

Brienz / Brinzauls

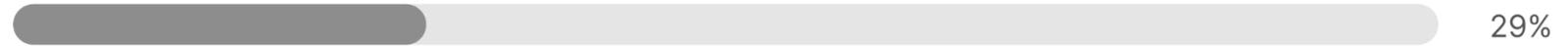
Un village sur une pente glissante



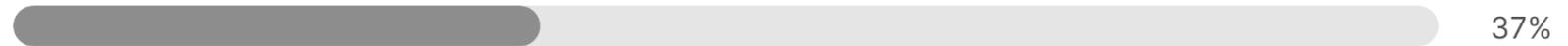
À quelle vitesse se déplace le clocher de l'église de Brienz / Brinzauls actuellement?

Multiple Choice Poll 91 votes 91 participants

25 cm/an - 26 votes



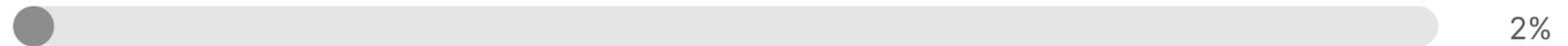
50 cm/an - 34 votes



1.25 m/an - 29 votes



40m/jour - 2 votes



1. Présentation de Geoprevent
2. Différence entre systèmes de surveillance et d'alarme
3. Présentation des systèmes de surveillance et d'alarme mis en place à Brienz / Brinzauls
4. Retour sur l'événement du 15 juin passé et perspectives d'avenir

Présentation de GEOPREVENT

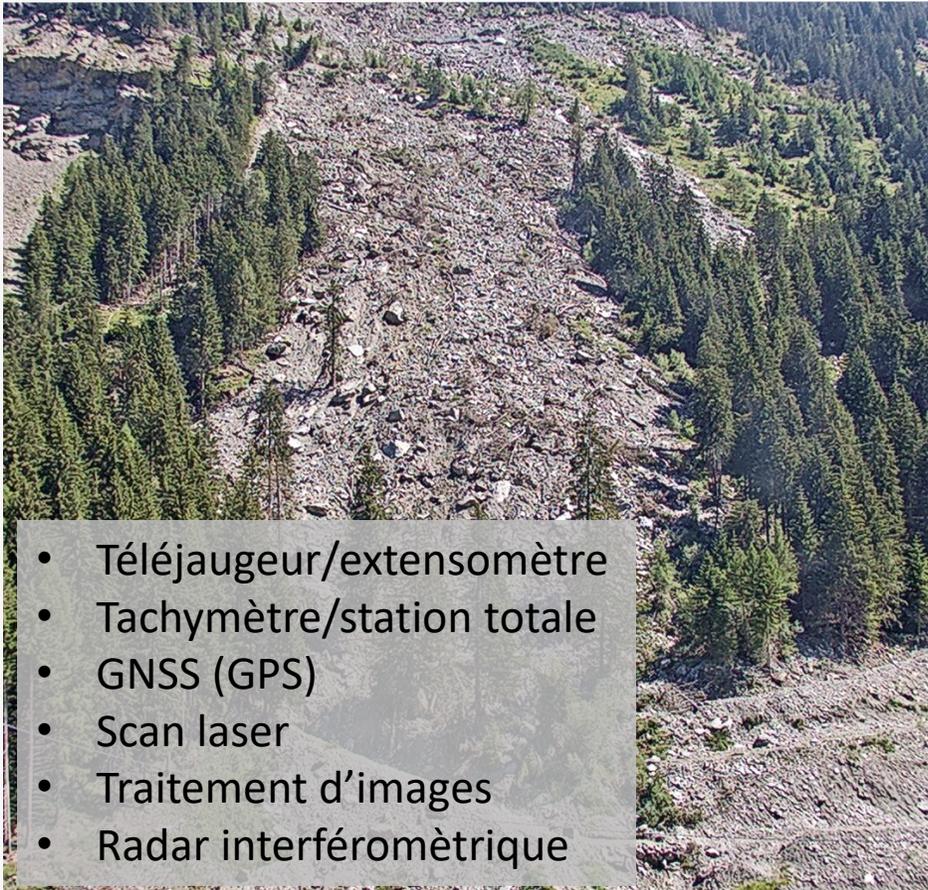


- Entreprise fondée par Lorenz Meier en 2012
- Siège à Zurich
- Mélange d'expertise de différents horizons (physiciens, ingénieurs électronique, ingénieurs en environnement, informaticiens, techniciens à l'aise dans des milieux alpins)
- Actuellement 30 employés
- Plus de 150 systèmes de surveillance et d'alarme en Suisse, en Europe, en Asie ainsi qu'en Amérique du Nord et du Sud et en Océanie



Mesure de déformation lente

Généralement un système de surveillance



- Télégaugeur/extensomètre
- Tachymètre/station totale
- GNSS (GPS)
- Scan laser
- Traitement d'images
- Radar interférométrique

Détection de mouvements rapides

Généralement un système d'alarme



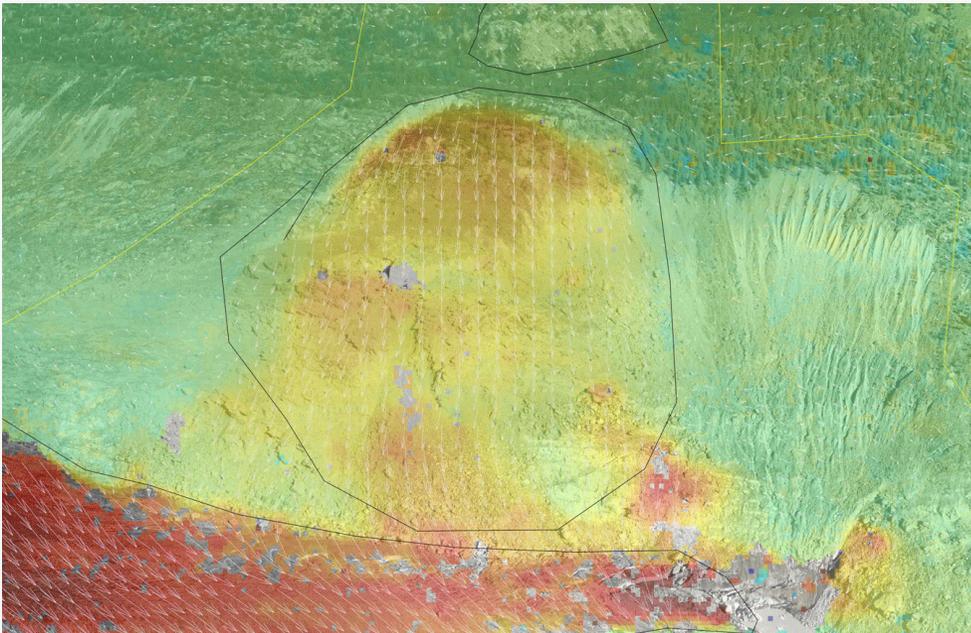
- Ligne de déclenchement
- Mesure de niveau d'eau
- Géophone
- Radar doppler

Système de surveillance

Fonction: mesures de signes précurseurs d'un événement

Échelle temporelle: heures – semaines

Application: Procédés évoluant lentement et continuellement



Système d'alarme

Fonction: mesure de l'événement lui-même, p. ex. avalanche en mouvement

Échelle temporelle: secondes – minutes

Application: Procédés se déclenchant spontanément ou évoluant rapidement



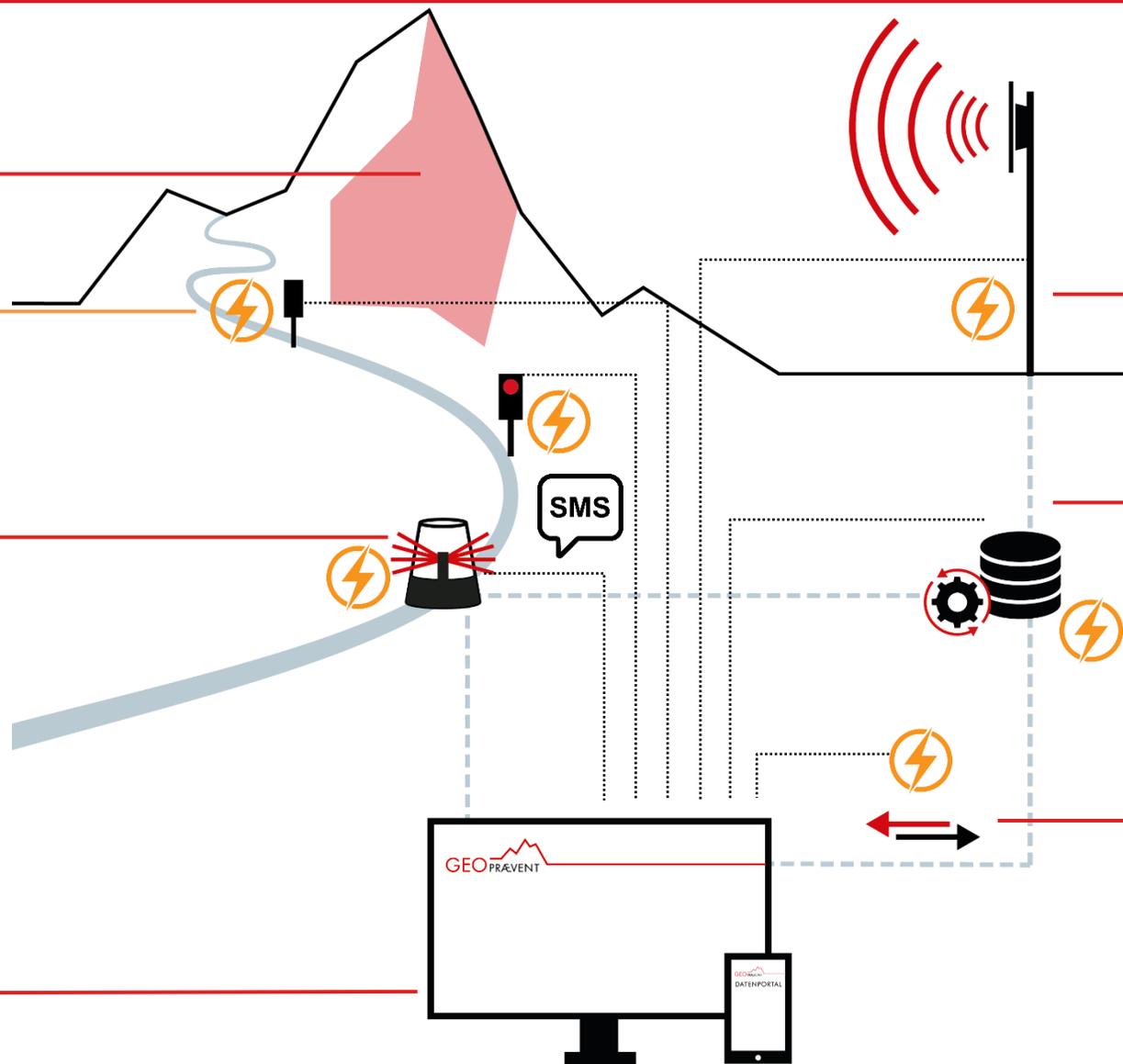
Composantes d'un système de surveillance ou d'alarme

DANGERS NATURELS
Procédés, variables

ALIMENTATION
ÉLECTRIQUE

ALARME
Actions
automatiques

PORTAIL DE
DONNÉES
Interface
utilisateurs,
visualisation,
contrôle à
distance

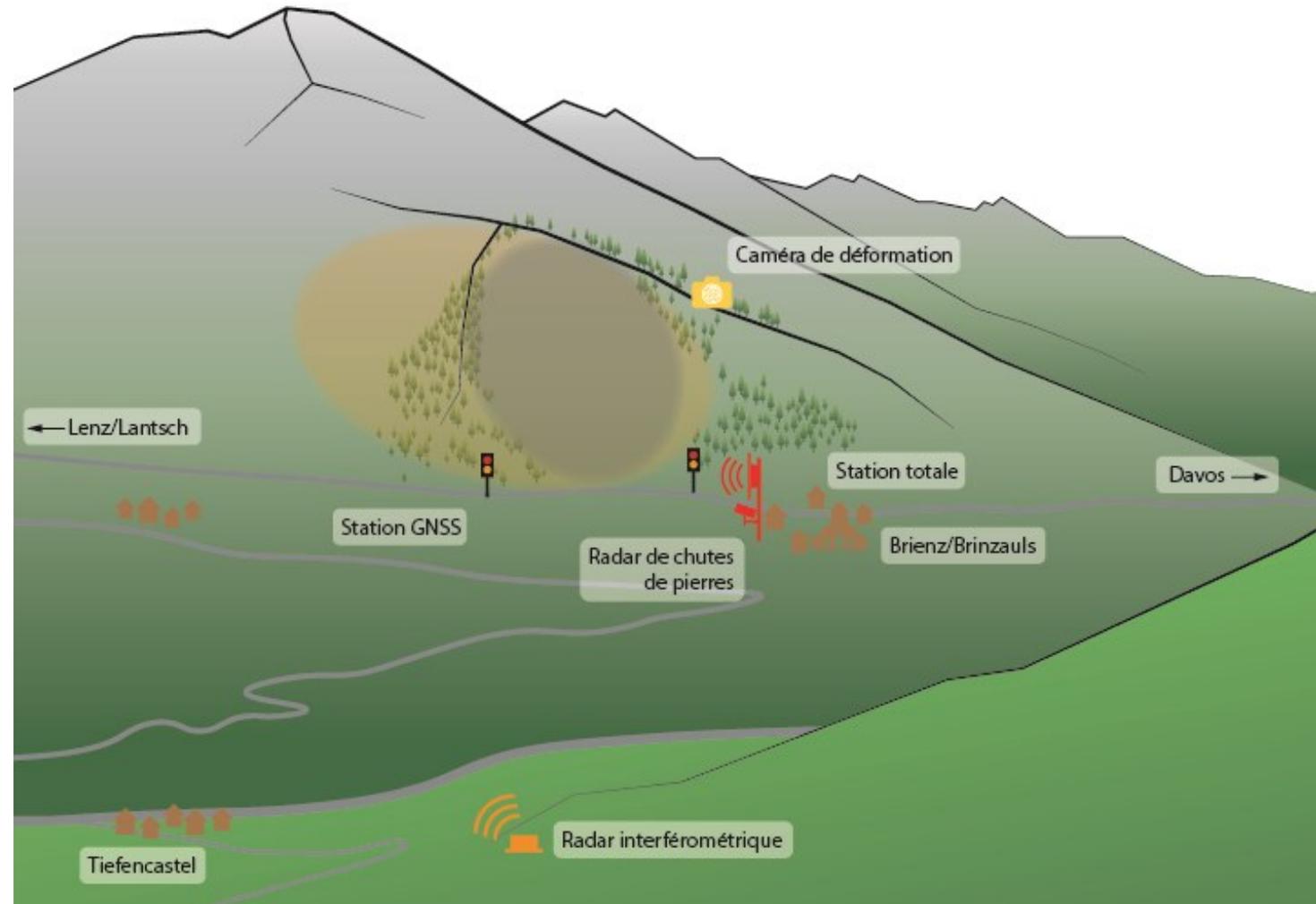


CAPTEURS
Mesure de signes
précurseurs ou de
l'événement lui-
même

TRAITEMENT DE
DONNÉES
Enregistrement,
calcul,
déclenchement des
alarmes

COMMUNICATION
Données, alarme

- Village grison sur la frontière entre deux régions linguistiques
- Situé sur la route et la voie ferrée menant de Coire à Davos, Sankt-Moritz ou la Lenzerheide
- Glissement ancien qui s'est réactivé et à accéléré ces dix dernières années
- Chutes de pierres régulières menaçant une des principales routes d'accès
- Consortium d'entreprises mandaté pour surveiller le glissement avec, entre autre:
 - Un **radar de chutes de pierres**
 - Un **radar interférométrique**
 - Des **caméras de déformation**
 - Des stations GNSS et stations totales



- Utilisation d'un signal pour déterminer la position d'un objet et sa vitesse
- Utilisation du temps de parcours du signal pour déterminer la distance à un objet en mouvement
- En mesurant la différence entre la fréquence du signal émis et reçu, il est possible de mesurer la vitesse d'objet en mouvement
- Ondes électromagnétiques à environ 10 GHz, interférences avec les conditions atmosphériques négligeables
- Possibilité de mesurer en quasi temps-réel (toutes les secondes)



Radar Doppler: detection de mouvements rapides

Système d'alarme avec radar de chutes de pierres et fermeture / réouverture automatique de la route



Radar Doppler: détection de mouvements rapides

- Tous les événements sont répertoriés, caractérisés et cartographiés sur un portail en ligne
- Images d'événements
- Caméra motorisée pour l'inspection à distance de la route

The screenshot displays the GRAVX@ web portal interface. On the left, a topographic map shows a red Doppler radar scan area over a mountainous region, with labels for locations like 'God Dafora', 'Zurtail', 'Gor da Laresch', 'Vallettas', 'Brienz Brinzauls GR', and 'Cresta'. The radar scan is centered on a slope, with a color gradient from purple to red indicating movement intensity. On the right, a video player shows a PTZ camera view titled 'Brinzauls_PTZCam', recorded at 3:30:16 PM (6/20). The video shows a large, rocky landslide area on a steep slope. Above the video, technical details for the radar scan are provided: 'Radar Radar', 'Affected regions ROI, DZ', 'Speed 67 km/h', 'Start 3:29:52 PM', 'Duration 4min 8s', 'Size 3.8', and 'Length 705 m'. On the far right, a list of observations is shown, with the selected event '05/28/2023, 3:29:52 PM' highlighted in pink. The list includes various observation times and locations, such as '05/28/2023, 8:36:26 PM ROI', '05/28/2023, 7:51:52 PM ROI', '05/28/2023, 3:15:02 PM ROI', '05/28/2023, 11:51:47 AM ROI, DZ', '05/28/2023, 11:38:38 AM ROI', '05/28/2023, 7:12:25 AM ROI', '05/28/2023, 5:22:29 AM ROI', '05/28/2023, 2:27:41 AM ROI, DZ', '05/28/2023, 12:00:44 AM ROI', '05/27/2023, 11:53:59 PM ROI', '05/27/2023, 10:55:55 PM ROI', and '05/27/2023, 8:42:35 PM ROI'.

☰ Quel était le nombre d'événements de chutes de pierres détectés par jour au pic de l'activité du glissement, au mois de juin 2023?

Multiple Choice Poll 99 votes  99 participants

5 - 2 votes



28 - 29 votes



49 - 32 votes

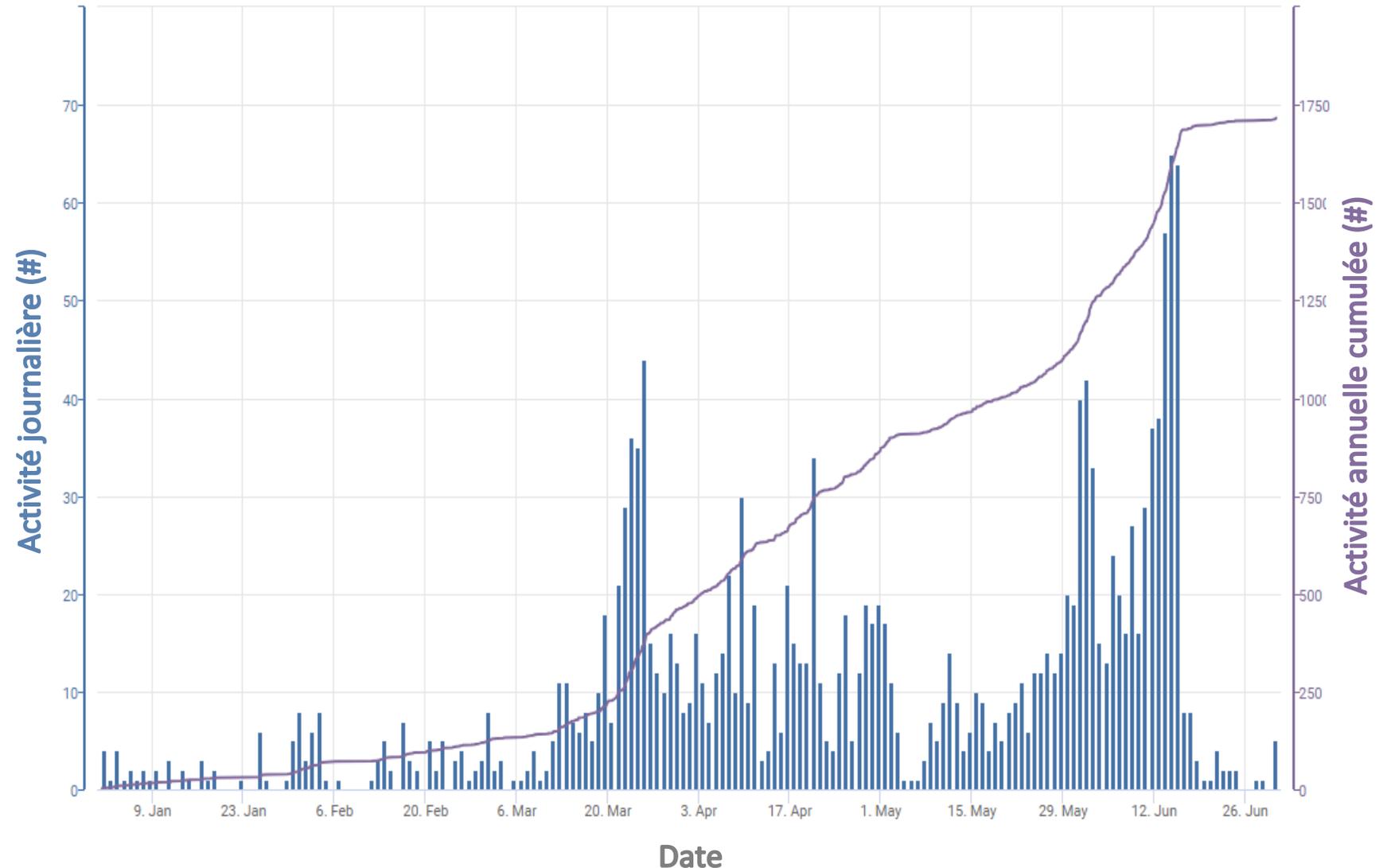


65 - 36 votes



Radar Doppler: évolution de l'activité de chutes de pierres

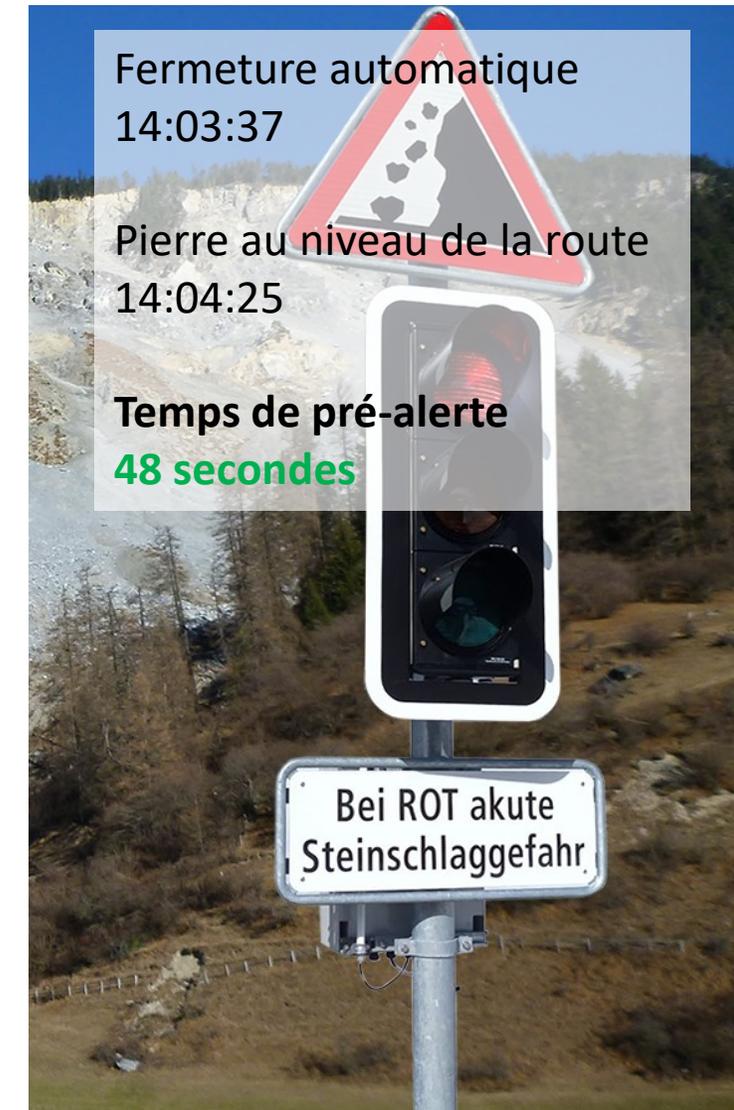
- Variations du nombre de chutes de pierres sur les dernières années
- Augmentation du nombre d'événements sur le début d'année 2023
- Pic peu avant l'éboulement
- Plus de 50 événements par jour avant l'événement de mi-juin 2023



Radar Doppler: fermeture automatique de la route

Système de feux pour la fermeture automatique de la route

- Fermeture automatique à 14:03:37, quelques secondes après la détection
- Impact de la masse rocheuse au niveau de la route 14:04:25
- Temps de pré-alerte de **48 secondes**



Fermeture automatique
14:03:37

Pierre au niveau de la route
14:04:25

Temps de pré-alerte
48 secondes

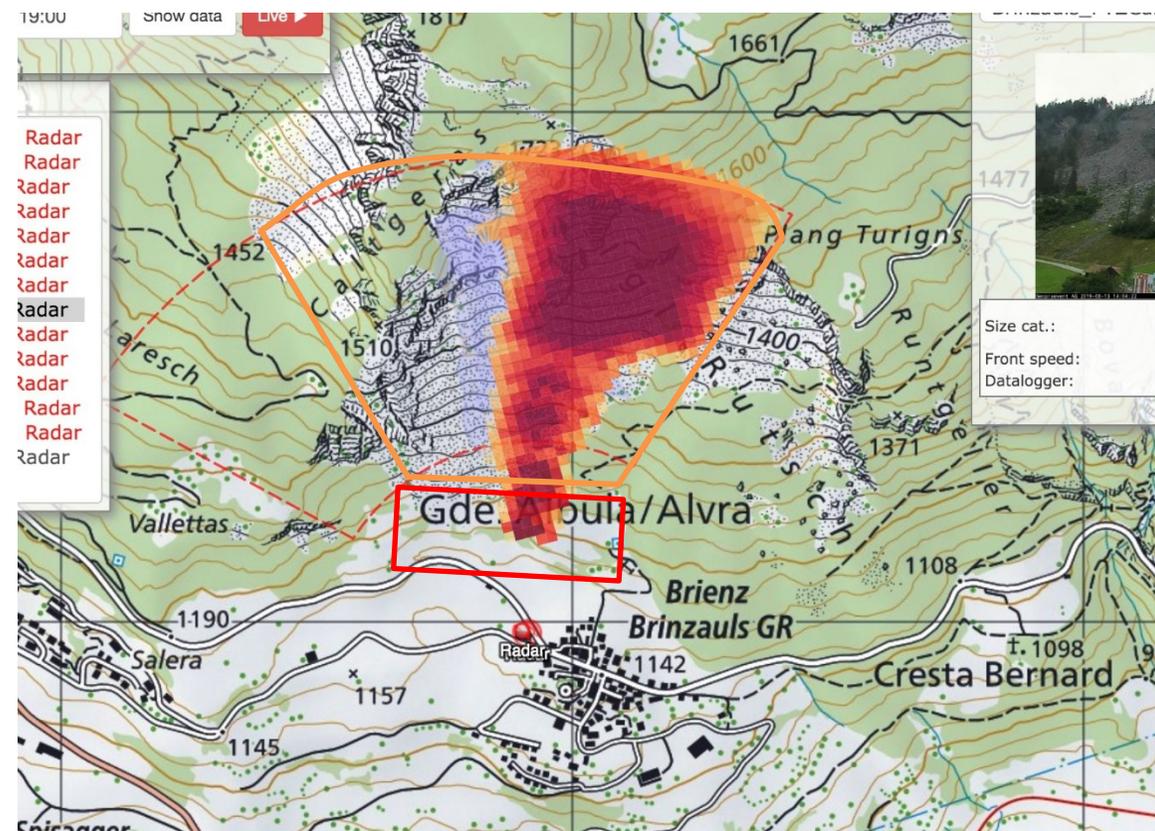
Radar Doppler: réouverture automatique de la route

Radar de chutes de pierres Brienz/Brinzauls GR

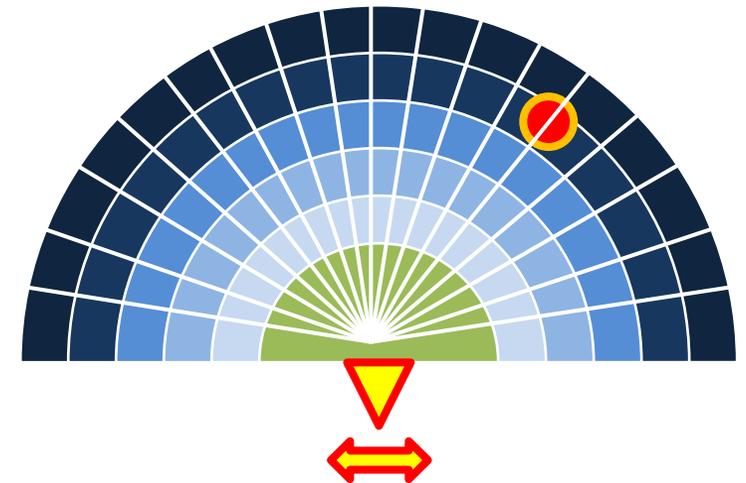
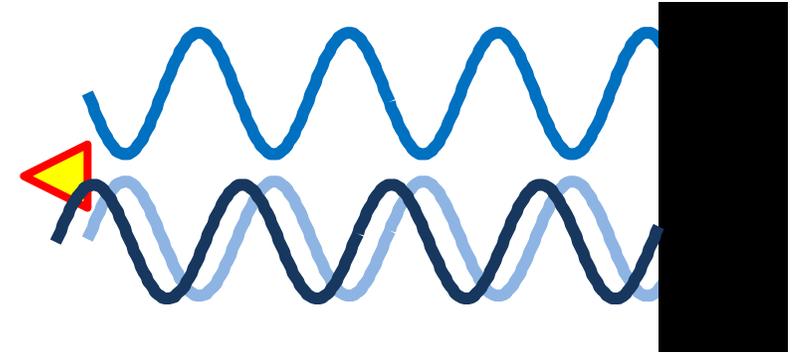
Événements mineurs perçus comme des fausses alarmes

→ Minimisation de la fermeture de la route avec une réouverture automatique

- Définition d'une zone d'alarme et d'une zone de danger
- Fermeture automatique après detection dans la zone d'alarme
- Réouverture automatique si la zone de danger n'est pas atteinte



- Mesure du décalage progressif entre la phase des ondes radar émises et réfléchies causé par le mouvement de la surface à surveiller
- Mesure en 2D (angle et distance) pouvant être projetée sur un modèle numérique de terrain
- Approprié pour la surveillance du déplacement de surfaces planes et définies (instabilités de faces rocheuses, glissements de terrain peu végétalisés, langues glacières)
- Résolution des mesures dépendant de la distance entre le radar et l'objet observé
- Précision de mesure sub-millimétrique possible, dépendant des ondes électromagnétiques utilisées et des conditions atmosphériques, pas de la distance



Radar interférométrique: surveillance de mouvements lents

- Technologie permettant la détection de mouvements lents sur une large surface (5 km^2) et sur une distance allant jusqu'à 5 km
- Précision mm en conditions optimales
- À Brinzauls, le glissement est à environ 3 km
- Perturbations atmosphériques
- Précision de 2 – 3 mm
- Mesures toutes les 2 minutes
- Système en autarcie énergétique (panneaux solaires, batteries et pile à combustible)





Quelle était la vitesse maximale du glissement avant l'éboulement de mi-juin 2023 ?

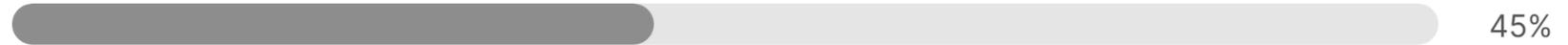
Multiple Choice Poll 110 votes 110 participants

50 cm/jour - 18 votes



16%

2 m/jour - 49 votes



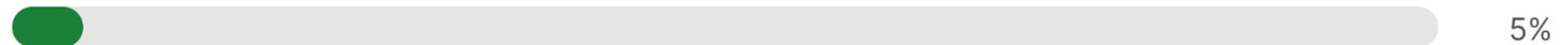
45%

10 m/jour - 37 votes



34%

40 m/jour - 6 votes

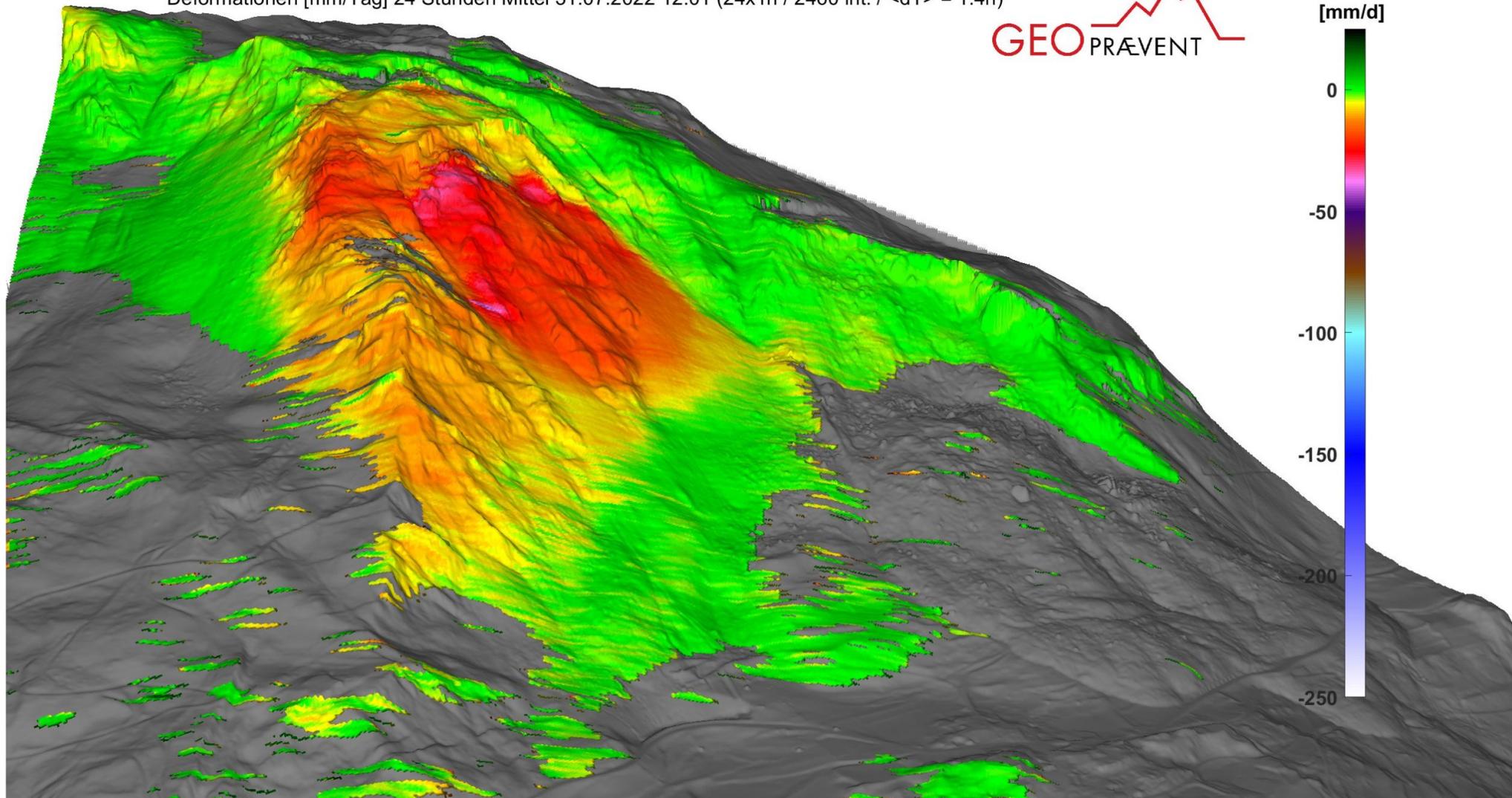


5%



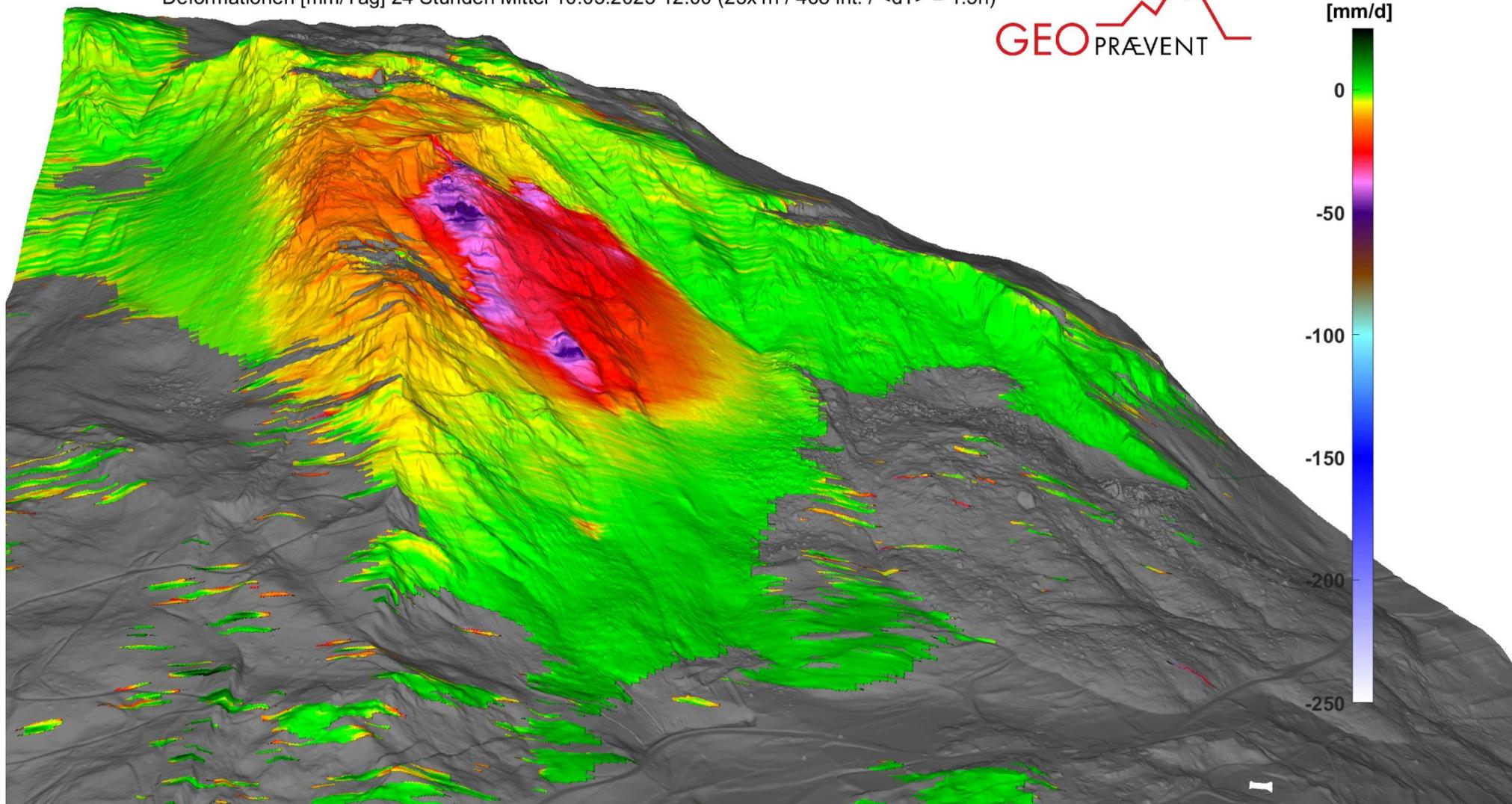
Radar interférométrique: surveillance de mouvements lents

Deformations [mm/Tag] 24 Stunden Mittel 31.07.2022 12:01 (24x1h / 2460 int. / $\langle dT \rangle = 1.4h$)



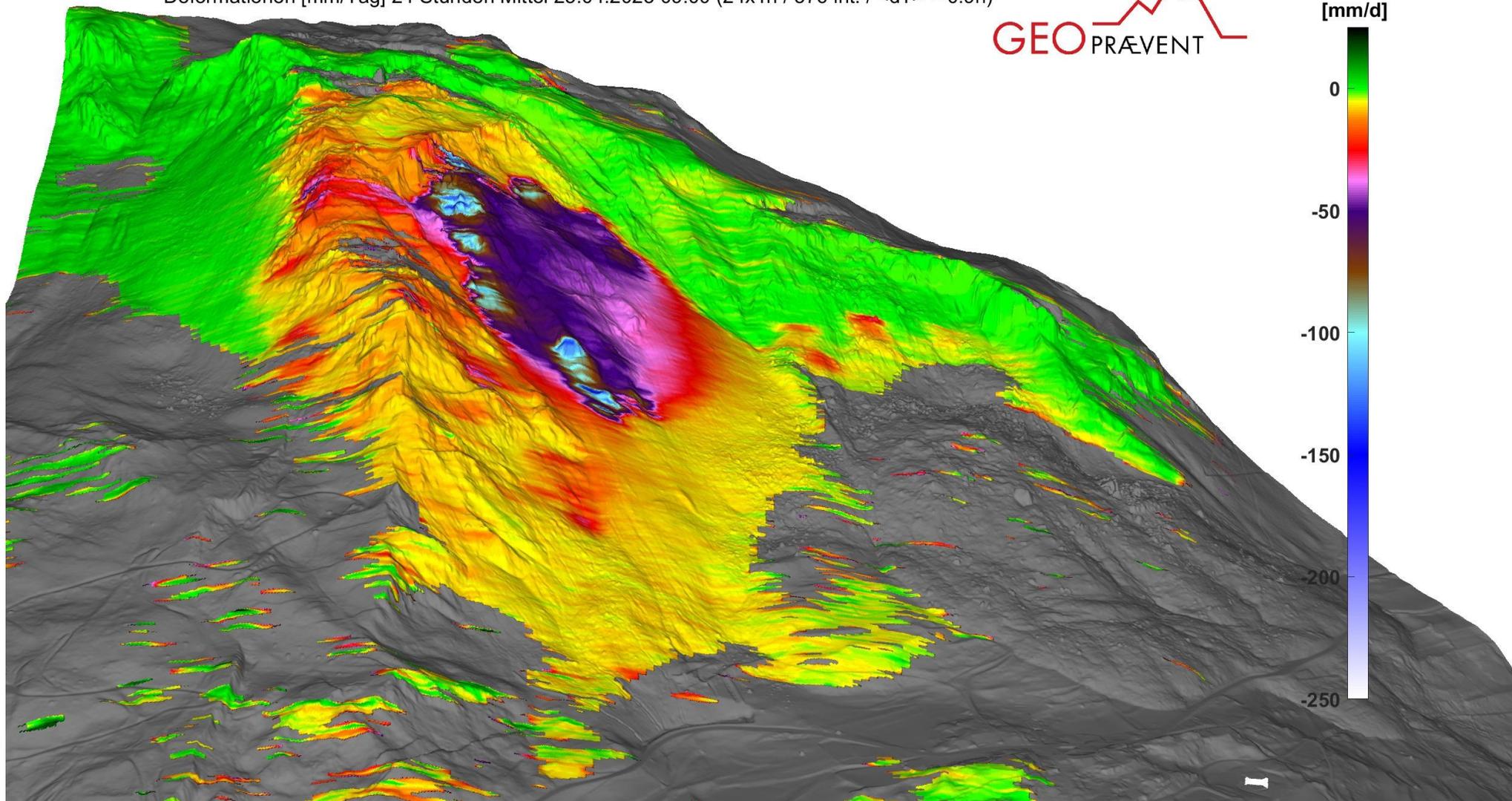
Radar interférométrique: surveillance de mouvements lents

Deformations [mm/Tag] 24 Stunden Mittel 10.03.2023 12:00 (23x1h / 468 int. / $\langle dT \rangle = 1.5h$)



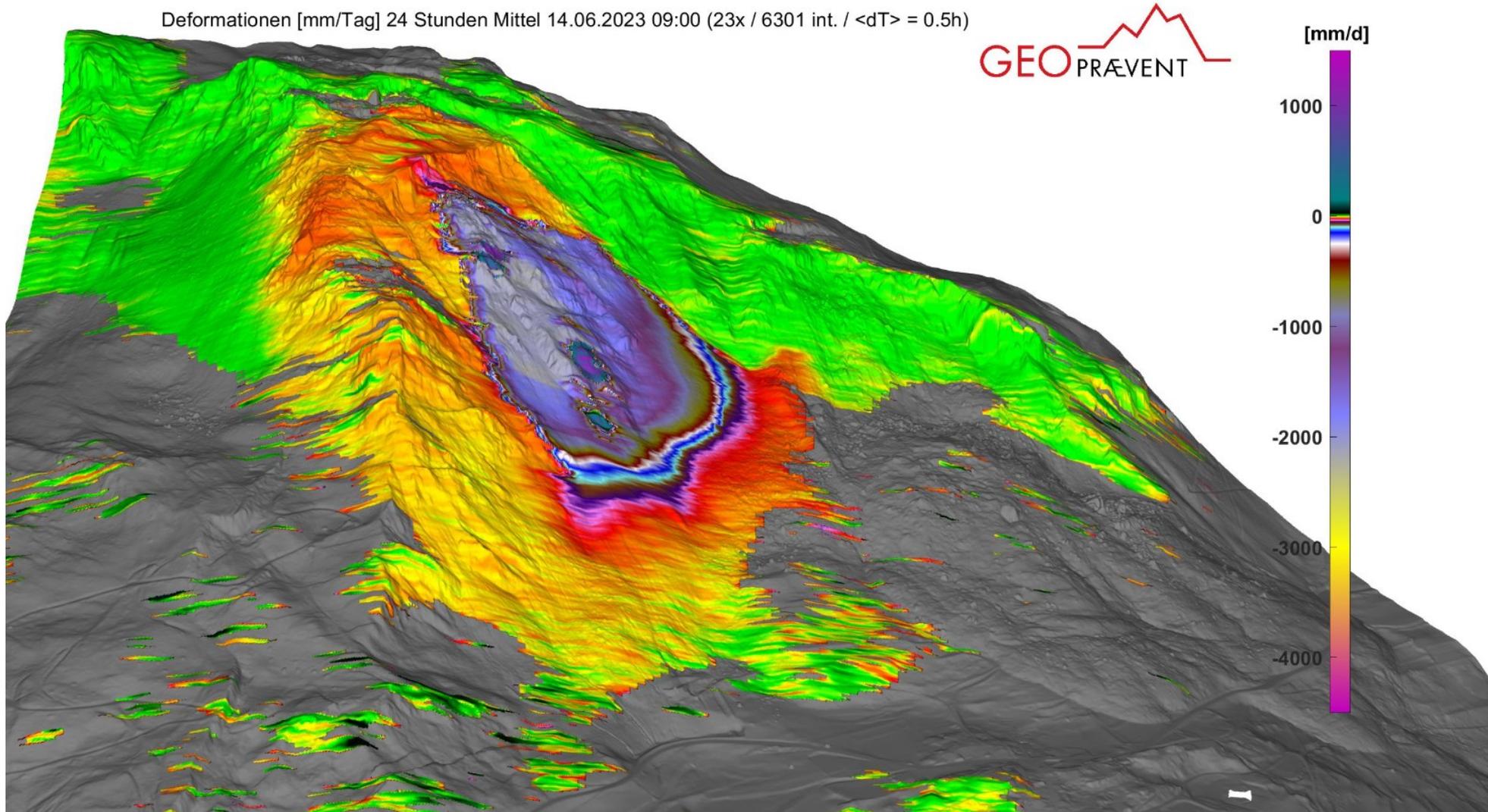
Radar interférométrique: surveillance de mouvements lents

Deformations [mm/Tag] 24 Stunden Mittel 25.04.2023 09:00 (24x1h / 576 int. / $\langle dT \rangle = 0.9h$)



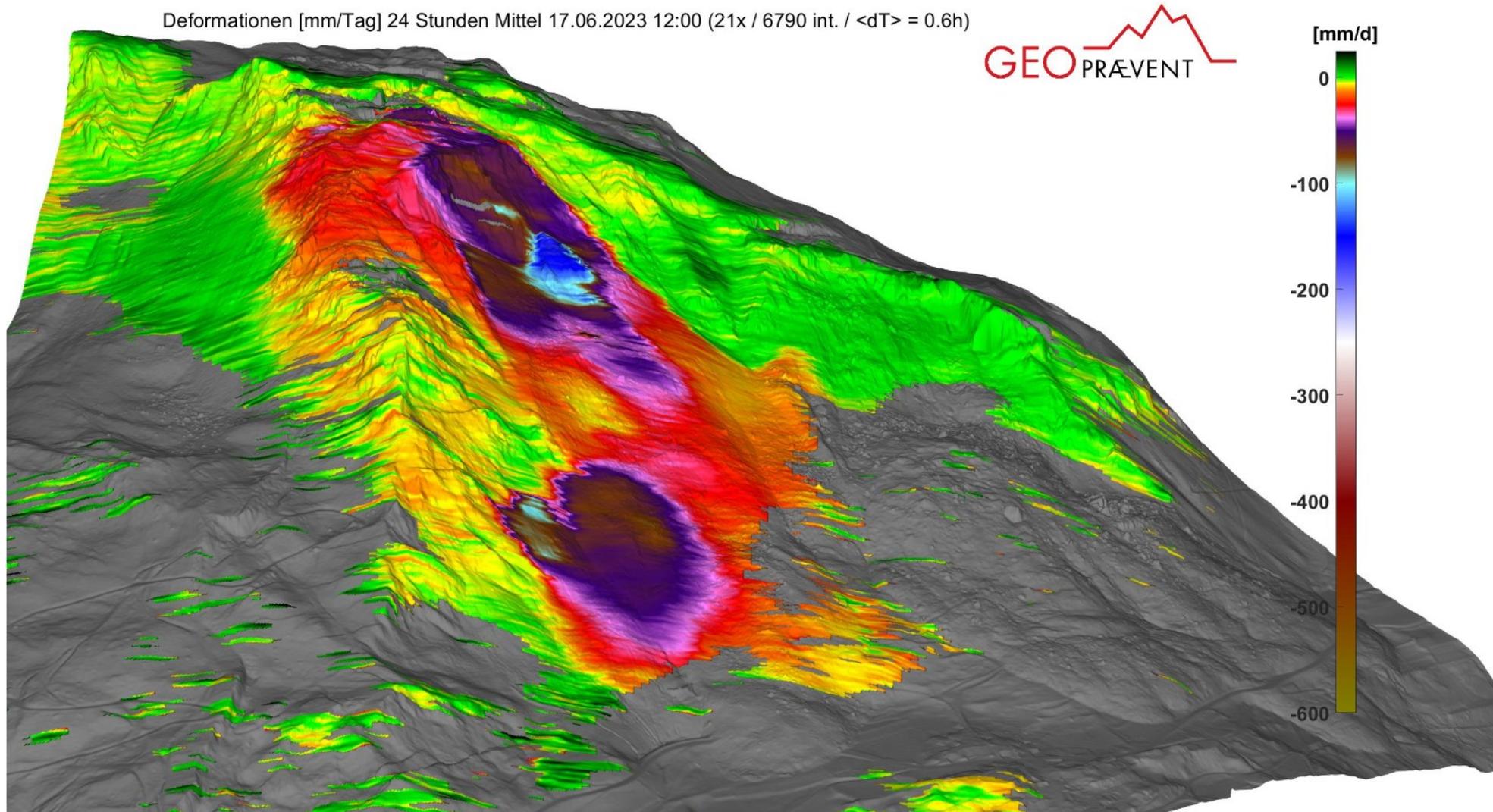
Radar interférométrique: surveillance de mouvements lents

Deformationen [mm/Tag] 24 Stunden Mittel 14.06.2023 09:00 (23x / 6301 int. / $\langle dT \rangle = 0.5h$)



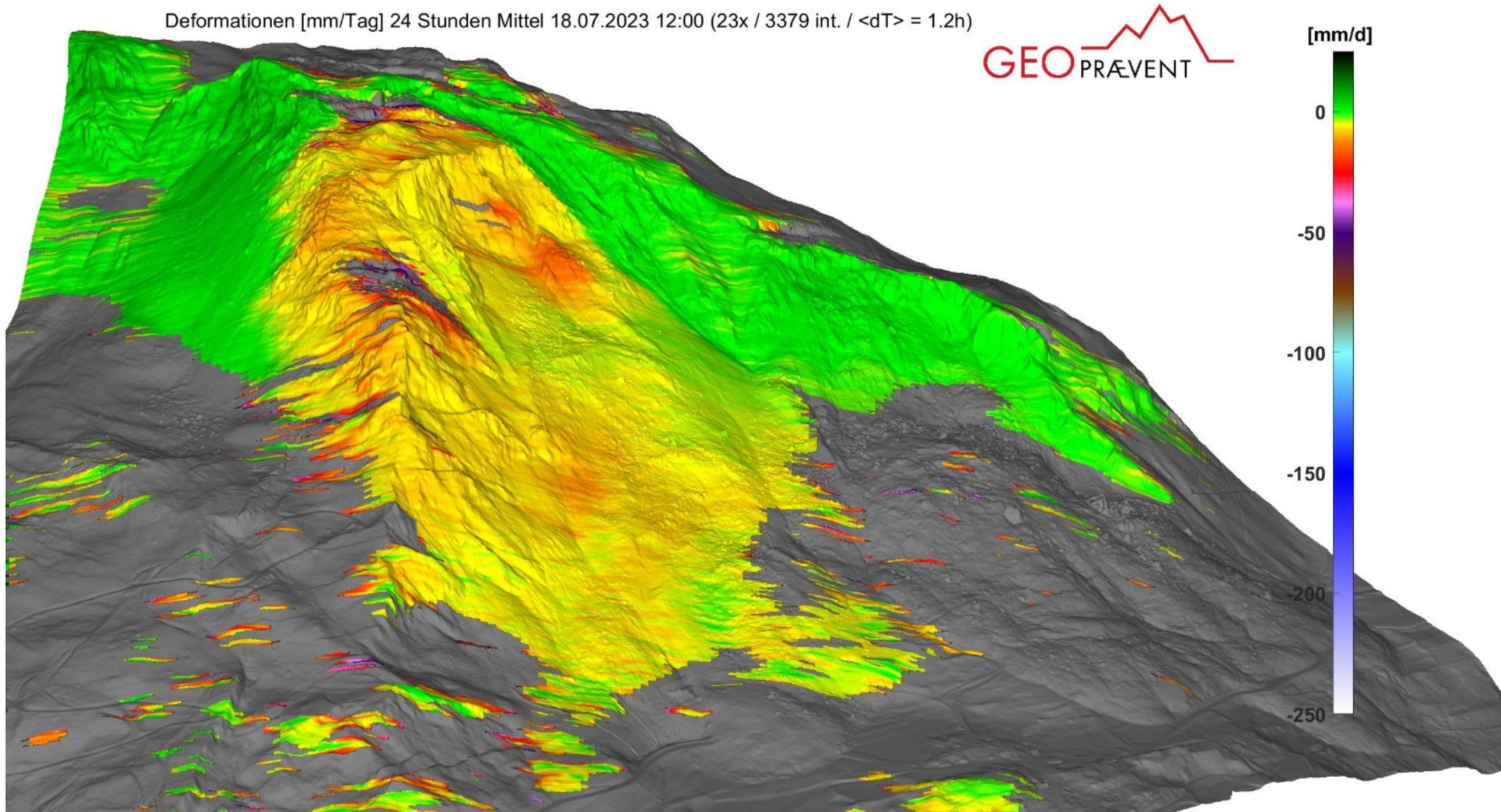
Radar interférométrique: surveillance de mouvements lents

Deformationen [mm/Tag] 24 Stunden Mittel 17.06.2023 12:00 (21x / 6790 int. / $\langle dT \rangle = 0.6h$)



Radar interférométrique: surveillance de mouvements lents

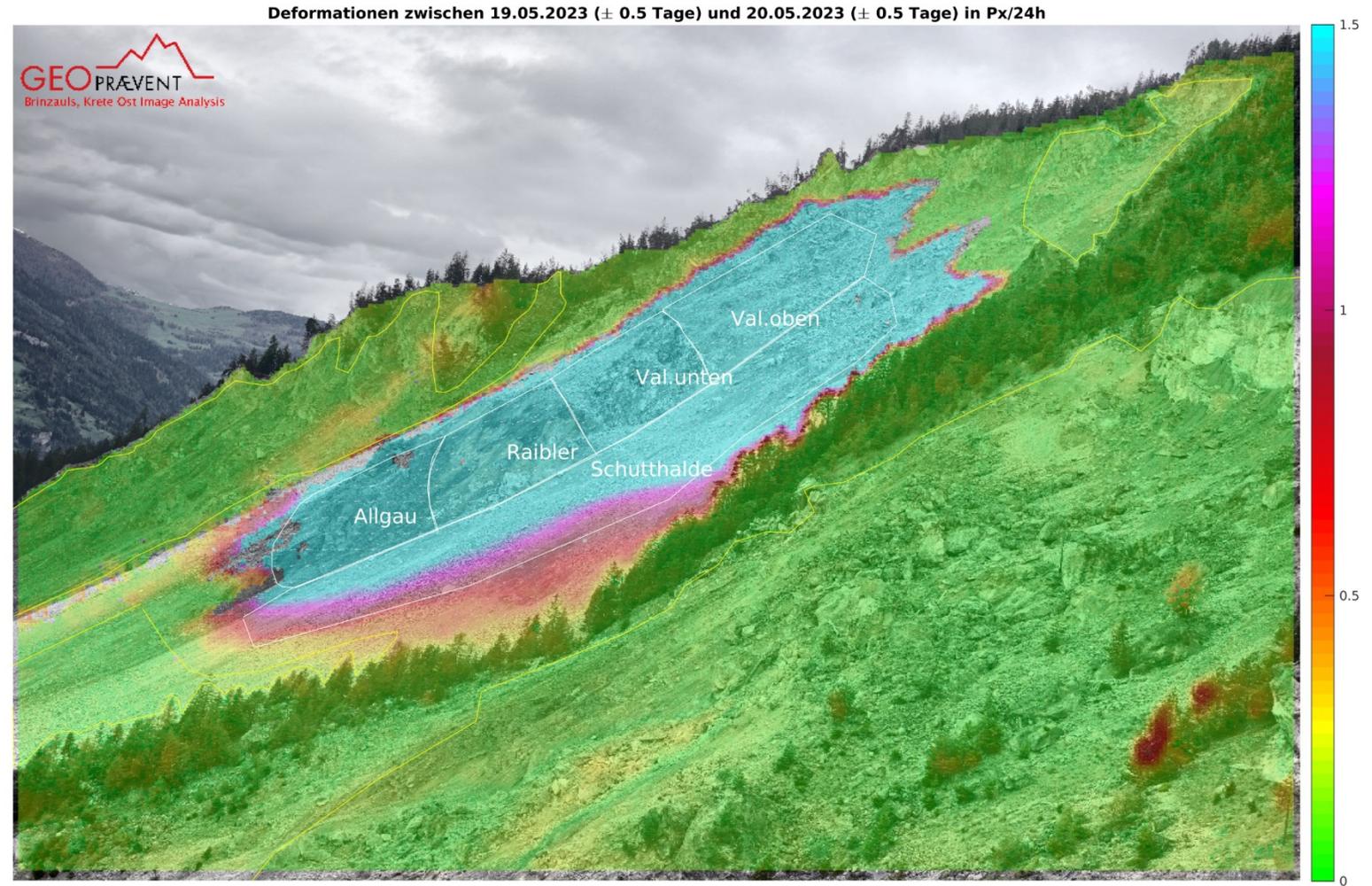
Deformations [mm/Tag] 24 Stunden Mittel 18.07.2023 12:00 (23x / 3379 int. / <dT> = 1.2h)



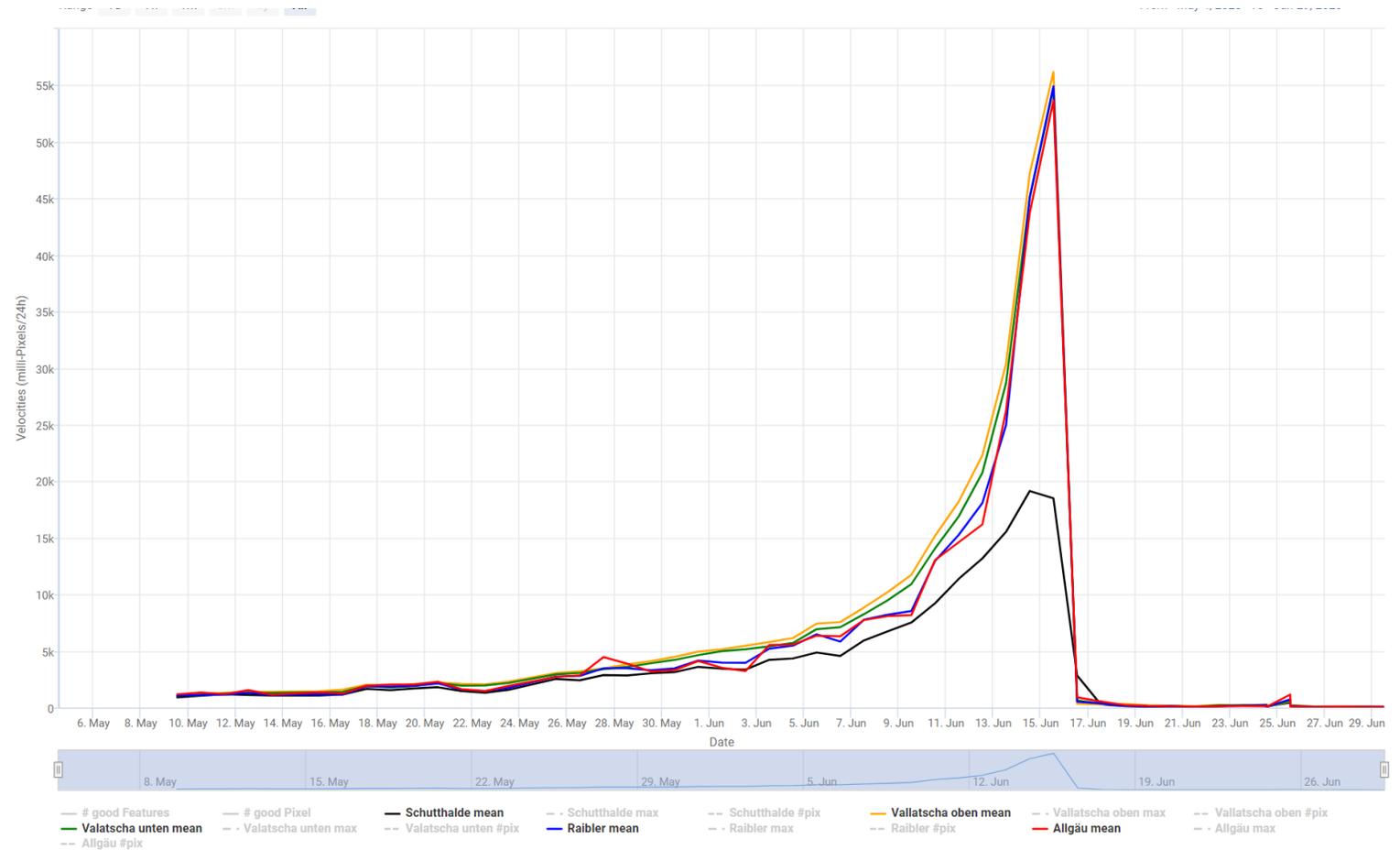
- Installation d'un système de surveillance avec une caméra PROCam sur la crête Est du glissement au printemps 2023
- Système en autarcie énergétique (panneaux solaires et batterie)
- Mât de fabrication très locale
- Prise d'image à haute-gamme dynamique en cadence horaire



- Analyse d'images DEFOX avec fréquence horaire
- Champ de déformation obtenu après l'application de méthodes de corrélation d'images
- Définition de zones d'intérêt



- Série chronologiques du déplacement moyen dans les différentes régions d'intérêt
- Accélération importante quelques semaines avant l'effondrement
- Envoi de notifications en cas de dépassements de seuils

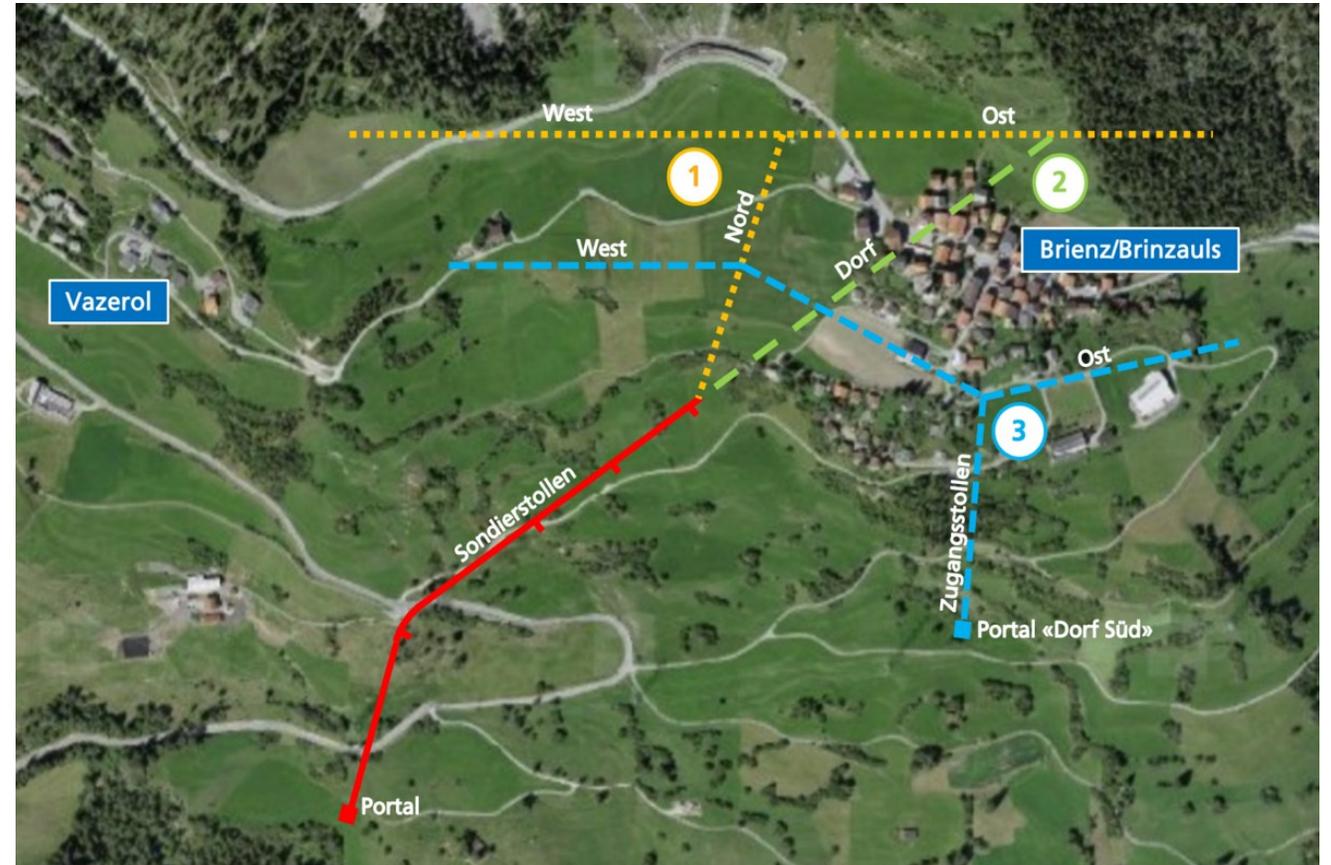


- Avril 2023: préparation à l'évacuation suite à l'accélération importante du glissement
- 9 mai 2023: évacuation du village, avec possibilité de revenir la journée
- 12 mai 2023: évacuation du bétail et interdiction de se rendre sur place
- 15 juin 2023: éboulement de 1.2 mio de m³ sans que le village ne soit atteint
- 3 juillet 2023: retour des habitants mais...

... ça continue de bouger!



- Construction d'une galerie de sondage depuis 2021
- Transformation de la galerie existante en drainage avec l'addition de conduites latérales
- Prologation de la galerie existante
- Drainage en profondeur du versant afin de le stabiliser
- Protection des infrastructures situées sur le versant (village, routes communales et cantonales, lignes à haute tension, voie ferrée)
- Système de surveillance reste en place



Grazia fitg per vossa atenziun!