

**PLAN D'ÉTUDE  
POUR  
LA DÉTERMINATION DES MESURES VISANT À  
ATTÉNUER LES INONDATIONS ET LEURS  
RÉPERCUSSIONS DANS LE BASSIN VERSANT DU LAC  
CHAMPLAIN ET DE LA RIVIÈRE RICHELIEU**



**Commission  
mixte  
internationale**

**Juillet 2013**



Le 15 juillet 2013

L'honorable John Kerry  
Secrétaire d'État  
Département d'État des États-Unis  
2201 C Street NW  
Washington, DC 20520

L'honorable John Baird  
Ministre des Affaires étrangères  
Affaires étrangères et Commerce  
international Canada  
125, promenade Sussex  
Ottawa (Ontario) K1A 0G2

Monsieur le Ministre et Monsieur le Secrétaire,

Le 19 mars 2012, les gouvernements du Canada et des États-Unis ont demandé à la Commission mixte internationale d'établir un plan d'étude afin d'examiner les causes et les effets des débordements du lac Champlain et de la rivière Richelieu en 2011 et de définir de possibles mesures d'atténuation. La Commission a donc créé le Groupe de travail international du plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu pour s'acquitter de cette tâche. La présente lettre accompagne le plan d'étude proposé par le Groupe de travail et vous soumet les recommandations de la Commission.

La Commission recommande :

1. que les gouvernements investissent un montant estimatif de 14 millions de dollars sur cinq ans pour les éléments nécessaires de collecte de données, d'élaboration de modèles et d'analyse afin de déterminer les causes et les effets des inondations sur les rives du lac Champlain et de la rivière Richelieu et d'évaluer les mesures d'atténuation des crues;
2. que les gouvernements créent un groupe d'étude binational dès que possible pour coordonner ces travaux et mettre en œuvre un solide mécanisme transfrontalier de consultation publique afin de soutenir l'élaboration d'un ensemble commun de modèles intégrés et perfectionnés de réponse écologique, socioéconomique et physique;
3. que les administrations locales exercent les pouvoirs qu'elles ont déjà pour intervenir immédiatement afin de tenir les habitations et les nouveaux aménagements à l'écart des zones d'inondation, par l'élaboration et l'exécution de règlements régissant l'occupation des plaines inondables;
4. que des mesures soient prises afin de renforcer les mécanismes globaux de coordination transfrontalière pour la prévision des crues et l'organisation des préparatifs et des interventions en cas d'inondation entre l'État de New York, le Vermont, le Québec et les gouvernements fédéraux, ainsi que les municipalités.

[www.ijc.org](http://www.ijc.org)

La Commission appuie la recommandation faite par le Groupe de travail que les gouvernements du Canada et des États-Unis investissent dans les éléments nécessaires de collecte et d'analyse de données afin d'élaborer l'ensemble commun de modèles intégrés et perfectionnés de réponse écologique, socioéconomique et physique pour le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu, comme il est proposé dans la troisième option (option C) du rapport. Ces modèles, qui serviront à étudier des solutions particulières dans le bassin, aideront à mieux comprendre les effets des mesures structurelles et non structurelles d'atténuation des crues sur les ressources du bassin, sur l'environnement et sur les multiples utilisateurs de l'eau. L'ensemble de modèles communs permettra de mieux saisir la complexité du bassin transfrontalier, de trouver et d'évaluer des solutions alternatives et de soutenir l'élaboration de solutions globales, convenues par les deux pays, pour atténuer les crues. L'ensemble complet de modèles scientifiquement fondés que propose le Groupe de travail dans son rapport permettrait d'évaluer pleinement les répercussions positives et négatives des mesures envisagées. L'emploi de modèles communs sur lesquels les spécialistes et les parties prenantes s'entendent pour cette évaluation est essentiel afin que, de part et d'autre, on comprenne et accepte toute mesure qui modifierait sensiblement le niveau naturel des eaux. Le Groupe de travail estime que la collecte et l'analyse des données pour élaborer l'ensemble complet des modèles, puis l'analyse des mesures qui suivra coûteront environ 14 millions de dollars. La mise au point de cet outil stratégique commun permettra aux habitants du bassin d'évaluer les options qui s'offrent à eux et de progresser de concert. La modélisation incorporerait aussi un système très avancé de prévision des crues en temps réel et en continu du lac et de la rivière dans leur entier.

La demande que les gouvernements ont faite à la Commission en mars 2012 d'étudier les inondations dans le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu était la troisième du genre. En 1937, la Commission a étudié les inondations dans le bassin quand elle a approuvé un projet de barrage et d'ouvrages de protection dans la rivière aux environs de Saint-Jean-sur-Richelieu. Si une partie des aménagements de ce qui est maintenant appelé le barrage Fryers a été construite, les ouvrages annexes et les travaux d'excavation dans la rivière n'ont jamais été réalisés, et le barrage n'a jamais été exploité. En 1973, les gouvernements ont confié par renvoi à la Commission le soin d'étudier les inondations dans la région, et en 1981, après six années d'études, celle-ci a présenté un rapport final où elle concluait qu'il était à la fois possible et souhaitable d'implanter des dispositifs de prévision et d'avertissement des crues en même temps que de réglementer l'occupation des plaines inondables pour réduire les dommages causés par les inondations dans la région. De plus, dans ce rapport, la Commission a indiqué que l'aménagement d'un ouvrage de contrôle à vannes (barrage) et le creusement d'un chenal constitueraient un moyen réalisable de réduire les dommages causés par les inondations et qu'il pouvait être géré de façon à respecter les critères environnementaux définis. Toutefois, la Commission n'a pas établi l'opportunité d'aménager un ouvrage de contrôle, estimant qu'il revenait aux gouvernements d'en décider. Si, dans une certaine mesure, la prévision des crues et la réglementation des plaines inondables ont été mises en oeuvre, les gouvernements n'ont pris aucune mesure pour ce qui est d'un barrage ou du dragage des hauts-fonds.

Les efforts antérieurs de la Commission dans ce bassin nous montrent qu'il est essentiel de mener des consultations soutenues, à l'échelle du bassin, avec la population et tous les niveaux de gouvernement. Un groupe d'étude binational est nécessaire pour diriger et coordonner l'élaboration des outils de modélisation proposés et pour favoriser la communication et l'entente à l'échelle du bassin concernant l'évaluation des mesures d'atténuation des crues. La

Commission recommande que les gouvernements créent ce groupe d'étude binational dès que possible. Les inondations dans le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu menacent la région en permanence et constituent pour elle un fardeau financier, et l'aménagement d'un ouvrage qui modifierait ou régulariserait sensiblement les niveaux d'eau du lac et de la rivière demeure une question délicate. Une fois mis sur pied, le groupe d'étude devrait lancer des consultations continues avec le public et les gouvernements et y associer les administrations locales. Il devrait aussi prévoir des recherches périodiques sur l'opinion publique qui aideront à cerner les solutions particulières faisant consensus et à faire comprendre les répercussions des mesures envisagées. Les modèles proposés serviraient à évaluer un éventail de solutions, dont certaines n'ont pas été envisagées sérieusement dans les études antérieures. Le public et tous les ordres de gouvernement seraient tenus au courant de l'élaboration et des résultats des analyses en vue de cerner et de privilégier les solutions qui sont réalistes et qui répondent à la fois aux besoins d'atténuation des crues et aux préoccupations écologiques des habitants du bassin. La première tâche à laquelle devrait s'atteler le groupe d'étude serait de créer la structure qui permettra cette communication continue et posera les jalons de la compréhension commune de tous les groupes tout au long des travaux d'étude.

Les troisième et quatrième recommandations de la Commission se fondent sur deux autres questions soulevées par le Groupe de travail. Elles font ressortir la nécessité pour les administrations locales de s'occuper de la gestion des plaines inondables et de la coordination régionale de l'intervention en cas d'inondation. Dans son étude de 1981, la Commission a recommandé de réglementer l'occupation des plaines inondables de façon à maintenir les habitations et les nouveaux aménagements à l'écart de ces zones. Le Groupe de travail recommande d'examiner à nouveau la gestion des plaines inondables et les pratiques exemplaires qui s'y rattachent et de mettre à jour les cartes de ces zones, mais les administrations locales disposent de pouvoirs adéquats et comprennent suffisamment l'enjeu pour améliorer immédiatement la situation, et elles devraient agir. La Commission accepte aussi l'observation faite par le Groupe de travail qu'il est nécessaire, dans l'immédiat, de renforcer encore les mécanismes globaux de coordination transfrontalière pour la prévision des crues et l'organisation des préparatifs et des interventions en cas d'inondation entre l'État de New York, le Vermont, le Québec et les gouvernements fédéraux, ainsi que les municipalités.

La Commission mixte internationale salue les efforts du Groupe de travail et reconnaît que l'éventail des études présentées répond au souhait des gouvernements de déterminer des options à envisager à divers niveaux de financement. Elle accueille favorablement les observations et l'analyse du Groupe de travail et appuie sa recommandation d'effectuer une étude détaillée dotée d'un budget de 14 millions de dollars sur cinq ans, et elle soumet le rapport du Groupe de travail aux gouvernements, pour qu'ils l'examinent et y donnent suite.

Comme toujours, les commissaires et les membres du Groupe de travail se tiennent à la disposition des gouvernements pour les renseigner sur les aspects mentionnés ici ou sur l'analyse du plan d'étude proposé. Nous attendons vos instructions concernant les prochaines étapes à envisager pour le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu.

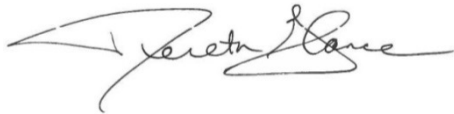
Veillez agréer, Monsieur le Ministre et Monsieur le Secrétaire, l'expression de nos sentiments respectueux,



Lana B. Pollack  
Présidente  
Section américaine



Joseph R. Comuzzi, C.P.  
Président  
Section canadienne



Dereth B. Glance  
Commissaire  
Section américaine



Gordon W. Walker  
Commissaire  
Section canadienne



Richard Moy  
Commissaire  
Section américaine



Benoît Bouchard  
Commissaire  
Section canadienne

Pièces jointe :

1. Plan d'étude pour la détermination des mesures visant à atténuer les inondations et leurs répercussions dans le bassin versant du lac Champlain et de la rivière Richelieu

## RÉSUMÉ

établi pour la Commission mixte internationale

par le

Groupe de travail international du plan d'étude  
du lac Champlain et de la rivière Richelieu

### Introduction

En avril 2011, des précipitations printanières exceptionnellement abondantes et les eaux de fonte d'une année qui s'est classée au troisième rang par la quantité de neige tombée se sont conjuguées pour faire déborder la rivière Richelieu au Canada et le lac Champlain aux États-Unis. Le niveau d'eau du lac a atteint 31,477 m (103,27 pi) au-dessus du niveau moyen des mers, établissant un nouveau record pour ce bassin affligé par des inondations depuis au moins 100 ans. Lors de la crue printanière de 2011, les eaux ont dépassé le niveau d'inondation du 13 avril au 19 juin, soit durant une période de 67 jours. Dans les deux pays, près de 4 000 maisons ont subi des dommages se chiffrant à des dizaines de millions de dollars.

Face aux crues dévastatrices de 2011, les gouvernements du Canada et des États-Unis ont demandé à la Commission mixte internationale de se pencher sur la question et de formuler des recommandations au sujet d'une étude détaillée des mesures visant à atténuer les inondations et leurs répercussions dans le bassin versant du lac Champlain et de la rivière Richelieu. Afin de répondre à cette requête, la Commission mixte internationale a créé en mai 2012 le Groupe de travail international du plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu et établit une directive mandant le Groupe de travail de répondre à la requête des gouvernements en établissant un plan d'étude.

La Directive au Groupe de travail prévoit l'établissement d'un plan d'étude qui déterminera expressément les études devant être menées afin d'évaluer les causes et les répercussions des crues du lac Champlain et de la rivière Richelieu et celles devant être menées afin d'élaborer des mesures appropriées d'atténuation des crues et de formuler des recommandations.

Trois évaluations distinctes doivent être abordées dans le cadre du plan d'étude :

1. Évaluer les causes et les répercussions des crues antérieures dans le bassin versant, en se concentrant sur les événements survenus en 2011.
2. Évaluer les mesures d'atténuation des crues du lac Champlain et de ses affluents et de la rivière Richelieu, en envisageant des mesures structurelles et non structurelles et leur association, et mener une analyse coûts-avantages.
3. Évaluer le besoin de cartographier les inondations d'après les prévisions en temps réel pour aider à préparer les collectivités locales et les intervenants d'urgence aux débordements à venir.

L'élaboration des mesures d'atténuation des crues doit comporter deux analyses spécifiques et des recommandations :

1. Analyser et recommander des mesures pour s'adapter à la variabilité attendue des apports d'eau dans le bassin versant du lac Champlain et de la rivière Richelieu, en s'appuyant sur des études pertinentes déjà réalisées.
2. Analyser les meilleures législations sur la gestion des plaines inondables dans différents pays de façon à formuler des recommandations à l'échelon local.

### **Élaboration du plan d'étude**

Comme exigence sous-jacente de la Directive, il faut que les études futures sur les crues du lac Champlain et de la rivière Richelieu portent non seulement sur les objectifs particuliers énoncés dans la Directive, mais tiennent compte également des divergences d'opinion, des malentendus et des besoins d'intégration des données qui entourent cette question.

Pour entièrement respecter les principes et les objectifs de la Directive, le Groupe de travail s'est lancé dans la collecte de données avant et parallèlement à l'élaboration de ce plan d'étude, en procédant notamment à une analyse superficielle des perceptions actuelles des mesures d'atténuation proposées dans le passé et de celles qui pourraient être préconisées à l'avenir.

Une série de réunions publiques et de visites sur le terrain ont été organisées par le Groupe de travail en août 2012. Un atelier intensif de deux jours réunissant des experts techniques a eu lieu en septembre 2012, et une discussion avec la Commission mixte internationale a été tenue en octobre 2012. Un plan d'étude préliminaire a été soumis à l'examen de la Commission en janvier 2013 et affiché le 21 février pour afin de recueillir les commentaires de la population. Une deuxième série de réunions publiques ont été tenues en mars 2013 pour recueillir les commentaires et répondre aux questions.

Ce plan d'étude contient des renseignements précieux, notamment un historique des crues et des études réalisées jusqu'ici, une analyse de l'environnement social concernant la situation et ses répercussions, et enfin, trois options distinctes et individuellement modifiables pour la mise en œuvre de l'étude afin de satisfaire aux demandes des gouvernements des États-Unis et du Canada et aux objectifs de la Directive de la Commission mixte internationale.

### **Constatations**

Le Groupe de travail attire l'attention des commissaires sur les principaux éléments qu'il dégage des réunions publiques et des commentaires reçus de citoyens, de spécialistes et d'organismes :

- Les points de vue sur ce que peuvent être les solutions idéales d'atténuation sont très variés. Les mesures possibles embrassent la gamme complète, de l'atténuation des effets seulement (et non des crues) à la pleine régularisation des niveaux d'eau pour limiter les dommages causés par les crues qu'on envisage généralement sous la forme de l'aménagement d'un barrage à Saint-Jean-sur-Richelieu et du dragage des hauts-fonds.
- Plusieurs des mesures possibles indiquées visent à ralentir l'afflux d'eau dans le lac Champlain et la rivière Richelieu. D'autres visent à accélérer l'évacuation de l'eau hors de l'hydrosystème.

- Il a été dit clairement que, si des mesures structurelles d'atténuation des crues, même modérées, devaient être analysées, il faudrait que les évaluations des effets à prévoir sur les ressources et les utilisations, en particulier sur l'environnement, soient de qualité et se fondent sur les meilleurs éléments scientifiques et sur des principes d'analyse solides.
- Il y a une ferme volonté de trouver des solutions. Plusieurs citoyens et organismes, des maires ainsi que la Municipalité régionale de comté du Haut-Richelieu ont fait sentir au Groupe de travail qu'ils étaient pressés que des mesures soient prises pour atténuer les crues et empêcher que des risques indus menacent les personnes et les biens dans l'éventualité d'une autre inondation.
  - Des organismes locaux et régionaux sont chargés de mettre en œuvre les meilleures pratiques de gestion et d'apporter des améliorations à l'échelle locale et à court terme, et ils peuvent le faire. Cependant, le Groupe de travail reconnaît que des solutions binationales intégrées, à plus long terme, sont aussi nécessaires, et c'est pourquoi le travail de la Commission mixte internationale est si précieux, y compris cette étude visant à déterminer les mesures pour atténuer les crues et leurs effets sur le lac Champlain et la rivière Richelieu.

Cela dit, le Groupe de travail considère que, pour le moment, il y a un déficit de gouvernance pour se préparer aux inondations et coordonner les interventions à l'échelle du bassin. Ce déficit ne sera pas comblé par la création du Groupe d'étude que recommande ce rapport, et les administrations concernées devraient s'y attaquer dès que possible.

- Les administrations de tous ordres doivent encourager une culture de préparation aux inondations et de résilience face aux risques d'inondation dans le bassin, favoriser la résolution des problèmes par de multiples parties prenantes et la mise en commun des informations et des meilleures pratiques et intégrer les activités de gestion des plaines inondables dans le domaine plus vaste de la gestion des bassins versants.
- Les administrations devraient veiller à ce que les principales stations de surveillance continuent d'être exploitées, que les données communes et les prévisions soient mises à la disposition de tous, surtout dans le contexte de situations d'urgence, d'ici à ce que les recommandations et les résultats définitifs de l'étude soient présentés.

Le Groupe de travail a examiné plusieurs documents historiques et études au cours de l'année passée.

- Le Groupe de travail juge que les études menées par la Commission mixte internationale dans les années 1970 et 1980 au sujet de la mesure structurelle majeure que constitueraient l'aménagement d'un barrage mobile à Saint-Jean-sur-Richelieu et le dragage des hauts-fonds rocheux ont été bien faites et qu'il n'est pas nécessaire de les reprendre.
- Toutefois, l'estimation des effets sur les ressources, l'environnement et les utilisations qu'auraient la construction et l'exploitation du barrage profiterait des avancées scientifiques et de l'amélioration de la capacité de modélisation qui ont été réalisées depuis 40 ans.



## **Le plan d'étude**

Le Groupe de travail a conçu le présent plan d'étude pour qu'il soit modulable et adaptable. Il peut être ventilé en volets s'il y a lieu afin d'optimiser les possibilités de financement; des modules pourront être créés pour les études visant une région donnée et pour l'évaluation de mesures particulières ou propres à un site.

Les diverses composantes de l'étude jugées utiles ont été regroupées en trois options qui serviront de lignes directrices à la Commission mixte internationale et aux gouvernements, qui peuvent décider de moduler et de réorganiser les activités en fonction de préoccupations spécifiques.

Le Groupe de travail croit que le présent plan d'étude aborde tous les objectifs de la Directive et qu'il repose sur des données scientifiques exactes et satisfaisantes permettant à la Commission mixte internationale et aux gouvernements d'examiner d'éventuelles solutions de gestion des plaines inondables et un éventail de mesures structurelles et non structurelles d'atténuation et de prévention des crues, y compris celles qui peuvent ne pas avoir été envisagées lors d'études antérieures.

### Options

#### Option A

La série de tâches qui composent l'option A satisfait à la plupart des objectifs énumérés dans la Directive à leur niveau le plus fondamental par l'entremise d'analyses préliminaires :

- en évaluant les causes et les répercussions des crues antérieures, en particulier les crues de 2011;
- en évaluant les possibilités offertes par les pratiques exemplaires de gestion des plaines inondables;
- en fournissant une analyse préliminaire des avantages anticipés qui se rattachent à la prévision des crues et à leur cartographie en temps réel;
- en évaluant les stratégies d'adaptation possibles face à la variabilité attendue des apports d'eau.

À l'appui de ces quatre analyses préliminaires, des travaux préparatoires seront effectués, notamment une modélisation hydrologique et hydraulique de base du bassin qui comprendra les caractéristiques physiographiques, bathymétriques, les caractéristiques des plaines inondables et les données topométriques afin d'établir la capacité de cartographie des crues et de prévision des crues en temps réel.

Cette option permet de comprendre partiellement les causes et les répercussions des crues historiques, les pratiques de gestion des plaines inondables à l'échelle des pays, l'adaptation la variabilité des apports d'eau et l'acquisition d'une capacité opérationnelle de prévision des crues et de cartographie des crues. De plus, dans le cadre de l'option A, on retrouve une étude approfondie des perceptions sociales et politiques actuelles des mesures structurelles et autres mesures d'atténuation afin d'appuyer et de confirmer l'opportunité d'éventuelles solutions structurelles d'atténuation.

Le coût total de l'option A s'élève à 5 020 000 \$ et sa durée est d'environ trois ans.

### Option B

L'option B comprend tous les volets de l'option A, ainsi qu'une combinaison de certaines évaluations quantitatives et qualitatives des possibles mesures d'atténuation des crues (essentiellement non structurelles avec ou sans combinaison de travaux structurels modérés) et leurs incidences sur les ressources importantes du bassin : les milieux humides et la faune, les utilisations de l'eau à des fins récréatives, domestiques, industrielles et municipales, les rives et le bâti en zone inondable et l'agriculture. Des modèles de réponse des ressources seront conçus et comporteront des indicateurs de base de la réponse des ressources liées à l'eau à la suite des fluctuations du niveau d'eau, en portant une attention toute particulière à l'inventaire des données et à la détermination des seuils. Ces indicateurs permettront d'évaluer les répercussions d'une série de solutions d'atténuation qui seront examinées dans le cadre de la présente option. Des projections climatiques, des modèles vent-vague et des modèles des glaces, d'autres nouvelles données sur l'évolution des caractéristiques physiographiques du bassin versant dans le temps et un modèle numérique de terrain complet seront également produits pour permettre la planification, l'évaluation et le classement des éventuelles solutions d'atténuation des crues, en recourant à une démarche de vision commune.

Cette option permet de satisfaire aux exigences de la Directive et d'évaluer les possibles mesures non structurelles d'atténuation des crues, en plus de procéder à une évaluation des mesures structurelles d'atténuation modérées.

Le coût total de l'option B se chiffre à 11 315 000 \$ et sa durée est d'environ cinq ans.

### Option C

L'option C comprend toutes les composantes de l'option B et aussi des modèles qualitatifs et quantitatifs plus raffinés de réponse des ressources afin de faire face aux variations annuelles potentiellement plus importantes des niveaux d'eau causées par les mesures structurelles d'atténuation plus importantes, notamment l'ajout de modèles d'érosion et de données connexes aux modèles hydrologiques et hydrauliques.

Cette option couvre tous les objectifs figurant dans la Directive de la Commission mixte internationale, y compris l'évaluation d'un inventaire plus exhaustif des mesures structurelles d'atténuation et des mesures non structurelles d'atténuation visant l'éventail complet des répercussions prévues sur les niveaux d'eau. Il faudra également procéder à une planification et à une évaluation plus élaborées pour tenir compte des solutions d'atténuation plus complexes et des divers plans connexes de régularisation.

Le coût total de l'option C s'élève à 14 220 000 \$, et sa durée est d'environ cinq ans.

## **Recommandations du Groupe de travail**

Le Groupe de travail international du plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu, compte tenu des travaux techniques effectués pour établir ce plan d'étude, des renseignements recueillis sur les perceptions actuelles, des observations entendues au cours des réunions publiques et des commentaires envoyés par citoyens, spécialistes et organismes, recommande les interventions qui suivent.

### Recommandation 1

Le Groupe de travail recommande que la Commission mixte internationale entreprenne dès que possible l'étude approfondie des perceptions sociales et politiques actuelles des mesures structurelles d'atténuation et autres décrite dans ce plan d'étude. Elle apportera un élément clé au Groupe d'étude pour affiner et cibler plus précisément les études qui seront réalisées au cours des prochaines années.

### Recommandation 2

Le Groupe de travail recommande, s'il est demandé par renvoi à la Commission d'étudier les crues dans la région, de créer un groupe d'étude pour diriger et mener les diverses études requises pour répondre aux questions concernant les crues du lac Champlain et de la rivière Richelieu. Le groupe d'étude se composera d'un nombre égal de membres du Canada et des États-Unis, et les États du Vermont et de New York doivent y être également représentés. L'étude doit être ouverte, inclusive et équitable pour les parties prenantes et les utilisateurs du lac Champlain et de la rivière Richelieu, et la consultation du public et la participation de celui-ci devraient commencer au début de l'étude et se poursuivre tout au long de sa réalisation.

### Recommandation 3

Le Groupe de travail a discuté à fond des options qui sont indiquées dans le projet de plan d'étude. Trouver l'équilibre entre les aspects scientifiques, historiques, sociaux et financiers s'est révélé une tâche redoutable.

- Le Groupe de travail recommande fortement de réaliser toutes les études prévues par les options A et B.
- Après avoir reçu les commentaires au sujet du projet de plan d'étude, le Groupe de travail recommande d'envisager d'augmenter l'investissement en vue de comprendre les effets des mesures opportunes et réalisables d'atténuation des crues sur les ressources, sur l'environnement et sur les utilisations. Cette augmentation suppose aussi une majoration des ressources attribuées à l'élément planification, évaluation et analyse de l'option B.
- Le Groupe de travail recommande que les meilleurs éléments scientifiques possible servent à évaluer les processus physiques et les effets d'un ensemble de mesures non structurelles et structurelles modérées (incluant celles qui comportent une régularisation de l'eau) d'atténuation des crues.

- Par conséquent, le Groupe de travail recommande de réaliser au complet les études proposées par l'option B et d'augmenter les efforts d'évaluation des impacts potentiels sur les ressources, sur l'environnement et sur les utilisations, à un coût estimatif approchant 14 millions de dollars. Les éclaircissements attendus de l'étude approfondie des perceptions sociales et politiques actuelles aideront à cibler l'ensemble le plus prometteur de mesures d'atténuation des crues à analyser.

#### Recommandation 4

Le Groupe de travail recommande aussi que la Commission mixte internationale ainsi que d'autres autorités compétentes se penchent plus attentivement sur le besoin de combler le déficit de gouvernance qui semble exister en matière de préparation aux inondations et de coordination des interventions dans le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu. Les gouvernements devraient veiller à prendre les dispositions pour coordonner et mettre en œuvre, au cours des prochaines années, les mesures qui assureront la préparation et la résilience face aux inondations.

#### **Remerciements**

Ce document n'aurait jamais pu voir le jour sans l'aide de plus d'une centaine de personnes, dont les noms figurent à l'annexe 3, qui ont participé aux réunions publiques et à un atelier d'experts et qui ont collaboré directement avec les membres du Groupe de travail.

Ce plan d'étude est respectueusement soumis par le Groupe de travail international du plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu :

#### **Membres américains**

Jenifer E. Thalhauser (coprésidente)

Brian D. Chipman

Fred Dunlap

Stephanie Castle (cosecrétaire)

#### **Membres canadiens**

Jean-François Cantin (coprésident)

Daniel Leblanc

Paula Bergeron

Madeleine Papineau (cosecrétaire)

Les membres du groupe de travail ont été nommés par la Commission mixte internationale pour fournir l'expertise requise à l'élaboration de ce plan d'étude. Bien qu'ils soient à l'emploi des agences gouvernementales dans les deux pays, ils servent la Commission à titre personnel et professionnel et ne représentent pas leurs agences. La proposition présentée dans ce plan d'étude a été développée par les membres du groupe de travail et ne doit pas être considérée comme l'opinion, la position officielle ni l'engagement d'aucun des ministères, organisations ou agences mentionnés dans ce rapport.

## TABLE DES MATIÈRES

1	Introduction.....	1
1.1	Contexte .....	1
1.2	Directive.....	1
1.3	Portée de l'étude .....	2
1.3.1	Hydrosystème du lac Champlain et de la rivière Richelieu.....	2
1.3.2	Historique des crues.....	4
1.4	Défis.....	6
1.5	Analyse superficielle des points de vue historique, social et politique.....	8
1.5.1	Contexte de l'analyse.....	8
1.5.2	Modalités de l'analyse .....	9
1.5.3	Résultats de l'analyse superficielle.....	12
1.6	Options de mise en œuvre de l'étude.....	14
1.6.1	Option A.....	15
1.6.2	Option B.....	15
1.6.3	Option C.....	16
1.7	Approche de l'étude.....	16
1.7.1	Principes directeurs.....	16
1.7.2	Période d'organisation .....	18
1.7.3	Méthodes d'évaluation.....	18
1.7.4	La durée de l'étude.....	19
2	Analyses et études préliminaires.....	21
2.1	Évaluation des causes et des effets des crues passées dans le bassin versant du lac Champlain et de la rivière Richelieu, en particulier des crues de 2011 .....	21
2.2	Étude des méthodes de gestion des plaines inondables .....	27
2.3	Mise en œuvre de la cartographie en temps réel des inondations.....	31
2.4	Analyse sociétale et recommandations visant l'adaptation à la variabilité des apports d'eau dans le lac Champlain et la rivière Richelieu.....	33
3	Élaboration d'informations et d'outils communs .....	38
3.1	Besoins de données communes.....	38
3.1.1	Données topographiques et bathymétriques, végétation aquatique et texture des sols (option A).....	38
3.1.2	Constituer une base complète de données communes des caractéristiques climatiques et hydrométriques observées (option A).....	41

3.1.3 Créer une base complète de données géophysiques communes à haute résolution montrant l'évolution des caractéristiques du bassin versant (options B et C) .....	42
3.1.4 Données d'occupation du sol (options A, B et C) .....	43
3.1.5 Modèle numérique de terrain (MNT) (options A, B et C).....	44
Liaison avec les autres groupes de travail techniques .....	45
3.2 Estimation des apports d'eau dans le lac Champlain et la rivière Richelieu .....	47
3.2.1 Analyse préliminaire de la fréquence des crues d'après les données sur les niveaux du lac, les débits de la rivière et les apports d'eau (option A).....	48
3.2.2 Établissement et étalonnage d'un choix de modèles hydrologiques à haute résolution (option A).....	48
3.2.4 Projections climatiques sur les horizons temporels 2050 et 2100 (options B et C).....	50
3.2.5 Produire un ensemble de séries chronologiques quotidiennes des apports d'eau résultant de données historiques et de plusieurs scénarios climatiques couvrant une période de 150 ans et plus (options B et C) .....	50
3.3 Modèles physiques pour le lac Champlain et la rivière Richelieu.....	52
3.3.1 Modèle hydrodynamique bidimensionnel (option A).....	53
3.3.2 Modèle hydrodynamique tridimensionnel (option B).....	54
3.3.3 Modèles des vagues (option B).....	55
3.3.4 Modèle des glaces (option B) .....	55
3.3.5 Modèles d'érosion (option C) .....	55
3.4 Gestion de l'information .....	57
4 Fluctuations des niveaux d'eau et leur impact sur les ressources .....	61
4.1 Évaluation des milieux humides et de la faune.....	61
4.1.1 Modélisation intégrée liant la physique, les milieux humides et la faune (options B et C).....	62
4.1.2 Tâches de l'étude sur les milieux humides (options B et C).....	63
4.1.3 Tâches de l'étude sur la faune (options B et C).....	64
4.2 Utilisations de l'eau à des fins récréatives, domestiques, industrielles et municipales .....	69
4.2.1 Étude de l'utilisation de l'eau à des fins récréatives.....	70
4.2.2 Étude sur les utilisations de l'eau à des fins domestiques, industrielles et municipales .....	71
4.3 Rives et bâti en zone inondable .....	73
4.4 Agriculture .....	75
5 Planification, évaluation et analyse.....	78
5.1 Planification .....	79

5.1.1 Étude approfondie des perceptions sociales et politiques actuelles des mesures structurelles d'atténuation et autres (option A).....	79
5.1.2 Déterminer les contraintes possibles et les critères décisionnels dès le début de l'étude et assurer la coordination avec d'autres parties utiles du plan d'étude (option A) .....	81
5.1.3 Effets cumulatifs (option A) .....	81
5.2 Évaluation des mesures d'atténuation des crues .....	82
5.2.1 Modèle de vision partagée à construire (option B).....	82
5.2.2 Incorporer les objectifs, seuils, paramètres et critères de rendement pour évaluer les mesures d'atténuation (option B).....	83
5.2.3 Concevoir l'évaluation de référence des effets (option B) .....	83
5.2.4 Possibles mesures non structurelles d'atténuation des crues (option B).....	83
5.2.5 Possibles mesures structurelles d'atténuation des crues (options B et C) .....	84
5.3 Analyse .....	86
5.3.1 Évaluer et classer les solutions de rechange (options B et C).....	86
5.3.2 Organiser les ateliers connexes, y faire participer le public et les parties prenantes (options A, B et C).....	87
5.3.3 Recommander des solutions dans un rapport approuvé par la Commission mixte internationale et publié.....	87
6 Organisation du plan d'étude .....	89
6.1 Gestion de l'étude .....	89
6.1.1 Groupe d'étude.....	89
6.1.2 Groupes de travail techniques .....	90
6.1.3 Gestion adaptative.....	91
6.2 Groupes horizontaux.....	92
6.2.1 Groupe des communications.....	92
6.2.2 Groupe consultatif d'intérêt public .....	94
6.2.3 Groupe d'examen technique indépendant.....	95
7 Constatations et recommandations .....	97
7.1 Option A.....	100
7.2 Option B.....	101
7.3 Option C.....	102
ANNEXES .....	106
ANNEXE 1 : Lettres des gouvernements .....	107
ANNEXE 2 : Directive .....	111

ANNEXE 3 : Renseignements sur les réunions publiques, les visites sur le terrain et l'atelier technique .....	115
ANNEXE 4 : Bref historique de l'étude de référence de 1973 sur la rivière Richelieu et le lac Champlain .....	126
ANNEXE 5 : Liste des abréviations .....	128
ANNEXE 6 : Bibliographie .....	134

Page couverture :

Carte historique du lac Champlain datant de 1740 provenant de la Bibliothèque du Congrès (11LC\_LAKC\_1740\_CARTE\_DE\_LER-wb).

Gravure : Exploration du lac Champlain en 1609. Carte postale, Collection Jacques Saint-Pierre, tirée de *Le Richelieu : Route des Mémoires*, Parcs Canada, 2012.

Photo de gauche : Île La Motte, Vermont, mai 2011, Bill Howland.

Photo de droite : source inconnue.



# 1 Introduction

## 1.1 Contexte

À la suite des inondations dévastatrices de 2011, quand le lac Champlain et la rivière Richelieu ont débordé, les gouvernements du Canada et des États-Unis ont demandé à la Commission mixte internationale (la Commission) qu'elle formule des recommandations en vue de réaliser une étude complète des mesures pour atténuer les crues et leurs répercussions dans le bassin versant (annexe 1). En réponse, la Commission a créé en mai 2012 le Groupe de travail international du plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu (le Groupe de travail) dont elle a énoncé la mission dans la Directive reproduite à l'annexe 2.

Le Groupe de travail a établi le présent plan d'étude avec la collaboration de nombreux intéressés de façon qu'il respecte bien les objectifs de la Directive et qu'il réponde aux questions, aux préoccupations et aux observations des intérêts scientifiques, publics et politiques.

En août 2012, le Groupe de travail a mené des réunions publiques et des visites sur le terrain. Un atelier intensif de deux jours réunissant des experts techniques a été organisé en septembre 2012, et une discussion a eu lieu avec la Commission en octobre 2012. Le projet de plan d'étude a été présenté à la Commission en janvier 2013, puis affiché le 21 février pour recueillir les commentaires de la population. Une seconde série de réunions publiques ont été tenues en mars 2013 pour recueillir les observations et répondre aux questions (annexe 3). Le plan d'étude a été révisé en tenant compte de l'ensemble des commentaires reçus.

Le présent plan d'étude contient des renseignements précieux, notamment un historique des crues et des études réalisées jusqu'ici, une analyse superficielle des caractéristiques de l'environnement social et de l'incidence de celui-ci, et enfin des recommandations sur la façon de réaliser les objectifs de la Directive de la Commission et de répondre aux requêtes des gouvernements.

## 1.2 Directive

La Directive de la Commission au Groupe de travail consiste à élaborer un plan d'étude qui détermine expressément les études qu'il faut mener pour pouvoir évaluer les causes et les répercussions des crues dans le bassin versant du lac Champlain et de la rivière Richelieu et à élaborer des mesures appropriées d'atténuation des crues et à formuler des recommandations. En particulier, il faut procéder à trois évaluations distinctes :

1. Évaluer les causes et les répercussions des crues antérieures dans le bassin versant, en se concentrant sur les événements survenus en 2011.
2. Évaluer les mesures d'atténuation des crues du lac Champlain et de ses affluents et de la rivière Richelieu, en envisageant des mesures structurelles et non structurelles et leur association, et mener une analyse coûts-avantages.

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

3. Évaluer le besoin de cartographier les inondations d'après les prévisions en temps réel pour aider à préparer les collectivités locales et les intervenants d'urgence aux débordements à venir.

L'élaboration des mesures d'atténuation des crues (2<sup>e</sup> point ci-dessus) doit comporter deux analyses spécifiques et des recommandations :

1. Analyser et recommander des mesures pour s'adapter à la variabilité attendue des apports d'eau dans le bassin versant du lac Champlain et de la rivière Richelieu, en s'appuyant sur des études pertinentes déjà réalisées.
2. Analyser les meilleures législations sur la gestion des plaines inondables dans différents pays de façon à formuler des recommandations à l'échelon local.

Le texte complet de la Directive se trouve à l'annexe 2.

Remarque : Dans ce document, les « apports d'eau » renvoient aux sources naturelles d'eau au bassin, provenant des précipitations naturelles plutôt que l'eau fournie à une région ou à une collectivité par des ressources gérées ou contrôlées.

### 1.3 Portée de l'étude

L'étendue géographique de la région visée par le plan d'étude est l'ensemble du bassin versant du lac Champlain et de la rivière Richelieu dont la limite en aval est contrôlée par le régime du fleuve Saint-Laurent (voir la section 1.3.1). Bien que la gestion des plaines inondables des affluents du lac Champlain et de la rivière Richelieu puisse être considérée comme une mesure possible d'atténuation des inondations, l'évaluation de l'efficacité des mesures d'atténuation sera effectuée uniquement pour les plaines inondables du lac et de la rivière Richelieu.

La portée dans le temps englobe les données historiques consignées, les observations actuelles et la variabilité future possible qui tient compte des changements climatiques et d'autres estimations des changements qui pourraient survenir dans l'avenir quant à l'utilisation et à l'aménagement de la région étudiée (voir la section 1.3.2).

L'étude sera axée sur l'optimisation de la richesse des données et des renseignements existants générés par de multiples études réalisées par le passé ainsi que de nouvelles données communes que nécessiteront les études futures.

Toutes les études préconisées doivent être réalisées conformément au Traité des eaux limitrophes de 1909.

#### 1.3.1 Hydrosystème du lac Champlain et de la rivière Richelieu

Le lac Champlain est situé à l'extrémité nord-ouest du Vermont, à l'extrémité nord-est de l'État de New York et à l'extrémité sud-ouest du Québec. Le lac Champlain mesure environ 193 km de long (120 mi) et il s'écoule de Whitehall, New York, pratiquement vers le nord, de part et d'autre de la frontière entre les États-Unis et le Canada jusqu'à ce qu'il se déverse dans la rivière

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

Richelieu au Québec. Tandis que le lac Champlain se rétrécit à proximité de Rouses Point (NY), il devient la rivière Richelieu qui s'écoule sur 125 km (78 mi) et chute d'environ 26 m (85 pi) pour rejoindre le fleuve Saint-Laurent dans la ville de Sorel (Québec) (figure 1.1).

Entre Rouses Point et les hauts-fonds de Saint-Jean (Québec), soit une distance de 37 km (23 mi), la pente est légère et le dénivelé dépasse rarement 30 cm (1 pi) même aux forts débits. La rivière Richelieu n'est pas régularisée par des ouvrages artificiels. L'écoulement du lac Champlain est contrôlé par une longue barrière naturelle, les hauts-fonds rocheux de Saint-Jean-sur-Richelieu.

Le bassin versant du lac Champlain et de la rivière Richelieu couvre une superficie de 23 899 km<sup>2</sup> (9 227 mi<sup>2</sup>), dont 84 % sont situés aux États-Unis et 16 %, au Canada.

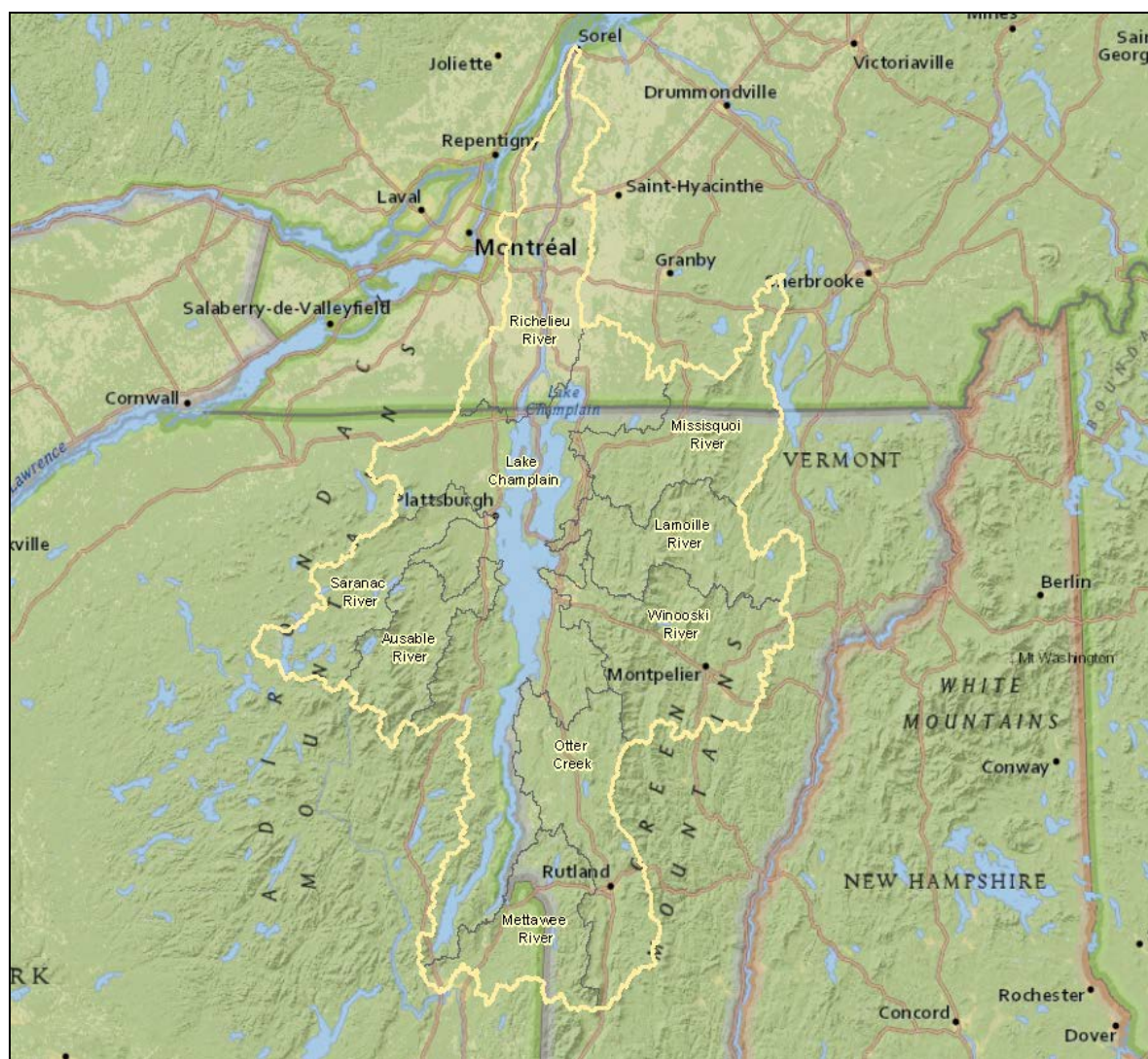


Figure 1.1 Carte du bassin versant du lac Champlain et de la rivière Richelieu.

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

Quatre-vingt-dix pour cent de l'eau qui entre dans la rivière Richelieu s'écoulent par le bassin du lac de 21 326 km<sup>2</sup> (8 234 mi<sup>2</sup>) avant de parvenir à la rivière.

Le bassin du lac Champlain est situé à 56 % au Vermont, à 37 % dans l'État de New York et à 7 %, dans la province de Québec.

La population du bassin versant a augmenté en moyenne de 1,04 % entre 2000 et 2010. Selon le Bureau de recensement des États-Unis et Statistique Canada, le bassin du lac Champlain avait une population de 710 257 habitants en 2000 et de 738 713 habitants en 2010. Les ressources tributaires de l'hydrosystème du lac Champlain et de la rivière Richelieu englobent les utilisations à des fins récréatives (camping, navigation de plaisance, natation, pêche et chasse), la navigation commerciale, l'agriculture et les utilisations de l'eau à des fins municipales et industrielles. Les écosystèmes du lac et de la rivière, y compris les rives et les milieux humides, les milieux aquatiques et les forêts soutiennent une grande diversité d'espèces fauniques et floristiques.

### 1.3.2 Historique des crues

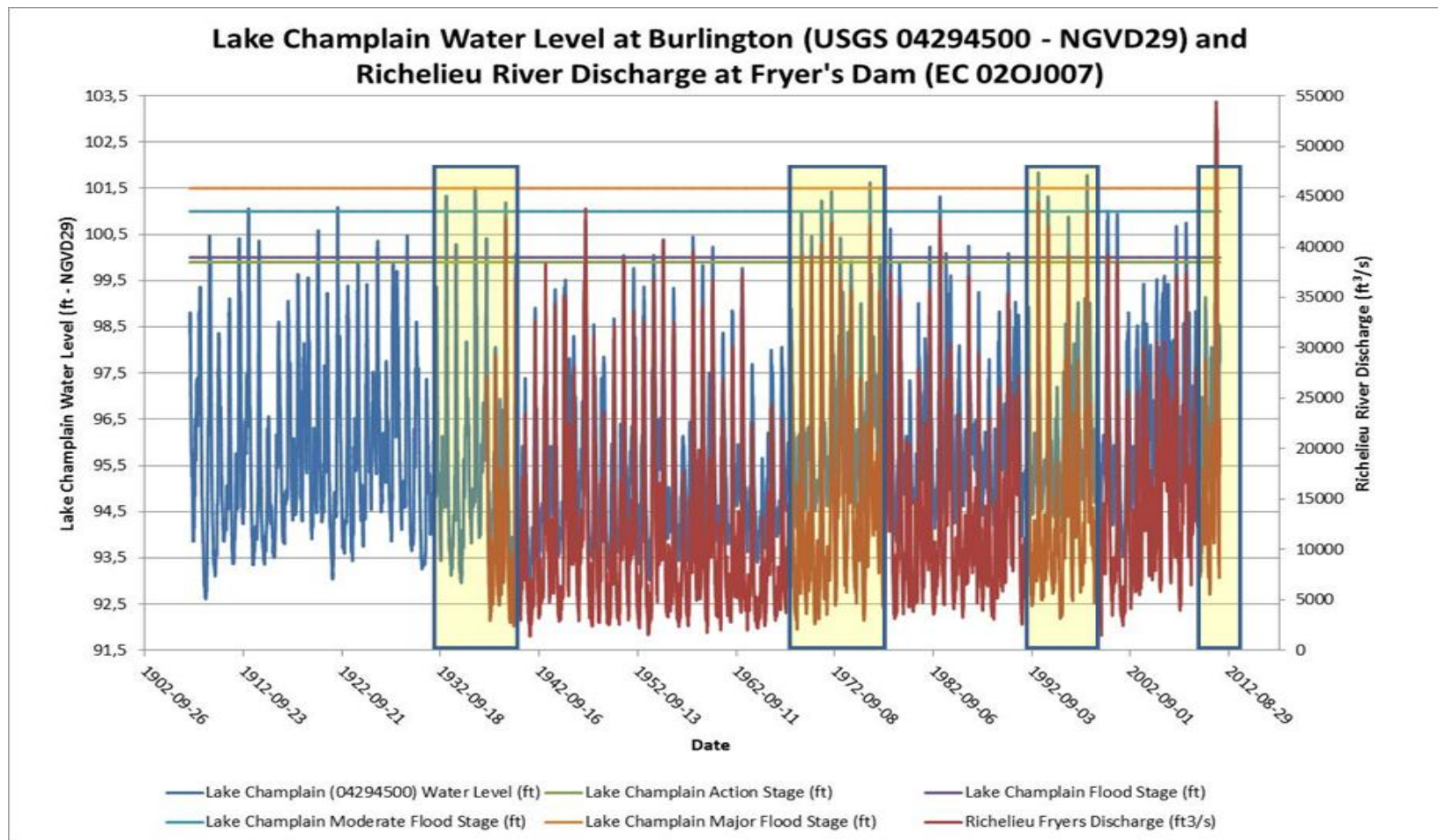
Depuis plus de 100 ans, on recueille des données sur les niveaux et les débits dans la zone étudiée. Le niveau du lac est mesuré à Burlington (Vermont) et le débit au barrage Fryers au Québec. Quatre épisodes de hautes eaux survenus au 20<sup>e</sup> siècle sont illustrés à la figure 1.2, le plus haut niveau ayant été atteint le 12 mai 2011 à Rouses Point, dans l'État de New York. L'Advanced Hydrological Prediction Service (AHPS) a signalé que le lac avait dépassé son niveau record de 31,1 mètres (102,1 pieds) atteint en 1869.

Les inondations au printemps 2011 ont eu de très lourdes répercussions sur les habitants et les ressources de l'écosystème du lac Champlain et de la rivière Richelieu, comme en témoigne le tableau 1.1, avec un total d'environ 88 500 000 \$ de dégâts signalés. L'essentiel (79 %) des pertes économiques liées aux dégâts ont été enregistrées au Québec, 10 % au Vermont et 11 % dans l'État de New York. Les estimations d'impact ont été obtenues de l'Agence fédérale des situations d'urgence (FEMA), pour les États-Unis, et du ministère de la Sécurité publique (MSP), pour le Québec.

**Tableau 1.1 Estimations des répercussions des crues du lac Champlain et de la rivière Richelieu en 2011**

Estimation des répercussions des crues de 2011 (en date de janvier 2013)			
	Vermont	New York	Québec
Nombre de personnes évacuées	75 <i>(+ 426 attribuables aux crues éclairs dans les affluents)</i>	124	1 651
Nombre de maisons endommagées	500	929	2 375
Nombre de municipalités touchées	8	5	27
Nombre de réclamations individuelles	800	900	3 000
Estimation des dégâts signalés	8 600 000 \$	9 900 000 \$	72 000 000 \$

**Niveau d'eau du lac Champlain à Burlington (USGS 04294500 – NGVD29) et débit de la rivière Richelieu au barrage Fryers (EC 020J007)**



Légende : Niveau d'eau du lac Champlain (04294500) (pi) Cote d'intervention du lac Champlain (pi) Cote d'inondation du lac Champlain (pi)  
 Cote d'inondation modérée du lac Champlain (pi) Cote d'inondation majeure du lac Champlain (pi) Débit au barrage Fryers – rivière Richelieu (pi<sup>3</sup>/s)

**Figure 1.2 Variation historique du niveau d'eau du lac Champlain et du débit de la rivière Richelieu.**

Après chacune des grandes inondations soulignées à la figure 1.2, la Commission mixte internationale a collaboré avec les administrations compétentes des États-Unis et du Canada à diverses études et au développement de recommandations au sujet des crues.

À la suite des inondations survenues dans les années 1930, la Commission a réalisé diverses études, présenté un plan et approuvé la construction et la mise en service d'ouvrages de protection dans la rivière Richelieu au Québec en vue de la récupération des basses terres au Québec et de leur protection contre les crues. Le barrage Fryers, muni de 31 vannes, de 30 pi de large chacune, a été construit à l'île Fryers en 1939. D'autres volets du projet, notamment la construction de digues au voisinage du barrage et le dragage des hauts-fonds rocheux de Saint-Jean, qui étaient prévus dans l'ordonnance d'approbation, n'ont pas eu lieu. Étant donné que tous les volets du projet n'ont pas été parachevés, le barrage, qui existe toujours, n'est jamais mis en exploitation.

En 1973, les gouvernements des États-Unis et du Canada ont demandé à la Commission de faire rapport sur l'opportunité de régulariser les débits du lac Champlain, de formuler des recommandations à ce sujet et au sujet de mesures provisoires à prendre pour réduire les inondations. Le Groupe d'étude a examiné en détail l'utilisation du barrage de l'île Fryers déjà construit, la possibilité qu'un nouvel ouvrage régulateur soit érigé et un certain nombre de solutions de dragage dans les rapides de Saint-Jean et a publié les résultats dans un rapport (CMI, 1975).

Selon les recommandations de ce rapport de 1975, d'autres études ont été réalisées pour déterminer les conséquences sur l'environnement de l'exploitation de l'ouvrage préconisé de lutte contre les crues. La Commission a conclu qu'un ouvrage de défense contre les inondations dans la rivière Richelieu était techniquement réalisable, mais elle n'a pas pu en établir l'opportunité, estimant que cette question était plus du ressort des gouvernements (CMI, 1981). La Commission a néanmoins recommandé un système de prévision et d'avertissement des crues qui depuis a été mis en œuvre aux États-Unis.

En avril 2011, des précipitations printanières exceptionnellement abondantes et les eaux de fonte d'une année qui s'est classée au troisième rang par la quantité de neige tombée se sont conjuguées pour faire déborder la rivière Richelieu au Canada et le lac Champlain aux États-Unis. Le 7 mai 2011, le niveau d'eau du lac a atteint 31,477 m (103,27 pi) au-dessus du niveau moyen des mers (selon le National Geodetic Vertical Datum of 1929, ou NGVD 29, des États-Unis), établissant un nouveau record. Les eaux ont dépassé le niveau d'inondation du 13 avril au 19 juin, soit durant une période de 67 jours. Cette crue la plus récente survenue en 2011 a incité les gouvernements à demander à la Commission d'étudier d'éventuelles options d'atténuation des crues et a abouti à la création du Groupe de travail international du plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu.

### 1.4 Défis

Vers la fin de l'étude menée par la Commission sur les crues du bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu survenues entre 1973 et 1981, un aperçu de la situation qui prévalait dans le bassin a été présenté dans l'article intitulé « Exchanging Information Across Boundaries: The Richelieu – Champlain Experience », de Brande et Lapping (1979). Dans cet article, les auteurs soulignent les obstacles qui montrent le besoin d'en arriver à une compréhension commune solide et rigoureusement scientifique de l'incidence des éléments sur le régime hydrologique du

bassin et aussi de l'incidence du régime sur ces éléments. Bien qu'il ait été rédigé dans les années 1970, l'article reste d'actualité en ce qui concerne les défis que présentent les crues de nos jours.

[Traduction]

*Aujourd'hui, la question de savoir si les niveaux du lac Champlain et de la rivière Richelieu doivent être artificiellement régularisés par des ouvrages de contrôle à Saint-Jean est à nouveau soumise à la Commission mixte internationale, et un grand nombre des éléments de l'avenir de la région attendent les recommandations de cet organisme et les décisions ultérieures des gouvernements. Beaucoup forment l'espoir que la décision sera favorable à un projet quelconque de régularisation structurelle des inondations. La plupart d'entre eux sont des propriétaires de maisons ou des agriculteurs dans la région située au sud de Saint-Jean et d'Iberville et ils veulent que cette décision favorable intervienne rapidement. Beaucoup d'autres sont méfiants à l'égard d'une telle perspective. La plupart de ces derniers sont des Américains qui estiment qu'une telle régularisation aura des effets néfastes draconiens sur le lac Champlain, en particulier sur sa faune. De plus, ils sont d'avis qu'une fois amorcée, la régularisation nécessitera une gestion accrue du niveau d'eau dans l'avenir. Ils préféreraient une sorte de zonage non structurel des plaines inondables qui tiendrait les gens à l'écart des crues au lieu d'essayer de maintenir les crues à l'écart des gens. De plus, les délibérations récentes de la Commission mixte internationale du côté canadien de la frontière ont révélé l'apparition d'une divergence considérable de points de vue dans l'attitude pratiquement unanime jusque-là qui était favorable à la notion d'une régularisation structurelle.*

*Même s'ils sont relativement clairs, les enjeux sont malheureusement mal reliés et de fortes pressions les entourent. Les personnes intéressées par ceux-ci ont des divergences majeures et de sérieux malentendus au sujet des données, des besoins, des principes, des politiques et des solutions de rechange possibles. Les enjeux se trouvent reliés après de graves inondations; et les délibérations qui ont suivi se sont déroulées dans un esprit d'hostilité et une atmosphère de tension considérable et d'urgence pour trouver une solution dans le plus bref délai possible. À l'instar de plusieurs autres conflits concernant des ressources, réels ou potentiels, les renseignements abondent et un grand nombre d'études ont été réalisées au fil des ans sur ce problème. Mais cela ne suffit toujours pas pour assurer la gestion avec doigté de cette importante ressource partagée. Bien entendu, les planificateurs et les décideurs doivent presque toujours « se contenter de ce qu'ils ont », et prendre les meilleures décisions possible en se fondant sur des données imparfaites. Pire encore, les renseignements que nous recueillons dans le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu se caractérisent par un manque de constance et d'intégration. Personne n'est responsable de les regrouper, d'en combler les lacunes ou de les actualiser et de les classer afin que les intéressés y aient accès, même si un début prometteur a été amorcé pour le lac Champlain à proprement parler par la New England River Basins Commission (1979).*

En bref, il y a des idées dans cet extrait qui s'appliquent tout particulièrement à la situation actuelle :

- Les gens ont des divergences d'opinion majeures et de sérieux malentendus au sujet des données, des besoins, des principes, des politiques et des solutions de rechange possibles.

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

- De nombreuses études ont été réalisées au fil des ans et les renseignements abondent, mais ces derniers n'ont pas été intégrés, ils manquent de constance pour ce qui est des lieux et du temps, leurs lacunes n'ont pas été comblées et ils n'ont pas été actualisés ni mis à la disposition de ceux qui en ont besoin.

Le Groupe de travail a élaboré un plan d'étude qui tient compte de ces défis en particulier et la section 1.5 abordera tout spécialement cette question. À la base de la Directive de la Commission, il y a le principe qu'il est essentiel que les futures études traitent des divergences d'opinion, des malentendus et de l'intégration des données. Pour respecter cette obligation, il faut attacher de l'importance à la crédibilité des données scientifiques, à la compréhension de la transformation du bassin versant en fonction des divers apports d'eau possibles, et à l'échange transparent de renseignements dans l'espoir d'en arriver à une compréhension commune. Il est de la plus haute importance d'éliminer toute subjectivité, compte tenu des points de vue polarisés qui prévalent au sein du grand public, parmi les groupes d'intérêt, les organismes, les comités et les gouvernements. Les démarches qui facilitent la visualisation et la compréhension intuitives des interactions complexes doivent être une priorité.

Parmi certains des défis qu'il faudra surmonter dans les futures études et qui ont récemment été signalés à l'attention du Groupe de travail, mentionnons :

- Harmonisation des référentiels altimétriques de l'ensemble du bassin versant. Des écarts ont été observés à la frontière entre le référentiel canadien de 1928 (Canadian Geodetic Vertical Datum of 1928, ou CGVD 28), le référentiel nord-américain de 1988 (North American Vertical Datum of 1988, ou NAVD 88) et le référentiel états-unien de 1929 (National Geodetic Vertical Datum of 1929, ou NGVD 29) (voir la section des Besoins de données communes au chapitre 3).
- Harmonisation globale des repères géospatiaux pour disposer d'un système de référence cohérent (voir la section des Besoins de données communes au chapitre 3).
- Le libre échange des données relatives au plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu doit être facilité par l'établissement d'un protocole d'entente. Les données géophysiques, les images de télédétection et peut-être d'autres ensembles de données sensibles doivent être compris dans le protocole d'entente.
- Déplacements internationaux, communications (différences linguistiques) et autres difficultés posées par les travaux transfrontaliers.

## 1.5 Analyse superficielle des points de vue historique, social et politique

### 1.5.1 Contexte de l'analyse

Beaucoup de ressources et de fonds ont déjà été consacrés à l'étude des crues du bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu par le passé et le Groupe de travail propose de consacrer d'autres ressources et des fonds pour des futurs travaux à l'appui d'études supplémentaires. À cet égard, il est donc impératif de ne ménager aucun effort pour s'assurer que ces travaux aboutiront à de réelles mesures d'atténuation des crues, applicables et souhaitables. Pour maximiser les chances d'intéresser les gouvernements, le milieu scientifique, le public et d'autres parties



prenantes à investir dans des travaux semblables, il est de la plus haute importance pour le Groupe de travail que les outils qui découleront de l'étude proposée soient utiles et qu'ils servent à répondre aux objectifs visés et que toutes les mesures d'atténuation proposées aient des chances raisonnables d'être mises en place.

Depuis la création du Groupe de travail en mai 2012, diverses activités ont eu lieu et ont permis à celui-ci de mieux comprendre les questions, les préoccupations et les observations concernant le problème des crues du bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu. En août 2012, des visites sur le terrain ont été organisées dans le secteur de l'étude aux États-Unis et au Canada. Au cours de celles-ci, les membres du Groupe de travail ont pu observer un certain nombre de sites d'intérêt qui ont peut-être un effet sur les crues, ou qui ont été dévastés par des crues historiques ou qui risquent de l'être dans l'avenir. De plus, en août 2012, deux réunions publiques ont été organisées à Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix (Québec), au Canada et à North Hero (Vermont), aux États-Unis. Les réunions ont eu lieu à cette date en particulier pour s'assurer que les vacanciers de la région pouvaient y assister. En septembre 2012, un atelier technique a été organisé par la Commission et par le Groupe de travail. Près de 70 experts de disciplines scientifiques diverses en lien avec les crues y ont participé et ont apporté leur contribution au plan d'étude. La première version du plan d'étude préliminaire a été présentée aux commissaires de la Commission au mois d'octobre 2012, et le Groupe de travail a reçu une rétroaction utile de leur part.

Même si de nombreuses informations importantes ont été recueillies au cours des activités ci-dessus, les tendances et les similitudes des questions soulevées dans le passé et aujourd'hui ont fait prendre conscience au Groupe de travail et à la Commission du besoin de recueillir des renseignements complémentaires sur les perceptions actuelles du public, des gestionnaires et des scientifiques à l'égard des mesures d'atténuation/de prévention des crues en plus de procéder à un examen du contexte historique, social et politique pour se faire une meilleure idée du caractère souhaitable de diverses mesures d'atténuation des crues, en particulier celles qui supposent la régularisation réelle des niveaux d'eau de l'hydrosystème. Le Groupe de travail pensait que ces renseignements se révéleraient fort utiles à l'établissement du plan d'étude et qu'ils ajouteraient de la valeur à ses recommandations pour la poursuite du travail.

Ainsi, pour étayer ses recommandations à la Commission, le Groupe de travail a procédé entre novembre 2012 et janvier 2013 à une analyse superficielle des perceptions actuelles à l'égard des mesures d'atténuation/ prévention des crues tout en considérant le contexte historique.

Avant de recueillir d'autres renseignements et de procéder à l'analyse, un bref historique des études de référence de 1973 du bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu a été rédigé (annexe 4). Cette dernière étude de la Commission et la mise en place limitée des mesures d'atténuation des crues à la suite de celle-ci illustrent le besoin d'évaluer la probabilité actuelle de mise en place de mesures avant d'investir dans la réalisation d'autres études. À partir des renseignements résumés dans l'historique, les membres du Groupe de travail ont recueilli des renseignements généraux sur les attitudes actuelles à l'égard de diverses mesures d'atténuation des crues qui sont présentées à la section 1.5.3.

### **1.5.2 Modalités de l'analyse**

Pour comprendre, autant que possible, l'opportunité de la mise en œuvre de mesures, il faut commencer par comprendre les rôles que jouent les organismes gouvernementaux des deux pays

dans la prise de décision en la matière. Le Groupe de travail a dressé une liste de ceux qui participent à la prise de décision (ou qui fournissent des conseils d'expert) au sujet de la mise en œuvre de mesures.

**Gouvernement fédéral du Canada :**

- Environnement Canada (EC)
- Pêches et Océans Canada (MPO)
- Agence Parcs Canada (APC)
- Sécurité publique Canada (SP)
- Transports Canada (TC)
- Agence spatiale canadienne (ASC)
- Ressources naturelles Canada (RNCan)
- Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC)
- Affaires étrangères et Commerce international Canada (MAECI)

**Gouvernement du Québec :**

- Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec (MDDEFP)
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ)
- Ministère des Ressources naturelles du Québec (MRN)
- Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire du Québec (MAMROT)
- Ministère de la Sécurité publique du Québec (MSP)
- Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec (MSSS)
- Ministère des Finances et de l'Économie du Québec (MFEQ)
- Ministère des Transports du Québec (MTQ)
- Ministère des Relations internationales, de la Francophonie et du Commerce extérieur du Québec (MRIFCE)

**Municipalités :**

Saint-Jean-sur-Richelieu, Sainte-Anne-de-Sabrevoie, Saint-Blaise-sur-Richelieu, Henryville, Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix, Lacolle, Noyan, Saint-Georges-de-Clarenceville, Saint-Sébastien, Venise-en-Québec, Saint-Armand, Pike-River, Richelieu, Saint-Mathias-sur-Richelieu, Beloeil, Carignan, Chambly, McMasterville, Mont-Saint-Hilaire, Otterburn Park, Saint-Antoine-sur-Richelieu, Saint-Basile-le-Grand, Saint-Charles-sur-Richelieu, Saint-Denis-sur-Richelieu, Saint-

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

Marc-sur-Richelieu, Sorel-Tracy, Sainte-Victoire-de-Sorel, Saint-Joseph-de-Sorel, Saint-Rock-de-Richelieu et Saint-Ours.

Font également partie de cette liste, les municipalités régionales de comté (MRC) de Brome-Missisquoi, du Haut-Richelieu, de Rouville et de la Vallée-du-Richelieu.

### **États-Unis – administrations des États et gouvernement fédéral :**

- Agence des États-Unis pour la protection de l'environnement (USEPA)
- Service de la pêche et de la faune des États -Unis (USFWS)
- Service géologique des États-Unis (USGS)
- Département de l'Agriculture des États-Unis (USDA)
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)
- Vermont Agency of Natural Resources (VTANR)
- New York State Department of State (NYSDOS)
- New York State Canal Corporation (NYSCC)
- United States Army Corps of Engineers (USACE)
- Forêt nationale des Montagnes-Vertes, Service des forêts des États-Unis (GMNF, USFS)
- Service des parcs nationaux des États-Unis (USNPS)

### **Municipalités :**

Alburgh (VT), Altona (NY), Ausable Forks (NY), Beecher Falls (VT), Burlington (VT), Cambridge (VT), Charlotte (VT), Chazy (NY), Colchester (VT), Crown Point (NY), Essex (VT/NY), Essex Junction (VT), Georgia (VT), Grand Isle (VT), Isle La Motte (VT), Jeffersonville (VT), Johnson (VT), Keene Valley (NY), Keeseville (NY), Lake Placid (NY), Montpelier (VT), Moriah (NY), Plattsburgh (NY), Point Au Roche (NY), Port Henry (NY), Port Kent (NY), Rouses Point (NY), Rutland (VT), St Albans (VT), St Johnsbury (VT), Saranac Lake (NY), Shelburne (VT), South Burlington (VT), South Hero (VT), Swanton (VT), Ticonderoga (NY), Westport (NY), Willsboro (NY).

Les membres du Groupe de travail se sont adressés à certains membres des organismes susmentionnés pour connaître leurs perceptions sur les recommandations formulées dans les années 1970 et 1980 et sur l'acceptabilité, aux yeux de chacun, des éventuelles recommandations qui pourraient découler d'une étude future. Les mesures qui pourraient être préconisées dans le cadre d'une étude future ont été prévues en fonction des renseignements recueillis également au cours des réunions publiques et de l'atelier technique qui ont eu lieu en août et en septembre 2012, sans oublier les mesures d'atténuation et les mesures de protection contre les crues mentionnées dans la Directive de la Commission au Groupe de travail.

Les réponses à ces questions sont résumées ci-dessous. On s'attendait à ce que les résultats de l'analyse superficielle soient utiles et, éventuellement, qu'ils soient testés lors des réunions publiques à venir. Il importe de signaler que les réponses représentent exclusivement les points de vue et les avis personnels de certains membres des organismes consultés. Le Groupe de travail

les a consultés seulement pour se faire une meilleure idée des perceptions possibles de quelques organismes et pour l'aider à déterminer les éventuelles situations dans lesquelles se prendront les décisions relatives à la mise en œuvre des mesures de prévention ou d'atténuation des crues.

***On ne saurait trop insister sur le fait que les résultats présentés dans cette analyse superficielle ne doivent pas être considérés comme des opinions ou positions officielles d'aucun des organismes.***

### **1.5.3 Résultats de l'analyse superficielle**

Les dommages causés par les crues de 2011 ont été une source de préoccupation immédiate pour les habitants de la région, les entreprises et les décideurs à tous les niveaux de la région touchée. Dans l'ensemble du bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu, près de 4 000 maisons ont été endommagées, il y a eu environ 90 millions de dollars de dégâts, et plus de 30 municipalités ont été directement touchées. Les décideurs ont immédiatement acheminé des ressources pour atténuer les dégâts, soulager les souffrances et reconstruire les zones dévastées par les inondations. Les scientifiques ont collaboré à l'évaluation des répercussions des inondations dans la région (sur le plan de l'environnement, des finances, du tourisme et des loisirs). Les habitants de la région continuent toujours de compenser la perte d'effets personnels et de biens tout en planifiant l'avenir, autant que possible, en fonction des inondations futures.

Comme il a été indiqué dans la section qui précède, une analyse superficielle a été réalisée à propos des perceptions du grand public et des perceptions des membres du personnel d'organismes qui participent à la prise de décision sur le rétablissement à la suite des inondations et sur les mesures d'atténuation et de préparation en cas de catastrophe en tenant compte de certains scénarios choisis de mesures d'atténuation des crues. Ces mesures englobent celles qui ont été recommandées en 1981 dans la dernière étude de la Commission mixte internationale ainsi que les mesures possibles qui ont été proposées lors des réunions publiques et des ateliers techniques qui se sont déroulés depuis la création du Groupe de travail en mai 2012.

Voici le résumé des possibles perceptions *passées* des mesures d'atténuation des crues étudiées par la Commission dans les années 1970 et 1980 (CMI, 1981) :

1. Construction et exploitation d'un ouvrage de régularisation des débits à Saint-Jean-sur-Richelieu qui répond aux critères environnementaux prévus : en général, la plupart des membres du personnel des organismes et du public interrogés étaient opposés à cette option pour des raisons diverses, notamment parce qu'ils s'inquiétaient de ses répercussions sur l'environnement, des coûts élevés de construction, d'exploitation et d'entretien ainsi que des problèmes éventuels suscités par le choix de l'organisme qui contrôlerait l'ouvrage. Certains habitants de la région et organismes étaient favorables à cette option, car les inondations des terrains privés et des terres agricoles étaient une préoccupation majeure dans la vallée de la rivière Richelieu.
2. Mise en place et exploitation d'un système de prévision des crues : cette mesure a été jugée d'un œil favorable par le grand public et par tous les membres du personnel des organismes interrogés. Certains secteurs situés dans la région du lac Champlain et de la rivière Richelieu

utilisent actuellement ces systèmes, mais il faut améliorer l'accessibilité ainsi que la couverture du réseau prévisionnel existant.

3. Mise en œuvre et application d'une réglementation bien planifiée des plaines inondables : cette mesure a été jugée d'un œil favorable par le grand public et par tous les membres du personnel des organismes interrogés et une telle réglementation existe maintenant dans la plupart du bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu.

Voici le résumé de possibles perceptions *actuelles* des mesures d'atténuation des crues étudiées par la Commission dans les années 1970 et 1980 ainsi que d'autres :

1. Construction et exploitation d'un ouvrage de régularisation des débits à Saint-Jean-sur-Richelieu qui répondrait aux critères environnementaux mis à jour : les attitudes envers cette option ne semblent pas avoir évolué depuis les années 1980. La plupart des membres du personnel des organismes et du public interrogés seraient opposés à cette option pour des raisons diverses, notamment parce qu'ils s'inquiètent des répercussions sur l'environnement, des coûts élevés de construction, d'exploitation et d'entretien et du choix de l'organisme à qui le contrôle de l'ouvrage serait confié. Toutefois, certains habitants et certains organismes demeurent favorables à cette option, car les inondations des terrains privés et des terres agricoles restent une préoccupation majeure dans la vallée de la rivière Richelieu.
2. Dérivation partielle du débit dans le canal de Chambly, en période de hautes eaux, pour compenser l'élargissement du canal : à l'instar du projet d'ouvrage de régulation des débits, les membres du public et le personnel des organismes interrogés hésitent à appuyer cette mesure, entre autres, à cause d'un manque de connaissances sur le sujet. Les répercussions sur l'environnement demeurent leur principale préoccupation. Toutefois, comme cette mesure n'a jamais été entièrement étudiée lors d'études antérieures, on constate un certain intérêt pour approfondir l'étude de cette mesure, notamment sa conception, son coût et ses répercussions.
3. Mise en œuvre et exploitation d'un système de prévision des crues : la prévision des crues pour des phénomènes comme celui qui s'est produit au printemps 2011 semble être considérée comme un outil efficace qui permet aux propriétaires fonciers et aux municipalités de minimiser ou d'éviter la perte de biens et les dégâts.
4. Mise en œuvre et application d'une réglementation bien planifiée des plaines inondables : d'après les résultats des sondages réalisés jusqu'ici, il s'agit d'une mesure d'atténuation généralement bien perçue et bien qu'il existe déjà certaines politiques et certains règlements en la matière, il reste une grande marge d'amélioration. Des questions persistent sur le caractère approprié des règlements, sur la façon de mettre en œuvre les politiques et sur la meilleure façon de réglementer et de faire appliquer ces politiques. La majeure partie des politiques seront mises en œuvre et elles toucheront davantage les municipalités locales, alors que les municipalités locales n'ont pas été consultées lors de cette analyse superficielle. Une analyse plus approfondie des perceptions locales et du soutien devra être un volet majeur de toute étude envisagée sur la gestion des plaines inondables.
5. Restauration et préservation des milieux humides : le grand public et le personnel des organismes interrogés déclarent que la mise en place d'une telle mesure est perçue d'un œil favorable, mais qu'elle risque également d'avoir une efficacité restreinte pour ce qui est

d'atténuer les inondations et les dégâts causés par les crues dans l'avenir. Il faudra mener d'autres recherches à ce sujet.

6. Construire des digues ou des routes surélevées pour protéger les zones urbaines, ou surélever le premier étage au-dessus du niveau des crues de 100 ans. Ces mesures, qui peuvent être assimilées davantage à des mesures structurelles locales pour protéger de plus petits secteurs géographiques, semblent être mal accueillies en général. Dans la plupart des secteurs, ces mesures peuvent être prises par des propriétaires individuels ou des municipalités qui décident d'y consacrer des fonds, mais elles ne sont pas nécessairement réalisables pour ce qui est des gouvernements.
7. Aucune intervention. Tous les membres du personnel des organismes consultés ne sont pas favorables à l'option du « statu quo » et conviennent qu'il faut absolument faire quelque chose.

En résumé, d'après cette analyse superficielle, d'importantes mesures structurelles d'atténuation continuent de susciter des préoccupations liées aux répercussions sur l'environnement et aux coûts élevés de construction, d'exploitation et d'entretien. Toutefois, certaines mesures structurelles restreintes comme un chenal de dérivation dans le canal de Chambly, n'ont pas été étudiées en profondeur et il se pourrait qu'il y ait des partisans pour analyser une telle option. Des mesures non structurelles, en particulier des règlements de gestion des plaines inondables bien planifiés, appliqués et respectés bénéficient d'un puissant soutien. Les consultations et les perceptions des municipalités locales sur la faisabilité de cette option ne sont pas connues. La plupart des conséquences de ces politiques et la responsabilité de leur mise en œuvre et de leur application sont souvent du ressort des municipalités locales. La réunion publique tenue en mars 2013 a confirmé les constatations qui précèdent.

Compte tenu des résultats de cette analyse, on a opté dans le plan d'étude pour une démarche progressive qui est présentée ci-après. On se devait de moduler l'éventail des mesures possibles qui pourraient être comprises dans une étude parrainée par la Commission en considérant le critère d'acceptabilité et d'accueil positif des différentes mesures d'atténuation des inondations.

### **1.6 Options de mise en œuvre de l'étude**

Conformément à la Directive de la Commission, le Groupe de travail a élaboré le plan d'étude, établi les priorités et formulé les recommandations, et trois grands facteurs l'ont orienté :

- Le fait que le temps, les ressources et le financement sont limités.
- Les préoccupations et les idées avancées par le public, les milieux politiques et scientifiques et le secteur privé.
- L'analyse superficielle résumée à la section 1.5.

Le plan d'étude propose une façon de mettre en œuvre l'étude présentée sous forme de trois options. Les options présentées sont séquentielles, car l'option B englobe l'option A et d'autres activités et le processus est semblable pour l'option C. Ces options et les études qui composent chacune d'elles sont résumées ci-après et sont illustrées à la figure 1.6.

### 1.6.1 Option A

L'option A permet d'atteindre la plupart des objectifs énumérés dans la Directive de la Commission à leur niveau le plus fondamental par des analyses préliminaires, comme suit :

- en évaluant les causes et les répercussions des crues antérieures, en particulier les crues de 2011;
- en évaluant les possibilités offertes par les pratiques exemplaires de gestion des plaines inondables;
- en évaluant les stratégies d'adaptation possibles face à la variabilité future escomptée des apports d'eau;
- en fournissant une analyse préliminaire des avantages escomptés qui se rattachent à la prévision des crues et à leur cartographie en temps réel.

L'option A se compose principalement des tâches qui sont décrites au chapitre 2 (Analyses et études préliminaires) et au chapitre 3 (Acquisition de données et d'information et élaboration d'outils communs).

À l'appui de ces quatre analyses préliminaires, on procédera à une modélisation hydrologique et hydraulique de base de l'hydrosystème, laquelle comprendra les caractéristiques physiographiques, bathymétriques, des plaines inondables et les données topométriques afin ainsi d'établir la capacité de cartographie des crues et de prévision des crues en temps réel. Des activités réduites d'évaluation et d'analyse (chapitre 5) et de gestion des études (chapitre 6) complètent l'option A.

Cette option permet de comprendre partiellement les causes et les répercussions des crues historiques, les pratiques de gestion des plaines inondables à l'échelle du pays, l'adaptation à la variabilité des apports d'eau et l'acquisition d'une capacité opérationnelle de cartographie des crues et de prévision des crues. Également dans le cadre de l'option A, on retrouve une étude approfondie des perceptions sociales et politiques actuelles des mesures structurelles et autres mesures d'atténuation afin d'appuyer et de confirmer l'opportunité d'éventuelles solutions structurelles d'atténuation.

### 1.6.2 Option B

L'option B comprend tous les volets de l'option A, ainsi qu'une combinaison de certaines évaluations quantitatives et qualitatives des possibles mesures d'atténuation des crues (essentiellement non structurelles avec ou sans combinaison de travaux structurels modérés) et de leurs incidences sur les ressources importantes de l'hydrosystème : les milieux humides et la faune, les utilisations de l'eau à des fins récréatives, domestiques, industrielles et municipales, les rives et le bâti en zone inondable et l'agriculture. Des modèles de réponse des ressources seront conçus et comporteront des indicateurs de base de la réponse des ressources liées à l'eau à la suite des fluctuations des niveaux d'eau, en portant une attention toute particulière à l'inventaire des données et à la détermination des seuils. Ces indicateurs permettront d'évaluer les répercussions d'une série de solutions d'atténuation qui seront examinées dans le cadre de cette option. Des projections climatiques, des modèles vent-vague et des modèles des glaces,

d'autres nouvelles données sur l'évolution des caractéristiques physiographiques du bassin versant dans le temps et un modèle numérique de terrain complet seront également produits pour permettre la planification, l'évaluation et le classement des éventuelles solutions d'atténuation des crues, en recourant à une démarche de vision commune.

Cette option donne suite à la Directive en permettant d'évaluer les possibles mesures non structurelles d'atténuation des crues, en plus de procéder à des évaluations de mesures structurelles modérées comme l'enlèvement des vestiges d'ouvrages sur les hauts fonds de Saint-Jean. Elle n'offre pas la souplesse d'évaluer un plus large spectre des fluctuations des niveaux d'eau qui résulteraient de mesures de régularisation importantes.

### 1.6.3 Option C

L'option répond à tous les objectifs énumérés dans la Directive de la Commission, y compris la meilleure évaluation possible des effets sur les ressources et l'environnement des mesures structurelles d'atténuation des crues, y compris la régularisation de l'eau, ainsi que des mesures non structurelles pour la gamme complète des niveaux d'eau prévus. L'option C comprend toutes les composantes de l'option B et ajoute des modèles qualitatifs et quantitatifs plus raffinés de réponse des ressources afin de faire face aux variations annuelles potentiellement plus importantes des niveaux d'eau associées aux mesures structurelles d'atténuation plus importantes. Des modèles d'érosion et les données connexes ainsi que des modèles hydrauliques plus perfectionnés font aussi partie de cette option, pour mieux comprendre les effets d'une plus grande amplitude des fluctuations de niveau et obtenir une meilleure représentation des futures interactions du cycle de l'eau dans le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu.

Cette option couvre tous les objectifs figurant dans la Directive de la Commission, notamment l'évaluation d'un inventaire plus exhaustif des mesures structurelles et non structurelles d'atténuation des crues visant l'éventail complet des répercussions prévues sur les niveaux d'eau. Il faudra également procéder à une planification et à une évaluation plus élaborées pour tenir compte des solutions d'atténuation plus complexes et des divers plans de gestion connexes.

## 1.7 Approche de l'étude

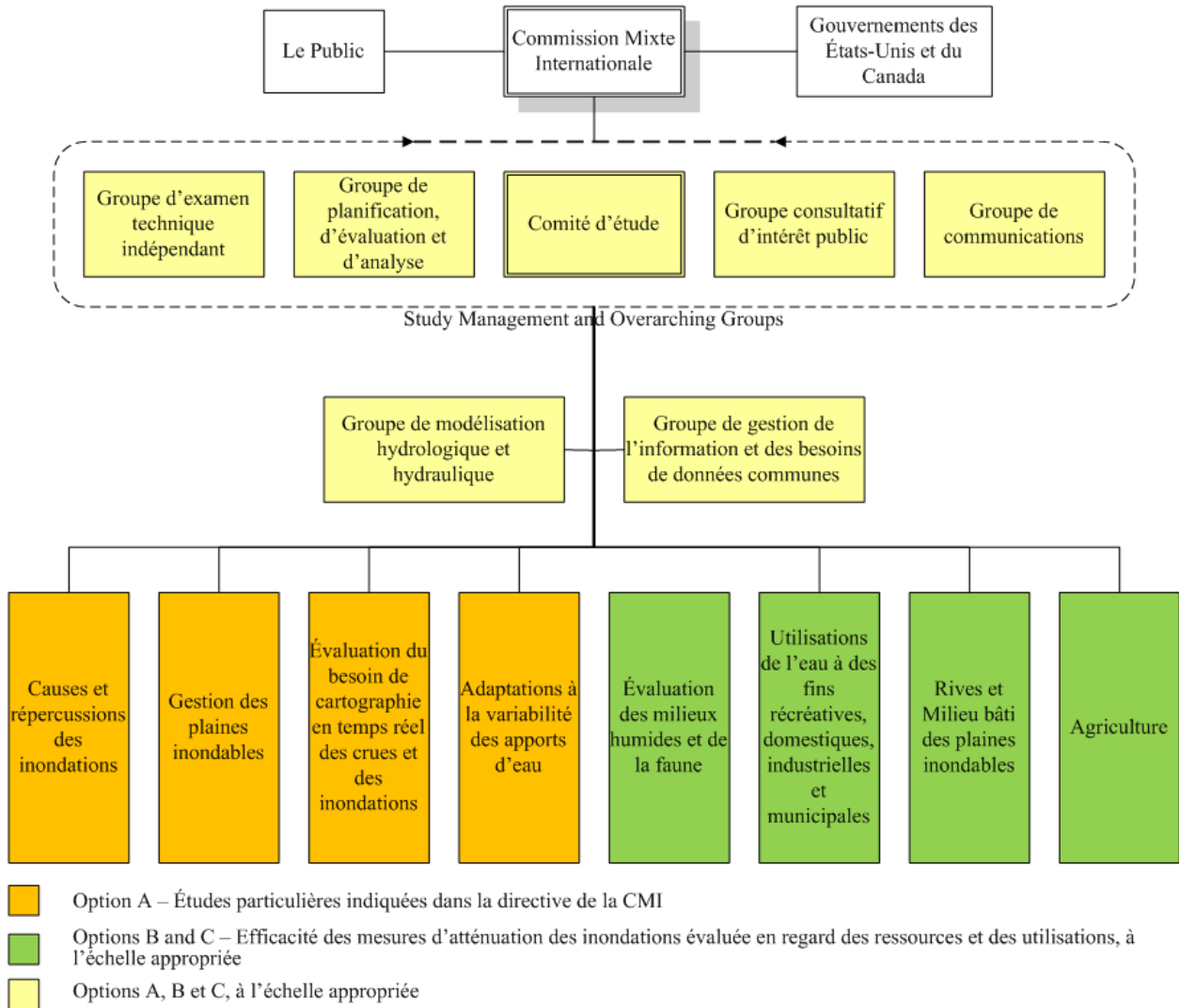
### 1.7.1 Principes directeurs

Quelle que soit l'option retenue pour l'étude, il est important de respecter les principes directeurs suivants tout au long du déroulement de celle-ci :

1. Sans vouloir exclure *a priori* quelque forme de mesure d'atténuation des crues, le Groupe de travail estime que l'étude doit se concentrer sur les mesures qui ont le plus de chances d'être mises en place. À cet égard, les données recueillies, les modèles et autres outils conçus doivent pouvoir être adaptés à toute forme de mesure d'atténuation des crues envisagée.
2. Toutes les tâches prévues dans le cadre de l'étude doivent être compatibles avec les objectifs de la Directive.



## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu



**Figure 1.6 Cadre de l'étude avec les options A, B et C.**

- Le processus décisionnel concernant l'élaboration des options de gestion des eaux et les méthodes d'évaluation sera transparent. On favorisera une participation importante de divers ordres de gouvernement, des Premières Nations, des Amérindiens et du public à tous les aspects de l'étude pour s'assurer de la prise en compte de leurs conseils et préoccupations et que tous ont la possibilité de contribuer au succès de l'étude.
- Pour toutes les tâches, il faut utiliser des données scientifiques crédibles et généralement reconnues, des connaissances d'actualité et des technologies de pointe pour ce qui est des évaluations hydrologiques, hydrauliques, économiques et environnementales. L'utilisation de techniques nouvelles et novatrices est encouragée si celles-ci aboutissent à l'établissement de données essentielles au processus décisionnel qui n'auraient pas été accessibles autrement. La méthode de modélisation et la gestion des ensembles de données doivent respecter les

lignes directrices énoncées dans le document intitulé *Lignes directrices sur la sélection et la mise en œuvre des modèles : rapport technique : GOCF-TR-2012-006* (Jenkinson, 2012). L'évaluation par des pairs effectuée par des experts indépendants devrait avoir lieu avant d'adopter des méthodes et des techniques d'étude, notamment les principales hypothèses et les démarches globales qui seront suivies.

5. Il faut veiller à ce que les données financées par l'étude, les résultats des modèles et tous les rapports techniques soient affichés sur le site Web à l'intention du public, même une fois que l'étude sera terminée. On aura recours aux technologies de l'information pour les communications publiques, tout en prévoyant des dispositions pour fournir l'information de façon conventionnelle.
6. Il faut veiller à ce que les résultats des études puissent améliorer les moyens de prévision en temps réel à fournir dans un contexte opérationnel où des prévisions actuelles sont diffusées aux intéressés.
7. *Adaptive Management*, guide technique sur la gestion adaptative publié par le département de l'Intérieur des États-Unis (Williams, Szarp et Shapiro, 2007) indique que [traduction] « la gestion adaptative est recommandée si elle peut exercer une profonde influence sur le système, mais l'incertitude quant aux conséquences des mesures de gestion demeure élevée ». On ignore actuellement l'influence que les mesures d'atténuation exercent sur le système.

Il est impératif que les principes de la gestion adaptative soient appliqués tout au long du déroulement de l'étude, en les modulant selon les mesures d'atténuation réellement retenues et leur influence sur l'hydrosystème. L'application des éléments de la gestion adaptative est examinée plus avant dans la section Gestion de l'étude du présent plan d'étude. Beaucoup d'éléments sont déjà intégrés dans ce plan d'étude.

### 1.7.2 Période d'organisation

L'expérience acquise dans le cadre des études internationales sur le lac Ontario et sur le Saint-Laurent et de celles sur les Grands Lacs d'amont a révélé l'importance d'une bonne préparation avant d'entreprendre une étude. Une période d'organisation d'environ six mois est recommandée. Au cours de cette période, une équipe restreinte délimitera les tâches à accomplir, selon l'option retenue, et celles-ci pourront ou non porter sur un ensemble de mesures raisonnables et acceptables d'atténuation des crues ainsi que sur une définition plus précise de la nature et la portée des études hydrologiques, hydrauliques, économiques et environnementales, notamment en décidant des méthodes d'évaluation et des hypothèses.

L'équipe dressera également la liste des éventuels participants à l'étude provenant du public, d'organismes gouvernementaux et du milieu universitaire, et procèdera à l'organisation des groupes de travail et à la définition des mandats de chacun.

### 1.7.3 Méthodes d'évaluation

Pour assurer la rentabilité de l'étude et la crédibilité des données scientifiques qui y figurent, l'équipe organisatrice devrait consulter des experts du public et du milieu universitaire qui connaissent les méthodes scientifiques et techniques appropriées à employer dans le cadre de

l'étude. Il est donc essentiel de réaliser une étude sur la portée pour déterminer si des évaluations qualitatives ou des évaluations quantitatives détaillées sont suffisantes, en particulier dans la mise en œuvre des options B et C. Une équipe hydrologique et hydraulique devra être à l'œuvre tout au long de l'étude pour déterminer les niveaux et les débits d'eau générés à la suite des diverses mesures d'atténuation des crues envisagées.

Pour ce qui est d'évaluer les conséquences des possibles mesures d'atténuation sur les ressources hydriques (en vertu des options B et C), il est prévu que l'évaluation des conséquences suivra essentiellement une chronologie qui a été utilisée dans des études préalables de la Commission et qui consiste à :

1. Déterminer les besoins des groupes d'intérêt en ce qui concerne les ressources à même d'être touchées.
2. Examiner les possibles mesures d'atténuation des crues.
3. Produire des niveaux et des débits d'eau 1) en vertu des conditions actuelles et 2) en vertu d'autres mesures d'atténuation des crues, selon des hypothèses de scénarios climatiques actuels et de scénarios de changements climatiques.
4. Évaluer les incidences sur les groupes d'intérêt.
5. Analyser, comparer et classer les résultats de l'évaluation.
6. Examiner les options d'atténuation des crues et formuler des recommandations.

#### **1.7.4 La durée de l'étude**

La durée des études de l'option A devrait s'échelonner sur environ trois ans.

Pour ce qui est des options B et C, l'ajout de la détermination et de l'évaluation des mesures d'atténuation des crues ainsi que de leur efficacité et de leurs répercussions connexes nécessite un calendrier qui devrait s'échelonner sur cinq ans.

Pour les options A, B et C, la première année portera sur l'organisation de l'étude et sur l'évaluation des causes et des répercussions des inondations antérieures sur l'hydrosystème, en se concentrant sur les inondations de 2011. On procédera à une étude approfondie des perceptions sociales et politiques actuelles des mesures structurelles et autres mesures d'atténuation afin d'étayer et de confirmer l'opportunité des éventuelles solutions structurelles d'atténuation. En fonction des résultats de cette étude, on modulera les travaux sur la définition d'un ensemble de mesures d'atténuation des crues qui pourraient être examinées si l'option B ou C sont mises en œuvre. Parallèlement à ces tâches, on se lancera dans l'acquisition, le regroupement et l'établissement d'une solide description du bassin versant du lac Champlain et de la rivière Richelieu, notamment de ses caractéristiques géophysiques, hydrologiques, climatologiques et d'occupation du sol.

Au cours de la deuxième année, et ce, pour les trois options, on analysera les pratiques exemplaires existantes à l'échelle nationale en ce qui concerne la gestion des plaines inondables, l'adaptation possible à la variabilité des apports d'eau et les avantages qui se rattachent aux prévisions et à la cartographie des crues en temps réel. Pour les options B et C, les résultats concernant les mesures d'atténuation souhaitables permettront de peaufiner les méthodes d'évaluation de la réponse des ressources à mesure que les travaux progresseront durant l'année.

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

Dans le cadre des options B et C, les années 3, 4 et 5 permettront de parachever les outils nécessaires et d'amorcer la mise à l'essai des possibles mesures d'atténuation des crues, y compris une analyse coûts-avantages.

Tout au long de l'étude, l'application des principes de la gestion adaptative et la participation du public seront primordiales.

## 2 Analyses et études préliminaires

Les tâches accomplies dans le cadre des analyses préliminaires prépareront le terrain pour élaborer et analyser les mesures d'atténuation des crues. En outre, les tâches suivantes généreront des résultats qui contribuent à quatre des cinq principaux objectifs de l'étude qui figurent dans la Directive de la Commission mixte internationale.

- Évaluer les causes et les effets des crues antérieures, en particulier les crues de 2011.
- Évaluer les possibilités offertes par les pratiques exemplaires de gestion des plaines inondables.
- Fournir une analyse préliminaire des avantages anticipés de la prévision des crues et de la cartographie en temps réel.
- Évaluer les stratégies d'adaptation possibles face à la variabilité future escomptée des apports d'eau.

À l'appui de ces quatre tâches, les tâches connexes nécessaires pour produire un modèle numérique de terrain (MNT) et une capacité de base de modélisation hydrologique et hydraulique sont indispensables et figurent donc aux côtés des analyses et des études préliminaires comme tâches prescrites pour les options A, B et C.

Les analyses et les études préliminaires permettront d'obtenir une approximation générale des facteurs qui entrent en jeu et des conséquences des crues, la détermination des vulnérabilités et des moyens de s'adapter à la variabilité des apports d'eau à partir des scénarios climatiques de simulation (et non pas des projections climatiques réelles), la détermination des pratiques exemplaires de gestion des plaines inondables et des avantages que présente un outil de prévision et de cartographie en temps réel des crues. En soi, ces études sont importantes et peuvent être réalisées moyennant la collecte limitée de données et de renseignements; elles composent l'option la moins coûteuse (option A). Elles sont aussi requises pour les options B et C.

### 2.1 Évaluation des causes et des effets des crues passées dans le bassin versant du lac Champlain et de la rivière Richelieu, en particulier des crues de 2011

#### Énoncé des travaux

Les inondations survenues en 2011 dans le lac Champlain et la rivière Richelieu ont été sans précédent si on tient compte des niveaux d'eau atteints, de l'étendue du territoire submergé, de la durée du phénomène, et des dommages subis. La caractérisation de ces inondations, de même que d'autres crues qui ont affecté le bassin versant par le passé, à la fois d'un point de vue climatologique et hydrologique, est un aspect fondamental du plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu. Une bonne compréhension des inondations de 2011 permettra de mieux comprendre le phénomène général des inondations, ce qui permettra donc de mieux définir les possibles mesures d'atténuation des crues, structurelles et non structurelles, et d'améliorer

ensuite la façon dont nous ferons face aux inondations futures afin de réduire les dommages connexes et de prévenir les pertes de vie.

Pour évaluer les causes et les conséquences des crues, notamment celles de 2011, il faut procéder à une analyse superficielle de la climatologie et de l'hydrologie de la région, et élaborer une description physique du bassin versant (physiographie, bathymétrie, topographie, occupation du sol, hydrologie, etc.). Cela contribuera à l'analyse des possibles mesures d'adaptation à la variabilité escomptée des apports d'eau, ainsi qu'aux tâches qui se rattachent aux options B et C de l'étude.

Cette étude analysera la chronologie des événements ayant mené aux inondations de 2011 dans le secteur du lac Champlain et de la rivière Richelieu tout en y apportant des explications utiles. Les inondations seront caractérisées sur le plan de leur étendue, de leur ampleur et de leur durée, avant d'être comparées aux inondations antérieures survenues dans le bassin versant depuis 100 ans. On analysera les impacts de chaque inondation. Enfin, on formulera un ensemble de recommandations sur d'autres activités de surveillance qui pourraient s'avérer nécessaires pour caractériser l'hydrologie du bassin versant.

L'étude tablera sur les études antérieures pertinentes et sur les informations concernant les crues passées pour en faire la synthèse. On y accordera une attention particulière aux données recueillies à l'occasion de la crue de 2011 que présente le rapport du Programme de mise en valeur du lac Champlain, *Résilience aux inondations dans le bassin du lac Champlain et la rivière Richelieu* (PMVLC, 2013), ainsi qu'à d'autres rapports portant sur 2011 publiés par des organismes étatiques, provinciaux et fédéraux. On incorporera et analysera les données existantes sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques produites par The Nature Conservancy (TNC), le Vermont Experimental Program to Stimulate Competitive Research – Research on Adaptation to Climate Change (EPSCoR – RACC), Ouranos (consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques) et d'autres organismes.

## Méthode

Les tâches décrites ci-après permettront d'obtenir une description des principales crues dans le bassin versant du lac Champlain et de la rivière Richelieu depuis 100 ans, en particulier des inondations de 2011.

1. Recueillir des données sur le bassin versant, notamment, sans s'y limiter :
  - a. Morphologie, dimensions, topographie.
  - b. Principaux affluents, leur contribution relative et les temps de réponse.
  - c. Principaux ouvrages hydrauliques (barrages, digues, routes, etc.) et interventions humaines.
  - d. Occupation du sol.
  - e. Climatologie.
2. Analyser les relevés hydrométriques historiques relatifs au lac Champlain et à la rivière Richelieu afin d'en dégager un sous-ensemble d'inondations extrêmes dans le bassin versant pour les soumettre à une analyse plus approfondie.

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

3. Procéder à une analyse historique des crues dans l'hydrosystème, notamment :
  - a. Climatologie (chronologie des événements) de chaque crue.
    - i. Configurations synoptiques et « typage météorologique ».
    - ii. Oscillations de l'ensemble atmosphère-océan et téléconnexion.
    - iii. Précipitations liquides.
    - iv. Accumulation de neige.
    - v. Vents et vagues.
    - vi. Température.
    - vii. Évaporation.
  - b. Hydrologie de chaque crue (ampleur, moment et durée type des crues).
    - i. Stations limnimétriques autour du lac (notamment à Burlington, Rouses Point, Phillipsburg, etc.), principaux affluents qui se jettent dans le lac et la rivière, la rivière Richelieu aux rapides Fryers et à Saint-Jean-sur-Richelieu.
    - ii. Comparer l'ampleur de la crue, son moment et sa durée pour chaque phénomène.
    - iii. Validité des courbes de tarage utilisées.
    - iv. Rapprocher la chronologie des phénomènes climatologiques de la réponse éventuelle du bassin versant.
  - c. L'inondation de 2011 par rapport aux inondations antérieures :
    - i. Périodicité des indicateurs hydrométéorologiques;
    - ii. En quoi cette inondation a-t-elle été différente de celles des années antérieures?
  - d. Études comparatives dans d'autres bassins versants importants, dont :
    - i. Bassin versant du fleuve Mississippi (crues importantes en 1993 et en 2011);
    - ii. Bassin versant de la rivière Rouge (États-Unis et Manitoba);
    - iii. Rivière Souris;
    - iv. Rivière Saguenay et autres exemples aux États-Unis et au Canada, s'il y a lieu.
4. D'après l'analyse historique des crues dans l'hydrosystème, formuler des recommandations en vue d'une surveillance hydrométrique ou atmosphérique supplémentaire qui pourrait s'avérer nécessaire pour correctement caractériser les crues dans le bassin.
5. Analyser les répercussions économiques et sociales (vies, biens, société, santé, recettes fiscales municipales, etc.) de certaines crues, notamment :
  - a. Inondations de 2011;
  - b. Autres inondations.

(Pour « a » et « b », voir « Principaux impacts à analyser » ci-après)
6. Produire et publier un rapport scientifique approuvé par la Commission mixte internationale sur les causes et les effets des inondations dans le bassin versant du lac Champlain et de la

rivière Richelieu.

Parmi les causes possibles à analyser, il faut mentionner :

- La neige et les précipitations qui déterminent le volume d'eau.
- Le stockage dans les bassins versants, les plaines inondables et dans le lac proprement dit qui demeure un élément déterminant de la durée d'une inondation et des niveaux et des débits d'eau dans la rivière.
- Dans une certaine mesure, les infrastructures, les obstacles naturels (les hauts-fonds de Saint-Jean-sur-Richelieu) et les obstacles à l'écoulement (densité de la végétation aquatique et débris des ouvrages de construction historiques) qui peuvent amplifier les niveaux et où la vitesse du débit – barrage Fryers, ponts, obstacles naturels, routes, canal de Chambly, etc.
- Les travaux d'aménagement dans le bassin versant (ouvrages/surfaces imperméables modifiant l'hydrologie) entraînant le déplacement d'un certain volume de terre qui pourrait retenir l'eau.
- Les changements d'occupation du sol et de morphologie des affluents dans le bassin versant qui modifie la réponse hydrologique.
- Les effets de l'onde de seiche et des vagues sur les niveaux d'eau et l'érosion accrue qui en résulte.
- Les lieux où les gens s'installent ou installent des infrastructures – exposition et vulnérabilité de l'être humain.

Parmi les principaux impacts à analyser, il faut mentionner :

- Effets directs sur la santé et la sécurité des gens, des maisons et des installations – impacts des inondations et de la sédimentation sur les accès, logement pour les personnes touchées/déplacées, soins à ceux qui en ont besoin et état de préparation.
- Fosses septiques (inondées) et puits, principalement le long de la rivière.
- Effets de l'onde de seiche et des vagues en terme d'érosion et des effets sur les infrastructures liées principalement au lac.
- Gestion du canal de Chambly, effets sur la navigation de plaisance et sur les traversiers.
- Impacts sur la qualité de l'eau en ce qui concerne la concentration et les charges provoquées entre autres par les fosses septiques, les réservoirs à essence, les effluents, les réseaux d'égoût séparatifs et unitaires, les ruissellements des champs agricoles, les sédiments, la végétation et les cultures pourrissantes et les poisons laissés en rade; à la fois pour les zones urbaines et les zones agricoles; il faut également inclure les répercussions ultérieures sur les utilisations de l'eau.
- Effets psychosociaux et effets sur la santé, en particulier sur les plus vulnérables – ceci a un rapport avec la durée de l'impact et la nature de l'intervention.
- Effets à long terme – moisissure dans les maisons submergées, perte et remplacement des



## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

biens perdus, manque de connaissance sur les ressources qui peuvent être utiles et sur les effets possibles à long terme.

- Gestion des déchets et des débris provenant des maisons et des biens détruits et des activités de reconstruction/rénovation des bâtiments touchés.
- Modification de la répartition des espèces envahissantes.
- Effets des changements des niveaux d'eau et de l'érosion sur la faune et les milieux humides.
- Coûts de gestion des urgences.
- Impact des inondations antérieures sur le secteur des loisirs et du tourisme dans tous les domaines (p. ex. emploi, contribution à la viabilité des municipalités selon le type de municipalité).
- Évaluation de l'impact économique sur les utilisations de l'eau à des fins domestiques, industrielles, agricoles et municipales (routes, déplacements, interruption des activités commerciales).
- Évaluation de l'impact des inondations sur le secteur agricole.
- Évaluation des répercussions économiques des inondations sur les biens et les infrastructures situées le long des rives.
- Étude de tous les barrages et ouvrages de retenue, tel le barrage de Waterbury, pour évaluer la capacité qu'ils avaient.

Parmi les autres questions à aborder dans cette étude, mentionnons :

- Dans quelle mesure la durée du phénomène influe-t-elle sur l'impact?
- Qu'est-ce qu'un niveau acceptable de risque et de dommages?
- Dans quelle mesure ce risque évoluera-t-il compte tenu des changements climatiques et des changements démographiques qui surviendront autour du lac?
- Comment peut-on réduire la vulnérabilité?
- Quels sont les impacts sur la société dans son ensemble? Quelle est la prise de conscience des risques?
- Les inondations de 2011 risquent-elles de se reproduire?
- Les changements climatiques entraîneront-ils des inondations plus graves ou plus fréquentes?
- L'activité humaine a-t-elle provoqué les niveaux records enregistrés en 2011?
- Y a-t-il quelque chose que nous puissions/devions faire immédiatement?

### **Organisation, coûts et calendrier de l'étude**

Les organismes proposés pour diriger cette étude :

- Environnement Canada (Service météorologique du Canada)

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

- Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ);
- USGS
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

Parmi les organismes qui pourraient contribuer à cette étude, mentionnons :

- Ministère de la Sécurité publique du Québec (MSP)
- MSSS
- Ministère des Finances et de l'Économie du Québec (MFEQ)
- MDDEFP
- MAMROT
- Municipalités régionales de comté dans le bassin
- USACE – National Flood Risk Management Program
- USACE – Institute for Water Resources
- Programme de mise en valeur du lac Champlain (PMVLC)
- VTANR
- New York State Department of Environmental Conservation (NYSDEC)
- USFWS
- Research on Adaptation to Climate Change (RACC)
- Lake Champlain Sea Grant
- Département de l'Agriculture des États-Unis – Service de la conservation des ressources naturelles (USDA-NRCS)

**Tableau 2.1 Estimation de la durée et des coûts – évaluation des causes et des effets des crues passées dans le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu en particulier la crue de 2011 – option A (en k\$)**

<b>Principales tâches de l'option A</b>	<b>Année 1</b>	<b>Année 2</b>	<b>Année 3</b>	<b>Année 4</b>	<b>Année 5</b>	<b>Total</b>
Description du bassin (morphologie, dimensions, topographie, principaux affluents, apport relatif et temps de réponse, principaux ouvrages hydrauliques (barrages, digues, routes, etc.) et interventions humaines, occupation du sol, climatologie.	50	0	0	0	0	<b>50</b>
Analyser les relevés hydrométriques passés sur le lac et la rivière afin de répertorier un sous-ensemble de phénomènes extrêmes d'inondation dans le bassin pour les soumettre à une analyse plus fouillée.	50	0	0	0	0	<b>50</b>
Procéder à une analyse historique des inondations dans le bassin.	100	0	0	0	0	<b>100</b>
Formuler des recommandations en vue d'une surveillance hydrométrique ou atmosphérique supplémentaire qui pourrait s'avérer nécessaire pour correctement caractériser les crues dans le bassin.	50	0	0	0	0	<b>50</b>
Analyser les impacts de certaines crues.	100	0	0	0	0	<b>100</b>
Rapport scientifique sur les causes et les effets des inondations dans le bassin.	50	0	0	0	0	<b>50</b>
<b>Total Option A</b>	<b>400</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>400</b>

## 2.2 Étude des méthodes de gestion des plaines inondables

### Énoncé des travaux

Malgré l'investissement de fonds et de ressources, les pertes causées par les inondations persistent dans le bassin versant du lac Champlain et de la rivière Richelieu. L'accroissement de la population et les migrations, les changements climatiques qui pourraient coïncider avec des crues persistantes entravent les tentatives actuelles de réduire les pertes dues aux inondations et de protéger les ressources aquatiques.

Étant donné que la majeure partie de la vulnérabilité et des risques de pertes et de dégâts est concentrée dans les plaines inondables, une analyse de l'aménagement du territoire et des méthodes de gestion des plaines inondables est un volet essentiel de l'étude. Les coûts et les conséquences des inondations pour les propriétaires fonciers, les propriétaires de maison de même que pour les gouvernements fédéraux et les administrations étatiques, provinciales et municipales peuvent être considérables. Les méthodes de gestion des plaines inondables tiennent compte de ces coûts et de ces répercussions et cherchent à les atténuer. Elles seront étudiées comme éventuel moyen d'atténuer les dommages causés par les inondations et à titre de mesures non structurelles d'atténuation.

*Bien que la gestion des plaines inondables des affluents du lac Champlain et de la rivière Richelieu puisse être considérée comme une des mesures possibles d'atténuation des inondations, l'évaluation de l'efficacité de ces mesures sera effectuée uniquement pour les plaines inondables du lac et de la rivière, étant donné que la portée de l'étude se limite aux eaux limitrophes et transfrontalières et que l'étude est centrée sur les effets des crues du lac et de la rivière. Le futur groupe d'étude devrait collaborer étroitement avec les autorités régionales et municipales du grand bassin versant, et les tenir au courant, afin que les données soient mises en commun et que les aspects des études financées qui sont utiles aux*

*autres administrations de la région et aux responsables des interventions en cas d'inondation sont communiqués et pris en compte.*

L'étude fournira une description des méthodes actuelles, un examen de leur efficacité, les améliorations possibles à apporter à la gestion et à la réglementation des plaines inondables et d'éventuelles recommandations.

## **Méthode**

### 1. Examen des méthodes actuelles de gestion des plaines inondables

- a. Procéder à une revue de littérature des politiques et des règlements concernant la gestion des plaines inondables et de leur mise en œuvre aux États-Unis (surtout au Vermont et dans l'État de New York), au Canada (surtout au Québec) et éventuellement dans d'autres pays. Cet examen doit comporter une évaluation des impacts qualitatifs des politiques de gestion des plaines inondables sur l'occupation de ces plaines et l'aménagement du territoire. Comme exemples, mentionnons le déplacement d'infrastructures situées dans les secteurs à haut risque de la plaine inondable, l'acquisition de terres et la conservation des espaces libres; l'élaboration et l'emplacement des services/services publics et d'installations essentielles; les plans et les programmes de préparation en cas de catastrophe; les programmes d'aide en cas de catastrophe; les mesures de protection contre les inondations; les stratégies de croissance intelligente, les prévisions des crues; les systèmes d'avertissement; et les plans d'urgence et la diffusion d'information au public. À titre d'exemple, une étude pourrait porter sur l'application par les municipalités des règlements et du décret adoptés pour la rivière Richelieu par le gouvernement du Québec et sa gestion au niveau municipal à la suite des inondations du printemps 2011.
- b. Procéder à un examen de la réglementation et des pratiques d'application de la loi et des approches au sujet de la communication des risques de crues aux citoyens des États-Unis, du Canada et éventuellement d'autres pays (p. ex. l'accès aux cartes des inondations, la cartographie des risques d'inondations, les alertes d'urgence).
- c. Procéder à un examen de la gestion des risques d'inondations des municipalités (plans d'urgence, connaissance des vulnérabilités de la plaine inondable, connaissance des gens à propos des risques d'inondations) dans le bassin versant du lac Champlain par rapport à des exemples d'autres municipalités dans le monde (au Canada, aux États-Unis, en Europe).
- d. Dresser un inventaire des « exceptions »/« ordonnances d'approbation » aux lignes directrices existantes en vertu desquelles des travaux de construction ont été autorisés dans les voies navigables ou les plaines inondables après les inondations, notamment l'évaluation des règlements en vigueur portant sur les permis des différentes autorités compétentes du bassin versant.
- e. Procéder à un examen des cartes des crues existantes. Certaines cartes des risques de crues dans l'ensemble du bassin versant du lac Champlain et de la rivière Richelieu sont périmées et inadaptées et ne peuvent être utilisées par les municipalités comme instrument de planification et de réglementation. Les différentes méthodes suivies par

la province, les États et les pays contribuent à un manque d'homogénéité quant à la répartition du risque dans l'ensemble du bassin versant.

- f. Procéder à une analyse qualitative des programmes d'indemnisation et/ou d'assurance en cas de crue aux États-Unis et au Canada (notamment les coûts des dommages, les dépenses liées aux mesures d'urgence, les coûts sociaux, la santé humaine et les impacts sur la fiscalité municipale, etc.).
2. Examen de l'efficacité et des effets des méthodes actuelles de gestion des plaines inondables
    - a. Procéder à une analyse des forces et des faiblesses de toutes les méthodes actuelles de gestion des plaines inondables décrites dans la tâche ci-dessus (Tâche 1, a-e) en fonction des résultats réels postérieurs à certaines crues ciblées.
    - b. Mener des entrevues pour déterminer les enjeux et les contraintes de nature privée, publique et politique, se rattachant à la mise en œuvre éventuelle de nouvelles politiques, de nouveaux règlements ou d'autres mesures d'atténuation qui affecteront les plaines inondables tout en cherchant à en harmoniser la mise en œuvre pour ce qui est des trois autorités compétentes. Analyser les éventuelles pratiques exemplaires de gestion qui pourraient être adoptées à l'échelle régionale.
    - c. Procéder à une analyse des incidences économiques et des revenus des municipalités, du secteur agricole et d'autres secteurs.
  3. Procéder à une évaluation et à une analyse des éventuelles nouvelles méthodes de gestion des plaines inondables, y compris les possibilités de stockage agricole et de déplacement des infrastructures situées dans les secteurs à haut risque d'inondation, l'acquisition de terres et la conservation des espaces libres, la restauration des zones humides et la conception et le choix d'emplacement des services, services publics et installations essentielles.
  4. Recommandations visant l'amélioration des méthodes de gestion des plaines inondables
    - a. D'après l'analyse des méthodes actuelles et l'évaluation de l'efficacité de ces méthodes et compte tenu des politiques locales et de l'effet qu'elles peuvent avoir sur la mise en œuvre et l'application de la loi, formuler des recommandations en vue d'améliorer les méthodes actuelles de gestion des plaines inondables. Cela pourrait comporter des recommandations sur de nouvelles méthodes susceptibles d'avoir été cernées dans le cadre des évaluations.
    - b. Déterminer la façon dont les terres agricoles protégées par une digue sont ou peuvent être utilisées comme lieu de stockage de l'eau et les impacts sur les niveaux d'eau du bassin versant pouvant en résulter. Les répercussions possibles que les changements dans les méthodes de gestion agricole peuvent entraîner pour le stockage de l'eau (cultures vivaces/annuelles, drainage et pompage, charge en éléments nutritifs et effets sur l'hydrodynamique) doivent être évaluées.
    - c. Les besoins de nouvelles données comme de nouvelles cartes sur les risques de crues seront établis au cours de cette tâche.

### Organisation, coûts et calendrier de l'étude

La coordination de l'étude des méthodes de gestion des plaines inondables sera assurée par le Groupe de travail technique sur la gestion des plaines inondables.

Les organismes proposés pour diriger cette étude :

- MDDEFP
- USACE – district de New York

Parmi les organismes qui pourraient contribuer à cette étude, mentionnons :

- MSP
- MAMROT
- USACE – National Flood Risk Management Program
- Agence fédérale des situations d'urgence (FEMA)
- VTANR
- NYSDOS

Ces études pourront être réalisées par une association d'experts-conseils, d'organismes gouvernementaux et d'établissements d'enseignement.

Certaines municipalités du Québec ont déjà évalué leurs propres mesures d'urgence. Pour le Vermont et l'État de New York, cette évaluation des procédures sera sans doute confiée aux municipalités régionales des deux États qui coordonnent les études avec la collaboration des municipalités locales et régionales.

**Tableau 2.2 Estimation de la durée et des coûts – méthodes de gestion des plaines inondables – option A (en k\$)**

Principales Tâches - Option A	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Total
Revue de littérature sur la gestion des plaines inondables	100	50				150
Analyse de l'efficacité des méthodes de gestion des plaines inondables		150				150
Formulation de pratiques exemplaires pour la gestion des plaines inondables applicables au bassin du lac Champlain et du Richelieu			150			150
<b>Total Option A</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>150</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>450</b>

## 2.3 Mise en œuvre de la cartographie en temps réel des inondations

### Énoncé des travaux

Les cartes des crues et des inondations illustrent l'étendue des inondations qu'on attend dans l'espace au-dessus d'une zone donnée et qui indiquent le moment où les routes, les rues, les édifices, les aéroports, etc. sont susceptibles d'être touchés par les inondations.

Parmi les utilisateurs visés de ces outils, mentionnons les organismes étatiques et locaux qui doivent prendre des décisions opérationnelles d'urgence durant des inondations ainsi que quiconque porte un intérêt aux plaines inondables, comme les organismes fédéraux, étatiques, provinciaux, privés et publics et le grand public.

Plusieurs applications existantes sont expérimentales et ne sont pas accessibles au public. Cette étude cherche à évaluer les avantages qui se rattachent à l'adoption d'un système de cartographie en temps réel des inondations et des crues et à en définir les composantes.

L'adoption d'un système de cartographie en temps réel des crues exige que des modèles clés et des réseaux de surveillance soient organisés et exploités en mode opérationnel au sein des organismes qui ont reçu le mandat et les ressources nécessaires pour agir dans ce sens. Les modèles des prévisions météorologiques, les modèles de surface, les modèles hydrologiques et hydrauliques doivent interagir pour établir la meilleure estimation possible des niveaux d'eau qu'on attend dans l'avenir. Non seulement les apports d'eau doivent être prévus avec précision et acheminés vers l'hydrosystème, et l'onde de seiche, importante dans le lac Champlain, doit également être prévue et intégrée dans les prévisions. Il faut tenir compte d'un ensemble des prévisions météorologiques et d'un ensemble des prévisions hydrologiques des apports d'eau pour établir une estimation quantitative des incertitudes qui se rattachent aux prévisions du niveau d'eau. Un horizon de prévision de deux semaines est souhaitable et réalisable.

La précision des prévisions ne dépend pas seulement de la précision du modèle hydrologique. De fait, lorsque les délais augmentent, l'incertitude des prévisions hydrologiques est généralement dominée par l'incertitude des prévisions météorologiques. Il faut procéder à une évaluation de la baisse des compétences parallèlement à l'augmentation des délais en ayant recours aux récentes prévisions météorologiques, car la confiance dans ces prévisions augmente d'une année à l'autre. On sait qu'un ensemble de prévisions fournit des prévisions hydrologiques plus fiables à moyenne portée dans cette région (Velasquez *et al.*, 2009). Pour 2011 et 2012, des ensembles de prévisions sur 33 km (2 jours) et 60 km (15 jours) peuvent être obtenus auprès d'Environnement Canada et peuvent servir à évaluer le niveau de confiance des prévisions hydrologiques. Pour appliquer les modèles hydrologiques à haute résolution (de l'ordre de 1 km), il faut :

- une analyse sans faille des précipitations d'une résolution horizontale d'au plus 10 km et d'une résolution temporelle d'au plus 3 heures;
- des données horaires sur la température, l'humidité et la pression d'une résolution horizontale de 1 km;
- la direction et l'intensité des vents de même que les flux de radiation reçus d'une résolution d'au plus 10 km.

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

Les données sur la température, l'humidité et les vents peuvent être fournies à une altitude minimale de 50 m de la surface. De fait, il est préférable de ne pas forcer le modèle à un niveau trop proche de la surface, de manière à conférer une certaine liberté au modèle de surface terrestre, qui sera nécessaire lors de son application sous forçage climatique.

Si on retient l'option A, cette étude utilisera les modèles hydrologiques et hydrauliques en deux dimensions élaborés au chapitre 3 – Option A et les autres outils et renseignements qui existent déjà. Si on retient les options B ou C, cette étude des prévisions en temps réel pourra englober des modèles plus raffinés et des données décrivant les flux d'énergie de façon à intégrer, par exemple, la glace et l'évaporation.

### **Méthode**

Un grand nombre des outils et des données élaborés au chapitre 3 du plan d'étude seront utilisés et définis en mode opérationnel; en particulier, les activités relevant de l'option A sous les rubriques besoins de données communes (section 3.1), apports d'eau (section 3.2) et modèles des paramètres physiques du lac et de la rivière (section 3.3). Les activités suivantes seront nécessaires pour permettre l'utilisation effective de ces modèles par les organismes responsables :

- Analyse et quantification des avantages liés à la disponibilité des prévisions du niveau d'eau conjuguées à un modèle numérique de terrain (MNT) à haute résolution de la plaine inondable. Tenir compte des effets sur la capacité de réagir, du prolongement du délai d'exécution, des effets économiques connexes et d'autres paramètres se rapportant aux interventions d'urgence;
- Mise en oeuvre du système de prévision des niveaux d'eau au sein des organismes opérationnels des États-Unis et du Canada, notamment d'un circuit stable de diffusion des produits prévisionnels au public, aux collectivités locales et aux organismes d'intervention d'urgence.

### **Organisation, coûts et calendrier de l'étude**

Les coûts indiqués au tableau 2.3 se rapportent essentiellement à la mise en œuvre du système de cartographie opérationnelle des crues; les modèles, ensembles de données, analyses et données de surveillance en temps réel nécessaires pour élaborer le système, et les coûts qui s'y rattachent, sont décrits aux sections 3.1, 3.2 et 3.3 du plan d'étude.

Les organismes proposés pour diriger cette étude :

- EC
- CEHQ
- NOAA
- USGS

Parmi les organismes qui pourraient contribuer à cette étude, mentionnons :

- MSP



- Ministère de la Défense nationale du Canada (MDN)
- SP
- USACE
- VTANR
- NYSDOS

**Tableau 2.3 Estimation de la durée et des coûts – cartographie des crues en temps réel – option A (en k\$)**

Principales tâches de l'option A	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Total
Analyse et quantification des avantages de la cartographie des crues en temps réel	35					35
Définition et construction des prévisions d'ensemble et analyse requise pour exploiter les modèles	35					35
Mise en œuvre du système de prévision des niveaux d'eau au sein des organismes opérationnels des É.-U. et du Canada – à améliorer		100	100			200
<b>Total option A</b>	<b>70</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>270</b>

## 2.4 Analyse sociétale et recommandations visant l'adaptation à la variabilité des apports d'eau dans le lac Champlain et la rivière Richelieu

### Énoncé des travaux

Étant donné que les terres qui bordent le lac Champlain et la rivière Richelieu sont sujettes à des inondations qui pourraient être aggravées par les changements climatiques, l'objectif global de ce projet est d'évaluer pour le gouvernement et les parties prenantes, et avec eux, l'évolution des vulnérabilités sociétales antérieures et présentes et de déterminer les futures tendances liées aux vulnérabilités en déterminant/concevant des options d'adaptation pour des régimes d'inondation incertains dans le contexte des changements climatiques.

### Méthode

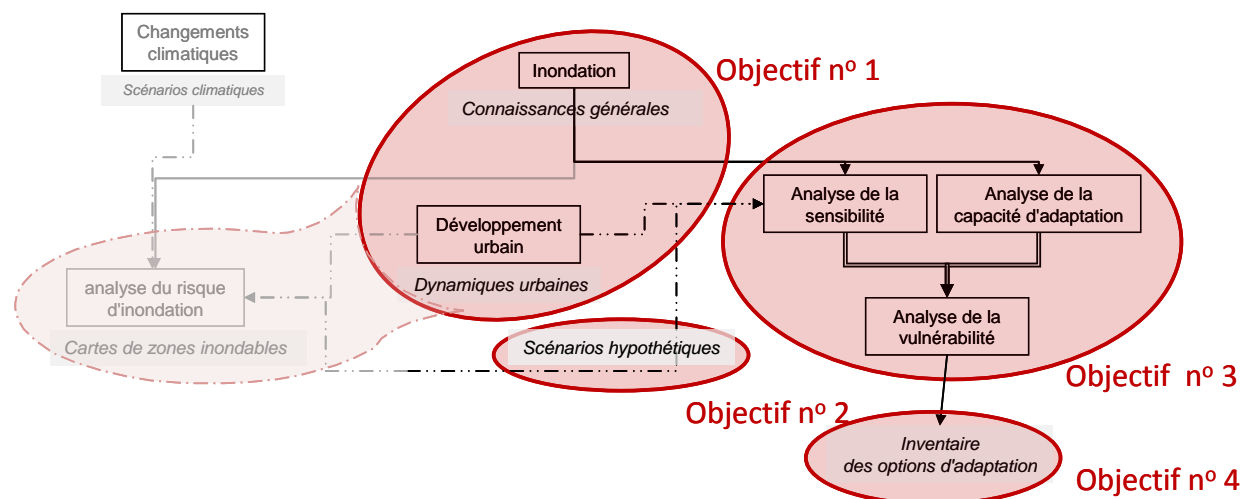
L'approche proposée est avant tout sociale pour permettre l'étude des liens entre la zone d'intérêt (les terres bordant le lac Champlain et la rivière Richelieu et leurs utilisations), l'évolution de l'occupation du sol (sur le plan des usages et des fonctions), les inondations, les changements climatiques, les décisions passées et futures concernant l'adaptation et les options.

L'adaptation des communautés aux changements climatiques se heurte à de nombreuses difficultés, parmi lesquels 1) la description limitée du rôle des décisions antérieures dans le préconditionnement de la vulnérabilité; 2) les mythes au sujet des vulnérabilités de la société; et 3) la transmission de connaissances sur les mesures concertées aux décideurs et les utilisateurs ciblés.

Pour surmonter ces difficultés, on aura recours à un processus concerté (de bas en haut) dont le but est d'amener les décideurs, les chercheurs et autres acteurs aux échelons national, régional et local à reconnaître, à analyser et à prioriser les options d'adaptation tout en facilitant l'assimilation des données scientifiques les meilleures et les plus utiles qui existent. Le processus concerté sera appuyé par la collecte, l'analyse et la présentation de données historiques/actuelles/futures pertinentes liées à l'occupation du sol, aux décisions antérieures, aux sciences hydroclimatiques afin de permettre la détermination, l'analyse et l'examen des futures options d'adaptation dans le contexte des vulnérabilités actuelles et des données scientifiques existantes.

La stratégie et les résultats de ce projet s'imbriquent parfaitement dans une stratégie de gestion adaptative qui aura pour effet d'améliorer les politiques et les pratiques visant à réduire les vulnérabilités et à mettre en place les mesures d'adaptation adéquates, même dans une situation qui évolue.

La figure 2.4 schématise la méthode qui sert à analyser les vulnérabilités sociales et territoriales face aux inondations dans le contexte des changements climatiques.



**Figure 2.4 Schéma de la méthode d'analyse des vulnérabilités et des options d'adaptation (adapté de Bleau *et al.*, 2012).**

## Activités

**Établi un profil historique de la façon dont le territoire a été occupé, de son exposition et de sa sensibilité aux inondations et des solutions pour le protéger. Le profil doit inclure :**

- Historique de l'occupation du sol qui borde le lac Champlain et la rivière Richelieu;
- Historique des inondations qui ont touché la zone d'intérêt;
- Historique des lois/règlements/politiques ayant eu une incidence sur l'occupation du sol, les travaux de construction (résidentielle, commerciale, industrielle, etc.), les activités;
- Historique des stratégies utilisées pour faire face aux inondations (structurelles et non structurelles).

**Analyser, au moyen d'indicateurs à élaborer, la vulnérabilité sociale et l'importance des secteurs susceptibles d'être inondés. Les résultats permettront de reconnaître, de caractériser et d'énumérer les secteurs prioritaires.**

- Analyse des vulnérabilités sociétales en vertu de trois à cinq scénarios établis par une autre équipe. On aura recours à une stratégie à multiples facettes, qui ne fera pas seulement appel à une analyse statistique rigoureuse des indicateurs, mais également à une démarche itérative par des consultations en atelier intéressant des chercheurs et d'autres acteurs, ce qui permettra de valider les indicateurs et leur pondération.

**Déterminer avec des scientifiques, parties prenantes, décideurs et autres acteurs une gamme d'options d'adaptation en reconnaissant leurs avantages et leurs inconvénients. Les tâches comprennent :**

- Inventaire des options d'adaptation;
- Échange d'idées, d'hypothèses et d'options d'adaptation ainsi que d'analyses des avantages et des inconvénients pour un éventail de parties prenantes allant des organismes centraux (gouvernements centraux) aux décideurs communautaires (groupes de résidents, environnementalistes, etc.);
- Préparer des informations sur les options d'adaptation en vue d'une éventuelle analyse coûts-avantages.

### **Besoins de données**

Parmi les renseignements requis pour accomplir ces tâches, mentionnons :

#### Données obtenues activement par :

- la création de comités d'utilisateurs;
- l'organisation d'ateliers;
- des entrevues/réunions avec les principales parties prenantes.

#### Données obtenues passivement par :

- l'historique des inondations (relevés des niveaux et des débits dans des stations stratégiques, bornes délimitant le territoire, archives iconographiques, carte de la zone affectée, etc.) depuis environ 1800;
- les scénarios d'inondations dans un contexte de changements climatiques à partir de l'analyse des apports d'eau en vertu de l'option B ou C, ou des scénarios hypothétiques si on retient l'option A;
- l'historique des lois/règlements/politiques (planification, sécurité, construction) visant les territoires bordant le lac Champlain et la rivière Richelieu depuis environ 1800;
- l'historique des solutions d'adaptation aux inondations (structurelles et non structurelles) mises en place depuis environ 1800. Mesures structurelles d'atténuation : digues, barrages (permanents ou provisoires), murs de soutènement, etc. Mesures non structurelles

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

d'atténuation : lois/règlements, campagnes, programmes de soutien (immunisation, déplacements, etc.), plans d'urbanisme, plans de sécurité, rezonage, etc.;

- Plans et études de gestion de bassins versants;
- Cartes des inondations;
- Documentation des lois et règlements.

Données fournies sous la rubrique Besoins de données communes du plan d'étude :

- les données d'occupation du sol qui borde le lac Champlain et la rivière Richelieu depuis environ 1800;
- les statistiques sur les données socioéconomiques (nombre d'habitants, densité de population, tendances démographiques, pourcentage d'habitants âgés de 75 ans et plus, de 14 ans et moins, familles comptant trois enfants ou plus, familles monoparentales, nombre de demandeurs d'emploi, etc. Emplacement des résidences pour les personnes âgées, des logements sociaux, des prisons, des services de santé, des garderies, des écoles, des stations d'essence, des casernes de pompiers, des postes de police, etc. Emplacement des entreprises, nombre d'employés, données des recensements antérieurs, etc.);
- Plan d'urbanisme (municipal) et plan d'aménagement (régional);
- Cartes du milieu bâti;
- Recensements et cartes/analyses connexes (Canada et États-Unis);
- Cartes et analyses thématiques [infrastructures (essentielle ou non) d'intérêt, matières dangereuses, eau- communication- réseau-etc.; activité économique, industrielle, etc.].

### **Organisation, coûts et calendrier de l'étude**

Les organismes proposés pour diriger cette étude :

- Ouranos
- Environnement Canada
- NOAA
- USACE
- Vermont Experimental Program to Stimulate Competitive Research – Research on Adaptation to Climate Change (EPSCoR – RACC)

Parmi les organismes qui pourraient contribuer à cette étude, mentionnons :

- MDDEFP – CEHQ
- MAMROT
- MSP
- Responsables des bassins versants (p. ex. organismes de gestion des bassins de la baie Missisquoi et de la rivière Richelieu, etc.)

Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

- PMVLC
- VTANR
- NYSDOS
- USGS
- FEMA
- Autres organismes municipaux, provinciaux et fédéraux s'intéressant aux changements climatiques et aux inondations dans la région.

**Tableau 2.4 Estimation de la durée et des coûts – adaptation à la variabilité des apports d'eau – option A (en k\$)**

<b>Principales Tâches - Option A</b>	<b>Année 1</b>	<b>Année 2</b>	<b>Année 3</b>	<b>Année 4</b>	<b>Année 5</b>	<b>Total</b>
Profil historique de l'occupation du sol, de l'exposition et de la sensibilité du territoire aux inondations, et solutions proposées pour le protéger	40	20				<b>60</b>
Liste des indicateurs de la sensibilité sociale et territoriale et de la capacité d'adaptation	40	10				<b>50</b>
Cartographie de la vulnérabilité (sensibilité sociale et territoriale et capacité d'adaptation)	30	20				<b>50</b>
Recensement des solutions d'adaptation avec leurs avantages et leurs inconvénients	10	20				<b>30</b>
Rédaction de rapports	0	10				<b>10</b>
<b>Total - Option A</b>	<b>120</b>	<b>80</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>200</b>

### **3 Élaboration d'informations et d'outils communs**

Pour atteindre les objectifs du plan d'étude précisés dans la Directive de la Commission mixte internationale et procéder aux évaluations et aux analyses souhaitables, il faut engager des actions préliminaires pour réunir les éléments communs qui seront utilisés dans le cadre de l'étude, peu importe l'option retenue (A, B ou C). Cette section du plan d'étude vise à définir un ensemble d'« outils », c'est-à-dire les données, renseignements, règles et modèles qui existent pour simuler tous les états possibles de l'hydrosystème du lac Champlain et de la rivière Richelieu. Cette « boîte à outils » servira précisément à simuler la mise en œuvre des mesures d'atténuation des crues et leurs effets connexes sur les caractéristiques physiques de l'hydrosystème. Les résultats de ces modèles permettront d'élaborer la cartographie en temps réel des crues et contribueront, s'ils sont utilisés conjointement avec les modèles de réponse des ressources décrits au chapitre 4, à la capacité d'analyser les effets et l'efficacité des diverses mesures d'atténuation des crues. Parmi les éléments et les outils communs, mentionnons :

- les besoins de données communes;
- l'estimation des apports d'eau dans le lac Champlain et de la rivière Richelieu;
- les modèles physiques du lac et de la rivière;
- la gestion de l'information.

Ces données, informations et outils communs seront également un volet essentiel des méthodes de gestion adaptative. Ils permettront de vérifier dans quelle mesure les réponses de l'hydrosystème aux mesures d'atténuation des crues sont bien celles qui avaient été prévues.

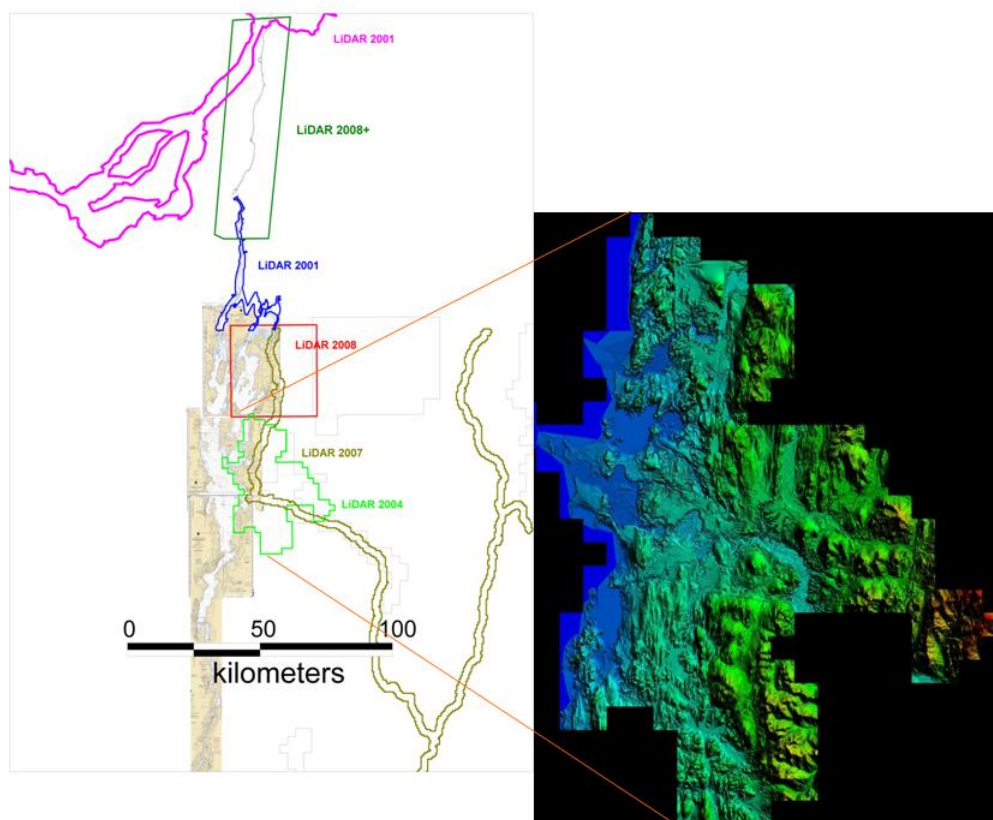
#### **3.1 Besoins de données communes**

##### **3.1.1 Données topographiques et bathymétriques, végétation aquatique et texture des sols (option A)**

Une base de données géophysiques communes ayant une résolution horizontale d'environ 100 m et une résolution verticale de 1 m est jugée essentielle par de nombreux experts. Les ensembles de données prescrits devront être choisis parmi diverses sources, convertis en un format commun qui reste à définir et mis à la disposition des utilisateurs qui participent à la réalisation du plan d'étude. La base de données sera constituée essentiellement à partir des divers ensembles de données qui existent déjà, même si certains nouveaux ensembles de données seront nécessaires et qu'il faudra procéder à certaines transformations. Cela devrait donner lieu à des échanges de renseignements continus entre les États, la province et de part et d'autre des frontières nationales (voir 3.2 – Estimation des apports d'eau dans le lac Champlain et la rivière Richelieu pour d'autres précisions).

### Topométrie à haute résolution des plaines inondables

Les experts s'entendent sur la nécessité de disposer de données altimétriques à haute résolution pour la plaine inondable du bassin versant. La technologie LIDAR (Light Detection and Ranging – détection et localisation par la lumière) aéroportée est l'outil de choix pour obtenir ces données à haute résolution dont les résolutions horizontales et verticales sont de l'ordre de 1 m et de 25 cm (3,28 pi et 10 po). La figure 3.1.1 représente les ensembles de données actuellement disponibles qui couvrent les plaines inondables du lac Champlain et de la rivière Richelieu. De nouvelles données LIDAR doivent être obtenues pour la rive ouest du lac Champlain (État de New York) et pour l'extrémité sud du littoral du lac (au Vermont) de même que pour la rivière Richelieu en amont de Saint-Jean-sur-Richelieu (au Québec) pour couvrir le territoire qui correspond à la zone maximale probable d'inondation (à confirmer au début de l'étude).

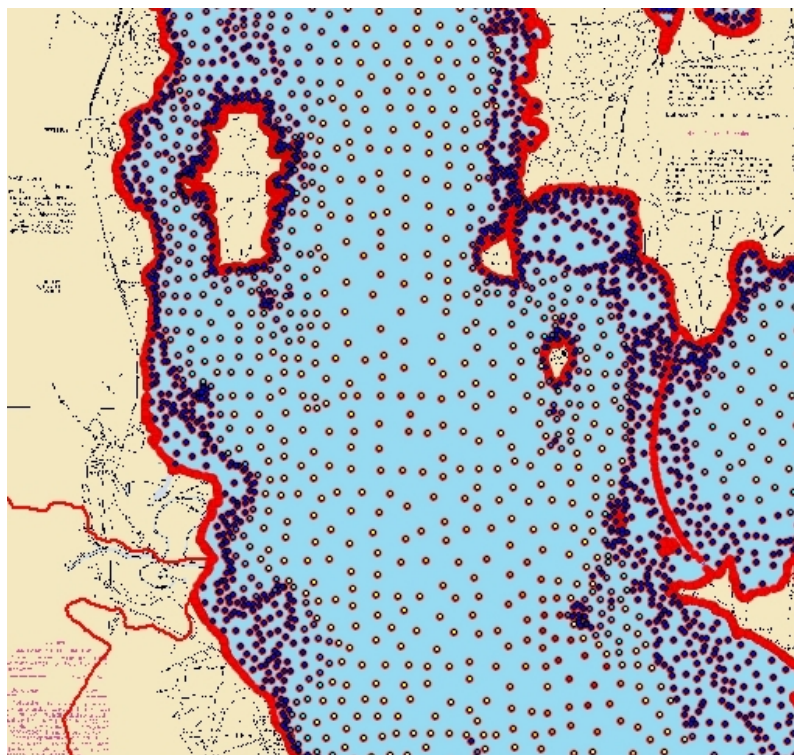


**Figure 3.1.1 Couverture LIDAR – 2012.**

### Bathymétrie

Les données bathymétriques sont un autre ensemble de données très importantes et indispensables pour plusieurs parties de l'étude. Les ensembles de données bathymétriques actuelles accessibles auprès du Vermont Center for Geographic Information (VCGI) ou sur le site Web du New York State Geographic Information System (NYSGIS) couvrent la totalité du lac, y compris la baie Missisquoi au Canada, avec une résolution de 500 m dans les eaux libres

du lac et de 10 m dans les parties proches du littoral. La figure 3.1.2 donne un exemple de ces données. D'autres ensembles de données bathymétriques sur le lac ont été recueillis par le Middlebury College et le Lake Champlain Maritime Museum (musée maritime du lac Champlain), dont certaines apparemment au moyen de sonars à balayage du fond ayant une résolution horizontale de 10 m. Cet ensemble de données facilitera la modélisation des processus physiques à proximité du littoral et des habitats.



**Figure 3.1.2 Ensemble de données bathymétriques (VCGI – 2012).**

En raison de l'importance des hauts-fonds de Saint-Jean comme section de contrôle naturel du lac Champlain et des modifications successives survenues dans le lit de la rivière, il est nécessaire d'acquérir de nouvelles données bathymétriques à cet endroit et en aval, entre l'île Fryers et Chambly.

#### Végétation aquatique et substrat

Bien qu'il n'existe pas de catalogue exhaustif de la végétation aquatique du bassin versant du lac Champlain, la végétation aquatique et les populations de macrophytes font l'objet d'une surveillance constante dans les lacs intérieurs et les cours d'eau du bassin dans le cadre de la surveillance de la bioévaluation assurée par l'État et de la prévention de la propagation des espèces envahissantes. De plus, le ministère de la conservation de l'environnement du Vermont (VT DEC) a procédé à une étude panlacustre en 2007-2008 et réévalué la méthodologie de son programme de surveillance de la biodiversité. Le protocole de surveillance de la bioévaluation du



lac a été conçu en 1996 et est partiellement financé par l'Environmental Protection Agency des États-Unis (USEPA).

L'effet de la croissance des plantes nuisibles sur le débit entre le lac Champlain et la rivière Richelieu est souvent mentionné comme l'une des causes du niveau plus élevé des eaux observé dans le lac durant l'été et l'automne. Il paraît souhaitable de procéder à une cartographie détaillée des plantes entre le nord du lac Champlain et Saint-Jean-sur-Richelieu (Québec) qui porterait notamment sur les espèces, la densité dans l'espace et le temps et les variables physiques utiles comme la profondeur et la vitesse de l'eau. Ces données permettront de déterminer la contribution de la végétation aquatique aux coefficients de frottement pour l'étalonnage des modèles hydrauliques, et serviront également à la modélisation des habitats. L'échantillonnage de la répartition des plantes aquatiques devrait se dérouler sur deux saisons de croissance. Des échantillons représentatifs de substrat doivent également être prélevés.

### **3.1.2 Constituer une base complète de données communes des caractéristiques climatiques et hydrométriques observées (option A)**

Remarque : Cette base de données sera constituée par le Groupe de travail technique sur la climatologie et l'hydrologie et elle sera intégrée dans le modèle numérique de terrain.

Une base de données climatiques maillées sera utilisée pour l'étalonnage et la validation des modèles hydrologiques et elle contiendra les données disponibles et les analyses des précipitations (P), des températures (T), de l'équivalent en eau de la neige et d'autres variables à déterminer.

La base de données maillées contiendra des données traitées au moyen de techniques d'interpolation de pointe et présentant une résolution spatiale de l'ordre de 0,1 degré ( $\approx 10$  km/6,25 mi) de latitude et de longitude. La résolution temporelle des données climatiques historiques et des analyses sera de 24 heures.

Les sources de données et d'analyses climatiques sont multiples et comprennent : le Réseau de surveillance du Québec (MDDEFP) (P, T, quotidiennes + horaires, en temps réel), le réseau météorologique d'Environnement Canada (P, T, horaires, en temps réel), le Cooperative Observer Network (P, T, quotidiennes, en temps réel) du National Weather Service américain, le réseau américain CoCoRaHS ([www.cocorahs.org](http://www.cocorahs.org), quotidiennes, en temps réel), le Réseau climatologique du Québec (P, T, quotidiennes, en temps réel), les données maillées de l'Université de Santa Clara (quotidiennes, historiques), l'analyse des précipitations canadiennes – CaPA (6 heures, en temps réel), la réduction d'échelle de la nouvelle analyse (6 heures, historiques), l'équivalent en eau de la neige du Réseau nivométrique du Québec – MDDEFP, des données NEXRAD (réseau américain de radar météo de la prochaine génération), l'AHPS (horaires, inférieures à l'heure, en temps réel) et le radar canadien (horaires, inférieures à l'heure, en temps réel).

Les modèles climatiques régionaux (MCR) reposant sur les nouvelles analyses serviront à produire les variables climatiques pertinentes à haute résolution (c.-à-d. température de l'air et du sol, précipitations, manteau neigeux, ruissellements, teneur en eau glacée dans le sol et en eau liquide) des 50 dernières années (afin d'échantillonner les épisodes de haut et de bas niveaux). D'autres variables requises pour les modèles hydrologiques complexes (vents, rayonnements, nuages, etc.) seront également accessibles grâce aux modèles climatiques régionaux.

En plus des données climatiques, des données horaires et quotidiennes sur le niveau d'eau et le débit des cours d'eau, notamment les apports dans le lac Champlain calculés avec des outils du bilan hydrique, proviendront du Service géologique des États-Unis (USGS), de Relevés hydrologiques du Canada d'Environnement Canada (RHC-EC) et du Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ).

L'USGS entretient 38 jauges dans le bassin versant du lac Champlain. Sur ce nombre, 35 sont situées dans les affluents et trois dans le lac Champlain (Burlington, VT; Whitehall, NY; Rouses Point, NY). Ces jauges fonctionnent continuellement tout au long de l'année.

RHC-EC exploite une station de jaugeage aux rapides Fryers depuis 1937 et des stations hydrométriques à Saint-Jean-sur-Richelieu et à Saint-Armand sur la baie Missisquoi. Le CEHQ a également installé une station hydrométrique à Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix en 2011 après les crues historiques.

D'autres données hydrologiques (humidité du sol) recueillies par télédétection, notamment par satellites-radars et, éventuellement, par le satellite d'observation de la Terre SMAP seront incorporées dans la base de données maillées à la résolution voulue. On y incorporera également la carte des inondations du lac et des rivières provenant des crues, notamment de la crue de 2011. Parmi les sources, il faut citer Radarsat de l'Agence spatiale canadienne (ASC) et les satellites EO-1, Landsat et le spectroradiomètre imageur à résolution moyenne (MODIS) de la National Aeronautic and Space Administration (NASA).

D'autres cartes des inondations seront accessibles grâce à une combinaison d'extraits de modèles hydrauliques et du modèle numérique de terrain de la plaine inondable.

### **3.1.3 Créer une base complète de données géophysiques communes à haute résolution montrant l'évolution des caractéristiques du bassin versant (options B et C)**

Remarque : Cette base de données sera constituée par le Groupe de travail technique sur la climatologie et l'hydrologie et elle sera intégrée dans le modèle numérique de terrain.

Une base de données géophysiques commune sera créée et servira à établir et à étalonner les modèles hydrologiques. Sa résolution horizontale suggérée sera de 3 secondes d'arc ( $\approx 100$  m ou 328 pi) et sa résolution verticale de 1 m (3,28 pi), limitée par la résolution réelle des divers ensembles de données. Les ensembles de données devront être choisis parmi diverses sources, convertis en un format commun qui reste à définir et mis à la disposition des utilisateurs qui participent au plan d'étude. L'octroi d'une licence permettant le libre échange des données devrait nécessiter la conclusion d'un protocole d'entente. Cela devrait aboutir à des échanges de renseignements continus de part et d'autre des frontières nationales, étatiques et provinciales.

Les données existantes sur l'occupation du sol et sur la couverture végétale, les caractéristiques de la végétation comme sa hauteur, l'indice foliaire, la profondeur racinaire, l'albédo et l'émissivité, les textures du sol et les propriétés hydrauliques de la zone racinaire sont disponibles auprès du USGS, du Service de la conservation des ressources naturelles (NRCS) du département de l'Agriculture des États-Unis, d'EC, du MDDEFP et de l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA).

En outre, on disposera d'un réseau numérique homogène des cours d'eau et des lacs indiquant la direction de l'écoulement des eaux à une résolution de 1 km et fournissant des données sur la

penne des cours d'eau, la longueur, la largeur, la rugosité et la hauteur totale des rives.

La base de données comportera des renseignements sur les ouvrages régulateurs dans le cours supérieur du bassin versant (emplacement et relations niveau-débit), sur la couche de glace, sur la température de l'eau de surface et sur l'évolution des caractéristiques du bassin comme l'occupation du sol/la couverture végétale et l'évolution des plaines inondables des affluents. Par exemple, les données sur la géomorphologie fluviale recueillies selon les protocoles d'évaluation du VTANR qui sont susceptibles de renseigner sur les plaines inondables des affluents.

### **3.1.4 Données d'occupation du sol (options A, B et C)**

Remarque : La base de données sera constituée en collaboration avec les groupes de travail techniques chargés de l'analyse sociétale et les recommandations visant l'adaptation à la variabilité des apports d'eau (section 2.4) et des rives et du bâti en zone inondable (section 4.3).

La collecte des données pertinentes de l'occupation du sol est essentielle à bien des aspects de l'étude, à savoir les éléments cartographie des crues en temps réel, analyse sociétale et recommandations visant l'adaptation à la variabilité des apports d'eau dans le lac Champlain et la rivière Richelieu, rives et bâti en zone inondable ainsi que planification, évaluation et analyse des mesures possibles. Les ensembles de données suivants ont été acquis et intégrés au MNT.

- Données d'occupation du sol aux abords du lac Champlain et de la rivière Richelieu depuis 1800 environ.
- Plan d'urbanisme (municipal) et plan d'aménagement (régional);
- cartes du milieu bâti;
- plans et études de gestion de bassins versants;
- recensements et cartes/analyses connexes (Canada et États-Unis);
- cartes et analyses thématiques [infrastructures (essentiellles ou non) d'intérêt, matières dangereuses, eau-communication- réseau- etc., activité économique, industrielle, etc.];
- statistiques socioéconomiques (nombre d'habitants, densité de population, dynamique de la population, pourcentage des personnes âgées de 75 ans et plus, de 14 ans et moins, familles comptant trois enfants ou plus, familles monoparentales, nombre de demandeurs d'emploi, etc./emplacement des résidences pour les personnes âgées, des logements sociaux, des prisons, des services de santé, des garderies, des écoles, des stations-services, des casernes d'incendie, des postes de police, etc./emplacement des entreprises, nombre d'employés, etc.)

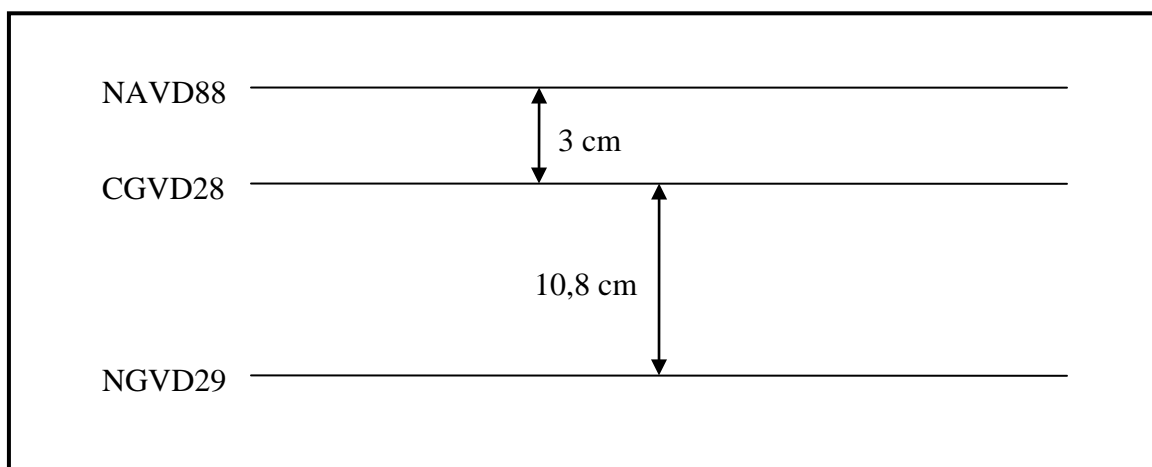
### 3.1.5 Modèle numérique de terrain (MNT) (options A, B et C)

Les ensembles de données indiqués aux sections 3.3.1 à 3.3.4. auront des sources, des résolutions, des points de référence et des formats différents. Il faut prendre bien soin d'intégrer les ensembles de données pour obtenir un MNT continu, ce qui supposera d'effectuer le contrôle de la qualité et l'épuration des données composites LIDAR issues de projets d'acquisition qui se sont échelonnés sur plus de 10 ans et marqués par l'évolution technologique.

#### Établissement d'un référentiel altimétrique continu de la plaine inondable

On a remarqué une divergence entre les systèmes de référence altimétriques américain (NGVD29), nord américain (NAVD88) et canadien (CGVD28) concernant les données de niveau d'eau entre la baie Missisquoi (Québec) et Rouses Point (New York). Selon les niveaux d'eau publiés, la surface de l'eau dans la baie Missisquoi serait inférieure d'environ 11 cm à celle de Rouses Point (figure 3.1.3).

Des experts de Ressources naturelles Canada (RNCan), de l'USGS et de la NOAA analysent actuellement la situation et proposeront un plan d'action. On peut consulter les membres du Groupe de travail sur l'harmonisation des données hydrographiques transfrontalières, mis sur pied en 2008 par la Commission mixte internationale. La production du MNT devra en tenir compte.



**Figure 3.1.3 Écarts entre les référentiels altimétriques à la frontière canado-américaine près de Rouses Point (New York).**

Les divers ensembles de données recueillis par le Groupe de travail sur les besoins de données communes et par d'autres groupes de travail techniques doivent être mis à la disposition de tous les utilisateurs afin de déterminer les mesures d'atténuation des crues. Les ensembles de données doivent être géoréférencés de manière homogène et interexploitables, et leurs caractéristiques (métadonnées) doivent être connues. Une coordination étroite avec les gestionnaires de l'information (section 3.4) est indispensable pour y parvenir.

### **Liaison avec les autres groupes de travail techniques**

Les responsables de l'étude collaborent de près avec les groupes de travail techniques sur les données communes, la gestion de l'information et tous les autres groupes techniques pour s'assurer que les données recueillies ou rassemblées sont mises à la disposition de tous. Il faudra organiser au commencement de l'étude une réunion de coordination.

On trouvera ci-après une liste non exhaustive des informations susceptibles d'être produites par les divers groupes de travail techniques pour répondre à leurs besoins particuliers et qui pourront être incorporés dans le modèle numérique de terrain.

### **Groupe de travail technique sur les méthodes de gestion des plaines inondables :**

- altitudes/pentes des rives : USGS, NYSDEC, APA, VTANR;
- renseignements sur la gestion actuelle des plaines inondables : FEMA, VTANR, NYSDEC, MDDEFP, MAMROT, MSP;
- renseignements sur les programmes d'indemnisation et/ou d'assurance en cas de crue : FEMA, NYSDOS, MSP;
- renseignements sur les pratiques de gestion des urgences et la communication des risques : Vermont Emergency Management (VEM), New York State Department of Emergency Management (NYSDEM), County and State Emergency Management Office; MSP;
- inventaire des plaines inondables bâties et évaluation de la conformité : du côté américain – FEMA, NYSDEC, VTANR.

### **Groupe de travail technique sur l'adaptation à la variabilité des apports d'eau :**

- Historique des solutions d'adaptation aux crues (structurelles et non structurelles) adoptées depuis environ 1800. Mesures structurelles d'atténuation des crues : digues, barrages (permanents ou provisoires), mur de retenue, etc. Mesures non structurelles d'atténuation des crues : lois et règlements, campagne, programme de soutien (immunisation, déplacements, etc.), plan d'urbanisme, plan de sécurité, rezonage, etc.

### **Groupe de travail technique sur les utilisations de l'eau à des fins récréatives, domestiques, industrielles et municipales :**

- inventaire/mise à jour des utilisations de l'eau à des fins récréatives, domestiques, industrielles et municipales.

### **Groupe de travail technique sur les rives et le bâti en zone inondable :**

- données sur les indemnisations versées au titre des dommages causés par les inondations antérieures provenant des organismes gouvernementaux ou à partir d'enquêtes sur le terrain;
- Levé de l'altitude du rez-de-chaussée des bâtiments à une résolution de 0,1 m (4 po) afin d'établir les courbes niveau-dommages.

**Groupe de travail technique sur l'agriculture :**

- pour toutes les autorités compétentes, données spatiales comme la densité des animaux, l'emplacement des fermes, les types de sols, les terres cultivables, la réglementation des plaines inondables;
- photographies aériennes, données LIDAR, données et images satellitaires pertinentes.

**Organisation, coûts et calendrier de l'étude**

Les organismes suivants sont proposés pour diriger cette étude. Ces organismes ont une vaste expertise de la production de données sur l'hydrologie, la physique et la modélisation des habitats.

- CEHQ
- EC
- NOAA
- USGS

Parmi les organismes qui pourraient contribuer à cette étude, mentionnons :

- Levés géodésiques du Canada (LGC)
- Ressources naturelles Canada (RNCan)
- Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), pour les données sur les types de sol au Québec
- MSP
- Municipalités
- MRC dans le bassin versant du lac Champlain et de la rivière Richelieu
- Ouranos
- Agence spatiale canadienne (ASC), pour les produits de télédétection
- USGS
- USACE
- National Operational Hydrologic Remote Sensing Center (NOHRSC) des États-Unis, pour les bases de données spatiales, en particulier les produits neigeux maillés
- RACC et The Nature Conservancy, pour l'évaluation des impacts des changements climatiques
- Vermont Center for Geographic Information (VCGI)
- EPSCoR – RACC
- Middlebury College et Lake Champlain Maritime Museum

**Tableau 3.1 Estimation de la durée et des coûts – besoins de données communes – options A, B et C (en k\$)**

Principales tâches – option A	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Total
Acquisition de données LIDAR pour assurer la couverture intégrale des plaines inondables du lac Champlain et du Richelieu	150					150
Bathymétrie à haute résolution des hauts-fonds de Saint-Jean entre Chambly et le barrage Fryers	25					25
Cartographie de la végétation aquatique dans le haut Richelieu et la partie nord du lac Champlain, échantillonnage du substrat	65	35				100
Base de données communes des caractéristiques climatiques et hydrométriques observées	100	100				200
Base de données communes des données géophysiques	100	100				200
Données d'occupation du sol	100	100				200
Établissement d'un modèle numérique de terrain qui soit cohérent	50					50
<b>Total – Option A</b>	<b>590</b>	<b>335</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>925</b>

Principales tâches – options B et C	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Total
Total – option A	590	335	0	0	0	925
Évolution des caractéristiques physiographiques du bassin versant avec le temps	50					50
<b>Total – options B et C</b>	<b>640</b>	<b>335</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>975</b>

### 3.2 Estimation des apports d'eau dans le lac Champlain et la rivière Richelieu

#### Énoncé des travaux

L'objectif de cette étude est d'estimer les apports d'eau (entrées) d'un modèle hydrodynamique afin de simuler des régimes historiques, actuels et futurs des niveaux d'eau du lac Champlain et de la rivière Richelieu. Les apports futurs seront extraits d'un ensemble de scénarios plausibles de changements climatiques. Une fois étalonnés et validés, les modèles hydrologiques serviront à produire un ensemble de séries chronologiques quotidiennes des apports d'eau provenant de données climatologiques historiques et de plusieurs scénarios de projections climatiques s'étendant sur une période de 100 ans. Cet ensemble pourrait permettre notamment de mieux comprendre les contextes climatiques et hydrologiques qui ont provoqué les crues dévastatrices de 2011. Par ailleurs, les estimations des apports d'eau serviront à évaluer de possibles mesures structurelles et non structurelles d'atténuation des crues.

Un certain nombre de facteurs peuvent contribuer aux niveaux d'eau extrêmes dans le lac Champlain, notamment un équivalent en eau de la neige et des précipitations supérieurs à la moyenne (incluant leur répartition temporelle), de même que les effets de l'onde de seiche. La simulation des processus qui aboutissent à ces conditions nécessitera l'établissement de modèles à haute résolution pour saisir les effets de la topographie. Toutefois, l'établissement de modèles hydrologiques à haute résolution pour l'ensemble du bassin versant peut être une tâche difficile pour des bassins versants transfrontaliers. Il se peut qu'il ne soit pas facile d'établir des ensembles de données homogènes (c.-à-d. altitude, couverture végétale, texture des sols et autres variables géophysiques, forçage climatique et météorologique et, en particulier, les précipitations) qu'exigent divers modèles.

## **Méthode**

Les tâches suivantes sont nécessaires à l'atteinte des objectifs :

- Procéder à une analyse de la fréquence des crues, en considérant notamment l'analyse des tendances hydrologiques régionales.
- Établir et étalonner un ensemble de modèles hydrologiques :
  - Base de données géospatiales compatibles, notamment celles de l'évolution des caractéristiques du bassin versant.
  - Étalonnage et validation de modèles hydrologiques multiples.
- Évaluer les impacts des changements climatiques et des changements de la couverture végétale/de l'occupation du sol sur les apports hydrologiques pour les horizons 2050 et 2100.
- Produire un ensemble de séries chronologiques quotidiennes sur les apports d'eau résultant de données historiques et de scénarios climatiques projetés.

### **3.2.1 Analyse préliminaire de la fréquence des crues d'après les données sur les niveaux du lac, les débits de la rivière et les apports d'eau (option A)**

Une analyse de la fréquence des crues sur les apports d'eau, les niveaux d'eau et les débits doit être effectuée, en faisant ressortir les crues de 2011, notamment, si possible, les informations indirectes pour prolonger la période des données historiques disponibles. L'utilisation des données antérieures aux observations systématiques et référant notamment aux coupures de journaux sera envisagée.

Une analyse régionale d'autres bassins versants comparables au voisinage du bassin versant du lac Champlain et de la rivière Richelieu doit être effectuée. Les débits de cours d'eau comparables à la rivière Richelieu sont d'intérêt pour l'étude, car ils pourraient expliquer une partie de l'augmentation signalée des niveaux d'eau du lac Champlain et de la rivière Richelieu qu'on associe couramment aux modifications d'ordre anthropique. La documentation révèle une hausse des précipitations annuelles moyennes et de la fréquence des précipitations extrêmes dans le nord-est des États-Unis depuis un siècle, comme l'a décrit Wake (2005).

### **3.2.2 Établissement et étalonnage d'un choix de modèles hydrologiques à haute résolution (option A)**

L'étalonnage et la validation des modèles hydrologiques (à partir d'observations du débit d'eau et de l'épaisseur de la couche de neige) doivent se faire sur des durées suffisamment longues afin d'inclure à la fois des années humides et sèches. Compte tenu de la fiabilité croissante des forçages atmosphériques simulés et du grand nombre d'observations disponibles, il faut toutefois privilégier les années récentes. Dans la pratique, compte tenu de la hausse observée des précipitations annuelles depuis les années 1970 et des hauts niveaux records de 2011, il sera aussi facile de trouver des années où le niveau d'eau était extrêmement élevé que des années où le niveau était extrêmement bas dans un passé récent. Des niveaux d'eau relativement bas ont été observés à l'automne 2001. De plus, au cours des 10 dernières années, il y a eu un certain nombre d'années où les niveaux maximaux annuels étaient inférieurs à la moyenne. Il est donc



recommandé d'utiliser la décennie 2001-2010 pour l'étalonnage des modèles, et garder 2011 pour la validation. Les modèles doivent avoir une résolution spatiale de l'ordre de 1 km et fournir des estimations quotidiennes des apports d'eau dans le lac Champlain et de la rivière Richelieu.

Pour tenir compte des incertitudes de la structure des modèles et remédier à tout biais quant aux données des modèles sur la gamme et la variabilité des conditions de forçage (climatique), les experts consultés ont recommandé d'utiliser plus d'un modèle hydrologique pour produire un ensemble fiable de scénarios d'apports d'eau. Le Groupe de travail appuie cette approche et croit que les responsables de l'étude et les agences gouvernementales impliquées dans l'opération des modèles hydrologiques devraient la considérer.

Quatre modèles ou ensembles de modèles sont utilisés par les principaux organismes compétents : l'ensemble du Community Hydrologic Prediction System (CHPS) de la NOAA, par exemple le modèle de calcul de l'humidité des sols de Sacramento (SAC/SMA), le système de modélisation des précipitations et ruissellements (PRMS) de l'USGS, le système de modélisation environnementale couplée – surface et hydrologie (MESH) d'EC et le modèle HYDROTEL du CEHQ. À l'heure actuelle, la NOAA applique le modèle SAC/SMA au bassin versant du lac Champlain dans les limites des États-Unis. Le CEHQ et Environnement Canada ont commencé à installer HYDROTEL et MESH dans ce bassin selon l'accord du Plan d'action Saint-Laurent, mais aucun point d'étalonnage n'a été sélectionné pour l'instant du côté américain de la frontière. Le PRMS de l'USGS n'est pas installé dans le bassin versant, mais il a des installations dans des bassins voisins dont les paramètres peuvent être transférés au bassin versant du lac Champlain et de la rivière Richelieu.

Dans l'état actuel des choses, l'installation du PRMS et des efforts supplémentaires pour étendre l'application des autres modèles (SAC/SMA, MESH et HYDROTEL) à l'ensemble du bassin versant offriraient une solution économique pour atteindre l'objectif de la diversité recherchée dans les structures des modèles hydrologiques et assurer la crédibilité des réponses hydrologiques d'ensemble produites. On pourrait adapter la résolution des modèles pour répondre aux besoins de la cartographie des crues en temps réel.

L'utilisation d'une plateforme de modélisation commune comme le CHPS de la NOAA devrait faciliter l'utilisation de modèles multiples; ceci pour la préparation des fichiers de données d'entrée requises, l'exécution des simulations à l'aide de données climatiques et le traitement subséquent des données pour les analyses des séries chronologiques.

### **3.2.3 Mesure de l'évaporation à la surface du lac (options B et C)**

Évaporation à la surface du lac : Au cours de l'Étude des Grands Lacs d'amont, on a déployé des systèmes de covariance des turbulences pour mesurer l'évaporation à la surface des Grands Lacs. Les mesures obtenues se sont révélées particulièrement utiles pour réduire l'incertitude entourant les estimations modélisées de l'évaporation. Évidemment la superficie du lac Champlain est bien moindre que celle des Grands Lacs, et le rapport de sa superficie à celle de son bassin versant l'est aussi, mais le régime des glaces du lac Champlain s'est sensiblement modifié (Stager et Thill, 2010).

Il semble important de comprendre les effets de l'évaporation sur les apports nets du bassin du lac Champlain, surtout pour réduire l'incertitude qui entoure les scénarios des apports d'eau futurs selon les prévisions de changements climatiques. Le plan d'étude prévoit donc

l'installation, l'exploitation et l'analyse d'un système de covariance des turbulences pour la durée de l'étude, afin de mesurer l'évaporation à la surface du lac Champlain et d'étalonner les modèles.

### **3.2.4 Projections climatiques sur les horizons temporels 2050 et 2100 (options B et C)**

L'objectif ici est double : 1- constituer une base de données des séries prévues de précipitations et de températures en vertu de futurs scénarios climatiques qui serviront d'intrants pour les modèles hydrologiques; 2- analyser l'évolution de la variabilité future (2050-2100) par rapport à la variabilité actuelle.

On aura recours aux projections existantes provenant des données du programme régional nord-américain d'évaluation des changements climatiques (NARCCAP) à une résolution de 50 km et de la vaste base de données Ouranos (sur plusieurs milliers d'années simulées) à une résolution de 45 km. Un nouvel ensemble d'exécutions du MRCC à une résolution de 15 km sera disponible au milieu de 2014.

Pour atteindre le premier objectif (données d'entrée pour les modèles hydrologiques), on extraira les données sur les précipitations et les températures qu'on corrigera de leur biais, et on les mettra à la disposition des utilisateurs. Pour le deuxième objectif, on analysera la même base de données de modèles climatiques régionaux pour évaluer la variabilité interannuelle actuelle et future des variables sensibles à l'hydrologie (p. ex. le manteau neigeux, la teneur en eau du sol, les ruissellements, les précipitations, les températures). On examinera l'écart entre modèles pour évaluer l'incertitude des estimations. On examinera l'écart entre les membres pour évaluer la variabilité naturelle du régime climatique.

### **3.2.5 Produire un ensemble de séries chronologiques quotidiennes des apports d'eau résultant de données historiques et de plusieurs scénarios climatiques couvrant une période de 150 ans et plus (options B et C)**

Les précipitations et les températures extraites des observations climatiques, de même que des scénarios climatiques prévus, notamment l'analyse d'incertitude, serviront à l'exécution des modèles hydrologiques et à la production de séries chronologiques des apports d'eau dans le lac Champlain et la rivière Richelieu et leurs affluents.

On évaluera les fluctuations relatives des fréquences des crues, en identifiant notamment la période de retour éventuelle d'un phénomène équivalent aux crues de 2011, et ce, pour chacun des scénarios climatiques.

On recourra également à des techniques de modélisation stochastique pour produire une longue série chronologique des apports d'eau quotidiens dont les caractéristiques statistiques sont analogues aux séries chronologiques observées. Cet outil sera précieux pour évaluer les séries chronologiques sur les apports d'eau provenant des analyses climatologiques et pour s'assurer qu'un vaste éventail de séries chronologiques plausibles seront prises en considération dans l'évaluation des possibles mesures d'atténuation.

Une sélection d'apports d'eau sera utilisée comme « série de référence » pour les modèles hydrauliques, d'érosion, des glaces et de transport qui servent à simuler les niveaux d'eau et les régimes de débit de l'hydrosystème selon diverses mesures structurelles et non structurelles

d'atténuation des crues.

### **Données manquantes**

Fondamentalement, les études devraient reposer sur les données existantes, à quelques exceptions près qui sont abordées dans la section Besoins de données communes (section 3.1).

### **Organisation, coûts et calendrier de l'étude**

Les organismes suivants sont proposés pour diriger cette étude. Ces derniers ont une vaste expertise de la modélisation hydrologique, de la modélisation climatique, des prévisions météorologiques et hydrologiques, de la planification des urgences et du contexte opérationnel.

- EC
- CEHQ
- NOAA
- USGS

Parmi les organismes et les organisations qui pourraient contribuer à cette étude, mentionnons :

- Ouranos, pour la modélisation et l'évaluation des impacts des changements climatiques;
- EPSCoR – RACC;
- Universitaires du Québec, pour leur expertise hydrologique générale (Institut national de la recherche scientifique – Centre Eau Terre Environnement [INRS-ETE], École de technologie supérieure [ETS], Université de Sherbrooke [UdeS], Université Laval [U Laval]);
- Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), pour les données sur les types de sol au Québec;
- USDA, pour les données sur les types de sol aux États-Unis;
- Agence spatiale canadienne (ASC), pour les produits de télédétection;
- NOHRSC des États-Unis, pour les bases de données spatiales, en particulier les produits neigeux maillés;
- Great Lakes Environmental Research Laboratory (GLERL) des États-Unis, pour les techniques d'interpolation;
- USACE;
- VTANR;
- NYSDOS;
- RACC et The Nature Conservancy, pour l'évaluation des impacts des changements climatiques.

**Tableau 3.2 Estimation de la durée et des coûts – estimation des apports d'eau dans le lac Champlain et la rivière Richelieu – options A, B et C (en k\$)**

Principales tâches – option A	Année 1	Année 2	Année 3	Année 3	Année 3	Total
Analyse préliminaire de la fréquence des crues à partir des apports d'eau		50				50
Installer et étalonner des modèles hydrologiques à haute résolution		200	200			400
<b>Total – Option A</b>		<b>250</b>	<b>200</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>450</b>

Principales tâches – options B et C	Année 1	Année 2	Année 3	Année 3	Année 3	Total
Total – option A	0	250	200	0	0	450
Mesure de l'évaporation à la surface du lac	70	20	20	20	20	150
Projections climatiques sur l'horizon temporel 2050-2100		200	200			400
Produire un ensemble de séries chronologiques sur les apports d'eau quotidiens à partir d'analyses climatiques et stochastiques		150	300			450
<b>Total – options B et C</b>	<b>70</b>	<b>620</b>	<b>720</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>1 450</b>

### 3.3 Modèles physiques pour le lac Champlain et la rivière Richelieu

#### Énoncé des travaux

Il s'agit de concevoir une méthode permettant d'étudier la physique de l'hydrosystème du lac Champlain et de la rivière Richelieu. L'objectif est de quantifier les effets sur l'hydrosystème (à la fois l'hydrodynamique et la dynamique des sédiments) des changements anthropiques et climatiques et de fournir un ensemble d'outils permettant d'examiner l'efficacité relative de mesures structurelles d'atténuation et non structurelles par rapport à un ensemble de scénarios d'apports d'eau représentatifs des observations historiques et associés aux climats futurs éventuels.

Les simulations des processus physiques qui en découleront fourniront à leur tour des données physiques de base. Celles-ci seront utiles pour évaluer les conséquences des mesures d'atténuation des crues prévues sur diverses composantes de l'écosystème, à savoir l'environnement, les loisirs, la disparition de biens riverains, l'utilisation de l'eau à des fins domestiques, municipales et industrielles, l'agriculture et les infrastructures.

Un avantage de plus de cette démarche de modélisation est que certaines de ses composantes contribueront à la section du plan d'étude (2.3) sur l'évaluation du besoin de cartographie en temps réel pour aider à prévoir les crues et à y préparer les collectivités locales et les intervenants d'urgence. On pourrait adapter la résolution des modèles pour répondre aux besoins de la cartographie des crues en temps réel.

Une démarche fondée sur la modélisation numérique est donc proposée pour ces travaux. Différents types de modèles seront nécessaires pour les simulations visant aussi bien le lac que la rivière. Ces modèles devront interagir l'un avec l'autre et réussir à incorporer ou à alimenter les travaux réalisés par d'autres groupes (hydrologie, changements climatiques, milieux humides, etc.). La rivière et le lac devront être analysés conjointement, en insistant sur les hauts-fonds de Saint-Jean qui constituent un point de contrôle naturel de l'hydrosystème lacustre-fluvial. On prévoit que toute solution structurelle proposée exigera qu'on prête une attention toute particulière à ce secteur.

## Méthode

Il faut un certain nombre de modèles numériques différents pour décrire en détail la réponse de l'hydrosystème du lac Champlain et de la rivière Richelieu étant donné que les apports hydrologiques, l'action du vent et des vagues, l'onde de seiche, etc. n'entraînent pas les mêmes conséquences pour le lac et la rivière. De surcroît, il y a des différences majeures dans la géographie et l'hydromorphologie des bassins versants entourant le lac Champlain et des bassins situés le long de la rivière Richelieu. La démarche de modélisation finale et la gestion des ensembles de données devront être conformes aux lignes directrices élaborées en collaboration avec la Commission (Jenkinson, 2012). Cela est d'autant plus important que de volumineux ensembles de données seront nécessaires à l'analyse ou résulteront des modèles. Certains porteront sur des séries spatiales et/ou chronologiques, et tous seront fournis sous plusieurs formes qui devront pouvoir être consultées et utilisées par des spécialistes d'autres spécialités. Les données recueillies ou produites doivent rester accessibles une fois l'étude terminée (voir la section 3.4 sur la gestion de l'information).

Le modèle numérique de terrain requis pour la mise en œuvre de tous les modèles hydrauliques sera construit à partir des données topométriques, ainsi que des données sur la répartition des plantes aquatiques et du substrat réunies dans un ensemble harmonisé et continu couvrant la totalité de l'hydrosystème.

### 3.3.1 Modèle hydrodynamique bidimensionnel (option A)

Étant donné le coût relativement peu élevé de mise en œuvre d'un modèle bidimensionnel, on propose d'élaborer un modèle hydrodynamique bidimensionnel transitoire sur la rivière Richelieu qui servira d'outil fondamental pour la cartographie en temps réel des crues et des inondations et pour l'analyse préliminaire des niveaux d'eau le long de la totalité de l'hydrosystème du lac Champlain et de la rivière Richelieu. Ce type de modèle permet l'incorporation des effets de l'onde de seiche provoqués par le vent, des ouvrages anthropiques, sans compter que sa capacité de traiter de longues séries chronologiques des apports d'eau et de la climatologie des vents présente des avantages s'il faut procéder à de nombreuses simulations selon une approche probabiliste.

Une analyse hydrodynamique plus détaillée de la rivière Richelieu pour l'étude de l'hydrodynamique, de la dynamique des sédiments, de la cartographie des crues des plaines inondables, des modèles d'habitat, etc. sera possible à partir du même modèle installé avec une plus grande précision. Un modèle hydrodynamique bidimensionnel peut simuler les flux spatiaux et temporels et les niveaux d'eau, notamment la détermination des crues et des inondations, au moyen d'un algorithme à cellules humides-sèches (couvrant-découvrant). Un modèle bidimensionnel des sédiments (transport et évolution morphologique) peut servir à déterminer les processus d'érosion et de dépôt présents et ceux qui résultent des changements survenus dans l'hydrosystème. L'un des principaux avantages d'un modèle bidimensionnel est sa capacité à incorporer des éléments physiques qui ne peuvent pas être évalués au moyen d'un modèle unidimensionnel, comme les effets des forces de cisaillement du vent, la variabilité interchenal, les courants à proximité du rivage, les cellules de recirculation/stagnation, etc. Les résultats ou le couplage peuvent également servir de base à plusieurs modèles de réponse des ressources

comme ceux associés aux indicateurs bidimensionnels des habitats et des milieux humides comme en témoignent les études sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent (LOFSL) et les lacs Namakan/à la Pluie de la Commission mixte internationale.

Les modèles bidimensionnels serviront à étudier les changements anthropiques survenus dans la rivière (chaque ouvrage principal). Cela permettra de déterminer la contribution des ouvrages pris individuellement et d'évaluer quel était l'état de la rivière avant son aménagement. Les modèles serviront également à étudier l'effet des diverses mesures d'atténuation proposées. Sur le lac, l'impact de l'onde de seiche sur les débits de sortie et les effets possibles de la végétation aquatique seront étudiés, de même que la circulation des débits entre les diverses parties du lac et le transport des sédiments résultant de l'action des vagues et des apports des affluents. Un modèle hydrodynamique bidimensionnel sera nécessaire pour connaître les caractéristiques spatiales des débits et des niveaux nécessaires à la modélisation environnementale. Environnement Canada (EC) s'occupe actuellement de concevoir un modèle hydrodynamique bidimensionnel pour la rivière. Un modèle hydrodynamique bidimensionnel du lac Champlain est également étudié par la NOAA. La modélisation hydrodynamique de l'hydrosystème peut se faire avec un seul modèle ou avec deux modèles couplés. Il semble que la deuxième méthode sera plus efficace et répondra mieux aux besoins de l'étude.

### **3.3.2 Modèle hydrodynamique tridimensionnel (option B)**

Un modèle hydrodynamique à trois dimensions du lac est nécessaire pour répondre aux besoins d'autres groupes de travail afin d'étudier la qualité de l'eau, la température de l'eau et le régime des glaces et pour établir de meilleures prévisions opérationnelles des niveaux d'eau résultant des systèmes d'assimilation des données et du couplage des modèles atmosphériques, superficiels, hydrologiques et hydrauliques. Ces couplages explicites permettront de tenir compte des effets de paramètres comme la pression atmosphérique, la température de l'air et de l'eau, le point de rosée, l'humidité relative et les rayonnements solaires sur le volume d'eau et la formation de glace dans le temps.

Il importe de signaler que le modèle tridimensionnel ne remplacera pas, mais complètera, le modèle bidimensionnel dont l'échelle est beaucoup plus fine. Le modèle tridimensionnel sera particulièrement utile pour examiner les processus à grande échelle en eaux libres, alors que le modèle bidimensionnel dont l'échelle est nettement plus fine sera utile pour examiner les processus à proximité du rivage ou en eaux peu profondes, en particulier pour l'établissement de modèles sur les milieux humides et les habitats. Les deux modèles doivent tenir compte du mouillage et du séchage des cellules du maillage pour permettre la circulation de l'eau en cas de crue (p. ex. le secteur existant entre la baie Missisquoi et la rivière Richelieu) et des fluctuations temporelles de niveau qui peuvent aboutir à une expansion significative du domaine. Les deux modèles doivent incorporer des données d'entrée hydrologiques provenant de l'atmosphère et des affluents.

On pourrait adapter la résolution des modèles pour répondre aux besoins de la cartographie des crues en temps réel.

### **3.3.3 Modèles des vagues (option B)**

Il faut élaborer une approche de modélisation des vagues pour le lac, étant donné que les vagues sont un mécanisme dominant qui provoque l'érosion des rives du lac. Un modèle expérimental de génération de vagues en eau profonde, exploité par la NOAA, indique actuellement les conditions de vagues en eau profonde sur le lac. Pour modéliser l'érosion comme il se doit, les vagues générées en eau profonde doivent être propagées vers les rives en utilisant, à proximité du rivage, un modèle de propagation des vagues en eau peu profonde. Le modèle doit être appliqué à un nombre spécifique de sites représentatifs des régions qui bordent le lac. Les conditions limites découleront du modèle du National Weather Service (NWS).

### **3.3.4 Modèle des glaces (option B)**

L'élaboration d'un modèle des glaces pour le lac et la rivière pourrait également se révéler nécessaire. Cela revêt une importance particulière pour la modélisation de l'érosion dans le lac et la rivière. Dans la rivière Richelieu, les embâcles ne semblent pas être un problème. On nous a signalé que des glaces se formaient maintenant à des niveaux supérieurs du lac, ce qui provoque certains dommages. Ceci devrait faire l'objet d'une étude plus approfondie.

### **3.3.5 Modèles d'érosion (option C)**

La modélisation de l'érosion du rivage pourra se faire au moyen d'un modèle unidimensionnel du profil littoral transversal dans une série de sites indicatifs, comme cela a été fait dans le cadre d'études antérieures de la Commission mixte internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent (LOFSL). Comme dans ces études, les rapports entre les niveaux d'eau et l'érosion du rivage seront déterminés en vertu d'un certain nombre de scénarios. D'autres effets sur les divers processus sédimentaires nécessitent une modélisation plus détaillée. Dans ces cas, il faudra un modèle bidimensionnel de morphologie et de transport des sédiments conjugué à une approche régionale de gestion des sédiments.

Les vagues générées par les bateaux (batillage) représentent un problème d'érosion sur la rivière Richelieu. Ce type de processus d'érosion a été étudié dans l'étude LOFSL de la Commission et il existe des techniques de modélisation numérique pour l'étudier.

### **Besoins de données**

Les données LIDAR et bathymétriques nécessaires seront recueillies et regroupées sous la direction du Groupe de travail technique sur les besoins de données communes. Les images satellites et les données sur l'érosion du rivage seront accessibles par le biais du système de gestion de l'information.

Les ensembles de données bathymétriques existants semblent être suffisamment précis pour la modélisation hydraulique et la modélisation des vagues à proximité du rivage, avec une résolution spatiale de l'ordre de 10 m (33 pi), mais ils sont insuffisants pour la modélisation prévue de l'érosion (de l'ordre de 1 m (3 pi) de résolution spatiale).

Il faudra procéder à la caractérisation du substrat dans le lac et la rivière, en particulier à proximité du rivage. Il en est question à la section des Besoins de données communes.

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

Des données historiques sur les glaces/les températures sont nécessaires. Il en est question à la section des Besoins de données communes.

Les principaux cours d'eau qui se déversent dans le lac Champlain sont bien pourvus de jauges, et les données de surveillance sont disponibles auprès des organismes responsables. Le Groupe de travail considère ces jauges de surveillance importantes pour la réalisation des études décrites dans le plan d'étude.

### **Données manquantes**

Des mesures de la vitesse de l'eau et de lignes des niveaux d'eau pour étalonner et valider les différents modèles numériques seront nécessaires.

La caractérisation de l'érosion des rives a été établie pour un tronçon de 15 km le long de la rivière Richelieu à partir du fleuve Saint-Laurent (Université de Montréal) et on pourrait l'obtenir pour le tronçon menant jusqu'à Chambly auprès du ministère des Transports du Québec. L'érosion entre Chambly et Rouses Point n'est pas connue. Les vagues générées par les bateaux sont également une cause d'érosion sur la rivière Richelieu. Des relevés des taux d'érosion à certains endroits du lac et de la rivière doivent être menés. Cinquante sites différents suffiraient et l'utilisation de cartes bathymétriques d'une résolution de 10 à 30 m en général et des profils transversaux plus détaillés du littoral doit être prévue. Pour compléter et actualiser la caractérisation et la détermination des processus d'érosion, il paraît souhaitable de prendre des photos à haute résolution du rivage en bateau ou à très basse altitude depuis un hélicoptère.

Une station limnimétrique doit être installée dans la portion du lac appelée « mer intérieure », sans doute dans la zone de South Hero, étant donné qu'une station exploitée par Environnement Canada est déjà installée à l'extrémité nord de la baie Missisquoi. Les effets de l'onde de seiche sont moins bien connus dans la mer intérieure, et on suppose que cette partie du lac subit les effets de l'onde de seiche indépendamment du lac principal. Un nouveau limnimètre à l'extrémité sud de ce secteur permettra de quantifier l'ampleur et les effets de ces ondes de seiche.

### **Organisation, coûts et calendrier de l'étude**

Les organismes suivants sont proposés pour diriger l'étude. Ceux-ci ont une vaste expertise de la modélisation hydrodynamique dans le contexte de la planification des urgences et le contexte opérationnel.

- EC
- CEHQ
- NOAA
- USGS

Parmi les organismes qui pourraient contribuer à cette étude, mentionnons :

- Milieu universitaire du Québec, pour son expertise générale en hydraulique (INRS-ETE, Université Laval)



## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

- Université du Vermont (UVM)
- Middlebury College
- USACE
- VTANR
- NYSDOS

**Tableau 3.3 Estimation de la durée et des coûts – modèles physiques du lac Champlain et de la rivière Richelieu – options A, B et C (en k\$)**

Principales tâches – option A	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Total
Modèle hydrodynamique bidimensionnel de l'ensemble du domaine	200	150	100			450
Levés des vitesses de l'eau et des profils de surface longitudinaux	20					20
<b>Total – option A</b>	<b>220</b>	<b>150</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>470</b>

Principales tâches – option B	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Total
Total – option A	220	150	100	0	0	470
Modèle hydrodynamique à trois dimensions du lac Champlain	200	200	100			500
Modèle des vents et des vagues sur le lac Champlain	60	60				120
Modèle des glaces sur le lac Champlain et la rivière Richelieu		60	60			120
Déploiement de stations limnimétriques dans la portion « mer intérieure » du lac	25	10	10			45
<b>Total Option B</b>	<b>505</b>	<b>480</b>	<b>270</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1 255</b>

Principales tâches – option C	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Total
Total – option B	505	480	270	0	0	1 255
Modélisation de l'érosion (vagues provoquées par le vent et les bateaux)	0	130	130			260
Levés des taux d'érosion et photos à haute résolution du rivage à certains endroits du lac et de la rivière	100					100
<b>Total Option C</b>	<b>605</b>	<b>610</b>	<b>400</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1 615</b>

### 3.4 Gestion de l'information

Comme le soulignent Brande et Lapping (1979), un volume important de données, d'études et de renseignements a été réuni depuis un siècle au sujet du problème des inondations du lac Champlain et de la rivière Richelieu. Le problème tient au fait que les renseignements recueillis sont discontinus et mal intégrés. Personne n'est chargé de les regrouper, de combler les lacunes, de les mettre à jour et de les mettre à la disposition de ceux qui en ont besoin. Ainsi, les parties intéressées par la présente étude ont des points de vue divergents sur les données, les besoins, les politiques et les solutions.

Étant donné que les « renseignements » représentent le principal actif résultant de cette étude, il est impératif de les gérer de manière intelligente pour qu'ils soient accessibles, compréhensibles, utilisables et sécurisés. Si l'expérience est un indicateur valable, cet élément doit être incorporé d'entrée de jeu dans l'étude étant donné que les impératifs de gestion des renseignements se traduiront par des lignes directrices auxquelles d'autres composantes de l'étude devront obéir pour assurer l'uniformité générale. La définition de renseignements englobe les éléments suivants : les données (points, couches spatiales), les métadonnées, les images (JPG, satellitaires,

etc.), les vidéos, les documents de tous les types et modèles (codes, paramètres). Par ailleurs, il faudra gérer des niveaux multiples de renseignements (bruts, validés) et on sait que certains renseignements sont communs à toutes les composantes de l'étude (p. ex. LIDAR) alors que d'autres sont propres à un projet. Il faudra concevoir un éventuel système (ou un système de systèmes) pour refléter ce fait. La démarche utilisée pour gérer les renseignements produits au moyen de l'étude internationale sur le lac Champlain et la rivière Richelieu (l'étude internationale) devra se conformer aux normes en vigueur dans l'industrie sur le plan de l'architecture des systèmes, de la modélisation des données, de la présentation des données, de leur diffusion, etc. Par exemple, le code de modèle et les données/métadonnées connexes doivent être gérés conformément aux recommandations formulées par Jenkinson (2012). Parmi les autres normes dignes d'intérêt, mentionnons celles qui sont promues par l'Organisation météorologique mondiale et l'Open Geospatial Consortium, parmi d'autres.

Même si chaque organisme participant à l'étude a des méthodes officielles de gestion des données, il est nécessaire d'adopter une démarche uniformisée pour l'étude afin de s'assurer que les renseignements produits sont bien gérés, de manière à en assurer l'utilisation continue.

### **Énoncé des travaux**

Concevoir une infrastructure pour la gestion des renseignements (données, modèles, documents, vidéos, images, etc.) produits au moyen du plan d'étude afin de s'assurer du respect des objectifs de l'étude internationale, à la fois durant l'étude et après coup, pour la mise en œuvre des recommandations formulées par le Groupe d'étude et pour appuyer la gestion adaptative.

### **Méthode**

Les activités sont divisées en trois grands thèmes qui sont : 1) le contenant (les serveurs), 2) les contenus (les renseignements) et 3) la gouvernance (les politiques, qui fait quoi, etc.), y compris la gestion du système en permanence. Les activités sont présentées selon un échéancier logique qui commence par la définition des besoins et va jusqu'à la mise en œuvre effective du système.

Activités :

1. Élaborer les lignes directrices de la gestion des renseignements produits au cours de l'étude internationale :
  - a) procéder à des analyses du flux des données, déterminer les types de données et produire des analyses de cas d'utilisation,
  - b) élaborer un plan de gestion pour le code source de modèles et les données des modèles, en se conformant aux recommandations de Jenkinson (2012).
2. Analyser les solutions existantes et les adapter en totalité ou en partie, selon les besoins.
3. Concevoir l'architecture du système en fonction des exigences établies au point 1.
4. Sélectionner les techniques de gestion de l'information (c.-à-d. des plateformes de base de données, etc.) en fonction des besoins.
5. Établir un serveur et élaborer un plan d'exploitation et d'entretien du serveur.
6. Concevoir un modèle de gestion de l'information (modèle de données, besoins d'archives);

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

7. Définir les rôles des utilisateurs et le niveau d'accès à tous les renseignements gérés dans le système;
8. Définir un mécanisme de gouvernance des systèmes et des fonds de données à l'appui de l'étude internationale et des mesures ultérieures d'atténuation des crues susceptibles d'être mises en place (il est nécessaire de comprendre les différentes exigences/restrictions en matière de sécurité et les enjeux des divers organismes en jeu);
9. Concevoir des formats standards pour l'échange de données (conformes à l'OGC, métadonnées standards, unités, projections, système de référence, etc.);
10. Élaborer une stratégie de diffusion des données (portails, plateformes Web, services Web, interfaces, archives, etc.);
11. Élaborer un plan annuel d'entretien du système et de ses composantes;
12. Produire une documentation complète du système (Technologie de l'information, utilisateurs, responsables de l'entretien, etc.);
13. Implanter et assurer le fonctionnement continu du système.

### **Organisation, coûts et calendrier de l'étude**

Les directeurs et les administrateurs du Groupe d'étude doivent assurer la surveillance et créer un comité d'experts techniques en gestion de l'information (GI) pour mettre en œuvre la solution. Les lignes directrices doivent être établies au début de l'étude, avec le concours de tous les organismes qui participent aux divers volets de l'étude.

Les organismes suivants sont proposés pour diriger cette étude :

- EC
- NOAA

Parmi les organismes qui pourraient contribuer à cette étude, mentionnons :

- RNCAN – Levés géodésiques du Canada (LGC)
- ASC
- Services partagés Canada (SPC)
- MDDEFP
- CEHQ
- MSP
- USACE
- USGS
- FEMA
- USEPA

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

La portée des tâches décrites dans les tableaux a été déterminée comme suit : année 1 – exigences et conception; année 2 – mise en œuvre; année 3 et au-delà – exploitation.

**Tableau 3.4 Estimation de la durée et des coûts – gestion de l'information – options A, B et C (en k\$)**

Principales tâches – option A	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Total
Établir les besoins de GI résultant de l'étude; analyser les flux de données; déterminer les types de données et produire les analyses des cas d'utilisation	20					20
Analyser les solutions existantes et les adapter en tout ou en partie	10					10
Concevoir l'architecture physique du système en fonction des besoins établis au premier point	10					10
Sélectionner des technologies de GI (c.-à-d. des plateformes de base de données, etc.) en fonction des besoins	10					10
Serveur	30					30
Concevoir un modèle de GI (modèle de données)	40					40
Définir les rôles des utilisateurs et le niveau d'accès à tous les renseignements gérés dans le système	10					10
Définir un mécanisme de gouvernance des systèmes et des fonds de données qui appuient l'étude et les mesures ultérieures d'atténuation des crues susceptibles d'être prises	10					10
Élaborer des formats standards pour l'échange des données (conformes à l'OGC, métadonnées standards, etc.)	10					10
Élaborer une stratégie de diffusion des données	10					10
Élaborer un plan de maintenance annuelle du système et de ses composantes		10				10
Produire une documentation complète sur le système		10				10
Implanter le système		40				40
Assurer le fonctionnement continu du système			40			40
<b>Total Option A</b>	<b>160</b>	<b>60</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>260</b>

Principales tâches – options B et C	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Total
Total – option A	160	60	40	0	0	260
Fonctionnement permanent du système				40	40	80
<b>Total – options B et C</b>	<b>160</b>	<b>60</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>340</b>

## **4 Fluctuations des niveaux d'eau et leur impact sur les ressources**

Ce chapitre cherche à définir les paramètres, les relations ou les indicateurs qui permettent de quantifier l'impact sur les ressources importantes et les utilisations, à la suite de l'application des mesures éventuelles d'atténuation des crues selon divers scénarios d'apports d'eau. Ces paramètres seront associés s'il y a lieu à des seuils et à des critères qui définissent la réponse attendue pour ce qui est des ressources et des utilisations.

*Les paramètres, les rapports ou les indicateurs indiqués dans ce chapitre ne sont nécessaires que si l'option B ou C du plan d'étude sont retenues.*

### **4.1 Évaluation des milieux humides et de la faune**

#### **Énoncé des travaux**

Les cycles annuels et saisonniers des fluctuations des niveaux d'eau sont des caractéristiques naturelles du lac Champlain et de la rivière Richelieu depuis des milliers d'années. Les effets écologiques des fluctuations du niveau d'eau les plus marqués sont ceux des zones peu profondes où même d'infimes fluctuations peuvent considérablement perturber les habitats riverains/les milieux humides de nombreux organismes. L'importance de ces fluctuations est particulièrement manifeste dans les milieux humides, étant donné que ces milieux ont des niveaux élevés de productivité biologique et de diversité des espèces végétales et animales. Les espèces tributaires des milieux humides se sont adaptées aux fluctuations naturelles de l'amplitude et du moment où surviennent ces fluctuations du niveau d'eau, et la dynamique de leurs populations dépend de ces fluctuations.

La distribution spatiale, la dynamique temporelle et la diversité des communautés végétales des milieux humides dépendent dans une large mesure des fluctuations des niveaux d'eau. Les milieux humides sont une facette importante des habitats de plusieurs espèces de poissons, d'oiseaux et de mammifères. La distribution spatiale des milieux humides est dynamique sur le plan temporel selon les hydrogrammes pluriannuels. Les périodes où le niveau d'eau est bas, en particulier au printemps, peuvent aboutir à des habitats limités pour le frai et les premiers stades du cycle vital de certaines espèces de poissons. Les périodes où le niveau d'eau est élevé offrent de plus grandes superficies qui conviennent aux habitats de frai ou d'alevinage pour des espèces comme le grand brochet. Elles favorisent aussi l'expansion d'espèces végétales riveraines dans les secteurs situés à plus haute altitude, ce qui peut être bénéfique, selon la géométrie du terrain, aux espèces comme les rats musqués et la sauvagine. Les fluctuations des niveaux et des débits d'eau affectent également la faune dans les habitats de la rivière Richelieu où il y a de forts courants. Les fluctuations de la profondeur de l'eau et de la vitesse du courant peuvent nuire à la qualité de l'habitat des espèces de poissons qui frayent dans la rivière comme le doré jaune, l'esturgeon jaune et le chevalier cuirvé.

Les effets des modifications hydrologiques ou du niveau d'eau peuvent être quantifiés en adoptant une approche spatialement explicite fondée sur la modélisation bidimensionnelle des habitats. Cette approche permet de lier les caractéristiques physiques des habitats au biote. Elle a été utilisée récemment dans l'étude de la Commission mixte internationale sur la régularisation du lac Ontario-Saint-Laurent moyennant la construction du Modèle intégré de la réponse écologique – à deux dimensions (MIRE-2D) (Morin et Champoux, 2006) dans le cours inférieur du fleuve, et elle est en cours d'adaptation pour l'étude sur les lacs à la Pluie-Namakan (Kallemeyn *et al.*, 2009). Cette méthode de modélisation permet de tenir compte de l'évolution temporelle à long terme des catégories de milieux humides et des effets de ces changements sur les espèces fauniques tributaires des milieux humides qui sont directement affectées par les fluctuations des niveaux d'eau à court terme.

Voici les objectifs de l'étude d'évaluation des milieux humides et de la faune :

- Concevoir un modèle intégré de réponse de l'écosystème pour l'hydrosystème du lac Champlain et de la rivière Richelieu qui intègre les données produites par les modèles des paramètres physiques dans les modèles des milieux humides et de la faune, afin de quantifier les répercussions du régime hydraulique sur le biote.
- Utiliser ces modèles pour quantifier les effets des fluctuations du régime de niveau d'eau sur certaines espèces et catégories de milieux humides (ou espèces) servant d'indicateurs dans le lac Champlain et la rivière Richelieu, notamment les répercussions du climat, l'occupation du sol et d'autres changements qui se produisent dans l'hydrologie/l'hydraulique, ainsi que les inondations de 2011.

## Méthode

### 4.1.1 Modélisation intégrée liant la physique, les milieux humides et la faune (options B et C)

La quantification des effets des fluctuations du niveau d'eau sur la faune et la végétation riveraines/aquatiques peut être une tâche complexe et multidimensionnelle. Elle est d'autant plus complexe si l'objectif est d'étudier plusieurs paramètres du cycle vital d'un grand nombre d'organismes et de tenir compte des interactions qui se produisent entre eux. Toutefois, comme les ressources et le temps sont restreints, les études se limiteront à la dynamique des milieux humides et à un nombre relativement restreint d'« indicateurs » fauniques qui représentent des espèces particulièrement vulnérables à une période cruciale de leur cycle de vie en utilisant des modèles d'habitats reposant sur des caractéristiques physiques (modèles d'habitats bidimensionnels). En général, on analyse la période de reproduction (p. ex. le frai, la nidification) souvent au printemps, la période d'hivernage ou l'été pour l'habitat des jeunes.

Étant donné que les milieux humides sont dynamiques sur le plan temporel et qu'ils influencent un grand nombre d'espèces, il est impératif de modéliser leur réaction aux fluctuations des niveaux d'eau et de les utiliser pour modéliser les espèces tributaires des milieux humides. Le « modèle intégré de simulation de l'écosystème » qui doit être conçu pour cette étude permettra d'analyser des séries temporelles à long terme, découlant des changements climatiques, des

mesures historiques ou des effets d'un type quelconque d'ouvrage artificiel. Il utilisera les données physiques (profondeur de l'eau, niveaux, courants, vagues) provenant des études menées en hydrologie et en hydraulique.

Certaines études préalables de la Commission mixte internationale ont mis au point et utilisé un modèle spatialement explicite et temporellement dynamique pour les milieux humides et la faune qui était intégré dans un système de modélisation. Ce système, le MIRE-2D, intègre des variables physiques (niveau d'eau, courants, vagues, lumière...) sur une longue durée pour calculer l'évolution des milieux humides et de la végétation aquatique et les effets des éléments physiques et de la végétation sur plusieurs indicateurs fauniques (Environnement Canada, 2006). L'hivernage des rats musqués, les habitats de reproduction et les habitats permanents des poissons, le taux de réussite de nidification des oiseaux de rivage, le potentiel de migration et la reproduction des canards barboteurs, le taux de succès de la reproduction des tortues sont des exemples de modèles éminemment sensibles aux fluctuations des niveaux d'eau. Le MIRE-2D peut être adapté aux besoins de la présente étude; toutefois, il faudra recueillir des données sur le terrain pour assurer la validation et l'adaptation de ces modèles. La tâche qui consiste à réunir les données existantes et à recueillir de nouvelles données pour étalonner et valider les modèles des milieux humides et de la faune est décrite aux sections 4.1.2 et 4.1.3.

**Tâches à accomplir pour l'adaptation d'un modèle existant d'habitat spatialement explicite :**

- Construire la grille de modélisation.
- Adapter le pas de temps de la modélisation.
- Intégrer les variables physiques mesurées et modélisées.
- Adapter et construire les modèles de milieux humides et de végétaux particuliers.
- Adapter et construire les modèles fauniques.
- Étalonner et valider les résultats.
- Produire des séries chronologiques longues de résultats à partir de diverses modifications de l'hydrologie ou de la topographie (effet des diverses mesures d'atténuation des crues) et des impacts des inondations de 2011.

**4.1.2 Tâches de l'étude sur les milieux humides (options B et C)**

L'étude sur les milieux humides servira à évaluer les ensembles de végétation des milieux humides et leurs rapports avec les fluctuations du niveau d'eau, et également à établir les principales catégories, communautés naturelles et espèces des milieux humides devant être intégrées à un modèle de la dynamique des milieux humides. Ce modèle des milieux humides intégrera les variables physiques obtenues à partir des travaux en hydrologie et en hydraulique et produira des résultats temporellement dynamiques qui serviront de données d'entrée pour les modèles fauniques.

Pour étalonner et valider les modèles des milieux humides, il faut recueillir des données sur le terrain dans la totalité du domaine à partir de l'état actuel de la distribution spatiale de ces

milieux et de leur composition. Par ailleurs, étant donné que les milieux humides sont dynamiques et qu'ils sont influencés par des hydrogrammes pluriannuels, il est impératif d'utiliser les cartes existantes et les données provenant d'études antérieures afin de valider les variations temporelles (succession végétale et sensibilité). La quantification se fera en hectares de chaque type de milieu humide par an.

Il faudra porter une attention toute particulière à certaines espèces d'intérêt connues pour leur sensibilité aux fluctuations du niveau d'eau : le riz sauvage (*Zizania aquatica*) et les scirpes aigus (*Scirpus acutus*). Compte tenu des conséquences possibles des fluctuations du niveau d'eau sur certaines espèces végétales envahissantes (p. ex. *phragmites*), il faudra évaluer et décrire l'incidence possible des fluctuations des débits.

### **Tâches pour l'inventaire et la collecte de données sur la répartition et l'évolution des milieux humides :**

- Examen des études antérieures/données existantes et des cartes des milieux humides du lac Champlain et de la rivière Richelieu.
- Numérisation des cartes existantes.
- Uniformisation des catégories de milieux humides à modéliser.
- Inventaire de l'état actuel des milieux humides (catégories et espèces d'intérêt) de la totalité du domaine pour étalonner et valider les modèles de simulation des milieux humides (dynamique temporelle des milieux humides).

#### **4.1.3 Tâches de l'étude sur la faune (options B et C)**

Les espèces du tableau 4.1.1 ont été sélectionnées pour représenter les habitats et les stades de développement qui peuvent être sérieusement perturbés par les fluctuations du régime de niveau d'eau, plusieurs d'entre elles ayant un statut de conservation spécial décrété par les différentes autorités compétentes.

La plupart des modèles de faune existent déjà dans des études antérieures de la Commission mixte internationale. Toutefois, il est impératif d'étalonner et de valider ces modèles pour assurer la juste représentation du contexte propre au lac Champlain et à la rivière Richelieu, en particulier le lien entre les modèles de milieux humides et de faune.



**Tableau 4.1.1 Espèces indicatrices choisies pour les études sur la réponse des ressources du lac Champlain et de la rivière Richelieu**

Taxon	Nom commun	Nom scientifique	Statut de conservation*	Habitat essentiel (type et période)	Option
Poisson	Grand brochet	<i>Esox lucis</i>		Milieu humide – frai et alevinage- printemps	B
	Chevalier cuivré	<i>Moxostoma hubbsi</i>	VD-CAN; M-QC	Rivière – frai et alevinage- début de l'été	C
Oiseau	Petit blongios	<i>Ixobrychus exilis</i>	M-CAN, NY; CP-VT	Milieu humide – nidification- printemps	B
	Guifette noire	<i>Chlidonias niger</i>	VD-NY, VT	Milieu humide – nidification- printemps	B
	Râle de Virginie	<i>Rallus limicola</i>		Milieu humide – nidification- printemps	B
	Sarcelle à ailes bleues	<i>Anas discors</i>	SCGN-NY, VT	Milieu humide – élevage	B
Mammifère	Rat musqué	<i>Ondatra zibethicus</i>	SCGN-VT	Milieu humide – hiver	C
Reptile et amphibien	Tortue molle à épines	<i>Apalone spinifera</i>	M-CAN, QC, VT; CP-NY	Rive – nidification et incubation	B
Insecte	cicindèle à ligne obtuse	<i>Cicindela hirticollis</i>	M-VT	Rive – plage de sable	B

\* VD = en voie de disparition, M = menacée, CP = espèce nécessitant des mesures de conservation prioritaires

Les modèles de faune retenus comme les plus importants à étudier peuvent être regroupés en deux ensembles de priorités reposant sur une période de sensibilité à une perturbation possible de l'hydrogramme naturel. On estime que les éventuelles modifications de l'hydrogramme sur le plan du niveau et du débit d'eau seront plus significatives au printemps que durant l'été, l'automne ou l'hiver. Ainsi, les poissons géniteurs des milieux humides, les oiseaux qui nichent dans les milieux humides et les tortues qui nichent à proximité du rivage et les coléoptères qui sont en période de reproduction seront les plus touchés par ces fluctuations. Ces espèces indicatrices prioritaires sont : les poissons qui frayent dans les milieux humides (grand brochet), les tortues (tortue-molle à épines), les insectes (cicindèle à ligne obtuse) et les oiseaux de rivage (petit blongios, sarcelle à ailes bleues, guifette noire et râle de Virginie).

Le deuxième groupe comprend les espèces indicatrices qui sont les plus perturbées par la modification de l'hydrogramme naturel durant l'été, l'automne ou l'hiver. On estime que les éventuelles modifications de l'hydrogramme naturel risquent moins de se produire durant ces périodes. Les espèces indicatrices moins prioritaires sont : le chevalier cuivré, qui fraie dans la rivière Richelieu et le rat musqué qui hiverne dans les milieux humides.

Les tâches relatives aux espèces fauniques indicatrices consistent à rassembler les données existantes et à recueillir de nouvelles données sur la distribution spatiale, les habitats de prédilection et le moment de la reproduction. La quantification se fera en hectares pour l'habitat de reproduction approprié.

Parmi les tâches, mentionnons :

- L'inventaire et la collecte de données sur les espèces fauniques indicatrices : un examen des études antérieures/données existantes sur le lac Champlain et la rivière Richelieu au sujet des besoins d'habitats essentiels, de la dynamique des populations et des périodes critiques du cycle vital.
- La numérisation des données disponibles.
- L'évaluation du rendement des modèles à partir de ces données.
- La collaboration à l'étalonnage, à la validation et à l'analyse des résultats.

### Études antérieures

Un certain nombre d'études environnementales ont été réalisées parallèlement à l'étude de référence de 1973 prévoyant que la faisabilité et l'opportunité d'une régularisation de la rivière Richelieu soient étudiées. Ces études comportaient des évaluations des éléments nutritifs et de la productivité biologique, de la végétation des milieux humides, des habitats des poissons et des habitats fauniques par rapport aux fluctuations du niveau d'eau.

La plupart des éléments nutritifs qui soutiennent la croissance de la végétation et de la faune des milieux humides sont fournis par les eaux de ruissellement qui alimentent les cours d'eau des milieux humides, et on a constaté peu de changements dans la teneur en phosphore et en azote résultant des fluctuations du niveau d'eau. Toutefois, une baisse des niveaux d'eau peut entraîner un déplacement de ces éléments nutritifs des zones à végétation aquatique enracinée vers les zones d'eaux libres (Turk, 1977). Henson et Potash (1977) ont constaté que des phénomènes occasionnels de hautes eaux au printemps (plus de 30 m (98,4 pi) au-dessus du niveau moyen des mers) sont sans effet sur la productivité globale des milieux humides. Toutefois, le maintien des niveaux d'eau sous la barre de 29,20 m (95,81 pi) à la fin de l'été peut réduire sans doute la capacité des milieux humides à piéger les éléments nutritifs. Le maintien des niveaux d'eau l'hiver sous la barre de 30 m (98,4 pi) au-dessus du niveau moyen des mers, a pour effet d'anéantir une bonne partie de la végétation des milieux humides, ce qui entraîne une décomposition accrue et la libération d'un plus grand nombre d'éléments nutritifs dans le lac au printemps et à l'été.

Countryman (1977) a répertorié les espèces végétales dans plusieurs milieux humides du lac Champlain et rendu compte de leur fréquence relative d'occurrence le long d'un continuum d'altitudes. Il en a déduit que les plantes submergées et flottantes ne seraient pas sérieusement touchées par les fluctuations du niveau d'eau, alors que les plantes émergentes et les prairies humides de même que les forêts marécageuses risquent davantage d'être perturbées. Les zones recouvertes de forêts marécageuses et de prairies humides en particulier sont susceptibles de régresser en cas de baisse des niveaux maximaux du lac. Hamel et Breuer (1977) ont mené une évaluation équivalente pour les végétaux des milieux humides dans le cours supérieur de la rivière Richelieu et la baie Missisquoi, et ont découvert que la hauteur des crues printanières exerçait peu d'influence sur les cycles de vie des végétaux, alors que ceux-ci sont beaucoup plus touchés par la durée des crues. Ils ont également établi que la répartition des espèces végétales des milieux humides subit davantage l'influence des niveaux du lac durant l'été.

Les études sur les poissons ont essentiellement porté sur le frai du grand brochet dans certains milieux humides qui subissent l'influence du lac Champlain et de la rivière Richelieu (Kretzer, 1977; Dumont et Fortin, 1977). Les deux études font état de constats analogues en ce qui concerne l'habitat de frai du grand brochet. Le grand brochet préfère frayer au mois d'avril, à des profondeurs variant entre 15 et 60 cm (6 et 24 po) au-dessus des herbes terrestres submergées, et ces habitats de frai ne sont accessibles au grand brochet qu'à des hauteurs du niveau du lac supérieures à 29,9-30 m (98,1-98,4 pi) au-dessus du niveau moyen des mers, les niveaux du lac supérieurs à 30,5 m (100,0 pi) au-dessus du niveau moyen des mers constituant les meilleurs lieux de frai. Le succès du frai du grand brochet atteint son apogée les années où les niveaux du lac sont les plus élevés et demeurent relativement stables pendant une période de 30 à 40 jours après la ponte des œufs, avant d'amorcer un repli progressif. Dumont et Fortin (1977) ont également suggéré qu'un modèle prévisionnel du succès de frai du grand brochet pourrait être établi en fonction des données historiques sur les niveaux du lac et des données correspondantes sur la température de l'air et les précipitations.

Les observations du frai du grand brochet se sont poursuivies chaque année dans un sous-ensemble des marécages visés par l'étude de Kretzer (1977) jusqu'en 1984 (Anderson, 1990). Les résultats de l'étude échelonnée sur 10 ans étayaient généralement les conclusions des études antérieures. La majeure partie du frai du grand brochet a lieu à des profondeurs inférieures à 45 cm (18 po), les herbes terrestres submergées (prairies humides) constituant le substrat de frai privilégié, tandis que les niveaux d'eau à partir du moment du frai jusqu'à la mobilité des alevins semblent avoir le rapport le plus étroit avec l'intensité des classes d'âge des facteurs étudiés. Anderson (1990) a également signalé que l'intensité des classes d'âge n'était pas toujours uniforme entre différents lieux de frai, ce qui incite à penser que des facteurs environnementaux propres à chaque site peuvent revêtir de l'importance.

Myers et Foley (1977) ont constaté que la reproduction de la sauvagine et des rats musqués varie selon le niveau du lac. Le canard colvert et le canard noir font essentiellement leur nid dans le bois submergé (dont une bonne partie se situe à des altitudes de 29,0 à 30,0 m [95,1 à 98,5 pi] au-dessus du niveau moyen des mers) en avril et en mai, la survie des couvées dépendant de la submersion ininterrompue de ces secteurs jusqu'au début juin. Des fluctuations (principalement des augmentations) des niveaux d'eau à la fin de l'automne et durant l'hiver supérieures à 0,5 m (1,64 pi) peuvent avoir des effets néfastes sur les populations de rats musqués.

### **Évaluation des données existantes et des modèles des milieux humides et de la faune**

- La cartographie des levés et les bases de données existantes sur les milieux humides, de même que les données sur les espèces indicatrices, sont disponibles auprès des organismes gouvernementaux qui s'occupent des ressources naturelles.
- Des modèles des milieux humides et plusieurs modèles de faune peuvent être obtenus auprès d'Environnement Canada et des conseils d'experts en biologie sont offerts par plusieurs organismes du Vermont, de l'État de New York et du Québec.
- Il existe des données LIDAR partielles qu'on peut se procurer auprès de divers organismes gouvernementaux.

### **Besoins de données**

- Une couverture LIDAR des milieux humides étudiés est nécessaire pour quantifier avec précision les communautés des milieux humides et la superficie des habitats des espèces indicatrices par rapport à l'altitude. La couverture LIDAR est abordée dans la section 3.1 sur les Besoins de données communes.
- Pour adapter les modèles existants des milieux humides et de la faune, on a besoin des résultats des modèles des paramètres physiques (courant, niveau d'eau, profondeur de l'eau, action du vent et des vagues...) qui proviennent des études de modélisation hydrologique et hydraulique.
- Il est indispensable de disposer des données existantes et de nouvelles données sur la répartition et la composition des milieux humides ainsi que de données sur la faune modélisée pour assurer la bonne adaptation/construction des modèles de biote.

### **Organisation, coûts et calendrier de l'étude**

La coordination des études sera assurée par le Groupe de l'évaluation des milieux humides et de la faune.

Les organismes suivants sont proposés pour diriger l'étude. Ils possèdent une vaste expertise de la modélisation de la faune et des milieux humides, de la planification des urgences et des contextes opérationnels :

- EC et MDDEFP
- USFWS

Parmi les organismes qui pourraient contribuer à cette étude, mentionnons :

- Pêches et Océans Canada (MPO)
- VTANR
- NYSDEC
- USACE

Le Groupe de l'évaluation des milieux humides et de la faune travaillera en mode intégré : tous les modèles doivent être intégrés pour obtenir des simulations justes des milieux humides et de la faune selon les données modélisées de l'environnement physique. Comme les projets sur les milieux humides et la faune consistent surtout à recueillir des données sur le terrain et à déterminer les rapports entre les variables physiques et le biote, la collaboration avec les modélisateurs de l'environnement physique est essentielle. La modélisation intégrée supposera de préparer les données et les modèles de l'environnement physique (courants, niveau d'eau, profondeur, vagues, pénétration de la lumière, etc.) et d'établir et de calculer les rapports entre les caractéristiques physiques et le biote. Les résultats seront validés au moyen des données et de l'expertise résultant des études sur les milieux humides et la faune.

**Tableau 4.1.2 Estimation de la durée et des coûts – évaluation des milieux humides et de la faune – options B et C (en k\$)**

<b>Principales tâches – option B</b>	<b>Année 1</b>	<b>Année 2</b>	<b>Année 3</b>	<b>Année 4</b>	<b>Année 5</b>	<b>Total</b>
Étude des milieux humides (+riz sauvage et scirpes à tige aigues)	80	80	70	15	15	<b>260</b>
Reproduction des poissons dans les milieux humides (grand brochet)	60	70	70	15	15	<b>230</b>
Tortue (tortue-molle à épines)	50	40	40	10	10	<b>150</b>
Oiseaux de rivage (petit blongios, sarcelle à ailes bleues, guifette noire, râle de Virginie)	135	125	75	25	25	<b>385</b>
Cicindèle à ligne obtuse (États-Unis seulement)	30	30	10	10	10	<b>90</b>
Modélisation intégrée	25	50	90	90	50	<b>305</b>
<b>Total – option B</b>	<b>380</b>	<b>395</b>	<b>355</b>	<b>165</b>	<b>125</b>	<b>1 420</b>

<b>Principales tâches – option C</b>	<b>Année 1</b>	<b>Année 2</b>	<b>Année 3</b>	<b>Année 4</b>	<b>Année 5</b>	<b>Total</b>
Total – option B	380	395	355	165	125	<b>1 420</b>
Chevalier cuivré (Canada seulement)	65	65	45	10	10	<b>195</b>
Hivernage du rat musqué	40	35	15	10	10	<b>110</b>
Modélisation intégrée	20	50	50	70	50	<b>240</b>
<b>Total – option C</b>	<b>505</b>	<b>545</b>	<b>465</b>	<b>255</b>	<b>195</b>	<b>1 965</b>

## 4.2 Utilisations de l'eau à des fins récréatives, domestiques, industrielles et municipales

### Énoncé des travaux

L'utilisation fonctionnelle des lacs et des rivières peut subir les effets négatifs de niveaux d'eau variables, aussi bien hauts que bas. Les effets peuvent être d'ordre physique, opérationnel et économique.

Les utilisations à des fins récréatives peuvent englober les marinas (notamment les quais, les lieux de réparation et d'entreposage des embarcations, les lieux de ravitaillement en carburant et les détaillants d'accessoires marins), les lieux de mise à l'eau des embarcations, les entreprises/affréteurs de bateaux de pêche, les sites d'intérêt pour la faune et la flore pour fin d'observation de la nature, les terrains de camping, les parcs riverains, les sentiers de randonnée/pistes cyclables et les ressources culturelles et historiques. Parmi les utilisations de l'eau à des fins domestiques, industrielles et municipales, mentionnons les usines d'eau potable, les usines d'épuration des eaux usées et les prises et les rejets d'eau municipaux, industriels, commerciaux et institutionnels.

Les objectifs de l'étude des utilisations de l'eau à des fins récréatives, domestiques, industrielles et municipales sont :

- De dresser un inventaire des utilisations actuelles et de leur interdépendance.
- De déterminer l'importance des effets à divers niveaux d'eau et les coûts qui s'y rattachent.
- De déterminer les effets liés aux variations des niveaux d'eau et au moment où celles-ci se produisent(hydrogrammes).

## Méthode

### 4.2.1 Étude de l'utilisation de l'eau à des fins récréatives

Au nombre des tâches à accomplir dans le cadre de cette étude, il faut mentionner :

- On recensera et mettra à jour les utilisations de l'eau à des fins récréatives. L'inventaire portera, sans s'y limiter, sur les ressources tributaires de l'eau qui suivent : les marinas et rampes de mise à l'eau, les activités nautiques (navigation de plaisance, voile, ski nautique, baignade), les terrains de camping, les maisons mobiles ou les chalets en location (catégorie des immeubles en location, terrains de golf, etc.), les milieux humides, les sites d'observation de la nature et lieux de pêche sportive, les bâtiments historiques et à valeur patrimoniale et les sites archéologiques. Au Québec, les renseignements concernant la baie Missisquoi et la rivière Richelieu sont disponibles auprès des municipalités et des municipalités régionales de comté (MRC). Au Vermont et dans l'État de New York, il faudra les obtenir auprès de divers organismes et les réunir. Les renseignements seront transmis aux groupes de travail sur les besoins de données communes et la gestion de l'information et viendront s'ajouter aux outils de description du bassin versant.
- Un sondage sera mené pour extraire de toutes les utilisations répertoriées de l'eau à des fins récréatives les renseignements sur la fourchette privilégiée des fluctuations des niveaux d'eau (maximum, optimum et minimum) et la détermination des périodes où ces niveaux d'eau sont importants, ainsi que l'estimation des coûts et les informations qui se rattachent aux fluctuations des niveaux d'eau à l'intérieur comme à l'extérieur de la fourchette privilégiée. On réunira d'autres données sur les répercussions possibles comme des observations sur la qualité de l'eau et les températures, etc.
- Une évaluation des répercussions des fluctuations du niveau d'eau sur les utilisations récréatives sera effectuée en fonction des renseignements obtenus dans le cadre du sondage. On procédera à une évaluation préliminaire pour déterminer les utilisations touchées/non touchées en fonction des régimes attendus et on s'appuiera dans la mesure du possible sur les courbes niveau-dommages.

### Données existantes sur les utilisations de l'eau à des fins récréatives :

- En collaboration avec la Conférence régionale des élus de la Montérégie Est, Tourisme Québec, qui relève maintenant du ministère des Finances et de l'Économie du Québec (MFEQ), a conçu un plan stratégique de développement récréo-touristique dont il faut tenir compte dans le cadre de cette tâche.
- Au Québec, les données sur l'impact économique de l'application des règlements en vigueur et l'état actuel des infrastructures sur les entreprises existantes sont disponibles auprès du MFEQ ou du ministère de la Sécurité publique du Québec (MSP) et portent sur 160 entreprises dont les activités ont été touchées par les inondations (coûts économiques), ce qui permettra de déterminer les secteurs touristiques qui courent le plus de risques.
- Au Québec, les renseignements sur les bâtiments historiques et patrimoniaux et sur les sites archéologiques sont disponibles auprès des municipalités et du ministère de la Culture.
- Au Vermont et dans l'État de New York, les renseignements sont disponibles auprès de divers ordres de gouvernement. Les employés des États connaissent la provenance de ces

renseignements. Au Vermont et dans l'État de New York, des problèmes se posent pour situer ces sites sur une carte des plaines inondables afin d'établir si ceux-ci se trouvent dans une plaine inondable.

#### **4.2.2 Étude sur les utilisations de l'eau à des fins domestiques, industrielles et municipales**

Parmi les tâches à accomplir dans le cadre de cette étude, il faut mentionner :

- Recenser et mettre à jour les utilisations de l'eau à des fins domestiques, industrielles et municipales, notamment les usines d'eau potable, les usines d'épuration des eaux usées et les prises et les rejets d'eau municipaux, industriels, commerciaux et institutionnels. Obtenir les niveaux d'utilisation de ces installations et leur état et leur vulnérabilité.
- Réaliser un sondage pour extraire, de toutes les utilisations répertoriées de l'eau à des fins domestiques, industrielles et municipales, les renseignements sur la fourchette privilégiée des fluctuations du niveau d'eau (maximum, optimum et minimum) et la détermination des périodes où ces niveaux d'eau sont importants, de même que l'estimation des coûts et les données qui se rattachent aux fluctuations des niveaux d'eau à l'intérieur ou à l'extérieur de la fourchette privilégiée. Il faudra recueillir d'autres données sur les répercussions possibles comme les observations sur la qualité de l'eau et les températures, etc.
- Une évaluation des répercussions des fluctuations du niveau d'eau sur les utilisations de l'eau à des fins domestiques, industrielles et municipales sera effectuée en fonction des renseignements obtenus dans le cadre du sondage. On procédera à une évaluation préliminaire pour déterminer les utilisations touchées/non touchées en fonction des régimes attendus et on s'appuiera dans la mesure du possible sur les courbes niveau-dommages.

#### **Données existantes sur les utilisations de l'eau à des fins domestiques, industrielles et municipales**

- Les données sur les usines d'approvisionnement en eau potable, les usines d'épuration des eaux usées et les prises et les rejets d'eau municipaux, industriels, commerciaux et institutionnels sont accessibles auprès des trois gouvernements et doivent être regroupées.

#### **Organisation, calendrier et coûts de l'étude**

La coordination de ces études pourrait être confiée au Groupe de travail technique sur l'utilisation de l'eau à des fins récréatives, domestiques, industrielles et municipales.

Les organismes suivants sont proposés pour diriger l'étude :

- MDDEFP
- USEPA

Parmi les organismes qui pourraient contribuer à cette étude, mentionnons :

- MSP
- MAMROT

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

- Tourisme Québec
- MFEQ
- EC
- Municipalités et municipalités régionales
- Federal Energy Regulatory Commission (FERC)
- USACE
- USFWS
- VTANR
- NYSDOS

**Tableau 4.2 Estimation de la durée et des coûts – utilisations de l'eau à des fins récréatives, domestiques, industrielles et municipales – options B et C (en k\$)**

<b>Principales tâches – option B</b>	<b>Année 1</b>	<b>Année 2</b>	<b>Année 3</b>	<b>Année 4</b>	<b>Année 5</b>	<b>Total</b>
Inventaire/actualisation des utilisations de l'eau à des fins récréatives, domestiques, industrielles et municipales	50					<b>50</b>
Sondage visant à acquérir les données des utilisations de l'eau au sujet du régime privilégié des fluctuations de niveau		50				<b>50</b>
Évaluation des répercussions des fluctuations modérées du niveau d'eau sur les utilisations			100			<b>100</b>
<b>Total – option B</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>200</b>

<b>Principales tâches – option C</b>	<b>Année 1</b>	<b>Année 2</b>	<b>Année 3</b>	<b>Année 4</b>	<b>Année 5</b>	<b>Total</b>
Total – option B	50	50	100	0	0	<b>200</b>
Évaluation des répercussions des fluctuations importantes du niveau d'eau sur les utilisations			100	100	50	<b>250</b>
<b>Total – option C</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>200</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>450</b>



### 4.3 Rives et bâti en zone inondable

#### Énoncé des travaux

La fluctuation des niveaux d'eau affecte les rives du lac et de la rivière de même que les infrastructures dans la zone d'inondation. Parmi les impacts sur les rives, il faut mentionner l'érosion et l'inondation, sans oublier les effets dus aux bas niveaux d'eau. Ces impacts affectent la valeur des biens riverains et aboutissent donc à des gains ou à des pertes économiques. L'évaluation des impacts économiques des inondations reliés aux diverses mesures d'atténuation des crues en vertu de divers scénarios d'apports d'eau nécessite une base commune.

Il est proposé ce qui suit :

- Établir des rapports niveau-dommages pour les bâtiments et autres biens immobiliers, regroupés selon des types homogènes d'occupation du sol et de superficie.
- Évaluer qualitativement les répercussions, en particulier les coûts, de l'érosion des rives et les impacts sur les biens immobiliers et les infrastructures publiques.

#### Méthode

1. Mener une évaluation de la vulnérabilité aux inondations : il est d'importance cruciale d'établir des courbes et des fonctions actualisées des dommages économiques entre les niveaux d'eau et le milieu bâti (résidentiel, commercial, municipal, routier, lignes électriques, etc.) pour le bassin versant et de regrouper les risques de dommages pour chaque municipalité, municipalité régionale de comté ou tout secteur homogène approprié situé dans la plaine inondable. Précisément, il faudrait faire un levé altimétrique des rez-de-chaussée à une résolution de 0,1 m (4 po) afin d'établir les courbes niveau-dommages. De même, le coût unitaire de plusieurs infrastructures (coût unitaire de 100 m de route, de ligne électrique ou de digue de protection contre les inondations, par exemple) peut être calculé pour bien évaluer les scénarios structurels et non structurels proposés.
2. Mener une évaluation qualitative de l'érosion du rivage et de la disparition de biens immobiliers et d'infrastructures publiques comme les routes, les ponts et les chemins de fer ainsi que les réseaux de télécommunications. Cette évaluation qualitative a pour but de reconnaître les zones particulièrement vulnérables à l'érosion et les dégâts connexes causés aux biens riverains et aux services publics, ainsi que de documenter les différences entre les rives aménagées et celles qui ne le sont pas. Cela peut englober une évaluation des routes étatiques, provinciales et municipales touchées par l'action des fortes vagues durant les coups de vent dans les situations de crue ainsi que la suggestion de mesures de mise à jour, comme l'agrandissement des ponceaux ou des ponts existants ou la construction de nouvelles passerelles pour alléger les pressions qui s'exercent sur ces ouvrages. Il faudra estimer les coûts des dommages.
3. Évaluation quantitative des impacts de l'érosion. Pour ce projet, il faut disposer de modèles d'érosion, car son but est de quantifier les effets de scénarios de régularisation de l'eau sur les modes d'érosion des rives du lac Champlain et de la rivière Richelieu. Les coûts des dommages devront être estimés.

### **Données existantes sur les rives et le milieu bâti**

Les indemnités effectives versées à titre de réclamations lors d'inondations antérieures peuvent être obtenues auprès des organismes gouvernementaux et dans les enquêtes sur le terrain menées dans le cadre de ces travaux.

### **Organisation, coûts et calendrier de l'étude**

La coordination ces études sera assurée par le Groupe de travail technique des rives et du bâti en zone inondable.

Les organismes suivants sont proposés pour diriger l'étude :

- SP
- MSP
- MDDEFP
- CEHQ
- USGS
- USACE

Il est souhaitable que les travaux soient réalisés par le gouvernement ou des organismes gouvernementaux afin de préserver les données nominatives.

Parmi les organismes qui pourraient contribuer à cette étude, mentionnons :

- Environnement Canada
- Municipalités et municipalités régionales
- USDA-NRCS
- MSP
- NYSDEC
- New York State Department of Transportation (NYSDOT)
- VTANR
- Vermont Agency of Transportation (VTRANS)

**Tableau 4.3 Estimation de la durée et des coûts – rives et bâti en zone inondable – options B et C (en k\$)**

<b>Principales Tâches - Option B</b>	<b>Année 1</b>	<b>Année 2</b>	<b>Année 3</b>	<b>Année 4</b>	<b>Année 5</b>	<b>Total</b>
Évaluation de la vulnérabilité aux inondations	100	100				<b>200</b>
Cartes des risques d'inondation			100			<b>100</b>
Évaluation qualitative de l'érosion du rivage et de la disparition de biens immobiliers et d'infrastructures publiques	100	50	25			<b>175</b>
<b>Total Option B</b>	<b>200</b>	<b>150</b>	<b>125</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>475</b>

<b>Principales Tâches - Option C</b>	<b>Année 1</b>	<b>Année 2</b>	<b>Année 3</b>	<b>Année 4</b>	<b>Année 5</b>	<b>Total</b>
Total Option B	200	150	125	0	0	<b>475</b>
Évaluation qualitative de l'érosion du rivage et de la disparition de biens immobiliers et d'infrastructures publiques				100	100	<b>200</b>
<b>Total Option C</b>	<b>200</b>	<b>150</b>	<b>125</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>675</b>

## 4.4 Agriculture

### Énoncé des travaux

L'agriculture figure parmi les ressources et intérêts les plus importants subissant les répercussions des fluctuations des niveaux d'eau. Les inondations du printemps 2011 ont particulièrement touché les terres agricoles dans la partie située le plus au nord du lac Champlain, de même que les paysages agricoles et les agglomérations se trouvant le long du Richelieu, comme Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix et Saint-Jean-sur-Richelieu.

Les objectifs de cette étude sont :

- d'évaluer les effets des fluctuations du régime de niveau d'eau sur les terres agricoles dans le bassin versant du lac Champlain et de la rivière Richelieu;
- de déterminer l'ensemble des terres agricoles actuellement exploitées dans le bassin versant; d'en évaluer la valeur et de déterminer de quelle façon elles ont été, elles sont et elles seront touchées par les inondations;
- de déterminer les secteurs possibles de récupération des plaines inondables, de protection des terres (digues agricoles), et d'autres mesures d'atténuation des risques d'inondations;
- de recommander les niveaux d'eau optimaux nécessaires au maintien des terres agricoles et des communautés du lac Champlain et de la rivière Richelieu.

### Méthode

Les tâches sont :

- Cartographie des risques d'inondation des terres agricoles. Déterminer et cartographier les digues, les types de cultures, les bâtiments agricoles, les citernes d'entreposage de carburant, l'emplacement des granges et d'autres caractéristiques liées aux pratiques agricoles. Délimiter la plaine inondable et en décrire les types d'unités de productions végétales et

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

animales à différents niveaux d'eau. Cela permettra d'obtenir des précisions sur les zones à risque et facilitera l'élaboration de plans d'intervention.

- Quantification des pratiques agricoles actuelles et historiques sur les inondations. Parmi les pratiques, mentionnons le travail du sol, l'emplacement de la ferme, le nombre d'animaux, l'altération des cours d'eau, la rotation des cultures, le drainage des champs lié à l'agriculture, etc. Il faut également tenir compte des niveaux d'eau moyens et records actuels et historiques du lac Champlain et de la rivière Richelieu.
- Évaluation des terres agricoles dans le bassin versant qui sont protégées par des digues. Évaluer la superficie totale, les cultures commerciales assurées et les secteurs cultivés à l'intérieur des digues, et calculer le volume d'eau qui peut être maintenu à l'intérieur des digues. Il est possible d'utiliser des méthodes de modélisation comme celles du HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System). Il faut également prévoir une évaluation de l'entretien et des réparations des réseaux de digues existants. Il faut prévoir une étude de la possibilité de lancer le programme PL566 des petits bassins versants mis hors service (traitement des sols et atténuation structurelle) du département de l'Agriculture des États-Unis (USDA).
- Évaluation de la qualité des sols après les dépôts des inondations. Déterminer les types de cultures qui peuvent être plantées en vertu du dépôt des sédiments après l'inondation. Étudier l'historique des crues. Élaborer des critères communs pour surveiller la santé des sols. Tenir compte des données historiques sur l'occupation du sol, notamment des données sur les pesticides/toxines, les taux d'infiltration, la masse volumique et la santé des sols (composantes physiques et chimiques du sol).
- Déterminer les possibilités de récupération des plaines inondables. Une importante partie des plaines inondables est située sur les terres agricoles. Déterminer les secteurs où il est possible de récupérer et de protéger la fonction et la valeur des plaines inondables. Associer les terres agricoles à des servitudes pour les plaines inondables (classer par ordre de priorité les terres qui ne sont pas jugées acceptables pour l'agriculture) – ce qui nécessitera le soutien du milieu agricole. Prévoir une évaluation des éléments juridiques de l'acquisition de terres (clause des droits acquis, dédommagement, expropriation, etc.).
- Analyser les impacts de la modification des cours d'eau, du travail du sol et de la densité des animaux. Il faut également tenir compte des niveaux d'eau moyens et records historiques et actuels du lac Champlain et de la rivière Richelieu. Les modèles revêtent leur importance pour simuler les conditions prévalant sur le terrain; le modèle SWAT (Outil d'évaluation du sol et de l'eau) sera utile à cet égard.
- Évaluer l'utilisation des terres agricoles conjuguée à d'importantes mesures structurelles d'atténuation des crues et à des scénarios de régularisation connexes.

### Données existantes sur les ressources agricoles

Certaines données sur les sols ont été recueillies et sont accessibles auprès de groupes comme les commissions du sol et de l'eau du département de l'Agriculture des États-Unis (USDA), l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) et les établissements d'enseignement supérieur.

### Organisation, coûts et calendrier de l'étude

La coordination de ces études sera assurée par le Groupe de travail technique sur l'agriculture.

Les organismes suivants sont proposés pour diriger l'étude :

- MAPAQ
- USDA

Parmi les organismes qui pourraient contribuer à cette étude, mentionnons :

- Union des producteurs agricoles (UPA)
- AAC
- EC
- Secteur agricole et marchés de l'État de New York
- USGS
- Vermont Agency of Agriculture, Food and Markets (VAAFMM)

**Tableau 4.4 Estimation de la durée et des coûts – agriculture – options B et C (en k\$)**

Principales Tâches - Option B	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Total
Cartographie des risques d'inondation des terres agricoles		50	50			100
Quantification des pratiques agricoles actuelles et passées sur les inondations	20					20
Évaluation des sols agricoles dans le bassin versant qui sont protégées par des digues	20	20				40
Évaluation de la qualité des sols après les dépôts d'une inondation	20					20
Déterminer les possibilités de récupération des plaines inondables	20	40	40			100
Analyse des répercussions des modifications du cours d'eau, travail du sol et densités animales	20	20				40
<b>Total Option B</b>	<b>100</b>	<b>130</b>	<b>90</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>320</b>

Principales Tâches - Option C	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Total
Total Option B	100	130	90	0	0	320
Évaluation de l'utilisation des terres agricoles conjuguée à d'importantes mesures structurelles d'atténuation des inondations et à des scénarios de régularisation connexes			100	100	50	250
<b>Total Option C</b>	<b>100</b>	<b>130</b>	<b>190</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>570</b>

## 5 Planification, évaluation et analyse

Afin de réduire de façon rentable les dommages causés par les inondations, les travaux de planification, d'évaluation et d'analyse visent à établir et à exécuter un processus polyvalent qui permet d'évaluer et de classer les diverses mesures d'atténuation des crues (structurelles, non structurelles et combinaison des deux) proposées pour satisfaire au large éventail des critères de gestion fondés sur certaines méthodes d'évaluation, comme l'analyse coûts-avantages, les compromis axés sur une démarche multicritères etc.

Les travaux de planification, d'évaluation et d'analyse sont modulables et peuvent être ventilés en composantes s'il y a lieu pour optimiser les possibilités de financement. Des modules peuvent être créés pour les études qui se limitent à une région, pour les mesures propres à un site ou exclusives comme des mesures non structurelles uniques.

### Énoncé des travaux

Collaborant de près avec le Groupe d'étude, les groupes de travail techniques et les directeurs et administrateurs de l'étude, le Groupe de planification, d'évaluation et d'analyse s'occupera de pratiquement tous les aspects du plan d'étude. Sous la responsabilité de ce groupe, les outils conçus, les données et les renseignements produits, les possibles mesures d'atténuation des crues, les critères de gestion et la participation du public seront mis ensemble pour définir et proposer les meilleures mesures pouvant être mises en œuvre.

Il intégrera les coûts et autres enjeux sociaux se rattachant à la mise en œuvre des mesures d'atténuation possibles, ainsi que leurs effets prévus sur les ressources comme la santé de l'environnement, les activités de loisirs, la perte des rives et des infrastructures, les utilisations de l'eau à des fins domestiques, industrielles et municipales, l'agriculture, etc.

Cette section du plan d'étude traite de l'intégration des divers volets de l'étude en vue d'évaluer les avantages et les effets des mesures structurelles et non structurelles proposées et son objectif ultime consiste à recommander une ou plusieurs mesures qui tiennent bien compte des préoccupations entourant l'atténuation des impacts des crues.

Parmi les éléments et les sources d'information à intégrer :

- modèles physiques (hydrodynamique, vents, hydrologie, vagues, érosion) et données connexes;
- modèles d'écosystèmes (habitats, zones de frai, oiseaux de rivage, milieux humides, etc.) et données connexes;
- analyse socioéconomique (évaluation) et données connexes. La méthode d'évaluation doit être valable des deux côtés de la frontière;
- évaluation des effets des mesures d'atténuation des crues sur la qualité de l'eau;
- évaluation des effets des mesures d'atténuation des crues sur la santé publique;

- répercussions économiques des mesures d'atténuation des crues sur les recettes fiscales municipales et sur d'autres secteurs comme l'agriculture;
- analyse coûts-avantages des mesures proposées d'atténuation des crues;
- scénarios de changements climatiques et d'apports d'eau;
- options de gestion des plaines inondables;
- inventaire des ouvrages construits à l'intérieur des plaines inondables (maisons, édifices commerciaux et municipaux, infrastructures de transport, zones de loisir, églises, infrastructures municipales – routes, usines d'épuration des eaux, etc.);
- cartes d'occupation du sol (résidentielle, commerciale, agricole, forestière ou minière, réserves fauniques, etc.);
- courbes niveau-dommages;
- indicateurs socioéconomiques de base (sondages, données de recensement, changements d'occupation du sol, tendances économiques, etc.);
- autres possibilités et contraintes susceptibles de nuire à la mise en place de possibles mesures d'atténuation.

Une série de scénarios choisis d'apports d'eau sera utilisée conjointement avec les modèles physiques et un modèle numérique de terrain détaillé pour évaluer, analyser et enfin classer un ensemble de mesures structurelles et non structurelles d'atténuation, notamment les pratiques exemplaires de gestion des plaines inondables.

## 5.1 Planification

### Méthode

#### 5.1.1 Étude approfondie des perceptions sociales et politiques actuelles des mesures structurelles d'atténuation et autres (option A)

Pour évaluer l'opportunité des possibles mesures d'atténuation, structurelles et autres, une étude approfondie sur la possibilité de mettre en place les principales mesures structurelles d'atténuation, sur le plan social, économique et politique, pourra être réalisée. Cette étude confirmera et/ou modulera les conclusions préliminaires de l'analyse superficielle du plan d'étude au sujet des perceptions sociales, économiques et politiques actuelles à l'égard de la mise en place de mesures particulières de prévention et d'atténuation des crues. Ces renseignements précieux serviront directement au processus de planification visant l'évaluation des mesures d'atténuation des crues acceptables sur le plan économique et social étant les plus susceptibles d'être mises en place.

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

L'étude comportera également des tâches qui réuniront des parties prenantes des secteurs publics, politiques et privés dont les points de vue sont différents. Elle favorisera également l'échange d'informations et d'opinions dans le but ultime d'en arriver à la collaboration, à la négociation et à la médiation chaque fois que cela est possible.

Les objectifs de l'étude sont :

- De mobiliser les habitants, municipalités, établissements et entreprises du bassin versant du lac Champlain et de la rivière Richelieu sur la situation des inondations du lac et de la rivière et sur les mesures de prévention ou d'atténuation des crues.
- De comprendre le mieux possible les possibilités de réussite de la mise en place de possibles mesures de prévention ou d'atténuation des crues.
- Au besoin, de rechercher un consensus et de favoriser un climat où le maximum de parties prenantes s'entendent sur la marche à suivre pour réduire les dommages et les impacts des inondations subis par les habitants et l'environnement de l'hydrosystème du lac Champlain et de la rivière Richelieu.

On suggère de procéder par appel de proposition. Chaque proposition devra démontrer l'expertise du demandeur en ce qui a trait à la conception et de l'utilisation d'une combinaison de techniques de consultation qui peuvent comporter des groupes de discussion, des instruments de sondage, des activités de démarchage, des réunions animées ou d'autres utilisations inventives de la technologie (les éléments mentionnés sont descriptifs et peuvent ne pas comporter toutes les options). Les propositions doivent porter au moins sur les tâches suivantes qui doivent faire partie de cette étude :

- Détermination des besoins en matière d'informations : déterminer les informations importantes par rapport à la mise en place (ou l'absence de mise en place) des mesures de prévention des crues et d'atténuation des dommages (p. ex. perceptions actuelles? contraintes? avantages? effets? solutions?).
- Réaliser des sondages d'opinion et d'information publics, politiques et privés pour acquérir les renseignements nécessaires mentionnés à la tâche 1.
- Fournir des résumés et faire des exposés sur les résultats au Groupe d'étude, à la Commission mixte internationale et à toute autre partie intéressée mentionnée (peut-être les gouvernements ou le public).
- Déterminer les besoins d'établir un consensus. Quand cela est-il nécessaire? Comment y répondre?
- Développer un plan d'action pour établir le consensus (en lien avec la tâche précédente).
- Réaliser les activités pour établir un consensus (à déterminer).

Il est proposé de recourir à un organisme neutre pour accomplir cette tâche (une entreprise canado-américaine semble ce qu'il y a de préférable). On sollicitera des demandes de propositions auprès des organismes-conseils qualifiés. Une fois engagés, les organismes-conseils seront tenus de collaborer de près avec le Groupe d'étude et avec tous les groupes de travail techniques visés.



Calendrier : Cette tâche (de l'approbation du contrat jusqu'au produit final) doit se faire au tout début de l'étude, pour s'assurer que les choix des mesures d'atténuation des crues qu'il faut examiner ont des chances raisonnables d'être effectivement mis en œuvre. Il est indispensable que les résultats de cette tâche orientent l'équipe de planification, d'évaluation et d'analyse dans les divers processus d'analyse.

### **5.1.2 Déterminer les contraintes possibles et les critères décisionnels dès le début de l'étude et assurer la coordination avec d'autres parties utiles du plan d'étude (option A)**

Il est important de mobiliser d'emblée les principales parties prenantes pour évaluer les éventuels risques, contraintes et vulnérabilités qui se rattachent aux mesures structurelles et non structurelles d'atténuation des crues, avec la collaboration des groupes de travail techniques responsables des processus physiques et de la réponse des ressources. Le processus de planification vise à déterminer les mesures non structurelles, structurelles et combinées prometteuses qui contribuent à atténuer les effets des crues. Il faut agir en mode itératif, car cela éclaire la nature et l'étendue des autres volets techniques de l'étude, notamment la collecte de données.

Cette tâche doit avoir lieu dès le commencement de l'étude à titre de mesure de gestion des risques et pour être sûr qu'aucun élément significatif n'est négligé. L'idéal serait sans doute d'utiliser des questions simples (voir exemples ci-après) dans le cadre d'un atelier tôt dans l'étude avec les experts et les principales parties prenantes et tous les groupes de travail techniques, en marge de l'analyse sociale approfondie qui est décrite au paragraphe 5.1.1.

- Existe-t-il une solution rapide évidente, même si elle n'est que partielle?
- Quels sont les éventuels effets négatifs perçus sur l'environnement des mesures structurelles d'atténuation des crues?
- Quels sont les éventuels effets perçus des mesures structurelles d'atténuation des inondations sur la sécurité publique?
- Les méthodes existantes de gestion des plaines inondables donnent-elles des résultats concluants?

### **5.1.3 Effets cumulatifs (option A)**

Un constat sans équivoque des réunions publiques tenues en août 2012 est qu'on se préoccupe et s'interroge au sujet des effets cumulés des modifications que les humains ont apportées à l'hydrosystème dans le passé. Déterminer les modifications successives du bassin versant comme les changements survenus dans le drainage de surface, l'occupation des plaines inondables, les ouvrages le long des rives et du littoral, les digues, le redressement du lit des cours d'eau, etc., permettrait d'obtenir des renseignements nécessaires pour simuler le régime naturel du système. Bien que cela soit possible sur le plan technique, il s'agit d'un projet de grande envergure, qui dépasse sans doute la portée de la directive de l'étude actuelle.

Cependant, le Groupe de travail international du plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu (le Groupe de travail) reconnaît les préoccupations exprimées lors des réunions publiques au sujet des conséquences que le régime hydraulique subit et qui s'expliquent

probablement par les ouvrages aménagés par le passé, en particulier au voisinage de Saint-Jean-sur-Richelieu. Par exemple, les piliers restants du pont Jones (qui a été enlevé depuis), les ouvrages de pêche à l'anguille dans les hauts-fonds de Saint-Jean, le barrage Fryers, l'élargissement des piliers du pont Drouin, les travaux de protection des piliers du pont ferroviaire, l'élargissement du canal de Chambly, les piliers de soutènement des ponts et d'autres ouvrages ont été mentionnés et on les associe à une augmentation du niveau d'eau dans le lac Champlain observée dans les années 1970. La modélisation des modifications causées par certains grands ouvrages sur l'hydrosystème permettra effectivement de quantifier leurs impacts relatifs sur le régime hydraulique et répondront peut-être à certaines des questions soulevées jusqu'ici.

La quantification scientifique des impacts relatifs de certaines modifications anthropiques passées ayant conduit au régime hydraulique actuel semble être une première étape pour parvenir à une compréhension commune.

## 5.2 Évaluation des mesures d'atténuation des crues

### Commentaires généraux

La frontière entre des mesures structurelles et non structurelles est discutable, car il se peut que certains travaux structurels soient indispensables à une mesure non structurelle, comme l'enlèvement d'édifices d'une plaine inondable. Dans un premier temps, cette étude adopte les définitions suivantes :

*Une mesure structurelle d'atténuation vise surtout à tenir les crues à l'écart des gens et de leurs biens, alors qu'une mesure non structurelle vise surtout à tenir les gens et leurs biens à l'écart des crues.*

Le classement des mesures d'atténuation des crues reposera sur l'évaluation de leurs effets et sur l'analyse coûts-avantages. Les effets seront évalués d'après les indicateurs, paramètres et informations dont il est question au chapitre 4, c.-à-d. les milieux humides et la faune, l'utilisation de l'eau à des fins récréatives, domestiques, industrielles et municipales, les rives et le bâti en zone inondable et l'agriculture. L'analyse coûts-avantages permettra de comparer les résultats directs des divers plans. On comparera les effets bénéfiques et nuisibles de chaque plan, y compris les coûts et avantages financiers et non financiers. On analysera aussi les incidences sociales et sanitaires pour évaluer l'efficacité relative des solutions (p. ex. assurance, dommages, avantages, etc.). Le Groupe de planification, d'évaluation et d'analyse décidera des méthodes précises et des valeurs et coûts à attribuer en consultation avec des spécialistes.

### Méthode

#### 5.2.1 Modèle de vision partagée à construire (option B)

Un modèle de « vision partagée » apporte une vision collective d'un système de ressources en eau. Il a quatre grands éléments : un processus de planification basé sur des systèmes, un

processus officiel de participation des parties prenantes, un processus pour construire en collaboration en modèle de simulation du système à analyser et un système d'aide à la décision qui s'applique à la décision initiale et aux adaptations qui suivent (commun. pers., Bill Werick).

Comme l'indique Creighton (2010),

[traduction]

*Une caractéristique première de la planification d'une vision commune est l'alliance d'une planification (ou prise de décision) rigoureuse et de l'utilisation d'un modèle informatique qui est élaboré avec une grande participation des parties prenantes. Le processus de planification et l'élaboration du modèle informatique exigent une série d'étapes qui doivent être intégrées pour donner un processus unique et efficace. Une fois que le modèle est jugé valable, c'est-à-dire que les parties prenantes conviennent qu'il semble prévoir de façon fiable l'interaction de toutes les variables, il est prêt à servir à la définition et à l'évaluation de scénarios de planification.*

La méthode intègre diverses techniques comme des analyses de sensibilité pour évaluer le bien-fondé des recommandations formulées, compte tenu de l'incertitude qui entoure les données et les prévisions. Elle sera adaptée au contexte du lac Champlain et de la rivière Richelieu et aux mesures d'atténuation à comparer.

### **5.2.2 Incorporer les objectifs, seuils, paramètres et critères de rendement pour évaluer les mesures d'atténuation (option B)**

Cette tâche se fera avec la collaboration d'experts qui connaissent bien les modèles de réponse des ressources (chapitre 4) et avec les principales parties prenantes. L'équipe d'experts évaluera les critères de rendement, les objectifs et les seuils nécessaires sur le plan de la résolution spatiale et temporelle des données qu'il faut pour évaluer avec justesse les mesures d'atténuation des crues.

### **5.2.3 Concevoir l'évaluation de référence des effets (option B)**

L'étude doit englober l'évaluation de référence des effets possibles sans intervention. On utilisera divers scénarios d'apports d'eau dans des climats stables et modifiés ainsi que des scénarios socioéconomiques pour produire les scénarios de référence. On évaluera ensuite les options et on comparera leurs effets à chacune des évaluations de référence. Le scénario de référence servira à vérifier les méthodes d'évaluation et à y apporter des ajustements s'il y a lieu.

### **5.2.4 Possibles mesures non structurelles d'atténuation des crues (option B)**

L'objectif principal de cette étude est de cerner des mesures non structurelles envisageables pour le secteur étudié du lac Champlain et de la rivière Richelieu dans le but d'aider la population à prévoir, à atténuer, à résister et à se remettre de problèmes attribuables à l'eau. Parmi les mesures analysées, il peut y avoir :

- La restauration et la préservation des milieux humides.
- La stabilité et la bio-ingénierie des rives.

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

- La remise en état et la gestion du couloir de la rivière et de la plaine inondable.
- L'utilisation des zones tampons riveraines, et des terres agricoles pour le stockage.
- L'amélioration ou la création de règlements, d'ordonnances, de règlements municipaux ou de lois (à l'échelle municipale, étatique, provinciale, fédérale).
- La surélévation ou le déménagement d'ouvrages, l'édification sur pilotis.
- La protection contre les inondations.
- Le déplacement des bâtiments dans une zone moins à risque.
- La sensibilisation et l'éducation du public, y compris la sensibilisation des entreprises à l'intégration de la gestion des risques d'inondation dans leurs décisions et leurs processus de planification.
- L'amélioration des systèmes d'alerte des crues de façon à optimiser le niveau de précision des modèles et les flux de données selon la puissance informatique dont on dispose, pour arriver à fournir des produits prévisionnels utiles en temps voulu.
- La gestion des risques.
- L'enlèvement des plantes aquatiques.
- Les programmes d'acquisition et de servitude.
- L'installation sur le bord des routes de bornes indiquant le niveau d'eau et la date de crues importantes dans les plaines inondables du lac Champlain et de la rivière Richelieu.

Le travail en mode itératif et la formulation de recommandations sur des mesures non structurelles d'atténuation doivent faire partie de l'étape de la planification et de l'évaluation. Il faut prévoir des recommandations visant les renseignements et les données supplémentaires nécessaires.

### **5.2.5 Possibles mesures structurelles d'atténuation des crues (options B et C)**

L'objectif de ces travaux est de concevoir une méthode permettant de dresser la liste des possibles mesures structurelles d'atténuation des crues, d'en déterminer les plus prometteuses par une évaluation préliminaire de leurs avantages et inconvénients et de « simuler » ces solutions grâce à l'environnement de modélisation pour évaluer leur rendement.

La plupart des mesures proposées doivent être envisagées conjointement avec les mesures non structurelles. Comme exemple, la construction d'un nouveau barrage obligera à revoir la politique en vigueur sur l'occupation du sol.

### Évaluation préliminaire

Il est possible de procéder à une évaluation préliminaire des mesures d'atténuation des crues en fonction des données dont on dispose déjà. Cela veut dire néanmoins qu'il faudra immédiatement lancer un projet visant à constituer une base de données communes où tous les organismes devront mettre les données utiles qu'ils ont déjà en leur possession.

- L'évaluation doit contenir uniquement une brève description du projet (niveau de protection recherché dans le futur, description de chaque solution et évaluation préliminaire des coûts). Plusieurs mesures d'atténuation des crues ont été étudiées par le passé. Ces estimations tirées d'études antérieures doivent être actualisées.
- Les mesures d'atténuation des crues les plus prometteuses devraient ressortir de l'analyse tandis que les mesures moins « réalistes » seront rejetées.

### Évaluation approfondie des mesures prometteuses d'atténuation des crues

Les prochaines étapes consistent à intégrer les mesures les plus prometteuses dans les modèles hydrodynamiques bidimensionnels et à établir s'il y a lieu les plans de gestion des eaux connexes pour respecter les critères de gestion recherchés. Les mesures seront modélisées et vérifiées par rapport aux scénarios d'apports d'eau afin de quantifier les risques et les vulnérabilités qui se rattachent à chaque volet, de maximiser les ratios avantages-effets et avantages-coûts et d'autres outils analytiques recommandés.

### Exemples de possibles mesures structurelles d'atténuation des crues

Les experts consultés lors de l'atelier d'experts ont dressé une liste préliminaire des mesures structurelles visant à atténuer les inondations et l'érosion le long du lac Champlain et de la rivière Richelieu. Les options de cette liste préliminaire doivent être confirmées par un deuxième exercice axé sur des solutions novatrices.

#### **Mesures structurelles modérées d'atténuation des crues (option B) :**

- Construction de bassins de rétention sur les affluents du lac et de la rivière pour ralentir les entrées d'eau dans le lac (détournement des eaux de crue).
- Enlèvement des vestiges d'ouvrages tels que les dispositifs de pêche à l'anguille situés sur les hauts-fonds à Saint-Jean.
- Dragage partiel des hauts-fonds de Saint-Jean.
- Canal de Chambly :
  - Ériger un mur étroit pour élargir la rivière le long du mur agrandi au début des années 1970.
  - Supprimer le canal ou en réduire la largeur dans la région de Saint-Jean.
  - Construire un nouveau canal dans la région de Saint-Jean qui améliorera la capacité de navigation sur la rivière.
  - Reconfigurer le canal de Chambly et l'utiliser comme ouvrage de dérivation pour l'atténuation des crues, y compris établir les plans de régularisation connexes.

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

- Utilisation des terres agricoles pour retenir l'eau durant les crues (à des fins de détournement).
- Construction de digues pour créer des zones protégées.
- Déplacement des bâtiments et infrastructures situés dans la zone à risque d'inondation.
- Utilisation de tous les barrages et ouvrages de retenue, tel le barrage de Waterbury, pour évaluer la capacité d'atténuation que peuvent avoir les ouvrages existants et ceux proposés.

### **Mesures structurelles appréciables d'atténuation des crues qui permettent la régularisation de toutes les plages d'apports d'eau (option C) :**

- Construction d'un barrage conjuguée au dragage des hauts-fonds rocheux à Saint-Jean-sur-Richelieu :
  - Un barrage à Saint-Jean-sur-Richelieu.
  - Un barrage à la sortie du lac au voisinage de Rouses Point.
  - Un nouveau barrage sur le site du barrage Fryers.
- Installation de paniers-gabions mobiles montés sur barge près de Saint-Jean-sur-Richelieu et dragage des hauts-fonds à Saint-Jean-sur-Richelieu.
- Déversoir à crête fixe conjugué au dragage des hauts-fonds de Saint-Jean.
- Dragage des hauts-fonds seulement sans construction d'ouvrage.
- Détournement de l'eau vers le canal Champlain avec déversement dans le fleuve Hudson.
- Détournement de certains cours d'eau vers d'autres plans d'eau (p. ex. rivière aux Brochets).
- Possibilité d'un canal de dérivation (canal d'évacuation des crues) dont les deux extrémités restent à définir.
- Reconstruction des routes des deux côtés de la rivière et autour du lac pour qu'elles tiennent lieu de digues de protection.

## **5.3 Analyse**

### **Méthode**

#### **5.3.1 Évaluer et classer les solutions de rechange (options B et C)**

Il faut quantifier les risques et les vulnérabilités relatifs à chaque élément susceptible d'être affecté par des mesures structurelles et non structurelles visant à atténuer les effets des inondations et extraire des critères de rendement correspondants pour chaque élément. On utilisera pour les évaluations les modèles de réponse des ressources, les renseignements, les

seuils, les critères décisionnels, les analyses coûts-avantages, les techniques du modèle de vision partagée et d'autres outils.

### **5.3.2 Organiser les ateliers connexes, y faire participer le public et les parties prenantes (options A, B et C)**

À mesure que l'étude avance, on procédera à un échange bidirectionnel d'informations avec le public, les experts, les parties prenantes, les organismes participant au processus décisionnel et les membres du Groupe consultatif d'intérêt public (GCIP). On rendra compte de l'état d'avancement de l'étude par l'entremise du groupe des communications et en utilisant les outils qui conviennent.

Les résultats de l'étude approfondie des perceptions sociales et politiques actuelles des mesures structurelles d'atténuation devraient contribuer à préciser les orientations à étudier.

### **5.3.3 Recommander des solutions dans un rapport approuvé par la Commission mixte internationale et publié**

Les mesures possibles d'atténuation des crues qui ont été évaluées et analysées y seront décrites, et des recommandations y seront formulées avec un niveau de détail suffisant pour comprendre les avantages et les effets négatifs des solutions et pour étayer les recommandations.

### **Organisation, coûts et calendrier de l'étude**

Les organismes suivants sont proposés pour diriger cette étude :

- EC
- MSP
- MDDEFP
- USACE

Parmi les organismes qui pourraient contribuer à cette étude, mentionnons :

- Sécurité publique Canada
- Statistique Canada
- MAPAQ
- MSSS
- VTANR
- NYSDEC
- USGS
- NOAA
- Organismes à but non lucratif (LCC, PMVLC, VACD, etc.)

Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

**Tableau 5.1 Estimation de la durée et des coûts – planification, évaluation et analyse – options A, B et C (en k\$)**

<b>Principales tâches – option A</b>	<b>Année 1</b>	<b>Année 2</b>	<b>Année 3</b>	<b>Année 4</b>	<b>Année 5</b>	<b>Total</b>
Étude approfondie des perceptions sociales et politiques actuelles des mesures structurelles d'atténuation	65	20				<b>85</b>
Identification précoce des problèmes, critères et coordination	50	50	25			<b>125</b>
Effets cumulatifs de certaines mesures anthropiques passées		50	50			<b>100</b>
Recommander des solutions			40			<b>40</b>
Organiser les ateliers connexes, faire participer le public	10	10	20			<b>40</b>
Rédiger les rapports		20	40			<b>60</b>
<b>Total – option A</b>	<b>125</b>	<b>150</b>	<b>175</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>450</b>

<b>Principales tâches – option B</b>	<b>Année 1</b>	<b>Année 2</b>	<b>Année 3</b>	<b>Année 4</b>	<b>Année 5</b>	<b>Total</b>
Total – option A	125	150	175	0	0	<b>450</b>
Identification précoce des problèmes, critères et coordination				25	25	<b>50</b>
Construire le modèle de vision partagée ou un modèle similaire	35	35	25			<b>95</b>
Établir les objectifs et mesures d'évaluation	10	10	10	0	0	<b>30</b>
Évaluation des effets du scénario de référence			40			<b>40</b>
Éventuelles solutions non structurelles d'atténuation des crues	50	50	50	100	100	<b>350</b>
Éventuelles solutions structurelles modérées d'atténuation des crues	20	20	50	100	100	<b>290</b>
Évaluer et classer les options			30	60	60	<b>150</b>
Recommander des solutions				40	40	<b>80</b>
Organiser les ateliers connexes, faire participer le public				20	20	<b>40</b>
Rédiger les rapports				20	40	<b>60</b>
<b>Total – option B</b>	<b>240</b>	<b>265</b>	<b>380</b>	<b>365</b>	<b>385</b>	<b>1 635</b>

<b>Principales tâches –option C</b>	<b>Année 1</b>	<b>Année 2</b>	<b>Année 3</b>	<b>Année 4</b>	<b>Année 5</b>	<b>Total</b>
Total – option B	240	265	380	365	385	<b>1 635</b>
Éventuelles solutions non structurelles d'atténuation des crues				50	50	<b>100</b>
Éventuelles solutions structurelles importantes d'atténuation des crues	40	40	100	200	200	<b>580</b>
Évaluer et classer les options	0	0	60	180	180	<b>420</b>
Recommander des solutions				40	60	<b>100</b>
Organiser les ateliers connexes; faire participer le public				20	20	<b>40</b>
Rédiger les rapports				20	40	<b>60</b>
<b>Total – option C</b>	<b>280</b>	<b>305</b>	<b>540</b>	<b>875</b>	<b>935</b>	<b>2 935</b>



## **6 Organisation du plan d'étude**

### **6.1 Gestion de l'étude**

Le Groupe d'étude et les groupes de travail techniques collaboreront de près avec le Groupe consultatif d'intérêt public tout au long de l'étude. Le niveau de gestion nécessaire dépendra de l'option mise en œuvre. La création d'un groupe d'étude demeure pertinente pour toutes les options. Cela dit, l'option A, essentiellement constituée d'une analyse préliminaire et d'activités préparatoires, exigera une direction et une gestion allégées par rapport aux options B et C décrites ci-dessous. La figure 1.6 illustre la structure organisationnelle prévue de l'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu.

Les groupes horizontaux et de gestion de l'étude, ainsi que les groupes de travail techniques devraient se composer pour moitié de personnes des États-Unis et pour moitié de personnes du Canada.

#### **6.1.1 Groupe d'étude**

Compte tenu de la nature pluridisciplinaire de l'étude, il est proposé qu'un groupe d'étude soit établi et qu'il dirige les travaux des équipes d'étude. Le Groupe d'étude sera responsable du déroulement de l'étude, il veillera à ce que ses objectifs soient atteints, à ce que les travaux soient axés sur les objectifs de l'étude, à ce que les calendriers soient respectés et à ce que des fonds soient attribués en temps voulu et de façon logique. Le Groupe d'étude comportera un nombre égal de membres du Canada et des États-Unis qui seront nommés par la Commission mixte internationale à titre personnel et professionnel. Il paraît souhaitable que le Groupe d'étude compte 10 membres, car au-delà de ce nombre, le comité risque de devenir ingérable et son efficacité serait réduite. Les membres du Groupe d'étude seront des experts dans des disciplines ayant un rapport avec cette étude et posséderont l'expérience et la capacité nécessaires pour comprendre et adopter une approche objective à l'égard des données scientifiques et techniques. Voici comment se composera le Groupe d'étude : deux coprésidents (un du Canada, un des États-Unis), vraisemblablement les directeurs de l'étude et, du côté américain, un représentant du Vermont et un de l'État de New York, un représentant du gouvernement fédéral et un membre du Groupe consultatif. Du côté canadien, des représentants de la province de Québec, du gouvernement fédéral et un membre du Groupe consultatif compléteront le Groupe d'étude. Celui-ci se réunira de quatre à cinq fois par an ou selon une autre fréquence jugée appropriée.

Le Groupe d'étude sera dirigé par deux directeurs à mi-temps, qui en assureront la présidence, et par deux administrateurs à mi-temps, qui collaboreront étroitement avec les groupes de travail techniques aux affaires financières et administratives courantes et notamment à l'administration des contrats.

De plus, un ou des adjoints administratifs pourraient apporter un soutien, selon les engagements des directeurs et administrateurs. Il faudra fixer d'entrée de jeu les attentes liées aux postes afin d'assurer à l'étude une direction efficiente et sans redondance.

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

Le Groupe d'étude devra alors établir des groupes de travail techniques binationaux selon les besoins. Ceux-ci seront chargés de mener les études particulières dans leur secteur respectif de ressources. Ils se composeront d'un nombre égal (dans la mesure du possible) de membres du Canada et des États-Unis qui travailleront pour la Commission à titre personnel et professionnel.

Des spécialistes provenant des organismes gouvernementaux seront nommés pour participer à l'étude, mais il convient aussi d'envisager la participation de citoyens, d'entreprises et d'universitaires qui ont une solide connaissance des problèmes des niveaux d'eau du lac Champlain et de la rivière Richelieu et qui ont l'expérience des études pluridisciplinaires.

### 6.1.2 Groupes de travail techniques

Le Groupe d'étude créera également des groupes de travail techniques à qui il confiera la conception et l'exécution des études selon la portée, les méthodes et les tâches décrites dans le présent plan d'étude. Tous les groupes de travail techniques feront également appel aux experts disponibles des deux pays et attribueront les ressources en conséquence en ayant recours à divers organismes. L'élaboration de leur travail et leur emploi du temps devront être coordonnés par le Groupe d'étude. Les groupes de travail techniques doivent travailler en collaborant entre eux afin d'assurer une bonne efficacité et des échanges de renseignements pertinents.

Les groupes de travail techniques seront nécessaires pour les études et activités suivantes :

- Causes et effets des inondations
- Pratiques de gestion des plaines inondables
- Évaluation du besoin d'une cartographie en temps réel des crues
- Adaptations à la variabilité des apports d'eau
- Besoins de données communes
- Climatologie et hydrologie
- Hydraulique et érosion
- Gestion de l'information
- Évaluation des milieux humides et de la faune
- Utilisation de l'eau à des fins récréatives, domestiques, industrielles et municipales
- Rives et bâti en zone inondable
- Agriculture
- Planification, évaluation et analyse

Les différents membres de chaque groupe de travail technique doivent collaborer et, au besoin, contribuer aux plans d'étude et à leur mise en œuvre, être tenus au courant des progrès et des résultats et examiner les rapports finals et les recommandations et formuler des avis à leur sujet. La totalité d'un groupe de travail technique doit être représentée au cours des présentations publiques des résultats des volets de l'étude.

Les coûts liés aux groupes consultatifs techniques ne sont pas indiqués séparément, car on s'attend à ce que le temps consacré par les membres des groupes de travail techniques coïncide avec les études menées et soit traité comme tel.

### 6.1.3 Gestion adaptative

Comme il est indiqué dans les principes directeurs (1.7.1) de ce plan d'étude, la gestion adaptative doit être un élément clé de chaque étude ou tâche entreprise. Le guide technique sur la gestion adaptative produit par le ministère de l'Intérieur des États-Unis (Williams, Szarp et Shapiro, 2007) stipule que :

[traduction]

*La gestion adaptative est recommandée si la gestion peut influencer beaucoup sur le système, mais l'incertitude quant aux effets de la gestion est élevée.*

Même si l'incertitude qui entoure les mesures de gestion peut être importante, on ignore actuellement le degré d'influence possible sur l'hydrosystème qui se rattache aux mesures d'atténuation.

Il n'en reste pas moins que le Groupe d'étude devrait adopter les principes de la gestion adaptative et les mettre en pratique pendant tout le déroulement de l'étude, en les modulant en ce qui concerne les mesures d'atténuation réelles choisies et leur niveau d'influence sur l'hydrosystème. Le Groupe d'étude pourra vouloir appliquer les éléments suivants :

- Des objectifs de gestion qui sont régulièrement revus et révisés en conséquence.
- Au moins un modèle de l'hydrosystème géré.
- Un éventail de choix de gestion.
- La surveillance et l'évaluation des résultats.
- Un ou plusieurs mécanismes afin d'incorporer les leçons apprises dans les décisions futures.
- Une structure de collaboration pour la participation et l'apprentissage des parties prenantes.

Bon nombre de ces éléments sont déjà intégrés dans le présent plan d'étude. Le Groupe d'étude doit alors s'assurer que les autres paramètres utiles sont abordés en fonction des besoins, selon le niveau de contrôle prévu dans le bassin qui se dégagera et formuler des recommandations sur la gestion adaptative dans son rapport à l'intention de la Commission mixte internationale.

### Coûts de gestion de l'étude

Les coûts englobent essentiellement les salaires et frais de déplacement de deux directeurs de l'étude à mi-temps et de deux administrateurs de l'étude à mi-temps.

**Tableau 6.1 Estimation de la durée et des coûts – gestion de l'étude – options A, B et C (en k\$)**

<b>Principales tâches – option A</b>	<b>Année 1</b>	<b>Année 2</b>	<b>Année 3</b>	<b>Année 4</b>	<b>Année 5</b>	<b>Total</b>
Coûts de fonctionnement pour la gestion de l'étude – analyse préliminaire et travaux préparatoires	240	240	240			720
<b>Total – option A</b>	<b>240</b>	<b>240</b>	<b>240</b>			<b>720</b>

<b>Principales tâches – options B et C</b>	<b>Année 1</b>	<b>Année 2</b>	<b>Année 3</b>	<b>Année 4</b>	<b>Année 5</b>	<b>Total</b>
Total – option A	240	240	240			720
Coûts de fonctionnement pour la gestion de l'étude				240	240	480
<b>Total – options B et C</b>	<b>240</b>	<b>240</b>	<b>240</b>	<b>240</b>	<b>240</b>	<b>1 200</b>

## 6.2 Groupes horizontaux

Les groupes horizontaux décrits dans cette section font partie intégrante de l'étude et fournissent des ressources et un soutien à tous.

### 6.2.1 Groupe des communications

Les questions d'atténuation des crues et de leurs conséquences sur le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu font l'objet d'études depuis près d'un siècle. Durant tout ce temps, l'importance et les difficultés liées à la mobilisation de tous les usagers du lac et de la rivière ont été manifestes. Cette étude doit être perçue comme ouverte, inclusive et équitable. Pour en assurer le succès, des communications efficaces entre les gouvernements et les usagers du lac Champlain et de la rivière Richelieu sont essentielles.

La mise à profit des leçons tirées des expériences passées garantira que les futures études feront appel à la participation du public par des moyens les plus productifs et efficaces possible. Les communications avec le public et la sensibilisation de ce dernier sont indispensables à la mise en place fructueuse des mesures d'atténuation des crues.

Une fois l'étude amorcée, une page Web détaillée sur l'étude sera construite et maintenue pendant la durée de l'étude afin d'assurer des communications permanentes avec le public. La page Web comportera une section destinée aux commentaires et aux questions, et il sera répondu à toutes les questions dès que possible, selon leur complexité et l'avancement de l'étude. La page Web comportera des sections distinctes pour les volets des études, notamment les descriptions des projets, les listes des participants, les documents de travail approuvés et les résumés des résultats et de l'état d'avancement.

La page Web comportera au minimum :

- Le nom des membres du Groupe d'étude et des directeurs/administrateurs.
- Le nom des membres des groupes de travail.
- Des descriptions des études en cours.
- Un système pour consulter les métadonnées (description des données fournies pouvant être hébergées sur plusieurs systèmes).

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

- Des mises à jour régulières de l'état d'avancement de l'étude.
- Des rapports des comités individuels sur les méthodes et les résultats.
- Des graphiques ou des présentations en PowerPoint utiles pour expliquer l'étude.
- Les objectifs et les buts.
- Un secteur qui permet au public de réagir et d'ajouter son nom à une liste d'envoi.
- Une liste annonçant les réunions et les activités publiques.
- Des renseignements éducatifs de base sur l'hydrologie et l'hydraulique du lac Champlain et de la rivière Richelieu.

Un bulletin sur l'étude sera publié et diffusé au moins chaque semestre pour décrire les études en cours et leur état d'avancement. Une liste de diffusion devra en être dressée et tenue à jour. Des listes analogues à celles utilisées dans l'établissement du présent plan d'étude pourront être mises à jour à cette fin. Ce bulletin sera également diffusé aux médias avec des communiqués de presse qui souligneront les faits intéressants.

Des réunions publiques doivent être planifiées chaque année pour communiquer avec le public de manière plus officielle. Outre les publipostages et les avis sur Internet, l'équipe utilisera également les journaux et la radio pour annoncer les réunions publiques. Des communications prévues dans le cadre de conférences régionales sont un autre excellent moyen de faire connaître les objectifs de l'étude et les premiers résultats à la communauté technique.

Une conférence ou un colloque de synthèse, dont les actes seront publiés, est également souhaitable au cours ou à la fin du processus et les résultats de toutes les études scientifiques sous-jacentes y seront présentés.

### **Plan de communication**

L'élaboration d'un plan officiel de communication avec le public doit être la première mesure prise par le Groupe d'étude. Le but de ce plan de communication est d'intégrer les efforts du Groupe d'étude avec ceux de sensibilisation du public et de défense des intérêts.

Parmi les principales questions qu'il faut aborder dans l'élaboration d'un plan de communication, mentionnons :

- De quelles capacités de communication dispose-t-on (effectifs/temps/ressources)?
- Quels sont les buts du plan de communication?
- Quel est le public ciblé?
- Quels sont les enjeux? Qui est concerné par ces enjeux?
- Quels sont les messages qu'il faut adresser au public?
- Qui sont les meilleurs messagers pour joindre le public ciblé?
- Quels sont les circuits et les moyens de communication?

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

- De quelle façon le plan sera-t-il mis en œuvre?
- À quels stades et de quelle façon mesurera-t-on le succès du plan?

### Coûts du groupe des communications

**Tableau 6.2.1 Estimation de la durée et des coûts – communications – options A, B et C (en k\$)**

Principales tâches – option A	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Total
Tâches opérationnelles du groupe des communications – analyse préliminaire et travaux préparatoires	50	50	50			150
<b>Total – option A</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>150</b>

Principales tâches – options B et C	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Total
Total Option A	50	50	50	0	0	150
Tâches opérationnelles du groupe des communications				50	50	100
<b>Total – options B et C</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>250</b>

### 6.2.2 Groupe consultatif d'intérêt public

Le Groupe consultatif d'intérêt public (GCIP) sera mis sur pied pour participer à l'ensemble de l'étude. Il comptera des membres au sein de chacun des comités et exercera donc une importante influence sur l'orientation de l'étude. Le Groupe de travail international du plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu recommande de constituer le GCIP de manière à ce que les intérêts et les enjeux des principaux groupes et parties touchés soient représentés de façon officielle durant l'étude. Le GCIP se composera de personnes choisies par la Commission mixte internationale et provenant de groupes d'intérêt des États-Unis et du Canada. Il relèvera du Groupe d'étude, mais sera nommé par la Commission. Le GCIP travaillera avec le Groupe d'étude pour sensibiliser le public et apportera son concours au Groupe d'étude. Il sera l'organe consultatif du Groupe d'étude.

Parmi les intérêts à représenter, il y aura ceux :

- des propriétaires riverains;
- du récréotourisme;
- de l'agriculture;
- de l'environnement;
- des Premières Nations;
- des municipalités et des collectivités regroupées par région ou comté;
- d'autres, s'il y a lieu.

En raison des facettes multiples de chacun de ces groupes d'intérêt, les membres du GCIP seront appelés, par l'entremise de leur propre réseau de personnes-ressources, à contribuer à toute autre activité de participation du public.

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

Il est impératif que le processus de consultation/participation du public commence dès la formulation des mandats définitifs des études individuelles et se poursuive tout au long du processus. Le GCIP doit être créé au tout début et se réunir au moins deux fois par an. On recommande qu'il se compose de 10 à 12 membres. Signalons que ses membres sont des bénévoles et que seuls leurs frais de déplacement sont pris en charge. Les attentes du temps qu'ils doivent consacrer aux travaux du comité doivent être clairement communiquées aux éventuels membres dès le commencement de l'étude.

Le GCIP (ou ses représentants) doit servir de point de liaison avec les groupes techniques afin de leur apporter une contribution et de rendre des comptes s'il y a lieu. Ces personnes contribueront aux plans d'étude, seront tenues au courant des progrès et des résultats et examineront les rapports finals et les recommandations et formuleront des avis à ce sujet. Elles seront assises à la tribune à l'occasion de toutes les présentations publiques des résultats des volets de l'étude. En raison de son rôle unique, le GCIP offrira une enceinte où évaluer et vérifier, à partir de la réalité de terrain, l'orientation de l'étude.

### Organisation, calendrier et coûts du groupe

Le GCIP doit être créé dès la première année de l'étude et oeuvrer tout au long de l'étude et même après celle-ci de afin d'assurer la continuité, en utilisant les principes de la gestion adaptative comme lignes directrices pour les buts à atteindre une fois l'étude achevée.

### Coûts du Groupe consultatif d'intérêt public

**Tableau 6.2.2 Estimation de la durée et des coûts – intérêt public – options A, B et C (en k\$)**

Principales tâches – option A	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Total
Tâches opérationnelles du Groupe consultatif d'intérêt public – analyse préliminaire et travaux préparatoires	50	50	50			150
<b>Total – option A</b>	50	50	50	0	0	150

Principales tâches – options B et C	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Total
Total – option A	50	50	50	0	0	150
Tâches opérationnelles du Groupe consultatif d'intérêt public				50	50	100
<b>Total – options B et C</b>	50	50	50	50	50	250

### 6.2.3 Groupe d'examen technique indépendant

Le Groupe d'étude ou ses groupes de travail auront recours à l'évaluation par les pairs lorsque cela sera justifié. Des groupes d'experts dans diverses disciplines, en particulier les pratiques de gestion des plaines inondables, la modélisation physique et les évaluations des réponses des ressources, seront indispensables pour aider le Groupe d'étude à décider des méthodes d'étude et des principales hypothèses qui s'imposent.

### Organisation, coûts et calendrier de l'étude

Il paraît souhaitable que l'étude soit dirigée par des organismes comme la National Academy of Sciences.

Les organismes suivants possèdent une vaste expertise des examens scientifiques :

- National Academy of Sciences
- Commission d'hydrologie de l'Organisation météorologique mondiale (OMM).

### Coûts du Groupe d'examen technique indépendant

**Tableau 6.2.3. Estimation de la durée et des coûts – examen technique indépendant – options A, B et C (en k\$)**

Principales tâches – option A	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Total
Coûts opérationnels du Groupe d'examen technique indépendant – analyse préliminaire et travaux préparatoires		50	75			125
<b>Total – option A</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>125</b>

Principales tâches – options B et C	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Total
Total – option A	0	50	75	0	0	125
Coûts opérationnels du Groupe d'examen technique indépendant	0			75	25	100
<b>Total – options B et C</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>25</b>	<b>225</b>



## 7 Constatations et recommandations

### Constatations du Groupe de travail

Le Groupe de travail international du plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu (le Groupe de travail) attire l'attention des commissaires sur les principaux éléments qu'il dégage des réunions publiques et des commentaires reçus de citoyens, de spécialistes et d'organismes :

- Les points de vue sur ce que peuvent être les solutions idéales d'atténuation sont très variés. Les mesures possibles embrassent la gamme complète, de l'atténuation des effets seulement (et non des crues) à la pleine régularisation des niveaux d'eau pour limiter les dommages causés par les crues qu'on envisage généralement sous la forme de l'aménagement d'un barrage à Saint-Jean-sur-Richelieu et du dragage des hauts-fonds.
- Plusieurs des mesures possibles indiquées visent à ralentir l'afflux d'eau dans le lac Champlain et la rivière Richelieu. D'autres visent à accélérer l'évacuation de l'eau hors de l'hydrosystème.
- Il a été dit clairement que, si des mesures structurelles d'atténuation des crues, même modérées, devaient être analysées, il faudrait que les évaluations des effets à prévoir sur les ressources et les utilisations, en particulier sur l'environnement, soient de qualité et se fondent sur les meilleurs éléments scientifiques et sur des principes d'analyse solides.
- Il y a une ferme volonté de trouver des solutions. Plusieurs citoyens et organismes, des maires ainsi que la Municipalité régionale de comté du Haut-Richelieu ont fait sentir au Groupe de travail qu'ils étaient pressés que des mesures soient prises pour atténuer les crues et empêcher que des risques indus menacent les personnes et les biens dans l'éventualité d'une autre inondation.
  - Des organismes locaux et régionaux sont chargés de mettre en œuvre les meilleures pratiques de gestion et d'apporter des améliorations à l'échelle locale et à court terme, et ils peuvent le faire. Cependant, le Groupe de travail reconnaît que des solutions binationales intégrées, à plus long terme, sont aussi nécessaires, et c'est pourquoi le travail de la Commission mixte internationale est si précieux, y compris cette étude visant à déterminer les mesures pour atténuer les crues et leurs effets sur le lac Champlain et la rivière Richelieu.

Cela dit, le Groupe de travail considère que, pour le moment, il y a un déficit de gouvernance pour se préparer aux inondations et coordonner les interventions à l'échelle du bassin. Ce déficit ne sera pas comblé par la création du Groupe d'étude que recommande ce rapport, et les administrations concernées devraient s'y attaquer dès que possible.

- Les administrations de tous ordres doivent encourager une culture de préparation aux inondations et de résilience face aux risques d'inondation dans le bassin, favoriser la résolution des problèmes par de multiples parties prenantes et la mise en commun des informations et des meilleures pratiques et intégrer les activités de gestion des plaines inondables dans le domaine plus vaste de la gestion des bassins versants.

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

- Les administrations devraient veiller à ce que les principales stations de surveillance continuent d'être exploitées, que les données communes et les prévisions soient mises à la disposition de tous, surtout dans le contexte de situations d'urgence, d'ici à ce que les recommandations et les résultats définitifs de l'étude soient présentés.

Le Groupe de travail a examiné plusieurs documents historiques et études au cours de l'année passée.

- Le Groupe de travail juge que les études menées par la Commission mixte internationale dans les années 1970 et 1980 au sujet de la mesure structurelle majeure que constitueraient l'aménagement d'un barrage mobile à Saint-Jean-sur-Richelieu et le dragage des hauts-fonds rocheux ont été bien faites et qu'il n'est pas nécessaire de les reprendre.
- Toutefois, l'estimation des effets sur les ressources, l'environnement et les utilisations qu'aurait la construction et l'exploitation du barrage profiterait des avancées scientifiques et de l'amélioration de la capacité de modélisation qui ont été réalisées depuis 40 ans.

### **Recommandations du Groupe de travail**

Le Groupe de travail, compte tenu des travaux techniques effectués pour établir ce plan d'étude, des renseignements recueillis sur les perceptions actuelles, des observations entendues au cours des réunions publiques et des commentaires envoyés par citoyens, spécialistes et organismes, recommande les interventions qui suivent.

#### Recommandation 1

Le Groupe de travail recommande que la Commission mixte internationale entreprenne dès que possible l'étude approfondie des perceptions sociales et politiques actuelles des mesures structurelles d'atténuation et autres décrite dans ce plan d'étude. Elle apportera un élément clé au Groupe d'étude pour affiner et cibler plus précisément les études qui seront réalisées au cours des prochaines années.

#### Recommandation 2

Le Groupe de travail recommande, s'il est demandé par renvoi à la Commission d'étudier les crues dans la région, de créer un groupe d'étude pour diriger et mener les diverses études requises pour répondre aux questions concernant les crues du lac Champlain et de la rivière Richelieu. Le groupe d'étude se composera d'un nombre égal de membres du Canada et des États-Unis, et les États du Vermont et de New York doivent y être également représentés. L'étude doit être ouverte, inclusive et équitable pour les parties prenantes et les utilisateurs du lac Champlain et de la rivière Richelieu, et la consultation du public et la participation de celui-ci devraient commencer au début de l'étude et se poursuivre tout au long de sa réalisation.

### Recommandation 3

Le Groupe de travail a discuté à fond des options qui sont indiquées dans le projet de plan d'étude. Trouver l'équilibre entre les aspects scientifiques, historiques, sociaux et financiers s'est révélé une tâche redoutable.

- Le Groupe de travail recommande fortement de réaliser toutes les études prévues par les options A et B.
- Après avoir reçu les commentaires au sujet du projet de plan d'étude, le Groupe de travail recommande d'envisager d'augmenter l'investissement en vue de comprendre les effets des mesures opportunes et réalisables d'atténuation des crues sur les ressources, sur l'environnement et sur les utilisations. Cette augmentation suppose aussi une majoration des ressources attribuées à l'élément planification, évaluation et analyse de l'option B.
- Le Groupe de travail recommande que les meilleurs éléments scientifiques possible servent à évaluer les processus physiques et les effets d'un ensemble de mesures non structurelles et structurelles modérées (incluant celles qui comportent une régularisation de l'eau) d'atténuation des crues.
- Par conséquent, le Groupe de travail recommande de réaliser au complet les études proposées par l'option B et d'augmenter les efforts d'évaluation des impacts potentiels sur les ressources, sur l'environnement et sur les utilisations, à un coût estimatif approchant 14 millions de dollars. Les éclaircissements attendus de l'étude approfondie des perceptions sociales et politiques actuelles aideront à cibler l'ensemble le plus prometteur de mesures d'atténuation des crues à analyser.

### Recommandation 4

Le Groupe de travail recommande aussi que la Commission mixte internationale ainsi que d'autres autorités compétentes se penchent plus attentivement sur le besoin de combler le déficit de gouvernance qui semble exister en matière de préparation aux inondations et de coordination des interventions dans le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu. Les gouvernements devraient veiller à prendre les dispositions pour coordonner et mettre en œuvre au cours des prochaines années les mesures qui assureront la préparation et la résilience face aux inondations.

Le Groupe de travail a conçu le présent plan d'étude de manière à ce qu'il soit modifiable et adaptable. Il peut être ventilé en volets s'il y a lieu afin d'optimiser les possibilités de financement; des modules peuvent être créés pour les études qui se limitent à une région et pour les mesures propres à un site ou certaines mesures particulières.

Le Groupe de travail a regroupé les diverses activités jugées opportunes en trois options séquentielles qui serviront de lignes directrices à la Commission mixte internationale et aux gouvernements, qui pourront décider de moduler ou de réorganiser les activités pour répondre à des préoccupations spécifiques.

Le Groupe de travail estime que le contenu de ce plan d'étude est scientifiquement exact et suffisant pour permettre à la Commission et aux gouvernements des États-Unis et du Canada de mettre en œuvre des mesures efficaces d'atténuation des crues.

## 7.1 Option A

L'ensemble des tâches qui composent l'option A sont résumées au tableau 7.1 et comportent essentiellement les tâches présentées au chapitre 2 (Analyses préliminaires) et dans certaines parties du chapitre 3 (Élaboration d'informations et d'outils communs), au chapitre 5 (Planification, évaluation et analyse) et au chapitre 6 (Organisation du plan d'étude). L'option A traite de la plupart des objectifs énoncés dans la directive de la Commission à son niveau le plus élémentaire :

- En évaluant les causes et les répercussions des crues antérieures, en particulier les inondations de 2011.
- En évaluant les possibilités offertes par les pratiques exemplaires de gestion des plaines inondables.
- En fournissant des analyses préliminaires des avantages anticipées qui se rattachent à la prévision des crues et à leur cartographie en temps réel.
- En évaluant les stratégies d'adaptation possibles face à la variabilité prévisible des apports d'eau.

Ces quatre analyses préliminaires se dérouleront en ayant recours à des modèles hydrologiques et hydrauliques de base de l'hydrosystème, lesquels comprendront les caractéristiques physiographiques, bathymétriques et des plaines inondables et les données topométriques afin ainsi d'établir la capacité de cartographie des crues et de prévision des crues en temps réel.

Pour : L'option A permet d'acquérir une certaine compréhension des causes et des effets des crues historiques, des méthodes de gestion des plaines inondables à l'échelle nationale et de l'adaptation à la variabilité des apports d'eau et elle permet d'assurer la prestation d'une capacité opérationnelle de prévisions des crues et de cartographie des crues.

**Tableau 7.1 Estimation de la durée et des coûts – option A (en k\$)**

Coût total – option A						
Principales tâches	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Total
Causes et répercussions des inondations	400	0	0	0	0	400
Gestion des plaines inondables	100	200	150	0	0	450
Cartographie des crues en temps réel	70	100	100	0	0	270
Adaptation à la variabilité des apports d'eau	120	80	0	0	0	200
Besoins de données communes	590	335	0	0	0	925
Apports d'eau	0	250	200	0	0	450
Modèles physiques des lacs et des cours d'eau	220	150	100	0	0	470
Gestion de l'information	160	60	40	0	0	260
Milieus humides et faune	0	0	0	0	0	0
Utilisations de l'eau récréatives, domestiques, industrielles et municipales	0	0	0	0	0	0
Rives et bâti en zone inondable	0	0	0	0	0	0
Agriculture	0	0	0	0	0	0
Planification et évaluation	125	150	175	0	0	450
Gestion de l'étude	240	240	240	0	0	720
Groupes horizontaux	100	150	175	0	0	425
<b>TOTAL – option A</b>	<b>2 125</b>	<b>1 715</b>	<b>1 180</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5 020</b>

Contre : Cette option ne permet pas de recueillir de nouvelles données ou des renseignements scientifiques sur la description physique de l'hydrosystème, les processus physiques de l'hydrosystème (climat, hydrologie, hydraulique) et les répercussions possibles. Aucune mesure d'atténuation des crues, en dehors d'un système de prévision des crues et de cartographie des crues en temps réel ne pourra être réalisée.

Le coût total de l'option A s'élève à 5 020 000 \$ et sa durée est d'environ trois ans.

## 7.2 Option B

Les tâches de l'option B sont résumées au tableau 7.2; l'option B comprend tous les volets de l'option A, ainsi qu'une combinaison de certaines évaluations quantitatives et qualitatives des possibles mesures d'atténuation des crues (essentiellement non structurelles avec ou sans combinaison de travaux structurels modérés) et de leurs incidences sur les milieux humides et la faune, les utilisations de l'eau à des fins récréatives, domestiques, industrielles et municipales, les rives et le bâti en zone inondable et l'agriculture. Des modèles de réponse des ressources seront élaborés et comporteront des indicateurs de base pour l'estimation de la réponse des ressources liées à l'eau aux fluctuations des niveaux d'eau, en portant une attention toute particulière à l'inventaire des données et à la détermination des seuils. Ces indicateurs permettront d'évaluer les répercussions d'une série de mesures d'atténuation qui seront examinées dans le cadre de cette option. Des projections climatiques, des modèles vent-vague et des modèles des glaces, d'autres nouvelles données sur l'évolution des caractéristiques physiographiques du bassin versant dans le temps et un modèle numérique de terrain complet seront également produits pour permettre la planification, l'évaluation et le classement des éventuelles solutions d'atténuation des crues, en recourant à une démarche de vision commune.

Cette option permet de satisfaire aux les exigences de la Directive et d'évaluer les possibles mesures non structurelles d'atténuation des crues et les mesures structurelles modérées d'atténuation.

Pour : Cette option permet de satisfaire totalement aux exigences de la Directive de la Commission en ce qui concerne l'évaluation de pointe des possibles mesures non structurelles d'atténuation des crues, conjuguées ou non à des travaux structurels modérés.

Contre : Cette option n'offre pas la souplesse nécessaire pour évaluer l'éventail plus large des fluctuations du niveau d'eau qui se rattachent à des mesures structurelles présentant une capacité de régularisation de contrôle plus importante, ni le dragage des hauts-fonds rocheux à Saint-Jean-sur-Richelieu.

Le coût total de l'option B se chiffre à 11 315 000 \$ et sa durée est d'environ cinq ans.

**Tableau 7.2 Estimation de la durée et des coûts – option B (en k\$)**

Coût total – option B						
Principales tâches	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Total
Causes et répercussions des inondations	400	0	0	0	0	400
Gestion des plaines inondables	100	200	150	0	0	450
Cartographie des crues en temps réel	70	100	100	0	0	270
Adaptation à la variabilité des apports d'eau	120	80	0	0	0	200
Besoins de données communes	640	335	0	0	0	975
Apports d'eau	70	620	720	20	20	1450
Modèles physiques des lacs et des cours d'eau	505	480	270	0	0	1255
Gestion de l'information	160	60	40	40	40	340
Milieux humides et faune	380	395	355	165	125	1420
Utilisations de l'eau récréatives, domestiques, industrielles et municipales	50	50	100	0	0	200
Rives et bâti en zone inondable	200	150	125	0	0	475
Agriculture	100	130	90	0	0	320
Planification et évaluation	240	265	380	365	385	1635
Gestion de l'étude	240	240	240	240	240	1200
Groupes horizontaux	100	150	175	175	125	725
<b>TOTAL – option B</b>	<b>3 375</b>	<b>3 255</b>	<b>2 745</b>	<b>1 005</b>	<b>935</b>	<b>11 315</b>

### 7.3 Option C

Les tâches de l'option C sont résumées au tableau 7.3; l'option C comprend toutes les composantes de l'option B avec l'ajout de modèles qualitatifs et quantitatifs plus raffinés de réponse des ressources afin de faire face aux variations annuelles potentiellement plus importantes des niveaux d'eau causées par des mesures structurelles d'atténuation plus importantes. Des modèles d'érosion, les données auxiliaires s'y rattachant et des modèles hydrauliques plus perfectionnés font aussi partie de l'option C, pour mieux comprendre les effets d'une plus grande amplitude de fluctuations de niveau et obtenir une meilleure représentation des futures interactions du cycle de l'eau dans le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu.

Cette option porte sur tous les objectifs figurant dans la Directive de la Commission, y compris la meilleure évaluation possible des effets sur les ressources et l'environnement des mesures structurelles d'atténuation et des mesures non structurelles d'atténuation visant l'éventail complet des niveaux d'eau. Il faudra également procéder à une planification et à une évaluation plus élaborées pour tenir compte des mesures d'atténuation plus complexes et des divers plans de gestion connexes.

Remarque : Une certaine incertitude entache l'estimation des coûts, car celle-ci repose sur des approximations se rapportant à la mise à jour et à la conception plus précise de certaines mesures structurelles modérées d'atténuation des crues, aux plans de gestion connexes, aux indicateurs de réponse des ressources et aux évaluations et à un classement plus complexes.

Pour : Cette étude permet de mener une évaluation de pointe des effets des mesures viables d'atténuation des crues en utilisant les données actualisées et les indicateurs de réponse qui couvrent l'éventail complet des hydrogrammes escomptés à la suite du projet. Le Groupe de travail pense que toutes les parties intéressées, quel que soit leur avis sur la façon de résoudre le problème des crues dans l'hydrosystème, demanderont que des données et des outils les plus

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

actuels servent à évaluer les effets de toutes solutions concrètes d'atténuation qui seraient envisagées.

Contre : Il y a une autre incertitude associée aux estimations des coûts et aux résultats de l'étude approfondie de la perception sociale et politique des mesures structurelles et autres mesures d'atténuation.

Le coût total de l'option C se chiffre à 14 220 000 \$ et sa durée est d'environ cinq ans.

**Tableau 7.3 Estimation de la durée et des coûts – option C (en k\$)**

<b>Coût total – option C</b>						
<b>Principales tâches</b>	<b>Année 1</b>	<b>Année 2</b>	<b>Année 3</b>	<b>Année 4</b>	<b>Année 5</b>	<b>Total</b>
Causes et répercussions des inondations	400	0	0	0	0	400
Gestion des plaines inondables	100	200	150	0	0	450
Cartographie des crues en temps réel	70	100	100	0	0	270
Adaptation à la variabilité des apports d'eau	120	80	0	0	0	200
Besoins de données communes	640	335	0	0	0	975
Apports d'eau	70	620	720	20	20	1 450
Modèles physiques des lacs et des cours d'eau	605	610	400	0	0	1 615
Gestion de l'information	160	60	40	40	40	340
Milieux humides et faune	505	545	465	255	195	1 965
Utilisations de l'eau récréatives, domestiques, industrielles et municipales	50	50	200	100	50	450
Rives et bâti en zone inondable	200	150	125	100	100	675
Agriculture	100	130	190	100	50	570
Planification et évaluation	280	305	540	875	935	2 935
Gestion de l'étude	240	240	240	240	240	1 200
Groupes horizontaux	100	150	175	175	125	725
<b>TOTAL – option C</b>	<b>3 640</b>	<b>3 575</b>	<b>3 345</b>	<b>1 905</b>	<b>1 755</b>	<b>14 220</b>

Les tâches propres aux options A, B et C et les coûts qui s'y rattachent sont résumés dans les tableaux 7.4a et 7.4b.

Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

Tableau 7.4a Tâches précises des options A, B et C et coûts connexes (en k\$)

Élément de l'étude		Option A	Option B	Option C
<b>2.1 Causes et répercussions des inondations</b>		<b>400</b>	<b>400</b>	<b>400</b>
<b>2.2 Gestion des plaines inondables</b>		<b>450</b>	<b>450</b>	<b>450</b>
<b>2.3 Cartographie des crues en temps réel</b>		<b>270</b>	<b>270</b>	<b>270</b>
<b>2.4 Adaptation à la variabilité des apports d'eau</b>		<b>200</b>	<b>200</b>	<b>200</b>
<b>3.1 Besoins de données communes</b>				
	Acquisition de données LIDAR pour assurer la couverture intégrale de la plaine inondable du lac Champlain et de la rivière Richelieu	150	150	150
	Bathymétrie à haute résolution des hauts-fonds de Saint-Jean et de Chambly au barrage Fryers	25	25	25
	Cartographie de la végétation aquatique dans le haut Richelieu et la partie nord du lac Champlain, échantillonnage du substrat	100	100	100
	Base de données communes des caractéristiques climatiques et hydrométriques observées	200	200	200
	Base de données communes des données géophysiques	200	200	200
	Données d'occupation du sol	200	200	200
	Établissement d'un modèle numérique de terrain cohérent	50	50	50
	Évolution des caractéristiques physiographiques du bassin versant dans le temps		50	50
<b>3.2 Apports d'eau</b>				
	Analyse préliminaire de la fréquence des crues en fonction des données sur les apports d'eau	50	50	50
	Installer et étalonner des modèles hydrologiques à haute résolution	400	400	400
	Mesure de l'évaporation à la surface du lac		150	150
	Projections climatiques sur l'horizon temporel 2050-2100		400	400
	Produire un ensemble de scénarios de séries chronologiques sur les apports d'eau quotidiens à partir des analyses stochastiques et climatiques		450	450
<b>3.3 Modèles physiques</b>				
	Modèle hydrodynamique bidimensionnel de l'ensemble du domaine	450	450	450
	Levés des vitesses du courant et des profils de surface longitudinaux	20	20	20
	Modèle hydrodynamique à trois dimensions du lac Champlain		500	500
	Modèle des vents et des vagues sur le lac Champlain		120	120
	Modèle des glaces sur le lac Champlain et la rivière Richelieu		120	120
	Déploiement de stations limnimétriques dans la portion « mer intérieure » du lac		45	45
	Modélisation de l'érosion (vagues provoquées par le vent et vagues provoquées par les bateaux)			260
	Levés des taux d'érosion et photos à haute résolution du rivage dans certains lieux du lac et de la rivière			100
<b>3.4 Gestion de l'information</b>		<b>260</b>	<b>340</b>	<b>340</b>
<b>4.1 Milieux humides et faune</b>				
	Étude des milieux humides (+riz sauvage et scirpes aigus)		260	260
	Reproduction des poissons dans les milieux humides (grand brochet)		230	230
	Tortue (tortue-molle à épines)		150	150
	Oiseaux de rivage (petit blongios, sarcelle à ailes bleues, guifette noire, râle de Virginie)		385	385
	Cicindèle à ligne obtuse (États-Unis seulement)		90	90
	Modélisation intégrée		305	305
	Chevalier cuivré (Canada seulement)			195
	Hivernage du rat musqué			110
	Modélisation intégrée			240
<b>4.2 Utilisations de l'eau à des fins récréatives, domestiques, industrielles et municipales</b>				
	Inventaire/actualisation des utilisations de l'eau à des fins récréatives, domestiques, industrielles et municipales		50	50
	Sondage visant à extraire de toutes les données sur les utilisations de l'eau le régime prédominant des fluctuations du niveau d'eau		50	50
	Évaluation des répercussions des fluctuations modérées du niveau d'eau sur les utilisations		100	100
	Évaluation des répercussions des fluctuations importantes du niveau d'eau sur les utilisations			250
<b>4.3 Rives et bâti en zone inondable</b>				
	Évaluation de la vulnérabilité aux inondations		200	200
	Cartes des risques d'inondation		100	100
	Évaluation qualitative de l'érosion des rives et de la disparition de biens immobiliers et d'infrastructures publiques		175	175



## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

	Évaluation quantitative de l'érosion du rivage et de la disparition de biens immobiliers et d'infrastructures publiques en utilisant des modèles d'érosion			200
<b>4.4 Agriculture</b>				
	Cartographie des risques d'inondation des terres agricoles		100	100
	Quantification des pratiques agricoles actuelles et historiques sur les inondations		20	20
	Évaluation des sols agricoles dans le bassin versant qui sont protégés par des digues		40	40
	Évaluation de la qualité des sols après les dépôts d'une crue		20	20
	Déterminer les possibilités de récupération des plaines inondables		100	100
	Analyse des effets de la modification des cours d'eau, du travail du sol et de la densité des animaux		40	40
	Évaluation de l'utilisation des terres agricoles conjuguée à d'importantes mesures structurelles d'atténuation des crues et à des scénarios de régularisation connexes			250

**Tableau 7.4b Tâches précises des options A, B et C et coûts connexes (en k\$)**

Élément de l'étude		Option A	Option B	Option C
<b>5 Planification, évaluation et analyse</b>				
	Étude approfondie des perceptions sociales et politiques actuelles des mesures structurelles d'atténuation	85	85	85
	Identification précoce des problèmes, critères décisionnels, coordination	125	125	125
	Effets cumulatifs de certaines mesures anthropiques antérieures	100	100	100
	Recommander des solutions	40	40	40
	Organiser les ateliers connexes en y faisant participer le public	40	40	40
	Rédiger les rapports connexes	60	60	60
	Identification précoce des problèmes, critères décisionnels, coordination		50	50
	Construire le modèle de vision partagée ou modèle similaire		95	95
	Établir les objectifs et les mesures d'évaluation		30	30
	Évaluation des effets du scénario de référence		40	40
	Éventuelles solutions non structurelles d'atténuation des crues		350	350
	Éventuelles solutions structurelles modérées d'atténuation des crues		290	290
	Évaluer et classer les options		150	150
	Recommander des solutions		80	80
	Organiser les ateliers connexes, y faire participer le public		40	40
	Rédiger les rapports connexes		60	60
	Éventuelles solutions non structurelles d'atténuation des crues			100
	Éventuelles solutions structurelles importantes d'atténuation des crues			580
	Évaluer et classer les options			420
	Recommander des solutions			100
	Organiser les ateliers connexes, y faire participer le public			40
	Rédiger les rapports connexes			60
<b>6.1 Gestion de l'étude</b>				
	Coûts de fonctionnement et de gestion de l'étude – analyse préliminaire et travaux préparatoires	720	720	720
	Coûts de fonctionnement et de gestion de l'étude		480	480
<b>6.2 Groupes horizontaux</b>				
	Tâches opérationnelles du groupe des communications – analyse préliminaire et travaux préparatoires	150	150	150
	Tâches opérationnelles du groupe des communications		100	100
	Tâches opérationnelles du Groupe consultatif d'intérêt public – analyse préliminaire et travaux préparatoires	150	150	150
	Tâches opérationnelles du Groupe consultatif d'intérêt public		100	100
	Coûts opérationnels du Groupe d'examen technique indépendant – analyse préliminaire et travaux préparatoires	125	125	125
	Coûts opérationnels du Groupe d'examen technique indépendant		100	100
<b>Totaux des options A, B et C</b>		<b>5 020</b>	<b>11 315</b>	<b>14 220</b>

## **ANNEXES**

## ANNEXE 1 : Lettres des gouvernements



Département d'État des États-Unis

*Washington, D.C. 20520*

Le 19 mars 2012

Monsieur Chuck Lawson  
Commission mixte internationale  
2000 L Street, NW  
Washington, D.C. 20440

Monsieur,

Les gouvernements du Canada et des États-Unis, pour le compte de la province de Québec et de l'État du Vermont, écrivent à la Commission mixte internationale (CMI) concernant les débordements du lac Champlain et de ses affluents ainsi que de la rivière Richelieu. Au printemps de 2011, des inondations dévastatrices ont causé d'importants dégâts matériels et ont eu des répercussions sur l'environnement et l'agriculture de part et d'autre de la frontière canado-américaine.

Les gouvernements du Canada et des États-Unis envisagent de renvoyer à la CMI l'étude des inondations dans la région en cause et demandent que la CMI élabore d'abord un plan d'étude, un échéancier et un budget pour l'exécution des travaux nécessaires. Le plan d'étude comprendra ce qui suit :

1. une évaluation des causes et des effets des inondations dans le bassin versant du lac Champlain qui mette l'accent sur les événements de 2011;
2. une évaluation, y compris une analyse coûts-avantages des solutions d'atténuation des crues du lac Champlain, de ses affluents et de la rivière Richelieu, qui prenne en considération les solutions structurelles et non structurelles;
3. une analyse et des recommandations pour l'adaptation à la variabilité des apports d'eau au bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu qui s'appuient sur les études pertinentes (notamment sur les travaux produits par le Programme de mise en valeur du bassin du lac Champlain, l'Université du Vermont et Ouranos, consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation au changement climatique);

.../2

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

4. une analyse des pratiques exemplaires de gestion pour la réglementation des plaines d'inondation à l'échelle du pays, de façon à formuler des recommandations pour une réglementation à l'échelon local;
5. une évaluation du besoin de cartographie en temps réel des inondations pour aider à prévoir le risque et à préparer les collectivités locales et les intervenants d'urgence aux débordements à venir.

Les gouvernements du Canada et des États-Unis se réjouissent de l'occasion de collaborer avec la Commission et de l'aider dans ses travaux. Le ministre des Affaires étrangères du Canada envoie une lettre analogue à celle-ci à la secrétaire de la Section canadienne de la Commission.

Veillez agréer, Monsieur, l'expression de mes sentiments distingués.



Roberta S. Jacobson  
Secrétaire adjointe par intérim  
Affaires de l'hémisphère occidental

# Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu



MAR 19 2012

Madame Camille Mageau  
Secrétaire  
Section canadienne  
Commission mixte internationale  
234, av. Laurier Ouest, 22<sup>e</sup> étage  
Ottawa (Ontario) K1P 6K6

Madame,

Les gouvernements du Canada et des États-Unis, pour le compte de la province de Québec et de l'État du Vermont, écrivent à la Commission mixte internationale (CMI) concernant les débordements du lac Champlain et de ses affluents ainsi que de la rivière Richelieu. Au printemps de 2011, des inondations dévastatrices ont causé d'importants dégâts matériels et ont eu des répercussions sur l'environnement et l'agriculture de part et d'autre de la frontière canado-américaine.

Les gouvernements du Canada et des États-Unis envisagent de renvoyer à la CMI l'étude des inondations dans la région en cause et demandent que la CMI élabore d'abord un plan d'étude, un échéancier et un budget pour l'exécution des travaux nécessaires. Le plan d'étude comprendra ce qui suit :

- une évaluation des causes et des effets des inondations dans le bassin versant du lac Champlain qui mette l'accent sur les événements de 2011;
- une évaluation, y compris une analyse coûts-avantages des solutions d'atténuation des crues du lac Champlain, de ses affluents et de la rivière Richelieu, qui prenne en considération les solutions structurelles et non structurelles;
- une analyse et des recommandations pour l'adaptation à la variabilité des apports d'eau au bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu qui s'appuient sur les études pertinentes (notamment sur les travaux produits par le Programme de mise en valeur du bassin du lac Champlain, l'Université du Vermont et Ouranos, consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation au changement climatique);

.../2

Canada

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

-2-

- une analyse des pratiques exemplaires de gestion pour la réglementation des plaines d'inondation à l'échelle du pays, de façon à formuler des recommandations pour une réglementation à l'échelon local;
- une évaluation du besoin de cartographie en temps réel des inondations pour aider à prévoir le risque et à préparer les collectivités locales et les intervenants d'urgence aux débordements à venir.

Les gouvernements du Canada, des États-Unis, du Québec et du Vermont se réjouissent de l'occasion de collaborer avec la CMI et de l'aider dans ses travaux. Le Département d'État des États-Unis envoie une lettre analogue à celle-ci au secrétaire de la Section américaine de la Commission.

Veillez agréer, Madame, l'expression de mes sentiments distingués.



John Baird, C.P., député

## **ANNEXE 2 : Directive**

### DIRECTIVE

#### AU

#### GRUPE DE TRAVAIL INTERNATIONAL DU PLAN D'ÉTUDE DU LAC CHAMPLAIN ET DE LA RIVIÈRE RICHELIEU

Le 18 mai 2012

La présente directive a pour objet de créer le Groupe de travail international du plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu (le Groupe de travail) et de lui confier le mandat d'élaborer un plan d'étude. Le Groupe de travail examinera les questions que les gouvernements du Canada et des États-Unis soumettent à la Commission mixte internationale dans leurs lettres de renvoi du 19 mars (copies jointes) et en fera rapport à la Commission. À la suite des inondations dévastatrices de 2011, quand la rivière Richelieu et le lac Champlain et ses affluents ont débordé, les gouvernements ont demandé que la Commission envisage de faire une étude complète des mesures pour atténuer les crues et l'impact des inondations dans le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu et qu'elle fasse des recommandations à cet égard. Le Groupe de travail a donc pour mission d'élaborer un plan d'étude indiquant précisément quelles études sont nécessaires pour permettre l'évaluation des causes et des effets des inondations qui se sont produites au printemps et à l'été de 2011, et quelles études sont nécessaires pour formuler des recommandations et établir les solutions d'atténuation qui conviennent.

Le plan d'étude comprend :

- a. la définition des études à réaliser et le niveau de détail attendu pour chaque étude;
- b. les recommandations quant aux organismes ou organisations capables de réaliser chaque étude, étant entendu que la réalisation doit être binationale;
- c. les sources d'information ou les moyens d'obtenir les renseignements nécessaires;
- d. les recommandations quant à l'ordonnancement et à la durée de l'étude et de ses phases (dans le cas d'une étude échelonnée);
- e. les estimations des ressources en temps, en argent et en personnel nécessaires pour la réalisation de chaque tranche des travaux.

Pour déterminer dans quelle mesure un problème ou un aspect doit être étudié, il faut toujours tenir compte de l'objectif d'un cadre amélioré de gestion à court et à long terme des crues du lac Champlain et de la rivière Richelieu.

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

Le plan d'étude indique clairement les diverses études qui sont requises et privilégiées pour l'élaboration d'un cadre complet d'atténuation des crues et pour répondre aux exigences énoncées dans les lettres jointes. Dans le plan d'étude, le Groupe de travail tient compte des travaux en cours ou déjà réalisés dans le bassin du lac Champlain et la rivière Richelieu, les appuis non financiers que les autorités pourraient apporter et les coûts d'ensemble nécessaires pour répondre à la demande des gouvernements. Au minimum, les études suivantes sont requises :

1. une évaluation des causes et des effets des inondations dans le bassin versant du lac Champlain qui mette l'accent sur les événements de 2011;
2. une évaluation, y compris une analyse coûts-avantages des solutions d'atténuation des crues du lac Champlain, de ses affluents et de la rivière Richelieu, qui prenne en considération les solutions structurelles et non structurelles;
3. une analyse et des recommandations pour l'adaptation à la variabilité des apports d'eau au bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu qui s'appuient sur les études pertinentes (notamment sur les travaux produits par le Programme de mise en valeur du lac Champlain, l'Université du Vermont et Ouranos, consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation au changement climatique);
4. une analyse des pratiques exemplaires de gestion pour la réglementation des plaines d'inondation à l'échelle du pays, de façon à formuler des recommandations pour une réglementation à l'échelon local;
5. une évaluation du besoin de cartographie en temps réel des inondations pour aider à prévoir le risque et à préparer les collectivités locales et les intervenants d'urgence aux débordements à venir.

Dans l'optique du développement durable et de ses trois piliers (développement économique, développement social et protection de l'environnement), le Groupe de travail répond aux besoins suivants :

- a. Analyse des données et des recherches disponibles qui orientera et permettra de hiérarchiser les études et les activités à réaliser durant toute la mise en œuvre du plan d'étude.
- b. Examen des effets économiques et sociaux des inondations pour divers intérêts du bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu.
- c. Acquisition des données topographiques et bathymétriques.
- d. Examen des effets d'ouvrages et d'activités concrètes dans le bassin sur les niveaux et les débits, notamment : les travaux passés et/ou actuels de dragage, le redressement des lits de cours d'eau et l'exploitation du canal de Chambly.
- e. Examen des aspects environnementaux de l'impact possible de la régularisation par comparaison aux niveaux et débits naturels dans le bassin.



## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

f. Élaboration de mesures de rechange pour atténuer les effets, y compris des recommandations de méthodes structurelles et non structurelles et de modifications de politiques ou de règlements tenant compte des intérêts économiques, sociaux et environnementaux et de l'intégrité de l'écosystème, prévoyant les situations d'urgence et respectant les exigences du Traité des eaux limitrophes.

g. Examen des effets sur le littoral des niveaux et débits, y compris l'évaluation du zonage et d'autres questions de gestion de l'occupation du sol.

h. Examen des aspects sociaux, y compris l'évaluation qualitative de la façon dont l'évolution démographique et d'autres changements éventuels peuvent jouer sur tous les intérêts et sur les mesures d'atténuation de rechange.

i. Participation suivie du public dans l'exécution de l'étude, y compris des arrangements institutionnels pour assurer la communication voulue avec tous les groupes d'intérêt et entre ceux-ci, ainsi qu'un moyen d'éprouver les mesures possibles d'atténuation et d'en démontrer les effets au public.

j. Prise en considération des effets du changement climatique sur les niveaux et débits, et de leurs répercussions sur la pertinence des mesures d'atténuation.

La Commission nomme les membres du Groupe de travail et les coprésidents qui dirigeront les travaux, ainsi que les cosecrétaires. Les coprésidents ont la responsabilité de l'organisation et de l'exécution des travaux, ainsi que de la coordination avec la Commission et de la présentation de rapports à celle-ci. Le Groupe de travail est binational et composé d'un nombre égal de représentants de chaque pays. Sous la direction générale des coprésidents, les cosecrétaires remplissent les tâches que leur assignent les coprésidents ou le Groupe de travail dans son ensemble. Selon ce que détermine le Groupe de travail, la Commission cherche à obtenir une assistance technique des deux gouvernements, de la province de Québec et des États du Vermont et de New York. Les membres et tout comité ou sous-groupe de travail que le Groupe de travail peut créer assumeront leurs propres dépenses, sauf s'il en est convenu autrement avec la Commission.

La Commission peut donner des consignes au Groupe de travail. Le Groupe de travail consulte au besoin, pour obtenir d'autres opinions, de façon que chacun soit au courant des activités dans le bassin qui pourraient être utiles dans l'exercice de ses fonctions.

Le Groupe de travail livre :

1. Dans les six semaines de sa formation, un document décrivant comment il compte procéder pour élaborer un plan d'étude, en veillant particulièrement à la participation du public;
2. D'ici le 1<sup>er</sup> octobre 2012, un projet de plan d'étude;
3. D'ici le 3 décembre 2012, un plan d'étude définitif (un exemplaire électronique et deux exemplaires signés, un étant fourni à chacune des sections de la Commission.)

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

Le Groupe de travail soumet dès que possible à l'approbation de la Commission un plan de travail accompagné d'un échéancier des activités et d'un budget. Le plan de travail comprend une proposition décrivant comment la consultation du public sera menée. Le plan de consultation doit expliquer comment le Groupe de travail collaborera avec les gouvernements fédéraux, la province et les États, ainsi qu'avec les autres parties prenantes et le public.

Le Groupe de travail fait usage des commentaires reçus du public avant et au cours de l'élaboration du plan d'étude. Le Groupe de travail diffuse largement l'information afin de faire connaître la démarche pour élaborer un plan d'étude et l'objet de l'étude proposée. Dans la mesure du possible, l'élaboration du plan d'étude se fait de façon transparente et ouverte. Le Groupe de travail offre au public des occasions d'en commenter l'ébauche en même temps que la Commission l'examinera. Le Groupe de travail coordonne ses projets de participation du public avec la Commission.

Le Groupe de travail évalue et analyse les informations disponibles, et il informe la Commission des informations supplémentaires à obtenir pour traiter les questions soulevées par les gouvernements. Le Groupe de travail s'efforce de prendre ses décisions par consensus et informe immédiatement la Commission de toute divergence irréconciliable. S'il y a des imprécisions dans les consignes reçues de la Commission, il faut demander des éclaircissements à celle-ci sans attendre.

Les documents officiels (y compris les lettres, notes de service et communications de toutes sortes) sont confidentiels et ne peuvent être diffusés qu'après que la Commission les a rendus publics. La Commission considère que tous les documents officiels du Groupe de travail ou de ses comités ou sous-groupes de travail sont également confidentiels. Par conséquent, ces documents doivent être identifiés comme tels et conservés dans des dossiers distincts.

## **ANNEXE 3 : Renseignements sur les réunions publiques, les visites sur le terrain et l'atelier technique**

### **Réunions publiques en août 2012**

L'objectif des deux réunions publiques préliminaires était de permettre au public de partager d'emblée avec le Groupe de travail ses idées, préoccupations, renseignements et sources de données pendant l'élaboration de la version provisoire du plan d'étude.

### **Résumé de la réunion publique tenue à Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix (Canada) le 7 août 2012**

Une cinquantaine de personnes ont assisté à cette réunion, à l'exclusion des membres du Groupe de travail et du personnel de la Commission. Un service d'interprétation simultanée était offert. Les organismes suivants étaient représentés (liste dressée d'après les fiches de commentaires) :

- Municipalités : Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix, Lacolle et Saint-Georges-de-Clarenceville
- Municipalité régionale de comté du Haut-Richelieu
- Comité de concertation et de valorisation du bassin de la rivière Richelieu (COVABAR)
- Conservation de la nature Canada
- Mouvement écologique du Haut-Richelieu
- Union des producteurs agricoles (UPA)
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation
- Ministère de la Sécurité publique
- *Le Canada français* (journal)
- Conseil national de recherches du Canada
- GENIVAR inc.

Le compte rendu de la réunion est disponible auprès du Groupe de travail.

### **Résumé de la réunion publique tenue à North Hero (Vermont, États-Unis) le 8 août 2012**

Environ 25 personnes y ont assisté, à l'exclusion des membres du Groupe de travail et du personnel de la Commission. Les organismes suivants étaient représentés :

- Programme de mise en valeur du lac Champlain

- The Nature Conservancy- Adirondacks
- Lake Champlain Committee
- Lake Champlain International
- Friends of Northern Lake Champlain
- Composting Association of Vermont

Le compte rendu de la réunion peut être obtenu du Groupe de travail.

## **Résumé des sites visités par le Groupe de travail les 7 et 8 août 2012**

### **Programme des visites sur le terrain de la rivière Richelieu – le mardi 7 août 2012**

- Écluses de Saint-Ours
- Canal de Chambly
- Barrage Fryers
- Réunion à Saint-Jean-sur-Richelieu avec des représentants du ministère de l'Agriculture du Québec (MAPAQ), du ministère de la Sécurité publique du Québec et de la Municipalité régionale de comté

### **Programme des visites sur le terrain du bassin versant du lac Champlain – le mercredi 8 août 2012**

- Rouses Point, station de jaugeage de l'USGS dans l'État de New York
- Sand Bar State Park
- Barrage de Waterbury
- Barrage de Marshfield
- Baie de St. Albans
- Refuge faunique national de Missisquoi

## **Résumé de l'atelier technique des 10 et 11 septembre 2012 à Burlington**

Plus de 70 experts du domaine ont assisté à l'atelier technique de deux jours du Groupe de travail à Burlington (Vermont) les 10 et 11 septembre 2012. Plus de 30 organismes y étaient représentés.

L'objectif était de resserrer la collaboration entre les experts sur les inondations du lac Champlain et de la rivière Richelieu du Canada et des États-Unis. Grâce à cette tribune, les

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

experts ont pu avancer leurs propres idées et observations sur les inondations et les questions se rapportant au plan d'étude.

Les experts se sont répartis en 10 groupes de discussion relatifs à des thèmes importants pour le plan d'étude (agriculture, climatologie et hydrologie, environnement, pratiques de gestion des plaines inondables/loisirs/utilisations de l'eau, hydraulique et érosion, gestion de l'information, disparition de biens et d'infrastructures le long des rives, adaptation à la variabilité des apports d'eau et causes et répercussions des inondations historiques, mesures non structurelles et structurelles d'atténuation).

Dans chaque groupe, on a recueilli des données sur l'objectif de l'étude, proposé la méthode et l'organisation, les coûts et le calendrier de l'étude. Les résultats ont été échangés avec tous les participants au cours d'une séance plénière et des délibérations ont eu lieu.

Le Groupe de travail a alors utilisé les données techniques recueillies durant l'atelier pour élargir le fondement technique de la version provisoire du plan d'étude.

Le tableau qui suit donne une liste des contributeurs au plan d'étude qui ont assisté à l'atelier technique.

### PARTICIPANTS À L'ATELIER D'EXPERTS À BURLINGTON (VERMONT) LES 10 ET 11 SEPTEMBRE 2012

<b>Organisme</b>	<b>Nom</b>	<b>Domaine</b>
		Téledétection
Agence spatiale canadienne	Paul Briand	Téledétection
Coldwater Consulting	Neil MACDONALD	Hydraulique, vagues et érosion
Division de l'hydrologie et l'hydraulique	Richard Turcotte	Hydrologie
École supérieure de technologie de la construction	François Brisette	Infrastructures
Environnement Canada	Jean-François Cantin	Hydrologie et échohydraulique
Environnement Canada	Madeleine Papineau	Ressources hydriques
Environnement Canada	Murray Mackay	Climatologie
Environnement Canada	André Bouchard	Hydrologie et échohydraulique
Environnement Canada	Benoit Jobin	Environnement
Environnement Canada	Jean Morin	Hydrologie et échohydraulique
Environnement Canada	Paul Boudreau	Hydrologie et échohydraulique
Environnement Canada	Sylvain Martin	Échohydraulique
Environnement Canada	Vincent Fortin	Climatologie
Environnement Canada	Wendy Leger	Cadre de gestion adaptative

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

GENIVAR	Pierre Dupuis	Hydrologie et échohydraulique
CMI	Anne Chick	Conseillère principale de la CMI
CMI/EC	David Fay	Hydraulique
INRS-ETE	Yves Secretan	Hydraulique
IRDA	Isabelle Beaudin	Agriculture
Lake Champlain Sea Grant – SUNY Plattsburgh	Mark Malchoff	Pêches
Programme de mise en valeur du lac Champlain	Eric Howe	Environnement
PMVLC	Stephanie (Strouse) Castle	Environnement
Ministère de la Sécurité publique	Jean-Sebastien Forest	Sécurité publique
Ministère de la Sécurité publique	Pascal Marceau	Sécurité publique
MAPAQ	Carrolyn O'Grady	Agriculture
MAMROT	Claudine Beaudoin	Utilisations de l'eau à des fins domestiques, industrielles et municipales
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune	Marc Mingelbier	Habitat du poisson
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune	Steve Garceau	Pêches
MDDEFP	Daniel Leblanc	Environnement
MDDEFP	Pascal Sarrazin	Gestion des plaines inondables
MDDEFP	Jean Francoeur	Hydrologie
MDDEFP	Jean-Denis Bouchard	Hydrologie
MDDEFP	Martin Mimeault	Mesures non structurelles d'atténuation
Ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation	Luc Veillette	Paramètres sociaux et économiques
MRC Haut-Richelieu	Joane Saulnier	Intervention d'urgence
MRC Haut-Richelieu	Luc Beaudoin	Intervention d'urgence
MRC Haut-Richelieu	Caroline Roberge	Gestion des plaines inondables

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

NOAA NWS Burlington	John Goff	Modélisation hydraulique
CHC – CNRC	Wayne Jenkinson	Modélisation hydraulique
NOAA NWS	Greg Hanson	Hydrologie
NYSDEC	Fred Dunlap	Environnement
Ouranos	Claude Desjarlais	Climatologie
Ouranos	Daniel Caya	Climatologie
Cabinet du sénateur Leahy	Tom Berry	
The Lake Champlain Committee	Mike Winslow	Environnement
The Nature Conservancy	Rose Paul	Environnement
Transports Québec	Bernard McCann	
Université Laval	Brian Morse	Processus et modélisation des glaces
USEPA, Region 1	Jeanne Voorhees	Environnement
USACE	Jason Shea	Formulation de plans
USACE	Jenifer E Thalhauser	Gestionnaire de projet
USDA	Marilyn Stephenson (NY)	Agriculture
USDA-NRCS	Kip Potter	Agriculture
USGS Connecticut Water Science Center	David Bjerklie	Hydrologie
USGS, VT-NH District (ressources hydriques)	Ken Toppin	Hydrologie
VTANR	Rob Peterson	Loisirs
VTANR	Steve Parren	Espèces RTE
VTANR	Alan Quackenbush	Environnement
VTANR	Brian D. Chipman	Habitats des poissons
VTANR	Eric Smeltzer	Qualité de l'eau
VTANR	Juile Foley	Environnement
VTANR	Rebecca Pfeiffer	Municipalités
VTANR	Susan Warren	Végétation aquatique, espèces envahissantes
VTRANS	Ian Johnson	
VTRANS	Richard Hosking	
USACE	Bill Werick	Planification et évaluation

## Réunions publiques de mars 2013

Le second cycle de réunions publiques dans les deux pays et les deux États intéressés visait à obtenir des réactions et observations au sujet du projet révisé de plan d'étude avant de soumettre le plan à la CMI au début d'avril 2013.

### Résumé des réunions publiques à Burlington (Vermont) et Plattsburgh (New York) du 11 mars 2013

Une vingtaine de personnes ont assisté à la réunion à chaque emplacement (une quarantaine au total), sans compter les membres du Groupe de travail, le personnel de la Commission et la commissaire. Les réunions ont été diffusées en même temps par la voie d'un webinaire GoToMeeting.

Outre les citoyens, il y avait des représentants de divers organismes :

- Superviseur municipal, ville de Jay
- Urbaniste, comté d'Essex County (New York)
- Programme de mise en valeur du lac Champlain
- Lake Champlain Committee
- SUNY Plattsburgh
- Friends of the Missisquoi National Wildlife Refuge
- The Nature Conservancy
- Lake Champlain International
- Colchester (Vermont) Conservation Committee
- Bureau du sénateur Leahy
- Vermont Agency of Natural Resources (VTANR)
- Service de la pêche et de la faune des États-Unis (USFWS)
- National Ocean and Atmospheric Association (NOAA)
- Comité consultatif de citoyens (CCC) du Vermont
- Ministère des Affaires étrangères et du Commerce international (MAECI)



**Couverture médiatique :**

Deux équipes de télévision étaient à Burlington et un journaliste de la presse écrite se trouvait à la réunion à Plattsburgh. Stephanie Castle, Brian Chipman, Jenifer Thalhauser et Anne Chick (CMI) ont donné des entrevues avant ou après la réunion.

On peut obtenir les comptes rendus des deux réunions auprès du Groupe de travail.

**Résumé de la réunion publique à Saint-Jean-sur-Richelieu du 12 mars 2013**

Une trentaine de personnes ont assisté à la réunion, sans compter les membres du Groupe de travail, l'animateur, le personnel de la Commission et la commissaire. Un service d'interprétation simultanée a été offert.

Outre les citoyens, il y avait des représentants de divers organismes :

- Municipalités de Saint-Jean-sur-Richelieu, Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix, Lacolle et Saint-Georges-de-Clarenceville
- Municipalité régionale de comté du Haut-Richelieu
- Comité de concertation et de valorisation du bassin de la rivière Richelieu (COVABAR)
- Mouvement écologique du Haut-Richelieu
- Conservation Baie Missisquoi
- Programme de mise en valeur du lac Champlain (LCBP)
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ)
- Ministère de la Sécurité publique Québec (MSP)
- Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT)
- Agence Parcs Canada
- Ministère des Affaires étrangères et du Commerce international (MAECI)
- Consulat des États-Unis à Montréal
- *Le Canada français* (journal local)

**Couverture médiatique :**

Le coprésident pour le Canada a parlé à Sarah Rogers (Quebec AM – émission radio de la CBC). Gilles Bérubé, journaliste du *Canada français* était à la réunion.

On peut obtenir le compte rendu de la réunion auprès du Groupe de travail.

Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

**Participants aux réunions du côté américain – août 2012 à North Hero (Vermont); mars 2013 à Burlington (Vermont) et à Plattsburgh (New York)**

<b>Nom</b>	<b>Organisme</b>	<b>Provenance</b>
<b>À North Hero :</b>		
Barbara Derick	Simple citoyenne	Clarenceville, QC
Pat O'Neill	Composting Association of Vermont	Troy, VT
Steve Wright	Simple citoyen	Craftsbury Common, VT
Richard Ernst	Simple citoyen	Alburgh, VT
Carolyn Prasch	Simple citoyenne	Grand Isle, VT
Mike Winslow (présent aux deux réunions)	Lake Champlain Committee	Burlington, VT
Denise Messier	Simple citoyenne	QC
Michelle Brown	The Nature Conservancy	Keene Valley, NY
Jason Lee	Simple citoyen	South Hero, VT
Ross Saxton	Lake Champlain International	Colchester, VT
Floyd Derick	Simple citoyen	Clarenceville, QC
David Borthwick-Leslie	Friends of Northern Lake Champlain	Grand Isle, VT
Ellen et Norman Vaillancourt	Simple citoyens	
<b>À Plattsburgh :</b>		
Ann Ruzow-Holland	Membre du conseil d'administration du Lake Champlain Committee et riveraine du lac	Willsboro, NY
Jessica Levine	The Nature Conservancy	Keene Valley, NY
Jay Frank	Simple citoyen	Keeseville, NY
Eileen Allen	SUNY Plattsburgh	Plattsburgh, NY
Sue Hagar	Simple citoyenne	Morrisonville, NY
Norman Monette	Simple citoyen	Plattsburgh, NY
Dave Robertson	Champlain Sail and Power Squadron	Plattsburgh, NY

Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

<b>Nom</b>	<b>Organisme</b>	<b>Provenance</b>
Dennis Hulbert	Simple citoyen	Plattsburgh, NY
Henry C. Schwartz	Champlain Sail and Power Squadron	Plattsburgh, NY
Joe Makara	Simple citoyen	Plattsburgh, NY
Jeffrey Clock	Buena Vista Cottagers Association	Willsboro, NY
D <sup>r</sup> et M <sup>me</sup> Richard Lutinski	Simple citoyens	Plattsburgh, NY
Randy Douglas	Essex County NY (Town of Jay Supervisor)	Jay, NY
Rachel Schultz	SUNY Plattsburgh	Plattsburgh, NY
Alan Booth	Lake Champlain Committee Board/Lake Resident	Plattsburgh, NY
Vic Putman	Essex County NY	Willsboro, NY
Eric Howe	Programme de mise en valeur du lac Champlain	Williston, VT
<b>À Burlington :</b>		
James Ehlers	Lake Champlain International	Burlington, VT
Dave Tilton	USFWS	Essex, VT
Carolyn Bates	Simple citoyenne	Burlington, VT
Rose Paul	The Nature Conservancy	Burlington, VT
Eric Smeltzer	VTANR	Waterbury, VT
Russ Ford	Friends of the Missisquoi National Wildlife Refuge	Franklin, VT
Tom Berry	Bureau du sénateur Leahy	Burlington, VT
Richard Downer	Simple citoyen	Shelburne, VT
Jeff Rossetti	Simple citoyen	
Joseph Horn	Simple citoyen	
Greg Hanson	NOAA/NWS	Burlington, VT
Neal Burnham	MAECI	Ottawa, Ontario
Theresa Carroll	Colchester Conservation Committee	Colchester, VT

**Participants aux réunions du côté canadien – août 2012 à Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix (Québec) et mars 2013 à Saint-Jean-sur-Richelieu (Québec)**

<b>Nom</b>	<b>Organisme</b>	<b>Réunion</b>
Claudine Beaudoin	MAMROT	Saint-Jean
Robert Beaudoin		Saint-Jean
Claude Benoît	Conservation Baie Missisquoi	Saint-Jean
Gilles Bérubé	<i>Le Canada français</i> (journal)	Saint-Paul; Saint-Jean
Jaclin Bisailon	Union des producteurs agricoles (UPA)	Saint-Paul
Robert Boudreau	Municipalité de St-Georges-de-Clarenceville	Saint-Paul
Denis Boudrias		Saint-Jean
Neal Burnham	Ministère des Affaires étrangères et du Commerce international	Saint-Jean
Luc Castonguay	Ville de Saint-Jean-sur-Richelieu	Saint-Jean
Chantale Chatelain	COVABAR	Saint-Paul
Isabelle Cognac	COVABAR	Saint-Paul
Marcel Comiré	COVABAR	Saint-Jean
Claude Dambrine		Saint-Paul
Marc Delage	Saint-Blaise-sur-Richelieu	Saint-Jean
Pierre Dupuis	GENIVAR inc.	Saint-Paul
Yves Duteau	Maire, municipalité de Lacolle	Saint-Paul; Saint-Jean
Maureen Dutil		Saint-Jean
Gérard Dutil	Maire, Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	Saint-Jean
Gaston Florent	Domaine Florent	Saint-Paul; Saint-Jean
Guy Florent		Saint-Paul
Marcel Florent	Domaine Florent	Saint-Paul; Saint-Jean
Jean-Sébastien Forest	Ministère de la Sécurité publique	Saint-Paul; Saint-Jean
Carmen Fortin	Municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	Saint-Paul
Nathalie Fortin	Conseil national de recherches du Canada	Saint-Paul
Gerardo Gollo Gil	MAPAQ	Saint-Jean

Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

Louise Gratton	Conservation de la nature Canada	Saint-Paul
Louis Hak	St-Georges-de-Clarenceville	Saint-Paul; Saint-Jean
Gilles Hébert		Saint-Paul
Bill Howland	PMVLC	Saint-Jean
Marc Jetten	Mouvement écologique du Haut - Richelieu	Saint-Paul; Saint-Jean
Marie-Hélène Lafond	Consulat des États-Unis à Montréal	Saint-Jean
Jacques LaLanne	Mouvement écologique du Haut Richelieu	Saint-Jean
Guy Langlois		Saint-Paul
Alain Laplante	Ville de Saint-Jean-sur-Richelieu	Saint-Jean
Marie-Lili Lenoir	Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	Saint-Paul
Robert Meloche	Ville de Saint-Jean-sur-Richelieu	Saint-Jean
Jacques Morin	Municipalité de Lacolle	Saint-Jean
Mathilde Morin	MAPAQ	Saint-Paul
Carrolyn O'Grady	MAPAQ	Saint-Jean
Alain Paradis	Ville de Saint-Jean	Saint-Jean
Thomas Piché	Parcs Canada	Saint-Jean
Daniel Ponton		Saint-Paul
Caroline Roberge	MRC du Haut-Richelieu	Saint-Paul
Renée Rouleau		Saint-Paul
Anne Saucier		Saint-Paul
Joane Saulnier	MRC du Haut-Richelieu	Saint-Jean
France St-Onge		Saint-Paul
Harm Sloterdijk	COVABAR	Saint-Jean

*Remarque : Il se peut que la liste qui précède ne contienne pas le nom de toutes les personnes présentes, car elle a été établie à partir des fiches de commentaires et de la feuille de présence.*

## **ANNEXE 4 : Bref historique de l'étude de référence de 1973 sur la rivière Richelieu et le lac Champlain**

Le 10 juin 1937, la Commission mixte internationale (CMI) a approuvé la construction et l'exploitation par le Canada d'ouvrages de protection sur le Richelieu, au Québec, pour la remise en état et la protection contre les inondations des basses terres situées au Québec. Le gouvernement du Canada a débloqué 500 000 \$ à cette fin<sup>1</sup>. Aux termes de cette ordonnance d'approbation, un barrage a été construit en 1939 à l'île Fryers (voir la carte à la page 4). Les digues au voisinage du barrage et les travaux de dragage dans les hauts-fonds rocheux de Saint-Jean, qui étaient prévus par l'ordonnance d'approbation, n'ont pas été réalisés. Étant donné que ces travaux n'ont jamais été parachevés, le barrage de l'île Fryers n'est jamais entré en service. La régularisation du Richelieu pour assurer la maîtrise des crues n'a donc pu être effectuée.

Entre 1970 et 1973, le gouvernement fédéral du Canada a entrepris des travaux dans le canal de Chambly et le Richelieu qui ont eu pour effet de resserrer le chenal et d'élever le niveau du Richelieu et du lac Champlain en amont aux États-Unis. L'approbation de la Commission n'a jamais été sollicitée pour ces travaux<sup>2</sup>.

Le 29 mars 1973, l'assistant-secrétaire d'État des États-Unis d'Amérique et le sous-secrétaire d'État aux Affaires extérieures du Canada ont présenté un renvoi à la Commission mixte internationale<sup>3</sup> et chargé celle-ci d'étudier et de rendre compte de la faisabilité et de la pertinence de la régularisation du Richelieu dans la province de Québec afin de remédier aux conditions extrêmes quant aux niveaux d'eau dans le Richelieu et le lac Champlain et à d'autres fins utiles.

La Commission a créé le Bureau technique international Champlain-Richelieu afin d'étudier la question<sup>4</sup>. Un rapport provisoire a été remis aux gouvernements en 1975 et il recommandait que la Commission entreprenne une étude environnementale et économique exhaustive avant de se lancer dans les moindres travaux<sup>5</sup>. Les gouvernements du Canada<sup>6</sup> et des États-Unis<sup>7</sup> ont approuvé et convenu de financer les recommandations.

---

<sup>1</sup> Ordonnance d'approbation du 10 juin 1937. Dossier 38-1-5:1.

<sup>2</sup> Lettre datée du 6 juillet 1979 envoyée par le secrétaire canadien de la Commission à l'honorable Flora MacDonald, secrétaire aux Affaires extérieures, Canada. Dossier 98-3-1.

<sup>3</sup> Lettre de renvoi du 29 mars 1973 expédiée par le bureau du sous-secrétaire d'État aux Affaires extérieures du Canada à D. G. Chance, secrétaire canadien de la Commission mixte internationale. Dossier 98-3-1-1.

<sup>4</sup> 24 avril 1973 « Directive adressée au Bureau technique international Champlain-Richelieu ». Dossier 98-4A-2:1.

<sup>5</sup> 12 mars 1975, « Rapport provisoire sur la régularisation de la rivière Richelieu et du lac Champlain », Commission mixte internationale. Dossier 98-4-1:1.

<sup>6</sup> 2 mai 1975, lettre de l'honorable A. J. MacEachen, secrétaire d'État aux Affaires extérieures du Canada, à M. Maxwell Cohen, président, Section canadienne de la Commission mixte internationale. Dossier 98-1-4:1.

<sup>7</sup> Lettre du 24 mars 1975 envoyée par Richard D. Vine, sous-secrétaire adjoint, Département d'État des États-Unis, à M. Christian Herter Jr., président de la Commission mixte internationale pour les États-Unis. Dossier 98-1-4:1.

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

En 1976, avec l'appui du gouvernement du Québec, le gouvernement du Canada a demandé l'autorisation de draguer le chenal du Richelieu et d'y construire un déversoir à crête fixe à Saint-Jean (Québec)<sup>8</sup>. La Commission a décidé de différer la suite à donner à la demande en attendant le parachèvement de l'étude d'impact sur l'environnement<sup>9</sup>.

Au cours des cinq années qui ont suivi, la Commission a reçu des rapports du Bureau technique international Champlain-Richelieu, des comités sur les impacts environnementaux, les aspects physiques et les avantages nets, de même que deux rapports supplémentaires comportant un examen exhaustif de la régularisation du lac Champlain et du Richelieu. Parallèlement à plus de 3 000 pages de transcriptions d'audiences publiques, ces rapports ont servi à produire le rapport final de la Commission à l'intention des gouvernements en février 1981<sup>10</sup>.

Le rapport final de la Commission sur l'étude de référence de 1973 concluait qu'il était techniquement possible de construire et d'exploiter un ouvrage de régulation des débits à Saint-Jean en même temps qu'on draguerait les hauts-fonds de Saint-Jean pour renforcer la capacité du chenal afin de respecter les critères environnementaux prévus, même si la Commission n'a pas été en mesure de déterminer l'opportunité de cette option et qu'elle n'a donc pas pu formuler de recommandations à l'intention des gouvernements sur la régularisation du lac Champlain et du Richelieu. Dans le même rapport, la Commission a recommandé d'instaurer un système d'avertissement et de prévision des crues et de mettre en œuvre la réglementation des plaines inondables. De plus, la Commission a déclaré qu'elle attendrait les conseils des gouvernements avant de donner suite à la demande de 1976. Un système de prévision des crues a donc été implanté, même si aucune autre mesure n'a été prise au sujet du dragage ou de l'ouvrage de régulation des débits.

Pourquoi aucune autre mesure n'a-t-elle été prise?

Il semble que la Commission n'ait pas réussi à déterminer l'opportunité de la régulation des débits, essentiellement du fait que la plupart des partisans de la régulation des débits (sous forme d'un ouvrage de régulation des débits et de l'aménagement de chenaux près de Saint-Jean) étaient des habitants du Québec, alors que la plupart des détracteurs étaient des habitants du Vermont et de l'État de New York, ces derniers se préoccupant avant tout de la préservation à l'état naturel du lac Champlain. Après la publication du rapport de la Commission mixte internationale de 1981, le gouverneur Richard Snelling du Vermont a déclaré qu'il s'entreferait avec le gouverneur Hugh Carey de l'État de New York et le premier ministre du Québec, M. René Lévesque, pour trouver une solution moins draconienne aux crues<sup>11</sup>, cependant, aucune mesure gouvernementale n'a été prise par la suite.

---

<sup>8</sup> Lettre de demande du 5 janvier 1976 envoyée par M. Allan J. MacEachen, secrétaire d'État aux Affaires extérieures du Canada, à D.G. Chance, secrétaire, Section canadienne de la Commission mixte internationale. Dossier 102-1-1:1.

<sup>9</sup> Lettre du 19 février 1976 envoyée par D.G. Chance, secrétaire de la Section canadienne de la Commission mixte internationale, à l'honorable A.J. MacEachen, secrétaire d'État aux Affaires extérieures du Canada. Dossier 102-1-1:1.

<sup>10</sup> Rapport de la Commission mixte internationale du 1<sup>er</sup> janvier 1981 intitulé « Régularisation de la rivière Richelieu et du lac Champlain » adressé aux gouvernements du Canada et des États-Unis. Dossier 98-4A-7:1.

<sup>11</sup> 11 février 1981, article paru dans le journal montréalais *The Gazette* et intitulé « Richelieu flood control dam not recommended ». Dossier 98-6-2:1.

Article paru dans un journal de Toronto, *Heavy Construction News*, intitulé « IJC withholds approval of \$16m dam plan ». Dossier 98-6-2:1.

## ANNEXE 5 : Liste des abréviations

AAC	Agriculture et Agroalimentaire Canada
AHPS	Advanced Hydrologic Prediction System
ASC	Agence spatiale canadienne
CAN	Canada
CaPA	analyse des précipitations canadiennes
CC	changements climatiques
CCC	comité consultatif de citoyens (au Vermont et dans l'État de New York)
CCE	Cornell University Cooperative Extension
CCP	comité consultatif public
CEHQ	Centre d'expertise hydrique du Québec (fait partie du MDDEFP)
CEQ	Council on Environmental Quality (É.-U.)
CGC	Commission géologique du Canada
CGVD	Canadian Geodetic Vertical Datum (système de référence altimétrique canadien)
CHC-CNRC	Centre d'hydraulique canadien du Conseil national de recherches du Canada
CHPS	Community Hydrologic Prediction System (Système communautaire de prédictions hydrologiques)
CHy	Commission d'hydrologie (de l'OMM)
CMI	Commission mixte internationale
COVABAR	Comité de concertation et de valorisation du bassin de la rivière Richelieu
CQMT	charge quotidienne maximale totale
CWA	<i>Clean Water Act</i> (É.-U.)
É.-U.	États-Unis



Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

EAE	espèce aquatique envahissante
EC	Environnement Canada
EEN	équivalent en eau de la neige
EIGLA	Étude internationale des Grands Lacs d'amont
ÉTS	École des technologies supérieures
FEMA	Federal Emergency Management Agency (Agence fédérale des situations d'urgence) (É.-U.)
FERC	Federal Energy Regulatory Commission (É.-U.)
GCIP	Groupe consultatif d'intérêt public
GI	gestion de l'information
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GLERL	Great Lakes Environmental Research Laboratory
GMNF	Green Mountain National Forest (Forêt nationale des Montagnes-Vertes)
GTHDHT	Groupe de travail sur l'harmonisation des données hydrographiques transfrontalières
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Centers River Analysis System
HYDROTEL	(Modèle hydrologique distribué à base physique conçu pour profiter de la télédétection et des systèmes d'information géographique.)
INRS-ETE	Institut national de la recherche scientifique–Centre Eau Terre Environnement
IRDA	Institut de recherche et de développement en agroenvironnement
LCC	Lake Champlain Committee
LCI	Lake Champlain International
LCRC	Lake Champlain Research Consortium (au Collège St. Michael's)
LCSG	Lake Champlain Sea Grant
LGC	Levés géodésiques du Canada
LIDAR	détection et localisation par la lumière (télédétection – altimétrie laser)

Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

LOFSL	lac Ontario et fleuve Saint-Laurent (Étude LOFSL : Étude internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent [de la CMI])
MAECI	Affaires étrangères et Commerce international Canada
MAMROT	ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire du Québec
MAPAQ	ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MCR	modèle climatique régional
MDDEFP	ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec
MDEIE	ministère du Développement économique, de l'Innovation et des Exportations du Québec
MDN	Défense nationale Canada
MESH	Modélisation environnementale avec couplage atmosphère – hydrologie
MFEQ	ministère des Finances et de l'Économie du Québec
MIRE-2D	Modèle intégré de la réponse écologique – bidimensionnel
MNT	modèle numérique de terrain
MODIS	spectroradiomètre imageur à résolution moyenne
MPO	ministère des Pêches et des Océans du Canada
MRC	municipalité régionale de comté
MRI	ministère des Relations internationales du Québec
MRN	ministère des Ressources naturelles du Québec
MS4s	Municipal Separate Storm Sewer Systems (É.-U.)
MSP	ministère de la Sécurité publique du Québec
MSSS	ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec
MTQ	ministère des Transports du Québec
NARCCAP	North American Regional Climate Change Assessment Program (programme

Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

	régional nord-américain d'évaluation des changements climatiques)
NASA	National Aeronautic and Space Administration (É.-U.)
NAVD	North American Vertical Datum (système de référence altimétrique nord-américain)
NEXRAD	Next Generation Weather Radar system (É.-U.)
NGVD	National Geodetic Vertical Datum (système de référence altimétrique national des États-Unis)
NHD	National Hydrography Database (É.-U.)
NMM	niveau moyen des mers
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NOHRSC	National Operational Hydrologic Remote Sensing Center (É.-U.)
NRCS	Natural Resources Conservation Service (Service de la conservation des ressources naturelles du département de l'Agriculture des États-Unis)
NWS	National Weather Service (États-Unis)
NY	New York
NYFB	New York Farm Bureau
NYPA	New York Power Authority
NYSAM	New York State Agriculture and Markets
NYSCC	New York State Canal Corporation
NYSDEC	New York State Department of Environmental Conservation
NYSDOS	New York State Department of State
NYSDOT	New York State Department of Transport
NYSED	New York State Empire Development
NYSGIS	New York State Geographic Information System
NYSOPRHP	New York State Office of Parks, Recreation and Historic Preservation
OBVBM	Organisme du bassin versant de la baie Missisquoi

Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

OGC	Open Geospatial Consortium
OMM	Organisation météorologique mondiale
ONG	organisation non gouvernementale
PC	Parcs Canada (Agence)
PGAC	Plan global d'atténuation des crues
PMVLC	Programme de mise en valeur du lac Champlain
PMVLC	Programme de mise en valeur du lac Champlain
PRMS	Precipitation Runoff Modeling System (système de modélisation des précipitations et ruissellements de l'USGS)
QC	Québec
RACC	Research on Adaptation to Climate Change (à l'UVM)
RHC	Relevés hydrologiques du Canada (fait partie d'Environnement Canada)
RNCan	Ressources naturelles Canada
SAC/SMA	Sacramento Soil Moisture Accounting
SIG	système d'information géographique
SMAP	Soil Moisture Active Passive (satellite de télédétection active passive de l'humidité de la NASA)
SMC	Service météorologique du Canada (fait partie d'Environnement Canada)
SP	Sécurité publique Canada
SPC	Services partagés Canada
StatCan	Statistique Canada
SUNY	State University of New York
SWAT	Soil Ann Water Assessment Tool (Outil d'évaluation du sol et de l'eau)
TC	Transports Canada
TNC	The Nature Conservancy (organisme de défense de la nature)

Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

TQ	Tourisme Québec (fait désormais partie du MFEQ)
UdeS	Université de Sherbrooke
UL	Université Laval
UPA	Union des producteurs agricoles
USACE	United States Army Corps of Engineers
USDA	United States Department of Agriculture (département de l'Agriculture des États-Unis)
USEPA	United States Environmental Protection Agency (Agence des États-Unis pour la protection de l'environnement)
USFS	United States Forest Service
USFWS	United States Fish and Wildlife Service (Service de la pêche et de la faune des États –Unis)
USGS	United States Geological Survey (Service géologique des États-Unis)
USNPS	United States National Park Service (Service des parcs nationaux des États-Unis)
UVM	Université du Vermont
VAAFM	Vermont Agency of Agriculture, Food and Markets
VCGI	Vermont Center for Geographic Information
VDTM	Vermont Department of Tourism and Marketing
VEM	Vermont Emergency Management
VFB	Vermont Farm Bureau
VT	Vermont
VT DEC	Vermont Department of Environmental Conservation
VTANR	Vermont Agency of Natural Resources (organisme qui relève du VT DEC)
VTRANS	Vermont Agency of Transportation
WBD	Water Boundaries Dataset (international)

## **ANNEXE 6 : Bibliographie**

- Anderson, J. K. 1990. Evaluation of northern pike spawning in Lake Champlain. Final Report F-12-R, Job, No. II-4. Vermont Fish and Wildlife Department, Essex Junction. 47 p.
- Bleau N., Thomas-Maret I, Soto Abasolo P., Desjardins-Dutil G, Fuamba M., Kadi S. 2012. Analyser la vulnérabilité sociétale et territoriale aux inondations en milieu urbain dans le contexte des changements climatiques, en prenant comme cas d'étude la Ville de Montréal, Rapport final, prêt à l'automne 2012, 143 p.
- Brande, J., Lapping, M. 1979. Exchanging Information Across Boundaries : The Richelieu – Champlain Experience. Canadian Water Resources Journal, Vol. 4, No. 4, p. 39 – 50.
- Commission mixte internationale. 1975. Rapport provisoire sur la régularisation du Richelieu et du lac Champlain. Rapport de la CMI aux gouvernements du Canada et des États-Unis, Dossier 98-4-11, 22 p.
- Commission mixte internationale. 1981. Régularisation du Richelieu et du lac Champlain. Rapport de la CMI aux gouvernements du Canada et des États-Unis, 40 p.
- Countryman, W. D. 1977. An analysis of lake level influence on vegetation in Lake Champlain. Rapport établi pour la CMI en vertu d'un contrat de l'USFWS. Aquatec, Inc., South Burlington, VT. 23 p. plus annexes.
- Creighton, J.L., 2010. How to Conduct a Shared Vision Planning Process. Report Submitted to the U.S. Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources. IWR Report 10-R-6, 91p.
- Dumont P., et R. Fortin. 1977. Effects of spring water levels on the reproduction of upper Richelieu River and Missisquoi Bay northern pike (*Esox lucius* L.). Rapport établi pour la CMI. Université du Québec à Montréal. 114 p.
- Environnement Canada, 2006. Enjeux de la disponibilité de l'eau pour le fleuve Saint-Laurent – Synthèse environnementale. Tabot A. (éd.) Environnement Canada. Montréal 204 p.
- Hamel, C. et P. Breuer. 1977. Influences of spring water levels on aquatic and riparian plant distribution in upper Richelieu and Missisquoi Bay Areas. Rapport établi pour la CMI. Université du Québec à Montréal. 65 p.
- Henson, E. B. et M. Potash. 1977. Biological production and nutrient studies of Lake Champlain. Rapport établi pour la CMI en vertu d'un contrat de l'USFWS. University of Vermont. 183 p.
- Jenkinson, R.W. 2012. Commission mixte internationale – Lignes directrices sur la sélection et la mise en œuvre des modèles. Rapport technique : GOCF-TR-2012-006. Conseil national de recherches du Canada – Génie océanique, côtier et fluvial (CNRC-GOCF), Ottawa (Ontario), juin 2012.
- Kallemeyn, L., W.R. Darby, E. Eaton, K. Peterson, K. Smokorowski et J. Van den Broeck. 2009. Plan d'étude pour l'évaluation de l'ordonnance 2000 de la CMI pour les lacs à la Pluie et Namakan et la rivière à la Pluie. Rapport non publié établi pour la Commission mixte internationale par le Groupe de travail d'évaluation des courbes de niveau, 55+ p.

## Plan d'étude du lac Champlain et de la rivière Richelieu

- Kretzer, W. A. 1977. Lake Champlain Fisheries Investigation, United States Waters. Rapport établi pour la CMI en vertu d'un contrat de l'USFWS. 236 p.
- Morin, J. et O. Champoux. 2006. Modélisation intégrée des processus physiques et des habitats du Saint-Laurent. P. 21-37 *dans* Enjeux de la disponibilité de l'eau pour le Saint-Laurent : Synthèse environnementale. Tabot A. (ed) Environnement Canada. Montréal 204 p.
- Myers, T. R. et D. D. Foley. 1977. The productivity of Lake Champlain with regard to waterfowl, furbearers, and other wildlife. Rapport établi pour la CMI en vertu d'un contrat de l'USFWS. Vermont Department of Fish and Game. 183 p.
- PMVLC. 2013. Résilience aux inondations dans le bassin du lac Champlain et la rivière Richelieu. Rapport technique du Programme de mise en valeur du lac Champlain. 108 p.
- Stager, C. Ann Thill, M., 2010. Climate Change in the Champlain Basin – What Natural Resource Managers Can Expect and Do. Report prepared for The Nature Conservancy, 44p.
- Turk, J. T. 1977. Apparent use of sediment nitrogen and phosphorus by plants in Mallets Creek Marsh with implications to Lake Champlain water level regulation. Rapport établi pour la CMI en vertu d'un contrat de l'USFWS. U.S. Geological Survey, Albany, NY. 40 p.
- Velázquez, J. A., Petit, T., Lavoie, A., Boucher, M.-A., Turcotte, R., Fortin, V. et Anctil, F. 2009. An evaluation of the Canadian global meteorological ensemble prediction system for short-term hydrological forecasting, Hydrol. Earth Syst. Sci., 13, 2221-2231, doi:10.5194/hess-13-2221-2009, 2009.
- Wake, C. P., 2005. Indicators of Climate Change in the Northeast. 2005. The Climate Change Research Center, University of New Hampshire, 32 p.
- Williams, B.K.R., Szarp, R.C. et C.D. Shapiro. 2007. Adaptive Management: The U.S. Department of the Interior Technical Guide. Adaptive Management Working Group, U.S. Department of the Interior, Washington D.C. Consulté à l'adresse : <http://www.doi.gov/initiatives/AdaptiveManagement/TechGuide.pdf>.