

Chapter 24

LE REGIME DE LA RADE DE TANGER

Jean Laurent

Président Directeur Général du Laboratoire Central
d'Hydraulique de France.

Docteur Es-Sciences.

Membre Correspondant de l'Académie de Marine.

Au cours de ces dernières années, l'extension spectaculaire de l'accumulation sableuse que constitue la grande plage située au pied de la ville de TANGER, d'abord bien accueillie pour son intérêt touristique, fut ensuite jugée inquiétante par les services locaux : on craignait, en effet, que cette extension ne fit peser une grave menace sur les accès du port. (Voir figure 1).

La Direction des Travaux Publics avait, par suite, envisagé de construire un épi enraciné au quai Est et situé à proximité de la passe d'entrée, en vue de s'opposer au mouvement de pénétration éventuelle du sable dans le port.

Toutefois, avant d'entreprendre les travaux en question, l'Administration de la Zone Internationale de TANGER a estimé indispensable de faire étudier par un Laboratoire spécialisé le régime de la rade de TANGER et de charger ce dernier ensuite de définir par des essais sur modèle réduit les meilleures dispositions à adopter, compte tenu des précisions alors réunies sur le régime de la rade.

Par ailleurs, la nécessité d'études sur modèle était apparue également en vue de définir la consistance des ouvrages à réaliser dans le cadre des travaux d'extension du port.

L'ensemble de ces études a été confié au LABORATOIRE CENTRAL D'HYDRAULIQUE DE FRANCE à MAISONS-ALFORT, près PARIS, après un concours auquel avaient participé 11 nations possédant des Instituts de recherches hydrauliques.



Fig. 1

La présente communication a pour objet d'exposer les résultats de la campagne d'observations effectuée en nature, qui s'est étendue sur une période de plus de 6 mois.

Cette communication est divisée en quatre paragraphes :

- I - La structure générale de la baie de TANGER;
- II - Les conditions générales d'ordre océanographique et climatologique;
- III - Les étapes successives de la construction du Port et les conséquences de la construction des ouvrages sur le régime de l'agitation et de l'ensablement;
- IV - La rotation de l'ancien stock sableux vers le quai Est, phénomène essentiel de l'évolution des fonds en baie de TANGER.

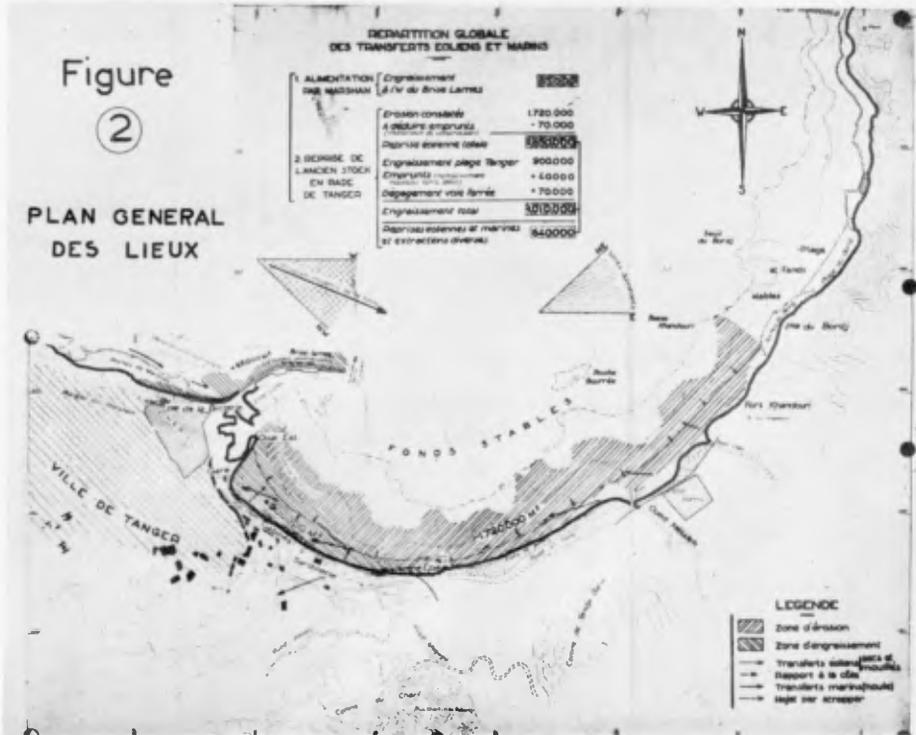


Fig. 2. Plan general des lieux.

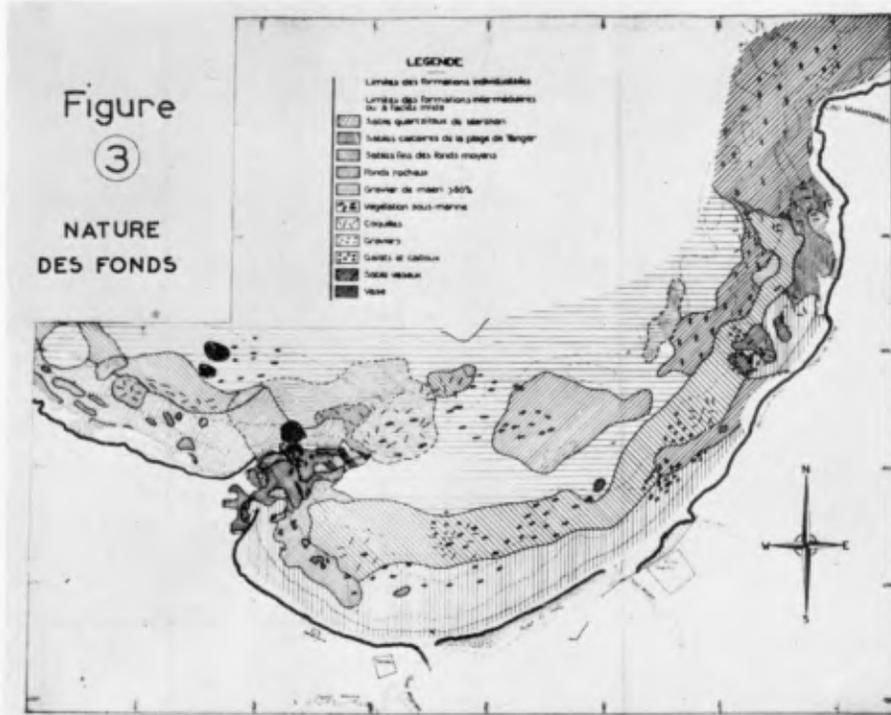


Fig. 3. Nature des fonds.

T - LA STRUCTURE GENERALE DE LA BAIE DE TANGER

La baie de TANGER a fait l'objet d'un levé hydrographique à grande échelle exécuté en 1908 par la Mission HERIOT, puis d'un second levé réalisé en 1930 par la Commission Hydrographique Espagnole et publié en 1931.

Les éditions successives des cartes marines sont basées sur ces deux plans fondamentaux, complétés des levés partiels de la Société du Port.

Par ailleurs, notre Mission d'Etudes a réalisé en 1950 un levé côtier comportant des plans à grande échelle, au 1:2000 pour l'estran et les petits fonds depuis le plateau de MARSHAN jusqu'à la plage du BORDJ, et au 1:200 pour la zone dunaire.

En outre, en ce qui concerne la structure géologique des fonds, nous avons prospecté l'ensemble de la rade, et avons établi une carte bathylithologique, document qui met en relief l'extrême diversité des fonds de la baie (figure 3). Ces derniers comprennent essentiellement :

- des zones rocheuses;
- des étendues de maërl;
- des cordons sableux isolés.

1°/ - LES ZONES ROCHEUSES (figure 2).

La baie de TANGER est divisée en plusieurs secteurs partiels, par des pointes rocheuses (la roche BOURREE, la basse KHANDOURI et le seuil du BORDJ), qui constituent autant de dangers pour la navigation. Ces pointements sont entourés de fonds rocheux assez développés parfois recouverts d'algues.

Il faut y ajouter le pourtour du cap MALABATA, les environs immédiats de la pointe du BORDJ, et surtout le vaste plateau schisteux qui s'étend devant la grande plage à partir des fonds de 3 m.

2°/ - LES ETENDUES DE MAËRL. (figure 3).

On remarque le développement notable en baie de TANGER des lithothamniées, qui produisent, comme on le sait, le maërl des côtes bretonnes.

C'est très vraisemblablement l'ampleur de ces formations qui explique l'accroissement de 5 à 30 % de la fraction calcaire dans les sables provenant du stock primaire d'alimentation de MARSHAN, dont proviennent les sables de la baie comme on le verra plus loin.

Reliant entre eux les fonds rocheux, les zones de maërl, excluent, par leur présence, la possibilité d'un transit sableux E-W. traversant la baie pour atterrir sous MALABATA et approvisionner le cheminement littoral qui aboutit à TANGER.

3°/ - LES DIVERS CORDONS SABLEUX.

Il y a lieu de distinguer :

- a) - Les sables quartziteux de MARSHAN actuellement arrêtés par le brise-lames;
- b) - Un stock calcaire à 30 %, qui s'élonge en fond de baie depuis la pointe du BORDJ jusqu'à la passe d'entrée du port;
- c) - Le stock de même nature, mais isolé, de la plage du BORDJ.

II - LES CONDITIONS GENERALES D'ORDRE OCEANOGRAPHIQUE ET CLIMATOLOGIQUE LE MECANISME DES TRANSFERTS

1°/ - LA MAREE.

Moins importante qu'au MAROC, la marée à TANGER, du type semi-diurne, caractérisée par une amplitude de 2 m environ. TANGER occupe donc, à cet égard, une position intermédiaire entre les régions méditerranéennes (marée nulle - sans estran) et océaniques (marée forte, estran développé).

A TANGER, la marée joue un grand rôle dans le modelé des estrans et leur approvisionnement en combinaison avec l'agitation; elle exerce, en effet, un apport continu dans le profil, qui se traduit par la constitution d'un bourrelet de sable fin qui se dessèche pendant la période de mortes eaux et alimente les transferts littoraux dus au vent.

2°/- LA HOULE.

Les houles de l'océan, si puissantes sur les côtes du MAROC, sont étouffées par le détroit et ne parviennent en baie de TANGER qu'avec des périodes et amplitudes réduites (8 et 10 s, 2 à 3 m) et une direction pratiquement invariable (N.W.).

Ces ondes exercent encore une action importante sur

les fonds meubles et provoquent une alimentation régulière de l'estran, au détriment des petits fonds (jusqu'à - 10 m) comme l'a montré la comparaison des levés de 1908 et 1950.

Par contre, l'examen de la figure 4 montre qu'à l'Ouest de la ligne qui joint le feu d'extrémité du brise-lames à l'Epave, la côte engraisée est pratiquement à l'abri de la houle.

3°/ - LE VENT.

On ne peut parler du problème de TANGER, sans souligner la violence et les effets prépondérants du vent d'Est, le " mistral " de TANGER.

Ce vent local, qui frapperait le visiteur le moins averti, est dû à la configuration très spéciale du détroit de GIBRALTAR et de ses abords montagneux. Il atteint des vitesses très fortes, soufflant parfois pendant plusieurs jours consécutifs et remplissant les rues de sable. Il domine le régime de la baie de TANGER par son influence sur l'agitation et sur les transports de sable.

a) - L'agitation (voir figure 4).

Des clapots courts (5 à 6 s) et creux (1,50 m), engendrés par les vents d'Est, sont très gênants pour les petites embarcations. Une barre se forme sur les petits fonds de la passe d'entrée du port à partir d'une certaine vitesse du vent.

b) - L'ensablement.

Les clapots et les courants superficiels dus à ces vents provoquent dans certaines circonstances d'importants transferts de sables.

De plus, sous l'effet des mêmes vents, des transferts secs, orientés E-W, et souvent très importants, règnent sur le haut estran. Il suffit d'ailleurs de se rendre sur les plages par coup de vent d'Est pour assister à de véritables tempêtes de sable.

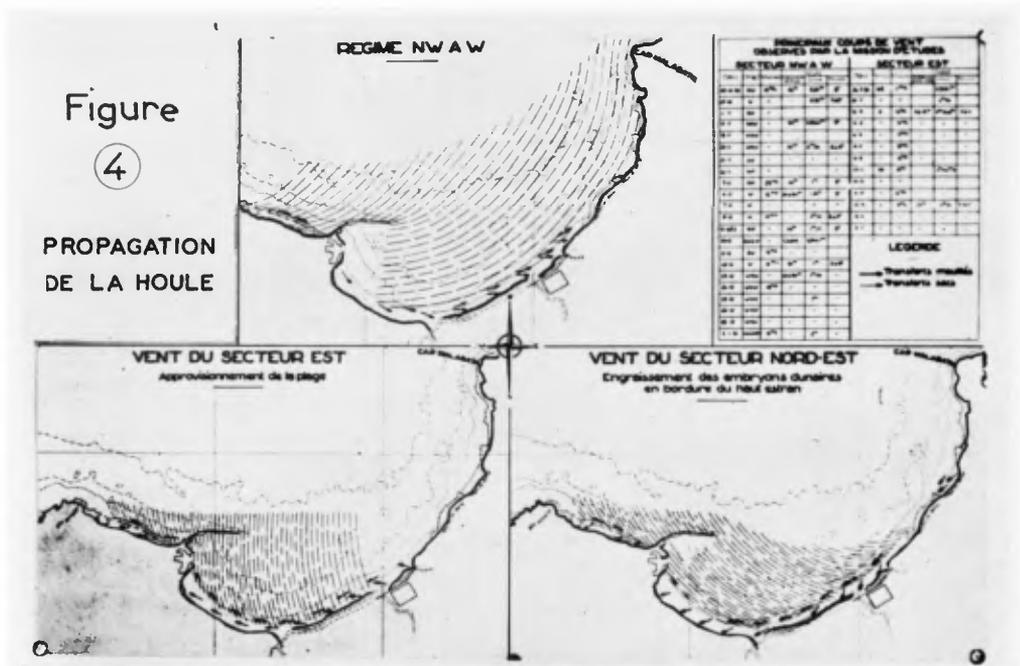


Fig. 4

4°/ - LES ACTIONS PREPONDERANTES DE TRANSFERT.

Il résulte de l'étude détaillée de nos observations que c'est essentiellement au vent qu'il faut attribuer les transferts en baie de TANGER. Nous résumons ci-dessous le mécanisme des transferts dans les différentes régions de la baie.

a) - Villa HARRIS.

La direction du vent d'Est, canalisé par la vallée de l'Oued CHATT, est oblique par rapport à la côte. Les transports qu'il occasionne, aussi bien dans la partie sèche de l'estran que dans la partie mouillée, sont compensés dans une certaine mesure par les transferts inverses du Régime Ouest (Vent et Houle).

b) - De l'embouchure de l'Oued MEIALEH à l'Epave.

Ici le vent d'Est est rigoureusement parallèle à la côte sur un long parcours. Les sables entraînés par le clapot comme ceux en transit sur le cordon de galets, qui limite la lagune EL HALK, sont emportés vers la Sardinerie et la plage.

c) - De l'Epave au quai Est.

Dans cette zone où ne peuvent plus se faire sentir, comme autrefois, les houles d'Ouest, les sédiments désormais isolés se déplacent et s'étalent sous des influences diverses:

- 1) Transferts marins dus au vent d'Est (transferts mouillés) le long de la plage. Ces transferts sont assez généralement orientés vers le port mais le vent du Nord-Est peut les faire rétrograder.

- 2) Remontées dans le profil sous l'action combinée de l'agitation et de la marée, pour reformer sans cesse un bourrelet, qui dessèché, alimentera les reprises éoliennes vers les cabines de bains.

- 3) Reprises éoliennes par vents d'Est à Sud susceptibles de pousser les sables de l'estran sec jusqu'à la Gare. Ces reprises sont très partiellement compensées par les actions inverses des vents de Nord-Ouest qui sont moins fréquents et moins forts.

d) - Le long du quai Est.

Le long du quai Est on assiste à un étalement des matériaux en bout de course, sous l'effet d'actions diverses qui s'imbriquent et parfois se contrarient. C'est ainsi que la houle d'Ouest, diffractée autour du musoir du brise-lames de même que les clapots engendrés par les vents de Nord-Est provoquent des actions contraires à celles du vent d'Est et tendent à repousser les sables progressant le long du quai, par temps d'Est.

En définitive, d'ailleurs les apports solides le long du quai d'Est ne sont que de 2 000 m³ par an, alors que l'engraissement de la plage, calculé sur une période de 20 années (1930 - 1950) est de l'ordre de 50 000 m³ par an.

REMARQUE : On doit noter que le refoulement à la mer (par scrapper) des embryons dunaires constitués, en particulier, autour des cabines contribue à l'étalement continu de la plage, et altère sensiblement les phénomènes naturels.

III - LES ETAPES SUCCESSIVES DE LA CONSTRUCTION DU PORT ET LES CONSEQUENCES DE LA CONSTRUCTION DES OUVRAGES SUR LE REGIME DE L'AGITATION ET DE L'ENSABLEMENT

1°/ - LES ETAPES SUCCESSIVES DE LA CONSTRUCTION DU PORT.

En 1908, le port était essentiellement constitué par un terre plein gagné sur la mer et protégé au Nord par un vieux môle de 300 m de long et par un wharf de 108 m.

Pendant la période 1925-1933, la Société du port mena à bien un grand programme de travaux, au cours duquel fut notamment réalisé le grand brise-lames (1925-1932) et le bassin à Barcasses, isolé de la mer par le môle Est.

Enfin, on doit signaler quelques travaux récents (quai de Service adossé au brise-lames - nouveau terre plein du bassin à barcasses).

2°/ - LES CONSEQUENCES DE LA CONSTRUCTION DES OUVRAGES SUR LE REGIME DE L'AGITATION ET DE L'ENSABLEMENT.

a) - L'évolution des fonds avant la construction du brise-lames.

Avant la construction du brise-lames, les houles du secteur Ouest provoquaient une alimentation continue de la baie en sables provenant de la région dite des Roches de MARSHAN.

Il est intéressant de noter que la comparaison du levé des fonds naturels de 1908, avec le levé de 1931 fait ressortir une érosion générale des fonds à l'emplacement de la plage actuelle.

Quoi qu'il en soit, et d'une façon générale, ainsi que l'ont montré les études que nous avons effectuées, les sables de la baie étaient soumis alternativement à des actions contraires suivant que le phénomène prépondérant était le vent d'Est ou la houle en provenance de l'Ouest et un certain équilibre s'établissait entre les apports et les érosions.

Dans la région de la villa HARRIS, en particulier, les houles dues au vent d'Ouest provoquaient des apports compensateurs des érosions dues au vent d'Est.

b) - L'évolution des fonds après la construction du
brise-lames.

Le brise-lames a complètement transformé les conditions générales d'équilibre de la baie, tant au point de vue de l'agitation, que de l'ensablement.

Comme indiqué plus haut, le brise-lames soustrait pratiquement à l'action de la houle un grand plan d'eau situé devant la plage et limité à la ligne joignant son extrémité à la Sardinerie. C'est, en effet, seulement dans la région située à l'Est de l'Epave de l'Artois, que par temps d'Ouest, l'agitation peut se faire sentir.

Comme nous avons pu l'observer par gros temps de Nord-Ouest, un grand nombre de bâtiments, grands et petits, mouillés en petite rade ne bougeaient pas, tandis que des lames violentes venaient briser par dessus l'ouvrage. Ces navires restaient tous évités au vent, même les petites embarcations qui n'étaient guère qu'à une centaine de mètres de la plage, ce qui élimine l'existence de courants de houle, dit de " surélévation littorale ", de quelque importance et susceptibles de transporter des sédiments vers la zone d'abri. En effet, ces courants auraient maintenu les navires en travers du vent.

Par ailleurs, la construction du brise-lames a bouleversé l'équilibre des plages :

1°) - En arrêtant l'alimentation en sable quartziteux de la côte du détroit par les roches du MARSHAN et en isolant ainsi l'ancien stock sableux en fond de baie.

Corrélativement, il s'est formé, au dos du brise-lames, une accumulation de sable relativement importante.

2°) - En créant une véritable masse au pied de la ville de TANGER dans laquelle ne pouvaient que s'accumuler les sables.

En effet, un plan d'eau calme remplace maintenant cette zone d'agitation qui était autrefois balayée par une houle oblique; le sable, se déplaçant sous l'action des vents d'Est, est alors venu s'accumuler dans la zone protégée, d'où il n'a pu être repris, l'action compensatrice des houles d'Ouest s'étant trouvée pratiquement arrêtée : il en est résulté une érosion dans le secteur Epave-KHANDOURI.

Il est à noter que le stock sableux isolé en baie de TANGER comme il a été dit plus haut, s'est appauvri peu à peu, en raison notamment des actions éoliennes qui tendent à chasser les sables vers la terre.

IV - LA ROTATION DE L'ANCIEN STOCK SABLEUX VERS LE QUAI EST

Nos études sédimentologiques ont montré que l'ancien stock accumulé au fond de la baie est maintenant isolé de toute alimentation de quelque importance. Dans ces conditions, l'engraissement de la plage de TANGER ne devenait explicable qu'au détriment d'un autre secteur de la rade attaqué dans une mesure sensiblement équivalente comme il a été dit plus haut. Nos comparaisons hydrographiques échelonnées dans le temps ont permis de l'établir de façon certaine.

Le développement de la grande plage de TANGER apparaît donc comme étant la conséquence d'une rotation d'ensemble de l'ancien stock sableux isolé en fond de baie par la construction du brise-lames, mouvement dont la résultante est dirigée vers le Port.

Il nous restait à déterminer par l'analyse de l'ensemble de nos observations océanographiques et sédimentologiques les conditions dans lesquelles cette rotation est intervenue.

1°/ - L'ISOLEMENT DE L'ANCIEN STOCK SABLEUX EN FOND DE BAIE.

L'isolement du stock sableux en fond de baie depuis la construction du brise-lames est corroboré par les faits suivants :

- a) - La diversité extrême du fond de la baie qui exclut l'hypothèse d'un approvisionnement par l'Ouest en provenance de MARSHAN.
- b) - L'opposition lithologique entre les sables du fond de la baie en forte proportion calcaire (30 %) et les sables quartziteux de MARSHAN.
- c) - L'absence complète de transports solides contournant MALABATA et même l'existence d'une discontinuité entre les sédiments de la plage du BORDJ et la grande plage de TANGER.

2°/ - COMPARAISON ENTRE L'EROSION DU SECTEUR SARDINERIE -
KHANDOURI ET L'ENGRAISSEMENT DU SECTEUR SARDINERIE -
QUAI EST.

Signalons tout d'abord que les sables engraisant actuellement la grande plage de TANGER sont de même nature lithologique que la zone appauvrie, s'étendant depuis la Sardinerie jusqu'à la Tour KHANDOURI, mais de granulométrie moyenne plus faible.

Ces faits concordent avec l'hypothèse d'un cheminement de résultante générale Est-Ouest, tendant à approvisionner le secteur abrité situé à l'Ouest de l'Epave au détriment du secteur Est.

De plus, une comparaison minutieuse des différents levés de la baie de TANGER, fait apparaître pour la période 1903-1950:

- a) - Une érosion de 1.650.000 m³ pour la zone comprise entre la Sardinerie et la Tour KHANDOURI, érosion relativement récente et attestée d'ailleurs par de nombreux faits :
- état de délabrement du fort KHANDOURI;
 - dévastation par la mer et le creusement de la zone dunaire devant la villa HARRIS;
 - disparition presque totale d'une parcelle de terrain située en bordure de mer, sur 60 m de profondeur.
- b) - Un engraissement de 1.000.000 de m³ environ dans la zone Sardinerie - Quai Est.

L'érosion du secteur Est est donc supérieure à l'engraissement du secteur Ouest d'environ 50 %. La différence s'explique par les reprises éoliennes (qui sont importantes), la dispersion, les extractions diverses et aussi les insuffisances des statistiques. Compte tenu des corrections à apporter pour ces diverses raisons, on peut estimer qu'il y a bonne concordance entre les volumes caractérisant les évolutions des deux secteurs de la baie. Ces chiffres justifient, par conséquent, la notion de remaniement sur place d'un stock sableux isolé.

D'ailleurs l'étude des levés intermédiaires permet de conclure que le début de l'érosion du secteur Est, a coïncidé sensiblement avec l'édification du brise-lames.

3°/ - LE RISQUE D'ENSABLEMENT DU PORT.

L'accumulation des sables à proximité immédiate du port, s'accompagne, actuellement, d'une progression lente de l'isobathe 0 dans la zone avoisinant le quai Est. Nos travaux hydrographiques permettent d'évaluer à 2.000 m³ environ par an le volume annuel de cette poussée. On voit donc qu'en réalité le risque d'ensablement est minime, d'autant plus que le phénomène général de la rotation du stock sableux de la baie n'est pas indéfini.

4°/ - LIMITES DE L'EVOLUTION CONSTATEE.

L'engraissement de la plage de TANGER, postérieur à l'édification du brise-lames, est loin d'être assuré indéfiniment par l'Est. En effet, le réservoir qui l'alimente n'est pas inépuisable et est en voie d'appauvrissement. On peut donc prévoir, pour une échéance assez rapprochée d'ailleurs, que l'engraissement de la plage de TANGER passera par un maximum, dont l'état actuel semble d'ailleurs assez voisin.

CONCLUSIONS

Notre Mission d'Etudes a mis en évidence que l'évolution des plages de la rade de TANGER s'est produite à la suite de la construction du grand brise-lames. La présence de cet ouvrage a eu, en effet, pour conséquences :

- a) - L'arrêt de l'alimentation de l'accumulation sableuse;
- b) - L'altération profonde de l'équilibre des plages entre les pointes de la Batterie et du BORDJ; cette altération s'est traduite par une rotation vers l'Est du stock sableux isolé en fond de baie;
- c) - La formation d'une accumulation au dos du brise-lames.

Le danger éventuel de contournement du brise-lames par les sables de MARSHAN ne peut être que fort lointain, d'autant plus qu'il est question de prolonger cet ouvrage. Ce contournement est de plus, très improbable, étant donné le fort courant de marée qui règne à son extrémité, et tend à rejeter les sables vers le large.

L'alimentation du secteur de la grande plage ne pouvait donc se faire que par l'Est. Or, nos études ayant montré que le stock sableux disponible à l'Est de la rade est en voie d'appauvrissement, il ne pourra alimenter indéfiniment les transits dans la même proportion que par le passé. En conséquence, l'engraissement de la plage atteindra obligatoirement une limite lorsque le volume des apports, sera sensiblement compensé par celui des déflations éoliennes. On peut même prévoir que, par la suite, les apports en provenance de l'Est diminuant, on assistera à un amenuisement de la plage.

On en déduit que le moyen le plus efficace de lutter contre l'extension de la plage de TANGER est de stabiliser la côte dans la zone d'érosion, stabilisation qui aurait pour autre avantage de prolonger les efforts déjà faits par les riverains pour défendre leurs terres contre la mer.

En ce qui concerne la poussée des sables vers le port en bordure du quai Est, phénomène qui intéresse, comme nous l'avons vu, un débit solide de l'ordre de 2.000 m³ par an; elle ne justifie pas la construction d'un épi de protection, et l'on pourra donc faire l'économie de l'ouvrage envisagé d'autant plus que, comme nous l'avons vu, l'engraissement de la grande plage ne pourra se poursuivre indéfiniment.

RESUME.

THE CONDITION OF TANGIER BAY

Jean Laurent

Statement of the Problem During recent years, the spectacular growth of the sand deposit has made a great beach located at the base of the town of Tangier, and created a problem for local authorities. They are afraid that this deposition may endanger the harbor accessibility. Before beginning correcting or protecting works, the International Zone Administration of Tangier has asked the Laboratoire Central d'Hydraulique de France to study the conditions of Tangier Bay, and to determine the mechanism of sand deposition; and also to define on a reduced scale model the best arrangements to be taken in the near future for an extension of the harbor. This paper aims to present the results of field observations on the prototype.

Results of the Study Tangier Bay is located in the Strait of Gibraltar, and is subjected to violent currents, high tides, Atlantic waves and winds. The field surveys involved hydrography, oceanography and sedimentation. These observations, together with information supplied by harbor records, gave us the following information:

1. Before the breakwater was constructed (started in 1925 and completed in 1932), the sands of the bay were under opposing actions, whether the wind blew from east or west. Besides this, the bay was regularly fed by sand coming from the rocks of Marshan under the action of the east wind, which created sand dunes. In the Harris villa district in particular, waves coming from the west brought material, balancing the eroding effect of the east winds. Thus the condition of the bay beaches varied around a state of mean balance.

2. The construction of the breakwater completely changed the sedimentary conditions of the bay. This work protects the whole region located west of a line going through the end of the jetty and the Sardinerie from wave action from the west. The material brought into this region by the east wind is trapped and deposition occurs. This explains the spectacular growth of the great beach.

3. Construction of the breakwater has, at the same time, entirely stopped the movement of material from the East and the balancing action of the west waves. The result has been the erosion of the east section of the bay which is now subjected to only the erosive action of the east winds.

4. In the present state, the sediments which form the bay beaches are completely isolated and are slowly lost by dispersion and wind action.

Conclusion - Rotation of the Sand Deposit Isolated in Tangier Bay These studies have revealed that the sand deposits are now completely cut off from any replenishment, and the growth of the beach can be explained only through the erosion of some other section of the bay. This has been the case, for we have been able to find a satisfactory relation between the volume of sand removed at the Khandouri tower, on the one hand, and the sediments brought and deposited between the Sardinerie and the east quay on the other hand. There is indeed a true rotation of the sand deposits isolated in the Tangier Bay. This phenomena, after having reached a maximum intensity, is now decreasing; and it can be considered that the harbor entrance is not under any serious danger of being damaged by deposition.