

## ALICE

### (Assessment of Landslides Induced by Climatic Events)

#### Cartographie de l'aléa mouvement de terrain

(R. Vandromme, N. Desramaut, O. Sedan, J. Melleton)

#### Principes de la cartographie de l'aléa mouvement de terrain

Les zones montagneuses sont de plus en plus concernées par les glissements de terrain. Les causes résident dans plusieurs facteurs principalement liés aux utilisations des terrains et au changement climatique. La prise en compte de ces facteurs dans la cartographie des risques montre un intérêt croissant qui a mené à une large variété de modèles, tous considérant la prédisposition et les facteurs environnementaux, en particulier la végétation et l'hydrographie.

Les méthodes pour caractériser le risque de glissement de terrain peuvent être classifiées dans trois groupes : inférentielles et heuristiques, statistiques, ou basées sur des approches physiques. Le premier groupe d'approche nécessite une gamme large d'informations, comme les données de télédétection, géomorphologiques, l'inventaire des glissements connus et des données de terrain. Elles sont ainsi principalement basées sur le jugement de l'expert et sur ses connaissances locales pour identifier les particularités des sites. La cartographie sera donc très liée aux compétences et à l'expérience de l'analyste des risques. Cette approche reste donc subjective, impliquant une homogénéisation entre différentes zones, et reflète principalement l'activité passée des glissements, et non pas le potentiel de futurs glissements.

Les méthodes statistiques s'appuient sur les corrélations existantes entre différents paramètres (topographie, lithologie, occupation du sol, etc...) et les occurrences de glissements de terrain. Des analyses multi-variées sont ainsi menées pour attester de l'importance de certains de ces paramètres. Cette démarche réduit la subjectivité de l'évaluation des risques mais les extrapolations vers des contextes non étudiés (aussi bien des contextes géomorphologiques différents que des conditions climatiques futures) ne sont pas évidentes et nécessitent l'avis additionnel d'un expert.

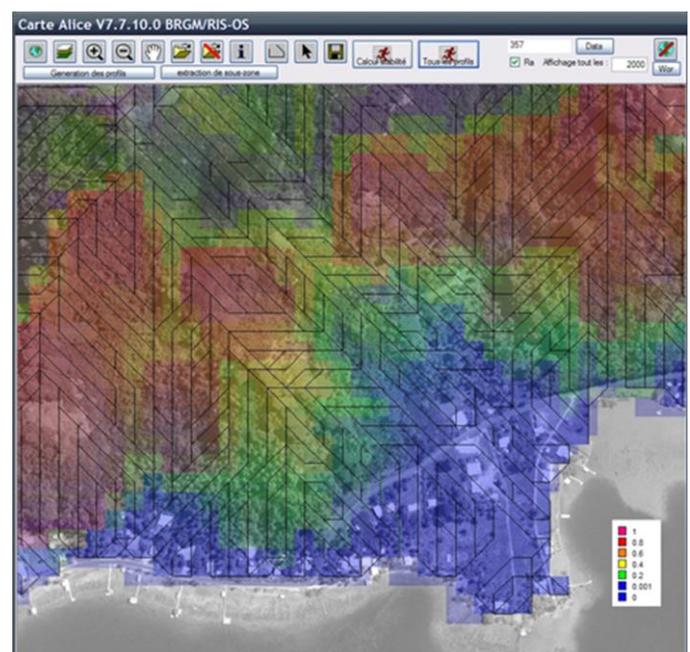
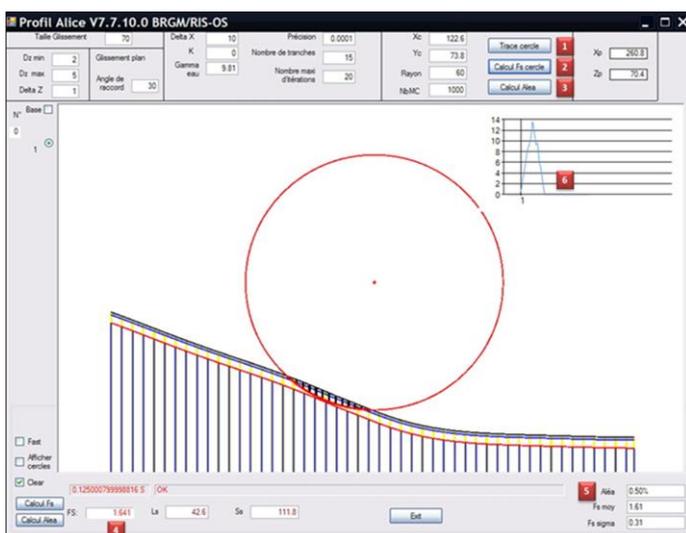
Le dernier groupe d'approches est basé sur la modélisation mécanique et physique de la stabilité des pentes. Elles sont donc plus objectives et ont rapidement évolué avec les avancées technologiques qui permettent une caractérisation à une échelle très fine de la topographie sur de larges zones. Ces modèles demandent cependant une connaissance de paramètres physiques complexes distribués spatialement et temporellement (i.e. cohésion et angle de friction du sol, cohésion racinaire, profondeur et densité moyenne du sol, niveau de nappe, etc.) . En raison de ces difficultés de caractérisation, ces modèles sont généralement simplifiés évaluer les principales caractéristiques géotechniques. Une de ces simplifications est la géométrie de la pente, qui peut être considérée comme infinie (plutôt pour des glissements superficiels avec des surfaces de rupture planes) ou finie (afin de prendre en compte des enveloppes de rupture profondes ou des glissements rotationnels superficiels).

Les résultats des modélisations physiques prennent généralement deux formes : une estimation de l'aléa glissement de terrain probabiliste ou déterministe. Les approches probabilistes permettent le contrôle des incertitudes en utilisant de lois de probabilité pour quantifier les paramètres d'entrée des modèles. Les approches déterministes établissent des paramètres invariants ou spatialement explicités et ne considèrent donc pas les incertitudes.

Dans certains modèles avancés, des modules hydrologiques peuvent être utilisés afin de prendre en compte l'influence des flux de sub-surface sur les calculs de stabilité de pente. La modélisation peut être réalisée en régime permanent ou évolutive au cours du temps. Les démarches évolutives ou dynamiques peuvent ainsi intégrer les chroniques de précipitations et donc le stockage de l'eau. Un glissement de terrain peut en effet être déclenché par des précipitations de faible intensité si les sols sont déjà saturés alors qu'il est tout à fait possible que de fortes précipitations n'aient pas d'impact après une période sèche.

## L'outil ALICE

Le système ALICE (Assessment of Landslides Induced by Climatic Events), développé par le BRGM, est un outil S.I.G. dans lequel a été implémentée une approche de modélisation de stabilité de pente couplée avec un modèle hydrologique global, le modèle GARDENIA (pour Global Reservoir Model for Simulation of Discharge and Groundwater Levels). Son but est de permettre d'étudier la susceptibilité des glissements de terrain induits par le climat à l'échelle régionale, en identifiant les contextes géomorphologiques locaux et en évaluant l'impact du changement de facteurs climatiques sur la stabilité des pentes. Il donne ainsi la possibilité d'évaluer les probabilités d'occurrences de glissement de terrain sur de larges zones, alors que le modèle hydrologique permet l'estimation des variations des paramètres hydrauliques avec le temps. Ce modèle est basé sur des paramètres géotechniques. Les principales caractéristiques physiques de la zone d'étude sont modélisées par une série d'images raster : topographie, couches géologiques, leur géométrie et leur contenu en eau. Les paramètres géomécaniques tels que la cohésion, l'angle de friction et le poids volumétrique sont associés à chaque couche géologique. Leurs incertitudes sont contrôlées par l'utilisation de distributions probabilistes. Le calcul de la stabilité des pentes est réalisé sur des profils 2D régulièrement distribués qui couvrent l'ensemble de la zone d'étude. Ils suivent les directions de plus fortes pentes, s'initiant au sommet et s'achevant au niveau d'un drain.



Fenêtre Profil ALICE – calcul e un point et carte d'aléa (probabilité FS<1)

## Bibliographie

Aleotti P, Chowdhury R (1999) Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. Bull. Eng. Geol. Env., 58, 21-44

Sedan O., Mirgon C, Bes de Berc S. (2006) – Cartographie de l'aléa mouvements de terrain – Prise en compte de la propagation – Programme BORA – Rapport final. BRGM/RP-54650-FR, 166p., 145 ill., 6 annexes (volume séparé).

O. Sedan et J.M. Mompelat (1995). Convention de recherche BRGM-Région Martinique, Projet AR47, rapport de synthèse, rapport BRGM R 38433 ANT 95

P. Mompelat (1994) Unités cartographiques et évaluation de l'aléa mouvements de terrain en Guadeloupe (Antilles françaises), Thèse, Université de Paris 06, 337 p..

Haneberg W C (2000) Deterministic and probabilistic approaches to geologic hazard assessment Environmental & Engineering Geoscience, 6:209–226.

Stillwater Sciences. (2007) Landslide Hazard in the Elk River Basin, Humboldt County, California. Final report. Prepared by Stillwater Sciences, Arcata, California for the North Coast Regional Water Quality Control Board.

Montgomery, D.R., Dietrich, W.E., 1994. A physically based model for the topographic control on shallow landsliding. Water Resources Research 30 (4), 1153–1171.

Pack R T, Tarboton D G, Goodwin C N (1998) A Stability Index Approach to Terrain Stability Hazard Mapping. SINMAP User's Manual , 68 pp.

Savage W Z, Godt J W, Baum R L (2003) A model for spatially and temporally distributed shallow landslide initiation by rainfall infiltration. In: Proceedings of 3rd international conference on debris flow hazards mitigation: mechanics, prediction, and assessment, Davos, Switzerland, 10–12 September 2003:179–187.

Savage W Z, Godt J W, Baum R L (2004) Modeling time-dependent areal slope stability. In: Lacerda WA, Erlich M, Fontoura SAB, Sayao ASF (eds) Landslides-evaluation and stabilization, Proceedings of 9th International symposium on Landslides, vol 1. Balkema, Rotterdam, pp 23–36

Baum R L, Savage W Z, Godt J W (2002) TRIGRS – A Fortran program for transient rainfall infiltration and grid-based regional slope-stability analysis. U.S. G.S. Open-File Report 02-0424, 27

Baum R L, Savage W Z, Godt J W (2008) TRIGRS-A Fortran program for transient rainfall infiltration and grid-based regional slope-stability analysis, version 2.0. US Geological Survey Open-File Report 2008–1159. Available via: <http://pubs.usgs.gov/of/2008/1159/>

Morgenstern, N.R., and Price, VE. 1965. The analysis of the stability of general slip surfaces. Geotechnique, 15(1): 79-93.

Morgenstern, N.R., and Price, VE. 1967. A numerical method for solving the equations of stability of general slip surfaces. Computer Journal, 9: 388-393.

Thiéry D. 2003 ; Logiciel GARDÉNIA version 6.0 - Guide d'utilisation, In French (GARDÉNIA software release 6.0 User's guide), BRGM report, RP-52832-FR.