



DEFENSE CONTRE LA MER A SAINT-MALO PAR REHABILITATION DE LA PLAGE

C. BONNOT-COURTOIS et L.- R. LAFOND

URA 904 CNRS : "Dynamique et Gestion des Espaces Littoraux"

Laboratoire de Géomorphologie E.P.H.E.

15, boulevard de la mer. 35800 DINARD

Abstract

Coastal erosion of beaches too often occurs in front of urban areas protected by seawalls, which are responsible of the depletion of the sand stock on the upper beach. The Paramé masonry seawall, built 130 years ago as a top protection over an unstable sand spit, happens to be the only dam to prevent a flooding of downtown Saint-Malo city, in case of strong North-West gale associated with spring tide high level. There has been several occurrences of damages since the beginning of this century. The last to date happened in 1990, when January storms induced a critical erosion of the beach, which was followed by significant damages in February as a 20 m large gap opened in the seawall. A critical survey of meteorological, topographical and sedimentological data shows that potential damage conditions often combine and are directly linked to sand level evolution, particularly in the eastern part of the beach. Lest the reinforcing of the seawall could be an alternative solution, beach nourishment shall constitute a natural protection against damage by wave action, especially in an area where littoral drift does not exist.

INTRODUCTION

Située au fond du golfe normand-breton (fig. 1), la commune de Saint-Malo/Paramé a une bordure littorale sableuse longue de plus de 2 km qui s'étend entre la pointe de Rochebonne à l'est et la ville fortifiée de Saint-Malo.

Cet ancien cordon littoral est surmonté par la digue de Paramé, ouvrage de défense contre la mer, formé d'un parement de moellons de 40 cm d'épaisseur, recouvrant une maçonnerie de pierres sèches reposant directement sur le sable de la dune ou sur les marnes sous-jacentes (fig. 2).

La cote du sommet de la digue est à 15,50 m par rapport au zéro hydrographique et celle de la première risberme en pied de digue de 10,30 m, ce qui donne une pente du perré de 3/2. Les plus grandes marées de vive-eau atteignent 13,60 m dans cette partie du golfe de Saint-Malo, soit à peine 2 m en dessous du sommet de l'ouvrage.

Une grande partie de la ville de Saint-Malo correspond à un ancien marais, aujourd'hui totalement urbanisé, isolé de la mer par la mise en place du cordon littoral au cours de la transgression flandrienne. Cette zone qui représente une superficie de 450 ha est située en contrebas par rapport aux pleines mers de vive-eau et est

donc directement protégée des attaques de la mer par la digue de Paramé (Bonnot-Courtois et Lafond, 1989).

CONDITIONS D'APPARITION DES DEGATS SUR LA DIGUE DE PARAMÉ

La violence des vents, l'amplitude de la marée et des houles font de la région de Saint-Malo une côte particulièrement exposée. L'analyse historique des dégâts ayant affecté la digue de Paramé met en évidence les conditions marégraphiques et météorologiques pour lesquelles des dommages sont apparus, ainsi que la localisation de ces dégâts sur l'ouvrage.

Depuis le début du siècle, tous les dégâts ont eu lieu pendant des périodes de vive-eau, par des marées de coefficient supérieur à 90. La situation météorologique était caractérisée par le passage de dépressions importantes, avec des vents soufflant de secteur ouest à des vitesses de l'ordre de 10 m/sec. Au cours de ces grandes marées, des surcotes de plusieurs dizaines de centimètres étaient enregistrées à la pleine mer. Enfin, l'essentiel des dommages se situe dans la partie est de l'ouvrage, comprise entre Rochebonne et l'épi de La Hoguette (Bonnot-Courtois et Lafond, 1990).

Les conditions minimales pour lesquelles des dégâts ont eu lieu sont donc une marée de coefficient supérieur à 90 et des vents soufflant de secteur ouest à des vitesses d'environ 10 m/s.

Un relevé des paramètres marégraphiques et météorologiques depuis vingt ans permet de déterminer le taux de renouvellement de telles conditions de dégâts potentiels. Les marées de coefficient supérieur à 90 représentent environ 18% du total des marées. La fréquence des surcotes à la pleine mer peut atteindre 25% des cas au cours de ces grandes marées. Les vents les plus forts soufflent généralement du secteur ouest compris entre 200° (SSW) et 320° (NW). Depuis 1973, la fréquence des vents qui soufflent à plus de 10 m/sec. à Dinard est en moyenne de 25% et ceux qui ont une vitesse comprise entre 8 et 10 m/sec. représentent également 25% des vents qui règnent pendant les grandes marées (Bonnot-Courtois, 1992).

Au total, le risque de renouvellement de conditions océanographiques et météorologiques susceptibles de provoquer des dégâts sur la digue de Paramé est important puisque les conditions de direction et de vitesse des vents, ainsi que la présence de surcotes à pleine mer se trouvent souvent réunies pendant les 18%

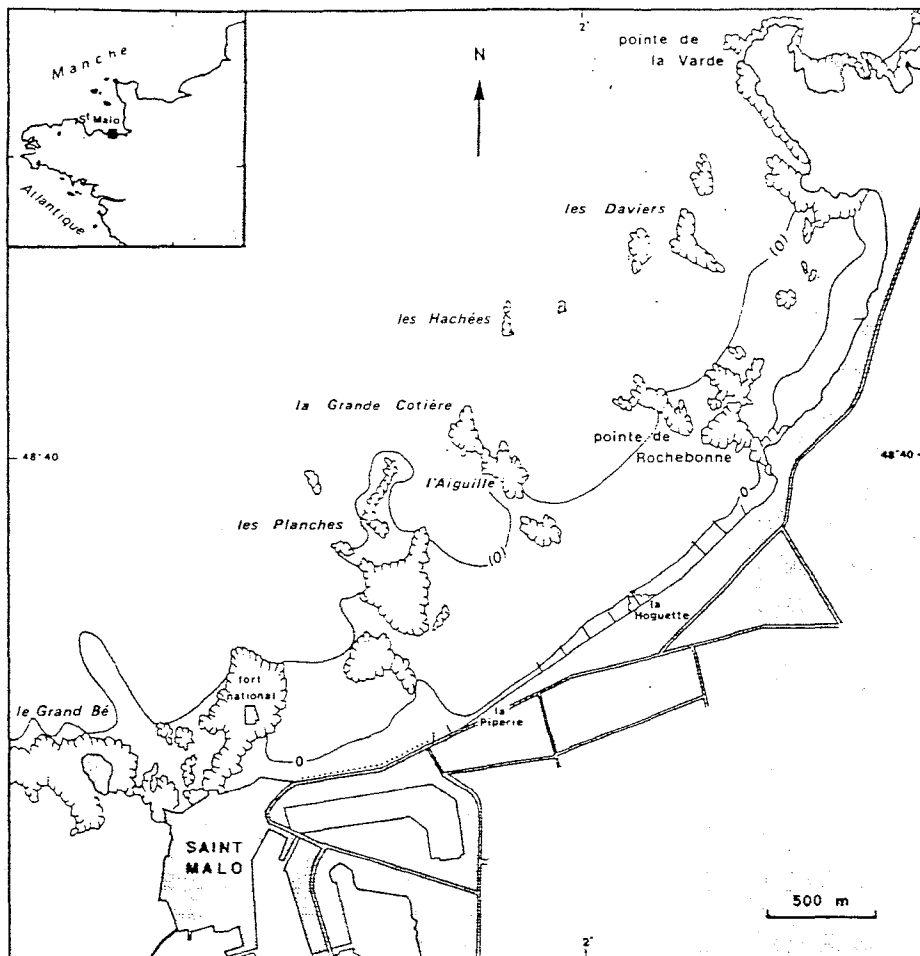


Fig. 1 : Localisation de la digue de Paramé et du site de Saint-Malo

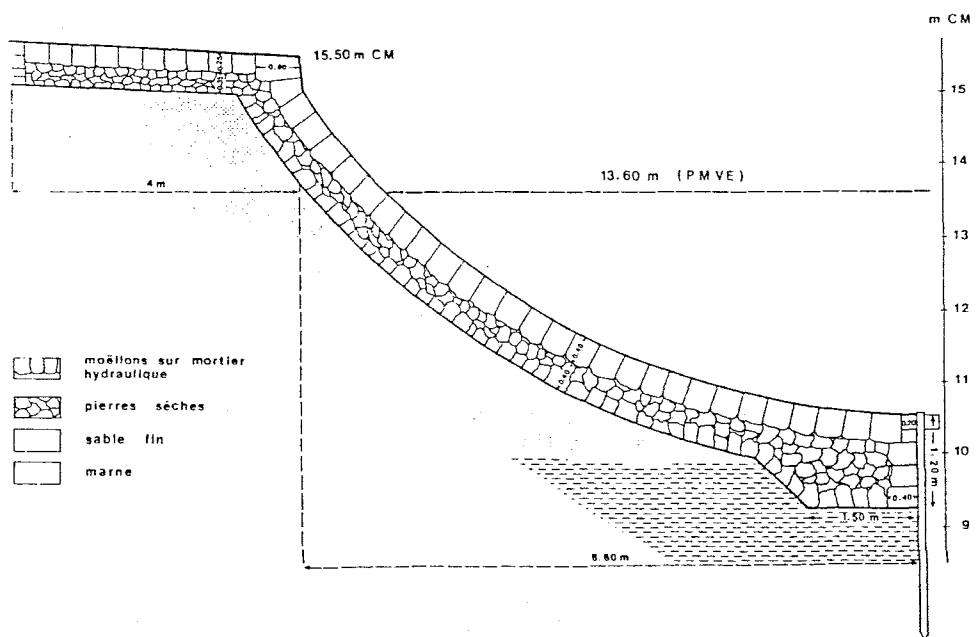


Fig. 2 : Coupe schématique de la digue de Paramé

du temps où règnent les marées de vive-eau, de coefficient supérieur à 90.

GEOMORPHOLOGIE - SEDIMENTOLOGIE DE LA PLAGE DE PARAMÉ

Du point de vue topographique, des séries de profils réalisés à plusieurs années d'intervalle (fig. 3) mettent en évidence une importante différence de niveau de part et d'autre de l'épi de La Hoguette. Du côté est, le sable recouvre la risberme en pied de digue de façon sporadique, laissant parfois apparaître le rideau de palplanches en bois qui borde la risberme. Côté Rochebonne, le niveau de la haute plage est généralement situé à une cote de 10 m CM. A l'ouest de l'épi de La Hoguette, le niveau du sable est plus élevé d'environ 1m par rapport au côté est, et il remonte régulièrement vers l'ouest, jusqu'à la cale de la Piperie où le sable recouvre complètement le pied de digue et où le haut de plage atteint un niveau de 13 m CM. Les variations topographiques du haut de plage sont très fréquentes et quelques tempêtes suffisent à faire baisser le niveau de la haute plage à l'épi de La Hoguette de plus de 1m.

Au début de l'année 1990, les tempêtes successives avaient conduit à un démaigrissement très important de la haute plage à l'épi de La Hoguette où les argiles du prisme littoral sous-jacent affleuraient sur plus d'une vingtaine de mètres de profondeur entre le pied de digue affouillé et la moyenne plage. Par contre, le niveau de la basse plage reste relativement constant, avec une faible pente très régulière, ne présentant pas de morphologie dynamique comme des rides périlittorales (fig. 3).

Du point de vue sédimentologique (fig. 4), les sables de haut de plage du côté est sont très homogènes, bien triés avec des médianes groupées entre 120 et 150 μm . Le milieu de plage est également constitué par des sables très fins, auxquels s'ajoute une fraction de sable grossier dans les parties les plus proches de l'épi de La Hoguette. Côté Rochebonne, le bas de plage est formé de sables très fins, de nouveau homogènes et analogues à ceux de la haute plage. Cette partie est de la plage de Paramé ne présente donc pas de différenciation granulométrique caractéristique de la haute plage.

A l'ouest de la plage, au niveau de la cale de la Piperie, les sables de la haute plage sont grossiers, avec des médianes comprises entre 600 et 1200 μm . Le milieu de plage présente parfois des placages superficiels de sables grossiers, ce qui donne des courbes de fréquence bimodales, reflétant le mélange de deux stocks sableux, l'un très fin à 125 μm , l'autre constitué de graviers à 2 mm. Le bas de plage à l'ouest est formé de sables assez fins (250 μm), homogènes avec quelques graviers épars.

La comparaison des données morphologiques et sédimentologiques entre l'est et l'ouest de la plage de Paramé montre que :

* le niveau du sable de la haute plage est plus élevé du côté ouest qu'à l'est. Il existe un véritable bourrelet d'estran à la cale de la Piperie, qui se traduit par une nette rupture de pente dans les profils topographiques entre la haute plage et le milieu de plage. Au contraire, côté Rochebonne, le bourrelet d'estran n'existe pas et l'on observe une pente régulière entre la haute plage et le bas de plage.

* la granulométrie des sables augmente entre Rochebonne et la cale de la Piperie : les médianes passent de 120 μm à 600 μm pour les sables de la haute plage, et de 130 μm à 250 μm pour la basse plage. De plus, les sables ont une granulométrie homogène entre le haut de plage et le bas de plage à l'est, tandis que leurs médianes diminuent nettement entre la haute plage et la basse plage du côté ouest.

L'ensemble de ces données explique pourquoi les dégâts ont eu lieu principalement dans la partie est de la digue de Paramé. En effet, le très bas niveau du sable et la disparition du bourrelet d'estran du côté de Rochebonne favorisent l'attaque directe de l'ouvrage par les houles. En outre, un plan de vagues établi par Bonnefille et Germain (1971) montre une convergence des orthogonales de houle et une augmentation de l'agitation dans la partie comprise entre Rochebonne et l'épi de La Hoguette. Par ailleurs, les nombreux platiers rocheux situés dans la partie ouest de l'avant-côte proche permettent d'amortir les plus fortes houles et protègent ainsi la partie ouest de la plage tandis que la partie est est directement ouverte aux houles de nord-ouest dominantes.

AMENAGEMENTS

La digue de Paramé est destinée à protéger des assauts de la mer toutes les zones de Saint-Malo qui sont situées en arrière d'elle et qui sont largement en contrebas par rapport aux pleines mers de vive-eau. Ces zones inondables en cas de rupture de l'ouvrage représentent 450 ha et sont totalement urbanisées (fig. 5). Elles comportent de nombreuses installations à caractère commercial ou industriel, des installations scolaires et militaires, la gare SNCF et la zone portuaire de Saint-Malo, ce qui correspond donc à un patrimoine très important, mais surtout à une population qui peut être estimée à environ 20 000 habitants.

Or compte-tenu des cotes de l'ouvrage, de la morphologie et de la topographie de la plage, nombreux sont les risques de franchissement de la digue par les vagues. En cas de rupture de la digue, et dans l'hypothèse d'une brèche de 60 m de long, non colmatable entre deux marées de vive-eau, environ 1/3 de l'agglomération de Saint-Malo serait inondé. Un aménagement doit donc être envisagé afin de conforter l'ouvrage lui-même ou de créer sur la plage des conditions favorables au maintien du sable comme protection de la digue.

De par sa construction, la digue de Paramé est un ouvrage fragile puisque le parement de pierres est posé directement sur le sable de la dune. Elle ne peut donc subir le moindre dégât sans qu'un manque d'étanchéité ne risque de provoquer le départ du sable sous-jacent et donc la déstabilisation des pierres ayant pour conséquence un démantèlement de l'ouvrage. De plus, la pente du perré est telle que la réflexion des vagues y est spectaculaire, même par temps relativement calme. Toute transformation de la digue doit tenir compte de la structure de l'ouvrage, adossé à une dune non consolidée. Ceci supposerait soit de reconstruire intégralement une digue en béton, soit de doubler la digue actuelle par une surface bétonnée continue et étanche, toutes opérations onéreuses qui altéreraient l'aspect architectural de l'ensemble actuel, très apprécié localement.

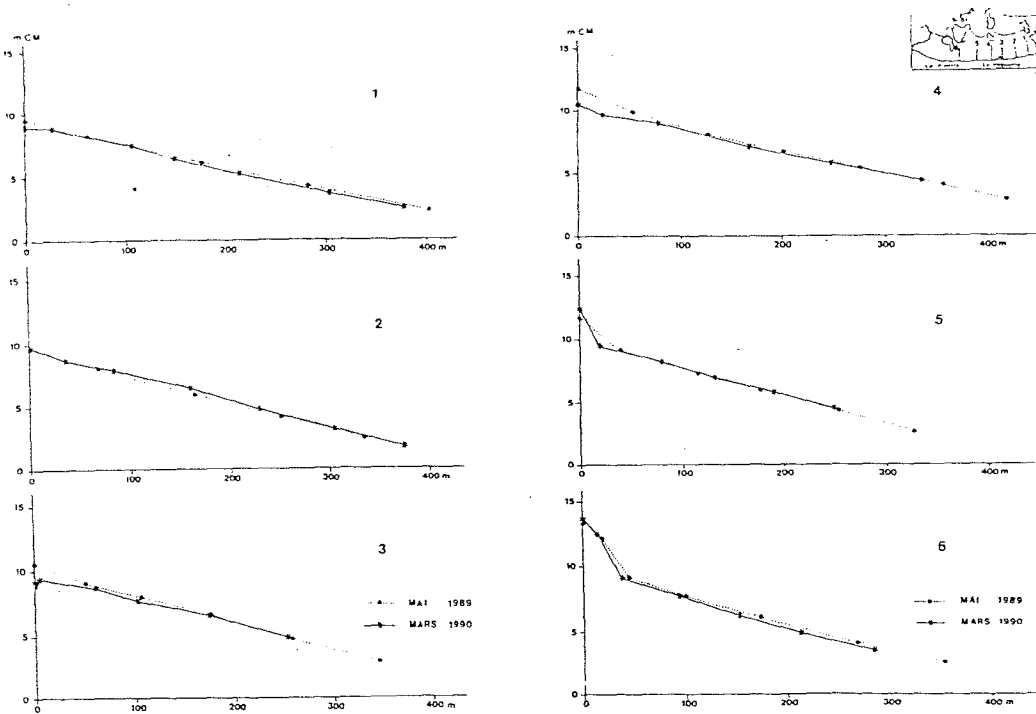


Fig. 3 : Profils topographiques le long de la plage de Paramé

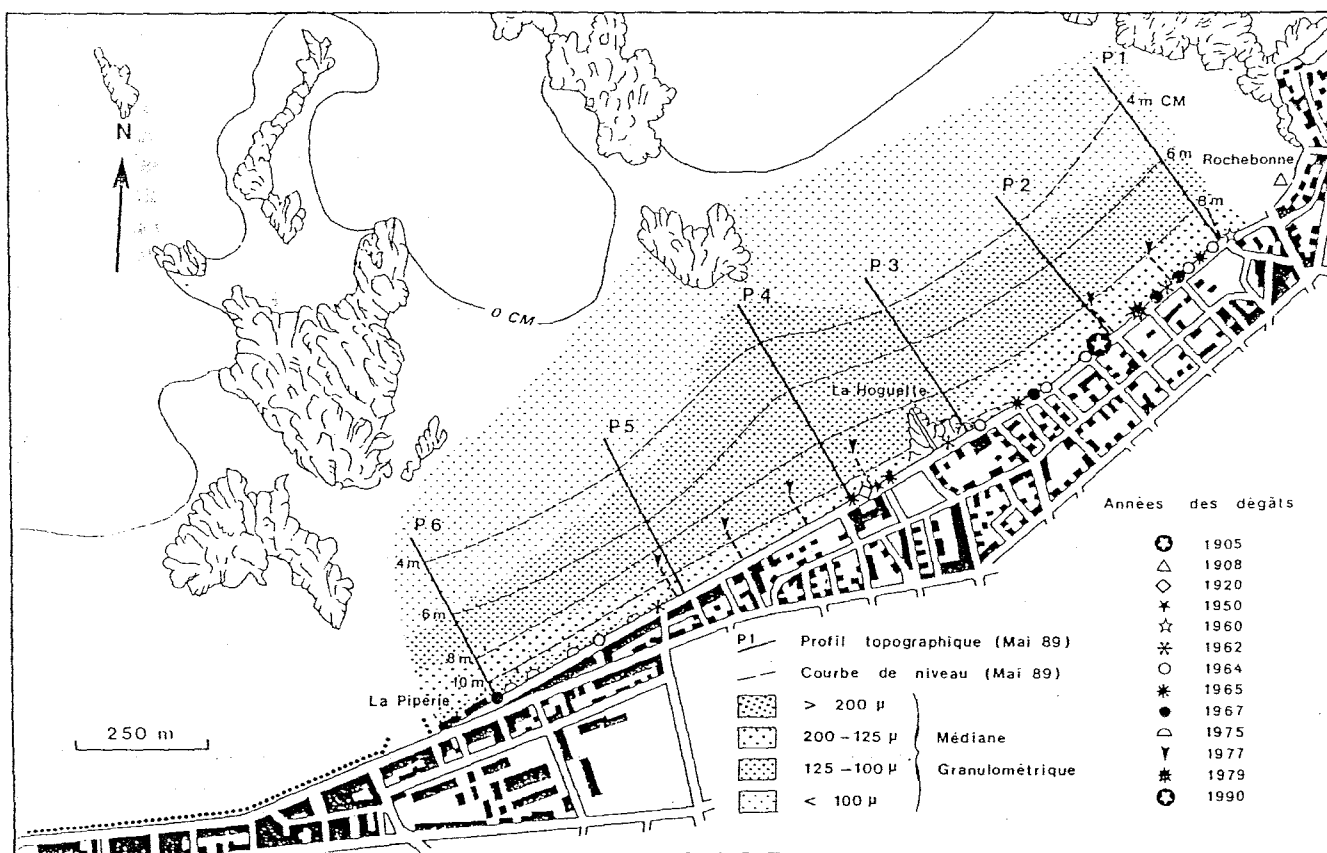


Fig. 4 : Sédimentologie et topographie de la plage. Localisation des dégâts sur la digue.

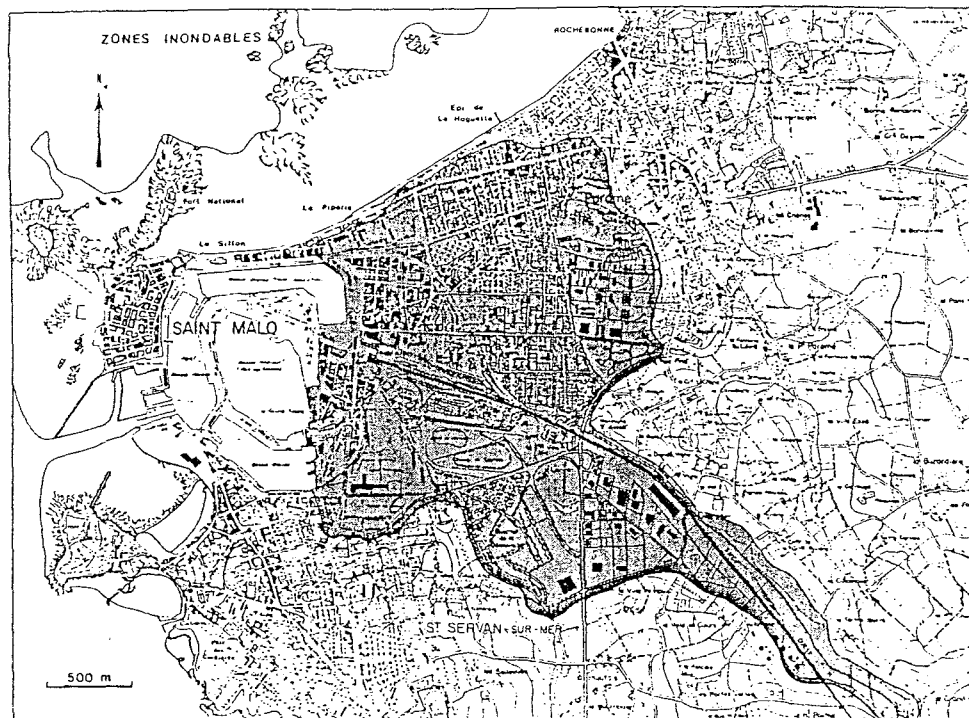


Fig. 5 : Zones inondables de Saint-Malo situées en dessous des pleines mers de vive-eau.

Les observations faites le long de la digue et sur la plage de Paramé ont montré que l'amortissement des vagues déferlantes à pleine mer de vive-eau s'effectuait normalement sur la partie haute de la plage dans la zone ouest, là où le prisme sableux reste important au-dessus du substratum marneux alors que les lames attaquent de plein fouet l'ouvrage à l'est où le niveau du sable est plus bas.

Lorsqu'il est bien développé, le bourrelet de haute plage permet d'absorber l'essentiel de l'énergie des houles déferlantes et constitue ainsi une défense naturelle du trait de côte. De plus, lorsqu'une dune surmonte le cordon littoral, l'érosion partielle de celle-ci au cours des tempêtes fournit un rechargement naturel de la haute plage et contribue au maintien de la capacité de défense de la côte. La construction d'ouvrages longitudinaux de haute plage interdit les échanges entre la dune et la plage et favorise l'érosion de la haute plage par l'augmentation de l'agitation et les affouillements en pied de digue : l'ouvrage constitue une défense du patrimoine foncier en arrière de la côte, mais non une défense de la plage.

Les données géomorphologiques et topographiques montrent qu'aucun transit longitudinal préférentiel ne semble avoir lieu sur la plage de Paramé. En effet, il n'existe pas de différence topographique ou sédimentologique de part et d'autre des épis en bois répartis sur toute la longueur de la haute plage et construits en même temps que la digue. De plus, la plage de Paramé est encadrée par deux pointes rocheuses, celle de Rochebonne à l'est et les îles de migmatites de la partie intra-muros de Saint-Malo et du Fort National à l'ouest, ce qui limite les échanges avec les plages voisines et fait que cette plage fonctionne comme un

système sédimentaire indépendant. Par contre, les mouvements de sable dans le profil sont relativement importants puisque l'on observe régulièrement des démaigrissements ou des remontées du sable au niveau de la haute plage, tandis que le niveau de la basse plage

reste relativement constant. La dynamique sédimentaire de la plage de Paramé semble donc être réglée par les échanges entre la haute et la basse plage, ou avec l'avant-côte car le placage sableux ne paraît pas s'étendre au-delà de la cote - 2m CM. Cette évolution se produit en fonction des périodes de tempête provoquant une érosion de la haute plage, ou de beau temps favorables à l'engraissement de la plage.

Un rechargement artificiel des zones les plus menacées de la digue de Paramé, et notamment du haut estran compris entre la pointe de Rochebonne et l'épi de La Hoguette constituerait une opération "douce" d'aménagement qui permettrait de maintenir le caractère naturel et l'esthétique du site. Compte-tenu des cotes respectives de la haute plage et de la pente actuelle de la basse plage, le volume nécessaire pour recharger la partie est de la plage de Paramé serait de l'ordre de 100 000 m³. Définir la faisabilité d'une opération de rechargement, en analysant dans quelles conditions la reconstitution du bourrelet d'estran pourrait protéger la digue au cours des tempêtes et permettre une évolution saisonnière normale du profil de la plage doit faire l'objet d'une étude plus détaillée.

Les données sur l'hydrodynamique, la sédimentologie de la plage et de l'avant-côte proche, ainsi que l'évolution des profils de plage en fonction des conditions hydrodynamiques doivent être précisées afin de définir la

direction et l'amplitude des transits sédimentaires. Les caractéristiques du sable à utiliser en rechargement doivent être définies en fonction des paramètres hydrodynamiques et les gisements potentiels, à partir desquels les quantités de sable nécessaire pourront être prélevées sans dommage pour le milieu marin ou terrestre, seront recherchés en mer ou à terre. L'exploitation de quelques bancs sableux situés au large de l'estuaire de la Rance et représentant plusieurs millions de m³ pourrait constituer une source de matériel, si la granulométrie de ces formations s'avère convenable.

Références

Bonnefille R. et Germain P. 1971. Renforcement de la digue de Paramé. Rapport R008. EDF/LNH / Syndicat de la digue de Paramé, 21 p.

Bonnot-Courtois C. et Lafond L.R. 1989. La digue de Paramé. Etat actuel du site et histoire de ses dégâts. Rapport Contrat RIVAGES / Syndicat de la digue de Paramé.,81 p:

Bonnot-Courtois C. et Lafond L.R. 1990. Les dommages subis par la digue de Paramé et leurs conséquences sur le site de Saint-Malo. 1er Symposium Intern. EUROCOAST. LITTORAL 1990. Marseille, p. 308-311.

Bonnot-Courtois C. 1992. La digue de Paramé et la plage de Saint-Malo : sédimentologie et analyse des risques. Revue de l'Union Française des Géologues, 97, 17-22.

QUESTIONS DE MONSIEUR NACIRI

1) Vous avez parlé des tempêtes de 1905 et 1990 qui semblent avoir donné lieu à des désordres similaires. Peut-on, à partir de l'examen des conditions météo-océaniques en 1905 et 1990 estimer que ce degré de dégât est associé à une période de retour déterminée ?

RÉPONSE

La tempête de 1905 fut très spectaculaire, mais on ne possède pas de données précises sur son déroulement. Depuis 25 ans, les désordres se sont succédés et ont toujours correspondu à un même type de temps : dépression très creuse sur la mer du Nord et vents de NW violents associés à une grande marée. Le parallèle fait entre 1905 et 1990 tient surtout au fait que les dégâts se sont produits au même endroit sur la digue. Parler de période de retour régulière paraît possible pour l'ensemble des conditions observées, mais l'apparition des dégâts tient aussi à l'état d'entretien de la digue ainsi qu'à la fréquence des agressions : trois agressions successives de janvier à fin février 1990 ont détruit la haute plage et fragilisé l'ouvrage.

2) Quel serait le diamètre de sédiment utilisé pour le rechargement de cette plage ?

RÉPONSE

La protection des ressources utilisables par voie hydraulique dans les petits fonds reste à faire. Des bancs au large de l'estuaire de la Rance pourraient offrir des sables de D₅₀ égal au moins à 350 µm en quantité suffisante. La plage la plus attaquée est couverte d'un sable à 125 µm seulement.

3) Pour déterminer la période de retour d'une tempête en période de vives-eaux, comment croiser les données suivantes :

- probabilité de forte tempête
- probabilité de forte marée + surcote

compte tenu que la surcote est liée à l'existence de la tempête (pression barométrique basse et vent fort) ?

RÉPONSE

Nous n'avons pas pu examiner ce problème dans son ensemble à ce jour, car il implique une analyse détaillée de nombreux cas de conditions à priori "favorables" aux désordres, mais qui ne les provoquent pas systématiquement.

Il semble par ailleurs que les surcotes les plus importantes se produisent en morte-eau (analyse LNH sur la période 1956-89), ce qui modifierait leurs conséquences dans le cas de la digue de St-Malo.

INTERVENTION DE MONSIEUR BONNEFILLE

Dans les zones de convergences de la houle, la notion de période de retour de la houle du large n'a pas beaucoup de sens. En revanche les surcotes sont importantes (elles pourraient atteindre 2 m), elles permettent que de fortes houles convergentes déferlent sur l'ouvrage pour des houles du large de période de retour faible.