



ÉTUDE DE LA MOBILITÉ LATÉRALE DES COURS D'EAU DANS LE CADRE DU PROJET DE LA MODÉLISATION DES ZONES INONDABLES

Marie-Ève Larouche, CMQuébec

Andrée-Sylvie Carbonneau, CMQuébec

En collaboration avec le CERFO

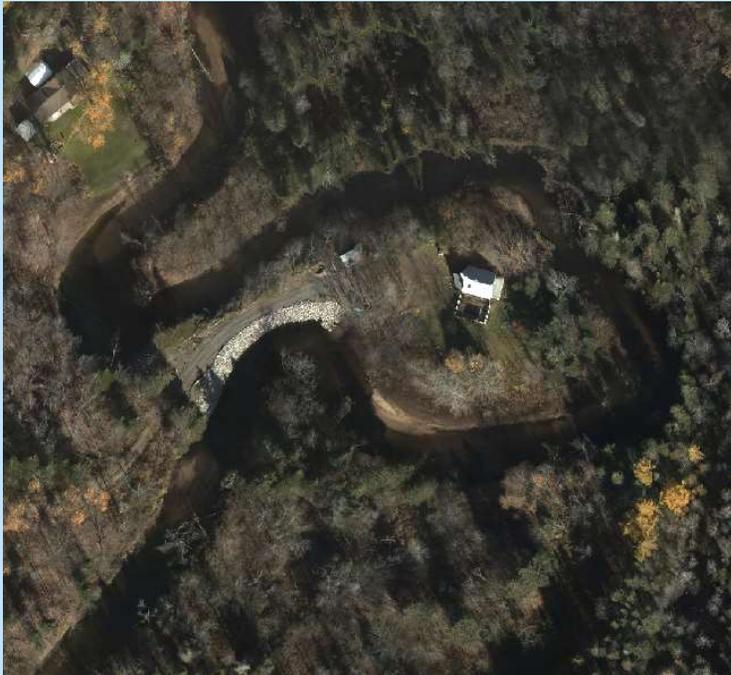
Colloque AGRCQ 2022

7 avril 2022



PLAN DE LA PRÉSENTATION

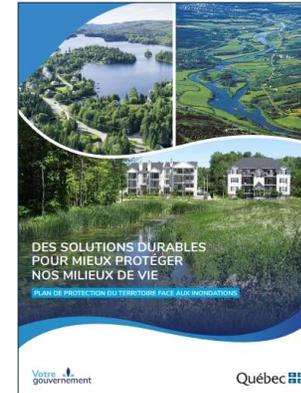
1. Mise en contexte du projet
2. Démarche méthodologique de la CMQuébec
3. L'étude de la mobilité des chenaux
 - Méthodologie préconisée
 - Résultats préliminaires
 - Recommandations pour l'amélioration de la méthode
4. Intégration des aléas fluviaux dans la cartographie des zones inondables



MISE EN CONTEXTE DU PROJET



Mise en contexte du projet



2017

2017

Inondations printanières historiques

2018

Dépôt du Plan d'action en matière de sécurité civile relatif aux inondations

Signature de la convention entre le MAMH et la CMQuébec

2019

Émission des lignes directrices du Gouvernement du Québec

Inondations printanières historiques

Création du comité Interministériel (CI)

Initialisation du projet de modélisation des zones inondables

2020

Dépôt du Plan d'action gouvernemental en matière d'aménagement du territoire relatif aux inondations au Québec

2021

Adoption du projet de Loi 67

2022

Adoption du cadre normatif transitoire

2023

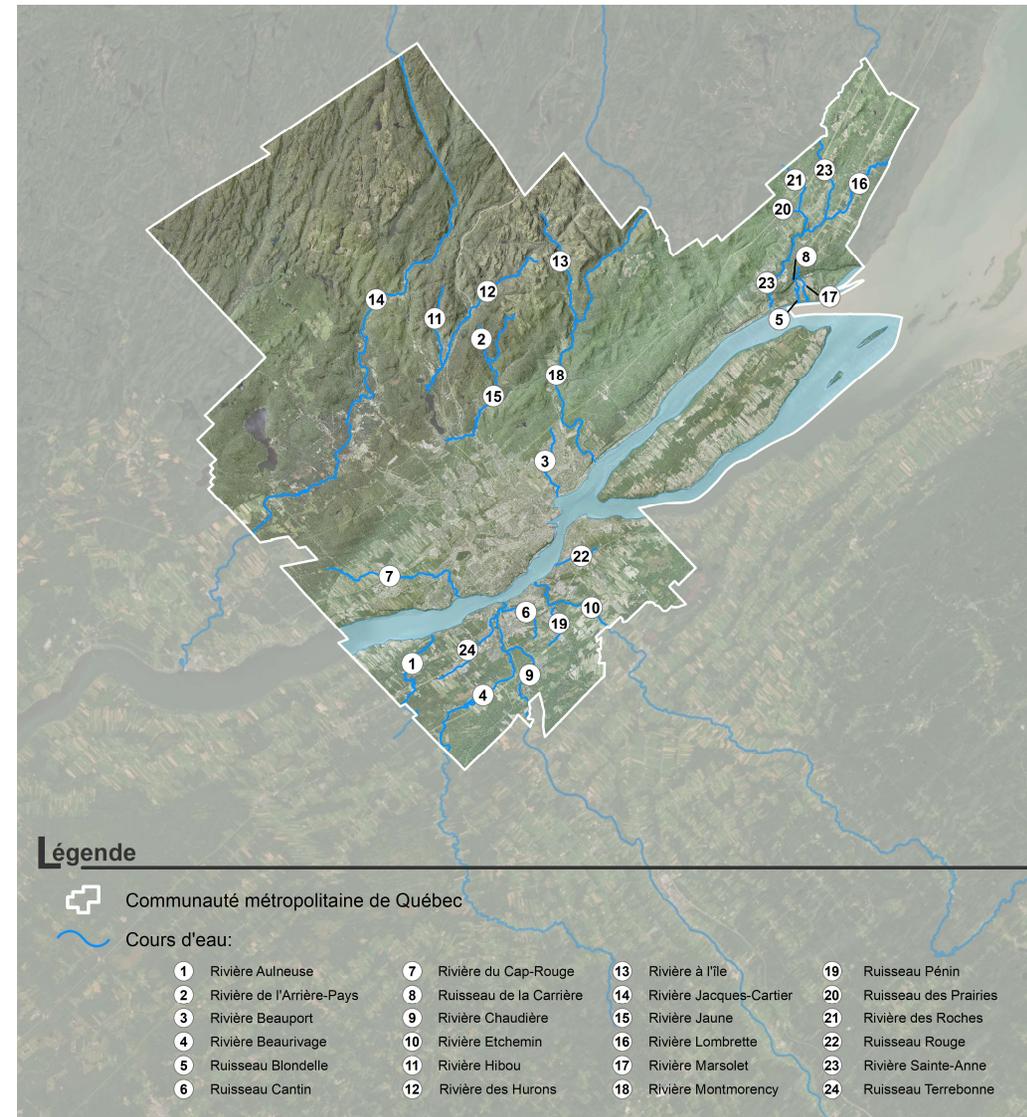
Livrables de la CMQuébec



Mise en contexte du projet

CONVENTION AVEC LE MAMH

- 24 cours d'eau à modéliser
- + 8 nouveaux cours d'eau



DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE DE LA CMQUÉBEC



L'aléa inondation est influencé par :

- Le bassin versant et son cours d'eau
- Les inondations eau libre
- Les inondations par embâcle de glace
- Les environnements hydrauliques et géomorphologiques
- Processus géomorphologiques actifs qui peuvent impacter les zones inondables



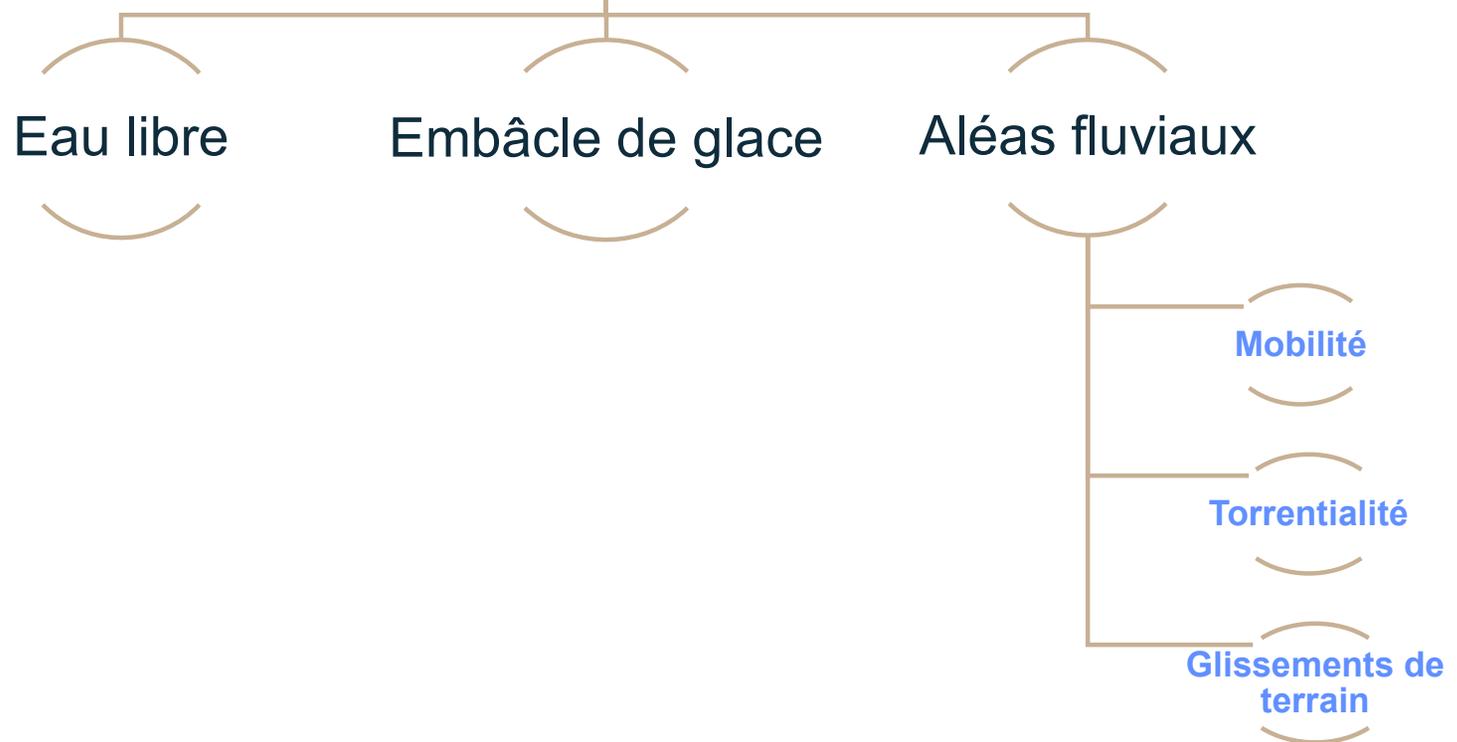
PROBLÉMATIQUE

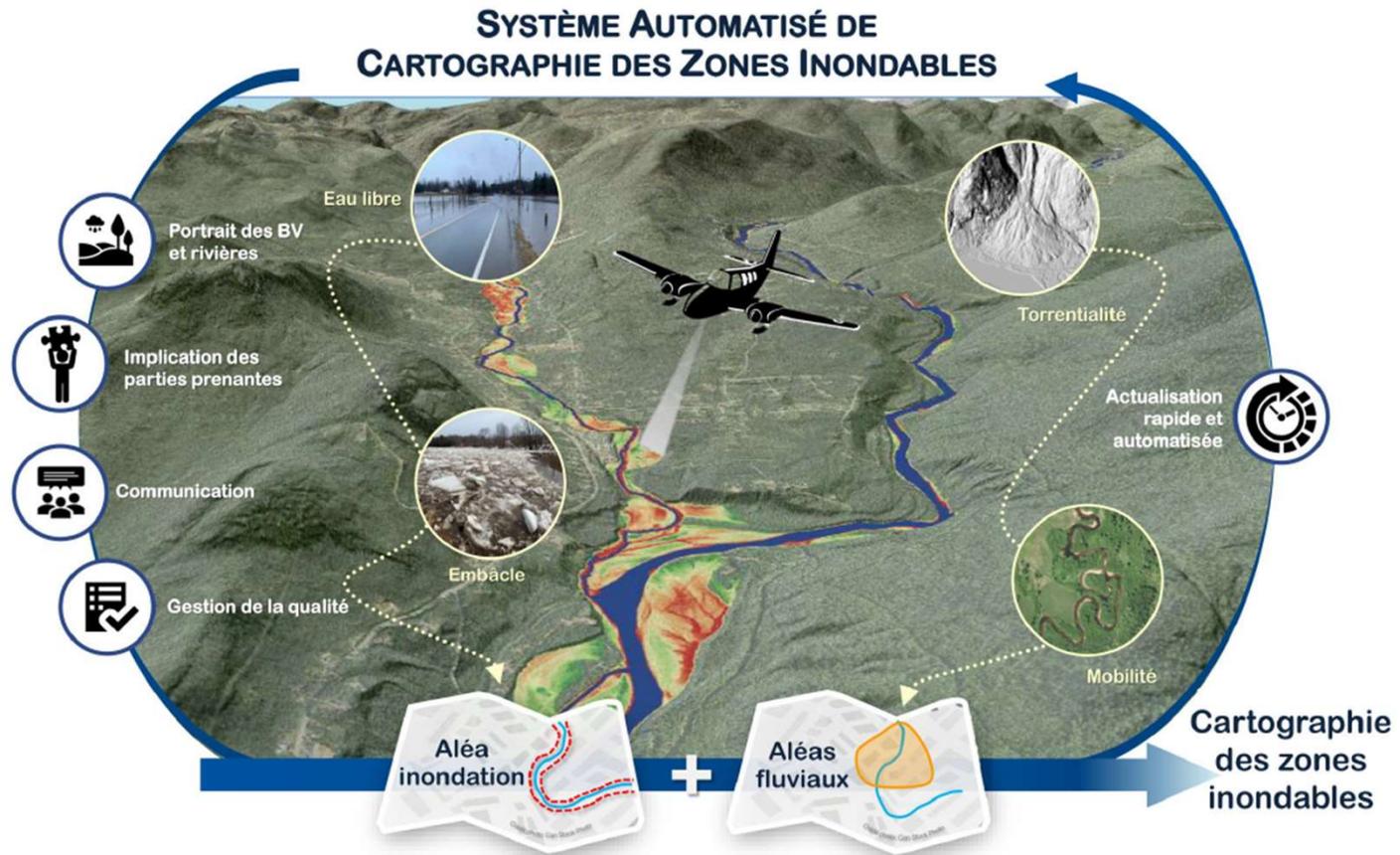
Néanmoins, seul l'**aléa inondation en eau libre** est intégré au cadre normatif.

Ce qui a pour conséquences, dans bien des cas, d'orienter inadéquatement le cadre normatif applicable en aménagement du territoire.



Cartographie des zones inondables





L'ÉTUDE DE LA MOBILITÉ DES CHENAUX

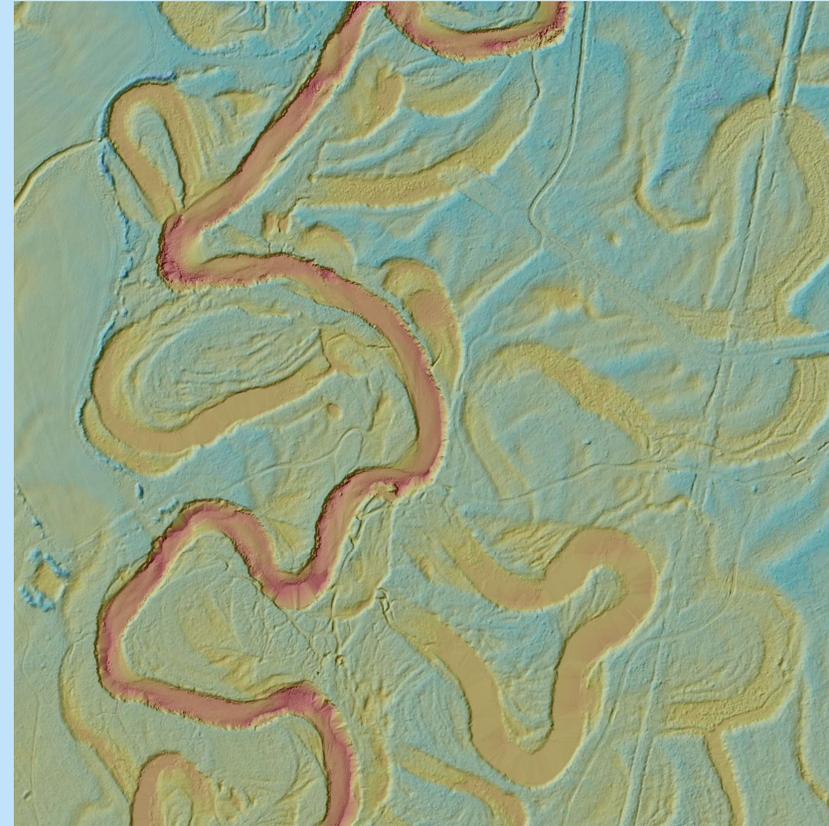


ÉTUDE DE LA MOBILITÉ DES CHENAUX

Objectif → Identifier les tronçons potentiellement mobiles susceptibles de modifier les zones inondables identifiées au préalable par modélisation.

La méthode doit :

- Être semi-automatique
- Inclure dans l'analyse l'erreur calculée
- S'opérationnaliser
- Intégrer les paramètres supplémentaires qui affectent le déplacement latéral du cours d'eau



APPROCHES POUR QUANTIFIER LA MOBILITÉ DU CHENAL

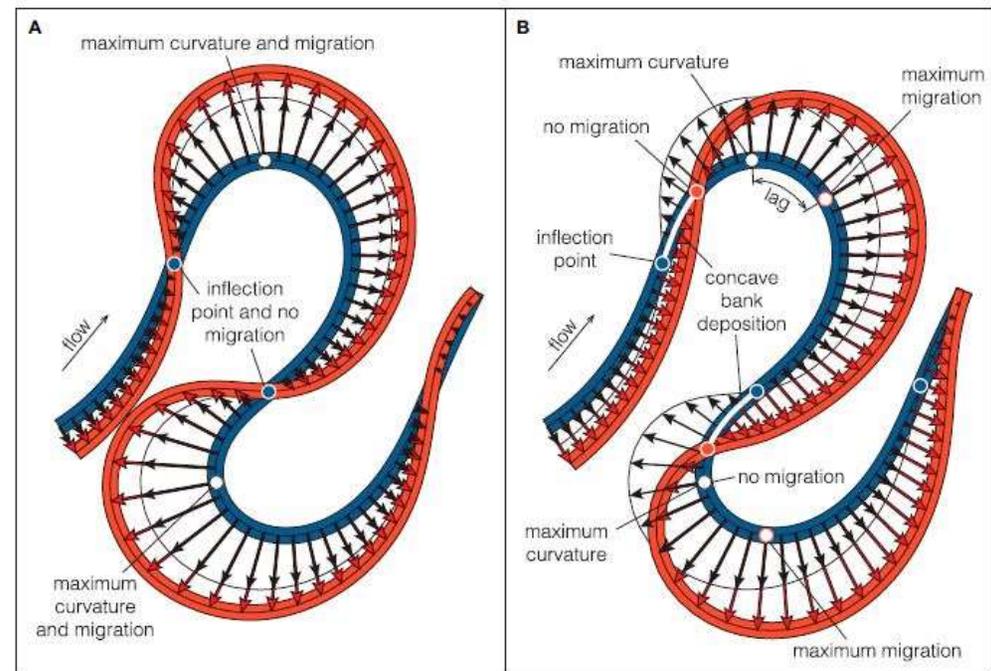
Image A

- Le déplacement du chenal prend en compte uniquement la courbure locale.
- Courbure maximale = au déplacement maximal du chenal.

Image B

- Le déplacement du chenal est pondéré en fonction de la courbure du chenal en amont de celui-ci.
- On retrouve à chaque virage, une section où la migration du chenal et la courbure vont dans une direction opposée ayant comme conséquence de déplacer le point d'inflexion des courbures.
- Le point de migration maximale du chenal se situe un peu plus en aval de la courbure maximale.

Modèle conceptuel qui démontre le déplacement d'un chenal de rivière

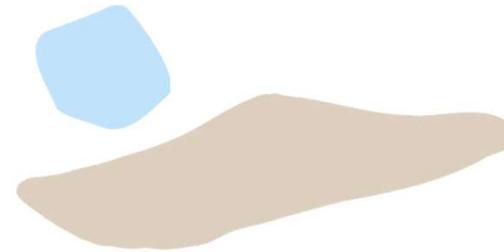


Sylvester *et al.* 2021

Prend donc en compte la translation vers l'aval du chenal



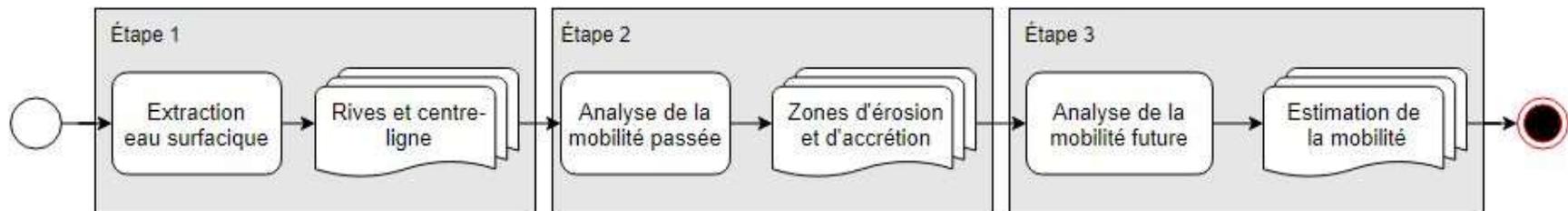
ÉTAPES



Étape 1 : Déterminer les positions passées du chenal

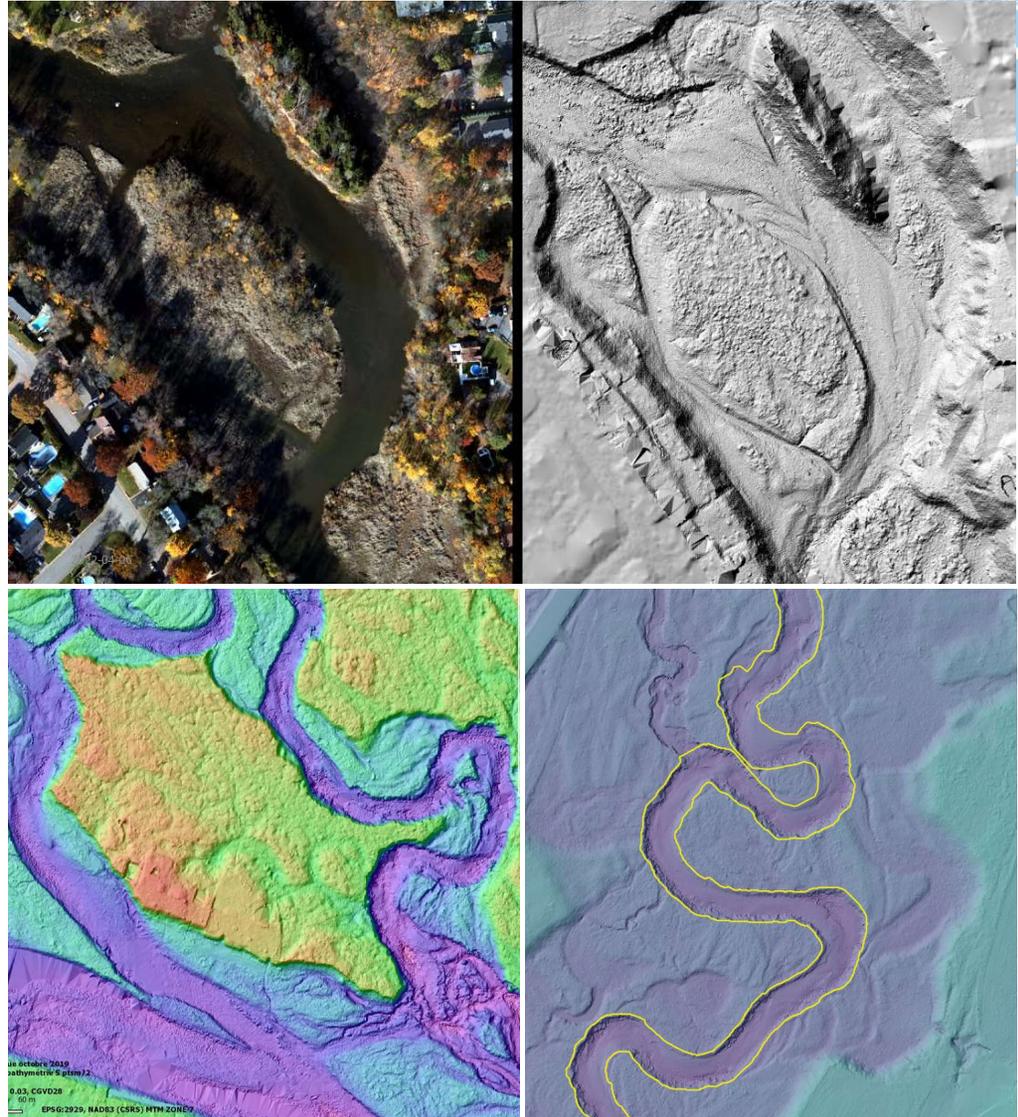
Étape 2 : Analyser les déplacements passés du chenal

Étape 3 : Simuler la mobilité projetée du chenal



INTRANTS NÉCESSAIRES

1. Images satellitaires (RVB + infrarouge)
 - Mosaïques
 - Photos individuelles
 - Index/métadonnées
2. Photographies aériennes numérisées
 - Plans de vols historiques
3. Modèle numérique de terrain
4. Haut de talus



ÉTAPE 1

Extraction de la surface de l'eau

Développer un modèle d'intelligence artificielle qui automatise l'extraction des eaux superficielles.

- Choix des années (1964-2003-2018 et 2021).
- Utilisation des images proche infrarouge des années 2003-2018 et 2021.
- L'approche utilisée est basée sur la segmentation sémantique par apprentissage profond, qui consiste en l'attribution d'une classe par pixel, soit une valeur de 0 pour tout ce qui n'est pas un cours d'eau, et une valeur de 1 lorsqu'il y a présence d'eau.

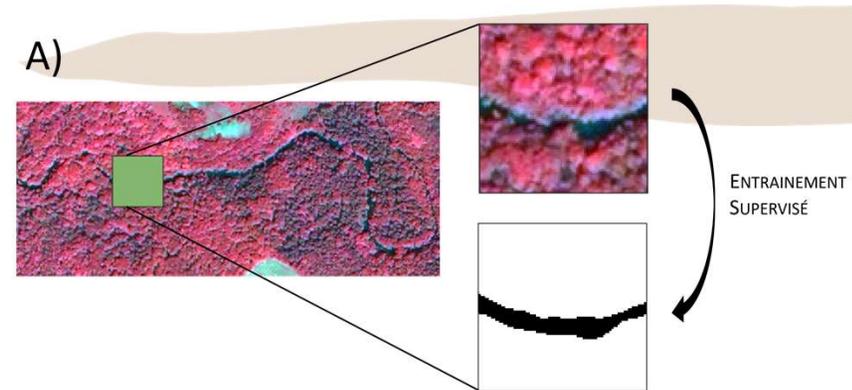


Figure A) : Section de la rivière Aulneuse

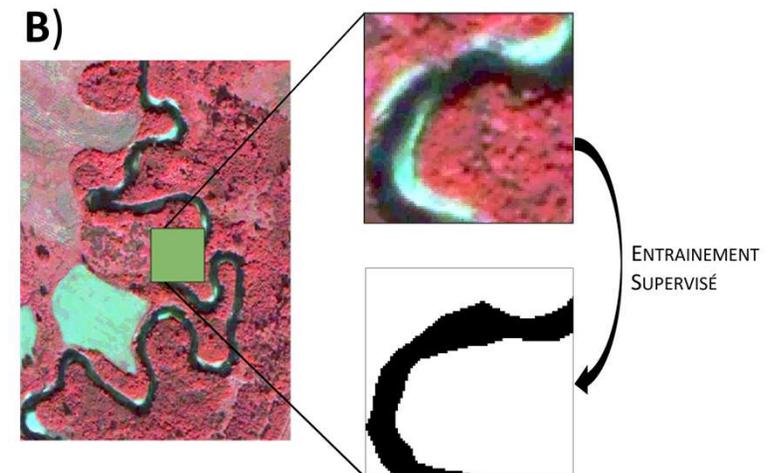
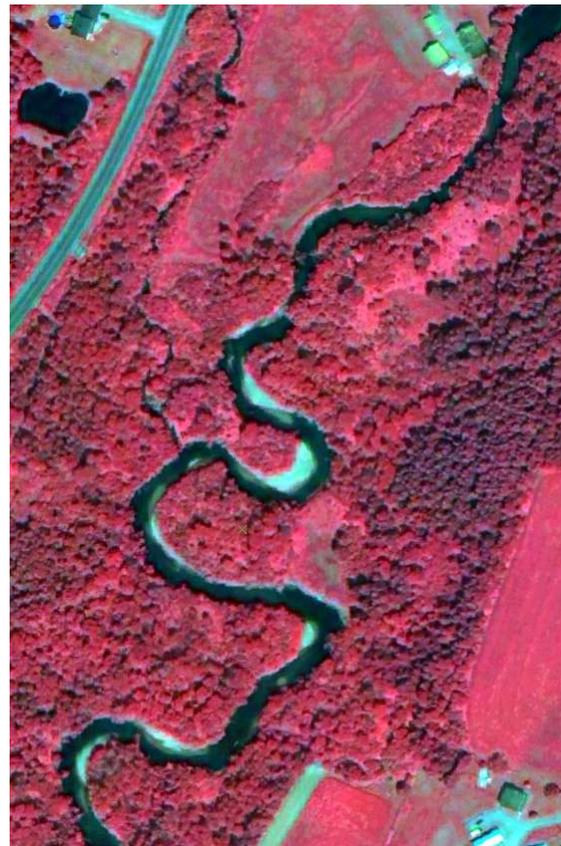


Figure B) : Section de la rivière Lombrette

EXEMPLE DE RÉSULTATS

- Rivière des Hurons
- Image 2003 en Proche infra-rouge/Rouge/vert
- Image de gauche = prédiction de l'algorithme d'apprentissage profond limité au lit mineur.



Aléas fluviaux – Étape 1 : Déterminer les positions passées du chenal



Limites dans la prédiction des surfaces d'eau :

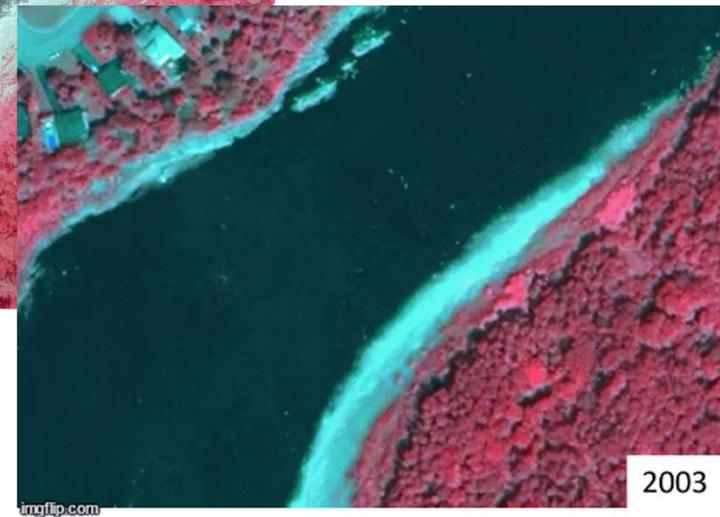
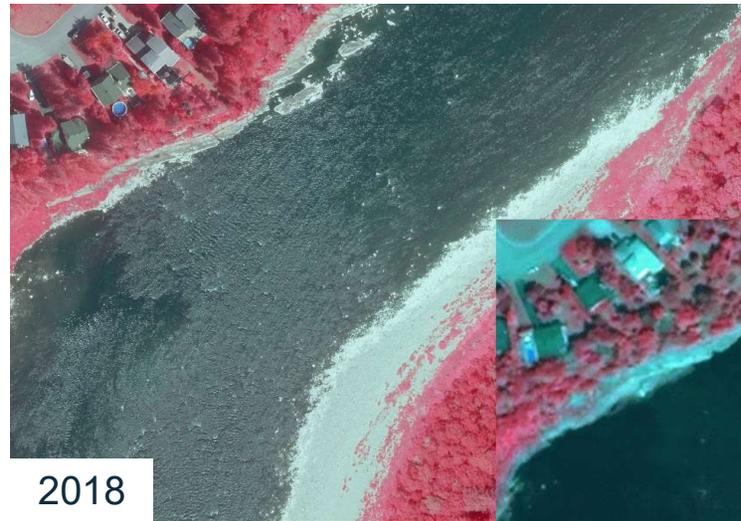
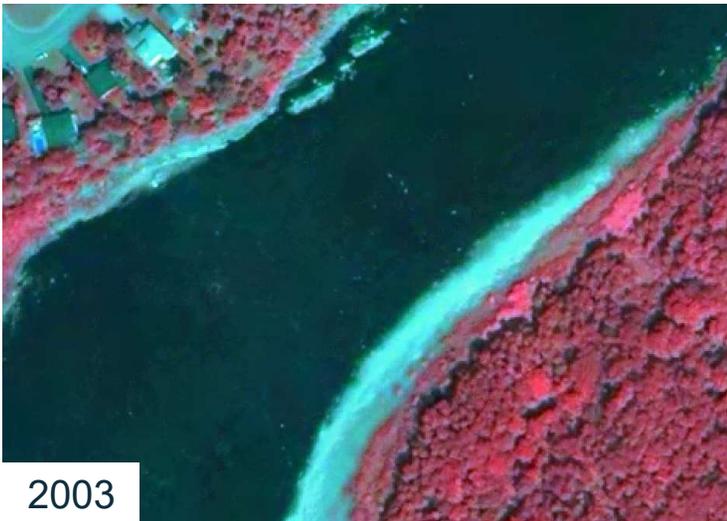
- A. Présence d'ombre = Eau prédite plus large et incorpore de la végétation présente dans l'ombre
- B. Végétation au dessus du cours d'eau = Eau prédite uniquement dans les zones d'eau visibles



Aléas fluviaux – Étape 1 : Déterminer les positions passées du chenal

Limites dans la prédiction de la surface de l'eau

- Le niveau d'eau entre deux années peut varier et induire un faux-déplacement.

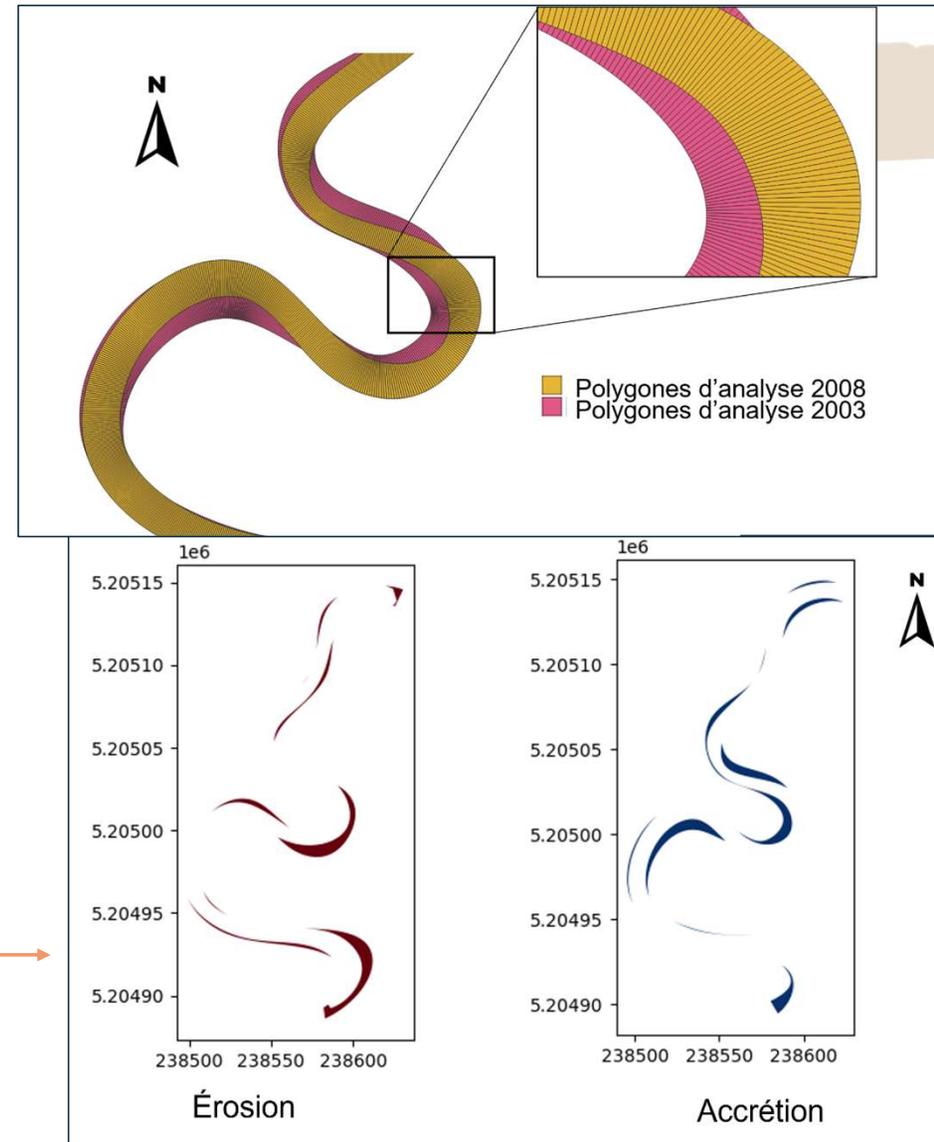
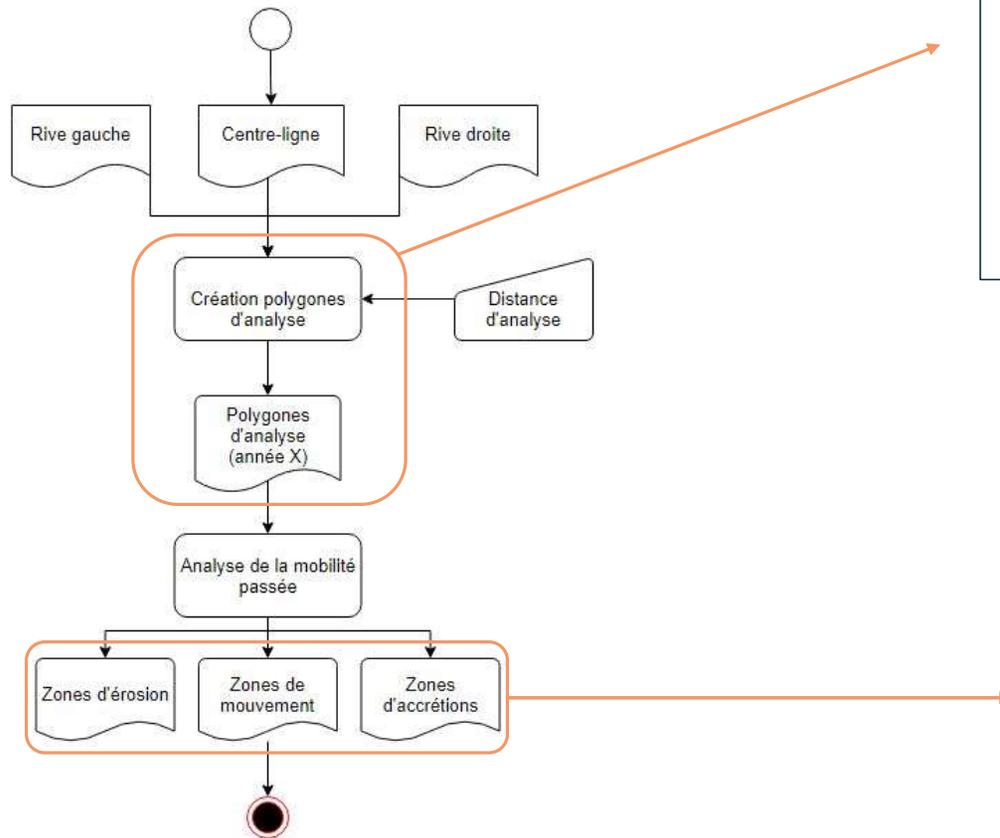


Exemple de la rivière Chaudière



Aléas fluviaux – Étape 2 : Analyse de la mobilité passée

Librairie python *Open Source* : **channelmapper** permet de cartographier le déplacement du chenal sur une série temporelle.



Aléas fluviaux – Étape 2 : Analyse de la mobilité passée

Exemple de résultats

1. Prédiction



2. Extraction et lissage des berges et de la centre ligne



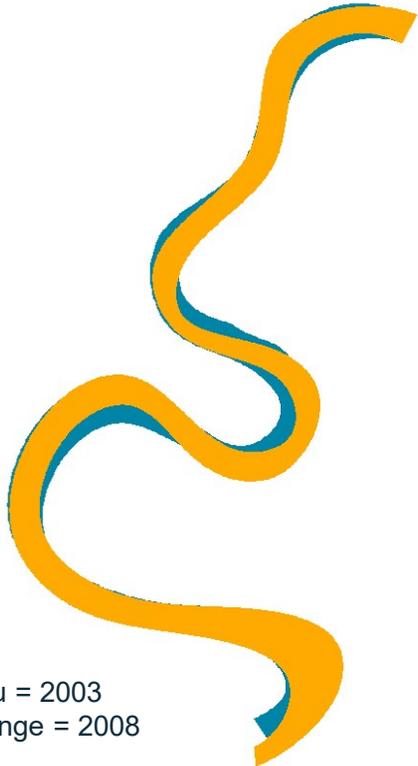
3. Création de polygones à x mètre de largeur sur la centre-ligne



Aléas fluviaux – Étape 2 : Analyse de la mobilité passée

Exemple de résultats

4. Pour chaque année analysée, répéter les étapes 1 à 3



Bleu = 2003
Orange = 2008

5. Zones d'érosion



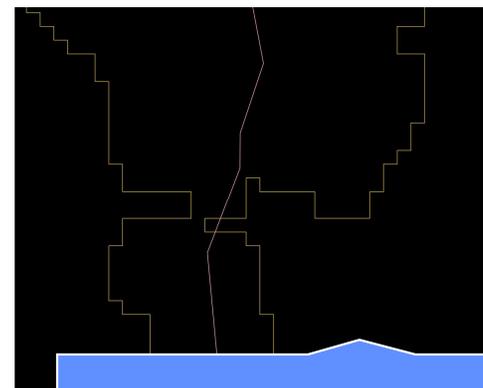
6. Zones d'accrétion



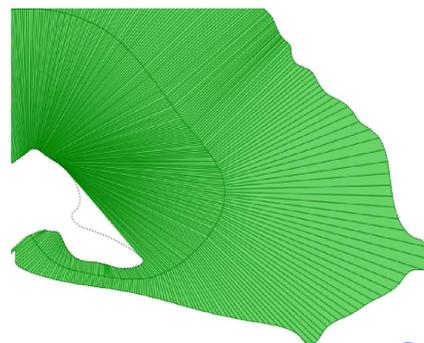
AMÉLIORATIONS À APPORTER



Compléter les parties manquantes du chenal



Corriger le centre-ligne pour éviter qu'il traverse une berge

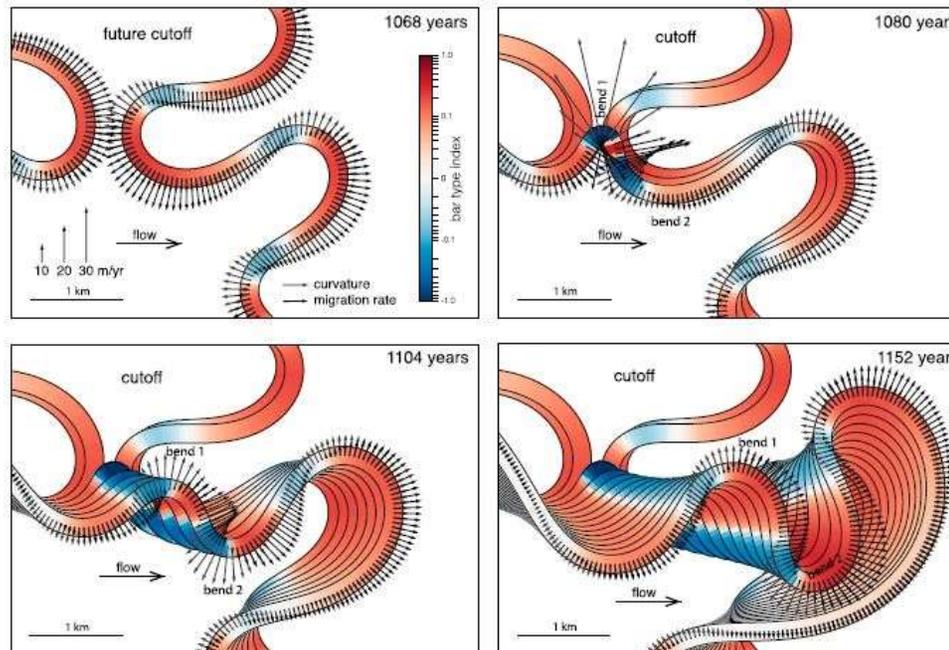


Transects de mesure de la mobilité parfois inadéquats :
Berges pas toujours représentées correctement

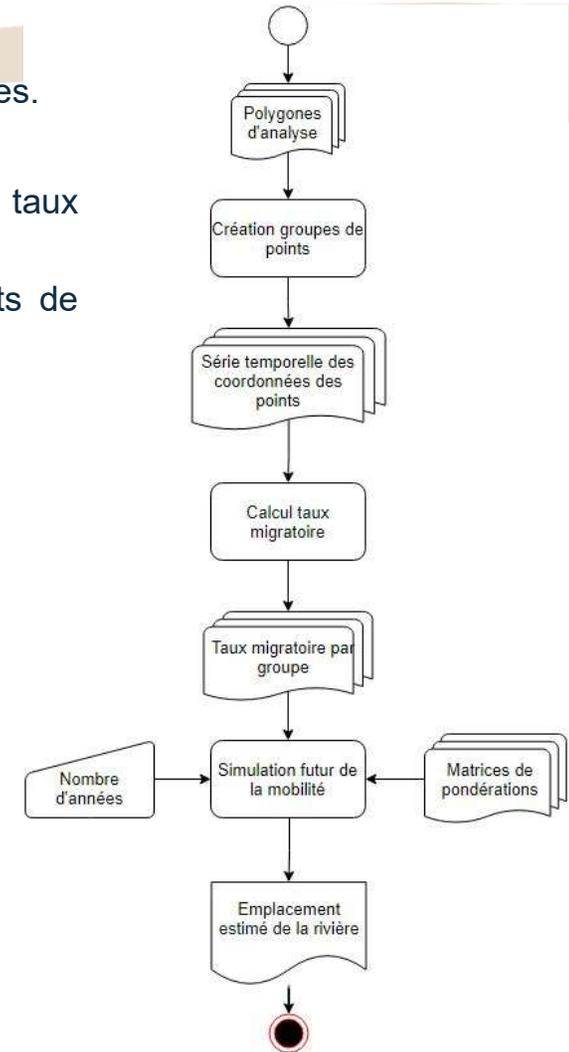


Aléas fluviaux – Étape 3 : Simuler la mobilité projetée du chenal

- Les coordonnées des points des polygones d'analyse de chaque année sont extraites.
- Un taux migratoire est calculé pour chacune des séries temporelles.
- La modélisation future de la mobilité se calcule à chaque point avec leur propre taux migratoire.
- Le taux peut être pondéré en fonction de la matrice d'occupation du sol /dépôts de surface.



Sylvester et al. 2021



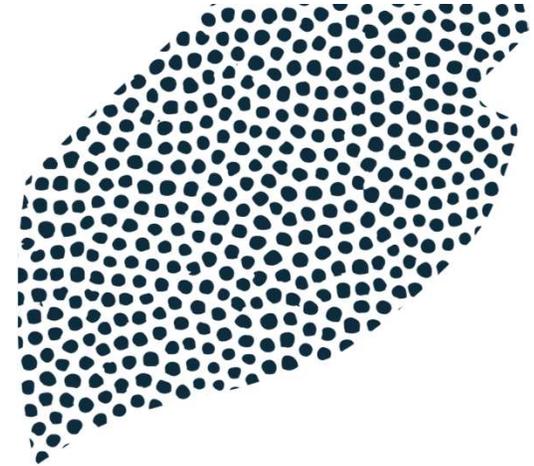
INTÉGRATION DES ALÉAS
FLUVIAUX DANS LA
CARTOGRAPHIE DES ZONES
INONDABLES



Intégration des aléas fluviaux dans la cartographie des zones inondables

Un **guide méthodologique ou des lignes directrices** seraient fort utiles pour uniformiser les méthodes pour :

- cartographier les zones d'inondation par embâcle de glace
- cartographier les aléas fluviaux
- déterminer la façon de calculer l'indice d'exposition



Tant que ce n'est pas fait, les zones d'inondations par embâcle et les aléas fluviaux ne peuvent être intégrés ni utilisés dans la cartographie des zones inondables à vocation réglementaire.

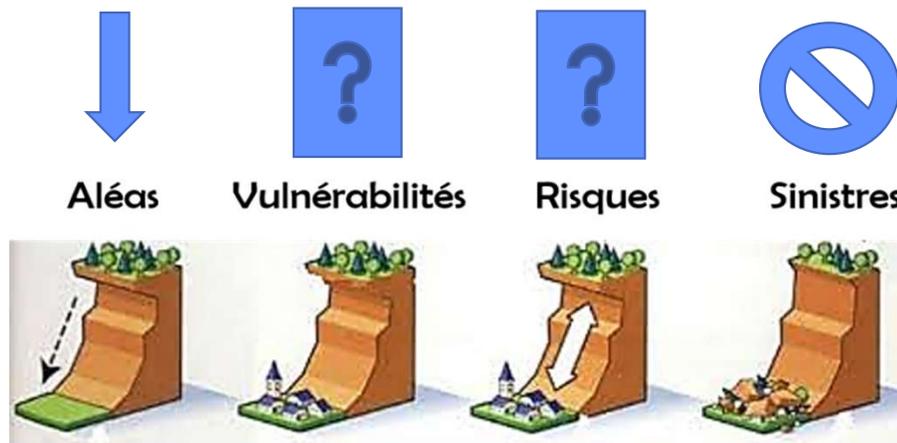


Figure 1 Illustration des concepts d'aléa, vulnérabilité, risque et sinistre.
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES, 2010. Dossier départemental des risques majeurs de Mayotte.

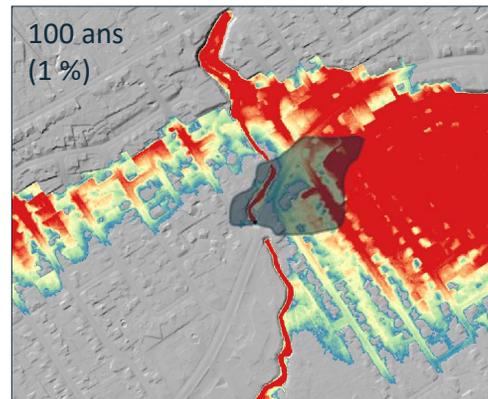
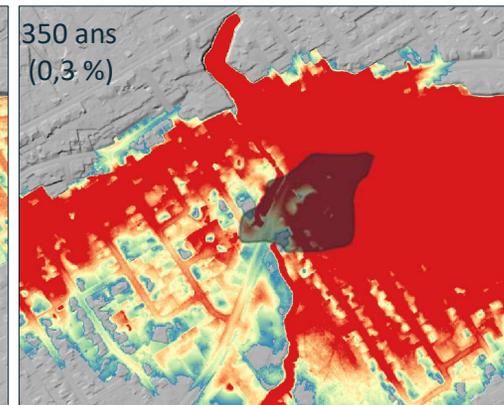
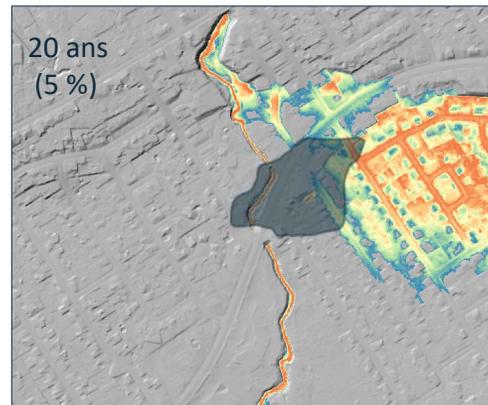
DÉVELOPPEMENT D'UN INDICE INTÉGRÉ D'EXPOSITION AUX ALÉAS EN ZONE INONDABLE

Aléa inondation :

- eau libre
- glace

Aléas fluviaux :

- Mouvement de terrain
- Mobilité
- Torrentialité



Exemple de matrice de l'indice d'exposition à l'aléa

Réccurrence (an/PAD)	(cm)	20 ans / 5 %	100 ans / 1 %	350 ans / 0,3 %
Profondeur d'eau	X	Red	Orange	Light Orange
	Y	Orange	Yellow	Light Yellow
	Z	Light Orange	Light Yellow	Teal

Intégration des aléas fluviaux dans la cartographie des zones inondables

La cartographie doit répondre à la mise en œuvre d'un cadre normatif orientant l'aménagement du territoire dans le but de renforcer la résilience des communautés face aux inondations :

- planifier le développement
- réglementer pour gérer les droits acquis
- planifier la reconstruction

Le tout dans le but de minimiser, voire **éviter les sinistres**.

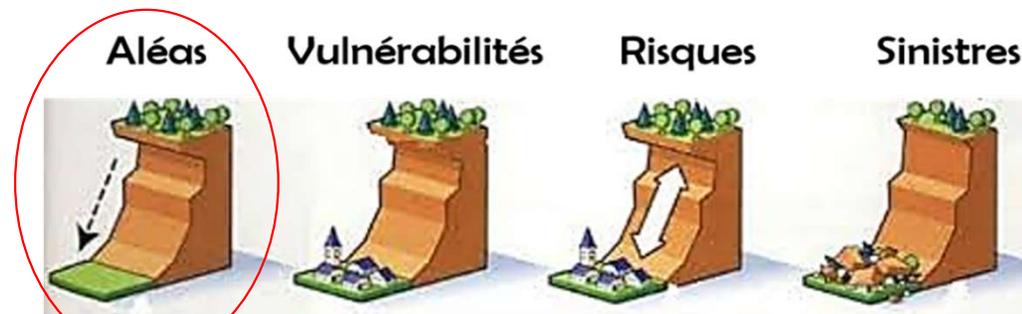


Figure 1 Illustration des concepts d'aléa, vulnérabilité, risque et sinistre.
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES, 2010. Dossier départemental des risques majeurs de Mayotte.

marie-eve.larouche@cmquebec.qc.ca



MERCI

 Communauté
métropolitaine
de Québec