

Détection et surveillance de glissements de terrain par télédétection

Dr. Romy Schlögel

ESA Living Planet Research Fellow

Centre Spatial de Liège (CSL) & Dpt. Géologie (ULiège)

Un parcours scientifique à travers les glissements de terrain...

Tien Shan, Kirghizistan



Alpes françaises



Wenshuan - Chine



Altai - Russie



Alpes italiennes



Tadjikistan

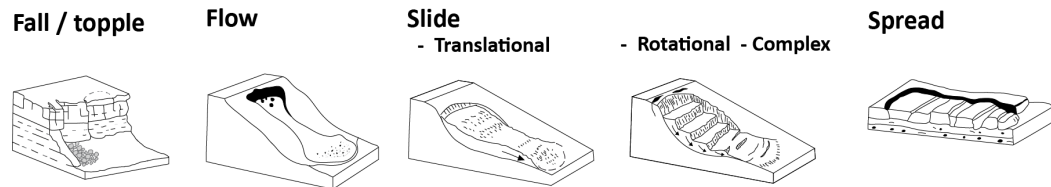


Pourquoi cartographier des glissements de terrain et évaluer leur cinématique est si important ?

- Méthodes de prévention et réduction des risques

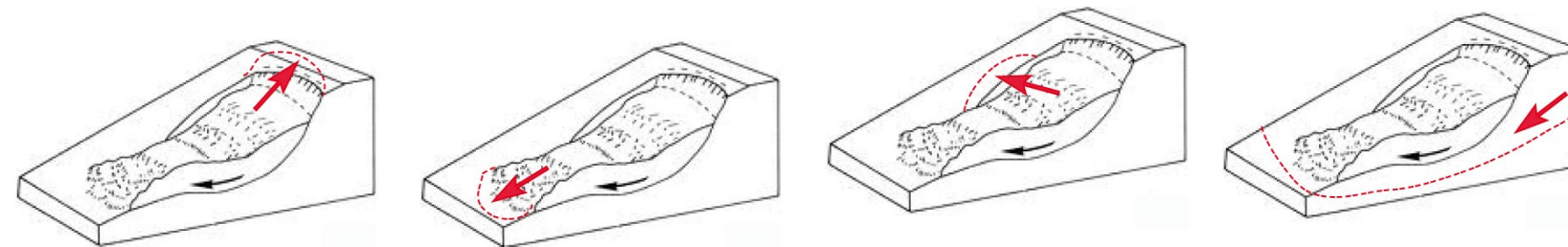
➔ Connaissance de processus de glissements

- Type



- Magnitude

- Evolution dans le temps



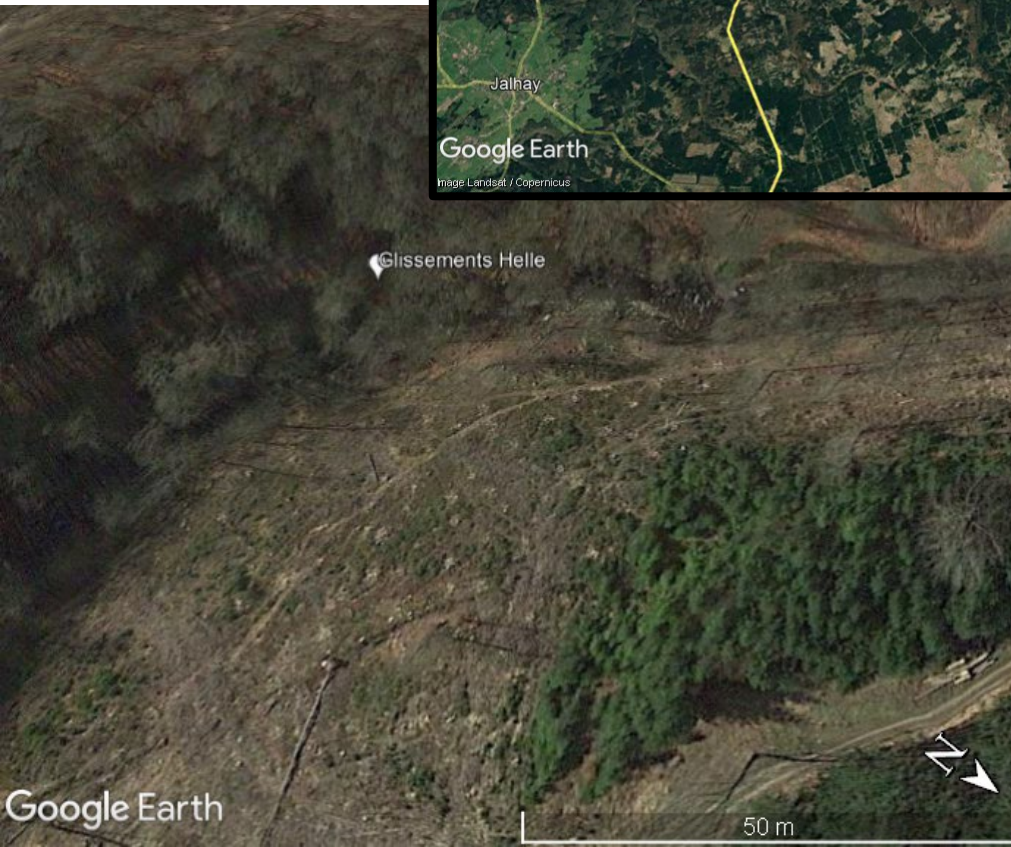
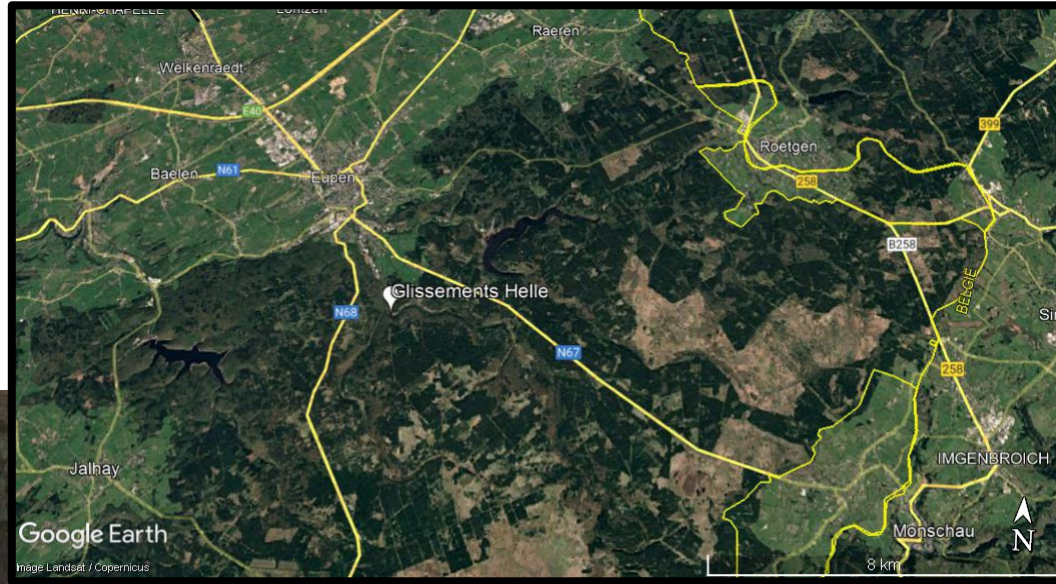
- Estimation de l'aléa

HAZARD

$$H_L = S * P(N_L) * P(A_L)$$

Des glissements de terrain en Belgique

Après les pluies
intenses 2021...

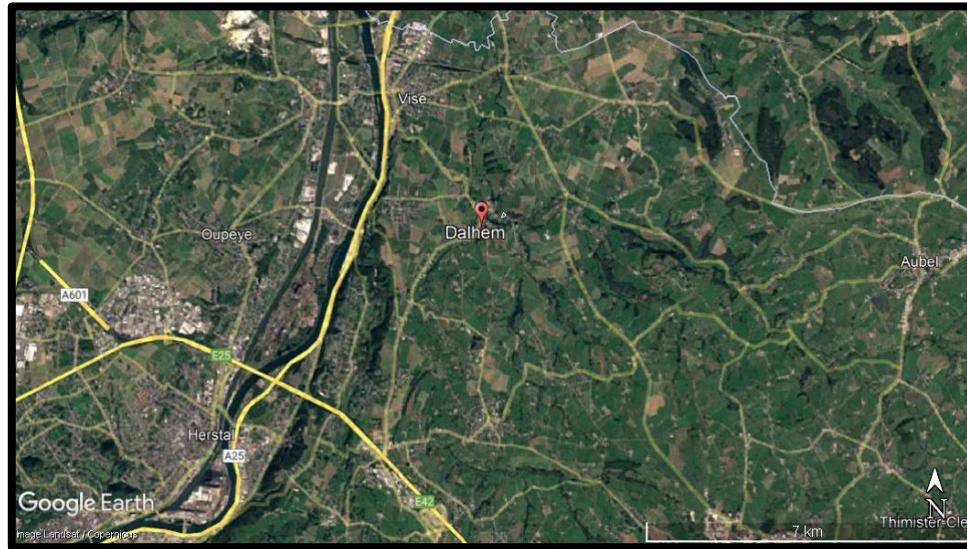


→ Mouvements
de terrain le long
de la Helle
→ Peu d'impact



Des glissements de terrain en Belgique

Après les pluies intenses de juillet 2021...



- Mouvement de terrain de +/- 8 cm au total à Dalhem
- ➔ Impact: habitation sévèrement touchée et déclarée insalubre

Méthodes de mesures de déplacement

- Information ponctuelle:

dGPS/GNSS, tachéométrie, inclinomètres...



- Information spatiale: télédétection

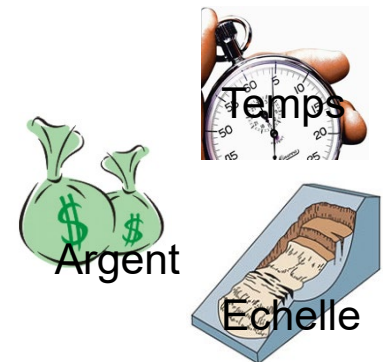
- Senseurs terrestres & proximaux; ex. laser scanner, UAS

- Sensors satellitaires

- Correlation images optiques : pas à l'échelle régionale, pas adapté aux déplacements lents

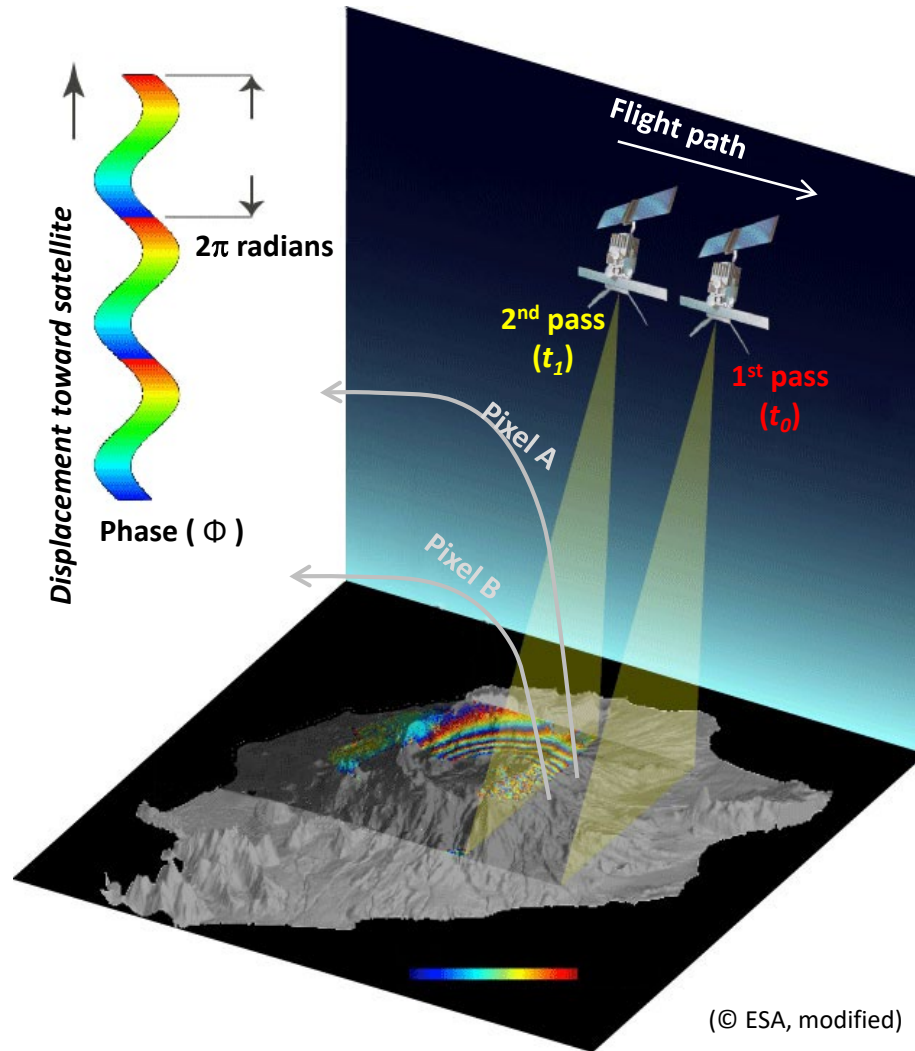
- Images radar → Interferometrie (InSAR):

- outil puissant avec une grande surface couverte, intéressant pour les déplacements verticaux, précision centimétrique et résolution décamétrique



Interférométrie radar à synthèse d'ouverture

⚠ ≠ correlation d'images optiques



D-InSAR = utilisation de 2 images SAR de la même zone, acquises à 2 instants pour calculer le déphasage ($\Delta\Phi$)

$$\Delta\Phi \equiv \Delta\Phi_{\text{def}} + \Delta\Phi_{\text{atmo}} + \Delta\Phi_{\text{topo}} + \Delta\Phi_{\text{orb}} + \Delta\Phi_{\text{noise}}$$



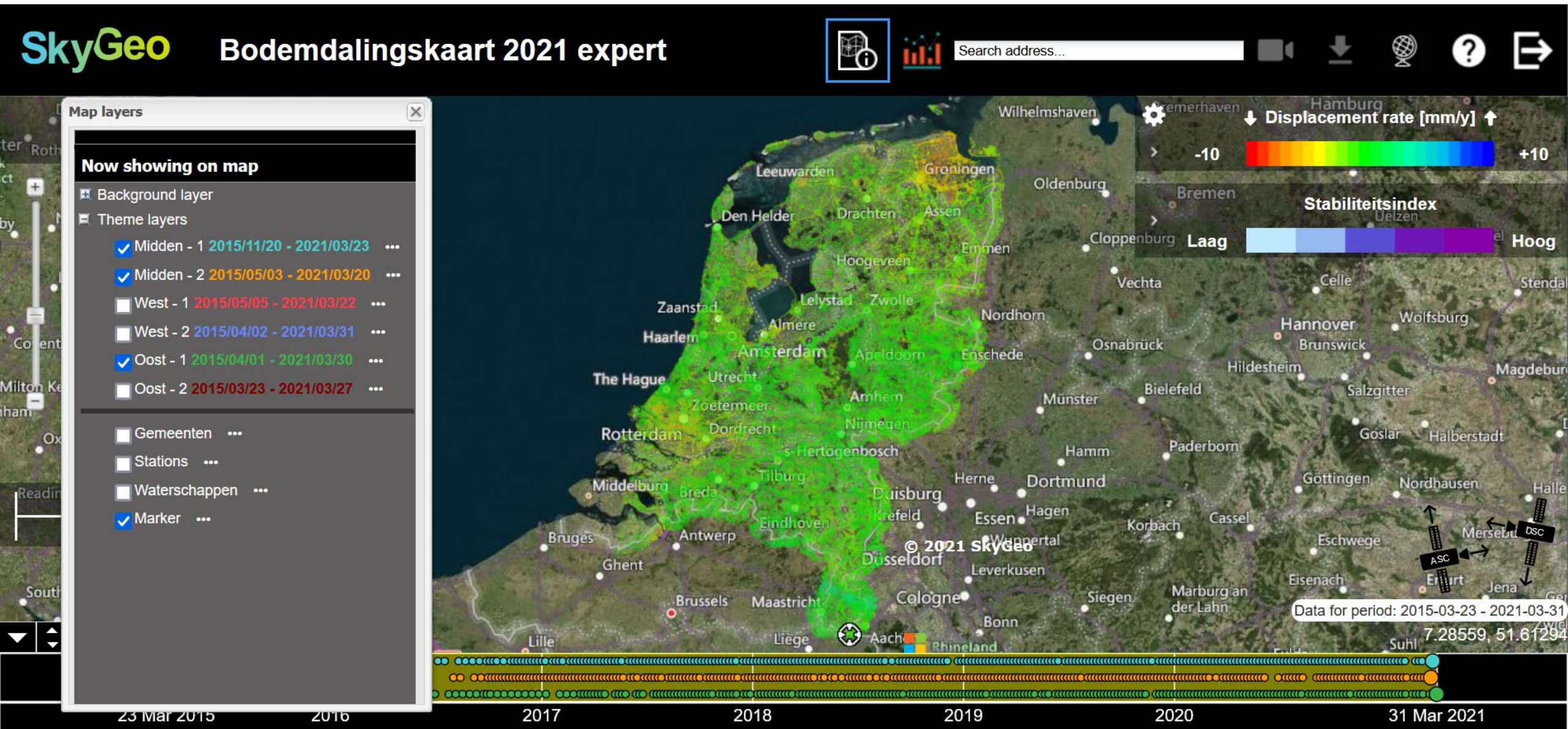
$$\Delta\Phi * (\lambda / 4\pi) \approx \Delta R$$

λ : longueur d'onde du senseur radar

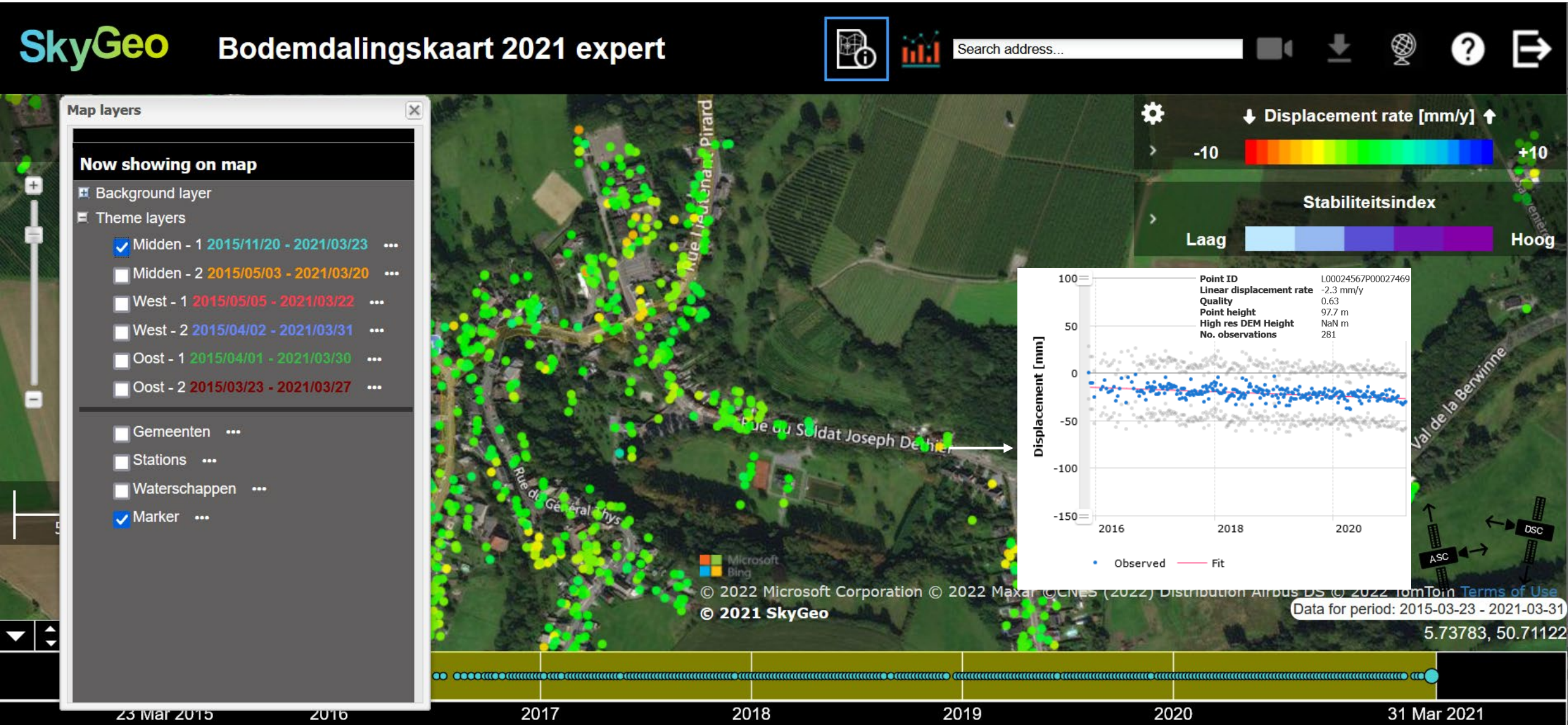
ΔR : différence de distance satellite-sol entre 2 images

Différence de phase due à la déformation
Estimation du déplacement du sol [mm à cm]
le long de la ligne de visée (LOS) du satellite

Exemple de suivi par MT-InSAR (PSI) aux Pays-Bas



Exemple de suivi par MT-InSAR (PSI) aux Pays-Bas



Exemple de suivi avec MSBAS time series

MasTer

InSAR automated Mass processing
Toolbox for Multidimensional time series

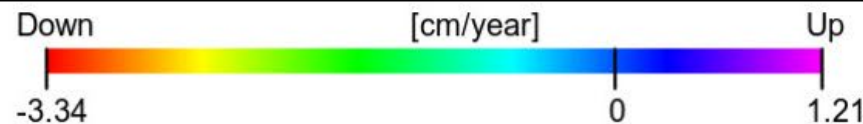
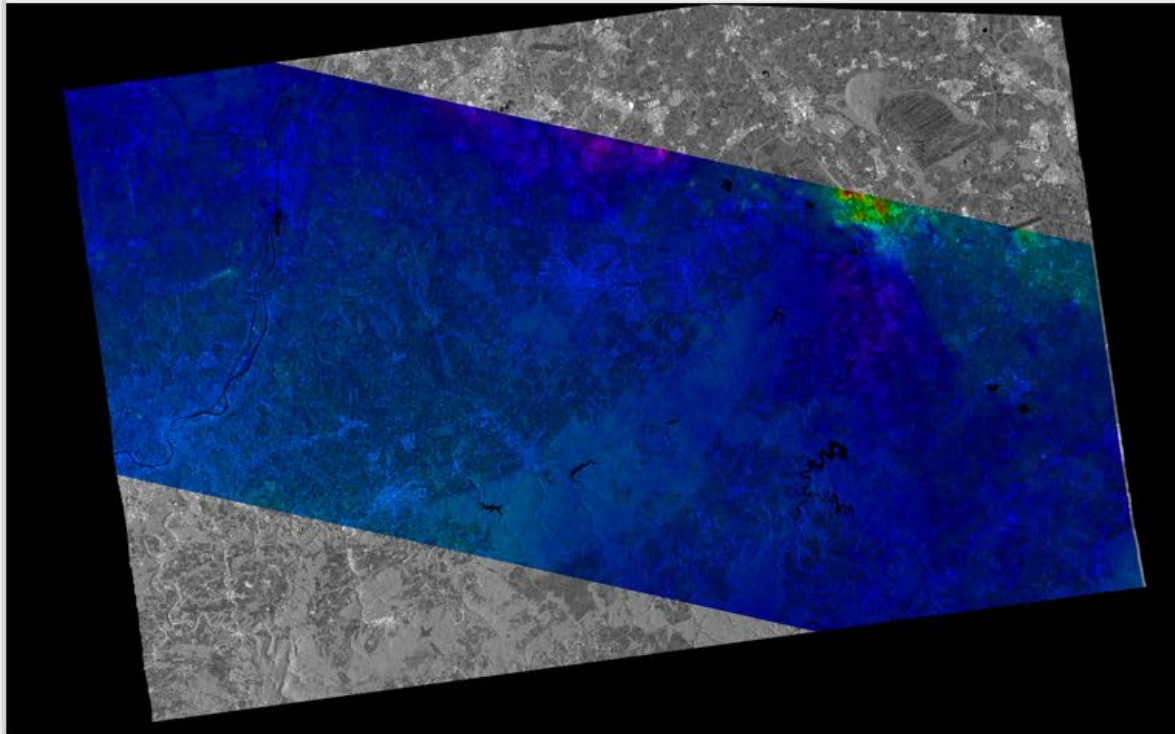
europaen center for geodynamics and seismology
centre européen de géodynamique et de sismologie

Linear ground deformation rate : Einstein region

Up/Down deformation:

[Open KMZ](#)

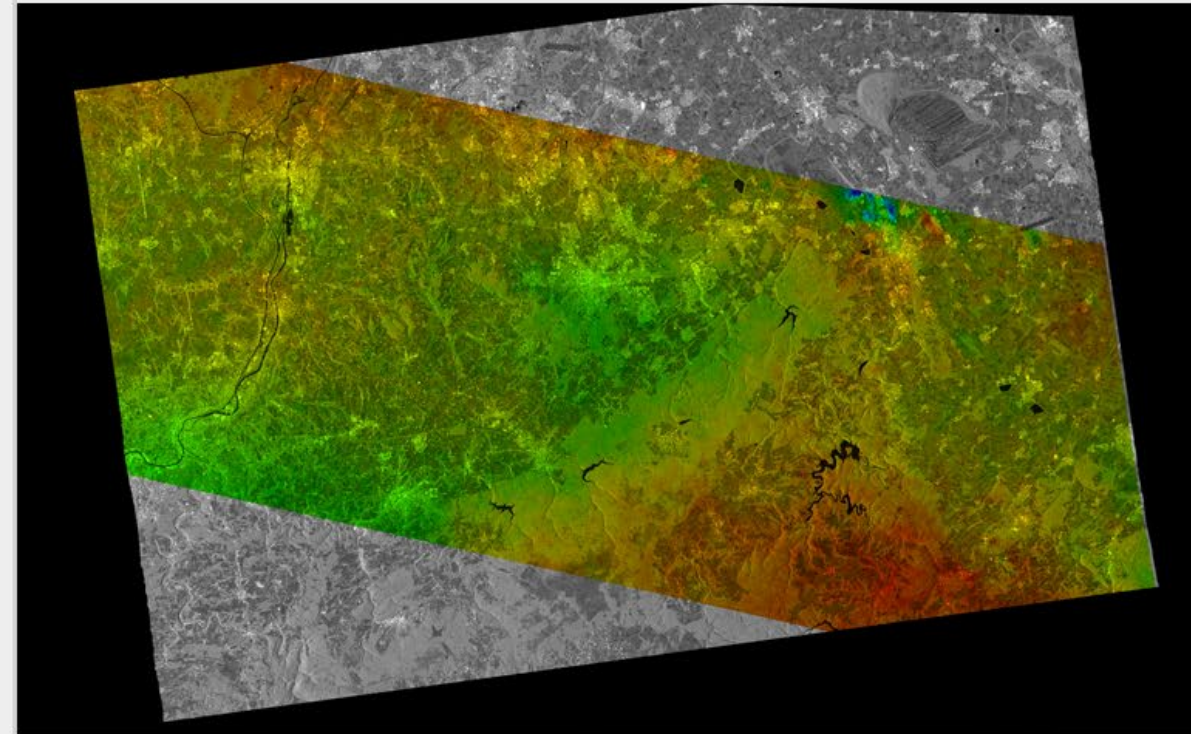
2016/10/06 --> 2021/09/19



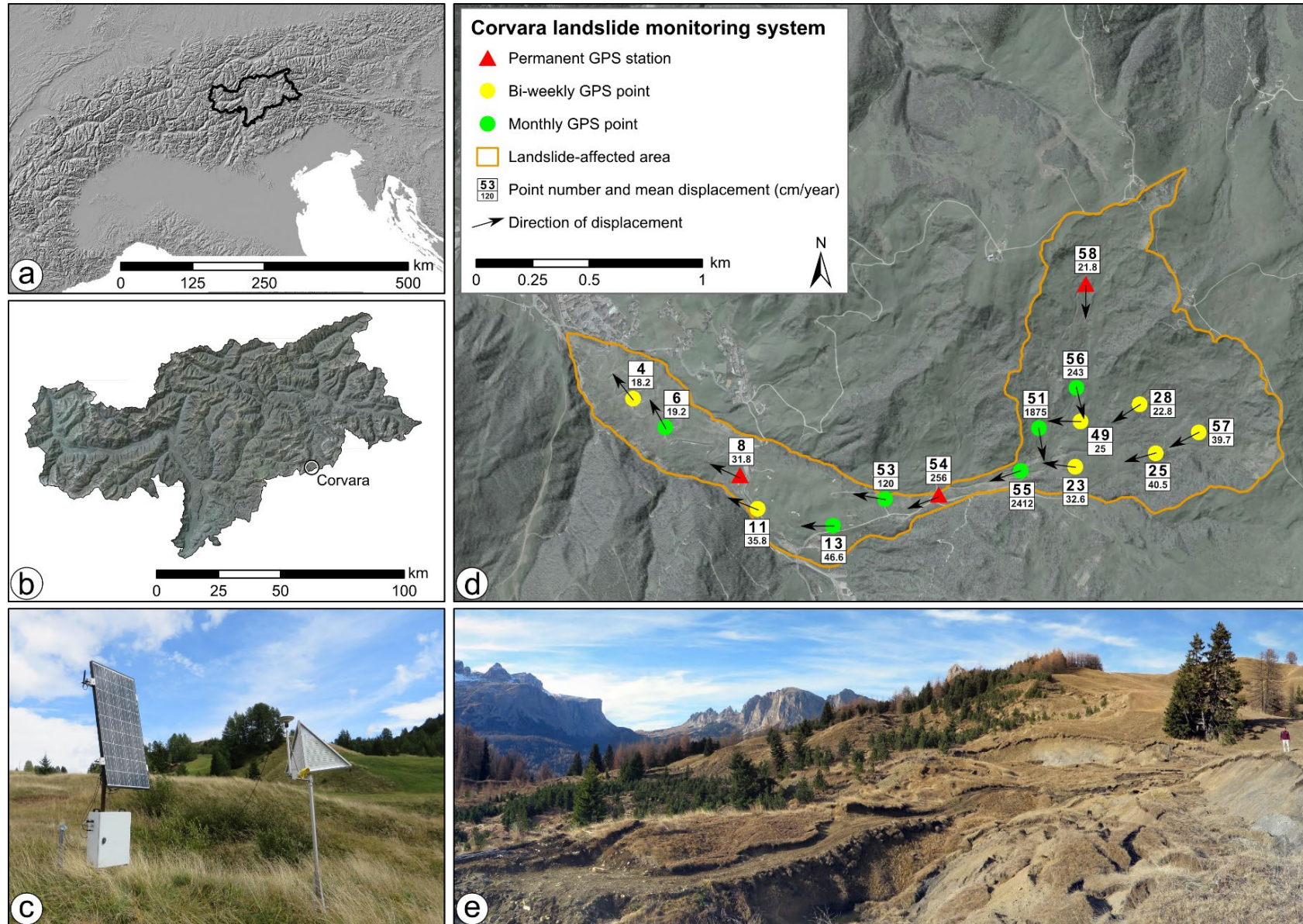
East/West deformation:

[Open KMZ](#)

2016/10/06 --> 2021/09/19



Ex. surveillance de glissements dans les alpes

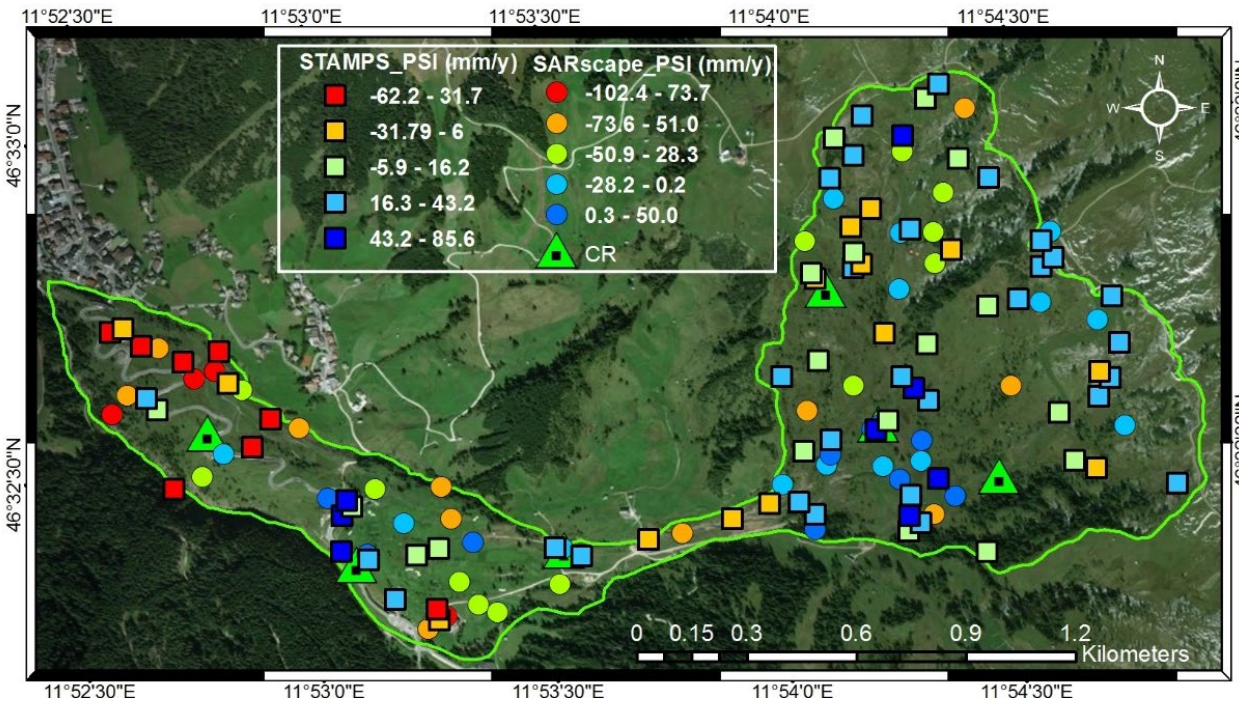
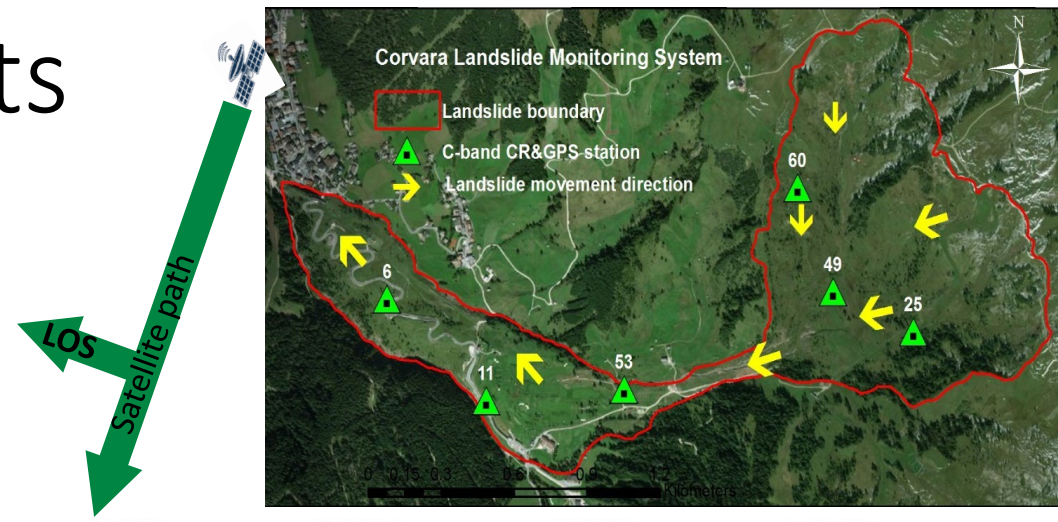


- **Géologie du Tyrol du Sud** : marnes ou calcaires, et des schistes argileux affleurant dans les pentes sous-jacentes aux pics dolomitiques
- **Glissement de terrain de Corvara** actif depuis 10 000 ans
- **Systèmes de surveillance** : GPS, TLS, UAV et InSAR

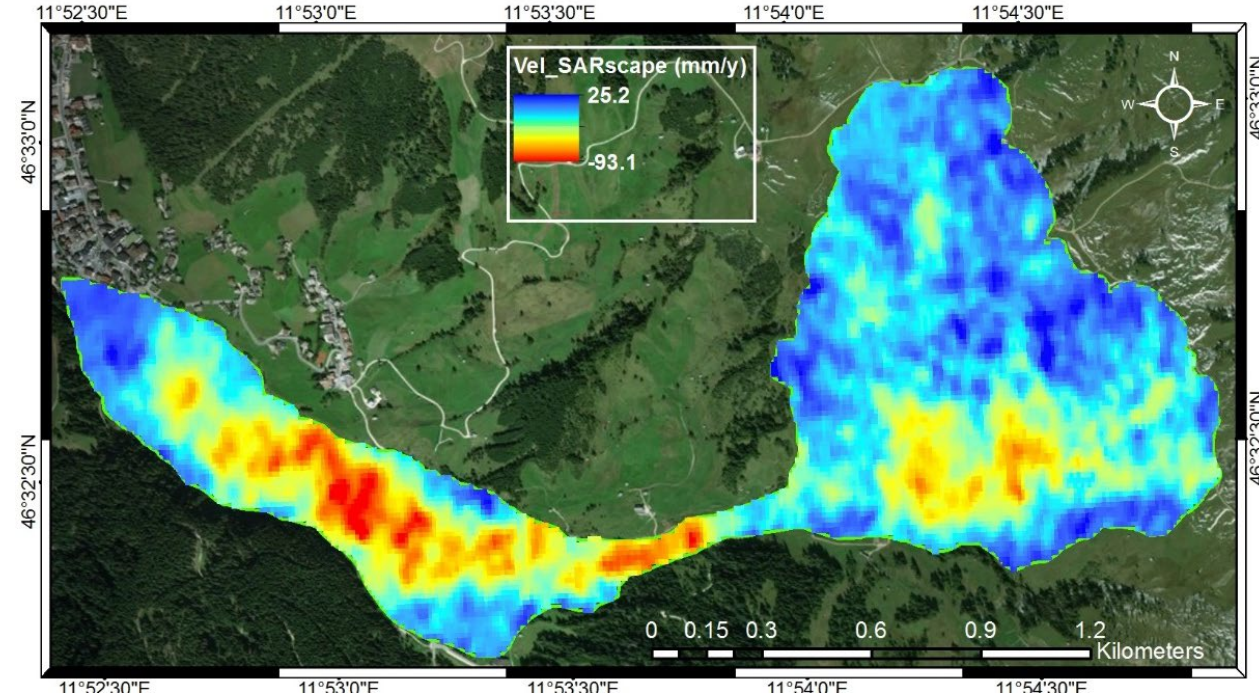


Ex. surveillance de glissements

- Cartes de déformation du glissement de terrain de Corvara à partir de techniques InSAR multi-temporelles :
 - Interférométrie à diffusion persistante (PSI)
 - Petit sous-ensemble de référence (SBAS)



LOS velocity derived from PSI (StaMPS & SARscape software)



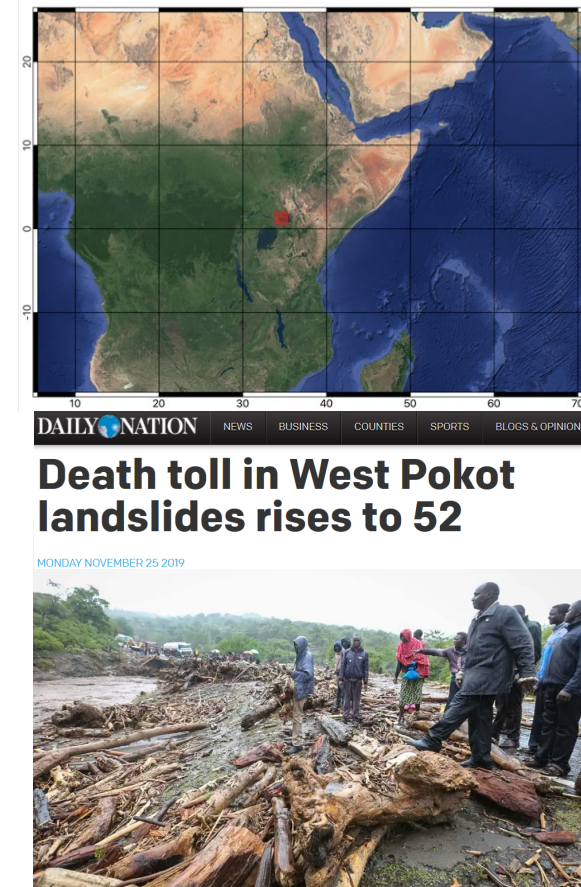
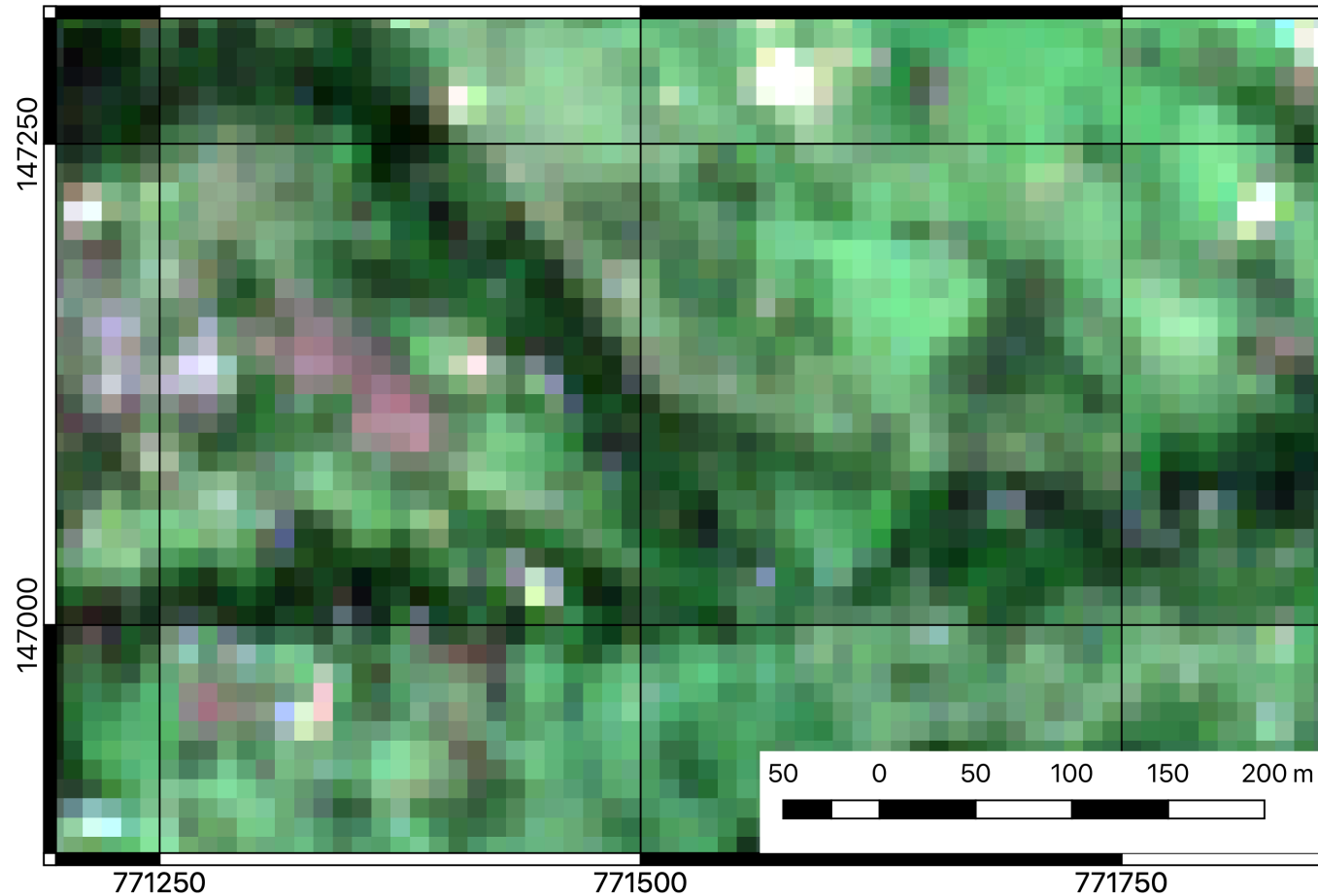
LOS velocity derived from SBAS (SARscape)

Ex. détection de glissements

Detection rapide de coulées de boue avec Sentinel-2

Pre-event

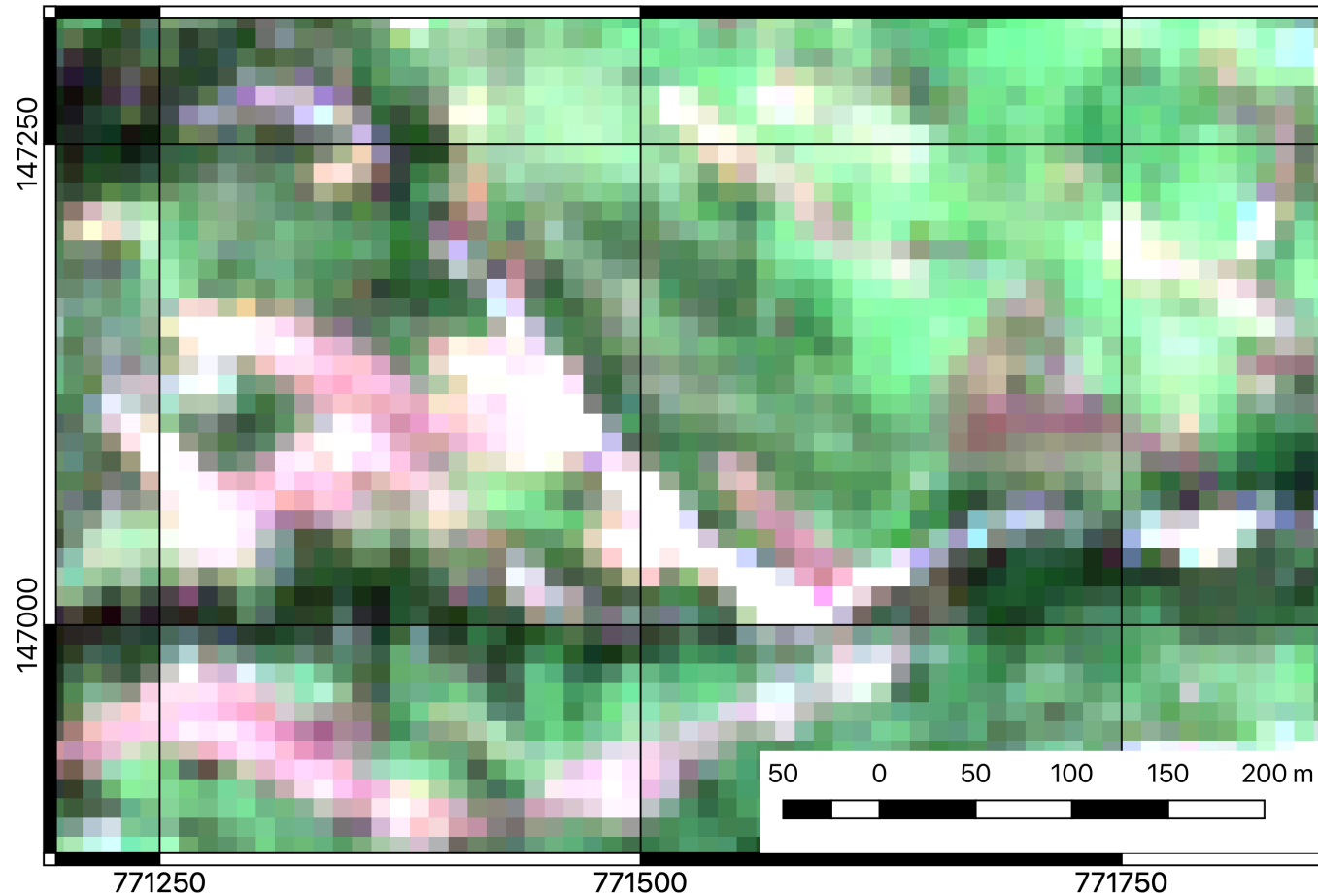
S2: 19/09/2019



Ex. détection de glissements

Detection rapide avec Sentinel-2

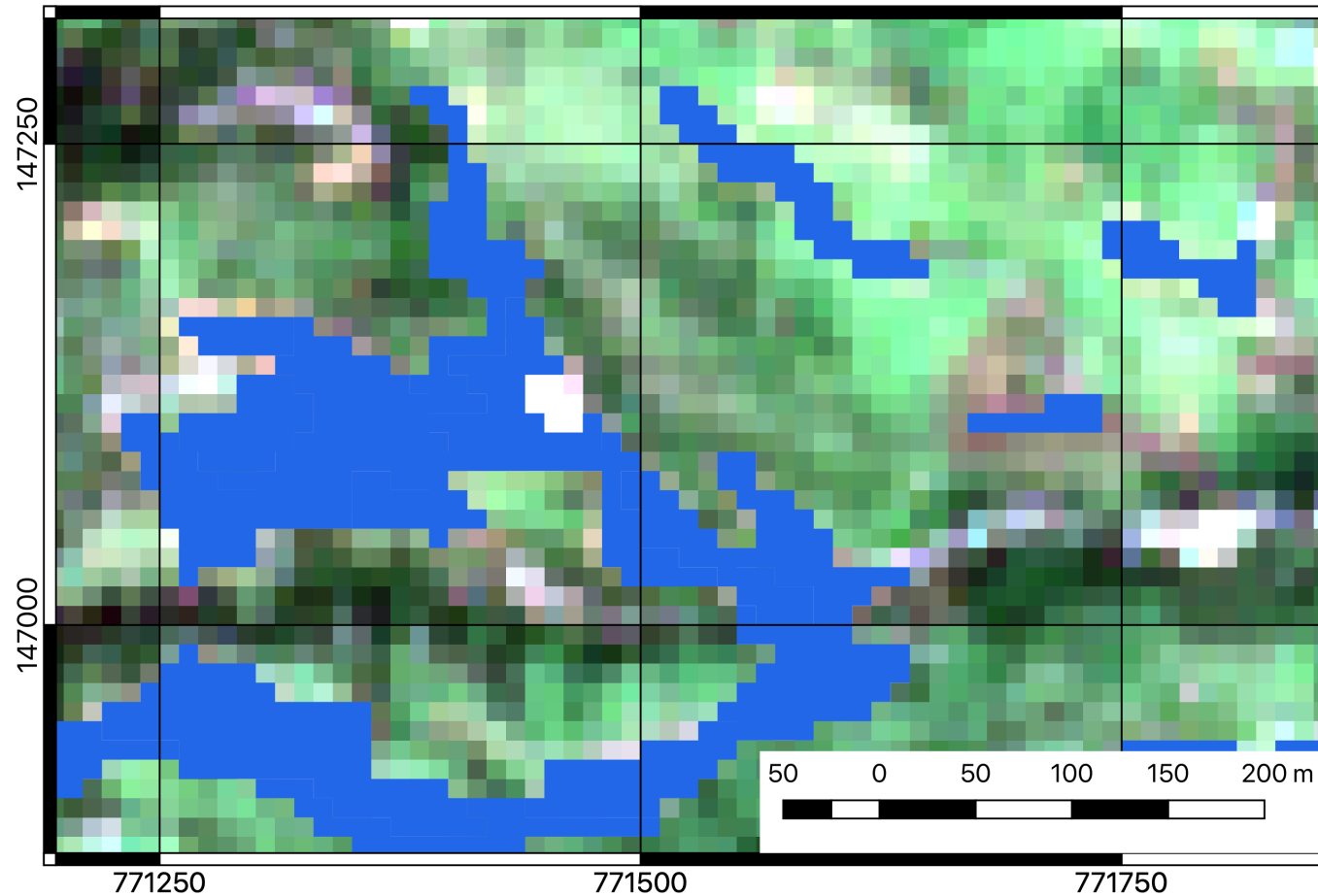
Post-event
S2: 28/11/2019



Ex. détection de glissements

Detection rapide avec Sentinel-2

Cartographie
S2: detection



Conclusions | suivi de glissements en Belgique ?



- **Télédétection optique**

➔ Detection de processus soudains et rapides (ex. coulées de boue ou inondation)

Aussi intéressant pour:

reconnaitre des signes de glissements de terrain et caractériser les changements liés à la végétation (NDVI) avec des images hautes ou moyenne resolutions

➔Utilité de <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/> & TERRASCOPE

- **Télédétection (In)SAR**

➔**D-InSAR** combinée à une connaissance a priori des processus de déformation de pentes (ex. glissement de terrain lent) est très prometteuse pour:

➔Détecter, surveiller, étudier les modèles de déplacement (VERTICAL) et l'évolution cinématique de la déformation active et complexe de la surface de la Terre

Perspectives? follow-up de **LASUGEO** (avec l'European Ground Motion Service; **EGMS**) utilisant les **Sentinel-1** et **ICEYE**

