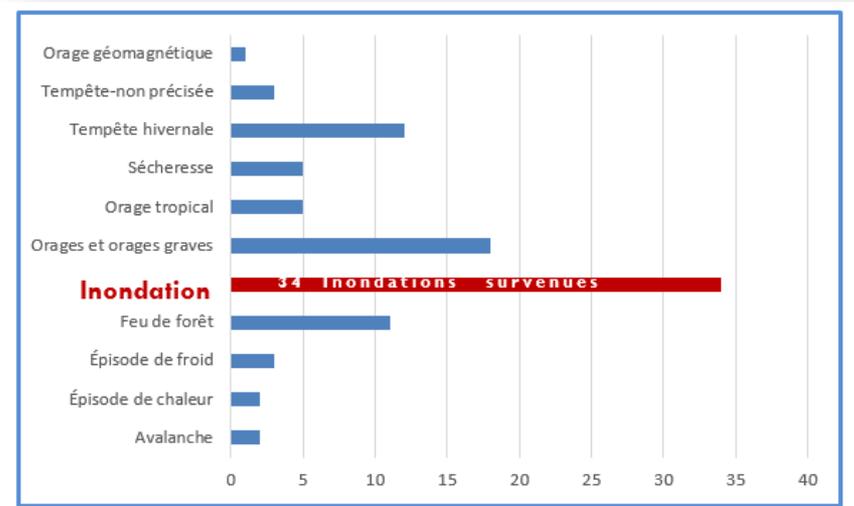


La gestion et l'analyse des risques d'inondation, au-delà de la cartographie des zones inondées

Karem Chokmani, professeur
Congrès provincial sur la gestion des inondations
1er février 2018
Best Western Hôtel Universel
Drummondville

Problématique importante

- Aléa le plus fréquent et qui affecte le plus grand nombre d'individus dans le monde
- 1994-2013: 2,3 milliards de personnes affectées, 158 000 personnes tuées (EM-DAT, 2015)
- Au Québec : 1^{er} rang des catastrophes hydrologiques et météorologiques (BDC, 2015)



Base de données canadienne sur les catastrophes (1900-2015)
www.bdc.securitepublique.gc.ca

Problématique récurrente

- Population très importante en bordure des cours d'eau
- Inondations printanières majeures dans le sud du Québec:
 - Avril-mai 2017: 261 municipalités touchées, 5 371 résidences inondées, 4 066 résidents évacués
 - Avril-juin 2011: plus de 65 municipalités touchées, 2 535 résidences inondées, 1651 résidents évacués



Montréal, mai 2017



Montréal, mai 2011

Certains outils existent...

Sécurité publique Québec

Accueil Plan du site Nous joindre Portail Québec Carrière

Accueil / Sécurité civile / Surveillance du territoire / Crues des cours d'eau

Vigilance

Surveillance de la crue des eaux

Surveillance de la crue des eaux

Plusieurs plans d'eau font l'objet d'une surveillance continue en raison de risque d'inondation. Si vous observez une inondation sur un plan d'eau non surveillé, communiquez avec votre municipalité ou faites le 9-1-1.

Pour chaque plan d'eau, voici un résumé de la situation. Un plan d'eau est inondé lorsque sa dernière mesure est supérieure à son seuil d'inondation minimum (SIM). Cliquez sur un numéro de station pour consulter le tableau ou l'hydrogramme correspondant.

Sommaire de la situation

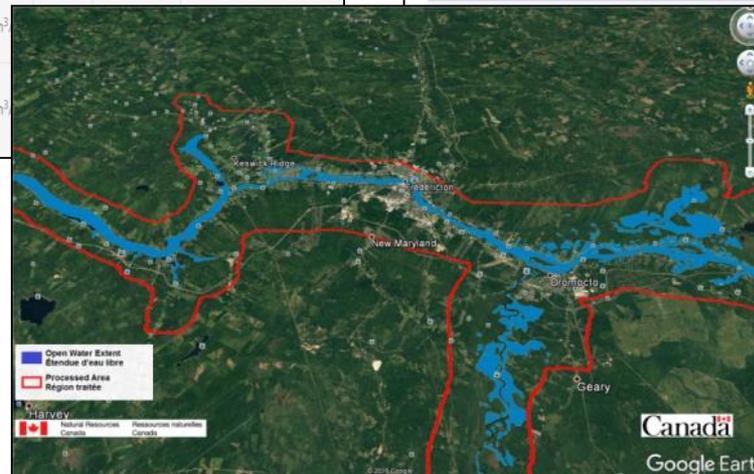
Plan d'eau	Lieu d'observation	Etat	Tendance	Variable hydrologique	SIM ¹	Dernière mesure	Numéro de station
Rivière de la Petite Nation	Au pont à 1,6 km en amont de Ripon	Inondation moyenne	En hausse	Débit (m ³ /s)	82,00	133,20	040406
Rivière du Nord	À 4,8 km en amont du pont du C.N. à Saint-Jérôme	Inondation moyenne	En baisse	Débit (m ³ /s)			
Rivière du Nord	À 0,5 km en aval du pont du C.P. près de Sainte-Agathe-des-Monts	Inondation moyenne	En baisse	Débit (m ³ /s)			

SYSTÈME DE SURVEILLANCE DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE

ACCUEIL ABONNEMENT

APERÇU GÉNÉRAL DES STATIONS

STATION	STATUT	TENDANCE	SEUIL	NIVEAU ACTUEL	DÉBIT	DERNIÈRE VARIATION	LIEN STATION
LAC-MÉGANTIC CEHO 023427		↓	Red	395.096 m	141.70 m ³ /s	12:15:00 2017-04-18	Détail de la station
BARRAGE SARTIGAN CEHO 023429		↓	Yellow	174.070 m	437.90 m ³ /s	12:45:00 2017-04-18	Détail de la station
ST-GEORGES PONT ROUTE 271		↓	Grey	162.550 m	N/A	14:05:00 2017-04-18	Détail de la station
RIVIERE FAMINE CEHO 023422		↓	Yellow	N/A	98.09 m ³ /s	12:30:00 2017-04-18	Détail de la station
NOTRE-DAME-DES-PINS PONT COUVERT		↑	Grey	157.900 m	N/A	10:20:00 2017-03-02	Détail de la station
BEAUCEVILLE PONT ROUTE 108		↓	Grey	149.210 m	N/A	14:10:00 2017-04-18	Détail de la station
ST-JOSEPH PONT ROUTE 276	Warning	↓	Yellow	147.620 m	N/A	14:13:44 2017-04-18	Détail de la station
				6,830 m	N/A	14:13:45 2017-04-18	Détail de la station
				5,083 m	N/A	14:14:37 2017-04-18	Détail de la station
				3,130 m	N/A	08:00:00 2017-04-18	Détail de la station



Mais sont insuffisants!

- Pas d'outil permettant d'obtenir:
 - une cartographie de l'**étendue** de l'inondation en cours ou prévue
 - les **profondeurs de submersion** en tout point des zones inondées
- Absence d'outil **intégrant** la cartographie de l'**aléa** et l'évaluation de la **vulnérabilité** (bâtiments, infrastructures, populations)
- Difficulté pour les responsables municipaux et les services d'incendie et de sécurité de réaliser des **scénarios prévisionnels** ou d'évaluer les besoins liés à une **situation en cours**

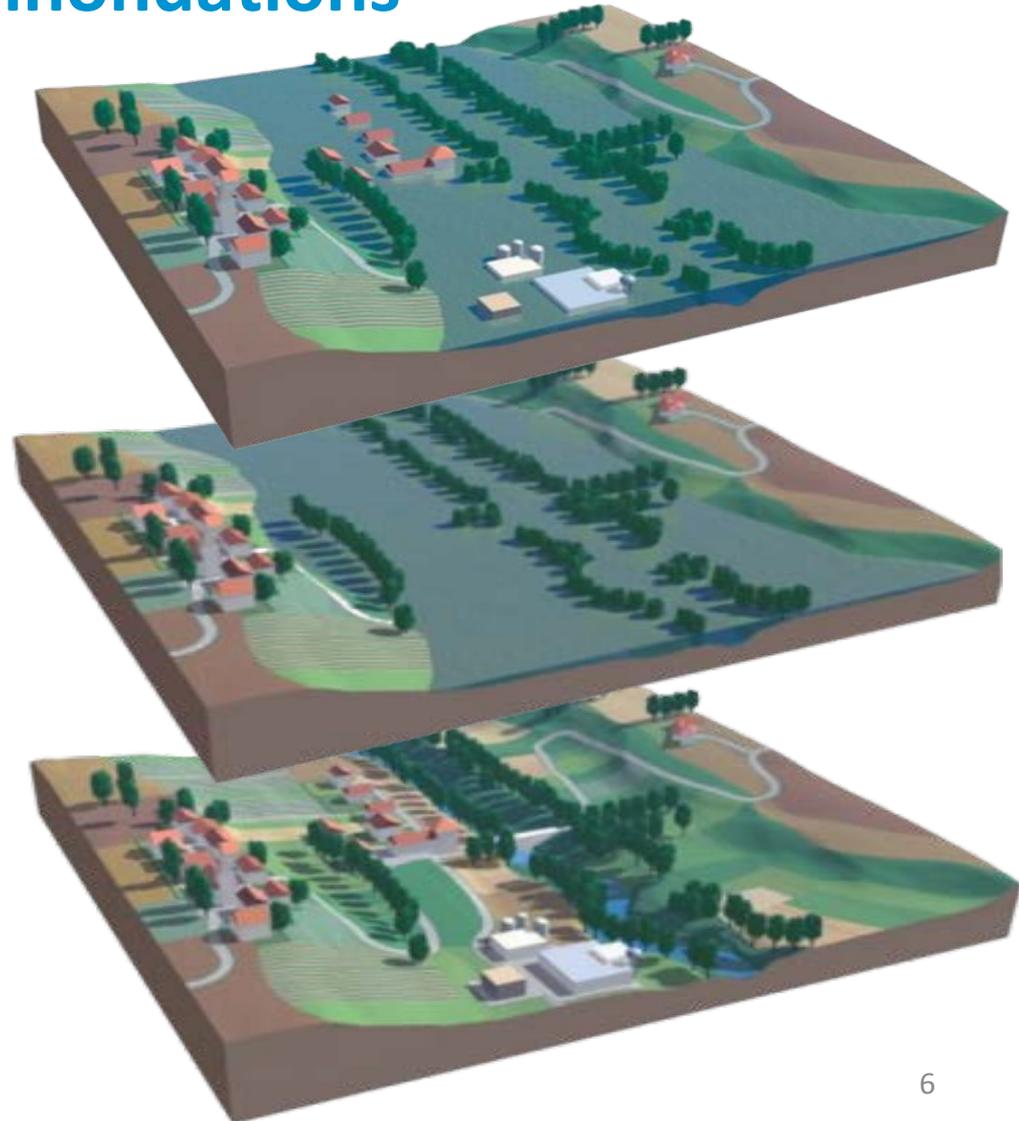
Définition du risque aux inondations

Risque =

Aléa

+

Vulnérabilité



GARI: Gestion et Analyse du Risque d'Inondation

Objectif général

- Développement d'un outil cartographique et statistique permettant de visualiser et d'analyser en mode **préparatoire** ou **opérationnel** le **risque** lié aux inondations



Aléa + Vulnérabilité



- Prendre en compte à la fois les caractéristiques de l'inondation et les aspects liés à la vulnérabilité, en vue de mettre en place des mesures de réduction des risques

Informations produites par GARI

Cartographie de l'aléa inondation

Dommages aux bâtiments et infrastructures

Vulnérabilité des populations

Sorties

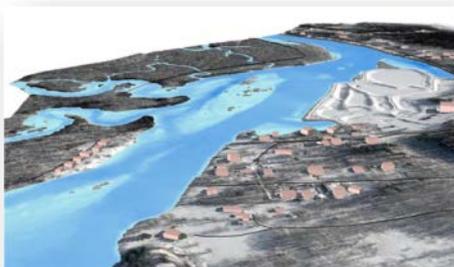
- **Grille de profondeur d'eau** pour les types d'évènements suivants:
 - **probable** (selon période de récurrence)
 - **prévu** (selon les prévisions hydro-météorologiques)
 - **actuelle** (selon les observations directes ou satellitaires)

Sorties

- **Localisation** des bâtiments et des infrastructures vulnérables
- Estimation des **dommages potentiels** (événement)
- Estimation des **dommages potentiels** (annualisée)
- Incertitude sur les sorties

Sorties

- **Localisation** de la population vulnérable
- **Nature et sévérité du risque** pour ces populations, par habitation



Quand veut-on connaître l'information?

Mode préparatoire

- Longtemps avant un évènement - Probabilités de récurrence
Scénarios préparatoires, Exercices d'intervention, Impact potentiel d'actions de mitigation, Impact des changements climatiques, Planification de l'aménagement du territoire, Assurabilité.
- Juste avant un évènement – Prévisions court terme
Anticipation des évènements, Déclenchement des processus pré-intervention, Avis et alertes, Mesures de mitigation

Mode opérationnel

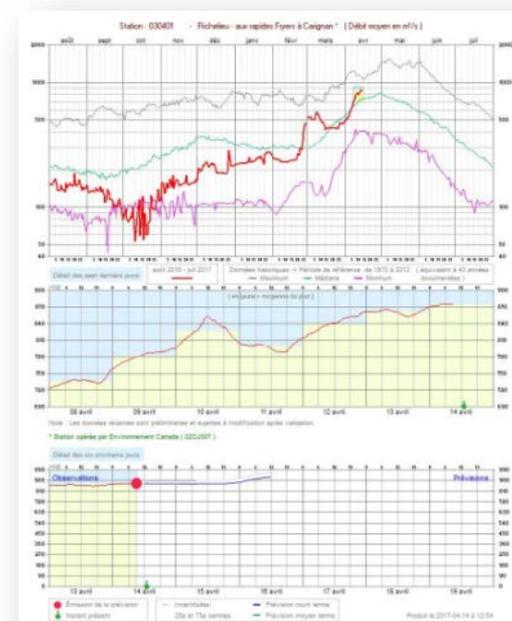
- Pendant un évènement – Observations temps réel
Application du plan d'urgence, Gestion des interventions (évacuations, mesures de protection, etc.), Communication avec les intervenants.

Comment obtient-on l'information?

Mode préparatoire

Probabilités:
En utilisant les débits connus de récurrence 2, 5, 20, 100 ans, ...

Prévisions:
En utilisant les débits prévus par le Centre d'Expertise Hydrique du Québec



Comment obtient-on l'information?

**Mode
opérationnel**

Débits observés



**Observations par imagerie
radar satellitaire**

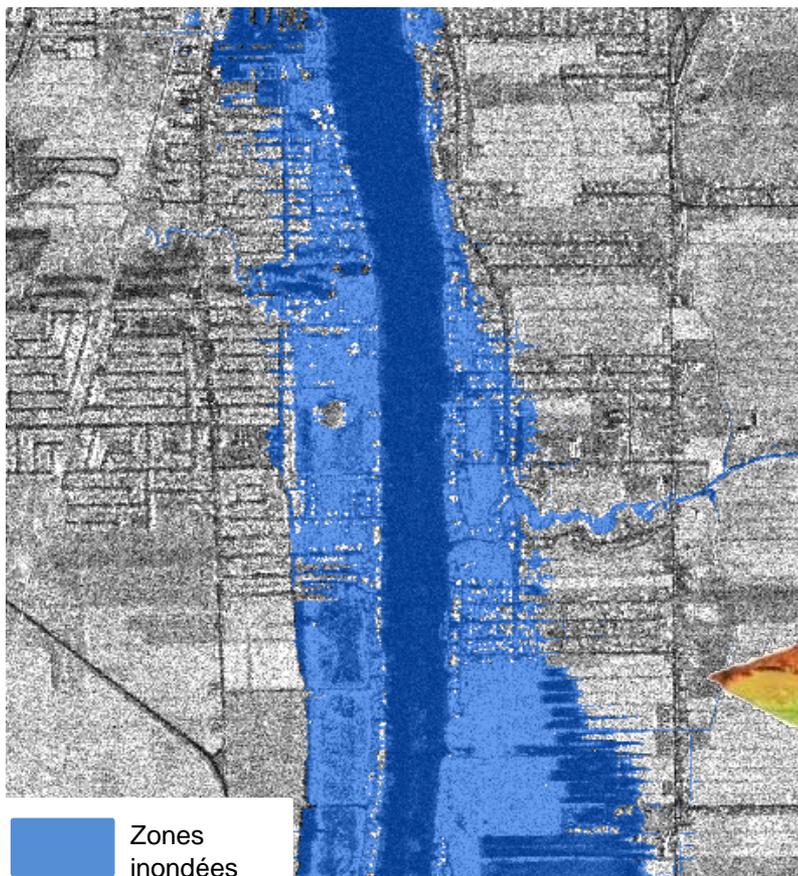


Observations par caméras

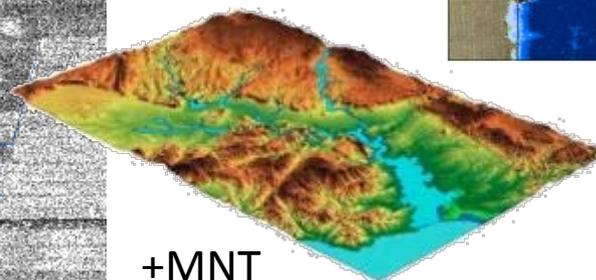
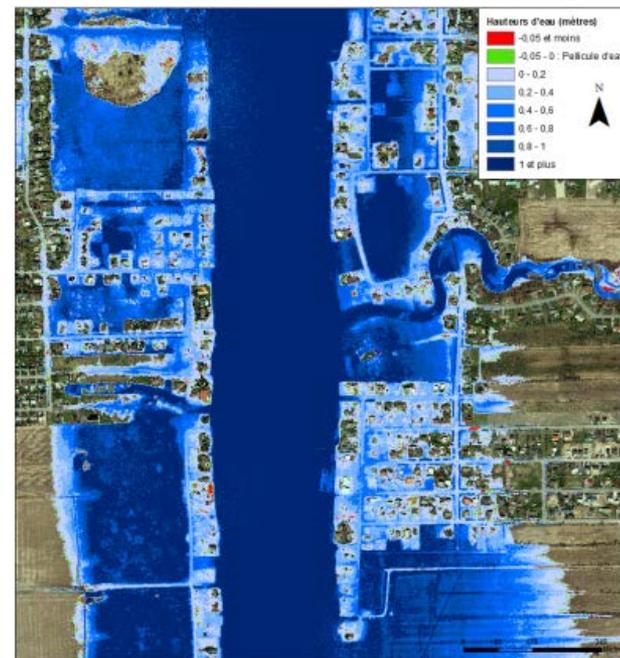


Observations par imagerie radar satellitaire – Temps quasi-réel

Image RADARSAT-2



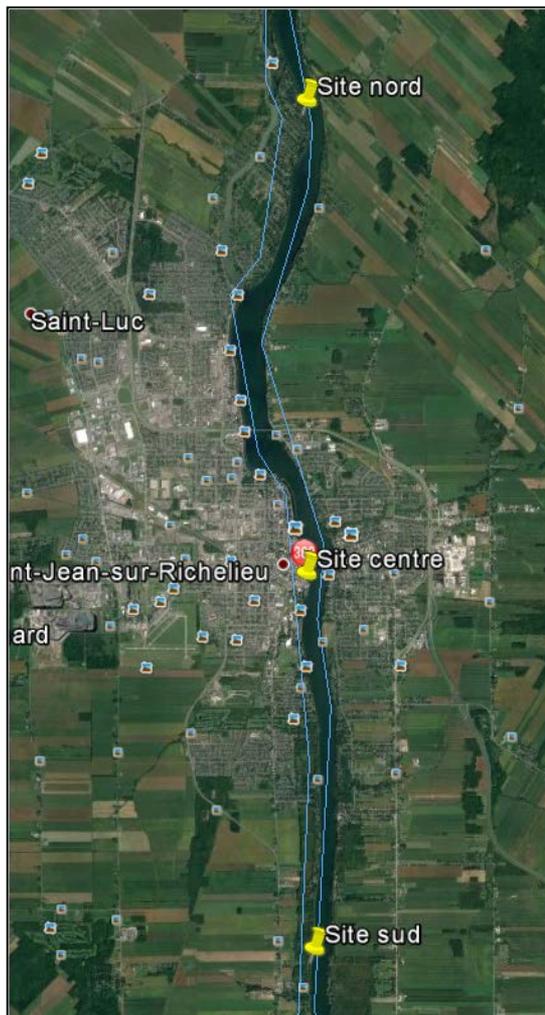
Profondeurs de submersion



+MNT

Zones inondées

Observations par caméras – Temps réel



Site Nord: Parc La Sarre



Site Sud: Rue Royale



Site Centre: Usine de traitement des eaux



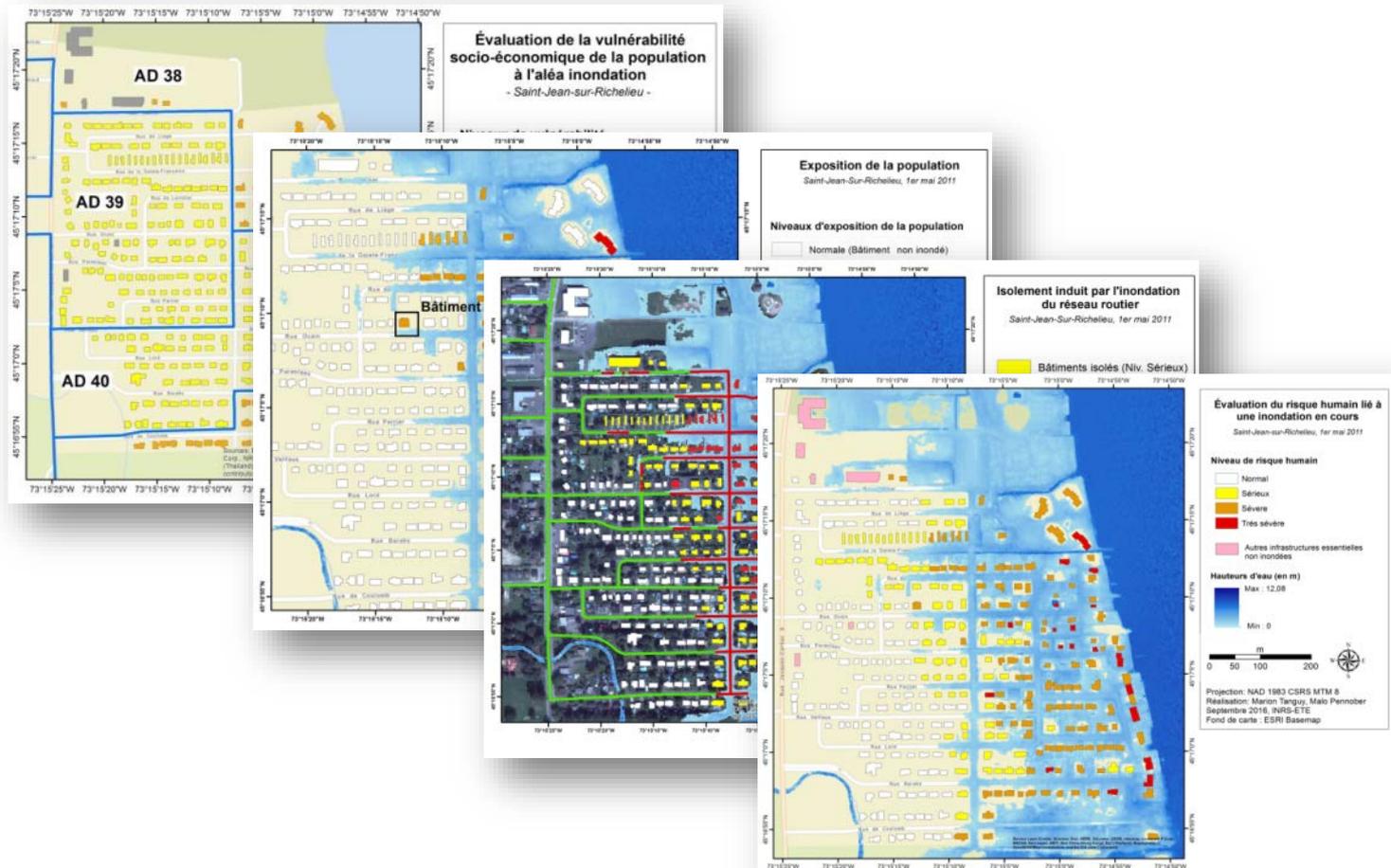
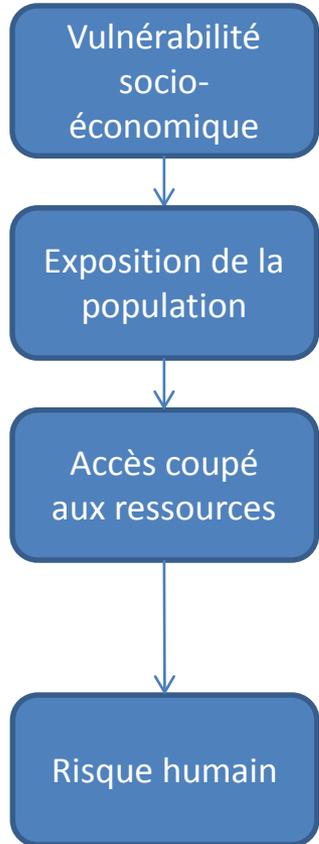
Site centre



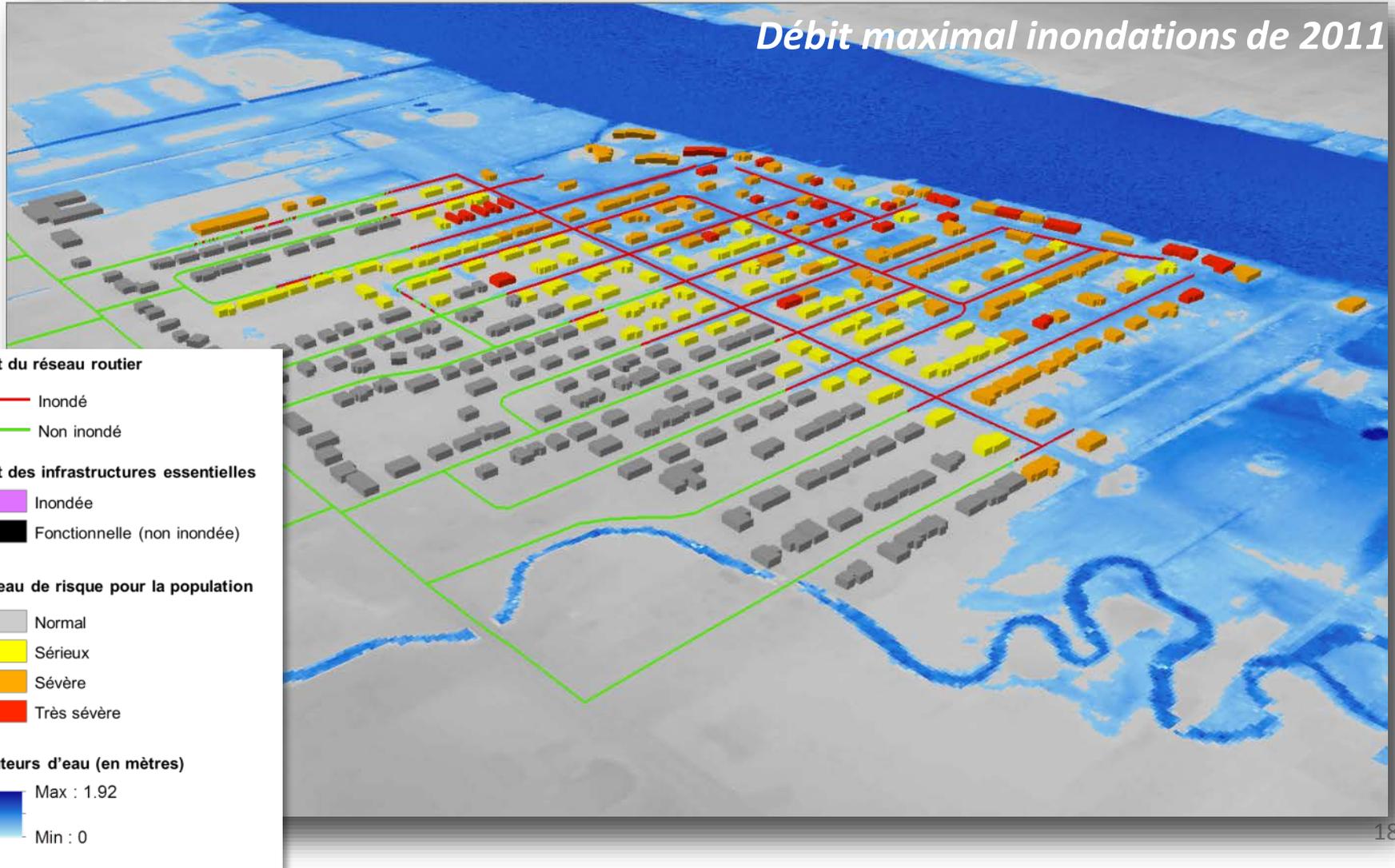
Site nord



Évaluation du risque humain



Information intégrée : Aléa et vulnérabilité des populations



dQ ca-Chaobonus 7/1
NXQ Ca-pry X 100

Estimation des dommages



Typologie

Valeur \$



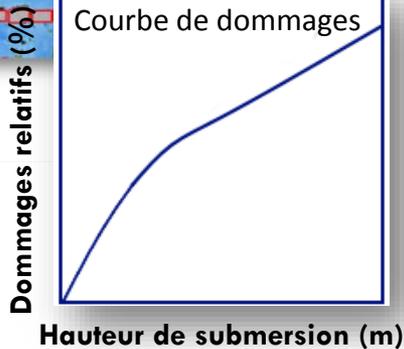
+

Bâtiments inondés

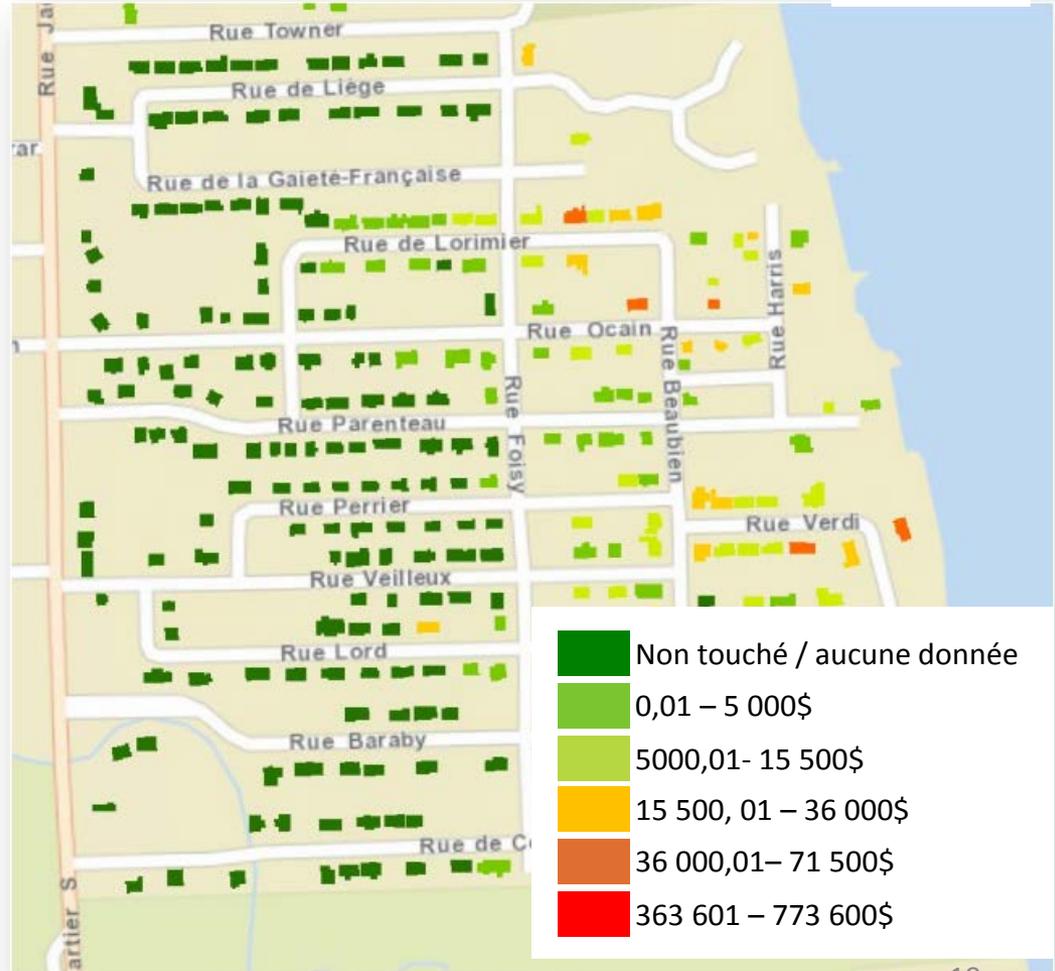


←

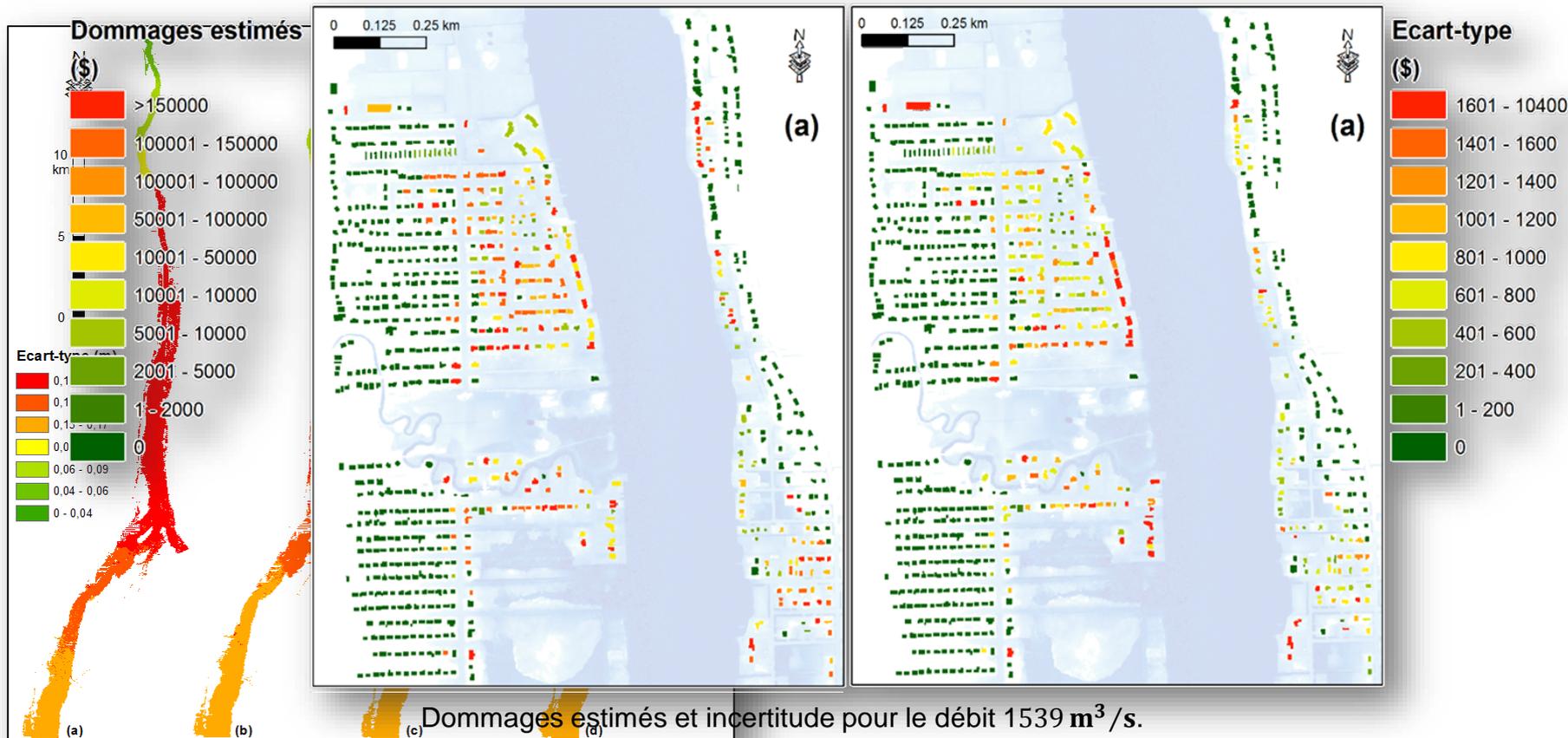
Hauteurs d'eau [en m]
Max : 1.9
Min : 0.0



+



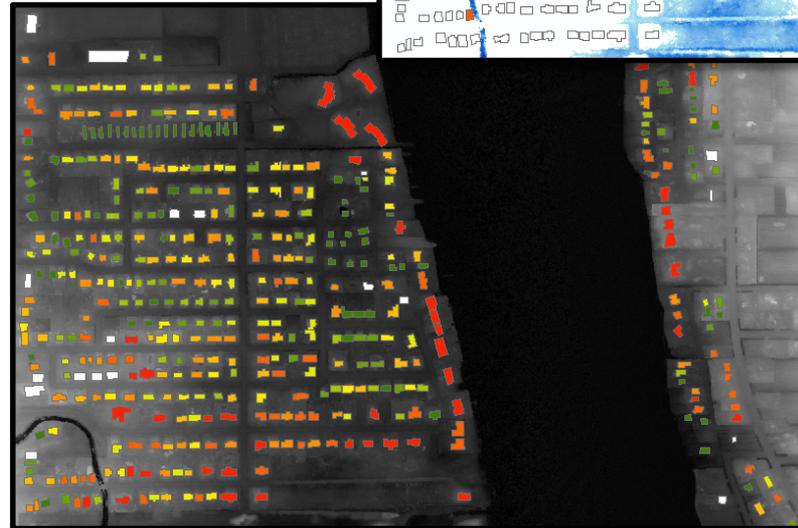
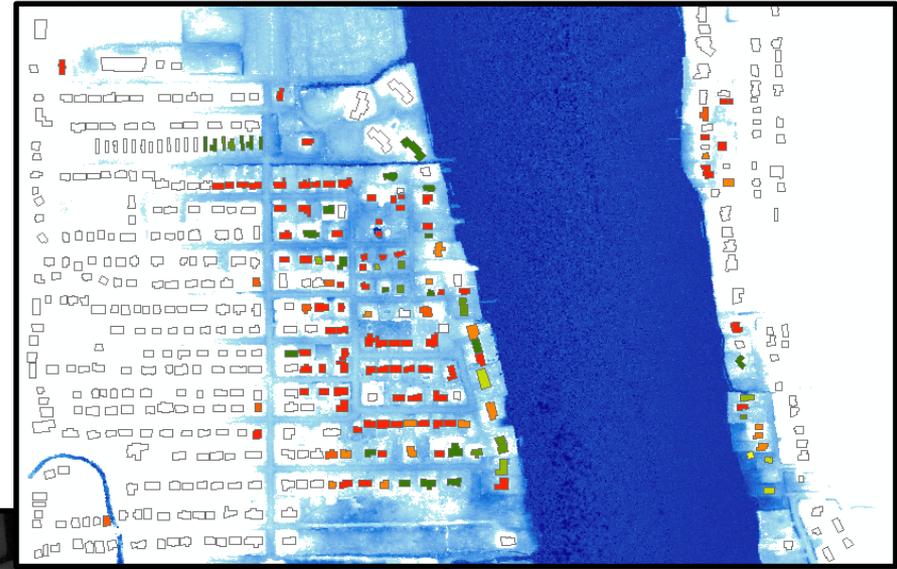
Analyse de l'incertitude



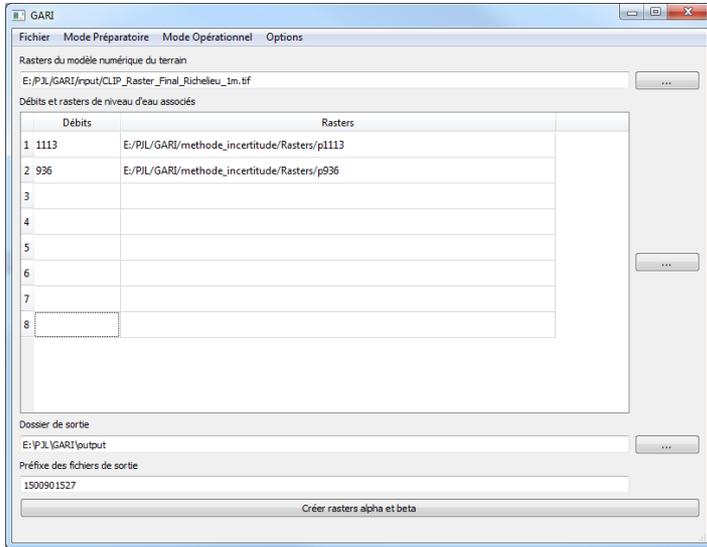
Incertitude sur les hauteurs d'eau simulées pour les débits:
a) $759 \text{ m}^3/\text{s}$, b) $824 \text{ m}^3/\text{s}$, c) $936 \text{ m}^3/\text{s}$, et d) $1113 \text{ m}^3/\text{s}$.

Programmation de l'outil

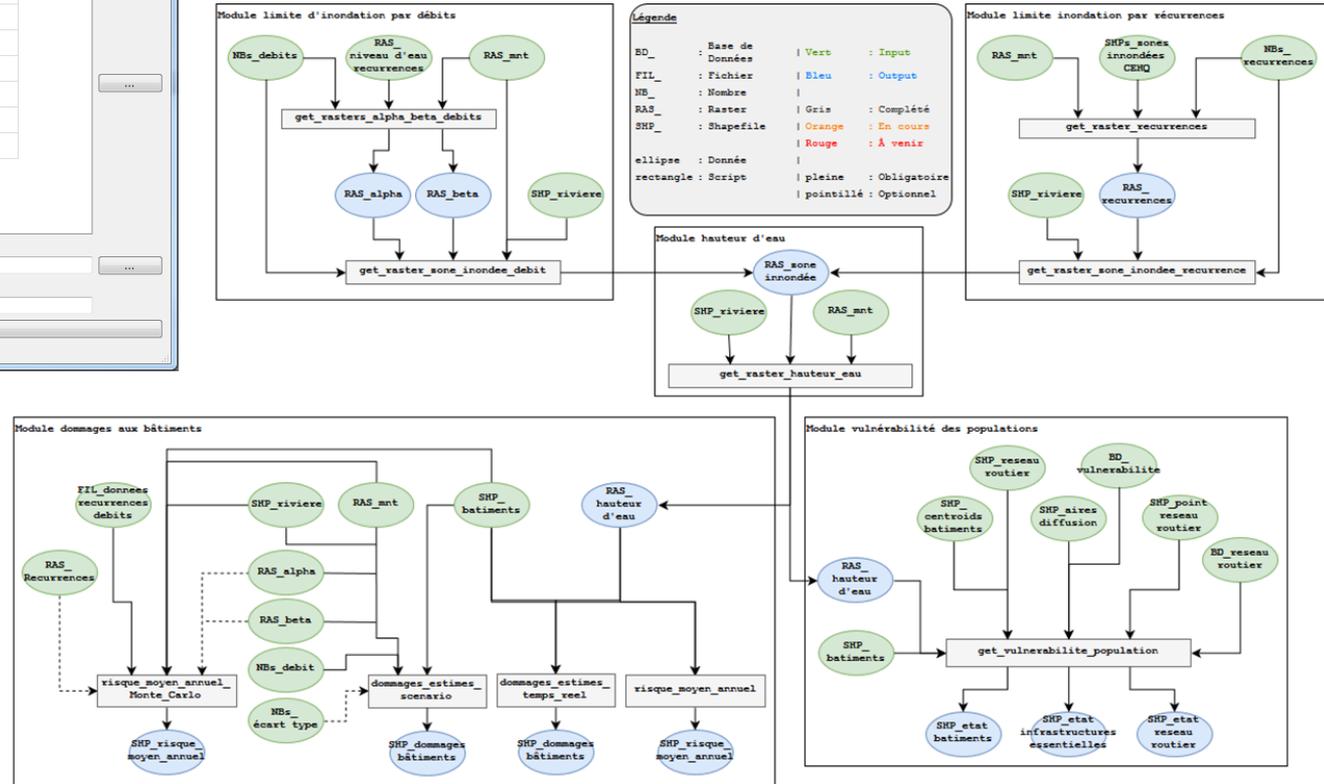
- ✓ Automatisation
- ✓ Optimisation
- ✓ Interface
- ✓ Documentation



Programmation de l'outil



Automatisation Python / Interface ArcGIS Toolbox



Conclusion

L'outil GARI offre:

- ✓ Cartographie de la zone inondée
- ✓ Hauteurs d'eau
- ✓ Dommages aux bâtiments
- ✓ Vulnérabilité des populations
- ✓ Mode préparatoire
- ✓ Mode opérationnel

Travaux en cours:

- ✓ Développement de l'interface
- ✓ Tests, rodage et formation

Un projet en partenariat

Financement:

- ✓ Projet R&D de 3 ans: Avril 2015 – Mars 2018
- ✓ Programme canadien de sûreté et de sécurité (PCSS)-RDDC
- ✓ Ministère de la sécurité publique du Québec

Gestionnaire du projet



Gouvernement
du Canada

Ressources Naturelles
(Commission Géologique)

Maitre d'œuvre du projet

INRS
UNIVERSITÉ DE RECHERCHE

Partenaires



VILLE DE
**SAINT-JEAN-
SUR-RICHELIEU**



Gouvernement
du Canada

Environnement Canada
Sécurité Publique

Sécurité publique
Québec

Centre d'expertise
hydrique
Québec

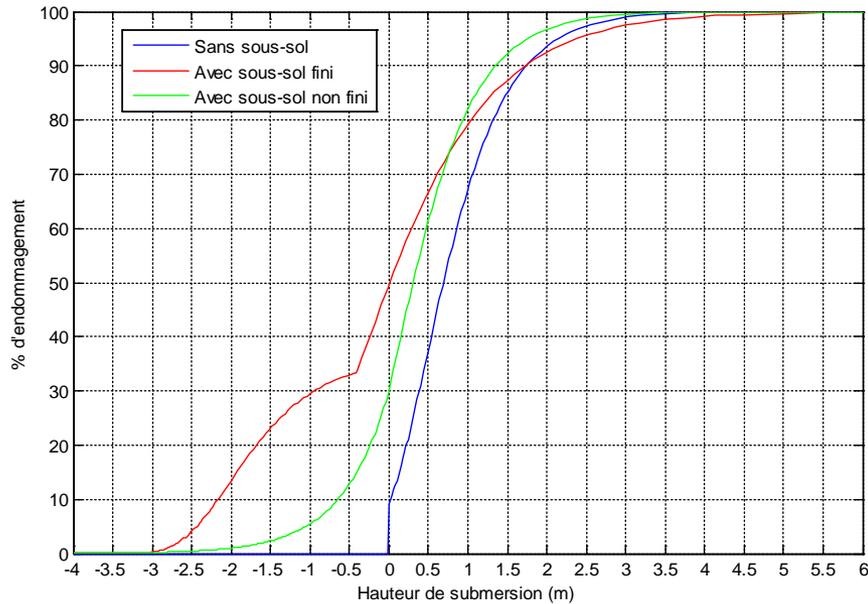
MERCI!

Karem.chokmani@ete.inrs.ca

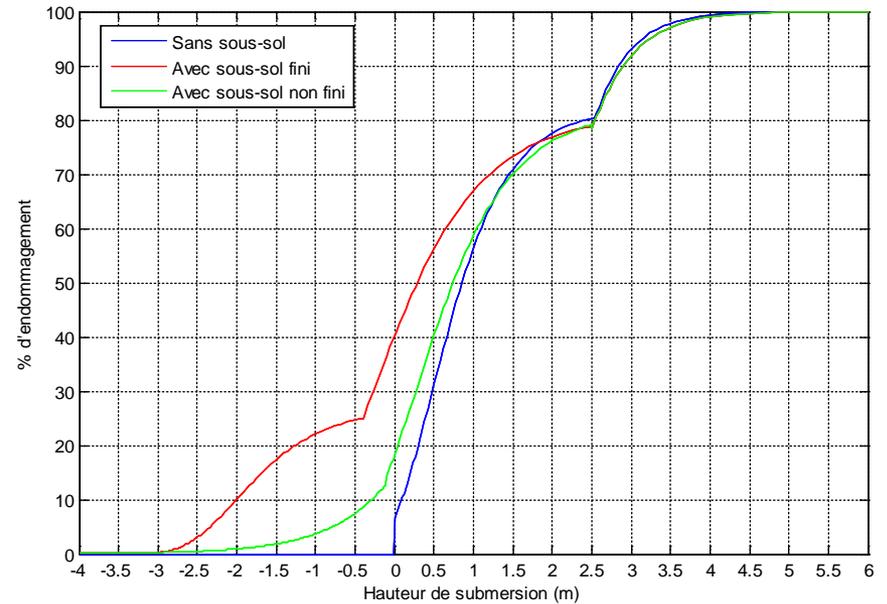
Équipe de projet:

- Yves Gauthier
- Jimmy Poulin
- Marion Tanguy
- Khalid Oubenaceur
- Romain Latapie
- Monique Bernier

Courbes submersion-dommage



Courbes dommage-submersion de bâtiments à un seul étage [1]

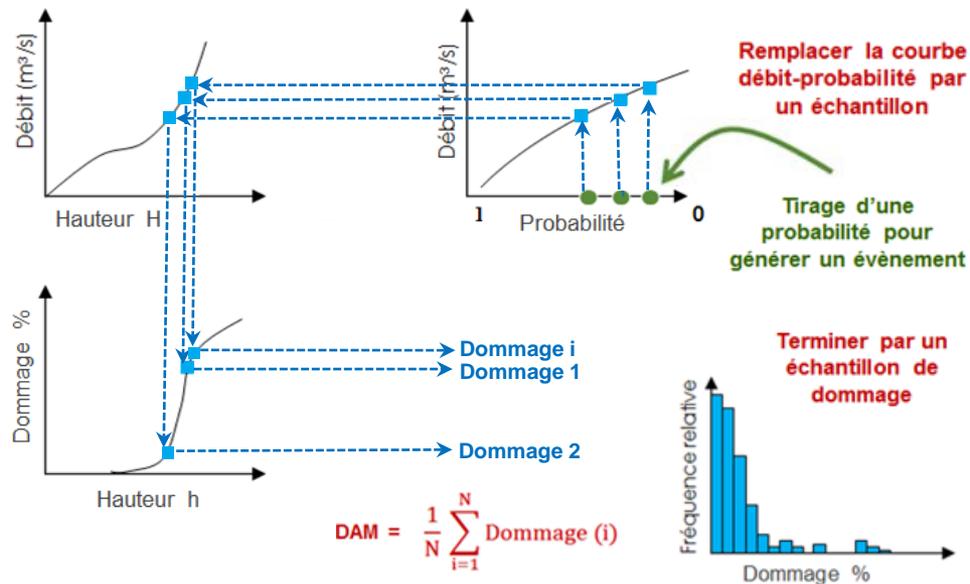


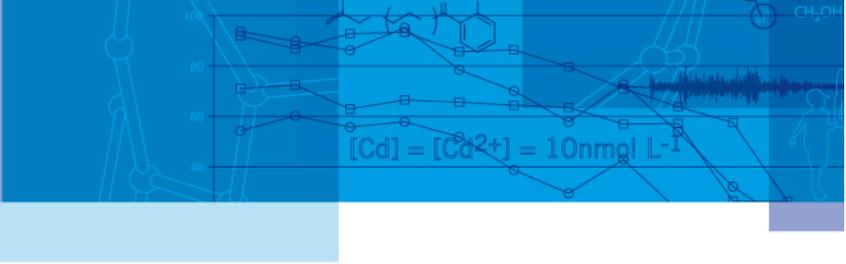
Courbes dommage-submersion de bâtiments à deux étages [1]

[1] L. Bonnifait, Développement de courbes submersion-dommages pour l'habitat résidentiel québécois, mémoire de maîtrise, 2005

Calcul du dommage moyen annuel

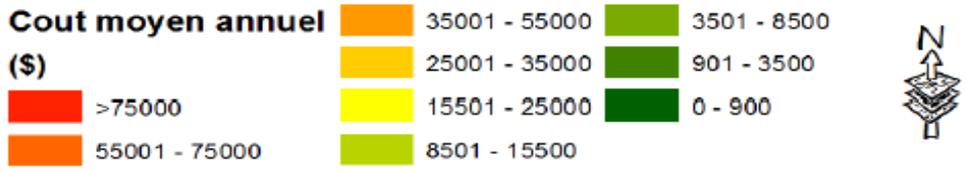
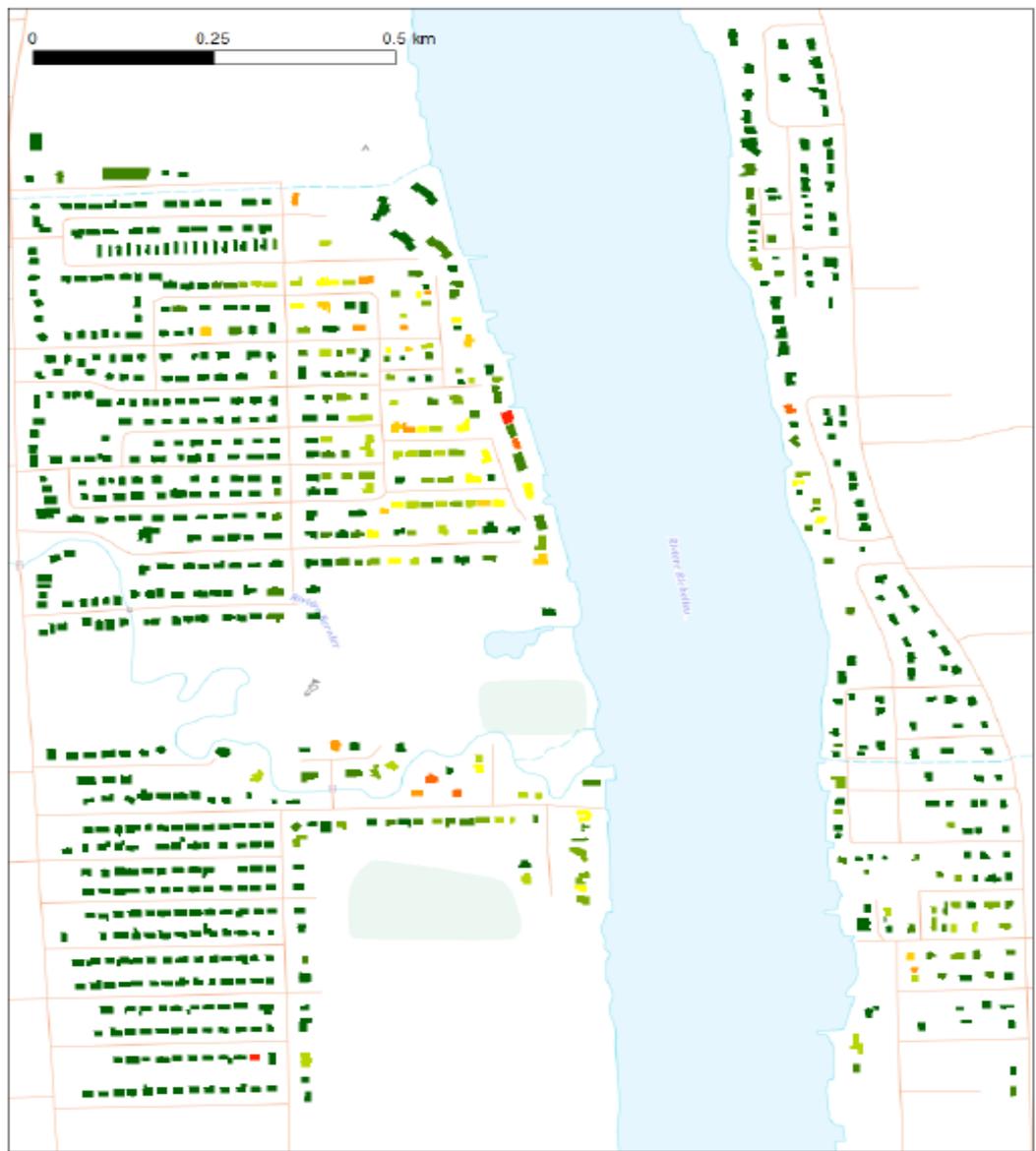
- Simulation Monte Carlo





cartographie des risques annuels de dommages résidentiels

- Le CMA varie de zéro à plusieurs dizaines de milliers de dollars canadiens par bâtiment (\$CA).



Carte du coût moyen annuel estimé, exprimé en \$ CA