

Gestion des risques naturels : modéliser quoi, pour qui ? Cas des littoraux artificiels vis-à-vis de l'érosion marine

Jonathan Musereau

Volume 11, numéro 3, 2012

La modélisation en sciences de l'environnement : approches et questionnements

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1015044ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Université du Québec à Montréal
Éditions en environnement VertigO

ISSN

1492-8442 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Musereau, J. (2012). Gestion des risques naturels : modéliser quoi, pour qui ? : cas des littoraux artificiels vis-à-vis de l'érosion marine. *VertigO*, 11(3).

Résumé de l'article

Pour mieux décrire les aléas naturels et tenter d'en prévoir les conséquences, nous multiplions les recours à la modélisation. Les vertus des outils qui en découlent ne sont plus à démontrer. Autour de la question du changement climatique et vis-à-vis des risques naturels, la logique actuelle voudrait que la recherche d'un idéal de précision – augmenter indéfiniment les résolutions spatiales et temporelles des modèles, multiplier à outrance le nombre de paramètres à ingérer – soit la seule manière de gagner en efficacité. Au travers d'exemples appliqués à l'érosion marine, nous illustrons les possibles dérives de cette approche, que nous qualifions d'analytique, et présentons, dans un but applicatif, une démarche alternative. Il s'agit de construire un indice d'érosion qui, de façon pragmatique et suivant un raisonnement phénoménologique, vise à répondre à une demande sociale croissante en prédiction du dommage en milieu littoral. Son principe est simple : caractériser et prédire les conditions de survenue des tempêtes à impact, celles qui engendrent effectivement de l'érosion. Il combine trois facteurs fondamentaux : un fort vent d'afflux, une forte houle et une haute mer de vive-eau. Les tests menés sur la plage artificielle de Marennes (Charente-Maritime, France) se sont avérés concluants. Cependant, certaines limites doivent encore être repoussées, notamment la prise en compte de la non-linéarité du comportement des systèmes littoraux.

Tous droits réservés © Université du Québec à Montréal et Éditions en environnement VertigO, 2012



Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter en ligne.

<https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/>

Jonathan Musereau

Gestion des risques naturels : modéliser quoi, pour qui ?

Cas des littoraux artificiels vis-à-vis de l'érosion marine

Introduction

- 1 Pour différentes raisons (changement climatique, médiatisation des événements, mutation des sensibilités de nos sociétés contemporaines...), l'attrait pour les questions relevant de la prédiction des risques naturels ne cesse de s'accroître. Dans les réponses apportées par la communauté scientifique, les modèles numériques occupent une place grandissante. Ce travail de modélisation relève le plus souvent d'une approche analytique, un raisonnement qui consiste à isoler différents processus pour en représenter la nature des interactions. En aménagement du littoral, les outils les plus fréquemment utilisés suivent cette logique, notamment en ce qui concerne les phénomènes d'érosion et les risques liés aux tempêtes. Notre objectif n'est pas de remettre en cause la scientificité de ces modèles, qui restent de puissants outils d'aide à la décision. Nous questionnons néanmoins leurs limites et les possibles dérives de leur usage massif dans un contexte de géomorphologie appliquée. Ce positionnement épistémologique nous a incités à construire une autre forme de modèle. Partant du principe que l'érosion engendrée par une tempête relève avant tout d'un processus de rupture d'équilibre entre forçage et morphologie, nous avons construit un indice synthétique qui vise à prévoir quand ce seuil est atteint. Nous présentons ici l'expérimentation menée sur la plage artificielle de Marennes (Charente-Maritime, estuaire de la Seudre), un site où les phénomènes d'érosion et de submersion marine sont de plus en plus problématiques. Les gestionnaires de ce site, très préoccupés, cherchaient en effet un moyen de savoir à quel moment leur plage risquait d'être endommagée par une tempête, afin de prendre leurs précautions tout en limitant le coût de leurs interventions.

Positionnement épistémologique

Une approche critiquable et déjà critiquée

- 2 Beaucoup de modèles appliqués en morphodynamique côtière sont issus d'une démarche analytique et prennent la forme d'équations numériques et déterministes. Une grande partie d'entre elles repose sur le concept de profil d'équilibre. R. G. Dean (1991) en a proposé une formulation générale largement utilisée, où l'évolution du profil d'une plage serait essentiellement due à celle des caractéristiques des grains de sable qui la composent. Sur le terrain, on constate aisément que ce paramètre dépend aussi d'autres facteurs tels que le climat des houles, les variations du niveau de la mer et les courants côtiers. Dans ce contexte, il est donc préférable de parler d'équilibre dynamique du profil. Selon ce même concept, la distribution spatiale des matériaux dans le profil suit théoriquement une logique de triage en fonction de la granulométrie et des conditions de forçage (McLaren et Bowles, 1985). La plupart des modèles de transferts sédimentaires se basent sur ce principe. Or, malgré des avancées notables sur la question, la distribution théorique des matériaux ne se vérifie pas toujours dans les faits. Le concept de profil d'équilibre est donc fortement discutable et même critiqué depuis longtemps. P. Bruun s'exprime en ces termes à propos de ses propres travaux et de ceux de R. G. Dean : « *Nos hypothèses doivent être considérées plutôt comme académiques et non applicables en l'état dans une réalité tridimensionnelle et tout à fait irrégulière. Si elles donnent les mêmes résultats, ce peut aussi être accidentel [...] Son comportement (en parlant du profil) pourrait d'ailleurs être mieux décrit avec l'apport d'une approche statistique qu'uniquement en terme physique.* » (Traduit de : Bruun, 1992). Cette variabilité des comportements observables est à mettre en relation avec de multiples facteurs (d'ordre dynamique, géologique, sédimentaire, spatial, temporel et parfois en raison d'une forte influence du facteur anthropique) dont certains sont très difficiles à

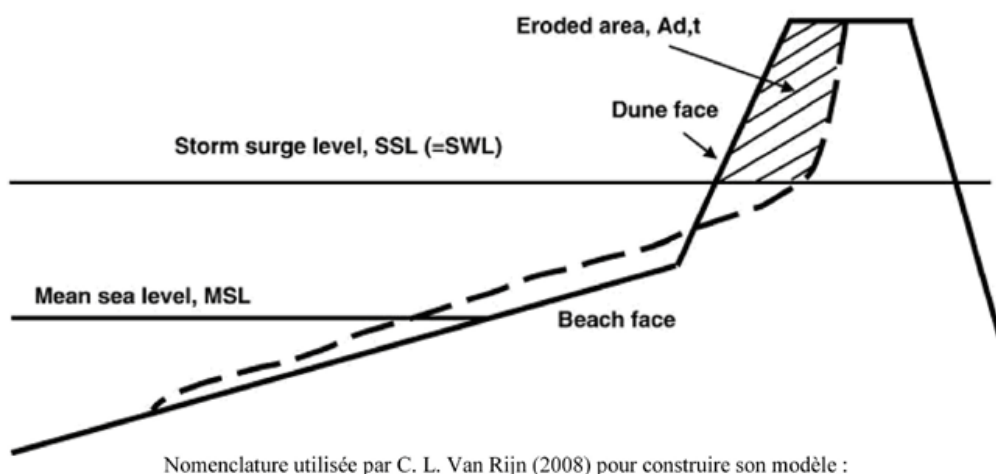
décrire de manière analytique. O. H. Pilkey (1994) et E. Thieler *et al.* (2000) ont déjà proposé une révision presque exhaustive des conditions que la plupart des modèles issus de ce paradigme ne respectent pas, ou seulement partiellement : i) « *La pauvreté des hypothèses et les importantes omissions dans la formulation du modèle* », sachant qu'un modèle ne pourra jamais reproduire fidèlement la réalité, les approximations locales, même à très court terme, sont inévitables ; ii) « *L'utilisation de relations dont la validité est discutable pour la prévision des réponses morphologiques à un forçage physique* », voir plus haut les remarques de P. Bruun (1992) ; iii) « *La faiblesse de l'évaluation a posteriori des prévisions de comportement de plage* », la mobilisation d'un grand nombre d'instruments de mesure implique une réduction des périodes d'observation, dans des conditions expérimentales d'application (et/ou de validation) qui peuvent très bien être atypiques, iv) « *L'utilisation de calibrations et de vérifications incorrectes à partir desquelles la véracité du modèle est rendue péremptoire* », une théorie n'est pas forcément vraie et non provisoire quand il est question de décrire des fonctionnements évolutifs ou de tenter une transposition vers d'autres sites qui seraient imperceptiblement différents aux résolutions d'observation disponibles, v) « *L'incapacité fondamentale de prédire quantitativement l'évolution côtière aux échelles spatiales et temporelles relevant des aspirations de la société* », la société ne formule pas forcément des questions auxquelles on peut apporter une réponse fiable si on se repose uniquement sur une approche quantitative. Ce hiatus entre théorie et réalité se manifeste également dans le domaine terrestre. Ainsi, les méthodes d'estimation du transport éolien souffrent elles aussi de nombreuses imperfections. Les erreurs d'estimation sont fréquentes et parfois très importantes (Sherman *et al.*, 1998 ; Jackson et Nordstrom, 1998 ; Meur-Férec et Ruz, 2002). Le vent est en effet soumis à une forte variabilité spatio-temporelle. Si puissants soient-ils, la plupart des modèles sont pour le moment limités par l'influence des micro-conditions environnementales. Le calcul du transport éolien nécessiterait la prise en compte d'une multitude de paramètres environnementaux qui agissent, entre autres, sur la cohésion du sable : la pente de la plage, le fetch éolien, la taille de la surface de déflation, la présence ou non d'obstacles, de végétation... La nature du sédiment est également à prendre en compte : sa taille, sa forme ou bien le triage des grains. Les facteurs hydrodynamiques déterminent la taille de la surface découverte et le temps de séchage du sédiment, tout comme les facteurs météorologiques. Enfin, il ne faut pas omettre le facteur humain. A cette échelle de précision, une simple partie de beach-volley peut engendrer une modification de l'état de la surface du sol susceptible de compromettre les résultats d'une expérimentation.

N'assiste-t-on pas actuellement à une dérive modélisatrice ?

- 3 A des fins applicatives, les outils qui découlent de l'approche analytique sont-ils donc vraiment en mesure de répondre aux problématiques posées par les aménageurs locaux ? Si la plupart d'entre eux désirent effectivement disposer d'un moyen de prédiction adapté à « leur » littoral, la pratique montre que les méthodes scientifiques qui leur sont proposés ne sont pas forcément toutes bien assimilées et donc appliquées dans de bonnes conditions. R. Canizares et I. Irish (2008) ont récemment mis au point un outil « clé en main » pour simuler la morphodynamique côtière pendant les tempêtes, en partant de l'exemple des Iles Barrières (Long Island, USA). Leur stratégie de modélisation repose sur une double opération de forçage et de couplage d'un grand nombre de modèles numériques préexistants. Il s'agit en effet de combiner, dans un même outil logiciel : i) le modèle ADCIRC (Luettich et Westerink, 2007), qui permet de simuler les marées de tempête et les hauteurs de vague à l'échelle régionale ; ii) le modèle WISWAVE (Resio et Perrie, 1989), qui permet de reconstituer le spectre des houles à une échelle plus fine ; iii) le modèle Delft3D (WJ|Delft Hydraulics, 2001), qui permet de simuler les interactions entre l'onde de tempête et le relief à la côte ; iv) le modèle de vagues stationnaires HISWA (Holthuijsen *et al.*, 1989) couplé à un modèle de transport de sédiments (Van Rijn, 1993) ; v) le modèle SBEACH (Larson et Kraus, 1989), qui permet de restituer des profils de plage pré-conditionnés à partir d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT). Avec cette méthodologie, mais sans doute aussi grâce à du personnel hautement qualifié et une enveloppe budgétaire conséquente, R. Canizares et I. Irish ont obtenu de bons résultats à Long

Island. Cette expérience est-elle pour autant transposable à toutes les communes littorales ? Nous pouvons également citer l'exemple de la « règle simplifiée d'érosion de la dune » récemment développée par C. L. Van Rijn (2009). Ce modèle repose sur la prise en compte des phénomènes de *set-up* et de *run-up*, des processus qui sont à l'origine de la surélévation locale du niveau de la mer en raison du déferlement des vagues. Il a été calibré et validé grâce aux données recueillies empiriquement par P. Vellinga (1986) et à des tests réalisés à partir d'un générateur de vagues. Il repose sur l'intégration d'un nombre élevé de paramètres en ce qui concerne la morphologie de la dune et de la plage d'un côté, les caractéristiques des agents dynamiques (houle, surcote...) de l'autre, comme l'illustre la Figure 1. Compte tenu de la grande variété des paramètres à recueillir sur place, une telle formulation des processus de *set-up* et de *run-up* pose la question de son applicabilité (Cariolet, 2011). Au final, la question est simplement de savoir si la dune sera érodée et éventuellement dans quelles proportions, ce qui revient à savoir estimer un dommage potentiel, une situation de crise érosive. Dans un contexte applicatif fortement contraint (faibles moyens financiers et humains), des alternatives doivent être envisagées pour concilier l'exigence du réalisme méthodologique et l'urgence des acteurs qui œuvrent sur le terrain.

Figure 1. Simuler l'érosion d'une dune côtière, l'approche analytique



Ad,t = 5 dune erosion area above storm surge level after 5 h (m^3/m),
 Ad,ref dune erosion area above storm surge level after 5 h in Reference Case = 170 (m^3/m),
 S storm surge level above mean sea level (m),
 S_{ref} storm surge level above mean sea level in Reference Case = 5 m,
 $H_{s,o}$ offshore significant wave height (m),
 $H_{s,o,ref}$ offshore significant wave height in Reference Case = 7.6 m,
 T_p peak wave period (s),
 $T_{p,ref}$ peak wave period (s) in Reference Case = 12 s,
 d_{50} median bed material diameter (m),
 $d_{50,ref}$ median bed material diameter in Reference Case = 0.000225 m,
 $\tan\beta$ coastal slope gradient defined as the slope between the -3 m depth contour (below mean sea level) and the dune toe (+3 m),
 $\tan\beta_{ref}$ coastal slope gradient defined as the slope between the -3 m depth contour and the dune toe (+3 m) for the Reference Case = 0.0222 (1 to 45),
 θ_0 offshore wave incidence angle to the coast normal (degrees),
 α_1 exponent = 1.3,
 α_2 exponent = 1.3 for $S_b S_{ref}$ and $\alpha_2 = 0.5$ for $S N S_{ref}$,
 $\alpha_3 \alpha_4 \alpha_6 = 0.5$ (exponents),
 α_5 exponent = 0.3.

Présentation du site d'étude

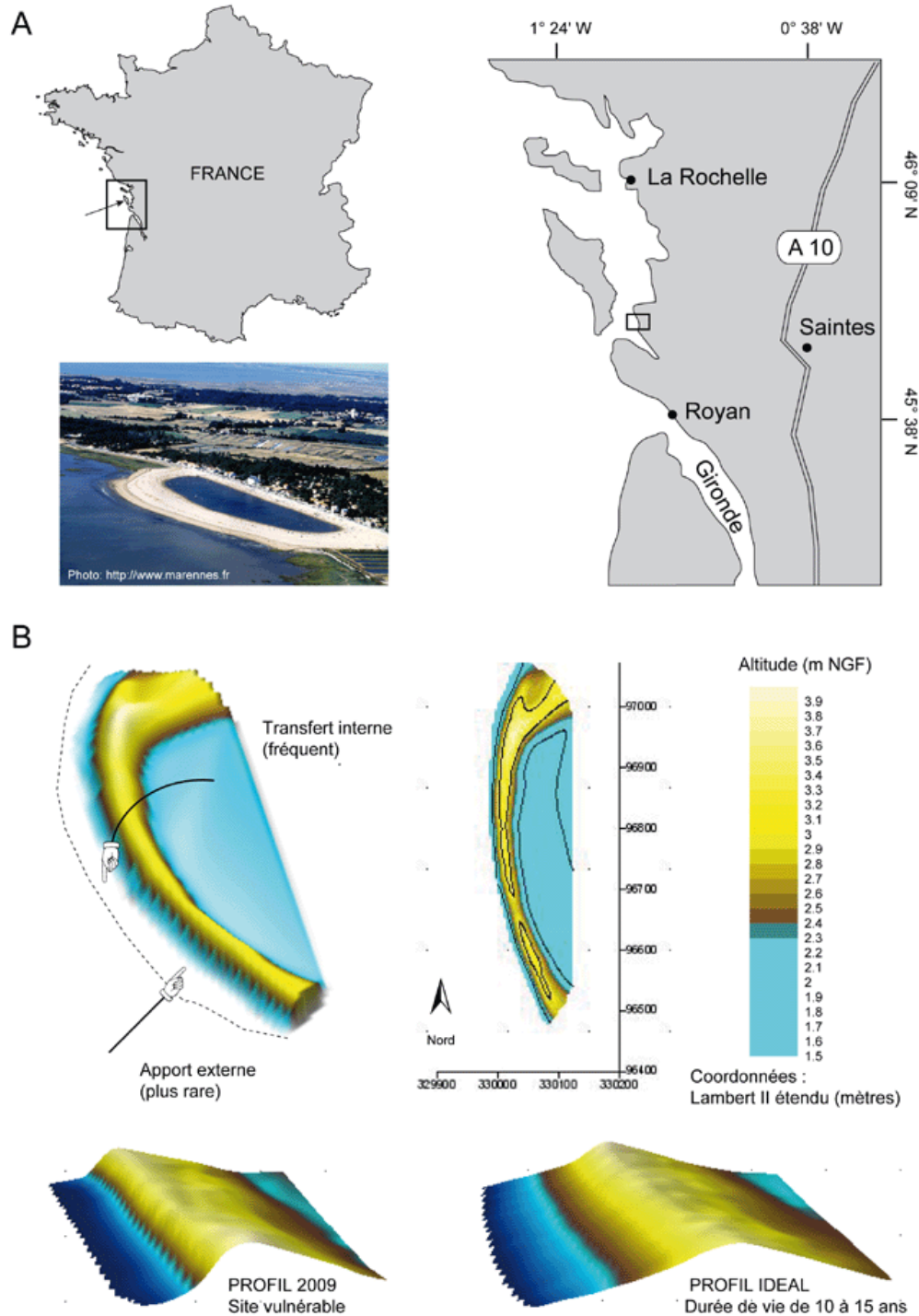
4

Le site de Marennes-Plage, où nous avons testé la méthode alternative décrite dans cet article, se présente sous la forme d'un bassin de baignade fermé par un cordon littoral artificiel. Il se situe le long de la rive droite de l'embouchure de la Seudre (Fig. 2A). Au cours des années 1970, une défense frontale avait été édifée pour protéger les habitations du front de mer. Cet

ouvrage s'est soldé par un échec et a même contribué à faire disparaître l'ancienne plage de Marennes. En 1997, la commune a décidé d'opérer un rechargement de sable afin de rétablir le stock sédimentaire de la plage. Le résultat est à la hauteur des attentes et constitue un atout touristique indéniable pour la municipalité. Mais sa gestion coûte cher. Au 18^{ème} siècle, selon les symboles employés par Cassini (1769, source : IGN), les deux rives de l'embouchure de la Seudre étaient occupées par des dunes côtières. Le mince cordon dunaire que les Marennais se sont employés à aménager à maintes reprises, et à réalimenter artificiellement depuis peu, est vraisemblablement une forme héritée du remaniement d'un complexe dunaire situé sur la rive droite du fleuve. Celui-ci est d'ailleurs encore présenté comme tel sur la carte d'Etat-Major (1850, source : IGN). La présence à l'état de vestiges d'une forêt de pins maritimes témoigne d'une opération de fixation le sable datant de cette époque. Elle serait corrélative de la mise en valeur de secteurs adjacents, comme les marais asséchés de l'arrière cordon. A partir des années 1970, et l'amorce d'un épuisement problématique du stock sédimentaire, de nombreux aménagements ont été effectués successivement sur la plage de Marennes. Tout comme sur les îles voisines de Ré et Oléron, « *le barricadage de la côte est en route* » (Miossec, 1998). Dès 1971, une grande partie du haut de plage est déjà enrochée. Destiné à prévenir tout risque de submersion marine, et bien qu'il joue parfaitement ce rôle, l'ouvrage présente rapidement un inconvénient majeur. Les effets pervers de ce type d'aménagement sont critiqués depuis longtemps (exemple parmi d'autre : Paskoff, 1985). En raison de leur pouvoir réfléchissant, les éléments de défense frontale génèrent une importante dispersion du matériel au niveau de la plage. Pour résoudre ce problème, quatre épis ont été construits en 1975 sur la plage voisine de Bourcefranc. Le bilan de ces ouvrages de défense est lui aussi très discutable. Les épis ont bien ralenti le transit littoral et permis de conforter son assise mais ils ont aussi engendré une compartimentation de la plage. A Marennes, le déséquilibre du bilan sédimentaire s'en trouve accru. A tel point que 10 ans après l'installation des épis, la plage a déjà pratiquement disparu. Marennes n'est pas un cas unique et, dans nombre de cas, cette situation a résulté sur des surenchères comparables à cet exemple en matière d'artificialisation du littoral. Les autorités locales ont alors craint une possible submersion marine. Leur problème de l'époque est le suivant : comment répondre rapidement aux préoccupations relevant de la sécurité des riverains sans toutefois dénaturer le site, en tous cas plus qu'il ne l'est déjà ? L'option du rechargement de plage est alors étudiée. La rive droite de l'estuaire de la Seudre présente en effet de nombreux atouts pour la réussite d'une réalimentation artificielle. En outre, cette zone est bien protégée de l'agitation causée par les houles, ce qui écarte d'autant plus le risque d'une dispersion trop rapide des sédiments. Les principales modifications induites par l'aménagement sont surtout d'ordre topographique. Elles ont uniquement affecté la frange sableuse du haut de l'estran. Cette opération correspond à un volume de 117 000 m³ de sédiment. L'idée de créer Marennes-Plage repose en premier lieu sur la volonté de conforter l'identité balnéaire de la ville. Son but est de redynamiser le potentiel touristique de la plage et de son front de mer, mettre en valeur l'espace en préservant le caractère « naturel » des lieux et protéger la zone avec un ouvrage de défense côtière d'un nouveau type. Avant que les travaux ne soient entrepris, le site présentait un front de mer disloqué, sans véritable zone de baignade. Depuis l'échec de la défense frontale, s'agissant de rééquilibrer le budget sédimentaire et de lutter contre l'érosion marine, le rechargement de plage s'est progressivement imposé chez les marennais comme une alternative crédible et justifiée. Le cordon artificiel qui protège le bassin de baignade doit cependant être géré avec attention. Lors de la tempête du 27 décembre 1999 (Martin), l'édifice à assez bien résisté. Des épisodes plus récents l'ont en revanche profondément malmené, notamment la tempête du 28 février 2010 (Xynthia). Dans la durée, un entretien régulier s'avère donc nécessaire à sa bonne tenue. Il faut renouveler les apports de sable et retravailler le profil de la dune pour garantir la pérennité du modelé. Si la technique du rechargement est désormais bien maîtrisée, la question de la fréquence des travaux et celle de leur coût financier sont aujourd'hui de nouvelles problématiques auxquelles la commune doit faire face (J. Musereau et H. Regnaud, 2009). Pour la municipalité, la marge de manœuvre est étroite. L'installation de l'aménagement lui a coûté plus de 800 000 €, une somme considérable pour une collectivité de 5 000 habitants. Chaque année, plusieurs milliers

de mètres cube de sable doivent être réinjectés dans l'édifice (Figure 2B), avec un surcoût en constante progression. Si les gestionnaires de la plage de Marennes cherchent à trouver un moyen d'anticiper les crises érosives, leurs capacités d'investissement sont donc limitées. Au-delà des moyens matériels, à l'usage, il n'est pas non plus certain qu'ils soient en mesure de s'approprier des dispositifs aussi complexes et exigeants que ceux mis au point par R. Cañizares et I. Irish (2008) ou C. L. Van Rijn (2009), tant du point de vue théorique que sur le plan technique.

Figure 2. Présentation de Marennes-Plage. A : Contexte géographique. B : Fonctionnement de l'ouvrage.



Matériel et méthode

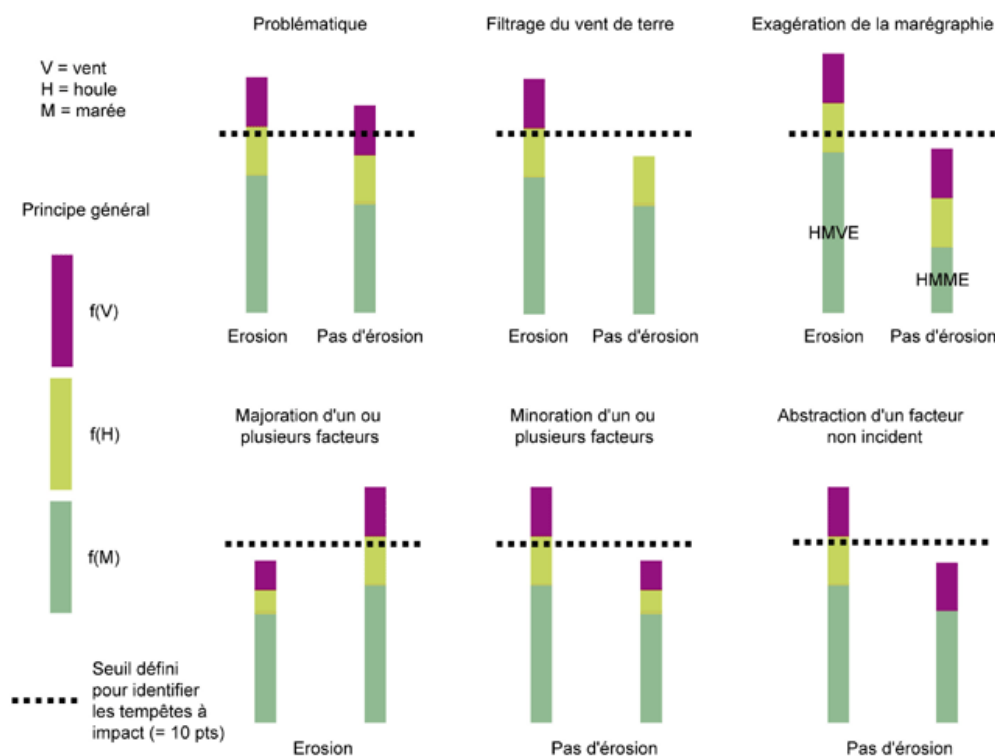
- 5 C'est pourquoi nous avons envisagé de proposer à la municipalité de Marennes une méthode alternative. Le travail de modélisation qui en constitue les fondements vise à

caractériser une capacité d'endommagement (érosion) par la définition d'un seuil de rupture. L'endommagement se définit de manière générique comme l'apparition, dans un matériau, de dommages causés par l'usure ou bien toute attaque physique ou chimique. Il conduit à une dégradation de ses capacités physiques pouvant conduire à la rupture. Nous proposons d'appliquer ce principe aux altérations subies par le cordon littoral artificiel de Marennes-Plage lors des tempêtes. Le but recherché est de construire un indice d'érosion s'inspirant des travaux de Simpson (1974), J. R. Allen (1981), Balsillie (1986), Lamb and Frydendahl (1991), R. Dolan and R. Davis (1992), D. Kriebel *et al.* (1997), A. H. Sallenger (2000), K. Zhang *et al.* (2001). La méthode mise au point a également fait l'objet d'autres expérimentations dans un environnement non comparable avec celui de Marennes (Musereau *et al.*, 2007). Le but recherché est avant tout de caractériser l'ampleur d'une réponse sans forcément décrire chaque processus qui serait susceptible d'en être à l'origine. La formalisation qui en découle repose sur un postulat relativement simple. Les conditions de survenue d'une tempête à impact (celle qui génère de l'érosion) combinent au moins trois principaux facteurs : un fort vent d'afflux, une forte houle et une haute mer de vive-eau. Partant du principe que l'érosion (E) est fonction du vent (V), de la houle (H) et de la marée (M), il est théoriquement possible de restituer une capacité d'endommagement en conjuguant ces trois fonctions (Equation 1) :

$$\text{Equation 1. } E = f(V) + f(H) + f(M)$$

- 6 Emettre l'hypothèse selon laquelle la quantité d'érosion que peut engendrer une tempête est proportionnelle au cumul des effets induits par le vent (s'il vient de la mer), par les houles et par la marée est une démarche intuitive qui se vérifie aisément sur le terrain. Elle renvoie à l'idée que l'érosion a essentiellement lieu lorsque des niveaux d'eau extrêmes vont intervenir. Ces phénomènes classiquement décrits comme « *seuils de déclenchement des processus morphogéniques* » par R. Neboit (1991) ont déjà été utilisés pour classer les tempêtes en fonction de leur propension à éroder le littoral (Gibeau *et al.*, 2002). Cela revient à construire un modèle de franchissement de seuil pour anticiper des phénomènes de rupture. L'approche choisie est celle qui consiste à trier les tempêtes sur la base d'une séparation visuelle. En superposant graphiquement les trois principaux facteurs météo-marins, il s'agit de construire une échelle de valeurs capable d'identifier des événements singuliers. Pour faciliter la lecture des résultats, le seuil représentant le point de rupture a été fixé à 10 unités : en deçà de 10 points, la tempête n'est pas en mesure d'endommager significativement le cordon littoral ; si le seuil de 10 points est dépassé, la probabilité qu'un tel événement se produise devient importante. Bien entendu, le fait de passer d'une référence réelle, comme c'est le cas pour un modèle physique, à une référence conceptuelle implique des ajustements. Une conversion entre la donnée physique (altitude, vitesse du vent en mètres par seconde, hauteur des vagues et marégraphie en mètres...) et la valeur propre à l'espace virtuel défini par l'indice (valeur sans impliquant un seuil) est donc indispensable. Notre méthode étant basée sur une séparation visuelle à partir d'une base d'événements, cela revient à appliquer consécutivement et *a posteriori* plusieurs types de transformation graphique (Figure 3) : i) le filtrage du vent en fonction de son orientation, ii) l'exagération de la marégraphie, iii) la minoration ou la majoration d'un ou plusieurs facteurs, iv) l'éventuelle omission d'un facteur non incident. Cet ensemble d'ajustements scalaires aboutit à une formulation générale (Equation 2), où : #, capacité d'endommagement (sans dimension) ; V, vitesse du vent moyen (en mètre par seconde) ; (V)', filtrage des vent de terre ; H, hauteur des vagues (en mètre) ; M, hauteur d'eau théorique à pleine mer (en mètre) ; a, variable d'ajustement appliquée au paramètre « vent » ; b, variable d'ajustement appliquée au paramètre « vague » ; c, variable d'ajustement appliquée au paramètre « marée » ; k, paramètre scalaire (constante) indexé sur la valeur seuil fixée arbitrairement à 10 points.

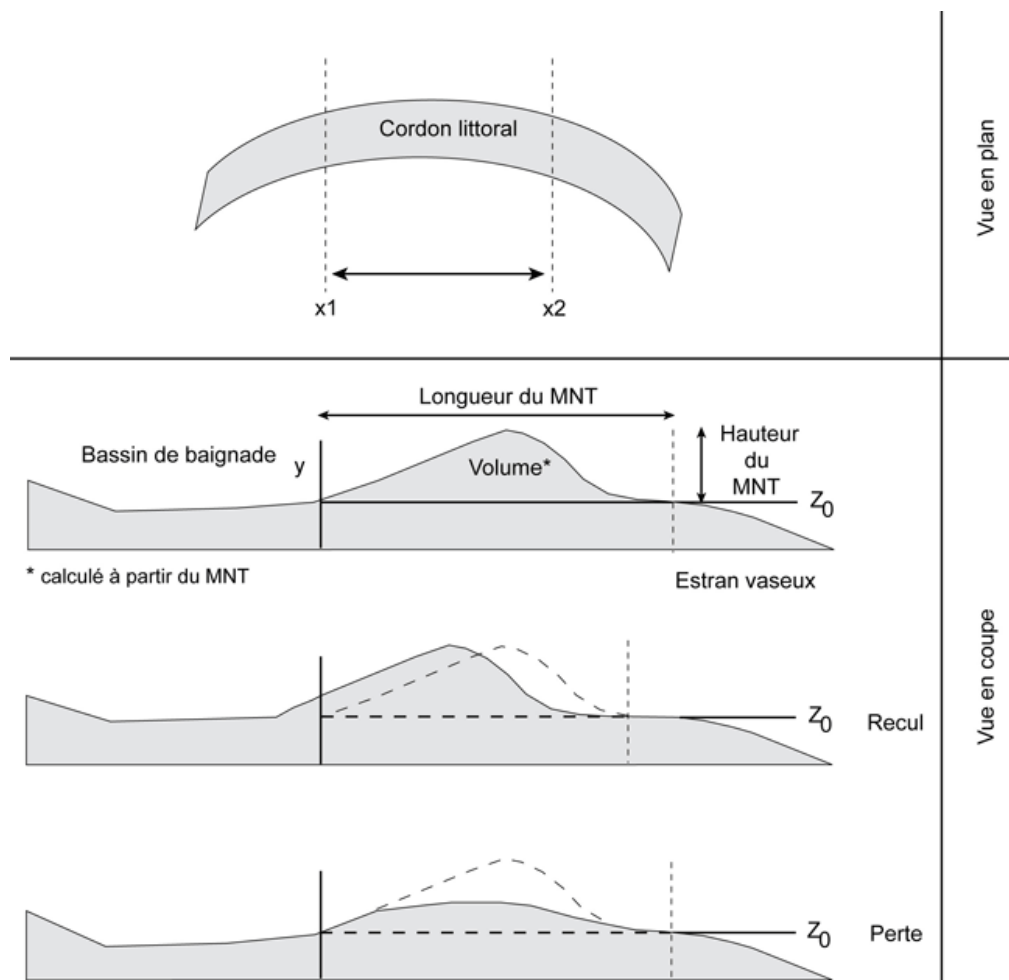
$$\text{Equation 2. } \varphi = aV' + bH + M^c - k$$

Figure 3. Formalisation d'un modèle de franchissement de seuil

- 7 Pour pouvoir ajuster localement la formulation de l'indice, une longue période d'enregistrements relatifs aux épisodes morphogéniques s'est avérée nécessaire. Durant deux années consécutives (d'octobre 2006 à mars 2007 puis d'octobre 2007 à mars 2008), nous avons réalisé tous les mois des levés topographiques. Ce premier jeu de données a servi à la construction de modèle numérique de terrain (MNT) à partir desquels des volumes sédimentaires ont pu être dégagés (Figure 4). Parallèlement, nous avons recueilli des informations les données suivantes : d'une part, une extraction du modèle GFS (NCEP, NOAA) des vitesses du vent moyen et hauteurs significatives des vagues aux coordonnées 45.93 (lat.) / -1.3 (long.) / 7 m (alt.), d'autre part, la hauteur d'eau théorique à pleine mer au port le plus proche (La Cayenne, rivière de la Seudre, SHOM). Ce second corpus a permis de reconstituer des séries continues sur les conditions dynamiques de forçage, avec un pas de temps de 6h. Les mesures topographiques sont réalisées au centre de l'édifice avec deux appareils Trimble® XRS, selon la méthode de positionnement différentiel. Les levés ont été effectués à pieds. Différents types d'obstacles (pose de ganivelles, falaise dunaire, dépôt de nouveaux stocks de sable...) ont souvent contrarié la progression sur le terrain et rendu parfois l'exercice difficile. De part et d'autre du cordon, l'estran vaseux et le bassin de baignade constituent quant à eux des barrières physiques infranchissables. La largeur du MNT est déterminée, en parcourant le linéaire côtier, par l'intersection de deux axes dans le sens latitudinal (x1 et x2). Sa longueur est fixée selon deux critères. Côté mer, une altitude de base (Z0), exprimée en mètre NGF, qui correspond au contact entre le substrat sableux et le substrat vaseux à l'époque des premières mesures. Il correspond à l'altitude 1,5 m NGF, soit, dans la région, l'équivalent d'une haute mer de morte-eau (HMME). De l'autre côté, les mesures se terminent le long d'un axe longitudinal (y) formé par les rives du bassin. L'emplacement et les dimensions de chaque MNT sont exprimés en mètre, dans le système projeté Lambert II étendu. Les positions ont ensuite été post-traitées et corrigées sous le logiciel Pathfinder® (version 2.50). La construction des MNT procède d'une interpolation de ces positions sous le logiciel Surfer® (version 8.0). Elle est de type linéaire et régie par une méthode de triangulation. Il s'agit ensuite de calculer un volume pour en déterminer la variation mensuelle. Le cas échéant, il est aussi fait mention des éventuelles interventions humaines, car celles-ci peuvent influencer les résultats, voire générer de mauvaises interprétations si elles sont omises. Il convient enfin de noter que cette procédure génère tout une série d'approximations, depuis

la prise de mesure jusqu'à l'obtention du volume final. Pour s'assurer que les données utilisées soient aussi fiables que possible, un filtrage a systématiquement été élaboré au moment de l'exportation des données vers le logiciel d'interpolation. La marge d'erreur maximale qui s'en dégage est de 20 cm en x, y et z. De fait, les résultats obtenus sont approximés à 50 m³ près, pour un volume global variant entre 4500 et 6500 m³.

Figure 4. Protocole adopté pour les levés topographiques



Résultats

- 8 Les figures 5 et 6 donnent un aperçu de la morphodynamique du cordon littoral durant le suivi. Les rendus 3D sont enrichis de vues en plan représentant les variations altitudinales entre chaque mesure. Ceux-ci sont obtenus par la soustraction successive des MNT (novembre moins octobre 2006, puis décembre moins novembre 2006 et ainsi de suite...). La Figure 7 résume les événements survenus au cours des deux campagnes de mesures ainsi que l'évolution des valeurs locales de l'indice d'érosion, obtenu par la confrontation des deux corpus de données (forçage dynamique d'un côté et volume sédimentaire de l'autre). Cette formulation locale (Equation 3) est issue d'un ajustement combiné des V, H et M. de manière à ce qu'à chaque crise érosive corresponde un dépassement de seuil. Le rôle du vent est minimisé. Celui des houles est omis. Celui de la marée est exagéré. Puisque seules les tempêtes de vive-eau ont un impact avéré sur le cordon littoral de Marennes, cela revient à considérer le rôle primordial de la marégraphie. Puisque la plage est totalement hors de portée des houles venues de l'océan, cela revient à n'intégrer que le rôle des clapots générés par le vent local. L'ossature de la formule est donc modifiée par rapport à sa version générique, qui reste en revanche inchangée dans le cas des plages exposées (le facteur H garde son importance, Musereau, 2007). Il convient également de préciser que ces ajustements spécifiques n'ont pas été conçus pour présenter un caractère permanent. Si, par exemple, la commune de Marennes

venait à prendre la décision de doubler la taille de son ouvrage, cela aurait une incidence notoire sur son comportement vis-à-vis des tempêtes. Il faudrait alors recommencer l'opération pour définir un paramétrage adapté à ce nouveau contexte morphologique.

Equation 3. $\varphi = 0.5V' + M^{1.46} - 8$

- 9 Au début du suivi, le profil du cordon dunaire est régulier et sa pente est relativement douce. Nous calculons un volume de 6550 m³. Aucun changement significatif n'intervient avant l'arrivée d'une tempête à impact en décembre 2006 ($\varphi = 12,7$). Quelques jours après cet épisode, nous relevons une abrasion d'environ 1000 m³. Le profil du cordon est alors très abrupt, ce qui conduit la municipalité à intervenir. 2500 m³ de sable sont acheminés au bulldozer pour consolider l'ouvrage. En mars 2007, un nouvel épisode d'érosion intervient ($\varphi = 12,0$). Son impact est comparable au précédent. D'avril à octobre 2007, l'édifice est stable. En fin d'année, une autre tempête à impact touche le littoral ($\varphi = 11,2$). Elle retire un peu plus de 900 m³ de sable. Les conditions agitées se maintiennent durant les semaines qui suivent si bien que de nouveaux apports artificiels sont nécessaires. Dans le secteur concerné par les levés topographiques, ils s'élèvent à environ 2300 m³. On constate également combien ces remaniement ont altéré la régularité du profil de plage et la cohésion du matériel. Le 10 mars 2008, une violente tempête de vive-eau affecte le nord-ouest de la France (*Johanna*). La plage de Marennes n'est pas épargnée et connaît sa plus grave phase d'érosion du suivi ($\varphi = 14,1$). Le long du linéaire mesuré au DGPS, nous calculons une perte sédimentaire proche de 1800 m³ et observons la formation d'une falaise sur le front de dune. Cette expérience valide donc *a posteriori* l'efficacité de notre indice par rapport à l'objectif fixé. A chaque fois qu'il y a eu un dépassement de seuil, une importante phase d'érosion a eu lieu. L'hiver suivant, nous l'avons testé dans une version prédictive, en employant cette fois des données prévisionnelles : les simulations du modèle GFS, marées prédites par le SHOM. Cela nous a permis d'alerter la municipalité pour que les services communaux entreprennent des travaux de consolidation avant deux tempêtes de vive-eau : celle du 10 février 2009 (*Quinten*) puis celle du 28 février 2010 (*Xynthia*).

Figure 5. Modèles Numériques de Terrain (MNT), première campagne de mesures (octobre 2006 à mars 2007).

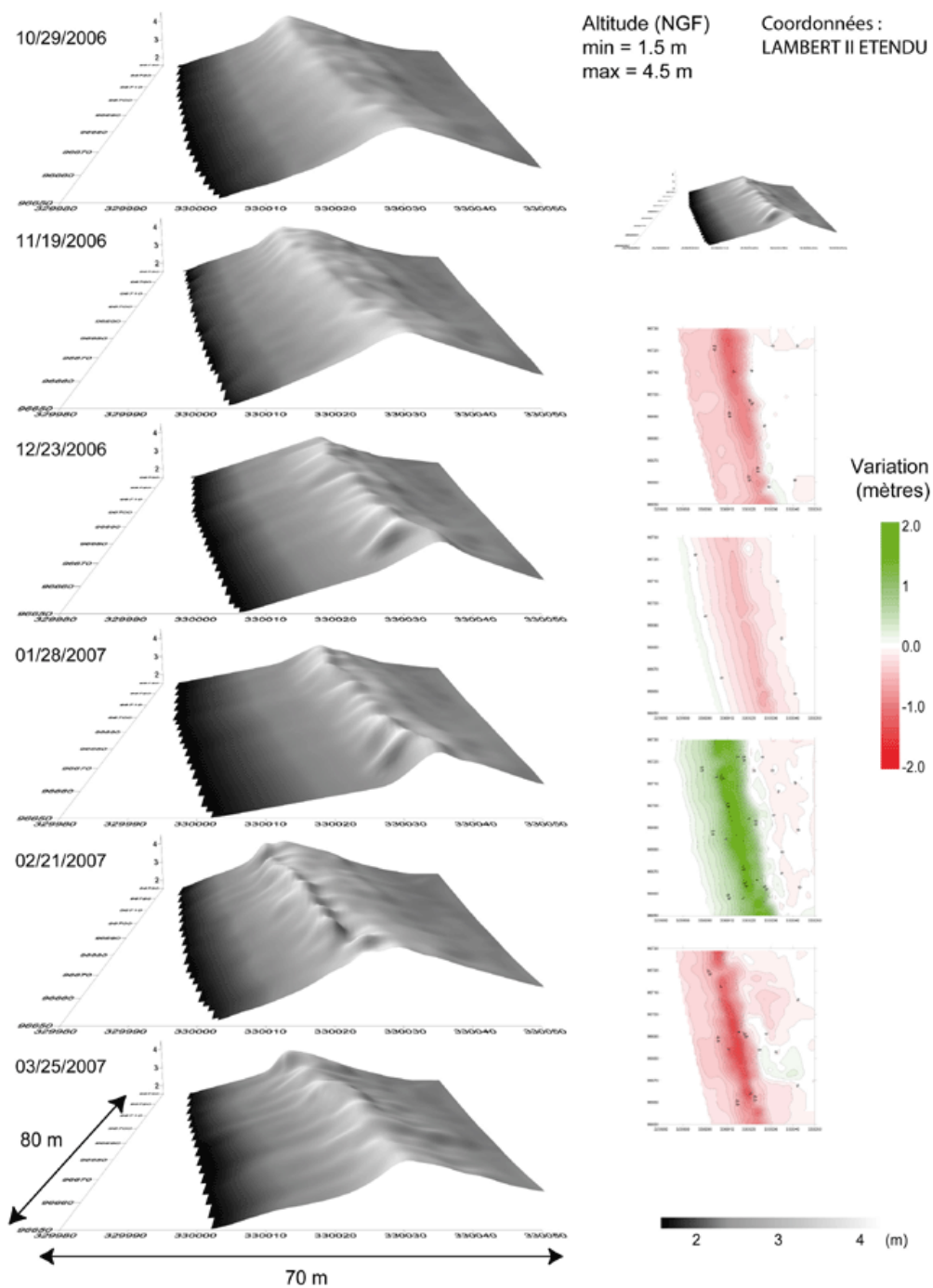


Figure 6. Modèles Numériques de Terrain (MNT), seconde campagne de mesures (octobre 2007 à mars 2008).

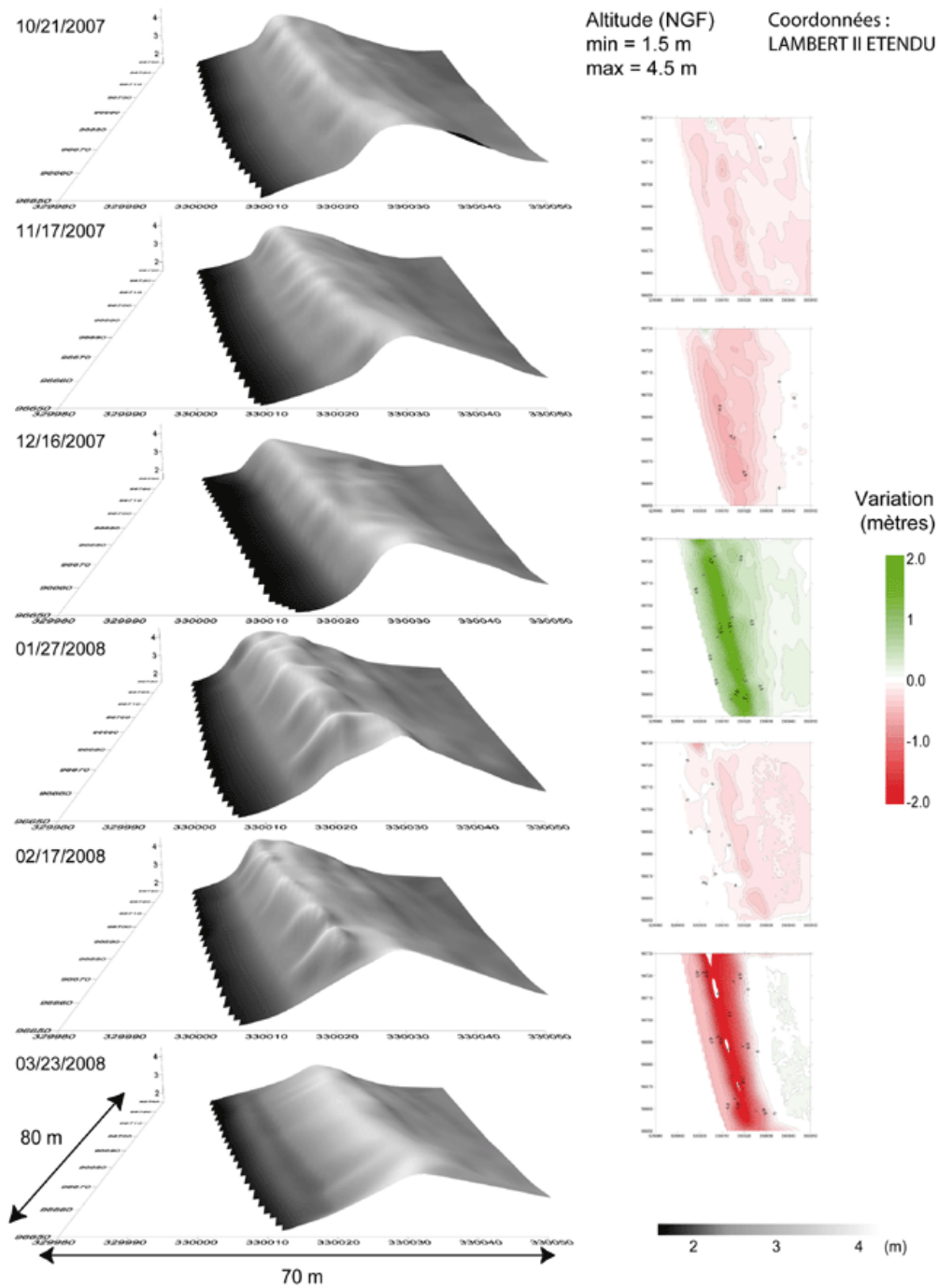
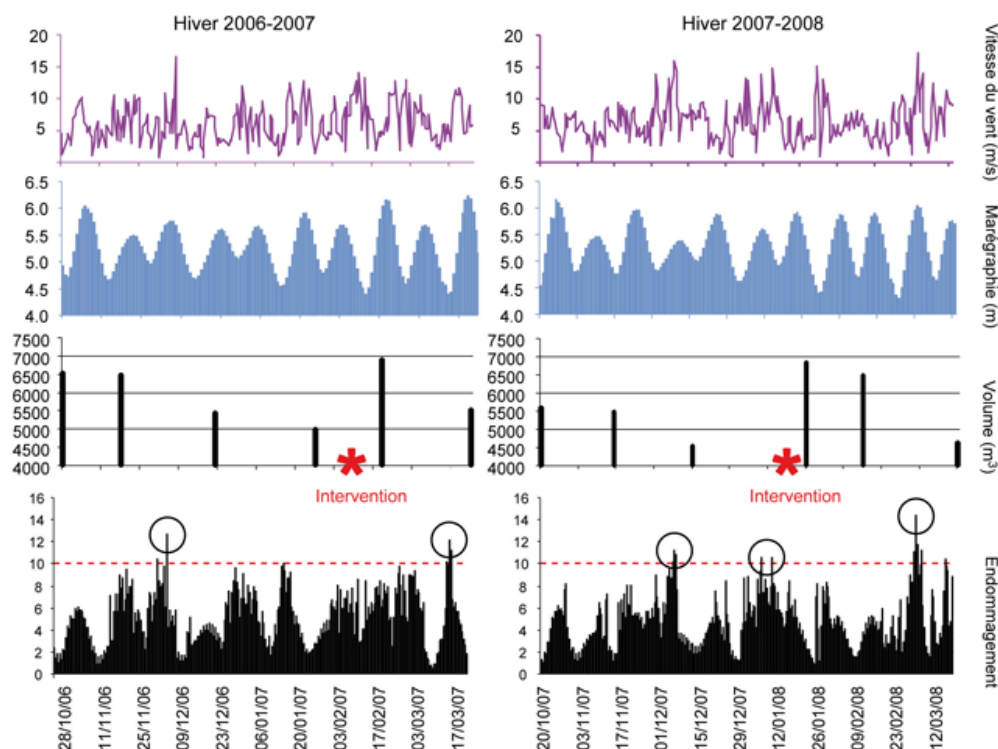


Figure 7. Les tests menés à Marennes-Plage, confrontation des données météo-marines (forçage) et morphosédimentaires (réponse), potentiel érosif (ϕ).



Discussion

Répondre à une demande sociale croissante en prédiction du dommage

10

Il est admis que l'estimation d'un risque doit faire intervenir un aléa (les crues, éruptions volcaniques et autres submersions), un enjeu (dont la nature est elle aussi extrêmement variable) et une vulnérabilité (le niveau d'effet prévisible d'un aléa sur les enjeux). Il y a pourtant un autre élément à ne pas négliger. Il s'agit de la notion de dommage (Bailly, 1996 ; November, 2000 ; Pigeon, 2002 ; Veyret, 2004). Dans le cas des catastrophes, le dommage être défini comme les conséquences péjoratives d'un phénomène (accident, catastrophe) sur les biens (dégâts), les activités (perturbations) et les personnes (préjudices). Il s'impose comme le maillon manquant de la chaîne pour qui veut répondre aussi efficacement que possible à la manifestation grandissante d'une demande sociale en prédiction des catastrophes naturelles. Le dommage est d'ailleurs la partie la plus visible de cet ensemble de composantes qui permet de décrire, estimer, tenter d'anticiper et finalement mieux gérer les risques. C'est ce que tout un chacun peut percevoir, voire même ressentir physiquement lorsqu'il fait la dramatique expérience d'une catastrophe. En règle générale, les dommages sont quantifiés économiquement afin d'être pris en compte par les assurances. En ce sens, cette autre composante de la cyndinique (terme relatif aux sciences qui étudient le risque) est sans doute la plus socialement aboutie. D'une certaine manière, il n'est autre que le moyen le plus tangible d'évaluer une vulnérabilité sociale. En effet, comment prétendre estimer qu'un territoire est vulnérable si on ne dispose pas au préalable d'informations qui permettent de savoir comment il réagit et comment la société qui l'occupe réagit. Autrement dit, pour établir une stratégie d'aménagement, proposer une réponse sociale adaptée à une problématique relative à l'occurrence d'un aléa, il faut impérativement savoir évaluer son impact éventuel, sa capacité à dérégler l'organisation de la société concernée. C'est aussi par ce chemin qu'il faut passer pour mettre en œuvre le principe de mitigation, celui qui vise à abaisser un degré de vulnérabilité en cherchant précisément à se prémunir d'éventuels dommages. Sur un espace donné, l'observation et la mesure de nombreux dommages concoure à l'établissement des

échelles qui déterminent son degré de vulnérabilité ou bien des niveaux de risque. Dans un but exclusivement applicatif – au delà du simple cadre des théories et des concepts manipulés par la sphère scientifique – cette démarche à rebours est donc pertinente. Dans notre cas, il s'est agi de suivre les épisodes morphogéniques engendrés par les tempêtes de vive-eau afin de définir un seuil correspondant à rupture d'équilibre, celle qui compromet le bon fonctionnement du cordon artificiel de Marennes-Plage.

De nouvelles limites à franchir

- 11 L'outil que nous avons mis au point satisfait pour partie les attentes de nos interlocuteurs. Néanmoins, nous sommes bien conscients qu'il est méthodologiquement tout aussi critiquable que les modèles analytiques vis-à-vis desquels ils éprouvent une certaine défiance. La méthode n'en est encore qu'au stade embryonnaire, les tests ne couvrant pour le moment que trois sites de la même région (centre-ouest de la France). Au travers des premiers résultats, nous décelons deux imperfections majeures que la durée et l'extension géographique de l'expérimentation permettront de gommer, au moins partiellement : i) la conception même du modèle, à savoir la représentation d'un effet de seuil par une césure graphique ; ii) le protocole employé pour définir ce seuil, à savoir la quantité et la qualité des observations nécessaires à sa validation par le terrain. Le choix méthodologique de séparation graphique pour déterminer la survenue d'une rupture génère de l'incertitude au niveau des conditions aux limites. La marge d'erreur qui en découle reste difficilement quantifiable mais elle peut avoir une incidence notable sur l'interprétation des résultats. Cela ne pose pas de problème quand il est question d'anticiper un aléa de forte magnitude, comme dans le cas des tempêtes de mars 2008, février 2009 ou février 2010. Cette problématique prend tout son sens dès lors qu'il s'agit de simuler un aléa dont la magnitude est très proche du seuil théorique de rupture. Ce fut le cas des tempêtes de décembre 2007 et de janvier 2008. Des remarques du même ordre ont été émises par R. S. Thieler *et al.* (2000) à propos du modèle SBEACH (Larson et Kraus, 1989). SBEACH repose sur une formule analytique destinée à prévoir les incidences d'une tempête sur la plage et sur la dune. M. Larson et N. C. Kraus ont mis au point une méthode de prédiction des phases d'érosion/accrétion du profil de la plage en démontrant qu'il existe une relation entre, d'une part, une valeur déterminant la cambrure des vagues et, d'autre part, le ratio entre leur hauteur (H_0) et le produit de leur vitesse d'effondrement par leur période. L'ajustement de leur équation est tiré d'une séparation visuelle des situations qu'ils ont pu mesurer sur le terrain. Ils ont choisi de représenter le résultat de leurs mesures expérimentales dans un espace logarithmique afin de tirer une droite qui sépare les deux états possibles du système plage-dune. Avec les mêmes données, E. R. Thieler *et al.* (2000) ont employé une analyse discriminante linéaire (ADL) pour tracer objectivement la droite séparant les cas mesurés. Le résultat de cette discrimination montre que la droite de M. Larson et N. C. Kraus se situerait en dehors de la zone délimitant un degré de confiance de 95 %. Dans le cas de nos propres travaux, les adaptations aux conditions locales demandent par ailleurs un long travail d'observation et de suivi, puisqu'il est indispensable de disposer d'une base de données d'événements érosifs pour calibrer le modèle. Cela nécessite à la fois une bonne connaissance des conditions géomorphologiques qui déterminent le processus de rupture et un archivage précis des conditions météo-marines qui y conduisent. Les limites de cette méthode relèvent des échelles spatio-temporelles choisies pour sa validation par le terrain. Les tendances établies à partir du calcul d'un volume à l'instant T sur une portion limitée du littoral ne traduisent pas forcément la réalité changeante d'un budget sédimentaire. Afin d'établir ce bilan, il serait utile de pouvoir disposer d'une estimation fiable des variations des niveaux d'intrants/sortants à l'échelle de la cellule sédimentaire tout entière. Ceci explique pourquoi, lorsque deux tempêtes comparables impactent le littoral, on peut observer des réponses morphologiques parfois très inégales : attaque du pied de dune, submersion partielle ou totale, avec des conséquences tout aussi variées (formation d'une falaise ou overwashing). La difficulté vient donc de notre impossibilité à prendre quantitativement en compte un effet de mémoire vis-à-vis des événements passés, la non-linéarité du comportement du système impacté. Il s'agit là d'une des limitations fondamentales de l'application de méthodes statistiques à des systèmes dynamiques. Il a cependant été

démontré que l'impact des tempêtes de vive-eau est fonction de leur durée (Ruz et Meur-Férec, 2004 ; Suanez et Stéphan, 2006 ; Héquette, 2010) et de leur fréquence, notamment en cas de répétition sur un court laps de temps (Ferreira, 2006 ; Claudino-Sales *et al.*, 2008). Cette dernière relation serait même dominante dans le cas des plages soumises à un déficit sédimentaire. Ce facteur de fragilité est donc particulièrement incident à Marennes, puisque le rééquilibrage doit y être opéré de manière artificielle (rechargements), faute d'apports naturels. A ce stade, nous ne pouvons qu'éluder la question en invoquant l'intérêt de suivre régulièrement l'état du cordon littoral pour évaluer grossièrement sa capacité à résister au prochain impact. Ce qui revient à estimer s'il est en « bonne » ou en « mauvaise » santé. Des mesures simples en ce qui concerne sa morphologie (profil), son budget sédimentaire (estimation du volume) et la cohésion du matériel en place (constat qualitatif) constituent un point de départ intéressant. Les gestionnaires locaux avec qui nous avons travaillé ont prouvé qu'ils maîtrisaient techniquement ces aspects pour mettre en place un protocole adapté aux spécificités de leur site.

Conclusion

- 12 En dépit d'une orientation largement portée sur la démarche analytique et la complexification des algorithmes, pour étudier les risques naturels, il n'existe pas une manière unique de modéliser. En revanche, quel que soit la démarche adoptée, il faut être particulièrement vigilant vis-à-vis des données que l'on traite, l'agencement de nos formulations et leur limite explicative, sous peine de s'exposer à une dérive modélisatrice. Quand bien même sommes-nous capables de simuler très précisément des interactions complexes entre les processus en jeu, des événements imprévisibles peuvent aussi remettre en cause nos certitudes. L'exemple récent du tsunami au Japon (11 mars 2011) nous le rappelle. L'évaluation *a posteriori* des dommages causés par cet aléa, d'ampleur historique, a conduit les tsunamologues nippons à réviser très rapidement l'amplitude de son *run-up*, une référence qui correspond à l'altitude maximale que la « vague » a pu atteindre dans les terres. Cette valeur est passée d'une première estimation proche de 7 m, au lendemain de la catastrophe, à un niveau quasi-définitif d'environ 23 m, deux semaines après. De tels résultats vont à l'encontre des modélisations numériques antérieures et dépassent de loin tous les scénarios envisagés avant le séisme.

Remerciements

- 13 L'auteur remercie l'équipe du laboratoire COSTEL (UMR-6554, CNRS) et plus particulièrement le professeur H. Regnaud, le Centre Armoricaire de Recherche en Environnement (CAREN), les services techniques de la municipalité de Marennes, la Communauté de Communes du Bassin de Marennes et le syndicat mixte Pays Marennes Oléron.

Bibliographie

- Allen, J. R., 1981, Beach erosion as a function of variations in the sedimentary budget, Sandy Hook, New Jersey, USA. *Earth, Surface and Landforms*, 6 pp. 139-150.
- Bailly, A., 1996, *Risques naturels, risques de société*, Paris, Economica, 103 p.
- Balsillie, J. H., 1986, Beach and coast erosion due to extreme event impact. *Shore & Beach*, 54, 4, pp. 22-37.
- Bruun, P., 1992, Representing equilibrium beach profiles with an exponential expression, *Journal of Coastal Research*, 8, 3, p. 752.
- Cañizares, R., Irish, J., 2008, Simulation of storm-induced barrier island morphodynamics and flooding, *Coastal Engineering*, 55, 12, pp. 1089-1101.
- Cariolet, J.-M., 2011, Quantification du runup sur une plage macrotidale à partir des conditions morphologiques et hydrodynamiques, *Géomorphologie : relief, processus et environnement*, 17, 1, pp. 95-108.

- Claudino-Sales, V., Wang, P., Horwitz, M. H., 2008, Factors controlling the survival of coastal dunes during multiple hurricane impacts in 2004 and 2005: Santa Rosa barrier island, Florida. *Geomorphology*, 95, 3-4, pp. 295-315.
- Dean, R. G., 1991, Equilibrium beach profiles: characteristics and applications, *Journal of Coastal Research*, 7, 1, pp. 53-84.
- Dolan, R., Davis, R., 1992, An intensity scale for Atlantic Coast northeast storms. *Journal of Coastal Research*, 8, 4, pp. 840-853.
- Ferreira, O., 2006, The role of storm groups in the erosion of sandy coasts. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31, 8, pp. 1058-1060.
- Gibeaut, J. C., Gutierrez, R., Hepner, T. L., 2002, *Threshold Conditions for Episodic Beach Erosion along the Southeast Texas Coast*, Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions, Texas, report 52, 13 p.
- Héquette, H., 2010, Les risques naturels littoraux dans le Nord-Pas-de-Calais, France, VertigO, Hors-série 8.
- Holthuijsen, L. H., Booij, N., Herbers, T. H. C., 1989, A prediction model for stationary, short-crested waves in shallow water with ambient currents, *Coastal Engineering*, 13, 1, pp. 23-54.
- Jackson, N. L., Nordstrom, K. F., 1998, Aeolian transport of sediment on a beach during and after rainfall, Wildwood, NJ, USA, *Geomorphology*, 22, 2, pp. 151-157.
- Kriebel, D., Dalrymple, R., Pratt, A., Sakovich, V. A., 1997, Shoreline risk index for northeasters, *ASCE: Conference Proceedings* (International conference on Natural Disaster Reduction), Washington, D.C., pp. 251-252.
- Lamb, H. H., Frydendahl, K., 1991, *Historic storms of the North Sea, British Isles and Northwest Europe*. Cambridge, Cambridge University Press, 203 p.
- Larson, M., Kraus, N. C., 1989, *SBEACH: Numerical Model for Simulating Storm-Induced Beach Change*, Technical Report CERC-89-9, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, MS.
- Luetich, R., Westerink, J., 2007, Formulation and numerical implementation of the 2D/3D ADCIRC finite element model version 44.xx.
- McLaren, P., Bowles, D., 1985, The effects of sediment transport on grain-size distributions, *Journal of Sedimentary Petrology*, 55, 4, pp. 457-470.
- Meur-Férec, C., Ruz, M. H., 2002, Transports éoliens réels et théoriques en haut de plage et sommet de dune (Wissant, Pas-de-Calais, France), *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 8, 4, pp. 321-324.
- Miossec, A., 1998, La question du recul des côtes - Erosion marine, les réponses. *Mappemonde*, 52, 4, pp. 1-6.
- Musereau, J., Regnaud, H., Planchon, O., 2007, Vulnérabilité aux tempêtes des dunes littorales : développement d'un modèle de prédiction du dommage à travers l'exemple de Saint-Trojan (Ile d'Oléron, France). *Annales de l'Association Internationale de Climatologie*, 4, pp. 145-166.
- Musereau, J., Regnaud, H., 2009, Coastal artificialization and public policies : the example of the beach of Marennes (Seudre estuary, France). *The Open Geography Journal*, 2, pp. 16-24.
- Neboit, R., 1991, *L'homme et l'érosion*, Clermont-Ferrand, Presses Universitaires Blaise-Pascal, 2e ed., 269 p.
- November, V., 2000, Les territoires du risque, Le risque comme objet de réflexion géographique, Bern, Peter Lang, 332 p.
- Pigeon, P., 2002, Réflexions sur les notions et les méthodes en géographie des risques dits naturels, *Annales de Géographie*, 111, 627-628, pp. 452-470.
- Pilkey, O. H., 1994, Mathematical Modeling of Beach Behavior Doesn't Work, *Journal of Geological Education*, 42, pp. 358-361.
- Resio, D. T., Perrie, E. W., 1989, Implication of an f -4 equilibrium range for wind-generated waves, *Journal of Physical Oceanography*, 19, 2, pp. 193-204.
- Ruz, M-H. et Meur-Férec, C., 2004, Influence of high water levels on aeolian sand transport: upper-beach/dune evolution on a macrotidal coast, Wissant Bay, Northern France, *Geomorphology*, 60, pp. 73-87.

- Sallenger, A. H., 2000, Storm impact scale for barriers islands. *Journal of Coastal Research*, 16, 3, pp. 890-895.
- Sherman, D. J., Bauer, B. O., 1993, Coastal geomorphology through a looking glass, *Geomorphology*, 7, 1-3, pp. 225-249.
- Simpson, R. H., 1974, The hurricane disaster potential scale. *Weatherwise*, 27, 169, pp. 169-186.
- Suanez, S., Stéphan, P., 2006, Forçages météo-marins et dynamique morphosédimentaire saisonnière des cordons dunaires. Exemple de la baie de Saint-Michel-en-Grève (Côtes d'Armor, Bretagne), *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 12, 2, pp. 91-110.
- Thieler, E., Pilkey, O. H., Young, R. S., Bush, D. M., Chai, F., 2000, The use of mathematical models to predict beach behavior for U.S coastal engineering: a critical review, *Journal of Coastal Research*, 16, 1, pp. 48-70.
- Van Rijn, L. C., 1993, Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas, Amsterdam, Aqua Publications, 715 p.
- Van Rijn, L. C., 2009, Prediction of dune erosion due to storms, *Coastal Engineering*, 56, 4, pp. 441-457.
- Vellinga, P., 1986, *Beach and dune erosion during storm surges*, Doctoral dissertation, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology, The Netherlands, 200 p.
- Veyret, Y., 2004, Géographie des risques naturels en France. De l'aléa à la gestion, Paris, Hatier, 256 p.
- WU|DELFT HYDRAULICS, 2001, User manual Delft3D-FLOW, Delft, The Netherlands, WU|Delft Hydraulics.
- Zhang, K., Douglas, B. C., Leatherman, S. P., 2001, Beach erosion potential for severe nor'easters. *Journal of Coastal Research*, 17, 2, pp. 309-321.

Pour citer cet article

Référence électronique

Jonathan Musereau, « Gestion des risques naturels : modéliser quoi, pour qui ? », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 11 Numéro 3 | décembre 2011, mis en ligne le 18 mai 2012, consulté le 02 octobre 2012. URL : <http://vertigo.revues.org/11910> ; DOI : 10.4000/vertigo.11910

À propos de l'auteur

Jonathan Musereau

Docteur en Géographie, Chercheur associé au Laboratoire COSTEL, UMR 6554, LETG - CNRS - OSUR, Université Rennes 2 - Place du Recteur Henri le Moal, 35043 Rennes Cedex, France, Courriel : jonathan.musereau@sfr.fr

Droits d'auteur

© Tous droits réservés

Résumés

Pour mieux décrire les aléas naturels et tenter d'en prévoir les conséquences, nous multiplions les recours à la modélisation. Les vertus des outils qui en découlent ne sont plus à démontrer. Autour de la question du changement climatique et vis-à-vis des risques naturels, la logique actuelle voudrait que la recherche d'un idéal de précision – augmenter indéfiniment les résolutions spatiales et temporelles des modèles, multiplier à outrance le nombre de paramètres à ingérer – soit la seule manière de gagner en efficacité. Au travers d'exemples appliqués à l'érosion marine, nous illustrons les possibles dérives de cette approche, que nous qualifions d'analytique, et présentons, dans un but applicatif, une démarche alternative. Il s'agit de construire un indice d'érosion qui, de façon pragmatique et suivant un raisonnement phénoménologique, vise à répondre à une demande sociale croissante en prédiction du

dommage en milieu littoral. Son principe est simple : caractériser et prédire les conditions de survenue des tempêtes à impact, celles qui engendrent effectivement de l'érosion. Il combine trois facteurs fondamentaux : un fort vent d'afflux, une forte houle et une haute mer de vive-eau. Les tests menés sur la plage artificielle de Marennes (Charente-Maritime, France) se sont avérés concluants. Cependant, certaines limites doivent encore être repoussées, notamment la prise en compte de la non-linéarité du comportement des systèmes littoraux.

This paper deals with coastal storm-induced hazards i.e. mainly coastline retreat and erosion. Coastal managers and councillors we met during this study largely expressed the need to prevent erosion and flooding events in order to keep beaches and back barrier environments in a healthy state. The main problem they encounter is about storms: most of them do not have impacts and only few of them are followed by erosion. In other terms, they want to anticipate which storm has to be cared for and which one is not dangerous. Defending a pragmatic point of view, we propose a new method to sort erosive storm from non erosive ones. It consists of a beach behaviour model resting on the graphical combination of three essential parameters assessed at a very local level: strong onshore winds, high swells and high sea levels (spring tide). The results obtained on the beach of Marennes (Gascony, France) are very good. In order to fine tune the model for other sites, where local conditions are slightly different, new local observations should be done and could then feed an other version of the model.

Entrées d'index

Mots-clés : érosion marine, modélisation, endommagement, dérives et alternatives

Keywords : coastal erosion, models, damaging, drifts and alternatives