



Validation en canal à houle d'aménagement de la plage des Lecques

M. Meyer

Ingénieur T.P.E. – D.D.E. du Var

Isabelle Lesprit

Département Génie Côtier – Océanide

Résumé

La plage des Lecques est le siège d'une érosion du littoral importante qui a entraîné un recul du trait de côte d'une dizaine de mètres au cours de ces vingt dernières années. Ce phénomène met à terme en péril l'existence même de la plage, et toute l'activité touristique qui en découle. Aussi la Commune de SAINT-CYR-SUR-MER a décidée d'enrayer ce processus par la réalisation d'une opération d'aménagement et de protection de cette plage

L'étude courantologique et sédimentologique réalisée par OCEANIDE a montré la prédominance dans la dynamique sédimentaire du transit dans le profil. En conséquence, la solution de confortement envisagée est de type rechargement.

Il a donc été nécessaire de procéder à des essais en canal à houle sur fond mobile afin de trouver un compromis entre la pérennité du confortement préconisé, les entretiens nécessaires et les coûts de réalisation.

Des profils de plage ont été reproduits dans le canal à houle, avec les matériaux correspondant respectivement à la similitude sédimentologique. Ensuite chaque profil a été soumis à des houles de beau temps et de tempête, typiques du site

1. Données générales et océanographiques

La plage des Lecques, située sur la Commune de SAINT-CYR-SUR-MER à l'Est de la Baie de la Ciotat, constitue une des plus belles plages de sable de l'Ouest Varois, et même du littoral méditerranéen entre MARSEILLE et TOULON, contribuant largement à l'activité touristique de la Commune.

Cette plage s'étire sur plus de 1300 mètres du Nord-Ouest vers le Sud-Est. La plage des Lecques vient s'adosser dans sa partie Nord-Ouest sur le Bassin Est du port des Lecques et disparaît au Sud-Est au profit d'une côte rocheuse, de falaises et enfin du port de la MADRAGUE.

1.1. Situation actuelle :

* à l'abri de la contre-jetée du vieux port, se trouve une plage triangulaire longue de 200 mètres.

* sur les 300 mètres suivants, la plage a disparu (jusqu'au restaurant « Le ROOF »), la mer venant battre un mur de palplanches : deux plates-formes protégées par des enrochements y ont été implantées, en avancée sur la mer.

* entre les restaurants «Le ROOF» et la «PATOUILLE» (soit 200 m), tous deux construits en avancée, la plage présente une largeur maximale de 5 mètres, variable.

* enfin sur les 600 derniers mètres, la plage va en s'élargissant légèrement (10 à 15 mètres).

* les 1300 mètres de côte sont limités par un mur dit « mur des Allemands », soit en palplanche soit en béton, sur lequel la mer vient souvent se réfléchir.

1.2. Profils des fonds marins.

La pente de la plage aérienne est de l'ordre de 12%.

La pente de plage sous-marine est uniformément de l'ordre de 1,7%.

1.3. Analyse granulométrique.

L'analyse granulométrique des échantillons sous-marins, en avril 1996, montre un D_{50} voisin de 0,15 mm. Pour les échantillons prélevés sur la plage, le D_{50} est compris entre 0,25 et 0,47 mm.

Les sédiments sous-marins, prélevés en janvier 1990, avaient également un diamètre médian de 0,15 mm.

Compte tenu de la période différente à laquelle ont été faits les prélèvements, la conservation du D_{50} suggère la présence d'un stock sédimentaire homogène et important.

1.4. Les courants

La caractérisation des courants liés à la circulation générale et au vent dans les petits fonds, a fait l'objet de deux campagnes de mesures in situ au cours desquelles des flotteurs à drogue ont été lâchés et dont la trajectoire a été déterminée précisément par triangulation. Les courants mesurés étaient de l'ordre de 2 à 3 cm/s avec des pointes de 5 à 6 cm/s. La direction des courants est comprise entre le Nord-Est et le Nord-Ouest avec toujours une composante perpendiculaire à la plage orientée vers la côte et une composante parallèle à la plage orientée vers le Nord. En tout état de cause, ces courants sont trop faibles pour remettre en suspension les sédiments locaux.

1.5. Les houles et mers de vent

Etant donné la situation géographique de la plage des Lecques, seules les houles d'incidence au large comprise entre 185°N et 255°N peuvent atteindre le site.

Les observations de mers de vent et de houle font apparaître que :

- les incidences comprises entre 225°N et 255°N sont les plus fréquentes.
- les hauteurs significatives ne dépassent quasiment pas 3,5 mètres.

2. Description des essais en canal à houle

Compte tenu du caractère aléatoire des conditions météo-océaniques et sachant que la sédimentologie n'est pas une science exacte, il est admis qu'il subsistera

quelques incertitudes quant à la pérennité et l'efficacité d'aménagement de type rechargement de plage.

Il a donc été nécessaire de procéder à des essais en canal à houle sur fond mobile afin de trouver un bon compromis entre la pérennité du confortement préconisé, les entretiens nécessaires et les coûts de réalisation.

Le profil représenté pour les essais concernait un tronçon situé entre la « PATOUILLE » et le ruisseau « LA SALLE ».

2.1. Similitudes

Le modèle a été réalisé à l'échelle 1/20. Afin que les essais soient représentatif, un certain nombre de similitudes doit être respecté.

2.1.1. Similitude géométrique

Pour les essais, le modèle utilisé est non distordu. L'échelle 1/20 est donc appliquée à toutes les longueurs et hauteurs du modèle et des couches de rechargement, ainsi qu'aux hauteurs de houle et longueurs d'onde.

2.1.2. Similitude dynamique

La similitude de Froude est utilisée, c'est à dire : $\frac{T_{\text{mod}}}{T_{\text{nat}}} = n^{1/2} \Rightarrow T_{\text{mod}} = \frac{T_{\text{nat}}}{\sqrt{20}}$

Ainsi les houles de période 6 s en nature sont représentées par des houles de périodes 1,34 s en modèle.

2.1.3. Description du processus sédimentaire modélisé

Les essais en canal permettent de modéliser une plage soumise uniquement aux houles frontales. Ils ne tiennent pas compte du transit littoral. Seuls les processus sédimentaires d'échanges transversaux sont représentés.

Les mouvements dans le profil sont particulièrement importants entre la côte et la zone de déferlement. Dans cette zone, les fonds s'érodent et se sédimentent alternativement suivant les caractéristiques des houles, mais le profil moyen peut rester stable au cours des années successives en l'absence d'ouvrage le long de la côte. Dans le cas de la plage des Lecques, l'idéal serait de trouver le profil de plage permettant d'atteindre cet état d'équilibre, et donc d'arrêter l'érosion.

2.1.4. Similitude sédimentologique

Pour reproduire des mouvements sédimentaires homologues sur le modèle et en nature, il faut définir un matériau mobile qui présente un comportement analogue, sous les mêmes actions hydrauliques que les sédiments naturels.

Mais tous les paramètres ne peuvent pas être respectés ; par conséquent, un compromis a été pris afin de correspondre au mieux à la réalité. Il s'agit essentiellement d'éviter que les légères divergences du modèle soient préjudiciables à la validité des résultats.

La solution retenue, c'est-à-dire des sédiments de granulométrie 0,4-1,25 mm, a été un bon compromis pour représenter la couche du soubassement.

Pour les sables de la plage aérienne et pour pallier à des phénomènes de cohésion, on agit sur la densité du matériau utilisé pour les essais, ce qui permet, tout en conservant en similitude les critères de vitesse de chute et d'entraînement par la houle, d'augmenter la granulométrie du matériau et d'échapper aux problèmes de cohésion.

Aussi le matériau utilisé pour réaliser les essais a été du "lignoblast" de densité 1,35 et d'une granulométrie comprise entre 0,4 mm et 0,8 mm.

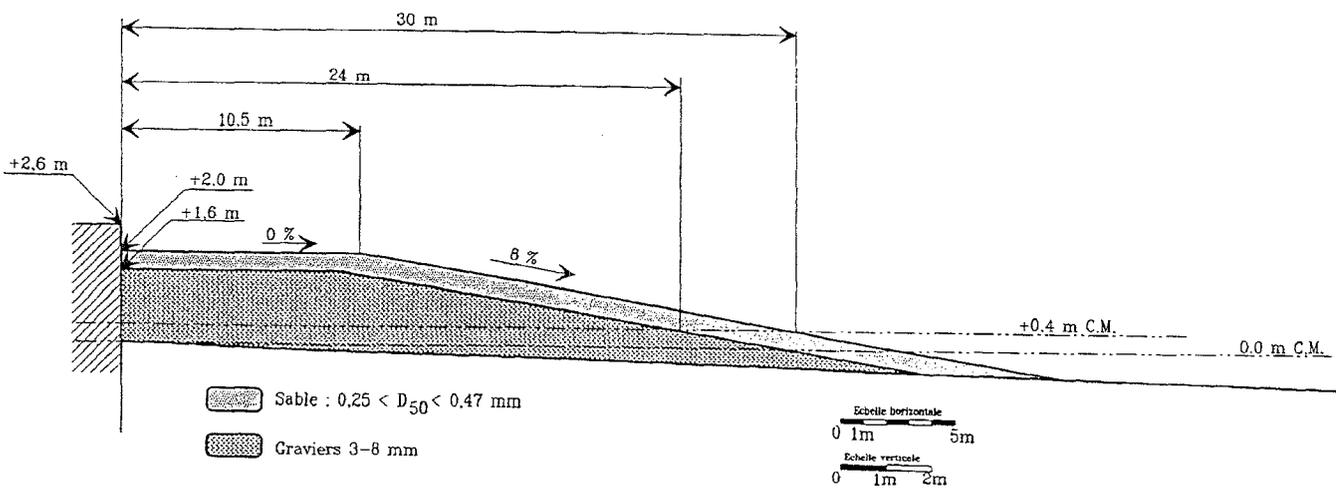
2.2 Essais

Les profils étudiés en canal à houle ont porté sur quatre configurations différentes :

- configuration de la plage actuelle,
- plage rechargée avec le soubassement seul,
- plage aménagée dans sa configuration finale sans butée de pied,
- plage aménagée dans sa configuration finale avec butée de pied.

2.2.1. Essais sur le profil « définitif »

Le soubassement a été représenté avec du sable de densité 2,6 et une granulométrie variant de 0,4 mm à 1,2 mm. Pour la couche supérieure, du Lignoblast de densité 1,35 et d'un diamètre compris entre 0,4 mm et 0,8 mm a été mis en place, cf figure ci-dessous.



Dans un premier temps, deux essais ont été réalisés. Les caractéristiques étaient :

Essai 1 : $H_s = 1,5 \text{ m}$ et $T_p = 6 \text{ s}$, le niveau d'eau était à $+0,9 \text{ m C.M.}$

Essai 2 : $H_s = 0,6 \text{ m}$ et $T_p = 6 \text{ s}$, avec un niveau d'eau à $+0,6 \text{ m C.M.}$

A l'issue du premier essai, on a constaté une érosion de la plage. Seuls les sédiments fins ont véritablement été mis en mouvement. Une partie de ces sédiments se trouve en haut de plage et le reste a été transporté vers le large.

Il est important de noter que le sable fin n'a pas été transporté dans des fonds supérieurs à $-1,2 \text{ m C.M.}$, ce qui représente une distance d'environ 30 m à partir de la laisse qui correspond au niveau des mers moyennes ($+0,4 \text{ m C.M.}$).

L'essai suivant ($H_s = 0,6 \text{ m}$ et $T_p = 6 \text{ s}$) a permis de visualiser la remontée des sédiments lors des petites houles.

D'autre part, la présence du mur en haut de plage ayant un impact non négligeable sur la tenue du sable lorsque la houle atteint celui-ci, il était nécessaire de modéliser des fortes houles dès le début de l'essai. Aussi, et après une remise en forme de profil, le scénario de tempêtes suivant a été représenté.

ESSAIS	H_s	T_p	Niveau	Durée
Essai 3	1,7 m	7 s	+0,9 m CM	2 h
Essai 4	1,8 m	7 s	+0,9 m CM	2 h
Essai 5	1,9 m	7 s	+0,9 m CM	2 h
Essai 6	2,0 m	9 s	+0,9 m CM	8 h

Il est important de constater que la houle a atteint le mur sans beaucoup d'énergie. En fait, le sable est repoussé sur le milieu de la plage dès les premières vagues ce qui minimise la quantité d'eau atteignant ce mur.

Soumis à différentes houles variant de $0,6 \text{ m}$ à 2 m de hauteur et des périodes de 6 s à 9 s , ce profil se maintient dans de bonnes conditions dans sa partie supérieure, la partie de plage située à $+2 \text{ m C.M.}$ étant stable sur une dizaine de mètres.

Toutefois, il est important de noter que les fortes houles simulées atteignent le mur du front de mer.

D'autre part, des érosions apparaissent sur la partie basse de la plage entre les cotes de $+1 \text{ m}$ et $-0,5 \text{ m}$, une fraction des sables de couverture est entraînée dans les fonds de $-0,5 \text{ m}$ à $-1,2 \text{ m}$. Ces sédiments sont partiellement remontés par période de beau temps. La "perte" en sédiments en fin d'essais reste inférieure à 10% des matériaux mis en place. Cette valeur correspond principalement à des "remaniements" du profil plutôt qu'à des appauvrissements du stock sédimentaire.

3. Description du projet retenu par le maître d'ouvrage

Les critères techniques d'aménagement retenus, après études de courantologie et sédimentologie, d'avant projet sommaire et en canal à houle, sont :

- * distance d'amortissement de la houle dans la zone aérienne de la plage ne sera pas inférieure à 30 mètres.
- * la granulométrie de rechargement sera 3/8 mm et 20/60 mm.
- * pour le confort des usagers il sera rapporté une couche de sable fin d'environ 0,20 mètre d'épaisseur.

En conséquence le principe général qui domine le dimensionnement particulier est basé sur une largeur de plage constante de 30 mètres dont la pente sous-marine varie en fonction de la nature des granulats qui la composent, et sur différents types de matériaux dont la granulométrie varie en fonction des agressions de la mer.

Concernant la grave 3/8 roulée, la pente est de 12 % en aérien et de 8 % en sous-marin et pour le matériau 20/60 roulé, elle est de 20 % environ. Le sable rapporté aura une pente de 8% en aérien et de 5% en sous-marin.

La largeur de plage a été dimensionnée en fonction des obstacles en sommet de plage (mur des Allemands) pour permettre un amortissement de la houle en évitant la réflexion du mur.

Du Nord au Sud le sommet de plage projeté varie de + 1,8 m C.M. à + 2,0 m C.M. correspondant sensiblement aux altitudes de la plage actuelle.

Les différentes zones de réaménagement se résument ainsi :

1 - Au Nord-Ouest (de la plage du Vieux-Port à «l'épi Acapulco»), rechargement en matériau 20/60 roulé servant de couche de fondation recouvert d'une grave 3/8 roulée en couche de finition faisant le lien entre la plage de sable du port et les gros matériaux de la zone de la «Barbarie».

2. - Dans la zone de la «Barbarie», réaménagement des épis Nord et Sud par la réduction de la proéminence en mer tout en conservant leur surface d'occupation actuelle. Sur cette zone de «Lecques», l'aménagement repose essentiellement sur la tenue à la mer de gros matériaux tels que de la grave 100/300 concassée en couche de fondation et 20/60 roulée en couche de finition. Grâce à la reconstitution des zones de plagistes (Acapulco et le Sporting) une circulation publique en bord de mer recréera un lien entre la plage Nord et les plages Centre et Sud.

Le ruisseau «La Barbarie» fera l'objet d'un traitement particulier quant à son débouché en mer et l'accès à partir de la promenade. Cet aménagement consiste essentiellement à prolonger les murs culées de l'ouvrage pluvial de 20 mètres. Sur cet ouvrage sera réalisée une passerelle piétonne en bois permettant l'accès à la plage et aux zones de plagistes. De plus des passerelles en bois seront réalisées, afin d'assurer la communication entre la mer et les zones de plagistes, passerelles qui, en période hivernale devront être remisées pour ne pas subir des dégâts dus aux tempêtes.

3. – Entre l'épi du « Sporting » et le Sud de la « Patouille », une plage sera constituée de grave 20/60 roulée en couche de fondation recouverte d'un matériau 3/8 roulé en finition.

4. – Du Sud de la « Patouille » jusqu'au ruisseau «La Salle», une plage sera réalisée avec de la grave 3/8 en couche de fondation et du sable fin en couche de finition. Ce sable proviendra d'une part de la récupération du sable de la plage actuelle (après sondages, une couche de 0,50 mètre est disponible sur site) et d'autre part, d'un apport extérieur, à la charge du Maître d'Ouvrage.

Il est à noter que la rivière «Les Lucquets» fera l'objet d'un traitement particulier pour calibrer partiellement son débouché en mer. Cet aménagement consiste essentiellement à prolonger l'ouvrage pluvial d'environ 15 mètres.

Compte tenu des quantités mises en jeu et des pentes d'équilibre des différents matériaux, la couche superficielle de sable fin ne pourra pas être stable et peut être chassée lors de houles hivernales. Le Maître d'Ouvrage devra donc prévoir chaque année des rechargements pour reconstituer cette couche et éventuellement une partie de la couche de fondation.