

# Les embâcles de glace :

acquisition de données de base (fréquence, intensité, localisation, impacts) à partir d'une approche éco-géomorphologique : le cas de la rivière Mistassini.

Étienne Boucher,  
*professeur, dept géographie, UQAM, GEOTOP*

Stéphanie Morin  
Annie Lagadec  
*Candidates à la Maîtrise en géographie, UQAM*

Au printemps 2011

**LE SUD DU QUÉBEC EST INONDÉ...**



Faut vraiment  
que je fasse  
qqchose... mais  
quoi?



Au printemps 2011

**D'AUTRES RÉGIONS CONNAISSENT  
AUSSI DE GRAVES PROBLÈMES  
D'INONDATIONS...**

**... SAGUENAY LAC-ST-JEAN  
(RIVIÈRE MISTASSINI)**

# Cadre régional

Rivière  
Mistassini ( BV=9870 km<sup>2</sup>)

Lac St-Jean

20 km



# Rivière Mistassini, mai 2011. Une situation d'alerte!!! (peu médiatisée)

Mise à jour le vendredi 5 mai 2011 à 17 h 01 HAE

Commenter 0 Partager 13



Un embâcle s'est formé sur la rivière Mistassini

**La Ville de Dolbeau-Mistassini est toujours sur un pied d'alerte, craignant que l'embâcle de quatre kilomètres sur la rivière Mistassini cède et cause des inondations au nord-ouest de la municipalité.**

Des policiers et pompiers ont averti les occupants de la dizaine de résidences situées dans la zone inondable des risques d'inondations.

Les responsables des travaux publics de Dolbeau-Mistassini et la Sûreté du Québec ont instauré une vigile du secteur où se trouve la prise d'eau de la municipalité.

L'embâcle a déjà entraîné le rehaussement du niveau de la rivière Mistassini dans les secteurs de Girardville et d'Albanel, causant d'importants dégâts.



Dans la municipalité d'Albanel, l'eau entoure toujours cinq résidences et une quinzaine de chalets des chemins Dumais et des Eaux Vives.

La municipalité empêche les résidents touchés de se rendre constater les dommages. Les autorités ignorent quand les familles évacuées pourront rentrer chez elles.

Images aériennes de la rivière Mistassini, à Albanel.  
© Isabelle Fodry

### L'ACTUALITÉ EN DIRECT

 **Legault: il faut poser une date limite, ce lundi, pour mettre fin au conflit.**  
Bassani Poggi  
[Twitter](#)

 **Les États-Unis sont « perturbés par les images de violences policières contre des manifestants pacifiques » en Russie et par la vague d'arrestations qui a eu lieu, a indiqué mardi le département d'État.** Avec **AFP**  
par La Presse/19/05/11

[Afficher en mode plein écran](#)

PUBLICITÉ



**Et vous pourriez recevoir un cadeau de bienvenue de 100 \$ par chèque.**

[Obtenez une soumission auto](#)

Voir les conditions d'aptéabilité

### DANS L'ACTUALITÉ

SAGUENAY-LAC-SAINTE-ANNE

Cours de natation obligatoires : une recommandation iréaliste

Des vœux de cuivre s'attaquent à des immeubles en construction



## *Embâcles sur la rivière Mistassini*

Mai 2011

Une vingtaine de maisons détruites à Girardville et Albanel

Évacuation urgente des riverains

Pas d'alerte préventive



Impacts sur l'environnement



Impacts sur l'environnement



Impacts sur les habitations / infrastruct



Impacts sur les habitations / infrastruct



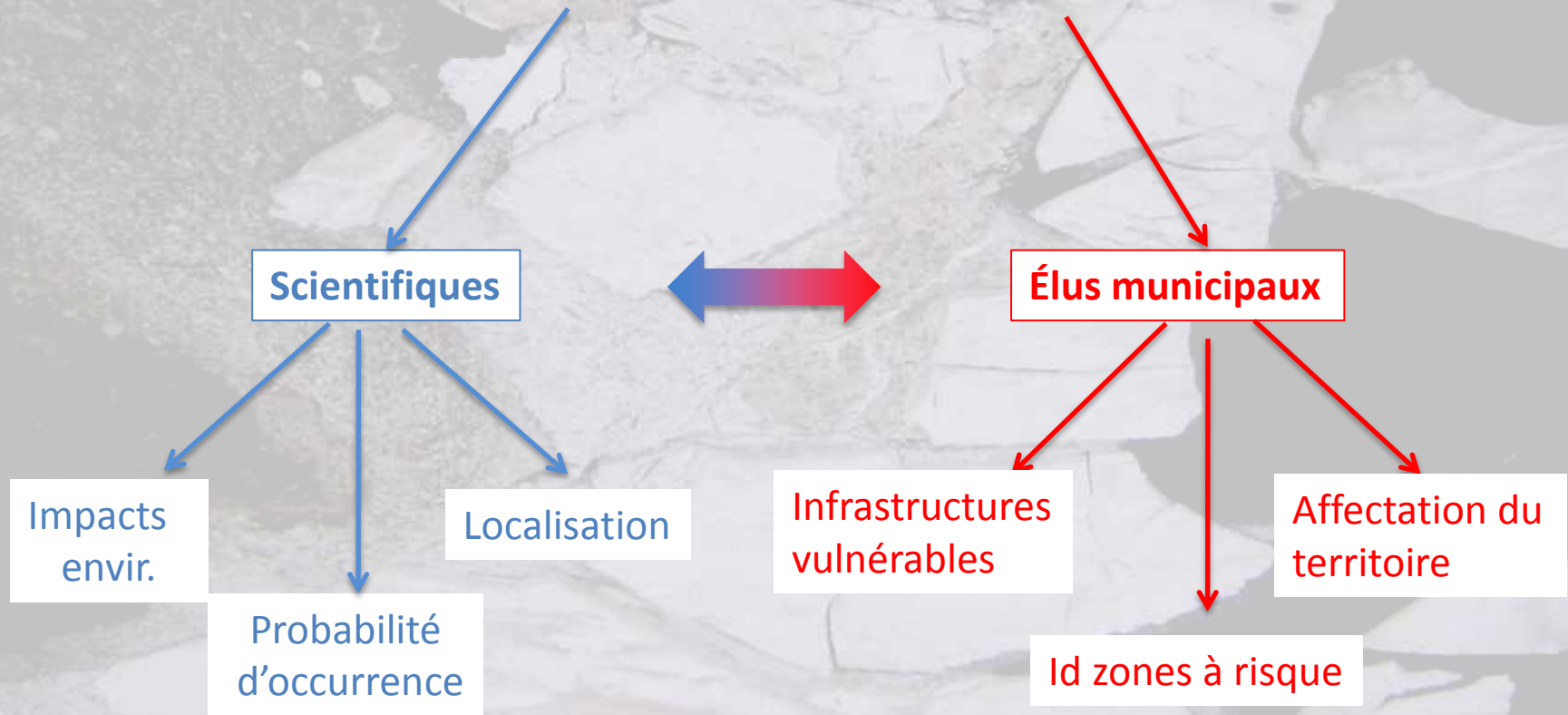
# Les embâcles sur la Mistassini

Un phénomène *inévitable*...,  
...mais dont le risque est *gérable*!

Gestion du risque = optimale si elle est appuyée  
par de la *connaissance scientifique*

# Risque d'inondation par embâcle

Risque = aléa \* vulnérabilité



# Objectif principal du projet

Acquérir des **connaissances scientifiques de base** sur les embâcles de glace, de manière à permettre une meilleure gestion du risque associée aux embâcles

# Objectifs de recherche

## Objectif 1

Où les embâcles se produisent-ils?

## Objectif 2

Quand les embâcles se produisent-ils?

# Objectifs de recherche

Objectif 1

Où à les embâcles se produisent-ils?

Tronçon fluvial

Morphologie

Infrastructures

Facteurs aggravants

Embâcles

Prédiction spatiale des embâcles

Dislocation  
mécanique

Disponibilité de la  
glace

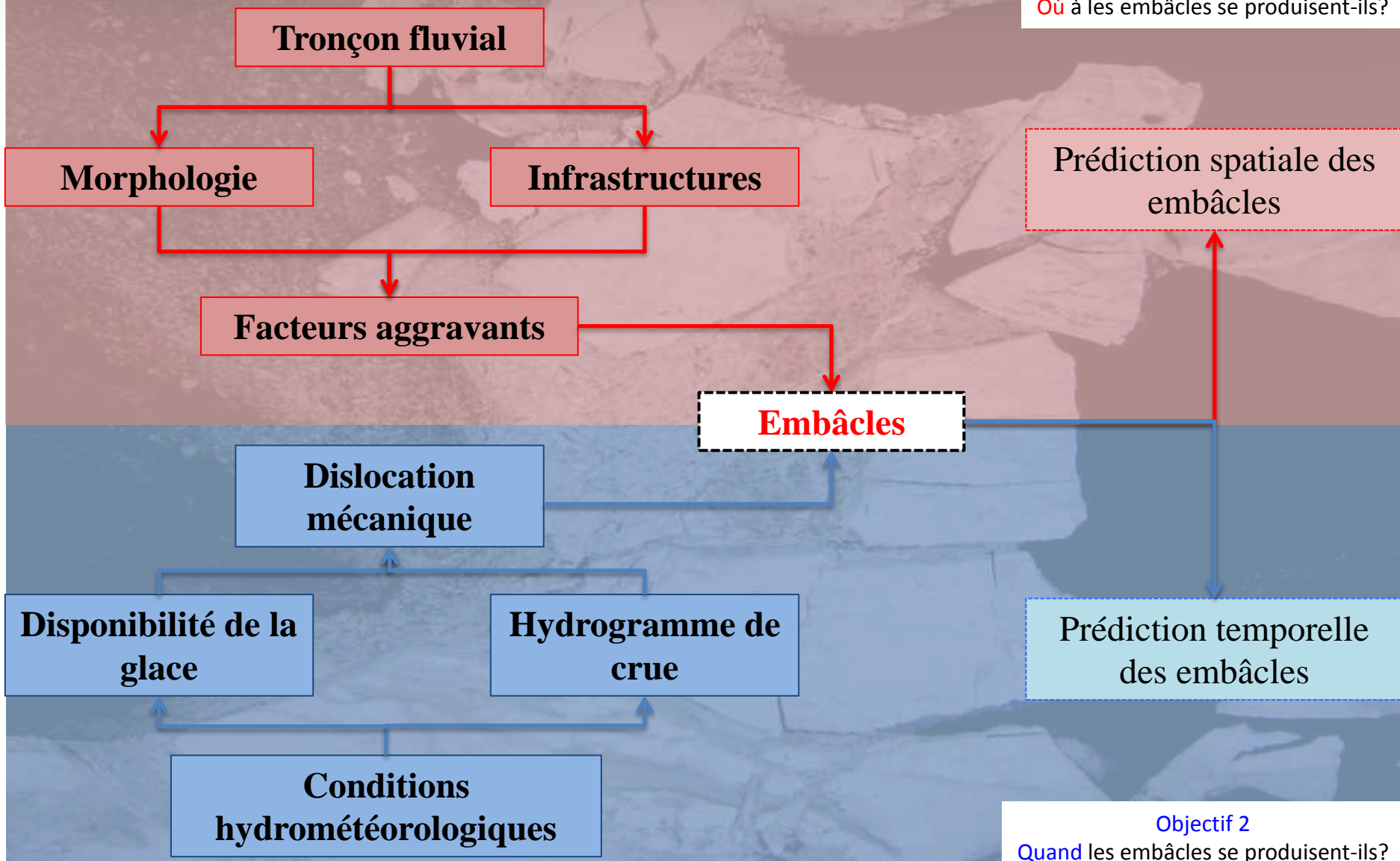
Hydrogramme de  
crue

Prédiction temporelle  
des embâcles

Conditions  
hydrométéorologiques

Objectif 2

Quand les embâcles se produisent-ils?



# Obstacles à l'avancement de la connaissance

- **Aucune donnée sur les variations spatiales et temporelles** associées aux embâcles, et permettant de:
  - 1) **localiser** les embâcles récents et anciens
  - 2) connaître les variations dans **la fréquence et l'intensité** de ces événements
  - 3) connaître les **conditions hydrométéorologiques** associées au déclenchement des événements
  - 4) décrire et localiser **l'impact environnemental** associé aux événements
  - 5) évaluer le **risque d'inondation** par embâcle



# L'approche dendrochronologique

- L'approche dendrochronologique permet **d'utiliser les arbres comme « témoins du passé »**



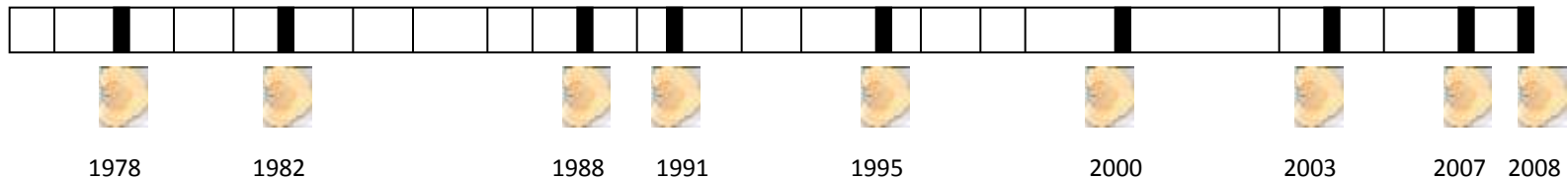
- Les dommages faits aux arbres (cicatrices) lors des crues par embâcles peuvent être datés avec les **cernes de croissance**



- Cette technique permet de **dater** et de **spatialiser** les événements d'embâcles passés

# Dates, fréquence et intensité des embâcles

Reconstitués indirectement par dendrochronologie



**Chronologie:** 1978, 1982, 1988, 1991, 1995, 2000, 2003, 2007, 2008

**Fréquence** = Nb événements / période

$$= 9 \text{ ans} / (2008 - 1975) = 0,27 \text{ événements an}^{-1}$$

$$= 0.27 = 1 \text{ événement chaque } 3 \text{ ans}$$

**Intensité** = Hauteur des événements

# L'approche géomorphologique

Permet de définir une **typologie** des types de berges

Rend possible l'**interprétation des processus** qui ont contribué à façonner ces berges

Permet d'identifier et de spatialiser les berges qui sont associées à un **régime d'embâcle de forte intensité**.



## *Le projet Mistassini*



MRC de  
MARIA-CHAPDELAINE

La dynamique spatio-temporelle des embâcles de la rivière Mistassini à partir d'analyse hydroclimatiques et dendrochronologiques **par Annie Lagadec**

La signature morphologique et les facteurs de prédisposition aux embâcles sur la rivière Mistassini **par Stéphanie Morin**



**QUAND?**

Morin, 2012



**OÙ?**

MRC Maria-Chapdelaine, 2011

# Quand?

## Quelles sont les conditions hydro-climatiques?

### Problème

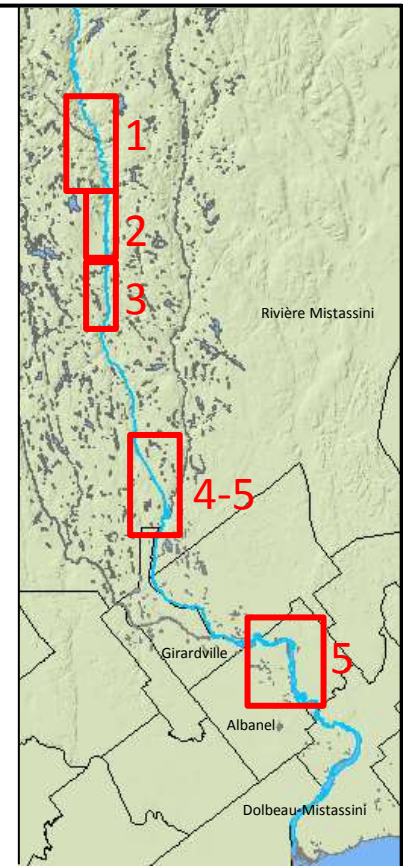
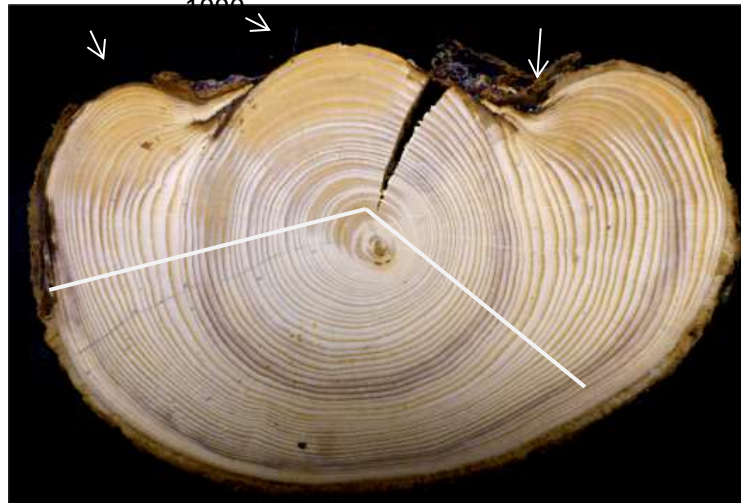
Absence de données sur la fréquence des événements

Manque de connaissances sur les causes hydro-climatiques

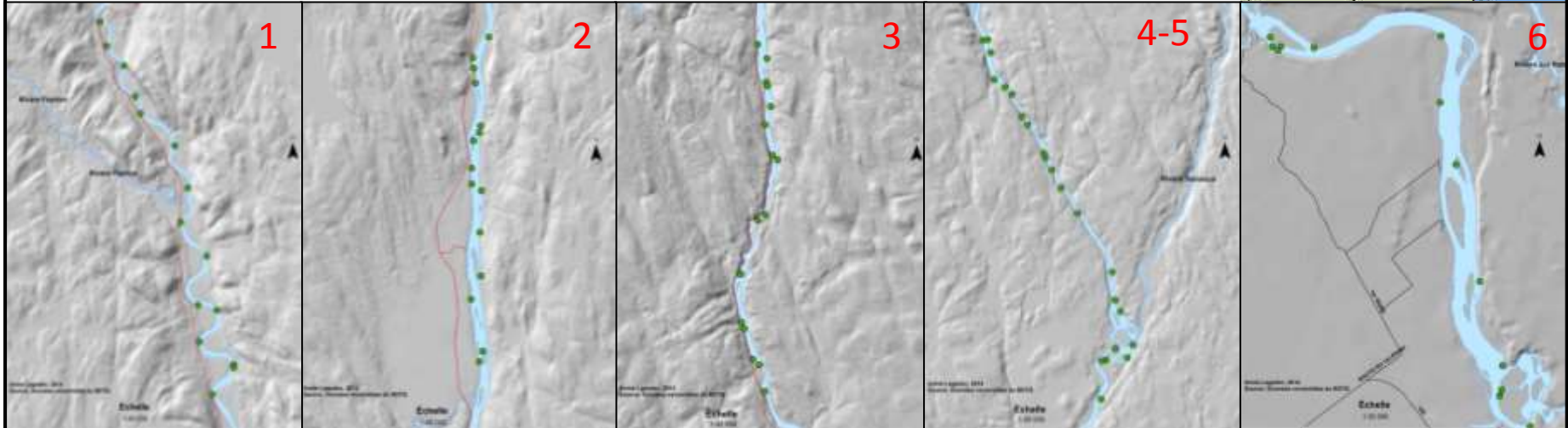


# Dendrochronologie

Arbres avec des cicatrices glacielles



106 échantillons récolté sur 84 arbres répartis sur 78 km



# Dendrochronologie

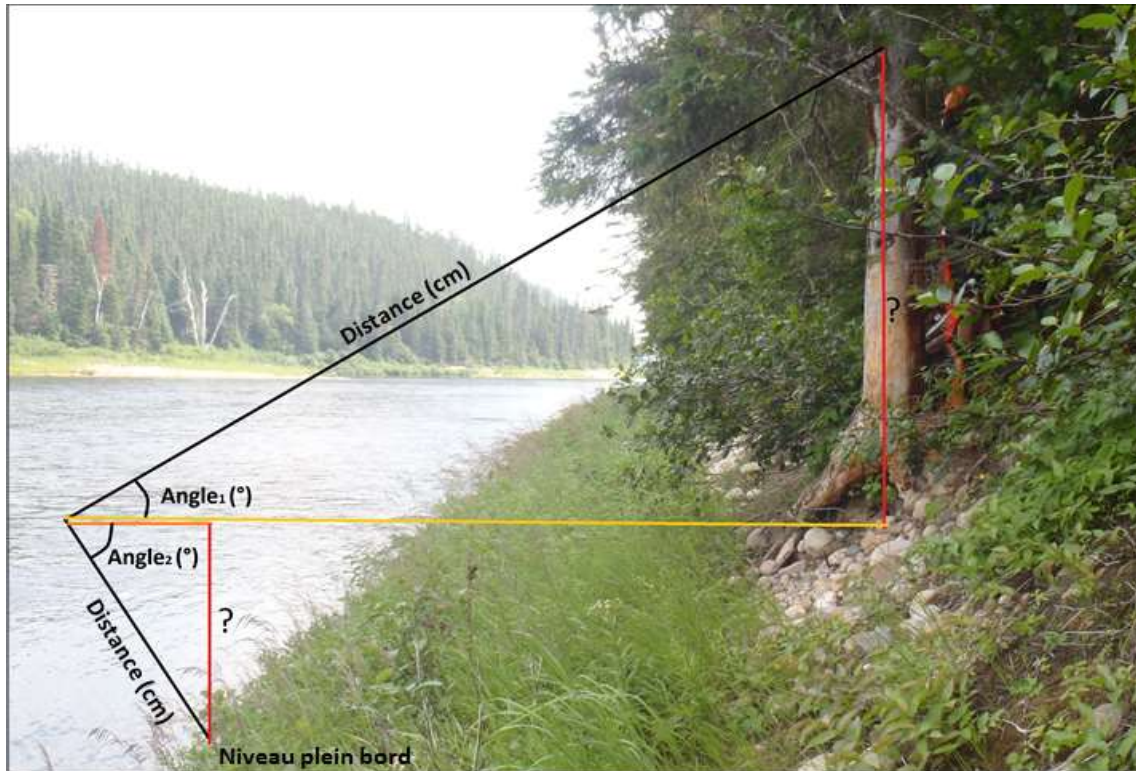
## Mesure :

Tous les échantillons:

- La distance de la base de l'arbre selon le niveau plein bord
- La hauteur de l'échantillon

Tous les arbres cicatrisés par l'embâcle de 2011

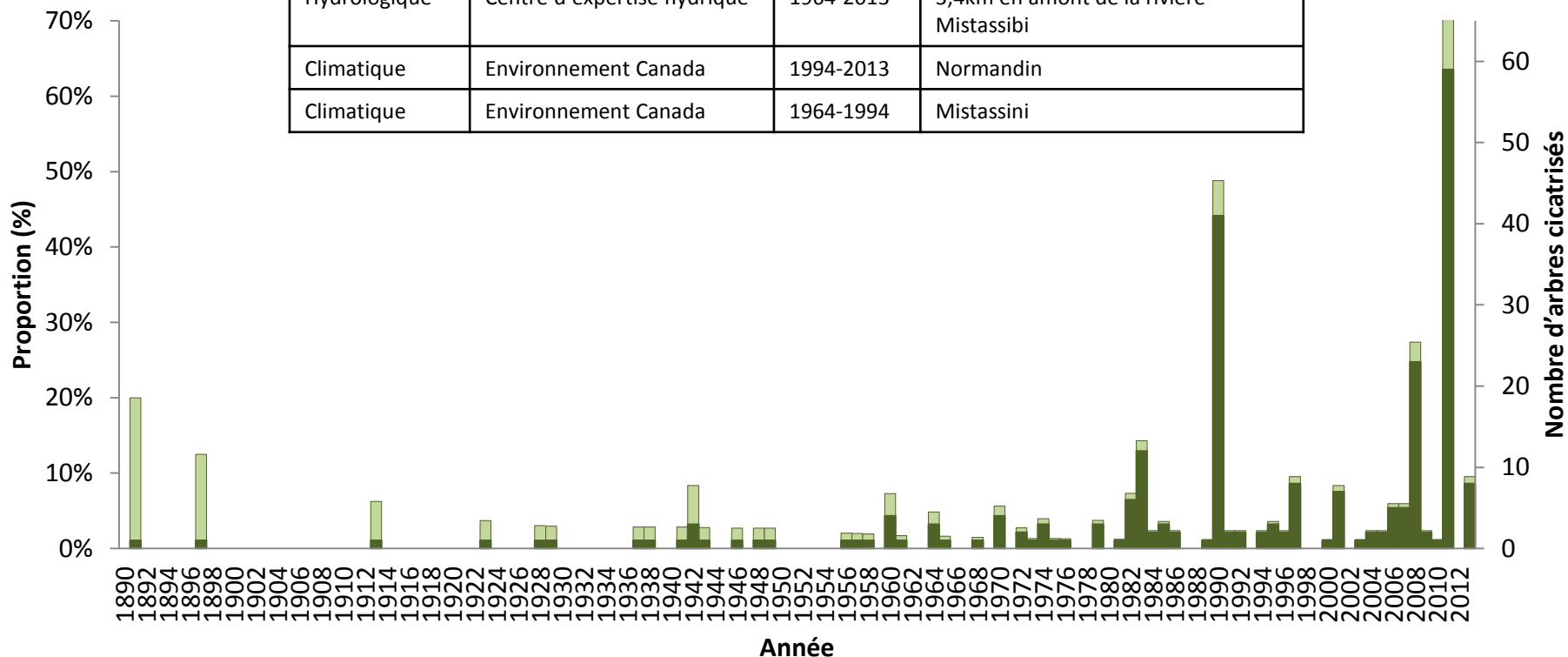
- 250 mètres pendant 50 mètres
- La hauteur maximale des cicatrices
- La distance de l'arbre selon le niveau plein bord



# Proportion des arbres cicatrisés dans le BV

Les années d'embâcles sont couplées aux données hydrologiques et climatiques disponibles près de la rivière Mistassini

Catégorie	Source	période	Localisation
Hydrologique	Centre d'expertise hydrique	1964-2013	3,4km en amont de la rivière Mistassibi
Climatique	Environnement Canada	1994-2013	Normandin
Climatique	Environnement Canada	1964-1994	Mistassini



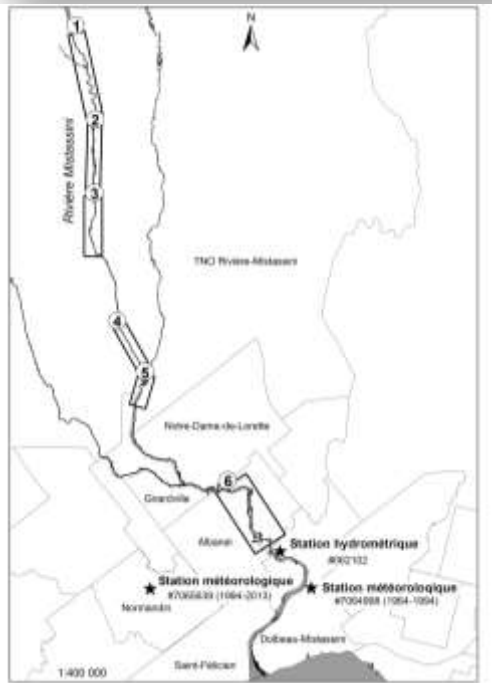


# Variabilité des enregistrements pour chaque site

Comptage des événements d'embâcles pour chaque site



Site	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Total	Fréq (n / an)		
1									■		■								■		■					■	■																								15	0.3		
2												■								■								■																								7	0.14	
3	■																																																			11	0.22	
4	■													■						■				■																													13	0.26
5														■						■																																	9	0.18
6	■																																																				9	0.18
Total	3	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	1	0	0	0	2	0	0	4	4	2	2	2	0	0	1	6	0	0	0	0	2	2	4	0	0	1	2	0	1	2	0	3	3	4	1	0	6	0	0			9	<b>0.21</b>



*L'analyse dendrochronologique nous renseigne sur le régime d'embâcle:*

- Fréquence moyenne de **0.21 (±0.05) événement / an**
- Années **exceptionnelles**: 1982-83, 1990, 1997, 2011
- Lien avec conditions hydro-climatiques:

Catégorie	Source	période	Localisation
Hydrologique	Centre d'expertise hydrique	1964-2013	3,4km en amont de la rivière Mistassibi
Climatique	Environnement Canada	1994-2013	Normandin
Climatique	Environnement Canada	1964-1994	Mistassini

# Deux scénarios menant à la formation d'embâcles

Tous les événements

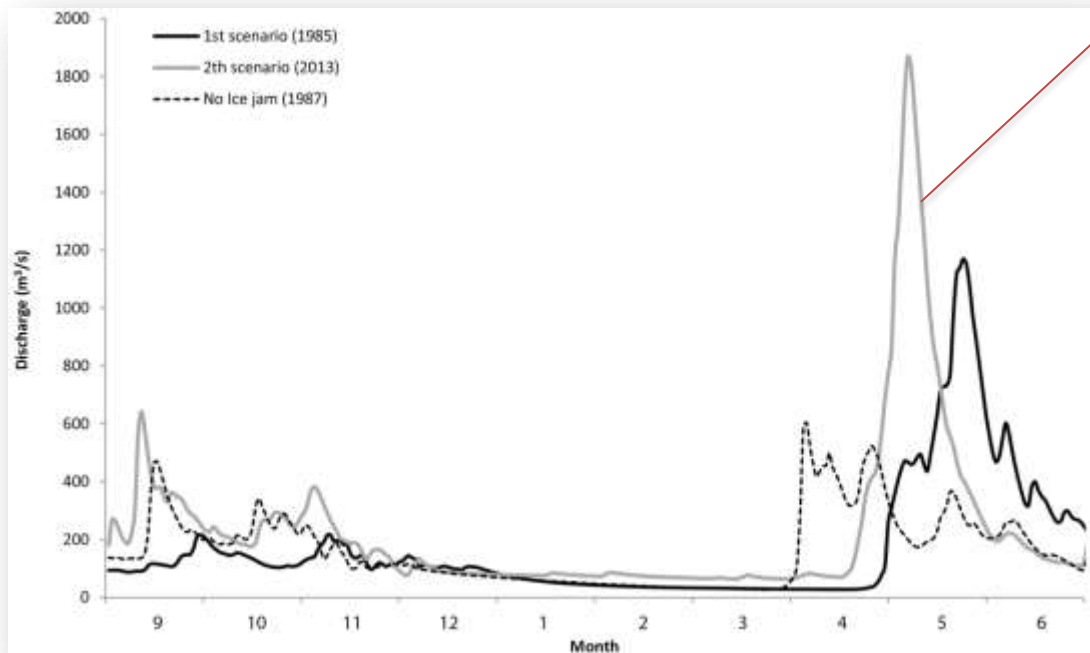
Absence	Presence
20	22

Contrôlés par les conditions de

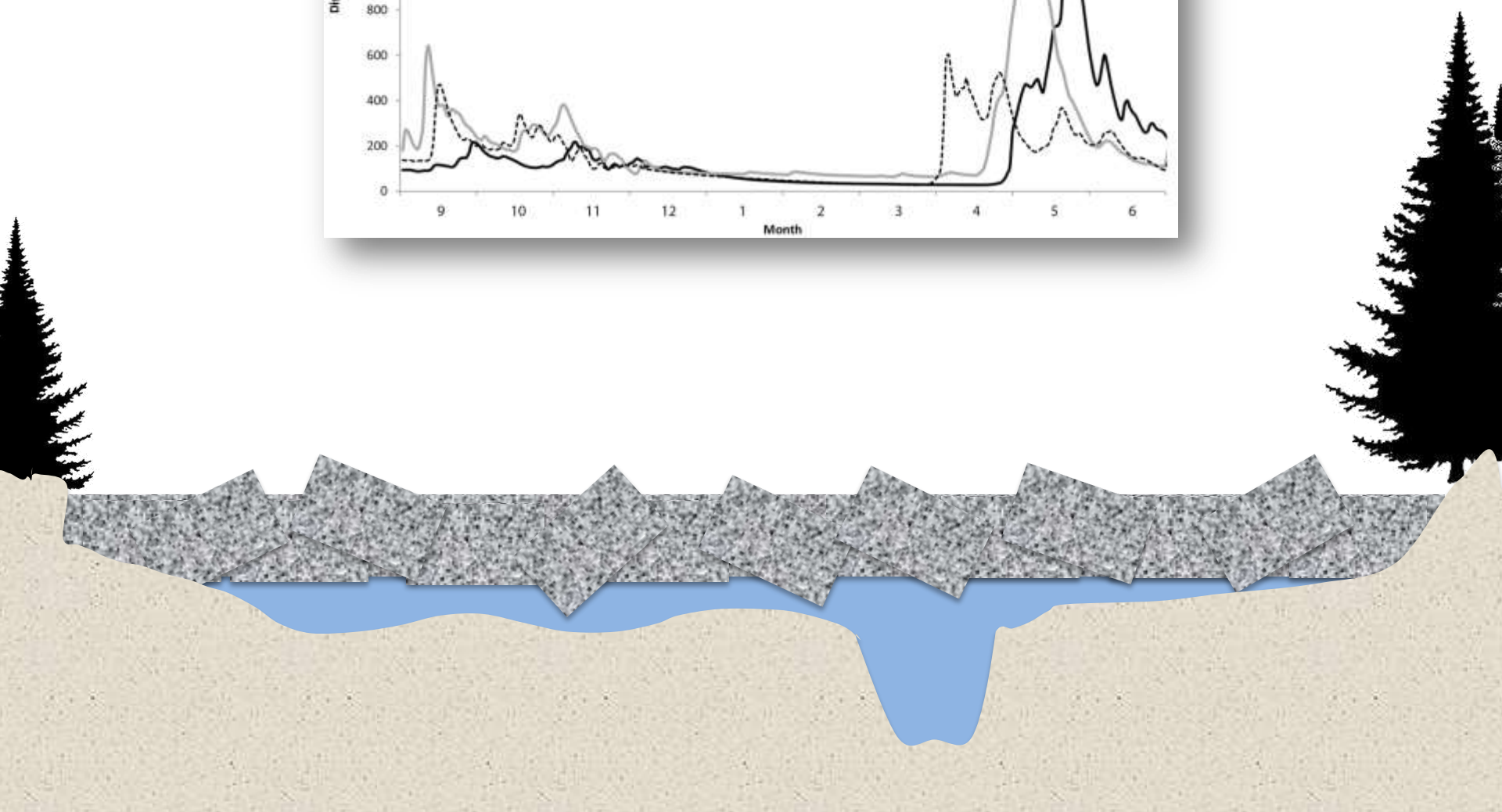
**CRUE**

Contrôlés par les conditions de

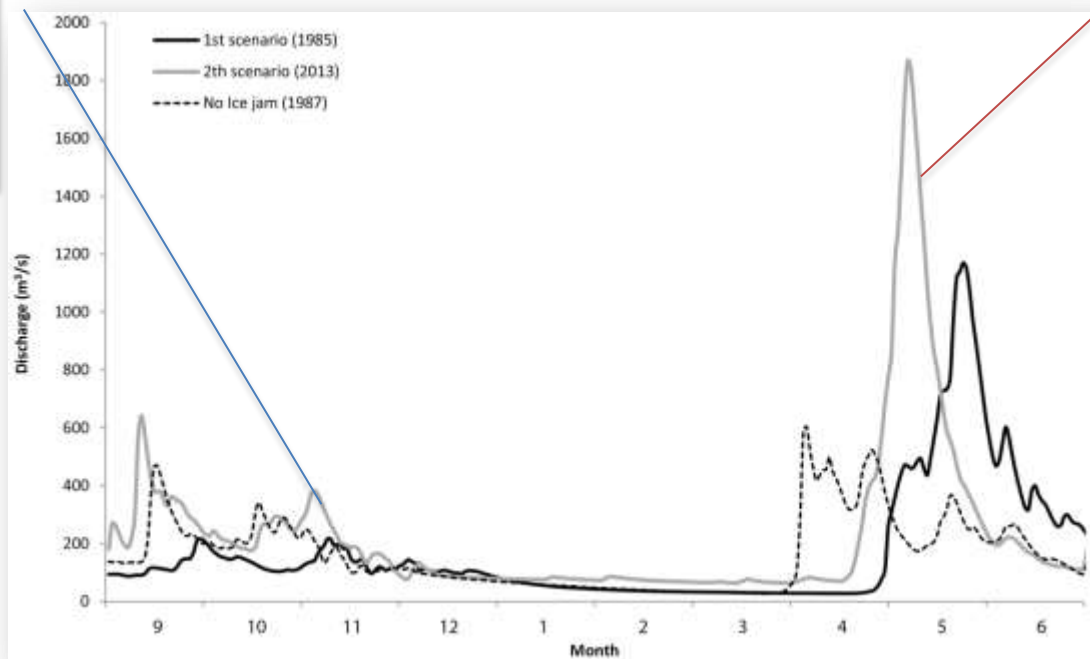
**GLACE**



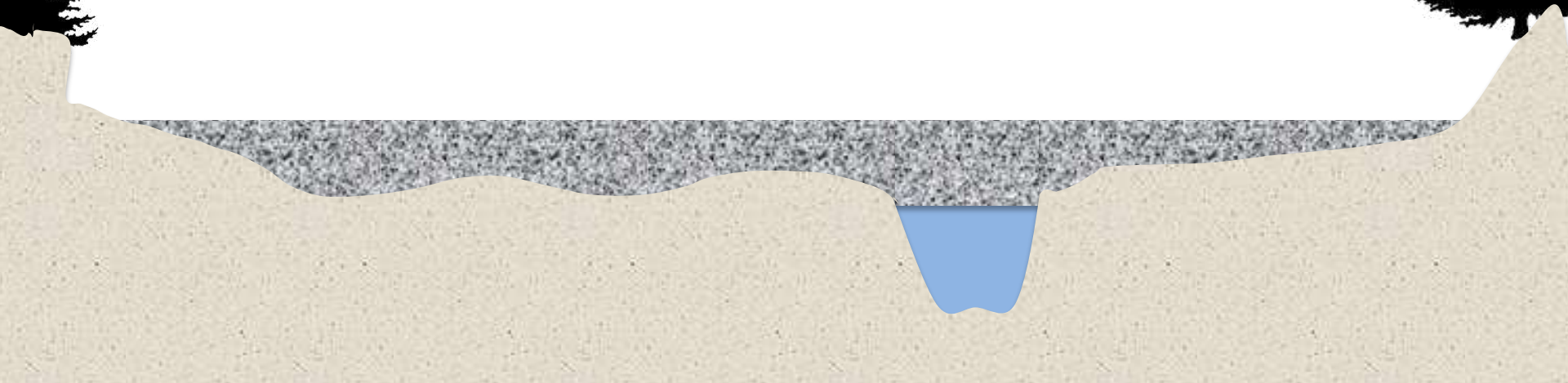
Contrôlés par les conditions de **CRUE**



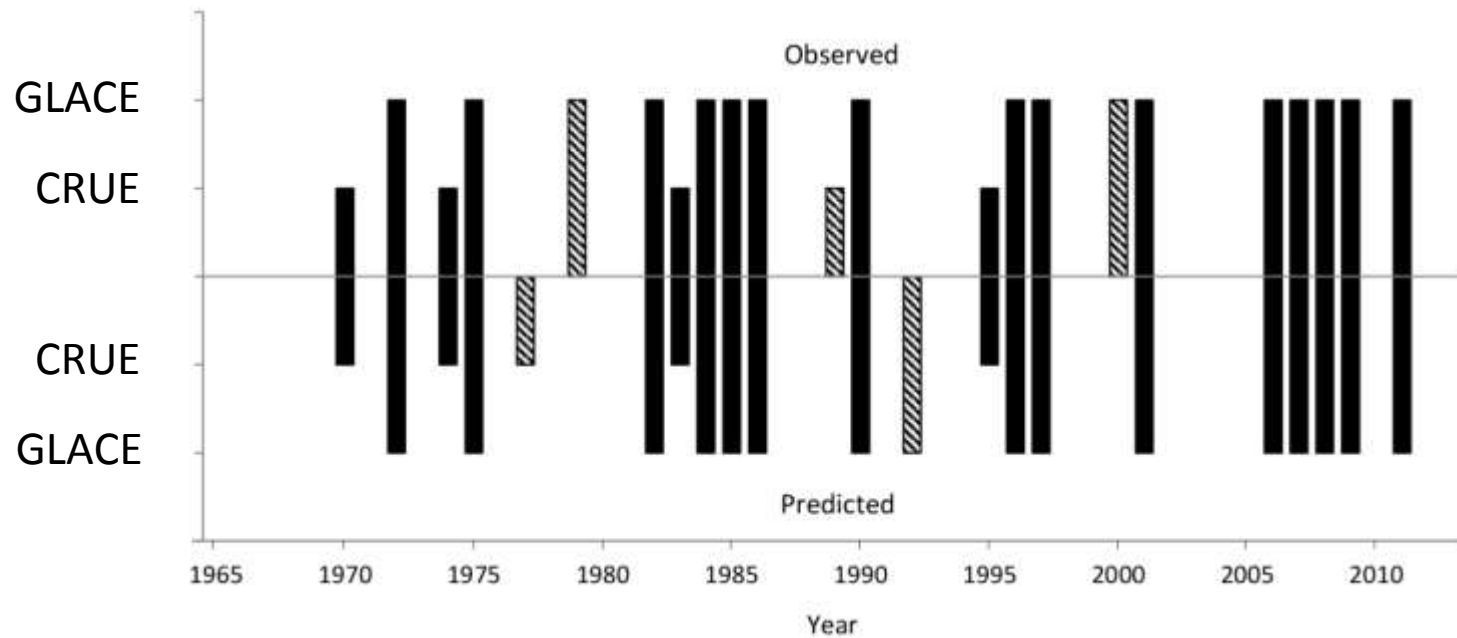
Contrôlés par les  
conditions de  
**GLACE**



Contrôlés par les  
conditions de  
**CRUE**



# SUCCÈS DE PRÉDICTION



88% DES ANNÉES D'EMBÂCLES SONT BIEN PRÉDITES  
(NOUS AVONS RAISON ~9 FOIS SUR 10)

# Que retenir de ce travail de modélisation?

- Sur la Mistassini, **le débit d'automne** est une forme de sentinelle des processus à venir
- Lorsque les débits sont faibles, le risque d'embâcle au printemps suivant est accru
- Très grande valeur pour la gestion du risque.
- **Problème:** alors qu'on sait reconnaître les conditions hydro-climatiques associées aux embâcles, ce modèle ne nous dit toujours pas « OÙ » ces embâcles surviendront

# Où?

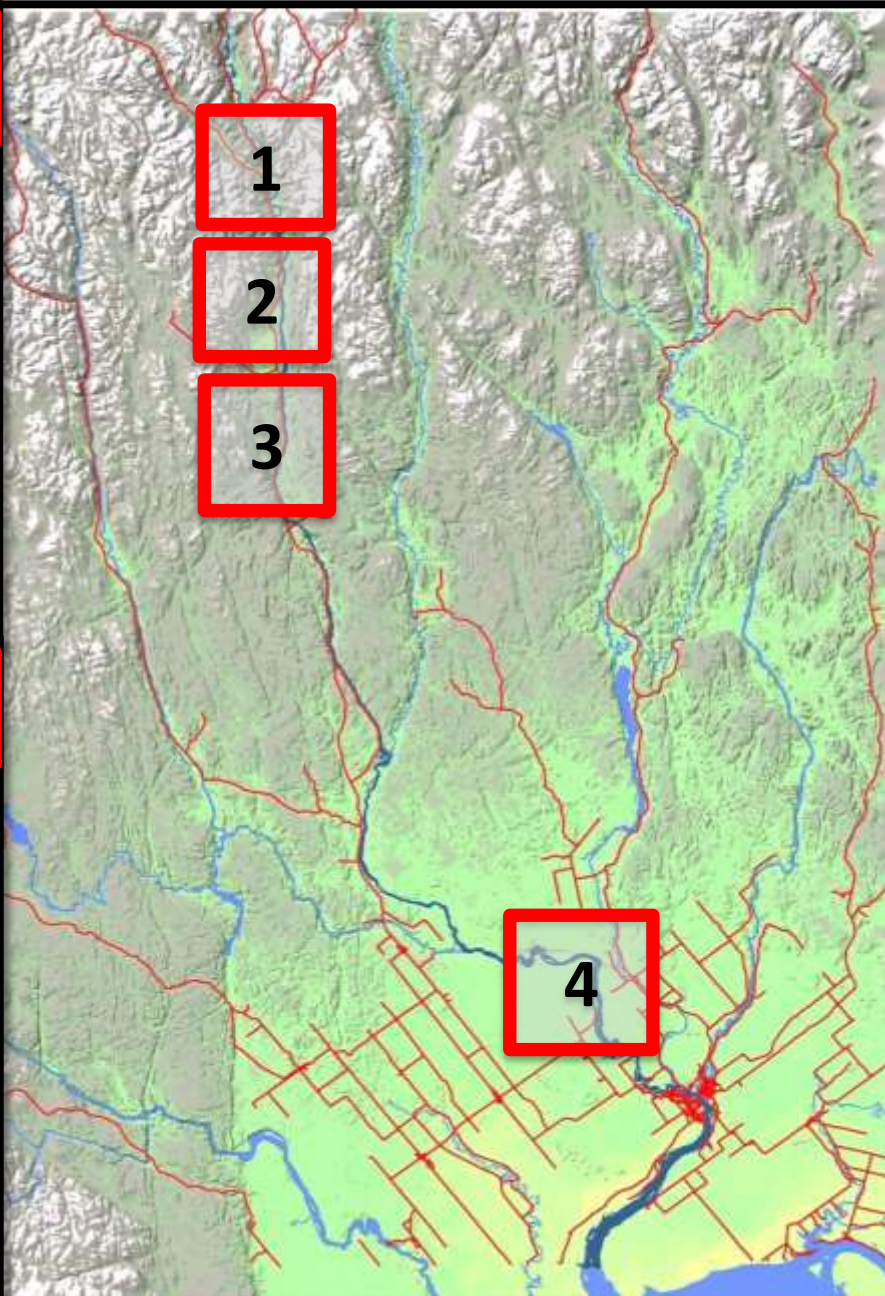
## Quel est le contexte spatial?

### Problème

- Absence de données sur la répartition spatiale des embâcles
- Méconnaissance des causes géomorphologiques aggravant ce phénomène
- Méconnaissance des impacts géo-écologiques associés aux embâcles

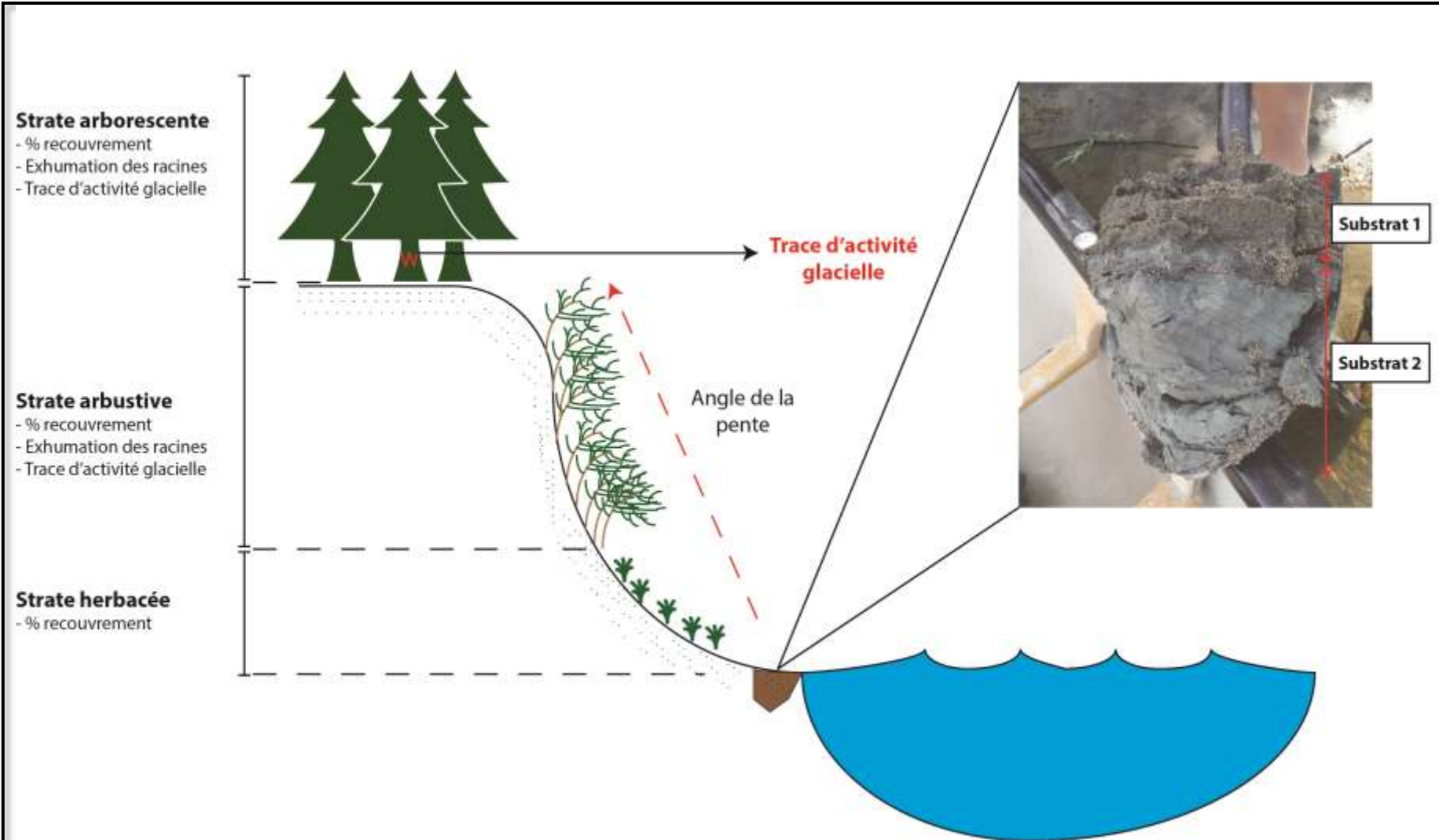


# Terrain et sites d'étude

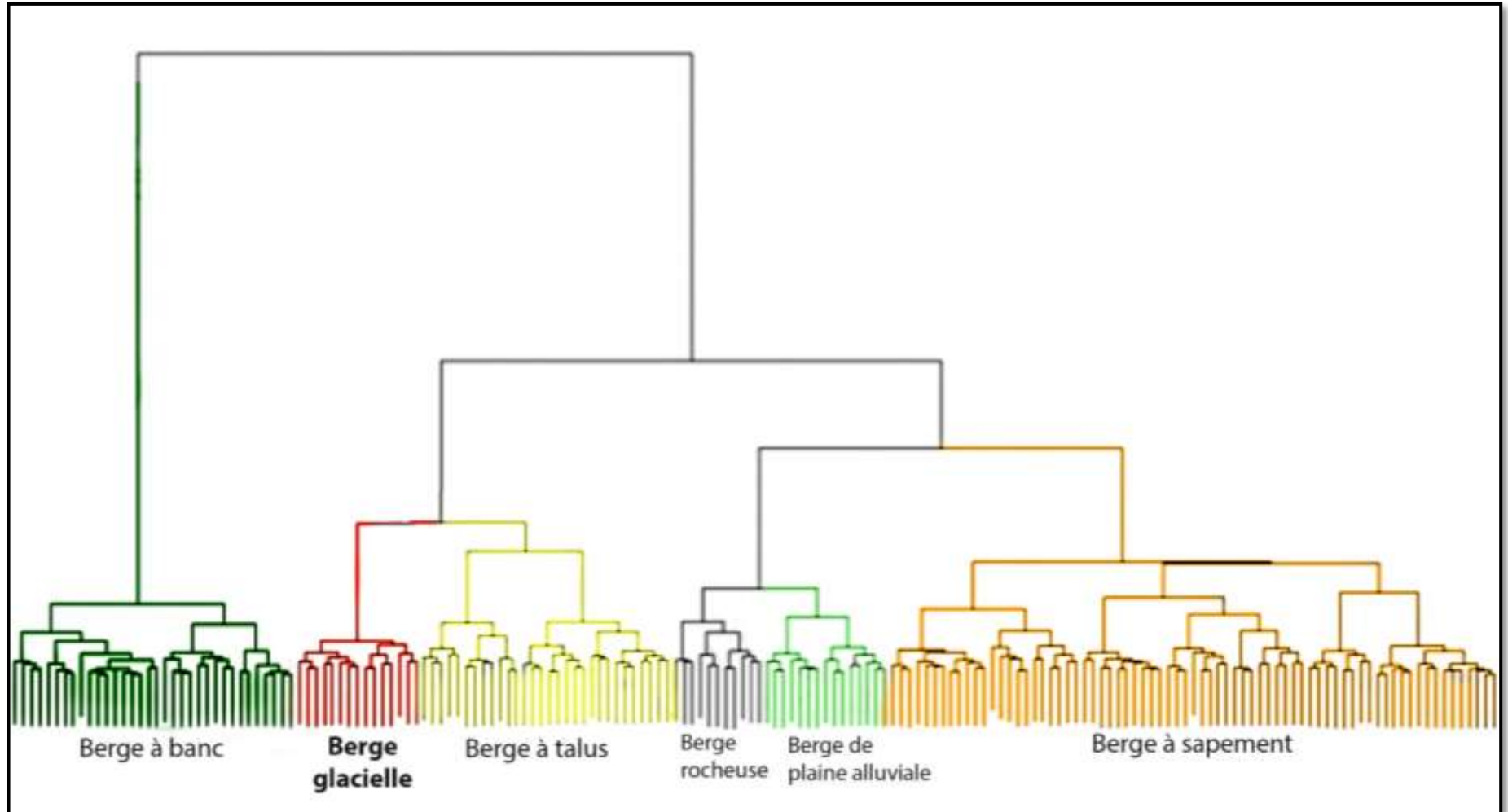




# Méthode de caractérisation des berges

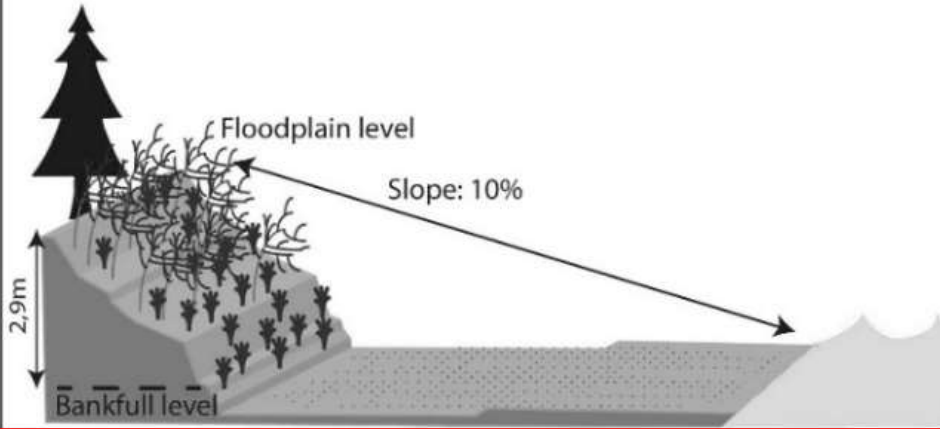


# Analyse de groupement des types de berge selon leurs caractéristiques morphologiques



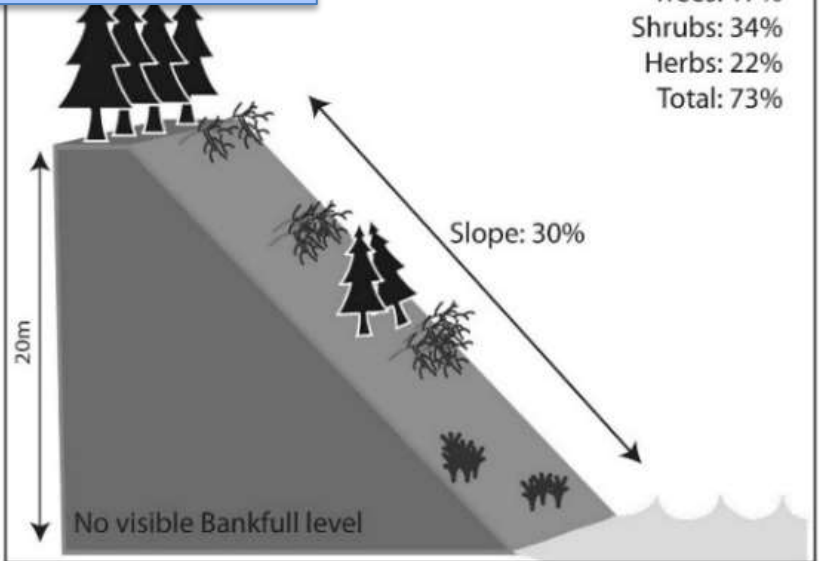
**\*Variables utilisées:** Inclinaison, %arbres, %arbustes, %herbacées, Glaciel, Typsubst2+Epaisseur2  
178 berges caractérisées sur 42 km de rivière

## Berge d'accumulation



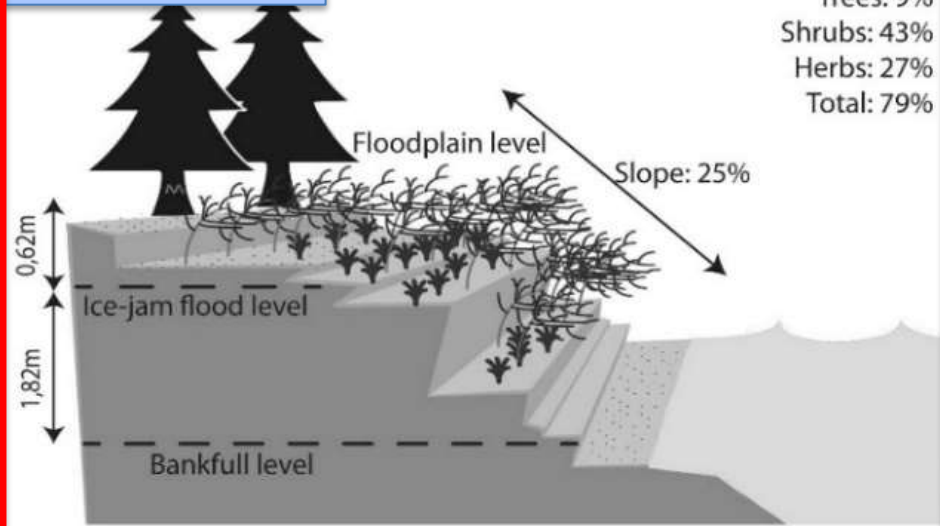
Vegetation cover  
Trees: 3%  
Shrubs: 70%  
Herbs: 23%  
Total: 96%

## Berge en talus



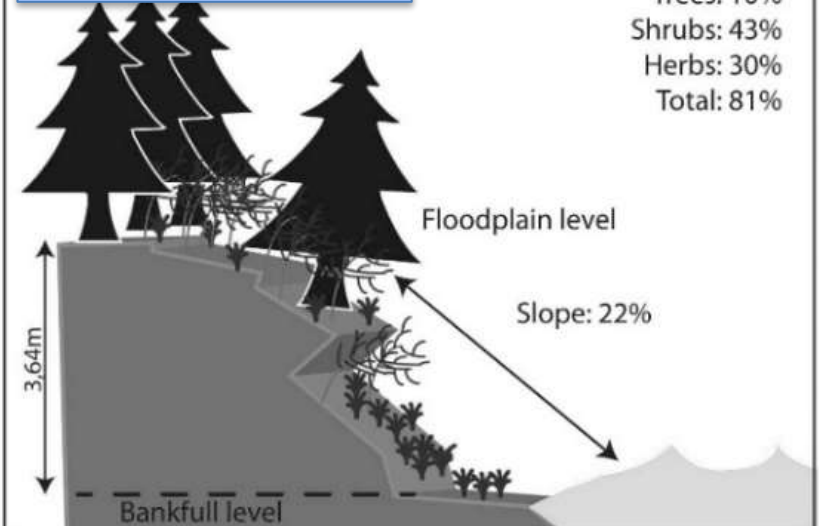
Vegetation cover  
Trees: 17%  
Shrubs: 34%  
Herbs: 22%  
Total: 73%

## Berge glacielle



Vegetation cover  
Trees: 9%  
Shrubs: 43%  
Herbs: 27%  
Total: 79%

## Berge à sapement



Vegetation cover  
Trees: 10%  
Shrubs: 43%  
Herbs: 30%  
Total: 81%

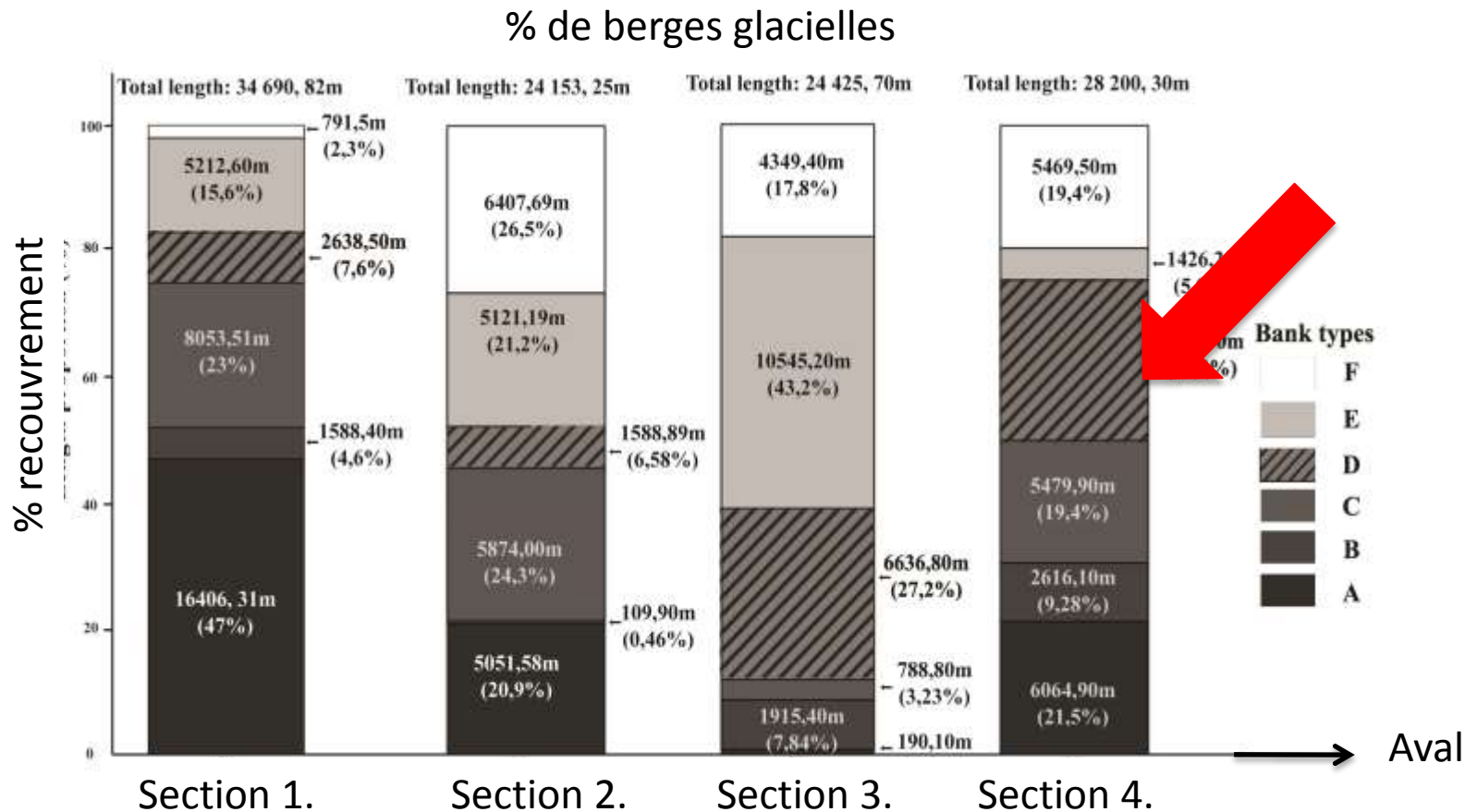
Berge glacielle à deux niveaux

Terrasse glacielle

Niveau plein Bord



Plus on va vers l'aval, plus les berges  
glacielles occupent une grande  
proportion des sections

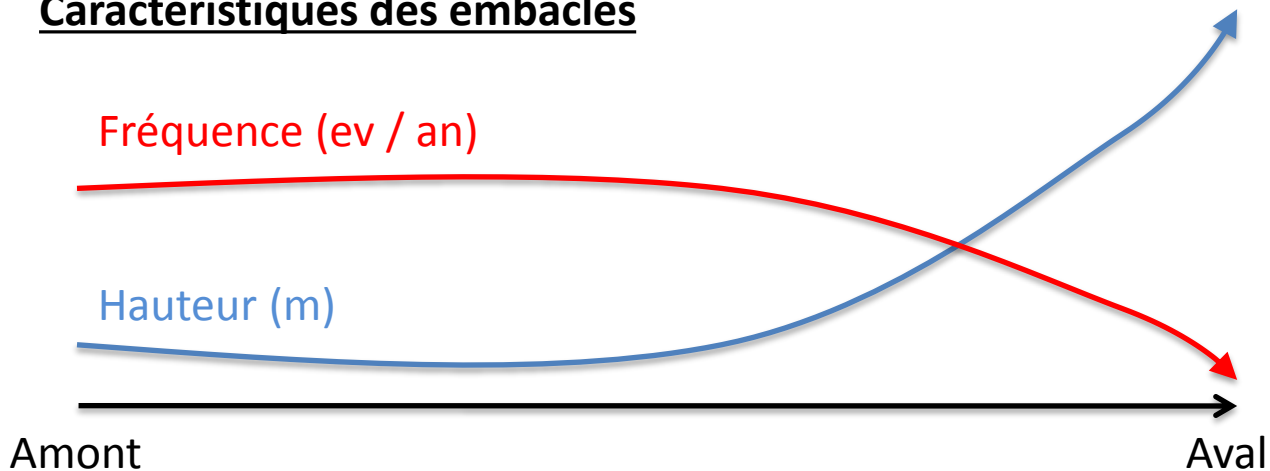


# Lien avec régime d'embâcles?

Croisement avec données dendrochronologiques



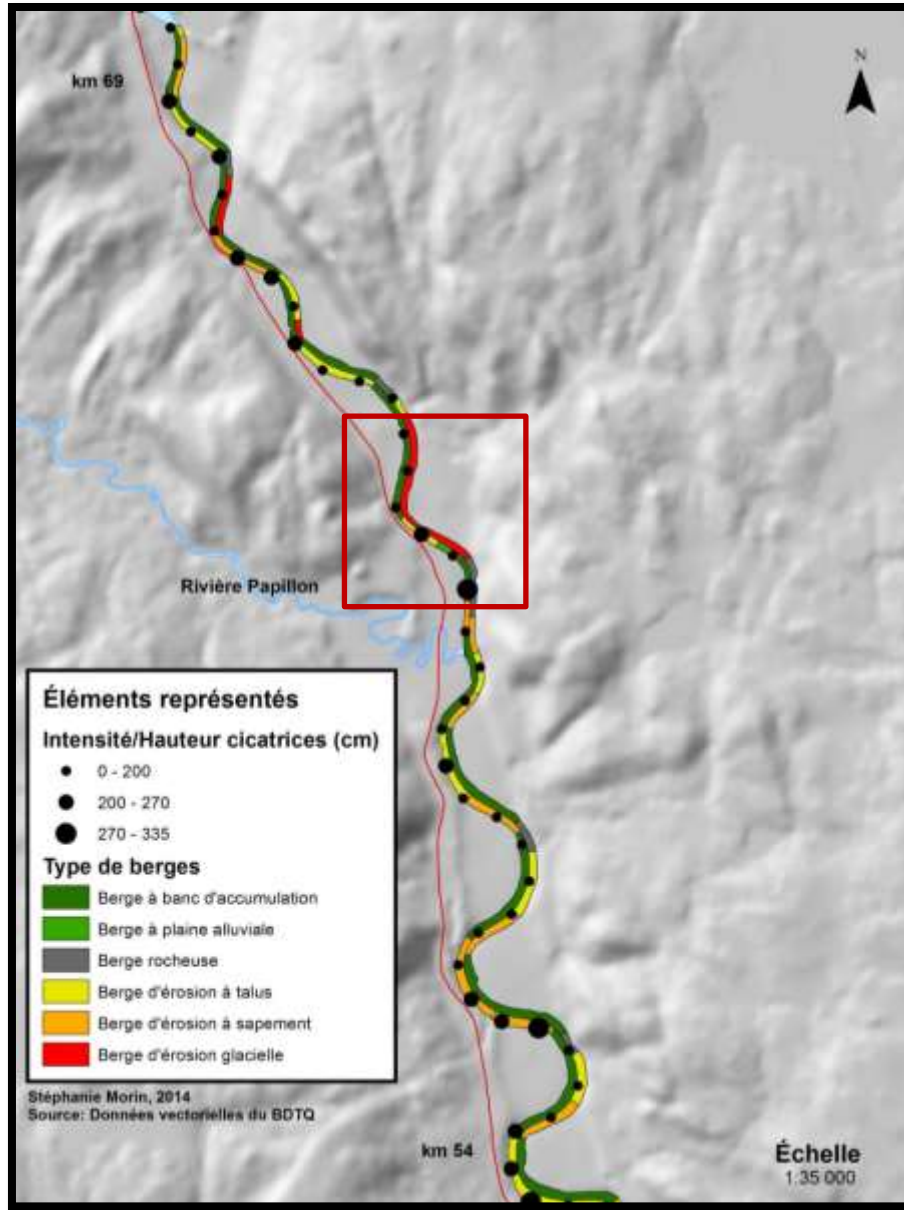
## Caractéristiques des embâcles



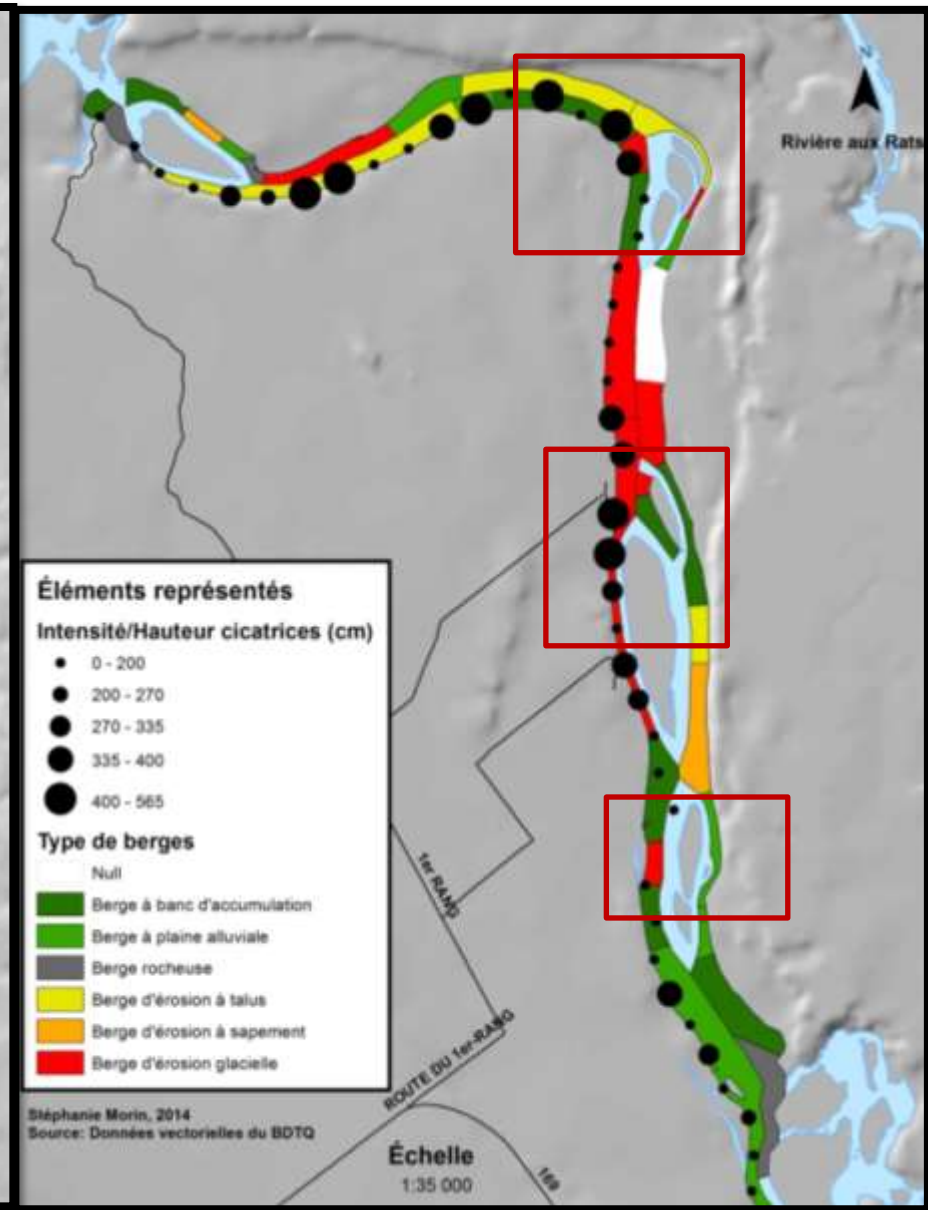


# Répartition de la hauteur des cicatrices

Aval (S1)



Aval (S4)





Pourquoi les événements sont-ils plus intenses à l'aval?

**Hypothèse 1)**

Seuils producteurs de frasil: génèrent des hauteurs de glace plus importantes à l'aval

# Seuils producteurs de Frasil

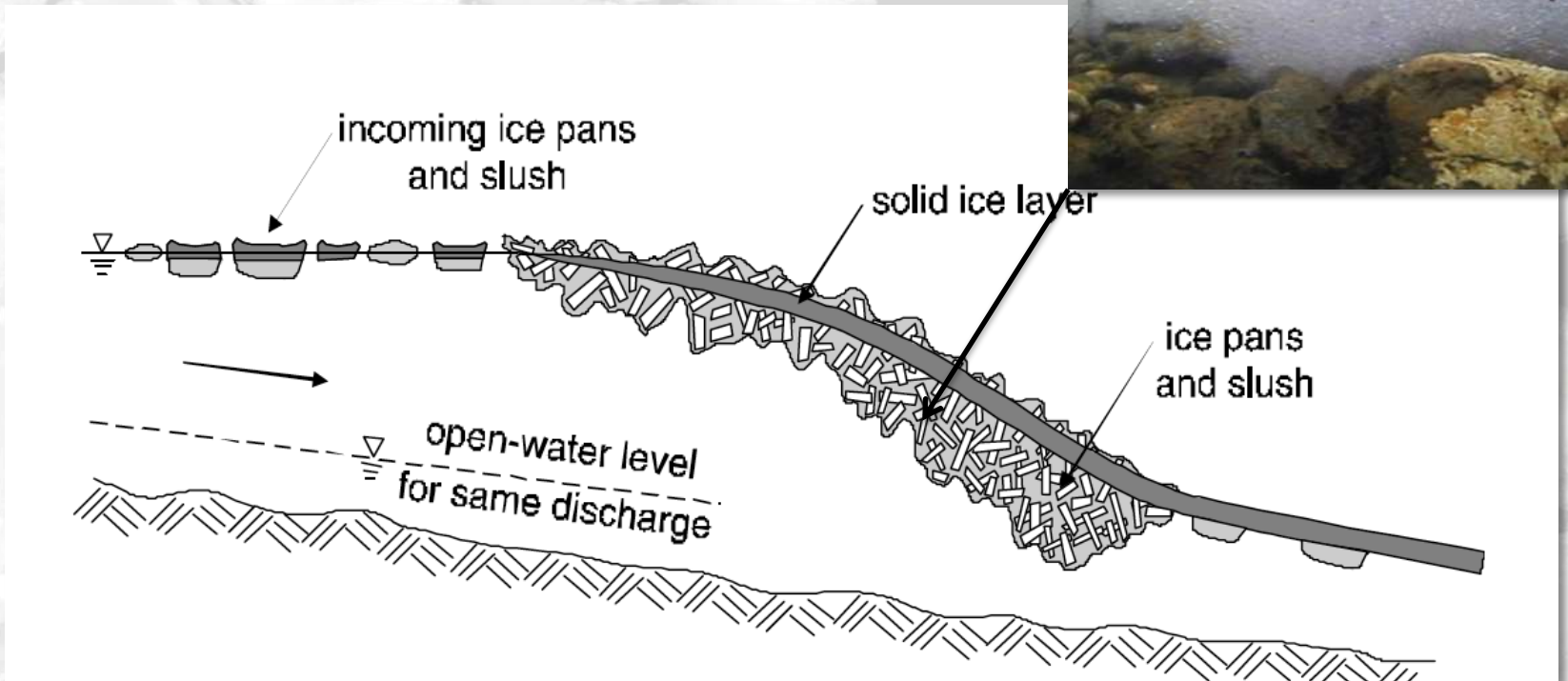


Formation de **glace de frasil**, très visqueuse et cohésive



# Formation d'un couvert de glace suspendu

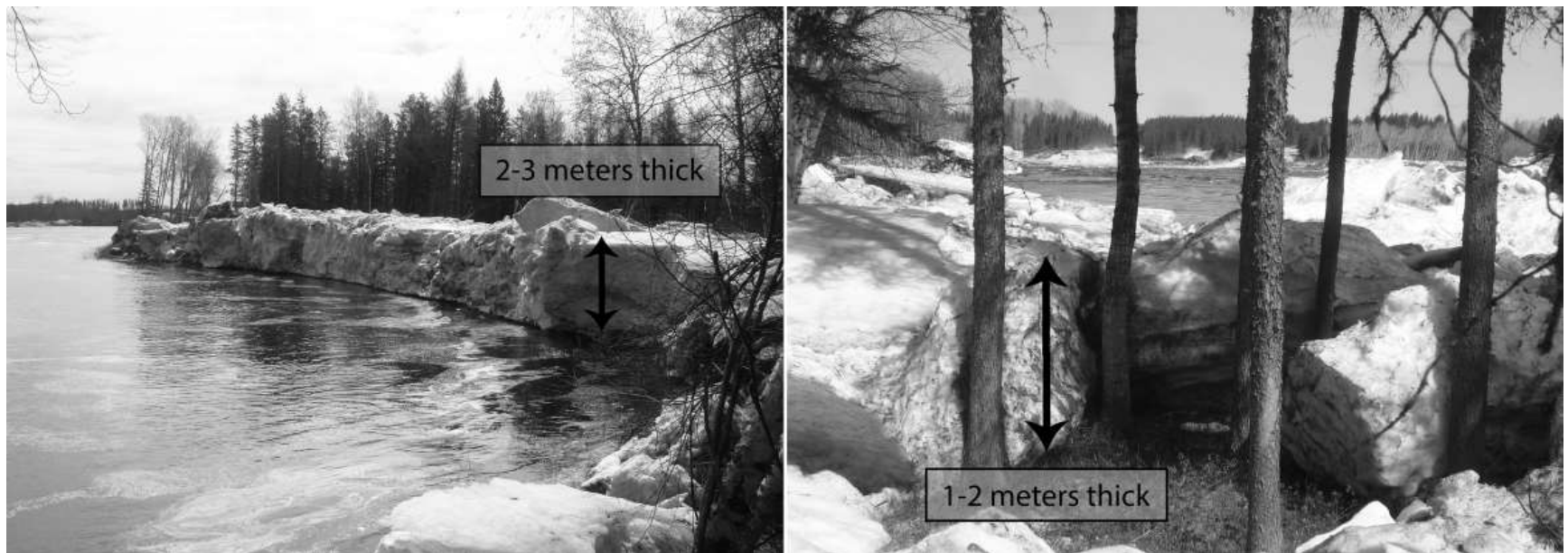
Formation d'un couvert de glace suspendu en aval des seuils importants



# Pourquoi les événements sont-ils plus intenses à l'aval?

## Hypothèse 1)

Seuils producteurs de frasil: génèrent des hauteurs de glace plus importantes à l'aval



# Pourquoi les événements sont-ils plus intenses à l'aval?

## **Hypothèse 1)**

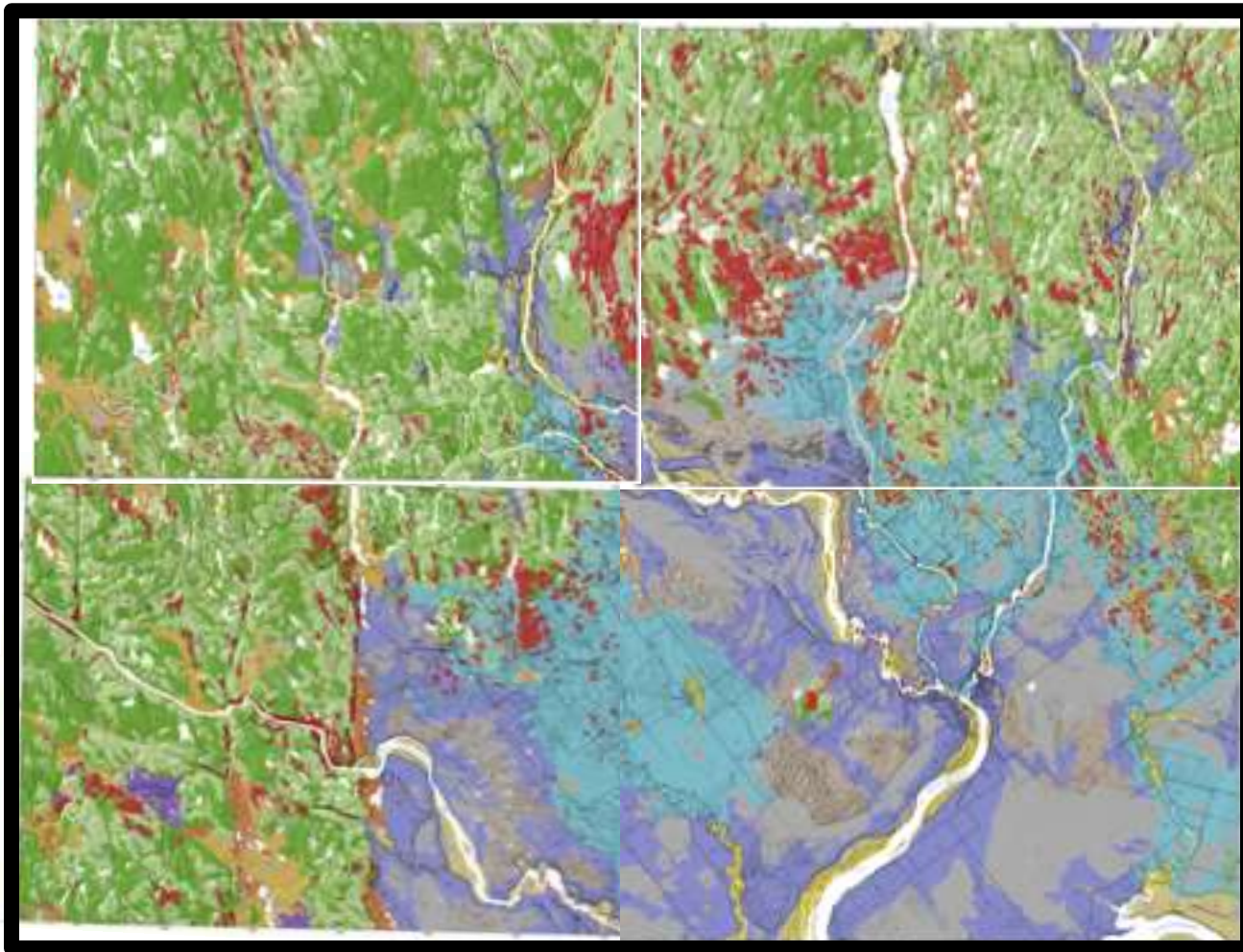
Seuils producteurs de frasil: génèrent des hauteurs de glace plus importantes à l'aval

## **Hypothèse 2)**

Héritage Quaternaire, formation d'ilôts dans le secteur de la mer de LaFlamme

# La Mistassini, victime de l'héritage Quaternaire??

Cartographie dépôt meubles, secteur Mistassini



# Résumé des principaux résultats et avancées scientifiques

- La localisation et le déclenchement des embâcles sur la Mistassini **ne sont pas des phénomènes qui surviennent au hasard**
  - **Déclenchement** associé à des conditions hydro-climatiques bien identifiables
    - Contrôle par la glace (eg. 2011, 2008, 1990)
    - Contrôle par la crue hâtive (eg. 2006, 1983, 1970)
  - **Localisation** contrainte par par différents facteurs d'aggravation liés à la morphologie de la rivière
    - Rétrécissement, rupture de pente, sinuosité marquée

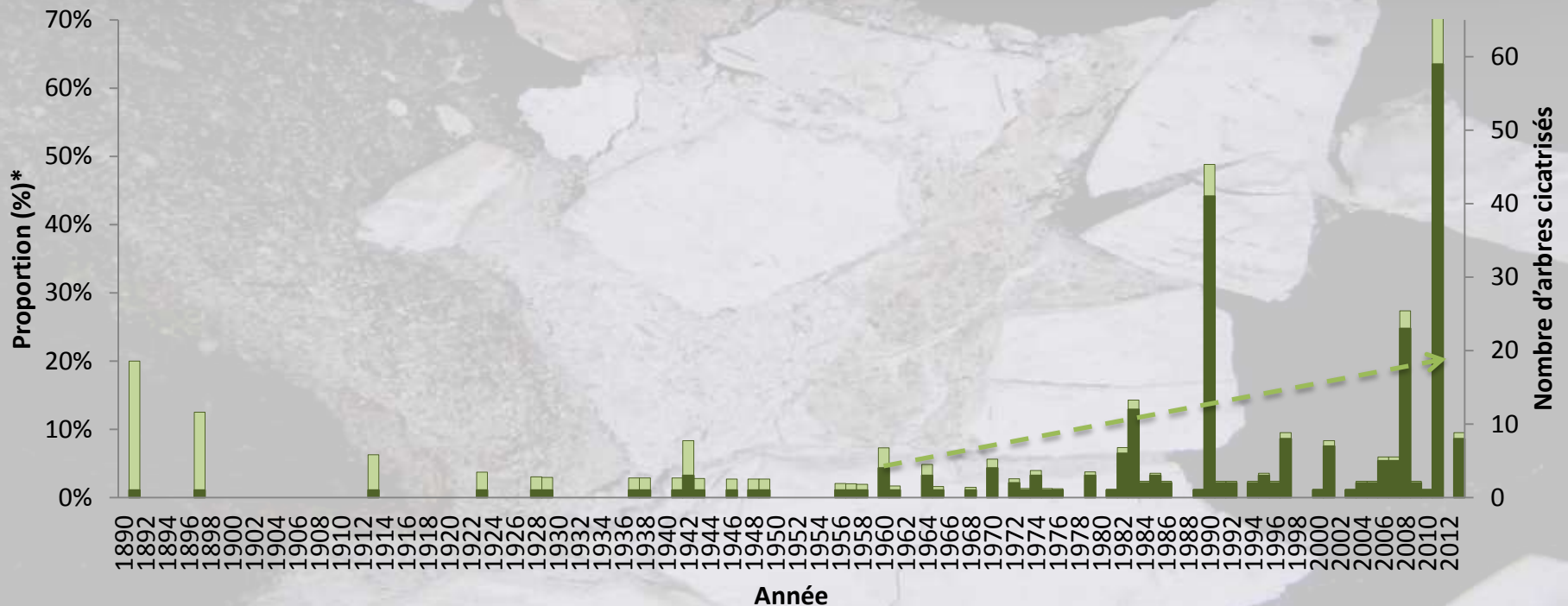
# Résumé des principaux résultats et avancées scientifiques

- Érosion récurrente et intense favorise l'apparition de « **berges glacielles** » permettant de spatialiser les sites les plus problématiques.
- Sur la Mistassini, plus les berges glacielles sont communes, plus les embâcles sont intenses.





# Changements climatiques?



Ces statistiques sont calculées sur la période historique, mais l'avenir nous réserve-t-il des surprises?

# Surveillance des embâcles et dispositif d'alerte?

## Connaissant

- les secteurs dans lesquels ils se produisent, s'aggravent...
- les conditions hydro-climatiques dans lesquelles les embâcles se forment...

Il serait opportun de réfléchir à un système (automatisé?) de veille, permettant de sonner l'alarme, et éventuellement de sauver des vies.

# Remerciements

- MRC Maria Chapdelaine
  - Jacques Potvin, François Potvin, Nathalie Laprise, et leur équipe
- Municipalité d'Albanel
- Aventuraid (Gilles Granal)
- Assistants de Terrain
  - Simon Williams, Pénélope Leclerc, Sarah Boivin, Mathieu Gratton

UQÀM



MARIA-CHAPDELAINE

