

Étude de faisabilité du rechargement en sable de la plage de la Cantine (commune du Relecq-Kerhuon)

Bernard Fichaut, Serge S. Suanez

▶ **To cite this version:**

Bernard Fichaut, Serge S. Suanez. Étude de faisabilité du rechargement en sable de la plage de la Cantine (commune du Relecq-Kerhuon). [Rapport de recherche] LETG-Brest UMR 6554 CNRS; Université de Bretagne Occidentale (UBO). 2008, 24 p. hal-00342780

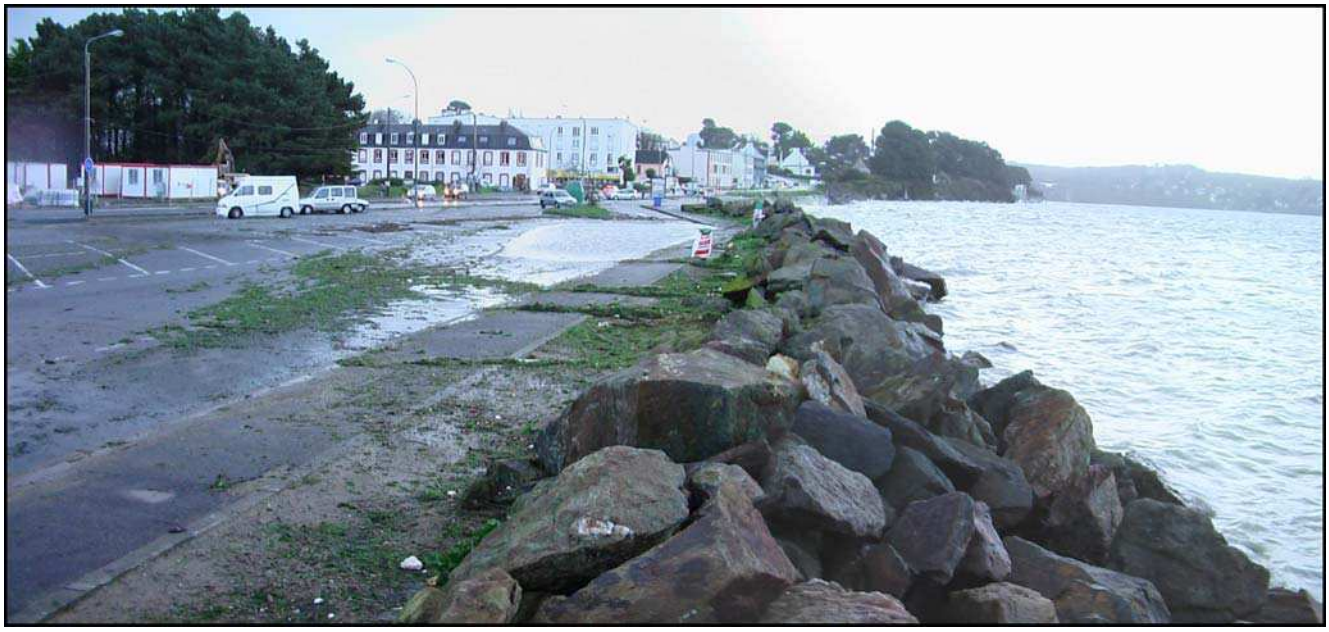
HAL Id: hal-00342780
https://hal.science/hal-00342780

Submitted on 12 Aug 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

BREST METROPOLE OCEANE



La Cantine le 10 mars 2008 à l'aube

ETUDE DE FAISABILITE DU RECHARGEMENT EN SABLE DE LA PLAGE DE LA CANTINE (COMMUNE DE LE RELECQ-KERHUON)

Bernard FICHAUT
Serge SUANEZ

Novembre 2008

Géomer
UMR 6554 LETG
FR 2195
Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique

Brest
métropole océane
COMMUNAUTÉ URBAINE

BREST METROPOLE OCEANE

ETUDE DE FAISABILITE DU RECHARGEMENT EN SABLE DE LA PLAGE DE LA CANTINE (COMMUNE DE LE RELECQ-KERHUON)

Maître d'œuvre

GEOMER – UMR LETG 6554 CNRS - Institut Universitaire Européen de la Mer
Place Nicolas Copernic, 29280 Plouzané.

Direction scientifique **:** *Bernard FICHAUT*
bernard.fichaut@univ-brest.fr

Introduction

La plage de La Cantine, est située sur le littoral de la commune de Le Relecq-Kerhuon, au débouché de l'estuaire de l'Elorn dans le bassin nord de la rade de Brest (fig. 1). Jusqu'à la seconde moitié du 19 ème siècle la plage était une plage de galets adossée à une côte basse en arrière de laquelle s'étendaient des terres agricoles qui, à partir de 1876, furent transformées en espace industriel pour accueillir la fabrique de poudre. A partir de la fin du 19 ème la plage a été progressivement remblayée et à l'heure actuelle un parking occupe ce qui originellement correspondait au haut de plage. La plage voisine du Moulin-Blanc, située sur la commune de Guipavas n'a pas connu le même sort. Initialement caillouteuse elle a été artificiellement ensablée après 1975 au moment de l'édification du polder de la ZIP, et est aujourd'hui la plage la plus fréquentée de l'agglomération brestoise. Ces deux plages d'aspect et de superficie très différentes aujourd'hui sont en plus matériellement séparées par un épi en enrochement massif et élevé.
Dans le cadre de l'opération de réaménagement du site de l'ancienne poudrerie et de ses abords, l'idée a germé de recréer une continuité entre la plage du Moulin-Blanc et de celle de La Cantine. Une étude de faisabilité d'ensablement de la plage de La Cantine a été demandée au laboratoire GEOMER de l'U.B.O.

La présentation qui suit abordera successivement :

- La méthodologie mise en œuvre pour cette étude
- L'historique et l'impact des transformations de la plage de La Cantine
- Les caractéristiques actuelles de la plage (sédimentologie, dynamique sédimentaire…)
- La présentation des diverses solutions envisageables en matière d'ensablement

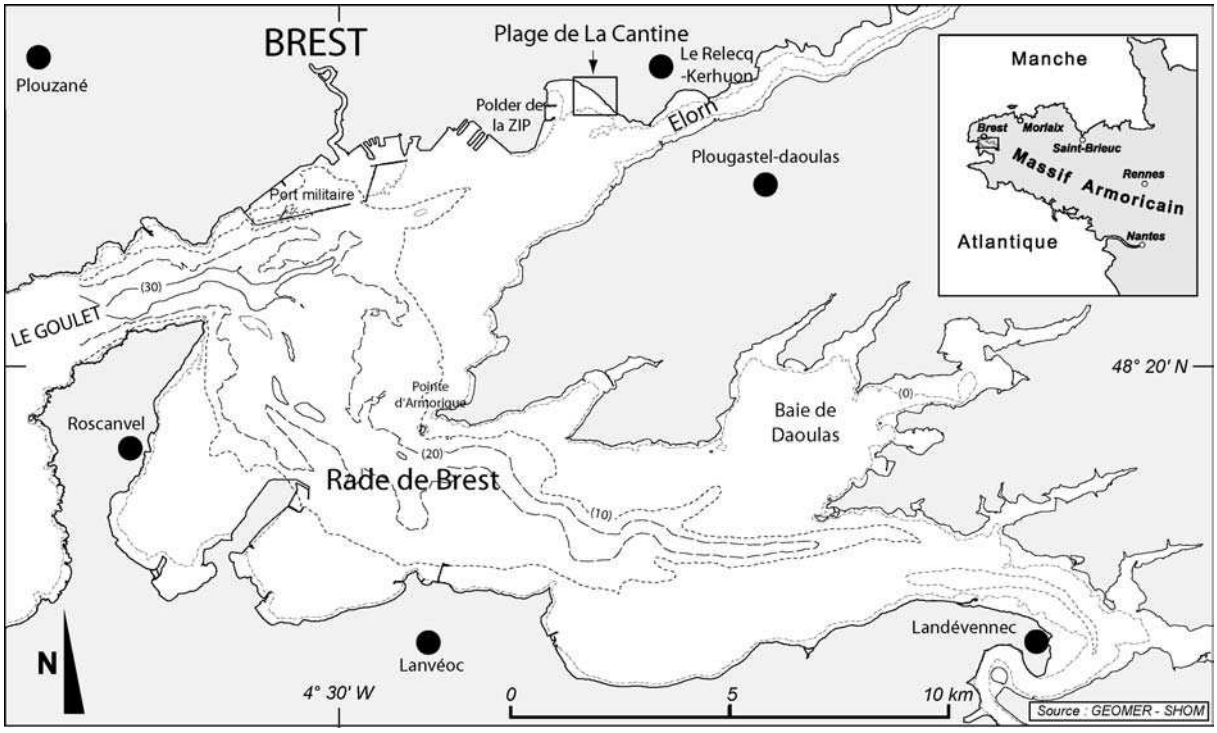


Figure 1 : Localisation de la plage de La Cantine dans le cadre de la rade de Brest

I - Méthodologie mise en œuvre

4 types d'investigation ont été mis en œuvre.

I. 1 - Etude de l'historique de la plage

Elle est basé sur :
- l'analyse de documents photographiques et iconographiques disponibles à la maison de Kerhorres.
- la lecture de l'ouvrage de Raymond Quentel « l'Histoire du Relecq-Kerhuon et des Kerhorres ».
- l'analyse comparative de clichés aériens de l'IGN datant de 1952, 1966, 1978.

I. 2 - Levés topographiques.

Les levés topographiques sont indispensables pour connaître précisément les caractéristiques morphologiques de la plage de La Cantine, réaliser les estimations de volume de sédiments, etc… Ils ont été réalisés au DGPS centimétrique. Le DGPS comprend une station fixe que l'on positionne sur un point dont les coordonnées X, Y et Z sont connues, et un ou deux mobiles que l'on déplace tour à tour sur tous les points dont on désire connaître la position dans les mêmes coordonnées. Comme il n'existe pas de borne IGN dans le secteur de La Cantine, la station a été placée à la verticale d'un clou topographique que nous avons installé en arrière du mur dominant la plage au niveau de l'accès du Longchamp. Le positionnement de ce clou a été réalisé à partir de la borne IGN située au sommet du rocher de Traouidan en Plougastel-Daoulas (*Borne en granit IGN n° 2918905*). L'altitude de ce point étant précisément connue au centimètre près, elle a permis de calculer l'altitude, longitude et latitude exactes de la station (marge d'erreur = 1 cm) et par là même, celle de tous les points relevés lors des campagnes de mesure.
La topographie de la plage et de ses abords a été relevée 1 seule fois.Le relevé de 5383 points et de l'ensemble des ruptures de pente existant a été nécessaire pour déterminer précisément la morphologie de l'estran et des ses abords (fig. 2).

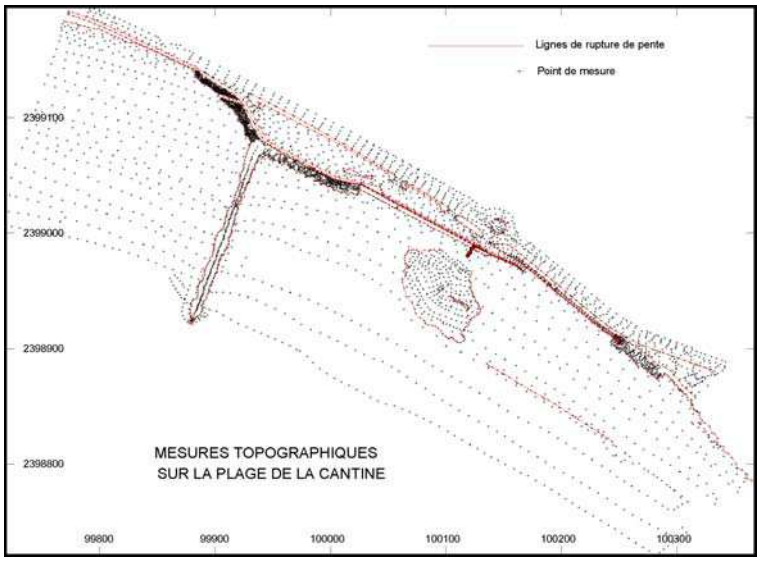


Figure 2 : localisation des points relevés au D.G.P.S en 2008

I. 3 – Analyse granulométrique d'échantillons de sédiments

Vingt échantillons de sédiments ont été prélevés, sur les plages de La Cantine et du Moulin-Blanc, et soumis à granulométrie. Cette analyse a permis de caractériser la sédimentologie des dépôts et les caractéristiques hydrodynamiques de l'estran.

I.4 – Modélisation de divers scenarios d'ensablement et d'aménagement

Divers scenarios d'ensablement ont été étudiés et analysés en fonction des caractéristiques météorologiques et hydrodynamiques du site de La Cantine. La simulation des divers scenarios possibles a été réalisée par numérisation sous le logiciel « Surfer 8 »

II. Historique de l'aménagement de la plage de la Cantine

La plage de la Cantine se situe naturellement dans le prolongement de celle du Moulin-Blanc, mais en diffère par deux caractéristiques essentielles. La dernière est plus abritée et située au pied de falaises qui ont été doublées de murs au moins depuis 19 ème siècle.
La plage de La Cantine, plus exposée, était initialement une plage adossée à une côte basse, du moins au niveau des parkings actuels car plus à l'est la côte s'élevait à nouveau. Jusqu'à l'installation de la Poudrerie Nationale, le haut de plage s'appuyait directement contre la route de Brest à Le Faou qui correspond à l'actuelle rue située en retrait des parkings. Le niveau de la route dépassait à peine celui des pleines mers. Sur d'anciens clichés on voit nettement les galets et des laisses de goémon sur le bord de la chaussée. Les transformations vont débuter à la fin du 19 ème siècle suite à l'installation de la Poudrerie Nationale. Au départ, seuls les terrains situés en retrait de la route ont été industrialisés, mais après 1888, l'estran a été remblayé en deux endroits. A l'est, un remblai a été édifié pour accueillir les bâtiments de la cantine des ouvriers de la poudrerie. Ce remblai était protégé par un perré maçonné incliné qui semble correspondre à celui qui est toujours en place. Plus à l'ouest un autre remblai protégé par un perré vertical servait de quai de chargement (photo 1). Entre les deux, une partie de plage conservait sa morphologie initiale.

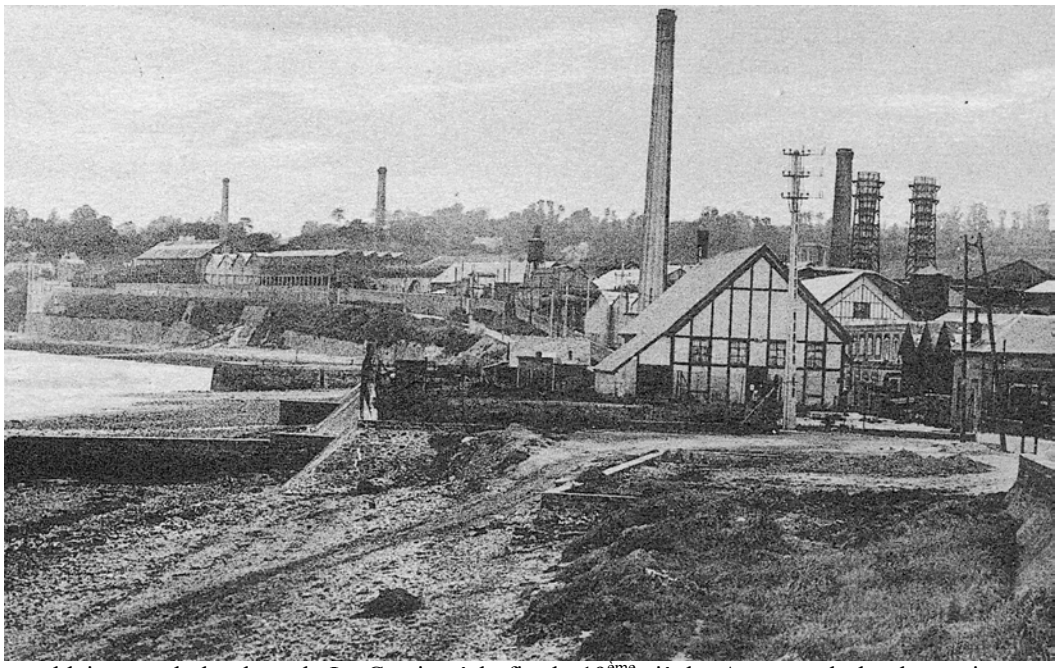


Photo 1 : remblaiement de la plage de La Cantine à la fin du 19ème siècle. Au second plan la cantine, au troisième plan le quai de chargement. (source : Quentel R., 1997, *« L'histoire du Relecq-Kerhuon et des Kerhorres »*, maison des Kerhorres, Le Relecq-Kerhuon, 29, tome 2, 425 p.)

Après la Seconde Guerre Mondiale et la fermeture de la poudrerie, le littoral reste en l'état au moins jusqu'en 1952 (fig. 3) Ultérieurement, lors de l'installation de l'abattoir sur les terrains de la poudrerie, une buse d'évacuation des jus délétères est mise en place au niveau de l'épi actuel (fig. 4A). Enfin, dans les années 75-76, au moment de l'édification du polder et de l'ensablement de la plage du Moulin-Blanc, un nouveau remblai protégé par un enrochement joint les deux précédents et l'épi est renforcé au niveau de la buse de l'abattoir (fig. 4B). L'ensemble des remblais est alors transformé en parking. Ultérieurement un enrochement sera aussi mis en place tout à fait à l'est de la plage (fig. 5).



Figure 3 : La plage de La Cantine en 1952 (source : Cliché IGN)

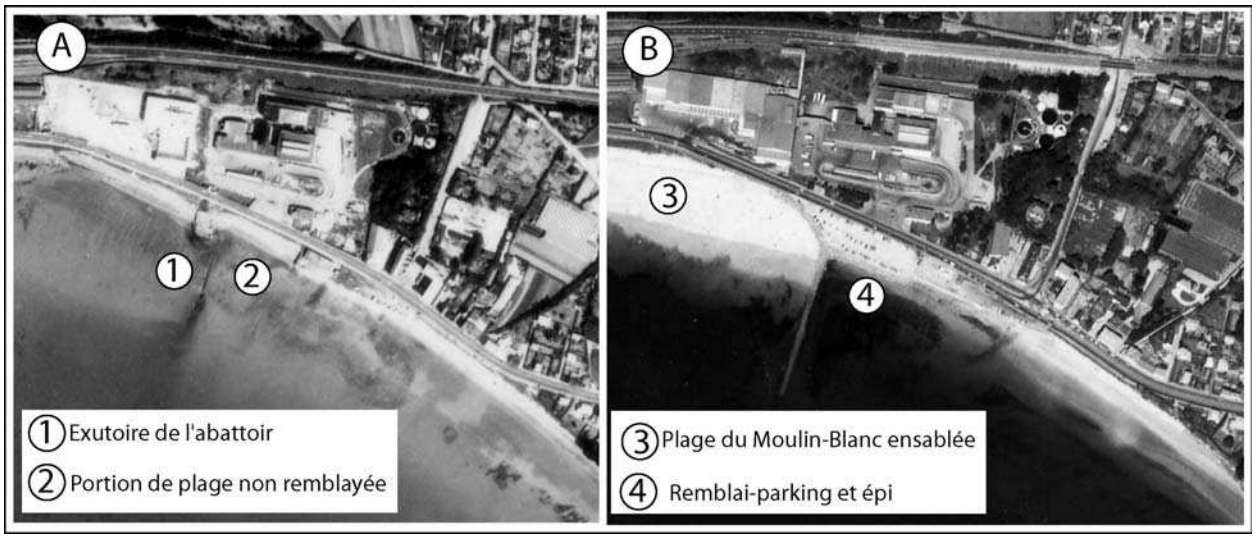


Figure 4 : La plage de La Cantine, A en 1966, B en 1978 (source : Clichés IGN)

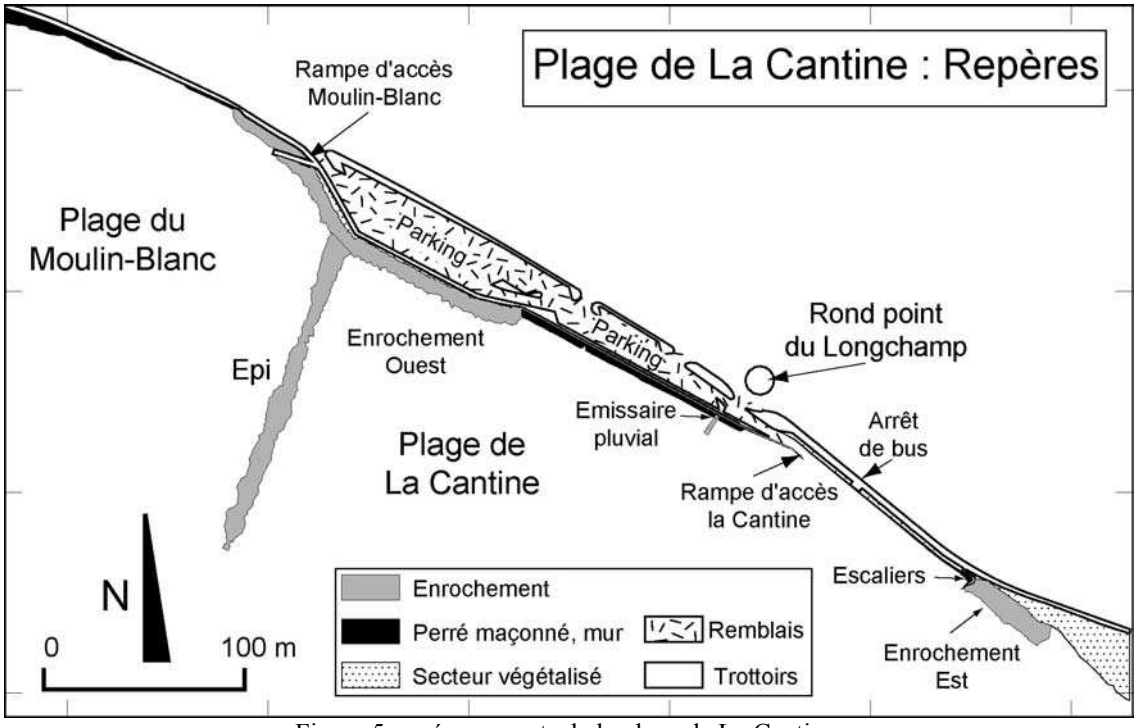


Figure 5: aménagements de la plage de La Cantine.

III – Caractéristiques actuelles de la plage de La Cantine

III. 1. Topographie et altimétrie de l'estran

Le haut de la plage du Moulin-Blanc dépasse de plus d'1 mètre le niveau des plus hautes mers et reste émergé même lors des fortes tempêtes.
Á l'opposé, l'édification des remblais a amputé la plage de La Cantine de sa partie la plus haute. Ainsi, la base du mur et de l'enrochement qui protègent le parking sont à l'altitude de 2 m à l'ouest et 3 m à l'est, respectivement entre 2 et 1 m sous le niveau des plus hautes mers astronomiques (coefficient 120) qui atteint ici 4 m (fig. 6). Seul le haut de la grève située au

débouché de l'accès au niveau du Longchamp dépasse ce niveau. En conséquence, la base des ouvrages a les pieds dans l'eau à presque toutes les hautes mers ce qui entraîne une réflexion des vagues en cas de tempête. Les vagues réfléchies contre des obstacles tendent à entraîner les sédiments vers le bas de plage, en tous cas les plus fins. **Ceci constitue actuellement un problème majeur pour cette plage**. En effet et ceci sera discuté plus loin, un rechargement en sable ne peut être efficace et durable que si le niveau du haut de plage reste hors d'eau lors des tempêtes.

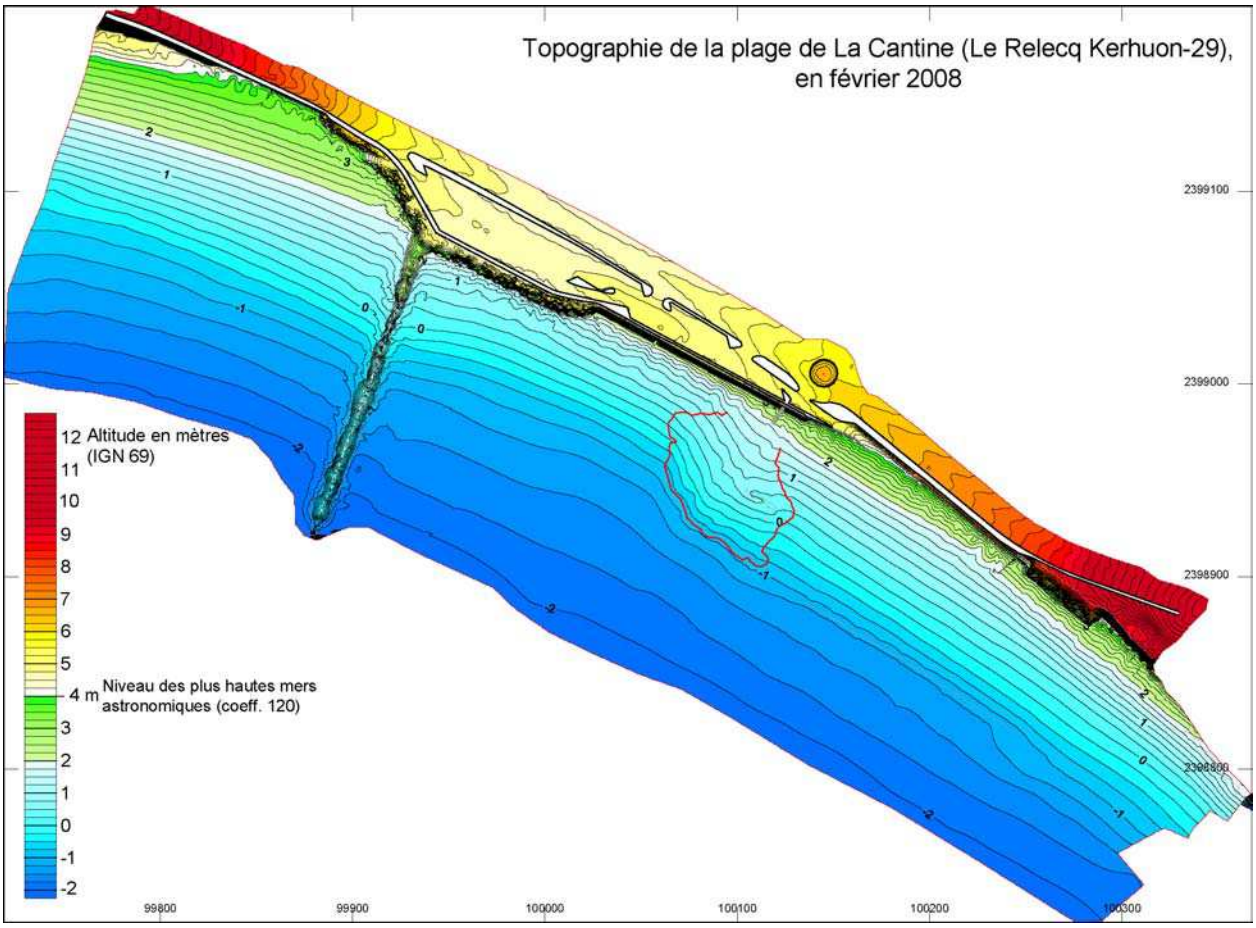


Figure 6 : topographie de la plage de La Cantine en février 2008.

III. 2. Sédimentologie et morphologie

Sur la plage de La Cantine la taille des sédiments décroît du haut vers le bas de l'estran. (fig.7 et 8). Ainsi, au droit de la descente de plage du Longchamp on trouve successivement un mélange de cailloux et graviers en haut d'estran, juste en dessous un mélange un peu plus fin dans lequel les graviers sont majoritaires. Sous le niveau des hautes mers de mortes-eaux les dépôts sont nettement sableux et à partir du niveau des basses mers moyennes on passe à des sables fins ou très fins légèrement envasés (photo 2).

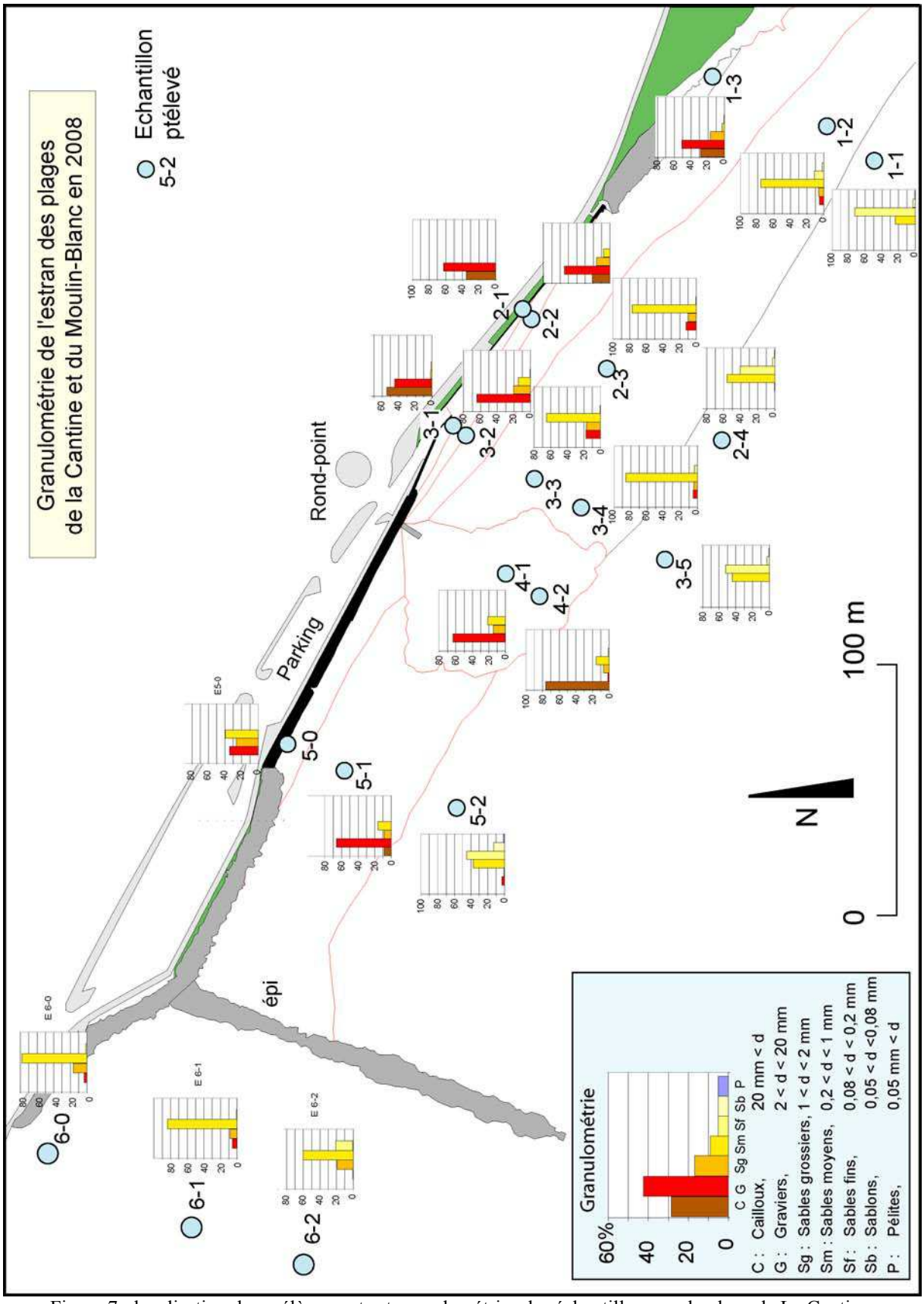


Figure 7 : localisation des prélèvements et granulométries des échantillons sur la plage de La Cantine.

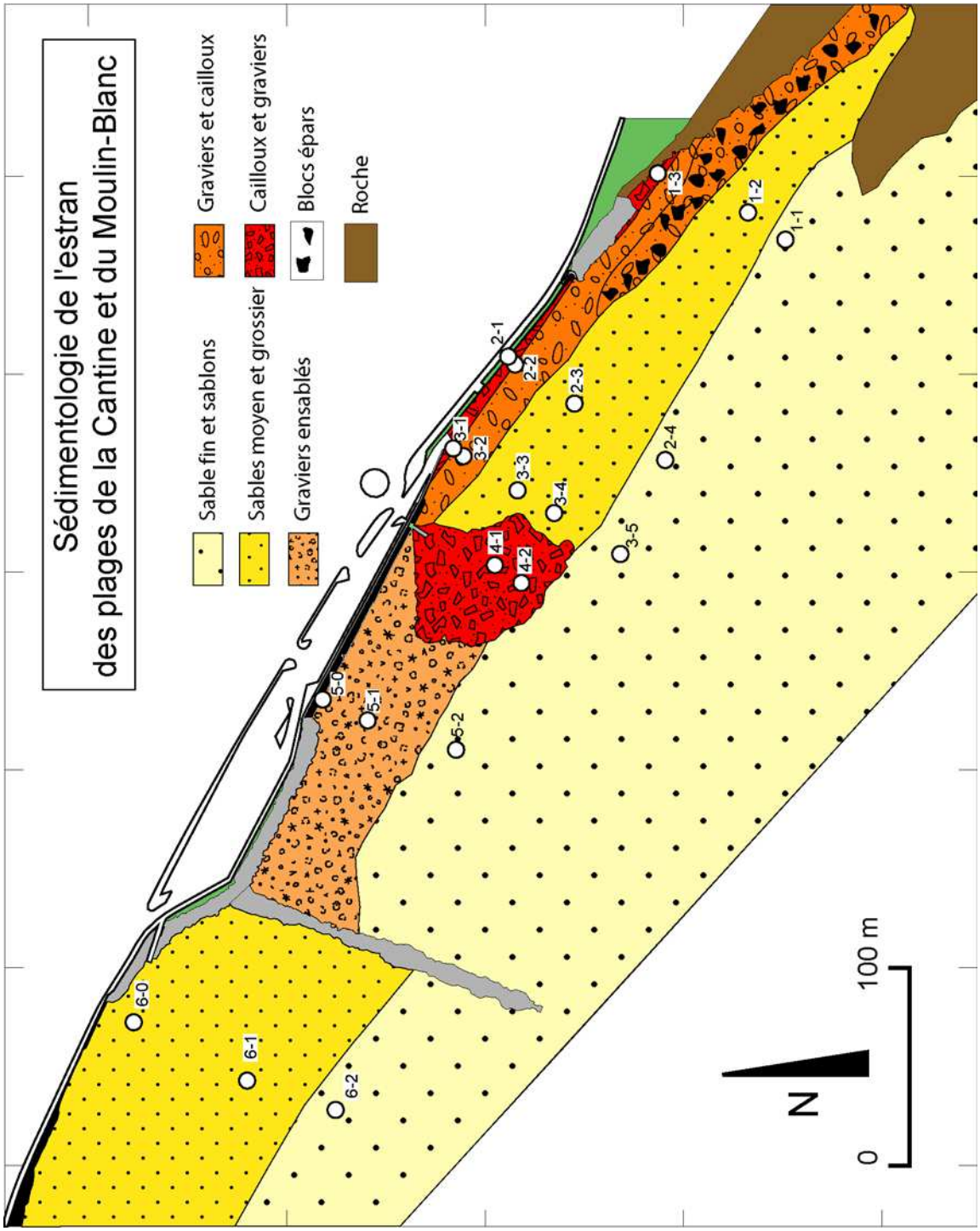


Figure 8 : sédimentologie de la plage de La cantine en 2008



Photo 2 : Diminution de la granulométrie du haut vers le bas de l'estran,
au niveau de l'accès du Longchamp sur la plage de La Cantine.

Cette sédimentologie est caractéristique des plages de la rade de Brest. Elle a deux causes essentielles qui sont l'origine des sédiments d'une part, les caractéristiques de l'hydrodynamisme dans la rade d'autre part. Les falaises de la rade de Brest, lorsqu'elles sont entaillées dans du matériel tendre (schiste ou matériel périglaciaire argilo-caillouteux) reculent en fournissant aux estrans un mélange de grains allant des blocs aux argiles. Le haut des plages est pentu et les déferlements des vagues de la rade sont suffisamment énergétiques pour que les graviers sables et argiles puissent se maintenir sur cette partie de l'estran. Seuls les cailloux et blocs restent à ce niveau. Plus on descend sur l'estran plus l'énergie des déferlements diminue du fait de l'atténuation de la pente. Vers la mi-estran on trouve donc logiquement du sable. Enfin, tout à fait en bas d'estran, qui est souvent précédé de bancs peu profonds comme celui du Moulin-Blanc, l'énergie des vagues est encore plus faible car les déferlements se produisent loin du trait de côte instantané. Le matériel très fin peut se déposer et se maintenir. Il est sablo-vaseux en des lieux relativement exposés comme ici, franchement vaseux dans les parties les plus abritées de la rade.

Cette organisation sédimentaire varie quelque peu vers les deux extrémités de la plage. Vers l'est on retrouve à peu près la même disposition avec un semis de blocs sous le niveau des hautes mers moyennes et des affleurements rocheux de plus en plus étendus (photo 3). Á l'ouest de l'émissaire d'eaux pluviales, au pied du mur et de l'enrochement (c.a.d. sous le niveau des hautes mers) on trouve directement un mélange relativement fin de graviers et sables situé au-dessus des sables fins envasés du bas de l'estran (photo 4). Cette absence d'éléments grossiers provient de deux choses. D'une part la partie haute de la plage, originellement caillouteuse a disparu sous les remblais. D'autre part comme nous allons le voir, l'existence d'un « delta » au débouché de l'émissaire d'eaux pluviales empêche la mise en place de cailloux devant l'enrochement du parking.



Photo 3 : Granulométrie de l'estran au niveau de l'enrochement est. Noter la présence de blocs à mi-estran



Photo 4 : Granulométrie de l'estran au niveau de l'enrochement du parking. Noter l'absence de cailloux en pied d'enrochement.

III. 3. Le « delta » et la dérive littorale.

La seule irrégularité notable dans la topographie et la sédimentologie de la plage est constituée par un bombement constitué d'un mélange de galets et graviers. Ce saillant qui dépasse de 50 cm le niveau moyen de la plage a un volume d'environ 750 m^3. Sa forme en plan est celle d'un éventail allant du haut de l'estran jusque sous le niveau de la mi-marée. Il s'étend au débouché d'une importante arrivée d'eau pluviale située dans le perré du haut d'estran. C'est l'arrivée brutale et massive d'eau de pluie, lors de très fortes précipitations, qui entraîne le matériel grossier vers le bas de la plage formant ainsi une sorte de delta occasionnellement creusé de chenaux (photos 5 et 6)



Photo 5 : Vue panoramique du « delta » depuis le parking. Noter la présence des chenaux creusés par les arrivées d'eau pluviale.



Photo 6 : Le delta vu du bas de l'estran. Noter l'avancée des cailloux sur les sables fins du bas de l'estran



Photo 7 : Le delta vu à mi-marée. Noter le saillant et l'altitude inférieure de la plage dans l'ouest de la forme

Les sédiments de ce delta sont très grossiers, beaucoup plus que ce que l'on trouve de part et d'autre vers l'est et l'ouest (fig. 8). De plus, de part et d'autre du « delta », à équidistance de la côte, la plage n'a pas la même altitude. Elle est plus basse à l'ouest (vers l'épi) qu'à l'est (fig. 9). Ceci montre qu'il y a une très légère dérive littorale sur cette plage, et qu'elle est orientée vers l'ouest. Les sédiments grossiers du haut d'estran se déplacent lentement dans cette direction, mais au droit de l'émissaire ils sont entraînés vers le bas de plage et forment le « delta » en saillie. En conséquence il n'y a pas de cailloux à l'ouest (fig. 8). Plus bas, les sables migrent aussi vers l'ouest et s'accumulent contre cet obstacle et la plage s'élève. De l'autre bord du « delta » la plage peu alimentée est plus basse.

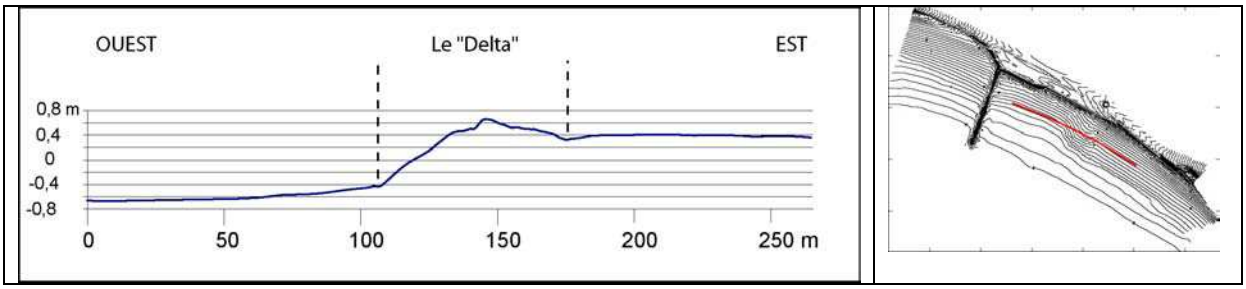


Figure 9 : Différences d'altitude de la plage de part et d'autre du « delta »

Cette dérive est très lente, mais montre qu'en cas de rechargement les sédiments rapportés auraient tendance à s'accumuler vers l'ouest et non pas à s'étaler vers le débouché de l'Elorn. Donc, il n'y aurait pas de perte sédimentaire vers le chenal de l'Elorn

III. 4. Enlever l'épi ?

L'épi ne joue aujourd'hui strictement aucun rôle du point de vue sédimentologique. En général un épi perpendiculaire à la côte a pour but de retenir du sable sur l'une de ces faces en bloquant le transfert longitudinal. Ici ce n'est pas le cas comme le montre la figure 6. De part et d'autre de l'ouvrage le niveau de l'estran est exactement le même du côté Moulin-Blanc et du côté La Cantine. Il n'y a donc pas d'accumulation sédimentaire contre l'obstacle (photo 8). Ceci est lié au fait qu'il est dans l'axe des vents dominants et que même s'il y a une très légère dérive littorale vers l'ouest à La Cantine, celle-ci est bloquée par le « delta ».

De surcroît cet ouvrage est d'une laideur remarquable (photo 8) et constitue une coupure dans la continuité entre les deux plages. Il a peut être d'autres fonctions apparues au fil du temps (séparation plage baignade – plage kite-surf, etc…) mais des seuls points de vue de l'esthétique et de la fonctionnalité de la plage, il peut dans l'état actuel être enlevé sans conséquence néfaste. Le volume de l'ouvrage dépassant le niveau de la plage est d'environ 1630 m^3.



Photo 8 : L'épi de la plage. Noter que le niveau de plage est strictement le même de part et d'autre.

IV. La problématique du chargement en sable

IV. 1. Moulin-Blanc et la Cantine, deux contextes différents.

Une idée toute simple consisterait à penser que puisque l'ensablement de la plage du Moulin-Blanc a été un succès, le même type d'opération peut être mené dans les mêmes conditions sur la plage de la Cantine qui constitue son prolongement naturel. Les choses ne sont pas si simples car les caractéristiques de ces deux sites ne sont pas les mêmes.

Plusieurs paramètres essentiels diffèrent entre les deux sites.

- La plage du Moulin-Blanc est adossée à de hauts murs, alors que celle de La Cantine s'appuie contre des ouvrages beaucoup moins élevés qui protègent parkings et voies situés en arrière (fig. 10). Par exemple, le parking de La Cantine, au niveau de l'enrochement ouest, est à la côte de 4,5 m seulement, c'est-à-dire qu'il ne dépasse le niveau des plus hautes mers possibles que de 0,5 mètre environ (fig. 10, P3, 4, 5). Par forte tempête associée à de forts coefficients le parking est fortement aspergé et en partie recouvert de goémons (photo de couverture).
- Par ailleurs la base des murs du Moulin-Blanc sont à peu près au niveau du trait de côte originel, alors que celle des murs et défens de La Cantine protègent des remblais qui ont été édifiés en avant du même trait de côte.

Le haut de la plage du Moulin Blanc est à 5 m d'altitude et plus, ce qui fait que même lors des plus hautes mers possibles il reste émergé et la base des murs est hors d'eau (fig. 10, P1). Á La Cantine toute la plage est recouverte à haute mer dès les coefficients 100 (fig. 10, P 3, 4, 5, 6, 7).

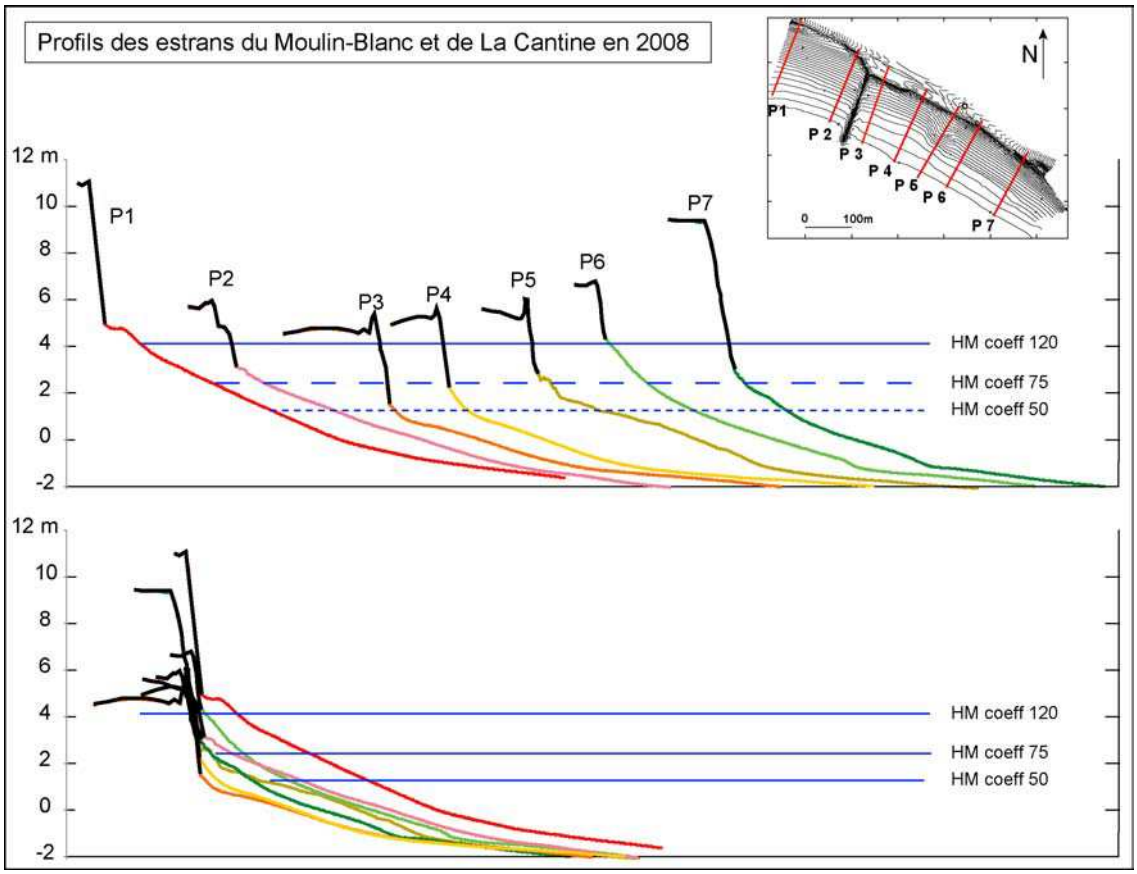


Figure 10 : Profils comparés des estrans du Moulin-Blanc et de La Cantine en 2008. Noter que le niveau du haut de la plage du Moulin-Blanc dépasse celui de toutes les hautes mers possibles et qu'en tous points du profil la plage est plus élevée que celle de La Cantine.

- Alors qu'au Moulin-Blanc, tout le haut d'estran est émergé quel que soit le niveau des hautes mers, à La Cantine, par coefficient 95, à marée haute il ne reste que 400 m^2 de plage hors d'eau et la base du mur du parking au niveau de l'enrochement se retrouve sous 2 mètres d'eau. Par coefficient 50 en morte-eau seuls 6000 m^2 sont hors d'eau à marée haute et l'eau arrive juste à la base de l'enrochement occidental (Fig. 11)

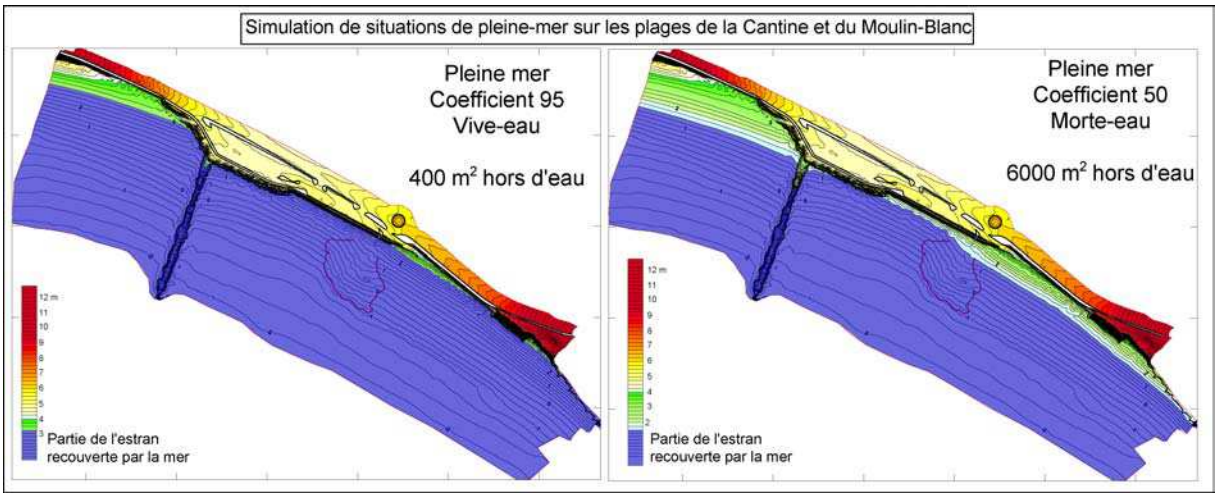


Figure 11 : Niveaux d'eau sur la plage de La Cantine en vives-eaux et mortes-eaux

- Les vents les plus fréquents et les plus violents en rade de Brest sont ceux de secteur 200 à 280°, c'est-à-dire d'ouest à sud ouest. Dans ce cadre, même si le contexte général du secteur d'étude est plutôt abrité étant donné la position en fond de rade, les deux plages ne sont pas exposées de la même manière. Les deux sont protégées des vents et vagues d'ouest par le polder de la ZIP, par contre La Cantine reçoit de plein fouet vent et vagues de sud-ouest dont l'essentiel de la plage du Moulin-Blanc est abrité. Cette plage ne reçoit directement que les flux de secteur sud est à sud sud ouest, moins fréquents et moins forts que ceux qui abordent La Cantine et dont l'action est en plus contrariée par l'abri que procure la presqu'île de Plougastel (fig. 12).

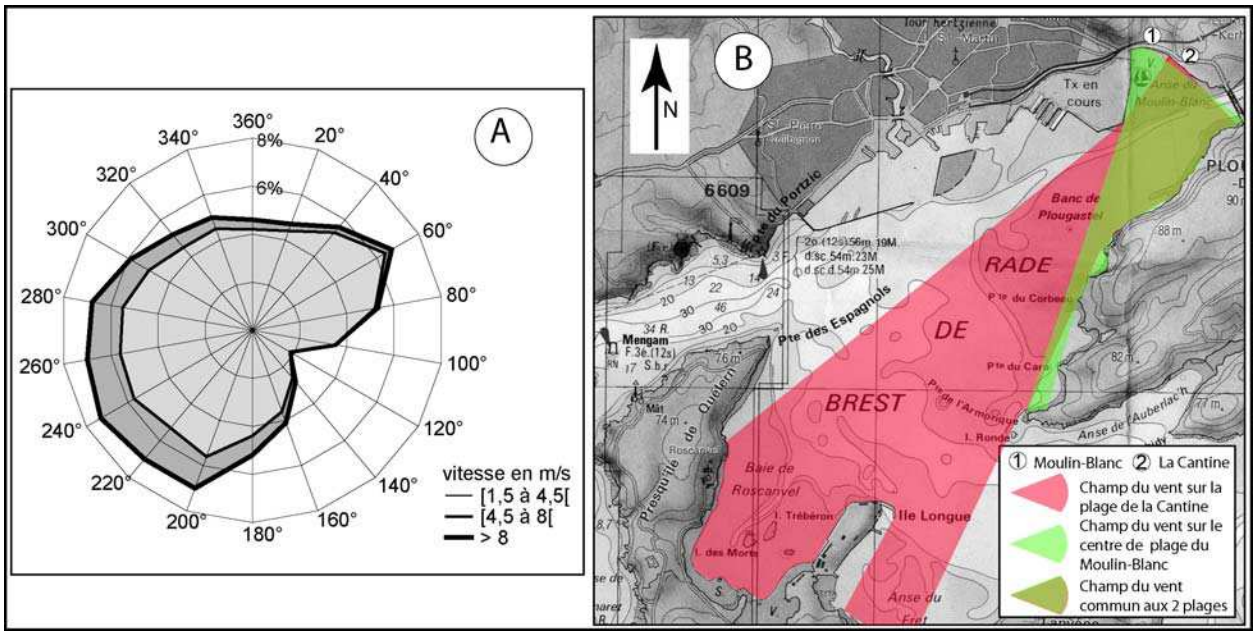


Figure 12 : A : Rose des vents annuels à Lanvéoc (calculé sur la période 1955 – 2006). B : Exposition des plages du Moulin Blanc et de La Cantine aux vents de la rade

IV. 2. Ensablement dans le cadre actuel

L'opération d'ensablement de la plage de la Cantine doit tenir compte de deux paramètres essentiels :

- le niveau altitudinal à atteindre en haut de plage doit être fonction des niveaux d'eau extrêmes à la côte générés lorsque qu'une tempête survient en période de vive-eau. Dans ce contexte, les fortes surcôtes (liées aux basses pressions atmosphériques) auxquelles s'ajoute l'élévation du plan d'eau par les vagues, expliquent la déformation importante du niveau d'eau proche du rivage.
- la granulométrie du sable qui intervient à deux niveaux : *(i)* elle est déterminante dans le maintien du matériel rapporté en fonction des conditions hydrodynamiques (action de la houle et des courants), et anémométrique (action du vent), *(ii)* elle joue un rôle dans la morphologie de la plage en définissant la pente du profil transversal.

IV.2.1. Contraintes liées aux agents météo-marins

Les niveaux d'eau extrêmes à la côte ont été déterminés à partir des enregistrements marégraphiques de Brest. D'un point de vue méthodologique, un ajustement statistique à partir

de la loi VEG (Valeurs Extrêmes Généralisées) a été réalisé afin de calculer les périodes de retour d'un niveau extrême (fig. 13).

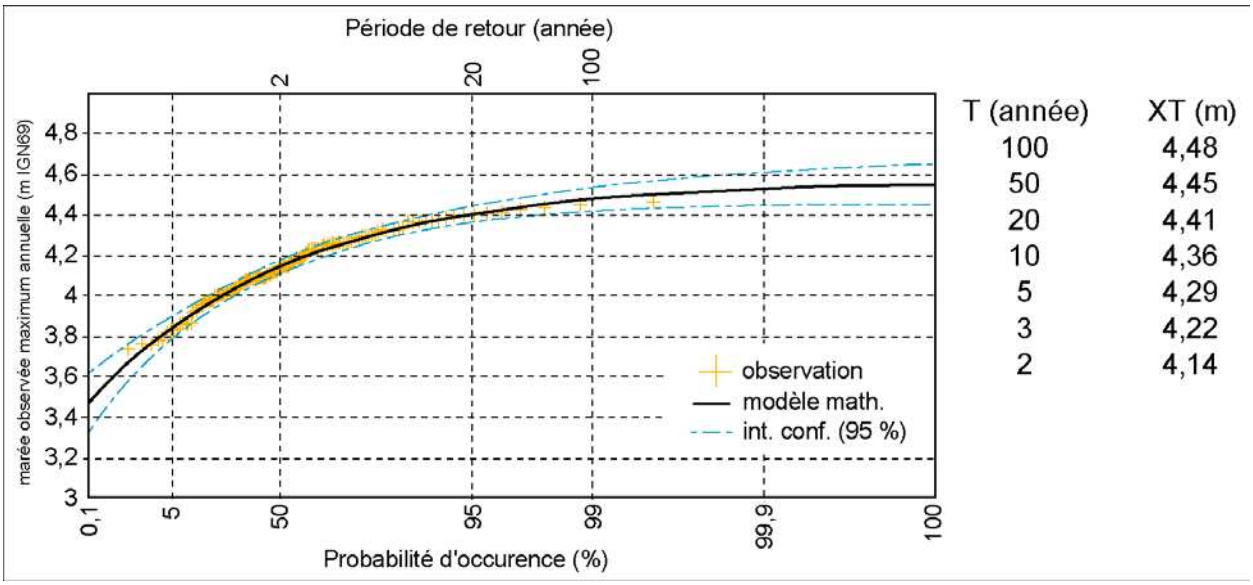


Figure 13 : Périodes de retour (T) pour niveaux d'eau extrêmes (XT) calculées par la loi d'ajustement VEG à partir des enregistrements marégraphiques de Brest entre 1860 et 2005

Comme on peut le voir, le niveau de 4,14 m est atteint au moins une fois tous les deux ans. Le niveau associé à une période de retour centennale est de 4,48 m. Il convient toutefois de préciser que ces niveaux d'eau extrêmes ne tiennent pas compte de l'élévation supplémentaire générée par les vagues qui restent importantes au niveau de la plage de la Cantine (fig. 14). De toute évidence, il conviendrait d'augmenter ces hauts niveaux d'environ 1 mètre lorsque l'on sait que le haut de plage du Moulin-Blanc, culminant à plus de 5 m, peut-être submergé lors des plus fortes tempêtes alors qu'elle est plus abritée que la plage de la Cantine, et que les vagues dans ce secteur sont moins hautes (fig. 14).

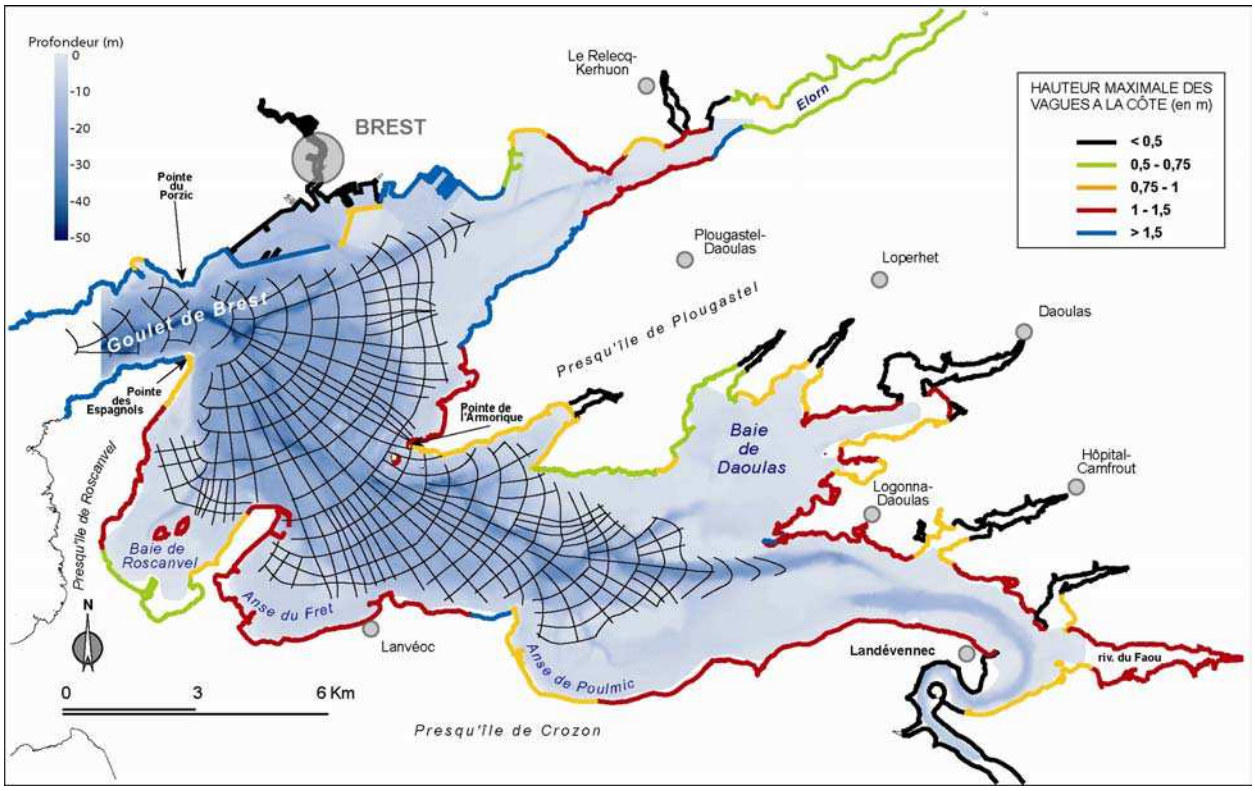
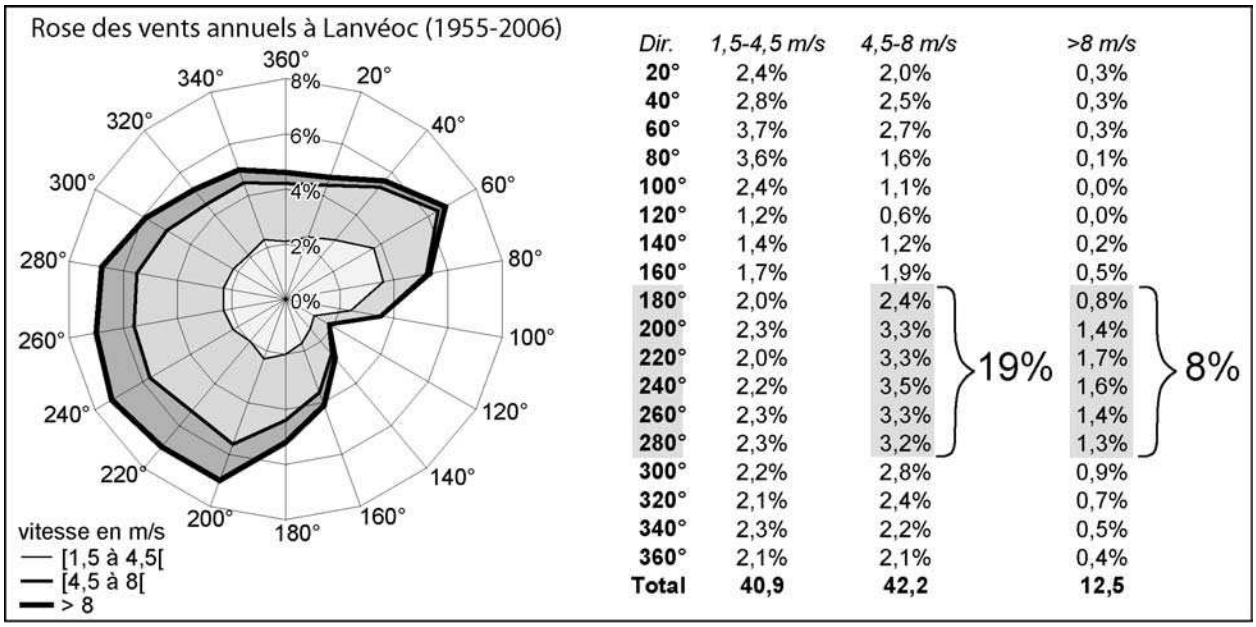


Figure 14 : Plan et hauteurs de vagues en rade de Brest (source : SAUM, 1970)

De la même manière, une analyse théorique a été effectuée à partir des données de vents enregistrées par la station Météo France de Lanvéoc, afin de déterminer l'action de la déflation éolienne sur le matériel sableux utilisé pour l'ensablement, sachant qu'il serait de même granulométrie que celui du Moulin-Blanc. Comme on l'a vu précédemment, les sables de la plage du Moulin-Blanc sont des sables moyens dont la taille décroît du haut d'estran vers le milieu d'estran, respectivement de 0,5 mm, à 0,380 mm (nous écarterons de l'analyse les sables fins de bas d'estran qui, étant toujours mouillés, sont que très rarement déplacés par le vent). Si l'on s'en tient à ces deux classes granulométriques : 0,380 mm et 0,5 mm, les vitesses critiques d'arrachement à partir desquelles le matériel serait mis en mouvement sont respectivement de 6,6 m/s et de 7,6 m/s, soit environ 25 et 30 km/h (les vitesses critiques d'arrachement ont été calculées à partir de la formule de R.A. Bagnold (1941) : $V_{*c} = k_1 [(\rho s/\rho a)(gd)]^{0,5}$).

Rapportées aux directions de vents efficaces, tenant compte de l'orientation de la plage de La Cantine (entre 180° et 280°), ces vitesses représentent 19 % du régime annuel des vents pour un sable de 0,380 mm, et 8 % pour une granulométrie de 0,5 mm (fig. 15). Il convient toutefois de préciser que les vitesses enregistrées à Lanvéoc, à 10 m de hauteur, surestiment de toute évidence les véritables conditions anémométriques au niveau de la plage de Cantine. En effet, les forces de frottement et autres phénomènes d'amortissement doivent certainement réduire la vitesse des vents, et par là même, le pourcentage de ces derniers en terme d'efficacité.



Dir.	1,5-4,5 m/s	4,5-8 m/s	>8 m/s
20°	2,4%	2,0%	0,3%
40°	2,8%	2,5%	0,3%
60°	3,7%	2,7%	0,3%
80°	3,6%	1,6%	0,1%
100°	2,4%	1,1%	0,0%
120°	1,2%	0,6%	0,0%
140°	1,4%	1,2%	0,2%
160°	1,7%	1,9%	0,5%
180°	2,0%	2,4%	0,8%
200°	2,3%	3,3%	1,4%
220°	2,0%	3,3%	1,7%
240°	2,2%	3,5%	1,6%
260°	2,3%	3,3%	1,4%
280°	2,3%	3,2%	1,3%
300°	2,2%	2,8%	0,9%
320°	2,1%	2,4%	0,7%
340°	2,3%	2,2%	0,5%
360°	2,1%	2,1%	0,4%
Total	**40,9**	**42,2**	**12,5**

19%

8%

Figure 15 : Pourcentages, par rapport au régime annuel, des vents efficaces en matière de transport éolien pour des tailles de sables de 0,380 mm et 0,5 mm, et suivant des directions comprises entre 180° et 280°

A partir de ces observations, on comprendra que l'opération d'ensablement de la plage du Moulin-Blanc a été un succès pour les raisons suivantes :

- le haut de la plage situé à 5 m et plus dépasse les niveaux d'eau extrêmes. Les vagues n'atteignent la base de la falaise ou des murs que lors des conditions les plus extrêmes comme lors de la tempête du 10 mars 2008. Les phénomènes de réflexion des vagues à la base des ouvrages sont donc très limités.
- le caractère abrité de la plage par rapport aux vents les plus efficaces (de secteur ouest à sud-ouest), auquel s'ajoutent les effets de la granulométrie grossière des sédiments, limite les processus de déflation éolienne. Il convient aussi de dire que même si le vent parvient à mobiliser des sables, ce transport éolien est immédiatement bloqué contre le mur très haut situé en haut de plage

Pour qu'une opération d'ensablement ait des effets durables sur la plage de La Cantine il faut donc que ces conditions soient, tout au moins partiellement, remplies. Il paraît indispensable que le niveau du haut de plage dépasse celui des niveaux d'eau extrêmes à la côte afin de limiter les phénomènes réfléchissant de la houle propices à l'exportation du matériel vers le bas d'estran. Il est également très important de faire en sorte que la granulométrie des sables rapportés soit suffisamment grossière afin de limiter les effets de la déflation éolienne, et ce, d'autant plus que les murets séparant les parkings du haut de plage sont très bas en comparaison du Moulin-Blanc (il ne faudrait pas qu'après un épisode particulièrement venteux, les parkings et la route de la corniche se transforment en un « erg sahélien »…).

IV. 2. 2. Rechargement à la côte 5 m.

La solution la plus efficace consisterait à rapporter un volume de sable qui permettrait d'obtenir un haut de plage à 5 m d'altitude et mettrait le haut d'estran hors de portée des plus hautes mers, en dehors peut-être des périodes de fort coefficient associé à de forts vents de sud-ouest. Le

volume nécessaire serait de 130 000 m^3 (voir IV. 2. 3.). Toutefois cette côte altitudinale pose trois problèmes majeurs.

1 : l'épi occidental qui bloquerait la dérive du sable vers l'ouest est à la côte 3,5 m seulement au point de raccordement avec l'enrochement et ensuite sont altitude décroît vers son extrémité. Pour parvenir à recharger la plage à la côte 5 m il faudrait donc rehausser l'épi de plus d'1 m.

2 : le parking est à une altitude comprise entre 4,4 et 5 mètres d'altitude. Le haut du muret situé devant l'ancienne entrée de la Poudrerie est entre 5,6 et 5,7 m seulement et l'enrochement qui domine l'épi culmine entre 5,1 et 5,7 m. En tout état de cause, le niveau du parking serait plus bas que celui du haut de la plage. Il faudrait donc aussi rehausser les murets bordant le parking.

3 : Comme on l'a vu précédemment, à cette côte altitudinale, le sable de haut de plage serait fréquemment emporté par le vent sur le parking.

Cette solution paraît donc innapliquable.

IV. 2. 3. Rechargement à la côte 4 m

Pour pallier les problèmes posés par un rechargement à la côte 5 m (surcote par rapport à l'épi, transport par le vent sur le parking) nous avons envisagé un rechargement à la côte 4 m. Pour ce faire, nous avons pris comme référence le profil de plage du Moulin-Blanc qui représente la pente d'équilibre dans des sables moyens Nous avons ensuite numérisé ce que serait la nouvelle topographie de l'estran à La Cantine avec un tel profil débutant à la côte 4 m en haut de plage. Dans ces conditions le profil de La Cantine serait partout 1 m plus bas que celui du Moulin-Blanc (fig. 16).

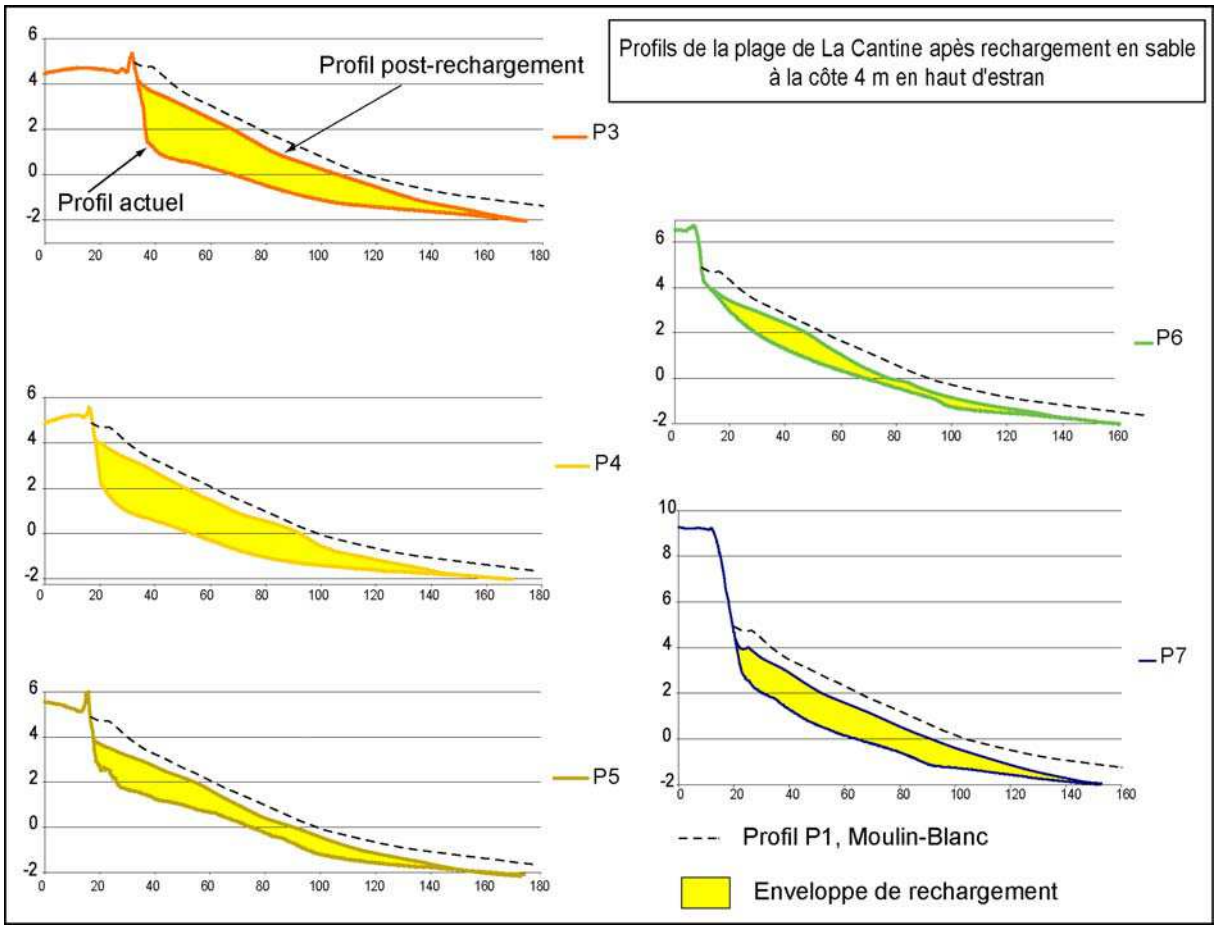


Figure 16 : Profils de la plage de La Cantine après rechargement

Le volume nécessaire pour une telle opération a été calculé en superposant la topographie de la plage après rechargement à la topographie actuelle. Dans ces conditions l'apport nécessaire serait de 65 000 m^3 sur une surface d'environ 63 000 m^2. (*Par conséquent un rechargement à la côte 5 m en haut de plage nécessiterait un apport complémentaire de 1m de sable sur la même superficie et le total nécessaire pour atteindre cette côte serait d'environ 130 000 m^3*). Bien évidemment le niveau actuel de la plage étant plus bas à l'ouest qu'à l'est, c'est à proximité de l'épi que les quantités rapportées seraient les plus importantes (fig. 16, P3, 4 et fig. 17). Localement, à la base de l'enrochement il dépasserait 2,5 m alors qu'au niveau du delta déjà saillant sur l'estran, il serait inférieur à 1 m

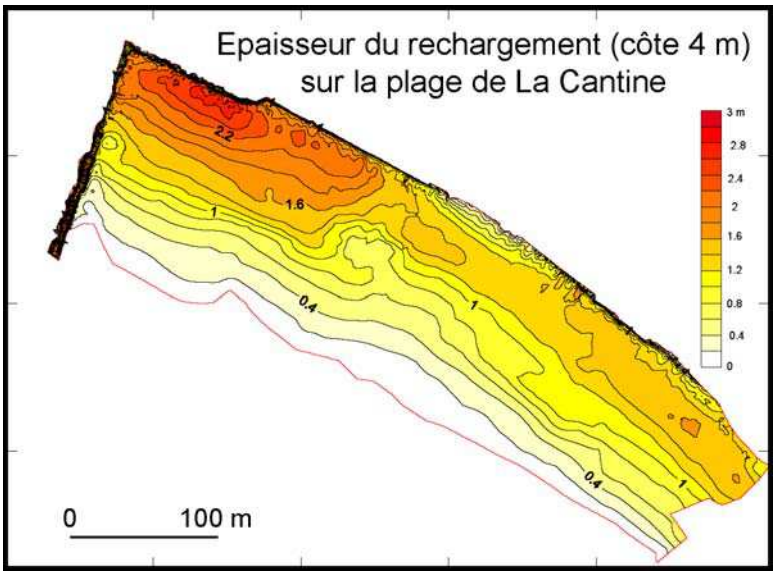


Figure 17 : Epaisseur du rechargement sur la plage de La Cantine.

Dans ces conditions le niveau de l'estran serait tel que les superficies émergées à haute mer, et par là même la capacité d'accueil de la plage, seraient considérablement accrues (Fig. 18). Ainsi, par haute mer de coefficient 50 la partie émergée serait de 21 000 m^2 contre 6000 à l'heure actuelle et par coefficient 95, 8500 m^2 seraient découverts contre 400 aujourd'hui.

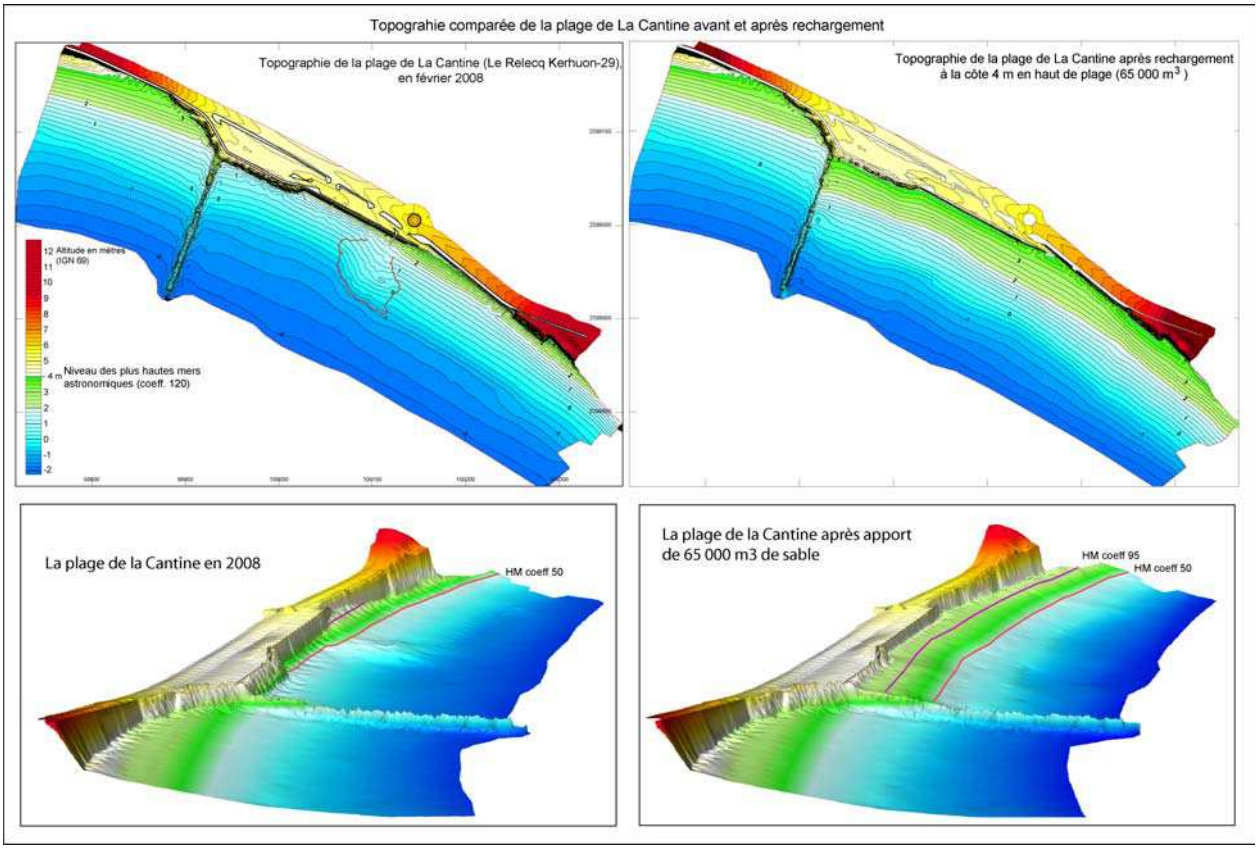


Figure 18 : Topographies comparées de la plage de La cantine avant et après un rechargement à la côte + 4 m

Cette solution peut paraître la plus satisfaisante dans le contexte actuel. La superficie de la plage augmente considérablement, elle peut être fréquentée même lors des hautes mers de vives-eaux.

De plus le fait que le muret du parking dépasse la côte 4 m d'1,7 m empêcherait son franchissement par le sable transporté par le vent. Enfin, l'épi (qui dans ce cas serait conservé) servirait d'appui à la plage du côté occidental.
Toutefois, une fois encore, cette solution a un inconvénient majeur. A la côte 4 m, le haut de plage serait atteint par les niveaux d'eau extrêmes sans doute plusieurs fois par an si l'on considère ce qui a été présenté précédemment. Dans ces conditions, la réflexion des vagues sur la base des ouvrages exporterait irrémédiablement le sable vers le bas d'estran et obligerait à reprofiler la plage après chaque événement de ce type.

IV. 3. La reconstitution du trait de côte originel.

La seule solution qui permettrait d'obtenir une réelle continuité entre la plage du Moulin-Blanc et celle de La Cantine consisterait à reconstituer le trait de côte tel qu'il était au milieu du 19ème siècle (fig. 19 et 20). Ceci impliquerait l'enlèvement des parkings, épi, murs et enrochements (soit un volume total de 12 500 m^3 dépassant l'altitude recherchée), et la reconstitution d'un profil de plage comparable à celui du Moulin-Blanc. Le trait de côte se situerait au niveau des trottoirs bordant la partie interne des parkings, c'est-à-dire sans doute à peu près exactement là où il était avant les remblaiements successifs.

L'altitude du haut de plage pourrait se situer à la côte 4,5 m, qui correspond à l'altitude de l'ouest du parking, et dépasserait de 50 cm le niveau des plus hautes mers astronomiques ainsi que le niveau des surcotes. Toutefois, encore une fois lors de certaines tempêtes le haut de plage serait submergé.

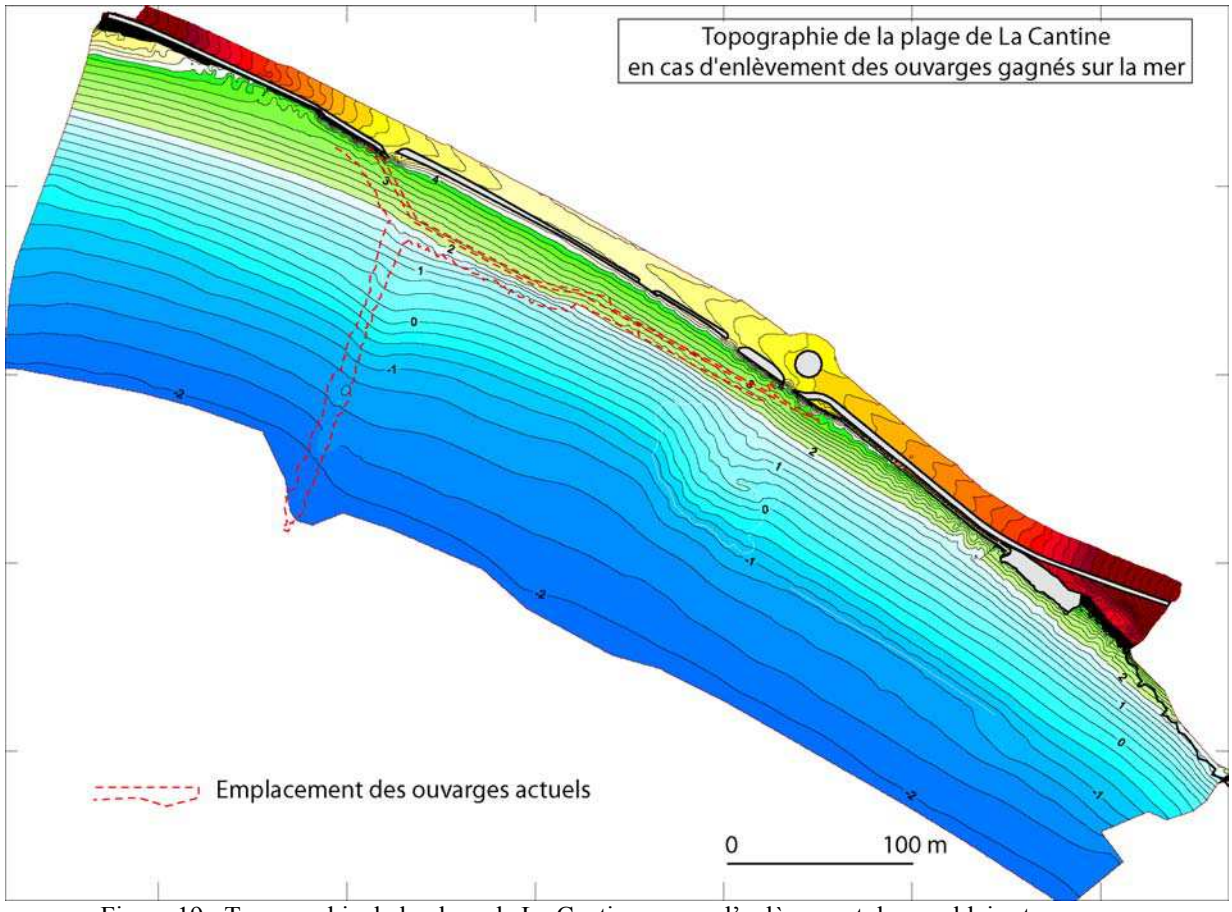


Figure 19 : Topographie de la plage de La Cantine en cas d'enlèvement des remblais et ouvrages

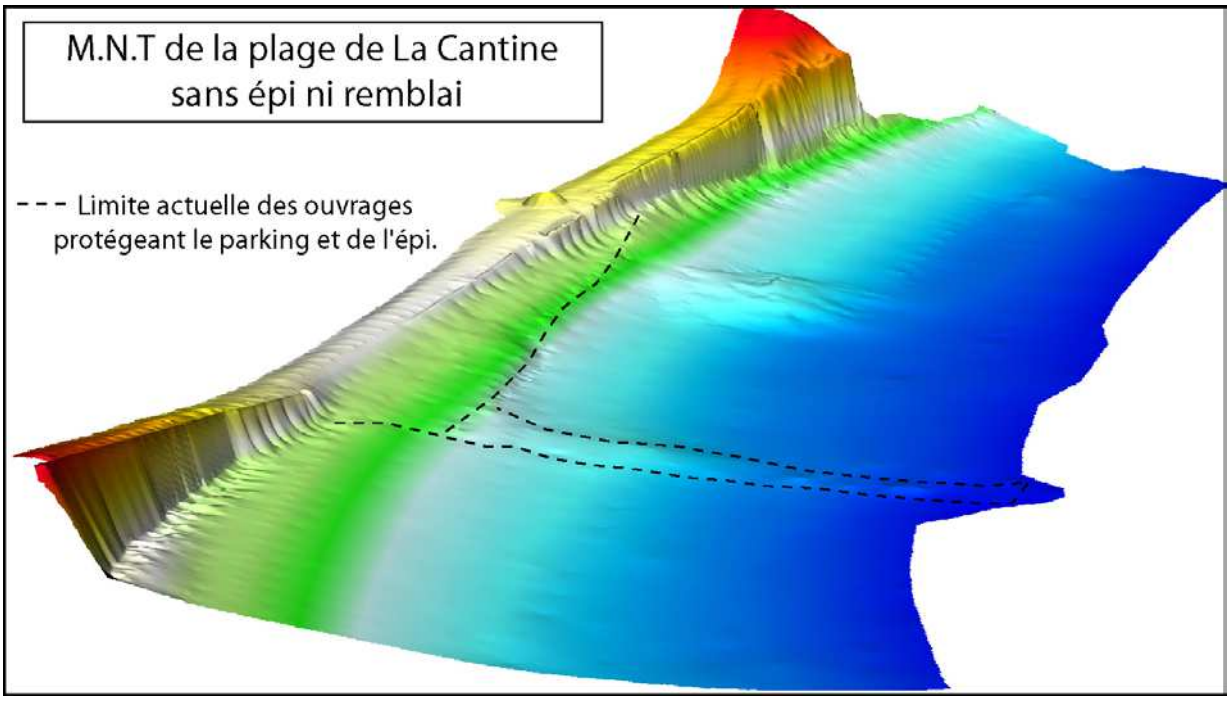


Figure 20 : M.N.T. de la plage de La Cantine en cas d'enlèvement des remblais et ouvrages

Ces données ne sont fournies qu'à titre indicatif, car nous ignorons quelle est l'épaisseur réelle des remblais, nous ne pouvons savoir quelle serait le volume de sédiments qu'il faudrait rapporter, etc…
Ce scénario n'est présenté ici que comme une solution qui pourrait être envisagée dans le cadre d'un réaménagement complet du front de mer et pose d'autres problèmes qui dépassent largement le cadre de cette étude.