



Sujet proposé pour un début de contrat en octobre 2017

TITRE du SUJET : Modélisation des processus gravitaires en domaine torrentiel pour l'évaluation des risques associés.

Directeur (trice) : **MANGENEY Anne, PR, anne.mangeney@gmail.com**

Co-directeur (trice) / Co-encadrant(e) : **GRANDJEAN Gilles, g.grandjean@brgm.fr**

Equipe d'accueil : **IPGP- Equipe de Sismologie – UMR7154**

Financement : **Cofinancement BRGM-DGPR, avec demande de mission d'enseignement**

Plus de renseignement voir : <http://ed560.ipgp.fr>, Rubrique : Offres de thèse
Il est indispensable de faire acte de candidature sur le site de l'Ecole doctorale

Le domaine torrentiel est un lieu où le contexte géomorphologique, les transferts de masse, les écoulements, les impacts sur les zones de dépôt sont extrêmement variables et complexes. En effet, les sources de matériaux peuvent avoir plusieurs origines comme les écroulements rocheux, les glissements de terrain, l'érosion de versants ou de berges faisant apparaître une grande diversité en termes de surfaces concernées, masse totale arrachée, processus de rupture. Le charriage, caractérisé par la quantité de matière chargée et la vitesse de l'écoulement dépendent fortement du profil de la pente - et donc de l'énergie potentielle disponible le long du torrent - ainsi que de la quantité d'eau mise en jeu par des précipitations extrêmes, la fonte des neiges ou des glaciers. Enfin, l'impact de cette eau chargée sur les berges et les infrastructures résulte de l'ensemble de ces facteurs. Comprendre comment un événement extrême (précipitations, fontes) peut endommager les enjeux situés en aval d'un versant montagneux passe par l'étude de ces diverses composantes.

Actuellement, certains de ces processus sont bien compris de façon isolée. Les approches utilisées sont soit heuristiques, statistiques ou numériques. Ces modèles numériques permettent d'appréhender plusieurs types de processus selon des lois physiques plus ou moins complexes. Par exemple, la rupture d'un versant sous l'effet de la pression fluide du massif peut être analysée par des modèles d'équilibre limites comme ALICE® permettant d'obtenir (i) le facteur de sécurité de la pente, (ii) les volumes en jeu, et (iii) par extension l'aléa de départ, (Thiery *et al.*, *submitted* ; Vandromme *et al.*, *in preparation*). D'autres approches numériques (e. g. par éléments finis, volumes finis et/ou par éléments discrets) permettent alors de propager le matériau vers l'aval, jusqu'au torrent (SHALTOP® ; Mangeney *et al.*, 2007, Moretti *et al.*, 2015). Enfin, des modèles d'érosion de type WATERSED® (Landemaine, 2016) peuvent également évaluer la quantité de sédiment exportés lors de ruissellements érosifs. Une fois le torrent chargé, l'écoulement de ce fluide visqueux doit être caractérisé le long du torrent (Rickenmann, 2016) de façon à évaluer son interaction en termes de pression exercée sur les berges ou les infrastructures.

Toutefois, ces modèles sont généralement appliqués un événement 'local' ou sur de petits secteurs de quelques km² (Malet *et al.*, 2004 ; Lucas *et al.*, 2014 ; Remaître, 2006). Quelques études tentent d'analyser et quantifier l'impact des différents processus, conjointement ou de manière emboîtée, sur les torrents à l'échelle régionale (i.e. 1 : 25 000^{ème} - 1 : 50 000^{ème} ; Chen *et al.*, 2005 ;

Larsen and Montgomery, 2012). Cependant, les processus sont analysés individuellement avec des seuils de déclenchement propres à chacun puis superposés de manière empirique (Gruber and Mergili, 2013 ; Van Westen *et al.*, 2013). L'analyse de l'aléa est alors réalisée de manière individuelle (aléa par aléa) ou de manière 'globale' mais sans évaluation des bilans de masse et sans analyse des interactions des processus les uns avec les autres (effet cascade par exemple).

Dans ce contexte où les questions sont opérationnelles et où les aménageurs sont demandeurs d'outils de quantification, l'apport de la modélisation numérique est déterminant pour quantifier les bilans de masse et d'énergie se distribuant le long du profil torrentiel, et ceci pour des scénarios de forçage (conditions aux limites) et d'exposition (contexte géologique, occupation du sol, données d'enjeu).

Cette thèse aura pour objectif d'évaluer la meilleure combinaison de modèles permettant de réaliser ces bilans et de l'utiliser pour améliorer les aléas/risques associés à ces événements. Les performances des solutions proposées seront testées sur un site pilote situé dans les Pyrénées Occidentales bénéficiant (i) d'une série d'événements considérés comme majeurs en terme de crises (forçages exceptionnels, aléas exceptionnels, risques majeurs), (ii) d'informations géologiques et géomorphologiques détaillées. Le travail consistera donc à :

- Réaliser un état de l'art sur les modèles actuellement disponibles, leurs performances, leurs limites et leur capacité d'intégration informatique ;
- Proposer plusieurs solutions de modélisation couplée permettant de simuler les transferts de masse et d'eau depuis les versants vers l'exutoire d'un bassin versant ;
- Evaluer la meilleure solution et la tester sur des données historiques disponibles (pluies extrêmes, événements de Cauterets – vallée du gave de Cauterets- et de Barèges –vallée du Bastan).

La thèse sera intégrée dans un programme plus vaste visant à caractériser les terrains et les formations de manière fine notamment les secteurs considérés comme les plus contributifs à l'érosion en général (i.e. rock-fall ; glissements de terrain, érosion stricto-sensu). Ainsi, ce travail ne sera pas la résultante que de modélisations numériques et une forte interaction/confrontation des résultats avec la réalité terrain sera demandée afin de valider/infirmes les hypothèses et les résultats obtenus en laboratoire.

Des demandes de financement à l'ANR, et aux organismes partenaires : IPGP, BRGM, CEREMA seront déposées pour soutenir ce travail.

Cette thèse fournit un cadre unique pour transférer les outils développés dans le monde académique vers la recherche appliquée et la société, tant par le thème abordé que par les partenaires impliqués. L'excellence et la motivation du candidat trouvé pour réaliser cette thèse (Marc Peruzzetto, Ecole des Mines) est le garant de la réussite d'un tel projet de transfert au sommet de l'état de l'art.

Bibliographie :

- Chen R.-F., Chan, Y.-C., Angelier, J., Hu, J.-C., Huang, C., Chang, K.-J., Shih, T.-Y., 2005. Large earthquake-triggered landslides and mountain belt erosion: The Tsaoiling case, Taiwan. *Comptes Rendus Geosciences, Tectonics*, 337, 1164-1172.
- Gruber, F.-E. and Mergili, M., 2013. Regional-scale analysis of high-mountain multi-hazard and risk indicators in the Pamir (Tajikistan) with GRASS GIS. *Natural Hazards Earth System Sciences*, 13, 2779-2796.
- Landemaine, V., 2016. Érosion des sols et transferts sédimentaires sur les bassins versants de l'Ouest du Bassin de Paris : analyse, quantification et modélisation à l'échelle pluriannuelle. Thèse de doctorat. Université de Rouen Normandie. 234p.
- Larsen, I.-J. and Montgomery, D.-R. 2012. Landslide erosion coupled to tectonics river incision. *Nature Geosciences*, 5, 468-473.
- Lucas, A., Mangeney, A., and Ampuero, J. P., 2014. Frictional weakening in landslides on Earth and on other planetary bodies, *NATURE COMMUNICATIONS*, 5(3417).
- Malet, J.-P., Maquaire, O., Locat, J., Remaître, A., 2004. Assessing debris flow hazard associated with slow moving landslides: methodology and numerical analyses. *Landslides*, 1, 83-90.
- Mangeney, A., Bouchut, F., Thomas, N., Vilotte, J.P., and Bristeau, M.O., 2007. Numerical modeling of self-channeling granular flows and of their levee-channel deposits. *J. GEOPHYS. RES.*, 112, F02017.
- Moretti, L., Allstadt, K., Mangeney, A., Capdeville, Y., Stutzmann, E., and Bouchut, F., 2015. Numerical modeling of the Mount Meager landslide constrained by its force history derived from seismic data. *J. GEOPHYS. RES. Solid Earth*, 120(4), 2579-2599.
- Remaître, A. 2006. Morphologie et dynamique des laves torrentielles : application aux torrents des Terres Noires du bassin de Barcelonnette (Alpes du Sud). Thèse de Doctorat, Université de Caen-Basse-Normandie, Caen, France, 487p.
- Rickenmann, D., 2016. Debris-flow hazard assessment and methods applied in engineering practice. *International Journal of erosion Control Engineering*, 9(3), 80-90.

- Thiery, Y., Vandromme, R., Maquaire, O., and Bernardie, S., *submitted*. Landslide hazard assessment by EPBM (expert physically based modelling): strategy of calibration in complex environment for different landslide types, 4th World Landslide Forum, Ljubljana, Slovenia, May 29 – June 2, 2017, 8 p.
- Vandromme, R., Thiery, Y., and Sedan, O., *in preparation*. Landslide susceptibility assessment by EPBM: how take into account the environment heterogeneity for large area? Application to a French South Alps basin. *Geomorphology*.
- Van Westen, C., Kappes, M.S., Quan Luna B., Frigerio, S., Glade, T., Malet, J.-P., 2014. Medium-Scale Multi-hazard Risk Assessment of Gravitational Processes. In :Mountain Risks: From Prediction to Management and Governance. Eds., Van Asch, T., Corominas, J., Greiving, S., Malet, J.-P., Sterlacchini, S. Springer, Serie : [Advances in Natural and Technological Hazards Research](#), Vol. 34. p. 201-232