



PREMIERS RESULTATS D'UNE ETUDE SUR LA DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE DE LA PLAGE DE SETE

RADULESCU M.⁽¹⁾, BARUSSEAU J.P.⁽²⁾, GERBE A.⁽³⁾

(1) Centre d'Etudes, d'Expérimentation et de Réalisation pour la Protection, la
Restauration et la Gestion du Littoral (CEPREL), Montpellier

(2) Laboratoire de Recherche de Sédimentologie Marine,
Université de Perpignan

(3) Institut des Aménagements Régionaux et de l'Environnement (IARE),
Montpellier

ABSTRACT

Within the frame of a systematic geomorphological, hydrographical and sedimentological survey of the barrier beach between Sète and Marseillan during 1988-1991, the data analysis confirms the spatial periodical distribution of alternating erosional and depositional processes and forms at the coast line on both sides of several nodal and antinodal axes.

The spatial variation of the granulometrical parameters along the beach is in close correlation with this morphodynamic evolution. Median diameter D50, standard deviation, Skewness and Kurtosis values could be successfully used as erosion or accumulation indices even in an independent way, in the absence of beach topographical profiles.

1. INTRODUCTION

Entre Sète et Marseillan, sur la côte languedocienne, le cordon littoral séparant sur environ 12 km l'étang de Thau de la mer Méditerranée suivant un axe presque rectiligne nord-est - sud-ouest est caractérisé par une plage sableuse de quelques dizaines de mètres de large, accessible sur toute sa longueur à partir de la route nationale 112. Celle-ci coupe un microrelief de dunes bordières dégradées et sur certaines portions, son remblai se raccorde directement à la plage.

Les problèmes posés par une érosion qui devient inquiétante dans la partie nord-est de la plage sont à l'origine de quelques études intermittentes pendant la dernière décennie. En vue d'optimiser le type et l'emplacement de nouvelles structures de protection de l'ensemble du cordon littoral, un suivi topobathymétrique et sédimentologique systématique est mis en oeuvre depuis le début 1989 dans cette zone littorale, basé sur un réseau qui comprend (fig. 1) :

- 11 profils en travers de la plage écartés d'environ 1 km ;
- 6 profils en travers de l'avant-côte ;
- 2 secteurs témoins comportant chacun un sous-réseau de 11 profils topo-bathymétriques serrés dans l'espace (50 m d'écart) et dans le temps (mensuellement au début).

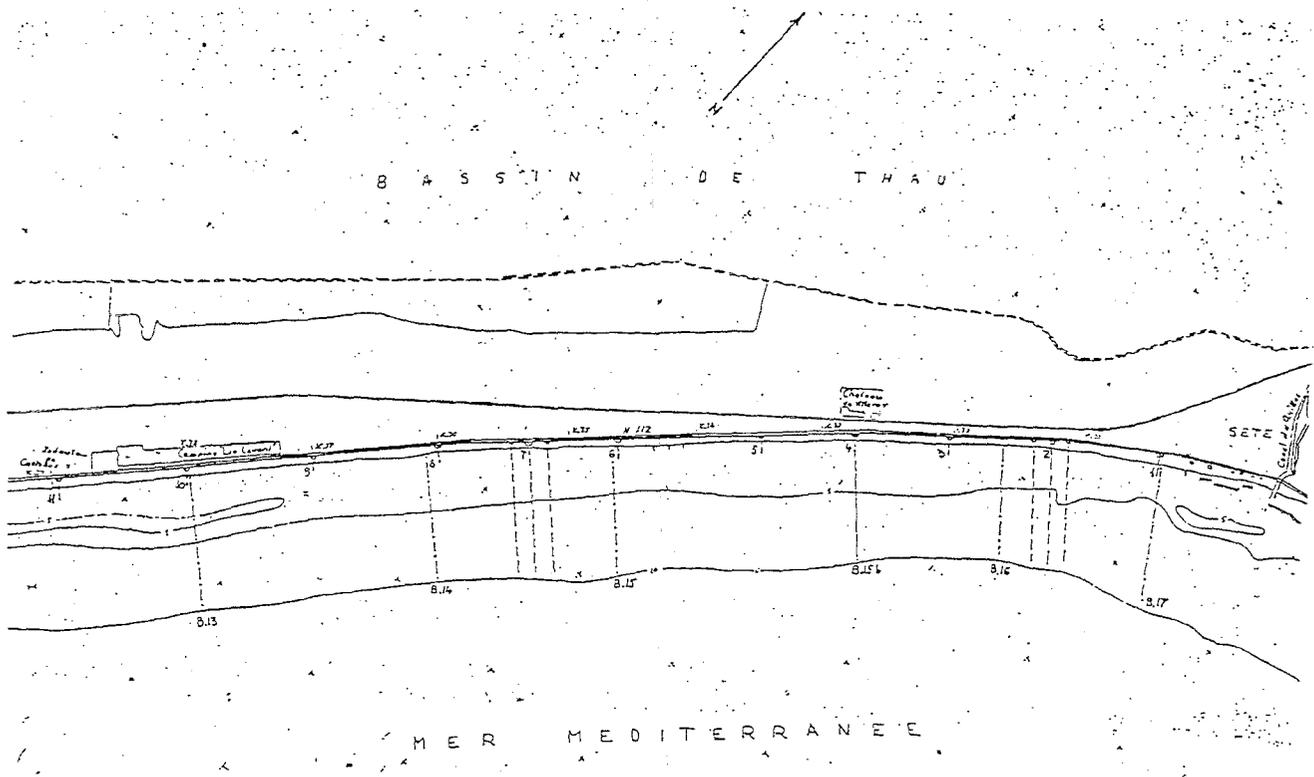


Fig. 1: Cordon littoral de Sète. Emplacement des profils topométriques et bathymétriques

Les premiers résultats de ce suivi rattachés aux données des levés antérieurs ont fait l'objet d'une première communication (Eurocoast, 1990), dont la présente constitue une continuation complémentaire.

L'analyse des données directes cumulées pendant une plus longue période, jusqu'à fin 1991, nous permet d'affiner les interprétations expérimentales des premières années en ce qui concerne la périodicité spatio-temporelle des processus d'érosion et d'accumulation marines sur un secteur côtier d'environ 10 km, dans des conditions de régime hydrodynamique des plus variables.

2. ANALYSE DES PROFILS EN TRAVERS

Une série de 7 jusqu'à 11 profils ont été levés dans chacune des 11 sections, à partir des repères fixés en bord de route et reliés au réseau NGF. Leur superposition graphique met en évidence une forte variabilité générale en hauteur et en largeur de la plage (fig. 2), particulièrement dans la partie nord-est, en direction de la ville de Sète. La variation multiannuelle mesurée de la surface de la section totalise 60 m^2 au profil P3, pour une largeur de plage qui de règle ne dépasse pas 40 m.

On peut remarquer que la plage est en même temps plus stable et plus large dans les profils 7 à 9, dans la moitié sud, dans des secteurs où les dunes, le plus souvent consolidées par des ganivelles, sont encore présentes entre le haut de plage et le terrassement de la route. Les variations significatives de la section transversale se résument ici au bas de l'estran, où elles peuvent atteindre des valeurs importantes : plus de 41 m^2 au P9, pour une divagation du trait de côte entre 56 et 84 m du repère origine.

En ce qui concerne les oscillations dans le plan horizontal de cette ligne de séparation entre la plage émergée et la plage immergée, bien que largement influencées par les variations du niveau marin dues au facteur éolien, elles confirment la périodicité spatiale à grande échelle que nous avons remarqué en 1989 (fig. 3).

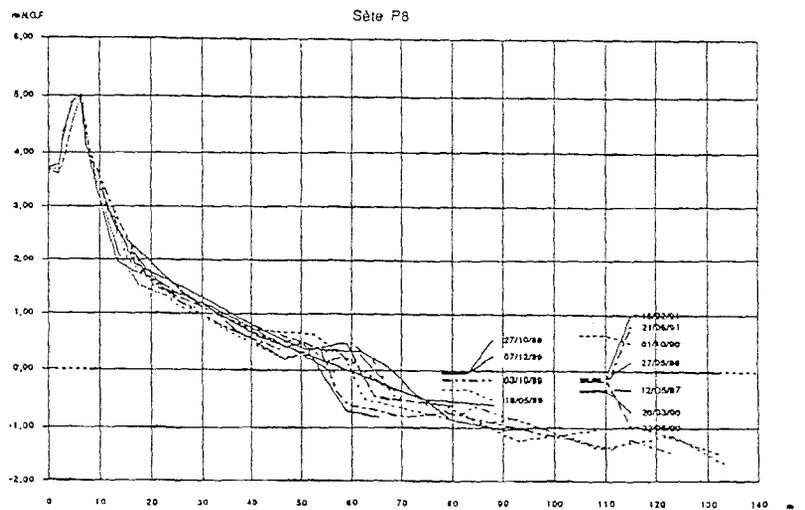
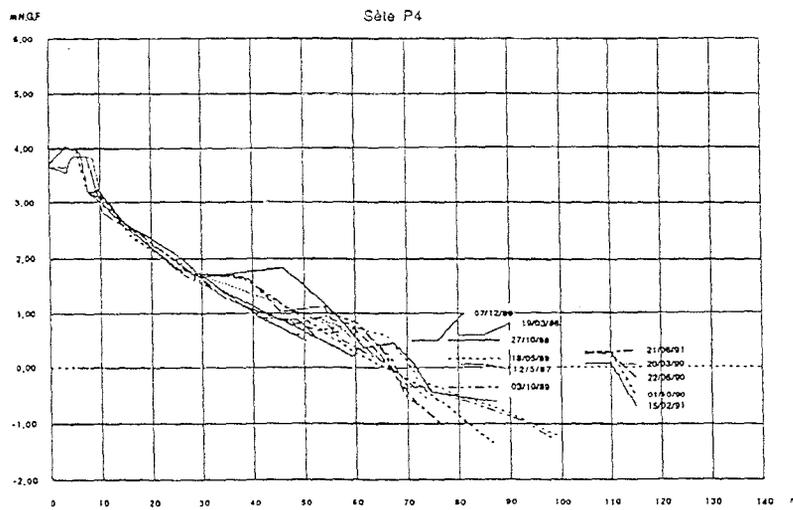
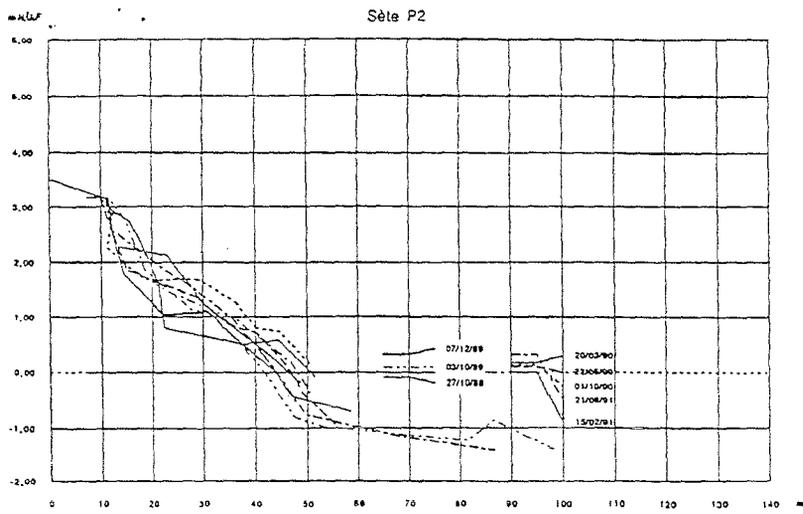


Fig. 2 : Profils en travers, 1986-1991
(les niveaux de la mer pendant les levés sont marqués à droite)

Dépasant les dimensions des formes périodiques classiques du type des croissants de plage, l'alternance des mégaprotubérances érosives et relativement accumulatives visibles sur le graphique d'évolution de la ligne de rive montre une disposition assez régulière autour des axes anti-nodaux situés au voisinage du P4, P6 (ou P5) et P9 (ou P8). Une certaine instabilité de ces derniers pourrait être en liaison avec la migration des centres de concentration des orthogonales de houle selon la direction prédominante de celle-ci, en présence des 3 épis dans la partie centrale de la plage.

Il serait par ailleurs difficile de trouver des axes nodaux au milieu de ces oscillations, car il n'y a jamais de ligne de séparation nette entre les processus d'érosion et ceux de dépôt du sable dans cette zone littorale. Il s'agit plutôt de secteurs de transition entre une forte érosion et un ralentissement de celle-ci, sous un régime hydrodynamique donné.

Il convient de souligner que les courbes unissant les points qui indiquent les distances du repère (L) sur le schéma (fig. 3) ont le rôle de faciliter l'image synoptique de l'état de la plage dans les 11 profils et ne représentent pas le rivage proprement dit. Elles suggèrent souvent une proportionnalité entre le creusement de la basse-plage dans les secteurs P1-P3, P5-P6 et P11, et l'engraissement temporaire des secteurs P4 et P8-P9.

D'autre part, si on prend en considération un trait de côte de 1984 interpolé entre des sections qui ne coïncident pas toujours avec les nôtres (Rueda, 1985) et que l'on y rapporte les valeurs L mesurées dans les profils levés saisonnièrement jusqu'en juin 1991, on obtient le tableau suivant :

Profil	ΔL	$\frac{\sum (dL)}{n}$	Profil	ΔL	$\frac{\sum (dL)}{n}$
1	2	3	1	2	3
1	-14	-12,8	7	+ 3	- 1,9
2	-19	-12,7	8	+16	+ 7,1
3	-24	-26,1	9	+ 4	+10,9
4	+ 6	+ 4,2	10	- 1	+ 3,6
5	-17	-14,0	11	+ 2	- 6,0
6	-17	-11,9			

TABEAU 1 : Evolution de la largeur (L) de la plage de Sète, 1984-1991

La colonne 2 contient les différences brutes de largeur entre 1984 et 1991, tandis que dans la colonne 3, les différences successives sont cumulées algébriquement et pondérées sur toute la période. On pourrait alors, à partir de ce tableau, situer les axes nodaux érosion-accumulation entre les profils 3-4 ; 4-5 ; 7-8 et 10-11. L'aspect morphologique de la plage actuelle confirme une telle assertion.

Pour comprendre cette modulation d'un phénomène qui sur l'ensemble du lido de Sète est l'érosion, il faut rappeler que la résultante annuelle du transport sédimentaire, estimée largement entre 3 000 et 40 000 m³ (SOGREAH, 1985), est du nord-est vers le sud-ouest et va décroissant dans cette direction. Par conséquent, un excédent de matériau enlevé par les vagues dans les secteurs sensibles situés au sud-ouest des rochers et des enrochements de l'anse du Lazaret (P1-P3) et des deux côtés des 3 épis (P5 et P6) est cédé par la dérive littorale d'une façon privilégiée aux secteurs "en aval" : P4 et respectivement P8-P9 pendant les phases d'extinction des coups de mer. Ces derniers profils sont d'ailleurs favorisés même en cas de renversement temporaire de la circulation littorale.

L'altitude moyenne maximale de la plage, nettement différenciée de celle des autres profils (environ 2 m par rapport à environ 1 m), n'est pas par hasard atteinte au P4 (cf. fig. 2), où viennent se déposer des sables d'âge probablement versilien tardif ou dunkerquien, plus grossiers, arrachés par les tempêtes de sud-est à l'arrière-plage du secteur P1-P3.

Il faut mentionner que les profils bathymétriques mettent en évidence aussi les plus hauts fonds de l'avant-plage dans cette section : l'isobathe 5 m se trouve à plus de 480 m de la côte (dans la section 16, au nord-est, elle est à environ 410 m ; dans la section 15, au sud-ouest, à 260 m seulement, dans la même année, 1989). Les hauts fonds sont également moins creusés dans la section 13 (entre P9-P10) par rapport à l'ensemble de l'avant-côte, traduisant une fois de plus le parallélisme des processus dans les deux zones littorales : émergée et immergée.

3. ANALYSE GRANULOMETRIQUE

7 échantillonnages de la couche supérieure (0,5-1 cm) des sédiments ont été effectués sur la plage émergée dans les 11 profils, couvrant les saisons de printemps, d'automne et d'hiver des années 1989-1991. Le sable a été prélevé de règle dans 3 zones du profil transversal :

- le bas de plage (BP), sur le front de la berme ;
- la plage moyenne (MP), sauf les cas où celle-ci était trop étroite ;
- le haut de plage (HP), au raccord avec le pied de dune, où celle-ci était présente.

Pour chaque échantillon ont été déterminés les paramètres suivants : diamètre médian D50 (mm), grain moyen Dm (mm), contenu en carbonates (%), l'indice de classement (Krumbein) $Qd\phi$, facteur hydrodynamique FH, ainsi que les paramètres texturaux de Falk et Ward : l'écart type σ_i , indice de dissymétrie SKI, indice d'angulosité Kg (tous ces derniers en échelle ϕ).

Des graphiques chronologiques illustrant l'évolution de ces paramètres ont été construits pour chaque section, mais la période d'étude reste encore trop courte pour que l'on puisse en tirer des conclusions significatives. Néanmoins, quelques observations peuvent présenter un certain intérêt pour le diagnostic du stade évolutif de la plage :

- les variations des indices granulométriques sont en général plus prononcées dans la moitié nord-est du lido (P1-P6), où l'érosion marine est plus avancée (à l'exception du P4) ;
- dans la même moitié nord-est : le diamètre médian des sédiments du BP dépasse parfois en hiver et au printemps les dimensions caractérisant le sable (2 mm), à cause des coquilles et des gravillons apportés par les coups de mer ;
- pendant la même période, $Qd\phi$ indique un mauvais classement et σ_i , un tri souvent très médiocre, prenant des valeurs supérieures à 0,5, voire 1,5 ($Qd\phi$) ou des valeurs voisines de l'unité (σ_i). Si pour la plupart des profils cela signifie une érosion active, pour P4 il s'agit plutôt d'un apport de sable grossier des sections avoisinantes (notamment P3) par la dérive littorale. Il est intéressant de remarquer que de telles valeurs sont enregistrées également dans la moitié sud-ouest de la plage (BP) pour la première fois en février 1991.

Les graphiques de variation des paramètres granulométriques au long de la côte sont plus significatifs en ce qui concerne la dynamique sédimentaire (ils ont été introduits comme valeurs moyennes sur les 7 prélèvements dans la période 1989-1991).

Un changement très net du D50 entre le nord-est et le sud-ouest de la plage se produit sur la plage basse entre les P6 et P7 (fig. 4). Dans le contexte d'une plage caractérisée par divers auteurs avant 1986 (LCHF, SOGREAH, SMNLR, etc...) par des sables dont D50 ne dépasse pas beaucoup 0,23 mm, les valeurs moyennes de plus de 0,5 mm (BP - P1-2 ; P5-6) peuvent être considérées comme indices d'érosion.

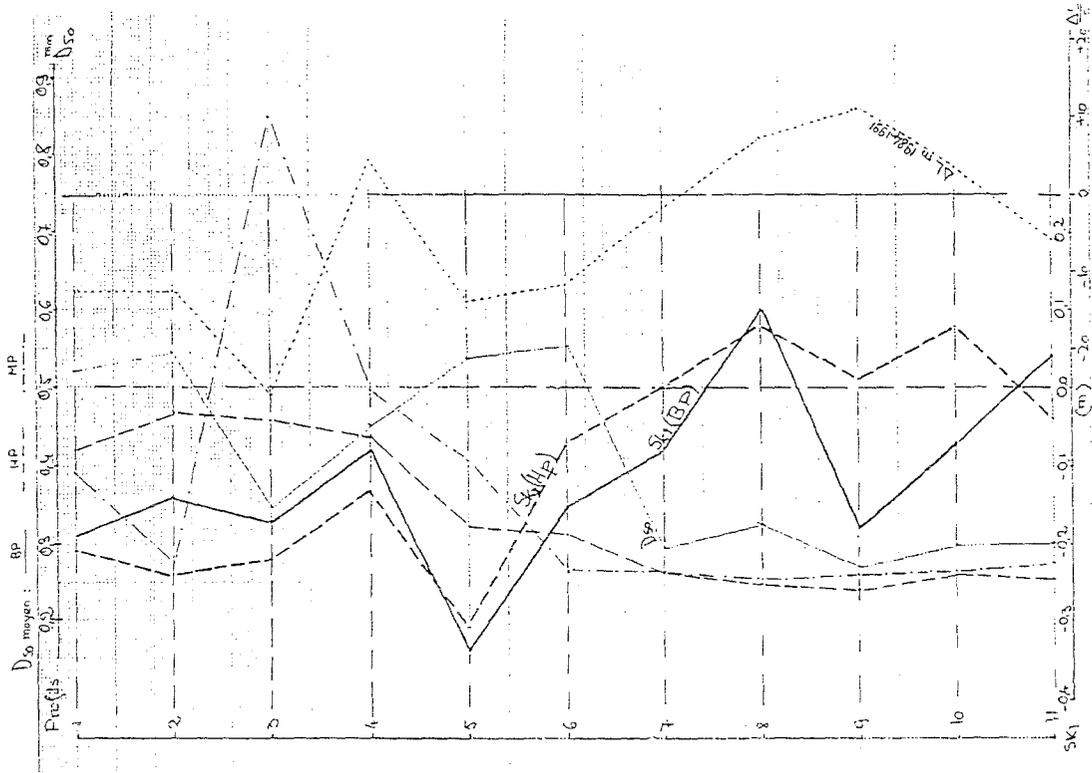


Fig. 4 : Variations des valeurs moyennes du diamètre médian, de l'indice de dissymétrie et des processus d'érosion/accumulation au long de la côte

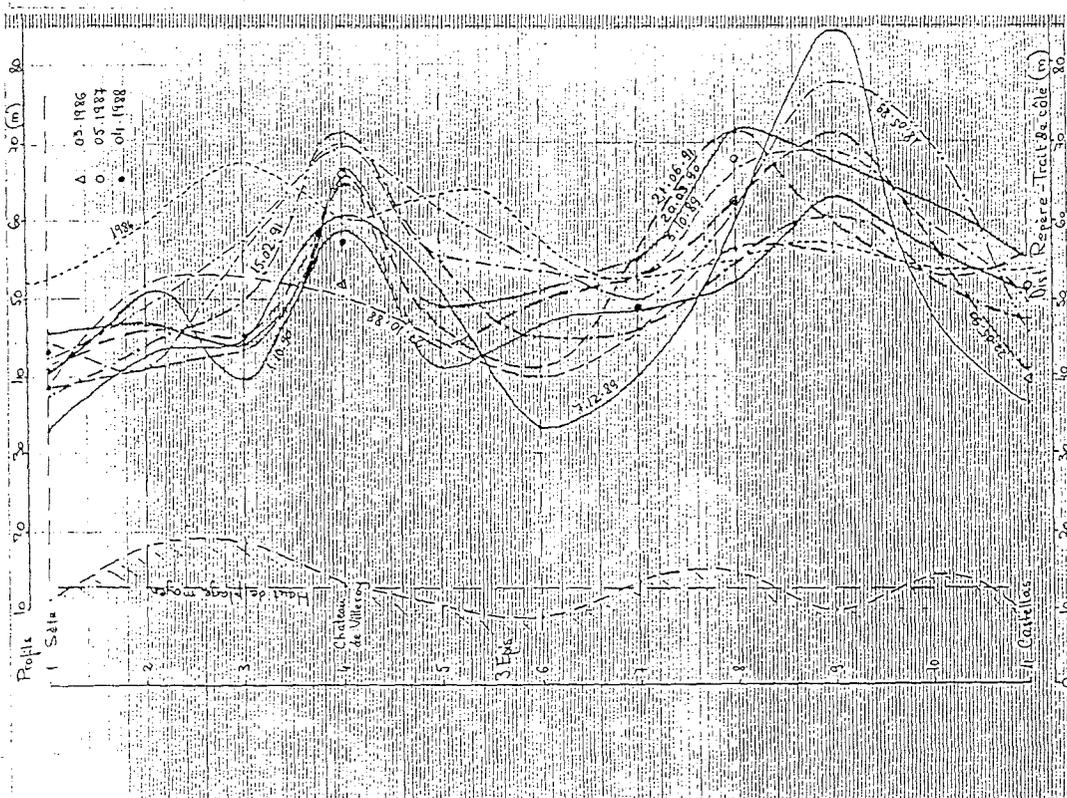


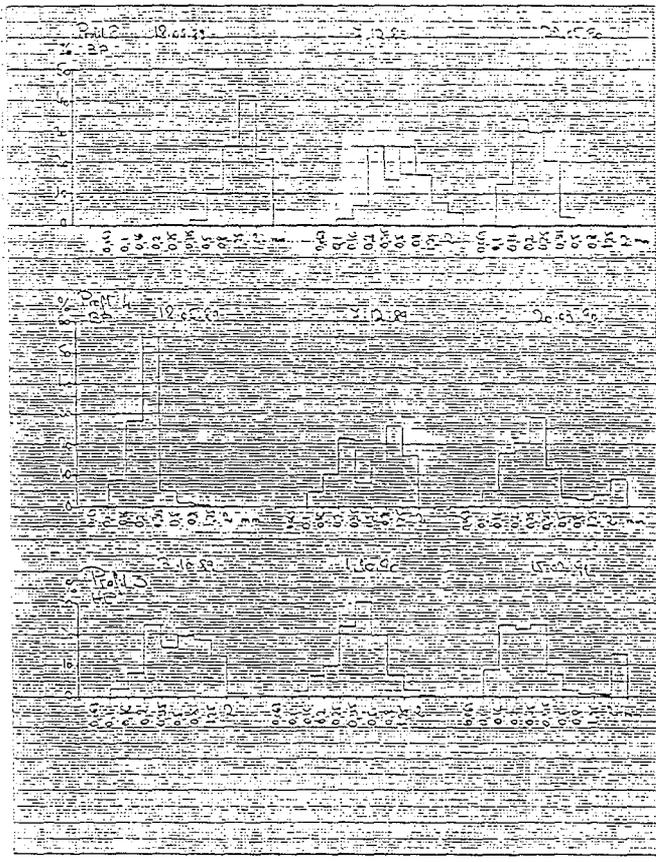
Fig 3 : Evolution du trait de côte

Même sur le haut de plage, D50 est supérieur à 0,4 mm dans le secteur P1-4. L'affouillement de la plage fossile mentionnée plus haut, par coups de mer en hiver, par piétinement en été, y est pour beaucoup et explique d'ailleurs l'inversement de dimension du sable et de l'indice de triage entre BP et HP au P3.

La différence entre les valeurs D50 du BP et du HP s'atténue, en même temps qu'il descend en-dessous de 0,3 mm au sud-ouest du P6, traduisant un certain équilibre morphodynamique.

Le rythme d'érosion/accumulation (tableau 1, col. 3), figuré en pointillé sur le même graphique (fig. 4) montre la concordance entre l'évolution morphodynamique et la variation des paramètres granulométriques au long du lido de Sète.

L'indice de dissymétrie des courbes granulométriques y est encore plus concluant : il prend le plus souvent des valeurs négatives, traduisant une certaine tendance de lévigation du sable fin (BP) et dans la partie nord-est, un mélange de deux populations sableuses (fig. 5) : un sable relativement fin, caractérisant la plage actuelle et un sable grossier passant vers les graviers, appartenant à une plage fossile qui affleure à un niveau supérieur, en haut de profil (HP). Le maximum d'éléments grossiers est atteint pourtant au P5, au nord-est des épis, où des galets deviennent de plus en plus fréquents après les tempêtes. L'indice prend des valeurs positives surtout sur le HP au sud-ouest du P7, dues à un excès de matériau fin qui trahit une tendance d'accumulation. A partir de ce profil, le contenu en CO_3Ca , supérieur au nord-est sur le BP, y descend brusquement en dessous de 30 % et inversement, monte en dessus de 40 % sur le HP, indiquant une origine partiellement éolienne du dépôt des particules fines de sable coquillier au pied des dunes.



Avec des valeurs moyennes maximales de 0,81 (HP, P3), 0,83 (BP, P4) et 1,03 (MP, P1), l'écart type σ_1 indique un sédiment modérément à médiocrement trié au nord-est, tandis qu'au sud-ouest du P7, avec 0,3 environ, il est très bien trié, témoignant le passage du secteur d'érosion active au secteur prépondéramment accumulatif.

Le mauvais tri du sable dans la partie centrale de la courbe granulométrique dans les P3 et P4 (HP) se reflète aussi dans les valeurs inférieures à 1 de l'indice d'angulosité (acuité) K_G . Des courbes plutôt leptokurtiques ($K_G > 1$) caractérisent les autres profils de la partie nord-est, avec la fraction grossière bien représentée. Vers le sud-ouest, se sont les courbes normales qui prédominent (valeurs K_G proches de l'unité). En BP, elles sont en général mézokurtiques ou leptokurtiques ($K_G = 1,59$ au P4) tout au long de la plage, plus redressées dans leur partie centrale, mais avec une traîne bien individualisée sur les grossiers.

En conclusion, d'une manière quasi-générale, on peut utiliser les paramètres granulométriques comme indices d'évolution morphodynamique de la plage émergée. Ainsi, une croissance du diamètre médian, associée à des valeurs élevées de l'écart type ($\sigma_1 > 0,7$), de fortes valeurs négatives de l'indice de dissymétrie ($SK_1 < -0,15$) et à une grande acuité de la courbe de distribution granulométrique cumulative du sable du HP constituent des indices d'érosion.

La prédominance du sable fin ($D_{50} < 0,3$ mm) associée à des valeurs basses de l'écart type ($\sigma_1 < 0,4$), de valeurs positives de l'indice de dissymétrie et à une distribution normale des classes granulométriques ($K_G = 1$) constituent autant d'indices de stabilité ou légère accrétion de la plage.

Dans le cas particulier de la plage de Sète, le suivi granulométrique s'ajoute au suivi topo-bathymétrique pour déterminer les tendances d'évolution à long terme des différents secteurs afin d'y adapter les éventuelles mesures de protection.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) Bressolier C., Thomas Y.F., 1983 Méthodes pour l'étude d'une plage : le Port-Blanc. (Mémoires du Laboratoire de Géographie de l'EPHE, n° 39, Dinard).
- (2) IARE, 1986 Restauration des plages et des dunes et protection du littoral sur le lido de Sète.
- (3) LNH, 1984 Catalogue sédimentologique des côtes françaises. Côtes de la Méditerranée , de la frontière espagnole à la frontière italienne. Fasc. A, de la frontière espagnole à Sète. Ed. Eyrolles.
- (4) Ruéda F., 1985 Le littoral de l'Hérault et du Gard
- (5) Radulescu M., Barusseau J.P., Gerbe A., 1989 Contribution à l'étude de la dynamique sédimentaire de la plage de Sète (Comptes rendus du 1er symposium international de l'Association Eurocoast)
- (6) SOGREAH, 1985 Protection de la plage de Sète - Etude diagnostic. 450085 R2.