



RENCONTRE AUTOUR DE LA MODÉLISATION DE L'ÉROSION LITTORALE

## 1 Programme

**Date :** Jeudi 2 et vendredi 3 septembre 2021

**Lieu :** Lacanau Océan, hôtel de la côte d'argent

**Partenaires :** GdR EGRIN, Université Sorbonne Paris Nord, IRL CRM Montréal, Mairie de Lacanau, Office du tourisme Médoc Atlantique

**Organisateurs :** O. Lafitte & E. Audusse

**Participants :** X. Bertin, L. Lavaud, M. Pézerat, S. Abadie, V. Roeber, D. Sous, D. Idier, A. Nicolae Lerma, K. Martins, P. Bonneton, D. Lannes & M. Parisot

### Programme :

Jeudi 2 septembre

- 10h30-11h00 Evolution du trait de côte en Gironde : une perspective historique  
R. Magnon
- 11h00-13h30 Equipe DPL, UMR LIENSs, Université de la Rochelle  
X. Bertin, L. Lavaud et M. Pézerat
- 15h00-15h30 Lacanau et le risque littoral  
L. Peyrondet, maire de Lacanau
- 15h30-18h00 Laboratoire SIAME, Université de Pau et des pays de l'Adour  
S. Abadie, V. Roeber et D. Sous

Vendredi 3 septembre

- 9h00-11h00 BRGM  
A. Nicolae Lerma et D. Idier
- 11h30-13h30 Equipe METHYS, UMR EPOC, Université de Bordeaux  
P. Bonneton et K. Martins

## 2 Compte rendu

Le but de cette rencontre était de créer les conditions d'une discussion entre des mathématiciens appliqués étudiant les modèles fluides d'écoulements géophysiques et des physiciens, mécaniciens et océanographes spécialistes de l'étude de l'interaction de ces écoulements avec la dynamique littorale. Cette rencontre devait à l'origine être organisée dans un format plus large à la rentrée 2020. La crise sanitaire a modifié les plans. Avec l'amélioration de la situation au printemps 2021, il était important pour nous de ne pas retarder à nouveau sa tenue, mais devant les incertitudes qui subsistaient en cette rentrée, il nous a semblé plus raisonnable d'organiser une réunion à dimension régionale à laquelle ont donc participé principalement des collègues travaillant dans des laboratoires de Nouvelle Aquitaine.

La première série d'interventions a regroupé trois exposés de membres de l'équipe DPL (Dynamique physique du littoral) du laboratoire LIENSs (LIttoral ENvironnement et Sociétés) de l'université de la Rochelle

- Hydrodynamique des zones littorales en condition de tempête, par X. Bertin
- Wave dissipation and mean circulation over a rocky shore platform under storm condition, par L. Lavaud
- Cross-shore distribution and driving mechanisms of the undertow over a dissipative beach under storm conditions, par M. Pézerat

Le premier exposé a présenté un panorama du risque littoral et de son étude via des outils de modélisation puis un focus sur la modélisation des ondes infragravitaires et de leurs dynamiques à l'arrivée sur le littoral dans le cadre de deux études, l'une menée à l'île d'Oléron et l'autre à l'embouchure du Tage. Dans les deux cas, une importante réflexion des ondes infragravitaires est observée avec une forte modulation en fonction de la marée. En condition de tempête, la création d'ondes infragravitaires basse fréquence est observée et expliquée par l'interaction d'ondes infragravitaires de fréquences plus élevées sur une zone de surf qui est alors plus étendue. Ces ondes pourraient être la cause des inondations "intermittentes" observées sur ces zones lors des tempêtes. Les deux derniers exposés ont présenté deux études menées sur des sites à l'île d'Oléron. Dans les deux cas, des comparaisons entre données d'observation (après instrumentation de la zone littorale) et résultats d'un modèle numérique ont été menées, permettant d'étudier la validité des hypothèses de calibration des modèles numériques. Le modèle numérique utilisé repose sur le couplage d'un modèle de circulation, ici [Zhang et al., OM, 2016] et d'un modèle spectral de vagues, ici [Roland et al., JGR Ocean, 2012]. L. Lavaud montre par exemple dans son étude que les paramétrisations classiques utilisées dans les modèles de vague ne permettent pas de retrouver les observations. M. Pézerat montre, lui, que les résultats des modèles sont très sensibles au paramétrage du mélange vertical, notamment dans des conditions de tempête. Ces deux études forment une partie des travaux qui seront présentés par L. Lavaud et M. Pézerat lors de leurs soutenances de thèse respectives, en début d'année 2022.

La deuxième série d'interventions a regroupé des exposés de membres de l'équipe IVS (Interaction Vagues / Structures) du laboratoire SIAME (Sciences pour l'ingénieur appliquées à la mécanique et au génie électrique) de l'université de Pau - Pays de l'Adour

- Impact des vagues sur les structures côtières, par S. Abadie
- High Performance Computing of Waves for Coastal Risk and Renewable Energy, par V. Roeber
- Etude de la houle en présence de récifs coralliens : impact et évolution, par D. Sous

Le premier exposé, après une présentation générale de l'équipe et de quelques travaux emblématiques, a détaillé une étude sur l'impact des vagues sur une structure. Une forte influence de l'angle d'attaque entre la vague et la structure est en particulier observée dans les résultats des modèles numériques (méthode VOF sur Navier-Stokes multifluide, le solide étant représenté par une zone à porosité nulle). Une comparaison entre des mesures et des résultats numériques sur la digue de l'Artha, à Saint-Jean de Luz, menée dans le cadre de la thèse de P. Poncet, a également été présentée. Le deuxième exposé a présenté les avancées récentes obtenues dans l'équipe autour de l'écriture d'un code de calcul basé sur les équations de Serre-Green-Naghdi. Ce modèle à phase résolue présente l'intérêt de contenir à la fois la dynamique des courants et celle des vagues et pourrait ainsi éviter de recourir à des couplages de codes (voir la première série d'exposés). Il reste néanmoins intégré sur la verticale et ne peut donc pas rendre compte d'effets 3d. L'exposé se termine sur l'utilisation de ce modèle pour une étude de l'impact d'un aménagement du littoral sur la réduction du courant parallèle au trait de côte. Le troisième exposé présente une étude menée sur le lagon d'Ouano, en Nouvelle Calédonie. La problématique est de savoir en quoi la présence de la barrière de récif influence la houle et quel est l'impact de cette houle sur le récif, notamment lors des tempêtes. Une campagne de mesures a été menée et les observations ont été comparées avec des résultats numériques obtenus par le code SWASH. L'étude conclut à une modification importante de la nature de l'écoulement entre les zones avant et après le récif, en particulier lors d'épisodes de tempête où l'écoulement peut changer de régime à l'aplomb du récif, voir [Sous et al., JGR Ocean, 2020].

La troisième série d'interventions a regroupé des exposés de membres de la branche du BRGM dédiée au suivi, à la compréhension et à la modélisation du risque littoral

- Observations et modélisation hydro-sédimentaire et morphodynamique au BRGM, par D. Idier
- Observatoire de la côte Nouvelle Aquitaine, par A. Nicolae Lerma

Le premier exposé a présenté les activités de la division littorale du BRGM. D. Idier a ensuite présenté plus particulièrement deux modules utilisés dans les études menées au BRGM. Le premier, LX-Shore, est un modèle à complexité réduite d'évolution du trait de côte codéveloppé par le BRGM et le laboratoire EPOC. Il fait appel au modèle de vagues SWAN, développé par TU-Delft, et se base sur des modèles de transport sédimentaire macroscopique longshore (parallèle au rivage) et crossshore (perpendiculaire au rivage). Des exemples d'application aux plages de Narabeen

(Australie) et de Tairua (Nouvelle Zélande), avec comparaison à des mesures in situ, ont été présentés, voir [Robinet et. al., Marine Geology, 2020] et [Montano et al., Nature Scientific Reports, 2020]. Le deuxième, X-Beach est un logiciel open-source dédié à la simulation numérique de l'interaction locale entre l'écoulement et la dynamique sédimentaire. D. Idier a présenté une étude consacrée à la simulation de création de brèches dans le cordon dunaire dans la zone des Boucholeurs (sud de La Rochelle) lors de la tempête Xynthia. Les conditions limites utilisées pour les simulations avec X-Beach sont issues de modélisations hydrodynamiques réalisées avec le code MARS (niveaux et courant) et SWAN (vagues). Des comparaisons avec les mesures effectuées après le passage de la tempête ont été menées et montrent un bon accord en terme de localisation des brèches, voir [Muller et al., HAL, 2016]. Le deuxième exposé a présenté l'implication du BRGM dans l'Observatoire de la côte Nouvelle Aquitaine, incluant des campagnes de mesure à différentes régularités. Il a ensuite détaillé les différents mécanismes d'érosion et est revenu sur l'utilisation du logiciel XBeach et notamment sur les problèmes de calibration.

La dernière série d'interventions a regroupé des exposés de membres de l'équipe METHYS (Modélisation Expérimentale et Télédétection en Hydrodynamique Sédimentaire) de l'UMR EPOC (Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux), de l'université de Bordeaux

- Inversion bathymétrique en zone de surf par mesures lidar pendant les événements de tempêtes, par K. Martins
- Wave turbulence in the surf zone - Equilibrium energy spectra, par P. Bonneton

L'exposé de K. Martins était consacré à la présentation du projet lidBathy, financé par l'UE et consacré à l'inversion bathymétrique en zone de surf par mesures lidar pendant les événements de tempêtes. K. Martins est d'abord revenu sur les principaux processus qui font des vagues le contributeur essentiel à la dynamique sédimentaire des plages sableuses, notamment lors des événements de tempêtes. Il a ensuite insisté sur le besoin de données morphodynamiques, seul moyen de nourrir les modèles pour les rendre plus performants. Les principales données disponibles sont aujourd'hui issues de l'inversion bathymétrique par imagerie vidéo mais ces images ne sont disponibles qu'en journée et peuvent être très difficiles à utiliser, notamment en période de tempête, d'où la proposition de les compléter par des mesures lidar. Il faut dans tous les cas compléter les images par un modèle d'inversion bathymétrique. Le modèle le plus simple est basé sur l'estimation de la vitesse des ondes dans un modèle de type Saint-Venant au repos, qui est une fonction algébrique de la bathymétrie et de la surface libre. Cette estimation donne un bon ordre de grandeur mais doit être affinée pour des résultats plus précis. K. Martins a présenté plusieurs pistes qui sont en cours d'investigation. L'exposé de P. Bonneton était consacré au problème de la modélisation du comportement stochastique des vagues en zone de surf. En effet, les processus morphodynamiques ont des échelles de temps beaucoup plus longues que celle des vagues. Il est donc peu envisageable d'utiliser des modèles à phase résolue (de type Serre-Green-Naghdi, voir plus haut) pour mener des études à long terme. Mais les modèles spectraux utilisés aujourd'hui, si ils sont performants,

car bien compris, en zone profonde, sont calibrés dans les zones littorales par des formules empiriques qui manquent encore de fondements physiques et mathématiques. Pour cela, il faut étudier les phénomènes de turbulence liés à l'interaction entre les vagues. Dans la zone après déferlement (zone de surf), P. Bonneton montre qu'une analogie avec l'équation de Burgers visqueuse est pertinente et qu'une analyse de cette équation permet alors de déduire un spectre d'énergie beaucoup plus proche de ce qui est observé que les paramétrisations habituellement utilisées dans cette zone.

La densité des exposés et le temps prévu pour la réunion ne nous a pas permis de consacrer une demi-journée à des discussions en vue de faire émerger des perspectives de travail communes. Cette partie a ainsi été reportée à la prochaine rencontre, prévue en 2022, et qui devrait réunir un panel plus large si les conditions le permettent. Des questions ont néanmoins été soulevées au fur et à mesure des exposés. J'en rapporte trois ici. La première concerne évidemment la pertinence des modèles utilisés. L'exposé de P. Bonneton a bien montré que les modèles utilisés pouvaient être considérablement améliorés par un travail d'analyse fine des équations simplifiées obtenues en ne considérant que les phénomènes réellement pertinents à telle échelle de temps et dans telle zone. De nombreuses pistes de travail existent donc de ce côté et les avancées ne pourront qu'être favorisées par un travail conjoint entre physiciens et mathématiciens sur ce point. Un autre axe de travail, plus numérique, concerne le couplage de codes. On a vu lors de plusieurs exposés que les études pouvaient faire intervenir trois codes différents (modélisation des courants, des vagues, de la dynamique sédimentaire). Ces couplages posent des questions de stabilité et de consistance que des mathématiciens appliqués pourraient contribuer à étudier. Enfin, certaines applications, notamment lorsqu'il faut réitérer les études pour différents paramètres du modèle, sont très consommatrices de temps calcul. Dans ce cas, l'utilisation de modèles réduits (ou de méta-modèles) peut être une aide précieuse, voire indispensable. Là encore, c'est un point où des collaborations seront utiles pour faire avancer les recherches.