



Projet National C2ROP2

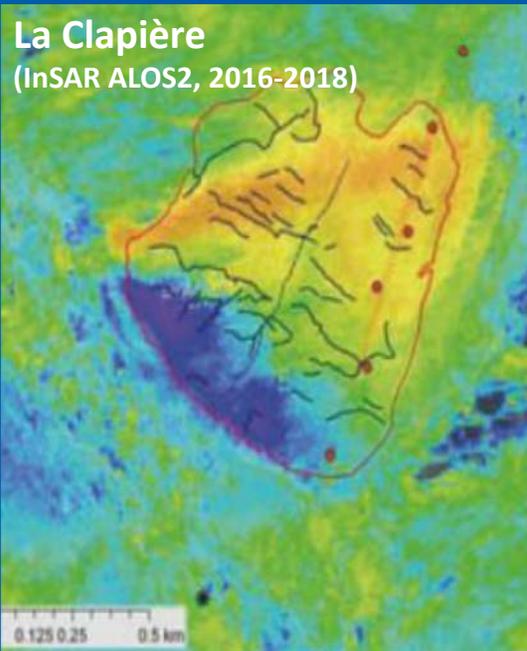
Changement Climatique : Risques Rocheux et Ouvrages de Protection

Axe Surveillance – Action SDetect03

Atelier « Télédétection et imagerie pour le suivi opérationnel de mouvements de terrain »

28 mai 2025 – Jardin du Lautaret

La Clapière
(InSAR ALOS2, 2016-2018)



Axe Surveillance – Action SDetect03

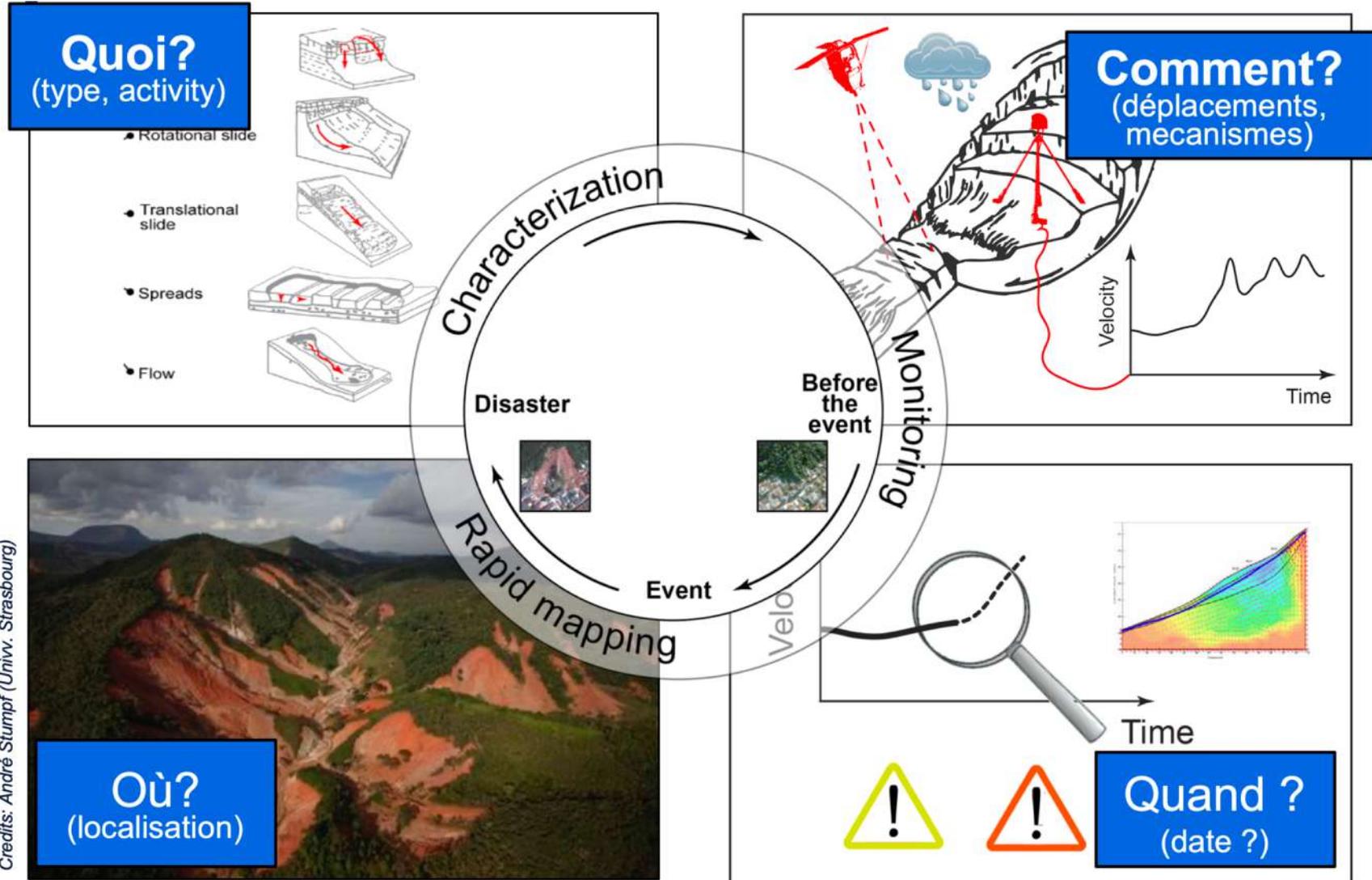
Données et méthodes d'observations satellitaires pour la détection et le suivi d'instabilités gravitaires

Porteurs : CNRS / EOST (J.-P. Malet) et Mire-Aurigami (M. Jauvin)

Partenaires:
CEREMA, BRGM, Géolithe, SAGE Ingénierie, ...

Données d'observations satellitaires pour la détection et le suivi d'instabilités gravitaires

Pour quoi faire ?

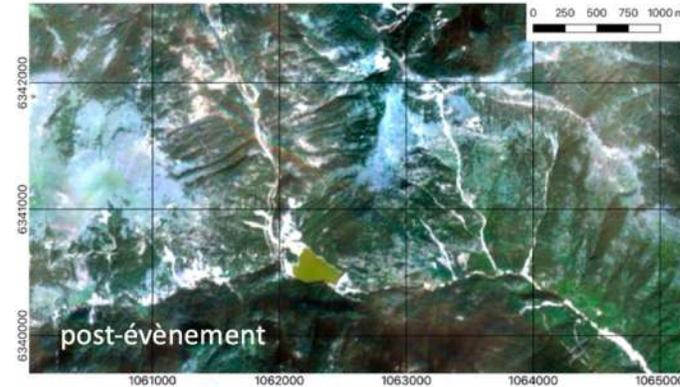
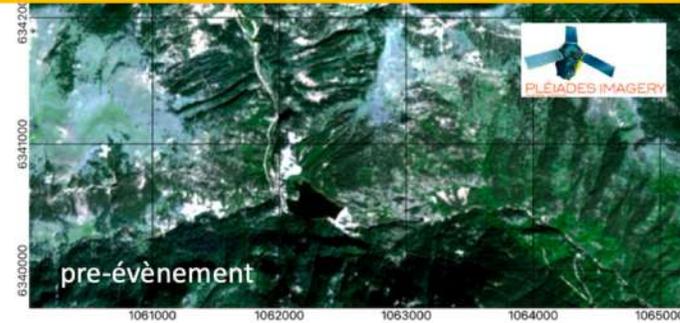


Credits: André Stumpf (Univ. Strasbourg)

Données d'observations satellitaires pour la détection et le suivi d'instabilités gravitaires

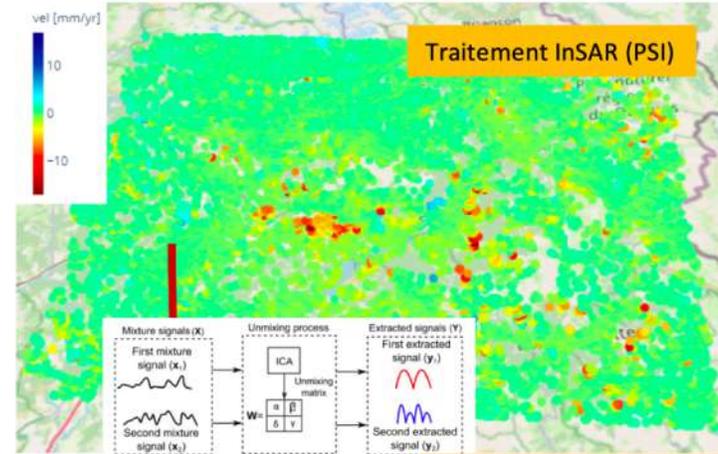
Pour quoi faire ?

Où ? Réaliser des inventaires post-événement (détection de changement, classification, ML/DL, ...)

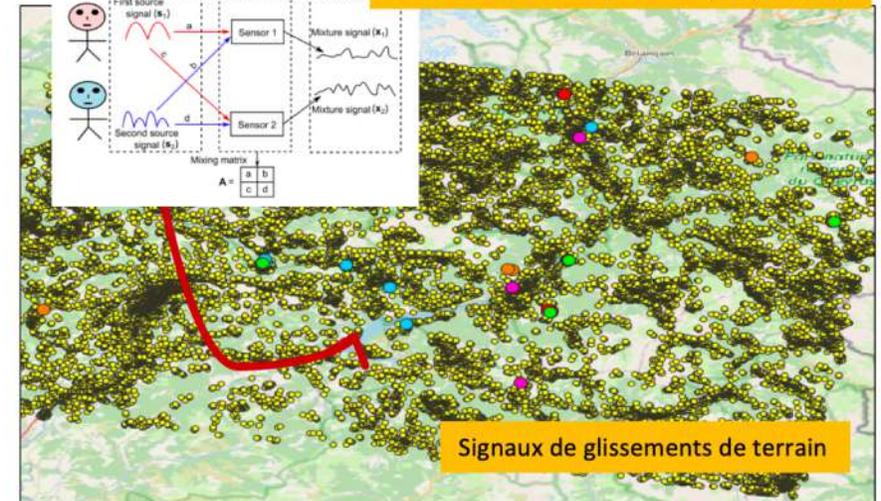


Où ? Mettre à jour des inventaires

(InSAR pour glissements lents, optique pour glissements rapides)
Algorithme de classification non supervisée TimeSAT / Motion-Combi



classification non supervisée (ICA, ML/DL)



Données d'observations satellitaires pour la détection et le suivi d'instabilités gravitaires

Pour quoi faire ?

Comment ? Suivi des déplacements - Surveillance
(corrélation de séries temporelles optiques)

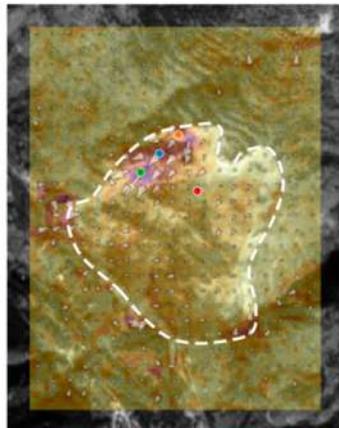
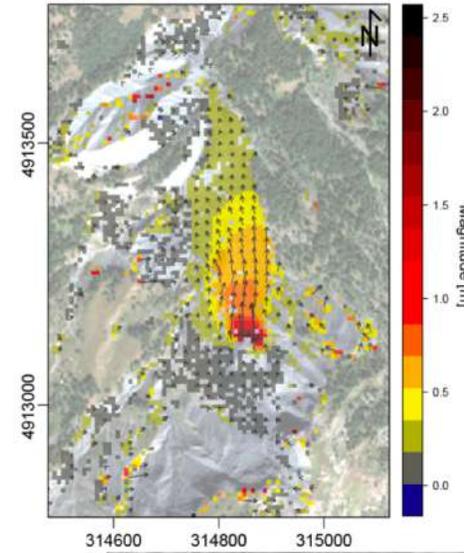
Moyenne résolution / Sentinel-2



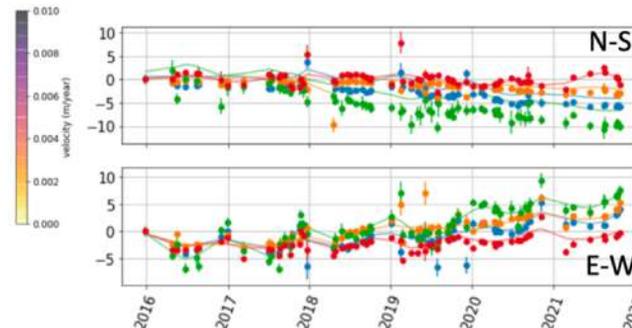
La Valette landslide, French Alps
Time series of Sentinel-2 image
2015 – 2020



Très Haute résolution / Pléiades



La Clapière landslide, French Alps
Time series of Sentinel-2 image
2016 – 2022



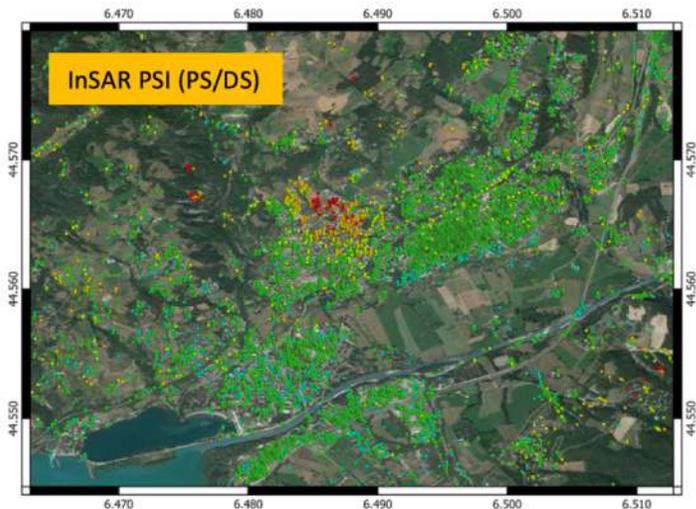
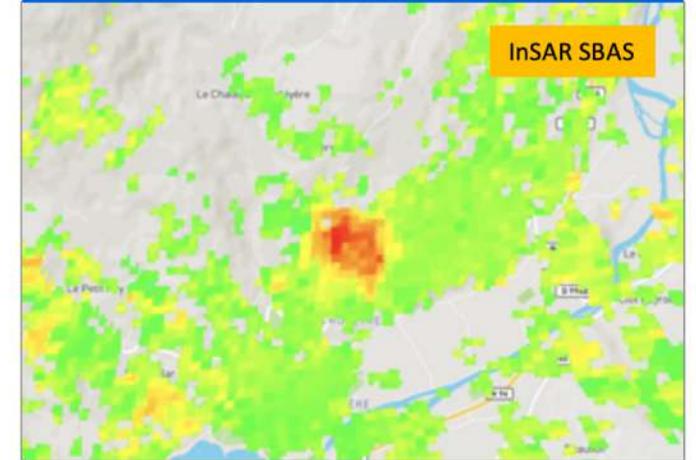
Données d'observations satellitaires pour la détection et le suivi d'instabilités gravitaires

Pour quoi faire ?

Comment ? Suivi des déplacements - Surveillance
(interférométrie radar – techniques PSI, techniques SBAS)



Ce que peut donner des produits calculés à façon



Sentinel 1 / 2015-2020

Tâche 1. Critères de choix : télédétection satellitaire, aéroportée et terrestre, et techniques/traitements

Tâche 2. Etude sur des cas d'usage / territoires à définir

→ **Résultats attendus** : Promouvoir et encadrer l'usage des techniques de télédétection (en particulier satellitaire) pour :
 améliorer le suivi des grandes instabilités gravitaires
 pour la réalisation ou la mise à jour d'inventaires.

Tâche 1. Critères de choix : télédétection satellitaire, aéroportée et terrestre, et techniques/traitements

Tâche 2. Etude sur des cas d'usage / territoires à définir

→ **Résultats attendus** : Promouvoir et encadrer l'usage des techniques de télédétection (en particulier satellitaire) pour :
 améliorer le suivi des grandes instabilités gravitaires
 pour la réalisation ou la mise à jour d'inventaires.

Organisation : Critères de choix : données satellitaires et techniques/traitements existants.

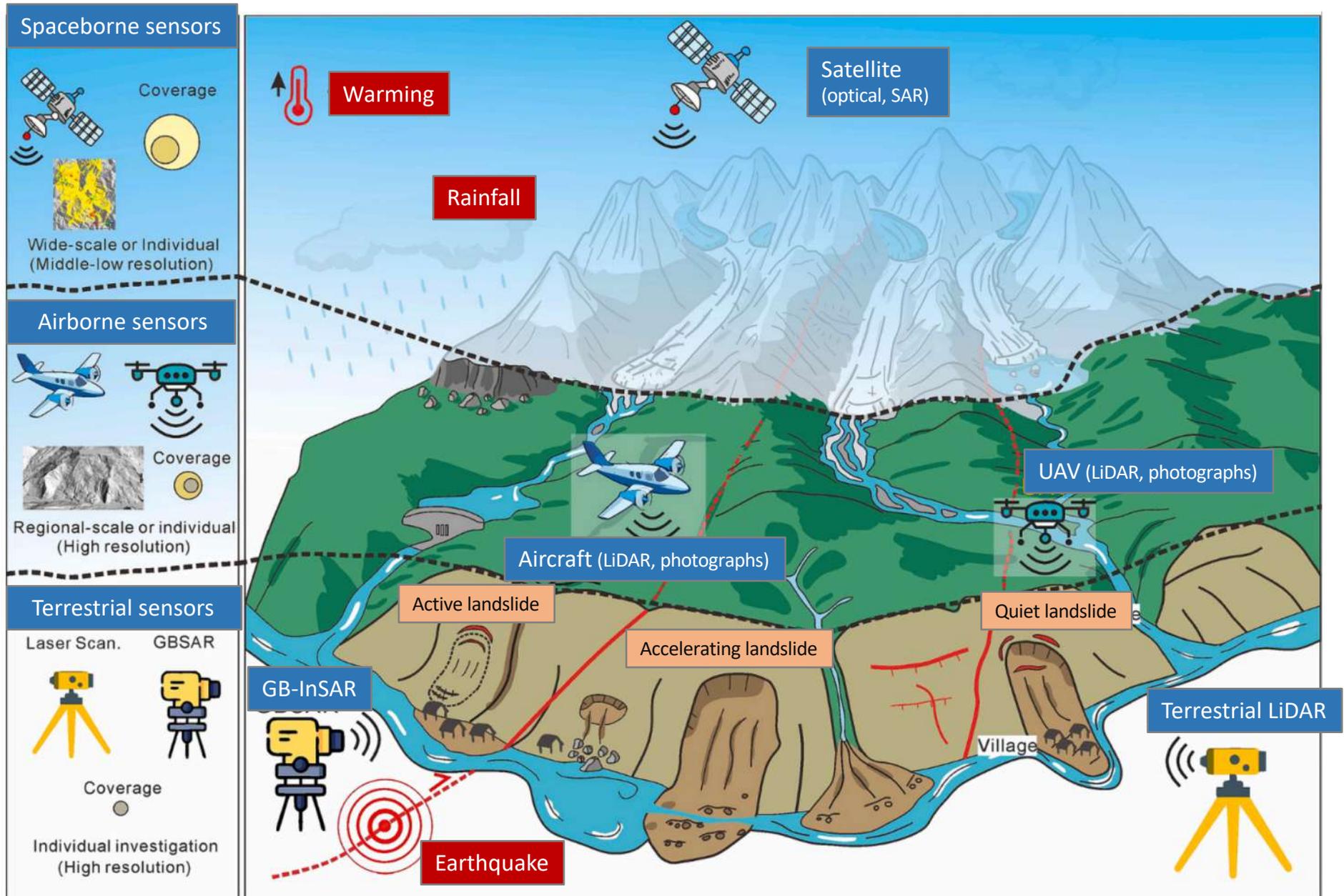
Mai 2025 - Journée #1 : présentation de techniques – collecte de cas d'usage

Juin 2025 – Mars 2026 : cas d'usage

Mai / Juin 2026 : Journée #2 : restitution - discussion

et webinaires, 1/2 journées d'atelier ... au fil de l'eau selon besoins exprimés

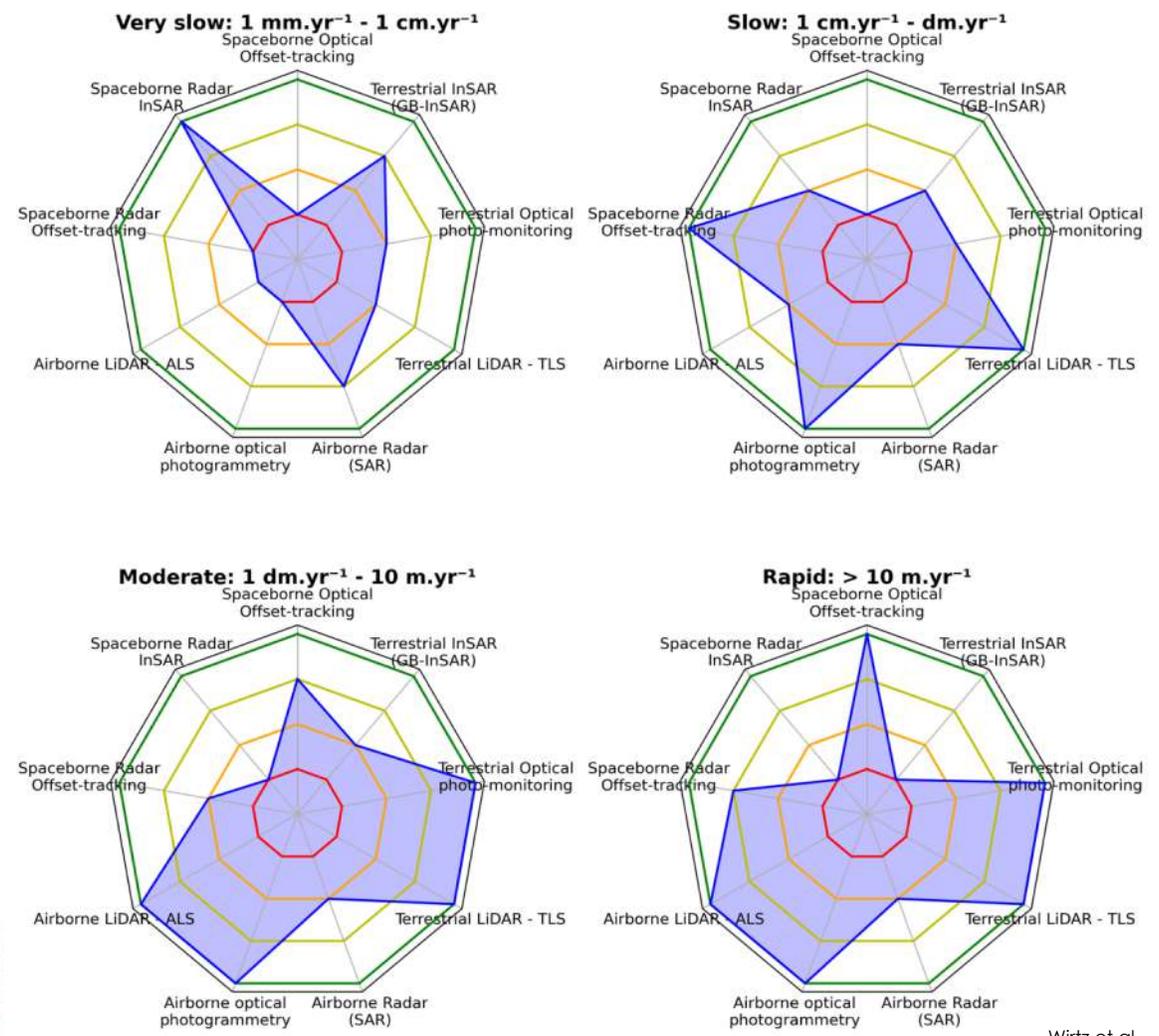
Tache 1: critères de choix – télédétection satellitaires, aéroportée et terrestre



Tache 1: critères de choix – télédétection satellitaires, aéroportée et terrestre



Criteria	Scale range	Explanation
Spatial coverage	Local (e.g. slope) Regional	Typical scales at which the measurements are carried out.
Information type	Landslide location	Geographical position of the landslide
	Landslide size	Geographical position and extent of the landslide
	Landslide volume	Volume of the landslide
	Landslide displacement fields	1D (one component of the displacement or change along a spatial axis or along the Line-Of-Sight -LoS- of the sensor), 2D (horizontal displacement field), 3D (3D displacement field)
Landslide surface features	Time and space evolution of typical landslide surface features (cracks, boulders)	
Spatial resolution	10^{-1} to 10^2 m	Typical spacing of individual measurements
Temporal resolution	Days to months	Typical time lag between individual measurements
Measurement accuracy	10^{-1} to 10^2 m for size	Accuracy of the measured quantities such as displacement rates, volumes and the location of surface features
	10^1 to 10^3 m ³ for volumes	
Operation mode	10^{-1} to 10^2 m.day ⁻¹ for displacement rates	
	Continuous – data flow type processing	Automatic calculation can be carried out without human intervention for long time periods and for each new sensor images
Approximate elaboration time	Campaigns – on-demand processing	Measurements require regular human intervention and are thus typically carried at intervals of several days, weeks or months.
	minutes to days	Approximate time lag between the measurement of the system and the production of the output results.
Approximate costs	XXXX \$	Typical costs including sensor data acquisition and processing
Technological maturity	Concept	Technical design and potential : been proposed.
	Prototype	Working prototypes have been limited number of experiments.
	Case-studies	Operating systems have been landslide applications for short t
	Commercial	Working systems and processis



Tache 2 : données, techniques et cas d'usage

Satellites multi-spectraux (optique)

MULTISPECTRAL Resolution (Panchromatic and Multispectral)

IKONOS: up to 0.82m and 3,2m
Landsat-7 and 8: up to 15m and 30m
QuickBird: up to 0.65m and 2.62m
WorldView-2: up to 0.5m and 1.84m
WorldView-3: up to 0.31m and 1.24m
GeoEye-1: up to 0.46m and 1.84m
GeoEye-2 (WV-4): up to 0.30m and 1.20m
SPOT-7: up to 1.5m and 6m
Sentinel 2-A and B: up to 10m and 60m

HYPERSPECTRAL

Hyperion: 30m

Resolution (azimuth x range) – L-band ($\lambda = 23,6\text{cm}$)

SAOCOM: up to 10x10 m
ALOS-2: up to 1x3 m
ALOS: up to 10x10 m
JERS: 18x18 m

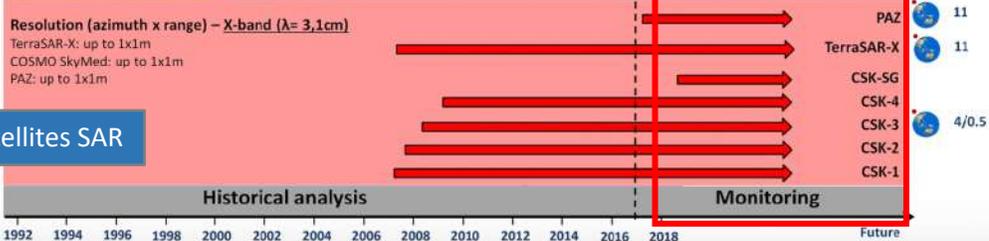
Resolution (azimuth x range) – C-band ($\lambda = 5,6\text{cm}$)

RCM: up to 1x3m
Sentinel: up to 5x5m
Radarsat-2: up to 1x3m
Radarsat-1: up to 10x5m
Envisat: 20x5m
ERS1-2: 20x5m

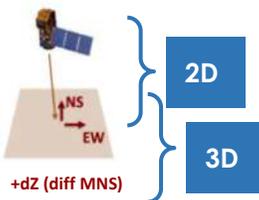
Resolution (azimuth x range) – X-band ($\lambda = 3,1\text{cm}$)

TerraSAR-X: up to 1x1m
COSMO SkyMed: up to 1x1m
PAZ: up to 1x1m

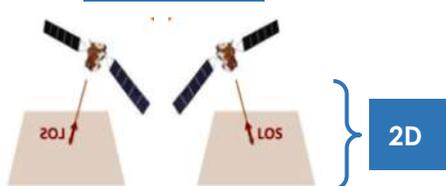
Satellites SAR



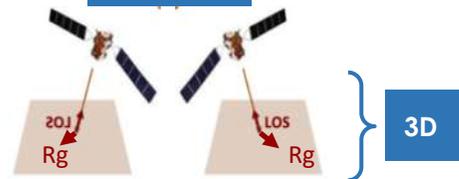
Optique : corrélation / photogrammétrie



SAR : interférométrie



SAR : corrélation



Fréquence : jour-semaine
Résolution spatiale : HR (10m) –VHR (< 5 m)
Couverture: globale
Accès public

Et satellites commerciaux



Tache 2 : données, techniques et cas d'usage

Satellites multi-spectraux (optique)

MULTISPECTRAL

Resolution (Panchromatic and Multispectral)

IKONOS: up to 0.82m and 3,2m
 Landsat-7 and 8: up to 15m and 30m
 QuickBird: up to 0.65m and 2.62m
 WorldView-2: up to 0.5m and 1.84m
 WorldView-3: up to 0.31m and 1.24m
 GeoEye-1: up to 0.46m and 1.84m
 GeoEye-2 (WV-4): up to 0.30m and 1.20m
 SPOT-7: up to 1.5m and 6m
 Sentinel 2-A and B: up to 10m and 60m

HYPERSPECTRAL

Hyperion: 30m

Resolution (azimuth x range) – L-band ($\lambda = 23,6\text{cm}$)

SAOCOM: up to 10x10 m
 ALOS-2: up to 1x3 m
 ALOS: up to 10x10 m
 JERS: 18x18 m

Resolution (azimuth x range) – C-band ($\lambda = 5,6\text{cm}$)

RCM: up to 1x3m
 Sentinel: up to 5x5m
 Radarsat-2: up to 1x3m
 Radarsat-1: up to 10x5m
 Envisat: 20x5m
 ERS1-2: 20x5m

Resolution (azimuth x range) – X-band ($\lambda = 3,1\text{cm}$)

TerraSAR-X: up to 1x1m
 COSMO SkyMed: up to 1x1m
 PAZ: up to 1x1m

Satellites SAR

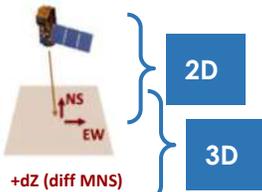
Historical analysis

Monitoring

1992 1994 1996 1998 2000 2002 2004 2006 2008 2010 2012 2014 2016 2018 Future

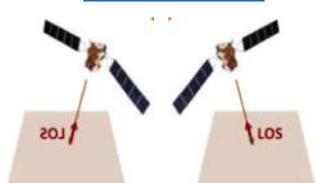
- IKONOS 3
- LANDSAT 7 16
- LANDSAT 8 16
- QuickBird 1
- WorldView-1 1
- WorldView-2 1
- WorldView-3 1
- GeoEye-1 3
- GeoEye-2 3
- SPOT-7 1
- Sentinel-2A 10
- Sentinel-2B 10
- Hyperion 30
- SAOCOM-1B 16/8
- SAOCOM-1A 16/8
- ALOS-2 14
- JERS 44
- ALOS 46
- RCM-3 12/4
- RCM-2 12/4
- RCM-1 12/4
- Sentinel 1-b 12/6
- Sentinel 1-a 12/6
- Radarsat-2 24
- Radarsat-1 24
- Envisat 35
- ERS-2 35
- ERS-1 35
- PAZ 11
- TerraSAR-X 11
- CSK-SG 4/0.5
- CSK-4 4/0.5
- CSK-3 4/0.5
- CSK-2 4/0.5
- CSK-1 4/0.5

Optique : corrélation / photogrammétrie

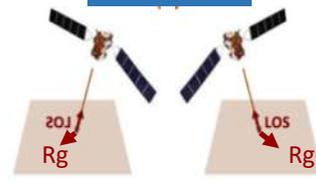


Fusion et inversion du mouvement 3D

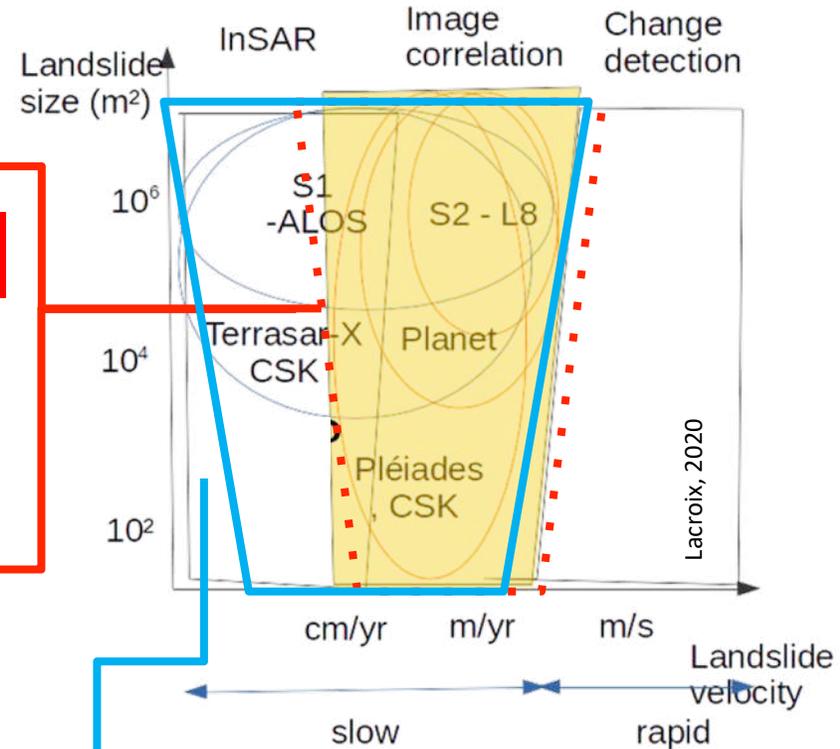
SAR : interférométrie



SAR : corrélation

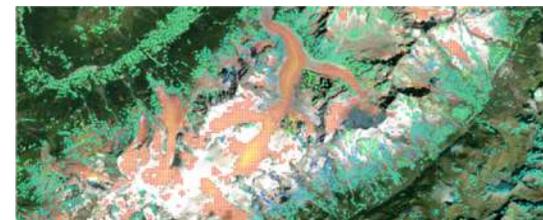


Techniques :
taille du glissement – vitesse du glissement



Fréquence : jour-semaine
 Résolution spatiale : HR (10m) –VHR (< 5 m)
 Couverture: globale
 Accès public

Et satellites commerciaux



Programme de la journée

09:30 – 09:45 : *Le Projet National C2ROP : objectifs et état d'avancement (L. Meignan, Geolithe)*

09:45 – 10:00 : *Introduction aux méthodes d'observation des processus gravitaires par télédétection satellitaire et terrestre (J.-P. Malet)*

10:00 – 10:15 : *Les outils d'accès aux données satellitaires THRS via le dispositif Dinamis (A. Esparon et L. Lozach)*

10:15 – 10:35 : *Corrélation d'images satellitaires & services optique FormaTerre : études de cas (F. Provost)*

10:35 – 11:00 : *Pause*

11:00 – 11:20 : *L'interférométrie radar satellitaire pour les déformations gravitaire (M. Jauvin)*

11:20 – 11:40 : *Apport des produits EGMS pour la cartographie d'instabilités de versants (M. de Michele & D. Raucoules)*

11:40 – 12:00 : *Interférométrie radar SBAS & services InSAR FormaTerre (Flatsim, GDM-SAR-in) (E. Pathier & M.-P. Doin)*

12:00 – 13:30 : *Pause déjeuner*

13:30 – 13:50 : *Photo-monitoring terrestre par caméras optiques : cas d'usage (V. Jullier & M. Falconi)*

13:50 – 14:10 : *Mesure du relief (LiDAR, photogrammétrie) : apports et cas d'étude (D. Amitrano)*

14:10 – 14:30 : *Radar interférométrique terrestre : instabilités rocheuses et glissements (T. Strozzi)*

14:30 – 14:50 : *Intelligence Artificielle appliquée aux séries temporelles satellitaires (E. Trouvé)*

14:50 – 16:30 : *Échanges / Expressions de besoins : développements méthodologiques et calculs de produits sur des sites de partenaires c2rop*

Votre connaissance de l'imagerie satellitaire, des Rex internes ?,

Vos cas d'étude : type de mouvement, vitesse, emprise, ...

Vos applications :

- mise à jour d'inventaires ?

- cartographie d'emprise de mouvement ?

- source d'information complémentaire pour le suivi d'instabilités ?

-