

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA DYNAMIQUE LITTORALE EN MILIEU ESTUARIEN

C. Stumpp; R. Dupain Laboratoire de Génie Civil E.N.S.M., I.U.T. Saint-Nazaire BP 420 44606 SAINT-NAZAIRE CEDEX

ABSTRACT

The behaviour and protection of the coast constitutes a major scientific and economic problem in any country whith a shoreline. The research in this area needs an interdisciplinary approach, integrating different aspects of Coastal Civil Engineering: marine hydraulics (waves, currents, tides), sedimentology and sedimentary dynamics, topography, geomorphology and marine soil mechanics. It is suggested that a methodological approach comprising bibliographical research and an in depth study of a specific beach in an estuarine littoral zone, which is particulally complex due to a great geomorphological diversity and an important variability of fluvial discharge. Different aspects of an enlargment of this research encompassing a greater variety of independant beaches, are envisaged. The final aim of this study should give a clearer picture as to the behaviour of the beaches in the outer estuary of the Loire, and may give an indication on the kind of measures which are necessary to protect this shore line.

INTRODUCTION

Récemment beaucoup d'intérêt a été porté à l'évolution du milieux littoral. Avec la loi du littoral en 1986, et la création du programme CORINE (COordination INformation Environment) en 1988 par la Communauté Européenne, les chercheurs s'intéressent au littoral. Beaucoup d'études sur des aspects spécifiques des plages ont été faites, mais peu d'études sur le littoral ont abordé une approche plus globale, c'est à dire en tenant compte de tout les paramètres dynamiques qui influencent la stabilité du littoral. Or les recherches doivent avant tout être basées sur une bonne connaissance des phénomènes naturels (Migniot 1983; Pascoff 1989).

L'étude dont l'ébauche est ici présentée a pour but d'étudier le transport sédimentaire en tenant compte que celui ci résulte d'une interaction du vent, de la houle, des courants et des marées avec les sédiments. L'approche adoptée est parfois utilisée par le Génie Maritime lors de l'aménagement côtier et portuaire, mais ces études sont effectuées dans les délais les plus courts. Notre étude se déroulera dans un cadre spatio-temporel plus ample ce qui permettra d'avoir des vues prospectives plus fiables.

Pour cette approche deux éléments sont importants : la définition morphologique de la plage et la prise en compte des facteurs dynamiques dans le secteur où l'étude se déroule.

FACTEURS DYNAMIQUES INFLUENCANT LE MOUVEMENT DES SEDIMENTS

1. Houles

La houle est souvent l'élément prédominant du transport des sédiments, du remaniement des côtes et de leur érosion. C'est pour cela qu'une connaissance des conditions de la houle est essentielle. Les aspects principaux de cette étude sont :

- (a) La description théorique du mouvement de la houle(eg. Khalifa 1987; Coastal Eng. Res. Center 1984);
- (b) Les données climatologiques pour la houle sur une partie specifique de la côte;
- (c) Une description de l'interaction de la houle avec le rivage (eg. Mehta and Christiansen 1983; Komar and Li 1985).

Cette description des mouvements de sédiments induits par la houle est encore très théorique et se base surtout sur des coefficients empiriques. Il y a quelques études initiales qui ont été faites pour mesurer le transport *in situ* (charriage : Cacchione and Drake 1982; Mc Lean 1983; Wilkinson et al 1984; suspension: Less 1981). La modélisation de la houle est assez avancée pour l'estuaire de la Loire (Khalifa 1987; Thomas 1987), mais ces modèles numériques nécessitent des mesures près de la côte, et dans la zone du déferlement afin de pouvoir préciser la houle et son comportement en fonction de la morphologie aux abords des différentes plages.

2. Courants

La houle initie le mouvement sédimentaire mais également les systèmes de courants qui vont transporter les sédiments une fois que leur mouvement est commencé. Les régimes de courants peuvent avoir une grande importance pour le transport des sédiments onshore/offshore, plus particulièrement avant la zone du déferlement. Le transit littoral, courant qui se produit sous l'action des houles obliques, est responsable du transport des sédiments le long de la côte. Il peut entraîner des quantités importantes de sédiments et créer un déficit sédimentaire dans un secteur géographique donné si l'alimentation en matériaux n'est pas

compensée. Des formules mathématiques, pour évaluer la dérive littorale, ont été proposées par Longuet-Higgins (1970) et Thornton (1971).

3. Marées

Les courants induits par les marées peuvent se superposer aux courants induits par la houle, ajoutant donc une nouvelle composante à celle cité plus haut. La marée est un facteur significatif du transport sédimentaire, en particulier en période de vives eaux (coef. 95), le haut des plages étant alors attaque par la mer (Dyer 1986).

4. Vent

Le vent agit aussi bien sur la mer que sur le littoral en transportant les sables dunaires vers la mer. Ceux ci se retouvent aussi dans la zone de déferlement et ils sont donc réintroduit dans le système du transport littoral. Des mesures effectuées en nature ont permis d'évaluer le transport éolien, dans les zones de fortes activités, entre 10 000 et 20 000 m3 par an et par kilomètre de plage (Mignot 1983). Le vent crée aussi des courants sur la surface de l'eau. Les courants de surface qui se dirigent vers la côte sont la cause d'un "bottom-return flow" signifiant qui transporte les sédiments au large.

Les facteurs géologiques sont parfois mentionnés comme importants dans l'étude de l'évolution des rivages littoraux. Il est certain que la géologie influence la morphologie côtière et est un facteur d'apport de sédiments sur les plages. Toutefois, les facteurs géologiques ne sont pas des agents actifs aux même titre que ceux évoqués plus haut.

Par contre, les ouvrages construits sur le rivage ou à proximité de celuici peuvent avoir une influence considérable sur les équilibres sédimentaires du littoral.

Etude d'une plage témoin en site estuarien

1. Situation géographique

La plage de Bonne Anse est située sur la rive Nord de l'estuaire de la Loire, commune de Saint-Nazaire. Elle est située dans une anse bordée de falaises avec une orientation vers le Sud, l'estuaire étant orienté Sud-Ouest Nord-Est (fig. 1).

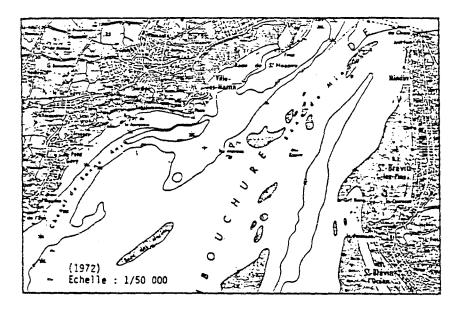


fig. 1 - Estuaire de la Loire Rive Nord

2. Spécificité du milieux estuarien

Le milieu estuarien est spécifique, par rapport à un littoral ouvert sur la pleine mer, dans le sens où il est inclus dans un ensemble soumis à un courant alternatif lié à l'intrusion de la marée à l'intérieur des terres. On peut de ce fait représenter les échanges sédimentaires par le schéma de la figure 2.

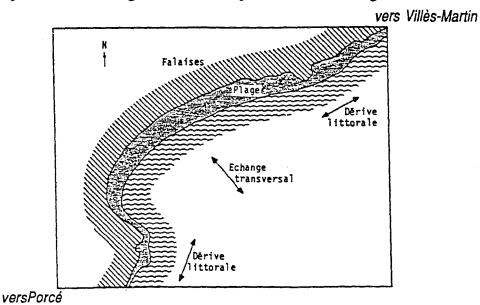


fig. 2 - Schéma de transit sédimentaire sur la plage de Bonne Anse

3. Méthodologie de l'étude morphologique

Afin de pouvoir évaluer les différentes phases d'érosion et d'engraissement en relation avec les différents agents physiques actifs, nous avons procédé en plusieurs étapes:

3.1 levé topographique

Des levés topographiques régulier de profils en travers selon la plus grande pente et espacées régulièrement (Fig. 3). Quatorze campagnes de mesures ont été ainsi éffectuées de février 1988 à janvier 1990.

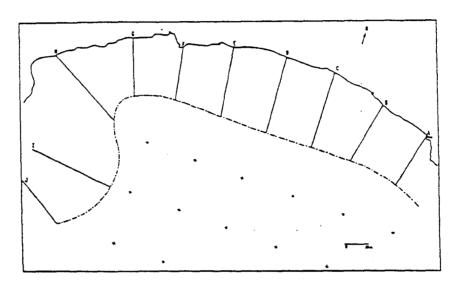


fig. 3 - Levés de plage par profils en travers

La compilation des résultats permet de visualiser sur cartes l'évolution morphologique mais aussi d'effectuer des calculs de cubatures qui donnent les grandes tendances d'engraissement ou de régression de la plage.

De janvier 1988 à mars 1989 il y a érosion continue de l'estran alors qu'ensuite et jusqu'à la fin de 1989, il y a engraissement intense avec, au total, un résultat global d'engraissement.

On constate en fait que les phases d'érosion sont toujours intenses et se produisent le temps d'une tempête d'Ouest ou Sud-Ouest. Les phases d'engraissement sont beaucoup plus lentes et elles ne conduisent à un bilan positif que pour des périodes anticycloniques longues, ce qui est le cas de mars à mai 1989. Les résultats obtenus, à l'issue de cette période de mesure, ne reflètent pas la situation qui aurait résultée d'une météo "normale" à cette époque là.

3.2. Caractérisation sédimentologique du matériaux de l'estran

Des matériaux ont été prélevés en surface tout le long des différents profils au cours des différents levés topographiques. On rencontre les stocks suivants:

- sables très bien classés ø 0,315 mm (sur toute la plage)
- sables assez mal classés ø 2,50 mm (au centre et à l'est)
- graviers roulés ø 5 à 50 mm (au centre et à l'est)

- galets ronds ø 40 à 60 cm (au centre)

La comparaison des populations présentes sur l'estran au cours du temps conduit aux observations suivantes :

- par temps calme, le sable fin se déplace progressivement de l'Ouest vers l'Est et du haut vers le bas de l'estran.
- par mauvais temps et mer agitée, seul l'Ouest reste couvert de sable fin, le centre et l'Est conservant principalement les sables grossiers et les graviers,
- les galets sont découverts lorsque l'érosion est intense et ils ont tendance à remonter vers le pied de falaise.

3.3. Les mesures de courants

Les mesures de courants sont effectuées par suivi de bouées dérivantes à l'aide de deux théodolites stationnés en bordure de plage. Les courants ont une direction opposée à l'intrusion de la marée dans l'estuaire et, pour la période de mesure (mer calme, coeff. de marée = 65), ils sont faibles, ne dépassant pas 0,80 m/s en flot et 0,20m/s en jusant.

Les mesures, qui ont été effectuées par mer très calme et vent presque nul, ne prennent pas en compte les effets de la houle, et de la dérive littorale qui peut résulter, mais ignorent également les courants de surfaces induits par le vent. De plus, le fleuve lui même a peu ou pas d'effet, son débit étant faible à l'époque des mesures.

On peut toutefois retenir que les vitesses permettent le transport de sable fin et expliquent donc que la plage puisse être réalimentée dans ce matériau après une phase d'érosion due à une tempête.

Ces résultats ne sont qu'une première approche. Ils doivent être complétés par des mesures de courants à différents coefficients de marée et doivent intégrer les effets de la houle et du vent.

3.4. Distributions des houles

Les houles du large sont bien connues et leur diffraction dans l'estuaire a été abordée par P.Thomas et O.A.Khalifa. Les houles prédominantes sont de secteurs Ouest et Sud-Ouest, le secteur Nord-Ouest étant protégé par la présence de la Presqu'île Guérandaise.

Les houles à l'entrée du chenal ont été mesurées par P.Thomas avec le concours du PANSN.

L'ensemble des résultats des mesures et des prédictions que l'on peut en déduire sont résumés par les diagrammes des figures 4, 5, 6.

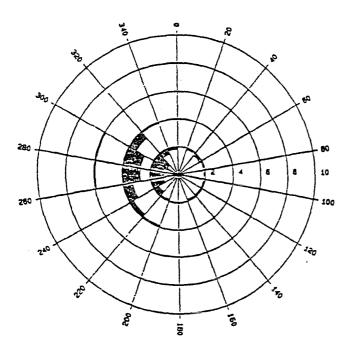


fig.4 - Diagramme amplitude direction des houles observées

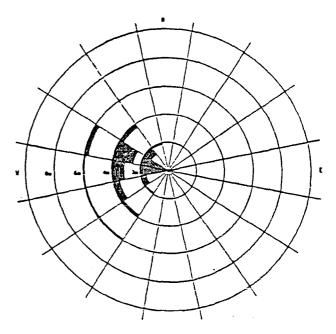
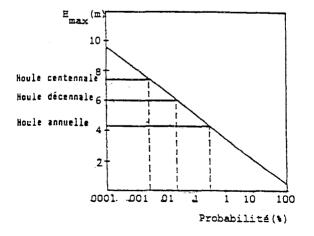


fig.5 - Diagramme amplitude direction des houles du large prédites

200 10s 200 10

fig. 6 : estimation de la distribution des amplitudes et des directions de houle à Saint-Nazaire

fig. 7 : diagramme des estimations des amplitudes de houle



CONCLUSION

Les phénomènes d'érosion et de transport sédimentaire le long des côtes ont fait l'objets de très nombreuse études et recherches au cours de ces dernières années. Nous nous sommes intéressés à un cas particulier qui concerne la dynamique littorale en milieux estuarien. Une première approche, sur une plage témoin, a permis de mettre en évidence les paramètres physiques actifs. Cette étude encore incomplète, doit s'étendre aux plages voisines de la rive Nord de l'estuaire. Elle doit permettre de conduire à un schéma dynamique global et doit pouvoir aider à valider les modèles numériques existants.

REFERENCES

- Cacchione, D.A. and Drake, D.E. 1982. "Measurements of storm-generated boKom stresses on the continenta shelf". J. Geophys. Res., 1952-1960.
- Coastal Engineering Research Center 1984. Shore Protection Manual. U.S. Government Printing Office, Washington.
- Dyer, K.R. 1986. Coastal Estuarine Sediment Dynamics. John Wiley & Sons, Chichester.
- Khalifa, O.A. 1987. "Calcul automatique des déformations de la houle". Thèse de Doctorat; Ecole Nationale Supérieure de Mécanique.
- Komar, P. D. and LI, Z. 1985."A pivoting analysis of selective entrainment of gravel". Sedimentology
- Less, B.J. 1983. "The relationship of transport rates and paths to sand banks in a tidally dominated area off the coast of East Anglia". *Sedimentology*, 30, 461-483.
- Longuet-Higgins, M. S. 1970. "Longshore currents generated by oblique incident sea wavesn. J. Geophys Res., 75,6790-6801.
- Mc Lean, S. R. 1983. "Turbulence and sediment transport measurements in a North Sea tidal inletn. in *North Sea Dynamics*, Springer-Verlag, Berlin, 436-452.
- Mehat, A.J. and Christensen, B. A. 1983. "Initiation of sand transport over coars beds in tidal entrances". *Coastal Eng.*, 7, 61-75.
- Migniot, C. 1983. "Importance des erosions des littoraux", dans: Erosion & Défense des Côtes: Textes de coférences, Janvier, 4-27.
- Paskoff, R. 1989. ~Evolution des espaces littoraux et problèmes d'aménagementn. Revue X Y Z, 38, 7-13.

- Thomas, P. 1987. "Estimation des comportements des interfaces air-eau et eausol dans un estuaire externe aménagé". Thèse de Docteur ès Science; Ecole Nationale Supérieure de Mécanique.
- Thornton, E. B. 1970. "Variations of longshore current across the surf zone". Proc. 12th Conf. on Coast. Eng., 291-308.
- Wilkinson, R. H., Salkield, A. P. and Moore, E.J. 1984. "Photogrammetry in sediment transport studiesn. in: *Underwater Photogrammetry and Television for Scientists*. Clarendon Press, Oxford.