

Proposition de sujet de thèse

Contribution à l'étude de l'adaptation des sociétés littorales au changement climatique : quel scénario choisir pour gérer la bande côtière à court, moyen et long terme ?

Étude de cas sur l'île de Noirmoutier

Marc ROBIN – Professeur des Universités – co-directeur de Thèse – UMR CNRS 6554 LETG – Université de Nantes, OR2C (Observatoire Régional des Risques Côtiers)

Paul FATTAL – Professeur des Universités – co-directeur de Thèse - UMR CNRS 6554 LETG – Université de Nantes

Clément RATAUD – Directeur du Pôle Environnement – Communauté de Communes de l'île de Noirmoutier –

Résumé

La gestion des stocks sédimentaires et de la bande littorale est un enjeu majeur pour la pérennité des territoires littoraux composés de côtes mobiles, ce qui est le cas de la communauté de communes de Noirmoutier. Ce projet a un triple objectif : mener des réflexions globales sur le temps long des sociétés littorales face au changement climatique ; articuler ce temps long avec les contraintes du temps court c'est-à-dire de l'opérationnalité qui consiste à gérer de façon permanente son territoire ; co-construire ce territoire de manière concertée avec les parties prenantes du territoire, le politique et l'aide du scientifique.

L'île de Noirmoutier est à ce titre un territoire très sensible car situé majoritairement sous le niveau de la mer. Il conjugue de multiples contraintes dont les risques érosion, submersion et ceci dans un contexte de changement climatique susceptible d'exacerber les conséquences sur les enjeux. La Communauté de Communes met en œuvre différentes solutions pour limiter ces risques en ajustant certaines actions pour protéger ses enjeux. Elle a de plus la volonté d'anticiper au mieux l'avenir (du court au long terme) en souhaitant gérer les stocks sédimentaires, minimiser les risques, développer des solutions innovantes, provoquer l'adhésion des populations.

Dans ce cadre, la Communauté de Communes souhaite appuyer un projet de recherche sur 3 ans afin d'élaborer une stratégie de gestion durable du trait de côte et de ses stocks sédimentaires fondés sur le croisement des connaissances terrains acquises depuis de nombreuses années, des méthodes d'analyses scientifiques ainsi que des outils de modélisation qui permettent d'aider à la prospective territoriale dans le souci constant d'intégrer les diverses parties prenantes dans les choix à effectuer.

Ce projet de thèse est développé en partenariat avec le laboratoire UMR CNRS 6554 LETG de l'université de Nantes, avec l'appui de l'Observatoire Régional des Risques Côtiers de la Région des Pays de la Loire piloté par l'Observatoire des Sciences de l'Univers Nantes Atlantiques (OSUNA – CNRS).

La démarche envisagée se veut complète et intégratrice, avec l'observation de la continuité terre-mer et donc de toutes les cellules sédimentaires et de leur usage grâce à des développements innovants de campagnes aéroportées LIDAR qui permettent de s'affranchir de la masse d'eau (développement OR2C) afin de mieux appréhender les stocks sédimentaires. Cette connaissance plus fine permettra d'affiner la modélisation tant spatialement que temporellement et de l'inscrire à travers différents scénarii dans le temps long. Cela permettra d'aider à scénariser l'action publique pour répondre aux

défis du changement climatique, de la gestion du trait de côte face aux risques côtier dans un contexte d'augmentation constante des pressions anthropiques fortes sur la bande côtière.

Mots clés : érosion littorale, submersion marine, adaptation de la société, scénarisation, gestion, changement climatique, littoral, modélisation hydrosédimentaire, lidar topobathymétrique

1- Problématique générale

Le littoral, milieu fragile et mobile, très convoité, est soumis à des processus naturels (courants divers, vagues, tempêtes...) et/ou anthropiques (artificialisation, impact des ouvrages, opérations de gestion préventive ou curative, rechargement en sable...) largement étudiés depuis longtemps. Le risque est généré par le croisement de ces processus, avec la présence d'enjeux exposés aux aléas littoraux : érosion et submersion marine (ONERC, 2015). La concomitance géographique de ces aléas et des enjeux de la bande côtière, sont à l'origine de l'augmentation des risques côtiers depuis les années 1960 (Meur-Férec et Morel, 2004). La vulnérabilité exacerbée des enjeux humains et non humains sur les littoraux, se trouve ainsi au centre d'un vaste débat et ce phénomène est désormais largement pris en compte par la communauté scientifique et les pouvoirs publics (Callaghan, 2009).

A la suite de la tempête Xynthia survenue le 28 février 2010, ayant fortement impacté la côte centre-Atlantique, et de plus, des prévisions en matière de changement climatique (Oppenheimer, 2019), il apparait globalement nécessaire d'accroître les connaissances à propos de ces processus régissant l'interface terre-mer. Avec le besoin de tenter de réduire ces risques, le suivi et l'analyse de l'évolution côtière deviennent des préalables indispensables à la gestion du littoral (Buchou, 2019). Dans cet objectif, il est nécessaire de connaître l'évolution du trait de côte (avancée, recul, stabilité) en fonction des échelles temporelles associées (événementielle, saisonnière, annuelle, pluriannuelle). Un nombre croissant d'études, mettent en avant les effets reconnus ou supposés des processus associés à chaque échelle spatio-temporelle dans le contexte du changement climatique avec pour conséquence globale probable l'accélération de la mobilité côtière constatée aujourd'hui et historiquement (par exemple depuis Bruun, 1962, jusqu'à Luijendijk, 2018, Cooper et al., 2020...).

Pour analyser ces changements, il convient de veiller à considérer le littoral comme un système complexe dépendant des relations entre des forces météo-marines et un bilan sédimentaire (entrées et sorties de sédiments du système) étant localement influencé par l'action humaine (extraction de granulats, défenses côtières, rechargements artificiels). Ces changements doivent être analysés à l'échelle de chaque cellule hydro-sédimentaire correspondant à une portion de littoral ayant un fonctionnement relativement autonome par rapport aux cellules voisines. L'ensemble des cellules composant le territoire normand doit donc être précisément analysé, dans ses dimensions morphodynamique et hydrodynamique. Ceci constitue un préalable indispensable à la mise en œuvre des solutions pertinentes de gestion du trait de côte (MEEDDM, 2010).

Les solutions pertinentes pour un espace littoral doivent aussi être adaptées aux spécificités géographiques des territoires. On peut ainsi définir des géographies de territoires dans lesquelles des solutions vont pouvoir être explorées et faire ainsi émerger les scénarii optimaux pour l'adaptation de la société aux changements observés et à venir : ce qui peut être qualifié de trajectoire d'adaptation en fonction des archétypes territoriaux (Rocle et al., 2019). Les îles constituent ainsi un des 6 archétypes identifiés (Rocle et al., 2019), facilitant le choix des scénarii possibles parmi les trajectoires possibles des territoires insulaires.

Le choix d'un ou de plusieurs scénarios d'adaptation résulte d'un processus de maîtrise des connaissances nécessaires à la prise de décision et d'intégration/prise en compte de l'ensemble des parties prenantes selon une démarche maintenant bien maîtrisée de gestion intégrée. Celle-ci fait l'objet depuis quelques années de divers démonstrateurs et approches méthodologiques qui séquent les phases d'édification d'une co-construction de scénarii, depuis la phase d'émergence du besoin jusqu'à la phase pré-opérationnelle (par exemple, DREAL, 2017). Le choix du meilleur scénario doit ainsi globalement tenir compte d'un triptyque : a) la compréhension du géosystème y compris hydrosédimentaire caractérisant le territoire étudié et son interaction réelle et potentielle avec les mesures prises par la société interagissant avec le système dans son exercice d'adaptation ; b) la prise en compte de la réalité des enjeux et la trajectoire d'adaptation du territoire ayant réparti ou allant répartir les enjeux sur le territoire et c) l'acceptabilité sociale des mesures d'adaptation (Rey-Valette, 2019).

Le projet de thèse intègre les trois volets du triptyque et fait un focus méthodologique particulier sur son volet (a). Il fera ainsi ce focus sur l'interaction réelle et potentielle entre le système hydrosédimentaire et les choix de la société noirmoutine dans son exercice d'adaptation au changement global. Les deux autres aspects du triptyque seront aussi pris en compte et traités à travers une participation au travail en cours par la collectivité territoriale pour le volet (b) et à travers une participation au travail entamé par l'Observatoire Régional des Risques Côtiers pour le volet (c), avec des résultats préliminaires en cours de publication (Chadenas et al., 2021, à paraître).

2- Contexte géographique du projet de thèse

Le projet de thèse porte sur l'île de Noirmoutier. Il s'agit d'un territoire insulaire avec de ce fait un triptyque très particulier par nature très contraint (Fattal et al., 2010).

La Communauté de Communes de l'île de Noirmoutier gérant le territoire a été créée en 2002 dans le prolongement du District institué en 1988. Sur cet espace, la CCIN est l'autorité compétente et responsable en matière de sécurisation des populations et des biens face à la mer et aux risques littoraux. Les statuts de la CCIN précisent le périmètre de ses compétences et responsabilités en termes de gestion des ouvrages. Elles concernent : le maintien des ouvrages de protection (digues et perrés), la gestion du trait de côte sédimentaire et la mise en œuvre des outils de gestion du risque et de diminution de la vulnérabilité des enjeux. La CCIN est, de plus dotée d'un observatoire du littoral depuis 21 ans, ce qui lui permet de bénéficier de données très précises sur l'évolution du trait de côte et des mouvements de sédiments.

A la suite de la tempête Xynthia en 2010, la CCIN a réalisé un diagnostic complet du territoire afin d'appréhender plus précisément le risque de submersion et de définir un programme d'actions à mettre en place pour diminuer la vulnérabilité du territoire. Ceci a abouti à un Programme d'Action de Prévention des Inondations (PAPI), labellisé en juillet 2012 et mis en œuvre depuis, jusqu'en 2023. La stratégie a été renforcée en 2018 par la validation de la Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation (SLGRI). L'île de Noirmoutier est intégrée au Territoire à Risques d'Inondation (TRI) « Noirmoutier – Saint Jean de Monts ».

C'est dans le cadre de la SLGRI, que la CCIN a clairement inscrit sa volonté de soutenir les programmes de recherche et de partenariat scientifique. L'objectif est une meilleure connaissance

des aléas et des implications sur le trait de côte, et l'établissement de stratégies pluriannuelles de défense, sans occulter le temps long.

3- Origine, objectifs opérationnels, objectifs scientifiques du projet de thèse

Depuis de nombreuses années le laboratoire et la CCIN travaillent en collaboration informelle sur la thématique des risques littoraux sur les aspects géographiques, sociétaux, hydrosédimentaires. Depuis la création de l'Observatoire Régional des Risques Côtiers en 2016, ce partenariat a pu être renforcé du fait des investigations croissantes de cette structure sur le littoral des Pays de la Loire. Dans ce contexte fécond, la volonté de mettre en œuvre un projet de thèse a émergé pour répondre à la fois à une nécessité de réflexion stratégique de la part de la CCIN, et pour mieux contribuer, à travers la connaissance scientifique à ce territoire, tout en ayant en ligne de mire une réflexion de fond sur la reproductibilité des modèles sur des territoires dont les problématiques s'en approcheraient.

La CCIN s'est inscrite dans une volonté d'intégration dans la recherche et l'innovation en inscrivant une action dans sa Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation (SLGRI). Celle-ci prévoit notamment la réalisation d'une étude sédimentaire à l'échelle de l'île de Noirmoutier afin d'aboutir à une meilleure compréhension des cellules sédimentaires et des transferts de sable, puis d'élaborer un plan de gestion à long terme. La stratégie locale a vocation à servir de cadre aux actions du PAPI, qui débutera à partir de 2024, pour une période de 6 ans (SLGRI Noirmoutier, 2018).

Dans le cadre de cette stratégie, la CCIN a opté pour une gestion durable du trait de côte. Consciente des vulnérabilités face à l'érosion côtière et à l'élévation du niveau de la mer, la CCIN souhaite améliorer sa connaissance sur le fonctionnement hydrosédimentaire autour de l'île, afin d'apporter les bases indispensables au choix optimal des stratégies de défense et de gestion du trait de côte à mettre en place au regard des conditions futures estimées et des enjeux du territoire identifiés.

En 2019, un partenariat avec le CEREMA a permis à la CCIN de traduire sa volonté stratégique en un programme d'étude et de travail. Sur cette base, la CCIN étant en contact permanent avec l'Université de Nantes, un rapprochement s'est organisé afin de faire émerger l'idée d'une thèse.

L'objectif principal et la démarche de cette thèse est donc de répondre à un double défi :

Un défi opérationnel. Il concerne l'entrée plus opérationnelle de la thèse qui s'inscrit dans un contexte local de stratégie de gestion des sédiments, de la stabilité du trait de côte, de maîtrise de la problématique érosion, de l'adaptation architecturale dans le cadre du changement climatique, de la recomposition territoriale le cas échéant, le tout dans un souci d'échange et de co-construction avec les divers acteurs de la bande côtière. Dans une perspective de réponse opérationnelle à l'intérêt de la CCIN par rapport au plan de gestion des sédiments devant garantir le maintien des activités et usages du sol dans un périmètre relativement restreint et contraint : il s'agit de proposer des scénarii d'adaptation co-construits avec les divers acteurs de la zone côtière, testés par modélisation tenant compte de la réalité du changement climatique observé. Ces scénarii déclinés dans un contexte de stratégie nationale pour la gestion intégrée du trait de côte (depuis la résistance à ces changements jusqu'à une adaptation souple de la société en passant par des scénarii intermédiaires, Buchou, 2019) seront adaptés à l'espace d'étude insulaire : ils seront classés par pertinence selon une approche

multicritère intégrant une entrée coût/bénéfice/perception et dans laquelle la résultante hydrosédimentaire d'un choix constituera une variable contribuant à ordonnancement des niveaux de pertinence.

Un défi scientifique. Dans une perspective plus fondamentale et scientifique ; l'objectif est d'apporter, par l'étude très poussée d'un cas de figure complexe d'un archétype territorial (Rocle et al., 2019), des réponses aux questionnements plus généraux sur l'avenir de la bande côtière et des enjeux associés dans le cadre du changement global pouvant servir d'exemple complet et de comparaison avec d'autres cas d'études d'archétypes du même type (ou d'autres types) en France et dans le monde. Ces questionnements s'inscrivent directement dans le cadre des grandes prospectives scientifiques du XXIème siècle, telles que relayées au niveau mondial par le GIEC (Oppelheimer, 2019), au niveau national par l'ONERC (voir divers rapports de l'ONERC sur le sujet du littoral, du changement climatique, de l'adaptation au changement climatique), ou encore par le rapport « Buchou » (Buchou, 2019) et ceux du CNRS (prospectives de l'INSU et de l'INEE, CNRS) via l'Alliance Nationale de Recherche pour l'Environnement –Allenvi- (voir par exemple le rapport prospectif, (ALLENVI, 2019).

Il s'agit ainsi de réaliser des scénarii d'adaptation co-construits : en testant la réalité des changements globaux (changement climatique, trajectoire d'évolution de la bande côtière en terme d'aménagement) impactant un territoire insulaire et de proposer en retour des stratégies d'adaptation d'une société confrontée au risque d'érosion et de submersion. Ces tests reposent sur l'analyse des interactions entre les forçages naturels et les interventions anthropiques à l'aide de modélisation beaucoup plus fines que ce qui peut être proposé de façon usuelle notamment par la qualité inédite des données topobathymétriques utilisées reposant sur des recherches menées à l'Université de Nantes. L'université de Nantes propose en effet une triple compétence méthodologique permettant de lever certains verrous scientifiques concernant ce projet : a) Elle utilise et met ainsi en œuvre des outils de modélisation numérique classiques (de type DHI) permettant de simuler des processus hydrodynamiques et hydrosédimentaires. La compréhension de ces mécanismes complexes permet d'anticiper la dynamique du trait de côte de proposer les scénarii adéquats pour une gestion optimale du littoral tenant compte de diverses options depuis l'intervention pour sa stabilisation jusqu'à la libre évolution de la bande côtière ; b) des données très précises acquises dans le cadre des campagnes aéroportées OR2C (Lidar bi-fréquence) dont la précision reste inégalée suite à des développements méthodologiques originaux aussi bien en domaine émergé (Fрати et al., 2021 par exemple en milieu dunaire) qu'en domaine immergé (Launeau et al., 2019 par exemple). Des levés topo-bathymétriques annuels (campagnes annuelles aéroportées OR2C-OSUNA) adaptés à la bande côtière (des petits fonds à la zone rétro-littorale) fondés sur l'analyse du retour d'onde complet vont permettre d'initialiser et de valider d'une année sur l'autre les modélisations hydrosédimentaires avec une précision inégalée : par l'accentuation du réalisme des modélisations, la qualité des scénarii proposés dans la thèse sera nettement améliorée et donc plus fiable pour les choix futurs ; c) la maîtrise d'un certains nombres d'outils de géotraitements et d'aide à la décision qui seront mobilisés pour orienter les choix de scénarii.

Plus précisément donc, il s'agit de répondre à diverses interrogations s'appuyant sur la modélisation, la qualité des données, la co-construction de scénarii autour de quatre questionnements scientifiques induisant une capacité pluridisciplinaire que cette thèse trouve dans la dynamique de l'Université et

de l'Observatoire Régional des Risques Côtiers réunissant diverses disciplines –Economie, Droit, Psychologie, Géomorphologie, Géomatique ... (Kerguillec, 2019)

- Un questionnement scientifique de type morpho/hydrodynamique : Quels sont les processus fondamentaux régissant l'évolution des plages ? Quels sont les effets des tempêtes extrêmes sur l'île de Noirmoutier ? Quels sont les effets des évènements moins/peu morphogènes individuellement mais plus fréquents ? Quels sont les impacts directs et indirects du changement climatique sur l'évolution du trait de côte ?
- Un questionnement scientifique de type interaction morpho/hydrodynamique – anthropisation de la bande côtière : Quels sont les effets des ouvrages littoraux (épaves, digues...) sur les évolutions du trait de côte passées et actuelles ? Quelles sont les évolutions prévisibles dans chacune des cellules sédimentaires et peut-on dessiner des bilans réalistes ?
- Un questionnement scientifique avec une entrée plus sociale : Comment s'adapter sur des sites très sensibles à fort enjeux ? Y aurait-il des solutions de protection fondées sur la nature viables en zone intertidale qui permettraient des défenses côtières plus naturelles ? Quelle est la perception des divers scénarii d'adaptation et quelle est l'impact de cette dimension perception sur le choix du scénario optimal ? Comment penser la recomposition territoriale sur un territoire insulaire avec peu d'espace disponible ?
- Un questionnement scientifique à fondement plus méthodologique : quelle est la marge d'amélioration de la modélisation hydrosédimentaire avec l'utilisation en entrée de données Lidar topobathymétrique plus performante (tant spatialement que temporellement) ? Comment l'amélioration de la modélisation peut en retour influencer les choix de scénarii d'adaptation par la minimisation des marges d'erreurs et donc une confiance accrue des parties prenantes dans le scénario optimal ?

La démarche envisagée dans cette thèse consistera à contribuer au trois volets du triptyque évoqué en partie 1 en étayant plus particulièrement son volet a à savoir utiliser les données issues de divers niveaux d'observation (terrain, campagnes aéroportées) et des analyses en sortie de modèle, afin d'optimiser la production d'information et son appropriation (partage, construction d'une base de données, support de discussion). L'objectif sera de les rendre interprétables en termes de processus hydrodynamiques et hydrosédimentaires en rapprochant le fonctionnement des modèles numériques réalisés à celui du système naturel observé afin d'obtenir une représentation réaliste de la dynamique littorale et d'en extraire les connaissances nécessaires. Une itération sera ensuite assurée entre des propositions de scénarii d'adaptation et l'analyse fine de la résultante permettant de guider pas à pas les choix les plus optimaux, à diverses échelles de temps et d'espace. Le travail de la thèse tiendra compte naturellement des 2 autres volets du triptyque en participant aux recherches sur la perception de l'adaptation en cours et récupérant cette information dans la phase d'interaction avec les parties prenantes pour la démarche multicritère et le choix du bon scénario.

4- Organisation des travaux de recherche en 3 axes

AXE 1 : caractérisation de la bande côtière selon divers termes (passé, actuel et estimation des tendances à l'horizon 2050)

Ce premier axe vise à établir un diagnostic exhaustif de la bande côtière en matière de dynamique côtière fondée sur l'indicateur trait de côte, avec la prise en compte du risque favorisé par la concomitance recul du trait de côte – augmentation de l'aléa submersion par diminution du volume dunaire. Il s'agit donc de caractériser spatialement et temporellement la bande côtière dans ses dimensions physiques et sociétales à travers une lecture de type risque (aléa/enjeu), et de comprendre son évolution future (la position future de la bande côtière, les enjeux impactés).

AXE 2 : La modélisation hydrosédimentaire en aide au choix des scénarii d'adaptation

La variation des taux de sédiments transportés induit des phénomènes d'érosion ou d'accrétion, avec des conséquences importantes sur la gestion du trait de côte et de son évolution. Cette action vise à améliorer les connaissances de ces processus afin de comprendre les mécanismes influençant le transport sédimentaire, mécanismes devant être compris pour proposer les scénarii d'adaptation optimaux.

AXE3 : Approche multicritère pour la mise en place des scénarii d'adaptation

Le troisième axe visera à accompagner une réflexion sur des scénarii d'adaptation, pouvant répondre localement à une stratégie d'atténuation des risques par des mesures de stabilisation de la bande côtière (tels que le rechargement de plage, la réalisation d'ouvrages côtiers tels que des épis, brise lames ou tout aménagement destiné à stabiliser le trait de côte) ou localement à une stratégie d'adaptation pouvant aller vers des solutions de recomposition territoriale ou des solutions fondées sur la nature (ingénierie écologique via la modélisation de certains habitats pouvant stabiliser potentiellement le trait de côte).

Le doctorant sera basé à l'Université de Nantes et des déplacements réguliers sont prévus à Noirmoutier. Un budget est donc prévu pour ces divers déplacements, ainsi qu'un hébergement sur place. Le doctorant sera rémunéré 2 135 € brut par mois pendant 3 ans. Début de la thèse prévu en septembre 2021.