

**LISE LATRY, HUGUES BLANCHET, BENOIT GOUILLIEUX, STEPHANE BUJAN,
LUDOVIC DEVAUX**

Université de Bordeaux-CNRS / UMR 5805 EPOC
Observatoire aquitain des sciences de l'univers
Station marine d'Arcachon
2 rue du professeur Jolyet
33120 Arcachon



Avec le soutien financier de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne



Contrat ifremer n° 20/1001123



Rapport final Juillet 2021

Contrôle de surveillance 2020

**Echantillonnage DCE des Masses d'Eau de Transition du
district hydrographique Adour-Garonne pour le
paramètre « faune invertébrée benthique »**

TABLE DES MATIERES

Introduction	4
Méthodologie	5
ECHANTILLONNAGE.....	5
TRAITEMENT DES ECHANTILLONS	11
TRAITEMENT DES DONNEES.....	12
Statut de l'indicateur DCE pour les eaux de transition estuarienne	12
Analyse des communautés	17
Résultats	18
MASSE D'EAU « ESTUAIRE ADOUR AVAL » (FRFT 07)	18
Sites intertidaux	19
Caractéristiques des sédiments	19
Caractéristiques et évolution de la faune invertébrée benthique	20
Caractérisation de l'habitat benthique des sites échantillonnés.....	23
Calcul des métriques indicatrices	25
Sites subtidaux	33
Caractéristiques des sédiments	33
Caractéristiques et évolution de la faune invertébrée benthique	34
Caractérisation de l'habitat benthique des sites échantillonnés.....	37
Calcul des métriques indicatrices	38
MASSE D'EAU « GIRONDE CENTRALE » (FRFT 04).....	42
Sites intertidaux	43
Caractéristiques des sédiments	43
Caractéristiques et évolution de la faune invertébrée benthique	44
Caractérisation de l'habitat benthique des sites échantillonnés.....	47
Calcul des métriques indicatrices	48
Sites subtidaux	55
Caractéristiques des sédiments	55
Caractéristiques et évolution de la faune invertébrée benthique	57
Caractérisation de l'habitat benthique des sites échantillonnés.....	60
Calcul des métriques indicatrices	61

MASSE D'EAU « BIDASSOA » (FRFT 81)	69
Sites intertidaux	70
Caractéristiques des sédiments	70
Caractéristiques et évolution de la faune invertébrée benthique	71
Caractérisation de l'habitat benthique des sites échantillonnés.....	73
Calcul des métriques indicatrices	74
Sites subtidaux	76
Caractéristiques des sédiments	76
Caractéristiques et évolution de la faune invertébrée benthique	77
Caractérisation de l'habitat benthique des sites échantillonnés.....	1
Calcul des métriques indicatrices	1
Résumé et Conclusions	1
Références	1

INTRODUCTION

La Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE établit un cadre pour la politique communautaire dans le domaine de l'eau. Elle a fixé comme objectif général l'atteinte d'un bon état écologique et chimique des masses d'eau souterraines et de surface, ces dernières incluant les eaux côtières et de transition (intégrant notamment les estuaires).

La surveillance de ces masses d'eau suit un plan de gestion de trois ans depuis 2007. L'année 2020 tombe sur la seconde année du plan de gestion, qui correspond à l'année de suivi des masses d'eau de transition.

Au sein du district Adour-Garonne, qui s'étend des Pertuis charentais à l'estuaire de la Bidassoa (frontière espagnole), cinq masses d'eau de transition (MET) (« Estuaire de la Charente » (FRFT 01), « Estuaire de la Seudre » (FRFT 02), « Gironde centrale » (FRFT 04), « Estuaire Adour aval » (FRFT 07) et « Bidassoa » (FRFT 81) font l'objet d'une surveillance de la faune invertébrée benthique de substrat meuble dans le cadre de la DCE.

En conséquence, la faune invertébrée benthique, qui est un des éléments déterminants la qualité écologique des masses d'eau, a été échantillonnée lors de campagnes automnales de 2007 à 2009, puis en 2012, 2016 et 2017 dans chacune de ces masses d'eau. Une étude préliminaire sur la faune benthique avait été réalisée sur une partie de ces masses d'eau en 2006 (Cottet *et al.*, 2007).

A partir de 2015, le protocole d'échantillonnage DCE en vigueur a été celui d'AQUAREF (Garcia *et al.*, 2014) pour l'ensemble des masses d'eau. Cet automne 2020, l'échantillonnage s'est pour la première fois basé sur les recommandations adaptées aux systèmes estuariens de Blanchet & Fouet (2019), présentées dans la « 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 » (Blanchet & Fouet, 2019). Alors que le protocole d'AQUAREF consiste à échantillonner un site au travers de 3 stations espacées de 200 m (Garcia *et al.*, 2014), le protocole de Blanchet & Fouet (2019) propose une couverture d'échantillonnage plus large, permettant ainsi de caractériser différents domaines halins des systèmes estuariens. Ce dernier protocole prend également en compte les caractéristiques environnementales de chaque habitat benthique échantillonné au moyen de l'utilisation de conditions de référence différentes pour chaque habitat EUNIS considéré.

Le présent rapport présente les résultats de la surveillance du paramètre « faune invertébrée benthique » de l'année 2020 et reprend l'ensemble des données acquises au cours du temps pour l'analyse des trois masses d'eau suivies par l'UMR 5805 EPOC (Université de Bordeaux/CNRS) : « Gironde centrale » (FRFT 04) ; « Estuaire Adour aval » (FRFT 07) et « Bidassoa » (FRFT 81). Elles sont traitées une à une dans ce rapport.

Les résultats concernant les autres masses d'eau du district hydrographique Adour-Garonne : « Estuaire de la Charente » (FRFT 01) et « Estuaire de la Seudre » (FRFT 02) sont présentées dans un autre rapport réalisé par l'UMR LIENSs.

METHODOLOGIE

ECHANTILLONNAGE

L'ensemble de l'échantillonnage a eu lieu lors du mois de septembre 2020 à l'exception des stations subtidales de l'estuaire d'Adour, échantillonnées le 2 décembre 2020 en raison de problèmes de disponibilité du navire prestataire. Néanmoins, les conditions météorologique clémentes ont permis un échantillonnage avant les premières crues automnales.

Conformément à la synthèse méthodologique de Blanchet & Fouet (2019), l'estuaire de la Gironde, en tant que « grand estuaire », a été échantillonné à partir de six stations intertidales et de six stations subtidales distribuées de manière à peu près équidistante le long du gradient méso- à euhalin de la masse d'eau.

Dans les estuaires de l'Adour et de la Bidassoa, des « petits estuaires », trois stations intertidales et trois stations subtidales ont été échantillonnées le long de la masse d'eau. Les stations ont été localisées au niveau d'habitats benthiques EUNIS dont un état de référence a déjà été proposé (Blanchet & Fouet, 2019).

La méthodologie d'échantillonnage est résumée sur la Figure 1.

En domaine intertidal, sur chaque station, trois échantillons ont été collectés pour la faune à l'aide d'un carottier de diamètre intérieur d'environ 19 cm (surface unitaire de 0,028 m² environ), enfoncé d'environ 20 cm. Afin de caractériser la granulométrie des sédiments et la teneur en matière organique, trois échantillons avec carottage de faible diamètre (> 5 cm) sur environ 10 cm de profondeur ont également été prélevés.

En domaine subtidal, sur chaque station, trois échantillons ont été collectés pour la faune à l'aide d'une benne de type van Veen (Figure 2). Cette benne prélève une surface unitaire de 0,1 m². Trois bennes supplémentaires ont été prélevés pour les mesures sédimentaires.

Les échantillons de macrofaune benthique ont été tamisés directement sur le terrain avec des tamis de maille carrée de 1 mm de côté. Le refus de tamis a été fixé à l'aide d'une solution de Formol (4%).

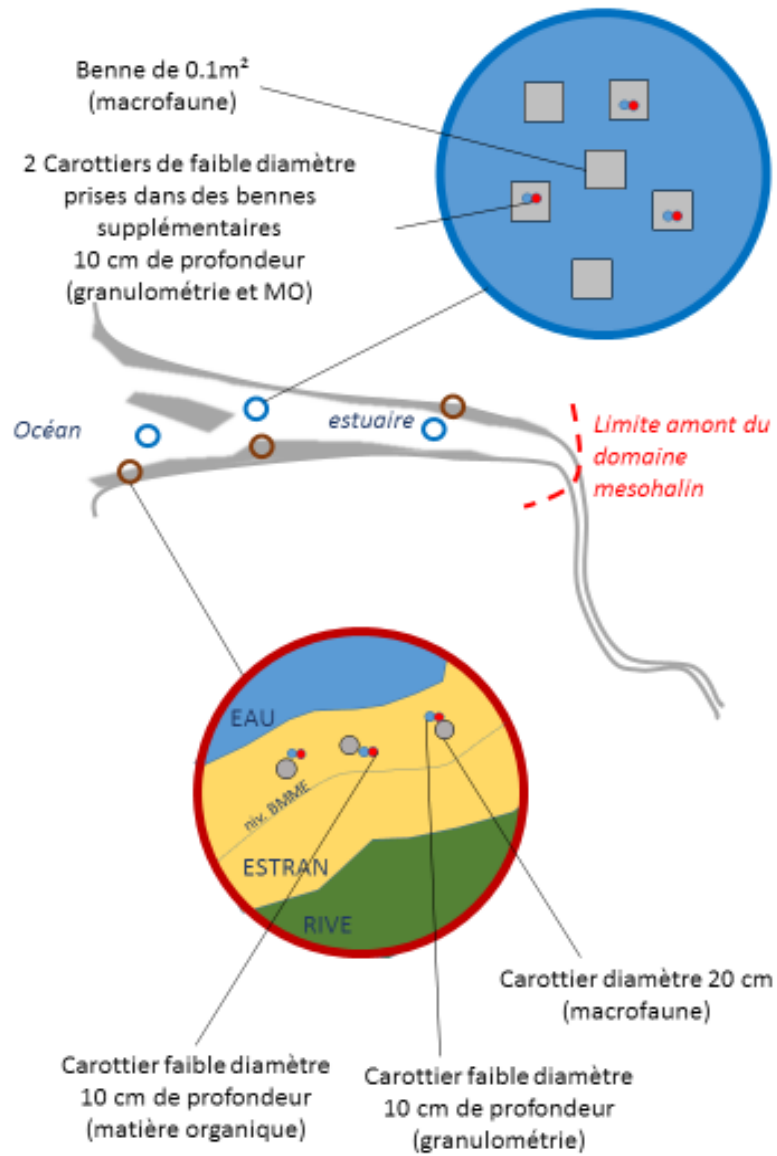


Figure 1
Représentation schématique du protocole de Blanchet & Fouet (2019)



Figure 2 : Mise en œuvre de la benne van Veen

La terminologie utilisée dans le présent rapport et sa correspondance avec la base de données Quadrigé² et le protocole AQUAREF est récapitulée dans la Table 1. Les changements méthodologiques réalisés au cours du suivi des différents sites sont résumés dans la Table 2.

Table 1
Terminologie utilisée dans le rapport et équivalences
Quadrigé²/AQUAREF

Termes équivalents utilisé dans le présent rapport	Termes utilisé dans la Base Quadrigé ² et dans le protocole AQUAREF
Site	Lieu
Station	Passage

Table 2
Synthèse des méthodes d'échantillonnage utilisées entre 2007 et 2020 sur les différents sites

Site d'échantillonnage / Année	surface unitaire d'échantillonnage (m ²)	nombre d'échantillon	surface d'échantillonnage totale (m ²)	engin d'échantillonnage
Adour amont, intertidal (Ado01 – Adour amont IM)				
2006	0.0064	10	0.064	Carottier PVC tube diam. 9 cm (0,0064 m ²)
2007	0.0064	15	0.096	Carottier PVC tube diam. 9 cm (0,0064 m ²)
2008	0.028	10	0.28	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2009	0.028	10	0.28	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2012	0.028	7	0.20	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2016	0.028	9	0.25	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2017	0.028	9	0.25	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2020	0.028	3	0.084	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
Adour median, intertidal (Ado02 - Adour median IM) (cette station a été échantillonnée pour la première fois au cours de la présente étude)				
2020	0.028	3	0.084	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
Adour aval, intertidal (Ado03 - Adour aval IM)				
2006	0.0064	10	0.064	Carottier PVC tube diam. 9 cm (0,0064 m ²)
2007	0.0064	15	0.096	Carottier PVC tube diam. 9 cm (0,0064 m ²)
2008	0.028	10	0.28	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2009	0.028	10	0.28	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2012	0.028	7	0.20	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2016	0.028	9	0.25	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2017	0.028	9	0.25	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2017	0.028	9	0.25	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2020	0.028	3	0.084	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)

Site d'échantillonnage / Année	surface unitaire d'échantillonnage (m ²)	nombre d'échantillon	surface d'échantillonnage totale (m ²)	engin d'échantillonnage
Adour amont, subtidal (Ado01 - Adour amont SM)				
2006	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2007	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2008	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2009	0.1	5(2)	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2012	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2016	0.1	9 (0)	0.90	Benne Van Veen 0,1 m ²
2017	0.1	9 (0)	0.90	Benne Van Veen 0,1 m ²
2020	0.1	3	0.30	Benne Van Veen 0,1 m ²
Adour median, subtidal (Ado02 - Adour median SM) (cette station a été échantillonnée pour la première fois au cours de la présente étude)				
2020	0.1	3	0.30	Benne Van Veen 0,1 m ²
Adour aval, subtidal (Ado03 - Adour aval SM)				
2006	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2007	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2008	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2009	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2012	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2016	0.1	9	0.90	Benne Van Veen 0,1 m ²
2017	0.1	9	0.90	Benne Van Veen 0,1 m ²
2020	0.1	3	0.30	Benne Van Veen 0,1 m ²
Bidassoa amont, intertidal (Bid01 - Bidassoa amont IM)				
2006	0.0064	10	0.064	Carottier PVC tube diam. 9 cm (0,064 m ²)
2007	0.0064	15	0.096	Carottier PVC tube diam. 9 cm (0,064 m ²)
2008	0.028	10	0.28	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2009	0.028	10	0.28	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2012	0.028	7	0.20	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2016	0.028	9	0.25	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2017	0.028	9	0.25	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2020	0.028	3	0.084	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
Bidassoa median, intertidal (Bid02 - Bidassoa median IM) (cette station a été échantillonnée pour la première fois au cours de la présente étude)				
2020	0.028	3	0.084	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
Bidassoa aval, herbier à <i>Z. noltei</i> intertidal (Bid03 - Chingoudy IM)				
2006	0.04	5	0.20	Carottier métallique carré 0,2 x 0,2m
2007	0.04	5	0.20	Carottier métallique carré 0,2 x 0,2m
2008	0.04	8	0.32	Carottier métallique carré 0,2 x 0,2m
2009	0.028	10	0.28	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2012	0.04	5	0.20	Carottier métallique carré 0,2 x 0,2m
2016	0.028	9	0.25	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2017	0.028	9	0.25	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2020	0.028	3	0.084	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
Bidassoa amont, subtidal (Bid01 - Bidassoa amont SM)				
2006	0.0225	10	0.225	Benne Ekman 15x15cm (0.0225 m ²)
2007	0.0225	10	0.225	Benne Ekman 15x15cm (0.0225 m ²)
2008	0.0225	12	0.27	Benne Ekman 15x15cm (0.0225 m ²)

Site d'échantillonnage / Année	surface unitaire d'échantillonnage (m ²)	nombre d'échantillon	surface d'échantillonnage totale (m ²)	engin d'échantillonnage
2009	0.0225	10	0.225	Benne Ekman 15x15cm (0.0225 m ²)
2012	0.0225	20	0.45	Benne Ekman 15x15cm (0.0225 m ²)
2016	0.1	9	0.90	Suceuse à air 0,1 m ²
2017	0.1	9	0.90	Suceuse à air 0,1 m ²
2020	0.1	3	0.30	Benne Van Veen 0,1 m ²
Bidassoa median, subtidal (Bid02 - Bidassoa median SM) (cette station a été échantillonnée pour la première fois au cours de la présente étude)				
2020	0.1	3	0.30	Benne Van Veen 0,1 m ²
Bidassoa aval, subtidal (Bid03 - Chingoudy SM)				
2006	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2007	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2008	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2009	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2012	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2016	0.1	9	0.90	Benne Van Veen 0,1 m ²
2017	0.1	9	0.90	Benne Van Veen 0,1 m ²
2020	0.1	3	0.30	Benne Van Veen 0,1 m ²
Gironde, Saint-Estèphe, intertidal rive gauche (Gir01 - Saint-Estephe IM)				
2006	0.0064	10	0.064	Carottier PVC tube diam. 9 cm (0,064 m ²)
2007	0.0064	15	0.096	Carottier PVC tube diam. 9 cm (0,064 m ²)
2008	0.028	10	0.28	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2009	0.028	10	0.28	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2012	0.028	7	0.20	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2016	0.028	9	0.25	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2017	0.028	9	0.25	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2020	0.028	3	0.084	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)

Site d'échantillonage / Année	surface unitaire d'échantillonnage (m ²)	nombre d'échantillon	surface d'échantillonnage totale (m ²)	engin d'échantillonnage
Gironde, Saint-Christoly, intertidal rive gauche (Gir02 - Saint-Christoly IM)				
2006	0.0064	10	0.064	Carottier PVC tube diam. 9 cm (0,064 m ²)
2007	0.0064	15	0.096	Carottier PVC tube diam. 9 cm (0,064 m ²)
2008	0.028	10	0.28	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2009	0.028	10	0.28	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2012	0.028	7	0.20	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2016	0.028	9	0.25	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2017	0.028	9	0.25	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2020	0.028	3	0.084	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
Gironde, phare Richard, intertidal rive gauche (Gir03 - Richard IM)				
2008	0.028	10	0.28	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2020	0.028	3	0.084	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
Gironde, Vitrezay, intertidal rive droite (Gir04 - Vitrezay IM)				
2008	0.028	10	0.28	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2020	0.028	3	0.084	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
Gironde, Talmont, intertidal rive droite (Gir05 - Talmont IM)				
2020	0.028	3	0.084	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
Gironde, Meschers, intertidal rive droite (Gir06 - Meschers IM)				
2008	0.028	10	0.28	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2020	0.028	3	0.084	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
Gironde, Saint-Estèphe, subtidal (Gir01 - Saint-Estephe SM)				
2006	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2007	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2008	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2009	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2012	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2016	0.1	9	0.90	Benne Van Veen 0,1 m ²
2017	0.1	9	0.90	Benne Van Veen 0,1 m ²
2020	0.1	3	0.30	Benne Van Veen 0,1 m ²
Gironde, Saint-Christoly, subtidal (Gir02 - Saint-Christoly SM)				
2006	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2007	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2008	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2009	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2012	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2016	0.1	9	0.90	Benne Van Veen 0,1 m ²
2017	0.1	9	0.90	Benne Van Veen 0,1 m ²
2020	0.1	3	0.30	Benne Van Veen 0,1 m ²
Gironde, station C, subtidal (Gir03 - Richard SM)				
2008	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2020	0.1	3	0.30	Benne Van Veen 0,1 m ²
Gironde, station B, subtidal (Gir04 - Barzan SM)				
2008	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2020	0.1	3	0.30	Benne Van Veen 0,1 m ²
Gironde, station A, subtidal (Gir05 - Talais SM)				
2008	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²

Site d'échantillonnage / Année	surface unitaire d'échantillonnage (m ²)	nombre d'échantillon	surface d'échantillonnage totale (m ²)	engin d'échantillonnage
2020	0.1	3	0.30	Benne Van Veen 0,1 m ²
Gironde, station PK86, subtidal (Gir06 - PK86 SM)				
2008	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2020	0.1	3	0.30	Benne Van Veen 0,1 m ²

TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS

Faune benthique

Au laboratoire, la faune a été triée, identifiée au niveau du taxon le plus précis possible et dénombrée sous loupe binoculaire. L'abondance des espèces de l'épifaune fixée de petite taille (comme les polychètes du genre *Spirorbis*) n'a pas été prise en compte dans l'abondance totale ainsi que dans le calcul des indices. Les indices utilisés sont en effet principalement basés sur l'endofaune et l'épifaune mobile et non sur la faune fixée.

Caractérisation des sédiments

Après conservation au congélateur (-20°C), les sédiments récoltés ont été caractérisés par leur granulométrie et leur teneur en matière organique en suivant le protocole AQUAREF (Garcia *et al.*, 2014).

Chaque échantillon de sédiment humide est placé dans un récipient préalablement annoté et pesé. L'ensemble est pesé une première fois (Mhumide) puis est placé dans une étuve à 60°C pendant 48 heures minimum. Une fois le sédiment parfaitement sec, l'ensemble est pesé une deuxième fois (Msec). L'utilisation d'un dessiccateur pour la phase de refroidissement est préconisée. La différence entre les deux pesées permet d'obtenir la quantité d'eau (Meau). La quantité de sel (Msel) toujours présent dans le bol est estimée en considérant le teneur en sel connues au niveau de chaque station.

$$M_{\text{humide}} (\text{g}) - M_{\text{sec}} (\text{g}) = M_{\text{eau}} (\text{g})$$

$$M_{\text{eau}} (\text{L}) = M_{\text{eau}} (\text{g}) \times 0,001$$

$$M_{\text{sel}} (\text{g}) = M_{\text{eau}} (\text{L}) \times \text{teneur en sel sur site}$$

Le sédiment séché et pesé est ensuite tamisé sous eau douce sur un tamis de vide de maille de 63 µm qui permet d'éliminer la fraction inférieure à 63 µm et le sel. Le refus de tamis est récupéré dans un bol placé ensuite dans une étuve (60°C, 48 à 72 h). Le poids de la fraction de pélites (Mpélite) est obtenu par différence avec la première pesée du sédiment sec (Msec) à laquelle a préalablement été soustraite la quantité de sel.

$$M_{\text{pélite}} (\text{g}) = M_{\text{sec}} (\text{g}) - M_{\text{sec}-63 \mu\text{m}} (\text{g})$$

Une fois le sédiment de nouveau sec, il est délicatement mélangé de manière à ce que tous les grains soient bien individualisés. Le tamisage du sédiment sec s'effectue sur une colonne de tamis AFNOR durant 15min selon les spécifications de Garcia *et al.* (2014). Cette analyse permet d'obtenir le poids

sec de sédiment de chaque fraction. La médiane granulométrique a été déterminée en utilisant le logiciel Gradistat.

La teneur en matière organique du sédiment a été déterminée par la méthode dite de la perte au feu. Pour cela, le sédiment est placé à l'étuve durant 48h minimum à 60°C (jusqu'à obtention d'une masse constante). Le sédiment est ensuite broyé à l'aide d'un mortier, placé dans une capsule pré-pesée et remis à sécher à l'étuve. L'ensemble capsule + sédiment sec est ensuite pesé, puis calciné au four durant 4H à une température de 450°C. A l'issue de la calcination, l'ensemble capsule + cendres et matières minérales est pesé. La teneur en matière organique est obtenue par différence entre les masses avant et après calcination.

TRAITEMENT DES DONNÉES

Statut de l'indicateur DCE pour les eaux de transition estuarienne

Le choix d'une méthode indicatrice adaptée à la faune invertébrée benthique des eaux de transition estuariennes a été réalisé grâce à un travail de Fouet *et al.* (2018) pour le compte de l'Office Français de la Biodiversité. Cette étude a conduit à retenir la méthode du BEQI-FR pour l'évaluation de la qualité des masses d'eau de transition estuariennes.

L'évaluation de la qualité des masses d'eau de transition estuarienne françaises à partir de la structure des communautés macrozoobenthiques prend tout d'abord en compte la nature de l'habitat estuarien dans lequel ont été collectés les échantillons. La désignation de cet habitat est basée sur la typologie EUNIS (European Union Information System, consultable sur <https://eunis.eea.europa.eu/habitats.jsp>). En ce qui concerne les estuaires, les habitats retenus, ainsi qu'une description très sommaire de leurs caractéristiques, sont indiqués dans la table suivante (Table 3).

Table 3

Liste et principales caractéristiques des habitats prise en compte dans l'étude : MEst : Estrans vaseux de la partie moyenne de l'estuaire, UEst : Estrans vaseux en amont de l'estuaire, MuSa : sables vaseux intertidaux, FiSa : sables fins intertidaux, SMuVS : vases sublittorales, IMuSa : sables vaseux de la zone subtidale, SSaVS : sables sublittoraux

CODE	NOM	GRANULOMETRIE	CARACTERISTIQUES
DOMAINE INTERTIDAL			
MoSa A2.22	<i>Barren or amphipod dominated mobile sand shores.</i>	Sables moyens.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fort hydrodynamisme. ▪ Sables « propres » pratiquement dépourvus de matière organique et de particules fines (<63µm). ▪ Faible densité d'espèces + principalement des amphipodes

			<p>ainsi que d'autres crustacés mobiles ou aux bonnes capacités fouisseuses et natatoires.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Embouchure des estuaires/salinité souvent élevée et assez proche de celle de l'Océan.
FiSa A2.23	<i>Polychaete or amphipod-dominated fine sand shores</i>	Sables fins.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sables propres dominés par les sables fins. ▪ Teneurs en particules fines et matière organique extrêmement faibles ▪ Amphipodes et polychètes. ▪ Milieux légèrement plus abrités que MoSa ▪ Niveau de salinité élevé
MuSa A2.24	<i>Polychaete or bivalve-dominated muddy sand shores.</i>	Sables fins avec une fraction plus ou moins importante de particules fines.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Niveau de salinité élevé mais variable ▪ Sables vaseux (teneurs en particules fines typique : 3-33%, teneur typique en MO : 1-3%) ▪ Polychètes et bivalves.
MEst A2.31	<i>Polychaete/bivalves-dominated mid estuarine mud shores.</i>	Particules < 63µm et sables fins.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sédiment vaseux. Il convient cependant de faire remarquer que la nature anthropisée de nombreuses zones estuariennes entraîne une modification artificielle de la granulométrie par ajout de blocs, de gravats etc... Le point clés est ici l'envasement important. ▪ Dessalure marquée, en position intermédiaire dans l'estuaire. ▪ Polychètes et bivalves typiquement abondants en milieu estuarien (<i>L. balthica</i>, <i>S. plana</i>, <i>C. edule</i>, <i>H. diversicolor</i>, <i>P. elegans</i>, <i>S. shrubsolii</i>, <i>C. volutator</i>, <i>C. carinata</i>, <i>P. ulvae</i>)

UEst A2.32	<i>Polychaete/oligochaete-dominated upper estuarine mud shores.</i>	Particules fines <63µm.	<ul style="list-style-type: none"> ▪vaseux. Là aussi, il convient de faire remarquer que la nature anthropisée de nombreuses zones estuariennes entraîne une modification artificielle de la granulométrie par ajout de blocs, de gravats etc... Le point clés est ici l'envasement important. ▪Forte influence de l'eau douce. Dessalure importante ▪Peu d'espèces + polychètes et oligochètes. <p>une des caractéristiques de la faune de ces zones est la disparition des bivalves (notamment <i>S. plana</i>) l'espèce invasive <i>Corbicula fluminea</i>, espèce d'eau douce, peut cependant parfois y être rencontrée.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪en amont de MEst dans un estuaire.
DOMAINE SUBTIDAL			
SMuVS A5.32	<i>Sublittoral mud in variable salinity.</i>	Particules fines et sables fins.	<ul style="list-style-type: none"> ▪Vaseux mais avec une teneur en particules fines extrêmement variable d'une benne à l'autre. ▪Oligochètes et polychètes.
SSaVS A5.22	<i>Sublittoral sand in variable salinity.</i>	Sables moyens.	<ul style="list-style-type: none"> ▪Habitats sableux ▪Amphipodes, polychètes et mysidacés.
IMuSa A5.24	<i>Infralittoral muddy-sand.</i>	Sables fins.	<ul style="list-style-type: none"> ▪Sédiment sablo-vaseux non cohésif. ▪Polychètes et bivalves. ▪Prolongement des habitats marins en domaine à salinité variable, limité à la partie la moins dessalées des estuaires.

Pour chaque habitat, les conditions de références pour l'utilisation du BEQI-FR ont été définies de la manière présentée sur la Table 4. L'indicateur BEQI-FR est basé sur trois métriques : S, le nombre d'espèces sur l'ensemble de 3 échantillons ; H', l'indice de diversité de Shannon (en Log₂), également

calculé à l'échelle de la somme de 3 échantillons et l'AMBI, calculé comme la valeur moyenne de l'AMBI obtenue sur 3 échantillons.

La formule de calcul du BEQI-FR

$$BEQI - FR = \frac{\frac{S_{obs}}{S_{ref}} + \frac{H'_{obs}}{H'_{ref}} + \frac{(AMBI_{obs} - 7)}{(AMBI_{ref} - 7)}}{3}$$

Table 4

Conditions de références à utiliser pour l'indicateur BEQI-FR pour chaque métrique et chaque habitat ainsi que de la formule de calcul de cet indicateur. Métriques considérées : AMBI, H' (indice de Shannon), S (nombre d'espèces).

Types d'habitat : MEst : Estrans vaseux de la partie moyenne de l'estuaire, UEst : Estrans vaseux en amont de l'estuaire, MuSa : sables vaseux intertidaux (en milieu à salinité variable), FiSa : sables fins intertidaux, SMuVS : vases sublittorales, IMuSa : sables vaseux de la zone subtidale, SSaVS : sables sublittoraux, référence MEC : sables plus ou moins envasés des Masses d'eaux côtières. Les références proposées sont basées sur une surface de prélèvement de 0,087m² (3 carottiers) pour les habitats intertidaux et de 0,3m² pour les habitats subtidaux (3 bennes).

	H'	S	AMBI
INTERTIDAL			
A2.31. MEst	2,9	14	2,5
A2.32. UEst	1,6	8	2,8
A2.24 Musa	3,7	26	1,4
A2.23 FiSa	2,2	13	0,1
SUBTIDAL			
A5.24 IMuSa1 Conditions euhalines	4,0	58	1,0
A5.24 IMuSa2 Conditions polyhalines	3,8	33	1,0
A5.32 SMuVS	2,5	10	1,9
A5.22 SSaVS	2,7	9	0,3
Formule de calcul			
$BEQI - FR = \frac{\frac{S_{obs}}{S_{ref}} + \frac{H'_{obs}}{H'_{ref}} + \frac{(AMBI_{obs} - 7)}{(AMBI_{ref} - 7)}}{3}$			

Il est important de noter que les références proposées sont basées sur la méthode d'échantillonnage utilisée pour les masses d'eau côtières et formalisées dans le rapport AQUAREF (Garcia *et al.*, 2014). En effet, les métriques S et, dans une moindre mesure, la métrique H' est sensible au changement de protocoles, notamment à la surface échantillon et au nombre d'échantillon prélevés. Plus précisément, les valeurs de ce tableau correspondent à une surface de prélèvement de 0,087m² (somme de 3 carotties) pour les habitats intertidaux et de 0,3m² pour les habitats subtidaux (somme de 3 bennes).

Les valeurs seuils de l'EQR final ont fait l'objet d'une révision afin d'homogénéiser ces seuils entre les différents types d'estuaire. Ces seuils vont être proposés à l'intercalibration. Ces nouveaux seuils sont résumés dans le tableau suivant (Table 5). Seules les limites entre les classes High/Good et Good/Moderate y sont présentées. Les autres seuils sont similaires quels que soient les types d'estuaires : Moderate/Poor : 0,4, Poor/Bad : 0,2.

Table 5

Seuils intercalibrés pour l'interprétation de l'EQR en termes de classe de qualité écologique. Type D : « large estuaries » (Gironde) ; Type E : « Small-Medium estuaries with >50% intertidal areas » ; Type F : « Small-Medium estuaries with <50% intertidal areas » (Bidassoa et Adour).

Seuils de l'EQR du BEQI-FR					
Type D (large estuaries)		Type E (small-medium estuaries with >50% intertidal area)		Type F (small-medium estuaries with <50% intertidal area)	
High/Good	Good/Moderate	High/Good	Good/Moderate	High/Good	Good/Moderate
0.86	0.67	0.86	0.67	0.84	0.62

Analyse des communautés

Afin de mieux comprendre la dynamique de la faune benthique telle qu'elle est observée dans chaque site, une analyse complémentaire des données est proposée, notamment en replaçant les données acquises en 2020 dans le contexte de l'ensemble du suivi, dans la mesure du possible, certaines stations étant nouvelles.

Pour procéder à cette étude, les données d'abondance par espèce collectée par station ont été soumises à une analyse multivariée afin de dégager les éventuels patrons d'évolution de la composition faunistique au cours du suivi. Les analyses ont été réalisées en excluant l'hydrobie *Peringia ulvae*, en effet, ce petit mollusque gastéropode peut atteindre localement des niveaux d'abondance très élevés et hautement fluctuant en fonction des marées, des vents et des conditions hydrodynamiques en raison de sa capacité à flotter au gré des courants. Etant donnée les très hauts niveaux d'abondance potentiels de cette espèce et le caractère hautement fluctuant de celle-ci, cette espèce est souvent responsable d'une grande partie des variations observées dans les analyses, pour une signification douteuse. Il a donc été décidé de retirer cette espèce des analyses multivariées. Il a ensuite été procédé une transformation des données en double racine carrée afin de modérer les écarts d'abondance existant entre les espèces collectées. Ces données transformées ont ensuite été utilisées pour calculer le degré de similarité faunistique entre les stations de chaque année à partir du coefficient de similarité de Bray –Curtis, classiquement utilisé dans la littérature pour l'analyse de ce type de données (Clarke & Warwick, 2001 ; Clarke & Gorley, 2006). Cette matrice de similarité a ensuite été soumise à une Analyse en coordonnées principales (PCO) qui permet de visualiser l'ordination des échantillons dans un espace de dimensions réduites sur la base de la ressemblance faunistique entre échantillons (Anderson *et al.*, 2008). Les communautés sont caractérisées au moyen du procédé SIMPER qui liste les principaux taxons contribuant à la similarité entre les échantillons d'une même date et d'un même lieu (ex : Adour subtidal aval 2017).

RESULTATS

MASSE D'EAU « ESTUAIRE ADOUR AVAL » (FRFT 07)

Les stations intertidales en amont (Ado01 – amont IM) et en aval (Ado03 – aval IM) de l'estuaire de l'Adour sont localisées au niveau des « stations historiques », suivies depuis le début de la surveillance. La station située en partie médiane de l'estuaire (Ado02 – median IM) a été pour la première fois échantillonnée cette année 2020 (Figure 3).

La station subtidale en amont de l'estuaire (Ado01 – amont SM) correspond à la « station historique amont », suivie depuis le début de la surveillance. Les stations en partie médiane (Ado02 – median SM) et avale (Ado03 – aval SM) sont celles suivies suite au changement de protocole AQUAREF (Garcia *et al.*, 2014), depuis 2016 (Figure 3).

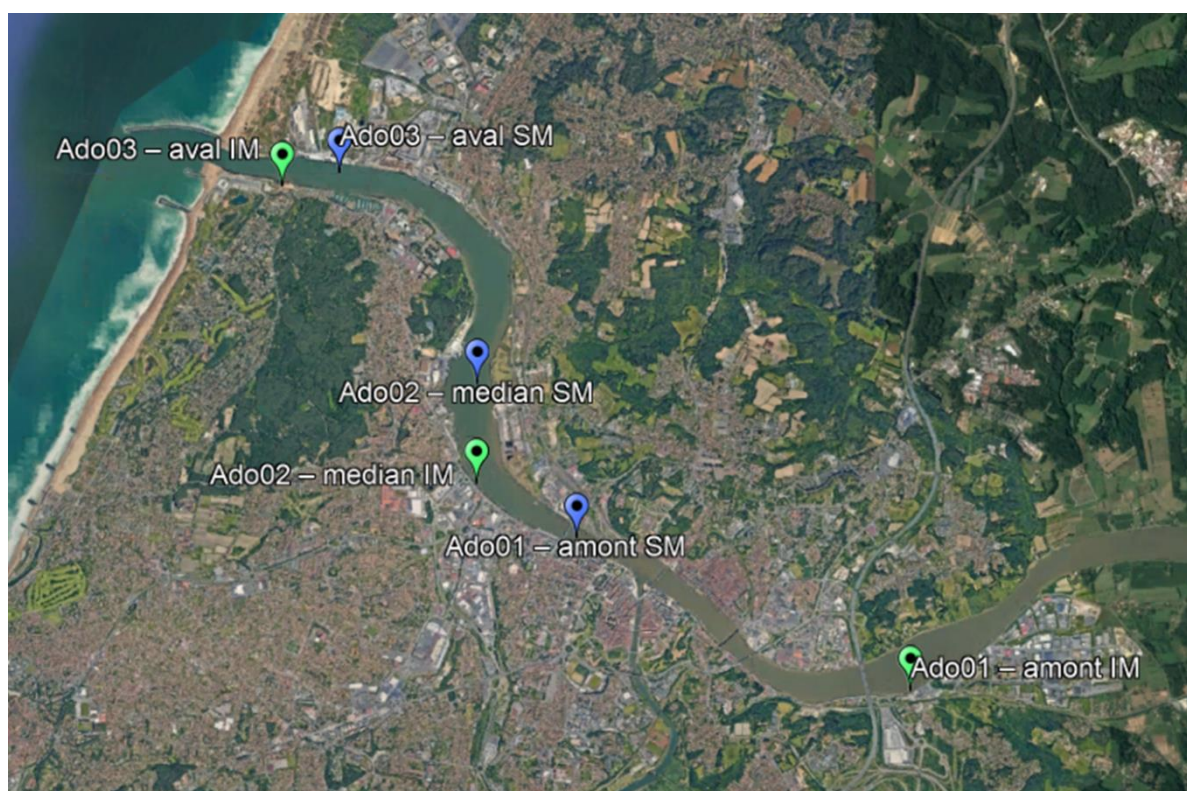


Figure 3

Localisation des stations d'échantillonnage sur les sites amont (01), median (02) et aval (03) intertidaux (IM - en vert) et subtidaux (SM - en bleu) de l'estuaire de l'Adour

SITES INTERTIDIAUX

Caractéristiques des sédiments

La station intertidales « **Ado03 – aval IM** » (Figure 3), située sur le passage B de l'ancienne station « Adour aval, intertidal », correspond à des sédiments hétérogènes composés de graviers et de sables grossiers envasés, avec une médiane granulométrique variant entre 920 et de 1600 μm . ces valeurs sont similaires à ce qui est observé depuis le début de la surveillance de cette station En 2020, les teneurs en particules fines sont supérieures aux années précédentes. En proportion les teneurs en matière organique apparaissent, comme d'habitude, assez faibles (Table 6).

La station « **Ado01 – amont IM** » (Figure 3), localisée au niveau du passage B de l'ancienne station « Adour amont, intertidal », correspond à des vases sableuses dont la médiane granulométrique est autour de 20 μm . Les taux de matière organique sont élevés, en général supérieurs à 5%. Les teneurs en particules fines varient de 75 à 88 % (Table 6). Ces valeurs sont similaires à ce qui était observé jusque là, l'année 2017 présentant un sédiment à teneur en particules grossières + élevée (Table 6).

La nouvelle station « **Ado02 – median IM** » (Figure 3), est située sur des vases sableuses avec une médiane granulométrique autour de 20 μm . Les teneurs en matière organique sont élevées, comprises entre 5 et 6 % et les taux de particules fines sont autour de 70 % (Table 6).

Table 6

Variations des caractéristiques du sédiment des sites intertidaux de l'estuaire de l'Adour

Site Année	Teneur en matière organique (%)	Teneur en particules fines ($<63\mu\text{m}$) (%)	Médiane granulométrique (μm)
Adour aval, intertidal			
2007	4,5	13	490
2008	0,7	2	1270
2009	2,0	1	1000
2012	1,4 à 2,3	3 à 5	1000 à 1100
2016	0,3 à 0,8	<1 à 5	340 à 1440
2017	0,5 à 1,8	<1 à 2	344 à 2130
2020	1,3	11	1430
	2,2	10	1600
	2,2	24	910
Adour amont, intertidal			
2007	6,6	93	20
2008	4,8	61	40
2009	14,0	49	60
2012	6,7 à 7,6	72 à 77	25 à 30
2016	3,9 à 9,9	36 à 83	20 à 90
2017	4,6 à 9,3	19 à 45	70 à 1290
2020	6,2	85	20
	6,7	88	20
	5,7	75	20
Adour médian, intertidal			

2020	6,0	64	40
	5,0	72	30
	5,1	69	30

Caractéristiques et évolution de la faune invertébrée benthique

En 2020, la macrofaune benthique de la station « **Ado03 – aval IM** » est caractérisée par le polychète *Hediste diversicolor*, l'hydrobie *Peringia ulvae*, la présence d'oligochètes, le bivalve *Scrobicularia plana* et les crustacés *Cyathura carinata*, *Lekanesphaera* sp et *Grandidierella japonica* (Table 7). *G. japonica* est une espèce d'amphipode non indigène qui se répand sur la façade Atlantique depuis son premier signalement en Europe en 2012 dans la baie de Marennes-Oléron (Jourde *et al.*, 2013). Il a été recensé pour la première en 2017 dans l'estuaire Adour au niveau de cette station avale (Foulquier *et al.*, 2018).

La faune benthique de la station « **Ado01 – amont IM** » correspond à un faciès appauvri par rapport à la communauté en aval de l'estuaire, ce qui est probablement dû à l'abaissement de la salinité. Les espèces *C. carinata*, *S. plana* et les oligochètes restent les plus représentées, accompagnées du polychète *Streblospio shrubsolii* (Table 7).

La nouvelle station « **Ado02 – median IM** » est aussi caractérisée par *P. ulvae*, *S. plana*, *C. carinata* et *H. diversicolor* et également par les crustacés amphipodes *Corophium multisetosum* et *G. japonica* (Table 7).

Pour les stations avale et amont, l'année 2020 ne se distingue pas des années précédentes en termes d'abondance et de diversité faunistique (Figure 4). L'abondance du gastéropode *P. ulvae* est relativement faible par rapport aux années 2009, 2012 et 2017 (Figure 4). La station médiane semble proche de la station subtidale selon ces deux paramètres (Figure 4) et révèle l'expansion vers l'amont de *G. japonica* (Table 7).

L'analyse en coordonnées principales, réalisée avec les données de l'ancien passage B pour les stations avale et amont, montre que la composition de la macrofaune benthique semble avoir légèrement changé pour ces deux stations entre la période 2008-2009 et la période 2012-2017, pour revenir à une composition proche de celle de la première période en 2020 (Figure 5).

Table 7

Principales espèces caractérisant la macrofaune benthique des « stations historiques » intertidales suivies dans l'estuaire de l'Adour entre 2006 et 2020 et abondance des individus par m² : ●●● espèce « Très Abondante » = plus de 1000 individus par m² ; ●● espèce « Abondante » = [100 ; 1000[ind.m², ● espèce « Commune » = [10 ; 100[ind.m² ; • espèce « Fréquente » = moins de 10 ind.m². L'absence de symbole signifie que l'espèce n'a pas été échantillonnée.

	Groupe écologique	Adour intertidal 2006		Adour intertidal 2007		Adour intertidal 2008		Adour intertidal 2009		Adour intertidal 2012		Adour intertidal 2016		Adour intertidal 2017		Adour intertidal 2020		
		Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Médian	Aval
MOLLUSCA	III <i>Abra tenuis</i>	●	●●				●●											
	III <i>Alkmaria romijni</i>			●●●	●●	•	●●		●					●				
	III <i>Cerastoderma edule</i>		●	●			●						•	●				
	III <i>Peringia ulvae</i>		●●●	●●●	●	•	●●●		●●●	•	●●●		●●	●	●●●		●	●●●
	I/III <i>Ruditapes</i> sp		●	●			●		•				●					
	III <i>Scrobicularia plana</i>	●●	●●	●●●	●●	●●	●●●	●●		●●	•	●●		●●	●●	●●	●●	●●
ARTHROPODA	III <i>Corophium multisetosum</i>			●●					●		●			●		●●	●	
	III <i>Cyathura carinata</i>	●●	●	●●	●●	●●	●●	●●	●●●	●	●		●	●	●	●●	●●	
	IV Dolichopodidae								●	•	●	●●			●			
	III <i>Grandidierella japonica</i>														●		●●	
	III <i>Lekanesphaera</i> sp			●										●	●●		●●	
ANNELIDA	III <i>Hediste diversicolor</i>	●	●●	●●●	●	•	●●	●	●●	●	●	●●	●	●	●●●	●	●	●●
	V Oligochaeta		●●	●●●	●●	●●	●●	●	●●	●	●●●	●	●●●	●●	●●	●		●●
	III <i>Streblospio shrubsolii</i>		●	●●●	●●	●	●●	●	●	●		●		●●	●	●		
	Nemertea			●			•	•						●				

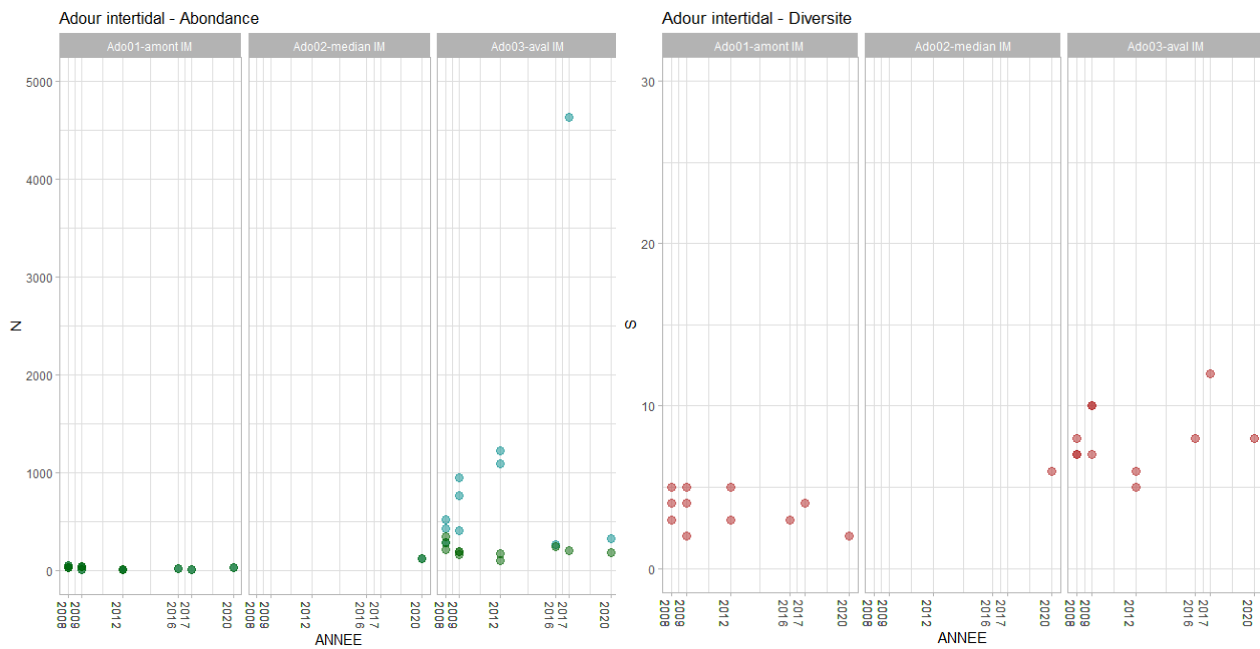


Figure 4 : Variations inter-annuelles de l'abondance (nombre d'individu par m², graphique gauche avec hydrobies (bleu) et sans hydrobies (vert)) et de la diversité (nombre d'espèce par m²) de la faune benthique des trois stations intertidales de l'estuaire de l'Adour

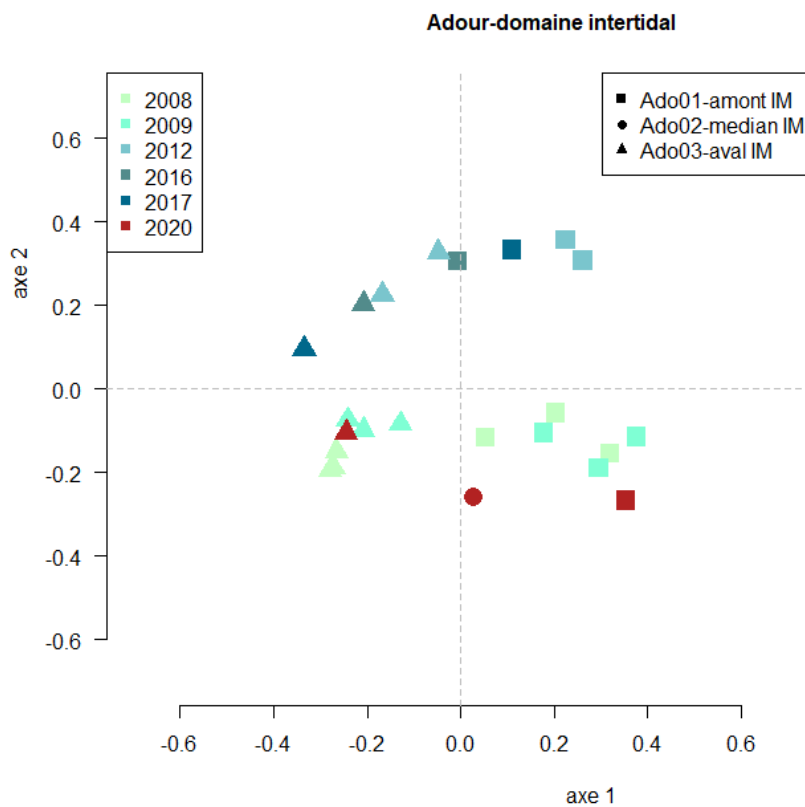


Figure 5
Analyse en coordonnées principales (PCO) présentant le niveau de similarité faunistique entre les points collectés au cours des années dans les stations intertidales de l'Adour.

Caractérisation de l'habitat benthique des sites échantillonnés

La station « **Ado03 – aval IM** » est localisée à relativement faible distance de la station « Adour 2 » suivie dans le cadre de la surveillance des paramètres hydrologiques et planctoniques (Auby *et al.*, 2020). Les résultats acquis depuis 2014 montrent que la salinité au niveau de la surface est très variable avec des périodes hivernales où la salinité est inférieure à 10 voire à 5, et des périodes printano-automnales de durée variable en fonction des années où la salinité est, en général, supérieure à 25 (Figure 6). La nature des sédiments apparaît relativement grossière bien que les teneurs en particules fines soient significatives. Comme dans de nombreux estuaires fortement anthropisés, l'origine anthropique des particules grossières ne peut être écartée. Dans tous les cas, ces sites apparaissent comme des zones où l'envasement est plus faible qu'en amont. Les principales espèces présentes sur cette station, les taux de salinité et le type de substrat suggèrent néanmoins que cette station correspondrait à l'habitat **EUNIS A2.31** « Estrans vaseux de la partie moyenne des estuaires dominés par polychètes et les bivalves » ou à l'habitat **EUNIS A2.24** « Estrans sablo-vaseux dominés par les polychètes et les bivalves en milieu à salinité variable ». En ne tenant compte que des espèces retrouvées et des fortes abondances du polychète *Hediste diversicolor*, observées depuis le début du suivi, cette station pourrait aussi correspondre à l'habitat **EUNIS A2.41** « Estrans de vase sablo-graveleuse dominés par *Hediste diversicolor* ». Si l'habitat diffère d'un point de vue strictement sédimentaire, les communautés benthiques associées à ce type de sédiment est identique à celle qui est trouvée dans des substrats plus vaseux ou sablo-vaseux. Les variations de salinités apparaissant comme le principal facteur affectant la composition de la communauté macrozoobenthique.

Les stations « **Ado01 – amont IM** » et « **Ado02 – median IM** » relèvent du type d'habitat **EUNIS A2.31** « Estrans vaseux de la partie moyenne des estuaires dominés par polychètes et les bivalves » par rapport aux fortes teneurs en particules fines et la dominance du bivalve *Scrobicularia plana* accompagnée de polychètes.

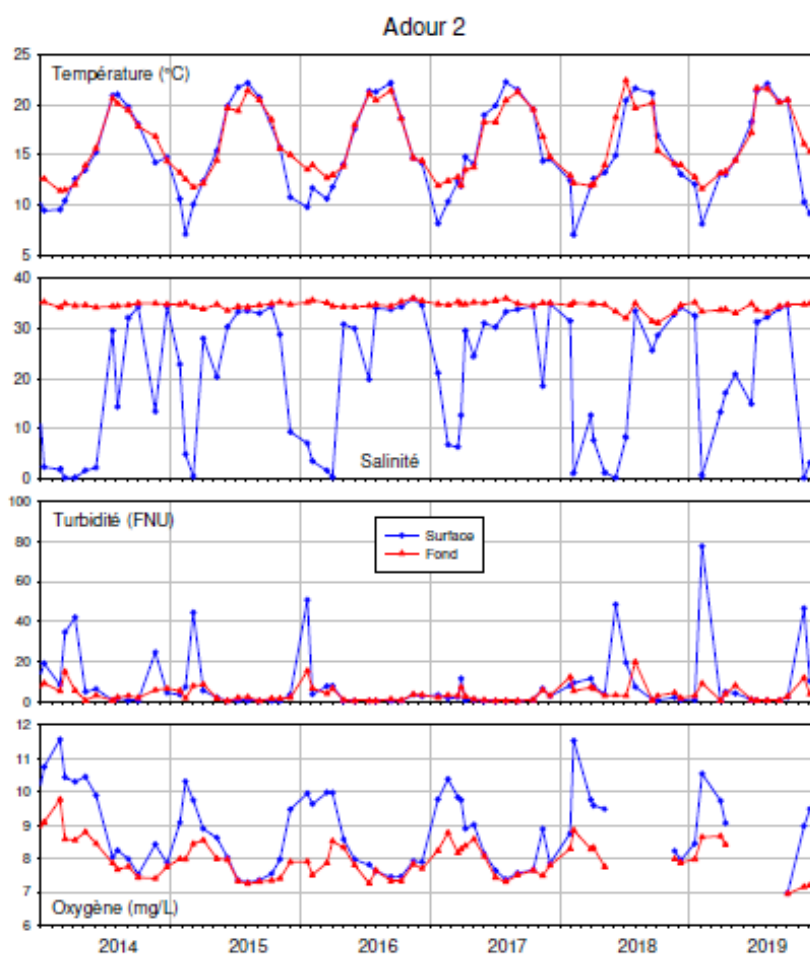


Figure 6 : Conditions hydrologiques à la station « Adour 2 », extrait du rapport d'Auby *et al.* (2020)

Calcul des métriques indicatrices

Station Ado03 – aval IM

L'étude du seul Passage B, passage suivi depuis le début de la surveillance DCE et où se localise la station « **Ado03 – aval IM** » actuelle, peut permettre d'évaluer une éventuelle modification « long terme » des métriques incluses dans l'indicateur BEQI-FR : AMBI, nombre de taxons S et indice de diversité de Shannon H'.

D'après les derniers résultats, ces trois métriques ne montrent pas de tendance linéaire croissante ou décroissante significative (Figure 7). La valeur de l'indicateur BEQI ne se trouve pas avoir significativement diminué depuis 2008 (Figure 8). Cette valeur est meilleure en utilisant les références de l'habitat A2.31 (estran vaseux de milieu d'estuaire) qu'avec celles de l'habitat A2.24 (sables vaseux intertidaux) (Figure 9). En se basant sur les conditions de références de l'habitat A2.31, la valeur du BEQI-FR de 2020 tend vers un état « Bon » (Figure 9). Si les références de l'habitat A2.24 sont utilisées, la valeur du BEQI-FR tend vers à un état « Moyen », principalement en raison des valeurs faibles de H' et de S (Figure 9).

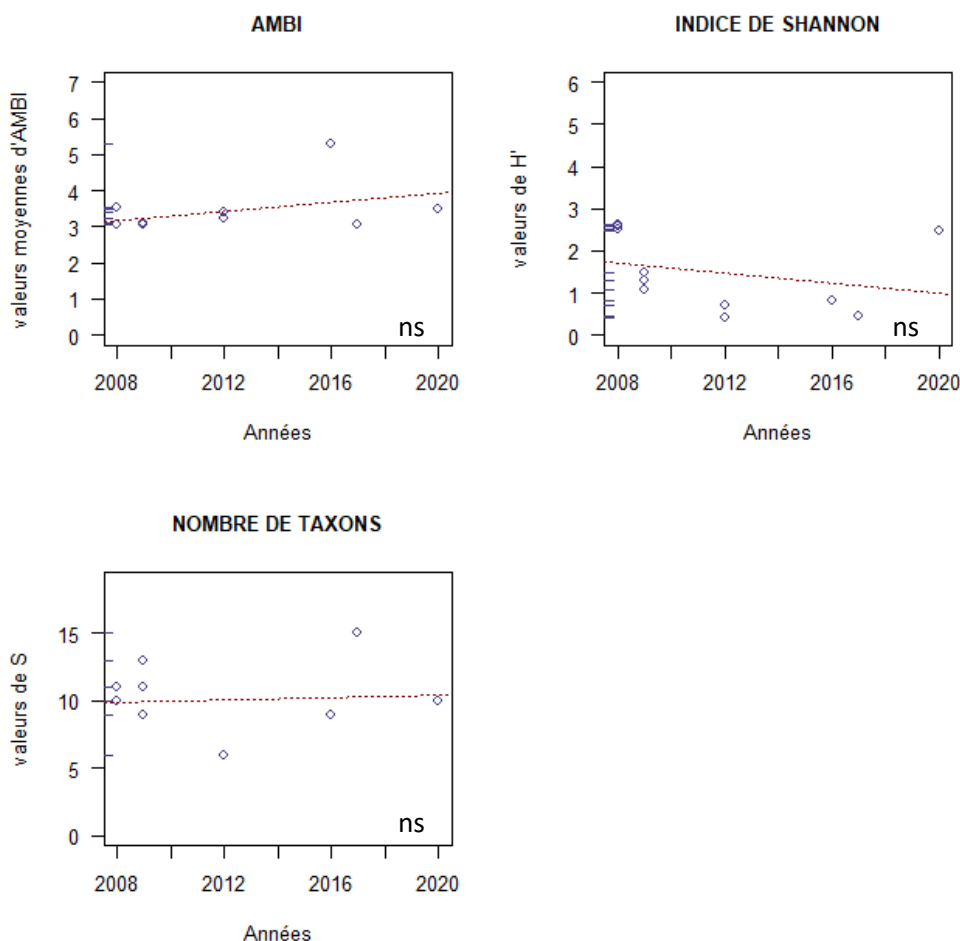
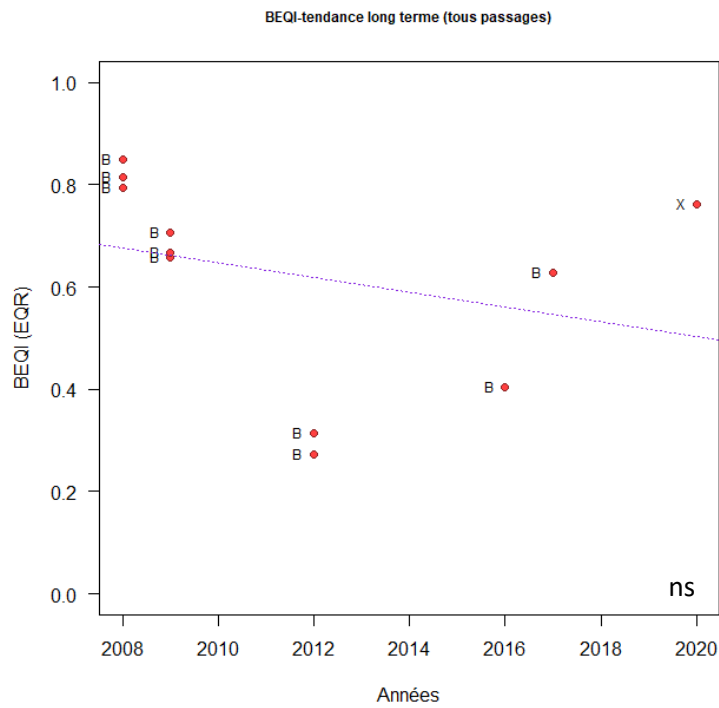


Figure 7

Variations interannuelles des métriques indicatrices au sein de la station « historique » Adour amont, intertidal. La signification statistique de la pente de la régression linéaire est indiquée (ns : non significatif, $p > 0.05$)

A2.31



A2.24

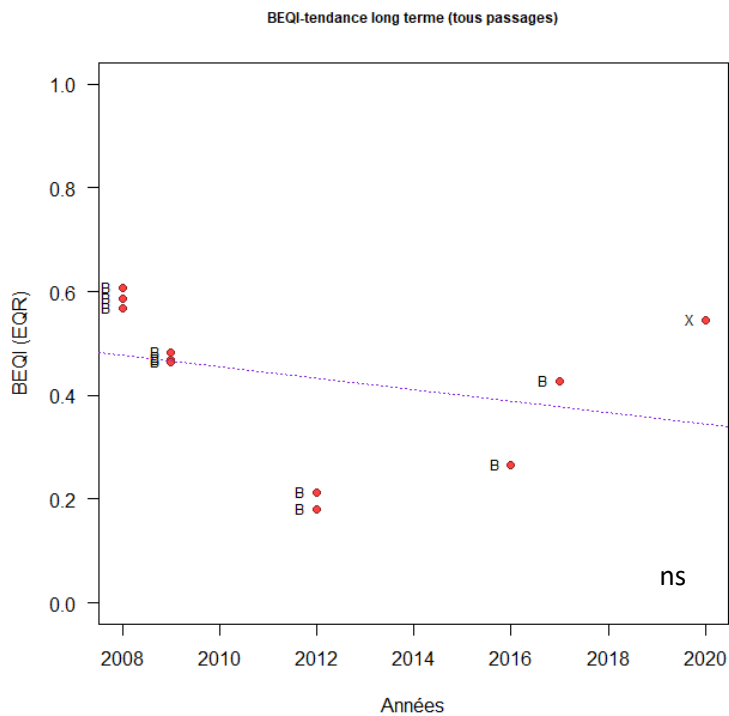
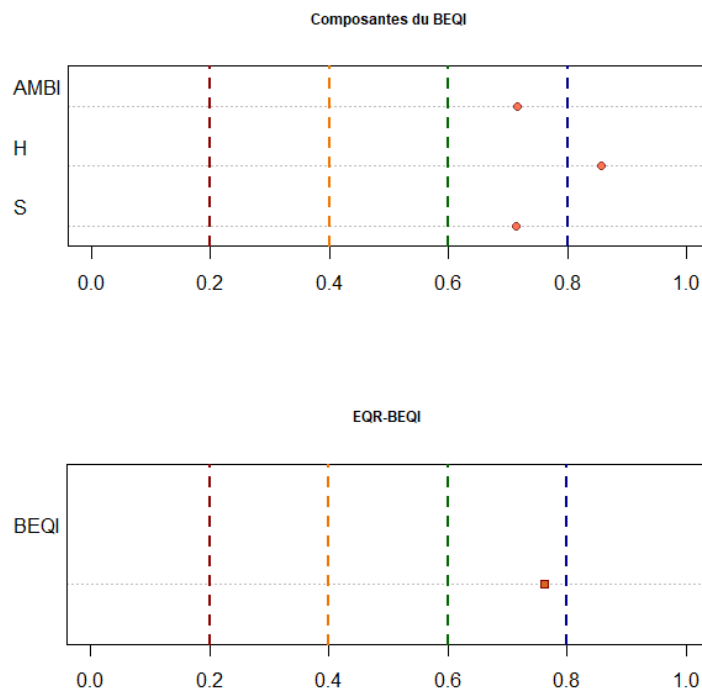


Figure 8
 Variations interannuelles du BEQI-FR, station « Ado03 – aval IM », en utilisant une référence d’habitat EUNIS A2.31 (en haut) et A2.24 (en bas). La signification statistique de la pente de la régression linéaires est indiquée (ns=non significatif)

A2.31



A2.24

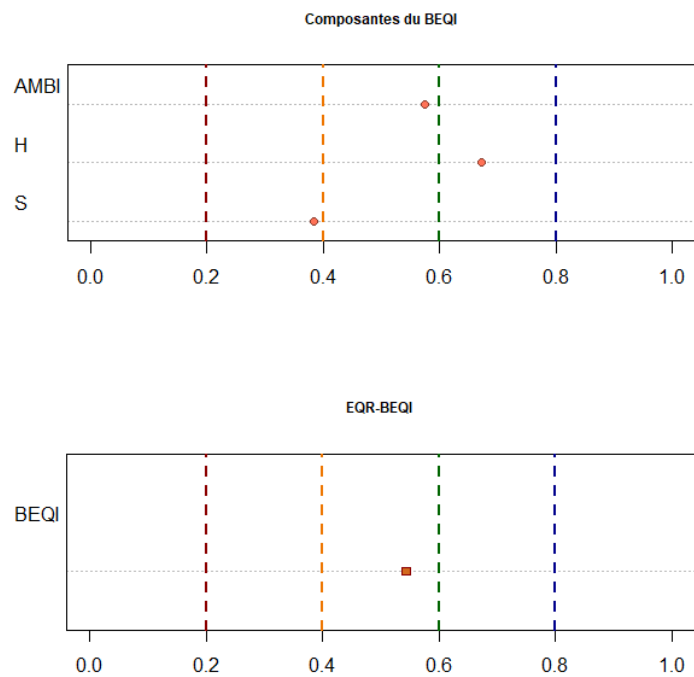


Figure 9

Valeurs de l'indicateur BEQI-FR pour la station « Ado03 – aval IM », pour une référence d'habitat EUNIS A2.31 (en haut) et pour une référence A2.24 (en bas)

Station Ado02 –median IM

Aucune des trois métriques du BEQI-FR ne montre de tendance temporelle dans cette station depuis 2008 (Figure 10). Dans la même logique la valeur du BEQI-FR ne montre pas non plus de tendance monotone à la hausse ou la baisse au cours du suivi (Figure 11). En 2020, les faibles valeurs de H' et de S, en particulier, conduisent à évaluer un état inférieur à bon.

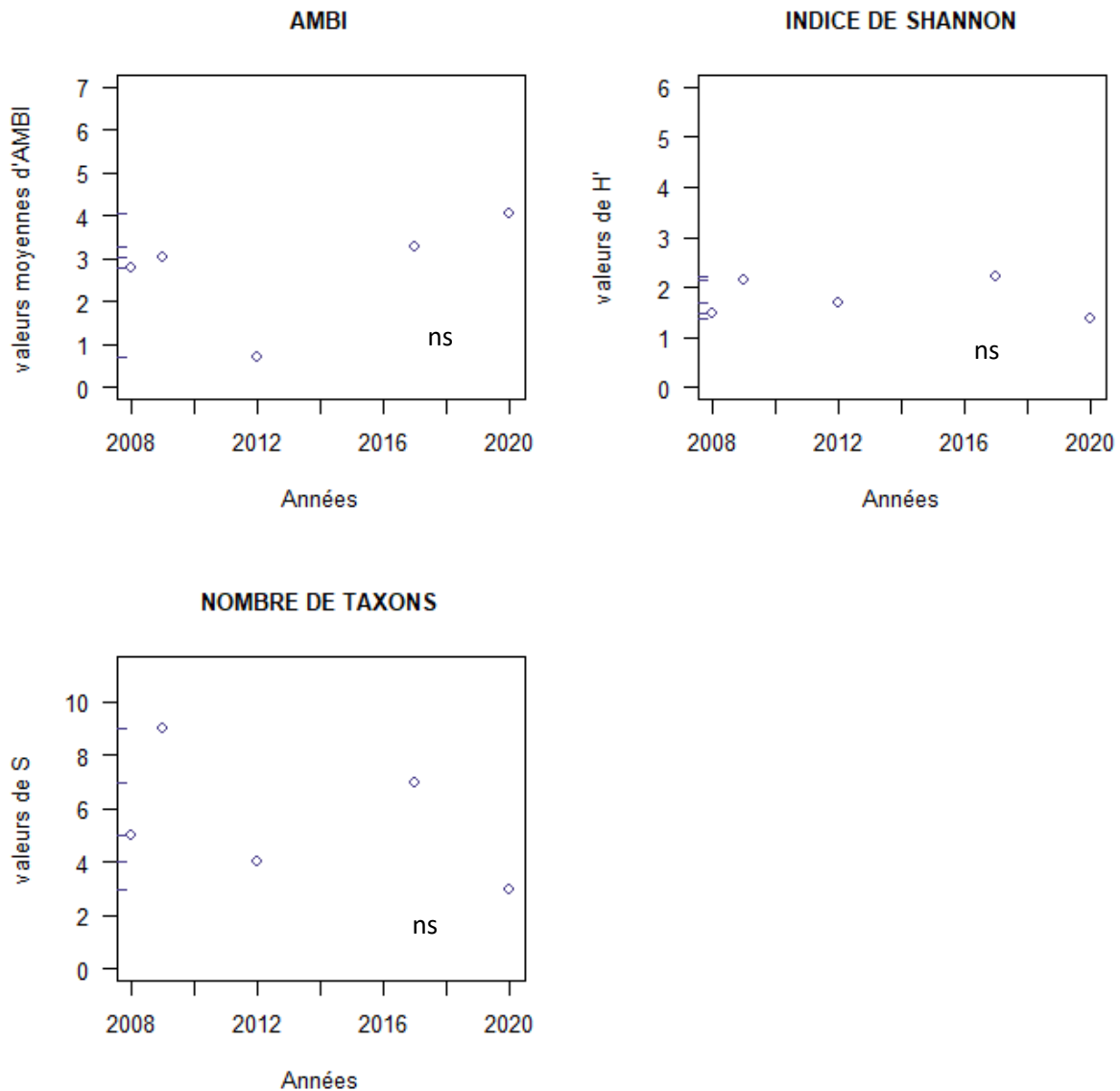


Figure 10

Variations interannuelles des métriques indicatrices au sein de la station « historique » Adour median intertidal. La signification statistique de la pente de la régression linéaire est indiquée (ns : non significatif, $p > 0.05$)

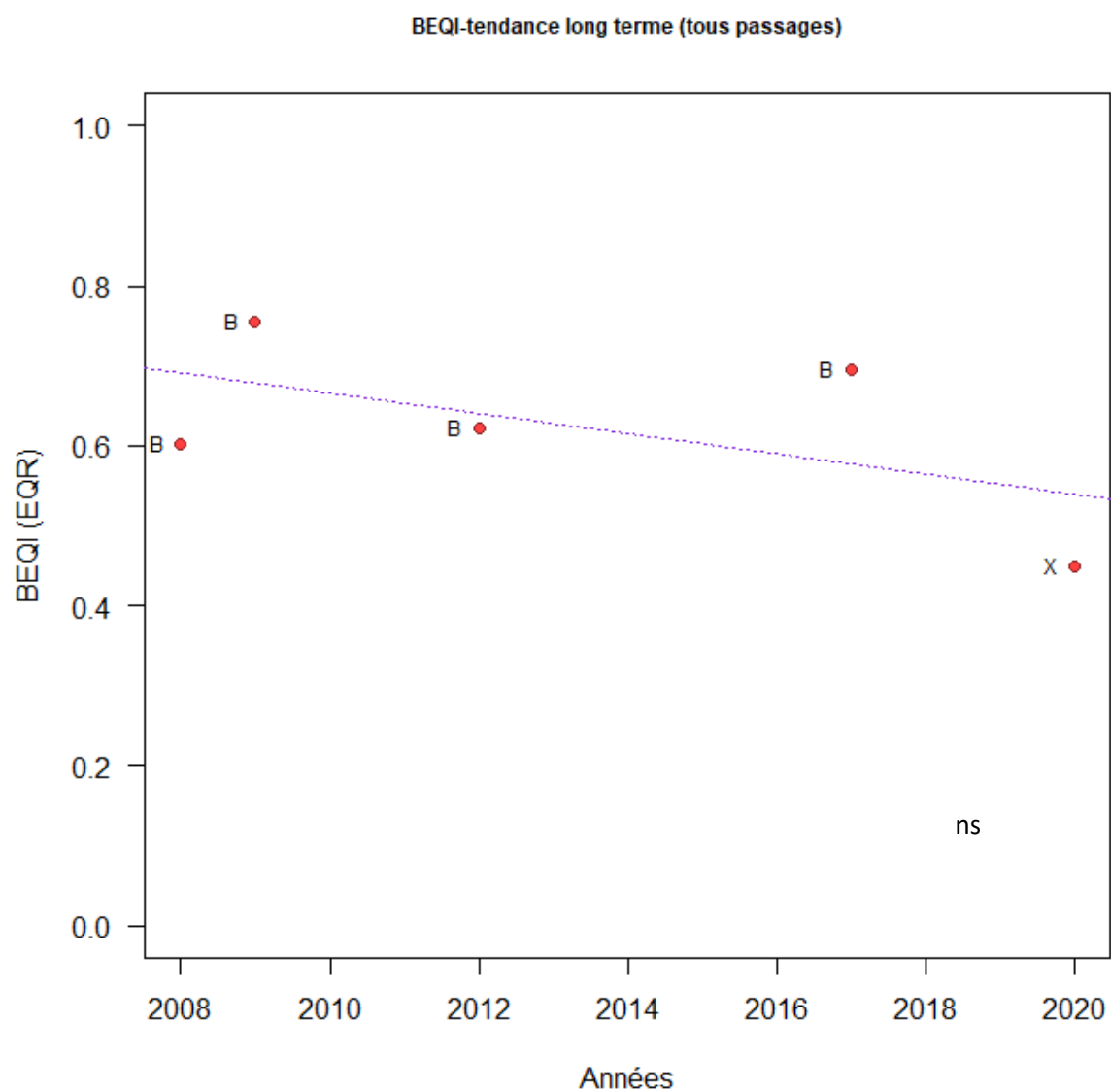


Figure 11

Variations interannuelles du BEQI-FR, station « Ado02 –median IM », en utilisant une référence d'habitat EUNIS A2.. La signification statistique de la pente de la régression linéaires est indiquée (ns=non significatif)

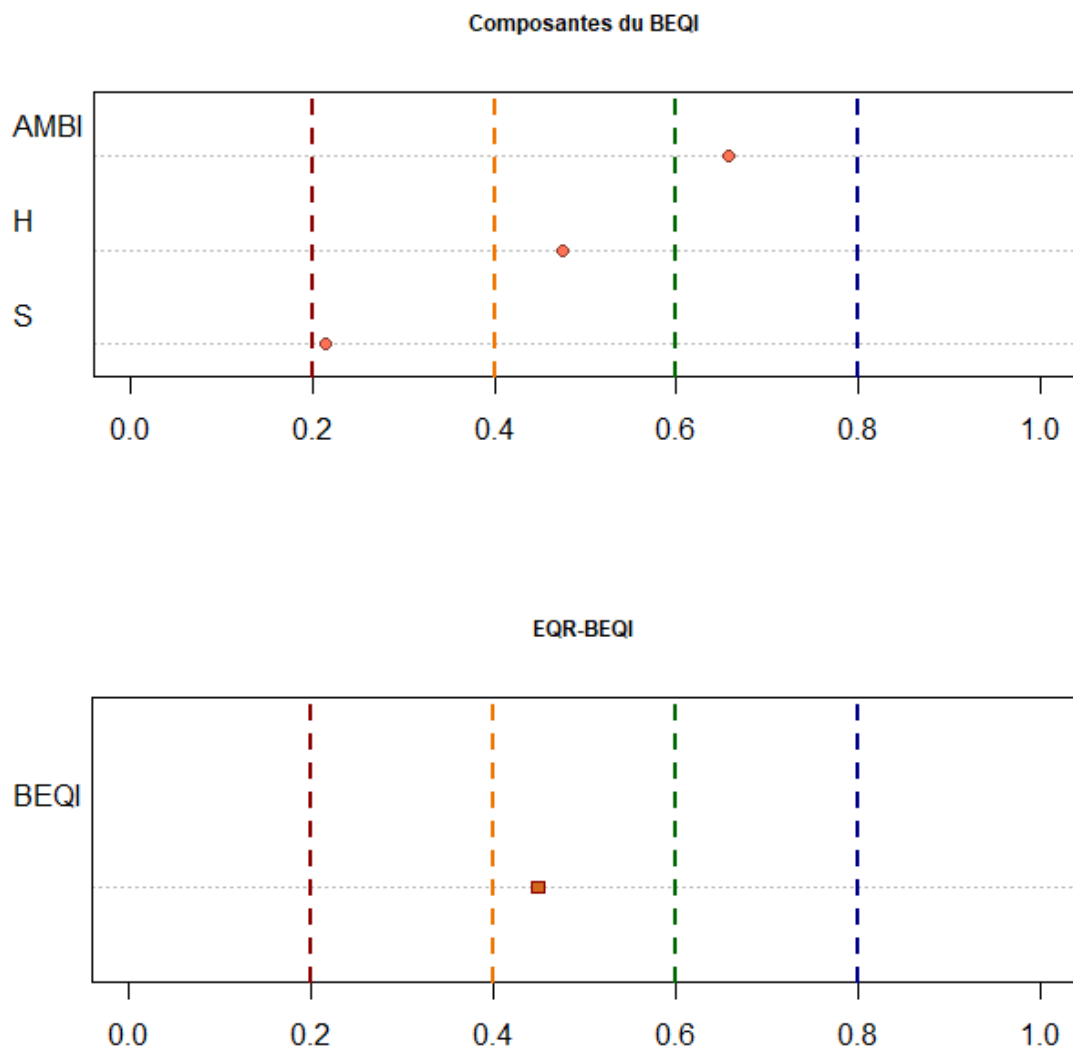


Figure 12
 Valeurs de l'indicateur BEQI-FR pour la station « Ado02 – median IM », pour une référence d'habitat EUNIS A2.31

Station Ado01 – amont IM

Aucune des métriques indicatrices ne montre de tendance linéaire à la croissance ou à la décroissance au cours de la surveillance de la station « Ado01 – amont IM » (Figure 13). De même, les valeurs de l'indicateur BEQI-FR ont oscillé principalement autour de 0.6 au cours de la surveillance de ce site, sans tendance significative entre 2008 et 2020, d'après les données disponibles (Figure 14). L'état écologique de cette station en 2020 tend vers un état « Moyen » (Figure 15). Ces valeurs relativement faibles de l'indicateur sont principalement liées aux métriques de diversité (H' et S) (Figure 16).

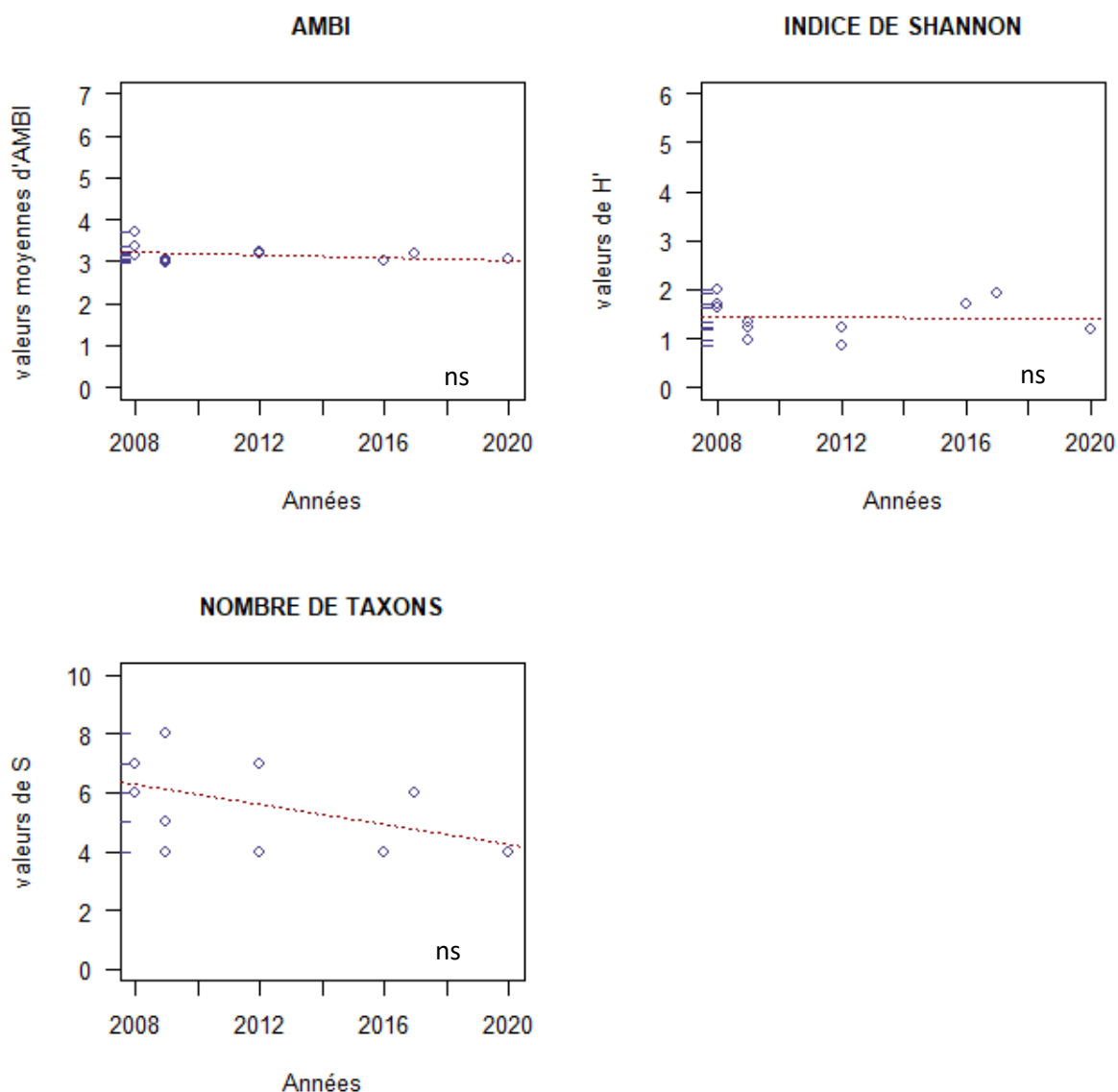


Figure 13

Variations interannuelles des métriques indicatrices au sein de la station « historique »- Adour amont, intertidal. La signification statistique de la pente de la régression linéaire est indiquée (ns : non significatif, $p > 0.05$)

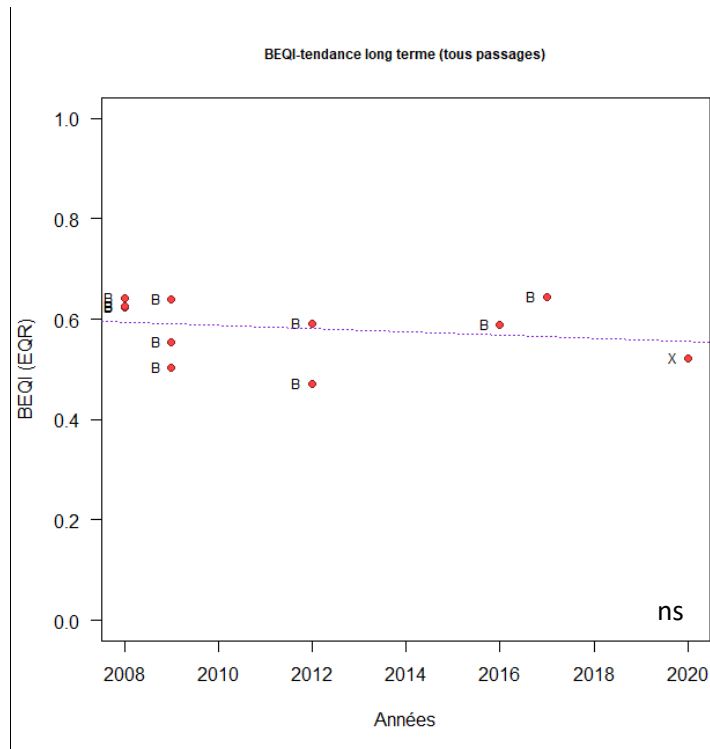


Figure 14

Variations interannuelles du BEQI-FR, station « Ado01 – amont IM », en utilisant une référence d’habitat EUNIS A2.31. La signification statistique de la pente de la régression linéaires est indiquée (ns=non significatif, $p>0.05$)

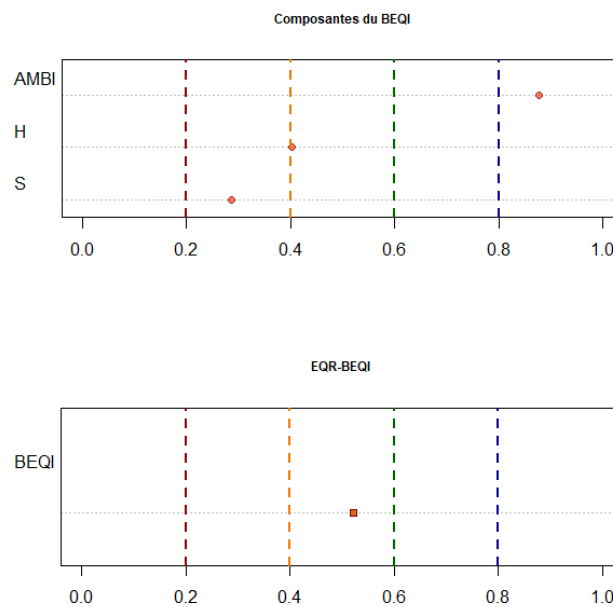


Figure 15

Valeurs de l’indicateur BEQI-FR pour la station « Ado01 – amont IM », pour une référence d’habitat EUNIS A2.31

SITES SUBTIDAU

Caractéristiques des sédiments

La station subtidale « **Ado03-aval SM** » est située dans une zone où les sédiments varient de manière importante à petite échelle spatiale. D'après les échantillonnages réalisés depuis 2007 (Table 8). D'un échantillon à l'autre, les sédiments consistent en des vases (médiane granulométrique inférieure à 65 μm) riches en matière organique, à des sables plus ou moins envasés voire à des graviers (Table 8). Cette année 2020, les échantillons ont été collectés au niveau du passage C de l'ancienne station DCE, suivie depuis 2016 suite au changement de protocole AQUAREF (Garcia *et al.*, 2014). D'après les prélèvements sédimentaires, le sédiment y est plus homogène que sur le point historique (Passage B), avec des teneurs en particules fines et en matière organique faibles et des médianes granulométriques comprises en 278 et 289 μm (Table 8).

La station « **Ado01-amont SM** » pose historiquement des soucis d'échantillonnage en raison de la présence régulière de cailloux sur site, voire d'absence de sédiments meubles, qui contraignent l'échantillonnage à la benne van Veen. Le substrat y est extrêmement variable avec des cailloux et des sables plus ou moins grossiers et envasés et plus ou moins riches en matière organique (Table 8). Cette année 2020, la zone de prélèvement a été légèrement décalée vers l'aval de l'estuaire afin de pouvoir valider les échantillons. Les sables moyens collectés (médiane granulométrique autour de 300 μm) présentaient de faibles teneurs en particules fines et en matière organique (Table 8).

La station « **Ado02-median SM** », échantillonnée sur le passage A de l'ancienne station DCE, suivie depuis 2016, se révèle hétérogène avec un prélèvement correspondant à des sables fin envasés (médiane 175 μm) et deux prélèvements correspondant à des vases sableuses (médiane 28 et 43 μm) (Table 8). Les teneurs en matière organique se révèlent très élevées par rapport aux stations amont et aval (Table 8).

Table 8
Variations des caractéristiques du sédiment des sites subtidaux de l'estuaire de l'Adour

Site Année	Teneur en matière organique (%)	Teneur en particules fines ($<63\mu\text{m}$) (%)	Médiane granulométrique (μm)
Adour aval, subtidal			
2007	6,6	32	230
2008	1,2	6	1120
2009	0,4 à 6,0	3 à 60	40 à 410
2012	0,8 à 8,1	2 à 56	50 à 150
2016	0,6 à 8,9	<1 à 72	30 à 3470
2017	0,5 à 8,1	<1 à 78	20 à 350
2020	0,6	4	290
	0,5	1	280
	0,5	2	290
Adour amont, subtidal			
2007	2,1	6	370
2008	0,4	<1	440
2009	1,0	1	440
2012*	0,6 à 5,1*	2 à 26*	250 à 350*

2016	nd	nd	nd
2017	0,6	<1 à 73	20 à 400
2020	0,3	<1	300
	0,4	<1	310
	0,4	1	300
Adour médian, subtidal			
2020	3,4	28	180
	4,4	58	40
	10,3	71	30

*En 2012, la station a été déplacée vers l'aval

Caractéristiques et évolution de la faune invertébrée benthique

Les espèces qui semblent le mieux caractériser la station « **Ado03-aval SM** » sont les annélides polychètes *Hetemastus filiformis* et *Nephtys cirrosa*, présentent depuis que cette station est échantillonnée (Table 9). Les stations « **Ado01-amont SM** » et « **Ado02-median SM** » sont toutes deux caractérisées par la présence régulière du polychète *Streblospio shrusbolii* et du bivalve *Scrobicularia plana* (Table 9).

En 2020, les stations « **Ado01-amont SM** » et « **Ado03-aval SM** » ont révélé de plus faibles diversités spécifiques et abondances que lors de la dernière année de suivi en 2017 (Figure 14).

L'analyse en coordonnées principales montre que la composition de la macrofaune benthique de la station « **Ado03-aval SM** » reste semblable depuis le début de son suivi en 2016 (Figure 15). Une forte hétérogénéité temporelle est en revanche observée pour la station « **Ado01-amont SM** » (Figure 15), probablement dû à la composition du substrat extrêmement variable comme décrit dans le chapitre précédent. La composition faunistique de la station « **Ado02-median SM** » était très similaire en 2016 et 2017 et était proche de celle de la station « **Ado01-amont SM** » de 2017, puis s'est dissociée de tous les autres relevés en 2020 (Figure 15).

Table 9

Principales espèces caractérisant la macrofaune benthique des stations subtidales de l'estuaire de l'Adour entre 2006 et 2020 et abondance des individus par m² : ●●● espèce « Très Abondante » = plus de 1000 individus par m² ; ●● espèce « Abondante » = [100 ; 1000[ind.m², ● espèce « Commune » = [10 ; 100[ind.m² ; • espèce « Fréquente » = moins de 10 ind.m². L'absence de symbole signifie que l'espèce n'a pas été échantillonnée.

	Groupe écologique		Adour subtidal 2006	Adour subtidal 2007	Adour subtidal 2008	Adour subtidal 2009	Adour subtidal 2012	Adour subtidal 2016		Adour subtidal 2017			Adour subtidal 2020		
			Amont	Amont	Amont	Amont	Amont	Médian	Aval	Amont	Médian	Aval	Amont	Médian	Aval
ANNELIDA	III	Alkmaria romijni						●●		●●	●●			●	
	IV	Heteromastus filiformis					●		●		●	●	●	●	●
	III	Hediste diversicolor		●				●●		●	●●			●	
	II	Nephtys cirrosa	●						●		●			●	●
	V	Oligochaeta		●				●●		●●	●●				
	III	Streblospio shrubsolii		●●●	●●	●	●	●●		●●	●●	●	●	●●●	
ARTHROPODA	III	Corophium multisetosum			●	●			●		●				
	I	Eurydice spinigera		●	●		●	●	●●	●●	●		●		
	II	Gastrosaccus spinifer						●			●			●	
	III	Grandidierella japonica						●		●	●				
MOLLUSCA	III	Peringia ulvae		●				●		●●			●		
	III	Scrobicularia plana		●		●		●●		●●	●●●	●		●●●	

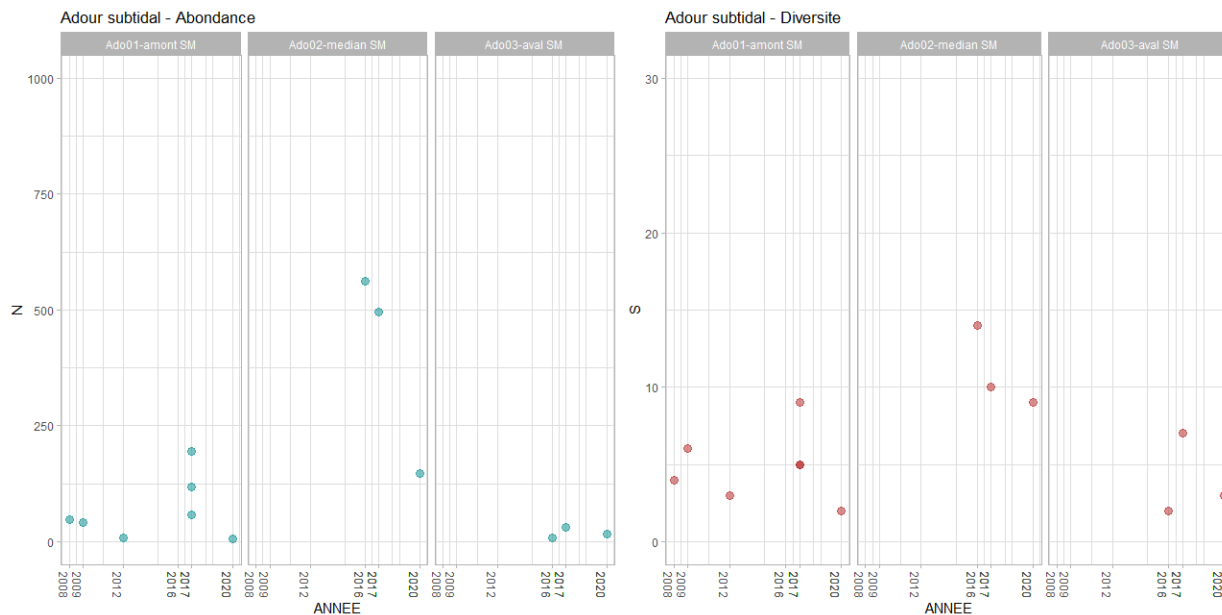


Figure 14

Variations inter-annuelles de l'abondance (nombre d'individu par m², graphique gauche avec hydrobie (bleu) et sans hydrobie (vert)) et de la diversité (nombre d'espèce par m²) de la faune benthique des trois stations subtidales de l'estuaire de l'Adour

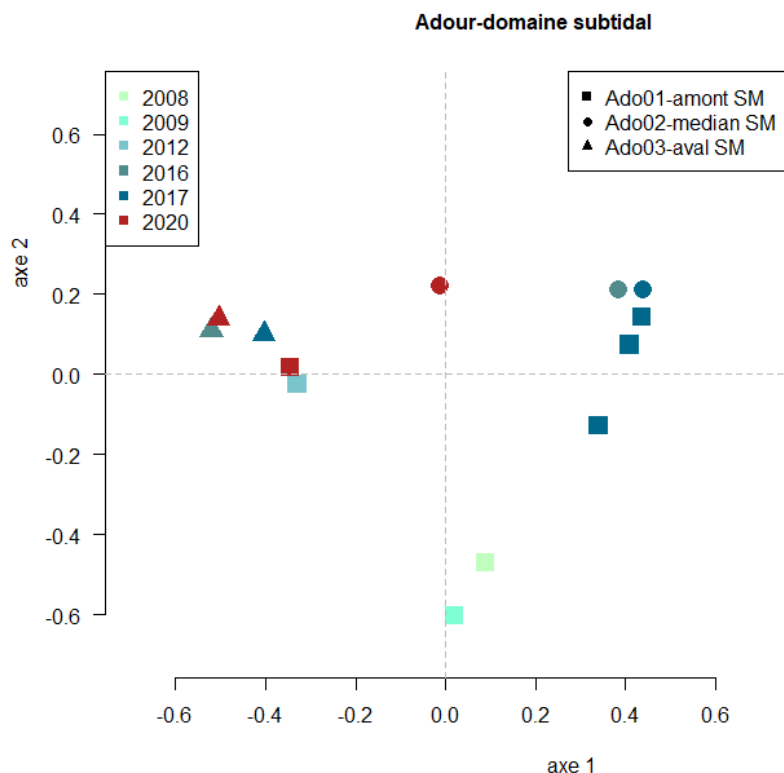


Figure 15

Analyse en coordonnées principales (PCO) présentant le niveau de similarité faunistique entre les points collectés au cours des années dans les stations subtidales de l'Adour.

Caractérisation de l'habitat benthique des sites échantillonnés

La station « **Ado03 – aval SM** » est localisée à faible distance de la station « Adour 2 » suivie dans le cadre de la surveillance des paramètres hydrologiques et planctoniques (Auby *et al.*, 2020). Les résultats acquis depuis 2014 montrent que la salinité au niveau du fond est très stable et comparables à des conditions marines côtières (Figure 16). Les sédiments prélevés sur le passage C de l'ancien protocole, suivi depuis 2016 et qui correspond à la station actuelle, consistent en des sables moyens avec de faibles teneurs en particules fines et en matière organique. Parmi les trois espèces retrouvées dans les prélèvements de 2020 on trouve l'annélide polychète *Nephtys cirrosa*, dominante depuis le début du suivi (Table 9), et le crustacé isopode *Eurydice spinigera*, qui sont des espèces robustes typiques des sables propres. Les conditions marines, le type sédimentaire et la faune associée tendent à classer cette station dans l'habitat **EUNIS A5.23** « Sables fins infralittoraux », caractérisé par des espèces robustes dont *Nephtys cirrosa*.

Nous ne disposons pas d'informations précises sur le niveau de salinité aux stations « Ado02-median SM » et « Ado01-amont SM » mais leur position dans l'estuaire laisse penser qu'elles se trouvent en domaine polyhalin, voir mésohalin pour « Ado01-amont SM » (Figure 3). Pour « **Ado02-median SM** », le domaine halin, le type de sédiment vaseux et la dominance de polychètes et de bivalves tendent à classer cette station dans l'habitat **EUNIS A5.24** « Sables plus ou moins envasés infralittoraux » en conditions polyhalines = **IMuSa2** (Blanchet & Fouet, 2019).

La station « **Ado01-amont SM** » présente quant à elle, en 2020, des sables à faibles teneurs en particules fines et seulement trois espèces dont le crustacé mysidacé *Gastrosaccus spinifer*, également dominant sur la station « Ado03 – aval SM » ce qui explique la proximité des points de la PCO (Figure 15), ainsi que le crustacé isopode *Lekanesphaera hookeri*, typique de la faune euryhaline. Ces caractéristiques environnementales et faunistiques tendent à classer cette station dans l'habitat **EUNIS A5.22** « Sables subtidiaux soumis à des variations de salinité (estuaires) » (Blanchet & Fouet, 2019).

Calcul des métriques indicatrices

Station Ado03 – aval SM

La station « Ado03 – aval SM », échantillonnée en 2016, 2017 et 2020, n'offre pas un jeu de données suffisant pour pouvoir évaluer des tendances évolutives au sein de la communauté benthique (Figure 16). Cette station, qui correspond à l'ancien passage C échantillonné depuis 2016, relève de l'habitat **EUNIS A5.23** « Sables fins infralittoraux » qui à ce jour n'a pas de conditions de références à utiliser pour le calcul du BEQI et pour déterminer l'état écologique de ce site.

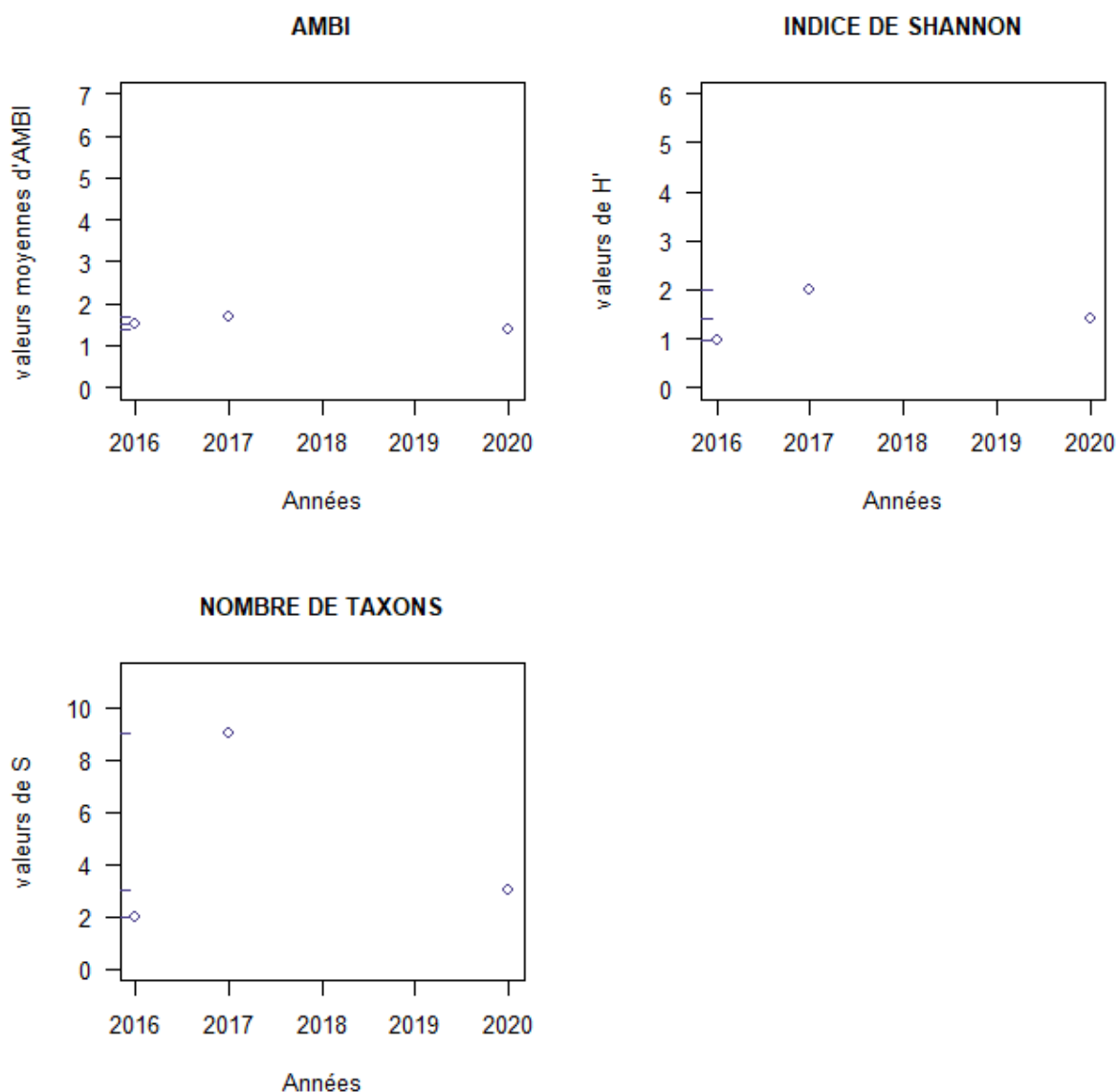


Figure 16 Métriques indicatrices au sein de la station Ado03 – aval SM en 2016, 2017 et 2020

Station Ado01 – amont SM

La surveillance de la station « **Ado01-amont SM** » ne met pas en évidence de tendance des métriques indicatrices entre 2008 et 2020 (Figure 17). Aucune tendance pluriannuelle n'est également détectée pour les valeurs du BEQI-FR (Figure 18). Selon cet indicateur, en se basant sur l'habitat de référence **EUNIS A5.22**, la qualité écologique du milieu tend vers un état « Médiocre » (Figure 19). Cette valeur de l'indicateur est principalement dégradée par les faibles valeurs de S (nombre de taxons), de H' (indice de diversité de Shannon) et de l'AMBI (Figure 19).

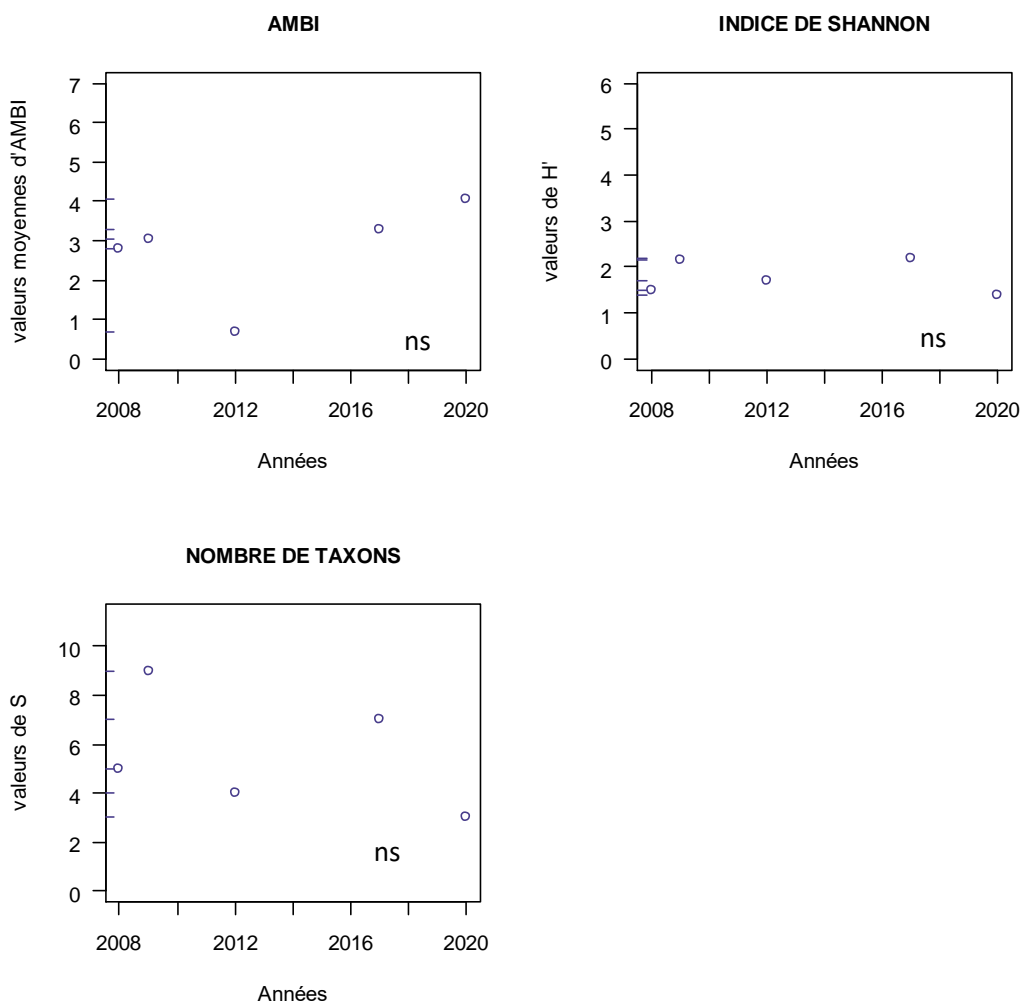


Figure 17

Variations interannuelles des métriques indicatrices au sein de la station « historique » Adour aval, subtidal. La signification statistique de la pente de la régression linéaire est indiquée (ns : non significatif, $p > 0.05$)

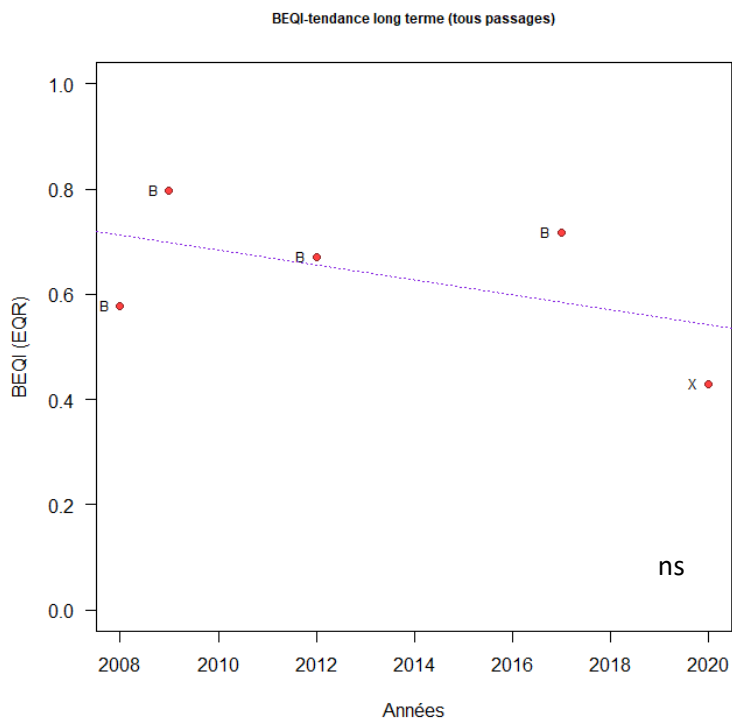


Figure 18
Variations interannuelles du BEQI-FR, station « Ado01-amont SM », en utilisant une référence d’habitat IMuSa2 (EUNIS A5.24). La signification statistique de la pente de la régression linéaires est indiquée (ns=non significatif, $p>0.05$)

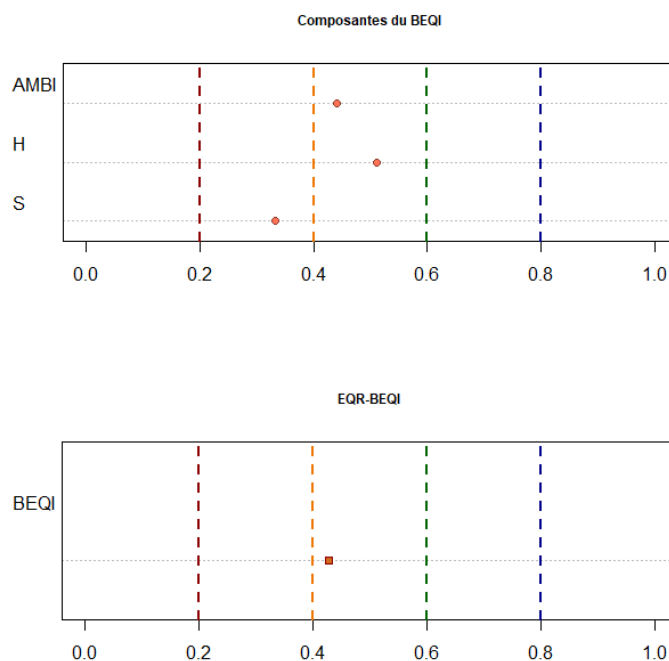


Figure 19
Valeurs de l’indicateur BEQI-FR pour la station « Ado01-amont SM », pour une référence d’habitat IMuSa2 (EUNIS A5.24)

Station Ado02 – median SM

La station « Ado02 – median SM », échantillonnée en 2016, 2017 et 2020, n’offre pas un jeu de données suffisant pour pouvoir évaluer des tendances évolutives au sein de la communauté benthique (Figure 20, gauche).

L’état écologique de cette station en 2020 tend vers un état « Moyen », lié aux trois métriques indicatrices AMBI, H’ et S (Figure 20, droite).

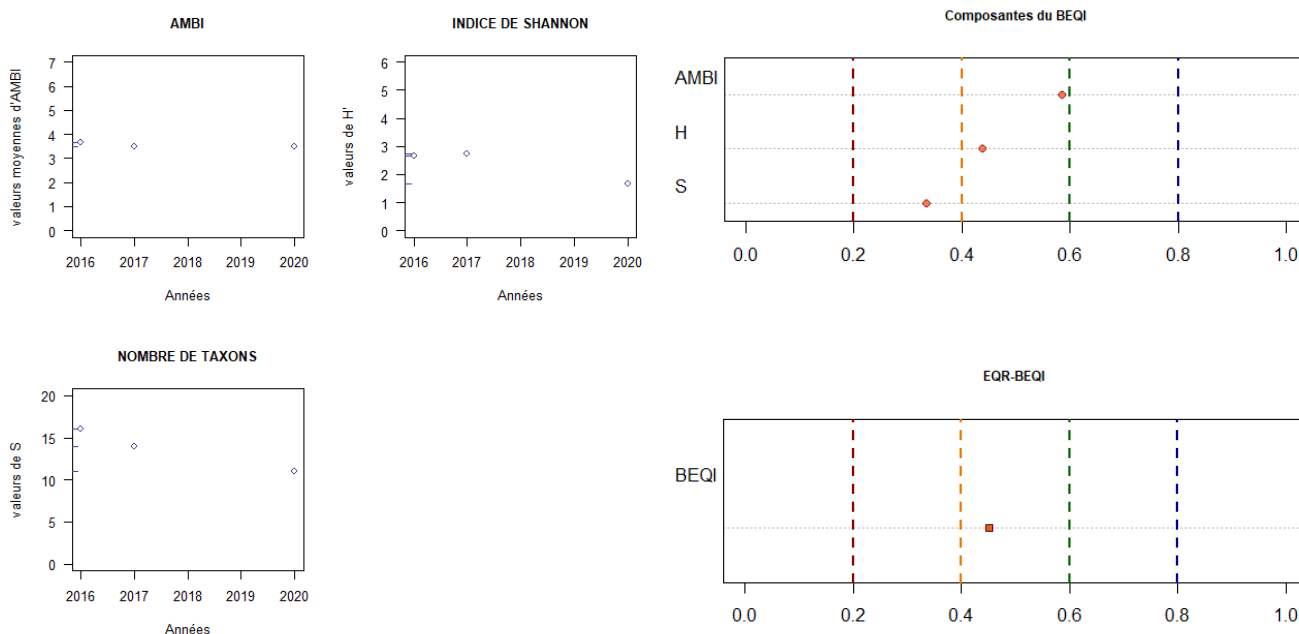


Figure 20 Métriques indicatrices au sein de la station Ado02 – median SM en 2016, 2017 et 2020 (à gauche) et valeurs de l’indicateur BEQI-FR en 2020 pour une référence d’habitat EUNIS A5.24 (à droite)

MASSE D'EAU « GIRONDE CENTRALE » (FRFT 04)

Depuis le début de la surveillance, deux sites sont suivis, en intertidal et en subtidal, dans l'estuaire de la Gironde. Il s'agit des sites de « Saint-Christoly » et de « Saint-Estèphe », tous deux situés sur la rive gauche, respectivement en partie médiane et en amont de l'estuaire. Suite au changement de protocole, quatre stations intertidales et quatre stations subtidales ont été ajoutées au suivi en 2020, ce qui apporte une large couverture de surveillance de l'estuaire (Figure 21). Les stations intertidales **Gir03 – Vitrezay IM**, **Gir04 – Richard IM** et **Gir06 – Meschers IM** et la stations subtidales **Gir03 – Richard SM**, **Gir04 – Barzan SM**, **Gir05 – Talais SM** et **Gir06 – PK86 SM** avaient déjà été échantillonnées en 2008 dans le cadre de la recherche d'indicateur benthique pour la qualification des masses d'eaux de transition de la DCE (Goullieux *et al.*, 2009). Seule la station intertidale **Gir05 – Talmont IM** a été pour la première fois échantillonnée en 2020.

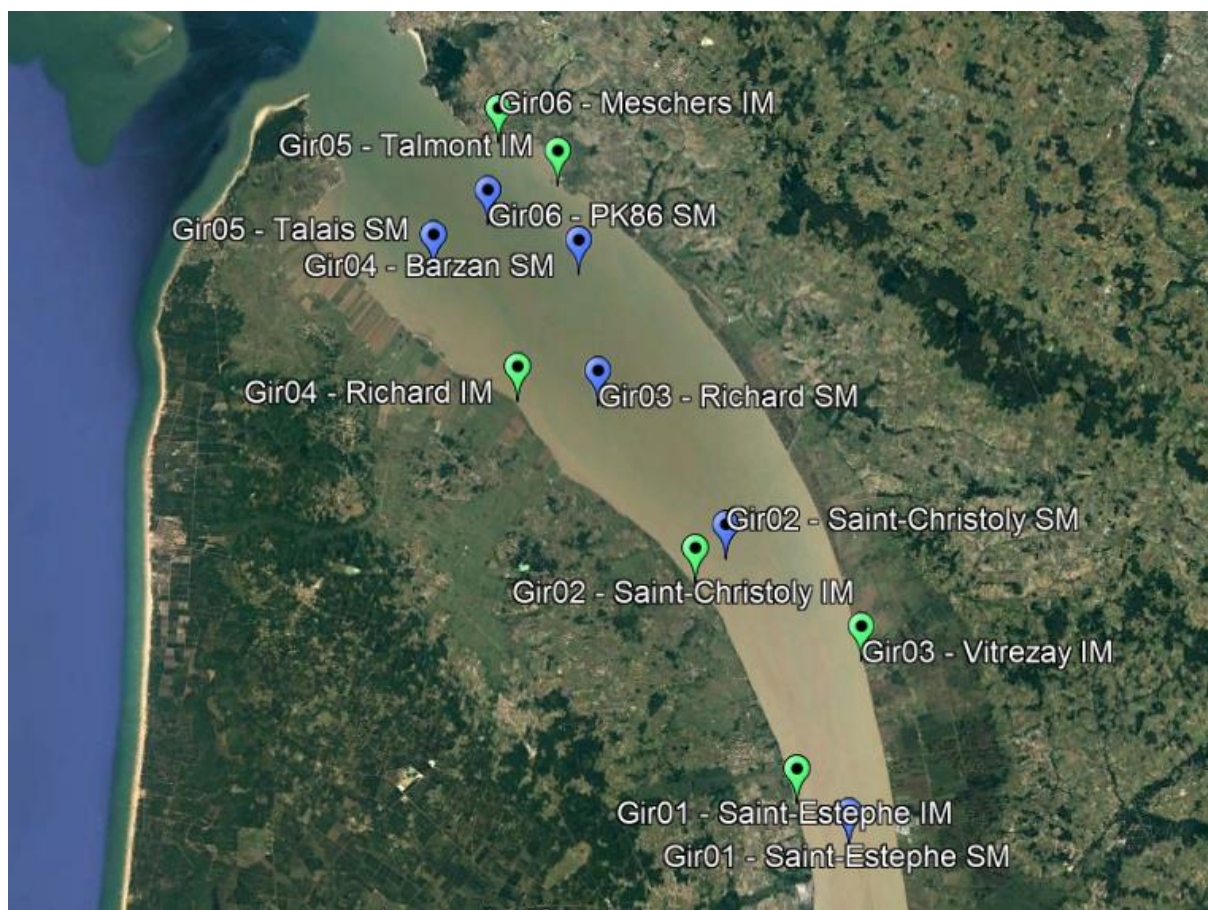


Figure 21

Localisation des stations d'échantillonnage intertidales (en vert) et subtidales (en bleu) de l'estuaire de la Gironde.

SITES INTERTIDEAUX

Caractéristiques des sédiments

Tous les sites intertidaux consistent en des estrans très vaseux dont la médiane granulométrique et la teneur en matière organique sont très stables aux échelles stationnelle et temporelle (Table 10). En 2020, la teneur en particules fines était supérieure à 90% pour l'ensemble des stations (Table 10).

Table 10
Variations des caractéristiques des sédiments aux sites intertidaux de l'estuaire de la Gironde.
nd : non déterminé

Site Année	Teneur en matière organique (%)	Teneur en particules fines ($<63\mu\text{m}$) (%)	Médiane granulométrique (μm)
Gir01 - Saint-Estèphe IM			
2007	nd	83	40
2008	nd	80	40
2009	4,0	79	20
2012	4,0 à 4,3	80 à 82	20
2016	3,7 à 4,1	87 à 95	20
2017	3,6 à 3,9	91 à 95	20
2020	4,3	98	20
	4,3	98	20
	3,7	96	20
Gir02 - Saint-Christoly IM			
2007	Nd	86	30
2008	Nd	84	30
2009	4,0	70	30
2012	5,2 à 6,0	91 à 94	20
2016	4,2 à 4,9	95 à 97	20
2017	4,3 à 4,4	94 à 97	20
2020	5,6	99	20
	6,4	99	20
	6,1	97	20
Gir03 – Vitrezay IM			
2008	4,2	92	-
2020	3,8	99	20
	3,8	99	20
	5,5	99	20
Gir04 - Richard IM			
2008	6,8	94	-
2020	5,4	99	20
	5,6	98	20
	5,4	94	20

Gir05 – Talmont IM

2020	5,6	98	20
	5,8	98	20
	5,7	98	20

Gir06 – Meschers IM

2008	5,8	89	-
2020	5,0	97	20
	5,5	95	20
	5,1	98	20

Caractéristiques et évolution de la faune invertébrée benthique

Les espèces qui caractérisent principalement le site « **Gir02 - Saint-Christoly IM** » sont les mollusques *Scrobicularia plana* et *Peringia ulvae* (Table 11). L'abondance d'individus et la diversité spécifique restent très similaires au cours du temps, avec et sans *P. ulvae* (Figure 22). D'après les résultats de la PCO, la communauté benthique du site s'est révélée relativement homogène tout au long du suivi (Figure 23). Seule l'année 2017 et un échantillon de l'année 2008 se distinguent du nuage de points (Figure 23).

La faune benthique du site « **Gir01 - Saint-Estèphe IM** » se distingue de celle de Saint-Christoly par la présence presque systématique d'oligochètes (Table 11). Comme pour Saint-Christoly, l'abondance d'individus et la diversité spécifiques restent très homogène (Figure 22) mais la composition spécifique semble en revanche assez hétérogène au fil des années d'après la dispersion des points-échantillons de la PCO (Figure 23). L'éloignement des années 2008 et 2017, regroupées entre-elles et proches des autres stations (Figure 23), peut par exemple être expliqué par la présence de *S. plana*, absente le reste du suivi sur Saint-Estèphe mais très présente sur les autres stations.

La station « **Gir03 – Vitrezay IM** », échantillonnée en 2008 et 2020, est caractérisée par l'amphipode *Corophium volutator* et des oligochètes (Table 11), présents les deux années. Ces deux années, la diversité spécifique était la même mais l'abondance des individus était bien supérieure en 2008 (Figure 22).

Les stations « **Gir04 – Richard IM** », « **Gir06 – Meschers IM** », échantillonnées en 2008 et 2020, et « **Gir05 – Talmont IM** », échantillonnée 2020, présentent des communautés benthiques assez similaires d'après les résultats de la PCO (Figure 23). Pour ces trois stations, la diversité spécifique est comprise entre 4 et 7 espèces (Figure 22), principalement caractérisées par *Hediste diversicolor*, *P. ulvae* et *S. plana* (Table 11).

Table 11

Principales espèces caractérisant la macrofaune benthique des « stations historiques » intertidales suivies dans l'estuaire de la Gironde entre 2006 et 2020 et abondance des individus par m² : ●●● espèce « Très Abondante » = plus de 1000 individus par m² ; ●● espèce « Abondante » = [100 ; 1000] ind.m², ● espèce « Commune » = [10 ; 100] ind.m² ; • espèce « Fréquente » = moins de 10 ind.m². L'absence de symbole signifie que l'espèce n'a pas été échantillonnée.

	Groupe écologique	Gironde intertidal 2006		Gironde intertidal 2007		Gironde intertidal 2008					Gironde intertidal 2009		Gironde intertidal 2012		Gironde intertidal 2016		Gironde intertidal 2017		Gironde intertidal 2020					
		Gir01	Gir02	Gir01	Gir02	Gir01	Gir02	Gir03	Gir04	Gir06	Gir01	Gir02	Gir01	Gir02	Gir01	Gir02	Gir01	Gir02	Gir01	Gir02	Gir03	Gir04	Gir05	Gir06
ANNELIDA	III <i>Hediste diversicolor</i>		●	●	●		•					•				●		●		●	●●	●●	●●	
	IV <i>Heteromastus filiformis</i>				●		●		●	●●●				●							●	●	●	
	II <i>Nephtys hombergii</i>								●	•											●		●	
	V <i>Oligochaeta</i>	●		●●				●					•		●		●		●		●	●	●	
	III <i>Streblospio shrubsolii</i>	●		●	●●			●		●	•			●		●		•			●			
MOLLUSCA	III <i>Limecola balthica</i>								●●	●		●		●		●				●	●●			
	III <i>Peringia ulvae</i>		●	●			●		●●●	•		●●	•	●●		●●		●●		●●	●●	●●●	●●●	
	III <i>Scrobicularia plana</i>		●●		●●		●		●●		●	●●	●	●●		●●		●	●●	●●	●●	●●	●●	
ARTHROPODA	III <i>Corophium volutator</i>	●		●●		●	•	●●●					●●	●				●●	●		●			
	III <i>Cyathura carinata</i>	●	●	●	●●	•	•	●			●	●	●	●		●		●	●		●		●●	

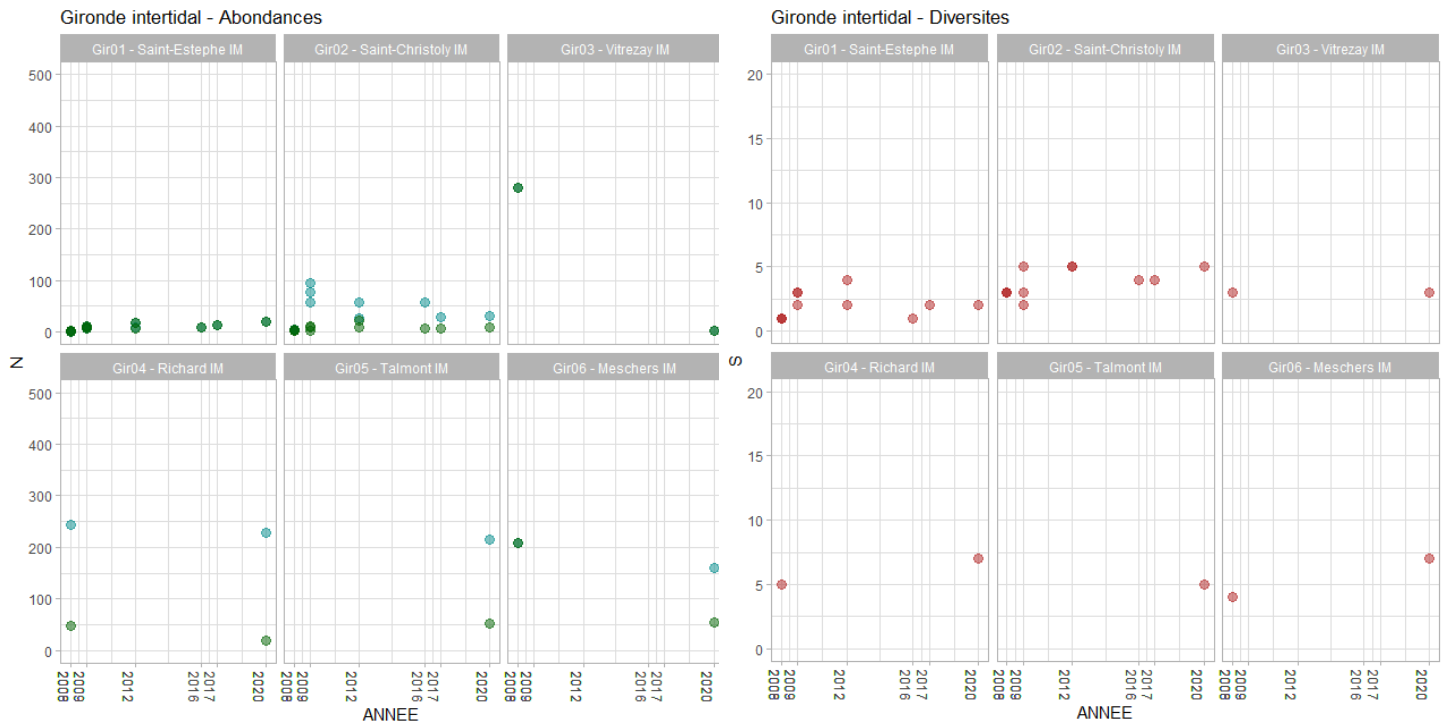


Figure 22 : Variations inter-annuelles de l'abondance (nombre d'individu par m², graphique gauche avec hydrobies (bleu) et sans hydrobies (vert)) et de la diversité (nombre d'espèce par m²) de la faune benthique des trois stations intertidales de l'estuaire de la Gironde

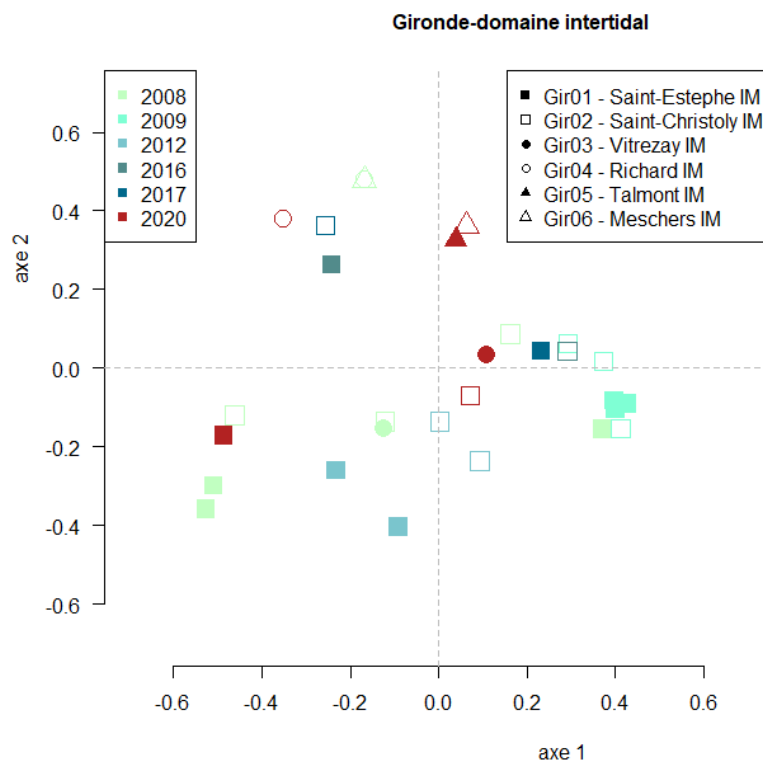


Figure 23
Analyse en coordonnées principales (PCO) présentant le niveau de similarité faunistique entre les points collectés au cours des années dans les stations intertidales de la Gironde.

Caractérisation de l'habitat benthique des sites échantillonnés

La station « **Gir01 - Saint Estèphe IM** » est localisée au niveau du Point Kilométrique 52, qui correspond au Point E de la surveillance du CNPE Blayais (Rumebe-Perrière *et al.*, 2020). D'après les données existantes, la salinité oscille en général entre 3 et 8 au cours de l'année (Figure 24) ce qui correspond à un gradient de salinité faible typique de l'amont des estuaires. Cela associé au substrat vaseux et au type de communauté benthique généralement retrouvée sur cette station, l'habitat **EUNIS** correspondant est l'habitat **A2.32** « Estrans vaseux en amont des estuaires dominés par des polychètes ou des oligochètes ». Néanmoins, une analyse réalisée par Fouet (com. pers.) dans le cadre du travail réalisé sur les indicateurs en estuaire a montré qu'à régime de salinité similaire, les bivalves étaient présents en estuaire de Seine. Cette analyse a été confirmée par les prélèvements de 2008 et de 2017 à Saint-Estèphe où le bivalves *S. plana* a été observé. Il convient donc de rattacher la station Saint-Estèphe aux deux habitats A2.31 et A2.32.

La station « **Gir02 - Saint Christoly IM** » est localisée au même niveau de l'estuaire que la station « F » de la surveillance écologique de la centrale du Blayais (Rumebe-Perrière *et al.*, 2020). D'après ces travaux, la salinité des eaux en profondeur, bien que très variable en fonction des marées et des débits, est en général comprise entre environ 8 et 16 de salinité au cours de l'année (Figure 24). Les sédiments consistent en des vases et la faune est riche en bivalves (*Scrobicularia plana*) et les polychètes sont présents (*Hediste diversicolor*). L'habitat de référence de cette station est donc l'habitat **EUNIS A2.31** « Estrans vaseux de la partie moyenne des estuaires, dominés par les bivalves et les polychètes ».

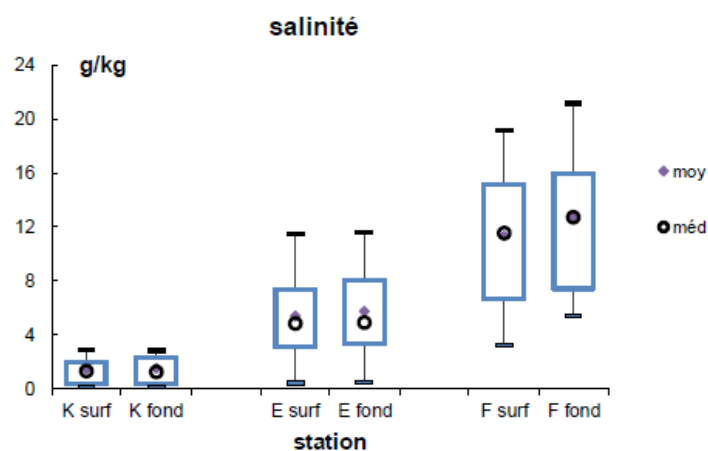


Figure 24

Salinités mesurées en 2020 dans le cadre de la surveillance écologique du CNPE Blayais (issu de Perrière-Rumebe *et al.*, 2020). Le Point F, correspond aux stations Saint-Christoly et le Point E correspond aux stations Saint-Estèphe.

Nous ne disposons pas d'informations précises sur le niveau de salinité au niveau des quatre autres stations intertidales. La PCO a cependant mis en évidence une bonne similarité des communautés benthiques entre les stations « **Gir04 – Richard IM** », « **Gir05 – Talmont IM** », « **Gir06 – Meschers IM** » et celle de Saint-Christoly (Figure 23). Elles correspondent de plus au même type de substrat. Il paraît donc logique d'utiliser la même référence d'habitat pour ces trois stations que pour celle de Saint-Christoly, soit l'habitat **EUNIS A2.31**. La station « **Gir03 – Vitrezay IM** » a une position intermédiaire entre le nuage de point de Saint-Christoly et de Saint-Estèphe (Figure 23). En raison

de sa position en amont de l'estuaire, face à la station de Saint-Estèphe, il paraît approprié de lui accorder les mêmes références que cette dernière, soit celles des deux habitats **EUNIS A2.31** et **A2.32**.

Calcul des métriques indicatrices

Gir01 - Saint Estèphe IM

La surveillance réalisée depuis 2007 sur le site de Saint-Estèphe ne met pas en évidence de tendance forte à l'augmentation ou à la diminution des valeurs des métriques indicatrices utilisées par le BEQI-FR (Figure 25) ni du BEQI-FR lui-même (Figure 26). En 2020, cette valeur est meilleure en utilisant les références de l'habitat EUNIS A2.32 « Estrans vaseux en amont des estuaires dominés par des polychètes ou des oligochètes » qu'avec celles de l'habitat EUNIS A2.31 « Estrans vaseux de la partie moyenne des estuaires, dominés par les bivalves et les polychètes ». En se basant sur les conditions de références de l'habitat **A2.31**, la valeur du BEQI-FR de 2020 tend vers un état à la limite entre « **Médiocre** » et « **Moyen** » (Figure 27, haut). Si les références de l'habitat **A2.32** sont utilisées, la valeur du BEQI-FR tend vers un état « **Moyen** » (Figure 27, bas). Dans les deux cas, ces valeurs sont liées à un faible nombre d'espèces, une diversité faible à modérée et, dans une moindre mesure par la présence quasi-exclusive d'oligochètes, considérés comme indicateur de pollution organique par l'AMBI.

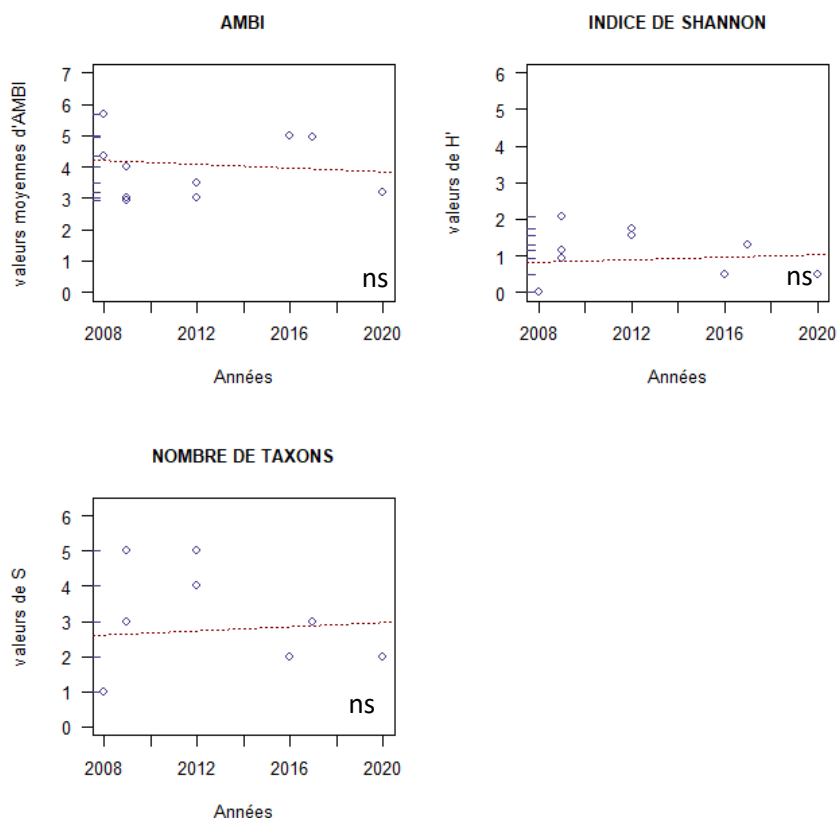
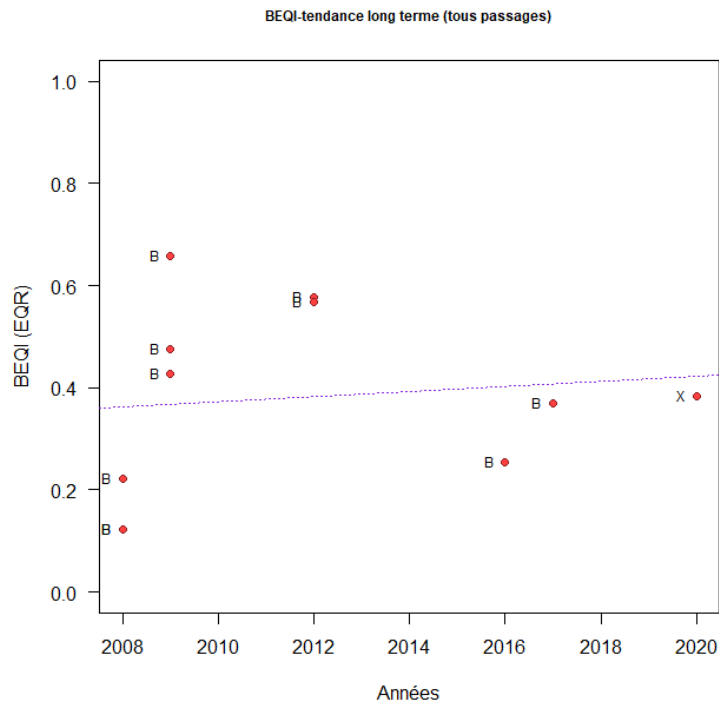


Figure 25 : Variations interannuelles des métriques indicatrices au sein de la station « historique »- St-Estèphe, intertidal. La signification statistique de la pente de la régression linéaire est indiquée (ns : non significatif, $p > 0.05$)

A2.31



A2.32

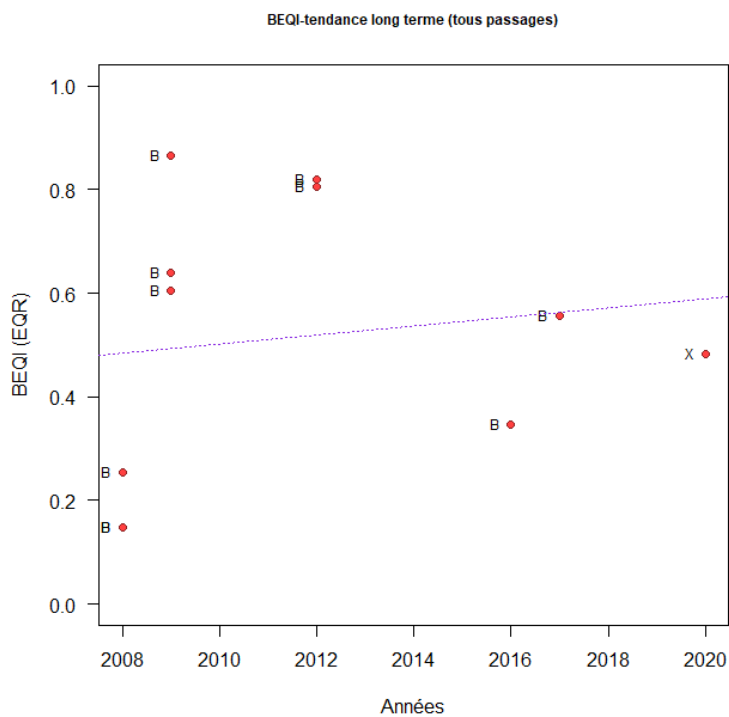
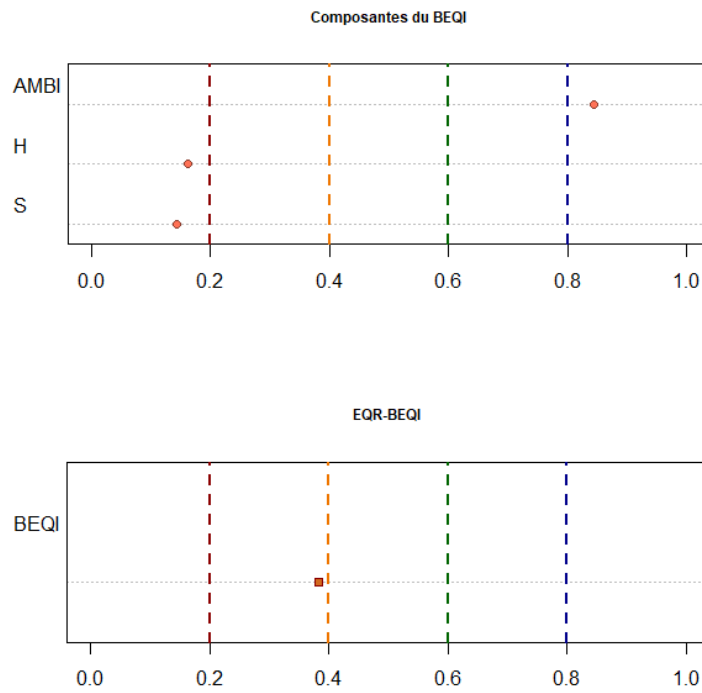


Figure 26

Variations interannuelles du BEQI-FR, station « Gir01 - Saint Estèphe IM », en utilisant une référence d'habitat EUNIS A2.31 (haut) et A2.32 (bas). La signification statistique de la pente de la régression linéaires est indiquée (ns=non significatif)

A2.31



A2.32

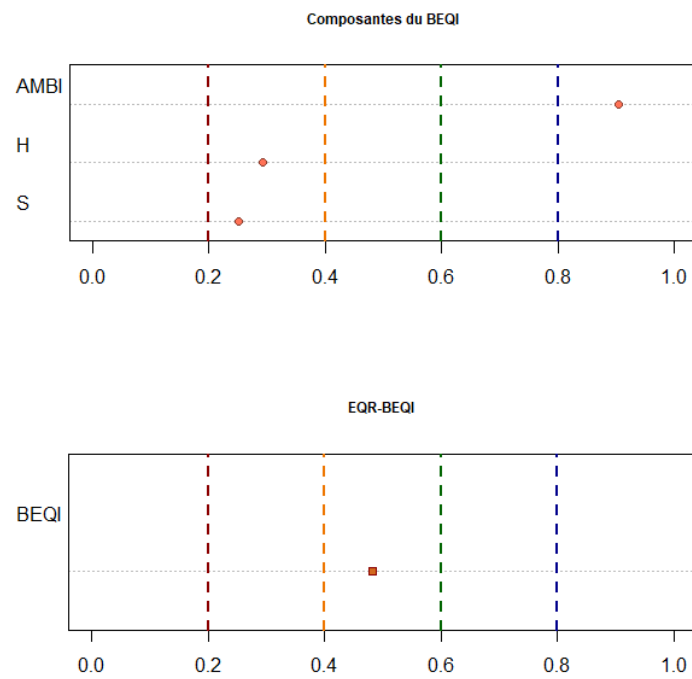


Figure 27
Valeurs de l'indicateur BEQI-FR pour la station « Gir01 - Saint Estèphe IM », pour une référence d'habitat EUNIS A2.31 (haut) et pour une référence A2.24 (bas)

Gir02 - Saint Christoly IM

Au niveau du site de **Saint-Christoly, intertidal** la surveillance réalisée depuis 2007 ne met pas en évidence de tendance globale linéaire à la croissance ou à la décroissance d'aucune des trois métriques utilisées par l'indicateur (Figure 28). L'indicateur BEQI-FR, basé sur l'habitat de référence A2.31 ne montre pas non plus de tendance d'évolution particulière (Figure 29). Les valeurs de l'indicateur en 2020 tendent vers un état écologique « Moyen » à « Bon » (Figure 30), comme en 2017 (Blanchet *et al.*, 2018). Cette note est surtout liée aux faibles valeurs de S et d'H' (Figure 30).

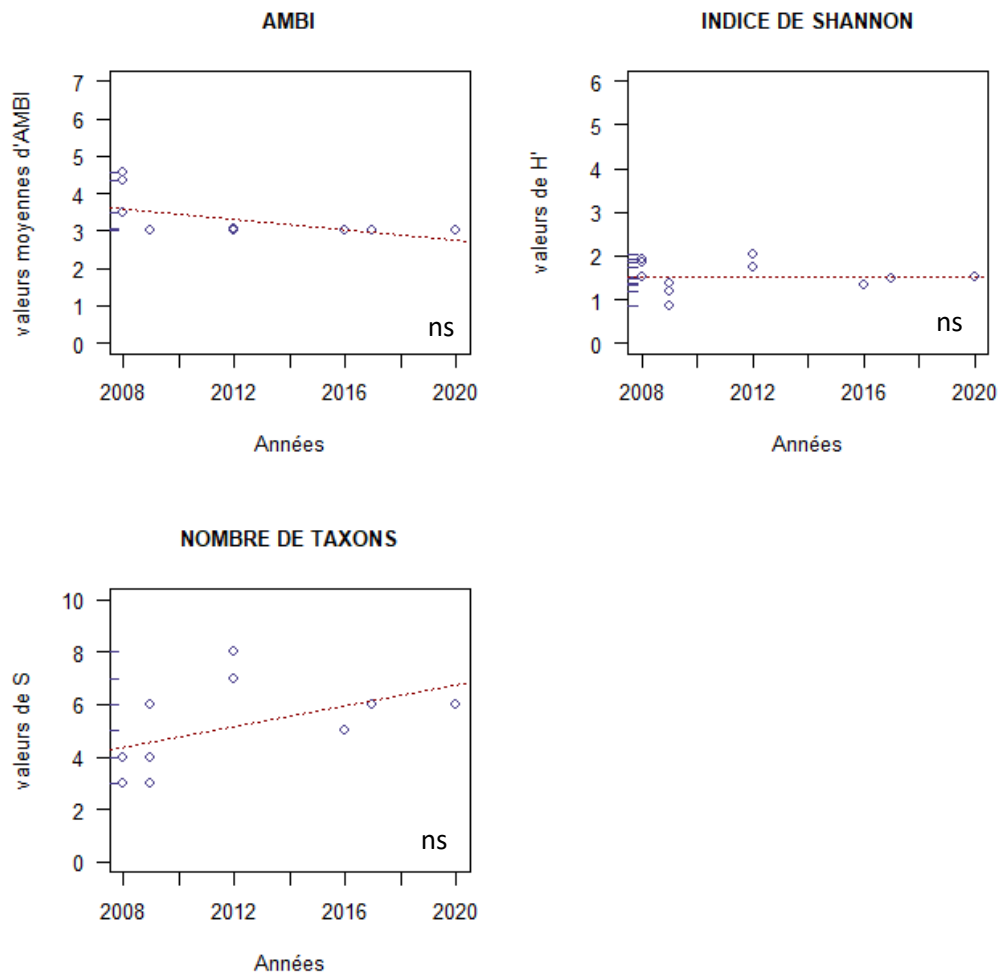


Figure 28

Variations interannuelles des métriques indicatrices au sein de la station « historique »- Saint-Christoly, intertidal. La signification statistique de la pente de la régression linéaire est indiquée (ns : non significatif, $p > 0.05$)

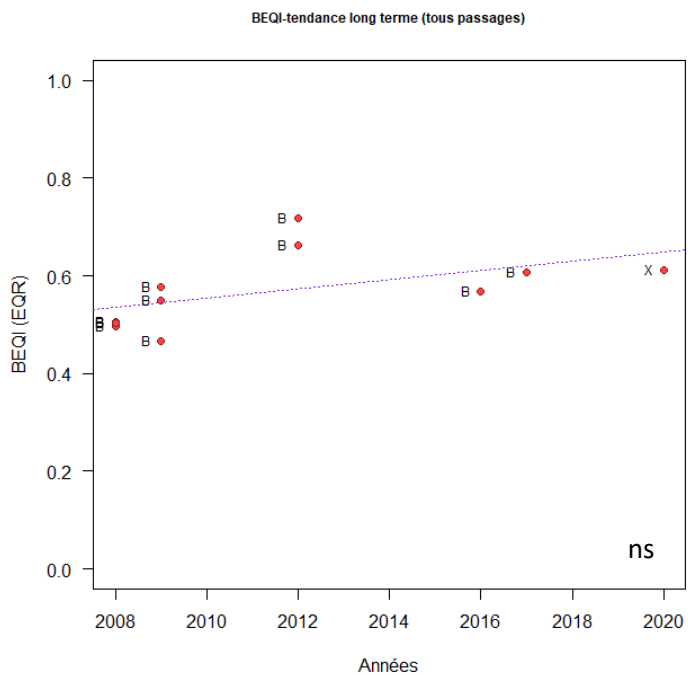


Figure 29

Variations interannuelles du BEQI-FR, station « St-Christoly, intertidal », en utilisant une référence d'habitat EUNIS A2.31. La signification statistique de la pente de la régression linéaires est indiquée (ns=non significatif, $p>0.05$)

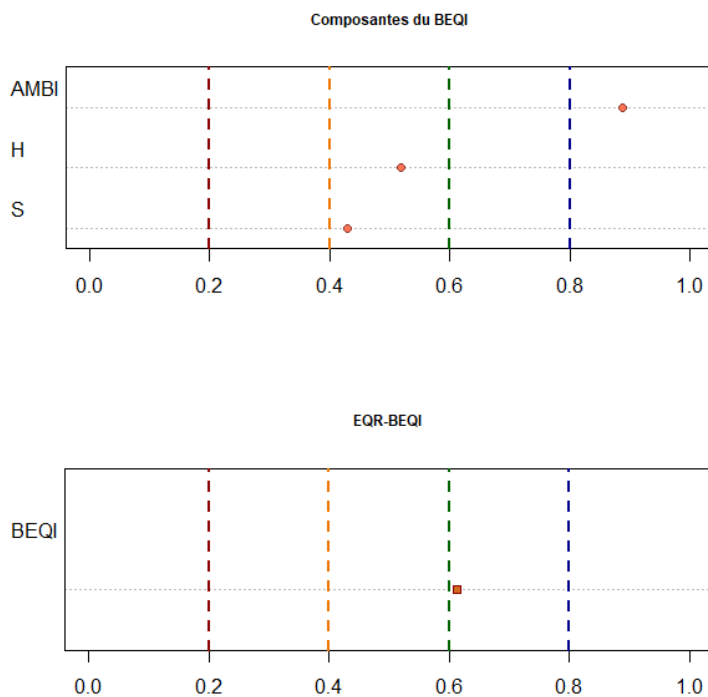


Figure 30

Valeurs de l'indicateur BEQI-FR pour la station « St-Christoly, intertidal », pour une référence d'habitat EUNIS A2.31.

Gir03 - Vitrezay IM

En automne 2020, la station Gir03 – Vitrezay IM tend vers un état écologique « Moyen » à « Bon » en utilisant les conditions de référence de l’habitat EUNIS A2.31, principalement en raison d’une valeur faible de S. Elle tend en revanche vers un état écologique « Très bon » avec l’habitat EUNIS A2.32 (Figure 31).

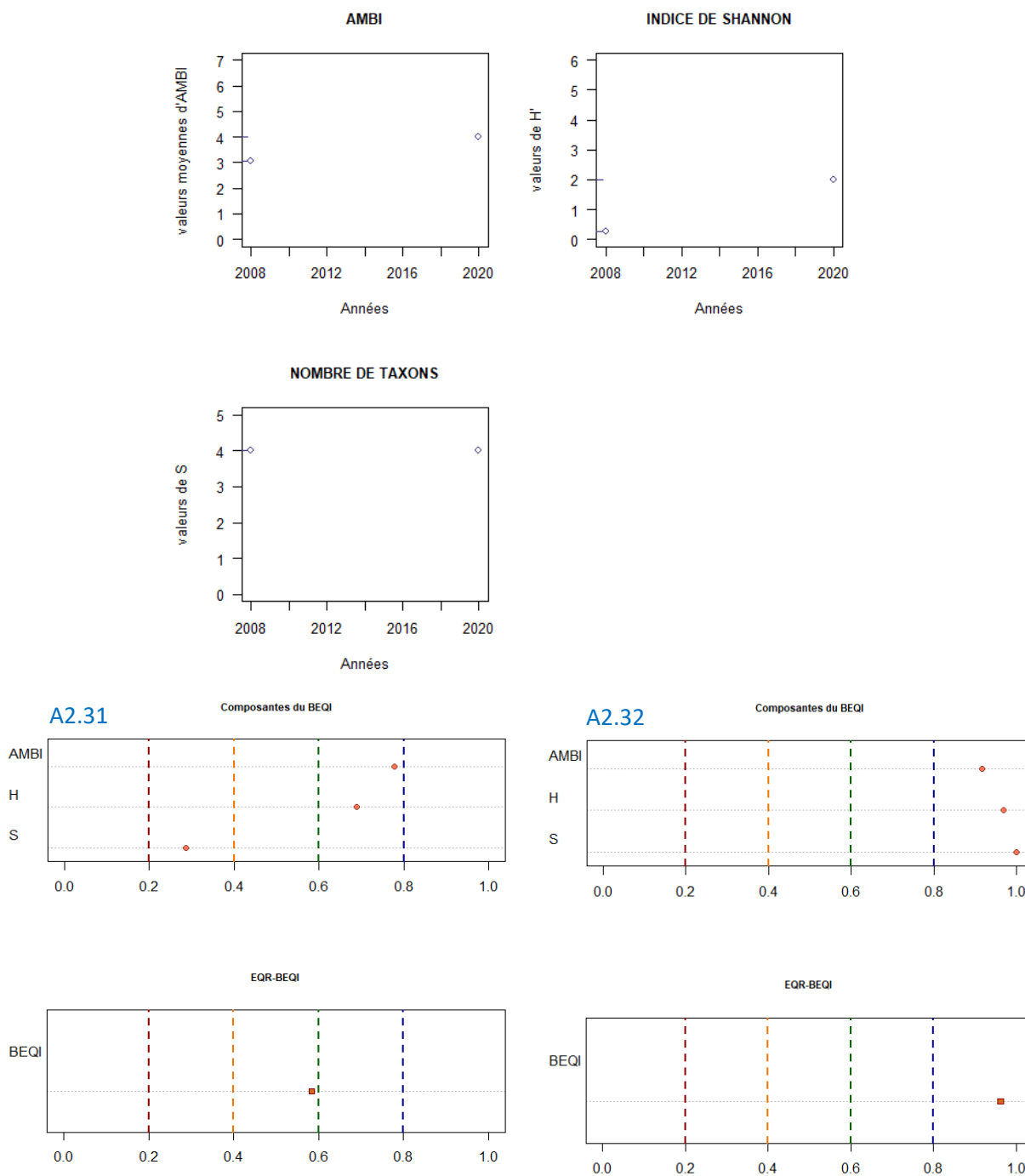


Figure 31 : Métriques indicatrices au sein de la station Gir03 Vitrezay IM en 2008 et 2020 (en haut) et valeurs de l’indicateur BEQI-FR en 2020 pour une référence d’habitat EUNIS A2.31 (en bas, gauche) et A2.32 (en bas, droite)

Gir04 – Richard IM

L'état écologique de cette station en 2020 tend vers état écologique « Bon » (Figure 32).

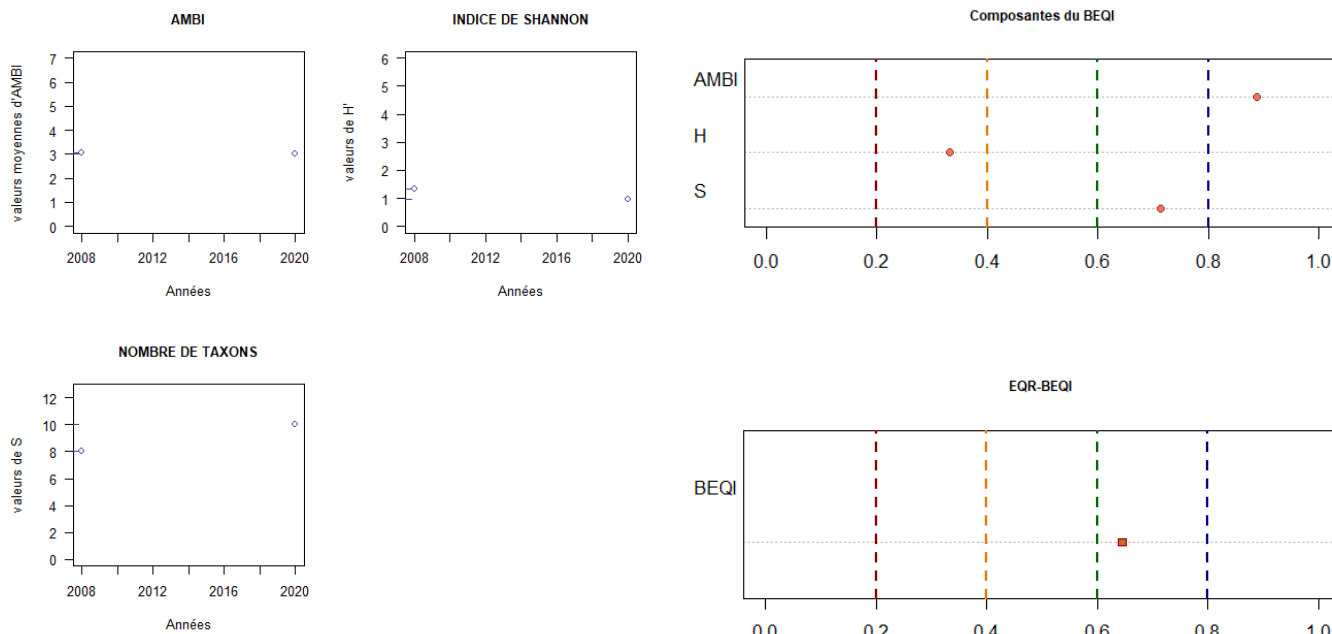


Figure 32 : Métriques indicatrices au sein de la station Gir04 - Richard IM en 2008 et 2020 (à gauche) et valeurs de l'indicateur BEQI-FR en 2020 pour une référence d'habitat EUNIS A2.31 (à droite)

Gir05 – Talmont IM

La station Gir05 – Talmont IM 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' (Figure 33).

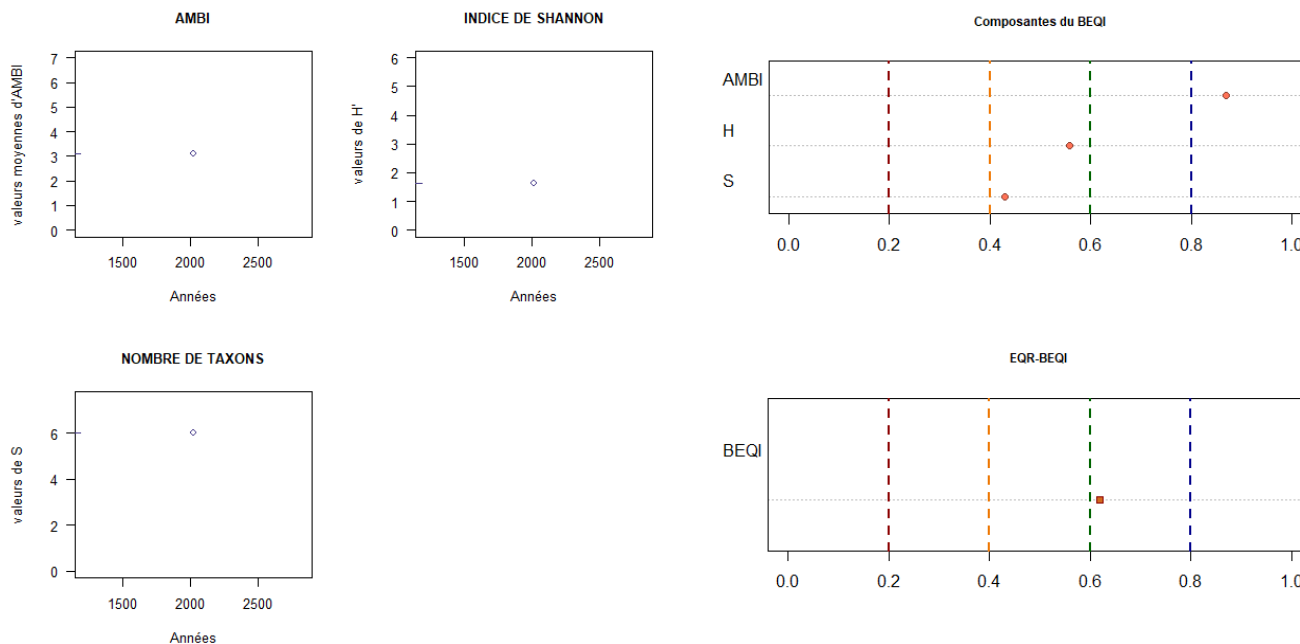


Figure 33 : Métriques indicatrices au sein de la station Gir05 - Talmont IM (à gauche) et valeurs de l'indicateur BEQI-FR pour une référence d'habitat EUNIS A2.31 (à droite) en 2020

Gir06 – Meschers IM

L'état écologique de cette station en 2020 tend vers un état « Bon » (Figure 34).

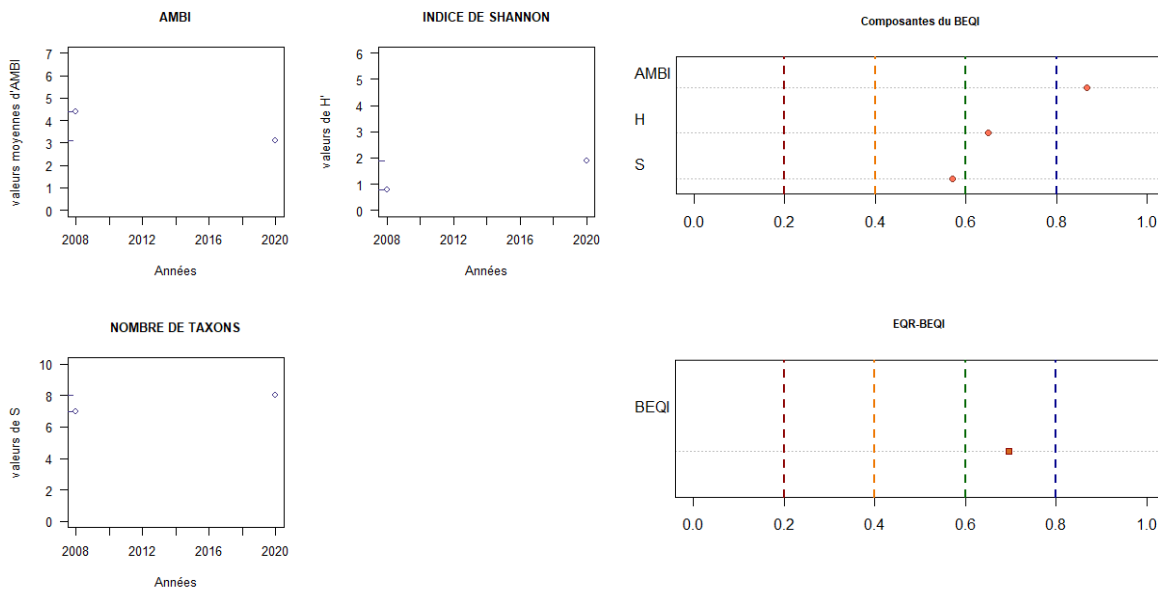


Figure 34 : Métriques indicatrices au sein de la station Gir06 - Meschers IM en 2008 et 2020 (à gauche) et valeurs de l'indicateur BEQI-FR en 2020 pour une référence d'habitat EUNIS A2.31 (à droite)

SITES SUBTIDEAUX

Caractéristiques des sédiments

La station « **Gir01 – Saint-Estèphe** », la plus en amont du suivi et située au point kilométrique (PK) 52 (Figure 35), présente des vases et vases sableuses depuis le début du suivi (Table 12). En 2020, la teneur en matière organique est assez importante, comprise entre 4,4 et 5,6 % (Table 12).

Les sédiments de la station « **Gir02 – Saint Christoly** » alternent entre vases et vases sableuses et graveleuses (Table 12).

Au niveau de la station « **Gir03 – Richard SM** », les sédiments consistent en des vases, avec plus de 90 % de particules fines et un fort taux de matière organique autour de 7,5 % en 2020 (Table 12).

La station « **Gir04 – Barzan SM** » présente en 2020 des vases sableuses avec des teneurs en matière organique comprises entre 2,9 et 5 (Table 12).

Les sédiments de la station « **Gir05 – Talais SM** » consistent en des sables envasés avec des faibles pourcentages en matière organique (Table 12).

Enfin, ce de la station « **Gir06 – PK86 SM** » sont des sables moyens légèrement envasés avec des teneurs en particules fines inférieures à 1% (Table 12).

Table 12

Variations des caractéristiques des sédiments aux sites : « Saint-Christoly, intertidal » et « Saint-Estèphe, intertidal ». nd : non déterminé

Site Année	Teneur en matière organique (%)	Teneur en particules fines ($<63\mu\text{m}$) (%)	Médiane granulométrique (μm)
Saint-Estèphe, subtidal			
2007	nd	94	30
2008	nd	90	30
2009	nd	91	20
2012	nd	84	20
2016	4,2 à 5,8	93 à 98	20
2017	1,1 à 5,0	16 à 88	20 à 190
2020	5,6	87	20
	4,4	68	30
	5,0	90	20
Saint-Christoly, subtidal			
2007	nd	38	550
2008	nd	36	500
2009	nd	91	20
2012	nd	85	20
2016	4,5 à 6,4	74 à 95	20 à 30
2017	5,5 à 6,5	83 à 94	20
2020	2,4	73	30
	6,1	50	70
	3,7	99	20
Richard, subtidal			
2008	7,0	93	-
2020	7,7	98	20
	7,4	91	20
	7,6	97	20
Barzan, subtidal			
2008	6,4	79	-
2020	2,9	75	30
	3,5	64	30
	5,0	57	50
Talais subtidal			
2008	4,6	77	-
2020	1,7	32	170
	3,0	9	190
	1,0	23	18
PK86			
2008	0,4	2	-

2020	0,5	2	330
	0,5	1	310
	0,7	18	300

Caractéristiques et évolution de la faune invertébrée benthique

L'ensemble des stations présente une faune extrêmement clairsemée (Table 13). Certaines années des stations sont azoïques comme pour la station « **Gir01 – Saint-Estèphe** » en 2006, 2012, 2016 et cette année 2020 (Figure 35).

Sur le site « **Gir02 – Saint Christoly** », les taxons les plus communs dans les échantillons de faune benthique sont le mysidacé *Mesopodopsis slaberry* et les annélides polychètes *Heteromastus filiformis* et *Streblospio shrubsolii* (Table 13). Ces espèces sont cependant présentes à de très faibles niveaux de densité, parfois absentes des échantillons, ce qui génère une apparente hétérogénéité entre échantillons (Figure 36).

Sur les stations « **Gir03 – Richard SM** », « **Gir04 – Barzan SM** » et « **Gir05 – Talais SM** » on trouve en 2008 et 2020 les polychètes *Heteromastus filiformis* et *Nephtys hombergii* (Table 13) ce qui peut expliquer le rassemblement des points échantillons sur la PCO (Figure 36).

La station « **Gir06 – PK86 SM** » n'a révélé que quatre taxons en 2008 et 2020 avec seulement le mysidacé *Gastrosaccus spinifer* comme espèce commune (Table 13). En 2020, cette station présente des similarités faunistiques avec les résultats de la station « **Gir02 – Saint Christoly** » en 2009 et 2012 mais se dissocie fortement de tous les autres prélèvements (Figure 36).

Table 13

Principales espèces caractérisant la macrofaune benthique des « stations historiques » subtidales suivies dans l'estuaire de la Gironde entre 2006 et 2020 et abondance des individus par m² : ●●● espèce « Très Abondante » = plus de 1000 individus par m² ; ●● espèce « Abondante » = [100 ; 1000[ind.m², ● espèce « Commune » = [10 ; 100[ind.m² ; • espèce « Fréquente » = moins de 10 ind.m². L'absence de symbole signifie que l'espèce n'a pas été échantillonnée

	Groupe écologique		Gironde subtidal 2006		Gironde subtidal 2007		Gironde subtidal 2008						Gironde subtidal 2009		Gironde subtidal 2012		Gironde subtidal 2016		Gironde subtidal 2017		Gironde subtidal 2020					
			Gir01	Gir02	Gir01	Gir02	Gir01	Gir02	Gir03	Gir04	Gir05	Gir06	Gir01	Gir02	Gir01	Gir02	Gir01	Gir02	Gir01	Gir02	Gir01	Gir02	Gir03	Gir04	Gir05	Gir06
			ARTHROPODA	III	<i>Corophium volutator</i>								•						•							
	III	<i>Cyathura carinata</i>		•		•				•												•				
	I	<i>Gammarus</i>						•					•													
	II	<i>Mesopodopsis slabberi</i>		•								•			•											•
ANNELIDA	IV	<i>Heteromastus filiformis</i>		●		•	●			●●	•	●					●			•						
	II	<i>Nephtys hombergii</i>								●												●		•	●	
	III	<i>Streblospio shrubsolii</i>		•																		●				•
MOLLUSCA	III	<i>Limecola balthica</i>								•												•		•		
	III	<i>Cerastoderma edule</i>																				•			•	

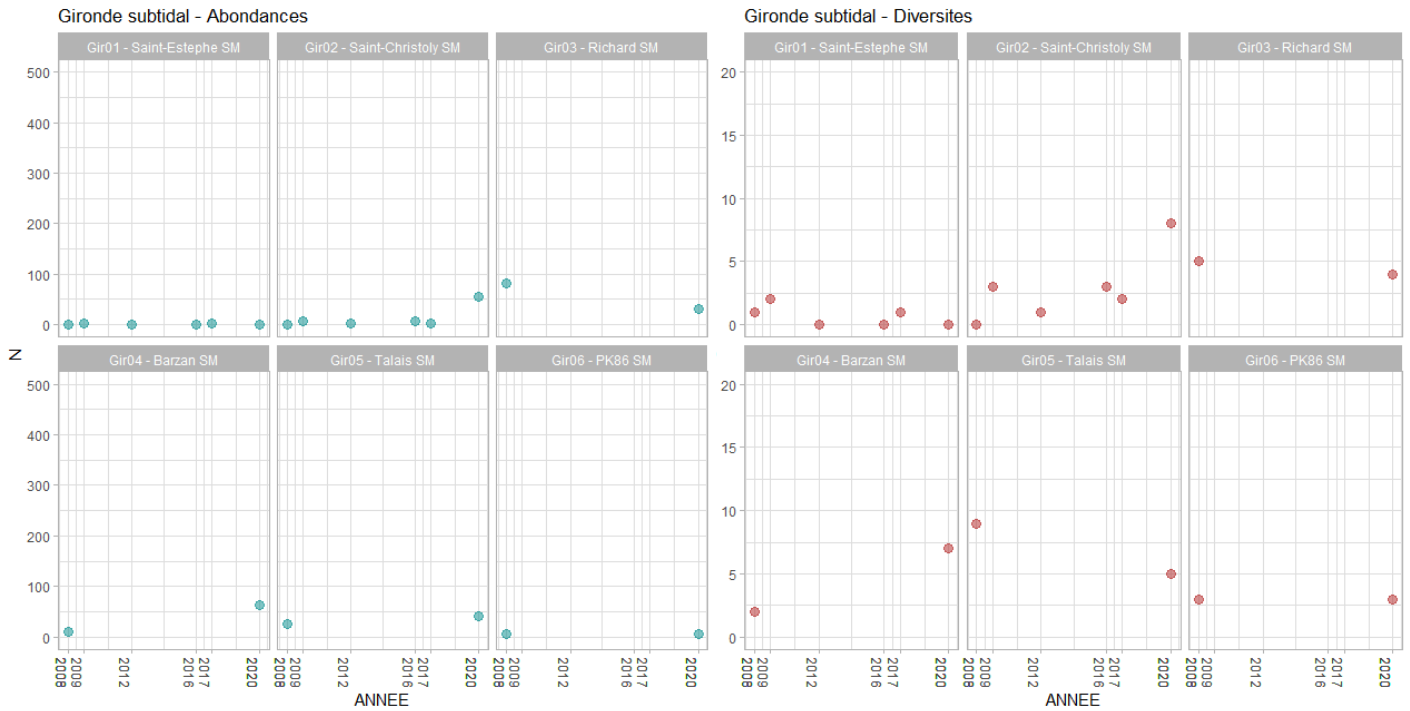


Figure 35 : Variations inter-annuelles de l'abondance (nombre d'individu par m², graphique gauche avec hydrobies (bleu) et sans hydrobies (vert)) et de la diversité (nombre d'espèce par m²) de la faune benthique des trois stations subtidales de l'estuaire de la Gironde

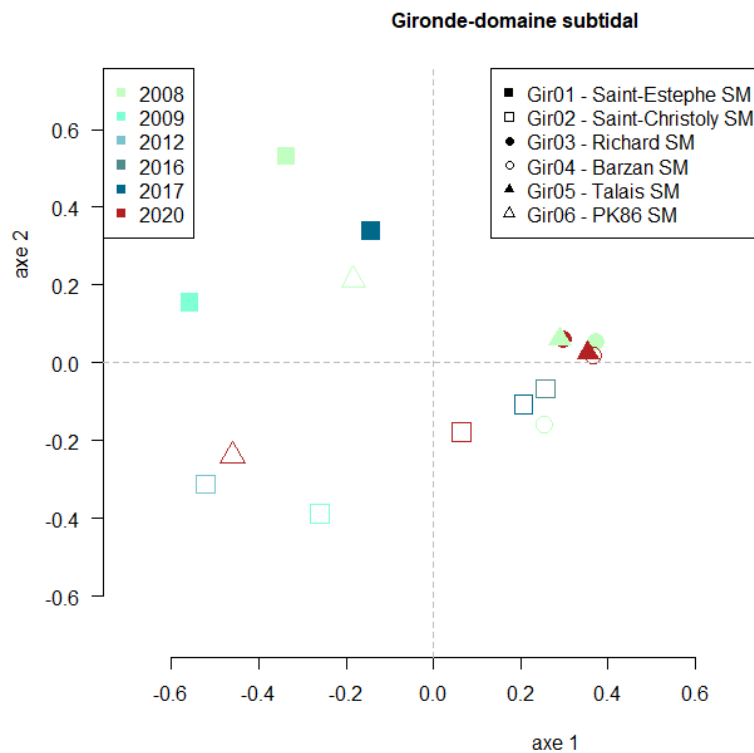


Figure 36
Analyse en coordonnées principales (PCO) présentant le niveau de similarité faunistique entre les points collectés au cours des années dans les stations intertidales de la Gironde.

Caractérisation de l'habitat benthique des sites échantillonnés

La station « **Gir01 – Saint-Estèphe** » est localisée au niveau du Point Kilométrique 52, ce qui correspond au Point E de la surveillance du CNPE Blayais (Rumebe-Perrière *et al.*, 2020). D'après les données existantes, la salinité au fond oscille en général entre 4 et 9 au cours de l'année. Les sédiments sont, là aussi, très variables avec un niveau d'envasement (teneur en particules fines inférieures à 63 μ m) de 16 à 98 %. L'habitat EUNIS correspondant à cette station est l'habitat **EUNIS A5.32** « Vases subtidales en milieu à salinité variable ».

La station « **Gir02 – Saint Christoly** » est localisée au même niveau de l'estuaire que la station « F » qui fait l'objet d'un suivi dans le cadre de la surveillance écologique de la centrale du Blayais (Rumebe-Perrière *et al.*, 2020). D'après ces travaux, la salinité des eaux au fond, bien que très variable en fonction des marées et des débits, est en général comprise entre environ 12 et 18 de salinité au cours de l'année (Figure 37). Les sédiments sont hautement variables, mais en général plus ou moins envasés. L'habitat de référence de cette station est donc l'habitat **EUNIS A5.32** « Vases subtidales en milieu à salinité variable ».

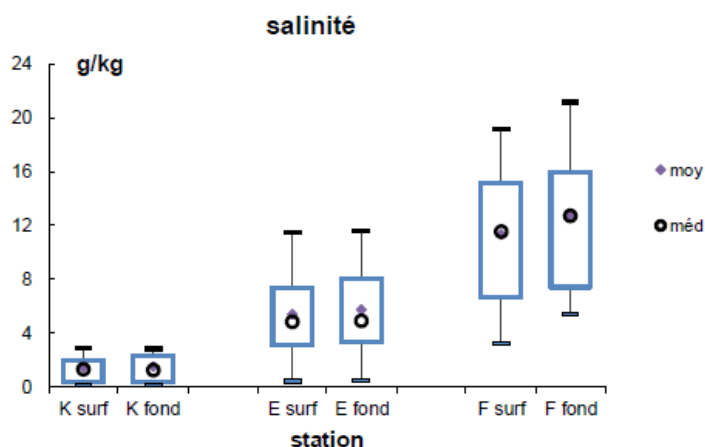


Figure 37

Salinités mesurées en 2020 dans le cadre de la surveillance écologique du CNPE Blayais (issu de Perrière-Rumebe *et al.*, 2020). Le Point F, correspond aux stations St-Christoly et le Point E correspond aux stations St-Estèphe.

Nous ne disposons pas d'informations précises sur le niveau de salinité au niveau des quatre autres stations intertidales. La PCO a cependant mis en évidence une bonne similarité des communautés benthiques entre les stations « **Gir03 – Richard SM** », « **Gir04 – Barzan SM** » et « **Gir05 – Talais SM** » et les années récentes de « **Gir02 – Saint Christoly** » (Figure 36). Elles correspondent de plus toutes à des vases plus ou moins sableuse, hormis la station « **Gir05 – Talais SM** » qui correspond à des sables envasés. Il paraît donc logique d'utiliser la même référence d'habitat pour ces trois stations que pour celle de Saint-Christoly, soit l'habitat **EUNIS A5.32** et d'associer en plus à la station « **Gir05 – Talais SM** » l'habitat **EUNIS A5.22** « Sables subtidaux soumis à des variations de salinité (estuaires) ». La station « **Gir06 – PK86 SM** », qui correspond à des sables plus ou moins envasés, peut aussi se voir attribuer l'habitat **EUNIS A5.22**.

Calcul des métriques indicatrices

Gir01 - Saint Estèphe SM

La surveillance réalisée depuis 2007 sur le site de Saint-Estèphe ne met pas en évidence de tendance à l'augmentation ou à la diminution des valeurs des métriques indicatrices utilisées par le BEQI-FR (Figure 38) ni du BEQI-FR lui-même (Figure 39). En se basant sur les conditions de références de l'habitat A5.32, la valeur du BEQI-FR de 2020 tend vers un état « **Mauvais** » (Figure 40). Cette valeur est liée au caractère paucispécifique voire à l'absence de macrofaune dans certains échantillons de cette station.

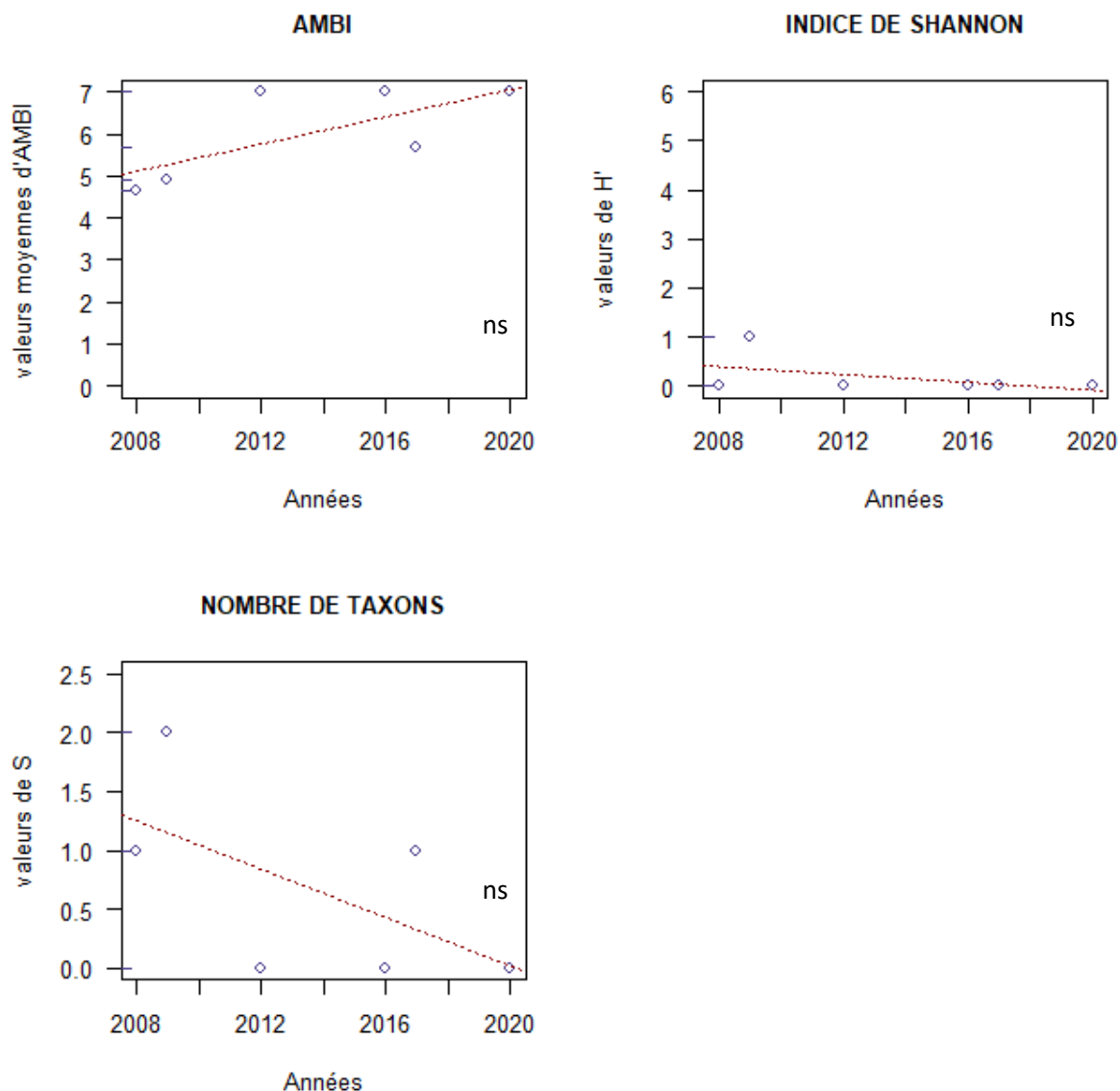


Figure 38

Variations interannuelles des métriques indicatrices au sein de la station « historique » de Saint-Estèphe, subtidal. La signification statistique de la pente de la régression linéaire est indiquée (ns : non significatif, $p > 0.05$)

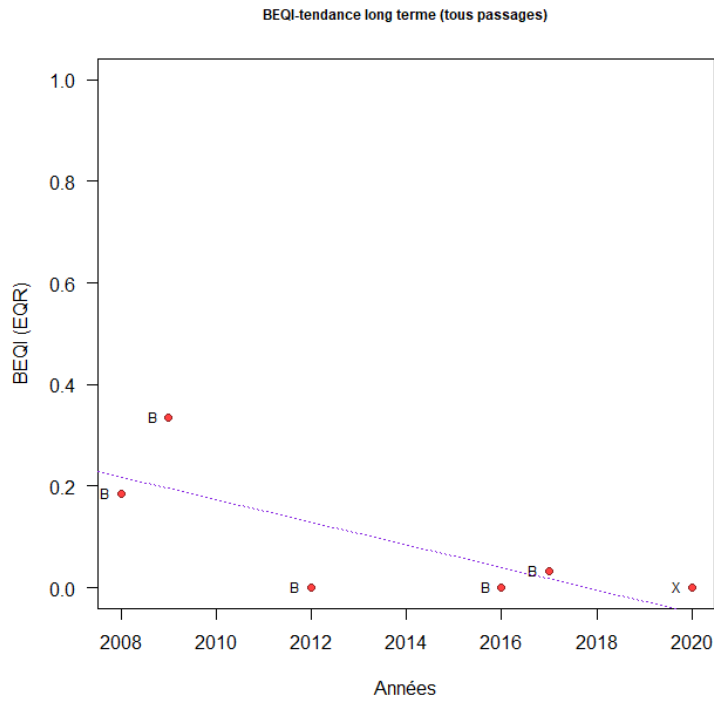


Figure 39

Variations interannuelles du BEQI-FR, station « Gir01 - Saint Estèphe SM », en utilisant une référence d'habitat EUNIS A5.32. La signification statistique de la pente de la régression linéaires est indiquée (ns=non significatif, $p>0.05$)

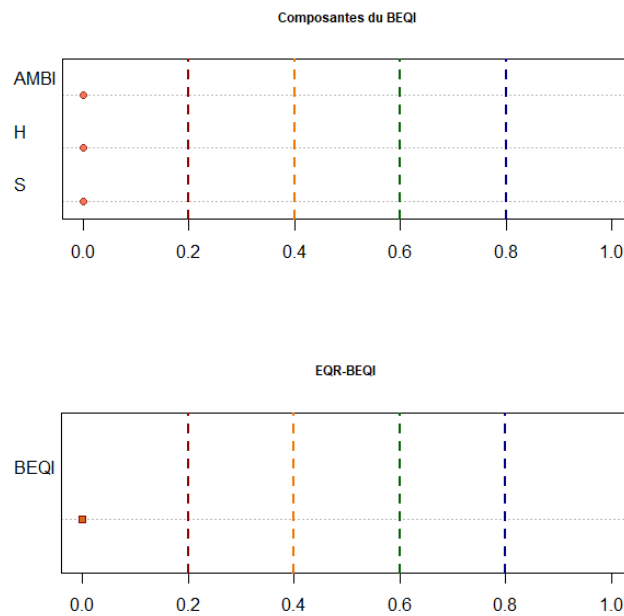


Figure 40

Valeurs de l'indicateur BEQI-FR pour la station « Gir01 - Saint Estèphe SM », pour une référence d'habitat EUNIS A5.32.

Gir02 - Saint Christoly SM

Il n'existe aucune tendance pluriannuelle remarquable pour les trois métriques indicatrices utilisées par l'indicateur BEQI-FR pour le site de Saint-Christoly (Figure 41). Les valeurs du BEQI-FR ne montrent également aucune tendance pluriannuelle (Figure 42). Les valeurs du BEQI-FR pour 2020 tendent vers un état Très bon (Figure 43) en raison des importantes valeurs du nombre de taxons (S), de la diversité H' et, dans une moindre mesure de l'AMBI pour cet habitat (Figure 43).

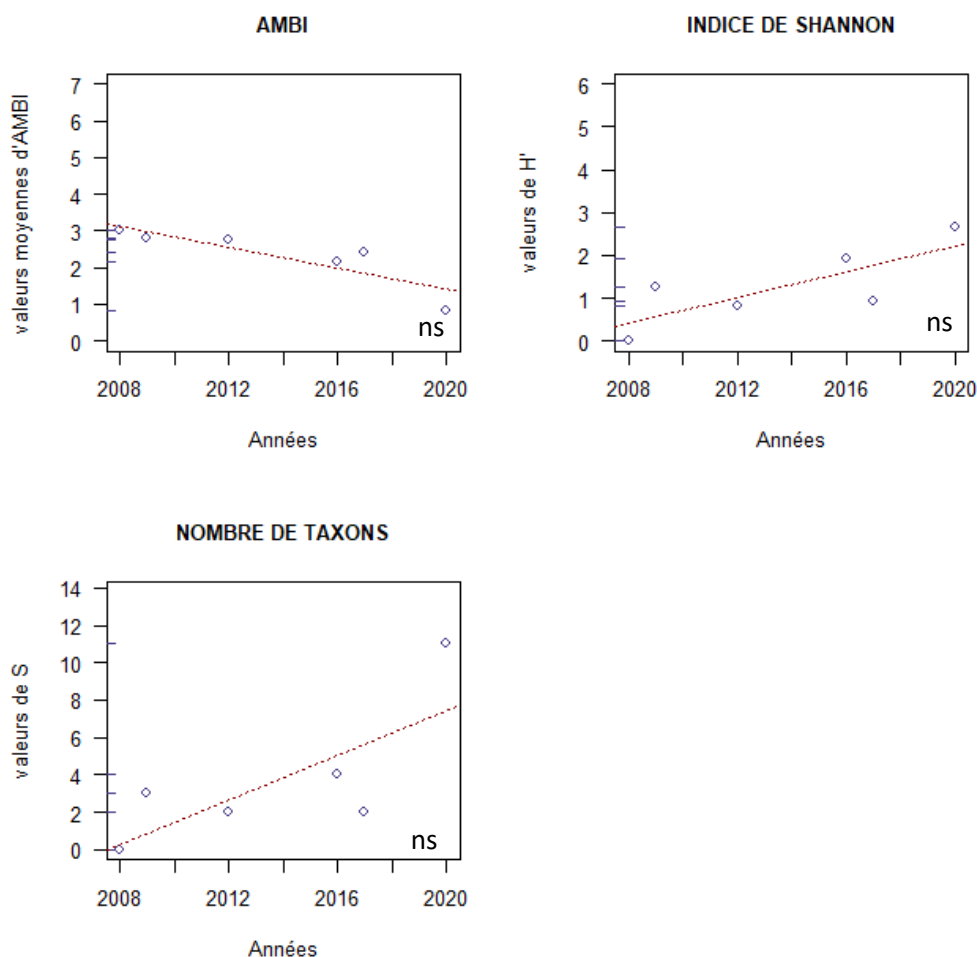


Figure 41

Variations interannuelles des métriques indicatrices au sein de la station « historique » de St-Christoly, subtidal. La signification statistique de la pente de la régression linéaire est indiquée (ns : non significatif, $p > 0.05$)

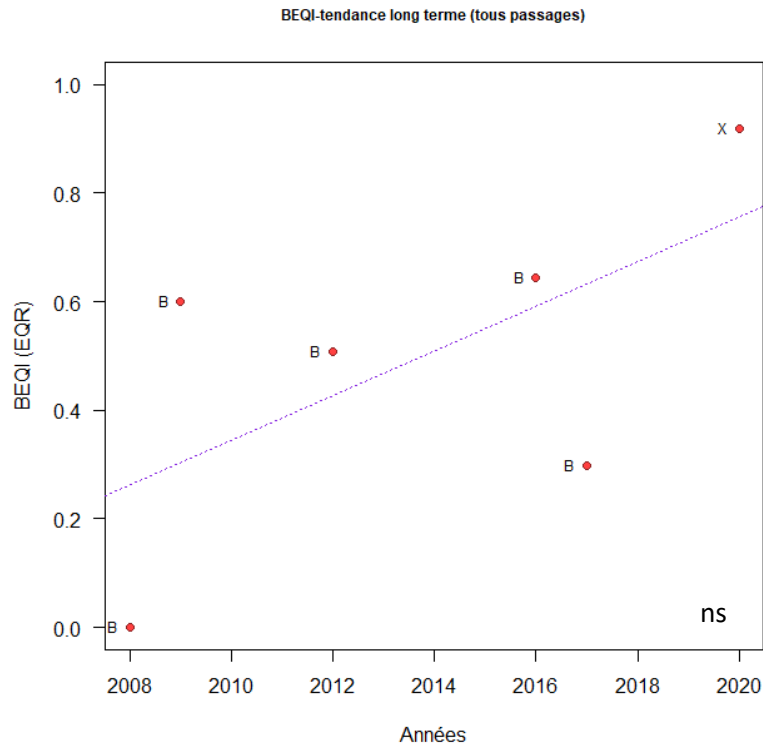


Figure 42

Variations interannuelles du BEQI-FR, station « Gir02 - Saint Christoly SM », en utilisant une référence d'habitat EUNIS A5.32. La signification statistique de la pente de la régression linéaires est indiquée (ns=non significatif, $p>0.05$)

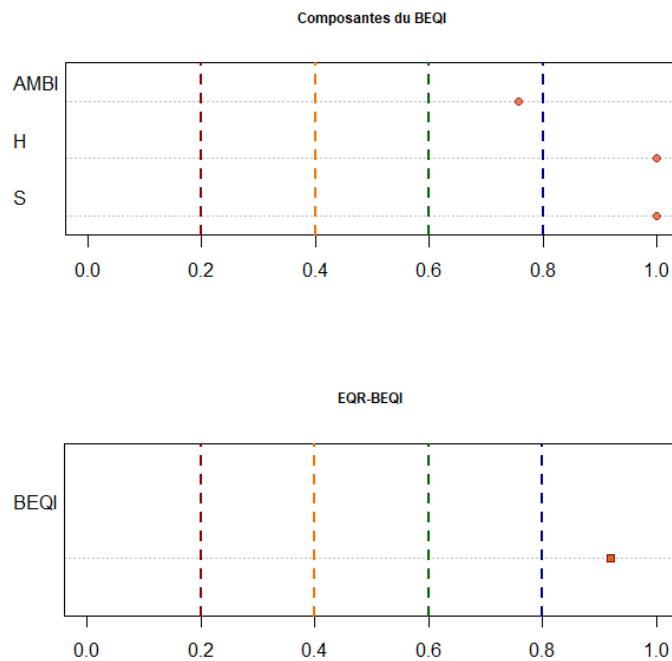


Figure 43

Valeurs de l'indicateur BEQI-FR pour la station « Gir02 - Saint Christoly SM », pour une référence d'habitat EUNIS A5.32

Gir03 - Richard SM

La station Gir03 – Richard SM tend en 2020 vers à un état écologique « Moyen » à « Bon » en utilisant les conditions de référence de l’habitat EUNIS A5.32, principalement en raison d’une valeur faible de S et de H’ (Figure 44).

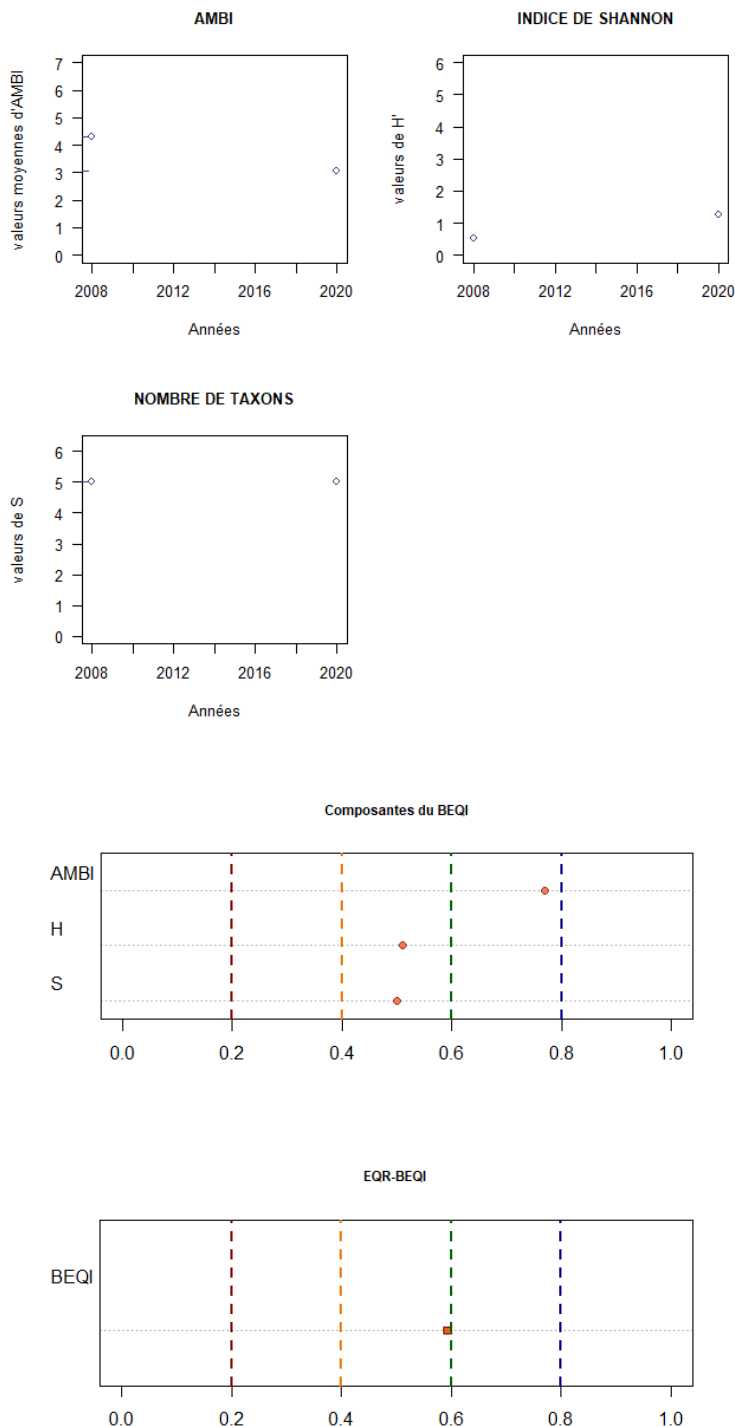


Figure 44 : Métriques indicatrices au sein de la station Gir03 – Richard SM en 2008 et 2020 (en haut) et valeurs de l’indicateur BEQI-FR en 2020 pour une référence d’habitat EUNIS A5.32 (en bas)

Gir04 - Barzan SM

La station Gir04 – Barzan SM tend en 2020 vers un état écologique « Moyen » en utilisant les conditions de référence de l’habitat EUNIS A5.32, principalement en raison d’une valeur faible de S et de l’AMBI (Figure 45).

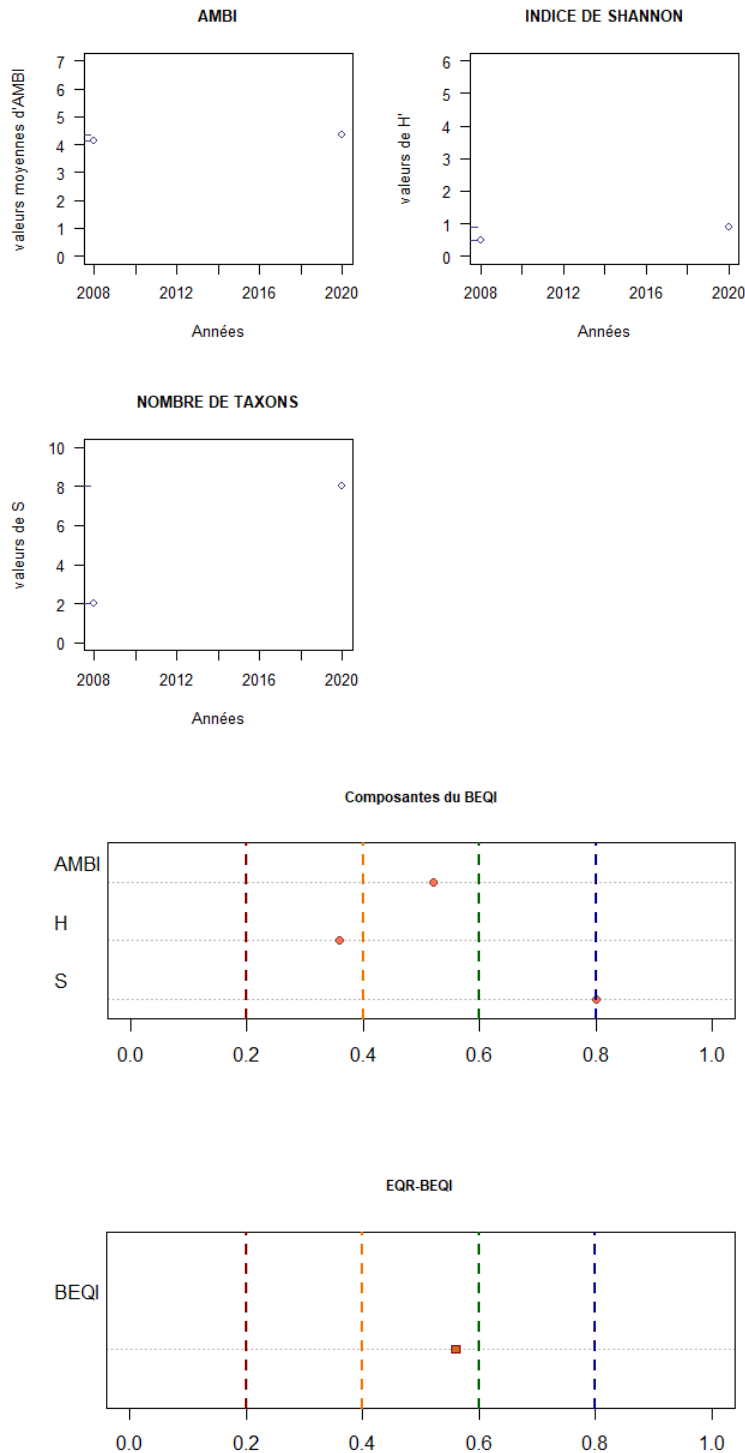


Figure 45 : Métriques indicatrices au sein de la station Gir04 – Barzan SM en 2008 et 2020 (en haut) et valeurs de l’indicateur BEQI-FR en 2020 pour une référence d’habitat EUNIS A5.32 (en bas)

Gir05 - Talais SM

La station Gir05 – Talais SM tend en 2020 vers un état écologique « Bon » en utilisant les conditions de référence de l’habitat EUNIS A5.32, principalement en raison d’une valeur faible de S et de l’AMBI (Figure 46). Il tend vers un état « Moyen » à « Bon » en utilisant les conditions de référence de l’habitat EUNIS A5.22. (Figure 46).

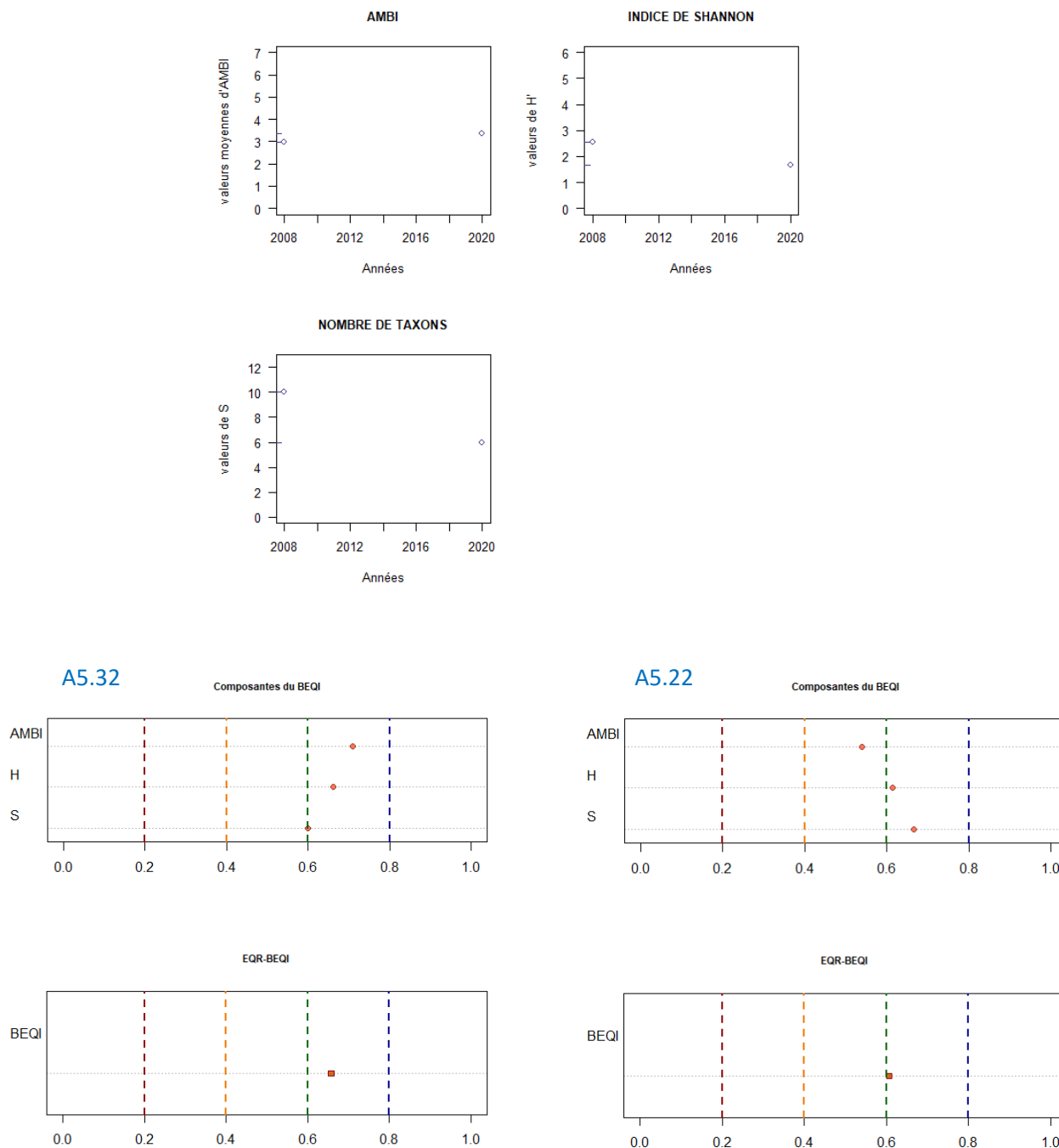


Figure 46 : Métriques indicatrices au sein de la station Gir05 – Talais SM en 2008 et 2020 (en haut) et valeurs de l’indicateur BEQI-FR en 2020 pour une référence d’habitat EUNIS A5.32 (en bas, gauche) et pour une référence d’habitat EUNIS A5.22

Gir06 – PK86 SM

La station Gir06 – PK86 SM tend en 2020 vers un état écologique « Moyen », à la limite du « Bon » état, en utilisant les conditions de référence de l’habitat EUNIS A5.22, principalement en raison d’une valeur faible de S et de l’AMBI (Figure 47).

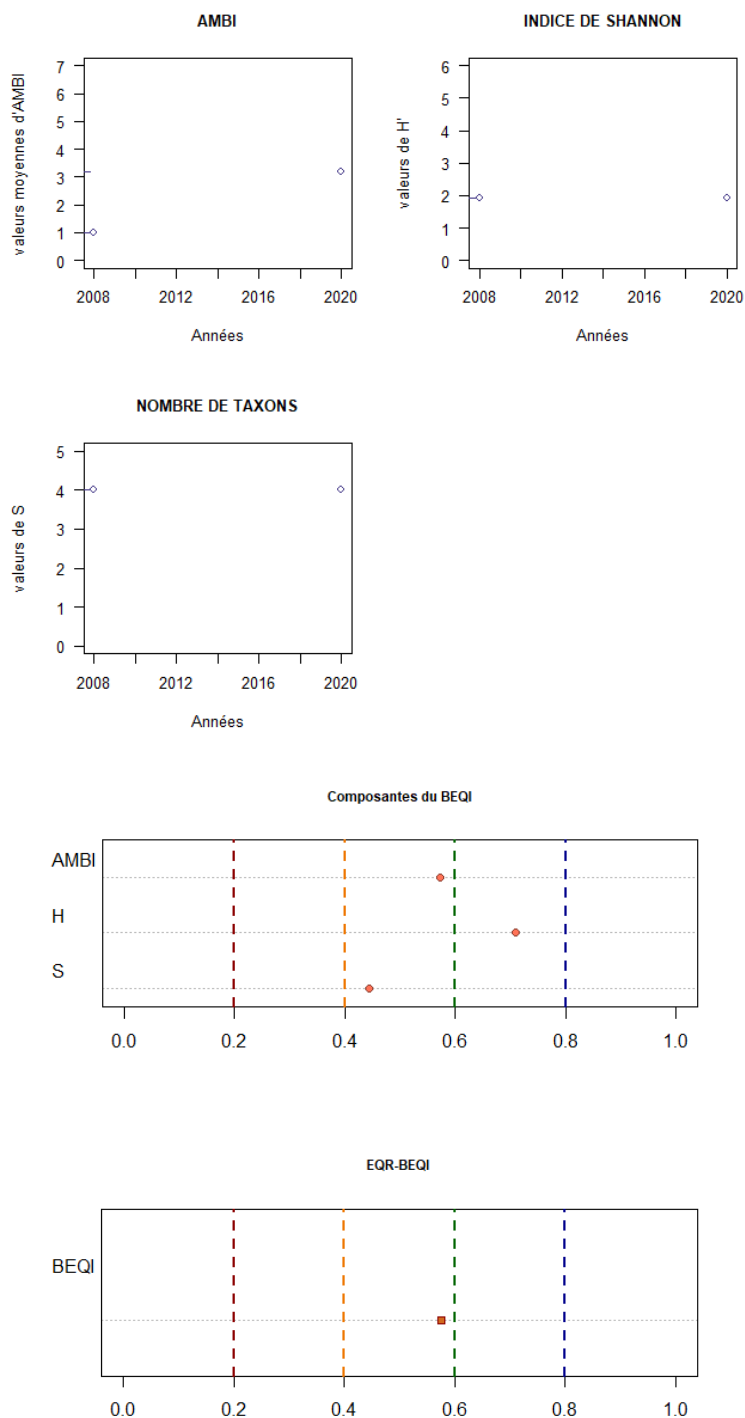


Figure 47 : Métriques indicatrices au sein de la station Gir06 – PK86 SM en 2008 et 2020 (en haut) et valeurs de l’indicateur BEQI-FR en 2020 pour une référence d’habitat EUNIS A5.22 (en bas)

MASSE D'EAU « BIDASSOA » (FRFT 81)

Les stations intertidales en zones avale (Bid03-Chingoudy IM) et en partie médiane (Bid02 – median IM) de la Bidassoa sont suivies depuis le changement de protocole AQUAREF (Garcia *et al.*, 2014) en 2016. La station médiane actuelle (Bid02 – median IM) correspond à la précédente station «Bidassoa amont, interdal ». La station amont (Bid01 – amont IM) a été décalée plus en amont de l'estuaire pour le nouveau protocole de cette année 2020 (Figure 48).

La station subtidale en amont de l'estuaire (Bid01 – amont SM) correspond à la « station historique amont », suivie depuis le début de la surveillance. Les stations en parties médiane (Bid02 – median SM) et avale (Bid03 – aval SM) sont celles suivies depuis 2016, suite au changement de protocole AQUAREF (Garcia *et al.*, 2014) (Figure 48).

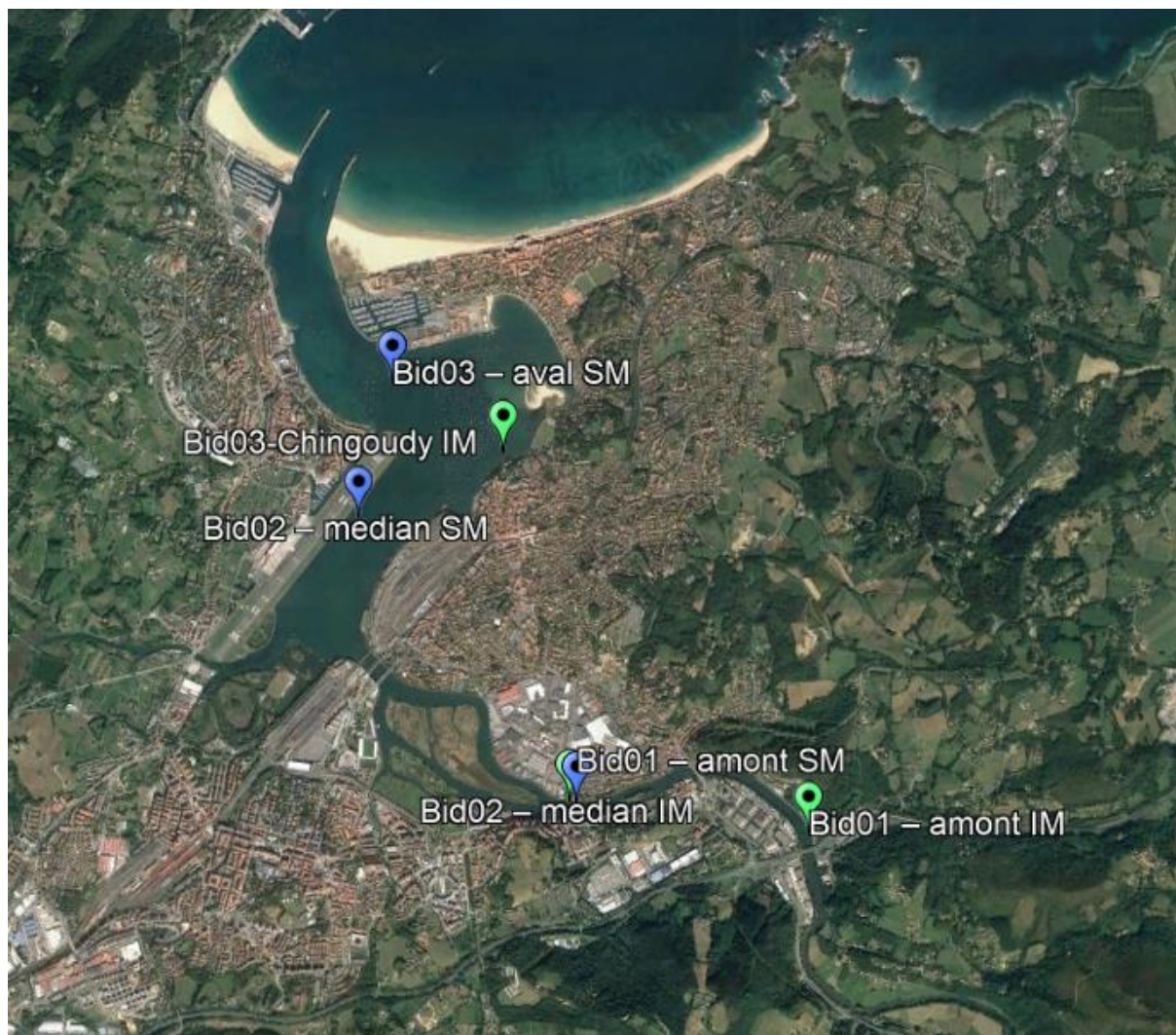


Figure 48

Localisation des stations d'échantillonnage sur les sites amont (01), median (02) et aval (03) intertidaux (en vert) et subtidaux (en bleu) de l'estuaire de la Bidassoa.

SITES INTERTIDIAUX

Caractéristiques des sédiments

La station « **Bid03-Chingoudy IM** » est localisée dans la baie de Txingudi (Figure 48), au niveau d'un estran dont une partie présente un herbier à *Zostera noltei*. Le point d'échantillonnage de 2020 correspond à l'ancien passage C, échantillonné à partir de 2016. Le sédiment consiste en des sables fins abrités légèrement envasés avec des teneurs en matière organique comprises entre 2,8 et 3,5 % (Table 13).

La station « **Bid02-median IM** » correspond à l'ancienne station amont de la Bidassoa. Elle est située en rive droite de l'estuaire (Figure 48), sur une étroite frange intertidale consistant en des graviers et cailloux envasés (teneur en particules fines supérieure à 3%, jusqu'à 43% ; Table 13).

La nouvelle station « **Bid01-amont IM** » (Figure 48) consiste en des sables fins légèrement envasés avec des teneurs en matière organique comprises entre 2,8 et 3,1 % (Table 13).

Table 13

Variations des caractéristiques des sédiments aux sites : « Bidassoa aval, intertidal », « Bidassoa median, intertidal » et « Bidassoa amont, intertidal ». nd : non déterminé.

Site Année	Teneur en matière organique (%)	Teneur en particules fines (<63µm) (%)	Médiane granulométrique (µm)
Bidassoa aval, intertidal			
2007	10,6	48	70
2008	7,9	35	100
2009	1,0	5	190
2012	2,1 à 2,4	10 à 12	150 à 150
2016	1,3 à 2,1	4 à 11	160 à 270
2017	1,3 à 1,8	4 à 18	160 à 210
2020	2,8	16	150
	3,0	14	160
	3,5	14	150
Bidassoa median, intertidal (ancienne station amont)			
2007	2,6	8	190
2008	<1	11	190
2009	7	40	80
2012	2,1 à 7,8	3 à 11	2150 à 2250
2016	3,7 à 4,9	6 à 23	140 à 3520
2017	4,2 à 11,2	7 à 28	120 à 3350
2020	6,0	22	850
	6,8	10	3710
	6,6	43	90
Bidassoa amont, intertidal (nouvelle station)			
2020	3,1	16	150
	2,7	13	180
	2,8	9	180

Caractéristiques et évolution de la faune invertébrée benthique

La faune benthique de la station « **Bid03-Chingoudy IM** » est principalement caractérisée par les gastéropodes *Peringia ulvae* et *Haminoea navicula*, les bivalves *Scrobicularia plana* et *Loripes lucinalis*, les annélides polychètes *Heteromastus filiformis*, *Nephtys hombergii* et *Pseudopolydora paucibranchiata* (Table 14). D'après les échantillonnages, l'abondance d'individus et le nombre d'espèces semblent supérieurs aux deux années précédentes de suivi (Figure 49) ce qui est illustré par la PCO avec un point-échantillons en 2020 qui se distingue des années 2016 et 2017 (Figure 50). La station « **Bid02-median IM** » (ancienne station amont ; passage C du précédent protocole AQUAREF) est dominée par des annélides polychètes *H. filiformis* et *Capitella teleta*, les annélides oligochètes, le gastéropode *P. ulvae*, le bivalve *S. plana* ainsi que le crustacé *Cyathura carinata* et par des larves d'insectes aquatiques de la famille des Dolichopodidae. La diversité spécifique est assez stable par rapport aux deux années précédentes de suivi mais l'abondance d'individus semble être croissante (Figure 49). La PCO ne met pas en évidence de changement important de composition de la faune benthique sur cette zone en 2020 (Figure 50).

La station « **Bid01-amont IM** », nouvelle station, est dominée par les polychètes *Alkmaria romijni* *Hediste diversicolor*, le gastéropode *P. ulvae*, le bivalve *S. plana* et par le crustacé *C. carinata*. L'abondance d'individus et la diversité spécifique semble être plus faibles que sur les stations plus en aval de l'estuaire d'après les données disponible (Figure 49). Le type de communauté semble néanmoins s'approcher de celle de la station « **Bid02-median IM** » d'après la PCO (Figure 50).

Table 14 : Principales espèces caractérisant la macrofaune benthique des stations intertidales de la Bidassoa entre 2006 et 2020 et abondance des individus par m² : ●●● espèce « Très Abondante » = plus de 1000 individus par m² ; ●● espèce « Abondante » = [100 ; 1000[ind.m², ● espèce « Commune » = [10 ; 100[ind.m² ; • espèce « Fréquente » = moins de 10 ind.m². L'absence de symbole signifie que l'espèce n'a pas été échantillonnée

	Groupe écologique		Bidassoa intertidal 2016		Bidassoa intertidal 2017		Bidassoa intertidal 2020		
			Médian	Aval	Médian	Aval	Amont	Médian	Aval
ANNELIDA	III	<i>Alkmaria romijni</i>	●				●●	●●	
	V	<i>Capitella teleta</i>	●		●			●●	●
	III	<i>Hediste diversicolor</i>	●		●●		●	●●	
	IV	<i>Heteromastus filiformis</i>		●●		●●			●●●
	II	<i>Nephtys hombergii</i>		●		●●			●
	V	Oligochaeta	●		●			●●	●
	IV	<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>		●●		●			●●
	III	<i>Streblospio shrubsolii</i>	●			●		●	
MOLLUSCA	III	<i>Arcuatula senhousia</i>	●					●	●
	II	<i>Haminoea navicula</i>		●		●			●
	I	<i>Loripes lucinalis</i>		●		●●			●●
	III	<i>Peringia ulvae</i>	●	●	●●●	●	●●	●●●	●
	III	<i>Scrobicularia plana</i>	●●	●	●●●	●●	●●	●●	●
ARTHROPODA	III	<i>Cyathura carinata</i>	●●		●●		●●	●●	
	IV	Dolichopodidae	●		●			●	
	II	<i>Phoronis sp</i>		●		●●			●●

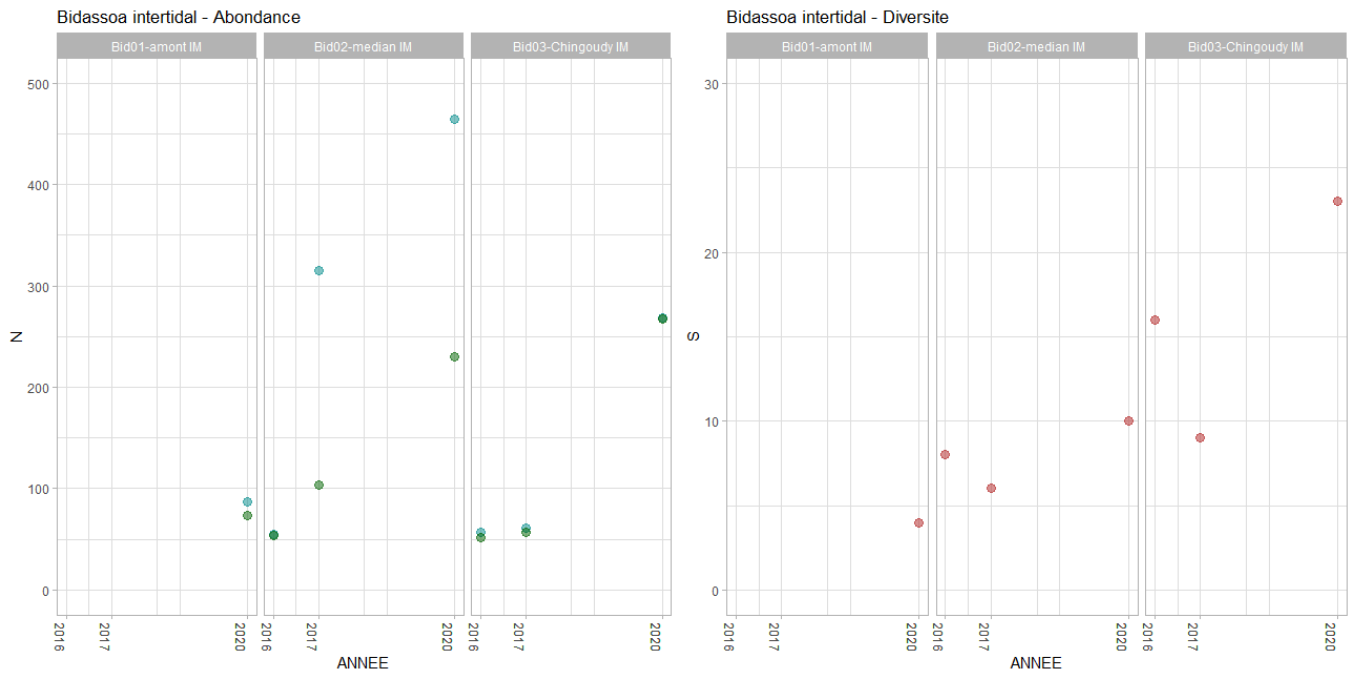


Figure 49 : Variations inter-annuelles de l'abondance (nombre d'individu par m², graphique gauche avec hydrobiés (bleu) et sans hydrobiés (vert)) et de la diversité (nombre d'espèce par m²) de la faune benthique des trois stations intertidales de la Bidassoa

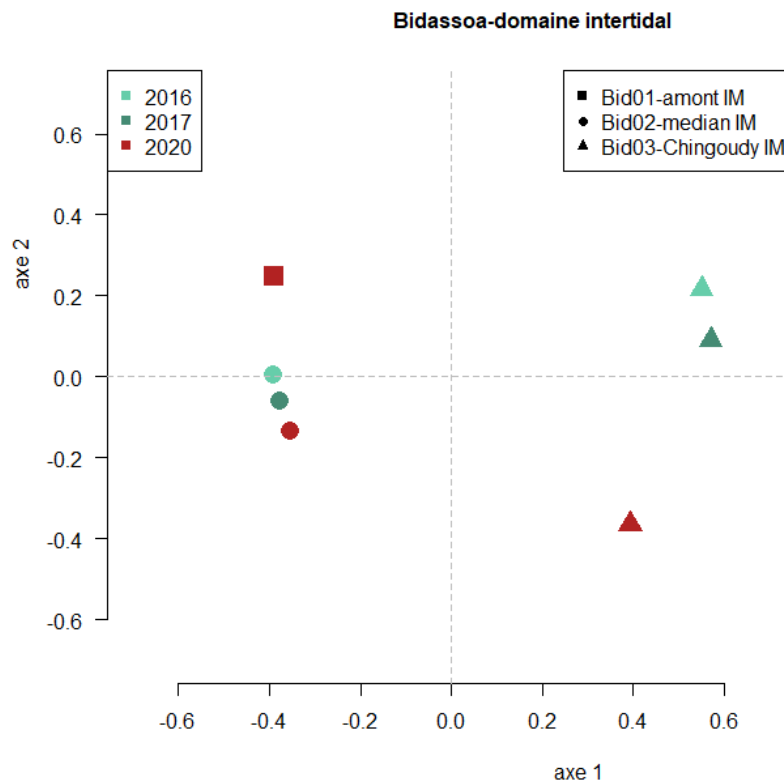


Figure 50
Analyse en coordonnées principales (PCO) présentant le niveau de similarité faunistique entre les points collectés au cours des années sur les stations intertidales de la Bidassoa

Caractérisation de l'habitat benthique des sites échantillonnés

La station « **Bid03-Chingoudy IM** » se situe dans la baie de Txingudi, à proximité de la station hydrologique du même nom (Auby *et al.*, 2020). La salinité des eaux de surface dans cette zone est susceptible de varier entre 35 et presque 0 en fonction des crues très brusques de la Bidassoa. Ces épisodes de crue sont en général brefs et se traduisent par des conditions de salinités inférieures à 20 pendant environ 1 mois (Figure 51). Comparé aux deux stations plus en amont les dessalures sont cependant nettement moins fréquentes et moins longues. Les sédiments sont des sables envasés. L'habitat EUNIS correspondant est **A2.24 ou A2.31**.

La station « **Bid02-médian IM** » se situe dans la partie située en amont du pont ferroviaire, partie dont la morphologie est nettement plus proche de celle d'une rivière. Les mesures de salinité dans cette zone sont rares, lors de l'échantillonnage 2017, réalisé à basse mer, les salinités mesurées variaient entre 1 et 6,6 (21/09/2017) (Blanchet *et al.*, 2018). En raison de sa situation en amont, l'habitat EUNIS de référence le plus probable est l'habitat EUNIS **A2.31**.

La station « **Bid01-amont IM** », qui présente le même type de communauté benthique que la station en partie médiane (Table 14 ; Figure 50), constituée de polychètes et de mollusques, peut logiquement se voir attribuer le même habitat EUNIS **A2.31**.

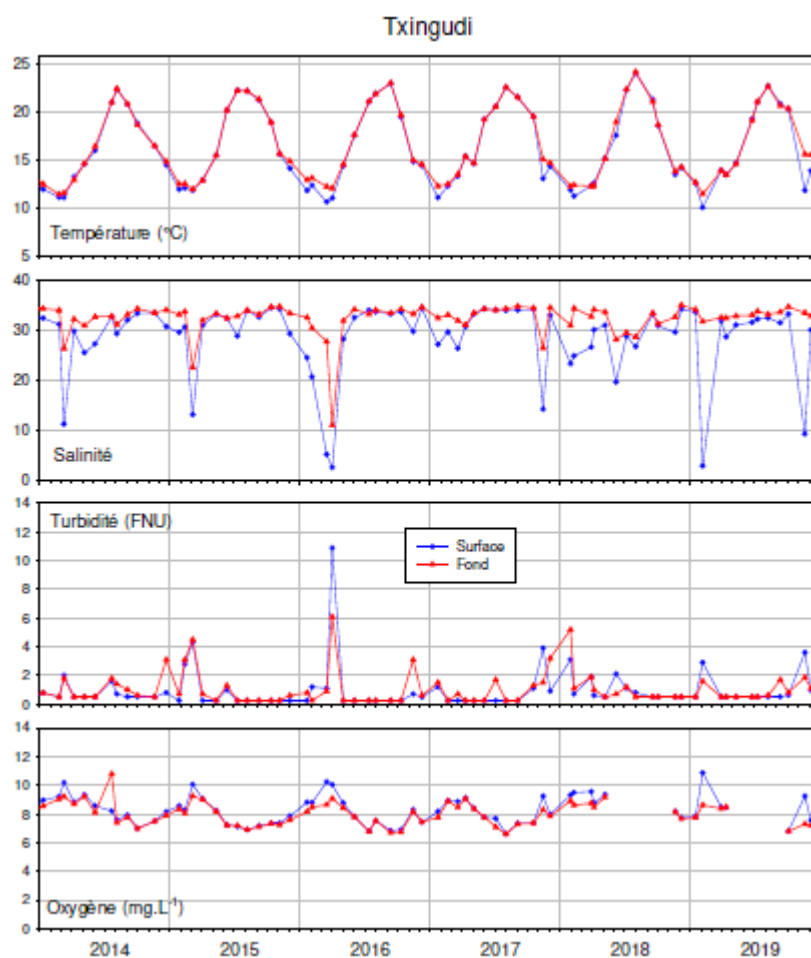


Figure 51

Résultats des mesures hydrologiques DCE réalisées à la station Txingudi (issu de Auby *et al.*, 2018)

Calcul des métriques indicatrices

Station Bid03 – aval IM

La station « Bid03 – aval IM », échantillonnée en 2016, 2017 et 2020, n’offre pas un jeu de données suffisant pour pouvoir évaluer des tendances évolutives au sein de la communauté benthique (Figure 52, haut).

Pour l’année 2020, l’évaluation réalisée au moyen du BEQI-FR indique un état écologique « Très bon », proche de la limite du « Bon » si l’habitat de référence A2.24 est sélectionné (Figure 52, bas gauche) et « Très bon » si c’est la référence d’habitat A2.31 qui est considérée (Figure 52, bas droite).

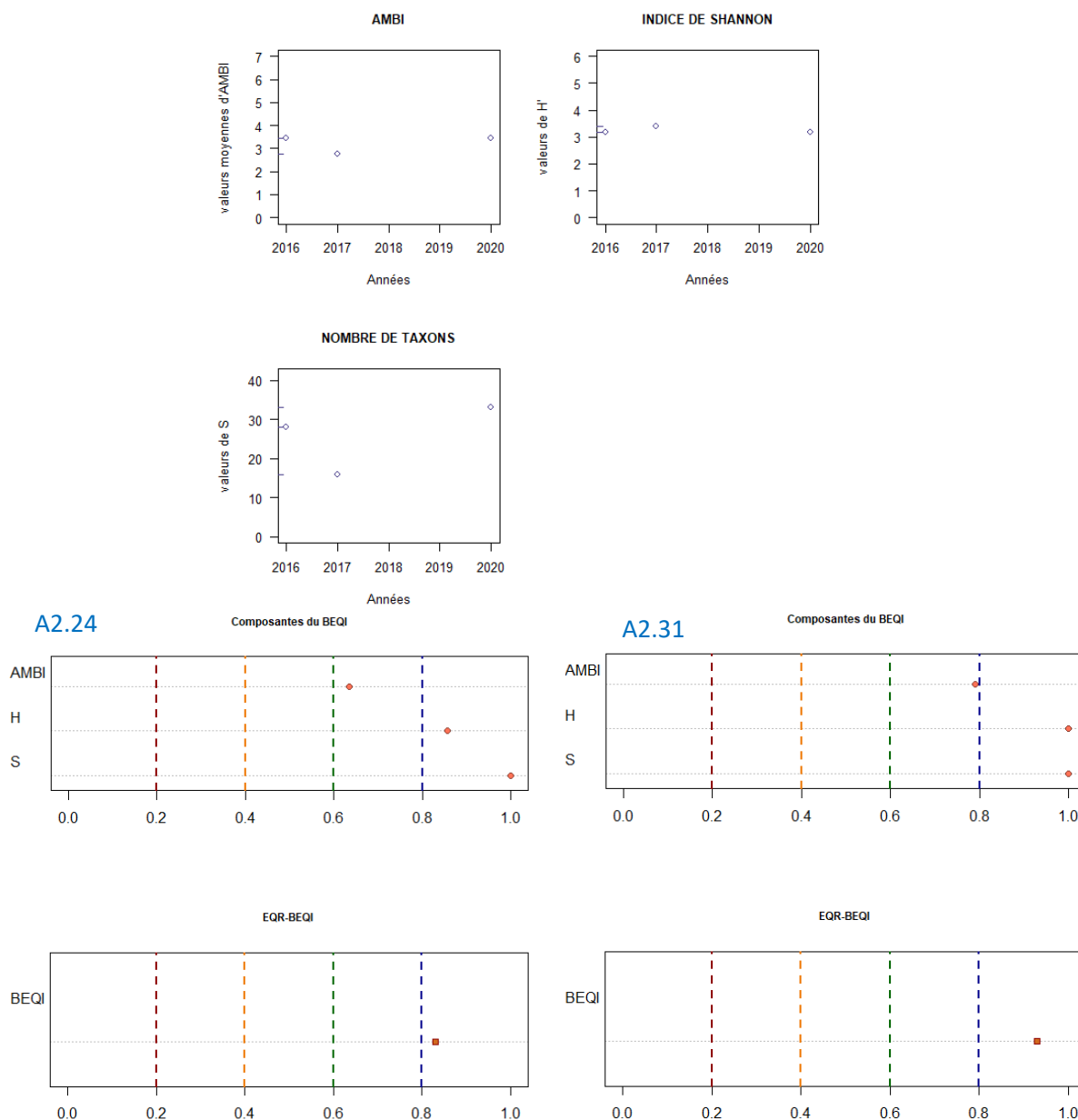


Figure 52 : Métriques indicatrices au sein de la station Bid03 – aval IM entre 2016 et 2020 (en haut) et valeurs 2020 de l’indicateur BEQI-FR pour une référence d’habitat EUNIS A2.24 (en bas, gauche) et A2.31 (en bas, droite).

Station Bid02 – médian IM

La station « Bid02 – médian IM », échantillonnée en 2016, 2017 et 2020, n’offre pas un jeu de données suffisant pour pouvoir évaluer des tendances évolutives au sein de la communauté benthique (Figure 53, gauche).

En 2020, les valeurs du BEQI-FR indiquent un « Très bon » état écologique du point de vue du paramètre « faune d’invertébrés benthiques » (Figure 53, droite).

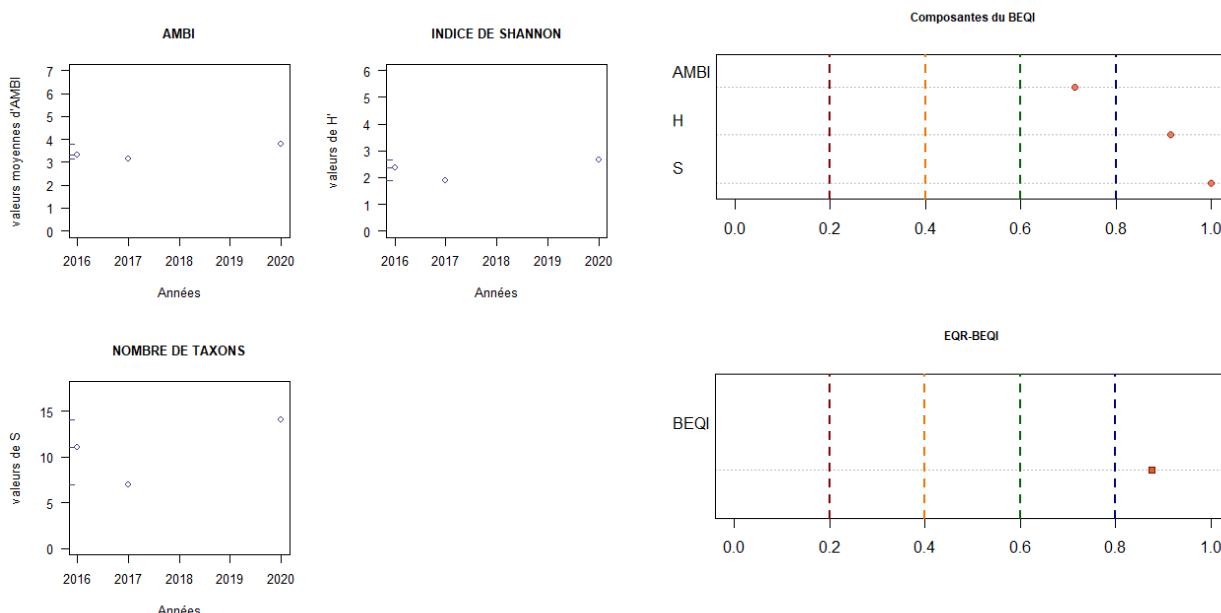


Figure 53 : Métriques indicatrices au sein de la station Bid02 – médian IM en 2016, 2017 et 2020 (à gauche) et valeurs de l’indicateur BEQI-FR en 2020 pour une référence d’habitat EUNIS A2.31 (à droite)

Station Bid01 – amont IM

L’état écologique de cette station en 2020 tend vers un état « Bon », proche de la limite de l’état « Moyen » (Figure 54, droite). Ces valeurs de l’indicateur sont principalement liées aux métriques de diversité (H’ et S) (Figure 54, droite).

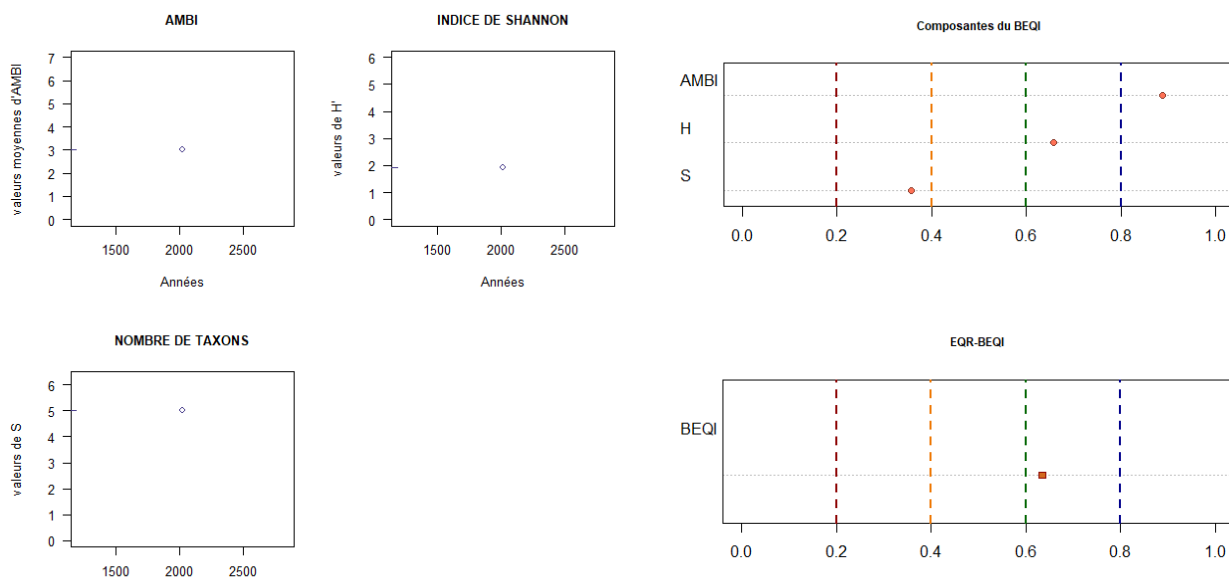


Figure 54 : Métriques indicatrices au sein de la station Bid01 – amont (à gauche) et valeurs de l’indicateur BEQI-FR en 2020 pour une référence d’habitat EUNIS A2.31 (à droite)

SITES SUBTIDAU

Caractéristiques des sédiments

La station « **Bid03-Chingoudy SM** » se situe dans la baie de Txingudi, en aval de la Bidassoa (Figure 48). Le point suivi cette année 2020 correspond au passage C du précédent protocole AQUAREF (Garcia *et al.*, 2016), suivi depuis 2016. Le sédiment consiste en des sables fins légèrement envasés avec une teneur en matière organique relativement importante, comprise entre 4,7 et 8,0 % (Table 15), sans doute en grande partie liée à l'accumulation de feuilles de végétaux terrestres qui s'accumulent sur ce site.

La station « **Bid02-median SM** » (Figure 48) correspond au passage A de la station « Bidassoa aval, subtidal » du précédent protocole AQUAREF. Elle consiste également en des sables fins légèrement envasés mais avec des teneurs en matière organique bien moindres que la station avale, comprise 1 et 2 % (Table 15).

La station « **Bid01-amont SM** » est la "station historique" (Passage B du précédent protocole), suivie depuis le début de la surveillance. Elle se situe entre l'île aux faisans, en amont et l'isla Santiagourra, en aval (Figure 48). Les sédiments sont des graviers et des sables grossiers présentant malgré tout une fraction fine riche en matière organique bien qu'elle ne soit pas dominante en raison de l'abondance de particules grossières, essentiellement de fins graviers (Table 15).

Table 15

Variations des caractéristiques des sédiments aux sites : « Bidassoa aval, subtidal », « Bidassoa median, subtidal » et « Bidassoa amont, subtidal ». nd : non déterminé

Site Année	Teneur en matière organique (%)	Teneur en particules fines ($<63\mu\text{m}$) (%)	Médiane granulométrique (μm)
Bidassoa aval, subtidal			
2007	16,5	47	130
2008	20,4	35	120
2009	14,0	49	60
2012	6,4 à 9,8	16 à 28	100 à 150
2016	1,4 à 15,4	3 à 56	50 à 250
2017	3,4 à 10,5	4 à 38	80 à 300
2020	6,1	6	120
	8,0	7	120
	4,7	8	120
Bidassoa amont, subtidal			
2007	3,3	2	560
2008	2,0	3	600
2009	2,0	2	900
2012	1,3 à 2,9	2	300 à 1000
2016	1,2 à 2,6	<1 à 1	800 à 2720
2017	1,3 à 1,6	<1	880 à 2200
2020	1,1	1	1020
	2,0	2	1450
	1,4	1	1260

Bidassoa median, subtidal

2020	1,4	5	190
	2,5	7	200
	1,3	3	200

Caractéristiques et évolution de la faune invertébrée benthique

La faune benthique du site « **Bid03-Chingoudy SM** » peut être caractérisée par les annélides polychètes *Nephtys hombergii*, *Glycera tridactyla* et des oligochètes. Les mollusques *Loripes lacteus*, *Tritia reticulata* et *Tritia neritea* sont également bien représentés. Les crustacés *Iphinoe serrata* et *Diogenes pugilator* sont également communs sur le site (Table 16). Depuis le début de la surveillance de ce site, la composition faunistique reste relativement stable (Figure 55 & 56).

Les espèces les plus communément retrouvées sur le site « **Bid01-amont SM** » sont les mollusques *Peringia ulvae*, *Scrobicularia plana* et *Ruditapes*, les annélides polychètes *Capitella teleta*, *Streblospio shrubsolii*, *Hediste diversicolor* et *Alkmaria romijni* ainsi que des annélides oligochètes (Table 16). La composition faunistique de 2020 est proche de ce qu'elle était de 2008, 2016 et 2017 (Figure 56). Au cours du suivi, les années 2009 et 2012 se sont probablement distinguées des autres années par la raréfaction d'*Alkmaria romijni* et des oligochètes (Figure 56 ; Table 16)

La station « **Bid02-median SM** » est caractérisée par les espèces de mollusques *Loripes lucinalis*, *Spisula truncatula*, *Tritia reticulata* et *Arcuatula senhousia* (Table 16). *A. senhousia* est une moule non-indigène en évolution croissante sur ce site et également sur les deux autres stations ((Table 16). Les polychètes *Glycera tridactyla*, *Nephtys hombergii* et *Phyllodoce lineata*, ainsi que les crustacés *Iphinoe serrata*, *Monocorophium acherusicum* et les Nemertes sont également représentées chaque année depuis le début du suivi en 2016 (Table 16).

Pour ces trois stations réparties le long de l'estuaire il est à noter l'accroissement du nombre d'individus de la moule *A. senhousia*, espèce non-indigène originaire du Japon, et surtout l'apparition du crustacé amphipode *Grandidierella japonica*, également originaire du Japon et signalé pour la première fois en Europe en 2012 dans la baie de Marennes-Oléron (Jourde *et al.*, 2013). Cet amphipode a été recensé à partir de 2015 sur la côte Basque (Foulquier *et al.*, 2018).

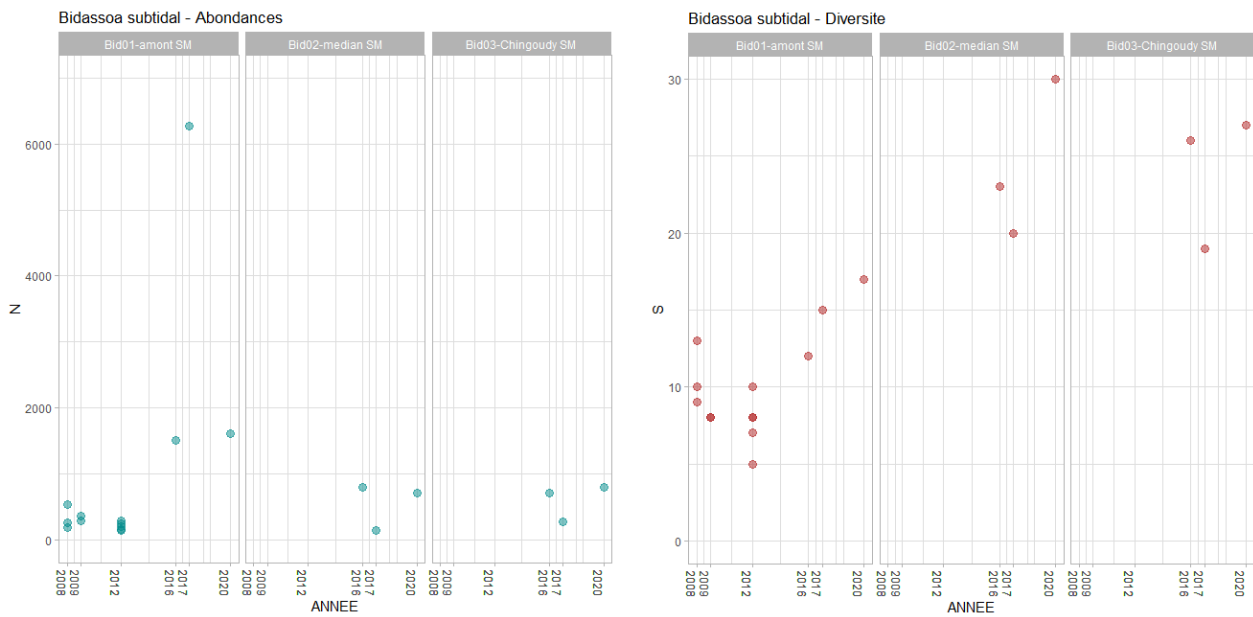


Figure 55 : Variations inter-annuelles de l'abondance (nombre d'individu par m², graphique gauche avec hydrobies (bleu) et sans hydrobies (vert)) et de la diversité (nombre d'espèce par m²) de la faune benthique des trois stations subtidales de la Bidassoa

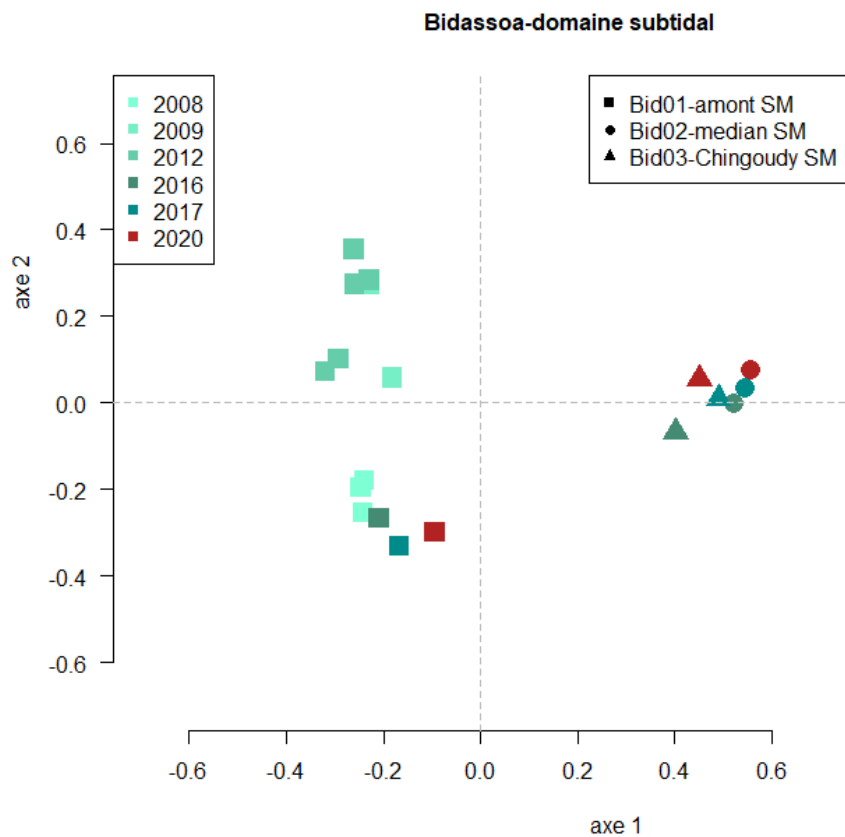


Figure 56

Analyse en coordonnées principales (PCO) présentant le niveau de similarité faunistique entre les échantillons collectés dans les stations subtidales de la Bidassoa.

Table 16

Principales espèces caractérisant la macrofaune benthique des stations intertidales de la Bidassoa entre 2006 et 2020 et abondance des individus par m² : ●●● espèce « Très Abondante » = plus de 1000 individus par m² ; ●● espèce « Abondante » = [100 ; 1000[ind.m², ● espèce « Commune » = [10 ; 100[ind.m² ; • espèce « Fréquente » = moins de 10 ind.m². L'absence de symbole signifie que l'espèce n'a pas été échantillonnée

	Groupe écologique		Bidassoa	Bidassoa	Bidassoa	Bidassoa	Bidassoa	Bidassoa subtidal 2016			Bidassoa subtidal 2017			Bidassoa subtidal 2020		
			subtidal 2006	subtidal 2007	subtidal 2008	subtidal 2009	subtidal 2012	Amont	Médian	Aval	Amont	Médian	Aval	Amont	Médian	Aval
MOLLUSCA	III	<i>Abra alba</i>	•	•	•	•	•							●●		•
	III	<i>Arcuatula senhousia</i>	●	●	•	•	●	•		•	●	•	●	●●		•
	III	<i>Cerastoderma edule</i>	●		●		•	•		●	●		●	●●		
	I	<i>Dosinia lupinus</i>						•	•				●	•		•
	I	<i>Loripes lucinalis</i>						●●	●●	•	●●	●●	●●	●●	●●	●●
	II	<i>Tritia reticulata</i>				•		•	•		•	•		●●		●●
	III	<i>Peringia ulvae</i>	●●	•	●●	●●●	●●●	●●		●●●		•	●●●	•	•	•
	I/III	<i>Ruditapes sp</i>	●●	•	●●	•	●●	•	•	•	•		•	•		•
	III	<i>Scrobicularia plana</i>	●●		●●	•	•	•		●●			●●			
	I	<i>Spisula subtruncata</i>						•	•	•	•	•		•		
	I	<i>Thracia sp</i>						•			•	•		•		•
	I	<i>Tritia neritea</i>						•	•	•	•	•		•		•
ANNELIDA	III	<i>Alkmaria romijni</i>	•	●●	●●●	•	•	●●		●●		●●	●●			
	V	<i>Capitella teleta</i>					●●	●●●	●●	●●●			●●			
	II	<i>Glycera tridactyla</i>					●●	●●	•	•	•	•	•	•	•	•
	III	<i>Hediste diversicolor</i>	•	●●	●●	•	•	●●		●●		•	•			
	IV	<i>Heteromastus filiformis</i>			•			●●	●●	•	•	•	•			
	II	<i>Nephtys hombergii</i>	•				•	•	•	•	•	•		●●		•
	V	<i>Oligochaeta</i>	●●	•	●●	•	•	●●		•		●●	•	•		●●
	II	<i>Phyllodoce lineata</i>						•	•	•	•			•		•
	III	<i>Streblospio shrubsolii</i>	●●	•	●●	•	•	•	•	•			●●	•		
	V	<i>Tubificoides benedii</i>	•	•	•		•	•	•							
ARTHROPODA	III	<i>Corophium multisetosum</i>			•	●●	•	•			•					
	III	<i>Cyathura carinata</i>	•		●●	●●	•		•●			●●	●●			
	II	<i>Diogenes pugilator</i>							•		•		•		•	•
	I	<i>Iphinoe serrata</i>						•	●●		•	•	•	•	●●●	•
	III	<i>Monocorophium acherusicum</i>						•	●●		•	•	•	•	•	•
	III	<i>Nemertea</i>		•	•			•	•		•	•	•	•		•

Caractérisation de l'habitat benthique des sites échantillonnés

La station « **Bid03-Chingoudy SM** » se situe dans la baie de Txingudi, à proximité de la station hydrologique du même nom (Auby *et al.*, 2020). La salinité des eaux de fond dans cette zone varie entre 35 et 20 en fonction des crues de la Bidassoa. Ces épisodes de crue sont en général brefs et peuvent se traduire de manière très ponctuelle par des conditions de salinités inférieures à 20 (Figure 51). Etant donné les conditions de salinité sur cette station, sa localisation dans la baie de Txingudi et la nature des sédiments de sables plus ou moins envasés, l'habitat EUNIS attribué est l'habitat **EUNIS A5.24 en conditions euhalines (IMuSa1)** (Blanchet & Fouet, 2019).

La station « **Bid02-median SM** », très proche de la station précédente en termes de type sédimentaire (Table 15) et de composition faunistique (Figure 56), peut se voir attribuer le même habitat **EUNIS A5.24 en conditions euhalines (IMuSa1)** (Blanchet & Fouet, 2019).

La station « **Bid01-amont SM** » est située en amont du pont ferroviaire, est soumise à des variations de salinités plus importantes que les stations plus en aval. Les quelques mesures de salinité dont nous disposons dans ce secteur montre des niveaux de salinités fluctuant entre environ 20 (en condition automnale, à PM) et 3 (en condition automnale, à BM). Les 99% de graviers et sables grossiers contenus dans les sédiments tendent à identifier cette station en habitat EUNIS A5.12 - Sédiment grossier en milieu à salinité variable (estuariens) mais ce dernier correspond à des sables propres alors les prélèvements de « **Bid01-amont SM** » ont depuis le début du suivi révélés, même si elle est relativement faible, une fraction fine riche en matière organique. L'habitat EUNIS le plus approprié reste ainsi l'habitat **EUNIS A5.24 en conditions polyhalines (IMuSa2)** (Blanchet & Fouet, 2019).

Calcul des métriques indicatrices

Station Bid03-Chingoudy SM

La station « **Bid03-Chingoudy SM** », échantillonnée en 2016, 2017 et 2020, n'offre pas un jeu de données suffisant pour pouvoir évaluer des tendances évolutives au sein de la communauté benthique (Figure 57, gauche). Pour l'année 2020, l'évaluation réalisée au moyen du BEQI-FR indique un état écologique « Très bon », proche de la limite du « Bon » (Figure 57, droite).

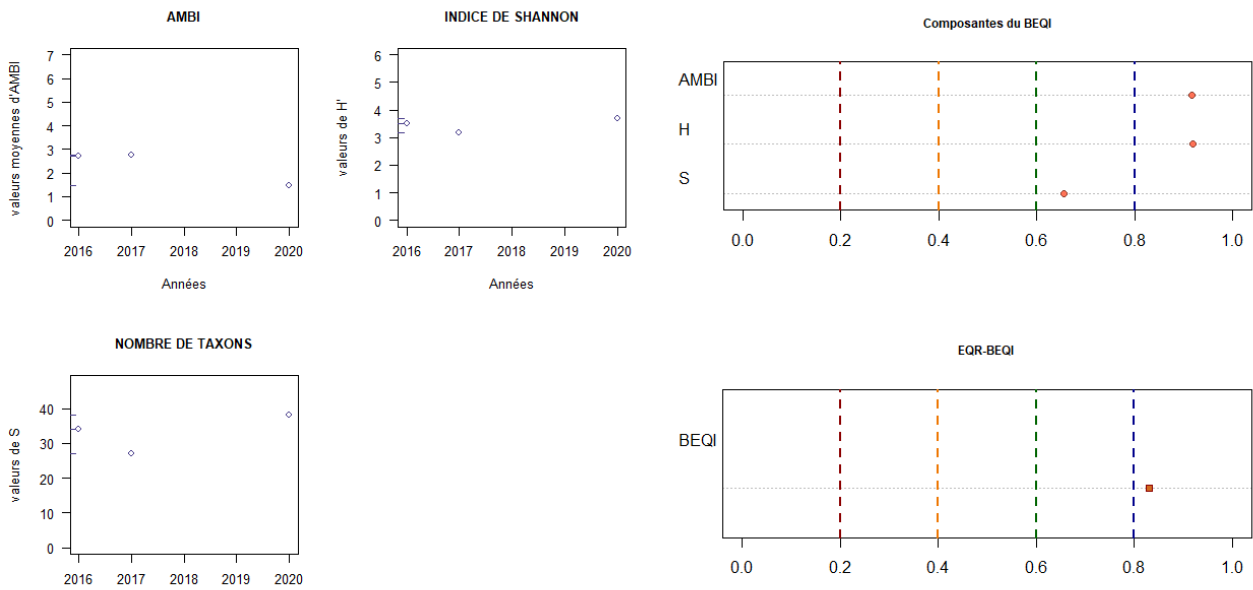


Figure 57 : Métriques indicatrices au sein de la station Bid03 – Chingoudy SM en 2016, 2017 et 2020 (à gauche) et valeurs de l'indicateur BEQI-FR en 2020 pour une référence d'habitat « IMuSa1 » (à droite)

Station Bid02-median SM

Comme pour la station avale de Chingoudy, la station « Bid02-median SM », échantillonnée en 2016, 2017 et 2020, n'offre pas un jeu de données suffisant pour pouvoir évaluer des tendances évolutives au sein de la communauté benthique (Figure 58, gauche).

D'après les résultats de l'analyse du BEQI, l'état écologique tend vers un état « Très bon » (Figure 58, droite).

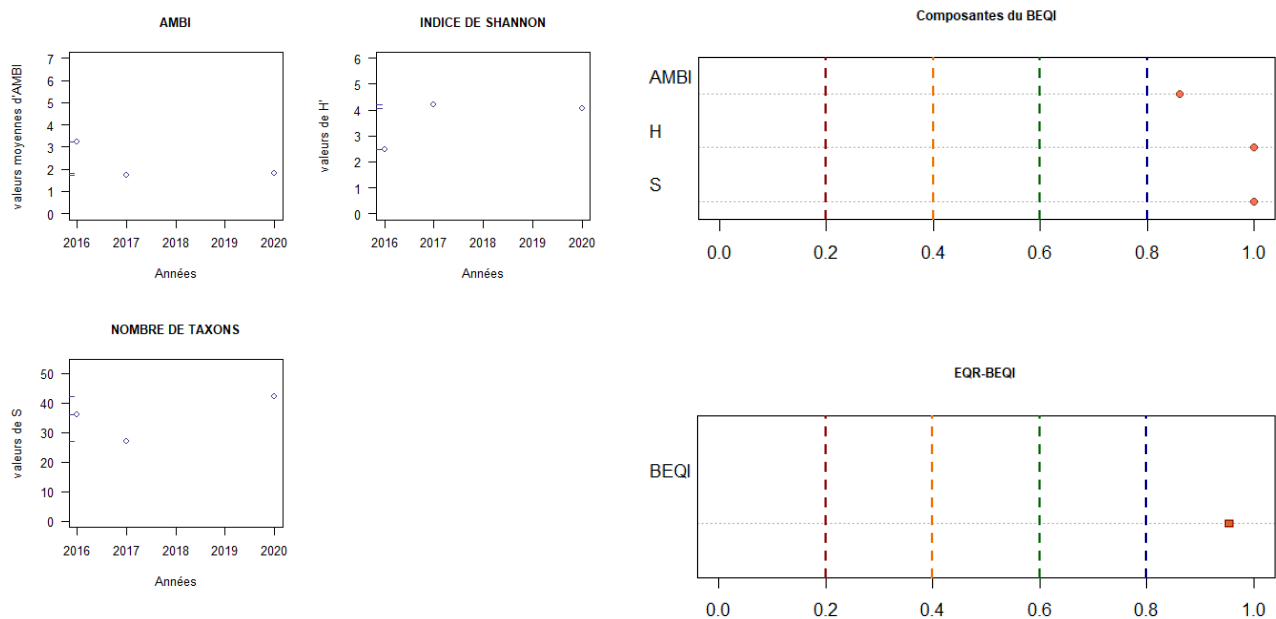


Figure 58 : Métriques indicatrices au sein de la station Bid02 – median SM en 2016, 2017 et 2020 (à gauche) et valeurs de l'indicateur BEQI-FR en 2020 pour une référence d'habitat « IMuSa1 » (à droite)

Station Bid01-amont SM

L'étude du seul Passage B, passage suivi depuis le début de la surveillance DCE et où se localise la station « Bid01-amont SM » actuelle, peut permettre d'évaluer une éventuelle modification « long terme » des métriques incluses dans l'indicateur BEQI-FR : AMBI, nombre de taxons S et indice de diversité de Shannon H'. Ces trois métriques ne montrent pas de tendance linéaire croissante ou décroissante significative (Figure 59). La valeur de l'indicateur BEQI ne se trouve pas avoir significativement diminué depuis 2008 (Figure 60). Pour l'année 2020, l'indicateur BEQI-FR classe la station en état « Moyen », à la limite du « Bon » état, avec l'habitat de référence A5.24 en conditions marines (IMuSa2) (Figure 61).

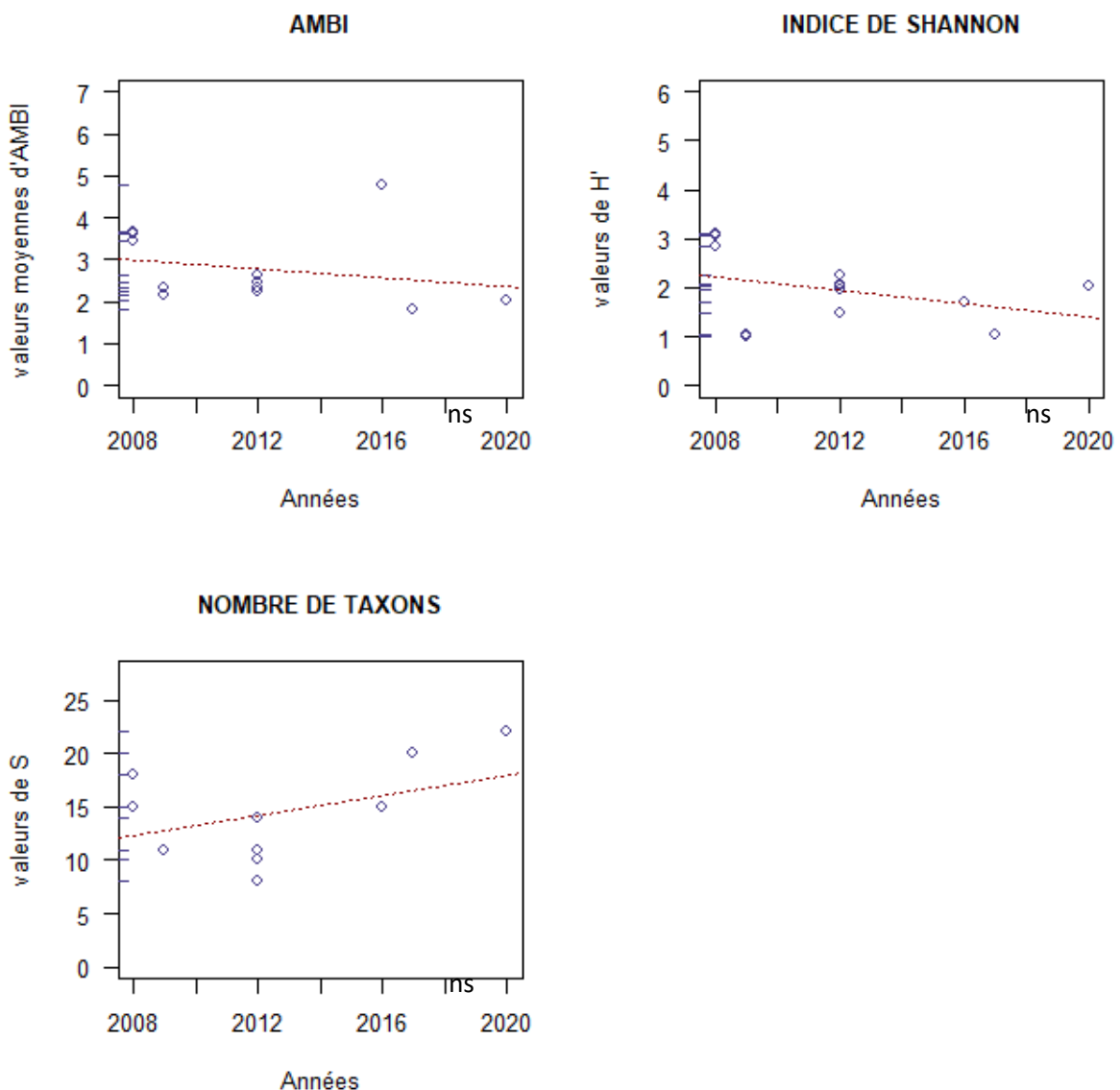


Figure 59

Variations interannuelles des métriques indicatrices au sein de la station « historique »- Bidassoa aval, subtidal. La signification statistique de la pente de la régression linéaire est indiquée (ns : non significatif, $p > 0.05$)

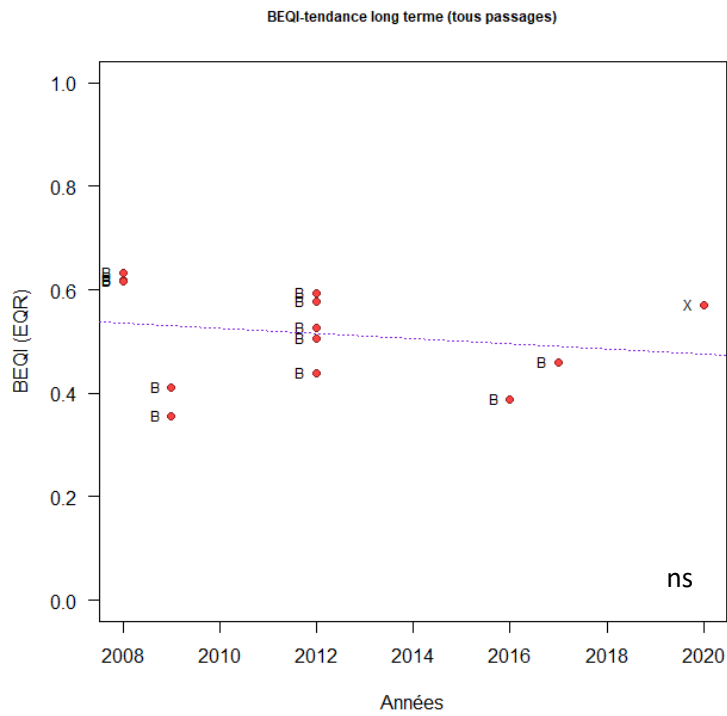


Figure 60

Variations interannuelles du BEQI-FR, station « Bid01-amont SM », en utilisant une référence d'habitat MEC « sables hétérogènes plus ou moins envasés ». La signification statistique de la pente de la régression linéaires est indiquée (ns=non significatif, $p>0.05$)

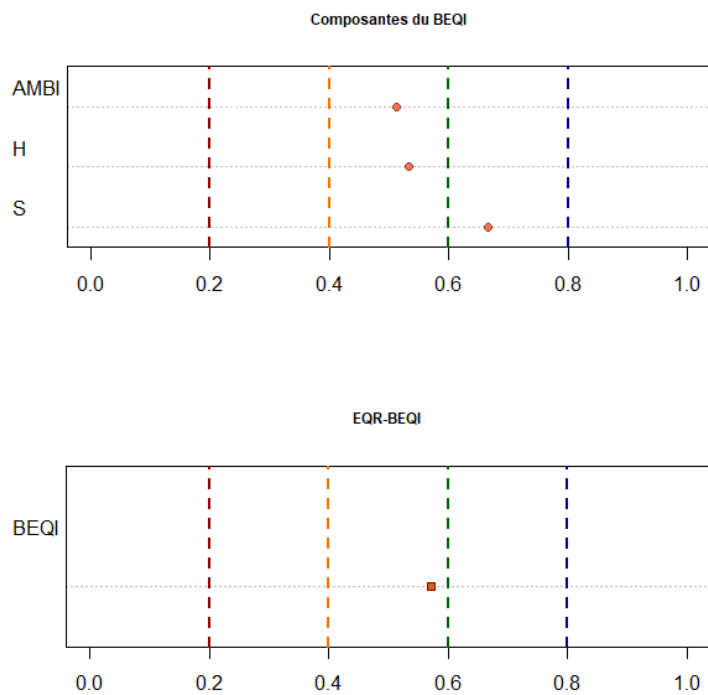


Figure 61 : Valeurs de l'indicateur BEQI-FR pour la station « Bid01-amont SM », pour une référence d'habitat « IMuSa2 ».

RESUME ET CONCLUSIONS

Les résultats d'indicateurs de ce rapport sont les premiers présentés depuis la mise en place de la méthode d'évaluation par le calcul du BEQI-FR et des conditions de références des habitats des Masses d'Eau de Transition (Blanchet & Fouet, 2019). L'évaluation de l'état écologique a pu être réalisée pour l'ensemble des stations intertidales et subtidales des trois masses d'eau étudiées, à l'exception de la station subtidale avale de l'estuaire de l'Adour, pour laquelle demeure une problématique de détermination de l'habitat de référence.

Les observations pour l'année de suivi de 2020 ont été les suivantes :

- Masse d'eau « **Gironde centrale** » :

Au niveau des sites suivis depuis 2006, aucune tendance majeure ne se dégage en 2020 par rapport aux années précédentes. Sur la majorité des stations subtidales, la rareté de la faune est responsable du classement de la zone subtidale en état globalement moyen (Figure 62). Les raisons de la rareté de la faune sont sans doute à chercher dans les contraintes physico-chimiques qui pèsent sur les organismes benthiques dans cet estuaire, notamment les très forts niveaux de matière en suspension. Si la présence d'une zone de turbidité maximum est naturelle dans un estuaire, la relation entre teneur en MES et débits des rivières suggère que la situation actuelle n'est peut-être pas entièrement naturelle (réduction des débits des fleuves en raison des prises d'eau, réchauffement climatique, aménagement/érosion des berges). Les stations intertidales révèlent quant à elle également un état globalement moyen. Par rapport aux états de références définis, les estrans et les zones subtidales de la Gironde montrent une faune nettement plus pauvre en espèce et avec une diversité mesurée par l'indice de diversité de Shannon plus faible que dans les autres estuaires. Même si, en revanche, les valeurs d'AMBI restent relativement élevées, l'état des communautés benthiques de cet estuaire ne peut être considéré comme bon.

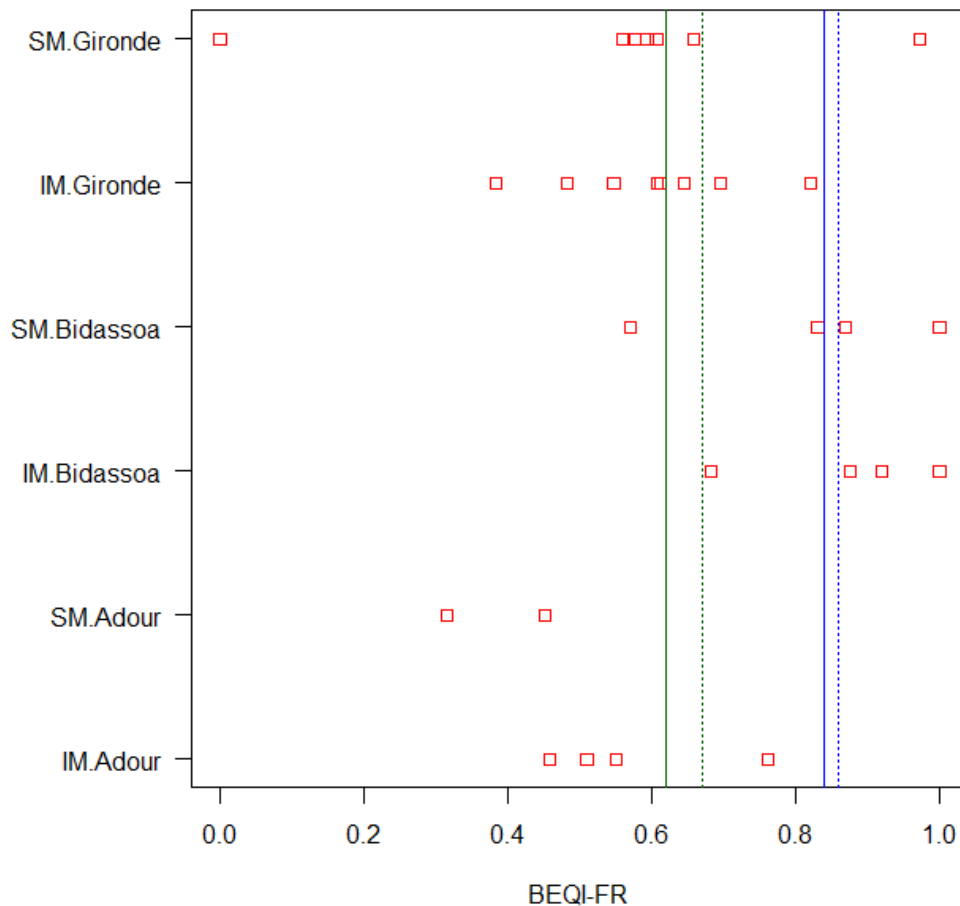


Figure 62 : Valeurs du BEQI-FR pour les stations intertidales (IM) et subtidales (SM) des trois masses d'eau étudiées. Les seuils en vert et en bleu correspondent, respectivement, aux limites entre « Bon » et « Moyen » et entre « Très Bon » et « Bon ». Les lignes pleines correspondent aux seuils pour les grand estuaires (Type D, comme la Gironde) et les lignes pointillées aux seuils pour les petits estuaires à faible zone intertidales (Type F, comme l'Adour et la Bidassoa).

• Masse d'eau « Estuaire Adour aval » :

Les stations intertidales et subtidales sélectionnées pour le nouveau protocole appliqué en 2020 (Blanchet & Fouet, 2019) révèlent des communautés benthiques relativement similaires au cours des années de suivi. En 2020, cette masse d'eau correspondrait à un état écologique globalement moyen (Figure 62). Les valeurs de l'indicateur sont principalement tirées vers le bas par le faible nombre d'espèces et les faibles valeurs de l'indice de diversité de Shannon par rapport aux valeurs de références.

Afin de garantir l'interprétation des habitats benthique dans cette zone, il serait nécessaire d'acquérir par la suite des mesures de salinité pour chaque station.

- Masse d'eau « **Bidassoa** » :

Les résultats faunistiques des stations intertidales et subtidales choisies pour cette étude révèlent une assez bonne similarité des communautés benthiques entre les années de suivi. Pour cette masse d'eau il faudrait aussi avoir une meilleure connaissance sur la salinité à chaque station afin de définir au mieux le type d'habitat. Les valeurs de l'indicateur pour cet estuaire classeraient cet estuaire en bon état, globalement

D'après les métriques indicatrices et le calcul du BEQI-FR, les parties médianes et avale de l'estuaire correspondent à un très bon état écologique tandis qu'en partie amont l'état serait moyen.

RÉFÉRENCES

- Anderson, M. J., Gorley, R. N., and Clarke, K. R. (2008). PERMANOVA+ for PRIMER: guide to software and statistical methods. Plymouth, United Kingdom: PRIMER-E Ltd.
- Auby I, Trut G, Blanchet H, Gouillieux B, Lavesque N, Pothier A (2008) Echantillonnage des sites de référence DCE pour les paramètres "faune invertébrée benthique" et "végétation". Rapport Ifremer - LER Arcachon/Anglet - LER Pertuis charentais - DYNECO-VIGIE, DDTM 64, DDTM 33, Arcachon. ODE/LITTORAL/LER/AR/18.014. 107 pages
- Auby *et al.* (2020). Bassin Adour-Garonne : hydrologie et phytoplancton – Resultats 2014-2019. RST ODE/LITTORAL/LERAR/20.017, 100 pages
- Bachelet, G. et Lconte, M. (2016). Surveillance écologique du CNPE du Blayais - Année 2015 - Suivi de la macrofaune benthique. Rapport Station Marine d'Arcachon.
- Blanchet, H., and Gouillieux, B. (2014). Contrôle de surveillance DCE 2013 Echantillonnage DCE des Masses d'Eau Côtières du district hydrographique Adour-Garonne pour le paramètre « faune invertébrée benthique ». Rapport Station marine d'Arcachon.
- Blanchet, H., and Gouillieux, B. (2016). Contrôle de surveillance 2015 Evaluation de l'amplitude des blooms de macroalgues opportunistes dans la masse d'eau "lac d'Hossegor". Rapport Station marine d'Arcachon.
- Blanchet, H., Gouillieux, B., Bachelet, G., Leconte, M., Lavesque, N., Lebleu, P., *et al.* (2011). Contrôle de surveillance DCE 2009 Echantillonnage DCE des Masses d'Eau Côtières du district hydrographique Adour-Garonne pour le paramètre “faune invertébrée benthique.” Rapport Station marine d'Arcachon.
- Blanchet, H., Gouillieux, B., Bachelet, G., Leconte, M., Lavesque, N., Villedieu, A., *et al.* (2013). Contrôle de surveillance DCE 2012 Echantillonnage DCE des Masses d'Eau Côtières du district hydrographique Adour-Garonne pour le paramètre « faune invertébrée benthique ». Rapport Station marine d'Arcachon.
- Blanchet, H., Gouillieux, B., and Peyran, C. (2015). Contrôle de surveillance DCE 2014 Echantillonnage DCE des Masses d'Eau Côtières du district hydrographique Adour-Garonne pour le paramètre « faune invertébrée benthique ». Rapport Station marine d'Arcachon.
- Blanchet, H., De Montaudouin, X., Chardy, P., and Bachelet, G. (2005). Structuring factors and recent changes in subtidal macrozoobenthic communities of a coastal lagoon, Arcachon Bay (France). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 64, 561–576.
- Blanchet, H., Gouillieux, B., Bujan, S., Devaux, L., Fouet, M., Lucia, M. (2018). Contrôle de surveillance 2017. Echantillonnage DCE des Masses d'Eau de Transition du district hydrographique Adour-Garonne pour le paramètre « faune invertébrée benthique ». Rapport Station marine d'Arcachon. Contrat ifremer n° 17/5210701
- Blanchet, H., and 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. Université de Bordeaux, UMR 5805 EPOC, Station Marine d'Arcachon
- Borja, A., and Muxika, I. (2005). Guidelines for the use of AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) in the assessment of the benthic ecological quality. *Mar. Pollut. Bull.* 50, 787–789. doi:10.1016/j.marpolbul.2005.04.040.
- Clarke, K. R., and Gorley, R. N. (2006). PRIMER v6: user manual/tutorial. Plymouth, United Kingdom: PRIMER-E Ltd.
- Clarke, K. R., and Warwick, R. M. (2001). Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth, United Kingdom: PRIMER-E Ltd.

- Cottet, M., Bachelet, G., Blanchet, H., de Montaudouin, X., Leconte, M., and Sauriau, P. G. (2007a). Etude préliminaire sur la macrofaune benthique pour des masses d'eau côtières et de transition Rapport préliminaire : Analyse bibliographique Proposition de protocole d'échantillonnage de la macrofaune. Rapport Station marine d'Arcachon et CRELA de L'Houmeau.
- Cottet, M., Gouillieux, B., Bachelet, G., Blanchet, H., Montaudouin, X. De, Lavesque, N., *et al.* (2007b). Etude préliminaire de la macrofaune benthique des masses d'eau côtières et de transition du District Hydrographique Adour-Garonne. Rapport Station marine d'Arcachon et CRELA de L'Houmeau.
- Fouet, M., Blanchet, H., Leconte M., David, V., Lepage, M. (2018). Sélection d'un indicateur "faune benthique invertébrée" adapté aux estuaires. Rapport final UMR EPOC/AFB. 69 pages.
- Foulquier, C., Bogun, F., Gouillieux, B., Lavesque, N., Blanchet, H. (2018). First record of the non-native species *Grandidierella japonica* Stephensen, 1938 (Crustacea: Amphipoda: Aoridae) along the French Basque coast. *An aod - les cahiers naturalistes de l'Observatoire marin*, vol. VI (1), 17–25
- Gallon, R K, Fournier J (2015) Package G2sd "Grain-Size Statistics and Description of Sediment". Package R. <http://cran.r-project.org/web/packages/G2Sd/index.html>
- Garcia, A., Blanchet, H., Gouillieux, B., Bachelet, G., Leconte, M., Lavesque, N., *et al.* (2009). Echantillonnage DCE des Masses d'eau côtières pour le paramètre "faune invertébrée benthique ». Rapport Station marine d'Arcachon.
- Garcia, A., Desroy, N., Le Mao, P., and 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*. Dinard.
- Guillaumont B, Gauthier E (2005) Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE - Recommandations concernant le benthos marin. Rapport Ifremer – Centre de Brest, Brest.
- 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 (1), pp. 51–55. doi:10.3391/bir.2013.2.1.09
- Muxika, I., Borja, A., and Bald, J. (2007). Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Mar. Pollut. Bull.* 55, 16–29. doi:10.1016/j.marpolbul.2006.05.025.
- Perriere-Rumebe M. *et al.* (2018). Surveillance Ecologique du site du "Blayais" - année 2017. Rapport Ifremer, 189 pages.

CONTACT

Hugues Blanchet – UMR EPOC
hugues.blanchet@u-bordeaux.fr
T. 05 56 22 39 35