

ABSTRACT

The double tombolo of Giens, located in the town of Hyères, South East of France, is a unique and rare geomorphological formation in the world, which links Giens Island to the continent. It was mainly formed due to the wave diffraction and refraction by the islands. It consists of two parts: the western branch (Almanarre beach) directly facing the Gulf of Giens and the eastern branch lying on the western coast of Hyères bay. These parts are distinctly separated by the salt pond of Pesquiers. The eastern part of Giens tombolo extends over more than ten kilometers from the mouth of Gapeau river in the north to La Badine beach in the south. The beaches along the eastern tombolo, especially Ceinturon and Bona beaches are subject to beach erosion and beach narrowing due to both natural causes and human interference, but anthropogenic interventions are still dominant. In order to mitigate or prevent coastal erosion, various coastal structures have been used along the eastern Giens tombolo. They can only solve local erosion in some cases, but may also trigger some undesirable effects as well as disadvantages. Even the shore-normal structures that interfere with longshore sediment transport, not only result in the deficit of sediment and erosion in the downstream drift, but also blot out surrounding landscape of the beaches.

The main objectives of this study was to better understand the physical processes underlying the morphodynamics, and also anticipate future evolution of the eastern Giens tombolo in response to different actions and interventions taking place along the coast. Thereof, the submerged breakwater (SBW) was proposed to not only protect the Ceinturon and Bona beaches and stabilize the shoreline in the long term, but also maintain beach amenity or aesthetics. DHI's MIKE 21 and LITPACK numerical models are used in order to achieve these above-mentioned objectives. Additionally, the historical and future medium-term shoreline evolution along the eastern Giens tombolo is also evaluated and predicted by using the combination of remote sensing, geographic information system (GIS) techniques coupled with the Digital Shoreline Analysis System (DSAS) along with linear regression method. These numerical models were satisfactorily tested available historical data, as they could reproduce the observed hydrodynamics and coastal evolution. Especially, a novel approach suggested to simulate the presence of Posidonia seagrass and various types of seabed is presented in this work. The numerical results interpret the role as well as impact of wind change, seasonal variation, extreme events, Posidonia seagrass, sea level rise, and beach nourishment on the morphological evolution of the eastern Giens tombolo. Moreover, the results obtained strongly demonstrate that the SBWs play a very important in protecting Ceinturon and Bona beaches to a certain degree, viz. effectively reducing the nearshore wave heights, current speed and sediment transport as well as counteracting the retreat of the shoreline under the wave conditions apart from the semi-centennial and centennial storms.

RÉSUMÉ

Le double tombolo de Giens, situé dans la ville de Hyères, dans le sud-est de la France, est une formation géomorphologique unique et rare dans le monde, qui relie l'île de Giens au continent. Il a été principalement formé en raison de la diffraction d'onde et de la réfraction par les îles. Il se compose de deux parties : la branche ouest (plage de l'Almanarre) directement en face du golfe de Giens et la branche orientale située sur la côte ouest de la baie d'Hyères. Ces parties sont séparées par l'étang salé des Pesquiers. La partie orientale du tombolo de Giens s'étend sur plus de dix kilomètres de l'embouchure de la rivière Gapeau au nord jusqu'à la plage de La Badine au sud. Les plages le long du tombolo oriental, en particulier les plages de Ceinturon et de Bona, sont sujettes à l'érosion et au rétrécissement en raison de causes naturelles et d'interférences humaines, mais les interventions anthropiques dominent.

Afin d'atténuer ou d'empêcher l'érosion côtière, diverses structures côtières ont été utilisées le long du tombolo oriental de Giens. Elles ne peuvent résoudre l'érosion locale que dans certains cas, mais peuvent aussi engendrer des effets indésirables. Les structures côtières qui interfèrent avec le transport des sédiments le long des côtes, non seulement entraînent un déficit de sédiments et l'érosion dans la dérive en aval, mais aussi effacent le paysage environnant des plages.

Les principaux objectifs de cette thèse étaient de mieux comprendre les processus physiques sous-jacents à la morpho-dynamique et d'anticiper l'évolution future du tombolo oriental de Giens en réponse aux différentes actions et interventions le long de la côte. La mesure structurelle la plus appropriée a été proposée non seulement pour protéger les plages de Ceinturon et Bona et pour stabiliser le rivage à long terme, mais aussi pour maintenir l'accessibilité ou l'esthétique des plages. Les modèles numériques MIKE 21 et LITPACK de DHI sont utilisés pour atteindre ces objectifs. L'évolution historique et future à long terme du rivage est également évaluée et prédite en utilisant la combinaison de techniques de télédétection, de système d'information géographique (SIG) et de régression linéaire. Ces modèles numériques ont été testés de manière satisfaisante sur des données historiques disponibles, car ils pouvaient reproduire l'hydrodynamique observée et l'évolution côtière.

En particulier, une nouvelle approche suggérée pour simuler la présence de posidonies et divers types de fonds marins est présentée dans ce travail. Les résultats numériques interprètent le rôle ainsi que l'impact du changement de vent, la variation saisonnière, les événements extrêmes, les herbiers de posidonies, l'élévation du niveau de la mer et le ré-ensablement de la plage sur l'évolution morphologique du tombolo oriental de Giens. De plus, les résultats obtenus démontrent que les digues sous-marines jouent un rôle très important dans la protection des plages de Ceinturon et Bona, elles permettent de réduire efficacement la hauteur des vagues, la vitesse du courant et le transport des sédiments ainsi que contrecarrer le retrait du rivage dans toutes les conditions des vagues, à l'exception des tempêtes semi-centennaires et centennales pour lesquelles une certaine érosion persiste. Combinées à des ré-ensablements périodiques mais limités en espace et en temps, elles semblent constituer le meilleur compromis de protection à moyen et long terme.