RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

Ifremer

Réhabilitation du Domaine Public Maritime du Bassin d'Arcachon : Bilan d'activité 2024 Secteur du Tès

Département Océanographie et Dynamique des Écosystèmes – Unité COAST
Laboratoire Environnement Ressources d'Arcachon

Rigouin Loïc, Ganthy Florian, Lissardy Muriel

Mai 2025
Rapport ODE/COAST/LER-AR/25.008

© Ifremer, Loïc Rigouin

Fiche documentaire

Titre du rapport : Réhabilitation du Domaine Public Maritime du Bassin d'Arcachon : Bilan d'activité 2024 – Secteur du Tès

Référence interne :

ODE/COAST/LER-AR/25.008

Diffusion

☒ libre (internet)
☐ restreinte (intranet)
☐ interdite (confidentielle)

Date de publication :
Mai 2024

Version : 1.0

Référence de l'illustration de couverture
Loïc Rigouin/ Bassin Arcachon / 2024

Langue(s) : Français

Résumé / Abstract :
Le projet IDHEBARC s'intéresse à l'impact potentiel des travaux maritimes (nettoyage des friches ostréicoles, dragage des ports, …) sur les herbiers de zostères du Bassin d'Arcachon. Ce projet pluriannuel comporte des actions de modélisation hydrosédimentaire visant à cartographier l'intensité des impacts potentiels, et un suivi de l'évolution de l'emprise et du recouvrement des herbiers et de la composition de leur fond sédimentaire.
Ce rapport présente les résultats du suivi réalisé dans le secteur du Tès (Bassin d'Arcachon) où des travaux de réhabilitation du Domaine Public Maritime ont été réalisés entre janvier 2022 et juin 2023.

Mots-clés / Key words :
Travaux maritimes, herbiers de zostères, Bassin d'Arcachon

Comment citer ce document :
Rigouin L., Ganthy F, Lissardy M. (2025). Réhabilitation du Domaine Public Maritime du Bassin d'Arcachon : Bilan d'activité 2024 – Secteur du Tès. ODE/COAST/LER-AR/25.008

Disponibilité des données de la recherche :

DOI :

Commanditaire du rapport :

Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon

Nom / référence du contrat :

☒ Rapport intermédiaire
☐ Rapport définitif

Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit (programme européen, campagne, etc.) :
Projet IDHEBARC : Programme de réhabilitation du DPM porté par le SIBA avec le soutien financier de l'Agence de l'eau Adour Garonne, La Région Nouvelle Aquitaine, l'Office Français de la Biodiversité et le Parc Naturel Marin du Bassin d'Arcachon.

Auteur(s) / adresse mail	Affiliation / Direction / Service, laboratoire
Loïc Rigouin / loic.rigouin@ifremer.fr	ODE/UL/LER AR
Florian Ganthy / florian.ganthy@ifremer.fr	ODE/UL/LER AR
Muriel Lissardy / muriel.lissardy@ifremer.fr	ODE/UL/LER AR

Encadrement(s) :
Elvire Antajan

Destinataires :
Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon

Validé par :
Elvire Antajan

Sommaire

1. Contexte 4

2. Suivi de l'emprise des herbiers à proximité de la zone de travaux 5

2.1. Méthodes 5

2.2. Résultats 5

2.2.1. Emprise des herbiers de zostères avant travaux : été 2021 5

2.2.2. Emprise des herbiers de zostères après travaux 6

2.2.3. Évolution de l'emprise des herbiers de zostères entre 2021 et 2022 9

2.2.4. Évolution de l'emprise des herbiers de zostères entre 2022 et 2023 10

2.2.5. Évolution de l'emprise des herbiers de zostères entre 2021 et 2024 11

3. Modélisation de l'impact potentiel des travaux de réhabilitation du DPM 12

3.1. Méthodes 12

3.2. Résultats de la modélisation 13

4. Effets des travaux de réhabilitation sur les courants de marée 17

4.1. Mesure *in-situ* des vitesses de courant 17

4.2. Modélisation numérique des vitesses de courant 19

4.3. Quantification de l'effet potentiel des travaux de réhabilitation sur les courants 21

5. Conclusions sur le suivi 2021-2022-2023-2024 25

6. Références Bibliographiques 26

1. Contexte

En 2021, le SIBA a sollicité le Laboratoire Environnement Ressources d'Arcachon-Anglet (LER/AR) dans le but :

- d'établir la carte de l'emprise des herbiers de zostères naines situés à proximité direct de la zone de réhabilitation du DPM[1] située sur l'estran du Tès,
- de réaliser une modélisation numérique de l'impact potentiel de ces travaux de réhabilitation sur les concentrations en matières en suspension,
- d'évaluer l'impact des travaux sur l'hydrodynamique local. À cet effet, un courantomètre a été déployé au centre du banc du Tès quelques semaines avant le début des travaux afin de mesurer les vitesses de courant avant, pendant et après les travaux.

Figure 1 : Carte de la zone de travaux

Ce document décrit les méthodes utilisées et présente les résultats obtenus en 2021, 2022, 2023 et 2024.

[1] DPM : Domaine Public Maritime

2. Suivi de l'emprise des herbiers à proximité de la zone de travaux

L'emprise des zostères dans la zone de travaux a été cartographiée au cours de l'été 2021, précédant les opérations de réhabilitation réalisées durant l'hiver 2021-2022, puis au cours des étés 2022, 2023 et 2024.

2.1. Méthodes

En septembre 2021, en août 2022, en septembre 2023 et en aout 2024, plusieurs survols en drone ont été opérés dans le but d'obtenir une orthomosaïque géoréférencée de la zone. Ainsi l'herbier situé dans ou à proximité de la zone de travaux a été survolé. Les limites d'herbiers ont été ensuite numérisées sur les orthomosaïques obtenues et validées par des levés DGPS réalisés en même temps que les survols drone.

2.2. Résultats

2.2.1. Emprise des herbiers de zostères avant travaux : été 2021

La figure 2 présente l'emprise des herbiers sur l'intégralité de la zone de travaux prévue dans le secteur du Tès, en septembre 2021.

Figure 2 : Carte de l'emprise des herbiers de zostères naines (septembre 2021) située à proximité de la zone de travaux prévisionnelle.

L'emprise des herbiers cartographiés en 2021 au niveau de la zone de travaux de réhabilitation du DPM représente une surface de 3,82 hectares. Les herbiers situés à l'Ouest et au Nord-Ouest apparaissent très fragmentés et intriqués dans des récifs d'huîtres et d'anciennes concessions ostréicoles.

Les herbiers du centre sont, quant à eux, beaucoup plus continus, surtout dans leur partie Sud, et sont accolés, au Sud de celle-ci, à d'anciennes concessions ostréicoles. Dans leur partie Nord, ils sont fragmentés et intriqués dans d'anciennes concessions ostréicoles. Enfin, on remarque à l'Est quelques petits patchs d'herbiers se mêlant à d'anciennes concessions ostréicoles.

2.2.2. Emprise des herbiers de zostères après travaux

Emprise 2022

La figure 3 présente l'emprise des herbiers sur l'intégralité de la zone de travaux prévue dans le secteur du Tès, à l'été 2022. La polygonisation a été faite en numérisant l'orthomosaïque produite avec les images du drone.

Figure 3 : Carte de l'emprise des herbiers de zostères naines (septembre 2022) située à proximité de la zone de travaux prévisionnelle.

La zone de survol du drone en 2022 est légèrement plus étendue qu'en 2021, mais aucune zone d'herbier n'a été observée dans l'emprise qui n'avait pas été survolée en 2021. L'étendue globale est quasiment la même avec une légère augmentation à 3,95 ha (3,5 % environ).

Emprise 2023

La figure 4 présente l'emprise des herbiers sur l'intégralité de la zone de travaux prévue dans le secteur du Tès, à l'été 2023.

Figure 4 : Carte de l'emprise des herbiers de zostères naines (septembre 2023) située à proximité de la zone de travaux.

La zone de survol du drone en 2023 est identique à celle de 2022 et aucune nouvelle zone de colonisation des zostères n'a été observée. L'étendue globale est supérieure à 2022 avec 4,56 ha soit une progression d'environ 13 %.

Emprise 2024

La figure 5 présente l'emprise des herbiers sur l'intégralité de la zone de travaux prévue dans le secteur du Tès, à l'été 2024. À la demande du SIBA la zone de prospection a été agrandie sur la partie est de l'estran du Tès.

Figure 5 : Carte de l'emprise des herbiers de zostères naines (Aout 2024) située à proximité de la zone de travaux.

La zone de survol du drone en 2024 couvre 55 ha (contre 41 ha en 2023). Une nouvelle zone colonisée par de petits patchs d'herbiers a ainsi pu être cartographiée dans le secteur est de l'estran du Tès (voir zoom figure 5). Cette nouvelle zone, validée visuellement par une campagne dédiée, représente une surface de 380 m² de zostères, composée de 110 patchs d'herbier dont la surface moyenne est de 3,4 m². Bien que cette surface soit négligeable en comparaison au 4,15 ha de zostères présentes sur cet estran, il est important de préciser d'une part, que ces petits patchs sont situés dans la zone de travaux et que leur présence semble indiquée un début de recolonisation dans ce secteur et d'autre part, que parmi ces patchs, 2 d'entre eux d'environ 1,5 m de diamètre sont composés de zostères marines.

L'étendue globale en 2024 (4,15 ha) est sensiblement inférieure à 2023 (4,56 ha) mais ceci peut s'expliquer par une numérisation plus fine réalisée en 2024 notamment au niveau des zones de présences de récifs d'huitres naturels entrelacés avec les herbiers.

2.2.3. Évolution de l'emprise des herbiers de zostères entre 2021 et 2022

La figure 6 présente l'évolution de l'emprise des herbiers entre l'été 2021 et l'été 2022.

Figure 6 : Carte de l'évolution de l'emprise des herbiers de zostères naines entre 2021 et 2022.

La comparaison des données acquises en 2021 et 2022 sur le banc du Tès met en évidence, selon les zones, une **régression** de l'emprise des herbiers de **0,58 ha** et une **progression** de **0,72 ha**. Ainsi, une **progression de 0,14 ha**, correspondant à **3,66 %** d'augmentation par rapport à la surface de 2021 (environ **3,82 ha**) est observée. Cette progression s'avère très faible et elle est certainement due à une numérisation plus précise en 2022 grâce à un levé aérien et une image qui en résulte de bien meilleure qualité (conditions météorologiques plus favorables) qu'en 2021. La régression observée sur quelques zones distribuées sur l'ensemble de l'herbier du secteur ne semble pas pouvoir être attribuée à un effet des travaux.

2.2.4. Évolution de l'emprise des herbiers de zostères entre 2022 et 2023

La figure 7 présente l'évolution de l'emprise des herbiers entre l'été 2022 et l'été 2023.

Figure 7 : Carte de l'évolution de l'emprise des herbiers de zostères naines entre 2022 et 2023.

La comparaison des données acquises en 2022 et 2023 sur le banc du Tès met en évidence, selon les zones, une **régression** de l'emprise des herbiers de **0,35 ha** et une **progression** de **0,95 ha**. Ainsi, une **progression de 0,6 ha**, soit **15 %** d'augmentation par rapport à la surface de 2022 (environ **3,95 ha**) est observée. Cette progression s'avère significative et elle est principalement située au centre de l'herbier du banc du Tès où de petits patchs présents en 2022 se sont avérés plus étendus et plus denses en 2023. Les bordures d'herbiers ayant subies une légère régression sont quant à elles situées dans la partie nord et dans la partie sud, à proximité directe de la zone de travaux là où les herbiers ne sont plus protégés par les récifs d'huitres.

2.2.5. Évolution de l'emprise des herbiers de zostères entre 2021 et 2024

La figure 8 présente l'évolution de l'emprise des herbiers entre l'été 2021 et l'été 2024.

Figure 8 : Carte de l'évolution de l'emprise des herbiers de zostères naines entre 2021 et 2024.

La comparaison des données acquises en 2021 et 2024 sur le banc du Tès, soit avant travaux et 2 ans après la fin des travaux met en évidence, selon la zone, une **régression** de l'emprise des herbiers de **0,77 ha** et une **progression** de **1,17 ha**. Ainsi, une **progression de 0,4 ha**, soit **8 %** d'augmentation par rapport à la surface de 2021 est observée. Les mêmes conclusions que pour le paragraphe précédent peuvent être mises en avant à savoir une progression dans la partie centrale de la zone d'herbier, mise en évidence au cours des deux derniers étés et une régression/fragmentation des bordures d'herbier les plus exposées aux contraintes hydrodynamiques suites aux retraits des récifs d'huitres situés à l'ouest et à proximité direct des herbiers.

La cartographie 2024 met en évidence de petits patchs d'herbiers sur la partie est de la zone de travaux qui semble indiquer une potentielle recolonisation dans ce secteur. La prochaine année de suivi permettra de caractériser et quantifier la dynamique spatiale dans cette zone.

3. Modélisation de l'impact potentiel des travaux de réhabilitation du DPM

La modélisation numérique permet de caractériser les panaches turbides potentiellement générés par les travaux de réhabilitation du DPM.

3.1. Méthodes

La plateforme de modélisation hydro-sédimentaire MARS (Model for Application at Regional Scale ; Lazure et Dumas, 2008) a été développée par l'Ifremer afin de simuler l'hydrodynamique et la dynamique sédimentaire depuis des échelles régionales jusqu'à des échelles très locales. Le module hydrodynamique calcule le niveau de la surface libre, la courantologie et les caractéristiques de la turbulence et intègre un module décrivant explicitement les interactions entre la végétation benthique (ici les herbiers de zostères naines, *Nanozostera. noltei*, et de zostères marines, *Z. marina*) et l'hydrodynamique (Kombiadou *et al*., 2014). Le module de transport sédimentaire (Le Hir *et al*., 2011) décrit les principaux processus qui contrôlent le transport et la dynamique des sédiments cohésifs et non-cohésifs dans la colonne d'eau, et l'érosion de mélanges sédimentaires.

Le modèle MARS utilise le principe des modèles gigognes, qui consiste à construire une série de modèles emboités, d'emprise décroissante et de résolution croissante. Pour le cas du Bassin d'Arcachon, quatre modèles (rangs) sont ainsi construits (Figure 9), avec des résolutions respectives de 2500, 500, 235 et 65 mètres. Les rangs 0, 1 et 2 sont utilisés en 2 dimensions (2D), afin d'optimiser les temps de calculs (pas de temps respectifs de 300, 120 et 20 secondes), tandis que le rang 3 est utilisé en 3D avec 15 niveaux sur la verticale et un pas de temps de 3 secondes.

Figure 9 : Emprises spatiales des différents rangs du modèle MARS appliqué au Bassin d'Arcachon. (Le système de coordonnées est ici le WSG84).

Pour simuler l'effet des travaux, on introduit dans le modèle un rejet d'eau chargée de sédiment en un point donné, puis on calcule le facteur de dilution au cours du temps. Dans notre cas, un débit liquide du rejet de 2 $m^3.s^{-1}$ a été choisi : il s'agit d'un compromis entre l'effet potentiel du rejet d'eau sur les courants locaux et les concentrations rejetées. Le rejet d'eau chargée de trois classes sédimentaires (sables moyens, sables fins et vases) est réalisé dans la couche de fond.

Les simulations réalisées sont relativement schématiques dans la mesure où la dynamique sédimentaire naturelle n'est pas prise en compte. Ainsi, mis à part les sédiments rejetés au point considéré, aucun autre sédiment n'est présent dans le domaine de simulation. Les concentrations calculées correspondent donc aux seules conséquences des travaux.

Au total, quatre simulations ont été réalisées, chacune prenant en compte un point de rejet différent (Figure 10 à Figure 12) et localisé dans l'emprise de la zone de travaux. Le rejet est effectué autour de la basse mer (période des travaux), lorsque la hauteur d'eau sur le point considéré est comprise entre 0 et 1 mètre, durant 16 marées consécutives en période de vive-eau. Après la fin du rejet, la simulation est poursuivie durant 6 jours (période au bout de laquelle l'impact des travaux sur les concentrations en matières en suspension devient négligeable). Pour chaque simulation, le percentile 75 des concentrations au fond (entre 0 et 0,5 m) est calculé en chaque maille du modèle pour la durée totale de la simulation. Les valeurs obtenues sont ensuite normalisées par la valeur maximale atteinte localement, de sorte à obtenir une carte représentant l'impact potentiel défini entre 0 (pas d'impact) et 10 (impact maximum). Les résultats des quatre simulations (quatre points de rejet) sont ensuite moyennés afin d'obtenir une carte globale de l'impact des travaux (Figure 12).

3.2. Résultats de la modélisation

D'après les résultats du modèle pour les différents points de rejets testés (Figure 10 à Figure 12), il apparaît que les travaux de réhabilitation du DPM auraient un impact sur les concentrations en matières en suspension s'étendant de la pointe du Tès (à l'Ouest) jusqu'au delta de l'Eyre (à l'Est) et de la côte Gujanaise (au Sud) jusqu'au domaine de Certes (au Nord-Est). Bien que cet impact couvre une vaste zone, son intensité reste toutefois limitée (niveau < 3/10). On remarque que l'impact le plus important se trouve au niveau du Delta de l'Eyre, soit à une distance de près de 10 km de la zone de travaux. Au contraire, l'impact dans et à proximité de la zone de travaux apparaît comme extrêmement faible (niveau < 0,5/10). Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les travaux sont réalisés à marée basse et que les panaches turbides sont majoritairement entrainés vers l'Est par les courants de flot. La zone du Delta de l'Eyre semble donc être une zone de convergence des sédiments fins mis en suspension par les travaux.

Figure 10 : Résultats détaillés de la modélisation de l'impact des travaux de réhabilitation dans le secteur du Tès sur les concentrations en matières en suspension, pour les points de rejet A (Ouest) et B (Sud).

Figure 11 : Résultats détaillés de la modélisation de l'impact des travaux de réhabilitation dans le secteur du Tès sur les concentrations en matières en suspension, pour les points de rejet C (Est) et D (Nord).

Figure 12 : Résultats synthétiques de la modélisation de l'impact des travaux de réhabilitation dans le secteur du Tès sur les concentrations en matières en suspension.

4. Effets des travaux de réhabilitation sur les courants de marée

Afin de quantifier l'impact potentiel des travaux de réhabilitation sur les vitesses de courants au sein des herbiers du secteur du Tès, une méthodologie comparable à celle décrite par Ganthy (2023) a été utilisée. Celle-ci s'appuie sur la mesure *in-situ* des vitesses de courant (incluant la modification des vitesses par la croissance saisonnière des herbiers de zostères et celle de l'impact potentiel des travaux de réhabilitation), couplée à la modélisation numérique de ces dernières (ne prenant en compte que la modification des vitesses par la croissance saisonnière des herbiers). La comparaison des vitesses mesurées et simulées permet ainsi de rendre compte de l'effet potentiel des travaux.

4.1. Mesure *in-situ* des vitesses de courant

Les travaux de réhabilitation sur le secteur du Tès ont été réalisés entre le 5 janvier et le 29 août 2022. Cependant, les travaux les plus susceptibles de modifier les courants ont été réalisés entre fin janvier et fin mai 2022. Un courantomètre acoustique (ADCP, RDI Sentinel), doté d'un capteur de pression, a été déployé sur le site, au sein des herbiers (Figure 13), entre le 18 février 2022 et le 30 mai 2022.

Figure 13 : Localisation du point de suivi des vitesses de courants.

La cadence de mesure a été fixée à 1 Hz, par salve de 1 minute toutes les 10 minutes (les données acquises à haute fréquence sont automatiquement moyennées par l'instrument, fournissant ainsi une donnée de pression et un profil de vitesse toutes les 10 minutes).

Les données de pression ont tout d'abord été corrigées de la variation de la pression atmosphérique à l'aide des données horaires issues de la station Météo-France du Cap-Ferret, puis converties en hauteur d'eau au-dessus du fond.

Les données de hauteur d'eau et de vitesse de courant ont ensuite été filtrées sur la base de la hauteur d'eau corrigée, avec un seuil fixé à 10 cm au-dessus du capteur ; c'est-à-dire que toutes les données pour lesquelles la hauteur d'eau au-dessus du fond est inférieure à la hauteur du capteur plus 10 cm ont été supprimées. Pour les profils de vitesse de courant, les données correspondant à des cellules de mesures localisées au-dessus de la surface de l'eau ont également été supprimées. Chaque profil de vitesse a enfin été moyenné sur la verticale.

Les données de vitesse de courant issues de ces traitements sont présentées à titre informatif dans la figure 14.

Figure 14 : Série temporelles de vitesse et de direction du vent (a., d1. et d2), de hauteur d'eau (b., e1. et e2.) et de vitesse de courants (c., f1. et f2.) mesurées au Tès. Les rectangles gris correspondent aux moments où des travaux de réhabilitation étaient réalisés, tandis que les figures d1., e1. et f1. (respectivement d2., e2. et f2.) correspondent au Zoom-1 (respectivement Zoom-2) matérialisé par un rectangle bleu clair sur les figures a., b. et c.).

4.2. Modélisation numérique des vitesses de courant

Dans un second temps, le modèle numérique MARS3D (cf. §3) a été utilisé afin de simuler les vitesses locales de courants (au niveau du point où le courantomètre a été déployé et sur la même période de temps). Pour cette simulation, le modèle a été exécuté en conditions réalistes de marée, de vent, de débit des cours d'eau et de développement des herbiers des deux espèces de zostères.

Les hauteurs d'eau et vitesses de courant modélisées ont ensuite été comparées à celles mesurées par le courantomètre, d'une part sous la forme de séries-temporelles (Figure 15) et d'autre part, sous la forme de nuages de points (Figure 16).

Figure 15 : Exemple de comparaison entre les résultats du modèle MARS3D et ceux du courantomètre pour : (a.) les hauteurs d'eau, (b.) la norme des vitesses de courant, (c.) la composante ouest-est des vitesses de courant, et (d.) la composante sud-nord des vitesses de courants.

Les résultats sous forme de séries-temporelles (Figure 15) mettent en évidence une certaine surestimation des normes des vitesses par le modèle, principalement aux alentours de la mi-marée (au flot comme au jusant).

Il apparait que cette surestimation des normes des vitesses est principalement induite par une surestimation des composantes Ouest-Est. Ceci semble pouvoir s'expliquer par la présence de nombreux parcs à huîtres exploités situés à l'ouest du point de mesure mais non pris en compte dans le modèle.

Figure 16 : Relations entre les données mesurées et prédites par le modèle, assorties de l'erreur quadratique moyenne (RMSE) entre mesure et modèle pour : (a.) la hauteur d'eau, (b.) la norme des vitesses de courant, (c.) la composante ouest-est des vitesses de courant, et (d.) la composante sud-nord des vitesses de courants. La droite en pointillés noirs correspond à la droite y=x.

En ce qui concerne la comparaison mesure/modèle sous forme de nuages de points (Figure 16), il apparait que le modèle reproduit particulièrement bien les hauteurs d'eau mesurées (Figure 14a, RMSE[2] = 0,14 m, soit environ 6.5 %).

[2] Root-Mean-Square Error

Pour ce qui est des vitesses de courant (Figure 16b à 16c), les erreurs sont plus élevées (entre 13 et 18 %), mais différents processus peuvent expliquer ces erreurs :

- la non prise en compte par le modèle des parcs ostréicoles exploités à proximité du point de suivi (l'erreur induite pouvant être considérée comme constante au cours de la période de mesure, la contribution de cette source ne sera pas investiguée dans la suite du traitement) ;
- le rôle du marnage sur la vitesse de propagation de la marée, lié à la complexité de la bathymétrie (nombreux chenaux/estrans) ;
- un effet de la vitesse et de la direction du vent ;
- un effet des travaux de réhabilitation réalisés dans le secteur.

4.3. Quantification de l'effet potentiel des travaux de réhabilitation sur les courants

L'analyse de l'effet potentiel des travaux de réhabilitation sur les courants repose sur l'analyse temporelle des erreurs du modèle par rapport aux mesures. En effet, les travaux ayant débutés quelques jours avant le déploiement du courantomètre et s'étant poursuivis après son retrait (et la récupération des données), il n'était pas possible de réaliser une analyse de type « Avant/Après ».

Deux indicateurs d'erreurs ont été utilisés :

- l'erreur quadratique moyenne (RMSE) qui est une mesure permettant de caractériser la précision du modèle, plus la valeur est forte, plus le modèle est imprécis ;
- le biais (Biais) qui permet de quantifier dans quelle mesure le modèle sous-estime ou surestime les vitesses de courant, un biais négatif indiquant que le modèle a tendance à sous-estimer les courants tandis qu'un biais positif indique que le modèle tend à les surestimer.

Dans un premier temps, la RMSE et le Biais entre les vitesses mesurées et modélisées ont été calculés pour chaque marée de la série-temporelle, le marnage associé a également été calculé sur la base de la hauteur d'eau maximum atteinte pour chacune des marées, tandis que les vitesses et directions du vent ont également été moyennées pour chaque marée. Les résultats sont présentés dans la figure 17.

On peut tout d'abord remarquer qu'une relation entre le marnage (Figure 17b) et la RMSE (Figure 17c) semble se dégager, en effet cette dernière semble augmenter en période de revif (transition entre marées de morte-eau et marées de vive-eau) et qu'au contraire elle semble diminuer en période de déchet (transition entre marées de vive-eau et marées de morte-eau). Cette relation semble toutefois moins nette lorsque l'on considère le Biais au lieu de la RMSE. Aucune relation liée à la vitesse ou à la direction du vent ne semble se dégager à ce stade.

Par ailleurs, on remarque également une augmentation de la RMSE et du Biais sur la période comprise entre le 03 mai et le 11 mai 2022, sans que cette augmentation puisse être reliée à des conditions de marée ou de vent spécifiques, ni à une intensification des travaux sur cette période.

Figure 17 : Séries temporelles de (a.) vitesses et directions du vent moyen par marée, (b.) marnage, (c.) RMSE par marée et (d.) Biais par marée. Les rectangles grisés correspondent aux périodes de travaux de réhabilitation.

Dans un second temps, dans le but de démêler les contributions relatives entre les différents processus (cités précédemment) pouvant contribuer à expliquer les erreurs entre les vitesses mesurées et modélisées, et donc de quantifier indirectement l'effet des travaux, une méthode statistique basée sur des Régressions Linéaires Multiples (RLM) a été mise en œuvre. Plusieurs RLM successives ont été testées en modifiant le nombre et l'ordre des variables forçantes (composantes U et V des vitesses du vent, et marnage) afin d'obtenir la RMSE (ou le Biais) résiduel pouvant être imputé à d'autres facteurs incluant ainsi l'effet potentiel des travaux sur les vitesses de courant.

Les résultats des RLM permettant de minimiser les résidus sont présentés dans la figure 19. En ce qui concerne la RMSE (Figures 18a à 18c.), on remarque que le marnage est la variable qui explique la plus grande part de variabilité des erreurs du modèle, suivie de la vitesse du vent selon sa composante V (Sud-Nord). La vitesse du vent, selon sa composante U (Ouest-Est), ne permet pas d'expliquer significativement la variabilité résiduelle des erreurs, elle n'a donc pas été prise en compte par la suite. En ce qui concerne le Biais (Figures 18d. à 18e.), la composante U (Ouest-Est) de la vitesse du vent explique la majorité de la variabilité du biais, suivie du marnage et enfin de la composante V (Sud-Nord) de la vitesse du vent.

Figure 18 : Résultats des régressions linéaires multiples (RLM) retenue, pour la RMSE (a., b. et c.) et le Biais (d., e. et f.).

Enfin, dans un dernier temps, les résidus issus des RLM retenues pour la RMSE et le Biais ont été tracés en fonction du temps. Un test statistique non paramétrique (test de Mann-Kendall) a été utilisé afin de déterminer si une tendance temporelle significative était présente. En effet, dans la mesure où les résidus des RLM correspondent à l'effet de facteurs autres que le marnage ou le vent, intégrant de ce fait l'effet des travaux sur les vitesses de courant, une évolution temporelle significative de ces résidus pourrait être en partie induite par les travaux de réhabilitation du secteur.

Les résultats sont présentés dans la figure 19. Il apparait, tant pour la RMSE que pour le Biais, qu'aucune tendance temporelle significative n'est identifiée par le test statistique de Mann-Kendall. Ceci implique qu'aucun effet significatif des travaux de réhabilitation du Domaine Public Maritime sur le secteur du banc du Tès ne peut être mis en évidence.

Figure 19 : Séries temporelles (a.) des résidus de la RLM pour la RMSE (forçages : marnage – vitesse V du vent) et (b.) des résidus de la RLM pour le Biais (forçages : vitesse U du vent – marnage – vitesse V du vent), les résultats des recherches de tendance (pointillés gris) issus des tests du Mann-Kendall sont indiqué en légende.

5. Conclusions sur le suivi 2021-2024

La cartographie de l'emprise des herbiers du secteur de la pointe du Tès montre que des herbiers sont présents dans la zone prévisionnelle des travaux, tant en 2021 qu'en 2022, 2023 et 2024. Une **progression significative des herbiers est observée depuis 2021** et **semble confirmer que les deux dernières années ont été favorables au développement des herbiers de zostères du Bassin d'Arcachon**. **Les quelques zones d'herbiers en régression sont situées au Nord et au Sud-Est du banc du Tès, à proximité directe des zones de travaux. La prospection réalisée en 2024 sur la partie la plus à l'est de la zone de travaux a permis de mettre en évidence une centaine de petits patchs d'herbier dont la dynamique spatiale semble très intéressante à suivre lors du prochain été car d'une part il s'agit d'une zone où des travaux ont été effectués et d'autre part où la présence de zostères marines à été détectée.**

En ce qui concerne **l'impact potentiel des travaux sur les concentrations en matières en suspension**, les résultats issus de la modélisation numérique indiquent des **impacts généralement faibles à très faibles, mais ayant une emprise spatiale relativement importante**. La majorité des panaches turbides seraient transportés vers l'Est, jusque dans le delta de l'Eyre. Les résultats des études précédemment réalisées sur d'autres secteurs (Jacquets et Bourrut : Ganthy *et al.*, 2022, 2023) montraient des niveaux d'impact bien supérieurs à ceux simulés pour le secteur du Tès, sans qu'aucun effet délétère sur les herbiers n'ait pu être mis en évidence. De ce fait, **il est très probable que l'impact (sur les herbiers) des panaches turbides potentiellement générées par les travaux au Tès soit négligeable**.

Enfin, en ce qui concerne **les vitesses des courants**, l'analyse de ces dernières mesurées et simulées durant les travaux **indiquent qu'aucun effet significatif des travaux sur les vitesses de courants au sein des herbiers** du banc du Tès **ne peut être mis en évidence**.

Bien qu'aucun effet délétère des travaux n'ait été mis en évidence, il semble toutefois nécessaire de poursuivre les suivis cartographiques des herbiers de ce secteur sur plusieurs années afin de confirmer ces résultats.

6. Références Bibliographiques

Ganthy F. (2023). Évaluation de l'impact de travaux d'arrachage de spartines anglaises sur la dynamique hydro-sédimentaire dans le Bassin d'Arcachon : Secteurs de Lanton et d'Arès. ODE/LITTORAL/LER-AR 22-057, 30 p. https://w3.ifremer.fr/archimer/doc/00838/95031/102674.pdf

Ganthy F., Rigouin L., Lissardy M. (2023). Réhabilitation du Domaine Public Maritime du Bassin d'Arcachon : Impacts et potentiels de recolonisation par les herbiers de zostères - Secteur de Bourrut : Bilan d'activité 2019-2022. ODE/LITTORAL/LER-AR/23.006. https://doi.org/10.13155/95159

Ganthy F., Rigouin L., Auby I., Lissardy M. (2022). IDHEBARC 2018-2021 : Bilan final. Secteur des Jacquets. ODE/LITTORAL/LER-AR/22.015. https://doi.org/10.13155/90261

Kombiadou K., Ganthy F., Verney R, Plus M., Sottolichio A. (2014). Modelling the effects of *Zostera noltei* meadows on sediment dynamics: application to the Arcachon lagoon. Ocean Dynamics, 64:1499-1516. https://doi.org/10.1007/s10236-014-0754-1

Lazure P., Dumas F. (2008). An external-internal mode coupling for a 3D hydrodynamical model for applications at regional scale (MARS). Advances In Water Resources, 31(2), 233-250. https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2007.06.010

Le Hir P., **Cayocca F.**, **Waeles B.** (2011). Dynamics of sand and mud mixtures : A multiprocess-based modelling strategy. Continental Shelf Research, S135-149. https://doi.org/10.1016/j.csr.2010.12.009

Lissardy M., **Rigouin L.**, **Ganthy F.**, **Auby I.** (2022). Idhebarc 2021 : Bilan d'activité. Secteur de La Teste. ODE/Littoral/LERAR/22.017. https://doi.org/10.13155/90274