HAL open science

Simulations morphodynamiques long terme pour la protection du littoral

Philippe Larroudé

To cite this version:

Philippe Larroudé. Simulations morphodynamiques long terme pour la protection du littoral. CFM 2007 - 18ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2007, Grenoble, France. hal-00269949

HAL Id: hal-00269949

https://hal.science/hal-00269949v1

Submitted on 4 Apr 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Simulations morphodynamiques long terme pour la protection du littoral

Philippe Larroudé

LEGI
BP 53 38041 Grenoble, France,
larroude@hmg.inpg.fr

Résumé :

L'utilisation des barres en mer pour combattre l'érosion des plages, remonte aux années 90, et est basée sur le fait qu'elles représentent un réservoir substantiel de sédiment. De plus, le rôle essentiel que ces barres peuvent jouer dans la réduction de l'énergie des vagues a été démontré par des études récentes. Par conséquent, travailler à renforcer les barres existantes ou même à ajouter des barres supplémentaires est une approche prometteuse, parce qu'elles constituent une ligne de défense et respectent l'environnement. Le premier objectif de cette étude est de montrer que la simulation numérique peut être un outil d'aide à la décision pour définir le meilleur emplacement de rechargement. Le deuxième but de cette étude est de définir une méthodologie pour simuler les conditions atmosphériques réelles sur une saison, un an ou une décennie grâce à un nombre approprié d'événements climatiques représentatifs.

Abstract :

The use of offshore bars to fight beach erosion, dating back to the 90th, was based on the fact that they represented a substantial reservoir of sediments. That theory turned out to be irrelevant, as beach nourishment requires coarser grain sizes. However, the essential role these bars can play in wave mitigation was demonstrated by recent studies. Hence, working on reinforcing existing bars or even adding extra bars is a convincing approach, for they constitute a line of defence with no visual impact and are therefore environment-friendly. The method offers the added benefit of tapping abundant fine sands, easily available offshore, to build up the bars.
All these assumptions should, of course, be systematically checked, the purpose of the exercise being to assess, through mid-term and long-term bathymetric evolution simulation, the consequences of the implementation of offshore bar nourishment and define the best location. The second aim of this study is to define a parameterization of the screenplay of the weather condition over a season, one year or a decade in an appropriate number of climatic events for the simulation.

Mots-clefs :

Modélisation ; Evolution morpho-dynamique ; Rechargement sédimentaire

1 Introduction

Le présent projet de recherche vise à étudier la possibilité d'utiliser les barres sédimentaires d'avant-côte dans la lutte contre l'érosion des plages sableuses. Ces barres constituent des stocks disponibles de sable, susceptibles d'être utilisés (Hamm *et al.*, 2002). Les avantages de cette technique de rechargement résident dans un coût limité grâce à la réduction du transport, dans l'utilisation de matériel granulométriquement favorable et dans la proposition d'une méthode « douce », sans impact paysagé, respectueuse de l'environnement.

A partir de la sélection d'un site naturel pilote (voir figure 1, collaboration avec l'université de Perpignan, Certain (2002)), l'étude repose sur la modélisation numérique saisonnière des processus mis en jeu pour ce type de configurations. Certain & Barusseau (2006) montrent que l'évolution morphodynamique des barres d'avant côte dans un environnement micro-tidal et un régime modéré bimodal de vague suit deux modèles conceptuels différents, le principal étant un modèle saisonnier en conformité avec le cycle observé des conditions hydrodynamiques.

Nous avons étudié l'évolution morphologique de ces barres et des rechargements en utilisant une combinaison d'un modèle 2DH commercial et d'un modèle de Multi1DH (Camenen et Larroudé, 2003, 2003b). Nous avons effectué ces simulations à long terme pour estimer l'impact sur l'hydrodynamique et sur l'évolution locale de fond marin dû au placement de la barre sableuse de rechargement de longueur finie. L'évolution morphologique de ce rechargement est étudiée pour différents emplacements dans la région littorale.

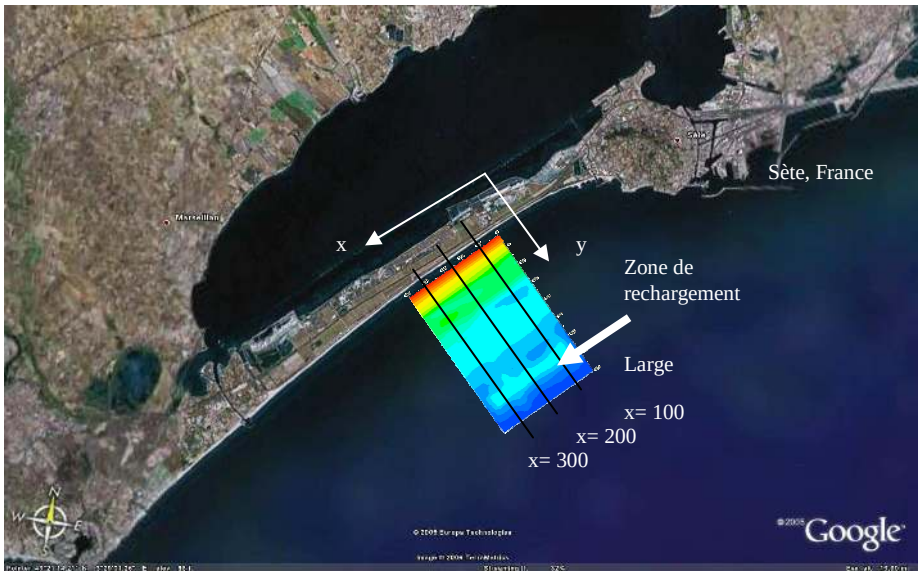

FIG. 1 – Site de « la plage de la Corniche » à Sète montrant la zone modélisée ainsi que l'emplacement du rechargement et des profils cross-shore (x=100, 200 et 300 m) utilisés pour les comparaisons avec les données in-situ.

2 Les modèles numériques

Les calculs numériques ont été réalisés à l'aide de la chaîne de calcul Telemac (LNHE-Chatou, 2002). Ce code constitue un modèle complet utilisant la méthode des éléments finis, permettant la réalisation de différents calculs hydrodynamiques sédimentaires.
La modélisation de la houle se fait par l'intermédiaire du code Artemis qui résout l'équation de Berkhoff avec intégration des processus de dissipation par déferlement et frottement sur le fond.
la modélisation des courants se fait en utilisant le code Telemac2d (résolution des équations de Barré Saint-Venant) ; le transport solide est simulé à l'aide du code Sisyphe (résolution de l'équation de conservation de la matière).

La modélisation du transport sédimentaire se fait à l'aide du code Sisyphe, pour lequel différentes formulations peuvent être utilisées pour prendre en compte les effets combinés de la houle et du courant de houle sur la remise en suspension et le transport du sédiment.

Il est important de choisir la formule de transport la plus appropriée à notre domaine d'étude afin d'obtenir les résultats les plus réalistes possible. Certaines formules parmi les plus courantes sont déjà intégrées dans le code de calcul (formules de Peter-Meyer, Einstein, Engelund-Hansen, Bijker et Ribberink). Nous avons également programmé les formules de Bailard (1981), Van Rijn (1984), et Dibajnia-Watanabe (1992) qui sont mieux adaptées au transport sédimentaire sur le littoral (interaction houle-courant). Une étude et des conclusions sur ces formules ont fait l'objet d'un article dans Journal of Coastal Engineering (Camenen and Larroudé 2003).

Nous utilisons également un modèle morphodynamique Multi-1DH pour des plages sableuses. Un intérêt du modèle vient de l'intégration des effets du courant de retour, jouant un rôle primordial dans la construction de la barre de déferlement.
L'évolution des fonds est ensuite calculée en imposant comme contraintes hydrodynamiques le courant le long de la côte selon la formule de Longuet-Higgins (1970) et le courant de retour (modèle basé sur l'approche de Svendsen (1984). Le processus est répété à chaque fois que la variation des fonds est susceptible de modifier l'hydrodynamique. Ainsi, la construction de la barre prélittorale, sa propagation du fait du courant "longshore", et les perturbations de la barre (chenaux des courants d'arrachement) sont calculées simultanément. Ce modèle permet ainsi de simuler la création de barres (par exemple rythmiques comme dans l'étude sur la plage du Truc-Vert, sur la côte atlantique du basin d'Arcachon Camenen et Larroudé (2003b). Il permet également de simuler la migration de barres et l'évolution des fonds à des échelles temporelles plus longues. C'est que nous avons fait pour cette étude sur le site de Sète.

3 Résultats

3.1 Comparaisons et validations

Nous avons établi une procédure de calcul avec un couplage externe des codes Artemis-Telemac2d-Sisyphe. Nous avons plus particulièrement amélioré le traitement des conditions aux frontières afin de pouvoir travailler sur des maillages équivalents pour les trois codes. Ces modèles ont été employés pour des simulations mensuelles et annuelles avec prise compte des conditions atmosphériques réelles. Ces conditions atmosphériques sont tirées des données mesurées in situ pour la période -entre autres cas- de novembre 2000. Les valeurs de hauteur, période et direction de houle sont obtenues en moyennant sur une durée correspondant à des conditions de vagues similaires et significatives (voir le tableau 1).

temps (s)	Hs (m)	Tp (s)	θ (degré)
0j à 1j 21h	0.244	7.45	25.475
1j 21h à 3j 12h	1.703	7.92	27.861
3j 12h à 7j 21h	0.351	7.13	28.094
7j 21h à 10j 9h	1.787	6.76	6.065
10j 9h à 18j 12h	0.222	6.2	3.97
18j 12h à 20j 3h	1.358	6.78	14.9
20j 3h à 24j 15h	0.251	7.03	14.33
24j 15h à 30j	1.259	6.27	-5.

Table 1 : Données météorologiques simplifiées: Novembre 2000 (Θ angle d'incidence en degré)

On peut noter que la hauteur des houles au large, moyennée sur chaque période, atténue les événements de tempête de ce mois de novembre. Nous ferons donc des simulations en rajoutant spécifiquement une ou plusieurs tempêtes suivant les mois étudiés au modèle météorologique simplifié.
Nous obtenons une bonne adéquation entre les bathymétries numériques après un mois de calcul et celles mesurées in situ (voir figure 2).

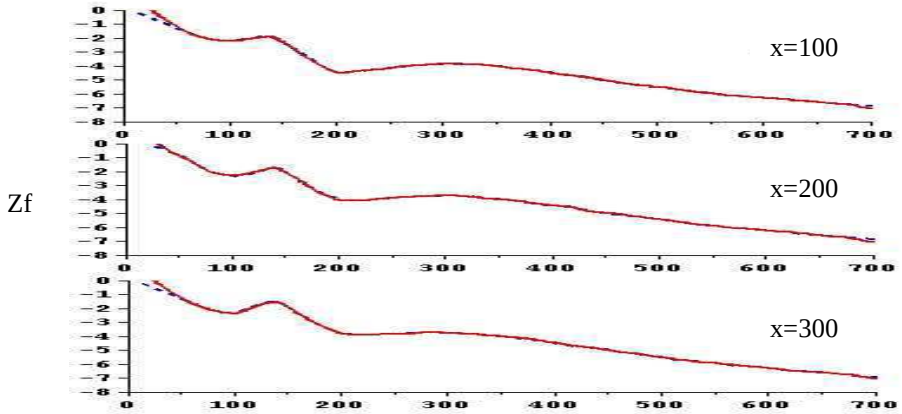

FIG. 2 – Côte du fond (Zf) pour 3 profils cross-shore le 25 novembre 2000, comparaison entre les données in situ (- -) et numériques (--) après un mois avec le modèle 2DH.

Nous avons effectué également des simulations avec plusieurs emplacements de rechargement sur la zone d'étude et nous comparons les résultats obtenus entre le modèle 2DH (vagues, hydrodynamique et transport) et le modèle Multi-1DH simplifié. Ces simulations ont fait l'objet d'un rapport d'activité du programme national Liteau I. L'ensemble de cette étude nous permet de mieux envisager la dimension et le lieu du rechargement sur l'avant-plage. La méthodologie du découpage des données météorologiques va nous permettre le passage des simulations mensuelles à annuelles.

3.1 Simulations long-terme

Nous observons à présent avec les codes couplés Artemis-Telemac2d-Sisyphe, la morpho-évolution de la plage avec et sans rechargement. Le but est de trouver la meilleure façon de créer un modèle météorologique simplifié des données in-situ.
Dans l'étude présentée ici, nous testons la méthodologie qui nous permet de comparer sur des simulations saisonnières les différentes moyennes en temps des événements météorologiques. Il faut effectuer une moyenne sur une durée temporelle plus courte que la durée de l'évènement climatique que l'on veut représenter. La figure 3 montre l'évolution du fond marin obtenue par les codes couplés Artemis-Telemac2d-Sisyphe pour un découpage temporel inférieur à la tempête (T2). Les différences des quantités de sédiment érodées et déposées montrent que dans une simulation long terme (annuelle ou plus) il faudra prendre en compte certains événements prédominants du climat en plus du modèle météo moyenné.
Nous avons effectué par la suite une simulation d'une année complète (découpée par saison) avec rechargement et utilisant un modèle météo composé de 48 événements. La simulation a

pris 24 heures de calcul sur un processeur de 2.36 gigahertz. L'objectif est de pouvoir prévoir grâce aux simulations le meilleur placement de la barre d'alimentation pour protéger la plage sur cinq à dix ans.

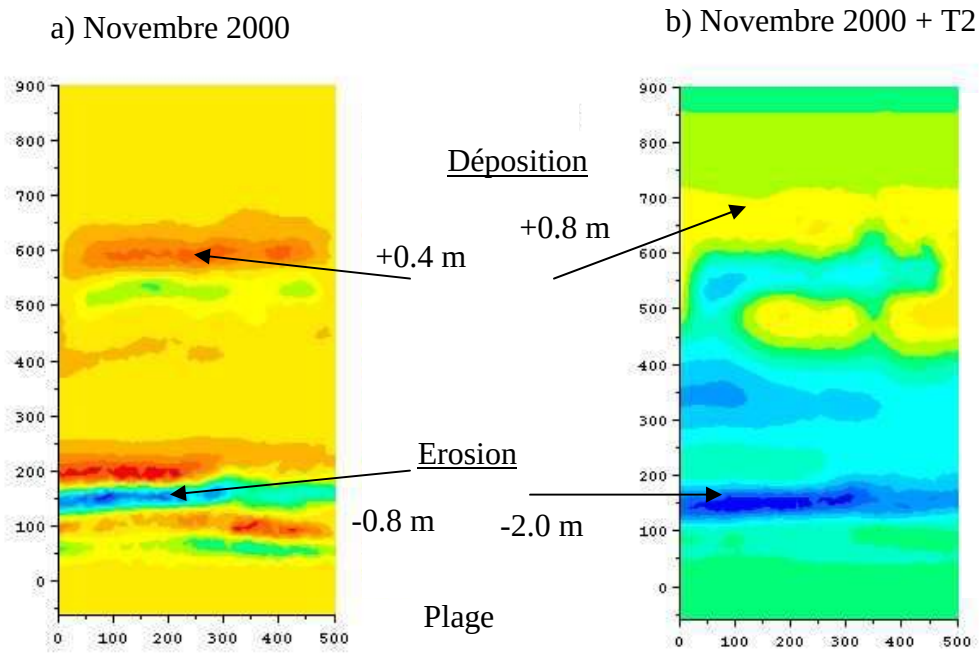

FIG. 3 – Evolution morphodynamique pendant un mois avec un rechargement : a) sans tempête et b) avec une tempête : T2 : Hs=4m, Tp = 10 s pendant 39h.

4 Conclusion

Un modèle 2DH morphodynamique issu d'un couplage externe de trois codes a été utilisé pour simuler l'évolution morphodynamique des rechargements de sable sous marin pour la protection du trait de côte. Un modèle simplifié multi1DH a été également utilisé pour les tests de scénarios de tempêtes et de formules de transport sédimentaire. Nos études nous ont permis d'optimiser l'emplacement de la dune sous marine de protection de la plage. Nos simulations permettent, grâce à la méthodologie mise en place, d'étudier des événements pour différentes échelles de temps (de la durée d'une tempête à celle d'une année complète). Pour toutes les simulations mensuelles, des comparaisons avec les données de terrain ont été effectuées et montrent une bonne adéquation entre les évolutions numériques et naturelles.

La prochaine étape de l'étude est de simuler un grand nombre de saisons de l'année 1994 à l'année 2005 afin de valider le modèle de simulation météorologique. L'objectif est de pouvoir prévoir pour les cinq années à venir le placement idéal pour un rechargement dans le cadre de la protection des plages.

Références

Bailard J.A.,1981, An energetic total load sediment transport model for a plane sloping beach, Journal of geophysical research, vol.86 C11 pp. 10938-10954.

Camenen B. and Larroudé Ph., 2003, *Comparison of sediment transport formulae for a coastal environment*, Journal of Coastal Engineering, 48, pp. 111-132.

Camenen B. and Larroudé Ph., 2003b, Un modèle morphologique côtier pour la création de barres rythmiques, *Revue française de génie civil*, Génie côtier, vol. 7, pp. 1099-1116, 2003.
Certain, R., 2002, Morphodynamique d'une côte sableuse microtidale à barres : le golfe du Lion (Languedoc-Roussillon). PhD Thesis, University of Perpignan, 199 pp.
Certain, R. and Barusseau J.P., 2006, Conceptual modelling of straight sand bars morphodynamics for a microtidal beach (Gulf of Lions, France), ICCE 2006, San Diego.
Dally W.R., Dean R.G., and Dalrymple R.A. , 1984. A model for breaker decay on beaches. *In 19th Coastal Eng. Conf. Proc*., pages 82-88. ASCE.
De Vriend H.J., 1987, 2DH Mathematical Modelling of Morphological Evolutions in Shallow Water, Coastal Engineering ,11, pages 1-27
De Vriend H.J. and Stive M.J.F., 1987, Quasi-3D Modelling of Nearshore Currents, Coastal Engineering ,11, pp. 565-601.
Dibajnia M. and Watanabe A., 1992, Sheet flow under nonlinear waves and currents, Coastal Engineering, pp. 2015-2029.
Hamm, L., Capobianco, M., Dette, H.H., Lechuga, A., Spanhoff, R., Stive, M.J.F, 2002, Asummary of European experience with shore nourishment, Coastal Engineering, 47, 237-264.
LNHE-Chatou, 2002, Telemac2d - modelisation system of Telemac, version 5.2 – user-validation manual, Technical report, edf-gdf
LNHE-Chatou, 2002,Sisyphe - modelisation system of Telemac, version 5.2 – user-validation manual, Technical report, edf-gdf
LNHE-Chatou, 2002, Artemis - modelisation system of Telemac, version 5.2 – user-validation manual, Technical report, edf-gdf
Longuet Higgins M..S., 1970, Longshore currents generated by obliquely incidentsea waves, Journal of geophysical research, vol 75, n°33, pp. 60778-60801
Svendsen I.A. 1984, Mass flux and undertow in the surf zone, *Coastal . Eng.* , 8, pp. 347-365.
Van Rijn L.C. 1984, Sediment transport: part1 : bed load transport ; part2 : suspended load transport ; part3 : bed forms and alluvial roughness, volume 110. ASCE.

Remerciements : Ce travail est supporté financièrement par les programmes LITEAU II et Beachmed-e, InterReg IIIC