



LA GESTION DU TRAIT DE CÔTE SUR LE LITTORAL ATLANTIQUE DES ÉTATS-UNIS : DES PRATIQUES EXEMPLAIRES ?

A. MIOSSEC

Institut de Géographie, Université de Nantes, URA 904 (Dynamique et gestion des espaces littoraux)

Résumé

Si la première expérience de rechargement de plage date aux USA de 1922, cette pratique est devenue presque systématique depuis trois décennies, au point qu'elle fait même l'objet de critiques. Toutes les techniques sont utilisées du fait des particularités du littoral de la côte atlantique où les réserves sableuses sont considérables : dragages des passes entre les îles-barrières, pompages sur l'avant-côte et by-passing. Ce sont ces efforts qu'expose la communication. Comme elle en indique les limites à travers la polémique qui oppose scientifiques universitaires et corps des ingénieurs.

Abstract

Although the first experience of beach renourishment took place in 1922, the US Army Corps of Engineers has largely developed the practice since three decades. All technical methods are used : sand dredging from the inlets, sand pumping from the shoreface and, since a few years, experiences of sand by-passing. These experiences are successful because of the local morphological features of the coastline (i.e barrier islands) ; however, they have been criticized by scientists as they are costly. A large scientific discussion involved the US Corps and these scientists.

Mots-clés: *Etats-Unis, protection côtière, rechargement de plages, gestion côtière.*

Key-words : *US Atlantic coast, beach nourishment, coastal protection, coastal management.*

I. UN PEU D'HISTOIRE DE LA DÉFENSE CÔTIÈRE AUX ÉTATS-UNIS.

Jusqu'en 1930, on peut considérer que l'Etat fédéral manifestait un très faible intérêt pour les questions de protection côtière : il ne s'occupait en gros que de la protection de ses propres biens (Bruun, 1982). Rares étaient alors les problèmes stricts d'érosion des littoraux car l'intérêt touristique des côtes était faible : seuls quelques secteurs autour des grandes métropoles de la côte est, dans le New Jersey en particulier, avaient fait l'objet de rapports (Platt, 1993) et le rôle du Corps des Ingénieurs de l'Armée, prépondérant en matière de gestion des bassins-versants et de défense des berges de fleuves restait tout à fait mineur. C'est en 1930 que fut créé le *Beach Erosion Board*, à l'initiative du Congrès ; cet organisme, composé de 4 membres du Corps des Ingénieurs de l'US Army et de 3 représentants d'agences fédérales, fut chargé de faire une série d'études sur les problèmes d'érosion à la requête et en collaboration éventuelle avec les Etats, les comtés, les villes. En fait, tous les échelons de l'organisation administrative américaine. L'Etat fédéral apportait la moitié des fonds pour les études, mais n'intervenait en rien dans le

financement des opérations de la défense ; sauf là où les biens fédéraux étaient menacés. L'intérêt des pouvoirs centraux ne s'est depuis jamais démenti. A l'échelon local, les Etats ont établi leur propre agence en charge de l'érosion littorale (*Beach Erosion and Shore Development*) en liaison avec les représentants locaux du corps des ingénieurs. Une série de travaux furent ainsi menés par le *Beach Erosion Board* puis, à partir de 1963, par le *CERC* (Centre de recherche en ingénierie côtière). Souvent, et précocement, avec modélisation des études.

Jusque dans les années 60 encore, le Corps des ingénieurs traite la côte selon les normes éprouvées de la défense rigide de la ligne de rivage que bien des exemples pourraient illustrer. Ainsi, la station balnéaire de Delray Beach en Floride put-elle expérimenter successivement murs de défense et épis en batterie qui n'empêchèrent pas la disparition progressive de la plage dont il ne restait plus grand chose dans les années 60 (Finkl, 1988 ; Miossec, 1993) ; les ingénieurs proposèrent alors la construction d'une digue basse formée de dalles de béton de pente 2/1 appuyée à un mur dont la crête prétendait casser l'énergie des déferlements. Ce mur ne tint guère face à l'assaut des vagues : les dalles furent rapidement disjointes... Sonna alors l'heure d'une conception plus globale de la défense des côtes qui intégrait la nécessaire reconstitution des plages, à la fois comme élément "doux" de la protection et comme élément décisif du développement économique fondé sur un tourisme en essor constant.

Une première opération amena des fonds proches (environ 1 km de la côte) 1,2 millions de m³ de sédiments : pompés par une drague et amenés par canalisations flottantes, les sables reconstituèrent une plage de près de 30 m de largeur sur 4,3 kilomètres de linéaire côtier. Une seconde opération en 1978 porta sur 535 000 m³ ; elle complétait la première dont on savait qu'elle n'empêcherait pas totalement l'érosion. Au bout de 4 ans en effet (Houston, 1991), 30% du stock mis en place avait été emporté et, dans un secteur en particulier (convergence des houles liée à la topographie des fonds?), la perte atteignait 50%. Elle fut également suivie en 1984 d'un troisième rechargement de 610 000 m³, dû essentiellement selon Houston à un ajustement parfaitement normal du profil de la plage après ces nombreuses opérations. Parallèlement, des mesures de reconstitution des dunes bordières furent entreprises, avec succès, pour renforcer la résistance de la côte aux effets de l'érosion. Les plages situées au sud du courant de dérive bénéficièrent également des bienfaits du rechargement : une partie de ce que perdaient les plages rechargées (estimation : 76 500 m³/an) y aboutissait naturellement. Le succès d'une telle opération, fondée sur une capacité de résistance aux effets d'un ouragan décennal, provenait essentiellement d'une analyse

conduite pour modeler la plage artificielle aux normes les plus proches (par la pente) des plages naturelles.

Une telle opération ne pouvait relever de l'improvisation ; elle s'inscrit en fait dans une évolution des techniques de défense. Elle ne permet en aucune manière d'opposer, comme on le fait trop souvent, les partisans de méthodes douces à ceux des solutions rigides. Elle témoigne de la souplesse d'un système. Par extension, elle montre surtout que le champ de vision des responsables s'est élargi : de l'échelle réduite à un linéaire que l'on prétendait maintenir, on est passé à une échelle intégrant à la fois la plage et l'espace proche, non plus seulement considéré à travers une route. En termes de coût, un rechargement des plages revient aussi cher qu'une défense rigide mais, en termes de profit, pour Delray Beach, qui est, comme toutes les stations entre Miami Beach et West Palm Beach, une plage de bon standing, les promoteurs, les propriétaires de résidences balnéaires, les commerçants et les professionnels du bâtiment furent les premiers bénéficiaires de l'opération. La petite station balnéaire est devenue en peu d'années une grande station touristique ; c'est en grande partie à l'attractivité de ses plages qu'elle le doit...

Le cas de Delray Beach constitue un bon exemple de ce qui se passe actuellement aux Etats-Unis en matière de protection de la ligne de rivage, d'une part, et de gestion de l'espace littoral, d'autre part. Il n'est, dans sa phase finale, que l'expression d'une tendance aujourd'hui dominante aux Etats-Unis en matière de défense côtière.

II. LE TRIOMPHE DU BEACH RENOURISHMENT.

Aux Etats-Unis, la défense côtière, c'est aujourd'hui d'abord la pratique presque systématique du *beach renourishment*. Même si le phénomène n'est pas récent puisque la première plage traitée fut celle de Coney Island près de New York en 1922 (Davison, 1992). Des plages bien nourries qui fournissent assez de sable pour que la dune bordière soit engraisée et fonctionne comme une seconde ligne de défense. Une dune bordière le plus souvent artificielle (ce dont la littérature ne rend pas toujours suffisamment compte) en ce qu'elle est traitée au bulldozer, fixée par des barrières brise-vents et végétalisée. Plages et dunes, dans la gestion quotidienne, sont intimement liées.

Une côte fragile mais un cadre favorable au *beach nourishment*.

De la Floride à l'Etat de New-York, la côte est sableuse : le paysage le plus caractéristique est celui des îles-barrières qui, à quelques encablures de la terre ferme, isolent lagunes et bras de mer. Plus ou moins larges, ces "îles" constituent la première ligne de défense de la plaine côtière américaine ; elles sont coupées de passes, mobiles dans le temps et dans l'espace, qui témoignent de la grande fragilité de ces formes comme d'une dynamique particulièrement active. Si l'on fait volontairement abstraction de l'abondante littérature savante qui traite de ces formes, on peut recourir à l'excellente synthèse qu'en donna la revue "Pour la Science" dans son numéro de septembre 1987 (Dolan et Lins, 1987). De l'exposé des auteurs, qui décrivent les

conditions de formation et d'évolution actuelle des îles-barrières, on retiendra surtout le jugement qu'ils portent sur leur occupation par les hommes : "la tempête de 1962 montra que la politique d'aménagement des plages de la côte Atlantique et des îles-barrières n'était pas la bonne". Comme toujours, le risque naturel n'existe que dès lors qu'il y a quelqu'un ou quelque chose pour le subir : en l'occurrence les milliers de maisons installées face à la mer. D'un côté, l'occupation des îles-barrières et des plages atlantiques, lorsque la terre ferme est directement au contact des houles, s'est faite de façon plus ou moins dense mais très accélérée au cours des dernières décennies, à mesure que les ponts reliaient les îles au continent. Il en est résulté le paysage que l'on rencontre fréquemment depuis Miami : rues parallèles à la plage, maisons individuelles directement sur la plage ou derrière la dune bordière, occupation en profondeur jusqu'au rivage des lagunes où sont implantées les "marinas". De là, l'activité de pêche est si intense à la saison estivale qu'elle a justifié l'entretien des nombreuses passes, draguées, calibrées, tenues par des digues qui s'avancent très loin en mer. Que ces digues aient aggravé, ici ou là, les effets permanents de l'érosion ne saurait étonner. Cette érosion, que l'on apprécie comme ailleurs en donnant une valeur annuelle, est surtout le fait d'épisodes brefs mais intenses : les coups de vent de nord-est diminuent d'intensité du Cap Cod au Cap Hatteras mais les puissants ouragans originaires des tropiques prennent alors le relais (Baker, 1992). Les uns comme les autres ont des effets catastrophiques : ces îles sont basses et étroites, le plus souvent. La côte ainsi recule au hasard des cataclysmes dont le dernier en date, le cyclone Andrew, vient de dévaster la côte orientale de la Floride, à hauteur de Miami. Les effets sont multiples : au plan de la morphologie, outre le lent recul de la côte (sur le long terme), des passes nouvelles naissent des ruptures de l'île. Les "overwashes" étalent du sable dans les lagunes et quand les épisodes brutaux sont rapprochés, la lagune, à la façon d'un grau, s'écoule directement dans l'océan. On conçoit que les épisodes, de pur intérêt morphologique lorsqu'ils affectent des littoraux sauvages (*undevelopped areas*) prennent des proportions alarmantes dans les secteurs densément occupés (*developped areas*). L'intensité du développement a entraîné la recherche de solutions pour faire face à la menace tout en maintenant le potentiel économique qu'il représente. Elle a justifié également une accentuation de la recherche scientifique qui a scrupuleusement étudié les effets de chacun des épisodes dramatiques : les brochures que les communes éditent actuellement sont ainsi clairement datées par les tempêtes ou les ouragans qui ont touché la côte. La tempête du 7 mars 1962 est ainsi célébrée sur les côtes, de la Caroline du Nord à l'Etat de New-York sous le nom d'*Ash Wednesday Storm* (tempête du mercredi des Cendres par vent de nord-est) ; elle a été récemment rejointe dans la mémoire collective par le souvenir de l'ouragan Hugo (Campbell et Richardson, 1992) qui, le 22 septembre 1989, a surtout dévasté les côtes de la Caroline du sud, touchant Myrtle Beach, l'une des plus grandes stations balnéaires au nord de l'état mais surtout Folly Beach (Platt *et al.*, 1991) petite station à quelques kilomètres au sud-est de Charleston. C'est là que l'intensité de l'ouragan fut la plus grande et, dans les

marais que traverse la route côtière, les arbres décapités et dénudés, témoignent encore aujourd'hui de la violence des éléments naturels. On ne dira rien des coûts : on les imagine aisément, des victimes nombreuses, des destructions massives ; au total, des dizaines de millions de dollars que supportent les compagnies d'assurance...

Face aux problèmes posés, comme à Delray Beach, toutes les solutions techniques ont été utilisées : seule, la pratique du *beach renourishment* a donné, jusqu'à présent, des résultats en gros satisfaisants en ce qu'ils permettent la continuité d'un développement économique fondé sur le tourisme en particulier, avec ses différents produits : plages, marinas, golfs ; ce qui implique de plus en plus un réel calcul économique sur le rapport coûts/bénéfices des opérations (Silberman, 1988 ; Edwards, 1991)... Les conditions sont forcément optimales pour que, dans l'ensemble, les opérations aient donné satisfaction : l'évolution naturelle qui commande le recul de la côte est faite de ces "overwashes" qui emplissent de sable les lagunes et bras de mer. Selon une logique évidente, la vidange des sables par les courants de marée provoque à l'aval des passes une accumulation qui prend la forme de deltas de jasant. Ces cônes atténuent certes les effets des déferlements mais ils ont deux inconvénients majeurs : ils gênent la navigation à l'aval des jetées et, par le bourrelet qu'ils constituent, ils accentuent l'accumulation et empêchent ainsi que les sables ne cheminent au large des plages qu'ils sont appelés à nourrir "naturellement" lorsque les poussent des houles longues et constructives. Il faut donc en permanence intervenir pour draguer les passes. Aux nécessités économiques liées à l'existence de l'*Intracoastal Waterway*, cette voie navigable protégée qui permet la circulation du golfe du Mexique aux larges baies du nord-est, s'ajoutent les contraintes récréatives. Le corps des ingénieurs de l'Armée, en charge de l'entretien de la voie navigable, dispose ainsi du pouvoir d'intervention dans un cadre "élargi" à toute la zone côtière. Le sable était là, en abondance, il s'agissait de le gérer. La carte des plages rechargées (fig. 1) illustre une pratique désormais systématique (plus de 90 plages rechargées en 30 ans ; Pilkey, 1990) ; elle explique que, de la Floride au Cap Cod, si "artificialisation" du trait de côte il y a, ce n'est pas "à la française" parce que les ouvrages lourds ont disparu, soit sous les sables (et les tempêtes les font alors réapparaître), soit rongés par la mer (pour les épis de bois).

La gestion des sables : deux exemples dans le Maryland (Ocean City) et le Delaware (Indian Inlet).

Le projet de "*beach renourishment*" d'Ocean City a fait l'objet d'un rapport détaillé destiné aux autorités fédérales. Ce document, en date du 27 janvier 1987, était signé par le gouverneur de l'Etat du Maryland. Il avait essentiellement pour but de convaincre ces mêmes autorités qu'une aide fédérale était parfaitement justifiée...

Le but du gouverneur qui signe la lettre (et plus sûrement celui des autorités en charge de la zone côtière qui ont préparé le document) est de montrer que l'on s'est livré ici à une étude sérieuse et approfondie impliquant une liaison permanente entre les études, strictement techniques, portant sur l'évolution de la côte, et les études économiques qui démontrent que toutes les

hypothèses de travail ont fait l'objet d'un devis approfondi.

Ce que l'on montre d'abord c'est que la réalité de l'érosion de la plage d'Ocean City ne saurait faire de doute, en dépit des multiples mesures déjà prises en matière de protection. Un tableau, construit à partir de repères sur les rues qui débouchent à la plage, montre, depuis 1850, la persistance d'une érosion dont la valeur annuelle se tient entre 6 et 6,5 cm avec une valeur extrême de 11,2 cm. Du moins, si l'on s'en tient aux secteurs les plus normalement alimentés car interfèrent des facteurs anthropiques qui aggravent l'érosion, en particulier une digue tenant la passe entre Ocean City et Assateague Island (d'où le recul considérable de la partie amont de cette dernière). Cette érosion est normalement liée au fait qu'Ocean City est construite sur une île-barrière qui évolue en reculant lentement. Toutefois, l'importance du recul qui pourrait ne pas paraître considérable doit être appréhendée à travers deux autres critères : l'urbanisation du linéaire côtier et l'efficacité des tempêtes. Le front de mer est en effet continu, les villas proches de la plage (sinon sur la plage) ; le tout représente une valeur investie considérable, exposée aux coups des tempêtes, dont il est dit que la plus importante (mesurée à l'aune du siècle) pourrait entraîner plus de 50 millions de dollars de dégâts. Pour lutter contre cette érosion chronique qui affecte le patrimoine public (le rapport considère que la plage attire chaque week-end pendant l'été jusqu'à 300 000 visiteurs qui apportent ainsi 170 millions de dollars directement et plus de 300 millions si l'on tient compte des retombées indirectes)... et la propriété privée, des mesures ont été prises de longue date dont les résultats sont ... de n'avoir rien résolu (*a piecemeal approach that has not solved the problems*). Des épis (en bois, en asphalte ou en enrochement) ont été placés sans grands résultats, entre 1922 et 1982, à l'initiative soit de la commission des routes de l'Etat du Maryland, ou du Département des Ressources Naturelles ou encore, en dernier lieu, de la municipalité d'Ocean City ; des murs furent également édifiés plus tardivement (1978-1985) dans le cadre du *Shore Erosion Control Program* du Département des Ressources Naturelles, tandis qu'à plusieurs reprises des projets de plus grande envergure étaient élaborés par le Corps des Ingénieurs de l'Armée. C'est autour de ces derniers que se cristallisèrent les aspirations des années 1980 : on prenait de plus en plus conscience de l'atout que représentait la plage pour la station balnéaire mais, dans cette décennie "reaganienne" (on l'a vu précédemment), la philosophie du pouvoir fédéral n'allait pas dans le sens d'une aide qui ne fut strictement définie dans le cadre de la lutte contre l'érosion marine. Ainsi, le caractère d'utilité publique des travaux était-il mis en doute au titre qu'ils représentaient, en quelque sorte, un confortement des activités récréatives plutôt qu'un véritable moyen de protection contre un risque naturel.

Dans cette conjoncture peu favorable, les autorités ont été amenées à établir une série de documents de travail, portant sur les coûts, d'une part, et les solutions techniques, d'autre part, tandis qu'à l'initiative du Département des Ressources Naturelles, les premiers travaux d'un plan "intérimaire" qui consistait dans la mise en place d'une cinquantaine d'épis aboutissaient rapidement à ce que soient implantés les deux premiers.

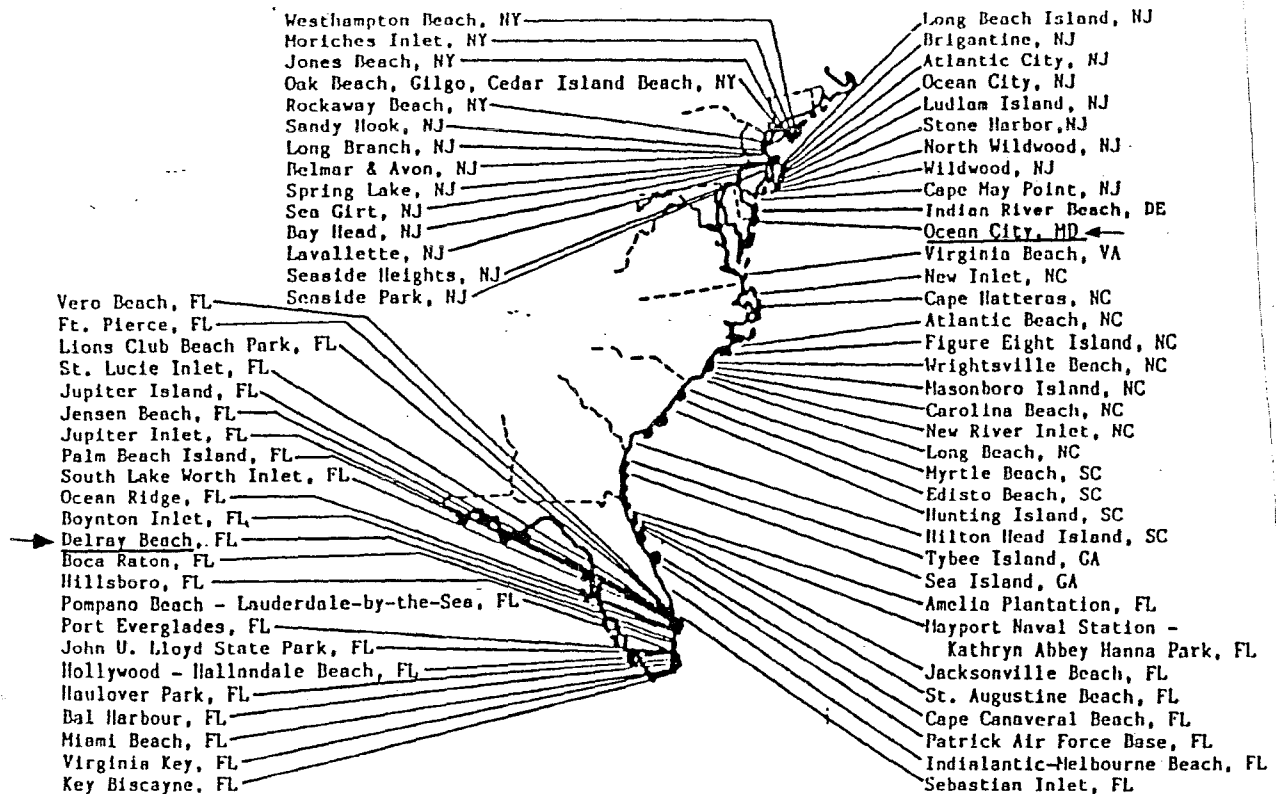


Fig. 1 : Les plages rechargées sur la côte atlantique des Etats-Unis (tiré de Pilkey, 1987)

en enrochement, à hauteur des 7° et 9° rues. Le choix des autorités n'allait pas, toutefois, dans cette direction mais l'urgence appelait sans doute de telles mesures. Comme souvent, l'imbrication des niveaux de décision ajoute à la confusion des esprits : on ne peut même pas rejeter l'hypothèse selon laquelle le début des travaux "lourds" avait aussi pour but de sensibiliser les différents partenaires à la nécessité justement de ne pas accepter la continuation des opérations...

En fait, c'est le parti du rechargement de la plage qui fut finalement retenu et l'opération fut de grande importance, puisque la plage a été élargie d'une soixantaine de mètres... La solution du rechargement en sable était la mieux adaptée car, si la maintenance est coûteuse (1,17 million par an), et les effets au large mal connus, les avantages l'emportent : plage plus naturelle en ce qu'elle respecte la possibilité d'engraissement des dunes, système plus "souple" face à l'élévation du niveau des mers, coût initial bas (9, 326 millions de dollars) et opération à la fois rapide, esthétique et attractive pour les touristes...

Plusieurs scénarios avaient été élaborés, présentant avantages et désavantages des opérations susceptibles d'être retenues et, surtout, chiffrant le coût global de celles-ci. Sept projets furent proposés, différents à la fois dans l'approche technique et les modalités du financement. Le projet 4 qui fut retenu et préparé par le

corps des ingénieurs de l'US Army présentait le gros avantage (ce que relève le gouverneur du Maryland), d'être accompagné d'une aide substantielle de l'Etat Fédéral.

Indian Inlet ou l'usage du by-passing.

La côte du Delaware s'étend sur quelques dizaines de kilomètres du sud au nord ; elle est tantôt constituée de cordons littoraux qui limitent vers la mer la plaine côtière très étendue, tantôt d'un lido assez étroit isolant des lagunes. C'est le cas pour l'Indian River qui débouche d'abord dans la baie qui porte le même nom et rejoint la baie de Rehoboth, plus large encore, au nord. La passe qui débouche en mer est très mobile, naturellement et l'histoire montre qu'entre 1800 et 1928, elle a balayé un espace d'environ deux miles, de part et d'autre de sa position actuelle. Cette évolution est liée à l'incapacité des courants de jusant à évacuer les sables que poussent en permanence les houles du large : un classique delta de flot vient encombrer la passe. Dans le passé, à l'issue des tempêtes, des "overwashes" venaient ouvrir de nouveaux débouchés. Les progrès de l'urbanisation sur la côte et la présence de la route n°1 ont, dans les années trente, nécessité la stabilisation du débouché de la rivière. Entre 1938 et 1940, deux digues furent construites, qui s'avançaient de 180 m en mer : elles étaient la seule réponse, en l'état des techniques, à

l'impossibilité manifeste de fixer la passe en dépit des dragages nombreux et coûteux entrepris entre 1928 et 1938. En fixant la passe, les services de l'*US Corps of Engineers* savaient qu'ils devraient faire face à deux phénomènes au moins, d'ailleurs en partie liés : une érosion au nord des digues et une accumulation au sud, du fait d'un transit sud-nord ; la fixation des deltas sous-marins de flot et de jusant, la présence du delta de flot pouvant ajouter à l'effet d'épis sur les plages au nord de la digue. Effectivement, le recul de la côte fit rapidement peser une menace permanente sur la *highway n°1*, rendant problématiques toutes les opérations d'utilité publique. Depuis 1957, le rechargement de la plage eut lieu à 8 reprises et de telles opérations, lourdes et coûteuses, étaient appelées à être renouvelées périodiquement à partir du moment où l'hypothèse d'un déplacement de la route, un moment envisagée parmi les alternatives possibles, avait été écartée. En dernier recours, après avoir considéré que le transfert par camions du sable à partir de la plage engraisée au sud des digues ne donnait pas entière satisfaction, que le recours à des murs de défense au nord en sauvant la route condamnait des plages très fréquentées en été, la meilleure des solutions apparut être le transfert des sables grâce à une pompe hydraulique. Expérience novatrice, qui n'avait été mise en oeuvre qu'en Australie et en Californie (Clausner *et al.*, 1990 ; Clausner *et al.*, 1991) le principe est celui du prélèvement sur la plage au sud de la passe grâce à un système de pompe hydraulique mis en place et dirigé à partir d'une grue mobile. La partie motrice du système est placée dans un abri un peu au-dessus de la plage. Le sable est pompé dans la zone de déferlement et la grue permet un déplacement (distance de 30 à 120 m vers le sud) aisé du système de telle sorte que les déséquilibres qui résulteraient d'un point fixe ne puissent se développer. A partir de la pompe, le sable est injecté dans une conduite qui, de la zone de prélèvement, va vers le pont d'abord, avant d'être acheminé vers la plage au nord où la souplesse du système est renforcée par la possibilité de déplacer la bouche d'évacuation. La capacité horaire de débit de la pompe est de l'ordre de 150 m³ en moyenne, mais l'expérience a montré que l'on pouvait atteindre jusqu'à 215 m³ et lors des onze premiers mois de fonctionnement, le transfert total des sables a été d'environ 86 000 m³. La pompe fonctionne 4 jours par semaine et trois personnes suffisent à assurer le travail. On peut s'arrêter à tout moment, en fin de semaine et surtout en été, pour ne pas déranger les touristes. On doit également le faire, protection de la nature oblige, lorsque l'on repère un nid de "*piping plover*", espèce d'oiseau particulièrement surveillée, susceptible d'être affectée par la technique... Le coût global est de l'ordre de 1,7 millions de dollars et la maintenance annuelle n'excède pas 210 000 dollars. L'ensemble, diligenté par l'*US Corps of Engineers*, est financé par l'Etat du Delaware et l'Etat fédéral.

Bien que le recul nécessaire pour juger du succès de l'opération manque, car les travaux n'ont débuté qu'en 1990, il n'est pas difficile de constater sur le site le succès de l'opération. L'avantage principal, c'est la souplesse d'utilisation et l'absence de nuisances majeures pour l'environnement (considéré au titre du bruit, des passages de camions...). La pratique n'est pas empirique

(elle pourrait l'être, tant le principe est simple). C'est le suivi systématique de la côte, entre novembre 1984 et août 1990 qui a permis de déterminer le volume nécessaire au rechargement (de l'ordre théorique de 100 000 cubic yards, soit environ 75 000 m³). Ce suivi a consisté dans la comparaison de missions aériennes, dans des observations au jour-le-jour et surtout dans le levé de 28 profils à deux reprises dans l'année (à la fin de la période hivernale et à la fin de la période estivale), situés entre les digues et une distance de 1500 m vers le nord et vers le sud.

C'est également à partir de ces études que les derniers rechargements "traditionnels" avaient été opérés, en particulier celui de janvier 1990 (140 000 m³), un peu avant le début de la nouvelle expérience. Les résultats de la surveillance permanente permettent de constater une tendance maintenue au recul dans un secteur d'environ 300 m au nord ; à partir de là, si la plage s'érode toujours, on constate l'existence de cycles au sein desquels des épisodes d'accrétion de matériel (sans doute à partir des petits fonds du large) alternent avec des phases de démaigrissement. Au sud, au contraire, la tendance est à l'engraissement mais cela ne saurait étonner...

Entre mars et août 1990, après les premières opérations de *by-passing*, l'évolution constatée a montré une assez grande stabilité dans la zone au sud de la jetée, quoique la largeur immédiatement au sud de la passe ait diminué, du fait que les prélèvements ont dépassé le volume qu'amenait la dérive littorale. En revanche, plus au sud, la largeur de la plage ne semble pas affectée. En conséquence, si dans les premiers mois l'opération paraît probante, le suivi permanent permettra de gérer véritablement le trait de côte, de part et d'autre de la passe ; l'apport de sable au nord, nécessité par la protection de la route est une fonction directe, non pas des apports par la dérive littorale comme on pourrait s'y attendre mais bien de la surface récréative offerte par la plage au sud, dans la zone de prélèvement. Si cette dernière venait à diminuer, on arrêterait alors les prélèvements et, pour l'année 1990, représentée mois après mois, la quantité de sable prélevée a considérablement diminué entre mai et août ; le temps laissé aux houles du large, plus constructives, d'aider à la reconstitution du stock.

Bel exemple de véritable gestion de l'espace côtier, mêlant les aspects strictement liés à la sécurité des biens et ceux qu'un littoral bien "aménagé" peut offrir aux hommes. Même si l'expérience est encore peu développée, elle garde valeur d'exemple, à la fois pour les Etats-Unis dont une partie du littoral est tout à fait propice à ce type de technique, mais ailleurs encore où tous les transits littoraux sont perturbés par des ouvrages sans doute indispensables qui déséquilibrent tout le système naturel. Un esprit averti verrait clairement où, en France, ce type de pratique pourrait être aisément développé...

Conclusion : d'une solution technique à des mesures politiques dans le cadre du *Coastal Zone Management Act*.

Pour exemplaires que puissent paraître ces opérations de rechargement des plages qui mobilisent depuis deux

décennies le corps des ingénieurs américains, elles ne font plus aujourd'hui l'unanimité. En effet, des critiques ont été portées depuis une dizaine d'années, essentiellement par des universitaires. A la tête de ceux-ci, un géologue de Duke University à Durham, en Caroline du Nord, Orrin Pilkey. Ses arguments sont de deux types (Pilkey, 1988, 1989 a et b, 1990, 1993). Pour lui, la gestion des sables est sans doute la meilleure des solutions douces mais, d'une part, elle est coûteuse quand, d'autre part, elle doit faire l'objet de retouches fréquentes (selon ses calculs, 26 % des plages ont une durée de vie inférieure à 1 an, 62% tiennent entre 1 et 5 ans et seulement 12% durent plus longtemps). La figure 1 illustre cette relativement faible "durée de vie" des rechargements ; elle tient selon Pilkey au caractère essentiellement chaotique du système morphogénique, marqué par les effets de tempêtes à la durée, à l'intensité et aux trajectoires si imprévisibles qu'elles laisseront toujours désarmé quiconque veut y faire face. Les plages démaigrissent brutalement et les sables disparaissent. L'intérêt de l'attaque tient à la réponse qui lui est faite par le corps des ingénieurs et au débat qu'elle engendre. En effet, Houston, en quelque sorte le porte-parole du Coastal Engineering Research Center, engage le fer dans la *Journal of Coastal Research* et résume sa position en 1991 dans un article fort bien construit de la revue "Shore and Beach". En préambule, il affirme d'ailleurs qu'il va mener la contre-attaque parce que les opinions émises ont exercé une influence certaine sur la politique suivie en matière de défense des côtes. L'argumentation de Houston porte sur la durée de vie des plages ; elle est à la fois polémique et scientifiquement étayée. Polémique à travers la mise en cause des méthodes de Leonard et de Pilkey, accusés en quelque sorte d'avoir "choisi" des exemples significatifs en manipulant les résultats du suivi de la côte. Au plan scientifique, l'argumentation de Houston est forte : considérant qu'il est inexact de dire que la durée de vie des plages est courte, il démontre, en restant dans le champ de la recherche scientifique, que le problème essentiel est celui de l'adaptation du profil de la plage, artificiellement nourrie, au régime des houles qui vont le remodeler. Selon lui, les critiques portent sur une période beaucoup trop courte après l'opération de rechargement : ce que Leonard et Pilkey appellent "perte de sable" au bout de 15 mois au maximum, n'est en fait que l'ajustement normal du profil de la plage. La quantité de sable qui a quitté la plage "aérienne" est en fait dans les petits fonds, et le matériel ôté devait l'être en toute connaissance de cause. Il n'y a donc pas erreur technique de la part du Corps des Ingénieurs et, si des rechargements périodiques sont ensuite pratiqués, c'est par nécessité "technique" d'ajuster en permanence le profil de la plage aux conditions optimales de protection contre les tempêtes... De plus, Houston précise que, dans le cas des côtes atlantiques, les rechargements sont souvent liés à l'opportunité de trouver du sable : c'est parce qu'il faut entretenir en permanence les passes et les canaux de l'*Intracoastal Waterway* que l'on a du sable. Toute autre utilisation en l'espèce qui négligerait la protection des plages serait regrettable. Comme ces opérations se renouvellent tous les ans ou tous les deux ans, il n'est pas honnête d'inférer alors que la "durée de vie" des plages est courte puisqu'en fait, selon Houston, il n'y a pas là de

cause à effet... Houston prend alors l'exemple du rechargement de la plage d'Océan City, dans le Maryland, exposé ci-dessus : il démontre que l'opération a fait l'objet d'un suivi très rigoureux (37 profils) en particulier pendant le premier hiver qui connut des tempêtes importantes (voir le régime des vagues). En sorte qu'il reprend, à partir du terrain, les arguments de Pilkey sur la disparition des sables en montrant qu'il s'agit seulement d'un réajustement de profil. En conséquence de quoi, il estime parfaitement injustifiée la remarque selon laquelle "au bout de 6 mois et à l'issue de la première tempête hivernale, c'est une plage de 12 millions de dollars qui a disparu"! La surveillance au cours des mois qui ont suivi le premier hiver montre, selon lui, un retour des sables...

On ne tranchera pas, la discussion n'est pas achevée (Pilkey et Leonard, 1990 ; Houston, 1990 ; Pilkey et Leonard, 1991 ; Houston, 1991) et l'objet de la communication n'est que d'illustrer les pratiques américaines. Pour autant, chacun convient, qu'il vaut mieux éviter d'avoir à protéger les biens menacés : dans le cadre large du *Coastal Zone Management Act*, les Etats côtiers tentent avec plus ou moins de bonheur (Beatley, 1990 ; Platt, 1993) de limiter les effets d'une urbanisation trop proche d'une ligne de rivage mouvante. Lignes de retraite et réglementations diverses viennent ainsi compléter la panoplie des moyens mis en oeuvre ; c'est également une façon de limiter des rechargements peut-être trop systématiques. C'est indirectement traiter d'un problème essentiel aux USA, l'accès à la côte, où les plages sont souvent "privées", où, par là-même, le rechargement peut apparaître dans ses effets indirects socialement injuste. Fin d'une époque ?

Références bibliographiques.

- Baker S. 1992. Coastal storms in North Carolina. Geographical snapshots of North America. The Guilford Press, 176-181.
- Beatley T. 1990. Managing reconstruction along the South Carolina Coast : Preliminary observations on the implementation of the Beachfront Management Act following hurricane Hugo. Natural Hazards Research and Applications Information Center (Quick Response Research Report# 38) University of Colorado.
- Campbell J.B. et Richardson B.C. 1992). Hurricane Hugo's Trajectory. Geographical snapshots of North America, The Guilford Press, 407-410.
- Clausner J.E., Patterson D.R. and Rambo G. 1990. Fixed sand by-passing plants, an update. Conference Proceedings of Beach Preservation Technology '90, Florida Shore and Beach Preservation Association, St. Petersburg, Florida, 16 p.
- Clausner J.E., Gebert J., Rambo G. and Watson A. 1991. Sand by-passing at Indian River Inlet (Delaware). Coastal Sediments'91 American Society of Civil Engineering New York, 1177-1191.
- Davison T.A., Nicholls R.J. and Leatherman S.P. 1992. Beach nourishment as a coastal management tool : an annotated bibliography on developments associated with the artificial nourishment of beaches. Journal of Coastal Research, 8, 4, 984-1022.
- Dolan R. and Lins H. 1987. Plages et îles-barrières. Pour la Science, 119, 70-79.

Edwards S. and Gable F.J. 1991. Estimating the value of beach recreation from property values : an exploration with comparisons to nourishment costs. *Ocean and Shoreline Management*, 15, 1, 37-56

Finkl Jr C.F., Walker J. and Watson I. 1988. Shoreline erosion : management case history from Southeast Florida. *Ocean and Shoreline Management*, 11, 2, 129-144.

Houston J.R. 1990. Discussion of : Pilkey (1990) : A time to look back at Beach Replenishment (JCR), and Leonard (1990) : An analysis of replenished beach design parameters on the U.S East Coast Barrier Island (JCR). *Journal of Coastal Research*, 6, 4, 1023-1036.

Houston J.R. 1991. Rejoinder to : Discussion of Pilkey and Leonard (1990-JCR) and Houston (1990-JCR). *Journal of Coastal Research*, 7, 2, 565-577.

Houston J.R. 1991. Beachfill performance. *Shore and Beach*, 59, 3, 15-24.

Leonard A.L., Clayton T., and Pilkey O.H. 1990. An analysis of replenished beach design parameters on the U.S East Coast Barrier Island. *Journal of Coastal Research*, 6, 1, 15-36.

Miossec A. 1993. La gestion de la nature littorale en France Atlantique, étude comparative (Royaume-Uni, Pays-Bas, Espagne, Etats-Unis). Thèse Lettres. Université de Brest, tome 1, 469 pages.

Pilkey O.H. 1988. A "Thumbnail Method" for beach communities of long-term beach nourishment requirements. *Shore and Beach*, 56, 1, 23-31.

Pilkey O.H. and Clayton T.D. 1989a. Summary of beach replenishment experience on US East Coast Barrier Islands. *Journal of Coastal Research*, 5, 1, 147-159.

Pilkey O.H. and Clayton T.D. 1989b. Beach replenishment, the National Solution ? Proceedings of Coastal Zone '87, American Society of Civil Engineers, 1408-1419.

Pilkey O.H. and Leonard L.A. 1990. Reply to : Houston Discussion of Pilkey (1990) and Leonard et al. (1990). *Journal of Coastal Research*, 6, 4, 1047-1057.

Pilkey O.H. and Leonard L.A. 1991. Reply to : Houston (1991) JCR ; Re-Discussion of Pilkey and Leonard (JCR 1990) and Houston (JCR 1990). *Journal of Coastal Research*, 7, 3, 879-894.

Platt R.H., Beatley T. and Crane Miller H. 1991. The folly at Folly Beach and other failings of U.S Coastal Erosion Policy. *Environment*, 33, 9, 11p.

Platt R., Crane Miller H., Beatley T., Melville J. and Mathenia B.G. 1992. Coastal erosion, has retreat sounded? Natural Hazards Research and Applications Information Center (Quick Response Research Report# 38), University of Colorado., 195 p

Silberman J. and Klock M. 1988. The recreation benefits of beach renourishment. *Ocean and Shoreline Management*, 11, 1, 73-90.

QUESTION de MONSIEUR BELORGEY

Le système de rechargement utilisé (parfois) est le même matériau sur plusieurs cycles. Quel sont les risques d'usure de ces matériaux ? et de ce fait y a-t-il une limite dans le temps à l'utilisation de cette technique sur un même site ?

RÉPONSE

A ma connaissance, la question de l'usure des grains de sable n'a jamais été posée. Compte-tenu du volume de sédiments d'une part, de la taille et de la résistance des matériaux d'autre part, il me semble que l'hypothèse d'une usure rapide ne saurait se poser. Les grains ont déjà une bien longue histoire géologique ... En matière de rechargement, seule compte la taille du sédiment rechargé et le grain médian doit être supérieur à celui qu'il remplace pour mieux "tenir" face à l'énergie dissipée. La gestion porte alors sur la durée de vie de la plage, par principe d'autant plus courte que les tempêtes sont fréquentes et de haute énergie.