

# Mécanismes de glissements de terrain en Ubaye: observation, caractérisation et modélisation

Coordination du thème de recherche:

Jean-Philippe Malet

Partenaires nationaux:

ISTerre (Grenoble, Grasso/Jongmans/Helmstetter), BRGM (RN, Grandjean), EMMAH (Université d'Avignon, Marc), LETG/GEOPHEN (Université de Caen Basse-normandie, Maquaire).

Partenaires internationaux:

Inst. Geophysik (University of Stuttgart, Manfred Joswig), Water Resources Section (Technical University of Delft; Bogaard), Utrecht University (Faculty of Geosciences, Theo van Asch), Alert Solutions © (Delft, Peeters)

Ce thème de recherche s'inscrit dans les objectifs scientifiques du Service d'Observation INSU [OMIV](#). Les glissements de terrain argilo-marneux (glissements rotationnels/translationnels, glissements-coulées) se produisent dans de nombreuses régions du monde et constituent des menaces sérieuses aux populations et aux infrastructures. En conséquence d'un changement global des cycles hydrologiques et de l'accroissement des enjeux (sites urbanisés et densément peuplés), les risques liés aux mouvements de terrain augmentent. Si ces glissements de terrain sont généralement "lents" (quelques cm à dm/an), ils peuvent:

- subir des accélérations brutales sous l'action de facteurs de déclenchement divers (secousses sismiques, augmentation de la pression interstitielle en liaison les pluies cumulées);
- voir tout ou une partie de leur masse argilo-marneuse se fluidifier sous certaines conditions (pluies intenses, fontes brutales printanières de la couverture neigeuse, etc.) pour donner naissance à des coulées boueuses visqueuses ou à des laves torrentielles.

Ces déplacements et écoulements rapides à extrêmement rapides ( $> 5$  m/s) peuvent ainsi avoir des conséquences graves en terme de pertes humaines et de dégâts matériels.

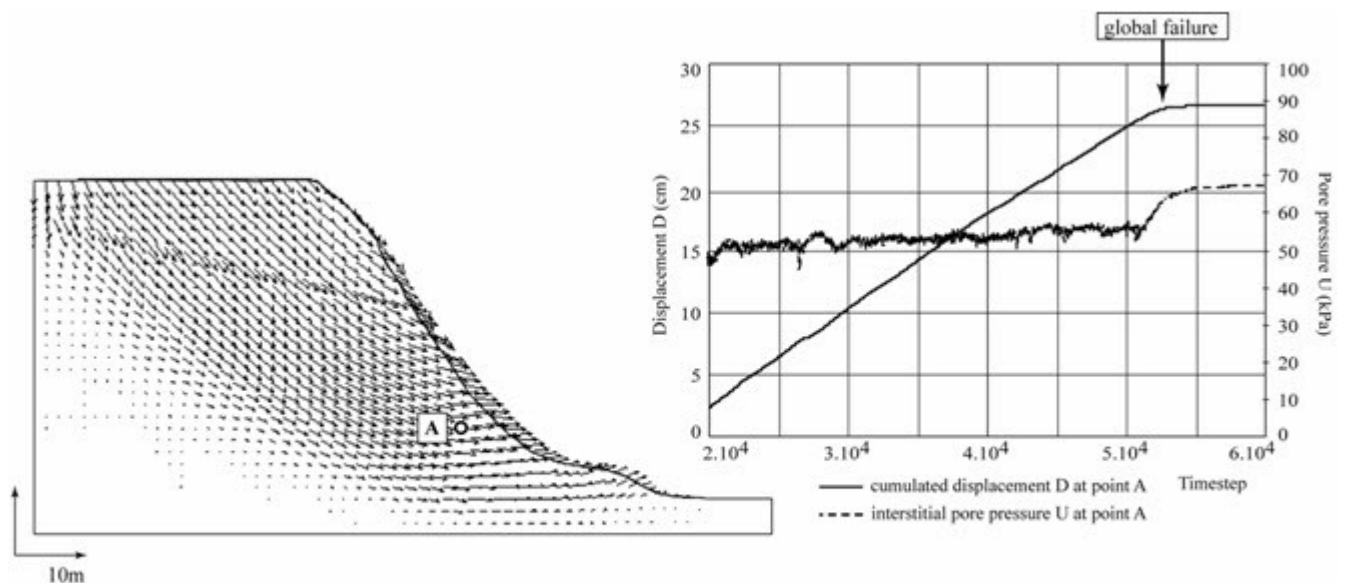
Le projet se propose d'améliorer notre connaissance des facteurs de déclenchement contrôlant les ruptures de versant et les crises de mouvements de terrain et de permettre le développement d'un système de surveillance permettant une détection précoce des crises pouvant servir à générer des alertes pour les autorités locales en charge de la protection des personnes et des biens.

## Méthodologie du projet

- Identification et d'analyse des précurseurs de crises (accélération, fluidification) et de compréhension des mécanismes hydromécaniques;
- Surveillance in situ de variables appropriées associées aux précurseurs en testant des nouvelles "méthodes" de surveillance et d'inversion de données pour le suivi de ces précurseurs;
- Modélisation numérique en temps quasi-réel de la stabilité de ces glissements permettant de proposer un "modèle de prévision de glissement" (landslide forecast model) pouvant inclure un arbre de décision ou tout autre outil de prise de décision (i.e. modification de la fréquence des mesures, modification du système, etc.).

## Objectifs spécifiques

- Améliorer notre connaissance des facteurs de déclenchement contrôlant les crises de glissements de terrain;
- Mettre en œuvre et développer des techniques d'observation novatrices, pour mesurer les changements topographiques en détail, les modes de déformation du versant, les variations de la contrainte et de la circulation d'eau dans les glissements (lidar terrestre et aérien, GPS en continu, monitoring micro-sismique, fibre optique, etc);
- Améliorer le couplage entre mesures de surface et mesures en forages pour permettre d'obtenir une vision 3D des différents paramètres;
- Identifier les signes précurseurs de mouvements de terrain par le développement d'expérimentations originales, en laboratoire et in situ, et par un suivi en temps quasi-réel les changements temporels des paramètres contrôlant l'évolution des glissements de terrain;
- Développer des modélisations à base physique pour permettre de concevoir un système multi-capteurs de détection précoce des crises, en temps quasi-réel (logiciel de démonstration) qui serait mis en application comme système d'essai sur des sites bien équipés et instrumentés.



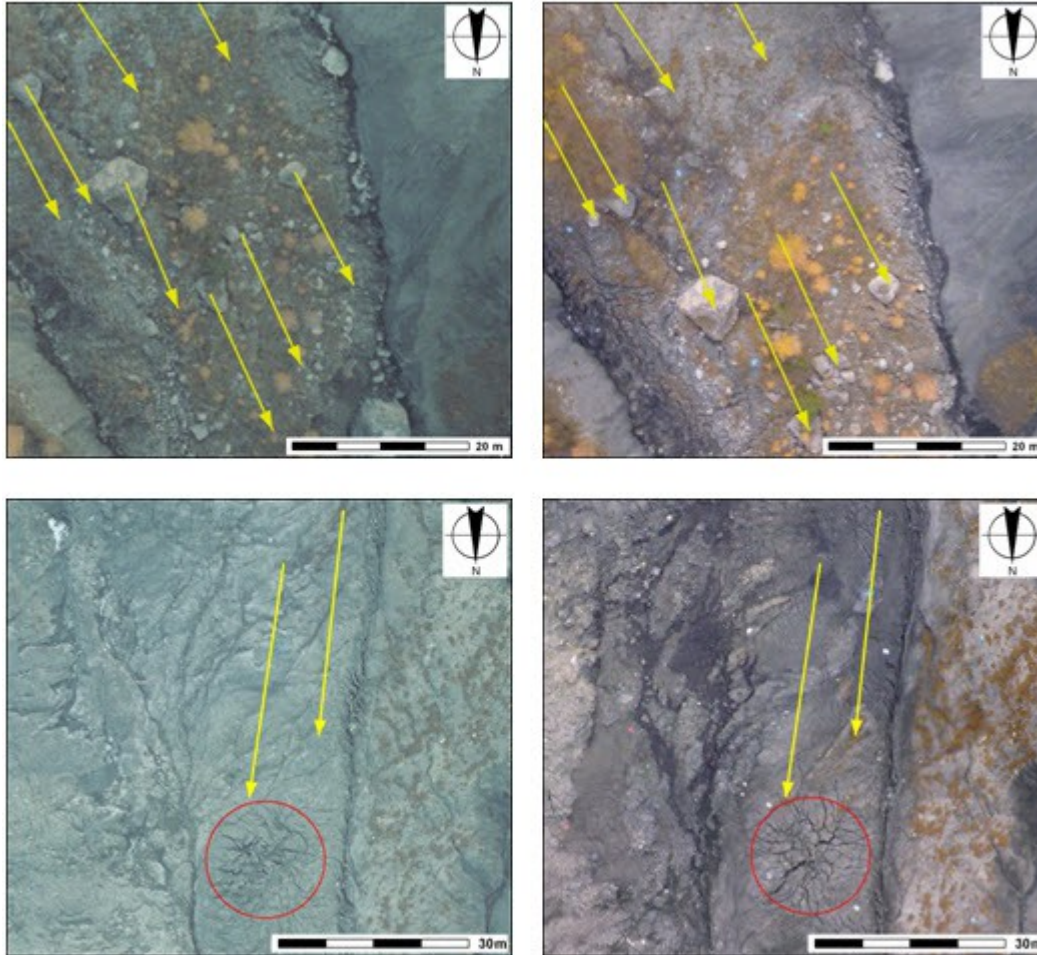
Exemple de modélisation des déformations et des pressions interstitielles avec le code Flac sur le glissement de Super-Sauze (Malet, 2009).

## Méthodes et techniques

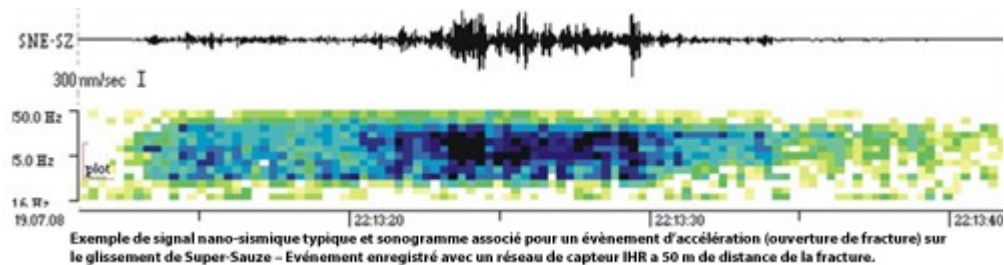
Un système de surveillance intégré sera développé pour mesurer l'évolution d'indicateurs pertinents sur l'évolution du niveau de stabilité d'un versant, à des résolutions spatiale et temporelle adaptées. Ces indicateurs sont basés sur divers types de surveillance:

- Surveillance météorologique – afin d'améliorer les modèles de prévision de temps à court et à long terme;
- Surveillance géotechnique/géologique - incluant différents points de mesures comme la pression interstitielle, les déplacements (i.e. rotation, ...), l'extension de fissures, ou d'autres mesures indiquant les changements physiques ou morphologiques;
- Surveillance hydrologique (variation de la composition du fluide, de la pression interstitielle);

- Mesures géophysiques par l'installation de stations sismologiques mesurant la sismicité locale ou l'identification de ruptures de massifs, ou la surveillance des déformations extérieures utilisant des systèmes d'imagerie au sol ou satellitaire, des câbles de fibre optique pour des mesures de la température et de contraintes/déformations.



Exemple de suivi multi-date des déformation et de l'organisation des principales structures d'un glissement de terrain par intégration de données aérien et d'imagerie optique très-haute résolution par drone :  
 (a) : Drone utilisé pour l'étude ;  
 (b) : Suivi des déformation du pied du glissement de terrain de Super-Sauze (Mai 2007 – Octobre 2008);  
 (c) : Suivi de zones de fractures et de zones saturées dans la partie amont du glissement de terrain de Super-Sauze (Mai 2007- Octobre 2008).



Exemple de signal nano-sismique typique et sonogramme associé pour un événement d'accélération (ouverture de fracture) sur le glissement de Super-Sauze – Événement enregistré avec un réseau de capteur IHR à 50 m de distance de la fracture.

L'intégration des données et la modélisation sera réalisée sous une plateforme SIG. Cette plate-forme utilisera des outils permettant la visualisation spatiale et l'analyse des données.

### Insertion dans des projets de recherche

- Projet national ANR SISCA - "Système Intégré de Surveillance de Crises de Glissements de Terrain Argileux";

- Projet européen SafeLand - "Living with landslide risk in Europe: Assessment, effects of global change, and risk management strategies";
- Projet européen Mountain-Risks - "Mountain Risks: from risk assessment to risk management and governance".