



Caractérisation des zones de dépôt/érosion dans le port de St Jean de Luz par modélisation des transports sédimentaires dans l'estuaire de la Nivelle, France

Raphaëlle DORE¹, Philippe MARON¹

1. Université de Pau et des Pays de l'Adour, LaSAGeC², 1 Allée du Parc Montaury, 64600 Anglet, France. raphaelle.dore@univ-pau.fr

Résumé :

L'exploitation des ports estuariens nécessite tout particulièrement la mise en place de moyens de gestion des processus d'envasement. Le port de St Jean de Luz – Ciboure à l'embouchure de la Nivelle, est soumis à une accélération des processus d'envasement depuis 2002. La comparaison des périodes 1994-2002 et 2002-2007 montre une croissance de plus de 40% du volume de dragage annuel équivalent. Cette accélération des processus d'envasement est en partie due à un surcreusement du fait des dragages et entraîne une hausse des coûts de gestion du port. L'objectif du Projet Nivelle financé par le Conseil Général des Pyrénées Atlantiques, en charge de la gestion du port, est d'améliorer la compréhension des processus de dépôt sédimentaire en vue de la gestion intégrée des activités de dragage. Cet article présente les résultats d'un modèle numérique 2DH de transport sédimentaire développé sous MOHID (www.mohid.com). Ce système de modélisation contrôle le volume de sédiments au fond en continu. Le modèle hydrodynamique a été calibré à l'aide d'une campagne de mesures ADCP. Le modèle de transport a été forcé dans les conditions réelles de l'été 2002. Les résultats obtenus à l'échelle de la marée montrent l'existence d'une alternance de phases de transport vers l'amont et vers l'aval, entrecoupées de phases de dépôts potentiels aux étals. L'estimation du budget sédimentaire annuel pour des conditions d'étiage est positif, mais son ordre de grandeur reste négligeable devant les volumes de dragage annuels équivalents pour la période 2002-2007. Ceci corrobore l'hypothèse d'une forte influence des périodes de crues sur le budget sédimentaire.

Mots-clés : Ports estuariens – Envasement – Sédiments cohésifs – Concentration de Sédiments en Suspension – Flux de sédiments – Transport sédimentaire – MOHID

1. Introduction

Les petits fleuves montagneux sont reconnus pour leur apport significatif de sédiments à l'océan en raison d'un taux d'érosion très élevé (HILL *et al.*, 2000). Ainsi, la Nivelle (bassin versant : 238 km², pente : 2.7%), petit fleuve du Piémont Pyrénéen soumis à un important régime hydrique, est un des cours d'eau les plus érosifs de France (DORE *et al.*, 2009).

DOI: 10.5150/cmcm.2009.005

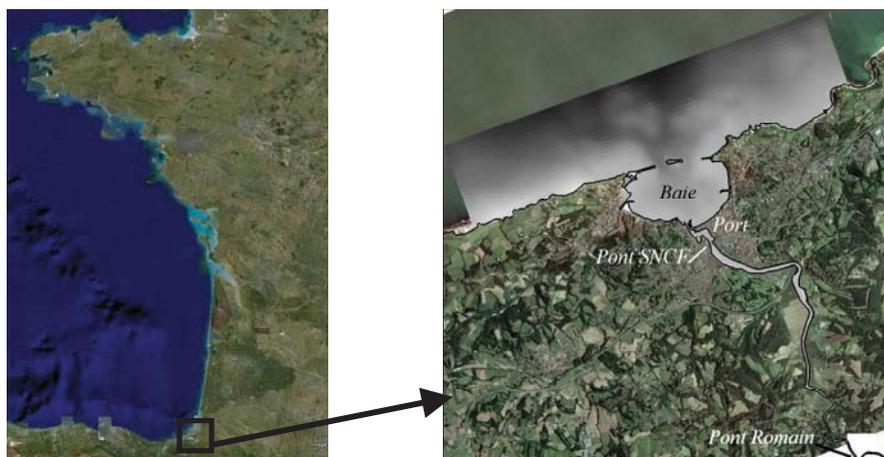


Figure 1. Modèle numérique de terrain du Système estuarien de la Nivelle.

L'exploitation économique des ports à l'embouchure de ce type de fleuves, nécessite tout particulièrement de lutter contre l'envasement. Le port de St Jean de Luz – Ciboure (Fig. 1), à l'embouchure de la Nivelle, est soumis à une accélération des processus d'envasement depuis 2002. Sur la période 2002-2007, le volume de dragage équivalent annuel montre une croissance de plus de 40% (DORE *et al.*, 2009). L'objectif du projet Nivelle est d'identifier les causes de l'envasement accéléré du port. La présente étude vise à caractériser les processus sédimentaires impliqués dans l'envasement du port grâce à l'implémentation d'un modèle de transport. Cet article décrit le système estuarien, expose les choix de modélisation et présente les résultats du modèle de transport pour une marée d'amplitude moyenne et des conditions d'étiage ($Q < 5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et $C < 20 \text{ mg L}^{-1}$).

2. Description du système estuarien de la Nivelle

La Nivelle estuarienne présente un rapport profondeur moyenne (2.35 m) sur longueur moyenne (7.5 km) de l'ordre de 10^{-3} typique d'un système allongé. La profondeur moyenne du même ordre que l'amplitude moyenne de marée (2.25 m) induit des turbulences sur le fond qui sont suffisantes pour homogénéiser l'estuaire sur la verticale. Le débit moyen dans cet estuaire mésotidal est faible : $5.2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (mesures continues à la station hydrologique de Cherchebruit de 1969 à 2007) par rapport au prisme de marée. L'estuaire de la Nivelle est donc dominé par la marée, ce que confirme l'étendue des vasières et des prés salés. Les courants de marée diminuant assez rapidement vers l'amont, les effets de la convergence des rives et des frottements des parois de l'estuaire sont opposés et équivalents (estuaire synchrone). L'influence du vent à la surface libre peut donc être négligée devant les effets de la marée et du débit fluvial. L'influence de la houle sur le fond est négligée en raison de l'absence de vagues significatives dans la baie protégée par trois digues (Fig. 1). Les mesures de C effectuées en 1996, 1997 et 2002 ($C_{\text{moy}} = 20 \text{ mg L}^{-1}$) présentent une corrélation positive aux débits avec des hystérésis peu marquées (DORE *et al.*, 2009).

3. Description du modèle hydro - sédimentaire

Compte tenu des caractéristiques du système estuarien de la Nivelles, nous avons choisi un modèle bidimensionnel intégré sur la hauteur d'eau, dit 2DH ($H=\eta+h$ où η est l'élévation de la surface libre et h la profondeur). L'approche 2DH est fréquemment utilisée pour les estuaires bien mélangés et s'appuie sur les formes bidimensionnelles de l'équation de continuité (1) et des équations de la conservation de la quantité de mouvement (2).

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial(\eta+h).U_1}{\partial x_1} + \frac{\partial(\eta+h).U_2}{\partial x_2} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial U_1}{\partial t} + \frac{\partial U_i . U_1}{\partial x_i} = f . U_2 - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial x_1} + \nu_H \cdot \frac{\partial^2 U_1}{\partial x_i^2} + \frac{\tau_1^S - \tau_1^F}{\rho H} \quad \text{et} \quad \frac{\partial U_2}{\partial t} + \frac{\partial U_i . U_2}{\partial x_i} = -f . U_1 - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial x_2} + \nu_H \cdot \frac{\partial^2 U_2}{\partial x_i^2} + \frac{\tau_2^S - \tau_2^F}{\rho H} \quad (2)$$

La frontière océanique est forcée par la marée et la frontière fluviale par le débit de la rivière. La viscosité cinématique turbulente horizontale ν_H est calculée par la loi de Kolmogorov sous l'hypothèse d'OZMIDOV (1990). La contrainte de cisaillement induite par le vent à la surface libre τ^S est négligée de même que celle induite par les vagues sur le fond. La contrainte de cisaillement au fond τ^F est donc induite par la vitesse d'écoulement et fonction du coefficient de Manning n (3).

$$\tau_i^F = \frac{g \cdot \rho \cdot n^2}{\sqrt[3]{H}} U_i \sqrt{U_1^2 + U_2^2} \quad (3)$$

Le modèle de transport de sédiments est gouverné par l'équation d'advection-diffusion sur la concentration C de sédiments en suspension (4) avec S_E le taux d'érosion défini d'après PARTHENIADES (1965) et S_D le taux de dépôt défini d'après KRONE (1962).

$$\frac{\partial HC}{\partial t} + \frac{\partial H U_i C}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(H D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) + (S_E - S_D) \quad (4)$$

Le taux d'érosion S_E , est non nul seulement si $\tau^F > \tau_E = 0.2 \text{ N m}^{-2}$ (DYER, 1986). De même le taux de dépôt S_D est non nul et les sédiments commencent à chuter vers le fond si $\tau^F < \tau_D = 0.1 \text{ N m}^{-2}$ (PARTHENIADES, 1965 ; DYER, 1986).

4. Implémentation et résultats

Le modèle de transport est implémenté sur la base du modèle hydrodynamique calibré (DORE *et al.*, 2009) sous MOHID. L'évolution temporelle de la C (DORE *et al.*, 2009) est introduite comme forçage avec le débit fluvial. Les résultats présentés sont tirés d'une simulation du 15 juin au 30 septembre 2002. L'évolution de la contrainte de cisaillement au fond est montrée au cours d'un cycle de marée le 3 août 2002 (cf. marégramme Fig. 2 et 3) pour des conditions d'étiage ($C_{\text{moy}} < 20 \text{ mg L}^{-1}$, $Q = 2.43 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) et une marée d'amplitude moyenne ($1.8 < \eta < 3.2 \text{ m}$). Les zones potentielles d'érosion (en blanc) et de dépôt (en gris) sont montrées de façon distincte (Fig. 2 et 3). Au jusant (Fig. 2), la zone de dragage (polygone blanc) ne présente pas les conditions de cisaillement favorables au dépôt. Au flot (Fig. 3), la zone de dragage est en partie soumise à des conditions de cisaillement favorables au dépôt. Le chenal du port est soumis à des conditions d'érosion qui impliquent un transport vers l'amont des sédiments érodés. Aux

étals de marée, le cisaillement au fond est favorable au dépôt dans tout le port. Le dépôt est négligeable (0.1 m^3 sur la surface portuaire de 74700 m^2) sur un cycle de marée du fait de l'alternance des phases de transport (vers l'amont puis vers l'aval) et de dépôt potentiel aux étals. En condition d'étiage ($Q_{\text{moy}}=1.51 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $C_{\text{moy}}=18.3 \text{ mg L}^{-1}$), le dépôt hebdomadaire de 0.85 m^3 , équivaudrait à 45 m^3 (pour la surface portuaire) sur un an soit moins de 1% du volume de dragage annuel (période 2002-2007).

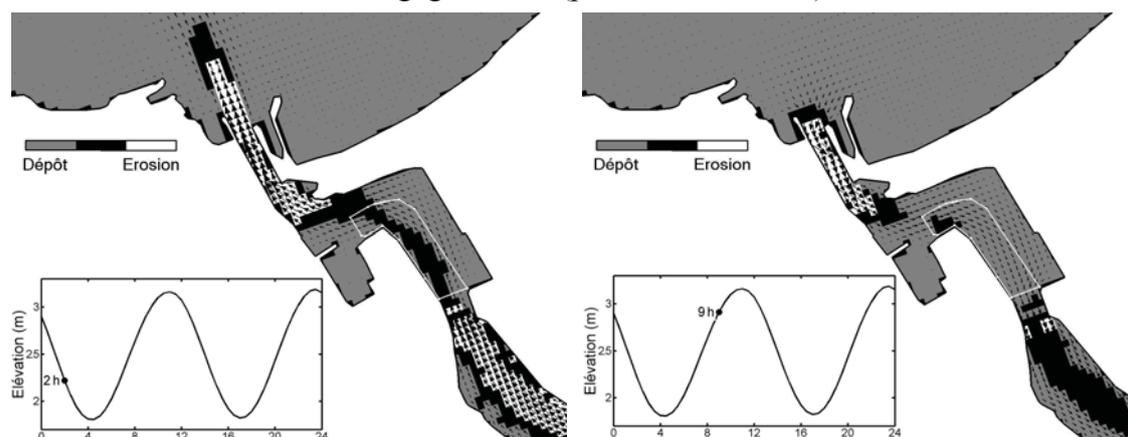


Figure 2. τ^F au jusant (2h UT).

Figure 3. τ^F au flot (9h UT).

5. Conclusions et perspectives

Cette étude permet de confirmer le caractère négligeable des processus de transport à l'échelle de la marée et du dépôt sédimentaire en conditions d'étiage ($Q < 5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $C_{\text{moy}} < 20 \text{ mg L}^{-1}$), confirmant l'importance des crues. Après détermination de l'état d'équilibre dynamique naturel du fond, il est nécessaire d'étudier l'influence des crues et des pics de flux de sédiments associés.

6. Références bibliographiques

- DORE R., MARON P., COYNEL A. (2009). *Détermination des zones de dépôt / érosion des sédiments cohésifs à l'aide d'un Modèle de Transport 2DH – Application à l'estuaire de la Nivelle*. 31 Journées de l'hydraulique - Congrès SHF. Paris septembre 2009.
- DYER K.R. (1986). *Coastal and estuarine sediment dynamics*. Wiley - Interscience.
- HILL P.S., MILLIGAN T.G., GEYER W.R. (2000). *Controls on effective settling velocity of suspended sediment in the Eel River Flood plume*. Continental Shelf Research, vol. 20, pp 2095-2111.
- KRONE R.B. (1962). *Flume studies of the transport of sediment in estuarial shoaling processes*. Hydraulic Engineering Laboratory Report, Berkeley University.
- OZMIDOV R.V. (1990). *Diffusion of Contaminants in the Ocean*. Oceanographic Sciences Library, Kluwer Academic Publishers, 283 p.
- PARTHENIADES E. (1965). *Erosion and deposition of cohesive soils*. Journal of Hydraulic, vol. 91, pp 105-139.