

Observation of monsoon and typhoon-driven hydro-morphodynamics at a tropical low-tide terraced beach: a case study at Nha Trang, Vietnam

Abstract :

Most of the coast of Vietnam is currently eroding, an imbalance in the sediment budget that may be caused by overuse of river sediments for construction, subsidence associated with overuse of groundwater, over-exploitation of the littoral zone (coastal squeeze), and possibly by an increase in typhoon frequency and winter monsoon events. Assessment of sediment budget is needed and requires accurate evaluation of sediment transport in the coastal environment. In my PhD study, I use two close-range camera systems for nearshore monitoring: a land-based nearshore camera system for observing short-, medium- and long-term coastal hydro-morphodynamics and a drone for monitoring short-term events. Specifically, I used a camera system installed in Nha Trang beach, Viet Nam, from 05/2013 to 08/2016. The cross-shore profiles, shoreline positions and wave characteristics (height and period) extracted from the video data are calibrated with in-situ measurement from two field experiments during the Haiyan typhoon event. Then, the results on short-term and seasonal shoreline changes are analyzed -- and published. The study shows a marked seasonal evolution of Nha Trang shoreline and dramatic impact of cat-5 typhoons Nari and Haiyan with changes of 4 to 8 m in each case. However, the recovery to individual events is fast, as opposed to the effect of winter monsoon events. Our continuous video observations show for the first time that long-lasting monsoon events have more persistent impact (longer beach recovery phase) than typhoons. Using a shoreline equilibrium model, we estimate that the envelope of intra-seasonal events rather than monthly-averaged waves drives the seasonal shoreline behavior. Finally, the shoreline study suggests that the interplay between intensity and duration of intra-seasonal events may be of key significance. In the second part of this PhD study, a video-based bathymetry inversion technique is applied to long-term data with varying wave environment from swell to wind wave conditions. A main result is the overall stability and high resiliency demonstrated for the low tide terrace (LTT) beach of Nha Trang, with rapid exchange of sediment between the terrace and the upper beach during typhoons, monsoon events or seasonal cycles.

The high resiliency of these tropical environments may provide faster beach recovery compared with mid-latitude configurations. At the same time, the study details the treatment techniques needed for a long-term dataset, and focuses on the limitations of the method in the case of wind waves. For the first time, a tide gauge is used to quantify the error produced by video estimates, which provides a quality criterion. More generally, this study provides guidelines for users of video-based depth inversion methods and a base for standalone error assessment, which is essential for operational and data assimilation systems. A comprehensive error estimate, such as the one proposed here, is thus an excellent step for improving the assimilation approach. The study is concluded with an exploratory chapter on the use of drones for remotely assessing a continuous profile of topography and bathymetry. Instead of using a fixed-wing drone, which is not best suited for stationary applications, in this study, we use a rotary-wing drone with a very-high resolution camera. The study shows that the technique developed for shore-based video cameras can be successfully applied to a video system attached to a rotary-wing drone. Drone estimates are successfully compared with bathymetric surveys in Nha Trang. In addition, a preliminary sensitivity analysis suggests some guideline for future users.

Keywords:

morphological evolution, error quantification, low tide terrace, Nha Trang bay, depth inversion

Observation de l'hydromorphodynamique induite par la mousson et le typhon sur une plage de marée basse tropicale: étude de cas à Nha Trang, au Vietnam

Résumé :

La majeure partie des côtes du Vietnam s'érode actuellement, un déséquilibre dans le bilan sédimentaire qui peut être causé par la surexploitation des sédiments fluviaux pour la construction, l'affaissement associé à la surexploitation des eaux souterraines, la surexploitation de la zone côtière, et peut-être aussi par une augmentation observée des typhons et de la mousson d'hiver. L'évaluation du bilan sédimentaire est nécessaire et nécessite une évaluation précise du transport des sédiments dans l'environnement côtier. Dans mon étude de doctorat, j'utilise deux systèmes de caméras à courte portée pour la surveillance des eaux littorales : une caméra terrestre pour l'observation de l'hydro-morphodynamique côtière à court, moyen et long terme et un drone pour la surveillance des événements à court terme. J'ai utilisé un système de caméra installé sur la plage de Nha Trang, au Viet Nam, du 05/2013 au 08/2016. Certains résultats sur les changements saisonniers et à court terme du littoral ont été analysés et publiés. Les profils transversaux, les positions du rivage et les caractéristiques des vagues (hauteur et période) extraits des données vidéo ont été étalonnés à l'aide de mesures in situ provenant de deux expériences sur le terrain et de mesures bathymétriques effectuées pendant le typhon de Haiyan. L'étude montre une évolution saisonnière marquée du littoral de Nha Trang. L'impact des typhons de catégorie 5 Nari et Haiyan sur le littoral est également dramatique avec des changements de 4 à 8 m dans chaque cas. Cependant, la reprise aux événements individuels est rapide. Nous avons également comparé l'effet des moussons d'hiver avec celui des tempêtes. Nos observations vidéo continues montrent pour la première fois que les épisodes de mousson de longue durée ont un impact plus persistant (phase de récupération de la plage plus longue) que les typhons. À l'aide d'un modèle d'équilibre riverain, nous estimons que c'est l'enveloppe des événements intrasaisonniers plutôt que la moyenne mensuelle des vagues qui détermine le comportement saisonnier du rivage. Enfin, l'étude suggère que l'interaction entre l'intensité et la durée des événements intrasaisonniers peut être d'une importance capitale. Dans

la deuxième partie de cette étude de doctorat, une technique d'inversion bathymétrique basée sur la vidéo est appliquée aux données à long terme avec des conditions de vagues variables, de la houle aux vagues de vent. L'un des principaux résultats est la stabilité globale et la haute résilience démontrées pour la plage de la terrasse à marée basse (LTT) de Nha Trang, avec échange rapide de sédiments entre la terrasse et la plage supérieure pendant les typhons, la mousson ou les cycles saisonniers. La haute résilience de ces environnements tropicaux peut permettre une récupération plus rapide des plages par rapport aux configurations des latitudes moyennes. En même temps, l'étude détaille les techniques de traitement nécessaires pour un ensemble de données à long terme et se concentre sur les limites de la méthode dans le cas des vagues de vent. Pour la première fois, un marégraphe est utilisé pour quantifier l'erreur produite par les estimations vidéo et produire un critère de qualité. Plus généralement, cette étude fournit des lignes directrices pour les utilisateurs de méthodes d'inversion de profondeur basées sur la vidéo et une base pour l'évaluation autonome des erreurs, qui est essentielle pour les systèmes opérationnels et d'assimilation de données. Une estimation complète des erreurs, telle que celle proposée ici, est donc une excellente étape pour améliorer l'approche d'assimilation.

Mots-clés :

Baie de Nha Trang, inversion de profondeur, terrasse à marée basse, évolution morphologique, quantification d'erreur