



Pêches et Océans  
Canada

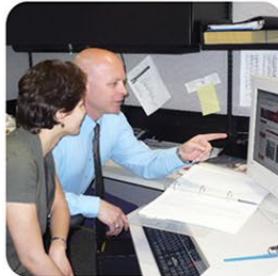
Fisheries and Oceans  
Canada

Garde côtière  
canadienne

Canadian  
Coast Guard



Sécurité d'abord, Service constant



# Développer des modèles prédictifs de mouvement du fond marin des voies navigables

Par: Joffrey Dufour  
4 avril 2023

# CONTENU DE LA PRÉSENTATION



- 1 INTRODUCTION
- 2 CONTEXTE
- 3 PRÉSENTATION DE L'INITIATIVE
- 4 RÉSULTATS OBTENUES
- 5 UTILISATIONS PRÉVUES
- 6 UTILISATIONS POTENTIELLES
- 7 LIMITATIONS
- 8 Q & A

# INTRODUCTION



Joffrey Dufour  
B. Sc. A. en sciences géomatiques  
Arpenteur-géomètre du Québec  
Université Laval  
2012

Gestion du risque  
Université de Toronto  
2022

Le programme des voies navigables est  
une équipe pluridisciplinaire:

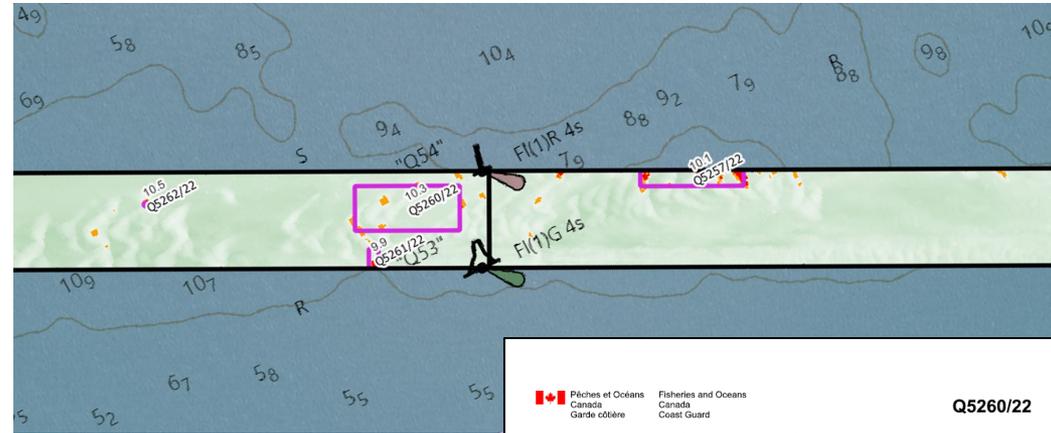
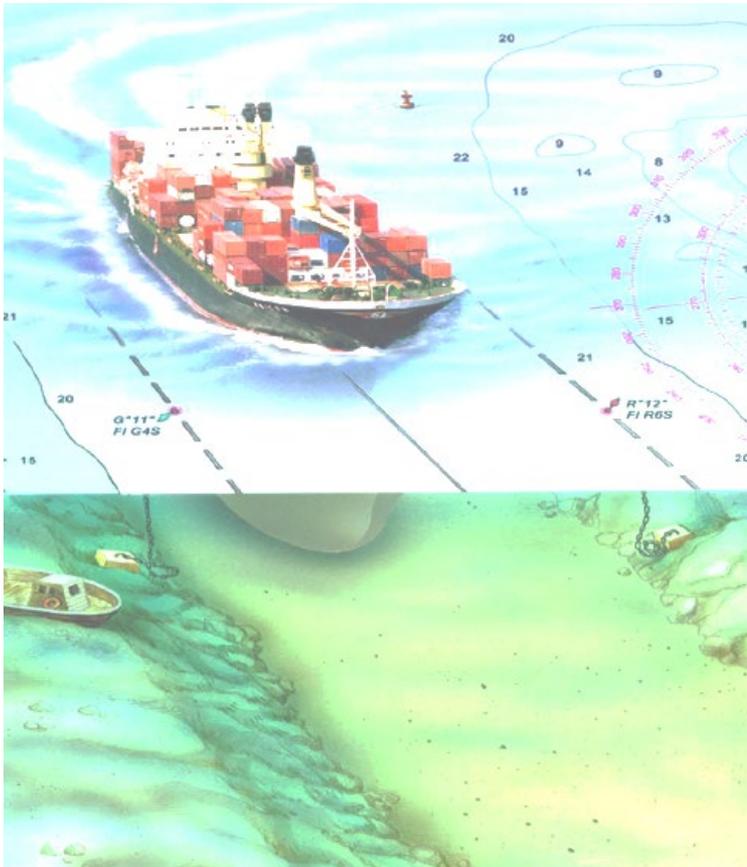
- Génie civil
- Environnement
- Géomatique
- Arpentage
- Informatique
- Administration



# CONTEXTE



## Publication d'avis de hauts-fonds



Pêches et Océans / Fisheries and Oceans  
 Canada / Canada  
 Garde côtière / Coast Guard

**Q5260/22**

**Région du Centre / Central Region**  
 Québec à Montréal / Quebec City to Montreal

**Traverse Cap Santé** **Carte / Chart 1314**

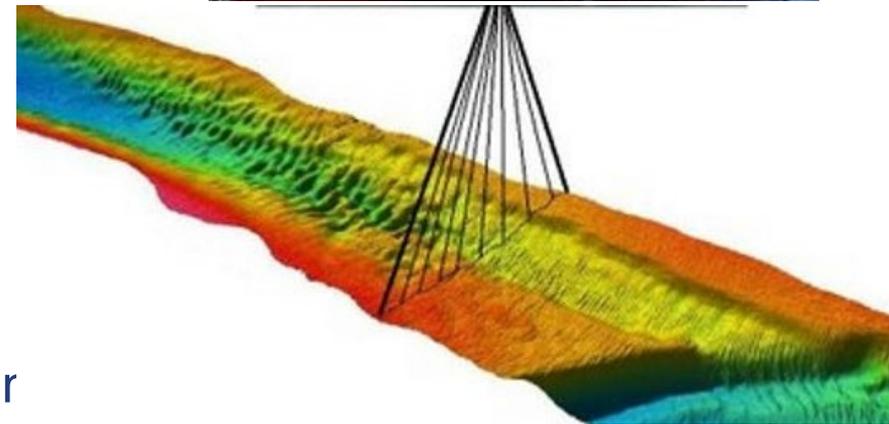
<b>Position centroïde du haut-fond</b> Center position of the shoal 46-39-15.9 N 71-46-27.0 W NAD83 BCRS 2	<b>Dimension du haut-fond</b> Shoal Dimension Longitudinale / Longitudinal Transversale / Transverse 262 m 113 m	<b>Espace libre de chenal</b> Free space of channel Côte Nord / North side Côte Sud / South side 37 m 95 m
<b>Point de référence à proximité</b> Reference point near by Bouée / Buoy Q54	<b>Profondeur / Depth</b> <b>10.3 m</b> (zcfcd)	<b>Profondeur maintenue à</b> Maintained depth at 16.7 m

Émis par le programme des Aides à la Navigation et Voies Navigables  
 Garde Côtière Canadienne  
 Région du Centre - secteur Saint-Laurent

Issued by the Aids to navigation & Waterways programs  
 Canadian Coast Guard  
 Central Region - St. Lawrence sector

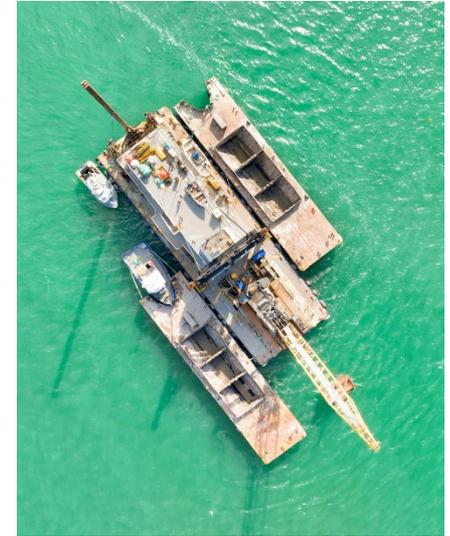
## Programme de sondage

- Superficie moyenne sondée annuellement:
  - secteur Saint-Laurent:  $\pm 190 \text{ km}^2$
  - Secteur Grands-Lacs:  $\pm 25 \text{ km}^2$
- **Fréquence selon la stabilité historique, la profondeur observée comparée à la profondeur maintenue et les besoins d'entretien**
- Sondages effectués en collaboration avec le SHC



## Dragage dans le St-Laurent

- Travaux de dragage d'entretien en deux périodes (juillet et octobre)
- Travaux de dragage comprennent :
  - Environ 80 000 m<sup>3</sup>
  - 150 à 200 heures pour enlèvement d'obstacles isolés (Montréal – Saint-Antoine)

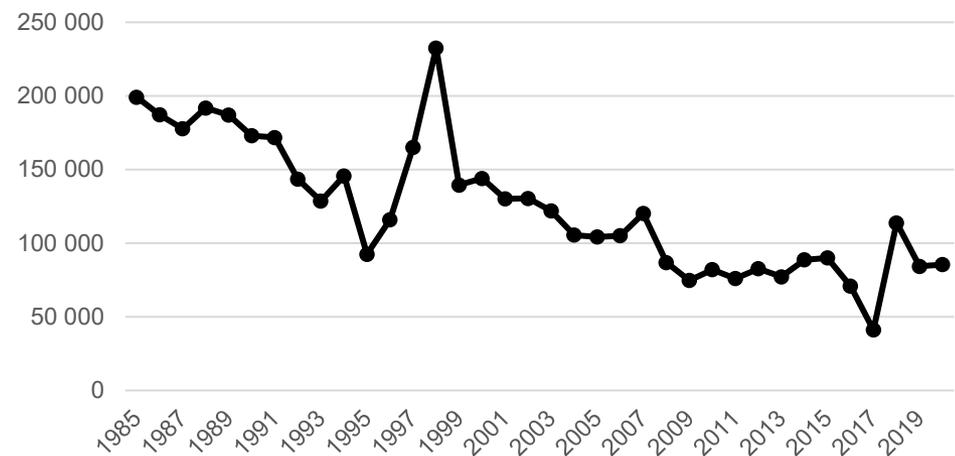


Rivière Déroit 2022 – Groupe Océan



Rivière Déroit 2022 – Groupe Océan

Volume total dragué par année (St-Laurent)



## Importance du programme

- Touche 100 millions de personnes qui reçoivent des biens par la voie maritime
- Autoroute maritime de 3 700 km
- Soutiens les activités de plus de 100 ports et quais commerciaux
- Constitue aussi un réseau de transport vital pour les biens échangés entre l'Amérique du Nord et plus de 59 marchés outre-mer
- Représente + de 30 milliards de dollars d'activité économique et + de 200 000 emplois au Canada et aux États-Unis



# PRÉSENTATION DE L'INITIATIVE



## Désir d'être à l'avant garde:

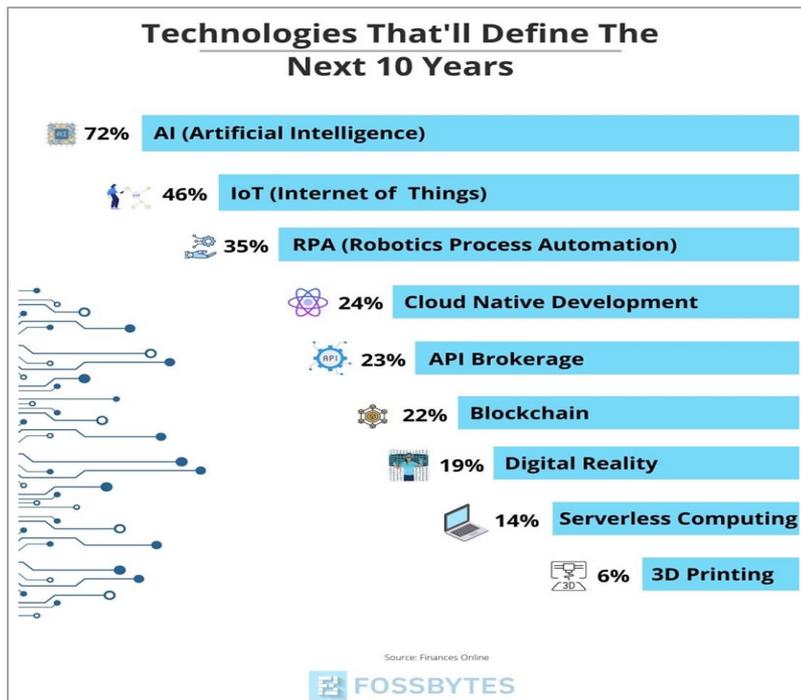
- Pénurie de main-d'œuvre
- Changement climatique
- Hausse des coûts d'opération



Source: <https://bigdataanalyticsnews.com/>

## Solutions potentielles:

- Intelligence artificielle
- Gestion du risque



Recherche d'efficacité dans nos services!



Heat map des avis de HF publiés depuis 2002

## Base de données existantes:

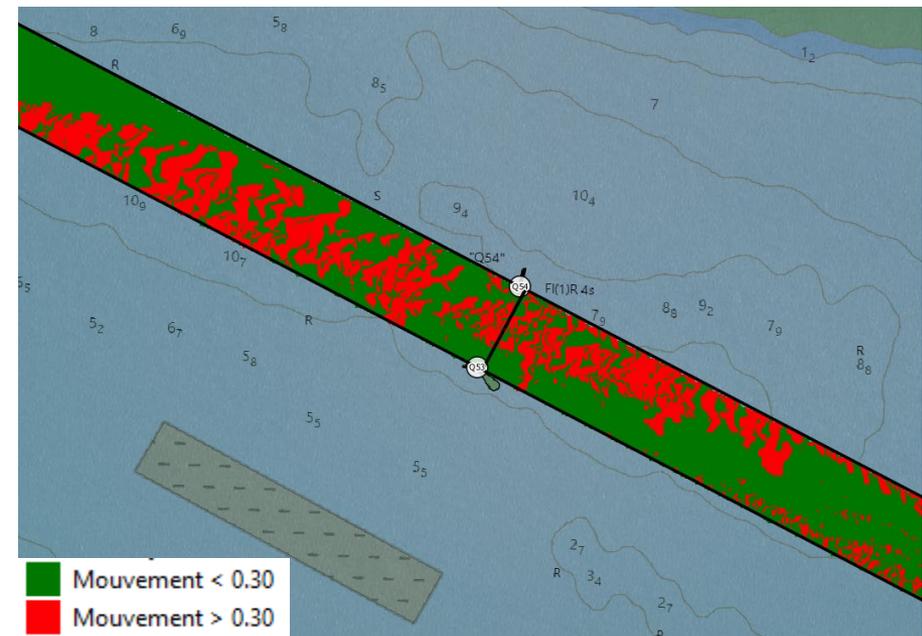
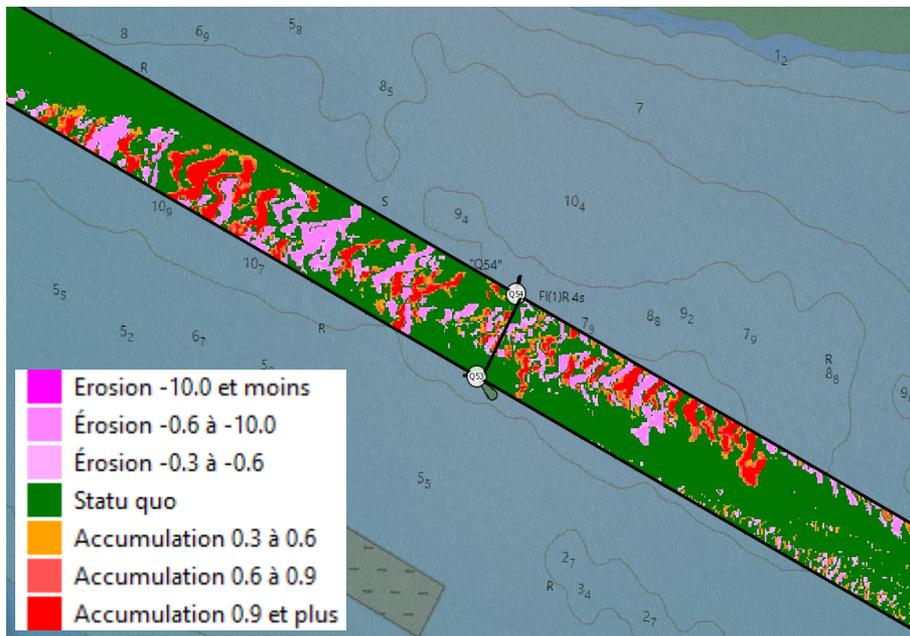
- Hauts-fonds depuis 2002
- Bathymétrie multifaisceaux constant depuis 2018
- Bathymétrie depuis 1997

## Constat:

- Récurrence dans la localisation des hauts-fonds
- Potentiel de prévoir leur position et leur amplitude

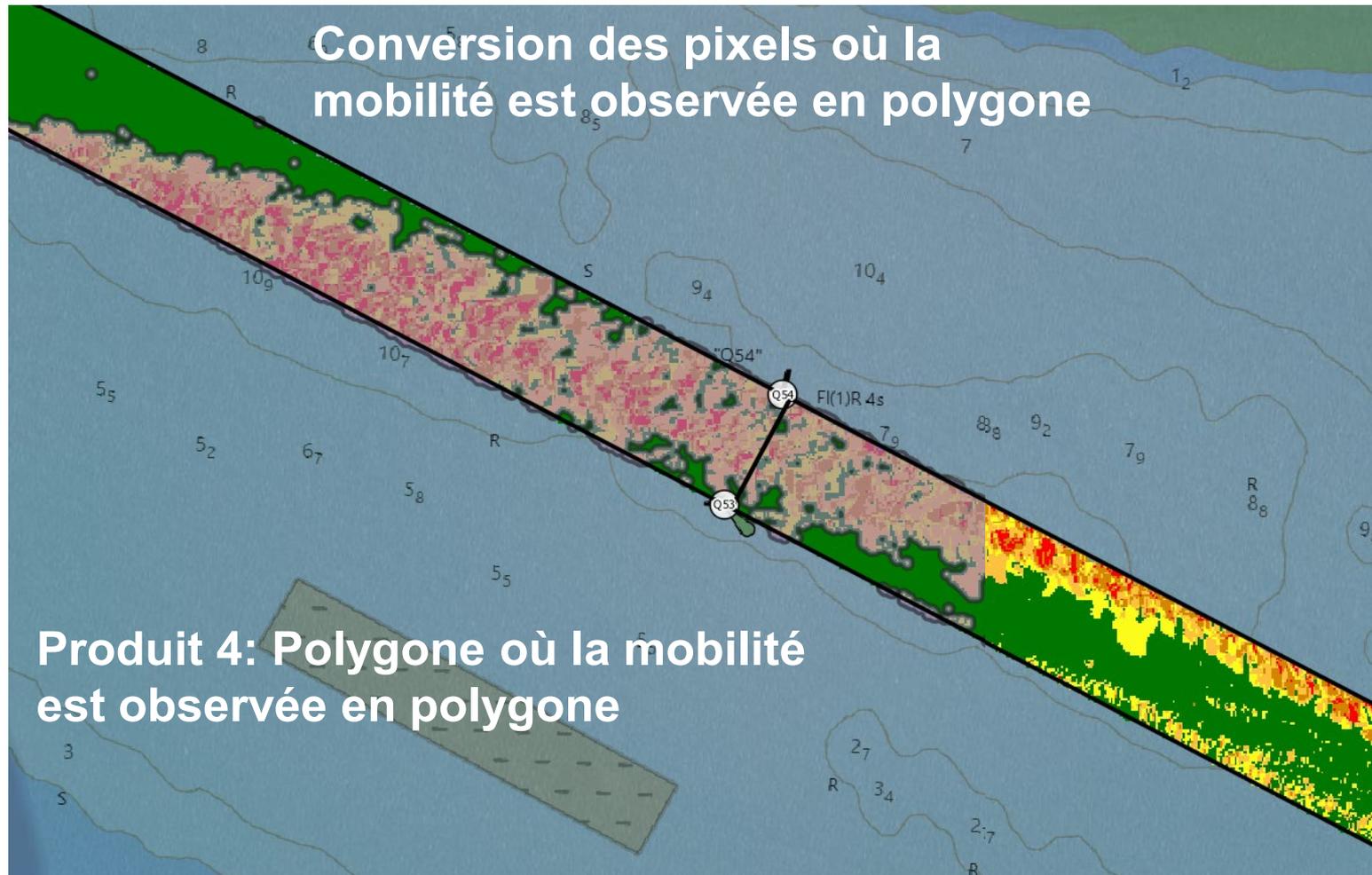
## Développement d'un outil permettant de générer différents produits

- Produit 1: Matrice des différentiels entre les années
- Produit 2: Matrice "boolean" de pixels dépassant un seuil

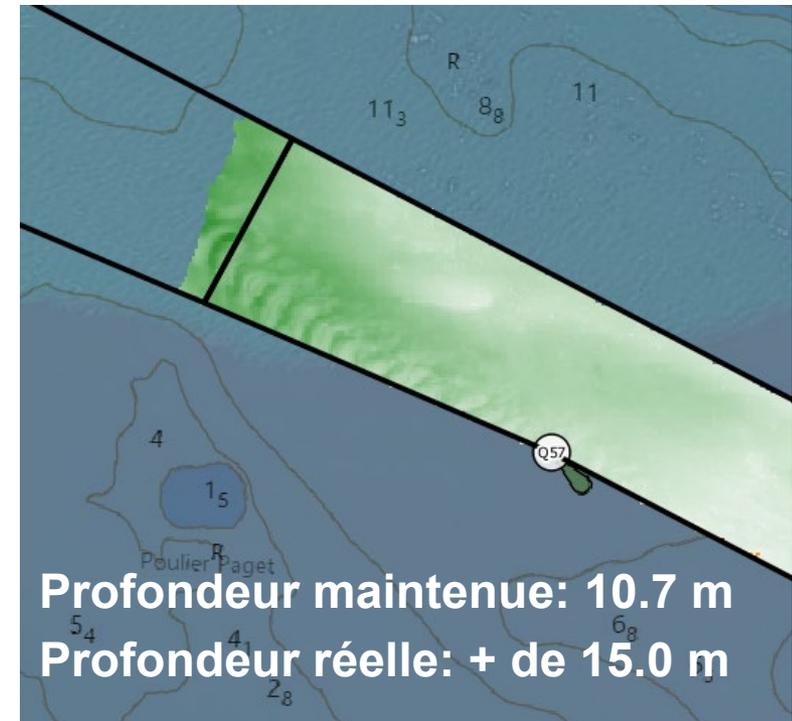
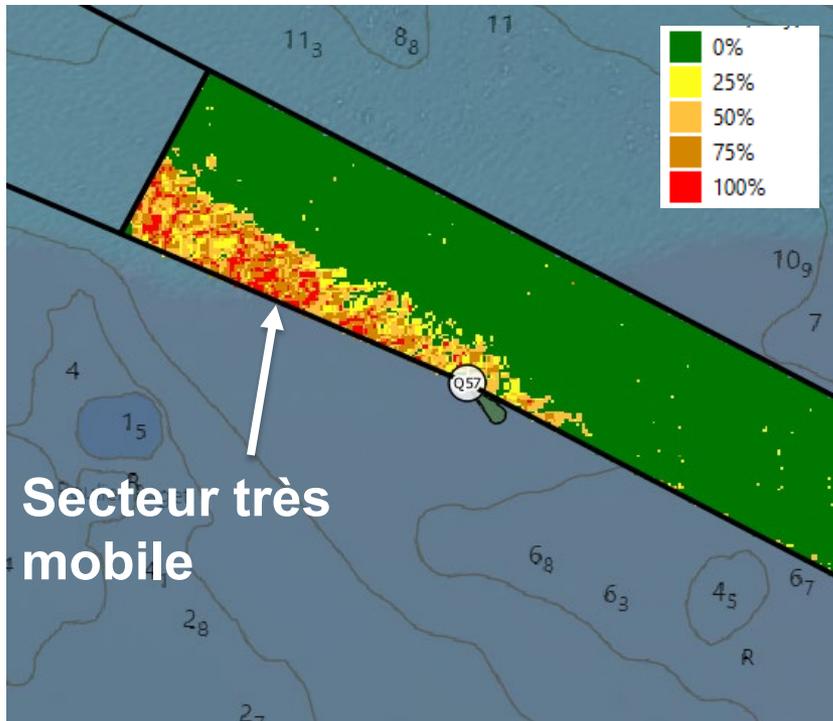


## Suite

- Produit 3 : Matrice de probabilité de mouvement annuel



## Mobilité ≠ Danger!!!!

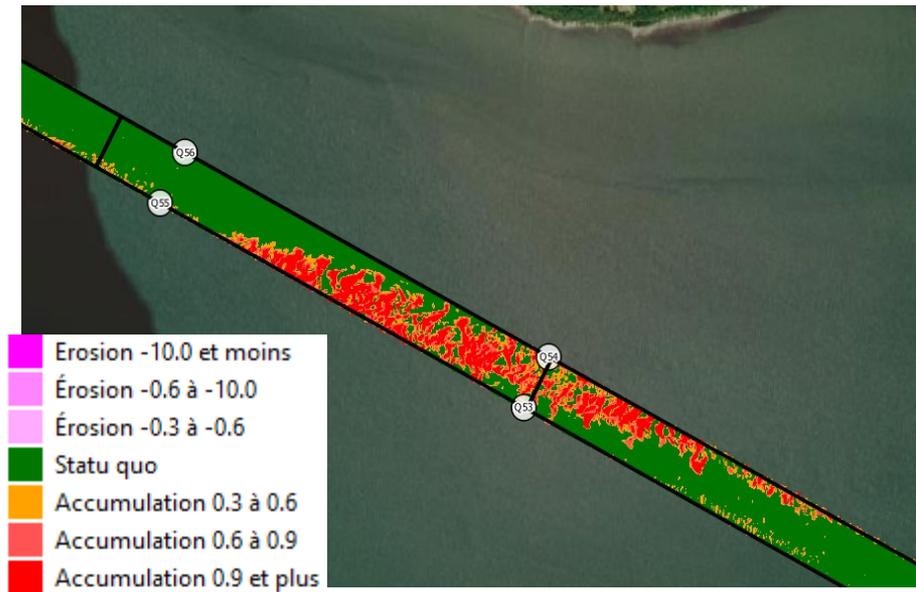


Risque de ce secteur = très faible!

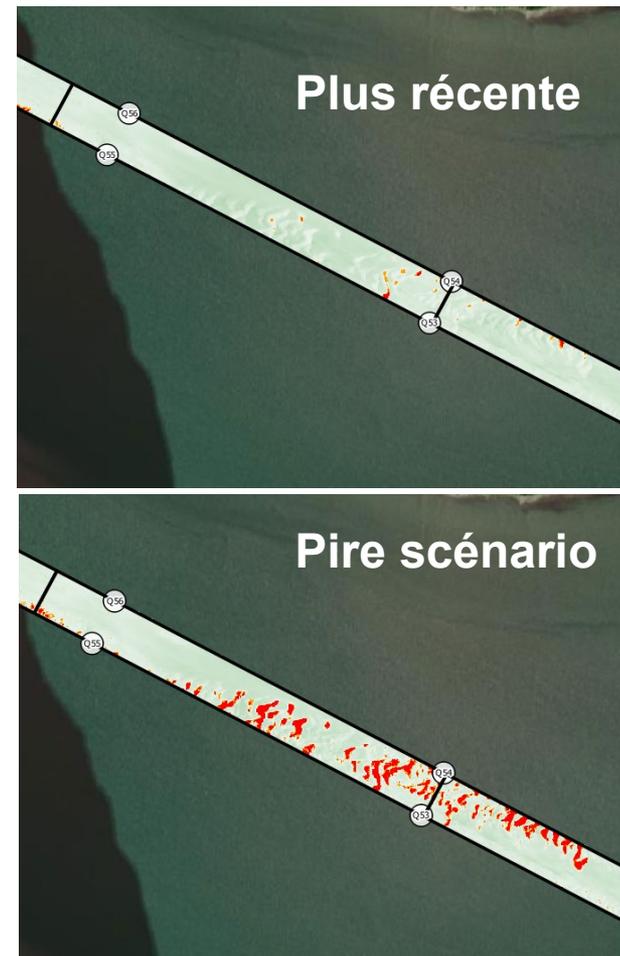
# PRÉSENTATION DE L'INITIATIVE



- Produit 5: Raster des amplitudes de mouvement maximums



- Produit 6: Raster d'un bathymétrie "Worst Case"



# PRÉSENTATION DE L'INITIATIVE



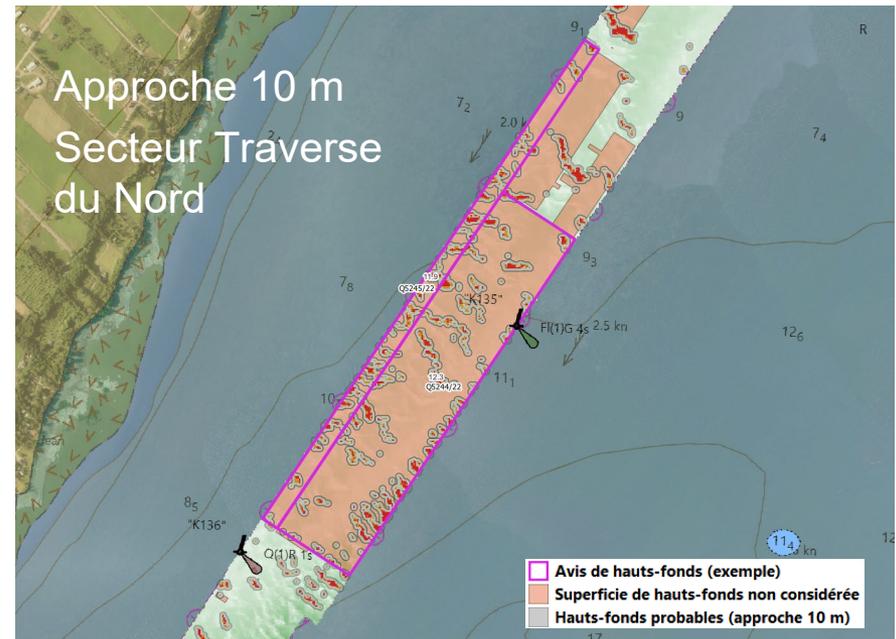
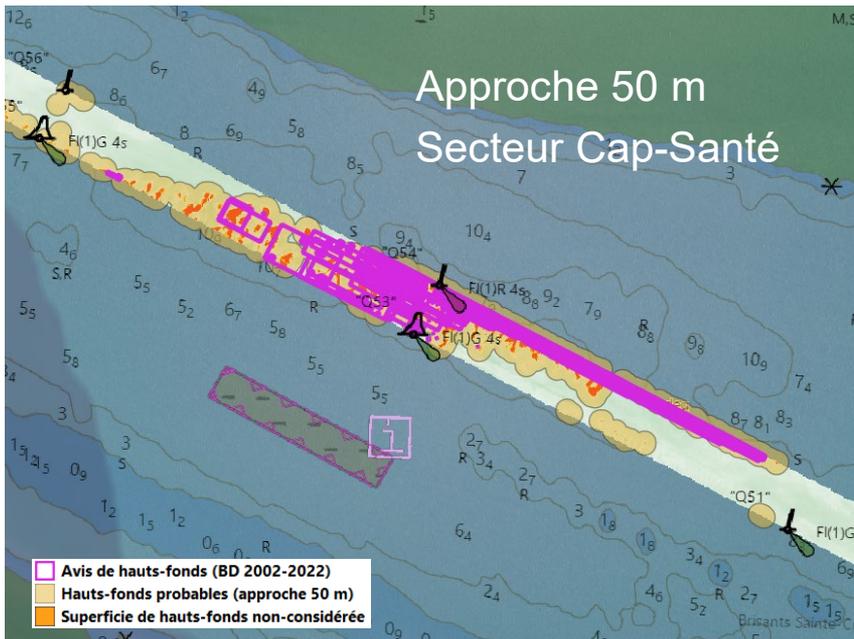
- Produit 7: Polygone de potentiels de hauts-fonds



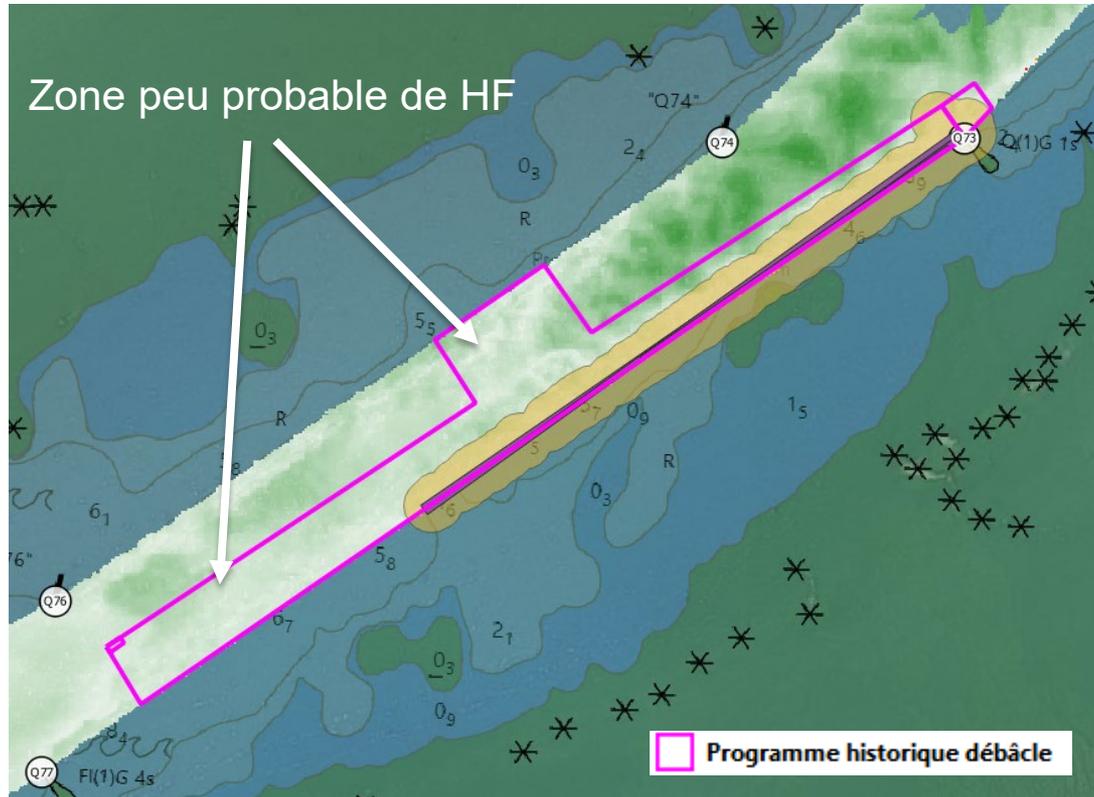
# RÉSULTATS OBTENUS



- Avec une approche conservatrice, nous avons réussi à couvrir relativement bien les hauts-fonds réellement enregistrés depuis 2002;



Identification du secteur	Approche 10 m						Approche 50 m					
	Hauts-fonds 2002-2022			Hauts-fonds 2018-2022			Hauts-fonds 2002-2022			Hauts-fonds 2018-2022		
	Superficie (km2)	Superficie non considéré (km2)	Superficie non considérée (%)	Superficie (km2)	Superficie non considéré (km2)	Superficie non considérée (%)	Superficie (km2)	Superficie non considéré (km2)	Superficie non considérée (%)	Superficie (km2)	Superficie non considéré (km2)	Superficie non considérée (%)
Traverse du Nord	1,491	1,087	73%	0,837	0,598	71%	1,491	0,315	21%	0,837	0,105	13%
Grondine à Québec	0,533	0,278	52%	0,272	0,107	39%	0,533	0,077	14%	0,272	0,014	5%
Trois-Rivières à Grondine	1,806	1,071	59%	1,110	0,140	13%	1,806	0,441	24%	1,110	0,140	13%
Sorel à Trois-Rivières	1,307	0,552	42%	0,447	0,062	14%	1,307	0,191	15%	0,447	0,004	1%
Montréal à Sorel	0,159	0,084	53%	0,026	0,001	2%	0,159	0,047	29%	0,026	0,000	0%

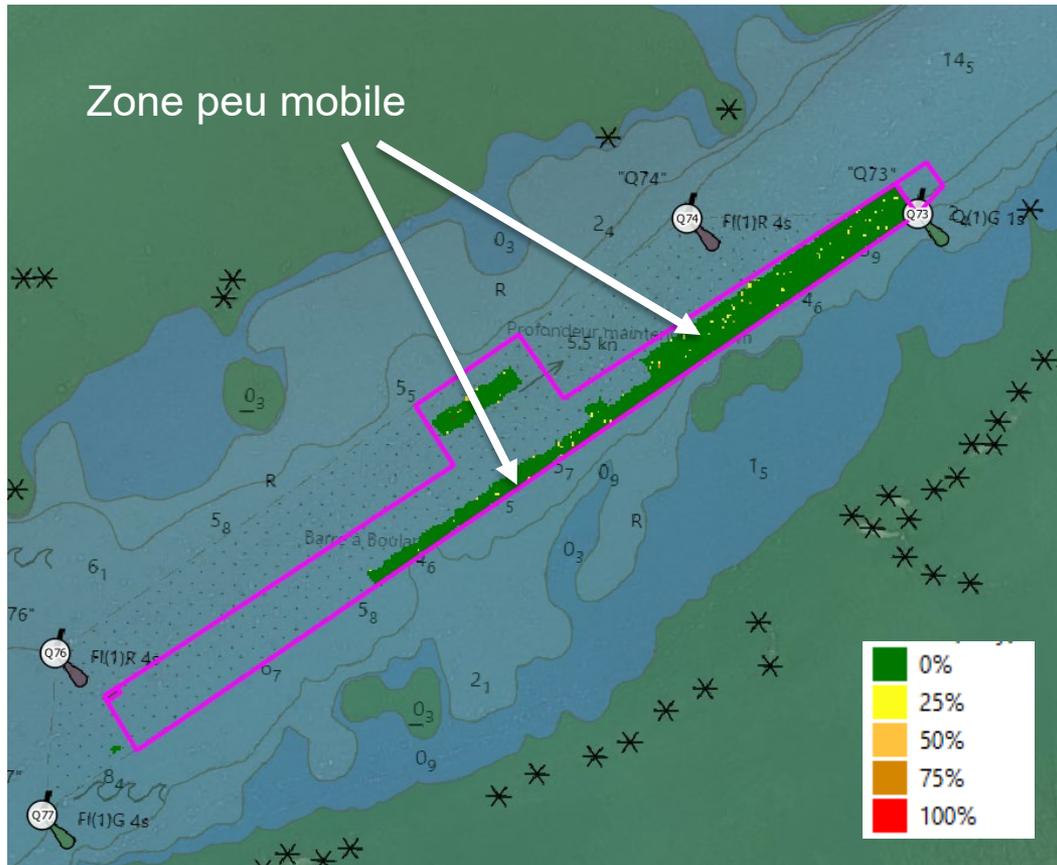


## Programme historique

- À faire: 36.0 km<sup>2</sup>
- Nombre de jours disponibles avant le dragage: +/- 20 jours
- Ratio: Entre 0.8 et 1.0 km<sup>2</sup>/jour
- Nombre de vedettes: 2
- Capacité de sondage: 32 km<sup>2</sup> et 40 km<sup>2</sup>

**Objectif:** Optimiser de 10% les superficies à sonder du programme pour les opérations printanières (préparation du projet de dragage)

# UTILISATIONS PRÉVUES

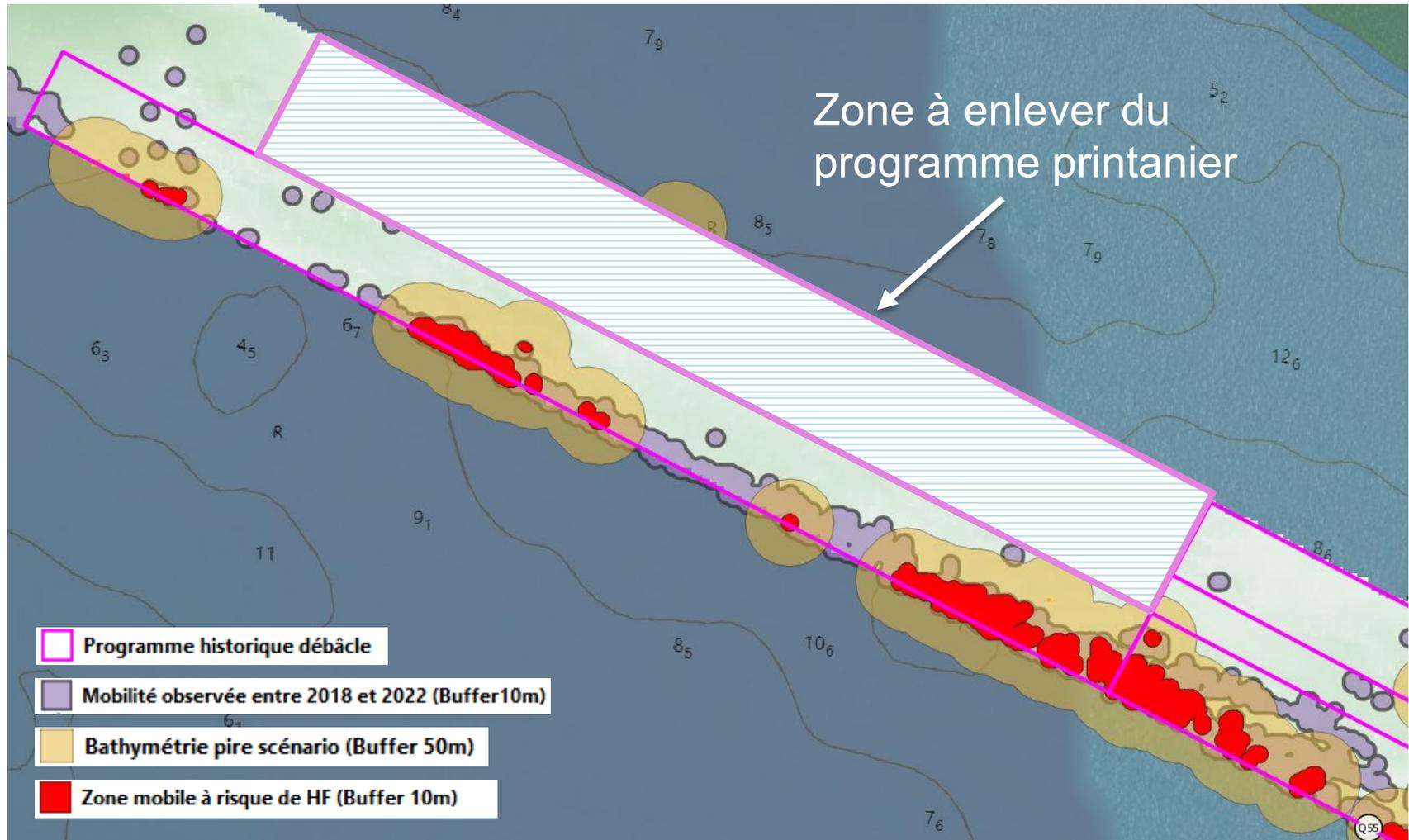


Pour atteindre l'objectif de réduction de 10% des superficies, nous avons réalisé une analyse spatiale en trouvant les zones qui respectent les conditions suivantes réunies:

- Peu mobile
- Aucun risque de HF

Car même si un secteur est à risque de HF, il n'est pas nécessairement prioritaire à sonder s'il est immobile. → Ex: Roche ou d'anciennes zones draguées

# UTILISATIONS PRÉVUES





## Au niveau technique:

- Développement d'une BD pour bien circonscrire la bathymétrie influencée par le dragage
- Développement d'un modèle d'intervalle de confiance en fonction de la localisation et l'âge de la bathymétrie
- Automatisation des calculs et de l'apprentissage machine

## Au niveau opérationnel:

- Développement de déclencheurs automatiques pour les secteurs nécessitant une MAJ des sondages
- Prédiction de hauts-fonds
- Condition du chenal en temps réel
- Prédiction des volumes à draguer

Potentiel d'utiliser le S-102 et ses métadonnées comme intrant

### Algorithm

#### Inputs:

- ✓ Bathymetry (S-102)
- ✓ Bathymetry date (S-102)
- ✓ Risk of change zone

#### Calculation:

- ✓ Merge of the input into a script

#### Output:

- ✓ **Level of confidence for each pixel**





## Approche quantifiable du niveau de risque:

- La probabilité d'un hauts-fonds est déterminé par:
  - La mobilité de l'emplacement
  - Le  $\Delta$  par rapport à profondeur maintenue
- L'âge de la donnée selon un modèle simple
  - $X * Y =$  Pointage final permettra de pondérer les secteurs les plus à risque.

X - Age de la donnée

Niveau de risque

Probabilité	1	2	3	4	5
1	Faible 1	Faible 2	Faible 3	Moyen 4	Moyen 5
2	Faible 2	Moyen 4	Moyen 6	Élevé 8	Élevé 10
3	Faible 3	Moyen 6	Élevé 9	Élevé 12	Très élevé 15
4	Moyen 4	Élevé 8	Élevé 12	Élevé 16	Très élevé 20
5	Moyen 5	Élevé 10	Très élevé 15	Très élevé 20	Très élevé 25

Y – Probabilité d'avoir un Haut-Fond

# LIMITATIONS



- Analyse macro seulement
- Difficile actuellement d'écarter les zones draguées vs mouvements naturels
- Phénomène ponctuel peut altérer l'analyse (ex: déluge)
- Pour le secteur de la Traverse du Nord, nous observons que l'approche « données » ne fonctionne pas parfaitement;
- Forte demande en capacité de calcul
- Difficile de travailler avec les données simple faisceaux ou multi-transducteur (avant 2018)



Merci pour votre écoute!

Joffrey Dufour

Arpenteur-géomètre

Garde côtière canadienne

Programme des voies navigables

[joffrey.dufour@dfo-mpo.gc.ca](mailto:joffrey.dufour@dfo-mpo.gc.ca)

Courriel générique:

[DFO.WaterwaysManagement-GestionVoiesNavigables.MPO@dfo-mpo.gc.ca](mailto:DFO.WaterwaysManagement-GestionVoiesNavigables.MPO@dfo-mpo.gc.ca)

