



**Utilisation de données altimétriques (Altus)  
dans la caractérisation de climats hydrodynamiques  
contrôlant le fonctionnement hydrosédimentaire  
d'une vasière intertidale :  
cas de l'estuaire de la Vilaine (Bretagne, France)**

**Evelyne GOUBERT<sup>1</sup>, Emmanuel FRENOD<sup>1</sup>, Pierre PEETERS<sup>2</sup>,  
Pauline THUILLIER<sup>2</sup>, Hans Jacob VESTED<sup>3</sup>, Nathalie BERNARD<sup>4</sup>**

1. Université de Bretagne Sud - LabSTICC, Campus Tohannic, 56000 Vannes, France.  
*evelyne.goubert@univ-ubs.fr, emmanuel.frenod@univ-ubs.fr*
2. DHI 2/4 rue Edouard Nignon, CS 47202, 44372 Nantes Cedex 3, France.  
*ppe@dhigroup.com, pth@dhigroup.com*
3. DHI Agern Allé 5, DK-2970 Hørsholm, Denmark.  
*hvj@dhigroup.com*
4. Institution d'Aménagement de la Vilaine, Boulevard de Bretagne - BP 11,  
56130 La Roche Bernard, France.  
*nathalie.bernard@lavilaine.com*

**Résumé :**

Depuis la construction du barrage d'Arzal entre 1965 et 1970, l'estuaire de la Vilaine est soumis à un fort envasement. A partir de données bathymétriques, hydrologiques et altimétriques (Altus), il est possible d'identifier des climats hydrodynamiques à différentes échelles spatiales et temporelles et de mieux quantifier les phases d'érosion ou de dépôt associées. De plus, il a été possible de montrer l'impact d'un modelé en seillons/banquettes ou d'un modelé plan sur la dynamique de la vasière.

*Soumis le 26 avril 2009, accepté le 1<sup>er</sup> septembre 2009, en ligne le 20 décembre 2010.*

*La seule version examinée est celle écrite en français. La ou les autres versions n'étant pas examinées par le comité de rédaction de la revue, sont donc publiées sous l'entière responsabilité du ou des auteurs.*

**A TRANSLATED VERSION IN ENGLISH IS AVAILABLE ONLINE**

Pour citer cet article :

GOUBERT E., FRENOD E., PEETERS P., THUILLIER P., VESTED H.J., BERNARD N. (2010). *Utilisation de données altimétriques (Altus) dans la caractérisation de climats hydrodynamiques contrôlant le fonctionnement hydrosédimentaire d'une vasière intertidale : cas de l'estuaire de la Vilaine (Bretagne, France)*. Revue Paralia, Vol. 3, pp 6.1–6.15.  
DOI:10.5150/revue-paralia.2010.006 (disponible en ligne – <http://www.paralia.fr> – available online)

## **1. Introduction**

La dynamique de la sédimentation fine en domaine estuarien est un problème récurrent pour les usagers des estuaires. Afin de mieux gérer ces environnements, de nombreuses études et de nombreux modèles numériques ont été réalisés pour apporter, d'une part, des informations qualitatives et quantitatives sur le fonctionnement hydrosédimentaire et, d'autre part, des solutions d'aménagement.

Certains grands domaines estuariens, sous influence fluviale variable, ont été l'objet d'études multi proxies et multi échelles spatiales et temporelles pour montrer les rôles relatifs des différents facteurs de contrôle hydrodynamiques, biologiques, et morphologiques : estuaire de la Seine, France (programme Seine-Aval, DELOFFRE *et al.*, 2006 ; CUVILLIEZ *et al.*, 2009), bassin de Marennes-Oléron, France (BASSOULLET *et al.*, 2000), l'estuaire de la Severn, UK (KIRBY & KIRBY, 2008), l'estuaire Humber, UK (BLACK, 1998), comparaison de différents estuaires du Nord de l'Europe (programme INTRMUD, DYER *et al.*, 2000).

Dans le cas de l'estuaire de la Vilaine, il s'agit d'un domaine à dimensions réduites, par rapport à la majorité des environnements étudiés dans les travaux précédemment cités, et à régime fluvial contrôlé par un barrage (barrage d'Arzal) bloquant la remontée des eaux salées à 8 km de l'embouchure. Un second barrage de ce type a été implanté en Mauritanie, barrage de Diama (NUSCIA TAÏBI *et al.*, 2007). La construction du barrage d'Arzal, dans les années 1960, a entraîné un comblement important en 30 ans, modifiant profondément la morphologie de l'estuaire et les pratiques des usagers (mytiliculture, civelles, coques, navigation). La gestion raisonnée des ressources de l'estuaire nécessite une compréhension approfondie du fonctionnement hydrodynamique et sédimentaire pour proposer des scénarios d'aménagement adaptés aux différentes contraintes du milieu. Ainsi, la modélisation hydrosédimentaire de l'estuaire a été initiée. Cette modélisation repose sur des données acquises spécifiquement pour cette étude et sur l'analyse des données disponibles.

La présente étude aborde la caractérisation du fonctionnement hydrosédimentaire de la Vilaine à partir de l'analyse (1) des données bathymétriques de 1820 à nos jours et (2) des suivis altimétriques (Altus) de la vasière intertidale septentrionale associés à différentes données caractérisant l'hydrodynamisme (marée, hauteur significative des vagues, vent, turbidité, débit fluvial), de novembre 2007 à mai 2008. L'objectif de cette approche est d'exploiter les données altimétriques haute-résolution (Altus) pour définir l'impact d'événements hydrodynamiques sur l'évolution altimétrique d'un domaine intertidal afin d'alimenter un modèle hydrosédimentaire.

## **2. L'estuaire de la Vilaine et le barrage d'Arzal**

La Vilaine (figure 1), fleuve d'une longueur d'environ 220 km draine un bassin versant d'environ 10000 km<sup>2</sup> et se termine par un estuaire s'ouvrant sur la Baie de Vilaine. Cette baie, d'une profondeur maximum de 30 m est partiellement protégée des houles

*Utilisation de données altimétriques (Altus) dans la caractérisation de climats hydrodynamiques contrôlant le fonctionnement hydrosédimentaire d'une vasière intertidale : cas de l'estuaire de la Vilaine (Bretagne, France) : 6.3*

du large par un arc de presqu'îles et d'îles, allant de la Presqu'île de Quiberon au Croisic.

L'estuaire de la Vilaine, d'une orientation globale Est-Ouest, est soumis aux actions de la houle du secteur Sud-Ouest, aux débits sortant du barrage et à un régime de marées méso à macrotidal (marnages de 2,5 m en mortes eaux et de plus de 5 m en vives eaux). A partir de critères morphologiques, l'estuaire de la Vilaine peut être découpé en trois parties. Ainsi, cet estuaire (figure 1) est caractérisé à l'Est par une morphologie chenalante de type méandrique, l'estuaire interne, et il évolue vers l'Ouest en une forme plus rectiligne qui s'évase vers l'embouchure, l'estuaire intermédiaire. La limite entre l'estuaire intermédiaire et la zone externe, entre les pointes de Pen Lan et du Halguen, est marquée par un haut fond vaseux, dont l'amplitude altimétrique est de 10 à 40 cm. Une forme lobée de faible épaisseur et soulignée par l'isobathe - 2 m, caractérise cette zone externe. La morphologie générale de cet estuaire indique qu'il s'agit d'un domaine intermédiaire entre un estuaire dominé par les vagues partiellement ouvert et un estuaire dominé par la marée selon DALRYMPLE et CHOI (2007).

Au cours des années 1960, la construction du barrage d'Arzal, situé à 8 km de l'embouchure, a permis de réduire les inondations des marais de Redon en empêchant les eaux saumâtres et chargées en particules fines de remonter. Les sédiments superficiels présents sur la zone d'étude sont des vases sableuses, avec une fraction en sédiments fins (inférieure à 45 µm) évoluant de 10 à 99% selon la saison (GOUBERT, 1997). Les vases de la Baie et du domaine estuarien sont remises en suspension par la houle, les vagues de tempête et la mer de vent, puis elles sont transportées vers l'estuaire ou expulsées de l'estuaire selon la marée (LCHF, 1960-1964).

L'installation de ce barrage a entraîné la réduction du volume oscillant, la diminution des vitesses de courant et ainsi provoqué (1) le déplacement de la zone de turbidité maximale vers l'aval (estuaire intermédiaire), (2) la diminution de la valeur de la turbidité maximale et donc (3) l'augmentation de la décantation des fractions fines dans ce domaine intermédiaire (LCHF, 1960-1964 ; MAILLOCHEAU, 1980 ; MERCERON, 1985 ; GOUBERT, 1997 ; LATTEUX, 2005). L'étude de la distribution de la méio-macrofaune benthique par LE BRIS et GLEMAREC (1996) montre clairement que la zone de turbidité maximum s'étendait, en 1985, du barrage au Banc du Strado (estuaire intermédiaire), avec la colonisation du secteur occidental du Banc par des coques (*Cerastoderma edule*). Les données actuelles sur la répartition des *Cerastoderma edule* et des foraminifères benthiques associés semblent montrer que la zone de décantation des fractions fines est toujours centrée sur le banc du Strado (POULET, 2007).

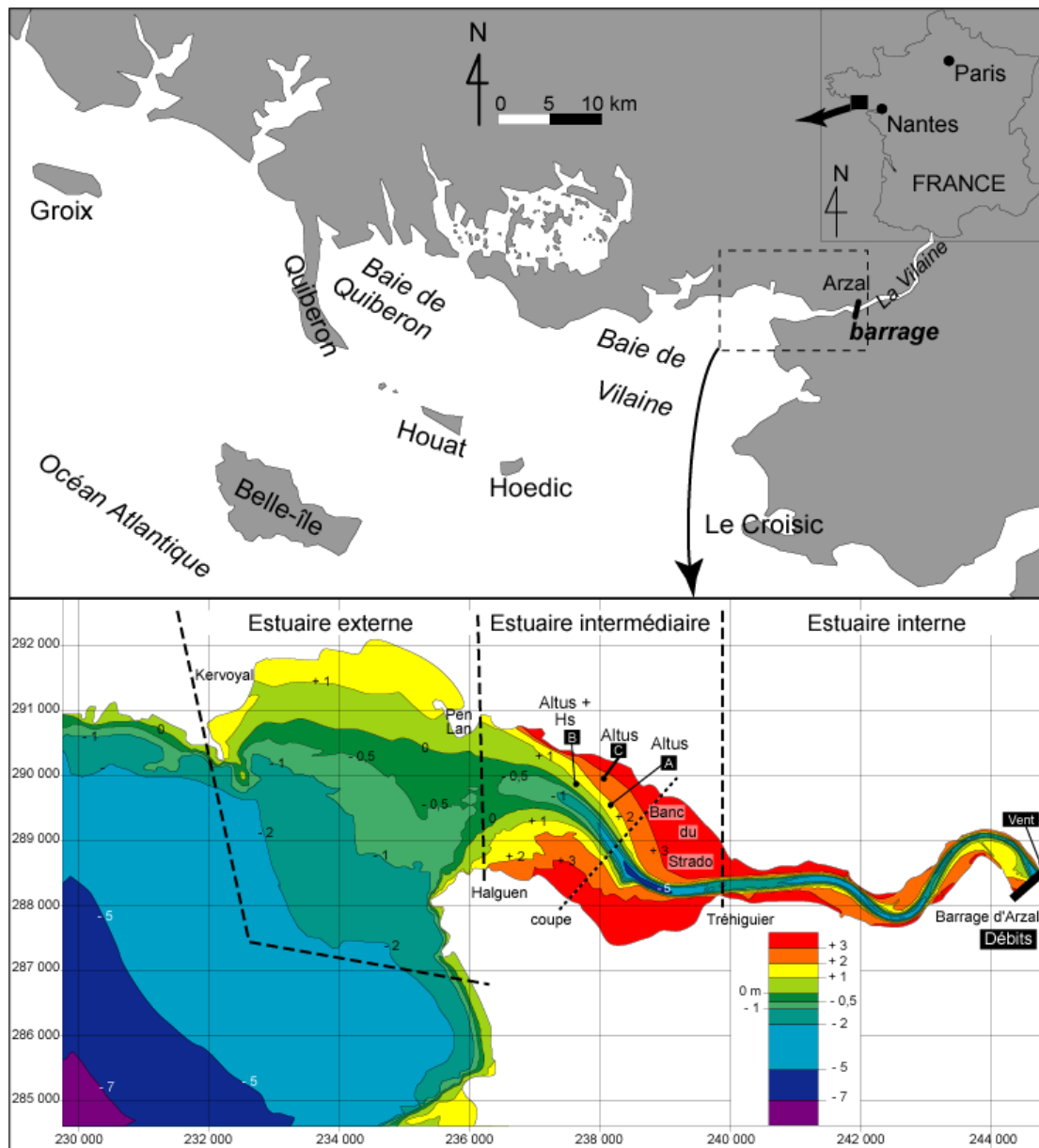


Figure 1. L'estuaire de la Vilaine : localisation, bathymétrie (2007) et plan de position des stations de mesure.

### 3. Matériels et méthodes

#### 3.1 Données bathymétriques de 1820 à 2007

De 1820 à 2007, les données de douze relevés bathymétriques sont disponibles. Les relevés ont été acquis au plomb suiffé, puis au sondeur à 200 kHz et 33 kHz. Les données ont été traitées sous MapInfo/Vertical Mapper (GOUBERT & MENIER, 2005), puis sous MIKE afin de réaliser des coupes sériées, le calcul des soldes sédimentaires et des cartes en isopaques.

*Utilisation de données altimétriques (Altus) dans la caractérisation de climats hydrodynamiques contrôlant le fonctionnement hydrosédimentaire d'une vasière intertidale : cas de l'estuaire de la Vilaine (Bretagne, France) : 6.5*

### 3.2 Suivis altimétriques et données connexes

Du 7 novembre 2007 au 7 mai 2008, trois systèmes Altus (JESTIN *et al.*, 1998) ont mesuré les variations altimétriques de la vasière intertidale septentrionale (figure 1) et la hauteur de la tranche d'eau. Ce dispositif est composé d'un transducteur qui émet une onde à 2 MHz qui permet d'estimer la distance entre la base du transducteur et l'interface eau/sédiment avec une précision de  $\pm 2$  mm. Les Altus A et C ont enregistré ces données toutes les 2 minutes. L'Altus B a été programmé pour calculer les hauteurs significatives des vagues (une mesure du niveau de la surface de l'eau toutes les 0,5 seconde pendant 4 min 40, reprise 15 min plus tard). Suite à une panne, cet Altus a dû être démobilisé le 30 décembre et réinstallé le 24 janvier.

Toutes les 2 à 3 semaines, un suivi terrain était effectué pour décrire l'état de la vasière et décharger les données des Altus. Les trois Altus sont disposés en triangle de 500 m de côté, de manière à définir deux gradients : un gradient amont/aval (Altus A, C et B) et un gradient altimétrique du chenal vers la côte avec l'Altus B, le A et le C.

Différentes données complémentaires, mesurées au barrage d'Arzal, ont été utilisées pour caractériser l'état hydrodynamique de l'estuaire (figure 1) : les volumes évacués par heure (exprimés en débit horaire en  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ), la vitesse et la direction du vent, moyennées sur 10 min.

## **4. Résultats et interprétations**

### 4.1 Evolution de la bathymétrie de 1820 à 2007

La comparaison des relevés de 1820 et 1960 (LATTEUX, 2005) montre que selon les secteurs, l'estuaire est caractérisé par un exhaussement global des fonds de 1 à 4 m, avec l'exhaussement maximal de 4 m observé au niveau de la vasière septentrionale (Banc du Strado). Sur la période, de 1960 (carte bathymétrique figure 2) à 2003, les calculs des soldes sédimentaires, entre chaque suivi bathymétrique, révèlent que dans la zone estuarienne interne et intermédiaire, 16 millions de  $\text{m}^3$  ont comblé l'estuaire en 30 ans environ (figures 3 et 5). Depuis le début des années 1990, entre 1 et 2 millions de  $\text{m}^3$  de sédiments sont érodés/déposés respectivement au niveau principalement du chenal/des vasières, en fonction des périodes de crues (janvier 1995), de tempêtes (décembre 1999 et décembre 2000) ou de calme (de 2001 à 2007). En ce qui concerne le Banc du Strado, l'exhaussement maximum s'observe dans sa partie amont (figure 3) et le long du chenal (figure 4). Entre le relevé de 1960 et celui de 2003 (figures 3, 4 et 5), l'exhaussement le long du chenal est de 1 m, en aval, et de 6 à 7 m, en amont. Entre chaque relevé de 1992 à 2007, le Banc du Strado montre soit une morphologie stable lors des épisodes globalement érosifs (crues et tempêtes), soit des exhaussements de 40 cm maximum lors des épisodes calmes (figure 5).

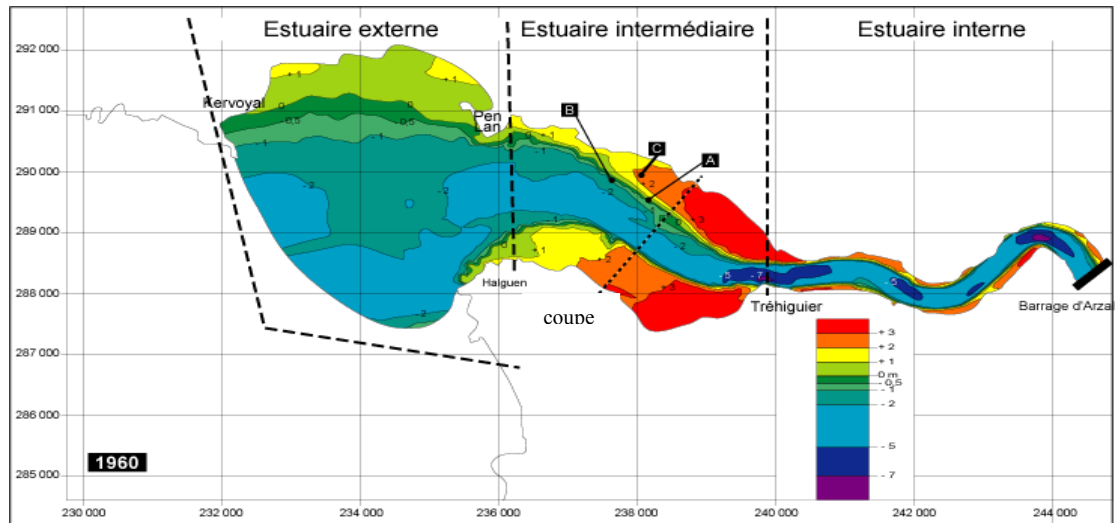


Figure 2. Carte bathymétrique de 1960 (même échelle verticale que sur la figure 1).

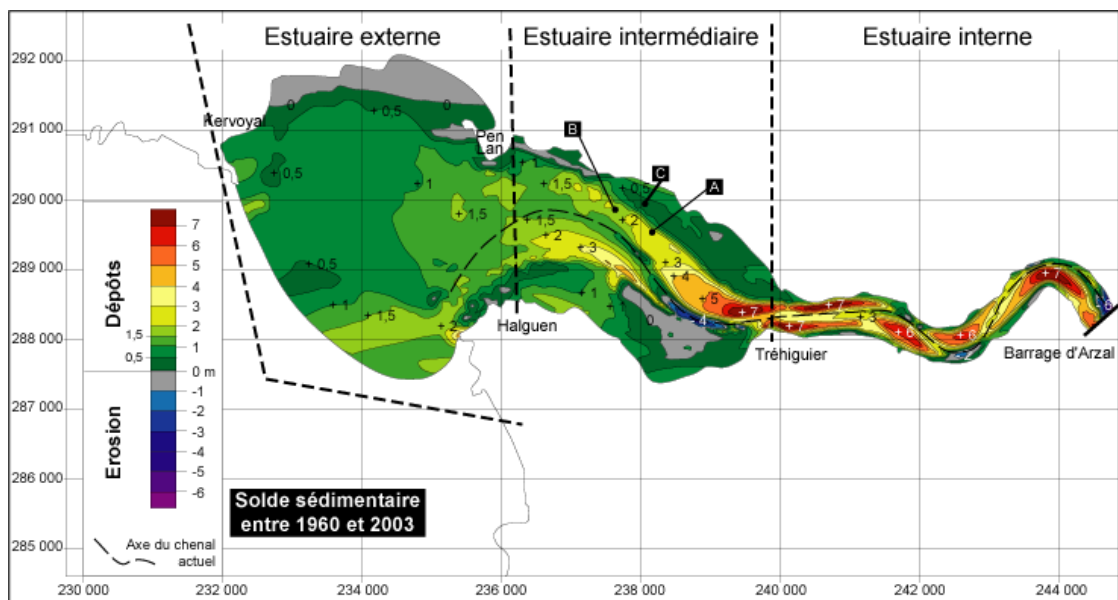


Figure 3. Solde sédimentaire entre 1960 et 2003 représenté par des isopaques.

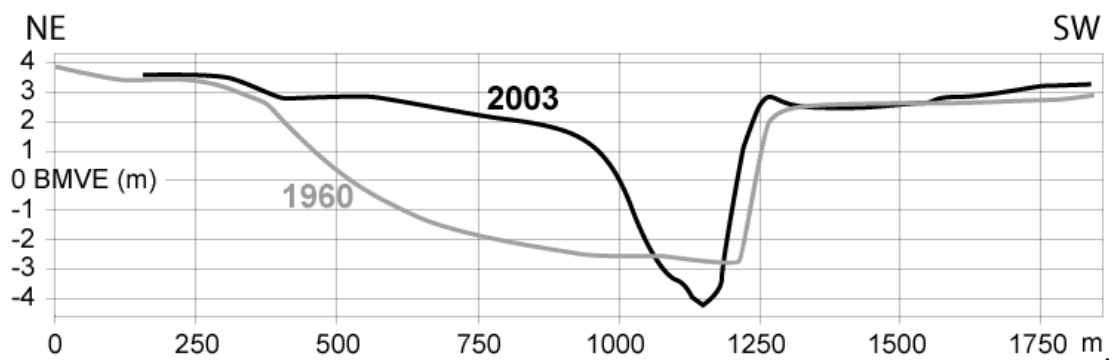
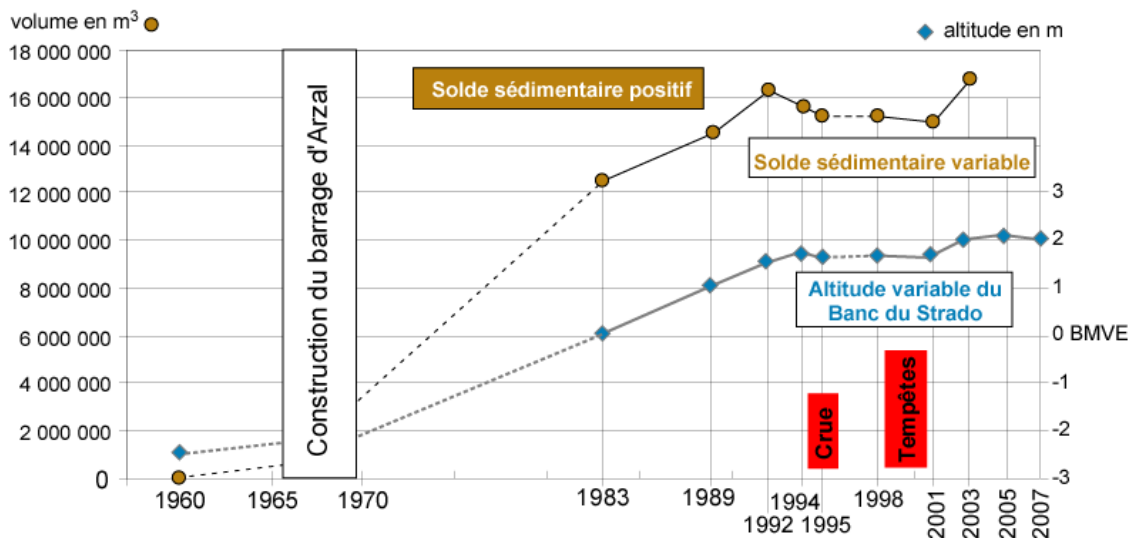


Figure 4. Evolution en coupe du Banc du Strado entre 1960 et 2003 (coupe localisée sur les figures 1 et 2).

*Utilisation de données altimétriques (Altus) dans la caractérisation de climats hydrodynamiques contrôlant le fonctionnement hydrosédimentaire d'une vasière intertidale : cas de l'estuaire de la Vilaine (Bretagne, France) : 6.7*



*Figure 5. Evolution des soldes sédimentaires calculés pour les secteurs interne et intermédiaire (d'après ERAMM-RIVAGES, 1995 et GOUBERT & MENIER, 2005) et évolution de l'altitude du Banc du Strado (secteur des Altus).*

Les données sur la période antérieure à la construction du barrage indiquent que l'estuaire de la Vilaine était un environnement sédimentologiquement actif avec un taux d'exhaussement des fonds du Banc du Strado de 4 m en 140 ans. Depuis la construction du barrage, ce même secteur du Banc du Strado montre un exhaussement maximum dans sa partie amont de 5 à 7 m en 40 ans environ. Globalement, les résultats semblent indiquer que l'estuaire a atteint un équilibre morphodynamique depuis 1990 environ, avec des phases d'érosion dues aux épisodes de crues et de tempêtes. En revanche, le secteur du Banc du Strado, siège d'une accrétion à un rythme variable, montre qu'il y a encore de l'espace disponible dans l'estuaire de la Vilaine et qu'il est important de caractériser ses variations morphologiques en fonction des conditions hydrodynamiques.

4.2 Evolution de la vasière intertidale septentrionale (Banc du Strado) du 7 novembre 2007 au 4 avril 2008 : altimétrie et état de surface en fonction des climats hydrodynamiques

Après une phase relativement stable (du 8 au 30 novembre), l'ensemble de la zone est marquée par une intense phase d'érosion du 1<sup>er</sup> au 12 décembre (figure 6a). Cette phase d'érosion est caractérisée par une suite de trois coups de vents d'Ouest (figure 6c), successivement, de 20 m s<sup>-1</sup>, 18 m s<sup>-1</sup> et 23 m s<sup>-1</sup>, ayant entraîné des Hs (figure 6b), respectivement, de 40 cm, 30 cm et 50 cm. La vasière proximale (Altus C) est la plus atteinte, avec une érosion de 10 cm, alors que les deux autres Altus A et B, plus proches du chenal, n'ont enregistré qu'une érosion de 6 cm.

Après ce premier épisode d'érosion, les données fragmentaires de l'Altus B du bord du chenal montrent globalement une tendance à l'engraissement, avec un dépôt d'environ 20 cm jusqu'au 5 avril. Ainsi, au cours de ces 6 mois, le bord du chenal (Altus B) montre un exhaussement des fonds d'environ 16 cm, avec un différentiel de dépôt maximum de 24 cm entre le 11 décembre et le 15 avril.

Après la première phase d'érosion, les deux autres Altus ont évolué de manière similaire ou opposée, selon leur localisation géographique et les conditions hydrodynamiques. Après le 10 décembre, une phase de dépôt débute par quelques jours de relative stabilité, sans décantation, vraisemblablement due aux forts débits du barrage (figure 6d). Par la suite, les débits diminuant et les coefficients de marée descendant, les matières remises en suspension commencent à décanter. Cette décantation est interrompue fin décembre par deux coups de vent d'Ouest et du Sud provoquant un épisode érosif qui va faire apparaître un modelé en seillons/banquettes (SB) parallèles, symétriques, d'une largeur de 30 à 50 cm, d'une profondeur de 10 à 20 cm, orientés perpendiculairement aux courbes bathymétriques et dissociés des réseaux d'écoulement superficiel (GOULEAU *et al.*, 2000 ; WHITEHOUSE *et al.*, 2000 ; WILLIAMS *et al.*, 2008 ; CARLING *et al.*, 2009). A l'issue de cet épisode érosif, l'Altus A était au-dessus d'un seillon et l'Altus C au-dessus d'une banquette. A partir de janvier 2008, une succession de coups de vent de secteur Sud à Ouest, se traduit globalement par l'érosion de la vase avec une alternance de dépôt et d'érosion de vase très fluide dans les seillons (Altus A) alors que les banquettes vont être légèrement rabotées (Altus C). Parallèlement, le secteur de l'Altus B (bord du chenal non atteint par le système SB) a enregistré un dépôt de vase fluide de 6 cm d'épaisseur. Cette phase (janvier), caractérisée par des vents soutenus, principalement d'Ouest et des forts débits, se termine par un double coup de vent d'Ouest début février qui entraîne une phase érosive. Cette phase d'érosion se traduit par la disparition du système SB et par la formation d'une surface plane sur l'ensemble du secteur. Suite à cette phase, les vents tournent au secteur Est et les MES vont se décanter sur l'ensemble de la zone au début du mois de février, pendant la période de déchet. Au cours de la fin du mois de février, la conjonction vents faibles et revif semble se traduire par un taux de dépôts plus faible qu'en période de vents d'Est et de déchet. Du 28 février au 9 mars, les SB réapparaissent, mais à une altitude supérieure à celle de fin décembre. Ce système en SB est effacé par la tempête du 10 mars (vent de  $25 \text{ m s}^{-1}$ ) qui a érodé fortement la vase (6 à 8 cm). Enfin, du 13 mars au 2 avril, le même climat hydrodynamique que celui du mois de janvier a régné sur l'estuaire : succession de coups de vent de Nord-Ouest à Sud-Ouest et de vitesse moyenne. L'altitude globale de la vase diminue, avec une succession de cycles : dépôt de 1 à 2 cm de vase fluide pendant les jours calmes puis érosion 2 à 3 cm au cours des coups de vent. A la différence du mois de janvier, cet épisode se déroule sur une vase plane (variations similaires des Altus A et C), alors qu'en janvier il s'agissait d'un système SB (variations opposées des Altus A et C).



*Utilisation de données altimétriques (Altus) dans la caractérisation de climats hydrodynamiques contrôlant le fonctionnement hydrosédimentaire d'une vasière intertidale : cas de l'estuaire de la Vilaine (Bretagne, France) : 6.9*

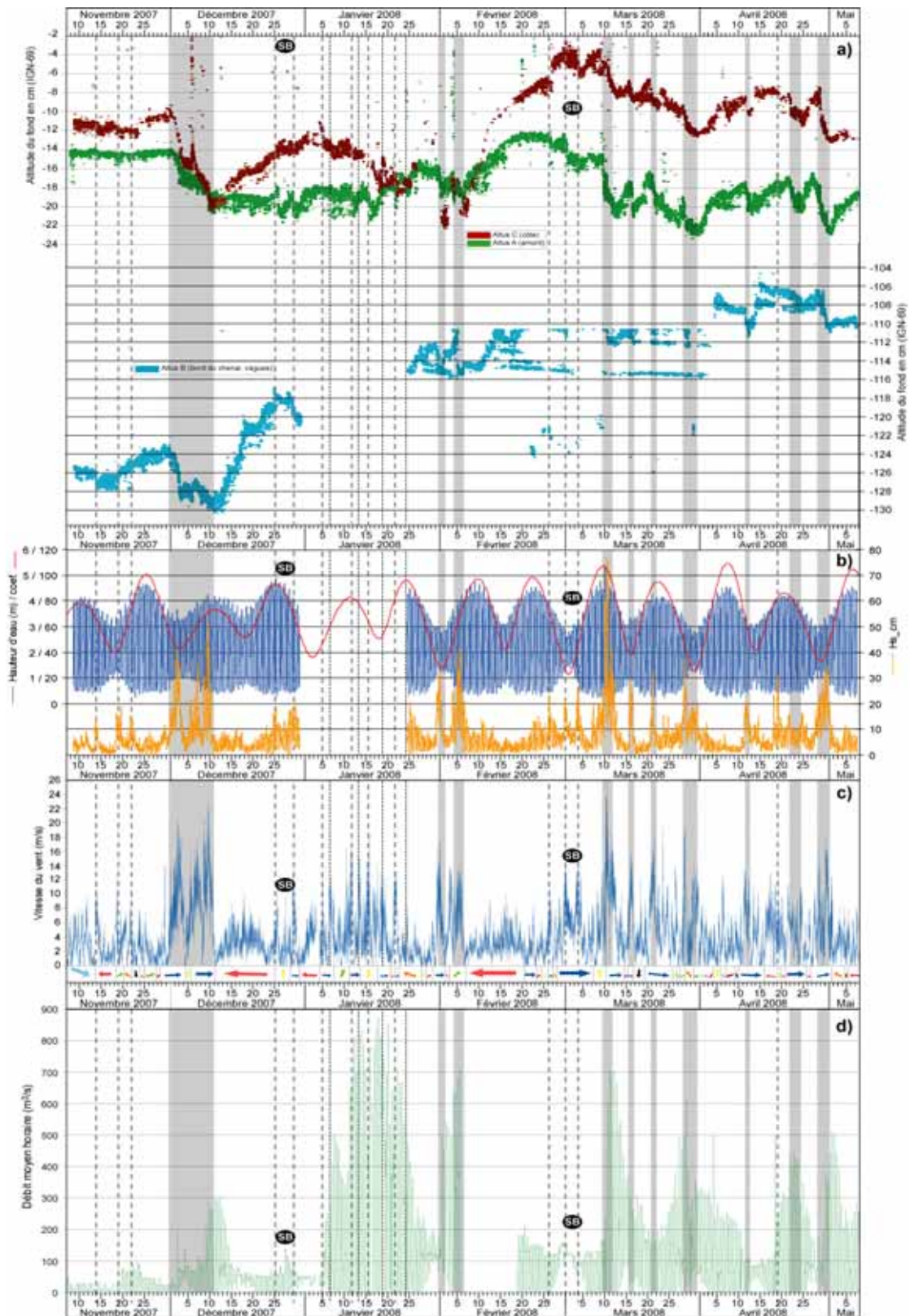


Figure 6. Suivis hydrosédimentaires de l'estuaire de la Vilaine du 7 novembre 2007 au 4 avril 2008. (fond gris : phase d'érosion ; SB : seillons et banquettes).

Du 3 au 29 avril 2008, les trois Altus montrent une tendance au dépôt interrompue par deux épisodes d'érosion associés à deux coups de vent d'Ouest modéré. Le climat hydrodynamique du mois d'avril est caractérisé par des coups de vents d'Ouest moins nombreux et moins forts qu'au cours du mois de mars. Ainsi, la durée des périodes caractérisées par des vents d'Est augmente progressivement. Cette variation de climat hydrodynamique se traduit par une légère tendance au dépôt interrompue par deux épisodes d'érosion. Cette tendance au dépôt est stoppée par un coup de vent d'Ouest de 14 à 16 m s<sup>-1</sup> du 28 au 30 avril 2008 : les trois Altus ont enregistré une érosion de 4 à 7 cm.

Les phases d'érosion surlignées en gris sur la figure 6 sont associées aux tempêtes et aux coups de vents d'Ouest, et parfois aux forts débits enregistrés au barrage d'Arzal. Les durées et les intensités des phases érosives semblent être augmentées lorsqu'il s'agit de coups de vents d'Ouest associés à une période pluvieuse se traduisant rapidement par de forts débits. A l'inverse, lorsque les coups de vents ne sont pas accompagnés de forts débits, la durée et l'intensité de l'érosion sont plus faibles (exemple des deux coups de vents successifs des 16 et 22 mars).

## 5. Discussion

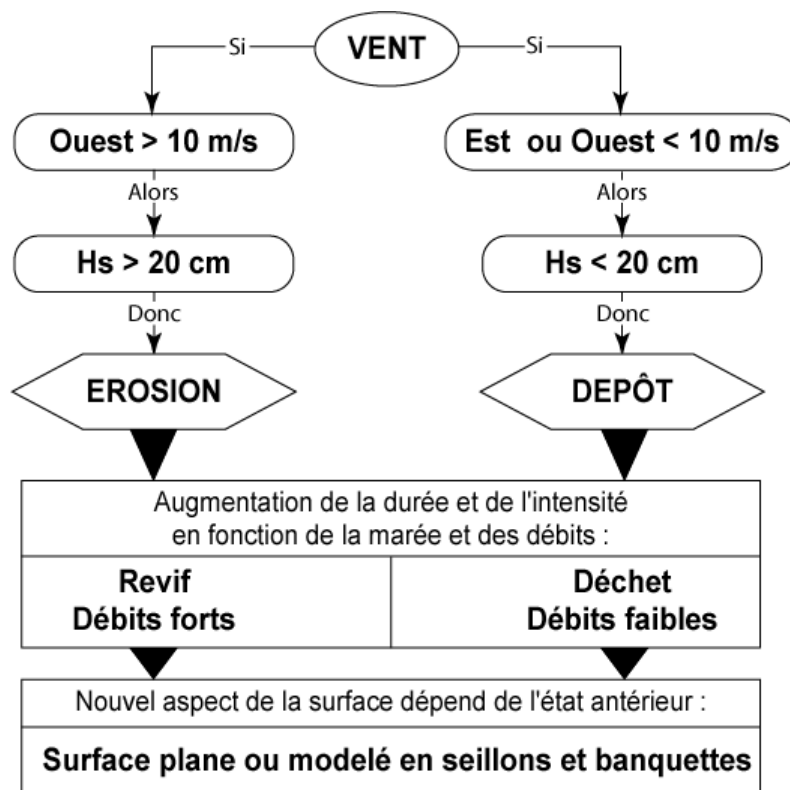
Le suivi altimétrique par la méthode Altus de la vasière intertidale septentrionale, associé à l'étude faciologique de la surface, a permis la quantification des dépôts et des érosions au cours d'une période hivernale caractérisée par une succession de tempêtes et coups de vent d'orientations variables et de vitesses supérieures à 10 m s<sup>-1</sup>, qui représentent 6,3% du temps, par rapport à 2,7% du temps pour une période hivernale moyenne. Il a été ainsi possible de préciser les relations entre le vent, les hauteurs significatives des vagues et la dynamique sédimentaire.

A chaque coup de vent d'Ouest de plus de 10 m s<sup>-1</sup>, quelles que soient les autres conditions, l'agitation du plan d'eau ( $H_s > 20$  cm) entraîne une phase d'érosion dont l'ampleur verticale et horizontale dépend de la vitesse du vent, des conditions de marée, des débits et de l'état de surface de la vasière (figure 7). Le devenir des matières remises en suspension dépend de l'ensemble des conditions hydrodynamiques. Si l'on est en phase de revif, les matières en suspension vont décanter moins rapidement ou être transportées hors de la vasière. Si les débits sont importants, les matières en suspension seront expulsées de l'estuaire.

A l'opposé, lors d'épisodes de vents d'Est ou de vents faibles de secteur Ouest, l'agitation du plan d'eau est faible ( $H_s < 20$  cm) et la tendance est à l'engraissement de l'ensemble de la vasière (figure 7).

Dans les deux cas, les conditions de marée et de débit semblent moduler la durée et l'ampleur des phases d'érosion et de dépôt : l'épaisseur érodée sera d'autant plus importante que l'on est en période de revif et/ou de forts débits, à l'inverse, l'épaisseur érodée sera plus faible si l'on est en période de déchet et/ou de faibles débits (figure 7).

De plus, le nouvel aspect de la vasière est différent selon l'état antérieur de la vasière : surface plane ou modelé en seillons et banquettes (figure 7). Ainsi, l'impact d'une même série de climat hydrodynamique dépendra du passé morphologique de la vasière. Le rôle majeur du vent s'observe dans les estuaires de taille similaire à celui de la Vilaine (GUILLEN *et al.*, 2006). Alors que dans d'autres estuaires, les débits fluviaux ou les courants de marée sont dominants (DELOFFRE *et al.*, 2007).



*Figure 7. Synthèse de l'enchaînement et de l'impact des climats hydrodynamiques sur l'altitude de la vasière intertidale de l'estuaire de la Vilaine.*

Les ordres de grandeur des variations altimétriques de la vasière intertidale de la Vilaine sont les suivants : sur l'ensemble de la période étudiée, la vasière a été érodée de 6 à 11 cm lors de la première tempête de décembre 2007 et de 4 à 6 cm lors de la tempête de mars 2008. Pour les taux de sédimentation, ils ont atteint 26 cm en quatre mois pour l'Altus B et 16 cm au cours du mois de février pour l'Altus C (côte). Ces taux sont supérieurs à ceux observés à Marennes-Oléron (BASSOULLET *et al.*, 2000). En revanche, ils sont comparables à ceux observés en Seine (DELOFFRE *et al.*, 2006), alors que la Seine a des dimensions géographiques et hydrodynamiques deux à dix fois supérieures à celles de l'estuaire de la Vilaine et des sédiments plus sableux.

Le modelé en seillons et banquettes semble être une caractéristique morphosédimentaire importante à prendre en compte dans la compréhension du fonctionnement des vasières intertidales de l'estuaire de la Vilaine. En effet, ce dispositif apparaît et disparaît en fonction des phases de dépôt et d'érosion et en fonction de l'altitude atteinte par la vasière. Ainsi, une phase d'agitation du plan d'eau, due à un coup de vent ou à une tempête, peut faire apparaître le dispositif SB à partir d'une surface plane, comme dans le cas des coups de vent de fin décembre et de début mars, ou bien faire disparaître le modelé SB comme dans le cas des coups de vent de début février et de fin mars.

D'après la littérature (GOULEAU *et al.*, 2000 ; WHITEHOUSE *et al.*, 2000 ; WILLIAMS *et al.*, 2008 ; CARLING *et al.*, 2009), le modelé en seillons et banquettes est considéré comme étant un paramètre important dans l'évolution altimétrique d'une vasière intertidale, mais les phases d'apparition/disparition successives ne semblent pas avoir été observées. D'après les données acquises sur le secteur du Banc du Strado, il semble qu'une phase d'érosion comme d'accrétion puisse conduire à la réactivation ou à la création des seillons et banquettes.

L'observation du fonctionnement de la vasière septentrionale indique que cette zone possède encore de l'espace disponible à la limite du chenal de navigation. Ainsi, à l'échelle globale des relevés bathymétriques, l'estuaire de la Vilaine semble avoir atteint un certain équilibre ; en revanche, à l'échelle des caractéristiques morphologiques du système vasière/chenal, il semble que la tendance soit toujours à l'aggradation conduisant à la progradation de la vasière nord vers le centre du chenal de navigation. Ainsi, à terme, la largeur et la profondeur du chenal de navigation peuvent encore se réduire dans la zone de l'embouchure, entraînant l'accroissement des difficultés de navigation.

## **6. Conclusion**

L'implantation du barrage d'Arzal en bloquant la remontée des eaux salées dans l'estuaire de la Vilaine, dont la dynamique sédimentaire était déjà localement très active, a accentué la vitesse de comblement de l'estuaire jusqu'au début des années 1990. Depuis, la tendance semble toujours être à l'engraissement, mais avec une vitesse moins grande.

Les données altimétriques, acquises sur la vasière intertidale septentrionale (Banc du Strado) et les données hydrologiques, ont permis de mettre en évidence les facteurs contrôlant la sédimentation actuelle. Des conjonctions de conditions hydrodynamiques ont ainsi pu être associées aux phases d'érosion ou de dépôt, apportant ainsi des informations pour caler et valider le modèle hydrosédimentaire de la Vilaine dans le cas de scénarios hydrodynamiques particuliers (conjonctions vent/Hs/débit/marée, vasière à surface plane, seillons/banquettes, couche de vase fluide). Le fonctionnement morphosédimentaire actuel de l'estuaire de la Vilaine est donc très fortement contrôlé par le vent. Les forts débits semblent entraîner soit l'augmentation de l'effet sur la

dynamique sédimentaire du vent et des Hs associées (érosion ou dépôt), soit le ralentissement ou l'arrêt de la décantation des matières en suspension. Les données actuellement disponibles ne permettent pas de dire si l'effet des débits peut s'opposer à l'effet du vent.

Cette première exploitation des données altimétriques, à l'échelle des six mois hivernaux de mesures, peut être complétée par une analyse des données, minute par minute, pour mieux comprendre l'enchaînement des événements : coup de vents, pic de Hs, comportement de la couche de surface lors d'une phase d'érosion en fonction des débits et de la marée. L'accent pourrait être mis sur la chronologie d'une phase d'érosion, par rapport aux modalités d'ouverture du barrage d'Arzal et aux débits engendrés. Cette analyse des données pourraient alors être utiles aux gestionnaires du barrage d'Arzal afin de mieux prendre en compte les conséquences des modalités d'ouverture du barrage sur la dynamique hydrosédimentaire de la partie estuarienne de la Vilaine.

### **Remerciements**

Ce travail a été effectué dans le cadre d'une convention d'étude entre l'Institution d'Aménagement de la Vilaine, le Danish Hydraulic Institut et l'Université de Bretagne Sud. Nous remercions Hervé Jestin, Philippe Bassoullet et Pierre Le Hir pour leurs précieux conseils sur les Altus et pour la mise à disposition de ces dispositifs.

### **7. Références bibliographiques**

- BASSOULLET P., LE HIR P., GOULEAU D., ROBERT S. (2000). *Sediment transport over an intertidal mudflat: field investigations and estimation of fluxes within the "Baie de Marenngres-Oléron" (France)*. Continental Shelf Research, 20, 12-13, pp 1635-1653. doi:10.1016/S0278-4343(00)00041-8
- BLACK K.S. (1998). *Suspended sediment dynamics and bed erosion in the high shore mudflat region of the Humber estuary, UK*. Marine Pollution Bulletin, 37, 3-7, pp 122-133. doi:10.1016/S0025-326X(98)00155-6
- CARLING P.A., WILLIAMS J.J., CROUDACE I.W., AMOS C.L. (2009). *Formation of mud ridges and runnels in the intertidal zone of the Severn Estuary, UK*. Continental Shelf Research, 29, 16, pp 1913-1926. doi:10.1016/j.csr.2008.12.009
- CUVILLIEZ A., DELOFFRE J., LAFITE R., BESSINETON C. (2009). *Morphological responses of an estuarine intertidal mudflat to construction since 1978 to 2005: The Seine estuary (France)*. Geomorphology, 104, 3-3, pp.165-174. doi:10.1016/j.geomorph.2008.08.010

- DALRYMPLE R.W., CHOI K. (2007). *Morphologic and facies trends through the fluvial-marine transition in tide-dominated depositional systems: a schematic framework for environmental and sequence-stratigraphic interpretation*. Earth-Science Reviews, 81, pp 135-174. doi:10.1016/j.earscirev.2006.10.002
- DELOFFRE J., LAFITE R., LESUEUR P., VERNEY R., LESOURD S., CUVILLIEZ A., TAYLOR J. (2006). *Controlling factors of rhythmic sedimentation processes on an intertidal estuarine mudflat. Role of the turbidity maximum in the macrotidal Seine estuary, France*. Marine Geology, 235, pp 151-164. doi:10.1016/j.margeo.2006.10.011
- DELOFFRE J., VERNEY R., LAFITE R., LESUEUR P., LESOURD S., CUNDY A.B. (2007). *Sedimentation on intertidal mudflats in the lower part of macrotidal estuaries: Sedimentation rhythms and their preservation*. Marine Geology, 241, pp 19-32. doi:10.1016/j.margeo.2007.02.011
- DYER K.R., CHRISTIE M.C., WRIGHT E.W. (2000). *The classification of intertidal mudflats*. Continental Shelf Research, 20, 10-11, pp 1039-1060. doi:10.1016/S0278-4343(00)00011-X
- ERAMM-RIVAGES (1995). *Etude de l'envasement de l'estuaire de la Vilaine*. Rapport Institution d'Aménagement de la Vilaine, 110 p.
- GOUBERT E. (1997). *Les Elphidium excavatum, foraminifères benthiques, vivant en baie de Vilaine d'octobre 1992 à septembre 1996*. Thèse de doctorat Université de Nantes, 2 vol., 310 p.
- GOUBERT E., MENIER D. (2005). *Evolution morphosédimentologique de l'estuaire de la Vilaine de 1960 à 2003 : Valorisation des campagnes bathymétriques*. Rapport Institution d'Aménagement de la Vilaine, 104 p.
- GOULEAU D., JOUANNEAU J.M., WEBER O., SAURIAU P.G. (2000). *Short- and long-term sedimentation on Montportail-Brouage intertidal mudflat, Marennes-Oléron Bay (France)*. Continental Shelf Research, 20, pp 1513-1530. doi:10.1016/S0278-4343(00)00035-2
- GUILLEN J., BOURRIN F., PALANQUES A., DURRIEU de MADRON X., PUIG P., BUSCAIL R. (2006). *Sediment dynamics during wet and dry storm events on the Têt inner shelf (SW Gulf of Lions)*. Marine Geology, 234, pp 129-142. doi:10.1016/j.margeo.2006.09.018
- JESTIN H., BASSOULLET P., LE HIR P., L'YAVANC J., DEGRES Y. (1998). *Development of ALTUS, a high Frequency acoustic submersible recording altimeter to accurately monitor bed elevation and quantify deposition or erosion of sediments*. Conference Oceans'98, vol.1/3, pp 189-194.
- KIRBY J.R., KIRBY R. (2008). *Medium timescale stability of tidal mudflats in Bridgwater Bay, Bristol Channel, UK: Influence of tides, waves and climate*. Continental Shelf Research, 28, pp 2615-2629. doi:10.1016/j.csr.2008.08.006
- LATTEUX B. (2005). *Estuaire de la Vilaine : Mission d'expertise sur la modélisation hydro-sédimentaire en milieu estuarien*. Rapport IAV [URL <http://www.lavilaine.com>].

*Utilisation de données altimétriques (Altus) dans la caractérisation de climats hydrodynamiques contrôlant le fonctionnement hydrosédimentaire d'une vasière intertidale : cas de l'estuaire de la Vilaine (Bretagne, France) : 6.15*

- LCHF (1960-1964). *Mission d'étude de la Vilaine - Barrage d'Arzal : Etudes sédimentologiques et hydrauliques*. Archives Institution d'Aménagement de la Vilaine.
- LE BRIS H., GLEMAREC M. (1996). *Marine end brackish ecosystems of South Brittany (Lorient and Vilaine Bays) with particular reference to the effect of the turbidity maxima*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 42, pp 737-753. doi:10.1006/ecss.1996.0047
- MAILLOCHEAU F. (1980). *L'envasement de l'estuaire de la Vilaine en aval du barrage d'Arzal*. DEA de Géologie Marine, Université de Nantes, 65 p.
- MERCERON M. (1985). *Impact du barrage d'Arzal sur la qualité des eaux de l'estuaire et de la baie de la Vilaine*. Rapport IFREMER DERO-86-06-EL, 31 p.
- NUSCIA TAÏBI A., BARRY M.E.H., JOLIVEL M., BALLOUCHE A., OULD BABA M.L., MOGUEDET G. (2007). *Enjeux et impacts des barrages de Diama (Mauritanie) et Arzal (France) : des contextes socio-économiques et environnementaux différents pour de mêmes conséquences*. *Noréis*, 203, 2, pp 51-66.
- POULET P. (2007). *Etude de certains aspects biosédimentaires de l'estuaire de la Vilaine*. Rapport Institution d'Aménagement de la Vilaine, 30 p.
- WHITEHOUSE R.J.S., BASSOULLET P., DYER K.R., MITCHENER H.J., ROBERTS W. (2000). *The influence of bedforms on flows and sediment transport over intertidal mudflats*. *Continental Shelf Research*, 20, pp 1099-1124. doi:10.1016/S0278-4343(00)00014-5
- WILLIAMS J.J., CARLING P.A., AMOS C.L., THOMPSON C. (2008). *Field investigation of ridge-runnel dynamics on an intertidal mudflat*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79, pp 213-229. doi:10.1016/j.ecss.2008.04.001

6.16 : *Revue Paralia – Vol. 3 (2010)*