



# ANALYSE COÛTS-AVANTAGES DES OPTIONS D'ADAPTATION AUX INONDATIONS ET ALÉAS FLUVIAUX DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE

Résumé exécutif  
Septembre 2021



# **ANALYSE COÛTS-AVANTAGES DES OPTIONS D'ADAPTATION AUX INONDATIONS ET ALÉAS FLUVIAUX DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE**

Rapport final

09/2021

**DIRECTRICE DE PROJET** : Ursule Boyer-Villemaire, Ouranos

## **ÉQUIPE DE RÉALISATION :**

Ursule Boyer-Villemaire, Ouranos

Annabelle Lamy, Ouranos

Raphaël Desjardins, Ouranos

Jérémy Roques, ROBVQ

Dorothy Heinrich, Ouranos

Caroline Simard, Ouranos

Hugo Morin, Ouranos

Scénarios climatiques : Marco Braun, Ouranos

**RÉVISION LINGUISTIQUE** : Ursule Boyer-Villemaire, Hugo Morin, Marie-Anta Diop

**MISE EN PAGE** : Ursule Boyer-Villemaire, Hugo Morin, Annabelle Lamy, Marie-Anta Diop

**CRÉDIT PHOTO PAGE COUVERTURE** : COBARIC.

**CRÉDITS PHOTOS DÉBUTS DE SECTIONS** : COBARIC.

**Titre du projet Ouranos** : Analyse coûts-avantages de l'adaptation aux inondations riveraines

**Numéro du projet Ouranos** : 510034

**Citation suggérée** : Boyer-Villemaire, U., Lamy, A., Desjardins, R., Roques, J., Simard, C., Heinrich, H., Morin, H. (2021b). *Analyse coûts-avantages des options d'adaptation aux inondations et aléas fluviaux du bassin versant de la rivière Chaudière*. Rapport présenté à Ressources naturelles Canada. Ouranos. Montréal. 143 p. + annexes.

Les résultats et opinions présentés dans cette publication sont entièrement la responsabilité des auteurs et n'engagent pas Ouranos ni ses membres. Toute utilisation ultérieure du document sera au seul risque de l'utilisateur sans la responsabilité ou la poursuite juridique des auteurs.

## REMERCIEMENTS

---

Ce projet a été rendu possible grâce au soutien du Groupe de travail sur l'économie de la Plateforme canadienne d'adaptation au changement climatique, présidé par Ressources naturelles Canada, du gouvernement du Québec dans le cadre du Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques et de la Fédération canadienne des municipalités.

D'abord, le ROBVQ a été un partenaire privilégié pour la réalisation de cette étude, tant en matière de mobilisation que de compétences techniques sur l'évaluation des aléas. De nombreuses collaborations avec des experts ont aussi soutenu la démarche, notamment avec Mohammad Bizhanimanzar et de Robert Leconte en génie civil à l'Université de Sherbrooke, Marc-André Bourgault sur les milieux humides de l'université Laval, Pascale Biron et Guénoël Choné sur l'évaluation hydrogéomorphologique à l'université Concordia, Karem Chokmani sur les embâcles à l'INRS, Alain Maillhot sur les ouvrages de rétention à l'INRS, François Anctil sur la modélisation hydraulique à l'université Laval, Éric Levasseur (DEH, MELCC) et de Travis Logan (Ouranos). Tous et toutes ont généreusement partagé avec Ouranos leur expérience et leurs connaissances approfondies pour cette mise en commun complexe vers l'évaluation des risques fluviaux dans le bassin versant de la Chaudière.

Nous tenons également à souligner la contribution des membres des différents comités mis en place dans le cadre de ce projet. Leur participation a permis, entre autres, de mieux intégrer l'ensemble des enjeux de la zone d'étude. Dans le comité local de suivi, nous tenons à remercier le COBARIC (Véronique Brochu, Yannick Bourque, Marie-Ève Thérault), la Ville de Lévis (Jérôme Carrier), la MRC Nouvelle-Beauce (Érick Olivier/Marie-Josée Larose), le comité du PRMHH-CA-MRC de Lotbinière (Pablo Rodriguez, Josée Breton, Patrick Martineau), pour leur soutien indéfectible. Au sein de l'assemblée consultative de priorisation, nous soulignons le taux de participation exemplaire des aménagistes des 8 MRC et 4 villes concernées dans le bassin, ainsi que plusieurs élus et officiers municipaux particulièrement actifs sur la question des inondations. L'apport précieux de ces nombreux partenaires a permis d'avoir accès aux informations et données essentielles à la réalisation du projet. Merci pour votre ouverture d'esprit et attitude de collaboration dans un contexte soulevant les préoccupations et les passions.

Nous remercions aussi toutes les organisations et firmes qui ont fourni des données essentielles ou du temps pour ce projet, WSP, Stantec, Canards Illimités et plusieurs autres. Cet apport essentiel a grandement renforcé la crédibilité de l'estimation du coût des mesures.

Les membres du comité de suivi ont aussi été d'un précieux conseil : Pamela Kertland (Ressources Naturelles Canada), Richard Turcotte/Audrey Lavoie (MELCC-Ouranos), Sami El-Leuch (FCM), Skander Ben Abdallah (UQAM), Geneviève Cloutier (U.Laval), François Anctil (U.Laval), Antoine Verville/Marie-Hélène Gendron (ROBVQ), Claude Sauvé (CBJC), Anne Blondlot (Ouranos), Alexandrine Bisailon (Ouranos), Pascal Marceau (MSP), Jimmy Duschesneau/Myriam Michel/Steve Héту (MAMH).

Merci à tous ceux et celles y ayant apporté une contribution pour faire de ce projet collectif une réussite.



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada





## RÉSUMÉ EXÉCUTIF

---

Au cours des dernières années, les inondations de la rivière Richelieu en 2011, celles des printemps 2017 et 2019, autant que les débordements de décembre 2020 en Chaudière-Appalaches ont affecté une large portion du territoire du sud du Québec. Elles remettent en cause la construction en zone à risque, les modes d'aménagement du territoire et mettent en évidence la vulnérabilité de plusieurs communautés. Appuyée par Ressources naturelles Canada, le Gouvernement du Québec et la Fédération Canadienne des municipalités, Ouranos a entrepris le projet de recherche *Analyse des coûts-avantages des options d'adaptation aux inondations et aléas fluviaux en contexte de changements climatiques*, afin d'outiller les communautés pour prendre des décisions éclairées en matière de gestion des risques d'inondations et fluviaux. Les partenaires principaux furent le Regroupement des organismes de bassin versant (ROBVQ), l'Université de Sherbrooke, le Comité de gestion de la rivière Saint-François (COGESAF) et le comité de bassin versant de la rivière Chaudière (COBARIC), tous ayant développé un imposant bagage de connaissances sur le sujet.

L'objectif général du projet portait sur le développement d'une méthode d'analyse des impacts des CC et des solutions d'adaptation aux inondations fluviales, à l'érosion de berges et d'autres aléas liés aux rivières qui menacent les actifs, activités et personnes dans les zones riveraines du Québec. La méthode choisie fut celle de l'analyse coûts-avantages participative basée sur l'analyse de risque : les coûts et les avantages de différents scénarios d'adaptation (combinaisons de plusieurs mesures d'adaptation) ont été comparés, afin de déterminer la viabilité économique des solutions et d'identifier celles qui offrent un avantage net pour la collectivité, en s'appuyant sur plusieurs instances de mobilisation des parties prenantes. Ce projet comporte un rapport méthodologique et deux études de cas d'analyses coûts-avantages : la rivière Coaticook à Compton (échelle municipale) et la rivière Chaudière (échelle du bassin versant).

Le présent rapport d'étude de cas répond d'un côté à une problématique de multiples enjeux liés à la rivière Chaudière et ses affluents, mais aussi à l'opportunité d'évaluer le potentiel des infrastructures naturelles dans la réduction de risque sur tout le bassin versant. L'étude visait à **quantifier les coûts et les avantages de différents scénarios d'adaptation visant à réduire et gérer les risques reliés aux inondations et aléas fluviaux de la rivière Chaudière sur le territoire de son bassin versant et mettre en valeur la contribution potentielle des milieux hydriques et humides.**

### *Approche méthodologique*

Cette étude fait converger les méthodologies d'analyses coûts-avantages réalisées auparavant au Québec et ailleurs, et l'analyse de risque (basée sur ISO 31000), soutenue par un cadre participatif, dans une perspective multialéa. Pour appuyer la prise de décisions complexes, elle s'appuie sur une chaîne de modélisation multidisciplinaire : des scénarios climatiques locaux (Ouranos), des projections de débits (Génie hydrologique, Université de Sherbrooke), leur transformation en probabilités annuelles de dépassement et de profondeurs d'eau (méthode géostatistique, ROBVQ / Concordia), une évaluation des impacts socio-économiques et une modélisation des services écosystémiques (Ouranos).

- *Cadre participatif* : La mobilisation des parties prenantes à l'échelle de la municipalité, la région et de ministères ou organismes permet de cerner des mesures d'adaptations acceptables par le milieu.
- *Analyse de risque* : Un dénombrement des actifs, des activités et des personnes selon des niveaux de risque permet de prioriser les coûts à éviter. Les aléas fluviaux considérés sont les inondations en eau libre (submersion), les embâcles de glace, l'érosion des berges, le déplacement soudain du chenal (avulsion), et les cônes alluviaux (accumulations de sédiments en forme de cône en pied de talus).
- *Co-construction des scénarios d'adaptation* : Les scénarios d'adaptation évalués constituent une combinaison de mesures réparties sur le territoire et pouvant évoluer dans le temps. Ils reflètent plusieurs stratégies d'adaptation (infrastructure grise et verte, gestion des actifs, réglementation, mesures comportementales). Le choix des scénarios a été réalisé en co-construction avec deux instances participatives, soit le comité local de suivi (multidisciplinaire, reflétant une diversité d'acteurs du milieu) et l'assemblée consultative de priorisation (tous les aménagistes des MRC concernées et certains représentants municipaux).
- *Analyse économique* : La phase d'analyse économique compare du point de vue monétaire l'ensemble des avantages et des coûts de différentes options d'adaptation réalisables avec le scénario de références (statu quo) sur une période de 50 ans (2020 à 2070), dans la perspective collective du bassin versant de la rivière Chaudière. Pour cette analyse, les trois indicateurs économiques retenus sont la valeur actualisée nette (VAN), le ratio avantages-coûts et le seuil de rentabilité de la VAN. Cette base économique commune est exprimée en \$ constants 2019, et un taux d'actualisation décroissant s'applique, de 4 % (2020-2050) puis de 2 % (2050-2070). Cette analyse est ensuite soumise à des tests de robustesse (analyse de sensibilité, analyse de distribution entre acteurs et analyses complémentaires).

Cette démarche dégage le scénario le plus avantageux économiquement pour la collectivité, afin d'éventuellement nourrir des discussions sur l'acceptabilité et la mise en œuvre de l'adaptation.

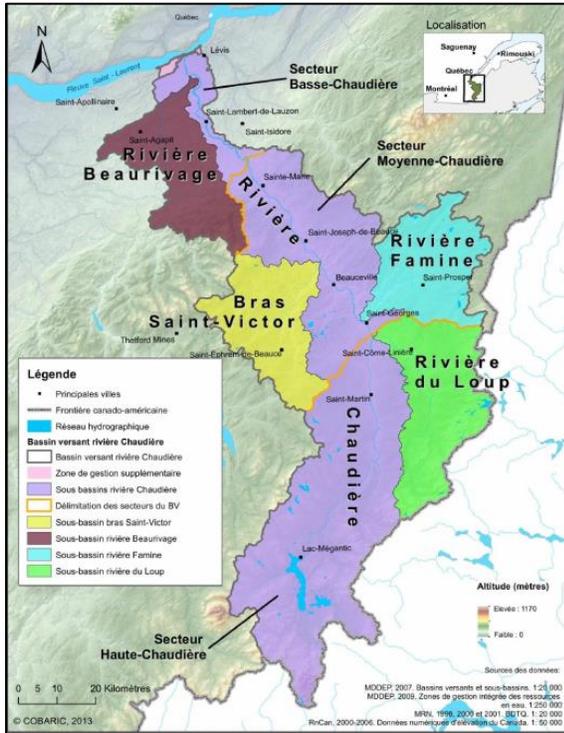
### *Zone d'étude*

La zone d'étude s'étend sur tout le territoire du bassin versant de la rivière Chaudière (environ 6713 km<sup>2</sup>) (Figure A).

Le débit mensuel médian de la rivière Chaudière à la station de Saint-Lambert-de-Lauzon est de 79 m<sup>3</sup>/s (1970 et 2020) et peut dépasser les 2000 m<sup>3</sup>/s. L'analyse repose sur cinq sous-bassins ayant des dynamiques fluviales distinctes.

Le territoire recoupe 78 municipalités, regroupées en 7 MRC et soutenant 179 000 habitants. La taille moyenne est de 2,3 personnes/ménage selon le dernier recensement (Statistiques Canada, 2016).

**Figure A.** Zone d'étude et ses sous-bassins versant



SOURCE : COBARIC, 2014.

### Mobilisation des parties prenantes

Les activités suivantes ont soutenu la mobilisation tout au long du projet :

- CLS - Comité local de suivi : impliquant le COBARIC, la ville de Lévis, la MRC de la Nouvelle-Beauce, la MRC de Lotbinière/équipe de projet du PRMHH, permettant un processus itératif de co-construction pour la sélection des postes d'impacts reflétant les enjeux, la validation des hypothèses, la sélection des scénarios et l'amélioration et la communication des résultats (6 réunions)
- ACP - Assemblée consultative de priorisation : impliquant toutes les MRC concernées, et plusieurs municipalités, visant à cartographier de manière participative les impacts et des solutions concertées à évaluer, puis de valider l'adhésion aux résultats et déterminer les obstacles à l'adaptation (2 réunions)
- CT - Comité technique composé d'experts d'Ouranos, du ROBVO, du COBARIC et de l'Université Sherbrooke, pour assurer la coordination du projet, mais aussi offrir du soutien technique et analytique pour la réalisation de l'étude (11 réunions)
- CS - Le comité de suivi du projet global réunissant les principaux bailleurs de fond, des experts académiques et des représentants de ministères et organismes (3 réunions)
- L'équipe restreinte de projet d'Ouranos et du ROBVO (une réunion hebdomadaire, près de 120).

Les retombées générales de la mobilisation dans le cadre de cette étude ont été d'arrimer l'évaluation d'impacts aux préoccupations du milieu, de faciliter l'accès aux données locales, de sélectionner des scénarios suscitant une adhésion initiale et de s'appuyer sur les meilleures pratiques scientifiques.

### Analyse des risques

L'analyse de l'aléa d'inondation en eau libre projette une augmentation des risques en climat futur (2020-2050), soit une augmentation des débits et l'expansion conséquente de la zone d'inondation, à l'exception du secteur de la Haute Chaudière où la zone d'inondation en eau libre reste stable. Malgré les relocalisations déjà effectuées, l'enjeu résidentiel domine le dénombrement des actifs et activités à risque, soit 42 % de la valeur totale des actifs, estimée à 273 805 M\$ (**Tableau A**). Le secteur du corridor longeant la rivière Chaudière contient la vaste majorité des actifs exposés à la submersion (86 %) par rapport à l'ensemble du bassin versant, sans compter le dénombrement lié aux embâcles, puisque les connaissances sont en développement. Par ailleurs, les autres enjeux majeurs portent sur les zones agricoles fortement exposées dans les régions de la rivière Beauvillage et de la rivière Famine, ainsi que la zone industrielle à l'embouchure de la Famine. La vulnérabilité de la zone d'étude est plutôt forte, tant par sa forte sensibilité socio-économique (population âgée, parc bâti vieillissant, faible capacité financière des ménages), que sa faible capacité à faire face (distance à certains services d'intervention d'urgence). Enfin, le manque de connaissance sur les aléas d'érosion des berges, d'avulsion et de cônes alluviaux est préoccupant puisqu'ils pourraient s'exacerber face à une variation des événements hydro-météorologiques.

**Tableau A.** Matrice de risque multialéa

<b>Conséquences</b>	Sévères >25% actifs exposés par secteur Infrastructures essentielles			-Résidentiel chenal principal, Famine, Beauvillage exposés à de multiples aléas Inondations : -Agriculture Beauvillage, Famine et Affluents -Industriel Famine
---------------------	--	--	--	---

				-3 écoles primaires, bâtiments institutionnels essentiels
Modérées 10-25% actifs exposés	<b>Érosion des berges*</b>			<b>Inondations :</b> -Résidentiel Affluents -Commercial chenal principal -Récréatif chenal principal <b>Exposition aux embâcles de glace ***</b>
Mineures < 10% actifs exposés	<b>Inondations :</b> -Résidentiel chenal principal faible exposition -Autres enjeux exposés aux inondations <b>Cônes alluviaux**</b> <b>Zones d'avulsion**</b>	<b>Inondations :</b> -Résidentiel chenal principal exposition moyenne	<b>Inondations :</b> -Industriel chenal principal exposition -Agricole chenal principal -Patrimonial tous secteurs confondus	
	Faible <1 % ( < 1:100)	Moyenne 1-5 % (1:20-1 :100)	Forte >5 % ( > 1:20)	
<b>Probabilité d'occurrence d'ici 50 ans</b>				
<i>*Probabilité incertaine considérée faible, mais conséquences modérées, la vaste étendue potentielle et la faible proportion de bandes riveraines</i>				
<i>**Probabilité incertaine considérée faible, estimation de conséquences mineures vu l'étendue potentielle limitée</i>				
<i>***Probabilité incertaine de notoriété forte (annuelle ou interannuelle), estimation de conséquences modérées vu l'étendue potentielle restreinte à certains secteurs</i>				

### Scénarios d'adaptation à l'étude

La construction des scénarios se base sur un processus collaboratif en plusieurs étapes impliquant les comités participatifs du projet, mais aussi la consultation d'experts techniques pour certaines solutions. Ces solutions prennent en compte les conditions hydrodynamiques, l'érosion et la sédimentation et ont été conçues pour éviter les problèmes de submersion et d'érosion pour les 50 prochaines années.

Le *scénario de référence* se définit comme la poursuite : 1) du développement urbain déjà autorisé en vertu du plan d'urbanisme de la ville de Lévis, 2) des autorisations de démolitions des lots suite aux inondations du printemps 2019 et 3) de l'approche réglementaire d'indemnisation des dommages liés à la submersion. L'état de référence partiel de l'environnement a permis de situer les flux annuels de trois services écosystémiques : la qualité de l'eau, la qualité de l'habitat et la séquestration du carbone.

Les *sept scénarios* illustrent des stratégies d'adaptation aux aléas fluviaux bien différentes, que ce soit l'adoption d'infrastructures vertes, le contrôle par des infrastructures grises, la réduction des conséquences par la relocalisation ou l'immunisation d'actifs, la transformation d'usages ou des combinaisons (**Tableau B**). Ils s'appuient sur diverses mesures structurelles, naturelles, réglementaires ou comportementales, construits soit en collaboration avec les acteurs du milieu, en se basant sur des études antérieures (Tecsult, 1994) ou en processus itératif par le comité technique du projet. Chaque scénario a fait l'objet d'une estimation de l'efficacité sur les aléas et les actifs à risque, des coûts des mesures

(conception, réalisation, entretien), des coûts d'opportunités des mesures (coût de renonciation à un usage, imposé par une mesure), et d'identification des impacts par secteurs (agricoles, commerciaux et industriels, résidentiels, psychosociaux, municipaux, économiques, environnementaux).

**Tableau B.** Liste des sept scénarios et leurs mesures

Symbole	Nom	Description
<b>1. SQ</b>	Statu quo	Signifie une perte nette de 2,37 km <sup>2</sup> de MHH en vertu du plan d'urbanisme de la ville de Lévis, compensée hors bassin versant.
<b>Infrastructures vertes</b>		
<b>2. MHH-ACC</b>	MHH acceptable	Signifie zéro perte nette de MHH pour le BV; Implique un minimum de changements d'utilisation du sol ou une optimisation des espaces existants; Tient compte des perspectives de développement des territoires prévues.
<b>3. MHH-EFF</b>	MHH efficace	Gain net de MHH pour le BV; Retrait des actifs et ajout de milieux humides et naturels dans le corridor inondable; Bandes riveraines de 15 mètres sur les milieux anthropiques et agricoles; Importants changements dans l'utilisation du sol.
<b>Infrastructures grises</b>		
<b>4. IMM-COLL</b>	Immunisation collective	Approche consistant à immuniser les collectivités à l'aide de multiples digues en zone urbaine; <u>Non considéré pour la modélisation hydrologique.</u>
<b>Infrastructure verte et immunisation individuelle</b>		
<b>5. MHH acc + IMM-IND</b>	MHH acceptable et immunisation individuelle	Approche consistant à combiner le scénario MHH-acc et les mesures d'immunisation individuelle des bâtiments résidentiels et commerciaux (IMM-IND). <u>Non considéré pour la modélisation hydrologique.</u>
<b>6. MHH_dis + IMM-IND</b>	MHH distribués et immunisation individuelle	Approche consistant à combiner les mesures d'immunisation individuelle des bâtiments résidentiels et commerciaux (IMM-IND), avec une distribution des MHH mitoyenne entre les niveaux dits acceptable et efficace et l'ajout de bandes de végétation de 15 mètres sur les milieux agricoles en zone inondable 0-2 ans. <u>Non considéré pour la modélisation hydrologique.</u>

## Analyse économique

Une approche exhaustive a permis d'estimer l'ensemble des coûts et avantages liés aux impacts économiques, environnementaux ou sociaux des scénarios, notamment en se basant sur les budgets de ferme selon les cultures, des probabilités mensuelles de profondeurs d'eau, des prix de marché de nettoyage de débris et des coûts de remplacement d'enrochement.

Ainsi, en l'absence de changement des pratiques actuelles, sur 50 ans, les risques fluviaux dans le bassin de la rivière Chaudière pourraient engendrer des dommages d'inondation en eau libre de 39,338 M\$ (RCP 4.5) pour la collectivité, malgré le retrait de 646 lots démolis ou à démolir (en date d'octobre 2020). D'ailleurs, les impacts résidentiels et leur effets indirects sur le domaine psychosocial absorbent à eux seuls 71 % (environ 27,826 M\$; RCP 4.5) du total. Les 29 % restants se séparent de façon presque égale entre 3 autres secteurs : agricole, commercial et industriel, et municipalité et économie, pour environ 3,8 M\$ chaque. Près de 60 % des coûts totaux (39,338 M\$) sont endossés par la société par des programmes d'indemnisations.

Parmi les scénarios étudiés, l'approche de valorisation des milieux hydriques et humides combinée à la réduction des risques en milieu urbain par la relocalisation et l'immunisation des bâtiments constitue un équilibre avantageux entre trois facteurs : l'efficacité (coûts évités de submersion de 44 %), le coût des mesure (9,5 M\$), et les gains en services écosystémiques (un minimum de 1,5 M\$) (Figure B). Ensemble, ces mesures offrent un avantage net à la société dépassant les 9 M\$ sur 50 ans. La localisation judicieuse des usages résilients et l'utilisation du plein potentiel des milieux naturels constituent des facteurs de succès de ces scénarios d'adaptation. Ce scénario est robuste face à l'ensemble des analyses de sensibilité et seul un fort taux d'actualisation change légèrement le classement. De plus, l'analyse qualitative suggère que la monétisation des coûts évités en matière d'érosion des berges, de la submersion des affluents ainsi que des embâcles renforcerait cette conclusion.

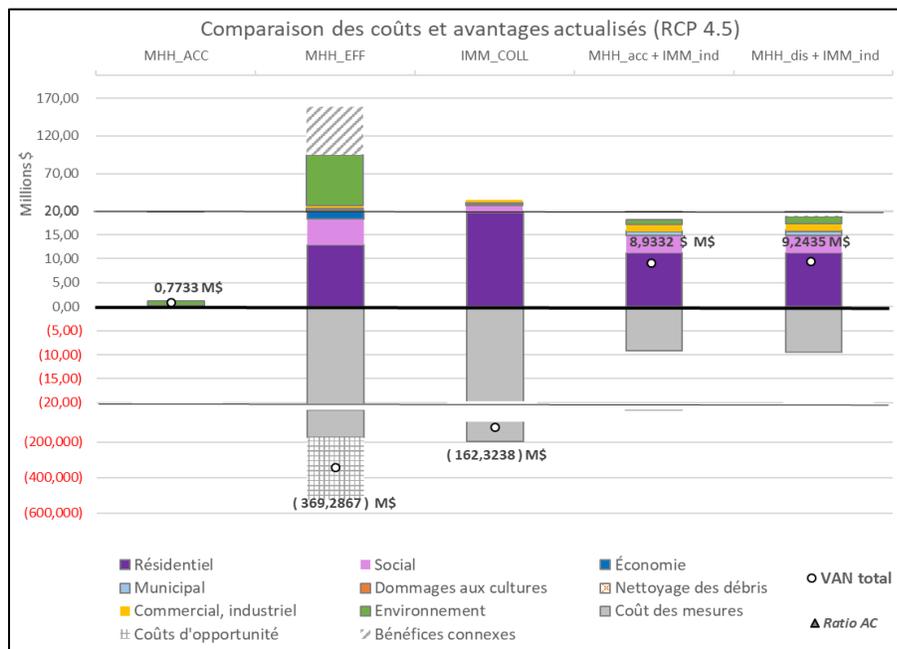


Figure B. Comparaison des coûts et avantages actualisés sur 50 ans des scénarios (RCP 4.5)

L'analyse soulève l'enjeu incontournable de l'aménagement des zones urbaines, dont l'enjeu dominant est le secteur résidentiel. À faible effort, des grands coûts pourraient être évités dans les sous-sols, mais une des clés de l'adaptation réside dans la planification urbaine résiliente par quartier.

Dans les zones agricoles, notamment dans le sous-bassin de Beaurivage, l'évolution du prix de la terre appelle à une réflexion sociétale pour une agriculture résiliente aux aléas fluviaux. De plus, certaines limites réglementaires freinent l'adaptation, alors que des opportunités d'adaptation se situent dans les modèles d'agriculture résiliente. Les enjeux d'acceptabilité se profilent et les décisions doivent en tenir compte.

Du côté des infrastructures naturelles, l'étude montre clairement l'avantage économique des milieux hydriques et humides et du principe de zéro perte nette. Malgré une contribution plutôt modeste à la régulation des crues, pour chaque dollar investi, la conservation, création et restauration des milieux hydriques et humides suscitent un retour de 3 \$ en bénéfices écosystémiques. La création en milieu urbain amènerait le maximum de gains environnementaux. Par ailleurs, la combinaison des milieux humides riverains connectés à des bandes riveraines amène un effet multiplicateur de bénéfices environnementaux (double presque, surtout pour la qualité de l'eau). À l'opposé, la destruction de certains milieux sensibles pourrait amplifier les coûts. Le sous-bassin de la rivière Beaurivage est à surveiller et devrait faire l'objet d'une analyse plus approfondie dans cette perspective. Dans l'ensemble, il existe un besoin de clarifier et d'optimiser les rapports coûts-efficacités des infrastructures naturelles. De plus, les pistes à explorer sont le potentiel d'adaptation des pratiques de drainage ainsi que les options d'écofiscalité pour la mise en œuvre des mesures proposées.

Par contre, une limite d'acceptabilité est prévisible. La mise en œuvre de l'adaptation repose sur des questions collectives à résoudre : Comment opérer la transformation d'usage des zones à haut risque au bénéfice de la collectivité ? Quel est le seuil de tolérance face à l'augmentation anticipée des indemnités collectives et comment partager ce fardeau entre les individus et la société ?

En résumé, l'analyse montre clairement que l'approche de conciliation des usages résilients par la valorisation des milieux naturels et la planification urbaine résiliente est la plus avantageuse collectivement et sans regret face à l'amplification possible des impacts des changements climatiques. Par contre, elle fait face à des défis de mise en œuvre. La prise de décision en adaptation devra non seulement se baser sur les critères analysés dans cette étude, soit la rentabilité financière incluant la valeur des écosystèmes, l'équité entre les acteurs et la réduction des risques multialéa, mais également prendre en compte l'acceptabilité sociale, le degré de complexité de la mise en œuvre, et le *momentum* de l'adaptation afin d'optimiser les retombées pour la société.

Concrètement, les résultats influencent déjà certaines décisions. En effet, les résultats préliminaires de l'ACA ont soutenu l'adoption des objectifs de conservation des milieux hydriques et humides dans la mise à jour du plan directeur de l'eau (PDE) du COBARIC ainsi que la démarche d'élaboration du PRMHH Chaudière-Appalaches.



## GLOSSAIRE

Termes économiques	
Analyses coûts-avantages (ACA)	Comparaison de différents scénarios sur la base du ratio avantages-coûts en valeurs actualisées.
Bénéfice connexe	Bénéfices indirects liés à une mesure (par exemple, bénéfices de récolte ou d'usage des milieux naturels).
Coût connexe	Coûts indirects liés à une mesure (par exemple, coût de compensations à verser, lié à une mesure d'espace de liberté ou un bassin de rétention). Ces coûts peuvent être des coûts de transaction et des coûts d'opportunité.
Coûts d'opportunité	Coût de renonciation d'un bien ou d'une activité suite à une décision.
Coûts de transaction	Coûts de coordination et d'échange entre les agents.
Produit intérieur brut (PIB)	Somme des revenus ou dépenses d'une économie.
Ratio avantages-coûts (A/C)	Division des avantages (bénéfices) par les coûts, en valeur actualisée
Taux d'actualisation	Taux auquel les valeurs se déprécient à travers le temps.
Valeur actualisée nette (VAN)	La somme des valeurs présentes et futures actualisées.
Termes hydrologiques	
Amont	Partie d'un cours d'eau situé en direction de la source face à un point donné.
Aval	Partie d'un cours d'eau situé en direction de son écoulement face à un point donné.
Bassin Versant	Territoire drainé par un fleuve et ses affluents.
Coefficient de rugosité	Représente la résistance d'un tronçon à l'écoulement de l'eau.

Cote de crue	Probabilité d'un territoire d'être inondé sur une échelle temporelle (2 ans : 50% de chances, 20 ans : 5%).
Débit de crue	Projection et probabilité d'occurrence de débit d'un cours d'eau lors de crues.
Embouchure	Lieu où un cours d'eau se jette dans un plan d'eau.
Période de retour	Probabilité qu'un phénomène dépasse une valeur donnée au cours d'une année donnée, exprimé comme une fréquence annuelle (50% de chances : 2 ans, 5% : 20 ans, etc.). Les périodes de retour calculées dans le cadre de ce projet concerne le phénomène d'inondation et donc, la probabilité qu'un territoire soit inondé au cours d'une année donnée, exprimé en fréquence annuelle.
Probabilité de dépassement annuel	Probabilité qu'un phénomène dépasse une valeur donnée au cours d'une année donnée. Les probabilités de dépassement annuel calculées dans le cadre de ce projet concernent les inondations.
Récurrence	Probabilité d'observer un événement à travers le temps.
Station hydrométrique	Dispositif permettant un enregistrement en continu du débit d'un cours d'eau.
<b>Termes technologiques</b>	
Lidar	Technique de mesure de distances utilisant la réception d'un laser par son émetteur.
Système de référence géodésique	Un point à partir duquel on détermine la latitude et longitude des autres points de la surface terrestre.
<b>Termes mesures d'adaptation</b>	
Aléa fluvial	Événement hydrométéorologique imprévisible comprenant un facteur de risque lié au système fluvial d'un cours d'eau.
Bande riveraine végétalisée	Lisière végétale permanente et variée longeant un cours d'eau.
Biodiversité	Diversité des espèces vivantes dans un milieu.
Immunisation	Adapter les structures humaines pour prévenir les conséquences des aléas fluviaux.
Infrastructure grise	Infrastructure basée sur des technologies, du bâti ou des activités humaines et n'impliquant pas la nature (barrage, muret, digue, etc.).
Infrastructure verte	Réseau constitué entre autres de zones naturelles et semi-naturelles faisant l'objet d'une planification stratégique. Ce réseau est conçu et géré aux fins de la production d'une gamme de services écosystémiques et intègre des espaces verts ou aquatiques et d'autres éléments physiques des zones terrestres (UICN France, 2018).
Phytotechnologie	Utilisation de plantes pour résoudre des problèmes environnementaux.
Relocalisation stratégique	Déplacement de bâtiments résidentiels ou commerciaux pour éviter les aléas.
Végétalisation	Rendre le couvert végétal sur un territoire dénudé par l'intervention humaine.

<b>Termes liés aux aléas</b>	
Avulsion	Changement soudain du tracé du cours d'eau souvent associé par un épisode de pluie torrentielle.
Cônes alluviaux	Amas de sédiments entraînés par un cours d'eau accumulé à la base d'une pente abrupte.
Embâcles	Accumulation de morceaux de glace sur un cours d'eau, bloqués par des obstacles naturels ou humains.
Érosion	Transformation de la couche terrestre face au passage des eaux.
Résilience	Capacité de surmonter et de s'adapter aux aléas.
Submersion	Lorsque les rives d'un plan d'eau ou d'un cours d'eau se retrouvent sous le niveau de l'eau.
Surverse	Dispositif permettant l'évacuation par débordement d'un bassin ou d'une cuve.
<b>Termes environnementaux</b>	
Bassin versant	Territoire drainé par un cours d'eau et ses affluents.
Berge ou rive	Territoire longeant un cours d'eau.
Biodiversité	Diversité des espèces vivantes sur un territoire.
Cours d'eau	Masse d'eau accumulée dans une dépression longitudinale et qui s'écoule dans une direction perceptible.
Domaine hydrique	Territoire recouvert d'une masse d'eau appartenant à une entité publique.
Fossé	Bande de terrain affaissée ou creusée permettant l'écoulement des eaux.
Marais	Étendue d'eau envahie en grande partie de végétation.
Plaine inondable	Basses terres pouvant être inondées de façon récurrente, que ce soit par l'effet des marées ou d'aléas hydriques.
Services écosystémiques	Bénéfices offerts aux communautés par les écosystèmes.
Talus	Terrain en forte pente souvent créé par des travaux de terrassement et pouvant border un fossé.
Tourbe	Matière spongieuse engendrée par la décomposition de matières végétales.
Tourbière	Marécage acide où se forme la tourbe.



## LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

<b>ACA</b>	Analyse Coûts-avantages
<b>ACP</b>	Assemblée consultative de priorisation
<b>AD</b>	Aire de diffusion, soit une subdivision territoriale du Recensement de Statistique Canada et la plus petite unité géographique dont les données sont divulguées
<b>BV</b>	Bassin versant
<b>CC-HH</b>	Chaîne de modélisation changements climatiques / hydrologie / hydraulique
<b>CLS</b>	Comité local de suivi
<b>COBARIC</b>	Comité de bassin de la rivière Chaudière
<b>INRS</b>	Institut national de recherche scientifique
<b>InVEST</b>	Logiciel de modélisation des impacts aux services écosystémiques (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade-offs)
<b>m<sup>3</sup>/s</b>	Mètres cubes par seconde, notamment utilisé pour quantifier les débits d'eau
<b>MDDEFP</b>	Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (maintenant MELCC)
<b>MELCC</b>	Ministère de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques
<b>MHH</b>	Milieus humides et hydriques
<b>MRC</b>	Municipalité régionale de comté
<b>MTQ</b>	Ministère des Transports du Québec
<b>PRMHH</b>	Plan régional sur les milieux humides et hydriques
<b>ROBVQ</b>	Regroupement des organismes de bassins versants du Québec
<b>Scénario IMM_coll</b>	Scénario d'adaptation utilisant l'immunisation à l'aide de digues
<b>Scénario IMM_ind</b>	Scénario d'adaptation utilisant l'immunisation individuelle des bâtiments
<b>Scénario MHH_acc</b>	Scénario d'adaptation sans perte nette de milieux humides à l'échelle du bassin versant
<b>Scénario MHH_dis</b>	Scénario d'adaptation sans perte nette de milieux humides à l'échelle des secteurs géographiques du bassin (Basse, Moyenne et Haute Chaudière, Famine, Beaurivage)
<b>Scénario MHH_eff</b>	Scénario d'adaptation avec corridor riverain
<b>Scénario SQ</b>	Scénario de référence, situation de statu quo

<b>SWAT</b>	Modèle hydrologique spatialisé (Soil Water Assessment Tool)
<b>VAN</b>	Valeur actuelle nette