

ÉVALUATION DE L'ÉTAT ECOLOGIQUE DES  
HABITATS SEDIMENTAIRES INTERTIDaux A  
L'ÉCHELLE DU PARC NATUREL MARIN DE  
L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE ET DE LA MER  
DES PERTUIS (PNMEGMP).

Projet Connaissance et Evaluation de l'Etat  
des Habitats benthiques Côtier (COEHCO)

## Rapport final

Juin 2023

Jérôme Jourde  
Adeline Tauran  
Jacques Grall



Consultation n° Année 2021 /CRB F0063/ DQA-21-248

ORD/2021/0044629

**ÉVALUATION DE L'ÉTAT ECOLOGIQUE DES HABITATS  
SEDIMENTAIRES INTERTIDEAUX A L'ECHELLE DU PARC  
NATUREL MARIN DE L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE ET DE  
LA MER DES PERTUIS (PNMEGMP).**

**Projet Connaissance et Evaluation de l'Etat des  
Habitats benthiques Côtier (COEHCO)**

**Rapport final**

**Jérôme JOURDE**

**Adeline Tauran**

**Jacques Grall**

Juin 2023

Rapport produit dans le cadre du projet CoEHCo (partenariat OFB-LPO) qui associe les Réserves naturelles nationales (de la Casse Belle Henriette, de la Baie de l'Aiguillon, de Lilleau des Niges et de Moëze-Oléron ainsi qu'un site contigu à la Réserve du Marais d'Yves) gérées ou cogérées par la LPO, et le Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (OFB).



Le projet CoEHCo est financé par le FEAMP dans le cadre de la mesure 80 « Protection et amélioration de la connaissance de l'état du milieu marin », volet 2 : Améliorer les connaissances concernant l'état du milieu marin en vue de mettre en place les programmes de suivi et de mesures prévus par la DCMM.



## Fiche documentaire

Titre du rapport	Évaluation de l'état écologique des habitats sédimentaires intertidaux à l'échelle du Parc naturel marin de l'estuaire de Gironde et de la mer des Pertuis (PNMEGMP). Projet Connaissance et Evaluation de l'Etat des Habitats benthiques Côtier (COEHCO)
Date	Juin 2023
Résumé	<p>Les habitats sédimentaires intertidaux (HSI) abritent des communautés de macrofaune benthique qui occupent une place importante dans la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes littoraux. La présente étude est menée dans le cadre du projet Connaissance et Evaluation de l'état des Habitats benthique Côtiers (CoECHO). Elle vise, en s'appuyant sur les données issues de l'ensemble des suivis de macrofaune des substrats meuble dans le périmètre du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (PNMEGMP), à évaluer l'état écologique des habitats sédimentaires intertidaux du Parc.</p> <p>Ces données ont été collectées annuellement en automne sur la période 2014 – 2021 dans le cadre du programme de surveillance de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), de l'Observatoire du Patrimoine Naturelle Littorale, et du projet CoEHC. Les analyses permettent de décrire la structure des cortèges d'espèces rencontrés, leur distribution spatiale et leurs évolutions sur la période 2014-2021. Par ailleurs, les communautés benthiques identifiées ont été utilisées pour évaluer la qualité écologique des HSI à travers l'application de trois indices d'évaluation de la qualité écologique : le M-AMBI, le BEQI-FR et le GPBI. L'étude aborde également deux questions méthodologiques : l'évaluation de l'effort d'échantillonnage appliqué aux sites et l'estimation du biais causé par la présence de sel dans les sédiments sur les résultats des analyses granulométriques. Enfin ce document discute des limites et biais rencontrés et propose des recommandations méthodologiques et des pistes de réflexions afin d'améliorer la compréhension des données disponibles pour une meilleure évaluation écologique des HSI du PNMEGMP.</p>
Mots clés	Macrofaune benthique, Communautés, Suivis, Dynamique temporelle, Indices biotiques, Atlantique
Citation du document	Jourde J., Tauran A. & J. Grall (2023). Evaluation de l'état écologique des habitats sédimentaires intertidaux à l'échelle du Parc naturel marin de l'Estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (PNMEGMP). Projet Connaissance et Evaluation de l'Etat des Habitats benthiques Côtier (COEHCO). Rapport CNRS-LIENSs-IUEM. 111p + 4 annexes.
Projet	Connaissance et Evaluation de l'état des Habitats benthiques Côtiers

Financement	Fonds Européens des Affaires Maritimes et de la Pêche (mesure 80), Ministère de la Transition Ecologique
Réalisation	UMR 7266 Littoral Environnement et Sociétés, La Rochelle Université/CNRS
Rédacteurs	Jérôme Jourde (UMR 7266 LIENSs) Adeline Tauran, (UAR 3113), Jacques Grall (UAR 3113) UMR 7266 LIENSs, 2 rue Olympe de Gouges, 17000 La Rochelle UAR 3113 Institut Universitaire Européen de la Mer, Technopôle Brest-Iroise, Rue Dumont D'urville, 29280 Plouzané

## Table des matières

Contributions.....	1
Remerciements .....	1
Liste des acronymes et leur signification .....	2
Contexte de l'étude.....	4
Introduction.....	1
Stations de suivis dans le périmètre du Parc .....	3
Matériel et méthodes.....	5
Echantillonnage et traitement des échantillons .....	5
Protocoles mis en œuvre à l'échelle du Parc pour l'évaluation de l'état écologiques des habitats sédimentaires intertidaux .....	5
Acquisition des données environnementales .....	7
Analyses univariées .....	8
Analyses multivariées.....	9
Analyses en composante principale (ACP) .....	9
Coefficients de corrélation de Pearson .....	10
Evaluations de l'état écologique des stations .....	11
BEQI-FRm (DCE MET – BEQI-FR modifié).....	11
M-AMBI (Multivariate-Azti Marine Biotix Index) .....	13
GPBI .....	13
Résultats.....	15
Identification des habitats biosédimentaires intertidaux .....	15
Caractérisation des environnements physico-chimiques .....	15
Descriptions des habitats physico-chimiques .....	16
Distinction et variabilité temporelles des communautés macrozoobenthiques .....	18
Descriptions des assemblages biosédimentaire (Tableau 12) .....	23
Communauté des sables fins marins (SFM - Figure 6) .....	23
Communauté des herbiers à <i>Zostera noltei</i> (HZN - Figure 7).....	24
Communauté mixte de sédiments vaseux plus ou moins hétérogènes riches en espèces (CMH - Figure 8).....	25
Communauté des sables à coques (CSC - Figure 9).....	26
Communauté des vases plus ou moins sableuses de l'embouchure des estuaires (CVSEE - Figure 10).....	27
Communauté des vases estuariennes (CVE - Figure 11) .....	28
Communauté des vases oligo-mésohalines (CVOM - Figure 12) .....	29

Evolution des structures de communautés de macrofaune benthique entre 2014 et 2021 en lien avec les facteurs environnementaux à l'échelle du Parc .....	30
Evolution temporelle de la structure et de l'état écologique des communautés identifiées.....	34
Communauté des sables fins marins (SFM) .....	34
Communauté des herbiers à <i>Zostera noltei</i> (HZN).....	44
Communauté mixte de sédiments vaseux plus ou moins hétérogènes riches en espèces (CMH)...	52
Communauté des sables à coques (CSC).....	62
Communauté des vases plus ou moins sableuses de l'embouchure des estuaires (CVSEE) .....	70
Communauté des vases estuariennes (CVE) .....	91
Communauté des vases oligo-mésohalines (CEVOM).....	98
Evaluations méthodologiques .....	100
Représentativité de l'effort d'échantillonnage .....	100
Description .....	100
Quantification de l'effet du sel sur les granulométries.....	101
Conclusion .....	103
Conclusions de l'étude .....	104
Recommandations .....	105
Références.....	109
ANNEXES.....	111
ANNEXE 1.....	112
ANNEXE 2 A .....	114
ANNEXE 2 B .....	115
ANNEXE 3.....	116
ANNEXE 4.....	117

## Contributions

Jérôme Jourde (UMR 7266 LIENSs – CNRS/La Rochelle Université) : identifications taxonomiques, analyses sédimentaires, analyses de données, rédaction.

Adeline Tauran (UAR 3113 IUEM – Université de Bretagne Occidentale, CNRS, IRD) : analyses statistiques des données (R), aide à l'interprétation, relecture.

Jacques Grall (UAR 3113 IUEM– Université de Bretagne Occidentale, CNRS, IRD) : conseils méthodologiques et analytiques, relecture.

## Remerciements

Les auteurs remercient les personnes impliquées dans la mise en œuvre du suivi des habitats sédimentaires intertidaux des pertuis charentais mené dans le cadre de l'Observatoire du Patrimoine Naturel Littoral (OPNL) depuis 2006 et du programme CoEHCo en 2020 et 2021 : Emmanuel Caillot (RNF), Ségolène Travichon et Frédérique Robin (LPO), Amandine Eynaudi et Adélaïde Aschenbroich (OFB PNMEGMP). L'action de terrain demeure un travail essentiel des suivis menés et les auteurs tiennent tout particulièrement à remercier celles et ceux sans qui cette étude n'aurait pas été possible, notamment les personnels des Réserves Naturelles (LPO et OFB) : Stéphane Guenneteau, Loïc Jomat, Philippe Delaporte, Adrien Chaigne (RNN MO), Karine Vennel, Marko Jankovic, Cyril ,Goulevant, Marie-Laure Caillate, Thomas Hérault (RNN MY), Jean-Pierre Guéret, Louise Froud, Régis Gallais, Pamela Lagrange, Sylvain haie, Olivia Mercier, Frédérique Corre, Emmanuel Joyeux (RNN BA), Julien Gernigon, Lucas Deplaine, Jean Christophe Lemesle (RNN LdN), Sébastien palier, Sylvain Hunault (RNN BH). Les auteurs remercient également les personnes mobilisées pour l'échantillonnage des stations CoEHCo (Bonne-Anse, Talmont-sur-Gironde, Meschers-sur-Gironde et Mortagne-sur-Gironde) : Fabien Aubert (Cohabys-Adera), Yann Turgis (CREN), Adélaïde Aschenbroich, Clara Haas, et Brice Beauvarlet (OFB PNMEGMP). Cette liste n'est pas exhaustive, des stagiaires, des personnes en services civiques, des personnes en CDD, des bénévoles ont également contribué à ce travail, qu'ils en soient ici chaleureusement remerciés. Les auteurs adressent également leurs remerciements à Fabien Aubert, Lise Latry (ADERA) et Hugues Blanchet (UMR 5805 EPOC) pour avoir fourni les données et informations relatives aux stations DCE MET. Enfin, un grand merci à Simona Flavoni qui a réalisé les scripts ayant permis l'extraction des données de températures et de salinités du modèle Mars3D et à Xavier Bertin (UMR LIENSs – équipe DPL). Enfin, les auteurs remercient Adélaïde Aschenbroich pour ses relectures attentives.

## Liste des acronymes et leur signification

**AMBI** : AZTI's Marine Biotic Index

**BEQI-FR** : Benthic Ecosystem Quality Index, adapté au contextes estuariens de France métropolitaine

**CoEHCo** : Connaissance et évaluation de l'état des habitats benthiques côtiers

**CREN-NA** : Conservatoire Régional des Espaces naturels de Nouvelle Aquitaine

**DCE** : Directive cadre sur l'eau

**DCSMM** : Directive cadre stratégie milieu marin

**EPOC** : Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux

**ETCBD** : European Topic Centre on Biological Diversity

**EUNIS** : European Nature Information System

**FEAMP** : Fonds européens des affaires maritimes et de la pêche

**GPBI** : General-Purpose Biotic Index

**HSI** : Habitats sédimentaires intertidaux

**IR-ILICO** : Infrastructure de recherche littorale et côtière

**IUEM** : Institut Universitaire Européen de la Mer

**LPO** : Ligue pour la Protection des Oiseaux

**LIENSs** : Littoral Environnement et Sociétés

**M-AMBI** : Multi-parametric AMBI

**MEC** : Masse d'eau côtière

**MET** : Masse d'eau de transition

**OFB** : Office Français de la Biodiversité

**OPNL** : Observatoire du Patrimoine Naturel Littoral

**PNMEGMP** : Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis

**RNF** : Réserves Naturelles de France

**RNN** : Réserve naturelle nationale

**RNN BA** : RNN de la Baie de l'Aiguillon

**RNN BH** : RNN de la casse de la Belle Henriette

**RNN LdN** : RNN de Lilleau des Niges

**RNN MO** : RNN de Moëze-Oléron

**RNN MY** : RNN des Marais d'Yves

**SHOM** : Services Hydrographiques de la Marine

**UAR** : Unité d'appui à la recherche

**UMR** : Unité mixte de recherche

## Contexte de l'étude

Ce document est établi dans le cadre de la prestation effectuée par le laboratoire LIENSs (UMR 7266 CNRS/La Rochelle Université), représenté par Jérôme Jourde, au sein de l'action B4 (suivi des Habitats Sédimentaires Intertidaux) pour le projet "Connaissance et Évaluation de l'état des Habitats benthiques Côtiers" (CoEHCo), action « suivi des habitats sédimentaires intertidaux ». Le projet CoEHCo (2020-2023) s'appuie sur un partenariat entre le Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (PNMEGMP, et la Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO). Il associe les Réserves Naturelles Nationales (RNN) de la Casse de la Belle-Henriette, de la Baie de l'Aiguillon, de Lilleau des Niges, du Marais d'Yves et de Moëze Oléron. Ce projet bénéficie d'un financement des Fonds Européens des Affaires Maritimes et de la Pêche. Il a pour objectif de mettre en œuvre les suivis d'état écologique au niveau de quatre habitats benthique (les récifs d'hermelles, les herbiers à zostère naine, les prés salés, les habitats sédimentaires intertidaux) à l'échelle du Parc marin en s'articulant au sein d'une communautés de travail multi-acteurs.

La présente étude s'appuie sur les résultats acquis à l'occasion des suivis des habitats sédimentaires intertidaux (HSI) menés par les Réserves Naturelles Nationales (RNN) gérées par la Ligue de Protection des Oiseaux (LPO) sous l'égide de l'Observatoire du Patrimoine Naturel Littoral (OPNL – Réserves Naturelles de France) (Figure 1). Ces suivis sont menés chaque automne depuis 2006 (pour les premières stations), et le protocole d'échantillonnage est stabilisé depuis 2014. Les résultats des suivis réalisés à l'occasion de la surveillance des masses d'eau de transition (Sèvre niortaise, Charente, Seudre et Gironde) mené en automne 2020 dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) selon le protocole préconisé par Blanchet et Fouet en 2019, ont également été intégrés aux présentes analyses. En revanche, les résultats des suivis DCE des masses d'eau côtières, acquis au printemps contrairement aux autres stations, n'ont pas été exploités car les données ne sont pas comparables. Dans le cadre du projet CoEHCo, des stations complémentaires à ces réseaux historiques, ont été positionnés au niveau des berges de la Gironde et de Bonne Anse en cohérence avec des stations antérieurement suivi par le Conservatoire Régional des Espaces naturels de Nouvelle Aquitaine (CREN-NA).

## Introduction

Les habitats sédimentaires intertidaux (HSI), correspondent aux habitats occupant des sédiments constitués de « grains » (vases, sables, graviers, cailloutis et galets) et de toutes combinaisons de ceux-ci dans la zone de balancement des marées (sable vaseux, vase sableuse, sédiments hétérogènes...). Les HSI hébergent des communautés de macrofaune benthique qui tolèrent une grande variabilité de conditions environnementales en termes d'assèchement, de température et de salinité. Ces sédiments peuvent également héberger des populations d'angiospermes comme la zostère naine (*Zostera noltei*) (extrait partiel et modifié de la Typologie EUNIS 2012 mise à jour en octobre 2022 – ETCBD 2012 - pour l'habitat A2 : Sédiments intertidaux - [https://inpn.mnhn.fr/habitat/cd\\_hab/580/tab/description](https://inpn.mnhn.fr/habitat/cd_hab/580/tab/description)).

Les communautés de macrofaune benthique sont constituées d'animaux visibles à l'œil nu (*i.e.* taille > 1 mm), vivant sur ou dans les sédiments. Au niveau des HSI du PNMEGMP cette faune est essentiellement représentée par des vers, des crustacés, des mollusques et des échinodermes. Ce compartiment biologique intéresse les gestionnaires d'aires marines protégées car il contribue à la biodiversité des territoires ainsi qu'à son maintien dans la mesure où ces espèces constituent des proies pour les maillons trophiques supérieurs (poissons, oiseaux). Par ailleurs, ce compartiment est classiquement utilisé à des fins d'évaluation de la qualité écologique des habitats marins, notamment dans le cadre des directives européennes (DHFF, DCE et DCSMM), en raison de caractéristiques intéressantes (Grall et Coic, 2006) :

- Leur mobilité limitée les empêchant de fuir les perturbations leur permet de donner une illustration fiable des conditions du site où ils se sont développés et où ils ont été récoltés, contrairement aux poissons et autres espèces mobiles ;
- Les peuplements se composant de multiples espèces, ayant des sensibilités spécifiques et des réponses différentes aux perturbations, leur structure reflète directement le stress subi par les organismes. Cette propriété permet de constituer des groupes fonctionnels caractéristiques des niveaux de perturbation ;
- Enfin les organismes benthiques ayant une durée de vie assez courte, les effets d'une pollution ponctuelle disparaissent d'une année sur l'autre. Cette durée de vie reste cependant suffisamment longue pour que les effets des perturbations cumulées sur une saison puissent être observés.

Les analyses réalisées pour cette étude ont porté sur une compilation de trois jeux de données traitant des communautés benthiques de HSI situés dans le périmètre du PNMEGMP, échantillonnées en automne et acquises selon trois protocoles distincts : celui développé par l'Observatoire du Patrimoine naturel Littoral (Annexe 1), de la DCE pour l'évaluation des Masses d'eau côtières (MEC), de la DCE pour l'évaluation des masses d'eau de transition (MET). Les distinctions entre protocoles résident dans les différences de stratégie d'échantillonnage (DCE MEC : printemps, versus OPNL et DCE MET : automne), dans la taille des surfaces unitaires d'échantillonnage de la faune ainsi que dans la stratégie et le protocole employés pour les analyses granulométriques des sédiments (OPNL : la désalinisation n'est pas prévue ; versus DCE MET et MEC)<sup>1</sup>.

L'objectif de la présente étude est de dresser le bilan des suivis des communautés benthiques des habitats sédimentaires intertidaux menés dans le périmètre du PNMEGMP entre 2014 (année de

---

<sup>1</sup> Un tableau comparatif des protocoles est visible en annexe 2A

stabilisation du protocole OPNL) et 2021, de réaliser une première exploration de ces données, et de proposer des axes d'analyses pour l'évaluation de l'état écologique des HSI à l'échelle des sites et du Parc. Concernant ce dernier point, trois indices d'évaluation de la qualité écologique des stations suivies ont été calculés : le M-AMBI (MEC ; Garcia *et al.* 2014 ; Muxika *et al.* 2006), le BEQI-FR (Blanchet et Fouet 2019 ; Fouet *et al.* 2018) et le GPBI (Labrune *et al.* 2021).

Deux questions méthodologiques sont également adressées. La première vise à évaluer la validité de l'effort d'échantillonnage appliqué au niveau des sites, et la seconde à estimer le biais induit par la présence de sel dans les sédiments sur les résultats des analyses granulométriques.

## Stations de suivis dans le périmètre du Parc

Les campagnes de suivi menées par la LPO entre 2014 et 2021 dans le cadre de l'OPNL portent sur 19 stations incluses ou contigües aux périmètres de cinq RNN (Figure 1) : RNN de Moëze-Oléron (3 stations), RNN des Marais d'Yves (4 stations), RNN de Lilleau des Niges (3 stations), RNN de la Baie de l'Aiguillon (5 stations) et RNN de la Casse de la Belle Henriette (4 stations). Les stations suivies par les personnels de la RNN du marais d'Yves, se situent hors réserve qui ne s'étend actuellement pas sur le Domaine Public Maritime (A, B, C et D). De plus, la station C est relativement éloignée de la RNN, sur la vasière au Sud de Fouras, dans l'embouchure de la Charente.

Par ailleurs, trois stations avaient été positionnées sur les berges de la Gironde en 2016 par le Conservatoire Régional des Espaces Naturels (Figure 1), sur des sites dont il avait la gestion : Mortagne-sur-Gironde (2 stations) et Talmont-sur-Gironde (1 station). Deux de ces stations ont fait l'objet d'un suivi sur trois années (2016-2017-2018), une des deux stations de Mortagne-sur-Gironde ayant été abandonnée à l'issue de la première année en raison de la très forte similarité des deux stations du site (elle n'a pas été utilisée ici).

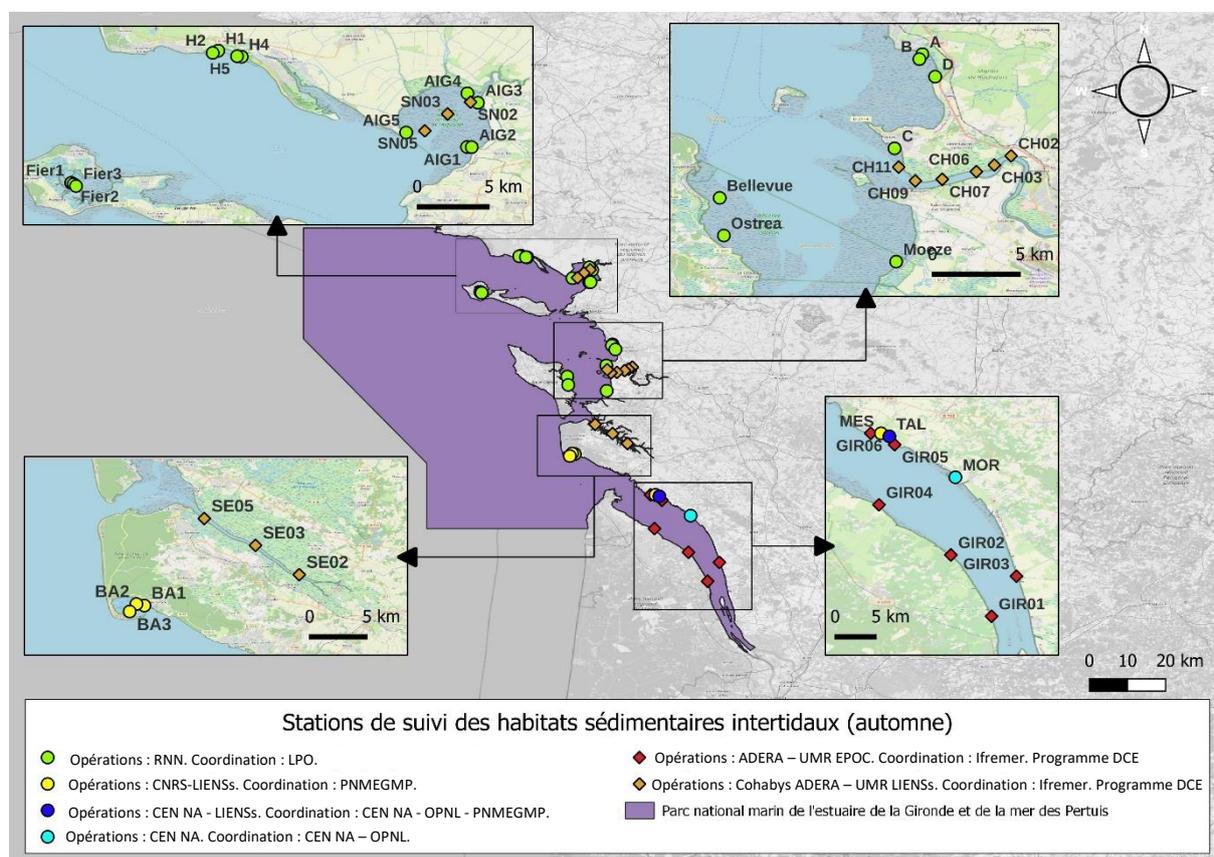


Figure 1 : localisation des stations de suivi des habitats sédimentaires intertidaux échantillonnées l'automne dans le périmètre du Parc national marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis. La mise en œuvre terrain par les RNN, le CNRS-LIENSs et le CEN NA en 2020 et 2021, et l'analyse des données des stations représentée sur cette carte de 2014 à 2021 sont intégrés au projet CoEHCo (fond de carte © OpenStreetMap CC-BY-SA).

En 2020, 5 stations ont été positionnées dans l'estuaire de la Gironde à la demande de l'OFB : la station de Talmont-sur-Gironde, identique à celle suivie pour le CREN, une station au niveau de la vasière de Meschers-sur-Gironde et trois stations dans l'anse de Bonne Anse (Figure 1). En 2021, les stations de Bonne Anse ont été échantillonnées de nouveau. En revanche, les stations de Talmont et Meschers

n'ont pas été reconduites dans la mesure où les sites ont été intégrés au réseau de surveillance DCE des masses d'eau de transition en 2020 (GIR05 et GIR06).

En complément de ces stations prospectées sur la période 2014-2021, les informations et données disponibles pour les stations intertidales DCE MET échantillonnées sur le PNMEGMP en automne 2020 ont été utilisées (Figure 1) : la Sèvre Niortaise (3 stations), la Charente (6 stations), la Seudre (3 stations) et la Gironde (6 stations). Dans le cas des pertuis Charentais, les données ont été acquises par la Cellule COHABYS/ADERA (Fabien Aubert), associé au laboratoire LIENSs (Pierre-Guy Sauriau) et pour l'estuaire de la Gironde par l'ADERA associée au laboratoire EPOC (Lise Latry, Hughes Blanchet). Toutes les données ont été obtenues sur demande auprès des contributeurs, et par extractions de la base Quadrigé<sup>2</sup> pour certaines données granulométriques.

L'historique des prélèvements réalisés dans le cadre de ces suivis est donné dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Stations traitées dans le cadre de cette étude, protocoles déployés et historique des prélèvements. Blanc : absence de prélèvement ; Gris clair : protocole OPNL ; Gris foncé : protocole DCE MEC ; Noir : protocole DCE MET.

PROGRAMMES	OPERATEURS	SITES	STATIONS	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
COECHO-OPNL	RNN / LPO	RNN BA	AIG1									
			AIG2									
			AIG3									
			AIG4									
			AIG5									
		RNN BH	H1									
			H2									
			H4									
			H5									
		RNN LdN	Fier1									
			Fier2									
			Fier3									
		RNN MY	A									
			C									
			C									
D												
RNN MO	Bellevue											
	Moëze											
	Ostrea											
COECHO	CNRS-LIENSs / PNMEGMP	Bonne Anse	BA1									
			BA2									
			BA3									
COECHO / OPNL	CREN LIENSs / PNMEGMP	Gironde	MOR									
			MES									
			TAL									
	CREN-NA / LIENSs / PNMEGMP											
DCE MET	Cohabys-Adera / UMR LIENSs	Sèvre Niortaise	SN02									
			SN03									
			SN05									
			CH02									
			CH03									
		Charente	CH05									
			CH07									
			CH09									
			CH11									
			SE02									
			SE05									
		Seudre	SE03									
			SE05									
			GIR01									
			GIR02									
Adera / UMR EPOC	Gironde	GIR03										
		GIR04										
		GIR05										
		GIR06										

# Matériel et méthodes

## Echantillonnage et traitement des échantillons

### Protocoles mis en œuvre à l'échelle du Parc pour l'évaluation de l'état écologiques des habitats sédimentaires intertidaux

Trois protocoles sont appliqués dans le périmètre du Parc pour la surveillance de l'état écologiques des habitats sédimentaires intertidaux. Les protocoles employés dans le cadre de la DCE sont décrits par Garcia *et al.* (2014) pour les masses d'eau côtières et par Blanchet et Fouet (2019) pour les masses d'eau de transition. Les protocoles employés dans le cadre des suivis de l'OPNL sont décrits en annexe 1. Ces trois protocoles présentent des différences qui sont détaillées en annexe 2A (présentation du comité technique CoEHCo, 2021). Les stations dont les résultats ont été exploités dans cette étude sont présentées sur la figure 1.

Les trois suivis se basent sur l'analyse de la macrofaune benthique (taille > 1 mm), des taux de matière organique et de la granulométrie au niveau des trois « sous-stations » (explorées selon à raison de 3 réplica prélevés pour la faune) par station. Néanmoins, les saisons d'échantillonnage diffèrent puisque le protocole OPNL prévoit un échantillonnage en automne quelle que soit la localisation des stations (Annexe 1), alors que les protocoles DCE prévoient un échantillonnage à l'automne dans les estuaires (Blanchet et Fouet, 20219) et au printemps au niveau des masses d'eaux côtières (Garcia *et al.*, 2014). De plus, les unités d'échantillonnage sont distinctes puisque l'emploi de carottiers de 15 et 20 cm sont recommandées par les protocoles OPNL et DCE, respectivement (Annexe 1, Garcia *et al.* 2014, Blanchet et Fouet, 2019).

Par ailleurs, la terminologie employée pour désigner les entités échantillonnées dans le cadre de l'OPNL d'une part et de la DCE (MEC et MET) d'autre part, diffèrent. Les « stations » et les « sous-stations » considérées par l'OPNL sont, respectivement, des « lieux » et des « passages » dans la terminologie DCE (Garcia *et al.*, 2014). Dans ce document, c'est la terminologie OPNL qui est utilisée. Les stations OPNL et DCE MEC prévoit l'échantillonnage de 9 carottes pour la faune (réparties selon 3 sous-stations) alors que les stations DCE MET sont composées de 3 carottes de macrofaune (*i.e.* l'effort d'échantillonnage est porté sur l'ensemble de l'estuaire qui est l'échelle d'évaluation) (Annexe 2B, présentation du comité technique CoEHCo, 2 décembre 2021).

#### *Protocole pour la comparaison des méthodes d'analyse de la granulométrie*

Les stations échantillonnées dans le cadre de cette étude sont dans la quasi-totalité des cas situées en domaines méso, poly et euhalins (salinité variable comprise entre 5-18, 18-30, et 30-40, respectivement<sup>2</sup>). Par conséquent, les eaux résiduelles de surface et les eaux interstitielles échantillonnées avec le sédiment comportent une fraction de sel plus ou moins importante et dont la masse est susceptible de biaiser les proportions des différentes fractions granulométriques. En particulier, la méthodologie employée dans le cadre des suivis de l'OPNL, qui ne prévoit pas de désalinisation en amont des analyses de granulométries, conduit a priori à surestimer la fraction des vases (<63 µm) relativement aux autres fractions puisque la quantité de sel n'est pas retranchée à cette fraction.

---

<sup>2</sup> <https://www.sandre.eaufrance.fr/?urn=urn:sandre:donnees:317:::referentiel:3.1:html>

Le protocole OPNL (Annexe 1) prévoit un lavage des sédiments à l'eau douce sur un tamis de vide de maille de 63 µm, le sel étant emporté à ce moment-là. Le poids des vases est ensuite obtenu par le calcul de la différence entre le poids total de sédiment sec et la somme des poids secs des fractions supérieures à 63 µm. Le poids du sel est dans ce cas affecté aux vases. Afin d'éviter cela, le protocole DCE MET (Blanchet et Fouet, 2019) requiert une désalinisation des sédiments préalablement aux analyses. Le sédiment doit être mélangé à de l'eau douce dans un bol. Au bout de 24 à 48 heures, une fois le sédiment décanté, l'eau est siphonnée. Cette opération doit être réalisée au moins trois fois.

Afin d'évaluer le biais induit par la présence de sel dans les sédiments analysés, trois types de mesures de granulométrie ont été réalisées :

1 - Avec désalinisation (protocole DCE) préalable (la fraction fine n'intègre pas le poids du sel). Les quantités de sels sont mesurées par la différence entre le poids de sédiment sec avant désalinisation et le poids de sédiment sec après désalinisation.

2 - Sans désalinisation (protocole OPNL) préalable (la fraction fine intègre le poids du sel).

3 – Sans désalinisation, en retranchant une quantité de sel estimé d'après la salinité mesurée *in situ* (via une sonde) ou estimé via le modèle Mars3D et les teneurs en eau du sédiment (différence entre le poids sec et le poids humide).

Ces trois procédures analytiques ont été réalisées sur des échantillons prélevés au niveau de la même sous-station des stations prospectées à Bonne Anse, Mescher et Talmont-sur-Gironde (*i.e.* BA1.1, BA2.1, BA3.1, MES.1 et TAL.1 en 2020, BA1.1, BA2.1 et BA3.1 en 2021). En 2020, trois prélèvements de sédiment dédiés à chacune des trois méthodes avaient été prévus mais la variabilité à petite échelle des quantités de vase était supérieure au potentiel biais lié à la présence de sel. Par conséquent, en 2021 les différentes procédures ont été appliquées sur un même prélèvement de sédiment homogénéisé. Malheureusement, en 2021 des erreurs de manipulation au cours de la désalinisation ont empêché la mesure via la méthode de désalinisation pour la majorité des prélèvements. Les résultats ont néanmoins été utilisés pour les estimations car ils correspondent à une granulométrie sans désalinisation et la quantité d'eau de l'échantillon est connue. Par ailleurs, les données de salinité du modèle Mars3D ont été récupérées à partir de l'outil de visualisation en ligne qui ne permet pas d'avoir les valeurs de salinité en dessous de 26, ce qui exclut la possibilité d'utiliser cet outil pour estimer des quantités de sel dans les eaux oligo, méso et, dans une certaine mesure, polyhalines, ce qui exclut ici Talmont et Meschers (en revanche ces données peuvent être obtenues moyennant une extraction des données produites par le modèle, disponibles sur demande).

#### Echantillons infructueux et solutions

##### Stations RNN BH en 2021

Les prélèvements réalisés pour les analyses de la macrofaune ont souffert d'un problème de conservation. La faune ayant été fortement dégradée, il n'était pas possible de garantir l'exhaustivité et la validité des identifications et des comptages. Les données sédimentaires ont été utilisées pour caractériser l'environnement des stations. En revanche, les données de faune, intégrées à certaines analyses (l'ACP temporelle sur la faune), n'ont pas été commentées.

##### Stations LDN 2014, MO 2021, AIG5 2021

Les sédiments de ces stations OPNL ont été égarés et n'ont pas pu faire l'objet d'analyses granulométriques et de mesure de taux de matière organique. Ce fut le cas de toutes les stations de la RNN de Lilleau des Niges dans le fier d'Ars en 2014 et de toutes celles de la RNN de Moëze-Oléron

ainsi que d'une station de la RNN de la baie de l'Aiguillon (AIG5) en 2021. Afin d'exploiter les données faunistiques, en lien avec les variations environnementales dans les analyses globales (corrélations, ACP), des valeurs des paramètres sédimentaires ont été estimées en faisant le moyennes des années encadrants l'année manquante : 2013 et 2015 pour les stations du fier d'Ars, 2020 et 2022 pour les stations de Moëze-Oléron et la baie de l'Aiguillon.

## Acquisition des données environnementales

Afin de décrire les stations d'un point de vue de leur condition environnementales, et d'expliquer les différences spatio-temporelles de la structure des communautés de faune, plusieurs variables environnementales ont été compilés et/ou calculées à l'échelle du périmètre de l'étude. L'annexe 3 décrit les variables environnementales intégrées dans le cadre de la présente analyse en relation avec : la présence d'herbiers à zostère naine, la topographie (altitudes), les précipitations, les températures et salinités des eaux de surface, les débits des fleuves, les taux de matière organique des sédiments et les fractions granulométriques.

Les classes granulométriques utilisées pour les analyses et pour décrire les sédiments sont dérivées de la classification proposée par Wentworth (1922) :

- vases : taille < 63  $\mu\text{m}$
- sables fins : 63  $\mu\text{m}$  < taille < 250  $\mu\text{m}$
- sables moyens : 250  $\mu\text{m}$  < taille < 500  $\mu\text{m}$
- sables grossiers : 500  $\mu\text{m}$  < taille < 2000  $\mu\text{m}$

La Figure 2 présente la localisation spatiale des points (pixels) du modèle Mars3D dont les valeurs salinités et températures des eaux de surface ont été extraites.

La typologie des classes de salinités permettant de décrire l'environnement halin des stations de l'étude correspond à la classification de Venise (Simposio sulla classificazione delle acque salmastre 1958) :

- Oligohalin : 0,05 - 5
- Mésohalin : 5 - 18
- Polyhalin : 18 - 30
- Euhalin : > 30

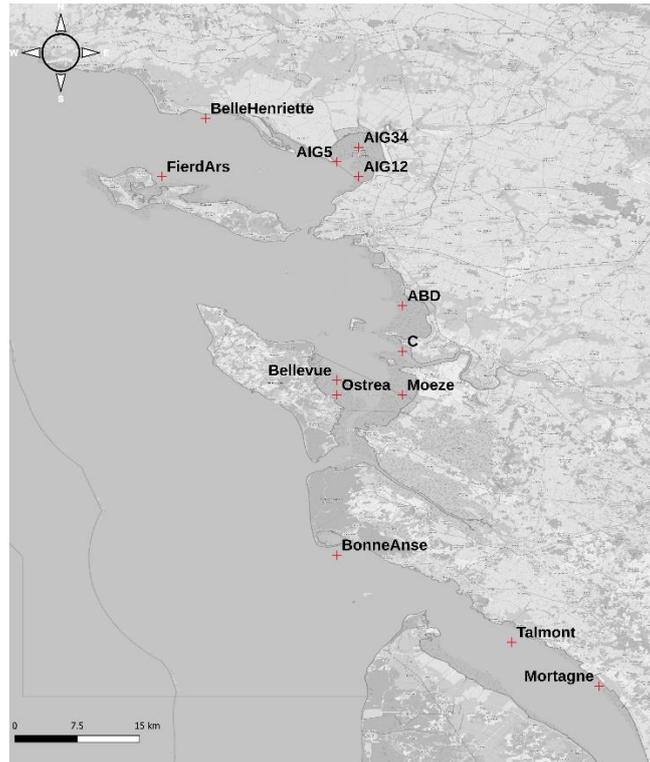


Figure 2 : Localisation des points utilisés pour l'extraction des données de salinités et de températures du modèle MARS3D (fond de carte © OpenStreetMap CC-BY-SA).

## Analyses univariées

Afin de décrire les communautés de faune benthiques, les paramètres biologiques primaires de communautés ont été calculés :

**S** : la richesse représente le nombre de taxons identifiés. Par raccourci le terme « espèce » est souvent employé dans ce document mais certains taxons peuvent recouvrir plusieurs espèces, notamment ceux qui ne font pas l'objet d'une résolution au niveau de l'espèce, mais au niveau du genre (sp. ou spp.), au niveau de la famille (Dolichopodidae) ou de niveaux taxonomiques plus élevés (oligochètes, anthozoaires, némerthes...). Smoy, valeur moyenne de richesse d'une station, correspond à la moyenne des richesses des trois sous stations qui peut être associée à une variabilité autour de la moyenne (écart-type).

Par ailleurs, la richesse S est sensible à la surface échantillonnée. En théorie, le nombre d'espèce prélevé augmente avec la taille de l'échantillon. Afin de comparer les données issues d'échantillons de tailles différentes *i.e.* 15 et 20 cm selon les protocoles OPNL (Annexe 1) et DCE (Garcia 2014, Blanchet et Fouet 2019), respectivement ; les richesses ont été normalisées selon une unité de surface commune (nombre d'espèces pour 0,1 m<sup>2</sup>). Ces richesses normalisées ont été utilisées pour les représentations des évolutions de richesses moyennes et les calculs de BEQI-FR qui devient BEQI-FRm (m : modifié - voir paragraphe « Evaluations d'états écologiques » plus bas).

**A** : les abondances spécifiques correspondent au nombre d'individus comptés, pour chacune des espèces (ou taxon) identifiées.

**D** : les densités correspondent au nombre d'individus par m<sup>2</sup>. La densité moyenne d'une station correspond à la moyenne des densités de chaque sous-station et qui peut être associée à une variabilité autour de la moyenne (écart-type).

**H'(Log2)** : l'indice de diversité de Shannon et Weaver est un indice qui traduit la richesse S d'un échantillon, d'une sous-station ou d'une station, et l'équité spécifique, c'est-à-dire la répartition relative des individus entre les différentes espèces. Les valeurs H' augmentent avec l'augmentation de la richesse et/ou l'équité spécifique. A l'inverse, H' diminue avec la diminution de la richesse et/ou l'augmentation du déséquilibre dans la répartition des effectifs par espèce : à richesse constante, l'échantillon présentant une espèce qui concentre presque tous les individus aura une valeur H' plus faible que la station dont toutes les espèces présentent le même nombre d'individus. Plus la valeur de H' est élevée, plus la diversité de la communauté est grande.

Sa formule est :  $H' = -\sum(p_i \times \log_2(p_i))$

où  $p_i$  représente la proportion d'individus de l'espèce par rapport au nombre total d'individus observés dans l'échantillon.

## Analyses multivariées

### Analyses en composante principale (ACP)

Afin d'identifier les habitats physico-chimiques représentés à l'échelle du réseau de stations, et regrouper les stations selon les contextes environnementaux, une première ACP a été réalisée. Elle se base sur la présence/absence d'herbier, l'altitude, et les valeurs moyennes calculées sur l'ensemble des années disponibles, centrées réduites, de matière organique, de granulométrie et de salinité (Tableau 2) au niveau des stations CoEHCo suivies par la LPO/RNN et le PNMEGMP/CNRS-LIENSs, le CREN et (figure 1). Les stations DCE-MET n'ont pas été incluses à l'analyse, puisque la bibliographie (Aubert *et al.* 2021a et b, Latry *et al.* 2021) permet de les affilier aux différents habitats.

Afin de décrire les communautés de macrofaune benthique, une deuxième ACP sur les abondances moyennes de chaque taxon sur l'ensemble des années, par station, a été réalisée. En amont de l'analyse, les abondances ont été utilisées après une transformation Hellinger. Cette transformation est recommandée pour minimiser l'effet de la présence d'espèce rare dans la distinction des communautés (Legendre & Gallagher, 2001). Les hydrobies, *Peringia ulvae*, ont été retranchées du jeu de données en raison du caractère fluctuant de leur répartition spatiale d'une marée à l'autre (transports par flottaison au gré des marées) selon les recommandations de Fouet et Blanchet (2019). Par ailleurs, Clarke et Warwick (2001) conseillent de réduire le nombre d'espèces utilisées pour une ACP afin d'éviter des distorsions liées à une influence trop forte des espèces rares. C'est la raison pour laquelle seuls les taxons observés au moins trente fois au niveau des sous-stations sont retenus (soit, arbitrairement, 5% de 600 occurrences, 600 étant le maximum d'occurrence possible au niveau des sous-stations - triplicats d'échantillons poolés - sur la période d'étude). Au final, 57 taxons ont été retenus dans les analyses.

Tableau 2 : Variables environnementales utilisés pour identifier les habitats physiques au niveau des stations LPO/RNN et PNMEGMP/CNRS-LIENSs.

Libellé	Paramètres	Unité	Source	Remarque
HZN	Présence d'herbier de zostera noitei	0/1	LIENSs/OPNL	
TOPO	Altitude des stations	m	SHOM, 2015	Moyenne de l'altitude des trois sous-stations (ref. PBMA)
%MO	Pourcentage de matière organique dans les sédiments (Station/date)			
Sables grossiers	Pourcentages cumulés 500 µm < fractions < 2000 µm			
Sables moyens	Pourcentages cumulés 250 µm < fractions < 500 µm	%	LIENSs/OPNL	2014 : valeurs Fier 1, 2 & 3 estimées à partir de 2013 et 2015 ; 2021 : valeurs AIG5, Bellevue, Moeze, Ostrea à partir de 2020 et 2022
Sables fins	Pourcentages cumulés 63 µm < fractions < 250 µm			
Vases	Pourcentages de la fraction < 63 µm			
Sa_l_moy	Salinité journalière de surface modélisées, moyennées sur les 9 premiers mois de l'année en cours			
Sa_l_min	Salinité minimale de surface modélisée sur les trois premier trimestre de l'année en cours	sans unité	Mars3D	Valeurs du pixel le plus proche ou couvrant la station, moyennées sur les années disponibles au moment de l'analyse (2015-2019)
Sa_l_max	Salinité maximale de surface modélisée sur les trois premier trimestre de l'année en cours			
Sa_l_ampl	Amplitude entre la valeur maximale et la valeur minimale observées sur les 9 premiers mois de l'année en cours			

L'analyse de ces deux ACP a permis de définir des assemblages biosédimentaires (communauté + environnement).

Afin de décrire la variabilité ou stabilité temporelle des communautés benthique de chaque station, une troisième ACP, « temporelle », a été réalisée à partir des abondances moyennes annuelles des espèces de chaque station après transformation Hellinger. De nouveau les hydrobies et les espèces rares ont été retranchées du jeu de données. Les trajectoires temporelles des stations ont également été ajoutées.

Les espèces contribuant le plus à la variance de chacune des cinq principales composantes de l'ACP *i.e.* les espèces qui contribuent le plus à expliquer les coordonnées des couples station\_année sur chacun des 5 premiers axes de l'ACP, ont été identifiées en appliquant une fonction complémentaire à l'ACP (« principal component » prcomp). Ce nombre d'espèces a été arbitrairement fixé à 15 pour chacun des 5 axes.

Toutes les ACP et analyses associées ont été réalisées, à l'aide du logiciel R et du package « Vegan ».

Par ailleurs, les espèces qui structurent les communautés de chacun des assemblages de stations déterminés à partir de l'ACP « faune », ont été identifiées à l'aide de l'analyse SIMPER (Similarity Percentage) du logiciel Primer<sup>®</sup>. Elle permet d'identifier les espèces qui contribuent le plus à la similarité entre stations (indice de similarité de Bray-Curtis).

### Coefficients de corrélation de Pearson

Ce coefficient permet d'identifier des relations linéaires entre deux paramètres. Ces coefficients de corrélation ont été calculés à partir des données standardisées (en soustrayant la moyenne et en divisant par l'écart type – fonction « scale ») pour :

- identifier des relations entre les variables environnementales (annexe 2) et les coordonnées des stations le long de chacune des cinq premières composantes de l'ACP « temporelle » (Figure 13).
- identifier des relations entre les variables environnementales et les densités des principales espèces contributrices des 5 premières composantes de l'ACP « temporelle ».

Les calculs des coefficients de corrélation de Pearson et leurs tests de significativité ont été réalisés à l'aide du logiciel R et des packages « Psych » et « ggcorrplot ».

## Evaluations de l'état écologique des stations

Plusieurs méthodes d'évaluation de l'état écologique des communautés de la macrofaune benthique ont été testées : le BEQI-FR (Benthic Ecosystem Quality Index adapté aux estuaires Français – Fouet *et al.* 2018) modifié, le M-AMBI (Multivariate-Azti Marine Biotic Index - Muxika *et al.* 2007) et le GPBI (Global Purpose Benthic Index – Labrune *et al.* 2021).

### BEQI-FRm (DCE MET – BEQI-FR modifié)

Le BEQI-FRm calculé est dérivé du BEQI-FR lui-même adapté du BEQI2 (Van Loon *et al.*, 2015). L'indice BEQI2 combine l'indice AMBI (Azti Marine Biotic Index – Borja *et al.* 2000), le nombre d'espèce (S) et l'indice de Shannon (H'). Ces différentes métriques sont combinées par une méthode de scoring (Fouet *et al.* 2018). La formule de calcul du BEQI2 est la suivante :

$$BEQI2 = \frac{\frac{S_{obs}}{S_{ref}} + \frac{H'_{obs}}{H'_{ref}} + \frac{AMBI_{obs} - 7}{AMBI_{ref} - 7}}{3}$$

Où S est la richesse, H' l'indice de diversité de Shannon-Weaver et AMBI (Azti's Marine Benthic Index) un indice de perturbation basé sur les proportions des groupes d'espèces classées selon leur sensibilité à l'enrichissement en matière organique (Tableau 3). La formule de l'AMBI est la suivante (Borja *et al.* 2000) :

$$AMBI = \frac{\{(0 * \%GI) + (1,5 * \%GII) + (3 * \%GIII) + (4,5 * \%GIV) + (6 * \%GV)\}}{100}$$

Où GI : espèces sensibles à une hypertrophisation, GII : indifférentes, GIII : tolérantes, GIV : opportunistes de second ordre, GV : opportunistes de premier ordre (Hily, 1984).

L'AMBI augmente avec l'intensité de la perturbation (0 : non perturbé ; 7 : extrêmement perturbé).

« Obs » et « ref » correspondent respectivement à la valeur observée et la valeur de référence de chacun des termes.

La valeur de la richesse spécifique est tributaire de la surface échantillonnée. Les surfaces d'échantillonnage unitaires étant différents selon les protocoles (DCE et OPNL), il a été nécessaire de calculer un indice de richesse permettant de comparer les stations OPNL et DCE. Cet indice consiste à rapporter le nombre d'espèces observées à une surface commune (S/0,1 m<sup>2</sup>). La même opération a été réalisée pour les seuils de richesses utilisés comme référence dans les calculs de BEQI-FRm (Tableau 4).

L'indice H' et le AMBI sont calculés à partir de matrices d'abondance par espèces dont la composition ne peut être prédite selon la taille de l'unité d'échantillonnage, il n'est donc pas possible d'évaluer ces variables selon une taille d'échantillon standardisée. La richesse spécifique intervient également dans le calcul de l'indice de Shannon et Weaver (H') avec la répartition des individus comptés par espèce (équité spécifique). Dans le cas de H' le biais est probablement moins important dans la mesure où l'indice donne une information qui ne dépend pas que de la richesse. Quant à l'indice AMBI, il est relativement indépendant de la richesse absolue dans la mesure où il prend en compte des proportions

d'effectifs de 5 groupes d'espèces classées selon leur sensibilité aux enrichissements en matière organique (Tableau 3).

Tableau 3 : Groupes d'espèces servant au calcul de l'AMBI.

Groupes AMBI (Borja <i>et al.</i> 2000)	
I	Espèces sensibles aux perturbations
II	Espèces indifférentes, toujours présentes en faible densité
III	Espèces tolérantes aux excès de matière organique. Populations stimulées dans les situation de déséquilibre
IV	Opportunistes de second ordre (stade de pollution légère)
V	Opportunistes de premier ordre (Pollution forte)

Les paramètres  $S/0.1m^2$ ,  $H'$  et AMBI ont été calculés pour chaque triplicat, correspondant aux trois échantillons de chacune des sous-stations dans le cas des suivis CoECHO (RNF, CREN, PNMEGMP) et aux trois échantillons de chaque station DCE MET (*cf.* Annexe 2). Dans le cas des suivis CoEHCO, ce sont les valeurs moyennes des trois sous-stations qui ont été attribuées à chaque station. Conformément aux recommandations de Blanchet et Fouet (2019),  $H'$  a été calculé sur la base du Log2. En outre, la petite faune encroûtante fixée sur les coquilles, les cailloux ou la végétation (typiquement : balanes, spirorbes, bryozoaires, polypes) a été exclue de tous les calculs, et les hydrobies n'ont été retenues que pour les calculs de S.

Blanchet et Fouet (2019) proposent des valeurs de références S,  $H'$  et AMBI pour les habitats estuariens recensés (Tableau 4) et des seuils de lecture du BEQI-FR en fonction du type d'estuaire étudié (Tableau 5). Les valeurs de référence de S ont été adaptées pour la comparaison entre les résultats acquis selon le protocole OPNL et le protocole DCE MET (BEQI-FRm) en revanche les seuils d'interprétation de l'indice (Tableau 5) n'ont pas été modifiés. La Charente, la Gironde et la Sèvre Niortaise présentent des estuaires de type D : « Large estuaries », la Seudre présente un estuaire de type E : « Small-Medium estuaries with > 50% intertidal areas » (Aubert *et al.* 2021a, Aubert *et al.* 2021b, Latry *et al.* 2021). Ce sont ces ajustements qui motivent la dénomination de l'indice BEQI-FR, la formule de calcul de l'indice reste celle du BEQI2.

**Remarque** : l'adaptation de l'indice BEQI-FR en BEQI-FRm ne modifie pas les résultats obtenus pour les stations DCE MET car le rapport Sobs/Sref ne change pas. Pour ces stations BEQI-FR = BEQI-FRm.

Tableau 4 : valeurs de référence des métriques S,  $H'$  et AMBI servant aux calculs du BEQI-FR et du BEQI-FRm données pour les 4 habitats estuariens (Blanchet et Fouet 2019)

Habitats	S (BEQI_FR)	S (BEQI_FRm)	$H'(\log_2)$	AMBI
MEst - A2.31	14	16	2,9	2,5
UEst - A2.32	8	9	1,6	2,8
FiSa - A2.23	13	15	2,2	0,1
MuSa - A2.24	26	30	3,7	1,4

A2.31 : Estrans vaseux de la partie moyenne des estuaires dominés par des polychètes ou des bivalves

A2.32 : Estrans vaseux en amont des estuaires dominés par des polychètes ou des oligochètes

A2.23 : Estrans de sable fin dominés par des amphipodes ou des polychètes

A2.24 : Estrans de sable vaseux dominés par des polychètes ou des bivalves

Tableau 5 : valeurs des seuils d'interprétation du BEQI-FR (et BEQI-FRm) pour les estuaires de type D et E, modifié d'après Latry *et al.* (2021)

Types d'estuaires	Très bon/Bon	Bon/Moyen	Moyen/Médiocre	Médiocre/Mauvais
D & E	0,86	0,67	0,4	0,2

## M-AMBI (Multivariate-Azti Marine Biotix Index)

L'indice M-AMBI combine S, H' et AMBI par le biais d'une analyse factorielle. Ces métriques sont directement calculées à partir de la matrice espèces/densités et ne prennent par conséquent pas en compte les différences de surfaces échantillonnées. Le M-AMBI a été calculé pour toutes les stations. Cependant, cet indice n'étant utilisé que dans le cadre des suivis DCE MEC, il n'a été présenté et commenté que pour les stations des masses d'eau côtières ainsi que pour les stations de Bonne Anse (BA1, BA2, BA3) et de la station B (RNN Marais d'Yves) situées en masse d'eau de transition mais faisant partie d'un assemblage des eaux côtières (selon les résultats de la présente étude). Les analyses M-AMBI ont été réalisées à l'aide du logiciel développé par l'AZTI (logiciel en accès libre sur <http://ambi.azti.es/>). Pour chaque station, le M-AMBI a été calculé à partir des densités moyennes des espèces et en prenant comme valeurs de référence pour S, H' et AMBI les valeurs les plus élevées obtenues pour l'assemblage biosédimentaire (identifié par les ACP) auquel appartient la station à évaluer. Les seuils utilisés pour l'interprétation des ratios de qualité écologie (EQR) sont ceux du logiciel par défaut (Tableau 6). Les hydrobies ont été retirées du jeu de données (exceptées pour les calculs de S).

Tableau 6 : valeurs par défaut des seuils d'interprétation du M-AMBI.

	Très bon/Bon	Bon/Moyen	Moyen/Médiocre	Médiocre/Mauvais
Seuils	0,8	0,6	0,4	0,2

## GPBI

Le GPBI est basé sur l'hypothèse qu'au niveau d'un site impacté par une pression, les espèces les plus sensibles sont les premières à disparaître, et que plus les pressions sont fortes plus les pertes sont importantes. Ainsi, il utilise la perte ou disparition d'individus des populations de chaque espèce dans la station testée par rapport à une ou plusieurs stations/situations de référence comme base d'évaluation de l'état écologique (Labruno et al. 2021). Il a été développé pour quantifier des perturbations physiques du milieu. Cependant, le GPBI a également démontré son efficacité à détecter des changements liés à des conditions d'hypoxie prolongées (Labruno et al. 2021).

Les évaluations ont été réalisées par station, à partir des données de densités moyennes des espèces. De nouveau, les hydrobies (*Peringia ulvae*) ont été retirées du jeu de données.

Dans la présente étude deux approches ont été explorées :

### CAS 1 : Référence première année (GPBI1)

Les scores GPBI ont été calculés pour chaque station en prenant comme référence la première année de suivi. Les stations pour lesquelles il n'y a eu qu'une seule session d'échantillonnage ne sont pas intégrées à ces calculs.

### CAS 2 : Référence par assemblage (GPBI2)

Les scores GPBI ont été calculés pour chaque station de chaque année au sein de chaque assemblage bio-sédimentaire en prenant comme référence la station\_année pour laquelle le M-AMBI est maximum. Le choix de cette référence tient au fait qu'il intègre la richesse S et la diversité H' (i.e. la répartition des effectifs par espèces), et l'AMBI, c'est-à-dire une information relative à la polluosensibilité des espèces constituant les cortèges faunistiques analysés. Par ailleurs, il présentait l'avantage de pouvoir comparer les stations échantillonnées avec des stratégies très similaires (DCE MEC et OPNL – Annexe 2 B), que représentent la majorité des stations de la présente étude. Néanmoins, ce choix méthodologique a posé problème dans le cas des stations occupant les vases estuariennes car les valeurs de M-AMBI calculés au départ pour ces assemblages n'était pas en cohérence avec les valeurs de BEQI-FRm (les « meilleurs états » ne coïncidaient pas). Par manque de

temps, cette discordance entre les deux indices n'est pas discutée dans la présente étude et, finalement, Le GPBI2 n'a pas été utilisé pour les évaluations des communautés benthiques des masses d'eau de transition.

**Remarque :**

Dans cette étude, le GPBI n'est pas relié à une ou plusieurs pressions connue(s) et quantifiée(s). Il a été testé en tant qu'indicateur de modification des cortèges d'espèces rencontrés. Il n'a pas été interprété en tant qu'EQR dans la mesure où les seuils d'interprétation applicables aux cas décrits dans ce document n'existent pas. Leur établissement nécessiterait un jeu de données bien plus conséquent.

# Résultats

## Identification des habitats biosédimentaires intertidaux

### Caractérisation des environnements physico-chimiques

L'ACP réalisée permet d'expliquer 71.19% de la variance selon les deux premiers axes (Tableau 7) : l'axe 1 explique près de 56% de la variance, les variables contribuant le plus à cet axe étant les taux de vases, de sables fins, les taux de matière organique (les taux de matière organique étant corrélé positivement avec les taux de vases) et les variables caractérisant la salinité des stations, notamment les minimales et les moyennes de salinité (moyennes des valeurs établies pour les trois premiers trimestres de chaque année). L'axe 2 explique un peu plus de 15% de la variance. Il est essentiellement tributaire de la présence d'herbier à *Zostera noltei* et des sédiments moyens et grossiers.

L'ACP (Figure 3) a permis de définir 6 groupes de stations (Tableau 8) d'après leurs environnements physico-chimiques. Il n'a pas été possible, dans le temps imparti, de collecter l'ensemble des données environnementales nécessaires pour inclure les stations DCE MET à cette analyse. C'est la raison pour laquelle ces stations ont été reliées aux groupes obtenus à partir 1) des informations fournies par Aubert *et al.* (2021a), Aubert *et al.* (2021b) et Latry *et al.* (2021) et 2) le cas échéant des informations déduites de leur proximité avec des stations LPO/RNN et Parc/CNRS-LIENSs pour les domaines de salinité.

Tableau 7 : contributions des variables environnementales aux deux premiers axes de l'ACP.

Variables	Dim.1	Dim.2
HZn	0.26	23.94
Topo	7.74	0.01
%MO	10.67	0.02
Sables.grossiers	5.7	27.64
Sables.moyens	2.36	37.79
Sables.fins	11.83	6.74
Vases	14.19	0.27
Sal_min	13.55	1.18
Sal_max	9.87	0.32
Sal_ampl	10.69	1.31
Sal_moy	13.13	0.79

**Axe 1 (55,78%) :** %MO, sables fins, vases, salinité  
**Axe 2 (15,4%) :** HZn, sables grossiers, sables moyens

Tableau 8 : groupes de stations identifiées sur la base de l'ACP (pour les stations LPO/RNN et PNMEGMP/CNRS-LIENSs) et des informations et données environnementales disponibles (cas des stations DCE MET).

Code	Nom	Stations	
		OPNL, CoEHCo, CREN	DCE MET
SFM	Sables fins marins (euhalins)	H1, H2, H4 et H5,	
HZN	Herbiers de <i>Zostera noltei</i>	Fier2, BA2 et Ostrea,	
SAC	Sables méso-poly-euhalins (sables à coques)	BA1, Bellevue et Fier3	
VPE	Vases poly-euhalines	A, AIG1, AIG2, AIG5, D	SE05, SN03, SN05
VMP	Vases méso-polyhalines	AIG3, AIG4, BA3, C, Moeze, MES, TAL	CH06, CH07, CH09, GIR04, GIR05, GIR06 CH11, SE02, SE03, SN02
VOM	Vases oligo-mésahalines	MOR.	CH02, CH03, GIR01, GIO2, GIR03

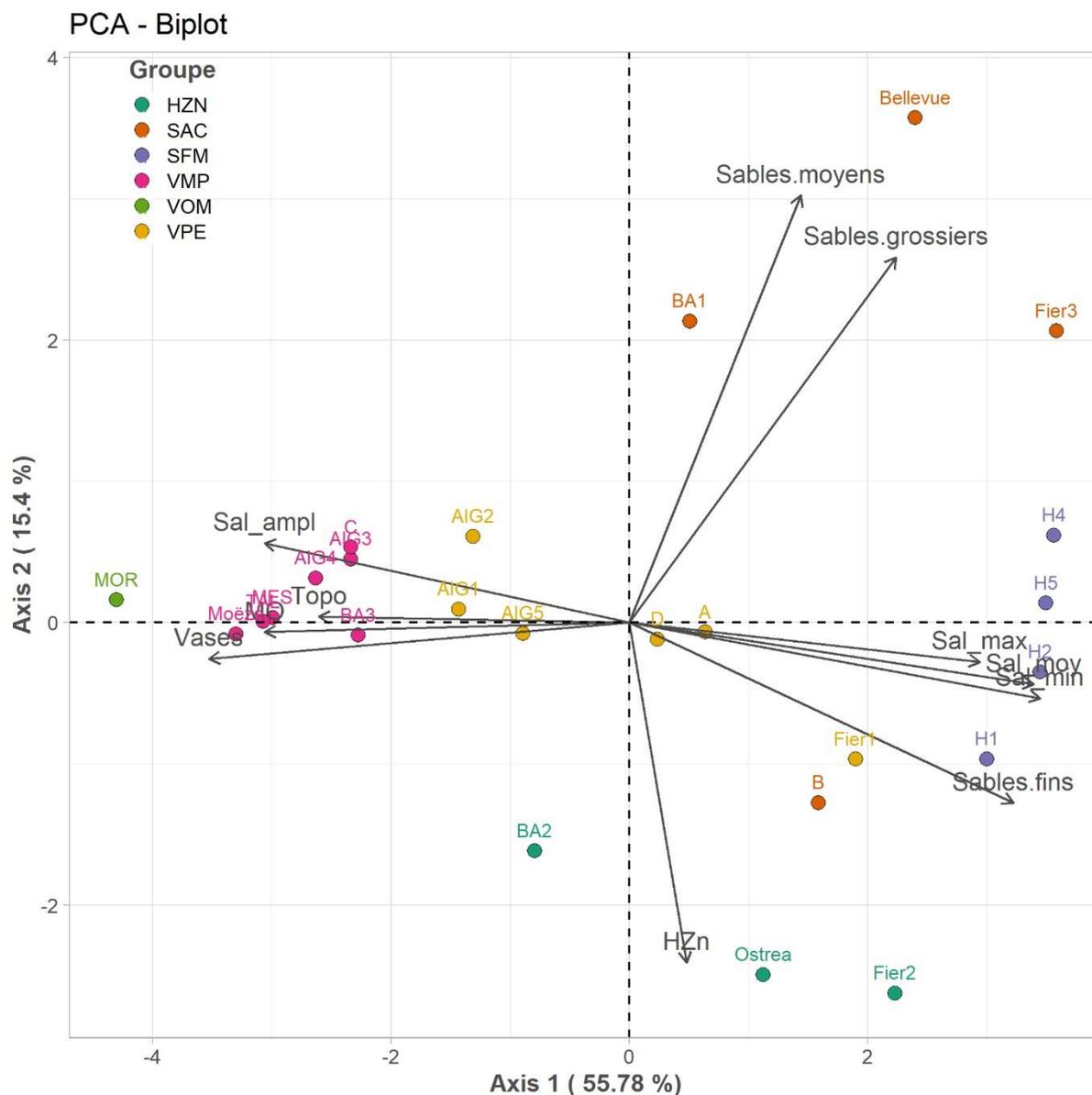


Figure 3 : Analyse en composante principale (ACP) des stations LPO/RNN et Parc/CNRS-LIENSs à partir des données environnementales moyennes par station, collectées dans le cadre de cette étude (cf. Tableau 2) et identification des groupes de stations (cf. Tableau 8.)

## Descriptions des habitats physico-chimiques

### Sables fins marins (SFM)

Ce groupe n'est composé que des stations de la Belle Henriette (H1, H2, H4, H5). Il s'agit d'un habitat de sables fins situés en bas d'estran ouvert sur la mer, en domaine euhalin, et peu soumis à dessalure. Ces sables contiennent peu de matière organique (1 % environ).

### Herbiers à *Zostera noltei* (HZN)

Ce groupe est constitué de trois stations, la stations BA2 sur Bonne Anse, Ostrea sur la RNN de Moëze-Oléron et Fier2 sur la RNN de Lilleau des Niges. Il s'agit de stations de sables fins envasés, situées sur le médiolittoral moyen et occupés par des herbiers à *Zostera noltei*. Les conditions de salinité peuvent

en revanche être variables. Les salinités moyennes oscillent entre 26 et 34 mais peuvent descendre en dessous de 5 à Bonne Anse ou être supérieures à 30 toute l'année dans le Fier d'Ars. Les sédiments contiennent des taux de matière organique moyens (3 %).

### **Sables à coques (SAC)**

Ce groupe est constitué de trois stations, la station BA1 sur Bonne Anse, Bellevue sur la RNN de Moëze-Oléron et Fier3 sur la RNN de Lilleau des Niges. Il s'agit de stations du médiolittoral moyen caractérisées par > 30 % de sables moyens, jusqu'à 10% de sables grossiers et de faibles quantités de matière organique (1,5 %). Les taux d'envasement (proportion de sédiments < 63 µm) peuvent toutefois atteindre 26 %. Les salinités (moyennes journalières sur les trois premiers trimestres de l'année) présentent peu d'écart pour ce groupe (24,8-29,7) mais peuvent varier de manière importante (ex. 6 à Bonne Anse).

### **Vases poly-euhalines (VPE)**

C'est un groupe de 8 stations, A et D sur la RNN des marais d'Yves, AIG1, AIG2, AIG5 sur la RNN de la baie de l'Aiguillon et les stations DCE MET en Sèvres Niortaise SN03 et SN05 ainsi qu'en Seudre SE5. Ce groupe hétérogène est composé principalement de stations vaseuses du médiolittoral moyen en sortie d'estuaire. Les fractions de sables fins y sont parfois importantes (jusqu'à 49%). Les taux de matière organiques sont variables mais généralement importants (6 - 5 %, jusqu'à 10 %). La salinité journalière moyenne de ces stations indique un régime polyhalin, cependant elle peut varier entre 17 et 33 au cours de l'année avec une amplitude moyenne entre le minimum et le maximum d'environ 13.

### **Vases méso-polyhalines (VMP)**

C'est le groupe qui comporte le plus de stations (17) : AIG3 et AIG4 sur la RNN de la baie de l'Aiguillon, les stations CoEHC BA3 sur Bonne Anse, TAL et MES sur les berges de la Gironde, C sur la RNN des marais d'Yves, Moeze sur la RNN de Moëze-Oléron, les stations DCE de Sèvres Niortaise SN02, de Charente CH06, CH07, CH09 et CH11, de Seudre SE02 et SE03, de Gironde GIR04, GIR05, GIR06. Il s'agit de stations des vases franches estuariennes (*i.e.* fraction de vases > 90%), situées sur le médiolittoral moyen à supérieur jusqu'en haute slikke. Les quantités de matière organiques y sont importantes (8% en moyenne, jusqu'à 12%). La salinité moyenne est en limite méso-polyhaline avec de très fortes variations de salinités et des périodes oligohalines systématiques chaque année (5,6).

### **Vase oligo-mésahalines VOM**

C'est un regroupement de 6 stations, la station MOR et les stations DCE MET de Charente CH02, CH03 et de Gironde GIR01, GIR02 et GIR03. Il s'agit de vases franches (*i.e.* fraction de vases > 97%) du médiolittoral moyen supérieur (4 m), présentant des taux de matière organique moyens à élevés (4%-8%). Le domaine de salinité moyen des eaux de surface est l'oligohalin (5,3) avec des périodes mésahalines au cours de l'été et en automne principalement (jusqu'à 17-18). Les salinités indiquées ici sont celles estimées dans la Gironde au niveau de la station MOR uniquement.

### **Cas particuliers**

Deux stations, B (RNN MY) et Fier1 (RNN LdN), ressortent à part dans l'ACP. Il s'agit de stations de sédiments nus du médiolittoral moyen (3-4 m) à dominante de sables fins, peu envasés (B) à envasés (Fier1). Les principaux éléments expliquant la position de ces stations dans l'ACP semblent être l'importance de la fraction des sables fins et l'absence d'herbier à zostères naines.

Tableau 9 : paramètres utilisés pour la classification environnementale des stations LPO/RNN et PNMEGMP/CNRS-LIENSs (en gras : moyennes des valeurs sur les périodes pour lesquelles elles sont disponibles et des stations constitutives des groupes ; entre parenthèse : moyennes des valeurs minimales et maximales observées (i.e. il ne s'agit pas des minima et maxima absolus observés)).

	SFM	HZN	SAC	VPE	VMP	VOM	B	Fier1
Herbier	Non	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Altitude (m)	<b>1,07</b> (0,7-1,4)	<b>3,2</b> (2,68-3,64)	<b>2,86</b> (2,7-3,7)	<b>4,1</b> (1,5-4,4)	<b>4,1</b> (2,8-5,1)	<b>3,9</b> (3,2-4,0)	<b>4,1</b>	<b>2,8</b>
Matière organique (%)	<b>1,3</b> (0,84-1,81)	<b>3,4</b> (3,2-4,1)	<b>1,5</b> (0,5-2,3)	<b>6,5</b> (2,6-10,0)	<b>8,1</b> (4,7-11,9)	<b>6,0</b> (4,07-8,3)	<b>1,5</b>	<b>3,5</b>
Sables grossiers (%)	<b>5,1</b> (2,2-7,3)	<b>0,7</b> (0,5-1,2)	<b>7,2</b> (2,1-11,9)	<b>2,4</b> (1,8-4,3)	<b>1,3</b> (0,0-2,2)	<b>0,3</b> (0,1-1,3)	<b>0,1</b>	<b>1,0</b>
Sables moyens (%)	<b>9,3</b> (2,9-16,7)	<b>1,7</b> (0,6-4,1)	<b>43,8</b> (33,8-51,9)	<b>7,4</b> (0,3-10,1)	<b>3,9</b> (0,1-8,3)	<b>0,3</b> (0,1-0,7)	<b>0,4</b>	<b>4,0</b>
Sables fins (%)	<b>81,4</b> (73,7-88,0)	<b>56,2</b> (40,0-63,8)	<b>32,7</b> (9,11-53,4)	<b>15,0</b> (2,6-38)	<b>3,8</b> (0,6-11,3)	<b>1,2</b> (0,7-1,6)	<b>94,3</b>	<b>55,6</b>
Vases (%)	<b>3,2</b> (1,6-5,9)	<b>40,7</b> (32,7-53,5)	<b>12,7</b> (1,8-26,1)	<b>74,4</b> (49,1-90,4)	<b>90,6</b> (77,5-99,3)	<b>97,9</b> (94,8-99,1)	<b>5,2</b>	<b>39,3</b>
Salinité moyenne	<b>33</b>	<b>29,6</b> (24,8-33,4)	<b>32</b> (24,8-29,7)	<b>27,9</b> (25,9-29,7)	<b>19,6</b> (16,3-22,7)	<b>5,3</b>	<b>29,7</b>	<b>33,4</b>
Salinité minimale	<b>29,2</b>	<b>20,9</b> (6,3-31,3)	<b>21,2</b> (6,3-31,3)	<b>19,9</b> (17-22,9)	<b>5,6</b> (1,34-8,7)	<b>0,0</b>	<b>22,9</b>	<b>31,3</b>
Salinité maximale	<b>34,8</b>	<b>34,0</b> (32,6-34,7)	<b>33,8</b> (32,6-34,9)	<b>32,6</b> (31,9-33,1)	<b>28,7</b> (25,2-32,6)	<b>16,9</b>	<b>33,1</b>	<b>34,7</b>
Amplitude de salinité	<b>5,6</b>	<b>13,1</b> (3,4-26,3)	<b>12,6</b> (3,4-26,3)	<b>12,7</b> (10,2-14,9)	<b>23,2</b> (18,5-26,8)	<b>16,9</b>	<b>10,2</b>	<b>3,4</b>

## Distinction et variabilité temporelles des communautés macrozoobenthiques

Globalement, les communautés benthiques se répartissent de manière relativement cohérente selon les différents habitats physico-chimiques précédemment identifiés (Figure 4), reflétant les gradients de salinité et granulométrie.

Néanmoins, il ne semble pas exister de différence nette entre les communautés des vases oligo-mésahalines VOM et les vases méso-polyhalines VMP formant une même communauté estuarienne caractérisés par le crustacé amphipode *Corophium volutator*, l'annélide polychète *Hediste diversicolor* et le bivalve *Scrobicularia plana*. D'autre part, certains cortèges d'espèces occupant des stations des vases méso-polyhalines (BA3, C et Moëze) sont plus proches des cortèges observés au niveau des vases poly-euhalines. Ces stations sont situées en partie aval des estuaires, à proximité ou au niveau de panaches estuariens (Figure 1).

L'analyse montre que les stations des sables à coques de la RNN de la Casse de la Belle Henriette sont bien spécifiques d'un point de vue des assemblages faunistiques.

L'analyse permet également de mettre en avant un effet site où la proximité de stations d'habitats différents influence la composition des cortèges d'espèces. C'est le cas des stations BA3 (VMP), et de Fier1 (VPE) localisées à proximité d'herbiers (BA2 et Fier2, respectivement). Par ailleurs, en baie d'Yves, la structure du cortège d'espèces occupant la station B vient confirmer le caractère singulier de la combinaison des caractéristiques physico-chimiques identifiée pour cette station.

## PCA - Biplot

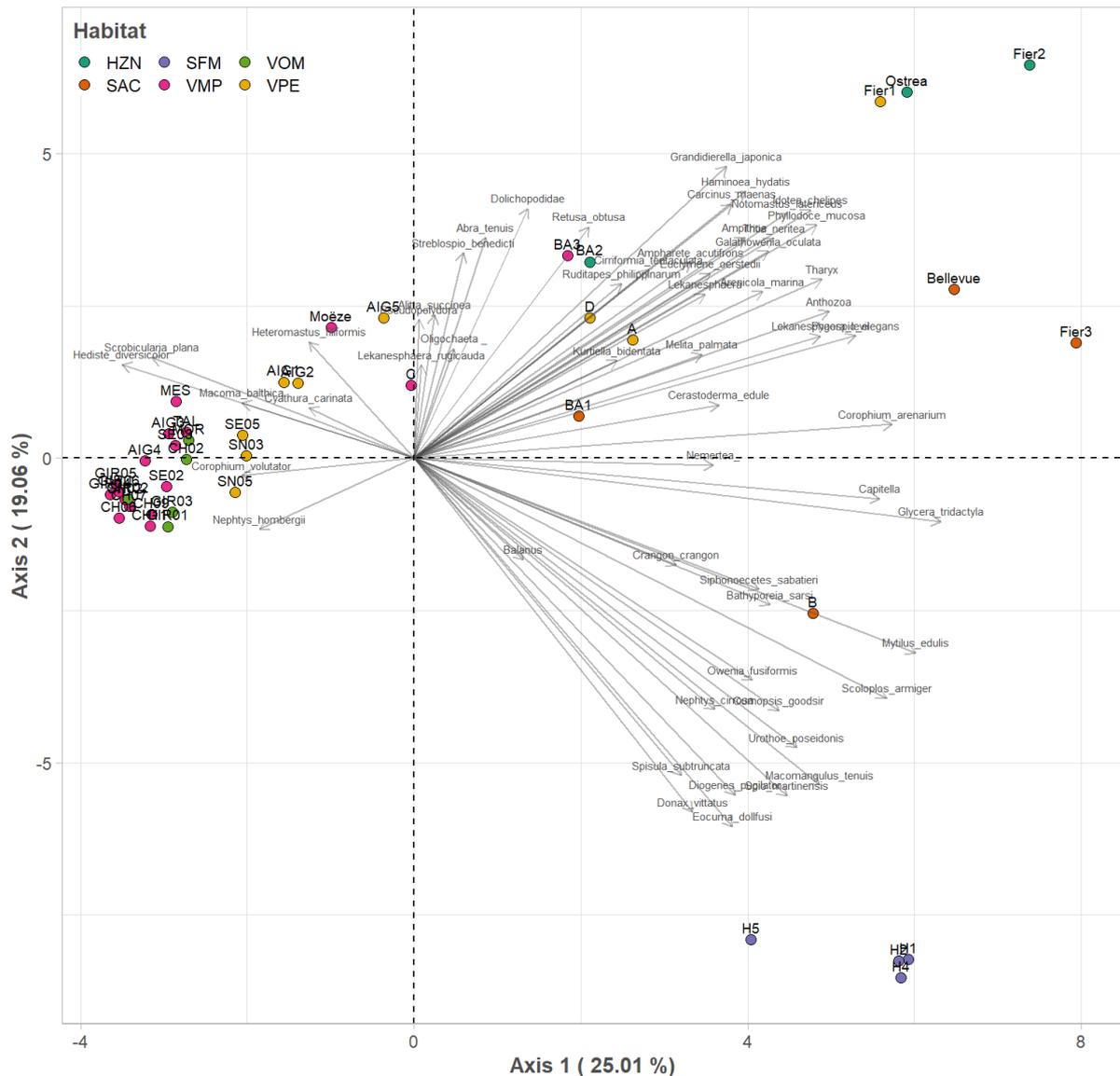


Figure 4 : ACP réalisée sur les abondances moyennes par stations ( $n = 3$  sous-stations ; les trois réplicats par sous-station sont poolés) sur la période d'étude. Le nombre de taxons retenus pour l'analyse est 57 (taxons présents dans plus de 5% des triplicats échantillonnés sur la période 2014-2021, hydrobies exclues).

Le parti pris d'appréhender les habitats physico-chimiques et les communautés benthiques, comme des entités « moyennes » sur la période d'étude explique probablement en partie les chevauchements qui peuvent être observés entre les communautés benthiques, sachant qu'il s'agit d'éléments dynamiques dont les fluctuations interannuelles ne sont pas prises en compte pour cette analyse.

Afin d'affiner la définition des habitats biosédimentaires, une troisième ACP a été réalisée sur les abondances moyennes par station et par année (Figure 5).

L'analyse représentée en Figure 5 illustre :

- la variabilité des cortèges d'espèces au cours du temps. Elle confirme l'intrication des stations des habitats vaseux estuariens et poly-euhalins de même que la proximité des communautés de sables envasés avec les herbiers à *Zostera noltei*

- le cortège faunistique de la station Bellevue (RNN Moëze Oléron) proche de ceux de Fier 1 et BA3, ainsi que des stations d'herbiers en raison probablement de la proximité d'herbiers.
- les caractéristiques faunistiques particulières de la station B (Baie d'Yves). Elles semblent intermédiaires entre les stations estuariennes (VPE et VMP) et les sables fins marins SFM de la Belle Henriette ainsi que des sables à coques SAC du Fier d'Ars sur l'île de Ré et de Bonne Anse.
- la plus grande variabilité des cortèges faunistiques des habitats sableux par rapport aux communautés estuariennes occupant des sédiments très vaseux.

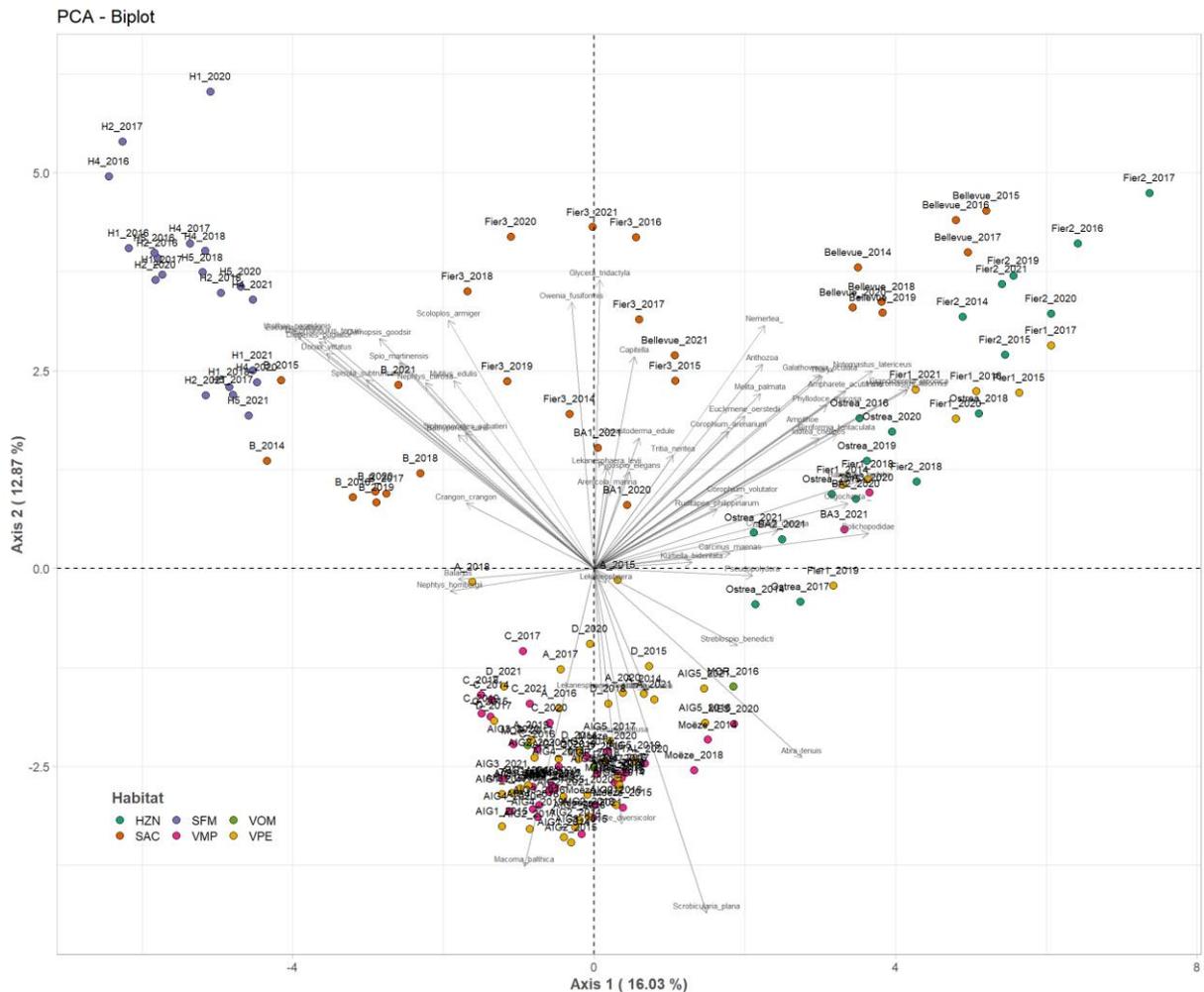


Figure 5 : Dispersion des stations au cours du temps le long des composantes (axes) 1 et 2 de l'ACP réalisée sur les abondances des stations à partir des données des sous-stations (triplicats poolés) sur la période d'étude. Le nombre de taxons retenus pour l'analyse est 57 (taxons présents dans plus de 5% des triplicats échantillonnés sur la période 2014-2021, hydrobies exclues). La correspondance avec les habitats physico-chimiques est précisée par un code couleur.

Cependant, les deux composantes (axes) principales n'expliquent qu'un peu moins de 30% de la variabilité observée (respectivement 16,03 % pour la composante 1 et 12,87 % pour la composante 2 ; Figure 5, Tableau 10). Cela signifie que ces deux composantes ne représentent qu'une quantité relativement faible de l'information portée par le jeu de données. D'ailleurs, les cinq premières composantes expliquent moins de la moitié de la dispersion des données dans l'espace de l'ACP (Tableau 10). Cette faible représentativité illustre l'importante complexité des informations apportées

par le jeu de données et, au-delà, de la structuration spatio-temporelle des communautés de macrofaune benthique étudiées.

Tableau 10 : contributions des 5 premières composantes (comp i.e. axes) expliquant la répartition des couples année\_station de l'ACP réalisée sur la faune (Figure 5, Figure 13).

	Valeur propre	Pourcentages de variance	Pourcentages de variance cumulé
<b>comp 1</b>	9.14	16.03	16.03
<b>comp 2</b>	7.33	12.87	28.90
<b>comp 3</b>	3.91	6.86	35.75
<b>comp 4</b>	2.70	4.73	40.48
<b>comp 5</b>	2.62	4.59	45.07

D'après les résultats d'ACP basées sur les données de faune (Figure 4 et Figure 5), la classification des stations peut-être mise à jour (tableau 9). Les sables fins marins (SFM) et les herbiers à *Zostera noltei* (HZN) demeurent inchangés. Le groupe VOM est modifié et ne comprend plus que des stations DCE MET.

Les nouveaux regroupements sont donc :

- CMH : communautés mixtes de sédiments vaseux plus ou moins hétérogènes riches en espèces (BA3, Bellevue, Fier1),
- CSC : communauté des sables à coques (CSC : B, BA1, Fier3).
- CVSEE : communauté des vases plus ou moins sableuses de l'embouchure des estuaires (A, AIG1, AIG2, AIG5, C, D, Moëze),
- CVE : communauté des vases estuariennes (AIG3, AIG4, MES, MOR, TAL).
- CVOM : Communauté des vases méso-oligo-halines (CH02, CH03, GIR01, GIR03)

La stations DCE MET peuvent être regroupées dans ces différentes communautés d'après l'analyse des rapports DCE (tableau 9).

Le Tableau 12 récapitule les caractéristiques environnementales et faunistiques des assemblages de stations identifiés.

Tableau 11 : Assemblages bio-sédimentaires identifiés et stations concernées. Les assemblages ont été identifiés sur la base des caractéristiques environnementales et faunistiques acquises (cas des stations LPO/RNN et PNMEGMP/CNRS-LIENSs) ainsi que de la bibliographie et données DCE MET disponibles.

Code	Nom	Stations	
		OPNL, CoEHCo, CREN	DCE MET
<b>SFM</b>	Communauté des sables fins marins (euhalins)	H1, H2, H4 et H5,	
<b>HZN</b>	Herbiers de <i>Zostera noltei</i>	Fier2, BA2 et Ostrea,	
<b>CMH</b>	Communauté mixte des sédiments vaseux plus ou moins hétérogènes riches en espèces	BA3, Bellevue, Fier 1	
<b>CSC</b>	Communauté des sables à coques	B, BA1, Fier3	SE05 ?
<b>CVSEE</b>	Communauté des vases plus ou moins sableuses de l'embouchure des estuaires	A, AIG1, AIG2, AIG5, C, D, Moëze	CH11, SE03, SE05 ?, SN03, SN05
<b>CVE</b>	Communauté des vases estuariennes	AIG3, AIG4, MES, MOR, TAL	CH06, CH07, CH09, GIR02, GIR04, GIR05, GIR06, SE02, SN02
<b>CVOM</b>	Communauté des vases oligo-mésahalines		CH02, CH03, GIR01, GIR03

Tableau 12 : Caractéristiques des habitats bio-sédimentaires identifiés : espèces dominantes, espèces structurantes (en rouge, identifiées via l'analyse SIMPER). Les moyennes, minimum et maximum des paramètres sont présentés. S : Richesse spécifique, D : densité et H' : indice de Shannon-Weaver calculés avec (lignes grisées) et sans *Peringia ulvae*. Les salinités sont extraites de Mars3D. Les habitats bio sédimentaires sont convertis en habitats EUNIS niveau 4 (EUNIS, 2012 cf. Gayet et al. 2018 et EUNIS 2022).

	SFM	HZN	CMH	CSC	CVSEE	CVE	CVOM							
<b>Espèces dominantes</b>	<i>Donax vittatus</i> <i>Cumopsis goodii</i> <i>Diogenes pugilator</i> <i>Urothoe poseidonis</i> <i>Spisula subtruncata</i>	<i>Peringia ulvae</i> <i>Abra tenuis</i> <i>Grandidiereella japonica</i> <i>Dolichopodidae</i>	<i>Peringia ulvae</i> <i>Abra tenuis</i> <i>Grandidiereella japonica</i> <i>Tharyx</i> <i>Cerastoderma edule</i>	<i>Peringia ulvae</i> <i>Cerastoderma edule</i> <i>Bathyporeia sarsi</i> <i>Siphonocetes sabatieri</i> <i>Urothoe poseidonis</i>	<i>Peringia ulvae</i> <i>Scrobicularia plana</i> <i>Macoma balthica</i> <i>Abra tenuis</i> <i>Nephtys hombergii</i>	<i>Peringia ulvae</i> <i>Scrobicularia plana</i> <i>Hediste diversicolor</i> <i>Abra tenuis</i> <i>Cyathura carinata</i> <i>Macoma balthica</i> <i>Nephtys hombergii</i>	<i>Oligochaeta</i> <i>Corophium volutator</i> <i>Streblospio benedicti</i> <i>Mysida</i> <i>Cyathura carinata</i> <i>Hediste diversicolor</i> <i>Peringia ulvae</i>							
<b>Espèces structurantes</b>	<i>Eocuma dollfusi</i> <i>Nephtys hombergii</i> <i>Siphonocetes sabatieri</i> <i>Acrocnida spatulispina</i> <i>Macomangulus tenuis</i>	<i>Scrobicularia plana</i> <i>Haminoea hydatis</i> <i>Cerastoderma edule</i> <i>Oligochaeta</i> <i>Cyathura carinata</i> <i>Heteromastus filiformis</i>	<i>Oligochaeta</i> <i>Dolichopodidae</i> <i>Siphonocetes sabatieri</i> <i>Scrobicularia plana</i> <i>Heteromastus filiformis</i> <i>Ruditapes philippinarum</i>	<i>Nephtys hombergii</i> <i>Macoma balthica</i> <i>Lekanesphaera levii</i> <i>Scoloplos armiger</i> <i>Abra tenuis</i> <i>Corophium arenarium</i>	<i>Cerastoderma edule</i> <i>Retusa obtusa</i> <i>Hediste diversicolor</i> <i>Oligochaeta</i> <i>Ruditapes philippinarum</i> <i>Alitta succinea</i>	<i>Heteromastus filiformis</i> <i>Corophium volutator</i>								
	Moyenne	Min-Max	Moyenne	Min-Max	Moyenne	Min-Max	Moyenne	Min-Max	Moyenne	Min-Max	Moyenne	Min-Max	Moyenne	Min-Max
S	23	18-34	29	11-54	33	14-47	21	12-36	12	6-25	6	2-12	3	1-5
D (ni/m <sup>2</sup> )	898	364-3068	12430	1963-34184	5182	605-13632	3947	481-9720	11148	92-40463	1875	42-6506	100	4-303
H'(Log2)	3,5	2,5-4,2	1,7	0,2-3,9	2,7	1,0-3,9	1,9	0,8-3,8	1,1	0,1-3,6	1,2	0,1-2,5	1,0	0-2,0
D sans hydrobies	897	364-3068	2191	278-4617	2478	426-7444	1227	475-2426	1585	92-5753	395	31-1531	99	4-303
H'(Log2) sans hydrobies	3,5	2,5-4,2	3,3	2,3-4,1	3,3	1,9-3,9	2,6	1,7-3,7	2,1	1,2-3,5	1,5	0-2,5	0,9	0-1,6
Altitude (m)	1,3	0,7-1,4	3,2	2,7-3,6	2,8	2,7-3,0	3,5	2,8-4,1	4,0	1,5-4,6	4,4	2,9-5,1	3,7	3,3-4,0
Matière organique (%)	1,1	0,6-3,9	3,4	2,1-5,7	3,7	1,1-13,1	1,1	0,4-3,3	6,9	1,4-15,9	7,8	4,4-13,6	6,4	4,1-8,3
Sables grossiers (%)	5,7	0,5-23,4	0,7	0,3-1,9	5,8	0,4-15,0	5,0	0-17,5	1,0	0-17,1	0,3	0-3,1	0,5	0,2-1,3
Sables moyens (%)	9,5	1,3-24,6	1,7	0,4-5,7	24,9	0,5-60,5	20,9	0,2-56,3	1,9	0-11,3	0,5	0-11,2	0,4	0,3-0,6
Sables fins (%)	80,4	60,7-94,5	56,2	35,8-72,5	29,0	1,6-60,0	70,5	39,0-97,8	12,6	0,3-55,3	1,9	0,1-14,9	1,1	0,6-1,4
Vases (%)	3,3	0,4-8,0	40,7	24,3-58,5	39,7	14,8-96,6	3,4	0,5-12,5	83,8	40,9-99,4	97,1	70,2-99,9	97,3	94,8-98,4
Salinité moyenne	32,8	32,2-33,3	31,2	25,7-33,6	31,2	25,7-33,6	30,7	25,7-33,6	24,3	13,3-30,4	18,8	3,5-24,5		
Salinité minimale	28,7	27,4-29,9	24,9	4,3-31,8	24,8	4,34-31,8	24,1	4,3-31,8	16,1	4,8-24,9	5,8	0-10,5		
Salinité maximale	34,6	34,1-35,0	34,4	32,5-35,4	34,5	32,5-35,5	33,7	32,0-35,0	30,2	18,2-34,5	28,2	14,8-33,2		Données non disponibles domaine oligohalin
Amplitude de salinité	5,8	4,7-6,7	9,5	2,80-28,2	9,7	2,8-28,2	9,6	2,8-28,1	14,1	7,1-22,7	22,4	14,6-27,6		
Habitats EUNIS 2012	A2.23	A2.61	A2.24/A2.42/A2.31	A2.23	A2.31	A2.31/A2.32	A2.32							
Habitats EUNIS 2022	MA5-24	MA5-22/MA6-23	MA5-25/MA4-233/MA6-225	MA5-24	MA6-223	MA6-225/MA6-227	MA6-227							

## Descriptions des assemblages biosédimentaire (Tableau 12)

### Communauté des sables fins marins (SFM - Figure 6)

C'est une communauté des sables fins du médio-littoral inférieur en zone euhaline soumise à des épisodes de dessalures modérées en période hivernale présentant de brefs passages en polyhalin (minimum 27 en mars 2020). Les sédiments y sont peu ou pas envasés, et présentent une fraction de sables moyens qui peut représenter 25%. Les taux de matière organique y sont faibles, souvent inférieurs à 1%. Le cortège d'espèces comprend 23 espèces en moyenne avec un maximum à 34 (H2, 2016) et la diversité H' peut être localement élevée (>4). Le cortège est structuré par les petits arthropodes (Amphipodes et Cumacés), et les mollusques, en particulier *Donax vittatus* qui signale des zones de déferlement des vagues.

- *Habitat physico-chimique* : sables fin marin (SFM), cf. section « Caractérisation des environnements physico-chimiques ».

- *Typologie EUNIS (Gayet et al., 2018)* :

**A2.23 : Estrans de sable fin dominés par des amphipodes ou des polychètes**

- *Typologie EUNIS 2022* :

**MA5-24 - Sable fin médiolittoral dominé par les polychètes/amphipodes en Atlantique**

- *Typologie des Habitats marins benthiques d'Atlantique (Michez et al., 2019)* :

**A5-3 : Sables fins médiolittoraux**

**A5-2 : Sables médiolittoraux mobiles**

A5-2.1.3.1 : Sables médiolittoraux mobiles à *Donax vittatus* et *Donax trunculus* (pas de correspondance EUNIS).



Figure 6 : localisation des stations des sables fins marins (SFM) (fond de carte © OpenStreetMap CC-BY-SA).

## Communauté des herbiers à *Zostera noltei* (HZN - Figure 7)

Cette communauté occupe des sables fins envasés du médiolittoral moyen, colonisés par *Zostera noltei*. Les taux d'envasement varient de 24 à 60% et les taux de matière organique sont moyens à environ 3,5%, mais peuvent approcher les 6%. Les domaines de salinités sont très variables : alors que l'herbier de Lilleau des Niges (Fier2) demeure en domaine euhalin (salinités > 30) la majeure partie de l'année, l'herbier de Bonne Anse subit régulièrement des périodes de salinités inférieures à 5 et de longues périodes en domaine méso-halin. La forte variabilité des paramètres physico-chimiques explique probablement l'hétérogénéité des cortèges d'espèces hébergées. En effet, les espèces dominantes et structurantes, sans compter *Peringia ulvae* qui peut être très abondante (> 30000 ind./m<sup>2</sup>), sont des espèces estuariennes (*Abra tenuis*, *Scrobicularia plana*, *Cyathura carinata*, les Dolichopodidae) vivant avec des espèces plus marines (*Cerastoderma edule*) ou des espèces supportant très bien les fortes variations de salinités (*Grandidierella japonica*, *Idotea chelipes*, *Haminoea hydatis*). Cette communauté est qualifiée de riche, car les stations présentent en moyenne 29 espèces, de nombreux individus (> 2000 ind./m<sup>2</sup> en moyenne) et un indice de diversité H' pouvant dépasser 4.

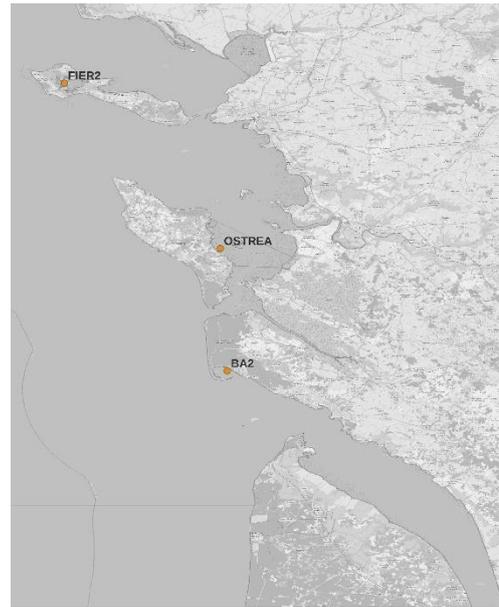


Figure 7 : localisation des stations d'herbiers à *Zostera noltei* (HZN) (fond de carte © OpenStreetMap CC-BY-SA).

- *Habitat physico-chimiques* : Herbiers à *Zostera noltei* (HZN) cf. section « Caractérisation des environnements physico-chimiques ».

- *Typologie EUNIS (Gayet et al., 2018)* :

### **A2.61 Herbiers de phanérogames marines sur sédiments intertidaux**

A2.6111 : Herbiers de *Zostera noltei* (anciennement *Zostera noltii*) des sables vaseux intertidaux.

- *Typologie EUNIS 2022* :

### **MA5-22 - Herbiers de phanérogames marines sur sable médiolittoral en Atlantique**

### **MA6-23 - Herbiers de phanérogames marines sur vase du médiolittoral en Atlantique**

- *Typologie des Habitats marins benthiques d'Atlantique (Michez et al., 2019)* :

### **A5-6 - Herbiers à *Zostera noltei* sur sables médiolittoraux**

A5-6.1 : Herbiers à *Zostera noltei* sur sables médiolittoraux en condition euhaline

A5-6.2 : Herbiers à *Zostera noltei* sur sables médiolittoraux en milieu à salinité variable

## Communauté mixte de sédiments vaseux plus ou moins hétérogènes riches en espèces (CMH - Figure 8)

La communauté de ce groupe de stations est très variable en lien avec la diversité des faciès sédimentaires présents. Les sédiments peuvent être qualifiés de sédiments très envasés à Bonne Anse, de sables fins envasés dans le Fier d'Ars, et de sédiments hétérogène envasés sur l'île d'Oléron. La nature des cortèges faunistiques est influencée par la proximité d'herbiers à zostère naine. Ils sont à proximité des stations HZN de Bonne Anse, île d'Oléron et Fier d'Ars et les habitats y sont comparables en termes de granulométrie et de salinité, mais sans herbiers (des pieds de zostères ont pu être ponctuellement observés). Les taux de matière organique sont très variables et peuvent dépasser 13% dans les vases franches de Bonne Anse. De nouveau il s'agit d'une communauté globalement riche et diversifiée, comparable à celle des herbiers, avec une trentaine d'espèces en moyenne par station, des densités moyennes importantes (> 2000 ind./m<sup>2</sup> sans compter les hydrobiees qui peuvent également y atteindre de fortes densités > 10000 ind./m<sup>2</sup>) et des valeurs de l'indice de Shannon-Weaver pouvant atteindre 4. Les espèces structurantes de cet assemblage sont les bivalves *Abra tenuis* et *Cerastoderma edule*, l'amphipode *Grandidierella japonica*, et des annélides typiques des sédiments enrichis en matière organiques (les oligochètes et *Heteromastus filiformis*). La palourde japonaise *Ruditapes philippinarum* est également bien représentée.



Figure 8 : localisation des stations des sédiments vaseux plus ou moins hétérogènes riches en espèces (CMH) (fond de carte © OpenStreetMap CC-BY-SA).

- *Habitats physico-chimiques* : sables à coques (SAC), vases poly-euhalines (VPE), vases mésopolyhalines (VMP) cf. section « Caractérisation des environnements physico-chimiques ».

- *Typologie EUNIS (Gayet et al., 2018)* :

**A2.24 : Estrans de sable vaseux dominés par des polychètes ou des bivalves (Fier1)**

**A2.42 : Estrans de sédiments hétérogènes riches en espèces (Bellevue)**

A2.421 : Cirratulidés et *Cerastoderma edule* dans des sédiments hétérogènes intertidaux

**A2.31 : Estrans vaseux de la partie moyenne des estuaires dominés par des polychètes ou des bivalves (BA3)**

A2.313 : *Hediste diversicolor*, *Macoma balthica* et *Scrobicularia plana* dans du sable vaseux intertidal

- *Typologie EUNIS 2022* :

**MA5-25 : Sable vaseux médiolittoral dominé par des polychètes ou des bivalves en Atlantique (Fier1)**

**MA4-233 : Cirratulides et *Cerastoderma edule* dans les sédiments hétérogènes du médiolittoral en Atlantique (Bellevue)**

**MA6-225 : *Hediste diversicolor*, *Limecola balthica* et *Scrobicularia plana* dans du sable vaseux médiolittoral en Atlantique (BA3)**

- *Typologie des Habitats marins benthiques d'Atlantique (Michez et al., 2019)* :

**A5-4 : Sables fins envasés médiolittoraux (Fier1)**

#### A4-2.2 : Sédiments hétérogènes envasés médiolittoraux à forte diversité spécifique (Bellevue)

#### A6-3.1.1 : Vases médiolittorales en milieu à salinité variable dominées par les polychètes/bivalves (BA3)

##### Remarque au sujet des assemblages HZN et CMH

Une des espèces structurantes des cortèges des assemblages HZN et CMH, *Grandiderella japonica*, est une espèce non indigène (ENI). Il s'agit d'un crustacé amphipode originaire du Japon, détecté pour la première fois en Europe au Royaume Uni à la fin des années 1990 (Smith *et al.* 1999) et dans les pertuis Charentais en 2009 (Bellevue, île d'Oléron ; Jourde *et al.* 2013). Ces résultats indiquent qu'en une décennie, cette espèce s'est répandue au point de devenir une espèce structurante des herbiers et des habitats adjacents.

#### Communauté des sables à coques (CSC - Figure 9)

Il s'agit d'un assemblage occupant la partie moyenne du médio-littoral, sur des sédiments sableux peu envasés (maximum 12,5 %) principalement constitués de sables fins mais la fraction de sables moyens peut être localement importante (jusqu'à près de 60% sur Fier3). Les taux de matière organique sont généralement faibles (1% en moyenne). Les domaines de salinités sont contrastés (comme pour CMH et HZN). Bien que la salinité moyenne soit dans la gamme euhaline (> 30) la station de Bonne Anse connaît de fortes variations au cours de l'année (de 4,3 à 32). La station B dans la baie d'Yves est en situation intermédiaire entre Bonne Anse et le Fier d'Ars pour les salinités. Le cortège d'espèce de cet assemblage est dominé par des espèces des sables propres, en particulier les amphipodes *Bathyporeia sarsi*, *Siphonocetes sabatieri* (qui occupe les coquilles vides d'hydrobies), *Urothoe poseidonis* et *Corophium arenarium*, l'annélide polychète *Scoloplos armiger*. Les bivalves *Cerastoderma edule* et *Macoma balthica*, ainsi que l'annélide polychète *Nephtys hombergii* et les crustacés isopodes *Lekanesphaera levii* sont des espèces plus généralistes en termes d'envasement. Les hydrobies peuvent être ponctuellement abondantes (> 7000 ind./m<sup>2</sup>). Le cortège d'espèce est relativement riche (21 espèces en moyenne) et comparable au cortège des sables fins marins SFM mais présente un indice de diversité Shannon-Weaver moyen moins élevée (2,6). Cela peut être lié à la dominance de certaines espèces (hydrobies exclues), comme la coque *Cerastoderma edule* pouvant atteindre des densités approchant 1500 ind./m<sup>2</sup> dans le Fier d'Ars et Bonne Anse.

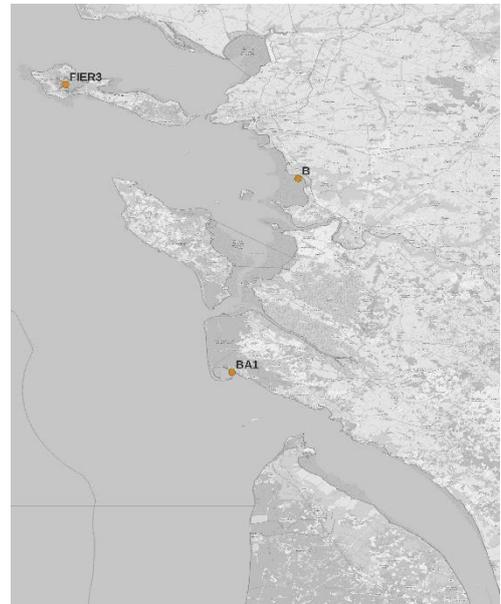


Figure 9 : : localisation des stations des sables à coques (CSC) (fond de carte © OpenStreetMap CC-BY-SA).

- *Habitats physico-chimiques* : sables à coques (SAC) cf. section « Caractérisation des environnements physico-chimiques ».

- *Typologie EUNIS* (Gayet *et al.*, 2018) :

## **A2.23 : Estrans de sable fin dominés par des amphipodes ou des polychètes**

- Typologie EUNIS 2022 :

### **MA5-24 - Sable fin médiolittoral dominé par les polychètes/amphipodes en Atlantique**

- Typologie des Habitats marins benthiques d'Atlantique (Michez et al., 2019) :

#### **A5-3 : Sables fins médiolittoraux**

A5-3.2 : Sables fins médiolittoraux à polychètes et *Macomangulus tenuis* ( ?)

## Communauté des vases plus ou moins sableuses de l'embouchure des estuaires (CVSEE - Figure 10)

Cette communauté occupe les sédiments vaseux estuariens des niveaux moyens à hauts du médiolittoral des embouchures de la Sèvre Niortaise, de la Charente, de la Seudre et de la Gironde. Les fractions sableuses peuvent être importantes (jusqu'à 55 % sur la station A en baie d'Yves). La quantité de matière organique est généralement importante, 7 % en moyenne, voire très importante (> 15%). La salinité moyenne se situe à 24,3 (polyhalin) mais les variations peuvent être très importantes (4,8-34,5), particulièrement en période hivernales et printanières. La richesse moyenne de ces stations est de 12 taxons et la diversité moyenne H' de 2,1. Les cortèges d'espèces sont dominés par les bivalves *Scrobicularia plana*, *Macoma balthica*, *Abra tenuis*, *Cerastoderma edule* et *Ruditapes philippinarum*, et les annélides polychètes *Nephtys hombergii*, *Hediste diversicolor* et *Alitta succinea* (cette dernière signale souvent la proximité des installations conchylicoles). Les espèces structurantes de cet assemblage sont *Macoma balthica* et *Nephtys hombergii*. Les hydrobiees peuvent atteindre des densités très importantes (20000 ind./m<sup>2</sup>).

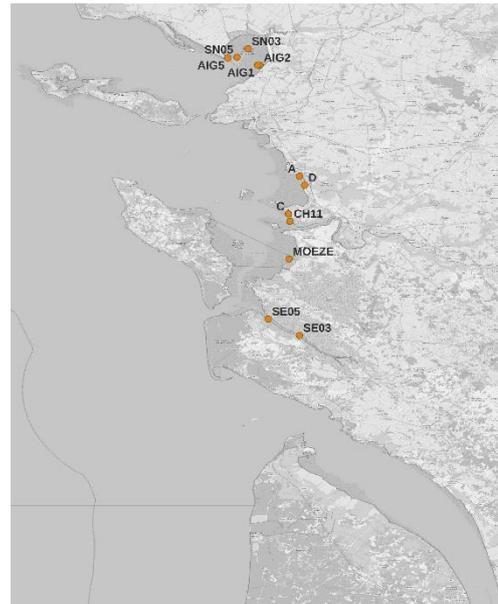


Figure 10 : localisation des stations des vases plus ou moins sableuse de l'embouchure des estuaires (CVSEE) (fond de carte © OpenStreetMap CC-BY-SA).

- Habitats physico-chimiques : vases poly-euhalines (VPE), vases méso-polyhalines (VMP) cf. section « Caractérisation des environnements physico-chimiques ».

- Typologie EUNIS (Gayet et al., 2018) :

### **A2.31 : Estrans vaseux de la partie moyenne des estuaires dominés par des polychètes ou des bivalves.**

- Typologie EUNIS 2022 :

### **MA6-225 : Hediste diversicolor, Limecola balthica et Scrobicularia plana dans du sable vaseux médiolittoral en Atlantique**

- Typologie des Habitats marins benthiques d'Atlantique (Michez et al., 2019) :

#### **A6-3.1.1 : Vases médiolittorales en milieu à salinité variable dominées par les polychètes/bivalves**

## Communauté des vases estuariennes (CVE - Figure 11)

Cette communauté occupe les vases franches (> 95%) des niveaux moyens à supérieurs des berges des fleuves en secteur mésohalin (salinité moyenne : 18,8). Cependant, les variations de salinité peuvent être encore plus importantes qu'au niveau des embouchures. Les taux de sables fins peuvent atteindre 15 % et les sables moyens dépasser 10 %. Le cortège d'espèce est relativement peu diversifié avec une richesse spécifique maximale de 12 espèces et une diversité moyenne  $H'$  de 1,5 (sans les hydrobies). Les densités sont bien moins élevées que dans les embouchures (< 400 ind./m<sup>2</sup>, sans les hydrobies dont les densités peuvent tout de même dépasser les 5000 ind./m<sup>2</sup>). Le cortège est structuré par *Scrobicularia plana* et *Hediste diversicolor*, espèces emblématiques de la slikke moyenne et haute des estrans estuariens.

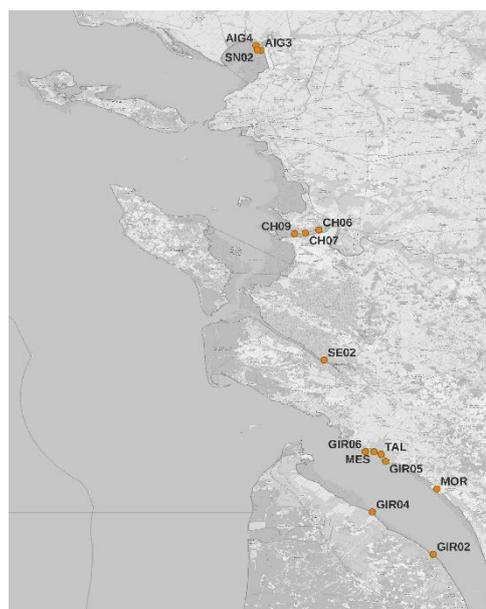


Figure 11 : localisation des stations des vases estuariennes (CVE) (fond de carte © OpenStreetMap CC-BY-SA).

Certaines espèces des assemblages en aval (Communauté des vases plus ou moins sableuses de l'embouchure des estuaires CVSEE) et en amont (Communauté des vases oligo-mésohalines CVOM) sont aussi bien représentées (*Macoma balthica*, *Nephtys hombergii* et Oligochètes, *Corophium volutator*, *Cyathura carinata* ; respectivement).

- *Habitats physico-chimiques* : vases méso-polyhalines (VMP), vases oligo-mésohalines (VOM) cf. section « Caractérisation des environnements physico-chimiques ».

- *Typologie EUNIS (Gayet et al., 2018)* :

**A2.31 : Estrans vaseux de la partie moyenne des estuaires dominés par des polychètes ou des bivalves : TAL, MES, GIR05, GIR06, CH09, GIR04, MOR.** SE02 est difficile à classer mais pourrait être considéré dans cette habitat. Les stations AIG3, AIG4, CH07 et GIR02 sont un mixe entre A2.31 et A2.32 :

**A2.32 : Estrans vaseux en amont des estuaires dominés par des polychètes ou des oligochètes-**  
*Typologie EUNIS 2022 :*

**MA6-225 : *Hediste diversicolor*, *Limecola balthica* et *Scrobicularia plana* dans du sable vaseux médiolittoral en Atlantique**

**MA6-227 : *Hediste diversicolor* dans de la vase médiolittorale en Atlantique**

- *Typologie des Habitats marins benthiques d'Atlantique (Michez et al., 2019)* :

**A6-3.1.1 : Vases médiolittorales en milieu à salinité variable dominées par les polychètes/bivalves**

**A6-3.1.2 : Vases médiolittorales en milieu à salinité variable dominées par les polychètes/oligochètes**

## Communauté des vases oligo-mésahalines (CVOM - Figure 12)

Il s'agit de la communauté occupant les vases franches du secteur de transition oligo-méso-halin des estuaires. La quantité de sable ne dépasse jamais 5%, les taux de matière organique sont moyens à élevés mais n'atteignent pas les valeurs des sédiments estuariens plus en aval (8.3 % au maximum). Le cortège spécifique est très appauvri et présente les richesses, densités et diversités les plus faibles de l'étude avec en moyenne 3 espèces, 100 ind./m<sup>2</sup> et une diversité H' à 0,9. L'hétérogénéité des cortèges observés est telle qu'il n'y a pas d'espèce structurante de cette communauté dominée par les oligochètes et l'amphipode *Corophium volutator*. Le point commun de ces stations est leur positionnement dans l'estuaire et la pauvreté des cortèges faunistiques.

- *Habitats physico-chimiques* : vases oligo-mésahalines (VOM) cf. section « Caractérisation des environnements physico-chimiques ».

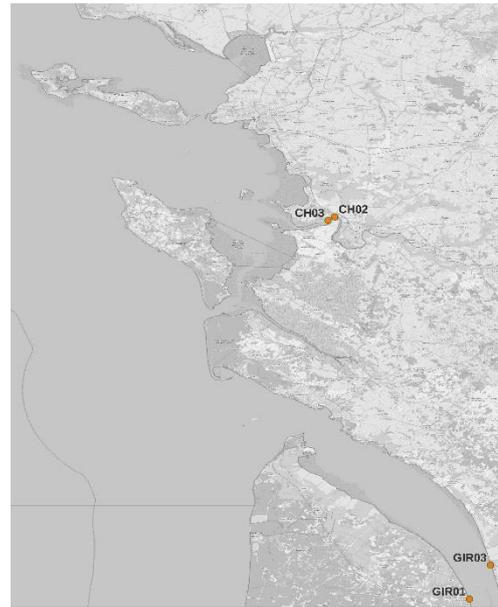


Figure 12 : localisation des stations des vases oligo-mésahalines (CVOM) (fond de carte © OpenStreetMap CC-BY-SA).

- *Typologie EUNIS (Gayet et al., 2018)* :

**A2.32 : Estrans vaseux en amont des estuaires dominés par des polychètes ou des oligochètes**

- *Typologie EUNIS 2022* :

**MA6-227 : *Hediste diversicolor* dans de la vase médiolittorale en Atlantique**

- *Typologie des Habitats marins benthiques d'Atlantique (Michez et al., 2019)* :

**A6-3.1.2 : Vases médiolittorales en milieu à salinité variable dominées par les polychètes/oligochètes**

## Evolution des structures de communautés de macrofaune benthique entre 2014 et 2021 en lien avec les facteurs environnementaux à l'échelle du Parc

L'évolution des cortèges de taxons des stations au cours du temps (Figure 13) a été obtenue à partir de l'ACP réalisées sur les abondances moyennes par station et par année (Figure 5) à laquelle ont été ajoutées les trajectoires entre 2014 et 2021.

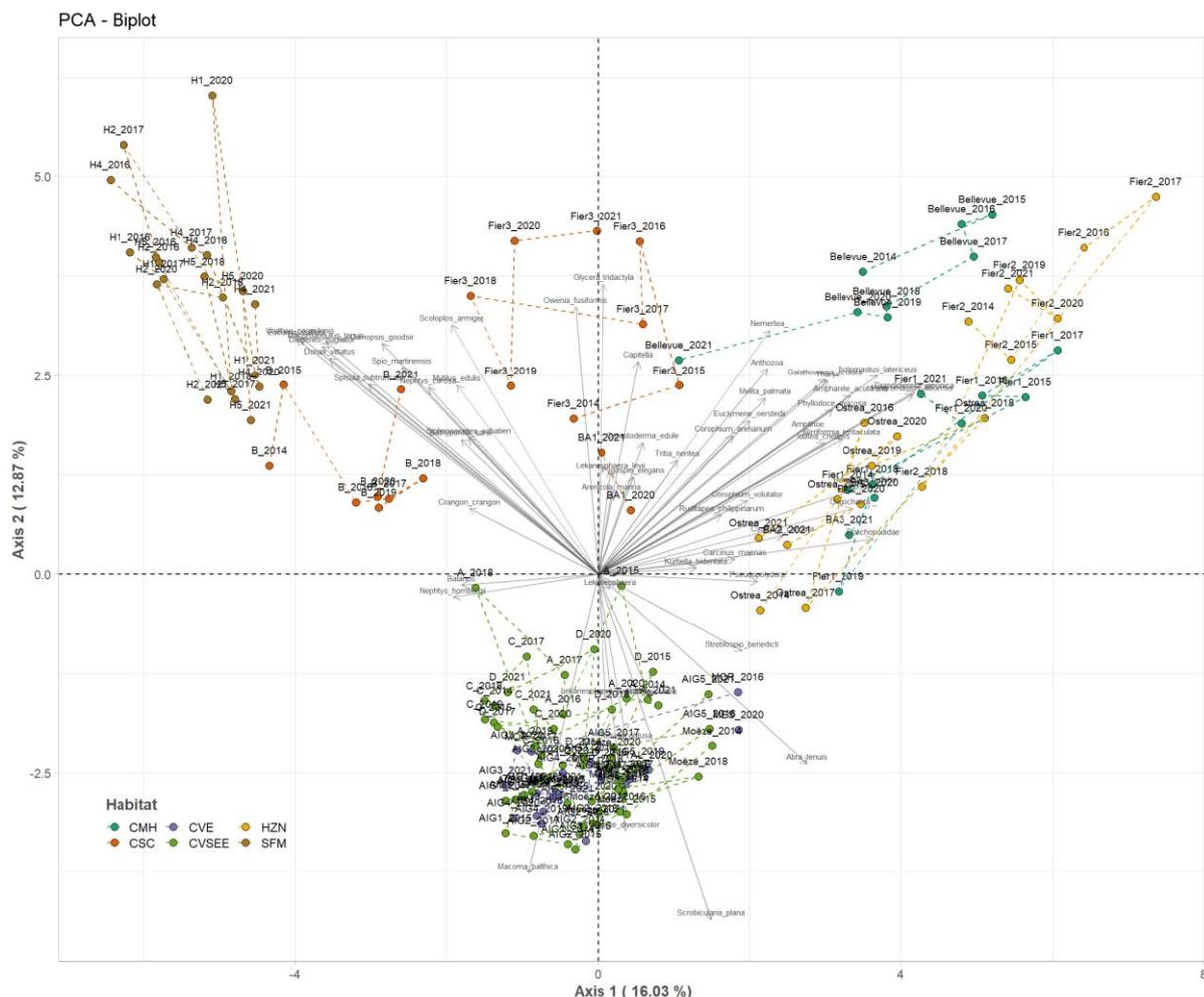


Figure 13 : Trajectoires temporelle des cortèges de taxons obtenues à partir de l'ACP réalisée sur les abondances des stations à partir des données des sous-stations (triplicats poolés) sur la période d'étude. Le nombre de taxons retenu pour l'analyse est 57 (taxons présents dans plus de 5% des triplicats échantillonnés sur la période 2014-2021, hydrobies exclues).

Afin d'identifier les variables abiotiques explicatives de la répartition des structures de communautés obtenues par l'ACP, les coordonnées de chaque couple station/année sur les 5 premières composantes (axes), expliquant au total 45% de la variance observée (Tableau 10) ont été extraites et corrélées (Pearson) aux différentes valeurs des paramètres environnementaux (Annexe 3). Les données des stations Sables fin marins SFM (RNN Belle Henriette) acquises en 2021 apparaissent sur la Figure 13 mais n'ont pas été intégrées à l'analyse de corrélation car les données semblaient peu fiables (i.e. dégradation des taxons en lien avec la mauvaise conservation des échantillons cf. Matériel et méthodes – Echantillons infructueux).

A l'échelle de l'étude, la composante 1 est principalement corrélée à la présence d'herbiers et, dans une moindre mesure, aux températures maximales des eaux de surface, généralement observées au

troisième trimestre (Tableau 13). Ces facteurs expliquent donc principalement la variabilité des cortèges le long de l'axe 1 (horizontal) de l'ACP. L'altitude des stations ainsi que les variations de salinités, les taux de sables fins et de vases sont également corrélés avec cette composante mais de manière moins importante.

La composante 2 est surtout très corrélée à l'altitude des stations, aux variables de températures et de salinités des eaux de surface ainsi qu'aux paramètres sédimentaires. Il s'agit de la composante qui reflète le plus la variabilité des cortèges le long des gradients existants entre le milieu marin ouvert et les estuaires. Les composantes suivantes (3, 4 et 5) présentent leurs plus fortes corrélations avec les paramètres sédimentaires notamment les sables moyens (comp. 3 et 5), les sables fins (comp. 4) et les amplitudes de salinités (comp. 5).

Bien que cette analyse permette d'expliquer la variabilité des cortèges faunistique entre les stations et années selon certains facteurs environnementaux, seulement 45 % de cette variabilité est appréhendée. Cela suggère donc que d'autres facteurs, non pris en compte, structurent les communautés benthiques à l'échelle du Parc.

Tableau 13 : coefficients de corrélation de Pearson et leur significativité calculés sur les valeurs normalisées des variables environnementales pour toutes les stations LPO/RNN et PNMEGMP/CNRS-LIENSs entre 2014 et 2021 ( $r > 0$  : vert,  $r < 0$  : rouge ; seuils de significativité : \*0.05, \*\*0.01, \*\*\*0.001 ; seules les corrélations significatives sont présentées).

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5
HZN	$r=0.52$ *** ( $p=0.000$ )	$r=0.27$ *** ( $p=0.001$ )		$r=-0.24$ ** ( $p=0.003$ )	$r=-0.19$ * ( $p=0.022$ )
Altitude	$r=0.19$ * ( $p=0.018$ )	$r=-0.80$ *** ( $p=0.000$ )	$r=0.18$ * ( $p=0.024$ )		
T_min		$r=0.34$ *** ( $p=0.000$ )			
T_max	$r=-0.32$ *** ( $p=0.000$ )	$r=-0.66$ *** ( $p=0.000$ )		$r=0.17$ * ( $p=0.035$ )	
T_var	$r=-0.23$ ** ( $p=0.004$ )	$r=-0.72$ *** ( $p=0.000$ )			
T_ampl	$r=-0.18$ * ( $p=0.026$ )	$r=-0.73$ *** ( $p=0.000$ )			
T_T1		$r=0.58$ *** ( $p=0.000$ )			
T_T2	$r=-0.26$ ** ( $p=0.002$ )	$r=-0.41$ *** ( $p=0.000$ )		$r=0.18$ * ( $p=0.028$ )	
T_T3	$r=-0.31$ *** ( $p=0.000$ )	$r=-0.29$ *** ( $p=0.000$ )		$r=0.18$ * ( $p=0.026$ )	
T_moy	$r=-0.22$ ** ( $p=0.008$ )				
Sal_min		$r=0.71$ *** ( $p=0.000$ )			$r=0.20$ * ( $p=0.016$ )
Sal_max		$r=0.52$ *** ( $p=0.000$ )			
Sal_var		$r=-0.62$ *** ( $p=0.000$ )	$r=-0.18$ * ( $p=0.029$ )		$r=-0.19$ * ( $p=0.020$ )
Sal_ampl		$r=-0.63$ *** ( $p=0.000$ )			$r=-0.27$ *** ( $p=0.001$ )
Sal_T1		$r=0.75$ *** ( $p=0.000$ )			
Sal_T2		$r=0.66$ *** ( $p=0.000$ )			
Sal_T3		$r=0.51$ *** ( $p=0.000$ )			
Sal_moy		$r=0.68$ *** ( $p=0.000$ )			
D_CH_Sept			$r=0.18$ * ( $p=0.031$ )		
%MO		$r=-0.72$ *** ( $p=0.000$ )	$r=-0.19$ * ( $p=0.017$ )	$r=0.24$ ** ( $p=0.003$ )	
Sables grossiers		$r=0.50$ *** ( $p=0.000$ )	$r=0.17$ * ( $p=0.033$ )	$r=0.23$ ** ( $p=0.004$ )	$r=-0.25$ ** ( $p=0.002$ )
Sables moyens		$r=0.51$ *** ( $p=0.000$ )	$r=0.33$ *** ( $p=0.000$ )	$r=0.24$ ** ( $p=0.004$ )	$r=-0.37$ *** ( $p=0.000$ )
Sables fins	$r=-0.25$ ** ( $p=0.002$ )	$r=0.75$ *** ( $p=0.000$ )		$r=-0.37$ *** ( $p=0.000$ )	$r=0.22$ ** ( $p=0.007$ )
Vases	$r=0.16$ * ( $p=0.045$ )	$r=-0.89$ *** ( $p=0.000$ )	$r=-0.19$ * ( $p=0.023$ )	$r=0.19$ * ( $p=0.021$ )	

Les principales espèces contribuant aux différences de cortèges le long de la composante 1 (axe 1, horizontal) (Tableau 14 ; Tableau 15) sont des espèces plutôt marines, sensibles au niveau tidal, aux variations de salinité et de température des eaux de surface. Ces espèces contribuent à distinguer deux types de cortèges : celui des stations localisées en bas d'estran de sables fins propres (stations H de la Casse de la Belle Henriette ; à gauche de l'ACP ; groupe 1) et celui des stations constituées d'espèces occupant principalement, voire exclusivement les herbiers de *Zostera noltei* (à droite de l'ACP ; groupe 2).

La composante 2 (Tableau 15), s'articule autour de trois groupes d'espèces. Le premier groupe concerne des espèces estuariennes (groupe 3), occupant principalement les vases riches en matière organique des hauts niveaux topographiques en zone de transition, où les températures et les salinités des eaux de surfaces sont les plus variables mais où les salinités sont les moins élevées et les

températures les plus importantes. Le seconde groupe concerne des espèces d'affinité marine occupant des sédiments majoritairement composés de sables moyens mais supportant des envasements compris entre 15 et 40%, en limite entre le médiolittoral et l'infralittoral (groupe 4). Le troisième groupe concerne des espèces des sables fins des bas niveaux, présentant généralement de très faibles envasements mais certaines espèces tolère jusqu'à 10% de vases (groupe 5).

La composante 3 (Tableau 15) s'organise autour d'espèces présentant des affinités différentes aux sables moyens et grossiers. D'un côté, des espèces enregistrées dans ce type de sédiments, de préférence pas trop envasé (groupe 6). Ces espèces sont moins sensibles voire indifférente vis-à-vis des variations de salinité par rapport aux espèces typiquement marines occupant les bas niveaux des secteurs euhalins qui contribuent plus fortement aux composantes 1 et 2. Le seconde groupe rassemble des espèces occupant des sables fins peu ou pas envasés à salinité généralement peu variable (groupe 7). Un troisième groupe est également identifié. Il s'agit d'espèces occupant plutôt des vases estuariennes peu ou pas ensablées à salinité variable (groupe 8).

Tableau 14 : présentation des 15 espèces principales contributrices de chacune des 5 premières composantes de l'ACP (Figure 13), la valeur de la contribution de chaque espèce (%) et de la contribution totale des 15 espèces à chaque composante (Total ; %).

comp.1		comp.2		comp.3		comp.4		comp.5	
	%		%		%		%		%
<i>Grandidierella japonica</i>	5,22	<i>Scrobicularia plana</i>	7,05	<i>Cerastoderma edule</i>	13,59	<i>Arenicola marina</i>	10,36	<i>Nephtys hombergii</i>	12,39
<i>Heteromastus filiformis</i>	5,14	<i>Macoma balthica</i>	5,26	<i>Tritia neritea</i>	9,44	<i>Balanus</i>	7,9	<i>Cirriformia tentaculata</i>	9,68
<i>Eocuma dollfusi</i>	4,75	<i>Glycera tridactyla</i>	4,96	<i>Lekanesphaera levii</i>	9,38	<i>Bathyporeia sarsi</i>	7,79	<i>Retusa obtusa</i>	8,88
<i>Urothoe poseidonis</i>	4,63	<i>Owenia fusiformis</i>	4,21	<i>Ruditapes philippinarum</i>	7,39	<i>Owenia fusiformis</i>	6,52	<i>Phyllodoce mucosa</i>	6,83
<i>Notomastus latericeus</i>	4,07	<i>Hediste diversicolor</i>	3,89	<i>Bathyporeia sarsi</i>	6,78	<i>Euclymene oerstedii</i>	6,51	<i>Balanus</i>	5,81
<i>Diogenes pugilator</i>	3,98	<i>Scoloplos armiger</i>	3,66	<i>Diogenes pugilator</i>	4	<i>Ruditapes philippinarum</i>	6,05	<i>Macoma balthica</i>	5,58
<i>Dolichopodidae</i>	3,96	<i>Nemertea</i>	3,51	<i>Donax vittatus</i>	3,73	<i>Tharyx spp</i>	4,69	<i>Tharyx spp</i>	5,28
<i>Macomangulus tenuis</i>	3,85	<i>Urothoe poseidonis</i>	3,31	<i>Nephtys hombergii</i>	3,3	<i>Retusa obtusa</i>	4,23	<i>Alitta succinea</i>	4,53
<i>Donax vittatus</i>	3,77	<i>Eocuma dollfusi</i>	3,27	<i>Macoma balthica</i>	3,1	<i>Cyathura carinata</i>	2,85	<i>Pseudopolydora spp</i>	4,17
<i>Haminoea hydatis</i>	3,7	<i>Macomangulus tenuis</i>	3,18	<i>Cyathura carinata</i>	2,84	<i>Pseudopolydora spp</i>	2,81	<i>Amphithoe spp</i>	3,85
<i>Oligochaeta</i>	3,39	<i>Cumopsis goodsir</i>	3,14	<i>Spisula subtruncata</i>	2,77	<i>Galathowenia oculata</i>	2,79	<i>Ampharete acutifrons</i>	3,83
<i>Ampharete acutifrons</i>	3,33	<i>Diogenes pugilator</i>	3,06	<i>Hediste diversicolor</i>	2,61	<i>Macoma balthica</i>	2,71	<i>Kurtiella bidentata</i>	3,79
<i>Cirriformia tentaculata</i>	3,1	<i>Donax vittatus</i>	2,75	<i>Cirriformia tentaculata</i>	2,48	<i>Spio martinensis</i>	2,64	<i>Hediste diversicolor</i>	3,54
<i>Phyllodoce mucosa</i>	2,85	<i>Capitella spp</i>	2,67	<i>Abra tenuis</i>	2,42	<i>Dolichopodidae</i>	2,42	<i>Euclymene oerstedii</i>	3,51
<i>Spisula subtruncata</i>	2,74	<i>Spio martinensis</i>	2,52	<i>Arenicola marina</i>	2,04	<i>Spisula subtruncata</i>	2,39	<i>Anthozoa</i>	2,38
<b>Total</b>	<b>58,48</b>	<b>Total</b>	<b>56,4</b>	<b>Total</b>	<b>75,87</b>	<b>Total</b>	<b>72,66</b>	<b>Total</b>	<b>84,05</b>

La composante 4 comprend quatre groupes (Tableau 15) : des espèces plutôt marines, affines des sédiments constitués de sables fin dont l'envasement ne dépasse généralement pas 10-15% (groupe 9), des espèces des sables moyens indifférentes aux variations de température et de salinité des eaux de surface (groupe 10), des espèces occupant les herbiers et les sables fins et supportant des envasements jusqu'à 40% (groupe 11) et enfin des espèces plutôt enregistrées dans des sédiments vaseux présentant peu ou pas de sables (groupe 12). Les balanes se trouvent un peu à part, ils ne présentent pas de préférence sédimentaires, de fait ils sont généralement trouvés fixés sur des mollusques bivalves et gastéropodes, souvent sur *Cerastoderma edule*, *Ruditapes philippinarum* et *Tritia neritea*. Il y a peut-être plusieurs espèces mais la plus courante dans les inventaires OPNL est *Balanus improvisus*, espèce non indigène très courante dans les estuaires.

La composante 5 s'organise autour de trois groupes d'espèces (Tableau 15). Le groupe 13 est constitué d'espèces dont le point commun est d'occuper des secteurs où les températures et salinités varient peu et où les températures de l'eau en été sont les moins élevées. Le groupe 14 comprend des espèces indifférentes vis-à-vis des salinités des eaux de surface et de leur variabilité. Le troisième groupe regroupe des espèces tolérantes à cette variabilité (groupe 15). La plupart des espèces de ces trois groupes sont indifférentes aux niveaux topographiques.

Tableau 15 : groupes d'espèces principales contributrices des 5 premières composantes de l'ACP (les espèces sont ordonnées par ordre de contribution croissante).

comp.1			comp.2			comp.3		
Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5	Groupe 6	Groupe 7	Groupe 8	
<i>Eocuma dollfusi</i>	<i>Grandiierella japonica</i>	<i>Scrobicularia plana</i>	<i>Glycera tridactyla</i>	<i>Urothoe poseidonis</i>	<i>Cerastoderma edule</i>	<i>Bathyporeia sarsi</i>	<i>Nephtys hombergii</i>	
<i>Urothoe poseidonis</i>	<i>Heteromastus filiformis</i>	<i>Macoma balthica</i>	<i>Owenia fusiformis</i>	<i>Eocuma dollfusi</i>	<i>Tritia neritea</i>	<i>Diogenes pugilator</i>	<i>Macoma balthica</i>	
<i>Diogenes pugilator</i>	<i>Notomastus latericeus</i>	<i>Hediste diversicolor</i>	<i>Scoloplos armiger</i>	<i>Macomangulus tenuis</i>	<i>Lekanesphaera levii</i>	<i>Donax vittatus</i>	<i>Hediste diversicolor</i>	
<i>Macomangulus tenuis</i>	Dolichopodidae		<i>Nemertea</i>	<i>Cumopsis goodsir</i>	<i>Ruditapes philippinarum</i>	<i>Cyathura carinata</i>	<i>Abra tenuis</i>	
<i>Donax vittatus</i>	<i>Haminoea hydatis</i>		<i>Capitella spp</i>	<i>Diogenes pugilator</i>		<i>Spisula subtruncata</i>		
<i>Spisula subtruncata</i>	Oligochaeta			<i>Donax vittatus</i>		<i>Cirriformia tentaculata</i>		
	<i>Ampharete acutifrons</i>			<i>Spio martinensis</i>		<i>Arenicola marina</i>		
	<i>Cirriformia tentaculata</i>							
	Phylloce mucosa							
comp.4				comp.5				
Groupe 9	Groupe 10	Groupe 11	Groupe 12	Groupe 13	Groupe 14	Groupe 15		
<i>Arenicola marina</i>	<i>Euclymene oerstedii</i>	<i>Owenia fusiformis</i>	<i>Balanus</i>	<i>Cirriformia tentaculata</i>	<i>Retusa obtusa</i>	<i>Nephtys hombergii</i>		
<i>Bathyporeia sarsi</i>	<i>Ruditapes philippinarum</i>	<i>Cyathura carinata</i>	<i>Retusa obtusa</i>	<i>Phylloce mucosa</i>	<i>Alitta succinea</i>	<i>Balanus</i>		
<i>Spio martinensis</i>	<i>Tharyx spp</i>	<i>Galathowenia oculata</i>	<i>macoma balthica</i>	<i>Tharyx spp</i>	<i>Pseudopolydora spp</i>	<i>Macoma balthica</i>		
<i>Spisula subtruncata</i>	<i>Pseudopolydora spp</i>	Dolichopodidae		<i>Ampithoe spp</i>	<i>Euclymene oerstedii</i>	<i>Hediste diversicolor</i>		
				<i>Ampharete acutifrons</i>				
				<i>Kurtiella bidentata</i>				
				Anthozoa				

A l'échelle des stations incluses dans le périmètre du Parc, il semble que la composition granulométrique des sédiments et notamment les taux d'envasement (et la matière organique associée), semblent donc jouer un rôle fort dans la dispersion des assemblages faunistiques le long de la composante 2 (en complément de la présence des herbiers), de même que les paramètres de température et salinité des eaux de surface et leur variabilité. A priori, il s'agit de variables essentiellement contrôlées par les apports en vases et en eaux douces des fleuves côtiers. Or, aux échelles spatiale et temporelle de l'étude, les débits des fleuves ne semblent pas avoir d'influence sur la répartition des assemblages d'espèces. Seuls les débits de la Charente en septembre sont corrélés avec la répartition des stations le long de la composante 3. Cependant, d'autres facteurs hydrodynamiques pourraient être pris en compte pour préciser l'identification des facteurs structurant les assemblage comme les régimes de houle, de vagues et de courants marins, la morphologie des sites, les évolutions topographiques...

Par ailleurs, il apparait nettement que les assemblages occupant des habitats à dominance sableuse (Sable fin marins SFM, Communautés de sable à coques CSC et Herbiers à zostère naine HZN) sont bien plus variables dans le temps que ceux inféodés aux vases (CVSEE, CVE et CVOM) très regroupées sur les composantes 1 et 2 de l'ACP (i.e. en bas ; Figure 13). Il parait donc important de regarder l'influence des paramètres environnementaux non plus à l'échelle globale mais à l'échelle de chacun des assemblages.

**Remarque :** les effectifs d'hydrobies (*Peringia ulvae*) et leurs fluctuations ne sont pas décrits ni commentés.

# Evolution temporelle de la structure et de l'état écologique des communautés identifiées

## Communauté des sables fins marins (SFM)

Les stations constituant l'assemblage bio-sédimentaire SFM sont exclusivement celle de la RNN de la Casse de la Belle Henriette, H1 et H2 dans la partie Ouest de la RNN, H4 et H5 en partie Est. Il s'agit de stations du médio-littoral-inférieur, proches de l'infra-littoral. Ces stations sont principalement sous influence océanique, cependant l'influence des apports d'eau douce en provenance des fleuves peut intervenir en période de crue : la salinité moyenne de la masse d'eau y est supérieure à 33 tandis que la salinité minimale atteinte en période hivernale peut descendre à 27. Les stations H2 et H5 sont plus basses sur l'estran que H1 et H4, respectivement 1,4m et 1,24m pour les premières contre 0,95m et 0,69m pour les secondes. Sur la période d'étude, les sédiments de ces stations étaient caractérisés par des sables fins propres comportant des fractions moyennes et grossières variables dans l'espace et dans le temps (Figure 14). L'évolution de ces fractions semble avoir suivi deux tendances : H1 et H5 ont vu ces fractions augmenter entre 2016 et 2017, se stabiliser entre 2017 et 2018 puis diminuer entre 2018 et 2020 ; H2 et H4 ont vues ces fractions augmenter entre 2016 et 2020, lentement entre 2016 et 2018 puis de manière importante en 2020 pour H2 (avec une fraction grossière plus importante que la fraction moyenne), graduellement pour H4 (avec une fraction moyenne plus importante que la fraction grossière). Les taux de vases étaient peu élevés, le maximum étant observé pour H1 en 2018 (8 %). Les taux de matière organique y étaient stables, généralement inférieurs à 2% malgré deux exceptions observées en 2020 aux niveaux de H1 et H5 où les taux ont atteint 3-4%.

Les principaux facteurs structurant les assemblages des stations SFM sont la températures des eaux de surface maximales et les amplitudes de salinités. Ces paramètres sont ceux qui sont les mieux corrélés aux composantes de l'ACP, notamment à l'axe 1 (horizontal) (tableau 15, Figure 5). Les valeurs des salinités minimales (hivernales) pourraient également influencer la communauté, de même que les débits fluviaux enregistrés en septembre (en particulier ceux de la Charente) susceptibles d'influencer les températures et salinités des eaux de surface à cette période ainsi que la dynamique sédimentaire. Les débits de la Gironde l'année n-1 pourraient également avoir une influence sur la répartition temporelle des stations SFM le long de la composante 1. Il n'est pas impossible que cet élément puisse en partie conditionner les apports sédimentaires jusqu'au Nord des pertuis charentais au cours de l'année qui suit.

Les communautés benthiques des station SFM varient dans le temps et l'espace en lien avec les abondances : des petits crustacés *Eocuma dollphusi*, *Urothoe poseidonis* et *Diogenes pugilator* ainsi que les mollusques bivalves *Macomangulus tenuis*, *Donax vittatus* et *Spisula subtruncata*.

Les taux de sables moyens et de vases semblent influencer explique en partie les variations de communautés benthiques (corrélation aux composantes 4 et 5 de l'ACP) au sein des station SFM. A l'ouest de la RNN de la Casse de la Belle Henriette, les stations H1 et H2, présente des taux d'envasement plus important et des taux de sables moins élevés, se distinguant des stations H4 et H5. Cela reflète également probablement les évolutions différentes de la couverture sédimentaire à l'Est et à l'Ouest. En 2016 a l'envasement a été important et homogène entre l'Est et l'Ouest de la RNN. Entre 2017 et 2020, la partie Ouest a conservé les taux d'envasement plus importants alors que la partie Est a vu ses taux de vases diminuer et les sables moyens (et grossiers) augmenter (Figure 1, Figure 14).

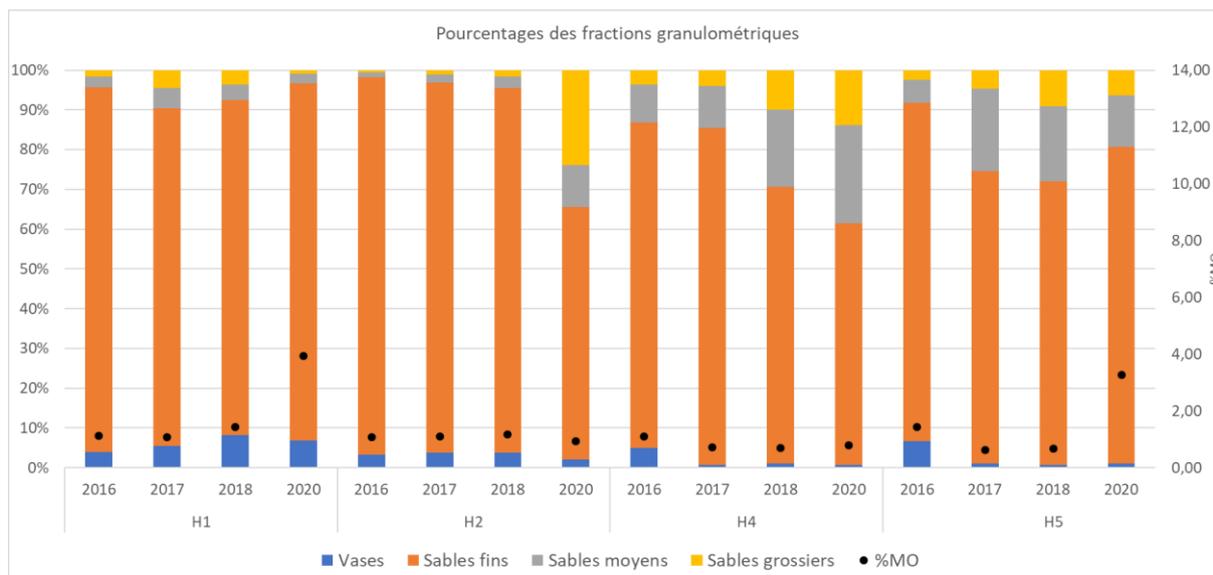


Figure 14 : évolutions des fractions granulométriques des stations des Sables Fins Marins (SFM) sur la période 2016-2020 (pas d'échantillonnage en 2019). % MO : teneur en matière organique.

A l'échelle de SFM, aucune des variables environnementales disponible n'est significativement corrélée avec les composantes 2 et 3. Cela pose problème pour l'interprétation des trajectoires temporelles des stations le long de la composante 2. En effet, il s'agit de la composante le long de laquelle les stations SFM ont le plus fluctué au cours du suivi (Figure 13), sachant qu'à l'échelle globale de l'étude, c'est la composante la plus corrélée avec les paramètres environnementaux disponibles, notamment avec les paramètres sédimentaires (Tableau 16). Cette absence de corrélation significative suggère que les stations SFM ne répondent pas de manière homogène aux variations des paramètres environnementaux et que les réponses des cortèges d'espèces à la variabilité environnementale est plutôt station-spécifique. Pour comprendre l'évolution des cortèges il est donc nécessaire de descendre à l'échelle stationnelle.

Tableau 16 : coefficients de corrélation de Pearson et leur significativité calculés sur les valeurs normalisées des variables environnementales pour les stations du groupe des Sables Fins Marins (SFM) entre 2016 et 2020 ( $r > 0$  : vert,  $r < 0$  : rouge ; seuils : \*0.05, \*\*0.01, \*\*\*0.001 ; seules les relations significatives sont présentées).

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5
T_max	$r=0.66^{**}$ ( $p=0.006$ )				
T_T2	$r=0.51^*$ ( $p=0.044$ )				
Sal_min	$r=-0.59^*$ ( $p=0.015$ )				
Sal_var	$r=0.65^{**}$ ( $p=0.007$ )				
Sal_ampl	$r=0.69^{**}$ ( $p=0.003$ )				
Sal_T1	$r=-0.55^*$ ( $p=0.027$ )				
Sal_T2	$r=-0.56^*$ ( $p=0.024$ )				
Sal_moy	$r=-0.52^*$ ( $p=0.041$ )				
D_n-1_Gir	$r=-0.52^*$ ( $p=0.037$ )				
D_Ch_Sept	$r=0.57^*$ ( $p=0.022$ )				
DC_Sept	$r=0.52^*$ ( $p=0.037$ )				
Sables moyens	$r=0.53^*$ ( $p=0.036$ )			$r=-0.69^{**}$ ( $p=0.003$ )	$r=-0.75^{***}$ ( $p=0.001$ )
Vases				$r=0.68^{**}$ ( $p=0.004$ )	$r=0.74^{**}$ ( $p=0.001$ )

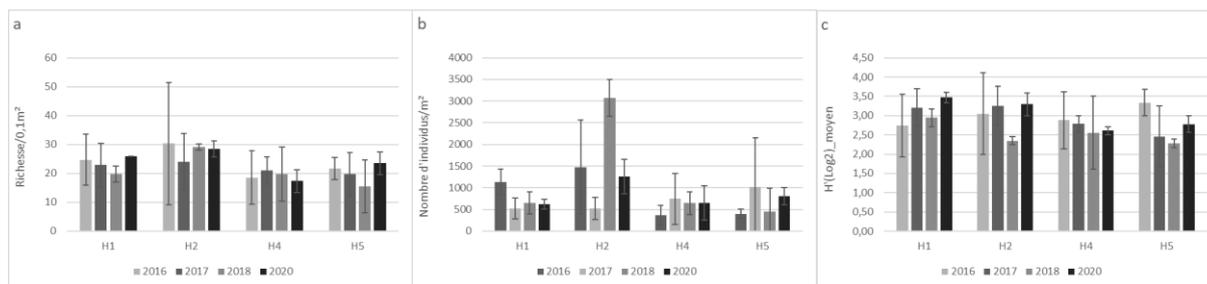


Figure 15 : évolution des valeurs moyennes de richesse spécifique (/0.1m<sup>2</sup>) (a), de densité (ind/m<sup>2</sup>) (b) et de diversité H' (c) des stations des Sables Fins Marins (SFM) au cours de la période 2016-2020.

Les valeurs de référence utilisées pour qualifier l'état écologique « Très bon » au sens du M-AMBI pour la communauté des sables fins marins (SFM) sont : AMBI = 0,34 ; H' = 4,2 ; S = 34.

### Station H1

La diminution de la richesse entre 2016 et 2017 (Figure 15a) est essentiellement liée à la disparition d'espèces du médiolittoral moyen à inférieur plus ou moins sensibles à la variabilité de la salinité occupant préférentiellement des sables très peu ou pas envasés (*Bathyporeia sarsi*, *Cerastoderma edule*, *Glycera tridactyla*, *Scoloplos armiger*, *Spio martinensi*). Cependant, ces espèces présentaient de très petits effectifs. Les plus fortes variations ont eu lieu au niveau des abondances d'espèces caractéristiques de la communauté des sables fins qui ont fortement diminué et qui expliquent les diminutions de la densité moyenne de H1 (Figure 15b) : *Cumopsis goosir*, *Donax vittatus*, *Eocuma dollphusi* et *Urothoe poseidonis*. La diminution des richesses ainsi que des abondances s'est pourtant traduite par une augmentation du M-AMBI (Figure 20). Ce résultat est imputable à l'augmentation, en proportion, des espèces sensibles aux enrichissements en matière organique (I) comparativement aux espèces « indifférentes » (II) (Figure 16) ainsi qu'à l'augmentation de l'indice de diversité (H' - Figure 15c). En revanche, les diminutions de richesse et d'abondances expliquent la chute du GPBI (Figure 21) de H1 entre 2016 et 2017. Certaines espèces des sédiments propres ont vu leurs effectifs augmenter : *Diogenes pugilator*, *Macomangulus tenuis* et *Spisula subtruncata*. *Diogenes pugilator* est une espèce mobile (c'est un « Bernard l'hermite » des sables fins propres), probablement plus souple que d'autres espèces vis-à-vis des variations sédimentaires légères telles que celles constatées au niveau de H1. *Spisula subtruncata* présente une sensibilité moindre aux envasements légers. Dans le cas de *Macomangulus tenuis*, il s'agit peut-être d'un effet de l'augmentation des proportions de sables moyens et grossiers constatée en 2017.

En 2018, la richesse a continué de diminuer cependant les disparitions concernaient plutôt des espèces rares et peu abondantes, marines, apparues en 2017 ce qui explique la stabilité du GPBI, les espèces observées en 2016 et 2017 étant encore globalement présentes. Les densités moyennes présentaient une apparente stabilité par rapport à 2017. Cependant, globalement, les effectifs des espèces caractéristiques des sables propres se sont maintenus ou ont diminué. L'envasement ayant encore progressé et les fractions moyennes et grossières ayant régressées, *Macomangulus tenuis* n'a pas été observée en 2018, les effectifs de *Diogenes pugilator* et *Spicula subtruncata* ont diminué pour revenir à leurs niveaux de 2016. Seuls, *Cumopsis goosir* et *Eocuma dollphusi* ont vu leurs effectifs augmenter mais sans retrouver les niveaux de 2016. Par ailleurs, la proportion des espèces plus estuariennes, indifférentes ou affines des vases a augmenté, en particulier du fait de *Nephtys hombergii* et les Balanes (*Balanus improvisus*). Le maintien voire régression des espèces des sables propres associés à l'augmentation de la proportion des effectifs d'espèces estuariennes indifférentes aux taux de matière

organique (II – *Cumopsis goodsir* et *Eocuma dolphusi*) et la diminution de l'indice de diversité expliquent la diminution du M-AMBI qui repasse de « très bon » à « bon ».

En 2020, le cortège d'espèces s'enrichi de manière importante, suggérant une « marinisation » accompagnant une légère diminution des envasements. Des espèces marines disparues en 2017-2018 sont de nouveau observées, notamment des espèces affines des sables propres mais avec de faibles effectifs (*Macomangulus tenuis* et *Scoloplos armiger*). Celles qui n'avaient pas disparu entre 2016 et 2018 voient leurs effectifs remonter cependant sans atteindre les niveaux de 2016. Parmi les espèces des sables fins seuls *Eocuma dollphusi* et *Cumopsis goodsir* se distinguent de nouveau mais par des diminutions d'abondances. L'année 2020 représente donc un début de « retour » vers l'état de 2016 qui explique la remontée des indices M-AMBI (« très bon ») et GPBI. Cependant, concernant le M-AMBI, une augmentation du taux de matière organique qui atteint un niveau élevé pour cet habitat (4% - Figure 14) se traduit par une augmentation des espèces du groupe AMBI IV (Figure 16) qui sont des espèces opportunistes profitant des enrichissement en matière organique. La cause de cette hausse du pourcentage de matière organique dans le sédiment n'est pas identifiée.

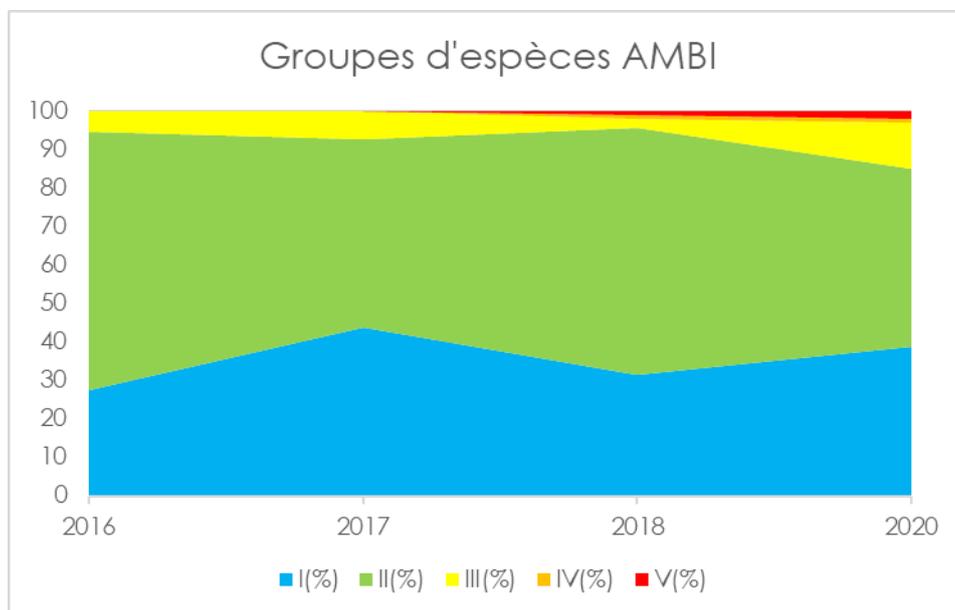


Figure 16 : évolution des proportions des 5 groupes d'espèces de la classification AMBI sur la station H1 entre 2016 et 2020. I (%), II (%), III (%), IV (%) et V (%) sont les proportions d'abondance des groupes écologiques composées, respectivement, des espèces « sensibles à l'hypertrophisation », « indifférentes », « tolérante », « opportuniste de second ordre », « opportuniste de premier ordre ».

## Station H2

En 2016, la station H2 hébergeait 34 taxons, en 2017 ils n'étaient plus que 24, dont seulement 17 de ceux présents en 2016. Cependant, en termes de richesse moyenne, la diminution du nombre moyen de taxons par station semble peu importante, elle est masquée par la forte variabilité des richesses entre sous-station (Figure 15a). Les espèces qui ont disparu sont pour la plupart, des espèces marines, rares, présentant des effectifs très peu importants. De plus, les espèces caractéristiques de la communauté (*Donax vittatus*, *Urothoe poseidonis*, *Diogenes pugilator*, *Spisula subtruncata*, et *Macomangulus tenuis*) ont vu leurs densités chuter de manière importante. Ce sont ces dernières qui expliquent l'essentiel de la diminution des densités moyennes (Figure 15b). Ces modifications ont fortement affecté le GPBI1 qui a subi la plus forte diminution enregistrée pour les stations SFM (Figure 21a). Par ailleurs, si la diversité semble s'être maintenue (Figure 15c), les modifications importantes

des abondances ont eu pour conséquence une augmentation de la proportion des effectifs d'espèces du groupe AMBI II (Figure 17), conduisant la valeur du M-AMBI à diminuer. Malgré cela, l'état écologique est demeuré au-dessus du seuil « très bon » (Figure 20). Les fortes diminutions de richesse et d'abondances ne semblent pas liées à des mouvements sédimentaires, les fractions granulométriques étant restées stables entre 2016 et 2017 (Figure 14). Leur origine n'a pas pu être identifiée.

En 2018, la richesse moyenne a augmenté mais pas la richesse totale et les espèces qui ont disparues en 2017 ne sont pas revenues, au contraire d'autres ont disparu en 2018, notamment *Spio martinensis* et *Macomangulus tenuis*. Pour autant, le GPBI1 est resté relativement stable. L'augmentation de la richesse moyenne s'explique par un rééquilibrage au niveau des sous-stations qui a eu pour effet de faire baisser la variabilité. En revanche, les densités ont fortement augmenté en lien avec les effectifs de *Donax vittatus* et plus modérément en lien avec les effectifs de *Cumopsis goodsir*, *Diogenes pugilator* et *Spisula subtruncata*. C'est peut-être cela qui explique la relative stabilité (voire légère augmentation) du GPBI1 entre 2017 et 2018 (Figure 21a). Par ailleurs, la forte progression des effectifs de *Donax vittatus* a eu pour effet de faire baisser la diversité de manière également importante. C'est cette forte diminution de la diversité qui explique que, malgré la forte augmentation du pourcentage d'individus d'espèces du groupe AMBI I due à *Donax vittatus*, la valeur de M-AMBI de H2 en 2018 a diminué entraînant la dégradation de la station à l'état « bon ».

Entre 2018 et 2020, les effectifs des espèces caractéristiques de la communauté des sables fins propres ont de nouveau diminué, très fortement pour *Donax vittatus* qui retrouve un niveau comparable à celui de 2016. Ces diminutions pourraient être liées à la forte progression des sables grossiers et moyens sur la station (Figure 14). Par ailleurs, l'année 2020 a également été marquée par de plus fortes crues hivernales et une diminution de la salinité moyenne. Par ailleurs, la forte diminution des effectifs de *Donax vittatus* est responsable de l'augmentation de l'indice de diversité, ce qui a entraîné l'augmentation du M-AMBI replaçant la station en « très bon » état écologique et ce, malgré la diminution de la proportion des espèces du groupe AMBI I au profit des espèces du groupe II (Indifférentes). Le cortège spécifique de H2 en 2020 ne comportait plus que 13 espèces communes avec celui de 2016, ce qui explique le maintien du GPBI1 à un niveau faible.

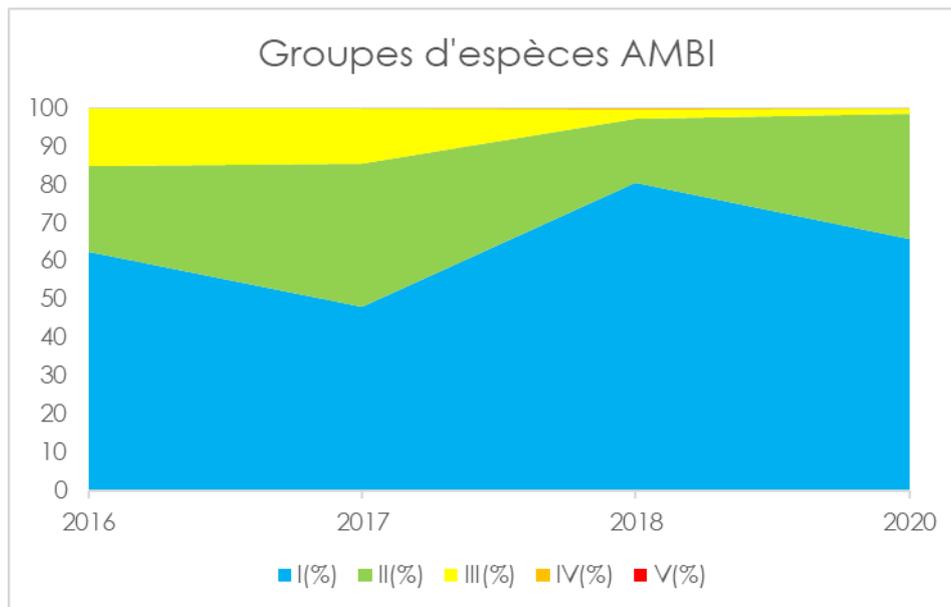


Figure 17 : évolution des proportions des 5 groupes d'espèces de la classification AMBI sur la station H2 entre 2016 et 2020. I (%), II (%), III (%), IV (%) et V (%) sont les proportions d'abondance des groupes écologiques composées, respectivement, des espèces « sensibles à l'hypertrophisation », « indifférentes », « tolérante », « opportuniste de second ordre », « opportuniste de premier ordre ».

#### Station H4

Contrairement aux stations H1 et H2, la station H4 a vu sa richesse moyenne augmenter entre 2016 et 2017 (Figure 15a), avec une richesse totale constante sur toute la période d'étude (19-20 espèces). Pour autant, le cortège de 20 espèces en 2016 ne présente plus que 11 taxons en 2017. Les espèces qui ont disparu sont principalement des espèces rares aux effectifs faibles mais certaines sont également des espèces caractéristiques de la communauté des sables fins (*Macomangulus tenuis* et *Spisula subtruncata* notamment). Les autres espèces de cette communauté, *Diogenes pugilator*, *Donax vittatus*, *Cumopsis goodsir* ont vu leurs densités augmenter, tandis que *Eocuma dollphusi* et *Spio martinensis* se sont maintenues. Par ailleurs, les nouvelles espèces observées sont majoritairement des espèces des sables fins. Sur cette période, la diminution du taux de vase dans les sédiments, sans que cela ne modifie les taux de sables moyens et grossiers, explique la progression de la communauté des sables fins. La diminution de la fraction vaseuse, et du taux de matière organique associé, explique également la diminution de la proportion des effectifs des espèces du groupe AMBI III (tolérantes aux enrichissements en matière organique) ainsi que IV et V, principalement au bénéfice des espèces du groupe II (*Cumopsis goodsir*, *Diogenes pugilator*) mais également un peu au groupe I (Figure 18). La prévalence du groupe II explique le maintien en 2017 de la valeur du M-AMBI de H4 à un état écologique « bon » (Figure 20) au lieu de « très bon ». La diminution de moitié du nombre d'espèces présentes en 2016 explique quant à elle la diminution du GPBI enregistrée en 2017 (Figure 21a).

Entre 2017 et 2018, les valeurs moyennes de richesse, densité et diversité se sont maintenues, avec néanmoins une légère tendance à la baisse et une augmentation de la variabilité de la richesse et de la diversité (Figure 15). Néanmoins, la plupart des espèces des sables fins ont vu leurs effectifs diminuer, de façon plutôt modérée, et une seule n'est plus observée en 2018 (*Spio martinensis*). Seul, l'amphipode *Urothoe poseidonis* a vu ses effectifs fortement progresser. Sur la même période les taux de sables moyens et grossiers ont augmenté (Figure 14). Cependant, toutes ces espèces semblent

relativement indifférentes aux variations de ces fractions. Ce qui semble caractériser *Urothoe poseidonis*, en opposition avec les autres espèces considérées, est sa propension à mieux tolérer les variations des conditions de salinité et de température des eaux. Les modifications observées en 2018 pourraient donc être liées non pas à des modifications sédimentaires, mais à des modifications des caractéristiques thermohalines de la masse d'eau. Au niveau de la RNN de la Belle Henriette, la salinité moyenne des eaux de surface des trois premiers trimestres de 2018 était plus basse que les deux années précédentes, essentiellement du fait des valeurs de l'hiver et du printemps (périodes de crues). En revanche, les salinités estivales étaient plus importantes de même que la variabilité de la salinité au cours de l'année. Les modifications de la structure du cortège d'espèces ont eu pour résultats d'augmenter la proportion des espèces du groupe I principalement mais également un peu aux espèces du groupe III, probablement moins exigeantes en ce qui concerne les variations de salinité. Cela explique le statut écologique de La station H4 qui est demeurée dans un état écologique « bon » selon le M-AMBI, mais a atteint sa valeur maximale de M-AMBI sur la période de suivi. Par ailleurs, malgré que le cortège d'espèces communes avec 2016 est resté au même niveau qu'en 2017 (11 espèces), les densités des espèces des sables propres, majoritaires, ont augmenté par rapport à 2016 ce qui explique l'amélioration du GPBI1 (Figure 21a).

Entre 2018 et 2020, malgré une richesse totale stable, la tendance à la baisse de la richesse moyenne de la station H4 s'est poursuivie, en revanche les densités se sont maintenues et la diversité montrait plutôt une tendance à la hausse. Les effectifs des espèces caractéristiques des sables fins se sont maintenus à leurs niveaux de 2018 (*Eocuma dollphusi*, *Donax vittatus*) ou ont fortement diminué notamment ceux d'*Urothoe poseidonis* et de *Diogenes pugilator* (cette dernière n'a pas été observée sur H4 en 2020). Cependant, il y a quelques exceptions, notamment les *Cumopsis* dont les effectifs ont augmenté de manière importante. Au niveau de la couverture sédimentaire, la progression des sables moyens et grossiers s'est poursuivie au détriment des sables fins, le taux de vase restant à un niveau très faible (< 1%). La variabilité des paramètres de température et de salinité de la masse d'eau s'est atténuée mais une diminution de la salinité moyenne a été constatée. Ces diminutions sont essentiellement le fait des crues hivernales plus importantes au cours de l'hiver 2019-2020 (Figure 55, Figure 56) mais également probablement à de fortes précipitations estivales puisque les salinités moyennes estivales en 2020 présentaient également leurs valeurs les plus basses de la période d'étude (33,6 en 2020 contre 34,6 en 2018 année la plus « salée » en été). Ces éléments semblent avoir favorisés les espèces « indifférentes » (groupe II – *Cumopsis spp.* notamment) au détriment des espèces « sensibles » (groupe I – principales composantes de la communauté des sables fins propres) sans modifier la proportion des espèces « tolérantes » (groupe III) (Figure 18). Cela a conduit à une baisse du M-AMBI qui est néanmoins resté dans la gamme du « bon » état écologique (Figure 20). De plus, une nouvelle diminution du nombre et des effectifs des espèces présentes en 2016 a été constaté (elles n'étaient plus que 8 en 2020) ce qui explique la nouvelle diminution du GPBI1 (Figure 21a).

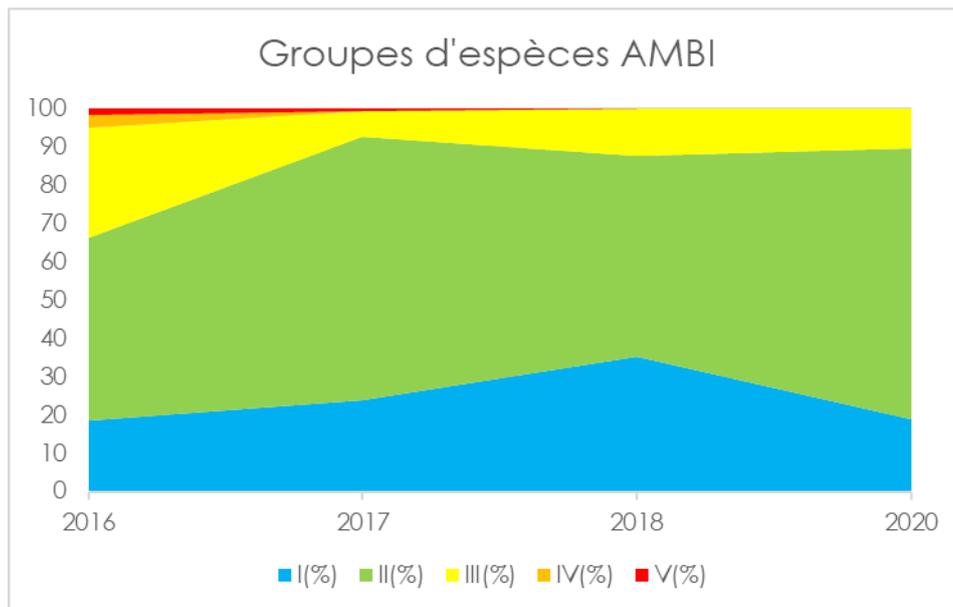


Figure 18 : évolution des proportions des 5 groupes d'espèces de la classification AMBI sur la station H4 entre 2016 et 2020. I (%), II (%), III (%), IV (%) et V (%) sont les proportions d'abondance des groupes écologiques composées, respectivement, des espèces « sensibles à l'hypertrophisation », « indifférentes », « tolérante », « opportuniste de second ordre », « opportuniste de premier ordre ».

#### Station H5

La richesse moyenne (ainsi que la richesse totale – 20 espèces) a peu varié entre 2016 et 2017, avec néanmoins une légère tendance à la baisse compensée par une plus forte variabilité (Figure 15a). Cependant, le cortège des 20 espèces identifiées en 2016 a diminué de moitié, 9 espèces ne sont plus observées en 2017. Ces espèces étaient principalement des espèces pouvant supporter des envasements (notamment *Nephtys hombergii* et *Owenia fusiformis*) et des espèces rares d'affinité marine présentant de très faibles effectifs (souvent un seul individu). Le pool d'espèces de la communauté des sables fins en place n'a pas été affecté par la baisse de richesse, il s'est même enrichi de quelques espèces (*Bathyporeia spp.*). Cette évolution peut s'expliquer par la quasi-disparition des vases (et de la matière organique) à la station (Figure 14), passant de 6,6% en 2016 à moins de 1% en 2017. Cette diminution s'est faite en parallèle d'une augmentation importante des sables moyens. Les densités moyennes ont fortement augmenté sur la même période mais présentaient une plus forte variabilité entre sous-stations en 2017 (Figure 15b). Cette augmentation était, pour l'essentiel, due à trois espèces caractéristiques des sables propres : *Diogenes pugilator*, *Bathyporeia elegans* et surtout *Cumopsis goodsir*. L'augmentation des effectifs et de leur variabilité, à richesse constante, a entraîné une diminution de l'indice de diversité H' et une augmentation de sa variabilité (Figure 15c). Les autres espèces des sables fins propres ont maintenu leurs effectifs, à part *Donax vittatus* qui a subi une diminution. L'augmentation de la proportion des effectifs des espèces indifférentes (II – *Cumopsis spp.* ; *Diogenes pugilator*) et la diminution de la diversité a conduit à une diminution du M-AMBI sans pour autant modifier son classement qui est resté « bon » (Figure 20). La diminution du nombre d'espèce entre 2017 et 2016 explique la baisse du GPBI1 en 2017. Cette baisse était modérée comparée à celle des autres stations SFM sur cette période (Figure 21a).

En 2018, la tendance à la diminution de la richesse moyenne s'est poursuivie, sans que ce ne soit le cas de la richesse totale qui est restée la même (20 espèces). Les espèces des sables fins dominant encore

les effectifs mais leurs abondances ont fortement régressé expliquant la diminution de la densité moyenne. La diversité  $H'$  moyenne en revanche n'a pas été affectée. Comme seul une légère progression des sables grossiers est enregistrée entre 2017 et 2018, les diminutions de richesses et abondances observés sont probablement à mettre en lien avec les diminutions de la salinité des eaux de surface et l'augmentation de sa variabilité au cours de l'année 2018, comme en H4. Les diminutions d'effectifs des espèces sensibles (I) et indifférentes (II) ont favorisé l'augmentation en proportion des effectifs d'espèces tolérantes (III). Cela a entraîné une nouvelle diminution de l'indice M-AMBI sans toutefois modifier son classement qui est resté « bon » (Figure 20). De même, la diminution des effectifs des espèces déjà présentes en 2016 associée à la disparition de trois de ces espèces (peu abondantes) explique la poursuite de la baisse du GPBI1 en 2018 (Figure 21a).

En 2020, la richesse moyenne de la station H5 a augmenté, de même que la richesse totale (24 espèces). Cependant, le pool d'espèces communes avec le cortège d'espèces de 2016 a encore diminué (8 espèces communes). Une hausse des densités moyennes est enregistrée. Cette hausse concerne des espèces des sables fins, notamment *Donax vittatus* et *Urothoe poseidonis*, et, associée à la hausse de la richesse, a entraîné une augmentation de l'indice de diversité. La couverture sédimentaire en 2020 s'est légèrement modifiée du fait d'une régression des quantités de sables moyens et grossiers au profit des sables fins, le taux de vase demeurant très faible (1%). Néanmoins, ces légères variations sont accompagnées d'une hausse importante du taux de matière organique qui est passé de 0,7% à plus de 3%. Cette hausse explique l'apparition d'espèces opportuniste dans le cortège en 2020. Cependant, l'augmentation de la proportion des effectifs d'espèces sensibles (I) et la régression des proportions des effectifs d'espèces indifférentes (II) et tolérantes (III) (Figure 19) a permis une hausse du M-AMBI qui classe H5 en « très bon » état en 2020 (mais proche de l'état écologique « bon » de 2016) (Figure 20). En revanche, la diminution du nombre d'espèces par rapport à 2016 (8 sur 20 en 2020) explique que le GPBI1 ait continué à diminuer en 2020 (Figure 21a).

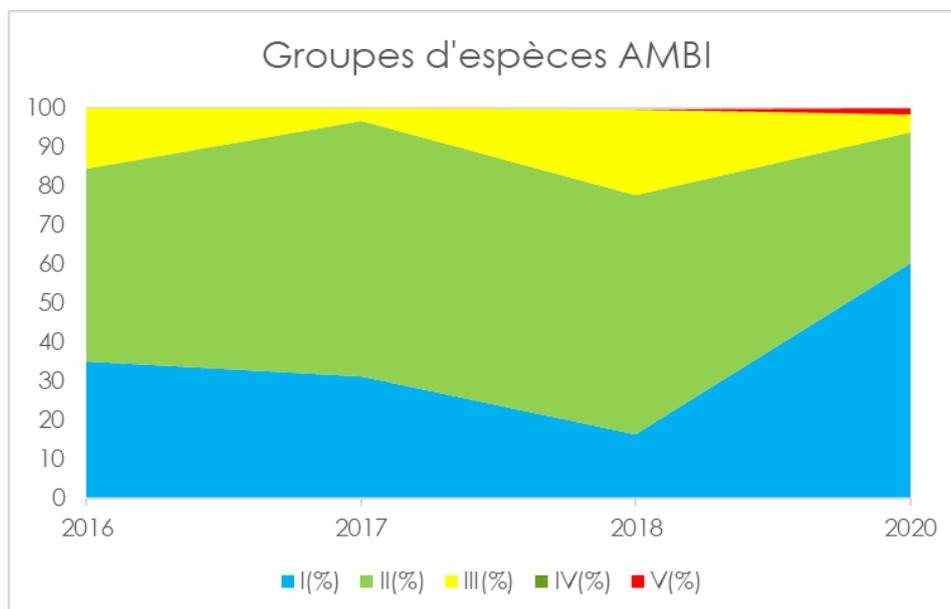


Figure 19 : évolution des proportions des 5 groupes d'espèces de la classification AMBI sur la station H5 entre 2016 et 2020. I (%), II (%), III (%), IV (%) et V (%) sont les proportions d'abondance des groupes écologiques composées, respectivement, des espèces « sensibles à l'hypertrophisation », « indifférentes », « tolérante », « opportuniste de second ordre », « opportuniste de premier ordre ».

Les calculs du GPBI2, qui prend comme référence la meilleure valeur de M-AMBI identifiée parmi toute les stations du groupe et toute les années (i.e. pour le SFM il s'agit de la station H2 en 2016, Figure 21b) suggèrent que H2 est la station qui a subi la plus forte modification entre 2016 et 2017. Les GPBI2 des autres stations demeurent très inférieures mais stables vis-à-vis de la référence sur toute la période d'étude disponible, malgré qu'elles aussi aient subi des baisses importantes de GPBI1 sur cette période.

Le M-AMBI (calculés à partir des références par défaut) indique un état bon à très bon pour cette communauté tout au long de la période (Figure 20).

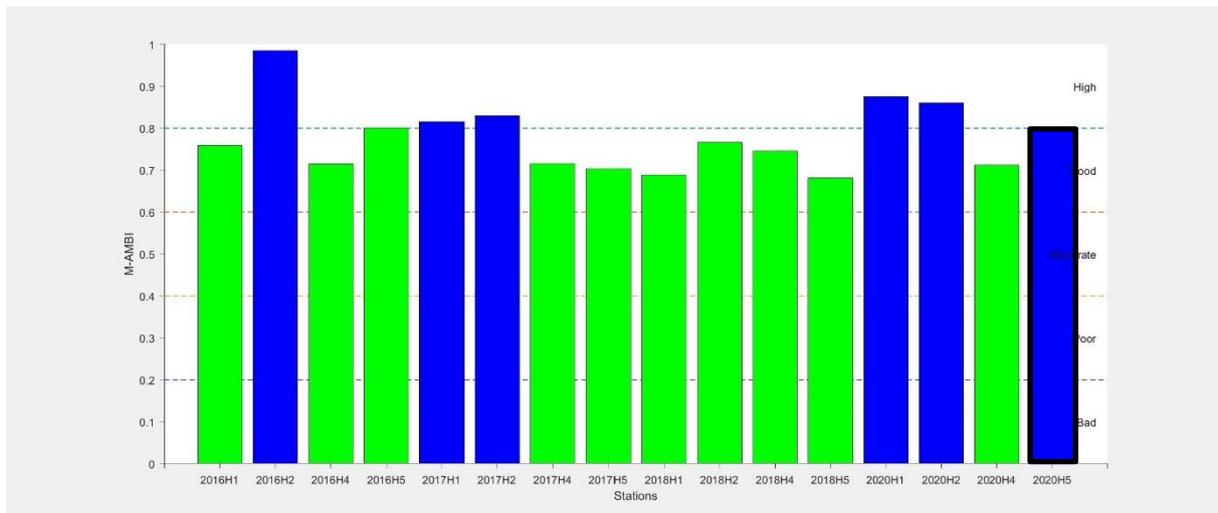


Figure 20 : M-AMBI calculé pour les stations de Sable Fin Marin (SFM) sur la période 2016-2020. Les résultats d'indicateurs obtenus dans le cadre de ce travail devraient, en complément d'autres données, être soumis à l'avis d'un comité d'expert pour conclure à une évaluation finale d'état écologique pour le tableau de bord du Parc.

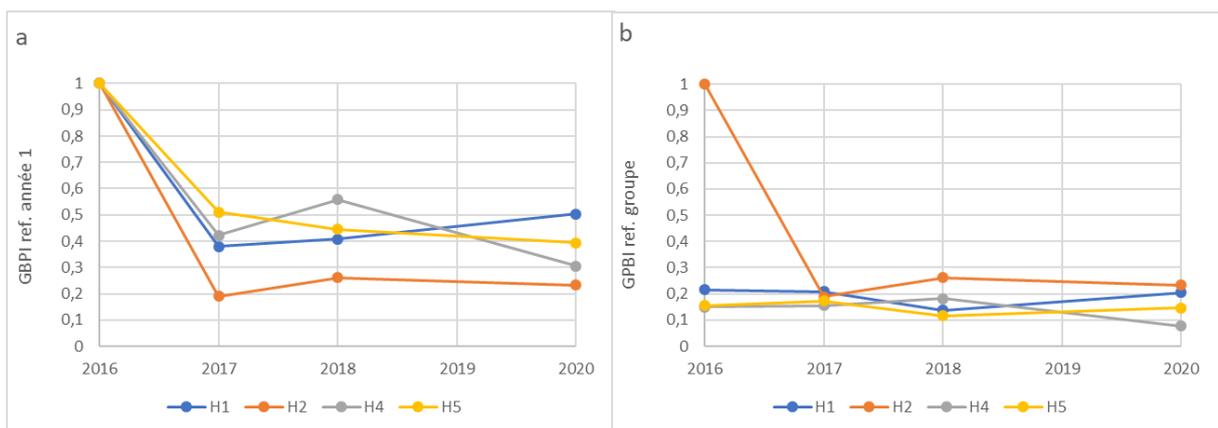


Figure 21 : indices GPBI calculés pour les stations Sables Fins Marins (SFM) ; a) GPBI 1 - référence année 1 : pour chaque station, la référence est la première année de suivi (2016 pour SFM), b) GPBI2 - référence groupe : couple année\_station pour lequel le score M-AMBI est le plus élevé du groupe (2016\_H2).

## Communauté des herbiers à *Zostera noltei* (HZN)

La présence de *Zostera noltei* et le caractère sablo-vaseux (Figure 22) du sédiment constituent les points communs des trois stations de ce groupe qui sont néanmoins distinct en termes d'exposition à l'air (marnages différents), de températures et de salinités de surface des masses d'eau. Ainsi, de par sa position sur l'estran, Fier2 (RNN LdN) est la station la plus basse (2,68m) alors qu'Ostrea (RNN MO) et BA2 (Bonne Anse) sont plus hautes (respectivement 3,64 et 3,52 m), ce qui implique des temps d'exposition à l'air plus importants pour Ostrea et BA2. D'autre part, BA2, située au niveau de l'embouchure de la Gironde subit des variations de salinité très importantes (entre 4 et 32), contrairement à Fier2 dans l'Ouest de l'île de Ré, qui subit peu ou pas de dessalure importante (salinité minimale : 28,6) et encore moins durable. Ostrea est une station intermédiaire à prédominance marine bien que l'influence des fleuves soit bien présente (les salinités minimales modélisées sont comprises entre 21 et 26,5 selon les années). Les positions relatives de ces stations sur les composantes de l'ACP (Figure 13) reflètent la diversité des configurations de ces trois stations. Les différences de communautés (illustré par leur coordonnées/position sur les composantes) étant surtout dépendante de l'altitude des stations et des variables de salinité, même si la couverture sédimentaire intervient également (Tableau 17).

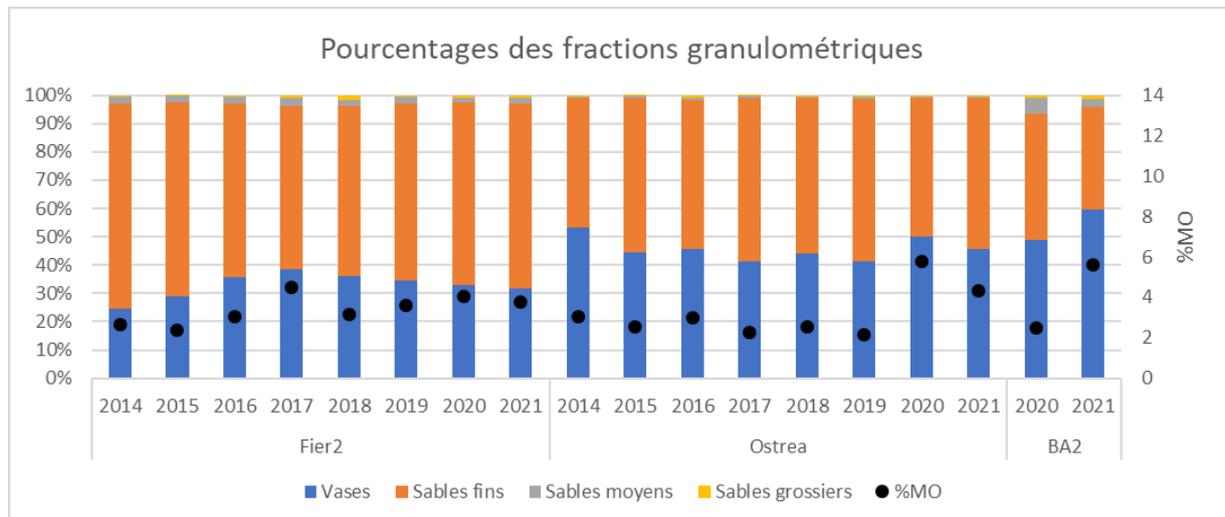


Figure 22 : évolutions des fractions granulométriques des stations d'Herbiers à *Zostera marina* (HZN) sur la période 2014-2021.

Tableau 17 : coefficients de corrélation de Pearson et leur significativité calculés sur les valeurs normalisées des variables environnementales pour les stations du groupe des Herbiers à *Zostera marina* (HZN) entre 2014 et 2021 – 2020 et 2021 pour BA2 ( $r > 1$  : vert,  $r < 1$  : rouge ; seuils : \*0.05, \*\*0.01, \*\*\*0.001 ; seules les relations significatives sont présentées).

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5
<b>Altitude</b>	$r=-0.80$ *** ( $p=0.000$ )	$r=-0.79$ *** ( $p=0.000$ )	$r=0.85$ *** ( $p=0.000$ )		$r=-0.87$ *** ( $p=0.000$ )
<b>T_T2</b>				$r=0.48$ * ( $p=0.043$ )	
<b>T_moy</b>				$r=0.50$ * ( $p=0.036$ )	
<b>T_max</b>					$r=-0.67$ ** ( $p=0.002$ )
<b>T_var</b>		$r=-0.49$ * ( $p=0.040$ )			
<b>T_ampl</b>		$r=-0.50$ * ( $p=0.033$ )			$r=-0.60$ ** ( $p=0.009$ )
<b>Sal_min</b>	$r=0.57$ * ( $p=0.014$ )	$r=0.54$ * ( $p=0.021$ )	$r=-0.58$ * ( $p=0.012$ )		
<b>Sal_ampl</b>	$r=-0.58$ * ( $p=0.012$ )	$r=-0.55$ * ( $p=0.017$ )	$r=0.59$ * ( $p=0.010$ )		
<b>Sal_T1</b>	$r=-0.59$ ** ( $p=0.010$ )	$r=0.57$ * ( $p=0.014$ )	$r=-0.63$ ** ( $p=0.005$ )		$r=0.47$ * ( $p=0.048$ )
<b>Sal_T2</b>	$r=0.70$ ** ( $p=0.001$ )	$r=0.69$ ** ( $p=0.002$ )	$r=-0.78$ *** ( $p=0.000$ )		$r=0.66$ ** ( $p=0.003$ )
<b>Sal_T3</b>	$r=0.73$ *** ( $p=0.001$ )	$r=0.67$ ** ( $p=0.002$ )	$r=-0.68$ ** ( $p=0.002$ )		$r=0.65$ ** ( $p=0.004$ )
<b>Sal_moy</b>	$r=0.68$ ** ( $p=0.002$ )	$r=0.65$ ** ( $p=0.003$ )	$r=-0.71$ *** ( $p=0.001$ )		$r=0.59$ * ( $p=0.010$ )
<b>Sables grossiers</b>					$r=0.57$ * ( $p=0.013$ )
<b>Sables fins</b>	$r=0.62$ ** ( $p=0.006$ )	$r=0.62$ ** ( $p=0.006$ )	$r=-0.62$ ** ( $p=0.007$ )		$r=0.48$ * ( $p=0.045$ )
<b>Vases</b>	$r=-0.68$ ** ( $p=0.002$ )	$r=-0.68$ ** ( $p=0.002$ )	$r=0.67$ ** ( $p=0.003$ )		$r=-0.56$ * ( $p=0.015$ )

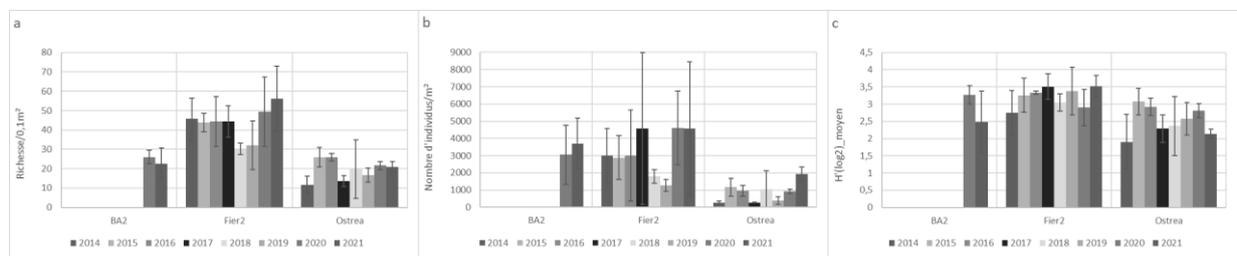


Figure 23 : évolution des valeurs moyennes de richesse spécifique ( $/0.1m^2$ ) (a), de densité ( $ind/m^2$ ) (b) et de diversité  $H'$  (c) des stations à herbier à *Zostera noltei* (HZN) au cours de la période 2014-2021.

Les valeurs de référence utilisées pour qualifier l'état écologique « Très bon » au sens du M-AMBI pour la communauté des herbiers à *Zostera noltei* (HZN) sont : AMBI = 2,27 ;  $H' = 4,06$  ; S = 53.

## Station Fier2

Cette station présentait les valeurs de richesses moyennes les plus élevées sur la période d'étude 2014-2021. Entre 2014 et 2017, cette variable, de même que la densité moyenne, était stable (Figure 23ab), et la diversité  $H'$  moyenne a augmenté (Figure 23c). Pourtant, le GPBI1 a fortement chuté entre 2014 et 2015 (Figure 27a). En effet, parmi les 44 espèces qui constituaient le cortège d'espèces en 2014, 20 n'ont pas été retrouvées en 2015. Pour la plupart d'entre elles néanmoins, il s'agissait d'espèces rares présentant 1 ou 2 individus, sans distinction de préférences édaphiques, des espèces d'affinité plutôt marines et d'espèces plutôt estuariennes étaient concernées. Cependant, plusieurs espèces caractéristiques des herbiers, ont accusé des diminutions d'effectifs importants, notamment *Leiochone leiopygos*, *Galathowenia oculata*, *Haminoea hydatis* et *Notomastus latericeus*. En parallèle, d'autres espèces sont apparus avec des effectifs relativement importants ou, des espèces déjà présentes en 2014 ont vu leurs effectifs augmenter de manière plus ou moins importante : *Cirriformia tentaculata*, *Cyathura carinata*, les larves de Dolichopodidae (insecte diptère), *Grandidierella japonica*, *Heteromastus filiformis*. Il s'agit d'espèces dont les effectifs sont positivement corrélés avec les cumuls de précipitations enregistrés en septembre de chaque année ( $0,17 < r < 0,20$  ;  $p < 0,01$ ). Or, l'année 2015 est celle présentant les plus forts cumuls de précipitations enregistrés en fin d'hiver (100 mm à Chassiron). Par ailleurs, certaines espèces estuariennes, telle que *Hediste diversicolor*, déjà présentes

en 2014 et dont les effectifs ont augmenté en 2015, pourraient avoir bénéficié de ces apports en eaux douces. La station Fier2 est globalement dominée par des espèces tolérantes aux enrichissements en matière organique (groupe AMBI III) (Figure 24). Son statut écologique était « très bon » en 2014 et, du fait de la diminution de la richesse totale et d'une augmentation de la proportion des effectifs des espèces opportunistes du groupe AMBI IV au détriment de celle des espèces indifférentes (II) et sensibles (I), la valeur du M-AMBI a diminué et a entraîné le déclassement de la station vers l'état écologique « bon » en 2015 (Figure 26). Pourtant, le taux de matière organique ne semble pas avoir varié entre les deux années (la valeur de 2014 est critiquable), mais parmi les espèces semblant avoir bénéficié des fortes précipitations de la fin de l'été, *Cirriiformia tentaculata*, les Dolichopodidae et *Heteromastus filiformis* appartiennent au groupe IV.

Entre 2015 et 2016, la richesse totale a augmenté, de même que le nombre d'espèces communes avec le cortège de 2014. Les espèces caractéristiques des herbiers, dont les effectifs avaient chuté en 2015, présentaient en 2016 des effectifs comparables voire supérieurs à ceux de 2014 (*Galathowenia oculata*, *Haminoea hydatis*) et les espèces qui s'étaient développées en 2015 à la faveur des dessalures ont pour la plupart vu leurs effectifs chuter, à part *Abra tenuis* qui s'est maintenue et *Grandidierella japonica* qui a encore progressé. Ces résultats expliquent la remontée du GPBI1 (Figure 27a). D'autre part, le retour vers la structure de cortège observée en 2014 s'est également traduit dans les proportions des groupes AMBI (Figure 24), avec une régression du groupe IV au profit du groupe II. L'état écologique de la station était de nouveau qualifié de « très bon » (Figure 26).

Entre 2016 et 2017, les richesses moyenne (Figure 23a) et totale (40 espèces) se sont montrées très stables. En revanche, le pool d'espèces communes avec l'année 2014 s'est réduit, ce qui explique l'indice GPBI1 plus faible qu'en 2016 (Figure 27a). La densité moyenne a fortement augmenté mais la variabilité entre sous-stations était également très importante (Figure 23b). La baisse de richesse associée à la hausse de la densité moyenne a eu pour conséquence de faire diminuer l'indice de diversité H' (Figure 23c). Le cortège d'espèces était dominé par les taxons plutôt marins classiquement rencontrés au niveau de l'herbier (*Notomastus latericeus*, *Galathowenia oculata*) ainsi que de ceux qui avaient marqué l'année 2015, favorisés par les dessalures ponctuelles liées aux précipitations (60 mm en septembre 2017), en particulier *Cyathura carinata*, et *Grandidierella japonica* qui a encore progressé. *Abra tenuis* a en revanche fortement régressé alors que l'ophiure *Amphipholis squamata*, une espèce marine, a fortement progressé. C'est elle qui explique la forte augmentation de la proportion du groupe AMBI I qui a contribué à augmenter le M-AMBI de Fier2 qui était en « très bon » état écologique (Figure 24 et Figure 26).

Entre 2017 et 2018, la richesse et la densité moyenne ont subi de fortes diminutions. La richesse totale de la station a également fortement régressé (de 40 à 30 espèces). Les espèces encore présentes en 2018 ont vu leurs effectifs se réduire fortement à part *Cerastoderma edule*, *Abra tenuis* et *Retusa obtusa*, dont les effectifs ont progressé. Il en a résulté des indices GPBI1 et M-AMBI en baisse. La station Fier2 a été déclassée en « bon » état écologique avec une très faible proportion d'espèces du groupe I et une forte augmentation des effectifs des espèces du groupe III. L'origine de cette diminution de richesse et de densité est difficile à établir. L'année 2017 avait été une année « sèche », avec des débits de crue très faibles et l'année 2018 a été marquée par une reprise des crues hivernales mais ce qui a surtout marqué cette année-là, à l'échelle de la période d'étude, semble être l'importance des précipitations enregistrées au printemps, le maximum de précipitation sur 24 heures en été (>50mm), puis un septembre très sec de ce point de vue (<5mm). Il est possible que les précipitations printanières plus importantes cette année-là aient perturbé les processus de recrutement des espèces plus marines, tandis que la fin d'été très sèche ait été défavorable aux

espèces qui l'année précédente et en 2015 avaient profité des dessalures provoquées par les plus fortes précipitations de la fin de l'été.

Entre 2018 et 2019, la valeur moyenne de la richesse est restée à son niveau de 2018 (Figure 23a), mais une plus forte variabilité entre sous-station a été observée. Par ailleurs, en 2019 la richesse totale a atteint son minimum sur la période d'étude (27 espèces) de même que la densité moyenne (Figure 23b) et le GPBI1 (Figure 27a). Pour autant, la valeur du M-AMBI a augmenté, principalement du fait de l'augmentation de la proportion des effectifs d'espèces du groupe II (indifférentes), et un peu du groupe I (sensibles) (Figure 24). Cette augmentation replace la station Fier2 dans un état écologique « très bon » (Figure 26). Le maintien de la communauté de Fier2 dans un état minimal en 2019 ne semble pas lié aux précipitations printanières, estivales et du mois de septembre, qui étaient comparables à celles de 2017. De même, le régime hydrologique des fleuves était sensiblement identique à celui de 2017 avec des débits hivernaux très réduits (années « sèches »). Par conséquent, la cause du maintien de l'état minimal du cortège faunistique n'est pas identifiée.

Entre 2019 et 2020, les valeurs moyennes de richesse et de densité ont fortement augmenté, notamment du fait de *Grandiderella japonica*. Ces augmentations concernent les espèces supportant la dessalure aussi bien que les espèces plus marines des herbiers. Le nombre d'espèces communes avec le cortège d'espèces de 2014 a augmenté, ce qui explique la remontée du GPBI1. En revanche, l'augmentation des effectifs d'espèces tolérantes du groupe III et, dans une moindre mesure de ceux du groupe V (espèces opportunistes), au détriment des espèces sensibles des groupes I et surtout des espèces indifférentes du groupe II a entraîné la diminution de la valeur du M-AMBI et classait la station Fier2 en « bon » état. L'année 2020 était une année « humide », les épisodes de crues hivernales avaient retrouvé un niveau comparable à ceux de 2014, et les précipitations ont été plus importantes et plus régulières au printemps et en été. Une légère augmentation de la teneur en matière organique a bien été constatée mais c'était également le cas en 2017.

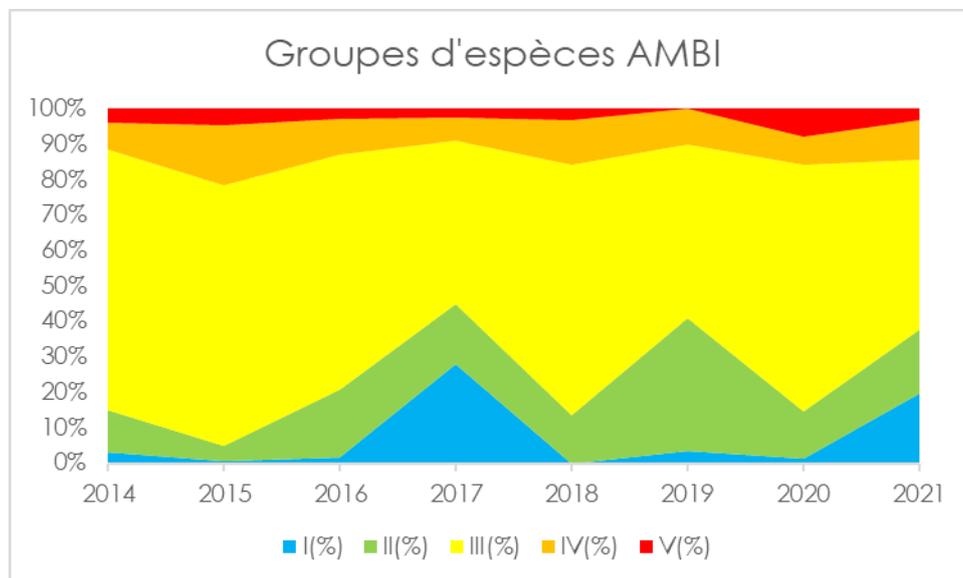


Figure 24 : évolution des proportions des 5 groupes d'espèces de la classification AMBI sur la station Fier2 entre 2014 et 2021. I (%), II (%), III (%), IV (%) et V (%) sont les proportions d'abondance des groupes écologiques composées, respectivement, des espèces « sensibles à l'hypertrophisation », « indifférentes », « tolérante », « opportuniste de second ordre », « opportuniste de premier ordre ».

En 2021, la richesse moyenne a encore augmenté de même que la richesse totale qui atteint son maximum (54 taxons). La densité moyenne se maintenant à son niveau de 2019, la diversité H' a augmenté. L'année 2021 représentait la meilleure valeur de M-AMBI de la station Fier2, situation qui sert de référence pour le calcul du M-AMBI du groupe HZN. Le GPBI1 s'est maintenu au niveau de 2020, 26 des espèces qui étaient présentes en 2014 étaient présentes en 2021. Cela dit, les espèces structurantes de l'herbiers de Fier2 étaient toujours présentes, les « disparitions » concernaient des espèces rares à faibles effectifs. Le GPBI2, calculé à partir de la référence du groupe (Fier2 en 2021) montre une plus forte similarité du cortège de 2021 avec celui de 2017, les autres années étant plus éloignées de la référence. Pourtant, les conditions environnementales déterminées à partir des variables disponibles, n'étaient pas semblables : 2017 était une année « sèche » présentant des débits fluviaux minimaux, y compris pendant l'hiver 2016-2017, mais avec des précipitations importantes en fin d'été ; 2021 a été une année plus humide avec des débits hivernaux parmi les plus importants de toute la période d'étude et un été plutôt sec en termes de précipitations. Il existe des éléments locaux qui permettent d'expliquer certaines modifications intervenues dans la période 2014-2021, notamment l'intensité des précipitations précédant les campagnes d'échantillonnage. Cependant, l'origine des importantes modifications intervenues en 2018-2019 échappe à l'analyse.

### Station Ostrea

La station Ostrea, située sur le littoral Est de l'île d'Oléron présentait des richesses moyennes et totales bien moins importantes que Fier2. Elle se trouvait dans un état écologique qualifié de « moyen » par l'indice M-AMBI (Figure 26). Ce résultat était lié au faible nombre d'espèces (11) et à la forte proportion d'espèces du groupe IV (Figure 25). Par ailleurs, sur la période 2014-2017, les évolutions de la richesse et de la densité moyenne ont été plus fluctuantes qu'au niveau du Fier d'Ars, avec en particulier des augmentations de la richesse moyenne et de la densité de la station entre 2014 et 2015-2016. En 2014 les principales espèces constituant le cortège faunistique étaient plutôt des espèces des vases et vases sableuses estuariennes. Ces espèces étaient principalement représentées par *Abra tenuis*, les Dolichopodidae, *Scrobicularia plana* et les *Idotea spp.* En 2015 ces espèces présentaient de plus forts effectifs, d'où le maintien du GPBI1 (Figure 27a). De plus, le cortège s'est enrichi d'espèces auparavant absentes (*Grandidierella japonica*, *Cerastoderma edule*, *Lekanephaera levii*, *Polydora cornuta*, les oligochètes, *Hediste diversicolor*, *Hemigrapsus takanoi*, *Carcinus maenas...*). Par ailleurs, la forte diminution de la proportion des espèces opportunistes du groupe IV au bénéfice des groupes d'espèces indifférentes II et tolérantes III a permis à la station d'atteindre un niveau d'état écologique qualifié de « bon » par le M-AMBI. En 2016, les valeurs moyennes de richesse et de densité se sont maintenues, de même que la valeur du M-AMBI (état « bon »). En revanche le GPBI1 a diminué en raison de la disparition de 2 espèces qui étaient présentes en 2014 (Figure 27a) mais il s'agissait d'espèces rares et peu abondantes.

En 2017, les valeurs de richesse et de densité moyennes ont fortement régressé et se sont retrouvées à leur niveaux de 2014 (Figure 23a, b). Le GPBI1 a également de nouveau diminué mais encore du fait d'espèces peu observées. Les diminutions d'effectifs ont concerné toutes les espèces présentes en 2016 et parmi elles, 13 n'ont pas été revues en 2017. La station Ostrea s'est de nouveau trouvée dans un état dégradé qualifié de « moyen » par le M-AMBI, et de nouveau cela est dû à une augmentation dans le cortège faunistique de la proportion des effectifs d'espèces du groupe d'espèce opportunistes (IV).

La richesse et la densité moyenne ont ensuite augmenté en 2018, retrouvant des niveaux sensiblement identiques à ceux de 2015-2016. De même pour le M-AMBI et les proportions des effectifs des différents groupes AMBI, ce qui explique un retour au « bon » état écologique. Le retour vers la

situation de 2015-2016 s'est accompagné d'un retour d'espèces qui avaient été observées en 2014 ce qui explique l'augmentation du GPBI1.

En 2019, les richesses et densités moyennes ont de nouveau diminué, sans que cela n'entraîne un déclassement de la station est qualifié de « bon » (M-AMBI). La situation de 2019 était relativement similaire à celle de 2017 à part que la proportion des effectifs des espèces du groupe IV n'ont que légèrement progressés. De même pour le GPBI1 qui a retrouvé son niveau de 2017.

A partir de 2020, les valeurs moyennes de richesse et de densité ont augmenté. La richesse moyenne s'est stabilisée autour de 20 espèces /0,1m<sup>2</sup>) et la densité atteint sa valeur maximale pour la période d'étude en 2021 (Figure 23a, b). La structure du cortège faunistique 2020 était proche de celle de 2018 puis elle s'est un peu dégradée en 2021, probablement diminution de la proportion des espèces indifférentes du groupe II au bénéfique des espèces tolérantes du groupe III et, de la diminution de la diversité H'. Cependant l'état écologique de la station Ostrea est resté « bon » en 2020 et 2021. Le GPBI1 a augmenté en 2020, du fait des mêmes espèces qu'en 2018 *Scrobicularia plana*, *Abra tenuis*, *Idotea chelipes*, dont les effectifs ont progressé, mais de manière moins importante. La diminution du GPBI1 observée en 2021 est principalement liée à la « disparition » de *Scrobicularia plana*.

Les GPBI2 calculés pour Ostrea à partir de la référence (station du Fier2 en 2021) présentaient des valeurs très basses sur toute la période d'étude (< 0,2 ; Figure 27b). Néanmoins, ces valeurs n'étaient pas très éloignées des valeurs de Fier2 sur les périodes 2014-2016 puis 2018-2019. L'impact de l'année 2017 n'a pas été le même sur les deux stations : dans le cas de Fier2 la communauté s'est rapprochée de la référence alors que dans le cas d'Ostrea elle s'en est éloignée. Une différenciation importante entre les deux stations s'est mise en place à partir de 2020, et est maximale en 2021.

La structure du cortège d'Ostrea est résolument différente de celle de Fier2. Ostrea est bien plus marquée par les influences estuariennes. Les espèces marines typiques des herbiers, observées dans le Fier d'Ars y sont quasiment absentes. Les plus fortes fluctuations dans les richesses et les densités de la station correspondent aux alternances années « sèches » (2017 et 2019) / années « humides » (2018, 2020-2021). Cependant, cela n'explique pas tout, en effet 2014, année la plus « pauvre » en termes de cortège faunistique (richesses et abondances) a aussi été une année « humide ». La granulométrie ne semble pas avoir beaucoup varié sur la période d'étude. Cependant, en 2021 une augmentation de densités de certaines espèces (*Cerastoderma edule*, *Arenicola marina* notamment) et la diminution, voire disparition d'espèces des vases (*Scrobicularia plana*) suggèrent également une augmentation de la quantité de sables. Cela semble validé par les analyses granulométriques mais les variations enregistrées sont peu importantes. Il est possible que l'analyse de la granulométrie à l'échelle de la station masque des mouvements sédimentaires à l'échelle des sous-stations et, dans le cas d'Ostrea, masque des variations de taux de sables à méso-échelle.

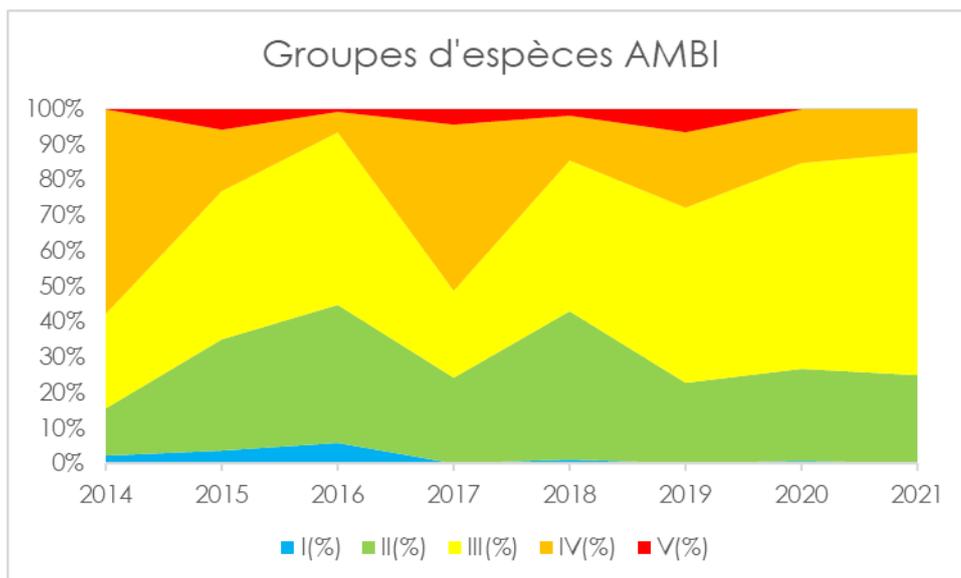


Figure 25 : évolution des proportions des 5 groupes d'espèces de la classification AMBI sur la station Ostrea entre 2014 et 2021. I (%), II (%), III (%), IV (%) et V (%) sont les proportions d'abondance des groupes écologiques composées, respectivement, des espèces « sensibles à l'hypertrophisation », « indifférentes », « tolérante », « opportuniste de second ordre », « opportuniste de premier ordre ».

### Station BA2

La station d'herbiers de Bonne Anse, BA2, est moins documentée (2 campagnes). Sur la période 2020-2021, elle montrait une légère diminution du nombre moyen d'espèces détectées en parallèle d'une légère augmentation des densités (Figure 23a, b). Cela s'est traduit par une diminution de la diversité de la station (Figure 23c). Cependant, en 2021, la variabilité des paramètres entre sous-stations était importante. La nature des espèces concernées ne permet pas de cerner l'origine de ces diminutions. Ce sont les baisses de richesse et de diversité  $H'$  qui expliquent la diminution de la valeur du M-AMBI entre 2020 et 2021, en lien principalement avec les proportions d'effectifs des espèces opportunistes des groupes IV et V qui diminuent le plus au profit des espèces des groupes III et II, alors même que le taux de matière organique dans les sédiments a doublé en 2021, passant de 3 à 6%. Cependant, malgré la diminution de la valeur du M-AMBI, la station BA2 a conservé un statut de « bon » état écologique.

Le GPBI1 de la station BA2, calculé à partir de la référence 2020, a subi une baisse entre 2020 et 2021. Cette baisse est liée à la diminution des richesses totales qui sont passées de 36 à 29 espèces recensées, et 11 espèces présentes en 2020 n'ont pas été revues en 2021. Les diminutions d'effectifs ont surtout affecté les espèces opportunistes supportant bien, voire profitant des enrichissements en matière organique. Les taux de matière organique ayant augmenté entre 2020 et 2021, la raison de cette diminution n'est pas identifiée. Elle s'accompagne d'une augmentation des effectifs d'*Abratenuis*, de *Cerastoderma edule* et de *Ruditapes philippinarum*. Le GPBI2 calculé à partir du couple Fier2\_2021 ne montre pas de variation entre 2020 et 2021, il se situait au niveau de celui d'Ostrea.

En 2020, deux espèces non-indigènes ont été détectées au niveau de BA2 : *Arcuatula senhousia* (moule asiatique) et le vers polychète *Pseudopolydora kempfi*. La première n'a pas été retrouvée en 2021 mais n'a probablement pas disparu de Bonne-Anse pour autant. La seconde est en cours de signalisation.

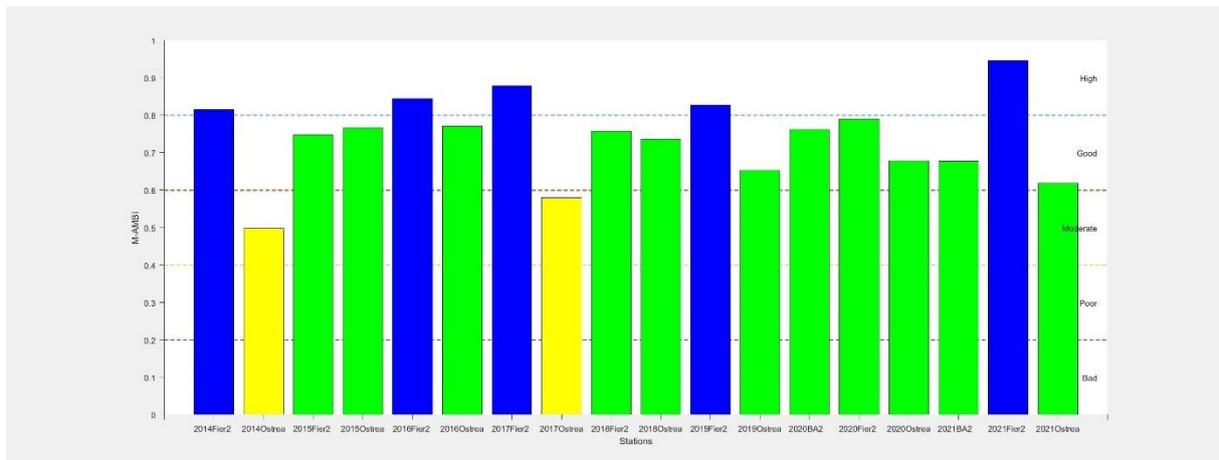


Figure 26 : M-AMBI calculé pour les stations d'Herbier de Zostera noltei (HZN) sur la période 2014-2021. Les résultats d'indicateurs obtenus dans le cadre de ce travail devraient, en complément d'autres données, être soumis à l'avis d'un comité d'expert pour conclure à une évaluation finale d'état écologique pour le tableau de bord du Parc.

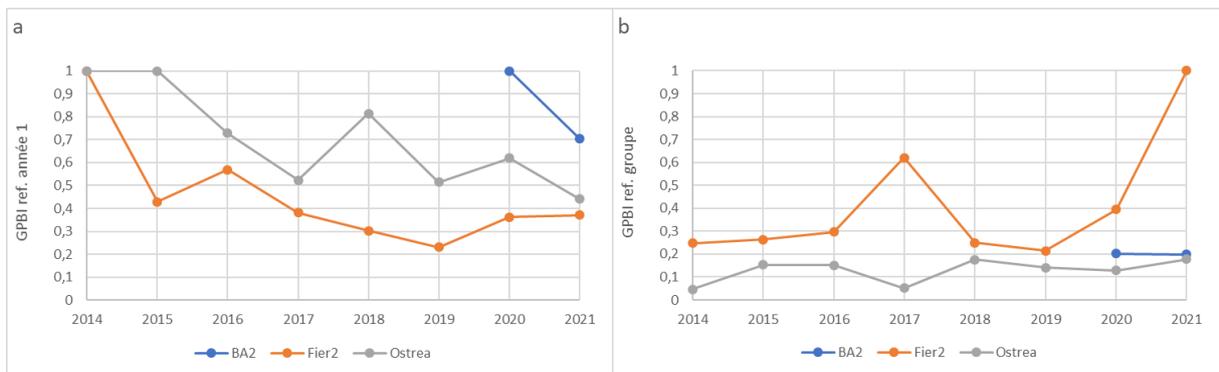


Figure 27 : indices GPBI calculés pour les stations d'Herbier de Zostera noltei HZN ; a) GPBI1 - référence année 1 : pour chaque station, la référence est la première année de suivi (2014 pour Fier2 et Ostrea, 2020 pour BA2), b) GPBI2- référence groupe : couple année\_station pour lequel le score M-AMBI est le plus élevé du groupe (2021\_Fier2).

## Communauté mixte de sédiments vaseux plus ou moins hétérogènes riches en espèces (CMH)

La communauté mixte de sédiments vaseux plus ou moins hétérogène riche en espèces se situe dans les secteurs adjacents aux stations herbiers de Bonne Anse, du Fier d'Ars et de l'estran de l'Est de l'île d'Oléron. Elle occupe donc également une grande gamme d'environnements physico-chimiques. Dans le cas de CMH, les niveaux topographiques (entre 2,7 et 3 m), et par conséquent les contraintes d'exposition à l'air, sont plus homogènes. En revanche, contrairement aux herbiers (HZN) la nature sédimentaire est très variable d'une station à l'autre (Figure 28). BA3 est une station de vases franches. Bellevue (Oléron) se caractérise par des sables hétérogènes plus ou moins envasés avec des fractions de sables moyens importantes et de sables grossiers non négligeables. Fier1 est caractérisée par des sables fins envasés. Le point commun de ces stations est leur proximité avec les herbiers de *Zostera noltei* qui influencent la composition de leurs cortèges d'espèces. La répartition de ces stations dans le temps sur l'ACP semble principalement corrélée aux débits des fleuves charentais en période de crue (Tableau 18 ; composante 1), aux paramètres sédimentaires notamment les taux de sables moyens et grossiers (composantes 2,3,4 et 5) ainsi qu'aux taux de vases et de matière organique dans les sédiments (composante 2), aux températures minimales, enregistrées en hiver, (composante 2) et à la variabilité des températures des eaux de surface au cours des trois premiers trimestres (composantes 2, 3, 4 et 5). L'influence des taux de matière organique s'explique aisément par les taux mesurés sur la station BA3, plus importants spécialement en 2021 (13%). Les coordonnées des stations le long de la composante 3 est également fortement corrélée aux températures des eaux de surface maximales mesurées en été, ainsi qu'aux salinités moyennes des trimestres 2 et 3 et aux taux de sables fins (composantes 3, 4 et 5). La très forte corrélation des niveaux topographiques avec la composante 2 pose question dans la mesure où seule une valeur par station est disponible pour toute la période d'étude et que les niveaux topographiques des stations sont sensiblement identiques à 40 cm près. Il ne s'agit peut-être pas d'un lien direct. En effet, elle va de pair avec un affinement de la granulométrie entre Bellevue, Fier1 et BA2 (Figure 28), et un rapprochement des cortèges faunistiques de l'assemblage CMH vers les assemblages estuariens (Figure 13).

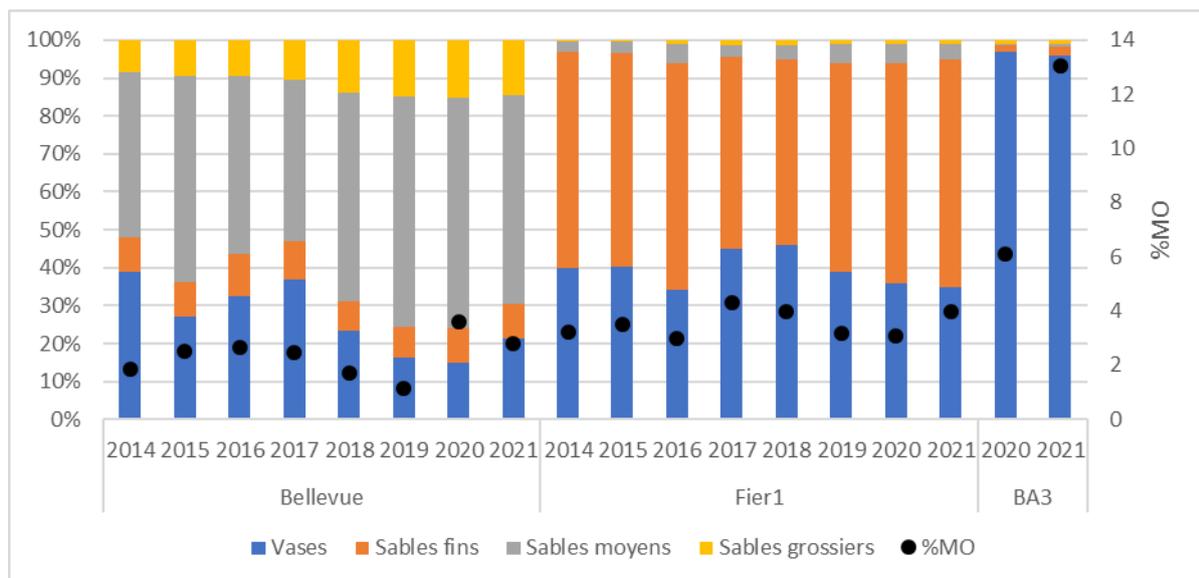


Figure 28 : évolutions des fractions granulométriques et des taux de matière organique des stations de la Communauté mixte de sédiments vaseux plus ou moins hétérogènes riches en espèces (CMH) sur la période 2014-2021.

Tableau 18 : : coefficients de corrélation de Pearson et leur significativité calculés sur les valeurs normalisées des variables environnementales pour les stations du groupe CMH entre 2014 et 2021 – 2020 et 2021 pour BA2 ( $r > 1$  : vert,  $r < 1$  : rouge ; seuils : \*0.05, \*\*0.01, \*\*\*0.001 ; seules les relations significatives sont présentées).

	comp.1	comp.2	comp.3	comp.4	comp.5
D_CH_T1	r=-0.51 * (p=0.032)				
D_CH_sept	r=-0.59 ** (p=0.009)				
D_SN_T1	r=-0.49 * (p=0.041)				
D_SE_T1	r=-0.51 * (p=0.032)				
Topo		r=-0.72 *** (p=0.001)			
T_min		r=-0.53 * (p=0.022)			
T_var		r=0.49 * (p=0.040)	r=0.59 ** (p=0.010)	r=0.63 ** (p=0.005)	r=-0.57 * (p=0.014)
T_ampl		r=0.57 * (p=0.014)	r=0.62 ** (p=0.006)	r=0.65 ** (p=0.004)	r=-0.63 ** (p=0.005)
%MO		r=-0.54 * (p=0.021)			
Sables grossiers		r=0.71 ** (p=0.001)	r=0.79 *** (p=0.000)	r=0.78 *** (p=0.000)	r=-0.77 *** (p=0.000)
Sables moyens		r=0.78 *** (p=0.000)	r=0.78 *** (p=0.000)	r=0.82 *** (p=0.000)	r=-0.80 *** (p=0.000)
Vases		r=-0.58 * (p=0.012)			
P_max_T3			r=-0.47 * (p=0.047)	r=-0.59 ** (p=0.009)	
T_max			r=0.75 *** (p=0.000)	r=0.71 *** (p=0.001)	r=-0.71 *** (p=0.001)
T_T2			r=0.52 * (p=0.026)	r=0.56 * (p=0.016)	r=-0.49 * (p=0.039)
T_T3			r=0.58 * (p=0.012)		
Sal_min			r=-0.51 * (p=0.031)		
Sal_ampl			r=0.56 * (p=0.016)		
Sal_T1			r=-0.55 * (p=0.018)		
Sal_T2			r=-0.75 *** (p=0.000)	r=-0.67 ** (p=0.002)	r=0.68 ** (p=0.002)
Sal_T3			r=-0.72 *** (p=0.001)	r=-0.65 ** (p=0.003)	r=0.60 ** (p=0.008)
Sal_moy			r=-0.67 ** (p=0.002)	r=-0.59 * (p=0.010)	r=0.56 * (p=0.015)
Sables fins			r=-0.89 *** (p=0.000)	r=-0.89 *** (p=0.000)	r=0.87 *** (p=0.000)
P_cumul_T2					r=-0.48 * (p=0.044)

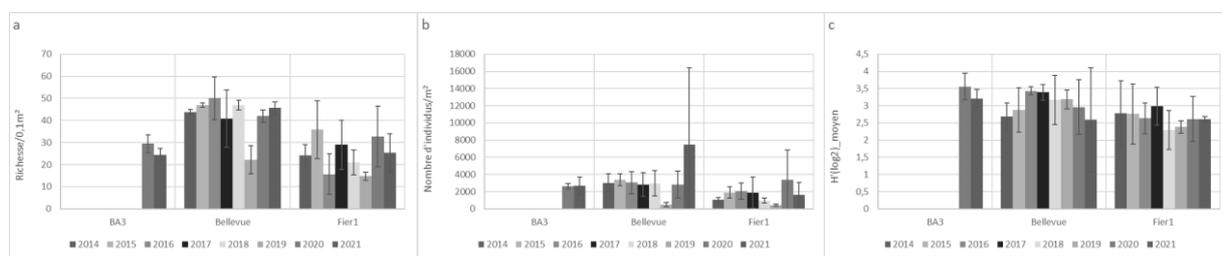


Figure 29 : évolution des valeurs moyennes de richesse spécifique (/0.1m<sup>2</sup> (a), de densité (ind/m<sup>2</sup>) (b) et de diversité H' (c) des stations de la Communauté mixte de sédiments vaseux plus ou moins hétérogènes riches en espèces (CMH) au cours de la période 2014-2021.

Les valeurs de référence utilisées pour qualifier l'état écologique « Très bon » au sens du M-AMBI pour la communauté mixte de sédiments vaseux plus ou moins hétérogènes riches en espèces (CMH) sont : AMBI = 1,73 ; H' = 3,93 ; S = 46.

### Station Bellevue

En 2014, 38 espèces ont été recensées sur la station Bellevue. La richesse moyenne était supérieure à 40 espèces/0.1m<sup>2</sup> avec une faible variabilité entre sous-stations (Figure 29a). Les densités moyennes se situaient autour de 2000-3000 ind./m<sup>2</sup> et la diversité H' autour de 2.5-3 (Figure 29b, c). Les espèces du groupe AMBI IV (opportunistes) représentaient plus de 50% des effectifs (Figure 30) pourtant la valeur du M-AMBI situait la station Bellevue dans la gamme du « bon » état écologique (Figure 32).

Entre 2014 et 2015, la richesse moyenne a augmenté (avec une richesse totale relativement stable : 40 espèces). Cette hausse de richesse est accompagnée d'une légère hausse de la densité et ces

hausse ont eu pour résultat une augmentation de la diversité  $H'$  (Figure 29a, b, c). La diminution du nombre des espèces présentes en 2014 (26) explique la diminution du GPBI1 (Figure 33). Cependant, il s'agissait essentiellement d'espèces rares et peu abondantes. Les principales modifications sont dues à l'augmentation d'effectifs d'espèces des sables moyens (*Cerastoderma edule* et *Cumopsis goodsir* notamment) consécutives à l'augmentation du taux de sables moyens (Figure 28) et l'augmentation des effectifs d'espèces supportant bien les dessalures (*Grandiderella japonica*, les Dolichopodidae) probablement consécutive aux plus fortes précipitations observées pendant l'été (160 mm) et particulièrement en septembre (80 mm). La composition en termes de groupes d'espèces AMBI est resté relativement stable, la légère diminution des groupes I et II a probablement été compensée par la hausse de richesse et de diversité car le M-AMBI présentait la même valeur qu'en 2014, correspondant à un état écologique « bon ».

Les hausses de la richesse et de la diversité se sont poursuivies, mais les densités montraient une légère tendance à la baisse (Figure 29a, b, c). *Grandiderella japonica* et les Dolichopodidae ont vu leurs effectifs régresser à la suite d'un été sec (moins de 60 mm de précipitation sur tout l'été et 30 mm en septembre) alors que ceux de *Cerastoderma edule* ont encore fortement progressé malgré un apparent recul du taux de sables moyens (en revanche *Cumopsis goodsir* n'a pas été observé en 2016). Par ailleurs, le nombre d'espèces en commun avec l'année 2014 est resté relativement stable (27). La poursuite de la diminution du GPBI1 ne peut donc s'expliquer que par la diminution d'effectifs des espèces qui étaient aussi présentes en 2014, or les seuls taxons qui ont diminué fortement sont *Tharyx spp.* et *Grandiderella japonica*. *Tharyx spp.* étant une espèce « opportuniste » (groupe AMBI IV), la proportion des effectifs d'espèces du groupe IV a fortement chuté et il en résulte une augmentation relative des groupes sensibles (I), indifférents (II) et surtout tolérants (III) (Figure 30). Cela entraîne une hausse de la valeur du M-AMBI au-delà du seuil de « très bon » bon état écologique. D'ailleurs, la communauté de Bellevue en 2016 correspond à la référence « High » de calcul du M-AMBI pour l'assemblage CMH.

Entre 2016 et 2017, la richesse moyenne diminue malgré une variabilité importante entre sous-stations (la richesse totale est revenue à son niveau de 2014 : 38 espèces). En revanche la densité moyenne et la diversité  $H'$  sont restées proches de leur valeur de 2016. Concernant les espèces, la situation est relativement proche de celle de 2015. Les effectifs de *Tharyx spp.* sont remontés mais pas à hauteur de 2015, *Cerastoderma edule* a vu ses effectifs diminuer alors que *Cumopsis goodsir* était de nouveau observé. Les espèces connues pour profiter des dessalures associées aux précipitations estivales, les Dolichopodidae et *Grandiderella japonica* notamment sont restées stables malgré des précipitations importantes de l'été 2017 (>160 mm, dont 108 mm en septembre). Le GPBI1 n'a pratiquement pas été modifié en 2017 par rapport à 2016, il a même légèrement augmenté. Par contre, l'augmentation de la proportion des effectifs d'espèces du groupe opportuniste (IV) (principalement *Tharyx spp.*) au détriment du groupe tolérant (III) principalement, a replacé la station Bellevue dans la gamme du « bon » état écologique au lieu de « très bon » en 2016.

En 2018, la richesse moyenne a de nouveau augmenté et la richesse totale a atteint son maximum sur la période d'étude. La densité moyenne est demeurée stable par rapport aux années précédentes en revanche la diversité a diminué, cependant la variabilité entre sous station était plus importante. Le GPBI1 et les proportions des 5 groupes d'espèces AMBI sont demeurés aux mêmes niveaux qu'en 2017. Cependant, le M-AMBI a progressé et la station Bellevue s'est de nouveau trouvée en « très bon » état écologique. Ce résultat est probablement dû à la hausse de la richesse associé à un maintien relatif de la diversité.

En 2019 s'est produit de fortes diminutions de la richesse et de la densité moyennes sans que cela n'affecte la diversité. La richesse totale est tombée à 23 taxons et parmi ceux restant, pratiquement

tous ont vu leurs effectifs diminuer fortement sans distinction de préférences sédimentaires ou de régime hydrologique (Figure 29a, b). L'indice GPBI1 a, logiquement, lui aussi fortement chuté. En revanche, les modifications dans la structure du cortège faunistique ont entraîné une forte régression des espèces du groupe AMBI IV (opportunistes) au bénéfice des espèces indifférentes II et tolérantes du groupe III. Cela a fortement limité la diminution du M-AMBI, la station a perdu son statut de « très bon » état mais s'est tout de même maintenue dans la gamme du « bon » état. Le seul évènement documenté pouvant expliquer la chute brutale des richesses et des densités en 2019 est la faiblesse des débits fluviaux, notamment pendant la période des crues hivernales. L'année 2019 a été une année très sèche en termes de débits fluviaux. Cependant, c'était également le cas en 2017 et bien qu'une diminution des richesses ait été observée en 2017, elle était loin d'approcher l'ampleur du phénomène observé en 2019. En revanche, l'année 2019 a également été très sèche en termes de précipitations avec un cumul de précipitations sur les trois premiers trimestres inférieur à 350 mm contre 500-650 mm entre 2014 et 2018. Par ailleurs, les dates d'échantillonnages, entre la mi-octobre et la mi-novembre selon les années ne semblent pas avoir d'impact sur la structure des cortèges rencontrés.

En 2020, le cortège de la station Bellevue avait retrouvé une structure « normale » malgré une diminution de la diversité. Les effectifs de coques (*Cerastoderma edule*) ont fortement augmenté pour atteindre des effectifs jamais atteints sur la période d'étude (236 individus comptés), probablement en lien avec un enrichissement en sables moyens (qui avait déjà été constaté en 2019). Cela explique également la baisse de diversité observée. 13 espèces qui n'avaient plus été observées en 2019 sont revenues et toutes les espèces ont retrouvé des effectifs comparables à ceux précédant l'évènement de 2019. Le GPBI a suivi ce rétablissement et a vu sa valeur augmenter, tandis que la prédominance des effectifs des espèces du groupe AMBI III (tolérantes) associée à l'augmentation de la richesse et malgré la diminution de la proportion du groupe AMBI II (indifférentes) et la baisse de diversité, a entraîné une augmentation du M-AMBI qui demeure toutefois dans la gamme du « bon » état écologique.

En 2021, les richesses moyennes et totales ont encore légèrement augmenté (46 espèces au total) alors que les densités moyennes ont enregistré une très forte progression (Figure 29a, b). Cependant cette hausse est essentiellement imputable à une seule espèce, *Siphonoecetes sabatieri* (petit amphipode occupant les coquilles vides d'hydrobies) pour laquelle 900 individus ont été comptés. Cette forte hausse d'effectifs d'une seule espèce a eu pour conséquence une diminution de la diversité  $H'$ , qui demeurerait toutefois très variable entre sous-stations. Cette hausse a par ailleurs également eu pour conséquence d'augmenter considérablement la part des espèces du groupe AMBI I (sensibles) et conduit à une nouvelle augmentation du M-AMBI replaçant la station Bellevue dans la gamme du « très bon » état écologique. Enfin, la valeur du GPBI est remontée au niveau qu'elle occupait en 2018. Par ailleurs, la forte hausse des effectifs de *Siphonoecetes sabatieri* explique également le rapprochement de la station Bellevue de la station B sur l'ACP, station des sables à coques (CSC) sur laquelle cette espèce est également bien représentée.

La courbe d'évolution du GPBI2 (Figure 33b) entre 2014 et 2021 reflète relativement bien les fluctuations de la structure de communauté liées aux alternances entre années « sèches » (2015, 2017 et 2019) et années plus « humides » en termes de débits fluviaux. Les précipitations estivales importantes semblent également avoir eu un rôle à jouer avec des valeurs plus importantes pendant les années « sèches », à part en 2019 qui constitue l'année la plus sèche pour la combinaison de ces deux paramètres (débits fluviaux et précipitations).

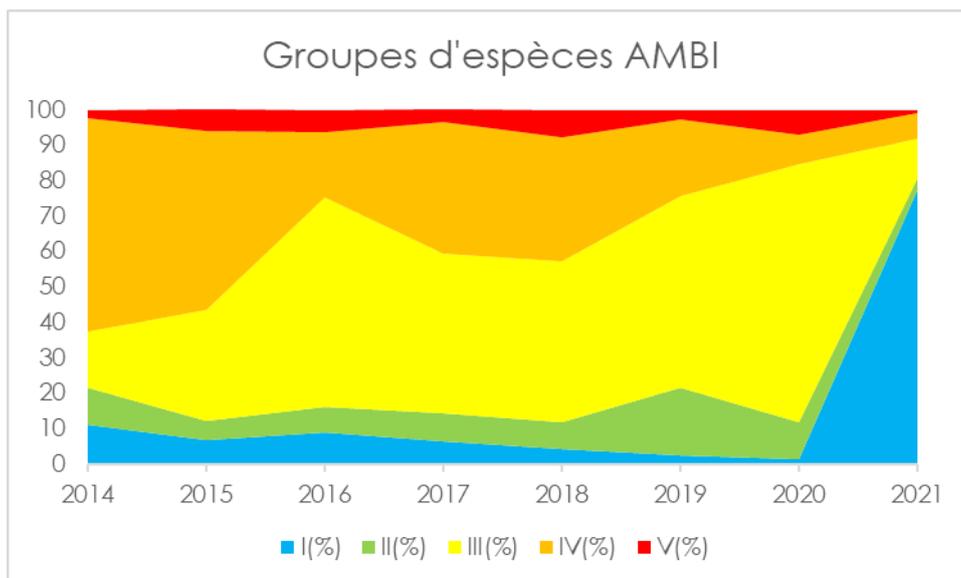


Figure 30 : évolution des proportions des 5 groupes d'espèces de la classification AMBI sur la station Bellevue entre 2014 et 2021. I (%), II (%), III (%), IV (%) et V (%) sont les proportions d'abondance des groupes écologiques composées, respectivement, des espèces « sensibles à l'hypertrophisation », « indifférentes », « tolérante », « opportuniste de second ordre », « opportuniste de premier ordre ».

### Station Fier1

En 2014, la station Fier1 présentait 23 taxons au total et une richesse moyenne d'environ 20-21 espèces /0.1m<sup>2</sup>. Les densités moyennes y étaient d'environ 1000 ind/m<sup>2</sup>, et la diversité H' du même ordre de grandeur qu'au niveau de Bellevue (2.5-3). Le cortège était dominé par des espèces plutôt estuariennes (*Scrobicularia plana*, *Hediste diversicolor*, *Macoma balthica*, *Abra tenuis*) en combinaison avec des espèces plutôt caractéristiques des herbiers, (*Notomastus latericeus*, *Haminoea hydatis*, *Phyllodoce mucosa*). En effet, Fier2 est relativement proche de Fier1. En raison de l'importance des effectifs des espèces estuariennes, la station était dominée par des espèces du groupe AMBI III qui représentaient environ 80% du cortège faunistique. Malgré une richesse moindre et du fait de la prédominance du groupe III et d'une diversité relativement bonne, la valeur du M-AMBI la classait en « bon » état écologique (la référence du « très bon » état étant 2016\_Bellevue qui présentait une proportion d'individus d'espèces du groupe IV plus importante).

En 2015, la richesse moyenne a augmenté de manière importante, de même que la richesse totale qui comptait 33 espèces. Une augmentation de la densité moyenne a également été observée de même qu'une hausse de la diversité H'. Cependant, 8 des 23 espèces qui étaient présentes en 2014 n'ont pas été observées en 2015. Cela explique la forte diminution du GPBI1. Parmi les espèces qui n'ont pas été revues et celles toujours présentes mais qui présentaient des effectifs réduits en 2015, se trouvaient principalement des espèces d'affinité estuarienne : *Macoma balthica*, *Nephtys hombergii* et *Scrobicularia plana*. En revanche, celles qui apparaissent de manière importante dans le cortège de 2015 ou qui, déjà présentes en 2014, ont vu leurs effectifs augmenter sont les espèces identifiées comme profitant des instabilités liées aux précipitations (apports d'eau douce ponctuels importants - *Grandidierella japonica*, les Dolichopodidae, *Cyathura carinata*) et des espèces opportunistes (groupes AMBI IV et V – *Tharyx spp.*, les Oligochètes, l'annélide polychète *Heteromastus filiformis*). Les analyses granulométriques ne montraient pas de modification de la couverture sédimentaire entre 2014 et 2015, et le taux de matière organique n'a que légèrement augmenté (Figure 28). Le seul

élément disponible permettant d'expliquer ces changements sont les plus fortes précipitations enregistrées au mois de septembre 2015 (100 mm). Les hausses de la richesse et de la diversité compensant l'augmentation de la proportion des groupes d'espèces opportunistes IV et V, le M-AMBI a augmenté et la station s'est maintenue dans un « bon » état écologique (Figure 31).

En 2016, un retour des espèces estuariennes a été observé, du moins les effectifs d'*Abra tenuis* et de *Scrobicularia plana* se sont renforcés et *Nephtys hombergii* est de nouveau présente, *Hediste diversicolor* qui n'avait pas souffert des précipitations de septembre 2015 a également progressé (en revanche *Macoma balthica* n'a plus été observée sur Fier1 depuis 2014). Ce phénomène d'« estuarisation » de la communauté s'est accompagné d'une légère baisse de la richesse totale (29 espèces) mais la richesse moyenne a fortement diminué (Figure 29a) tandis que la densité moyenne et la diversité H' se sont maintenues (Figure 29b, c). Dans le même temps, *Grandiderella japonica*, les Dolichopodidae et *Cyathura carinata* ont également vu leurs effectifs augmenter malgré la faiblesse importante des précipitations en fin d'été 2016 (<22mm en septembre, <6mm en octobre). Par ailleurs, les espèces du groupe AMBI V ont régressé (principalement les oligochètes) (Figure 31). Le M-AMBI a retrouvé en 2016 son niveau de 2014, et le GPBI1 est resté stable entre 2015 et 2016 (Figure 33a). Le phénomène d'estuarisation observé en 2016 était probablement dû aux débits cumulés des fleuves plus importants en période de crue en 2016, notamment ceux de la Charente (2015 avait été une année plus « sèche » de ce point de vue - Figure 55, Figure 56).

En 2017, la richesse moyenne a légèrement diminué malgré que la richesse totale ait légèrement augmenté (31 taxons recensés) de même que la diversité H' alors que la densité moyenne n'a pas varié. L'année 2017 a été une année très sèche en termes de débits fluviaux, les crues hivernales ont été très faibles. En revanche, les précipitations du mois de septembre ont été relativement importantes. Les espèces estuariennes, notamment *Abra tenuis* et *Hediste diversicolor* (qui n'a pas été observé en 2017) ont subi des régressions d'effectifs compensés par une légère augmentation des effectifs d'espèces plus caractéristiques de l'herbier situé à proximité (*Notomastus latericeus*, *Haminoea hydatis* notamment) et surtout par une forte augmentation des effectifs d'espèces opportunistes (groupes IV et V – oligochètes et Dolichopodidae), avec cette année-là une augmentation substantielle du taux de matière organique (+ 1 %), et d'espèces pouvant bénéficier des plus fortes précipitations enregistrées en fin d'été (*Cyathura carinata* et les Dolichopodidae). La légère diminution du GPBI1 (Figure 33a) était liée à la diminution du nombre d'espèces communes avec le cortège observé en 2014 (3 espèces en moins par rapport à 2016) et la baisse des effectifs importante des espèces estuariennes. Malgré les hausses d'effectif des espèces opportunistes, le M-AMBI a légèrement augmenté et s'est maintenu à un niveau « bon » (Figure 32), probablement du fait de l'augmentation de la diversité et de la proportion des effectifs d'espèces du groupe AMBI II (Figure 31).

En 2018 s'est produite une forte diminution des richesses, moyenne et totale (20 espèces recensées) à l'origine d'une diminution de la diversité H', la densité moyenne n'ayant pas varié. Cela est probablement à l'origine de la diminution du M-AMBI mais l'état écologique de la station est resté « bon ». Pratiquement toutes les espèces du cortège de 2017 étaient concernées mais les baisses ont surtout affecté les espèces qui avaient vu leurs effectifs augmenter en 2017 (à part *Cyathura carinata* qui s'est maintenue). Une espèce particulière a été observée, uniquement cette année-là, et avec des effectifs relativement importants (25 individus) : *Paragnathia formica*. Cette espèce est typique des vases consolidées de la haute slikke dans laquelle elle creuse et occupe des terriers. Le GPBI a également enregistré une nouvelle diminution liée à la baisse des effectifs d'espèces qui étaient présentes en 2014 ainsi à la nouvelle diminution de leur nombre (de nouveau 3 espèces en moins). En partant du principe que l'altitude de la station n'a pas évolué sur la période d'étude, la présence de *Paragnathia formica* suggère l'intervention de conditions hydrologiques particulières en 2018, ce

qu'aurait tendance à confirmer le maintien de la population de *Cyathura carinata*. Dans ce domaine, l'année 2018, année « humide », a été particulièrement marquée par des débits fluviaux hivernaux et des précipitations printanières bien plus importants que les trois années précédentes, de plus, les salinités printanières étaient les plus faibles de la période d'étude (32,8). Cependant, cela n'a pas profité aux espèces estuariennes qui ont également régressé (*Scrobicularia plana*, *Nephtys hombergii*).

En 2019, la diminution des richesses, moyenne et totale (14 espèces) s'est poursuivie et était cette fois accompagnée d'une forte réduction des densités moyennes, la diversité demeurant stable par rapport à 2018. A l'instar de la station Bellevue la même année, les diminutions d'effectifs ont affecté toutes les espèces sans distinction de préférence écologique. La forte diminution des richesses, affectant également le pool d'espèces qui étaient présentes en 2014, associée à une augmentation de la proportion des effectifs d'espèces du groupe IV explique le passage de la station de l'état écologique « bon » à celui de « moyen » et la nouvelle diminution du GPBI1. L'origine de cet état de la communauté en 2019 est probablement la même que dans le cas de la station de Bellevue : l'année 2019 a été particulièrement « sèche » malgré que les précipitations de fin d'été aient été un peu plus importantes qu'au niveau de la station de Bellevue. D'ailleurs les espèces dominantes du cortège de Fier1 en 2019 étaient *Cyathura carinata* et les Dolichopodidae, malgré que leurs effectifs aient également diminué.

En 2020, les richesses moyennes et totales (35 espèces recensées) ainsi que la densité ont fortement augmenté, entraînant une légère augmentation de la diversité H'. Les augmentations d'effectifs ont surtout profité aux espèces pouvant profiter des fortes précipitations (*Cyathura carinata*, *Grandiderella japonica*), aux opportunistes (Groupes AMBI d'espèces opportunistes V : Oligochètes, *Capitella spp.*, *Heteromastus filiformis*, *Cirriformia tentaculata*...) ainsi qu'aux espèces estuariennes (*Scrobicularia plana* et *Abra tenuis*). La coque (*Cerastoderma edule*) a également vu ses effectifs progresser, mais sans qu'il ne soit produit d'augmentation de la proportion de sables à l'échelle de la station. La hausse de la richesse et de la diversité H' observée en 2020 explique la hausse du M-AMBI qui a replacé la station Fier1 dans la gamme du « bon » état écologique. C'est également ce qui explique la hausse du GPBI1 observée cette année-là. En 2020, les fortes précipitations se sont produites durant le mois d'octobre (> 130 mm), avant la campagne d'échantillonnage qui a été réalisée le 27 octobre. Par ailleurs, 2020 constitue une année « humide » en termes de débits des crues hivernales, les valeurs moyennes de salinité des eaux de surface sur les trois premiers trimestres étaient les plus basses de la période d'étude (moyenne = 32.6).

L'année 2021 est de nouveau marquée par une diminution des richesses (28 espèces recensées) et des densités moyennes. La diversité H' en revanche n'a pas varié. Seul le taxon des Dolichopodidae voit ses effectifs réellement augmenter, expliquant la progression de la proportion d'effectifs du groupe AMBI d'espèce opportunistes IV qui, associée à la baisse des richesses, a entraîné une diminution de la qualité écologique de la station qui est toutefois demeuré « bon ». La baisse des richesses et de la densité moyenne qui affecte aussi le cortège d'espèces communes avec l'année 2014 explique aussi la diminution du GPBI1. L'année 2021 est également une année « humide » en termes de débits de crues hivernales, en revanche l'été a été plutôt sec en termes de précipitations, ce qui explique peut-être la diminution des effectifs des espèces profitant des fortes pluies parfois observées en fin d'été. En revanche, la faiblesse des effectifs des espèces estuariennes n'est pas expliquée.

Dans le cas de la station Bellevue, le GPBI2 soulignait l'influence des années sèches et années humides ainsi que de l'intensité des précipitations se produisant en fin d'été sur la période 2015-2019. Dans le cas de Fier1 sur la même période ce n'est pas le cas, alors que Fier1 a également subi ces influences. En revanche, les évolutions constatées entre 2014 et 2015, puis à partir de 2019, sont identiques pour

les deux stations qui, de plus, présentaient des valeurs de GPBI2 relativement proches l'une de l'autre et éloignées de la référence (2016\_Bellevue).

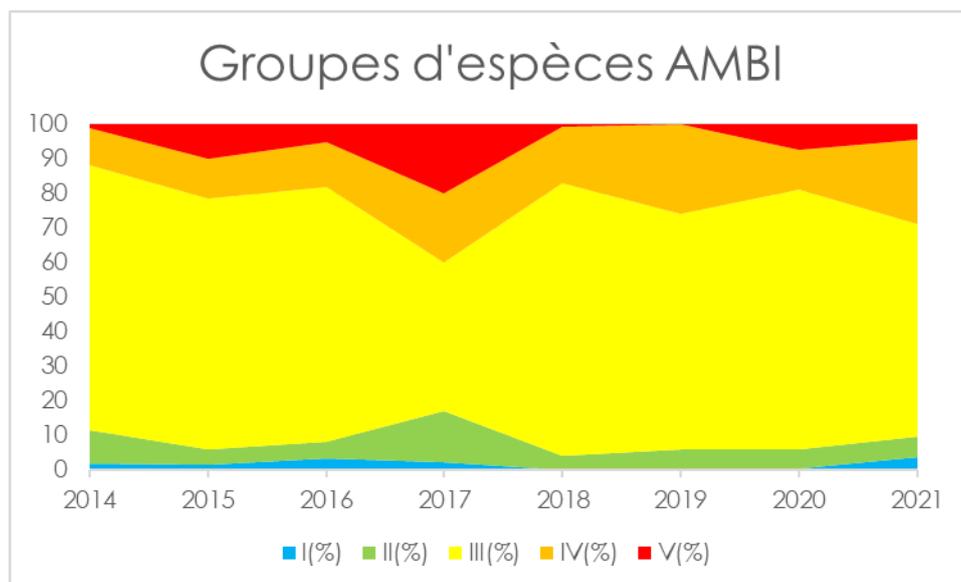


Figure 31 : évolution des proportions des 5 groupes d'espèces de la classification AMBI sur la station Fier1 entre 2014 et 2021. I (%), II (%), III (%), IV (%) et V (%) sont les proportions d'abondance des groupes écologiques composées, respectivement, des espèces « sensibles à l'hypertrophisation », « indifférentes », « tolérante », « opportuniste de second ordre », « opportuniste de premier ordre ».

### Station BA3

Comme pour BA2, il n'y a que deux années de suivi disponibles pour cette station (2020 et 2021). La station BA3 est une station située relativement haut sur la slikke de Bonne-Anse et occupée par des sédiments très vaseux. La richesse est néanmoins importante pour ce type de faciès, équivalente à celle des sables fins envasés de Fier1 avec des densités moyennes plus élevées. Ainsi en 2020, 36 taxons ont été observés, ce qui représentait une richesse moyenne d'environ 30 espèces /0.1m<sup>2</sup> et une densité moyenne comprise entre 2000 et 3000 ind./m<sup>2</sup>. La diversité H' y était également plus importante que sur les autres stations (3.5) traduisant un meilleur équilibre dans la répartition des effectifs des espèces (hors hydrobies). Le cortège faunistique était dominé par des espèces estuariennes *Abra tenuis*, *Scrobicularia plana*, *Alkmaria romijni*, des espèces supportant bien les dessalures, *Grandidierella japonica* et les Dolichopodidae et des espèces opportunistes, *Pseudopolydora spp.*, les Oligochètes, *Heteromastus filiformis*. Les coques et les palourdes y étaient également bien représentées, malgré la quasi-absence de sables. La richesse et la diversité importantes ainsi que la dominance des effectifs d'espèces tolérantes (groupe AMBI d'espèces tolérantes III) expliquent le « bon » état écologique de la station en 2020.

En 2021, comme pour Fier1, les richesses moyennes et totales ont diminué (31 espèces recensées) de même que la diversité H', les densités moyennes demeurant identiques. Le pool d'espèces communes entre 2020 et 2021 est de 21 espèces, ce qui explique la diminution du GPBI1. Cependant, le M-AMBI s'est maintenu à son niveau de 2020. En effet, les espèces opportunistes ont vu leurs effectifs diminuer de manière importante, le groupe d'espèce opportunistes V qui représentait 10% des effectifs en 2020 n'est plus observé tandis que la proportion des effectifs du groupe IV a fortement diminué passant de 20% à 6%. Ces diminutions se sont produites au bénéfice du groupe d'espèces indifférentes II qui est

passé de 7% à 26%. Par conséquent, malgré les baisses de richesse et de diversité H', qui finalement s'expliquent essentiellement par la diminution du nombre et des effectifs des espèces opportunistes, la station a conservé en 2021 son statut de « bon » état écologique. La raison de la raréfaction des espèces opportunistes est toutefois difficile à expliquer. En effet, le taux de matière organique a très fortement augmenté entre 2020 et 2021. L'analyse ne semble pas devoir être remise en cause, les résultats obtenus pour les différentes sous-stations étaient en accord avec cette hausse importante et des taux mesurés en 2021 compris entre 11,8 % et 14,1 % (moyenne de 13,1 % - Figure 28). Les espèces qui ont le plus augmenté entre 2020 et 2021 sont *Abra tenuis*, *Grandidierella japonica*, *Ruditapes philippinarum* et les Dolichopodidae. Il s'agit d'espèces tolérantes aux dessalures pour la plupart, voire que les dessalures brutales favorisent. Des espèces plus typiques des herbiers ont aussi augmenté en effectifs, *Idotea chelipes*, *Ampithoe spp.* notamment, mais il est probable que ces espèces soient aussi tolérantes aux dessalures.

Les précipitations de fin d'été et d'automne ont été moins importantes en 2021 par rapport à 2020. En revanche, les débits de la Gironde en 2021 ont été plus importants, y compris en fin d'été, et les salinités hivernales et estivales des eaux de surface à l'entrée de Bonne Anse étaient également plus faibles en 2021 (mais pas au printemps).



Figure 32 : M-AMBI calculé pour les stations de la Communauté mixte de sédiments vaseux plus ou moins hétérogènes riches en espèces (CMH) sur la période 2014-2021. Les résultats d'indicateurs obtenus dans le cadre de ce travail devraient, en complément d'autres données, être soumis à l'avis d'un comité d'expert pour conclure à une évaluation finale d'état écologique pour le tableau de bord du Parc.

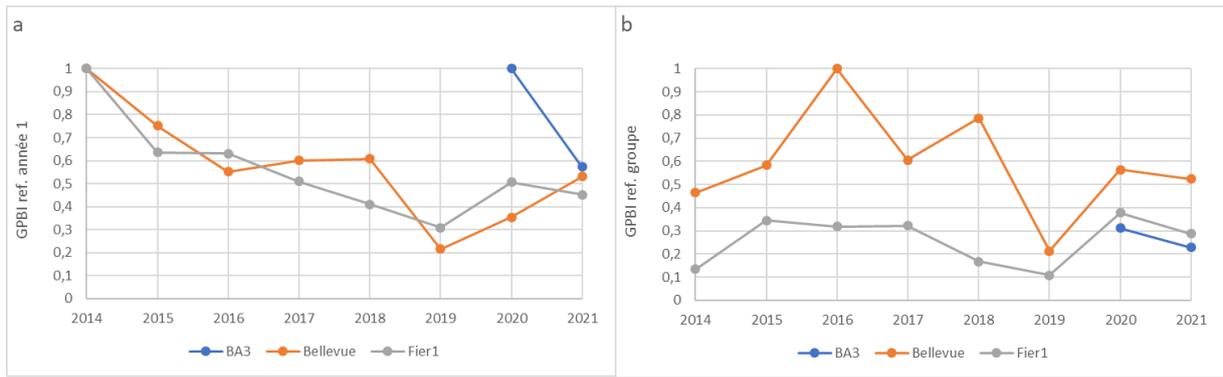


Figure 33 : indices GPBI calculés pour les stations de la Communauté mixte de sédiments vaseux plus ou moins hétérogènes riches en espèces (CMH); a) GPBI1 - référence année 1 : pour chaque station, la référence est la première année de suivi (2014 pour Fier1 et Bellevue, 2020 pour BA3), b) GPBI2 - référence groupe : couple année\_station pour lequel le score M-AMBI est le plus élevé du groupe (2016\_Bellevue).

## Communauté des sables à coques (CSC)

De par la diversité des localités occupées (la baie d'Yves, Bonne Anse et le Fier d'Ars), la communauté des sables à coques occupe une grande variété d'environnements physico-chimiques. Les stations B (en Baie d'Yves) et BA1 occupent des niveaux plus élevés sur l'estran que Fier 3 (respectivement 4,1, 3,7 et 2,82 m). Les sédiments se caractérisent par des taux de sables fins importants (Figure 34), en particulier au niveau de la station B, qui se distingue par de très faibles taux de sables moyens et grossiers et une fraction un peu plus importante et plus sujette à variations. Les sédiments des stations BA1 et Fier3 comportent des fractions de sables moyens et grossiers importantes et des taux de vases très faibles. Les taux de matière organique sont relativement constants et peu importants, généralement inférieurs à 2%.

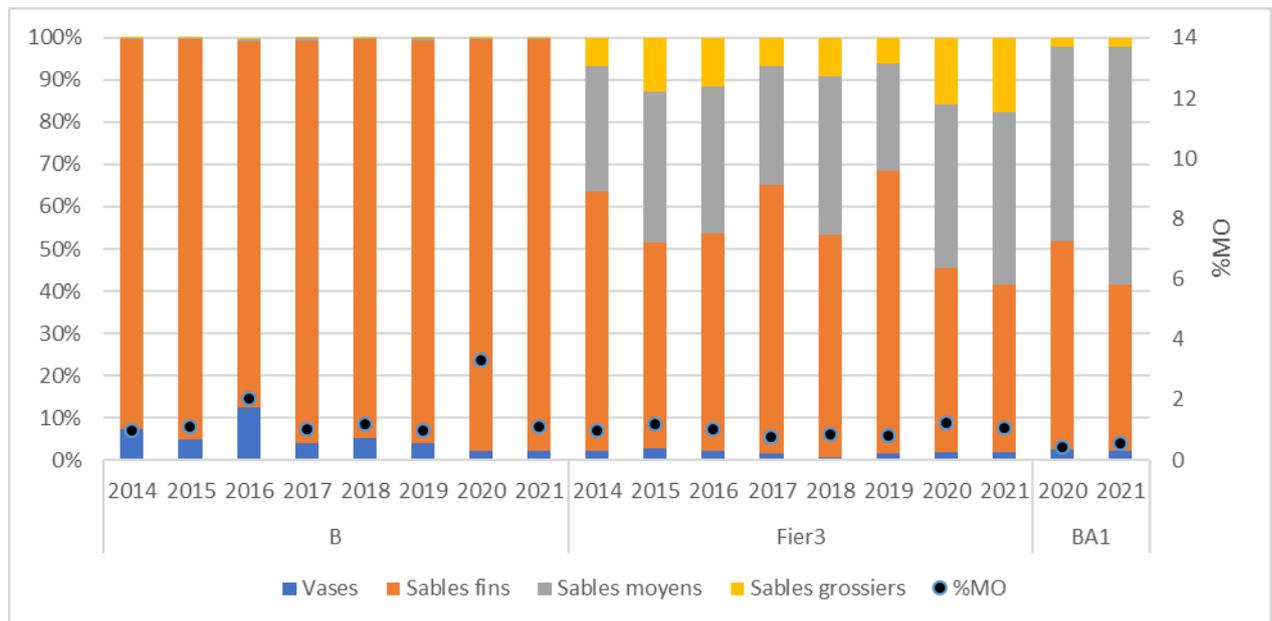


Figure 34 : évolutions des fractions granulométriques et des taux de matière organique des stations de la Communauté des sables à coques (CSC) sur la période 2014-2021.

Tableau 19 : coefficients de corrélation de Pearson et leur significativité calculés sur les valeurs normalisées des variables environnementales pour les stations de la communauté des sables à coques (CSC) entre 2014 et 2021 – 2020 et 2021 pour BA1 ( $r > 1$  : vert,  $r < 1$  : rouge ; seuils : \*0.05, \*\*0.01, \*\*\*0.001 ; seules les relations significatives sont présentées).

	comp.1	comp.2	comp.3	comp.4	comp.5
Altitude	$r=-0.77$ *** ( $p=0.000$ )	$r=-0.77$ *** ( $p=0.000$ )		$r=-0.69$ ** ( $p=0.002$ )	$r=0.68$ ** ( $p=0.002$ )
T_min	$r=0.54$ * ( $p=0.021$ )			$r=0.64$ ** ( $p=0.005$ )	$r=-0.50$ * ( $p=0.034$ )
T_max	$r=-0.57$ * ( $p=0.014$ )	$r=-0.71$ *** ( $p=0.001$ )			$r=0.60$ ** ( $p=0.008$ )
T_var	$r=-0.65$ ** ( $p=0.003$ )	$r=-0.59$ * ( $p=0.011$ )		$r=-0.61$ ** ( $p=0.007$ )	$r=0.57$ * ( $p=0.014$ )
T_ampl	$r=-0.67$ ** ( $p=0.002$ )	$r=-0.61$ ** ( $p=0.007$ )		$r=-0.65$ ** ( $p=0.003$ )	$r=0.67$ ** ( $p=0.002$ )
T_T1	$r=0.49$ * ( $p=0.038$ )			$r=0.51$ * ( $p=0.030$ )	
Sables grossiers	$r=0.66$ ** ( $p=0.003$ )	$r=0.86$ *** ( $p=0.000$ )			$r=-0.57$ * ( $p=0.014$ )
Sables moyens	$r=0.85$ *** ( $p=0.000$ )	$r=0.51$ * ( $p=0.032$ )		$r=0.62$ ** ( $p=0.006$ )	$r=-0.78$ *** ( $p=0.000$ )
Sables fins	$r=-0.85$ *** ( $p=0.000$ )	$r=-0.60$ ** ( $p=0.008$ )		$r=-0.62$ ** ( $p=0.006$ )	$r=0.77$ *** ( $p=0.000$ )
Vases	$r=-0.55$ * ( $p=0.019$ )	$r=-0.49$ * ( $p=0.037$ )			
Sal_min		$r=0.60$ ** ( $p=0.009$ )			
Sal_max		$r=0.70$ ** ( $p=0.001$ )		$r=0.49$ * ( $p=0.040$ )	
Sal_ampl		$r=-0.56$ * ( $p=0.015$ )			
Sal_T1		$r=0.68$ ** ( $p=0.002$ )			
Sal_T2		$r=0.74$ *** ( $p=0.000$ )			
Sal_T3		$r=0.66$ ** ( $p=0.003$ )			
Sal_moy		$r=0.72$ *** ( $p=0.001$ )			
P_sept					$r=-0.50$ * ( $p=0.033$ )

Les positions respectives des stations au cours du temps le long des composantes l'ACP montrent effectivement des corrélations importantes avec les fractions sédimentaires (sables fins à grossiers) et les niveaux topographiques (Tableau 19 – composantes 1, 2, 4 et 5). La composante 2 est également très corrélée aux températures maximales et aux salinités moyennes des eaux de surface, ainsi qu'aux salinités au printemps (Trimestre 2). La composante 3 n'est significativement corrélée à aucun des paramètres environnementaux disponibles. Les composantes 4 et 5 montrent également des corrélations avec les paramètres de température et ainsi qu'avec les salinités maximales (composante 4) et avec les précipitations cumulées du mois de septembre (composante 5).

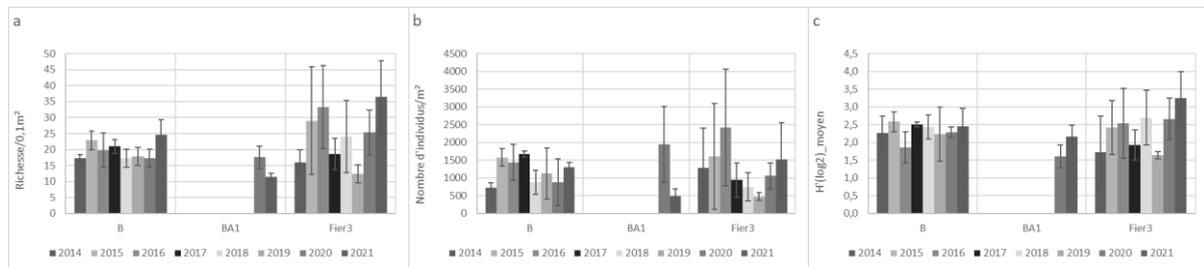


Figure 35 : évolution des valeurs moyennes de richesse spécifique ( $/0.1m^2$ ) (a), de densité ( $ind/m^2$ ) (b) et de diversité  $H'$  (c) des stations de la communauté des sables à coques (CSC) au cours de la période 2014-2021.

Les valeurs de référence utilisées pour qualifier l'état écologique « Très bon » au sens du M-AMBI pour la communauté des sables à coques (CSC) sont : AMBI = 0,6 ;  $H' = 3,74$  ;  $S = 35$ .

### Station B

La station B s'est montrée relativement stable sur l'ensemble de la période d'étude. Le nombre d'espèces oscillait entre 12 et 19 espèces, soit 17-25 espèces/ $0.1m^2$  en moyenne (Figure 35a). De plus, les différences observées concernaient des espèces rares à effectifs très faibles (le plus souvent 1 individu). Cet élément explique le maintien du GPBI à des niveaux relativement élevés (Figure 39). Les espèces caractéristiques se décomposaient en deux groupes majoritairement composés d'espèces des sédiments sableux (*Siphonoecetes sabatieri*, *Bathyporeia sarsi*, *Cerastoderma edule*, *Urothoe poseidonis*, *Spio martinensis*) mais certaines avec des affinités plus estuariennes et sablo-vaseuses (*Macoma balthica*, *Nephtys hombergii*). Si les taux de vases y étaient peu élevés (généralement inférieurs à 5%), ils étaient tout de même plus importants que pour les autres stations de la communauté et leur variation (jusqu'à 12,5% en 2016 - Figure 34) peut expliquer en partie les oscillations d'effectifs inter-annuelles. De plus de légères variations des métriques biologiques (richesses, densités) suivant les cycles années « sèches » / années « humides » en termes de débits fluviaux ont été observées et un signal plus important sur la période 2018-2020, pendant laquelle les valeurs de ces métriques étaient plus faibles. Cependant, cet événement n'a pas vraiment altéré la communauté qui est restée en « bon » état écologique sur toute la période d'étude (référence M-AMBI : 2021\_Fier3 ; Figure 38). Ceci s'explique par la stabilité de la diversité et par le fait que, sur toutes la période d'étude, les cortèges d'espèces identifiés étaient totalement exempts d'espèces opportunistes (groupes AMBI des espèces opportunistes IV et V). Plus de 70% du cortège était constitué d'espèces sensibles (groupe I). Les espèces indifférentes (groupe II) et les espèces tolérantes (groupe III) représentaient respectivement 5% et 20-25% (Figure 36).

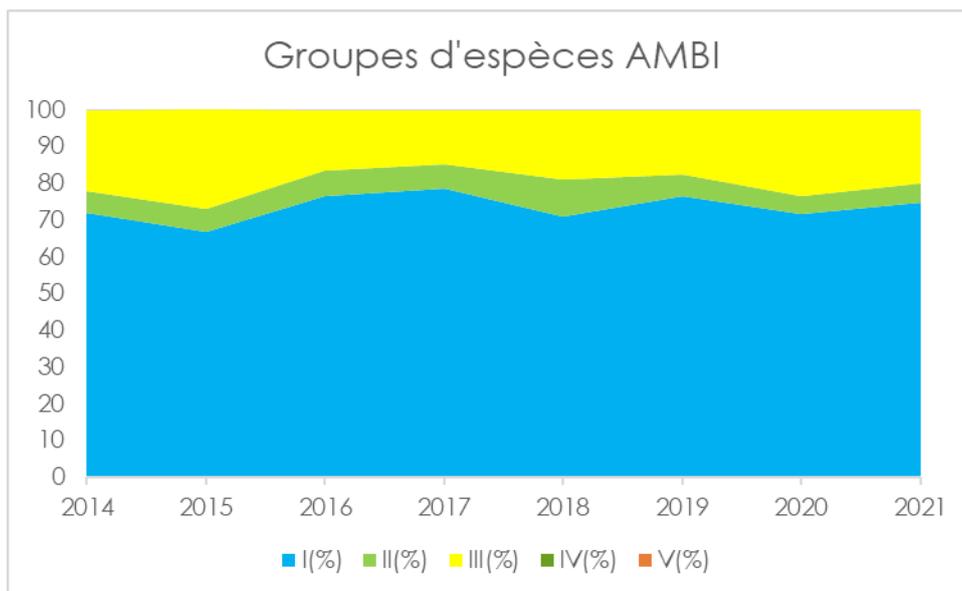


Figure 36 : évolution des proportions des 5 groupes d'espèces de la classification AMBI sur la station B entre 2014 et 2021. I (%), II (%), III (%), IV (%) et V (%) sont les proportions d'abondance des groupes écologiques composées, respectivement, des espèces « sensibles à l'hypertrophisation », « indifférentes », « tolérante », « opportuniste de second ordre », « opportuniste de premier ordre ».

### Station Fier3

A l'instar des autres stations du fier d'Ars et contrairement à la station B, la station Fier3 a beaucoup varié au cours de la période 2014-2021 (Figure 35). En 2014, 18 espèces ont été recensées pour une richesse moyenne d'environ 15 espèces/0.1m<sup>2</sup>. La densité moyenne était d'environ 1250 ind./m<sup>2</sup> et une diversité H' légèrement supérieure à 1.5. Les espèces dominantes étaient principalement des espèces des sables propres à peu envasé, notamment *Ophelia rathkei* (annélide polychète caractéristique des sables fins dunaires intertidaux) présentant des effectifs très importants qui n'a plus été observée ensuite, *Nephtys cirrosa*, *Bathyporeia sarsi*, *Eurydice spp.*, *Macomangulus tenuis*, mais aussi des espèces tolérant les envasements modérés *Cerastoderma edule*, *Lekanesphaera levii*, voire élevés *Nephtys hombergii* et *Ruditapes philippinarum*, et quelques individus témoignant de la présence d'herbiers à proximité (*Galathowenia oculata*, *Idotea chelipes*) mais de manière anecdotique. La dominance des espèces du groupe I (>60%) explique le statut écologique « bon » mesuré cette année-là malgré la faiblesse des richesses et de la diversité.

En 2015, il s'est produit une très forte hausse de la richesse de la station pour laquelle 36 espèces ont été enregistrées. La richesse moyenne augmente également de 100% mais avec une très grande variabilité entre sous-stations. La hausse des densités moyennes enregistrée est plus modérée mais également très variable d'une sous-station à l'autre, ce qui explique également la hausse de diversité H' et la variabilité associée. Les espèces des sédiments sableux étaient toujours dominantes mais essentiellement représentées par *Cerastoderma edule* et, dans une moindre mesure, *Urothoe brevicornis*, *Scoloplos armiger*, *Corophium arenarium*, *Lekanesphaera levii*. Les autres espèces du cortège de 2014 ont vu leurs effectifs diminuer et pour certaines disparaître (3 espèces). L'importante diminution du GPBI1 s'explique principalement par la disparition d'*Ophelia rathkei* qui dominait le cortège faunistique en 2014 et que n'a pas compensée la forte hausse des effectifs de coques. Les deux autres espèces qui n'ont pas été observées en 2015 présentaient en 2014 des effectifs très faibles (1 individu). A l'inverse, des espèces des groupes AMBI IV et V sont apparues (Dolichopodidae,

oligochètes, *Tharyx* spp.), et le groupe III a fortement progressé (Figure 37) car *Cerastoderma edule* fait partie de ce groupe. Ces modifications se sont faites au détriment des espèces des sables propres, du groupe I et principalement représentées en 2014, par *Ophelia rathkei*. Cependant, grâce aux augmentations de la richesse et de la diversité la valeur du M-AMBI est passée dans la gamme du « très bon » état écologique.

Les modifications intervenues entre 2014 et 2015 suggèrent une modification sédimentaire (augmentation des taux de vases et de matière organique) mais cela n'apparaît pas vraiment dans les analyses, en effet les hausses de ces valeurs semblent avoir été très modestes (Figure 34). En fait, il pourrait s'agir, comme pour les autres stations du fier, de l'influence des précipitations plus importantes du mois de septembre 2015, ce que suggère l'augmentation des Dolichopodidae à qui ces phénomènes semblent profitables.

En 2016, richesse moyenne, densité moyenne et diversité H' ont encore augmenté mais étaient encore associées à de fortes fluctuations entre sous-stations (Figure 35) et la richesse totale a légèrement reflué (33 espèces). La coque, qui a encore fortement progressé, dominait largement le cortège faunistique (plus de 50% des effectifs). Les autres espèces principales du cortège de 2016 étaient plutôt des espèces tolérant les variations de salinités (*Corophium arenarium*, *Abra tenuis*, *Grandidierella japonica*) et plutôt généralistes en termes de couverture sédimentaire (à part *Corophium arenarium* qui préfère les sables fins peu envasés). Par ailleurs, *Nephtys hombergii* a vu ses effectifs augmenter et d'autres espèces, typiquement estuariennes, ont également été retrouvées (*Hediste diversicolor* et *Scrobicularia plana*) et même avec de faibles effectifs (3 individus chacune) leur présence était surprenante. Le GPBI1 est resté relativement stable (Figure 39a) en revanche le M-AMBI a diminué et l'état écologique de la communauté a diminué en « bon » état (Figure 38). À part l'augmentation de la proportion des espèces du groupe III (Figure 37), essentiellement représenté par les coques, au détriment des groupes I (les groupes IV et V ont aussi diminué mais cela orienterait plutôt le M-AMBI à la hausse), il n'y pas d'explication à la baisse de la valeur de M-AMBI.

Le cortège faunistique de 2016 suggérait une légère estuarisation du fier d'Ars, pour autant malgré les crues hivernales plus importantes qu'en 2015 (notamment Charente et Seudre Niortaise) les salinités n'ont pas montré de tendance permettant de l'expliquer. Les précipitations estivales et du début de l'automne non plus, elles ont été relativement faibles de ce point de vue, ce dont semblent témoigner les effectifs de Dolichopodidae qui ont régressé. De plus, les taux de vases semblent plutôt avoir diminué en 2016. Par conséquent, à part un phénomène local qui échappe à l'analyse, cette apparente « estuarisation » n'est pas expliquée.

L'année 2017 a été marquée par une forte diminution des richesses moyennes et totales (21 espèces recensées) ainsi que des densités moyennes et de la diversité H' (Figure 35). Les effectifs de *Cerastoderma edule* ont régressé de plus de 50% mais cette espèce est restée l'espèce dominante. De même, la plupart des espèces ont vu leurs effectifs diminuer quelques étaient leur préférences environnementales. Les conséquences de ces diminutions de richesses et de diversité ont été une forte diminution de la valeur du M-AMBI qui plaçait la communauté dans un état écologique « moyen » malgré que les diminutions d'effectifs aient bénéficié au groupe AMBI I qui a légèrement augmenté du fait de la quasi-disparition des groupes d'espèces opportunistes IV et V. Le GPBI1 en revanche s'est encore montré stable entre 2016 et 2017. Et malgré les plus fortes précipitations enregistrées en fin d'été, les espèces qui semblaient profiter de ces événements pluvieux n'ont pas progressé, au contraire.

En 2018, les richesses moyennes et totales ont légèrement augmenté (27 espèces recensées) mais les densités ont encore diminué, essentiellement du fait de *Cerastoderma edule* dont les effectifs ont de

nouveau baissé de 50%. Cependant, elle est demeurée l'espèce dominante et les *Lekanesphaera* se sont maintenus. Globalement, le cortège faunistique était plutôt dominé par des espèces des sables fins peu ou pas envasés. Notamment, *Macomangulus tenuis*, *Nephtys cirrosa* et *Bathyporeia sarsi* qui n'avaient pratiquement pas été vues en 2017 sont revenues, des espèces qui étaient encore présentes en 2017 ont vu leurs effectifs augmenter comme *Scoloplos armiger* et *Urothoe brevicornis*. La conséquence de l'augmentation de la richesse et de la diversité liée à cette augmentation du nombre et des effectifs d'espèces des sables fins propres (principalement du groupe AMBI I - Figure 37) a été une augmentation du M-AMBI remplaçant la communauté dans la gamme du « très bon » état écologique. Par ailleurs, le GPBI1 est demeuré au même niveau qu'en 2017 (Figure 39a).

En 2018, le taux de vase était à son minimum de la période d'étude (0.5%), ce qui contribue à expliquer les augmentations d'effectifs des espèces des sables fins propres. Cependant, 2018 a été une année « humide » en termes de débits notamment pendant la période des crues hivernales qui s'est prolongée pendant le printemps (Figure 55 et Figure 56), mais très « sèche » en termes de précipitations estivales. Or, cela n'a pas conduit à favoriser les espèces estuariennes observées en 2016.

En 2019, une forte baisse des richesses s'est de nouveau produite (14 espèces observées). Elle était accompagnée d'une baisse des densités moyennes et de la diversité H'. La plupart des espèces des sables fins propres ont régressé. En revanche, quelques espèces des sables fins supportant des taux d'envasement légers à modérés se maintiennent avec des effectifs relativement faibles, à part *Cerastoderma edule* qui a vu ses effectifs augmenter légèrement. La forte baisse des richesses et de la diversité a entraîné une forte diminution du M-AMBI et la communauté est passée de l'état « très bon » à l'état « moyen ». Par contre le GPBI1 n'a subi qu'une légère baisse. La très légère augmentation du taux de vases et l'affinement des sédiments du fait d'une augmentation de la fraction des sables fins au détriment des sédiments moyens et grossiers, qui se sont produits en 2019 ne suffit probablement pas à expliquer les modifications observées. Par ailleurs, l'année 2019 a été une année très « sèche » en termes de débits fluviaux, cela n'a pas favorisé les espèces plus marines, et les précipitations de la fin de l'été, plus importantes qu'en 2018 (63 mm contre 10 mm en septembre et 70 mm contre 22 mm en octobre) mais cela n'a pas favorisé les espèces, pourtant présentes au niveau de la station Fier3, qui semblaient tolérantes voire capables de profiter de ces épisodes de pluies plus importants (les *Dolichopodidae*, *Cyathura carinata*, *Grandiderella japonica*).

L'année 2020 a marqué le début d'une reprise de la communauté avec de fortes hausses de richesses (26 espèces recensées), de densité et de diversité. Ces hausses traduisent un retour des espèces des sables peu ou pas envasé principalement (*Bathyporeia sarsi*, *Corophium arenarium*, *Scoloplos armiger*, *Lekanesphaera levii*, *Urothoe poseidonis*) mais également d'espèces plus généralistes (*Grandiderella japonica*). *Cerastoderma edule*, qui a subi une diminution d'effectifs en 2020, reste toutefois l'espèce dominante du cortège. L'augmentation des espèces des sables propres (groupe AMBI des espèces sensibles (I) principalement) et des métriques richesse et diversité sont à l'origine de l'augmentation de la valeur du M-AMBI, la station Fier3 se trouvait en « bon » état écologique en 2020.

Enfin en 2021, les hausses des richesses (36 espèces observées), densités moyennes et diversité se sont poursuivies (Figure 35). Plusieurs espèces plus caractéristiques des herbiers proches ont de nouveau été observées (avec de très faibles effectifs) : *Haminoea hydatis*, *Idotea chelipes*, les *Ampithoe spp.*. Les évolutions des espèces des sables étaient relativement hétérogènes. Ainsi, *Scoloplos armiger*, *Cumopsis goodsir*, *Spio martinensis*, *Urothoe poseidonis*, *Urothoe brevicornis* et *Cerastoderma edule* ont vu leurs effectifs augmenter alors que pour *Lekanesphaera levii*, *Bathyporeia sarsi* et *Corophium arenarium*, les effectifs ont diminué. *Grandiderella japonica* a également vu ses effectifs augmenter. La part des espèces des groupes AMBI I et III ont diminué au profit du groupe II essentiellement et le

M-AMBI a atteint sa valeur maximale sur la période d'étude ce qui en faisait la situation de référence « très bon » du groupe CSC. Le GPBI1 a quant à lui augmenté, revenant ainsi au niveau qu'il occupait en 2015. L'année 2021 (année « humide » en termes de débits fluviaux) correspondait à l'année où les proportions des sables moyens et grossiers étaient maximales et celle des sables fins minimale. Cela pourrait contribuer à expliquer les tendances divergentes des espèces des sables, selon qu'elles soient plutôt affines des sables fins ou des sables moyens et grossiers.

Comme le laissait penser le GPBI1, la structure de cortège observée en 2014 était très éloignée de celle observée en 2021 ce qu'a confirmé les calculs du GPBI2 avec l'année 2021 prise pour référence. Cependant, l'évolution du GPBI2 semble indiquer un rapprochement des cortèges de 2015 et 2016 avec celui de 2021. Ce rapprochement a pris fin en 2017, année à partir de laquelle les cortèges d'espèces se sont éloigné de celui de référence. La mise en place du cortège de 2021 a ensuite commencé en 2020.

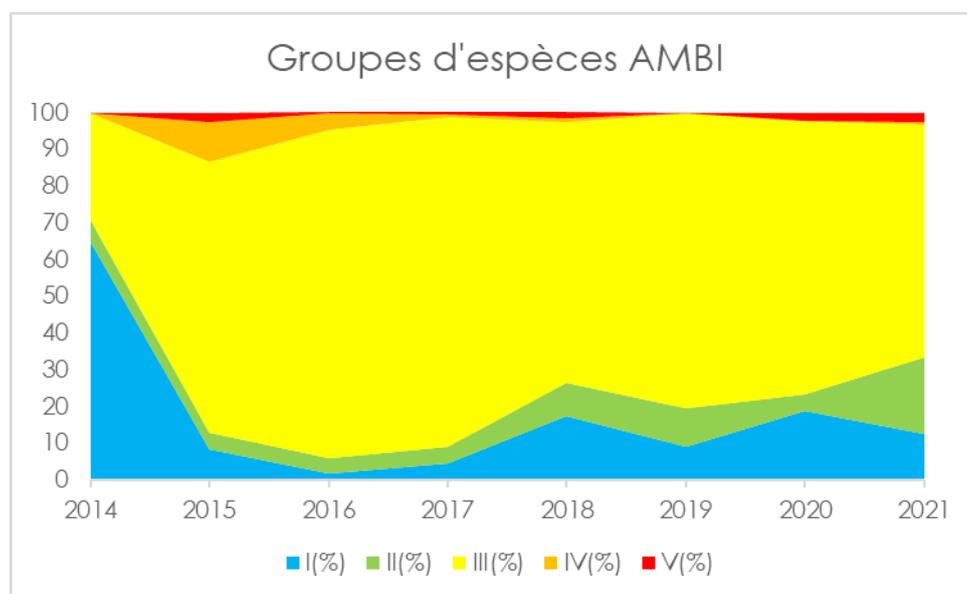


Figure 37 : évolution des proportions des 5 groupes d'espèces de la classification AMBI sur la station Fier3 entre 2014 et 2021. I (%), II (%), III (%), IV (%) et V (%) sont les proportions d'abondance des groupes écologiques composées, respectivement, des espèces « sensibles à l'hypertrophisation », « indifférentes », « tolérante », « opportuniste de second ordre », « opportuniste de premier ordre ».

### Station BA1

La station BA1, située dans Bonne Anse, n'a fait l'objet que de 2 campagnes d'échantillonnage (2020 et 2021). Elle occupe un niveau topographique intermédiaire entre les stations B (RNN MY) et Fier3 (3,66m) et est occupée par des sédiments sableux, très peu envasés (2.2-2.5%), à dominante de sables moyens (Figure 34). Les espèces dominantes en 2020 étaient des espèces des sables peu envasés : *Cerastoderma edule* qui dominait largement les effectifs (74% hors hydrobies), *Corophium arenarium*, *Bathyporeia sarsi*, *Lekannesphaera levii*. Cependant, de nombreuses espèces estuariennes, affines des sables envasés et des vases étaient également présentes : *Scrobicularia plana*, *Nephtys hombergii*, *Macoma balthica* et *Hediste diversicolor*. De même pour les espèces tolérantes voire favorisées par les précipitations plus importantes de la fin de l'été : les *Dolichopodidae* et *Cyathura carinata*, qui étaient également bien représentées. En 2020 la richesse moyenne se situait au même niveau que la station B (17-18 espèces/0.1m<sup>2</sup>), pour une richesse totale de 23 taxons. La densité moyenne était relativement

élevée (près de 2000 ind./m<sup>2</sup>) mais présentait une forte variabilité entre sous-stations. En revanche la diversité y était relativement faible (1,6), certainement du fait de la très forte dominance des coques (Figure 35a, b, c). La faible diversité associée à la très forte prévalence du groupe III qui représentait près de 95% des effectifs de la station, explique le M-AMBI qui indiquait un état « moyen » de la communauté.

En 2021, les richesses, moyenne et totale (17 espèces recensées) ont diminué et la densité moyenne a très fortement chuté (Figure 35a, b), essentiellement du fait de la forte diminution de la coque qui reste toutefois l'espèce dominante, et de toutes les espèces plutôt estuariennes et/ou favorisée par les plus fortes précipitations de fin d'été. Cependant, la forte réduction des effectifs de coques a eu pour conséquence d'augmenter l'équitabilité de la répartition des effectifs par espèce et une augmentation de l'indice de diversité H'. D'autre part, l'effectif de *Bathyporeia sarsi*, espèce affine des sables a progressé et contribué à augmenter la part du groupe AMBI I dans le cortège faunistique. Cette augmentation qui s'est faite au détriment de la part des espèces du groupe III, associée à la forte augmentation de la diversité H' a eu pour conséquence d'augmenter la valeur du M-AMBI qui plaçait la station BA1 dans la gamme du « bon » état écologique en 2021, mais cependant très proche de la limite entre « bon » et « moyen ». En revanche, la réduction du nombre d'espèces, près de la moitié des espèces observées en 2020 ne l'ont pas été en 2021, et la diminution importante des effectifs des espèces restantes a entraîné la chute du GPBI1. De même, la valeur de GPBI2, relativement proche de celle de Fier3 en 2020, a montré un éloignement plus important avec la référence en 2021.

En 2021, une augmentation des sables moyens au détriment des seuls sables fins a été constatée (les sables grossiers et les vases n'ont pas variés). Cela permet d'expliquer le maintien de certaines espèces des sables et éventuellement contribuer à expliquer la disparition d'espèces préférant les sédiments plus fins. Cependant, en termes de débits, les années 2020 et 2021 ont été des années « humides » pour la Gironde, ce qui suggère que les espèces estuariennes auraient dû être favorisées y compris en 2021, ce qui n'a pas été vraiment le cas au niveau de BA1. Cependant, si les débits moyens de l'hiver et du printemps étaient plus importants en 2021, il y a eu des pics de crues plus importants au cours du printemps 2020. Par ailleurs, la pluviométrie a été supérieure en 2020, ce tout au long des trois premiers trimestres mais particulièrement au mois d'Octobre (111 mm contre 50 mm en 2021). Les pics de crues printanières, associées à la pluviométrie plus importante des trois premiers trimestres pourrait expliquer que les espèces plus estuariennes aient été détectées en 2020 (*Scrobicularia plana*, *Macoma balthica*, *Hediste diversicolor*). En outre, les dessalures provoquées par ces évènements pluvieux d'octobre contribuent à expliquer la présence des Dolichopodidae et de *Cyathura carinata* et expliqueraient peut-être également la diminution des effectifs de coques.

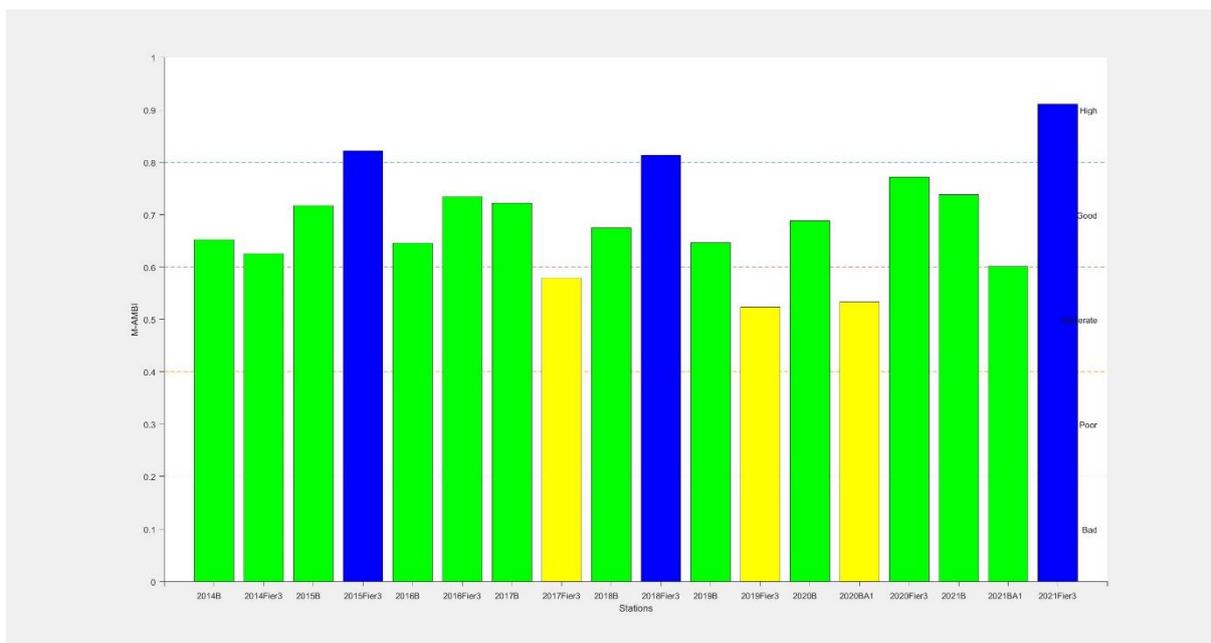


Figure 38 : M-AMBI calculé pour les stations de la Communauté des sables à coques (CSC) sur la période 2014-2021. Les résultats d'indicateurs obtenus dans le cadre de ce travail devraient, en complément d'autres données, être soumis à l'avis d'un comité d'expert pour conclure à une évaluation finale d'état écologique pour le tableau de bord du Parc.

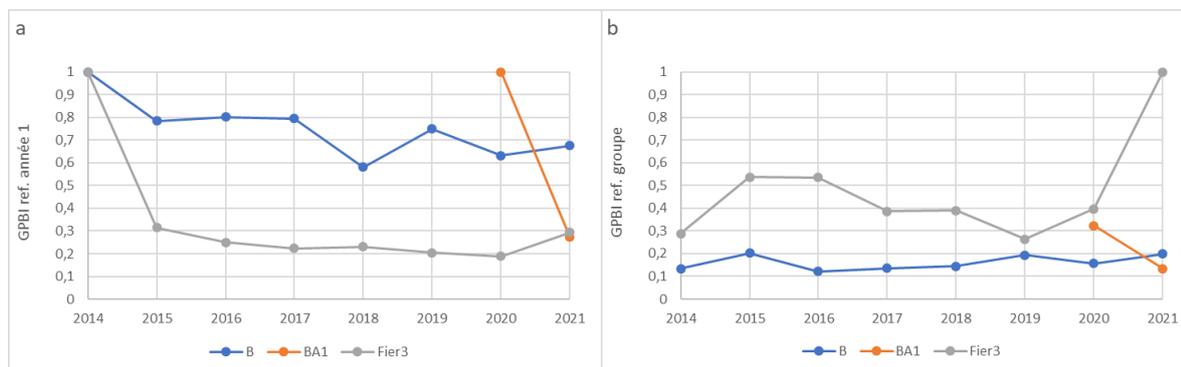


Figure 39 : indices GPBI calculés pour les stations de la communauté des sables à coques (CSC) ; a) référence année 1 : pour chaque station, la référence est la première année de suivi (2014 pour B et Fier3, 2020 pour BA1), b) référence groupe : couple année\_station pour lequel le score M-AMBI est le plus élevé du groupe (2021\_Fier3).

## Communauté des vases plus ou moins sableuses de l'embouchure des estuaires (CVSEE)

Les stations CVSEE sont des stations généralement situées dans ou à proximité des embouchures des fleuves côtiers des Pertuis Charentais, au niveau du médiolittoral supérieur, entre 3,4 et 4,5 m. Les stations A, D et Moeze en sont plus éloignées occupent des sédiments à dominante vaseuse même si les teneurs en sables peuvent atteindre des valeurs importantes notamment au niveau de la baie d'Yves. La communauté en place est néanmoins partout la même, il s'agit de la communauté des estrans vaseux estuariens structurée par *Macoma balthica* et *Nephtys hombergii* hébergeant des populations parfois importantes de *Scrobicularia plana* et d'*Hediste diversicolor*. Les taux de matière organique y sont généralement importants, entre 5 et 10%. La richesse moyenne y atteint rarement plus de 15 espèces/0.1m<sup>2</sup>, la richesse effectivement observée se situe plutôt autour de 12 espèces (entre 7 et 19).

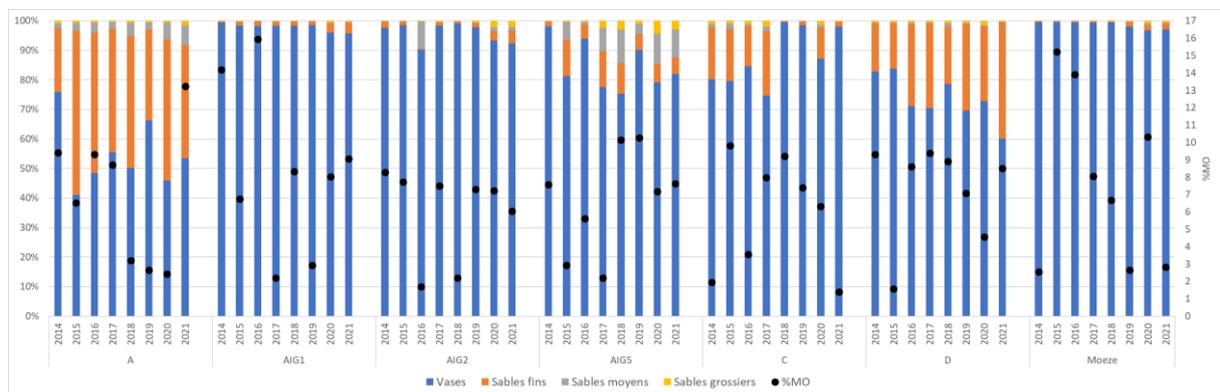


Figure 40 : évolutions des fractions granulométriques et des taux de matière organique des stations de la communauté des vases plus ou moins sableuses de l'embouchure des estuaires (CVSEE) sur la période 2014-2021.

La répartition des stations pendant la période 2014-2021 sur l'ACP (Figure 13) sur la période 2014-2021 sont très corrélées (\*\*\*) - Tableau 20) avec l'altitude des stations (composantes 1, 3, 4 et 5), les températures des eaux de surface, surtout aux trimestres 2 et 3 (composantes 1, 3 et 5) et l'intensité des variations de température des eaux de surface au cours de l'année (composantes 1 et 5), aux paramètres de salinité (composantes 2 et 4) et particulièrement aux variations de la salinité au cours de l'année et à certains paramètres sédimentaires notamment les taux de sables fins et de vases, qui évoluent de manière antagoniste (composantes 2 et 4) et la teneur en matière organique, généralement associé à la quantité de vases (composante 2 et 4). Les espèces principales de la communauté ne font pas partie des espèces structurant le plus la composante 1 (Tableau 15). Par ailleurs, seules 5 des principales espèces contributrices de cette composantes ont été observées dans cette communauté : *Haminoea hydatis*, *Heteromastus filiformis*, *Grandiderella japonica*, les oligochètes (groupe 2) et *Urothoe poseidonis* (groupe 1) (Tableau 15). Les espèces principales de la communauté contribuent en revanche aux composantes 2, 3 et 5 (groupes 3, 8 et 15). Les espèces présentes sur CVSEE et contribuant à la composante 4 sont essentiellement constitutives des groupes 11 (*Cyathura carinata* et les Dolichopodidae) et 12 (*Balanus spp.*, *Retusa obtusa* et *Macoma balthica*).

Tableau 20 : coefficients de corrélation de Pearson et leur significativité calculés sur les valeurs normalisées des variables environnementales pour les stations de la communauté des vases plus ou moins sableuses de l'embouchure des estuaires (CVSEE) entre 2014 et 2021 (hors stations DCE) ( $r > 1$  : vert,  $r < 1$  : rouge ; seuils : \*0.05, \*\*0.01, \*\*\*0.001 ; seules les relations significatives sont présentées).

	comp.1	comp.2	comp.3	comp.4	comp.5
<b>Topo</b>	r=0.50 *** (p=0.000)		r=-0.56 *** (p=0.000)	r=-0.84 *** (p=0.000)	r=-0.82 *** (p=0.000)
<b>T_max</b>	r=-0.44 *** (p=0.001)	r=-0.27 * (p=0.045)			r=0.40 ** (p=0.002)
<b>T_var</b>	r=-0.45 *** (p=0.001)	r=-0.28 * (p=0.035)		r=0.34 ** (p=0.010)	r=0.45 *** (p=0.000)
<b>T_ampl</b>	r=-0.28 * (p=0.040)	r=-0.39 ** (p=0.003)			
<b>T_T2</b>	r=-0.49 *** (p=0.000)			r=0.28 * (p=0.037)	r=0.49 *** (p=0.000)
<b>T_T3</b>	r=-0.52 *** (p=0.000)		r=0.47 *** (p=0.000)	r=0.30 * (p=0.024)	r=0.49 *** (p=0.000)
<b>T_moy</b>	r=-0.45 *** (p=0.001)		r=0.38 ** (p=0.004)		r=0.42 ** (p=0.001)
<b>Sables moyens</b>	r=0.27 * (p=0.043)				
<b>T_min</b>		r=0.27 * (p=0.047)	r=0.35 ** (p=0.008)		
<b>Sal_var</b>		r=-0.46 *** (p=0.000)		r=0.49 *** (p=0.000)	r=0.29 * (p=0.030)
<b>Sal_ampl</b>		r=-0.30 * (p=0.025)		r=0.45 *** (p=0.000)	
<b>Sal_T1</b>		r=0.28 * (p=0.034)		r=-0.64 *** (p=0.000)	r=-0.31 * (p=0.020)
<b>%MO</b>		r=-0.60 *** (p=0.000)	r=-0.26 * (p=0.049)	r=0.59 *** (p=0.000)	r=0.31 * (p=0.020)
<b>Sables fins</b>		r=0.72 *** (p=0.000)	r=0.36 ** (p=0.006)	r=-0.58 *** (p=0.000)	
<b>Vases</b>		r=-0.67 *** (p=0.000)	r=-0.29 * (p=0.032)	r=0.54 *** (p=0.000)	
<b>Sal_min</b>				r=-0.58 *** (p=0.000)	r=-0.27 * (p=0.041)
<b>Sal_max</b>				r=-0.41 ** (p=0.001)	
<b>Sal_T2</b>				r=-0.54 *** (p=0.000)	
<b>Sal_T3</b>				r=-0.37 ** (p=0.005)	
<b>Sal_moy</b>				r=-0.54 *** (p=0.000)	

La communauté CVSEE occupe l'habitat A2.31 (cf. section « Descriptions des assemblages biosédimentaire » p.27). L'évaluation de cet habitat est obtenue par application des références et seuils du BEQI-FR (ici BEQI-FRm) décrites en section « Matériel et méthodes » (Tableau 4 et Tableau 5).

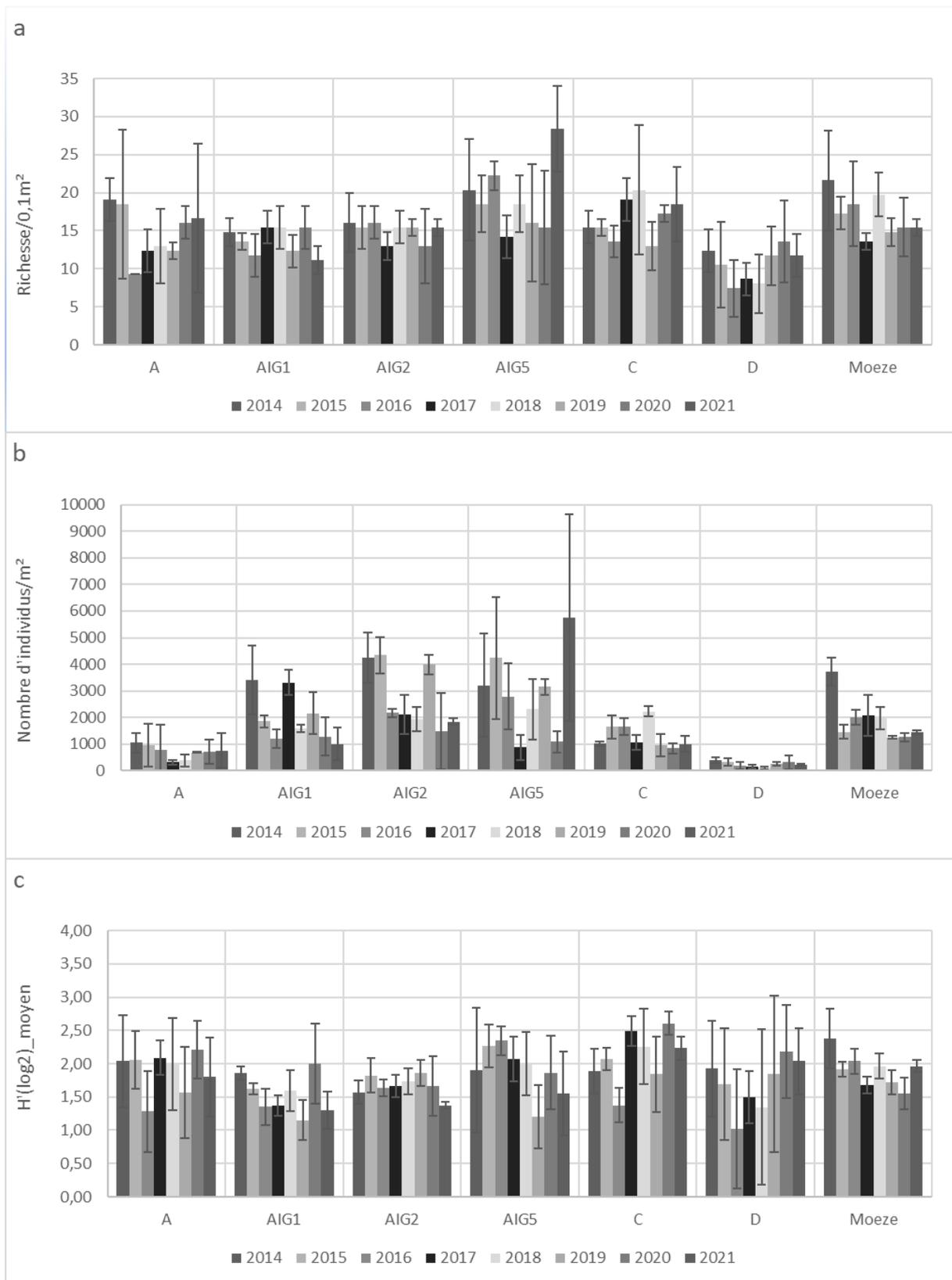


Figure 41 : évolution des valeurs moyennes de richesse spécifique (/0.1m<sup>2</sup>) (a), de densité (ind/m<sup>2</sup>) (b), et de diversité H' (c) des stations de la communauté des vases plus ou moins sableuses de l'embouchure des estuaires (CVSEE) au cours de la période 2014-2021.

### Station A (baie d'Yves)

En 2014, la station A en Baie d'Yves (hors réserve) hébergeait les espèces caractéristiques de la communauté dominée par *Scrobicularia plana*. Cependant, *Cerastoderma edule* était relativement bien représentée. La station était à son maximum de richesses, moyenne (Figure 41a) et totale (19 espèces recensées). La densité moyenne était relativement faible (1000 ind./m<sup>2</sup>) pour cette communauté mais maximale pour la station A. Le BEQI-FRm (Figure 49) présentait une valeur élevée et un « très bon » état écologique.

En 2015, les richesses, densité et diversité moyennes étaient au même niveau qu'en 2014, de même que la richesse totale (18 espèces recensées) et le BEQI-FRm qui était même légèrement supérieur à sa valeur de 2014 (Figure 49). Pourtant, le GPBI1 a très fortement diminué par rapport à 2014 (Figure 50). La période a été marquée par un fort ensablement, le taux de sables fins est passé de 20% à 55%. C'est probablement ce qui explique le déclin d'espèces affines des sédiments très envasés et notamment *Scrobicularia plana* dont la chute des effectifs suffisait à expliquer la chute du GPBI1 (Figure 50). Des espèces moins sensibles aux apports de sables fins (*Nephtys hombergii*, *Macoma balthica*), voire préférant ces sédiments plus sableux (*Cerastoderma edule*, *Lekanesphaera levii*) sont devenues dominantes. Cette modification importante de communauté a entraîné une augmentation des espèces des groupes AMBI I et surtout II au détriment du groupe III, ce qui explique la petite hausse du BEQI-FRm (« très bon »).

L'année 2016, a été marquée par une très forte diminution des richesses moyenne et totale (9 espèces). Les densités étant restées relativement stables, la diversité a également fortement diminué (Figure 41). Les effectifs de *Cerastoderma edule* avaient pratiquement disparu alors que ceux de *Scrobicularia plana* s'étaient reconstitués et atteignaient leur niveau de 2016. Pourtant si une diminution de la fraction des sables fins a été observée, cette fraction est restée bien plus importante qu'en 2014 (47 % contre 20%), et les effectifs de *Macoma balthica* étaient stables. La part des espèces sensibles (I) et indifférente (II) a diminué mais également celle des espèces opportunistes (IV) (Figure 42). Les chutes de richesse et de diversité ont conduit le BEQI-FRm à une forte baisse qui plaçait la station A dans l'état écologique « moyen » (Figure 49). Le GPBI1 est demeuré bas mais l'augmentation des effectifs de *Scrobicularia plana* a tout de même entraîné une légère hausse de sa valeur (Figure 50). L'origine de la sévère diminution des richesses et du remodelage du cortège d'espèces observé en 2016 n'a pas pu être identifiée. Les modifications plutôt légères de la couverture sédimentaire n'expliquent pas la quasi-disparition des coques, et encore moins leur remplacement par *Scrobicularia plana*, la fraction sableuse demeurant importante.

En 2017, les richesses moyennes et totales se sont partiellement reconstituées (14 espèces recensées), mais la densité moyenne a fortement diminué. La diminution a affecté les espèces dominantes en 2016, en particulier *Scrobicularia plana*. Les espèces dominantes étaient des espèces estuariennes des vases principalement mais seules des espèces identifiées comme profitant des plus fortes précipitations de la fin de l'été sont revenues ou ont vu leurs effectifs augmenter au point d'en faire des espèces dominantes. C'était notamment le cas pour les Dolichopodidae, absents en 2015 et 2016, qui expliquent l'augmentation de la proportion des espèces du groupe IV. Cependant, une progression des parts des groupes I et II a également été observée. La progression des richesses et de la diversité (liée à la baisse des densités) explique le retour au « bon » état écologique au sens du BEQI-FRm (Figure 49). En revanche, le GPBI1 a retrouvé le niveau auquel il était en 2015 (Figure 50). Que ce soit en septembre ou en octobre, les relevés pluviométriques n'indiquent pas de précipitations importantes pour le secteur de la baie d'Yves. Par ailleurs, les sables fins avaient de nouveau diminué au profit des vases entre 2016 et 2017 (42%). Là encore, l'origine de la perturbation qui a cette fois affecté les densités n'a pas pu être identifiée.

L'année 2018 est relativement similaire à l'année 2017 en termes de paramètres biologiques S, D et H' moyens (Figure 41). En termes de structure de cortège, quelques modifications se sont opérées, en particulier les effectifs d'espèces des sables ont augmenté (*Cerastoderma edule*, *Cumopsis goodsir*, *Bathyporeia sarsi*, *Lekanesphaera levii*) dans un contexte de relative stabilité sédimentaire (Figure 40), et les effectifs de Dolichopodidae ont régressé. Il en a résulté une augmentation de la contribution des espèces des groupes I et II et une nouvelle augmentation du BEQI-FRm (« bon » état). Le GPBI1 n'a pas varié.

En 2019, la richesse moyenne est restée relativement stable par rapport à 2018 (Figure 41a), en revanche la richesse totale a diminué (10 espèces). La densité moyenne a augmenté et retrouvé son niveau de 2016, la diversité H' a de nouveau diminué. La part des sables fins a régressé de manière importante en 2019 (30%), ce qui explique les augmentations d'effectifs de *Scrobicularia plana* et la régression des effectifs des espèces affines des sables fins. L'augmentation de la part du groupe III (surtout lié à la progression de *Scrobicularia plana*) et la quasi-disparition du groupe I explique la diminution du BEQI-FRm, la station demeurant tout de même en « bon » état écologique. En revanche, le GPBI1 montrait une remontée témoignant d'un retour vers la situation rencontrée en 2014.

La richesse moyenne a augmenté de manière assez importante entre 2019 et 2020, la richesse totale en revanche a peu progressé (12 espèces). Les densités moyennes sont restées stables et la diversité a augmenté. Les taux de sables fins ont de nouveau augmenté (47%) mais le cortège en place restait dominé par les espèces des vases et des vases sableuses (*Scrobicularia plana*, *Macoma balthica* et *Nephtys hombergii*), *Cerastoderma edule* présentait néanmoins des effectifs non négligeables de même que *Lekanesphaera levii*. Les contributions des différents groupes AMBI sont demeurés relativement stables entre 2019 et 2020, en revanche les augmentations de la richesse moyenne et de la diversité expliquaient l'augmentation de la valeur du BEQI-FRm (« très bon » état). L'augmentation, légère, du GPBI1 s'est poursuivie.

En 2021, la richesse et la densité moyenne était au même niveau qu'en 2020, en revanche la richesse totale a fortement progressé retrouvant une valeur comparable à celle de 2014-2015 (17 espèces). Et il s'agit pour l'essentiel des mêmes espèces ce qui explique de nouveau une augmentation du GPBI1 et un rapprochement vers la situation de 2014. Par contre, malgré le maintien des valeurs moyennes de richesse et de densité, la diversité H' a diminué et explique la légère diminution du BEQI-FRm, qui demeure néanmoins dans la gamme du « très bon » état. La couverture sédimentaire a peu évolué entre 2020 et 2021 en comparaison des fortes variations qui avaient été observées entre 2014 et 2015 ou sur la période 2018-2020. Les sables fins représentent encore près de 40% des sédiments. De fait, les effectifs des espèces caractéristiques observées en 2020 étaient comparables à ceux observés en 2021.

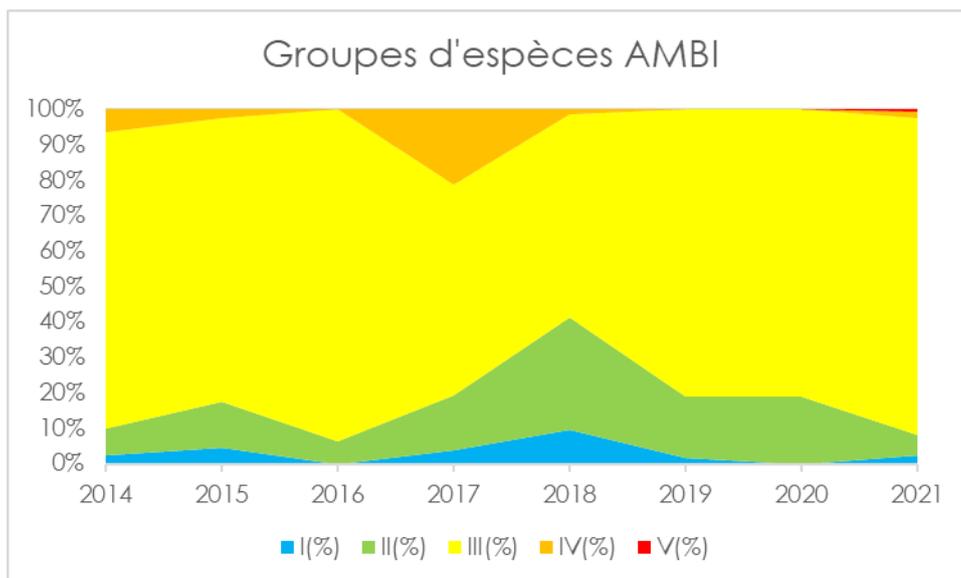


Figure 42 : évolution des proportions des 5 groupes d'espèces de la classification AMBI sur la station A (baie d'Yves) entre 2014 et 2021. I (%), II (%), III (%), IV (%) et V (%) sont les proportions d'abondance des groupes écologiques composées, respectivement, des espèces « sensibles à l'hypertrophisation », « indifférentes », « tolérante », « opportuniste de second ordre », « opportuniste de premier ordre ».

#### Station D (baie d'Yves)

Les évolutions des valeurs moyennes de diversité et, dans une moindre mesure de la richesse (Figure 41a, et c) semblent similaires au niveau des stations A et D de la RNN du marais d'Yves. Il s'agit de deux stations du médiolittoral supérieur (4,4-4,7m) et, en 2014, elles se ressemblaient beaucoup d'un point de vue strictement sédimentaire mais la station D était bien moins riche que la station A (11 espèces recensées). Elle hébergeait des espèces également présentes sur la station A mais avec des effectifs moins importants (*Scrobicularia plana*, *Cerastoderma edule*, *Hediste diversicolor*, *Macoma balthica*). De manière générale, la station D est celle de l'assemblage CVSEE qui présentait les plus faibles densités moyennes sur l'ensemble de la période d'étude. En revanche, en 2014, elle était largement dominée par l'annélide polychète *Alitta succinea* (56% des effectifs de la station hors hydrobies). La raison des forts effectifs de cette espèce sur la station D en 2014 n'est pas connue. Le groupe AMBI III, dont fait partie *Alitta succinea*, représentait la quasi-totalité des individus recensés sur la station en 2014, et le BEQI-FRm présentait une valeur de « bon » état écologique.

En 2015, *Alitta succinea* n'a pas été observée, *Scrobicularia plana* et *Hediste diversicolor* ont vu progresser leurs effectifs mais pas *Macoma balthica* ni *Cerastoderma edule* qui ont légèrement régressé. La richesse moyenne a diminué mais la richesse totale est restée la même qu'en 2014 (11 espèces). La densité moyenne demeurant au même niveau, la diversité a également diminué. Le BEQI-FRm a diminué en raison de la diminution de la richesse et de la diversité, cependant l'état écologique de la station est resté « bon ». Les baisses de richesses expliquent également la chute du GPBI1 et ce, alors que la couverture sédimentaire ne semble pas avoir changé (Figure 40).

La dégradation s'est accentuée en 2016 suite à la diminution relativement importante des richesses moyenne et totale (8 espèces recensées), l'état écologique de la station est devenu « moyen ». Les richesses se sont maintenues à leurs niveau minimum jusqu'en 2018. Cet état est possiblement lié à une augmentation de la fraction des sables fins, les espèces des vases et des vases sableuses

caractérisant le peuplement en 2014 ont régressé sans qu'il n'y ait de remplacement par des espèces affines des sables. En 2016, les indices BEQI-FRm et GPBI1 présentait les valeurs les plus faibles de la période d'étude. En plus d'un déséquilibre lié à la couverture sédimentaire, il est possible que des perturbations liées aux fluctuations des apports d'eau douce soient intervenus (augmentation des effectifs d'*Hediste diversicolor* en 2017).

Un retour à la situation de 2014 semble s'être amorcé à partir de 2019 et s'est poursuivi en 2020. En 2019, cela s'est produit sans augmentation des richesses moyenne et totale (9 espèces). En revanche les effectifs de *Scrobicularia plana* et *Macoma balthica* ont progressé de même que la diversité moyenne. L'état écologique de la station au sens du BEQI-FRm est revenu dans la gamme du « bon » état et le GPBI1 a augmenté. En 2020, il a atteint son maximum sur la période 2015-2021, 9 des 11 espèces rencontrées en 2014 étaient présentes en 2020, avec des effectifs sensiblement supérieurs. De manière générale, l'année 2020 marque l'état « maximum » du peuplement de la station D pour tous les indicateurs. Cependant une nouvelle dégradation a été observée en 2021. Si une certaine stabilité sédimentaire caractérisait les années 2018-2020, l'année 2021 a de nouveau été marquée par une hausse de la proportion de sables fins, qui semble toutefois avoir favorisé *Macoma balthica*.

Il semble que l'influence des taux de sables est importante au niveau de la station D, cependant cela n'explique pas tout, car des dégradations se sont produites alors que la couverture sédimentaire était apparemment relativement stable. Cependant, les valeurs moyennes de richesse, densité et diversité étaient souvent associées à de fortes variabilités entre sous-stations (minimale en 2017, année sèche), ce qui reflète probablement la variabilité environnementale des sous-stations, notamment en termes d'ensablement. Par ailleurs, ces perturbations pourraient également être liées aux fluctuations de débits (importants en 2016 et 2018, très faibles en 2017) et d'intensité de précipitations intervenues au printemps ou en fin d'été. D'autant que la station D semble se situer non loin du platier rocheux et, une ou plusieurs sous-stations sont susceptibles de réceptionner les eaux de ruissellement et de résurgence (Thomas Héroult et Karine Vennel / RNN du Marais d'Yves, com. pers.).

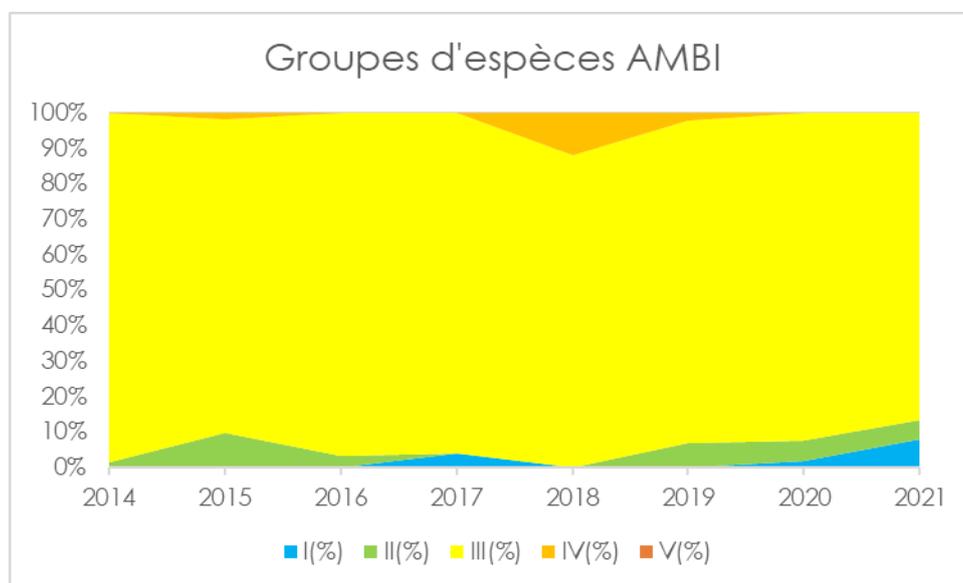


Figure 43 : évolution des proportions des 5 groupes d'espèces de la classification AMBI sur la station D (baie d'Yves) entre 2014 et 2021. I (%), II (%), III (%), IV (%) et V (%) sont les proportions d'abondance des groupes écologiques composées, respectivement, des espèces « sensibles à l'hypertrophisation », « indifférentes », « tolérante », « opportuniste de second ordre », « opportuniste de premier ordre ».

### Station C (embouchure de la Charente)

La station C est située hors réserve, sur la vasière de l'embouchure de la Charente au Sud de Fouras, proche de la station de suivi DCE CH11. Cependant, les évolutions des valeurs moyennes de richesse et de diversité sur la période d'étude sont remarquablement similaires à celles observées pour la station A en baie d'Yves (Figure 41a, c). La dynamique sédimentaire n'a pas été la même mais présentait néanmoins quelques points communs. En 2014, la station C et la station A se ressemblaient beaucoup au point de vue des ratios vases/sables fins. Mais la station C n'a pas subi d'ensablement particulier en 2015, elle s'est montrée relativement stable sur la période 2014-2017 (75-85% de vases) et a subi un fort envasement en 2018, qui s'est maintenu en 2019 (presque 100% de vases). En 2020, la station C, comme la station A, a subi un ensablement (15%), qui était résorbé en 2021 (Figure 40).

En 2014, 10 espèces ont été observées sur la station C qui était dominée par *Macoma balthica* et *Nephtys hombergii*, et hébergeait des petits effectifs de *Scrobicularia plana*, *Cerastoderma edule* et *Ruditapes philippinarum*. Il s'agissait pour l'essentiel d'espèces plutôt adaptées aux vases sableuses estuariennes, du groupe AMBI III, et la communauté était considérée comme en « bon » état écologique selon le BEQI-FRm (Figure 49). Statut qu'elle a conservé en 2015, la structure de cortège n'évoluant pratiquement pas en dehors de quelques fluctuations d'effectifs (hausse de *Macoma balthica*, *Cerastoderma edule* et *Ruditapes philippinarum*, diminution de *Scrobicularia plana*) que traduit le GPBI1 qui n'a que légèrement diminué (Figure 50). Une seule espèce de 2014 n'est pas observée en 2015 (*Abra nitida*) mais elle présentait de faibles effectifs. En revanche, le gastéropode *Retusa obtusa*, absent en 2014, présentait en 2015 des effectifs relativement importants, comparable à ceux des palourdes (une vingtaine d'individus).

En 2016, la richesse moyenne et la diversité ont diminué mais pas la richesse totale (11 espèces). Ce léger « déséquilibre » pouvait-être associé à la hausse des effectifs de *Macoma balthica* et aux diminutions des effectifs de palourdes et de *Retusa obtusa*. Le BEQI-FRm a diminué et mais classait encore la station C dans l'état « bon », pour autant le GPBI1 ne diminue que légèrement. En 2017, l'inverse s'est produit, la population de *Macoma balthica* a diminué tandis que celle de *Ruditapes philippinarum* a augmenté (mais pas celle de *Retusa obtusa* qui n'a pas été observée en 2017). Il s'est également produit une diminution importante des effectifs de coques, malgré une légère augmentation de la fraction des sables fins. La diminution des densités moyennes qui en résultait associée à des augmentations de la richesse moyenne et de la diversité, explique la hausse du BEQI-FRm et la station C est passée en « très bon » état écologique. Cependant, le GPBI1 a encore légèrement diminué.

En 2018, alors que les sables fins ont apparemment disparu, toutes les espèces ont vu leurs effectifs augmenter (à part *Nephtys hombergii* qui s'est maintenue). Par ailleurs, les richesses, moyenne et totale, ont augmenté (18 espèces recensées). Faits surprenants, la population de coques était à son maximum et *Urothoe poseidonis*, espèce des sables propres, a été vue. Ces observations ne sont pas en adéquation avec la modification de la couverture sédimentaire rapportée (disparition de la fraction des sables fins). Une légère baisse du BEQI-FRm a été enregistrée (probablement à cause de l'apparition de quelques individus appartenant à une espèce du groupe AMBI IV - *Polydora cornuta*) mais la communauté demeurait en « très bon » état. Par ailleurs, les effectifs des espèces présentes en 2014 ayant augmenté de manière quasi-générale, le GPBI1 a augmenté.

En 2019, l'état écologique de la communauté s'est de nouveau dégradé, passant à « bon », et représentait l'état minimal du cortège d'espèce de la station C. Toutes les espèces ont vu leurs effectifs chuter, quelle que soit leurs préférences sédimentaires. Les richesses, moyenne et totale, ont

fortement chuté (11 espèces) de même que la densité moyenne et la diversité, ce qui a entraîné la diminution de la valeur du BEQI-FRm et du GPBI1.

En 2020, *Scrobicularia plana* est devenue l'espèce dominante, la coque a également légèrement progressé en revanche les populations de *Macoma balthica*, et de palourdes sont demeurés à des niveau bas. La richesse moyenne a augmenté de manière importante de même que la diversité mais la richesse totale a assez peu progressé (13 espèces). La valeur de BEQI-FRm a atteint un maximum et la communauté a retrouvé un « très bon » état écologique. Le GPBI1 en revanche était à son minimum et seule la forte baisse des effectifs de *Macoma balthica* peut expliquer ce résultat, les autres espèces se situant à des niveaux relativement proches de ceux de 2014.

En 2021, l'ensablement constaté en 2020 s'est complètement résorbé. La communauté demeurait en « très bon » état écologique (BEQI-FRm), la population de *Macoma balthica* s'était partiellement reconstituée, et les autres espèces présentes en 2014 présentaient des effectifs relativement équivalents, ce qui explique l'augmentation du GPBI1. *Nephtys hombergii* est restée présente et de manière relativement stable sur toute la période d'étude. Ce sont essentiellement les fluctuations de ses effectifs qui expliquent l'évolution des proportions d'individus du groupe AMBI II entre 2014 et 2021.

Les oscillations du BEQI-FRm sont difficiles à expliquer. Elles correspondent surtout à des fluctuations asynchrones d'abondances des espèces dominantes d'où résultent des déséquilibres des répartitions d'effectifs par espèce. Elles ne semblent pas liées aux fluctuations des taux de matière organique et les résultats granulométriques sont en contradiction avec les inventaires faunistiques réalisés (espèces des sables qui augmentent en période d'ensablement, espèces des vases qui augmentent en période d'ensablement). Finalement, la communauté occupant la station C est globalement restée plutôt stable sur la période d'étude, ce dont témoigne le GPBI1 qui a relativement peu varié en comparaison avec les autres stations de l'assemblage CVSEE.

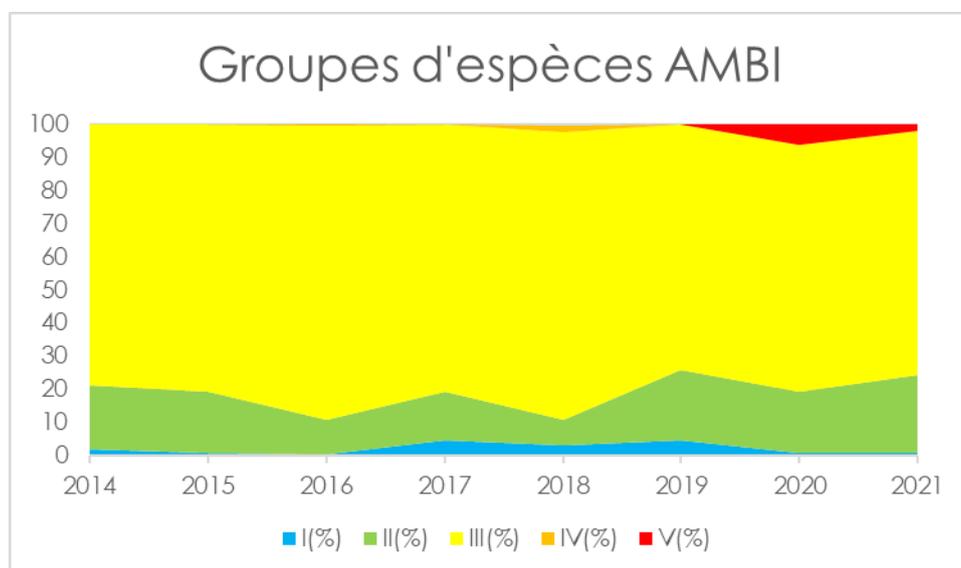


Figure 44 : évolution des proportions des 5 groupes d'espèces de la classification AMBI sur la station C (baie d'Yves) entre 2014 et 2021. I (%), II (%), III (%), IV (%) et V (%) sont les proportions d'abondance des groupes écologiques composées, respectivement, des espèces « sensibles à l'hypertrophisation », « indifférentes », « tolérante », « opportuniste de second ordre », « opportuniste de premier ordre ».

### Station CH11 (DCE Charente)

Comme il a été précisé précédemment, la station DCE CH11, échantillonnée uniquement en 2020, occupe la même vasière que la station C dans l'embouchure de la Charente au Sud de Fouras. La station CH11 a néanmoins une position légèrement amont et se trouve bien plus bas sur l'estran, au niveau du médiolittoral moyen (2.8m). En 2020, elle était bien plus pauvre en espèces (6) et les espèces structurantes de l'assemblage CVSEE (*Macoma balthica* et *Nephtys hombergii*) y étaient présentes mais la station CH11 était dominée par les effectifs de *Corophium volutator*. Cela témoignait d'un caractère « estuarien » plus important. Les résultats des analyses granulométriques indiquaient l'absence d'ensablement important (vases > 95%) contrairement à la station C mais les taux de matière organique étaient du même ordre (autour de 6%). La valeur de BEQI-FRm, calculée sur la base des références de l'habitat EUNIS A2.31 (Aubert *et al.* 2021b), plaçait la station dans la gamme de l'état « moyen », avec un score nettement plus faible que pour la station C (respectivement 0,57 et 0,90).

### Station Moeze (RNN MO)

Cette station est située au niveau du médiolittoral supérieur (4,25m) sur la vasière de Brouage (RNN de Moëze-Oléron). Elle est peu distante de l'embouchure de la brèche de la digue de la RNN et s'est partiellement retrouvée dans la zone d'influence du panache de jusant à l'aval de la brèche. Une sous-station a d'ailleurs été déplacée en 2021 pour cette raison. C'est une station de vases franches, les taux d'envasement y étaient supérieurs à 99% jusqu'en 2019, année à partir de laquelle des fractions sableuses ont été, modestement, plus importantes (3-4%), peut-être en lien avec la présence de la brèche à proximité (Figure 40).

Sur toute la période d'étude, la station Moeze était dominée par les effectifs de *Scrobicularia plana*, *Abra tenuis*, et *Macoma balthica*. *Nephtys hombergii*, bien qu'enregistrée tous les ans, était très peu représentée (le plus souvent un seul individu).

En 2014, la station Moeze présentait des valeurs moyennes de richesse, densité et diversité importantes (Figure 41), maximales à l'échelle de la période d'étude (16 espèces au total). En plus des espèces communes de l'assemblage, les oligochètes ainsi qu'*Alitta succinea* étaient également bien représentés. Mais l'espèce la plus abondante observée en 2014 était *Corophium volutator*, généralement observé plus en amont, témoignant d'une influence « estuarienne » plus forte en 2014 car cette espèce n'a plus été observée ensuite. Par ailleurs, le cortège comptait un nombre important d'espèces opportunistes (groupes AMBI IV et V) mais qui représentaient un faible pourcentage des effectifs (Figure 45). En revanche, très peu d'espèces sensibles (I) et indifférentes (II) ont été détectées. Les espèces communes et abondantes sont considérées comme tolérantes (groupe III) et expliquent l'essentiel de la Figure 45. Ce fait, associé aux fortes valeurs de richesse et diversité moyenne, explique le « très bon » état du cortège d'espèce de la station Moeze en 2014 (BEQI-FRm - Figure 49).

En 2015, la disparition de *Corophium volutator* s'est accompagnée d'une diminution du nombre d'espèces enregistrées (11) ainsi que des valeurs moyennes de richesse, densité et diversité (Figure 41). Les diminutions d'effectifs ont concerné à peu près toutes les espèces, y compris les opportunistes (malgré une forte augmentation du taux de matière organique - Figure 40). Pour autant cela n'a pas fondamentalement changé les proportions respectives des espèces caractéristiques. La diminution des richesses et de la diversité a néanmoins entraîné une réduction de la valeur du BEQI-FRm, la communauté demeurant toutefois en « très bon » état écologique (Figure 49). En revanche, la disparition de *Corophium volutator* et les diminutions d'effectifs des autres espèces a entraîné une forte chute du GPBI1 (Figure 50). Le sédiment ne permet pas d'expliquer les modifications observées. *Hediste diversicolor* et *Lekanesphaera rugicauda* sont les seules espèces qui semblent avoir légèrement

profité de l'évènement qui s'est produit en 2015. La cause des changements pourrait donc être l'intervention des plus fortes précipitations enregistrées au mois de septembre 2015 (>80 mm contre 12 en 2014). La communauté n'a pratiquement pas été modifiée entre 2015 et 2016, les effectifs des espèces principales ont légèrement augmenté et ceux d'*Hediste diversicolor* ont encore progressé et de manière plus importante. Cela, et le retour de quelques espèces opportunistes expliquent que le GPBI1 a légèrement augmenté suggérant un léger retour vers le cortège de 2014.

Les années 2017 et 2019 ont été marquées par des diminutions de richesses, moyenne et totale (11 espèces) et de la diversité. Cependant, alors que la densité moyenne n'a pas bougé en 2017, elle a fortement chuté en 2019. Cependant, les espèces qui ont régressé sont principalement les espèces opportunistes (IV et V). Les espèces caractéristiques ont subi des diminutions d'effectifs mais restent prédominantes, *Hediste diversicolor* s'était maintenue en 2017 mais pas en 2019, de même pour *Abra tenuis*. L'état écologique de ces stations est descendu vers le « bon » état ces années-là.

Entre ces deux années, les richesses, moyenne et totale, avaient retrouvé leurs niveaux de 2014 (17 espèces recensées) de même que les effectifs des espèces caractéristiques, y compris *Hediste diversicolor* dont les effectifs ont fortement diminué. Les espèces opportunistes, bien que présentes, affichaient de plus faibles effectifs qu'en 2014. Le BEQI-FRm indiquait en 2018 un « très bon » état écologique pour la station. Le GPBI1 a suivi les variations de la similarité des cortèges avec celui de 2014, il a augmenté en 2018 et subi une diminution relativement importante en 2019.

Les années suivantes, 2020 et 2021, les richesses et densités moyennes sont restées stables par rapport à 2019 et la richesse totale a augmenté (13-14 espèces). L'état écologique de la station était jugé « bon ». En 2020, Le cortège d'espèces communes avec 2014 était au minimum (7 espèces) et les effectifs de ces espèces étaient inférieurs, en particulier ceux de *Macoma balthica*. En revanche, une augmentation importante de la population de sphaeromes (*Lekanesphaera spp.*) a été observée. Leur petite taille n'a pas permis d'avoir la résolution permettant de différencier les deux espèces principalement rencontrées (*L. rugicauda* et *L. levii*). *Lekanesphaera rugicauda* décrit plutôt des situations de dessalure (et d'une descente de faune des prés salés vers la vasière) alors que *Lekanesphaera levii* témoignerait plutôt d'apports en sables. Or 2020 a été une année humide en termes de débit, mais elle a aussi été marquée par une fraction de sables un peu plus importante, peut être en lien avec l'influence du panache de jusant de la brèche. Par ailleurs, la communauté présentait des espèces des sédiments plus sableux auparavant absentes de la station et notamment *Cerastoderma edule*, mais aussi des espèces favorisées par les dessalures (Dolichopodidae). En 2021, les Dolichopodidae étaient toujours présents, en revanche les coques n'ont pas été observées et les effectifs de *Lekanesphaera spp.* avaient régressé (avec une teneur en sable équivalente à celle de 2020). Sur cette période, le GPBI1 est demeuré à un niveau très bas.

La station Moeze semble avoir été relativement sensible aux alternances des années sèches (2015, 2017 et 2019) et des années humides (2014, 2016, 2018, 2020 et 2021). Par ailleurs, la mise en place de la brèche en amont de la station pourrait également avoir eu un impact sur la couverture sédimentaire et donc la communauté, mais il n'est pas possible d'en être sûr.

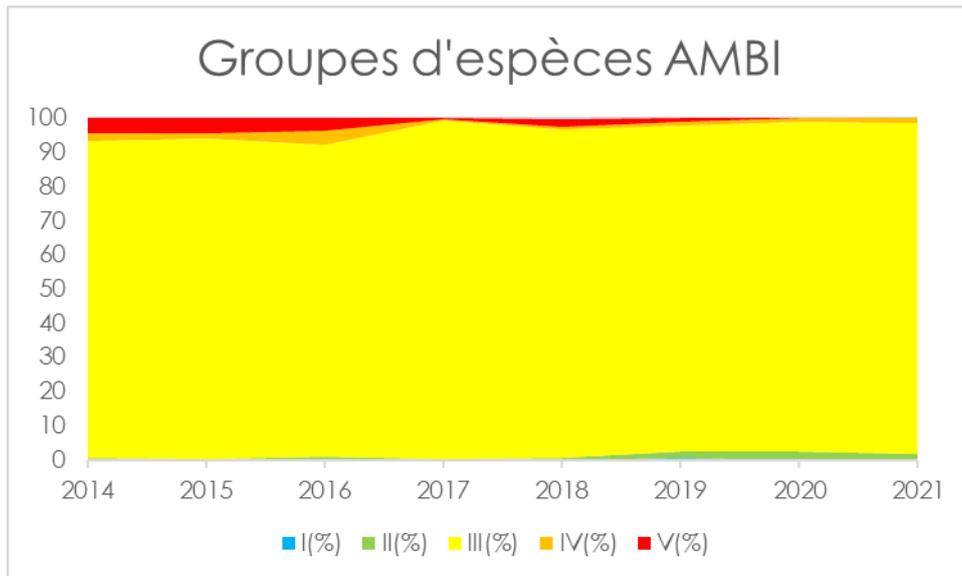


Figure 45 : évolution des proportions des 5 groupes d'espèces de la classification AMBI sur la station Moeze entre 2014 et 2021. I (%), II (%), III (%), IV (%) et V (%) sont les proportions d'abondance des groupes écologiques composées, respectivement, des espèces « sensibles à l'hypertrophisation », « indifférentes », « tolérante », « opportuniste de second ordre », « opportuniste de premier ordre ».

Dans l'estuaire de la Seudre, dans le Sud de la zone des pertuis charentais, deux stations faisant partie de l'assemblage CVSEE ont été échantillonnées en 2020 dans le cadre de la DCE MET : SE03 et SE05. La Seudre est évaluée comme un estuaire de type E (Fouet et Blanchet, 2019 ; Aubert et al., 2021b).

Ces deux stations sont positionnées au niveau du médiolittoral moyen (3-3,5m) sur des sédiments dominés par les vases avec néanmoins une fraction de sables fins importante en SE05 (35%).

#### Station SE03 (DCE Seudre)

Il s'agit de la station intermédiaire dans l'estuaire (SE02 qui fait partie de l'assemblage CVE est la plus en amont et SE05 se situe au niveau de l'embouchure). Elle est très particulière par le fait qu'elle était dominée par des espèces plus marines des sables fins envasés (*Abra alba*, *Ampharete lindstroemi*) partageant les sédiments avec des espèces de la communauté estuarienne à *Macoma balthica* et *Nephtys hombergii*. La richesse totale et la densité étaient comparables aux autres stations de l'assemblage à la même période (11 espèces – 1250 ind./m<sup>2</sup>). En revanche, la valeur du BEQI-FRm (0,59) pour cette station la plaçait dans la gamme de l'état écologique « moyen » (Aubert et al., 2021b).

#### Station SE05 (DCE Seudre)

La station SE05 hébergeait en 2020 un cortège d'espèces combinant des espèces marines des sables fins envasés à *Abra alba*, voire très envasés (*Abra nitida*), des espèces de la communauté estuarienne à *Macoma balthica* et *Nephtys hombergii* et une forte présence des coques qui dominaient le peuplement. Le cortège était très riche (25 espèces identifiées) et plutôt dense (4000 ind/m<sup>2</sup>). Logiquement, la valeur de BEQI-FR était importante (0.87) et l'état écologique de la station était qualifié de « très bon » (Aubert et al., 2021b).

En fait, la Seudre est un estuaire particulier et son évaluation dans le cadre de la DCE a fait l'objet de beaucoup de discussions (Aubert, com. pers.). C'est un estuaire de flot prédominant, c'est-à-dire essentiellement sous influence des marées et de la masse d'eau de la Mer des Pertuis, plutôt marine, l'influence des eaux douces provenant du bassin versant et notamment de la Seudre est faible. Pour autant, il s'agit bien d'une zone de transition, le chevauchement des communautés en témoigne. Néanmoins, les cortèges d'espèces en place très influencés par les communautés marines rendent leur évaluation via des références et seuils d'habitats estuariens sujettes à questionnement.

#### Station AIG1 (RNN BA)

La station AIG1 se situe dans la partie Sud-Est de la baie de l'Aiguillon, au Sud du canal du Curé, au niveau du médiolittoral moyen/supérieur (3.68m), sur des vases franches (>98%) qui semblent avoir eu tendance à légèrement s'enrichir en sables fins en fin de période (2020 et 2021 – 3%). C'est la station où la population de *Macoma balthica* est la plus importante, elle domine largement le cortège. Elle est associée à *Nephtys hombergii*, *Scrobicularia plana*, *Abra tenuis* et *Retusa obtusa*. Sur l'ensemble de la période d'étude, les cortèges d'espèces étaient dominés par les espèces tolérantes (AMBI III) et indifférentes (II), ce qui correspond aux espèces dominantes (III) et à *Nephtys hombergii* (II) (Figure 46). La composition du cortège faunistique en termes de proportion des différents groupes AMBI est resté relativement stable tout au long de la période d'étude. L'état écologique de cette station est resté « bon » sur toute la période d'étude (Figure 49).

En 2014, le cortège d'espèces affichait une richesse maximale pour la période d'étude (12), et la richesse moyenne était d'environ 15 espèces/0.1m<sup>2</sup> (Figure 41a). La densité moyenne (hors hydrobie) était importante (>3000 ind./m<sup>2</sup> - Figure 41b). Elle était quasi-exclusivement constituée par les espèces dominantes décrites plus haut et les autres espèces présentaient des effectifs anecdotiques (de 1 à 5 individus recensés).

En 2015, les effectifs de toutes les espèces ont chuté mais la baisse a surtout affecté *Scrobicularia plana*, *Abra tenuis*, et *Retusa obtusa*. Les effectifs de *Macoma balthica* ont diminué mais de façon mesurée, et ceux de *Nephtys hombergii* ont augmenté. Les espèces rares n'ont plus été observées à l'exception de *Lekanesphaera rugicauda* qui a vu ses effectifs augmenter. La richesse moyenne n'a pratiquement pas varié contrairement à la richesse totale (8 espèces) et la diversité moyenne qui ont diminué. La valeur du BEQI-FRm n'a que faiblement diminué (Figure 49), en revanche, le GPBI1 a fortement accusé la baisse de la richesse et des effectifs (Figure 50). La modification de la structure du cortège qui s'est produite en 2015 semble en cohérence avec les données de débits de la Sèvre Niortaise et des précipitations estivales. En effet, l'année 2015 a été sèche en termes de débits de crues hivernales alors que l'été a été plus pluvieux (200 mm en été) et les débits de la Seudre étaient également plus importants en septembre 2015 (les plus importants du mois de septembre pour la période d'étude). Les faibles crues hivernales pourraient expliquer de moindres recrutements pour les espèces principales de la communauté, tandis que les précipitations et la diminution des salinités en fin d'été expliqueraient la présence plus importante de *Lekanesphaera rugicauda*.

En 2016, une nouvelle baisse a affecté cette fois les effectifs de toutes les espèces présentes en 2015 sans exception. *Lekanesphaera rugicauda* n'a plus été observée en revanche quelques coques et palourdes ont été recensées. Les valeurs moyennes de richesse, densité et diversité ont chuté, entraînant la valeur du BEQI-FRm et le GPBI1 à enregistré une nouvelle diminution mais bien plus modérée qu'en 2015. Cette nouvelle baisse des métriques biologiques n'est pas expliquée. L'année 2016 a été humide en termes de débits de crue, tandis que l'été et le début de l'automne ont été très secs en termes de précipitations. Les sédiments ne permettent pas non plus d'expliquer le phénomène, les résultats d'analyse suggérant une couverture sédimentaire très similaire à celle de 2015.

La situation des populations des espèces dominantes était très contrastée en 2017. *Macoma balthica* a enregistré une très forte progression de ses effectifs, de même que *Retusa obtusa* et *Abra tenuis*. À l'inverse, *Scrobicularia plana* a pratiquement disparue et les effectifs de *Nephtys hombergii* ont régressé. Les effectifs des coques et des palourdes ont également augmenté, et *Lekanesphaera levii* a été observé. Ces évolutions ont conduit à des augmentations de richesse, moyenne et totale (11 espèces) et de densité moyenne mais la diversité est restée stable. La valeur du BEQI-FRm a suivi l'augmentation de la richesse moyenne. Par ailleurs, le GPBI1 a enregistré une forte progression à la hausse, probablement du fait des meilleurs effectifs de *Macoma balthica* et *Retusa obtusa*, le nombre d'espèces communes avec le cortège de 2014 demeurant faible (7 espèces). Les résultats faunistiques suggèrent une augmentation des fractions sableuses mais cela n'est pas apparu dans les analyses granulométriques.

En 2018, les effectifs des espèces dominantes ont reculé, à part *Scrobicularia plana* qui a légèrement progressé. *Cerastoderma edule* a également progressé de manière importante, tandis que *Ruditapes philippinarum* s'est maintenue. La valeur moyenne de richesse est restée stable tandis que les densités ont fortement régressé, avec comme conséquence l'augmentation des valeurs de l'indice de diversité H' et du BEQI-FRm mais une diminution importante du GPBI1. De nouveau, les modifications observées du cortège faunistique allaient dans le sens d'un enrichissement en sables des sédiments sans que cela n'apparaisse dans les analyses granulométriques.

L'année 2019 a ressemblé à l'année 2017 pour ce qui concerne l'évolution des populations des espèces principales : progression des effectifs de *Macoma balthica* et *Retusa obtusa*, alors que *Scrobicularia plana* a régressé au point de ne pas être observée. La population de coque était également moins importante, tandis que celle de *Abra tenuis* a conservé le bas niveau déjà atteint en 2018. Ce sont essentiellement les valeurs de ces populations qui orientaient l'évolution de la densité moyenne de la station. La richesse moyenne a diminué tandis que la diversité a augmenté (du fait des effectifs moins

importants). Cependant, la hausse de diversité n'a pas compensé la diminution du nombre moyen d'espèce et la valeur du BEQI-FRm a diminué. En revanche, le GPBI1 a légèrement augmenté, probablement pour les mêmes raisons qu'en 2017 (augmentation des effectifs de *Macoma balthica* et de *Retusa obtusa*).

En 2020, des effectifs importants de *Scrobicularia plana* ont été de nouveau observés ceux de *Cerastoderma edule* ont augmenté. Ceux de *Macoma balthica*, *Retusa obtusa* et *Nephtys hombergii* ont régressé. D'ailleurs *Retusa obtusa* n'a pas été observée cette année-là. Les richesses, moyenne et totale (11 espèces), ont augmenté alors que la densité moyenne diminuait et la diversité H' a fortement augmenté. Le BEQI-FRm a par conséquent augmenté tandis que le GPBI1 avait encore diminué. Les analyses granulométriques ont détecté un enrichissement léger en sables fins, mais même là (ainsi qu'en 2021) cette fraction ne représentait qu'un peu plus de 3% de l'échantillon analysé (au plus 8% en tenant compte du maximum de biais que peut induire la quantité de sel dans les sédiments vaseux), ce qui est trop faible pour expliquer les fluctuations des populations en place, notamment la dynamique de *Cerastoderma edule*.

La situation du cortège d'espèce observé en 2021 ressemblait à celle observée en 2016 : dominance de *Macoma balthica* sans pour autant que l'espèce ne présente de très forts effectifs et *Retusa obtusa* a de nouveau été observée, diminution des richesses, moyenne et totale (9 espèces), des densités et de la diversité H'. Le BEQI-FRm était à sa valeur minimale de la période d'étude et le GPBI1 était au plus bas. La fraction sableuse semble s'être maintenue pour autant la population de *Cerastoderma edule* a décru. Ce qui tendrait à confirmer que les analyses sédimentaires ne permettent pas d'expliquer les fluctuations d'abondances des espèces en fonction de leurs affinités sédimentaires. Des analogies importantes de structures de cortège d'espèces ont été observées entre les différentes années (2016, 2021 et, dans une moindre mesure 2018 ; 2017 et 2019). Les années 2016, 2018 et 2021 ont été caractérisées par des débits plus importants en période de crues hivernales, associés à des été plus secs en termes de pluviométrie tandis qu'au cours des années 2017 et 2019 les débits hivernaux étaient faibles tandis que la pluviométrie estivale était légèrement plus importante (le maximum, 200 mm, avait été atteint en 2015 année « sèche » en termes de débit hivernaux).

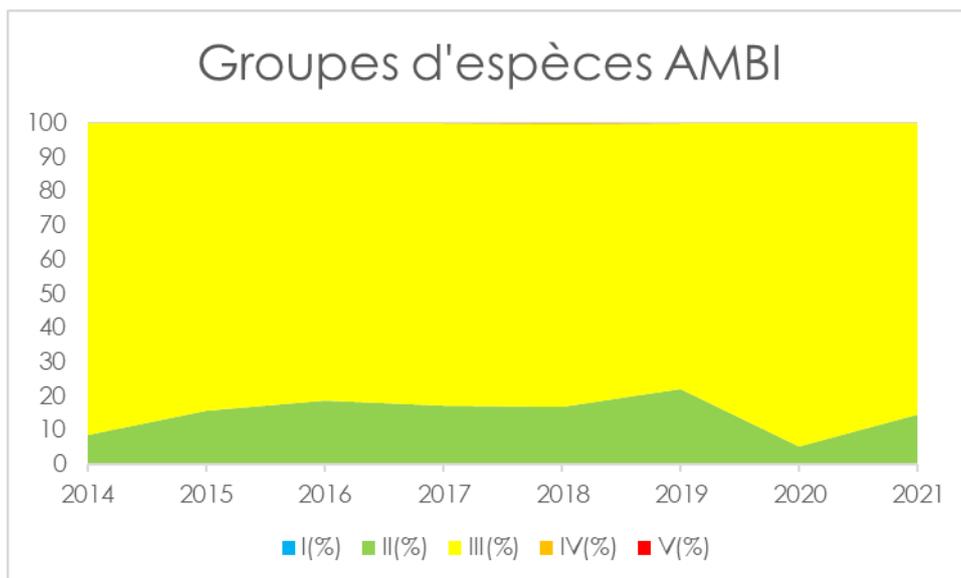


Figure 46 : évolution des proportions des 5 groupes d'espèces de la classification AMBI sur la station AIG1 entre 2014 et 2021. I (%), II (%), III (%), IV (%) et V (%) sont les proportions d'abondance des groupes écologiques composées, respectivement, des espèces « sensibles à l'hypertrophisation », « indifférentes », « tolérante », « opportuniste de second ordre », « opportuniste de premier ordre ».

#### Station AIG2 (RNN BA)

Cette station est relativement proche de la station AIG1 mais est située plus haut sur l'estran (4.3m). Elle occupe des sédiments très vaseux mais contenant des fractions sableuses néanmoins plus importantes. Notamment, les sables moyens, absents d'AIG1, y étaient représentés à hauteur d'environ 10% en 2016. Le cortège est globalement dominé par les mêmes espèces qu'AIG1 (*Scrobicularia plana*, *Macoma balthica*, *Abra tenuis*, *Nephtys hombergii* et *Retusa obtusa*). Cependant, sa position sur l'estran explique probablement, au moins en partie, l'inversion du rapport de dominance des effectifs de *Scrobicularia plana* et *Macoma balthica* entre les deux stations et la présence d'*Hediste diversicolor*, quasiment absente sur AIG1. Les proportions des différents groupes AMBI sont sensiblement les mêmes que sur AIG1 (très large dominance du groupe III) à la différence que le groupe II (surtout *Nephtys hombergii*) y est moins important et que quelques espèces des groupes IV et V y ont été observées (Figure 47). Sur l'ensemble de la période d'étude, la richesse moyenne s'est montrée très stable (15 espèces/0.1m<sup>2</sup>) avec néanmoins deux années légèrement plus faibles 2017 et 2020 (Figure 41a). La diversité moyenne a également été très stable, à l'exception de 2020, où une diminution conséquente a été observée (Figure 41c). En revanche, la densité moyenne a montré de fortes variations (ci-dessus Figure 41b). Pour autant, à l'instar de la station AIG1, la station AIG2 est restée en « bon » état écologique pendant toute la période d'étude (Figure 49).

En 2014, la station AIG2 hébergeait 12 espèces, mais l'essentiel des effectifs étaient fournis par *Scrobicularia plana*, *Macoma balthica*, *Abra tenuis* et *Hediste diversicolor*. Entre 2014 et 2015, les effectifs de *Scrobicularia plana*, *Macoma balthica* et *Hediste diversicolor* ont diminué de manière importante tandis que ceux d'*Abra tenuis* et *Lekanesphaera rugicauda* ont fortement augmenté. Le bilan en termes de densités moyennes était neutre (Figure 41b), le GPBI1 a tout de même diminué, mais de manière moins brutale que sur AIG1 à la même période (Figure 50).

En 2016, toutes les espèces ont régressé et *Hediste diversicolor* n'a pas été observée. Seules *Retusa obtusa* et *Nephtys hombergii* ont vu leurs effectifs progresser. La densité moyenne a subi une forte réduction et est demeurée au même niveau les deux années suivantes, ce qui correspondait également à un maintien à un niveau bas des populations des espèces principales, et *Lekanesphaera rugicauda* n'était plus observée. Sur cette période (2016-2018) le BEQI-FRm et le GPBI1 n'ont pratiquement pas varié.

En 2019, les effectifs de toutes les espèces dominantes ont fortement progressé et la valeur des indices BEQI-FRm et GPBI1 ont augmenté. Puis en 2021, comme en 2016, à peu près toutes les espèces ont subi des diminutions importantes d'effectifs, le BEQI-FRm et le GPBI1 étaient à leur minimum. Les effectifs ont peu évolué en 2021, à part ceux de *Scrobicularia plana* qui ont assez fortement progressé, expliquant la légère hausse du GPBI1, qui demeurait tout de même à une valeur basse, traduisant la « distance » importante entre la structure observée en 2014 et celle observée en 2021.

Les deux stations, AIG1 et AIG2, pourtant peu distantes, occupées par les mêmes espèces dominantes, ayant a priori subi les mêmes contraintes climatiques et hydrologiques n'ont pas montré les mêmes dynamiques des populations d'espèces. En particulier, les dynamiques des effectifs de *Macoma balthica* et de *Scrobicularia plana*. Sur AIG1, les deux populations ont diminué entre 2014 et 2015 puis, à partir de 2017, la croissance de la population de *Macoma balthica* correspondait à une décroissance de la population de *Scrobicularia plana* et inversement. Cela n'a pas été exactement le cas sur AIG2, où ce phénomène n'a pas été aussi systématique, notamment entre 2018 et 2019 puis entre 2019 et 2020, les dynamiques des deux espèces ont été identiques. La dynamique de ces espèces a probablement un lien avec la hauteur sur l'estran mais aussi peut-être avec la distance qui sépare ces stations du chenal du Curé (AIG2 est plus proche). L'épisode de dessalure enregistré en été 2015 a probablement été plus intense au niveau de AIG2 que de AIG1, *Lekanesphaera rugicauda* était bien plus présente sur la première. La forte diminution des densités de 2016 correspondait à une présence inhabituelle de sables moyens, habituellement absents. L'origine de ces sables est inconnue. Finalement, la station AIG2 semble avoir été bien moins sensible aux alternances années sèches/années humides que la station AIG1. La gestion des niveaux d'eau du canal du Curé en amont de la dernière porte avant la mer pourrait avoir joué un rôle dans les modifications de cortège observées sur AIG2.

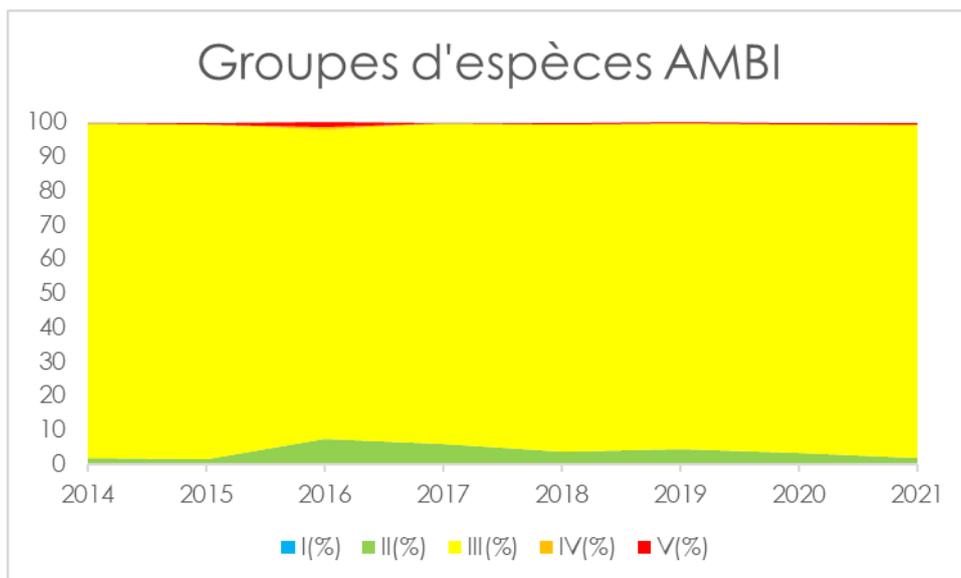


Figure 47 : évolution des proportions des 5 groupes d'espèces de la classification AMBI sur la station AIG2 entre 2014 et 2021. I (%), II (%), III (%), IV (%) et V (%) sont les proportions d'abondance des groupes écologiques composées, respectivement, des espèces « sensibles à l'hypertrophisation », « indifférentes », « tolérante », « opportuniste de second ordre », « opportuniste de premier ordre ».

#### Station AIG5 (RNN BA)

La station AIG5 est située dans la partie Ouest de la baie de l'Aiguillon, à l'abri de la pointe de l'Aiguillon et du banc de sable qui la prolonge. Elle est sensiblement à la même hauteur que AIG2 (4,2m), sur des sédiments à dominance vaseuse comportant des quantités de sables plus importantes qu'au Sud de la baie (jusqu'à 25% - Figure 40). Les sédiments plus hétérogènes abritent une faune plus diversifiée (jusqu'à 25 espèces en 2021). Le cortège est néanmoins caractérisé par les mêmes espèces qu'AIG2, avec également un rapport de dominance *Scrobicularia plana/Macoma balthica* en faveur de la première (ce qui confirme bien l'importance des niveaux topographiques sur la structure des cortèges). Logiquement donc, ce sont les effectifs des espèces tolérantes (III) qui dominent (Figure 48), mais les opportunistes (V) étaient bien représentés en 2015 et 2016 (15-20%), principalement du fait de la présence d'effectifs importants d'oligochètes. Par ailleurs, l'évolution des métriques biologiques calculées pour la station AIG5 a été bien plus chaotique que celles des stations AIG1 et AIG2.

En 2014, l'état écologique de la station AIG5 était « très bon » (Figure 49). Les espèces dominantes étaient les mêmes que celles d'AIG2 avec néanmoins des effectifs relativement importants de coques, témoignant de la proximité du banc de sable (cependant les sables représentaient moins de 2% du sédiment). La richesse totale était relativement importante à l'échelle de l'assemblage CVSEE (16 espèces) de même que les valeurs moyennes de richesse et de densité (Figure 41a, b).

En 2015, la richesse moyenne a légèrement diminué de même que la richesse totale (13 espèces) et les espèces caractéristiques du cortège ont vu leurs effectifs augmenter. A l'exception de *Cerastoderma edule* malgré un enrichissement en sable de près de 15%, et d'*Abra tenuis*. En parallèle les effectifs des oligochètes ont très fortement progressé et, dans une moindre mesure ceux d'*Hediste diversicolor* également. De plus, *Lekanesphaera rugicauda*, absente en 2014, a été observée avec des effectifs non négligeables. La densité moyenne n'a pas varié et la diversité a légèrement augmenté. L'état écologique de la station était « très bon » et le GPBI1 n'a que peu diminué (Figure 49, Figure 50).

En 2016, les espèces caractéristiques de l'habitat ont régressé, de même que les oligochètes, *Hediste diversicolor* et *Lekanesphaera rugicauda* qui n'a pratiquement plus été observée par la suite. En revanche, *Lekanesphaera levii*, auparavant absente, a été détectée et les effectifs des coques ont légèrement augmenté, en dépit d'une diminution du taux de sable (<5%). Par ailleurs, les valeurs moyennes de richesse et de diversité ont augmenté de même que la richesse totale (18 espèces), la proportion d'espèce opportunistes du groupe AMBI V a légèrement diminué au bénéfice des groupes II et III. Cela explique la hausse du BEQI-FRm cette année-là (Figure 49) mais le GPBI1 a de nouveau légèrement reculé (en lien avec les diminutions d'effectifs des espèces qui avaient également été observées en 2014) (Figure 50).

L'année 2017 a été marquée par une forte régression des espèces caractéristiques, affines des vases (à part *Hediste diversicolor* qui s'est maintenue). La coque s'est également maintenue et *Lekanesphaera levii* a de nouveau été détecté, cette fois en cohérence avec une augmentation des fractions sableuses dans les sédiments (>20%). Par ailleurs, les espèces opportunistes n'ont pas été détectées en 2017 et ne l'ont quasiment plus été sur le reste de la période d'étude. La richesse moyenne a fortement diminué (richesse totale : 13 espèces) mais avec la chute également importante de la densité moyenne la valeur de diversité H' n'a que peu baissé. Le BEQI-FRm a dégradé la station dans l'état écologique « bon », et le GPBI1 a subi une forte baisse.

En 2018, toutes les espèces caractéristiques ont vu leurs effectifs augmenter, de manière plus importante pour *Scrobicularia plana*. Cette hausse a également concerné *Cerastoderma edule*, en revanche *Lekanesphaera levii* n'a plus été détectée. La fraction sableuse a atteint un maximum cette année-là avec près de 25%. Les valeurs moyennes de richesse et de densité ont augmenté (la richesse totale était plutôt stable – 14 espèces) et la diversité n'a pratiquement pas bougé. La valeur du BEQI-FRm a augmenté et qualifiait de nouveau l'état écologique de station comme « très bon », de même que celle du GPBI1 qui a retrouvé le niveau qu'elle occupait en 2017.

En 2019, la situation des espèces caractéristiques est plus contrastée : alors que les effectifs de *Scrobicularia plana* ont augmenté, ceux d'*Abra tenuis*, *Macoma balthica* et, dans une moindre mesure ceux de *Cerastoderma edule* et *Retusa obtusa* ont diminué. Les polychètes *Hediste diversicolor* et *Nephtys hombergii* sont quant à eux demeurés aux mêmes niveaux qu'en 2018. La richesse moyenne a diminué (richesse totale : 15 espèces), mais elle présentait une variabilité entre sous-station bien plus importante qu'au cours de la période 2014-2018. La densité moyenne ayant augmenté, la diversité a subi une diminution importante tout comme le BEQI-FRm qui qualifiait l'état écologique de « bon » mais correspondait à sa valeur minimale sur la période d'étude. En revanche le GPBI1 a encore augmenté et sa valeur se retrouvait à son niveau de 2015.

L'année 2020 a été marquée par la chute des effectifs des espèces qui avaient progressé en 2019 (*Abra tenuis* et *Scrobicularia plana*), toutes les autres espèces demeurant à leurs niveaux de 2019 sauf *Cerastoderma edule* qui a pratiquement disparue. La richesse moyenne s'est maintenue, mais de nouveau avec une variabilité entre sous-station très importante, de même que la richesse totale qui n'a que faiblement reculé (13 espèces). Par contre la densité a fortement chuté. Cette chute associée au maintien de la richesse moyenne a permis l'augmentation de la valeur de la diversité H' et l'augmentation de la valeur du BEQI-FRm. Les importantes différences des effectifs des espèces qui étaient présentes en 2014 et en 2020 expliquent que le GPBI1 ait subi une forte diminution.

En 2021, les espèces caractéristiques ont vu leurs effectifs augmenter de manière modérée pour *Scrobicularia plana*, de manière importante pour *Macoma balthica* et *Cerastoderma edule* et de manière très importante pour *Abra tenuis*. Les effectifs des autres espèces caractéristiques du peuplement ont peu ou pas varié (*Nephtys hombergii*, *Hediste diversicolor*, *Retusa obtusa*). Les

oligochètes (groupe AMBI V) étaient de nouveau présents mais avec des effectifs bien moins importants qu'en 2015-2016). En 2021, les richesses, moyenne et totale (25 espèces) ainsi que la densité ont très fortement augmenté même si la variabilité entre sous-station demeurait importante. En revanche l'indice de diversité a un peu diminué, mais sans que cela n'empêche la valeur du BEQI-FRm de progresser de manière importante et de qualifier l'état écologique de la station comme « très bon », sa valeur était maximale pour la communauté CVSEE sur la période d'étude (>1).

La station AIG5 semble s'être montrée plus sensible aux alternances années sèches/années humides que les stations AIG1 et AIG2 et elle a également enregistré la progression importante des effectifs de *Lekanesphaera rugicauda* en 2015 suite aux dessalures de l'été. Cependant, la variabilité des métriques biologiques entre sous-stations ont été bien plus intenses sur AIG5 et particulièrement sur la période 2018-2021 au moins pour les richesses et les densités. Cela correspond à la période où se sont déroulés les travaux d'enlèvement des récifs d'huîtres sauvages dans cette partie de la baie de l'Aiguillon. Ces travaux n'ont a priori pas modifié l'identité de la communauté mais pourraient être responsable de la plus importante variabilité spatiale observée.

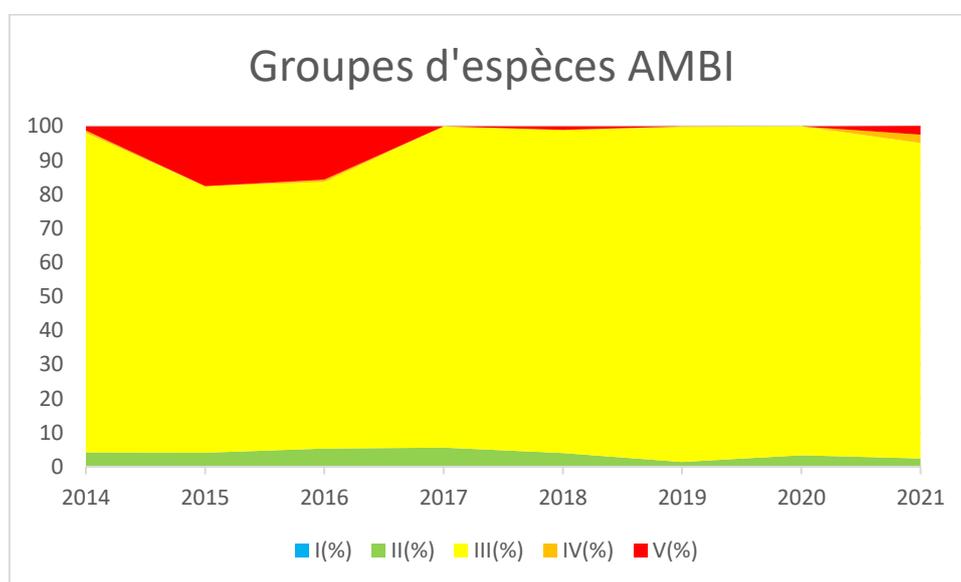


Figure 48 : évolution des proportions des 5 groupes d'espèces de la classification AMBI sur la station AIG5 entre 2014 et 2021. I (%), II (%), III (%), IV (%) et V (%) sont les proportions d'abondance des groupes écologiques composées, respectivement, des espèces « sensibles à l'hypertrophisation », « indifférentes », « tolérante », « opportuniste de second ordre », « opportuniste de premier ordre ».

Trois stations des suivis DCE MET sont positionnées en baie de l'Aiguillon. La plus à l'amont de la baie SN02, située légèrement en aval du port du Pavé, sur la commune de Charron fait partie de l'assemblage des vases estuariennes (CVE). Les stations SN03 et SN05 en revanche font partie de l'assemblage CVSEE. SN03 est située légèrement en amont de la confluence entre la Sèvre Niortaise et le canal de Luçon, tandis que SN05 est positionnée dans la partie aval de la baie à l'Est de la pointe de l'Aiguillon. Ces stations ont été échantillonnées en 2020 et la Sèvre Niortaise est évaluée comme un estuaire de type D (Fouet et Blanchet, 2019 ; Aubert et al., 2021a).

Les stations SN03 et SN05 occupent le niveau du médiolittoral moyen/inférieur (respectivement 2.76m et 1.47m). Les compositions granulométriques des sédiments de ces deux stations sont pratiquement identiques : environ 90% de vases et 10% de sables fins.

### Stations SN03 (DCE Sèvre Niortaise)

En 2020, la station SN03 était occupée par un cortège faunistique caractéristique de la communauté CVSEE. Cependant, si *Macoma balthica* est bien présente, SN03 est dominée par *Cerastoderma edule*, *Hediste diversicolor*, *Ruditapes philippinarum* et *Nephtys hombergii*. En 2020, 10 espèces ont été observées (11,5 espèces/0,1 m<sup>2</sup>) avec une densité sensiblement comparable aux stations AIG1 et AIG5 à la même période (943 ind./m<sup>2</sup>). L'état écologique de la station était « bon » (BEQI-FR=0,84).

### Station SN05 (DCE Sèvre Niortaise)

En 2020, la station SN05 comptait 11 espèces (12 espèces/0.1m<sup>2</sup>) mais les densités étaient très faibles (276 ind./m<sup>2</sup>), dominées par les balanes puis *Macoma balthica* et *Nephtys hombergii*. L'état écologique de la station était qualifié de « très bon » par le BEQI-FR (0,91).

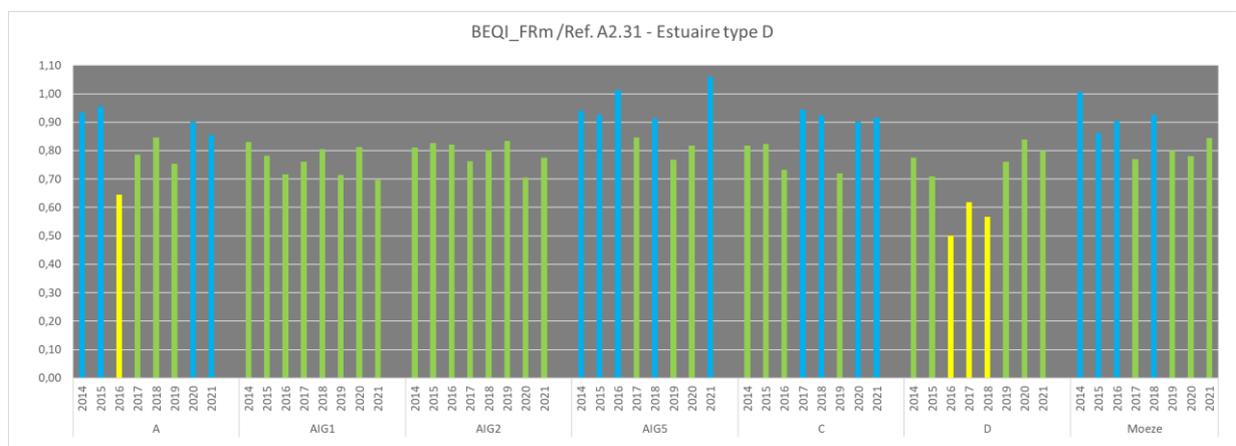


Figure 49 : BEQI-FRm calculé pour les stations de la communauté des vases plus ou moins sableuses de l'embouchure des estuaires (CVSEE) (LPO/RNN) sur la période 2014-2021 (bleu : très bon ; vert : bon ; jaune : moyen). Les résultats d'indicateurs obtenus dans le cadre de ce travail devraient, en complément d'autres données, être soumis à l'avis d'un comité d'expert pour conclure à une évaluation finale d'état écologique pour le tableau de bord du Parc.

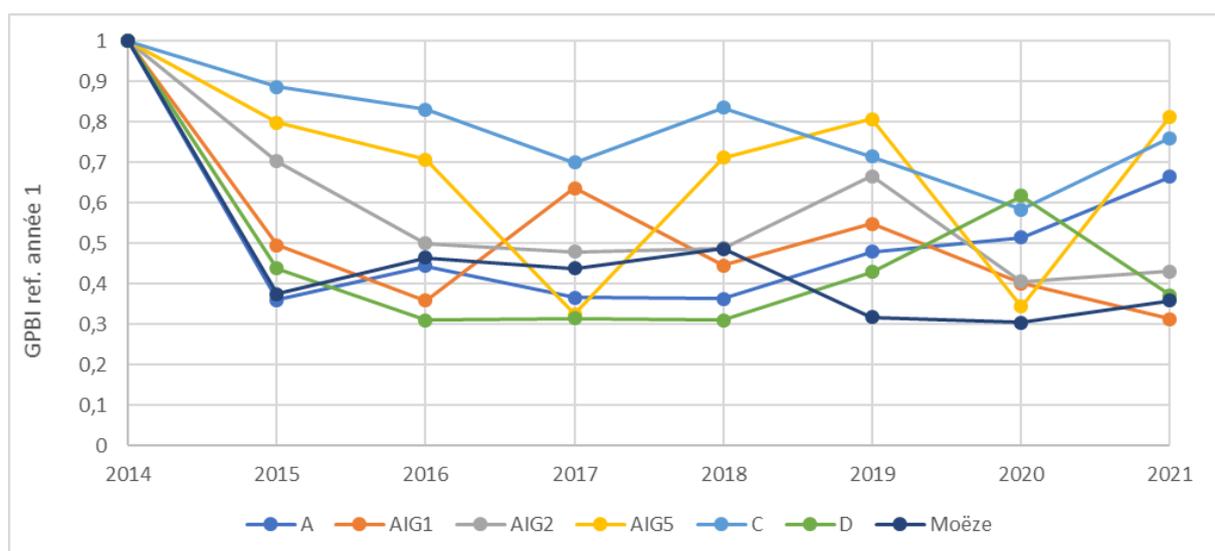


Figure 50 : indice GPBI1 calculés pour les stations de la communauté des vases plus ou moins sableuses de l'embouchure des estuaires (CVSEE) référence année 1 : pour chaque station, la référence est la première année de suivi (2014).

## Communauté des vases estuariennes (CVE)

Les stations CVE sont des stations situées sur les estrans vaseux de la partie moyenne des estuaires. Il s'agit de stations qui occupent les niveaux du médiolittoral moyen jusqu'au médiolittoral supérieur. Les stations AIG3 et AIG4 en baie de l'Aiguillon sont les stations les plus hautes de l'étude (5m), les autres stations sont situées entre 3 et 4m. La communauté en place est dominée par *Scrobicularia plana* et *Hediste diversicolor*. *Abra tenuis* et *Macoma balthica* peuvent être localement et ponctuellement abondantes. Les taux de matière organique sont plus élevés en baie de l'Aiguillon qu'en Gironde (8-12% contre 5-6% - Figure 51). Les cortèges faunistiques en place sont relativement pauvres, notamment en baie de l'Aiguillon où des échantillons azoïques (absence de faune) sont fréquemment rencontrés. Ainsi, alors que la richesse moyenne est rarement supérieure à 10 espèces/0.1m<sup>2</sup> en baie de l'Aiguillon, elle se situe plutôt entre 8 et 15 espèces/0.1m<sup>2</sup> en Gironde (Figure 52a). De même, les densités moyennes sont plus importantes sur les berges de la Gironde (Figure 52b).

La répartition des stations pendant la période 2014-2021 le long de la composante 1 de l'ACP (Figure 13) sur la période 2014-2021 sont très corrélées avec l'altitude des stations, les pourcentages de matière organique, les températures des eaux de surface, moyenne sur les trois premiers trimestres de l'année et en été (T3) ( $R=$ ,  $p < 0,001$  - Tableau 21). Cependant, les espèces caractéristiques de la communauté ne sont pas principalement associées à la composante 1 de l'ACP, mais plutôt aux composantes 2 et 3. La composante 2 est principalement corrélées avec les paramètres de température et de salinité des eaux de surfaces tandis que la composante 3 est surtout corrélée aux pourcentages de matière organique. Les deux autres composantes montrent peu ou pas de corrélation avec les positions des stations au cours du temps. Une bonne partie des informations fournies par les corrélations entre les coordonnées des stations sur les composantes de l'ACP reflète la dichotomie existante entre les stations de Gironde qui occupent des niveaux topographiques moyens où l'influence maritime est moindre et ceux de la baie de l'Aiguillon où deux stations sont très hautes et l'influence maritime plus importante.

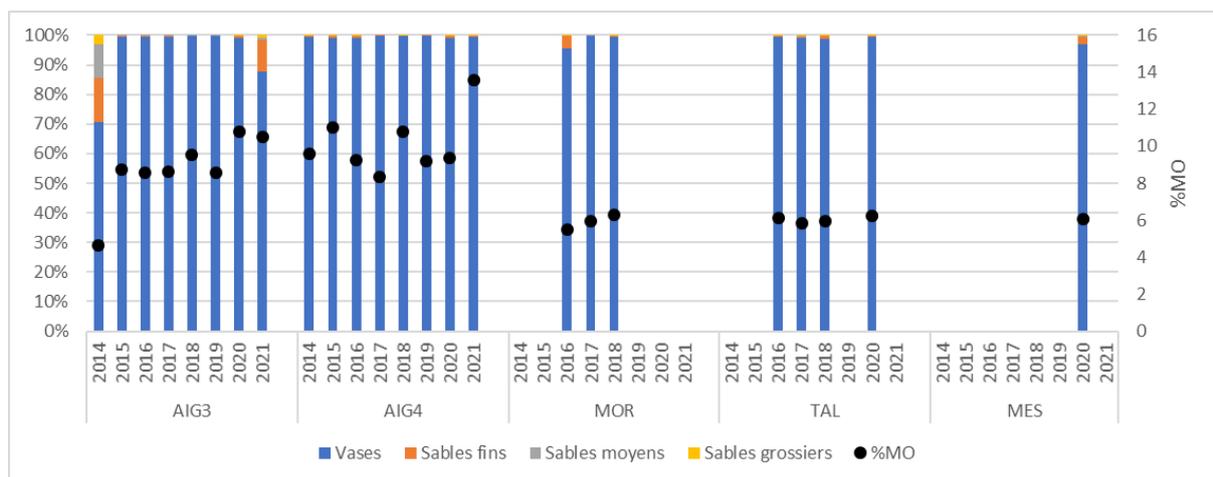


Figure 51 : évolutions des fractions granulométriques et des taux de matière organique des stations de la communauté des vases estuariennes (CVE) sur la période 2014-2021.

Tableau 21 : coefficients de corrélation de Pearson et leur significativité calculés sur les valeurs normalisées des variables environnementales pour les stations de la communauté des vases estuariennes (CVE) entre 2014 et 2021 (hors stations DCE) ( $r > 1$  : vert,  $r < 1$  : rouge ; seuils : \*0.05, \*\*0.01, \*\*\*0.001 ; seules les relations significatives sont présentées).

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5
Topo	$r = -0.73$ *** (p=0.000)	$r = -0.48$ * (p=0.017)	$r = 0.46$ * (p=0.025)		
P_cumul_T2	$r = 0.45$ * (p=0.026)	$r = 0.51$ * (p=0.010)		$r = 0.50$ * (p=0.014)	
T_min	$r = 0.49$ * (p=0.015)	$r = 0.53$ ** (p=0.007)			
T_ampl	$r = -0.57$ ** (p=0.004)				
T_T1	$r = 0.55$ ** (p=0.006)	$r = 0.43$ * (p=0.035)			
T_T3	$r = 0.65$ *** (p=0.001)	$r = 0.57$ ** (p=0.004)			
T_moy	$r = 0.67$ *** (p=0.000)	$r = 0.61$ ** (p=0.001)			
Sal_min	$r = -0.60$ ** (p=0.002)	$r = -0.59$ ** (p=0.002)			
Sal_T1	$r = -0.44$ * (p=0.032)	$r = -0.60$ ** (p=0.002)			
%MO	$r = -0.65$ *** (p=0.001)	$r = -0.50$ * (p=0.013)	$r = 0.55$ ** (p=0.005)		
P_cumul_T1		$r = 0.41$ * (p=0.049)			
T_T2		$r = 0.50$ * (p=0.012)			
Sal_T2		$r = -0.54$ ** (p=0.007)			
Sal_T3		$r = -0.43$ * (p=0.037)			
Sal_moy		$r = -0.53$ ** (p=0.007)			
P_max_T1				$r = -0.47$ * (p=0.020)	

La communauté CVE occupe l'habitat A2.31 (cf. section « Descriptions des assemblages biosédimentaire » p.27). L'évaluation de cet habitat est obtenue par application des références BEQI-FRm et seuils du BEQI-FR décrites en section « Matériel et méthodes » (Tableau 4 et Tableau 5).

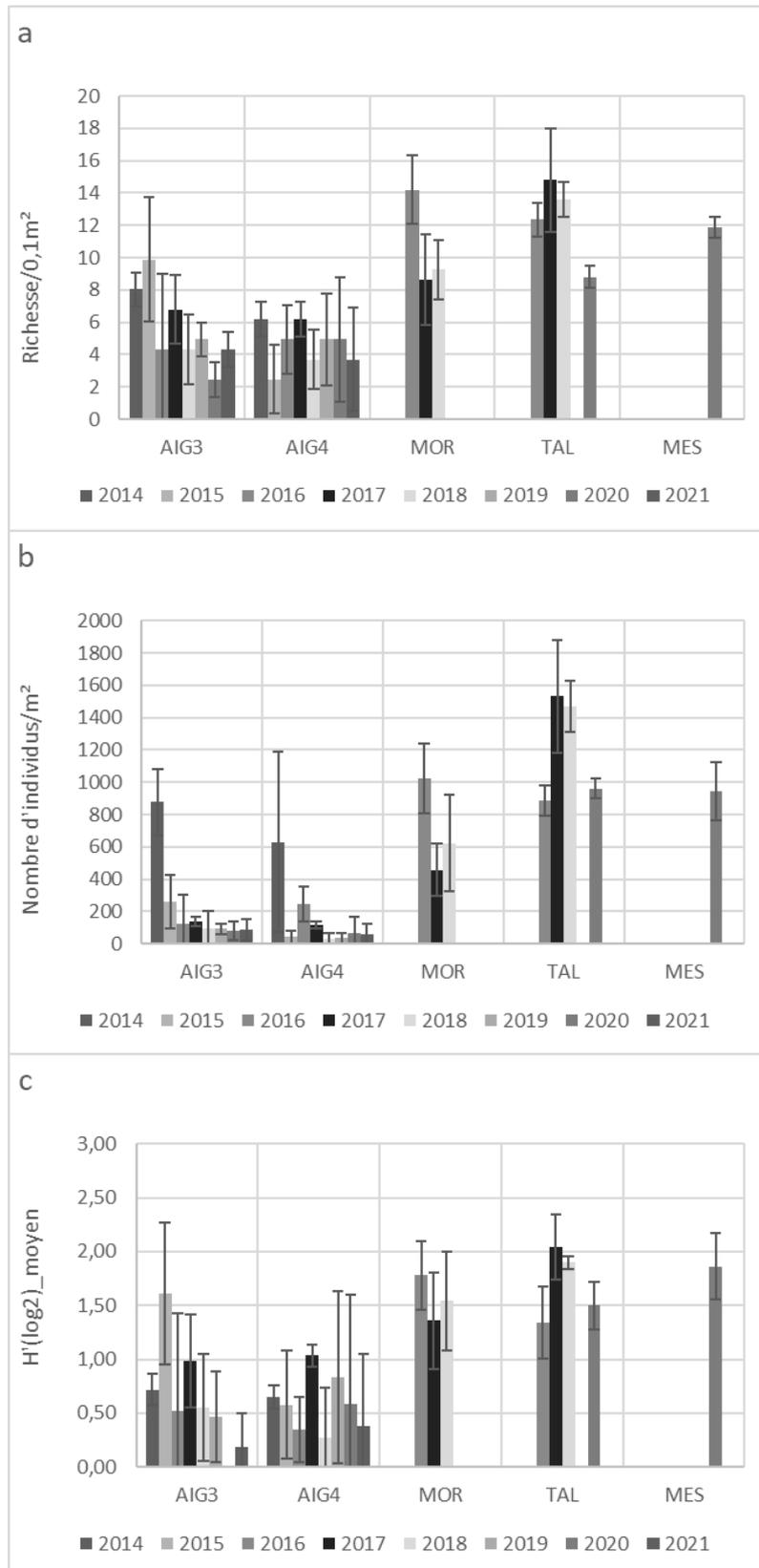


Figure 52 : évolution des valeurs moyennes de richesse spécifique (/0.1m<sup>2</sup>) (a), de densité (ind/m<sup>2</sup>) (b), et de diversité H' (c) des stations de la communauté des vases estuariennes (CVE) au cours de la période 2014-2021 (MOR : 2016-2018 ; TAL : 2016-2018, 2020 ; MES : 2020).

## Stations de la baie de l'Aiguillon

Il s'agit des stations AIG3, AIG4 (LPO/RNN) et SN02 (DCE MET). SN02 n'a été échantillonnée qu'en 2020. Ces stations sont relativement proches les unes des autres. AIG3 et AIG4 sont disposées dans la partie Nord de la baie, non loin du port du Pavé, de part et d'autre de la Sèvre Niortaise sur les hauts niveaux (AIG3 en Charente Maritime, AIG4 en Vendée) tandis que la station DCE MET SN02 est plus basse vers le chenal de la Sèvre Niortaise. Ces stations sont toutes très envasées mais SN02 présentait une fraction de sables plus importante (5-6%). Par ailleurs, les vases présentes aux niveaux d'AIG3 et AIG4 sont consolidées, avec de faibles teneurs en eau tandis que SN02 présente des vases bien plus molles.

En 2014 les structures de cortèges d'AIG3 et d'AIG4 étaient quasiment identiques. Pourtant, AIG3 présentait des fractions sableuses très importantes (30% - Figure 51). Ces fractions étaient principalement constituées de coquilles et de débris coquilliers, probablement en dépôt à la surface. *Abra tenuis* dominait largement les effectifs (hors hydrobie) suivie par *Hediste diversicolor*. *Scrobicularia plana* ne présentait que très peu d'individus (1-3). Les richesses, moyenne et totale, étaient sensiblement identiques (5 et 4 espèces recensées respectivement) (Figure 52a). Les densités moyennes étaient également comparables mais bien plus variables entre sous-stations sur AIG4. En revanche, la diversité H', très faible (<1) était identique sur les deux stations (Figure 52b, c). Malgré des valeurs de BEQI-FRm peu éloignées l'une de l'autre, les statuts écologiques des stations étaient considérés comme différents : « bon état » pour AIG3, « moyen » pour AIG4.

En 2015, alors que la station AIG3 a vu son cortège s'enrichir (7 espèces), celui d'AIG4 s'est appauvri (3 espèces) et les densités des deux stations se sont considérablement réduites principalement du fait de l'effondrement des effectifs d'*Abra tenuis*. La chute a cependant été moins brutale sur AIG3 dont les effectifs (hors *Abra tenuis*) se sont maintenus et a vu apparaître *Lekanesphaera rugicauda*, *Macoma balthica* et augmenter les effectifs de *Scrobicularia plana*. La diversité a donc augmenté sur AIG3 mais est restée à un niveau très bas sur AIG4, avec pour conséquence une augmentation du BEQI-FRm de la station AIG3 (« très bon ») et une dégradation vers l'état « médiocre » pour AIG4 (Figure 53). Le GPBI1 quant à lui a accusé de fortes diminutions sur les deux stations (Figure 54). La couverture sédimentaire ne semble pas expliquer les modifications observées, les débris et sables coquilliers bien présents sur AIG3 avaient disparus en 2015 et la couverture sédimentaire de la station AIG4 ne semble pas avoir varié entre les deux années. En revanche, de nouveau la survenue de *Lekanesphaera rugicauda* témoigne d'un évènement hydrologique particulier (dessalure).

En 2016, les deux stations sont revenues à des structures de cortèges relativement similaires entre elles et à celles de 2014, à part le maintien des populations d'*Abra tenuis* à un niveau très faible. Quelques *Macoma balthica* ont été observées sur les deux stations. Ces dernières semblaient se trouver dans le même état écologique « moyen », tandis que le GPBI1 conservait des valeurs faibles (en légère baisse sur AIG3).

En 2017, la situation s'est encore un peu améliorée, les richesses et diversités moyennes ont encore augmenté tandis que la densité demeurait au même niveau qu'en 2016. Les deux stations étaient classées en « bon état » par le BEQI -FRm et le GPBI1 n'a pas varié.

Pendant, les années 2018-2021 l'état écologique des deux stations a oscillé entre « moyen » et « médiocre ». Les paramètres des stations se sont progressivement dégradés par diminution/disparition d'effectifs d'espèces caractéristiques (*Abra tenuis*, *Scrobicularia plana*), seule *Hediste diversicolor* arrivait à se maintenir. Cette situation correspond à une transformation de l'habitat, qui s'élève en termes de topographie et dont la proximité avec les prés salés augmente. Les

vases se consolident et deviennent difficilement colonisables par les bivalves qui finissent par disparaître. *Hediste diversicolor* arrivait encore à creuser et maintenir des galeries. Mais le pré-salé avance à ces endroits (L. Froult, J.P. Guéret, P. Lagrange, com. pers.) et si les suivis se maintiennent, le déplacement des stations deviendra nécessaire. Dans ce cas précis, l'évolution vers le pré salé est commune aux deux stations. Cependant, les résultats obtenus en 2015, montraient que ces secteurs relativement proches mais situés de part et d'autre de la Sèvre Niortaise ne réagissaient pas de la même manière face aux événements hydrologiques particuliers comme les plus fortes dessalures enregistrées en été et fin d'été 2015.

La station DCE MET SN02 hébergeait 6 espèces en 2020 (soit un peu plus de 7 espèces/0,1m<sup>2</sup> contre 2 et 5 pour AIG3 et AIG4) parmi lesquelles figuraient les espèces caractéristiques de l'assemblage (*Scrobicularia plana* et *Hediste diversicolor*), les effectifs étaient très faibles (310 ind./m<sup>2</sup> hors hydrobies). La station présentait une valeur de BEQI-FR (0,67) correspondant à un état écologique « moyen » (Aubert *et al.* 2021a) mais à la limite du seuil « bon » / « moyen ».

### Stations de l'estuaire de la Gironde

Trois stations CVE ont fait l'objet de suivis en Gironde. Mortagne-sur-Gironde (MOR) et Talmont-sur-Gironde (TAL) sont des stations qui ont été positionnées par le CREN et ont fait l'objet de prélèvements selon le protocole OPNL sur la période 2016-2018. La station MOR est située bien en amont sur la Gironde par rapport à TAL et MES qui sont par ailleurs proches l'une de l'autre (Figure 1). La station TAL a été rééchantillonnée en 2020 dans le cadre de CoEHCo selon le protocole DCE, et la station de Meschers-sur-Gironde (MES) a été ajoutée cette année-là. En 2020, Talmont et Meschers ont également été échantillonnées dans le cadre de la DCE MET (GIR05 et GIR06). Ces localités entrant dans les suivis DCE il a été décidé de ne plus les suivre dans le cadre de CoEHCO, c'est la raison pour laquelle ces deux stations n'ont pas été échantillonnées en 2021. Le protocole DCE MET a placé 6 stations dans l'estuaire de la Gironde (Gironde centrale – Latry *et al.* 2021), et 4 d'entre elles appartiennent à l'assemblage CVE (GIR02, GIR04, GIR05 et GIR06 - Figure 1).

Les stations MOR, TAL et MES occupent le médiolittoral moyen/supérieur des estrans vaseux de la Gironde, entre 3.3 et 4m. Le sédiment est composé à plus de 95% de vases, les stations MOR et MES présentaient une petite fraction sableuse (3-4%), absente sur la station TAL (vases >99%) (Figure 51). Par ailleurs, MOR, plus haute sur l'estran, était en situation plus abritée car située sur la berge d'un chenal débouchant sur la Gironde.

En 2016, les stations MOR et TAL étaient dominées par *Scrobicularia plana*, *Hediste diversicolor* et *Cyathura carinata* mais étaient caractérisées par des richesses importantes à l'échelle de l'assemblage CVE (entre 6 et 12 taxons). *Abra tenuis* et *Macoma balthica* était également représentée de même que les Dolichopodidae. Les densités en revanche étaient du même ordre de grandeur que pour les stations AIG3 et AIG4 à la même période (800-1200 ind./m<sup>2</sup> - Figure 52b). La station MOR, pourtant la station située le plus en amont, était la plus riche (12 espèces – 14 espèces/0,1m<sup>2</sup> - Figure 52a). Par ailleurs, son état écologique était qualifié de « très bon », ce qui est resté le cas pendant les trois ans pendant lesquels son suivi a duré. Les deux stations se différençaient essentiellement par l'importance du cortège d'espèces accompagnatrices, plus grande sur la station MOR. La station TAL présentait à peu près les mêmes effectifs pour les trois espèces dominantes mais avec une richesse et une diversité moindre (8 espèces) son statut écologique était seulement « bon » (Figure 53).

En 2017, les richesses moyennes et totale de la station MOR ont diminué (7 espèces). Les effectifs de *Scrobicularia plana* et de *Cyathura carinata* ont fortement régressé alors que ceux d'*Hediste diversicolor* ont augmenté. L'inverse s'est produit au niveau de la station TAL qui s'est enrichie (10

espèces) et les effectifs des espèces dominantes ont légèrement progressé sauf *Hediste diversicolor* qui a doublé ses effectifs. Les valeurs de BEQI-FRm ont augmenté sur TAL et diminué sur MOR mais sans que cela ne change le statut écologique des stations. Le GPBI1 a fortement régressé sur MOR et n'a pratiquement pas varié sur TAL (Figure 54). En 2018, la situation n'a pas vraiment évolué, les modifications d'effectifs ont été modestes, à part la population d'*Hediste diversicolor* qui a poursuivi sa progression les autres espèces se sont maintenues. Les valeurs moyennes de richesse, densité et diversité ont peu varié (légère hausse pour MOR, légère baisse pour TAL). Le statut écologique des deux stations n'a pas varié et le GPBI1 a augmenté pour MOR et est resté stable pour TAL.

Il est difficile d'établir l'origine de la baisse de richesse et de diversité de la station MOR, d'autant qu'il n'est pas possible de déterminer s'il s'agit d'une situation transitoire ou s'il s'agit d'un processus durable. En effet, après 2018 la station n'a plus été suivie. A priori, il ne s'agit pas d'un événement en lien avec les débits de la Gironde, la station TAL n'a pas été affectée. Par ailleurs, les « symptômes » observés sur la station MOR s'apparentent à ceux observés sur les stations AIG3 et AIG4 : une diminution des effectifs de bivalves associé à un développement de la population d'*Hediste diversicolor*. Cela pourrait traduire une consolidation des vases.

Entre 2018 et 2020, l'état de la station TAL semble s'être dégradé (état écologique « moyen »). L'état écologique calculé pour la station CoEHCo est cohérent avec celui donné pour la station DCE MET GIRO5 (0.6-0.7) où Talmont tend vers un état écologique à la limite entre le « Moyen » et le « Bon » état, principalement en raison des faibles valeurs de S et de H' (Latry *et al.* 2021). En revanche, la station de Meschers-sur-Gironde (MES) était en « bon » état écologique en 2020. Pourtant, les stations MES et TAL se ressemblaient fortement en termes de cortèges. Ce qui expliquait la différence d'état écologique étaient les meilleures valeurs moyennes de richesse et de diversité au niveau de la station MES. De nouveau ces résultats sont cohérents avec l'évaluation de la station DCE MET GIRO6 dont l'état écologique tendait vers un état « Bon » (Latry *et al.* 2021).

Par ailleurs, le GPBI1 de TAL avait légèrement diminué mais restait tout de même élevé (>0.8), démontrant une nouvelle fois la stabilité du cortège d'espèces de la station sur la période 2016-2020.

Les autres stations DCE MET appartenant à l'assemblage CVE échantillonnées en Gironde en 2020, GIRO2 et GIRO4, sont des stations situées sur les berges Sud de la Gironde (les données topographiques n'ont pas pu être récupérées). Elles reposent sur des vases franches (vases >99%). L'espèce dominante est *Scrobicularia plana*, et *Hediste diversicolor* est également présente. Ces espèces sont accompagnées de *Macoma baltica* sur GIRO4 et de *Cyathura carinata* au niveau de GIRO2. L'état écologique de GIRO2 était « bon » proche de « moyen » en 2020 (BEQI-FR=0.68). La valeur de BEQI-FR était supérieure pour GIRO4 (0.83) du fait de richesses, totale et moyenne (10 espèces recensées contre 6 pour GIRO2), et d'une diversité moyenne plus importantes.

#### Stations de la Charente (DCE MET)

Trois stations DCE MET positionnées sur la Charente appartiennent à l'assemblage CVE : CH06, CH07 et CH09. Elles sont positionnées sur les berges de la Charente, de l'amont vers l'aval, au niveau du médiolittoral moyen/supérieur (2.9-3.8 m). En 2020, les sédiments étaient majoritairement composés de vases pratiquement pures sur CH06 (>99%) mais les fractions sableuses représentaient entre 3 et 7% du sédiment au niveau des stations CH09 et CH06 respectivement. *Scrobicularia plana* et *Hediste diversicolor* étaient présentes sur les trois stations mais n'étaient pas dominantes. CH06 était relativement pauvre (6 espèces) mais surtout présentait de très faibles effectifs (11 individus collectés) sans dominance particulière. La station CH07 était dominée par *Corophium volutator* tandis que CH09 était dominée par *Macoma balthica*. Des gradients de richesse et d'abondance ont été observés de

l'amont vers l'aval : 11 individus pour 6 espèces en CH06, 47 individus pour 7 espèces en CH07 et 100 individus pour 11 espèces en CH09. L'état écologique des trois stations était considéré comme « bon ».

### Station SE02 (DCE MET Seudre)

Cette station est la plus amont du réseau DCE MET en Seudre. Elle est située sur des sédiments vaseux comportant une petite fraction de sables (6%) au niveau du médiolittoral moyen/supérieur (3,7m). En 2020, cette station présentait un cortège atypique (comme la Seudre en général). Elle était dominée par *Nephtys hombergii*, principalement accompagnée d'espèces d'affinité plutôt marine mais présentes dans la partie externe des estuaires (*Abra alba*, *Ampharete lindstroemi*) et de quelques individus d'espèces tolérantes des dessalures (*Cyathura carinata*, les Dolichopodidae et les oligochètes). L'état écologique de la station était qualifié de « moyen » en 2021. Ceci dit, de nouveau, la Seudre pose problème en termes de références et de seuils à appliquer pour son évaluation. Les communautés qui l'occupent ne sont pas typiques de l'habitat A2.31 ni du A2.24.

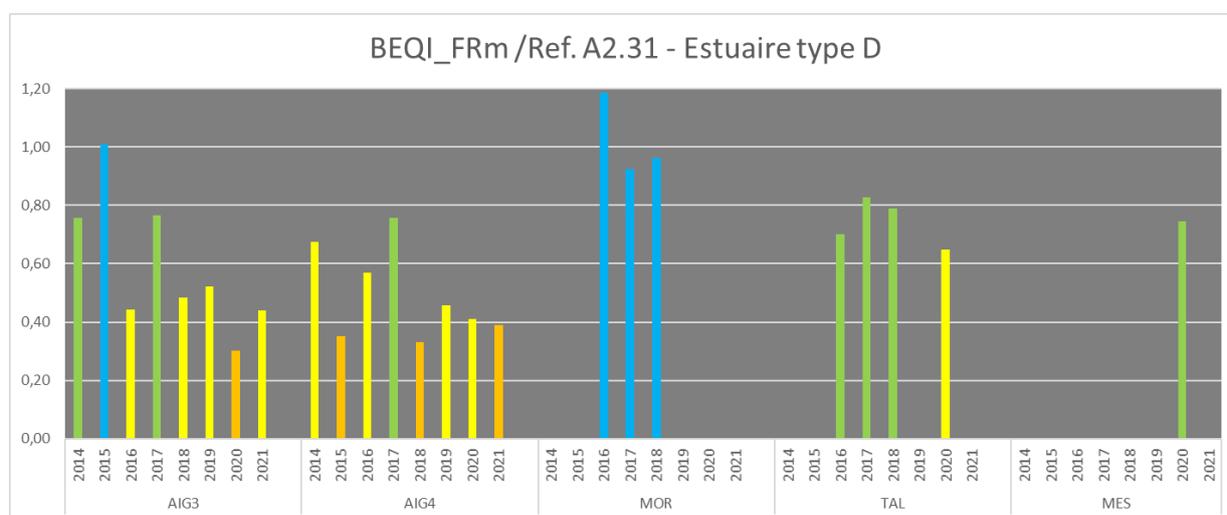


Figure 53 : BEQI-FRm calculé pour les stations de la communauté des vases estuariennes (CVE) (LPO, CREN/RNN) sur la période 2014-2021 (bleu : très bon ; vert : bon ; jaune : moyen ; orange : médiocre). Les résultats d'indicateurs obtenus dans le cadre de ce travail devraient, en complément d'autres données, être soumis à l'avis d'un comité d'expert pour conclure à une évaluation finale d'état écologique pour le tableau de bord du Parc.

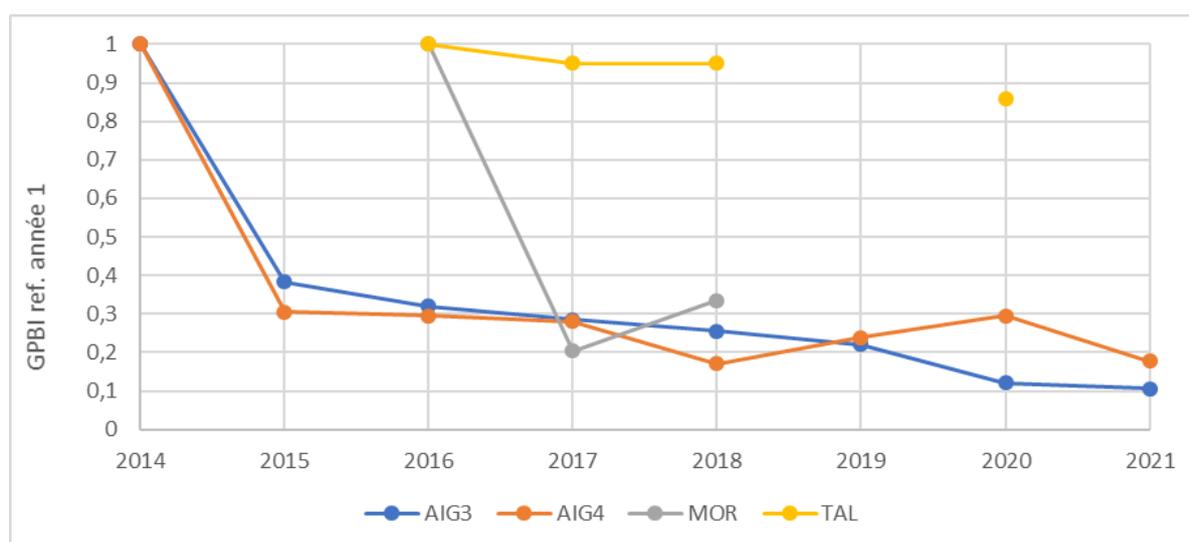


Figure 54 : indice GPBI1 calculés pour les stations de la communauté des vases estuariennes (CVE) référence année 1 : pour chaque station, la référence est la première année de suivi (AIG3, AIG4 : 2014 ; MOR, TAL : 2016).

## Communauté des vases oligo-mésohalines (CEVOM)

Cet assemblage concerne uniquement des stations DCE MET de la Gironde et de la Charente : GIR01, GIR03, CH02 et CH03. Elles n'ont été échantillonnées qu'en 2020. Pour les évaluations, ce sont les références de l'habitat A2.32 qui ont été utilisées (Estrans vaseux en amont des estuaires dominés par des polychètes ou des oligochètes »).

### Stations GIR01 et GIR03

Ces deux stations sont celles situées le plus en amont de la Gironde. Les niveaux topographiques ne sont pas connus mais il s'agit de sédiments constitués de vases franches (98-99%). Les richesses et les densités sont très faibles : 20 individus pour 2 espèces (*Corophium volutator* et les Oligochètes sur GIR01) 4 individus pour 4 espèces sur GIR03 (*Cyathura carinata*, les oligochètes, *Peringia ulvae* et *Streblospio benedicti*). L'état écologique de ces stations a été évalué comme « moyen » pour GIR01 et « très bon » pour GIR03 (ref. A2.32 – Latry *et al.* 2021).

### Stations CH02 et CH03

Ces deux stations sont celles situées le plus en amont sur la Charente. Elles sont positionnées sur des vases, présentant des petites fractions de sables (2-3 %) au niveau médiolittoral moyen/supérieur (3,3-4m).

En 2020, la station CH02 présentait un cortège typique de l'assemblage et de l'habitat A2.32. Il était dominé par les Oligochètes et *Corophium volutator*. *Hediste diversicolor* et *Streblospio benedicti* étaient également représentés. La densité et la diversité étaient plutôt élevées par rapport aux autres stations CEVOM (>900 ind./m<sup>2</sup> ; H'>1,5) et son état écologique était « bon » (Aubert *et al.* 2021b). En revanche, CH03 était pratiquement azoïque, seule une Mysidacée a été échantillonnée. L'état écologique était « mauvais ».

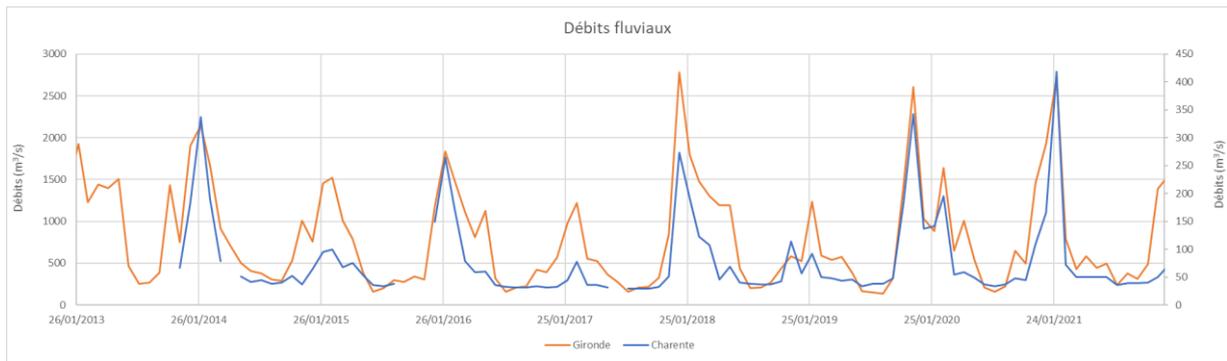


Figure 55 : débits ( $m^3/s$ ) de la Gironde et de la Charente entre 2013 et 2022. Lecture des débits en ordonnées : à gauche Gironde (somme des débits Garonne + Dordogne), à droite Charente.

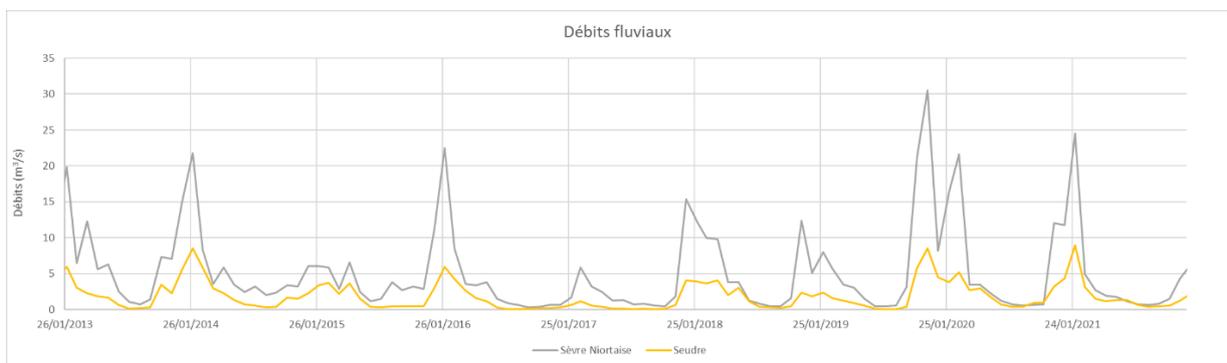


Figure 56 : débits ( $m^3/s$ ) de la Sèvre Niortaise et de la Seudre entre 2013 et 2022.

# Evaluations méthodologiques

## Représentativité de l'effort d'échantillonnage

### Description

Il s'agissait d'évaluer le nombre d'échantillons nécessaire pour obtenir un échantillonnage correct de la richesse spécifique d'une station. Pour ce faire, des courbes d'accumulation ont été produites, par site sur la période d'échantillonnage (Figure 57) et par station chaque année (Annexe 4). Les différences de diamètre entre les carottiers de type DCE et ceux utilisés dans le cadre des suivis de l'OPNL n'ont pas été prises en compte. Une comparaison aurait nécessité la réalisation de prélèvements simultanés avec les deux engins aux mêmes endroits et ce, pour un grand nombre d'échantillons.

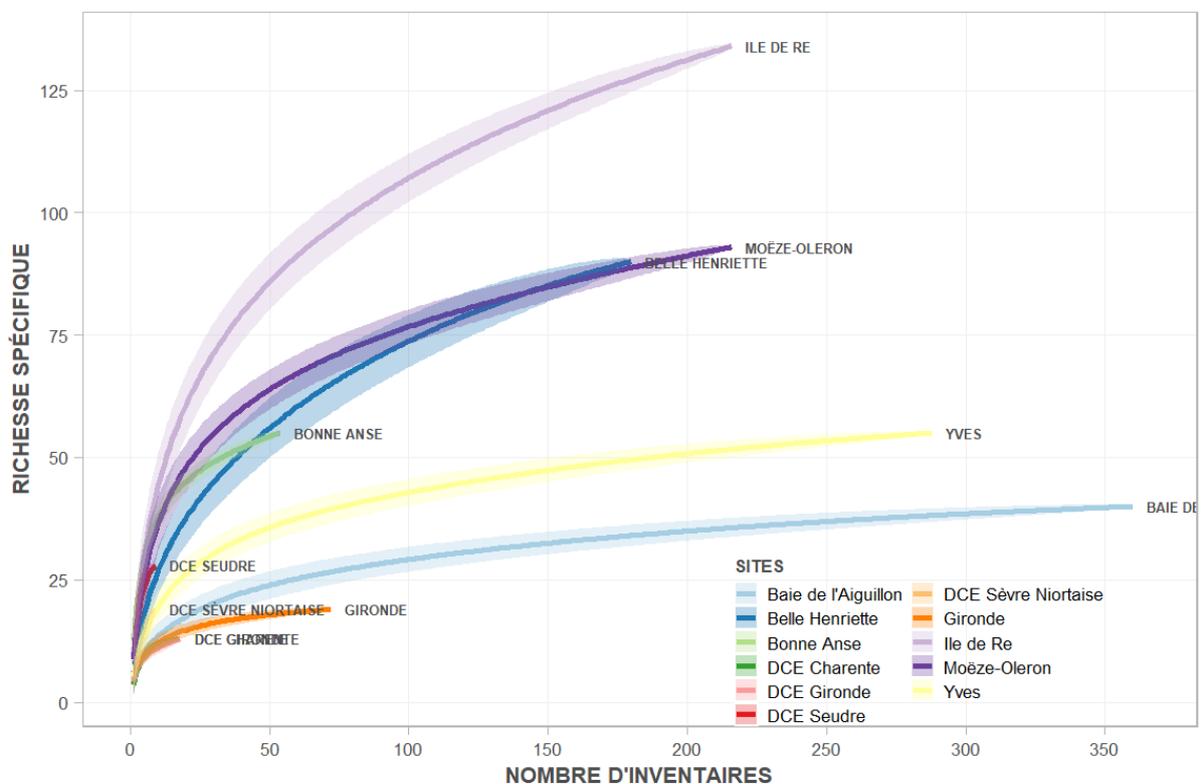


Figure 57 : courbe d'accumulation du nombre de taxons recensés en fonction du nombre d'échantillons (inventaires) collectés par site sur l'ensemble de la période 2014-2021.

Les courbes d'accumulation permettent d'estimer un « degré de complétude » dans la détection des espèces présentes au niveau des sites échantillonnés. Elles présentent une forme logarithmique avec, dans un premier temps un accroissement rapide du nombre d'espèces avec l'augmentation du nombre d'échantillons (phase I), vient ensuite une phase (II) pour laquelle la détection de nouvelles espèces diminue au fur et à mesure que le nombre d'échantillons augmente pour finalement atteindre un plateau. Cette asymptote indique que le nombre d'espèces détectées à chaque nouvel échantillon est très faible (phase III). Pour la RNN Baie de l'Aiguillon et la Gironde la phase III a été atteinte pour 75-100 échantillons. La courbe de Bonne Anse suggère une fin de phase II, début de phase III au bout de 50 échantillons (deux années) et pour la Charente au bout de 18 échantillons (une année). La RNN de

Moëze-Oléron se situe en fin de phase II (216 échantillons). Les courbes correspondant à l'île de Ré (Lilleau des Niges) et de la RNN de la Casse de la Belle Henriette se situent en phase II avec respectivement 216 et 180 échantillons. Ces cas suggèrent que la richesse spécifique n'a pas été entièrement appréhendée sur ces sites en raison d'une forte variabilité spatio-temporelle des communautés. Les sites « Seudre » et « Sèvre Niortaise » semblent quand à eux en phase I, mais ils n'ont fait l'objet que de 9 prélèvements chacun, en 2020.

Cette analyse permet entre autre de quantifier la robustesse des évaluations menées à l'échelle des sites annuellement. Par exemple la baie de Bonne Anse est explorée d'après 27 échantillons (3 stations x 9 échantillons) par année ce qui paraît suffisant pour obtenir une image relativement représentative de la biodiversité du site et mener des analyses sur la base de cette biodiversité. Au contraire, les 27 échantillons annuel de la RNN de la Lilleau des Niges ne donnent accès qu'à une faible proportion de la biodiversité du site (environ 75 espèces, le plateau serait atteint au-delà de 130 espèces) rendant les résultats basés sur l'analyse des communautés benthiques moins représentatif du site. En se plaçant à l'échelle des station annuels LPO/RNN et PNMEGMP/CNRS-LIENSs les courbes d'accumulation produites dans le cadre de cette étude confirme que le nombre d'échantillons (9) par occasion d'échantillonnage (station-année), recommandé par les protocoles OPNL et DCE MEC, semble un bon compromis pour les sites inclus dans le périmètre du Parc (Annexe 4). Selon les stations et l'année d'échantillonnage, il arrive que la détection des espèces ne soit pas optimale avec 9 échantillons, notamment sur des milieux plus hétérogènes et/ou plus riches (Bellevue, Fier2, BA2, H2). A l'inverse, les richesses de certaines stations pauvres sont rapidement appréhendées notamment dans le cas des vases nues estuariennes plus pauvres en taxons, en baie de l'Aiguillon par exemple (Annexe 4 : AIG1, AIG2, AIG3, AIG4).

## Quantification de l'effet du sel sur les granulométries

Les quantités de sel dans les sédiments varient en fonction de la nature des sédiments, de la quantité d'eau qu'ils peuvent contenir et du domaine de salinité de la station. Ainsi, les valeurs maximales (> 3,5 % ; Figure 58) sont obtenues dans les vases pures de Bonne Anse (BA3), en limite poly-euhaline au moment des prélèvements (Tableau 22). Les valeurs minimales (< 1 %) sont également obtenues sur Bonne Anse mais dans des sables peu envasés (BA1). Les sables envasés de l'herbier situé en BA2, de même que les stations des vasières du domaine mésohalin-polyhalin de Talmont et Meschers se situent à des niveaux intermédiaires. Il peut néanmoins exister des variations relativement importantes, notamment au niveau de l'herbier de Bonne Anse et Meschers.

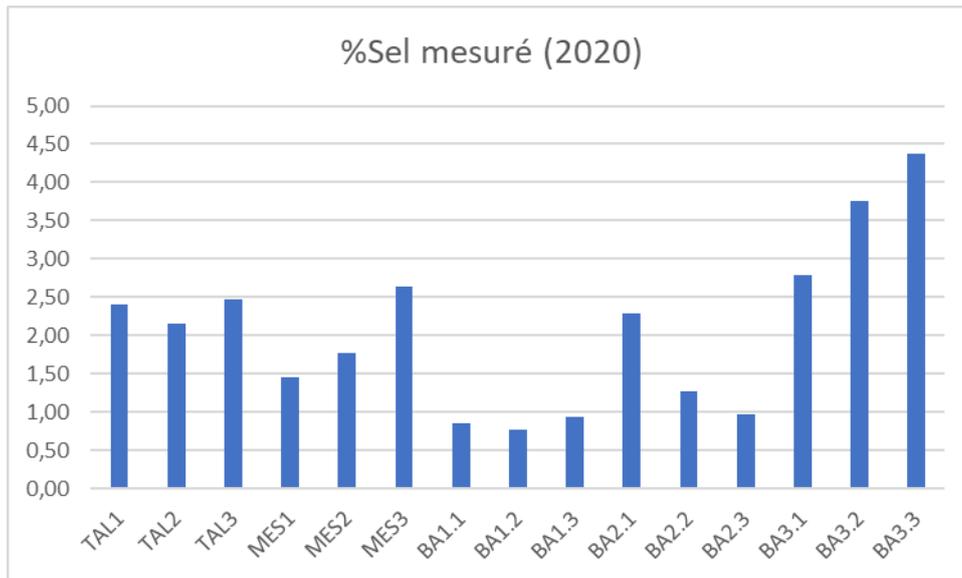


Figure 58 : mesures des pourcentages de sel dans les sédiments obtenu par le différentiel du sédiment sec total et du sédiment sec après désalinisation (procédure 1) réalisées en 2020

Par conséquent, en domaine polyhalin, l'absence de désalinisation des sédiments peut générer une surestimation des taux de vase de moins de 1% dans les sédiments sableux à près de 5% dans les sédiments très vaseux comportant beaucoup d'eau.

En zone mésohaline, la surestimation de la fraction vaseuse dans des sédiments très vaseux est d'environ 2-2,5 %. En 2021, les résultats qui ont pu être acquis sur Bonne Anse montrent les mêmes tendances : 0,7 % pour BA1, 2,2 % pour BA2 et environ 4 % pour BA3.

La Figure 59 présente les corrélations entre les pourcentages de sel mesurés (procédure 1) et les pourcentages de sel estimés (procédure 3) à partir de la quantité d'eau des sédiments et les relevés de salinités réalisés *in-situ* d'une part et ceux obtenu à partir du modèle Mars3D d'autre part.

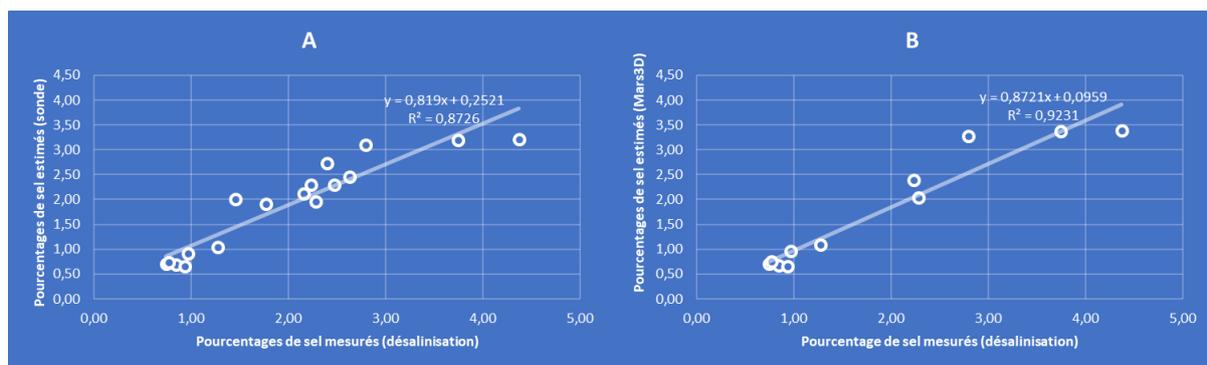


Figure 59 : relations entre les pourcentages de sel mesurés et les pourcentages de sel estimés à partir des relevés de sonde *in-situ* (A) et des données Mars3D (B).

Les corrélations entre les mesures par désalinisation et les estimations sont importantes ( $R^2 = 0,87$  (mesure du sel *in situ*) et  $R^2 = 0,92$  (estimation Mars3D)). Le décalage des valeurs de proportion de sel est de 0,1 % entre les valeurs estimée par Mars3D et les valeurs obtenue via la désalinisation ; ce décalage est de à 0,25% entre les valeurs mesurées par la sonde *in-situ* et les valeurs obtenues via la désalinisation.

Tableau 22 : Salinités mesurées in-situ et produites par le modèle Mars3D pour les stations PNMEGMP/CNRS-LIENSs échantillonnées en novembre 2020 et 2021 (Données du modèle consulté en ligne).

Année	Echantillon	Salinité mesurée in-situ	Salinité Mars3D
2020	TAL1	22,0	<26
	MES1	20,8	<26
	BA1.1	29,5	29,8
	BA2.1	28,5	29,8
	BA3.1	28,2	29,8
2021	BA1.1	30,5	30,6
	BA2.1	29,4	30,6
	BA3.1	31,1	30,6

## Conclusion

L'absence de désalinisation entraîne un biais dans la mesure du pourcentage des vases d'un sédiment. Cela a pour conséquence, dans cette étude, de surestimer la part des fractions fines d'un peu moins de 1% dans les sables propres à près de 5% dans les vases pratiquement pures (vases > 90%). La désalinisation est un procédé lourd à mettre en place, chronophage, ajoutant plusieurs étapes au traitement des échantillons. En outre, la technique présente le risque d'éliminer de la fraction fine en même temps que le sel au moment des siphonnages, à moins d'utiliser de très grands volumes d'eau. Cela peut poser problème quand de nombreux échantillons sont à traiter car cela nécessite un espace de stockage important pendant les phases de décantation.

Par ailleurs, le biais induit par l'absence de désalinisation n'a pas d'effet sur l'identification des habitats, les variations de 1 à 5% des taux de vases étant à mettre en regard des définitions des habitats sédimentaires (source INPN : <https://inpn.mnhn.fr/accueil/donnees-referentiels>) :

A2.2 « Sable et sable vaseux intertidaux » : sables vaseux contenant jusqu'à 25 % de limon et d'argile.

A2.3 « Vases intertidales » : vases présentant jusqu'à 40% de sables.

Néanmoins, dans le cadre de suivis, il est parfois intéressant de mesurer des variations plus fines de la granulométrie des sédiments. Dans ce cas, les analyses réalisées dans le cadre de la présente étude montrent qu'il est possible d'éviter l'étape de désalinisation. La quantité de sel peut être estimée à partir des salinités relevées in-situ ou à partir de données modélisées (ici Mars3D), à condition que la quantité d'eau contenue dans l'échantillon de sédiment analysé soit systématiquement mesurée, et retranché au poids de la vase. La seconde solution présente l'intérêt de ne pas nécessiter de matériel particulier (sonde) à partir du moment où une solution d'extraction de données de fichiers netcdf est disponible (scripts, outils d'extraction automatisés, opendap).

## Conclusions de l'étude

Cette étude propose une première démarche analytique pour la valorisation des données de suivi des habitats sédimentaires intertidaux à l'échelle du Parc intégrant les données acquises via l'OPNL, la DCE et le projet CoEHCo. Les résultats d'indicateurs, et statuts écologiques associés, qui ont été calculés, devraient par la suite, et en complément d'autres données, être soumis à l'avis d'un comité d'expert pour conclure à une évaluation finale pour le tableau de bord du Parc.

Malgré les difficultés analytiques précisées ci-après, le présent travail permet de donner une vision des types d'habitats sédimentaires intertidaux intégrés dans le réseau de suivi à l'échelle du Parc, des différences en termes de cortèges d'espèces de ces différents habitats, de la variabilité temporelle de ces cortèges. Ce rapport propose également le calcul des indicateurs d'état écologique standards (M-AMBI, BEQI-FR, GPBI) à l'échelle des stations de suivis depuis 2014. Cette démarche permet aussi de mettre en avant des biais méthodologiques et débouche sur plusieurs recommandations.

La présente étude met en avant la forte hétérogénéité des cortèges d'espèces et de leur variabilité temporelle d'une station à l'autre. Il n'a pas été possible d'expliquer correctement les trajectoires des habitats sédimentaires intertidaux identifiés à l'échelle du PNMEGMP. L'analyse menée montre qu'au sein d'un même assemblage les évolutions de cortèges d'espèces ne sont pas synchrones et que ces cortèges ne suivent pas les mêmes trajectoires. Ces dernières sont si hétérogènes qu'il a été nécessaire de décrire l'évolution des cortèges d'espèces station par station. De plus, des stations spatialement proches, hébergeant parfois la même communauté, subissant a priori les mêmes aléas n'y répondent pas de la même manière, même si de grandes tendances affectant l'ensemble des stations ont toutefois pu être identifiées, en particulier entre 2017 et 2020. Cette période a été marquée par de plus fortes fluctuations des métriques biologiques qui seraient liées aux alternances années sèches/années humides, et années de fortes/faibles précipitations en fin d'été ou début d'automne.

L'approche utilisée à partir de la description des ensembles bio-sédimentaires s'est révélée très compliquée pour expliquer les évolutions des communautés. En premier lieu, le jeu de données analysé était très complexe. Malgré sa simplification par exclusion des espèces les moins représentées (occurrences < 5%) les deux premiers axes de l'ACP n'expliquaient qu'un peu moins de 30% de la distribution spatio-temporelle des cortèges d'espèces. Par ailleurs, la compréhension de la variabilité observée nécessite des données environnementales pouvant être associées de manière fiable aux cortèges d'espèces. Or, le protocole préconisé par l'OPNL comporte un problème méthodologique majeur qui rend la mise en correspondance d'un cortège d'espèces avec un environnement donné compliqué. L'unité d'étude employée est la station, qui est elle-même subdivisée en sous-stations distantes de plusieurs dizaines de mètres. L'hétérogénéité des cortèges faunistiques entre sous-stations est parfois très importante, jusqu'à suggérer des habitats différents (mosaïque d'habitats). Or, dans le cadre des suivis LPO/RNF les données de couverture sédimentaire (granulométrie et matière organique) ne sont disponibles qu'à l'échelle de la station et les mouvements sédimentaires opérant au niveau de chaque sous-stations ne sont pas connus. Cette information est cruciale pour expliquer les dynamiques de certaines espèces qui sont parfois localisées sur une seule sous-station et qui viennent brouiller voire annuler un signal opérant à l'échelle de la station. L'analyse montre qu'il est important de pouvoir adosser chaque cortège d'espèces décrit à une couverture sédimentaire, ce que ne permet pas l'approche OPNL.

L'absence de données sédimentaires pour les sous-stations pose d'autres questions notamment en ce qui concerne l'ajustement des protocoles d'analyses sédimentaires. En effet, le protocole RNF prévoit de pooler (*i.e.* mélanger) les sédiments collectés au niveau des trois sous-stations pour les analyses de

granulométrie. Or, certains résultats suggèrent que des faibles variations de taux de vases ou de sables fins peuvent entraîner des modifications dans les cortèges faunistiques (cf. résultats des stations SFM par exemple). Les intervalles de valeurs des taux de vases et de sables entrant dans la définition des habitats (Gayet *et al.* 2018) sont suffisamment larges pour autoriser l'identification de l'habitat à partir du pool de sédiments des trois sous-stations. En revanche, la considération d'un seul échantillon de granulométrie pour toute la station ne permet pas de connaître la variabilité des taux de vase au sein même d'une station. Il n'est donc pas possible d'expliquer les différences de cortège entre les sous-stations. Il serait donc important de savoir si les modifications de cortèges au sein d'une station interviennent en réponse à de faibles variations de granulométrie (1-5 %) ou si elles sont dues à une différence significative de la granulométrie d'une des sous-stations. En effet, dans le premier cas, le biais lié à la teneur en sel des sédiments (1- 5 %) pourrait avoir une influence importante pour la compréhension des causes de modifications des communautés.

Les résultats d'évaluation d'états écologiques à l'aide des indices de qualité biotique sont plutôt mitigés. Les indices basés sur les proportions d'espèces classées en fonction de leur polluo-sensibilité (AMBI : M-AMBI, BEQI) ne permettent pas nécessairement de détecter des changements parfois importants des structures de cortèges d'espèces. En particulier, quand la richesse et la diversité ne sont pas modifiées, voire augmentent, et que des espèces affines des vases, généralement « tolérantes », sont remplacées par des espèces affines des sables qui sont souvent des espèces « sensibles », la valeur de ces indices augmente. C'est notamment le cas pour la station A (Baie d'Yves) en 2015. Cela signifie qu'une vase se dégradant par ensablement verra son état écologique s'améliorer au sens du BEQI-FR et du M-AMBI. Le GPBI, à l'inverse a rapidement perçu les modifications de cortège quelle qu'en soit l'origine. Cependant, dans certains cas (communauté des sables fins marins par exemple) son interprétation est compliquée car il semble avoir une sensibilité relativement importante à la disparition d'espèces rares, présentant des abondances faibles. Leur disparition pourrait indifféremment être attribuée au caractère aléatoire de leur distribution spatiale à micro-échelle ou à une perturbation. Cependant, ce problème est très lié au fait que les conditions d'utilisation de cet indice n'étaient pas optimales. En effet, Labrune *et al.* (2021) préconisent l'utilisation de plusieurs stations de référence afin de s'abstraire de la variabilité « naturelle ». Cela permettrait notamment de lisser l'influence des espèces rares. L'approche stationnelle utilisée dans ce document n'a pas permis de suivre cette préconisation. Une approche à l'échelle des sous-stations aurait été préférable pour définir des états de référence et permettre de meilleures évaluations. Par ailleurs, dans le cadre de cette étude, des tests de GPBI avec pour référence des stations du REBENT Bretagne (sables fins marins) ont été réalisés (résultats non décrits). Les références étaient des stations très marines difficilement comparables au contexte des pertuis charentais, et le résultat a été sans appel, les stations de sables fins des pertuis charentais apparaissaient comme très perturbées. De fait, la présente étude a également montré que les stations suivies sont sous l'influence plus ou moins importante des apports d'eau douce associés aux débits fluviaux (Charente, Gironde, Sèvre Niortaise).

## Recommandations

Considérant les difficultés méthodologiques rencontrées au cours de cette étude, il est ici proposé plusieurs recommandations permettant d'éviter certains problèmes et de faciliter l'inter-comparaison de résultats obtenus dans le cadre de l'application des protocoles DCE d'une part, et OPNL d'autre part.

### *Choix des stations*

A l'origine, le suivi mené par l'OPNL avait pour objectif de caractériser les habitats biosédimentaires intertidaux définis au niveau 3 d'EUNIS et ce pour chaque RNN participant au suivi (Caillot et Hacquebart, 2012). Chaque responsable des RNN devait positionner les stations sur les habitats pour lesquels ils souhaitaient avoir des informations. Il est apparu au cours de cette étude, que des stations d'une même RNN pouvaient occuper le même habitat (y compris au-delà du niveau 3 d'EUNIS). Par ailleurs, la mise en œuvre d'un protocole d'échantillonnage des habitats sédimentaires intertidaux est une démarche relativement lourde et s'ajoute aux nombreuses tâches dévolues aux personnels des RNN. Il peut par conséquent être recommandé de limiter le nombre de stations à une seule station par habitat (ou par unité fonctionnelle au sens des objectifs de l'OPNL cf. Caillot et Hacquebart 2012).

Néanmoins, dans le même temps, un des problèmes mis en évidence par cette étude est la difficulté d'établir des références par habitats en raison du nombre limité d'échantillons pour certains d'entre eux. Il s'agit principalement des habitats sableux et notamment des herbiers à *Zostera noltei* qui présentent en outre des faciès différents le long du gradient de salinité. Il serait intéressant de redéployer, dans la mesure du possible, certaines stations redondantes à l'échelle de chaque site du réseau OPNL, sur des habitats (CSC, SFM, CMH, HZN) pour lesquels les informations sont insuffisantes (voir aussi le paragraphe « *Evaluations* »).

### *Fixation des échantillons*

Il a parfois été observé un état de dégradation avancé des échantillons de faune transmis au laboratoire LIENSs. Une fois prélevés, les échantillons de faune doivent être rapidement conditionnés de manière à assurer leur préservation et permettre les identifications ultérieures. Jusqu'à présent, dans la majorité des cas, le conditionnement se faisait au laboratoire LIENSs. Il était demandé aux opérateurs RNF de transmettre les échantillons au LIENSs dans les 24h suivant les prélèvements (48h maximum) et, dans ce délai, de conserver les échantillons à 4°C. Le conditionnement au LIENSs se justifiait essentiellement par la méthode de conservation utilisée (fixation au formaldéhyde) qui nécessite des infrastructures particulières adaptées à la manipulation de produits dangereux. Le délai de traitement relativement court de ces échantillons (< 1 an) peut permettre le remplacement du formaldéhyde par de l'éthanol (70% ou absolu). Cette option permettrait de s'affranchir des restrictions liées à l'emploi de formaldéhyde et autoriserait les personnels LPO/RNF à conditionner les échantillons dès leur retour de la campagne d'échantillonnage évitant ainsi les problèmes liés à l'état de conservation des échantillons.

### *Surfaces d'échantillonnage*

La richesse d'un prélèvement, *i.e.* le nombre d'espèces détectées, dépend de la surface d'échantillonnage. Cela conditionne les calculs d'indices intégrant cette métrique, ce qui est le cas de tous les indices développés dans le cadre de la DCE (Directive 2000/60/CE, Annexe V). Une homogénéisation des valeurs de richesse peut se faire en calculant sa valeur (fictive) par unité de surface. Cependant, cela ne permet que des comparaisons spatiales et temporelles de cette métrique. En effet, les indices calculés à partir des abondances ou densités de chaque espèce observée (H', AMBI, M-AMBI, GPBI) prennent en compte ce qui est réellement observé et ne peuvent faire l'objet d'une telle homogénéisation. La différence d'unité de surface entre les protocoles OPNL et DCE induit un biais, qui, bien que non quantifié dans cette étude, pose question quant à la comparaison entre les différents indices multi-métriques calculés. Il est par conséquent recommandé d'adopter une unité de

surface d'échantillonnage unitaire commune aux différents protocoles en adoptant l'unité de surface DCE pour laquelle les indicateurs d'état écologiques ont été calibrés.

### *Analyses sédimentaires*

Il a également été souligné l'importance de pouvoir relier la structure d'un cortège d'espèces aux paramètres physico-chimiques environnant ce cortège, en particulier à la nature des sédiments (granulométrie et matière organique). Le protocole OPNL consiste à pooler les échantillons de sédiments des sous-stations pour caractériser l'environnement sédimentaire d'une station. Cela prive l'observateur d'informations susceptibles de renseigner des modifications des cortèges d'espèces visibles à l'échelle de la station. Il est par conséquent recommandé de réaliser les analyses sédimentaires pour chaque sous-station échantillonnée.

Par ailleurs, le processus de désalinisation des sédiments préalable aux analyses granulométriques préconisé dans le cadre de la DCE MET est lourd à mettre en œuvre et potentiellement source d'erreurs. Les analyses réalisées dans cette étude ont montré que cette étape peut être évitée. La quantité de sel contenue dans les échantillons à analyser peut-être estimée de manière efficace à condition de connaître la quantité d'eau et la salinité de l'échantillon analysé. La quantité d'eau et la salinité peuvent être obtenue par 1) le différentiel des poids humides et sec d'échantillon, et 2) par la mesure *in-situ* de la salinité des eaux interstitielle du sédiment au moment du prélèvement à l'aide d'une sonde. La salinité peut également être extraite depuis un modèle ; dans cette étude nous avons utilisés les salinités des eaux de surface extraites du modèle MARS3D (données horaires disponibles).

### *Evaluations*

Une des difficultés rencontrées dans cette étude est l'absence de référence (notamment pour les valeurs de S, H', AMBI intégrées dans les calculs d'indicateurs) pour de nombreux habitats (les herbiers en automne, la communauté mixte des sédiments hétérogènes plus ou moins envasés, les sables fins marins soumis à des dessalures modérées...). De plus, dans le cas des habitats sableux, de manière générale les assemblages identifiés se distribuaient le long de grands gradients environnementaux (sédimentaires et hydrologiques) et les valeurs de références choisies pour un assemblage (meilleures richesses, meilleures diversités, meilleures valeurs d'AMBI) n'étaient pas forcément les plus pertinentes à appliquer sur toutes les stations de l'assemblage considéré. L'exemple le plus parlant est celui des Herbiers à *Zostera noltei* (HZN) où certaines typologies ne reconnaissent qu'un habitat (EUNIS 2012) ou ne prennent pas explicitement en compte le gradient de salinité (EUNIS 2022) contrairement à d'autres typologies telle que la typologie nationale des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique (NatHab-Atl) qui distingue les herbiers à *Zostera noltei* en fonction du domaine de salinité. L'établissement de référence est tributaire de la typologie choisie. Un gain dans la résolution de la typologie se traduira par un besoin d'états de référence plus important et finalement par un besoin accru de données d'observation avec tout ce que cela implique en termes de budgets, de temps d'intervention et d'analyse. Dans l'attente de disposer de jeux de données suffisants, une des options possible consiste à établir des références de « meilleur » état écologique à partir des données existantes. Cette approche implique nécessairement que cet état pourra évoluer dans le temps au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles données (référence « flottante »). C'est l'approche utilisée dans la présente étude pour les calculs de M-AMBI qui se base sur le jeu de données analysé pour établir les valeurs de référence (S, H' et AMBI).

Cependant, les indices d'évaluation de la qualité écologique des communautés de macrofaune benthique, développés dans le cadre de la DCE, doivent intégrer « la composition et l'abondance de la faune invertébrée benthique » et l'occurrence des taxons indicateurs de pollutions / perturbations

(sensibles / opportunistes) (Directive 2000/60/CE, Annexe V). Or, dans le cas du M-AMBI, du BEQI2 et dérivés, qui intègrent les proportions d'espèces de polluo-sensibilités différentes, les perturbations prises en compte sont principalement : les polluants, les excès de matière organique et les hypoxies (les trois pouvant être liés) (Fouet *et al.* 2018). Ces indices, développés dans le cadre de la DCE, ne répondent donc pas nécessairement aux mêmes objectifs que ceux des acteurs de la gestion et de la conservation des espaces naturels et des espèces qu'ils hébergent. Se pose alors la question de savoir ce que doit être l'état de référence : le plus riche ? Le plus diversifié ? Celui dans lequel les effectifs des espèces structurantes sont les plus importants ? Celui subissant le moins de pressions anthropiques ? Celui comptant le plus d'espèces sensibles ? et/ou patrimoniales ? Celui hébergeant la plus forte biomasse ? Celui hébergeant le plus de proies exploitables pour les maillons trophiques supérieurs ? Dans le cas des zones de transition comme c'est le cas ici cette dernière question est particulièrement importante (nourriceries, reproduction, hivernage). Cette étude n'est pas dimensionnée pour permettre d'y répondre, mais il pourrait être utile d'envisager de travailler sur des états de référence *ad hoc* à partir des questions posées en termes de gestion. En ce sens, le GPBI montre des potentialités intéressantes dans la mesure où il peut également être calculé à partir de listes d'espèces d'intérêt particulier ou de liste de groupes fonctionnels. D'autant qu'il peut aussi être utilisé, non comme un EQR (Ecological Quality Ratio), mais comme un indicateur d'évolution des communautés, des groupes trophiques ou encore des espèces d'intérêt particulier, à partir d'une situation initiale (GPBI1 dans la présente étude). Dans ce cadre, il viendra compléter les évaluations réalisées à l'aide du M-AMBI ou du BEQI-FR.

Par ailleurs, un traitement conjoint des données recueillies dans les cadres de l'OPNL, de la DCE et d'autres suivis existants, à l'échelle des façades Atlantique et Manche, associant les parties prenantes (RNF, OFB, IR-ILICO...), en augmentant la quantité d'informations relatives aux habitats de transition, permettrait d'envisager l'établissement de références plus robustes. Dans ce cadre, il serait également intéressant de disposer d'un jeu de données environnementales plus complet comprenant des données météorologiques (précipitations, températures de l'air, tempêtes, régimes de vagues), des données biologiques (dynamiques spatio-temporelles du phytoplancton et du phytobenthos notamment). Enfin, le GPBI a été développé pour évaluer l'impact de pressions (Labrune *et al.* 2021). Pour pouvoir l'utiliser dans ce cadre de manière fiable et pouvoir définir des états de référence robustes il sera nécessaire de dresser un état des lieux des pressions et, idéalement, de les quantifier.

## Références

PNMEGMP (2021) Comité technique Suivi des habitats sédimentaires intertidaux dans le périmètre du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis, Projet CoEHCo. Présentation power point.

[http://plan-gestion.parc-marin-gironde-pertuis.fr/drupal/sites/default/files/2022-08/Habitats\\_sedim\\_int\\_CoEHCo\\_Comite\\_technique\\_2021.pdf](http://plan-gestion.parc-marin-gironde-pertuis.fr/drupal/sites/default/files/2022-08/Habitats_sedim_int_CoEHCo_Comite_technique_2021.pdf)

Aubert F., Sauriau P.-G. & Jourde J. (2021a) Contrôle de surveillance DCE 2020 des macro-invertébrés benthiques de la masse d'eau de transition FRGT31 La Sèvre Niortaise : rapport final. Contrat de prestation Ifremer 2020 : DCE en Sèvre Niortaise FRGT31. 53pp + annexes.

Aubert F., Sauriau P.-G. & Pineau P. (2021b) Contrôle de surveillance DCE 2020 de la faune benthique de substrat meuble des masses d'eau de transition « Estuaire Charente - FRFT01 » et « Estuaire Seudre - FRFT02 » : rapport final. Contrat de prestation Ifremer 2020 : RCS DCE 2020 estuaires Charente et Seudre. 105 pp + annexes.

Blanchet H., Gouillieux B., Alizier S., Amouroux J.-M., Bachelet G., Barille A.-L., Dauvin J.-C., de Montaudouin X., Derolez V., Desroy N., Grall J., Gremare A., Hacquebart P., Jourde J., Labrune C., Lavesque N., Meirland A., Nebout T., Olivier F., Pelaprat C., Ruellet T., Sauriau P.-G. & Thorin S. (2014) Multiscale patterns in the diversity and organization of benthic intertidal fauna among French Atlantic estuaries. *Journal of Sea Research*, 90: 95-110.

Blanchet H. & Fouet M. (2019) Synthèse méthodologique pour la surveillance de l'élément de qualité biologique « Faune invertébrée benthique » dans les masses d'eau de transition (estuaires) de la façade Manche-Atlantique. Rapport EPOC/OFB. 14pp.

Borja, A., Franco, J. & Pérez, V. (2000) A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40(12), 1100-1114.

Caillot E. & Hacquebart P. (2012) Phase test (2007-2010) du protocole de surveillance des « Habitats benthiques intertidaux », bilan et perspectives. Rapport RNF/Gemel Normandie/AAMP. 103pp.

Clarke K. R. & Warwick R. M. (2001) *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*, 2nd edition. PRIMER-E: Plymouth.

ETCBD (European Topic Centre on Biological Diversity) (2012). *European Nature Information System (EUNIS) Database. Habitat types and Habitat classifications*. ETC/BD-EEA, Paris. Traductions et statut de présence en France : PatriNat (OFB-CNRS-MNHN) et IFREMER / INPN, octobre 2022.

Fouet M., Blanchet H., Leconte M., David V. & Lepage M. (2018) Sélection d'un indicateur DCE « faune benthique invertébrée » adapté aux estuaires. Rapport final. Rapport OFB/EPOC/Université de Bordeaux/IRSTEA.

Garcia A., Desroy N., Mao P. Le & Miossec L. (2014) Protocole de suivi stationnel des macroinvertébrés benthiques de substrats meubles subtidiaux et intertidaux dans le cadre de la DCE. Façades Manche et Atlantique. Rapport Aquaref, Dinard.

Grall J. & Coic N. (2006) Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Ifremer DYNECO/VIGIES/06-13/REBENT : 91pp.

Jourde J., Sauriau P-G., Guenneteau S. & Caillot E (2013) First record of *Grandidierella japonica* Stephensen, 1938 (Amphipoda: Aoridae) from mainland Europe. *BioInvasions Records* 2: 51–55.

Labrune, C., Gauthier O., Conde A., Grall J., Blomqvist M., Bernard G., Gallon R., Dannheim J., Van Hoey G., & Grémare A. (2021) A General-Purpose Biotic Index to Measure Changes in Benthic Habitat Quality across Several Pressure Gradients. *Journal of Marine Science and Engineering* 9, no. 6: 654. <https://doi.org/10.3390/jmse9060654>

Latry L., Blanchet H., Gouillieux B., Bujan S. & Devaux L. (2021) Contrôle de surveillance 2020. Echantillonnage DCE des Masses d'Eau de Transition du district hydrographique Adour-Garonne pour le paramètre « faune invertébrée benthique » : Rapport final juillet 2021. Contrat ifremer n° 20/1001123. 88 pp.

Muxika I., Borja A. & Bald J. (2006) Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 55, Issues 1–6. Pages 16-29. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.05.025>

MARS3D, projet « Modélisation et Analyse pour le Recherche Côtière » (MARC) <https://marc.ifremer.fr>, Ifremer, University of Brest, CNRS, IRD, Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale (LOPS), IUEM, Brest, France.

[ftp://ext-marc\\_mangae:sP5VD5TePgadk2e4@ftp.ifremer.fr/MARC\\_F1-MARS3D-MANGAE2500](ftp://ext-marc_mangae:sP5VD5TePgadk2e4@ftp.ifremer.fr/MARC_F1-MARS3D-MANGAE2500)

MARS3D Outil en ligne :

[https://marc.ifremer.fr/resultats/temperature\\_et\\_salinite/modele\\_mars3d\\_manche\\_gascongne/\(type\\_visu\)/map/\(zoneid\)/vendee#appTop](https://marc.ifremer.fr/resultats/temperature_et_salinite/modele_mars3d_manche_gascongne/(type_visu)/map/(zoneid)/vendee#appTop)

Michez N., Thiébaud E., Dubois S., Le Gall L., Dauvin J-C., Andersen A C., Baffreau A., Bajjouk T., Blanchet H., de Bettignies T., de Casamajor M-N., Derrien-Courtel S., Houbin C., Janson A-L, La Rivière M., Lévêque L., Menot L., Sauriau P-G., Simon N. & Viard F. (2019) Typologie des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique. VERSION 3. UMS Patrinat Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 52 p.

SHOM (2015) MNT Topo-Bathymétrie Côtière des Pertuis Charentais (Projet Homonym). [http://dx.doi.org/10.17183/MNT\\_COTIER\\_PERTUIS\\_HOMONIM\\_20m\\_WGS84](http://dx.doi.org/10.17183/MNT_COTIER_PERTUIS_HOMONIM_20m_WGS84) ; SHOM,2016. MNT topo-bathymetrie cotiere de l'estuaire de la Gironde - partie Aval (Projet Tandem). [http://dx.doi.org/10.17183/MNT\\_COTIER\\_GIRONDE\\_AVAL\\_TANDEM\\_20m\\_WGS84](http://dx.doi.org/10.17183/MNT_COTIER_GIRONDE_AVAL_TANDEM_20m_WGS84)

Simposio sulla classificazione delle acque salmastre. Venezia, 8-14 Aprile 1958. Archivio di oceanografia e limnologia ; v. 11, supplemento.

Smith, P., Perrett, J., Garwood, P. & Moore, G. (1999) Two additions to the UK marine fauna: *Desdemona ornata* Banse, 1957 (Polychaeta, Sabellidae) and *Grandidierella japonica* Stephensen, 1938 (Amphipoda, Gammaridea). *Newsletter of the Porcupine Marine Natural History Society* 2: 8–11.

Van Loon, W. M., Verschoor, A. J., & Gittenberger, A. (2011) Benthic Ecosystem Quality Index 2: Design and Calibration of the BEQI-2 WFD metric for Marine Benthos in Transitional Waters. Report, RWS Waterdienst.

Wentworth, C.K. (1922) A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30: 377-392.

## ANNEXES

**Annexe 1** : fiches descriptives des protocoles mis en œuvre dans le cadre des suivis bio-sédimentaires menés par l'Observatoire du Patrimoine Naturel Littoral (OPNL).

**Annexe 2** : tableau comparatif des protocoles DCE MET, DCE MEC et RNF (OPNL)

**Annexe 3** : description des variables environnementales utilisées dans les analyses

**Annexe 4** : courbes d'accumulation d'espèces calculées pour l'ensemble des stations

## ANNEXE 1

Fiches descriptives des protocoles mis en œuvre dans le cadre des suivis bio-sédimentaires menés par l'Observatoire du Patrimoine Naturel Littoral.



### FICHE PRATIQUE PRELEVEMENTS BENTHIQUES : FAUNE ET SEDIMENTS

*Protocole de surveillance des habitats benthiques intertidaux*

#### **SUR LE TERRAIN : Matériels et méthodes**

##### **Matériels :**

- 1 GPS
- 1 appareil photo numérique + 1 quadrat de 50 cm (pour photos standardisées)
- 1 tamis de 1 mm de vide de maille (maille carrée)
- 1 carottier faune de 15 cm de diamètre marqué à 25 cm de profondeur
- 1 carottier sédiment de 5 cm de diamètre marqué à 5 cm de profondeur + piston d'extraction
- Cuillères (grosse et petite), pinceau, pince... (récolte des refus de tamis)
- Sacs congélation pour les prélèvements de sédiment
- Flacons rigides (faune) à opercules + bouchon à vis (0,5 à 2 L : 1 par refus de tamis)
- Etiquettes d'identification pour double étiquetage, intérieur et extérieur de chaque flacon (faune) et de chaque sac congélation (sédiment) : papier calque marqué au crayon à papier (intérieur) & étiquette au marqueur (extérieur)
- Fiches terrain, une par station
- Crayon à papier et marqueur résistant à l'eau
- Eau de mer filtrée et formolée à 4 % (à utiliser au retour du terrain)
- Sacs poubelle pour regrouper les répliquats par station
- Charriot de transport (terrain sableux) ou Luge (terrain vaseux)

##### **Méthodes :**

- 1** - Définir la localisation d'une station au sein de chaque habitat benthique (niveau 3 Eunis), à l'aide de (i) la cartographie des habitats benthiques disponible (la plus récente) et (ii) en choisissant sur le terrain une zone homogène, visuellement représentative de l'habitat benthique à suivre (si habitat déjà suivi, utiliser les coordonnées des années n-1 ; n-2 ; ... et si besoin, relocaliser (décaler) la station dans une zone plus représentative de l'habitat à suivre)
- 2** - Pour chaque station, définir 3 sous-stations espacées de 100m
- 3** - Relever pour chaque sous-station les coordonnées géographiques (GPS / en DMd, syst. de projection WGS84) sur une fiche de terrain (une fiche par sous-station)
- 4** - Photographier chaque sous-station en utilisant le quadrat de 50 cm
- 5** - Noter sur la fiche de terrain (une fiche par sous-station) quelques éléments visuels permettant de caractériser la sous-station : sable grossier, sable fin envasé, vase,..., bioturbation, taxons responsables de la bioturbation, débris coquillers, algues échouées, Ripples-marks, présence de barres et de bâches, éventuels effets météo. (décapage, placage sableux, gel, ...)
- 6** - Noter sur la fiche de terrain (une fiche par sous-station) les éléments météo pouvant influencer le bon déroulement des opérations
- 7** - Procéder pour chaque sous-station à 4 carottages-sédiment (carottier : diamètre 5 cm x profondeur 5 cm)
- 8** - Pour chaque sous-station, ensacher par 2 les 4 répliquats de sédiment avec double étiquetage (intérieur et extérieur du sac) : date, identifiant de la station et n° du répliquat
- 9** - Procéder au carottage-faune (diamètre 15 cm et marqué à 25 cm de profondeur)

## FICHE PRATIQUE TRAITEMENT ECHANTILLONS BENTHIQUES : FAUNE ET SEDIMENTS

*Protocole de surveillance des habitats benthiques intertidaux*

### **AU LABORATOIRE : Matériels et méthodes**

#### **Matériels :**

- Eau de mer filtrée et formolée à 4 %
- Floxine b / rose bengal
- Alcool à 70 %
- Congélateur
- Tamis de maille 0,5 mm
- Cuvettes à fond blanc
- Piluliers
- Loupe binoculaire + éclairage adapté
- Microscope + éclairage adapté
- Pincettes fines
- Lames / lamelles
- Bibliographie
- Balance de précision (précision à  $10^{-2}$ g)
- Pinceaux
- Colonne de tamis
- Tamiseuse automatique
- Evier (arrivée d'eau douce)
- Grandes cuvette en plastique
- Etuve
- Tuyaux fins et souples
- Cristallisoirs
- Fiches Labo., une par station
- Sacs congélation pour « pooler » les sédiments à analyser pour chaque station

#### **Méthodes :**

##### ***Au retour du terrain :***

**14** - Fixer chaque répliat-faune (refus de tamis) à l'eau de mer filtrée et formolée à 4%, pendant 48 h. Ensuite, transférer les échantillons dans l'alcool (70 %). Cette étape peut constituer l'occasion d'effectuer le second étiquetage en plaçant l'étiquette en papier calque dans le flacon, en même temps que l'échantillon est formolé. Toutes les manipulations de formol doivent être effectuées en sécurité en utilisant notamment des gants en vinyle, un masque et des lunettes sous une hotte aspirante (sorbonne) dans un laboratoire répondant aux normes de sécurité associées au formol.

**15** – Pour chaque station, « pooler » dans un même sac congélation les 2 réplicats x 3 sous-stations : soit au total 6 réplicats « poolés » dans un même sac congélation pour constituer l'échantillon à analyser (analyse pondérale) pour chaque station

##### ***Traitement des échantillons Faune :***

**16** - Colorer chaque répliat-faune à la floxine b / rose bengale (peut se faire après un 1<sup>er</sup> tri permettant d'enlever les taxons les plus visibles, seul le refus restant sera alors coloré)

##### ***17 - Trier les échantillons-faune :***

Le tri de chacun des échantillons colorés est effectué à l'œil nu après un nouveau rinçage sur tamis de maille 0,5 mm. La totalité de la faune est extraite, y compris les espèces sessiles (anémones, moules, bryozoaires...) qui renseignent de façon complémentaire sur l'environnement et les niches écologiques disponibles pour les espèces vagiles. Les échantillons rincés sont placés dans une cuvette à fond blanc et tous les éléments colorés sont prélevés au moyen de pincettes et stockés dans l'alcool à 70% via des piluliers étiquetés par répliat. Les autres sont évacués selon les règles de sécurité associées aux matériels formolés.

## Les protocoles : comparaison

	DCE-MET Blanchet et Fouca, 2019	DCE-MEC García et al., 2014	RNF
<b>Terminologie</b>			
Enprise 1	Estuaire	Site, lieu de surveillance	Station
Enprise 2	Passage, point, station	Passage, point, station	Sous-station
Enprise 3	Echantillon (carotte ou benne)	Echantillon (carotte ou benne)	Echantillon (carotte)
<b>Echantillonnage terrain - intertidal</b>			
Masses d'eau concernées	transition (estuaire)	côtière	transition et côtière
Période d'échantillonnage	Septembre-octobre	Février-avril	Octobre
Fréquence	1/3 ans	1/an (SA) ou 1/3ans	1/an
Enprise du site	Estuaire : centaine de km <sup>2</sup>	Rayon de 200m	Rayon de 60 m
Nombre de *station/site	3 à 6	3	3
Nombre d'échantillon de macrofaune	3	3	3
Nombre d'échantillon de macrofaune	0,029 m <sup>2</sup> (Ø 19,2 cm x ↓ 20 cm)	0,029 m <sup>2</sup> (Ø 19,2 cm x ↓ 20 cm)	0,018 m <sup>2</sup> (Ø 15 cm x ↓ 25 cm)
Maille du tamis macrofaune	1 mm	1 mm	1 mm
Nombre x taille des échantillons de Gr	3 x 19,6 cm <sup>2</sup> (Ø < 5 cm x ↓ 10 cm)	1 x 19,6 cm <sup>2</sup> (Ø 3-5 cm x ↓ 10 cm)	2 x 40 cm <sup>2</sup> (4 échantillons entachés en 2 - Chaque - Ø 5 cm x ↓ 5 cm)
Nombre x taille des échantillons MO	3 x 19,6 cm <sup>2</sup>	1 x 19,6 cm <sup>2</sup>	Non *sous-échantillon
<b>Analyse des échantillons</b>			
Fixation/conservation des invertébrés	Formol / Ethanol 70%	Formol / Ethanol 70%	Formol / Ethanol 70%
Détermination taxo à l'espèce sauf certains groupes	Echiura, Hemichordata, Hydrozoa, Insecta, Nematoda, Platyhelminthes, Priapulida	Echiura, Hemichordata, Hydrozoa, Insecta, Nematoda, Platyhelminthes, Priapulida	Anthozoaires, Siphonaires, Némertes, Nématodes, Bryozoaires, Tanaïdes, *Hémigastéropode
Biomasse	Non	Non	Non, *Biométrie
Estimation sel (g) ou désalination avant analyse granulométrique	Estimation <i>in situ</i> ou désalination (3 bains et siphonnage)	Estimation (55g/L) et soustraction de la masse de sel	Non
Méthode d'analyse granulométrique	Déflocculation, tamisage par voie sèche sur colonne de tri	Déflocculation, tamisage par voie sèche sur colonne de tri	*Déflocculation, tamisage par voie sèche sur colonne de tri
Méthode de quantification de la MO	Perte au feu	Perte au feu (4h à 450°C)	*Perte au feu
<b>Indicateur</b>			
Nom	BEQ-FR	M-AMBI	Non
Métriques incluses dans le calcul	S, H, AMBI	S, H, AMBI	-
Calcul de l'Indicateur	Moyenne de ces métriques, chacune rapportées à une valeur de référence par habitat	Analyse factorielle, selon des valeurs de référence par habitat	-

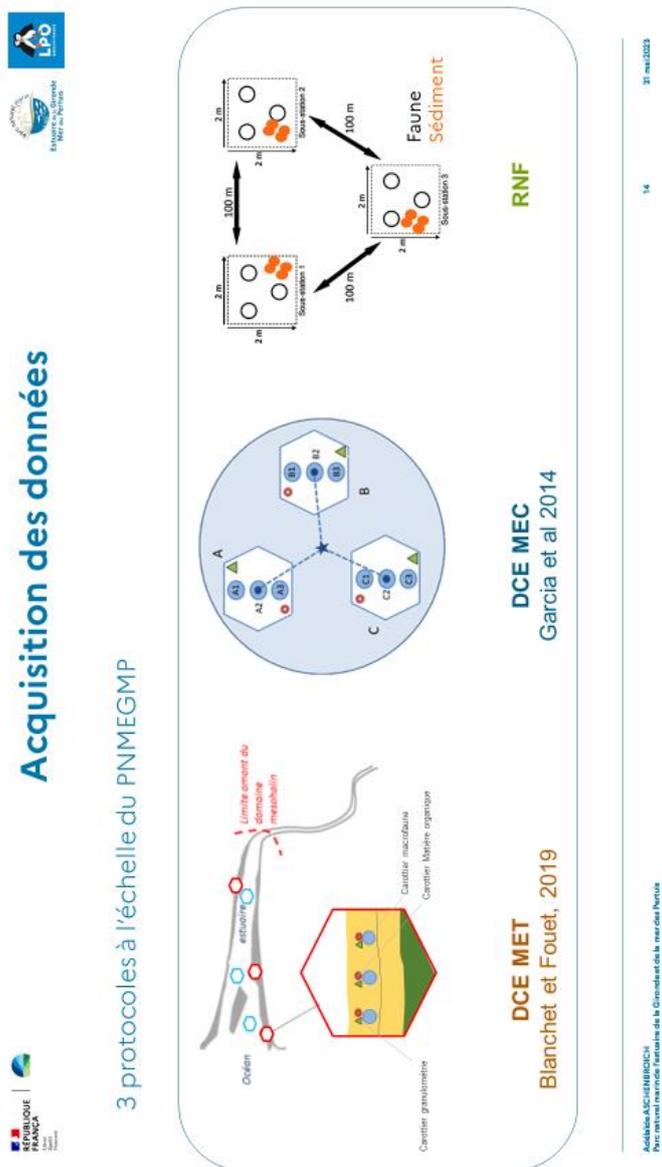
\*Terminologie DCE  
\*Terminologie RNF

Différences entre protocoles  
\*Fait sur les sites de CBH, BA, LDN, MY, MO mais non écrit dans le protocole RNF

Adriana Aschenbroich  
Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis

## ANNEXE 2 B

Figure comparative des stratégies d'échantillonnage selon les protocoles DCE MET, DCE MEC et RNF (OPNL) présenté en comité technique CoEHCo relatif au suivi des habitats sédimentaires intertidaux (2 décembre 2021)



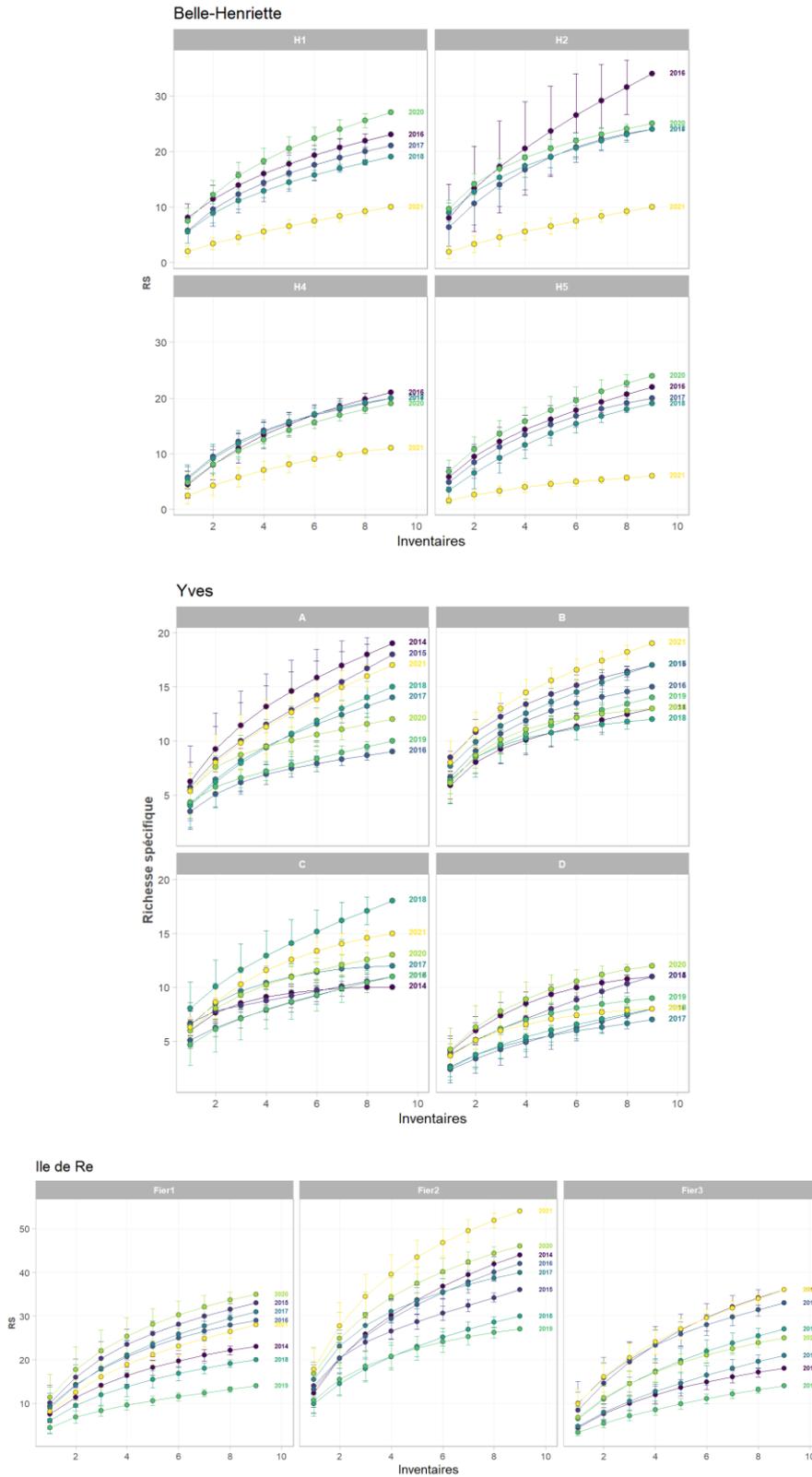
# ANNEXE 3

## Description des variables environnementales utilisées dans les analyses.

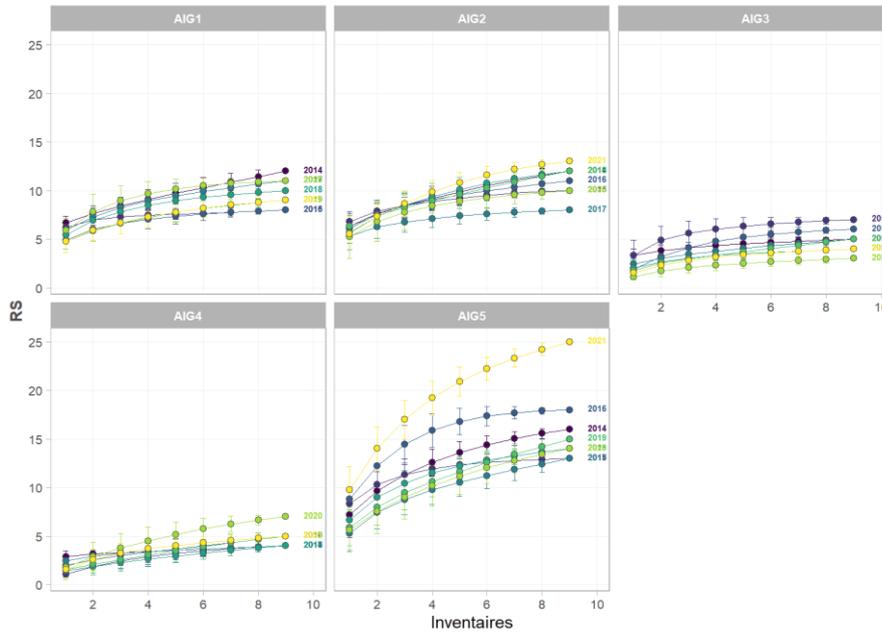
Libellé	Signification	Unité	Source	Complément
HZN	Présence d'herbier de zostera noltei	0/1	LIENSs	
TOPO	Relié Lidar - moyenne de l'altitude des trois sous-stations - 2015 (7)	m (ref. PBMA)	SHOM, 2015	MNT topo-bathymétrique côtier de l'estuaire de la Gironde - partie Aval (Projet Tandem): <a href="http://dx.doi.org/10.17183/MNT_COTIER_GIR_ONDE_AVAL_TANDEM_20m_WGS84">http://dx.doi.org/10.17183/MNT_COTIER_GIR_ONDE_AVAL_TANDEM_20m_WGS84</a>
P_cumul_T123	Cumul des précipitations des trois premiers trimestres de l'année en cours	mm		Stations de mesures : RNN LdN : pointe de Chassiron : <a href="https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2023/poitte-de-chassiron/valeurs/07314.html">https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2023/poitte-de-chassiron/valeurs/07314.html</a> RNN BH, BA, MY : La Rochelle (aérodrome) : <a href="https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2014/la-rochelle-aerodrome/valeurs/07316.html">https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2014/la-rochelle-aerodrome/valeurs/07316.html</a> RNN MO, Bonne Anse, MES, TAL, MOR : Arvert : <a href="https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2014/arvert-1/valeurs/000M6.html">https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2014/arvert-1/valeurs/000M6.html</a>
P_cumul_T1	Cumul des précipitations du premier trimestre de l'année en cours	mm		
P_cumul_T2	Cumul des précipitations du second trimestre de l'année en cours	mm		
P_cumul_T3	Cumul des précipitations du troisième trimestre de l'année en cours	mm	Infoclimat.fr	
P_sept	Cumul des précipitations du mois de septembre de l'année en cours	mm		
P_oct	Cumul des précipitations du mois d'octobre de l'année en cours	mm		
P_max_T1	Maximum de précipitation sur 24h au premier trimestre de l'année en cours	mm		
P_max_T2	Maximum de précipitation sur 24h au second trimestre de l'année en cours	mm		
P_max_T3	Maximum de précipitation sur 24h au troisième trimestre de l'année en cours	mm		
T/SaL_min	Température ou salinité minimale de surface modélisée sur les trois premiers trimestres de l'année en cours	°C/sans unité		
T/SaL_max	Température ou salinité maximale de surface modélisée sur les trois premiers trimestres de l'année en cours	°C/sans unité		
T/SaL_var	Variance de la température/salinité au cours des trois premiers trimestres de l'année en cours	°C/sans unité		
T/SaL_ampl	Amplitude entre la valeur maximale et la valeur minimale observées sur les 9 premiers mois de l'année en cours	°C/sans unité		
T/SaL_T1	Moyenne des températures ou des salinités journalières de surface modélisées du premier trimestre de l'année en cours	°C/sans unité	Mars3D	valeur du pixel le plus proche ou couvrant la station
T/SaL_T2	Moyenne des températures ou des salinités journalières de surface modélisées du second trimestre de l'année en cours	°C/sans unité		
T/SaL_T3	Moyenne des températures ou des salinités journalières de surface modélisées du troisième trimestre de l'année en cours	°C/sans unité		
T/SaL_T123	Moyenne des températures ou des salinités journalières de surface modélisées sur les 9 premiers mois de l'année en cours	°C/sans unité		
Débts_GD_T1	Moyenne des débits mensuels moyens cumulés de la Dordogne et de la Garonne au premier trimestre de l'année en cours	m3/s		code entités Hydroportail : P532 0010 01 (Lamonzie-Saint Martin - Dordogne) ; O9000001002 (Tonneins - Garonne)
Débts_GD_Sept	Moyenne des débits mensuels moyens cumulés de la Dordogne et de la Garonne au mois de septembre de l'année en cours	m3/s		
Débts_Charente_T1	Moyenne des débits mensuels moyens de la Charente à Saintes au premier trimestre de l'année en cours	m3/s		
Débts_Charente_Sept	Débit moyen mensuel de la Charente à Saintes au mois de septembre de l'année en cours	m3/s		
Débts_SN_T1	Moyenne des débits moyens mensuels de la Sèvre Niortaise à Niort au premier trimestre de l'année en cours	m3/s	Hydroportail	
Débts_SN_Sept	Débit mensuel moyen de la Sèvre Niortaise à Niort au mois de septembre de l'année en cours	m3/s		code entité Hydroportail : N430062201 (Niort)
Débts_SE_T1	Moyenne des débits mensuels de la Seudre à Corme Ecluse au premier trimestre de l'année en cours	m3/s		
Débts_SE_Sept	Débit mensuel moyen de la Seudre à Corme Ecluse au mois de septembre de l'année en cours	m3/s		code entité Hydroportail : S011401003 (Corme Ecluse)
D_N-I_X	Débits mensuels moyens du premier trimestre de l'année N-1	m3/s		X : fleuve considéré
%MO	Pourcentage de matière organique dans les sédiments (Station/déte)	%		2014 : valeurs Fier 1, 2 & 3 estimées à partir de 2013 et 2015 ; 2021 : valeurs AG5, Bellevue, Moze, Ostrea à partir de 2020 et 2022
Sables grossiers	Somme des fractions 500-2000µm	%	LIENSs	
Sables moyens	Somme des fractions 250-500µm	%		
Sables fins	Somme des fractions 63-250µm	%		2015 : valeurs Fier 1, 2 & 3 estimées à partir de 2013 et 2015 ; 2021 : valeurs AG5, Bellevue, Moze, Ostrea à partir de 2020 et 2022
Vases	Fractions <63µm	%		

## ANNEXE 4

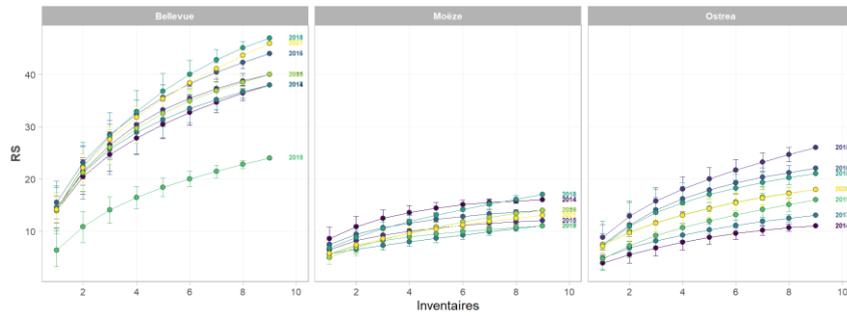
Courbes d'accumulation d'espèces en fonction du nombre d'échantillons prélevés sur les stations LPO/RNN, CEN-NA et PNMEGMP/CNRS-LIENSs, pour chaque année disponible.



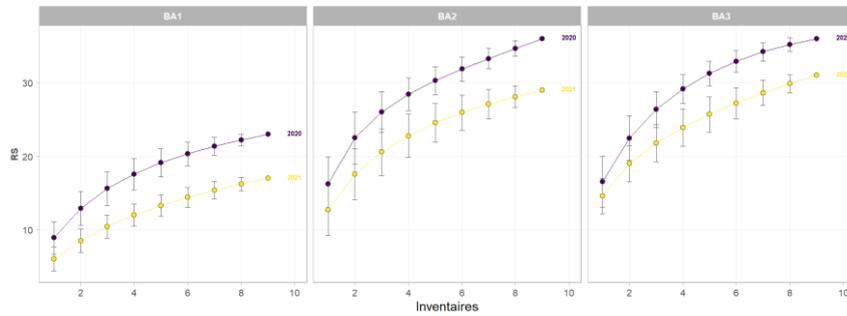
Baie de l'Aiguillon



Moëze-Oleron



Bonne Anse



Gironde

