

## **Station Marine d'Arcachon**

Université de Bordeaux - C.N.R.S.

**UMR 5805 « EPOC »**

**Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux**

# **Impact du creusement de la nouvelle souille de Dispute sur les peuplements benthiques (2022 : + 17 ans)**



Herbier recouvert de  
sable à Dispute -  
Photo septembre  
2007

*Mai 2023*

**X. de MONTAUDOUIN  
S. MARCHAND  
N. LAVESQUE**

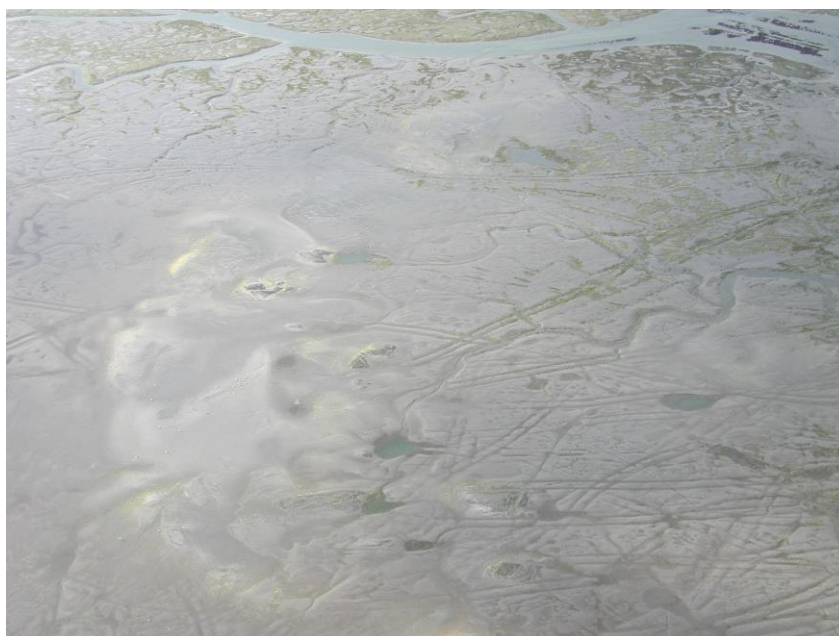
Laboratoire EPOC (UMR 5805) - Station Marine Arcachon - Université de Bordeaux  
**Equipe ECOBIOC/Plateforme biodiversité**

# Impact du creusement de la nouvelle souille de Dispute sur les peuplements benthiques (2022 : + 17 ans)

**Responsable scientifique : X. de Montaudouin (UMR EPOC)<sup>1</sup>**

|                            |             |            |
|----------------------------|-------------|------------|
| Assistants scientifiques : | S. Marchand | (UMR EPOC) |
|                            | N. Lavesque | (UMR EPOC) |

|                         |           |                      |
|-------------------------|-----------|----------------------|
| Assistants techniques : | L. Letort | (INSU <sup>2</sup> ) |
|                         | A.K. Bohi | (INSU <sup>2</sup> ) |



Zone de recouvrement de l'herbier par les sédiments extraits de la nouvelle souille de Dispute (photo août 2005)

**Mai 2023**

---

<sup>1</sup> Unité Mixte de Recherche, CNRS- Université de Bordeaux

<sup>2</sup> Institut National des Sciences de l'Univers

## Résumé

Dix-sept ans après les travaux sur la zone de la Dispute, le constat est le suivant :

- ⇒ L'herbier à *Zostera noltei* a été recouvert sur une 30<sup>aine</sup> d'ha par les sédiments provenant du calibrage de l'Estey du Réservoir et du creusement de la souille de la Dispute, soit le double de la surface prévue. Avec le temps, la zone impactée se subdivise en deux entités, une zone vaseuse (29 ha) et une zone sableuse (1-1,5 ha).
- ⇒ La superficie de cette zone sableuse n'avait pas vraiment évolué entre 2010 et 2020, mais sa délimitation est devenue très floue en 2022, suite notamment à l'apparition de taches de zostères dans la zone impactée, mais aussi à la disparition d'herbier autour.
- ⇒ Les zones témoins présentent un peuplement benthique dont la structure est semblable à celle de l'état initial mais dont l'abondance, en particulier de mollusques, est fortement diminuée. La couverture végétale est nulle sur les deux stations de référence depuis 2016, ce site s'inscrivant dans les zones de déclin généralisé de l'herbier.
- ⇒ La zone impactée par la vase avait marqué un recul net en 2020 concernant la couverture de l'herbier amorcée il y a 10 ans. De 70% dans les années 2014-16, le pourcentage de surface végétalisée n'était que de 16% en août 2020. Cette couverture a légèrement ré-augmenté en 2022 (18%).
- ⇒ Les peuplements benthiques dans la zone sableuse ont été profondément modifiés et aucun retour à l'état initial n'est noté même si un cortège d'espèces communes aux stations alentour est identifié. Qualitativement, la baisse de diversité est nette (richesse spécifique divisée par 1,4) et la structure du peuplement est bouleversée. Quantitativement, la biomasse est à un niveau équivalent à celle de l'état initial (si on exclut la présence aléatoire des hydrobies).
- ⇒ **Vingt ans après le premier rapport (état initial), une synthèse des différentes trajectoires des peuplement a été proposée (page 29)**
- ⇒ Nous recommandons la poursuite du suivi, avec un rythme bisannuel.

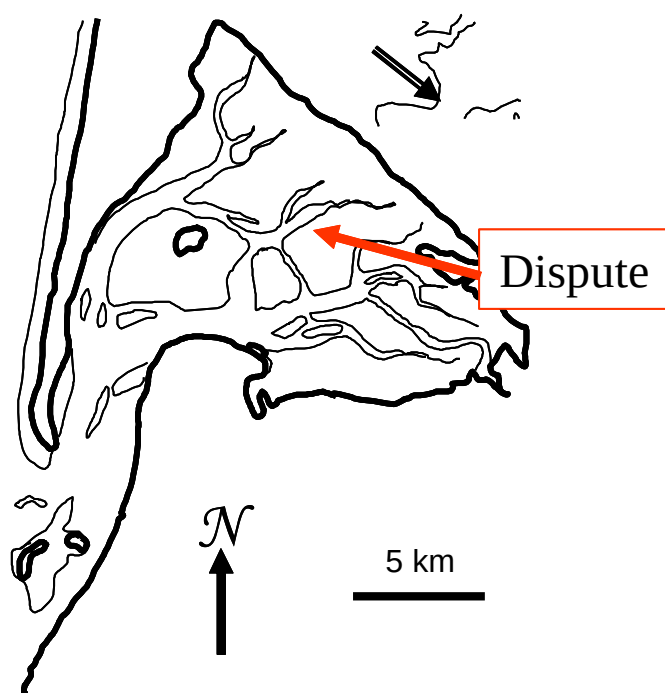
## **SOMMAIRE**

|                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introduction .....</b>                                                       | <b>5</b>  |
| <b>2. Nouvelle souille de Dispute .....</b>                                        | <b>8</b>  |
| 2.1. Matériel et méthode .....                                                     | 8         |
| 2.2. Résultats.....                                                                | 12        |
| 2.2.1. Sédiments et couverture végétale .....                                      | 12        |
| 2.2.2. Communautés benthiques .....                                                | 15        |
| 2.2.3. Indice biotique.....                                                        | 22        |
| 2.2.4. Impact des travaux sur les peuplements benthiques et leurs prédateurs ..... | 23        |
| a Critères d'évaluation.....                                                       | 23        |
| b Herbier à <i>Zostera noltei</i> et zone témoin: comparaison 2002-2022 .....      | 24        |
| c Zone témoin vs zone impactée par vase (août-2022) .....                          | 26        |
| d Zone témoin vs zone impactée par sable (août-2022) .....                         | 27        |
| <b>3. Conclusion.....</b>                                                          | <b>28</b> |
| <b>4. Références bibliographiques .....</b>                                        | <b>31</b> |
| <b>Annexe 1 .....</b>                                                              | <b>34</b> |

## 1. Introduction

Dans le cadre du Contrat Plan Etat/Région 2000/2006, et dans la continuité du CPER précédent, il était envisagé des travaux dans le Bassin d'Arcachon visant à limiter la prolifération des huîtres dites « sauvages », qui sont en réalité des huîtres japonaises (*Crassostrea gigas*) se développant à l'état naturel. Ces populations se sont principalement installées sur des structures dures d'anciens parcs ostréicoles. Une étude en 2011 a estimé que les tonnages s'élevaient à 16 600 t pour les huîtres en élevage, 65 000 t pour les huîtres en récif et 50 000 t pour les coquilles vides (Scourzic et al. 2011).

L'un des objectifs de ce CPER était d'aménager le domaine conchylicole concédé, notamment en récupérant des surfaces envahies par les huîtres sauvages pour favoriser l'implantation de jeunes conchyliculteurs. Le site de la Matelle avait été envisagé pour mener un projet pilote servant de « base d'expérimentation pour d'autres sites » (de Montaudouin et al. 2002a, de Montaudouin et al. 2005b, de Montaudouin et al. 2006a, de Montaudouin et al. 2009, de Montaudouin et al. 2011a).

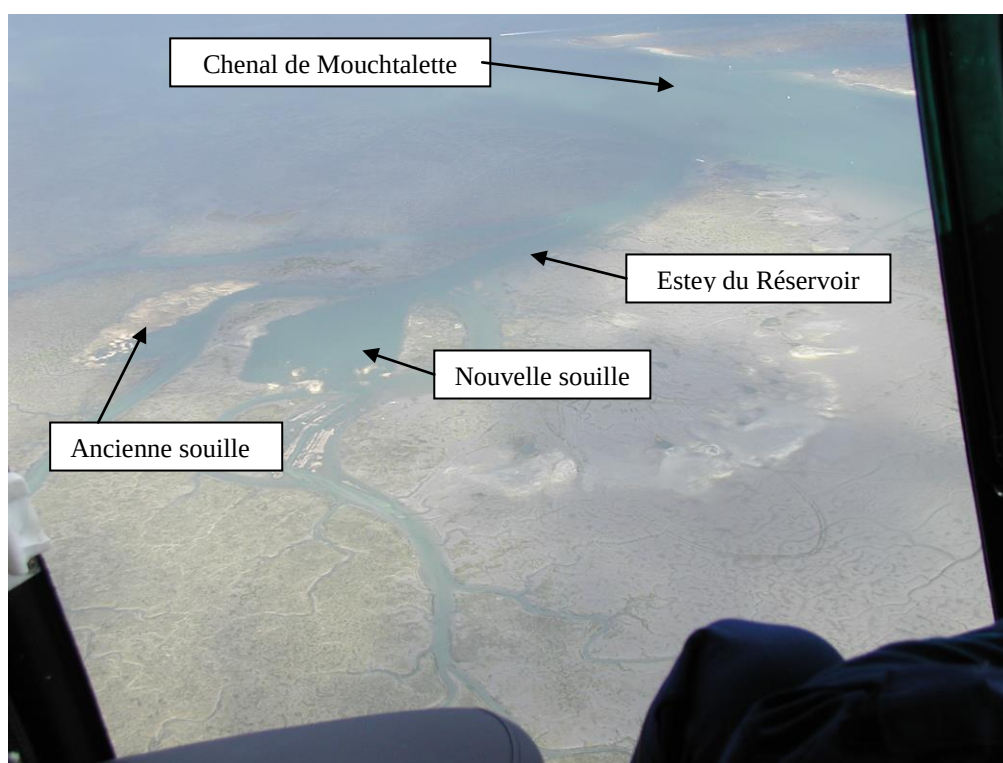


**Figure 1 : Position de la souille de Dispute dans le Bassin d'Arcachon**

L'un des aspects délicats de ces opérations de nettoyage est le devenir des matériaux. Si l'évacuation à terre des ferrailles, bois, plastiques, etc... est aujourd'hui admise, le devenir des coquilles a suscité plus de débats. Des deux solutions les plus « sérieuses », clapage dans la Passe Nord ou enfouissement dans le Bassin, c'est finalement la seconde qui avait été retenue par le Comité Technique, sous réserve des conclusions des études environnementales, et en précisant qu'il s'agirait d'un élargissement d'une zone déjà existante et que cela n'empêchait pas de réfléchir à d'autres solutions à

moyen terme (de Montaudouin et al. 2002b, de Montaudouin 2003).

La zone d'enfouissement (« souille ») se situe au milieu du Bassin, au lieu-dit « Dispute », au bout de l'estey du Réservoir (Figures 1 et 2).



**Figure 2 : Souille de Dispute et Estey du Réservoir**

Cette souille de 4 ha (200 x 200 m) et de 4 m de profondeur complète une ancienne souille, aujourd'hui pleine, de 0,5 ha. Elle se situe au milieu d'un herbier à *Zostera noltei*. L'objectif est d'y stocker environ 100 000 m<sup>3</sup> de substrat coquillier.

Le Bassin d'Arcachon est caractérisé par la présence d'un immense herbier, le plus grand d'Europe (Auby & Labourg 1996), constitué en grande partie de zostère naine (*Zostera noltei*) en domaine intertidal (70 km<sup>2</sup> avant 2005), et en moindre proportion de grande zostère (*Zostera marina*) sur les talus de certains chenaux (4,3 km<sup>2</sup> avant 2005). Depuis 2005, une régression importante de ces herbiers a été constatée, de l'ordre de 40% (Plus et al. 2010). Le Bassin d'Arcachon est aussi une ZNIEFF<sup>3</sup> de type II<sup>4</sup>. Par ailleurs l'Article R. 146-1 de la Loi Littoral stipule que « sont préservés (...) les milieux abritant des concentrations naturelles d'espèces animales ou végétales telles que les herbiers, les frayères, les nourriceries (...) ».

En 2002, le Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon (SIBA), maître d'ouvrage des travaux avec ce qui est aujourd'hui le Comité Régional de la Conchyliculture Arcachon

<sup>3</sup> Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique

<sup>4</sup> Grands ensembles naturels riches et peu modifiés, qui forment des unités de fonctionnement écologique et offrent des potentialités biologiques importantes

Aquitaine (CRCAA), avait confié au Laboratoire EPOC, Station Marine d'Arcachon, une mission d'expertise visant 1) à définir l'état initial des communautés benthiques du site de Dispute dans la perspective d'un agrandissement sur 4 ha, 2) à estimer l'impact des travaux sur ces communautés et 3) à vérifier la présence/absence d'un herbier à *Zostera marina* dans l'Estey<sup>5</sup> du Réservoir accédant à la souille (de Montaudouin et al. 2002b, de Montaudouin 2003, de Montaudouin et al. 2005a, de Montaudouin et al. 2006b, de Montaudouin et al. 2008, de Montaudouin et al. 2011b, 2013a, de Montaudouin et al. 2015, de Montaudouin et al. 2017, de Montaudouin et al. 2019, de Montaudouin et al. 2021).

Les travaux de calibrage de l'Estey du Réservoir et le creusement de la nouvelle souille étaient terminés au printemps 2005.

En 2005, le SIBA a demandé au laboratoire :

- ⇒ D'estimer l'impact des travaux de refoulement des sédiments sur les herbiers avoisinants (surface prévue 14 ha).
- ⇒ D'évaluer la restauration de l'ancienne souille, nettoyée des déchets observés en 2002 (de Montaudouin et al. 2002b) et devant être recouverte d'une nappe de sable.

Devant le blocage de la situation concernant le nettoyage de l'ancienne souille qui, en septembre 2005, était toujours en friche, le SIBA et le laboratoire ont convenu qu'il était inutile d'entamer le suivi biologique de ce site.

La dernière visite du site de Dispute en août 2020 (de Montaudouin et al. 2021) avait permis de constater 1) que la zone recouverte de sable avait toujours la même surface ; 2) que « l'herbier » environnant abritait la faune « prévue » (hormis une lacune en mollusques), bien qu'il soit depuis 2016 dépourvu de zostères; et 3) que la zone recouverte par la vase qui avait amorcé un retour de l'herbier et de la faune associée en 2012, 2014 et 2018 (de Montaudouin et al. 2013b, de Montaudouin et al. 2017, de Montaudouin et al. 2019) voit de nouveau cet herbier reculé en 2020 (de Montaudouin et al. 2021).

- ⇒ L'étude présentée ici concerne donc le devenir de la zone de refoulement et ses environs proches, et présente aujourd'hui la totalité des résultats des campagnes d'août 2022 en comparaison avec les résultats des campagnes précédentes.

---

<sup>5</sup> Estey : petit chenal.



## 2. Nouvelle souille de Dispute

### 2.1. Matériel et méthode

La première campagne d'échantillonnage sur la souille de Dispute s'était déroulée le 10 juin 2002. Les zones de prélèvements correspondaient aux sites prévus pour l'élargissement de la souille, dans l'herbier, ainsi qu'une station un peu plus éloignée (de Montaudouin et al. 2002b). A partir de photos aériennes prises en juin 2005, six stations ont été choisies, deux dans l'herbier, deux dans la zone recouverte par les sédiments et deux dans la limite herbier/sédiments. Une fois les sédiments stabilisés, il a été décidé à partir de 2008 d'effectuer les comparaisons sur 4 stations (Figure 3): une station impactée par la vase (IM comme Impact Mud), une station impactée par le sable (IS comme Impact Sand) (Figure 4), une station témoin proche de la zone impactée (PS comme Proximate Seagrass) et une station témoin éloignée de la zone impactée (RS comme Remote Seagrass).

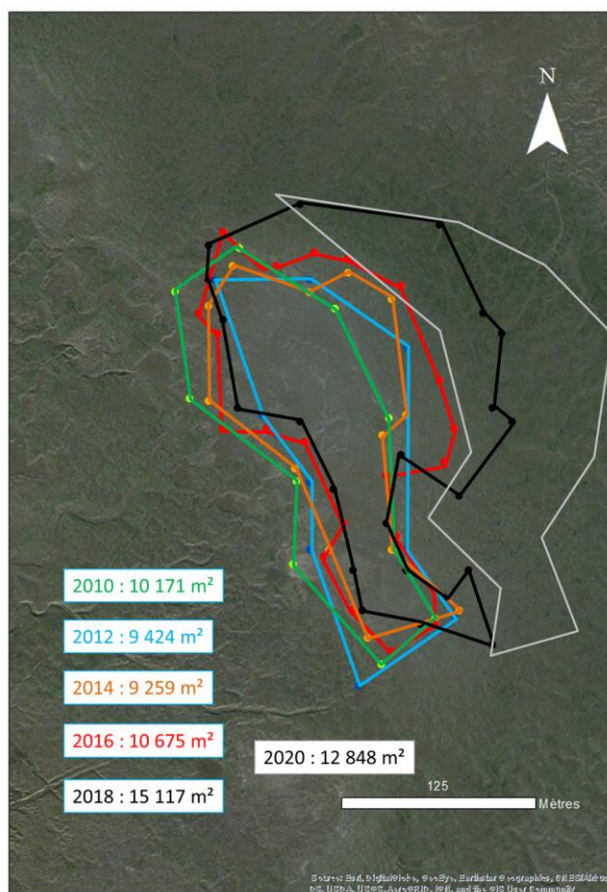
En 2010, 2012, 2014, 2016, 2018 et 2020, les points GPS de la zone sableuse représentée par la station IS ont été relevés pour estimer la surface (Figure 5). En 2022, pour la première fois, la zone sableuse ne présentait pas de limites assez claires pour réaliser ce relevé.



**Figure 4 : Zone impactée (Station IS).**

**Figure 3 : Localisation des stations d'échantillonnage sur le site de Dispute : site impacté par le sable (IS), par la vase (IM), dans l'herbier à proximité des travaux (PS) et dans l'herbier éloigné des travaux (RS).**





**Figure 5 : zone impactée par le sable de 2010 à 2020**

Les échantillons ont été collectés dans l'herbier de zostère naine (Figure 6) et sur la zone impactée (*e.g.* Figure 4) les mois d'août 2005, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018, 2020 et 2022. Les prélèvements ont été réalisés avec un cadre métallique (carottier), chacun consistant en un cube de sédiment de 15 cm de côté (Figure 6). Chaque station a été l'objet de quatre replicats. Chaque unité d'échantillonnage était tamisée sur maille de 1 mm, fixée au formol à 4 % et colorée au Rose Bengal<sup>6</sup>. Le tri des individus a été effectué au laboratoire et l'identification des espèces réalisée à la loupe binoculaire (Annexe 1). Les biomasses ont été estimées en poids sec sans cendre<sup>7</sup> (poids sec - poids des cendres), qui représente le poids sec de matière organique. Le poids sec est atteint après 48 h à l'étuve à 60°C. Les cendres sont obtenues après calcination pendant 4 h à 450°C. Quatre prélèvements supplémentaires ont été récoltés chaque année pour déterminer la granulométrie et la teneur en matière organique du sédiment sur les 5 cm supérieurs. Le cas échéant, le taux de couverture par l'herbier a été évalué par une méthode graphique après prise de 10 clichés par site (Binias et al. 2014). Cette méthode permet de calculer un taux de recouvrement à l'échelle décimétrique et une biomasse foliaire au sein des zones d'herbier.

La diversité a été assimilée à la richesse spécifique (= nombre d'espèces) par échantillon.

<sup>6</sup> Colorant de la matière organique

<sup>7</sup> PSSC dans le reste du texte



**Figure 6 : Echantillonnage au carottier dans l'herbier à *Z. noltei*.**

Par ailleurs, les peuplements benthiques ont été comparés entre 2002 (avant travaux), 2005, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018, 2020 et 2022 (après les travaux) au moyen d'une analyse multivariée n-MDS (Logiciel PRIMER®). Cette méthode graphique permet de projeter les stations d'échantillonnage sur un plan, leur positionnement étant calculé d'après la présence des espèces et leur abondance (en racine carrée de  $x$ ). Ainsi, sur un tel plan, deux stations aux peuplements benthiques similaires seront proches. En d'autres termes, nous étudierons dans le temps le « déplacement » des stations sur ces plans, avec deux cas de figure : soit le nuage de points rejoint celui de 2002 (= état initial) et cela signifie que les peuplements benthiques présentent les caractéristiques initiales, soit le nuage est distinct, signifiant que les peuplements benthiques sont différents. Dans ce dernier cas, il faudra distinguer un nuage de points stable (état d'équilibre), d'un nuage de points en mouvement (colonisation, état transitoire).

Les abondances et les biomasses de la faune ont été comparées en août 2022 entre zone d'herbier (PS et RS poolés) et zone impactée (IM et IS) à travers une série de tests statistiques (Cf. § 2.2.4). Il en a été de même entre les herbiers 2002 et les herbiers d'août 2022 (Cf. § 2.2.4.).

Enfin, nous appliquerons l'indice benthique d-MISS, mis au point sur cet herbier lors d'études précédentes (Do et al. 2012) pour estimer l'état de santé de la zone ou du moins son écartement par rapport à un niveau de départ. Cet indice, dérivé de l'indice MISS (Lavesque et al. 2009), repose sur 14 métriques qu'il est possible de grouper en 3 catégories : 1) les descripteurs de communautés (abondance, nombre d'espèces, indice de Shannon, indice d'équitabilité) ; 2) la composition trophique (filtreurs) ; et 3) indicateurs

de perturbations (AMBI<sup>8</sup>, BOPA<sup>9</sup>, abondance d'espèces sensibles, abondance d'espèces opportunistes et tolérantes). Pour chacune de ces métriques, un score de 0 ou 1 était attribué selon que la valeur était hors de valeurs seuils définies sur un herbier en bonne santé ou non, puis une moyenne était calculée. L'indice d-MISS peut donc prendre une valeur allant de 0 (très éloigné des conditions d'un herbier sain) à 1 (herbier sain) .

---

<sup>8</sup> AMBI : Azti Marine Biotic Index

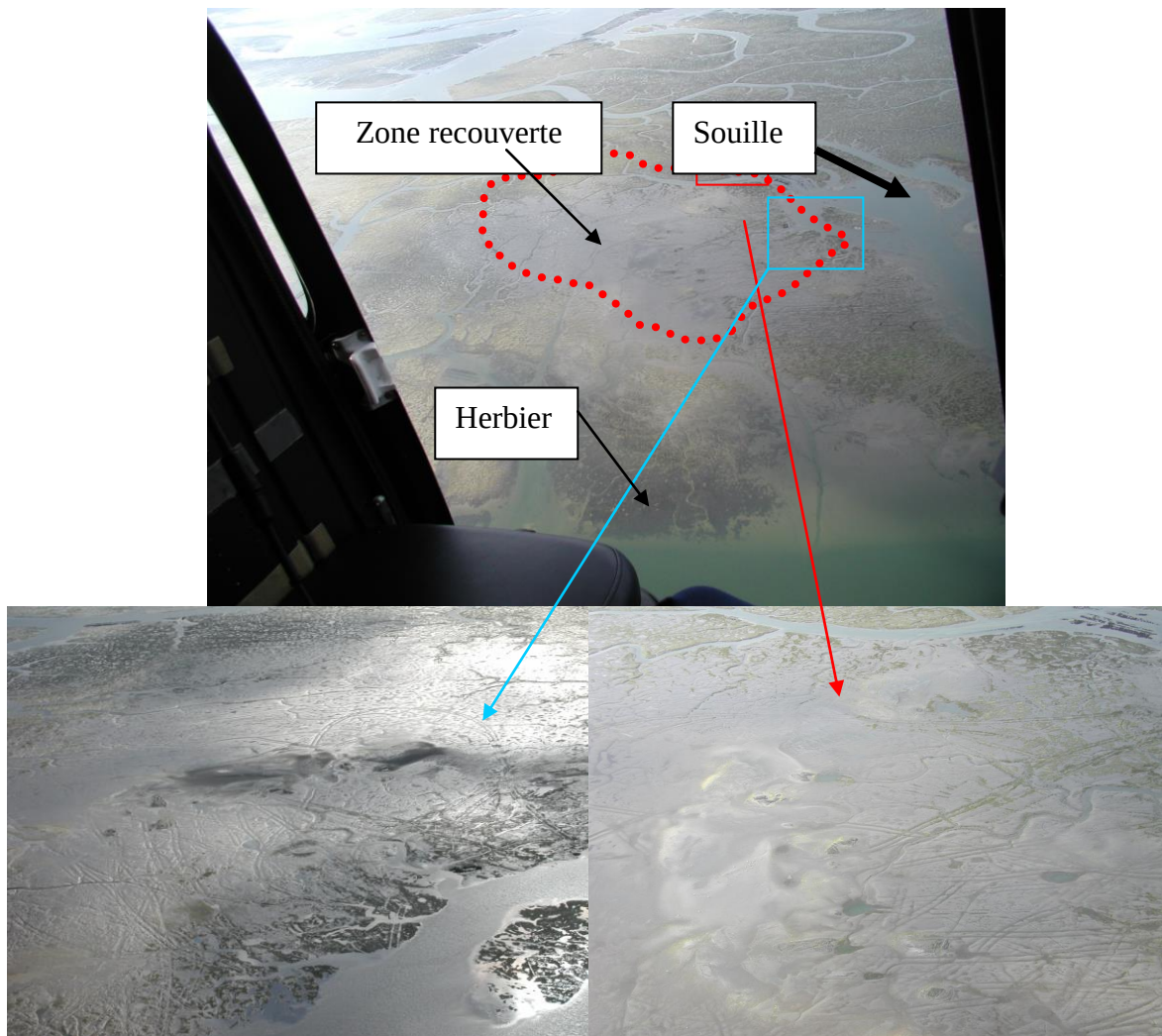
<sup>9</sup> BOPA : Benthic Opportunistic Polychaetes-Amphipods ratio

## 2.2. Résultats

### 2.2.1. Sédiments et couverture végétale

Les photos aériennes avaient permis en 2005 d'estimer la surface recouverte par les sédiments creusés dans la souille ou issus du calibrage de l'Estey du Réservoir à environ 30 ha (Figure 7) (de Montaudouin et al. 2005a).

En 2010, la tâche de sable (zone écologiquement la plus impactée) mesurait 1 ha et n'avait pratiquement pas bougé jusqu'en 2016 mais a augmenté en 2018 (1,5 ha) pour revenir à 1,3 ha en 2020. Le fait le plus marquant était le glissement vers l'Est de cette tâche (Figure 4). En 2022, la zone sableuse ne présentait pas de limites assez claires pour estimer cette surface.



**Figure 7 : Zone de la Dispute, de la nouvelle souille et de la zone de rejet**



| Année | Station | Biomasse feuilles (g PS/m <sup>2</sup> ) | Couvert végétal (%) | Médiane granulométrique (µm) | Concentration silt et argile (%) | Concentration en matière organique (%) |
|-------|---------|------------------------------------------|---------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|
| 2002  | RS      | 80                                       | 68                  | 20 (vaso-sableux)            | 82                               | 5                                      |
| 2005  |         | -                                        | -                   | 90 (sablo-vaseux)            | 37                               | 8                                      |
| 2006  |         | 29                                       | 33                  | 100 (sablo-vaseux)           | 26                               | 10                                     |
| 2008  |         | 82                                       | 70                  | 30 (vaso-sableux)            | 73                               | 9                                      |
| 2010  |         | 87                                       | 72                  | 60 (vaso-sableux)            | 50                               | 7                                      |
| 2012  |         | 10                                       | 11                  | 63 (vaso-sableux)            | 50                               | 8                                      |
| 2014  |         | 3                                        | 4                   | 135 (sablo-vaseux)           | 30                               | 6                                      |
| 2016  |         | 0                                        | 0                   | 125 (sablo-vaseux)           | 30                               | 5                                      |
| 2018  |         | 0                                        | 0                   | 157 (sablo-vaseux)           | 29                               | 7                                      |
| 2020  |         | 0                                        | 0                   | 73 (sablo-vaseux)            | 36                               | 4                                      |
| 2022  |         | 0                                        | 0                   | 150 (sablo-vaseux)           | 17                               | 3                                      |
| 2002  | PS      | 70                                       | 62                  | 20 (vaso-sableux)            | 73                               | 7                                      |
| 2005  |         | 103                                      | 52                  | 100 (sablo-vaseux)           | 31                               | 9                                      |
| 2006  |         | 9                                        | 15                  | 90 (sablo-vaseux)            | 36                               | 8                                      |
| 2008  |         | -                                        | -                   | 20 (vaso-sableux)            | 83                               | 10                                     |
| 2010  |         | 192                                      | 100                 | 40 (vaso-sableux)            | 57                               | 8                                      |
| 2012  |         | 3                                        | 4                   | 141 (sablo-vaseux)           | 21                               | 5                                      |
| 2014  |         | 0                                        | 0                   | 159 (sablo-vaseux)           | 19                               | 5                                      |
| 2016  |         | 0                                        | 0                   | 129 (sablo-vaseux)           | 31                               | 6                                      |
| 2018  |         | 0                                        | 0                   | 167 (sablo-vaseux)           | 17                               | 6                                      |
| 2020  |         | 0                                        | 0                   | 77 (sablo-vaseux)            | 42                               | 4                                      |
| 2022  |         | 0                                        | 0                   | 134 (sablo-vaseux)           | 21                               | 4                                      |
| 2005  | IM      | 0                                        | 0                   | 100 (sablo-vaseux)           | 26                               | 5                                      |
| 2006  |         | 0                                        | 0                   | 70 (sablo-vaseux)            | 47                               | 9                                      |
| 2008  |         | 0                                        | 0                   | 40 (vaso-sableux)            | 59                               | 6                                      |
| 2010  |         | 41                                       | 43                  | 40 (vaso-sableux)            | 60                               | 7                                      |
| 2012  |         | 40                                       | 38                  | 141 (sablo-vaseux)           | 21                               | 4                                      |
| 2014  |         | 88                                       | 70                  | 160 (sablo-vaseux)           | 22                               | 3                                      |
| 2016  |         | 94                                       | 73                  | 109 (sablo-vaseux)           | 28                               | 4                                      |
| 2018  |         | 45                                       | 43                  | 152 (sablo-vaseux)           | 15                               | 3                                      |
| 2020  |         | 6                                        | 7                   | 145 (sablo-vaseux)           | 12                               | 2                                      |
| 2022  |         | 15                                       | 18                  | 146 (sablo-vaseux)           | 16                               | 4                                      |
| 2005  | IS      | 0                                        | 0                   | 120 (sablo-vaseux)           | 28                               | 5                                      |
| 2006  |         | 0                                        | 0                   | 190 (sableux)                | 5                                | 2                                      |
| 2008  |         | 0                                        | 0                   | 150 (sablo-vaseux)           | 23                               | 2                                      |
| 2010  |         | 0                                        | 0                   | 180 (sableux)                | 6                                | 1                                      |
| 2012  |         | 0                                        | 0                   | 243 (sableux)                | 10                               | 1                                      |
| 2014  |         | 0                                        | 0                   | 266 (sableux)                | 3                                | 0                                      |
| 2016  |         | 0                                        | 0                   | 176 (sableux)                | 7                                | 1                                      |
| 2018  |         | 0                                        | 0                   | 187 (sableux)                | 0                                | 2                                      |
| 2020  |         | 16                                       | 16                  | 158 (sableux)                | 4                                | 1                                      |
| 2022  |         | 3                                        | 5                   | 155 (sableux)                | 3                                | 1                                      |

**Tableau 1 : caractéristiques sédimentaires des stations. RS et PS : zones témoins ; IM et IS, zones recouvertes par la vase et le sable, respectivement. « - » : pas de mesure.**

<sup>10</sup> Pélites : particules sédimentaires < 63 µm (vases)

En 2002, l'herbier reposait sur des vases ou des sables fins, la médiane variant autour de 60 µm, le pourcentage de pélites<sup>10</sup> entre 70 et 80% et le pourcentage de matière organique de 5 à 7% (Tableau 1). Les travaux ayant finalement consisté en un brassage de sédiments dans la même zone, les caractéristiques sédimentaires avaient peu varié en 2005 et étaient semblables dans l'herbier et dans la zone d'impact (médiane entre 70 et 120 µm dans tous les cas ; pélites : 30 à 50% ; matière organique 5 à 9%).

En 2006, les granulométries ont changé dans la zone impactée : les sédiments ont été lessivés et « classés », laissant une composante sableuse (médiane = 190 µm) et une composante vaseuse (médiane = 70 µm).

En 2008, les zones d'herbier sont particulièrement vaseuses (médiane entre 20 et 30 µm) tandis que la zone impactée se compose toujours d'une zone « vase » (médiane de 40 µm) et d'une zone « sables » (150 µm). Le taux de recouvrement par l'herbier est de zéro sur les zones impactées, contre plus de 70% sur les zones herbiers (Tableau 1, Figure 8).

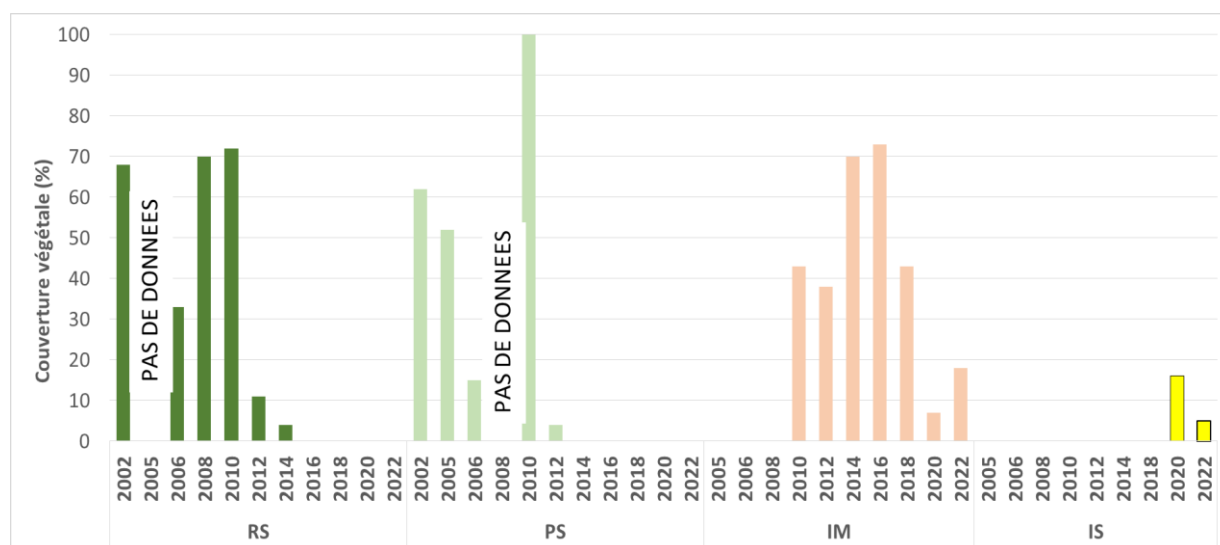
En 2010, soit plus de 5 ans après les travaux, un virage est remarqué. Si l'herbier reste avec une couverture >70% (sur nos stations témoins), associée à une biomasse >87 gPS/m<sup>2</sup> de feuilles sur les zones végétalisées et une médiane de vase (44 à 62 µm), la zone impactée par la vase a commencé à être colonisée par l'herbier avec un

taux de recouvrement de 40% et une biomasse en feuilles de 41 gPS/m<sup>2</sup> (Figure 9).

En 2012, une tendance inattendue se dessine avec des stations témoins (RS et PS) qui deviennent moins végétalisées que la station impactée par la vase (8% vs. 38%), alors que les sédiments sont partout sablo-vaseux (médiane comprise entre 60 et 140  $\mu$ m). La station impactée (IS) par le sable conserve une médiane granulométrique élevée (240  $\mu$ m) et reste sans zostère (Figure 10).

Ces tendances sont confirmées en 2014 : les stations de références sont même très peu végétalisées (RS : 4% et PS : 0%), alors que la station IM impactée par la vase présente un taux de recouvrement par l'herbier de 70%. La station IS impactée par le sable reste dévégétalisée. Toutes les stations ont subi un très léger ensablement avec une augmentation de la médiane granulométrique allant de 9% (IS) à 114% (RS).

De 2016 à 2022, les stations de références RS et PS sont maintenant complètement dépourvues d'herbier (Figure 8). Alors que 2016-2018 affichaient une augmentation de la médiane granulométrique, 2020 affiche un épisode de retour à des sédiments plus fins, non confirmé en 2022 (Tableau 1). La station impactée par la vase (IM) a vu sa couverture en herbier stabilisée autour de 70% en 2016 pour diminuer à 43% en 2018, 7% en 2020 et 18% en 2022 (Figure 9). La médiane granulométrique de 2016 de IM avait légèrement décru par rapport à 2014 (109  $\mu$ m contre 160  $\mu$ m en 2014) mais est revenue autour de 150  $\mu$ m en 2018-2022. La médiane de la station impactée par le sable (IS) a encore légèrement diminué, et une reprise de végétation est notée. De petites taches végétalisées, plus vastes qu'en 2018 sont apparues en 2020 sans qu'une confirmation de réelle reprise soit notée en 2022 (Figure 10).



**Figure 8 : Couverture végétale (% de sédiment recouvert par l'herbier) en fonction des années et des stations. RS et PS : zones témoins ; IM et IS, zones recouvertes par la vase et le sable, respectivement.**



**Figure 9 : Zone impactée recouverte par la vase (Station IM) et, depuis 2010, colonisée par l'herbier**



**Figure 10 : Zone impactée recouverte par le sable (Station IS) et, depuis 2018, couvert de quelques tâches d'herbier**

### 2.2.2. Communautés benthiques

Il est plus judicieux de comparer les traitements entre eux en août 2022 (herbiers vs. impacté) plutôt que de faire référence à l'herbier en 2002, afin de limiter l'influence de la variabilité temporelle notamment caractérisée par la régression généralisée de l'herbier. Cependant, il est possible de suivre l'évolution temporelle au sein de chaque station (Figure 11).

- **Station RS** : Le témoin éloigné (RS), après avoir affiché une forte abondance en mollusques (notamment en hydrobies, espèce aux effectifs fluctuants montrant un pic en 2008), présente des abondances autour de 7-10 000 ind/m<sup>2</sup>, avec des années creuses sous les 5000 ind/m<sup>2</sup> en 2005 et en 2014. L'année 2022 (5478 ind /m<sup>2</sup>) apparaît comme un retour à des valeurs moyennes (6600 ind/m<sup>2</sup> entre 2005 et 2020). La biomasse est en général beaucoup plus stable avec des valeurs autour de 13 gPSSC/m<sup>2</sup>, mais affiche une faible valeur en 2022 (4 gPSSC/m<sup>2</sup>). Quant à la richesse spécifique, elle alterne entre 19 et 34 espèces (2005-2020), 2022 étant un record bas à 17 espèces. Cette année, les hydrobies dominent (69% de l'abondance) mais la fluctuation de leurs effectifs au gré des vents et courant est connue. Ensuite, l'annélide *Melinna palmata* arrive en seconde position (19% de l'abondance totale) (Annexe 1).
- **Station PS** : L'abondance et la biomasse du témoin proche (PS) est corrélée à celles de du témoin éloigné (RS) ( $r=0.66$  avec  $p=0.026$  et  $r=0.79$  avec  $p=0.004$ , respectivement), ce qui n'est pas le cas de la richesse spécifique ( $r=0.38$   $p=0.251$ ) qui



en moyenne est 29% plus élevée à PS. Episodiquement, la biomasse de PS affiche des pics liés à la présence de palourdes japonaises adultes (comme c'est le cas en 2022). Il n'y a pas d'espèce vraiment dominante en 2022, mais plutôt un cortège dominant de cinq espèces comptant pour 60% de l'abondance totale (Annexe 1)

- **RS+PS (stations témoins)** : en regroupant les stations de référence (Tableau 2), il apparaît l'annélide polychète *Melinna palmata* est l'espèce caractéristique, présente pratiquement toutes les années. Depuis 2016, l'amphipode exotique *Grandidierella japonicoides* (précédemment identifié comme *G. japonica*) est constant avec des abondances  $> 600$  ind./m<sup>2</sup>, sauf en 2022 où il chute à 172 ind./m<sup>2</sup>. D'une manière générale, le cortège faunistique est toujours resté assez semblable depuis 2002.
- **Station IM** : La station impactée par la vase présente en moyenne des abondances, biomasses et richesses spécifiques moyennes proches de la station RS. Ce n'est cependant pas le cas de 2022 quand l'abondance est 1,5 fois plus élevée dans RS, la biomasse 9 fois plus faible (présence de palourdes en IM) et la richesse spécifique 2 fois plus élevée (Figure 11). Comme en 2020, *Melinna palmata* est l'espèce dominante avec 1811 ind/m<sup>2</sup> (42%). (Tableau 2).
- **Station IS** : La station impactée par le sable est celle qui s'est toujours le plus éloignée de toutes les autres. En moyenne depuis 2005 et par rapport à l'ensemble des autres stations, l'abondance en IS est 3,0 fois plus faible, la biomasse 4,5 fois plus faible, et la richesse spécifique 1,4 fois plus faible. Le cortège faunistique en 2022 est fortement représenté par les hydrobies qui représentent 91% de l'abondance totale mais qui sont très mobiles dans l'espace et dans le temps. C'est ensuite le crustacé exotique, *Grandidierella japonicoides*, qui domine (Tableau 2).

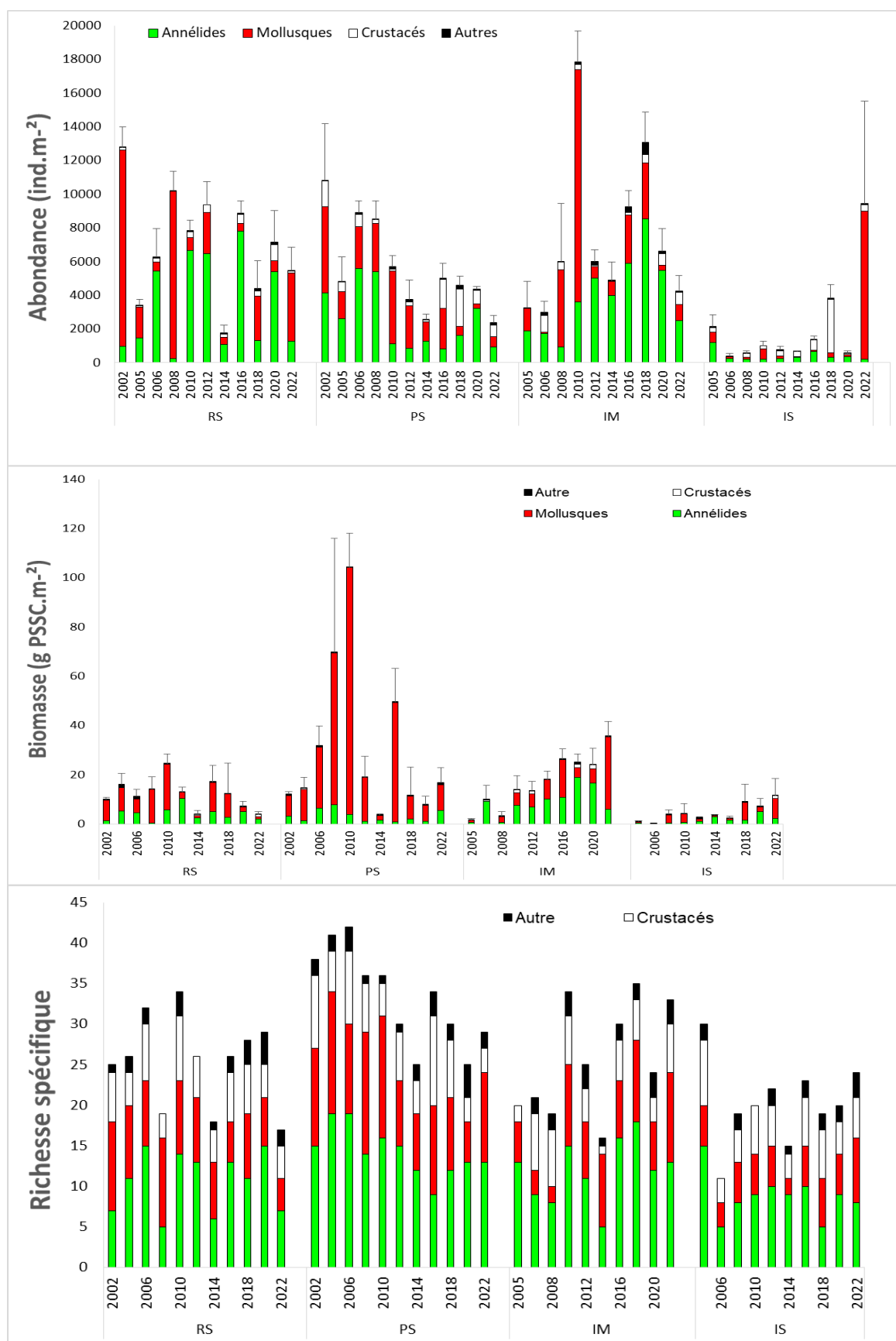


Figure 11 : Synthèse de l'évolution des caractéristiques biocénotiques entre 2002 et 2022, de l'herbier à *Zostera noltei*, de la zone limite et de la zone impactée. RS et PS : zones témoins ; IM et IS, zones recouvertes par la vase et le sable, respectivement. Barre d'erreur = erreur standard.

| Rang             | Espèce                             | Groupe zoologique     | Abondance (ind m <sup>-2</sup> ) | %  |
|------------------|------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|----|
| Herbier 2002     |                                    |                       |                                  |    |
| 1                | <i>Peringia ulvae</i>              | Mollusque gastéropode | 5300                             | 50 |
| 2                | <i>Tubificoides benedii</i>        | Annélide oligochète   | 981                              | 9  |
| 3                | <i>Heteromastus filiformis</i>     | Annélide polychète    | 944                              | 9  |
| 4                | <i>Abra segmentum</i>              | Mollusque bivalve     | 619                              | 6  |
| 5                | <i>Melinna palmata</i>             | Annélide polychète    | 496                              | 5  |
| 2005 Témoir      |                                    |                       |                                  |    |
| 1                | <i>Peringia ulvae</i>              | Mollusque gastéropode | 767                              | 19 |
| 2                | <i>Heteromastus filiformis</i>     | Annélide polychète    | 639                              | 16 |
| 3                | <i>Tubificoides benedii</i>        | Annélide oligochète   | 422                              | 10 |
| 4                | <i>Bittium reticulatum</i>         | Mollusque gastéropode | 378                              | 9  |
| 5                | <i>Clymenura leiopygos</i>         | Annélide polychète    | 333                              | 8  |
| Janv-06 Témoir r |                                    |                       |                                  |    |
| 1                | <i>Tubificoides benedii</i>        | Annélide oligochète   | 3267                             | 27 |
| 2                | <i>Idotea chelipes</i>             | Crustacé isopode      | 1522                             | 13 |
| 3                | <i>Melinna palmata</i>             | Annélide polychète    | 1189                             | 10 |
| 4                | <i>Grandidierella japonicoides</i> | Crustacé amphipode    | 1183                             | 10 |
| 5                | <i>Gammarus locusta</i>            | Crustacé amphipode    | 511                              | 4  |
| Aoû-06 Témoir    |                                    |                       |                                  |    |
| 1                | <i>Aphelochaeta marioni</i>        | Annélide polychète    | 1589                             | 21 |
| 2                | <i>Melinna palmata</i>             | Annélide polychète    | 1283                             | 17 |
| 3                | <i>Bittium reticulatum</i>         | Mollusque gastéropode | 917                              | 12 |
| 4                | <i>Heteromastus filiformis</i>     | Annélide polychète    | 722                              | 10 |
| 5                | <i>Tubificoides benedii</i>        | Annélide oligochète   | 467                              | 6  |
| Aoû-08 Témoir    |                                    |                       |                                  |    |
| 1                | <i>Peringia ulvae</i>              | Mollusque gastéropode | 5556                             | 60 |
| 2                | <i>Melinna palmata</i>             | Annélide polychète    | 1611                             | 17 |
| 3                | <i>Heteromastus filiformis</i>     | Annélide polychète    | 567                              | 6  |
| 4                | <i>Aphelochaeta marioni</i>        | Annélide polychète    | 289                              | 3  |
| 5                | <i>Mytilus edulis</i>              | Mollusque bivalve     | 250                              | 3  |
| Aoû-10 Témoir    |                                    |                       |                                  |    |
| 1                | <i>Melinna palmata</i>             | Annélide polychète    | 1561                             | 23 |
| 2                | <i>Aphelochaeta marioni</i>        | Annélide polychète    | 1500                             | 22 |
| 3                | <i>Peringia ulvae</i>              | Mollusque gastéropode | 878                              | 13 |
| 4                | <i>Bittium reticulatum</i>         | Mollusque gastéropode | 800                              | 12 |
| 5                | <i>Ruditapes philippinarum</i>     | Mollusque bivalve     | 317                              | 5  |
| Aoû-12 Témoir    |                                    |                       |                                  |    |
| 1                | <i>Melinna palmata</i>             | Annélide polychète    | 1633                             | 25 |
| 2                | <i>Peringia ulvae</i>              | Mollusque gastéropode | 1283                             | 20 |
| 3                | <i>Bittium reticulatum</i>         | Mollusque gastéropode | 1017                             | 15 |
| 4                | <i>Pygospio eleans</i>             | Annélide polychète    | 861                              | 13 |
| 2                | <i>Aphelochaeta marioni</i>        | Annélide polychète    | 383                              | 6  |
| Aoû-14 Témoir    |                                    |                       |                                  |    |
| 1                | <i>Melinna palmata</i>             | Annélide polychète    | 406                              | 19 |
| 2                | <i>Bittium reticulatum</i>         | Mollusque gastéropode | 378                              | 17 |
| 3                | <i>Clymenura leiopygos</i>         | Annélide polychète    | 278                              | 13 |
| 4                | <i>Heteromastus filiformis</i>     | Annélide polychète    | 178                              | 8  |
| 5                | <i>Aphelochaeta marioni</i>        | Annélide polychète    | 133                              | 6  |

**Tableau 2 : Liste des 5 espèces les plus communes de la macrofaune benthique de l'herbier à *Zostera noltei* 2002, des zones témoins 2005 à 2022 (PS + RS) et de la zone impactée 2005 à 2022 (Vase=IM et Sable = IS), à proximité de la souille de la Dispute.**  
(Suite page suivante).

| Rang                  | Espèce                             | Groupe zoologique     | Abondance (ind m <sup>-2</sup> ) | %  |
|-----------------------|------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|----|
| Août-16<br>Témoin     |                                    |                       |                                  |    |
| 1                     | <i>Aphelocheata marioni</i>        | Annélide polychète    | 3122                             | 25 |
| 2                     | <i>Bittium reticulatum</i>         | Mollusque gastéropode | 2194                             | 18 |
| 3                     | <i>Melinna palmata</i>             | Annélide polychète    | 2072                             | 17 |
| 4                     | <i>Heteromastus filiformis</i>     | Annélide polychète    | 989                              | 8  |
| 5                     | <i>Grandidierella japonicoides</i> | Crustacé amphipode    | 611                              | 5  |
| Août-18<br>Témoin     |                                    |                       |                                  |    |
| 1                     | <i>Peringia ulvae</i>              | Mollusque gastéropode | 1144                             | 25 |
| 2                     | <i>Grandidierella japonicoides</i> | Crustacé amphipode    | 878                              | 20 |
| 3                     | <i>Clymenura leiopygos</i>         | Annélide polychète    | 333                              | 7  |
| 4                     | <i>Melinna palmata</i>             | Annélide polychète    | 311                              | 7  |
| 5                     | <i>Aphelocheata marioni</i>        | Annélide polychète    | 306                              | 7  |
| Août-20<br>Témoin     |                                    |                       |                                  |    |
| 1                     | <i>Aphelocheata marioni</i>        | Annélide polychète    | 2228                             | 39 |
| 2                     | <i>Melinna palmata</i>             | Annélide polychète    | 1028                             | 18 |
| 3                     | <i>Grandidierella japonicoides</i> | Crustacé amphipode    | 689                              | 12 |
| 4                     | <i>Pseudopolydora</i> sp.          | Annélide polychète    | 461                              | 8  |
| 5                     | <i>Abra segmentum</i>              | Mollusque bivalve     | 250                              | 4  |
| Août-22<br>Témoin     |                                    |                       |                                  |    |
| 1                     | <i>Peringia ulvae</i>              | Mollusque bivalve     | 1894                             | 48 |
| 2                     | <i>Melinna palmata</i>             | Annélide polychète    | 517                              | 13 |
| 3                     | <i>Corophium</i> sp.               | Crustacé amphipode    | 211                              | 5  |
| 4                     | <i>Grandidierella japonicoides</i> | Crustacé amphipode    | 172                              | 4  |
| 5                     | <i>Notomastus latericeus</i>       | Annélide polychète    | 139                              | 4  |
| 2005 Zone impactée    |                                    |                       |                                  |    |
| 1                     | <i>Peringia ulvae</i>              | Mollusque gastéropode | 833                              | 31 |
| 2                     | <i>Heteromastus filiformis</i>     | Annélide polychète    | 439                              | 16 |
| 3                     | <i>Aphelocheata marioni</i>        | Annélide polychète    | 344                              | 13 |
| 4                     | <i>Streblospio shrubsolii</i>      | Annélide polychète    | 183                              | 7  |
| 5                     | <i>Pygospio elegans</i>            | Annélide polychète    | 133                              | 5  |
| Janv-06 Zone impactée |                                    |                       |                                  |    |
| 1                     | <i>Peringia ulvae</i>              | Mollusque gastéropode | 733                              | 36 |
| 2                     | <i>Pygospio elegans</i>            | Annélide polychète    | 261                              | 13 |
| 3                     | <i>Abra segmentum</i>              | Mollusque bivalve     | 256                              | 12 |
| 4                     | <i>Tubificoides benedeni</i>       | Annélide oligochète   | 128                              | 6  |
| 5                     | <i>Nephtys hombergii</i>           | Annélide polychète    | 106                              | 5  |
| Août-06 Zone impactée |                                    |                       |                                  |    |
| 1                     | <i>Heteromastus filiformis</i>     | Annélide polychète    | 372                              | 22 |
| 1                     | <i>Cyathura carinata</i>           | Crustacé isopode      | 372                              | 22 |
| 3                     | <i>Nereis diversicolor</i>         | Annélide polychète    | 367                              | 21 |
| 4                     | <i>Pygospio elegans</i>            | Annélide polychète    | 117                              | 7  |
| 5                     | <i>Grandidierella japonicoides</i> | Crustacé amphipode    | 94                               | 6  |
| 5                     | Dolichopodidae                     | Insecte               | 94                               | 6  |
| Août-08 Zone impactée |                                    |                       |                                  |    |
| 1                     | <i>Peringia ulvae</i>              | Mollusque gastéropode | 2305                             | 70 |
| 2                     | <i>Heteromastus filiformis</i>     | Annélide polychète    | 256                              | 8  |
| 3                     | <i>Cyathura carinata</i>           | Crustacé isopode      | 139                              | 4  |
| 4                     | <i>Melinna palmata</i>             | Annélide polychète    | 111                              | 3  |
| 5                     | <i>Melita palmata</i>              | Crustacé amphipode    | 67                               | 2  |

**Tableau 2 : Liste des 5 espèces les plus communes de la macrofaune benthique de l'herbier à *Zostera noltei* 2002, des zones témoins 2005 à 2022 (PS + RS) et de la zone impactée 2005 à 2022 (Vase=IM et Sable = IS), à proximité de la souille de la Dispute.**  
(Suite page suivante).

| Rang                       | Espèce                             | Groupe zoologique     | Abondance (ind m <sup>-2</sup> ) | %  |
|----------------------------|------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|----|
| Aoû-10 Zone impactée VASE  |                                    |                       |                                  |    |
| 1                          | <i>Peringia ulvae</i>              | Mollusque gastéropode | 12922                            | 72 |
| 2                          | <i>Melinna palmata</i>             | Annélide polychète    | 1978                             | 11 |
| 3                          | <i>Heteromastus filiformis</i>     | Annélide polychète    | 689                              | 4  |
| 4                          | <i>Abra segmentum</i>              | Mollusque bivalve     | 356                              | 2  |
| 5                          | <i>Cerastoderma edule</i>          | Mollusque bivalve     | 267                              | 1  |
| Aoû-10 Zone impactée SABLE |                                    |                       |                                  |    |
| 1                          | <i>Peringia ulvae</i>              | Mollusque gastéropode | 422                              | 41 |
| 2                          | <i>Cerastoderma edule</i>          | Mollusque bivalve     | 167                              | 16 |
| 3                          | <i>Amphithoe</i> sp.               | Crustacé amphipode    | 133                              | 13 |
| 4                          | <i>Pygospio elegans</i>            | Annélide polychète    | 44                               | 4  |
| 5                          | <i>Melita palmata</i>              | Crustacé amphipode    | 33                               | 3  |
| Aoû-12 Zone impactée VASE  |                                    |                       |                                  |    |
| 1                          | <i>Melinna palmata</i>             | Annélide polychète    | 2667                             | 44 |
| 2                          | <i>Pygospio elegans</i>            | Annélide polychète    | 1133                             | 19 |
| 3                          | <i>Heteromastus filiformis</i>     | Annélide polychète    | 644                              | 11 |
| 4                          | <i>Bittium reticulatum</i>         | Mollusque gastéropode | 556                              | 9  |
| 5                          | <i>Aphelochaeta marioni</i>        | Annélide polychète    | 289                              | 5  |
| Aoû-12 Zone impactée SABLE |                                    |                       |                                  |    |
| 1                          | <i>Grandidiriella japonicoides</i> | Crustacé amphipode    | 178                              | 23 |
| 2                          | Anthozoa                           | Cnidaire              | 78                               | 10 |
| 3                          | <i>Glycera unicornis</i>           | Annélide polychète    | 67                               | 9  |
| 4                          | <i>Acanthocardia tuberculata</i>   | Mollusque bivalve     | 67                               | 9  |
| 5                          | <i>Clymenura leiopygos</i>         | Annélide polychète    | 56                               | 7  |
| Aoû-14 Zone impactée VASE  |                                    |                       |                                  |    |
| 1                          | <i>Melinna palmata</i>             | Annélide polychète    | 3744                             | 77 |
| 2                          | <i>Littorina littorea</i>          | Mollusque gastéropode | 256                              | 5  |
| 3                          | <i>Bittium reticulatum</i>         | Mollusque gastéropode | 233                              | 3  |
| 4                          | <i>Heteromastus filiformis</i>     | Annélide polychète    | 156                              | 3  |
| 5                          | <i>Cerastoderma edule</i>          | Mollusque bivalve     | 122                              | 2  |
| Aoû-14 Zone impactée SABLE |                                    |                       |                                  |    |
| 1                          | <i>Grandidiriella japonicoides</i> | Crustacé amphipode    | 267                              | 40 |
| 2                          | <i>Clymenura leiopygos</i>         | Annélide polychète    | 144                              | 22 |
| 3                          | <i>Nephtys hombergii</i>           | Annélide polychète    | 56                               | 8  |
| 4                          | <i>Phylo foetida</i>               | Annélide polychète    | 33                               | 5  |
| 5                          | <i>Cerastoderma edule</i>          | Mollusque bivalve     | 22                               | 3  |
| Aoû-16 Zone impactée VASE  |                                    |                       |                                  |    |
| 1                          | <i>Bittium reticulatum</i>         | Mollusque gastéropode | 2689                             | 29 |
| 2                          | <i>Melinna palmata</i>             | Annélide polychète    | 2656                             | 29 |
| 3                          | <i>Heteromastus filiformis</i>     | Annélide polychète    | 1211                             | 13 |
| 4                          | <i>Aphelochaeta marioni</i>        | Annélide polychète    | 1156                             | 12 |
| 5                          | Anthozoa                           | Cnidaire              | 333                              | 4  |
| Aoû-16 Zone impactée SABLE |                                    |                       |                                  |    |
| 1                          | <i>Grandidiriella japonicoides</i> | Crustacé amphipode    | 289                              | 21 |
| 2                          | <i>Heteromastus filiformis</i>     | Annélide polychète    | 144                              | 11 |
| 3                          | <i>Aphelochaeta marioni</i>        | Annélide polychète    | 144                              | 11 |
| 4                          | <i>Corophium</i> sp.               | Crustacé amphipode    | 133                              | 10 |
| 5                          | <i>Notomastus latericeus</i>       | Annélide polychète    | 122                              | 9  |

**Tableau 2 : Liste des 5 espèces les plus communes de la macrofaune benthique de l'herbier à *Zostera noltei* 2002, des zones témoins 2005 à 2022 (PS + RS) et de la zone impactée 2005 à 2022 (Vase=IM et Sable = IS), à proximité de la souille de la Dispute.**  
(Suite page suivante).



| Rang                       | Espèce                             | Groupe zoologique     | Abondance (ind m <sup>-2</sup> ) | %  |
|----------------------------|------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|----|
| Aoû-18 Zone impactée VASE  |                                    |                       |                                  |    |
| 1                          | <i>Melinna palmata</i>             | Annélide polychète    | 7267                             | 56 |
| 2                          | <i>Peringia ulvae</i>              | Mollusque gastéropode | 2687                             | 21 |
| 3                          | Anthozoa                           | Cnidaire              | 644                              | 5  |
| 4                          | <i>Heteromastus filiformis</i>     | Annélide polychète    | 478                              | 4  |
| Aoû-18 Zone impactée SABLE |                                    |                       |                                  |    |
| 1                          | <i>Grandidiriella japonicoides</i> | Crustacé amphipode    | 2411                             | 63 |
| 2                          | <i>Corophium</i> sp.               | Crustacé amphipode    | 456                              | 12 |
| 3                          | <i>Clymenura leiopygos</i>         | Annélide polychète    | 178                              | 5  |
| 4                          | <i>Ampelisca brevicornis</i>       | Crustacé amphipode    | 167                              | 4  |
| 5                          | Sphaeromatidae                     | Crustacé isopode      | 89                               | 2  |
| Aoû-20 Zone impactée VASE  |                                    |                       |                                  |    |
| 1                          | <i>Melinna palmata</i>             | Annélide polychète    | 3989                             | 60 |
| 2                          | <i>Aphelochaeta marioni</i>        | Annélide polychète    | 678                              | 10 |
| 3                          | <i>Grandidiriella japonicoides</i> | Crustacé amphipode    | 656                              | 10 |
| 4                          | <i>Heteromastus filiformis</i>     | Annélide polychète    | 300                              | 5  |
| 5                          | <i>Pseudopolydora</i> sp.          | Annélide polychète    | 178                              | 3  |
| Aoû-20 Zone impactée SABLE |                                    |                       |                                  |    |
| 1                          | <i>Heteromastus filiformis</i>     | Annélide polychète    | 89                               | 15 |
| 2                          | <i>Nephtys hombergii</i>           | Annélide polychète    | 78                               | 13 |
| 3                          | <i>Pygospio elegans</i>            | Annélide polychète    | 78                               | 13 |
| 4                          | <i>Cerastoderma edule</i>          | Mollusque bivalve     | 44                               | 7  |
| 5                          | Sphaeromatidae                     | Crustacé isopode      | 33                               | 6  |
| Aoû-22 Zone impactée VASE  |                                    |                       |                                  |    |
| 1                          | <i>Melinna palmata</i>             | Annélide polychète    | 1811                             | 42 |
| 2                          | <i>Grandidiriella japonicoides</i> | Crustacé amphipode    | 567                              | 13 |
| 3                          | <i>Heteromastus filiformis</i>     | Annélide polychète    | 300                              | 7  |
| 4                          | <i>Peringia ulvae</i>              | Mollusque gastéropode | 267                              | 6  |
| 5                          | <i>Ruditapes philippinarum</i>     | Mollusque bivalve     | 244                              | 6  |
| Aoû-22 Zone impactée SABLE |                                    |                       |                                  |    |
| 1                          | <i>Peringia ulvae</i>              | Mollusque gastéropode | 8578                             | 91 |
| 2                          | <i>Grandidiriella japonicoides</i> | Crustacé amphipode    | 300                              | 3  |
| 3                          | <i>Glycera tridactyla</i>          | Annélide polychète    | 67                               | 1  |
| 4                          | <i>Cerastoderma edule</i>          | Mollusque bivalve     | 56                               | 22 |

**Tableau 2 : Liste des 5 espèces les plus communes de la macrofaune benthique de l'herbier à *Zostera noltei* 2002, des zones témoins 2005 à 2022 (PS + RS) et de la zone impactée 2005 à 2022 (Vase=IM et Sable = IS), à proximité de la souille de la Dispute.**

En termes de structure des peuplements, la n-MDS a été construite en excluant les hydroyobies étant donné leur potentiel de dispersion important, entraînant des fluctuations d'abondance au gré des courants et vents. La n-MDS discrimine quatre groupes de « station-date » que nous appellerons « stations » (Figure 12). Le premier groupe de la n-MDS (à gauche de la Figure 12) réunit la majorité des stations impactées sable sauf IS-2005 qui apparaît comme transitoire entre la période d'herbiers et la stabilisation de la zone IS (Figure 12, Tableau 2, Annexe 1). Le second groupe (en haut à droite de la Figure 12) regroupe la majorité des autres

stations (RS, PS, IM), après 2008. Les deux groupes en bas de la Figure 12 regroupent respectivement les stations RS et IM en et avant 2008.

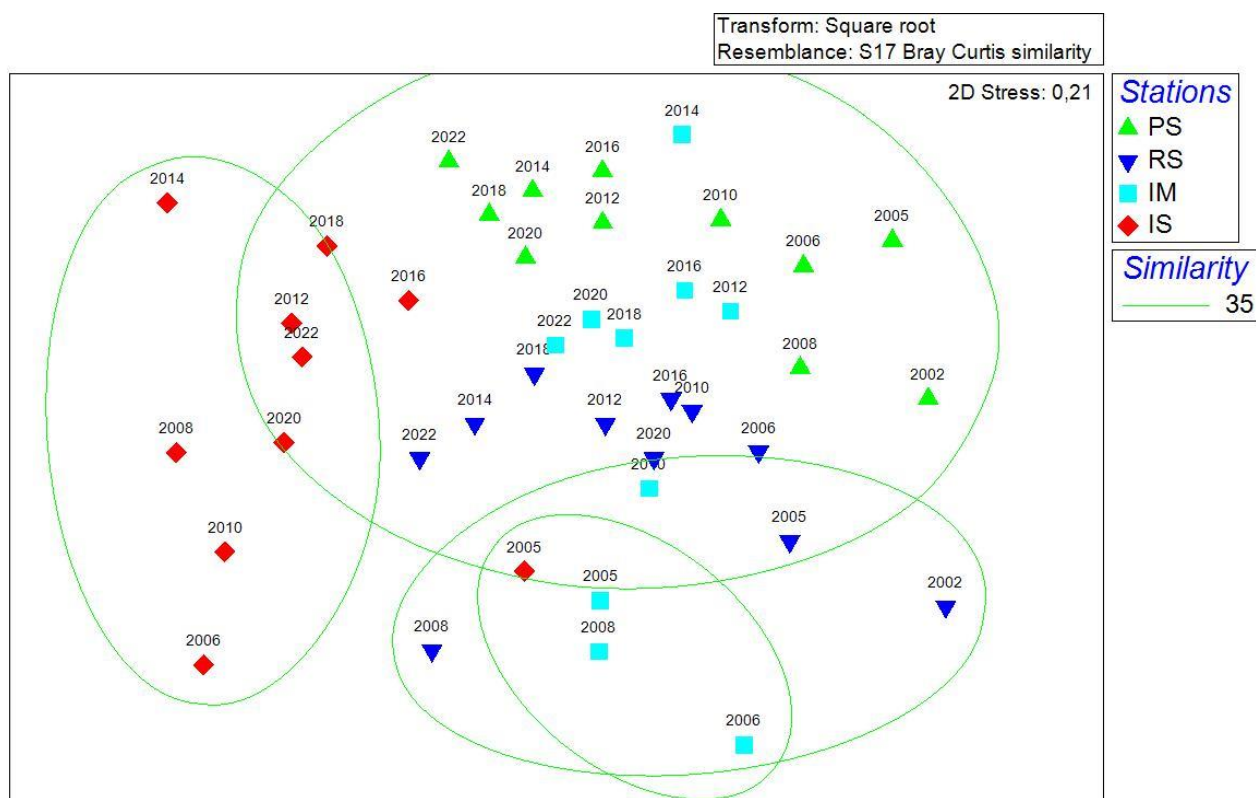


Figure 12 : n-MDS discriminant les peuplements benthiques de la zone intertidale avec un seuil de similarité de 35%. IM : zone impactée par la vase ; IS : zone impactée par le sable ; PS : zone témoin proche de la zone de perturbation ; RS : zone témoin éloignée de la zone de perturbation.

### 2.2.3. Indice biotique

L'évaluation de l'état de santé de la zone et son évolution dans le temps ont été évaluées à l'aide de l'indice multi-métrique d-MISS mis au point sur les herbiers du Bassin d'Arcachon (Figure 13). Cet indice repose sur la composition de la faune benthique à basse mer. Il apparaît globalement que les stations herbiers (RS et PS) répondent au statut écologique « élevé » ou « bon » depuis 2002, avec quelques incursions dans le « modéré » (dont en 2022). En 2022, après deux incursions dans le statut « modéré », la zone impactée par la vase s'installe dans les statuts « bon » ou « élevé ». La zone couverte de sable amorce une remontée de l'indice qui peut s'expliquer par le recrutement de coques, espèces classées plutôt sensibles.

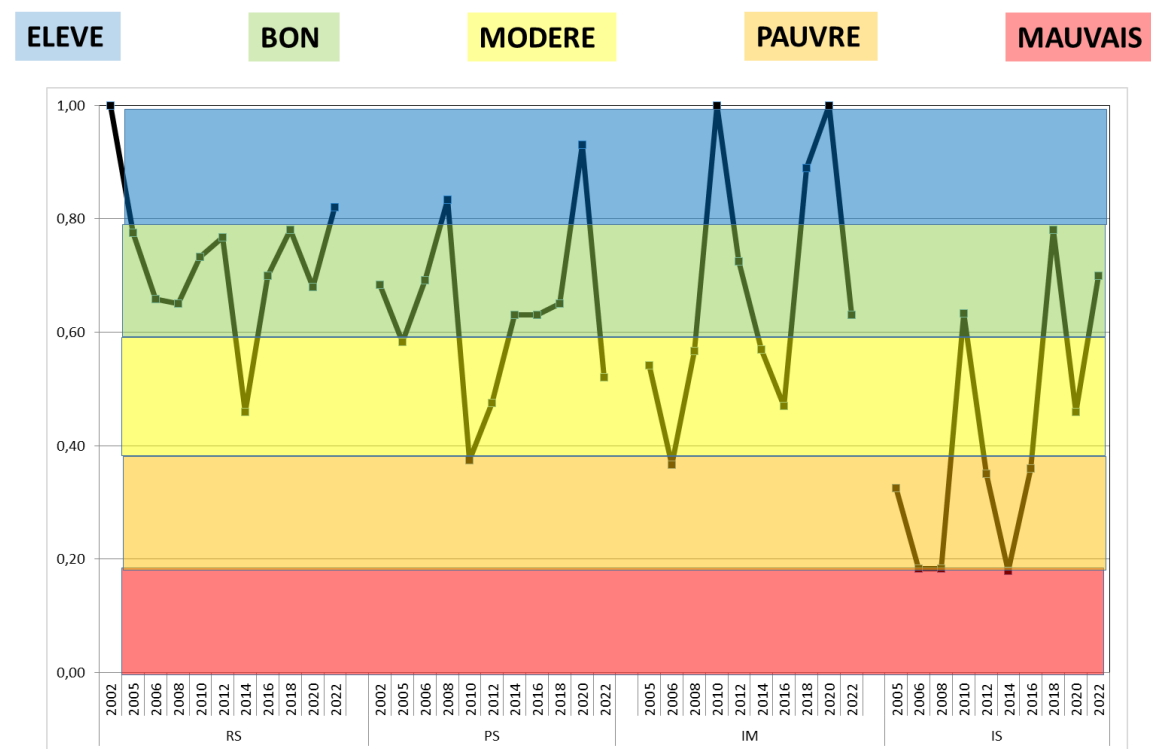


Figure 13 : Evolution de l'indice d-MISS au cours des années et en fonction des stations (RS et PS = herbiers ; IM = impacté par la vase ; IS = impacté par le sable) et traduction en termes de « qualité écologique ».

#### 2.2.4. Impact des travaux sur les peuplements benthiques et leurs prédateurs

Le suivi *a posteriori* des travaux concerne l'herbier à *Zostera noltei* du site de la Dispute. Les comparaisons seront ici effectuées entre l'herbier de juin 2002 la zone témoin d'août 2022, et au sein d'août 2022 entre les prélèvements des zones témoins et les prélèvements de sites recouverts par les sédiments, en distinguant recouvrement par vase et recouvrement par sable.

##### a Critères d'évaluation

Les critères d'appréciation sont très variés, et seront repris pour chaque zone sous forme de tableaux (Tableaux 3 à 5) :

- La nature des travaux (qui dans ce cas est du recouvrement d'herbiers par des sédiments), la superficie directement affectée, le calendrier d'exécution et la date de l'élaboration de l'état initial sont rappelés.

- Les modifications sédimentaires sont précisées, en mentionnant l'apparition d'herbiers (facteur positif pour l'écosystème) ou l'accumulation d'algues (facteur plutôt négatif).
- Les abondances des peuplements sont rappelées par groupe zoologique et sont comparées. Cette comparaison est faite par le test non paramétrique de Kolmogorov-Smirnov. 'ns', signifie l'absence de différence significative avec un risque de 5 % de se tromper, '\*' signifie une différence significative avec un risque de 5 % de se tromper, '\*\*' signifie une différence significative avec un risque de 1 % de se tromper, et '\*\*\*' signifie une différence significative avec un risque de 0,1 % de se tromper.
- Les biomasses sont traitées comme les abondances. Elles serviront à estimer les pertes en biomasse animale (le cas échéant) et les répercussions sur les réseaux trophiques supérieurs (production des prédateurs) calculées selon la méthode décrite dans Do et al. (2013).
- L'évolution de la diversité est analysée au travers de la richesse spécifique et des résultats de la n-MDS.
- L'apparition d'espèces exotiques (comme les crépidules) est recherchée.
- Enfin un avis est émis sur l'état de la restauration de l'environnement.

Par ailleurs, les caractères orange soulignent les paramètres encore éloignés des conditions initiales, tandis que les caractères bleus signifient que la restauration (ou l'objectif à atteindre) est (presque) atteinte pour un paramètre donné.

## **b** [Herbier à \*Zostera noltei\* et zone témoin: comparaison 2002-2022](#)

La zone témoin a tendance à s'ensabler (augmentation de la médiane granulométrique). La comparaison de la faune benthique de la zone témoin entre 2002 et 2022, fait apparaître des situations moins contrastées quantitativement et qualitativement (Tableau 3) que lors de la comparaison de 2014 (de Montaudouin et al. 2015). Alors que la structure du peuplement est assez similaire à celle de 2002, on note une diminution de l'abondance totale liée à une diminution des mollusques) alors que toutes les autres valeurs de biomasse et d'abondance sont proches entre les deux années. Ces résultats sont concordants avec une analyse récente comparant l'évolution de la macrofaune benthique en liaison avec le déclin des herbiers (Do et al. 2013). Trois espèces exotiques récentes sont présentes (et abondantes) : les crustacés

amphipodes *Grandidiella japonicoides* (identifié pour la première fois dans le bassin en 2006 (Tableau 2) mais sans doute mal identifié sous le nom de *G. japonica*) (Lavesque et al. 2014), *Aoroides semicurvatus* (Gouillieux et al. 2016) et la moule verte (ou moule asiatique) *Arcuatula senhousia* récemment signalée dans l'ensemble du bassin (Bachelet et al. 2009).

| <i>Herbier à Z. noltei</i> 2002 vs 2022 (Dispute) |                                                              |                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   |                                                              |                                                                                                                                |
| TRAVAUX                                           | Type de travaux                                              | Recouvrement par sables fins: hors zone                                                                                        |
|                                                   | Superficie travaux (m <sup>2</sup> )                         |                                                                                                                                |
|                                                   | Période des travaux                                          | Janvier-Mars 2005                                                                                                              |
|                                                   | Etat initial                                                 | juin-02                                                                                                                        |
|                                                   | Dernière expertise                                           | août 2022                                                                                                                      |
| SEDIMENTS                                         | Médiane (µm)                                                 | 134-150                                                                                                                        |
|                                                   | Macroalgues                                                  |                                                                                                                                |
|                                                   | Herbiers                                                     | Absent                                                                                                                         |
|                                                   | Teneur en matière organique (%)                              | 3-4%                                                                                                                           |
| ABONDANCE PEUPELEMENTS                            | Evolution annélides                                          | 2550 -> 2033-> 5506 -> 2833-> 3889 -> 3656 -> 1178 -> 4306 -> 1461 -> 4311 -> 1162 ind. m <sup>-2</sup> , ns                   |
|                                                   | Evolution mollusques                                         | 8372 -> 1722 -> 1522 -> 6372 -> 2500 -> 739 -> 1422 -> 1589 -> 456 -> 2641 ind. m <sup>-2</sup> , ns                           |
|                                                   | Evolution crustacés                                          | 844 -> 333 -> 461 -> 139 -> 233 -> 344 -> 203 -> 1139 -> 1261 -> 872 -> 381 ind. m <sup>-2</sup> , ns                          |
|                                                   | Evolution faune totale                                       | 11806 -> 4111 -> 7594 -> 9350 -> 6778 -> 6567 -> 2161 -> 6961 -> 4494 -> 5761 -> 4273 ind. m <sup>-2</sup> , *                 |
|                                                   |                                                              |                                                                                                                                |
| BIOMASSE PEUPELEMENTS                             | Evolution annélides                                          | 2,77 -> 3,36 -> 5,53 -> 4,19 -> 4,74 -> 5,71 -> 2,02 -> 2,98 -> 2,47 -> 3,07 -> 3,77 gpssc m <sup>-2</sup> , ns                |
|                                                   | Evolution mollusques                                         | 8,36 -> 11,10 -> 15,18 -> 37,57 -> 59,48 -> 10,20 -> 1,44 -> 30,13 -> 9,24 -> 4,24 -> 5,65 gpssc m <sup>-2</sup> , ns          |
|                                                   | Evolution crustacés                                          | 0,25 -> 0,37 -> 0,20 -> 0,08 -> 0,15 -> 0,08 -> 0,41 -> 0,12 -> 0,17 -> 0,18 -> 0,55 gpssc m <sup>-2</sup> , ns                |
|                                                   | Evolution faune totale                                       | 11,11 -> 15,37 -> 21,66 -> 41,84 -> 64,40 -> 16,02 -> 3,89 -> 33,29 -> 12,14 -> 7,62 -> 10,41 gpssc m <sup>-2</sup> , ns       |
|                                                   |                                                              |                                                                                                                                |
|                                                   | Perte biomasse (kgPSSC)                                      | sans objet                                                                                                                     |
|                                                   | Perte biomasse (kgC)                                         | sans objet                                                                                                                     |
|                                                   | Perte production secondaire annuelle (kgC an <sup>-1</sup> ) | sans objet                                                                                                                     |
|                                                   | Perte production prédateurs annuelle (kgC an <sup>-1</sup> ) | sans objet                                                                                                                     |
|                                                   | Perte production prédateurs annuelle (TPF an <sup>-1</sup> ) | sans objet                                                                                                                     |
| DIVERSITE                                         | Evolution faune totale                                       | 47->54-> 57 ->39 ->48 ->41 -> 33 -> 42 -> 39 -> 39 -> 35 espèces                                                               |
|                                                   | Similarité des communautés (MDS-seuil de 35%)                | Oui                                                                                                                            |
|                                                   | Apparition espèces exotiques                                 | <i>Arcuatula senhousia</i> (2006-14, 2018-22), <i>Grandidiella japonicoides</i> (2012-22), <i>Aoroides semicurvatus</i> (2016) |
| EVOLUTION                                         |                                                              | DEFICIT HERBIER et ABONDANCE FAUNE                                                                                             |

Tableau 3 : Synthèse des éléments pris en compte pour estimer l'évolution de la zone témoin. Les valeurs sont comparées (mois d'août uniquement) : 2002 -> 2005-> 2006 -> 2008 -> 2010 ->2012 -> 2014 -> 2016 -> 2018 -> 2020 -> 2022. Les caractères orange soulignent les paramètres encore éloignés des conditions initiales ou d'un état d'équilibre, tandis que les caractères bleus signifient que la situation est restée stable pour un paramètre donné. 'ns' signifie aucune différence significative avec un risque de 5 % de se tromper, '\*\*' signifie une différence significative avec 1% de risque de se tromper, '\*\*\*' signifie une différence significative avec 0,1% de risque de se tromper.

### c Zone témoin vs zone impactée par vase (août-2022)

Sur les 30 ha impactés au départ, on estime que la partie recouverte par les fractions fines représente (du moins en 2020) environ 97 %, soit 29 ha.

Les résultats de 2018 faisaient apparaître une restauration de IM à un niveau convenable, que ce soit en termes de couverture végétale par l'herbier ou de faune associée. Ce n'était plus le cas en 2020 pour la couverture en herbier qui était faible (7%) (Tableau 4). L'année 2022 affiche une légère reprise de l'herbier (18% de couverture), des paramètres quantitatifs satisfaisants (abondance, biomasse et richesse spécifique), avec une présence marquée de palourdes (responsables du pic de biomasse).

| <i>Herbier à Z. noltei (2022) détruit par VASE (2022) (Dispute)</i> |                                                              |                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| TRAVAUX                                                             | Type de travaux                                              | Recouvrement par sables fins                                                           |
|                                                                     | Superficie travaux (m <sup>2</sup> )                         | 290 000                                                                                |
|                                                                     | Période des travaux                                          | Janvier-Mars 2005                                                                      |
|                                                                     | Etat initial                                                 | juin-02                                                                                |
|                                                                     | Dernière expertise                                           | Août 2022                                                                              |
| SEDIMENTS                                                           | Médiane (µm)                                                 | 146                                                                                    |
|                                                                     | Macroalgues                                                  |                                                                                        |
|                                                                     | Herbiers                                                     | Colonisation (18%)                                                                     |
|                                                                     | Teneur en matière organique (%)                              | 4                                                                                      |
| ABONDANCE PEUPELEMENTS                                              | Impact sur les annélides                                     | 1178 -> 3978 -> 5878 -> 8533 -> 5477 -> 2500 ind. m <sup>-2</sup> , ns                 |
|                                                                     | Impact sur les mollusques                                    | 739 -> 844 -> 2867 -> 3333 -> 311 -> 967 ind. m <sup>-2</sup> , ns                     |
|                                                                     | Impact sur les crustacés                                     | 203 -> 67 -> 167 -> 500 -> 678 -> 711 ind. m <sup>-2</sup> , ns                        |
|                                                                     | Impact sur la faune totale                                   | 2161 -> 4867 -> 9267 -> 13056 -> 6633 -> 4267 ind. m <sup>-2</sup> , ns                |
| BIOMASSE PEUPELEMENTS                                               | Impact sur les annélides                                     | 2,02 -> 10,22 -> 10,77 -> 18,91 -> 16,56 -> 5,93 gpssc m <sup>-2</sup> , ns            |
|                                                                     | Impact sur les mollusques                                    | 1,45 -> 7,81 -> 15,48 -> 3,90 -> 5,90 -> 29,44 gpssc m <sup>-2</sup> , *               |
|                                                                     | Impact sur les crustacés                                     | 0,41 -> 0,04 -> 0,05 -> 1,53 -> 1,57 -> 0,21 gpssc m <sup>-2</sup> , *                 |
|                                                                     | Impact sur la faune totale                                   | 3,89 -> 18,07 -> 26,47 -> 25,31 -> 24,12 -> 35,62 gpssc m <sup>-2</sup> , *            |
|                                                                     | Perte biomasse (kgPSSC)                                      | sans objet                                                                             |
|                                                                     | Perte biomasse (kgC)                                         | sans objet                                                                             |
|                                                                     | Perte production secondaire annuelle (kgC an <sup>-1</sup> ) | sans objet                                                                             |
|                                                                     | Perte production prédateurs annuelle (kgC an <sup>-1</sup> ) | sans objet                                                                             |
|                                                                     | Perte production prédateurs annuelle (TPF an <sup>-1</sup> ) | sans objet                                                                             |
| DIVERSITE                                                           | Impact sur la faune totale                                   | 33 -> 17 -> 30 -> 35 -> 24 -> 33 espèces                                               |
|                                                                     | Similarité des communautés (MDS-seuil de 25%)                | Oui                                                                                    |
|                                                                     | Apparition espèces exotiques                                 | <i>Arcuatula senhousia</i> (2012-16; 2022), <i>Grandidiella japonicoides</i> (2012-22) |
| RESTAURATION                                                        |                                                              | DEFICIT HERBIER et AUGMENTATION BIOMASSE (Palourdes)                                   |

Tableau 4 : Synthèse des éléments pris en compte pour estimer l'état de restauration du site. Les valeurs sont comparées : Zone témoin 2022 -> herbier recouvert par vase (2022). Les caractères orange soulignent les paramètres encore éloignés des conditions initiales ou d'un état d'équilibre, tandis que les caractères bleus signifient que la restauration est (presque) atteinte pour un paramètre donné. 'ns' signifie aucune différence significative avec un risque de 5 % de se tromper, '\*\*' signifie une différence significative avec 1% de risque de se tromper, '\*\*\*' signifie une différence significative avec 0,1% de risque de se tromper.



**d** Zone témoin vs zone impactée par sable (août-2022)

| <b><i>Herbier à <i>Z. noltei</i> détruit (2022) par SABLE (2022) (Dispute)</i></b> |                                                              |                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>TRAVAUX</b>                                                                     | Type de travaux                                              | Recouvrement par sables fins                                                                                             |
|                                                                                    | Superficie travaux (m <sup>2</sup> )                         | 10 000                                                                                                                   |
|                                                                                    | Période des travaux                                          | Janvier-Mars 2005                                                                                                        |
|                                                                                    | Etat initial                                                 | juin-02                                                                                                                  |
|                                                                                    | Dernière expertise                                           | Août 2022                                                                                                                |
| <b>SEDIMENTS</b>                                                                   | Médiane (µm)                                                 | 155                                                                                                                      |
|                                                                                    | Macroalgues                                                  |                                                                                                                          |
|                                                                                    | Herbiers                                                     | 5%                                                                                                                       |
|                                                                                    | Teneur en matière organique (%)                              | 1                                                                                                                        |
| <b>ABONDANCE PEUPELEMENTS</b>                                                      | Impact sur les annélides                                     | 1178 -> 311 ind -> 667 -> 322 -> 366 -> 222 ind. m <sup>-2</sup> , *                                                     |
|                                                                                    | Impact sur les mollusques                                    | 739 -> 67 -> 78 -> 267 -> 100 -> 8767 ind. m <sup>-2</sup> , ns                                                          |
|                                                                                    | Impact sur les crustacés                                     | 203 -> 311 -> 589 -> 3178 -> 89 -> 378 ind. m <sup>-2</sup> , ns                                                         |
|                                                                                    | Impact sur la faune totale                                   | 2161 -> 667 -> 1367 -> 3883 -> 600 -> 9433 ind. m <sup>-2</sup> , ns                                                     |
| <b>BIOMASSE PEUPELEMENTS</b>                                                       | Impact sur les annélides                                     | 2,02 -> 3,05 -> 1,71 -> 1,68 -> 5,02 -> 2,20 gpssc m <sup>-2</sup> , ns                                                  |
|                                                                                    | Impact sur les mollusques                                    | 1,45 -> 0,66 -> 0,50 -> 7,02 -> 1,92 -> 8,14 gpssc m <sup>-2</sup> , ns                                                  |
|                                                                                    | Impact sur les crustacés                                     | 0,41 -> 0,19 -> 0,10 -> 0,40 -> 0,18 -> 1,15 gpssc m <sup>-2</sup> , ns                                                  |
|                                                                                    | Impact sur la faune totale                                   | 3,89 -> 3,63 -> 2,33 -> 9,14 -> 7,19 -> 11,53 gpssc m <sup>-2</sup> , ns                                                 |
|                                                                                    | Perte biomasse (kgPSSC)                                      | sans objet                                                                                                               |
|                                                                                    | Perte biomasse (kgC)                                         | sans objet                                                                                                               |
|                                                                                    | Perte production secondaire annuelle (kgC an <sup>-1</sup> ) | sans objet                                                                                                               |
|                                                                                    | Perte production prédateurs annuelle (kgC an <sup>-1</sup> ) | sans objet                                                                                                               |
|                                                                                    | Perte production prédateurs annuelle (tPF an <sup>-1</sup> ) | sans objet                                                                                                               |
| <b>DIVERSITE</b>                                                                   | Impact sur la faune totale                                   | 33 -> 15 -> 23 -> 19 -> 20 -> 24 espèces                                                                                 |
|                                                                                    | Similarité des communautés (MDS-seuil de 25%)                | Non                                                                                                                      |
|                                                                                    | Apparition espèces exotiques                                 | <i>Arcuatula senhousia</i> (2018; 2022), <i>Grandidiella japonicoides</i> (2012-22), <i>Thelepus japonicus</i> (2020-22) |
| <b>RESTAURATION</b>                                                                |                                                              | <b>NON</b>                                                                                                               |

Tableau 5 : Synthèse des éléments pris en compte pour estimer l'état de restauration du site. Les valeurs sont comparées : zone témoin 2022 -> herbier recouvert par sable (2022). Les caractères orange soulignent les paramètres encore éloignés des conditions initiales ou d'un état d'équilibre, tandis que les caractères bleus signifient que la restauration est (presque) atteinte pour un paramètre donné. 'ns' signifie aucune différence significative avec un risque de 5 % de se tromper, '\*\*' signifie une différence significative avec 1% de risque de se tromper, '\*\*\*' signifie une différence significative avec 0,1% de risque de se tromper.

La surface impactée concerne 1-1,5 ha. Cependant, la surface de la souille n'est pas prise en compte ici car aucun espoir de recolonisation n'existe actuellement. Les comparaisons sont effectuées entre la zone témoin témoin (RS + PS) et la zone sableuse, en août 2022 (Tableau 5). L'impact des travaux sur les peuplements est depuis 2018 quantitativement négligeable en termes de biomasse (mais pas d'abondance), alors qu'il était très net les années précédentes. Qualitativement, le peuplement benthique de cette zone (IS) reste bien différent de celui des autres sites (RS, PS et IM) (Figure 12). La perte de richesse spécifique est toujours d'actualité.

### 3. Conclusion

Dix-sept ans après les travaux, la tendance observée en 2010 se confirme, c'est-à-dire un retour à des conditions proches de « la normale » pour la zone impactée par la vase et un statut toujours assez perturbé (dans le sens « différent de l'état initial ») dans la petite zone de dépôt de sable. Cependant, dans ce dernier cas, la ségrégation des stations IS par rapport aux autres est surtout qualitative, la biomasse étant proche de l'état initial. La structure des peuplements est nettement différente en IS.

L'observation la plus troublante (déjà amorcée en 2012) est finalement le fait que la couverture de l'herbier est plus dense dans la zone « IM » (impactée vase) que dans les zones herbiers témoins (PS et RS) où il a totalement disparu en 2016. Aucune interprétation n'est proposée, mais il faut préciser que cette étude se fait toujours dans un contexte de dégradation générale de l'herbier dans le bassin d'Arcachon (Plus et al. 2010, Rigouin et al. 2022) ce qui rend globalement plus difficile de discerner l'impact vraiment lié aux travaux. La similarité des résultats (n-MDS) entre la station proche de la zone impactée (PS), la zone éloignée (RS) et la zone impactée par la vase (IM) montre l'effet finalement peu structurant de l'herbier pour la macrofaune endogée (Cottet et al. 2007). C'est donc vraisemblablement plus la qualité du sédiment que la qualité de l'eau qui est le facteur clef sur cette zone. Cependant, la perte d'herbier a certainement un impact très fort sur la faune épigée vagile (non étudiée ici) (Edgar 1999, Mattila et al. 1999).

Concernant les 30 ha impactés par le dépôt de sédiments, après un long *statu quo*, on observe donc depuis 2012 des modifications qui nous obligent à considérer deux situations bien tranchées : d'une part une zone recouverte par le sable (1-1,5 ha) et d'autre part une zone de panache où l'herbier a été recouvert par les éléments fins (29 ha) issus du creusement de la souille. Sur la zone sableuse, l'impact est très fort, surtout au niveau qualitatif (identité des espèces, dominances). Quelques tâches d'herbier semblent s'étendre cependant depuis 2016-18. La tâche sableuse a sensiblement glissé vers l'est, mais en 2022 ses limites ne sont plus discernables.

Il apparaît donc que l'opération Dispute pose finalement plus de problème au niveau du dépôt de la fraction sableuse. Ce constat a été fait à de nombreuses reprises sur le bassin : à chaque fois qu'il nous a été demandé de qualifier la macrofaune sur ces placages sableux issus

d'opérations de dragages (de Montaudouin & Gouillieux 2007, de Montaudouin et al. 2010), la conclusion a été que ces habitats restent très pauvres, même avec le temps, comme si la faune avait du mal à s'installer dans cette situation de paradoxe entre un hydrodynamisme faible et un sédiment sableux. Il apparaît d'ailleurs que le déclin de nos stations RS et PS s'accompagne d'une augmentation de la médiane granulométrique.

La qualification de la « santé » des habitats de Dispute par des indices biotiques avait fait l'objet d'un programme national (Programme LITEAU 2, Projet QuaLiF). Les publications issues de ses études ont montré que ces indices biotiques classiques (AMBI, BOPA, BENTIX) ne fonctionnaient pas bien dans ce contexte. D'une part, ces indices calculés sur une même base de données ne répondent pas entre eux de la même manière ; et d'autre part, certains indices ne perçoivent pas les modifications liées au recouvrement par les sédiments (Blanchet et al. 2008). Le message qui peut être rendu est donc brouillé. Un nouvel indice, MISS, avait donc été proposé (Lavesque et al. 2009), puis simplifié dans sa version d-MISS (Do et al. 2012). Si on ne connaît pas encore sa robustesse hors bassin d'Arcachon, il semble assez fiable pour l'exercice d'estimation des modifications d'habitats au sein du site de Dispute.

**Vingt ans après la première étude (état initial), de grandes tendances se dessinent (ce scénario s'inspire surtout de la n-MDS et des valeurs d'indices biotiques (Figures 12 et 13). Une « station qui s'éloigne » signifiera ici que les caractéristiques de son endofaune changent :**

- **En 2002, avant les travaux, un herbier florissant s'étend sur la zone de Dispute et ses environs. Les sédiments sont alors très vaseux ( $Md = 20 \mu m$ ), et l'herbier recouvre 60-70% de la surface. L'indice d-MISS qui compare les stations avec une situation d'herbier supposée en bonne santé affiche une qualité écologique (QE) entre « élevée » et « bonne ».**
- **Après les travaux (2005), la zone recouverte par les sédiments (sables fins) est logiquement dépourvue d'herbier. Les peuplements des deux stations (qui deviendront en 2006 IM et IS) s'éloignent de la situation d'origine mais restent proches l'une de l'autre. La QE est modérée à pauvre. Au contraire, la zone témoin adjacente (PS) affiche un recouvrement de 100% (pas de donnée pour la zone éloignée (RS). Pourtant, la n-MDS montre que ces stations témoins s'éloignent aussi de la situation de 2022 et cela alors que la régression de l'herbier**

à l'échelle du Bassin s'amorce et que les sédiments deviennent plus grossiers dans ces deux stations. La QE de ces deux stations chute également mais reste globalement bonne.

- A partir de 2006, la zone impactée se divise en une zone de sable (IS) et une zone de vase (IM), suite à un granulo-classement naturel. IS se situe alors dans la n-MDS à l'opposé de la situation initiale et gardera jusqu'à aujourd'hui des caractéristiques propres à sa situation sédimentaire (sables compactés). De timides taches de zostères apparaissent en 2020, et se maintiennent en 2022, sans que le peuplement benthique ne subisse une restructuration. La QE de IS restera globalement modérée à pauvre, même si une très légère amélioration semble se dessiner. IM reste relativement proche de la situation initiale, et de la station témoin éloignée (RS) jusqu'en 2008. Pourtant la première n'a pas d'herbier alors que la seconde est recouverte à 70% (ce qui confirme le rôle moyennement structurant de l'herbier pour l'endofaune). La QE de IM est cependant au-dessous de celle de RS ou PS, traduisant une plus forte présence d'espèces résistantes et opportunistes. La zone témoin proximale (PS), avec une couverture d'herbier stable et semblable à RS, s'éloigne néanmoins de la situation initiale, mais aussi de la zone témoin RS.
- Entre 2008 et 2012, si IS reste « à sa place », les stations témoins et IM basculent dans un nouvel équilibre et se retrouvent dans le même « cercle de similarité ». Pourtant, cette période est marquée par la disparition de l'herbier en zone témoin (RS et PS) alors qu'il réapparaît en zone impactée IM.
- De 2014 à 2022, la situation n'évolue pas vraiment, si ce n'est une timide tentative de recolonisation de l'herbier sur IS. Cependant, le sédiment doit rester encore trop sableux et compacté pour que les peuplements endobenthiques évoluent. Si PS, RS et IM restent dans le même cercle, une discrimination apparaît quand même qui pourrait ne pas être liée à la présence d'herbier mais plutôt au niveau hypsométrique. En effet, les 3 stations sont à des niveaux différents : IM à +1,4 m au-dessus du zéro des basses mers, RS à +1,1 m et PS à +0,9 m.

Au vu des résultats tranchés entre les différents secteurs et dans un contexte à la fois de gestion de l'ostréiculture et de préservation des habitats, nous recommandons un suivi bisannuel de la zone (avec une prochaine programmation pour l'été 2024).

#### 4. [Références bibliographiques](#)

- Auby I, Labourg P-J (1996) Seasonal dynamics of *Zostera noltii* Hornem in the Bay of Arcachon (France). J Sea Res 35:269-277
- Bachelet G, Blanchet H, Cottet M, Dang C, de Montaudouin X, de Moura Queirós A, Gouillieux B, Lavesque N (2009) A round-the-world tour almost completed: first records of the invasive mussel *Musculista senhousia* in the North-east Atlantic (southern Bay of Biscay). Mar Biodivers Records 2:1-4
- Binias C, Do VT, Jude-Lemeilleur F, Plus M, Froidefond JM, de Montaudouin X (2014) Environmental factors contributing to the development of Brown Muscle Disease and perkinsosis in Manila clams (*Ruditapes philippinarum*) and trematodiasis in cockles (*Cerastoderma edule*) of Arcachon Bay. Mar Ecol 35:67-77
- Blanchet H, Lavesque N, Ruelllet T, Dauvin J-C, Sauriau P-G, Desroy N, Desclaux C, Leconte M, Bachelet G, Janson A-L, Bessineton C, Duhamel S, Jourde J, Mayot S, Simon S, de Montaudouin X (2008) Use of biotic indices in semi-enclosed coastal ecosystems and transitional waters habitats - Implications for the implementation of the European Water Framework Directive. Ecol Indic 8:360-372
- Cottet M, de Montaudouin X, Blanchet H, Lebleu P (2007) *Spartina anglica* eradication experiment and *in situ* monitoring assess structuring strength of habitat complexity on marine macrofauna at high tidal level. Estuar Coast Shelf S 71:629-640
- de Montaudouin X (2003) Réflexions complémentaires au rapport sur l'agrandissement de la souille de Dispute. Laboratoire d'Océanographie Biologique - Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon, Arcachon
- de Montaudouin X, Binias C, Lavesque N (2010) Aménagement d'une jetée à Andernos-Les-Bains: état initial des communautés benthiques, impact. SOGREAH - UMR EPOC, Arcachon
- de Montaudouin X, Binias C, Vernet B, Lavesque N (2011a) Rapport final - Nettoyage des parcs ostréicoles du Banc de la Matelle : étude d'impact après travaux (2010 = t+5 ans). Station Marine d'Arcachon - Syndicat Mixte du Bassin d'Arcachon, Arcachon
- de Montaudouin X, Blanchet H, Lebleu P (2002a) Nettoyage des parcs ostréicoles du Banc de la Matelle : état initial des communautés benthiques, impact. Laboratoire d'Océanographie Biologique - Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon, Arcachon
- de Montaudouin X, Blanchet H, Lebleu P, Escaravage C, Mercier N (2002b) Agrandissement de la souille de Dispute : état initial des communautés benthiques, impact. Laboratoire d'Océanographie Biologique - Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon, Arcachon
- de Montaudouin X, Boe L, Lavesque N (2021) Impact du creusement de la nouvelle souille de Dispute sur les peuplements benthiques (2020 : + 15 ans). Station Marine d'Arcachon - Syndicat Mixte du Bassin d'Arcachon, Arcachon
- de Montaudouin X, Cottet M, Blanchet H, Lebleu P (2005a) Impact du creusement de la nouvelle souille de Dispute sur les peuplements benthiques - Réhabilitation de l'ancienne souille. Laboratoire d'Océanographie Biologique - Syndicat Mixte du Bassin d'Arcachon, Arcachon

- de Montaudouin X, Cottet M, Lavesque N, Blanchet H, Lebleu P (2006a) Nettoyage des parcs ostréicoles du Banc de la Matelle : étude d'impact après travaux. Station Marine d'Arcachon - Syndicat Mixte du Bassin d'Arcachon, Arcachon
- de Montaudouin X, Cottet M, Lebleu P (2005b) Nettoyage des parcs ostréicoles du Banc de la Matelle : étude d'impact après travaux. Laboratoire d'Océanographie Biologique - Syndicat Mixte du Bassin d'Arcachon, Arcachon
- de Montaudouin X, Desurmont C, Lavesque N, Gouillieux B (2017) Impact du creusement de la nouvelle souille de Dispute sur les peuplements benthiques (2016 : + 11 ans). Station Marine d'Arcachon - Syndicat Mixte du Bassin d'Arcachon, Arcachon
- de Montaudouin X, Do VT, Lavesque N, Blanchet H (2011b) Impact du creusement de la nouvelle souille de Dispute sur les peuplements benthiques (2010 : + 5 ans). Station Marine d'Arcachon - Syndicat Mixte du Bassin d'Arcachon, Arcachon
- de Montaudouin X, Do VT, Lavesque N, Blanchet H (2013a) Impact du creusement de la nouvelle souille de Dispute sur les peuplements benthiques (2012 : + 7 ans). Station Marine d'Arcachon - Syndicat Mixte du Bassin d'Arcachon, Arcachon
- de Montaudouin X, Gouillieux B (2007) Refoulement de sédiments sur l'estran et/ou le chenal de Gujan-Mestras : état initial des communautés benthiques, impact. UMR 5805, Station Marine d'Arcachon - SOGREAH, Arcachon
- de Montaudouin X, Lavesque N, Blanchet H (2008) Impact du creusement de la nouvelle souille de Dispute sur les peuplements benthiques (+ 15 mois). Station Marine d'Arcachon - Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon, Arcachon
- de Montaudouin X, Lavesque N, Fouque P-E, Cottet M, Blanchet H, Lebleu P (2006b) Impact du creusement de la nouvelle souille de Dispute sur les peuplements benthiques (+ 8 mois). Station Marine d'Arcachon - Syndicat Mixte du Bassin d'Arcachon, Arcachon
- de Montaudouin X, Meynadier M, Lavesque N, Gouillieux B (2019) Impact du creusement de la nouvelle souille de Dispute sur les peuplements benthiques (2018 : + 13 ans). Station Marine d'Arcachon - Syndicat Mixte du Bassin d'Arcachon, Arcachon
- de Montaudouin X, Nadau A, Blanchet H, Lavesque N, Gouillieux B (2009) Nettoyage des parcs ostréicoles du Banc de la Matelle : étude d'impact après travaux (t+3ans). Station Marine d'Arcachon - Syndicat Mixte du Bassin d'Arcachon, Arcachon
- de Montaudouin X, Pescay R, Gouillieux B, Lavesque N (2015) Impact du creusement de la nouvelle souille de Dispute sur les peuplements benthiques (2014 : + 9 ans). Station Marine d'Arcachon - Syndicat Mixte du Bassin d'Arcachon, Arcachon
- de Montaudouin X, Simonet E, Lavesque N (2013b) Impact du creusement de la nouvelle souille de Dispute sur les peuplements benthiques (2012: + 7 ans). Station Marine d'Arcachon - Syndicat Mixte du Bassin d'Arcachon, Arcachon
- Do VT, Blanchet H, de Montaudouin X, Lavesque N (2013) Limited consequences of seagrass decline on benthic macrofauna and associated biotic indicators. *Estuaries Coasts* 36:795-807
- Do VT, de Montaudouin X, Blanchet H, Lavesque N (2012) Seagrass burial by dredged sediments: benthic community alteration, secondary production loss, biotic index reaction and recovery possibility. *Mar Pollut Bull* 64:2340-2350
- Edgar GJ (1999) Experimental analysis of structural versus trophic importance of seagrass beds. II. Effects on fishes, decapods and cephalopods. *Vie Milieu* 49:249-260



- Gouillieux B, Lavesque N, Leclerc JC, Le Garrec V, Viard F, Bachelet G (2016) Three non-indigenous species of Aoroides (Crustacea: Amphipoda: Aoridae) from the French Atlantic coast. J Mar Biol Assoc UK 96:1651-1659
- Lavesque N, Blanchet H, de Montaudouin X (2009) Development of a multimetric approach to assess perturbation of benthic macrofauna in *Zostera noltii* beds. J Exp Mar Biol Ecol 368:101-112
- Lavesque N, Gouillieux B, de Montaudouin X, Bachelet G, Bonifacio P, Simonet E (2014) Premier signalement de l'espèce introduite *Grandidiriella japonica* Stephensen, 1938 (Crustacea : Amphipoda : Aoridae) dans le bassin d'Arcachon. An aod 3:11-19
- Mattila J, Chaplin G, Eilers MR, K.L. Heck J, O'Neal JP, Valentine JF (1999) Spatial and diurnal distribution of invertebrate and fish fauna of a *Zostera marina* bed and nearby unvegetated sediments in Damariscotta River, Maine (USA). J Sea Res 41:321-332
- Plus M, Dalloyau S, Trut G, Auby I, de Montaudouin X, Emery E, Claire N, Viala C (2010) Long-term evolution (1988-2008) of *Zostera* spp. meadows in Arcachon Bay (Bay of Biscay). Estuar Coast Shelf S 87:357-366
- Rigouin L, Trut G, Bajjouk T, Rebeyrol S, Liabot P-O, Ganthy F, Auby I (2022) Caractérisation de la qualité biologique des masses d'eau côtières : Cartographie des herbiers de *Zostera noltei* du Bassin d'Arcachon (MEC FRFC06-Arcachon amont) par imagerie hyperspectrale. Ifremer
- Scourzic T, Loyen M, Fabre E, Tessier A, Dalias N, Trut G, Maurer D, Simonnet B (2011) Evaluation du stock d'huîtres sauvages et en élevage dans le Bassin d'Arcachon. Agence des Aires Marines Protégées & OCEANIDE

## Annexe 1

Liste faunistique 2022 (ind/m<sup>2</sup>). IM : impacté par la vase, IS : impacté par le sable, PS : zone témoin près de la zone de travaux, RS : zone témoin loin de la zone de travaux.

|                                       | IM   | IS   | PS  | RS   |
|---------------------------------------|------|------|-----|------|
| <i>Abra alba</i>                      | 0    | 0    | 11  | 0    |
| <i>Abra segmentum</i>                 | 167  | 22   | 11  | 156  |
| <i>Acanthocardia echinata</i>         | 0    | 11   | 0   | 22   |
| <i>Ampelisca brevicornis</i>          | 22   | 11   | 0   | 11   |
| <i>Ampithoe</i> sp.                   | 56   | 22   | 0   | 0    |
| <i>Anthozoa</i>                       | 56   | 44   | 122 | 11   |
| <i>Aonides oxycephala</i>             | 0    | 0    | 22  | 0    |
| <i>Aoroides semicurvatus</i>          | 11   | 0    | 0   | 0    |
| <i>Arcuatula senhousia</i>            | 44   | 44   | 111 | 78   |
| <i>Aricidea catherinae</i>            | 0    | 0    | 33  | 0    |
| <i>Bittium reticulatum</i>            | 89   | 0    | 111 | 0    |
| <i>Carcinus maenas</i>                | 44   | 11   | 0   | 0    |
| <i>Cerastoderma edule</i>             | 56   | 56   | 11  | 0    |
| <i>Corophium</i> sp                   | 11   | 0    | 422 | 0    |
| <i>Diopatra biscayensis</i>           | 11   | 0    | 56  | 0    |
| <i>Euclymene oerstedii</i>            | 22   | 0    | 233 | 0    |
| <i>Exogone verugera</i>               | 0    | 33   | 0   | 0    |
| <i>Glycera tridactyla</i>             | 56   | 67   | 44  | 22   |
| <i>Grandidierella japonicoides</i>    | 567  | 300  | 244 | 100  |
| <i>Haminoea navicula</i>              | 33   | 0    | 0   | 0    |
| <i>Hesionidae</i>                     | 0    | 0    | 11  | 0    |
| <i>Heteromastus filiformis</i>        | 300  | 33   | 111 | 133  |
| <i>Holothuria</i>                     | 0    | 0    | 33  | 0    |
| <i>Iphinoe trispinosa</i>             | 0    | 0    | 11  | 0    |
| <i>Leiochone leiopygos</i>            | 156  | 0    | 56  | 11   |
| <i>Loripes orbiculatus</i>            | 22   | 0    | 22  | 0    |
| <i>Magallana gigas</i>                | 11   | 11   | 0   | 0    |
| <i>Melinna palmata</i>                | 1811 | 0    | 11  | 1022 |
| <i>Mysidacea</i>                      | 0    | 0    | 0   | 11   |
| <i>Mytilus</i> sp                     | 0    | 11   | 0   | 0    |
| <i>Nemertea</i>                       | 11   | 11   | 0   | 0    |
| <i>Nephtys hombergii</i>              | 22   | 22   | 33  | 67   |
| <i>Notomastus latericeus</i>          | 22   | 11   | 278 | 0    |
| <i>Oligochaeta</i>                    | 0    | 11   | 11  | 11   |
| <i>Ophiura</i>                        | 0    | 11   | 0   | 0    |
| <i>Palaemon</i> sp                    | 0    | 0    | 0   | 11   |
| <i>Peringia ulvae</i>                 | 267  | 8578 | 0   | 3789 |
| <i>Planaria</i>                       | 0    | 0    | 0   | 11   |
| <i>Polyplacophora</i>                 | 22   | 0    | 22  | 0    |
| <i>Pseudopolydora kempj japonica</i>  | 11   | 0    | 22  | 0    |
| <i>Pseudopolydora paucibranchiata</i> | 22   | 0    | 0   | 11   |
| <i>Pseudopolydora</i> sp              | 11   | 0    | 0   | 0    |
| <i>Pygospio elegans</i>               | 44   | 33   | 0   | 0    |
| <i>Ruditapes philippinarum</i>        | 244  | 33   | 233 | 0    |
| <i>Solen marginatus</i>               | 11   | 0    | 11  | 0    |
| <i>Sphaeromatidae</i>                 | 0    | 33   | 0   | 0    |
| <i>Steromphala umbilicalis</i>        | 0    | 0    | 22  | 0    |
| <i>Streblospio shrubsolii</i>         | 11   | 0    | 0   | 0    |
| <i>Thelepus japonicus</i>             | 0    | 11   | 0   | 0    |
| <i>Tritia neritea</i>                 | 0    | 0    | 44  | 0    |
| <i>Tubulanus polymorphus</i>          | 22   | 0    | 0   | 0    |