

Document d'appui en vue des consultations publiques sur l'étude de la Commission mixte internationale sur les inondations du lac Champlain et de la rivière Richelieu

Février 2022 (ébauche)

Le présent document a été rédigé simultanément à des activités importantes, comme le processus de consultation publique, le parachèvement des divers documents d'appui ainsi que la formulation et l'amélioration des recommandations du Groupe d'étude. Il convient donc de considérer qu'il s'agit d'une étude encore « en cours », que le présent document reflète ce qui est connu « pour l'heure » et que les conclusions finales, les recommandations ainsi que la validation des différentes données évolueront à mesure que le Groupe d'étude s'approchera de la conclusion de ses travaux, fin mars 2022.

Un mot des coprésidents de l'étude

À la suite des inondations catastrophiques survenues au printemps 2011 le long des rives du lac Champlain et de la rivière Richelieu au Québec, les gouvernements du Canada et des États-Unis ont demandé à la Commission mixte internationale (CMI) de se pencher sur les causes de cet événement et de trouver des solutions pour réduire les impacts des inondations sur les collectivités du bassin. Depuis la création du Groupe d'étude international du lac Champlain et de la rivière Richelieu, en 2016, des groupes d'experts se penchent sur les aspects scientifiques, techniques, environnementaux et socioéconomiques du problème. Ils ont formulé des recommandations qui peuvent représenter des avantages réels à long terme en matière d'atténuation de l'ampleur et des impacts des inondations dans le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu. L'étude a tenu compte des enseignements tirés des expériences passées et des perspectives actuelles des riverains, des discussions avec les leaders locaux et les organismes communautaires au sujet des interventions d'urgence et des dimensions socio-économiques et environnementales, de même que du résultat de consultations auprès de décideurs aux paliers fédéral, étatique et provincial. Ces importantes considérations socio-politico-économiques ont été intégrées, d'une part, à des modèles scientifiques de pointe en vue d'améliorer la prévision des inondations en temps réel dans les deux pays et, d'autre part, à des outils collaboratifs destinés à appuyer des prises de décisions efficaces. Les recommandations provisoires de l'étude reflètent donc les préoccupations des collectivités du bassin, de chaque côté de la frontière, et vont dans le sens d'approches réalisables en matière d'atténuation des inondations et de leurs impacts. Il sera toujours impossible de contrôler entièrement les niveaux d'eau extrêmes dans un réseau comme le bassin versant du lac Champlain et de la rivière Richelieu, surtout face aux changements climatiques. Il est néanmoins envisageable, dans le temps, d'appliquer des approches structurelles et non-structurelles réfléchies afin d'améliorer la résilience des collectivités et réduire les risques que de tels phénomènes posent pour la vie et pour les biens.

Jean-François Cantin, coprésident pour le Canada Deborah H. Lee, coprésidente pour les États-Unis

Les membres du Groupe d'étude ont été nommés par la Commission mixte internationale pour apporter l'expertise nécessaire à la préparation du présent rapport. Bien qu'ils soient employés par des organismes gouvernementaux au Canada et aux États-Unis, ils servent la Commission à titre personnel et professionnel et non pas en tant que représentants de leurs employeurs. Le rapport a été élaboré par le Groupe d'étude et ne doit pas être considéré comme l'expression d'une opinion, d'une position ou d'un engagement officiel des organisations, agences ou ministères qui y sont mentionnés.

Contenu du rapport

Le présent rapport s'appuie sur quelques-unes des principales constatations de l'étude pluriannuelle du lac Champlain et de la rivière Richelieu (l'étude) et s'articule autour de quatre questions :

- **Comment en sommes-nous arrivés là aujourd'hui?**
- **Qu'a fait la CMI pour trouver des solutions?**
- **Que faudrait-il faire à l'avenir?**
- **Quelle est la prochaine étape?**

Thèmes de l'étude

L'étude, qui repose sur des données scientifiques de pointe et reprend des éléments de consultation/sensibilisation du public, propose un ensemble de recommandations provisoires qui sont résumées dans les pages suivantes. Le graphique ci-dessous (figure 1) illustre les quatre thèmes de l'étude abordés dans le rapport et identifie les domaines en fonction desquels ces thèmes sont traités plus en détail. Les constatations et les recommandations provisoires sont mises en évidence par l'icône de la loupe.

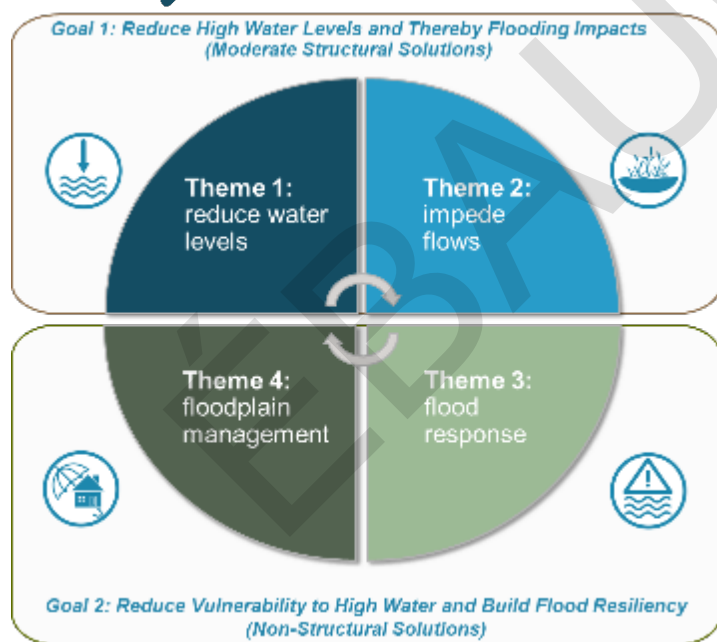


Figure 1. Cadre et thèmes principaux de l'étude sur le LCRR

Les analyses de l'étude ont obéi aux objectifs suivants :

- Comprendre les causes et les répercussions des inondations passées
- Déterminer les pratiques exemplaires de gestion des plaines inondables
- Élaborer des stratégies d'adaptation aux inondations
- Évaluer un système binational de prévision et de cartographie des inondations en temps réel
- Explorer des mesures de gestion et d'atténuation des inondations, c'est-à-dire des mesures structurelles modérées et des mesures non-structurelles

- Analyser l'accueil socio-politique des mesures

Critères d'évaluation des recommandations

Le Conseil a établi sept critères décisionnels en vue d'évaluer ses recommandations. Il a été décidé que celles-ci devaient :

- se limiter à la portée et au mandat de cette étude binationale précisant que seules des structures modérées devaient être envisagées;
- être mises en œuvre conformément aux commentaires des parties prenantes, des organismes et des représentants élus;
- être viables sur le plan technique, fondées sur une solide conception et permettre de réduire efficacement les dommages causés par les crues;
- être économiquement viables et présenter des avantages supérieurs aux coûts, lesquels ne devaient pas être prohibitifs;
- être justes et équitables, profiter à la société dans son ensemble et non à des groupes d'intérêts en particulier, et ne pas être assorties de répercussions négatives disproportionnées sur aucun groupe en particulier;
- être respectueuses de l'environnement, des principes de protection des principaux services écosystémiques et n'avoir que des effets néfastes minimes;
- favoriser la résilience aux changements climatiques en offrant des avantages dans un large éventail de scénarios climatiques possibles.

Les mesures envisagées pour atténuer les inondations et leurs impacts ont été évaluées en fonction de ces critères.

Recommandations



Réduire les niveaux d'eau

Le Groupe d'étude recommande à la CMI d'informer les gouvernements qu'il est possible de réduire légèrement les niveaux d'eau en période de crue sécheresse (de l'ordre de 10 cm pour le lac et de 15 cm à Saint-Jean-sur-Richelieu pour un événement comme l'inondation de 2011) et de les rehausser légèrement en période d'étiage en ramenant le régime hydraulique du haut-fond de Saint-Jean-sur-Richelieu à un état hydraulique plus naturel. Cela peut être réalisé en enlevant certains artefacts humains qui entravent l'écoulement, en plus de certaines excavations du haut-fond et en installant un réservoir submergé dans la zone du haut-fond de Saint-Jean-sur-Richelieu. D'après l'évaluation des preuves de concept réalisée par l'Étude, cette solution structurelle modérée est techniquement réalisable, économiquement avantageuse et socialement acceptable. De plus, selon l'analyse de l'étude à l'aide d'indicateurs de performance environnementale, il apparaît que la solution structurelle a des impacts environnementaux positifs et aucun impact environnemental négatif significatif.

Si souhaité, il est possible d'obtenir une réduction supplémentaire des inondations en combinant l'enlèvement des artefacts, les excavations sélectionnées du haut-fond et le réservoir submergé avec une dérivation modeste de l'eau par le canal de Chambly (pour une réduction totale des niveaux maximum de 15 cm pour le lac et de 20 cm à Saint-Jean-sur-Richelieu pour un événement comme l'inondation de 2011). Bien que cette

alternative qui inclut une dérivation de l'eau par le canal de Chambly soit moins performante économiquement, cet ajout apporte une plus grande réduction du niveau d'eau pour les crues très importantes et devrait être présenté aux gouvernements pour leur considération.

Si les gouvernements décident de mettre en œuvre une solution structurelle, un processus devrait être mis en place pour analyser les implications binationales sociales, politiques, environnementales et économiques de la conception finale et de l'opération de la structure.



Entraver l'écoulement

Le Groupe d'étude recommande à la CMI d'encourager les gouvernements à continuer de protéger les milieux humides existants, car ils contribuent à diminuer les niveaux lors d'inondation (réduction du niveau maximal des eaux de 15 cm pour le lac Champlain et de 12 cm dans la rivière Richelieu pour une crue de l'ordre de 2011) à l'échelle des collectivités riveraines du lac et de la rivière Richelieu.

Le Groupe d'étude reconnaît que les milieux humides réduisent les inondations dans les tributaires, favorisent la biodiversité et présentent d'importants avantages environnementaux connexes. Par conséquent, le Groupe d'étude souhaite encourager les gouvernements à continuer de protéger ces milieux humides existants et, si possible, à restaurer les milieux humides perdus et à en créer de nouveaux.

Cependant, l'étude LCRR a déterminé que sans la création d'une très grande superficie de nouveaux milieux humides, il ne peut y avoir d'atténuation significative des inondations à l'échelle des communautés riveraines du lac et de la rivière Richelieu lors d'inondations importantes. Par conséquent, le Groupe d'étude ne recommande pas la poursuite d'une stratégie d'acquisition de terres et de création de nouveaux milieux humides comme politique de gestion des inondations pour les collectivités riveraines du lac et de la rivière Richelieu.



Intervention en cas d'inondation

Le Groupe d'étude recommande que toutes les informations météorologiques et hydrologiques générées par la NOAA (aux États-Unis) et par ECCC et le MELCC (au Canada) soient mises à la disposition et utilisées par les organismes respectifs responsables de la production et de la diffusion des prévisions, des conseils et des avertissements en matière d'inondation.

- Une collaboration accrue entre les différentes agences, à savoir la NOAA, ECCC et le MELCC, doit être encouragée afin de garantir que toutes les données de prévision disponibles et leurs interprétations soient partagées en temps réel, l'objectif ultime étant que les prévisions officielles de chaque côté de la

frontière soient de la meilleure qualité possible et s'accompagnent d'une interprétation transfrontalière concertée et cohérente.

- Les outils améliorés de modélisation et de prévision mis au point pour le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu peuvent grandement aider à la planification des interventions en cas d'inondation et doivent être maintenus. Ils ont montré la possibilité d'étendre l'horizon de prévision et de fournir de nouveaux produits opérationnels pertinents pour les acteurs du bassin, tels que la montée des eaux, les vagues, l'étendue et la profondeur des inondations, et leurs conséquences sur le littoral, par exemple : les routes coupées, les vulnérabilités sociales et les impacts monétaires.

Sur cette base, les gouvernements sont encouragés à rendre opérationnels les outils de modélisation et de prévision améliorés et les systèmes cohérents d'évaluation des risques, et à les soutenir/entretenir après l'étude. Les outils LCRR, les données d'appui et la documentation devraient être transférés aux agences appropriées au Canada et aux États-Unis au plus tard à la fin de 2022.

Pour soutenir la préparation aux inondations, les simulations d'inondations de diverses magnitudes et les cartes correspondantes produites devraient être mises à la disposition de toutes les parties intéressées au plus tard à la fin de 2022.



Gestion des plaines inondables

Le Groupe d'étude recommande également à la CMI d'encourager les gouvernements à faire le meilleur usage, en fonction de leur propre contexte, de l'analyse des meilleures pratiques de l'étude LCRR en matière de cartographie des risques, de communication des risques, de gestion des plaines inondables et d'assurance contre les inondations.

- Améliorer la cartographie des risques d'inondation pour les publics ciblés. Cela comprend la mise à jour et l'ajout de plus de détails aux cartes des risques d'inondation existantes.
- Développer des campagnes de communication sur les risques d'inondation destinées à des publics cibles spécifiques dans le bassin du LCRR.
- Considérer l'occupation des plaines inondables sous l'angle de la résilience. Cela comprend des stratégies d'aménagement du territoire qui évitent les zones inondées, s'y adaptent et s'en éloignent, la mise à jour et le renforcement de l'application des règlements d'aménagement du territoire en fonction des risques d'inondation, et la protection des aménagements dans les zones inondables à haut risque.
- Étudier et/ou étendre l'assurance contre les inondations. Cela comprend une étude plus approfondie de l'état de l'assurance contre les inondations dans le bassin versant et la promotion d'un accord d'assurance qui partage la responsabilité financière des dommages causés par les inondations.

Comment en sommes-nous arrivés là aujourd'hui?

Le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu (figure 2) est un vaste bassin hydrographique international situé dans le sud du Québec et le nord des États de New York et du Vermont, qui est riche en paysages naturels, chargé d'histoire et où habitent des collectivités dynamiques. C'est une région à la géographie variée, avec un lac profond encaissé dans le relief accidenté des Adirondacks à l'ouest et des Green Mountains à l'est, qui se prolonge vers le nord par des plaines agricoles fertiles bordant la rivière jusqu'au fleuve Saint-Laurent. Comme l'histoire récente l'indique, c'est aussi une région vulnérable aux inondations. De graves crues s'y sont produites à plusieurs reprises au cours des 100 dernières années.

La combinaison topographie-climat rend le bassin LCRR naturellement sujet à des inondations de longue durée. Les pentes montagneuses abruptes de la partie supérieure du bassin, le régime d'écoulement du cours supérieur de la rivière Richelieu, les vents forts et de grosses vagues, les fortes chutes de neige en hiver et la récurrence de pluies diluviennes au printemps sont autant de facteurs à l'origine des inondations dans ce bassin. L'événement hydrologique dominant de l'année est la fonte des neiges printanière, où, en l'espace de huit semaines, on peut atteindre

la moitié des apports d'eau annuels. La figure 3 montre les niveaux d'eau de la mi-mars au mois de juin lors de plusieurs épisodes d'inondations majeures entre 1990 et 2019. Elle illustre l'ampleur et la durée de ces épisodes.

En plus des facteurs topographiques et climatiques naturels, les changements anthropiques (d'origine l'humaine) dans le bassin, notamment en ce qui concerne l'utilisation des terres (p. ex., sous la forme du drainage et du remplissage des milieux humides), la modification des chenaux (par l'installation de structures dans la rivière) et la construction de bâtiments, de routes et d'infrastructures dans les zones inondables ont contribué aux inondations et aux dommages causés par les inondations dans le bassin.

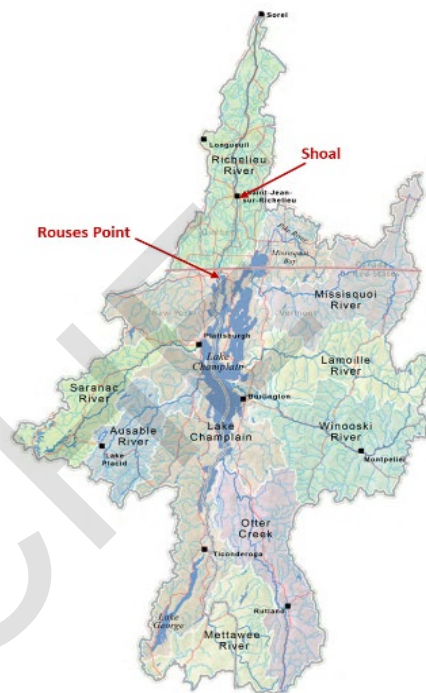


Figure 2. Bassin versant du lac Champlain et de la rivière Richelieu¹

3 Les inondations

survenues au cours du siècle dernier ont souvent fait l'objet d'études et de recommandations relativement aux mesures d'atténuation. C'est ainsi que, dans les années 1930, il avait été recommandé de donner suite à un projet de barrage sur la rivière Richelieu. Les travaux de construction ont débuté non loin de ce qu'on appelle maintenant le barrage de l'île Fryers, à

quelque 9 km (5,6 mi) en aval de Saint-Jean-sur-Richelieu, et des travaux d'excavation ont été entrepris en amont du haut-fond. Cependant, le tout a été interrompu au début de la Seconde Guerre mondiale, et le barrage n'a jamais été achevé. Dans les années 1970, une étude a suggéré que l'on construise une structure de régularisation dans la rivière, à hauteur de Saint-Jean-sur-Richelieu, mais ce projet n'a pas reçu l'appui politique des États-Unis. La même étude recommandait aussi de se doter d'un système de prévision des inondations, ce qui fut d'abord fait aux États-Unis, puis au Canada, mais beaucoup plus tard, et de dresser des cartes des plaines inondables (ce que les deux pays ont fait). D'autres mesures stratégiques ont également été prises pour réduire les dommages causés par les inondations. Les études effectuées et les recommandations formulées relativement aux inondations dans le bassin n'ont pas permis de régler le problème. De plus, il est à craindre que l'ampleur, la fréquence et les répercussions économiques des inondations s'aggravent dans le temps en raison des changements climatiques et des constructions en zones inondables.

Au printemps 2011, la région a connu des inondations bien plus graves que toutes celles du siècle dernier¹. Le niveau d'eau du lac Champlain a alors largement dépassé son niveau maximal historique. La rivière Richelieu est demeurée au-dessus du niveau d'inondation pendant plus de deux mois. De nombreuses exploitations agricoles et quelques 4 000 résidences le long de la rivière Richelieu, au

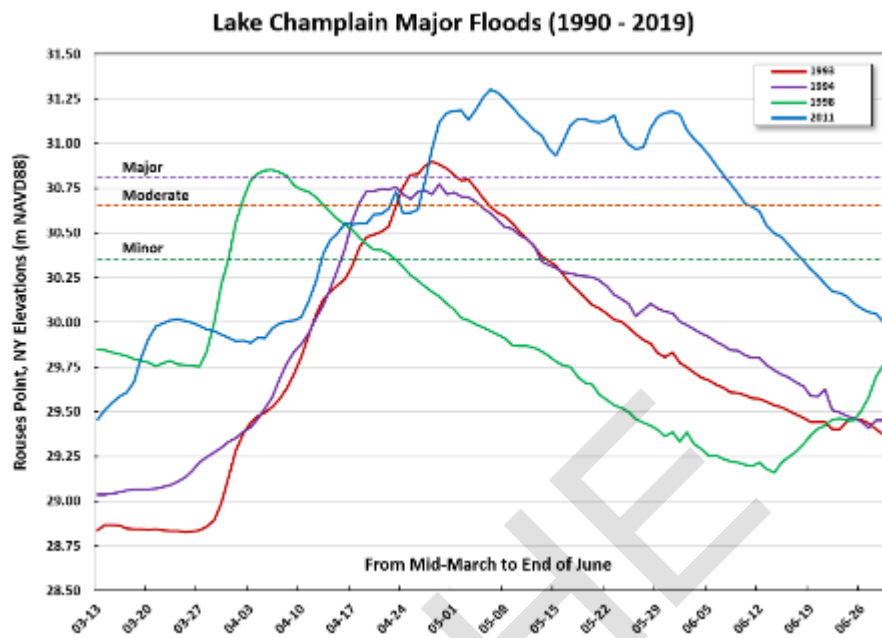


Figure 3. Niveaux d'eau printaniers à Rouses Point, dans l'État de New York, lors des inondations majeures du lac Champlain, 1990-2019²

¹ Groupe de travail technique sur mesures de gestion et d'atténuation des crues et Groupe de travail technique sur l'hydrologie, l'hydraulique et la cartographie (FMMM/HHM), 2021. *Solutions potentielles de nature structurelle pour atténuer l'ampleur des inondations dans le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu. Étude internationale du lac Champlain et de la rivière Richelieu*. Rapport à la Commission mixte internationale. <https://ijc.org/fr/lccr/solutions-potentielles-de-nature-structurelle-pour-attenuer-lampleur-des-inondations-dans-le>

Québec, et sur les bords du lac Champlain ont été endommagées (figure 4). Plus de 40 collectivités ont été directement touchées et des milliers de résidents ont dû être évacués. Les dommages ont été évalués à plus de 110 millions de dollars canadiens (82 millions de dollars américains)², mais il s'agissait principalement de dommages résidentiels signalés et non de l'ensemble des impacts. Une évaluation plus approfondie menée en fonction du Système intégré d'évaluation sociale, économique et environnementale (ISEE) de l'étude a révélé que les dommages ont été de quelque 70 % plus élevés, soit d'environ 188 millions de dollars canadiens (141 millions de dollars américains)³.



Figure 4. Inondations de 2011 à Colchester (Vermont) (Crédit photo : Matt Sutkoski)⁴

L'inondation catastrophique de 2011 a donné lieu à un nouvel appel à l'action et a conduit les gouvernements du Canada et des États-Unis à demander à la Commission mixte internationale (CMI) d'entreprendre une étude sur les causes, les impacts et les risques des inondations dans le bassin LCRR, ainsi que sur les solutions éventuelles. La CMI est une organisation régie par un traité binational dont l'objectif est d'assurer la protection des eaux que se partagent le Canada et les États-Unis, et qui cherche des solutions allant dans l'intérêt commun des deux pays.

² Le Groupe d'étude international du lac Champlain et de la rivière Richelieu (GEILCRR), 2019. *Causes et impacts des inondations passées dans le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu. Renseignements historiques sur les inondations*. Un rapport à la Commission mixte internationale. <https://ijc.org/fr/lcrr/causes-et-impacts-des-inondations-passees-dans-le-bassin-du-lac-champlain-et-la-riviere>

³ Groupe de travail technique sur les mesures de gestion et d'atténuation des crues et Groupe de travail technique sur l'hydrologie, l'hydraulique et la cartographie (FMMM/HHM), en préparation. Évaluation des solutions structurelles possibles dans la rivière Richelieu pour atténuer les crues extrêmes.

Qu'a fait la CMI pour essayer de trouver des solutions?

Comme nous l'avons vu, la CMI a déjà été appelée à analyser le problème des inondations majeures des années 1920 et 1970. Au printemps 2012, les gouvernements du Canada et des États-Unis ont demandé à la CMI de rédiger un plan d'étude pour examiner les causes et les impacts de l'inondation de 2011 et pour élaborer des mesures d'atténuation. Dans un deuxième mandat émis à l'automne 2014, les gouvernements ont sollicité la collecte de données, le développement d'outils et la création de cartes statiques des plaines inondables. En 2016, ils ont chargé la CMI de réaliser les activités décrites dans le plan d'étude, ce qui a conduit la Commission à créer le Groupe d'étude international du lac Champlain et de la rivière Richelieu. Celui-ci supervise l'étude sur le lac Champlain et la rivière Richelieu, qui est une collaboration internationale regroupant des experts en ingénierie, en gestion, en planification et en atténuation des inondations, ainsi qu'en économie et en sciences sociales. L'inclusion d'une équipe chargée, dès le départ, d'étudier les facteurs sociaux, politiques et économiques associés à l'atténuation des inondations est une nouveauté dans les études de la CMI, et ceci permettra d'obtenir des renseignements utiles pour d'autres études à venir.

Le Groupe d'étude s'est penché sur les inondations dans le bassin LCRR afin d'en déterminer les causes, les impacts et les risques, et de dégager des solutions possibles⁴. Le cadre adopté pour ce faire prévoyait l'examen de diverses mesures structurelles et non-structurelles⁵. Le cadre d'atténuation des inondations élaboré par le Groupe d'étude s'articule autour de quatre grands thèmes :

Solutions structurelles :

Le Groupe d'étude formulera des recommandations à l'intention de la Commission mixte internationale et des gouvernements du Canada et des États-Unis; les gouvernements prendront les décisions finales quant à la mise en œuvre des recommandations.

1. Réduire les niveaux d'eau élevés de la rivière Richelieu et du lac Champlain
2. Entraver l'écoulement vers le lac Champlain ou la rivière Richelieu grâce à des milieux humides et au stockage temporaire des eaux d'inondation en amont.

⁴ L'étude porte essentiellement sur la réduction de l'impact des crues dans le bassin de la rivière Richelieu et du lac Champlain, et ne traite pas directement de l'atténuation des inondations et de leurs impacts dans le cas des affluents, même si ces phénomènes à l'échelle locale sont connus comme étant souvent graves et relativement fréquents.

⁵ Les mesures de nature non-structurelle diffèrent des mesures de nature structurelle en ce sens qu'elles sont axées sur la réduction des conséquences des inondations plutôt que sur une atténuation de leur probabilité de survenue (elles n'occasionnent généralement pas de changements négatifs aux niveaux, à la rapidité ni à la durée des inondations, et n'ont pas d'effet sur l'environnement). Les mesures de nature non-structurelle peuvent être temporaires (contingentes) ou permanentes.

Solutions non-structurelles :

3. Améliorer les interventions en cas d'inondation (prévision des inondations et préparation aux situations d'urgence).
4. Améliorer la gestion des plaines inondables (adaptation aux inondations).

Les experts ont recensé, élaboré et évalué un ensemble de mesures potentielles d'atténuation des crues pour chacun des quatre thèmes. Le thème 1 a porté sur l'installation de structures d'envergure modeste susceptibles de permettre d'abaisser les pointes de crues, tandis que le thème 2 a consisté à évaluer l'efficacité du stockage des eaux d'inondation dans les limites du bassin versant. Dans le cadre du thème 3, de nouveaux modèles de prévision des inondations à la pointe de la science ont été élaborés, et le thème 4 a consisté à explorer, entre autres, de nouvelles approches en matière de communication des risques d'inondation et d'assurance inondation. L'évaluation des moyens d'atténuer les inondations et leurs répercussions dans le bassin LCRR s'est faite grâce à des modèles informatiques sophistiqués pour comprendre et simuler les inondations et leurs impacts, grâce aussi à des solutions d'atténuation et à l'évaluation du degré d'acceptabilité des approches d'atténuation possibles. L'étude a été l'occasion de mettre au point un outil puissant, le Système intégré social, économique et environnemental (ISEE), pour aider à cerner les risques d'inondation et à évaluer les solutions possibles (figure 5). ISEE peut produire une variété de cartes d'impacts des inondations permettant d'étayer une évaluation des mesures d'atténuation possibles. Divers experts ont par ailleurs appliqué d'autres méthodes et modèles pour répondre à des questions précises, comme celles liées à la capacité de stockage dans les terres ou aux effets potentiels de la variabilité climatique sur les stratégies d'adaptation aux inondations.

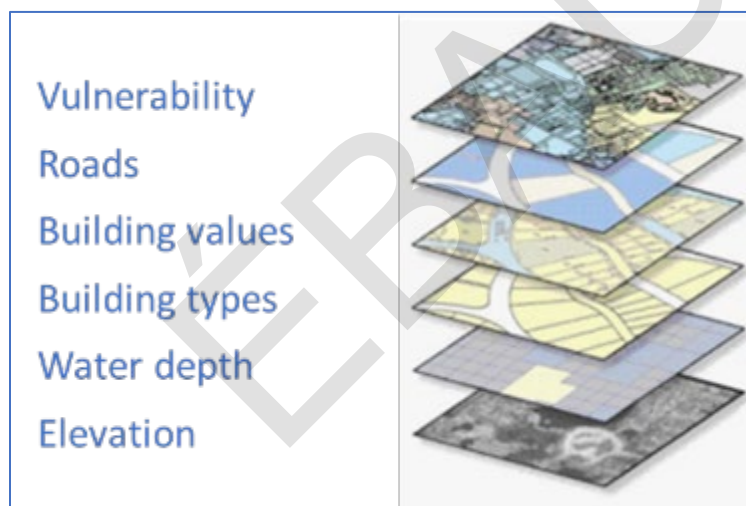


Figure 5. Système intégré social, économique et environnemental (ISEE) servant à l'évaluation des risques d'inondation⁵

Afin d'intégrer les considérations sociales, politiques et économiques, des spécialistes en sciences sociales ont eu recours à diverses méthodes, comme la tenue de groupes de discussion et de sondages auprès du grand public, des questionnaires et des planificateurs des mesures d'urgence et des élus, cela pour évaluer la perception des risques, les sources de communication des risques et les comportements permettant d'atténuer les inondations. Des questions comme la faisabilité technique, les coûts, les impacts sur l'environnement et les préférences du

public à l'égard de tel ou tel changement structurel ont été prises en compte. Grâce à ces activités, les experts ont pu se faire une idée de la façon dont la population de chaque région du bassin percevait les risques d'inondation, les impacts anticipés sur leurs moyens de subsistance et leur volonté d'adopter certaines mesures et politiques d'atténuation des risques, sans oublier la façon dont ils ont reçu les messages de communication des risques.

Par exemple, les scientifiques ont constaté que, pour de nombreuses parties prenantes, les crues du lac et de la rivière sont d'avantage prioritaires au Québec qu'aux États-Unis. Au Canada et aux États-Unis, les acteurs concernés accordent une grande priorité à la protection de la santé humaine et de la sécurité, aux mesures de préparation et d'adaptation aux inondations, et ils misent sur des solutions « naturelles » plutôt que sur des structures artificielles.

Pour les peuples autochtones, le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu a été et continue d'être une source de nourriture et d'eau et d'outils et un lieu de pratiques spirituelles. La chasse, la cueillette, la pêche, la navigation de plaisance et les loisirs sont des activités courantes dans le bassin. Il existe des sites culturels et archéologiques (campements, villages, lieux de rencontre, lieux de sépulture) et d'importance traditionnelle et sacrée pour les peuples autochtones de la région. Le Groupe d'étude a communiqué avec les communautés autochtones qui s'intéressent à l'atténuation des impacts des inondations, et a entamé avec elles un dialogue visant à prendre en compte toutes leurs préoccupations au sujet des ressources et des pratiques culturelles touchées par des inondations. De nouvelles connaissances ont également été intégrées aux travaux sur les indicateurs, ce qui a permis de veiller à ce que les diverses mesures d'atténuation des inondations à l'étude tiennent compte des impacts potentiels sur les communautés autochtones. Le dialogue se poursuit pendant cette période de consultation.

La sensibilisation et le partenariat avec le public et des parties prenantes est un élément déterminant et ont été fait en continu pendant l'étude LCRR. Il y a eu des participations directement avec le Groupe d'étude (par exemple, lors de réunions publiques) et une collaboration étroite avec le Groupe consultatif public (GCP). Le GCP binational (figure 6) représente les divers domaines d'intérêt présents dans le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu. Ses membres ont mis à profit leurs connaissances, leurs contacts et leur expérience pour fournir des conseils au Groupe et encourager la participation du public à l'étude. Il a ainsi :

- conseillé le Groupe d'étude à propos de la consultation publique, de la participation et de l'échange d'informations;
- fait office d'intermédiaire pour faciliter la participation du public au processus de l'étude et pour partager les résultats de l'étude;
- examiné les approches, les rapports, les produits, les constatations et les conclusions du Groupe d'étude, et formulé des commentaires à ce sujet;
- recommandé au Groupe d'étude comment répondre efficacement aux préoccupations du public et des parties prenantes.



Figure 6. Les membres du Groupe consultatif public⁶

Au cours des deux dernières années, les scientifiques de l'étude ont intensifié leurs efforts pour communiquer les résultats de leurs recherches au public à l'occasion de webinaires techniques et d'autres engagements publics. Les membres du GCP et les participants aux sondages, aux groupes de discussion, aux réunions et aux ateliers ont joué un rôle déterminant dans le travail des experts de l'étude et du Groupe d'étude LCRR. Toutes ces contributions sont grandement appréciées. Des rapports, des vidéos, des fiches d'information et des livres blancs sur les principaux aspects de l'étude ont été publiés sur le site Web du Groupe d'étude (<https://www.ijc.org/fr/lcrr>), et un bulletin, *Le Courant*, a été diffusé sur une base bimestrielle. Les coordonnateurs de la sensibilisation ont joué un rôle-clé dans les multiples réunions publiques et rencontres avec les parties prenantes tenues tout au long de l'étude.

Ces activités scientifiques et de sensibilisation ont eu globalement pour objet d'élaborer une variété de mesures et de stratégies potentielles d'atténuation des inondations qui tiennent compte des facteurs techniques, environnementaux, sociaux et économiques.

Que faudrait-il faire à l'avenir?

Des mesures ont été définies selon les quatre thèmes de l'étude en vue de réduire les inondations et leurs impacts et d'accroître la résilience des collectivités riveraines du lac et de la rivière face aux futurs épisodes d'inondation. En conjonction avec l'analyse des mesures d'atténuation potentielles suivant les quatre thèmes principaux, l'étude a examiné la variabilité des apports d'eau à l'avenir, dans un contexte de changements climatiques, a combiné des mesures pour parvenir à un meilleur résultat et a amélioré la collaboration binationale.

Analyse des mesures prometteuses

Des équipes d'experts du Canada et des États-Unis ont examiné un éventail de mesures prometteuses pour réduire les inondations et leurs impacts, à la lumière du mandat et des critères décisionnels du Groupe d'étude. Ces mesures constituent le fondement des recommandations du Groupe d'étude.



Thème 1 : Réduire le niveau des crues par des mesures de nature structurelle

Le haut-fond de Saint-Jean-sur-Richelieu est le point de contrôle hydraulique naturel du bassin LCRR. Cela signifie qu'il agit un peu comme un goulot d'étranglement et influence les niveaux d'eau en amont (voir la figure 7). Pour abaisser les niveaux maximums d'inondation dans le lac et dans la rivière en amont de ce point, il serait essentiel d'accélérer le passage de l'eau dans ce tronçon.



Figure 7. Vue aérienne de la rivière Richelieu à Saint-Jean-sur-Richelieu, vue vers l'aval

Les scientifiques de l'étude ont d'abord recensé sept mesures structurelles potentielles et évalué leur efficacité à réduire les niveaux d'eau extrêmement élevés, tout en permettant le maintien d'un niveau acceptable du lac dans les périodes à faible débit. Ces mesures étaient : le retrait sélectif d'artefacts du haut-fond de Saint-Jean-sur-Richelieu afin d'augmenter le débit de la rivière; une dérivation par le canal de Chambly qui longe le haut-fond; la construction d'un réservoir immergé (barrage submergé) en amont de Saint-Jean-sur-Richelieu; et l'installation d'un déversoir gonflable en amont de Saint-Jean-sur-Richelieu ou au niveau du haut-fond. Pour chaque mesure structurelle envisagée, les scientifiques de l'étude ont commencé par évaluer les informations et les données disponibles dans le but de déterminer s'il fallait ou non pousser les investigations.

La CMI a demandé au Groupe d'étude de ne pas envisager de structures majeures et de se concentrer sur des « ouvrages modérés ». Cette décision a fermé la porte à la possibilité d'aménager la rivière (avec des déversoirs fixes ou gonflables). Les tentatives infructueuses de construction d'un barrage par le passé dénotant un manque d'appui populaire pour ce genre de structure de régularisation des crues de grande ampleur. Le Groupe d'étude a donc porté son attention sur l'enlèvement sélectif de matériaux dans le lit de la rivière et sur la dérivation de l'eau par le canal de Chambly, car il s'agit de solutions structurelles modérées. Plus précisément, trois mesures de nature structurelle ont été examinées en détail :

1. L'excavation sélective du haut-fond de Saint-Jean-sur-Richelieu pour éliminer les artefacts et pour aplanir les zones affleurantes (puisque tous agissent comme un goulot d'étranglement), combinée avec l'aménagement d'un réservoir pour aider à modérer le débit et à éviter les niveaux d'étiage trop bas en périodes de sécheresse.
2. La dérivation d'un important débit d'eau ($400 \text{ m}^3/\text{s}$) par le canal de Chambly en cas d'inondation, cela afin d'évacuer plus rapidement l'eau vers l'aval et de diminuer les niveaux d'eau.
3. La dérivation d'un débit modéré ($80 \text{ m}^3/\text{s}$) par le canal de Chambly, conjointement avec la mesure 1 (excavation sélective et réservoir)

L'analyse des mesures a consisté à évaluer la faisabilité technique, à cartographier les zones d'élévation naturelle ou artificielle du lit de la rivière, à simuler les impacts et les avantages d'un débit modifié par les mesures structurelles, à dresser des estimations de coûts détaillées et à envisager des plans d'exploitation. L'analyse de ces solutions devait permettre d'aboutir à l'élaboration d'une approche conceptuelle possible (*proof of concept*). Il est maintenant admis que d'autres travaux (comme des plans d'ingénierie détaillés, une évaluation des impacts environnementaux, etc.) seront nécessaires pour mettre en œuvre l'une ou l'autre de ces autres solutions.

La solution de dérivation d'un important volume d'eau par le canal de Chambly (mesure 2) a été examinée par un comité technique qui a conclu que cette mesure présentait des problèmes techniques et économiques. La mesure 2 n'est donc pas recommandée.



Constatations et recommandations :

L'étude a permis d'identifier deux mesures de nature structurelle prometteuses qui répondent aux critères d'évaluation⁶. Les solutions structurelles à l'étude aident à ramener le régime hydraulique de la rivière Richelieu à un état plus naturel grâce à l'élimination de certains artefacts et de matériaux qui gênent l'écoulement. Pendant une inondation, le régime hydraulique envisagé résulterait en des niveaux d'eau inférieurs à ce qu'ils sont actuellement, ce qui permettrait de réduire les dommages aux États-Unis et au Canada. Il présenterait en outre l'avantage supplémentaire de maintenir un niveau d'eau plus élevé en période de basses eaux. Les coûts des mesures suggérées sont donnés dans le tableau 1. Les impacts environnementaux sont neutres ou positifs pour la plupart des espèces ou des habitats-clés considérés dans l'examen.

Tableau 1. Évaluation des coûts et des avantages des mesures structurelles¹

	Enlèvement sélectif de matériaux du haut-fond + réservoir	Enlèvement sélectif de matériaux du haut-fond + réservoir + dérivation modérée par le canal de Chambly
Évaluation économique		
Coûts	8 M\$ CA (6,4 M\$ US)	21 M\$ CA (16,8 M\$ US)
Ratio avantages/coûts (Canada seulement)	10.11	3.96
Évaluation du niveau d'eau		
Réduction du niveau de la rivière Richelieu pour des inondations comme en 2011	15,2 cm (6,0 po)	22,3 cm (8,8 po)
Réduction du niveau du lac Champlain pour des inondations comme en 2011	10,7 cm (4,2 po)	15,2 cm (6,0 po)
Augmentation du niveau du lac Champlain en période de sécheresse comme en 1965	Jusqu'à 28,0 cm (11,0 po)	Jusqu'à 28,0 cm (11,0 po)
Étude d'impact		
Maisons sauvées de l'inondation lors d'un épisode comme en 2011	596 (15,5 %)	928 (24,2 %)

⁶ Groupe de travail technique sur la gestion des mesures de gestion et d'atténuation des crues et le Groupe de travail technique sur l'hydrologie, l'hydraulique et la cartographie (FMMM/HHM), en préparation. Évaluation des solutions de nature structurelle possibles dans la rivière Richelieu en vue d'atténuer les crues extrêmes

La première mesure structurelle prometteuse combine les deux premiers des trois éléments ci-dessous; la deuxième solution comprend les trois éléments suivants :

- Enlèvement sélectif de matériaux du haut-fond de Saint-Jean-sur-Richelieu, y compris l'enlèvement des structures d'origine humaine inutilisées (digues submergées et vieux piège à anguilles non visible⁷), afin de favoriser un débit plus rapide dans cette section.
- Remodelage du haut-fond côté est et construction d'un réservoir à l'aide des matériaux excavés, pour empêcher les niveaux du cours en amont de la rivière et du lac de trop s'abaisser pendant les périodes de sécheresse en raison de l'excavation du haut-fond.
- Construction de ponceaux à dalot et installation de vannes devant permettre la dérivation d'une partie des eaux de la rivière sur un tronçon du canal de Chambly, entre les écluses et la partie la plus étroite du haut-fond. En cas d'inondation, cela accélérerait le passage d'un volume plus important d'eau dans cette zone resserrée. La dérivation serait ouverte dès que le niveau d'eau atteindrait 29,25 m (95,96 pi).

Ces éléments sont illustrés à la figure 8. L'un des principaux avantages du réservoir tient à ce qu'il peut être construit à l'aide des matériaux excavés, ce qui réduirait considérablement les coûts de construction et permettrait d'offrir à la vie aquatique un habitat naturel. Le réservoir submergé ne sera pas visible, sauf à des débits extrêmement faibles, et il pourra être réparé ou modifié au besoin à l'avenir.

⁷ Le piège à anguilles très visible, qui est une caractéristique du lieu pour les gens du coin, ne sera pas retiré.

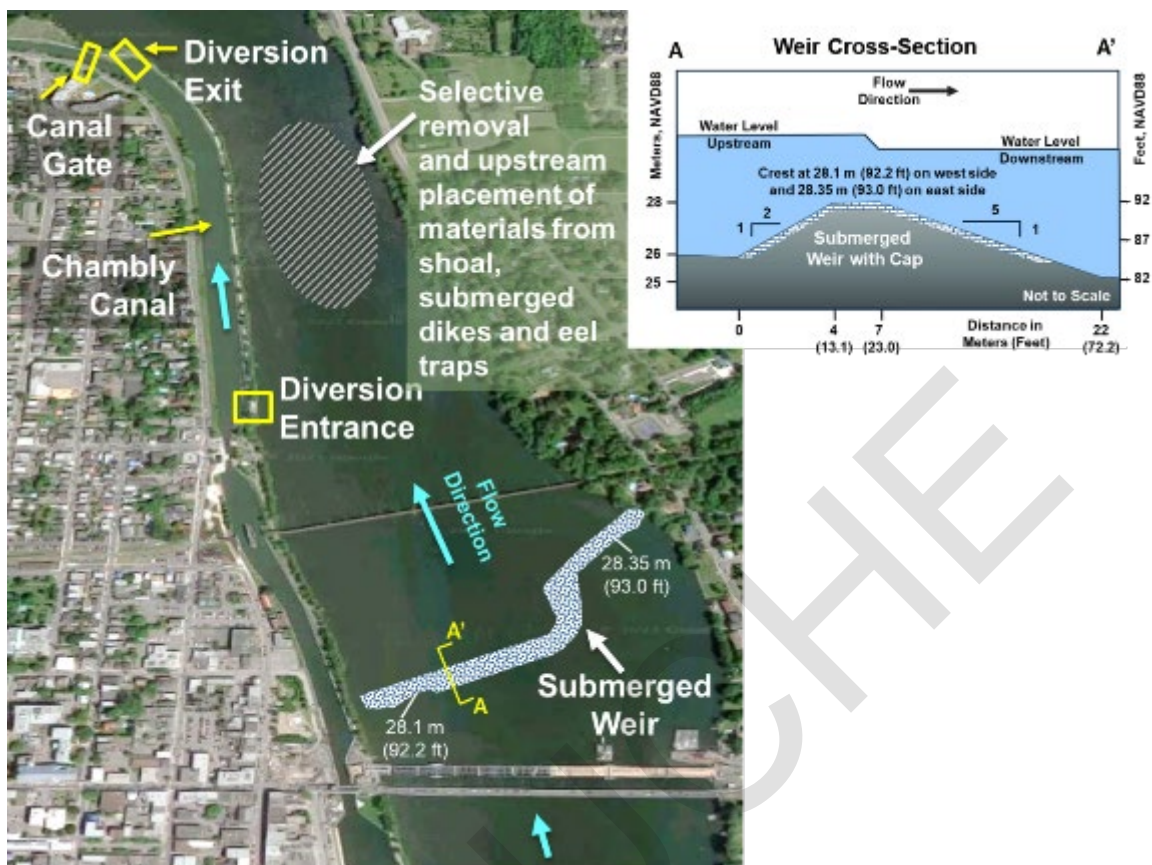


Figure 8. Représentation du projet d'excavation, d'aménagement d'un réservoir et de dérivation par le canal de Chambly, à hauteur du haut-fond de Saint-Jean-sur-Richelieu⁸

Recommandation



Le Groupe d'étude recommande à la CMI d'informer les gouvernements qu'il est possible de réduire légèrement les niveaux d'eau en période de crue sécheresse (de l'ordre de 10 cm pour le lac et de 15 cm à Saint-Jean-sur-Richelieu pour un événement comme l'inondation de 2011) et de les rehausser légèrement en période d'étiage en ramenant le régime hydraulique du haut-fond de Saint-Jean-sur-Richelieu à un état hydraulique plus naturel. Cela peut être réalisé en enlevant certains artefacts humains qui entravent l'écoulement, en plus de certaines excavations du haut-fond et en installant un réservoir submergé dans la zone du haut-fond de Saint-Jean-sur-Richelieu. D'après l'évaluation des preuves de concept réalisée par l'Étude, cette solution structurelle modérée est techniquement réalisable, économiquement avantageuse et socialement acceptable. De plus, selon l'analyse de l'étude à l'aide d'indicateurs de performance environnementale, il apparaît que la solution structurelle a des impacts environnementaux positifs et aucun impact environnemental négatif significatif.

Si souhaité, il est possible d'obtenir une réduction supplémentaire des inondations en combinant l'enlèvement des artefacts, les excavations sélectionnées du haut-fond et le réservoir submergé avec une dérivation modeste de l'eau par le canal de Chambly (pour une réduction totale des niveaux maximum de 15 cm pour le lac et de 20 cm à Saint-Jean-sur-Richelieu pour un événement comme l'inondation de 2011). Bien que cette alternative qui inclut une dérivation de l'eau par le canal de Chambly soit moins performante économiquement, cet ajout apporte une plus grande réduction du niveau d'eau pour les crues très importantes et devrait être présenté aux gouvernements pour leur considération.

Si les gouvernements décident de mettre en œuvre une solution structurelle, un processus devrait être mis en place pour analyser les implications binationales sociales, politiques, environnementales et économiques de la conception finale et de l'opération de la structure.



Thème 2 : Abaisser le débit en augmentant le stockage dans le bassin versant pour réduire l'ampleur des inondations

Une autre façon de réduire les niveaux d'eau élevés consiste à ralentir l'entrée d'eau dans le lac et la rivière en stockant l'eau sur la terre ferme ou en utilisant d'autres solutions naturelles. L'étude a : i) quantifié la réduction des inondations que permettent les milieux humides existants (environ 1 551 kilomètres carrés); ii) quantifié l'impact de la réduction des niveaux de crue grâce à plus de milieux humides dans les sous-bassins des affluents au Vermont et dans l'État de New York; et iii) évalué la possibilité de stocker temporairement les eaux d'inondation sur les terres

agricoles riveraines⁸.

La quantification de la réduction potentielle des inondations a été réalisée à l'aide d'une plateforme de modélisation hydrologique. La rivière et les versants du bassin ont été segmentés, l'effet du couvert végétal sur les débits a été simulé, et les chercheurs ont obtenu des données qui leur ont permis d'alimenter un modèle de bilan hydrique lac/réservoir et un modèle de prévision des niveaux d'eau du lac et de la rivière.

Cette évaluation des services hydrologiques assurés par les milieux humides existants (1 551 km² ou 599 mi²) du bassin du lac Champlain indique que, dans le cas d'une inondation de l'ampleur de celle de 2011, les milieux humides existants peuvent réduire le niveau d'eau du lac Champlain de 15 cm (5,9 po), le débit maximal de la rivière Richelieu de 6,7 % et le niveau d'eau de la Richelieu de 12 cm (4,7 po). De plus, les milieux humides actuels stabilisent les faibles débits en période d'étiage. Il est donc important que les milieux humides existants soient préservés et protégés.

L'étude a aussi consisté à évaluer plusieurs scénarios portant sur l'augmentation de la superficie des milieux humides bordant les affluents situés dans les sous-bassins versants des États du Vermont et de New York (figure 9), ainsi que l'inondation temporaire de terres agricoles afin de stocker les eaux de crue. L'ajout de 1 488 km² (575 mi²) de milieux humides fournirait un allègement supplémentaire, comme le montre le tableau 2. L'effet de l'inondation temporaire de terres agricoles (2 256 km² ou 871 mi²) allégerait quelque peu les crues, mais la réduction du niveau d'eau serait inférieure à ce qu'on obtiendrait par l'ajout de milieux humides.

Tableau 2. Effet de l'ajout de 1 488 km² de milieux humides dans le bassin du lac Champlain sur les niveaux d'inondation du lac Champlain et de la rivière Richelieu²

	Lac Champlain	Rivière Richelieu
Réduction moyenne des niveaux d'inondation	8 cm (3,1 po)	6 cm (2,4 po)
Réduction par rapport à l'inondation de 2011	12 cm (4,7 po)	10 cm (3,9 po)

Constatations et recommandations



L'étude a démontré que les milieux humides existants apportent une contribution non négligeable à l'atténuation des inondations, et que l'épisode de 2011 aurait été bien pire en l'absence de ces milieux humides. C'est pourquoi il est important de préserver et de protéger les milieux humides existants. D'un point de vue strictement technique, le stockage passif de l'eau des

⁸ Rousseau, A., S. Savary, M.-L. Bazinet, 2021. *Méthodes actives/passives de stockage des eaux de crue - Évaluation des caractéristiques de contrôle des crues par le biais de milieux humides et de terres agricole dans le Bassin Hydrographique du lac Champlain et de la Rivière Richelieu. 2019-2020. Rapport au Groupe d'étude international du lac Champlain et de la rivière Richelieu*

https://www.ijc.org/sites/default/files/LCRR_Watershed_Storage_Report_FR_12202021.pdf

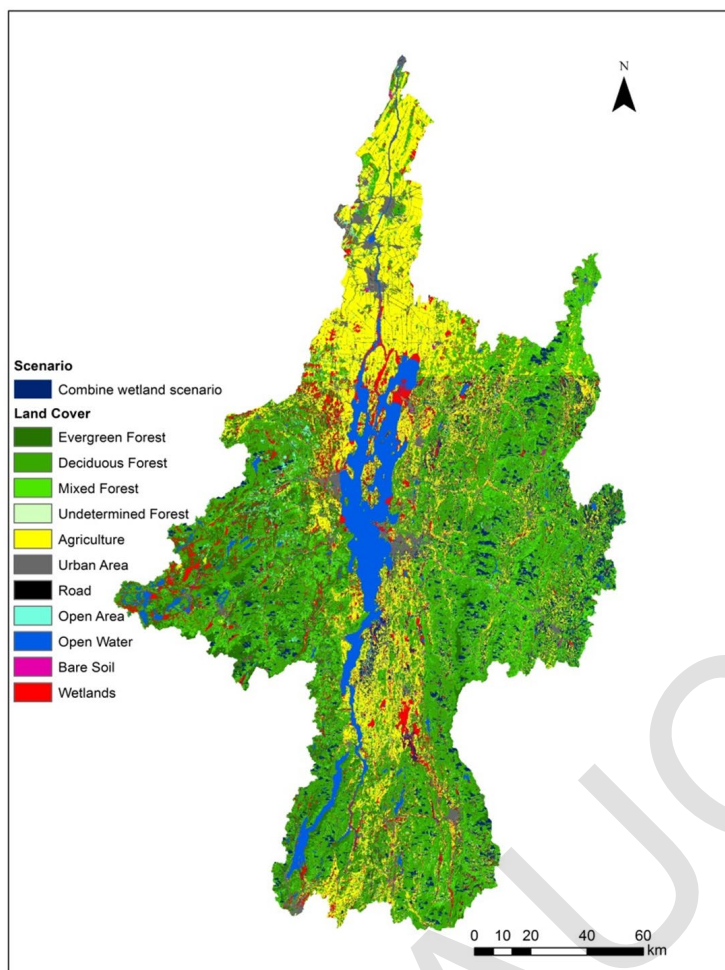


Figure 9. Zones potentielles de stockage des milieux humides (en bleu foncé)

milieux humides additionnels pourraient contribuer à atténuer l'ampleur des inondations. Cependant, l'ajout de milieux humides et l'inondation de terres agricoles nécessiteraient l'acquisition et la transformation d'une énorme superficie de terres. Compte tenu des politiques, des programmes et des règlements en vigueur au Canada et aux États-Unis, la restauration et la construction de nouveaux milieux humides au lieu d'inonder les terres agricoles représenteraient des solutions socialement plus acceptables pour renforcer la résilience dans le bassin, du moins à l'échelle des sous-bassins hydrographiques locaux. Il a cependant été déterminé que l'ajout de milieux humides pour atténuer les inondations majeures dans le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu nécessiterait une très grande superficie (environ la taille du lac Champlain). L'évaluation préliminaire des avantages et des coûts effectuée par le Groupe d'étude donne à penser qu'il en coûterait environ 100 \$ par dollar pour obtenir 1 \$ de bénéfices en termes de réduction des dommages causés par les inondations pour les rives du lac et de la rivière. Cette mesure n'est donc pas pratique à mettre en œuvre et n'est pas une solution viable aux inondations majeures du lac Champlain et de la rivière Richelieu.

milieux humides additionnels pourraient contribuer à atténuer l'ampleur des inondations. Cependant, l'ajout de milieux humides et l'inondation de terres agricoles nécessiteraient l'acquisition et la transformation d'une énorme superficie de terres. Compte tenu des politiques, des programmes et des règlements en vigueur au Canada et aux États-Unis, la restauration et la construction de nouveaux milieux humides au lieu d'inonder les terres agricoles représenteraient des solutions socialement plus acceptables pour renforcer la résilience dans le bassin, du moins à l'échelle des sous-bassins hydrographiques locaux. Il a cependant été déterminé que l'ajout de milieux humides pour atténuer les inondations majeures dans le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu nécessiterait une très grande superficie (environ la taille du

Recommandation



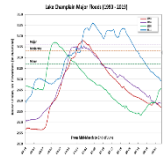
Entraver l'écoulement

Le Groupe d'étude recommande à la CMI d'encourager les gouvernements à continuer de protéger les milieux humides existants, car ils contribuent à diminuer les niveaux lors d'inondation (réduction du niveau maximal des eaux de 15 cm pour le lac Champlain et de 12 cm dans la rivière Richelieu pour une crue de l'ordre de 2011) à l'échelle des collectivités riveraines du lac et de la rivière Richelieu.

Le Groupe d'étude reconnaît que les milieux humides réduisent les inondations dans les tributaires, favorisent la biodiversité et présentent d'importants avantages environnementaux connexes. Par conséquent, le Groupe d'étude souhaite encourager les gouvernements à continuer de protéger ces milieux humides existants et, si possible, à restaurer les milieux humides perdus et à en créer de nouveaux.

Cependant, l'étude LCRR a déterminé que sans la création d'une très grande superficie de nouveaux milieux humides, il ne peut y avoir d'atténuation significative des inondations à l'échelle des communautés riveraines du lac et de la rivière Richelieu lors d'inondations importantes. Par conséquent, le Groupe d'étude ne recommande pas la poursuite d'une stratégie d'acquisition de terres et de création de nouveaux milieux humides comme politique de gestion des inondations pour les collectivités riveraines du lac et de la rivière Richelieu.

Thème 3: Réagir aux inondations grâce à de meilleures prévisions et à une meilleure planification en vue d'améliorer la résilience



En marge de l'évaluation des solutions concernant l'atténuation des niveaux d'inondation, l'étude s'est penchée sur un deuxième objectif, à savoir la réduction de la vulnérabilité et le renforcement de la résilience face aux inondations grâce à une meilleure préparation.

Les activités de l'étude liées à l'amélioration des prévisions et de la planification comportent deux dimensions :

- L'amélioration de la prévision et de la cartographie des inondations.
- La cartographie des impacts des inondations à venir pour les interventions d'urgence

Amélioration de la prévision et de la cartographie des risques d'inondation

L'étude a évalué les systèmes de prévision des inondations au Québec et aux États-Unis⁹. La prévision des inondations dépend fortement de l'évolution des conditions météorologiques dans l'espace et dans le temps, comme la température, les précipitations sous formes liquide et solide et le rayonnement solaire. Dans ce contexte, la National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA) des États-Unis et Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) utilisent des systèmes de prévisions météorologiques numériques parmi les meilleurs au monde. L'information traitée est mise à la disposition des organismes responsables de la production et de la diffusion des prévisions, des directives et des avertissements relatifs aux inondations au moyen d'un portail de données ouvertes.

Aux États-Unis, la NOAA est la seule autorité fédérale à fournir des prévisions, des directives et des avertissements sur les inondations. Au Canada, la prestation de prévisions, de directives et d'avertissements sur les inondations relèvent des provinces. Pour la partie nord du bassin LCRR, située dans la province de Québec, l'autorité responsable est le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques (MELCC)¹⁰. Chaque organisme est responsable d'émettre des prévisions officielles des inondations pour ses territoires respectifs et de produire des prévisions binationales cohérentes pour l'ensemble du bassin LCRR. Il n'existe pas de prévisions officielles binationales uniques. Les experts qui ont examiné les programmes ont indiqué que des prévisions indépendantes des inondations continueront d'alimenter tout futur système de prévision des inondations qui sera recommandé. Cependant, les divers composants (c.-à-d. les modèles) devront continuer d'être déployés au sein d'ECCC, de la NOAA et du MELCC selon un travail fait en collaboration.

Des améliorations ont été apportées à de nombreux composants au cours de l'étude LCRR. Aux États-Unis, des modèles hydrologiques améliorés ont été créés pour le bassin LCRR pour favoriser la production de prévisions d'inondation pour les affluents du lac Champlain. Un nouveau système de prévision expérimental donne des prévisions des niveaux d'eau et de la hauteur des vagues qui permettent de produire des avertissements d'inondations dans la région (figure 10).

⁹ Groupe de travail technique sur les mesures de gestion et d'atténuation des crues et Groupe de travail technique sur l'hydrologie, l'hydraulique et la cartographie (FMMM/HHM), en préparation. Élaboration d'un système binational de prévision des inondations et de cartographie des plaines inondables en temps réel pour mise en œuvre opérationnelle

¹⁰ Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

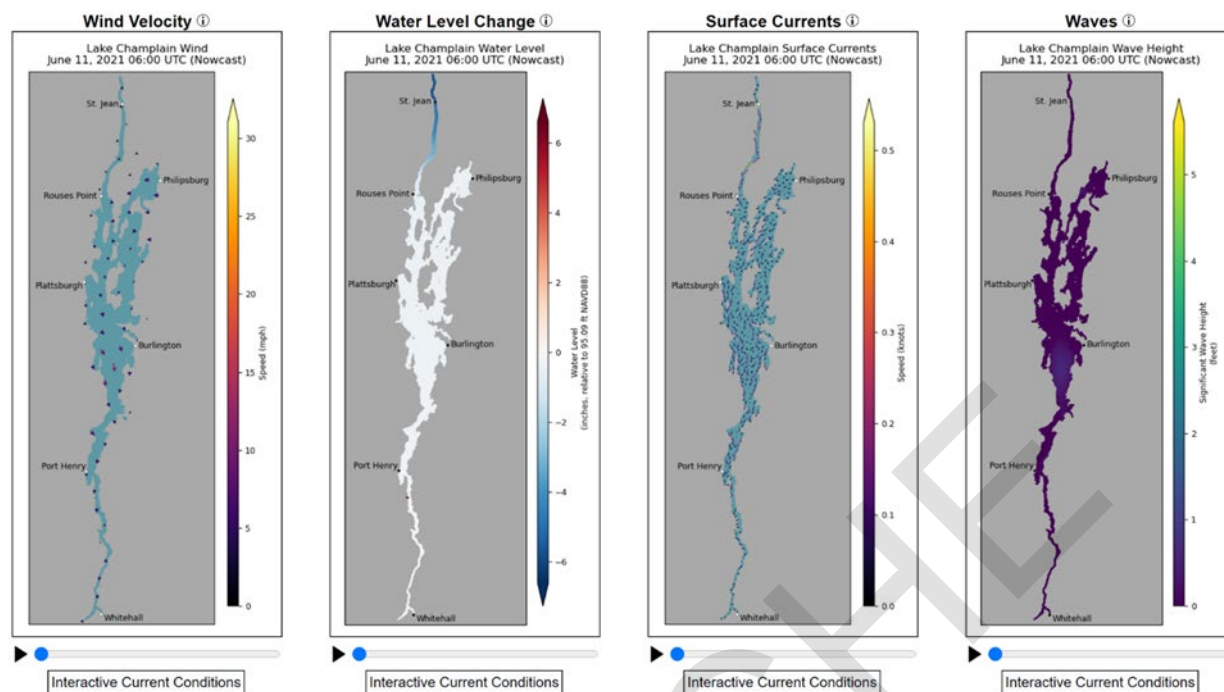


Figure 10.10 Exemple d'améliorations apportées à la prévision des inondations du lac Champlain

Selon une évaluation des besoins des utilisateurs, il ressort que ces derniers souhaitent disposer de cartes des zones inondables à court terme, assorties des probabilités d'occurrence ou de dépassement des limites d'inondation, ainsi que de graphiques des niveaux d'eau et des débits à long terme pour évaluer les risques d'inondation en termes de probabilités. Le système de prévision des inondations recommandé reprendra les modèles élaborés ou améliorés au cours de l'étude LCRR (ou des modèles semblables) aptes à saisir l'ensemble des processus pertinents aux prévisions LCRR, comme l'accumulation de neige ainsi que le moment et l'ampleur de la fonte des neiges, les apports d'eau dans le lac Champlain, le débit de la rivière Richelieu et les effets du vent et des vagues sur le système. Ces modèles individuels et l'emploi coordonné de modèles groupés (prévisions d'ensemble) permettront de mieux évaluer le degré d'incertitude associé aux inondations et de mieux cartographier les zones inondables, comme le souhaitent les utilisateurs.

La cartographie les impacts des inondations pour les interventions d'urgence

Le Groupe d'étude a examiné des outils qui permettraient d'aller au-delà de la prestation de renseignements sur les aléas d'inondation (étendue et profondeur des inondations) pour aider les intervenants d'urgence locaux à se préparer en vue d'une inondation annoncée. Le Groupe d'étude a utilisé le système intégré social, économique et environnemental (ISEE) pour évaluer les risques d'inondation au-delà de l'évaluation de l'exposition (Figure 11). Ainsi ISEE intègre les risques sociaux comme la vulnérabilité et peut générer des cartes et des informations telles que l'étendue des inondations, la profondeur de l'eau, les accès routiers et l'emplacement des personnes à risque, cela en vue d'améliorer les interventions d'urgence en cas d'inondation. L'une des principales caractéristiques

The image displays three overlapping screenshots of a web application titled 'Dossier de la zone inondable'. The top screenshot, 'Dommages sur les bâtiments', shows a map with a color-coded legend for building damage levels. The middle screenshot, 'Accessibilité aux résidences en fonction des scénarios d'inondation', shows a map with a color-coded legend for accessibility and a text box indicating a mean water level of 31.1m. The bottom screenshot, 'Indicateurs de vulnérabilité sociale et territoriale', shows a map with a color-coded legend for social vulnerability and a legend for population density and age.

Figure 11.11 Outil de cartographie ISEE (Système intégré social, économique et environnemental)

Constatations et recommandations



Le Groupe d'étude a cherché à déterminer s'il était possible d'améliorer les produits de modélisation et de prévision. Les organismes opérationnels comme la NOAA, ECCC et le MELCC auront accès à tous les outils élaborés à la faveur de l'étude. Cela les aidera à augmenter l'horizon prévisionnel à cinq jours et à inclure la cartographie des inondations dans leurs systèmes opérationnels, comme l'initiative de cartographie nationale des inondations de la NOAA et le projet Info-Crue du Québec qui est en cours de réalisation. Ces outils aideront les particuliers, les collectivités et les premiers intervenants à élaborer des plans d'intervention en cas d'inondation annoncée.

L'analyse des écarts entre les systèmes actuels et les systèmes recommandés a révélé que les nouveaux modèles sont presque prêts à être utilisés, mais qu'il reste encore du travail à faire pour en améliorer l'interconnexion et le déploiement opérationnel. Le travail est en bonne voie et il n'existe aucun obstacle technique majeur. Certaines recherches sont encore nécessaires pour trouver une bonne méthodologie d'intégration pour de multiples prévisions, mais une approche pratique par les prévisionnistes pourra être mise à profit entre-temps. Le Groupe d'étude estime qu'il est important que les organismes de soutien maintiennent leur collaboration actuelle et s'échangent les données nécessaires pour maintenir la chaîne de prévision.

Recommandations



Intervention en cas d'inondation

Le Groupe d'étude recommande que toutes les informations météorologiques et hydrologiques générées par la NOAA (aux États-Unis) et par ECCC et le MELCC (au Canada) soient mises à la disposition et utilisées par les organismes respectifs responsables de la production et de la diffusion des prévisions, des conseils et des avertissements en matière d'inondation.

- Une collaboration accrue entre les différentes agences, à savoir la NOAA, ECCC et le MELCC, doit être encouragée afin de garantir que toutes les données de prévision disponibles et leurs interprétations soient partagées en temps réel, l'objectif ultime étant que les prévisions officielles de chaque côté de la frontière soient de la meilleure qualité possible et s'accompagnent d'une interprétation transfrontalière concertée et cohérente.
- Les outils améliorés de modélisation et de prévision mis au point pour le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu peuvent grandement aider à la planification des interventions en cas d'inondation et doivent être maintenus. Ils ont montré la possibilité d'étendre l'horizon de prévision et de fournir de nouveaux produits opérationnels pertinents pour les acteurs du bassin, tels que la montée des eaux, les vagues, l'étendue et la profondeur des inondations, et leurs conséquences sur le littoral, par exemple : les routes coupées, les vulnérabilités sociales et les impacts monétaires.

Sur cette base, les gouvernements sont encouragés à rendre opérationnels les outils de modélisation et de prévision améliorés et les systèmes cohérents d'évaluation des risques, et à les soutenir/entretenir après l'étude. Les outils LCRR, les données d'appui et la documentation devraient être transférés aux agences appropriées au Canada et aux États-Unis au plus tard à la fin de 2022.

Pour soutenir la préparation aux inondations, les simulations d'inondations de diverses magnitudes et les cartes correspondantes produites devraient être mises à la disposition de toutes les parties intéressées au plus tard à la fin de 2022.



Thème 4: Pratiques de gestion des plaines inondables pour améliorer la résilience

Pour ce thème, le Groupe d'étude a cherché des approches de nature non-structurale pour accroître la résilience des collectivités riveraines aux inondations grâce à la gestion des plaines inondables.

Les risques d'inondation sont le produit de trois éléments : 1) un danger d'inondation, c'est-à-dire d'une inondation de terres normalement sèches; 2) l'exposition des personnes, des biens, des infrastructures et de l'activité économique dans la zone inondable ou à proximité de cette dernière; 3) la vulnérabilité des personnes et des biens aux dommages causés par les inondations.

L'étude a produit des données et des outils importants pour la mise en œuvre d'une stratégie de gestion des risques d'inondation, notamment :

- Un outil de prévision des inondations et des cartes de risques d'inondation que peuvent être utilisées par les gestionnaires régionaux et locaux des services d'urgence pour planifier leurs préparations et interventions.
- Des scénarios de changements climatiques et une approche décisionnelle à l'appui de la prise de décisions face aux incertitudes que l'on connaît.
- Un système intégré de modélisation sociale, économique et environnementale (ISEE), qui fournit des estimations localisées des dommages aux constructions causées par des inondations afin d'évaluer les coûts et les avantages des investissements dans la réduction des risques dans le bassin.
- Des évaluations de faisabilité du point de vue politique et de l'acceptabilité sociale des politiques; la documentation de l'appui des gestionnaires et les planificateurs des mesures d'urgence; l'étude de l'équité de la répartition des avantages et des coûts et; l'intégration de l'information sur les risques d'inondation dans les plans d'aménagement du territoire et les règlements de zonage.

Concernant le thème de la gestion des plaines inondables, quatre domaines-clés sont traités dans une série de livres blancs¹¹ :

- La cartographie des risques des zones inondables.
- La communication des risques d'inondation.
- La gestion de l'occupation des plaines inondables.
- L'assurance contre les inondations.

Les pratiques de gestion exemplaires ont été regroupées dans ces documents, à partir d'une analyse documentaire et des entrevues avec des experts. Elles ont été résumées dans un rapport sommaire sur le thème de la gestion intégrée des plaines inondables.

¹¹ Livres blancs en préparation; citations à ajouter

Constatations et recommandations



L'étude conclut qu'une stratégie efficace de gestion des risques d'inondation devrait :

- être fondées sur une évaluation complète et continue des risques d'inondation (c.-à-d. du danger, de l'exposition et de la vulnérabilité);
- consister à appliquer un ensemble d'outils visant à réduire les risques d'inondation, à s'y adapter et à s'en prémunir;
- communiquer ouvertement les risques d'inondation aux parties prenantes et au public.

S'appuyant sur les quatre livres blancs produits sous ce thème, le Groupe d'étude a dégagé quatre outils de gestion qui pourraient servir à réduire les risques d'inondation :

- La cartographie des risques : Il s'agit d'une ressource précieuse pour la gestion des risques d'inondation, mais qui doit être conçu pour cibler des publics précis, comme les planificateurs ou le grand public. Les cartes destinées au public doivent être dynamiques, interactives et conviviales afin de réaliser leur plein potentiel.
- Les campagnes de communication sur les risques d'inondation : Plutôt que de simplement informer les publics ciblés des risques d'inondation et des mesures qu'ils peuvent prendre pour les réduire, les campagnes de communication pourraient également être utilisées dans le bassin hydrographique pour populariser l'assurance inondation auprès des propriétaires de biens à risque, pour encourager la gestion locale des urgences et pour informer les acheteurs potentiels de propriétés à risque. Ces messages devraient être conçus en fonction de pratiques exemplaires.
- La gestion des plaines inondables : Il est ici question de décourager l'occupation des terres inondables en raison d'un risque existant mais aussi en prévision d'une évolution des risques. Cependant, les secteurs déjà habités sont aussi exposés à des risques d'inondation qui devraient être réduits par l'application de mesures de protection temporaires ou permanentes et par la modification de bâtiments quand cela est justifié.
- L'assurance inondation : L'assurance peut être un outil efficace pour accélérer la reprise après des inondations, mais pour que ce genre de régime d'assurance se popularise, il faudra que le gouvernement et le secteur privé partagent les risques et les responsabilités.

Ces constatations et ces examens des pratiques exemplaires devraient être portés à la connaissance des ordres de gouvernement appropriés aux États-Unis et au Canada en tant qu'informations pertinentes pour qu'ils puissent analyser leurs activités de gestion des risques d'inondation dans le LCRR.

Recommandation



Gestion des plaines inondables

Le Groupe d'étude recommande également à la CMI d'encourager les gouvernements à faire le meilleur usage, en fonction de leur propre contexte, de l'analyse des meilleures pratiques de l'étude LCRR en matière de cartographie des risques, de communication des risques, de gestion des plaines inondables et d'assurance contre les inondations.

- Améliorer la cartographie des risques d'inondation pour les publics ciblés. Cela comprend la mise à jour et l'ajout de plus de détails aux cartes des risques d'inondation existantes.
- Développer des campagnes de communication sur les risques d'inondation destinées à des publics cibles spécifiques dans le bassin du LCRR.
- Considérer l'occupation des plaines inondables sous l'angle de la résilience. Cela comprend des stratégies d'aménagement du territoire qui évitent les zones inondées, s'y adaptent et s'en éloignent, la mise à jour et le renforcement de l'application des règlements d'aménagement du territoire en fonction des risques d'inondation, et la protection des aménagements dans les zones inondables à haut risque.
- Étudier et/ou étendre l'assurance contre les inondations. Cela comprend une étude plus approfondie de l'état de l'assurance contre les inondations dans le bassin versant et la promotion d'un accord d'assurance qui partage la responsabilité financière des dommages causés par les inondations.

Prise en compte de la variabilité future des apports d'eau dans un contexte de changements climatiques

Toutes les solutions possibles pour faire face aux inondations découlant de l'étude doivent tenir compte de l'influence des changements climatiques. Les experts ont déterminé les scénarios climatiques futurs à partir de multiples perspectives et les ont intégrés dans les recommandations. Le climat est tellement incertain qu'aucune prévision ne peut être utilisée à des fins de planification.



Voici les principales constatations de l'étude sur les changements climatiques :

- Les prévisions vont d'un peu moins à un peu plus d'apports d'eau dans le lac Champlain. Malgré la profonde incertitude entourant le système climatique et son évolution future, les renseignements disponibles indiquent que les changements climatiques sont susceptibles de réduire le niveau moyen du lac Champlain et le débit moyen de la rivière Richelieu au cours du XXI^e siècle.
- Les changements climatiques réduiront probablement les bénéfices en termes d'atténuation des inondations des deux mesures de nature structurelle proposées, mais l'analyse effectuée suggère que celles-ci demeureront probablement financièrement envisageables.

- Même si le niveau moyen du lac Champlain et le débit de la rivière sont réduits, la région sera toujours vulnérable à des inondations plus importantes que celles de 2011. Il est toutefois difficile d'attribuer une probabilité d'occurrence dans le cas d'événements aussi extrêmes et aussi rares. La meilleure façon d'y faire face ne serait pas de construire une structure imposante, mais d'en tenir compte dans la planification des interventions d'urgence et des plaines inondables. La probabilité d'inondations dans le bassin LCRR changera et il n'y a pas de consensus sur la façon d'estimer les intervalles de récurrence pour réglementer l'aménagement des plaines inondables.

Recommandations Préliminaires sur le changement climatique :

Les multiples approches de modélisation du climat utilisées par l'étude ont toutes indiqué une incertitude majeure en ce qui concerne le régime hydrique futur, avec une probabilité très faible (mais non nulle) d'inondations plus importantes que celle de 2011, et un potentiel pour des périodes d'étiage plus fréquentes et plus longues.

Par conséquent, le Groupe d'étude recommande que la CMI conseille aux gouvernements de partager les scénarios climatiques avec les parties prenantes et d'encourager les décideurs à tenir compte des changements climatiques dans leur prise de décision et ce, dans tous les aspects de la réponse et de la gestion des risques d'inondation.

Combinaison de mesures

Le Groupe d'étude a reconnu que la division en quatre thèmes des approches destinées à améliorer la résilience des collectivités du bassin LCRR risquait de donner lieu à des recommandations et à des approches sans rapport les unes avec les autres, si bien que, tout au long du processus, il s'est efforcé de maintenir et d'améliorer les liens entre les disciplines, les zones géographiques et les cultures. De nombreux groupes d'experts et de résidents touchés ont contribué aux résultats de l'étude dont le succès dépendra d'un engagement continu et de l'instauration de relations. Une composante essentielle de la réussite consistera à combiner des mesures de nature structurelle et d'autres de nature non-structurelle pour gérer directement les débits élevés, ainsi qu'à permettre aux personnes et aux biens à risque d'être déplacés dans des secteurs hors danger ou protégés, tant dans l'urgence que pour le long terme.

À elles seules, les mesures de nature structurelle ne peuvent permettre de maintenir les eaux du lac Champlain et de la rivière Richelieu dans leurs lits naturels et dans toutes les conditions, mais elles peuvent apporter une certaine atténuation lors des pires événements de fort débit. Toutefois, et afin d'en optimiser l'efficacité, ces mesures devront être appliquées en combinaison avec des approches destinées à réduire l'exposition aux inondations. On peut songer à l'ajustement dans le temps de l'emplacement des constructions et des normes de conception dans les secteurs riverains ou non loin des bords de l'eau, à la préservation des milieux humides actuels, et à l'amélioration de la façon dont les risques (humains et financiers) sont communiqués, internalisés et répartis entre les collectivités et les

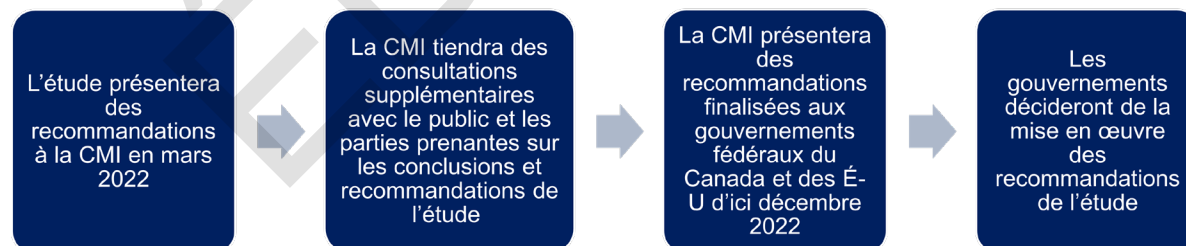
particuliers. Cela revient à dire qu'il n'existe pas une seule **solution** au problème des inondations dans le bassin LCRR, mais plutôt toute la série d'approches que nous venons de voir et qui peuvent, collectivement, aider les collectivités du bassin LCRR à mieux se préparer aux futures crues.

Collaboration binationale

Le Traité des eaux limitrophes de 1909 entre le Canada et les États-Unis a établi un engagement entre les parties à « prévenir tout différend relativement à l'usage des eaux limitrophes et pour régler toutes les questions qui sont actuellement pendantes entre les États-Unis et le Dominion du Canada ». La question de savoir quelle est la meilleure façon de gérer les débits et les niveaux dans le bassin LCRR frontalier a été abordée dans cette étude, y compris la collaboration avec les gouvernements et les collectivités autochtones. La démarche suivie a permis d'accéder à des experts en sciences de l'eau, en génie et en stratégie, ainsi qu'à des experts communautaires en intervention d'urgence et en planification municipale. Nul particulier, nulle collectivité, agence ou institution ne peut unilatéralement mettre en œuvre les recommandations de l'étude pour obtenir des résultats probants. Des innovations sont toujours envisageables et des enseignements pourront être tirés, et cela selon de multiples envergures et pour des lieux imprévisibles. Il faudra investir du temps, de l'énergie et des ressources pour continuer d'améliorer et de maintenir les mesures d'atténuation des inondations qui feront de la région un endroit plus sûr et plus résilient, où il fera bon vivre.

Quelle est la prochaine étape?

La CMI joue un rôle consultatif auprès des parties prenantes et ne dispose que d'une compétence et de ressources limitées pour gérer ou améliorer le régime d'écoulement des eaux transfrontalières, comme celles du bassin LCRR. Le processus ci-dessous sera suivi après que le Groupe d'étude aura présenté ses résultats aux commissaires de la CMI. Ce sont les parties prenantes qui prendront les mesures qu'elles jugent appropriées.



Au cours de cette étude, les experts ont produit une grande quantité de données et d'outils pour appuyer la mise en œuvre de la stratégie intégrée d'atténuation des inondations dans le bassin LCRR. Ces données et ces outils seront utiles aux parties prenantes du bassin, et peut-être même ailleurs, pour améliorer la résilience des collectivités et réduire les risques pour la vie et les biens.