

Avis de Soutenance

Monsieur Muhammad Naveed ZAFAR

Mathématiques Appliquées

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Modélisation numérique des paléotsunamis lacustres contraints par leurs archives géologiques

dirigés par Monsieur Denys DUTYKH et Monsieur Pierre SABATIER

Soutenance prévue le **mardi 25 novembre 2025** à 14h00

Lieu : PM030, Amphi, Université Savoie Mont Blanc, 73370 Le Bourget-du-Lac

Salle : PM030

Composition du jury proposé


M. Denys DUTYKH	Khalifa University of Science and Technology	Directeur de thèse
M. Pierre SABATIER	Université Savoie Mont Blanc	Co-directeur de thèse
Mme Katrina KREMER	Institute of Geological Sciences, University of Bern, Switzerland	Examinatrice
M. Finn LØVHOLT	NGI (Norwegian Geotechnical Institute), Norway	Examineur
M. David MARSAN	Université Savoie Mont Blanc	Examineur
M. Philippe HEINRICH	Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA), France	Rapporteur
M. Stefano LORITO	INGV – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia	Rapporteur

Mots-clés : Tsunamis lacustres, Modélisation des paléotsunamis, tsunamis provoqués par des glissements de terrain, Tsunamis provoqués par des séismes, Modélisation des seiches, Dépôts de tsunami,

Résumé :

Les tsunamis lacustres représentent un aléa naturel encore sous-estimé mais potentiellement dévastateur pour les populations riveraines en croissance permanente, les infrastructures et le patrimoine culturel. Dans les environnements lacustres, la combinaison de pentes raides, d'apports sédimentaires d'origine anthropique et d'une tectonique active rend les lacs particulièrement vulnérables aux mouvements de masse ou aux effondrements deltaïques déclenchés par des séismes ou survenant spontanément. Les dépôts de glissements subaquatiques (Mass-Wasting Deposits, MWDs) sont utilisés de longue date comme archives paléosismiques, mais les tsunamis qui leur sont potentiellement associés restent encore mal compris. Cette thèse fait progresser l'étude des tsunamis lacustres en intégrant la modélisation numérique aux approches sédimentologiques, paléosismologiques, historiques et archéologiques afin de reconstituer des événements passés et d'améliorer l'évaluation de cet aléa. Dans cette thèse 4 sites d'études (lac d'Aiguebelette, lac du Bourget, lac d'Iseo et lac d'Iznik) ont été privilégiés en fonction des observations géophysiques et géologiques préalables, permettant de répondre ainsi à différent type de contexte géodynamique. Un modèle numérique original a été développé, couplant la dynamique des glissements subaquatiques, la déformation cosismique et la propagation des ondes sismiques avec des modèles de tsunamis hydrostatiques et dispersifs, afin de restituer l'ensemble du cycle des tsunamis induits par séismes et glissements. Cette approche prend en compte non seulement les effets combinés des séismes et des glissements dans la génération des vagues de tsunamis, mais simule également les seiches à l'échelle du bassin lacustre induites par les secousses sismiques. Nous montrons également comment les ondes de seiche peuvent interagir avec les turbidites pour former des homogénites, et proposons un cadre permettant

de distinguer les déclencheurs sismiques et non sismiques des mégaturbidites. Nous quantifions aussi les effets dispersifs dans les tsunamis d'origine gravitaire et évaluons la sensibilité de la profondeur de la source de glissement sur la génération de tsunamis en milieu lacustre. Au-delà des déclencheurs naturels, cette recherche met en lumière le rôle critique de l'activité humaine dans l'amplification des tsunamis lacustres. Nous démontrons que l'accumulation rapide de sédiments, lié à l'érosion induite par les activités humaines, au niveau des deltas accentue l'instabilité des pentes et préconditionne leur effondrement sous l'effet de sollicitations sismiques ou gravitaires, générant ainsi des tsunamis d'ampleur exceptionnelle. Cette thèse fournit la première évaluation systématique du potentiel tsunamigène des failles décrochantes en contexte lacustre, révélant que les failles à composante verticale traversant le substrat lacustre peuvent produire des vagues importantes. Des simulations numériques corroborées par des dépôts tsunamiques côtiers confirment l'occurrence d'un événement passé et démontrent que la hauteur du tsunami et la directivité de l'onde initiale contrôlent la distribution spatiale des dépôts en bord de lacs. En combinant archives géologiques et simulations numériques, ce travail fait progresser la compréhension des processus de tsunamis et de seiches en milieu lacustre, de leurs empreintes sédimentaires et de leurs impacts littoraux. Les résultats précisent comment les facteurs naturels et anthropiques interagissent pour façonner ces aléas et soulignent l'importance d'intégrer les tsunamis lacustres dans les évaluations de risques, en particulier dans les régions en urbanisation rapide. En reliant mathématiques et géosciences, cette recherche propose des outils méthodologiques et conceptuels inédits qui renforcent l'évaluation et la préparation face aux risques pour les lacs alpins et continentaux à l'échelle mondiale, où populations et infrastructures sont de plus en plus exposées.



Muhammad Naveed ZAFAR
Date: 20/11/2025