



## **REGION MACEDOINE DE L'EST ET DE LA THRACE (GRECE)**

## 1. Introduction

Le laboratoire de la Mécanique et de la Technologie écologiques, Département des Ingénieurs d'Environnement, de l'Université Democritus de Thrace (DUTH), Xanthi, Grèce, est responsable de l'exécution des études bathymétriques et morphologiques dans le secteur du plateau continental intérieur et externe de la mer de Thrace, mer Égée, du nord de la Grèce, afin de déterminer les caractéristiques des sédiments du fond de la mer et identifier des gisements de sable disponibles pour des futurs projets d'alimentation des plages. La Mesure 2.3 - ReSaMMé de BEACHMED vise à décrire l'arrangement géologique au secteur plus large, avec l'intérêt particulier à la compréhension des motifs de distribution sédimentaires, car ils se relient à la présence des surfaces rocheuses au fond de la mer et de la nature des sédiments se reposant sur eux.

Plus spécifiquement, le sous-projet de ReSaMMé traite la recherche de la détermination des quantités significatives de sédiment du fond de la mer pour le transport et le dépôt de ces quantités dans la zone côtière qui souffre de l'érosion. Ces activités de recherches sont conduites par l'intermédiaire des protocoles communs avec les autres associés qui participent au sous-projet ReSaMMé.

## 2. Description de région d'étude

En Grèce du Nord, on a choisi le secteur du delta du fleuve Nestos. Le choix du secteur d'étude, qui se situe au long du littoral de la Région de Macédoine de l'Est – Thrace, a été basé à l'évidence récente des problèmes significatifs d'érosion. Le secteur situé à l'ouest de l'embouchure de Nestos, où une série de lagunes côtières et du promontoire arénacé de Keramoti se développent, semble être la zone avec la vulnérabilité d'érosion présente et future la plus élevée. Le secteur constitue une partie du plateau continental de mer de Thrace [1], et représente la partie orientale du Golfe de Kavala, la seconde dans le corps partiellement enfermé de l'eau de taille de la mer de Thrace et le plateau continental égéen du nord ( Figure 1).

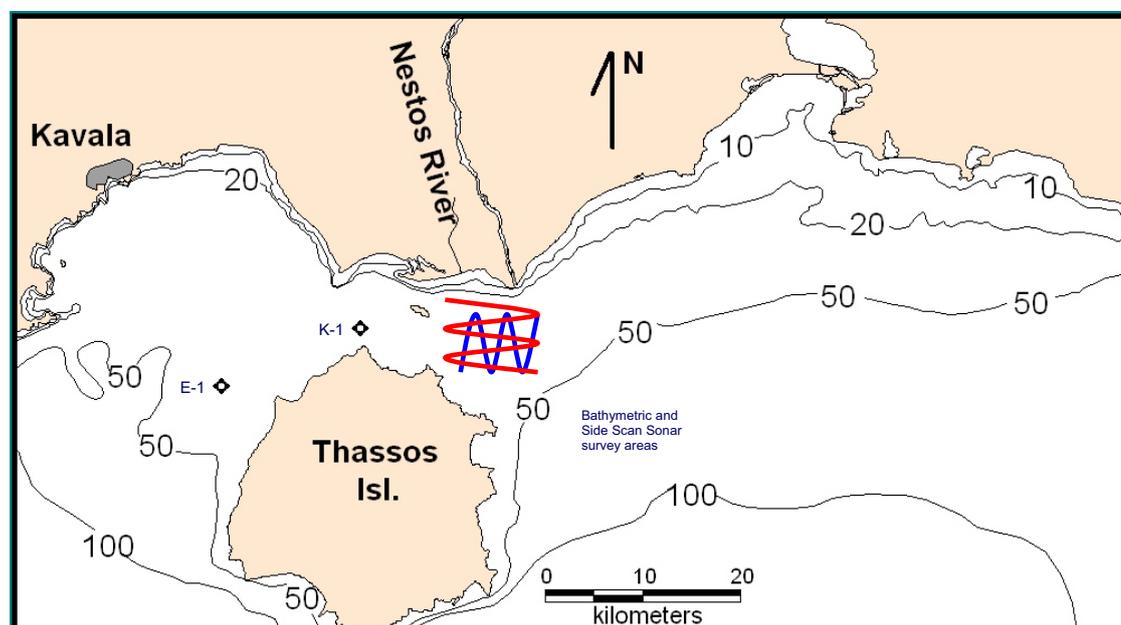


Figure 1. Carte du secteur d'étude (lignes bleues et rouges). E-1 et K-1 représentent les deux forages.

Le taux d'érosion du secteur change considérablement dans la direction au long du littoral, s'étendant de quelques centimètres jusqu'à 25 m par an. Ce phénomène a été attribué au retranchement du cours du fleuve Nestos le long de son delta et à la construction d'un système d'irrigation étendu pendant le début de l'année 1950. Cette intervention a augmenté la vitesse de l'écoulement d'eau à l'embouchure et a renforcé la diffusion en mer des sédiments [2]. En même temps, les deux grands barrages (Thisavros et Platanovrisi), construits le long du fleuve Nestos pendant le début de l'année 1990, ont sensiblement diminué le transport terrestre des sédiments

par le fleuve à la côte augmentant de ce fait le risque d'érosion. Cette réduction a été estimée approximativement à 60% de la fourniture maximale observée des sédiments au secteur côtier [3]. Finalement, l'endroit du secteur d'étude le long du littoral nordique de la mer Égée, avec une longue longueur de développement (fetch) de l'ordre de plusieurs kilomètres, favorise le développement et le progrès des vagues méridionales, contribuant à croissance du transport de sédiment. La présence du passage de Thassos–Keramoti, augmente les forces hydrodynamiques côtières, produisant des courant de vitesse jusqu'à 1.2 m/s, influençant d'autres procédés d'érosion par le transport de sédiment au long du littoral. L'érosion côtière a été également affectée par la construction des petits ports et d'autres structures similaires qui diminuent ou gênent le transport de sédiment le long du littoral.

L'imagerie de Landsat a fourni l'évidence pour l'érosion du littoral dans le secteur d'étude. Comme s'est présenté à la Figure 2, le littoral a souffert de l'érosion significative pour la période 1982-2001, particulièrement à l'ouest du fleuve de Nestos et à l'ouest du secteur d'étude.

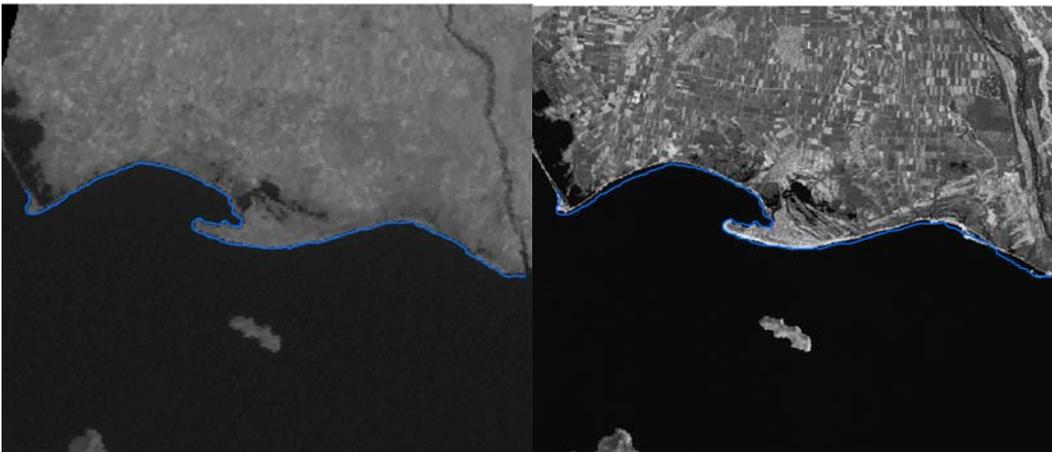


Figure 2. Images de Landsat pour le secteur d'étude. Image à gauche: Image 1982 (Landsat); Image à droite: Image 2001 de Landsat avec le littoral 1982 superposé.

### 3. Arrangement géologique

Le long du plateau continental de Thrace, le littoral s'est retiré progressivement il y a approximativement 16.000 ans et la sédimentation des dépôts terrestres à grain grossier (bardeaux, graviers et sables), transportés au secteur par les fleuves et les torrents locaux ) a eu lieu. Le niveau de la mer est stabilisé avant 7000 ans approximativement, permettant le début du processus de la sédimentation marine, qui a eu comme résultat la déposition des sédiments à grain fin (argiles, sables fins) qui sont dispersés à la region d'étude par les courants cotiers et les vagues. Par ce processus de petits canaux et cours d'eau ont été couverts par des sédiments de processus de fleuve ont été couverts par des sédiments, alors que les dépôts alluviaux du fleuve Nestos couvraient ses vieux cours d'eau, décalant le fleuve vers l'est.

Les sédiments de surface sont dominés par des sables et des sables argileux, se produisant intensivement sur la côte occidentale de l'île de Thassos et la proximité de l'embouchure de Nestos. Bien que l'examen stratigraphique étendu dans le secteur n'ait pas été exécuté, la région d'intérêt se trouve près de deux forages profonds de 20 m. Les Figures 3 et 4 illustrent la stratigraphie sédimentaire du plateau continental, obtenue par ces deux forages, où l'ordre des sables argileuses, d'amende et des vases arénacées est montré (E-1 et K-1 sur la Figure 1). La succession des sédiments présente également l'absence des couches à grain grossier, comme graviers et les cailloux, déposés près du fond de la mer.

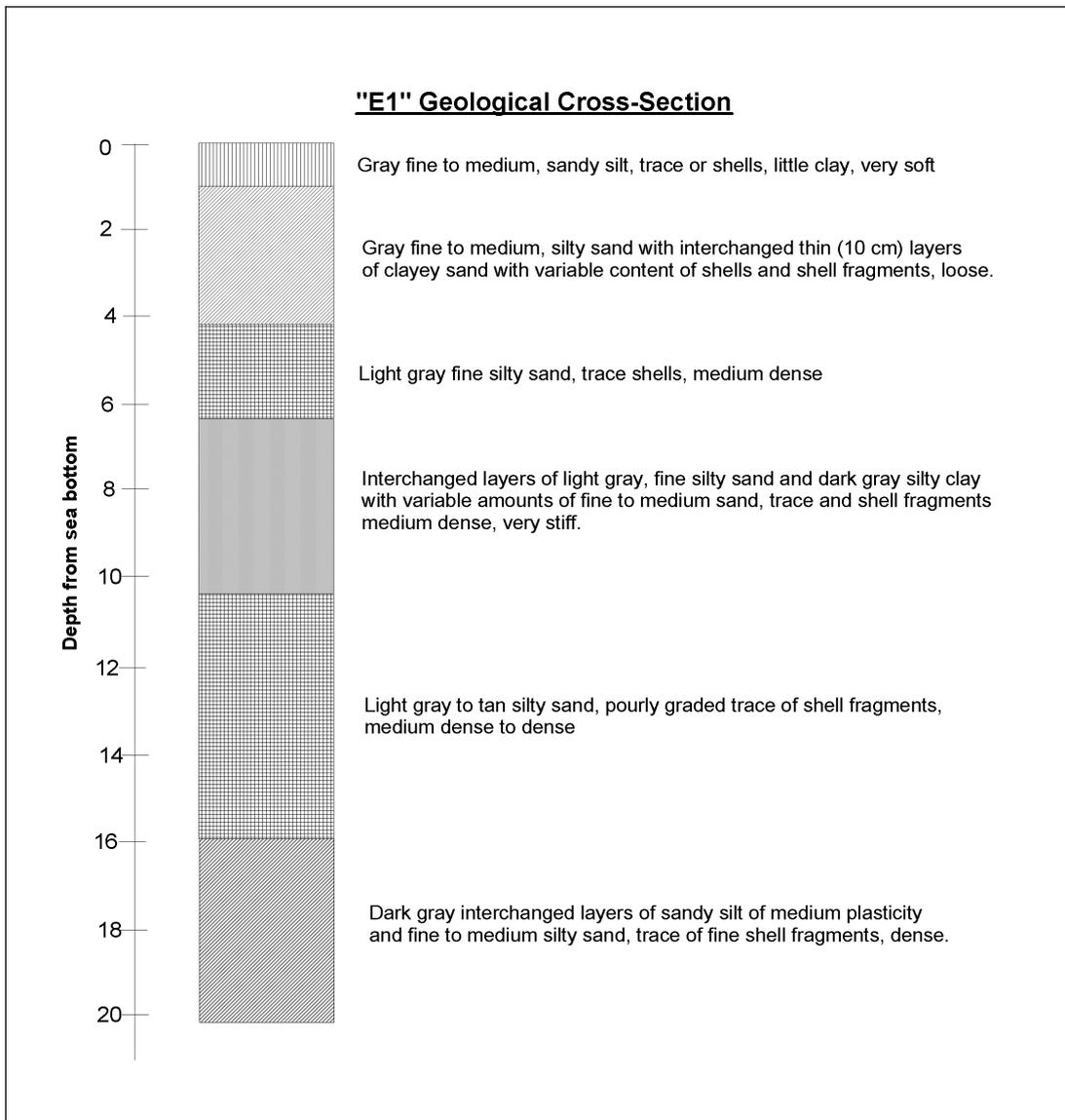


Figure 3. Succession des sédiments du fond de la mer obtenue à partir du forage E-1 au plateau continental de la mer de Thrace (L'emplacement du forage E-1 est noté sur la Figure 1).

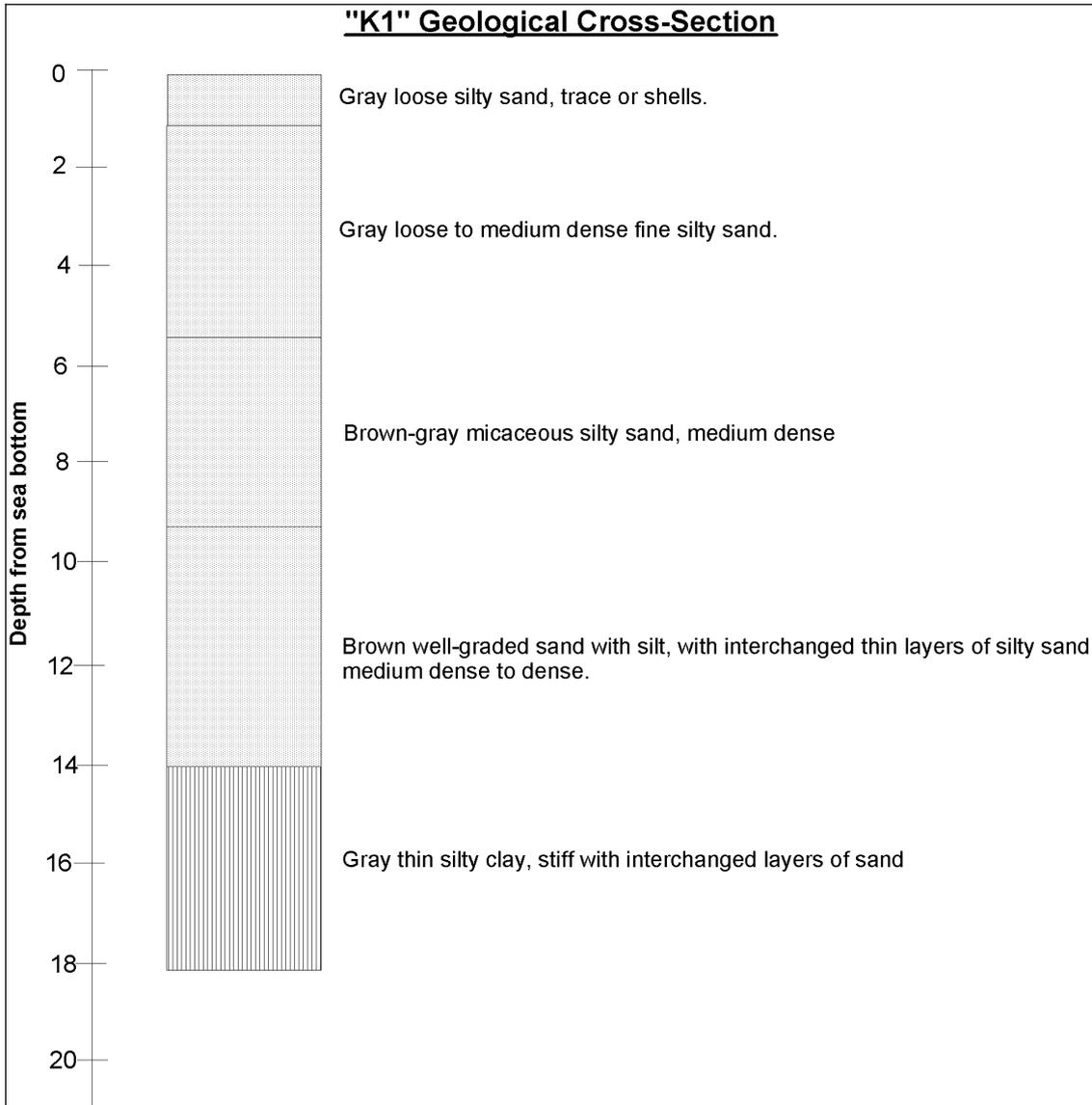


Figure 4. Succession des sédiments du fond de la mer obtenue à partir du forage K-1 au plateau continental de la mer de Thrace (L'emplacement K-1 est noté sur la Figure 1).

#### 4. Méthodologie de prélèvement

Afin d'obtenir un mis à jour, à grande échelle de la caractérisation physique des sédiments de surface couvrants le domaine d'étude (Figure 1), un système de mesure à haute résolution OLEX ES65 muni d'un faisceau-simple de bathymétrie à haute résolution a été employé, connecté à un système d'écho-sondeur Simrad ES60. En outre, la caractérisation à grande échelle des sédiments du fond de la mer a été également fournie en employant un sonar de balayage latéral (side scan sonar) C-Max CM2 qui a fournit une imagerie par balayage latéral acoustique digital. Finalement, des échantillons du fond de la mer ont été rassemblés qu'extérieurs de sédiment ont été rassemblés au long des lignes d'enquête à l'aide du sonar de balayage latérale (side scan sonar) avec un échantillonneur de sédiment KC Danemark Van Veen, afin de comparer les résultats des images du sonar de balayage latéral aux échantillons des sédiments obtenus à plusieurs points.



Figure 5. Le sonar de balayage latéral (side scan sonar) C-Max CM2 utilisé pour la caractérisation des sédiments du fond.

Le «towfish» de C-Max CM2 a été remorqué derrière le navire d'aperçu avec un câble de signal Kevlar de longueur de 100m pour accorder la communication bi-directionnelle et l'acquisition de données en temps réel. Le système a enregistré des données acoustiques du towfish et des informations relatifs à la position prévenants du système de navigation du navire, et a projeté en temps réel sur un moniteur de PC (qui s'est relié au système d'acquisition) l'imagerie latéral de sonar de balayage (voir les figures 6 et 7).



Figure 6. Le moniteur de PC s'est relié au towfish du C-Max C-Max CM2.



Figure 7. Le «towfish» du C-Max CM2 a été remorqué derrière le navire d'aperçu avec un câble de signal Kevlar.

Des sondage préliminaires ont été exécuté sur CM2 par le logiciel fourni (logiciel de MaxView). Les figures 8 et 9 montrent les analyses préliminaires (obtenues par le sonar de balayage latéral).

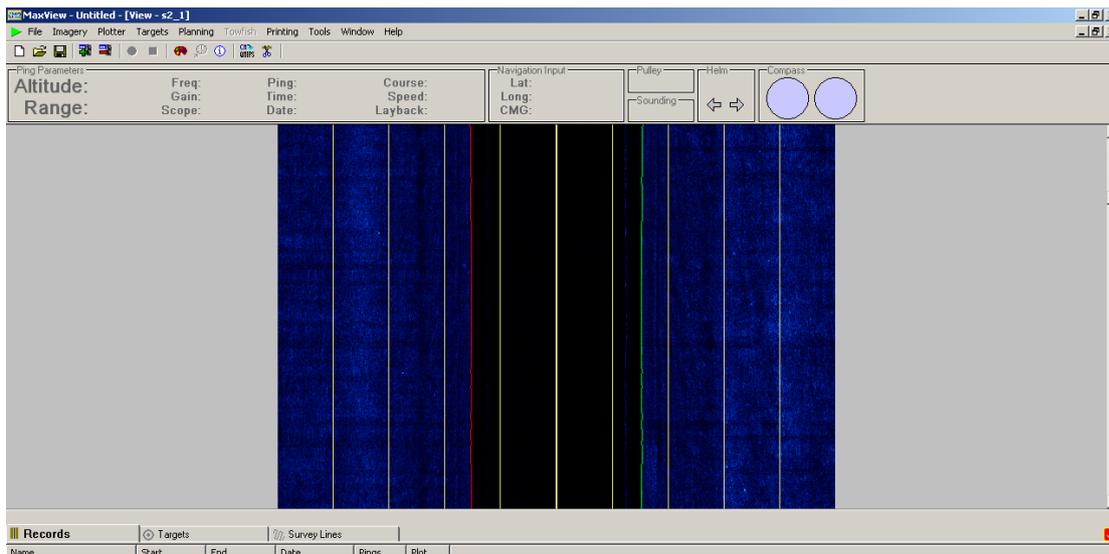


Figure 8. Logiciel MaxView - Environnement de fonctionnement de C-Max CM2:.

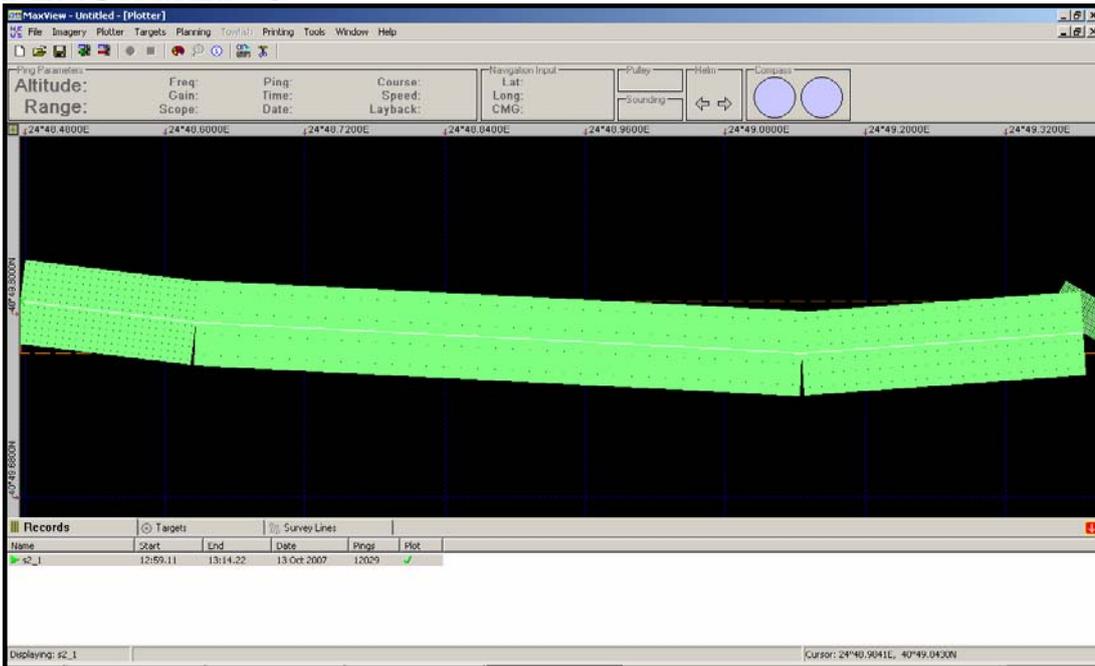


Figure 9. Logiciel MaxView - Environnement de fonctionnement de CM2 C-Max

Plusieurs fichiers numériques du sonar de balayage latéral ayant le format \*.xtf (format de Triton) ont été produits à l'aide des expéditions scientifiques. Ces fichiers représentent une ligne de longueur totale de 53.3 kilomètres (voir Figure 10). La gamme acoustique du signal du «towfish» dans le port et la direction droite (gamme oblique) a été définie à 100 m, en choisissant une fréquence du signal à 325 kHz. Une telle configuration a permis la définition élevée des caractéristiques histologiques et acoustiques des sédiments du fond de la mer.

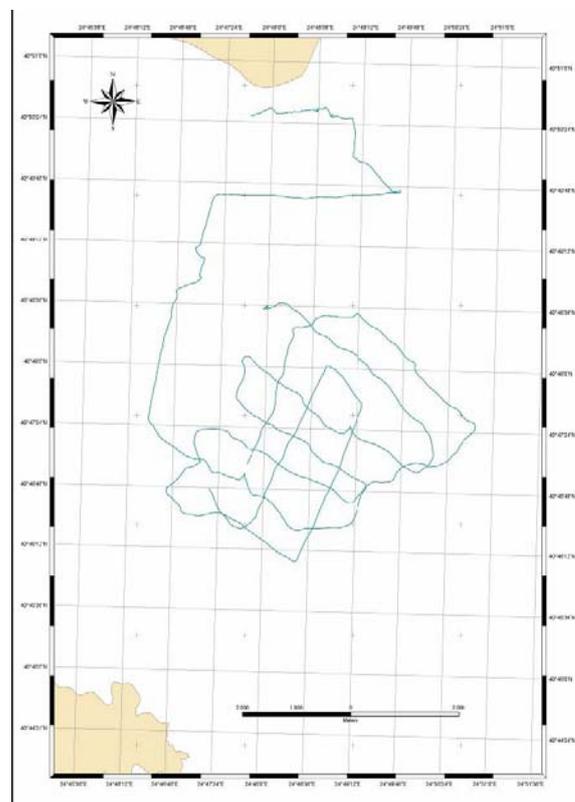


Figure 10. Lignes d'aperçu obtenues en utilisant OLEX et les systèmes du sonar de balayage latéral (side scan sonar).

La surface totale examinée a été calculée à 42.34 km<sup>2</sup> tandis que la partie du fond de mer examiné (secteur balayé par le sonar latéral de balayage) était de 4.4 km<sup>2</sup>, approximativement 10% de la région d'intérêt (la Figure 11).

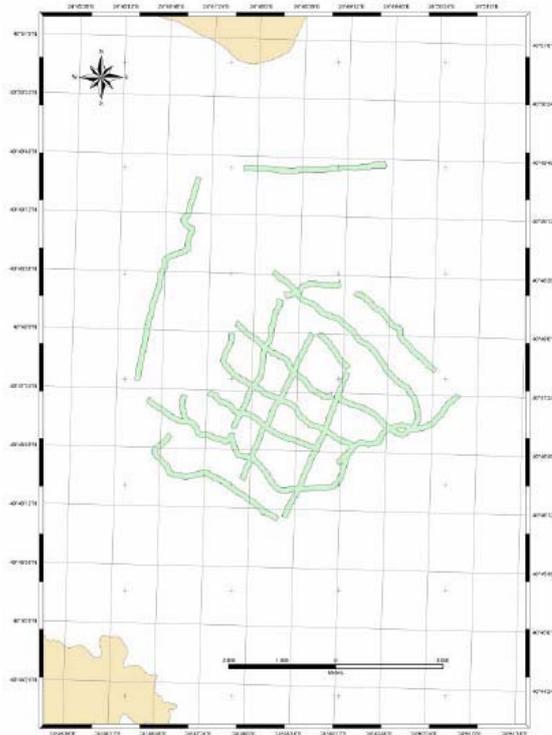


Figure 11. Plan du fond de la mer de la mer par OLEX et systèmes latéraux du sonar de balayage.

Au total 2195 points de repères de GPS ont été enregistrés à intervalles réguliers de temps (approximativement 10 s) dans tous les aperçus marins. Pour chaque point de repères, l'information enregistrée était la suivante : a) les coordonnées de position du navire, selon le système de la géo-référence WGS84; b) la vitesse du navire en km/h (la vitesse du navire moyen était 5.5 km/h); et c) le temps exact de l'enregistrement de position.

## 5. Manipulation de données

Le faisceau simple OLEX et les données bathymétriques de SIMRAD ont été traités selon la classe I standard d'USACE. Des sondages de profondeur ont été acquis sans interruption le long de toutes les voies d'aperçu, en même temps que les spécifications inférieures de dureté et balayage.

Des données relatives à la position et des données acoustiques ont été éditées selon les besoins pour enlever ou corriger des données incertaines, alors que des corrections à la base de vitesse du son ont été appliquées.

Tous les données enregistrées ont été réduits au niveau de l'eau inférieure minimal (MLLW), en utilisant les marées observées du service hydrographique national grec. Après que les données bathymétriques aient été entièrement éditées et réduites à MLLW, des comparaisons de contre-vérification sur des données de recouvrement ont été effectuées pour vérifier l'utilisation appropriée des correcteurs et pour évaluer l'uniformité globale de toutes les données .

Des données de sonar de balayage latéral (side scan sonar) ont été traitées pour réaliser : a) correction des sondages, et b) géo-référence. Le logiciel «sonar d'IS-IS » développé par TRITON Imaging Inc. a été employé a basé sur les étapes suivantes :

a) application d'amplification du signal acoustique à temps-variable, en utilisant la routine de TVG (gain variable de temps). La fonction fournissant les meilleurs résultats est :

$$TVG = 3 \times \log(R) - 0.06 \times R - 7$$

où  $R$  est le délai entre la transmittance du signal et la réception du signal (en ms). Etant donné que le capteur C-max fournit le gain variable de temps automatique, cette routine a été employée pour l'optimisation supplémentaire des sondages.

- b) Application du filtre de la largeur de bande FFT, ayant les dimensions 3x3, pour le filtrage du bruit et la réduction de diverses erreurs acoustiques aléatoires.
- c) Détection du fond en utilisant la méthode d'amplitude. Cette étape est nécessaire pour la référence spatiale correcte des sondages, perpendiculaire au cours du «towfish».
- d) Correction oblique de gamme pour déduire l'influence de colonne de l'eau sur les sondages et pour transformer l'échelle du temps en échelle spatiale. Cette correction a été faite assumant une vitesse constante du sons dans l'eau de 1500 m/S.

Pour les fichiers digitaux du sonar latéral de balayage obtenus sans enregistrement GPS, le géo - a été réalisé selon la synchronisation de la position du navire, en utilisant le logiciel d'ArcGIS 9.2.

Pour le géo- référence des sondages, les étapes suivantes ont été suivies :

- a)Le développement des base des données géographiques dans ArcGIS employant la position de GPS et leur synchronisation.
- b) Identification de l'espacement géographique accomplissant le critère que les points de prélèvement de GPS sont distancés moins ou également à 50 m de la voie du navire.
- c)Identification des intervalles temporels pendant lesquels la voie du navire a été maintenue d'une manière satisfaisante sur une ligne droite.
- d)Identification des parties des sondages représentant les intervalles et l'extraction ci-dessus du format des images numériques dedans \*.TIF en utilisant «le logiciel de sonar d'IS-IS». Chaque image numérique correspond approximativement à une partie droite de la voie du navire aux coordonnées connues pour les points du départ et les points finals.
- e)La geo- référence relative de chaque image digitale en utilisant ArcGIS, couplant le début et les points finals de chaque ligne d'aperçu r aux points correspondants de GPS.

Le résultat final est une mosaïque des sondages semblables à celui représenté sur la Figure 12.

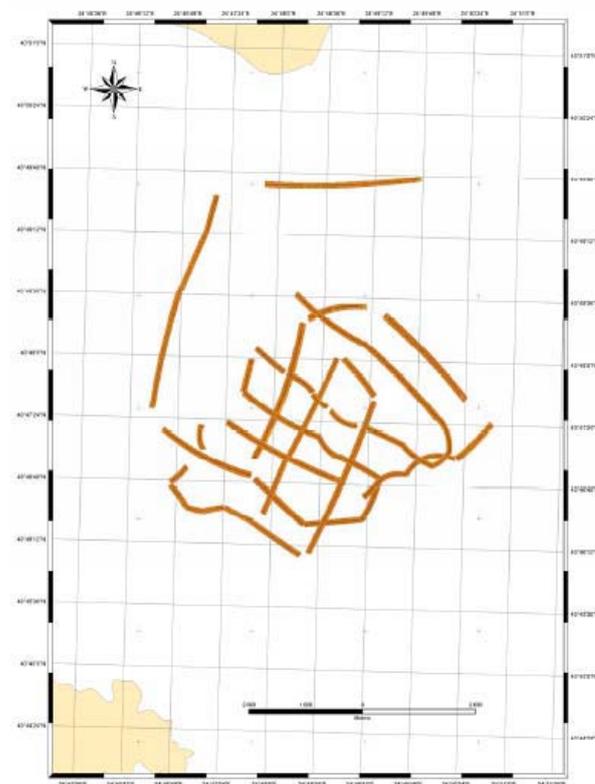


Figure 12. Mosaïque des sondages du sonar de balayage lateral C-Max géo-référencés à WGS84.

## 6. Résultats latéraux d'analyse de sonar et de sédiment de balayage

Les figures 13– 23 illustrent le secteur examiné, les enregistrements acoustiques du sonar de balayage latéral et l'échantillon de sédiment obtenu par le fond de mer, en utilisant l'échantillonneur de Veen.

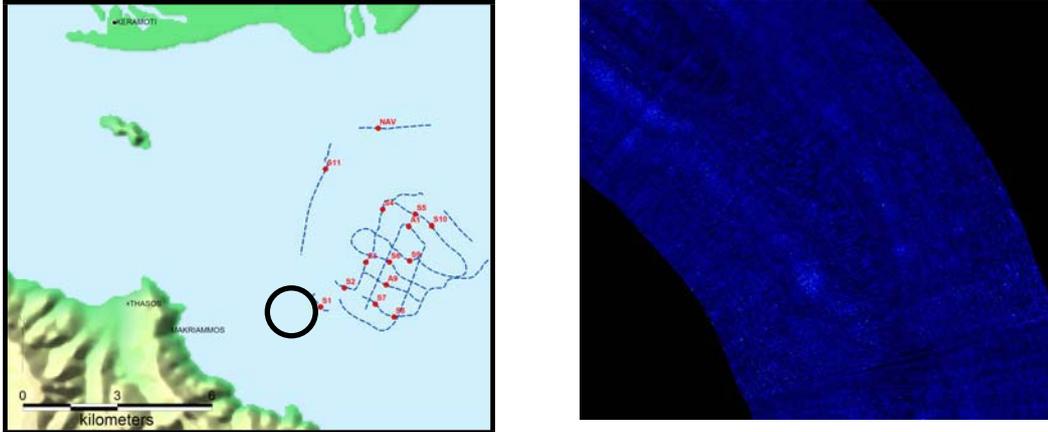


Figure 13. Balayage latéral de sonar au site 1.

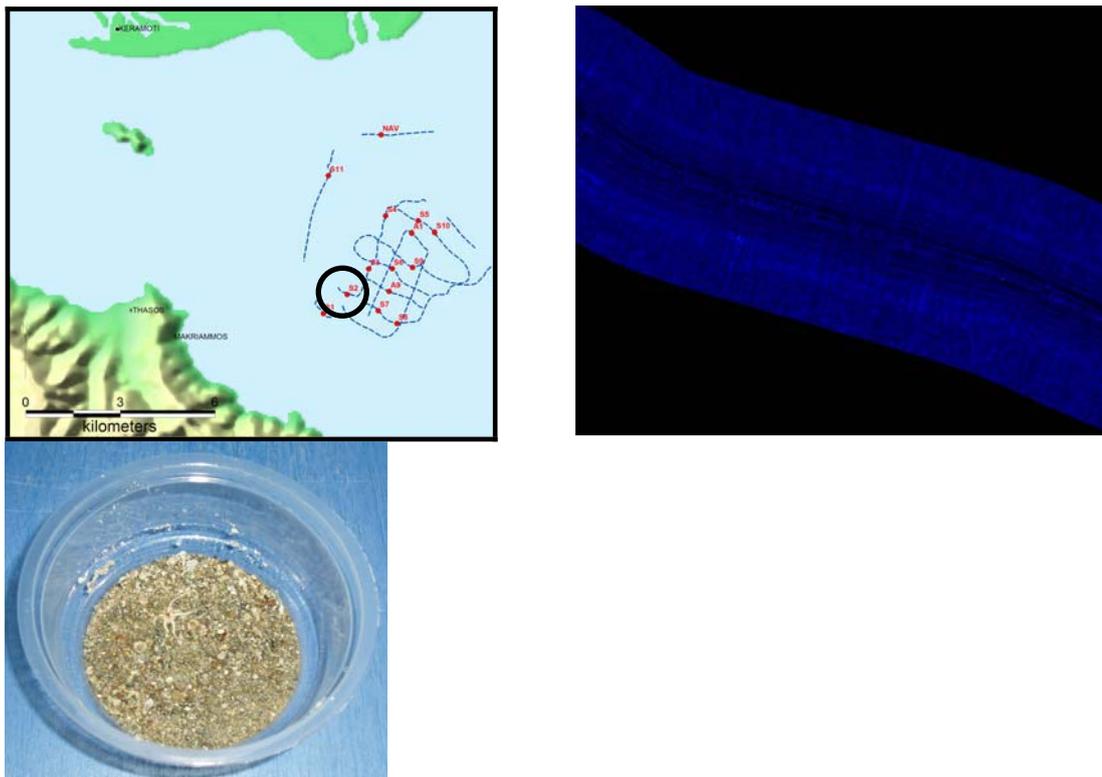


Figure 14. Balayage latéral de sonar et échantillon de sédiment au site 2.

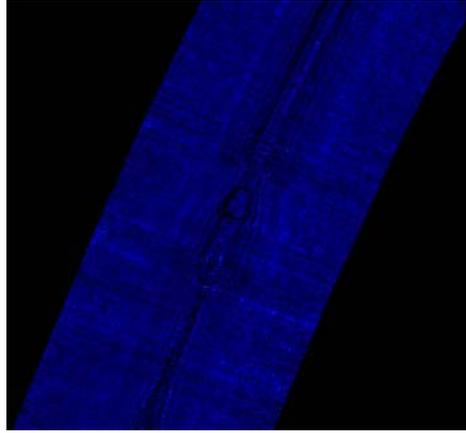
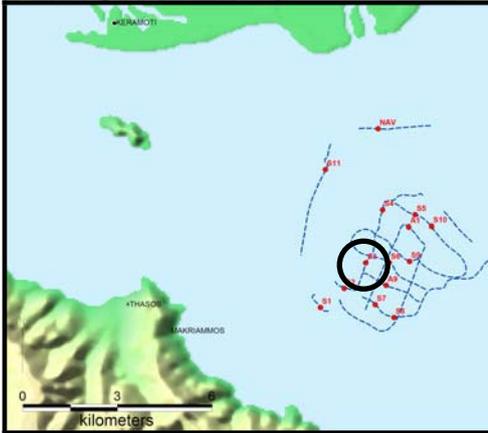


Figure 15. Balayage latéral de sonar et échantillon de sédiment au site 3.

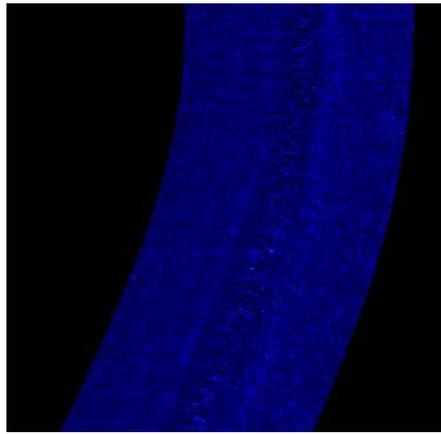
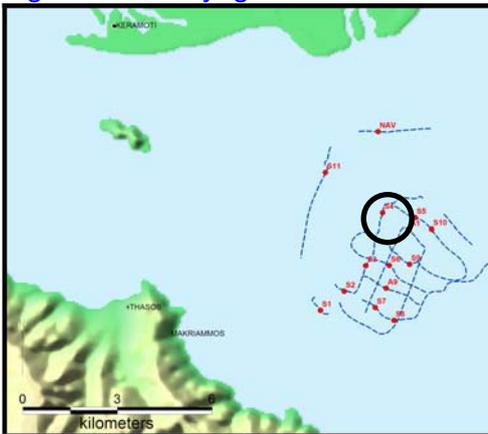


Figure 16. Balayage latéral de sonar et échantillon de sédiment au site 4.

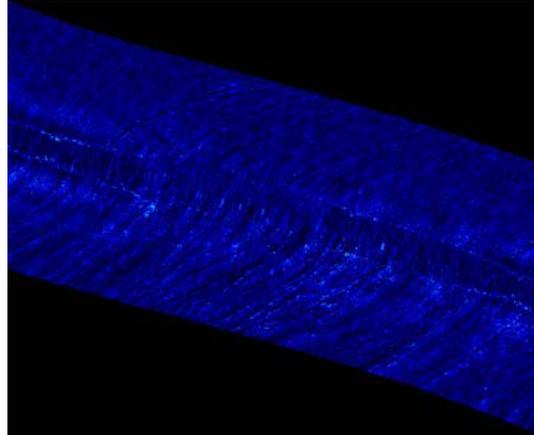


Figure 17. Balayage latéral de sonar et échantillon de sédiment au site 5.

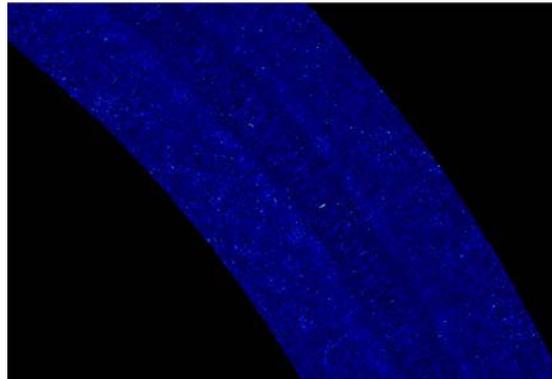


Figure 18. Balayage latéral de sonar et échantillon de sédiment au site 6.

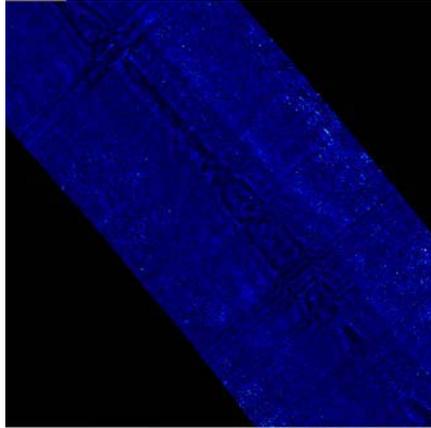
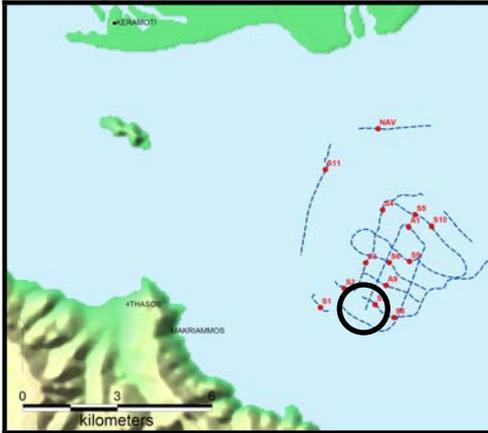


Figure 19. Balayage latéral de sonar et échantillon de sédiment au site 7.

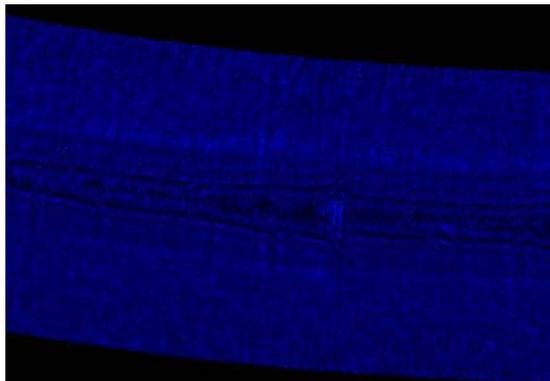


Figure 20. Balayage latéral de sonar et échantillon de sédiment au site 8.

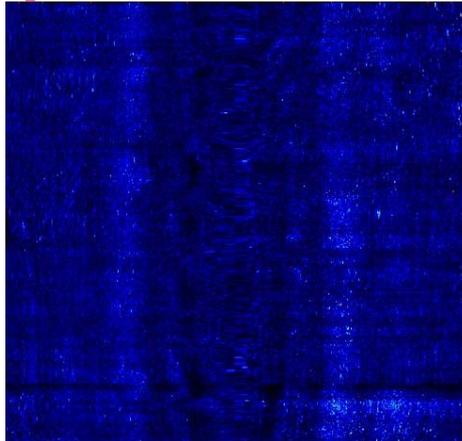
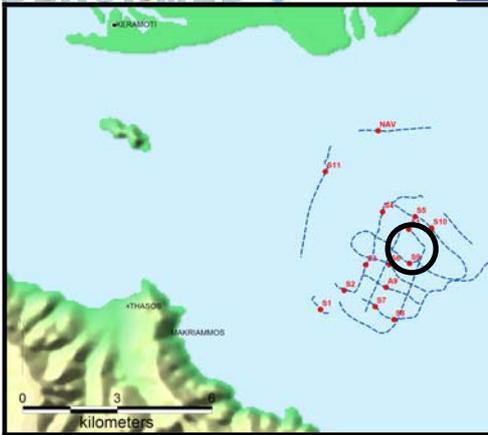


Figure 21. Balayage latéral de sonar au site 9.

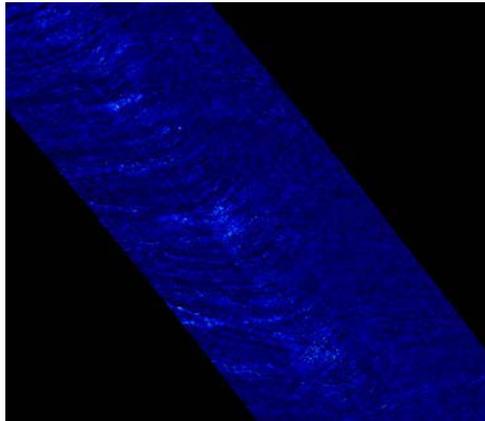
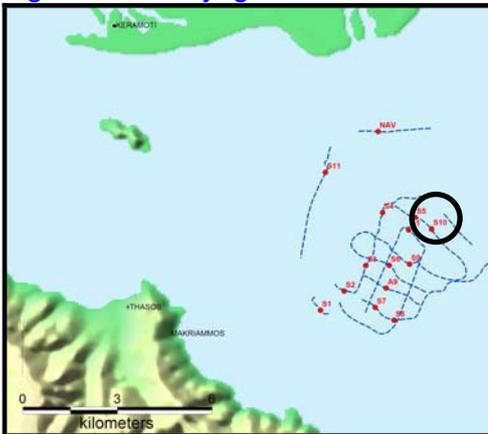


Figure 22. Balayage latéral de sonar et échantillon de sédiment au site 10.

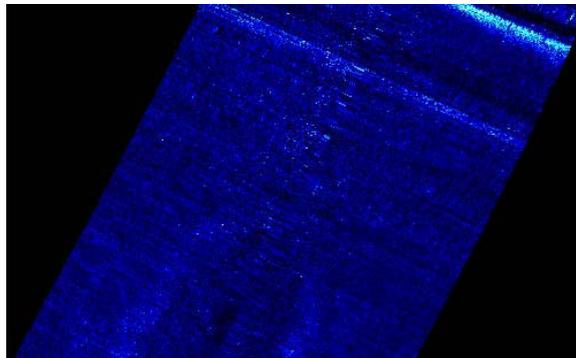




Figure 23. Balayage latéral de sonar et échantillon de sédiment au site 11.

## 7. Classification inférieure de mer

L'analyse des sondages a été réalisée principalement visuellement et les outils informatiques sont employés auxiliairement pour examiner la sûreté des conclusions extraites. Le but final de cette analyse était le développement d'une carte de classification du fond de mer qui réunit la mosaïque des sons ayant un caractère acoustique semblable. Le long des sondages de la présente étude, quatre types acoustiques principaux ont été identifiés (tableau 1). L'identification du type a été faite basée sur des critères en tant que la réverbération acoustique, les caractéristiques de texture et d'autres éléments structuraux observés sur une échelle plus large. Pendant l'analyse des sondages nous avons ignoré approximativement 1/3 de leur largeur, comme ce signal semble fortement influencé par ses réflexions multiples sur le fond de mer et la surface de mer. Le rapport entre la première et deuxième réflexion de signal a été employé comme critère de différenciation pour les divers types de fond marin, selon la méthodologie de l'écho acoustique de Roxanne.

Tableau 1. Types inférieurs de mer et leurs caractéristiques.

Type du fond de mer	Caractéristiques	Commentaires
A	réverbération acoustique : relativement haute ; Texture : entropie élevée, homogénéité élevée.	Sédiment dur avec des microstructures ; probablement brut au sable granuleux moyen.
B	réverbération acoustique : intermédiaire ; Texture : basse entropie, homogénéité élevée.	Des sédiments plus fins enrichis avec de l'argile cohésif, des sables et des résidus biogéniques.
C	réverbération acoustique : relativement basse ; Texture : entropie élevée, homogénéité basse.	Relief pointu avec les éléments laminaires. Probablement argile et signes d'activité de pêche au chalut. Le matériel est en plastique et à grain fin.
D	réverbération acoustique : intermédiaire ; Texture : homogénéité élevée de basse entropie.	Présence des sensations circulaires de réverbération intense. Caractéristiques semblables au type acoustique «B» avec la présence du matériel biogénique.

Figure 24 présente la carte de classification des divers types acoustiques enregistrés dans la région d'intérêt. Cette carte montre également les points inférieurs de prélèvement de sédiments à l'aide de l'échantillonneur van Veen.

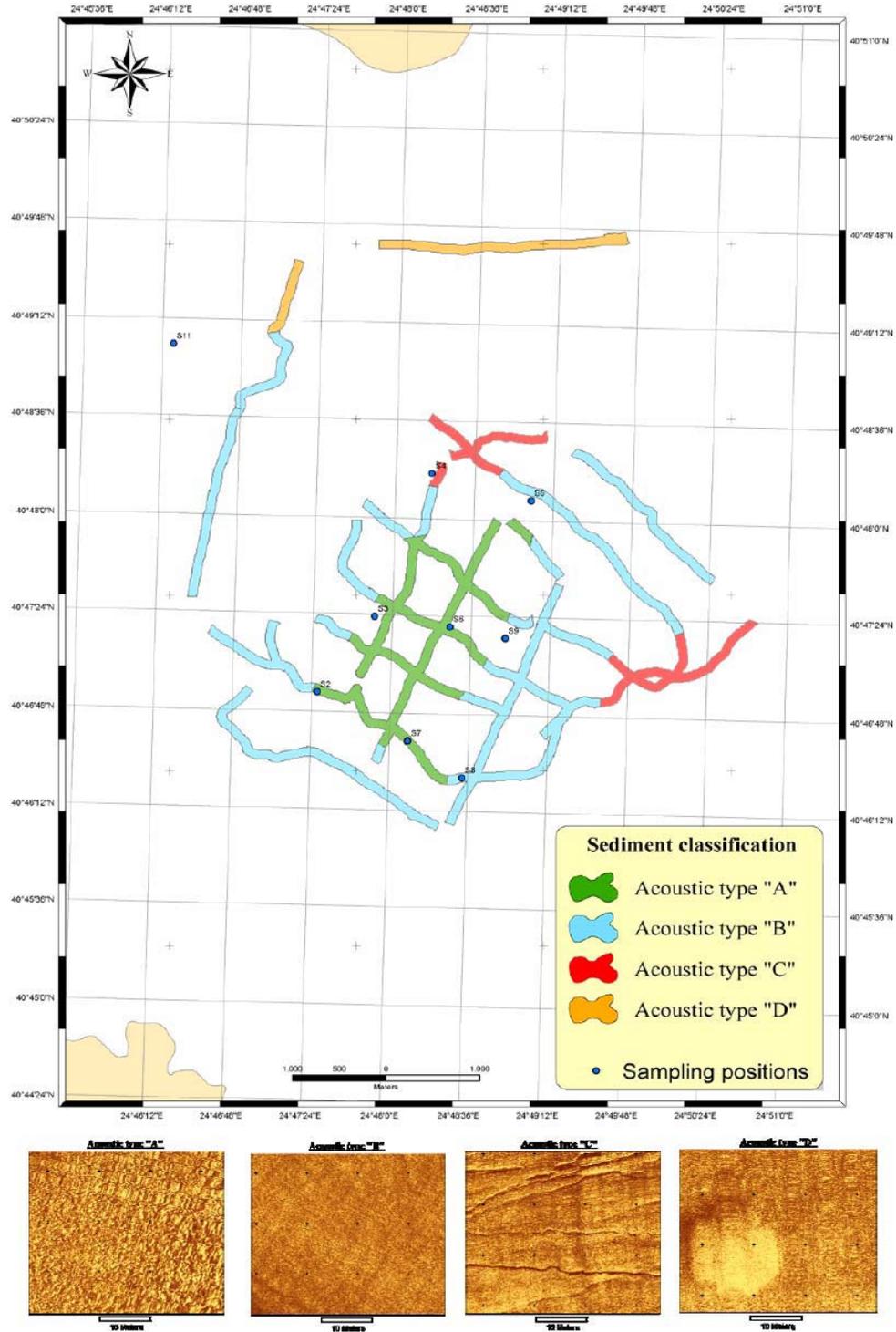


Figure 24. Carte de classification des divers types acoustiques enregistrés dans la région d'intérêt.

### 8. Résultats de balayage d'OLEX

La bathymétrie de la région d'intérêt a été étudiée en utilisant le système d'OLEX. Figure 25 présente la bathymétrie du fond de la mer au secteur étudié.

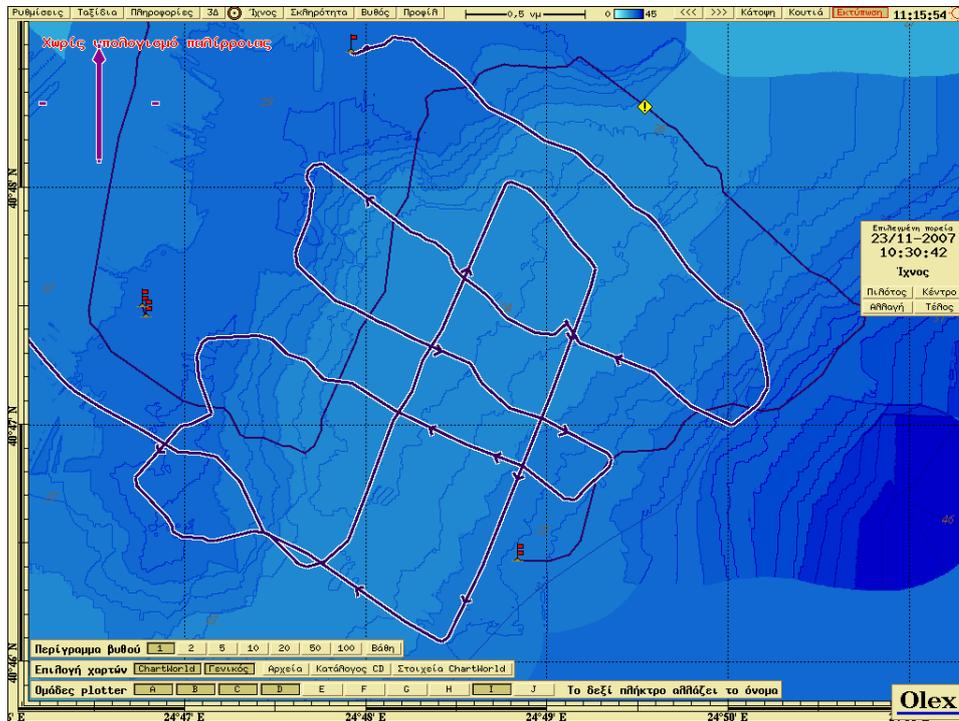


Figure 25. Contours bathymétriques du fond de la mer, à la région d'intérêt.

Ces données bathymétriques et de GPS combinées, ont été importées sur un système d'ArcGIS, pour manipulation supplémentaire (Figure 26).

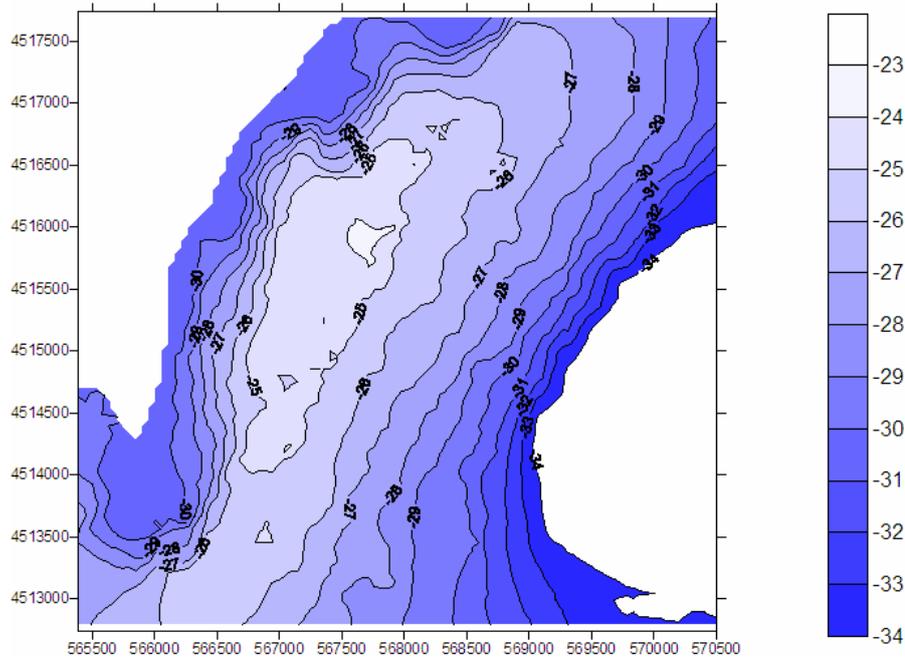
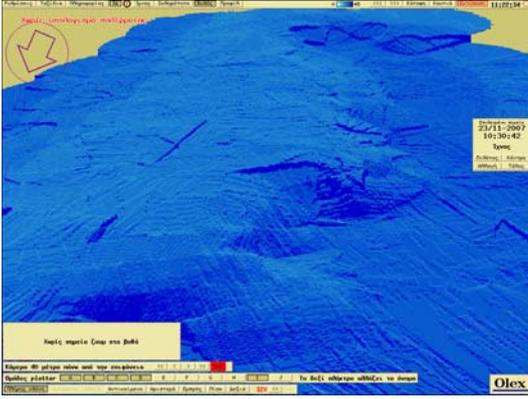
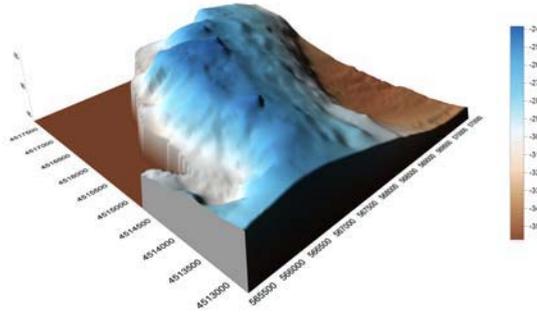


Figure 26. Contours bathymétriques du fond de la mer, à la région d'intérêt en utilisant ArcGIS.

Des vues tridimensionnelles du fond de mer du secteur ont été extraites à partir des deux systèmes (OLEX et ArcGIS) (Figure 27). La forme d'un banc de sable au fond de la mer est évidente.



(a)



(b)

Figure 27. Vues tridimensionnelles du fond de mer en utilisant a) OLEX et b) ArcGIS.

La détermination des bancs de sable a été réalisée en utilisant des sections transversales du fond de mer extraites à partir du système d'OLEX (Figure 28).

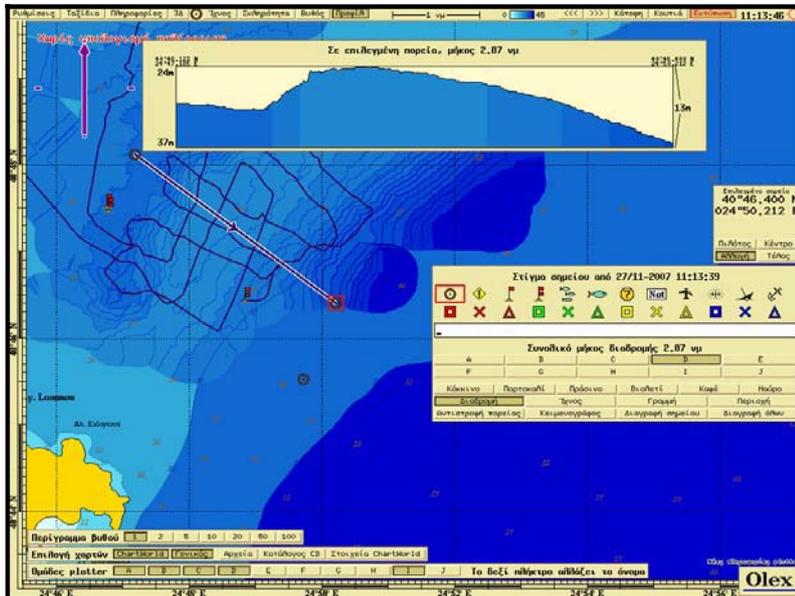


Figure 28. Sections transversales du fond de la mer pour la détermination du banc de sable en utilisant OLEX.

La dureté de fond marin a été également fournie par le système d'OLEX basé sur la réflectivité des propriétés acoustiques du signal (Figure 29).

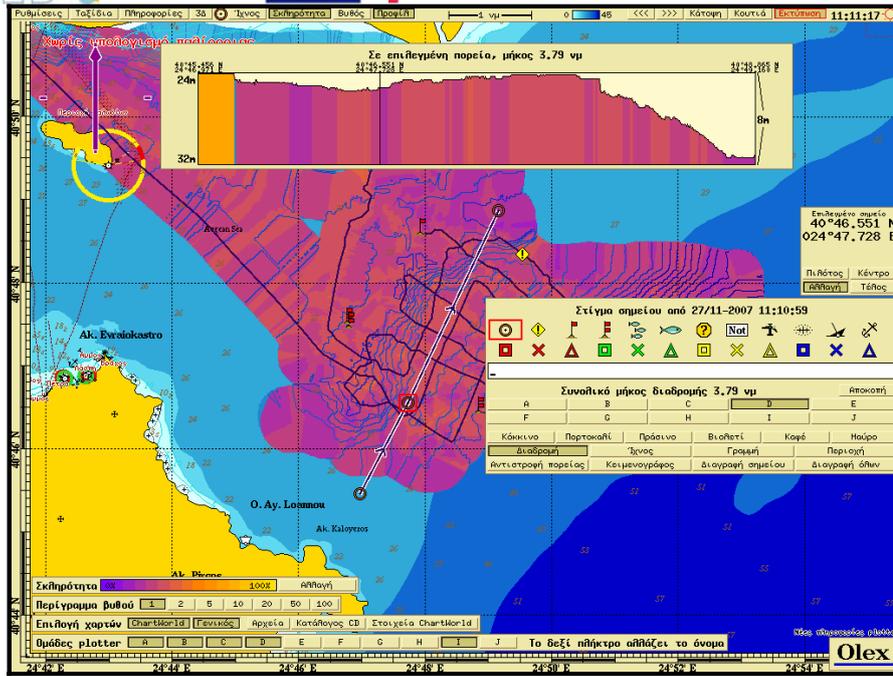


Figure 29. Propriétés de dureté du fond de la Mer en utilisant OLEX.

## 9. Analyse inférieure de granulométrie de sédiment

Des échantillons de sédiment ont été obtenus par les banc de sable examinés visant la détermination ses caractéristiques des sédiments du secteur. Des échantillons de sédiment ont été rassemblés du dessus et du milieu d'un excavateur en acier inoxydable «Veen» fourgon (20x20 centimètres) pour déterminer le granulométrie. Des échantillons ont été stockés à bord d à la température 0oC et au laboratoire à -28oC dans des sachets en plastique. Le tamisage humide a été employé pour l'analyse de texture des échantillons de sédiment (% de sable, de vase et d'argile). Les diamètres de grain (d) exprimés en millimètre ont été transformés au  $\phi$  (échelle phi) employant la relation de Wentworth :

$$\phi_x = -\log_2 d$$

où x est le pourcentage partiel d'occurrence de grain ayant le diamètre égal à d (millimètre). Des courbes cumulatives de pourcentage d'occurrence pour chaque station de prélèvement ont été produites ( Figures 30 – 35).

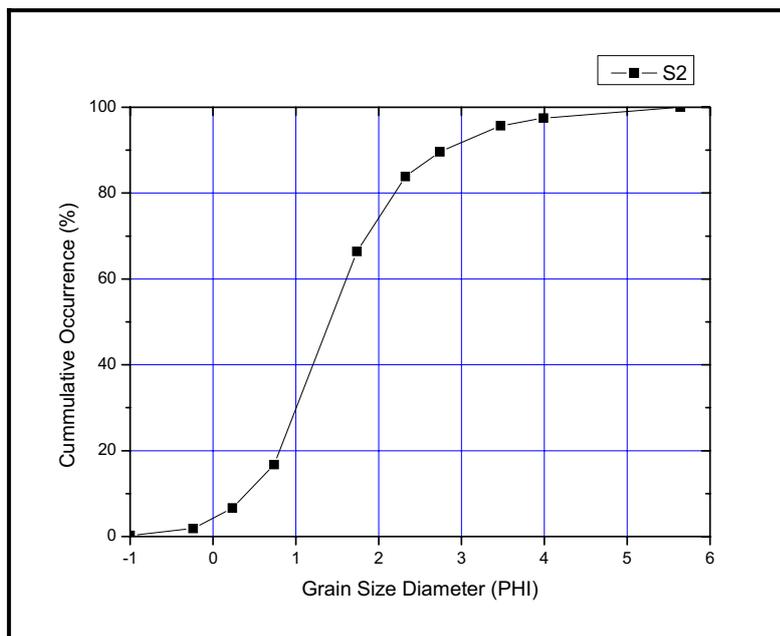


Figure 30. Courbe de pourcentage cumulatif pour l'analyse des données de la station 2.

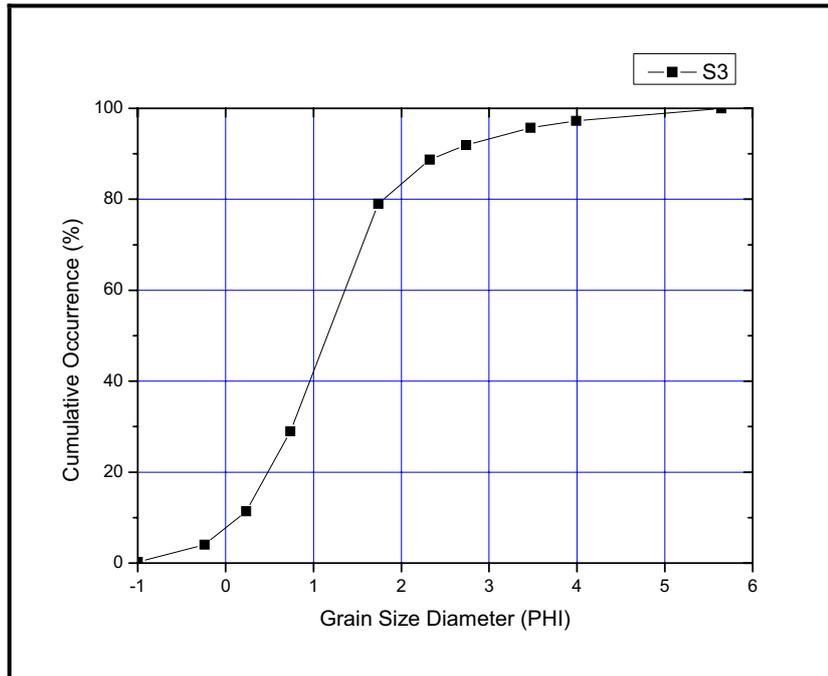


Figure 31. Courbe de pourcentage cumulatif pour l'analyse des données de la station 3.

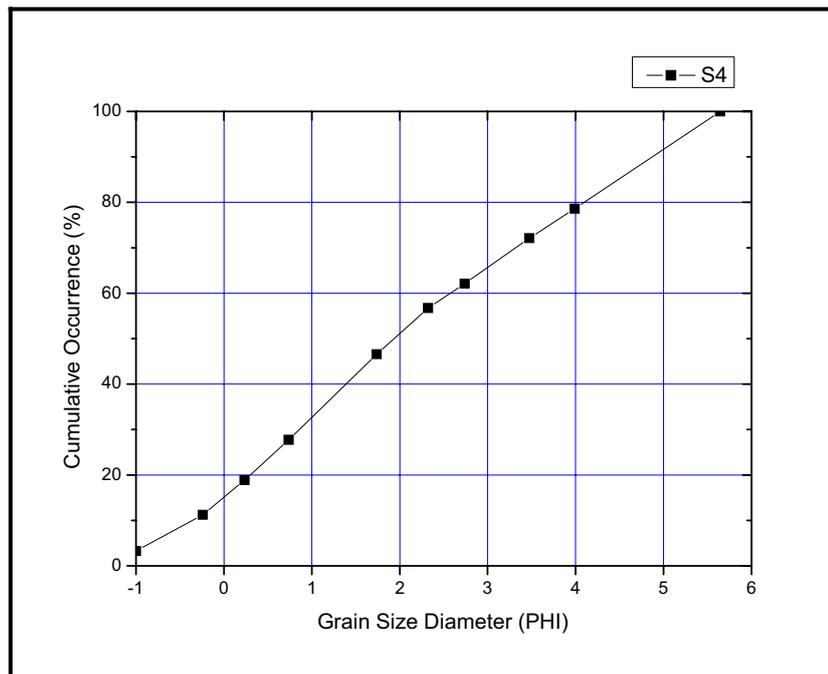


Figure 32. Courbe de pourcentage cumulatif pour l'analyse des données de la station 4.

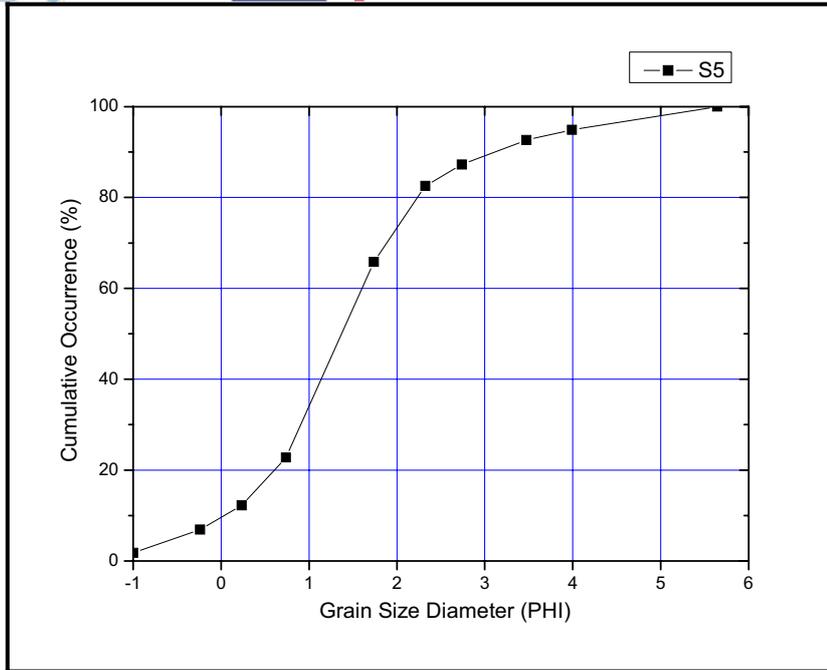


Figure 33. Courbe de pourcentage cumulatif pour l'analyse des données de la station 5.

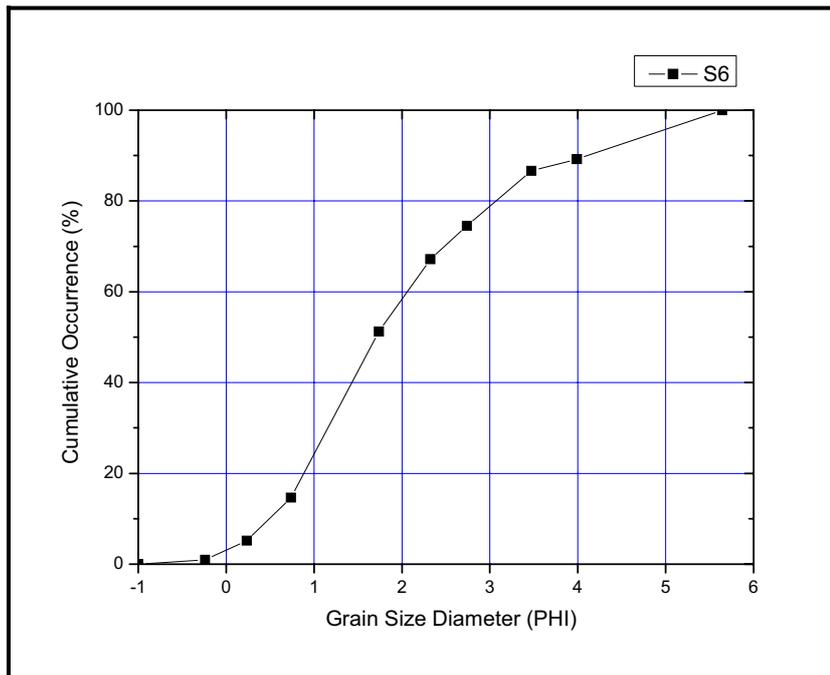


Figure 34 Courbe de pourcentage cumulatif pour l'analyse des données de la station 6.

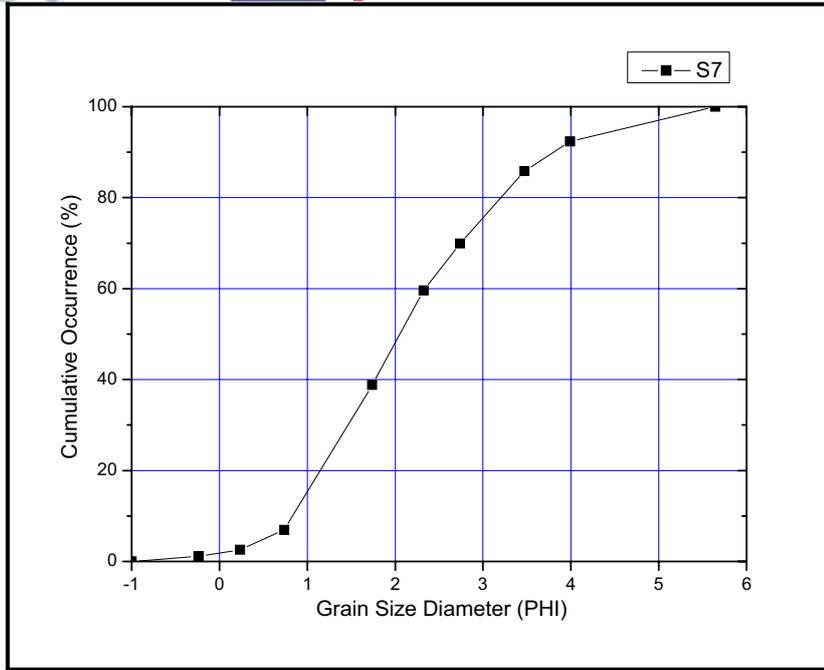


Figure 35. Courbe de pourcentage cumulatif pour l'analyse des données de la station 7.

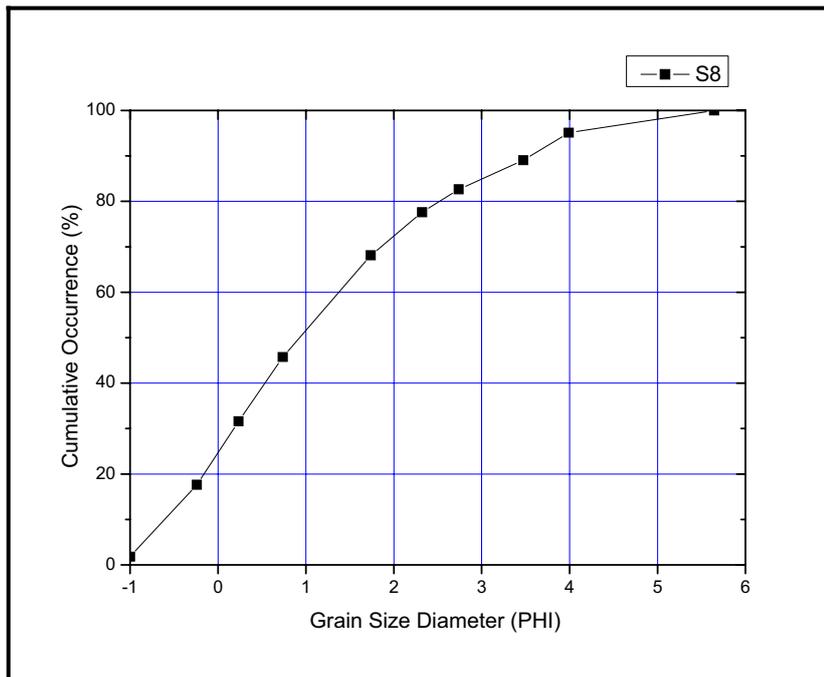


Figure 36. Courbe du pourcentage cumulatif pour l'analyse des données de la station 8.

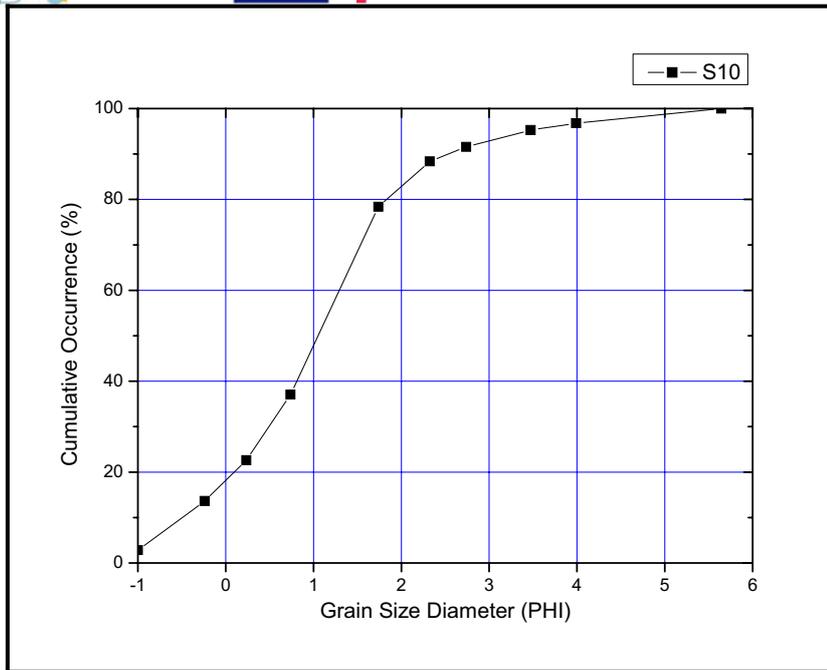


Figure 37. Courbe du pourcentage cumulatif pour l'analyse de la station 10.

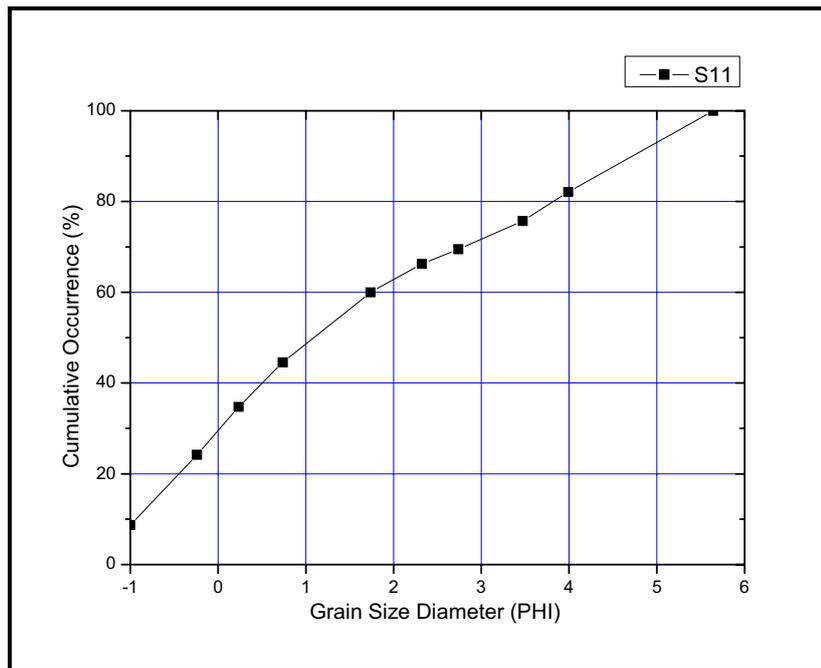


Figure 38. Courbe de pourcentage cumulatif pour l'analyse de la station 11.

Selon les équations de Folk bien connues, des paramètres statistiques des compositions granulométriques ont été extraits, comme indiqué si dessous:

Diamètre moyen des grains:

$$M_z = \frac{1}{3}(\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84})$$

Écart type :

$$\sigma_I = \frac{1}{4}(\phi_{84} - \phi_{16}) + \frac{1}{6.6}(\phi_{95} - \phi_5)$$

Obliquité :

$$S = (\phi_{84} - \phi_{16} + 2\phi_{50}) / 2(\phi_{84} - \phi_{16})$$

Kurtosis :

$$K = \frac{\varnothing_{95} - \varnothing_5}{2.44(\varnothing_{75} - \varnothing_{25})}$$

Selon les relations ci-dessus, le tableau 2 récapitule la variabilité des paramètres statistiques de granulométrie.

Tableau 2. Paramètres statistiques des sédiments du fond du banc de sable.

	<b>MZ</b>	<b>Iσ</b>	<b>S</b>	<b>K</b>
Site 2	1.480	0.911	1.361	1.212
Site 3	1.187	0.950	1.192	1.392
Site 4	2.133	2.009	0.945	0.800
Site 5	1.699	1.413	0.972	1.467
Site 6	1.931	1.341	1.171	1.094
Site 7	2.154	1.205	1.366	0.994
Site 8	1.167	1.532	0.789	0.920
Site 10	1.001	1.190	0.982	1.443
Site 11	1.537	2.165	0.727	0.725

Comme l'échelle  $\varnothing$  - est inversement proportionnelle au diamètre de grains (en millimètre), les sédiments plus fins apparaissent dans les emplacements 4 et 7, avec les diamètres moyens de 2.133 $\varnothing$  ou 0.228 millimètre et 2.154 $\varnothing$  ou 0.225 millimètre, respectivement. Ces stations sont situées aux frontières nordiques et méridionales du banc de sable, avec le sédiment classifié en tant que sable à grain fin. Les sites 10 et 8 sont situés à la partie nord-est du banc de sable plus peu profonde, disposent les sédiments plus bruts avec un diamètre moyen .001 $\varnothing$  ou 0.500 millimètre et 11.167 $\varnothing$  ou 0.445 millimètre (sable mi-granuleux). L'écart type de granulométrie exprime l'homogénéité du sédiment du fond, ainsi bas les  $\sigma$ -valeurs basses correspondent aux échantillons des sédiments homogènes. Les emplacements 4 et 11 ont les  $\sigma$ -valeurs plus élevées dans l'échelle  $\varnothing$ , ainsi le bas écart type exprimé en millimètre bas (0.248 millimètre et 0.223 millimètre, respectivement) sont considérés comme les échantillons de sédiment les plus homogènes du secteur. Les valeurs d'obliquité sont élevées, signifiant la distribution des tailles de grain des échantillons est symétrique, alors que la kurtosis mesure la déviation de la distribution de grain témoin de distribution normale (K=1), par conséquence les sites 5 et 10 montrent la déviation la plus élevée, alors que le site 7 a presque une distribution normale des grains.

## 10. Évaluation des régions d'érosion et de dépôt de 1982 à 2001.

Les images satellites de Landsat représentées sur la Figure 2, et le logiciel GIS ont été employés afin d'identifier le domaine exact de l'érosion ou du dépôt de 1982 à 2001. Le littoral, dont la longueur totale est environ 21.22 kilomètres, a été segmenté dans dix parts et secteurs égaux d'érosion ou de dépôt a été calculé à l'aide du logiciel Mapinfo GIS (Figure 39). Les résultats sont présentés sur la Figure 40. On observe l'érosion significative aux 2.12 premiers kilomètres du littoral, à l'ouest du fleuve de Nestos. La tendance d'érosion diminue aux 12 prochains kilomètres, et l'érosion la plus élevée est observée à environ 4 kilomètres de l'extrémité du littoral.

La surface totale du secteur d'érosion est estimé à environ 1.16 km<sup>2</sup>. Le secteur de dépôt est beaucoup moins que le secteur d'érosion car sa superficie est estimée à approximativement 0.22 km<sup>2</sup>. Il semble qu'une partie de sédiments érodés des 2 premiers kilomètres du littoral près du fleuve de Nestos ont été déposées aux 2 kilomètres prochains.

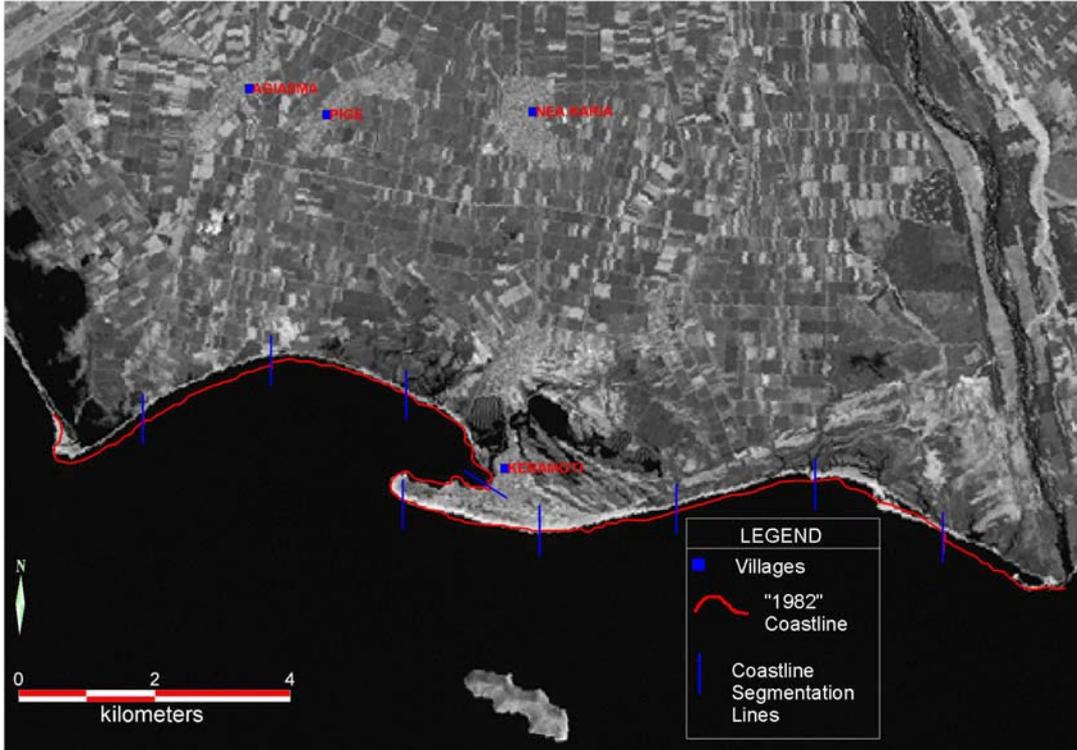


Figure 39. Segmentation du littoral pour l'évaluation du secteur d'érosion ou de dépôt de 1982 à 2001. L'image satellite de Landsat a lieu le 2001, le littoral correspond l'année 1982, digitalisé de l'image satellite correspondante de Landsat, est également présentée en rouge.

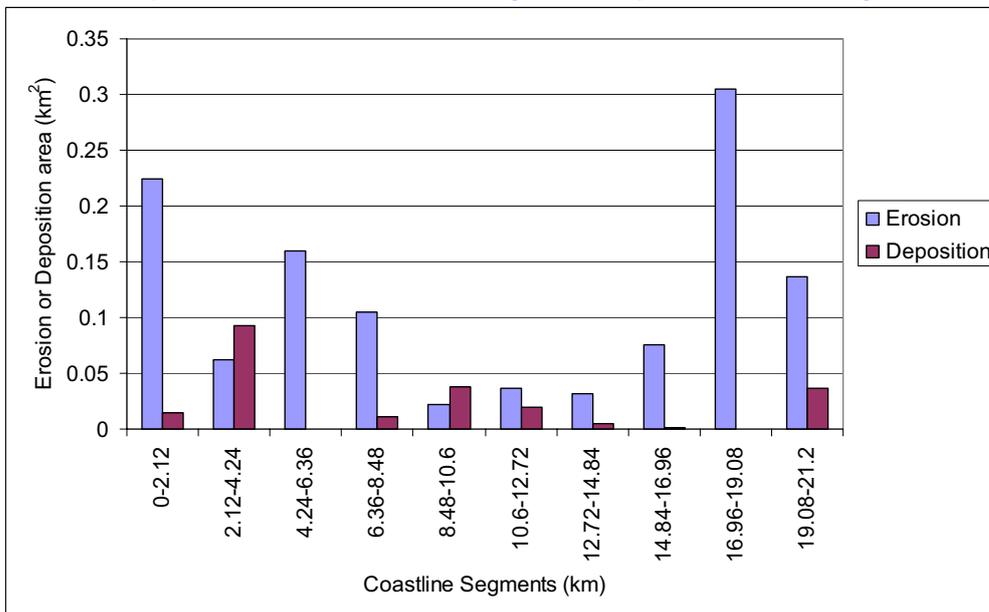


Figure 40. Évaluation de la région d'érosion ou de dépôt pour les dix segments du littoral.

### 11. Évaluation de la longueur d'alimentation des plages.

Afin d'estimer la longueur d'alimentation des plages, le volume des sédiments a été calculé pour plusieurs profondeurs d'excavation. Les résultats sont présentés à la Figure 41. Le volume de sédiment excavé par banc de sable s'est étendu entre à approximativement 700000 m<sup>3</sup> en ce qui concerne l'excavation en-dessous de la profondeur de 25m et à 4.2x10<sup>7</sup> m<sup>3</sup> en ce qui concerne l'excavation en-dessous de la profondeur de 30m.

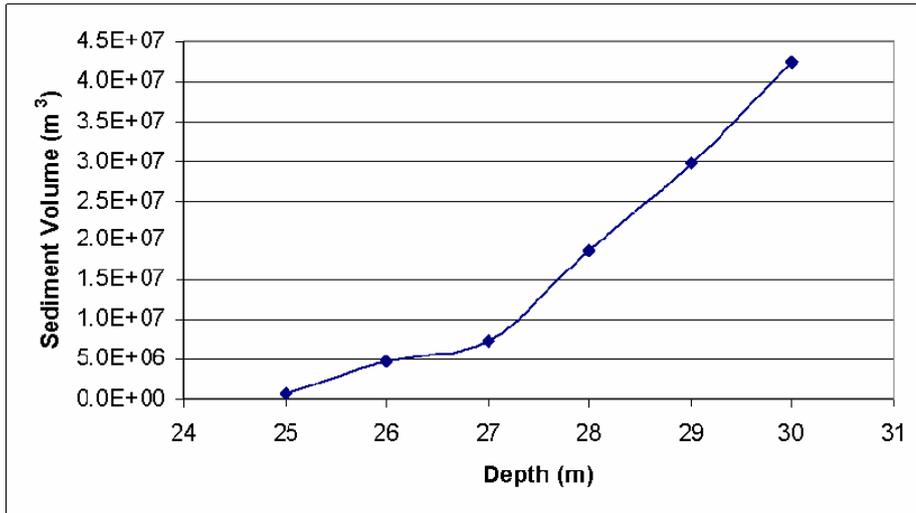


Figure 41. Évaluation du volume de sédiment excavée par le fond de la mer pour l'alimentation des plages.

Les volumes de sédiment sont significatifs pour l'alimentation des plages et des évaluations des longueurs d'alimentation des plages ont été effectuées. Une relation simple existe entre la largeur sèche nourrie  $\Delta y_0$  de plage, et la densité de volume nourrie par unité de longueur de plage  $V$ : [4] :

$$\Delta y_0 = \frac{V}{(h_* + B)} \quad (1)$$

où  $h_*$  la est «profondeur de la fermeture» ou la «profondeur du mouvement efficace», c.-à-d., la limite de vers le large des le fluctuations saisonnières efficaces et  $B$  est la taille de berme. L'approximation pour la profondeur de la fermeture a été déterminée par l'équation:

$$h_* = 2.28 H_e - 68.5 \left( \frac{H_e^2}{g T_e^2} \right) \quad (2)$$

$T_e$  est la période des vagues associée à  $H_e$ , qui peut être approximée par l'amplitude d'onde annuelle moyenne significative  $\bar{H}$  et par l'écart type de l'amplitude d'onde  $\sigma_H$  :

$$H_e = \bar{H} + 5.6 \sigma_H \quad (3)$$

Les données des vagues de l'ADCP accumulées dans le secteur (Beachmed-e, mesure 2.2) ont prouvé que  $\bar{H} = 073$  m.,  $\sigma_H = 0.15$  m et  $T_e = 6.7$  s, on déduit que  $H_e = 1.57$  m et  $h_* = 3.2$  m. En utilisant l'eq. (1) le volume nourri par unité de longueur de plage est dérivé:  $V = 141$  m<sup>3</sup>/M.  $V = 141$  m<sup>3</sup>/m.

La longueur d'alimentation des plages a été estimée par rapport à la profondeur d'excavation et les résultats sont présentés sur la Figure 42. La longueur d'alimentation de plage s'est étendue entre 4.9 kilomètres pour l'excavation en-dessous de la profondeur de 25m et 302 kilomètres pour l'excavation en-dessous de la profondeur de 30m indiquant qu'une longueur très significative du littoral pourrait être nourrie en utilisant les sédiments des bancs de sable.

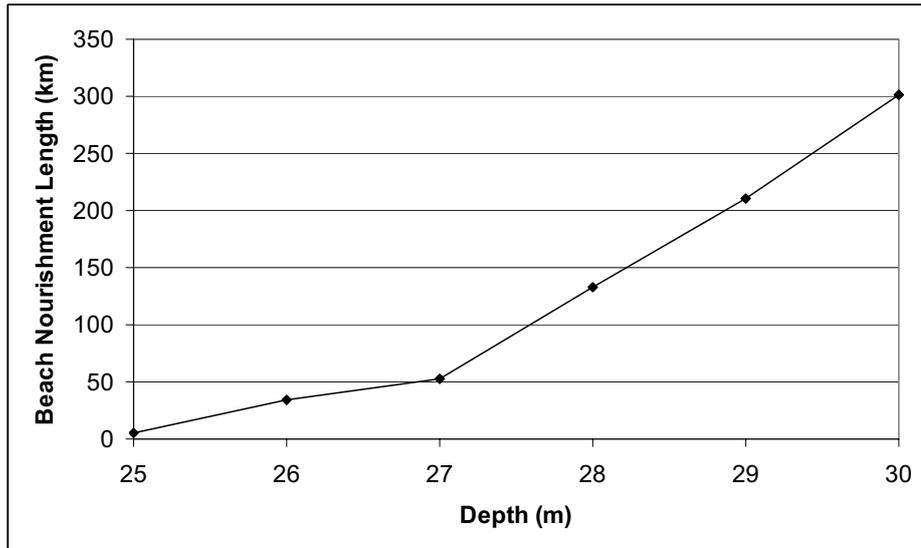


Figure 42. Évaluation de la longueur d'alimentation des plages.

### Références

- [1] Perisoratis K., I. Aggelopoulos, D. Mataragkas, D. Mitropoulos, N. Konispoliatis (1984). "Bathymetry, morphology and characteristics of surface sediments at Ierissos-Alexandroupolis area". Proc. of 1st Panhell. Conf. Ocean. & Fish, Athens, 1984.
- [2] Xeidakis G.S. and P. Delimani (1999). "Coastal erosion problems in the Northern Aegean Coastline: The case of Nestos River Delta and the adjacent coastlines". Coastal Environment, Environmental Problems in Coastal Regions IV, WIT PRESS, pp. 151–159.
- [3] Hrissanthou, V. (1999). "Erosion, Transport and Sedimentation in the Nestos River Basin". Proc. Int. Conf. Hydrolog. & Geoch. Proc. Large Scale River Basins, Manaus, Brazil, 15-19/11/1999.
- [4] Dean R.G. (2002) "Beach Nourishment: Theory and Practice", World Scientific Publishing.