

Analyse coûts-avantages de l'adaptation aux risques fluviaux en contexte de changements climatiques : Étude de cas du bassin de la rivière Chaudière :

ACA : "analyse coûts avantages"

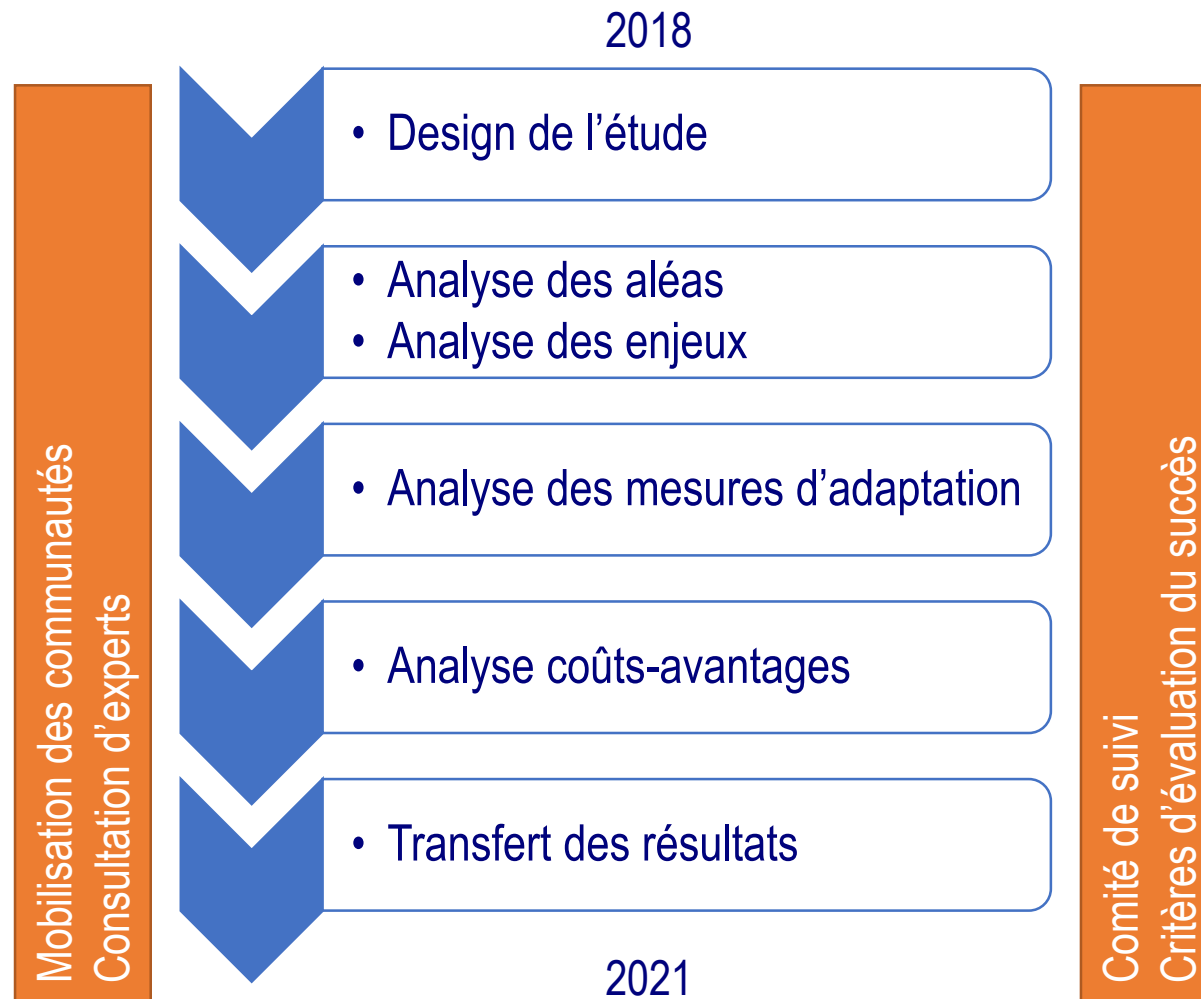
Risques fluviaux : ex. inondations, embâcles...

Résultats préliminaires



Ursule Boyer-Villemare, Annabelle Lamy, Raphaël Desjardins, Caroline Simard, Hugo Morin, Ouranos Jérémie Roques, ROBVO

Objectifs de conservation, 18 février 2021

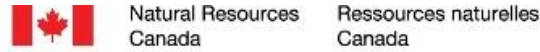


S'adapter au contexte local

CLS : Comité local de suivi

ACP : Assemblée consultative de
priorisation

- Identification des préoccupations
- Cartographie participative des impacts et scénarios d'adaptation
- Calibration locale/régionale de fonctions d'impacts
- Optimisation des solutions
- Analyse résiduelle
- Priorisation des recommandations



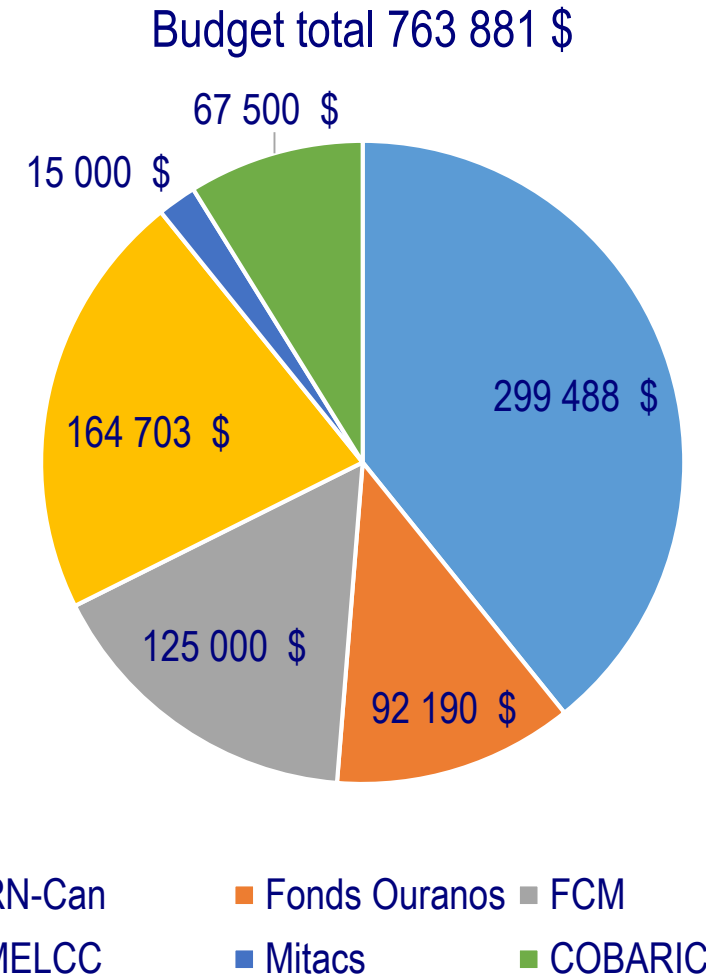
Canada

Québec

FCM

Livrables principaux :

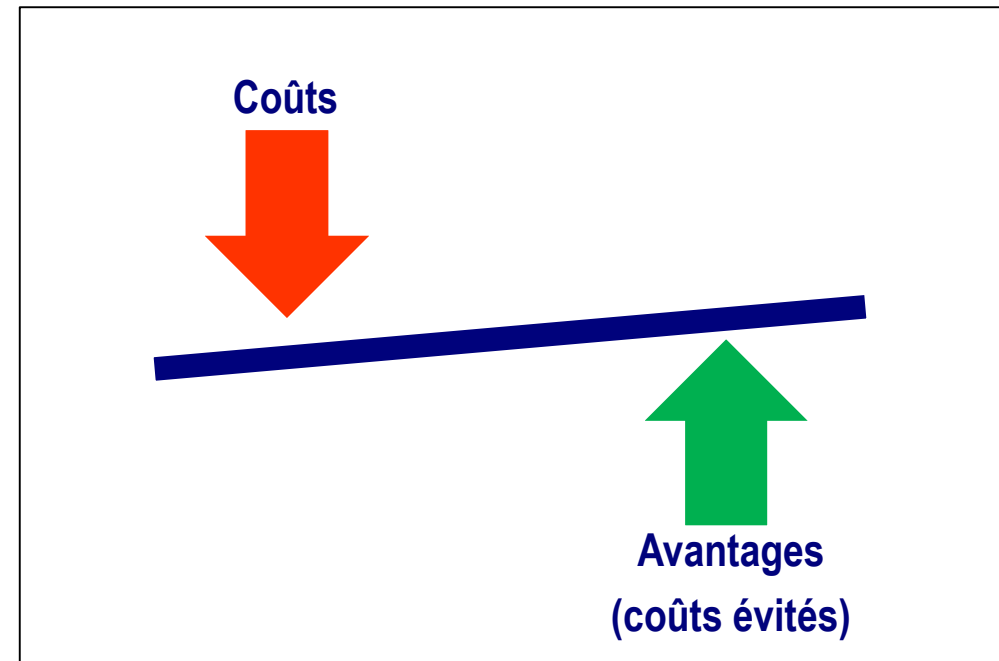
- 2 études de cas
- 1 rapport méthodologique



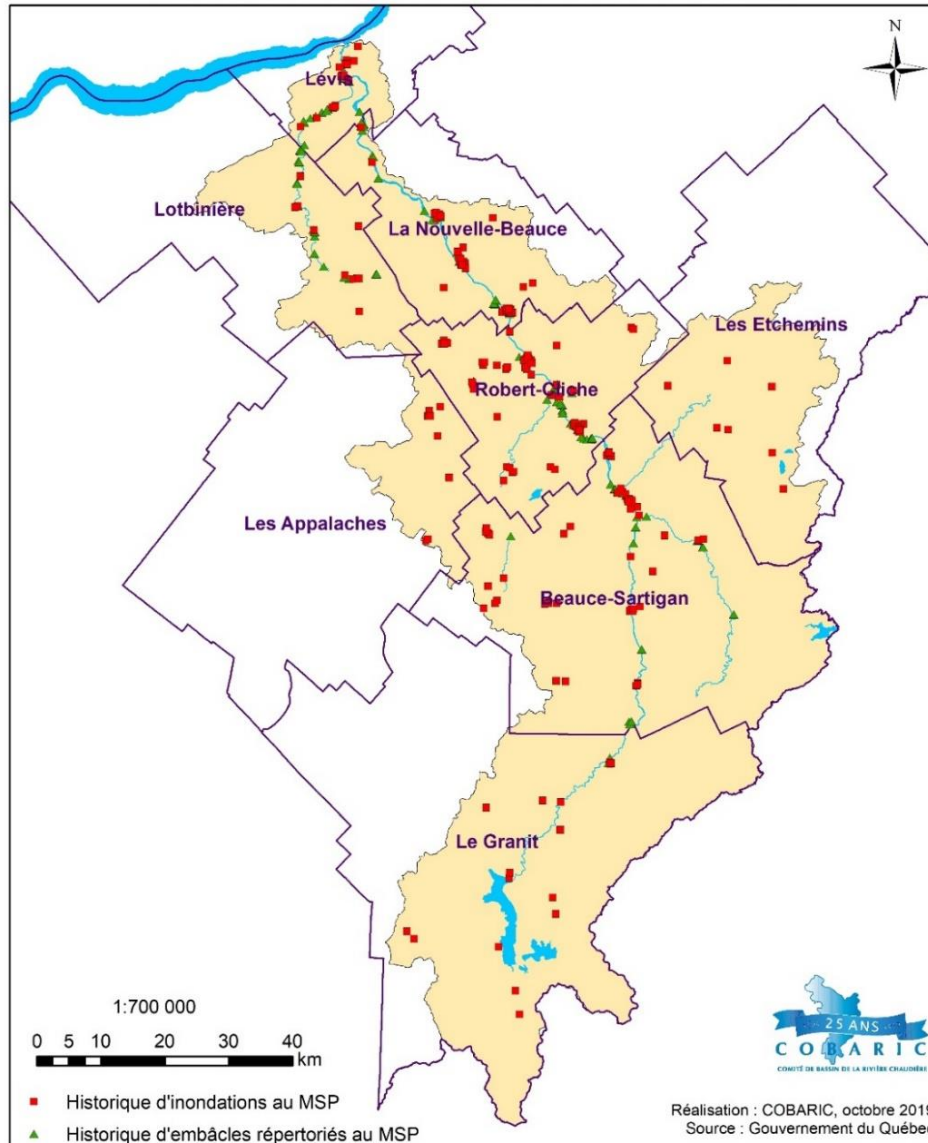
Méthodes et résultats

- **Avantage pour qui ?** Point de vue collectif
- **Quand ?** Période d'étude de 50 ans
 - H1 : 2020-2050
 - H2 : 2050-2070
- **Où ?** L'ensemble du bassin versant de la Chaudière

- **Comparaison des coûts et avantages sur 50 ans**
 - statu quo vs. scénarios d'adaptation



Historique des événements d'inondation et d'embâcles Bassin versant de la rivière Chaudière



La valorisation des milieux hydriques et humides constitue-t-elle une mesure avantageuse pour réduire les inondations dans le bassin de la Chaudière ?

Conservation – Restauration – Création

Maximiser l'efficacité de chaque dollar investi

Augmentation possible des précipitations intenses d'ici la fin du siècle

Maximum des précipitations cumulées sur cinq jours pour les mois d'avril à septembre ▼

2041-2070

2071-2100

Modérées

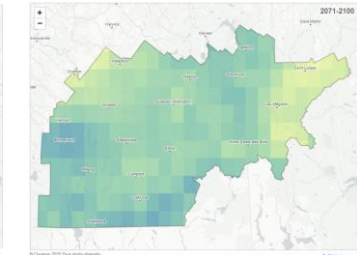
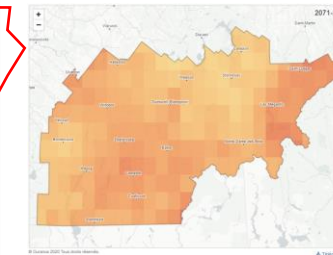
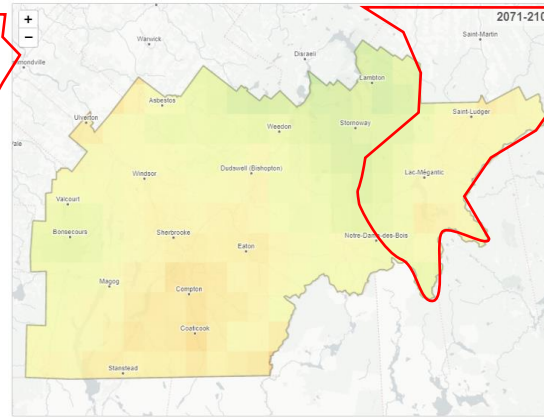
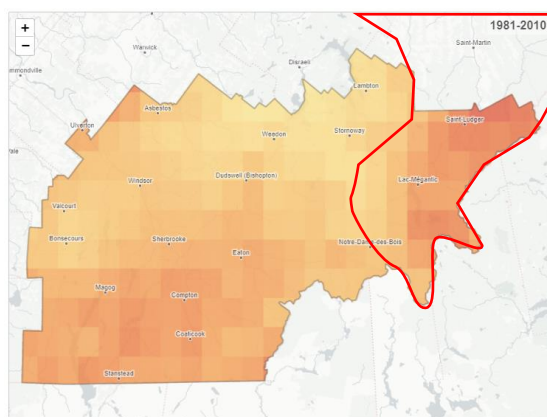
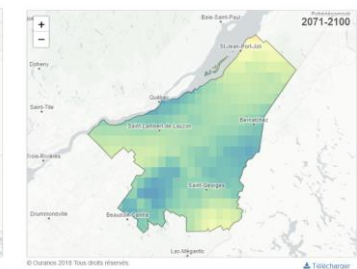
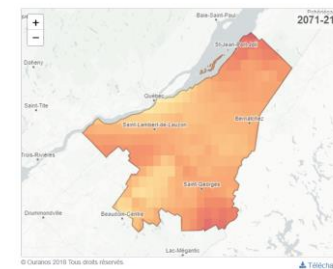
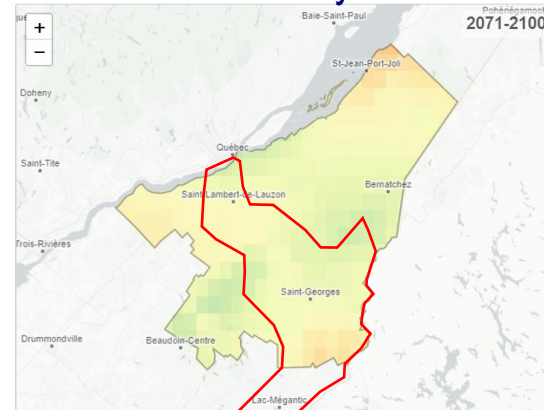
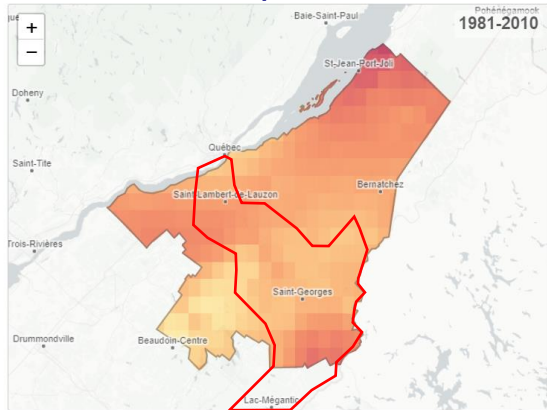
Elevées

Historique

Mitoyen

10^e p.

90^e p.



<https://www.ouranos.ca/portraitsclimatiques/#/regions/6>

<https://www.ouranos.ca/portraitsclimatiques/#/regions/7>

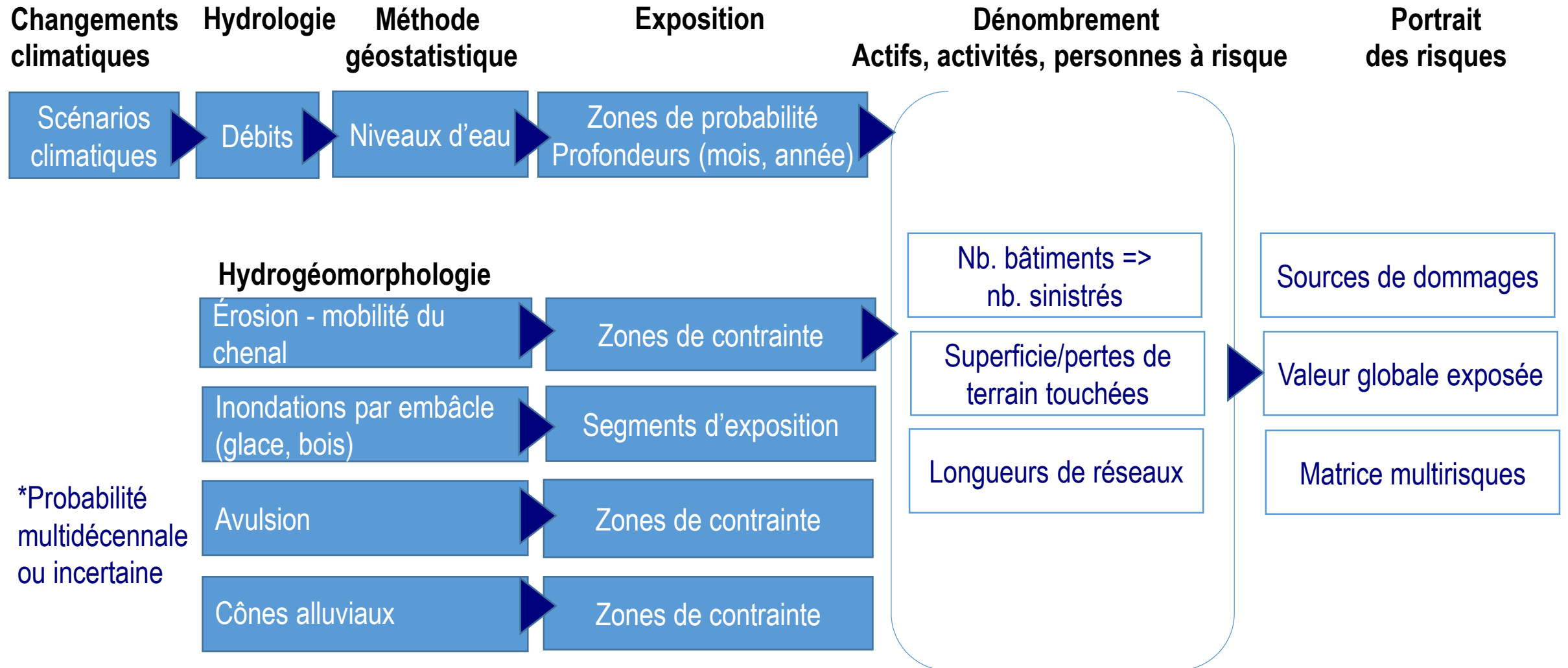
St-Georges

Historique
77,0 mm

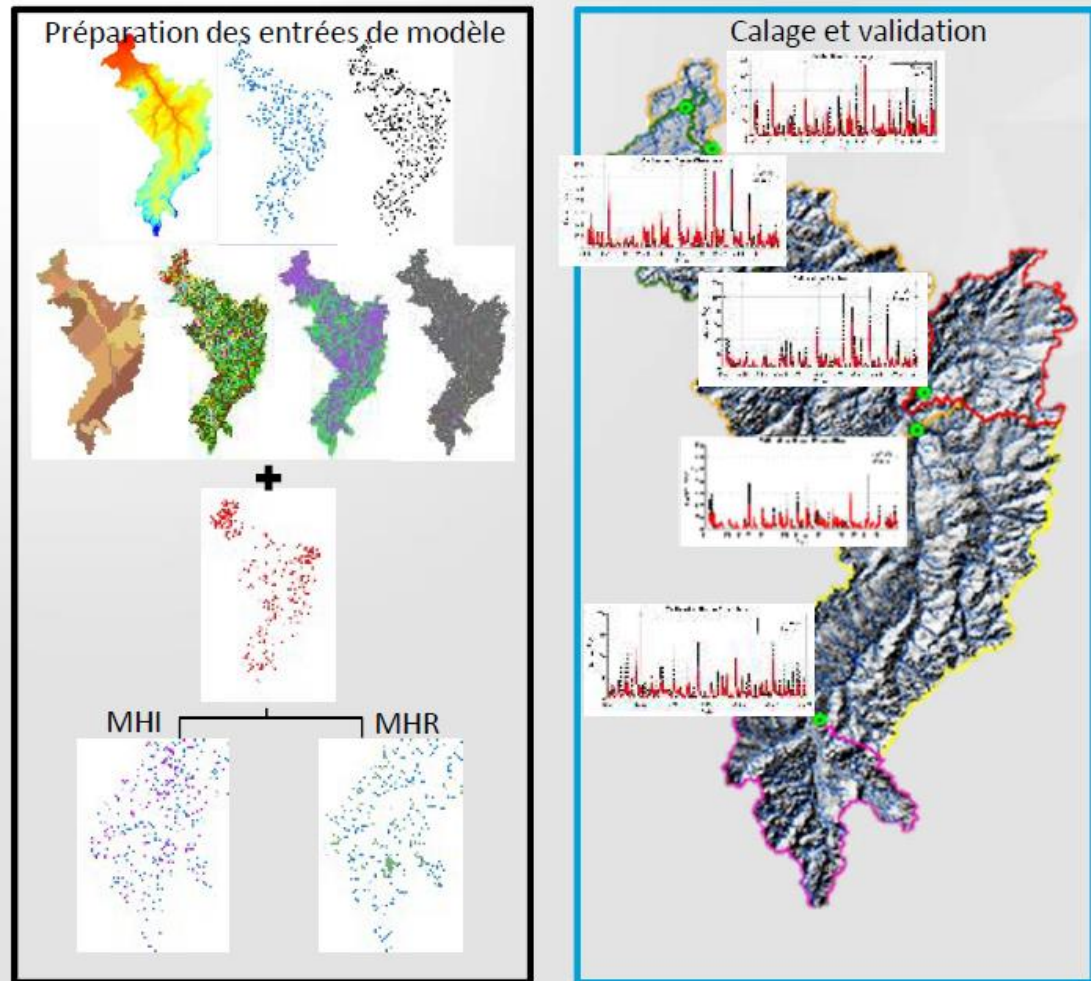
Mitoyen (50^e, RCP 8.5)
+13 %

10^e : -1 %
90^e : 26 %

Phase 1 : Analyse des risques



Méthodologie



Scénarios de CC

Limite du temps de calcul = choix de 10 projections climatiques

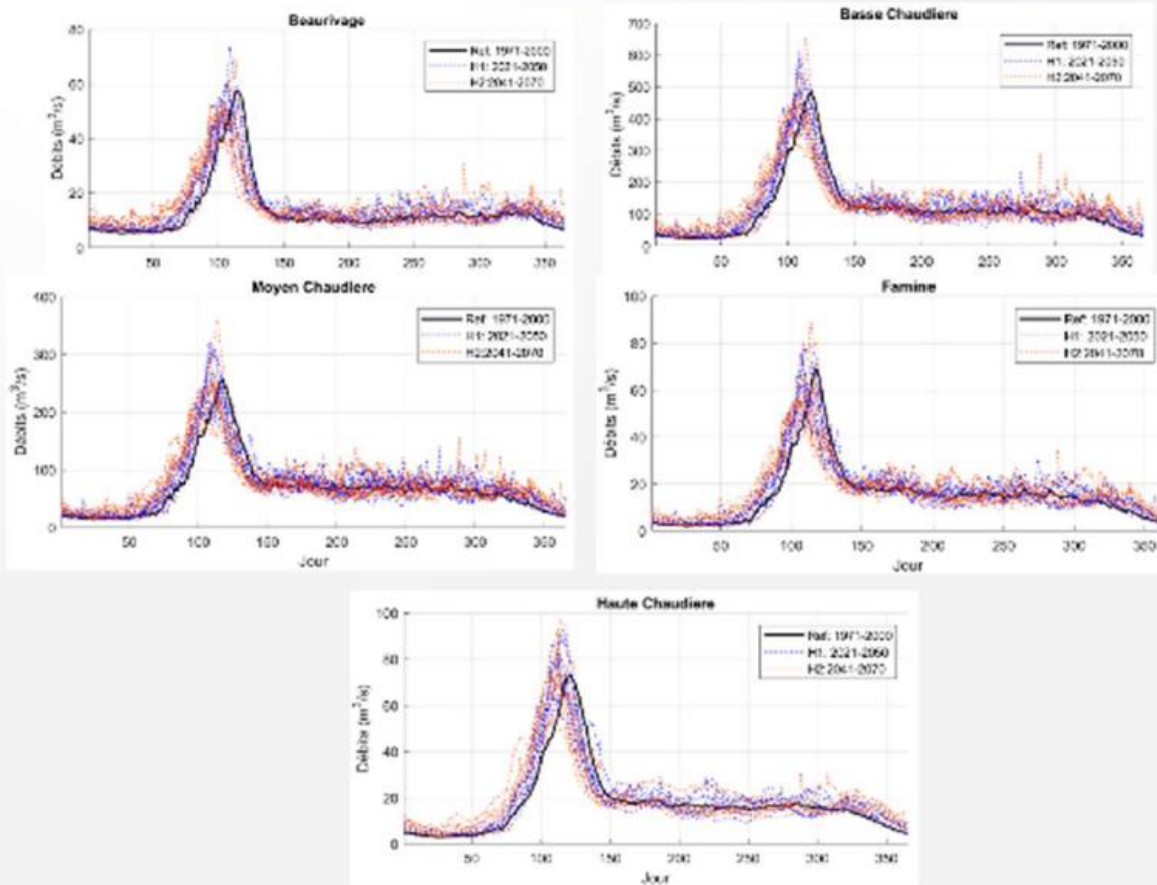
Scénario d'évolution socio-économique et utilisation du sol SQ

Hypothèses :

- -2,3 km² MHH
- 430 relocalisations

Analyse fréquentielle des crues
Horizons H1 et H2

Effet du changement climatique sur la régime hydrologique

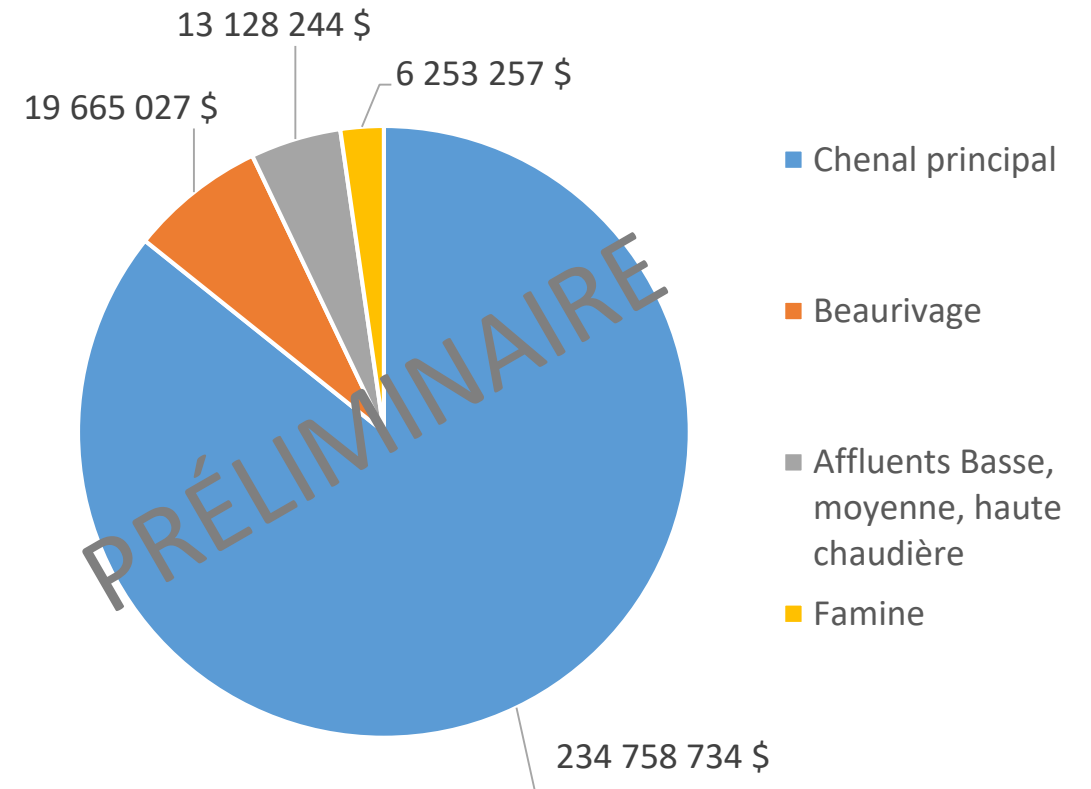


- **Observations :**
 - Devancement de la période de crue printanière
 - Débits hivernaux plus élevés
- Moyenne Chaudière : moins de variation
 - Secteur de plaines inondables
- Le changement d'utilisation du territoire empire l'augmentation des crues dans le futur
- **Efficacité de 1 km² de milieu humide :**
 - **MH isolé > MH riverain**
 - MH isolé : **aval > amont**
 - MH riverain : **chenal principal > affluents**

Dénombrement des actifs à risque

	Chenal principal	Affluents Basse, moyenne, haute chaudière	Famine	Beaurivage
Résidentiel	44%	22%	25%	41%
Commercial	22%	0%	0%	1%
Récréatif	11%	0%	0%	0%
Patrimoine	10%	2%	4%	6%
Industriel	4%	0%	30%	0%
Institutionnel	4%	0%	0%	0%
Terrain vague	3%	12%	15%	3%
Transport et infrastructure	2%	0%	0%	0%
Agricole	1%	57%	26%	48%
Forestier et minier	0%	7%	0%	1%

Valeur terrains et bâtiments à risque actuellement
(total : 273,8 M\$)



Matrice multirisques

Conséquences

Sévère		*Résidentiel chenal principal exposé à de multiples aléas *Secteur agricole tous segments confondus à forte exposition	
Modéré		Résidentiel autres secteurs Commercial, patrimonial chenal principal <u>Exposition aux embâcles de glace **</u>	
Mineur	Résidentiel chenal principal faible exposition Agricole faible exposition <i>Cônes alluviaux*</i> <i>Érosion des berges*</i> <i>Zones d'avulsion*</i>	Résidentiel chenal principal exposition moyenne Secteur agricole à moyenne exposition	Industriel chenal principal
	Faible	Moyenne	Forte

Probabilité

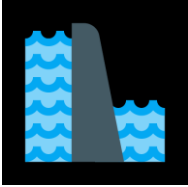
*probabilité incertaine considérée faible (multidécennale)

**probabilité incertaine considérée forte (interannuelle)

Phase 2 : Analyse des solutions

Les solutions d'adaptation aux inondations

d'ingénierie



technologique



basée sur la nature



INONDATIONS



éducation



Solutions
sociales

comportemental



Solutions
structurelles ou
physiques

Politiques et programmes



Lois et règlements

Solutions
institutionnelles

Incitations économiques



Québec

© Éditeur officiel du Québec

chapitre A-19.1

LOI SUR L'AMÉNAGEMENT ET L'URBANISME

À jour au 1^{er} avril 2019
Ce document a valeur officielle.



- 12 mars 2020
- 12 aménagistes et représentants de MRC



Sorties principales :

- **Impacts:** Confirmation des sources et foyers d'impacts pour chaque MRC
- **Scénarisation** des mesures « acceptables » cartographiées
- **Préoccupations** ou impacts intangibles

Valorisation acceptable des MHH

Solutions dégagées

- Amont : opportunité de création/conservation de MHH forestier et marais en tête de BV
- Initiatives ponctuelles de conservation de MHH dans l'aval
- Opportunité avec les bandes riveraines / milieu agricole
- Lévis : les promoteurs préfèrent payer les compensations
- Compensations de Lévis inter-MRC (mais au sein du BV), si la rentabilité collective démontrée

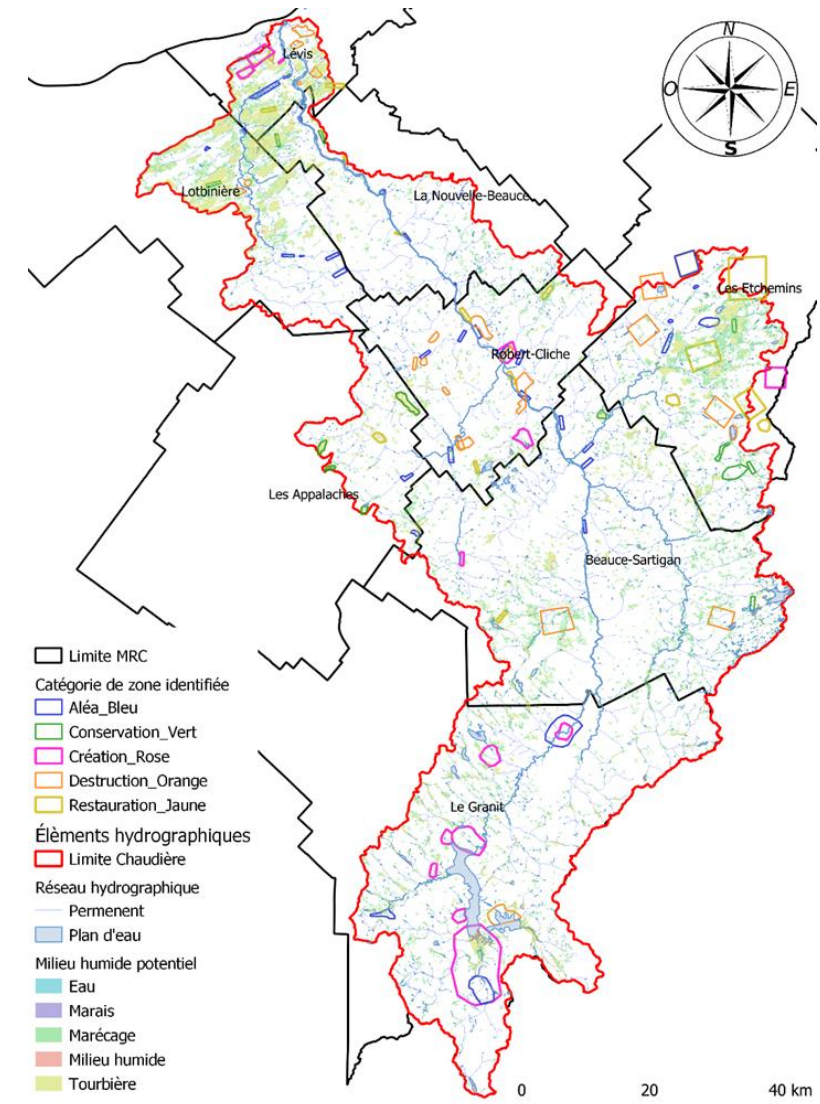
Conservation

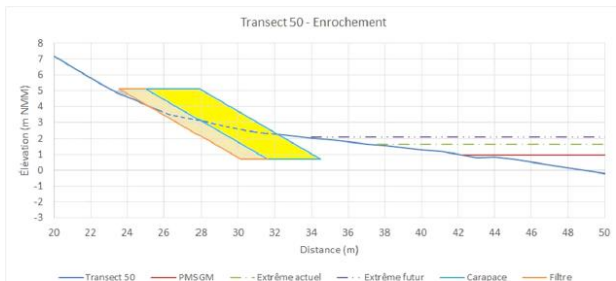
Création

Restauration

Destruction

Scénario PRMHH « acceptable »





Source : BPR et al. (2014). Circé et al., 2016



Scénarios à l'étude

S1. Référence : Statu quo
(perte graduelle de MHH selon le schéma d'aménagement)

- Approche d'aménagement des milieux naturels

S2. MHH Acceptable

Valorisation acceptable des MHH (PRMHH)
avec pertes de Lévis compensée dans le BV

S3. MHH Efficace

Maximiser la réduction de dommages
MHH + Corridor vert riverain + bandes riveraines 15 m

Note : Données sources
d'utilisation du territoire

- Utilisation du sol, 2016
- MHH potentiels existants, 2019

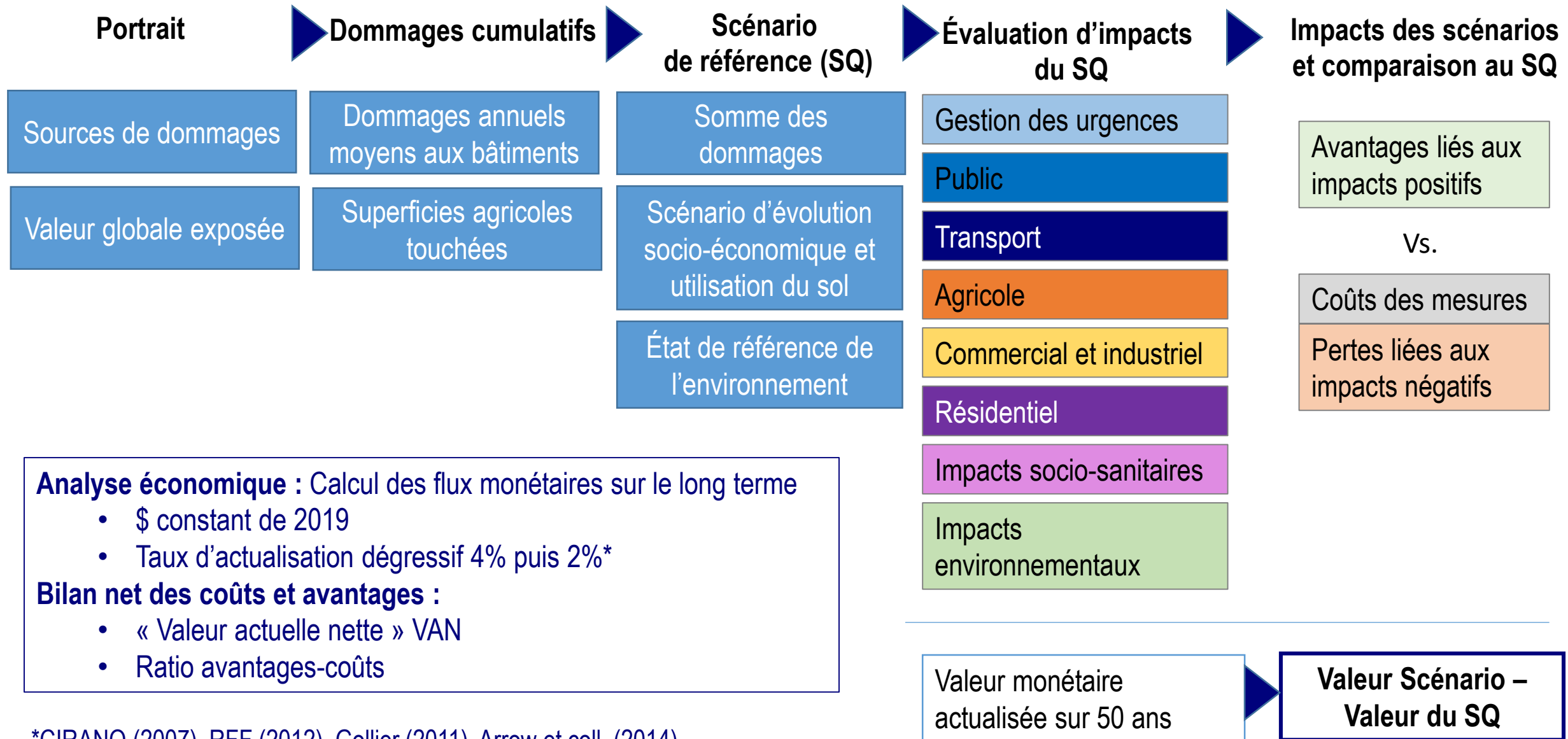
- Approche de réduction des risques urbains

S4. Dignes urbaines

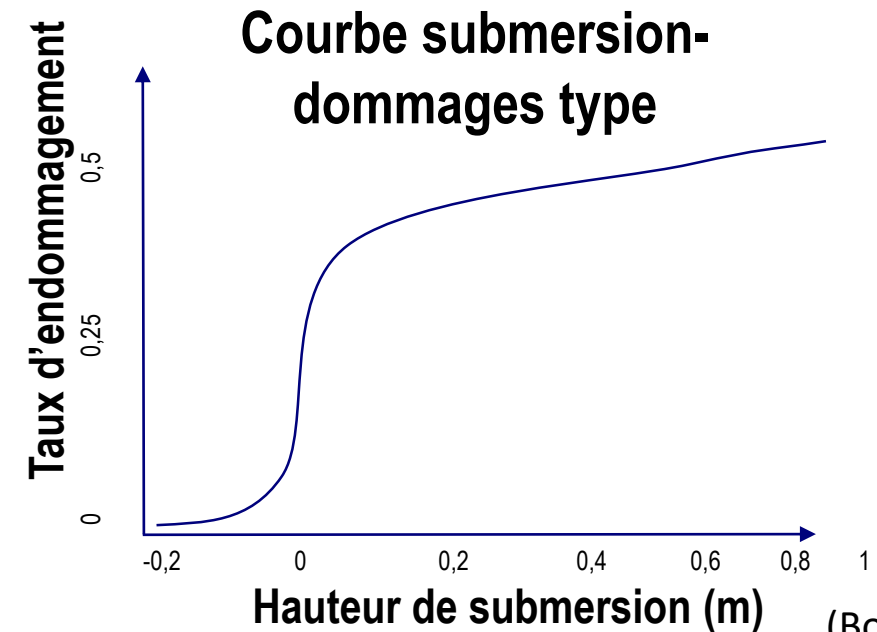
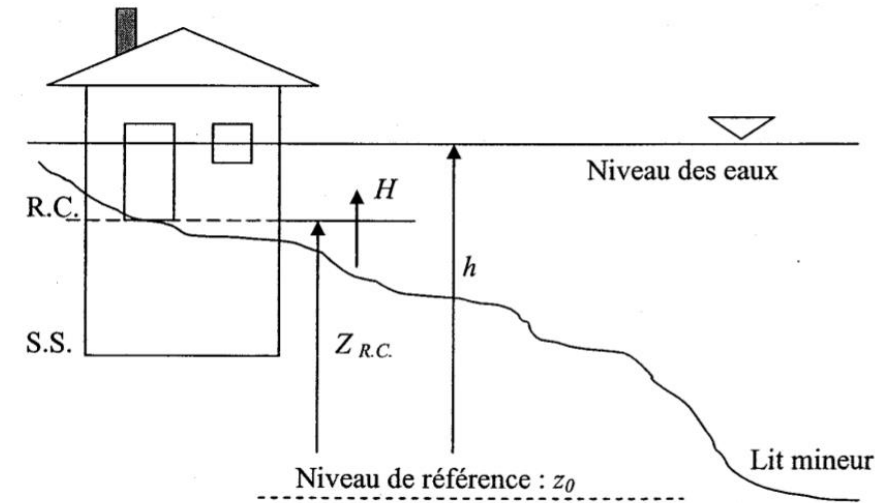
Tecsult, 1996; Comité d'expert, 2020

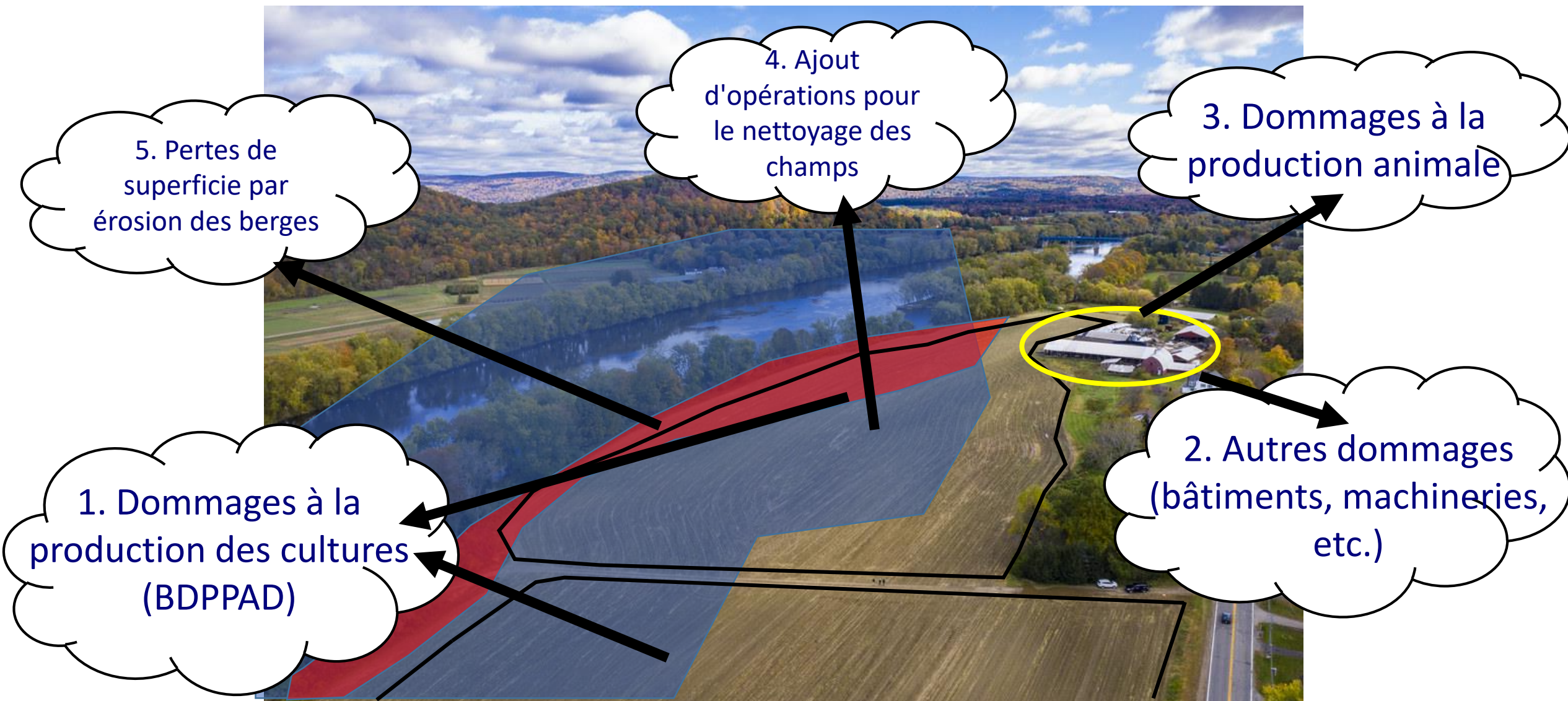
S5. Scénario résidentiel selon l'exposition : relocalisation,
immunisation et sensibilisation individuelle

S6. Multi-objectifs optimisé : combinaison mitoyenne



- Facteurs principaux :
 - Présence de sous-sol (hypothèse 50% aléatoire)
 - Niveaux de submersion vs. Hauteur du rez-de-chaussée
- Autres impacts considérés :
 - Dommages aux contenus
 - Dépenses et dommages psychosociales
 - Gestion des urgences (hébergement, vêtements, ...)
 - Nettoyage de débris
- Industriel, commercial, industriels :
 - Courbes adaptées





Impacts sur la production agricole	Impacts sur les revenus	Décision	Quantification · (Source de données)
Diminution de la quantité récoltée	Perte de rendement	✓	Prix de marché (Budget du CRAAQ)
Diminution de la qualité de la récolte	Réduction du prix de vente	X*	-
Surcoûts de production • fertilisants, semences, ...	Augmentation des coûts variables usuels**	X	
Coûts de nettoyage des champs	Addition de coût variable	✓	Prix de marché (Enquête de terrain)
Économie de coûts de production • Séchage, travail au champ, mise en vente, ...	Réduction des coûts variables usuels**	X	-
Perte de terrain par érosion des berges	Perte de superficie cultivable	✓	Coût de remplacement (Modélisation du coût d'enrochement)

*Facteur de moindre importance selon Penning-Rowsell et al., 2013

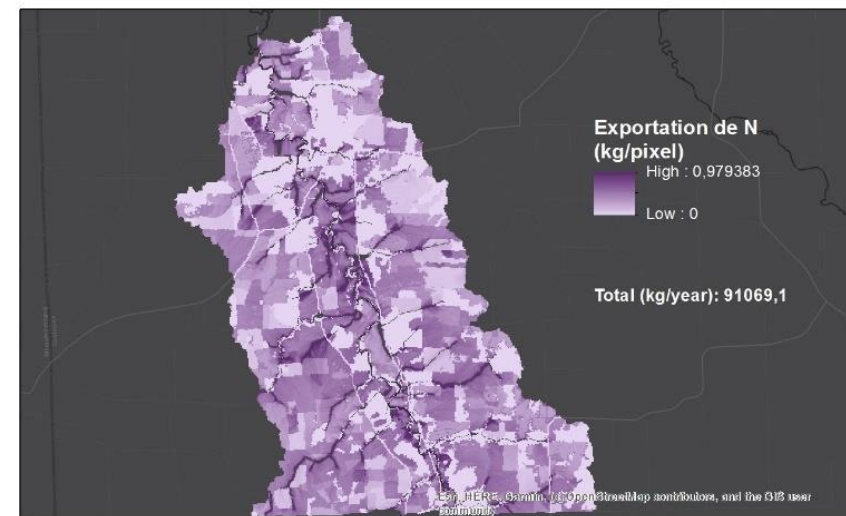
**Tendance à s'annuler (Penning-Rowsell et al., 2013)

Appel à contacts régionaux !

Module InVEST		Unité /score biophysique	Quantification	Ordre de grandeur	Référence
Séquestration du carbone		Tonne séquestrée / année	Valeur sociale du carbone	42 – 75 \$ / tonne	ECCC, 2016
Nutriments	Azote (N)	Kg rejeté / année	Coût moyen de traitement	8,50 \$ / kg	Olewiler, 2004
	Phosphore (P)	Kg rejeté / année	Coût moyen de traitement	61,20 \$ / kg	
Sédiments		Kg rejeté / année	Coût moyen de traitement	18,68 \$ / kg	
Qualité de l'habitat		Score de qualité	Préférence déclarée	451 \$ / acre d'habitat terrestre créé	Borisova-Kidder, 2006

Répliquabilité, adaptation à l'évolution des prix

Résultats du modèle InVEST d'exportation des nutriments pour le Statu Quo



Exemple : État de référence pour Compton

Le scénario de référence

État de référence en continuant les pratiques actuelles

Hypothèses.

- Niveaux d'eau avec CC
- Dans le cadre légal actuel
- Continuer le développement urbain (autorisations émises à Lévis)
- Compensations hors bassin versant (intra-MRC).
- Retrait des 601 bâtiments démolis en date d'octobre 2020

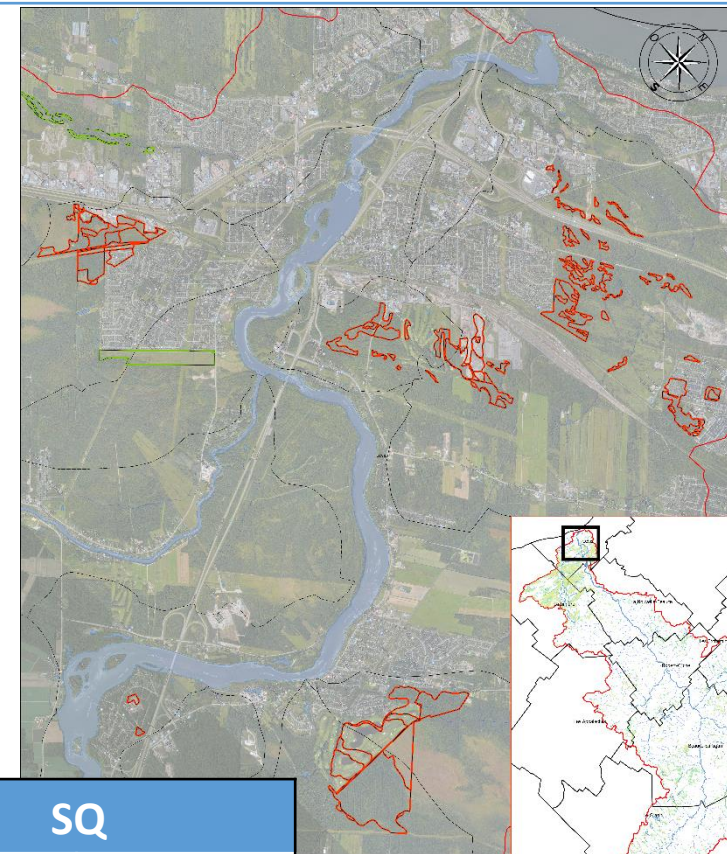
Source.

- ACP1

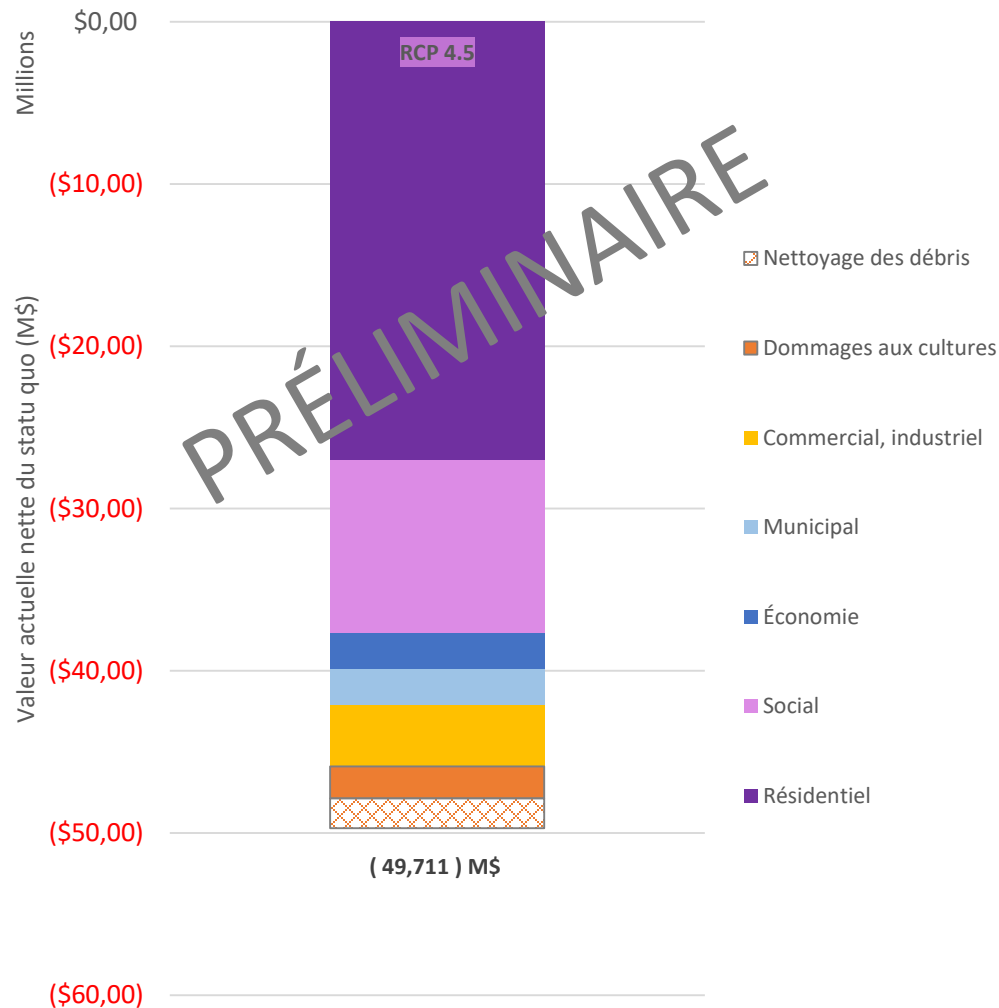
Considérations.

- Signifie une perte nette pour le bv
- Très conservateur vis-à-vis des MHH

- Légende
- Limites MRC
 - Limites Chaudière
 - Limites municipalités
 - Cours d'eau
 - Permanent
 - Intermitent
 - Plan d'eau
 - Destruction MHHp



	SQ	
	Km2	% MHH_BV
Destruction MHH (A)	-2.36	-0.32 %
Création MHH (B)	0.00	0.00 %
Delta (B) – (A)	-2.36	-0.32 %



Dominance de l'enjeu résidentiel et impacts sociaux

- Jusqu'à 542 résidences touchées
- Total de 27,0 M\$ de dommages anticipés sur 50 ans aux résidences et leur contenu
- Pour chaque \$ de dommages résidentiels s'ajoutent 0,39\$ d'impacts sociaux indirects (dépenses complémentaires, soins de santé, perte de productivité, qualité de vie)
- Total de 37,7 M\$ (76% du SQ)

Enjeux majeurs :

- Public : gestion des urgences +
 - bâtiments institutionnels : 4,5 M\$
- Commercial & Industriel : 3,8 M\$
- Agricole : 3,8 M\$
 - Jusqu'à 1370 ha touchés
 - Manque les pertes de terre par érosion

Enjeux mineurs

- Pertes de production animale (lait)
- Récréotourisme (ex. véloroute)
- Patrimoine

Enjeux non-quantifiés : routes, embâcles



Résultats du SQ

Secteur et contenu	Valeur sur 50 ans	Total
Résidentiel		
Dommage structurel aux résidences	-18 965 589 \$	
Dommage au contenu des résidences	-7 613 538 \$	
Assistance MSP pour évacuation	-248 558 \$	(27 027 735) \$
Assistance MSP vêtements	-23 015 \$	
Assistance MSP déplacement mobilier	-177 035 \$	
Agriculteurs		
Dommage aux cultures -Rotation basse Chaudière	-1 877 862 \$	
Dommage aux cultures -Production intensive	-44 483 \$	
Dommage aux cultures -Rotation moyenne Chaudière	-38 882 \$	
Dommage aux cultures -Paturage	-21 600 \$	(3 810 552) \$
Nettoyage des débris -Rotation basse Chaudière	-1 688 555 \$	
Nettoyage des débris -Production intensive	-32 932 \$	
Nettoyage des débris -Rotation moyenne Chaudière	-35 786 \$	
Nettoyage des débris -Paturage	-70 452 \$	
Commercial & industriel		
Commercial	-3 220 669 \$	
Industriel	-550 486 \$	(3 771 155) \$
Municipalité		
Nettoyage des débris par la municipalité (quartiers résidentiels)	-183 360 \$	
Gestion des urgences	-2 029 318 \$	(2 212 678) \$
Économie		
Institutionnel	-2 241 027 \$	(2 241 027) \$
Social		
Dépenses complémentaires (Dépenses en alcool et liées au tabagisme)	-95 250 \$	
Soins de santé (Traitements, hospitalisations, médicaments, etc.)	-239 096 \$	(10 647 890) \$
Perte de productivité (Temps rénuméré)	-3 911 073 \$	
Qualité de vie	-6 402 471 \$	
Coûts totaux sur 50 ans:		(49 711 037) \$

Les scénarios d'adaptation basés sur l'approche d'aménagement des milieux naturels



Milieux Humides et Hydriques acceptable (MHH_ACC)

« Mise en place d'un PRMHH concerté » zéro perte nette pour le bv

Hypothèses. SQ +

- Mise en place du PRMHHH - Compensé inter-MRC
- Destructures MHH sur plan d'urbanismes; quelques extensions ou conflits d'usages à Robert-Cliche, Lotbinière et Etchemins.
- Compensations localisées dans les lieux désignés acceptables (critères de priorité)
- Les relocalisations transformées en parc urbain
- DOMTAR : choix de conserver les milieux humides de la BDD

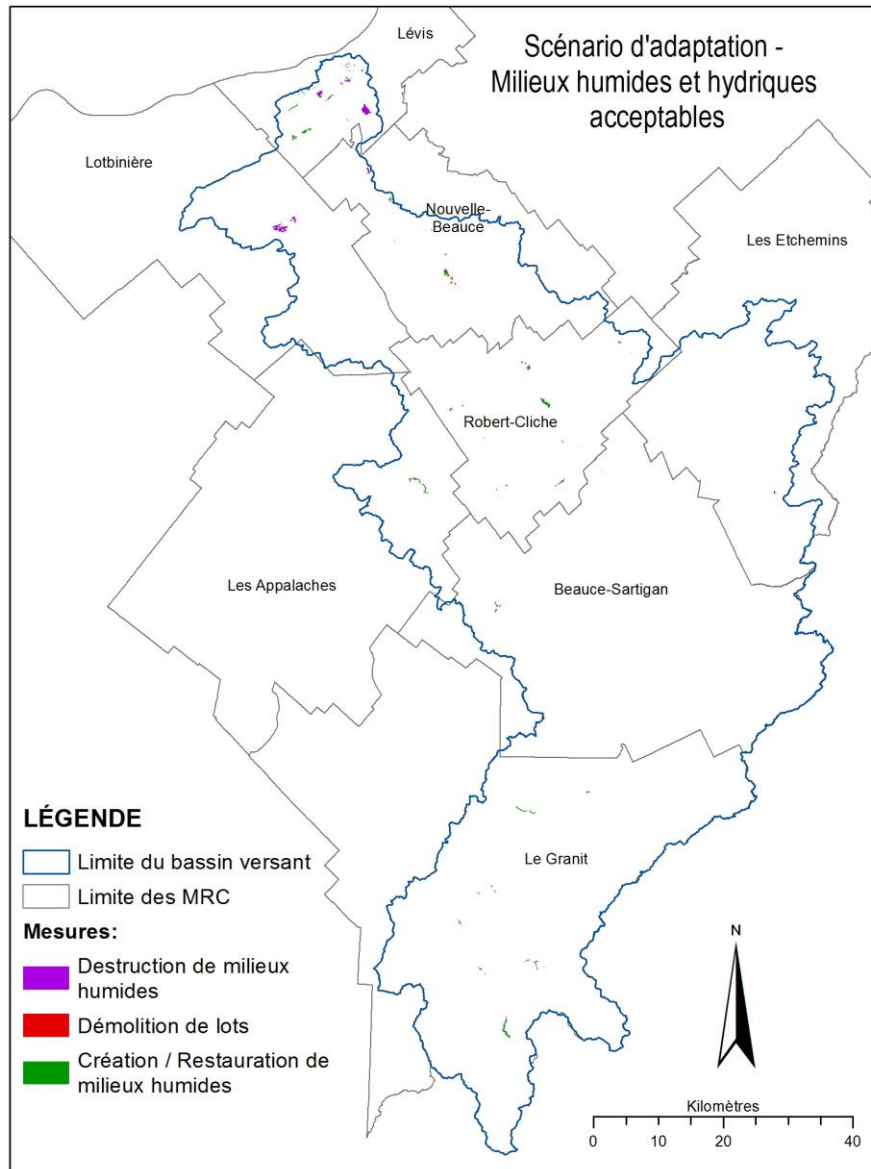
Source.

- ACP1
- Couche des lots de relocalisation

Considérations.

- Implique un minimum de changements d'utilisation du sol ou une optimisation des espaces existants
- Permet la mise en œuvre des perspectives de développement des territoires actuelles.

	Création MHH (km2)	Destruction MHH (km2)	Démolition lots (km2)
Robert-Cliche	1,0	0,7	
Lévis	1,3	2,4	
Les Etchemins		0,1	
Les Appalaches	0,7		
La Nouvelle-Beauce	0,6	0,4	0,3
Beauce-Sartigan	0,3	0,0	0,0
Le Granit	1,7	0,3	
Lotbinière		1,7	
TOTAL (KM2)	5,5	5,5	0,3



	Création MHH (km2)	Destruction MHH (km2)	Démolition lots (km2)
Robert-Cliche	1,0	0,7	
Lévis	1,3	2,4	
Les Etchemins		0,1	
Les Appalaches	0,7		
La Nouvelle-Beauce	0,6	0,4	0,3
Beauce-Sartigan	0,3	0,0	0,0
Le Granit	1,7	0,3	
Lotbinière		1,7	
TOTAL (KM2)	5,5	5,5	0,3



Résultats MHH_acc

Secteur et contenu	Bénéfices sur 50 ans p/r au SQ	Total
Résidentiel		
Domage structurel aux résidences	24 801 \$	
Domage au contenu des résidences	6 663 \$	
Assistance MSP pour évacuation	3 349 \$	37 508 \$
Assistance MSP vêtements	310 \$	
Assistance MSP déplacement mobilier	2 385 \$	
Agriculteurs		
Domage aux cultures -Rotation basse Chaudière	60 973 \$	
Domage aux cultures -Production intensive	147 \$	
Domage aux cultures -Rotation moyenne Chaudière	781 \$	
Domage aux cultures -Pâturage	12 \$	117 611 \$
Nettoyage des débris -Rotation basse Chaudière	54 833 \$	
Nettoyage des débris -Production intensive	108 \$	
Nettoyage des débris -Rotation moyenne Chaudière	7 900 \$	
Nettoyage des débris -Pâturage	38 \$	
Commercial & industriel		
Commercial	15 858 \$	
Industriel	1 861 \$	17 719 \$
Municipalité		
Nettoyage des débris par la municipalité (quartiers résidentiels)	366 565 \$	
Gestion des urgences	2 654 \$	369 219 \$
Économie		
Institutionnel	4 310 \$	4 310 \$
Social		
Dépenses complémentaires (Dépenses en alcool et liées au tabagisme)	69 \$	
Soins de santé (Traitements, hospitalisations, médications, etc.)	172 \$	7 672 \$
Perte de productivité (Temps rénuméré)	2 818 \$	
Qualité de vie	4 613 \$	
Services écosystémiques		
Séquestration du carbone	264 332 \$	
Qualité de l'eau	822 942 \$	1 107 831 \$
Rétention sédiment	20 557 \$	
Bénéfices totaux sur 50 ans :		1 661 870 \$

Coût des mesures	Coût sur 50 ans	Total
Réalisation et entretien		
Parc urbain – végétation	(397 596) \$	
Création MHH – anthropique		
Création MHH – agricole		
Création MHH – forêt		(25 660 510) \$
Destruction MHH – anthropique		
Destruction MHH – agricole		
Compensation pour destruction MHH – anthropique	(15 245 746) \$	
Compensation pour destruction MHH - agricole	(10 017 168) \$	
Coût d'opportunité		
Création Parc urbain		
Création MHH - anthropique	(24 400 200) \$	(27 173 555) \$
Création MHH - agricole	(2 773 355) \$	
Création MHH – forêt		
Bénéfices connexes des mesures		
Destruction MHH - anthropique		0 \$
Destruction MHH – agricole		
Coûts totaux sur 50 ans :		(52 834 066) \$

Valeur actuelle nette: (51 172 196) \$

	MHH	Efficacité
MHH_ACC	Pertes de milieux urbains Compensées en tête de bassin	Diminution des pics pour Basse et Haute Chaudière; augmentation pour les autres

- MHH_ACC effet hydrologique modeste, mais ne compense pas l'augmentation liée aux CC et développement urbain
- Permet d'éviter 1,1% des coûts d'ensemble
 - Résidentiel : 45 000\$ de pertes et dommages
 - Public : 270 000\$
 - Agricole : 118 000\$ de pertes et dommages
- Coûts de la mesure 52,8 M\$
 - Coûts de réalisation et d'entretien : parc urbain, restauration et conservation 0,4 M\$
 - Compensation pour la destruction de MHH : 25,3 M\$
 - Coûts de compensation pour les terres 27,2 M\$

PRÉLIMINAIRE

« Approche de conservation et valorisation maximale »

Gain significatif de milieux naturels

Hypothèses. SQ + ...

➤ MHH et corridor d'inondabilité

- Milieu urbain : zone inondable et parcs prolongés, avec relocalisations de la ZIS - > 1028 bâtiments relocalisés dont 819 résidences
- Milieu agricole : milieux humides saisonniers = contrainte aux types de culture : foin et avoine

➤ Ajout de bandes riveraines de 15 m

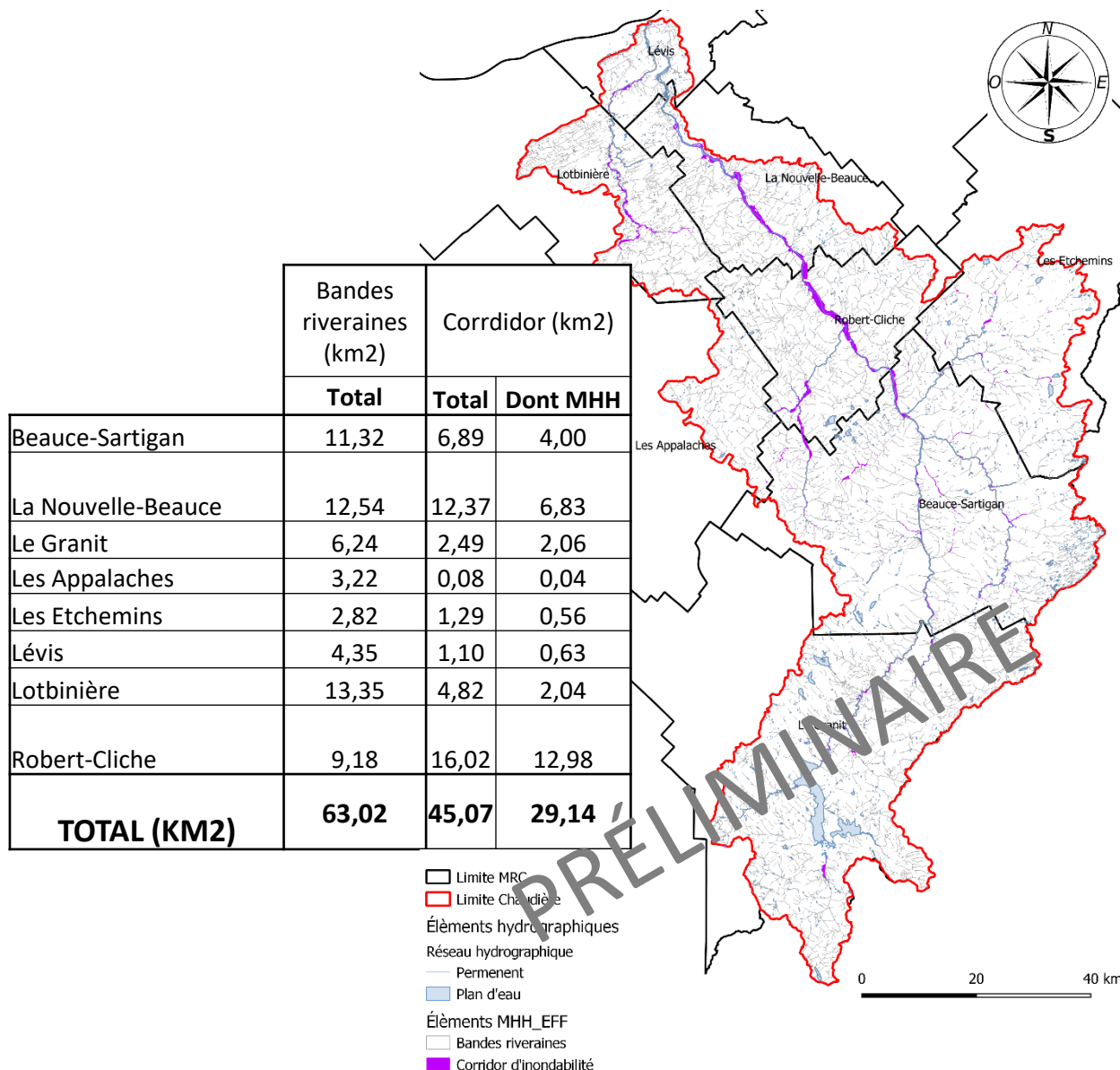
- Tributaires permanents et intermittents.
- Hypothèses :
 - Réalisation: 1002\$/km/année
 - Entretien: 90\$/km/année

Considérations.

- Présence ultérieure naturelle de milieux humides dans le corridor;
- Bandes riveraines sur les milieux anthropiques et agricoles;
- Importants changements dans l'utilisation du sol.

Source.

- Comité technique
- S.Pellerin et Poulin



	MHH	Efficacité
MHH_EFF	Ajout d'environ 30 km ² dans les bassins et environ 60 km ² de bandes riveraines	Diminution des pics pour Basse et Haute et Beaurivage; augmentation Famine et Moyenne Chaudière

- Le scénario qui fait le plus baisser les niveaux d'eau
- Permet d'éviter 96% des dommages
 - Résidentiel : 35,9 M\$ de pertes et dommages
 - Public : 4,4 M\$ dommages aux bâtiments et gestion des urgences
 - Agricole : 3,4 M\$ de pertes et dommages
- Coûts de la mesure 723,5 M\$
 - Coûts de réalisation et d'entretien :
 - Bandes riveraines 79,5 M\$
 - Création MHH 86,8 M\$
 - Corridor d'inondabilité urbain 35,3 M\$ (50% plantation d'arbustes)
 - Coûts d'opportunités 573,2 M\$
 - Rachat des terrains urbains à valeur foncière : 331,1 M\$
 - Compensation pour la destruction de MHH : 25,3 M\$
- Bénéfices connexes : récoltes dans les bandes riveraines : 51,3 M\$

PRÉLIMINAIRE



Résultats MHH_eff

Secteur et contenu	Bénéfices sur 50 ans	Total
Résidentiel		
Domage structurel aux résidences	18 278 025	
Domage au contenu des résidences	7 249 844	25 561 771 \$
Assistance MSP pour évacuation	18 784	
Assistance MSP vêtements	1 740	
Assistance MSP déplacement mobilier	13 378	
Agriculteurs		
Domage aux cultures -Rotation basse Chaudière	1 722 752	
Domage aux cultures -Production intensive	42 113	
Domage aux cultures -Rotation moyenne Chaudière	35 331	
Domage aux cultures -Paturage	20 098	3 429 390 \$
Nettoyage des débris -Rotation basse Chaudière	1 483 902	
Nettoyage des débris -Production intensive	29 113	
Nettoyage des débris -Rotation moyenne Chaudière	30 511	
Nettoyage des débris -Pâturage	65 570	
Commercial & industriel		
Commercial	3 218 301	3 735 377 \$
Industriel	537 076	
Municipalité		
Nettoyage des débris par la municipalité (quartiers résidentiels)	1 714 111	2 184 132 \$
Gestion des urgences	2 012 721	
Économie		
Institutionnel	2 241 027 \$	2 241 027 \$
Social		
Dépenses complémentaires (Dépenses en alcool et liées au tabagisme)	89 725	
Soins de santé (Traitements, hospitalisations, médications, etc.)	225 227	10 364 496 \$
Perte de productivité (Temps rénuméré)	3 684 210	
Qualité de vie	6 365 334	
Services écosystémiques		
Séquestration du carbone	810 141	
Qualité de l'eau	58 201 456	65 685 178 \$
Rétention sédiment	6 673 581	
Bénéfices totaux sur 50 ans :	113 221 371 \$	

Coût des mesures	Coût sur 50 ans	Total
Réalisation et entretien		
Bandes riveraines - anthropique	(2 617) \$	
Bandes riveraines - agricole	(79 461 430) \$	
MHH - anthropique	(6 100 240) \$	(201 522 408) \$
MHH - agricole	(80 680 088) \$	
Corridor - Démolition des lots	(17 990 000) \$	
Corridor - Arbustaie	(17 288 033) \$	
Coût d'opportunité		
Bandes riveraines - anthropique	(11 330 566) \$	
Bandes riveraines - agricole	(47 334 932) \$	(573 229 456) \$
MHH - anthropique	(151 421 600) \$	
MHH - agricole	(29 165 340,00) \$	
Corridor - arbustaie	(331 114 503) \$	
Corridor - conversion fourrage	(2 862 515) \$	
Bénéfices connexes des mesures		
Bandes riveraines - récolte de bois	51 292 499 \$	51 292 499 \$
Coûts totaux sur 50 ans : (723 459 365) \$		

Valeur actuelle nette: (610 237 994) \$

Les scénarios d'adaptation basés sur l'approche de réduction des risques urbains

« Ajout de digues à

- Ste-Marie, Scott-Jonction,
- Vallée-Jonction, Saint-Joseph,
- ND-des-Pins et Saint-Georges »

Hypothèses. SQ +

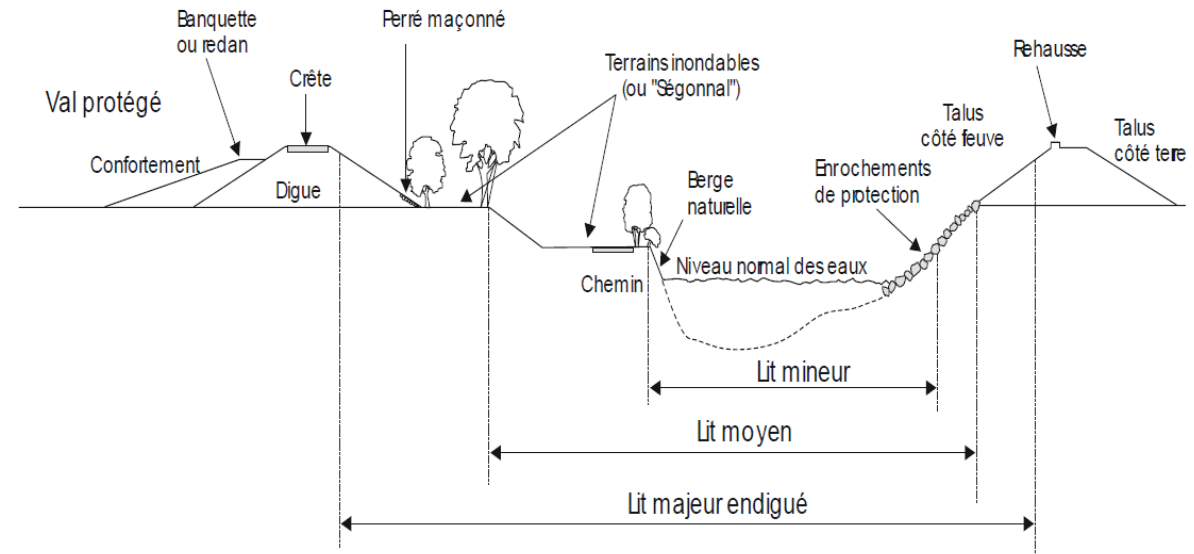
- Digue et revêtement dans les centres urbains
- Dragage localisé au fil de l'eau pour ajuster les vitesses d'écoulement
- Pourra aussi prendre en considération certains espaces d'inondabilité issus du corridor.

Source.

- Tecsalt, 1996

Considérations.

- Forte influence sur l'hydraulique nécessitant une revue approfondie des limites de transposition des mesures du rapport sur les hauteurs d'eau.



[P. Mériaux; I.Begic; présentation GEMAPI 27112015](#)

- Scénario dont les faibles dommages évités ne justifie par le coût faramineux
 - Note : basé sur une l'efficacité maximale de réduction des niveaux d'eau
- Permet d'éviter
 - Résidentiel : 2,3 M\$ de pertes et dommages : effet très localisé et jusqu'à 100 ans
 - Public : 230 000\$ de pertes, de dommages et coûts évités
 - Agricole : 20 000\$ de pertes et dommages évités
- Coûts de la mesure 1 134 M\$
 - 6 digues

Coûts de conception, réalisation et entretien

Nom de la digue	Coûts actualisés sur 50 ans
Digue Sainte-Marie	(117 200 782) \$
Digue Scott Jonction	(355 569 067) \$
Digue Vallée-Jonction	(295 616 132) \$
Digue Saint-Joseph	(130 518 339) \$
Digue Notre-Dame-des-Pins	(82 305 281) \$
Digue Saint-Georges	(153 420 648) \$

- Relocalisation, immunisation et sensibilisation

Hypothèses. SQ +

- Sensibilisation pour la prévention des dommages aux sous-sol (100% d'adhésion)
- Relocalisation des bâtiments à forte exposition (zone grand courant) lorsque indemnisation du MSP plafonnée
- Rehaussement du premier plancher en zone faible exposition (20-100 ans) lorsque rentable (dommage cumulatif structure + contenu > 100 000 \$)

Source.

- Politique du MSP

Considérations.

- Efficacité HH peut-être sous-estimée, cartes d'étendue d'eau du SQ utilisée

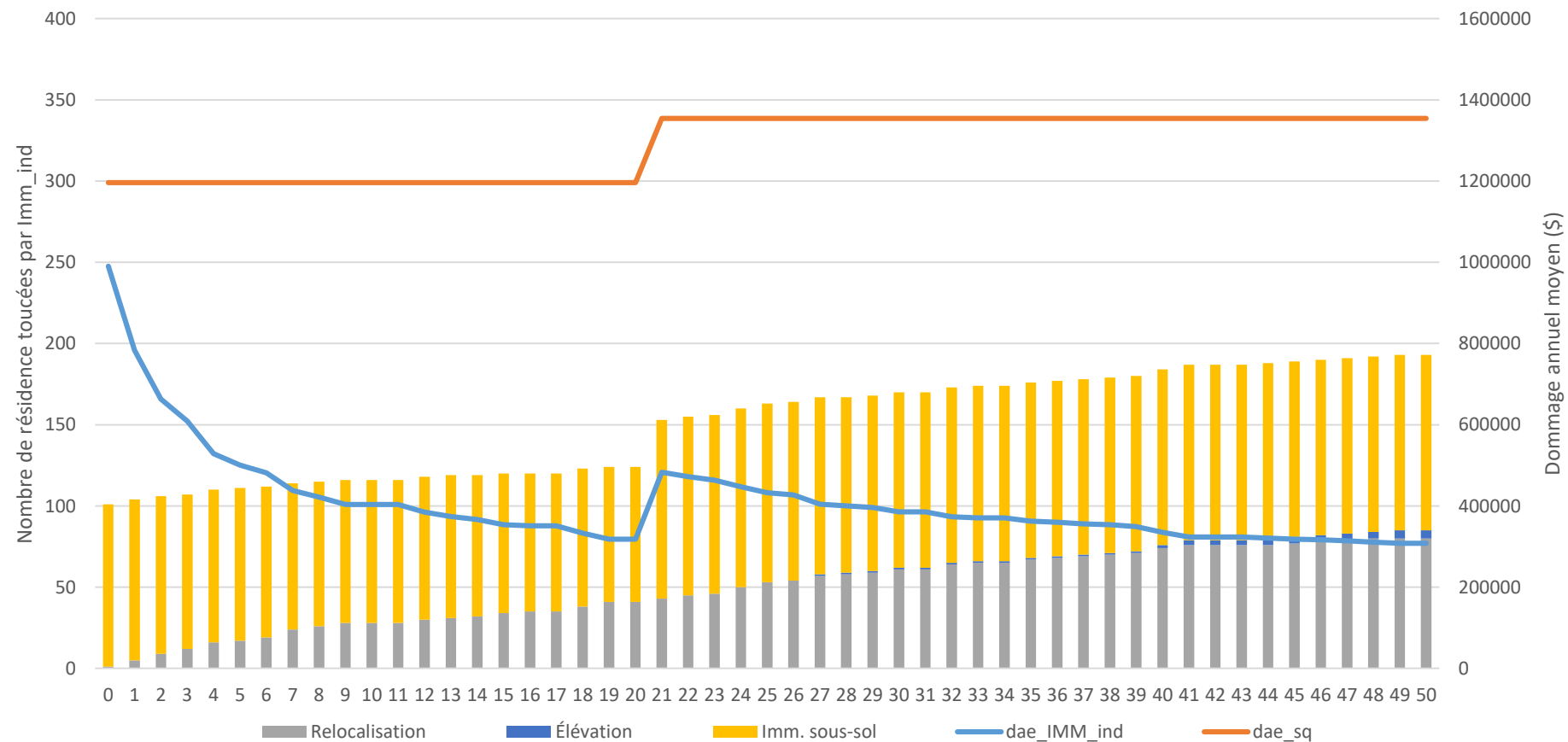


"Flood Proof" by [Ryan Ojibway](#) is licensed under [CC BY-NC 2.0](#)

Zone inondable	Probabilité sur 50 ans	Nombre de bâtiments résidentiels	Dommage annuel moyen	VAN des dommages	Contribution à la VAN totale
0 -2 ans	50 %	5	130 875 \$	4 085 395 \$	15 %
2 -20 ans	5 %	89	609 861 \$	18 001 710 \$	67 %
20 -100 ans	1 %	185	161 097 \$	4 549 848 \$	17 %
100 -350 ans	0,3 %	263	14 058 \$	390 782 \$	1 %
Total:	-	542	230 422 \$	27 027 735 \$	100 %

- 82% des dommages proviennent des 94 bâtiments en zones 0-20 ans.

Comparaison dommage annuel espéré SQ, IMM_ind et nombre de résidences touchées par IMM_ind





Résultats IMM_ind

Secteur et contenu	Bénéfices sur 50 ans	Total
Résidentiel		
Dommage structurel aux résidences	12 405 540 \$	
Dommage au contenu des résidences	5 679 235 \$	18 416 623 \$
Assistance MSP pour évacuation	183 865 \$	
Assistance MSP vêtements	17 025 \$	
Assistance MSP déplacement mobilier	130 958 \$	
Agricole		
Dommage aux cultures -Rotation basse Chaudière		
Dommage aux cultures -Production intensive		
Dommage aux cultures -Rotation moyenne Chaudière		
Dommage aux cultures -Pâturage		
Nettoyage des débris -Rotation basse Chaudière		
Nettoyage des débris -Production intensive		
Nettoyage des débris -Rotation moyenne Chaudière		
Nettoyage des débris -Pâturage		
Commercial & industriel		
Commercial		
Industriel		
Municipalité		
Nettoyage des débris par la municipalité (quartiers résidentiels)	152 497 \$	1 479 890 \$
Gestion des urgences	1 327 393 \$	
Économie		
Institutionnel		
Social		
Dépenses complémentaires (Dépenses en alcool et liées au tabagisme)	53 621 \$	
Soins de santé (Traitements, hospitalisations, médications, etc.)	134 601 \$	5 994 339 \$
Perte de productivité (Temps rénuméré)	2 201 780 \$	
Qualité de vie	3 604 337 \$	
Services écosystémiques		
Séquestration du carbone		
Qualité de l'eau		
Rétention sédiment		
Bénéfices totaux sur 50 ans :		25 890 852 \$

Coût des mesures	Coût sur 50 ans	Total
Réalisation et entretien		
M1 - Retrait actif sous-sol	- \$	
M2 - Relocalisation (Démolition lots)	(897 389) \$	(9 481 002) \$
M2 - Relocalisation (Achats nouvelles propriétés)	(8 360 072) \$	
M3 - Élévation premier plancher	(223 541) \$	
Coût d'opportunité		
Bénéfices connexes des mesures		
Coûts totaux sur 50 ans :		(9 481 002) \$

Valeur actuelle nette: 16 409 850 \$

- Scénario qui permet d'éviter le plus grand nombre de dommages résidentiels 88%, mais seulement 52% des dommages totaux
- Permet d'éviter
 - Résidentiel : 24,4 M\$ de pertes et dommages
 - Public : 1,5 M\$ gestion des urgences et nettoyage de débris
 - Agricole : aucun coûts évités
- Coûts de la mesure 9,5 M\$
 - Relocalisations de 80 résidences : 9,3 M\$
 - Immunisation (soulèvement du rez-de-chaussée) : 0,2 M\$
- Note : La mesure comportementale à elle seule (zéro contenu de valeur au sous-sol) permet d'éviter 770 000\$ (dommage au mobilier et coût de nettoyage des débris)

PRÉLIMINAIRE

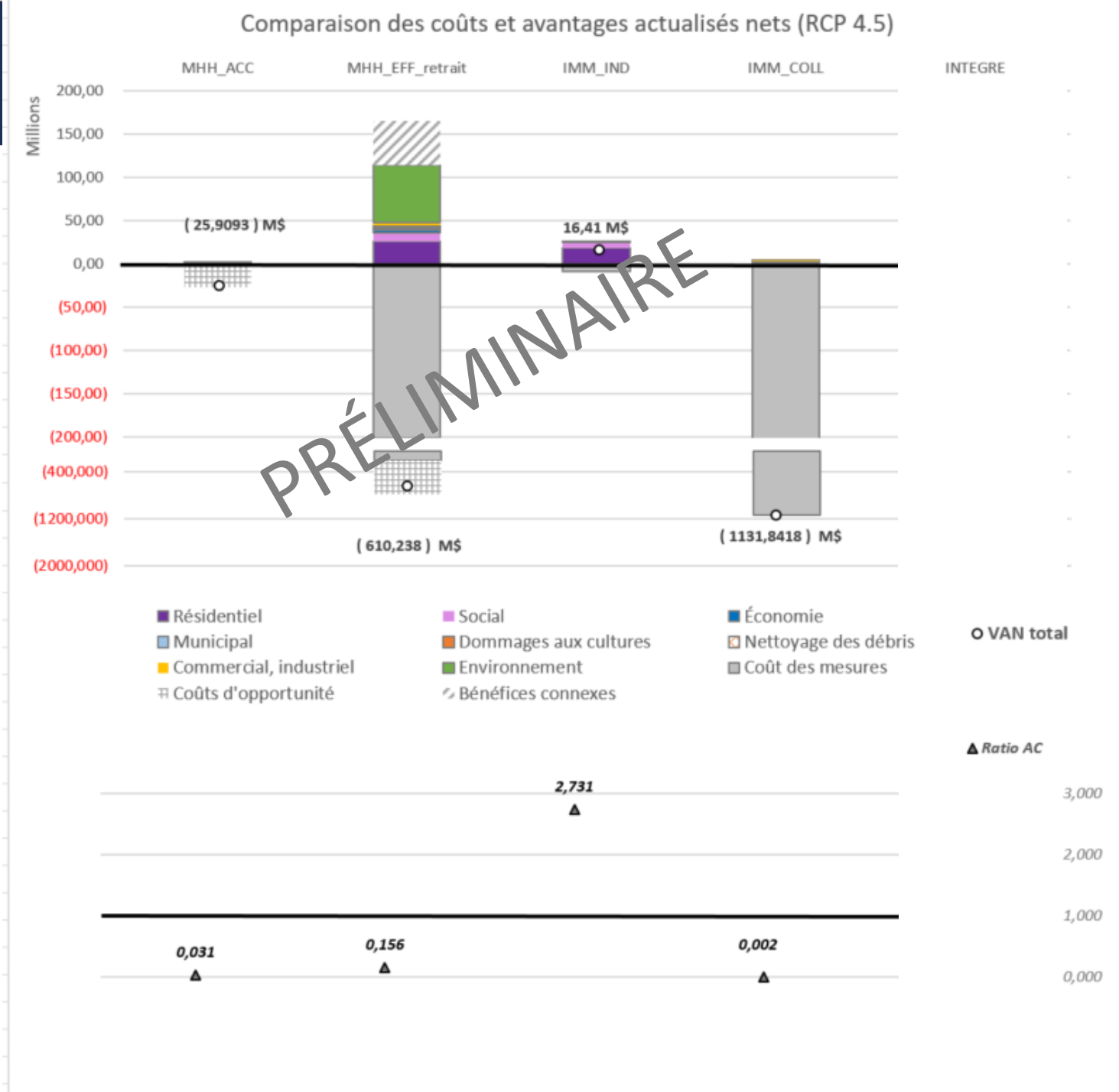
Phase 3 :

Évaluation économique

De l'ensemble des coûts et avantages

Résultats préliminaires

- L'immunisation individuelle
 - la plus efficace pour éviter des dommages résidentiels
 - Pour chaque \$ investi 2,7 \$ de dommages évités
 - N'agit pas sur les autres types de dommages
- Un scénario MHH_EFF
 - Réduit le plus de dommages et amène beaucoup d'avantages collectifs
 - Coûts très élevés
- Conservation des MHH : Opportunité de réduire les coûts
 - "laisser-aller" certains MHH, plutôt que de faire des restaurations proactives ?
 - Mécanismes d'écofiscalité ?





Résultats préliminaires des scénarios

RCP4.5	MHH_ACC	MHH_EFF	IMM_IND	IMM_COLL
Résidentiel	37 508 \$	25 561 771 \$	18 416 623 \$	1 701 943 \$
Agriculture	117 611 \$	3 429 390 \$	- \$	20 710 \$
Dommages aux cultures	61 913 \$	1 820 294 \$	- \$	10 772 \$
Nettoyage des débris	55 698 \$	1 609 096 \$	- \$	9 938 \$
Commercial, industriel	17 719 \$	3 755 377 \$	- \$	262 092 \$
Municipal	369 219 \$	2 184 132 \$	1 479 890 \$	142 357 \$
Économie	4 310 \$	2 241 017 \$	- \$	90 595 \$
Social	7 672 \$	10 364 496 \$	5 994 339 \$	570 754 \$
Environnement	1 107 831 \$	65 685 178 \$	- \$	- \$
Coût des mesures	(397 596) \$	(201 522 408) \$	(9 481 002) \$	(1 134 630 248) \$
Coûts d'opportunité	(27 173 555) \$	(573 229 456) \$	- \$	- \$
Bénéfices connexes	- \$	51 292 499 \$	- \$	- \$
VAN total	(25 909 281) \$	(610 237 994) \$	16 409 850 \$	(1 131 841 798) \$
Ratio AC	0,031	0,156	2,731	0,002



Arbitrages des mesures d'infrastructures vertes

- Seule une valeur partielle de l'environnement est calculée
- Nécessaire pour éviter les dommages agricoles

Destruction MHH : $1-20\$/m^2 = 10\text{ K\$ à }200\text{K\$/ha}$
 SQ = 336 ha = 3,36M\$ - 67,2 M\$
 MHH_acc = 550 ha = 5,50 – 110 M\$

	Bandes riveraines	Statut de milieu naturel passif	MHH conservation	MHH restauration	MHH création	Gestion des eaux pluviales
Régulation des crues	incertain	Non, mais évite des dommages	variable	variable	Le maximum d'efficacité	Oui, mais très localisé
Autres services écosystémiques	Élevé	Élevés mais repoussé dans le temps	Élevé	Élevé	Élevé	Variable
Coûts de réalisation	Faible 1000\$/km (x15m)	Variable Coût de transaction	Élevé Calcul gvt.	Élevé Calcul gvt.	Très élevé Calcul gvt.	Variable selon l'ouvrage
Coûts d'opportunité	Compensation 9318 \$/ha	Compensation Valeur foncière	Développement urbain/ agricole	Compensation Valeur foncière	Compensation Valeur foncière	Variable selon l'ouvrage
Bénéfices connexes	Récolte potentielle	Récréotourisme	-	-	-	Rendement agricole potentiel

- **Les limites (à venir)**
 - Évaluation des incertitudes par analyses de sensibilité partielle
- **Qui perd ? Qui gagne ?**
 - Analyse de distribution entre acteurs
 - Coûts/avantages pour chacun (transferts)
 - Programmes publics de remboursement ou de subventions
- **Analyse qualitative résiduelle**
 - Autres aléas
 - Conséquences résiduelles
 - Impacts intangibles
 - Mise en œuvre

1) Quel sera le coût économique des risques liés aux inondations pour la collectivité de l'ensemble du bassin en contexte de changements climatiques ?

- Environ 50 M\$

2) Est-ce avantageux ou non d'intervenir ? Le bassin fait face à des enjeux multiples...

- Investir judicieusement pour réduire les dommages résidentiels est une solution dans tous les cas sans regret
- Par contre, seul un scénario multirisques pourra générer une efficacité sur tous les types d'impacts,
- il serait opportun d'explorer les mécanismes de conservation à faible coût

1) La valorisation des milieux hydriques et humides constituent-ils une mesure avantageuse pour réduire les inondations dans le bassin de la Chaudière ?

- Ça dépend
- L'optimum se situe dans une ambition de conservation assez élevée (plusieurs dizaine de km²/sous-bassin)
- Il faut réduire le coût des mesures
 - Prioriser la conservation – Restauration
- L'approche « tout corridor vert » n'est pas optimale



Merci de votre attention
Merci pour toutes les contributions à
ce projet
Place aux discussions !

Boyer-villemaire.ursule@ouranos.ca
resilienceinondation@ouranos.ca

