MAPPE MONDE
52 1998.4

LA QUESTION DU RECUL DES CÔTES

Le réchauffement actuellement constaté de la planète autorise la construction de scénarios de remontée du niveau marin qui sont souvent présentés de façon simplificatrice. Notre planète a connu d'autres périodes de réchauffement qui ne sont pas attribuables à des causes anthropiques, et la situation actuelle est elle-même loin de pouvoir être ramenée à une cause unique. Le niveau marin relatif résulte de l'interférence des variations du niveau marin planétaire et des mouvements d'affaissement ou de soulèvement des continents : en Scandinavie par exemple, les rivages se soulèvent avec une vitesse qui peut atteindre 1 cm par an. En France, où le niveau marin s'élève, le mont Saint-Michel risque cependant l'ensablement. C'est la compréhension de ces situations complexes qui est le propre de l'approche géographique. Bien comprendre les causes, c'est être mieux armé pour protéger efficacement le littoral.

ÉROSION MARINE, LES RÉPONSES

Alain Miossec *

RÉSUMÉ. *Divers types de solution existent pour lutter contre l'érosion marine. Les moyens techniques ont eu, de longue date, la préférence des hommes. Les ouvrages de défense (digues, enrochements, épis et brise-lames) sont généralement efficaces, mais perturbent l'équilibre morphodynamique des littoraux. D'autres méthodes, comme le rechargement des plages en sédiments, sont possibles. Il convient aussi de penser à de nouvelles réglementations des domaines hydrologiques.*

• DÉFENSE CÔTIÈRE • ÉROSION MARINE • GESTION DU LITTORAL • INGÉNIERIE MARITIME

ABSTRACT. *Marine erosion can be combated in several ways. Hard defensive structures, such as dikes, rip-raps, groynes and breakwaters are effective and have been widely used. However, they disturb the morphodynamic equilibrium of beaches. Other methods, such as artificial beach nourishment, may be more interesting. Restrictions on coastal development are another way to manage beach erosion.*

• COASTAL DEFENCE • COASTAL ENGINEERING • COASTAL EROSION • COASTAL MANAGEMENT

RESUMEN. *Varios tipos de soluciones existen en la lucha en contra de la erosión marina. Desde tiempos remotos, los hombres han preferido los medios técnicos. Las obras defensivas (diques, enrocamientos, espigones y rompe-olas) tienen eficacidad en general, pero disturban el equilibrio morfodinámico de los litorales. Existe la posibilidad de otros métodos, como el recargamiento de las playas en sedimentos. Por fin hay que pensar en soluciones de orden político en el manejo de las costas.*

• DEFENSA COSTERA • EROSIÓN MARINA • MANEJO DEL LITORAL • INGENIERIA MARITIMA

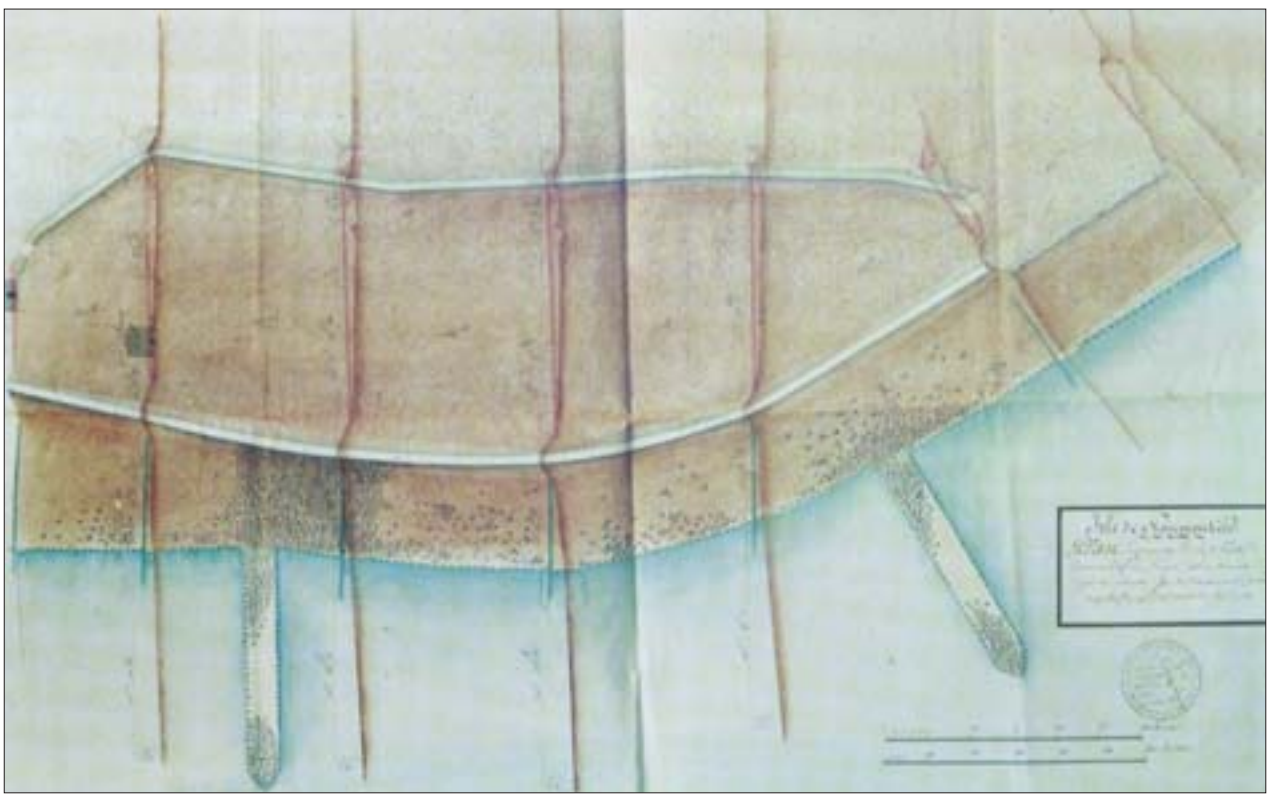
* IGARUN - Université de Nantes, BP 81 227, 44312 Nantes cedex 3

La mer est un puissant facteur d'érosion. Agissant dans un plan horizontal, elle tend à faire reculer la côte en fonction de la résistance offerte par les matériaux qui la constituent : une côte rocheuse est l'expression de cette dynamique. Les falaises représentent la première des formes de résistance à l'érosion marine. À leur image, les populations littorales s'efforcent de faire barrage. Leurs réponses sont parfois dérisoires, d'autres s'appuient sur une étude sérieuse de la dynamique marine, cherchant à jouer de la mobilité des sédiments ou à s'appuyer sur les forces naturelles pour mieux les contenir. Empirisme d'un côté, positivisme scientifique d'un autre côté ont été les réponses opposées aux flots. Pourtant, les temps changent : aux réponses purement techniciennes se substituent des essais de réponses plus politiques qui posent comme principe que, à défaut de toujours renouveler le mythe de Sisyphe des ouvrages côtiers, il serait encore préférable de n'avoir pas à répondre, en évitant d'exposer des biens aux tempêtes. Cette sagesse des nations s'exprime dans des textes réglementaires qui visent à une gestion intégrée des zones côtières ; ils posent d'excellents principes mais l'héritage des littoraux urbanisés ne permet pas de les appliquer avec toute l'efficacité souhaitable.

1. Une digue de défense (côte danoise). Devant la digue, parcs de sédimentation (gain de terre) ; en arrière, polders

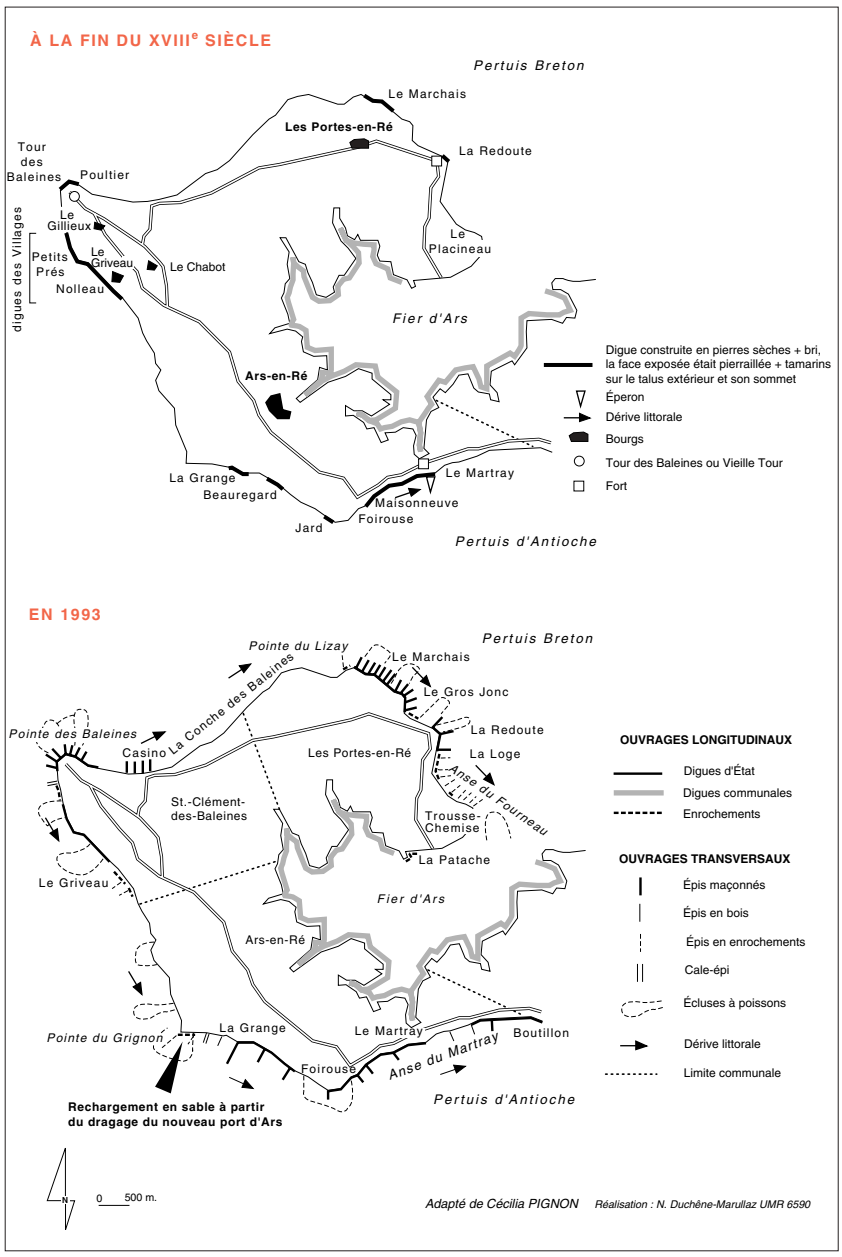
Résister : la ligne Maginot des ouvrages de défense côtière

Les premières interventions datent du Moyen Âge ; on en trouve trace dans les archives. Il s'agissait surtout de protéger les zones basses, celles que l'on commençait à endiguer, soit pour créer des polders (fig. 1), soit pour aménager des marais salants. Chaque *vimer* (tempête) amenait son



2. État de la défense à la pointe du Devin, île de Noirmoutier, fin du XVIIIe siècle

cortège de destructions et surtout d'inondations. Pour faire face, tant bien que mal, les habitants construisaient des digues de pierres sèches, enlevées à l'estran et appareillées de bri (argile grise des vasières). Faibles obstacles, constamment détruits. Ré et Noirmoutier, ont été, à partir du XVIIIe siècle, de véritables laboratoires dans l'expérimentation des techniques de lutte contre la mer. C'est en leurs parties les plus exposées à l'ouest que sont mises en place les premières grandes digues, au Martray en Ré, là où l'isthme est le plus étroit, au Devin en Noirmoutier, là où les dunes trop basses et trop étroites ne permettent pas de tenir le marais à l'abri (fig. 2). Dès la seconde partie du XVIIIe siècle, les ingénieurs tentent de fixer la côte, de façon empirique, souvent contre l'avis des habitants qui n'aiment guère cette intrusion « étrangère », fût-elle pour leur bien. L'ingénieur Lamande au Devin construit une grande digue arquée face à la mer, qu'il renforce à son pied par un rideau de palplanches pour tenir la digue, car il a compris que la turbulence contre le mur entraînait le départ des sables et l'affouillement ultérieur du mur. Comme ses collègues de Ré à la fin du siècle, il invente et systématise l'éperon (on désigne ainsi les épis) afin de fixer les sables en transit. Cependant, il amorce une pratique qui sera ultérieurement systématisée : le barricadage de la côte est en route, pas toujours approprié, faute de bien comprendre ce qui se passe et surtout parce que la pression sociale va dans le sens de toujours plus d'ouvrages ! Murs et épis se multiplient au tournant du XXe siècle et plus encore lorsque le tourisme entraîne le développement d'une urbanisation côtière inconsidérée.



3. Ré, ou comment une île est progressivement corsetée d'ouvrages de protection

On trouve ainsi partout, le long des côtes atlantiques, la même théorie d'ouvrages, murs, remblais, digues diverses et plus tard enrochements, ouvrages longitudinaux qui fixent la ligne de rivage (fig. 3). À quoi correspondent, en Méditerranée, du fait de la faiblesse du marnage, des brise-lames. On trouve aussi de nombreux épis ; les plus massifs sont à Anglet, dans les Pyrénées-Atlantiques (fig. 4).

Tel est l'arsenal des méthodes que l'on a parfois (et à tort) appelées « dures ». En tout cas, des méthodes qui répondaient en partie à une vision toute militaire de la protection et qui s'inscrivaient surtout dans la double tradition des corps (ceux des ingénieurs des Ponts et Chaussées et des

4. Défense par épis (ouvrages massifs en ophite) à Anglet (Pyrénées-Atlantiques)

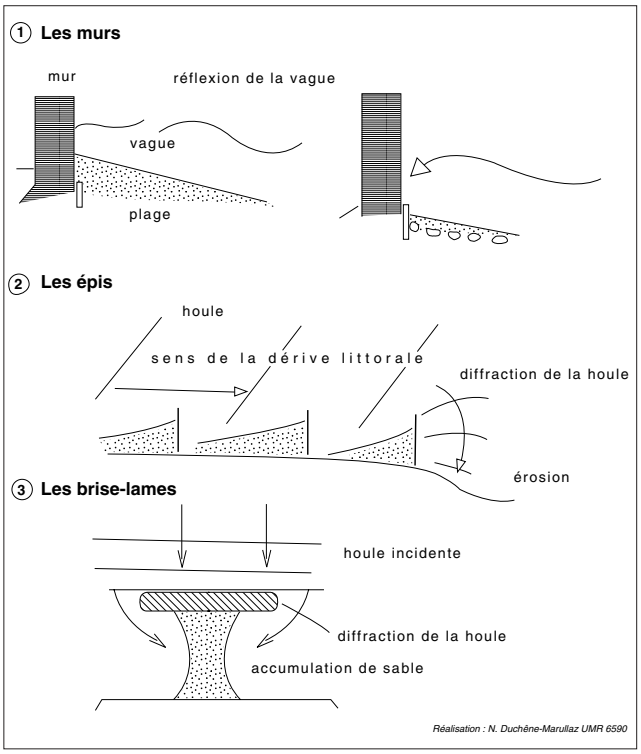
ingénieurs des Travaux Publics de l'État) et de collectivités locales vivant dans la hantise du déluge.

Les ingénieurs se rendirent assez vite compte que les ouvrages longitudinaux présentaient des inconvénients. Dès la fin du XVIIIe siècle, ceux de Noirmoutier avaient empiriquement observé que les digues résistaient d'autant moins à l'assaut des vagues que le départ du sable à leur pied avait pour effet un affouillement généralisé qui minait l'ouvrage. Déstabilisées en quelques endroits plus exposés, les digues s'affaissaient, des brèches venaient les élargir parfois brutalement : l'effet réflecteur des ouvrages longitudinaux était ainsi mis en évidence (fig. 5). Les premiers épis mis en place eurent pour objectif premier de conforter avec du sable le pied des ouvrages ; ils ne remportèrent quelque succès que là où, effectivement, le sable se déplaçait latéralement à la côte, sous les effets du transit littoral. Mais la diffraction des houles en tête d'ouvrage provoquait ensuite une érosion en arrière même de l'épi. Les temps changent…

Épouser la dynamique naturelle pour la contraindre : les propositions récentes

• *Conforter les dunes pour maintenir les plages.* C'est au début du XIXe siècle que furent entreprises les premières opérations de confortement des dunes. À la suite d'ensevelissements de champs souvent, d'habitations parfois, provoqués par une remise en marche des sables, il fut décidé, le long de la côte aquitaine en particulier, de procéder à la restauration du manteau végétal, qui empêchait les sables de « voler ». Un décret impérial vint opportunément, en 1810, conforter les premières entreprises de fixation des dunes. Les techniques de fascinage proposées par Brémontier et les ingénieurs et techniciens du corps des Eaux et Forêts parvinrent à freiner le mouvement des sables et à maintenir, face à l'océan, une « dune bordière » qui est, en fait, largement artificielle. Passèrent les décennies et la vague de la fréquentation touristique fit réapparaître des problèmes que l'on avait fini par oublier. C'est grâce à l'action d'associations de protection de la nature que les autorités locales prirent conscience du problème.

• *Recharger les plages et les grèves.* Le principe du rechargement des plages est relativement ancien. La première opération fut réalisée en 1922 à Coney Island, près de New York ; depuis les années 1960, on a assisté, en particulier aux États-Unis, à un véritable engouement. L'US Army Corps of Engineers en a systématisé l'usage. Désormais, le long des côtes américaines, le rechargement en sable des plages est la norme : il suffit de s'en donner les moyens techniques et financiers. Le rechargement suppose des réserves disponibles : on les prend parfois très au large (par 18 m de fond à Châtelaillon en Charente-Maritime) ; le plus souvent, à quelques centaines de mètres des plages. On récupère ainsi une partie du stock que les tempêtes leur ont arraché, on remet les sables à la côte et on laisse ensuite à la mer le soin de trier le matériel. Il en résulte une inévitable perte vers le large



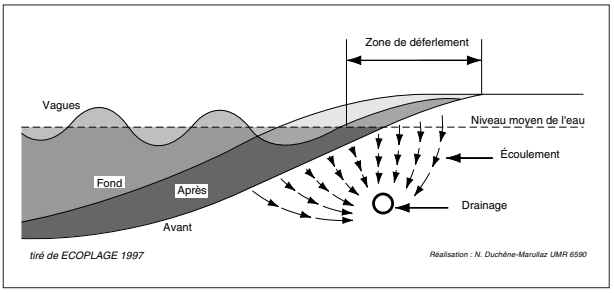
5. Les moyens techniques de la protection et leurs effets induits

qui correspond, selon les spécialistes, à un rééquilibrage « normal » des accumulations. Les opérations sont coûteuses et doivent être renouvelées assez fréquemment, tempêtes obligent. Il n'est pas rare de voir des plages perdre en quelques heures la moitié du stock sableux qu'on y avait déposé : les dégâts provoqués par les cyclones sur les côtes de la Floride ou des Carolines sont restés célèbres. Bien que la technique soit désormais très internationale (fig. 6), de tels déficits expliquent les réticences que l'on observe en France, où les autorités restent assez réservées. Les ingénieurs se heurtent au scepticisme des élus locaux, pour lesquels les meilleures défenses restent les ouvrages longitudinaux ou les épis, observant que les plages rechargées présentent un aspect peu encourageant du fait de l'hétérogénéité des matériaux dragués, au sein desquels les fractions fines, les vases, présentent un caractère répulsif. Le mythe de la pureté touche encore bien des communes balnéaires réputées.

• *Des dispositifs expérimentaux.* Les limites technologiques des défenses traditionnelles, même si elles n'ont pas empêché le barricadage des côtes, ont amené les ingénieurs à une réflexion plus approfondie sur la nature de la morphogénèse littorale. Deux exemples illustrent cette tendance récente.

La diminution du stock sableux qui forme les plages a conduit à s'interroger sur les risques entraînés par les ouvrages longitudinaux. Comment maintenir les sables sur les hauts de plage sans dénaturer le paysage (avec épis et brise-lames, par exemple) et sans pratiquer des rechargements coûteux, dénoncés par certaines municipalités pour leur caractère peu attractif ? En observant le processus du déferlement, on s'est avisé que l'une des causes de l'érosion se trouvait dans le fait que la nappe de retrait avait des effets d'autant plus agressifs que l'eau ne pouvait plus s'infiltrer dans la plage, chaque impact nouveau entraînant une fraction du sable vers le bas de l'estran et abaissant ainsi le niveau de la plage. D'où l'idée d'atténuer cet effet d'érosion laminaire en maintenant une certaine porosité dans la plage (fig. 7) : en plaçant des drains dans une tranchée ensuite recouverte, on peut espérer atténuer les effets de l'érosion en pompant l'eau de mer infiltrée pour la rejeter soit au large soit en arrière de la plage, dans des piscines par exemple, joignant ainsi le nécessaire à l'utile. En quelques lieux, le principe a réussi. En France, il fait actuellement l'objet d'une expérimentation sur la plage des Sables-d'Olonne.

6. Un exemple de rechargement par galets (côte de la Géorgie). Devant l'ancien mur de défense, la plage rechargée en galets



7. Un procédé innovant : écoplage ou le drainage de la plage

8. Défense côtière, un coût exorbitant ? Biscarosse (Landes)

Autre innovation, l'atténuateur de houle. En plaçant dans les petits fonds des tables immergées, on peut espérer casser la houle en modifiant la longueur d'onde. Un tel dispositif, facile à reproduire en laboratoire (modèle réduit) ou sous la forme d'un modèle mathématique élaboré sur ordinateur, tend à apporter une réponse en appuyant la défense sur l'énergie dissipée, de telle sorte que la hauteur des vagues au déferlement soit si diminuée que leur capacité érosive sera

faible. Placé dans des baies ou devant les équipements que l'on souhaite protéger, l'atténuateur de houle contribue au maintien des stocks sédimentaires en bord de mer. Le dispositif reste expérimental (Barcelone à l'occasion des jeux Olympiques de 1992) mais il est promis à un brillant avenir, si l'on en croit les présentations fort séduisantes qu'en font certains bureaux d'études. À quand la protection des plages cannoises par un système immergé qui permettra en même temps de limiter l'évolution des engins motorisés ?

Repenser l'occupation de l'espace littoral

Les réponses de l'ingénierie, pour innovantes qu'elles apparaissent, ne sauraient être entièrement satisfaisantes. Face au changement climatique global annoncé pour le siècle prochain, face à une élévation du niveau des mers encore modérée mais que l'on craint de voir s'accélérer, d'autres solutions doivent être recherchées. Elles procèdent du bon sens mais sont de mise en application délicate tant les esprits résistent, tant les biens matériels exposés à l'attaque des flots sont considérables. Le bon sens voudrait 1) que l'on puisse indemniser des propriétaires dans l'hypothèse où la valeur des biens exposés se révèlerait inférieure au coût de la protection (fig. 8), compte tenu du fait qu'il faut aussi calculer les effets induits des ouvrages ; 2) que l'on puisse organiser l'occupation de l'espace de telle sorte que les habitations ne puissent plus se trouver en situation critique à court et même moyen terme. Deux options sont possibles. En France, on a choisi d'anticiper dans les secteurs non bâtis en interdisant de construire dans une bande de terrain de 100 m à partir de la limite du rivage. Aux États-Unis, certains États ont cherché à définir des zones totalement interdites à la construction ; mais, à la différence du cas français, ces zones sont souples et doivent être redéfinies à mesure que recule le trait de côte.

Pour intellectuellement satisfaisantes qu'elles soient, ces solutions de bon sens – qui sont d'abord des réponses réglementaires – n'interdisent pas de développer, à l'échelle nationale ou régionale, des politiques prenant en compte l'ensemble des éléments qui relèvent de l'aménagement du littoral. À commencer, comme l'ont fait les Pays-Bas au début des années 1990, par redéfinir une vraie politique de défense des côtes.

Références bibliographiques

Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement, 1997, *La Défense des côtes contre l'érosion marine*, Paris, 142 p.

MIOSSEC A., 1998, *Les Littoraux entre nature et aménagement*, Paris : Sedes, 192 p.

PASKOFF R., 1993, *Côtes en danger*, Paris : Masson, 250 p.

Pour en savoir plus sur les zones littorales grâce à Internet

Comme bon nombre de domaines présents sur le Web, les sites traitant de la zone littorale offrent des ressources de niveau inégal. On trouve cependant des sites très complets, notamment le site hollandais NetCoast (**http://www.minvenw.nl/projects/netcoast/index.htm**), émanation du Centre de gestion de la zone côtière des Pays-Bas (Coastal Zone Management Centre, CZMC), dépendant de l'Institut national de la gestion côtière et marine, qui est une direction du ministère des Transports, des travaux publics et de la gestion de l'eau des Pays-Bas. NetCoast est constitué de données de base (vulnérabilité des côtes à l'échelle mondiale, indiquant les populations menacées à différentes dates et selon deux scénarios d'élévation du niveau de la mer), d'une initiation aux problèmes de la gestion côtière (types de côtes, processus en action, expériences internationales), de documents numériques (bibliographie, actes de la World Coast Conference 1993), d'outils intellectuels et informatiques (mode opératoire pour la création d'un CZM, modèles de simulation en zone côtière comme *Island-demo* qui utilise les automates cellulaires pour la modélisation intégrée des systèmes socio-environnementaux), des informations plus générales sur NetCoast, sur le programme CZM, ainsi qu'une multitude de liens (conférences, sources d'informations, instituts de recherche, carnet d'adresses électroniques, sites Web).

Les autres sites intéressants sont issus de trois grandes familles.

• Les universités : Southampton (**http://www.soc.soton.ac.uk/SUDO/sudoindex.html**), Rhode Island (**http://seip.gso.uri.edu/cgi-bin/homepage.sh**) et d'autres universités américaines ;

• Les bureaux d'études : CIRIA (**http://www.ciria.org.uk/index.htm**), HR Wallingford (**http://www.hrwallingford.co.uk/**) ou entreprises spécialisées, (W.S. Ocean Systems Ltd (**http://www.wsocean.com**), Oceanor (**http://www.oceanor.no**).

• Les ministères ou «administrations» : NOAA (**http://www.noaa.gov**), MAFF (**http://www.maff.gov.uk**).

Les sites français sont encore peu nombreux : IFREMER (**http://www.ifremer.fr/francais/institut/index.htm**). – **Loïc di Nocera**.