



# Développement d'une approche multicritère pour l'évaluation de la résilience en zone inondable (AMERZI) : scénarios innovants et résilience à Saint-André-d'Argenteuil

Isabelle Thomas, professeure et directrice ARIACTION  
Jonathan Hume, conseiller en gestion de risques  
18 octobre 2022

Université   
de Montréal

ARIACTION 

Québec 

Cette démarche innovante s'insère **dans un projet de recherche** développé par le MSP et l'UdeM (équipe ARIAction) qui vise à :

1. développer des indicateurs de résilience et une approche multicritère pour l'évaluation de la résilience en zone inondable (AMERZI);
2. appliquer cette approche sur la municipalité de Saint-André-d'Argenteuil (STADA).

Ce projet est financé par le Cadre pour la prévention de sinistres du gouvernement du Québec (CPS-19-20-19).

STADA a choisi de participer au projet, car elle avait entamé des réflexions similaires.

Dans le cadre de ce projet, le MAMH et le MELCC font partie du comité de suivi afin notamment de prendre en considération, dans la réflexion, le nouveau *Régime transitoire de gestion des zones inondables des rives et du littoral*, qui a remplacé la PPRLPI.

**Responsable du projet et de l'équipe  
de recherche ARIAction,  
Université de Montréal**

Isabelle Thomas, professeure titulaire,  
directrice de l'équipe ARIAction

**Experts collaborateurs**

Pascale Biron, professeure titulaire,  
Université Concordia

Éric Daniel-Lacombe, architecte,  
professeur titulaire de la chaire  
«Nouvelles urbanités face aux  
risques naturels : des abris ouverts»

François Anctil, professeur  
titulaire, Université Laval

# PLAN DE PRÉSENTATION

---

- 1 Mise en contexte
- 2 Portrait des risques liés aux inondations
- 3 Scénario proposé par la municipalité en 2019 / recommandations
- 4 Scénario proposé par l'équipe ARIaction, échelle de la municipalité
- 5 Les 4 stratégies de réaménagement Résilient



1

2

3

4

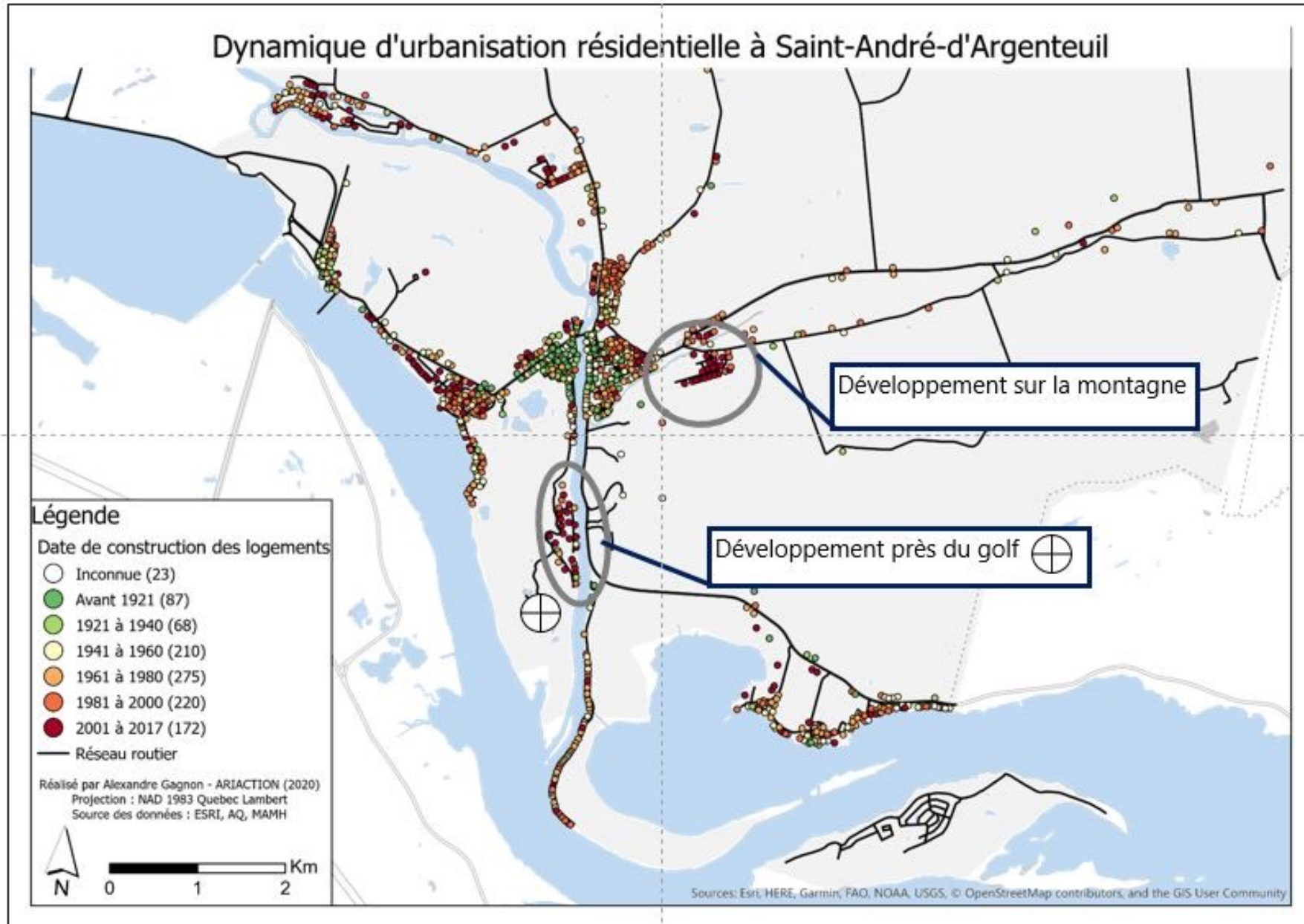
5

1

---

**Mise en contexte**

# La dynamique d'urbanisation résidentielle à partir du 20<sup>e</sup> siècle



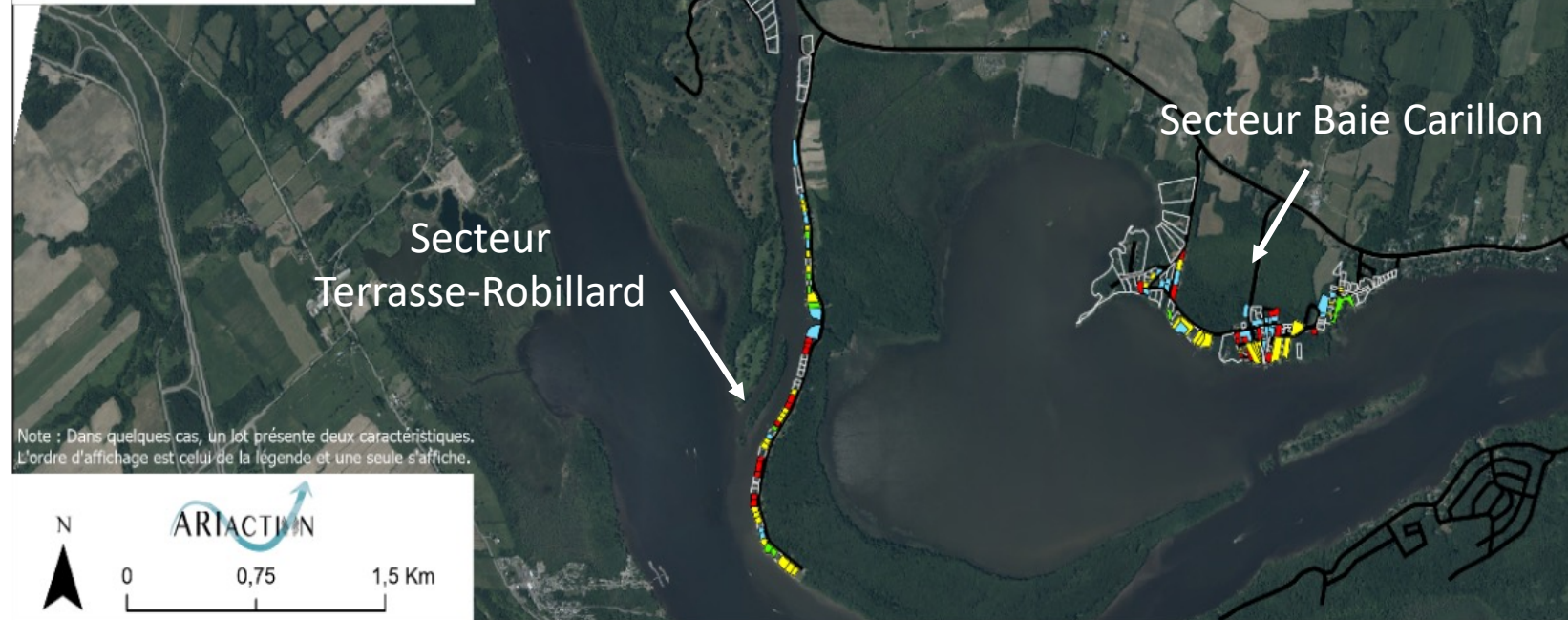
# Secteurs en évolution

## Démolitions, rénovations, reconstructions, immunisations - STADA

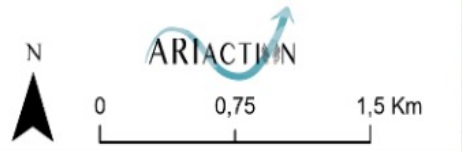
### Légende

- Lot avec démolition - 2017 (29)
- Lot avec démolition - 2019 (32)
- Lot avec immunisation (14)
- Lot avec reconstruction (3)
- Lot avec rénovation (63)
- Lots pour l'arpentage (251)
- Réseau routier

Réalisé par Alexandre Gagnon - ARIACTION (2021)  
Projection : NAD 1983 MTM 8  
Source des données : MRC d'Argenteuil, STADA, AQ,  
MFFP

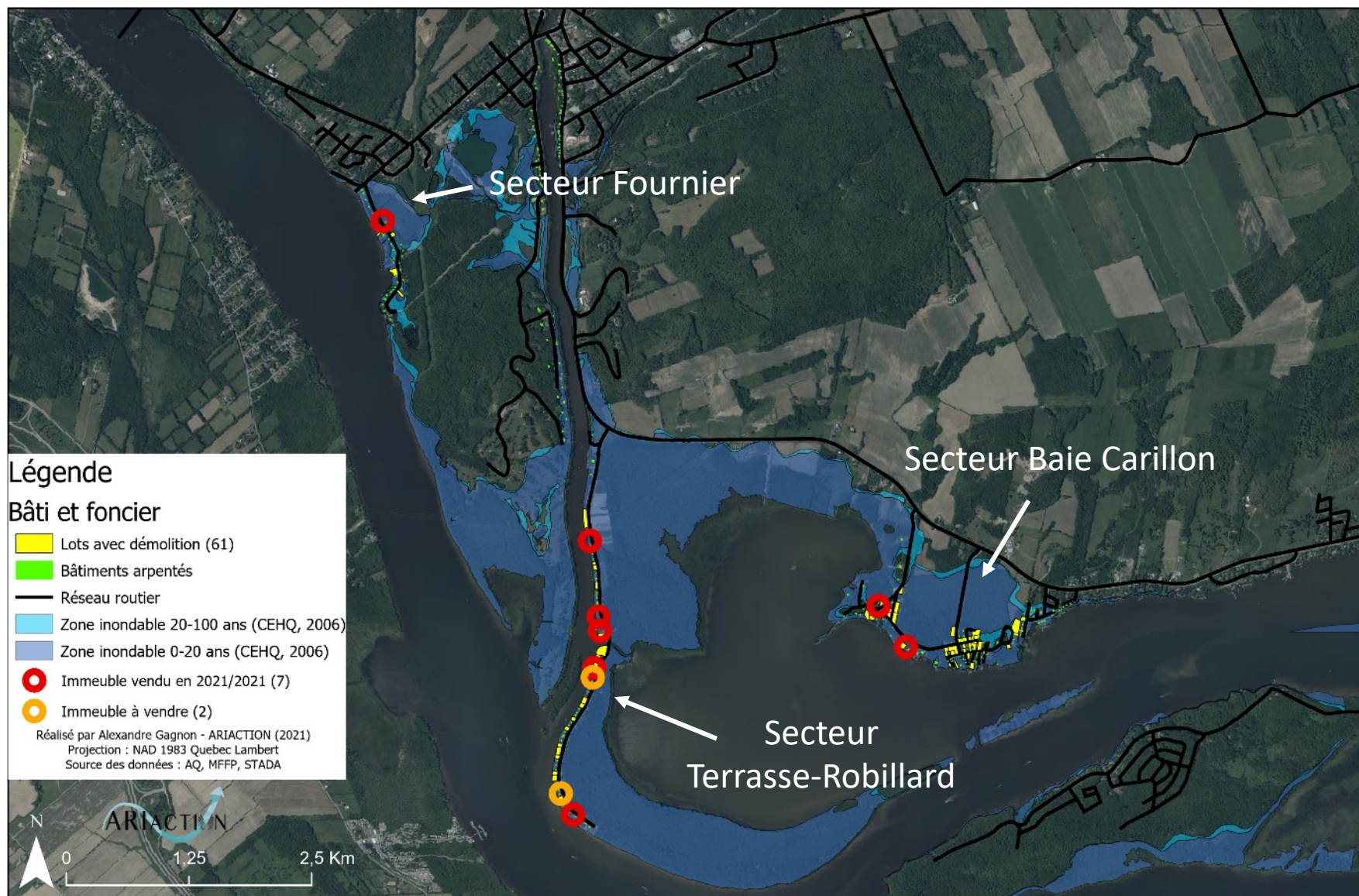


Note : Dans quelques cas, un lot présente deux caractéristiques.  
L'ordre d'affichage est celui de la légende et une seule s'affiche.



# Secteurs en évolution

Immeubles vendus ou à vendre dans la zone inondable en 2020/2021 - STADA





1

2

3

4

5

2

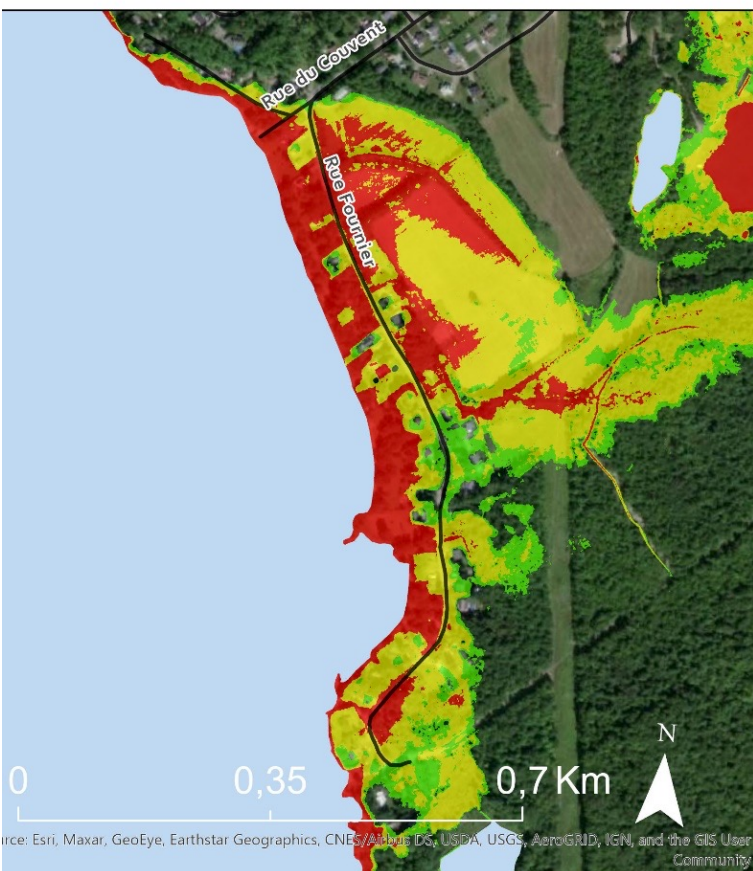
---

## Portrait des risques liés aux inondations

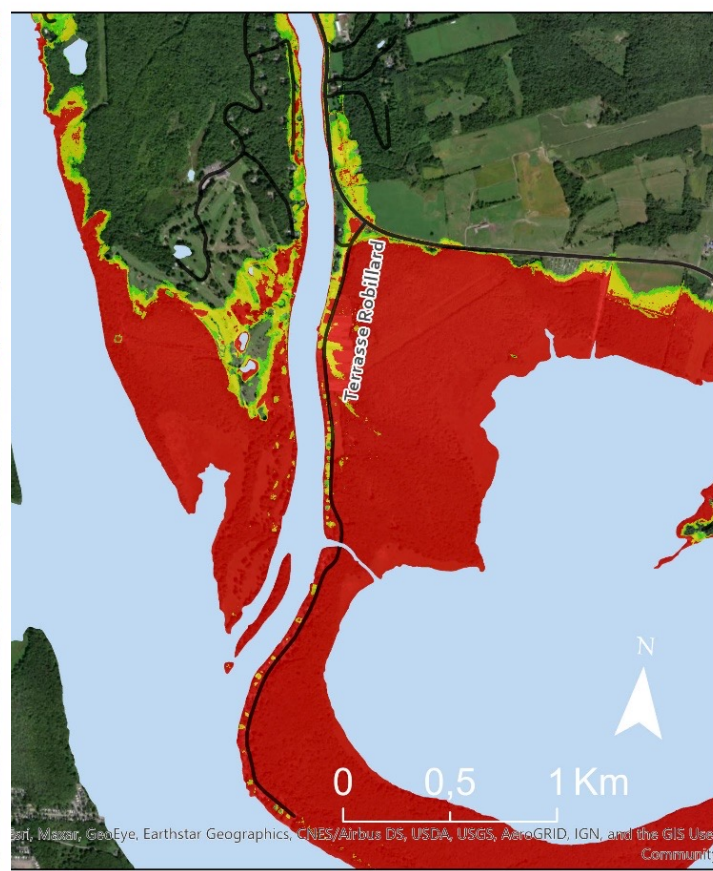
# Caractérisation de l'aléa

## Hauteur d'eau maximale - Zone inondable 100 ans de la rivière des Outaouais

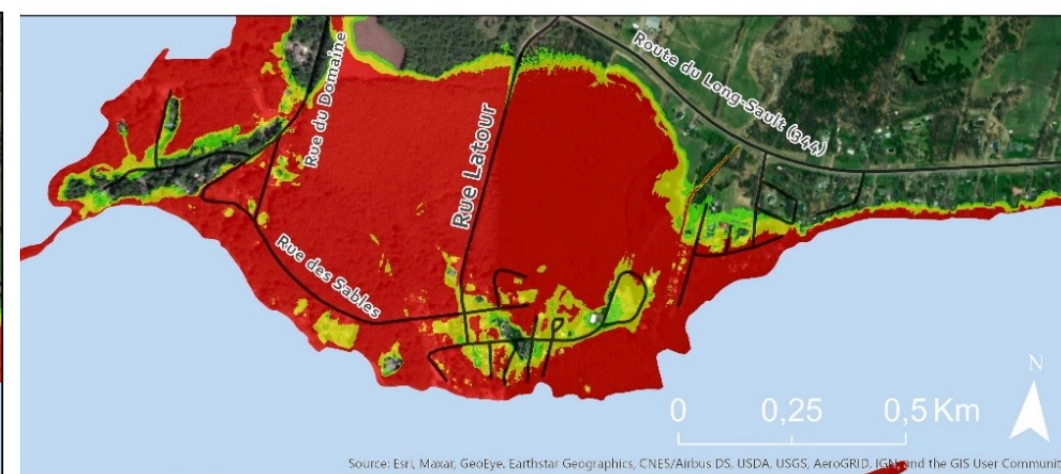
Secteur de la rue Fournier (25,13m)



Secteur de la Terrasse Robillard (25,06m)



Secteur de la Baie de Carillon (25,06m)



### Légende

Zone inondable 100 ans

- Plus de 90 cm d'eau
- Entre 30 et 90 cm d'eau
- Entre 0 et 30 cm d'eau

— Réseau routier

\*Cette modélisation est théorique et ne prend pas en compte la pente

Réalisé par Alexandre Gagnon - ARIAction (2020)  
Projection : NAD 1983 Quebec Lambert  
Source des données : ESRI, AQ, MRC d'Argenteuil, GRHQ, P.Biron

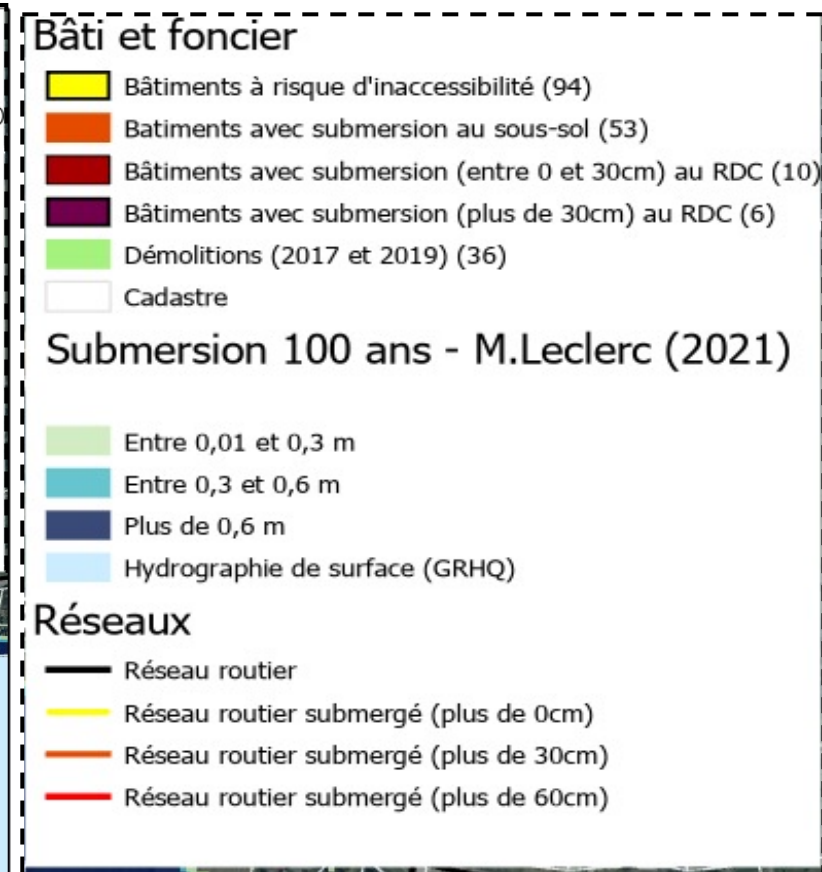
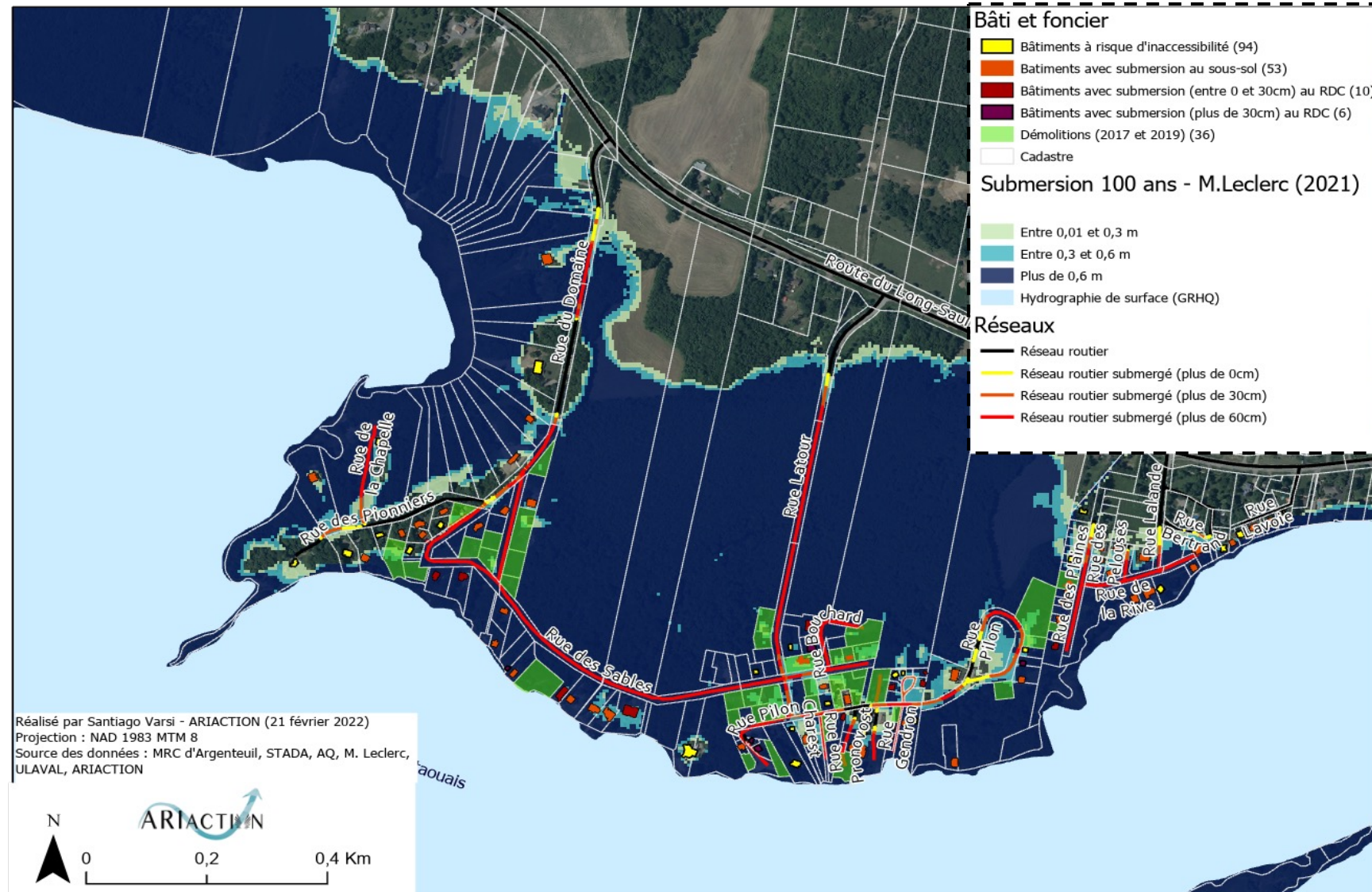
La caractérisation de l'aléa réalisée par l'équipe ARIAction provient de données issues de la Convention MAMH-MRC.

L'analyse fréquentielle résulte du travail de l'INRS - Taha Ouarda

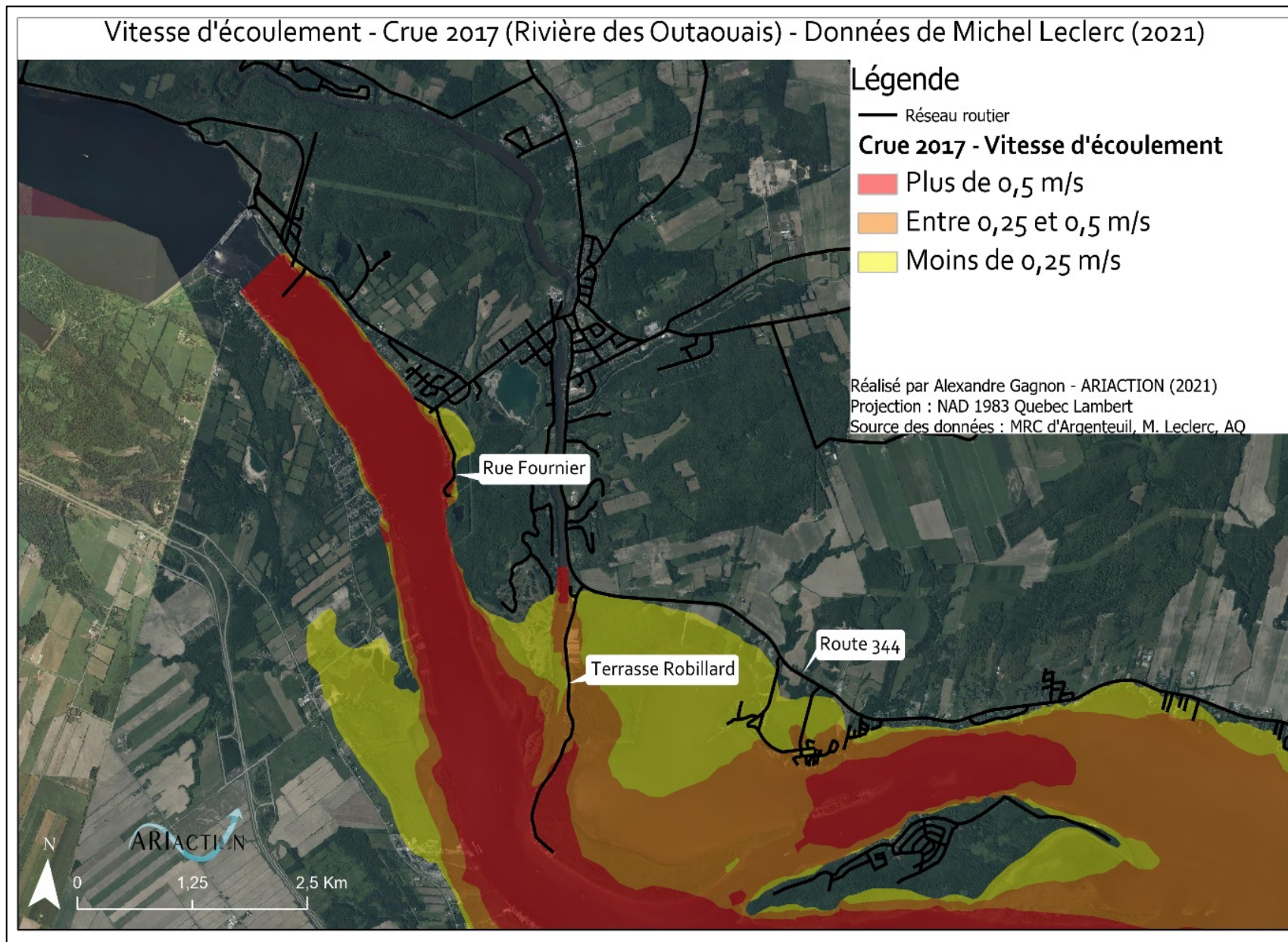


# Diagnostic – crue 100 ans

## Crue 100 ans - Baie Carillon - diagnostic



# Caractérisation de l'aléa



**Vitesse d'écoulement**

**Crue 2017 (Rivière des Outaouais)**

*Données de Michel Leclerc (2021)*

## Enjeu lié à la dangerosité / 10 ans

Indice de dangerosité (**ID**) : permet d'évaluer le risque d'un événement d'inondation menaçant la sécurité des personnes.

L'indice de dangerosité tient compte de :

- de la vitesse (**V**) et la profondeur de l'eau (**P**);
- d'un facteur de débris dans l'eau (**FD**) selon la profondeur d'eau.

$$ID = P * (V + 0,5) + FD$$

**0,75**

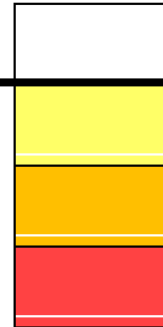
Le projet AMERZI et les travaux du MSP considèrent qu'il y a un danger à partir de **0,75**

Moins de 0,75

Entre 0,75 et 1,25

Entre 1,25 et 2,00

Plus de 2,00



Risque faible – rester vigilant

Risque pour la population vulnérable<sup>1</sup>

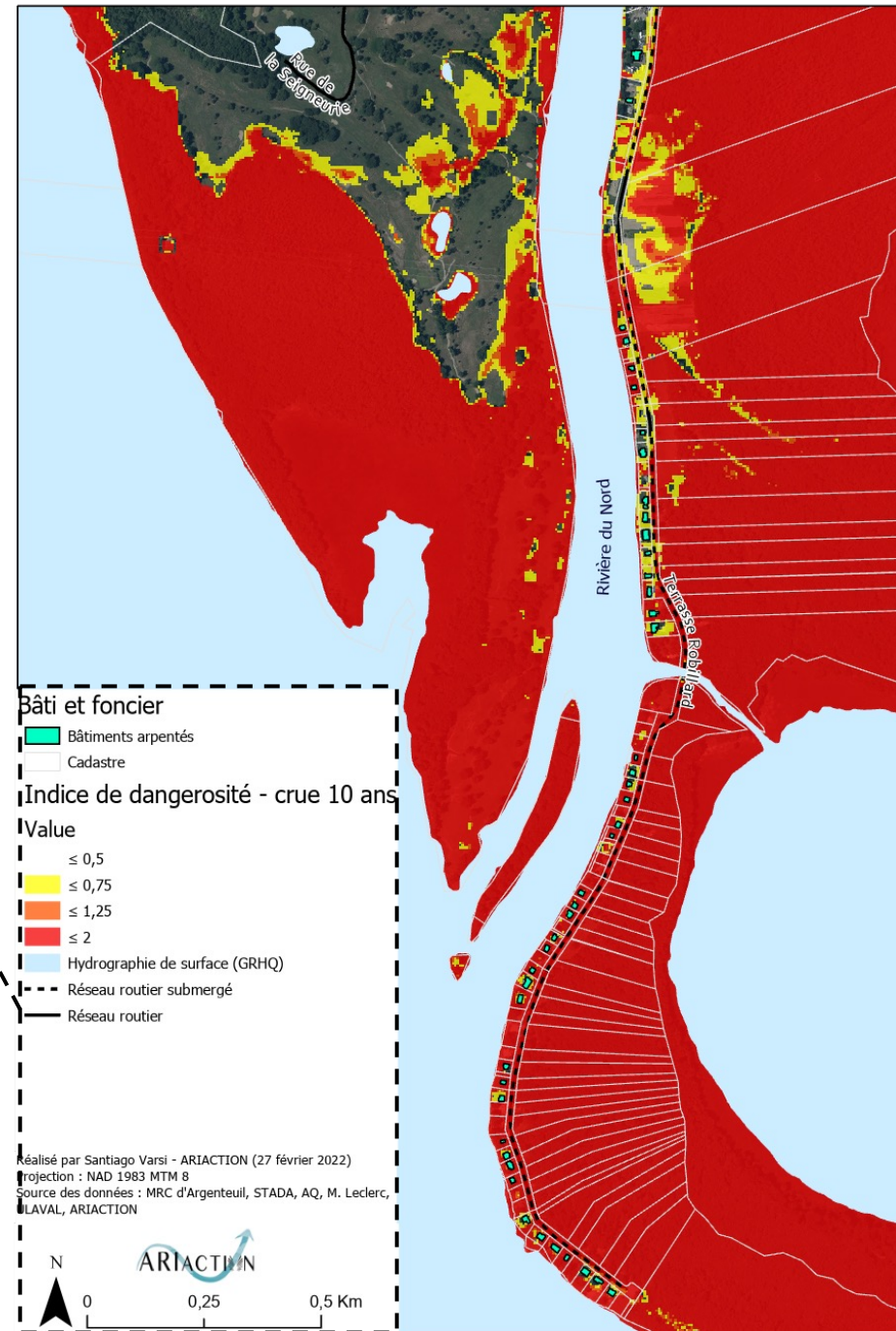
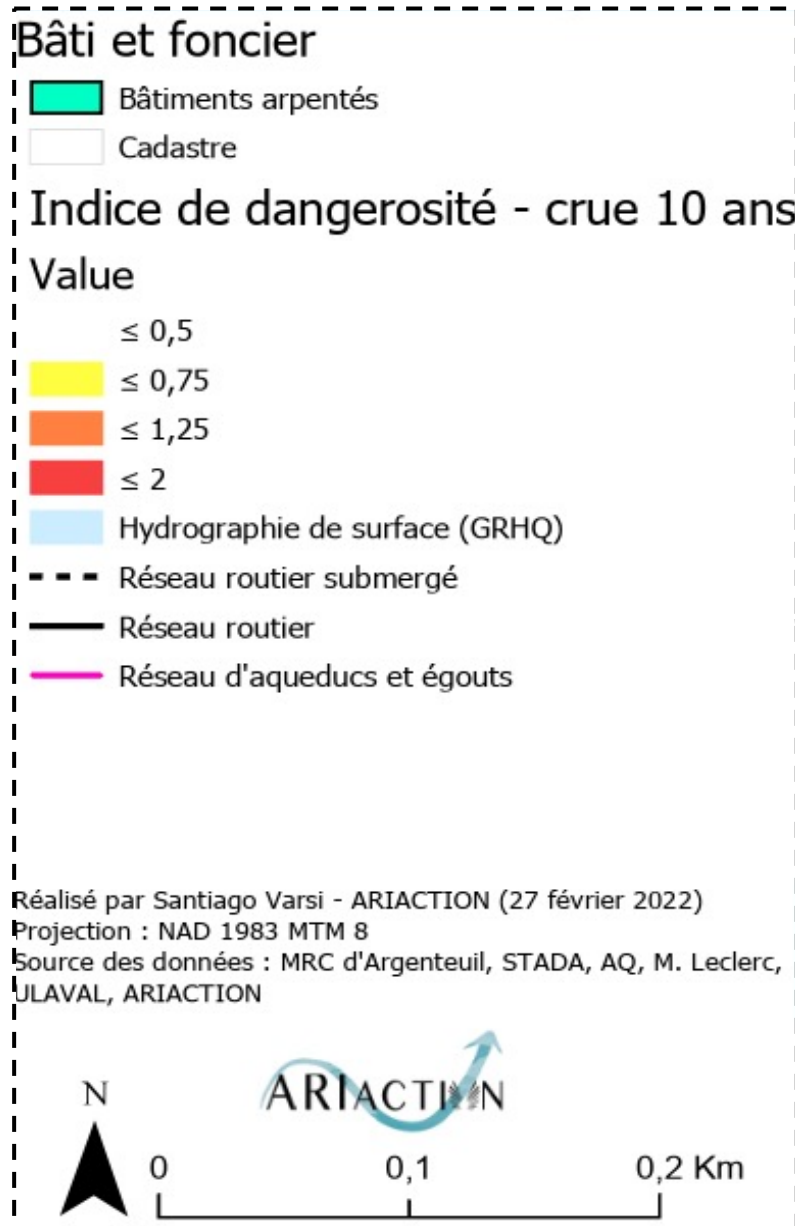
Risque pour la population en général

Risque pour tous, incluant les services d'urgence

<sup>1</sup> Inclut les personnes âgées et à mobilité réduite.

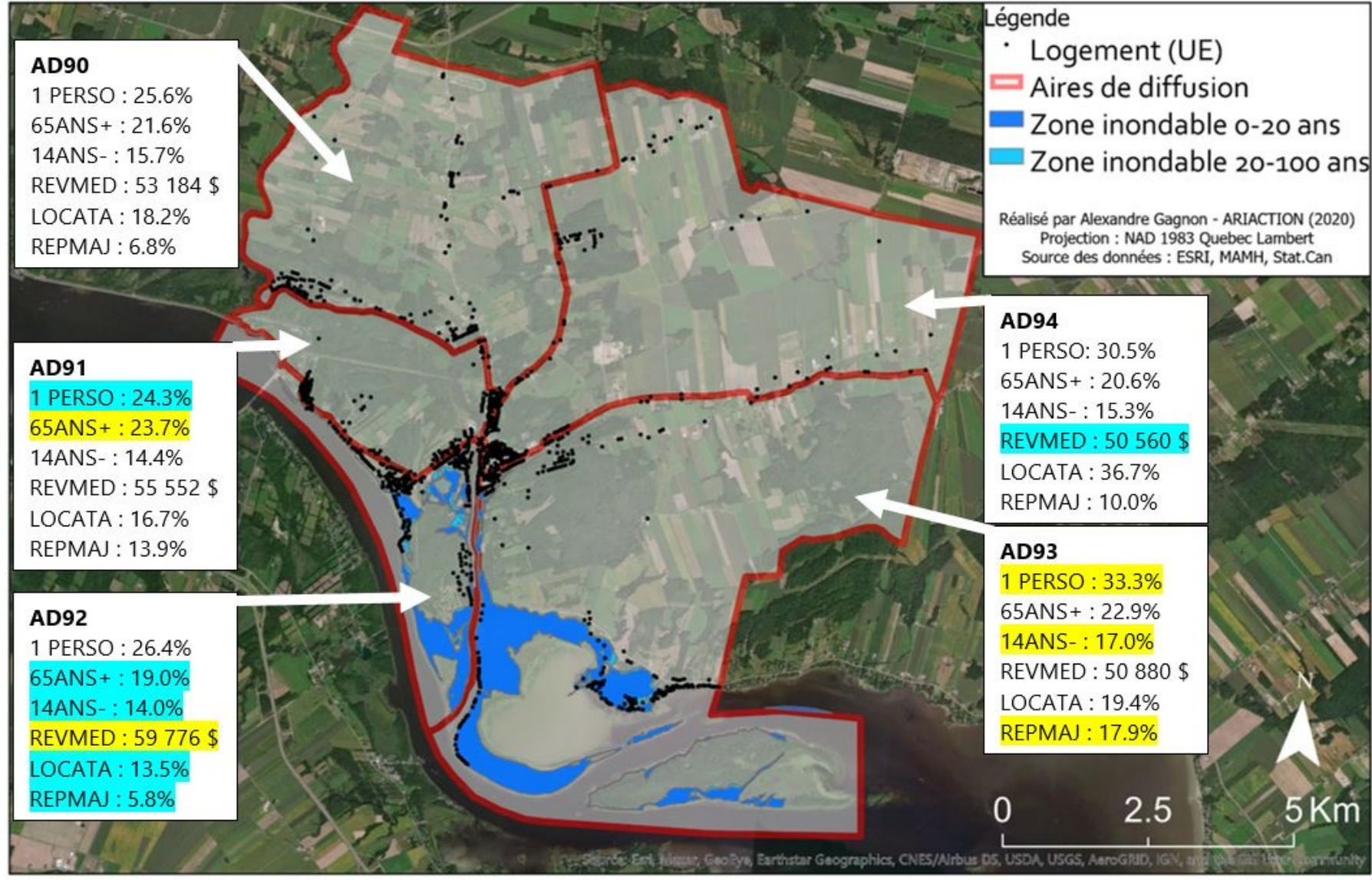
# Enjeu lié à la dangerosité / 10 ans

Crue 10 ans - Terrasse Robillard - indice de dangerosité



# Sensibilité sociale

## Aires de diffusion et indicateurs clés



# Sensibilité territoriale

## Légende

### Unités d'évaluation

- Commercial et services
- Logements

### Réseaux

- Égout
- - Ligne électrique
- Aqueduc
- Réseau routier

### Zone inondable - Rivière des Outaouais

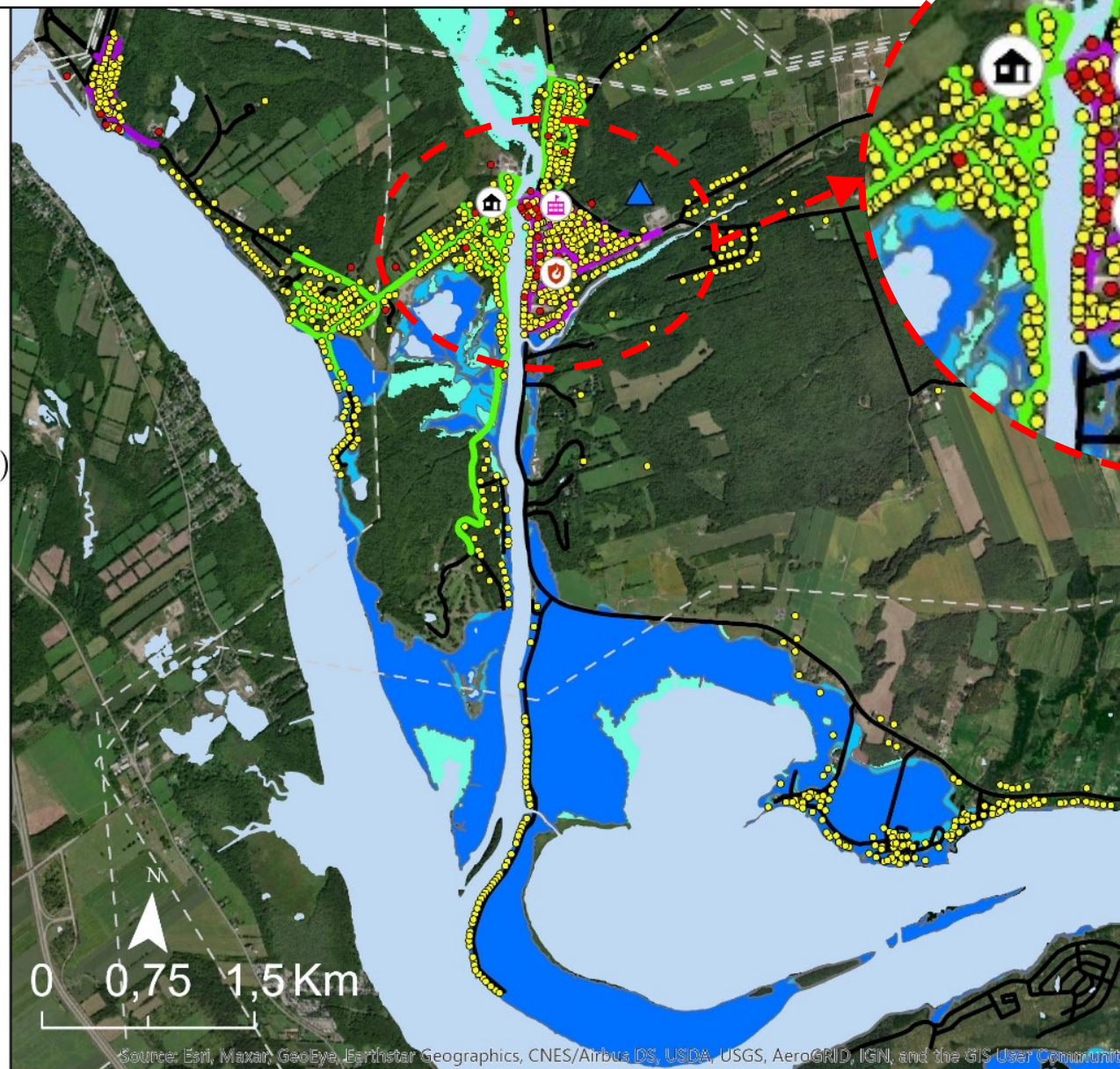
- Zone inondable 0-20 ans (CEHQ, 2006)
- Zone inondable 20-100 ans (CEHQ, 2006)

### Zone inondable - Rivière du Nord

- Zone inondable 100 ans (P.Biron, 2020)

### Infrastructures d'intérêt

- 🏠 Maison de retraite
- 🏫 École primaire
- 🚒 Mairie et caserne de pompiers
- 🏭 Usine de traitement des eaux usées



Réalisé par Alexandre Gagnon - ARIACTION (2020)

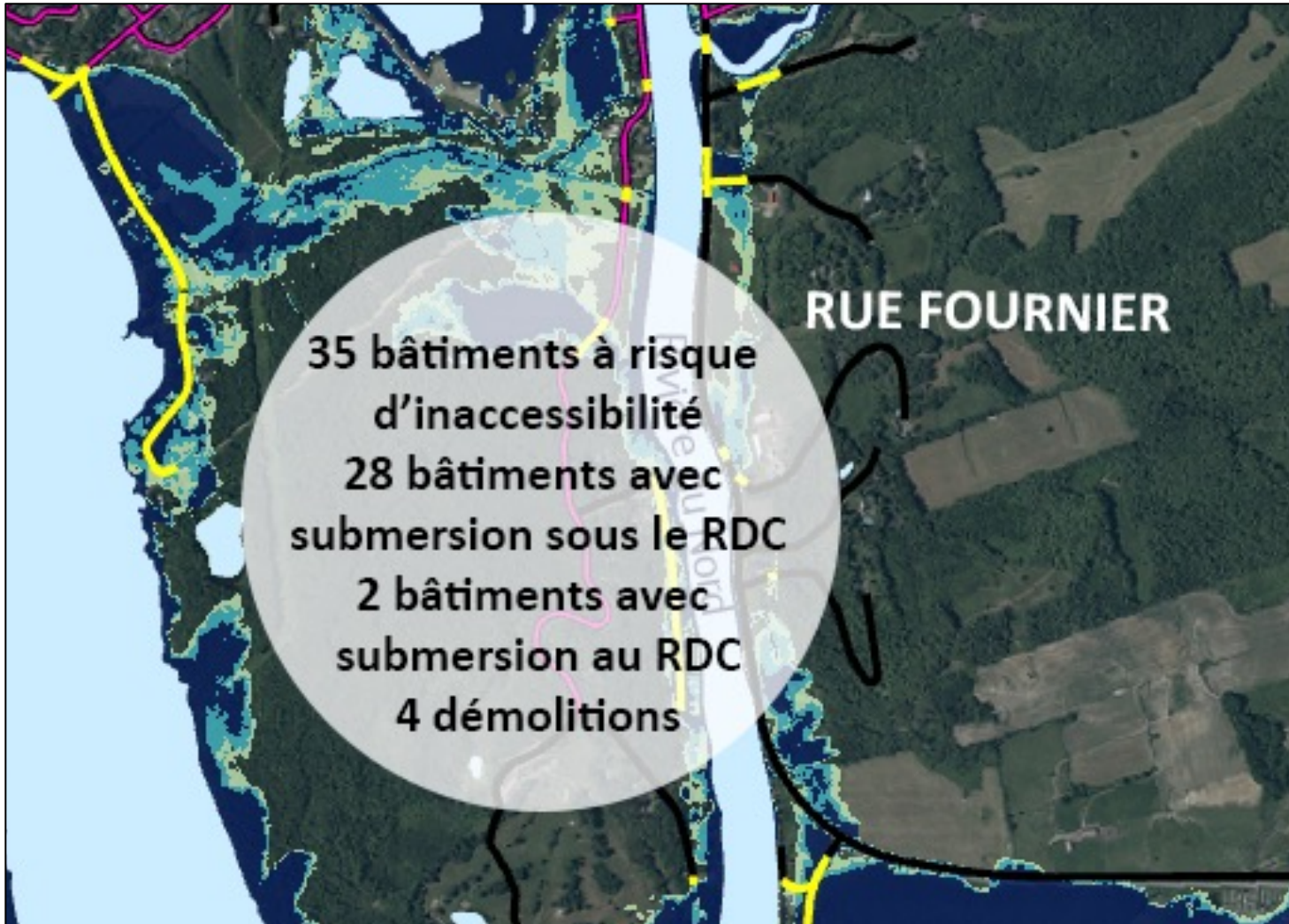
Projection : NAD 1983 Quebec Lambert

Source des données : ESRI, MAMH, AO, MRC d'Argenteuil, P. Biron

Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community



# Diagnostic et stratégie (crue 100 ans)



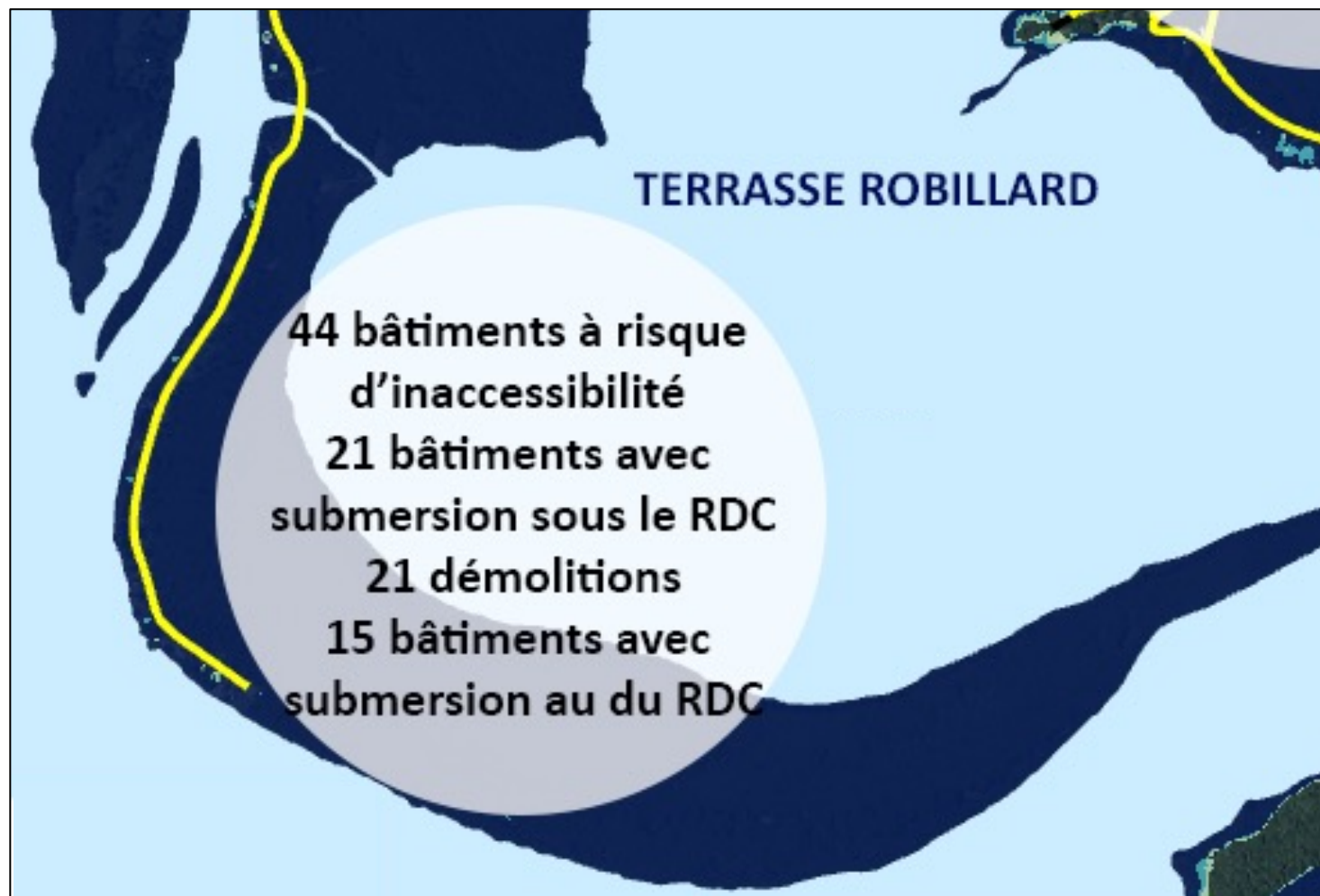
## Submersion 100 ans - M. Leclerc (2021)

- Entre 0,01 et 0,3 m
- Entre 0,3 et 0,6 m
- Plus de 0,6 m
- Hydrographie de surface (GRHQ)

### Réseaux

- Réseau routier
- Réseau routier submergé
- Réseau d'aqueducs et égouts

# Diagnostic et stratégie (crue 100 ans)



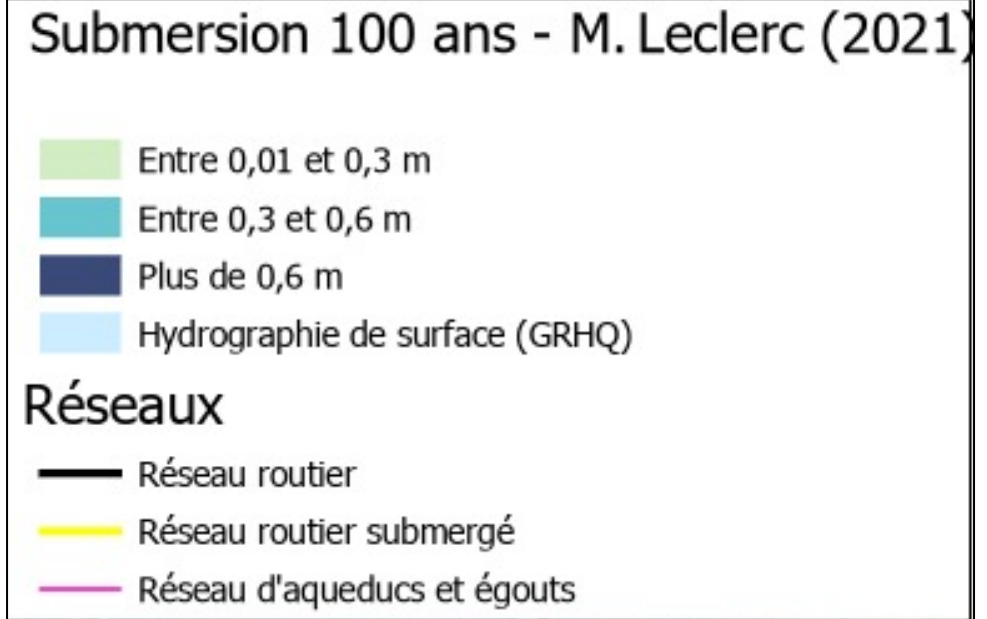
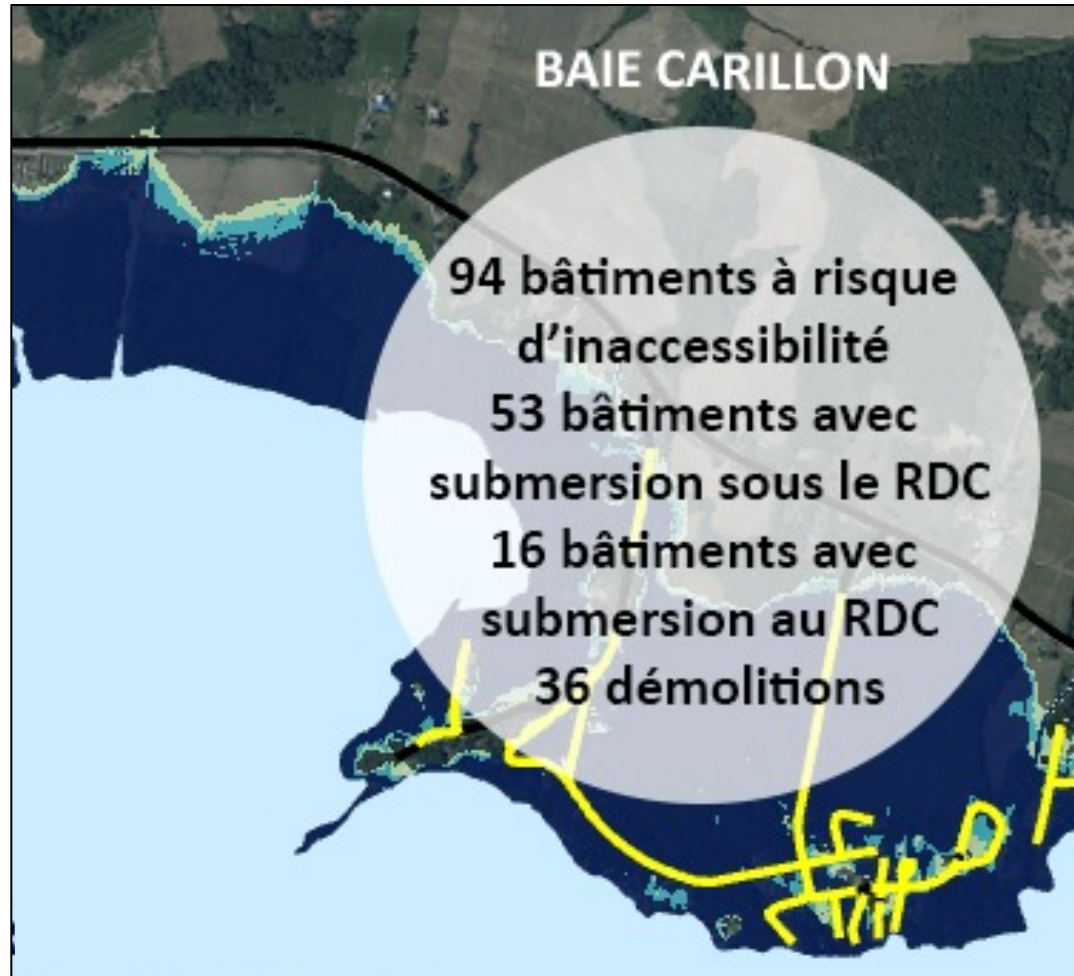
## Submersion 100 ans - M. Leclerc (2021)

- Entre 0,01 et 0,3 m
- Entre 0,3 et 0,6 m
- Plus de 0,6 m
- Hydrographie de surface (GRHQ)

## Réseaux

- Réseau routier
- Réseau routier submergé
- Réseau d'aqueducs et égouts

# Diagnostic et stratégie (crue 100 ans)



# Indicateurs / méthode AMERZI : Description

## **MSP**

**Dommages aux bâtiments** issus de l'étude de l'Université Laval (dommages moyens annualisés (DMA)) pour l'ensemble des récurrences

## **ARIAction**

### **Coûts liés à la santé mentale :**

- Estimation des coûts moyens liés aux soins de santé mentale et des pertes économiques liées à l'absentéisme au travail ou l'inactivité par adulte et par inondation selon la hauteur de submersion au premier plancher.

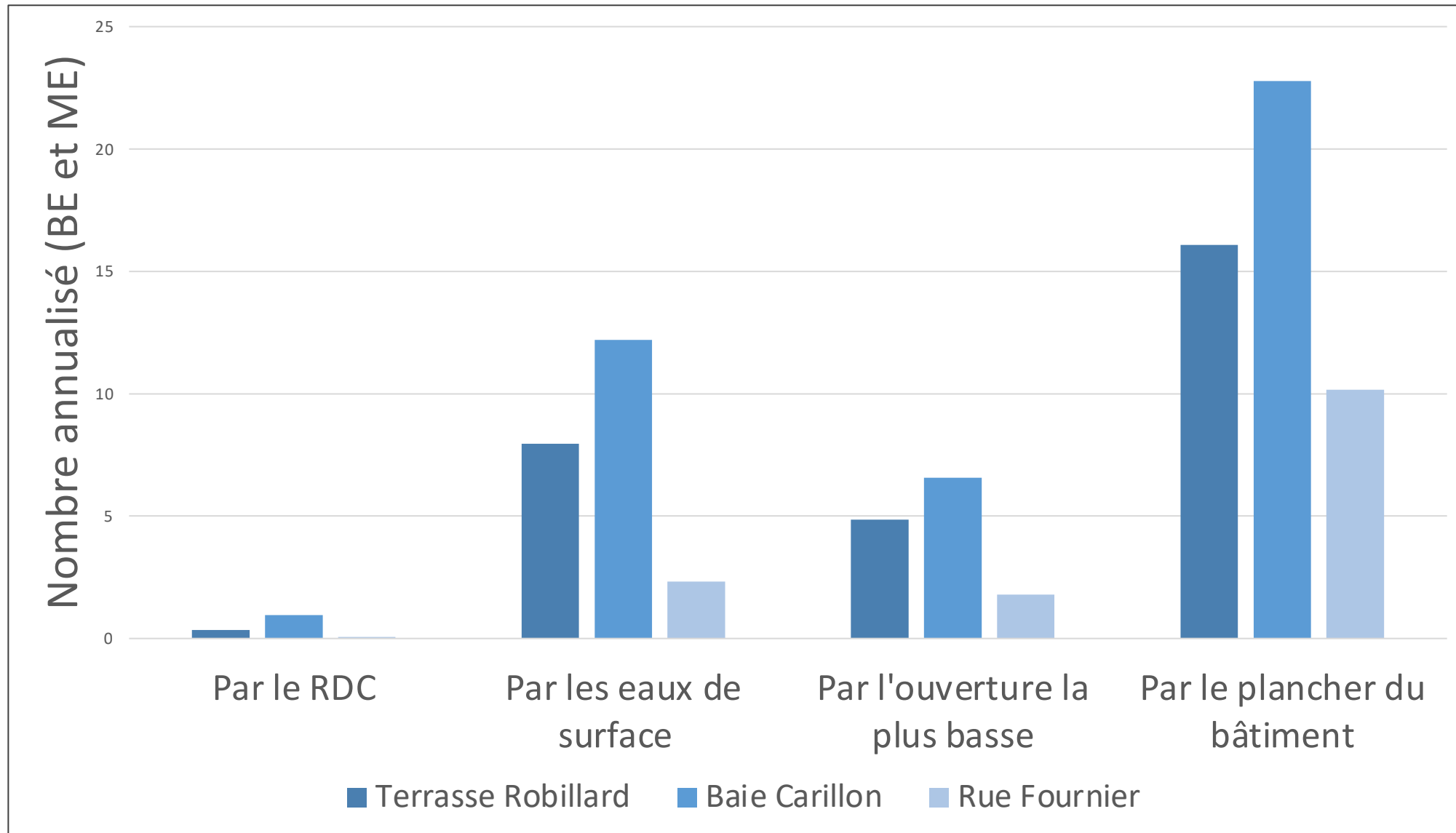
### **Coûts pour la municipalité :**

- Pertes directes : Pertes liées aux mesures préventives temporaires, aux mesures d'intervention et de rétablissement, et aux dommages aux biens essentiels à la suite des inondations dans la municipalité;
- Pertes indirectes : Perte de taxes foncières générales et de taxes pour le service de la dette associées à un bâtiment résidentiel démoli et non relocalisé dans la municipalité.

### **Bénéfices environnementaux :**

- Valeur des services écosystémiques rendus par les milieux humides, hydriques et naturels

# Nombre de bâtiments et de ménages exposés par secteurs (valeurs annualisées)



(Chiffres Université Laval)

Dans ce contexte, un bâtiment est égal à un ménage

1

2

3

4

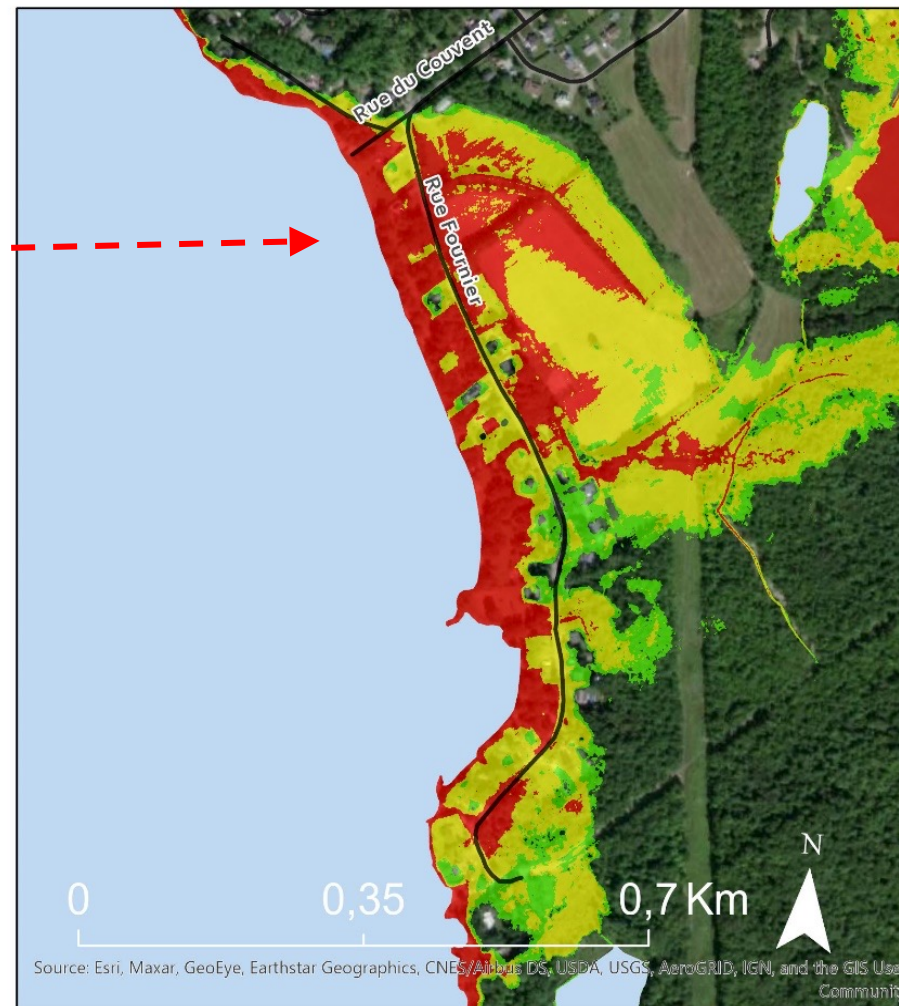
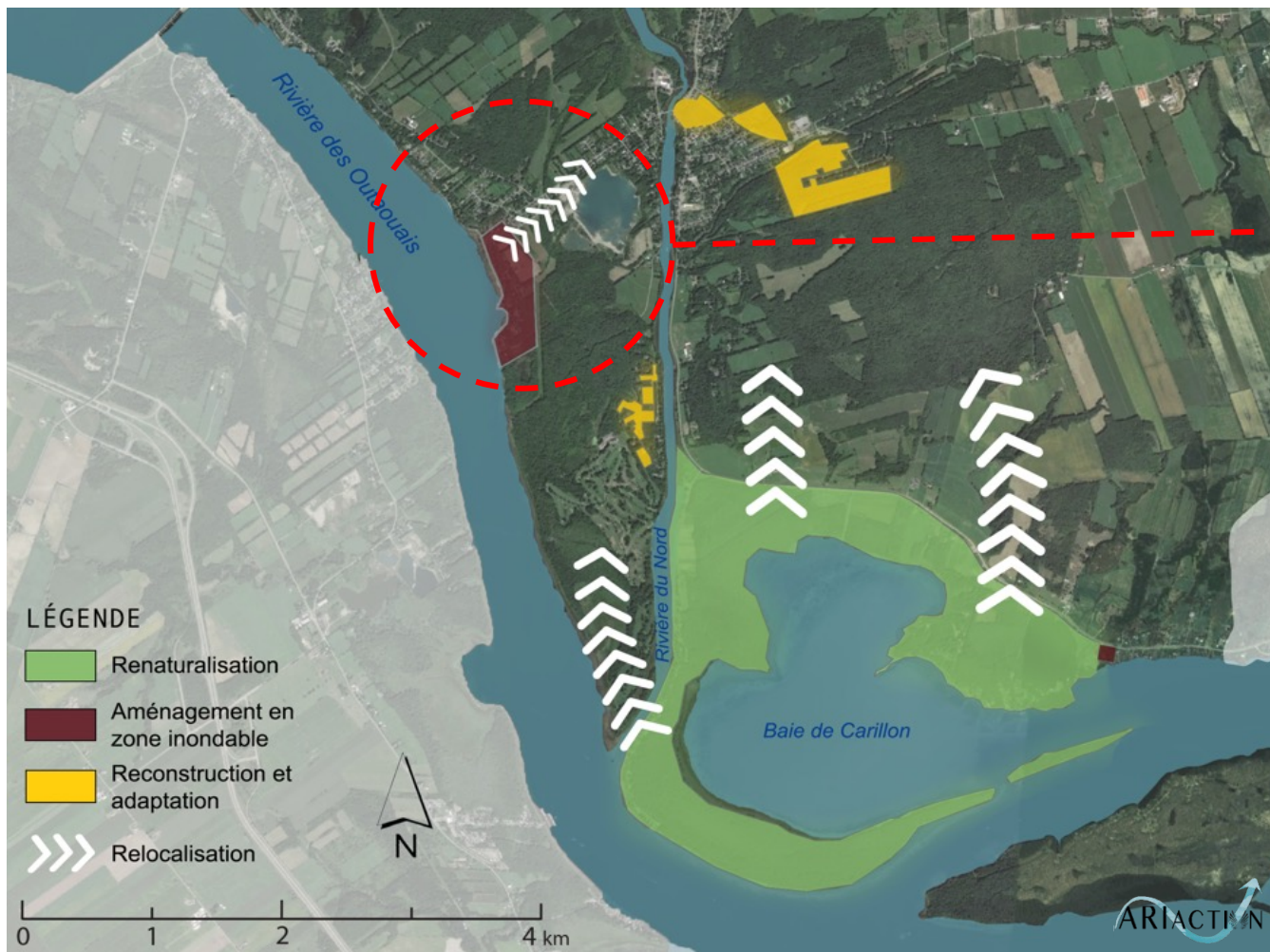
5

3

---

**SCÉNARIO PROPOSÉ PAR LA  
MUNICIPALITÉ EN 2019 /  
RECOMMANDATIONS  
CAS INTERNATIONAUX**

# Scénario 1 de la Municipalité



## Légende

Zone inondable 100 ans

Plus de 90 cm d'eau

Entre 30 et 90 cm d'eau

Entre 0 et 30 cm d'eau

— Réseau routier

\*Cette modélisation est théorique et ne prend pas en compte la pente

Réalisé par Alexandre Gagnon - ARIACTION (2020)

Projection : NAD 1983 Quebec Lambert

Source des données : ESRI, AQ, MRC d'Argenteuil, GRHQ, P.Biron

# Le quartier de Matra, Romorantin

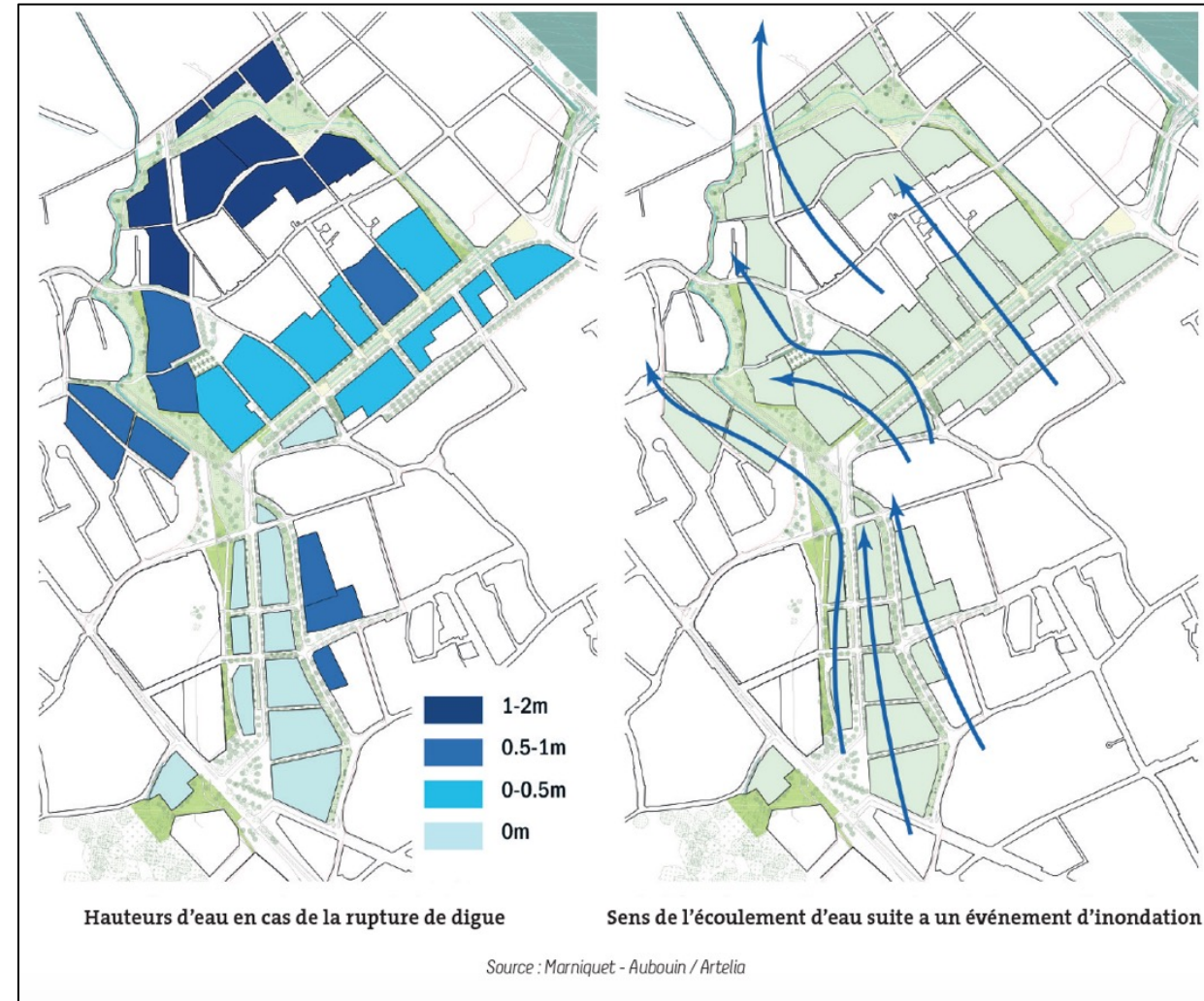
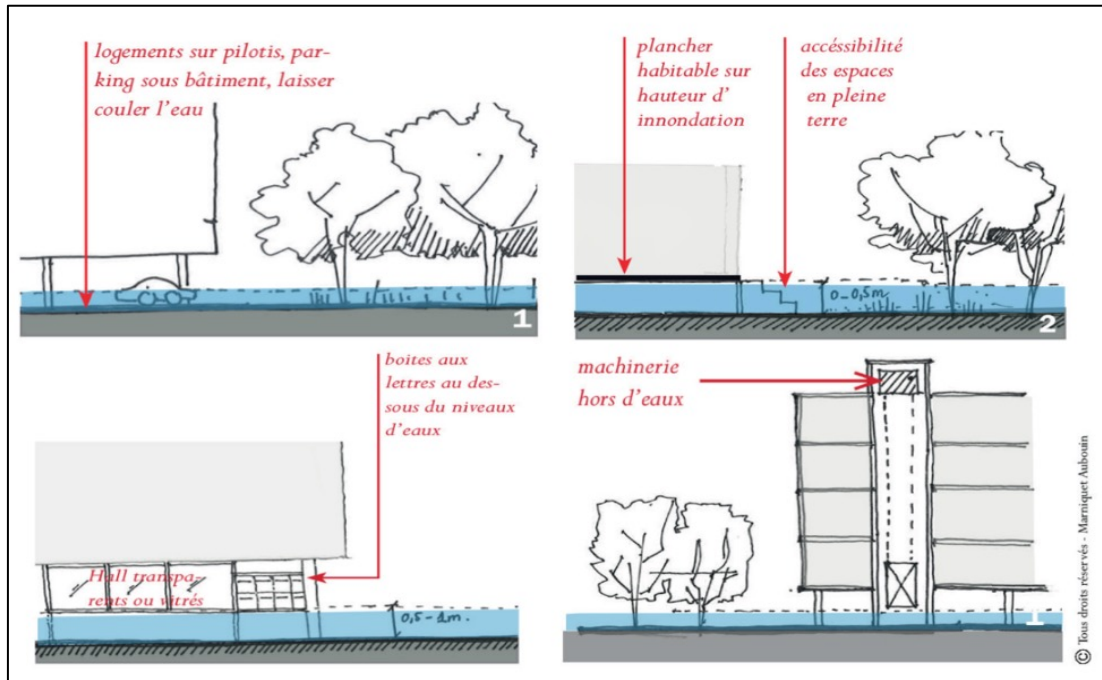


Source : « Inondations : un quartier touché mais pas coulé », Libération, 2016



# Le quartier des Portes du Vercors, Grenoble

- Trame verte et bleue;
- Importance de la continuité écologique et de la valeur environnementale;
- Implication et consultation citoyenne : ateliers, forums publics, etc.;
- Prise en compte du risque d'inondation par rupture de digue dans la modélisation.



Source : Grenoble-Alpes Métropole, s.d

# Le quartier Gentilly Resilience District, Nouvelle-Orléans

- Panoplie de projets et de programmes;
- Infrastructures vertes et bleues : éducation, loisirs, régulation des eaux pluviales;
- Diversité des sources de financement;
- Attention à l'éco-gentrification.



## Demonstration Project

### Mirabeau Water Garden

Stormwater storage and filtration, environmental education, and athletic fields support the community and an educational institution. A system of wetland terraces, rain gardens, bioswales, and a woodland wash provide diverse habitats for native flora and fauna, as well as for educational programming for local schools. The ambitious design diverts runoff from a Sewerage & Water Board pipe, infiltrating it into the sandy substrate of the Pine Island Beach Trend and filtering it for use in recreational and ecological features.



Dry

Top and above: Water features and fields for the neighborhood and local institutions

Wet

Above: Rain gardens, bioswales, and low-lying athletic fields provide storage during the heaviest rain events.



#### Wetlands that Clean

Wetland terraces clean stormwater and empty into a swimming pool and boating area planted with willows and cypresses.

1

2

3

**4**

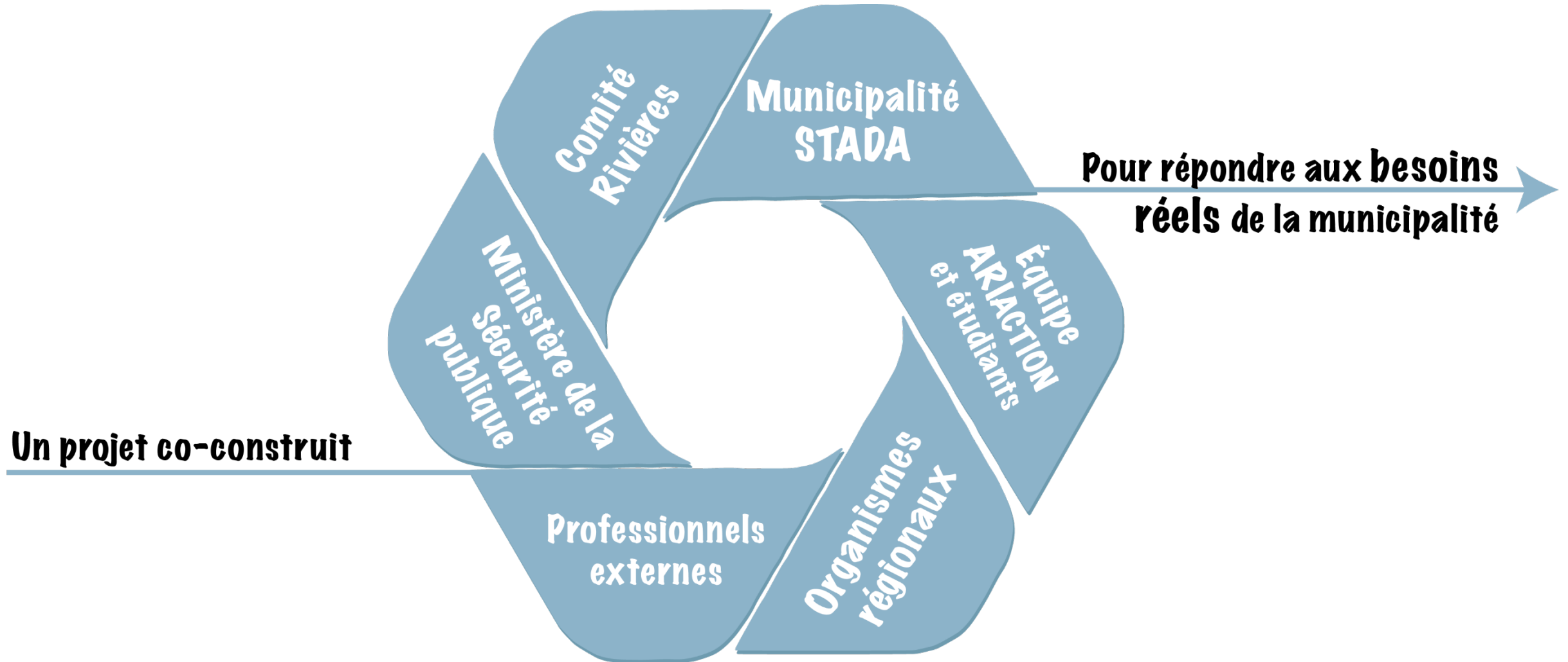
5

**4**

---

**SCÉNARIO PROPOSÉ À L'ÉCHELLE  
DE LA MUNICIPALITÉ /  
ÉQUIPE ARIACTION**

# Nouveau scénario – co-construction

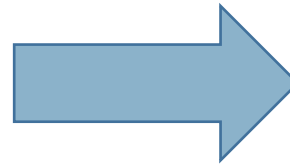
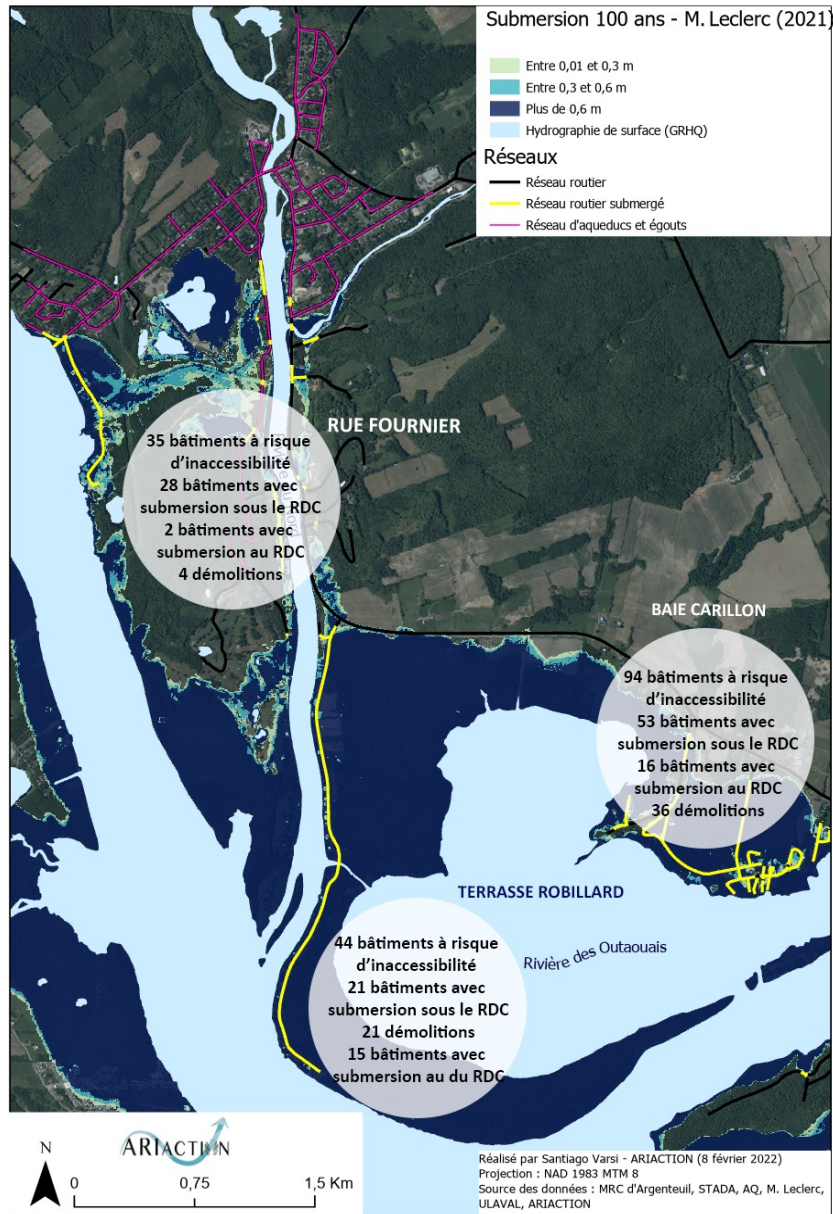


# Principes directeurs du scénario AMERZI pour la récurrence 100 ans

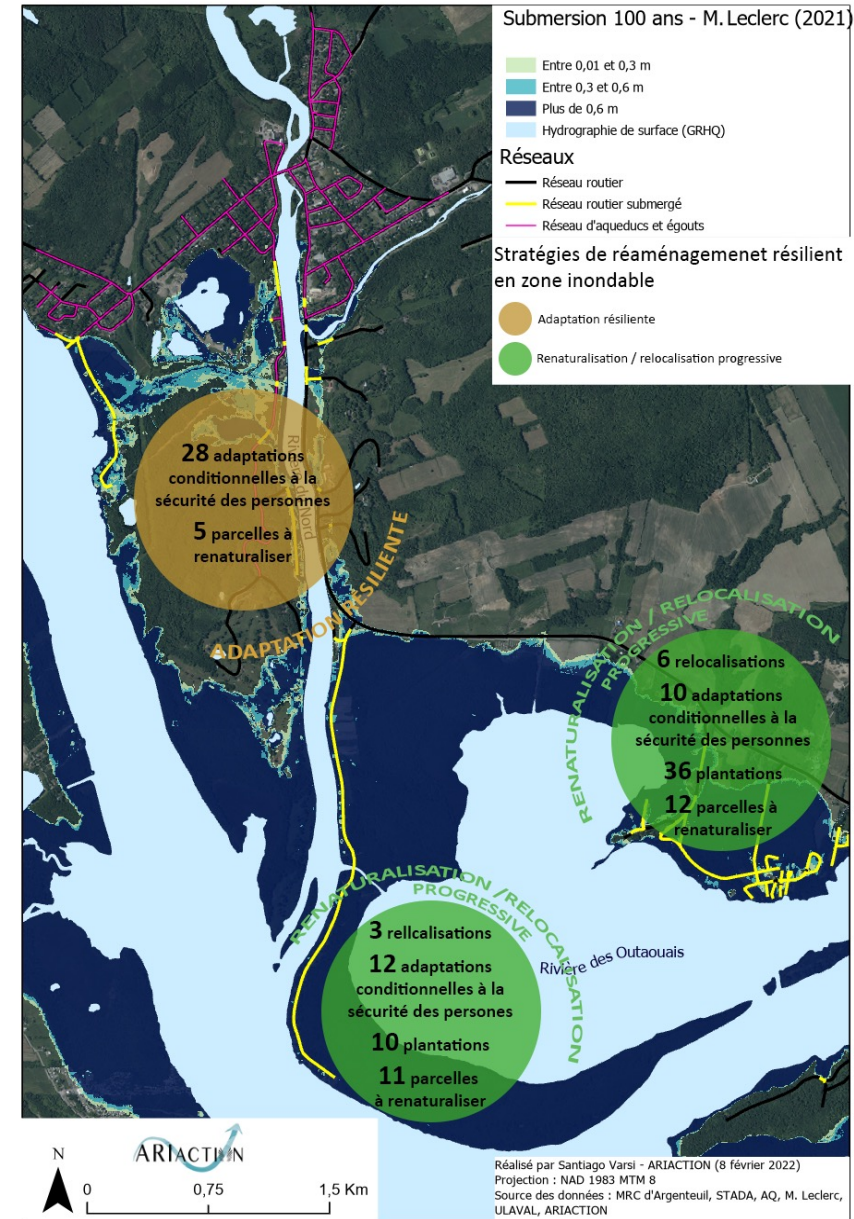
- Délocalisation des bâtiments avec une hauteur de submersion de 30 cm au-dessus du premier plancher;
- Relocalisation au sein de la municipalité;
- Renaturalisation des parcelles des bâtiments relocalisés.

# Diagnostic et stratégie – crue 100 ans

Crue 100 ans - Saint-André-d'Argenteuil - diagnostic

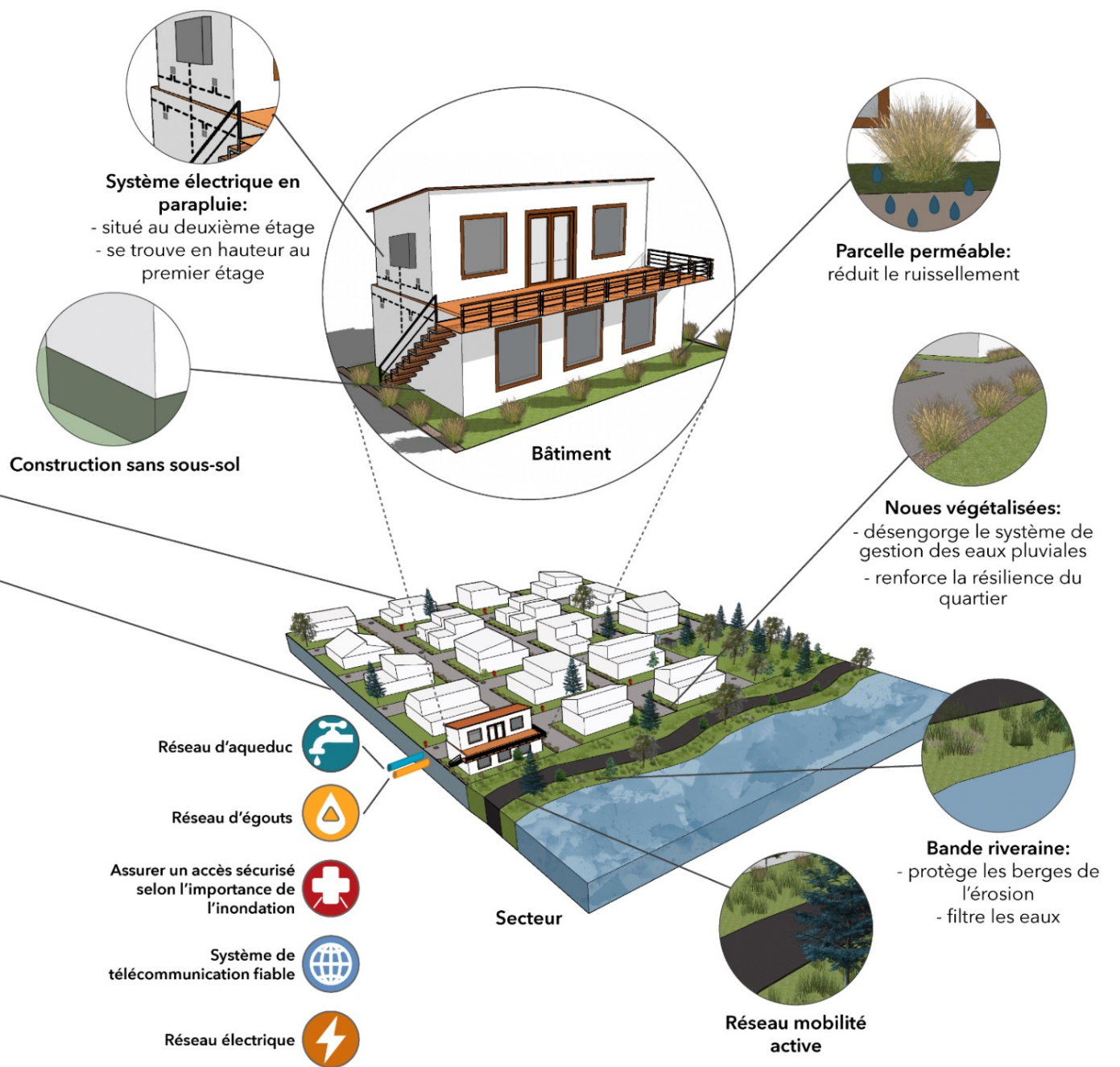
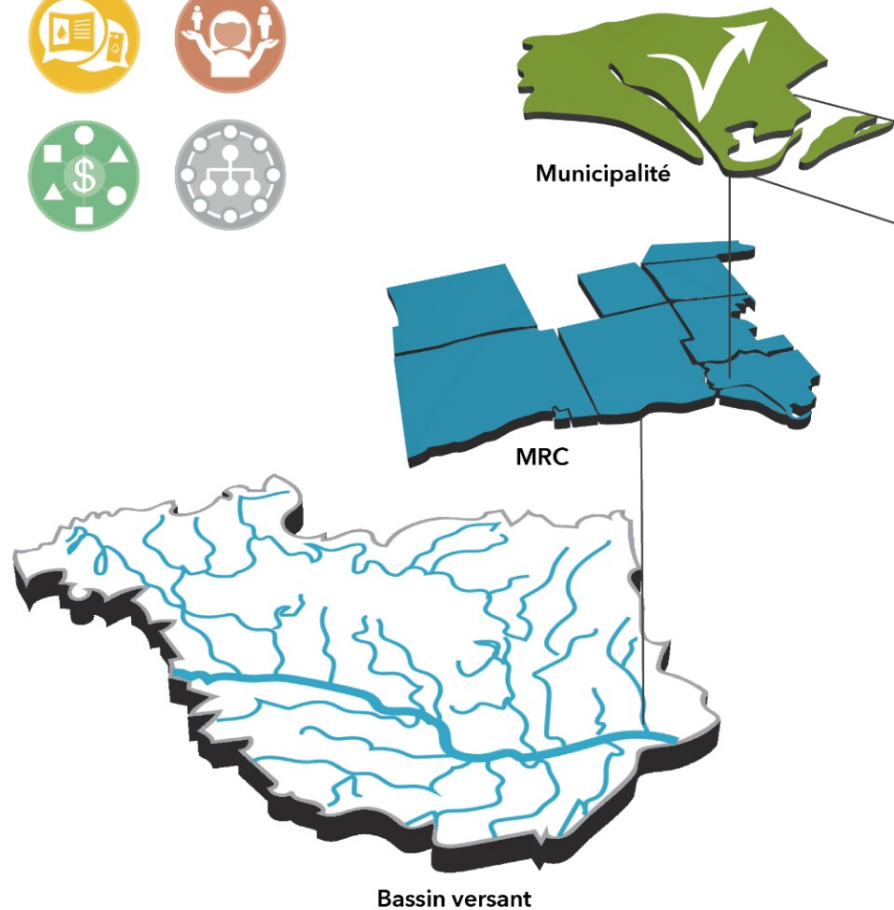


Crue 100 ans - Saint-André-d'Argenteuil - stratégies



# Un aménagement résilient multi-échelles : du bassin versant au bâtiment, en passant par le secteur












Les 8 orientations de la résilience



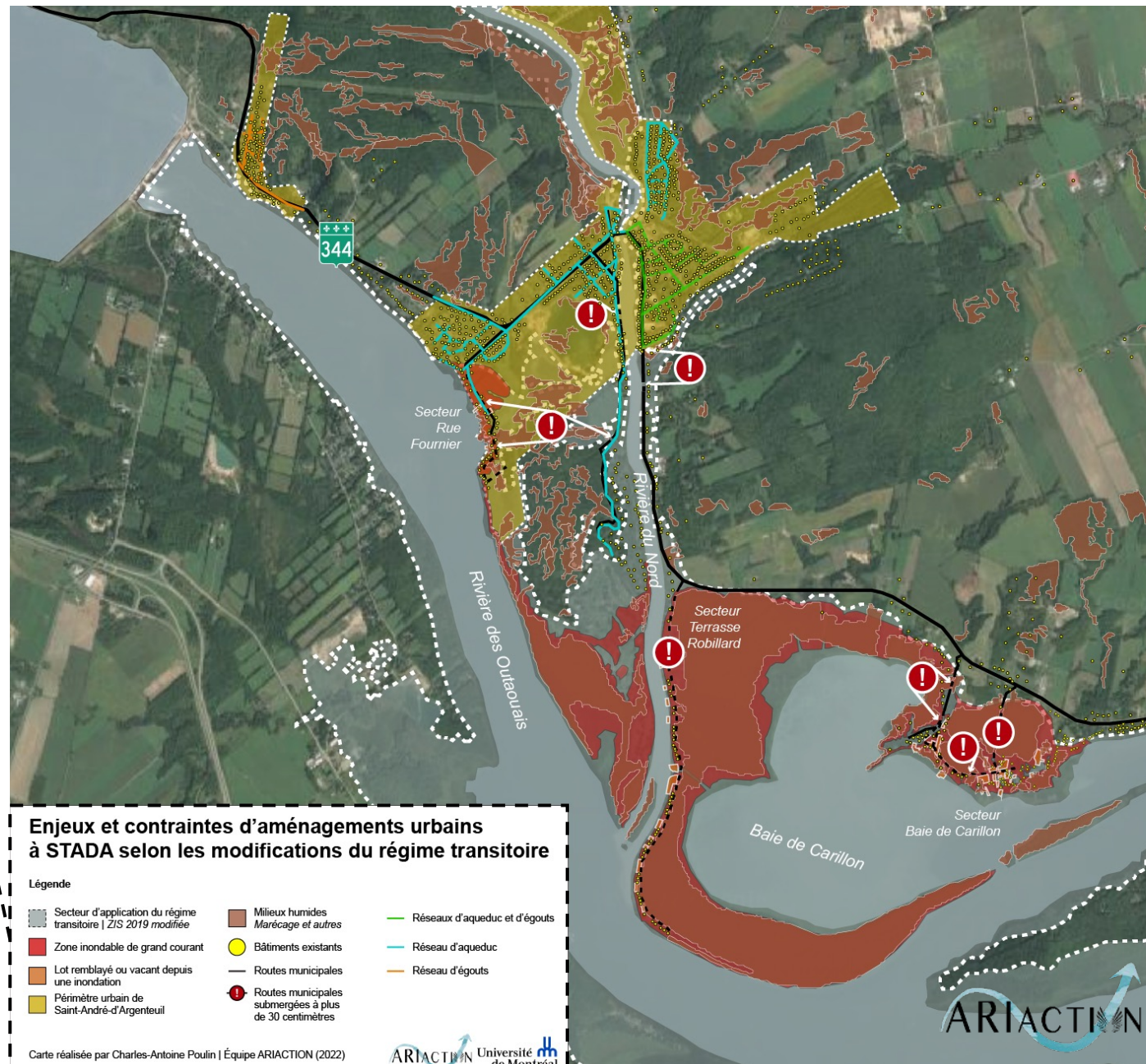
# Nouveau scénario AMERZI

## Enjeux et contraintes d'aménagements urbains à STADA selon les modifications du régime transitoire

### Légende

- |   |  |   |
|---|--|---|
|  Secteur d'application du régime transitoire   ZIS 2019 modifiée |  Milieux humides Marécage et autres                     |  Réseaux d'aqueduc et d'égouts |
|  Zone inondable de grand courant                                 |  Bâtiments existants                                    |  Réseau d'aqueduc              |
|  Lot remblayé ou vacant depuis une inondation                    |  Routes municipales                                     |  Réseau d'égouts               |
|  Périmètre urbain de Saint-André-d'Argenteuil                    |  Routes municipales submergées à plus de 30 centimètres |   |

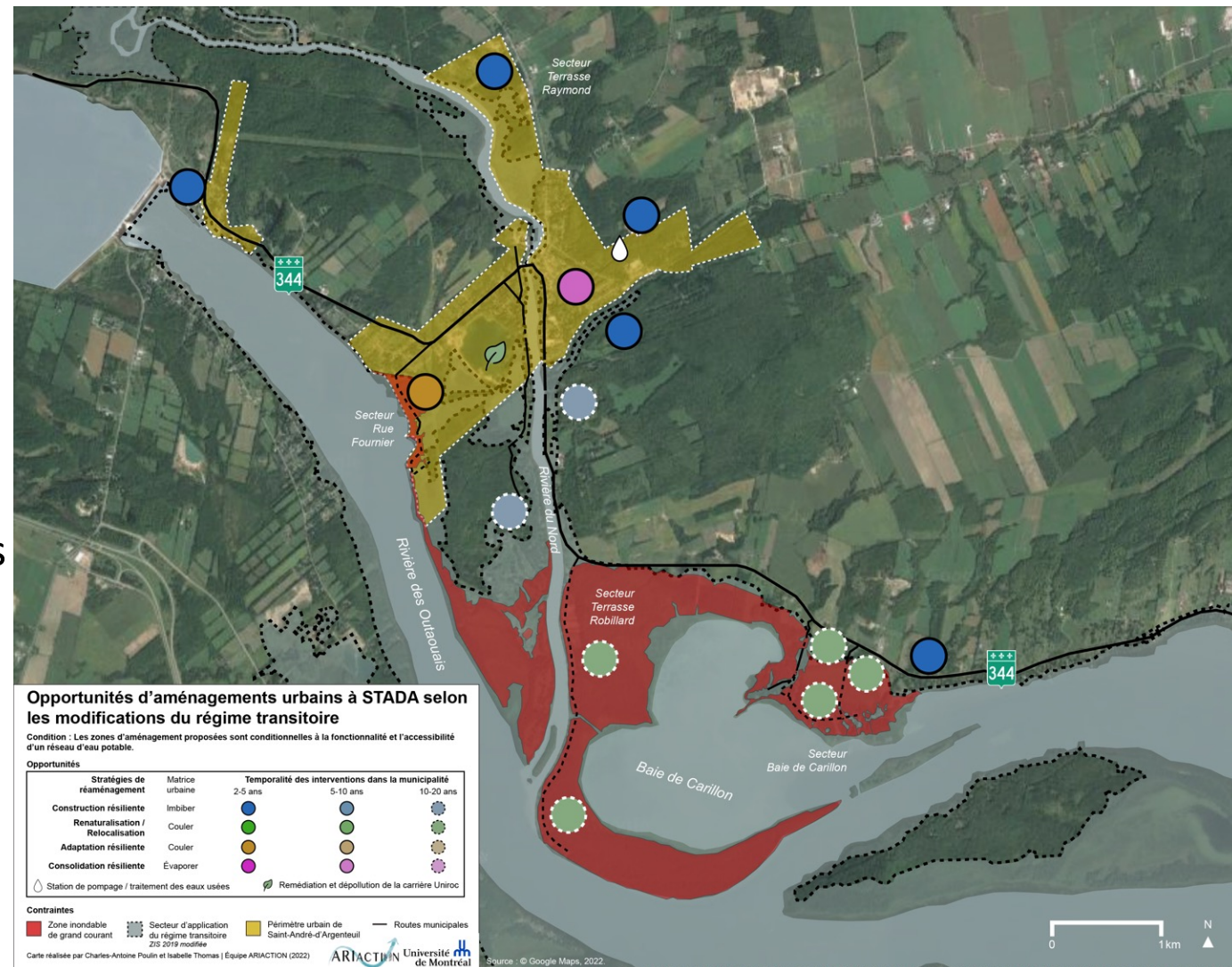
Carte réalisée par Charles-Antoine Poulin | Équipe ARIACTION (2022)



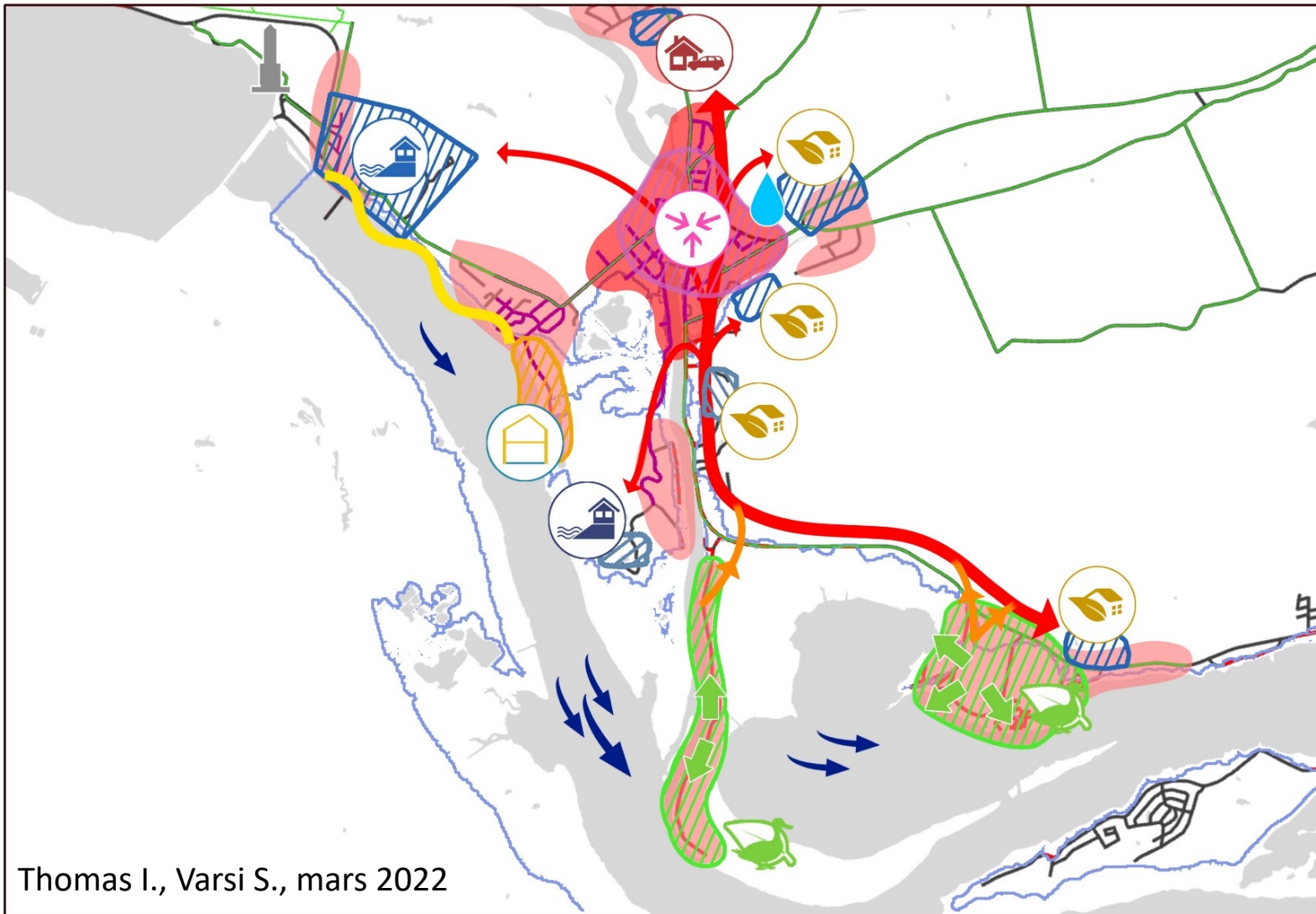


# Nouveau scénario AMERZI : 4 stratégies

- **Stratégie 1** : Secteurs de renaturalisation / relocalisation en zone inondable
- **Stratégie 2** : Secteur d'adaptation résiliente en zone inondable
- **Stratégie 3** : Secteurs de constructions résilientes en zone non inondable
- **Stratégie 4** : Secteur de consolidation résiliente en zone non inondable



# Nouveau scénario AMERZI : Stratégies et actions de réaménagement résilient



## Légende

### Organisation spatiale

- Centralité
- Urbanisation périphérique

### Facteurs de contrainte et de défaillance

- Zone inondable (cru 100 ans)
- Aqueducs et égouts
- Station d'épuration des eaux à mettre aux normes
- Réseau routier submergé

- Zones de fort courant

### Facteurs d'opportunités et de résilience

- Patrimoine bâti
- Patrimoine naturel
- Vue sur l'eau
- Réseau cyclable

### Stratégies d'aménagement résilient

- Axe d'urbanisation principal
- Axe de relocalisation
- Secteurs de renaturalisation/relocalisation en zone inondable
- Secteur d'adaptation résiliente en zone inondable
- Secteurs de constructions résilientes en zone non inondable
- Secteur de consolidation résiliente en zone non inondable

### Actions d'aménagement résilient

- Renaturalisation
- Adaptation résiliente en zone inondable
- Ambiance champêtre
- Bord de l'eau
- Ambiance périurbaine
- Consolidation du centre-ville

1

2

3

4

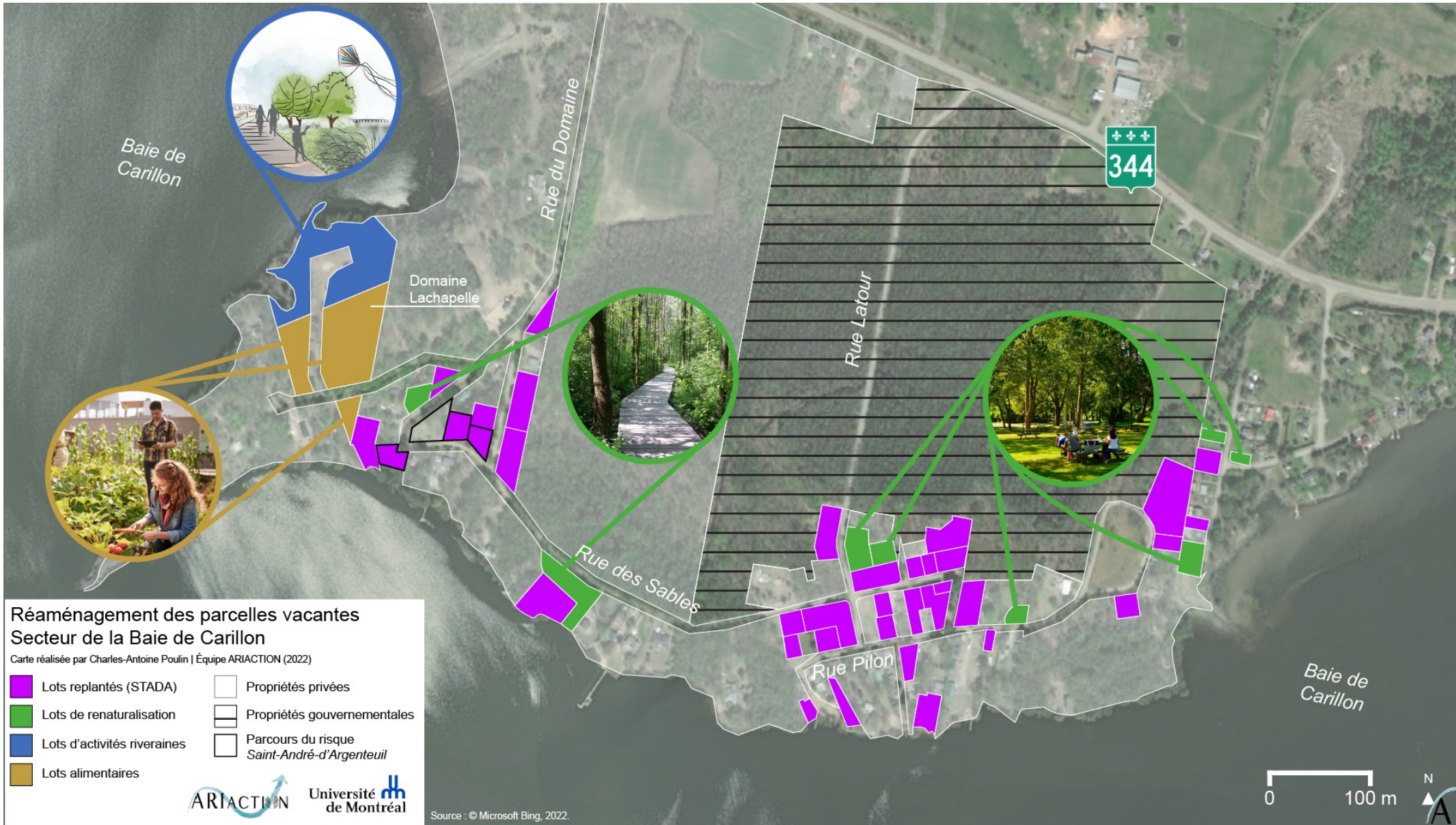
5

5

---

# LES 4 STRATÉGIES DE RÉAMÉNAGEMENT RÉSILIENT







# Stratégie 1 : Secteurs de renaturalisation / relocalisation en zone inondable





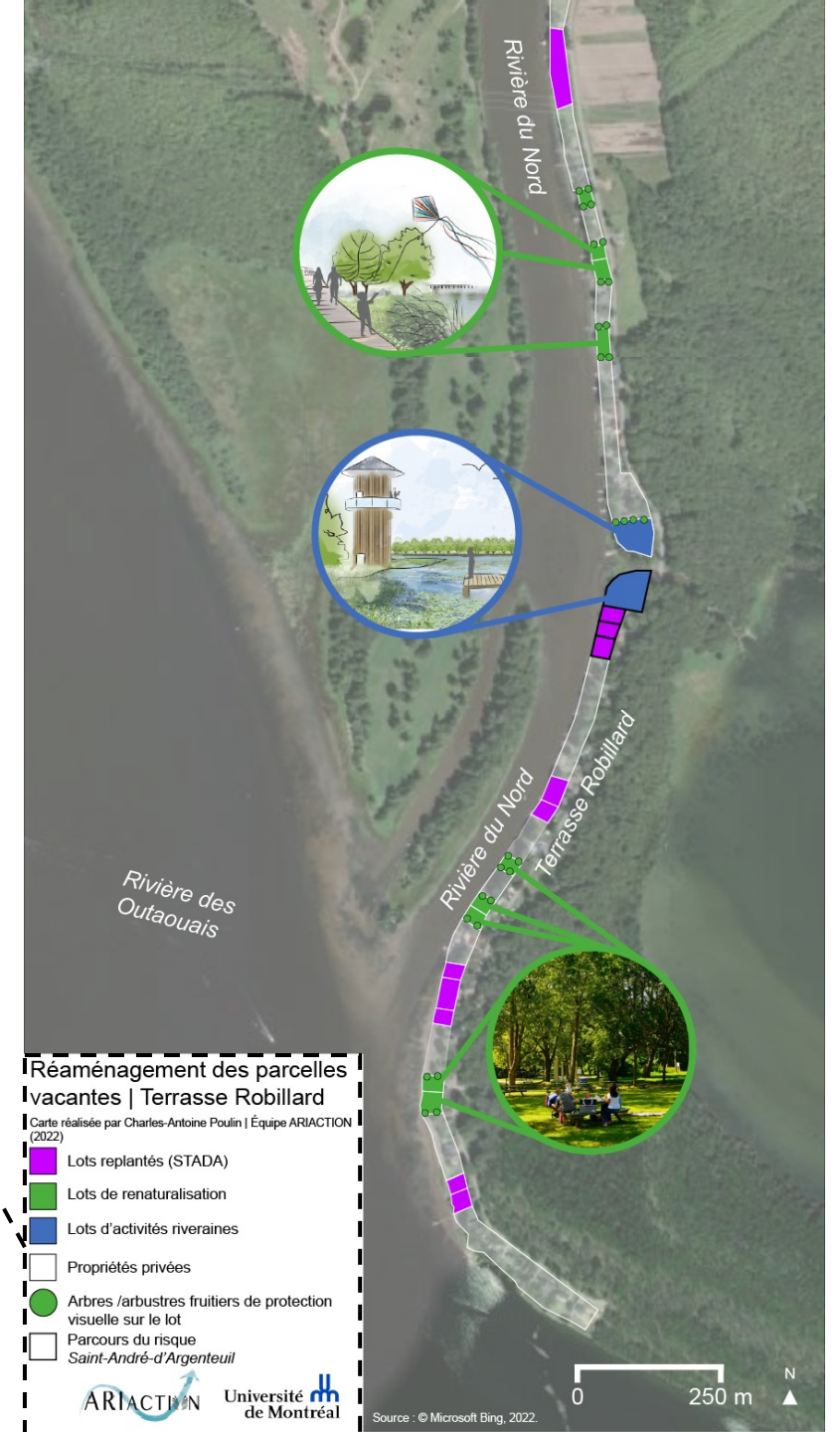
# Stratégie 1 : Secteurs de renaturation / relocalisation en zone inondable

**Réaménagement des parcelles vacantes | Terrasse Robillard**

Carte réalisée par Charles-Antoine Poulin | Équipe ARIACTION (2022)

-  Lots replantés (STADA)
-  Lots de renaturation
-  Lots d'activités riveraines
-  Propriétés privées
-  Arbres /arbustes fruitiers de protection visuelle sur le lot
-  Parcours du risque Saint-André-d'Argenteuil



**Réaménagement des parcelles vacantes | Terrasse Robillard**

Carte réalisée par Charles-Antoine Poulin | Équipe ARIACTION (2022)

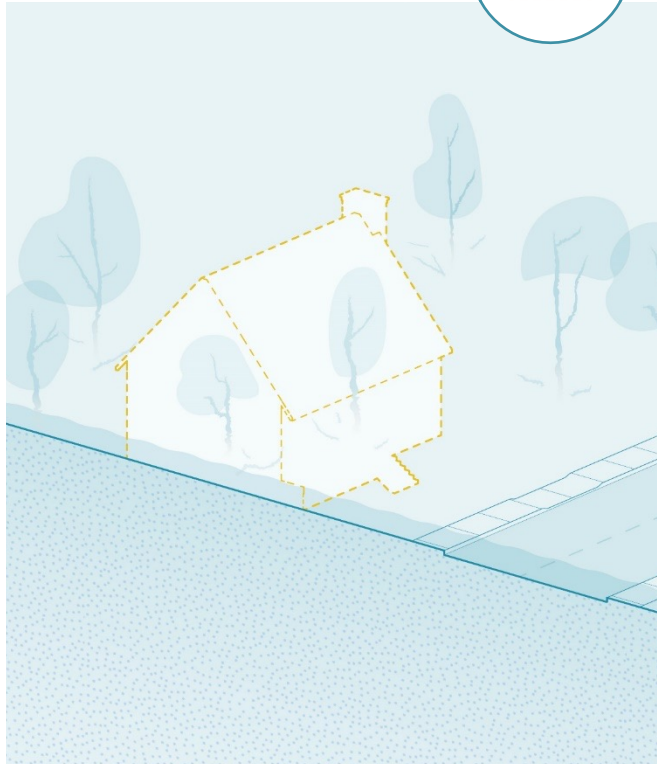
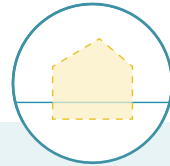
-  Lots replantés (STADA)
-  Lots de renaturation
-  Lots d'activités riveraines
-  Propriétés privées
-  Arbres /arbustes fruitiers de protection visuelle sur le lot
-  Parcours du risque Saint-André-d'Argenteuil

Source : © Microsoft Bing, 2022.

# Stratégie 2 : Secteur d'adaptation résiliente en zone inondable

Éviter



Maison sur pilotis / colonnes



Résister



Digue temporaire



Céder










Réseau électrique indépendant



# Stratégie 2 : Secteur d'adaptation résiliente en zone inondable : Possibilités liées au mitage

## Réaménagement des parcelles vacantes Secteur de la rue Fournier








Carte réalisée par Charles-Antoine Poulin | Équipe ARIACTION (2022)

- |  |                                   |   |   |
|--|-----------------------------------|---|---|
|  | Lots de renaturation              |  | Propriétés privées  |
|  | Lots d'activités riveraines       |  | Arbres / arbustes fruitiers de protection visuelle sur le lot |
|  | Lots de loisirs, parcours sportif |  | Parcours du risque Saint-André-d'Argenteuil                   |
|  | Lots alimentaires                 |   |   |



## Réaménagement des parcelles vacantes Secteur de la rue Fournier

Carte réalisée par Charles-Antoine Poulin | Équipe ARIACTION (2022)

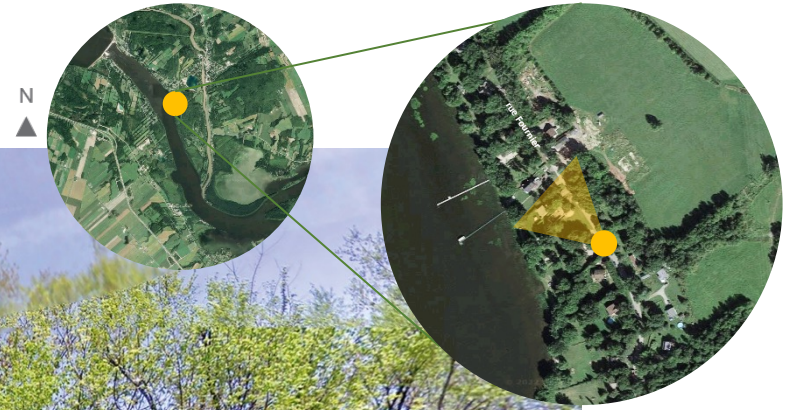
- |   |                                   |   |   |
|---|-----------------------------------|---|---|
|  | Lots de renaturation              |  | Propriétés privées  |
|  | Lots d'activités riveraines       |  | Arbres / arbustes fruitiers de protection visuelle sur le lot |
|  | Lots de loisirs, parcours sportif |  | Parcours du risque Saint-André-d'Argenteuil                   |
|  | Lots alimentaires                 |   |   |



Source : © Google Maps, 2022

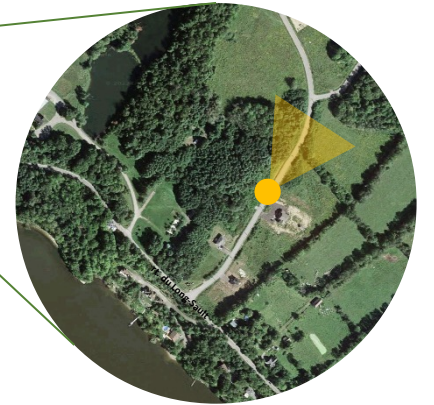


# Stratégie 2 : Secteur d'adaptation résiliente en zone inondable : Possibilités liées au mitage





# Stratégie 3 : Secteurs de constructions résilientes en zone non inondable : ambiance champêtre



# Stratégie 3 : Secteurs de constructions résilientes en zone non inondable : ambiance "bord de l'eau"



# Stratégie 3 : Secteurs de constructions résilientes en zone non inondable : ambiance "périurbain"



# Stratégie 4 : Secteur de consolidation résiliente en zone non inondable



# ARIACTION

Groupe de Recherche-Action en résilience urbaine

*ARIACTION (Adaptation – Résilience – Innovation – Action)*

*[www.ariaction.com](http://www.ariaction.com)*



Questions - Commentaires



## **Équipe de recherche ARIAction, Université de Montréal**

Isabelle Thomas, professeure titulaire,  
directrice de l'équipe ARIAction

Santiago Varsi, auxiliaire de recherche,  
Aglaé Casault, agente de recherche

Esther Rouzé, stagiaire

Martin Aussenac, stagiaire

Sarah Rosillette, auxiliaire de recherche

Anne-Laure Fakiroff, auxiliaire de recherche

Lise Walczak, auxiliaire de recherche

Emmanuel Campeau, auxiliaire de recherche

Jocelyne Laliberté, auxiliaire de recherche

Amy Olive, agente de recherche

Charles-Antoine Poulin, agent de recherche

Éloïse Goussard, agente de recherche