

PROPOSITION D'UN PROJET DE THÈSE

A L'ÉCOLE DOCTORALE

« Écologie, Géosciences, Agronomie, ALimentation »

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Titre de la thèse : Interactions climat-érosion-tectonique en contexte « hyper-actif » : modélisation de l'impact de l'incision des rivières sur le comportement mécanique de la croûte continentale
Acronyme : Hyperinteractif
Champ disciplinaire 1 : Géosciences Champ disciplinaire 2 : Choisissez un élément.
Trois mots-clés : Tectonique, Erosion, Modélisation
Unité d'accueil : Géosciences Rennes
Nom, prénom du directeur de thèse (HDR indispensable): Steer Philippe Adresse mail : philippe.steer@univ-rennes1.fr Nom, prénom du co-directeur (le cas échéant) (HDR indispensable): Yamato Philippe Adresse mail : philippe.yamato@univ-rennes1.fr Nom, prénom du co-encadrant de thèse 1 (le cas échéant) : Guillaume Benjamin Adresse mail : benjamin.guillaume@univ-rennes1.fr
Financement (origine et montant) : Contrat Doctoral Université Rennes 1
Contact(s) (adresse postale) : Directeur de thèse : Philippe Steer (philippe.steer@univ-rennes1.fr / 0223234265), Philippe Yamato (philippe.yamato@univ-rennes1.fr / 0223236095) et Benjamin Guillaume (benjamin.guillaume@univ-rennes1.fr / 0223235183). Géosciences Rennes, Université de Rennes 1, Campus Beaulieu, Adresse : 263 Avenue Général Leclerc, 35042 Rennes
Mode de recrutement Le mode de recrutement du doctorant dépend de la nature du financement du projet de thèse. Pour identifier le mode de recrutement, veuillez consulter le site web de l'ED EGAAL - cliquez ici . Le projet de thèse ne sera pas publié si cette information est manquante. <input checked="" type="checkbox"/> Concours <input type="checkbox"/> Entretien <input type="checkbox"/> Autre (précisez) :

Toutes les rubriques de ce document doivent être remplies.

Une fois complété, merci d'enregistrer ce document au format pdf avec le nom suivant :

Nom du Directeur thèse_Unité_Acronyme du sujet_FR.pdf

DESCRIPTION SCIENTIFIQUE DU PROJET DE THÈSE

Contexte socio-économique et scientifique : (10 lignes)

La surface de la Terre est à l'interface entre les enveloppes externes et internes de la Terre. L'évolution de cette surface est ainsi contrôlée par les processus tectoniques, d'érosion et le climat et met en jeux des interactions entre ces processus pouvant favoriser l'occurrence d'aléas naturels (e.g., séismes, crues, glissements de terrain). L'enjeu principal de ce projet de thèse est de mieux comprendre ces mécanismes d'interactions par une approche de modélisation numérique appliquée à des régions associées à des dynamiques tectoniques, d'érosion et climatiques extrêmes, où la vitesse des processus en jeu est très élevée. Pour mener à bien son travail de thèse, le doctorant bénéficiera d'un environnement dynamique de recherche au sein de Géosciences Rennes (Unité Mixte de Recherches sous tutelle de l'Université de Rennes 1 et du CNRS). Il sera associé à des projets de recherche ambitieux (ERC FEASIBLE, ANR Topo-Extreme, IUF Yamato) et profitera des compétences uniques à l'échelle internationale des chercheurs et des équipes associées à son encadrement sur la modélisation numérique et les interactions climat-érosion-tectonique.

Hypothèses et questions scientifiques (8 lignes)

La topographie des chaînes de montagnes résulte d'une compétition, intégrée dans le temps et dans l'espace, entre les processus de surrection tectonique et d'érosion, modulés par le climat. La surrection tectonique permet une augmentation du relief et des pentes de la topographie, qui catalysent les taux d'érosion, traduisant l'"action" de la tectonique sur l'érosion. De nombreuses études suggèrent que l'érosion impacte en retour les processus tectoniques, notamment par la réponse isostatique et la modification de l'état des contraintes qu'elle engendre. Ces "rétroactions" résultent du déchargement topographique induit par l'érosion et les déformations associées. Les vallées profondes des syntaxes himalayennes représentent des objets d'étude exceptionnels et « hyper-actifs » de ces interactions du fait de leurs taux d'érosion et de surrection, parmi les plus rapides observés sur Terre.

Principales étapes de la thèse et démarche (10-12 lignes)

L'objectif de ce sujet de thèse est de modéliser et de contraindre les couplages existants entre les processus de surface et le comportement mécanique de la croûte continentale en profondeur, notamment au droit des vallées des syntaxes himalayennes. Il s'agit plus précisément (1) d'étudier l'impact de la vitesse d'érosion des rivières sur la localisation et la vitesse de déformation ainsi que sur les variations de conditions de pression et température en profondeur pouvant amener à des réactions métamorphiques, (2) de déterminer l'importance de fluctuations périodiques des taux d'érosion (e.g., cycles climatiques) ou d'événements extrêmes d'érosion (e.g., capture d'un bassin versant, glissements de terrain) sur la déformation et les taux de surrection, et (3) d'étudier le rôle respectif de l'érosion et de la compression tectonique orthogonale aux vallées sur l'évolution de la forme des vallées et les couplages entre érosion et déformation. Le rôle de la topographie sur la déformation sera aussi considéré à travers le prisme des contraintes dites topographiques, des fractures et failles associées, et de leur impact sur les taux d'érosion et de déformation. Plus largement, ce travail de thèse permettra d'étudier plus en détail les couplages entre érosion et déformation crustale, incluant déformations élastique, cassante et visqueuse, et s'intéressera également aux problèmes de transferts d'échelle temporelle (e.g., effets court terme de l'incision d'une rivière vs. effets long terme du fluage de la croûte).

Approches méthodologiques et techniques envisagées (4-6 lignes)

Pour répondre à ces problématiques, le doctorant réalisera un travail de modélisation numérique thermo-mécanique permettant de tester différentes lois d'érosion et d'en étudier les effets dans différents contextes tectoniques. Les cibles d'études choisies afin de contraindre au mieux les modèles sont le Nanga Parbat (syntaxe ouest-himalayenne) et le Namche Barwa (syntaxe est-himalayenne) où des données structurales et thermo-chronologiques montrent que l'incision de l'Indus d'une part et du Tsangpo d'autre part est étroitement associée à la formation de dômes métamorphiques (phénomène d'anévrisme). Le doctorant sera donc amené à utiliser un modèle numérique thermo-mécanique 2D, basé sur la méthode des différences finies, incluant une surface libre, et permettant de prendre en compte des rhéologies complexes (visco-élasto-plastiques). Il devra néanmoins implémenter de nouvelles fonctionnalités dans le code (e.g., lois d'érosion) nécessaires pour répondre à la problématique de ce travail. Les résultats des modèles seront confrontés à des données de terrain déjà acquises, incluant données d'érosion, thermochronologiques, métamorphiques, structurales et géologiques, au sens large du terme. En fonction des appétences du candidat, des missions de terrain pourront être organisées pour acquérir de nouvelles données.

Compétences scientifiques et techniques requises pour le candidat

Formation initiale soit en sciences de la Terre avec un bon niveau et un goût prononcé pour la physique (en particulier mécanique), soit en physique avec une formation complémentaire en sciences de la Terre. Le candidat fera preuve de compétences en modélisation numérique et aura une appétence pour la tectonique et la dynamique des reliefs.

ENCADREMENT DE LA THÈSE¹

Nom de l'unité d'accueil : Géosciences Rennes	Nom de l'équipe d'accueil : DIMENV
Nom du directeur de l'unité : Olivier Dauteuil	Nom du responsable de l'équipe : Yves Méheust
Coordonnées du directeur de l'unité : olivier.dauteuil@univ-rennes1.fr	Coordonnées du responsable de l'équipe : yves.meheust@univ-rennes1.fr
Directeur de thèse Nom, prénom : Steer Philippe Fonction : Maître de Conférences Date d'obtention de l'HDR : 2020 Employeur : Université Rennes 1 Taux d'encadrement doctoral dans le présent sujet : 40% Taux d'encadrement doctoral en cours (directions et co-directions) (%) : 50 Nombre de directions/co-directions de thèse en cours : 1	
Co-directeur (le cas échéant) Nom, prénom : Yamato Philippe Fonction : Professeur Date d'obtention de l'HDR : 2014 Employeur : Université Rennes 1 École doctorale de rattachement : EGAAL Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet : 30% Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) (%) : 50% Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours : 1	
Co-encadrant de thèse 1 (le cas échéant) Nom, prénom : Guillaume Benjamin	

¹ Dans l'ED EGAAL, si 1 scientifique dans la direction de la thèse = 100% d'encadrement doctoral ; si 2 personnes impliquées dans la direction de la thèse = entre 50% et 70% d'encadrement doctoral pour l'HDR directeur ; si 3 personnes impliquées dans l'encadrement de la thèse : répartition :40% - 30% - 30% de l'encadrement doctoral.

Fonction : Maître de Conférences

Titulaire de l'HDR : oui non Si oui, date d'obtention de l'HDR :

Employeur : Université Rennes 1

École doctorale de rattachement : EGAAL

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet : 30%

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) (%) : 0

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours : 0

Devenir des anciens doctorants du directeur et co-directeur(s)/co-encadrant(s) de thèse (depuis 5 ans)

Compléter les informations suivantes pour chaque ancien doctorant

Nom, prénom : Croissant Thomas

Date de début et de fin de thèse : 2013-2016

Direction de thèse : Dimitri Lague et Philippe Steer

Emploi actuel, lieu : Post-doctorat – Durham University (UK)

Contrat (post-doc, CDD, CDI) : post-doc

Liste des publications issues de ce travail de thèse :

- Croissant, T., Lague, D., Steer, P., & Davy, P. (2017). Rapid post-seismic landslide evacuation boosted by dynamic river width. *Nature Geoscience*, 10(9), 680-684.
- Croissant, T., Steer, P., Lague, D., Davy, P., Jeandet, L., & Hilton, R. G. (2019). Seismic cycles, earthquakes, landslides and sediment fluxes: Linking tectonics to surface processes using a reduced-complexity model. *Geomorphology*, 339, 87-103.
- Croissant, T., Lague, D., Davy, P., Davies, T., & Steer, P. (2017). A precipitation-based approach to model hydro-sedimentary hazards induced by large sediment supplies in alluvial fans. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42(13), 2054-2067.
- Croissant, T., Lague, D., Davy, P., Davies, T., & Steer, P. (2017). A precipitation-based approach to model hydro-sedimentary hazards induced by large sediment supplies in alluvial fans. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42(13), 2054-2067.
- Davy, P., Croissant, T., & Lague, D. (2017). A precipitation method to calculate river hydrodynamics, with applications to flood prediction, landscape evolution models, and braiding instabilities. *Journal of geophysical research: earth surface*, 122(8), 1491-1512.

Nom, prénom : Jeandet Louise

Date de début et de fin de thèse : 2015-2018

Direction de thèse : Dimitri Lague et Philippe Steer

Emploi actuel, lieu : Post-doctorat – Paris Sorbonne Université (France)

Contrat (post-doc, CDD, CDI) : post-doc

Liste des publications issues de ce travail de thèse :

- Steer, P., Jeandet, L., Cubas, N., Marc, O., Meunier, P., Simoes, M., ... & Hovius, N. (2020). Earthquake statistics changed by typhoon-driven erosion. *Scientific reports*, 10(1), 1-11.
- Jeandet, L., Steer, P., Lague, D., & Davy, P. (2019). Coulomb mechanics and relief constraints explain landslide size distribution. *Geophysical Research Letters*, 46(8), 4258-4266.

- Jeandet Ribes, L., Cubas, N., Bhat, H. S., & Steer, P. (2020). The Impact of Large Erosional Events and Transient Normal Stress Changes on the Seismicity of Faults. *Geophysical Research Letters*, 47(22), e2020GL087631.

Nom, prénom : Bernard Maxime

Date de début et de fin de thèse : 2017-2020

Direction de thèse : Kerry Gallagher et Philippe Steer

Emploi actuel, lieu : Post-doctorat – GFZ Potsdam (Allemagne)

Contrat (post-doc, CDD, CDI) : post-doc

Liste des publications issues de ce travail de thèse :

- Bernard, M., Steer, P., Gallagher, K., & Lundbek Egholm, D. (2020). Modelling the effects of ice transport and sediment sources on the form of detrital thermochronological age probability distributions from glacial settings. *Earth Surface Dynamics*, 8(4), 931-953.
- Bernard, M., Steer, P., Gallagher, K., & Lundbek Egholm, D. (in review). The impact of lithology on fjord morphology, *Geophysical Research Letters*.

Nom, prénom : Hertgen Solenn

Date de début et de fin de thèse : 2015-2018

Direction de thèse : Philippe Yamato and Benjamin Guillaume

Emploi actuel, lieu : ATER- Université de Franche-Comté

Contrat (post-doc, CDD, CDI) : ATER

Liste des publications issues de ce travail de thèse :

- Angiboust S., Yamato P., Hertgen S., Hyppolito T., Bebout G.E. and Morales L., (2017) "Fluid pathways and high pressure metasomatism in a subducted continental slice (Mt. Emilius klippe, W. Alps)", *Journal of Metamorphic Geology*, doi:10.1111/jmg.12241
- Hertgen S., Yamato P., Morales L. and Angiboust S.(2017) "Evidence for brittle deformation events at eclogite-facies P-T conditions (example of the Mt. Emilius klippe, Western Alps). *Tectonophysics*, doi: 10.1016/j.tecto.2017.03.028
- Guillaume B., Hertgen S., Martinod J., and Cerpa N (2018) "Slab dip, surface tectonics: How and when do they change following an acceleration/slow down of the overriding plate?" *Tectonophysics*, 726, doi: 10.1016/j.tecto.2018.01.030
- Hertgen S., Yamato P., Guillaume B., Magni V., Schliffke N., and van Hunen J. (2020), "Influence of the thickness of the overriding plate on convergence zone dynamics", *Geochemistry Geophysics Geosystems*, doi:10.1029/2019GC008678

Nom, prénom : Poh Jonathan

Date de début et de fin de thèse : 2016-2019

Direction de thèse : Philippe Yamato, Patrick Ledru, et Thibault Duret

Emploi actuel, lieu : Post-doc, School of Civil and Environmental Engineering, Nanyang Technological University, Singapore

Contrat (post-doc, CDD, CDI) : post-doc

Liste des publications issues de ce travail de thèse :

- Poh J., Yamato P., Duret T., Gapais D., and Ledru P. (2020), "Precambrian deformation belts in compressive tectonic regimes: A numerical perspective", *Tectonophysics*,

doi:10.1016/j.tecto.2020.228350

- Poh J., Yamato P., Duretz T., Gapais D., and Ledru P. "The transition from ancient to modern-style tectonics: insights from lithosphere dynamics modelling in compressional regimes", *Gondwana Research* (accepté après révisions mineures).
- Poh J., Eldursi K., Yamato P., Ledru P., Chi G., and Benedicto A. « Role of hydrothermal circulation above inherited basement structures in relation to unconformity-related uranium mineralisation » (submitted to *Journal of Structural Geology*).

Nom, prénom : Fernandez-Garcia Carlos

Date de début et de fin de thèse : 2016-2019

Direction de thèse : Benjamin Guillaume et Jean-Pierre Brun

Emploi actuel, lieu : Ingénieur en géophysique de sub-surface, Grenade (Espagne)

Contrat (post-doc, CDD, CDI) : CDD

Liste des publications issues de ce travail de thèse :

- Fernandez-Garcia, C., Guillaume, B., Brun, J.-P., (2019), 3D slab breakoff in laboratory experiments, *Tectonophysics*, 773, doi:10.1016/j.tecto.2019.228223.
- Santos-Bueno, N., Fernández-García, C., et al. (2019), Focal Mechanisms for Subcrustal Earthquakes Beneath the Gibraltar Arc, *Geophysical Research Letters*, 46, doi:10.1029/2018GL081587.

Publications majeures des 5 dernières années du directeur de thèse et co-directeur(s)/co-encadrant(s) sur le sujet de thèse :

- Porkoláb, K., Duretz, T., **Yamato, P.** et al. Extrusion of subducted crust explains the emplacement of far-travelled ophiolites. *Nature Communications* 12, 1499 (2021).
- **Steer, P.**, Jeandet, L., Cubas, N., Marc, O., Meunier, P., Simoes, M., ... & Hovius, N. (2020). Earthquake statistics changed by typhoon-driven erosion. *Scientific reports*, 10(1), 1-11.
- Jeandet Ribes, L., Cubas, N., Bhat, H. S., & **Steer, P.** (2020). The Impact of Large Erosional Events and Transient Normal Stress Changes on the Seismicity of Faults. *Geophysical Research Letters*, 47(22), e2020GL087631.
- Cerpa, N. G., **Guillaume, B.**, & Martinod, J. (2018). The interplay between overriding plate kinematics, slab dip and tectonics. *Geophysical Journal International*, 215(3), 1789-1802.
- Collignon, M., **Yamato, P.**, Castelltort, S., & Kaus, B. J. (2016). Modeling of wind gap formation and development of sedimentary basins during fold growth: application to the Zagros Fold Belt, Iran. *Earth Surface Processes and Landforms*, 41(11), 1521-1535.
- **Steer, P.**, Simoes, M., Cattin, R., & Shyu, J. B. H. (2014). Erosion influences the seismicity of active thrust faults. *Nature communications*, 5(1), 1-7.

FINANCEMENT DE LA THÈSE

Origine(s) du financement de la thèse : Contrat Doctoral Université Rennes 1

Salaire brut mensuel : 1770 €

État du financement de la thèse : Non acquis

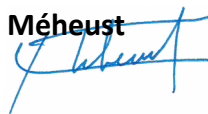
Date du début/durée du financement de la thèse : 01/10/2021 / 3 ans

Date : 17/03/2021

Olivier DAUTEUIL
Directeur de Géosciences
Rennes UMR6118

Nom, signature du directeur d'unité : Olivier Dauteuil

Nom, signature du responsable de l'équipe : Yves Méheust



Nom, signature du directeur de thèse : Philippe Steer

