

## SÉANCE DU COMITE D'INFORMATION ET DE SUIVI - PORT HORIZON 2025 16 NOVEMBRE 2022

### ÉTAIENT PRÉSENTS À LA RÉUNION :

- Mme Brigitte ARSIVAUD, Respire La Rochelle
- M. Christophe BLEYNIE, DIRM SA
- M. Jérôme LE GOVIC, Communauté d'Agglomération de La Rochelle
- M. Matthieu BRUNET, DDTM17
- Mme Brigitte DESVEAUX, Département de Charente Maritime
- M. Christophe MANSON, DDTM17
- Mme Véronique PERRAIN, Commune de La Flotte
- M. Philippe TREHELLO, Commune de Rivedoux Plage
- M. Denis FICHET, Société des Sciences Naturelles de la Charente-Maritime
- M. Patrick GIULIANI, Ligue pour la Protection des Oiseaux
- Mme Aline GUIBORDEAU, Comité de quartier Laleu-La Pallice-La Rossignollette
- M. Philippe REYDANT, Union Maritime de La Rochelle
- M. Jean-Pierre GUERET, Réserve Naturelle Nationale de la Baie de l'Aiguillon
- M. Bruno HEMAR, Commune de L'Hourmeau
- M. Bruce JENNER, Union des Associations de Plaisanciers de Charente-Maritime
- M. Michel LARDEUX, Mat Ré
- M. Nicolas MENARD, Grand Port Maritime de la Rochelle
- M. Bertrand MOQUAY, Régie du Port de Plaisance de La Rochelle
- M. Bernard PLISSON, Grand Port Maritime de la Rochelle
- Mme Mathilde TERRAL, DREAL Nouvelle-Aquitaine
- M. Maxime LEGENDRE, Chambre de Commerce et d'Industrie de Charente-Maritime
- M. Patrick RAYTON, Communauté de Communes de l'Île de Ré

### ÉTAIENT EXCUSÉS :

- M. Benoît DURIVAUD, Comité Départemental des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Charente-Maritime
- Mme Emmanuelle JAOUEN, Parc Naturel Marin de l'Estuaire de la Gironde et la mer des Pertuis
- Mme Céline JACOB, Ville de La Rochelle
- M. Patrice BELZ, Conservatoire du Littoral
- Mme Gisèle VERGNON, Ville de Sainte-Marie de Ré
- Ré Nature Environnement

**Rappel de l'ordre du jour :**

- 1 • Bilan du suivi des mesures « Eviter, Réduire, Compenser et Accompagner »
- 2 • Etat d'avancement et planning prévisionnel de réalisation des travaux
- 3 • Présentation de la plateforme SEAPOLAR
- 4 • Questions diverses
- 5 • Visite de site.

La séance démarre à 14h.

M. Bernard PLISSON souhaite la bienvenue aux participants pour ce deuxième comité d'information et de suivi (CIS) du projet d'aménagement Port Horizon 2025. Les structures des membres de ce comité ont été identifiées par arrêté préfectoral comme parties prenantes du projet. La liste complète est consultable sur le site de Port Atlantique La Rochelle. M. Bernard PLISSON, directeur Stratégie et Transition Ecologique de PALR, participe au pilotage du projet Port Horizon 2025 aux côtés de M. Nicolas MENARD, directeur des Infrastructures. Le projet a été autorisé en 2020. Il est resté en phase d'études jusqu'en 2021 avant d'entrer dans une phase de travaux en 2022. Le CIS se réunira deux fois par an pendant la durée des travaux ; l'objet des réunions sera d'apporter des informations sur l'avancement du projet et de créer un dialogue entre les parties prenantes.

## 1 • Bilan du suivi des mesures « Eviter, Réduire, Compenser et Accompagner »

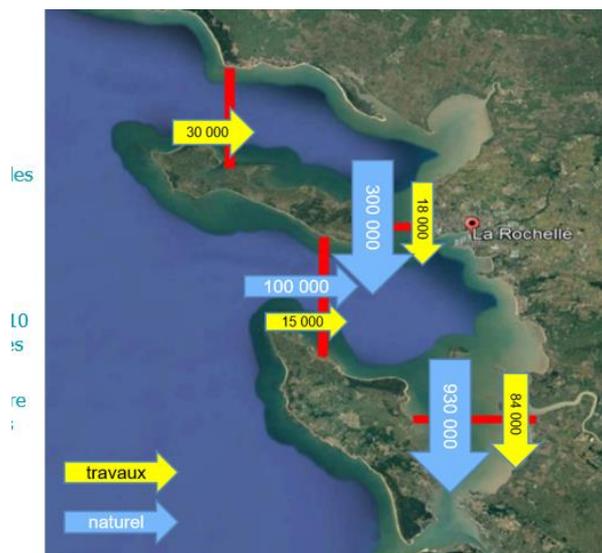
*Cf. pages 3 à 8 de la présentation en PJ*

Le Code de l'environnement impose, pour tout projet d'aménagement susceptible d'impacter l'environnement, des mesures d'évitement de l'impact (ME), des mesures de réduction (MR), des mesures de compensation (MC), ainsi que des mesures d'accompagnement (MA). La majeure partie des travaux n'ayant pas encore commencé, seules des mesures d'évitement ont été prises à date, à savoir les études préalables prévues par l'arrêté préfectoral.

Deux études sont d'ores et déjà finalisées :

- Modélisation hydrosédimentaire. L'objectif de cette étude, réalisée par EGIS, était de quantifier les effets du déroctage et du dragage sur la turbidité et la sédimentation. Cette étude de modélisation, complémentaire à celle de l'étude d'impact, a été menée par le groupement en charge des travaux, selon le planning et le matériel prévu pour les travaux et en tenant compte des hypothèses majorantes. Il en ressort que les niveaux maximaux de turbidité naturelle sont supérieurs de 2 à 10 fois aux niveaux maximaux générés par les travaux. Par ailleurs, les dépôts induits à l'issue des travaux sont du même ordre que ceux induits par une sédimentation sur 24 heures lors de périodes fortement turbides. Les phénomènes de turbidité constatés par la modélisation sont généralement d'assez courte durée, car ils sont liés aux immersions.

M. Denis FICHET et M. Jean-Pierre GUÉRET s'étonnent des quantités indiquées dans le schéma ci-dessous et du fait que les flèches du flux naturel soient toutes dirigées du Nord vers le Sud. Des sédiments devraient notamment entrer par le pertuis breton.



*masse totale de sédiments (tonnes) transitant sur une période de 3 mois*

M. Bernard PLISSON prend note de la remarque et s'engage à y apporter une réponse ultérieurement.

#### **Note Additive postérieure à la réunion**

*Les données de flux naturels, en tonnes de matières sèches, présentés dans la figure ci-avant sont issues des résultats de l'étude : « Erosions, dépôts et transits sédimentaires associés dans le bassin de Marennes-Oléron » (Pierre Le Hir et al-octobre 2010), dont un article est remis en annexe du présent compte-rendu.*

*Ces résultats sont confirmés à la lecture de l'article et des figures associées. Néanmoins il convient de signaler que la zone d'étude de ces flux ne comprenait pas le Pertuis Breton, ce qui explique l'absence de données concernant les flux entrant dans par le nord de ce Pertuis.*

A priori, les apports directs des rivières (Sèvre niortaise, Charente, Seudre) ne sont pas pris en compte dans le schéma. À noter que les travaux consisteront à dérocter, draguer et immerger 550 000 m<sup>3</sup> de sédiments sur le site du Lavardin et sur le site d'Antioche, au large des îles de Ré et d'Oléron. Le rapport complet est disponible sur simple demande.

- Turbidité en lien avec les mesures de réduction des impacts liés au dragage (MR1) et au déroctage (MR2). Pour contrôler le niveau de turbidité pendant les travaux, des sondes seront fixées à des bouées dans le milieu naturel à une profondeur de 1,5 mètre. Elles effectueront des mesures toutes les quelques secondes, avec un lissage des données à la demi-heure, et alerteront instantanément en cas d'écart inexplicable avec les prévisions. Ainsi, les équipes pourront prendre rapidement des décisions : valider/invalides les mesures, ralentir les travaux ou les interrompre. L'arrêté prévoit l'installation de 5 sondes : 3 au Nord dans le pertuis breton et 2 à l'Ouest dans le pertuis d'Antioche. Ces sondes ont déjà été placées dans l'eau pendant environ 12 mois de décembre 2020 à décembre 2021. Il en ressort que le régime turbide est assez contrasté en fonction de la zone, de la marée, du vent, de la houle, etc. La turbidité moyenne s'établit entre 35 et 40 mg/l de matière en suspension. À noter que les sondes font l'objet d'un entretien régulier pour éviter les dépôts de biofouling. L'étude a révélé des imperfections de niveau de corrélation entre les sondes, en particulier en période de forte turbidité due à la météo, d'où le déclenchement de nombreuses fausses alertes. Le bureau d'études n'a pas réussi à trouver une solution mathématiquement fiable permettant de gommer les écarts liés aux facteurs naturels. Il a donc corrigé l'anomalie grâce à un traitement spatial et temporel des signaux et un traitement statistique de la donnée. Ces traitements permettent d'identifier et d'écarter les fausses alertes. Les prochains travaux de dragage seront l'occasion de tester ce nouveau modèle. Le système de sonde a déjà été expérimenté à quelques reprises lors de travaux maritimes à Monaco et à Brest. La Rochelle a étudié les retours d'expérience, mais le fait est que, dans ces régions, la turbidité naturelle est bien moindre que dans les pertuis charentais.

Plusieurs autres études sont en cours :

- Biodiversité terrestre
  - o Suivi 2022 de l'Odontite de Jaubert (ME1), une plante protégée qui pousse facilement sur des pelouses calcaires arides, notamment au nord de la zone de la Repentie. Pour préserver l'Odontite de Jaubert, il a été décidé une mesure d'évitement, c'est-à-dire de ne pas faire de travaux dans cette zone. Une étude est menée chaque année pour surveiller l'évolution de cette plante.
  - o Suivi 2022 des zones de compensation (MC2 et MC3), situées au nord de la Repentie et à Chef de Baie à côté du port de pêche. Une autorisation dérogatoire a été accordée pour détruire des nids d'oiseaux d'espèces protégées pendant les travaux. Tout sera mis en œuvre pour éviter cette destruction et pour favoriser la nidification d'oiseaux dans les zones de compensation.
  - o Suivi 2022 de l'efficacité des mesures d'effarouchement (MR3) sur la zone sud de la Repentie. Pour éviter la nidification des oiseaux pendant les travaux, un maître-chien sera présent chaque

jour. Le chien veillera à ce que les oiseaux ne nichent pas et se reportent vers les zones de compensation.

- Suivi 2022 des Espèces Exotiques Envahissantes (MR13). Ces plantes sont capables de s'étendre très rapidement de façon anarchique, au détriment de la biodiversité locale. Il est prévu non seulement de les retirer de la zone de travaux, mais également de mener une mission de repérage de ces espèces exotiques envahissantes sur l'ensemble de la zone portuaire et de lutter contre leur prolifération.

- Cadre de vie, milieu humain

- Modélisation de la qualité de l'air (MA9). L'étude, menée par ATMO Nouvelle-Aquitaine, vise à réaliser un état initial de la qualité de l'air dans la zone portuaire, sous la forme d'un modèle. Il s'agit de lister la totalité des sources d'émissions de polluants et de l'intégrer dans un modèle mathématique pour obtenir un état moyen annuel de la qualité de l'air selon chaque polluant. L'étude sera renouvelée dans quelques années en prenant en compte l'évolution du trafic postérieure aux travaux d'aménagement.

- Milieu marin

- Étude de la zone à crépidule (MC1). Le projet d'aménagement prévoit un dragage à proximité du chenal d'accès au port, dans l'objectif de supprimer quelques points hauts qui gênent l'accueil des navires dans certaines conditions de marée. Cette zone, située en Natura 2000, n'a jamais été draguée. En compensation, le Port a proposé d'éradiquer la crépidule, une espèce exotique envahissante marine présente dans les pertuis charentais sur une zone située entre le pont de l'île de Ré et le viaduc du môle d'escale.
- Thèse QUALIPERTUIS (MA3). Pendant 3 ans, le Port a accueilli une doctorante de l'Université de La Rochelle qui a rédigé une thèse consacrée aux bivalves (moules, huîtres et pétoncles) en tant que sentinelles de la qualité du milieu. Ce travail de recherche pourrait aboutir, dans quelques années, à l'utilisation des coquillages pour surveiller la qualité du milieu. L'étude Qualipertuis mesure chimiquement le stress du coquillage (données accessibles après quelques semaines), tandis que l'étude Molluscan menée à Bordeaux mesure physiquement les ouvertures des valves du coquillage (données accessibles immédiatement grâce à des électrodes placées sur les mollusques). PALR suit de près ces recherches et entend contribuer à l'amélioration de la connaissance, dans une logique durable.

M. Denis FICHET suggère à PALR d'installer des poches d'huîtres au niveau des sondes. L'analyse des échantillons tous les 6 mois permettrait d'identifier d'éventuelles contaminations chimiques liées à la turbidité générée par les travaux. Les métaux sont des traceurs d'activité anthropique. Cette méthode est simple et peu coûteuse et elle permettrait de contrer les critiques.

M. Bernard PLISSON assure que le PALR effectue un dosage des métaux contenus dans les sédiments dragués. Depuis plusieurs années, la quantité de métaux est stable, voire en diminution. Par ailleurs, le PALR participe avec le port de plaisance à un programme visant à mesurer chaque année la qualité globale du milieu marin dans la baie de La Rochelle. Dans ce cadre, des évaluations simultanées sont effectuées selon divers critères environnementaux en un même point : biodiversité, qualité des sédiments, dosage des éléments métalliques dans les coquillages, etc. Toutefois, en l'absence de référentiel de qualité environnementale, l'exploitation des données recueillies reste limitée.

M. Denis FICHET signale que ce référentiel existe, notamment pour les métaux lourds et les hydrocarbures. Il faudrait se rapprocher des services d'État et des collectivités qui effectuent des suivis de données.

M. Bernard PLISSON prend note de la suggestion.

- Étude de la zone d'attente (MA4). Cette zone de mouillage, située au sud du port, est gérée par la préfecture maritime. Elle sert à la fois au port de commerce de Rochefort-Tonnay-

Charente et au port de La Rochelle. PALR a mené une étude de qualification environnementale de la zone.

- Thèse Anodes (MA5). Les anodes sont des équipements métalliques placés sur les ouvrages métalliques pour limiter les phénomènes d'électrolyse et d'oxydation de ces ouvrages. Une étude a été menée pour mesurer les cinétiques de dégradation et l'impact potentiel des produits de dégradation des anodes sur le milieu marin.
- Étude de bruit subaquatique (MA7). PALR a mené une étude sur plusieurs mois pour mesurer les nuisances sonores subaquatiques en 2021 à l'entrée du port de La Rochelle. L'étude sera renouvelée dans quelques années pour voir l'évolution.

Les résultats de toutes ces études seront présentés lors des prochaines réunions du CIS. En parallèle, chaque étude environnementale fera l'objet d'une fiche de synthèse d'une page qui comportera une description succincte de l'étude, les objectifs, les principales étapes et une ou deux illustrations.

## 2 • État d'avancement et planning prévisionnel de réalisation des travaux

*Cf. pages 10 à 19 de la présentation en PJ*

Le planning des travaux n'a pas évolué depuis la réunion d'avril. Certains éléments du calendrier initial ont été intervertis de sorte à répondre aux enjeux d'exploitation. Le dragage et le déroctage, initialement prévus en 2022, ont été repoussés à fin 2023, début 2024, sous réserve de modification ultérieure. À noter que toutes les autorisations administratives ont été obtenues pour la réalisation des travaux. Reste désormais à répondre aux obligations de l'arrêté, notamment sur le volet environnemental, et à échanger avec les services de l'État pour montrer que les engagements sont respectés.

Opérations	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
<b>Autorisation environnementale</b>	★							
<b>Terminal de Chef de Baie 04</b>								
Quai de Chef de Baie 04								
Terre-pleins et réseaux								
<b>Terminal de l'Anse Saint Marc 03</b>								
Casier et remblaiement								
Quai de l'Anse Saint Marc 03								
Terre-pleins et réseaux								
<b>Aménagement de la Repentie</b>								
Démantèlement partie terrestre du viaduc								
Réseaux eaux pluviales								
Plateformes et voiries								
<b>Amélioration des accès maritimes</b>								
Etudes et travaux préparatoires								
Dragages								
Déroctages								

Les travaux de démantèlement de la partie terrestre du viaduc du môle d'escale ont été engagés début 2022. Ils s'étaleront jusqu'en juillet 2023. En février 2023, la sixième travée sera déposée avec, pour conséquence, la coupure totale de l'accès au môle pendant 7 à 10 jours et l'arrêt de l'exploitation. L'opération sera assez spectaculaire, car 6 éléments de 70 mètres seront enlevés. Pour remplacer le viaduc, une voirie sera réalisée, avec un passage au-dessus des canalisations d'hydrocarbures enterrées. Cette voirie reliera les zones de la Repentie et de l'Anse Saint-Marc. L'ouvrage de génie civil devra supporter des passages de convois de plusieurs dizaines de milliers de tonnes, en lien avec le projet d'accueil des pièces des futurs champs éoliens offshore de l'Atlantique.

S'ensuivra, entre mars et décembre 2023, la création d'une digue de 450 mètres de long dans l'Anse Saint Marc 3. Au préalable, des travaux de dragage seront effectués avec la drague Cap d'Aunis, afin de purger des matériaux meubles situés dans l'emprise de la digue et d'offrir une assise de bonne qualité à la digue. Cette opération de purge durera environ 3 mois à compter de fin novembre 2022. Elle permettra de tester le système de suivi de la turbidité de PALR. Les volumes sont assez limités, de l'ordre de 30 000 à 50 000 m<sup>3</sup>, contre

250 000 m<sup>3</sup> pour les dragages d'entretien annuels. Les sédiments seront immergés au Lavardin. Les volumes dragués et les volumes immergés seront évidemment tracés. Il est important de souligner que la drague est certifiée ISM (Code international de gestion de la sécurité). À ce titre, elle respecte les procédures de gestion de la sécurité, de la pollution marine, des macrodéchets et de tout élément pouvant impacter le milieu marin.

Des fiches de synthèse travaux seront mises à disposition des membres du CIS pour les informer de l'avancement des chantiers. Des éléments plus complets pourront également leur être adressés sur demande.

Mme Brigitte DESVEAUX demande si PALR communiquera auprès des habitants durant la phase de travaux.

M. Bernard PLISSON répond qu'à date, aucune communication spécifique n'est prévue à destination du grand public sur le lancement des travaux de l'Anse Saint Marc 3. Un échange a eu lieu avec la mairie et les comités de quartier à propos du bruit des travaux. Il faut savoir que le comité de quartier, comme les associations de défense de l'environnement, est représenté au sein du Conseil de Développement du Grand Port Maritime. L'instance se réunit tous les 6 mois et dresse un point d'avancement du projet Port Horizon 2025. Le 24 novembre sera organisée à la salle de fête de la Pallice une réunion publique au cours de laquelle sera évoqué le renouvellement du dragage d'entretien du Port.

### **3 • Présentation de la plateforme SEAPOLAR**

La plateforme SEAPOLAR a pour vocation de partager les données de suivi environnemental en lien avec les projets d'aménagement du Port, notamment les fiches de synthèse, les fiches de travaux et les comptes-rendus de réunion. Elle sera accessible aux membres du CIS, mais également au grand public, via le site Internet du PALR : <https://seapolar.larochelle.port.fr/palr/home>. La plateforme sera alimentée progressivement au fur et à mesure des études, des travaux et de la disponibilité des informations. L'outil SEAPOLAR pourra être utilisé au-delà du projet Port Horizon 2025 pour toute communication du PALR autour du suivi environnemental de ses chantiers.

### **4 • Questions diverses**

*RAS.*

### **5 • Visite de site**

Les membres du CIS sont invités à participer à une visite du site en bus.

La séance est levée à 16h01.

---

## Erosions, dépôts et transits sédimentaires associés dans le bassin de Marennes-Oléron

Pierre Le Hir<sup>1,\*</sup>, Stéphane Kervella<sup>2</sup>, Patrice Walker<sup>3</sup> et Isabelle Brenon<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ifremer, laboratoire Dyneco/Phyсед, centre Ifremer de Brest, B.P. 70, 29280 Plouzané, France

<sup>2</sup> Ifremer LERPC Place Gaby Coll, B.P. 5, 17137 L' Houmeau, France

<sup>3</sup> Créocéan, zone Technocéan, Chef de Baie, 17000 La Rochelle, France

<sup>4</sup> Université de La Rochelle, UMR LIENSS, 2 rue Olympe De Gouges, 17000 La Rochelle, France

\*: Corresponding author : Pierre Le Hir, Tél : +33(0)2 98 22 43 40, email address :

[pierre.le.hir@ifremer.fr](mailto:pierre.le.hir@ifremer.fr)

---

### Résumé

La gestion des sédiments dans le bassin de Marennes-Oléron nécessite une connaissance des flux particuliers et des bilans sédimentaires à l'échelle du bassin, et une description des conditions dominantes dans lesquelles les transits se produisent. Un modèle de dynamique sédimentaire prenant en compte le transport simultané des sables et des vases sous l'effet des vagues et des courants a été appliqué au secteur côtier des Pertuis Charentais. La consolidation des vases et des mélanges de sable et de vase est simulée. La validation est réalisée à l'aide de mesures de courant, de suivis altimétriques en 8 points pendant un an, d'enregistrements de pression pour les vagues sur estran et de mesures de turbidité.

Une dissymétrie entre l'est et l'ouest du bassin pour la turbidité est constatée, en accord avec une circulation résiduelle nord/sud. Cette circulation moyenne générée par la marée entraîne un transit résiduel de matériel fin vers le sud, qui est partiellement piégé dans le bassin. Le modèle identifie la zone à l'est du pertuis d'Antioche comme principale source de cette dérive, ce qui reste à valider. Les tempêtes sont susceptibles d'inverser ces flux, mais sur des périodes courtes. Pourtant, ce sont elles et les agitations locales qui génèrent les fortes turbidités. Le modèle met en évidence la variabilité de la nature du sédiment superficiel, à l'échelle de la marée ou à la suite de tempêtes.

### Abstract

Managing sediments in the baie de Marennes-Oléron (Atlantic coast of France) can be achieved providing particulate fluxes at the scale of the basin are available, as well as tidal and meteorological conditions during which major transports occur. A sediment dynamics model accounting for tide- and wave-induced sand and mud transport has been applied to the Pertuis Charentais area. Consolidation of pure mud and mixtures of sand and mud is accounted for. The model validation is achieved by current and turbidity measurements, local altimetric surveys during one year and pressure measurements for waves on the tidal flat.

An asymmetry between eastern and western halves of the bay is observed on turbidity signals, in agreement with a residual circulation from north to south. This flow generates a net fine sediment

transport towards the south. A part of it is deposited within the bay. According to the model, the eroded area east of Antioche inlet would be the main source of this southward flux : this feature has to be validated. The flux can be inversed during storms, but for a short duration. However, waves are dominant in the resuspension process. Last, the variability of sediment nature is demonstrated with the model, at different time scales in relation with tidal phases and storm.

### **Mots clefs**

Dynamique, sédiment, sable, vase, érosion, dépôt, consolidation, flux particulaire, modélisation, Marennes

## I INTRODUCTION

La gestion des sédiments dans un domaine côtier nécessite de connaître les sources et puits de sable et de vase, qui peuvent résulter des flux au large mais aussi des érosions et des dépôts, ainsi que les cheminements préférentiels des matériaux transportés en suspension ou par charriage près du fond. Par exemple, l'opportunité de draguer un banc sableux venant barrer un chenal de navigation peut être mise en regard d'un besoin de rechargement de plage à proximité. D'éventuelles opérations de dragage par simple remise en suspension des vases doivent faire l'objet d'une étude de dispersion pour optimiser les heures de dragage. L'implantation d'installations conchylicoles susceptibles de provoquer des envasements, ou d'être victimes de brusques ensablements mérite d'être étudiée en fonction des transits de sédiments alentour. Pour faire face à ce type de questions, le Conseil Général de Charente Maritime a coordonné et financé une « étude pour une gestion dynamique des sédiments sur les côtes du bassin de Marennes-Oléron ».

La connaissance des conditions dans lesquelles se font les transports majeurs est également essentielle, par exemple pour définir les spécifications d'une étude de détail d'un aménagement, ou pour rationaliser les périodes d'entretien annuels. Est-ce que les tempêtes exceptionnelles ont un rôle dominant ? - ou dans certains cas les marées de vive eau ? Se passe-t-il quelque chose pendant les périodes calmes en morte eau, qui justifie d'en tenir compte (consolidation éventuelle) ? Dans le cas du bassin de Marennes-Oléron, les débits de la Charente ont-ils un effet sur les processus sédimentaires en baie ? Ce genre de question peut être abordé à une échelle régionale, en cherchant à décrire et comprendre les mécanismes essentiels.

On sait par ailleurs que la nature sédimentaire du fond conditionne les habitats benthiques, et donc l'implantation et le développement des biocénoses. La composition du sédiment superficiel est susceptible d'évoluer, selon plusieurs échelles de temps : marée, saison, dérive pluri-annuelle, ou encore variation événementielle. Autant que les possibles changements brusques induits par les épisodes de tempête, ce sont aussi les temps de « récupération » du système (on peut parler de *résilience*), et sa capacité à revenir ou non à une configuration antérieure qui intéressent les environnementalistes du littoral.

Enfin la connaissance de la turbidité elle-même est essentielle, car elle conditionne la pénétration de la lumière, et donc la production phytoplanctonique, qui constitue la principale nourriture des bivalves cultivés. Le cas du bassin de Marennes-oléron (B.MO) est évidemment exemplaire, puisqu'il s'agit du premier bassin ostréicole français.

Pour ces différentes raisons, une étude générale des transports de sédiments dans le B.MO a été menée, sur la base d'un modèle numérique ayant fait l'objet d'une validation soignée. Les principaux résultats sont présentés ci-après. On trouvera successivement une description sommaire du site d'étude et du modèle utilisé (sections II et III), puis quelques résultats de validation (section IV) avant une synthèse sur les mouvements de sédiments modélisés (section V), décrivant d'abord les matières en suspension (MES), puis les flux sédimentaires et les érosions/dépôts qui en résultent, et enfin les évolutions à court terme de la nature du sédiment superficiel.

## II LE BASSIN DE MARENNES-OLERON

Situé entre l'île d'Oléron et le littoral atlantique, le bassin de Marennes Oléron (fig.1) est une mer semi-fermée reliée au golfe de Gascogne par le pertuis d'Antioche (large et profond) et le pertuis de Maumusson au sud (étroit, et très dynamique). La moitié de la baie est occupée par de larges estrans, vaseux à l'Est et sablo-vaseux à l'Ouest. L'amplitude de marée atteint 6 m en vive eau. La marée se propageant depuis les pertuis, les courants de flot convergent vers le centre du bassin à certains moments de la marée, mais une circulation résiduelle des masses d'eau du Nord vers le Sud a été montrée. Entre les îles d'Aix et d'Oléron, ainsi que dans le bassin sud (*i.e.* au sud du Chapus), de nombreux bancs sableux séparent d'étroits chenaux et manifestent une dynamique intense [1]. L'estuaire de la Charente, long d'environ 50 km en aval du barrage de St-Savinien, a son embouchure à l'Est du bassin. Un bouchon vaseux est observé dans l'estuaire. Le flux particulière net à la sortie de la Charente est très mal connu, et l'envasement des rives de

l'estuaire soulève aujourd'hui de gros problèmes d'exploitation portuaire. Les installations conchylicoles occupent schématiquement l'ensemble du tiers inférieur des estrans.

### III PRESENTATION SUCCINCTE DE LA METHODOLOGIE

#### III.1 Modélisation

Le modèle hydrodynamique bidimensionnel SiAM-2DH [2] est utilisé pour simuler la propagation de la marée et les circulations induites par le vent. Il résout les équations de St-Venant en différences finies selon une technique ADI. Les limites du domaine de calcul sont représentées sur la figure 1, ainsi que le maillage, cartésien irrégulier. Dans le bassin, les mailles sont des carrés de 200 m de coté. La géométrie de la Charente est schématisée par un canal (non visible sur la figure 1) de largeur et profondeur variable de façon à respecter les sections d'écoulement à mi-marée. Les conditions aux limites de marée sont une composition harmonique interpolée le long de la limite marine en fonction de la cartographie de 143 ondes proposée par le SHOM [3]. Le vent mesuré au sémaphore de Chassiron (Nord d'Oléron) est utilisé comme forçage uniforme de la masse d'eau.

Le calcul des vagues a été réalisé à l'aide du modèle SWAN pour une sélection de niveaux d'eau et de conditions de vent, parmi les plus fréquentes dans le secteur d'étude [4]. Pour une simulation réaliste, les vagues sont obtenues par interpolation sur la direction et/ou l'intensité du vent et sur le niveau de marée supposé uniforme dans le plan d'eau. Les houles du large sont sommairement prises en compte, en utilisant la cartographie des vagues calculées pour une tempête d'ouest, corrigée d'un facteur permettant de retrouver les vagues observées à la bouée Gascogne de Météo-France.

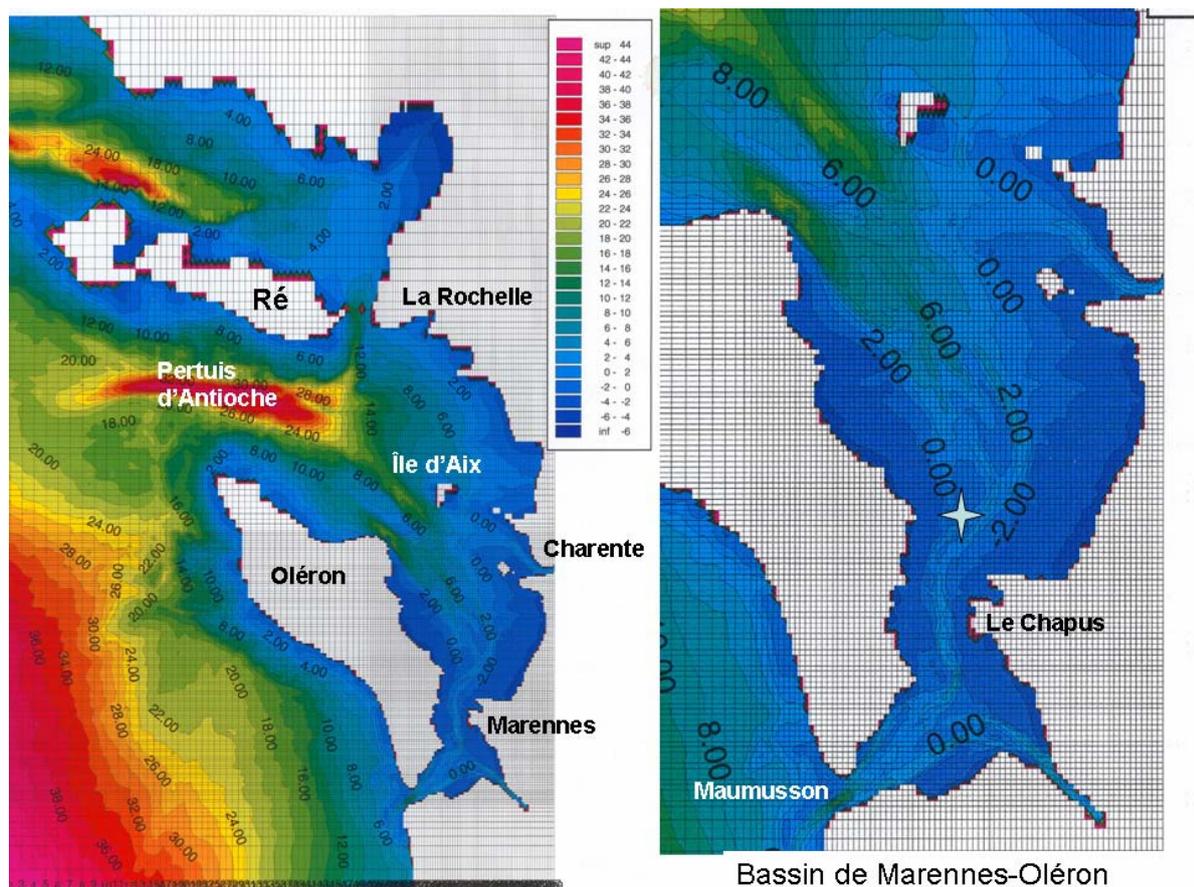


Figure 1 : situation du bassin de Marennes-Oléron ; présentation du maillage et de la bathymétrie, telle que perçue par le modèle

Le modèle sédimentaire a fait l'objet d'un développement original [5]. Plusieurs classes de sédiment sont considérées, regroupées en 3 types : les « graviers », éventuellement transportés

par charriage, les sables fins et moyens, transportés en suspension, et les vases également transportées en suspension. Selon la proportion de vase, le sédiment a un comportement cohésif ou non cohésif, caractérisé par une loi d'érosion différente. Si le sédiment est cohésif, l'érodabilité dépend de la concentration relative de la vase, *i.e.* sa concentration dans l'espace non occupé par les grains de sable. Une attention particulière a été portée aux conditions de dépôt : d'une manière générale, les dépôts sableux sont pris en compte les premiers, et les particules plus fines viennent combler les interstices jusqu'à l'obtention d'une porosité minimale, puis une nouvelle couche de sédiment est constituée. D'autre part, un dépôt vaseux ne sera mélangé au sédiment existant que si celui-ci n'est pas encore consolidé. La consolidation est simulée en résolvant une équation de Gibson pour chaque classe de sédiment. La perméabilité est fonction du diamètre représentatif des petites particules, tandis que la contrainte effective est exprimée en fonction de la concentration relative de vase.

Cinq classes de sédiment ont été retenues (graviers de 2 mm, sables moyens de 300  $\mu$  et de 120  $\mu$ ), et deux classes de vase, l'une étant utilisée pour « marquer » les vases de Charente. La cartographie des faciès sédimentaires du SHOM [6] a été utilisée pour l'initialisation de la distribution des différentes classes de particules.

### III.2 Mesures in situ

Pour la validation du modèle on disposait de mesures de courant par profileur ADCP réalisées par Ifremer dans le cadre du réseau REPER de la région Poitou-Charente, de mesures de MES réalisées selon un échantillonnage temporel très limité, et de deux ou trois enregistrements de sonde de turbidité d'une dizaine de jours. Afin de mieux appréhender la variabilité de la turbidité à différentes échelles, et de caractériser les érosions-dépôts en fonction des forçages, une campagne de mesures a été réalisée d'avril 2007 à avril 2008.

Des sondes multiparamètres (température, salinité, turbidité) ont été placées en 3 points, en bas des estrans Est et Ouest. Des altimètres ALTUS [7] ont été déployés en 8 stations réparties sur l'estran du bassin [8]. Tous ces instruments étaient destinés à mesurer les érosions/dépôts selon un pas de temps de 20' avec une précision millimétrique. Ils disposaient également d'un capteur de pression donnant la hauteur de marée et les surcotes, mais aussi les spectres de vagues (grâce à l'acquisition de salves de 5 minutes à 2 Hz): ainsi une base de données de validation des vagues dans le bassin a été créée.

## IV CALIBRATION ET VALIDATION DU MODELE

La validation du modèle suit une progression par étapes. Après une phase d'ajustement de la rugosité sur le fond, dépendante de la nature sédimentaire, l'hydrodynamique a été validée en comparant courants mesurés et observés pendant plusieurs marées en 4 points représentatifs de la baie. L'accord est très bon, cependant le niveau de basse mer simulé est plus haut d'une vingtaine de cm, parce que le découvrément dans le modèle est légèrement ralenti : ce peut être dû à la non prise en compte dans les mailles de 200 m des seillons et petits chenaux qui traversent l'estran (en particulier dans la vasière de Brouage) et permettent une évacuation plus rapide de l'eau (cf. une anomalie similaire dans un modèle de la mer de Wadden [9]).

La simulation des vagues n'a pas fait l'objet de calibration, car les mesures ont été effectuées après. La validation a porté sur l'estimation de la contrainte de cisaillement, qui suppose une hypothèse sur la rugosité de peau prise en compte. Le rôle essentiel des vagues est confirmé, mais l'accord entre les résultats de la modélisation et l'ensemble des observations est jugé moyen. La simulation des vagues en mode instationnaire respectant l'évolution réelle du vent mériterait d'être testée.

Certains processus sédimentaires ont été calibrés. Ainsi la consolidation des vases a été paramétrée à l'aide de culots de tassement réalisés par Sogreah en 1995 [10]. Le paramétrage de la vitesse de chute des sédiments cohésifs et des lois d'érosion a été ajusté pour respecter approximativement les variations de concentrations en MES, à la fois dans les chenaux et sur la vasière de Brouage, tout en évitant une dérive du modèle dans le temps, soit en termes de concentration moyenne, soit en termes d'érosion/dépôt.

La validation des transports sédimentaires s'appuie sur les récents enregistrements de turbidité et d'érosion/dépôt (non montrés ici). A cette fin, la période du 1<sup>er</sup> mars 2007 au 6 avril 2008 a été simulée, avec des forçages réalistes. La figure 2 illustre le type de comparaison que l'on obtient entre le modèle et la mesure. On observe que les resuspensions par les tempêtes peuvent être très importantes. Leur sous-estimation par le modèle le 5 mars 2008 est plutôt à attribuer à une sous-estimation des vagues ce jour-là, mais, dans l'ensemble, la dynamique des turbidités observées est respectée.

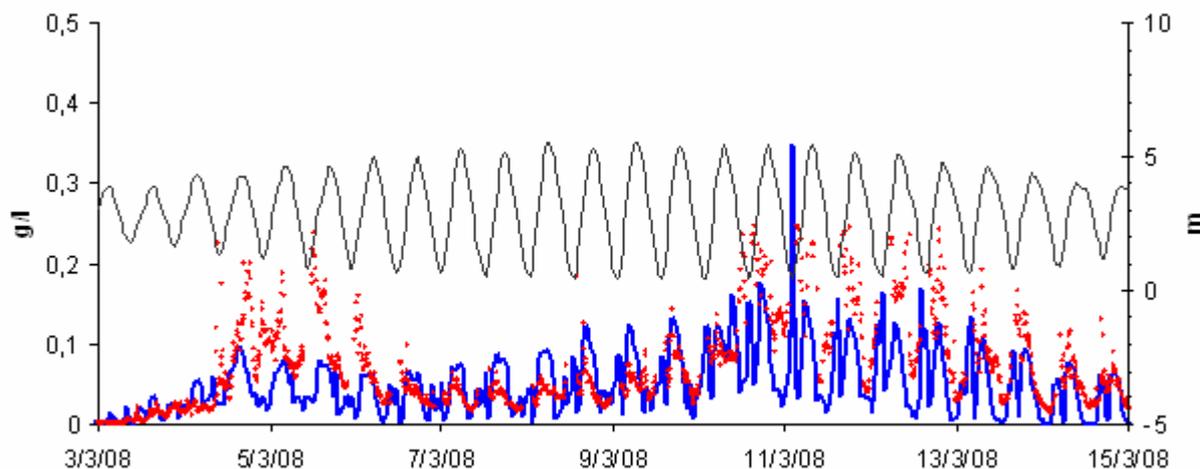


Figure 2 : Exemple de comparaison entre MES mesurée à 15 cm au-dessus du fond (points) et MES calculée par extrapolation des résultats du modèle 2DH, en supposant un profil d'équilibre de Rouse (trait gras). Le signal de marée est représenté au-dessus. *Résultats obtenus après un an de simulation.*

## V RESULTATS

Par souci de concision, les résultats du modèle hydrodynamique ne sont pas présentés.

### V.1 Matières en suspension

Comme le laisse comprendre la figure 2, la variabilité des turbidités dans le bassin de Marennes est très forte. La figure 3 en donne une illustration, pour le seul effet des courants de marée. On y observe un panache lié au bouchon vaseux de la Charente, et de fortes concentrations dans la lame d'eau qui envahit l'estran en flot. La dissymétrie entre l'Est et l'Ouest du bassin est très nette. Cette dissymétrie a aussi été constatée sur les salinités, indiquant le faible mélange transversal des masses d'eau, entretenu par le mouvement Nord-Sud de la marée et la résiduelle forte vers le Sud.

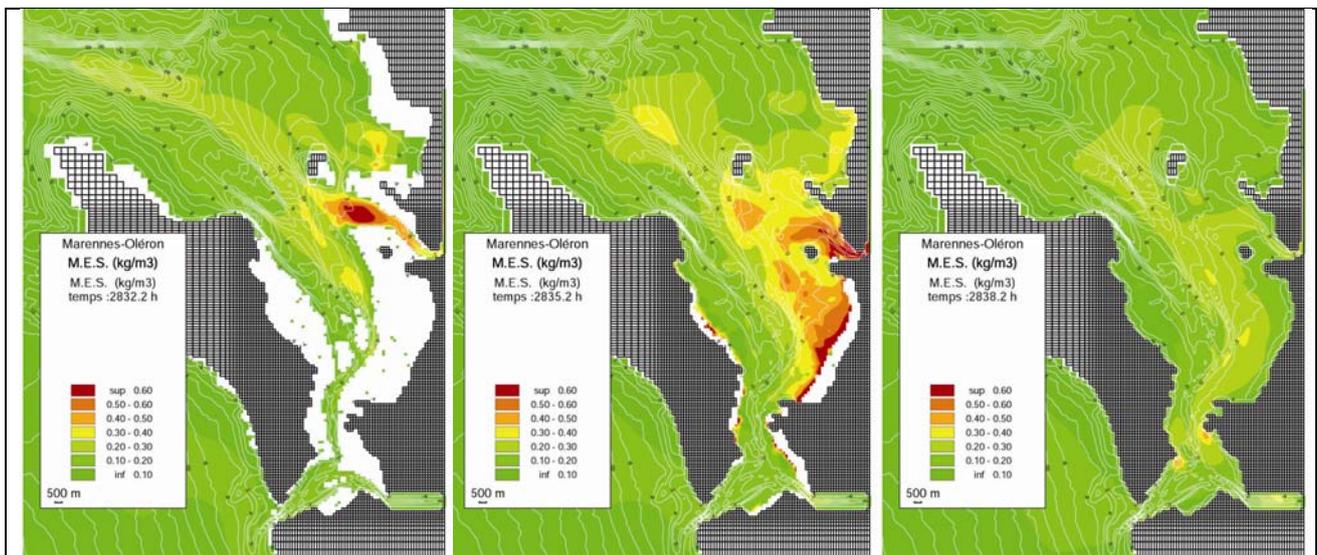


Figure 3 : évolution des MES au cours d'une marée de vive eau : situations de basse mer (à gauche), de flot (au centre) et de pleine mer (à droite).

## V.2 Erosions/dépôts et flux

L'examen des résultats du modèle pendant une année complète confirme l'importance des vagues (agitations locales et houle du large) dans la remise en suspension des sédiments. Cela se voit sur l'évolution de la masse totale de vase en suspension pendant 3 mois d'hiver, représentée sur la figure 4. La signature des seules vives eaux ne s'observe que de temps en temps, par exemple au cours des jours 300 ou 345 où les vents étaient faibles. La resuspension par les marées de vive eau s'élève à environ 1 million de tonnes, alors que le niveau de 2 millions de tonnes est dépassé 5 fois en 3 mois, sous l'effet des tempêtes d'hiver. Selon les résultats du modèle, la tempête du 9 décembre aurait provoqué la mise en suspension de 4 millions de tonnes. On peut noter que ces MES décantent assez vite, ce que confirment les observations (fig. 2).

En ce qui concerne les flux, on observe tout d'abord un transit des sédiments fins du Nord vers le Sud dans le bassin de Marennes, puisque les flux cumulés au niveau de l'île Madame (en rose) s'élèvent à 930000 t en 3 mois, orientés vers le sud, tandis que ceux calculés au Chapus (en bleu clair) sont de 500000 t, toujours vers le sud, et ceux transitant dans le pertuis de Maumusson (bleu foncé) sont évalués à 370000 t. « Au passage, on note un piégeage (donc un dépôt) de sédiments vaseux d'environ 400000 t dans le bassin Nord (au Nord du Chapus), et 100000 t dans le bassin Sud. Ces évaluations doivent être considérées avec prudence, car la robustesse de ces résultats en fonction des concentrations en MES à la limite marine ou des conditions d'érodabilité dans le Nord du bassin n'a pas été contrôlée. On relève aussi que ce flux vers le sud est essentiellement dû à la circulation résiduelle de marée, puisque les progressions sont clairement dominantes en vive eau. Au contraire, les tempêtes de décembre (SW pour la première, SW à NW pour la seconde) ont tendance à inverser les flux. Le flux à la Pallice, entre Ré et La Rochelle (en brun) est intéressant car il change de sens assez facilement. En particulier par tempête de SW il est orienté vers le nord, tandis que par vent de NW il s'inverse vers le sud. Le flux dans le pertuis d'Antioche est aussi remarquable : alors que sa valeur cumulée est faible, les flux instantanés au cours du flot et du jusant sont très élevés (oscillations de marée bien visibles sur la figure) : cela signifie que les échanges particuliers seraient équilibrés..., et que le flux très important arrivant dans le bassin par le nord proviendrait d'une érosion entre le pertuis d'Antioche et le continent. Cela est possible dans la modélisation grâce à une initialisation du sédiment en vase érodable à cet endroit, mais on peut se demander si le processus peut raisonnablement durer, car un fond vaseux n'est pas caractéristique d'une zone en érosion permanente. Une validation in situ semble nécessaire.

Enfin, on note que le flux résiduel à l'embouchure de la Charente dépasse 100000 t en 3 mois, et reste orienté vers l'amont. Ce résultat corrobore l'envasement constaté de l'estuaire de la Charente, alors que les apports amont sont faibles. Il mériterait d'être confirmé par un calcul tridimensionnel reproduisant les circulations de densité à l'embouchure.

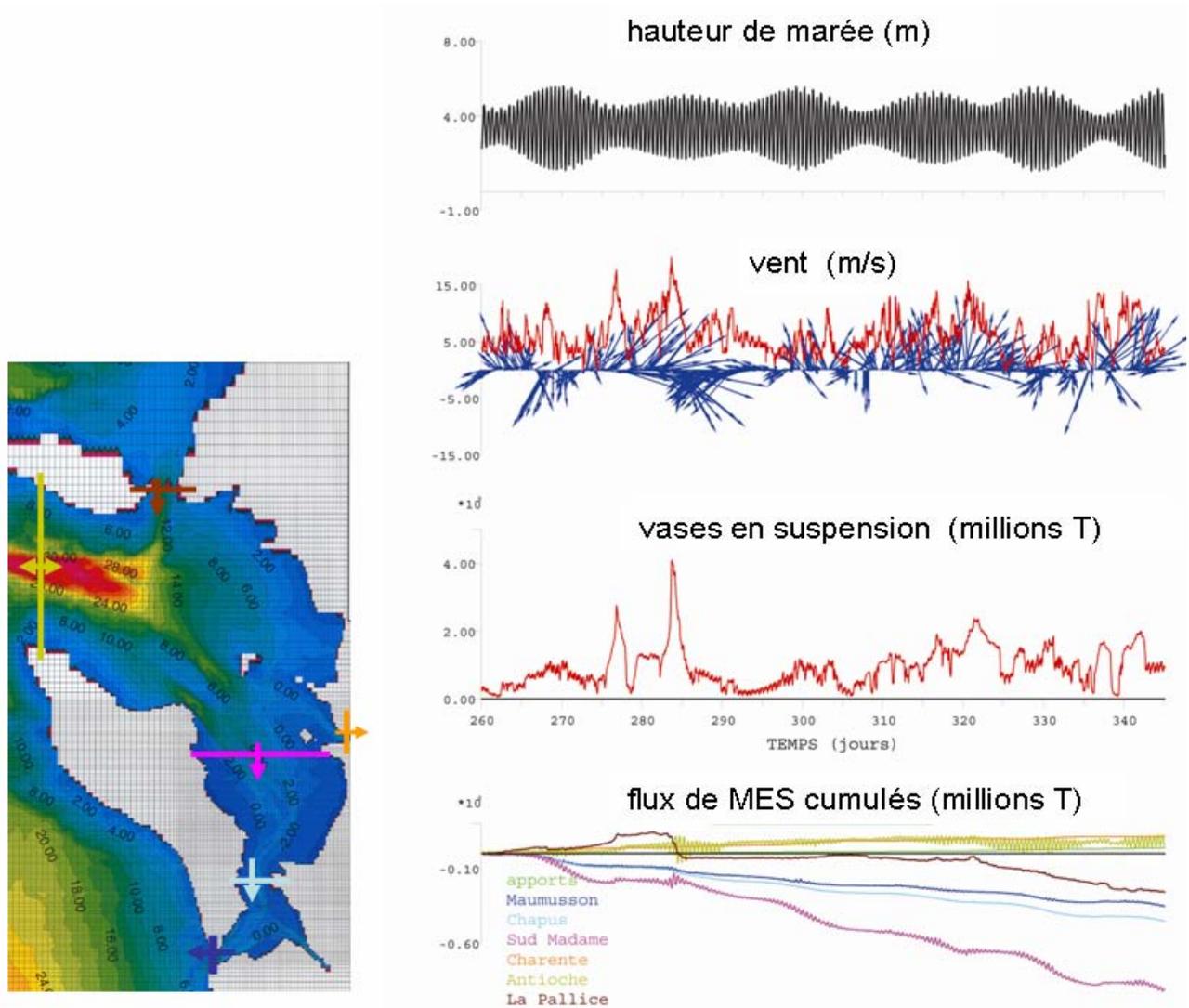


Figure 4 : Evolution du 15 nov.2007 au 8 fév.2008 de la masse de vases en suspension et des flux de particules fines à travers quelques sections du bassin (convention : flux positifs vers l'ouest ou le Nord)

### V.3 Variation de la nature du sédiment superficiel

L'importance de la nature du sédiment superficiel pour la caractérisation des habitats benthiques a été rappelée en introduction. Il est donc intéressant d'utiliser le modèle pour quantifier les possibles changements de nature du sédiment superficiel, souvent mal décrits par des observations trop peu fréquentes, et jamais transcrits sur les cartes. C'est ce qu'illustre la figure 5, en montrant que des dépôts (très superficiels) de vase peuvent se produire au cours des étales de vive eau (différence entre la situation de gauche et celle du centre), et en montrant qu'une tempête peut aussi modifier à la marge l'expansion des vases superficielles (différence entre la situation de droite et celle du centre). Ce type de résultat doit être analysé plus finement, en considérant aussi la structure verticale des dépôts de vases et les possibles laminations par des couches sableuses, ce qui s'observe sur les carottes numériques (le modèle multicouches le permet) comme sur les carottes in situ.

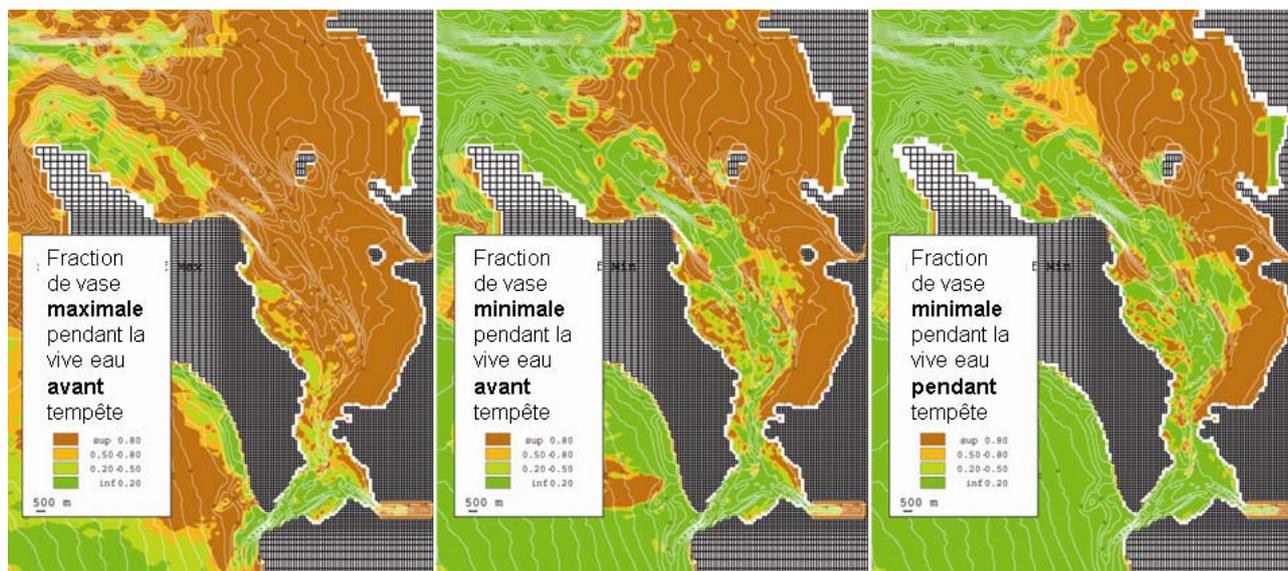


Figure 5 : Variation de la fraction vaseuse dans le sédiment superficiel (2 premiers mm), au cours d'une vive eau, et au cours d'une tempête.

## VI CONCLUSION

Le modèle mis en place pour comprendre les processus sédimentaires dans le bassin de Marennes-Oléron rend compte des transports par les courants générés par la marée et le vent, et des remises en suspension par les vagues. Les sédiments cohésifs et non cohésifs ainsi que leurs mélanges sont considérés. La validation du modèle a bénéficié d'un ensemble de données de terrain exceptionnel. Le modèle s'avère très fiable pour restituer les circulations, tandis que la stratégie adoptée pour la simulation de l'effet des vagues, à partir d'une base de résultats de modèle pour des configurations types, n'est que moyennement satisfaisante, au regard des données disponibles : un calcul en mode instationnaire prenant en compte la chronologie du vent et des vagues au large devra être entrepris. La validation du modèle de transport sédimentaire est satisfaisante, mais elle a porté principalement sur les vases. Il conviendrait de la poursuivre par une validation des flux sableux, plus difficile à concrétiser.

L'exposé rapide des résultats du modèle en termes de concentrations en MES, de flux particuliers et de leurs variations sous l'effet des tempêtes et des vives eaux donne l'impression que le modèle fournit les réponses (à l'échelle régionale) aux questions posées par les gestionnaires du milieu littoral (questions rappelées dans l'introduction). La robustesse de ces résultats doit cependant être vérifiée, en particulier vis-à-vis de l'initialisation 3D du sédiment dans le modèle. Par exemple, l'érosion de vase importante simulée entre le pertuis d'Antioche et la côte, qui contribue au flux d'entrée des vases dans le bassin de Marennes-Oléron, devrait être validée par des mesures altimétriques subtidales. Le modèle pourra être utilisé pour définir l'implantation optimale de tels capteurs. De même l'importance du flux d'entrée de MES dans le bassin mérite un suivi à long terme, que le modèle peut aider à optimiser.

Enfin, le modèle a permis d'illustrer la variabilité de la nature du sédiment superficiel, qu'il conviendrait de restituer dans les cartographies à venir de la couverture sédimentaire, indispensables pour la caractérisation des habitats benthiques.

## VII REMERCIEMENTS

Le modèle hydrosédimentaire du bassin de Marennes-Oléron a été co-financé par le Conseil Général de Charente maritime et par Ifremer. Les calculs de propagation de vagues ont été réalisés par Creocean. La mise en œuvre des mesures de validation et leur utilisation pour la validation du modèle ont été soutenues par le Programme National en Environnement Côtier et dans le cadre du Contrat de Projet Etat - Région Poitou-Charente 2007-2013. La carte de nature du fond et les conditions harmoniques de marée au large ont été fournies par le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine. Les données de forçage météorologique ont été acquises auprès de Météo-France dans le cadre du projet Previmer. Les auteurs remercient

Serge Robert, Jean-Yves Stanisière, Romaric Verney et Hervé Jestin (IFREMER) et le personnel navigant de la station Ifremer de la Tremblade pour leurs contributions à l'acquisition et l'analyse des données in situ.

## VIII REFERENCES

- [1] Bertin X., Chaumillon E. (2005). Apports de la modélisation sur bathymétries historiques dans la compréhension des évolutions des bancs de sable estuariens. *C. R. Géosciences* **337**-15, 1375-1383.
- [2] Brenon I., Le Hir P. (1999). Modelling the turbidity maximum in the Seine estuary (France) :identification of formation processes. *Estuarine, Coastal & Shelf Science* **49**, 525-544.
- [3] Le Roy R. & Simon B. (2003). Réalisation et validation d'un modèle de marée en Manche et dans le Golfe de Gascogne. *Rapport d'étude N°002/03 du SHOM, 372EPSHOM/CH/GG/NP*, 23 p.+annexes
- [4] Creoccean (2005). Etude pour une gestion dynamique des sédiments sur les côtes du bassin de Marennes-Oléron et le pertuis de Maumusson. *Rapports du dossier 104213 pour le Conseil Général de Charente Maritime*.
- [5] Le Hir P., Waeles B., Cayocca F. (2009). Dynamics of sand and mud mixtures: a new modelling strategy. *Continental Shelf Research, en révision*.
- [6] Weber N. et T. Garlan (2003). Les cartes sédimentologiques du SHOM des côtes Vendéo-Charentaises au ~~1/50000:7404~~ G et 7405G (des Sables-d'Olonne à l'embouchure de la Gironde), *9<sup>e</sup> Congrès français de sédimentologie, livre des résumés vol. 38*, ASF (2003), pp. 527–528
- [7] Bassoullet P., Le Hir P., Gouleau D., Robert S. (2000). Sediment transport over an intertidal mudflat: field investigations and estimation of fluxes within the "Baie de Marennes-Oleron" (France). *Continental Shelf Research* **20**, 1635-1653.
- [8] Kervella S. (2009). Dynamique des sédiments cohésifs des zones intertidales centre-atlantiques : cas de la baie de Marennes-Oléron. Caractérisation des sédiments, processus hydro-sédimentaires et modélisation appliquée. *Thèse de doctorat, Université de la Rochelle*
- [9] Borsje B., de Vries M., de Boer G. (2008). Modeling large-scale cohesive sediment transport affected by small-scale biological activity. *Estuarine Coastal & Shelf Science* **78**, 468-480.
- [10] Laboratoire d'Hydraulique de France (1995). Etude complémentaire des caractéristiques des vases dans le bassin de Marennes-Oléron. *Rapport C-0158-R1 pour Ifremer, 11p.+annexes*.