



Auscultations photogrammétriques sur le glacier du Baounet (Savoie, France)

Premiers résultats et retours d'expérience

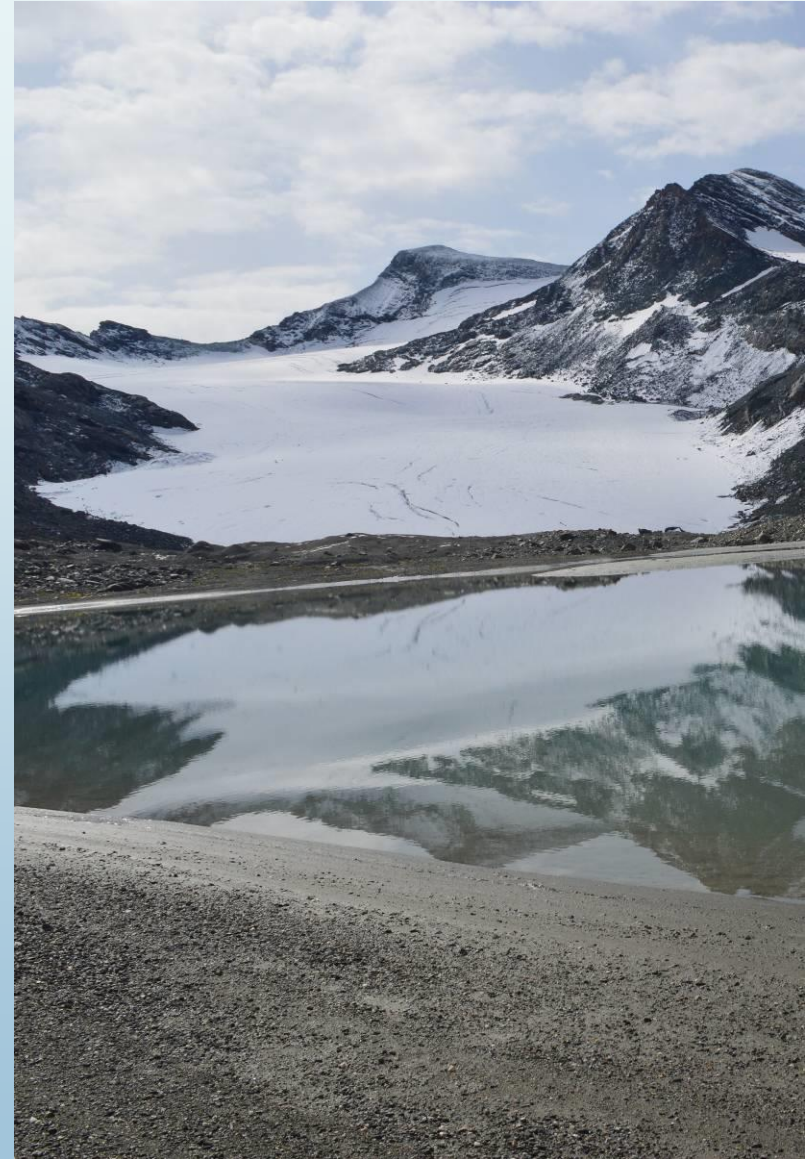


Sylvain Jobard (indépendant)
Yoann Jobard (Sites)
Pierre Carreaud (Sites)

SHF - Rencontre annuelle
« Glaciologie, Nivologie, Hydrologie et
Permafrost »
3 février 2022

Introduction

- Contexte de dérèglement climatique accéléré : toujours aussi important d'enregistrer les variations climatiques par le prisme des glaciers
- Glacier du Baounet : suivi depuis 2002, mais station hydro-météo détruite par une avalanche en 2017 et 2019 => réinstallation en 2021
- Évolution du matériel et des logiciels rend la photogrammétrie abordable
- Objectif de suivi de la morphologie supraglaciaire sur le Baounet
- Premiers tests d'acquisition photogrammétrique en 2016



Terrain d'étude : le glacier du Baounet

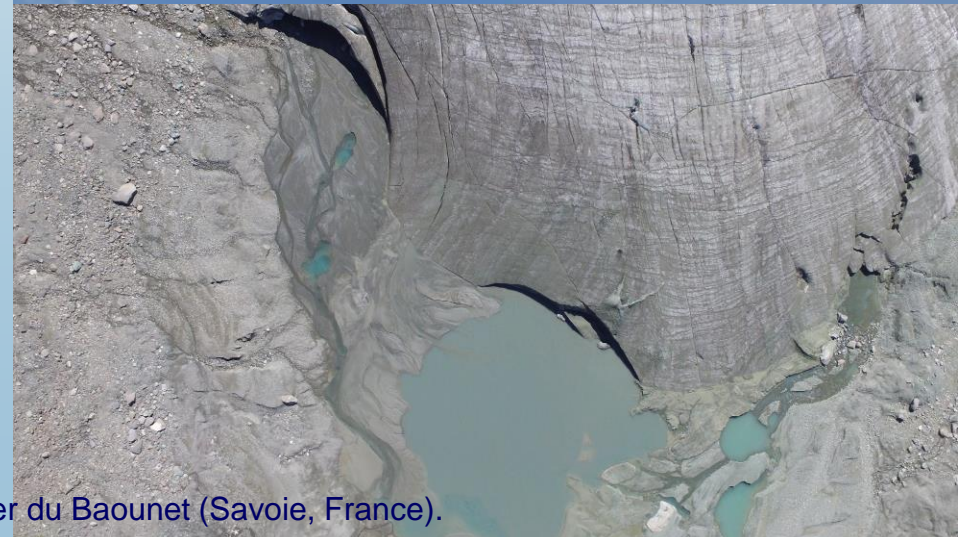
- Glacier blanc
- Surface de 100 ha
- Environ 500m x 2000m
- Dénivelé de 2800m à 3250m
- Accès à pied (env. 4h de marche)
- Enclavé, pas d'accès réseaux téléphoniques, pas de visuel direct depuis la vallée



Méthodologie

Photogrammétrie et drone

- Création des plans de vols avant les campagnes de mesure : division en 5 à 6 zones
- Injection des plans de vol dans un drone grand public (DJI Phantom 3 SE, DJI Mavic Air depuis 2020) via une appli mobile sur smartphone
- Vol entièrement automatique pour l'acquisition des photos aériennes
- Traitements des photos avec un logiciel spécialisé avec calage des campagnes par des repères au sol et relatif entre elles
- Traitements cartographiques des données





Conditions limites de vol :
vent, brouillard et neige...



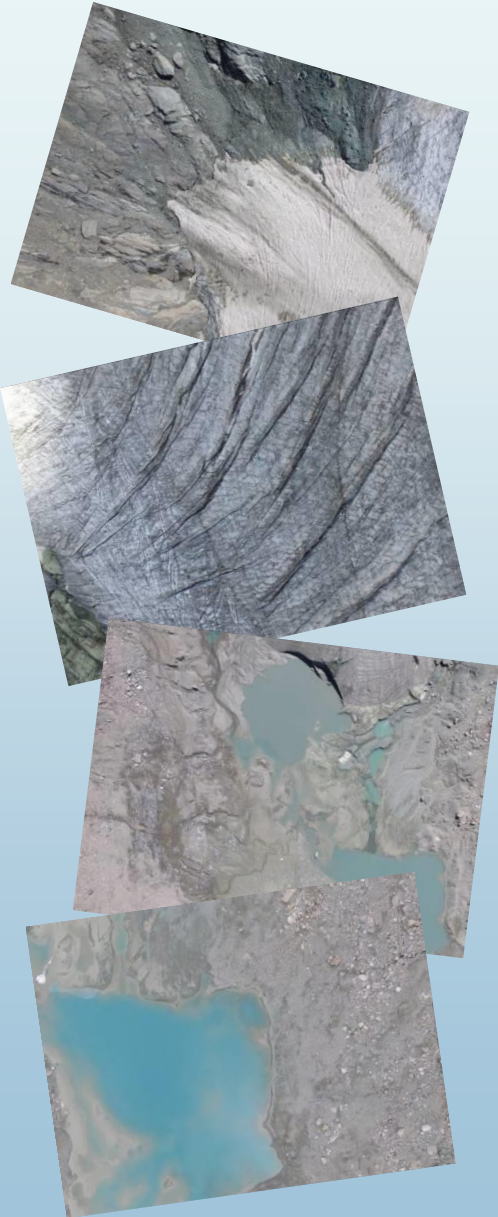
Récupération du drone « à la main »

Résultats

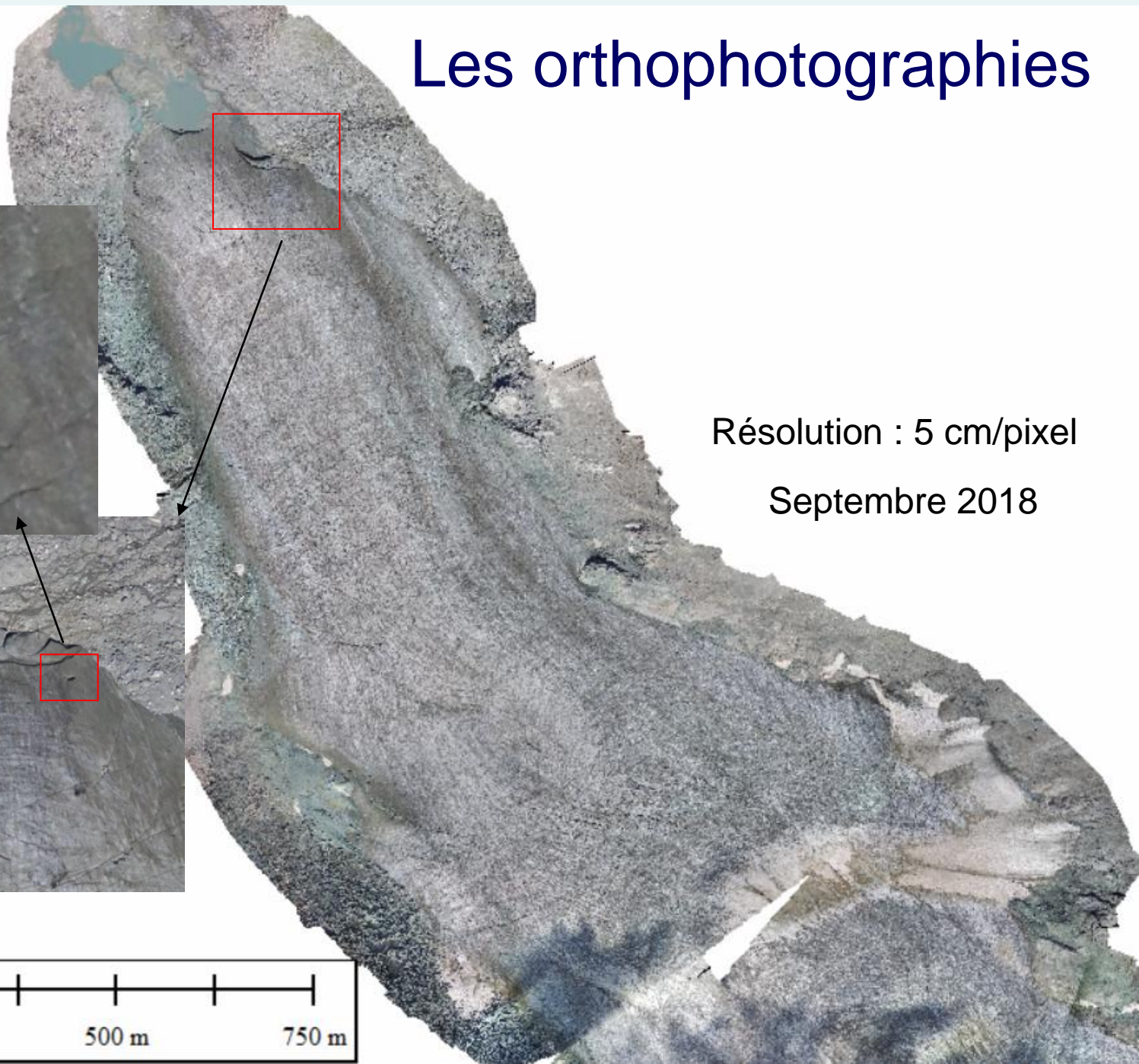
- 7 relevés entre septembre 2016 et septembre 2021

N° de campagne	date	couverture
1	11/09/2016	8%
2	13/07/2017	34%
3	29/09/2017	57%
4	08/09/2018	93%
5	07/09/2019	63%
6	06/09/2020	49%
7	11/09/2021	90%

- Premières campagnes partielles pour tester la méthode et le vol en haute montagne glaciaire
- 4 “doublets” entre septembre 2017 et septembre 2021
- Secteur du front suivi sur 5 cycles hydrologiques complets

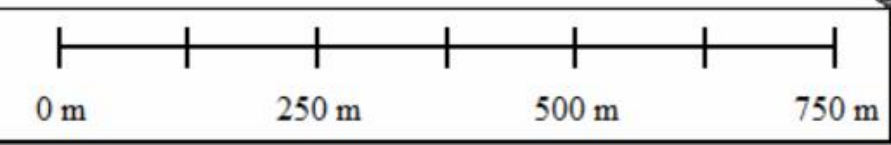


Les orthophotographies

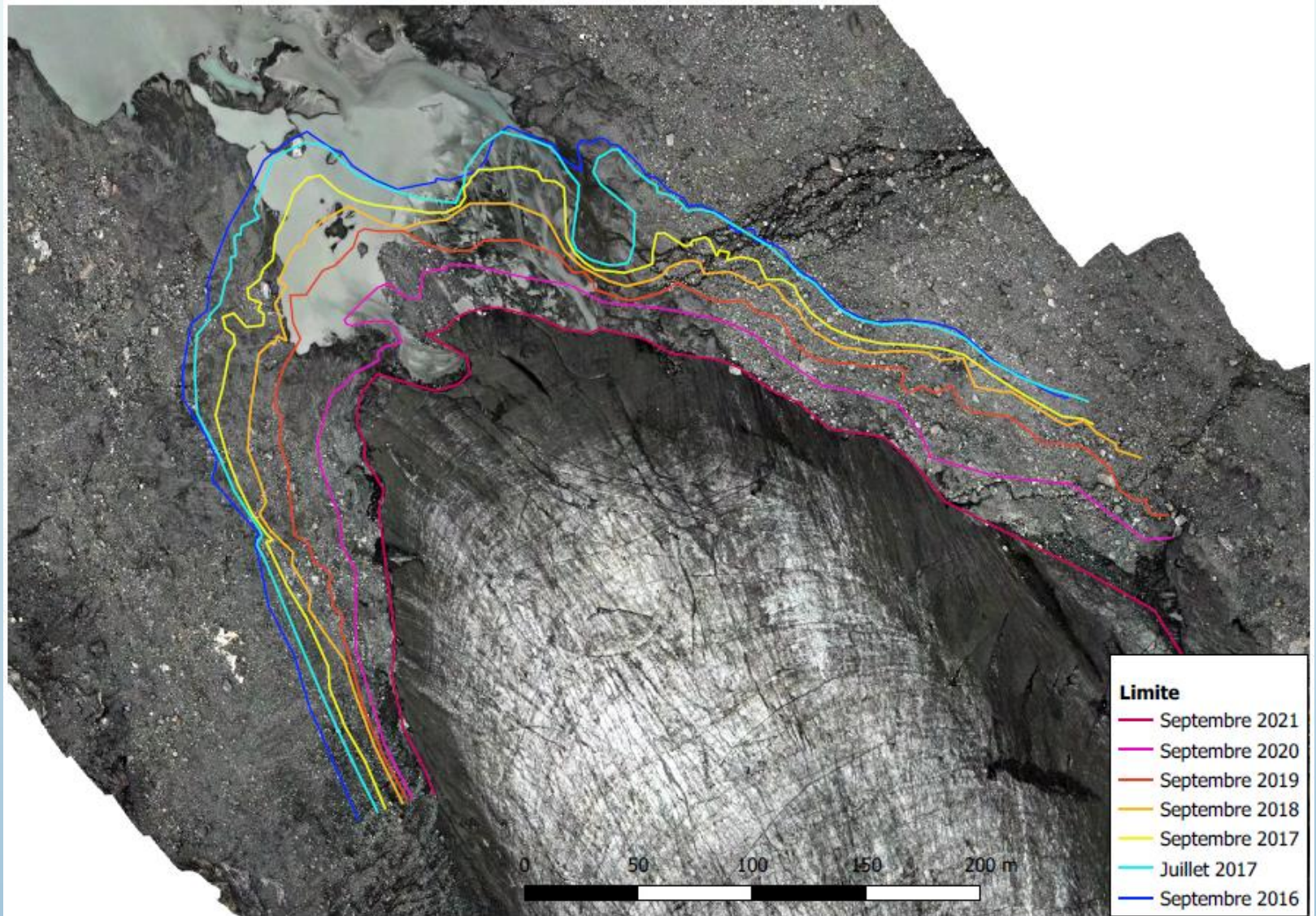


Résolution : 5 cm/pixel

Septembre 2018



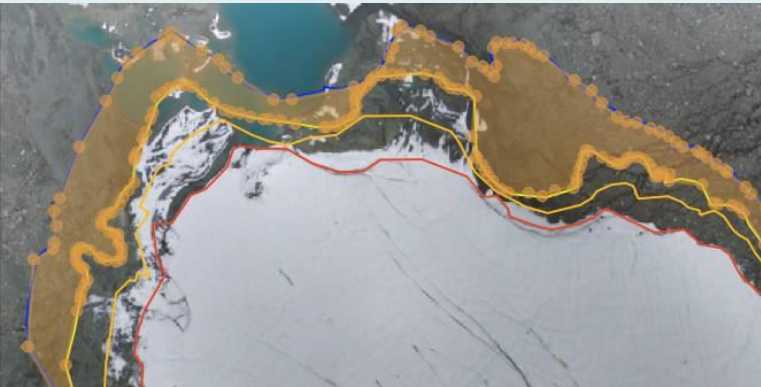
Évolution du front glaciaire



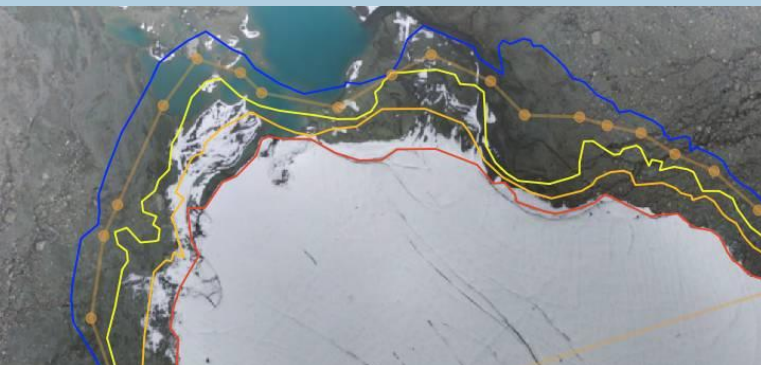
Recul hétérogène du front en raison de l'émergence de grandes cavités intraglacières

Quantification du recul du front glaciaire

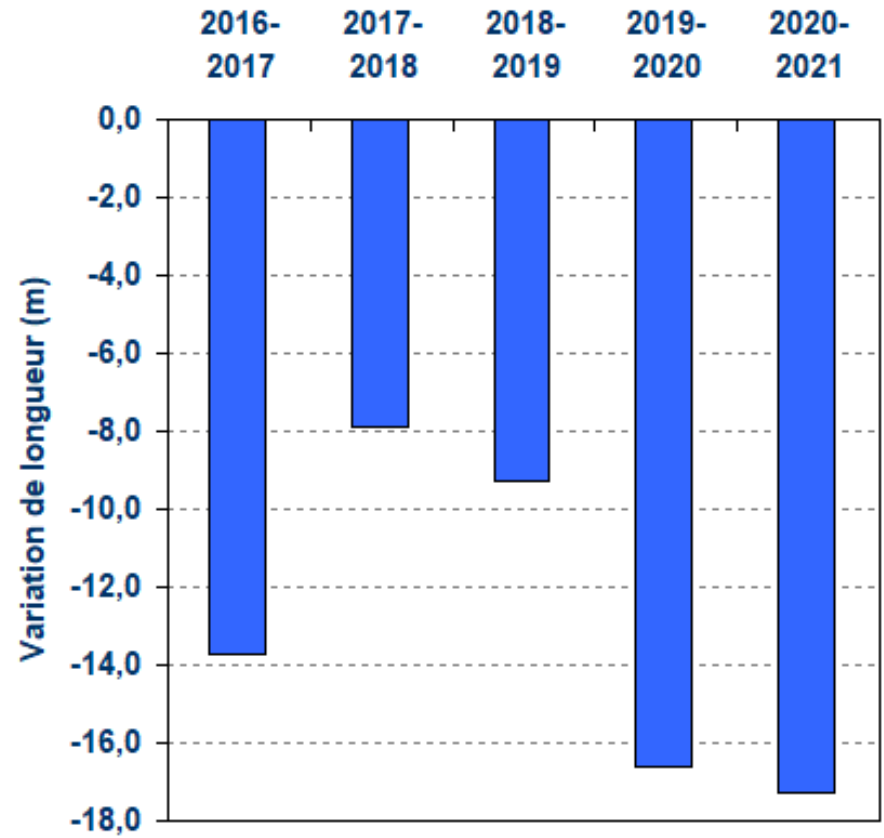
Mesure de la surface entre 2 relevés



Mesure de la longueur développée moyenne



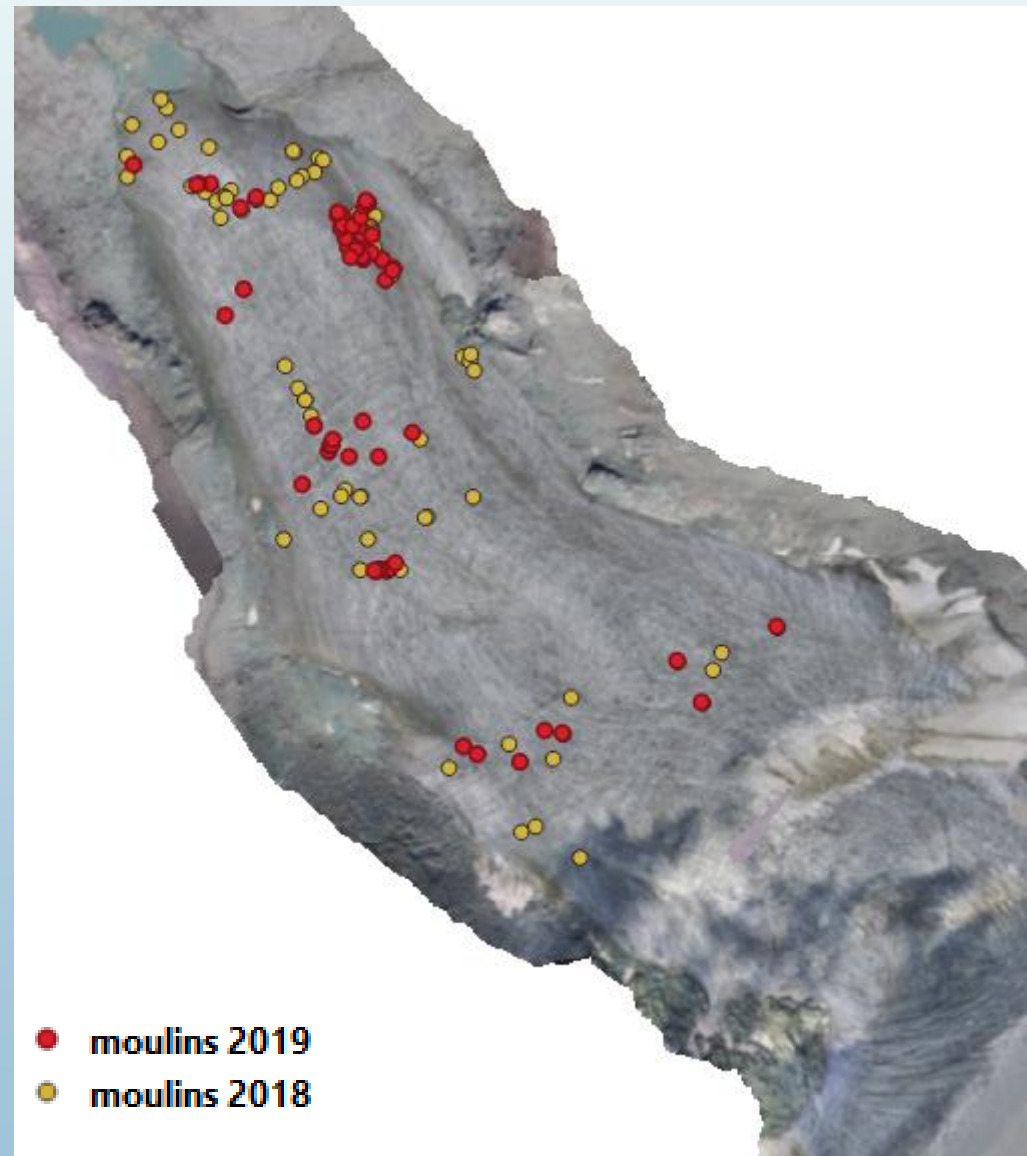
Recul du front du glacier du Baounet



Cartographie glacio-morphologique

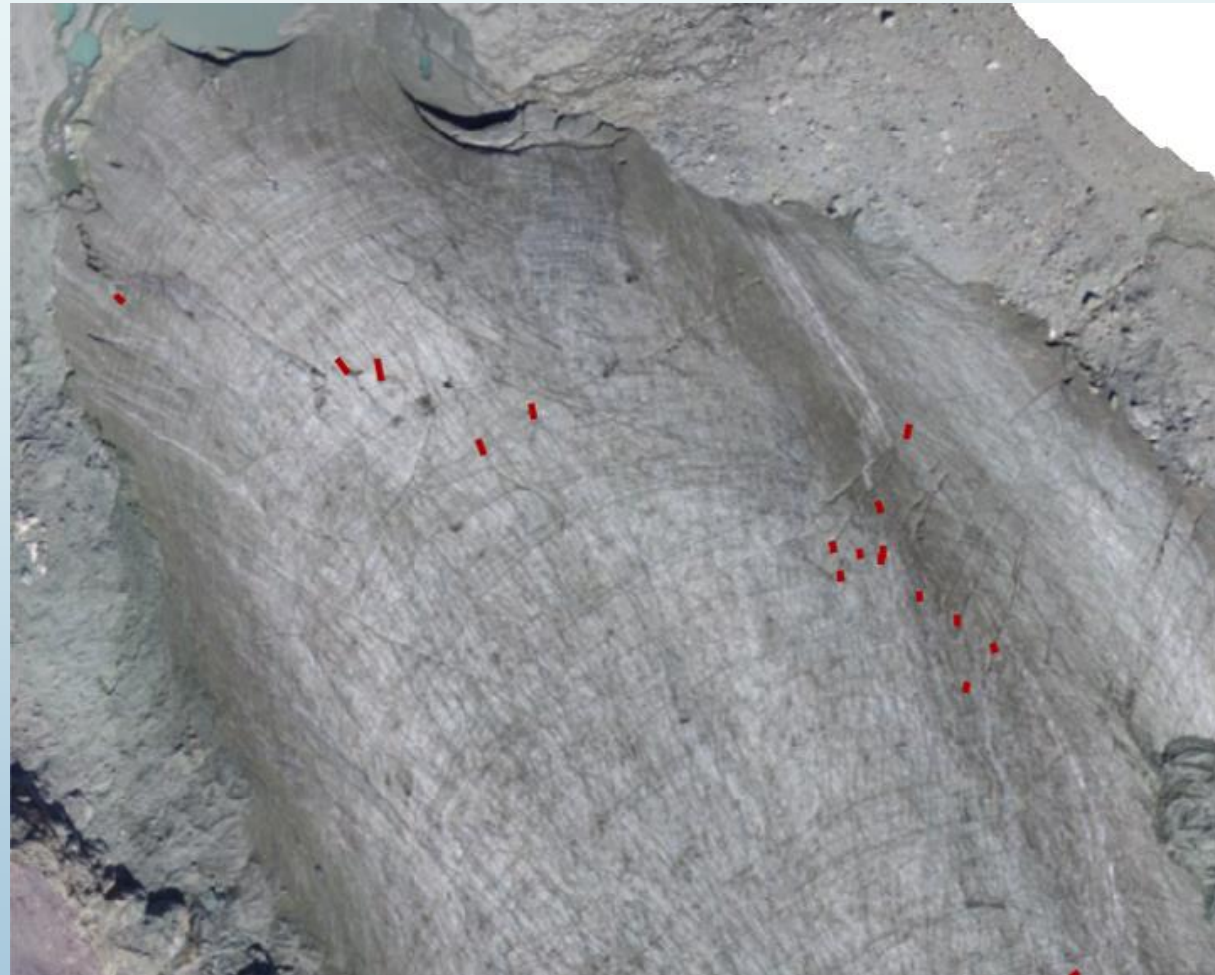
- Inventaire des moulins et des bédiers
- Cartographie de l'état de surface
- Suivi des crevasses
- Interaction avec la dynamique des versants

=> Travaux en cours



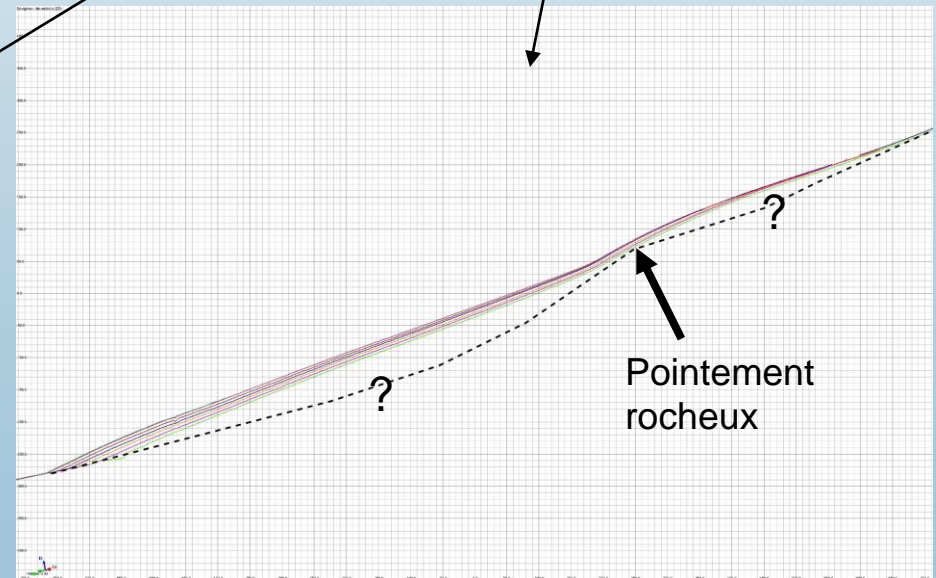
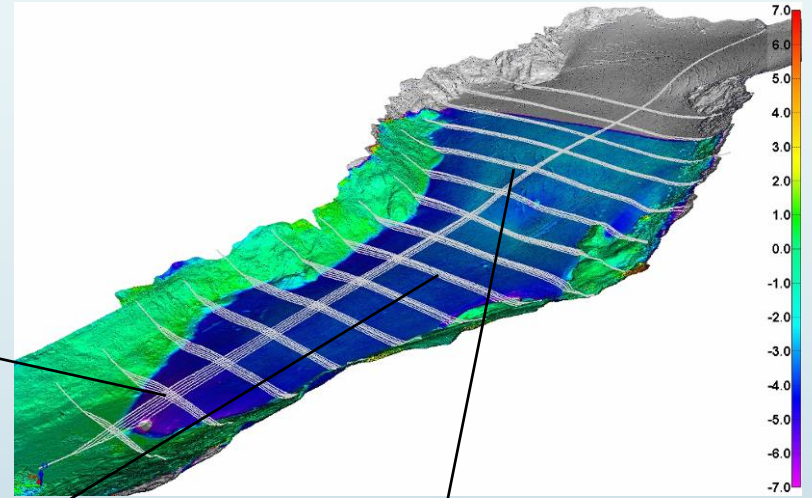
Estimation des vitesses de surface

Méthode :
pointage des moulins
principaux et blocs
rocheux à 1 an
d'intervalle
(exemple 2018-2019)



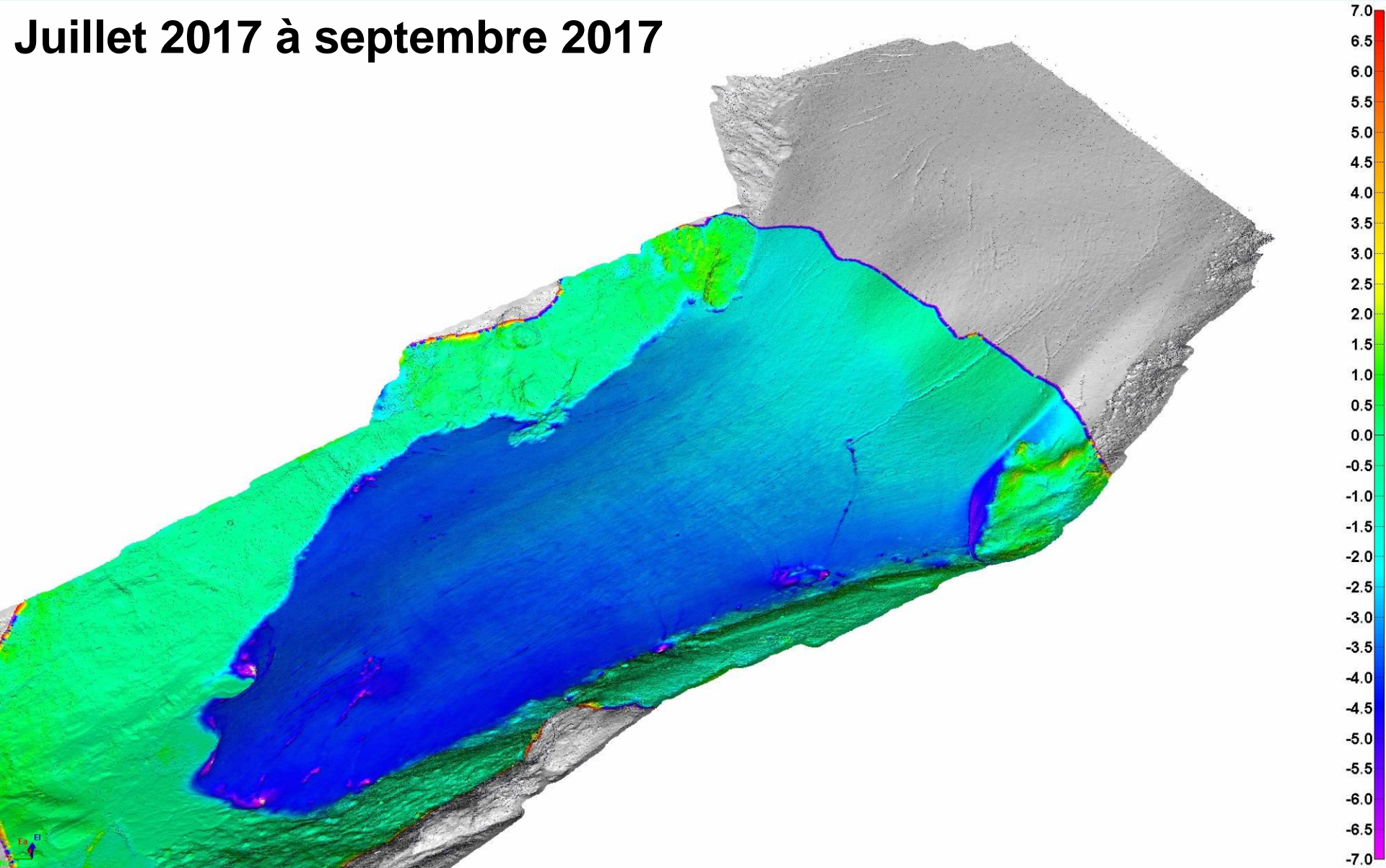
Résultat surprenant : vitesses très faibles de **quelques m/an** (cohérent avec des pointages de balises d'ablation en 2009-2010)
Est-ce possible que le glacier soit « à l'arrêt » ?

Estimation du stock de glace restant?



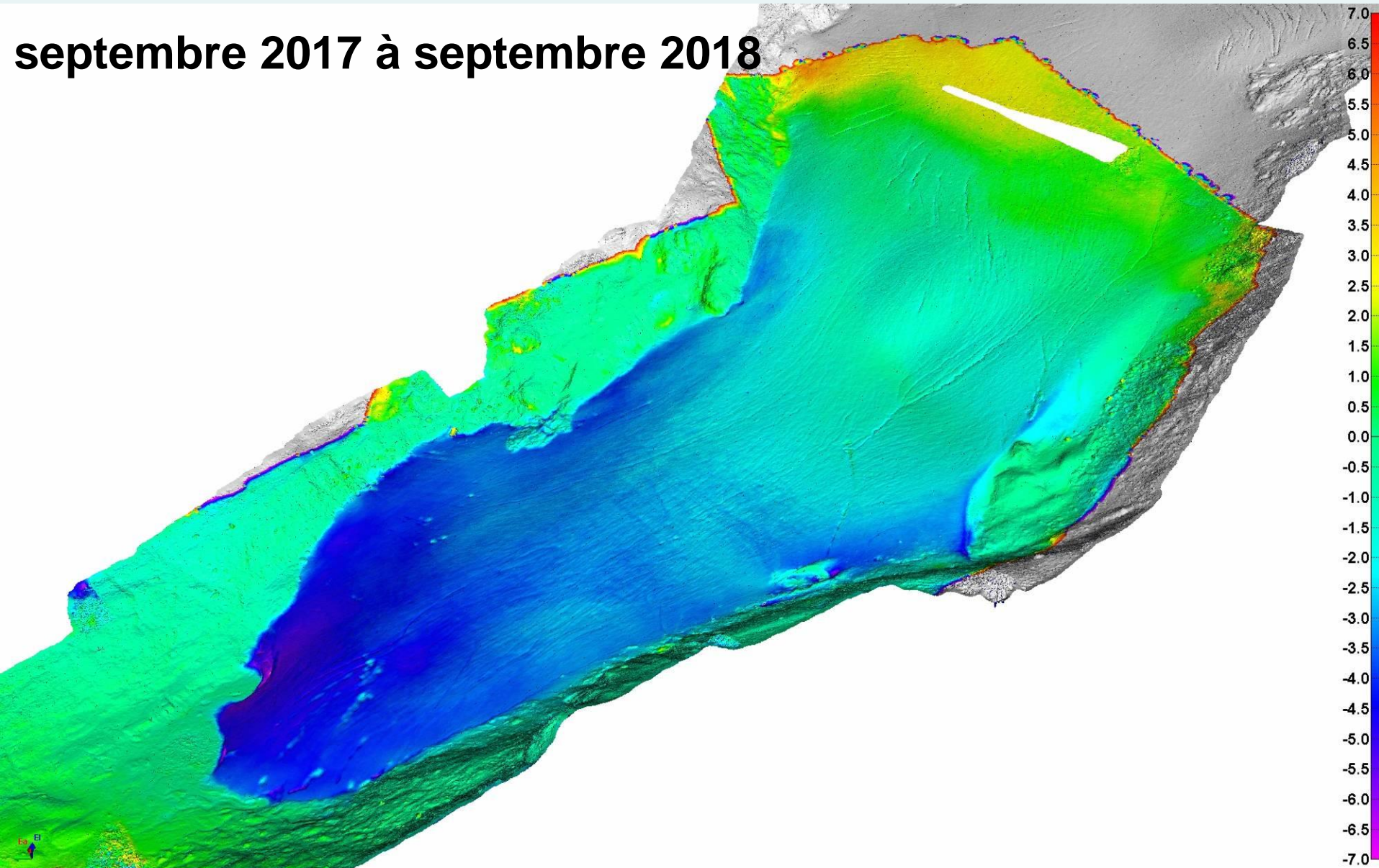
Les variations de volume

Juillet 2017 à septembre 2017



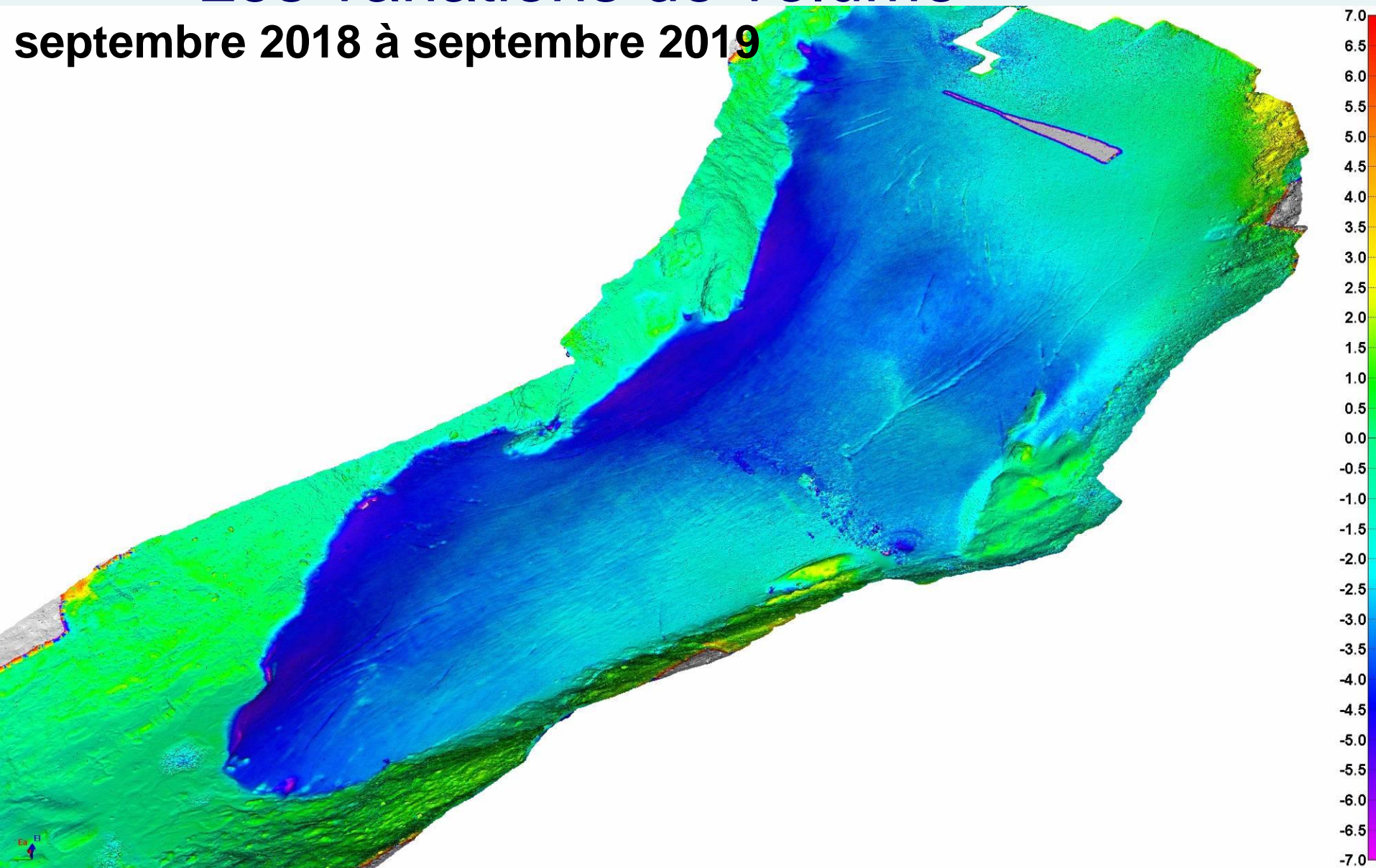
Les variations de volume

septembre 2017 à septembre 2018



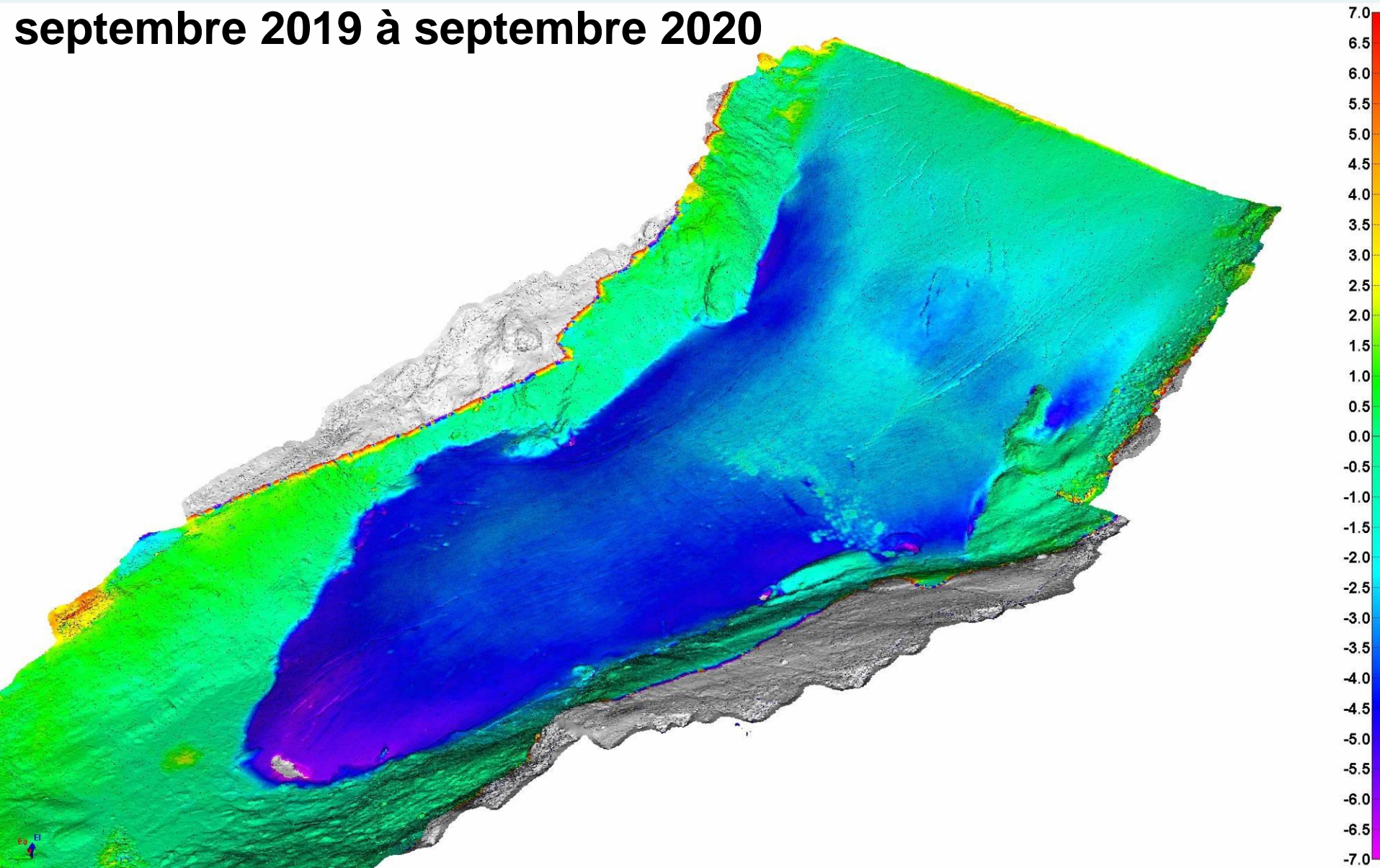
Les variations de volume

septembre 2018 à septembre 2019



Les variations de volume

septembre 2019 à septembre 2020

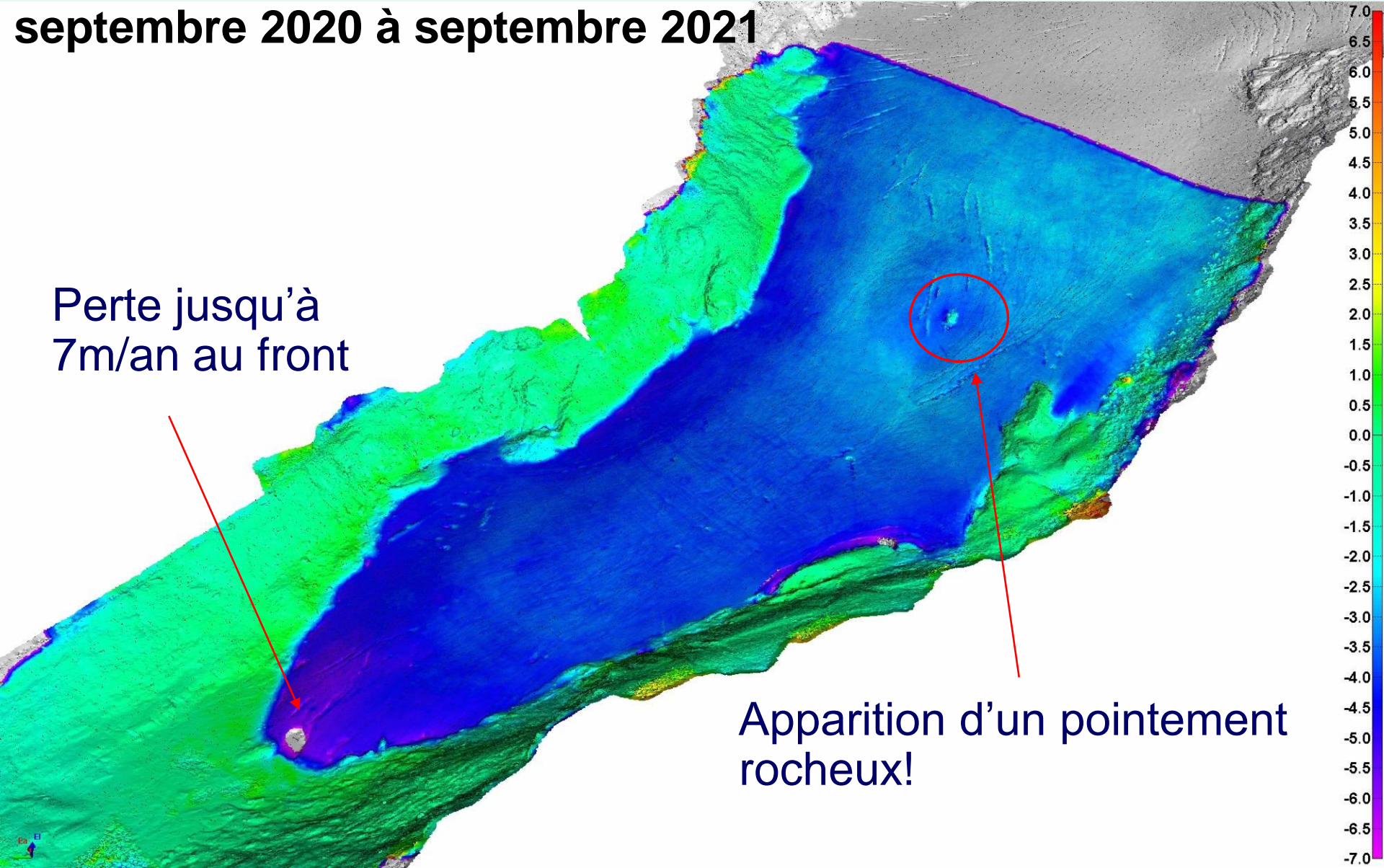


Les variations de volume

septembre 2020 à septembre 2021

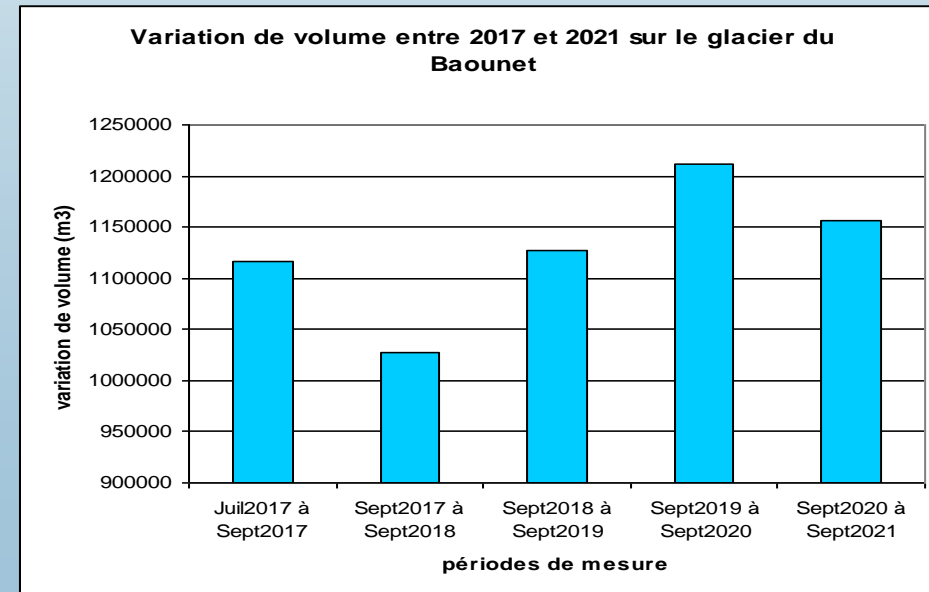
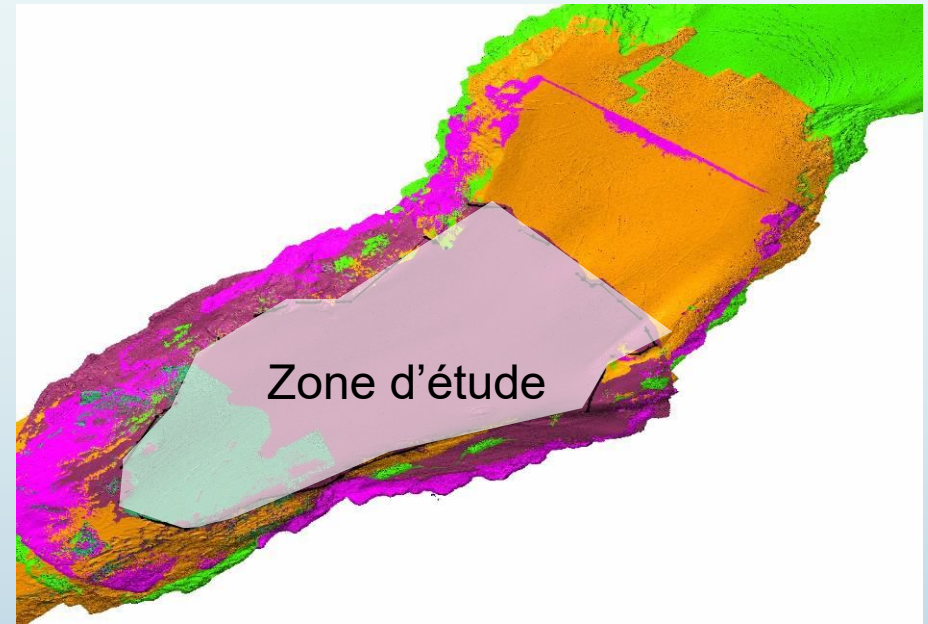
Perte jusqu'à
7m/an au front

Apparition d'un pointement
rocheux!



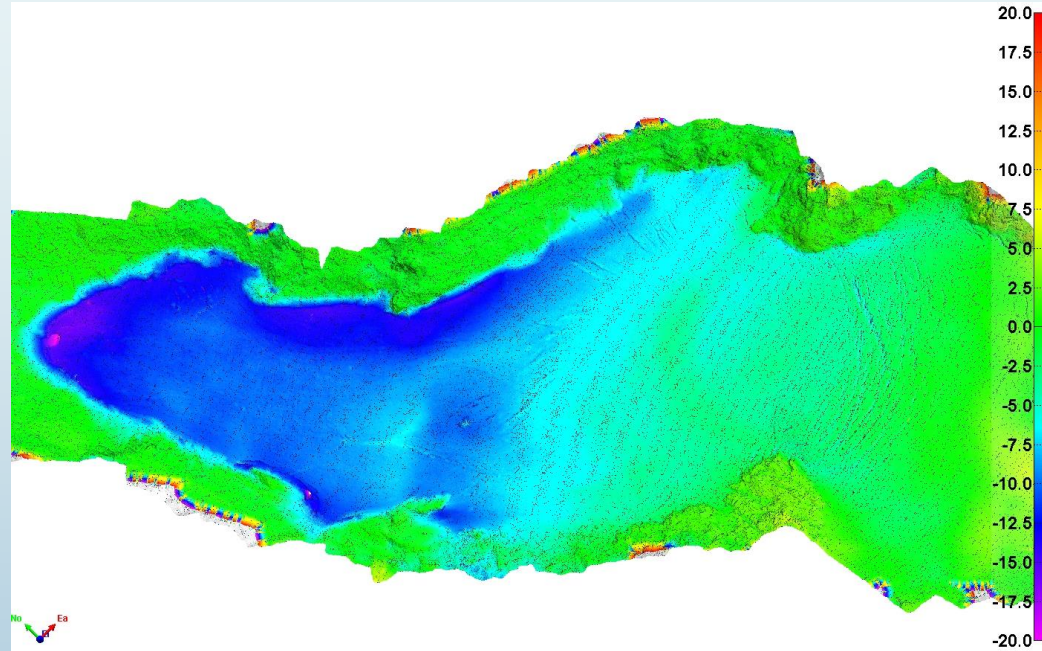
Analyse des variations de volume

- Couverture photo presque toujours partielle du glacier
- Zone d'étude commune à toutes les campagnes
= 50% du glacier
- 4 « vrais » cycles hydrologiques + un cycle partiel en 2017
- Variations importantes d'une année à l'autre
- Interprétation globale délicate : quantification uniquement de la moitié aval
- Extrapolation vers l'amont?



Les variations de volume : vers un bilan de masse?

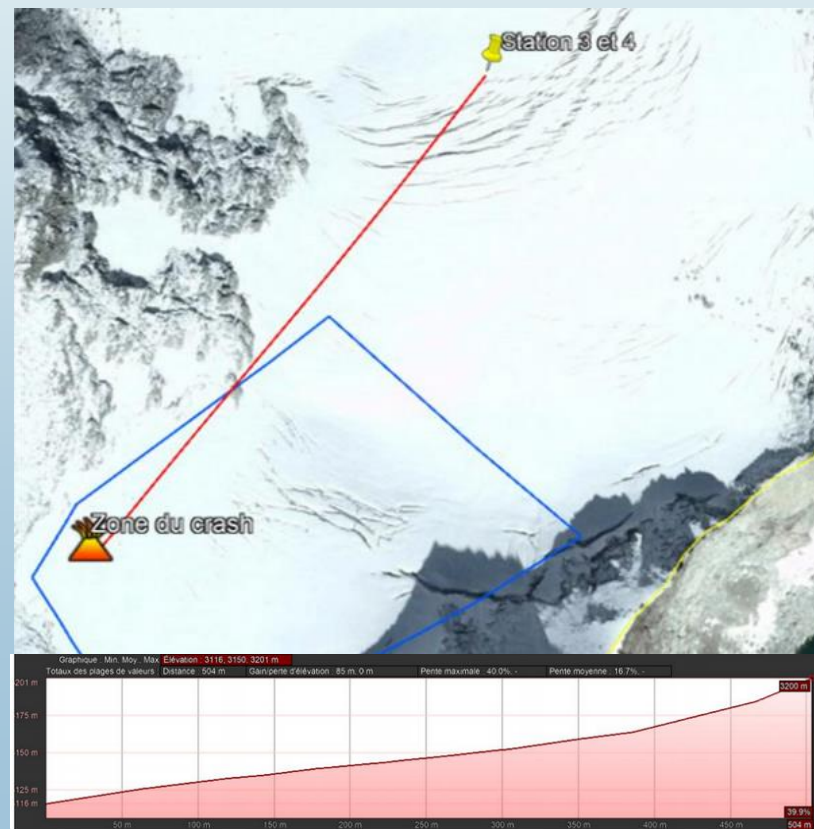
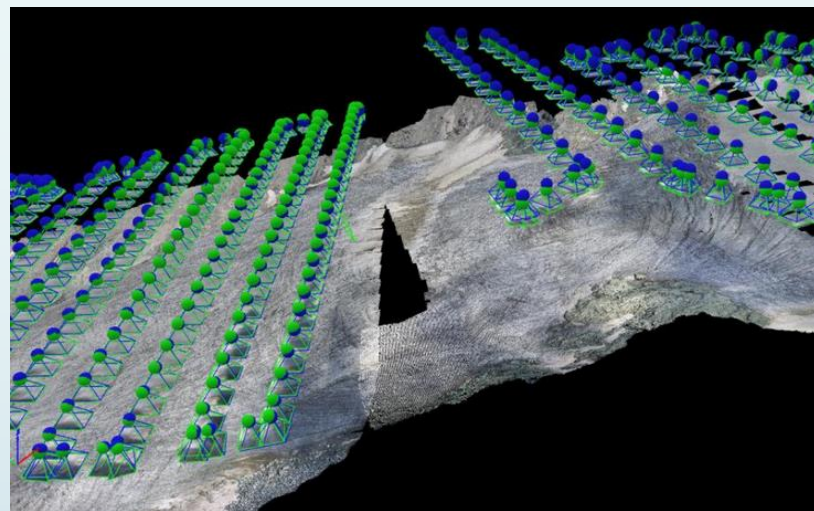
- Utilisation des 2 campagnes avec une couverture quasi complète du glacier : **2018 et 2021**
- Variation de volume sur 3 cycles hydrologiques : - **6.03 millions m³**
- Surface totale : **98.4 ha**
- Hypothèse : fusion uniquement de la glace avec $d=0.89$



⇒ bilan spécifique moyen annuel = **-1.82 mètres éq. eau/an**

Retours d'expérience

- Plans de vol : garantir une altitude sol minimale
=> nécessité d'incliner les plans de vol
=> multiplier les vols
=> assurer le recouvrement des plans de vols
- Problèmes récurrents de conflits d'applications sur smartphone avec DJI Phantom et Ctrl+Pix4D
- Drone Harmony est bien plus stable
- Traitement des données : besoin de beaucoup de rigueur pour limiter les erreurs, à réserver à un **photogrammètre expert**



Conclusion et perspectives

- Acquisition des photos aériennes : reste un défi à chaque campagne avec les contraintes de la haute montagne glaciaire : altitude, température, vents, pente du glacier, accès, météo...
- Qualité des résultats impressionnante mais 1h de vol génère un travail de traitements important a posteriori => base de travail inédite sur ce site pour la cartographie et la photo-interprétation
- Amélioration du matériel : passage à un vecteur RTK? Mavic Air Pro?
- Ouvre des perspectives de recherches nouvelles sur les liens entre les observations de surface et le réseau de drainage glaciaire
- Croisement des résultats avec les données de monitoring hydro-météorologie : quantification de l'ablation journalière, structuration du réseau de drainage



Merci de votre attention!



Remerciements :

Pauline, Gérard, Silvana, Denise, ...

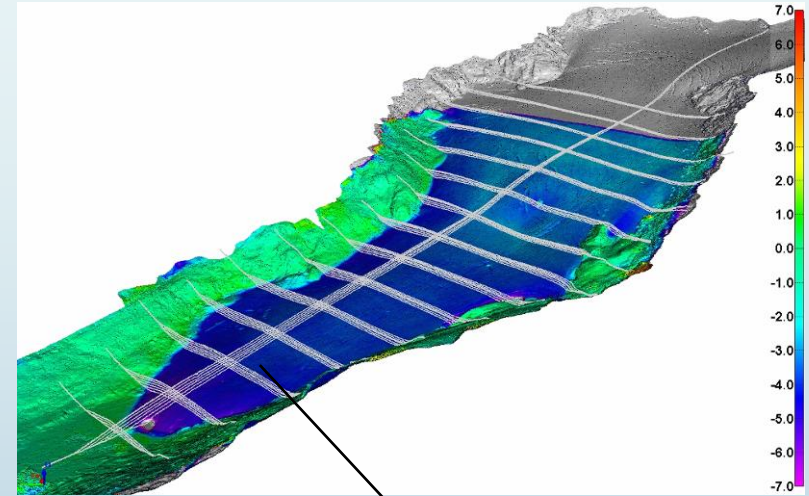
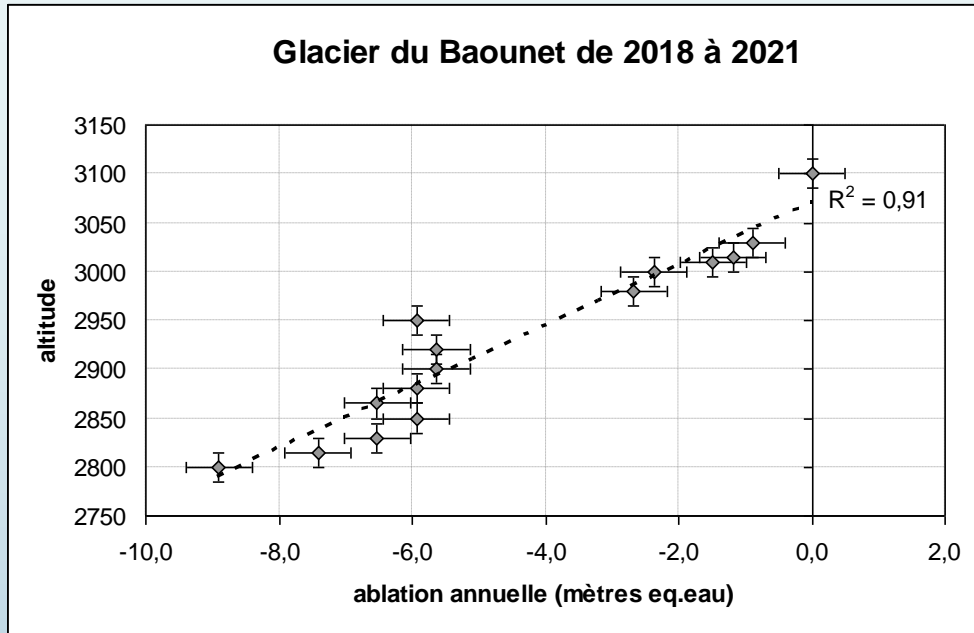
Commune de Bessans

Sylvain Jobard (sylvain.jobard@gmail.com)

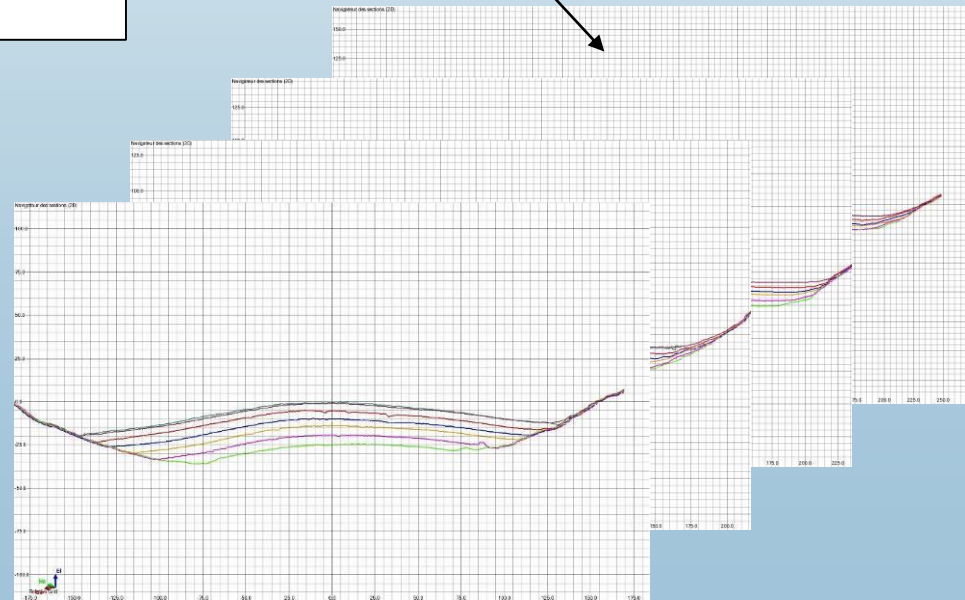
Yoann Jobard (SITES, Yoann.JOBARD@sites.fr)

Pierre Carreaud (SITES, Pierre.CARREAUD@sites.fr)

Analyse des variations de volume



Si vitesse du glacier **proche de 0m/an**,
alors variation d'altitude => ablation



Évolutions du bilan de masse

Ablation relativement constante d'une année à l'autre

Résultat cohérent avec les mesures hydrologiques

