

AMENAGEMENT DU LITTORAL DE SAINTE ADRESSE ET DU HAVRE REFECTION DES EPIS

P. JOIGNANT

Port Autonome du Havre - Terre Plein de la Barre - BP 1413 - 76067 LE HAVRE CEDEX

ABSTRACT

The adjustment of coastal defence systems against water attacks were often guided by fate and have not always given expected results.

Today with performing investigation methods, but also with precious archives we can adjust some defences, avoiding yesterday's traps.

However we take into consideration another variable: the estheticism, the front sea isn't any more a steril area neglected for a long time.

1. INTRODUCTION

Le bord de mer situé entre le Cap de la Hève et le port du Havre a subi de nombreuses modifications au fil des ans.

Aujourd'hui les dispositifs d'autrefois ne suffisent plus à réguler le transit littoral. De plus, l'état de dégradation de ces ouvrages nécessitait de prendre des dispositions rapides. Aussi, il a été décidé d'entreprendre une campagne de réparation - test sur le littoral.

2 CONDITIONS NATURELLES

Le littoral de Ste Adresse et du Havre est bordé par les falaises de la Hève et le port du Havre, et plus particulièrement par la digue Nord formant un gigantesque épi. La côte est orientée NW-SE sur cette portion du littoral.

L'estran se compose de 2 parties :

* bas : jusqu'à (+4.00) à (+5.00) CM constitué de sable sur 200 à 500 m avec une pente de 1 à 2 % * haut : constitué de galets présentant une pente de 10 %. Il est particulièrement développé sur la commune du Havre par la présence de la dique Nord.

2.1 Facteurs hydrodynamiques

2.1.1 Le vent

Les relevés proviennent du bateau feu "LE HAVRE" qui était mouillé dans le prolongement du chenal à 16 km des côtes. Les directions principales proviennent du NE ainsi que du secteur S-W.

2.1.2 La houle

Deux sources d'informations sont disponibles :

- celles au large d'Antifer mesurées par bouée DATAWELL de 1972 à 1982 et donnant des hauteurs significatives annuelles de 4.10m et décennales de 5.70m (1).
- correspondant à peu près à des hauteurs significatives.

Les houles susceptibles de provoquer un engraissement de la plage proviennent des directions SW à N, compte tenu de la protection offerte par le cap de la Hève. Ces directions correspondent aux houles de plus de 3.50 m.

Répartition en % de houles observées > 3.50 m.

SW 0.38% W 1.04% NW 0.91% N 0.80%

Les périodes ne dépassent pas 8.5 s.

SW: 6" W à N: 7" NW: 8"

2.1.3 Niveau du plan d'eau

Il est caractérisé par une tenue du plein durant ≈ 2 h. Les galets se trouvant essentiellement en haut d'estran, ils ne peuvent être transportés que durant des niveaux proches de la pleine mer.

Marée	Basse mer	Pleine mer
Vive eau exceptionnelle	+ 8.30 CM	+ 0.30 CM
Vive eau moyenne	+ 7.85 CM	+ 0.65 CM
Morte eau moyenne	+ 6.15 CM	+ 2.65 CM
Morte eau exceptionnelle	+5.85 CM	+ 3.20 CM

Une surcôte exceptionnelle a cependant été observée les 23 et 24 novembre 1984 à (+9.28) CM.

3. SEDIMENTOLOGIE

Les fonds sont constitués de sables fins et de galets sur les bancs et hauts fonds (banc de l'Eclat, le Grand Placard, Gambe d'Amfard).

Le diamètre médian à l'enracinement de la digue Nord avoisine 32 mm, à proximité du musoir Nord 26 à 28 mm (2). En haut d'estran il n'est pas rare de trouver des galets de 10 cm de diamètre ce qui est expliqué par un lieu de production très proche, à savoir les falaises de la Hève. Elles produisent du silex, du sable mais surtout de l'argile et de la craie.

L'érosion, entre 1834 et 1894, mesurée à partir du recul de la falaise avoisinerait les $600.000 \, \text{m}^3$ /an dont $37.500 \, \text{m}^3$ de silex et $100.000 \, \text{m}^3$ de sable.

Le volume de galets créé par l'érosion au début du siècle était de l'ordre de 25.000m³/an, aujourd'hui réduit à 17.000 m³/an grâce à une meilleure protection du pied des falaises.

Le taux d'accumulation de 1969 à 1990 approchait 10.000 m³/an, auxquels il faut rajouter 2000 à 3000 m³/an d'extraction, le silex perdant le 1/3 de son volume pour se transformer en galets. L'épaisseur du cordon de galets en haut d'estran atteint 6 m.

Le bed-rock (argile de Villerville) sur la plage du Havre se situe entre (+1.50) CM et (+3.00) CM et est affleurant au cap de la Hève.

4. HISTORIQUE

Le Havre a été fondé en 1517 par François le ret bâti sur une étendue lagunaire (3)

Les premiers épis allant du port au cap de la Hève, alors plus développé, ont été constitués très tôt afin d'empêcher l'obstruction de la passe d'entrée du port et l'érosion du cap.

Ils étaient fabriqués en bois et de constitution fragile. En 1710, la ruine sur 120 m de la jetée en bois a obstruée la passe d'entrée du port au point où aucun navire ne pouvait plus entrer ni sortir.

Différents ouvrages ont été testés afin de limiter le transit et notamment des ouvrages de chasses construits au XVIème et XVIIème siècle qui ont conduit à la création du banc des Petites Buttes. Il ne restait plus alors qu'à dégager les galets à marée basse à l'aide de charrues. Ceux-ci prélevés, ils étaient utilisés pour la fabrication de la faïence (5), le lestage des navires (6) et comme matériau de construction. Au début du siècle les extractions sont telles qu'il faut les réglementer. L'érosion résultante de la falaise était alors de 30 à 60 cm/an au Nord et 1 m au Sud.

Dès 1888 la protection du littoral s'est améliorée par la construction du front de mer et la réalisation d'épis. En 1895 l'entrée du port s'est décalée de 1 km à l'Ouest de l'ancienne entrée, la digue Nord, d'une longueur de 850 m, a alors été édifiée de façon à protéger le port contre les galets et les sédiments estuariens.

A la fin du XIXème siècle les galets étaient stoppés par les petits épis le long du littoral, le bas du cordon se situant entre 20 et 50 m du boulevard. En 1989 le bas du cordon s'est éloigné de 200 m du boulevard, dans sa partie la plus importante.

En 1969 les galets étaient encore retenus par les 2 premiers épis situés à l'ouest de la rue Guy de Maupassant et sont aujourd'hui recouverts par 2.50 m de galets, le cordon ayant avancé de 35 à 40 mètres.

Actuellement la crête du cordon recule de 5 m/an correspondant à la formation en tête du bourrelet suite aux tempêtes.

5. AMENAGEMENT DU LITTORAL

5.1 <u>Généralités</u>

Il est protégé actuellement par 51 épis majeurs (40 à 60 m, voir 70 m) formant des casiers de 40 m de large environ. Ils sont composés essentiellement par des épis en palplanches (LIIIs, LIVn) constitués d'un rideau simple en bas d'estran puis de redans. Entre ces épis sont disséminés quelques épis mineurs (≈25 m) destinés à l'origine à protéger le pied de la digue promenade en stabilisant la crête du cordon de galets. Aujourd'hui ces épis ne jouent plus aucun rôle.

- Les huit épis les plus à l'Ouest, protégeant le pied de la falaise, sont constitués d'un double rideau de palplanches garni d'un béton de remplissage. Quelques essais de BHP ont été effectués sur ces épis conduisant à des résultats variables. Ceux qui ont subi un talochage convenable présentent une surface

lisse, les autres, des creux résultant du décollement des granulats et même de leur rupture.

- Seul 1 épi en bois subsiste sur la plage du Havre à l'exception de l'estacade des Régates, protégée en pied par une gabionnade en palptanches remplie de béton. Il est formé de parements en chêne soutenus par des contreforts, remplacés régulièrement et retenant une dénivelée de 2m.

Le haut de plage est quant à lui protégé par une digue-promenade (8) (9) très agressée lors des tempêtes de 1989 qui ont conduit à sa réfection et à la reconstitution du muret en béton à fumée de silice. Le pied de la digue insuffsamment protégée dans ses angles saillants a conduit à réaliser des risbermes en BHP.

5.2 Utilisation de BHP

5.2.1 Généralités

Les agressions des ouvrages tant par l'air marin, que les galets, mais aussi par le soleil ont conduit à rechercher des compositions de bétons spéciales.

Les doubles épis de la Hève étaient à l'origine remplis de B30 surmonté d'une galette de béton prompt destiné à protéger l'ouvrage contre le délavement.

Puis des essais avec des BHP à base de CPA.HP ont été menés à la Hève ainsi que pour la constitution des risbermes en pied de digue. Des phénomènes de fausse-prise (raidissements rapides) et des cures insuffisantes ont créé des fissures à distances régulières.

Le CPA.HP a alors été remplacé par du CPJ55, à base de SIKACRETE, avec un dosage maximum de 400 kg/m³ et un E/C compris entre 0.30 et 0.45.

5.2.2 Effets des fumées de silices

Les BHP utilisés pour les épis de Ste Adresse ont été élaborés à base de fumées de silice (10).

Ces fumées sont produites lors de la fabrication du silicium et de ses alliages, par réduction du quartz en présence de charbon dans un four à arc électrique (2000°C).

Caractéristiques	Fumées de silice	Ciment
Granulométrie	0.02-1	1-80
Diamètre moyen	0.1	15
Surface spécifique (m²/g)	15-30	0.25-0.5
Densité réelle	2.3	3.15
Densité apparente	0.6	1.2

Principales caractéristiques des fumées de silice.

Elles provoquent 2 phénomènes :

- * effet granulaire: leur faible dimension provoque un remplissage des interstices du squelette et donc la diminution de la teneur en eau nécessaire à l'ouvrabilité de la pâte (l'eau nécessaire à l'hydratation du ciment correspondant seulement au 1/4 du poids de ciment /m³ de béton). L'utilisation d'un superplastifiant est alors rendue nécessaire.
- * effet pouzzolanique : la silice micronique se combine à la chaux au cours de l'hydratation du ciment pour fournir des hydrates complémentaires qui provoquent une diminution des pores du béton.

Ces effets conduisent à une réduction de la porosité entrainant :

- * une meilleure résitance à la corrosion : elle est subordonnée à la consommation d'électrons et sera d'autant plus importante qu'il y aura présence d'humidité et d'oxygène formant l'électrolyte.
- * le ralentissement de la migration des sulfates au sein du matériau formant de l'étringite, produit expansif, en se combinant aux aluminates.
- * réduction de la carbonatation. L'alcalinité du ciment protège naturellement les aciers contre la corrosion par passivation des armatures, PH ≈ 12.5. Cependant le CO2 réduit l'alcalinité en neutralisant la chaux. De plus, en présence de chlorures (sel marin), le processus de corrosion s'accélère. Ces derniers s'insérant dans le gel tobermoritique provoquent une structure alvéolaire moins résistante.

* une meilleure résistance au gel par diminution des interstices du squelette.

5.3 Réhabilitation des épis

- Il fallait concilier une mission de défense du littoral avec le caractère balnéaire de la commune de Ste Adresse.

Le département a alors confié au Port Autonome du Havre une mission d'engineering visant à reconstituer les épis endommagés suite aux tempêtes de 1989.

Aussi en collaboration avec un cabinet d'architecture il a été décidé de traiter différemment les épis à réparer en profondeur de façon à observer l'évolution des traitements de façade.

Sur les quatre épis visés, deux sont constitués de maçonnerie (dont un subira uniquement une réparation de son couronnement à l'identique) et deux de palplanches.

* épis n°12 et 13 (palplanches). Ils ont été recouverts d'une gangue de béton de façon à protéger les palplanches mises à nu constamment par les galets enlevant la couche de calamine résultant de l'oxydation naturelle

- n°12 : Le béton constituant la gangue est un B50. De part sa compacité élevée, il offre une meilleure résistance à l'abrasion.

L'enrobage minimum a été fixé à 25 cm.

Les bases amont et aval ont été descendues 1.00m sous le niveau de galets relevé au mois de mars 90 afin de tenir compte de la fluctuation du cordon et notamment de la formation du bourrelet lors de tempêtes.

Le sommet de l'épi à été relevé de 40 cm uniformément permettant ainsi de relier l'estran à la digue promenade, la largeur en tête variant entre 1.20m et 2.20m suivant la position des redans.

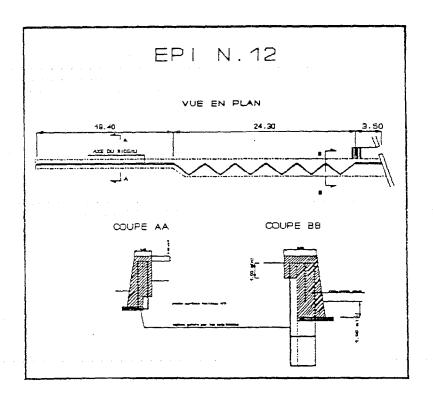


Fig. 1 : Epi béton

- n°13 : Il reprend le principe du n°12 avec un parement en azobé et un remplissage en béton de moindre résistance que précédemment.

Ce bois a été choisi pour son bon comportement en ambiance marine et sa forte résistance à l'abrasion du fait de ses fibres qui ne présentent pas de direction régulière.

Principales caractéristiques à d° d'humidité équivalent (7) :

(kg/m ²)	Compression simple axiale	Compression tangentielle	Flexion statique	Flexion dynamique
AZOBE	1032	506	550	1.24
TALI	935.9	299.5	350	0.80
CHENE	491.7	122.8	205	0.52
SAPIN	489.1	57.2	199	0.58

Contrairement au n°12, il a fallu remonter le sommet de l'épi de 1m, de façon à reconstituer le casier largement dégarni en pied du n°14.

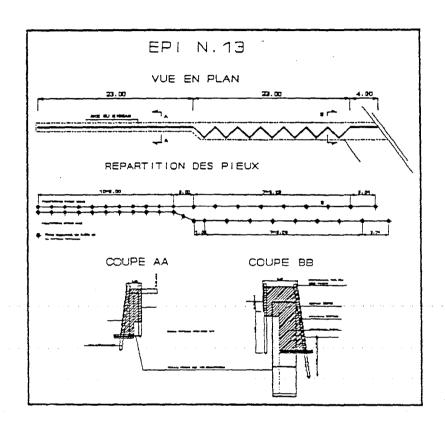


Fig. 2 : EPI BOIS

- n° 22D: Afin de conserver son aspect architectural (maçonnerie de silex taillé, la face aval a été conservée. Un portique en béton armé, fondé à l'amont sur des profilés métalliques reliés entre eux par des plaques en béton armé et ancré à l'aval sur la maçonnerie existante, a été réalisé afin de permettre la desserte de l'estran pour de petits engins nautiques et notamment le zodiac des MNS. Sa largeur a ainsi été portée à 2.50m.

De façon à réduire les effets des paquets de mer retombant sur l'ouvrage, l'espace intérieur a été rempli par des galets.

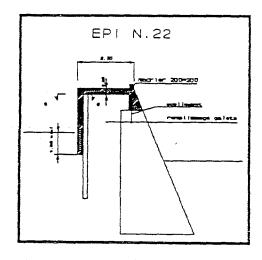


Fig. 3: EPI - CALE

6. CONCLUSION

La réhabilitation de ces épis a une valeur de test pour le littoral Haut-Normand. Elle permettra en outre de susciter auprès des communes avoisinantes une prise de conscience de la valeur que représente leur bord de mer.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- * LNH. DHELLEMNES LATTEUX: Faisabilité de l'aménagement d'une digue promenade sur le cordon de galets, Août 1990
- (1) ALLEN DELANNOY : mesure de houle en différents sites du littoral français. Rapport EDF-LNH HE 45/88.03 1988.
- (2) LNH-LCHF: Catalogue sédimentologique des côtes françaises. Côte de la mer du Nord et de la Manche. Collection de la DER n°61 Eyrolles 1986.
- (3) BAILLEUL: Mémoire sur le port du Havre Imprimerie de S. Faure 1837.
- (4) LENNIER: L'estuaire de la Seine. Mémoire notes et documents Vol 1. Imprimerie du journal "LE HAVRE" 1885.
- (5) Règlement pour l'extraction, sur les rivages de la mer, des sables , pierres et autres matières. Arrêté Imprimerie de l'Espérance Cagniard , Rouen 1882.

- (6) BRIOT: Le lestage des navires à voiles au Havre. Neptunia n°172. 12/1988.
- (7) Procès verbaux des essais n°60.400 et 62.607 Arts et Métiers.
- (8) Centenaire du Boulevard Maritime et du front de mer. 1888-1988. Le Havre 1988.
- (9) BCEOM. Le littoral Français : dommages côtiers, ouvrages de défense 1973.
- (10) SIKA. La technologie des fumées de silice.