

**Synthèse des données sédimentaires  
du banc de Lamouroux (baie de Marennes-Oléron)**

**Travaux bathymétriques et sédimentologiques**

**Serge ROBERT et Philippe GEAIRON**



Mars 2013



<b>Numéro d'identification du rapport :</b>		<b>date de publication :</b> 2013
<b>Diffusion :</b> libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> interdite <input type="checkbox"/>		<b>nombre de pages :</b> 43
<b>Validé par :</b> Anne PANTET, PR Université du Havre		<b>bibliographie :</b> oui
		<b>illustrations :</b> oui
		<b>langue du rapport :</b> français
<b>Titre et sous-titre du rapport</b>		
Synthèse des données sédimentaires du banc de Lamouroux (baie de Marennes-Oléron) - Travaux bathymétriques et sédimentologiques		
<b>Titre traduit</b>		
Synthesis of sedimentary data of the Lamouroux bench (Marennes-Oléron Bay) - Bathymetric and sedimentological studies		
<b>Auteurs principaux</b>	<b>Organisme / Direction / Service, laboratoire</b>	
S. Robert & P. Geairon	Laboratoire Environnement-Ressources des Pertuis Charentais (LER PC L'Houmeau)	
<b>Collaborateur(s) :</b>	<b>Organisme / Direction / Service, laboratoire</b>	
<b>Résumé</b>		
<p>Du fait de sa position géographique significative au sein de la baie de Marennes-Oléron et de son intérêt économique (gestion pertinente car 'raisonnée' des parcs à élevages d'huîtres en fin de croissance avant commercialisation), le très productif banc de Lamouroux a été alors considéré depuis une dizaine d'années comme zone-atelier par l'Ifremer. Il a fait l'objet de différents travaux, notamment du point de vue sédimentaire par deux études, quoique menées séparément, mais dont le but commun est de mieux appréhender les phénomènes d'envasement des parcs, le rapprochement final constituant l'objectif de la présente synthèse. La première étude, constituée de relevés bathymétriques annuels ou bisannuels sur la période 2005-2011, a permis d'appréhender : (i) l'évolution bathymétrique du banc sous influence ostréicole ; (ii) le budget sédimentaire résultant et (iii) les conséquences de l'exhaussement pour l'accès aux parcs. La seconde étude, composée de mesures et analyses sédimentologiques à haute fréquence du fond et de l'interface en 2007-2008 (période exceptionnelle à fortes tempêtes hivernales), a conduit à différents résultats concernant : (i) la caractérisation des variations altimétriques de l'interface en fonction des facteurs hydrodynamiques locaux et de la présence des tables ostréicoles ; (ii) la mise en évidence des variations saisonnières de la composition texturale des sédiments de surface et la détermination de l'origine de ces variations ; enfin, (iii), l'évaluation du volume des dépôts générés par les huîtres et leur part dans la sédimentation globale du banc.</p> <p>De cette synthèse, il se déduit que la dynamique sédimentaire résultante concernant la zone étudiée soumise à l'influence des élevages est multi-factorielle, caractérisée par des phénomènes d'érosion et/ou de dépôt des formations du banc. Mis en évidence par les variations altimétriques des fonds, conduisant à un exhaussement moyen résultant de l'ordre de trois-quarts de mètre en 6 ans et localisés surtout au niveau des tables, ces processus dynamiques sont corrélés avec la composition sédimentologique variée, voire complexe, de ces dépôts, caractérisée par leur évolution morphosédimentaire pluriannuelle, montrant qu'elle n'est pas seulement due par les biodépôts issus des huîtres, alors que par ailleurs l'agitation locale est un facteur dominant : ainsi, l'hydrodynamisme lié aux vagues a un rôle majeur de "chasse" des sédiments fraîchement déposés, surtout en période de tempêtes, les mouvements de l'interface sableux étant ainsi contrôlés uniquement par l'hydrodynamisme local, ceci hors période d'exploitation.</p> <p>Enfin, la présente étude permet de fournir aux professionnels des informations sur l'état de recouvrement et découverture de leurs installations en fonction de la position géographique de ces dernières, des coefficients de marée et de l'évolution bathymétrique des fonds.</p>		

**Abstract**

Because of its significant geographic position within the Bay of Marennes-Oleron and its economic interest due to the successful management of the settled oyster beds at a late stage prior to shellfish commercialization, the very productive Lamouroux bench was considered a decade as a workshop zone by Ifremer. Different works were run, among them two ones in sedimentary field whose the common goal was to better understand phenomena of silting of the oyster beds. The first study, consisting of annual or biennial bathymetric surveys during 2005-2011 period, was used to characterize : (i) the bathymetric evolution of the bench under oyster influence ; (ii) the resulting sediment budget and (iii) the consequences of the bottom raising for access to parks. The second study, composed of high frequency measures and sedimentological analyses of the bottom and the interface during 2007-2008 period, has led to different results concerning : (i) the characterization of elevation changes in the interface based on the local hydrodynamic factors and the presence of oyster tables; (ii) the highlighting of seasonal variations of the textural composition of surface sediment and the determination of these changes origin ; (iii), the assessment of the sediment budget from deposits generated by oysters and their part in overall sedimentation of bench.

The present synthesis establishes that the resultant sediment dynamics on the study area is multifactorial and characterized by phenomena of erosion and/or deposition of formations on the Lamouroux bench. The bottom elevation changes lead average rises of approximately three-quarters of a meter height in 6 years. The dynamic processes are correlated with some complex sedimentological compositions and the deposits are characterized by their multi-year morphological change, showing that the sediment dynamic main cause is not oyster biodeposition, but local roughness : so, wave hydrodynamics has a function of freshly deposited sediments "hunting", especially in storm period, and controls the movements of the sandy interface, except operating times.

At last, this study provides professionals information on the oyster beds up/off covering state in function of geographical location of them, tidal coefficients and bottoms bathymetric changes.

L'ensemble des travaux présentés dans cette synthèse a été réalisé dans le cadre du projet Ifremer « Développement Durable de la Pêche et de la Conchyliculture dans les Pertuis Charentais » financé par la Région Poitou-Charentes, *via* le Contrat Plan Etat-Région DD-PC, et le FEDER.

**Citation**

Robert S. & P. Geairon, 2013. Synthèse des données sédimentaires du banc de Lamouroux (baie de Marennes-Oléron) - Travaux bathymétriques et sédimentologiques. Ifremer, L'Houmeau. 43 p.

<http://archimer.ifremer.fr/doc/00118/22936/>

## SOMMAIRE

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>8</b>
<b>2. ÉTUDE BATHYMÉTRIQUE .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Matériels et méthodes .....</b>	<b>11</b>
2.1.1 <i>Stratégie d'échantillonnage .....</i>	<i>11</i>
2.1.2 <i>Acquisition et traitement des données .....</i>	<i>12</i>
<b>2.2 Résultats .....</b>	<b>12</b>
2.2.1 <i>Évolution bathymétrique du banc sous influence ostréicole .....</i>	<i>13</i>
2.2.2 <i>Budget sédimentaire résultant .....</i>	<i>18</i>
2.2.3 <i>Conséquences de l'exhaussement pour l'accès aux parcs .....</i>	<i>20</i>
<b>2.3 Conclusions .....</b>	<b>23</b>
<b>3. ÉTUDE SÉDIMENTOLOGIQUE .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Matériels et méthodes .....</b>	<b>25</b>
3.1.1 <i>Stratégie d'échantillonnage .....</i>	<i>25</i>
3.1.2 <i>Acquisition et traitement des données .....</i>	<i>26</i>
<b>3.2 Résultats .....</b>	<b>26</b>
3.2.1 <i>Conséquences de la présence des tables ostréicoles sur la sédimentation .....</i>	<i>26</i>
3.2.2 <i>Impact des tempêtes sur la stabilité des biodépôts .....</i>	<i>28</i>
3.2.3 <i>Évolution morpho-sédimentaire pluriannuelle du banc .....</i>	<i>33</i>
<b>3.3 Conclusions .....</b>	<b>36</b>
<b>4. CONCLUSION GÉNÉRALE .....</b>	<b>38</b>
<b>5. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>43</b>

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 – Carte des bancs ostréicoles du Bassin de Marennes-Oléron .....	8
Figure 2 – Cartes de ‘densités’ et du tonnage et de répartition par type d’élevage des huîtres commercialisables du banc de Lamouroux (année 2001) .....	9
Figure 3 – Stratégie d’échantillonnage bathymétrique du banc de Lamouroux .....	11
Figure 4 – Cartes bathymétriques du banc de Lamouroux pour les années 2005,2007, 2008, 2010 et 2011 .....	13
Figure 5 – Représentation spatiale des exhaussements et érosions pour les périodes 2005-2007, 2007-2008, 2008-2010 et 2010-2011 .....	14
Figure 6 – Histogrammes de distribution des écarts de profondeurs pour les périodes 2005-2007 et 2008-2010 .....	15
Figure 7 – Représentation spatiale des zones cultivées en exhaussement et en érosion significatif pour les périodes 2005-2007, 2007-2008, 2008-2010 et 2010-2011 .....	16
Figure 8 – Juxtaposition du cadastre ostréicole sur les bathymétries réalisées du banc de Lamouroux pour les années 2005, 2007, 2008, 2010 et 2011 .....	17
Figure 9 – Représentation spatiale des budgets sédimentaires résultants du banc de Lamouroux entre 2005 et 2007 et entre 2007 et 2008 .....	18
Figure 10 – Représentation spatiale des budgets sédimentaires résultants du banc de Lamouroux entre 2008 et 2010 et entre 2010 et 2011 .....	19
Figure 11 – Coefficients de marée calculés pour les années 2005, 2007, 2008 et 2010 permettant le découvrément de chacune des parcelles ostréicoles du banc .....	20
Figure 12 – Histogrammes des coefficients de marée calculés pour chacune des années 2005, 2007, 2008, 2010 et 2011 sur le banc de Lamouroux .....	21
Figure 13 – Temps de recouvrement des parcelles pour 2008 et 2010 et différentiel 2008-2010 de ce paramètre due à l’évolution bathymétrique des fonds .....	21
Figure 14 – État de découvrément / recouvrement des parcelles ostréicoles selon les coefficients de marée (de 60 à 110) avec comparaison 2008 / 2010 .....	22
Figure 15 – Position du site de mesures hydro-sédimentaires et de prélèvements ....	25
Figure 16 – Variations des paramètres texturaux et rhéologiques des sédiments de surface à l’extrémité et sous une même table ostréicole en 2007-2008 .....	26
Figure 17 – Variations de la hauteur des sédiments à l’extrémité d’une table ostréicole et sous la même table en fonction de la hauteur des vagues .....	27
Figure 18 – Comparaison de l’aspect des sédiments de surface entre le 26/11/07 et le 12/12/07 sur le banc de Lamouroux .....	29

---

Figure 19 – Variations des paramètres hydrodynamiques et sédimentaires sur le banc entre le 30/11/07 et le 11/12/07 .....	30
Figure 20 – Variations des niveaux d'énergie acoustique de l'altimètre, permettant de déterminer la hauteur du sédiment, en fonction de la hauteur et de la fréquence des vagues, pour trois périodes distinctes .....	32
Figure 21 – Imagerie par radiographie X et profils verticaux des niveaux de gris, de la taille moyenne des particules et de l'activité du $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$ de la carotte prélevée sur la partie sud du banc .....	33
Figure 22 – Hauteurs significatives moyennes et mensuelles des vagues au large de l'île d'Oléron, simulées par le modèle WaveWatch III (NOAA), entre janvier 2005 et avril 2008, avec indication des relevés bathymétriques effectués .....	35
Figure 23 – Schématisation du cycle sédimentaire sur le banc de Lamouroux et de l'action des couches sédimentaires supérieures sur le drainage des eaux interstitielles des sédiments vaseux .....	39
Tableau 1 – Valeurs minimales, maximales et moyennes des profondeurs calculées des zones cultivées du banc pour les années 2005, 2007, 2008, 2010 et 2011 .....	18
Tableau 2 – Récapitulatif des bilans sédimentaires de 2005 à 2011 .....	19
Tableau 3 – Conséquences sédimentaires des 3 régimes de houle hivernaux étudiés	36

## 1. INTRODUCTION

Dans le cadre des travaux de ‘Synthèse des données sédimentaires des pertuis charentais’ en cours, le banc de Lamouroux s’avère être un sujet d’étude particulièrement intéressant, illustré d’ailleurs par le choix fait par Ifremer depuis plus de 6 ans de le considérer comme zone-atelier. En effet, sa position géographique centrale dans la baie de Marennes-Oléron et sa situation ‘en tête’ du coureau d’Oléron, ses caractéristiques sédimentaires en liaison avec les problèmes de gestion des parcs conduisant notamment à leur envasement, son occupation par les élevages d’huîtres en fin de croissance et les choix afférents à la bonne ‘pousse’ de ces dernières, etc. ont expliqué ce choix, permettant ainsi d’effectuer différents travaux sur les sédiments de ce banc ostréicole (fig. 1).

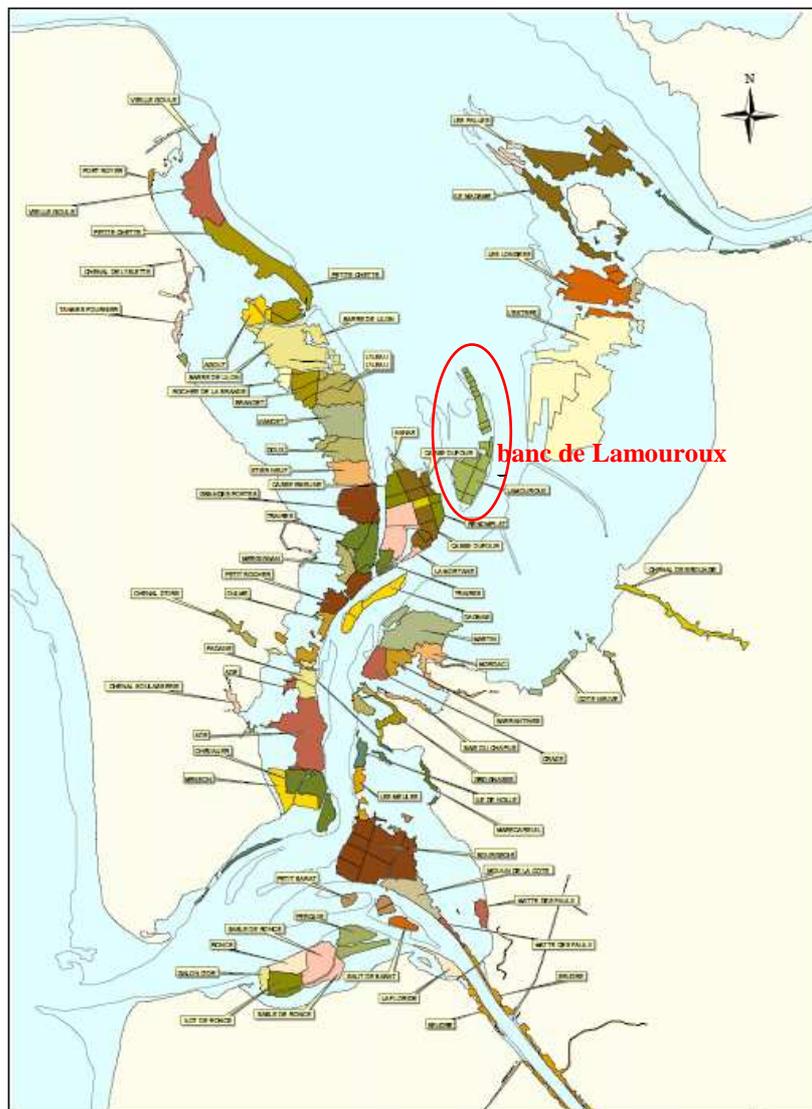


Fig.1 – Carte des bancs ostréicoles du Bassin de Marennes-Oléron [Geairon, 2006]

Le banc de Lamouroux, qui est en forme de 'cœur', s'étend sur 97 ha en superficie, et sur lequel sont implantées 670 concessions conchylicoles (Geairon *et al.*, 2011). L'étude de l'évaluation des stocks d'huîtres en surélevé commercialisables, réalisée en été 2001 sur l'ensemble du bassin de Marennes-Oléron (Le Moine *et al.*, 2002) montre que le banc de Lamouroux a produit 7881 tonnes d'huîtres sur une superficie légèrement plus grande (103,6 ha), avec un taux d'occupation du banc de 30%. Cette production représentait le quart du tonnage des huîtres commercialisables élevées en concessions sur l'ensemble du bassin, avec un "poids" net de 25,4 kg d'huîtres en moyenne par mètre carré occupé. La typologie de l'occupation moyenne de l'espace par banc se répartissait ainsi : 2% en longueur inoccupée, 0% en collecteurs (d'un an ou de deux ans et plus), 1% de poches d'un an et 97% de poches de 2 ans et plus (fig. 2). En effet, ce banc très productif est utilisé par les professionnels lors de la dernière phase de croissance des huîtres avant commercialisation.

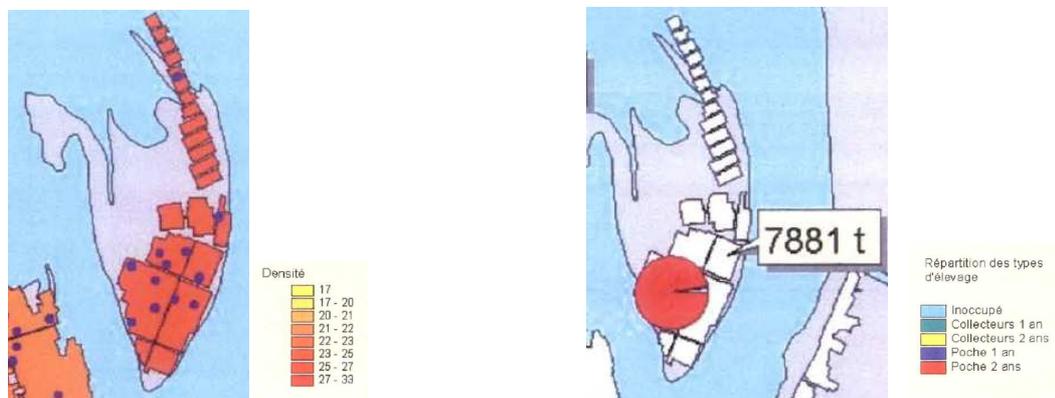


Fig.2 – Année 2001 : extraits des cartes de 'densités' (à gauche) et du tonnage et de répartition par type d'élevage (à droite) des huîtres commercialisables du banc de Lamouroux [Le Moine *et al.*, 2002]

Ce rendement annuel d'huîtres (de l'ordre de  $25 \text{ kg/m}^2$ ), constant sur ces dernières années et l'un des meilleurs du bassin de Marennes-Oléron, conduit à s'interroger sur le taux d'envasement de ce banc 'témoin' porteur d'huîtres en finition, ainsi que sur la nature et la dynamique des sédiments correspondants en terme d'érosion/dépôt et de transport. En effet, les relations entre le sédiment et les huîtres en élevage ont une double influence qualitative et quantitative sur la croissance des bivalves, notamment en termes d'alimentation et de sécrétion/excrétion (biodéposition).

Ainsi, la densité des populations phytobenthiques (micro-algues vivant sur le sédiment) constituant en grande partie la nourriture filtrée par les huîtres est liée à la saison et à la qualité du sédiment. De plus, il a été déduit des résultats du programme MOREST en 2005 que la proximité du sédiment est un facteur défavorable au rendement biologique (croissance/survie). En effet, l'envasement sous les parcs ostréicoles, du fait principalement des biodépôts, provoque un exhaussement du sol qui entraîne par effet 'domino' la diminution du temps de recouvrement des parcelles, puis celle du temps de filtrage des huîtres, ce qui impacte à son tour la productivité.

Ces objectifs relèvent de deux types de travaux : des relevés et traitements bathymétriques d'une part et des prélèvements, mesures et analyses sédimentologiques d'autre part, travaux qui ont été réalisés de fait séparément, le but de la présente synthèse étant d'en rapprocher les résultats.

## 2. ÉTUDE BATHYMÉTRIQUE

Les relevés bathymétriques ont été réalisés pour estimer l'exhaussement constaté et quantifier son impact sur les élevages. Ils ont consisté en des campagnes de levés réalisés en 2005, 2007, 2008, 2010 et 2011, ce qui a permis d'évaluer l'évolution altimétrique du fond dans le temps. Le banc de Lamouroux étant assujéti à une réglementation d'enlèvement des concessions, les élevages sont mis en place en juin et retirés en janvier de chaque année, d'où des périodes de travaux très précises. L'acquisition des données a été faite par géopositionnement différentiel et leur traitement par l'application d'un même traitement géostatistique.

### 2.1. Matériels et méthodes

#### 2.1.1. Stratégie d'échantillonnage

Afin de comparer les bathymétries acquises sur différentes périodes, il est indispensable de respecter préalablement une stratégie échantillonnage préétablie et homogène entre les différentes campagnes.

L'acquisition des données bathymétriques au-dessus du banc de Lamouroux a été effectuée au début du mois de mai pour les années 2005 et 2007, au milieu du mois de février pour l'année 2008, en avril pour l'année 2010 et en avril-mai pour l'année 2011. Les mesures ont été réalisées uniquement avant le début de garnissage des tables ostréicoles. La stratégie d'échantillonnage choisie couvre le banc et déborde largement de manière à prendre en compte les tombants des chenaux est et ouest (fig. 3). Elle demeure inchangée pour les campagnes ultérieures.



Fig.3 – Stratégie d'échantillonnage bathymétrique du banc de Lamouroux [Geaïron *et al.*, 2002]

### 2.1.2. Acquisition et traitement des données

Afin de qualifier les données de bathymétrie avec précision, l'évaluation des différentes incertitudes de mesures a été réalisée : les sources d'erreur possibles proviennent respectivement du sondeur hydrographique, du GPS différentiel et de la méthode d'interpolation des données (Massard, 2007). Une fois validé, le système de mesure a permis l'acquisition de données bathymétriques précises au niveau des bancs ostréicoles (Massard, 2008).

Ainsi, l'obtention de résultats satisfaisants à partir de ce couplage d'un sondeur hydrographique à pinceau étroit et d'un GPS différentiel nécessite, après la calibration du système d'acquisition, d'évaluer l'incertitude des mesures effectuées, concernant : (1) les corrections liées à la marée et de la houle ; (2) la mesure de la hauteur d'eau par le sondeur, ce qui implique l'évaluation des erreurs de mesures dues à la célérité et sa correction (*via* température, salinité et pression atmosphérique) et dues à la nature du fond et à la turbidité ; (3) la mesure altimétrique par le GPS différentiel, ce qui implique l'évaluation des erreurs de mesures dues à leur sensibilité aux paramètres extérieurs (satellites, effet de masque du paysage, conditions atmosphériques ...) et due à l'implantation de points GPS et enfin (4) l'interpolation des données, avec l'évaluation de l'erreur d'interpolation et l'optimisation de la stratégie d'échantillonnage. Suite aux travaux complémentaires effectués pour évaluer l'erreur du système complet (DGPS, sondeur, bateau et traitements), il s'en déduit que, dans la configuration adoptée pour l'ensemble des travaux, la précision du système DGPS est inférieure à 5 cm en altimétrie et qu'en comparant ces mesures aux résultats des interpolations, il est possible d'estimer l'erreur de mesure du système embarqué et des traitements informatiques : la valeur moyenne des écarts entre les deux sources de données est de 14 cm, qui est donc l'erreur maximale (Geiron *et al.*, 2011)

Si les outils géostatistiques utilisés sont conceptuellement robustes, le traitement des données nécessite non seulement d'estimer avec précision l'erreur liée à l'interpolation des données, mais également d'établir préalablement la "généalogie de la donnée" rencontrée dans toutes métadonnées (Curti *et al.*, 2011) : logiciels utilisés et outils associés, description détaillée des différentes chaînes de traitement, de l'acquisition des données bathymétriques à la réalisation du modèle numérique de terrain. La connaissance des différents matériels et les traitements et les choix méthodologiques, constitutifs des métadonnées, sont en effet nécessaires à l'interprétation et l'utilisation de la donnée.

## 2.2. Résultats

Les divers traitements sous SIG des données bathymétriques permettent d'obtenir différents types de représentations cartographiques qui, exportées au final sur une surface identique selon la même emprise, permettent de comparer les cartes entre elles selon les différentes années étudiées et d'en déduire l'évolution bathymétrique en termes d'exhaussement par accrétion et d'érosion par remise en suspension et transport.

Seules les parties occupées par des tables ayant été étudiées, il reste toutefois à préciser que la zone nord-ouest (fig. 1) du banc est composée de rides sableuses formées par les houles et les courants de direction NW-SE provenant du chenal ouest du coureau. Son

évolution bathymétrique n'est pas liée à la biodéposition des zones d'élevage et ne dépend donc que de l'hydrodynamisme septentrional.

Dans la suite du présent rapport, il ne sera alors examiné que les zones d'élevage de ce banc. Seront étudiés successivement :

- ✓ l'évolution bathymétrique du banc sous influence ostréicole ;
- ✓ le budget sédimentaire résultant ;
- ✓ les conséquences de l'exhaussement pour l'accès aux parcs.

### 2.2.1 Évolution bathymétrique du banc sous influence ostréicole

La compilation des données bathymétriques pour chaque année étudiée conduit aux résultats suivants sous forme de cartes établies sous SIG (fig. 4).

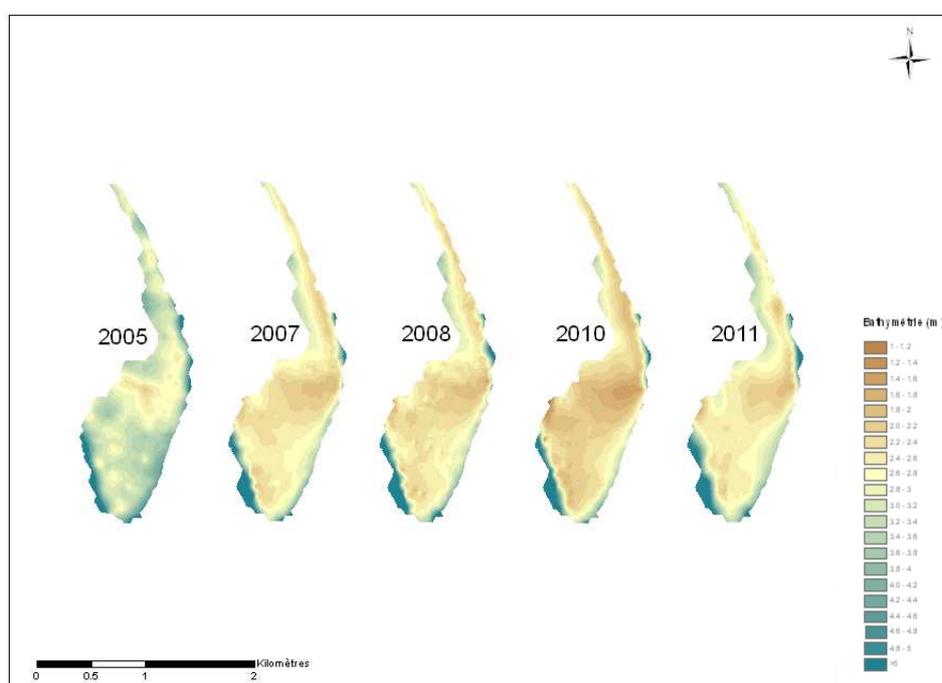


Fig.4 – Cartes bathymétriques du banc de Lamouroux pour les années 2005, 2007, 2008, 2010 et 2011

L'examen de ces cartes conduit à souligner les deux grandes phases suivantes : (1) une évolution bathymétrique très significative entre 2005 et 2007, avec un exhaussement général sur l'ensemble du banc, la partie centrale étant plus élevée et plus homogène en 2007, ceci sauf sur la frange sud-ouest qui se maintient à la même profondeur par rapport à 2005 ; (2) une *quasi* stabilité des fonds de 2007 à 2011, avec successivement dans la partie centrale du banc une légère accrétion entre 2008 et 2010, puis une légère érosion de même intensité entre 2010 et 2011.

Néanmoins, il est nécessaire de poursuivre cette analyse en mettant en évidence les processus d'accrétions et d'érosions par un traitement approprié (sous SIG) des variations bathymétriques mesurées. Par la suite, il s'agira d'étudier l'influence des zones d'élevage sur cette évolution au cours des 6 années de travaux.

Pour préciser les ordres de grandeurs des exhaussements et des érosions constatés, une série de cartes d'écart bathymétrique entre les différentes années étudiées a été établie (fig.5), permettant d'affiner les tendances présentées précédemment.

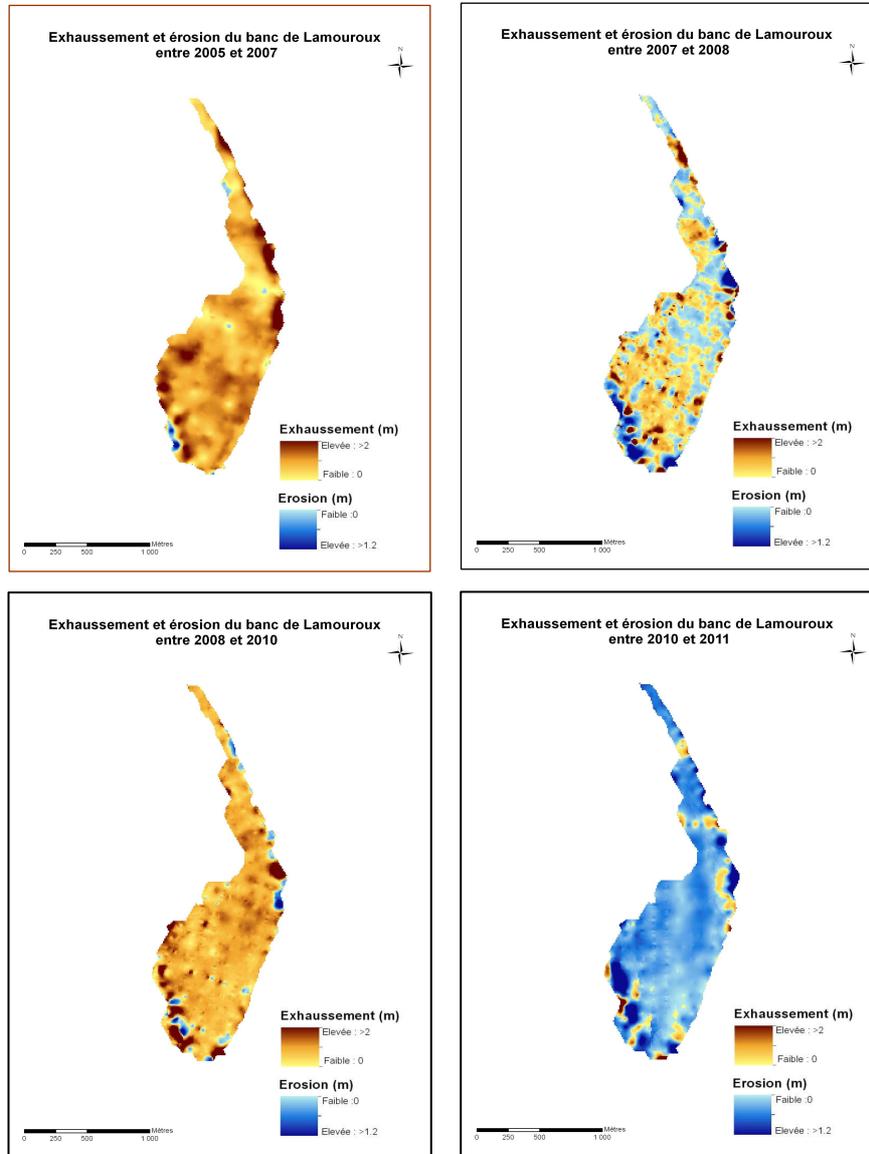


Fig.5 – Représentation spatiale des exhaussements et érosions pour les périodes 2005-2007 (*haut/gauche*), 2007-2008 (*haut/droit*), 2008-2010 (*bas/gauche*) et 2010-2011 (*bas/droit*)

Cette série de cartes montre la variabilité morphologique des fonds sous influence ostréicole, avec la mise en évidence de valeurs positives en couleurs bistres (accrétions) et de valeurs négatives en couleurs bleues (érosions). Il s'en déduit : (i) pour la période 2005-2007, un exhaussement significatif sur presque la totalité du banc, quelques points localisés sur la côte orientale du banc restant en érosion quoique de faible amplitude ; (ii) pour la période 2007-2008, une stabilisation sédimentaire relative, avec des zones érodées toutefois en plus grand nombre dans le nord et surtout dans l'extrême sud ouest du banc ; (iii) pour la période 2008-2010, un nouvel exhaussement relatif couvrant l'ensemble du

banc de Lamouroux et (iv) pour 2010-2011, apparemment, une tendance érosive sur l'ensemble du secteur, quoique avec des variations relativement faibles peu significatives.

Ainsi, globalement, la *quasi totalité* de la surface analysée est concernée par ce dépôt, soit 252,5 hectares sur 268. Seules, quelques zones situées au nord est et au sud du banc se sont creusées, mais ne représentent qu'un faible pourcentage de la surface du banc (environ 6 %).

Cette première étape concernant ces résultats bruts doivent être maintenant analysés et traités, en intégrant les différentes incertitudes relevées.

Ainsi, pour mieux préciser ces variations de cotes altimétriques, leur répartition a été représentée sous forme d'une série d'histogrammes de distribution des écarts (fig.6). Ce graphique indique des écarts variant de - 1,2 m à + 2 m environ, avec, chronologiquement selon les 4 périodes considérées, un mode centré successivement autour de 0,8 m, 0.2 m, 0.4m et - 0.15 m. Ainsi, l'histogramme en bleu, correspondant à la période 2005-2007, fait apparaître des écarts de profondeurs représentés variant de - 0,2 m à + 2 m environ, avec toutefois un mode centré autour de 0,8 m, la plus grande part des valeurs se situant d'ailleurs plutôt entre 0,4 et 0,8 m. L'histogramme en rouge, correspondant à la période 2007-2008, rend compte d'une relative stabilisation sédimentaire résultante puisque le mode, situé à 0,1-0,2 m, est équivalent à l'incertitude de mesure, cet exhaussement ne pouvant être pris pour significatif. L'histogramme en jaune, correspondant à la période 2008-2010, montre qu'à part quelques zones en bordure du banc l'exhaussement est relativement homogène sur l'ensemble du site, la majorité des valeurs se situant entre 0,2 et 0,4 m. Quant à l'histogramme en vert, correspondant à la dernière période étudiée (2010-2011), aucune déduction ne peut en être tirée, puisque le mode des écarts (en valeur absolue) est inférieur à l'incertitude de mesure.

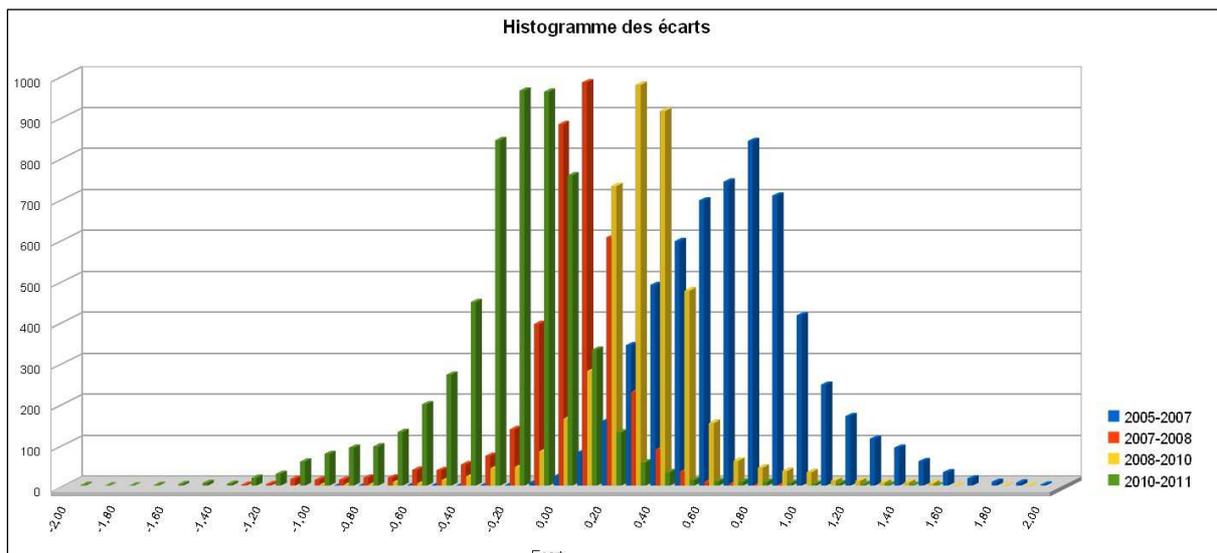


Fig.6 – Histogrammes de distribution des écarts de profondeurs (en mètres) pour les périodes 2005-2007, 2007-2008, 2008-2010 et 2010-2011

L'analyse des données issues de l'histogramme précédent va permettre à l'instar d'une grille de tamis de discriminer les valeurs significatives et de retenir ou non, suivant les années, les différentiels sédimentaires (exhaussements ou érosions). En effet, suite aux levés bathymétriques par bateau réalisés à la même période que les levés altimétriques DGPS effectués à pied à marée basse, l'incertitude de la mesure bathymétrique est estimée indirectement à l'aide d'un traitement spatial sous SIG, prenant en compte la précision altimétrique connue de 3 cm. La quantification des erreurs de mesure se faisant ainsi sous SIG par superposition des points acquis par DGPS sur une carte bathymétrique, dont la valeur de chaque pixel correspond à une valeur altimétrique : il est ainsi possible d'extraire pour chaque point 'DGPS' la valeur de la carte bathymétrique. Les statistiques sur les écarts de l'ensemble des points donnent une indication sur la précision globale du système, incluant les variations environnementales comme le tangage, le roulis, la houle, etc. Il s'en déduit que la moyenne des écarts est relativement faible puisqu'elle est de 11 cm, avec un écart-type un peu plus important, situé à 17 cm. L'erreur totale de l'ensemble du système peut être alors estimée cette valeur de 17 cm, augmentée de l'erreur altimétrique (3 cm) liée au DGPS. La valeur totale de l'erreur moyenne s'établissant alors à 20 cm, il s'agit d'estimer les valeurs minimales et maximales de cette erreur. On calcule alors, pour deux années successives, les écarts des valeurs de pixels se superposant sur deux cartes, en sélectionnant les différences significatives par l'attribution à chaque pixel d'une précision verticale de  $\pm 20$  cm pour tenir compte de l'ensemble des variations. Eu égard à cette 'fourchette' de valeurs, il s'en déduit qu'il n'y a pas d'évolution altimétrique significative entre deux années successives si l'écart altimétrique est inférieur à 40 cm, valeur alors retenue comme 'valeur-seuil'.

Ainsi, représentés cartographiquement ci-dessous (fig.7), les écarts validés comme significatifs en fonction de la valeur-seuil calculée selon la méthode indiquée précédemment montrent qu'entre 2005 et 2007 les variations altimétriques impactent une grande partie du banc, contrairement aux périodes ultérieures : en effet, selon les cartes établies, peu de secteurs en 2007-2008 et surtout 2008-2010 présentent des écarts significatifs. Enfin, quant à 2010-2011, quelques secteurs restreints en relative érosion apparaissent.

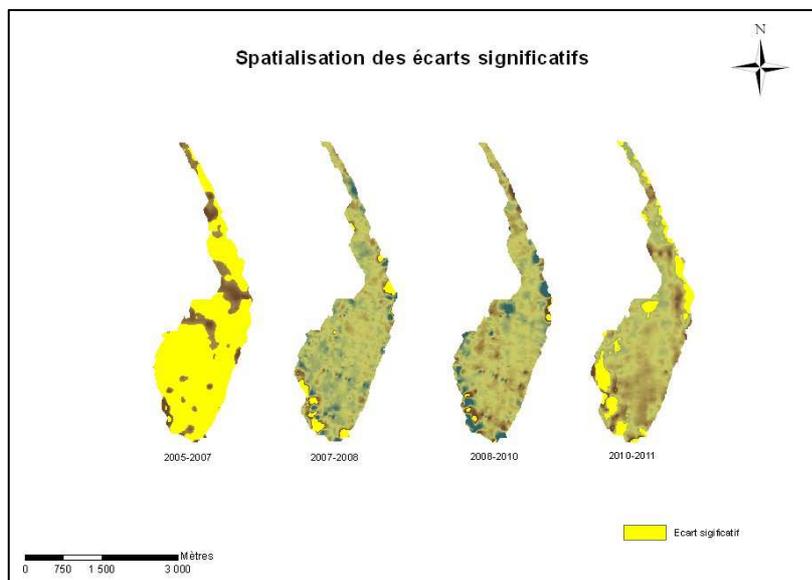


Fig.7 – Représentation spatiale des zones cultivées en exhaussement ou en érosion significative pour les périodes 2005-2007, 2007-2008, 2008-2010 et 2010-2011

L'un des buts de cette étude étant de suivre l'évolution du niveau sédimentaire sous les concessions ostréicoles sur le banc de Lamouroux, il est procédé, à partir de la juxtaposition du cadastre ostréicole aux cartes bathymétriques précédentes, à un traitement spatial sous SIG permettant de calculer pour chacune des parcelles du cadastre sa valeur altimétrique moyenne. Ainsi, il est possible de suivre selon chaque année et parcelle par parcelle les variations altimétriques, les variations de volume, dont le calcul provient du produit du différentiel altimétrique par la surface de parcelle, ainsi que les variations des coefficients de découverte. Cette étape permet d'avoir une lecture plus claire sur l'évolution des concessions et pourra être utilisée par la suite pour rendre compte de l'accessibilité des parcs.

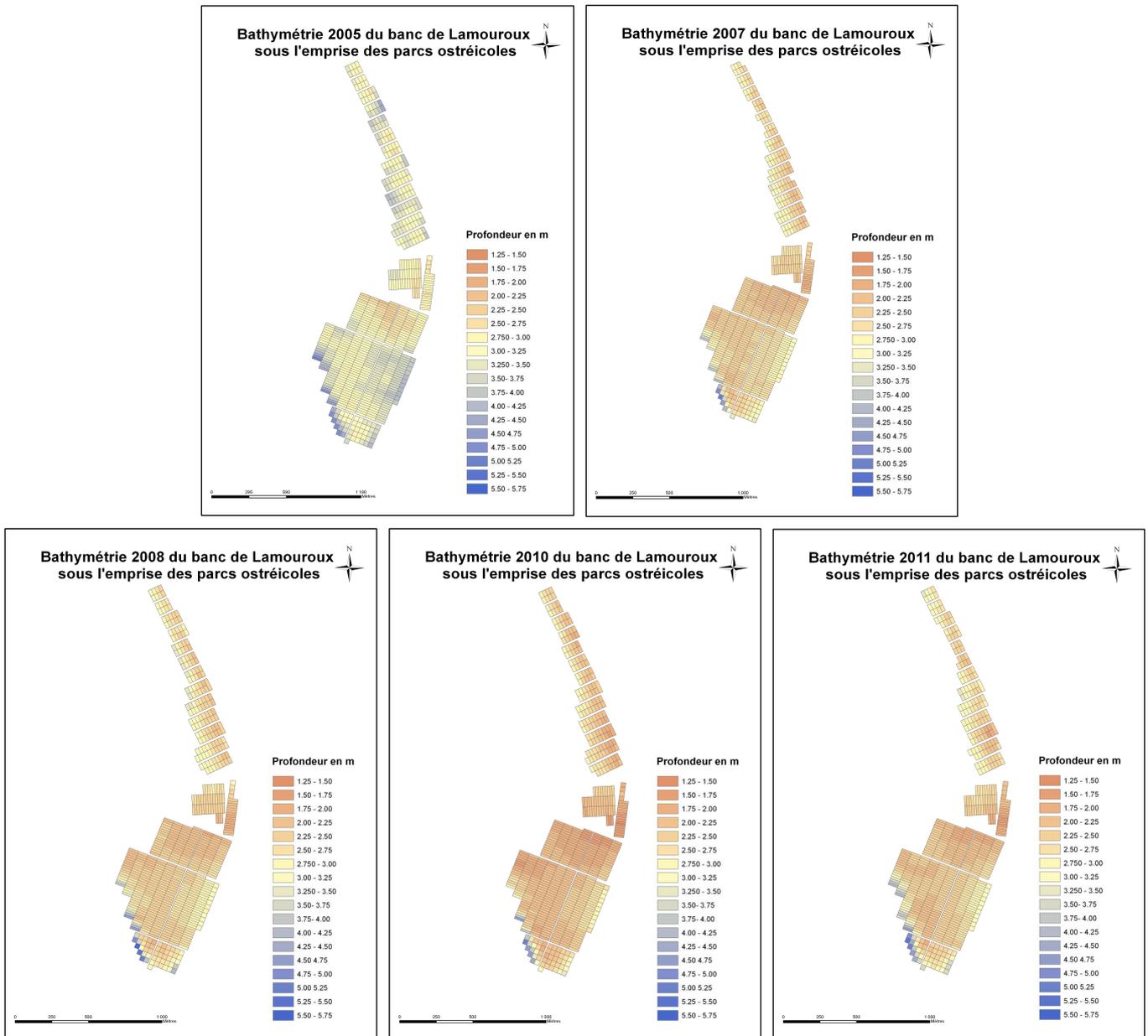


Fig.8 – Juxtaposition du cadastre ostréicole sur les bathymétries réalisées du banc de Lamouroux pour les années 2005, 2007, 2008, 2010 et 2011

### 2.2.2 Budget sédimentaire résultant

Le calcul des variations altimétriques des parcelles ostréicoles au cours des années d'étude (2005, 2007, 2008, 2010 et 2011) a permis de dresser le tableau suivant (tab.1) intégrant les *minima* et *maxima* altimétriques déduits de la variation de  $\pm 20$  cm calculée précédemment et qui confirme que les parcs subissent un exhaussement depuis 2005, le différentiel altimétrique moyen des fonds sous l'ensemble des installations professionnelles étant de 0,75 m environ en 6 ans.

année	minimum (m)	maximum (m)	moyenne (m)
2005	3.00	3.40	3.20
2007	2.30	2.70	2.50
2008	2.30	2.70	2.50
2010	2.05	2.45	2.25
2011	2.25	2.65	2.45

Tab. 1 – Valeurs minimales, maximales et moyennes des profondeurs calculées des zones cultivées du banc de Lamouroux pour les années 2005, 2007, 2008, 2010 et 2011

Si l'on affine l'analyse en combinant par calcul les surfaces de chaque parcelle et les écarts de profondeur entre les différentes campagnes, il en résulte les budgets sédimentaires des concessions qui peuvent être représentés spatialement (fig.9 & 10).

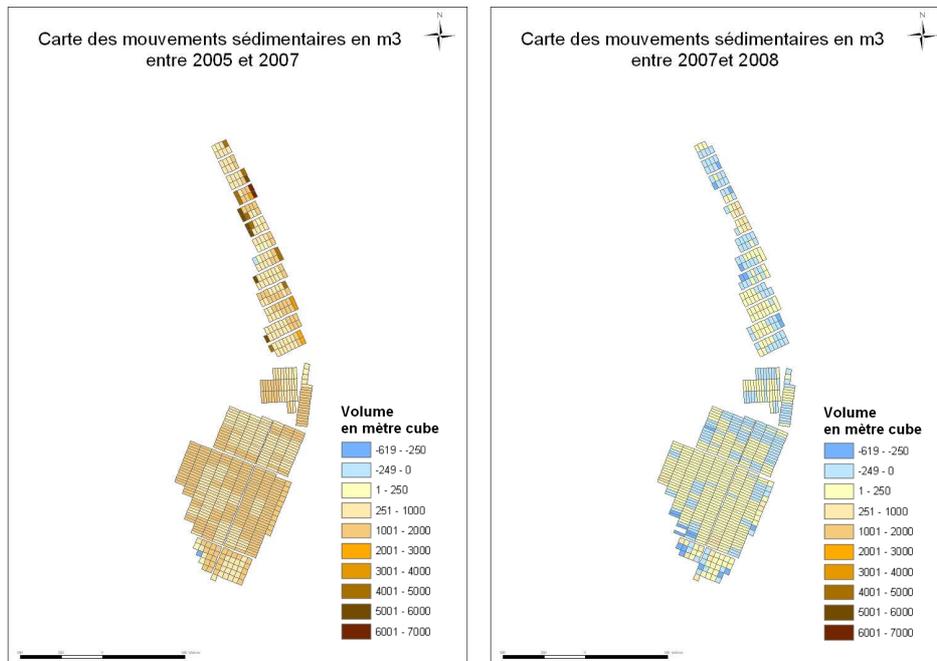


Fig.9 – Représentation spatiale des budgets sédimentaires résultants du banc de Lamouroux entre 2005 et 2007 et entre 2007 et 2008

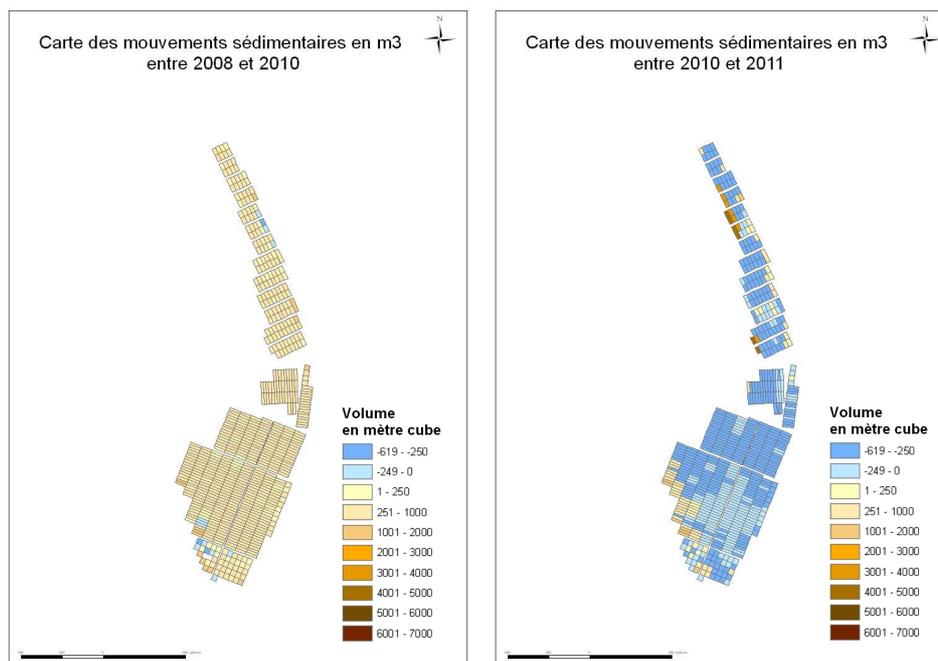


Fig.10 – Représentation spatiale des budgets sédimentaires résultants du banc de Lamouroux entre 2008 et 2010 et entre 2010 et 2011

À l'examen des cartes précédentes, on peut distinguer, à l'instar des variations bathymétriques, des différences importantes dans les mouvements sédimentaires et les budgets en résultant selon la période concernée, comme le tableau suivant le montre (tab.2). Ainsi, pour la période 2005-2007, avec l'exhaussement important sur l'ensemble du banc avec de fortes valeurs au nord, le budget sédimentaire est de l'ordre de 722.600 m<sup>3</sup> de sédiments déposés. Pour la période 2007-2008, avec des mouvements de sédiment peu importants, le bilan sédimentaire est faible, d'ailleurs négatif sur l'ensemble du banc, avec 65.600 m<sup>3</sup> de sédiments érodés. Concernant la période 2008-2010, il s'avère que le bilan est de plus de 283.000 m<sup>3</sup> de sédiments déposés. Quant à la dernière période étudiée (2010-2011), un bilan négatif la caractérise, avec un volume sédimentaire érodé de plus de 189.000 m<sup>3</sup>. Enfin, comme le montre ce tableau récapitulatif, on remarque que, sous les 97 hectares correspondant à la surface totale des concessions, la hauteur moyenne a très fortement évolué (en positif) lors de la première période (2005-2007), tandis qu'elle est *quasi* stable durant les 3 périodes ultérieures.

années	perte moyenne (m <sup>3</sup> )	gain moyen (m <sup>3</sup> )	bilan moyen (m <sup>3</sup> )	équivalence en hauteur moyenne (m)
2005-2007	657	723.268	+ 722.610	+ 0.74
2007-2008	106.555	40.955	- 65.600	- 0.06
2008-2010	3.913	287.202	+ 283.288	+ 0.29
2010-2011	243.847	54.468	- 189.378	- 0.19

Tab. 2 – Récapitulatif des bilans sédimentaires de 2005 à 2011

### 2.2.3 Conséquences de l'exhaussement pour l'accès aux parcs

Les résultats précédents conduisent à l'évaluation du coefficient de marée qui permet à chaque concession de découvrir lors du jusant et d'analyser alors les intervalles de temps de ce coefficient de marée durant lesquels le parc est accessible (fig.11). Cette évaluation est effectuée pour toutes les années considérées, après translation du référentiel altimétrique acquis par le DGPS (IGN, niveau moyen des mers) au référentiel zéro hydrographique (SHOM).

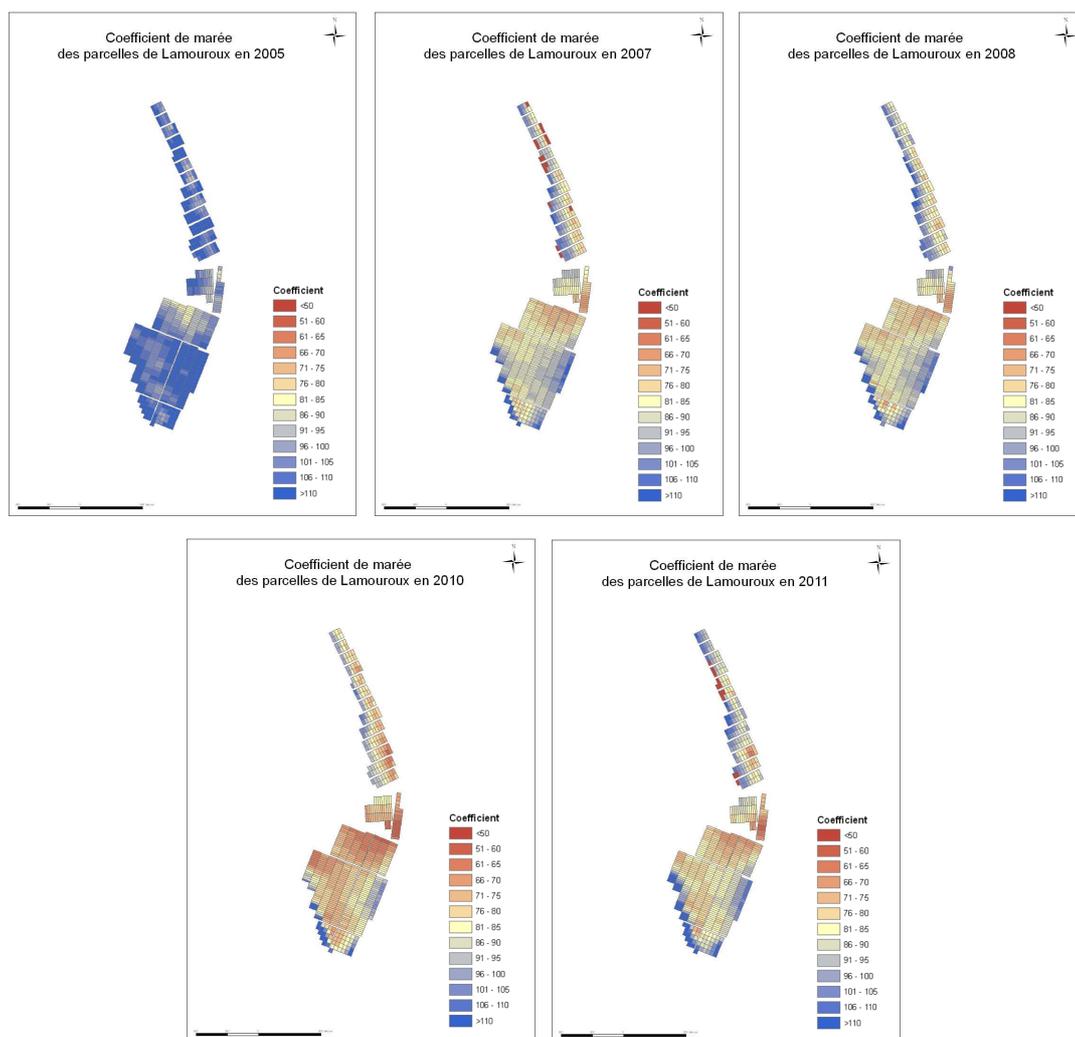


Fig.11 – Coefficients de marée calculés pour les années 2005, 2007, 2008 et 2010 permettant le découvrément de chacune des parcelles ostréicoles du banc de Lamouroux [Geairon *et al.*, 2011]

L'analyse des précédentes cartes, d'où découlent les histogrammes des coefficients de marée estimés sous les parcs ostréicoles présentés ci-après (fig.12), montre clairement qu'en 2005 le mode était autour des coefficients 100-105. En 2007 et 2008, il a diminué pour avoisiner 80. Les résultats pour 2010 montrent encore une baisse, le mode se situant alors autour du coefficient 72 pour atteindre ensuite 77 en 2011. La cote moyenne des parcelles évolue respectivement de 105 en 2005, à 84 en 2007, à 86 en 2008, puis 77 en 2010 et enfin 82 en 2011.

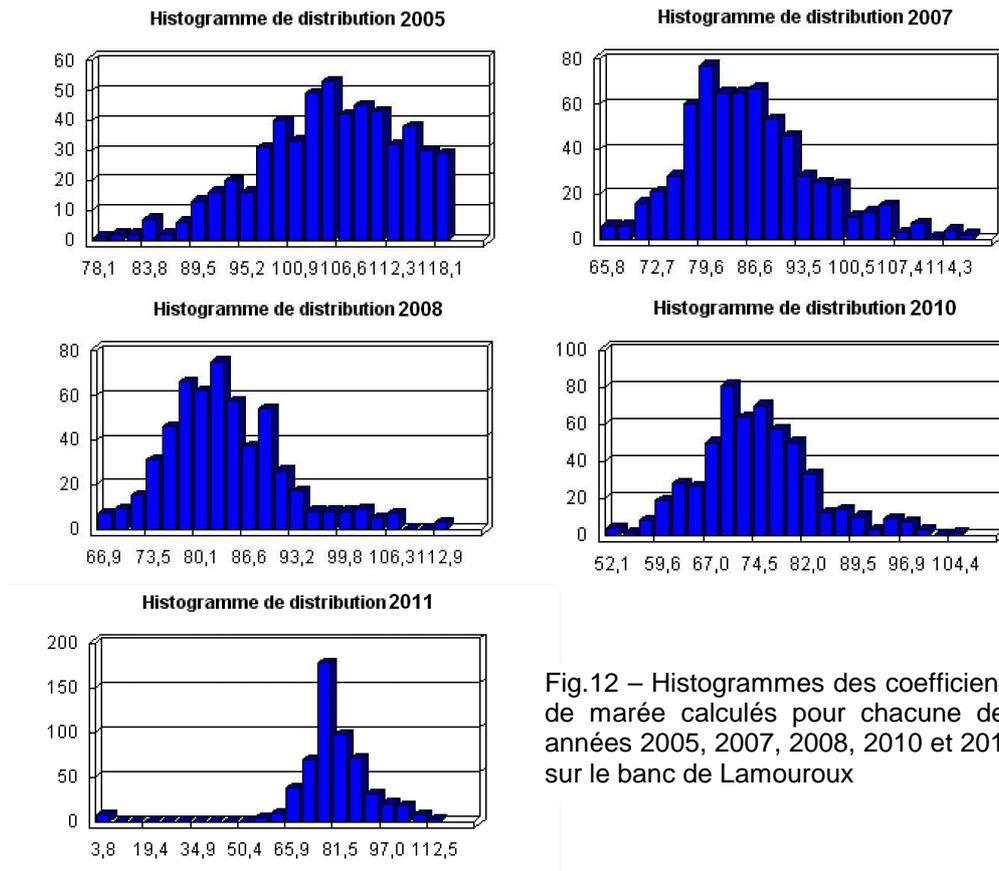


Fig.12 – Histogrammes des coefficients de marée calculés pour chacune des années 2005, 2007, 2008, 2010 et 2011 sur le banc de Lamouroux

Les résultats précédents permettent d'obtenir le **temps de recouvrement des parcelles**, en nombre de jours par an, ce qui est une donnée importante pour les professionnels. Il a été estimé d'après leur cote altimétrique à partir du marégraphe du SHOM sur le point de l'île d'Aix. Ainsi, pour exemple, les résultats des années 2008 et 2010 sont présentés ci-après (fig.13), avec des valeurs minimales de 241 jours pour l'année 2008 et de 216 jours pour l'année 2010. Il s'en déduit que l'augmentation de la cote altimétrique des parcs engendre une diminution du temps de recouvrement annuel, qui peut ne pas excéder 70 jours dans le pire des cas. Cet ordre de grandeur, certes variable selon les parcelles, est toutefois très important à connaître du fait de son fort impact sur les baisses de rendement des élevages sur le banc au cours du temps.

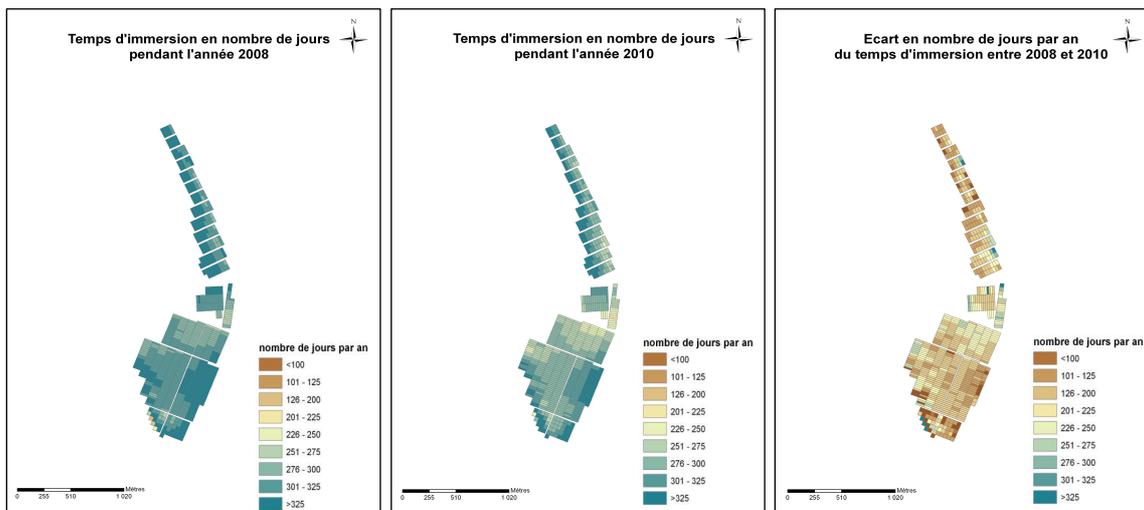


Fig.13 – Temps de recouvrement des parcelles pour les années 2008 et 2010 (à gauche et au milieu) et différentiel 2008-2010 du temps de recouvrement du à l'évolution bathymétrique des fonds (à droite)

Cependant, le temps de recouvrement variant selon les coefficients de marée, différentes configurations de découvrement et de recouvrement des parcelles ostréicoles ont pu être précisées en fonction de différents coefficients, de 60 à 110 et en basse mer (fig.14), montrant ainsi diverses situations pour les deux années 2008 et 2010. Ces résultats permettent de constituer un outil d'aide à la gestion des parcs en couplant les informations sur la triple approche accessibilité / évolution des fonds / coefficients de marée.

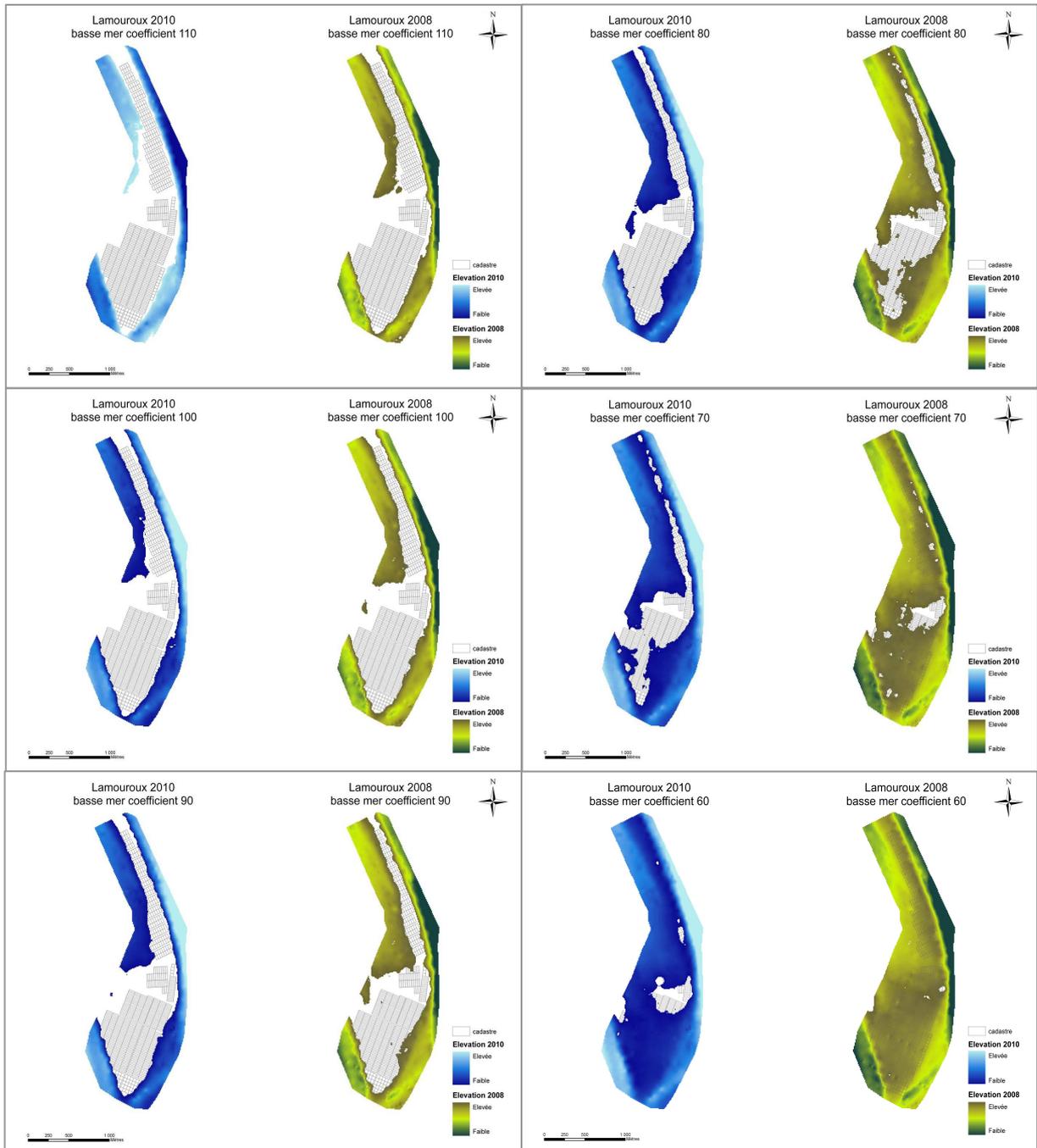


Fig.14 – État de découvrement / recouvrement des parcelles ostréicoles selon les coefficients de marée (de 60 à 110) avec comparaison 2008 / 2010 [Geairon *et al.*, 2011]

## 2.3. Conclusions

L'ensemble des résultats précédents conduit à comprendre l'évolution du niveau altimétrique des fonds sur une période d'étude de six années (2005-2011). Il s'en déduit, sur les 252,5 ha du banc occupés par les élevages ostréicoles (sur un total de 268 ha) :

1. une élévation générale du banc par dépôt sédimentaire de l'ordre de 75 cm au cours des six années d'étude et produite *quasi* exclusivement dans la première période 2005-2007 – Excepté quelques zones en érosion relative correspondant à la frange sud-orientale et ponctuellement à la lisière de la flexure occidentale, zones d'ailleurs ne représentant que 6% de l'ensemble du banc ;
2. des variations irrégulières de cet exhaussement par accrétion au cours de la présente étude, essentiellement par une augmentation verticale en 2005-2007 de l'ordre de 40 à 80 cm selon les zones (hors secteurs en érosion) – En effet, l'application de la valeur-seuil calculée de l'ordre de 35-40 cm, en dessous de laquelle la donnée traitée est considérée comme non-significative, induit de ne pas prendre en compte les résultats des années ultérieures, qu'ils soit positifs ou négatifs, à savoir : la *quasi* stabilité sédimentaire en 2007-2008, la légère reprise de la sédimentation en 2008-2010 de l'ordre de 20-30 cm et la tendance à l'érosion, quoique modeste de l'ordre de 20 cm en 2010-2011 ;
3. une balance positive du tonnage sédimentaire de près de 751.000 m<sup>3</sup> excédentaires entre 2005 et 2011, avec un apport majeur de l'ordre de 720.000 m<sup>3</sup> en 2005-2007 et un résiduel positif représentant au plus 4% de l'ensemble sur les quatre années suivantes, suite à des variations volumétriques positives ou négatives selon les périodes ;
4. des profondeurs qui corrélativement diminuent, avec des valeurs variant dans la période de l'étude (2005-2011) entre 2,23 m en 2005 à 1,63 m en 2011 dans les valeurs bathymétriques minimales, indiquant ainsi que l'exhaussement moyen sous l'ensemble des installations professionnelles a atteint quasiment 0,75 m en 6 ans ;
5. des coefficients de marée permettant l'accès aux parcs se réduisant progressivement avec les années, avec des valeurs de 100-105 en 2005, diminuant en 2007 et 2008 pour avoisiner 80, puis en 2010 autour de 72 pour atteindre ensuite 77 en 2011 – La cote moyenne des parcelles évolue respectivement de 105 en 2005, à 84 en 2007, à 86 en 2008, puis 77 en 2010 et enfin 82 en 2011;
6. des temps moyens de recouvrement des parcelles diminuant également, par exemple de 241 jours/an pour l'année 2008 à 216 jours/an pour l'année 2010.

Les applications de ces travaux bathymétriques et cartographiques sont diverses. D'abord, ils peuvent ainsi contribuer à l'évaluation globale du taux de sédimentation au niveau des parcs, ce qui conduit à l'estimation de l'envasement et de l'ensablement, et au suivi de l'évolution des fonds et à la connaissance topographique des zones à enjeux économiques et/ou environnementaux (parcs, chenaux, herbiers,...), ce qui mène à des études finalisées et à des expertises. Ensuite, ils peuvent constituer un support dans l'étude de la dynamique

sédimentaire des différentes baies, ce qui nécessite de corrélérer ces études bathymétriques avec les études hydrosédimentaires et sédimentologiques. Enfin, ils peuvent permettre l'amélioration et la validation de la modélisation hydrosédimentaire, conduisant ainsi à la compréhension des processus à grande échelle, ainsi qu'à l'aide à la gestion et à l'aménagement conchylicole.

Néanmoins, afin d'obtenir une meilleure précision et ainsi abaisser significativement la valeur-seuil, au-dessus de laquelle les valeurs altimétriques obtenues par bathymétrie sont considérées comme significatives, il serait judicieux d'utiliser des sondeurs de type multifaisceaux à pinceau étroit.

Concernant ce dernier point, cette étude permet de fournir aux professionnels des informations sur l'état de recouvrement et découvremment de leurs installations en fonction de la position géographique de ces dernières, des coefficients de marée et de l'évolution bathymétrique des fonds ; par là, ces informations leur permettent alors de constituer un outil d'aide à la gestion des parcs, en indiquant leurs périodes et durées d'accessibilité. Cependant, au niveau entrepreneurial, elles ont un impact différent selon le type d'exploitation : en effet, puisque le temps d'émersion correspond au temps de travail possible sur les parcs, le compromis est donc bien à trouver au sein de l'entreprise, cette dernière pouvant éventuellement préférer des parcs plus hauts, pour augmenter le temps de travail ou ralentir la pousse.

### 3. ÉTUDE SÉDIMENTOLOGIQUE

Les résultats correspondants à cette partie sont tirés de la thèse de Stéphane Kervella intitulée "**Dynamique des sédiments fins et mixtes des zones intertidales de la baie de Marennes-Oléron**", cette étude s'inscrivant dans les projets de recherche au sein du laboratoire alimentés par les différents travaux antérieurs et postérieurs sur cette thématique.

Intégrés dans différents objectifs de compréhension de la dynamique sédimentaire de la baie de Marennes-Oléron, ces résultats concernant le banc de Lamouroux ont été volontairement limités en temps (une année) afin, sur une zone-test à l'échelle d'une table à huîtres, de mieux comprendre les conditions d'envasement d'une zone ostréicole.

Les buts de l'étude sur ce site atelier étaient de :

- caractériser les variations altimétriques de l'interface en relation avec la présence des structures ostréicoles et les facteurs hydrodynamiques locaux ;
- mettre en avant les variations saisonnières de la composition texturale des sédiments de surface et définir l'origine de ces variations ;
- évaluer les dépôts générés par les huîtres.

#### 3.1. Matériels et méthodes

##### 3.1.1 Stratégie d'échantillonnage

Afin de réaliser ces objectifs, deux altimètres *in situ* (Altus) ont été installés sur le banc, entre le mois de juin 2007 et le mois d'avril 2008 (fig. 15). Le premier d'entre eux a été placé directement sous une table à huîtres et le second à l'extrémité d'une table à proximité d'une allée de circulation professionnelle. Au moment de l'installation, le sédiment était constitué de sable. Un courantomètre de type ADV a été installé entre le mois d'octobre et le mois de décembre 2007. Des prélèvements mensuels de l'interface (0-2 cm) ont également été réalisés, afin de caractériser les sédiments d'un point de vue sédimentologique et mécanique, en précisant notamment leur texture par micro granulométrie et leur comportement rhéologique par la détermination de seuils d'écoulement.

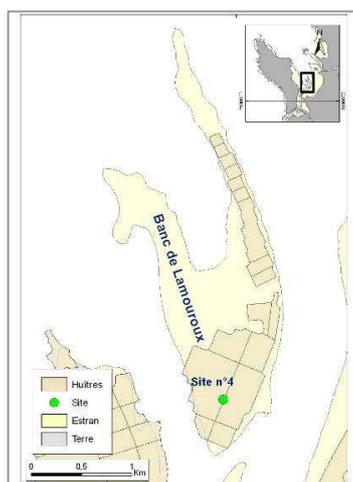


Fig.15 – Position du site de mesures hydro-sédimentaires et de prélèvements [Kervella, 2009]

### 3.1.2 Acquisition et traitement des données

La méthodologie d'acquisition, les équipements utilisés, ainsi que le traitement des données sont amplement décrits dans l'étude citée (Kervella, 2009). Pour une compréhension 'grand public' de ces outils et méthodes, on pourra également se référer au lien suivant :

<http://www.ifremer.fr/lerpc/Moyens/Unite-Sedimentologie>

## 3.2. Résultats

Les résultats obtenus sont de 3 types, relatifs :

- ✓ aux conséquences de la présence des tables ostréicoles sur la sédimentation ;
- ✓ à l'impact des tempêtes sur la stabilité des biodépôts ;
- ✓ à l'évolution morphosédimentaire pluriannuelle du banc.

### 3.2.1 Conséquences de la présence des tables ostréicoles sur la sédimentation

Afin d'évaluer l'influence des installations sur l'envasement des parcs, deux points du site étudié (fig.16) ont été choisis, le premier à l'extrémité d'une table, le second sous la même table. L'étude sédimentologique montre une variation saisonnière (fig.17) des faciès sédimentaires caractérisés par différents paramètres texturaux (à partir des fractions sableuse, silteuse et argileuse) et rhéologiques (seuil d'écoulement, teneur en eau pondérale et concentration massique) à partir de trois niveaux de prélèvements de surface (0-5 mm ; 5-10 mm ; 10 à 20 mm de profondeur).

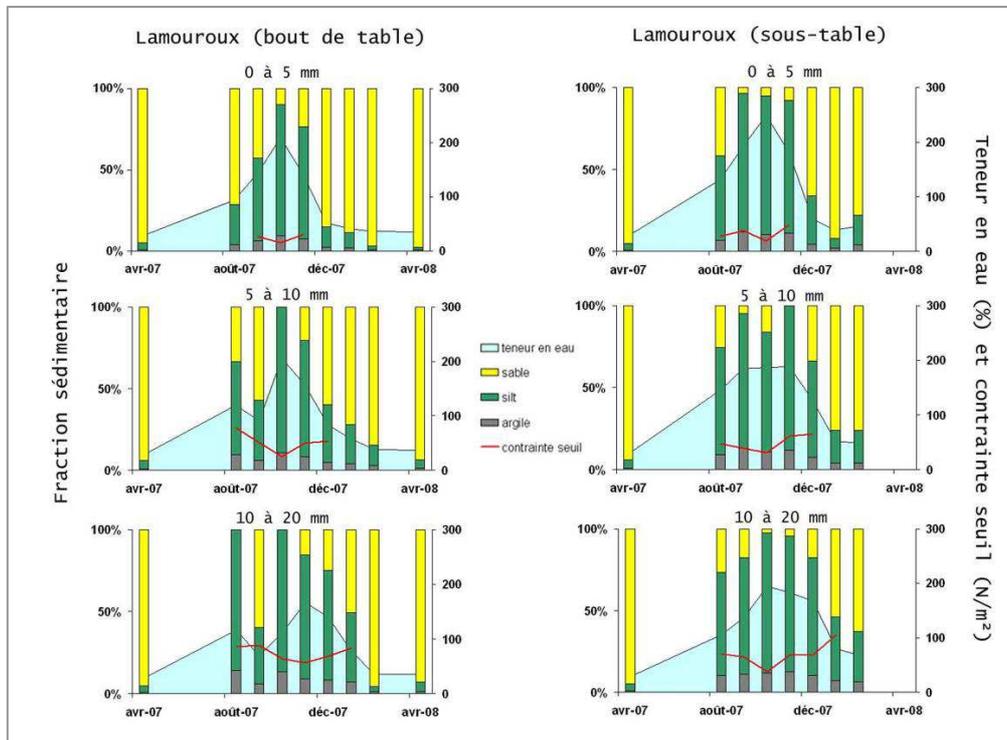


Fig.16 – Variations des paramètres texturaux et rhéologiques des sédiments cohésifs (vases et vases sableuses) de surface, sur 3 niveaux, prélevés à l'extrémité et sous une même table ostréicole entre avril 2007 et avril 2008 [Kervella, 2009]

Avant l'installation des tables, les sédiments de surface des deux points sont sableux avec moins de 5% de fraction fine ( $< 50 \mu\text{m}$ ). A partir du mois de juin, lorsque les tables et les huîtres sont installées, il se produit une augmentation très rapide de la fraction fine dans les sédiments qui atteint un maximum en septembre. Ce sont des vases quasiment pures à très peu sableuses, très fluides ( $c = 440 \text{ g/l}$ ) et présentant des seuils d'écoulement ( $\tau_y$ ) très faibles (38 Pa). Ce niveau repose sur un dépôt de même composition, mais en cours de consolidation ( $c = 570 \text{ g/l}$ ), avec un seuil d'écoulement ( $\tau_y$ ) de 65 Pa. Cette situation perdure jusqu'à la fin du mois de novembre, les concentrations des sédiments de surface oscillant alors entre 349 et 459  $\text{g/l}$  et les seuils d'écoulement ( $\tau_y$ ) variant de 19 Pa en surface à 69 Pa, à 10 mm de profondeur.

A l'extrémité de la table, la même évolution est constatée, mais avec un envasement décalé d'environ un mois. Néanmoins, la composition des sédiments de surface semble plus variable. La sédimentation liée aux tables et aux huîtres affecte d'abord les zones sous les tables ostréicoles, et ensuite les zones voisines par un phénomène d'auréole.

A partir du mois de décembre, les tables et les huîtres sont enlevées. Une série de violentes tempêtes affecte alors la baie. Les faciès sédimentaires changent complètement et redeviennent à nouveau sableux en surface (érosion, puis dépôt). Une partie des sédiments vaseux a disparu, dont leurs traces sont retrouvées cependant entre 5 à 10 mm de profondeur.

En parallèle à cette caractérisation sédimentologique effectuée sur les prélèvements discrets des niveaux superficiels de ces deux points du site étudié, des mesures hydrosédimentaires ont été réalisées par des enregistrements altimétriques *in situ* haute fréquence (fig. 17).

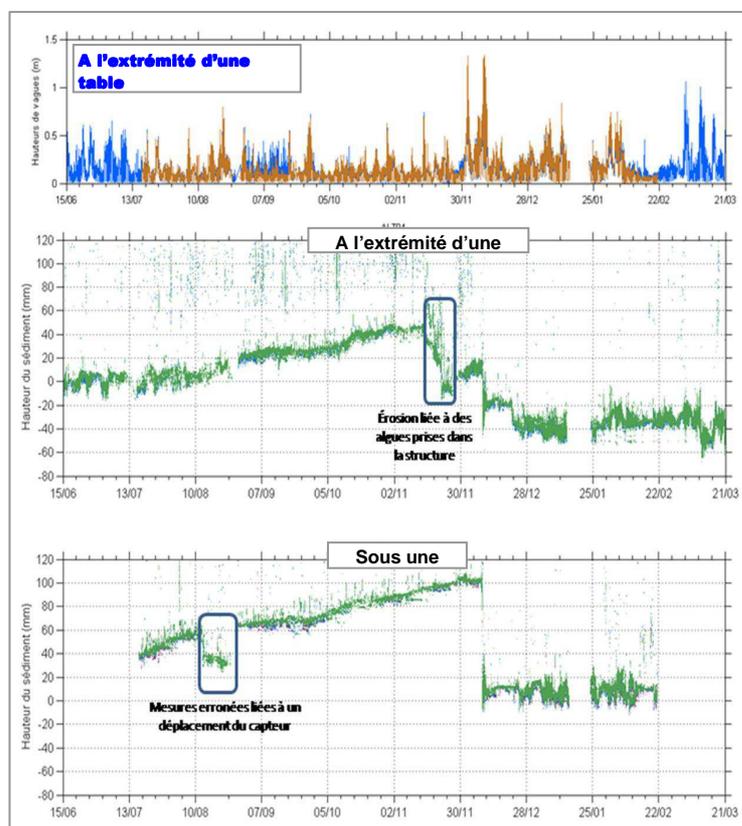


Fig.17 – Variations de la hauteur des sédiments, à l'extrémité d'une table ostréicole (*milieu*) et sous la même table (*bas*), en fonction de la hauteur des vagues (*haut*), entre le 15/06/07 et le 21/03/08 [Kervella, 2009]  
- Les encadrés correspondent à des mesures aberrantes précisées

Les enregistrements altimétriques montrent un envasement progressif relativement important sous les tables sur une interface sableuse, entre le mois de juillet et la fin du mois de novembre. A la fin du mois de novembre, un dépôt de 10 cm de vase s'est formé en 4 mois et demi. Bien qu'au cours de l'été, quelques événements météorologiques ont provoqué des vagues sur la zone et des contraintes de frottement fortes, aucune érosion n'a été observée. Il semble que les tables aient joué un rôle protecteur vis-à-vis de l'interface sédimentaire. L'exhaussement était donc progressif et régulier, la vitesse d'accrétion étant estimée à 2 cm/mois.

A l'extrémité de la table, l'envasement ne commence véritablement qu'à partir de la fin du mois de juillet. Avant cette période, le signal altimétrique est typique des environnements sableux. A partir de la mi-août, l'envasement est effectif : il est moins important que sous les tables, mais présente la même évolution que dans la situation précédente. Au début de l'hiver, vers le 13/11/07, 5 cm de vase ont été déposés au bout de la table, alors qu'au même moment il y avait 7 cm de vase sous les tables.

Les tables occupant environ les 2/3 de la surface de la zone ostréicole du banc, les observations visuelles réalisées sur l'ensemble du banc à la fin du mois de novembre ont montré que les épaisseurs de vase variaient entre 5 et 20 cm. En prenant comme moyenne pour l'ensemble de la zone ostréicole la hauteur de dépôt mesurée par l'Altus sous table, soit 10 cm, il est possible d'estimer le volume de sédiment vaseux qui s'est déposé sur le banc de Lamouroux en 2007, en excluant la branche nord-est qui présente une sédimentation sableuse tout au long de l'année : avec une superficie des zones ostréicoles de 885 000 m<sup>2</sup>, le volume de vase déposée au cours de l'été est alors estimé de l'ordre de 88 500 m<sup>3</sup>, ce qui équivaut en masse, avec une concentration moyenne de 600g/l, à un dépôt vaseux de l'ordre de 53 000 t.

De plus, des événements extrêmes peuvent survenir qui transforment brutalement les processus érosion/dépôt s'établissant en temps calme : ainsi, début décembre 2007, après l'enlèvement de l'ensemble des tables ostréicoles garnies de leurs poches, deux violentes tempêtes ont affecté la zone entre le 2 et le 12 décembre, engendrant des vagues qui ont provoqué l'érosion *quasi* complète de toute la vase accumulée au cours de l'été précédent. Les processus érosifs sont présentés dans le paragraphe suivant (3.2.2). Après ces événements, l'interface redevient sableuse, les variations altimétriques n'étant plus liées à l'activité ostréicole. Les séquences d'érosions/dépôts sous l'influence des vagues se font autour d'un niveau moyen. Sous les tables, le front d'érosion affecte presque la totalité du dépôt vaseux estival, soit environ 9 cm, jusqu'au contact d'un niveau plus sableux. En revanche, à l'extrémité de la table, le nouveau niveau sédimentaire se trouve altimétriquement en dessous de celui d'origine : l'épaisseur de vase accumulée étant moins importante au moment des tempêtes, l'interface sableuse a été alors fortement érodée.

### 3.2.2 Impact des tempêtes sur la stabilité des biodépôts

Du point de vue sédimentaire, ce type d'événement météorologique ayant ainsi eu un impact majeur sur les processus érosion/dépôt du banc de Lamouroux cette année-là, il est nécessaire de revenir sur la caractérisation sédimentologique du sédiment superficiel présent avant l'effet de ces deux tempêtes. D'ailleurs, quant à cet événement, on ne peut

que constater que cette période hivernale 2007-2008 est spéciale, car non fréquente, conférant par là même un caractère instructif quant aux conséquences de fortes tempêtes sur la dynamique sédimentaire d'un tel banc.

Il s'agissait donc en début d'étude d'un biodépôt vaseux de 10 cm d'épaisseur formé durant l'été 2007 et qui présentait une concentration comprise entre 400 à 900 g/l, avec des seuils d'écoulement ( $\tau_y$ ) compris entre 34 et 48 Pa. Ce biodépôt vaseux reposait sur une couche sableuse.

Au cours des dix premiers jours du mois de décembre 2007, deux violentes tempêtes ont frappé la baie de Marennes-Oléron, provoquant l'érosion d'une partie, voire de la totalité selon les zones, du dépôt estival formé (fig. 18). Les caractéristiques physiques et météorologiques de ces tempêtes sont décrites par ailleurs dans les travaux de thèse citée (Kervella, 2009).



Fig.18 – Comparaison de l'aspect des sédiments de surface entre le 26/11/07 et le 12/12/07 sur le banc de Lamouroux. : (à gauche) le 26/11/07, le sédiment est une vase très fluide, d'épaisseur pluricentimétrique ; (à droite) le 12/12/07, le sédiment de surface est sablo-vaseux à sableux. Des figures d'érosion de plusieurs mètres carrés sont visibles, ainsi que des rides de clapots [Kervella, 2009]

L'influence des forçages hydrosédimentaires sur le banc qui en a résulté est déduite de l'analyse des mesures hydrodynamiques et altimétriques au cours de cette période, qui permet de distinguer 7 épisodes conduisant à une érosion en masse résultante (fig.19, page suivante) :

- **séquence 1** : c'est une **période calme** - Les trois seuils de détection de l'interface (BES 1, 2 et 3) sont superposés, traduisant une **interface homogène** correspondant à une vase très fluide *quasi* pure, voire à très faible pourcentage de fraction sableuse ;
- **séquence 2** : au cours de cette phase, qui dure 24 h (soit 2 cycles de marée), les premières vagues commencent à affecter la zone d'étude - Les vitesses de courant sont 27 % supérieures (0,23 m/s) à celles observées pour un marnage similaire par temps calme - Sous l'action des contraintes de frottement développées, les trois seuils de détection altimétrique se séparent et l'**interface fluctue, entre -5 et +4 mm** autour de l'altitude de départ - Une partie de l'interface sédimentaire s'est diluée dans la colonne d'eau, entraînant une **turbidité proche de 100 mg/l** ;

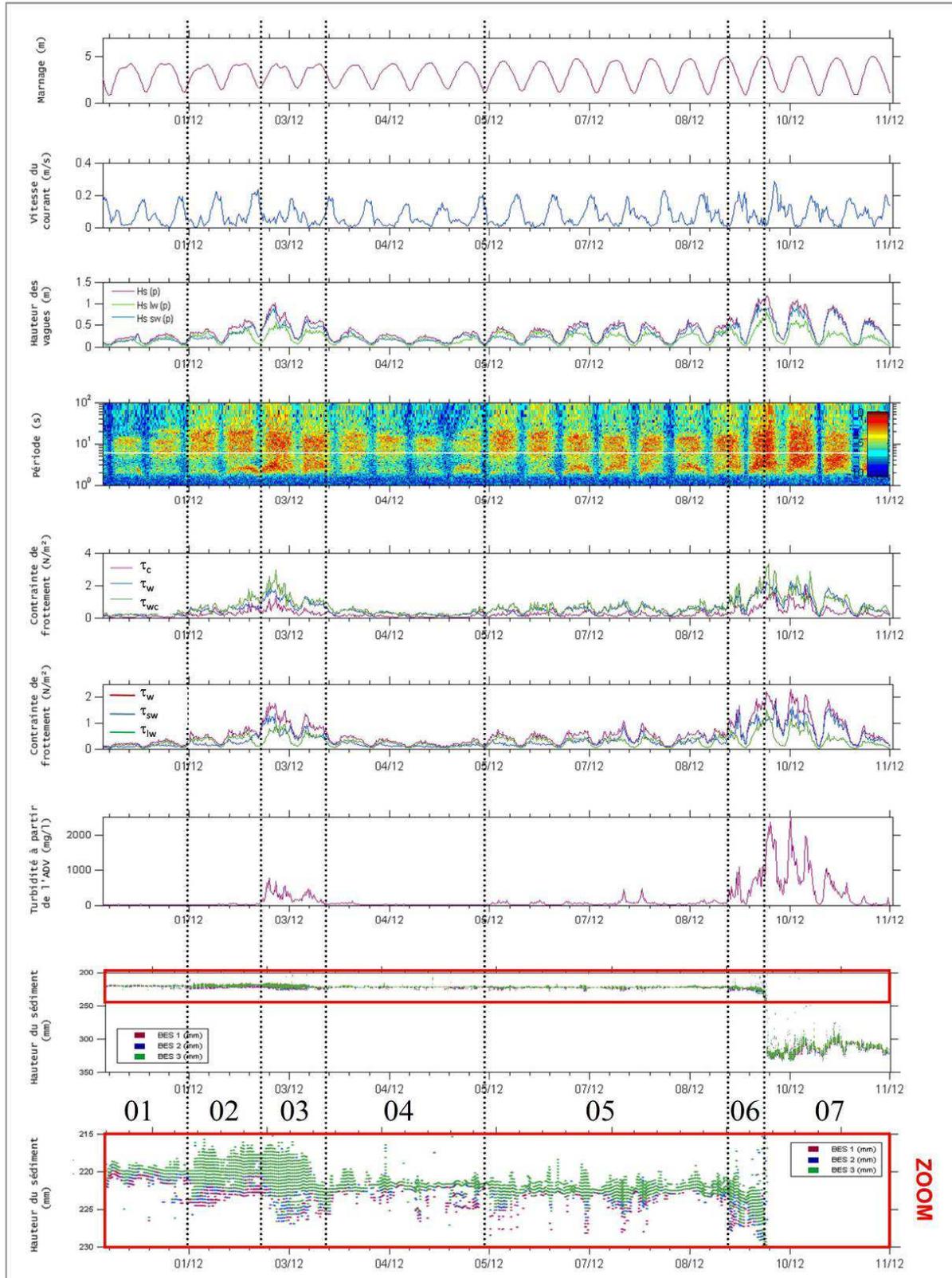


Fig.19 – Variations des paramètres hydrodynamiques (marnage, vitesse du courant, hauteurs des vagues, périodes et contraintes de frottement sur le fond des vagues) et sédimentaires (turbidité et hauteur du sédiment), entre le 30/11/07 et le 11/12/07 [Kervella, 2009]

- **séquence 3** : cette dernière dure également 24 h et la tempête est à son paroxysme au cours du premier cycle de marée (coefficient de 44) - Les vagues atteignent une hauteur significative de 1 m, provoquant des contraintes de frottement sur le fond deux à trois fois plus fortes que celles de la séquence précédente, celles correspondant aux vagues courtes étant plus importantes au cours de la première marée que celles des vagues longues - Les seuils de détection sont toujours séparés (**- 7 à + 4 mm autour de la hauteur de départ**) et la turbidité augmente fortement, avec des concentrations en MES enregistrées de l'ordre de **400 à 600 mg/l** - À la fin de la séquence, **l'interface a été érodée de 2 mm** ;
- **séquence 4** : cette phase correspond à une période post-tempête de 48 h - Les vents sont calmes et les forçages hydrodynamiques deviennent faibles : aucune dynamique sédimentaire n'est observée ;
- **séquence 5** : durant cette période qui dure 72 h, les vents soufflent à 10-12 m/s en moyenne de secteur Ouest à Sud-Ouest, des vagues de 0,6 à 0,7 m se développant alors, engendrant des contraintes sur le fond du même ordre que durant la séquence 2, avec des pics de valeur double en fin de période - Ces derniers provoquent des remises en suspension correspondant à une turbidité d'environ **400 mg/l** - Les seuils de détection restent en *quasi* coïncidence aux étales de marées basses lorsque les vagues sont les moins importantes, alors que, dès l'apparition de contraintes de frottement, ils se séparent ;
- **séquence 6** : durant cette phase durant 36h, les vents se renforcent fortement pour atteindre 14 m/s lors d'une vive-eaux (coefficient de 71), engendrant sur la zone des vagues de 0,7 à 1 m - Les contraintes de frottement sur le fond qui en résultent augmentent très rapidement, atteignant des valeurs légèrement plus fortes que celles calculées lors de la séquence 3, les vagues courtes représentant l'essentiel de ces contraintes - Les seuils de détection se séparent de nouveau et **fluctuent** sur une épaisseur de **7 à 8 mm**, les turbidités enregistrées sur le site étant très élevées, de l'ordre de **1000 mg/l** ;
- **séquence 7** : au cours du flot de la deuxième marée de cette séquence, les contraintes de frottement dues aux vagues augmentent à nouveau rapidement avec des valeurs encore plus grandes, une fois et demie plus fortes que pour la séquence précédente - En revanche, dans cette séquence, ce sont les **vagues longues qui sont les plus énergiques**, leurs contraintes dépassant celle des vagues courtes - **À partir de la contrainte maximale alors atteinte (soit 2,2 N/m<sup>2</sup>), la plus forte d'ailleurs obtenue dans l'ensemble de ces 7 séquences, une érosion brutale se produit**, affectant la totalité de l'interface vaseuse : cette érosion a lieu à l'étales de marée haute, entraînant des turbidités supérieures à **2000 mg/l** - De plus, il apparaît que les vitesses de courants maximums mesurées sont 40 % supérieures (0,28 m/s) aux vitesses observées pour un marnage similaire, en période plus calme.

**Cette érosion s'arrête sur une interface sablo-vaseuse.** Or si les sables se déposent rapidement du fait de leur vitesse de chute, ils se déplacent en général assez mal (transport par saltation ou par roulement), ce qui expliquerait que l'interface sableuse semble s'opposer, voire "bloquer" les séquences d'érosion des matériaux fins.

Au cours des marées suivantes, les contraintes de frottement et les turbidités restent élevées. Cependant, les taux d'érosions deviennent très faibles, concernant alors un sédiment sableux. L'interface fluctue autour d'un nouveau niveau altimétrique, situé à environ -100 mm par rapport à celui du début des événements.

Ce cycle sédimentaire global lié à l'effet résultant de ces deux tempêtes conduit ainsi à l'individualisation de 7 séquences d'érosions successives plus ou moins accentuées, prolongées par un état relativement stable correspondant à une interface sablo-vaseuse mise à nu.

Cependant, il est pertinent de changer d'échelle et d'analyser les processus sédimentaires se réalisant lors de certaines périodes homogènes de forçages hydrodynamiques liés principalement aux vagues. Cette analyse plus fine s'est effectuée à partir de 3 phases caractéristiques en étudiant spécifiquement la hauteur des vagues et la hauteur du sédiment au cours de ces 3 séquences, présentées ci-dessous (fig. 20).

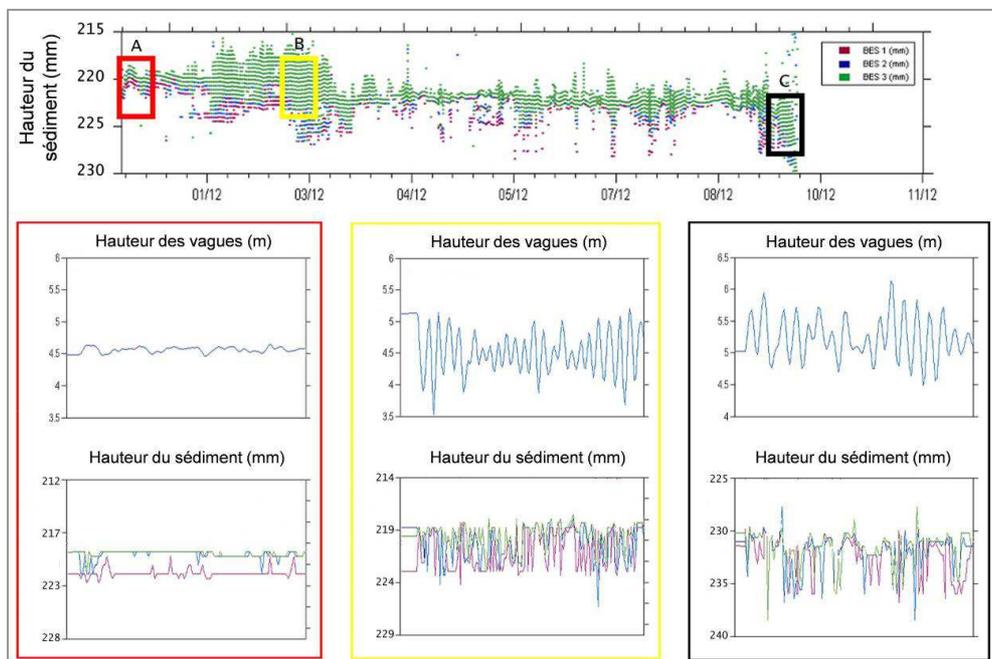


Fig.20 – Variations des trois niveaux d'énergie acoustique de l'altimètre, permettant de déterminer la hauteur du sédiment, en fonction de la hauteur et de la fréquence des vagues sur le banc de Lamouroux, pour trois périodes distinctes : une période calme (en rouge), et deux périodes agitées en phase de tempête (en jaune et noir) [Kervella, 2009]

Lorsqu'il n'y a pas de vagues sur la zone, de petites variations des niveaux d'énergie acoustique de l'Altus (inférieures à 1-2 mm) du sédiment sont visibles, correspondant à la résolution de l'appareil de mesure. En présence de vagues, les variations deviennent très importantes (6-8 mm) et très rapides, provoquant un mouvement oscillatoire de l'interface sédimentaire en relation avec la hauteur des vagues et leurs périodes : ces rapides variations peuvent affecter profondément la structure du sédiment et pourraient conduire à un phénomène de liquéfaction. Cependant, en l'absence d'information sur la pression à l'intérieur du sédiment, il est difficile de conclure en ce sens.

Les résultats précédents conduisent à envisager trois scénarios possibles pour expliquer l'érosion en masse :

- lors de la seconde tempête, la contrainte de frottement des vagues sur le fond a pu atteindre et dépasser un seuil critique d'érosion ( $2 \text{ N/m}^2$ ) : le sédiment est alors érodé en masse ;
- ou bien, au cours de cette seconde tempête, du fait que la participation des vagues longues à la contrainte de frottement résultante des vagues était plus importante que lors de la première tempête, il est possible que ces vagues longues aient affecté plus profondément l'interface, provoquant alors cette érosion du fait d'une énergie plus importante que celle produite par des vagues courtes ;
- cette érosion en masse peut être également le résultat de l'action continue des vagues sur le fond durant une période suffisante (10 jours) pour déstructurer et déstabiliser le sédiment : ainsi, la première tempête a pu initier cette action envers la structure interne des dépôts (liquéfaction ?) ; puis, entre les deux tempêtes, des vagues ont continué d'agir sur l'interface, modifiant encore la cohésion du sédiment par une sorte de pilonnement continu ; enfin, lorsque la seconde tempête est survenue, les sédiments de surface se trouvent plus facilement érodés.

### 3.2.3 Évolution morphosédimentaire pluriannuelle du banc

La sédimentation à moyen terme a été étudiée à partir d'une carotte de 25 cm de long, prélevée en avril 2008 sous l'altimètre situé à l'extrémité d'une table ostréicole. Si elle ne représente certes pas la totalité du banc, son étude permet une approche réaliste des processus sédimentaires tout au moins à proximité du site étudiée.

La radiographie de cette carotte (fig. 21) montre une alternance de niveaux sableux et de niveaux envasés.

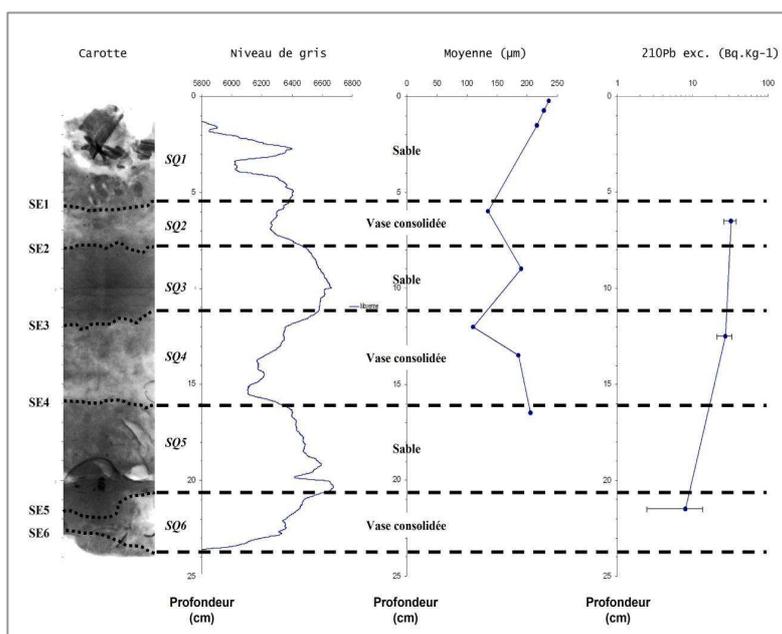


Fig.21 – Imagerie par radiographie X et profils verticaux des niveaux de gris, de la taille moyenne des particules et de l'activité du  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  de la carotte prélevée sur la partie sud du banc [Kervella, 2009]

Les niveaux inférieurs de tendance sableuse (SQ1, SQ3 et SQ5) sont constitués en moyenne de 1 % d'argile, 5 % de silt et 94 % de sable, tandis que les niveaux supérieurs de tendance vaseuse (SQ2, SQ4 et SQ6) contiennent 10 % d'argile, 35 % de silt et 55 % de sable. Les deux premiers niveaux vaseux (SQ2 et SQ4) montrent une activité de  $^{210}\text{Pb}$  en excès indiquant un âge inférieur à 50 ans. Ces niveaux présentent des teneurs en eau très faibles (33-38 %), et des seuils d'écoulement extrêmement élevés (869-999 Pa), indiquant que ce sont des vases très consolidées, liées à l'activité ostréicole estivale antérieure, et présentant des surfaces d'érosion à leur sommet. Les dépôts sableux correspondent à la sédimentation naturelle du banc, en période hivernale. La séquence SQ6 n'a pas pu être analysée, car elle n'était pas homogène.

Néanmoins, certaines extrapolations concernant la structuration verticale du dépôt à tout ou partie du banc peuvent être envisagées, tout au moins concernant les zones ostréicoles sud, ceci notamment afin d'appréhender l'origine des évolutions morpho-sédimentaires affectant ce banc.

Les variations volumétriques sédimentaires du banc sur une échelle de temps relativement courte peuvent avoir trois origines : (1) l'ostréiculture ; (2) l'action des courants de marée et/ou (3) l'action des vagues.

(1) L'ostréiculture - La contribution de l'ostréiculture ne peut pas expliquer entièrement l'exhaussement du banc, notamment entre mai 2005 et mai 2007, mis en évidence dans la partie 'Etude bathymétrique' du présent rapport. En effet, en prenant comme hypothèse un dépôt moyen de 10 cm sur le banc de Lamouroux, valeur déduite des mesures altimétriques de l'année 2007, et sans tenir compte des phénomènes de tassement et d'érosion, il est possible d'estimer, selon les mêmes calculs que précédemment, un volume de dépôts liés à l'activité des huîtres entre mai 2005 et mai 2007 de l'ordre de  $175\ 000\ \text{m}^3$ , valeur très inférieure à celle du volume de  $860\ 000\ \text{m}^3$  de sédiments déposés entre 2008 et 2010 (c'est-à-dire une période de 2 ans également), volume calculé lors de l'étude bathymétrique précédente (cf. § 2.3).

(2) Les courants de marée - Les vitesses maximales de courants réalisées en mortes-eaux (ME) et en vives-eaux (VE) au niveau du site étudié sont relativement faibles (de 0.06 à 0.13 en ME et de 0.18 à 0.35 en VE), engendrant des contraintes maximales de frottements des courants sur le fond très faibles. Néanmoins, d'après le classique diagramme de Hjuström, ces courants peuvent permettre le transport par charriage de particules sableuses, ce qui est confirmé par la forme du banc de Lamouroux, correspondant à ce que Hayes (1975) a défini comme étant un lobe de flot.

(3) Les vagues - En analysant les spectres des houles simulées par le modèle Wavewatch III appliqué au large de l'île d'Oléron entre le mois de janvier 2005 et le mois d'avril 2008, les hauteurs significatives représentées (fig. 22), en association avec les périodes de relevés des profondeurs des fonds, montrent de grandes variations des fréquences et des hauteurs maximales des fortes houles entre ces périodes d'acquisition bathymétrique.

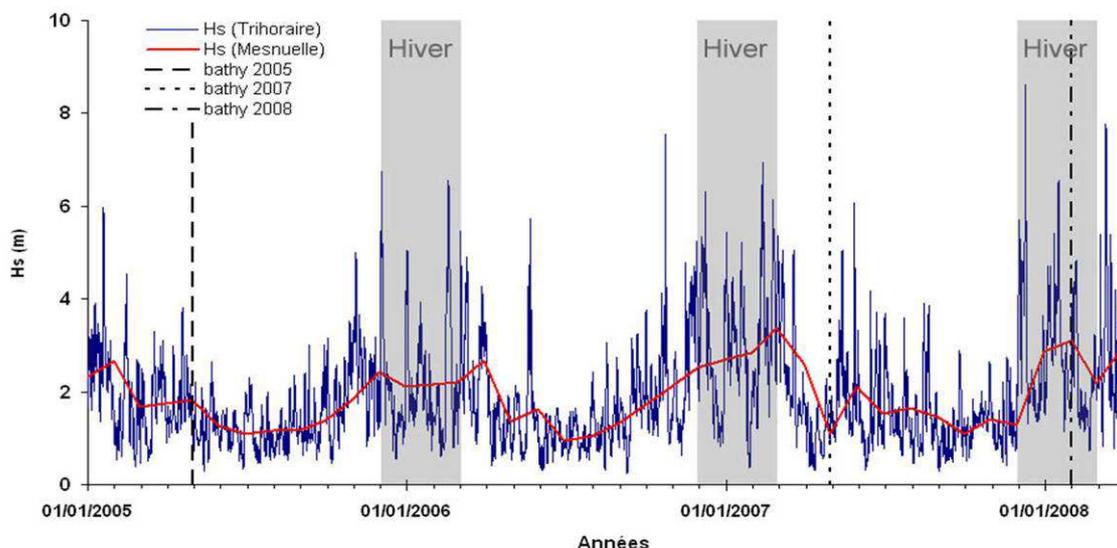


Fig.22 – Hauteurs significatives moyennes tri horaires (en bleu) et mensuelles (en rouge) des vagues au large de l'île d'Oléron, simulées par le modèle WaveWatch III (NOAA), entre janvier 2005 et avril 2008. Les dates de réalisation des relevés bathymétriques du banc sont signalées par des droites verticales en pointillés [Kervella, 2009]

Ainsi l'hiver 2005-2006 est marqué par un faible régime de houle avec peu de tempêtes (de l'ordre de 2,4-2,7 m de hauteur significative en moyenne). En revanche, l'hiver 2006-2007 et l'hiver 2007-2008 sont caractérisés par un régime de houle plus élevé (avec des hauteurs significatives moyennes de 2,8 à 3,4 m).

Le régime des houles semble donc jouer un rôle important dans les variations des volumes sédimentaires du banc. Cependant, la période pendant laquelle les premières tempêtes hivernales affectent le banc semble également significative. En examinant l'ordre chronologique des tempêtes entre l'hiver 2007 et l'hiver 2008, il apparaît que les premières tempêtes de l'hiver 2006-2007 sont plutôt moyennes, générant des vagues au large d'environ 4 à 5 m. En revanche, les premières tempêtes de l'hiver 2007-2008 sont très violentes et ont généré des vagues de plus de 6 m.

En se basant sur les processus hydro-sédimentaires décrits précédemment (*cf.* § 3.2.2) et qui ont conduit aux érosions observées en décembre 2007, il est possible d'avancer plusieurs scénarios pouvant expliquer les variations des volumes sédimentaires entre ces trois hivers :

- au début de l'hiver 2005-2006, les biodépôts n'ont sensiblement pas été érodés du fait de tempêtes de faibles ampleurs - De plus, les courants de marée, associés aux vagues de ces tempêtes, ont transporté du sable qui est venu s'accumuler sur le sédiment en place le protégeant ainsi d'éventuelles érosions ultérieures ;
- juste avant décembre 2006, de fréquentes houles de moyenne intensité et générées par des tempêtes ont affecté la baie - Les tables ostréicoles n'étant pas encore enlevées, ces dernières ont pu protéger les biodépôts - De plus, les érosions en masse n'apparaissant que lorsque des événements très énergétiques affectent des dépôts relativement frais, ces biodépôts n'ont été

érodés que partiellement, tout en étant également rapidement recouverts de sable, comme lors de l'hiver précédent ;

- l'hiver 2007-2008 est marqué par deux tempêtes très violentes qui ont conduit à l'érosion d'une grande épaisseur de biodépôts sur le banc - Avant ces tempêtes, le temps était très calme, empêchant les biodépôts d'être recouverts par des sables à rôle de "protection " potentielle.

Ainsi, l'ostréiculture, les courants de marée et les vagues participent globalement à l'évolution du banc de Lamouroux, mais dans des proportions variables. Les pratiques ostréicoles et les courants de marée constituant des variables à peu près constantes, la morphologie du banc est avant tout conditionnée par les vagues. Suivant le régime des vagues, la période à laquelle les premières tempêtes affectent la baie et selon l'intensité de ces dernières, il apparaît donc trois possibilités d'évolution pour le banc (tab.3) :

	Régime de houle		Ostréiculture		Courant		Evolution
<b>Possibilité n°1</b> (ex : hiver 2005-2006)	faible peu d'érosion faible remise en suspension des sables	+	envasement	+	transport/accrétion	=	<b>Engraissement fort</b>
<b>Possibilité n°2</b> (ex : hiver 2006-2007)	fort et 1er tempêtes moyennes érosion moyenne des biodépôts remise en suspension moyenne des sables	+	envasement	+	transport/accrétion	=	<b>Engraissement moyen</b>
<b>Possibilité n°3</b> (ex : hiver 2007-2008)	fort et 1er tempêtes fortes érosion importante des biodépôts forte remise en suspension des sables	+	envasement	+	transport/accrétion	=	<b>Stabilisation</b>

Tab. 3 – Conséquences sédimentaires des 3 régimes de houle hivernaux étudiés [Kervella, 2009]

### 3.3. Conclusions

Le suivi, selon plusieurs échelles spatio-temporelles, du banc de Lamouroux permet d'apprécier l'impact de l'ostréiculture, mais également celui des forçages hydrodynamiques, sur la sédimentation d'un banc sableux à vocation ostréicole.

Une grande partie de l'année, hors période d'exploitation des huîtres, la sédimentation sur le banc de Lamouroux est essentiellement sableuse et les mouvements de l'interface sont contrôlés uniquement par l'hydrodynamisme local. En période estivale, l'installation des tables ostréicoles, ainsi que l'activité biologique des huîtres, entraîne un envasement et un exhaussement rapide de l'interface sédimentaire, sous la forme d'une auréole de déposition. La vitesse de l'envasement sous table est estimée à 2 cm/ mois, ce qui représente sur l'ensemble du banc un volume sédimentaire estimé de l'ordre de 85 000 m<sup>3</sup> déposé en 5 mois, c'est-à-dire une masse comprise entre 53 000 et 62 000 tonnes de vases. Cette sédimentation fine s'arrête lorsque les installations sont enlevées du site.

Les violentes tempêtes hivernales peuvent déstabiliser les dépôts de vase, les vents forts modifiant la circulation des masses d'eau en augmentant de 27 à 40 % les vitesses maximales des courants, ce qui facilite la remise en suspension des sédiments.

Des érosions en masse d'une dizaine de centimètres, peuvent être observées, lorsque les contraintes de frottement des vagues dépassent un seuil critique ( $2 \text{ N/m}^2$ ). L'origine de ces érosions n'a pas été clairement identifiée : plusieurs hypothèses peuvent être avancées, comme une fatigue du matériau, le dépassement d'un seuil de contrainte, une action plus importante des vagues longues ou encore une liquéfaction sous-jacente.

Les tempêtes entraînent également un transport et une sédimentation sableuse plus ou moins importante. Ces sables, du fait d'une vitesse de chute plus élevée, vont recouvrir les dépôts de vase et empêcher l'érosion des niveaux de vase qu'ils recouvrent. Si ces dépôts sableux se produisent avant une tempête importante, les biodépôts en place peuvent être conservés partiellement, voire totalement.

La pression, qui est exercée par les différentes couches sédimentaires, accélère le tassement des couches de vase. De plus, l'eau interstitielle contenue dans ces vases va en être évacuée, d'autant plus facilement que ces vases sont encadrées par des niveaux sableux qui facilitent le drainage en dehors du banc.

Le volume sédimentaire du banc varie en fonction des années, ces variations étant en partie liées à la sédimentation et la conservation des dépôts de vase estivaux. Cependant, la principale responsable de ces variations est la sédimentation sableuse, dépendant des forçages liés à l'activité des vagues, les années pendant lesquelles les vagues sont moins fortes semblent provoquer un engraissement conséquent du banc. La période pendant laquelle les premières fortes tempêtes affectent le banc semble également être un élément déterminant dans l'importance des érosions des stocks de vase estivaux.

Finalement, à l'échelle de plusieurs années et avec la gestion actuelle des installations ostréicoles effectuée saisonnièrement, la sédimentation sur le banc de Lamouroux est avant tout conditionnée par les variations des forçages hydrodynamiques, l'action des huîtres sur l'exhaussement n'intervenant donc que secondairement.

## 4. CONCLUSION GÉNÉRALE

Le rapprochement des deux études bathymétriques et sédimentologiques présentées, quoique conçues et menées indépendamment, a finalement conduit à un enrichissement de la connaissance des formations sédimentaires du banc de Lamouroux concédé, la dynamique sédimentaire ne pouvant ainsi être expliquée par le seul suivi bathymétrique des fonds de cet estran.

Il s'en déduit d'ailleurs que d'éventuelles études sédimentaires ultérieures de ce type devront être construites en prenant en compte conjointement et dès leur conception ces deux thématiques.

Néanmoins, même avec quelques disjonctions spatiales ou temporelles constatables entre les deux études, différents résultats majeurs peuvent être soulignés, issus de cette double approche.

▪ **En premier lieu, la zone étudiée** correspond au seul cadastre ostréicole et se trouve **soumise à l'influence des élevages**, la zone nord-ouest du banc étant exclue de ces travaux. Cette dernière, composée de rides sableuses formées par les houles et les courants de direction NW-SE provenant du chenal ouest du coureau, voit son évolution bathymétrique indépendante de la biodéposition des zones d'élevage, car liée uniquement aux effets de l'hydrodynamisme septentrional sur ces fonds.

La zone d'étude correspond à la majeure partie concédée (99,2 %) du banc de Lamouroux, représentant le quart du tonnage des huîtres élevées en concessions sur l'ensemble du bassin et constituées essentiellement (97%) d'individus de 2 ans d'âge, gros producteurs de fèces et pseudofèces et contribuant ainsi de façon importante aux biodépôts constituant ces fonds sédimentaires. L'envasement qui s'en suit agit notamment sur la croissance, voire la survie des huîtres, tandis que l'hydrodynamisme local conduit également à différents types de transport influant sur les fonds des élevages, la dynamique sédimentaire résultante se traduisant alors par des phénomènes d'érosion et /ou de dépôt des formations du banc.

▪ **En second lieu, les traits principaux de l'évolution bathymétrique** du banc sous influence ostréicole montrent des variations altimétriques du niveau sédimentaire au cours des 6 ans d'étude (2005-2011), avec : (i) pour les 2 premières années (2005-2007), un exhaussement général de 40 à 80 cm sur la majeure partie du banc (94 %), la partie centrale devenant alors plus élevée et plus homogène, tandis que la frange sud-ouest se maintenait à la même profondeur et que même certaines parties localisées au nord-est et au sud se creusaient (6% du reste du banc); (ii) pour l'année suivante, une *quasi* stabilité des fonds, cette période (2007-2008) d'ailleurs correspondant à l'étude sédimentologique, dont les résultats principaux sont repris ci-après pour rapprochement avec les conclusions du volet bathymétrique ; (iii) pour les deux années postérieures (2008-2010), la poursuite de cette stabilité apparente générale avec une tendance à une légère sédimentation homogène dans l'ensemble, correspondant en fin de période à un faible exhaussement de l'ordre de 20-30 cm ; et (iv) pour la dernière année (2010-2011), une inversion des tendances précédentes, avec une modeste érosion de 20 cm. En outre, il est à noter qu'une valeur-seuil a été

déduite par calculs d'incertitudes et s'élevant à hauteur de 35-40 cm, en deçà de laquelle les données obtenues sont déclarées comme non significatives.

Par ailleurs, l'étude sédimentologique portant sur la période s'étalant de juin 2007 à avril 2008 a permis durant cette séquence annuelle de répondre à la triple problématique de dynamique sédimentaire posée initialement : (i) la caractérisation des variations altimétriques de l'interface en fonction des facteurs hydrodynamiques locaux et de la présence des tables ostréicoles ; (ii) la mise en évidence des variations saisonnières de la composition texturale des sédiments de surface et la détermination de l'origine de ces variations ; enfin, (iii), l'évaluation du volume des dépôts générés par les huîtres et leur part dans la sédimentation globale du banc.

Ainsi, l'étude des variations saisonnières des faciès sédimentaires caractérisés par différents paramètres texturaux (à partir des fractions sableuse, silteuse et argileuse) et rhéologiques (seuil d'écoulement, teneur en eau pondérale et concentration massique) a mener tout d'abord à évaluer les conséquences de la présence des élevages sur la sédimentation.

Il s'avère qu'avant l'installation des tables, les sédiments de surface prélevés sont tous sableux avec moins de 5% de fraction fine ( $< 50 \mu\text{m}$ ). Dès l'installation en juin des tables et poches d'huîtres, la part de fraction fine augmente très rapidement dans les sédiments, atteignant son maximum en septembre et se prolongeant jusqu'en novembre, la vitesse d'envasement ayant été estimée à 2 cm/mois : il s'agit alors de vases quasiment pures et très fluides, protégées semble-t-il de l'érosion estivale par les tables ayant ainsi joué un rôle défensif vis-à-vis des forçages hydrodynamiques, ce niveau vaseux reposant sur un dépôt de même composition texturale, mais en cours de consolidation. Après l'enlèvement des tables en décembre et du fait que la baie ait été exceptionnellement affectée cette année-là par une série de violentes tempêtes, les faciès sédimentaires ont complètement changé, redevenant à nouveau sableux en surface par effet successif de l'érosion, puis du dépôt, les traces des sédiments vaseux se retrouvant à 5-10 mm de profondeur.

Le schéma suivant synthétise cette évolution (fig.23) :

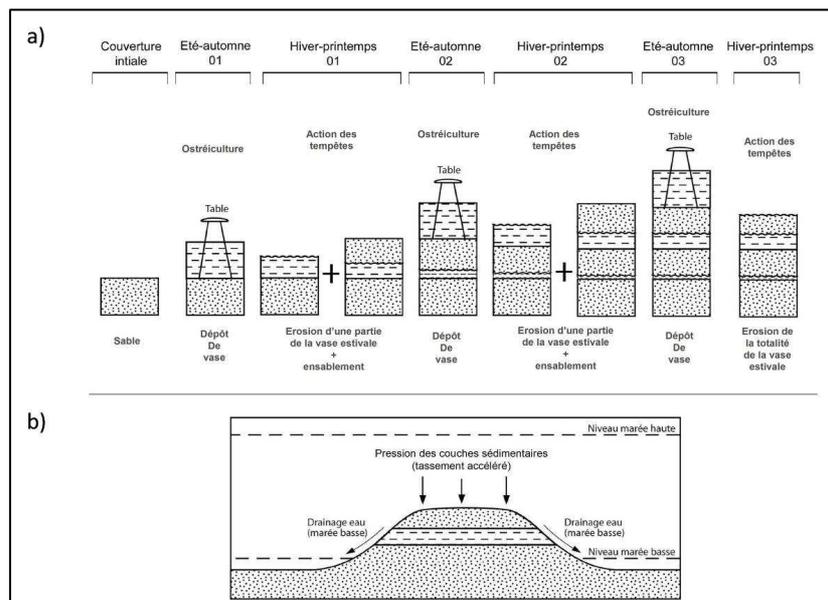


Fig.23 – Schématisation (a) du cycle sédimentaire sur le banc de Lamouroux et (b) de l'action des couches sédimentaires supérieures sur le drainage des eaux interstitielles des sédiments vaseux [Kervella, 2009]

Ensuite, l'étude spécifique sur l'impact des tempêtes sur la stabilité des biodépôts, conduite à l'occasion de cette année-là 'spéciale' avec les mêmes paramètres sédimentologiques et hydrosédimentaires montre des variations de faciès sédimentaires et de leur niveau altimétrique au cours de 7 séquences décrites, aboutissant finalement à une érosion en masse des sédiments en place, explicables par 3 scénarios possibles, ce qui souligne ainsi que ce type d'événement météorologique pluri-phasique a eu un impact majeur sur les processus érosion/dépôt du banc de Lamouroux cette année-là. C'est ainsi qu'à la faible influence résultante des élevages dans cette situation météorologique extrême s'oppose l'agitation locale, forçage hydrodynamique majeur : à cet égard, le type de vagues, selon donc leur intensité et leur fréquence, importe le plus quant au déroulement des processus sédimentaires se réalisant dans ces moments-là, d'autant, comme il a l'été perçu, la liquéfaction, provoquée par cette agitation locale, est un phénomène interne à prendre en compte comme facteur essentiel de déstabilisation et de déstructuration des niveaux sédimentaires. Cette érosion s'arrête sur une interface sablo-vaseuse dont le rôle 'protecteur' des niveaux fins inférieurs empêche la remise en suspension de ces derniers : l'interface sédimentaire fluctue alors autour d'un nouveau niveau altimétrique, situé à environ -100 mm par rapport à celui du début des événements, aboutissant alors à un état relativement stable correspondant à une interface sablo-vaseuse mise à nu, les variations altimétriques n'étant plus liées à l'activité ostréicole. Cependant, des différences sédimentaires s'observent selon l'emplacement des tables : sous ces dernières, la dizaine de centimètres de dépôt vaseux estival est érodée jusqu'au contact d'un niveau grossier, tandis qu'à l'extrémité des tables, le nouveau niveau sédimentaire sableux se trouve altimétriquement en dessous de celui d'avant tempête, l'interface ayant été alors fortement décapée lors de cette série d'événements.

- **En troisième lieu**, à partir de l'étude bathymétrique, le **budget sédimentaire** résultant a été calculé. Il s'en déduit pour la majeure partie (94 %) de la surface concédée une balance positive du tonnage sédimentaire avec près de 751 000 m<sup>3</sup> déposés entre 2005 et 2011, provoquant ainsi un exhaussement moyen de 74 cm, produite très majoritairement les deux premières années (2005-2007).

Par ailleurs, l'étude sédimentologique réalisée permet d'estimer le volume de sédiment vaseux qui s'est déposé en 2007 sur la partie concédée du banc de Lamouroux, en prenant la hauteur moyenne de dépôt mesurée sous table : il s'en déduit un volume de vase sédimenté au cours de l'été de l'ordre de 88 500 m<sup>3</sup>, ce qui équivaut en masse (concentration moyenne de 600g/l) à un dépôt vaseux de l'ordre de 53 000 t. Certes, il est difficile de faire des rapprochements entre les deux études du fait des différences dans les années de référence, mais néanmoins du fait des ordres de grandeurs de 1 à 10, cela confirme la part relativement modeste de la biodéposition dans l'exhaussement de ce banc.

- **En quatrième et dernier lieu**, l'étude sédimentologique, effectuée entre juin 2007 et avril 2008, a permis de caractériser **l'évolution morphosédimentaire pluriannuelle du banc**, à partir de l'analyse d'une carotte sédimentaire superficielle prélevée à l'extrémité d'une table ostréicole : elle conduit à discerner une alternance de niveaux inférieurs à tendance sableuse, correspondant à la sédimentation naturelle du banc en période hivernale, et de niveaux supérieurs à tendance vaseuse (également au nombre de 3), d'âge inférieur à 50 ans et très consolidées, liées à l'activité ostréicole estivale antérieure et présentant des surfaces d'érosion à leur sommet.

Certaines extrapolations aux zones ostréicoles sud du banc ont pu être envisagées afin d'appréhender l'origine des évolutions morpho-sédimentaires qui peut être triple : l'ostréiculture, l'action des courants de marée et/ou l'action des vagues. Comme cela a été montré, l'ostréiculture n'explique pas à elle seule les variations bathymétriques étudiées conduisant à un exhaussement du banc ; il en est de même des courants de marée, puisque leurs vitesses maximales mesurées tant en mortes-eaux (ME) qu'en vives-eaux (VE) sont relativement faibles. En revanche, le rôle des fortes houles s'avère majeur.

Ainsi, en prenant en compte ces trois facteurs qui participent globalement, mais dans des proportions variables, à l'évolution morphologique du banc de Lamouroux, il a pu être établi trois possibilités d'évolution du banc, correspondant d'ailleurs aux hivers étudiés, avec comme critères le régime et l'intensité des vagues, la période à laquelle les premières tempêtes affectent la baie, ainsi que les pratiques ostréicoles et les courants de marée.



Les applications de ces travaux sont diverses.

D'abord, ils peuvent constituer un support dans l'étude de la **dynamique sédimentaire** des différentes baies fondée sur la corrélation des études bathymétriques, hydrosédimentaires et sédimentologiques, ce qui peut permettre à son tour l'amélioration et la validation de la modélisation hydrosédimentaire, conduisant ainsi à la compréhension des processus à grande échelle, ainsi qu'à l'aide à la gestion et à l'aménagement conchylicole.

D'une manière générale, la tendance est à une élévation des fonds dans le bassin de Marennes-Oléron, cette sédimentation ayant différentes origines (apports sableux océaniques, sédiments terrigènes vaseux provenant de la Charente, contribution des biodépôts). Concernant le banc de Lamouroux, l'hydrodynamisme lié aux vagues a un rôle majeur de "chasse" des sédiments fraîchement déposés, surtout en période de tempêtes, les mouvements de l'interface sableux étant ainsi contrôlés uniquement par l'hydrodynamisme local, ceci hors période d'exploitation. En période estivale, l'installation des tables ostréicoles, ainsi que l'activité biologique des huîtres, entraîne un envasement et un exhaussement rapide de l'interface sédimentaire, sous la forme d'une auréole de déposition, d'autant que l'utilisation des poches surélevées ralentit la vitesse du courant et favorise la sédimentation des particules fines en suspension. Il en est de même, d'après les travaux de thèse de Youen Kervella (Kervella, 2010), concernant la présence des tables qui interfèrent, selon leur hauteur et leur succession (et non semble-t-il selon leur densité et leur configuration dans les parcs), d'une part sur les vagues (suivant leurs caractéristiques 'courtes' / 'longues') et d'autre part sur les courants (suivant leur vitesse incidente et suivant la hauteur d'eau durant le jusant). Cette sédimentation fine s'arrête lorsque les installations sont enlevées du site et parfois des érosions en masse d'une dizaine de centimètres peuvent être observées, plusieurs hypothèses ayant été avancées pour expliquer leur origine comme une fatigue du matériau, le dépassement d'un seuil de contrainte, une action plus importante des vagues longues ou encore une liquéfaction sous-jacente. De même, il a été mis en évidence en période hivernale le rôle de recouvrement des dépôts de vase sous-jacents par les sables apportés par les vagues, ainsi que le tassement des couches de vase liée à la pression interstitielle dépendant de l'épaisseur et de la structuration des niveaux sableux facilitant le drainage en dehors du banc.

Ainsi, à l'échelle de plusieurs années et avec la gestion actuelle des installations ostréicoles effectuée saisonnièrement, la sédimentation sur le banc de Lamouroux est avant tout conditionnée par les variations des forçages hydrodynamiques, l'action des huîtres sur l'exhaussement n'intervenant donc que secondairement, contrairement à d'autres zones à l'élevage conchylicole du bassin dans lesquelles les modifications sont engendrées par des événements naturels et accentuées par les activités anthropiques.

Enfin, ces travaux peuvent contribuer à l'**évaluation globale du taux de sédimentation au niveau des parcs**, ce qui conduit à l'estimation de l'envasement et de l'ensablement, et, par conséquent, au **suivi de l'évolution des fonds** et à la **connaissance topographique des zones à enjeux économiques et/ou environnementaux** (parcs, chenaux, herbiers,...).

Il en résulte donc sur la période étudiée (2005-2011) un exhaussement moyen sous les parcelles cultivées (95 ha) de près de trois-quarts de mètre en 6 ans avec un taux de sédimentation fort irrégulier, ce qui induit une diminution des profondeurs qui limite d'autant la durée d'accès aux parcs : ainsi la présente étude permet de fournir aux professionnels des informations sur l'état de recouvrement et découverture de leurs installations en fonction de la position géographique de ces dernières, des coefficients de marée et de l'évolution bathymétrique des fonds. Il se trouve ainsi que l'accessibilité des parcs du banc de Lamouroux varie avec les années dans la période considérée, avec des coefficients de marée diminuant progressivement, de 100-105 nécessaires en 2005 jusqu'à des valeurs de 77 seulement en 2011. Corrélativement, le temps moyen de recouvrement des parcelles diminue également, de 241 jours pour l'année 2008 à 216 jours pour l'année 2010. Cette diminution influe non seulement sur le temps de filtrage des huîtres, donc sur leur productivité, avec un fort impact sur les baisses de rendement des élevages sur le banc au cours du temps, mais également sur le temps d'accès aux parcs par les professionnels. À cet égard, différentes configurations de découverture et de recouvrement des parcelles ostréicoles ont pu être précisées en fonction de différents coefficients, de 60 à 110 et en basse mer, montrant ainsi diverses situations étudiées comme exemple pour les deux années 2008 et 2010 : ces représentations permettent ainsi de constituer un outil d'aide à la gestion des parcs en corrélant les informations relatives à la triple approche accessibilité / évolution des fonds / coefficients de marée.

Ainsi, le processus d'exhaussement des fonds est une contrainte à prendre en compte dans la gestion de l'écosystème conchylicole. Ces changements en termes de volume de sédiment ont une importance toute particulière dans le domaine de l'ostréiculture, puisque d'une part ils entraînent des modifications en termes de durée de recouvrement des parcelles et d'autre part impactent directement la production biologique donc économique des entreprises conchylicoles.

Cette observation doit cependant être tempérée par d'autres nécessités économiques de l'entreprise, car ces informations ont un impact différent selon le type d'exploitation : en effet, puisque le temps d'émersion correspond au temps de travail possible sur les parcs, le compromis est donc bien à trouver au sein de l'entreprise, cette dernière pouvant éventuellement préférer des parcs plus hauts, pour augmenter le temps de travail ou ralentir la pousse.

## 5. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Curti C., Geairon P. & O. Le Moine, 2011. Manuel technique : méthode utilisée pour la mise à jour 2010 de la bathymétrie des pertuis charentais et du fleuve Charente. Rapport d'avancement des travaux 2010, projet Développement Durable des Pertuis Charentais : 33 p.
- Geairon P., Curti C. & O. Le Moine, 2011. Évaluation d'indices géomorphologiques en lien avec la gestion de la ressource dans les pertuis charentais. Rapport d'avancement des travaux 2010, projet Développement Durable des Pertuis Charentais : 19 p.
- Geairon P., Massard E. & O. Le Moine, 2008. Suivi bathymétrique des parcs ostréicoles. Rapport d'avancement des travaux 2005-2008, projet Développement Durable des Pertuis Charentais : 10 p.
- Hayes, M.O. 1975. Morphology and sand accumulation in estuaries. *Estuarine Research*, **2**: 183-200.
- Kervella S., 2009. Dynamique des sédiments fins et mixtes des zones intertidales de la baie de Marennes-Oléron. PhD Thesis, Université de La Rochelle : 292 p.  
<http://archimer.ifremer.fr/doc/00004/11534/8117.pdf>
- Kervella Y., 2010. Impact des installations ostréicoles sur l'hydrodynamique et la dynamique sédimentaire / The impact of oyster farming structures on hydrodynamics and sediment dynamics. PhD Thesis, Université de Caen Basse-Normandie: 324 p.  
<http://archimer.ifremer.fr/doc/00011/12262/>
- Le Moine O., Geairon P. & D.Razet, 2002. Elaboration d'une technique d'évaluation rapide des stocks conchylicoles. Contrat Organisation des Producteurs de Marennes-Oléron. Direction DRV/RA - Laboratoire Conchylicole de Poitou-Charentes : 18 p.  
<http://archimer.ifremer.fr/doc/00031/14242/11517.pdf>
- Massard E., 2007. Incertitudes de mesures bathymétriques : évaluation, validation et application sur les levés bathymétriques de la Seudre et sur les bancs ostréicoles du bassin de Marennes-Oléron. Rapport de M2 Professionnel 'Génie des Anthroposystèmes Littoraux', université de La Rochelle : 57 p. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00074/18512/16052.pdf>