SUJET DE THÈSE DE GÉOGRAPHIE/SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

Ecole doctorale Gay Lussac, Université de La Rochelle
UMR LIENSS 7266, Institut du Littoral et de l'Environnement

Modalités de candidature :

Envoyer pour le **19 juin 2016 au plus tard** un dossier composé d'un CV, d'une lettre de motivation, d'un bilan de compétences (sur la base des attentes définies ci-après), accompagné de toute production individuelle relative au sujet de thèse proposé (rapport, article scientifique, etc.), par email à Virginie DUVAT : **virginie.duvat@uiv-lr.fr**

Pré-sélection des candidats effectuée pour le **1er juillet 2016**

Audition des candidats pré-sélectionnés le vendredi **8 juillet 2016** (prévoir la journée entière)

N.B. : *les candidats seront informés officiellement par mail des résultats de la pré-sélection et de la sélection finale. Aucune information ne sera donnée par téléphone.*

1. INFORMATIONS GÉNÉRALES

Sujet de thèse : Évaluation de la vulnérabilité et de la capacité de réponse naturelle des systèmes morphologiques côtiers aux pressions climatiques dans différents contextes territoriaux (Charente-Maritime, île de la Réunion, Polynésie française)

Discipline : Géographie physique, humaine, économique et régionale

Direction de thèse : Virginie DUVAT, Professeur de géographie, UMR LIENSs 7266, La Rochelle – virginie.duvat@univ-lr.fr

Période de réalisation de la thèse : 1/10/2016-30/09/2019

Modalités de financement : contrat d'ingénieur d'étude financé pour moitié par l'ANR dans le cadre du projet STORISK, et pour moitié par le CPER 2015-2020 dans le cadre du projet RISCO

Terrains de thèse : Ile d'Oléron, île de la Réunion (communes de Saint-Denis, le Port, Saint-Paul et Saint-Pierre), îles de Tubuai et de Rurutu (archipel des Iles Australes, Polynésie française), îles coralliennes des atolls de Takaroa, Takapoto et Ahé (archipel des Tuamotu, Polynésie française)

Domaines de recherche concernés : géomorphologie littorale, vulnérabilité géomorphologique, résilience morpho-sédimentaire, systèmes plages-dunes, îles coralliennes, changements environnementaux, impacts anthropiques, changement climatique

Compétences requises :

- Compétences thématiques : côtes sédimentaires, évolution récente de la position du trait de côte et de la morphologie côtière, impacts des événements tempétueux, impacts des perturbations anthropiques, changements environnementaux et climatiques, adaptation des sociétés aux processus naturels, systèmes coralliens, systèmes plages-dunes atlantiques

- Compétences techniques : géoréférencement d'images aériennes, numérisation de la position du trait de côte et des perturbations anthropiques, traitement d'images, maîtrise des logiciels ArcGis (y compris de l'extension DSAS), Excel et Adobe Illustrator en particulier, connaissances en bases de données, utilisation DGPS

- Compétences linguistiques : maîtrise de l'anglais écrit (lecture, écriture) et oral (capacité à avoir une conversation spécialisée avec des interlocuteurs anglophones)

- Compétences professionnelles/qualités : capacité à travailler en équipe, capacité de travail et d'implication importante, qualités relationnelles, bonnes capacités physiques pour réalisation du travail de terrain, capacités d'organisation, rigueur scientifique, capacités rédactionnelles (articles scientifiques, rapports), capacités d'analyse, esprit innovant

2. POSITIONNEMENT DE LA THÈSE

Cette thèse s'inscrit à l'interface de deux projets de recherche qui visent à reconstruire des trajectoires de vulnérabilité et d'adaptation, le projet STORISK qui porte sur des îles des océans Indien et Pacifique http://lienss.univ-larochelle.fr/storisk, et s'inscrit dans la continuité des projets VulneraRe et Réomers, et le projet RISCO (CPER), qui porte sur l'île d'Oléron et s'inscrit dans la suite du projet RISKS http://lienss.univ-larochelle.fr/RISKS

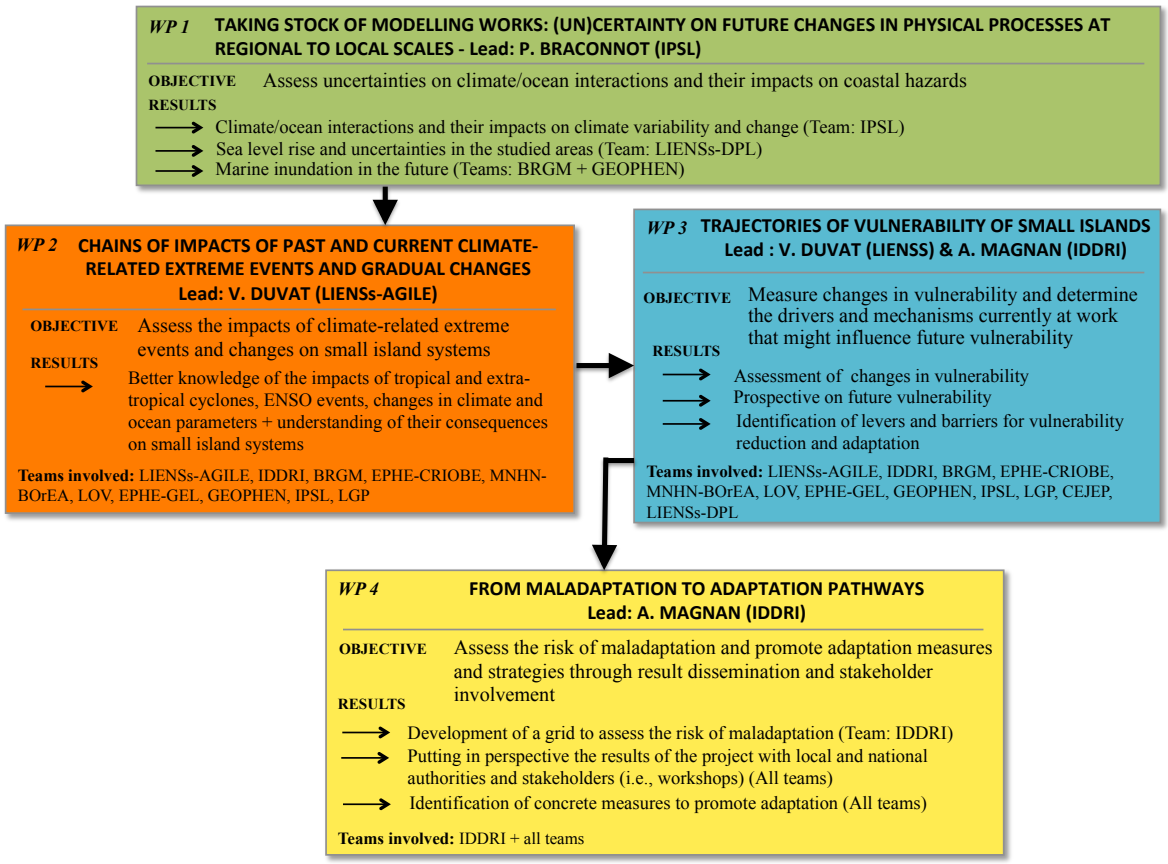
2.1. Positionnement de la thèse dans le projet STORISK - *Les petites îles face au changement climatique : vers des trajectoires de risque et d'adaptation*

Ce projet soutenu par l'ANR et coordonné par V. DUVAT (UMR LIENSs 7266) rassemble 10 laboratoires de recherche français autour de la volonté de construire une démarche scientifique robuste pour pouvoir dessiner les trajectoires d'évolution future d'un ensemble d'îles tropicales des océans Indien et Pacifique. Il vise à développer un protocole méthodologique transdisciplinaire afin d'améliorer la connaissance et la compréhension de la vulnérabilité et de la capacité d'adaptation des sociétés des îles tropicales aux événements extrêmes d'origine climatique (cyclones tropicaux, houles distantes, phénomène ENSO) et aux changements graduels dus au réchauffement du climat (élévation du niveau marin et augmentation des températures océaniques) et à l'acidification des océans. Pour ce faire, il s'appuie sur deux approches complémentaires fondées sur les concepts de *chaînes d'impacts* et de *trajectoires de vulnérabilité* (*cf.* organigramme ci-dessous): la première appréhende la vulnérabilité à travers l'analyse des impacts d'événements et de changements graduels, résilience incluse ; la seconde décrypte les processus d'aménagement du territoire afin de capturer les causes profondes de sa vulnérabilité. L'hypothèse centrale est que ces îles présentent des profils de vulnérabilité variés et connaîtront à partir de là des trajectoires de risques diversifiées dans le futur. Cette hypothèse justifie une approche par études de cas visant à élaborer une typologie des profils de vulnérabilité de ces îles.

Les principaux enjeux scientifiques de ce projet sont : (1) d'intégrer de manière adéquate les champs de connaissance concernés par les risques actuels et futurs, des modèles climatiques et de submersion à la perception des risques, aux dimensions socioéconomiques et à la maladaptation, et (2) d'évaluer les incertitudes (source, ampleur, implications en termes de vulnérabilité) afin de proposer une approche robuste des risques futurs.

Les risques côtiers liés aux aléas actuels et au changement climatique seront traduits en trajectoires de risque qui permettront d'engager des échanges concrets sur les stratégies de réduction des risques et d'adaptation avec les acteurs concernés.

Ce projet porte sur les îles françaises de l'océan Indien (Réunion, Iles Eparses) et du Pacifique Central (Polynésie française). Il inclut des îles présentant des degrés de perturbation par les activités humaines variés, afin de pouvoir déterminer les contributions respectives des facteurs naturels et anthropiques à l'évolution de la vulnérabilité. La mise en perspective de la situation des îles étudiées avec celle d'autres îles des mêmes régions (Seychelles dans l'océan Indien, Kiribati et Iles Cook dans l'océan Pacifique) permettra de dégager des enseignements généraux.



Structure du projet STORISK

Le sujet de thèse qui est décrit ci-après s'inscrit dans les Work Packages 2, 3 et 4 du projet STORISK. Il contribuera au WP2 en produisant des connaissances sur les impacts des événements climatiques intenses (cyclones, houles distantes, ENSO) sur l'évolution des systèmes morphologiques côtiers étudiés à partir de l'étude d'événements passés (par photo-interprétation), et actuels (s'il s'en produit pendant la durée de la thèse). Cette thèse contribuera également au WP3, en renseignant la vulnérabilité

géomorphologique des systèmes côtiers étudiés à partir de l'étude des facteurs qui l'influencent. En s'appuyant sur une approche géomorphologique et environnementale (étude de l'évolution morphologique récente des systèmes étudiés, et du rôle des facteurs naturels et anthropiques qui l'influencent), elle produira des données sur les trajectoires de vulnérabilité passée (1950-Actuel) de ces systèmes. En collaboration avec l'équipe-projet, le doctorant travaillera aussi sur leurs trajectoires géomorphologiques futures probables. En dernier lieu, il contribuera au WP 4 en identifiant des mesures d'adaptation basées sur la prise en compte de la capacité de réponse des systèmes morphologiques étudiés.

La contribution du doctorant au projet se matérialisera par sa participation à la constitution de la base de données et à la rédaction de rapports, et par l'écriture d'articles scientifiques.

2.2. Positionnement de la thèse dans le projet RISCO - *Risques et Adaptation en zone côtière dans un contexte de changement climatique et de pression anthropique croissante*

Ce projet de recherche transdisciplinaire (géosciences, droit, géographie) coordonné par Eric CHAUMILLON (UMR LIENSs) s'inscrit dans le Contrat de Plan État-région 2015-2020. Il est structuré en 4 actions : (1) Observation ; (2) Analyse ; (3) Prévisions et prospectives territoriales ; (4) Décisions, adaptation et innovation.

La sous-action 2.6, intitulée « Reconstruction de trajectoires de vulnérabilité et analyse des facteurs d'influence de leur variabilité », est portée par V. DUVAT. Cette sous-action vise à éclairer, en les caractérisant et en les expliquant, les évolutions morphologiques qu'ont connu les systèmes plages-dunes de l'île d'Oléron depuis 1950. Il s'agira plus particulièrement, à partir d'une étude diachronique multi-dates, d'étudier le rôle des facteurs climatiques (notamment de la tempête Xynthia, des tempêtes successives de l'hiver 2014, et des impacts et de la résilience à un événement tempétueux qui se produirait pendant la durée de la thèse) et anthropiques (impacts des aménagements, activités humaines et ouvrages de défense) dans leur évolution récente. À partir de là, il s'agira d'évaluer la capacité de réponse naturelle actuelle de ces systèmes plages-dunes aux pressions climatiques, et d'analyser son évolution récente (altération, maintien, accroissement). Il s'agira *in fine* de mettre en évidence les trajectoires de vulnérabilité de ces systèmes morphologiques et les facteurs qui les influencent.

Bien qu'elle s'inscrive dans l'Action 2 « Analyse », cette sous-action contribuera aussi par ses résultats à l'élaboration de recommandations de réduction des risques et d'adaptation, qui fait l'objet de l'Action 4 du projet RISCO. La thèse bénéficiera des éléments de diagnostic géomorphologique déjà produits dans le cadre du projet RISKS (2013-2016) pour démarrer. Sur ce terrain, elle ne comporte pas de volet prospectif, car elle ne bénéficie pas pour cela des partenaires requis.

3. ÉTAT DE L'ART ET ENJEUX SCIENTIFIQUES DE LA THESE

L'enjeu de cette thèse est de contribuer à évaluer la vulnérabilité et la capacité de réponse naturelle de différents types de systèmes morphologiques côtiers (systèmes plages-dunes tempérés et coralliens, îles coralliennes) aux pressions climatiques, dans le contexte actuel d'augmentation des pressions à la fois climatiques et anthropiques. Il s'agira plus précisément, à partir d'une approche géomorphologique (étude de l'évolution de la position du trait de côte et de la morphologie côtière), et

environnementale (étude des impacts de l'homme sur l'environnement et de l'évolution des conditions environnementales), d'interroger la pertinence scientifique du discours dominant actuel affirmant que les territoires côtiers sont très vulnérables, car destinés à connaître dans le contexte du changement climatique, sous l'effet de l'élévation du niveau de la mer et de l'augmentation de la fréquence et/ou de l'intensité des événements extrêmes, une aggravation des risques de submersion marine et d'érosion côtière.

S'il est important de prendre au sérieux les menaces que le changement climatique fait peser sur les territoires côtiers, il semble nécessaire de placer au cœur des stratégies de réduction des risques et d'adaptation la forte diversité de situations qui caractérise les littoraux. Autrement dit, s'il est probable que les risques d'érosion et de submersion augmentent dans le contexte du changement climatique, rien n'indique à ce stade qu'ils s'accroîtront sur tous les types de côte et nécessairement. Or considérer que ces risques augmenteront nécessairement, quel que soit le type de côte et le site considérés, implique que les systèmes morphologiques côtiers ne possèdent pas la capacité naturelle de s'adapter par des ajustements morphologiques aux pressions climatiques et environnementales, d'une part ; et que les sociétés humaines ne mettent en œuvre aucune stratégie d'adaptation pour faire face à ces pressions, d'autre part. Cela revient par ailleurs à considérer que l'élévation du niveau de la mer et les événements climatiques extrêmes sont les principaux facteurs de contrôle de l'évolution des systèmes sédimentaires côtiers – au détriment d'autres facteurs (stocks sédimentaires disponibles, influence anthropique, etc.) – et qu'ils auront nécessairement un impact négatif sur l'évolution future de ces systèmes. Cette posture conduit à nier, ou tout au moins à fortement sous-estimer, la capacité de réponse naturelle des systèmes morphologiques aux pressions climatiques, en les appréhendant comme étant passifs et statiques. Or, ces systèmes morphologiques sont évolutifs et ils possèdent une certaine capacité d'adaptation naturelle aux pressions climatiques et environnementales. C'est sur ce postulat que se fonde cette thèse, qui s'emploiera à évaluer leur vulnérabilité et leur capacité d'adaptation naturelle à partir d'une approche diachronique (Magnan et al., 2012).

Pour ce faire, le doctorant devra avoir une connaissance approfondie des fondements et de l'évolution récente de la vulnérabilité des territoires littoraux (Wisner et al., 2004 ; Magnan, 2009 ; Cardona et al., 2012 ; Vinet et al., 2012 ; Mercier et al., 2012 ; Duvat et Magnan, 2014 ; Magnan et Duvat, 2015). Il devra aussi se forger une culture scientifique solide sur les différents types de systèmes morphologiques côtiers, à la fois tempérés (système plage-dune atlantique) et tropicaux (îles hautes et basses), sur lesquels il va travailler.

Ces différents types de systèmes côtiers sont porteurs d'enjeux et de questionnements scientifiques pour partie partagés, pour partie différents et spécifiques. La tempête Xynthia a révélé les fondements de la vulnérabilité aux risques liés à la mer des territoires du centre-ouest français, et l'enracinement de leur vulnérabilité dans les changements qui ont opéré depuis les années 1950. Elle a montré en particulier que leur vulnérabilité à la submersion tenait à un ensemble de facteurs physiques, sociétaux et politiques, parmi lesquels les facteurs physiques, en particulier leur faible altitude, leur inondabilité, et la dégradation des systèmes dunaires assurant la fonction de zone tampon – dégradation causée ou aggravée, selon les cas, par les aménagements et l'artificialisation du trait de côte – jouaient un rôle important dans l'augmentation de la vulnérabilité, en alimentant un effet de cercle vicieux (multiplication d'ouvrages de défense créant un faux sentiment de sécurité qui, à son tour, soutient l'urbanisation des

dunes, ce qui accroît l'exposition des enjeux et la dégradation de la zone tampon, etc.). Dans un contexte de renforcement des systèmes de défense, qui s'inscrit lui-même dans le cadre de la mise en œuvre du Plan Digues, il est intéressant d'évaluer les effets pervers que produit l'artificialisation du trait de côte en affaiblissant la résilience des systèmes dunaires, ce qui se répercute sur la vulnérabilité d'ensemble du système côtier.

De la même manière, la dégradation et la déstabilisation progressive des systèmes morphologiques côtiers (massifs dunaires, cordons alluvionnaires) de l'île de la Réunion par les aménagements tend, dans de nombreux cas, à réduire leur capacité à amortir les événements tempétueux et à se maintenir face aux impacts érosifs de ces événements (Cazes-Duvat et Paskoff, 2004 ; Duvat et al., à paraître). La dégradation des systèmes morphologiques côtiers sous l'influence de facteurs naturels, notamment climatiques, et anthropiques, a été mise en évidence dans d'autres îles hautes de la zone intertropicale, comme l'illustrent aussi les Seychelles et Hawaii (Cazes-Duvat, 1999 ; Romine et Fletcher, 2013). Elle s'accompagne en général de la dégradation de l'écosystème corallien, qui joue un rôle important dans l'amortissement des vagues de tempête comme dans l'alimentation des côtes en sédiments.

Tout comme les plages coralliennes des îles hautes, les îles basses des atolls sont des entités morphologiques très sensibles aux variations des paramètres climatiques et océaniques d'une part, et aux facteurs de pression anthropique d'autre part, en raison de leur petite dimension, de leur faible altitude (< 4 m), et du caractère en général non consolidé des matériaux qui les constituent (Woodroffe, 2008 ; Nurse et al., 2014 ; McLean et Kench, 2015). Si leurs réponses aux événements cycloniques sont relativement bien connues (Baines et McLean, 1976 ; Ford et Kench, 2014 ; Ford et Kench, 2016), la contribution des houles distantes et des épisodes ENSO à leur évolution a encore été peu étudiée (Rankey, 2011 ; Hoeke *et al.*, 2013 ; Smithers *et al.*, 2014). Par ailleurs, les îles coralliennes sont en première ligne des impacts du changement climatique, en particulier de l'élévation du niveau de la mer, qui a donné naissance à une controverse scientifique sur leur potentielle disparition au cours du XXIème siècle (Dickinson, 2009 ; Duvat et Magnan, 2012 ; Connell, 2013 ; Pala, 2014 ; Hubbard *et al.*, 2014 ; McLean et Kench, 2015). Or, les études qui ont été réalisées depuis 2010 sur l'évolution de leur surface au cours des 40 à 100 dernières années établissent, sur la base d'un échantillon de plus de 300 îles réparties entre divers archipels dont la plupart sont situés dans l'océan Pacifique (États Fédérés de Micronésie, Marshall, Kiribati, Tuamotu, Diego Garcia, Iles Éparses, etc.), leur maintien dans le contexte actuel d'élévation du niveau de la mer (Webb et Kench, 2010 ; Rankey, 2011 ; Ford, 2012 ; Biribo et Woodroffe, 2013 ; Ford, 2013 ; Yates *et al.*, 2013 ; Le Cozannet *et al.*, 2013 ; Kench *et al.*, 2015 ; Ford et Kench, 2014 ; McLean et Kench, 2015 ; Ford et Kench, 2015 ; Testut *et al.,* 2016 ; Purkis *et al.*, 2016). Les travaux réalisés dans le cadre du projet de recherche Réomers (en cours de publication), et qui portent à ce stade sur 111 îles de quatre atolls des Tuamotu du nord (Rangiroa, Tikehau, Mataiva, Takaroa), montrent que ces îles connaissent une évolution conforme à celle des autres atolls du Pacifique (Duvat et Salmon, 2015 ; Duvat *et al.*, 2015 ; Duvat, 2016).

Dans ce contexte, certains auteurs défendent l'idée que les îles coralliennes des atolls du Pacifique, n'étant pas menacées de disparition par l'élévation actuelle du niveau de la mer, se maintiendront tout au long du XXIème siècle (McLean et Kench, 2015). Or, si les études scientifiques démontrent que les îles coralliennes ne se sont pas érodées au cours des dernières décennies dans un contexte d'élévation significative - supérieure à la moyenne globale - du niveau de la mer, elles apportent en revanche peu d'éléments robustes sur les facteurs qui ont contrôlé leur évolution au cours des dernières

décennies et, à partir de là, sur les facteurs susceptibles de contrôler leur évolution future. C'est sur ces deux questions que cette thèse devra faire avancer la connaissance scientifique. Si les îles coralliennes cristallisent, comme l'Arctique et les régions désertiques, les inquiétudes liées aux menaces que le changement climatique fait peser sur l'habitabilité future de certains territoires, il apparaît aujourd'hui urgent de produire des connaissances robustes sur les facteurs qui contrôlent et continueront à contrôler leur évolution, afin de dépasser les discours spéculatifs en évaluant sur des bases empiriques, donc robustes, la pertinence de telle ou telle voie d'adaptation, et de limiter par là même le risque de maladaptation (Magnan, 2014).

Les études réalisées jusqu'à présent ont globalement très peu abordé les facteurs de contrôle de l'évolution de la résilience des systèmes sédimentaires côtiers. Elles abordent le plus souvent ces facteurs de manière très générale, en résumant les connaissances géomorphologiques disponibles, ce qui ne permet pas d'expliquer les évolutions observées ici ou là. Or, le postulat sur lequel repose ce sujet de thèse est précisément que *l'on ne peut rien affirmer de robuste sur l'évolution future des systèmes morphologiques côtiers sans avoir préalablement déterminé les facteurs de contrôle de leur évolution passée, l'influence précise qu'ils ont eue, et les interactions qui ont opéré entre eux*. Développer une telle analyse est essentiel pour pouvoir se projeter sur l'évolution future de ces systèmes sur des bases empiriques, en tenant compte du fait que les conditions futures seront très différentes des conditions passées. Par exemple en milieu tropical, les changements climatiques et environnementaux qui vont s'opérer au cours des prochaines décennies ne seront que peu comparables à ceux des dernières décennies, en raison de l'accélération de l'élévation du niveau marin (par ex. : le niveau marin a augmenté de 15 cm environ dans les Tuamotu du nord entre 1950 et 2009 ; or, il augmentera de plus de 15 cm au cours des 60 prochaines années ; Becker et al., 2012 ; Church et White, 2011), de la modification probable de la fréquence et/ou de l'intensité des événements climatiques extrêmes, et de la dégradation des conditions environnementales dans lesquelles se développent les récifs coralliens (réchauffement et acidification des océans ; Gattuso et al., 2015). En second lieu, la contribution des facteurs anthropiques à l'évolution de certains systèmes morphologiques côtiers, comme les îles basses des atolls du Pacifique, a été jusqu'à présent fortement sous-estimée, alors que d'une part, elle contribue à l'évolution de certaines d'entre elles, et que, d'autre part, elle est susceptible d'évoluer de manière significative au cours des prochaines décennies (hausse ou baisse des pressions anthropiques, selon les cas), comme elle l'a fait au cours des dernières décennies (Duvat, 2016). Il en va de même pour d'autres types de systèmes morphologiques côtiers, peu de travaux s'employant à montrer les impacts négatifs des pressions anthropiques, sur leur capacité d'ajustement aux pressions associées au changement climatique (Cooper et McKenna, 2008 ; Cooper et Pile, 2014).

Pour répondre à ces enjeux scientifiques, le doctorant s'appuiera sur les résultats de ses propres travaux, qui bénéficieront de l'expérience acquise dans le cadre des projets VulneraRe (http://lienss.univ-larochelle.fr/vulnerare), Réomers (http://lienss.univ-larochelle.fr/REOMERS) et RISKS (http://lienss.univ-larochelle.fr/RISKS) et, pour ce qui concerne les terrains tropicaux, sur les développements réalisés par les autres équipes participant au projet STORISK (http://lienss.univ-larochelle.fr/storisk) sur la variabilité et l'évolution du climat, les facteurs écologiques, la submersion, le fonctionnement morphodynamique des atolls étudiés, etc. Ce projet consiste précisément à élaborer des scénarios réalistes d'évolution future des îles étudiées à partir, d'une part, de l'étude de leur évolution passée récente (depuis les années 1960), et d'autre part, de travaux de

modélisation du climat, des conditions environnementales et des pressions anthropiques aux échéances 2050 et 2100. Le succès de cette thèse dépend donc de la double capacité du doctorant, d'une part à produire des données innovantes, et d'autre part à s'intégrer aux équipes-projets STORISK et RISCO.

4. DESCRIPTION DES TACHES À RÉALISER PAR LE DOCTORANT

4.1. Matériel et méthode

Le doctorant s'appuiera principalement sur :

- Une veille bibliographique continue sur les thématiques liées au sujet et aux terrains de thèse ;

- Des images aériennes prises à différentes dates et datées pour les plus anciennes des années 1950-1960, qu'il devra géoréférencer afin de pouvoir numériser différents indicateurs de trait de côte et les changements morphologiques et environnementaux détectables qui sont survenus au cours de la période d'étude sous l'influence de différents facteurs (ex. : apport de sédiments par un cyclone, défrichement de la végétation indigène, implantation d'aménagements, extraction de sédiments sur les plages et arrières-plages, etc.) ;

- Des données collectées sur le terrain au cours de campagnes réalisées avec l'accompagnement de chercheurs impliqués dans le projet (levé de profils de plage à l'aide d'un DGPS, levé d'impacts d'un événement climatique intense, inventaire des pressions et impacts anthropiques, réalisation d'entretiens auprès de particuliers, professionnels et acteurs, etc.) ;

- Des données produites par d'autres équipes du projet STORISK et mises à disposition pour croisement avec ses propres résultats (ex. : données sur l'évolution de l'état de santé des récifs, sur les submersions marines passées, données courantologiques, etc.).

4.2. Description des principales tâches à réaliser dans le cadre de la thèse

Cette thèse se décline en quatre tâches principales :

Tâche 1 - *Contribuer à accroître la connaissance de la vulnérabilité des systèmes morphologiques côtiers, à partir de l'étude de leur évolution pluri-décennale et de leur capacité de réponse aux pressions climatiques*

Le doctorant contribuera à améliorer la connaissance de la vulnérabilité et de la capacité de réponse et d'adaptation de différents types de systèmes morphologiques côtiers aux pressions climatiques. Le fait de travailler sur des systèmes morphologiques variés lui permettra en particulier de voir si des tendances générales s'observent, et si des facteurs et des processus de contrôle identiques sont repérables d'un contexte à un autre.

L'une des ambitions de cette thèse est ainsi de contribuer à la production de données d'évolution supplémentaires d'une part, sur les îles hautes dont un faible nombre a à ce jour été étudié sous cet angle, et d'autre part, sur les îles coralliennes. Cette tâche permettra de dire si le discours global dominant sur l'aggravation des risques liés à la mer sous l'effet du changement climatique est pertinent ou non à l'échelle des terrains étudiés.

Parce qu'elle s'appuiera sur une analyse temporelle fine basée sur l'étude de plusieurs séries d'images (jusqu'à 6, dans les cas les mieux documentés), cette étude permettra aussi de déterminer si certaines des plages étudiées ont connu au cours de la ou des

deux dernières décennies un phénomène de contraction ou d'érosion significatif, qui pourrait annoncer un changement de tendance durable. Si un tel phénomène s'observait, il s'agirait de déterminer s'il relève d'un cycle d'évolution naturel (lui-même fait de l'alternance de phases d'expansion et de contraction dont les effets sont logiquement lissés par les valeurs d'évolution pluri-décennale) ou s'il constitue le signe annonciateur d'un changement, voire d'une inversion, de tendance. Les travaux jusqu'à présent réalisés dans les Tuamotu indiquent que certaines îles sont concernées par ce phénomène (Duvat et Salmon, 2015), sans pouvoir toutefois établir s'il est d'origine naturelle ou anthropique. D'autres travaux ont été réalisés sur ce sujet, qui fournissent également une base de départ utile pour engager cette réflexion (Mann et Westphal, 2014 ; Mann et al., sous presse).

etc.).

Tâche 2 - *Déterminer les facteurs et processus de contrôle de l'évolution des systèmes morphologiques côtiers étudiés sur la période 1950-Actuel*

Cette tâche revient à : (a) Identifier les principaux facteurs de contrôle de l'évolution des systèmes étudiés, ce qui revient à les inventorier et à les classer ; (b) Déterminer comment chacun de ces facteurs a influencé leur évolution, indépendamment des autres facteurs (ex. : impact d'un cyclone ; impact du dragage d'une portion de récif ou de la construction d'un épi), afin de cerner les modalités d'influence et la contribution de chacun des facteurs sur la base d'éléments contextualisés et robustes, car mesurés à l'échelle d'un système donné ; (c) Analyser comment ces facteurs et leurs influences respectives ont évolué au cours des dernières décennies (évolution de la nature et de l'importance de la contribution de chacun de ces facteurs, et évolution de leurs modalités d'influence – quel facteur agit dans quelles conditions ? Pour produire quel(s) effet(s) ? Qui dure combien de temps ?), et comment ces différents facteurs ont interagi aux différents pas de temps considérés (évolution des processus globaux de contrôle de l'évolution des systèmes étudiés, évolution de l'importance relative des différents facteurs considérés au fil du temps, effets de rétroaction entre facteurs).

L'hypothèse de départ est que parce que les facteurs d'influence sont nombreux et que leur contribution et leurs modalités d'influence varient dans l'espace et dans le temps, les systèmes morphologiques étudiés ont connu au cours des dernières décennies et continueront à connaître au cours du prochain siècle des trajectoires d'évolution contrastées (Duvat, 2015).

Cette deuxième tâche s'appuiera en particulier sur l'analyse de l'évolution de ces systèmes à différents pas de temps sur la base des séries d'images disponibles (6 pour les cas les mieux documentés), sur l'étude *in situ* des impacts d'événements intenses et de la résilience post-événement, si des événements surviennent pendant la durée de la thèse, et sur des analyses croisées des résultats obtenus avec ceux produits par d'autres équipes/chercheurs des projets STORISK et RISCO.

Concernant les îles coralliennes, l'analyse des facteurs d'influence de leur évolution débouchera en premier lieu, pour les systèmes non perturbés par l'homme, sur une contribution à l'élaboration de modèles d'évolution, dont le développement s'appuiera sur ceux proposés par Bayliss-Smith (1988) et par Woodroffe *et al.* (1999), le premier ayant été récemment testé et discuté par Ford et Kench (2016). Elle débouchera, en second lieu, sur une évaluation statistique des îles coralliennes dont l'évolution est influencée par l'homme, et sur une contribution à l'élaboration d'une typologie de ces îles en fonction de l'intensité et des modalités de perturbation anthropique. Ces

réalisations s'appuieront sur l'expérience et les compétences de l'équipe (Duvat, 2007 ; Duvat, 2016). Ces deux productions (modèles d'évolution et analyse de l'influence anthropique) permettront, en troisième lieu, de générer une analyse carto-chronologique de l'évolution d'îles représentatives des différents types observés, naturels et anthropisés, sur le modèle développé dans le cadre des projets VulneraRe (Duvat et al., 2016) et Réomers (Duvat, 2016).

Au-delà de ce qui a été fait jusqu'à présent, et pour l'ensemble des terrains étudiés, il s'agira de développer des modèles types de trajectoires insulaires intégrant l'ensemble des facteurs d'influence identifiés. La forme que prendront ces modèles de trajectoires reste à définir, et les propositions du doctorant seront les bienvenues.

Tâche 3 – *Élaborer des scénarios d'évolution future des systèmes morphologiques côtiers étudiés*

À ce stade, le doctorant aura une compréhension approfondie des facteurs de contrôle de l'évolution récente des systèmes morphologiques côtiers sur lesquels il travaille. Ses propres résultats lui permettront alors d'analyser les implications des changements récents sur la capacité de réponse actuelle et future de ces systèmes aux pressions climatiques. Il s'agira à ce stade de déterminer, parmi les systèmes côtiers étudiés, lesquels possèdent toujours aujourd'hui la capacité de s'ajuster morphologiquement (verticalement et horizontalement) aux pressions climatiques, et lesquels ont au contraire perdu cette capacité d'ajustement. Cela revient d'abord à déterminer quelles îles ont perdu toute capacité d'ajustement à cause de modifications et de perturbations anthropiques. Il va de soi que le suivi des impacts d'un événement extrême dans le cadre de la thèse permettrait d'apporter des éléments majeurs sur la capacité de réponse actuelle des systèmes morphologiques côtiers étudiés aux pressions climatiques.

Sur ces bases, et en s'appuyant aussi sur les travaux collectifs développés dans le cadre du projet STORISK, le doctorant contribuera au développement de scénarios d'évolution future probable d'un échantillon représentatif de systèmes morphologiques tropicaux. Il devra pour cela se construire un socle de connaissances solide sur les impacts à attendre du changement climatique sur les facteurs de contrôle de l'évolution des systèmes coralliens.

Cette tâche permettra de compléter les trajectoires élaborées dans la phase précédente en les renseignant pour le futur sur la base de différents scénarios, et de faire quelques recommandations clés pour une meilleure prise en compte, sur les côtes habitées, de leur capacité d'adaptation naturelle. Il est à noter que ce travail de prospective ne pourra pas être réalisé pour l'île d'Oléron.

Tâche 4 – *Formuler des recommandations visant à apporter un soutien concret aux politiques publiques de gestion de l'environnement, de réduction des risques et d'adaptation*

Sur la base des résultats des tâches 1 à 3, le doctorant sera en mesure de formuler des recommandations générales (applicables à l'ensemble des littoraux) et spécifiques (aux outre-mer) en vue de soutenir les politiques publiques littorales de gestion de l'environnement, de réduction des risques et d'adaptation au changement climatique. Il s'emploiera en particulier à formuler des recommandations permettant d'alimenter la Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte (SNGITC) et le Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC) 2016-2020. La réflexion à mener sur le

soutien à ces politiques devra être globale, au vu des enjeux d'intégration des politiques publiques. Le contenu du PNACC 2016-202, qui accorde une place centrale à l'adaptation fondée sur les écosystèmes, en donne un bon exemple.

4.3. Production scientifique du doctorant pendant la thèse

Le doctorant soutiendra une thèse « sur travaux », c'est-à-dire principalement constituée d'articles scientifiques publiés. Ce format de thèse implique d'une part, que les chapitres théorique et méthodologique de la thèse soient rapidement écrits (dans les 3 à 4 premiers mois de la thèse), sans quoi le doctorant ne sera en mesure, ni de répondre à l'objectif ambitieux d'une thèse sur travaux (avoir un lot de publications scientifiques publiées à l'issue des trois ans), ni de participer activement aux projets STORISK et RISCO. Il est important de noter que les revues internationales seront visées en priorité, ce qui exige de solides capacités rédactionnelles et la maîtrise de l'anglais.

La participation du doctorant à des colloques (avec publication d'actes ou soumission, en parallèle, du contenu de sa communication à une revue sous la forme d'un article finalisé) lui permettra aussi d'avancer dans la production de chapitres « sur travaux ».

Références bibliographiques citées dans le texte

Baines et McLean, 1976. Sequential studies of hurricane deposit evolution at Funafuti Atoll. *Mar. Geol.*, 21, 1–8.

Bayliss-Smith, 1988. The role of hurricanes in the development of reef islands, Ontong Java atoll, Solomon Islands. *Geogr. J.*, 154, 377–391.

Becker et al., 2012. Sea level variations at tropical Pacific islands since 1950. *Global Planet. Change*, 80-81, 85–98.

Biribo et Woodroffe, 2013. Historical area and shoreline change of reef islands around Tarawa Atoll, Kiribati. *Sustain. Sci.*, 8 (2), 345-362.

Cardona *et al.*, 2012. Determinants of risks : exposure and vulnerability. In : Field *et al.* (Eds), Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Special report of the WG I & II of the IPCC. Cambridge/New York, Cambridge University Press, pp. 65-108.

Cazes-Duvat, 1999. *Les littoraux des Iles Seychelles*. L'Harmattan, Paris.

Cazes-Duvat *et al.*, 2002. Évolution récente des deux îles coralliennes du banc des Seychelles (océan Indien occidental), *Géomorphologie*, 3, 211-222.

Cazes-Duvat et Paskoff, 2004. *Les littoraux des Mascareignes entre nature et aménagement*. L'Harmattan, Paris.

Church et al., 2013. *Sea level change*. In: Stocker T.F. (Eds.), Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press.

Church et White, 2011. Sea-level rise from the late 19th to the early 21st century, *Surv. Geophys.*, 32 (4-5), 585–602.

Connell, 2013. *Islands at Risk*. (Cheltenham and Northampton), pp. 1-336.

Cooper J.A.G., McKenna J., 2008. Working with natural processes : the challenge for coastal protection strategies, *Geographical Journal*, 174 (4), 315-331.

Cooper J.A.G., Pile J., 2014. The adaptation-resistance spectrum : a classification of contemporary adaptation approaches to climate-related coastal change, *Ocean and Coastal Management* (94), 90-98.

Dickinson, 2009. Pacific atoll living: how long already and until when? *GSA Today*, *19*, 124-132.

Duvat, 2007. *Les littoraux coralliens des petites îles de l'océan Indien (Mascareignes, Seychelles, Maldives).* Volume 1 et Volume 2. Paris, Institut Océanographique, Collection *Océanis*.

Duvat, 2015. Changement climatique et risques côtiers dans les îles tropicales, *Les Annales de Géographie,* 705, 541-566.

Duvat V, Magnan A, 2012. *Ces îles qui pourraient disparaître*. Le Pommier-Belin.

Duvat et Magnan, 2014. *Des catastrophes… « naturelles » ?* Le Pommier-Belin.

Duvat et Salmon, 2015. *Etude de l'évolution de la position du trait de côte des îles coralliennes des atolls de Rangiroa et de Tikehau*. Projet Réomers (Résilience des territoires d'ouest-mer aux risques météo-marins dans le contexte du changement global), programme de recherche Risques, Décision Territoires, MEDDE, n°13-MRES-RDT-1-CVS-02, 135 p.

Duvat *et al.*, 2015. *Étude de l'évolution de la position du trait de côte des îles coralliennes des atolls de Mataiva et de Takaroa.* Rapport de recherche du projet Réomers (*Résilience des territoires d'outre-mer aux risques météo-marins dans le contexte du changement global*), programme de recherche Risques Décision Territoires, MEDDE, n°13-MRES-RDT-1-CVS-022, 94 p.

Duvat, 2016. *Évolution de la position du trait de côte des îles coralliennes des atolls des Tuamotu du nord (Polynésie française) : Rangiroa, Tikehau, Mataiva et Takaroa.* Rapport de synthèse, Projet Réomers (Résilience des territoires d'ouest-mer aux risques météo-marins dans le contexte du changement global), programme de recherche Risques, Décision Territoires, MEDDE, n°13-MRES-RDT-1-CVS-022, 46 p.

Duvat et al., à paraître. The impacts of and resilience to Tropical Cyclone Bejisa, Reunion Island, (Indian Ocean). *Natural Hazards*.

Romine et Fletcher, 2013. A summary of historical shoreline changes on beaches of Kauai, Oahu, and Maui, Hawaii. *J. Coast. Res.*, 29 (3), 605-614.

Ford, 2012. Shoreline changes on an urban atoll in the central Pacific Ocean: Majuro Atoll, Marshall Islands. *J. Coast. Res.*, 28, 11–22.

Ford, 2013. Shoreline changes interpreted from multi-temporal aerial photographs and high-resolution satellite images: Wotje Atoll, Marshall Islands, *Remote Sens. Environ*, 135, 130-140.

Ford et Kench, 2014. Formation and adjustment of typhoon-impacted reef islands interpreted from remote imagery: Nadikdik Atoll, Marshall Islands. *Geomorphology*, 214, 216-222.

Ford et Kench, 2015. Multi-decadal shoreline changes in response to sea level rise in the Marshall Islands, *Anthropocene,* 11, 14-24.

Ford et Kench, 2016. Spatiotemporal variability of typhoon impacts and relaxation intervals on Jaluit Atoll, Marshall Islands. *Geology,* 44 (2), 159-162.

Gattuso et al., 2015. Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic C02 emissions scenarios. Science, 349 (6243), aac4722-1-9.

Hoeke *et al.*, 2013. Widespread inundation of Pacific islands triggered by distant-source wind-waves, *Global and Planetary Change*, 108, 128-138.

Hubbard *et al.*, 2014. Island outlook : warm and swampy. *Science*, *345* (6203), 1461.

Kench *et al.*, 2015. Coral islands defy sea-level rise over the past century: records from a central Pacific atoll. *Geology*, 43, 515–518.

Le Cozannet *et al.*, 2013. "Exploring the relation between sea level rise and shoreline erosion using sea level reconstructions: an example in French Polynesia". In : *Proceedings 12th International Coastal Symposium* (Plymouth, England), D. C. Conley *et al.*, Eds., *J. Coast. Res.*, SI 65, pp. 2137-2142.

Magnan, 2009. La vulnérabilité des territoires littoraux au changement climatique : mise au point conceptuelle et facteurs d'influence. Analyse Iddri, 1, www.iddri.org.

Magnan, 2014. Avoiding maladaptation to climate change towards guiding principles. *S.A.P.I.E.N.S,* 7.

Magnan et Duvat, 2015. La fabrique des catastrophes « naturelles », *Natures Sciences Sociétés,* 23, 97-108.

Mann et Westphal, 2014. Assessing long-term changes in the beach width of reef islands based on temporally fragmented remote sensing data. *Remote Sens.*, *6*, 6961-6987.

Mann *et al.*, sous presse. A geomorphic interpretation of shoreline change rates on reef islands. *J. Coast. Res.*

McLean et Kench, 2015. McLean, P.S. Kench, Destruction or persistence of coral atoll islands in the face of 20th and 21st century sea-level rise? *WIREs Clim. Change*.

Mercier, Chadenas, 2012. La tempête Xynthia et la cartographie des « zones noires » sur le littoral charentais : analyse critique à partir de l'exemple de la Faute-sur-Mer (Vendée), *Norois*, 222, 45-60.

Nurse et al., 2014. "Small Islands" in *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, V. R. Barros *et al.,* Eds. (Cambridge Univ. Press, Cambridge), pp. 1613–1654.

Pala, 2014. "Warming may not swamp islands", Science Letters, 345 (6196), 496.

Purkis *et al.*, 2016. A half-century of coastline change in Diego Garcia : the largest atoll island in the Chagos. Geomorphology, 261, 282-298.

Rankey, 2011. Nature and stability of atoll island shorelines: Gilbert Island chain, Kiribati, equatorial Pacific. *Sedimentology*, 58 (7), 1831-1859.

Smithers *et al.*, 2014. Geomorphological impacts of high-latitude storm waves on low-latitude reef islands. Observations of the December 2008 event on Nukutoa, Takuu, Papoua New Guinea. *Geomorphology*, 222, 106-121.

Testut *et al.,* 2016. Shoreline changes in a rising sea level context: the example of Grande Glorieuse, Scattered Islands, Western Indian Ocean, *Acta Oecol.,* 72, 110-119.

Vinet et al., 2012. Le processus de production du risque « submersion marine » en zone littorale : l'exemple des territoires « Xynthia », *Norois*, 222, 11-26.

Webb et Kench, 2010. The dynamic response of reef islands to sea-level rise: evidence from multi-decadal analysis of island change in the Central Pacific. *Global Planet. Change*, 72, 234–246.

Wisner et al., 2004. *At risk. Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. London/New York, Routledge.

Woodroffe et al. 1999. Atoll reef-island formation and response to sea-level change: West Island, Cocos (Keeling) Islands", *Marine Geology*, 160, 85-104.

Woodroffe, 2008. Reef-island topography and the vulnerability of atolls to sea level rise. *Global Planet. Change,* 62, 77-96.

Yates *et al.*, 2013. Multidecadal atoll shoreline change on Manihi and Manuae, French Polynesia. *J. Coast. Res.*, 29 (4), 870-882.