

SESSION II
DISCUSSIONS

1) Questions de M. BELORGEY à K. GEORGE et P. GLEIZON

- a) Votre modèle met en évidence l'influence des ondes quart-diurnes sur la concentration en sédiments.
On comprend, du fait de la renverse, qu'une onde influe sur la remise en suspension des sédiments. Mais y-a-t-il une explication physique pour que ce soit les ondes quart-diurnes qui aient le plus d'influence ?
- b) Le transport sédimentaire côtier fait intervenir d'autres phénomènes physiques que la marée. Comment pensez-vous les prendre en compte dans votre modèle ?

Réponse

- a) Deux explications physiques plus ou moins antagonistes peuvent être fournies à ce sujet :
- Nous rappelons que les sédiments sont remis en suspension lorsque la vitesse des courants de marée est supérieure à une valeur critique. Ceci a lieu pendant le flot ainsi que pendant le jusant. Evidemment dans un régime semi-diurne, ce phénomène a lieu quatre fois par jour lunaire. Dans les lieux où les quart-diurnes dominent dans la concentration de sédiment, le processus de remise en suspension est plus important que le processus d'advection.
 - Dans le cas d'un estuaire, il est communément admis qu'il existe une zone de turbidité maximale (le bouchon de vase, que notre modèle reproduit clairement). La position de ce maximum de concentration oscille pendant un cycle de marée semi-diurne. En supposant, cette fois, le processus d'advection dominant, ceci se traduit en variables eulériennes par une fluctuation de la concentration de fréquence double (ici quart-diurne) dans les sections comprises entre les positions extrêmes de la concentration maximale.
- b) Nous n'envisageons pas de les prendre en compte dans ce modèle. Les effets des vagues sont, en effet, restreints dans les estuaires. Néanmoins, nous développons actuellement d'autres modèles incluant le transport sédimentaire, tel qu'un modèle de la côte de Holderness, à l'est de l'Angleterre. Ce modèle, dont l'hydrodynamique reste principalement contrôlée par les marées, prend toutefois en compte les effets de houle sur le transport de sédiment par l'ajustement "artificiel" de certaines variables, telles que la contrainte de cisaillement critique pour érosion, et les coefficients de dispersion turbulente. Les valeurs précises de ces variables sont déterminées à partir des modèles mathématiques de houle, et comparées à des valeurs estimées provenant de mesures en nature.

2) Question de J. LABEYRIE à P. CHARRIEZ et M. OLAGNON

- a) Les données satellitaires fournissent des caractéristiques d'état de mer "au large". Peut-on donner des éléments plus quantitatifs en terme de distance à la côte, de topographie des lieux, de typologie des sites ?
- b) Les données satellitaires sont prolongées à la côte par des modèles de propagation d'ondes. Ces derniers peuvent être plus ou moins complexes. Quels sont les critères de choix ? Existe-t-il des études intercomparatives et de calibration sur site ?

Réponses

- a) Les données satellitaires ne fournissent pas des caractéristiques d'état de mer uniquement au large d'un site. Cependant, la notion de zone climatologique impose de définir une zone de collecte des données suffisamment étendue pour recueillir un nombre consistant de mesures. Cette zone est alors située "au large" du site sans qu'il soit possible pour autant de relier cette notion à des éléments de distance à la côte et de topographie de manière systématique.
- b) Les données satellitaires mesurées "au large" sont prolongées à la côte par un modèle de transfert d'énergie. Les critères de choix sont fonction :
 - de la configuration du site (existence de réfraction, shoaling, diffraction...)
 - de l'importance des phénomènes locaux (courant, vent) qui peuvent influencer le transfert d'énergie.

Le modèle utilisé à MétéoMer peut être appliqué différemment (prise en compte ou non de termes sources ou puits,...) selon ces conditions.

Il existe une large bibliographie de comparaisons de modèles de transfert. Pour MétéoMer, les codes de transfert ont été validés par intercomparaison avec ceux du STCPMVN et par calibration à l'aide de mesures in-situ (Nigéria, Maroc, Portugal, États-Unis...).

3) Question de M. NACIRI à P. CHARRIEZ et M. OLAGNON

L'altimètre donne la valeur de H_s , comment en déduire H_{max} ?

Réponse

Au large, on peut utiliser la distribution de Rayleigh pour les hauteurs, et le rapport H_{max}/H_s vaut alors $\sqrt{\text{Log}N} + \frac{\gamma}{2\sqrt{\text{Log}N}}$, où γ est la constante d'Euler et N le nombre de vagues.

En côtier, la distribution de Rayleigh est mise en défaut par les non-linéarités, et des études sont en cours, notamment à l'IFREMER, pour :

1. caractériser les non-linéarités,
2. proposer des formulations de la relation $H_{max} - H_s$ (et Crête max - H_s) qui soient fondées sur les caractéristiques ainsi définies.

- 4) **Question de C. MIGNIOT à P. FATTAL, Y. DELANOË et S. ANDRE**
Les nouvelles mesures dans le bras de Pirmil et de la Madeleine donnent des débits assez voisins 52% - 48%). Les anciennes valeurs donnaient de plus grandes différences (1/3-2/3 ??).
Les fonds ont-ils été modifiés dans ces deux bras entre l'étude actuelle et l'étude de 1970 (ou avant) ?

Réponse

La répartition des débits de la Loire dans la traversée de Nantes (1/3 pour le bras de la Madeleine, 2/3 pour le bras de Pirmil) n'était à notre connaissance, qu'une estimation non vérifiée par des mesures. Nos mesures effectuées en étiage ont montré que les débits étaient très voisins dans les deux bras.
Les fonds ont, bien entendu, évolué dans les deux bras au cours des dernières années (voir la communication présentée par Melle ANDRE pour le bras de la Madeleine). Cette évolution ne peut expliquer l'écart important entre l'estimation ancienne et nos mesures.

- 5) **Question de O. BRIAND à P. FATTAL, Y. DELANOË et S. ANDRE**
Quant avez vous réalisé les mesures bathymétriques à la suite de la crue 1995 et ne pensez vous que les résultats obtenus soient sous-estimés (pour les fosses d'érosion) du fait d'un comblement très rapide de ces fosses en fin de crue ?

Réponse

Les mesures bathymétriques ont été réalisées trois mois après la crue, et il est probable que pendant ce laps de temps la configuration de la fosse ait changé.

- 6) **Question de K. GEORGE à B. SIMON**
Quel est l'effet de l'augmentation du niveau moyen mondial de la mer sur les prédictions des périodes de retour des niveaux extrêmes ?

Réponse

Les résultats de l'étude sont établis pour les niveaux moyens ramenés à l'année 1992.
Pour tenir compte de l'évolution éventuelle du niveau moyen des mers, il convient, pour une même période de retour, d'ajouter simplement l'écart de niveau moyen par rapport à celui qui a été adapté pour l'année 1992.
Cette procédure est justifiée par l'indépendance hauteur-surcote.

- 7) **Question de O. BRIAND à B. SIMON**
Cette méthode s'applique-t-elle aux côtes méditerranéennes, si oui avez-vous des résultats à nous communiquer ?

Réponse

Cette méthode n'est efficace que lorsque la marée astronomique est importante vis-à-vis des surcotes-décotes. C'est la raison pour laquelle je n'ai pas fait cette étude pour la Méditerranée.

8) Question de J. LABEYRIE à B. SIMON

Quels sont les niveaux de précision attendus et accessibles pour l'instant sur l'estimation des surcotes-décotes extrêmes prédites sur de longues périodes ? En particulier, comment varie l'incertitude en fonction du ratio période de retour/durée d'observation ? Le produit de convolution n'est-il pas sensible aux mauvaises estimations sur la queue de distribution des variables de base ?

Réponse

Ces intervalles de confiance sur l'estimation des surcotes ont été calculés pour chacun des ports principaux en supposant que la probabilité qu'une surcote dépasse un seuil donné est un processus de Poisson. La méthode de calcul ainsi que les résultats, sous forme d'intervalles de confiance à 90%, sont publiés dans les Annales Hydrographiques Vol. 20, n°767, 1996, pp.17-43. Dans cette même publication l'exemple de Port-Tudy montre que le résultat final est peu sensible aux mauvaises estimations sur la queue de distribution pour les périodes de retour inférieures à 100 ans.

9) Commentaires de C. ORGERON sur l'article de B. SIMON

Je transcris ci-après les réflexions que m'a suggérées la lecture de l'article de B. SIMON :

1. Comment interpréter le titre de l'article ?

J'espère que l'Etat n'envisage pas de s'approprier les aires inondées par l'occurrence simultanée d'une pleine-mer de vives-eaux et d'une surcote. Il y a quelques semaines, un quart de la rue où j'habite y serait passé !

Par contre, il s'agit, pour la loi en préparation, de définir les cotes maximales susceptibles d'être atteintes sous l'effet des seules marées astronomiques, le plus simple me paraît être de déterminer les dites côtes et leur probabilité à partir des composantes harmoniques. Dans ce cas, et bien que l'auteur s'en défende, l'étude de "la superposition de deux phénomènes largement indépendants, la marée astronomique et les effets météorologiques" est de première importance pour l'ingénierie maritime mais pas pour le législateur.

2. Cela étant, je ferai les remarques suivantes :

a) Je suis étonné des références presque uniquement anglo-saxonnes dans la bibliographie dressée par B. SIMON.

b) Si, comme j'en exprime à nouveau le souhait, c'est l'ingénieur et non le législateur qui se préoccupe des surcotes exceptionnelles leur prévision doit tenir compte de phénomènes naturels autres que le vent et la pression barométrique. Je citerai pour les avoir rencontrés dans plus d'un cas :

. les seiches qui, par résonance dans des bassins maritimes fermés (Manche, mer du Japon, canaux de Patagonie...) peuvent atteindre des hauteurs de l'ordre du mètre et des périodes nettement supérieures à la durée du plein.

. le déplacement saisonnier des grandes aires stables de hautes et basse pressions.

. la surélévation dynamique du niveau entre la ligne extérieure des brisants et la côte, en cas de houles fortes et de longues périodes (ex : les "raz de marée", terme d'ailleurs impropre, sur la Réunion et Madagascar)

. les vrais raz de marée, ou tsunamis, engendrés par les séismes.

Ces ondes se propagent sans amortissement notable sur des dizaines de milliers de kilomètres et entretiennent aux rivages atteints de longues et puissantes oscillations du niveau marin et des courants (ex : port du Callao et îles Kouriles après le tremblement de terre de mai 1960 au Chili), oscillations qui peuvent durer plusieurs jours.

3. Je n'ai pas d'observations particulières à faire sur les méthodes mises en œuvre par B. SIMON pour évaluer - selon la durée et le sérieux des observations disponibles - les probabilités d'occurrence des hauteurs exceptionnelles engendrées par les couples "marées prédites-surcotes". Toutefois, en ce qui concerne les ports de référence, je suis étonné que, dans la zone des Pertuis Charentais, où surcotes et décotes sont fréquentes, les nombreuses années d'observation au marégraphe installé à La Rochelle, puis à La Pallice, n'aient pas été exploitées. M. WISDORF, chef du Centre Départemental de Charente-Maritime de la Météorologie Nationale (Station du Bout Blanc) a analysé [Réf. 1] les 315 cas de surcotes-décotes ≥ 30 cm observés dans la décennie 78-87. Il a, sur ces bases, mis au point un logiciel de prévision permettant l'émission de bulletins d'alerte.

[Réf. 1] Note de travail du SMIRSO n°5 de juin 1988

10) Question de P. LE HIR à P. FATTAL, M. SANCHEZ et Y. DELANOË

Je voulais faire un commentaire sur la figure représentant la distribution spatiale des isoconcentrations : le passage d'une représentation des concentrations en fonction du temps à une distribution spatiale suppose un comportement conservatif des particules, en ignorant les processus sédimentaires. C'est dommage, le résultat donne une illusion de bouchon vaseux non conforme à la réalité, et inutile car la mesure brute à tout son intérêt pour l'évaluation des flux de MES.

Réponse

Ce commentaire est fort judicieux, la figure présentée n'a pas pour les auteurs, la prétention d'être une représentation spatiale de la concentration en matière en suspension, elle ne tient en effet compte ni des variations de la profondeur vers l'amont ou l'aval ni des processus sédimentaires.

Cette figure n'a pour but que de présenter d'une manière imagée la variation dans le temps des concentrations au niveau du point de mesure dans le bras de la Madeleine.

11) Question de M. NACIRI à J.M. TANGUY

Vous avez mentionné dans votre chaîne de calcul des modèles linéaires (rayon, approximation parabolique, Berkhoff). Où intervient la non-linéarité de l'hydrodynamique responsable des temps de calcul importants ?

Réponse

La non-linéarité n'existe que dans le modèle hydrodynamique qui résout les équations de Saint-Venant. Le code hydrodynamique n'est que l'une des trois composantes du système morphodynamique.

12) Question de M. BELORGEY à J.M. TANGUY

Dans l'exemple relatif au Golf de Guinée, la modification de la forme des digues due au phénomène érosion/sédimentation, ne semble pas être prise en compte à chaque pas dans le modèle. Pourquoi ?

Réponse

Dans l'exemple de l'évolution du chenal situé à proximité de la Ville de Keta au Ghana, le système morphodynamique utilisé, composé de modèles de houle, de courant, de transport de sédiments et d'évolution des fonds, ne comportait pas à l'époque d'option d'évolution sur fond sec.

Cette option, qui intègre la prise en compte de la gravité dans la formulation du transport solide ainsi que la notion de pente critique est en cours de développement dans nos modèles.

13) Commentaire de L. MEERSCHAUT à C. PAVAUT et R. BONNEFILLE

Problème sur la validation du système à un instant t sans prise en compte d'une possible modification des valeurs entrées dans la banque de données.

Réponse

Le système a été testé par les quatre "end-users" participant au projet de développement. Les tests ont concerné le dimensionnement de structures du type revêtement. Les résultats finaux de ces tests seront disponibles en juin 1996 et devront permettre d'élaborer un certain nombre de recommandations pour les évolutions futures du système.

Avec des développements complémentaires le système pourrait avoir une finalité commerciale. Cependant, le marché est peu ouvert. L'outil peut être très utile pédagogiquement et peut dans un premier temps être amélioré en partenariat avec des universités.

14) Question de M. BELORGEY à C. PAVAUT et R. BONNEFILLE

La conception de votre logiciel est basée sur une approche qui s'apparente à la définition d'un système expert. Or dans le domaine du Génie Civil, chaque ouvrage est pratiquement un prototype, conçu en fonction des techniques nouvelles et de l'évolution technologique. Comment pensez-vous résoudre ce problème complexe et prendre en compte l'évolution technologique ?

Réponse

Le système est conçu de façon à pouvoir le réactualiser régulièrement, grâce à sa structure modulaire. Le module "base de données" permet notamment à l'utilisateur de modifier les informations existantes concernant les ouvrages de protection des côtes ou d'enregistrer de nouvelles données : types de structure, matériau. Les programmes et les outils périphériques utilisés peuvent également être modifiés ou de nouveaux outils interfacés, ce qui permet de prendre en compte non seulement l'évolution des techniques mais également celle des méthodes de calcul.

Le prototype réalisé constitue avant tout un outil d'aide à la décision, plutôt qu'un système expert. La structure du système a été développée dans le cadre du projet européen.

15) Commentaires et questions de M. BELORGEY à G. LECONTE et J. VIGUIER

Le problème des Bas Champs de la Baie de Somme est un cas typique du dysfonctionnement de la gestion du littoral. En effet :

Le cordon de galets qui protège les Bas Champs est alimenté par l'apport en matériaux issus des falaises (attaquées) du Cap d'Antifer à Ault. L'équilibre de ce cordon réside (ou résidait) dans le fait que les dépôts (issus du courant côtier) compensent les pertes. Or l'aménagement récent des ports de Fécamp, Dieppe et Le Tréport, par la construction de digues perpendiculaires à la côte entrave considérablement le transit des galets, donc l'apport en matériaux.

Nous sommes donc confrontés à deux problèmes de nature différente :

1. Législatif

La France est "découpée" en secteurs "terrestres" (Communes, Départements Régions). Or le littoral (et l'environnement en général) se moque de ces limites "administratives" des hommes.

Une Commune, un Département, une Région, sont maîtres de l'aménagement du littoral dont ils ont la charge, en toute indépendance. C'est-à-dire sans se préoccuper des conséquences avales sur les autres collectivités ne dépendant pas de leur juridiction. Ainsi la nouvelle digue du Tréport (ou celle de Dieppe) en Seine Maritime et Haute-Normandie, pénalise la Commune d'Ault et les Bas Champs situés dans le Département de la Somme, Région de Picardie.

La barrière administrative "terrestre" entrave donc l'émergence d'une solution globale du problème de l'environnement côtier.

2. Technique

Pour pallier ces difficultés, la solution adoptée actuellement est de prélever le matériau dans les zones d'apport pour recharger les zones érodées. En effet, le point nodal de cette partie de côte se situe à environ 1,5 km au sud de Cayeux. Au nord on constate toujours la formation de "crocs", donc d'apport, le transport étant stoppé par la Somme. Et la partie sud est soumise à érosion. Prélever dans la partie nord, l'apport qui vient du sud pour recharger dans la partie sud, c'est faire subir au *même matériau* un cycle de transport qui conduira à son *usure*.

Compte tenu de la configuration, l'unité de temps de ce type de problème est la décennie ou le siècle. Sur ce laps de temps, le même galet, par usure produit... du sable.

J'en arrive donc enfin à mes questions :

1. sur le législatif

Ne trouvez vous pas urgent de doter l'environnement littoral de structures administratives analogues à celles des Agences de l'Eau (anciennes Agences de Bassin) indépendantes des structures administratives "terrestres" ?

2. sur les solutions techniques

Pourquoi ne pas envisager des solutions techniques (ouvrages) de protection des côtes ne pénalisant pas le transport côtier des galets (donc parallèles au rivage) et s'adaptant aux mers à fortes marées ? Des programmes de recherche pourraient être lancés sur ce point précis.

Réponses non communiquées

16) Commentaires de C. MIGNIOT à G. LECONTE et J. VIGUIER

1. Les falaises entre Antifer et Ault produisant 40 000m³ de galets à silex par an dont 50% arrivaient sur le cordon des Bas Champs.
2. Les réalisations des Ports : Le Tréport, Dieppe, Fécamp... ont arrêté le transit des galets. Non seulement le cordon des Bas Champs n'a plus été alimenté et s'est dégradé mais les plages à MERS, CRIEL ont été érodées.
3. La protection du cordon des Bas Champs par des brises-lames semi émergés non seulement serait d'un prix prohibitif mais leur efficacité à pleine mer ne serait pas suffisante. Des études ont été faites il y a 25 ans montrant qu'un tel dispositif n'était pas à retenir.