

Projet de thèse :

Recul des falaises rocheuses en Pays Basque par processus gravitaires et hydro-gravitaires: identification, analyses et modélisation numérique

Contexte (état de l'art, problématique scientifique)

La Côte basque française (Pyrénées-Atlantiques), qui s'étend sur près d'une trentaine de kilomètres entre l'estuaire de l'Adour au nord et Hendaye au sud est remarquable par la diversité de sa géologie et de ses paysages, ainsi que par la richesse de ses écosystèmes. Ce littoral est soumis à une pression anthropique et à un développement urbain importants, contrariés par les processus érosifs et les instabilités gravitaires et hydro-gravitaires affectant le trait de côte. La gestion de la frange côtière est ainsi aujourd'hui une problématique essentielle dans le développement du territoire, et est à ce titre une des priorités des différents acteurs locaux impliqués à travers notamment la mise en œuvre d'une stratégie locale de gestion des risques côtiers portée par la Communauté d'Agglomération du Pays Basque.

Le recul de ces falaises côtières par instabilités gravitaires et hydro-gravitaires a fait l'objet de nombreuses recherches notamment sur les rythmes d'érosion (Rosser et al., 2007 ; Dewez et al., 2013 ; Premaillon, 2018) à différentes échelles temporelles (annuelle, séculaire et plurimillénaire) et sur des techniques de quantification des volumes mobilisés et mobilisables (lasergrammétrie, photos d'archives, datations cosmogéniques, etc. ; Guliano, 2015). Les processus participants activement à l'érosion relèvent à la fois de l'action marine (action mécanique des vagues, haloclastie, etc.) et de l'action subaérienne (dissolution/oxydation, cryoclastie, etc. sous l'influence de la température, des précipitations et du vent). Si l'importance relative de ces processus sur le taux d'érosion dépend de nombreux paramètres tel que la géométrie du trait de côte ou le profil de falaise (Nunes et al., 2009), il s'avère que l'influence de certains agents et processus (e.g. haloclastie, impact mécanique des vagues, projections de blocs, infiltration des eaux, dégradation physico-chimique par l'eau et atmosphérique sur les matériaux) sur la dynamique du recul à plus ou moins long terme n'est pas quantifiée. Actuellement, ces agents et processus ne sont donc pas ou imparfaitement intégrés dans les modèles conceptuels et numériques d'instabilités gravitaires qui servent à quantifier les volumes de matériaux mobilisables. Il subsiste donc des verrous scientifiques notamment sur les conditions conduisant à la rupture des versants côtiers sur la réactivation ou l'accélération d'une instabilité déclarée, ou encore sur la simulation de leur comportement transitoire et multidimensionnel.

Une instrumentation sur des sites spécifiques doit pouvoir amener de nouvelles connaissances sur l'influence et la part respective des certains agents et processus et sur la compréhension du fonctionnement global de l'environnement côtier, contribuant aux différents types d'instabilités côtières du Pays Basque. Les nouvelles informations peuvent être intégrées dans différents outils de calcul numérique (modèle à base physique, modèle probabiliste) spécifique à certains types d'instabilités afin de quantifier le recul actuel et futur des falaises en intégrant des informations non prises en compte actuellement et dans un contexte de changement global.

Ce projet doctoral s'inscrit dans un programme FEDER en cours (période 2019-2022), piloté par la Communauté d'Agglomération Pays basque et aux thématiques plus larges : EZPONDA. Ce dernier vise à améliorer les connaissances relatives à la gestion du recul du trait de côte et à l'entretien des ouvrages de défense contre la mer. Les investigations prévues dans le programme d'actions Ezponda permettront d'étudier de manière concomitante les effets climatiques, continentaux et marins pour étudier les dynamiques d'érosion des falaises rocheuses et d'endommagement des ouvrages de défense contre la mer.

Objectifs de la thèse

Le projet de thèse se focalisera sur les différents types d'instabilités gravitaires et hydro-gravitaires localisés sur les falaises de Socoa (Ciboure) et sur les falaises de Bidart. Ainsi, plusieurs types de phénomènes seront analysés : des éboulements et glissements plans en milieu rocheux de flyschs, des glissements rotationnels ou translationnels superficiels ou profonds dans des matériaux marneux altérés et des colluvions sableuses issus de périodes de sédimentation quaternaire. Ces phénomènes

sont dynamiques dans le temps et dans l'espace et contrôlés par des facteurs (hérités et actuels) de prédisposition et de déclenchement. Leurs facteurs de contrôle, leur cinématique et leurs effets peuvent être extrêmement hétérogènes. Par leur soudaineté, ils peuvent mettre les populations côtières en danger et détruire des infrastructures (bâti, voies de communications, etc...) ou affecter l'environnement.

Ainsi, les objectifs généraux de ce travail de thèse de doctorat seront, pour les deux environnements étudiés :

- i. D'approfondir les connaissances des mécanismes physiques qui contrôlent les ruptures d'équilibre (hydrologie, hydromécanique) ;
- ii. De préciser les rythmes d'évolution des versants (analyse diachronique de différents documents cartographiques et photographiques, suivi photogrammétrique drone et terrestre, suivi Lidar et TLS) ;
- iii. De préciser le rôle des différents forçages notamment le rôle de l'eau (hydrologie, hydrogéologie; analyse de documents existants, suivi de site équipé ou à équiper, relations précipitations/niveau piézométrique/niveau marin, analyse de pression interstitielle si nécessaire, etc...);
- iv. De simuler le comportement hydrologique et hydro-mécanique à long-terme et à court-terme (crise) des phénomènes par des modèles statistiques et à base physique, de manière à préciser les différents seuils de déclenchement ;
- v. De proposer de nouveaux modèles conceptuels de développement (modèles géométrique, morpho-structural, cinématique, géotechnique, géomécanique couplé hydrologie) ;
- vi. De quantifier l'aléa associé à ces phénomènes par l'utilisation de scénarios d'évènements (observation de phénomènes passés, simulation de scénarios) ;

Une approche multidisciplinaire associant géomorphologie, géologie, géophysique de sub-surface (i.e. tomographie électrique, potentiel spontané et sismique réfraction), hydro-géotechnique, traitements de MNTs, analyse croisée de données, modélisation numérique et statistique, sera utilisée sur les secteurs retenus pour lesquels certaines informations ont déjà été acquises mais restent encore éparses ou incertaines. Les étapes du travail de recherche auront donc pour objectifs de :

- i. Compléter la connaissance sur les facteurs de prédisposition des différents types de phénomènes, en particulier d'ordre morpho-structural et l'altération du substratum, identifier les différentes formations superficielles ou les secteurs à fort potentiel hydrologique, par exemple ;
- ii. Proposer des modèles géométriques et géotechniques 2D/3D des phénomènes et des versants, en combinant investigations géophysiques, investigations géotechniques et traitements de MNTs ;
- iii. Compléter les connaissances sur l'évolution des versants à long-terme (analyse diachronique et historique) et à court-terme (crise) à partir de traitements d'images satellites, aériennes et terrestres (corrélation d'images optiques, images radar) afin d'obtenir des cartes d'évolution sur plusieurs périodes ;
- iv. Proposer des modèles hydrologiques et géomécaniques de comportement de ces glissements de terrain par l'analyse de données piézométriques et climatiques et de données géotechniques ;
- v. Identifier des seuils dans les variables de contrôle des phénomènes (précipitations, pressions interstitielles, pression des vagues etc.) par l'analyse statistique des bases de données temporelles multi-sources (monitoring). Des techniques statistiques d'analyse de données complexes et des techniques d'apprentissage de type intelligence artificielle (eg. Artificial Neural Network) pourront être en particulier utilisées ;
- vi. Simuler le comportement hydro-mécanique des glissements de terrain puis des versants, en combinant plusieurs modèles d'analyse 2D ou 3D (SeepW, TALREN, Flac, Alice, Flame, Topo-crack) ;

- vii. Quantifier le niveau d'aléa (occurrence spatiale, occurrence temporelle, intensité) associé à ces phénomènes ;
- viii. Proposer plusieurs scénarios d'aléas en incluant des changements climatiques (élévation du niveau de la mer, efficacité renforcée de la houle en pied de falaise, précipitations, température).

Faisabilité : données disponibles sur le territoire côtier du pays-Basque

Les falaises du Pays Basque sont affectées par diverses instabilités gravitaires et hydro-gravitaires. Ainsi, le projet de thèse bénéficiera des compétences et des données collectées depuis plus de 15 ans au sein du BRGM (projet SUDOE « DO-SMS, thèse M. Peter-Borie, 2008¹), par l'Observatoire de la Côte Aquitaine, la Communauté d'Agglomération du Pays Basque et des partenaires du projet EZPONDA (UPPA, CNRS/GET, CEREMA, SHOM, Université Toulouse III, Université de la Rochelle).

Ainsi, de nombreuses informations, bases de données, cartographies et suivis multi-dates des phénomènes sont disponibles. Ces derniers permettent d'envisager de préciser les rythmes, définir les différents niveaux d'aléas et de pouvoir envisager des scénarii selon les forçages qui restent à préciser.

Le projet de thèse bénéficiera de coopération scientifique avec des experts en analyse de phénomènes gravitaires et hydro-gravitaires du BRGM, des spécialistes en géotechnique localisés à Anglet, des universitaires travaillant sur la houle. Ces acteurs font tous partie du projet FEDER EZPONDA piloté par la Communauté d'Agglomération du Pays Basque.

Intégration du projet de thèse aux projets récents

La thèse sera directement intégrée à un projet plus large visant à fournir des outils de compréhension du recul des falaises du Pays Basque. Les informations collectées lors de ce travail de thèse seront donc intégrées et aideront à la mise en œuvre d'outils opérationnels de calcul de la susceptibilité et de l'aléa des versants aux instabilités gravitaires et hydro-gravitaires par un modèle numérique à base physique spatialisé. L'utilisation de nouveaux codes numériques est envisagée. Ces codes seront fournis dans le cadre du projet EZPONDA ou dans le cadre de coopérations plus larges comme avec le GDRI GEOMECH (Groupe De Recherche International sur la mécanique des matériaux).

Expérience souhaitée du candidat

La candidate/le candidat pourra être titulaire d'un master Recherche en géographie physique ou d'un master en géosciences, ou de tous diplômes équivalents. En dehors, de compétences générales sur le fonctionnement des milieux littoraux et continentaux, des aléas et des risques gravitaires et hydro-gravitaires, il devra avoir une solide expérience dans l'utilisation des outils d'investigation et de surveillance in situ, du traitement de données sous logiciels dédiés ou sous Python, R ou MATLAB, de modélisation géomécanique et spatialisée sous SIG.

Modalités de candidature

Envoyer pour le 18 MAI 2019 au plus tard à Yannick Thiery (y.thiery@brgm.fr) à Christophe Garnier (c.garnier@brgm.fr) et Domenico Gallipoli (domenico.gallipoli@univ-pau.fr) un dossier composé d'un CV, d'une lettre de motivation, des photocopies des diplômes et des relevés de notes, accompagné de toute production individuelle (mémoire de recherche, rapport, article scientifique, etc.). Les candidats présélectionnés (titulaires d'un master 2) seront auditionnés par l'école l'Ecole Doctorale des Sciences Exactes et Applications de Pau et le BRGM (la date exacte sera communiquée ultérieurement par email aux candidats présélectionnés).

Début du contrat : Septembre 2019.

Durée du contrat : 36 mois

¹ « Les massifs rocheux du Crétacé supérieur du Labourd occidental : processus d'altération et instabilités littorales »

Lieux de travail : BRGM Orléans, BRGM Bordeaux, Laboratoire de Géotechnique d'Anglet (UPPA), selon modalités et calendriers à préciser

Références

- Dewez, T.J.B., Rohmer, J., Regard, V., and Cnudde, C. (2013) Probabilistic coastal cliff collapse hazard from repeated terrestrial laser surveys: case study from Mesnil Val (Normandy, Northern France), *J. Coast. Res., Sp. Iss.* 65, DOI:10.2112/SI65-119. France)
- Giuliano J. 2015. Erosion des falaises de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur : évolution et origine de la morphologie côtière en Méditerranée : télédétection, géochronologie, géomorphologie. Sciences de la Terre, PhD, Université Nice Sophia Antipolis
- Nunes, M., Ferreira, O., Schaefer, M., Clifton, J., Baily, B., Moura, D., & Loureiro, C. (2009). Hazard assessment in rock cliffs at Central Algarve (Portugal): A tool for coastal management. *Ocean & Coastal Management*, 52(10), 506-515. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2009.08.004>
- Premaillon, M. 2018. Érosion long-terme des côtes rocheuses. Thèse de doctorat de l'université de Toulouse, Laboratoire Géosciences Environnement Toulouse UMR 5563 CNRS
- Peter-Borie, M. 2008. LES MASSIFS ROCHEUX DU CRETACE SUPERIEUR DU LABOURD OCCIDENTAL : PROCESSUS D'ALTERATION ET INSTABILITES LITTORALES Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux I 373 p.
- Rosser, N.J., Lim, M., Petley, D.N., Dunning, S.A. & Allison, R. (2007) Patterns of precursory rockfall prior to slope failure. *Journal of Geophysical Research (Earth Surface)*. 2007;112:F04014