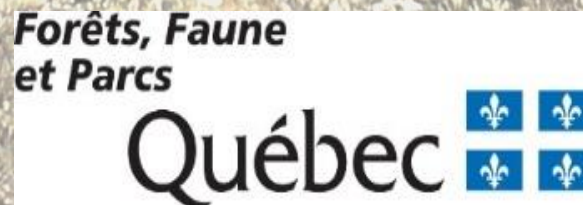


Détermination et analyse des vulnérabilités propres au milieux naturels du Nunavik : faits saillants et régions sensibles.

Michel Allard,
Emmanuel L'Hérault, Antoine Boisson, Sarah Aubé-Michaud et Denis Sarrazin
Centre d'études nordiques, Université Laval

Québec 1^{er} novembre 2016



Objectifs

Objectif du projet de recherche:

Fournir aux intervenants gouvernementaux, aux entreprises et aux organisations autochtones des connaissances de base essentielles en rapport avec la nature du terrain et les géorisques du milieu afin d'orienter la prise de décision pour le développement du territoire du Nunavik.

4 axes

- **Axe I. Documenter et recenser les aléas naturels au Nunavik**
- **Axe II. Améliorer les connaissances sur la distribution spatiale et les propriétés du pergélisol à l'échelle régionale**
- **Axe III. Classifier les côtes**
- **Axe IV. Comblé un vide dans le réseau instrumental de suivi climatique**

Les aléas naturels au Nunavik

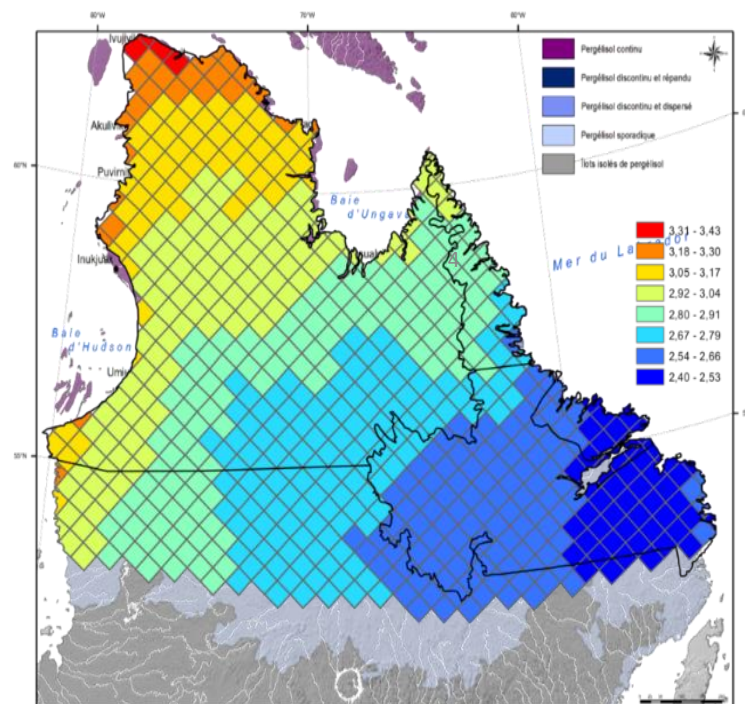
- Le territoire du Nunavik est soumis aux mêmes aléas naturels que le reste du Québec et davantage.
- Ces aléas naturels constituent des risques à prévoir pour la planification sécuritaire du développement, le maintien et l'entretien subséquent des infrastructures.



Les risques naturels et les changements climatiques

TMAA ↑ 2,7 à 3,4°C (MRCC: horizon 2050)

- Les projections suggèrent une augmentation marquée des températures de l'air sur l'ensemble du territoire.
- Modifications de plusieurs variables climatiques
- Susceptible d'augmenter l'amplitude et la fréquence des aléas naturels liés au climat.
 - Submersion côtière
 - Érosion côtière
 - Inondations
 - Fonte du pergélisol
 - Érosion rapide
 - Tempête de vents et blizzard
 - Feux de forêt
 - Glissements de terrains
 - Avalanches



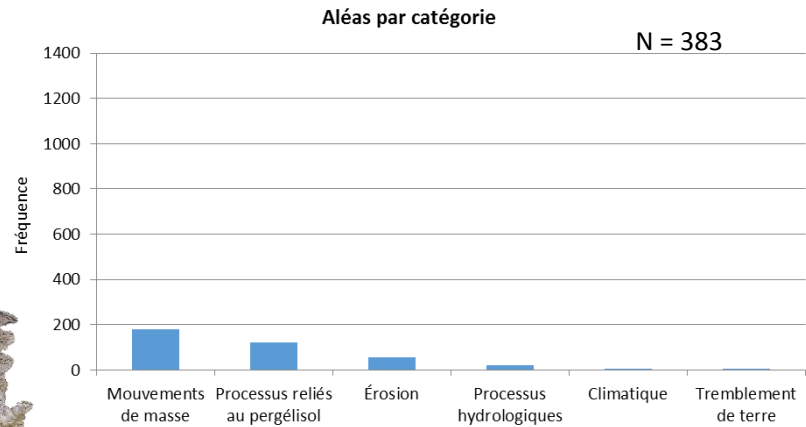
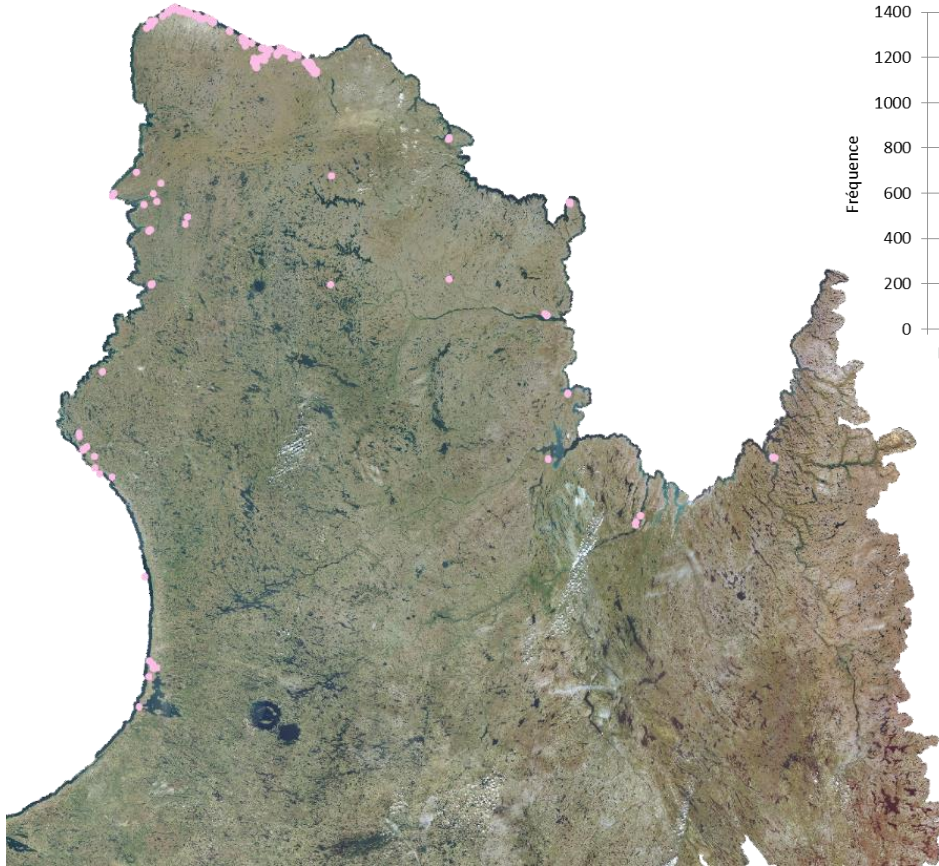
« Les changements climatiques auront de effets significatifs sur les niveaux d'eau extrêmes, particulièrement pour les villages sur la côte est de la baie d'Hudson » (Le Groupe-Conseil LaSalle, 2013)

↑Aléa + ↑Vulnérabilité = ↑↑Risque

Axe 1: Recensement et documentation des aléas

Enquête informelle

Résultats:



Le patron de distribution des aléas recensé est intimement lié aux pôles d'occupation du territoire et leurs aires d'influences (en partie???)

Ce patron de distribution relève davantage d'une limitation sur le plan méthodologique.

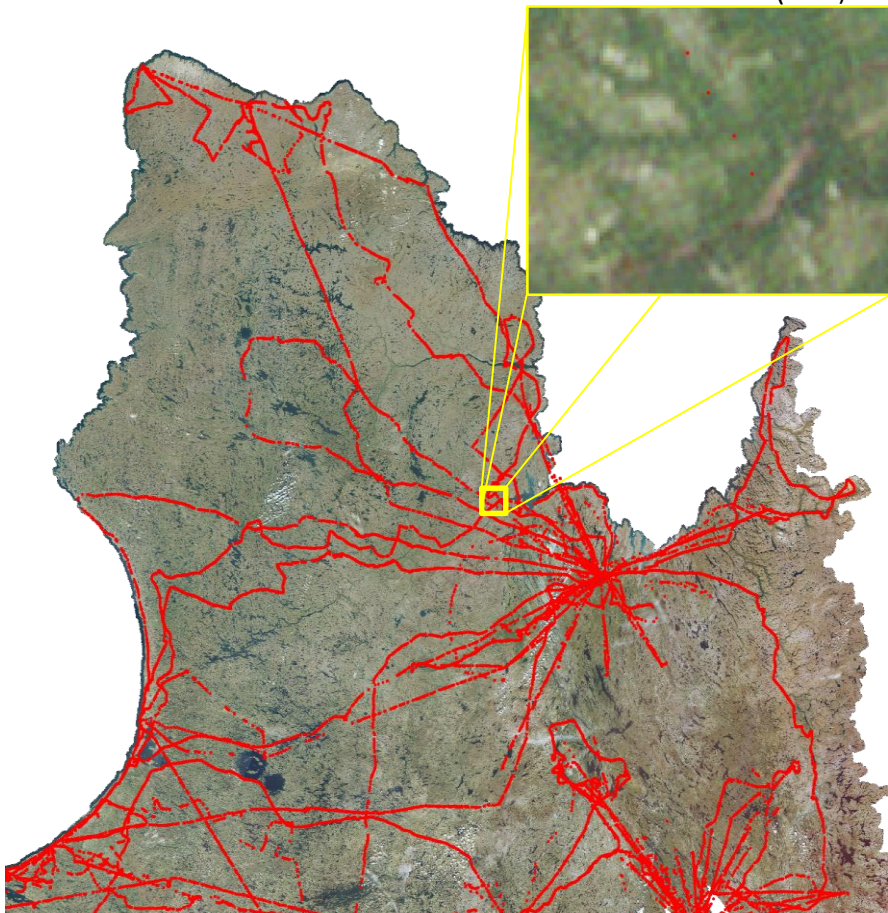
Axe 1: Recensement et documentation des aléas

Bases de données du MFFP

Photo-interprétation oblique

Relevés photographiques du territoire

- 68 354 photos 2013-2015 (MRNF, DIF)
- 37 000 photos du littoral 2015-2016 (9500 km de littoral) (CEN)

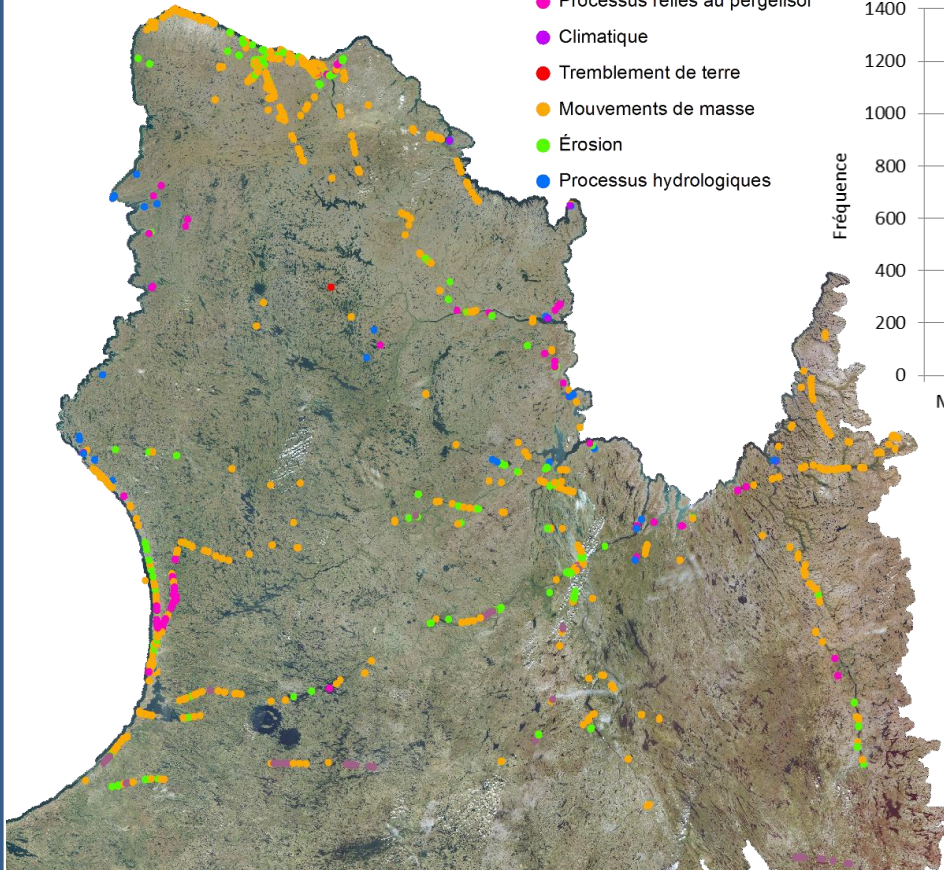


Axe 1: Recensement et documentation des aléas

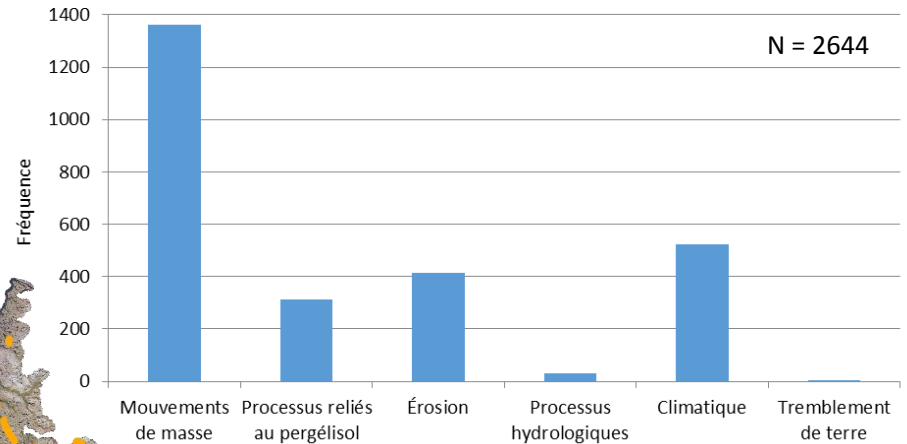
Résultats

Résultats compilés:

- Processus reliés au pergélisol
- Climatique
- Tremblement de terre
- Mouvements de masse
- Érosion
- Processus hydrologiques



Aléas par catégorie



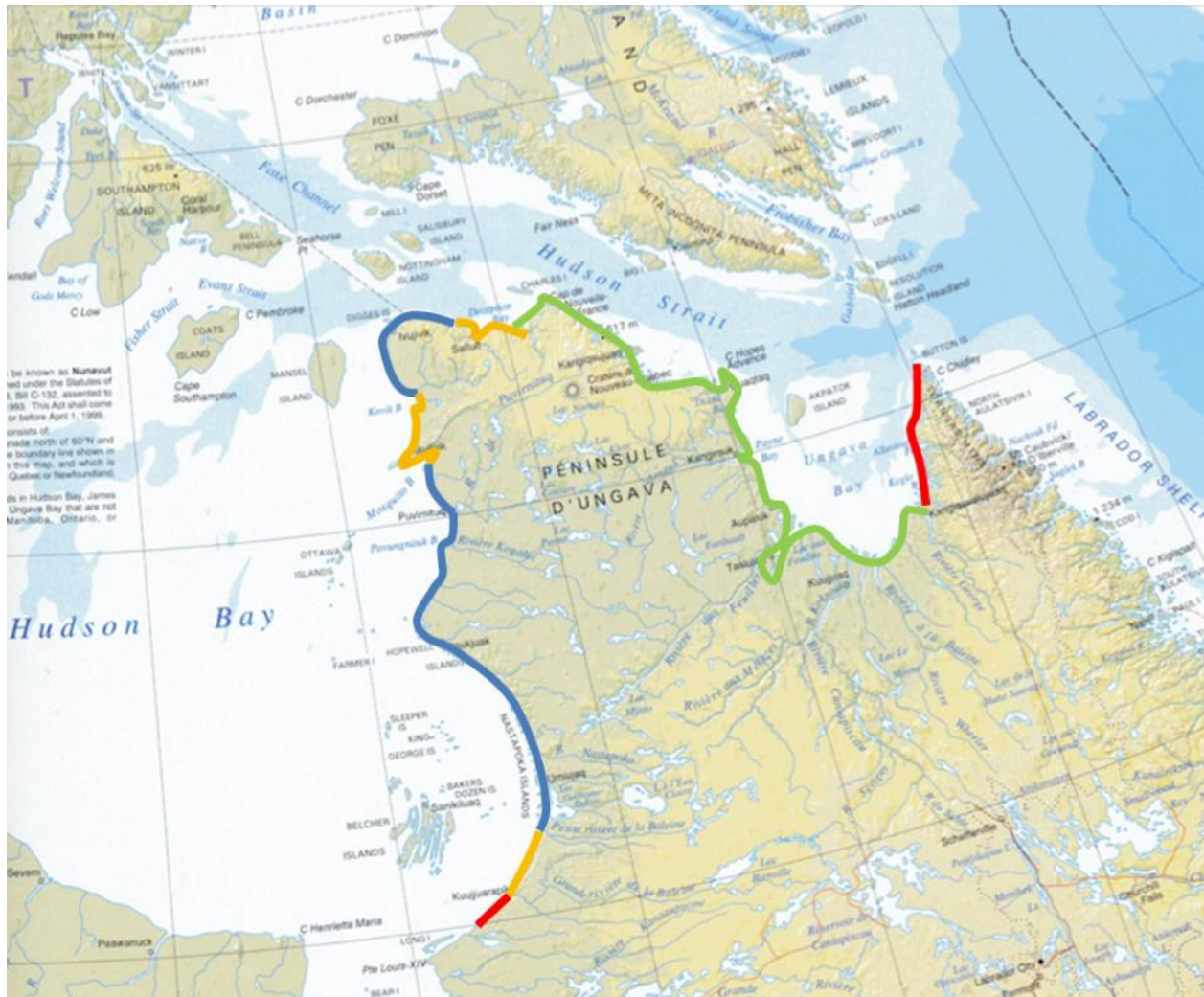
Après 39% des photos analysées (n=26 633) le patron de distribution des aléas recensés est un peu plus dispersé.

Malgré le gain, le recensement par photo interprétation demeure une vue statique du territoire.

Comment accroître la couverture tant spatiale que temporelle?

Photographie et vidéographie du littoral Bilan actuel

Segmentation et classification du littoral



Version 1.0

- Segmenté
- Quelques modifications à faire
- À faire entre novembre 2016 et mars 2017
- Secteurs non survolés

Les mouvements de masse



Photo: MIFFP

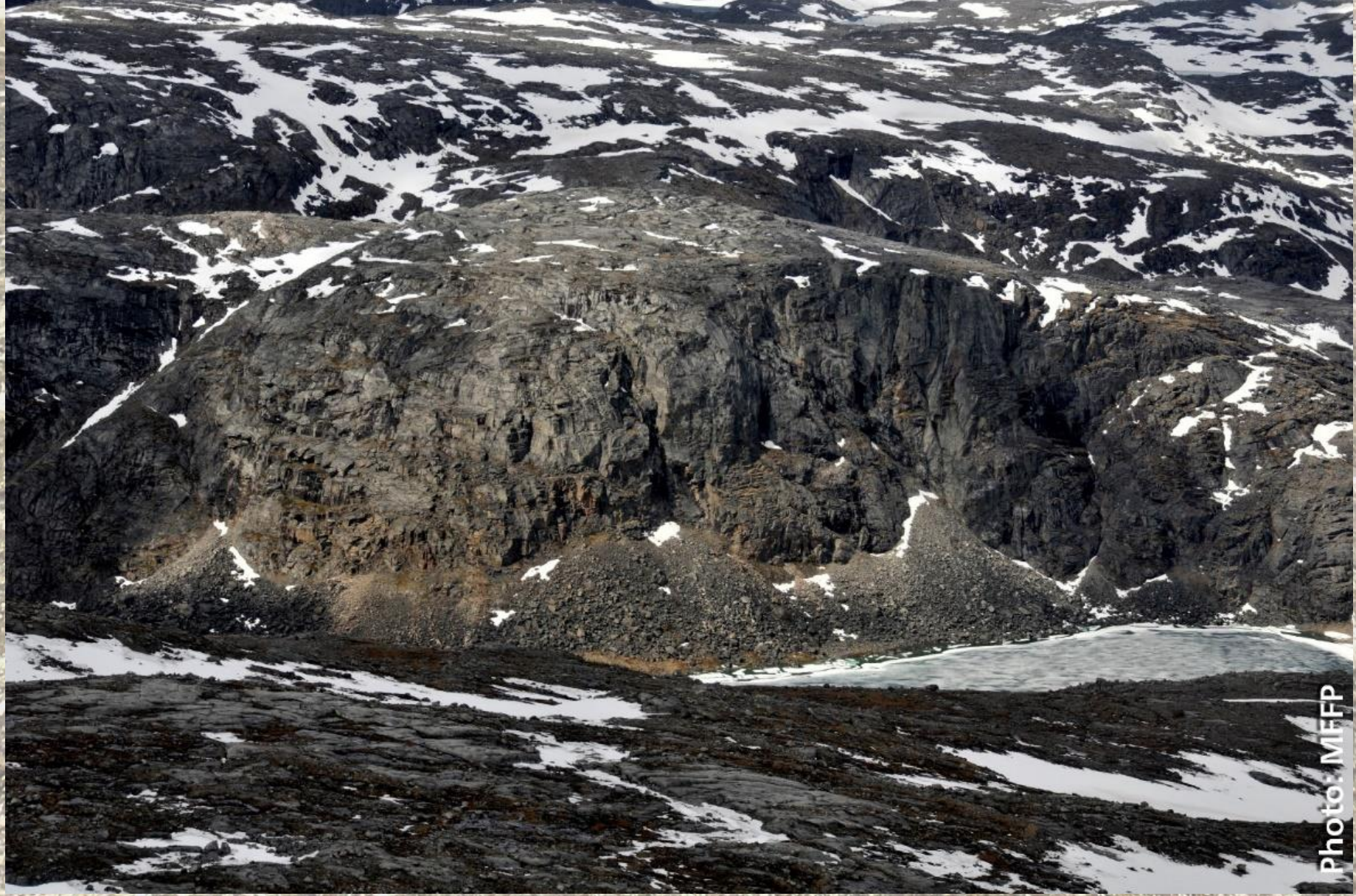


Photo: MIFFP



Photo: MFFP



Photo: MFFP

Cône de déjection actif, avalanches de slush et coulées boueuses (vallée du Koroc)



**Baie Déception, 19 mai
2005
Avalanche de bouillie
neigeuse (slush flow)**



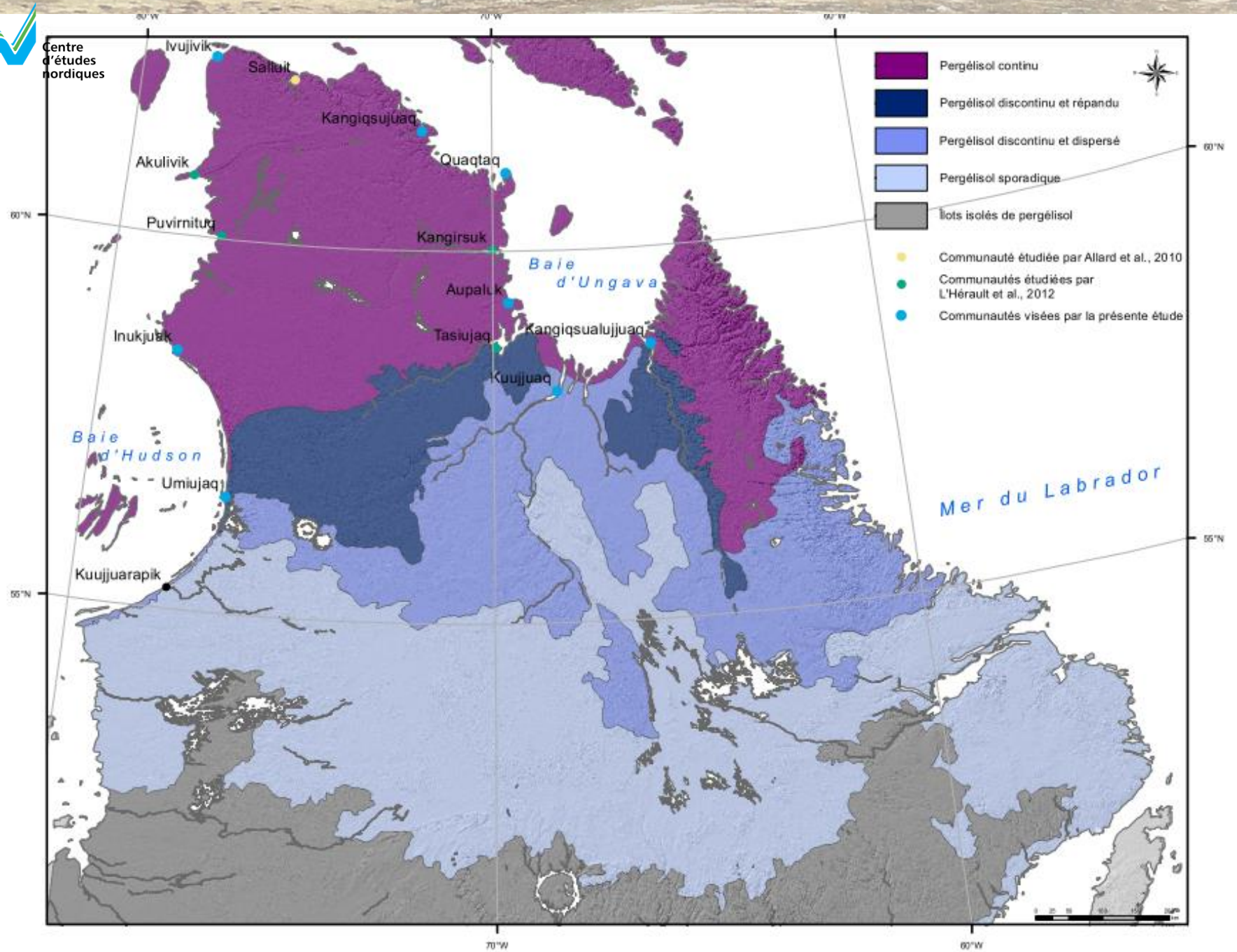
Photo: MIFFP





Route de Douglas Harbour





- Pergélisol continu
- Pergélisol discontinu et répandu
- Pergélisol discontinu et dispersé
- Pergélisol sporadique
- îlots isolés de pergélisol

- Communauté étudiée par Allard et al., 2010
- Communautés étudiées par L'Hérault et al., 2012
- Communautés visées par la présente étude

70°W

60°W

60°N

65°N

60°N

65°N

Axe 2: Conditions du pergélisol 2.0

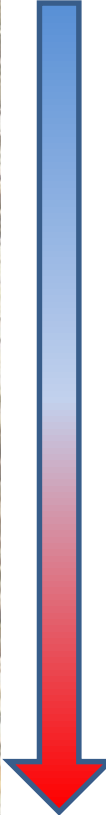
Objectif:

Cartographier les caractéristiques géothermiques et géotechniques du pergélisol en fonction des intrants climatiques, conditions de surface et types de dépôts géologiques à l'échelle du Nunavik.



Évolution des températures du pergélisol au Nunavik

TABLE 1. Changes in active layer depth between the mid 1990s and 2007 and temperature changes 4 and 7 m deep at selected sites and in different surficial materials in Northern Québec



Site (Cable no)	material	AL93 _{cm}	AL07 _{cm}	Δ AL _{cm}	Δ T _{4m}	Δ T _{20m}
Salluit (Sal-154)	Gneiss	279	374	95	1.8	1.0
Salluit (Sal-155)	Till	168	295	182	2.7	1.3
Akulivik (Aku-162)	Till	138	222	84	1.7	-
Akulivik (Aku-232)	Sand/clay	135	143	8	1.6	0.9
Quaqtaq (Quaq-156)	Sand/gravel	151	170	19	1.5	1.5
Quaqtaq (Quaq-158)	Gneiss	416	519 ³	103	1.6	1.2
Puvirnituq (Puv-303)	Gneiss	339	469 ²	130	3.3	1.1
Aupaluk (Aupa-299)	Sand/gravel	155	210	55	1.7	1.0
Tasiujaq (Tas-304)	Sand	113	207	94	1.7	-
Tasiujaq (Tas-roc)	Schist	509	552	43	2.0	1.2
Kangihsualujjuaq (Kan-231)	Gneiss	607 ¹	1100	493	3.4	1.2
Kangihsualujjuaq (butte côtère)	Argile	252 ⁴	332 ⁵	80	1.5	0.05
Umiujaq (Umi-roc)	Basalt	1008 ⁶	1556 ²	548	1.5	1.2*

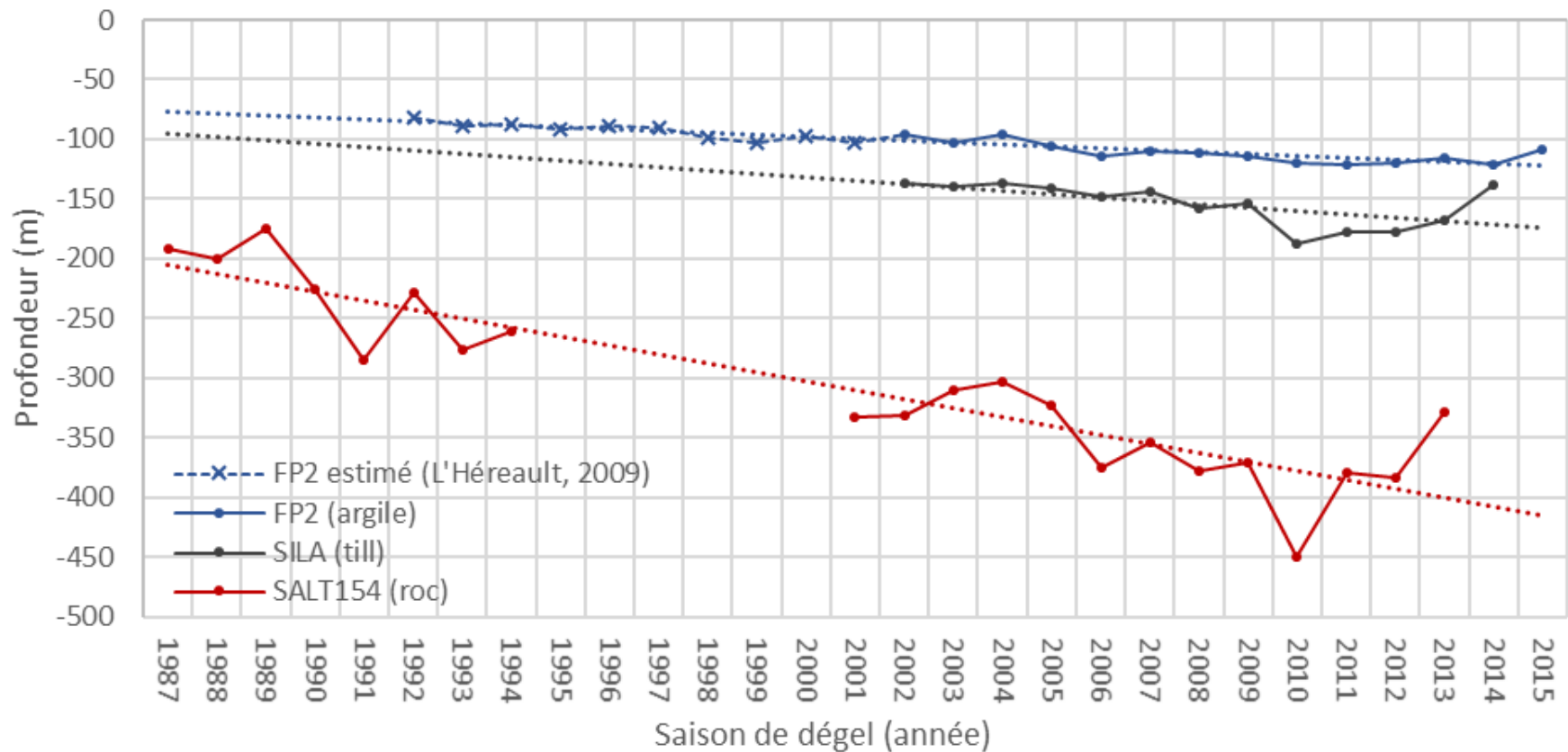
1- 1995 ; 2- 2005, 3- 2004, 4- 1994, 5-2007, 6- 1997, * permafrost now at -0.01 °C

Active layer thickness: + 46%

T 4m : + 2.1 °C

T 20 m: + 1.0 °C

Approfondissement de la couche active Salluit



Salluit

Réalité et modèle

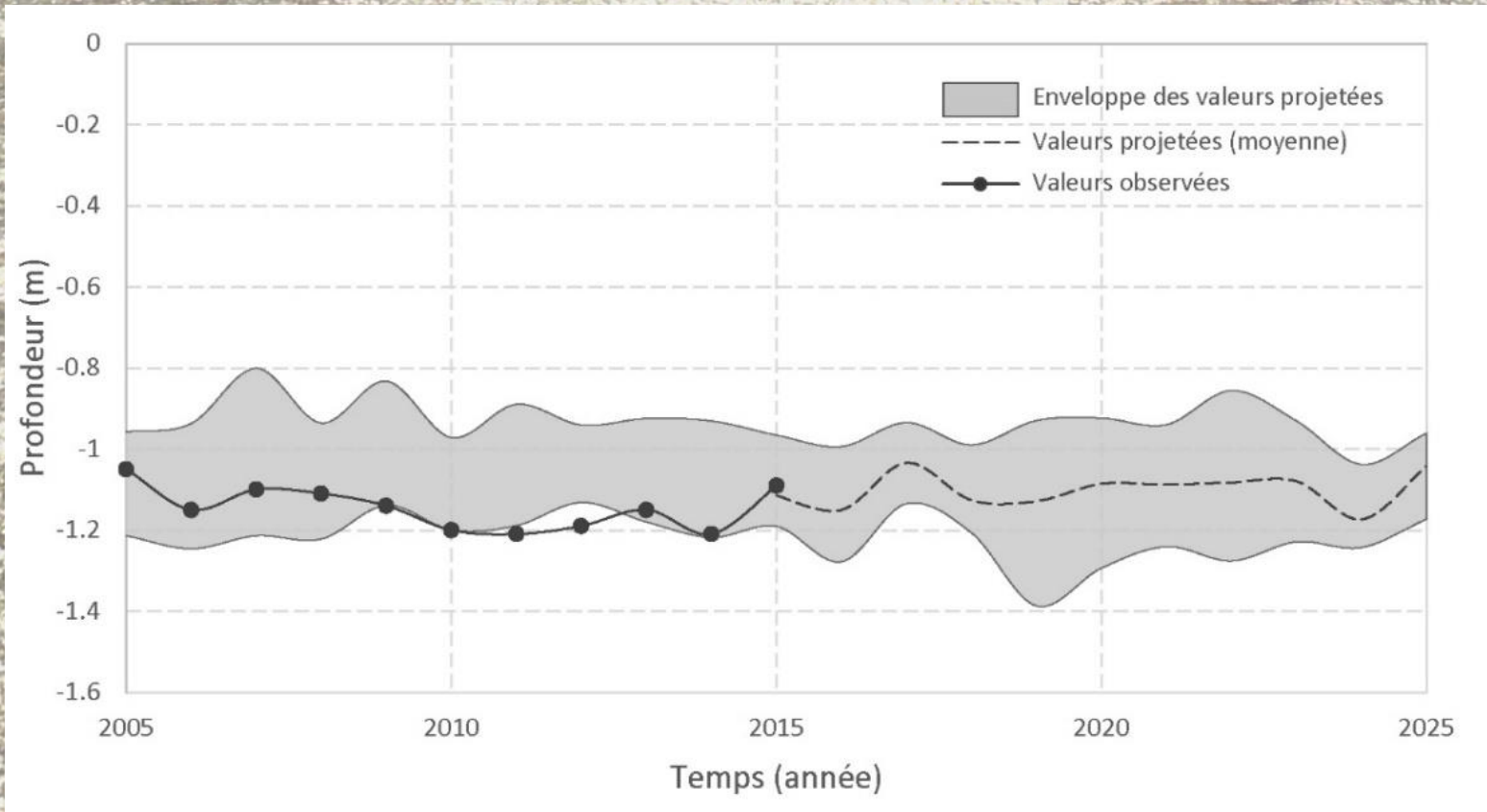




Photo: MFFP



Photo: MFFP



Photo: MFFP

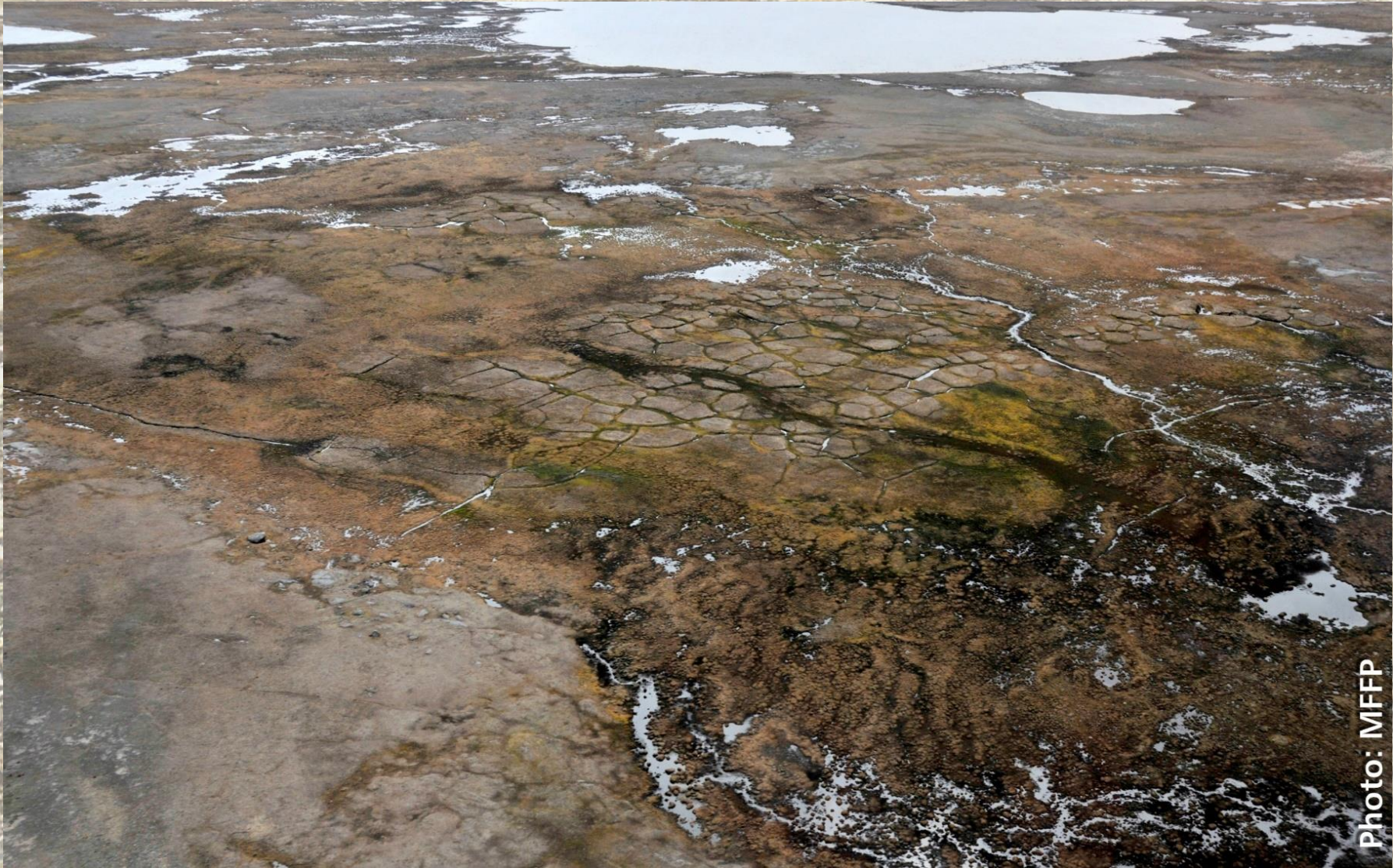


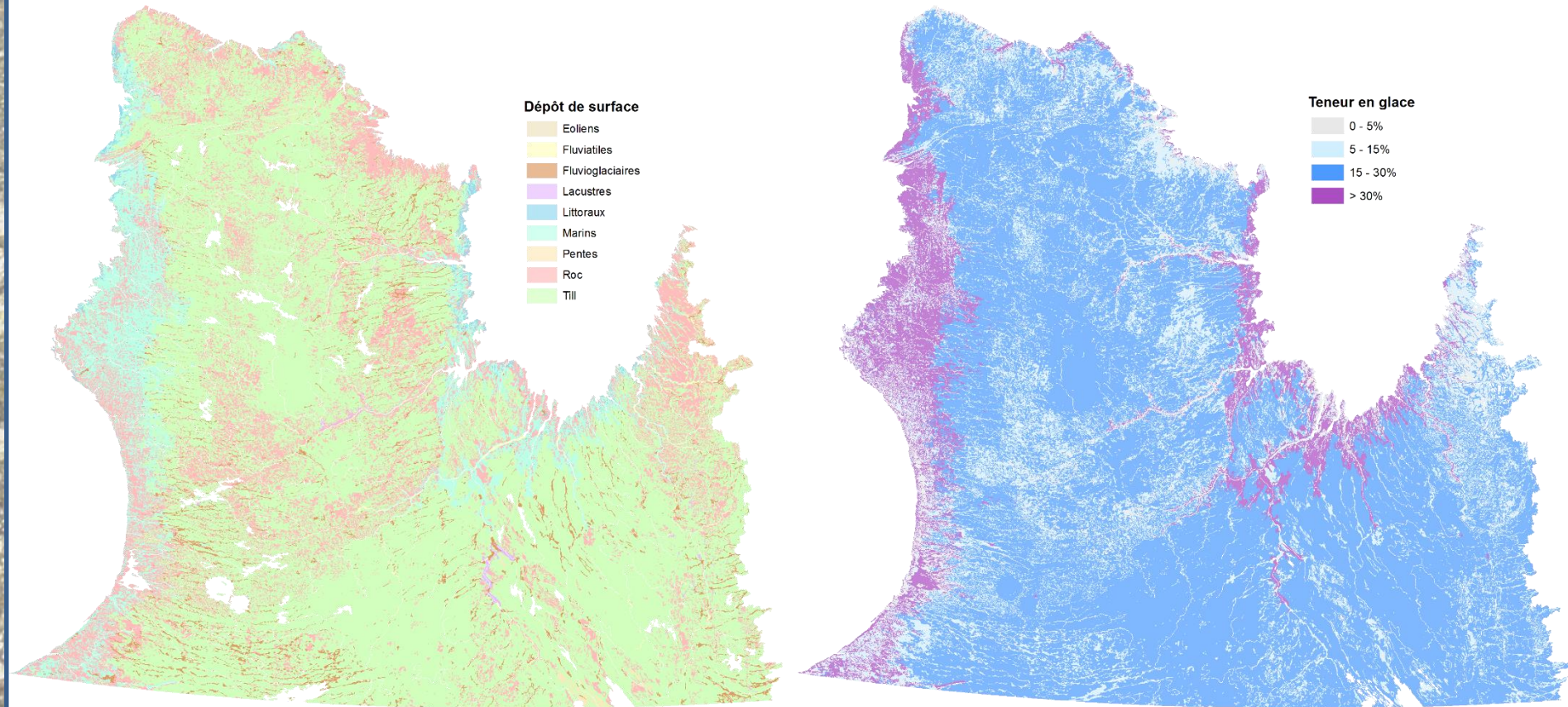
Photo: MFFP



Photo: MFFP

Axe 2: Conditions du pergélisol 2.0

- Teneur en glace potentielle



Embâcles glacielles et inondations



Figure 5.46 A) Embâcle et inondation dans la baie de Kuujjuaq le 23 mai 1979. B) Événements glaciels (crêtes de poussées) observés par la communauté Kuujjuaq en l'an 2000 et 2005. Collection personnelle d'Ingo Berendes.

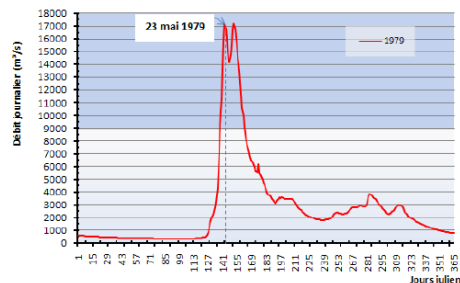


Figure 5.48 Hydrogramme des débits journaliers moyens pour l'année 1979. La grande inondation de mai 1979 dans la baie de Kuujjuaq. Source : Centre d'expertise hydrique du Québec.

Kuujjuaq 1979

Source: Bleau (2011)

Perpendiculaire et parallèle à la côte, le côté lisse en amont du cordon et le côté abrupte vers l'aval de ce dernier. Mise en place lors de la marée montante, débâcle 28 mai 2000. Refoulement des glaces ce qui engendre un soulèvement (sub-horizontale) du couvert amont. (Ice ride-up and pile-up)



Figure 5.47 Évènements glaciels (12 m d'altitude) observés par la communauté Kuujjuaq en l'an 2000. Collection personnelle de Bill Doidge, Centre de recherche du Nunavik.



Un risque oublié: les argiles marines sensibles en zone intertidale et sub-tidale

Le littoral

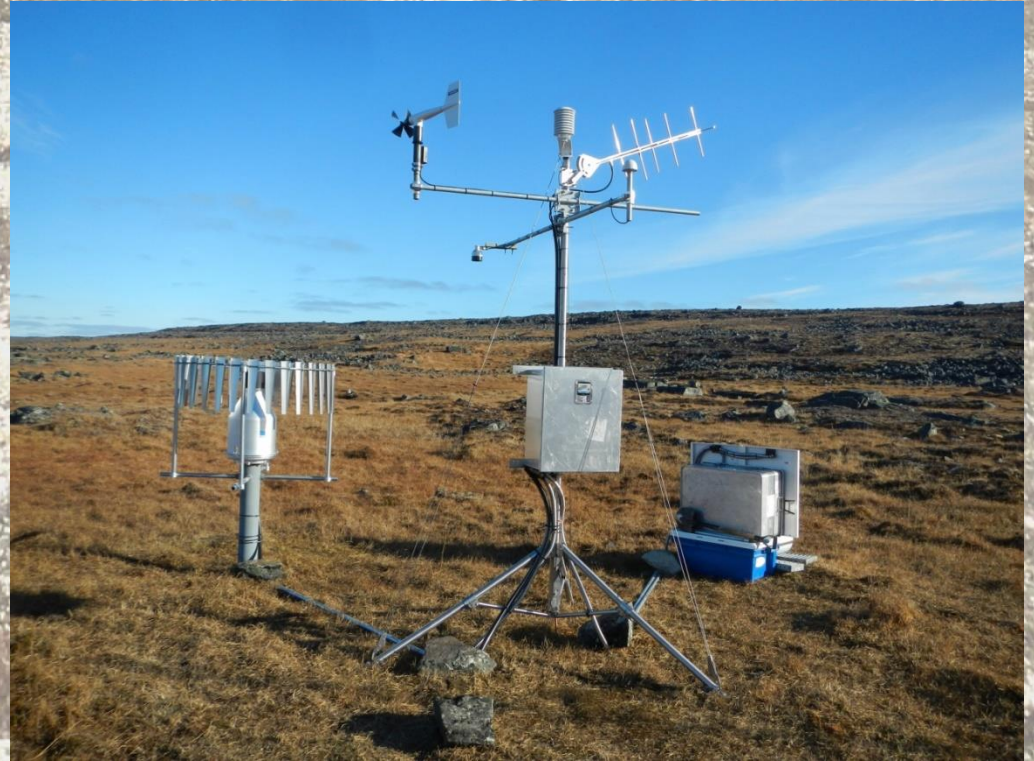
Milieu fragile



Marais littoraux de la baie d'Ungava



Un déversement pétrolier majeur? Impossible à nettoyer!



**Nouvelle station météorologique
« Camp Bélanger », péninsule d'Ungava.**

Quels sont les principaux aléas observés et les secteurs à risque?

- **Les grandes surfaces de plateau rocheux ou de faible couverture en dépôts quaternaires posent peu de risques.**
- **Les mouvements de versants sur les reliefs escarpés (éboulis, écroulements, avalanches, coulées). Contextes locaux:**
 - pentes fortes,
 - plateaux surplombants,
 - enneigement différentiel selon les vents hivernaux dominants
 - préexistence de chenaux d'écoulement
 - Les vallées et les fjords de la côte du détroit d'Hudson ainsi que du bassin versant et de la côte sud-est de la baie d'Ungava sont particulièrement affectés
- **Il existe de vastes superficies de pergélisol sensible dans les dépôts meubles marins, mais aussi glaciaires et fluvio-glaciaires et de vastes secteurs de polygones de tundra sensible à l'érosion thermique et au thermokarst.**
- **Les glissements de types décrochement de couche active surviennent en fin d'été lors de saison plus chaudes que les précédentes. Ils sont appelés à se reproduire. Les secteurs riches en glace de la zone côtière (argiles) et les tills épais de l'intérieur des terres sont plus à risque.**
- **Inondations et embâcles: À part l'inondation de Kuujuaq en 1979, il n'y a guère d'événements documentés.**
- **La morphologie côtière et les argiles sensibles méritent d'être considérées comme des causes de risque en cas d'aménagements portuaires.**
- **Certains littoraux du Nunavik sont des géosystèmes et écosystèmes uniques au monde, notamment en baie d'Ungava en raison du très grand marnage marégraphique et de la complexité géométrique du trait de côte.**

An aerial photograph of a rugged, rocky landscape. The terrain is covered with patches of low-lying, scrubby vegetation in shades of brown, tan, and green, interspersed with light-colored rocks and soil. The overall appearance is that of a high-altitude or coastal plain environment. The word "Merci!" is printed in a large, bold, black sans-serif font in the center of the image.

Merci!

Bleau, 2011



Photo: MIFFP









Photo: MFFP



Photo: MFFP



Photo: MIFP



Photo: MFFP

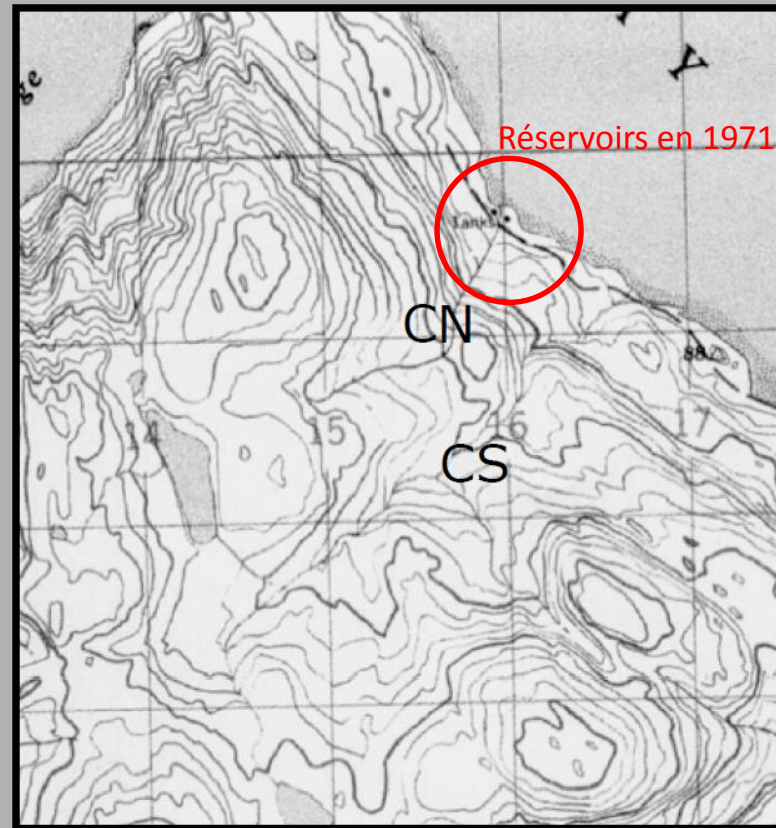


Photo: MFFP



Photo: MFFP

Localisation des coulées

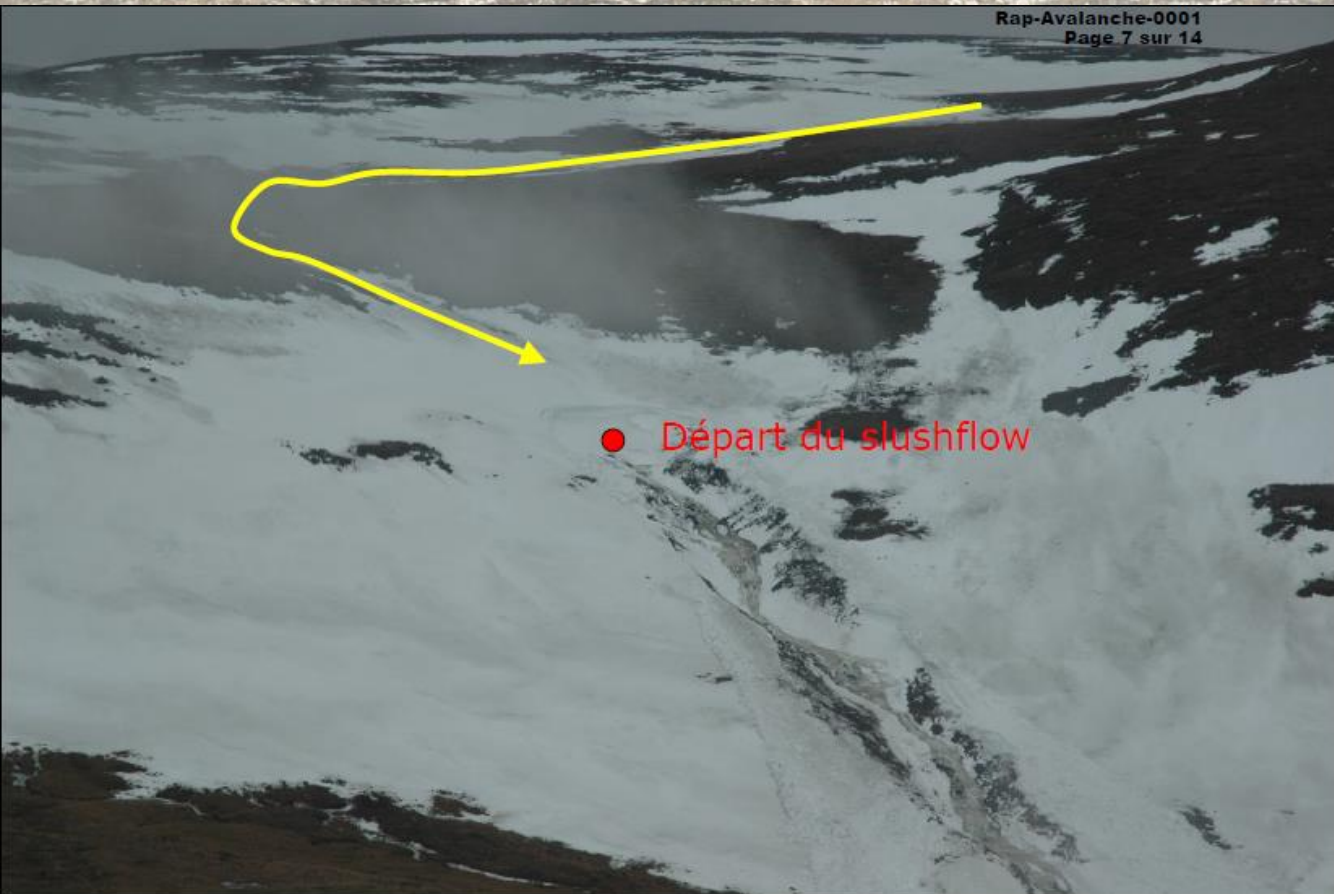


CN: coulée nord
CS: coulée sud

Contexte
géomorphologique

Source: B. Héту

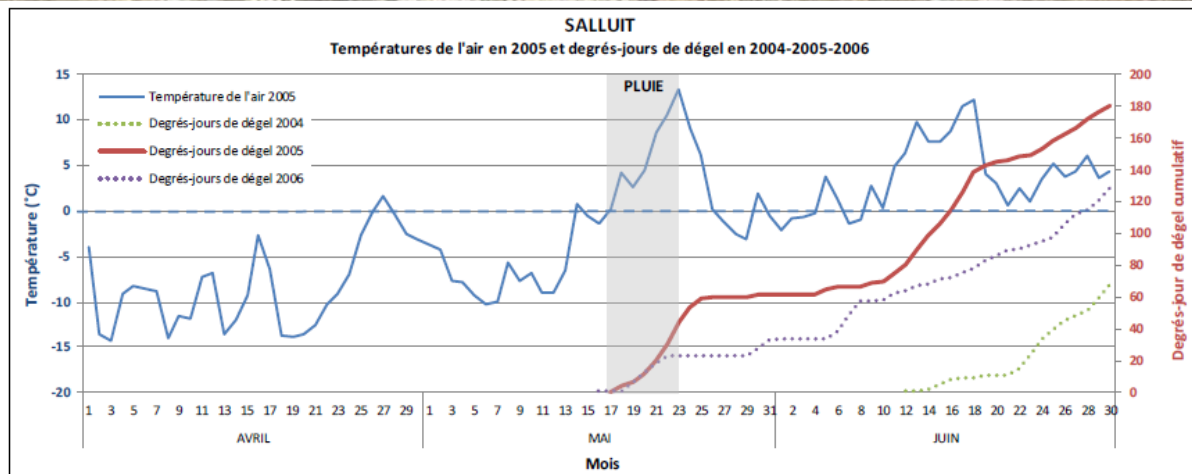
Numérisé par Stavibel le :
2007-01-08



● Départ du slushflow

Source: B. Hétu

Numérisé par Stavibel le :
2007-01-08



Un dégel brutal et des pluies abondantes.

2005-05-18	14:00:00	3,6	4,3	92	22	99,41	Généralement nuageux
2005-05-19	07:00:00	3,5	2,4	92	26	99,41	Nuageux Bruine
2005-05-19	08:00:00	3,5	2,4	92	26	99,41	Bruine
2005-05-19	09:00:00	3,6	2,7	94	22	99,45	Averses de pluie
2005-05-19	10:00:00	3,5	2,4	92	6	99,52	Bruine
2005-05-19	11:00:00	3,2	2,5	95	9	99,55	Nuageux
2005-05-19	12:00:00	3,0	2,5	97	6	99,58	Brouillard
2005-05-19	13:00:00	3,0	3,0	100	0	99,60	Bruine,Brouillard
2005-05-19	14:00:00	3,5	3,5	100	0	99,64	Averses de pluie,Brouillard
2005-05-20	07:00:00	2,8	-1,7	72	22	99,85	Généralement nuageux
2005-05-20	08:00:00	2,5	1,3	92	22	99,85	Généralement nuageux
2005-05-20	09:00:00	3,0	1,4	89	24	99,87	Généralement nuageux
2005-05-20	10:00:00	3,8	1,8	87	19	99,87	Nuageux
2005-05-20	11:00:00	4,4	2,4	87	0	99,89	Nuageux
2005-05-20	12:00:00	6,0	3,0	81	15	99,95	Généralement nuageux
2005-05-20	13:00:00	6,1	2,9	80	22	99,89	Nuageux
2005-05-20	14:00:00	6,8	3,0	77	17	99,87	Nuageux