

# Protection du littoral par brise-lames successifs Première application en Grèce — Ile de Skyros

Dr. Ing. Ch. G. Antonopoulos

Prof. A.J. Rogan

Rogan Associates Consulting Engineers-Architects  
Athènes, Grèce

## 1. Introduction

Le tronçon central de la côte est de l'île de Skyros, dans la mer Egée, est en voie d'érosion depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle.

Exposée à l'attaque des houles fortes venant du nord-est, la falaise fragile recule incessamment, malgré quelques « travaux de protection » édifiés par les habitants.

L'hôtel XENIA, construit vers 1955 par l'Organisation Hellénique du Tourisme, près du bord de la falaise, est aujourd'hui en péril, à cause de l'érosion avancée du pied de la falaise.

## 2. Cadre géographique et géomorphologique

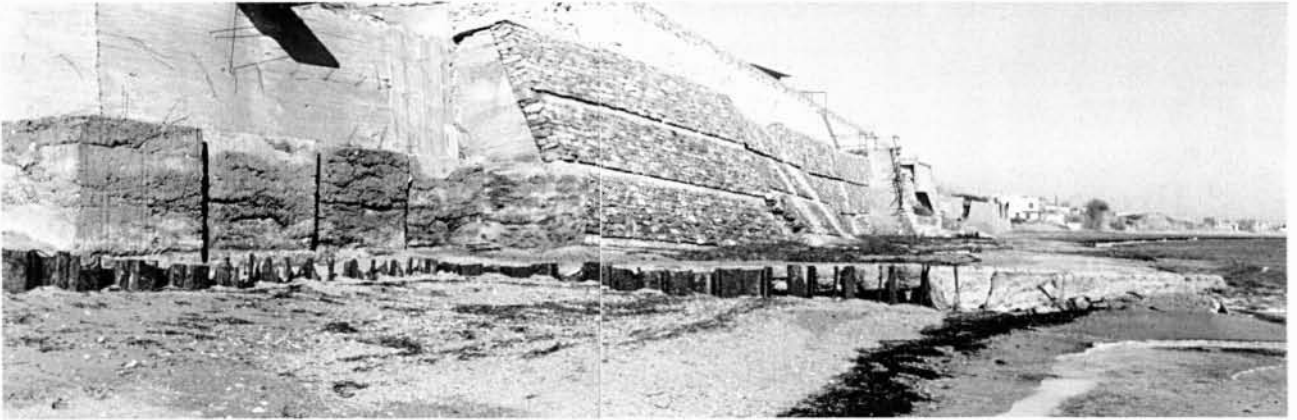
L'île de Skyros est au cœur de la mer Egée, à 130 km au nord-est d'Athènes (fig. 1). L'hôtel XENIA est situé sur la falaise qui surplombe la plage sableuse unique de la côte est de l'île, une plage longue d'environ 1 300 m.



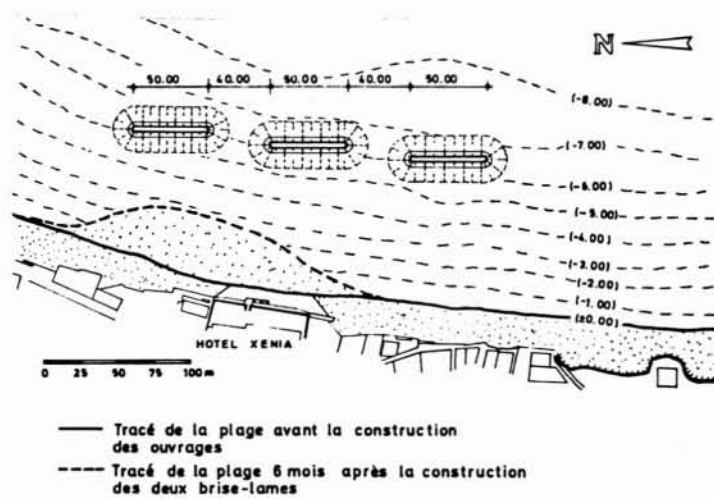
1. Cadre géographique.

### Protection of the coast by successive breakwaters Initial assessment in Greece (Skyros island)

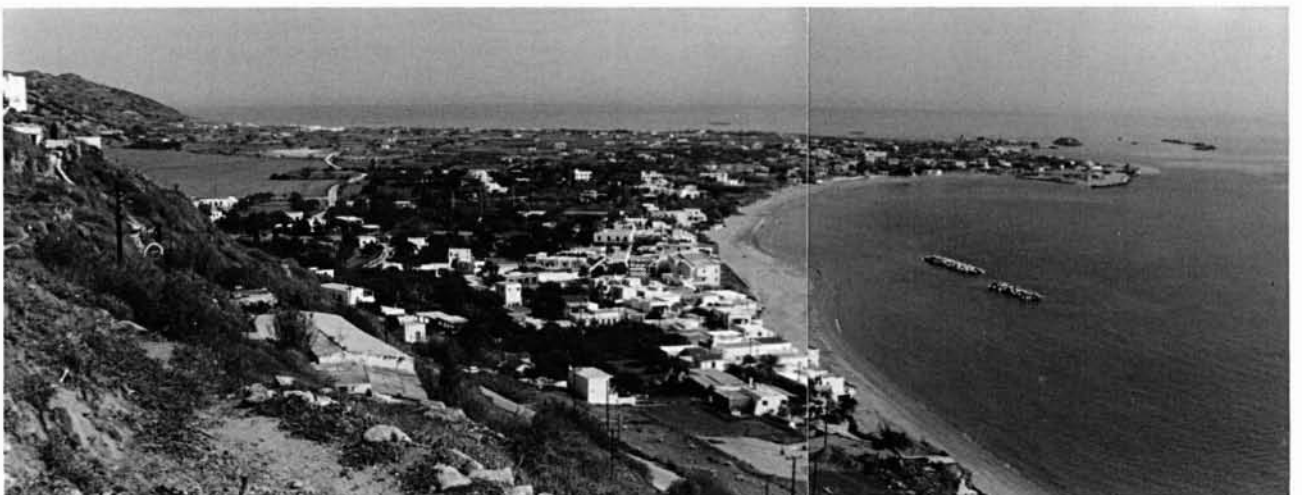
*In the case of a coast exposed to swells from different directions, protection by isolated breakwaters emerging from the water can be very efficient on condition that sedimentary movements are mainly transversal. If the protection is composed of successive breakwaters the spacing between these breakwaters plays a vital role in determining the behaviour of the protected beach. Spacing that is shorter than the length of the adjacent breakwaters could lead to a major accumulation of sediments sheltered from the works and this is often undesirable for reasons of pollution. Moreover, such a system of coastal protection, in which the spacing between the breakwaters is less than the length of the breakwaters, seems to have the same consequences on the beach of the shore as a long breakwater. Therefore there is a risk that a tombolo will be formed, connecting to the constructions after a certain period of time.*



2. La côte devant l'hôtel Xenia avant la construction des ouvrages.



3. Plan masse et évolution de la plage après la construction des deux brise-lames.



4. La côte devant l'hôtel Xenia après la construction des deux brise-lames.

La couverture superficielle du substratum rocheux, ainsi que la falaise en question, sont constituées de sols argileux, très friables, garnis par endroits de galets et de graviers, en couches bien litées.

De toute évidence, il s'agit d'une côte « en retrait », suivant la classification de Valentin. D'après les habitants de l'île, une quarantaine de mètres de terre ferme, ainsi qu'une première ligne de maisons, ont été emportées par la mer depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle.

### 3. Facteurs hydrodynamiques

Dans le site en question, les houles dominantes viennent du secteur nord/nord-est, surtout en période hivernale (novembre-mars). D'autre part, les houles du secteur sud-est, bien que plus modérées, sont loin d'être négligeables, surtout en ce qui concerne le transport saisonnier alternatif des sédiments de la côte vers le nord et vers le sud.

Les caractéristiques des houles sont les suivantes :

	Hauteur significative au large (m)	Période significative (sec)
NE	4,35	8,3
E	1,90	5,5
SE	3,70	6,5

Les plans de vagues établis pour les houles des diverses directions montrent une nette convergence des orthogonales des houles du secteur nord-est, aux alentours de l'hôtel Xenia, phénomène qui pourrait expliquer, en partie, la forte érosion et le recul de la côte à cet endroit.

Etant donné la pente du fond, qui est inférieure à 3 %, le déferlement de la houle près du rivage est du type « plongeant ». Par conséquent, pendant les tempêtes, la houle commence à influencer les fonds à une certaine distance de la côte, mettant en suspension les sédiments sableux.

### 4. Les sédiments de la côte

Une vingtaine d'échantillons ont été recueillis le long de la côte en question et soumis aux analyses suivantes :

- analyses granulométriques ;
- détermination minéralogique par diffractométrie ;
- détermination du pourcentage des minéraux lourds.

Les sédiments de la plage, ainsi que ceux recueillis entre la barre de lévigation et la côte, sont classifiés comme de sables moyens à grossiers. À l'embouchure d'un cours d'eau qui débouche au nord de l'hôtel, des faibles quantités des sédiments fins ont été retrouvées.

En ce qui concerne la composition minéralogique des sables, le quartz est présent à environ 60 %, le 40 % restant étant composé de calcite, feldspath (orthose, plagioclase) et chlorite.

### 5. Evolution du littoral

La côte sableuse décrite brièvement ci-dessus est en voie d'érosion constante, le rythme du recul relatif étant lié aux conditions océanographique annuelles. Selon les habitants, une érosion de 40 à 50 m au cours du XX<sup>e</sup> siècle a été observée, c'est-à-dire un recul moyen d'environ 50 cm/an.

Ce rythme est très accéléré la dernière décennie, à cause de la construction des murs littoraux verticaux, en béton cyclopéen. Ces murs ont été édifiés par les habitants pour « protéger » les maisons en bordure du littoral. Les résultats ont été tout à fait contraires, c'est-à-dire une forte érosion de la plage par la houle réfléchiée sur la face verticale des murs et un affouillement, par endroits, du pied des ouvrages et la destruction partielle de ceux-ci.

Le même type de « protection » a été adopté pour l'hôtel XENIA, comportant donc un mur quasi-vertical et une dalle de béton au pied du mur (fig. 2). Après quelques années d'attaque continue par la houle, la frange littorale devant l'hôtel à disparu et la stabilité du bâtiment a été mise en cause.

### 6. Description du projet

Etant donné que la côte est soumise à l'attaque des houles frontales et obliques et que les mouvements des sédiments s'effectuent dans le profil, la protection du littoral pouvait être envisagée par un ou plusieurs brise-lames isolés émergents.

Le choix du type de protection et les dimensions de ceux-ci ont été conditionnés par les facteurs suivants :

- les ouvrages ne devaient pas être trop coûteux et, en même temps, ils devaient protéger le maximum de longueur possible de la côte ;
- aucune étude en modèle réduit n'était envisagée. Il fallait donc concevoir les ouvrages de telle manière que l'on soit certain de leur efficacité optimale en termes de protection du littoral ;
- étant donné le caractère balnéaire du site, les ouvrages de protection ne devaient ni gêner la baignade ni obstruer excessivement la vue vers le large ;
- l'aspect esthétique des ouvrages et leur insertion dans le paysage devaient aussi être pris en considération.

Le dimensionnement des ouvrages a été fait suivant les recommandations citées en références (2), (3) et (4). Des ouvrages longitudinaux, parallèles au rivage, ont été choisis comme étant les mieux adaptés aux besoins du site.

La formation d'un tombolo se raccordant au brise-lames est assurée si la longueur de l'ouvrage (1) est supérieure à sa distance au rivage (b) (réf. 4). Dans le cas d'un seul brise-lames, la quantité des sédiments interceptées entre le brise-lames et la côte est maximale, si  $b/l = 0,52$ . Pour une série de brise-lames, l'interception des sédiments est maximale si  $0,25 < b'/l < 0,50$ ,  $b'$  étant l'espacement entre deux brise-lames successifs (réf. 4).

En outre, pour qu'il n'y ait pas d'érosion de la côte située entre deux brise-lames successifs, il faudrait que l'espacement ( $b'$ ) soit tel que :  $b' < 0,83 b + L/2$ ,  $L$  étant la

longueur d'onde de la houle au voisinage des ouvrages (réf. 3).

En tenant compte des recommandations mentionnées ci-dessus, la côte en question a été protégée par un système de trois brise-lames successifs, implantés par  $- 6,00$  m et situés à 90 m environ du rivage. La longueur de chaque brise-lames était de 50 m et l'espacement entre ceux-ci 40 m (fig. 3).

Enfin, aucun rechargement de la plage n'était prévu, au moins dans la première phase des travaux.

Les plans de vagues et les diagrammes de diffraction tracés pour les trois directions d'approche principales (NE, E et SE), ont montré que, à l'ombre des brise-lames, trois tombolos pourraient se former, sans raccordement de ces derniers aux ouvrages, car les limites d'expansion des houles issues de chaque musoir, ne se croisaient pas sur la ligne de la côte.

### 7. Fonctionnement des brise-lames

Les travaux de construction des brise-lames ont démarré en novembre 1989 et au mois d'avril 1990 les deux premiers avaient été achevés (fig. 4).

Un levé rapide des fonds a permis de faire les premières constatations concernant l'efficacité des brise-lames proposés.

Après moins de six mois de fonctionnement et sous des conditions météorologiques modérées (aucune tempête exceptionnelle n'a été enregistrée au cours de l'hiver 1989-90), les deux brise-lames ont provoqué l'accumulation d'une quantité importante de sable. Devant l'hôtel XENIA, où la plage sableuse avait pratiquement disparu depuis quelques années, la largeur du dépôt de sable était d'environ 35 mètres. Plus au nord, en face du premier brise-lames, l'accumulation des sédiments était encore plus prononcée, sa largeur étant d'environ 45 mètres.

Au nord et au sud du tronçon protégé, aucune trace d'érosion de la côte n'avait été constatée. Les mouvements des sédiments le long du littoral étaient donc bien très faibles, comme ils ont été supposés dès le début, en se basant sur les informations obtenues par la distribution des minéraux lourds le long du littoral.

Il apparaît que, grâce à la présence des brise-lames, la dispersion transversale des sédiments a été fortement diminuée, ou encore interrompue pour les houles faibles.

Par contre, le tracé de la laisse de la plage, résultant de la construction des ouvrages, n'a pas été exactement celui prévu par les diagrammes de diffraction théoriques. En effet, la formation des tombolos distincts n'a pas eu lieu. A leur place, à l'abri des brise-lames, une large accumulation triangulaire s'est formée, sans parties avancées

derrière les brise-lames, ni parties concaves en face de l'espacement entre les brise-lames.

Un tel comportement de la plage peut être attribué à deux facteurs :

(a) l'espacement entre les brise-lames était relativement court, le fonctionnement de ces derniers semble donc être identique à celui d'un seul brise-lames long ;

(b) le régime des houles pendant les six mois de fonctionnement des ouvrages était plutôt un régime de « beau temps », la côte n'étant pas soumise à l'action des houles de fortes tempêtes.

### 8. Conclusions

Dans le cas d'une côte exposée à des houles venant de différentes directions, la protection par brise-lames isolés émergents peut s'avérer très efficace, à condition que les mouvements sédimentaires soient principalement transversaux.

Si la protection est réalisée par brise-lames successifs, l'espacement entre ces derniers joue un rôle primordial sur le comportement de la plage protégée. Un espacement inférieur à la longueur des brise-lames adjacents pourrait conduire à une accumulation importante des sédiments à l'abri des ouvrages, ce qui est souvent non souhaitable pour des raisons de pollution. En outre, un tel système de défense littorale, où les espacements entre les brise-lames ne sont pas supérieurs à la longueur de ceux-ci, semble avoir les mêmes conséquences sur la laisse de la plage qu'un brise-lames long. Il y a donc un risque de formation de tombolo, se raccordant aux ouvrages, au bout d'un certain temps.

### Références

- [1] U.S. Army Coastal Engineering Research Center, Vicksburg (1984) : *Shore Protection Manual*.
- [2] DALLY, W.R. POPE J. (1986). — *Detached breakwaters for shore protection*, Technical Report CERC-86-1.
- [3] Laboratoire Central d'Hydraulique de France (1976). — *L'action de la houle sur les sédiments*. Etude réalisée pour le CNEXO.
- [4] HARRIS, M.M. HERBICH L.B. (1986). — Effects of breakwater spacing on sand entrapments, *Journal of Hydraulic Research*, vol. 24, n° 5.

Adresse des auteurs : Rogan Associates, 9 Valetta Str., 15771 Athènes, Grèce.