquent.
3. Lorsqu'il est possible de le faire à un coût raisonnable (p. ex. au moment du réaménagement d'un quartier), mettre en œuvre un programme de débranchement des tuyaux de descente et des drains de fondation.
4. Déterminer les zones où il y a beaucoup de captage et d'infiltration dans les égouts sanitaires (p. ex. par la surveillance de l'écoulement dans les égouts, des essais colorimétriques, des tests de fumée et des inspections par télévision en circuit fermé), et remédier à la situation.

## 4.3 Mobilisation du public

1. Informer les résidents des mesures de prévention contre les inondations et des activités d'entretien qui s'appliquent à la partie privée du système (p. ex. à l'aide de la norme CSA-Z800-F18, *Lignes directrices sur la protection des sous-sols contre les inondations et la réduction des risques*).
2. Envoyer aux résidents des trousseaux d'information et des rappels électroniques au sujet des mesures de prévention contre les inondations et des activités d'entretien recommandées pour leur terrain.
3. Demander aux inspecteurs d'habitations, aux courtiers immobiliers, aux courtiers d'assurance et aux courtiers en hypothèques de participer à des programmes d'information du public sur la réduction du risque d'inondation.
4. Lancer des projets d'art public pour mieux faire connaître le risque d'inondation (p. ex. utiliser l'art pour indiquer l'élévation des niveaux d'eau en cas d'inondation riveraine et de surface).
5. Encourager les courtiers immobiliers à parler des antécédents d'inondation et du risque d'inondation actuel des propriétés (p. ex. déterminé à l'aide d'évaluations du risque d'inondation réalisées par des inspecteurs d'habitations formés à cet effet).
6. Faire connaître toutes les subventions offertes pour que les résidents soient bien au fait des incitatifs financiers associés à la mise en œuvre de mesures de résilience face aux inondations sur les propriétés privées.



#### 4.4 Mesures physiques choisies pour réduire le risque d'inondation

Plus bas figurent quelques mesures concrètes que les municipalités, les fournisseurs de services publics et les autorités concernées peuvent mettre en œuvre pour réduire le risque d'inondation des zones résidentielles existantes au Canada. La liste n'est pas exhaustive. Elle repose sur les commentaires des experts consultés, qui ont contribué à l'élaboration du présent rapport.

Avant de mettre en œuvre ces mesures, il pourrait être nécessaire de réaliser des évaluations du risque d'inondation plus ou moins complexes, par exemple des modélisations, des évaluations environnementales et des analyses coûts-avantages. Il convient aussi de choisir avec soin les mesures à appliquer, car l'atténuation d'un risque d'inondation particulier peut en créer ou en aggraver d'autres. De plus, certaines pratiques exemplaires ne peuvent s'avérer économiquement viables qu'au moment d'un réaménagement ou de la rénovation d'infrastructures. Par ailleurs, il est possible d'atteindre plusieurs objectifs de gestion des eaux de ruissellement (p. ex. réduction du risque d'inondation, amélioration de la qualité de l'eau et réduction des îlots de chaleur urbains) par l'application individuelle ou combinée de mesures, ce qui devrait entrer en ligne de compte.

Il faut noter que le coût en capital et le degré de complexité qui accompagnent chaque mesure listée ci-après devraient varier selon les conditions et les enjeux locaux. En outre, le coût en capital n'est pas pondéré en fonction de l'efficacité des mesures. Il convient d'évaluer le bien-fondé de chaque mesure par rapport aux objectifs établis.

##### 4.4.1 Inondation riveraine

Exemples de mesures physiques	Coût en capital	Degré de complexité
Rénover les infrastructures de lutte contre les inondations ou en construire de nouvelles pour réduire les débits de pointe des cours d'eau.	Élevé	Complexe
Racheter (exproprier) les propriétés résidentielles subissant fréquemment et à répétition des inondations riveraines.	Élevé	Complexe
Augmenter la capacité des franchissements de cours d'eau, des chenaux et des couloirs de vallée de manière à assurer le niveau de service souhaité.	Élevé	Modérément complexe
Protéger les propriétés adjacentes aux cours d'eau de manière à assurer le niveau de service souhaité (p. ex. construire des murs d'endiguement ou des bermes, reniveler les terrains et apporter des améliorations structurales et électriques).	Modéré	Complexe
Mettre en place des systèmes de prévision et d'annonce de crues.	Faible	Modérément complexe

##### 4.4.2 Inondation de surface

Exemples de mesures physiques	Coût en capital	Degré de complexité
Améliorer la capacité et le fonctionnement du système de surface (p. ex. pendant la rénovation et la reconstruction de routes), améliorer la direction de l'écoulement de surface à l'opposé des bâtiments, ajouter des exutoires à la surface, reniveler les routes et rénover les grilles de prises d'eau pour prévenir leur blocage.	Élevé	Complexe
Ajouter des installations de stockage au système et hors du système (p. ex. cuves de stockage).	Élevé	Complexe
Protéger les propriétés situées dans les zones de faible élévation de manière à assurer le niveau de service souhaité (p. ex. construire des murs d'endiguement ou des bermes, reniveler les terrains et apporter des améliorations structurales et électriques).	Modéré	Complexe
Modifier la dénivellation des terrains et hausser le niveau minimal des bâtiments pendant le réaménagement du quartier.	Modéré	Complexe
Rénover les installations de gestion des eaux de ruissellement (p. ex. agrandir les bassins).	Modéré	Modérément complexe

Préserver l'infrastructure naturelle (p. ex. milieux humides et couloirs de cours d'eau) et mettre en œuvre des pratiques d'aménagement à faible incidence en supplément des solutions d'infrastructures grises pour la gestion des eaux de ruissellement.	Modéré	Modérément complexe
Là où se trouvent des entrées de cour en pente inversée, envisager d'aménager des bosses pour réduire le risque d'écoulement des eaux de ruissellement de la rue vers les propriétés privées.	Faible	Simple

Pour obtenir la liste complète des pratiques réduisant le risque de refoulement d'égout pluvial ou sanitaire ainsi que le risque de défaillances des systèmes de drainage des fondations, consulter les *Lignes directrices sur la protection des sous-sols contre les inondations et la réduction des risques* (norme CSA-Z800-F18) du Groupe CSA. Voici quelques exemples :

#### 4.4.3 Refoulement d'égout pluvial ou sanitaire

Exemples de mesures physiques	Coût en capital	Degré de complexité
Agrandir les égouts pluviaux et sanitaires susceptibles d'être surchargés pour augmenter leur capacité de transport.	Élevé	Complexe
Mettre en œuvre des projets de séparation des égouts visant à ajouter des égouts pluviaux pour augmenter la capacité du réseau et réduire la charge réseau.	Élevé	Complexe
Ajouter des installations de stockage au système et hors du système (p. ex. cuves de stockage).	Élevé	Complexe
Mettre en place des dispositifs de déviation des eaux de ruissellement (p. ex. installer des conduites transportant le surplus d'eau des zones surchargées vers des zones de plus grande capacité ou dont toute la capacité n'est pas utilisée).	Modéré	Complexe
Rénover les installations de gestion des eaux de ruissellement (p. ex. agrandir les bassins).	Modéré	Modérément complexe
Installer des clapets anti-retour pour réduire le risque de refoulement d'égout.	Faible	Modérément complexe
Installer des dispositifs de contrôle du débit pour réduire le débit des eaux de ruissellement s'écoulant des rues vers les égouts pluviaux.	Faible	Modérément complexe
Sceller et boulonner les plaques des regards d'égout dans les zones de faible élévation <sup>x</sup> .	Faible	Simple

#### 4.4.4 Défaillances du système de drainage des fondations

Exemples de mesures physiques	Coût en capital	Degré de complexité
Débrancher les branchements directs aux égouts (p. ex. tuyaux de descente et drains de fondation) dans les zones où le risque de refoulement est élevé.	Modéré	Modérément complexe
Entourer les maisons d'une couche de sol imperméable (remblayage des fondations) pour réduire le risque d'infiltration d'eau dans les murs de fondation.	Modéré	Simple
Ajuster la pente autour des murs de fondation pour que l'eau s'écoule en direction inverse.	Faible	Modérément complexe
Installer des sources d'alimentation électrique de secours pour les pompes de puisard, afin d'assurer leur fonctionnement en cas de panne de courant.	Faible	Simple
Veiller à ce que les tuyaux de descente dirigent l'eau à l'opposé des maisons, vers un endroit au drainage dirigé.	Faible	Simple
Installer des pompes auxiliaires en cas de défaillance de la pompe principale.	Faible	Simple

L'annexe B contient des études de cas décrivant la façon dont quelques-unes de ces mesures physiques ont été mises en œuvre au Canada.

<sup>x</sup> Il convient de tenir compte des besoins de ventilation pour éviter l'accumulation de gaz dans les égouts.

## CHAPITRE 5 : CONCLUSION ET PROCHAINES ÉTAPES

Les collectivités canadiennes continuant d'investir dans la réduction du risque de catastrophes naturelles et dans les initiatives d'adaptation au climat, le présent rapport fournit un cadre de hiérarchisation des efforts de résilience face aux inondations et décrit des approches de réduction du risque d'inondation jugées efficaces par des administrations locales.

L'objectif est de fonder sur ce cadre une Norme nationale du Canada, à élaborer subséquemment. Une telle norme assurerait que les initiatives de résilience face aux inondations mises en œuvre par les administrations locales soient choisies de manière transparente et efficace.

Outre cette norme, les intervenants ont souligné que plusieurs domaines importants nécessitent une étude approfondie, notamment ce qui suit :

- Étude des pratiques exemplaires relatives aux systèmes de prévision et d'annonce de crues (y compris la détermination de la densité adéquate pour le système de surveillance des crues, des avantages et inconvénients de l'utilisation de systèmes radar avancés pour la prévision des crues, et d'approches efficaces de communication avec le public en cas d'urgence causée par une inondation).
- Étude des pratiques exemplaires relatives aux activités d'exploitation et d'entretien des infrastructures de gestion des cours d'eau et des eaux de ruissellement, y compris ayant trait aux activités d'inspection et d'entretien régulières ainsi qu'aux évaluations des infrastructures et à la surveillance de leur performance.
- Examen des approches qui expliqueraient comment modéliser les effets de la chute de pluie sur la neige et de la fonte printanière aux fins de la gestion des eaux de ruissellement.
- Examen des approches de financement pour la rénovation des infrastructures de gestion des eaux de ruissellement dans le contexte des changements climatiques.

À cette époque où le Canada prend des mesures pour honorer ses engagements relatifs à l'adaptation au climat et à la réduction des risques de catastrophe en vertu de l'Accord de Paris<sup>37</sup>, du Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe de l'Organisation des Nations Unies<sup>38</sup> et du Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques, l'élaboration d'une Norme nationale du Canada pour la résilience face aux inondations des collectivités existantes mérite une attention particulière.



## DÉFINITIONS

**Aménagement intercalaire** : Aménagement à petite échelle en milieu urbain, sur des parcelles encore vacantes, qui ne s'inscrit pas dans un plan d'aménagement à grande échelle.

**Atténuation des inondations** : Intervention soutenue réalisée pour réduire ou éliminer le risque à long terme et les conséquences des inondations pour les personnes et les propriétés. L'atténuation distingue les mesures ayant un effet à long terme de celles qui portent plus directement sur la préparation et la réponse immédiate à des événements particuliers, et le rétablissement à court terme.

**Averse nominale** : Distribution temporelle des chutes de pluie servant à évaluer et à concevoir les systèmes de drainage, qui incorpore des données statistiques sur les précipitations (intensité, durée et fréquence [IDF]) pour un lieu géographique donné.

**Cartes des risques d'inondation** : Cartes qui affichent les délimitations des risques d'inondation ou les inondations, ainsi que des indications socioéconomiques supplémentaires comme les pertes possibles et le degré de vulnérabilité des biens. Elles servent à déterminer les incidences d'une éventuelle inondation sur les plans social, économique et environnemental.

**Clapet anti-retour** : Dispositif qui empêche, en cas de surcharge de la conduite d'égout principale, le refoulement des eaux usées ou de ruissellement dans un sous-sol. Le clapet se ferme automatiquement si l'écoulement dans un égout pluvial ou sanitaire s'inverse et si les eaux menacent de refouler de la conduite principale vers le sous-sol.

**Conduite pluviale secondaire** : Égout souterrain reliant un système privé de drainage pluvial ou de drainage des fondations à une conduite principale d'égout pluvial public.

**Conduite sanitaire secondaire** : Conduite d'égout souterraine qui relie un système de drainage sanitaire privé à une conduite principale d'égout sanitaire public. Ce type de conduite est conçu pour recueillir les eaux usées domestiques, mais dans certains anciens systèmes, il peut également transporter des eaux de ruissellement.

**Conduite secondaire** : Toute conduite reliant un édifice à la conduite principale.

**Contrôle à la source** : Techniques de gestion de l'eau de pluie près de l'endroit où elle tombe, utilisées pour réduire le volume et le débit des eaux de ruissellement et en améliorer la qualité.

**Courbe intensité-durée-fréquence (IDF)** : Représentation graphique de la probabilité d'une hauteur de pluie donnée, en intensité de pluie (p. ex. en millimètres par heure) en fonction du temps (p. ex. par heure).

**Crue nominale** : Événement de crue standard dont le débit de pointe sert à la planification et à la conception des infrastructures ou aux enquêtes concernant la gestion des plaines inondables. Il est généralement défini par sa probabilité ou estimé en fonction d'une averse nominale déterminée.

**Crue réglementaire** : Inondation servant à délimiter les zones propices aux inondations en vue de réglementer l'utilisation des terrains. Au Canada, la norme minimale pour la crue réglementaire est une crue à récurrence de 100 ans, c'est-à-dire dont la probabilité est de un pour cent durant une année donnée. Dans certaines régions et provinces et certains territoires, les normes sont plus rigoureuses.

**Débit de pointe** : Débit maximal pendant une inondation, mesuré à un point donné d'un cours d'eau, d'une surface ou d'un réseau de conduites.

**Défense contre les inondations** : Toute combinaison de mesures structurales et non structurales qui réduit ou prévient les dommages que causent les inondations aux structures ou à leur contenu.

**Densification** : Stratégie de planification de l'utilisation du sol qui consiste à augmenter la densité (population et couverture) des terrains urbains existants.

**Dispositif de contrôle du débit** : Dispositif généralement installé dans un bassin collecteur pour réduire le débit dans les égouts pluviaux.

**Drainage double** : Combinaison du système de drainage mineur, conçu pour les orages fréquents, et du système de drainage majeur, conçu pour transporter les eaux de ruissellement d'orages rares.

**Eau de captage** : Eau entrant directement dans le réseau d'égouts sanitaires, y compris dans les branchements d'eau, en provenance de sources telles que les tuyaux de descente, les égouts de sous-sol, les siphons de cour, les avaloirs de sol, les drains de fondation, le drainage de sources ou de zones marécageuses, les plaques d'égout, les raccords internes des égouts pluviaux, les égouts unitaires et les bassins collecteurs, les eaux de ruissellement, l'écoulement de surface et les eaux de lavage ou de drainage de la voirie.

**Eaux de ruissellement** : Précipitations qui s'écoulent sur tous les types de surfaces (p. ex. entrées de cour, stationnements, chaussées, cours, toits).

**Eaux usées (égout sanitaire) :** Mélange d'eaux-vannes (eaux souillées provenant d'appareils sanitaires et contenant des matières fécales et de l'urine d'origine humaine), d'eaux grises (eaux usées, autres que des eaux-vannes, provenant d'appareils sanitaires ou d'appareils de cuisine ou de lessive) et d'eaux usées d'origine industrielle, commerciale ou institutionnelle.

**Égout pluvial :** Égout transportant les eaux de ruissellement (y compris les eaux pluviales et de surface ainsi que la neige et la glace fondues) et l'eau dans des conduites et des drains de fondation souterrains.

**Égout sanitaire :** Égout public transportant les eaux usées domestiques (y compris les matières de vidange, les déchets industriels et les eaux usées septiques, mais généralement pas les eaux de ruissellement).

**Égout unitaire :** Égout qui achemine à la fois les eaux usées et les eaux de ruissellement.

**Gestion des eaux de ruissellement :** Planification, conception et mise en place de systèmes qui atténuent et contrôlent les répercussions des modifications artificielles apportées au ruissellement et à d'autres composantes du cycle hydrologique. On parle aussi de gestion des eaux pluviales.

**Infiltration (égout) :** Pénétration d'eau dans un réseau d'égouts (sanitaires ou pluviaux), y compris les égouts de maison (conduites secondaires), à partir du sol, par une paroi de regard, une conduite, un joint de conduites ou un raccord de tuyauterie non étanches.

**Infiltration d'eau souterraine :** Pénétration d'eau souterraine par des dalots souterrains, des puisards, des vides sanitaires, des fissures, des pores ou des brèches dans les murs de fondation, des tuyaux fissurés ou d'autres ouvertures.

**Inondation côtière :** Inondation survenant dans une zone littorale et pouvant être due à la conjonction de marées hautes, d'ondes de tempête et de hausses du niveau de la mer.

**Inondation de surface :** Inondation qui se produit lorsque le ruissellement excède la capacité hydraulique des égouts pluviaux, des fossés et des bassins collecteurs et que l'excédent s'écoule dans les rues avant de gagner les propriétés résidentielles. Elle peut survenir n'importe où dans les localités.

**Inondation lacustre :** Inondation survenant sur la berge d'un lac et pouvant être due à la conjonction de hauts niveaux d'eau, de vagues et d'ondes de tempête.

**Inondation riveraine :** Débit supérieur à la normale d'un cours d'eau qui cause la submersion ou l'inondation de terrains ne faisant normalement pas partie des berges. L'inondation peut être causée ou aggravée par une pluie torrentielle, la fonte de neige, d'autres facteurs physiques (p. ex. embâcles, accumulations de sédiments ou de débris, forme du cours d'eau, limitations de la capacité) ou des niveaux d'eau élevés dans les milieux récepteurs.

**Mécanismes d'inondation :** Conditions causant un type d'inondation particulier (p. ex. ponceau obstrué entraînant une inondation de surface).

**Normalisation :** Élaboration et application de normes qui établissent les pratiques, les exigences techniques et la terminologie reconnues pour les produits, les services et les systèmes.

**Plaine inondable :** Région adjacente à un lac, à un cours d'eau ou à une côte, susceptible d'être régulièrement inondée ou couverte d'eau. Elle comprend généralement les deux zones suivantes :

- **Canal de crue :** Lit d'un cours d'eau et terrains adjacents qui doivent demeurer dégagés afin que l'eau d'une crue réglementaire puisse s'écouler vers l'aval de façon sécuritaire.
- **Zone périphérique :** Reste de la plaine inondable, caractérisée par de moins grandes profondeurs, vitesses d'écoulement et énergies des vagues, où certains aménagements pourraient être tolérés s'ils comportent une protection suffisante contre les inondations.

**Pompe de puisard :** Dispositif mécanique placé dans un puisard (fosse recueillant l'eau à proximité des fondations) pour pomper la décharge du système de drainage des fondations ou les eaux souterraines et les acheminer à la surface ou à une conduite d'égout secondaire.

**Protection contre les inondations :** Toute combinaison d'ajouts, de modifications ou d'ajustements structuraux ou non structuraux à des structures qui réduit ou élimine le risque de dommages causés par une inondation à des biens immobiliers ou à des biens immobiliers améliorés, à des installations d'approvisionnement en eau ou de traitement des eaux usées, ou à des structures et à leur contenu.

**Réaménagement :** Conversion d'utilisations urbaines existantes, de valeur et d'importance faibles, en autres utilisations privilégiées en fonction d'un plan d'urbanisme (p. ex. réaménagement d'une friche industrielle en utilisations résidentielles).

**Refoulement d'égout (surcharge) :** Condition d'écoulement qui se produit lorsque le débit dépasse la capacité hydraulique de l'égout.

- **Refoulement d'égout pluvial :** Situation qui se produit lorsque les eaux de ruissellement surchargent l'égout pluvial. L'eau refoule dans la maison par l'intermédiaire de la conduite pluviale secondaire reliée au système de drainage des fondations. Les égouts pluviaux peuvent également refouler vers la surface, contribuant ainsi aux inondations de surface.
- **Refoulement d'égout sanitaire :** Situation qui se produit lorsque l'eau de captage et l'infiltration surchargent l'égout sanitaire, ce qui empêche l'évacuation adéquate de la décharge sanitaire de la maison vers l'égout sanitaire.
- **Refoulement d'égout unitaire :** Situation qui se produit lorsque les eaux de ruissellement surchargent l'égout unitaire (un ancien modèle de conduite qui transporte à la fois les eaux usées et les eaux de ruissellement), ce qui empêche l'évacuation adéquate de la décharge sanitaire de la maison vers l'égout unitaire.

**Rigole :** Canal peu profond, en pente, conduisant les eaux de ruissellement vers le système de gestion des eaux approprié.

**Risque d'inondation :** Combinaison de la probabilité d'une inondation et des conséquences sociales ou économiques qui en découleraient.

**Ruissellement :** Quantité d'eau qui provient de précipitations ou de la fonte de neige et qui s'écoule à travers les terrains et n'est pas emmagasinée ni emportée par évapotranspiration.

**Sous-zone de captage :** Terrain avec frontières physiques qui conduit le ruissellement en un point donné. Les bassins et sous-bassins hydrologiques se composent de nombreuses sous-zones de captage. En milieu urbain, les sous-zones de captage ont généralement une décharge (p. ex. cours d'eau ou lac).

**Surfaces imperméables :** Surfaces qui empêchent l'absorption de l'eau par le sol (p. ex. surfaces revêtues comme les routes et les stationnements, les bâtiments, les entrées de cour et les aménagements à l'aide de matériaux inertes).

**Système à trois conduites :** Système souterrain de collecte des eaux de ruissellement ou des eaux de drainage des fondations, généralement conçu de manière à transporter les eaux du drainage des fondations, du toit, ou de ces deux endroits par une troisième conduite située sous la voie publique (en plus des conduites sanitaires et pluviales). Un système collecteur pour drain de fondation en est un exemple.

**Système de drainage mineur :** Égouts pluviaux, bassins collecteurs, prises d'eau, dispositifs de contrôle du débit, caniveaux, fossés et creux conçus pour transporter les eaux de ruissellement d'orages fréquents.

**Système de drainage majeur :** Rues, grands collecteurs, chenaux, étangs, fossés, creux et vallées et cours d'eau naturels où s'écoule le ruissellement, y compris le ruissellement d'orages excédant la capacité du système de drainage mineur.

**Tuyau de descente :** Tuyau de drainage qui transporte l'eau de pluie du toit d'une construction et la déverse soit directement sur le sol ou à une conduite d'égout, afin de l'évacuer de la propriété (aussi appelé « descente de gouttière »).

## ANNEXE A : EXAMEN DES CHANGEMENTS APPORTÉS AU CODE NATIONAL DU BÂTIMENT QUI MODIFIENT LA RÉSILIENCE FACE AUX INONDATIONS DES LOGEMENTS RÉSIDENTIELS

Préparé par : Michel Frojmovic, directeur, Acacia Consulting

Préparé pour : le Centre Intact d'adaptation au climat et l'Association canadienne des constructeurs d'habitations

Acacia Consulting a examiné les éditions du *Code national du bâtiment du Canada* (CNB) de 1941 à 2015 pour cerner les modifications importantes liées à la résilience face aux inondations qui ont été apportées au fil du temps. L'examen portait sur les dispositions axées sur les mesures applicables à la partie privée du système qui visent à atténuer les risques de refoulement des égouts pluvial et sanitaire, les inondations de surface et l'infiltration d'eau souterraine.

Acacia Consulting a pu accéder aux versions numériques des éditions du CNB grâce au Conseil national de recherches du Canada (CNRC). Elle a également examiné les dispositions pertinentes du *Code national de la plomberie*.

Le tableau 9 résume les principaux résultats de l'examen. La colonne *Édition et section* précise l'année de l'édition et la section où se trouve la disposition citée. La colonne *Disposition du Code* résume ou reformule la disposition, par souci de concision.

**Tableau 9 : Résumé des modifications liées à la résilience face aux inondations apportées au Code national du bâtiment du Canada (CNB) et au Code national de la plomberie (CNP) de 1941 à 1995\***

Édition et section	Disposition du Code
<b>Nivellement du terrain</b>	
CNB 1941, K1.2.9 Collecteur principal	... reçoit les effluents du sol, des tuyaux d'évacuation et des autres tuyaux de drainage, et les dirige vers un endroit situé à au moins trois pieds du mur du bâtiment pour les rejeter dans un branchement d'égout.
CNB 1953, partie 7 Plomberie	Le collecteur principal rejette directement les effluents dans le branchement d'égout à au moins trois pieds de l'extérieur du bâtiment.
CNB 1960, partie 7 Plomberie	Le branchement d'égout est un tuyau raccordé au collecteur principal à trois pieds à l'extérieur du mur d'un bâtiment. Il conduit les eaux usées, les eaux nettes ou les eaux de ruissellement à un égout public ou à un système d'évacuation des eaux d'égout privé.
CNB 1970, 9.14.6.2	Le terrain doit être nivelé de façon à diriger les eaux de surface à l'opposé du bâtiment.
CNB 1975, 9.14.6.1	Il faut choisir l'emplacement du bâtiment ou terrasser le terrain de façon à empêcher que les eaux de surface ne s'accumulent au pied ou à proximité du bâtiment.
<b>Remblayage</b>	
CNB 1941, 5.6.2 Protection des sous-sols contre l'humidité	Le remblai sur lequel sera construit le sous-sol doit se composer d'un matériau poreux, et celui autour des murs, d'un sol relativement imperméable.
CNB 1980, 4.2.5.8(2)	Les matériaux de remblayage ne doivent pas, par nature, être sujets à des variations volumétriques dues aux changements de température et de teneur en eau.
CNB 1980, 9.12.3.2	Les remblais doivent être nivelés de manière à empêcher, après tassement, l'eau de s'écouler vers les fondations.
CNB 1990, 9.12.3	Les remblais doivent pouvoir supporter les semelles et les fondations.
<b>Descentes pluviales et raccordements à l'égout</b>	
CNB 1953, 7.10.3 Systèmes séparatifs	Les systèmes de drainage sanitaire et pluvial d'un bâtiment doivent être entièrement séparés, sauf si seul un égout unitaire est présent.
CNB 1970, 7.4.4.1	Tout appareil sanitaire doit être raccordé au système de drainage sanitaire.
CNB 1970, 9.27.15 Avaloirs et descentes pluviales	Une descente pluviale qui n'est pas raccordée à l'égout doit être prolongée de manière à éloigner l'eau de pluie du bâtiment afin d'éviter l'érosion du sol.

Tuyaux de drainage	
CNB 1970, 9.14.5	Les tuyaux de drainage doivent diriger l'eau vers un égout, un fossé ou un puits perdu. Si les conditions ne sont pas favorables au drainage par gravité, il faut prévoir une pompe automatique pour évacuer l'eau du puisard couvert vers un égout, un fossé ou un puits perdu.
Clapets anti-retour	
CNB 1941, K4.3.9 Clapets anti-retour	Tous les éléments de roulement des clapets anti-retour doivent se composer d'un métal résistant à la corrosion et avoir été conçus et construits de manière à garantir une étanchéité parfaite contre un écoulement en sens inverse tout en ne nuisant pas à l'évacuation.
CNB 1960, 7.5.2.2(3)	Il faut installer un clapet anti-retour sur le tuyau de trop-plein reliant une citerne pluviale à un système de drainage sanitaire.
CNB 1960, 7.5.9.5(1)	Il faut installer un clapet anti-retour ou un robinet-vanne sur le tuyau de vidange d'un appareil sanitaire raccordé à un collecteur principal susceptible de refouler.
CNB 1970, 7.4.2.2(3)	Il faut installer un clapet anti-retour sur le tuyau de trop-plein reliant une citerne pluviale à un système de drainage sanitaire.
CNP 1975, 4.6.4(1)	Il ne faut pas installer de clapet anti-retour ou de robinet-vanne sur un collecteur principal ni dans un bâtiment sans autorisation.
CNP 1995, 4.2.1	Il faut installer un clapet anti-retour dans les systèmes de drainage pluviaux qui sont susceptibles de refouler.
Pompes de puisard	
CNB 1941, K5.5.8.11 Puisards et réservoirs de captage	Tous les collecteurs sous la maison doivent être raccordés à un puisard ou à un réservoir de captage étanche à l'air, situé de manière à recevoir les eaux usées par la gravité, depuis lequel les eaux seront relevées jusqu'au branchement d'égout par des pompes, des éjecteurs ou tout autre dispositif automatique aussi efficace. Lorsque seuls les avaloirs du sous-sol se déversent dans les collecteurs sous la maison, le puisard ou le réservoir de captage n'ont pas besoin d'être étanches à l'air ni ventilés.
CNB 1953, 7.5.8 Évacuation sous le niveau des égouts	Tous les collecteurs principaux souterrains qui transportent des eaux usées ou des matières similaires doivent être raccordés à un puisard ou à un réservoir de captage étanche, situé de manière à recevoir l'écoulement par gravité. Les eaux seront ensuite relevées jusqu'au branchement d'égout par une pompe, un éjecteur ou tout autre dispositif aussi efficace.
CNB 1960, 7.5.9.4(1)	La tuyauterie dont le niveau ne permet pas l'écoulement par gravité dans un branchement d'égout doit être raccordée à un puisard ou à un réservoir de captage.
CNB 1970, 9.14.5.2	Si les conditions ne sont pas favorables au drainage par gravité, il faut prévoir une pompe automatique pour évacuer l'eau du puisard couvert vers un égout, un fossé ou un puits perdu.
Joints et raccords	
CNB 1941, K5.2.1	Tous les joints et raccords doivent être étanches à l'eau et aux gaz.
CNB 1953, 7.6.1	Tous les joints et raccords utilisés dans les installations de plomberie doivent être étanches à l'eau et à l'air, et satisfaire aux contrôles.
Dalots souterrains	
CNB 1941, K6 Inspection et essai	Chaque élément d'un système de drainage doit subir un essai à l'eau.
CNB 1953, 7.3.1 Qualité des matériaux	Toute partie d'une installation de plomberie doit être composée de matériaux exempts de défauts pouvant réduire son utilité aux fins de salubrité.

\* Aucun changement important n'a été apporté aux dispositions liées à la résilience face aux inondations du CNB et du CNP entre 1995 et 2015.



## ANNEXE B : MESURES PHYSIQUES MISES EN ŒUVRE POUR RÉDUIRE LE RISQUE D'INONDATION DE ZONES RÉSIDENTIELLES EXISTANTES AU CANADA

### Système de lutte contre les inondations au ruisseau Davis, à Hamilton, en Ontario



Système de ponceau à double compartiment au ruisseau Davis, à Hamilton, en Ontario. Le compartiment de gauche sera muni d'une vanne de décharge automatique, et celui de droite est doté d'une vanne manuelle de secours.

Lieu : Hamilton, en Ontario.

Période de construction : De 2012 à 2015.

Mis en œuvre sur une propriété publique : Terrain public – rue King et bretelle sud-est de la Red Hill Valley Parkway, à Hamilton, en Ontario.

Équipe d'ingénierie : Ron Scheckenberger, directeur du projet, et Aaron Brouwers, ingénieur du projet (Amec Foster Wheeler).

Pratiques exemplaires connexes : Ajout d'installations de stockage au système; construction de nouvelles infrastructures de lutte contre les inondations pour contrôler les débordements et réduire les débits de pointe dans les zones vulnérables aux inondations.

Description : La Red Hill Valleys Parkway de la ville de Hamilton, valant 400 millions de dollars, est construite au fond d'une vallée. Elle court donc un risque d'inondation riveraine. Pour réduire ce risque et améliorer la sécurité globale pour les automobilistes, Amec Foster Wheeler a conçu un système novateur de lutte contre les inondations pour le plus important affluent du ruisseau Red Hill, le ruisseau Davis. Ce système tire parti d'une zone de stockage naturelle (comprise dans le système de drainage de la région) ayant une capacité de plus de 350 000 m<sup>3</sup>, située dans la vallée en amont de la route. À l'origine, le ponceau à double compartiment installé sous la bretelle devait être en partie bloqué, de manière à retenir temporairement l'écoulement des crues du ruisseau Davis comme le ferait une installation de retenue des eaux pluviales sèche conventionnelle et intégrée au système global. Cependant, un blocage

aussi simpliste entraîne un risque de débordement en cas de gestion inadéquate. Par conséquent, Amec Foster Wheeler a élaboré un système avec vanne automatique, laquelle demeurera ouverte tant que le bassin hydrographique ne connaîtra pas une crue importante (à récurrence de 25 ans ou plus). Le cas échéant, la vanne se fermera, retenant les eaux dans la vallée naturelle du ruisseau Davis. Si l'eau continue de monter, s'approchant du niveau critique, la vanne s'ouvrira lentement pour empêcher le débordement.

Zone de drainage : 12,5 km<sup>2</sup> (environ 20 % de toute la vallée de Red Hill, qui fait à peu près 63 km<sup>2</sup>).

Coût

- Planification et conception : 100 000 \$ CA
- Construction : 1 800 000 \$
- Coûts annuels d'exploitation et d'entretien : À déterminer; le manuel d'exploitation et d'entretien est en élaboration.

Résultats (performance) : Le système avec vanne automatique réduit les débits de pointe en aval du ruisseau Red Hill de 15 % en cas de crue à récurrence de 100 ans, soit la crue nominale utilisée pour la route, ce qui a pour effet d'améliorer la sécurité de cette dernière et de diminuer considérablement les coûts d'infrastructure, car il est ainsi possible de construire de plus basses chaussées (nécessitant moins de remblayage) et de plus petites traversées de pont; en général tout élément lié à la géométrie du chenal peut être plus petit. Une source d'alimentation de secours (génératrice) garantit que le système fonctionne en cas de panne de courant, et une commande manuelle permet d'ouvrir la vanne en cas de défaillance totale du système ou de débordement. De plus, le système peut communiquer son état (vanne ouverte ou fermée) à l'équipe d'exploitation et d'entretien de la Ville de Hamilton. Le personnel connaît ainsi l'ampleur de la crue et sait s'il doit intervenir pour ouvrir la vanne.

Avantages non liés aux inondations découlant de la mise en œuvre du projet

- Avantages pour la biodiversité : Les animaux sauvages de petite ou de moyenne taille (p. ex. cerfs et petits mammifères) peuvent se déplacer dans la vallée. De même, l'accès des animaux vivant dans le ruisseau n'est entravé par aucun obstacle érigé par l'humain, car le système est ouvert la majorité du temps.

## Projet de remise en état du lac Pelly's (milieu humide), au Manitoba



Milieu humide remis en état au lac Pelly's, au Manitoba.

Lieu : Lac Pelly's, à Holland, au Manitoba.

Période de construction : De 2014 à 2015.

Mis en œuvre sur une propriété publique : La zone s'étend sur les terrains de sept propriétaires et est gérée par le District de conservation de La Salle Redboine en vertu de conventions de servitude.

Équipe de conception technique : Ken Rakhra, du gouvernement du Manitoba, et le personnel du District de conservation de La Salle Redboine.

Pratique exemplaire connexe : Mise en œuvre de solutions d'infrastructures naturelles (p. ex. milieux humides et étangs) en supplément des solutions d'infrastructures grises pour la gestion des eaux de ruissellement.

Description : La zone inondable de 121 hectares nommée lac Pelly's se situe sur une terre agricole fortement drainée en amont d'une zone à grand risque d'inondation par la rivière Boyne, un affluent de la rivière Rouge. La rivière Rouge a causé de graves inondations dans le passé et achemine environ 60 % de la charge en nutriments dans le lac Winnipeg, le plus eutrophe des grands lacs du monde.

En 2015 a été construite une structure de retenue d'eau afin de gérer l'écoulement au lac Pelly's, transformant un marais naturel et une terre agricole marginale en un milieu humide et un réservoir aménagés. Le principal avantage d'un milieu humide aménagé est la possibilité de contrôler le déversement d'eau, ce qui permet de réduire les inondations et de recharger les cours d'eau en aval tard en saison (atténuation de la sécheresse).

### Coût

- Planification et conception : 10 000 \$ (y compris les heures de conception, l'échantillonnage du sol et les honoraires de conseil)
- Coût en capital : 1 017 183 \$
- Coûts annuels d'exploitation et d'entretien, y compris la récolte de quenouilles : 125 000 \$

Résultats (surveillance de la performance) : En 2017, des chercheurs de l'Université de la Saskatchewan ont évalué à 3 700 148 \$ CA les retombées économiques nettes du projet, en supposant un cycle de vie de 20 ans et un taux d'actualisation de 3 %. Cette évaluation montre la valeur de l'atténuation des inondations ainsi que de la réduction de la charge en nutriments (phosphore et azote) et des émissions de dioxyde de carbone.

Avantages non liés aux inondations découlant de la mise en œuvre du projet

- Avantages pour la biodiversité : Accroissement de la diversité des espèces végétales et aviaires (p. ex. des chercheurs de l'Université de la Saskatchewan ont constaté une augmentation des espèces d'oiseaux aquatiques et d'oiseaux chanteurs).
- Amélioration de la qualité de l'eau : Réduction de la charge en phosphore et en azote dans le lac Winnipeg grâce à la récolte des quenouilles, car celles-ci (qui prolifèrent dans les milieux humides) en consomment de grandes quantités.

## Étude des inondations dans le secteur d'Orléans, à Ottawa, en Ontario



Égout pluvial surchargé sur le boulevard St-Joseph à Orléans, à Ottawa (2006).

Lieu : Ottawa, en Ontario.

Période de construction : De 2009 à 2010.

Mis en œuvre sur des propriétés publiques : La zone à l'étude comptait sept bassins d'eaux usées en milieu résidentiel dans le secteur d'Orléans, à Ottawa, pour une superficie totale d'environ 1 400 ha.

Équipe d'ingénierie : Quatre des sept bassins ont fait l'objet d'une étude interne par le personnel de la Ville d'Ottawa. Les trois autres bassins ont été étudiés par les firmes Stantec Consulting, Delcan (aujourd'hui Parsons) et J.F. Sabourin et associés.

Pratiques exemplaires connexes : Analyse détaillée du drainage double pour optimiser le réseau d'égouts pluviaux en place; installation de dispositifs de contrôle du débit dans tous les bassins pour réduire au minimum la surcharge des égouts; améliorations importantes du réseau pour maximiser le stockage et améliorer l'évacuation; installation de nouveaux égouts pluviaux pour accroître la capacité du réseau aux endroits critiques; remplacement des plaques d'égout pluvial.

Description : Le 3 juillet 2006, une partie du secteur d'Orléans, à Ottawa, a été frappée par une tempête plus forte que la pluie à récurrence de 100 ans. Le 2 août suivant, la zone a reçu une autre chute de pluie importante. Durant ces deux événements, certaines artères municipales et propriétés privées ont accumulé une grande quantité d'eau, mais la grande majorité des signalements d'inondation concernaient l'entrée d'eau dans les sous-sols par les égouts municipaux. La Ville d'Ottawa a en fait reçu plus de 800 signalements d'inondation de sous-sol. Par conséquent, elle a entrepris une analyse détaillée du drainage double dans la zone touchée pour trouver comment protéger les sous-sols à la hauteur des normes actuelles. Les mesures suivantes ont été mises en œuvre :

- Installation de dispositifs de contrôle du débit dans tous les bassins collecteurs.
- Remplacement de toutes les plaques d'égout pluvial par des plaques non perforées pour empêcher le contournement des dispositifs de contrôle du débit.

- Renouvellement de sections de sentiers et de routes pour diriger l'écoulement à l'opposé des maisons vers les principaux exutoires du réseau.
- Renouvellement du haut des entrées de cour en pente inversée pour empêcher le ruissellement excédentaire d'y déborder.
- Construction d'égouts pluviaux surélevés pour drainer les zones de basse élévation des artères critiques où l'eau s'était trop accumulée, zones qui présentaient ainsi un risque important pour la sécurité.
- Modernisation des égouts pluviaux qui créaient des engorgements dans le réseau.

Zone de drainage : 1 400 ha

Coût

- Planification et conception : 675 000 \$ CA
- Construction : 4 325 000 \$
- Coûts annuels d'exploitation et d'entretien : Travaux menés dans le cadre des activités régulières d'exploitation et d'entretien des infrastructures.

Résultats (performance) : En 2011, Orléans a essuyé une autre chute de pluie importante, très semblable aux précipitations de 2006. Aucune inondation de sous-sol n'a été signalée dans les sept bassins où des mesures d'atténuation des inondations avaient été mises en œuvre. Des plaintes portaient toutefois sur l'accumulation excessive d'eau dans les rues résidentielles, le débordement d'eau sur les propriétés privées et l'érosion des aménagements paysagers et des jardins à la suite d'importantes décharges du réseau. Après l'averse de 2011, la Ville a procédé à d'autres ajustements du réseau pour réduire au minimum les répercussions futures sur les propriétés privées. Cependant, dans la plupart des cas, le personnel municipal n'a fait qu'informer le public des avantages de garder l'eau à la surface (« Il vaut mieux accumuler l'eau dans les rues que dans les sous-sols! »).

## Programme d'atténuation des inondations de St. Catharines, en Ontario

Lieu : St. Catharines, en Ontario.

Période de mise en œuvre : Programme annuel (de 1995 à aujourd'hui).

Mis en œuvre sur des propriétés privées

Type de mesure : Le programme d'atténuation des inondations de St. Catharines offre des subventions d'une valeur maximale de 3 500 \$ aux résidents admissibles pour les aider à assumer les coûts d'installation de dispositifs de protection contre les inondations, comme des clapets anti-retour et des pompes de puisard, ainsi que les coûts de débranchement des dalots souterrains sur les propriétés privées.

Pratiques exemplaires connexes : Débranchement des tuyaux de descente des égouts sanitaires et unitaires; programmes de débranchement des drains de fondation pour réduire la possibilité de captage dans le réseau d'égouts sanitaires; mobilisation du public.

Description: Le programme d'atténuation des inondations a pour objectif d'offrir aux propriétaires de logement une protection immédiate contre les inondations de sous-sols, pendant que la Ville examine et met en œuvre des solutions à long terme. Il vise plus précisément les maisons qui ont été inondées à la suite d'une surcharge de la conduite principale pendant une forte pluie.

Le programme fournit une subvention aux propriétaires ayant subi des inondations de sous-sol répertoriées attribuables à des surcharges d'égout. Chaque demande présentée par un propriétaire est examinée. Une équipe municipale visite la propriété pour déterminer la cause de l'inondation, trouver une solution et approuver la portée des travaux. En général, ceux-ci comprennent l'installation d'un dispositif anti-retour sur la principale conduite secondaire du bâtiment, le débranchement du drain de fondation de l'égout sanitaire et son raccord à un puisard se déchargeant à la surface, ainsi que des travaux de restauration de base.

Le propriétaire doit obtenir des devis concurrentiels d'entrepreneurs en plomberie pour les travaux admissibles. La Ville ne recommande ni ne présélectionne aucun entrepreneur, et détermine le montant de la subvention selon le devis le plus bas. Dans une installation typique du programme, le propriétaire ne débourse rien.

Le propriétaire s'occupe ensuite d'engager un entrepreneur, qui doit obtenir le permis requis et

effectuer les travaux. Une fois ceux-ci terminés et l'inspection réalisée, la Ville remet la subvention au propriétaire, qui paie l'entrepreneur. Toutes les questions de garantie relèvent de l'entrepreneur.

Après l'installation, le propriétaire doit effectuer de petits travaux d'entretien deux fois par année pour assurer le bon fonctionnement du clapet anti-retour.

Zone de drainage : Programme visant toute la ville.

Coût

- Le budget annuel de subventions du programme s'élevé actuellement à 100 000 \$. Le nombre de demandes varie cependant beaucoup d'année en année; il dépend fortement du nombre de chutes de pluie extrêmes. Lorsque la demande excède le montant budgété, des fonds supplémentaires sont débloqués par des modifications au budget en cours d'exercice. La Ville n'a jamais rejeté de demande en raison d'un manque de fonds.
- Depuis son lancement en 1995, le programme a remis plus de 1,6 million de dollars en subvention pour des travaux sur environ 700 propriétés.
- Outre les subventions, l'administration du programme entraîne des coûts en ressources humaines. De plus, le programme couvre les coûts du permis de plomberie (220 \$ par propriété) et d'une inspection par télévision en circuit fermé de la conduite sanitaire secondaire (200 \$ par propriété).

Coûts annuels d'exploitation et d'entretien : La Ville n'engage aucuns frais annuels importants pour l'exploitation et l'entretien dans le cadre de ce programme. Il incombe aux propriétaires d'entretenir les dispositifs et d'assumer tout coût de services publics (p. ex. l'électricité pour la pompe de puisard).

Résultats (surveillance de la performance) : Les clapets anti-retour installés sur une conduite principale sont fiables, mais sujets à des défaillances s'ils ne sont pas entretenus régulièrement. De telles défaillances sont survenues, particulièrement dans des maisons qui avaient été vendues sans que le nouveau propriétaire soit mis au courant de la présence du dispositif et de ses besoins d'entretien.

La Ville de St. Catharines a également installé des appareils de surveillance sur les pompes de puisard pour mesurer la quantité d'eau provenant des dalots souterrains qui est détournée des égouts sanitaires. D'après ces mesures, elle a estimé que chaque débranchement de dalot souterrain retire environ 110 m<sup>3</sup> d'eau des égouts sanitaires par année.

Avantages non liés aux inondations découlant de la mise en œuvre du projet : Ce programme procure plusieurs autres avantages. L'un d'eux est qu'il encourage les résidents à informer la Ville de leurs problèmes d'inondation. Lorsque le personnel municipal examine ces problèmes, il peut trouver d'autres éléments dans les parties publiques et privées du système qui accroissent le risque d'inondation. Par exemple, il peut observer une obstruction partielle de la conduite sanitaire principale, la détérioration de la conduite secondaire, des jonctions fautives et des branchements illégaux de pompes de puisard (p. ex. raccord à l'égout sanitaire) ainsi que d'autres problèmes qui seraient autrement demeurés inconnus et non réglés.

Le programme représente aussi une occasion d'informer les résidents des enjeux relatifs aux installations de plomberie et au réseau collecteur d'eaux usées, ainsi que des gestes qu'ils peuvent poser pour se protéger contre les inondations. Certains propriétaires cherchent alors à obtenir ou à conserver une assurance couvrant les inondations de sous-sol.

Leçons apprises et rétroaction du public : Le programme a du succès : plus de 700 propriétés ont bénéficié du soutien de la Ville. Le nombre de demandes au cours d'une année donnée dépend du nombre de chutes de pluie extrêmes. Bien que le programme n'élimine pas tous les types d'inondations, il peut être une solution efficace à court terme pour les refoulements d'égout.

Le Conseil municipal appuie fortement le programme, car il le considère comme un moyen de venir immédiatement et directement en aide aux propriétaires pour réduire le risque d'inondation. À titre de comparaison, la modernisation des infrastructures peut demander plusieurs années.

De manière générale, les résidents qui n'ont jamais subi d'inondation ne s'intéressent pas au programme. Les travaux peuvent être dérangeants (p. ex. bris du plancher en béton du sous-sol pour l'installation d'un clapet anti-retour ou d'un puisard). Cependant, les résidents qui ont connu une inondation désirent souvent participer au programme.



## Projet de séparation des égouts unitaires à Charlottetown, à l'Île-du-Prince-Édouard

Lieu : Charlottetown, Île-du-Prince-Édouard.

Périodes de construction : De 2004 à 2006 et de 2012 à 2016.

Mis en œuvre sur des propriétés publiques : Quartiers Brighton et Spring Park.

Équipe d'ingénierie : Pat Hughes, directeur du projet (CBCL Ltd.), et Luc Van Hul, directeur du projet (WSP Engineer Ltd.).

Pratique exemplaire connexe : Construction d'égouts séparatifs pour réduire les dérivations des égouts sanitaires, accroître la capacité et réduire la charge réseau.

Description : Avant le projet de séparation, la conduite unitaire de deux quartiers de Charlottetown collectait les eaux usées des propriétés résidentielles, commerciales et industrielles ainsi que les eaux de ruissellement, et dirigeait le tout vers l'usine de traitement des eaux usées de la Ville. Pendant les chutes de pluie importantes ou la fonte printanière, les eaux de ruissellement se mélangeaient avec l'effluent non traité, et le mélange excédait parfois la capacité de l'usine de traitement. L'excédent d'eau non traitée s'écoulait alors dans le port sur la rivière Hillsborough.

En 2004, le service d'aqueduc et d'égouts de la Ville de Charlottetown a retenu les services de CBCL pour la conception préliminaire, l'inspection des lieux et l'administration de contrats pour la construction de 6,3 km de conduite de refoulement et d'égout sanitaire gravitaire dans le quartier Brighton.

Le projet comprenait l'installation d'un nouveau réseau d'égouts sanitaires dans une zone où se trouvait un égout unitaire. Ont été installés de nouveaux branchements sanitaires reliant chaque propriété à l'emprise, ainsi qu'une station de relèvement pour pomper les eaux du nouveau réseau, enfoui plus profondément. Voici les principaux éléments du projet :

- 905 m de conduite principale de 300 mm de diamètre;
- 4 320 m de conduite principale de 200 mm de diamètre;
- 850 m de conduite principale de 200 mm de diamètre;
- 3 300 m de conduite secondaire de 100 mm de diamètre;
- 220 m de conduite de refoulement de 150 mm de diamètre;
- Environ 341 conduites secondaires;
- 105 regards d'égout;
- Pompe pour bassin d'eaux usées (taille de 159 acres, ou 64,4 hectares);
- Station de relèvement des eaux usées à pompe duplex de 7,5 hp, dotée d'un commutateur de transfert manuel pour l'alimentation d'urgence en cas de panne de courant.

Une fois l'égout gravitaire et la station de pompage de la Colonel Gray Drive en service, l'égout unitaire a commencé à servir d'égout pluvial. Les effluents distincts

du quartier Brighton étaient alors pompés par la station de relèvement du quartier jusqu'à la conduite unitaire municipale de 60 pouces de diamètre située dans le bassin de Spring Park. Le système a fonctionné ainsi jusqu'à la fin de l'étape suivante du projet.

Après la fin des travaux de modernisation de son usine d'épuration (traitement secondaire) et ceux de séparation de l'égout unitaire du quartier Brighton, et pour continuer à régler les problèmes opérationnels et environnementaux associés aux débordements de l'égout unitaire, la Ville de Charlottetown a retenu les services de WSP pour le projet de séparation du reste de l'égout unitaire dans le quartier Spring Park.

De manière générale, ce projet comprenait la conception et l'installation de conduites sanitaires principales et secondaires, de regards d'égout, de stations de relèvement et de conduites de refoulement, ainsi que des remises en état dans tout le réseau unitaire. Il a demandé l'utilisation de méthodes sans tranchée, comme le chemisage de conduites principales et le forage dirigé dans les zones restreintes ou sans servitude. La conception reposait principalement sur les exigences du document *Atlantic Canada Wastewater Guidelines Manual for Collection, Treatment and Disposal*, et le nouvel égout sanitaire devrait avoir une durée de vie d'au moins 100 ans. La conception a également tenu compte de la population éventuellement à desservir à la fin de la durée de vie de l'égout (dans cent ans, voire plus) dans les bassins d'eaux usées qui y sont raccordés. WSP s'est chargée de la conception du réseau d'égouts et de la conception détaillée de deux stations de pompage submersibles ainsi que de puits perdus et puits de captage pour la modernisation de la station de pompage.

La construction du projet s'est déroulée sur cinq ans, et plusieurs appels d'offres ont été lancés pour assurer la réalisation rapide de la conception et de la construction. Tout le projet, y compris la consultation et la construction, a été mené alors que les conduites principales et secondaires existantes étaient utilisées. En raison de routes passantes à proximité, il a fallu concevoir et mettre en œuvre un plan de contrôle de la circulation.

### Coût

- Section Brighton : 4 200 000 \$
- Section Spring Park : 18 000 000 \$

Résultats (performance) : Avant la séparation de l'égout unitaire, les eaux non traitées de ce dernier se déversaient dans les eaux réceptrices environ 50 fois par année, à la suite de précipitations. Après le projet de séparation, moins de cinq événements météorologiques par année causent un écoulement qui excède la capacité des usines de traitement. Pour améliorer encore ses résultats, la Ville prévoit appliquer d'autres mesures de réduction de l'infiltration et du captage dans le reste du réseau d'égouts sanitaires.

Avantages non liés aux inondations découlant de la mise en œuvre du projet : Amélioration de la qualité de l'eau dans le port sur la rivière Hillsborough et pêche coquillière, laquelle est gérée selon le plan de gestion conditionnelle du port.

## Projet d'installation d'une digue secondaire sur la rue Scotia, à Winnipeg, au Manitoba

Lieu : Winnipeg, au Manitoba.

Période de construction : De 2004 à 2010 (construction en phases).

Équipe d'ingénierie : UMA/AECOM.

Pratique exemplaire connexe : Protéger contre les inondations les propriétés adjacentes aux cours d'eau pour assurer le niveau de service souhaité.

Description : Au printemps 1997, le Manitoba a fait face à la « crue du siècle » (un événement à récurrence d'environ 100 ans), contre laquelle la ville de Winnipeg s'est bien protégée. Toutefois, pendant ses interventions, la Ville a dû fournir des matériaux et de l'équipement pour la construction d'urgence de digues secondaires autour de quelque 800 propriétés; elle a remis un total de huit millions de sacs de sable à 750 d'entre elles. Après cet événement, la Ville a commencé à étudier la faisabilité de la construction de digues secondaires permanentes autour de groupes de maisons à risque, pour accroître leur protection. L'un des principaux facteurs utilisés pour déterminer les zones prioritaires était le ratio coûts-avantages, lequel tenait compte des coûts éventuels de futures mesures de protection d'urgence contre les inondations.

Une des zones jugées prioritaires était la rue Scotia, qui présentait un bon rendement du capital investi étant donné les coûts futurs prévus. Le projet de digue secondaire sur cette rue améliore la protection contre les inondations de plus de 25 maisons situées du côté de la rivière par rapport à la première ligne de défense (la rue), soit sur environ 470 m le long de la rivière Rouge. La digue suit à peu près le tracé de la rivière le long des cours arrière de maisons unifamiliales isolées. Le projet s'est déroulé en plusieurs phases, à mesure que les détails et les ententes étaient négociés avec les propriétaires concernés. Le tracé de la digue est protégé contre l'empiètement par une servitude continue, et est couvert par le règlement municipal sur les digues secondaires. Dans l'ensemble, le couloir de la digue secondaire sur la rue Scotia fait plus d'un kilomètre de long. Il englobe des structures construites avant le projet ainsi que des propriétés qui n'avaient pas besoin d'une protection supplémentaire.

Bien que la digue à noyau d'argile dépasse 1,5 m à quelques endroits, sa hauteur est généralement sous le niveau de protection contre les crues, parce que les propriétaires n'acceptaient pas de modifier davantage leur aménagement paysager. Par ailleurs, l'imposition d'une charge supplémentaire à la berge de la rivière aurait nécessité des travaux de stabilisation qui auraient fait baisser le ratio coûts-avantages à un point tel que le projet n'aurait peut-être pas été financièrement raisonnable. Quoiqu'il en soit, le projet a apporté des avantages très importants aux propriétaires et à la Ville :

- Digue aménagée, continue et uniforme protégeant les propriétés à risque élevé.
- Réduction de la fréquence du recours à d'autres mesures de protection contre les inondations.
- Réduction importante du nombre de sacs de sable nécessaires.

- Surface plate et libre sur laquelle il est possible de placer d'autres mesures de protection contre les inondations.
- Protection du tracé contre l'empiètement par des servitudes établies et des règlements particuliers.

Le règlement sur les digues secondaires de la Ville de Winnipeg (n° 7600/2000) désigne les couloirs de digues secondaires et régit la construction dans ceux-ci. Il assure également que la Ville a accès aux couloirs pour les inspecter et les entretenir. En fin de compte, parce que chaque section de la digue protège tous les bâtiments le long de la digue, ce règlement protège les intérêts de l'ensemble des propriétaires.

### Financement

- Programme d'amélioration des digues secondaires, mis sur pied après la crue de 1997, avec entente de partage des coûts comme suit : le gouvernement fédéral en assume 45 %, le gouvernement provincial, 45 %, et la Ville, 10 %.

### Coût

- Construction : environ 415 000 \$ (de 2004 à 2010)
- Coûts annuels d'exploitation et d'entretien : Aucuns frais budgétés pour l'entretien annuel. La digue est entretenue par les propriétaires privés.

Résultats (performance) : Depuis la fin de la construction du projet, la zone protégée n'a pas eu besoin d'autres mesures de protection contre les inondations (sacs de sable), alors que des propriétés adjacentes ont dû recourir aux sacs de sable en 2009 et en 2011. Il est estimé que le coût de la fourniture de sacs de sable dans la zone maintenant protégée s'est élevé à un million de dollars en 1997.



Digue secondaire de la rue Scotia.

## Projet d'atténuation des inondations au centre-ville de Calgary, en Alberta

Lieu : Calgary, en Alberta.

Période de construction : De 2017 à 2021.

Mis en œuvre sur des propriétés publiques :

L'infrastructure d'atténuation des inondations riveraines se trouve le long de la rive sud de la rivière Bow, entre les ponts Peace et Reconciliation, au centre-ville de Calgary. Cette initiative regroupe trois projets : 1) Parc West Eau Claire, 2) barrière anti-crues au tablier inférieur du pont Centre Street, et 3) promenade Eau Claire.

Ingénieur-ressource : Andrew Forsyth, Génie fluvial, Ville de Calgary.

Pratique exemplaire connexe : Construction d'une barrière d'atténuation des inondations riveraines à récurrence de 200 ans pour réduire les dommages causés par les débits fluviaux de pointe dans le centre-ville de Calgary, le long de la rivière Bow.

Description : La Ville de Calgary adopte une approche globale pour l'atténuation des inondations. Elle compte sur de multiples lignes de défense pour renforcer la résilience face aux inondations à l'échelle du bassin hydrographique, de la ville et de chaque terrain. Durant l'inondation de 2013, le cœur du centre-ville a été submergé, le courant a été coupé et les entreprises sont demeurées inaccessibles pendant au moins six jours. Comme le centre-ville abrite 124 sièges sociaux, plus de 9 000 résidents et 150 000 emplois, il était crucial d'accroître sa protection contre les inondations.

Les mesures d'atténuation des inondations riveraines à cet endroit comprennent les barrières du parc West Eau Claire (terminée à l'automne 2018) et de la promenade Eau Claire, qui sont reliées à la barrière du tablier inférieur du pont Centre Street. L'infrastructure se fond harmonieusement dans l'espace public le long de la rivière au centre-ville, grâce à l'intégration des talus protecteurs au réseau de sentiers, au camouflage du mur en béton sous de jolis bancs, et à l'incorporation d'une courte section du mur à un jardin de fleurs.

La barrière de la promenade Eau Claire se composera aussi de talus et de murs de béton longeant le réseau de sentiers publics au bord de la rivière. Elle se raccordera à la barrière de protection contre les inondations du parc West Eau Claire. La barrière au tablier inférieur du pont Centre Street est munie de batardeaux amovibles, un avantage dont bénéficie tout le système de protection. Les barrières s'élèvent à environ 1 m au-dessus du sentier, une hauteur suffisante pour retenir l'écoulement au débit fluvial nominal avec une hauteur libre (revanche) de 0,5 m. Cette revanche représente une marge de sécurité contre les éventuels débris, vagues, dépôts graveleux et changements climatiques.

Ces mesures de protection contre les inondations limitent l'interruption des activités commerciales et les pertes financières en plus d'accroître la résilience des infrastructures publiques et des services essentiels. Les projets ont été financés par le gouvernement de l'Alberta, dans le cadre du programme de résilience communautaire de l'Alberta.

Zone de drainage : Le projet protégera 80 hectares au cœur du centre-ville de Calgary contre la crue à récurrence de 200 ans.

Coûts de construction : Barrière de la promenade Eau Claire, 25,6 M\$ (en conception); barrière du parc West Eau Claire, 3,2 M\$, et barrière du pont Centre Street, 1,7 M\$ (terminés en 2018).

Résultats (performance) : Une fois terminé, le projet reliera les barrières anti-crues existantes du parc West Eau Claire et du pont Centre Street en une seule infrastructure capable d'atténuer la crue à récurrence de 200 ans, en combinaison avec l'utilisation des réservoirs existants en amont. Si un réservoir supplémentaire (envisagé) sur la rivière Bow en amont de Calgary est construit, le centre-ville sera protégé, selon les estimations, contre une crue à récurrence de 1 000 ans.

Avantages non liés aux inondations découlant de la mise en œuvre du projet : Embellissement de l'espace public longeant la rivière Bow, car les barrières de protection contre les inondations s'harmonisent au parc et à la promenade Eau Claire et s'intègrent à l'espace public.



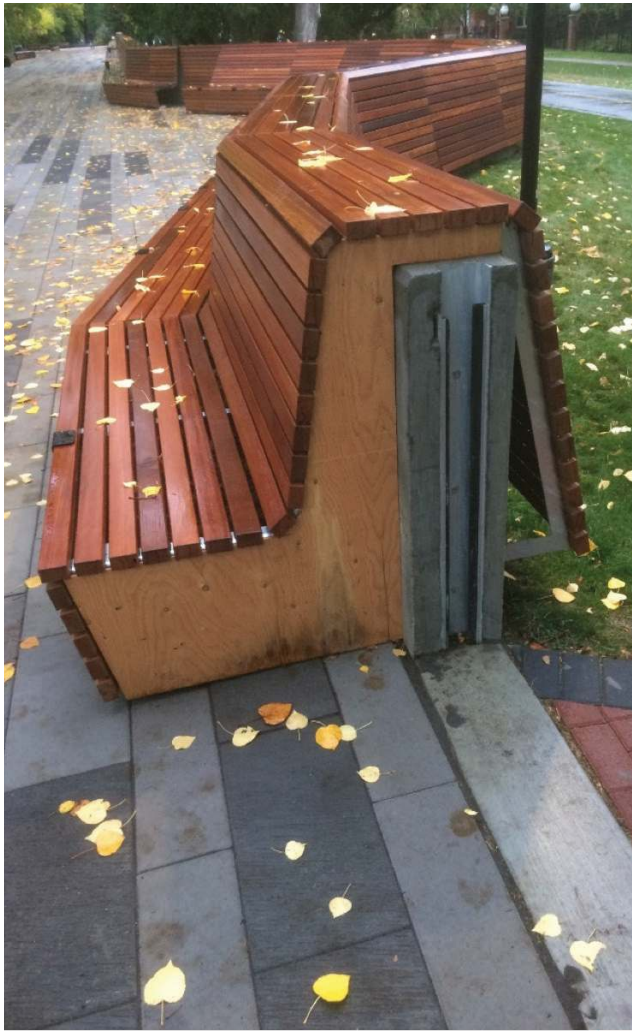


Figure 1. Section en béton de la barrière anti-crues du parc West Eau Claire. On peut voir les rainures en aluminium où sont insérés les batardeaux en cas d'inondation.



2



3

Figure 2. Talus de la barrière anti-crues du parc West Eau Claire.

Figure 3. Talus de la barrière anti-crues du parc West Eau Claire qui s'intègre à la piste cyclable et à la promenade piétonne.

## NOTES EN FIN DE TEXTE

- 1 Gouvernement du Canada (2016). *Canada's Way Forward on Climate Change: The Paris Agreement*. Sur Internet : [www.climatechange.gc.ca/default.asp?lang=En&n=24700154-1](http://www.climatechange.gc.ca/default.asp?lang=En&n=24700154-1).
- 2 Gouvernement du Canada (2017). *Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe (RRC) 2015-2030*. Sur Internet : <https://www.securitepublique.gc.ca/cnt/mrgnc-mngmnt/dsstr-prvntn-mtgn/pltfm-dsstr-rsk-rdctn/snd-frmwrk-fr.aspx>.
- 3 Bureau du vérificateur général du Canada (2017). *Rapport 2 – L'adaptation aux impacts des changements climatiques*. Sur Internet : [http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl\\_cesd\\_201710\\_02\\_f\\_42490.html](http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl_cesd_201710_02_f_42490.html).
- 4 Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Sur Internet : [www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX\\_Full\\_Report.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf).
- 5 Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2013). *Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Sur Internet : [www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5\\_WGI-12Doc2b\\_FinalDraft\\_Chapter14.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5_WGI-12Doc2b_FinalDraft_Chapter14.pdf).
- 6 Environnement et Changement climatique Canada (2017). *Données et scénarios climatiques : Synthèse des observations et des résultats récents de modélisation*, chapitre 3.3 « Événements extrêmes ». Sur Internet : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/publications/donnees-scenarios-synthese-observations-recents/chapitre-3-3.html>.
- 7 Fraser Basin Council (2016). *Lower Mainland Flood Management Strategy. Phase 1 Summary Report*. Sur Internet : [www.fraserbasin.bc.ca/\\_Library/Water\\_Flood\\_Strategy/FBC\\_LMFMS\\_Phase\\_1\\_Report\\_Web\\_May\\_2016.pdf](http://www.fraserbasin.bc.ca/_Library/Water_Flood_Strategy/FBC_LMFMS_Phase_1_Report_Web_May_2016.pdf).
- 8 Sécurité publique Canada. *Évaluation 2016-2017 des Accords d'aide financière en cas de catastrophe*. Sur Internet : <https://www.publicsafety.gc.ca/cnt/rsrscs/pblctns/vltn-dsstr-fnncl-ssstnc-2016-17/vltn-dsstr-fnncl-ssstnc-2016-17-fr.pdf>.
- 9 Bureau du vérificateur général du Canada (2016). *Rapport 2 – L'atténuation des effets du temps violent*. Sur Internet : [http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl\\_cesd\\_201605\\_02\\_f\\_41381.html](http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl_cesd_201605_02_f_41381.html).
- 10 Directeur parlementaire du budget du Canada (2016). *Estimation du coût annuel moyen des Accords d'aide financière en cas de catastrophe causée par un événement météorologique*. Sur Internet : [https://www.pbo-dpb.gc.ca/web/default/files/Documents/Reports/2016/DFAA/DFAA\\_FR.pdf](https://www.pbo-dpb.gc.ca/web/default/files/Documents/Reports/2016/DFAA/DFAA_FR.pdf).
- 11 Bureau d'assurance du Canada (2015). *Assurances de dommages au Canada 2015*. Sur Internet : [http://assets.ibc.ca/Documents/Facts%20Book/Facts\\_Book/2015/FactBook-2015-FR.pdf](http://assets.ibc.ca/Documents/Facts%20Book/Facts_Book/2015/FactBook-2015-FR.pdf).
- 12 Business News Network (2017). *Half of Working Canadians "Overwhelmed" by Debt and Living Paycheque to Paycheque: Survey*. Sur Internet : [www.bnnbloomberg.ca/half-of-working-canadians-overwhelmed-by-debt-and-living-paycheque-to-paycheque-survey-1.562284](http://www.bnnbloomberg.ca/half-of-working-canadians-overwhelmed-by-debt-and-living-paycheque-to-paycheque-survey-1.562284).
- 13 Moody's Investors Service (2017). *Environmental Risks – Evaluating the Impact of Climate Change*. Sur Internet : [www.southeastfloridaclimatecompact.org/wp-content/uploads/2017/12/Evaluating-the-impact-of-climate-change-on-US-state-and-local-issuers-11-28-17.pdf](http://www.southeastfloridaclimatecompact.org/wp-content/uploads/2017/12/Evaluating-the-impact-of-climate-change-on-US-state-and-local-issuers-11-28-17.pdf).
- Standards & Poor's Ratings Services (2015). *How Environmental and Climate Risks Factor into Global Corporate Ratings*. Sur Internet : [www.environmental-finance.com/assets/files/How%20Environmental%20And%20Climate%20Risks%20Factor%20Into%20Global%20Corporate%20Ratings%20Oct%2021%202015%20\(2\).pdf](http://www.environmental-finance.com/assets/files/How%20Environmental%20And%20Climate%20Risks%20Factor%20Into%20Global%20Corporate%20Ratings%20Oct%2021%202015%20(2).pdf).
- 14 Climate Disclosure Project (CDP) (2015). *How CDP Data Can Inform Investors about Risk and Opportunities in U.S. Municipal Bonds*. Sur Internet : [b8f65cb373b1b7b15feb-c70d8ead6ced550b4d987d7c03fcd1d.ssl.cf3.rackcdn.com/cms/reports/documents/000/001/613/original/White-paper-muni-bonds.pdf?1486720635](http://b8f65cb373b1b7b15feb-c70d8ead6ced550b4d987d7c03fcd1d.ssl.cf3.rackcdn.com/cms/reports/documents/000/001/613/original/White-paper-muni-bonds.pdf?1486720635).
- 15 Moody's Investors Service (2017). *Environmental Risks – Evaluating the Impact of Climate Change*. Sur Internet : [www.southeastfloridaclimatecompact.org/wp-content/uploads/2017/12/Evaluating-the-impact-of-climate-change-on-US-state-and-local-issuers-11-28-17.pdf](http://www.southeastfloridaclimatecompact.org/wp-content/uploads/2017/12/Evaluating-the-impact-of-climate-change-on-US-state-and-local-issuers-11-28-17.pdf).
- 16 *Ibid.*
- 17 Canadian Investment Review (2017). *Climate Change and Credit Risk*. Sur Internet : <http://www.investmentreview.com/analysis-research/climate-change-and-credit-risk-8023>.
- 18 Globe and Mail (2015). *Leaky basement lawsuit drags on in Maple Ridge*. Sur Internet : [www.theglobeandmail.com/news/british-columbia/leaky-basement-lawsuit-drags-on-in-maple-ridge/article25051951/](http://www.theglobeandmail.com/news/british-columbia/leaky-basement-lawsuit-drags-on-in-maple-ridge/article25051951/).

- 19 Hutton, D. (2004). « Psychosocial effects of a natural disaster: A post-flood assessment in Red River Valley ». *Environments*, 32(2), 27-43.
- 20 Santé Montréal (2017). *Le Directeur de santé publique de Montréal présente les principaux constats de l'enquête santé réalisée auprès des victimes des inondations*. Sur Internet : <https://santemontreal.qc.ca/population/inondations-printanieres-2017/>.
- 21 Hutton, D. 2004. « Psychosocial effects of a natural disaster: A post-flood assessment in Red River Valley ». *Environments*, 32(2), 27-43.
- 22 Sahni, V., A. N. Scott, M. Beliveau, M. Varughese, D. C. Dover et J. Talbot (2016). « Public health surveillance response following the southern Alberta floods, 2013 ». *Revue canadienne de santé publique*, 107(2), 142-148.
- 23 Santé Montréal (2017). *Le Directeur de santé publique de Montréal présente les principaux constats de l'enquête santé réalisée auprès des victimes des inondations*. Sur Internet : <https://santemontreal.qc.ca/population/inondations-printanieres-2017/>.
- 24 Centre Intact d'adaptation au climat (2018). *Après les inondations : les effets du changement climatique sur la santé mentale et la perte de temps de travail*. Sur Internet : [https://www.centreintactadaptationclimat.ca/wp-content/uploads/2018/06/after\\_the\\_flood\\_report\\_FR.pdf](https://www.centreintactadaptationclimat.ca/wp-content/uploads/2018/06/after_the_flood_report_FR.pdf).
- 25 Waters, Darren, W. Edgar Watt, Jiri Marsalek et Bruce C. Anderson (2003). « Adaptation of a Storm Drainage System to Accommodate Increased Rainfall Resulting from Climate Change ». *Journal of Environmental Planning and Management*, 46:5, 755-770.
- 26 Red River Basin Commission. Sur Internet : [www.redriverbasincommission.org/](http://www.redriverbasincommission.org/).
- 27 Comité sur la vulnérabilité de l'ingénierie des infrastructures publiques (CVIIP) d'Ingénieurs Canada. *Protocole d'ingénierie du CVIIP*. Sur Internet : <https://pievc.ca/fr/le-protocole-dingenierie-du-cviip>.
- 28 The Association of Professional Engineers and Geoscientists of BC (APEGBC). *Professional Practice Guidelines – Legislated Flood Assessments in a Changing Climate in BC*. Sur Internet : <https://www.egbc.ca/getmedia/18e44281-fb4b-410a-96e9-cb3ea74683c3/APEGBC-Legislated-Flood-Assessm>.
- Sécurité publique Canada. *Guides d'orientation fédéraux sur la cartographie des zones inondables*. Sur Internet : <https://www.securitepublique.gc.ca/cnt/mrgnc-mngmnt/dsstr-prvntn-mtgn/ndmp/fldpln-mppng-fr.aspx>.
- 29 Sécurité publique Canada. *Guides d'orientation fédéraux sur la cartographie des zones inondables*. Sur Internet : <https://www.securitepublique.gc.ca/cnt/mrgnc-mngmnt/dsstr-prvntn-mtgn/ndmp/fldpln-mppng-fr.aspx>.
- 30 Sécurité publique Canada. *Infrastructures essentielles*. Sur Internet : <https://www.securitepublique.gc.ca/cnt/ntnl-scrt/crtcl-nfrstrctr/index-fr.aspx>.
- 31 Fédération canadienne des municipalités (2018). *Guide : Comment élaborer une politique et une stratégie de gestion des actifs*. Sur Internet : <https://fcm.ca/accueil/programmes/programme-de-gestion-des-actifs-municipaux/guide-%C3%A9laborer-une-politique-et-strat%C3%A9gie-de-gestion-des-actifs.htm>.
- 32 EPCOR (2018). *SIRP: Flood Mitigation Impacts. Market Research Report*. Sur Internet : [www.epcor.com/products-services/drainage/Documents/EPCOR\\_SIRP\\_Oct2018\\_ResearchReport.pdf](http://www.epcor.com/products-services/drainage/Documents/EPCOR_SIRP_Oct2018_ResearchReport.pdf).
- 33 EPCOR (2018). *Flood Mitigation*. Sur Internet : [www.epcor.com/products-services/drainage/Pages/flood-mitigation.aspx](http://www.epcor.com/products-services/drainage/Pages/flood-mitigation.aspx).
- 34 Gouvernement du Canada. *Populations vulnérables*. Sur Internet : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/sante-environnement-milieu-travail/contaminants-environnementaux/populations-vulnerables.html>.
- 35 Croix-Rouge canadienne (2017). *Integrating Emergency Management and High-Risk Populations: Survey Report and Action Recommendations*. Sur Internet : [https://www.redcross.ca/crc/documents/3-1-4-2\\_dm\\_high\\_risk\\_populations.pdf](https://www.redcross.ca/crc/documents/3-1-4-2_dm_high_risk_populations.pdf).
- 36 Ville de Toronto (2018). *Wellbeing Toronto*. Sur Internet : <https://goo.gl/cKchPU>.
- 37 Gouvernement du Canada (2016). *Canada's Way Forward on Climate Change: The Paris Agreement*. Sur Internet : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/accord-paris.html>
- 38 Gouvernement du Canada (2017). *Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe (RRC) 2015-2030*. Sur Internet : <https://www.securitepublique.gc.ca/cnt/mrgnc-mngmnt/dsstr-prvntn-mtgn/pltfm-dsstr-rsk-rdctn/snd-frmwrk-fr.aspx>.



Fiducie de l'Université Simon Fraser, SITE Photography

**POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS SUR LE RAPPORT,  
VEUILLEZ COMMUNIQUER AVEC :**

**NATALIA MOUDRAK**

Centre Intact d'adaptation au climat  
Faculté de l'environnement, Université de Waterloo  
200, avenue University Ouest, EV3 4334  
Waterloo (Ontario) N2L 3G1

[nmoudrak@uwaterloo.ca](mailto:nmoudrak@uwaterloo.ca)



UNIVERSITY OF  
**WATERLOO**

**CENTRE INTACT**  
D'ADAPTATION AU CLIMAT