

## PROPOSITION DE SUJET POUR UN CONTRAT DOCTORAL

<b><u>Laboratoire</u></b> UMR 7266 LIENSs
<b><u>Titre de la thèse</u></b> Evolutions des risques de submersion marine dans les îles tropicales françaises au cours du 21 <sup>ème</sup> siècle
<b><u>Direction de la thèse</u></b> <i>directeur-trice-s (grade, HDR) et éventuels co-directeur-trice-s</i> Directeur: Xavier Bertin, DR CNRS, 60 % Co-directeur: Virginie Duvat, PR, 40% Co-encadrant: Kevin Martins, CR CNRS
<b><u>Adéquation scientifique avec les priorités de l'établissement</u></b> Ce projet de thèse est en adéquation avec les priorités de l'établissement car il vise à mieux comprendre et à prédire les risques littoraux associés aux événements extrêmes, les impacts des changements globaux sur les zones littorales et à évaluer la pertinence des solutions fondées sur la nature pour limiter ces risques. Cette thèse est une contribution au projet PPR Océan et Climat FUTURISKS, coordonné au LIENSs par la direction de cette thèse et qui fédère environ 70 chercheurs permanents, ingénieurs et doctorants issus de 18 laboratoires et contribue ainsi à la visibilité de l'établissement.
<b><u>Descriptif du sujet</u></b> <i>(enjeux scientifiques, applicatifs, sociétaux...)</i> Les îles tropicales sont fortement exposées aux aléas météo-marins, notamment aux submersions marines qui résultent de niveaux marins extrêmes induits par le passage de cyclones tropicaux ou par des houles distantes. De plus, les îles tropicales subissent généralement une subsidence naturelle et sont en première ligne des impacts du changement climatique : élévation du niveau marin, dégradation des récifs coralliens et intensification possible des cyclones tropicaux les plus violents (Oppenheimer et al., 2019). Ces phénomènes vont entraîner une forte augmentation des aléas littoraux d'origine météo-marine au cours du 21 <sup>ème</sup> siècle, plusieurs études allant jusqu'à questionner l'habitabilité de certains atolls et îles basses à cette échéance (e.g. Storlazzi et al., 2018 ; Duvat et al., 2021). Dans ce contexte, de nombreuses études ont été menées au cours de la décennie passée afin d'étudier l'évolution des risques de submersion marine dans les îles tropicales au cours du 21 <sup>ème</sup> siècle (e.g. Quartaert et al., 2015 ; Voudoukas et al., 2023). Cependant, ces études, souvent menées à de larges échelles spatiales voire à l'échelle globale, reposent sur une quantification des aléas souvent rudimentaire et/ou sur des représentations schématiques de la bathymétrie littorale. Afin de pallier ces limitations, cette thèse vise à étudier l'évolution des aléas de submersion marine dans les îles tropicales françaises en utilisant les résultats uniques issus du projet de recherche FUTURISKS, financé par l'appel à projet PPR Océan et climat et coordonné au laboratoire LIENSs. FUTURISKS vise à combler les lacunes de connaissances sur ces phénomènes et à proposer des solutions d'adaptation en développant une approche interdisciplinaire, qui repose sur un consortium de 70 chercheurs, doctorants et ingénieurs en océanographie physique, géomorphologie, sciences sociales, sciences politiques et anthropologie. Plus spécifiquement, les événements de submersion majeurs identifiés et quantifiés au cours des dernières décennies seront revisités pour la fin du 21 <sup>ème</sup> siècle en considérant des scénarii prenant en compte : (1) l'élévation absolue du niveau de la mer issue de projections régionalisées, (2) la subsidence naturelle des îles extrapolée sur la base des tendances passées, (3) la dégradation des récifs

coralliens et l'évolution des stocks sableux en haut de plage, (4) l'intensification possible des cyclones tropicaux ou des régimes de houles distantes et (5) l'implémentation de solutions fondées sur la nature comme la mise en place de récifs artificiels ou la restauration de mangroves.

Les sites d'étude sélectionnés correspondent à des îles caractérisées par des contextes recifo-lagonaires et des expositions aux aléas météo-marins contrastés, ce qui nous permettra de distinguer les évolutions de aléas qui dépendent des contextes géomorphologiques et hydrodynamiques locaux. Ces travaux devraient permettre une quantification bien plus précise de l'évolution de l'aléas submersion marine dans les îles tropicales française, qui permettra de proposer des stratégies d'adaptation plus réalistes et efficaces.

**Contexte partenarial** (*cotutelle internationale, EU-CONEXUS, partenariat avec un autre laboratoire, une entreprise...*)

Au niveau national, cette thèse est une contribution importante au projet FUTURISKS, qui fédère 70 personnels issus de 18 laboratoires, dont plusieurs situés outremer. Le candidat recruté aura donc l'opportunité de travailler en interdisciplinarité au sein d'un large réseau de collaborations. D'autre part, plusieurs des sites d'étude correspondent à des sites-atelier des Services Nationaux d'Observation (SNO) constitutifs de l'infrastructure de recherche ILICO : DYNALIT (dynamique du trait de côte), SONEL (variations du niveau marin), ReefTemps (qualité de l'eau en milieu récifal) et Corail (état de santé des récifs coralliens). Les SNO DYNALIT et SONEL étant coordonnés au LIENSs et de nombreux responsables de sites-atelier étant partenaires de FUTURISKS, le doctorant/la doctorante aura facilement accès aux données et informations dont il aura besoin pour sa thèse. Le SHOM est également un partenaire du projet, ce qui permettra au doctorant d'être exposé aux problématiques de l'océanographie opérationnelle et facilitera l'accès aux données bathymétriques dont il/elle aura besoin. Enfin, des collaborations sont prévues avec IFREMER Brest sur le lagon de l'Hermitage à la Réunion (PI H. Muller), à qui nous fournirons des forçages de vagues pour leurs simulations numériques et en retour nous aurons accès à leurs projections de l'état des récifs coralliens et des stocks sableux dans le lagon au cours du 21<sup>ème</sup> siècle. Au niveau international, le doctorant aura l'opportunité d'échanger et de rencontrer parmi les meilleurs spécialistes mondiaux des aléas littoraux en environnement récifal (e.g. G. Masselink, UK ; C. Storlazzi, USGS ; A. van Dongeren, DELTARES), qui font partie d'un panel d'experts avec qui la coordination de FUTURISKS échange régulièrement. D'autre part, les développements qui sont réalisés dans le système de modélisation SCHISM (co-développé au LIENSs, e.g. Martins et al., 2022) sont fortement soutenus par le développeur principal Yinglong Zhang (Virginia Institute for Marine Science, USA), avec qui nous collaborons depuis plus de 15 ans.

**Impacts** (scientifiques, technologiques, socio-économiques, environnementaux, sociétaux...)

Du point de vue de la recherche fondamentale, ce projet de thèse profitera des résultats uniques en cours de production dans le cadre du projet FUTURISKS en termes de quantification des mouvements verticaux et d'élévation du niveau marin, de la variabilité des climats de vague, des mécanismes contrôlant les submersions marines majeures ou encore de l'efficacité des solutions fondées sur la nature. Ces connaissances nouvelles permettront de quantifier de façon robuste l'évolution des risques de submersion marine dans les îles tropicales françaises et de proposer des solutions d'adaptation plus réalistes. Les résultats de cette thèse auront un fort potentiel pour être publiés dans des revues à haut facteur d'impact.

D'un point de vue méthodologique et technologique, ce projet de thèse contribuera à l'amélioration du système de modélisation numérique SCHISM et à démontrer sa pertinence pour étudier les risques littoraux dans les environnements recifo-lagonaires tropicaux. Les applications de SCHISM à ces environnements contribuent à l'élargissement de la communauté d'utilisateurs et de développeurs, notamment à des entreprises privées (e.g. Créocéan dans le cadre de la thèse d'Axelle Gaffet). En retour, l'élargissement de la communauté de développeurs accélère le développement du système de modélisation, ce qui bénéficiera au LIENSs.

D'un point de vue sociétal, les résultats de cette thèse constitueront un soutien précieux aux politiques publiques d'adaptation au changement climatique dans les territoires ultramarins tropicaux. En particulier, nous anticipons de fortes attentes des pouvoirs publics en ce qui concerne l'identification des territoires qui seront les plus impactés par les changements globaux et l'évaluation de la pertinence des solutions mises en œuvre pour limiter les impacts des changements globaux, notamment les solutions fondées sur la nature.

Enfin, d'un point de vue environnemental, ce projet de thèse contribuera à démontrer le rôle fondamental des récifs coralliens et des mangroves dans la réduction des risques littoraux et ainsi à la préservation de ces environnements.

#### Références citées :

- Duvat V.K.E. et al., 2021. Risks to future atoll habitability from climate-driven environmental changes. Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Change 12(3), e700.
- Martins, K., Bertin, X., Mengual, B., Pezerat, M., Lavaud, L., Guérin, T., Zhang, Y.J., 2022. Wave-induced mean currents and setup over barred and steep sandy beaches. Ocean Modelling, 179, art. no. 102110.
- Quataert, E., Storlazzi, C., Van Rooijen, A., Cheriton, O. and Van Dongeren, A., 2015. The influence of coral reefs and climate change on wave-driven flooding of tropical coastlines. Geophysical Research Letters 42 (15), 6407 – 6415.
- Oppenheimer M. et al., 2019. Sea Level Rise and Implications for Low Lying Islands, Coasts and Communities. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (H.-O. Pörtner et al. (eds.)). World Meteorological Organization, Geneva.
- Storlazzi, C.D., Ginderich, S.B., van Dongeren, A., Cheriton, O.M., Swarzenski, P.W., Quartaert, E. et al., 2028. Most atolls will be uninhabitable by the mid-21<sup>st</sup> century due to sea-level rise exacerbating wave-driven flooding. Science Advances 4 (4), eaap9741.
- Vousdoukas, M. I., Athanasiou, P., Giardino, A., Mentaschi, L., Stocchino, A., Kopp, R. E., Menéndez, P., Michael W., Ranasinghe, R. and Feyen, L., 2023. Small Island Developing States under threat by rising seas even in a 1.5 °C warming world. Nature Sustainability 6(12), 1552–1564.

#### **Programme de travail du doctorant** (tâches confiées au doctorant)

Le doctorant commencera par réaliser un état de l'art sur les risques de submersions marines au niveau des îles tropicales, sur l'impact des changements climatiques sur les forçages météo-marins et les récifs coralliens et sur les stratégies d'adaptation. Il fera également la synthèse des résultats obtenus dans le cadre du projet PPR Océan et Climat FUTURISKS. Dans le même temps, il prendra en main les outils de modélisation numérique développés et implémentés dans le cadre du projet FUTURISKS.

La seconde tâche de la thèse concernera l'étude des risques de submersion marine dans les Antilles françaises. Ces îles sont principalement bordées de récifs/lagons « intermédiaires », et exposées à des surcotes qui peuvent dépasser 2 m du fait de la présente locale d'un proto-plateau continental entre les îles. La succession exceptionnelle de cyclones de septembre 2017 sera simulée en 2100 pour plusieurs scénarii prenant en compte : (1) l'élévation du niveau marin, (2) la subsidence naturelle des îles, (3) la dégradation des récifs coralliens et (4) l'implémentation de solutions fondées sur la nature pour limiter les risques littoraux.

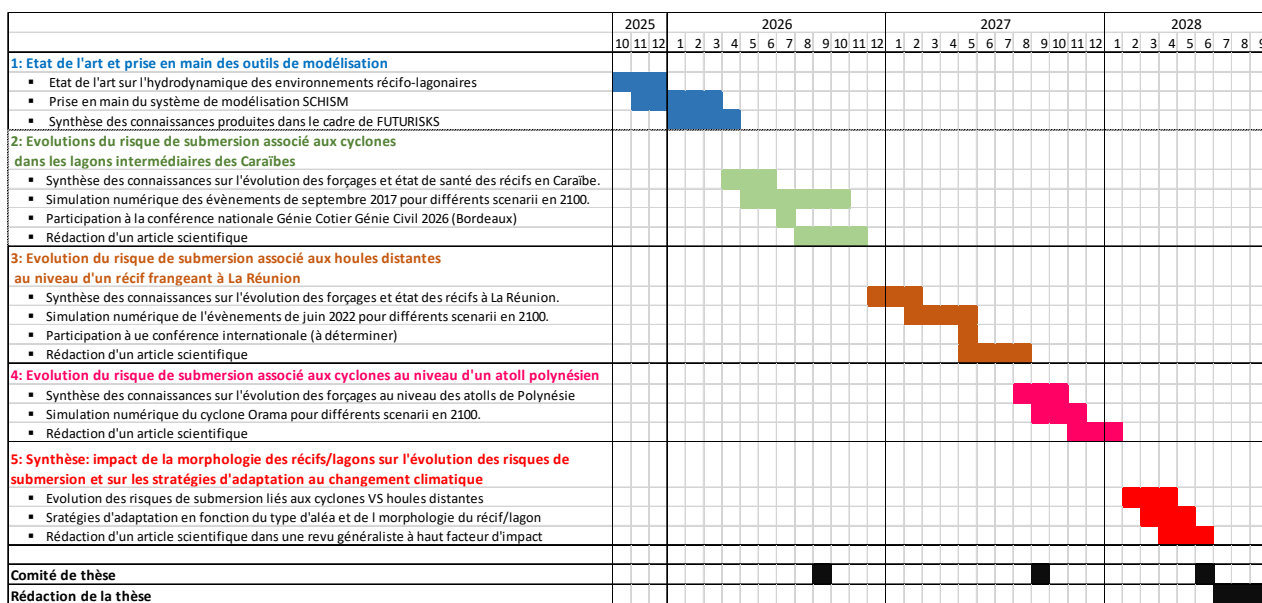
La troisième tâche concernera l'étude des risques de submersions marines liées aux houles distantes à La Réunion, qui est probablement l'île française la plus exposée aux houles distantes et aux aléas associés. Les événements majeurs de mai 2007 et juin 2022 seront revisités en 2100 pour plusieurs scénarii prenant en compte : (1) l'élévation du niveau marin, (2) la subsidence naturelle de l'île, (3) la dégradation des récifs coralliens et la modification des stocks de sable coralliens dans le lagon (4) la possible intensification des houles australes du fait de la fonte de la banquise Antarctique et de modifications du courant des Aiguilles.

La 4<sup>ème</sup> tâche concernera l'étude de l'évolution des risques de submersion marine au niveau de l'atoll de Rangiroa, qui possède une exposition aux aléas marins moindre par rapport aux îles précédentes mais présente des côtes très basses et des solutions plus réduites pour relocaliser les populations. Les événements de houles distantes de 1996 et le cyclone Orama de 1983 seront revisités pour 2100 en considérant : (1) l'élévation du niveau marin, (2) la subsidence naturelle de l'île, (3) la dégradation des récifs coralliens et la modification des stocks de sable coralliens sur le platier récifal (4) la possible intensification des houles australes du fait de la fonte de la banquise Antarctique.

Enfin la dernière tâche du projet de thèse fera la synthèse de l'évolution des risques de submersion marine au cours du 21<sup>ème</sup> siècle et des solutions d'adaptation possibles en fonction du contexte récifo-lagonaire et de l'exposition aux aléas des îles étudiées.

### Calendrier de réalisation

Le calendrier de la thèse comporte 5 étapes principales, qui sont synthétisées dans le diagramme de Gantt ci-dessous :



### Accompagnement du doctorant / Fonctionnement de la thèse (accompagnement humain, matériel, financier, en particulier pour la prise en charge du fonctionnement de la thèse et des dépenses associées)

Comme expliqué dans le contexte partenarial, cette thèse est une contribution au projet PPR Océan et Climat FUTURISKS, coordonné par les codirecteurs de cette thèse et qui fédère 70 chercheurs issus de 18 laboratoires. FUTURISKS permettra des interactions privilégiées avec les principaux spécialistes français travaillant sur les risques littoraux dans les îles tropicales. Les outils numériques utilisés dans ce projet de thèse sont partiellement développés au laboratoire LIENSs, ce qui facilitera leur prise en main.

Le fonctionnement de la thèse (participation à des conférences, missions chez les partenaires français, notamment dans les territoires ultramarins) sera assuré pour partie par le projet FUTURISKS mais également par le dispositif « classement de Stanford » mis en place par La Rochelle Université et dont sont lauréats les co-directeurs de cette thèse.

Enfin, les ressources de calcul nécessaires à ce projet de thèse seront assurées par le méso centre de calcul régional MCIA, les moyens nationaux GENCI et également un ordinateur local en cours d'acquisition.