

Imagerie multi-paramètres et multi-résolutions pour l'observation et la caractérisation des mécanismes de glissements-coulées

Thèse présentée par Julien Travelletti – 18 octobre 2011

Résumé :

Les facteurs de contrôle (prédisposition, déclenchement) des glissements de terrain, leurs mécanismes et leurs comportements cinématiques peuvent être extrêmement hétérogènes et interagir sur des constantes de temps très variées. De nombreuses lacunes existent dans l'évaluation de l'aléa associé à ces processus, en particulier pour les glissements lents qui peuvent évoluer en coulées rapides. Les glissements-coulées présentent en effet des comportements très variables dans le temps et dans l'espace caractérisés par un large spectre de vitesses de déplacement (de moins de un centimètre par jour à plusieurs mètres par jour) et la présence de discontinuités et de grandes hétérogénéités dans la répartition de leurs propriétés pétro-physiques. Les techniques d'observation et d'investigation classiques permettent d'obtenir des informations ponctuelles qui ne sont pas suffisantes pour quantifier ces variabilités spatiales et temporelles. Une des conséquences est que, bien souvent, les modèles numériques de glissement ne sont calés et validés que sur un nombre limité d'observations *in-situ*.

Les développements récents en imagerie géophysique multi-paramètres et multi-résolutions ont permis de progresser dans l'acquisition directe et indirecte de données sur la déformation (photogrammétrie, corrélation d'images, scanner laser) et les paramètres pétro-physiques (tomographie électrique et sismique réfraction). Malgré une précision souvent inférieure à celles des techniques classiques, elles ont l'avantage de fournir des informations multi-échelles et distribuées spatialement. Combiner ces informations spatiales à celles obtenues par les techniques classiques (GPS, extensométrie, piézométrie, géotechnique) et les intégrer dans un modèle conceptuel cohérent pour la modélisation numérique constitue une difficulté majeure.

Des travaux scientifiques ont été engagés en combinant différentes approches issues d'observations de terrain (géomorphologie, géologie) et de données instrumentales (hydrogéophysique, photogrammétrie, scanner laser). L'objectif est de développer des méthodologies permettant de déterminer spatialement les différentes caractéristiques majeures des glissement-coulées (structuration interne, comportement hydrologique, comportement cinématique, mécanisme de déformation). Un modèle conceptuel de fonctionnement et des modélisations du comportement hydro-mécanique des glissements-coulées avec les codes Z-Soil et Slow-Mov sont proposés. Les sites d'étude retenus pour notre analyse sont les glissements-coulées marneux de Super-Sauze et de La Valette dans le Bassin de Barcelonnette (Alpes-de-Haute-Provence, France).

Les travaux de recherche sont présentés en quatre parties dont les objectifs sont :

1. De caractériser la structuration interne et la géométrie 3D des glissement-coulées à l'aide de données géophysiques, géotechniques et géomorphologiques ;
2. De proposer un modèle conceptuel hydrologique de la zone non saturée par suivi temporel et spatial de résistivités électriques et par l'analyse de données piézométriques ;
3. De caractériser la cinématique des glissements-coulées à partir de plateformes terrestres de télédétection (photogrammétrie et scanner laser) combinées à des plateformes aériennes et à des suivis par GPS différentiel ;
4. D'identifier des seuils de modifications de régimes hydrologiques et cinématiques par la modélisation numérique.

Les résultats soulignent le vaste champ d'application des principales techniques d'imagerie pour l'investigation des glissement-coulées et permettent de définir leurs limites d'utilisation. Des études futures devraient permettre de développer ces différentes méthodologies à des fins opérationnelles de surveillance et pour améliorer les capacités de prédiction de l'aléa.

Abstract :

Control factors (predisposition, triggering) of landslides as well as their mechanism and kinematic behaviour can be extremely heterogeneous and interact on very versatile time constants. Numerous gaps exist in the evaluation of the hazard associated with this process, in particular for slow landslides which can evolve into faster slides. Indeed, landslides show some behaviour which is very variable in time and space which is characterized by a large range of displacement rates (from less than 1 centimetre per year to a few meters per day) and the presence of irregularities and large heterogeneities in the distribution of their petrophysical properties. Classical techniques of observation and investigation allow us to get only localized information which is not enough to quantify the time and spatial variability. As a result of which landslide numerical models are calibrated and validated over a limited amount of data. Recent developments in multiparameter geophysical imaging allowed some improvements in the direct and indirect acquisition of data on the deformation (photogrammetry, images correlation, laser scanner) and petrophysical parameters (electric tomography and seismic refraction). Although not as precise as the classical techniques, they have the advantage of providing multi-scaled and spatially distributed information. A major difficulty is to combine this spatial information to the ones obtained with classical technologies (GPS, extensometry, piezometry, geotechnology) and integrate them into a conceptual model coherent for the modelisation.

Some scientific works have begun to combine different approaches obtained from field observations (geomorphology, geology) and instrumental data (hydrogeophysics, photogrammetry, laser scan). The objective is to develop methodologies which allow one to spatially determine the diverse major characteristics of landslides (intern structuration, hydrologic behaviour, kinematic behaviour, deformation mechanism). A conceptual model of the functioning and modelling of the hydro-mechanical behaviour of landslides with Z-soil and Slow-Mov codes is proposed. The sites selected for our analysis are the marly landslides of Super-Sauze and La Valette in the basin of Barcelonnette (Alpes-de-Haute-Provence, France). The research is presented in four parts and the objectives are as follows:

1. To characterize the internal structure and 3D geometry of landslides with the help of geophysical, geotechnical and geomorphologic data;
2. To propose a hydrological conceptual model of the non saturated zone followed by temporal and spatial monitoring of electric resistivity and piezometric data analysis;
3. To characterize the kinematics of landslides from terrestrial remote sensing platforms (photogrammetry and laser scan) combined with aerial platforms and differential GPS monitoring.
4. To identify the thresholds of hydrological and kinematics regime changes with numerical modelisation.

The results highlight the vast scope of application of the main imaging technologies for the investigation of landslides and allow us to define their limitations of use. Some future research should allow to develop these various methodologies for monitoring purposes and to improve the predictive capabilities of the hazard.