

1. Titre

Étude de l'impact des événements extrêmes sur les changements morpho-sédimentaires des littoraux meubles de l'ouest de l'Islande

2. Unité de recherche

LETG UMR 6554 CNRS

3. Encadrement

Co-encadrement 50/50 % : Serge SUANEZ (Université de Bretagne Occidentale) et David DIDIER (Université du Québec à Rimouski)

4. Coordonnées des co-directeurs de thèse

Serge SUANEZ, laboratoire LETG UMR 6554 CNRS, Institut Universitaire Européen de la Mer (Université de Bretagne Occidentale), rue Dumont d'Urville, 29280 Plouzané, France. Email : serge.suanez@univ-brest.fr ; Téléphone : +33 (0)2 98 49 86 10

David DIDIER, Université du Québec à Rimouski, Département de biologie, chimie et géographie, 300, allée des Ursulines, C. P. 3300, succ. A, Rimouski (Canada). Email : David.Didier@uqar.ca ; Téléphone : 1-418-318-0143

5. Contexte, objectifs et intérêt scientifiques

Cette proposition de sujet de thèse intitulé « Étude de l'impact des événements extrêmes sur les changements morpho-sédimentaires des littoraux meubles de l'ouest de l'Islande », est portée par des chercheurs émanant de trois laboratoires dont les collaborations sont anciennes : Serge Suanez du LETG UMR 6554 CNRS-UBO (co-direction), David Didier du Département de biologie, chimie et géographie de l'Université du Québec à Rimouski – UQAR (co-direction), Guillaume Dodet du LOPS UMR 6523 CNRS-UBO/IFREMER/IRD (supervision scientifique), Pierre Stéphan du LETG UMR 6554 CNRS (supervision scientifique). Elle s'inscrit dans la continuité de trois projets de recherche: (i) PROTEVS (2013-2018) porté par le SHOM, et les deux UMR LETG et LOPS, dont l'objectif visait à améliorer la connaissance des environnements marins océaniques et côtiers à partir des couplages entre l'état de mer (vagues) et la circulation océanique à plus grande échelle, (ii) EXTREMEVENT démarré en 2014 sur des financements du LabexMER et de l'Institut Paul Emile Victor (IPEV), porté notamment par l'UBO et l'UQAR, dont l'objectif est d'étudier les processus morphodynamiques côtiers de la péninsule de Reykjanes (SW Islande), et (iii) *Sea state Climate Change Initiative* (2018-2021) financé par l'Agence Spatiale Européenne et piloté par le LOPS, dont l'objectif est d'exploiter les archives d'observations satellitaires pour étudier la variabilité climatique des états de mer durant les trois dernières décennies.

L'Islande se situe dans la zone d'influence des tempêtes extra-tropicales de l'Atlantique nord, et subit régulièrement l'impact des fortes vagues qui se développent depuis la zone de cyclo-genèse dans l'Atlantique nord-ouest (Betts et al., 2004). Cette forte tempétuosité est à l'origine de dynamiques morphogènes littorales particulièrement virulentes, notamment le long des côtes méridionales et occidentales (Etienne et Paris, 2010 ; Autret, 2018). Dans les dernières années, la combinaison des vagues extrêmes (e.g., hauteur significative > 15 m) à des niveaux d'eau particulièrement importants au passage des dépressions atmosphériques ont causé des dommages majeurs, forçant des évacuations dans certains cas (Geirsdóttir et al., 2014 ; Viggósson et al., 2016). Pour autant, les événements météo-marins extrêmes sont encore mal connus du fait du faible nombre d'observations *in situ* disponibles. En conséquence, les paramétrisations des modèles numériques de prévisions d'états de mer – outils indispensables à la gestion du littoral - sont relativement peu contraintes pour ces conditions et présentent encore des marges d'incertitude importantes (Ardhuin

et al., 2019). L'altimétrie spatiale qui permet de collecter des mesures d'états de mer avec une couverture quasi-globale depuis les années 1990 représente donc une formidable opportunité pour compléter les bases de données existantes et améliorer la prévision des états de mer extrêmes (Dodet et al., 2020). Ce contexte offre ainsi un cadre d'étude très stimulant aussi bien du point de vue de l'étude des forçages hydrodynamiques extrêmes que du point des vues des dynamiques morphosédimentaires extrêmes, et ce d'autant plus que ces aspects n'ont encore jamais été étudiés à l'échelle des côtes meubles islandaises.

Le secteur d'étude retenu dans le cadre de cette thèse s'étend sur les deux régions de Vesturland et de Vestfirðir situées à l'ouest de l'Islande, entre 64°20' et 65°30' N. La spécificité de ce secteur réside dans le fait qu'il est constitué de grands cordons et/ou de flèches sablo-graveleuses directement exposés aux flux océaniques d'ouest à sud-ouest. Ces formes d'accumulation s'étendent d'Akranes à Arnarstapi (presqu'île du Snæfells), en incluant la côte méridionale de la péninsule des fjords de l'ouest située plus au nord. La forte mobilité de ces littoraux meubles constitue donc un bon indicateur pour l'étude des événements extrêmes à ces latitudes sub-polaires, et ce d'autant plus que l'absence d'anthropisation qui les caractérise fait qu'ils sont uniquement soumis aux dynamiques naturelles.

Ce projet de thèse s'articulera autour de trois objectifs principaux. Le premier objectif portera sur l'étude des conditions d'états de mer extrêmes au large de l'Islande. L'objectif sera, dans un premier temps, d'identifier à partir d'archives satellitaires et de données *in situ* les tempêtes majeures qui ont potentiellement eu un impact morphogène sur les littoraux meubles islandais. Pour cela, les bases de données *in situ* et satellitaires récemment développées au LOPS dans le cadre du projet Sea State CCI seront exploitées et permettront de cataloguer les conditions d'états de mer les plus énergétiques observées au large de l'Islande sur la période 1992-2020. Dans un second temps, ces observations seront confrontées à des résultats de simulations numériques et l'analyse des résultats de modèle validés permettra de caractériser précisément les conditions hydrodynamiques en jeu lors des principaux événements morphogènes observés sur le terrain durant la période de la thèse. Pour cela, les simulations rétrospectives de vents et de vagues produites par le Centre Européen de Prévisions à Moyen Terme (ECMWF) et par Ifremer seront exploitées.

Le second objectif concernera l'étude des changements morpho-sédimentaires à long-terme en réponse aux forçages hydrodynamiques et reposera sur l'analyse pluri-décennale de la cinématique du trait de côte par photo-interprétation. L'objectif est de reconstituer les changements historiques d'indicateurs morphologiques (comme la position de la ligne du rivage) à partir du traitement numérique de documents (cartes), de photographies aériennes, et d'imagerie satellitaire à haute résolution. Pour la période récente, ce travail s'appuiera sur des suivis topo-morphologiques à plus haute fréquence réalisés sur certains sites représentatifs de la diversité des conditions morphologiques et sédimentologiques, et d'exposition aux forçages hydrodynamiques. Ces levés de terrain seront effectués dans le cadre de missions annuelles réalisées par le doctorant ; il s'agira également de recourir aux « forces vives locales » (stages de master et autres) dans le cadre de collaborations établies avec l'Université des fjords de l'ouest de manière à augmenter la fréquence des observations.

Le troisième et dernier objectif concernera l'étude des dynamiques hydrologiques côtières de manière à faire le lien avec les changements morphologiques observés, notamment sur la période d'observation de la thèse. Ce travail sera réalisé à partir d'analyses comparatives des mesures *in situ* (à l'échelle des sites) des niveaux d'eau et vagues à la côte à partir d'instruments immergés (capteurs de pression, ADCP, etc.), et des enregistrements marégraphiques et houlographiques réalisés en continu par les services d'État islandais « *Icelandic Road and Coastal Administration* » le long de la côte ouest de l'Islande. Ce travail s'appuiera également sur le déploiement de systèmes vidéos sur des sites très dynamiques sélectionnés préalablement avec les autorités locales, de manière à étudier les processus dynamiques agissant de la zone de déferlement à la zone de swash (*wave runup et setup*). L'analyse du contrôle de ces forçages dans la dynamique morphosédimentaire des plages étudiées constituera un point important dans la compréhension des processus agissant à l'échelle épisodique, notamment de l'évènement tempétueux.

Références

- Ardhuin, F. et al. 2019 – Observing Sea States. *Frontiers in Marine Science* **6**: 124.
- Autret R. 2018 – *Etude zonale des dynamiques des dépôts de tempête de sommet de falaise : de la Bretagne à l'Islande*. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale.
- Betts N.L. et al. 2004 – Storminess and surges in the south-western approaches of the eastern North Atlantic: the synoptic climatology of recent extreme coastal storms. *Marine Geology* **210**, 227-246.
- Dodet G. et al. 2020 - The Sea State CCI dataset v1: towards a sea state climate data record based on satellite observations. *Earth System Science Data* **12**: 1929–1951.
- Etienne S., Paris R. 2010 – Boulder accumulations related to storms on the south coast of the Reykjanes Peninsula (Iceland). *Geomorphology* **114**: 55-70.
- Geirsdóttir et al. 2014 – Coping with storm surges on the Icelandic south coast: A case study of the Stokkseyri village. *Ocean & Coastal Management* **94**: 44–55.
- Truter A. et al. 2017 – Tourism Governance for the Coastal Zone: Reynisfjara Beach, Iceland. *Regions Magazine* **308**: 10–12.
- Viggósson G. et al. 2016 – Ákvörðun á flóðhæð í Bäsendaflóði. Áfangaskýrsla Verkefnið er styrkt af rannsóknasjóði Vegagerðarinnar.

6. Résumé du projet

Le projet de thèse intitulé « Étude de l'impact des événements extrêmes sur les changements morpho-sédimentaires des littoraux meubles de l'ouest de l'Islande » s'inscrit dans la continuité d'un projet de recherche intitulé EXTREMEVENT commencé en 2014 sur des financements du LabexMER (ANR-10-LABX-19-01) et de l'Institut Paul Emile Victor (IPEV), rassemblant les universités de Bretagne Occidentale et du Québec à Rimouski. L'étude des processus morphodynamiques des littoraux meubles situés à l'ouest de l'Islande présente un très grand intérêt scientifique car (i) l'Islande se situe sur la trajectoire d'une grande partie des tempêtes extra-tropicales de l'Atlantique nord, et subit généralement l'impact d'états de mer fortement développés depuis leur zone de génération le long de la marge ouest de l'Atlantique, (ii) le secteur d'étude qui s'étend d'Akranes à Arnarstapi (presqu'île du Snæfells), en incluant la côte méridionale de la péninsule des fiords de l'ouest située plus au nord, est constitué de grands cordons et/ou de flèches sablo-graveleuses extrêmement mobiles sous l'action des événements tempétueux extrêmes, (iii) l'absence d'anthropisation de ces littoraux meubles font qu'ils sont uniquement soumis aux dynamiques naturelles, enfin (iv) l'ensemble de ce littoral, et plus généralement, cette problématique appliquée aux littoraux meubles islandais, n'a encore jamais été étudiée. Ce projet de thèse s'articulera autour de trois objectifs principaux. (i) L'étude des changements morpho-sédimentaires à long-terme en réponse aux forçages hydrodynamiques reposera sur l'analyse pluri-décennale de la cinématique du trait de côte par photo-interprétation. Elle s'appuiera également sur des suivis topo-morphologiques à plus haute fréquence réalisés sur certains sites représentatifs de la diversité des conditions morphologiques et sédimentologiques, et d'exposition aux forçages hydrodynamiques. (ii) L'étude des dynamiques hydrologiques côtières, notamment tempétueuses sera réalisée grâce à la combinaison de mesures *in situ* des niveaux d'eau et vagues à la côte, et par l'instrumentation de caméras vidéos sur des sites très dynamiques sélectionnés préalablement avec les autorités locales. Des analyses du contrôle des forçages au large sur les processus dynamiques sur les plages (jet de rive, *setup*) seront effectuées afin de mieux comprendre les conditions contrôlant les changements morphologiques observés. (iii) Le travail s'attachera enfin à définir de façon plus pertinente les conditions tempétueuses extrêmes de mer au large qui interviennent dans la morphodynamique des littoraux meubles étudiés. Il s'agira d'exploiter

les bases de données d'observation satellitaire d'états de mer, en conjonction avec les mesures des houlographes en opération le long des côtes sud et ouest islandaises. Des comparaisons devront également être menées avec les simulations rétrospectives de vagues et de vents obtenues par modélisation. Ce travail de thèse bénéficiera des collaborations locales déjà établies dans le cadre du projet EXTREMEVENT avec l'Université des fjords de l'ouest (*University Centre Of The Westfjords*), et le service public Vegagerdin (*Icelandic Road and Coastal Administration*) localisé à Reykjavik.

7. Partenariat

Comme nous l'avons indiqué précédemment, ce projet ce projet de thèse est porté par les deux laboratoires LETG UMR 6554 CNRS (Serge Suanez et Pierre Stéphan) et LOPS UMR 6523 CNRS-UBO/IFREMER/IRD (Guillaume Dodet) de l'Université de Bretagne Occidentale, et le Département de biologie, chimie et géographie de l'Université du Québec à Rimouski – UQAR (David Didier). A ce partenariat s'ajoute le LGO UMR 6538 CNRS, en la personne de Jérôme Ammann, qui participe depuis 2018 au projet EXTREMEVENT en sa qualité ingénieur de recherche spécialisé dans le pilotage des plateformes aéroportées (drones), et du traitement des données spatiales. Ce projet de thèse s'inscrit également au sein du partenariat établi depuis plusieurs années avec les organismes académiques et/ou publics islandais tels que l'Université des fjords de l'ouest (*University Centre Of The Westfjords*), en la personne de Bjoern Erlingsson, spécialisé sur les aspects météo-marins et submersion marine, et le service public Vegagerdin (*Icelandic Road and Coastal Administration*) de Reykjavik, en la personne de Sigurður Sigurðarson, ayant en charge la gestion des mesures hydrologiques côtières (houle et marée).



Rimouski, le 4 janvier 2021

Monsieur Serge Suanéz
Professeur en géographie physique (géomorphologie littorale)
Université de Bretagne Occidentale
Directeur adjoint de LETG (site brestois)
Laboratoire LETG UMR 6654 CNRS
Institut Universitaire Européen de la Mer

Monsieur,

Afin d'accroître le nombre de projets de recherche France-Québec dans les divers thèmes de recherche identifiés conjointement lors de la création de l'IFQM, nous avons lancé récemment la deuxième édition du programme d'aide à la mise en place de thèses doctorales réalisées conjointement entre des institutions françaises et québécoises. Nous croyons par cette mesure renforcer encore davantage les liens entre la France et le Québec dans le secteur maritime

Nous confirmons par la présente que vous avez soumis la proposition de cotutelle « Étude de l'impact des événements extrêmes sur les changements morpho-sédimentaires des littoraux meubles de l'ouest de l'Islande » en collaboration avec Monsieur David Didier, professeur à l'Université du Québec à Rimouski, dans le cadre de cet appel.

Nous vous remercions de votre intérêt envers nos programmes et annoncerons les projets retenus dans le cadre de cet appel au début du mois de février 2021.

En espérant le tout à votre convenance, veuillez accepter, monsieur, mes sentiments distingués,

Monsieur Dominique Robert
Codirecteur de l'Institut France-Québec pour la
coopération scientifique en appui au secteur maritime