Ifremer – Centre Atlantique – Station Arcachon
Département Océanographie et Dynamique des Ecosystèmes (ODE)
Unité Littoral
Laboratoire Environnement Ressources Arcachon-Anglet

Ifremer – Centre de Brest
Département Ressources Biologiques et Environnement (RBE)
Laboratoire Santé Environnement et Microbiologie

Université de Bordeaux - Pessac
Unité Mixte de Recherche Environnements et Paléo environnements Océaniques et Continentaux (UMR EPOC 5805) – CNRS
Observatoire Aquitain des Sciences de l'Univers (OASU)

Université de Bordeaux - Station Marine d'Arcachon
Unité Mixte de Recherche Environnements et Paléo environnements Océaniques et Continentaux (UMR EPOC 5805) – CNRS
Observatoire Aquitain des Sciences de l'Univers (OASU)

LASAT - La Rochelle
Laboratoire d'analyses Sèvres Atlantique

SGS – Saint Etienne du Rouvray

Avril 2018 – RST ODE/UL/LER/AR/18.004

Electricité de France
Centre Nucléaire de Production d'Electricité du Blayais

SURVEILLANCE ECOLOGIQUE

SITE DU BLAYAIS

RAPPORT SCIENTIFIQUE

ANNEE 2017

Commande d'exécution n° 5100-4200514962
du marché n° C4493C08

FICHE DOCUMENTAIRE

Type de Rapport : RST (Rapports scientifiques et/ou techniques)	
Numéro d'identification du rapport : RST ODE/UL/LER/AR/18.004 **Diffusion** : libre☑ restreinte ☐ interdite ☐ **Validé par :** Hervé du Boullay - Michel Ropert – Hélène Oger-Jeanneret **Version du document :** Définitive	**date de publication :** avril 2018 **nombre de pages :** 189 p. + Annexes **bibliographie :** *Oui* **illustration(s) :** *Oui* **langue du rapport :** *Français*
Titre et sous-titre du rapport : Surveillance Ecologique du site du "Blayais" - année 2017 Ecological monitoring of the "Blayais" nuclear power plant – 2017	

Auteurs principaux :	**Organisme / Direction / Service, laboratoire :**
PERRIERE-RUMEBE Myriam AUBY Isabelle	Ifremer / ODE / LITTORAL / LER-ARCACHON-ANGLET
HERVIO HEATH Dominique	Ifremer / RBE / SGMM / LSEM
SOTTOLICHIO Aldo SAUTOUR Benoit SAVOYE Nicolas DERRIENNIC Hervé	Université de Bordeaux / UMR EPOC / Talence
BLANCHET Hugues LECONTE Michel GOUILLIEUX Benoit FOUET Marie	Université de Bordeaux / UMR EPOC / Arcachon
AGION Tony	LASAT / La Rochelle

Collaborateur(s) :	**Organisme / Direction / Service, Laboratoire :**
D'AMICO Florence GOURIOU Laure LONGO Matthieu METEIGNER Claire RIGOUIN Loïc TOURNAIRE Marie-Pierre	Ifremer / ODE / LITTORAL / LER-ARCACHON-ANGLET
DUPUY Maëlle	Université de Bordeaux / UMR EPOC / Talence
NOWACZYCK Antoine PARRA René BRUNE Juliette	Université de Bordeaux / UMR EPOC / Arcachon
MERIAUX Mélody	LASAT / La Rochelle
RENAULT Aurélien	SGS / Rouen

Organisme commanditaire : nom développé, sigle, adresse
Electricité de France (EDF) - Production Transport - C.N.P.E. du Blayais
B.P. 27 - 33820 ST-CIERS-S/GIRONDE

Organismes réalisateurs : noms développés, sigles, adresses

- Ifremer Centre Atlantique - Station d'Arcachon Quai du Cdt Silhouette - 33120 Arcachon
- UMR 5805 EPOC - Université de Bordeaux – CNRS, Allée Geoffroy Saint-Hilaire – 33615 PESSAC Cedex
- UMR 5805 EPOC - Université de Bordeaux – CNRS, Station Marine d'Arcachon, 2 rue du Professeur Jolyet - 33120 ARCACHON
- Laboratoire d'Analyses Sèvres-Atlantique – LASAT – 5 allée de l'Océan – 17000 LA ROCHELLE
- SGS MULTILAB – 65 rue Ettore Bugatti – 76800 SAINT ETIENNE DU ROUVRAY

Responsable scientifique : Myriam PERRIERE-RUMEBE - Station Ifremer d'Arcachon

Cadre de la recherche : Surveillance des centrales nucléaires littorales et estuariennes
Convention de marché EDF n° C4493C0850
Commandes d'exécution n° 5100-4200514962
Projet : Impact des Grands Aménagements
Campagne océanographique : SOGIR, 2017, Navire « N/O Côtes de la Manche »

Résumé :

L'étude de surveillance n° 40 du site électronucléaire du Blayais (département de la Gironde) concerne la période d'avril à novembre 2017. Les domaines pélagique et benthique sont étudiés (physico-chimie, bathymétrie, hydrobiologie, microbiologie, zooplancton, macrofaune benthique).
Synthèse

Abstract :

Monitoring n° 40 of the Blayais nuclear power plant takes into account studies conducted between April and November 2017. Physicochemistry, Bathymetry, Hydrobiology, Bacteriology, Zooplankton, Benthic macrofauna, are reported.
Synthèse

Mots-clés :
Centrale nucléaire – Estuaire de la Gironde – Surveillance - Pelagos - Physico chimie – Bathymétrie - Hydrologie - Microbiologie – Zooplancton – Macrofaune benthique.

Keywords :
Nuclear power plant – Gironde estuary – Monitoring - Pelagos - Physico chemistry – Bathymetry - Hydrology – Microbiology - Zooplankton – Benthic macrofauna.

SOMMAIRE

SOMMAIRE 7

AVANT - PROPOS 10

SYNTHESE 11

INTRODUCTION 15

A.1 STRATEGIE DE SURVEILLANCE DU BLAYAIS 15

A.1.1 Historique 15
A.1.2 Lieux de surveillance 18
A.1.3 Paramètres mesurés 20
A.1.4 Organisation des campagnes d'échantillonnage 20

A.2 DEROULEMENT DE LA SURVEILLANCE 2017 21

A.2.1 Bilan de la surveillance 2017 22

A. CONTEXTE GENERAL ET ENVIRONNEMENTAL 23

A.1 PRÉSENTATION DU CNPE : 23

A.2 CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET CLIMATOLOGIQUE 24

A.2.1 GÉOGRAPHIE 24
A.2.2 GÉOLOGIE 25
A.2.3 HYDROGRAPHIE CONTINENTALE 26
A.2.4 HYDROGRAPHIE MARINE : 27
A.2.5 CLIMATOLOGIE GÉNÉRALE: 29

A.3 CARACTÉRISTIQUES DE L'ANNÉE EN COURS 30

A.3.1 FONCTIONNEMENT DU CNPE 30
A.3.2 PARTICULARITÉS HYDROCLIMATIQUES DE L'ANNÉE EN COURS 31

B - SURVEILLANCE DU COMPARTIMENT PELAGIQUE 34

B.1 HYDROLOGIE, PHYSICO-CHIMIE, CHIMIE 34

B.1.1 Stratégie de surveillance 34
B.1.2 Paramètres / Méthodes : 35
B.1.3 température de l'eau 38
B.1.4 Salinité 40
B.1.5 Courant 41
B.1.6 Concentration en matières en suspension 43
B.1.7 Turbidité 45
B.1.8 Oxygène dissous 46

B.1.9 Mesure électrochimique du pH 48
B.1.10 Carbone Organique 49
B.1.11 Nutriments 52
B.1.12 Bore 63
B.1.13 Substances chimiques (Morpholine, Hydrazine, Ethanolamine) 68
B.1.14 Agents de surface anioniques 69
B.1.15 Conclusion 69
B.1.16 Mise en perspective des résultats IGA et DCE 72

B.2 LE PHYTOPLANCTON 75

B.2.1 Méthodologie 75
B.2.2 Biomasse chlorophyllienne 75
B.2.3 Conclusion 78

B.3 MICROBIOLOGIE 79

B.3.1 Contexte et Stratégie de surveillance 79
B.3.2 Méthodologie 79
B.3.3 Résultats sur l'identification et le dénombrement des vibrions halophiles 80
B.3.4 Conclusion 85

B.4 ZOOPLANCTON 85

B.4.1 Stratégie de surveillance 85
B.4.2 Méthodologie 85
B.4.3 Evolution des principaux contingents au point E 86
B.4.4 structure démographique d'*E. affinis* (point E) 94
B.4.5 comparaison de l'évolution des principaux contingents aux points F, E et K. 98
B.4.6 Conclusion 106

C - SURVEILLANCE DU COMPARTIMENT BENTHIQUE 108

C.1 MACROFAUNE BENTHIQUE SUBTIDALE 108

C.1.1 Stratégie de surveillance 108
C.1.2 Méthodologie 108
C.1.3 Analyses granulométriques du sédiment 110
C.1.4 Analyse des peuplements faunistiques 111
C.1.5 Evolution temporelle des peuplements subtidaux 122
C.1.6 Conclusion 138

C.2 MACROFAUNE BENTHIQUE INTERTIDALE 139

C.2.1 Stratégie de surveillance 139
C.2.2 Méthodologie 139
C.2.3 Analyses granulométriques du sédiment 141
C.2.4 Analyse des peuplements faunistiques 144
C.2.5 Evolution temporelle des peuplements intertidaux 157
C.2.6 Conclusion Benthos intertidal 181

C.3 CONCLUSION COMPARTIMENT BENTHIQUE 182

C.3.1 Domaine subtidal : 182
C.3.2 Domaine intertidal : 183

CONCLUSIONS 185

GLOSSAIRE ET ABREVIATIONS 186

BIBLIOGRAPHIE 188

ANNEXES..... 190

AVANT - PROPOS

Cinq Centres Nucléaire de Production Electrique (CNPE) sont situés en zone littorale et utilisent pour le refroidissement de leurs condenseurs de l'eau prélevée et restituée dans le milieu marin. Le CNPE du Blayais présente la particularité d'avoir été positionné sur l'estuaire de la Gironde. Du fait de cette implantation en zone estuarienne, sous double influence marine et terrestre, le site a fait l'objet de travaux spécifiques tant dans sa conception que dans la réalisation des prises d'eau et de rejets.

De nombreuses études ont été réalisées pour appréhender l'influence du CNPE sur le milieu estuarien environnant. Elles ont débuté avec les "études de projets" en 1975 et 1976. A compter de février 1978, soit trois ans avant la mise en service de la première tranche du CNPE (en juin 1981), un protocole de "surveillance écologique" a été mis en place de manière ininterrompue jusqu'à aujourd'hui. L'effort déployé dans les premières années de la "surveillance" (suivi de 8 points dans l'estuaire) a été maintenu jusque fin 1983 (mise en service de la 4ème et dernière tranche du CNPE). A partir de 1984, le protocole de la surveillance a été allégé s'appuyant sur 3 secteurs de suivi encore et toujours étudiés de nos jours.

Les modalités de mise en œuvre de la "surveillance écologique" du CNPE du Blayais sont définies par l'arrêté interministériel du 18 septembre 2003 portant "*autorisation à EDF de poursuivre les prélèvements et les rejets d'effluents liquides et gazeux pour l'exploitation du site nucléaire du Blayais*" (NOR : INDI0301878A). La Stratégie repose sur un suivi annuel de différents paramètres dans les domaines de la physico-chimie de l'eau, du phytoplancton, de la microbiologie, du zooplancton et des communautés benthiques subtidales et intertidales.

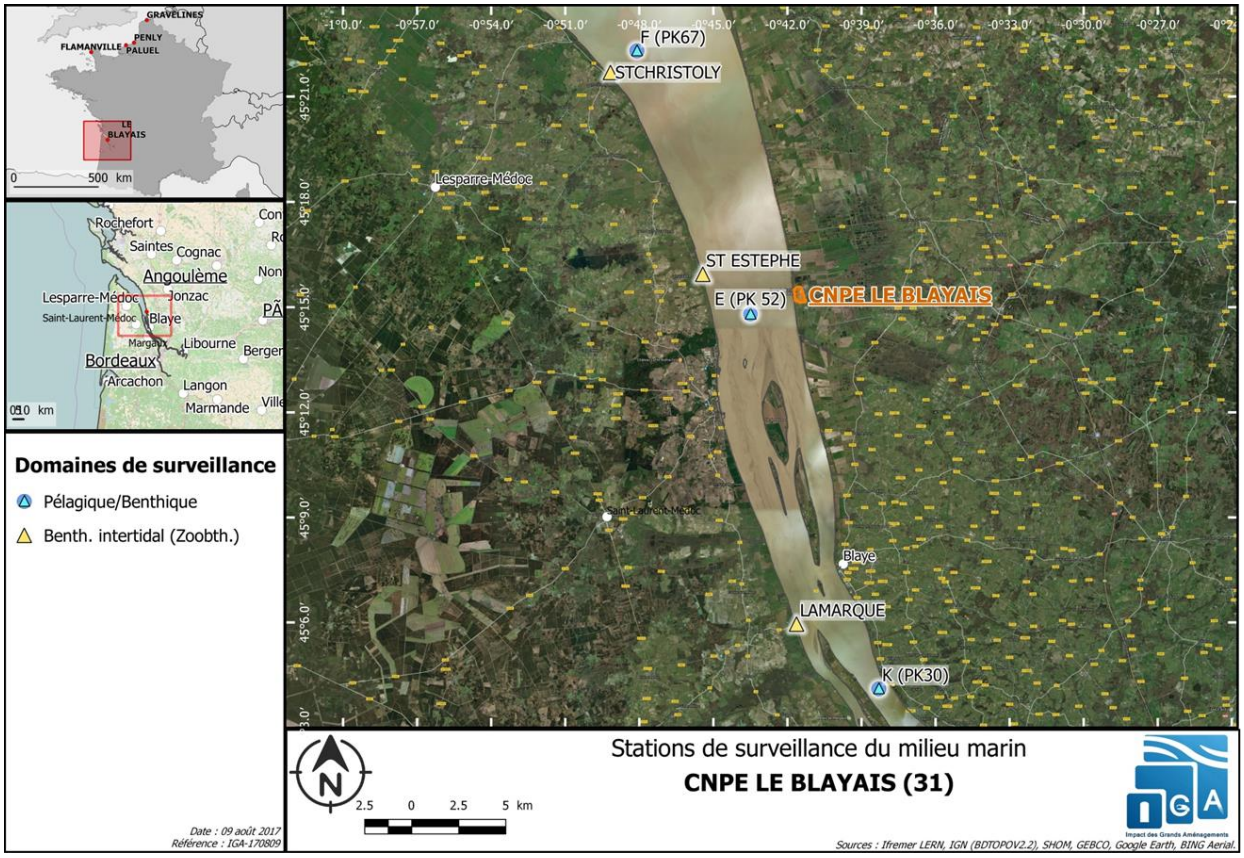
La mise en œuvre opérationnelle de la surveillance repose sur un partenariat étroit entre 5 organismes :

- Ifremer (LER Arcachon-Anglet) : coordination et analyses de chlorophylle et de nutriments.
- L'Université de Bordeaux (UMR 5805 EPOC – Talence) : mise en œuvre des campagnes d'échantillonnage embarquées et des mesures *in situ*, analyse du carbone.
- La Station Marine d'Arcachon (UMR 5805 EPOC - Arcachon) : échantillonnage et détermination des MES, des peuplements de zooplancton et de macrozoobenthos intertidaux et subtidaux.
- Le Laboratoire d'Analyses Sèvres Atlantique (LASAT) - La Rochelle : analyse de substances chimiques et analyses microbiologiques.
- Le laboratoire SGS –Rouen : analyse des substances chimiques éthanolamine, morpholine et hydrazine.

SYNTHESE

Stratégie d'échantillonnage des domaines pélagique et benthique

La stratégie de surveillance repose sur 3 points suivis à l'occasion de 8 campagnes annuelles réparties mensuellement d'avril à novembre. Pour satisfaire aux exigences de l'arrêté du 18 septembre 2003, la surveillance porte sur le suivi du compartiment pélagique (paramètres hydrologiques et chimiques, microbiologiques (vibrions) et zooplanctonique) et du compartiment benthique (macrofaune intertidale et subtidale depuis 2004). Elle s'intègre dans le contexte des caractéristiques d'un milieu estuarien complexe et des fluctuations climatiques et saisonnières auxquelles il est soumis.



Points *pélagique et benthique*	Localisation	Commentaire
POINT K (PK 30) et LAMARQUE (PK 35)	A la confluence de la Garonne et de la Dordogne, 22 km en amont du CNPE	Forte sensiblilité aux crues et fréquemment occupé par des eaux douces. Permet d'évaluer l'influence éventuelle des rejets du CNPE sur la partie fluviale de l'estuaire
POINT E (PK 52) et ST-ESTEPHE (PK 55)	Dans le chenal médian au débouché des canalisations de rejet des eaux de refroidissement	L'influence de la centrale, essentiellement thermique, y est directement mesurable
POINT F (PK 67) et ST-CHRISTOLY (PK 66)	Dans le chenal de navigation, rive gauche, à 15 km à l'aval de la centrale	Zone où les eaux sont toujours salées, même en période de crue. Permet d'évaluerl'influenceéventuelle des rejets du CNPE sur les eaux de l'estuaire aval

Stratégie d'échantillonnage (paramètres, conditions et lieux d'échantillonnage) :

Paramètres	Niveaux	Moment de marée	Point
Courant (vitesse et direction), Salinité, température, pH, turbidité Matière en suspension (MES), Oxygène dissous, Carbone organique particulaire (COP) Carbone organique total (COT)	Surface et Fond	Basse mer, Mi-Flot, Pleine mer, Mi-Jusant	K - E - F
Sels nutritifs (nitrate+nitrite, ammonium, phosphate, silicate). Chlorophylle, phaeopigments. Bore total. Hydrazine, morpholine, éthanolamine, agents de surfaces anioniques	Surface	Basse mer, Pleine mer	K - E - F
Vibrio halophiles	Surface	Basse mer, Pleine mer	K - E - F
Zooplancton	Surface et Fond	Basse mer, Mi-Flot, Pleine mer, Mi-Jusant	K - E - F
Zoobenthos subtidal	Fond	sans objet	K - E - F
Zoobenthos intertidal	Fond	sans objet	Lamarque, St-Estèphe, St-Christoly

Date des campagnes 2017

Mois	avril	mai	juin	juil	août	sept	oct	Nov
Domaine Pélagique	4 au 7	16 au 19	14 au 17	04 au 07	28 au 31	10 au 14	28 au 31	26 au 29
Domaine Benthique	24	09	06	10	24	07	03	02

Conditions hydro climatiques

2017 se caractérise par une absence de crue significative et **des débits moyens** en dessous de la moyenne interannuelle. Ces observations confirment la tendance déjà signalée d'une diminution significative des débits moyens sur les cinquante dernières années.

Les températures atmosphériques moyennes (Météo-France) oscillent autour de la normale. Dans le domaine des précipitations, 2017 se révèle déficitaire de 20 %. Les excédents marqués des mois de juin et décembre n'ont pas compensé les déficits marqués de janvier, avril et octobre.

Compartiment pélagique

En 2017, **la température moyenne de l'eau** évolue de manière cohérente avec les variations habituelles, tant à l'échelle de la marée que sur le plan saisonnier. Depuis le début des observations en 1978, l'évolution de la température de l'eau est corrélée à la température atmosphérique. Les deux augmentent régulièrement depuis le début des suivis.

La **salinité** traduit un fonctionnement naturel de l'estuaire, en réponse aux fluctuations des débits fluviaux de l'année. Il en est de même pour la **vitesse des courants.** Sur le long terme on note toutefois une augmentation progressive de la moyenne des courants maximum, conséquence des évolutions morphologiques de l'estuaire et du chenal médian.

La **concentration en matières en suspension (MES)** et **la turbidité** traduisent la position du bouchon vaseux qui, à l'échelle saisonnière, dépend du débit fluvial. En 2017, une baisse

régulière de ces 2 paramètres au point E confirme une remontée progressive du bouchon vaseux vers l'amont de l'estuaire pendant l'année. Dès le mois de juin, le bouchon vaseux se situe très en amont du CNPE et il atteint la Garonne et la Dordogne, où il séjourne jusqu'à la fin de la période de surveillance.

La **teneur en oxygène dissous**, la gamme de **variation du pH** et les niveaux de **Carbone organique** (particulaire comme dissous) ne montrent pas de signes particuliers. Ils évoluent en 2017, de manière cohérente en regard du fonctionnement et de la dynamique de l'estuaire de la Gironde.

Nutriments : L'année 2017 a été globalement caractérisée par de faibles teneurs en phosphate et en nitrate+nitrite (origine majoritairement fluviale). Les concentrations en ammonium, quoique dans l'absolu assez faibles, ont fréquemment été plus élevées que les niveaux habituels.

Les valeurs brutes des **substances chimiques** (bore, Amines, agents de surface anioniques) ne mettent pas en évidence d'influence de la centrale sur l'environnement marin.
Le Bore, élément présent naturellement dans l'eau de mer, montre un gradient croissant amont – aval. Les valeurs brutes ne mettent pas en évidence d'influence de la centrale (présence des contaminants mais en quantité non significative).

Une seule détection d'agents de surface anioniques a été mise en évidence sur la station amont à basse mer.

Les **biomasses chlorophylliennes** observées en 2017 ont montré des niveaux plus élevés que les années précédentes (en particulier au printemps en aval de l'estuaire). Cette tendance croissante est également perceptible entre la pleine mer et la basse mer et entre l'amont et l'aval. Ces gradients sont cohérents et attendus.

Les *Vibrio* halophiles : En 2017, Les teneurs en vibrions halophiles sont équivalentes à celles des années antérieures, avec globalement les mêmes espèces mais à des proportions différentes par rapport à celles des années précédentes : davantage d'espèces sont identifiées et on observe moins d'espèces isolées. Par ailleurs, les espèces *V. parahaemolyticus* et *V. vulnificus* sont toujours majoritaires.

Zooplancton : L'année 2017 est marquée par des abondances très faibles de l'espèce dominante *Eurytemora affinis* et par un positionnement amont de la population en relation avec les très faibles débits de l'année. La fécondité de l'espèce se maintient à un niveau « bas ».

Compartiment benthique (macrofaune)

Domaine subtidal :

Conformément à ce qui a toujours été observé, la **composition granulométrique du sédiment** superficiel des 3 stations de suivi est hétérogène. Si les 2 stations amont (K & E) sont relativement stables, la station la plus "marine" (F) est celle qui présente la plus forte variabilité, subissant depuis 2014 des phases régulières d'ensablement. Les niveaux d'abondance des **peuplements benthiques subtidaux** en 2017 sont plutôt bas (F & E) voire très faibles (K), même si on y retrouve toutes les espèces habituelles. Cette tendance est également perceptible du point de vue de la diversité qui se stabilise (F & E) voire baisse sensiblement (K).

Domaine intertidal :

La composition granulométrique du sédiment a montré, comme les années précédentes, une très grande stabilité temporelle à toutes les stations (vases à faible teneur en matière organique). En 2017, si la diversité des peuplements benthiques intertidaux se situe dans la moyenne à St – Estèphe elle se révèle nettement plus forte que la moyenne à St - Chirstoly et surtout à Lamarque (traditionnellement la plus faible depuis le début de la surveillance.). De manière générale il se confirme que les densités de la macrofaune benthique intertidale, qui avaient fortement chuté entre 2006 et 2013, remontent progressivement depuis 2015.

CONCLUSION

Les résultats 2017 de la surveillance écologique du CNPE du Blayais, pour les compartiments pélagique et benthique, montrent que toutes les dynamiques observées s'inscrivent dans la variabilité naturelle et habituelle de l'estuaire (cycle des marées et saisonnier). L'analyse des paramètres surveillés dans le cadre des stratégies mises en œuvre ne permet pas d'identifier de signes de dysfonctionnement notable du milieu pouvant être lié au fonctionnement du CNPE du Blayais.

INTRODUCTION

La surveillance écologique des rejets (rejets radioactifs exclus) de la centrale nucléaire du Blayais, située en bord d'estuaire, vise à étudier **l'évolution temporelle à moyen et long terme** des **différents domaines marins** (pelagique et benthique) et de leurs **compartiments associés** (hydrologie, phytoplancton, zooplancton, macrofaune benthique, microbiologie,…) à une **échelle spatiale locale** (proche des centrales et de sa zone d'influence). La finalité recherchée est de mettre en évidence d'éventuels changements à travers le suivi de quelques paramètres caractéristiques de chaque compartiment. La zone d'études peut être élargie au niveau régional si la distribution spatiale des paramètres surveillés le justifie, comme dans le cas de l'halieutique par exemple. Les changements ou les évolutions qui ne pourraient être expliquées par les données obtenues, peuvent donner lieu à des études particulières s'inscrivant en marge de la surveillance proprement dite.

La surveillance écologique du milieu récepteur du CNPE du Blayais a été initiée en 1978. Le présent rapport s'inscrit donc dans la 40ème année de surveillance pour ce site.
Le travail réalisé par l'Ifremer et ses partenaires est soutenu par un cadre conventionnel national établit avec EDF (Marché n° C4493C0850, Commandes d'exécution n° 5100-4200514962). Un cahier des charges (Réf ELLIER 1100786 indiceB) définit aussi précisément que possible les modalités de la surveillance mises en œuvre pour chacun des 5 CNPE couverts par cette convention.

Pour tous les CNPE concernés, la stratégie de surveillance mise en œuvre reflète les exigences règlementaires fixées par l'Autorité de Sureté Nucléaire[1] (ASN).

A.1 STRATEGIE DE SURVEILLANCE DU BLAYAIS

A.1.1 HISTORIQUE

Dans le cadre de la surveillance du CNPE du Blayais, la stratégie de surveillance a évolué selon 2 périodes :

- **De 1978 à 1983** (Mise en service du 1er réacteur en 1981) : 8 stations de suivi réparties dans l'estuaire de la Gironde sont échantillonnées selon 2 modalités :
  - campagne lourde : échantillonnage des 8 points toutes les 2 heures sur 1 cycle complet de marée (durée 1 semaine, nécessitant la mobilisation de 2 navires océanographiques, 18 paramètres mesurés dans le domaine

[1] Autorité administrative indépendante depuis 2006, l'ASN est en charge, entre autre, de toutes les décisons règlementaires à caractère technique (par arrêtés et/ou décisions) et elle contribue à l'élaboration des décrets et des arrêtés ministériels fixant la règlementation générale.

Tableau A.1-1 Stratégie de la surveillance ; correspondance entre le numéro de campagne et le mois de mesures au cours des années

		Campagne							
		n°1	n°2	n°3	n°4	n°5	n°6	n°7	n°8
	1975	Etudes de projet : 17 campagnes en 24 mois							
	1976								
	1978	Surveillance 1er cycle : 8 à 10 campagnes tous les 2 ans							
	1983								
Surveillance 2ème cycle	**1984**	3 et 4	5	6	7	7	8	9	11
	1985	3 et 4	5	6	7	7	8	9	11
	1986	3 et 4	5	6	7	7	8	9	11
	1987	3 et 4	5	6	7	7	8	9	11
	1988	3 et 4	5	6	7	7	8	10	11
	1989	3 et 4	5	6	7	7	9	10	11
	1990	3 et 4	5	6	7	7	9	10	11
	1991	3 et 4	5	6	7	7	9	10	11
	1992	4	5	6	7	7	9	10	11
	1993	4	5	6	7	7	9	10	11
	1994	5	5	6	7	7	9	10	11
	1995	4	5	6	7	7	9	10	11
	1996	4	5	6	7	7	9	10	11
	1997	4	5	6	7	7	9	10	11
	1998		5	6	7	7	9	10	11
	1999	4	5	6	7	9	9	10	11
	2000	4	5	6	7	9	9	10	11
	2001	3	5	6	7	8	9	10	11
	2002	4	5	6	7	8	9	10	11
	2003	4	5	6	7	8	9	10	11
	2004	4	5	6	7	8	9	10	11
	2005	4	5	6	7	9	9	10	11
	2006	4	5	6	7	8	9	10	11
	2007	4	5	6	7	8	9	10	11
	2008	4	5	6	7	8	9	10	11
	2009	4	5	6	7	8	9	10	11
	2010	4	5	6	7	8	9	10	11
	2011	4	5	6	7	8	9	10	11
	2012	4	5	6	7	8	9	10	11
	2013	4	5	6	7	8	9	10	11
	2014	4	5	6	7	8	9	10	11
	2015	4	5	6	7	8	9	10	11
	2016	4	5	6	7	8	9	10	11
	2017	4	5	6	7	8	9	10	11

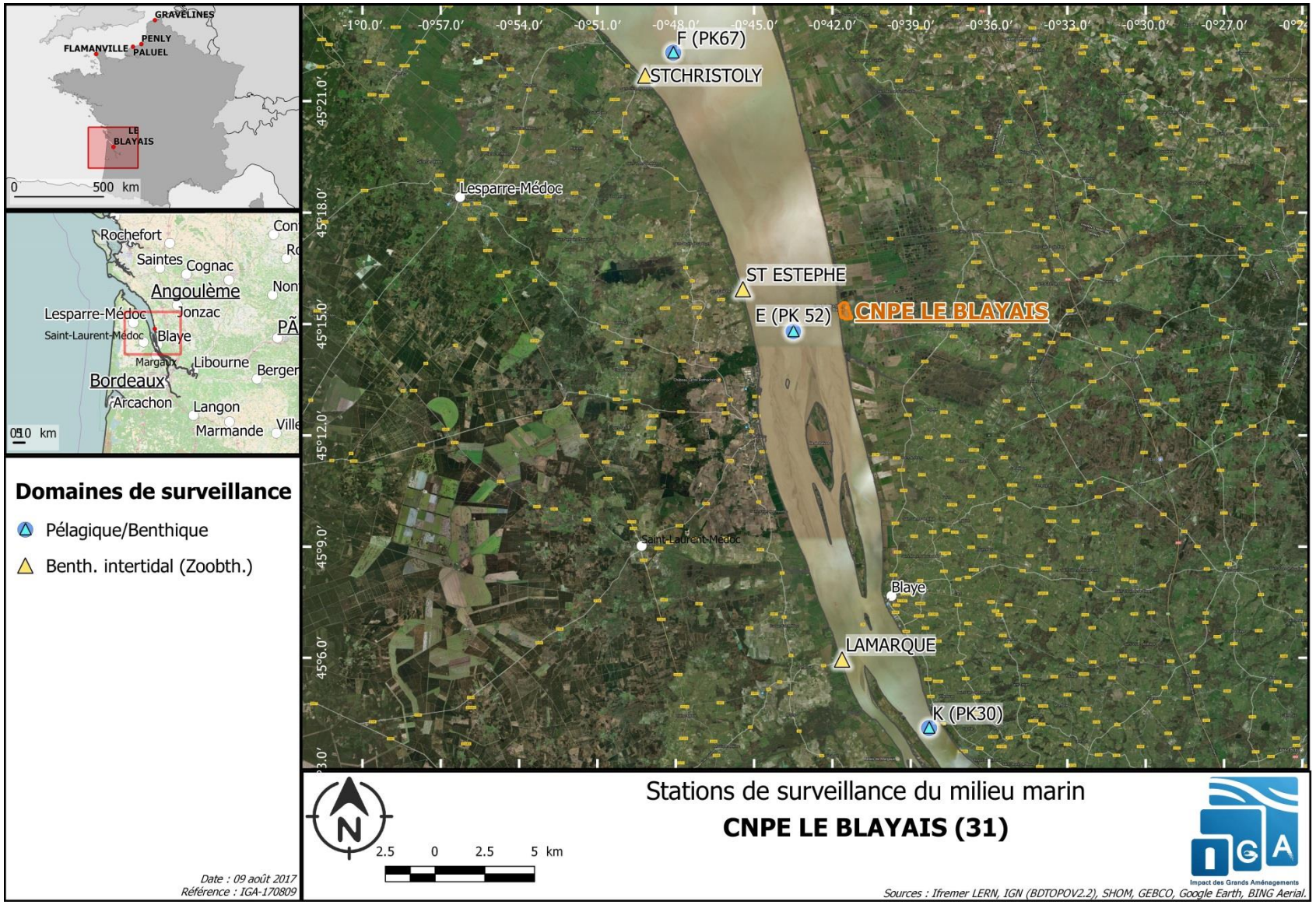


Figure A.1-1 : Localisation des points suivis de la surveillance écologique du milieu marin autour du CNPE du BLAYAIS

- Campagne légère : 11 échantillonnages du seul point (E) au cours de l'année, mêmes paramètres que ceux de la campagne lourde.

- **en 1984** : la stratégie est allégée à la fois sur le plan spatial (passage à 3 stations de suivi) et temporel (au moins 8 campagnes annuelles). Les domaines de la physico-chimie, du phytoplancton, du zooplancton et de la microbiologie, sont suivis.
- **Entre 2000 et 2004** : la stratégie s'enrichit de nouveaux paramètres dans les domaines de la physico-chimie (silicates, pH, Carbone organique dissous et total), de la chimie (bore, détergents, Amines) et du domaine benthique (macrozoobenthos intertidal et subtidal)
- **Depuis 2004** : la stratégie est stabilisée et s'appuie sur le suivi de 3 secteurs au moins 8 fois dans l'année entre les mois d'avril et de novembre (Figure A.1-1).

A.1.2 LIEUX DE SURVEILLANCE

Depuis 1984, la surveillance se focalise sur 3 secteurs répartis entre l'amont et l'aval de l'estuaire de la Gironde (Figure A.1-1). Les 3 stations historiques de suivi "pélagique" localisées dans le chenal de la Gironde, sont complétées, pour les besoins du suivi de la faune benthique intertidale, par 3 stations localisées sur l'estran de la rive gauche. Les caractéristiques détaillées de ces lieux de surveillance sont présentées dans le tableau ci-dessous.
Ces stations de surveillance sont complétées par 2 points de mesure des débits de la Garonne et de la Dordogne en amont de Bordeaux.

Tableau A.1-2 : localisation et description des lieux de surveillance

Libellé	Coordonnées GPS *(WGS84, Degrés, minutes décimales)*		Commentaire
	Latitude	Longitude	
K (PK 30)	45°04,100' N	0°38,300' W	Situé à 22 km en amont de la centrale. A la confluence de la Garonne et de la Dordogne, il est positionné pour évaluer l'influence éventuelle des rejets de la centrale sur la partie fluviale de l'estuaire. C'est le point le plus sensible aux crues et il est fréquemment baigné par des eaux douces.
E (PK 52)	45°14,800' N	0°43,500' W	A quelques centaines de mètres de la centrale, il est situé dans le chenal médian au débouché des canalisations de rejet des eaux de refroidissement. C'est à cette station que l'influence de la centrale, essentiellement thermique, est directement mesurable.
F (PK 67)	45°22,300' N	0°48,100' W	Localisé dans le chenal de navigation, rive gauche, à 15 km à l'aval de la centrale dans une zone où les eaux sont toujours salées, même en période de crue. On évalue ici les éventuelles influences des rejets de la centrale sur les eaux de l'estuaire aval
Lamarque (PK 35)	45°05,951' N	0°41,663' W	Localisé sur estran (niveau mi-marée), rive gauche, à une 20aine de Km en amont du CNPE. Zone majoritairement sous influence fluviale
St-Estèphe (PK 55)	45°15,937' N	0°45,430' W	Localisé sur estran (niveau mi-marée), rive gauche, en face du CNPE. C'est *a priori* la zone exposée le plus directement aux influences thermiques des rejets.
St-Christoly (PK 66)	45°21,686' N	0°49,172' W	Localisé sur estran (niveau mi-marée), rive gauche, à 15 km à l'aval de la centrale dans une zone sous influence marine.
Pessac-Sur-Dordogne	44°49,288' N	0°4,655' E	Mesure du débit de la Dordogne, sur le pont de la RD11.
La Réole	44°34.727' N	0°2,043' O	Mesure du débit de la Garonne, sur le pont de la RD9.

Tableau A.1-3 Détail du programme de surveillance du Blayais

Thème	Domaine	PROGRAMME DE SURVEILLANCE ÉCOLOGIQUE En application de l'arrêté du 18 septembre 2003 - Article 29 (+ avenant)			
		Paramètres	**Echantillonnage à chaque station**	**Stations**	**Fréquence**
CNPE	Fonctionnement de la centrale	Sur la base des données fournies par le CNPE : Puissance des tranches, T° eau de mer, chloration			
Climat	Conditions climatiques	Température de l'air, pluviométrie, insolation, vents dominants			
Hydro.	Conditions hydrologiques	Débits de la Gironde			
Pélagique	Physique	Hauteur d'eau	4 (PM, MJ, BM, MF)[a]	3 Stations	8 campagnes /an
		Vitesse du courant	4 (PM, MJ, BM, MF)[a] - en Surface - au Fond	3 stations : - **point K** (PK 30), Chenal de Blaye - **point E** (PK 52), Chenal médian face CNPE, - **point F** (PK 67), chenal de navigation	8 campagnes/an
		Direction du courant			
	Physico-Chimie	Température de l'eau			
		pH			
		Salinité			
		Oxygène dissous			
		Matières en suspension			
		Turbidité			
		Carbone organique total			
		Carbone organique particulaire			
		Hydrazine	2 (PM, BM)[b] en Surface		
		Morpholine			
		Ethanolamine			
		Détergents			
		Ammonium			
		Nitrites + Nitrates			
		Phosphates			
		Silicates			
		Bore total			
	Phytoplancton	Chlorophylle	2 (PM, BM)(b) en Surface		
	Zooplancton	*Eurytemora affinis*	4[a] WP2 Surface 4 WP2 Fond		
	Micro-organismes	Vibrions halophiles	2[a] Surface		
Benthique	Macro-invertébrés	Composition des peuplements benthiques	5 prélèvements à la benne Van Veen	3 stations (subtidales) : **Point K, Point E, Point F**	8 campagnes/an
			10 prélèvements par carottier/station	3 stations (Intertidales) : - St-Christoly (PK 66), - St-Estèphe (PK 55), - Lamarque (PK 35)	8 campagnes/an

[a] 4 échantillons : 1 Pleine Mer (PM), 1 Basse Mer (BM) et 2 mi-marées (Mi-Flot et Mi-jusant)

[b] 2 échantillons : 1 Pleine Mer (PM), 1 Basse Mer (BM)

A.1.3 PARAMETRES MESURES

En application de l'Arrêté interministériel du 18 septembre 2003 autorisant les prises d'eau et les rejets d'effluents du CNPE du Blayais[2] la liste synthétique des paramètres surveillés (échantillons, stations, fréquences) est détaillée dans le Tableau A.1-3. Les procédures d'échantillonnages et les méthodologies analytiques font l'objet d'un chapitre dédié, en introduction de chaque partie concerné dans la suite de ce rapport.

A.1.4 ORGANISATION DES CAMPAGNES D'ECHANTILLONNAGE

Les exigences de l'échantillonnage du compartiment pélagique (nombre de stations, niveaux de prélèvement, nombre d'échantillons et de paramètres, …) nécessitent le déploiement de moyens nautiques adaptés. En l'occurrence, depuis la fin des années 1990, les équipes en charge de l'échantillonnage de terrain mobilisent les navires océanographiques (N/O) de l'INSU (CNRS), pour réaliser l'ensemble des prélèvements (mesures et échantillons) au cours des 8 campagnes annuelles (entre avril et novembre). Ces dernières années, le N/O "Côtes de La Manche" a été mobilisé, mutualisé avec les missions du Service d'Observation SOMLIT du CNRS. Certaines années, en raison de la difficulté d'accès au point E, le navire « l'Esturial » (Irstea) ou des bateaux privés de plus petite taille ont dû être affrétés.

Chaque campagne doit être planifiée avec attention de telle sorte que les conditions de marée puissent être comparables (de préférence en mortes eaux pour limiter les risques de navigation). Les 3 points de suivi (K, E, F) sont échantillonnés à raison d'une station par jour, pendant ¾ d'un cycle de marée (soit 9h), afin d'échantillonner au moins 4 moments caractéristiques de la marée, espacés de 3h : pleine mer, marée montante (jusant) marée descendante (flot), basse mer. Quotidiennement, certains échantillons sont débarqués, le transport des échantillons relevant dès lors de la responsabilité des laboratoires en charge de mener les analyses.

La diversité et la multiplicité des compartiments étudiés et des échantillons réalisés nécessitent une attention particulière et surtout un matériel adapté. La liste des équipements et matériels nécessaires au bon déroulement des opérations à chaque campagne est la suivante :

- GPS,
- Radar,
- Echo sondeur,
- Courantomètre directionnel (de type Valeport MKIII 108) avec conductimètre et thermomètre intégrés,
- pH-mètre (type WTW pH 3110),
- Bouteille à prélèvement Niskin de 5 L,
- Filets à plancton WP2 (200 µm de vide de maille) équipés de volucompteur,
- Benne Van Veen et tamis de tri,
- Etuve Memmert pour séchage des filtres MES à 50 °C,
- Sonde Multi paramètres (type MPX/NKE) équipée de capteurs de température, profondeur, oxygène, conductivité, pH et turbidité

2 NOR: INDI0301878A : https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2003/9/18/INDI0301878A/jo/texte

A.2 DEROULEMENT DE LA SURVEILLANCE 2017

En 2017, les huit campagnes (embarquées et à terre) ont pu être menées conformément aux plannings prévisionnels (Tableau A.2-1 et Tableau A.2-2)

Tableau A.2-1 Date des campagnes embarquées de surveillance du CNPE Blayais

N°	Du	Au	Coef. Marée
1	04 avril	07 avril	47 à 65
2	16 mai	19 mai	41 à 52
3	14 juin	17 juin	50 à 61
4	04 juillet	07 juillet	46 à 76
5	28 août	31 août	31 à 56
6	10 sept	14 sept	49 à 83
7	28 oct	31 oct	31 à 56
8	26 nov	29 nov	38 à 54

Tableau A.2-2 Date des campagnes à terre (Macrofaune benthique intertidale) de surveillance du CNPE Blayais

N°	Date	Coef. Marée
1	24 avril	84
2	09 mai	80
3	06 juin	65
4	10 juillet	77
5	24 août	96
6	07 septembre	95
7	03 octobre	72
8	02 novembre	85

A.2.1 BILAN DE LA SURVEILLANCE 2017

Pour chacun des paramètres inscrit dans le cadre de la surveillance du CNPE du Blayais, le bilan annuel est le suivant :

Tableau A.2-3 Détail du nombre total de mesures/échantillons à réaliser par point et par paramètre

	Paramètres	Nbr éch. × station	Total		Commentaire
			Prévu	Réalisé	
Mesures in situ	Hauteur d'eau	32 × 3	96	**96**	
	Température	64 × 3	192	**192**	
	Salinité	64 × 3	192	**192**	
	Vitesse du courant	64 × 3	192	**192**	
	Direction du courant	64 × 3	192	**192**	
	pH	64 × 3	192	**192**	
	Turbidité	64 × 3	192	**192**	Données avril-mai douteuses
Hydro-logie	Oxygène dissous	64 × 3	192	**192**	
	Matières en suspension (MES)	64 × 3	192	**192**	
Chimie	COP	64 × 3	192	**191**	192 échantillons mais 1 perdu
	COT	64 × 3	192	**168**	Pas de prélèvements en octobre
	Chlorophylle ***a***	16 × 3	48	**48**	
	Nitrate+nitrite associés	16 × 3	48	**48**	
	Ammonium	16 × 3	48	**48**	
	Phosphate	16 × 3	48	**48**	
	Silicate	16 × 3	48	**48**	
	Morpholine	16 × 3	48	**48**	
	Hydrazine	16 × 3	48	**48**	
	Ethanolamine	16 × 3	48	**48**	
	Bore total	16 × 3	48	**48**	
	Agents de surface	16 × 3	48	**48**	
	Vibrions halophiles	16 × 3	96	**96**	
Bio-Logie	Zooplancton (filet WP2)	64 × 3	192	**192**	
	Macrofaune benthique subtidale	40 × 3	120	**120**	
	Macrofaune benthique intertidale	80 x 3	240	**238**	2 échantillons détruits

A. CONTEXTE GENERAL ET ENVIRONNEMENTAL

A.1 PRÉSENTATION DU CNPE :

Le CNPE du Blayais se trouve sur la commune de Braud et St Louis dans le Département de la Gironde, à 48 km au N-NO de Bordeaux, à 14 km au N-NO de Blaye, à 50 km au S-SE de ROYAN et à 57 km au SO de Saintes. Les installations sont implantées au lieu-dit "La Présidente", en bordure de la Gironde sur la rive droite, environ au PK 52, entre le canal Saint-Georges et le canal de Callonges qui drainent le marais avoisinant.

Le CNPE du Blayais comporte quatre tranches, à eau ordinaire sous pression (PWR), d'une puissance unitaire de 925 MW. Les mises en service industriel ont été effectuées :

- le 1er décembre 1981 pour la tranche 1,
- le 1er février 1983 pour la tranche 2,
- le 14 novembre 1983 pour la tranche 3,
- le 1er octobre 1983 pour la tranche 4.

Le CNPE du Blayais assure plus de 5 % de la production nationale d'électricité, un coefficient de disponibilité supérieur à 80 %, et des productions annuelles pouvant atteindre plus de 25 TWh (milliards de KWh).
Chaque tranche a besoin, pour le refroidissement du condenseur, d'un débit d'eau moyen de 42 $m^3.s^{-1}$, soit 168 $m^3.s^{-1}$ pour 4 tranches en service. Cette eau est prélevée dans le chenal de Saintonge à environ 380 m de la rive, au niveau du PK 52 de la Gironde large de 4,5 km. L'eau échauffée est rejetée en Gironde dans le chenal médian, situé entre les bancs de St Estèphe et de St Louis, à environ 2000 m de la rive. Ces prélèvements et rejets se font par des conduites ensouillées.
L'étude de la décroissance des échauffements par la voie de modèles physiques et de modèles théoriques a permis d'aboutir à une disposition optimale des prises d'eau (1 tête de prise pour 2 tranches) et des rejets. L'implantation retenue vise en particulier à diminuer la surface des zones fortement échauffées en bordure des rives et à limiter les phénomènes de recyclage.

Des études spécifiques ont par ailleurs été réalisées pour concevoir des prises d'eau à l'écart de la zone maximale de passage des organismes migrateurs et avec des vitesses d'aspiration les plus faibles possibles en regard des impératifs techniques.
Les têtes de prise sont munies de barreaux espacés de 90 mm, au travers desquels les vitesses d'entrée de l'eau sont très proches des vitesses des eaux de la Gironde, qui sont elles-mêmes relativement élevées (jusqu'à 3 $m.s^{-1}$). La disposition retenue ménage entre la rive droite et les têtes de prise un couloir de passage minimum lors des plus basses eaux d'étiage de 200 m de large et de 1,50 m de profondeur environ.
Pour répondre aux dispositions réglementaires, des systèmes de récupération de poissons ont été mis en place, sur les tambours filtrants rotatifs de 3 mm de vide de maille, à l'entrée des stations de pompage. Le retour en estuaire, des poissons éventuellement captés et de l'eau

qui les véhicule, se fait par un ouvrage de rejet spécifiquement implanté sur berge. Le débit maximal est de 1,1 $m^3.s^{-1}$ sans élévation thermique.

L'eau prélevée en Gironde pour le refroidissement des condenseurs subit, au niveau des installations, un échauffement moyen de 11 °C (différence de température entre l'entrée et la sortie du condenseur), entrainant un échauffement de l'eau rejetée de 1 à 4 °C, sans modification notable de ses qualités chimiques avant rejet car, en l'absence de problèmes de fixation de moules, aucun traitement au chlore n'est réalisé.

A.2 CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET CLIMATOLOGIQUE

A.2.1 GÉOGRAPHIE

La Gironde est, par sa superficie d'environ 630 km^2, le plus grand estuaire de France et d'Europe occidentale. D'une longueur de 75 km, elle naît de la confluence au Bec d'Ambès de deux fleuves Garonne (575 km) et Dordogne (472 km). L'estuaire physique s'étend toutefois sur 170 km depuis l'embouchure, puisque la limite amont de remontée de la marée dynamique se situe aux environs de La Réole pour la Garonne et de Pessac-sur-Dordogne pour la Dordogne.
Pour faciliter le positionnement géographique le long de l'estuaire, les distances d'amont vers l'aval sont exprimées en points kilométriques, dont l'origine est le Pont de Pierre à Bordeaux (PK 0). La morphologie globale de l'estuaire est caractérisée par l'existence de quatre grandes unités : l'estuaire fluvial, en amont du Bec d'Ambes (PK 25) où Garonne et Dordogne se présentent comme des fleuves à méandres ; l'estuaire amont, du Bec d'Ambes à Saint Christoly (PK 66) ; l'estuaire aval, limité par l'embouchure (Pk 100), davantage soumis aux effets de la marée et des stratifications de salinité ; l'embouchure (aval du PK 100), sous l'influence combinée de la houle et des courants de marée.
La zone d'étude (PK 30, PK 52, PK 67) (Figure A.1-1 et Figure A.2-1) correspond globalement à la partie amont de l'estuaire (PK 25 à 66) ; d'une largeur de 4,5 Km environ au PK 52, elle ne dépasse pas 10 m de profondeur. Ce "haut - estuaire" est d'une grande complexité morphologique ; il est composé d'îles argileuses et de barres sableuses séparant des chenaux anastomosés. La nature du fond, surtout vaseux dans les chenaux, est fortement liée à cette morphologie. La nature des sédiments composés de sable et de vase évolue dans le temps et dans l'espace sous les influences respectivement marine et continentale.

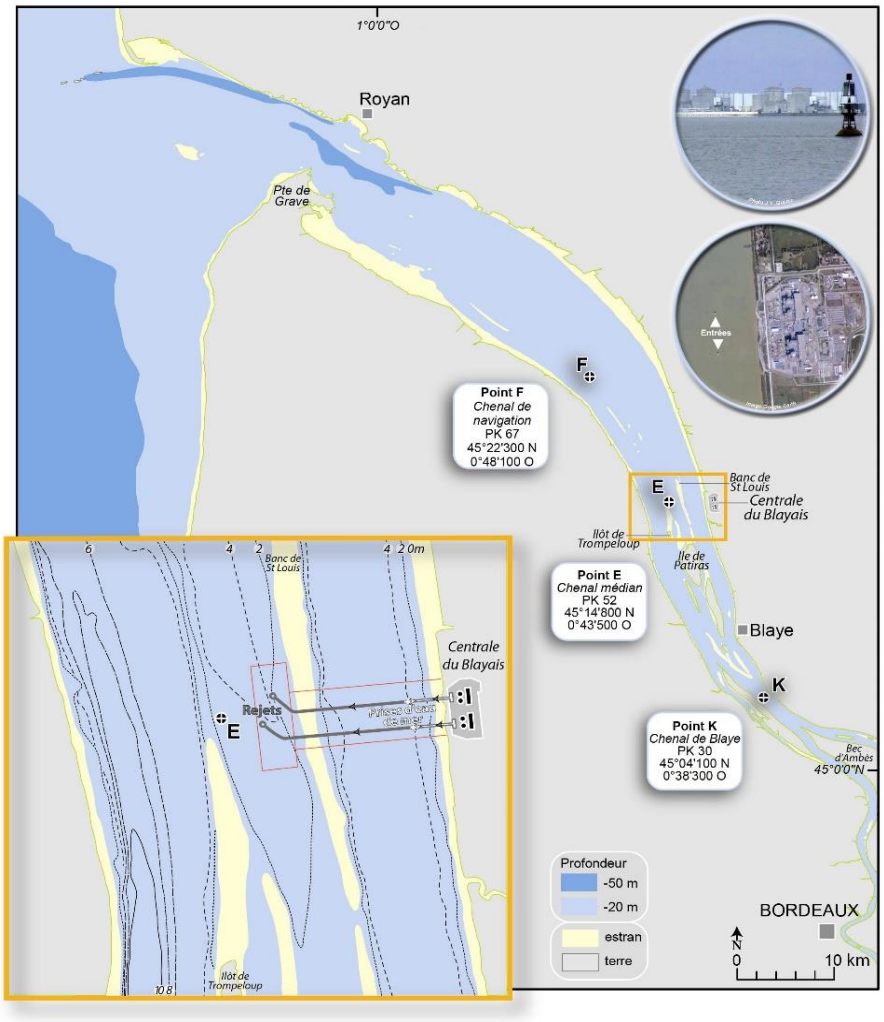


Figure A.2-1 : Position des stations dans l'estuaire de la Gironde et zoom sur la position du point E

A.2.2 GÉOLOGIE

Géologiquement, l'estuaire de la Gironde correspond à un segment de vallée, partiellement ennoyé par la mer, et creusé lors de périodes glaciaires, selon des directions de faiblesses géologiques qui suivent les affleurements des différentes strates de roches Tertiaires, ainsi que des failles majeures. Ces structures imposent encore aujourd'hui la morphologie du littoral car elles sont à l'affleurement à l'extrémité nord du bassin aquitain. Au-dessus d'un subtratum de roche calcaire d'âge tertiaire, les fonds de l'estuaire de la Gironde sont constitués d'un remplissage de sédiments d'âge flandrien, composés d'une succession de graviers fluviatiles, sables et vases sur une épaisseur variant de 10 m en amont jusqu'à 45 m à l'embouchure. L'évolution verticale des sédiments de plus en plus fins traduit l'évolution progressive de cette vallée fluviatile, depuis un stade de fleuve vers un stade de vallée ennoyée par la mer.

Actuellement les sédiments superficiels de l'estuaire peuvent être décrits succinctement comme suit :

- Les fonds de la Garonne estuarienne (mieux documentés que la Dordogne) sont constitués de galets et graviers entre La Réole et Langon ; ils évoluent vers des sables et mélanges sablo-vaseux vers Bordeaux, et deviennent des vases avant le Bec d'Ambès.

- Dans l'estuaire amont, les fonds sont sableux à sablo-vaseux, avec de nombreux bancs et îles qui séparent des chenaux anastomosés. Les zones intertidales sont plus étendues que dans l'estuaire fluvial, et atteignent quelques dizaines de mètres de large
- Dans l'estuaire aval, la sédimentation est essentiellement vaseuse, et les vasières intertidales atteignent leur largeur maximum
- L'embouchure est constituée d'un socle rocheux au-dessus duquel se développe une couverture sableuse, qui forme des bancs modelés par les courants de marée et les vagues, appelées deltas de flot et de jusant.

A.2.3 HYDROGRAPHIE CONTINENTALE

La Garonne et la Dordogne drainent des bassins versants à surfaces fort différentes (56 000 km^2 et 24 000 km^2 respectivement) et distincts géographiquement : la Garonne prend sa source dans le Massif de la Maladeta (Pyrénées centrales espagnoles) ; la Dordogne prend sa source dans le Puy de Dôme. Ces fleuves contribuent pour environ 60 et 40 % respectivement des apports d'eau douce parvenant à l'estuaire. Sur la période 1959-2016, la somme des débits Garonne-Dordogne (Figure A.2-2) subit des variations saisonnières marquées, avec une période hiver-printemps (janvier-mai) de débits soutenus et crues (débits > 1000 m^3.s^{-1}), et une période estivale sèche (juillet-octobre), avec des étiages qui peuvent être sévères (débits de l'ordre de 200 m^3.s^{-1}).

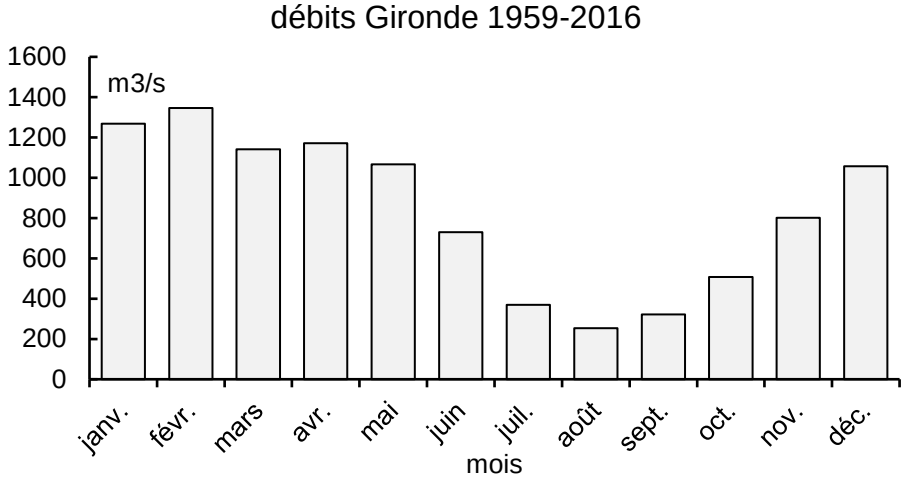


Figure A.2-2 : Moyennes mensuelle des débits quotidiens de la Gironde, entre 1959 et 2016 (source données GPMB)

L'analyse des débits moyens annuels révèle une forte variabilité interannuelle, mais surtout une diminution significative des débits moyens sur les cinquante dernières années, de l'ordre de 25-30 % pour la Garonne et de 20 % pour la Dordogne. La Figure A.2-3 illustre les débits annuels depuis 1982, quasiment le début de la surveillance. On constate que la variabilité interannuelle est forte, mais que pour les années les plus récentes (hormis la fin des années 1980), la moyenne annuelle est relativement basse, en dessous de 800 m^3.s^{-1}. Pour la période 2005-2014, la moyenne annuelle de la somme Garonne-Dordogne est de 680 m^3.s^{-1}. L'année 2011 a été l'année la plus sèche (433 m^3.s^{-1}) et l'année 2013 l'une des plus humides (961 m^3.s^{-1}).

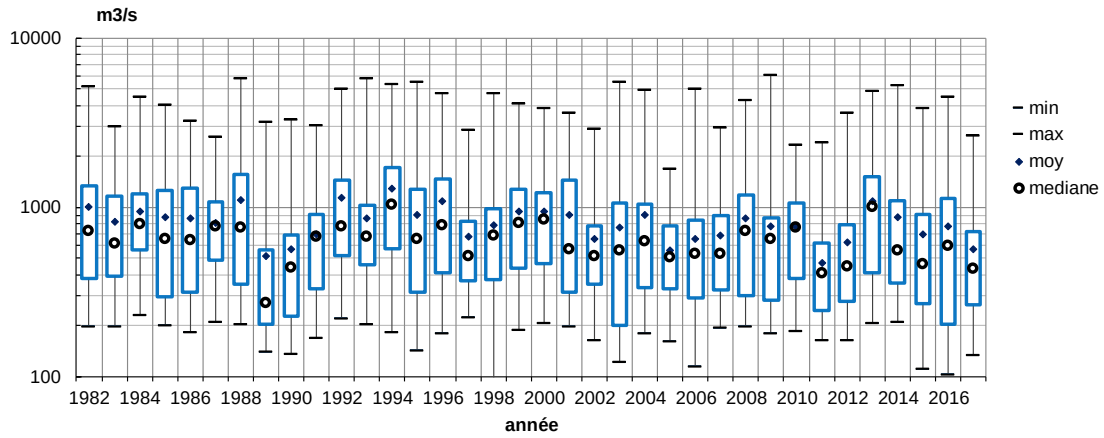


Figure A.2-3 : Débits quotidiens de la Gironde par année entre 1982 et 2017 : moyenne et médiane annuelles, percentiles 25, 75 et valeurs minimales et maximales (source des données GPMB)

A.2.4 HYDROGRAPHIE MARINE :

A.2.4.1 *Marées*

La marée dans le golfe de Gascogne est semi-diurne (deux pleines mers et deux basses mers par jour). Du fait de l'élargissement du plateau continental, l'onde s'amplifie depuis le Pays Basque vers les Pertuis Charentais, (Le Cann, 1990). A l'embouchure de l'estuaire de la Gironde, le marnage (différence de hauteur pleine mer - basse mer) est compris entre 1,5 m en mortes-eaux et 5,5 m en vives eaux. A la station de Port Bloc au Verdon, la marée est sinusoïdale (Figure A.2-4), mais lors de sa propagation dans l'estuaire, elle se déforme sous l'effet de la diminution des profondeurs, du rétrécissement des sections et du frottement du fond et des berges. Globalement, l'onde vers l'amont devient asymétrique (marée montante plus courte que marée descendante), et le marnage s'amplifie. Ainsi, entre Le Verdon et Podensac le marnage augmente de 2m en mortes-eaux et de 1 m en vives-eaux. L'estuaire de la Gironde est qualifié de ce fait d'estuaire convergent ou hyper synchrone.

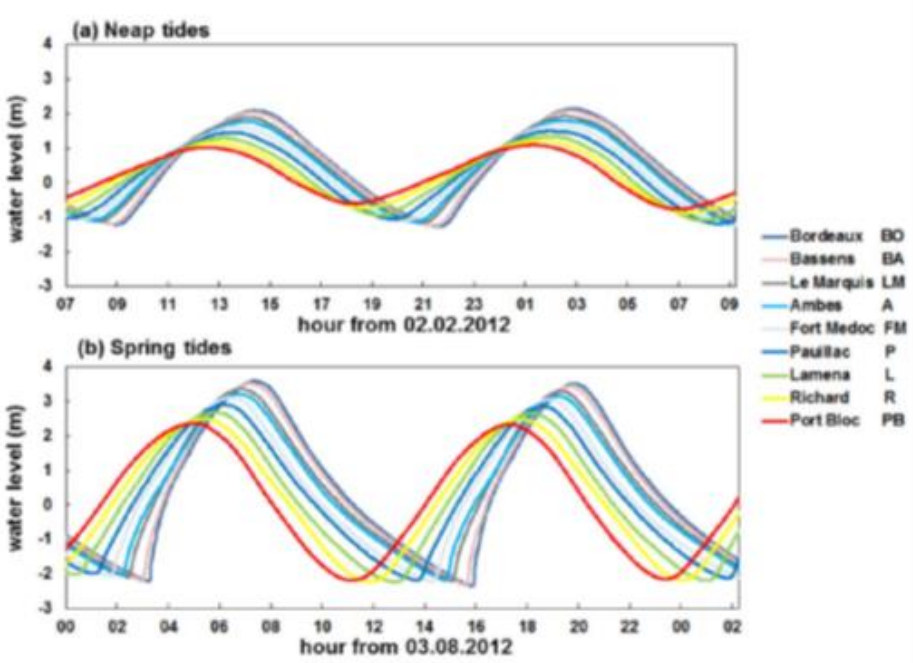


Figure A.2-4 : Enregistrements marégraphiques du Port de Bordeaux en 2012 (a) en mortes-eaux et (b) en vives-eaux

A.2.4.2 *Courants*

Les courants sont principalement contrôlés par la marée, mais varient spatialement en fonction de la morphologie, et temporellement en fonction du débit fluvial. Les vitesses maximales sont observées dans les chenaux où, en vives-eaux, elles peuvent atteindre 3 $m.s^{-1}$ en surface. Les vitesses près du fond sont toujours moins élevées qu'en surface. Les vitesses près du fond sont cruciales car elles contrôlent les possibilités de remise en suspension des sédiments déposés. Dans les chenaux, elles peuvent atteindre jusqu'à 1,5 $m.s^{-1}$.

Les caractéristiques des courants sont liées à celle de l'onde de marée. L'asymétrie de l'onde favorise progressivement les courants de marée montante (dits courants de flot), qui seront plus intenses que les courants de marée descendante (dits de jusant). Ceci se vérifie dès la transition entre l'estuaire aval et l'estuaire amont (Pauillac), mais l'effet devient très visible dans l'estuaire fluvial. La dominance du flot et l'intensité du courant suivent *a priori* le marnage. Etant donné le caractère hyper synchrone de l'estuaire et de la Garonne estuarienne, c'est donc en amont de Bordeaux (secteur de Podensac et Cadillac) que les vitesses sont les plus fortes, puisque l'amplitude de la marée y est maximale.

La circulation résiduelle estuarienne peut être définie comme la circulation nette après avoir « filtré » les oscillations amont-aval de l'eau dues aux courants de flot et de jusant. C'est une caractéristique physique fondamentale, qui contrôle les échelles de temps du piégeage et du transfert de l'eau et des substances dissoutes et particulaires dans les différents compartiments de l'estuaire. La circulation estuarienne typique est constituée de deux couches superposées : en raison des différences de densité, les eaux douces se propagent en surface vers l'aval, et les eaux salées près du fond vers l'amont. Cela induit une remontée des eaux marines au fond vers l'amont. A la limite de cette remontée, une zone de convergence des courants résiduels est observée avec, juste en amont, des eaux qui s'écoulent vers l'aval en surface et au fond. A cet endroit, ce localise un « bouchon vaseux » qui est constitué de fortes concentrations en matières en suspension, remises en suspension et transportées par les courants de marée. Le positionnement du bouchon vaseux le long de l'estuaire dépend des variations des débits fluviaux et des coefficients de marée. Son rôle est essentiel dans le

comportement d'un estuaire et de ses ressources vivantes, et plus particulièrement dans le cas de la Gironde soumise à des pressions anthropiques croissantes.

A.2.5 CLIMATOLOGIE GÉNÉRALE:

L'Aquitaine bénéficie d'un climat océanique agréable tout au long de l'année, avec des températures minimales et maximales de l'air enregistrées par Météo France à Bordeaux Mérignac variant de 2 et 10 °C respectivement en janvier et décembre, jusqu'à 15 et 26 °C en juillet et août (Figure A.2-5).

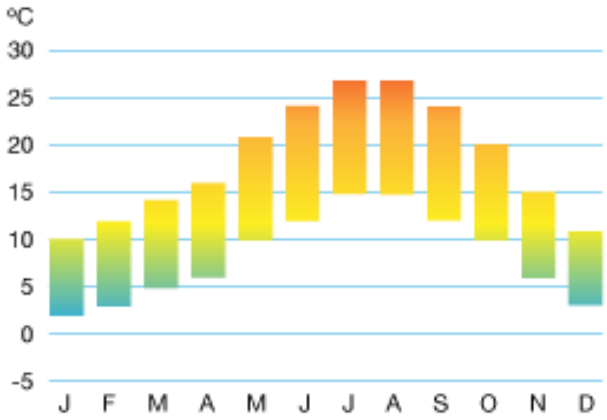


Figure A.2-5 : Températures moyennes minimales et maximales en Aquitaine (http://www.groupe-mercure.fr/regions/le-climat-en-aquitaine.html)

Les précipitations sont abondantes pendant l'année (surtout en novembre, décembre et janvier). A Bordeaux-Mérignac, la moyenne 1981-2010 enregistre des valeurs minimales mensuelles de 58 mm en juillet, jusqu'à des valeurs maximales de 90 mm en mai, et légèrement en dessous en novembre, décembre et janvier. En dehors du Lot-et-Garonne et du sud de la Dordogne, les précipitations excèdent **800 mm** ; au nord, elles augmentent légèrement à mesure qu'on s'approche du **Limousin** ; au sud, elles s'accroissent rapidement pour excéder **1m** dans le **piémont béarnais** et **basque**, et dépasser **2m** sur les **sommets pyrénéens, qui drainent la Garonne.**

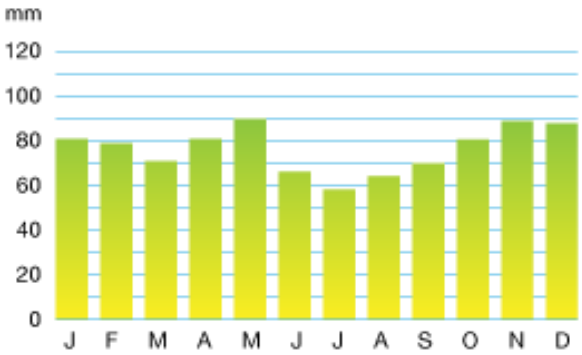


Figure A.2-6 : Précipitation moyennes en Aquitaine
(http://www.groupe-mercure.fr/regions/le-climat-en-aquitaine.html**)**

Les **vents d'ouest** et du **nord-ouest** sont les plus fréquents ; souvent violents, ils apportent la pluie. Dans l'ensemble, les **hivers** sont **doux** et **pluvieux** ; mais par temps anticyclonal, le froid peut s'installer. Les plus fortes précipitations tombent au **printemps** et en **automne**, saison où le vent du sud amène pourtant de belles journées. Des averses de **grêle** peuvent se produire, mais, d'une façon générale, le soleil l'emporte sur la pluie ; au printemps, particulièrement instable, peuvent se succéder de grandes pluies, un temps **ensoleillé** et **chaud**, ou **froid** et **humide** ; des étés chauds et secs, avec cependant quelques orages, alternent avec des étés pluvieux.

A.3 CARACTÉRISTIQUES DE L'ANNÉE EN COURS

A.3.1 FONCTIONNEMENT DU CNPE

Le fonctionnement général du CNPE est décrit au paragraphe A.1

Tableau A.3-1 : Arrêts de tranche effectués en 2017

Tranche	Prévisionnel	Date arrêt	Date recouplage
2	Du 18/02 au 28/04	18/02	03/05
3	Du 29/03 au 28/05	06/05	27/07
1	Du 10/06 au 05/07	10/06	20/07
4	Du 22/07 au 10/09	21/07	10/09

Les 4 tranches du CNPE nécessitent le pompage d'un volume annuel total de $5{,}0.10^9$ m^3 d'eau pour le refroidissement des condenseurs.

A.3.2 PARTICULARITÉS HYDROCLIMATIQUES DE L'ANNÉE EN COURS

A.3.2.1 *Températures de l'air et précipitations*

Les températures moyennes et les précipitations mensuelles sont fournies par Météo-France, station de Bordeaux-Mérignac.

Du point de vue des températures, l'année 2017 oscille autour de la normale (par rapport à la période de référence 1981-2010). Les mois de février, mars, mai et juin sont au-dessus de la normale de plus de 2 °C (Figure A.3-1), tandis que le mois de janvier est à 1,9 °C en-dessous de la normale. Pour les autres mois, les températures sont dans la gamme normale, avec des différences de moins de 1 °C. Les mois les plus chauds sont juillet et août. La température moyenne minimale a été enregistrée en janvier (0,7 °C) et la température maximale en août (28 °C).

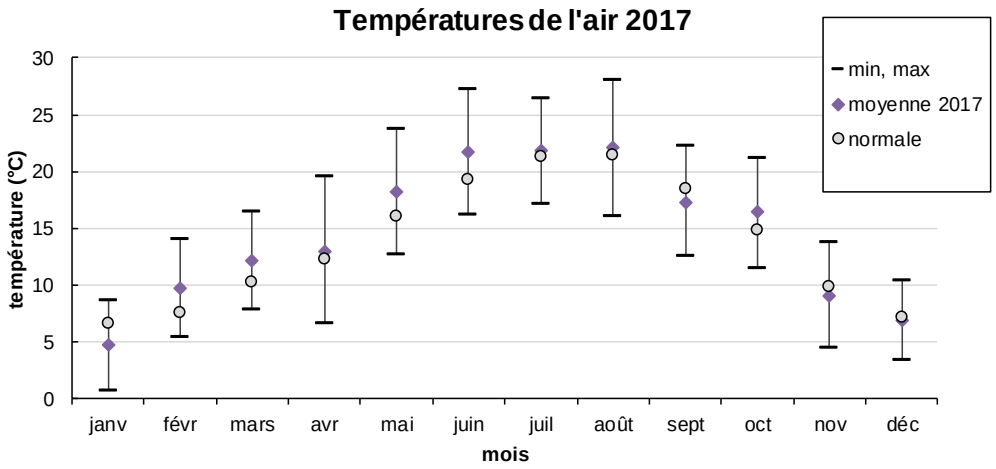


Figure A.3-1 : Températures mensuelles de l'air en 2017 : moyenne, minimum et maximum par mois. La normale est la température moyenne de la période 1981-2010

En ce qui concerne les précipitations enregistrées à Mérignac, celles-ci sont globalement en dessous des normales, avec une moyenne annuelle de 63 mm pour une valeur de référence de 78 mm (Figure A.3-2). On enregistre des forts déficits en janvier, avril et octobre (21, 27 et 13 mm respectivement). Au contraire, les mois de juin et décembre sont très pluvieux (136 et 162 mm respectivement), juin étant plus de 2 fois plus pluvieux que la moyenne.

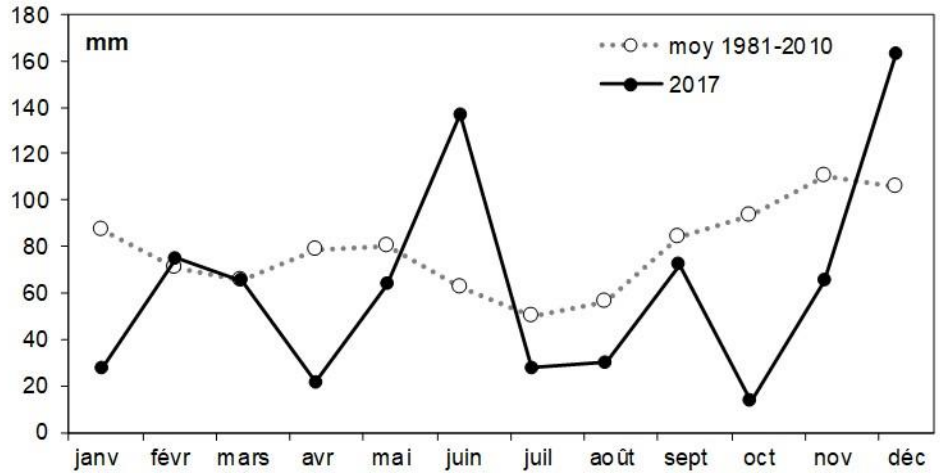


Figure A.3-2 : Précipitations mensuelles en 2017 et comparaison avec la moyenne de la période de référence 1981-2010

A.3.2.2 *Débits fluviaux*

Les données traitées correspondent aux débits quotidiens fournis par le Grand Port Maritime de Bordeaux, et mesurés à l'entrée amont de l'estuaire, aux stations de La Réole sur la Garonne et de Pessac-sur-Dordogne sur la Dordogne. En 2017, la moyenne annuelle de la Gironde (somme Garonne-Dordogne) est de 560 $m^3.s^{-1}$, soit la troisième année la plus sèche depuis 1989, après 2005 et 2011. Par périodes de 10 jours, les débits moyens sont en dessous de la moyenne 1982-2016 toute l'année, sauf la première décade de mars et la deuxième de décembre, où le débit est légèrement au-dessus (Figure A.3-3). On notera, par rapport à 2015 et 2016, l'absence de crue significative, ce qui a certainement eu des conséquences sur l'hydrologie de l'estuaire. Le débit maximum journalier a été atteint 9 mars 2017, avec un pic de 2639 $m^3.s^{-1}$.

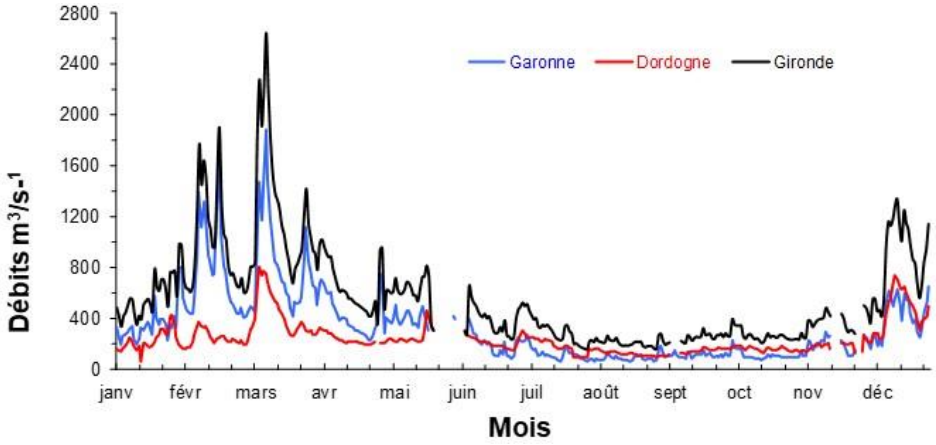


Figure A.3-3 : Débits fluviaux quotidiens en 2017 (source GPMB)

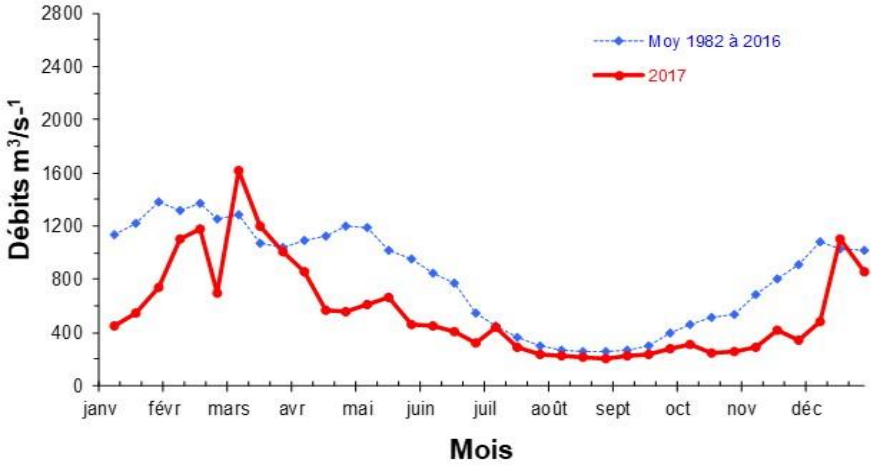


Figure A.3-4 : Débits de la Gironde moyens par périodes de 10 jours

B - SURVEILLANCE DU COMPARTIMENT PELAGIQUE

La surveillance du compartiment pélagique repose sur le suivi des paramètres hydrologiques, physico-chimiques et chimiques, du phytoplancton (Chlorophylle *a*), de la microbiologie (Vibrions halophiles) et du zooplancton (*Eurytemora affinis*).

B.1 HYDROLOGIE, PHYSICO-CHIMIE, CHIMIE

B.1.1 STRATEGIE DE SURVEILLANCE

D'après l'arrêté interministériel du 18 septembre 2003, le programme annuel de surveillance comporte 3 points d'échantillonnage et 8 campagnes mensuelles. Cela concerne les paramètres hydrologiques, physico-chimiques et chimiques, tout comme les variables biologiques, bactériologiques, et zoo planctoniques intégrées dans le contexte des caractéristiques d'un milieu estuarien complexe et des fluctuations climatiques auxquelles ils sont soumis, dont la température en particulier.
Le point K, le plus amont, est situé à 22 km en amont de la Centrale. Proche de la confluence de la Garonne et de la Dordogne, il est positionné pour évaluer l'influence éventuelle des rejets de la Centrale sur la partie fluviale de l'estuaire. C'est le point le plus sensible aux crues et il est fréquemment baigné par des eaux douces.
Le point E, à quelques centaines de mètres de la Centrale est situé dans le chenal médian au débouché des canalisations de rejet des eaux de refroidissement. C'est à cette station que l'influence de la centrale, essentiellement thermique ici, est directement mesurable.
Le point F est localisé dans le chenal de navigation, rive gauche, à 15 km à l'aval de la centrale dans une zone où les eaux sont toujours salées, même en période de crue. On évalue ici les éventuels influences des rejets de la centrale sur les eaux de l'estuaire aval.

Pour satisfaire aux exigences de cet arrêté, le programme a été complété dès 2004, par un suivi de la macrofaune dans le domaine benthique et la mesure de paramètres complémentaires dans le domaine pélagique ($Si(OH)_4$, pH, COT et COD).

B.1.2 PARAMETRES / METHODES :

B.1.2.1 *Échantillonnage, Prélèvements*

Lors de chaque mission, à chacun des 3 points de prélèvement, le navire reste au mouillage pendant 9h.Les mesures et prélèvements se font de manière à échantillonner au moins 4 moments caractéristiques de la marée : pleine mer, milieu du jusant, basse mer, milieu du flot. Cela est réalisé à 1 m au-dessus du fond et à 1 m en-dessous de la surface. Notons que cela ne nécessite pas d'échantillonner un cycle de marée complet (12h30). Ci-dessous les paramètres mesurés avec le détail des niveaux et le nombre d'échantillonnages.

Tableau B.1-1 : Paramètres suivis dans le cadre de la surveillance du compartiment pélagique

Paramètres	Niveaux	Moment de marée	Point
Courant (vitesse et direction), Salinité, température, pH Matières en suspension (MES), turbidité Oxygène dissous, Carbone organique particulaire (COP) Carbone organique total (COT)[3]	2	4	K-E-F
Sels nutritifs (nitrate+nitrite, ammonium, phosphate, silicates). Chlorophylle. Bore total. Hydrazine, morpholine, éthanolamine, agents de surfaces	1 (Surface)	2	K-E-F
Vibrio halophiles	1 (Surface)	2	K-E-F
Zooplancton	2	4	K-E-F

Niveaux : 1 = Surface ou Fond, 2 = Surface et Fond
Moment de marée : 2 = BM et PM, 4 = BM, MF, PM et MJ

Les paramètres sont relevés sur quatre séries de mesures correspondant aux heures de pleine mer, de basse mer et des mi-marées, à deux niveaux (1 m de la surface et 1 m du fond) pour l'hydrologie, à un niveau (1 m de la surface) pour la physico-chimie (sels nutritifs, chlorophylle et phaeopigments, bore), les substances chimiques (hydrazine, morpholine, éthanolamine, agents de surface anioniques), et la microbiologie. Jusqu'en 1991 inclus, pour la température, la salinité, les vitesses de courant, l'oxygène dissous, les moyennes sont établies à partir de 5 mesures par niveau de référence pour 9 missions mensuelles, soit 45 mesures ; depuis 1992, les moyennes sont établies à partir de 4 mesures par niveau pour 8 missions, soit 32 mesures. A partir de 2004 les mesures de pH sont ajoutées.
Les prélèvements de zooplancton sont effectués toutes les deux ou trois heures en moyenne pendant un cycle de marée. Chaque trait de filet WP2 dure environ 2 minutes, le bateau étant ancré pendant la durée des opérations. A chaque sortie et à chaque station, 8 prélèvements sont ainsi réalisés (4 en surface et 4 au fond). Depuis 2004, des prélèvements benthiques sont réalisés aux trois points de mesures

[3] COT-COP=COD (carbone organique dissous)

B.1.2.2 *Paramètres mesurés et précisions*

Les mesures *in situ* des paramètres sont présentées en ANNEXE 1

les deux tableaux ci-dessous résument les paramètres hydrologiques et physico-chimiques mesurés in situ et au laboratoire

Tableau B.1-2 : Paramètres mesurés in situ.

Paramètre	Méthode	Appareil	Précision
Hauteur d'eau	Sondeur	Furuno FCV 1200 L bi fréquence 15 / 200 kHz	
Température		VALEPORT MK108	0,01°C
Salinité	Conductivité	VALEPORT MK108	0,05
Vitesse du courant	Hélice	VALEPORT MK108	5cm.s^{-1}
Direction du courant	Compas	VALEPORT MK108	0,1°
pH	Electrochimie	Sonde MPX NKE	0,01
Turbidité	Optique	Sonde MPX NKE 0-2000 NTU	<5%
Oxygène dissous	Oxymétrie[1]	Sonde MPX NKE	<5%

[1] vérifié par la méthode Winkler sur prélèvements de pleine mer et basse mer

Tableau B.1-3 : Paramètres mesurés au laboratoire sur échantillons

Paramètre	Filtre	Conservation	Méthode	Appareil	Précision
Matières en suspension (MES)	GFF	Dessiccateur, abri de la lumière	Gravimétrie	Mettler Toledo XS105	< 1mg.l^{-1} *
Carbone organique particulaire (COP)	GFF	Dessiccateur, abri de la lumière	Oxydation thermique	ThermoFinnigan Flash EA 1112 series	< 2µg.l^{-1} *
Carbone organique dissous (COD)	GFF	HCl, abri de la lumière	Oxydation thermique	Shimadzu TOC 500	< 0,1mg.l^{-1} *
Carbone organique total (COT)			Somme COP + COD		< 0,1mg.l^{-1} *

* variable selon la concentration

Il est à noter que les prélèvements d'avril de COD ont probablement subi une contamination (système de filtration et/ou matériel de stockage). L'ensemble de ce matériel a été changé dès la campagne de mai. Il faut donc considérer que les valeurs reportées pour le mois d'avril (≥ 3 mg/L) sont probablement erronées (Figure B.1-20 ; COD (mg/L)).

B.1.2.3 *Traitement des données*

Dans un estuaire, les variables physiques en un point évoluent de façon continue, et non régulière, selon le rythme des marées, et selon des gradients horizontaux et verticaux qui dépendent des conditions hydrologiques globales. Pour chacun des paramètres physiques mesurés dans la surveillance, 4 valeurs sont obtenues par marée et par niveau de la colonne d'eau. C'est un nombre « minimum » de données, qui permet de caractériser les conditions les plus contrastées de courant, salinité et hauteur d'eau pendant un cycle de marée.
Pour les paramètres température, salinité, concentration en MES, oxygène dissous et pH, sont recherchés la moyenne par marée, le maximum et minimum. Ces valeurs sont analysées en termes de variation temporelle saisonnière afin de vérifier leur dynamique en réponse aux forçages physiques naturels (en particulier marée et débit fluvial).
Les moyennes annuelles, maximum et minimum annuels sont comparées entre les stations, afin de vérifier la variabilité spatiale dans l'estuaire.
Les moyennes mensuelles de l'année en cours sont comparées, lorsque c'est possible, aux moyennes des années précédentes afin de situer l'année en cours dans le contexte de la normalité ou des tendances à long terme.
En ce qui concerne les vitesses de courant, la moyenne des 4 mesures n'a pas de sens physique ; le minimum (qui est toujours proche de zéro) n'a pas d'intérêt particulier. Seul le maximum de vitesse est recherché et analysé, et éventuellement comparé aux mesures des années précédentes.

Ci-dessous sont présentés les résultats sous forme synthétique, afin de dégager les principales tendances de l'année, et de conclure sur un éventuel effet décelable du CNPE du Blayais sur le milieu.

B.1.3 TEMPERATURE DE L'EAU

Pour ce paramètre, les intervenants sont les suivants :

Mesure	Valorisation
Université Bordeaux	Université Bordeaux

Les moyennes des températures aux trois stations F, E et K évoluent saisonnièrement, en fonction de l'insolation et des températures de l'air (Figure B.1-1). Pendant la période de mesures, le minimum de l'année est mesuré en novembre et le maximum au mois d'août. Les 3 stations évoluent de manière conjointe, avec des valeurs quasiment identiques en surface et au fond (le fond étant très légèrement plus froid), et des valeurs proches entre les stations.

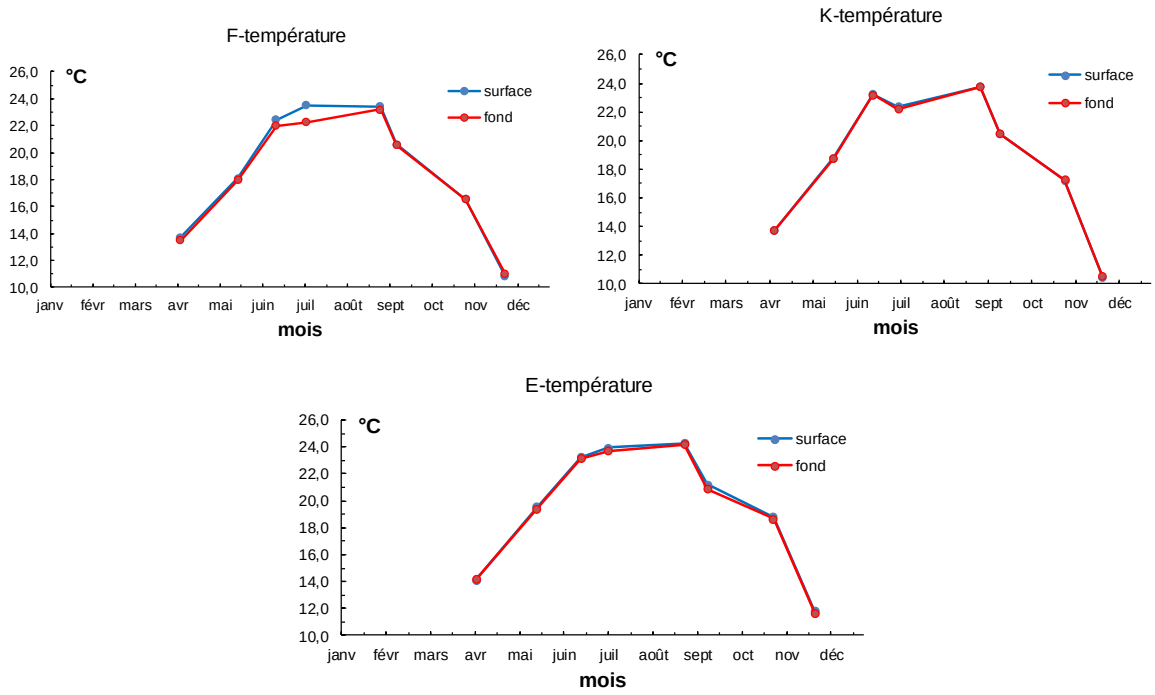


Figure B.1-1 : Températures moyennes par marée aux 3 stations F, E, K, en surface et au fond en 2017

La comparaison des températures entre les 3 stations (Figure B.1-2) révèle que les valeurs et les écarts sont comparables entre les différents points. Le point E, le plus proche de la Centrale, atteint la plus haute température de l'année au mois de juillet, en surface (25 °C), au moment de la marée basse. Ceci pourrait être un effet ponctuel du CNPE du Blayais. Toutefois, pendant le reste du cycle de marée, les températures sont comparables à celles des autres stations et aucun effet du CNPE n'est visible dans les eaux du point E.

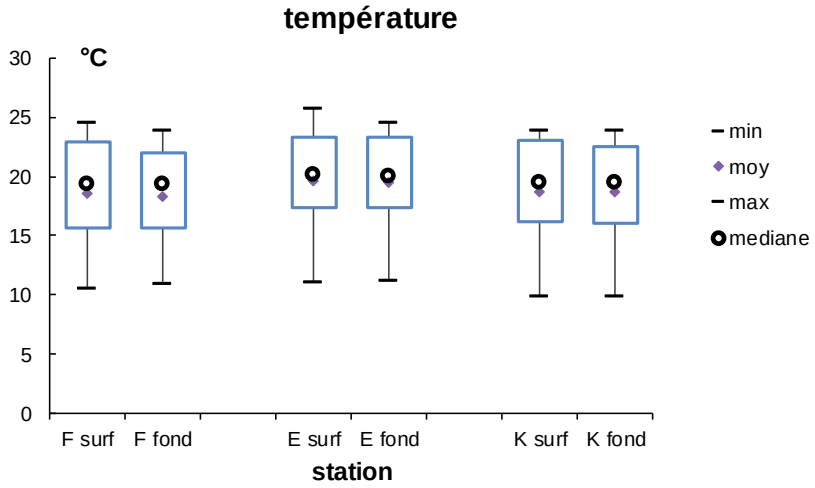


Figure B.1-2 : Moyenne, médiane, minimum et maximum des températures instantanées mesurées aux 3 stations F, E, K en 2017

Les températures de l'année 2017 au point E sont placées dans le contexte de la surveillance à long terme (depuis 1976). Les moyennes mensuelles de l'année 2017 (de janvier à octobre) sont globalement au-dessus des moyennes mensuelles sur l'ensemble de la période 1976-2016, considérées comme la normale (Figure B.1-3). Les mois de mai et juin sont 2°C au-dessus de la normale, le mois d'août et 1°C plus chaud que la normale. Cette augmentation s'explique en grande partie par l'augmentation globale des températures de l'air.

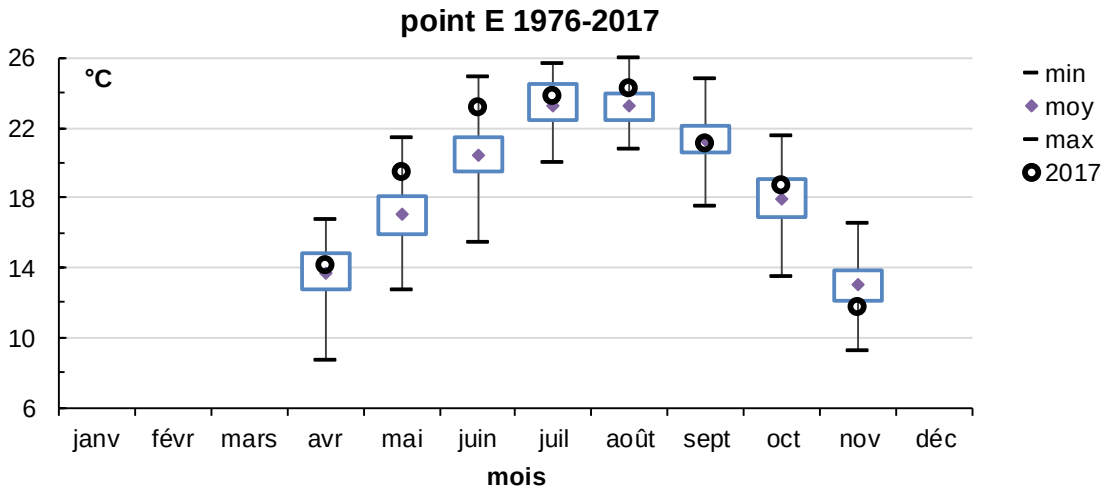


Figure B.1-3 : Synthèse des températures moyennes mesurées au point E depuis 1976 : moyenne, percentiles 25 et 75, min et max de températures moyennes par marée mesurées au point E. Comparaison avec 2017

Afin de vérifier, au moins qualitativement, l'effet des températures atmosphériques, une comparaison est faite entre les températures moyennes de l'air à Mérignac de mai à novembre, et les températures minimales de l'eau, au point E au fond, pour les mêmes mois (Figure B.1-4). Le fond de la colonne d'eau est choisi car c'est la zone la moins influencée par l'atmosphère. On constate pourtant que les deux variables fluctuent de manière cohérente. Au fond du point E, la température moyenne en 1978 était de moins de 16 °C, valeur qui n'a plus été mesurée depuis. En 2005 et 2012, cette température est au-dessus de 20 °C. La température moyenne de l'air a elle, augmenté de 15,3 °C en 1978 jusqu'à plus de 19 °C en 2009.

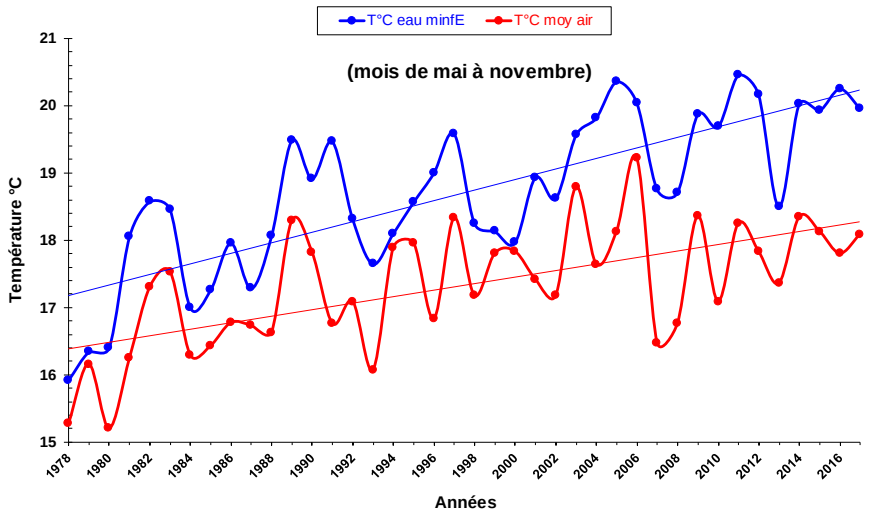


Figure B.1-4 : Evolution comparée des températures moyennes de l'air et de l'eau près du fond au point E (PK 52), entre les mois de mai à novembre, au cours de la période 1978-2017

B.1.4 SALINITE

Pour ce paramètre, les intervenants sont les suivants :

Mesure	Valorisation
Université Bordeaux	Université Bordeaux

La salinité dans l'estuaire varie selon l'influence et le degré de mélange des masses d'eau marines et continentales. Les valeurs moyennes mensuelles mesurées reflètent le fonctionnement naturel de l'estuaire de la Gironde sous l'effet de la marée et des débits fluviaux (Figure B.1-5). Aux 3 stations, la salinité est minimale en avril, et augmente progressivement pour atteindre le maximum au mois d'août. En octobre et novembre, la salinité diminue à nouveau aux trois stations. Ces différences sont dues aux variations du débit fluvial, qui déplace longitudinalement la limite de l'intrusion saline.

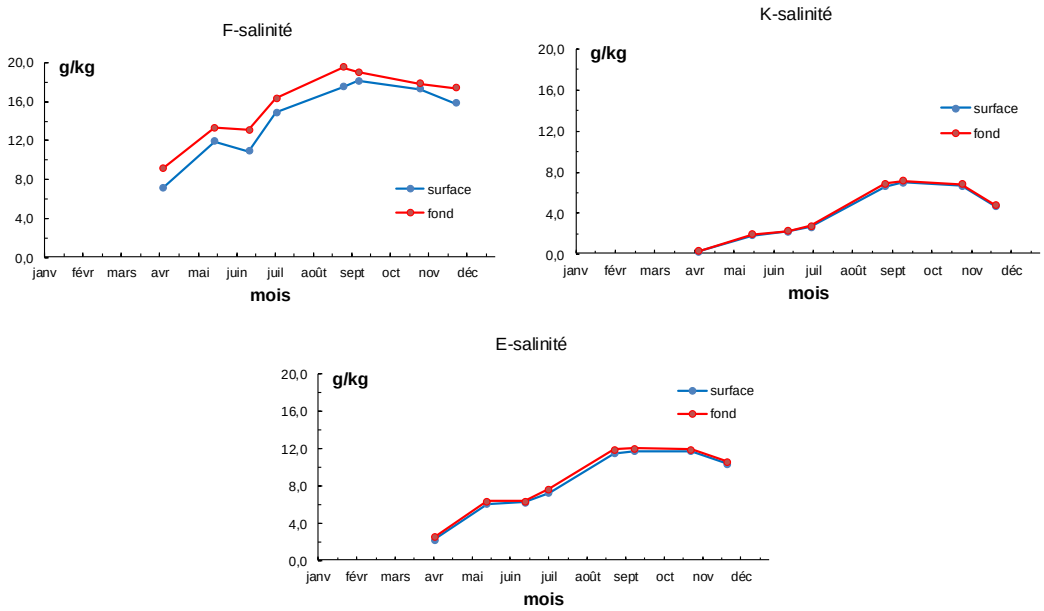


Figure B.1-5 : Salinités moyennes par marée aux 3 stations F, E, K, en surface et au fond

La comparaison des variables statistiques pour toutes les valeurs aux trois stations, fait apparaitre la variabilité spatiale dans l'axe estuarien (Figure B.1-6). Les salinités sont les plus fortes au point F, qui est situé le plus en aval, et elles sont les plus faibles au point K, le plus en amont, où la salinité est proche de zéro au printemps et en hiver. A toutes les stations, les salinités sont globalement plus fortes au fond qu'en surface, même si cela n'est visible qu'au point F. Ceci reflète la circulation estuarienne et les stratifications de densité, avec les eaux les plus salées (et plus denses) circulant au fond, au-dessous des eaux douces. La différence surface-fond est plus importante au point F, car à l'aval de l'estuaire les stratifications sont toujours plus importantes. Ces différences s'estompent au point E et n'existent quasiment plus au point K, où le mélange vertical est quasiment total.

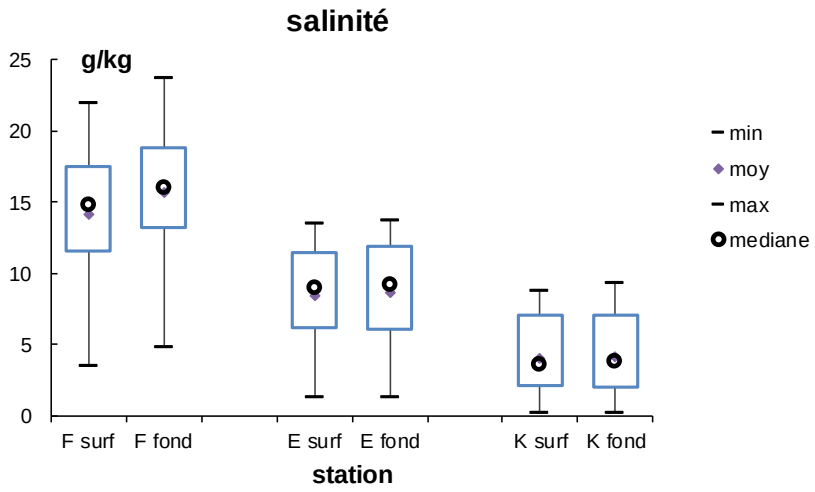


Figure B.1-6 : Moyenne annuelle, médiane, min et max de salinités instantanées mesurées aux 3 stations F, E, K en 2017

B.1.5 COURANT

Pour ce paramètre, les intervenants sont les suivants :

Mesure	Valorisation
Université Bordeaux	Université Bordeaux

Dans un estuaire, les courants dépendent principalement des conditions de marée et de la morphologie locale. Ils varient fortement à très petite échelle spatiale et à courte échelle temporelle du fait de la turbulence générée naturellement par l'agitation de l'eau. Les courants dépendent, dans une moindre mesure, des débits fluviaux, ce qui se reflète par l'absence de signal saisonnier dans les mesures de l'année 2017 (Figure B.1-7). Globalement, les valeurs maximales sont toujours plus fortes en surface qu'au fond. Compte-tenu que les mesures se font pour des coefficients de marée modérés toute l'année, les courants maximums sont relativement faibles : de l'ordre de 150 $cm.s^{-1}$ en surface, et en-dessous de 100 $cm.s^{-1}$ au fond. Les courants sont relativement équivalents en intensité en flot et en jusant. Toutefois les courants de flot sont plus forts aux points K et E, ce qui est une conséquence de la forme de l'onde de marée dans cette partie l'estuaire.

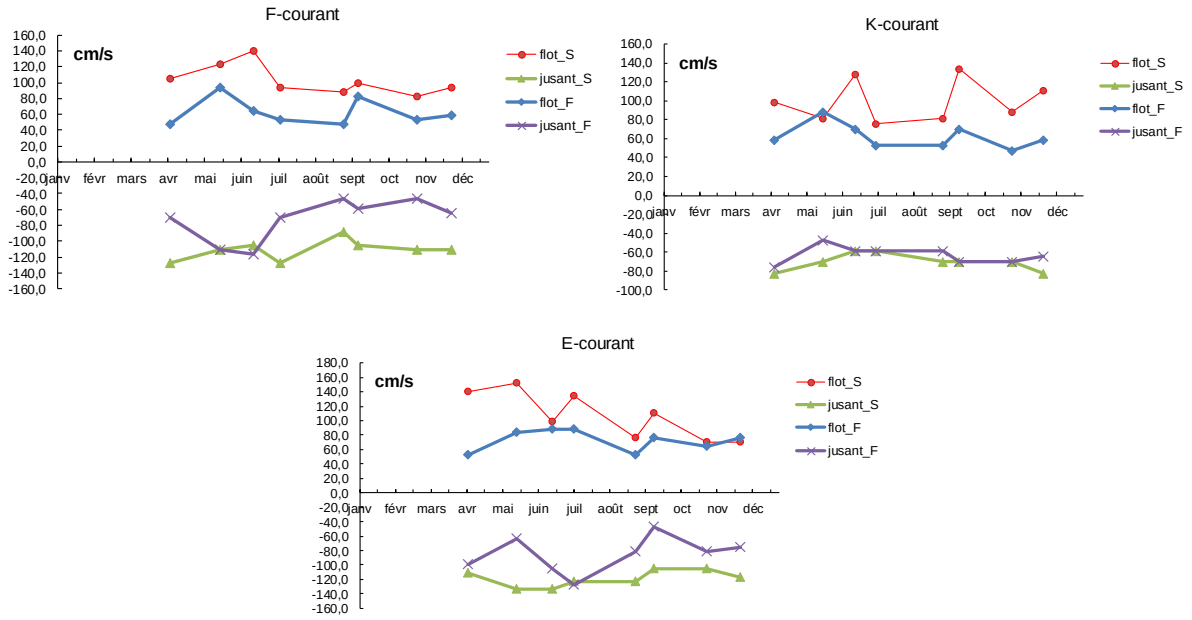


Figure B.1-7 : Vitesses de courant maximales par marée aux 3 stations F, E, K, en surface et au fond, en flot et en jusant

Le point E est situé dans le chenal médian. Le régime des courants a varié en accord avec l'évolution de la morphologie des fonds. Depuis le début de la surveillance et jusqu'en 1992, les vitesses maximales de flot et de jusant ont diminué de moitié (Figure B.1-8). La réduction des vitesses indique que le mélange turbulent a diminué dans les mêmes proportions ; de ce fait, la dispersion des eaux réchauffées de la centrale a pu être moins efficace qu'auparavant dans la zone de mesure des courants. Par la suite, la vitesse du courant a augmenté régulièrement jusqu'en 1998, et avec, la dispersion des eaux. Depuis, on enregistre des vitesses de plus en plus fortes, avec des fluctuations interannuelles importantes. Les vitesses maximales de l'année sont toujours supérieures en flot par rapport au jusant.

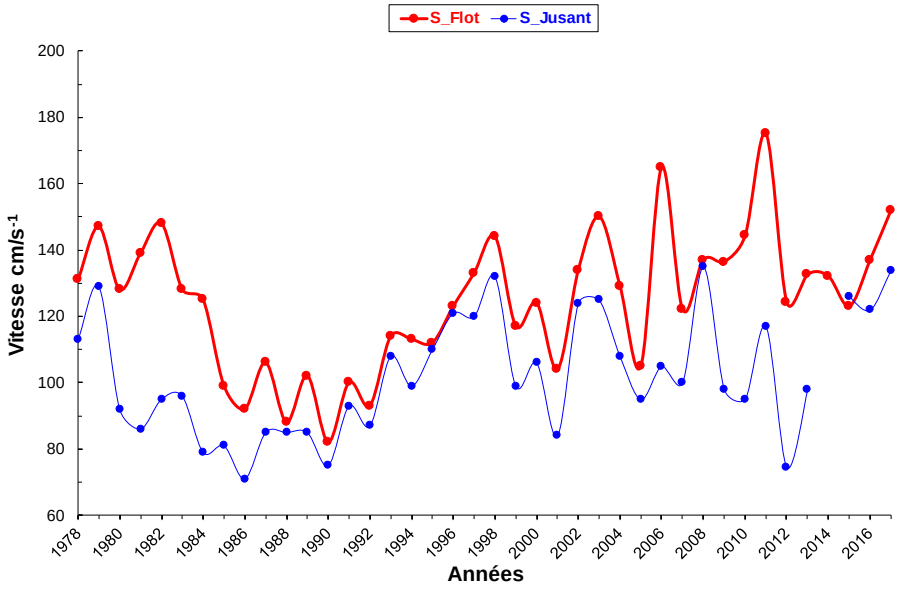


Figure B.1-8 : Evolution de la vitesse maximale (moyenne annuelle) en surface au point E (PK 52) au cours de la période 1978-2017

B.1.6 CONCENTRATION EN MATIERES EN SUSPENSION

Pour ce paramètre, les intervenants sont les suivants :

Prélèvement	Analyse	Valorisation
Université Bordeaux	Université Bordeaux	Université Bordeaux

Les concentrations en MES sont présentées en ANNEXE 1

Les eaux de l'estuaire de la Gironde sont naturellement chargées en matières en suspension. Celles-ci sont composées en majorité de sédiments fins de nature minérale (argiles et silts), ainsi que de matière organique. Du fait de la circulation estuarienne, ces particules s'accumulent dans l'estuaire sous la forme d'un bouchon vaseux, où la turbidité est très supérieure aux eaux situées en amont et en aval. Les concentrations en MES moyennes traduisent la position du bouchon vaseux qui, à l'échelle saisonnière, dépend du débit fluvial (Figure B.1-9). Elles traduisent aussi, dans une moindre mesure, la concentration au sein du bouchon vaseux, qui dépend de l'intensité des courants (et des remises en suspension des sédiments), donc des coefficients de marée. Aux points F et E, les concentrations du fond diminuent progressivement, de façon non régulière, entre avril et octobre (Figure B.1-9**)**. Au contraire, au point K, les concentrations augmentent. Ceci est interprété comme la migration progressive du bouchon vaseux depuis l'aval de l'estuaire (position d'hiver sous des débits fluviaux soutenus) vers l'amont (position estivale sous des faibles débits fluviaux), selon un cycle naturel saisonnier.

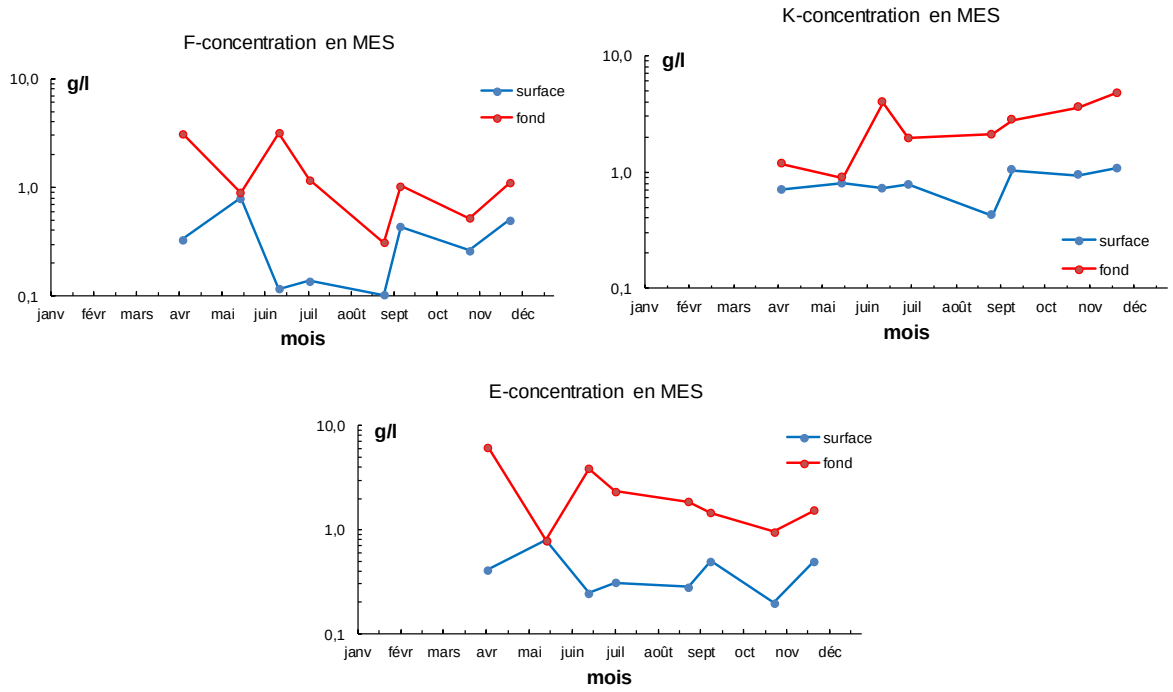


Figure B.1-9 : Concentrations en MES moyennes par marée aux 3 stations F, E, K, en surface et au fond

La comparaison entre stations (Figure B.1-10) montre qu'en moyenne, la concentration en MES suit un gradient amont-aval, avec des valeurs maximales au point K, et minimales au point F. Par ailleurs, le fond est toujours plus turbide que la surface, ce qui est le résultat d'un gradient vertical naturel des matières en suspension.

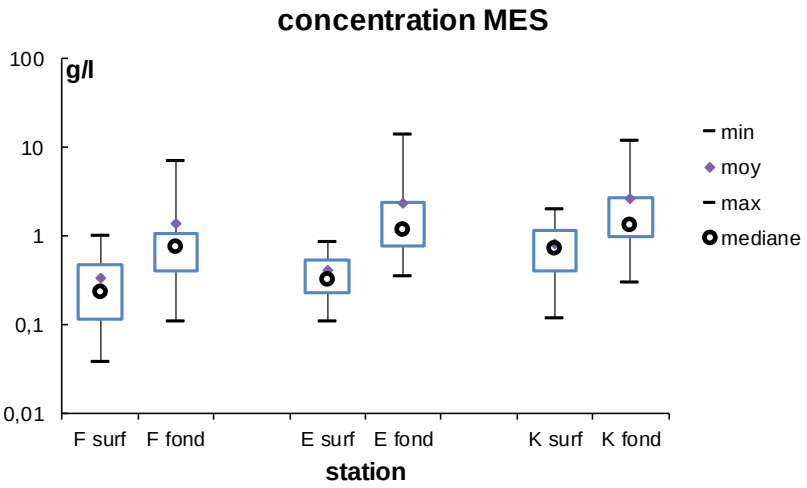


Figure B.1-10 : Moyenne annuelle, médiane, min et max de concentrations en MES instantanées mesurées aux 3 stations F, E, K en 2017

La comparaison interannuelle des concentrations mesurées depuis 2011 (Figure B.1-11) montre que l'année 2017 se situe dans la gamme des concentrations mesurées dans l'estuaire. Il n'y a pas de tendance à long terme décelable sur ces mesures. La mesure de la turbidité à Bordeaux depuis 2004 dans le cadre du réseau MAGEST, et l'interprétation de la chronique de débits fluviaux montre que le bouchon vaseux s'est progressivement intensifié en amont de l'estuaire et dans la Garonne depuis la fin des années 1950, par suite de la diminution des débits fluviaux de la Garonne et de la Dordogne (Jalon-Rojas *et al.*, 2015). Toutefois ces tendances ne sont pas décelables avec la stratégie de mesures de la surveillance du CNPE.

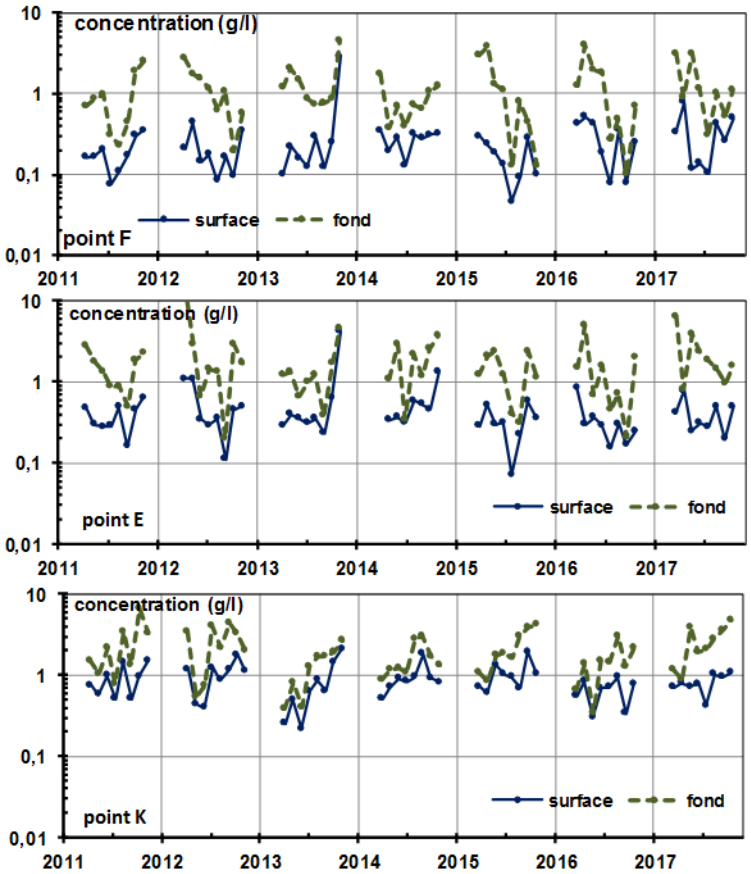


Figure B.1-11 : Evolution des concentrations en MES (moyennes par marée) aux 3 stations F, E et K, entre 2011 et 2017

La fluctuation naturelle des MES dans les séries temporelles rend difficile la mise en évidence de tendances nettes annuelles ou pluriannuelles. La comparaison des mesures de concentration aux points K et E aux débits fluviaux classés permet de mieux voir la dynamique saisonnière du bouchon vaseux (Figure B.1-12). Au point K, le bouchon vaseux est présent par faibles débits (turbidités restent élevées), et diminuent autour de 1000 $m^3.s^{-1}$ (donnée n°60), lorsque le bouchon vaseux part. Au point E, situé plus en aval, il y une gamme de débit pour lequel le centre du bouchon vaseux est en amont (concentration croissante pour les données 0 à 40) ; puis une gamme où il bascule en aval (concentration décroissante pour les débits les plus élevés).

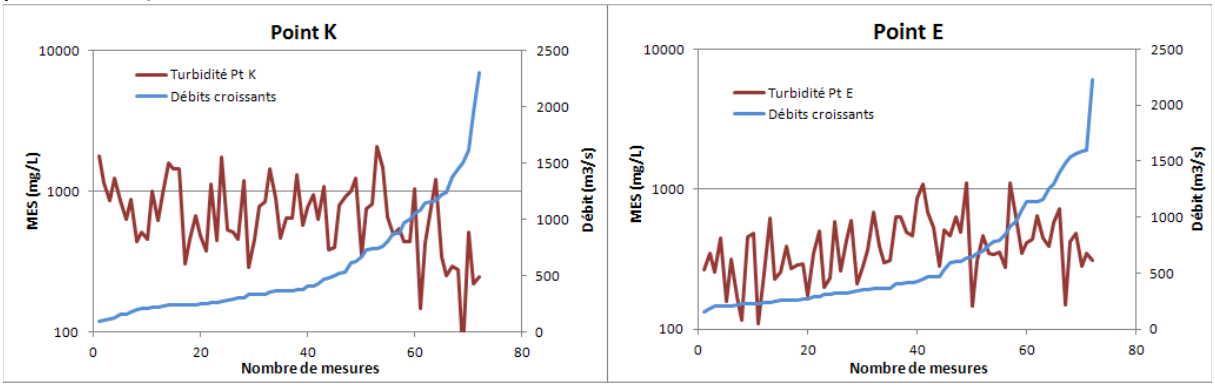


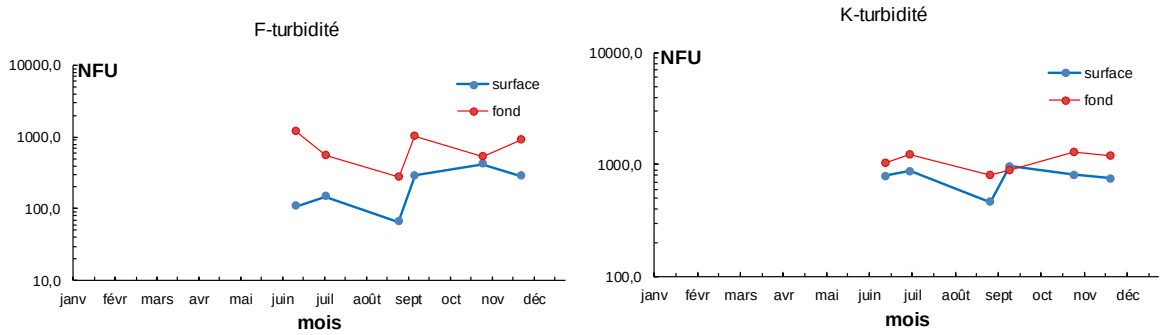
Figure B.1-12 : Concentrations en MES moyennes par marée aux points K et E en fonction des débits fluviaux classés en ordre croissant (d'après *Sottolichio, 1999*)

B.1.7 TURBIDITE

Pour ce paramètre, les intervenants sont les suivants :

Mesure	Valorisation
Université Bordeaux	Université Bordeaux

La turbidité a été introduite dans la surveillance en 2016. Elle traduite indirectement la concentration en MES, et donc les observations faites pour les concentrations en MES restent valables pour les turbidités (Figure B.1-13).



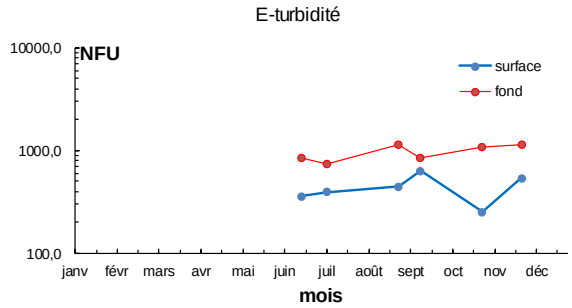


Figure B.1-13 : Turbidités moyennes par marée aux 3 stations F, E et K, en surface et au fond en 2017

La comparaison entre les stations met mieux en évidence les différences spatiales liées à la dynamique du bouchon vaseux (Figure B.1-14). Les turbidités augmentent régulièrement depuis le point F jusqu'au point K, et sont toujours supérieures au fond par rapport à la surface. Cela concerne les turbidités moyennes, médianes, minimales (surface et fond) et maximales en surface. Les turbidités maximales au fond sont du même ordre de grandeur aux trois stations.

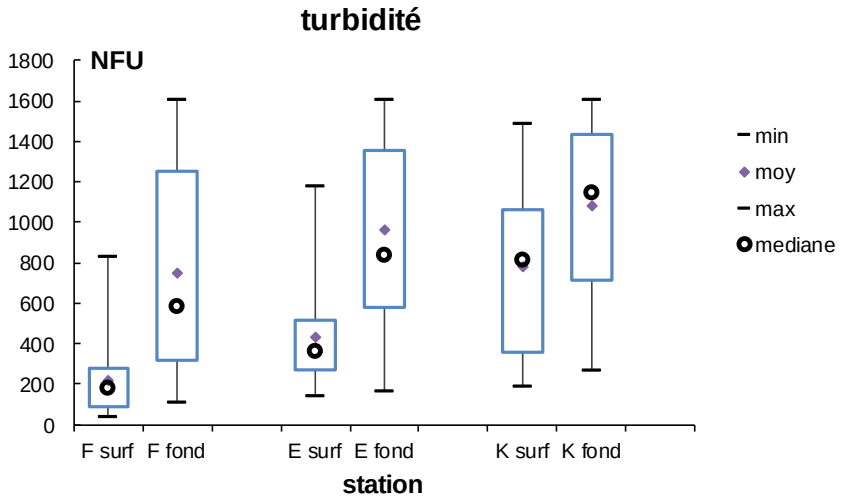


Figure B.1-14 : Moyenne et médiane annuelle, minimum et maximum de turbidités instantanées mesurées aux 3 stations F, E et K en 2017

B.1.8 OXYGENE DISSOUS

Pour ce paramètre, les intervenants sont les suivants :

Prélèvement	Analyse	Valorisation
Université Bordeaux	Université Bordeaux	Université Bordeaux

Dans l'estuaire de la Gironde, l'apport d'oxygène dissous dans l'eau se produit surtout par aération et diffusion depuis l'atmosphère. La consommation d'oxygène est essentiellement liée à l'intensité de la dégradation de matière organique, qui peut être la matière apportée depuis l'amont de l'estuaire. La matière organique étant fortement associée aux MES, les diminutions sont souvent corrélées à la turbidité des eaux, et donc à la position moyenne du bouchon vaseux au cours de l'année. A l'inverse, de légères sursaturations peuvent être enregistrées aux stations pendant des périodes de faible turbidité, lorsque les conditions sont propices à une forte productivité primaire. Les mesures mensuelles de 2017 (Figure B.1-15)

montrent aux trois stations un maximum d'oxygénation en avril, puis une diminution estivale jusqu'au minimum du mois d'août, et enfin une légère remontée à l'automne.

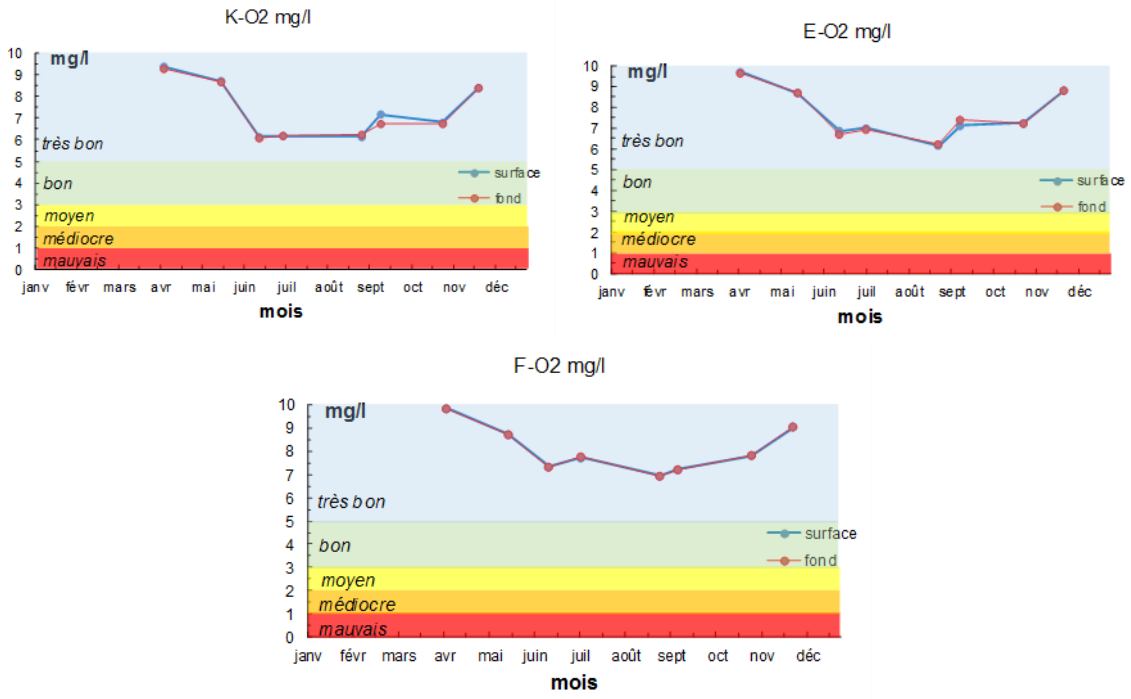


Figure B.1-15 : Concentrations en oxygène dissous moyennes par marée aux 3 stations K, E et F, en surface et au fond en 2017, avec code couleur de qualité écologique des eaux

La comparaison entre stations (Figure B.1-16) fait apparaitre plus clairement le gradient spatial le long de l'estuaire. L'amont est globalement moins oxygéné que l'aval. En effet, le minimum en oxygène se situe dans la Garonne estuarienne, où des apports importants en matière organique sont associés aux rejets urbains de l'agglomération bordelaise. En termes de pourcentage de saturation en O_2, le point K peut descendre jusqu'à environ 70 %, et atteindre des valeurs maximales inférieures à 100 %. Le point F est le mieux oxygéné, avec des saturations toujours au-dessus de 80 % et des valeurs maximales pouvant dépasser 100 %.

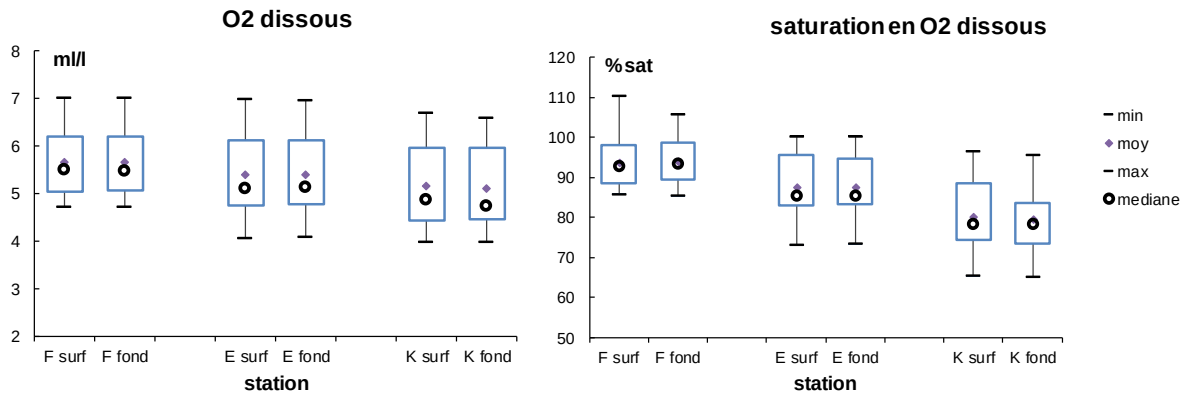


Figure B.1-16 : Gauche : Moyenne et médiane annuelle, minimum et maximum des concentrations en O_2 dissous mesurées aux 3 stations F, E et K en 2017. Droite : Exprimées en pourcentage de saturation

B.1.9 MESURE ELECTROCHIMIQUE DU PH

Pour ce paramètre, les intervenants sont les suivants :

Mesure	Valorisation
Université Bordeaux	Université Bordeaux

Généralement dans l'estuaire, le pH augmente d'amont en aval, au fur et à mesure que la proportion d'eau marine devient plus importante. De même, en un point fixe, le pH varie en fonction de la proportion relative d'eau douce. Les mesures mensuelles aux trois stations (Figure B.1-17) montrent des valeurs comprises entre 7,6 et 8, avec des valeurs minimales en avril, et maximales en juillet. Ceci traduit la diminution progressive du débit fluvial entre le printemps et l'été.

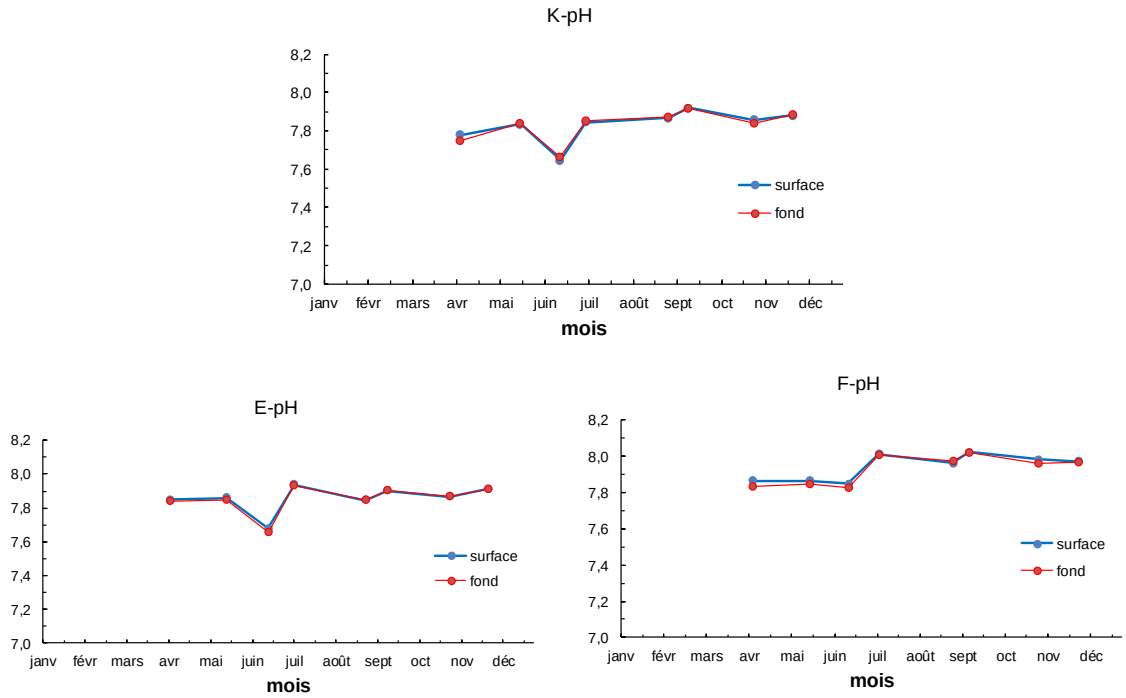


Figure B.1-17 : Valeurs de pH moyennes par marée aux 3 stations K, E et F en surface et au fond en 2017

La comparaison entre stations (Figure B.1-18) met plus en évidence le gradient longitudinal, l'influence des eaux douces en amont (pH moyen minimum au point K), et l'influence des eaux marines en aval (pH maximum au point F). Le minimum du pH a été enregistré au point E en juin au fond, ce qui pourrait être l'effet d'un apport d'eau douce local, ou à une augmentation locale de production primaire, qui est aussi un facteur de variation du pH.

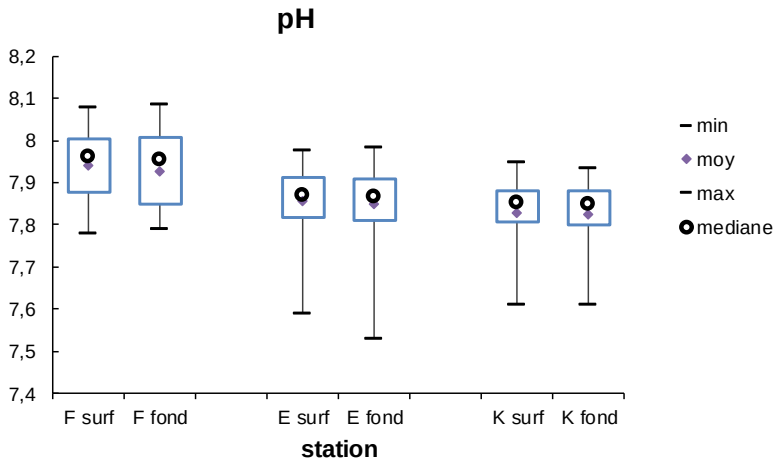


Figure B.1-18 : Moyenne, médiane annuelle, minimum et maximum du pH instantané mesuré aux 3 stations F, E et K en 2017

B.1.10 CARBONE ORGANIQUE

Pour ce paramètre, les intervenants sont les suivants :

Prélèvement	Analyse	Valorisation
Université Bordeaux	Université Bordeaux	Université Bordeaux

Les résultats obtenus en 2017 sont présentés en ANNEXE 2 a à c

Dans l'estuaire de la Gironde, les concentrations en carbone organique dissous (COD) sont généralement relativement faibles (~2 mg/L) et stables dans le temps et dans l'espace, au regard des concentrations en carbone organique particulaire (COP). Il en résulte que les variations de carbone organique total (COT) sont principalement dues à celles du COP. Par ailleurs, la dynamique du carbone organique particulaire est principalement liée à l'hydrodynamique sédimentaire (formation du bouchon vaseux, remise en suspension, apports de l'amont) et donc très liée à celles des matières en suspension (MES).
Lors des campagnes 2017, les concentrations en COT et COP ont fortement varié entre 2 et 269 mg/L et entre 0,5 et 267 mg/L respectivement. Les valeurs de COP sont celles classiquement retrouvées dans l'estuaire ; elles présentent une diminution générale le long du gradient de salinité (Figure B.1-19). Les valeurs les plus fortes sont retrouvées lors des mi-marées (Figure B.1-20), en lien avec les plus fortes concentrations en MES (forte remise en suspension des sédiments due aux courants de marée maximaux).
Les évolutions spatiales et temporelles du COT ont été contrôlées par celles du COP (Figure B.1-20). Aucun schéma saisonnier clair n'apparaît.

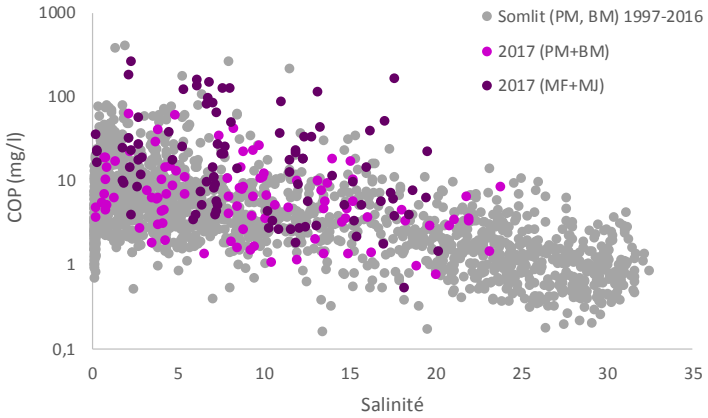


Figure B.1-19 : Comparaison des concentrations en COP entre les années 1997-2016 (suivi Somlit aux Pk30, 52 et 86 à pleine mer et basse mer, en surface et au fond) et 2017. PM : pleine mer ; BM : basse mer, MF : mi-flot ; MJ : mi-jusant.

Les concentrations en COD ont généralement varié entre 1,5 et 3 mg/L, mais ont pu atteindre parfois des valeurs supérieures à 5 mg/L. Ce fut en particulier le cas au point E (station proche du rejet) à mi-jusant lors de la campagne de septembre. En dehors de ce cas, les concentrations moyennes furent stables dans le temps et dans l'espace (Figure B.1-20).

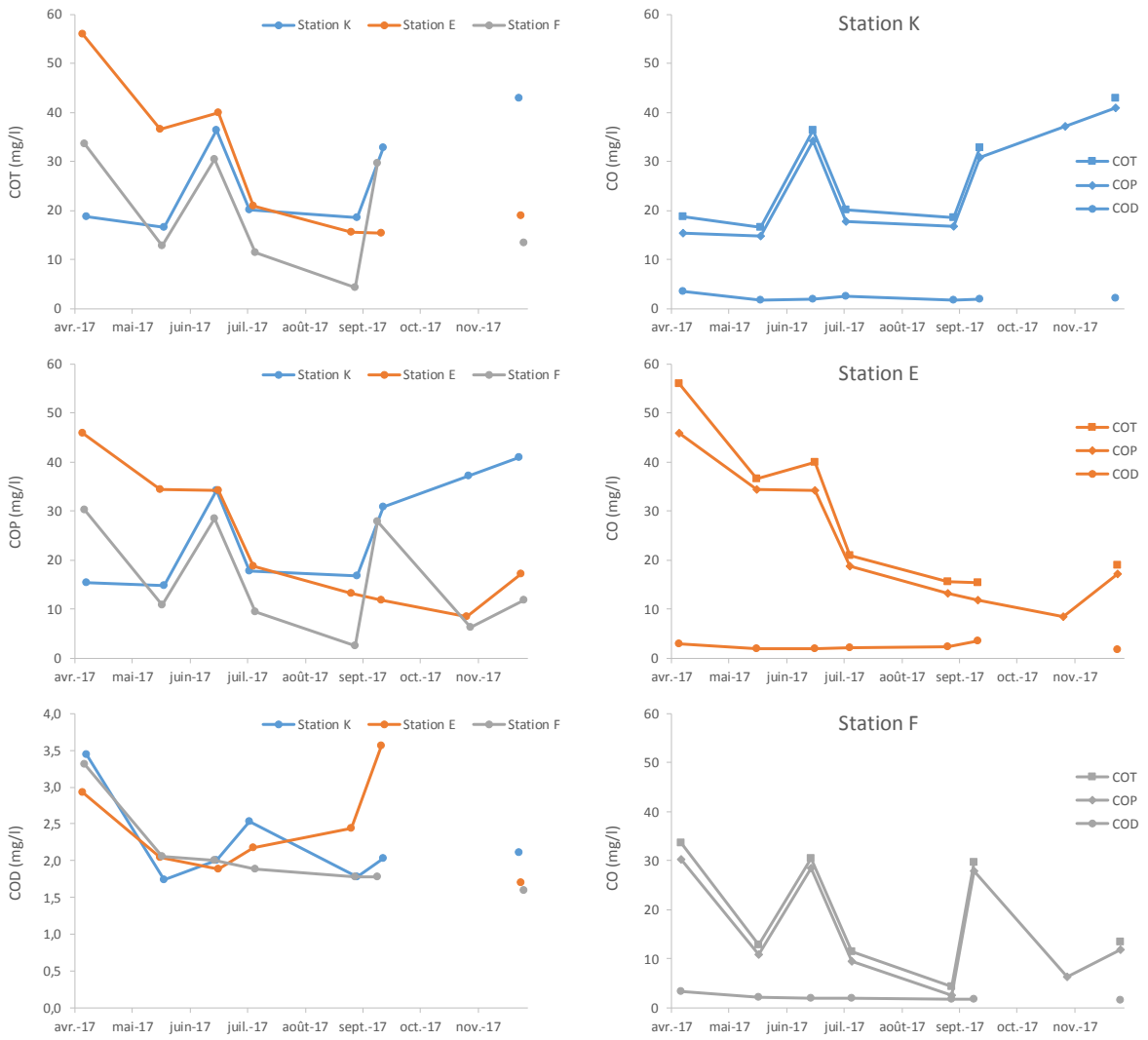


Figure B.1-20 : Concentrations (moyennes pour chaque campagne) en COT, COP et COD. La colonne de gauche présente les résultats par type de carbone organique pour l'ensemble des stations ; la colonne de droite présente les résultats par station pour les trois types de carbone organique. A noter que le COD n'a pu être échantillonné en octobre.

Dans l'estuaire de la Gironde, la proportion de COP présente dans les MES est un bon descripteur du type de carbone organique particulaire présent dans le milieu. Cette proportion est typiquement autour de 1,5 % pour le COP associé au bouchon vaseux (matière très dégradée). En général, la proportion est plus élevée dans l'estuaire aval en période de croissance phytoplanctonique et dans l'estuaire amont et médian en période de fortes crues (apport de matériel terrestre issu du lessivage des sols et de la litière) (Figure B.1-21).
Lors des campagnes de 2017, la proportion de COP dans les MES fut généralement inférieure à 2 %, indiquant la présence d'un COP très dégradé issu principalement de la matière associée au bouchon vaseux (Figure B.1-21). Les valeurs moyennes par campagne ne présentent que de faibles variations dans le temps et dans l'espace, indiquant que la dynamique du bouchon vaseux est le principal contrôle de la dynamique des MES et du COP

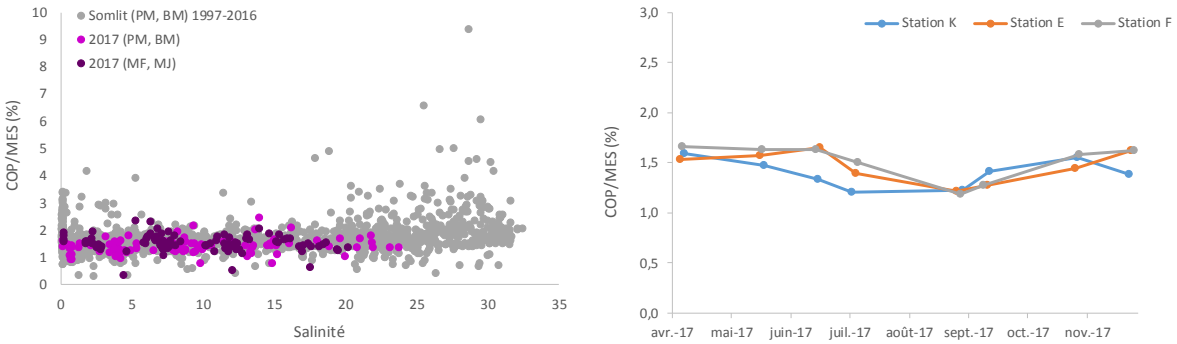


Figure B.1-21 : proportion de COP dans les MES. A gauche : le long du gradient de salinité ; comparaison entre les années 1997-2016 (suivi Somlit aux PK 30, 52 et 86 à pleine mer et basse mer, en surface et au fond) et 2017. A droite : évolution saisonnière en 2017 (moyennes pour chaque campagne). PM : pleine mer ; BM : basse mer, MF : mi-flot ; MJ : mi-jusant

Le rapport du COP sur la chlorophylle *a* (Chl *a*) est indicateur de l'importance relative du phytoplancton dans le carbone organique particulaire. Ce rapport est généralement inférieur à 100 pour le phytoplancton et tend vers l'infini en absence de phytoplancton.
Lors des campagnes de 2017, ce rapport était généralement largement supérieur à 500, avec uniquement trois valeurs comprises entre 100 et 200 (Figure B.1-22). De telles valeurs élevées à très élevées sont typiques de l'estuaire de la Gironde.

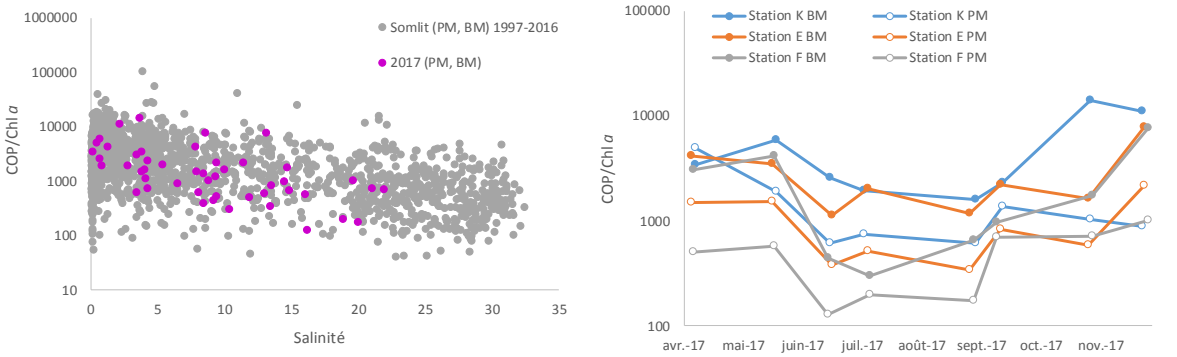


Figure B.1-22 : Rapport COP/Chl *a*. A gauche : le long du gradient de salinité ; comparaison entre les années 1997-2016 (suivi Somlit aux PK 30, 52 et 86 à pleine mer et basse mer, en surface et au fond) et 2017 (pleine mer et basse mer, en surface). A droite : évolution saisonnière en 2017. PM : pleine mer ; BM : basse mer

B.1.11 NUTRIMENTS

Pour ces paramètres, les intervenants sont les suivants :

Prélèvement	Analyse	Valorisation
Ifremer LER-AR	Ifremer LER-AR	Ifremer LER-AR

B.1.11.1 *Paramètres mesurés et méthodes*

Les méthodes utilisées pour le dosage des éléments nutritifs dissous en flux continu segmenté sont décrites dans le manuel « Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses » (Aminot & Kérouel, 2004 et 2007).

Les méthodes utilisées sont les suivantes :

Paramètre	Prélèvement	Conservation	Méthode	Equipement	LQ
Nitrate + Nitrite (NO_2^- + NO_3^-)	Eau brute filtrée 180 µm	Congélateur < - 23°C	Dosage colorimétrique	Auto-analyseur 3 (AA3HR) Bram + Luebbe (Seal Analytical)	<0,2 µmol/L
Ammonium (NH_4^+)			Dosage fluorimétrique		<0,5 µmol/L
Phosphate(PO_4^{3-})			Dosage colorimétrique		<0,04 µmol/L
Silicate ($Si(OH)_4$)	Eau brute filtrée 180 µm puis 0,8 µm	Réfrigérateur compris entre + 2°C et + 8°C	Dosage colorimétrique		<1 µmol/L

Le LER/AR possède une accréditation satisfaisant aux exigences de la norme NF EN ISO/CEI 17025 : 2005 et du guide technique LAB GTA 05, de portée FLEX 1 pour pratiquer ces analyses.

B.1.11.2 *Traitement des données*

NB : Les données sont représentées sur la base de leur distribution temporelle en utilisant deux types d'agrégations :

- Par année : cette représentation permet de caractériser les niveaux et la variabilité du paramètre au cours des différentes années de suivi ;
- Par campagne, représentée par son numéro (de 1 à 8), et non par leur mois, ces derniers pouvant légèrement différer selon les années (Tableau A.1-1), qui permet de représenter la variabilité saisonnière des paramètres et sur laquelle sont figurés les résultats de la dernière année.

La base et le sommet des « boîtes à moustaches » correspondent respectivement aux percentiles 25 et 75, la base et le sommet des lignes aux percentiles 10 et 90. Les données extrêmes (« outliers ») ne sont pas présentées sur les graphes afin de limiter l'étendue de l'axe des ordonnées.

Dans certains cas, il a été décidé de retirer des valeurs de la série considérées comme aberrantes. Ces valeurs et la date de leur observation sont alors spécifiées dans la légende du graphe

Les résultats analytiques des nutriments sont présentés en ANNEXE 3

Nitrate+nitrite (Figure B.1-23 à Figure B.1-28)

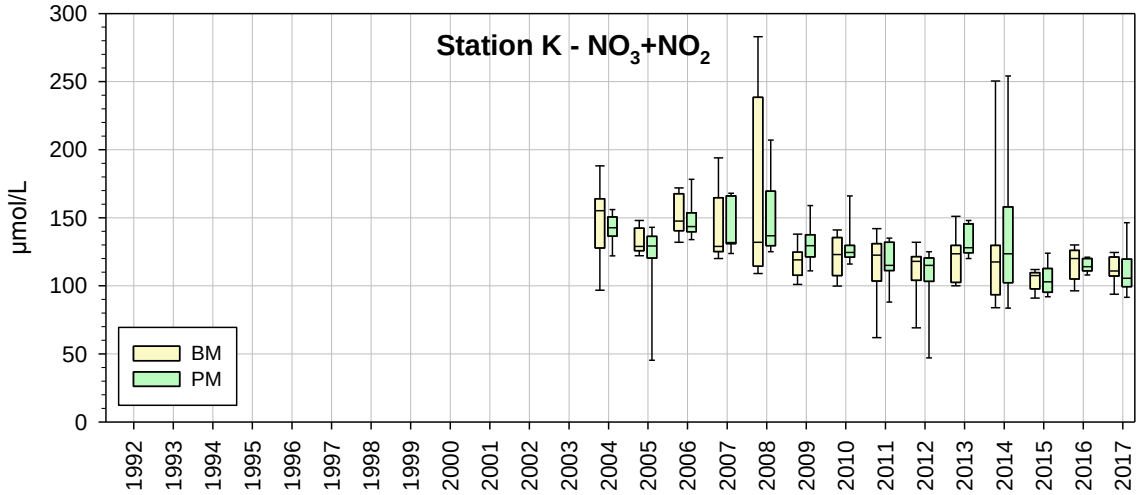


Figure B.1-23 : Distribution interannuelle des teneurs en nitrate+nitrite au point K (N = 220).

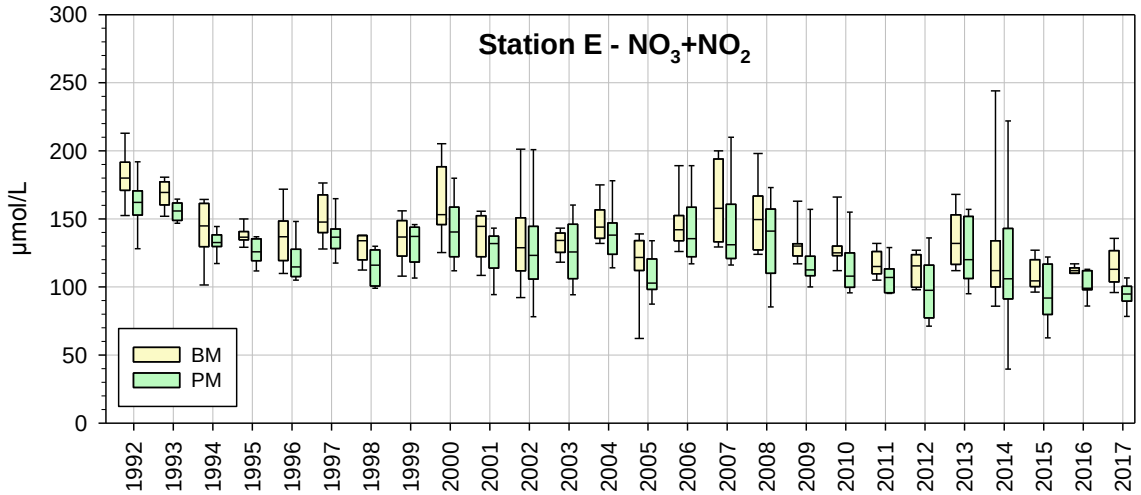


Figure B.1-24 : Distribution interannuelle des teneurs en nitrate+nitrite au point E (N = 404).

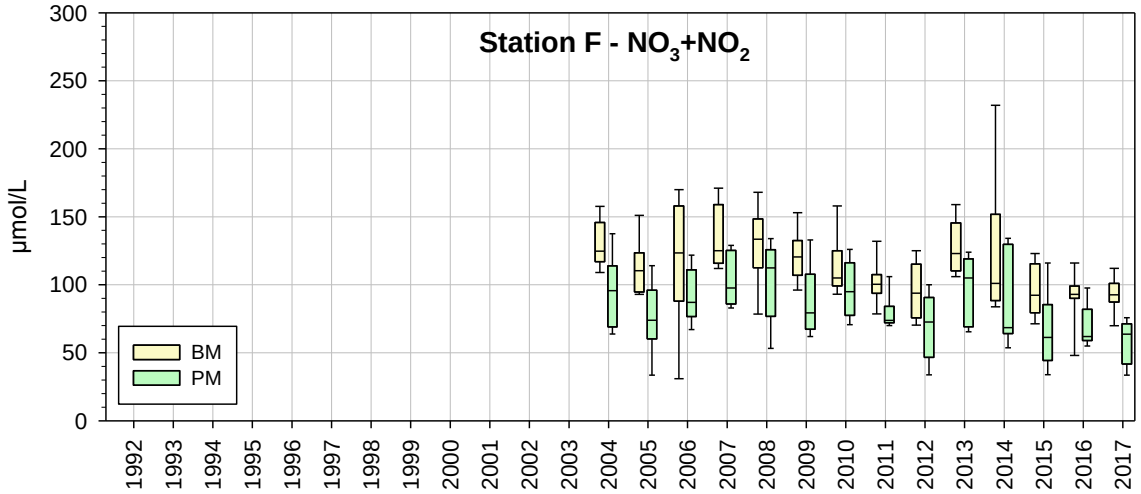


Figure B.1-25 : 1 Distribution interannuelle des teneurs en nitrate+nitrite au point F (N = 214).
(Valeurs douteuses, non représentées : Pleine mer 17/8/2012 – 1,8 µmol/L ; Basse mer 23/8/2010 – 574 µmol/L)

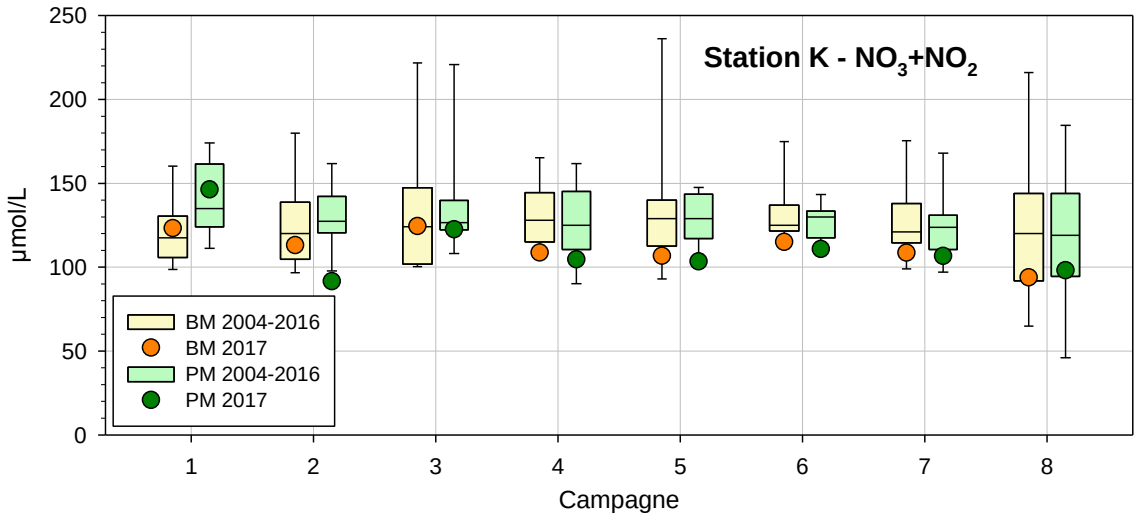


Figure B.1-26 : 2 Distribution par campagne et valeurs 2017 des teneurs en nitrate+nitrite au point K (N = 220).

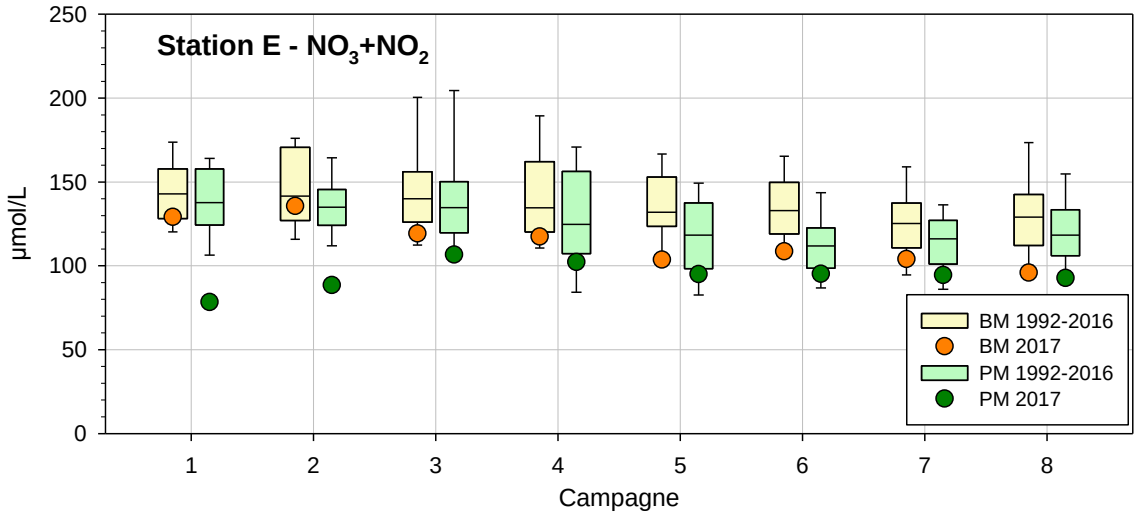


Figure B.1-27 : 3 Distribution par campagne et valeurs 2017 des teneurs en nitrate+nitrite au point E (N = 404).

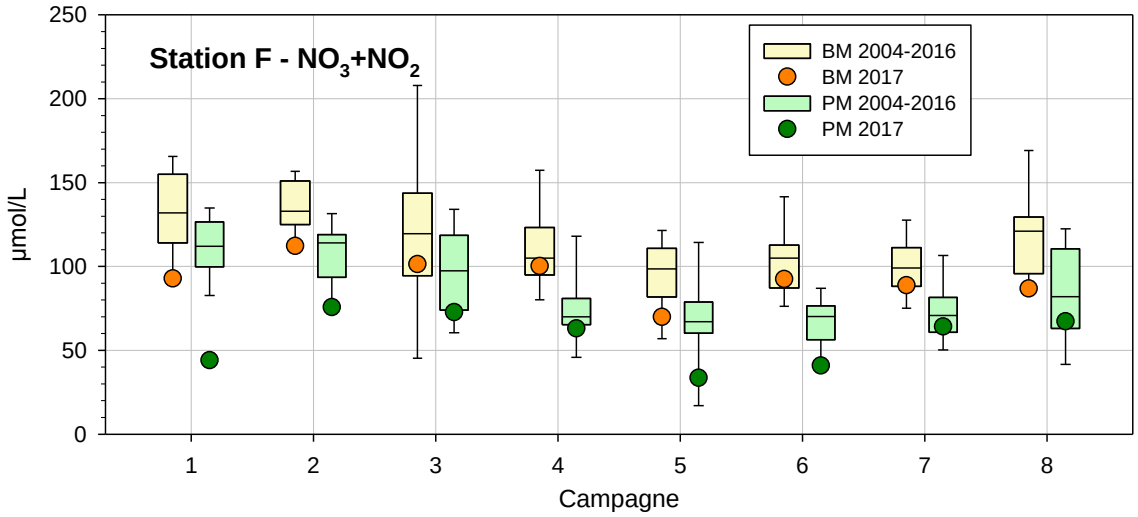


Figure B.1-28 : Distribution par campagne et valeurs 2017 des teneurs en nitrate+nitrite au point F (N = 214). (Valeurs douteuses, non représentées : Pleine mer 17/8/2012 – 1,8 µmol/L ; Basse mer 23/8/2010 – 574 µmol/L)

Entre 2015 et 2017, les teneurs en nitrate+nitrite présentent des valeurs plus faibles que par le passé (à l'exception de 2012) et montrent, au moins sur les deux points amont (K et E) une faible variabilité saisonnière pendant ces années. Globalement, elles décroissent de l'amont vers l'aval et la différence des teneurs à pleine mer et à basse mer est plus marquée à l'aval qu'à l'amont, reflétant l'origine fluviale de ce nutriment.

Il est remarquable d'observer la faible variabilité saisonnière de ce nutriment sur la station la plus amont (station K), traduisant peut-être la faible utilisation des nutriments par les producteurs primaires dans cette zone de l'estuaire caractérisée par de fortes teneurs en matières en suspension. Cette absence de cycle saisonnier marqué, caractérise également les données de basse mer des deux autres points, sans doute pour les mêmes raisons.

Par contre, les observations réalisées à pleine mer sur le point le plus aval révèlent des teneurs plus élevées au printemps et en automne, les teneurs estivales s'avérant plus faibles, sans doute en réponse à la consommation par le phytoplancton.

En 2017, les teneurs en nitrate+nitrite se sont avérées globalement plus faibles que la normale, avec une déplétion particulièrement marquée au printemps et à la fin de l'été dans la station la plus aval.

Ammonium (Figure B.1-29 à Figure B.1-34)

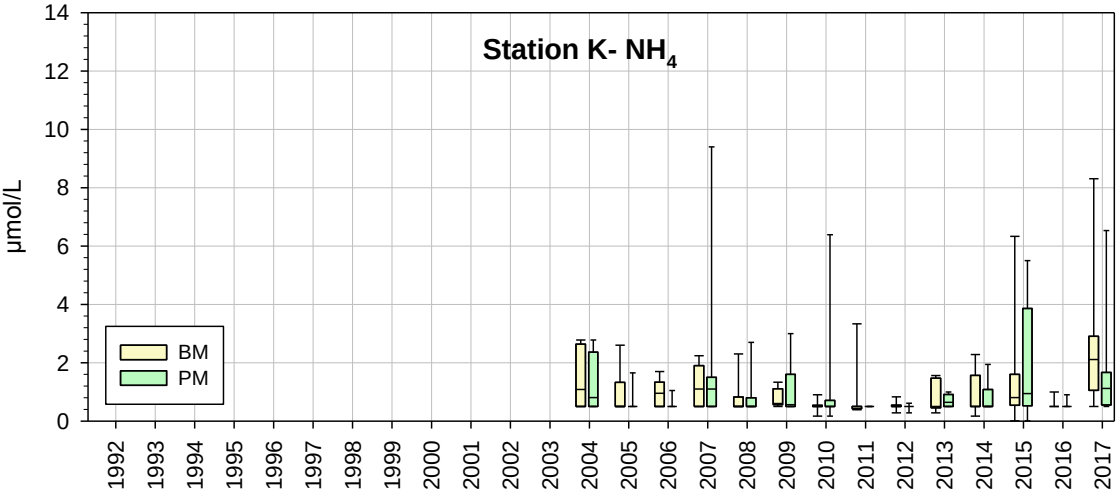


Figure B.1-29 : Distribution interannuelle des teneurs en ammonium au point K (N = 219).

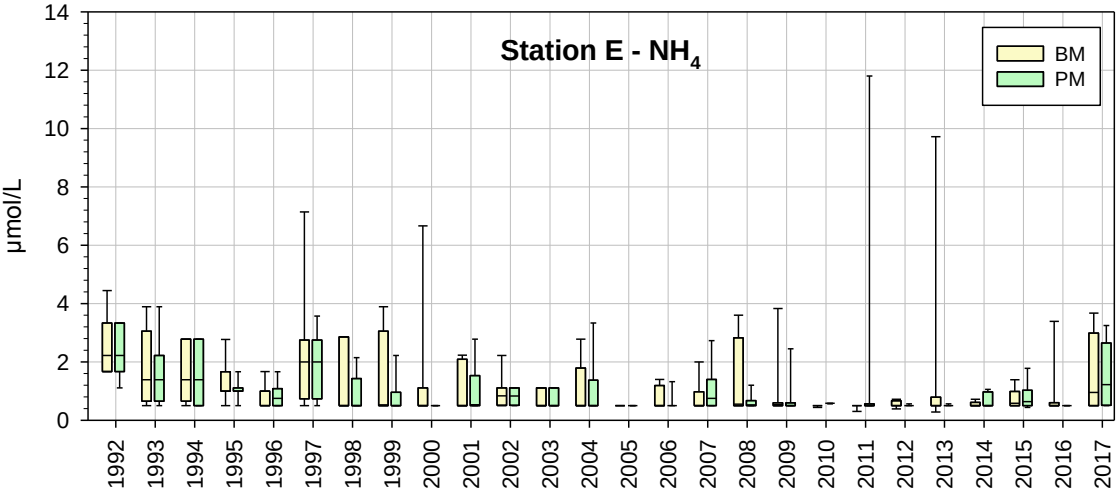


Figure B.1-30 : Distribution interannuelle des teneurs en ammonium au point E (N = 401).
(Valeur douteuse, non représentée : Basse mer 11/10/2011 – 49,3 µmol/L)

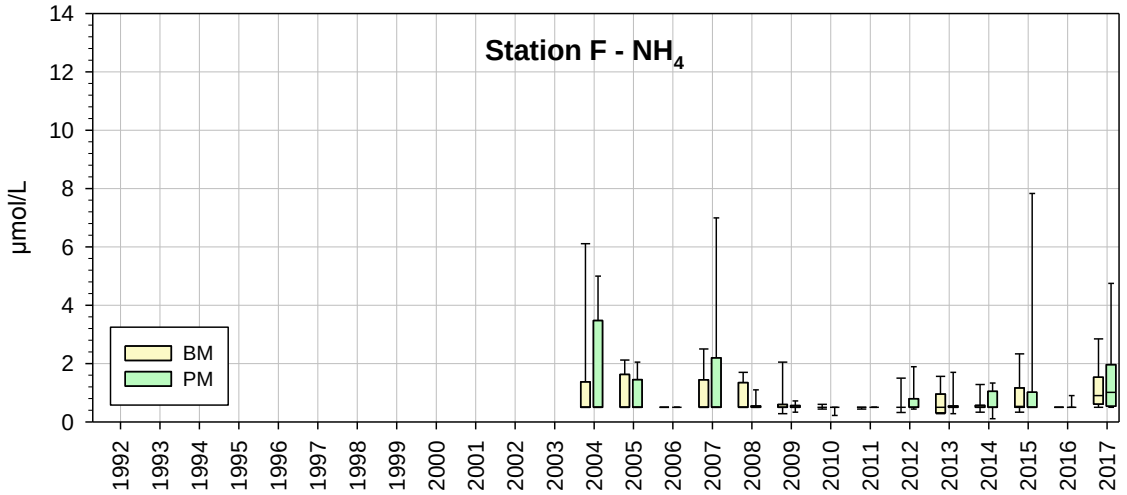


Figure B.1-31 : Distribution interannuelle des teneurs en ammonium au point F (N = 216).

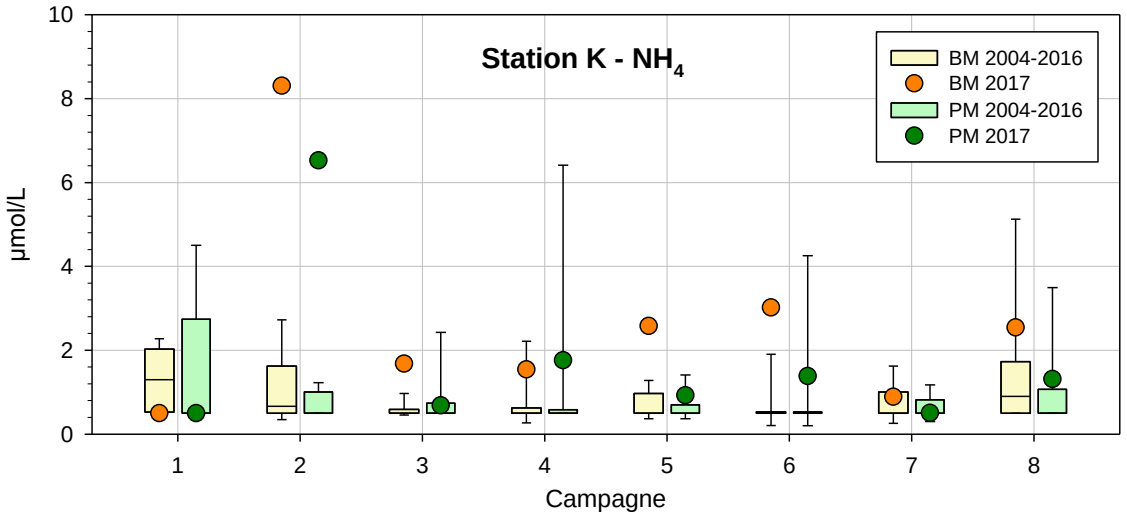


Figure B.1-32 : Distribution par campagne et valeurs 2017 des teneurs en ammonium au point K (N = 219).

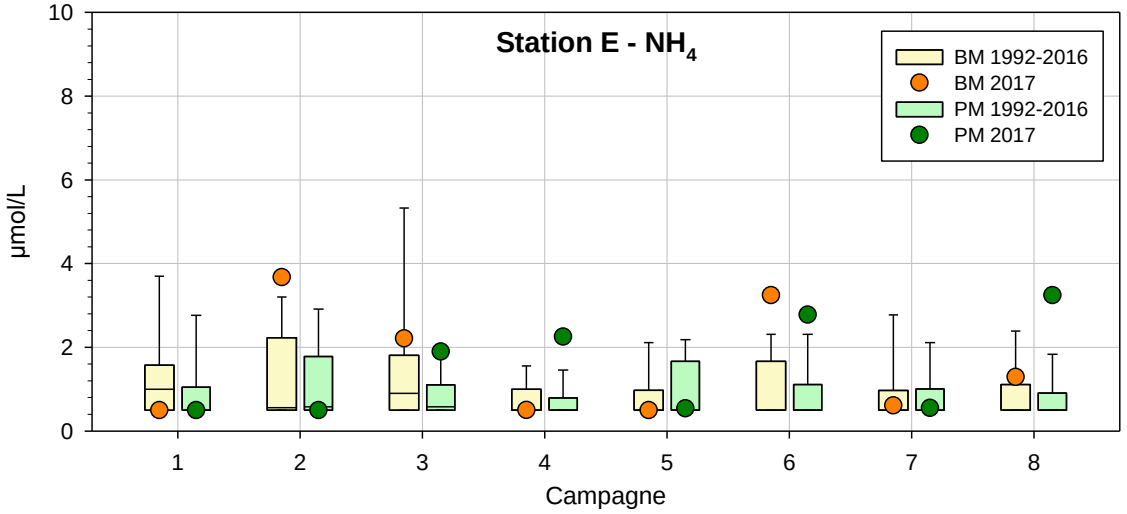


Figure B.1-33 : Distribution par campagne et valeurs 2017 des teneurs en ammonium au point E (N = 401). (Valeur douteuse, non représentée : Basse mer 11/10/2011 – 49,3 µmol/L)

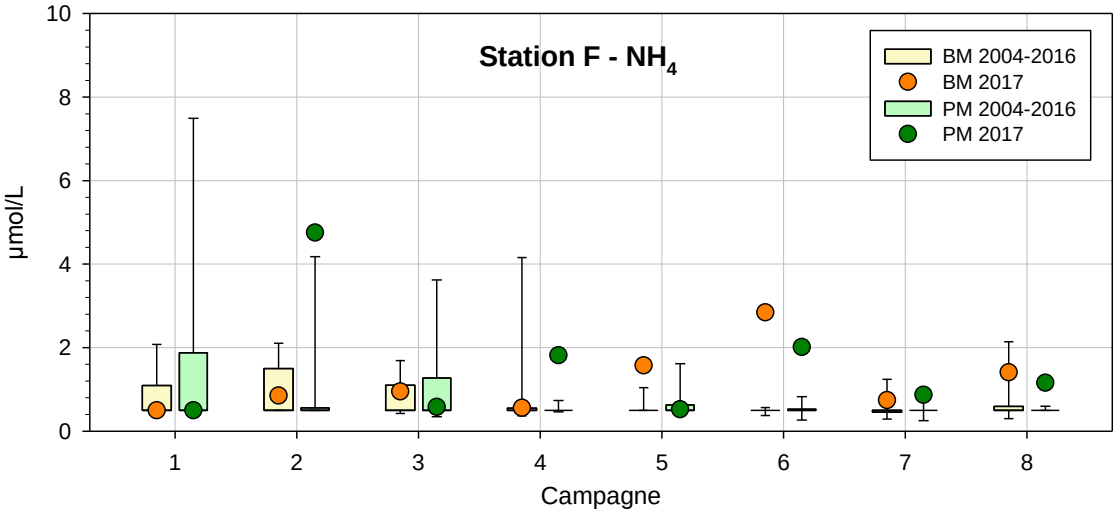


Figure B.1-34 : Distribution par campagne et valeurs 2017 des teneurs en ammonium au point F (N = 216).

Il est relativement difficile d'interpréter la variabilité des teneurs en ammonium, en raison du grand nombre de résultats inférieurs à la limite de quantification pour ce nutriment (plus de 50 % de données pour tous les points). Il faut dès lors souligner que ce nutriment est très peu concentré dans cette zone de l'estuaire, quelles que soient les stations ou le stade de marée considérés. Ces observations sont en accord avec celles réalisées dans les campagnes de la Directive Cadre sur l'Eau dans le bassin Adour-Garonne, qui montrent des teneurs en ammonium beaucoup plus faibles en Gironde que dans les estuaires charentais, landais et basque suivis.

Silicate (Figure B.1-35 à Figure B.1-40)

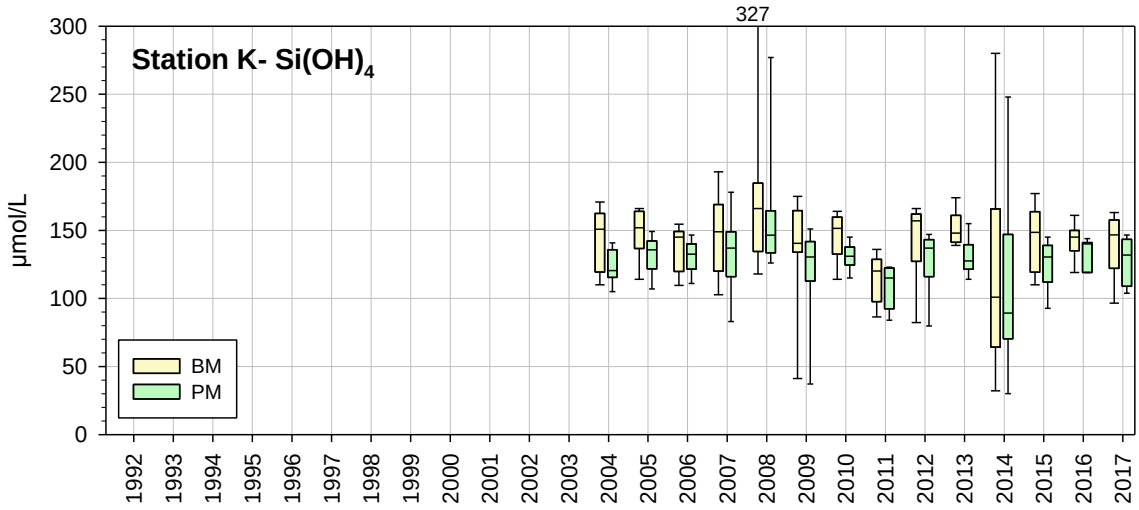


Figure B.1-35 : Distribution interannuelle des teneurs en silicate au point K (N = 220).

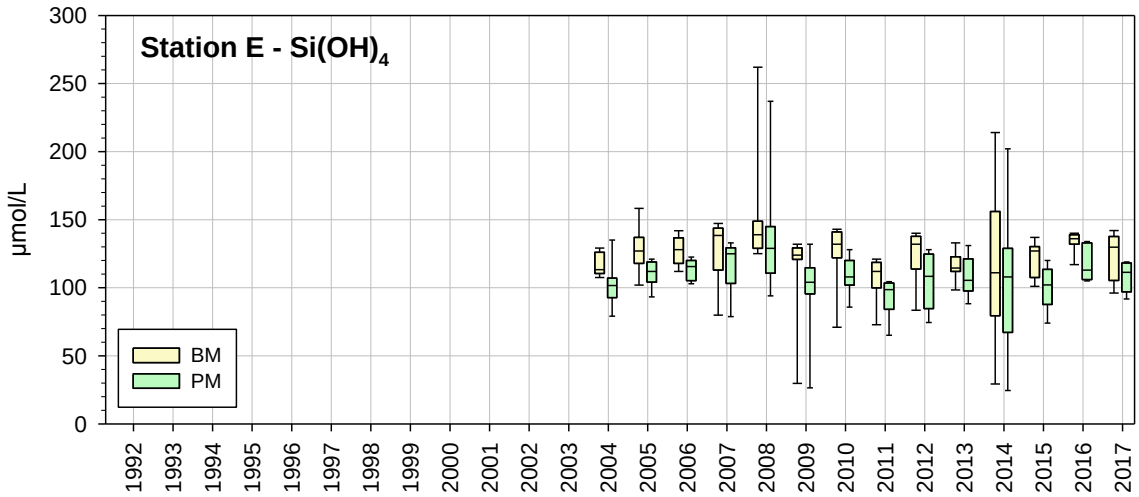


Figure B.1-36 : Distribution interannuelle des teneurs en silicate au point E (N = 218).

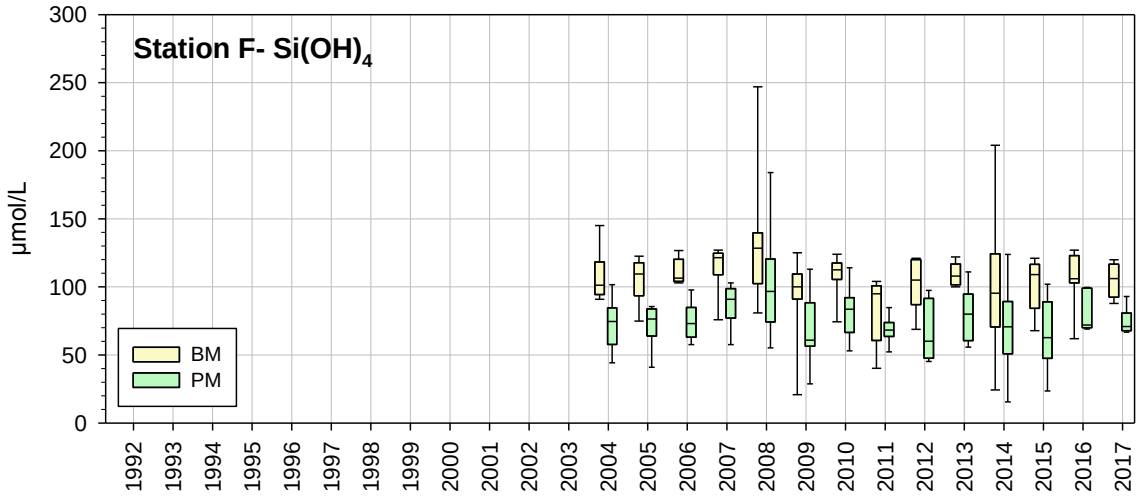


Figure B.1-37 : Distribution interannuelle des teneurs en silicate au point F (N = 216).

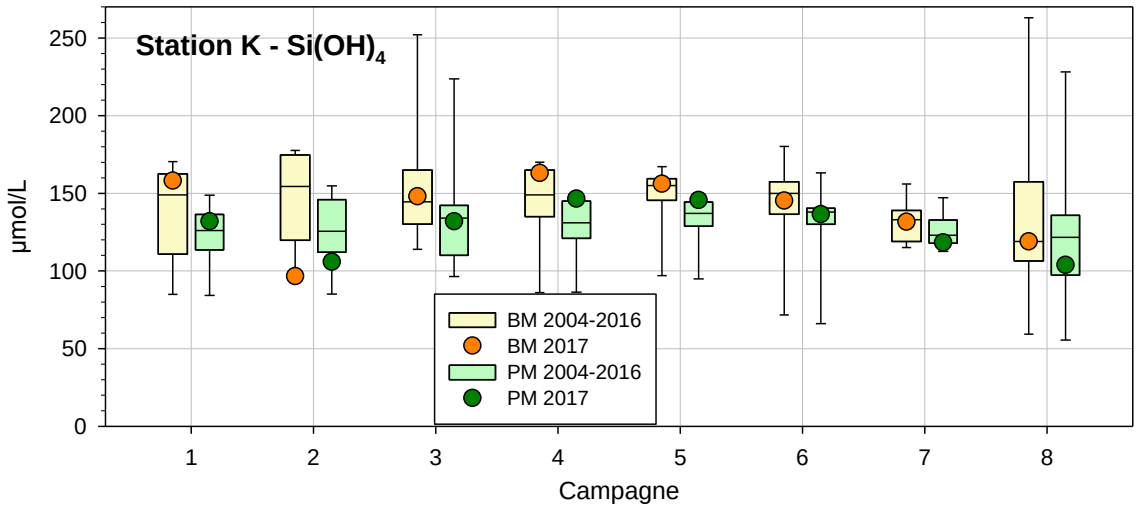


Figure B.1-38 : Distribution par campagne et valeurs 2017 des teneurs en silicate au point K (N = 220).

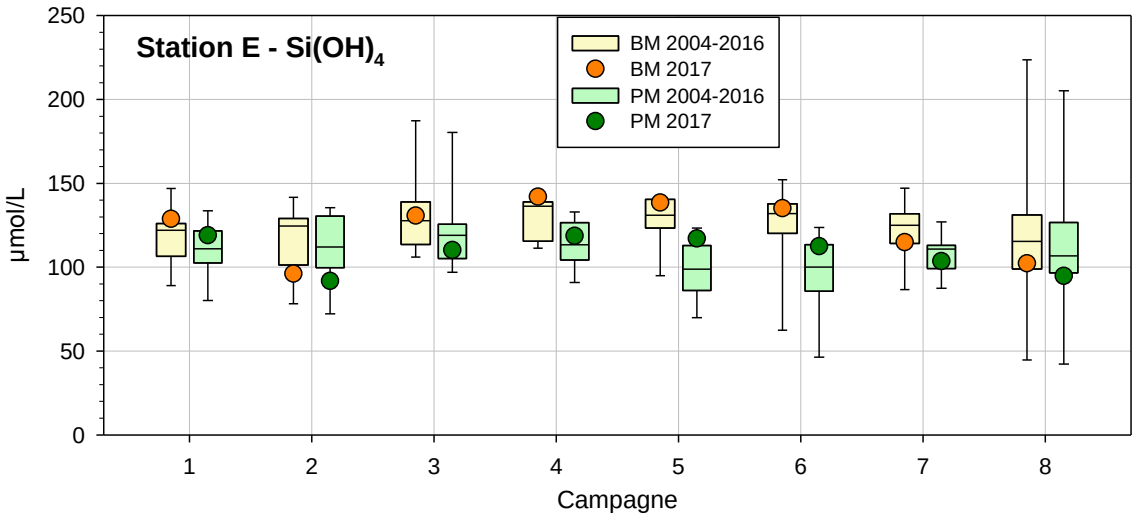


Figure B.1-39 : Distribution par campagne et valeurs 2017 des teneurs en silicate au point E (N = 218).

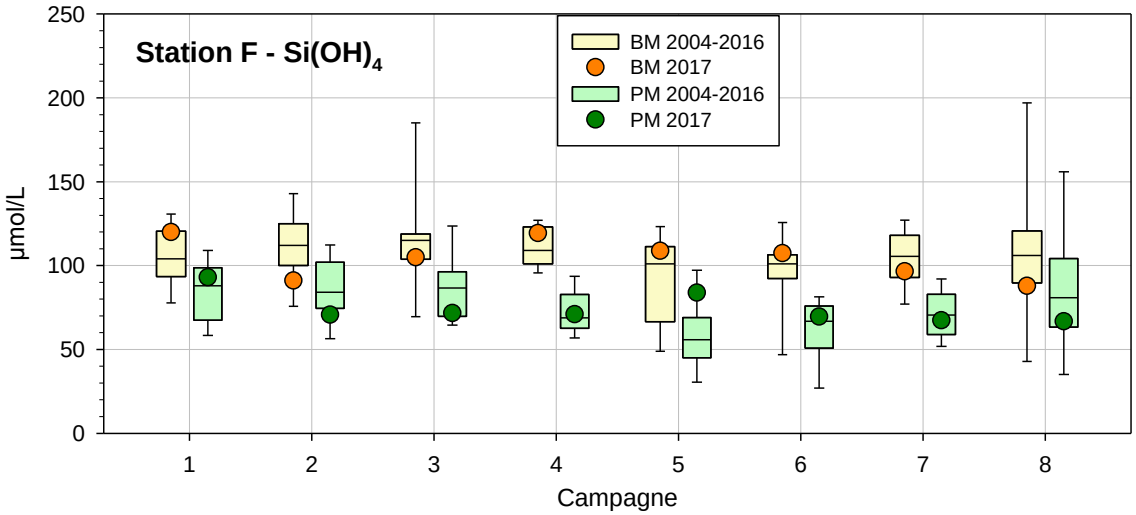


Figure B.1-40 : Distribution par campagne et valeurs 2017 des teneurs en silicate au point F (N = 216).

L'évolution récente des teneurs en silicate ne présente pas de tendance particulière par rapport aux années passées. A l'instar des nitrate+nitrite, elles décroissent de l'amont vers l'aval et la différence des teneurs à pleine mer et à basse mer s'affirme également selon ce gradient, reflétant l'origine fluviale de ce nutriment.

Dans les deux stations les plus amont, le cycle saisonnier global du silicate est caractérisé par un maximum estival et des valeurs plus faibles au mois de novembre (s'avérant toutefois très variables selon les années). Par contre, les observations réalisées à pleine mer sur le point le plus aval (F) révèlent des teneurs en silicate élevées au printemps et en automne et plus faibles en été, sans doute en réponse à la consommation par le phytoplancton.

En 2017, les teneurs en silicate se sont avérées plus faibles que la normale en mai, dans les deux conditions de marée, et plus fortes en août à pleine mer.

Phosphate (Figure B.1-41 à Figure B.1-46)

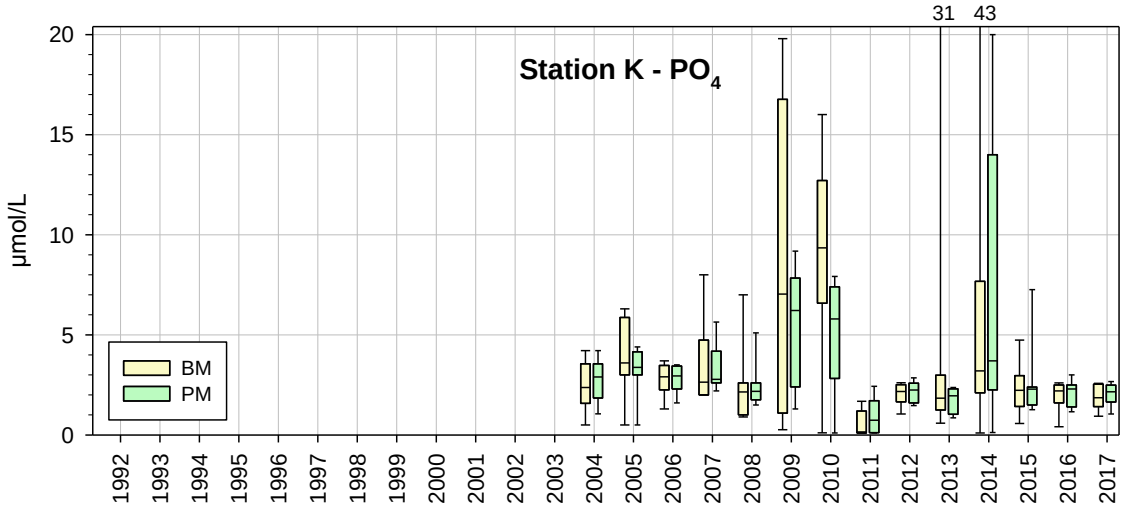


Figure B.1-41 : Distribution interannuelle des teneurs en phosphate au point K (N = 218).
(Valeur douteuse, non représentée : Pleine mer 25/4/2014 – 110 µmol/L)

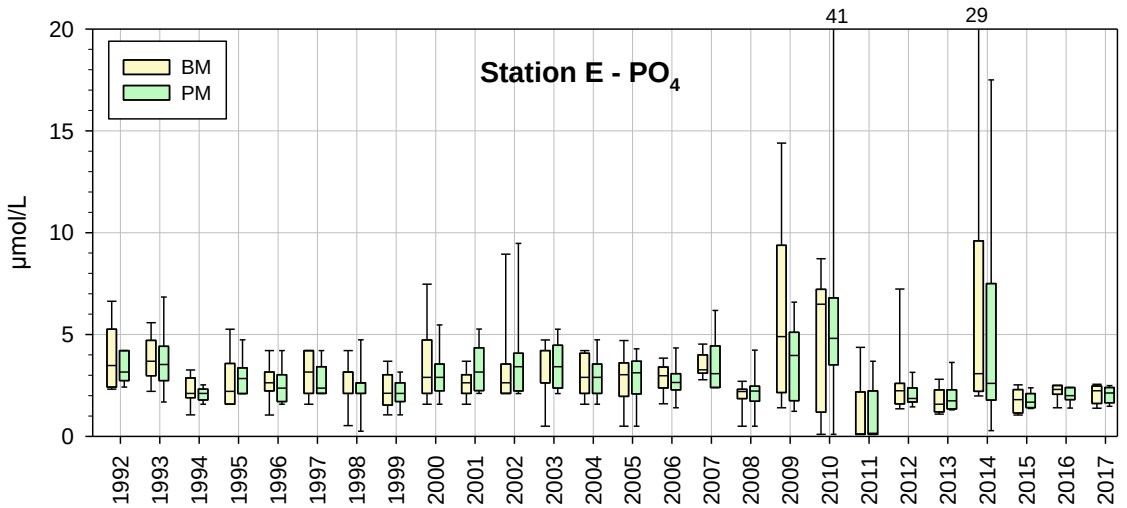


Figure B.1-42 : Distribution interannuelle des teneurs en phosphate au point E (N = 401).
(Valeur douteuse, non représentée : Pleine mer 10/6/2015 – 194 µmol/L)

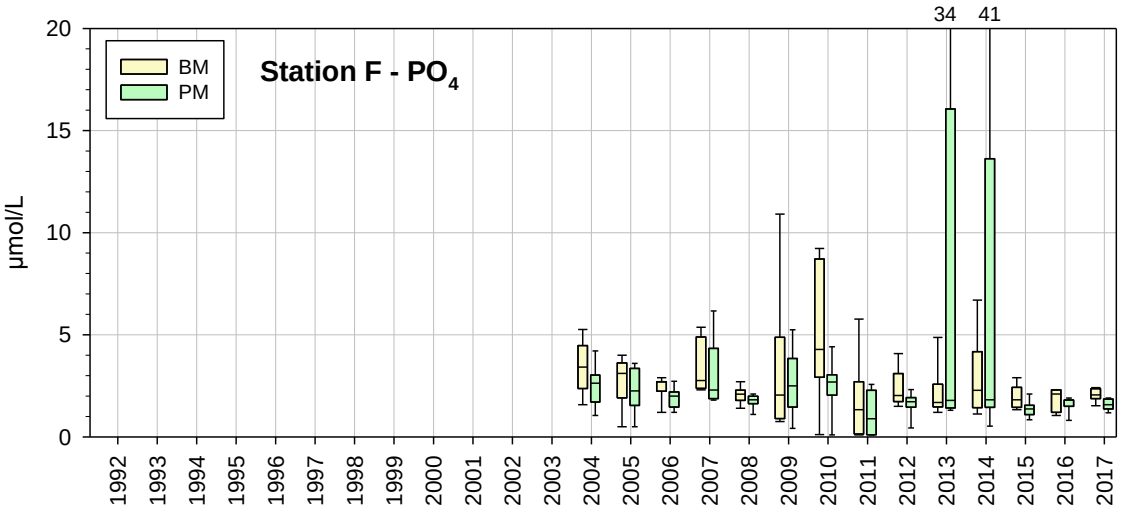


Figure B.1-43 : Distribution interannuelle des teneurs en phosphate au point F (N = 216).

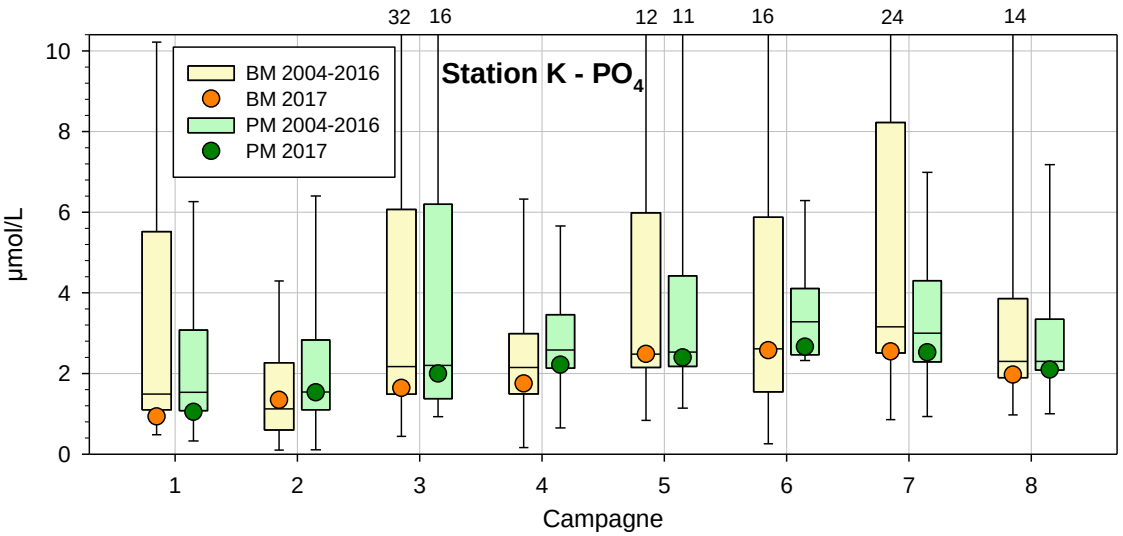


Figure B.1-44 : Distribution par campagne et valeurs 2017 des teneurs en phosphate au point K (N = 218). (Valeur douteuse, non représentée : Pleine mer 25/4/2014 – 110 µmol/L)

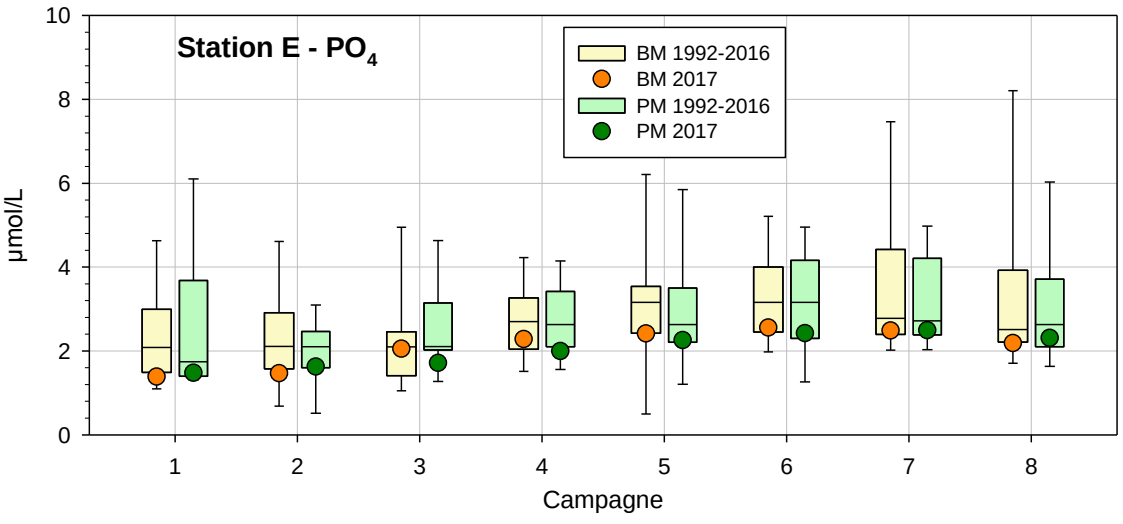


Figure B.1-45 : Distribution par campagne et valeurs 2017 des teneurs en phosphate au point E (N = 401). (Valeur douteuse, non représentée : Pleine mer 10/6/2015 – 194 µmol/L)

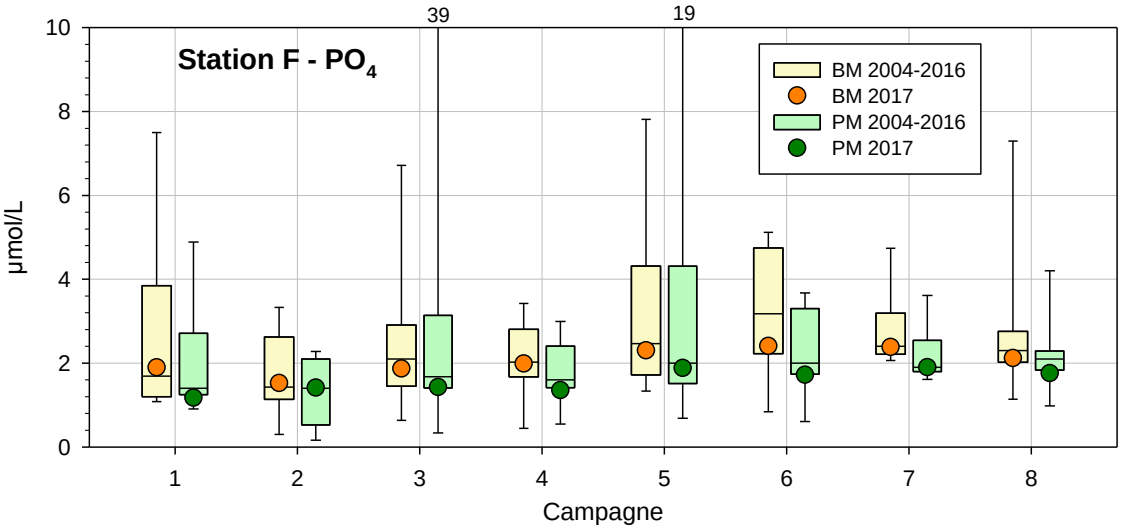


Figure B.1-46 : Distribution par campagne et valeurs 2017 des teneurs en phosphate au point F (N = 216).

Les teneurs en phosphate présentent, certaines années (notamment 2009, 2010 et 2014), une très importante variabilité, avec des valeurs parfois extrêmement élevées. D'une façon générale, on peut remarquer que cette variabilité à l'échelle annuelle est beaucoup moins marquée depuis 2015.
On peut se demander si des modifications de protocole dans la préparation des échantillons peuvent expliquer cette évolution. En effet, les phosphates ont tendance à s'adsorber sur les particules, et une préfiltration imparfaite des échantillons d'eau peut conduire à surestimer les teneurs en phosphate, en prenant en compte également tout ou partie du phosphore particulaire.
A cet égard, on peut remarquer que les travaux scientifiques dédiés à l'estuaire de la Gironde (par exemple Deborde *et al*., 2007) dans lesquels l'analyse des phosphates est réalisée sur de l'eau filtrée à 0,45 µm, ne révèlent jamais de teneurs supérieures à 5 µmol/L.

Contrairement aux nitrate + nitrite et au silicate, les teneurs médianes en phosphate ne présentent pas un gradient marqué de l'amont vers l'aval, au moins pour les données de basse mer.
Par ailleurs, dans les deux stations les plus amont (K et E), on n'observe pas de gradation constante entre les teneurs mesurées à pleine et à basse mer et ceci que l'on considère l'ensemble de la série ou les dernières années.
Cette absence de gradation amont-aval s'explique sans doute notamment par l'effet positif de la salinité sur les processus de désorption du phosphore lié aux particules.
La station F présente quant à elle de plus faibles teneurs à pleine mer qu'à basse mer, reflétant sans doute une plus forte utilisation de ce nutriment par les producteurs primaires dans ces eaux moins turbides.
Globalement, les teneurs mesurées en été et en début d'automne sont plus élevées que les concentrations du printemps et de la fin de l'automne. Cette saisonnalité peut indiquer que le phosphate présent dans les eaux provient notamment de la reminéralisation de la matière organique, processus fortement dépendant de la température.

Par rapport aux années précédentes, les concentrations en phosphate mesurées en 2017 sont normales ou un peu faibles, mais les doutes sur la fiabilité des mesures des années passées (jusqu'en mai 2016) amène à considérer cette observation avec prudence.

B.1.12 BORE

Pour ce paramètre, les intervenants sont les suivants :

Prélèvement	Analyse	Valorisation
Ifremer LER-AR	LASAT	LASAT

B.1.12.1 *Méthodologie*

La méthode utilisée est la suivante :

Paramètre	Prélèvement	Conservation à bord	Méthode
Bore	Eau brute - surface	Réfrigérateur < +5°C	ICP/MS

Le bore est dosé à partir d'une dilution au 1/10ème de l'échantillon filtré afin de minimiser l'effet de matrice (chlorures).

Les résultats analytiques du bore sont présentés en ANNEXE 4

B.1.12.2 *Variations spatio-temporelles*

Le bore est présent de façon naturelle dans l'eau de mer. L'eau de mer présente naturellement une concentration d'environ 4 mg/L.
Un gradient de concentration croissant de l'amont vers l'aval, déjà constaté en 2013 et 2014 et 2016, est à nouveau mis en évidence ici (Figure B.1-47 à Figure B.1-49). Les valeurs à pleine mer et basse mer alternent en termes de concentrations. Leurs évolutions respectives sont plus ou moins synchrones entre moments de marée.

Au niveau du point K (Figure B.1-47), à pleine mer, on observe une augmentation en début d'été (1-1.2 mg/L) qui se stabilise vers octobre (1.14 mg/L).

Les valeurs de basses mers montrent une légère augmentation en mai suivi d'un pic en août à 1.867 mg/L. A partir de septembre, les valeurs diminuent de moitié et sont inférieures aux valeurs de pleine mer (0.5-0.7 mg/L).

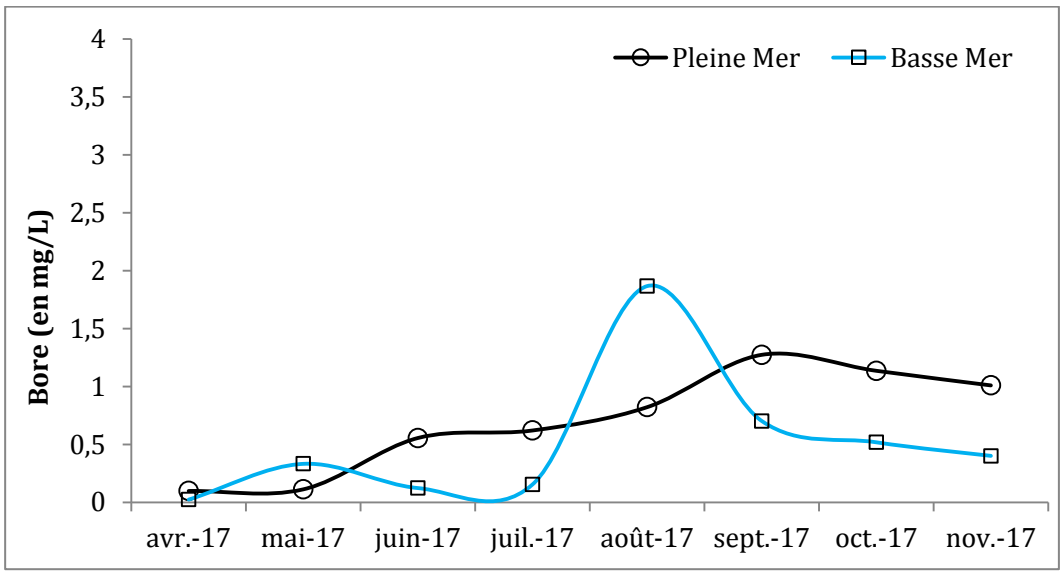


Figure B.1-47 : Variations mensuelles des teneurs en bore, station K.

Pour la station E (Figure B.1-48), les teneurs en bore sont quasiment toutes supérieures à pleine mer, excepté aux mois de mai et d'octobre (mai PM : 0.47 mg/L ; BM : 0.95 mg/L et octobre PM : 1.704 mg/L ; BM : 1.92 mg/L). L'évolution des concentrations est synchrone avec la marée avec une augmentation croissante à partir de mai/juin. Une diminution est amorcée à partir de septembre à pleine mer.

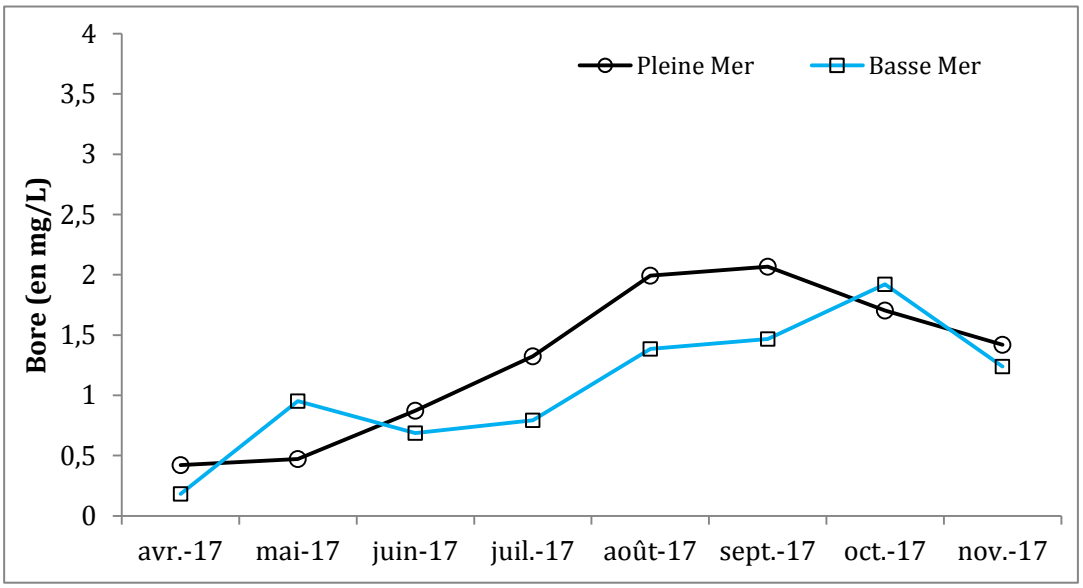


Figure B.1-48 : Variations mensuelles des teneurs en bore, station E

Au niveau du point F (Figure B.1-49), il y a une augmentation croissante et synchrone des teneurs en bore, aux deux périodes de marée. On observe un décrochage à partir de septembre, à pleine mer, et à partir d'octobre à basse mer.

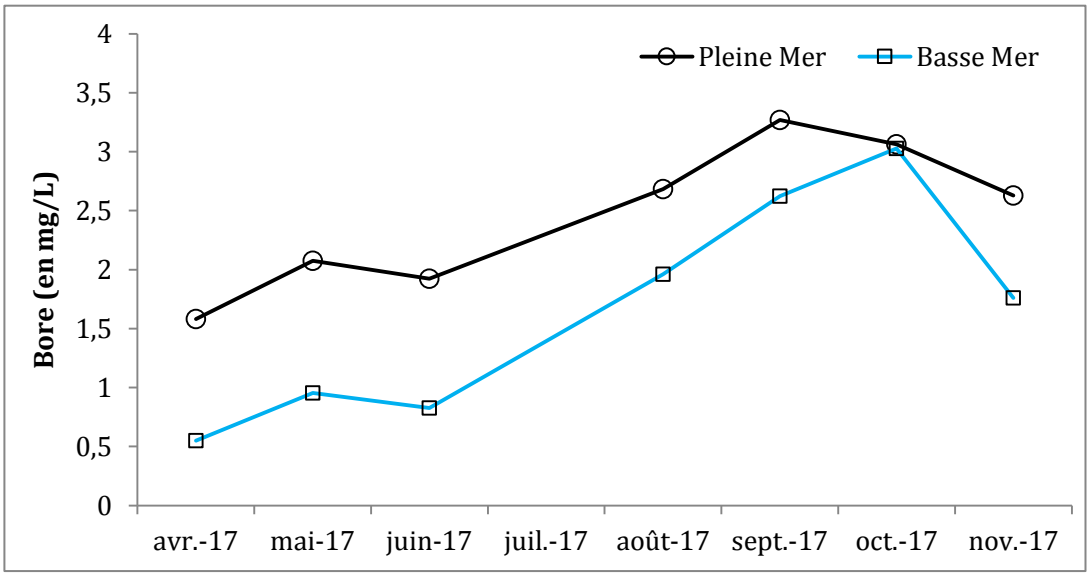


Figure B.1-49 : Variations mensuelles des teneurs en bore, station F.

Il y a une augmentation quasi-constante pour les trois stations bien qu'une diminution des valeurs à pleine mer s'amorce à partir de septembre. Les mesures montrent des concentrations plus élevées en aval (station F) qu'en amont (station K), toutes inférieures à 4 mg/L. L'évolution douce des concentrations au droit de la centrale et en station aval, ainsi que l'aspect globalement régulier du gradient amont-aval ne semblent pas mettre en évidence de divergence anormale.

B.1.12.3 *Relation avec les paramètres hydrobiologiques*

La concentration du bore dans l'eau de mer est corrélée à la salinité de l'eau de mer (Figure B.1-50).

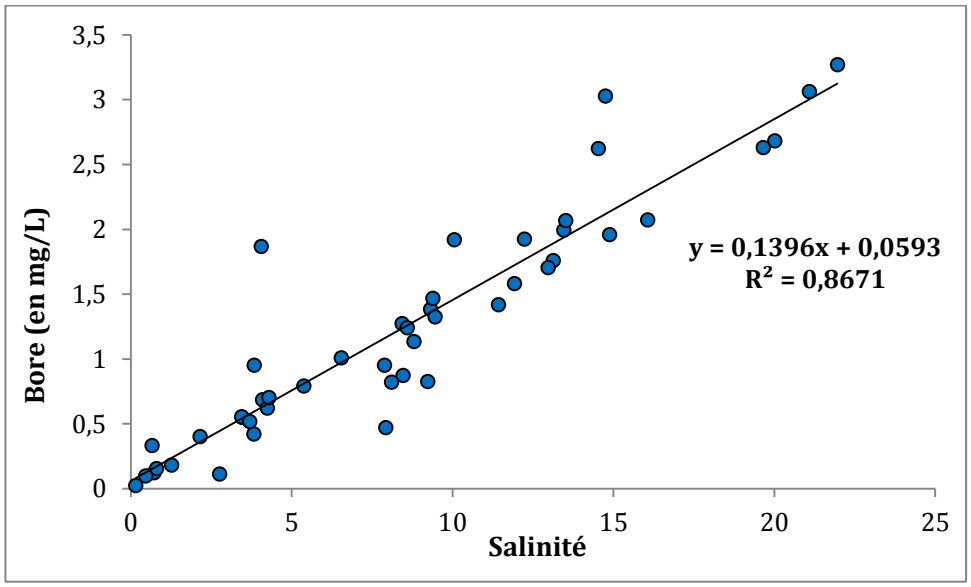


Figure B.1-50 : Répartition des teneurs en bore avec la salinité, toutes stations et temps de marée.

Comme les années précédentes, le bore étant présent naturellement dans l'eau de mer, la droite de régression affiche une pente positive et un coefficient de corrélation significatif proche de 1 (Figure B.1-51).

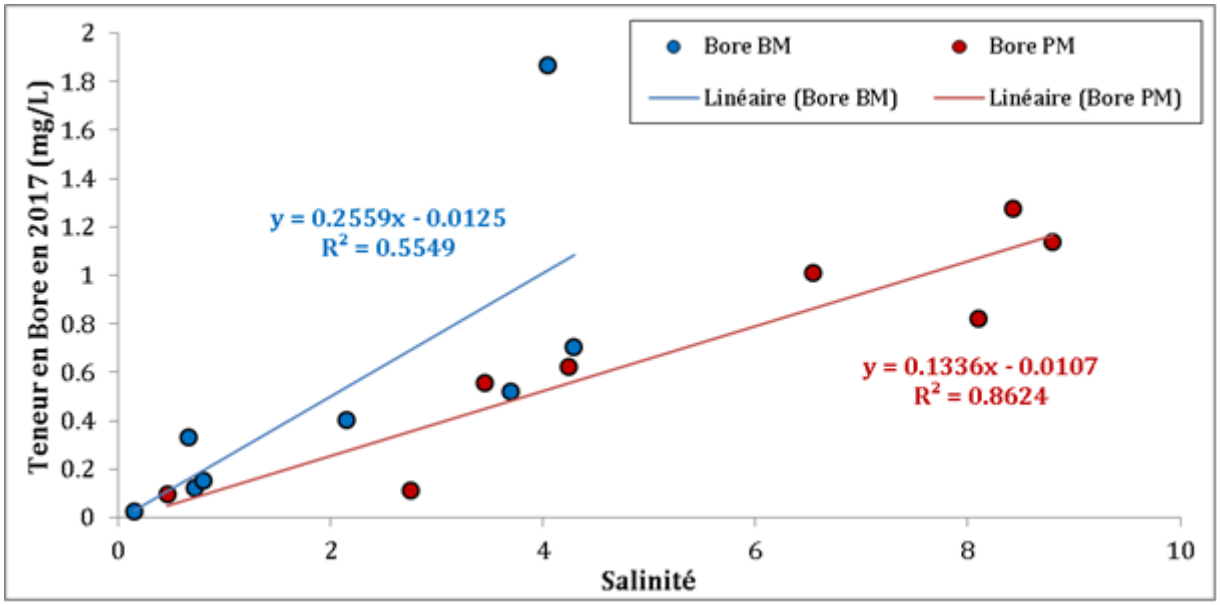


Figure B.1-51 : Répartition des teneurs en bore avec la salinité, station K.

Les pentes observées en station E (au droit de la centrale) sont positives avec des coefficients de corrélation significatifs (Figure B.1-52).

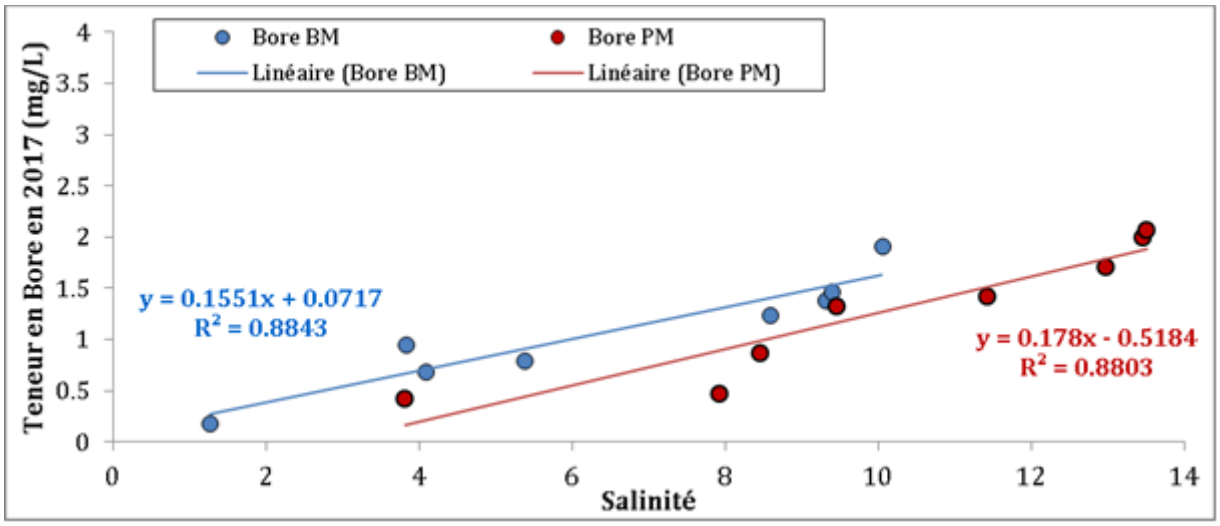


Figure B.1-52 : Répartition des teneurs en bore avec la salinité, station E

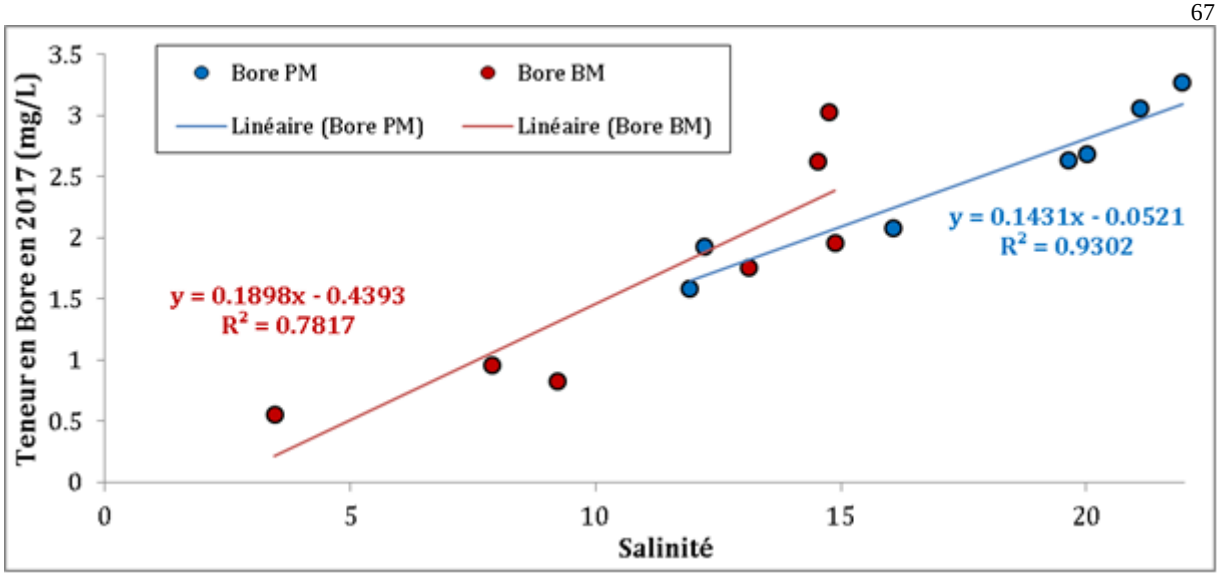


Figure B.1-53 : Répartition des teneurs en bore avec la salinité, station F.

Les coefficients de régressions de chaque station (Figure B.1-50 à Figure B.1-53) montrent une corrélation significative (R^2 compris entre 0.78 et 0.93). Seule la station K (amont) présente un coefficient plus faible de 0.56 à basse mer (Figure B.1-51).
Un unique point fait figure d'outlayer, et induit une diminution du coefficient de régression. Cette concentration a été confirmée par le laboratoire (re-contrôles).
Malgré le faible jeu de données (8 points), la salinité reste relativement bien corrélé au point K, même à basse mer.

B.1.12.4 *Evolution des moyennes annuelles*

Les valeurs moyennes annuelles des teneurs en bore, pour les trois stations considérées sont légèrement supérieures aux moyennes de la chronique (Station K tendance : 0.5 mg/L - Station K 2017 : 0.6 mg/L ; Station E tendance : 0.9 mg/L - Station E 2017 : 1.2 mg/L ; Station F tendance : 1.6 mg/L – Station F 2017 : 2.0 mg/L). Ces valeurs ont cependant diminué par rapport à 2016 (0.1-0.5 mg/L de moins, toutes stations confondues).
Ces résultats confirment l'augmentation observée à partir de 2014 (Figure B.1-54). Cette tendance est probablement liée aux conditions hydrodynamiques de l'estuaire (entrée du front salé variable selon la saison, les précipitations, le débit de l'estuaire…). Le gradient de concentration croissant amont – aval est toujours visible.

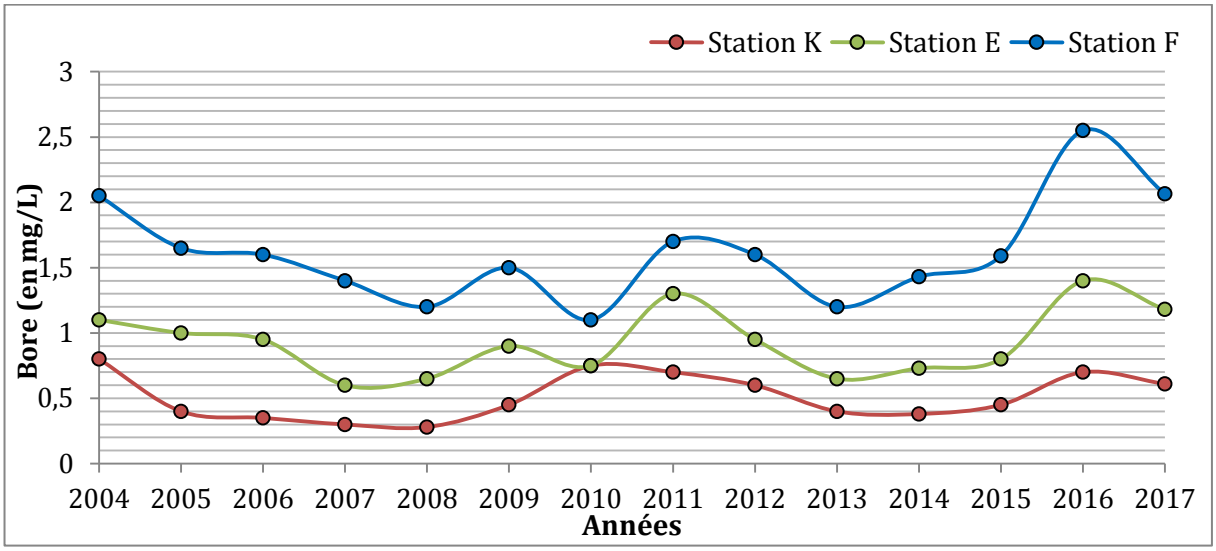


Figure B.1-54 : Evolution des moyennes annuelles des teneurs en bore

B.1.13 SUBSTANCES CHIMIQUES (MORPHOLINE, HYDRAZINE, ETHANOLAMINE)

Pour ces paramètres, les intervenants sont les suivants :

Prélèvement	Analyse	Valorisation
Université Bordeaux	SGS	Ifremer LER-AR

B.1.13.1 *Paramètres et méthodes*

Les méthodes utilisées sont les suivantes :

Paramètre	Prélèvement	Conservation	Méthode	LQ
Ethanolamine	Eau brute - Surface	Réfrigérateur < +5°C	Chromatographie ionique	< 0,1 mg/L
Hydrazine	Eau brute - Surface	Réfrigérateur < +5°C	LC/MS/MS	< 20 µg/L
Morpholine	Eau brute - Surface	Réfrigérateur < +5°C	LC/MS	< 200 µg/L

B.1.13.2 *Résultats 2017*

Les résultats analytiques des substances chimiques sont présentés en ANNEXE 5

Le suivi des concentrations en résidus de traitements des circuits secondaires du CNPE (éthanolamine, morpholine et hydrazine) dans le milieu récepteur est effectué depuis 2004. A partir d'octobre 2017, l'éthanolamine est utilisée par le CNPE du Blayais.

Pour les trois stations, les recherches de ces substances chimiques dans les eaux de l'estuaire, n'ont révélé aucune détection sur l'année 2017 (tous les résultats sont inférieurs à la limite de quantification). Ces résultats (aucune détection) confirment ceux obtenus depuis le début du suivi de ces substances chimiques (2004).

B.1.14 AGENTS DE SURFACE ANIONIQUES

Pour ces paramètres, les intervenants sont les suivants :

Prélèvement	Analyse	Valorisation
Ifremer LER-AR	LASAT	LASAT

Parmi les agents de surface, les tensioactifs anioniques (en particulier les alkylbenzènesulfonates) sont actuellement le type le plus utilisé puisqu'ils sont incorporés dans la majorité des formules de détergents et de produits de nettoyage (Jurado *et al.*, 2006).

B.1.14.1 *Méthodologie*

La méthode utilisée est la suivante :

Prélèvement	Conservation	Méthode normalisée	LQ
Eau brute – Surface	Réfrigérateur < + 5 °C	NF EN 903 : Dosage des agents de surface anioniques par mesurage de l'indice au bleu de méthylène SABM	<48µg/L

B.1.14.2 *Résultats analytiques*

Les résultats analytiques des agents de surface anioniques sont présentés en ANNEXE 4

Au regard des données disponibles, toutes les valeurs sont inférieures au seuil de quantification (48 µg/L), à l'exception du point K à basse mer en juin 2017, avec une teneur de 300 µg/L (ANNEXE 6). Cette valeur a été confirmée par le responsable de l'unité chimie du LASAT.

B.1.15 CONCLUSION

En 2017, la **température** moyenne des eaux aux trois stations suit des évolutions saisonnières normales. La température au point E est globalement au-dessus des valeurs moyennes 1976- 2016 de mai à août, surtout aux mois de juin et août. Les mesures effectuées montrent les variations naturelles de la température à l'échelle de la marée et à l'échelle saisonnière. Avec le protocole de mesures adopté, l'influence de la Centrale sur la température des eaux de l'estuaire se manifeste en surface au point E. Mais au-delà de ce point et du panache de dilution, aucune influence n'est mise en évidence.
Sur la base des mesures disponibles effectuées sur le long terme, l'évolution des températures de l'eau au point E depuis 1978 semble corrélée aux températures de l'air. Les deux ont augmenté régulièrement depuis le début des suivis.

Concernant la **salinité**, l'année 2017 se caractérise par 3 périodes : i) une période printanière (avril à juin) avec des salinités relativement basses, corrélées à des débits fluviaux élevés ; 2) une période estivale (juin à septembre), où la salinité augmente progressivement pour atteindre ses valeurs maximales en septembre ; et 3) un début d'automne (octobre et novembre) où la salinité rechute, dans des valeurs supérieures à celles enregistrées en juin. Ce sont là des variations qui traduisent un fonctionnement naturel de l'estuaire, en réponse aux fluctuations des débits fluviaux de l'année.

Au point F, les différences de salinité entre surface et fond montrent que les eaux y sont fréquemment stratifiées. Les salinités sont plus homogènes sur toute la tranche d'eau aux stations E et K situées plus en amont, et en particulier au point K, où il n'y pratiquement plus de stratification de salinité.
Le CNPE n'a aucun effet sur les salinités mesurées sur l'ensemble de l'estuaire.

En 2017, les mesures de **vitesse de courant** traduisent le fonctionnement naturel de l'estuaire de la Gironde. Les vitesses maximales mesurées au point E sont dans la même gamme que celles mesurées au cours des 5 dernières années. Sur le long terme, on note une augmentation progressive de la moyenne des courants maximum, qui est la conséquence des évolutions morphologiques de l'estuaire et du chenal médian. Les forts courants favorisent la dispersion turbulente au sein de l'estuaire. Les rejets du CNPE n'ont pas d'effet sur les courants de marée à l'échelle de l'estuaire.

Les concentrations en **MES** moyennes traduisent la position du bouchon vaseux qui, à l'échelle saisonnière, dépend du débit fluvial.
En 2017, les MES au point F ont évolué depuis des valeurs fortes au mois d'avril vers de valeurs faibles au mois de novembre. Cette décroissance quasi-régulière traduit la remontée progressive du bouchon vaseux vers l'amont de l'estuaire ; le bouchon vaseux s'éloigne du point F au fur et à mesure que les débits fluviaux diminuent. Aux points E et K, les MES sont globalement plus élevées, ce qui indique une position du bouchon vaseux plus amont au cours de l'année. Les valeurs maximales correspondent cette fois aux périodes de faible débit fluvial, ce qui signifie que ces deux stations indiquent la position amont du bouchon vaseux dans l'estuaire.
Le CNPE n'a aucun influence sur la dynamique du bouchon vaseux ni sur les concentrations en MES.

Les **turbidités** moyennes traduisent la position du bouchon vaseux qui, à l'échelle saisonnière, dépend du débit fluvial. Leur évolution est comparable à celle des concentrations en MES. Ce paramètre est mesuré depuis 2016 seulement, donc on ne peut pas encore établir de variation interannuelle.
Les turbidités ne semblent pas subir d'influence de la Centrale.

De fortes désoxygénations se produisent chaque été en Garonne devant l'agglomération bordelaise, ce qui se traduit par un gradient de désoxygénation aval-amont. En moyenne, les déficits en O_2 dissous suivent un gradient longitudinal, avec un plus fort déficit au point K, et un plus faible déficit au point F.
En 2017 le bouchon vaseux se localise plutôt en amont, d'où des teneurs en **oxygène dissous** relativement élevées en aval de l'estuaire. Au point E, depuis le début de la surveillance, on n'observe pas de diminution excessive de la teneur en oxygène dissous des eaux.
Le CNPE n'a pas d'influence sur la position du bouchon vaseux, ni d'influence visible sur les teneurs en oxygène dissous à l'échelle de l'estuaire.

La comparaison du **pH** mesuré au cours des 5 dernières années montre que la gamme de variation de 2017 est dans les valeurs moyennes des dernières années. Au cours de l'année 2017, le pH augmente progressivement, ce qui est cohérent avec la diminution progressive du débit d'eau douce arrivant par les fleuves. Les variations du pH visibles avec ce protocole de mesures sont, en effet, dues essentiellement au débit fluvial, et aussi, probablement, à la

production primaire qui peut être importante dans l'aval de l'estuaire. Dans tous les cas, il n'y a pas d'effet visible de la Centrale sur l'évolution du pH.

La dynamique spatio-temporelle de la fraction dissoute et de la fraction particulaire du **carbone organique** évolue de façon classique en 2017, au regard du fonctionnement de l'estuaire de la Gironde : concentrations en COD relativement constantes, dynamique du COT contrôlée par la dynamique du COP lui-même principalement contrôlé par la dynamique du bouchon vaseux, avec une diminution générale des concentrations en COP de l'amont vers l'aval. Le COP présent était principalement très dégradé et associé au bouchon vaseux (influence phytoplanctonique faible à négligeable). Le seul point notoire est les fortes concentrations en COD mesurées au point E (station proche du rejet) à mi-jusant lors de la campagne de septembre. L'influence du CNPE sur le carbone organique est donc ponctuel dans le temps et dans l'espace et limité au COD.

Concernant les **nutriments**, l'année 2017 a été caractérisée par de faibles teneurs en phosphate et en nitrate+nitrite par rapport à la normale, cette « anormalité » n'apparaissant pas pour les silicates. Pour ces deux derniers nutriments (NOx et $Si(OH)_4$), comme c'est généralement le cas, les teneurs décroissent de l'amont vers l'aval et sont, sur les points les plus aval, moins élevées à pleine mer qu'à basse mer, traduisant l'origine fluviale de ces substances. Les concentrations en ammonium, quoique dans l'absolu assez faibles par rapport à d'autres estuaires, ont fréquemment été plus élevées que la normale en 2017.

Le **bore**, élément présent naturellement dans l'eau de mer, montre un gradient croissant amont – aval déjà identifié lors des précédentes années. Il y a une augmentation croissante et constante qui s'opère pour les trois points au début de l'été avec globalement, une évolution synchrone des deux cycles de marée. En outre, la teneur en bore est proportionnelle à la salinité (coefficient de corrélation significatif). Il n'est pas mis en évidence d'influence de la centrale, les observations sont liées à un fonctionnement naturel de l'estuaire et des apports du bassin versant.

En 2017, les rejets de substances chimiques par le CNPE du Blayais ne sont pas perceptibles dans le milieu récepteur.

Une seule détection d'**agents de surface anioniques** a été mise en évidence sur la station amont à basse mer. Les valeurs rapportées par l'étude ne montrent pas, *a priori*, d'influence de la centrale sur l'environnement marin.

B.1.16 MISE EN PERSPECTIVE DES RESULTATS IGA ET DCE

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE)[4] :

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE, 2000/60/CE) établit le principe d'une politique communautaire dans le domaine de l'eau en vue d'une meilleure gestion des milieux aquatiques. Elle s'applique à l'ensemble des pays membres de l'Union Européenne. Reposant sur un calendrier commun, elle fixe comme objectif général la restauration et le maintien du bon état écologique et chimique de l'ensemble des écosystèmes aquatiques (incluant les eaux littorales).

En aval des 5 grands bassins hydrographiques métropolitains, les eaux littorales (côtières et estuariennes) ont été découpées en unités géographiques cohérentes (masses d'eau) selon des critères géomorphologiques (i.e. hydrodynamiques et sédimentologiques).

Le littoral du bassin Adour-Garonne, accueillant 1 des 5 CNPE littoraux, a ainsi été découpé en 10 masses d'eau côtières (MEC) et 11 masses d'eau de transition (MET).

L'article 8 de la DCE prévoit la mise en œuvre d'un programme de surveillance des masses d'eau, de manière à "*dresser un tableau cohérent et complet de l'état des eaux au sein de chaque bassin hydrographique*». La surveillance DCE est mise en œuvre sur 7 MEC et 8 MET dont celle au sein de laquelle se trouve le CNPE du Blayais (masse d'eau FRFT09 « Estuaire Gironde aval »).

Le contrôle de surveillance DCE

Le contrôle de surveillance vise à donner une image globale de l'état d'une ou plusieurs masses d'eau représentatives des différentes typologies présentes sur le district hydrographique, et des pressions qui s'y exercent. Ce contrôle est appliqué depuis 2007 dans le bassin Adour-Garonne sur des paramètres permettant de qualifier l'état biologique, l'état hydro morphologique, l'état physico-chimique et l'état chimique. Les données sont acquises et analysées selon des méthodes de référence et des procédures standardisées.

Au-delà de cette évaluation, l'objectif de cette surveillance vise à également identifier les masses d'eau en risque de non-respect des objectifs environnementaux afin d'y appliquer des mesures opérationnelles dans le but d'atteindre le bon état écologique, et à évaluer les tendances des paramètres mesurés en fonction de l'évolution des pressions.

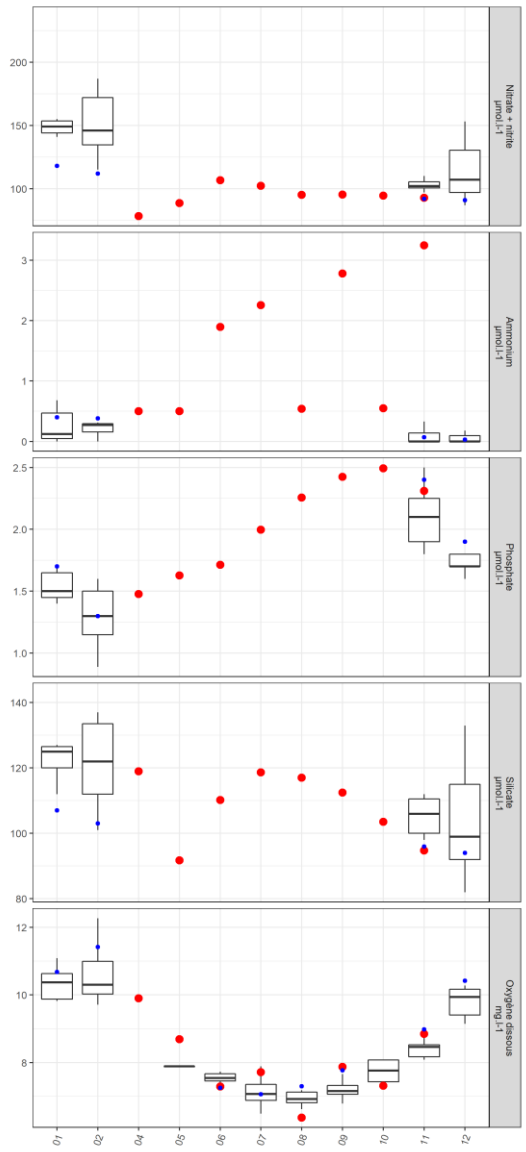
La surveillance IGA

Antérieurs à la mise en œuvre de la DCE, le suivi des 5 CNPE littoraux, initié à la fin des années 1970, s'est organisé pour répondre aux attentes et préoccupations locales. Les stratégies mises en œuvre (e.g. points de suivis, fréquences, paramètres, compartiment) ce sont adaptés aux contraintes et/ou au contexte de chaque CNPE. Les exigences de standardisation et de normalisation, voire d'harmonisation des stratégies entre les différents CNPE, n'ont jamais constitué la priorité majeure, alors qu'elles relèvent de l'objectif dans le cadre de la DCE. Cette particularité est probablement à mettre en relation avec l'organisation indépendante de la surveillance pour chaque installation nucléaire.

Bien que reposant sur des stratégies différentes, une première approche intégrative des suivis réalisés dans le cadre du suivi IGA et DCE est proposée ici.

[4] Pour en savoir plus : : http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce/presentation et atlas interactif DCE Adour-Garonne http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/atlas_DCE/scripts/site/carte.php?map=AG

Figure B.1-55 : Mise en perspective de la localisation du point référence du Blayais (E PK52) par rapport à la masse d'eau DCE (FT09). En Bleu le point de suivi DCE "PK 52".



Précision : Le paramètre "Chlorophylle *a*" n'a pas été retenu au titre de la DCE du fait des fortes charges particulaires qui caractérisent les eaux de Gironde.

LEGENDE :

BoxPlot *(quartiles & médiane)*: DCE 2010-2016 [point DCE Gironde (PK52)]

● : DCE 2017 [PK52] (non validé)

● : IGA 2017 [Point E PK52]

Avertissement : La masse d'eau de transition FT09 (estuaire de la Gironde) est suivie dans le cadre de la DCE. Le point de suivi DCE "PK 52" est ici retenu comme référence car il est également suivi (point E, PK 52) dans le cadre du programme de surveillance du CNPE du Blayais.

Si du point de vue spatial, les stratégies de suivi mises en œuvre pour la DCE et le suivi du CNPE ne diffèrent pas (point PK 52), les fréquences temporelles se distinguent plus nettement.

La DCE est mise en œuvre 4 fois dans l'année entre le mois de novembre de l'année N et le mois de février de l'année N+1 alors que le suivi mensuel du CNPE est opéré du mois d'avril au mois de novembre de l'année N.

Seuls les paramètres "nitrate + nitrite", "ammonium", "phosphate" et "silicate" sont communs aux 2 stratégies.

Les méthodes mises en œuvre pour le suivi du paramètre "oxygène dissous" sont différentes et conduisent à une expression des résultats en $mg.L^{-1}$ pour la DCE et en $mL.L^{-1}$ pour le suivi du CNPE. Les Résultats ne peuvent donc être directement comparés et les valeurs observées dans le cadre du suivi du CNPE ont donc dû être corrigées pour être exprimé dans la même unité. La mise en perspectives des résultats pour les 2 suivis pour le paramètre "oxygène dissous" doit donc être regardé avec prudence.

Au vu de l'ensemble de ces éléments, la mise en perspective des résultats IGA et DCE ne montre pas d'anomalie et ne fait pas ressortir d'évènement particulier. Les gammes de variabilité caractérisant les résultats observés dans le cadre du suivi du CNPE du Blayais sont cohérentes avec ce qui est observé par la DCE

B.2 LE PHYTOPLANCTON

Pour ce paramètre, les intervenants sont les suivants :

Prélèvement	Analyse	Valorisation
Ifremer LER-AR	Ifremer LER-AR	Ifremer LER-AR

B.2.1 METHODOLOGIE

La méthode interne Ifremer utilisée pour le dosage de la concentration en chlorophylle *a* est décrite dans le manuel « Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. » Aminot & Kérouel, 2004.

La méthode utilisée est la suivante :

Paramètre	Prélèvement	Conservation	Méthode	Equipement	LQ
Chlorophylle *a* et Phaeopigments	Eau brute (100 ml) filtrée sur filtre Fibre de verre 0,7 µm	Congélateur < - 28°C	Dosage fluorimétrique d'absorption moléculaire	Fluorimètre TURNER TD 700	<0,4 µg/L

Le phytoplancton n'est évalué, pour ce CNPE, que par sa biomasse chlorophyllienne

B.2.2 BIOMASSE CHLOROPHYLLIENNE

NB : Les données sont représentées sur la base de leur distribution temporelle en utilisant deux types d'agrégations :

- Par année : cette représentation permet de caractériser les niveaux et la variabilité du paramètre au cours des différentes années de suivi ;
- Par campagne, représentée par son numéro (de 1 à 8), et non par leur mois, ces derniers pouvant légèrement différer selon les années (Tableau A.1-1), qui permet de représenter la variabilité saisonnière des paramètres et sur laquelle sont figurés les résultats de la dernière année.

La base et le sommet des « boîtes à moustaches » correspondent respectivement aux percentiles 25 et 75, la base et le sommet des lignes aux percentiles 10 et 90. Les données extrêmes (« outliers ») ne sont pas présentées sur les graphes afin de limiter l'étendue de l'axe des ordonnées.
Dans certains cas, il a été décidé de retirer des valeurs de la série considérée comme aberrantes. Ces valeurs et la date de leur observation sont alors spécifiées dans la légende du graphe.

Les résultats analytiques de la Chlorophylle *a* sont présentés en ANNEXE 7
L'examen des résultats présentés sur la Figure B.2-1 rendent compte, sur tous les points, d'une chute brutale des teneurs en chlorophylle, entre 2006 et 2007 (Figure B.2-1, exemple du point E).

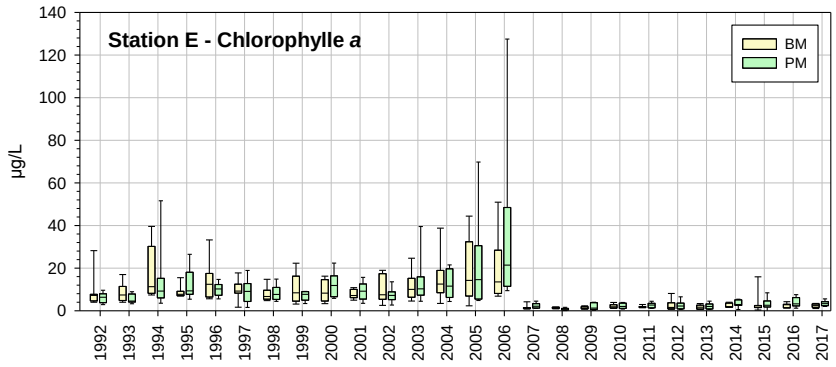


Figure B.2-1 : Distribution annuelle des teneurs en chlorophylle *a* au point E (N=400).

Une évolution des conditions d'application de la méthode d'essais (modification de la nature du filtre, extraction, etc.) est intervenue en début d'année 2007. Cette évolution, liée à la mise sous accréditation de ce paramètre, est à l'origine d'un changement net dans la série de données depuis 2007. Pour cette raison, il a été décidé de ne prendre en compte pour ce paramètre que les résultats acquis depuis 2007 (Figure B.2-2 à Figure B.2-7).

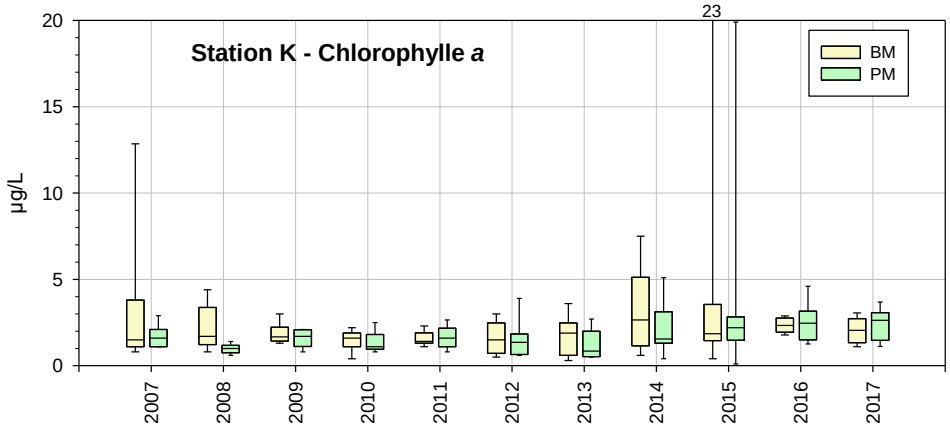


Figure B.2-2 : Distribution interannuelle des teneurs en chlorophylle *a* au point K (N = 171).

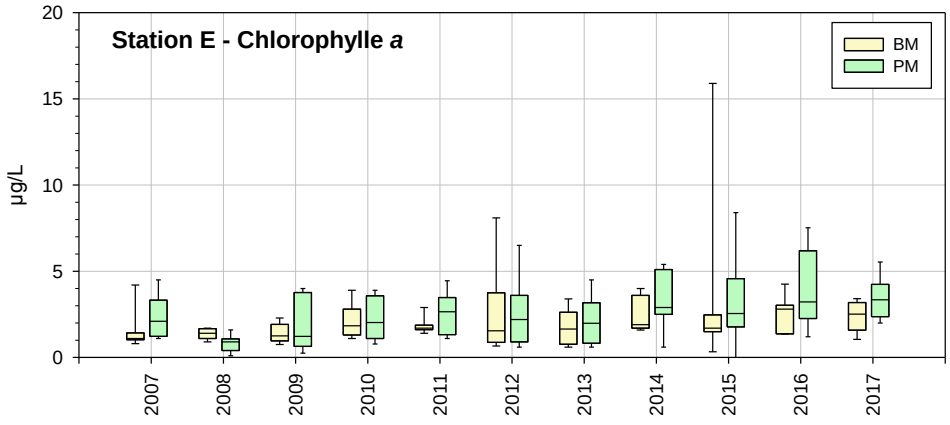


Figure B.2-3 : Distribution interannuelle des teneurs en chlorophylle *a* au point E (N = 169).
(Valeur douteuse, non représentée : Pleine mer 24/8/2012 – 59,4 µg/L)

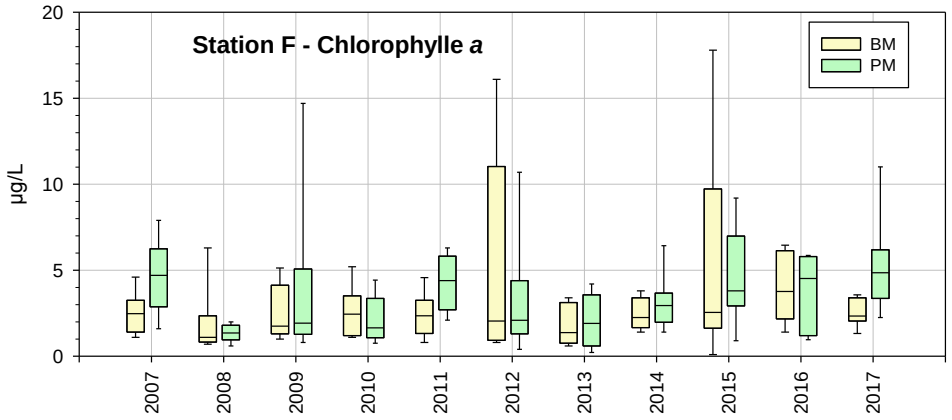


Figure B.2-4 : Distribution interannuelle des teneurs en chlorophylle *a* au point F (N = 169). (Valeur douteuse, non représentée : Pleine mer 17/8/2012 – 149 µg/L)

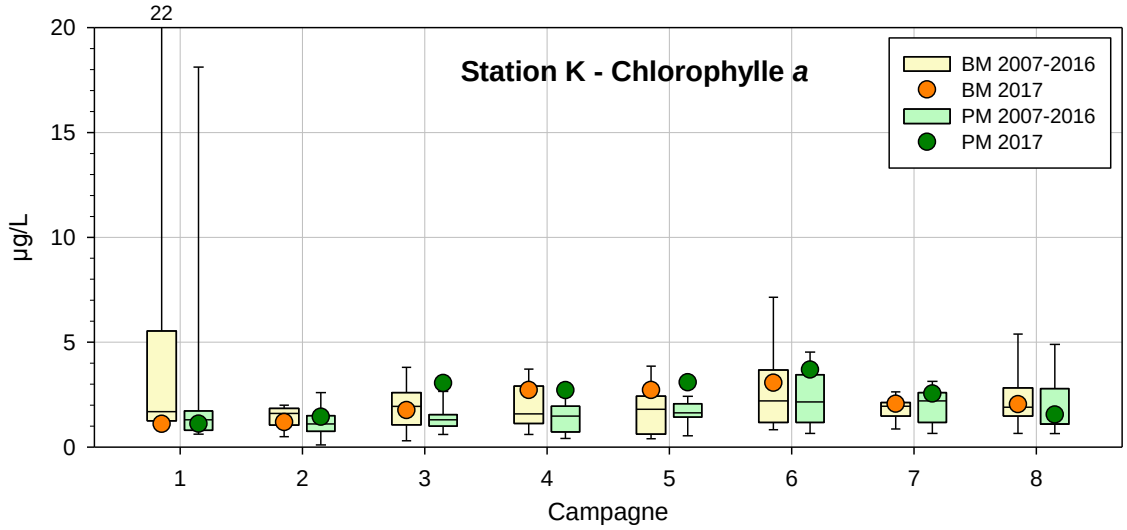


Figure B.2-5 : Distribution par campagne et valeurs 2017 des teneurs en chlorophylle *a* au point K (N = 171).

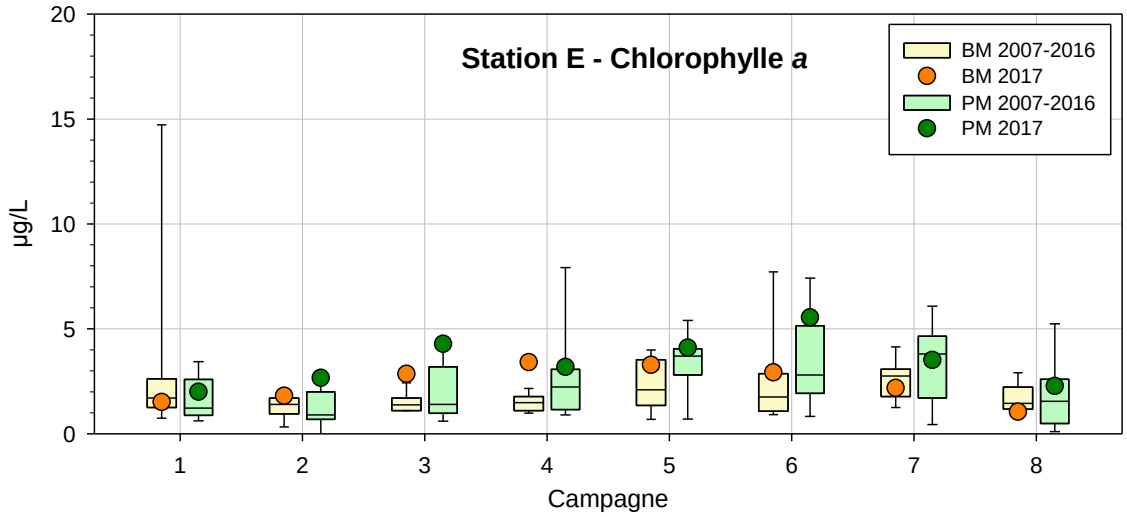


Figure B.2-6 : Distribution par campagne et valeurs 2017 des teneurs en chlorophylle *a* au point E (N = 169). (Valeur douteuse, non représentée : Pleine mer 24/8/2012 – 59,4 µg/L)

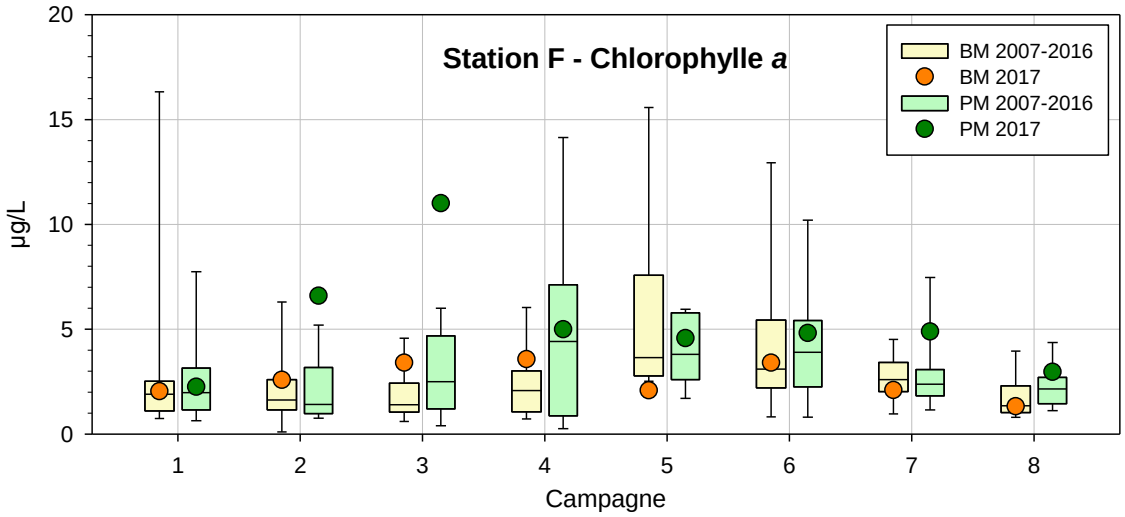


Figure B.2-7 : Distribution par campagne et valeurs 2017 des teneurs en chlorophylle *a* au point F (N = 169). (Valeur douteuse, non représentée : Pleine mer 17/8/2012 – 149 µg/L)

D'une façon générale, les teneurs en chlorophylle *a* s'élèvent de l'amont vers l'aval et la supériorité des valeurs de pleine mer par rapport à la basse mer s'affirme également selon ce gradient. Dès lors, on peut penser que, dans cette portion de l'estuaire, le phytoplancton responsable de cette biomasse est plutôt d'origine marine. On observe par ailleurs des biomasses chlorophylliennes plus élevées au cours des dernières années. Ce paramètre présente un cycle saisonnier parfois marqué par un pic printanier et des teneurs globalement plus élevées en été qu'aux autres saisons.
En 2017, il a fréquemment été mesuré des valeurs en chlorophylle *a* plus élevées que la normale du printemps au début de l'automne, notamment à pleine mer et sur les deux stations les plus aval (E et F). De fortes valeurs à pleine mer ont notamment été mesurées en mai et juin sur ces stations.

B.2.3 CONCLUSION

En 2017, sur les trois points, les biomasses chlorophylliennes ont presque toujours été plus élevées à pleine mer qu'à basse mer, ce qui n'est pas toujours le cas dans la station la plus amont. Elles ont présenté des valeurs croissantes entre l'amont et l'aval et, pendant la période productive (du printemps au début de l'automne), ces biomasses ont souvent été plus fortes que la normale, avec un pic remarquable au printemps dans la station la plus marine (F).
Ces résultats ne permettent pas de mettre en évidence une influence du fonctionnement du CNPE du Blayais sur le milieu environnant.

B.3 MICROBIOLOGIE

Pour ce paramètre, les intervenants sont les suivants :

Prélèvement	Analyse	Valorisation
Ifremer LER-AR	LASAT	Ifremer Brest + LER-AR

B.3.1 CONTEXTE ET STRATEGIE DE SURVEILLANCE

Les vibrions halophiles sont des bactéries anaérobies facultatives, à Gram négatif, hôtes naturels du milieu marin, (eaux côtières et estuariennes) particulièrement sensibles aux modifications du milieu et notamment au réchauffement des eaux. Parmi l'ensemble des espèces de *Vibrio* recensées à ce jour, 12 sont considérées comme pathogènes pour l'Homme. La majorité des vibrioses humaines concerne principalement quatre espèces : *Vibrio cholerae, V. parahaemolyticus, V. vulnificus et V.alginolyticus.* Les autres espèces décrites comme pathogènes sont rarement isolées (*Vibrio fluvialis* et *V. mimicus*) ou elles ne sont isolées que très ponctuellement (*V. carchariae, V. cincinnatiensis, V. furnissii* et *V. metschnikovii*).
Les infections à vibrions sont généralement de deux types, les infections intestinales (gastroentérites) et extra-intestinales (septicémie, infections cutanées, otites) et sont associées à un contact direct avec l'eau de mer ou à la consommation de produits de la mer. Elles surviennent pendant les mois les plus chauds de l'année, de mai à octobre, quand la température de l'eau de mer augmente et favorise la croissance des vibrions halophiles.

Plusieurs facteurs écologiques influencent le cycle biologique des vibrions halophiles, parmi lesquels, la température, la salinité, la concentration en matière organique et en nutriments, les sédiments et le plancton utilisés comme support. La température de l'eau de mer contribue de manière notable à la saisonnalité des apparitions de vibrions.

B.3.2 METHODOLOGIE

Depuis 2006, les vibrions halophiles cultivables à 37°C, sont recherchés dans les eaux de l'estuaire selon la procédure technique DRD/P77/Vib (Touron et Delesmont, 2007). Cette méthode permet l'identification des six espèces pathogènes pour l'Homme : *V. alginolyticus*, *V. cholerae*, *V. fluvialis*, *V. mimicus*, *V. parahaemolyticus* et *V. vulnificus*
Cette méthode par filtration comporte les étapes suivantes :

- Filtration d'un volume d'eau variant de 0.01mL à 100mL (suivant la saison, la charge particulaire des eaux et le point de prélèvement) sur membrane de nitrocellulose (porosité 0.45 µm). Les filtres sont ensuite déposés sur le milieu sélectif TCBS et incubés à 36 ± 2°C pendant 18 à 24 h ;

- Dénombrement des colonies caractéristiques par morphotype puis repiquage et isolement de colonies sur milieu TCBS puis sur gélose marine agar ; Identification des colonies isolées par des tests biochimiques : coloration gram, test oxydase et galerie d'identification API 20E. En cas de présence des espèces

V. parahaemolyticus et *V. vulnificus,* les souches sont envoyées pour confirmation moléculaire d'identification au laboratoire de référence de l'Ifremer à Brest. En cas de suspicion de *V. cholerae*, les souches sont envoyées pour des tests d'agglutinations (recherche des sérogroupes pathogènes O1 et O139) et la confirmation moléculaire d'identification au laboratoire de référence de l'Ifremer à Brest.

Les fortes charges particulaires des eaux de l'estuaire de la Gironde imposent des dilutions importantes pour pouvoir mener à bien la méthode en milieu solide. Ainsi, la sensibilité de cette méthode est diminuée ; pour une filtration de 1 mL, le seuil de quantification est de 1000 UFC/L. Ce biais est accentué par la nature muqueuse des colonies de vibrions qui ont tendance à s'étaler sur la membrane de filtration.

B.3.3 RESULTATS SUR L'IDENTIFICATION ET LE DENOMBREMENT DES VIBRIONS HALOPHILES

B.3.3.1 *Aspect quantitatif*

Les résultats analytiques des vibrions sont présentés en ANNEXE 8

La surveillance 2017 met en évidence (Figure B.3-1) :

- La présence de vibrions halophiles cultivables à 37°C à toutes les stations (BM ou PM) d'avril à novembre 2017.
- Des concentrations en vibrions maximales en septembre à la station K en amont du CNPE du Blayais (PM et BM) et en juin-juillet et septembre pour les stations E et F lorsque la température de l'eau est supérieure à 15°C. Les concentrations les plus élevées sont observées en PM pour les stations K et E alors qu'en BM pour la station F.

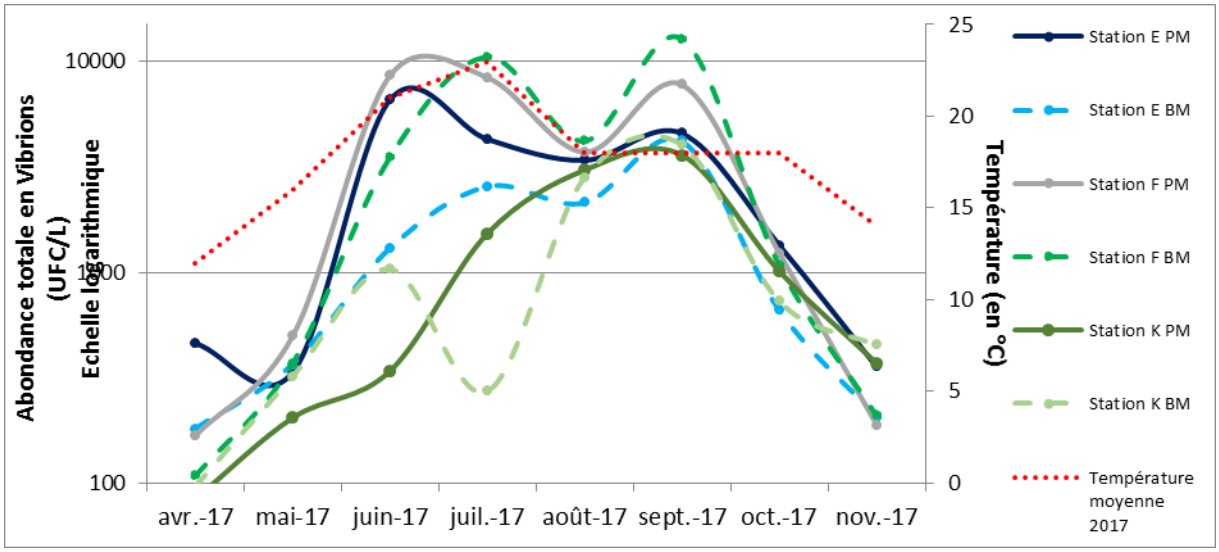


Figure B.3- 1 : Variations saisonnières des abondances de *Vibrio* halophiles cultivables à 37°C aux stations K, E et F (Vibrions UFC par litre – échelle logarithmique). [BM : basse mer, trait pointillé ; PM : pleine mer, trait continu].

En 2017, la dynamique temporelle des abondances de vibrions halophiles aux trois stations présentait quelques divergences avec les observations faites entre 2006 et 2016 (Figure B.3-2) :

- Les abondances du mois d'avril était supérieures aux moyennes géométriques mensuelles enregistrées depuis 2006 alors que celles observées en octobre 2017 (et en juillet pour les stations K et F) étaient inférieures à celles enregistrées entre 2006 et 2016 ;

- Les pics d'abondance estivaux habituellement observés en juillet-août étaient observés en septembre.

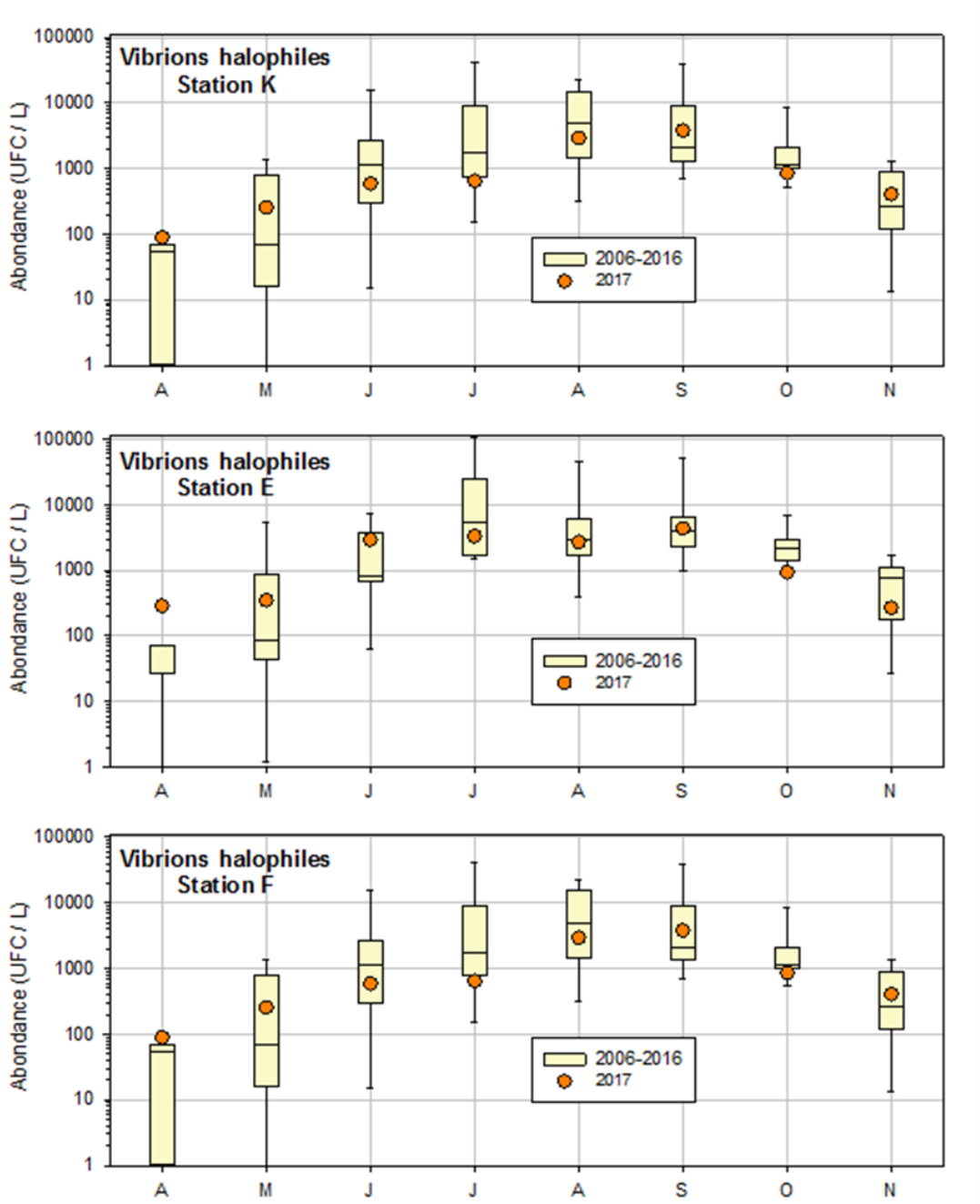


Figure B.3- 2 : Evolution moyenne mensuelle de l'abondance totale des vibrions halophiles aux stations K, E et F (années 2006 à 2017 ; points rouges = données 2017 ; les limites de la boîte à moustaches représentent les percentiles 25 et 75, et les traits bas et haut, les percentiles 10 et 90).

Les variations de la concentration en vibrions sur la période 2006-2017 seraient liées aux variations de température observées sur cette période (Figure B.3-3). Les augmentations des températures moyennes de l'eau de mer enregistrées aux trois stations en 2009, 2011, 2014 et 2016 semblent en effet favoriser une augmentation de l'abondance des vibrions cultivables à 37°C à ces périodes.

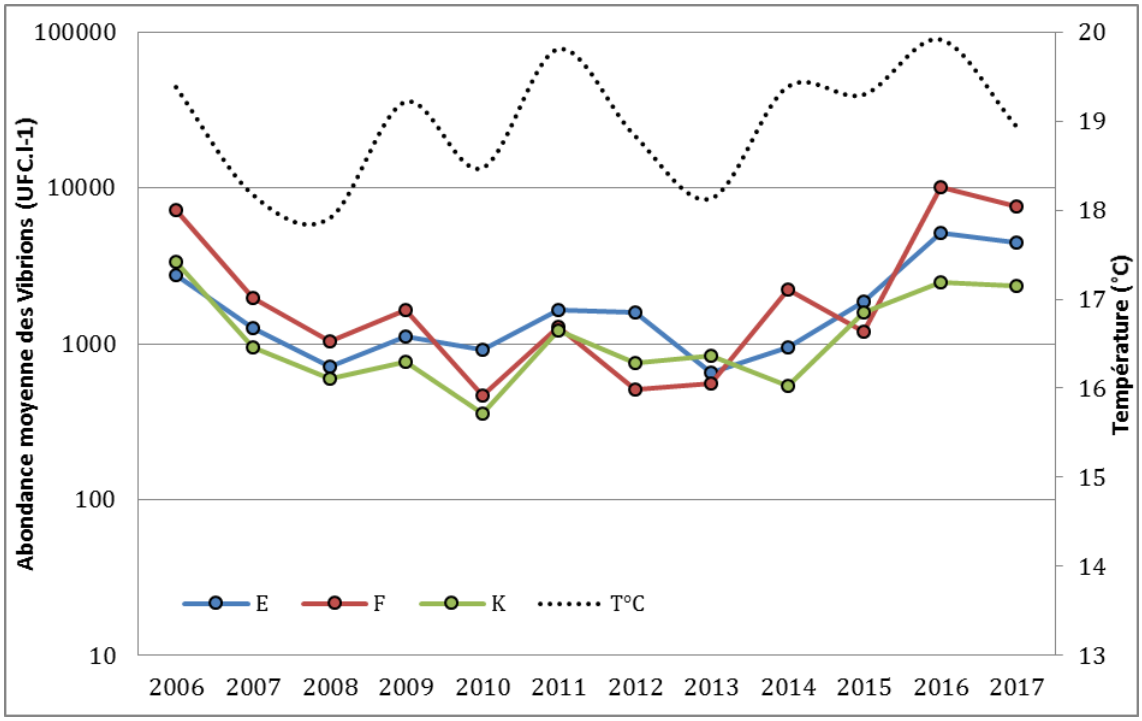


Figure B.3- 3 : Moyennes géométriques annuelles des abondances en vibrions au niveau des trois stations comparées à la température moyenne de l'eau de mer.

B.3.3.2 *Aspect qualitatif*

L'identification des *Vibrio* a permis de détecter les six espèces identifiables selon la procédure technique DRD/P77/Vib (Touron et Delesmont, 2007) (Figure B.3- 4). En 2017, *V. parahaemolyticus* était l'espèce la plus souvent isolée aux stations K, E et F et représentait 32%, 33% et 27% des vibrions cultivables à 37°C, respectivement. *Vibrio vulnificus* et *V. alginolyticus* étaient les deux espèces les plus fréquemment retrouvées après *V. parahaemolyticus* aux trois stations.

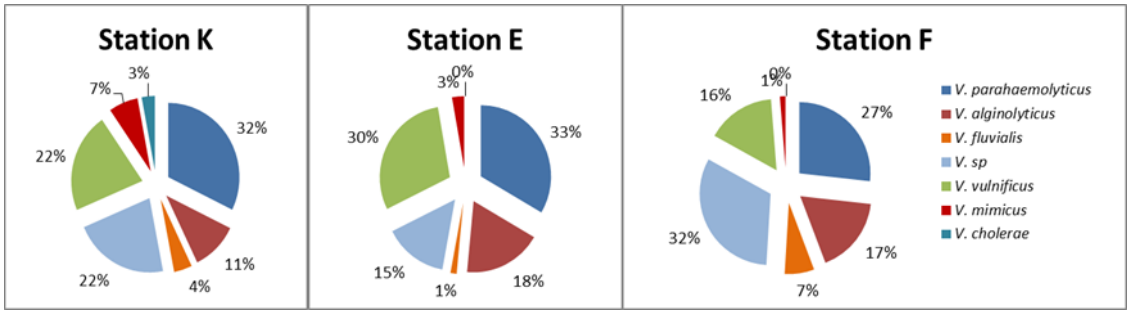


Figure B.3- 4 : Pourcentages moyens d'isolement des diverses espèces de vibrions présentes aux stations K, E et F en 2017.

Vibrio parahaemolyticus était plus fréquent et *V. vulnificus* moins fréquent en 2017 aux stations K et E. Toutes les souches de *V. cholerae* isolées à la station K étaient non agglutinables, donc étaient des souches non-O1, non O139, c'est-à-dire des vibrions non-cholériques (Figure B.3-5). La proportion de vibrions non identifiés (isolats ne présentant pas une bonne, très bonne ou excellente identification à l'espèce ou au genre) est en hausse sur l'ensemble des stations par rapport aux années précédentes (2006 à 2016).

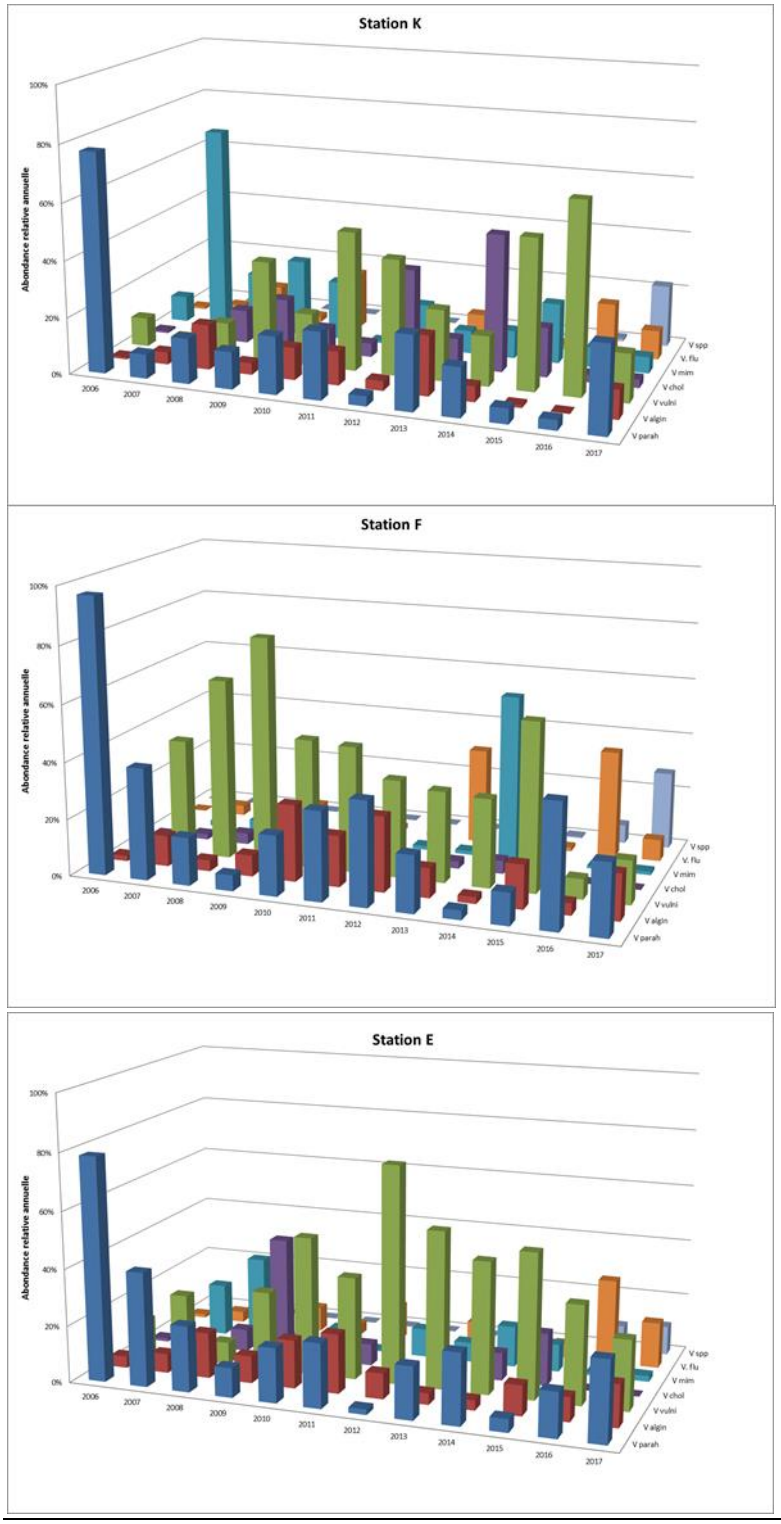


Figure B.3- 5 : Evolution de l'abondance relative des différentes espèces de *Vibrio* depuis 2006 aux stations K, E et F.

***V. sp* = vibrions non identifiés**

La diversité et la distribution des vibrions identifiés en 2017 aux stations K et F varient par rapport à celles observées entre 2006 et 2016 (Figure B.3-6).

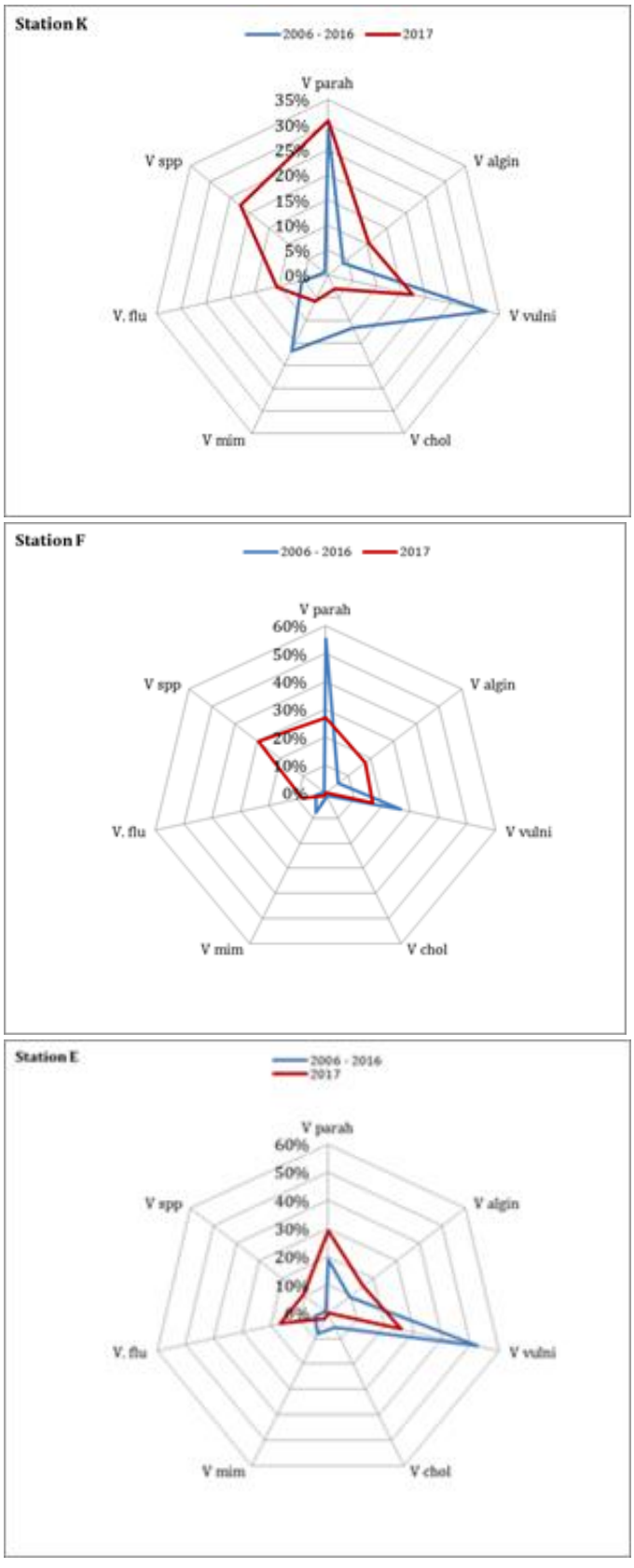


Figure B.3- 6 : Distribution des espèces de vibrions aux trois stations en 2017 comparée à la diversité moyenne 2006-2016

B.3.4 CONCLUSION

Les teneurs en vibrions halophiles sont équivalentes à celles des années antérieures, avec globalement les mêmes espèces mais à des proportions différentes par rapport à celles des années précédentes : davantage d'espèces sont identifiées et on observe moins d'espèces isolées. Par ailleurs, les espèces *V. parahaemolyticus* et *V. vulnificus* sont toujours majoritaires.

Il n'est pas mis en évidence d'influence de la centrale, puisque les valeurs constatées sont liées à un fonctionnement normal de l'estuaire.

B.4 ZOOPLANCTON

Pour ce compartiment, les intervenants sont les suivants :

Prélèvement	Analyse	Valorisation
Université Bordeaux	Université Bordeaux	Université Bordeaux

B.4.1 STRATEGIE DE SURVEILLANCE

Stratégie spatiale et temporelle

Les échantillonnages ont été réalisés sur chaque point à 4 moments de marée (Haute Mer, Mi-jusant, Basse Mer, Mi-Flot) et pour chaque moment en sub-surface et à 1m du fond.

Choix du matériel de prélèvement

Cet échantillonnage a été effectué au moyen d'un filet WP2 d'une surface d'ouverture de 0,25 m² et d'un vide de maille de 200 µm, équipé d'un volucompteur. Ce vide de maille correspond à un compromis permettant de récolter au mieux les organismes zooplanctoniques tout en évitant un colmatage important du filet qui rendrait non représentatif voire impossible le prélèvement. Les organismes ainsi récoltés correspondent à l'ensemble des stades de développement pour les espèces de mysidacés cibles et à l'essentiel des stades copépodites pour les copépodes cibles.

Pour déterminer le taux de mortalité, les organismes vivants ont été colorés par ajout de rouge neutre en début d'incubation (concentration finale de 1/100.000e environ).

B.4.2 METHODOLOGIE

B.4.2.1 *Traitement des prélèvements sur le terrain*

Caractérisation quantitative des communautés zooplanctoniques

Les collectes issues de chaque pêche ont été tamisées sur 200 µm. Elles ont été conservées séparément dans des flacons de 500 mL et fixées par addition de Formaldéhyde à 4% jusqu'au tri en laboratoire.

Suivi de la mortalité du zooplancton *(Eurytemora affinis)*

Pour chaque point de prélèvement, à bord, une partie aliquote d'un prélèvement de fond ou de surface, en alternance, a été transvasée dans un flacon en verre rempli avec

de l'eau de la station afin de déterminer la mortalité naturelle du copépode *E. Affinis* par ajout d'un colorant vital (rouge neutre).
Le flacon a été placé dans un incubateur immergé pour maintenir la température de l'eau pendant une heure et demi d'imprégnation. En fin d'incubation, le surplus de colorant est éliminé par un second tamisage (maille 200 µm). Le contenu du second tamisage a été transféré dans le pot en verre ayant servi à l'incubation et fixé (1 mL de formol à 30 %).

Le contenu de la cuvette a été transvasé dans le pot de prélèvement correspondant. Les échantillons ont ensuite été placés au froid dans un réfrigérateur jusqu'à l'analyse au laboratoire (< 72h).

B.4.2.2 *Traitement au laboratoire*

Caractérisation quantitative des communautés zooplanctoniques

La séparation entre zooplancton et tripton a été effectuée par élimination des particules les plus fines (lavage) et les plus lourdes (élutriation). A l'arrivée au laboratoire, avant comptage, chaque échantillon a été lavé sur un tamis de 200 µm.

Avant le tri et la détermination des organismes, les échantillons ont été fractionnés à la boite de Motoda (lorsque nécessaire), et colorés avec une solution diluée de rose Bengale (coloration du matériel organique).

Avant le tri chaque échantillon a été ramené à un volume de 500 mL (après rinçage sur un tamis de 200 µm), pour pouvoir quantifier les organismes par unité de volume. Un ou plusieurs sous-échantillons destinés au tri, d'un volume de 10 mL, ont été prélevés avec une pipette.

B.4.2.3 *Analyse taxinomique et Structure démographique*

Les sous-échantillons ont ensuite été placés dans une cuvette de Dollfus pour examen à la loupe binoculaire (Grossissement 5 x 45). Pour chaque échantillon, 1 à 4 sous-échantillons ont été comptés en totalité. La structure démographique de « l'espèce cible » *Eurytemora affinis* a été suivie à partir de la détermination des abondances de mâles, femelles non-ovigères *vs* ovigères, du nombre d'œufs portés par ces dernières, des abondances des stades juvéniles.
Les autres organismes dominants ont été déterminés.

B.4.2.4 *Mortalité du zooplancton*

Au laboratoire, les individus colorés sur le terrain ont été tamisés (maille 200 µm) puis rincés à l'eau douce. Au moins 100 individus ont été placés dans une cuvette de Dollfus. 8 à 10 gouttes d'acide acétique ont été ajoutées. La distinction morts/vivants s'est effectuée sous loupe binoculaire. Les individus non colorés sont comptés comme morts.

B.4.3 EVOLUTION DES PRINCIPAUX CONTINGENTS AU POINT E

Copépodes et mysidacés (Crustacés) constituent l'essentiel du zooplancton dans cette zone moyenne de l'estuaire. Les espèces dominantes sont les copépodes *Eurytemora*

affinis, *Acartia bifilosa* et *Acartia tonsa* ainsi que les mysidacés *Neomysis integer* et *Mesopodopsis slabberi*. D'autres espèces appartenant au plancton gélatineux (méduses, cténaires, …), comme le Cœlentéré (Méduse) *Nemopsis bachei* habituellement sporadiquement observé en été, sont depuis quelques années bien représentés dans l'ensemble de l'estuaire. Ces espèces ne sont pas prises en considération dans cette étude. Enfin, quelques espèces dulçaquicoles peuvent être récoltées en très petit nombre lors de crues.

B.4.3.1 *Variations de densité du copépode E. affinis*

Les résultats portent sur les observations effectuées au point E (Figure B.4-1) entre Janvier *(hors protocole)* et Novembre 2017. Les copépodes sont largement dominés par l'espèce *Eurytemora affinis* qui constitue habituellement plus de 80 % du zooplancton, sauf quand les conditions d'étiage sont très accentuées comme ce fut le cas en 1990, 1991 et 1997. En 2017 l'abondance relative de cette espèce est élevée : de l'ordre de 64% du zooplancton total en moyenne sur l'année au niveau du maximum de son aire classique de distribution (point E).

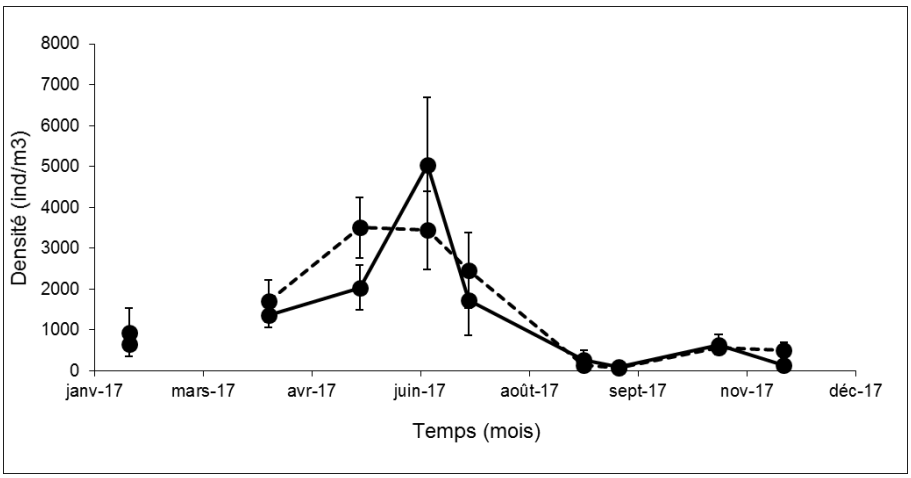


Figure B.4-1 : Evolution mensuelle de la densité du copépode *Eurytemora affinis* en surface (trait plein) et au fond (pointillé) au point E (PK 52) en 2017. Moyennes mensuelles (± erreur standard) calculées à partir des 4 valeurs de densités observées au cours d'un demi-cycle de marée.

Ses fortes abondances s'étalent habituellement entre Mars *(hors protocole)* et Juin pour une période correspondant à des températures comprises entre 9 et 15 °C et à des salinités comprises entre $0{,}3.10^{-3}$ et $3{,}6.10^{-3}$ (schéma des zones littorales de l'atlantique nord tempéré, par exemple observé en 2011 et 2012). L'année 2017 présente pour partie ce schéma temporel avec une période de présence accrue de l'espèce débutant en Avril au point E (maximum en surface : 1701 $\pm$ 515 ind./m^3). Cependant, ces abondances de début de période productive sont très faibles, et le restent pendant toute la période productive printanière, par rapport à ce qui peut être habituellement observé dans cette zone (ex. au mois de Mars 2015 : 52598 $\pm$ 41697 ind./m^3). Ceci peut s'expliquer par un déplacement des masses d'eau (et donc de la population) vers l'amont en relation avec les faibles apports en eaux douces du début d'année 2017 (voir ci-dessous le comparatif de la distribution de l'espèce sur les trois points d'échantillonnage).

L'observation inhabituelle faite ces dernières années, relative à un maintien des fortes abondances en période estivale n'est pas renouvelée cette année (observation faite essentiellement depuis 2015 et à rapprocher d'un développement estival récent de l'espèce dans l'estuaire fluvial : Dindinaud, 2015). De manière classique, en 2017, les abondances de fin de période estivale (Août et Septembre) sont très faibles (abondances les plus basses en Septembre au fond : 65 ± 29 ind./m^3). La reprise de production classiquement observée en automne, est très faible cette année (abondance maximale en Octobre en surface : 634 ± 247 ind./m^3).

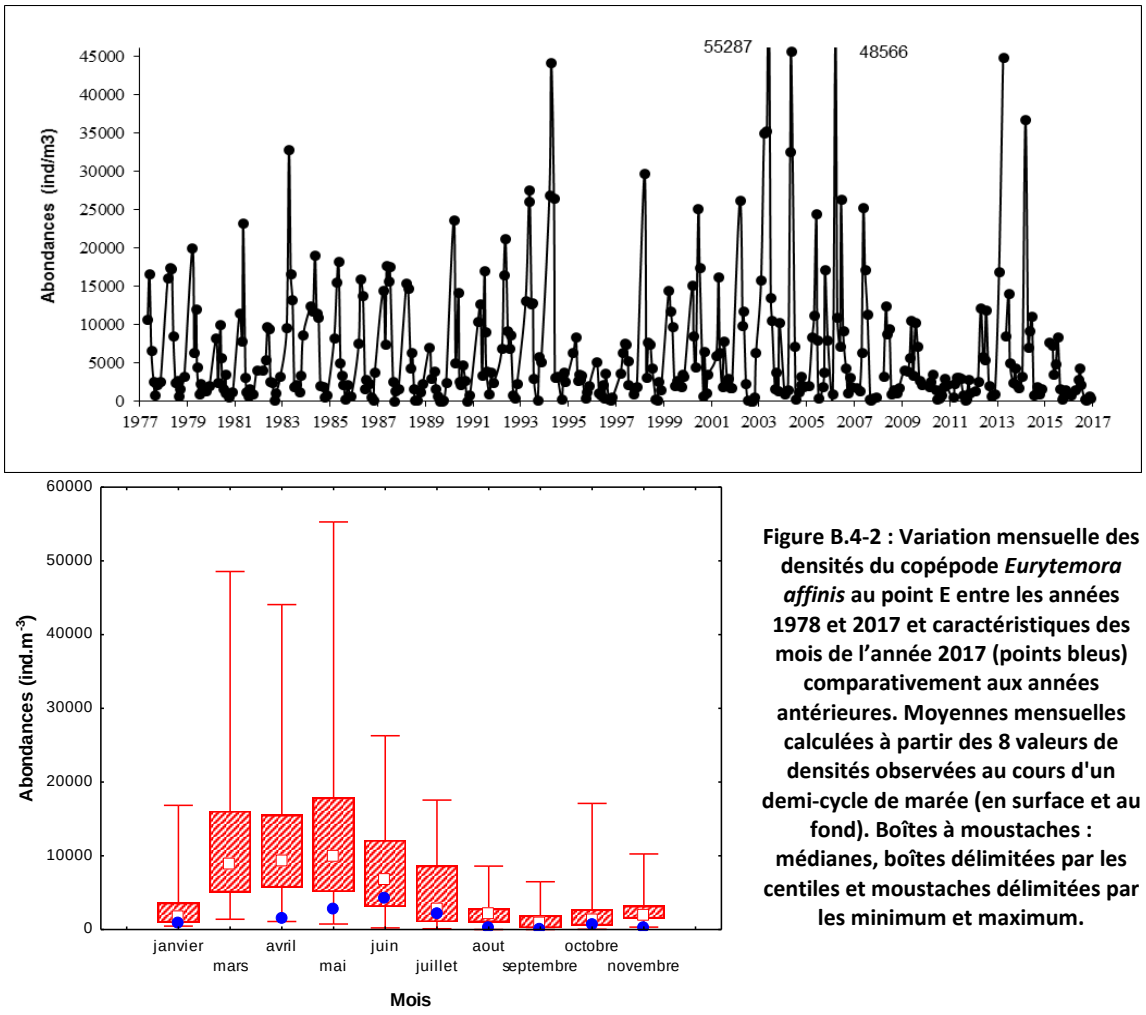


Figure B.4-2 : Variation mensuelle des densités du copépode *Eurytemora affinis* au point E entre les années 1978 et 2017 et caractéristiques des mois de l'année 2017 (points bleus) comparativement aux années antérieures. Moyennes mensuelles calculées à partir des 8 valeurs de densités observées au cours d'un demi-cycle de marée (en surface et au fond). Boîtes à moustaches : médianes, boîtes délimitées par les centiles et moustaches délimitées par les minimum et maximum.

L'étude de la variabilité interannuelle des fluctuations de densité (Figure B.4-2) montre une bonne reproductibilité globale des cycles saisonniers marqués par un pic annuel majeur de densité. Globalement la série ne présente pas de tendance particulière sur la période étudiée. On constate qu'après une certaine tendance à l'augmentation entre 1980 et 1984, les valeurs maximales ont diminué entre 1984 et 1990. Cette diminution, de même que la baisse des effectifs moyens, a été attribuée à la migration vers l'amont de la position moyenne du bouchon vaseux (maximum de turbidité) et d'une partie de la population associée, consécutive à la baisse générale des débits durant cette période.

La baisse du débit des fleuves a probablement entraîné un positionnement de la population de ce copépode vers la partie amont de l'estuaire (point K). A partir de 1991, le retour à des conditions de débit plus proches de la normale, a stoppé cette évolution et une augmentation des valeurs maximales apparaît jusqu'en 1995. Les observations de 1990, 1996, 1997, 2011, 2012 indiquent des effectifs particulièrement faibles, en relation avec un retour à des conditions de débits modérés. La densité annuelle moyenne d'*E. affinis* en 2017 au point E (1407 $\pm$ 468 ind./m^3), est proche des valeurs observées pour ces années à faible débit et très faible par rapport aux moyennes observées sur la série (6507 $\pm$ 539 ind./m^3). Ceci contraste fortement avec les observations de 2014 et 2015 : années de forts effectifs moyens.

B.4.3.2 *Variations de densité des copépodes Acartidés*

Cette famille de Copépodes constitue le deuxième groupe dominant du zooplancton de l'estuaire de la Gironde et comprend deux espèces : *Acartia bifilosa* et *Acartia tonsa*.

Acartia bifilosa est une espèce caractéristique des eaux de salinité comprise entre 2,0 et 25,0.10^{-3}. En Gironde elle est généralement localisée dans la zone polyhaline (18,0 - 30,0.10^{-3}) et colonise parfois la zone mésohaline (5,0 - 18,0.10^{-3}) de l'estuaire en aval du point E, en été. Sa présence et ses variations de densité au point E reflètent en grande partie l'extension de l'intrusion saline dans l'estuaire. Elle présente le plus souvent un maximum en début d'été. Cependant, des variations d'une année à l'autre, consécutives aux variations hydrologiques, peuvent être observées (Figure B.4-3).

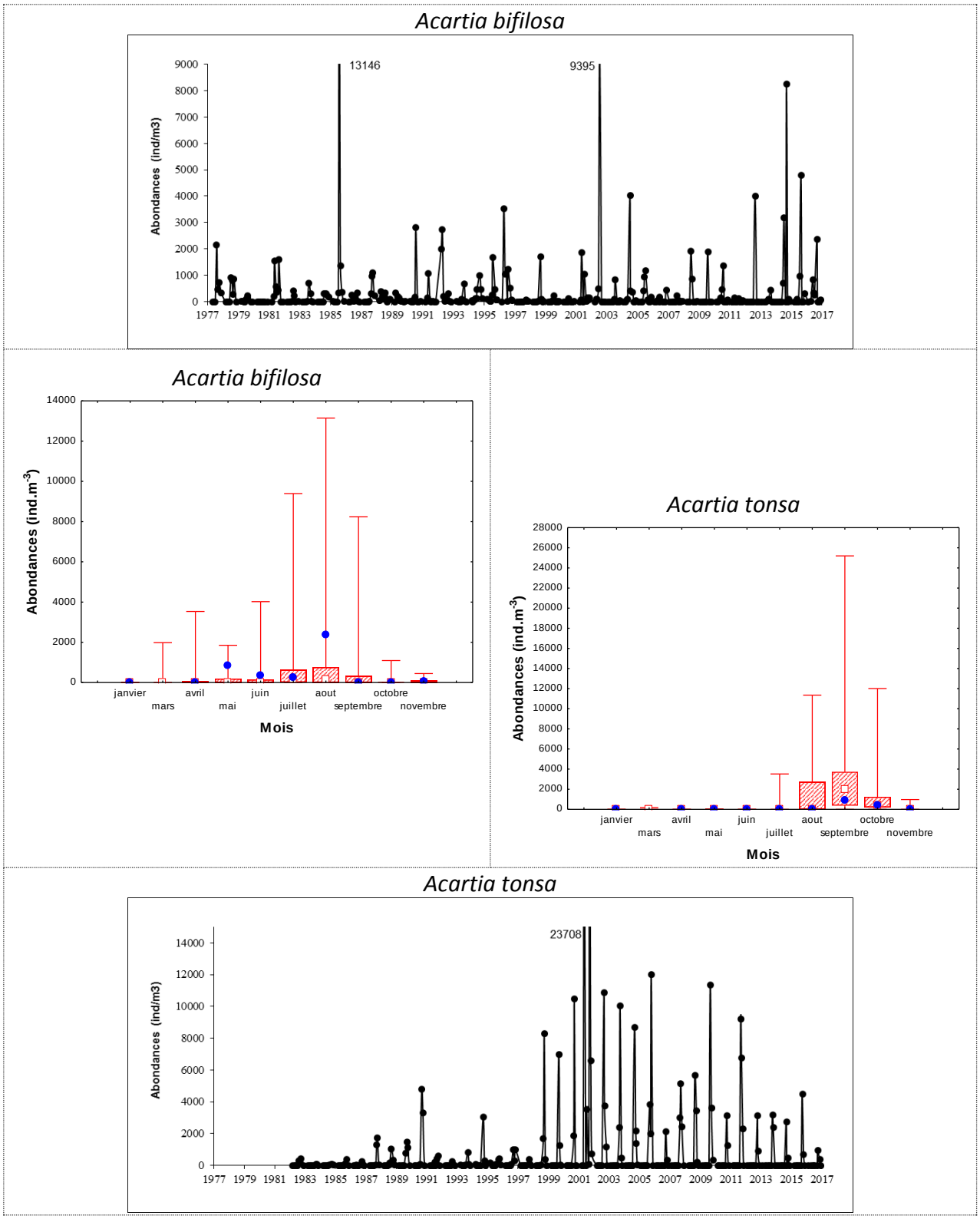


Figure B.4-3 : Variations mensuelles de densités des copépodes *Acartia bifilosa* (en haut) et *Acartia tonsa* (en bas) au point E entre 1978 et 2017 et caractéristiques des mois de l'année 2017 (points bleus) comparativement aux années antérieures. Moyennes mensuelles calculées à partir des 8 valeurs de densités observées au cours d'un demi-cycle de marée (en surface et au fond). Boîtes à moustaches : médianes, boîtes délimitées par les centiles et moustaches délimitées par les minimum et maximum.

La densité annuelle moyenne observée en 2017 au point E (430 ± 258 ind./m^3) est proche de la moyenne des valeurs de la série établie sur les 39 précédentes années de

suivi : 322 ± 57 ind./m^3. Cette valeur s'inscrit au sein d'une série caractérisée par une forte variabilité interannuelle des abondances de l'espèce. Le maximum de densité au point E est observé en Août (2936 ± 1167 ind./m^3) pour une période de présence classique (Mai à Août - ainsi que quelques individus observés en Avril et Novembre). Les abondances moyennes en surface et au fond ne sont pas significativement différentes (forte variabilité en fonction du moment de marée) pendant cette période (Figure B.4-3 et Figure B.4-4), bien que l'espèce semble montrer une distribution préférentielle en surface en 2017 (comme depuis 2012).

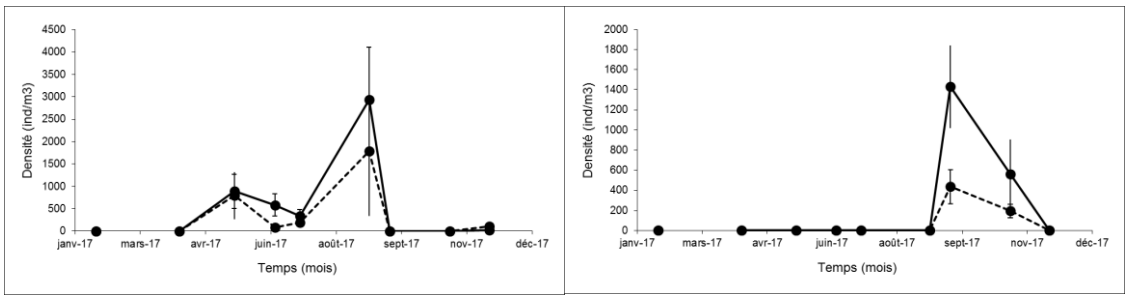


Figure B.4-4 : Evolution mensuelle de la densité des copépodes *Acartia bifilosa* (en haut) et *Acartia tonsa* (en bas) en surface (trait plein) et au fond (pointillé) au point E (PK 52) en 2017 - Moyennes mensuelles (± erreur standard) calculées à partir des 4 valeurs de densités observées au cours d'un demi-cycle de marée.

Acartia tonsa, est une espèce introduite dans l'estuaire. C'est une espèce thermo-halophile pouvant vivre à des salinités comprises entre 8 - 10.10^{-3} mais qui préfère un régime de salinité de type polyhalin (>18.10^{-3}). La densité annuelle moyenne observée au point E en 2017 (146 ± 107 ind./m^3) est plus faible que la moyenne des abondances des années suivant son apparition en Gironde (1983 - 2017 : 788 ± 196 ind./m^3). Alors que les effectifs de l'espèce ont fortement augmenté de 1999 à 2005, les années 2007, 2011 et de 2013 à 2016 sont marquées par des abondances plus modérées mais néanmoins plus importantes que celles observées avant 1999. L'année 2017 se distingue par un « retour » à une abondance moyenne annuelle faible, telle qu'observée au début de la période de présence de l'espèce dans l'estuaire (Figure B.4-3**)**

L'espèce apparaît en fin de période estivale en conformité avec la majorité des observations faites les années antérieures. Elle présente un maximum de densité en Septembre (934 ± 283 ind./m^3 - Figure B.4-4), proche des observations habituelles (Août à début Octobre selon les années). Le maximum est observé en 2017 en surface (1431 ± 411 ind./m^3 *vs* 437 ± 169 ind./m^3 au fond).

Le décalage temporel des pics de densité de ces deux espèces d'*Acartidae*, observé au point E en 1997, 2000, et de 2002 à 2016 s'observe encore très nettement cette année. Cette particularité peut s'expliquer par une exclusion compétitive trophique des deux espèces ou encore dans la prédation qui peut être exercée par l'une sur les *nauplii* de l'autre.

B.4.3.3 *Variation des densités de mysidacés*

Deux espèces autochtones sont représentées dans l'estuaire de la Gironde : *Neomysis integer* et *Mesopodopsis slabberi* (Figure B.4-5 à Figure B.4-7). La première espèce vit

plutôt dans la partie amont de l'estuaire tandis que la deuxième colonise l'aval. Elles sont distribuées majoritairement entre les isohalines $0,5.10^{-3}$ et $22,0.10^{-3}$.
Les deux espèces *N. integer* et *M. slabberi* sont habituellement récoltés d'avril à octobre au point E. En 2017, *M. slabberi* apparait effectivement en Avril et perdure dans l'estuaire jusqu'en Novembre (comme cela est observé depuis 2014). *N. integer* est présent durant la même période (bien que les effectifs soient très faibles en Avril et à partir de Juillet).

La densité moyenne annuelle de *Neomysis integer* en 2017 (6 ± 3 ind./m^3) fait partie des valeurs les plus faibles observées sur la série (notamment au regard des fortes abondances observées en début de suivi : 1978 à la fin des années 80). Elle est donc plus faible que la moyenne calculée sur la série (35 ± 4 ind./m^3). Généralement, *N. integer* est l'espèce la plus abondante à la fin du printemps. Ce n'est pas le cas en 2017 : *M. slabberi* est le Mysidacé dominant toute l'année (Figure B.4-7).

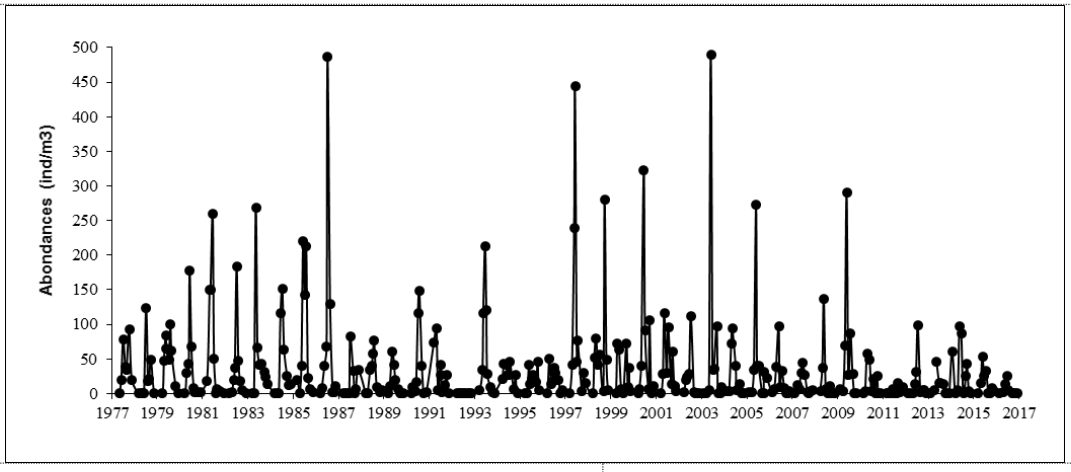
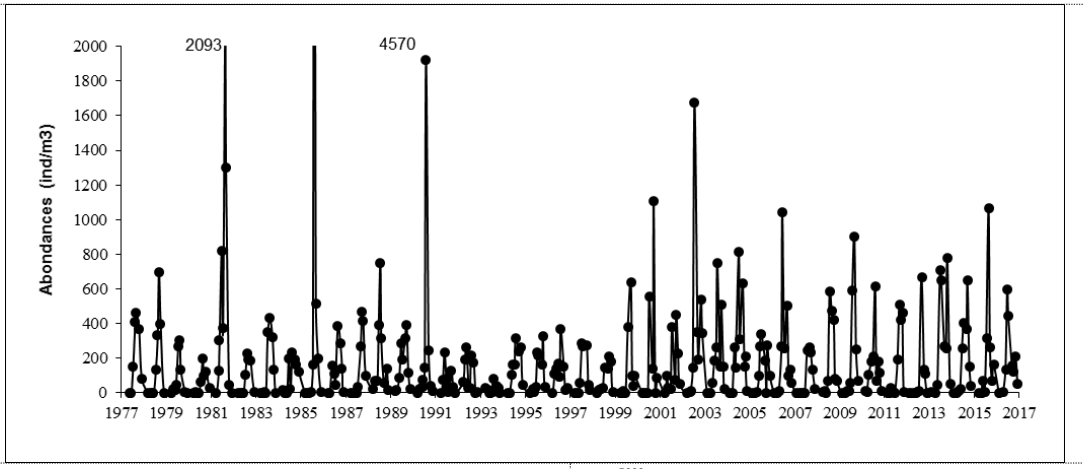


Figure B.4-5 : Variations mensuelles de densités du mysidacé *Neomysis integer* au point E entre 1978 et 2017 et caractéristiques des mois de l'année 2017 (points bleus) comparativement aux années antérieures. Moyennes mensuelles calculées à partir des 8 valeurs de densités observées au cours d'un demi-cycle de marée (en surface et au fond). Boîtes à moustaches : médianes, boîtes délimitées par les centiles et moustaches délimitées par les minimum et maximum.

Le maximum mensuel de densité de *N. integer* s'observe en Juin (Figure B.4-7). La valeur du pic (moyenne mensuelle : 26 ± 10 ind./m^3) observé en 2017 est faible par rapport aux valeurs classiquement observées dans cette zone (moyenne des maximas : 151 ± 20 ind./m^3). La plus forte valeur est observée au fond (35 ± 14 ind./m^3, une moyenne de 16 ± 11 individus étant observée en surface au même moment). Bien que les abondances de fond et de surface ne soient pas significativement différentes, les abondances de fond sont toujours plus élevées que celles de surface : une représentation majoritaire de l'espèce au fond correspond au schéma classique de

distribution verticale connu (l'espèce est habituellement plus abondante à proximité du fond).



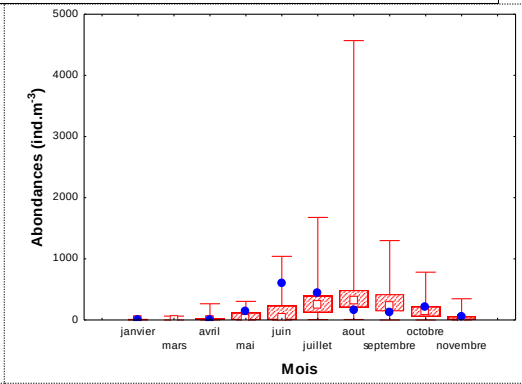


Figure B.4-6 : Variations mensuelles de densités du mysidacé *Mesopodopsis slabberi* au point E entre 1978 et 2017 et caractéristiques des mois de l'année 2017 (points bleus) comparativement aux années antérieures. Moyennes mensuelles calculées à partir des 8 valeurs de densités observées au cours d'un demi-cycle de marée (en surface et au fond). Boîtes à moustaches : médianes, boîtes délimitées par les centiles et moustaches délimitées par les minimum et maximum.

Mesopodopsis slabberi présente des densités moyennes annuelles plus importantes que celles de l'espèce précédente. Ses abondances maximales moyennes sont importantes dès le début de la période estivale (Juin). Elles sont en 2017, 23 fois plus élevées que celles de *N. integer* ce qui constitue un schéma annuel moyen inhabituellement très déséquilibré de représentation des 2 espèces au sein de la communauté des mysidacés (facteur 5 sur l'ensemble de la série - Figure B.4-5 et Figure B.4-6).

En 2017, sa densité moyenne annuelle est plus importante que la moyenne générale des observations effectuées depuis 1978 (en 2017 : 192 ± 68 ind./m^3 *vs* 180 ± 18 ind./m^3). La dynamique de l'espèce est marquée cette année par un maximum de densité précoce observé dès le mois de Juin (moyenne mensuelle : 600 ± 351 ind./m^3 - Figure B.4-6). En 2017 l'espèce est observée majoritairement en surface ou répartie de manière homogène dans la colonne d'eau, suivant les périodes. La répartition est très hétérogène en Juin (maximum en surface : 993 ± 642 ind./m^3 et minimum au fond : 207 ± 55 ind./m^3) alors qu'elle est plus homogène le mois suivant (341 ± 101 ind./m^3 en surface *vs* 550 ± 293 ind./m^3 au fond). Ceci correspond au schéma habituel de répartition en Gironde pour cette espèce meilleure nageuse que la précédente et que l'on trouve donc souvent répartie de manière homogène ou avec des abondances supérieures en surface.

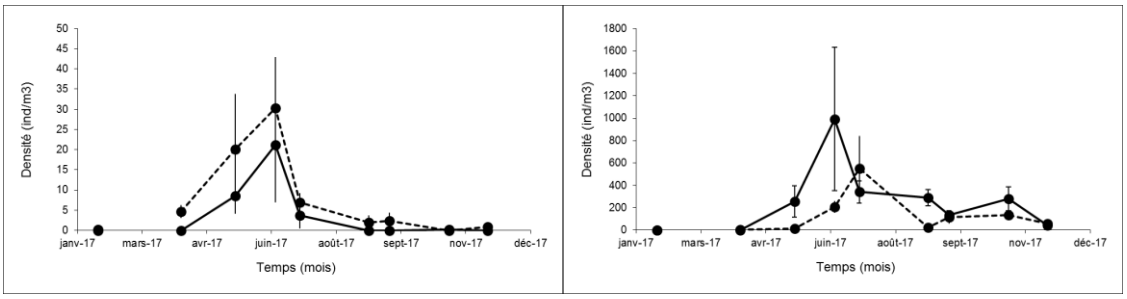


Figure B.4-7 : Evolution mensuelle de la densité des mysidacés *Neomysis integer* (en haut) et *Mesopodopsis slabberi* (en bas) au point E (PK 52), en surface (trait plein) et au fond (pointillé) au cours de l'année 2017 - Moyennes mensuelles (± erreur standard) calculées à partir des 4 valeurs de densités observées au cours d'un demi-cycle de marée

B.4.4 STRUCTURE DEMOGRAPHIQUE D'*E. AFFINIS* (POINT E)

B.4.4.1 *Fécondité*

L'évolution dans le temps de la fécondité (définie par le nombre moyen d'œufs par sac ovigère porté par les femelles) dépend chez cette espèce de deux facteurs principaux :

- la température de l'eau ; il existe en effet une relation inverse entre le nombre d'œufs par sac ovigère et la température de l'eau (Poli & Castel, 1983) ;
- la quantité et la qualité des matières en suspension (Castel & Feurtet, 1985) ; d'importantes turbidités peuvent en effet s'avérer préjudiciables au développement du phytoplancton et de faibles concentrations en phytoplancton sont susceptibles d'affecter la fécondité, même si l'espèce peut se nourrir à partir d'autres sources de carbone organique (Irigoien *et al., 1996*).
-

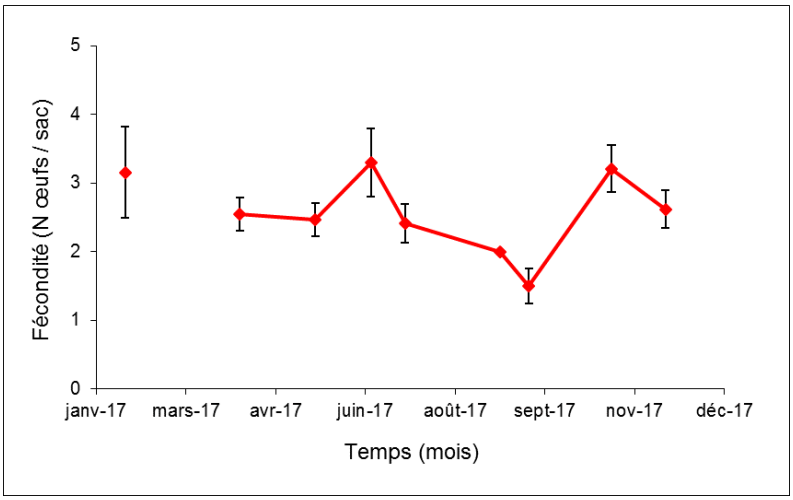


Figure B.4-8 : Evolution du nombre moyen d'œufs par sac ovigère chez *Eurytemora affinis* au point E au cours de l'année 2017 - Moyennes mensuelles (± erreur standard) calculées à partir des 4 valeurs observées au cours d'un demi-cycle de marée

Les variations mensuelles de fécondité en 2017 (Figure B.4-8) sont partiellement conformes aux observations « attendues ». Les valeurs les plus importantes sont observées durant les périodes de développements printanier et automnal de la population. Les fécondités proches ou supérieures à la moyenne en 2017 au point E (2,6 ± 0,1 œufs par sac ovigère) sont observées essentiellement en début de printemps

(3,3 ± 0,5 œufs par sac ovigère en Mars) et en Octobre (3,2 ± 0,3 œufs par sac ovigère). Les valeurs de fécondité durant la période estivale (période de faible présence de l'espèce) sont plus faibles (ex. : Septembre : 1,5 ± 0,3 œufs par sac ovigère).

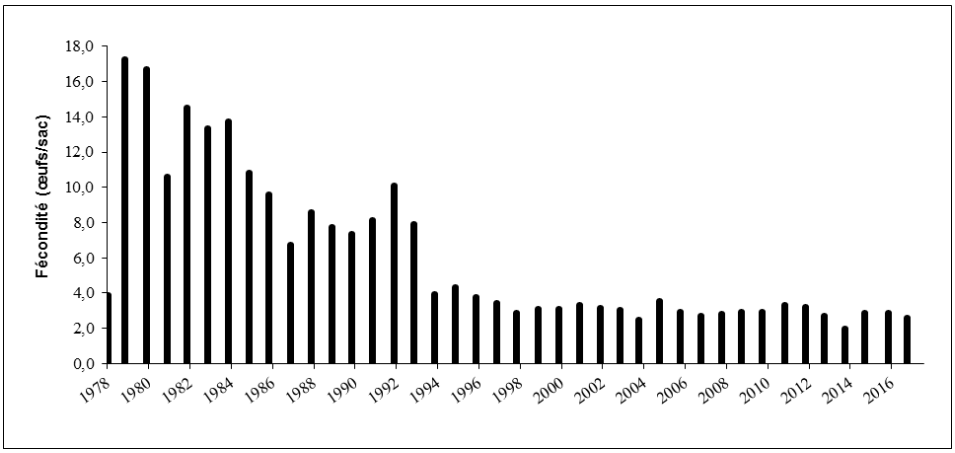


Figure B.4-9 : Evolution annuelle de la fécondité (nombre moyen d'œufs par sac ovigère/an) du copépode *Eurytemora affinis* au point E entre 1978 et 2017 - Chaque point représente la moyenne des valeurs mensuelles calculée entre avril et novembre

Depuis le début du suivi (1978), la fécondité d'*E. affinis* a, dans un premier temps, subi une forte diminution jusqu'en 1994, année à partir de laquelle elle est restée à un niveau relativement stable et bas (Figure B.4-9). En 2017, la fécondité moyenne (2,6 ± 0,1 œufs/sac) est du même ordre de grandeur que celles observées depuis 1994. La décroissance générale de la fécondité depuis 1978 pourrait être liée à l'évolution des températures dans l'estuaire (Castel, 1995) ; dans cette hypothèse, la stabilisation à un niveau bas des fécondités depuis 1994 reste inexpliquée.

B.4.4.2 *Structure des populations*

Les principaux paramètres utilisés pour caractériser la structure de la population du copépode *Eurytemora affinis* sont : le pourcentage de mâles par rapport à l'ensemble des adultes, le pourcentage de femelles ovigères par rapport à l'ensemble des femelles, le pourcentage de copépodites par rapport à la population totale. L'évolution dans le temps de ces paramètres démographiques intègre des successions de cohortes dont la durée de vie est variable et qui peuvent se chevaucher, ce qui rend délicate toute interprétation détaillée, compte tenu du pas de temps d'échantillonnage.

Le sex-ratio des adultes est habituellement légèrement en faveur des mâles, ce qui se vérifie en 2017 (sex ratio : 51 % de mâles en moyenne). En 2017, une baisse du pourcentage de mâles sur l'ensemble de la colonne d'eau est observée en Août (Figure B.4-10). En général, le pourcentage de mâles est un peu plus élevé en surface qu'au fond. En 2017, ce schéma n'est pas observé (en moyenne 51 % en surface et au fond).

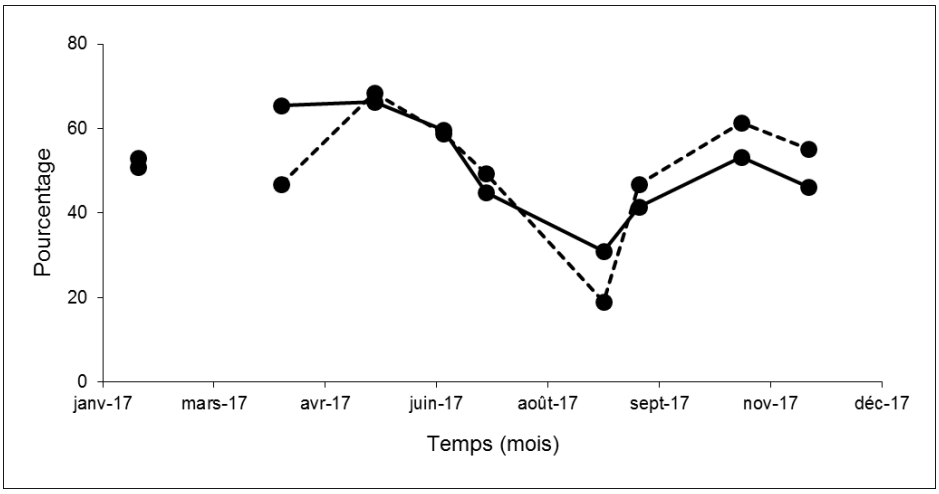


Figure B.4-10 : Evolution mensuelle du pourcentage de mâles dans la population adulte du copépode *Eurytemora affinis* au point E (PK 52), en surface (trait plein) et au fond (pointillé) au cours de l'année 2017 - Chaque point représente la valeur moyenne calculée sur 4 prélèvements successifs au cours d'un demi-cycle de marée

En ce qui concerne les femelles ovigères, on ne distingue pas en 2017, de répartition spécifique et constante dans la colonne d'eau : elles sont parfois mieux représentées au fond (Juillet), à d'autres périodes elles ont une répartition qui semble « homogène » (ex. : Mai, Septembre). Les maximas sont observés en Mai et en Octobre, pendant ou précédant des périodes d'abondances plus élevées (Figure B.4-11). Le pourcentage moyen de l'année 2017 (26 %) est (comme en 2013, 2015 et 2016) proche de la moyenne calculée à partir des valeurs de l'ensemble des années de surveillance (29 %).

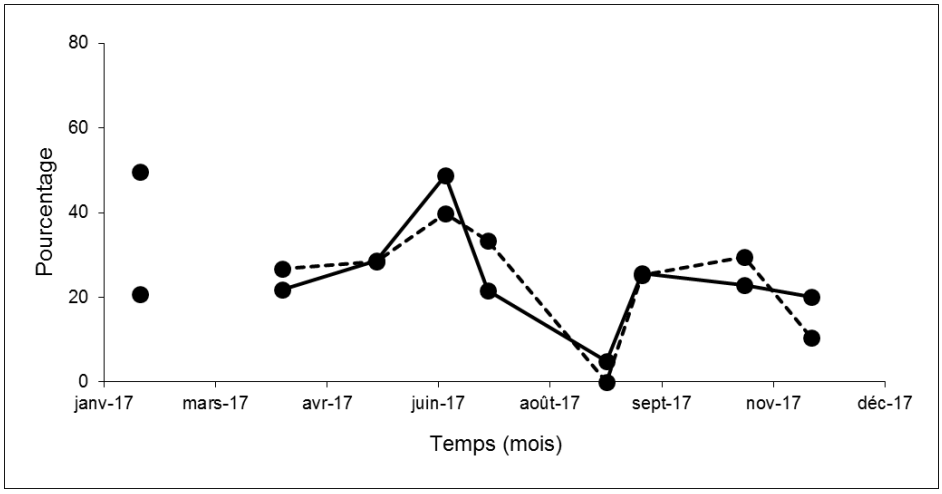


Figure B.4-11 : Evolution mensuelle du pourcentage de femelles ovigères chez le copépode *Eurytemora affinis* au point E (PK 52), en surface (trait plein) et au fond (pointillé) au cours de l'année 2017 - Chaque point représente la valeur moyenne calculée sur 4 prélèvements successifs au cours d'un demi-cycle de marée

La moyenne annuelle d'abondances relatives des copépodites (copépodites 1 à 5 = stades juvéniles) en 2017 (69 %) est supérieure à la moyenne des observations sur l'ensemble de la série (59 %). On ne distingue pas cette année, de schéma particulier de distribution des stades copépodites dans la colonne d'eau (Figure B.4-12). La dynamique saisonnière d'évolution de la représentativité des copépodites est identique en surface et au fond. Une forte représentativité des jeunes stades est notée en début de période productive printanière et, comme c'est souvent le cas, lorsque les abondances de l'espèce sont faibles (à partir de l'été).

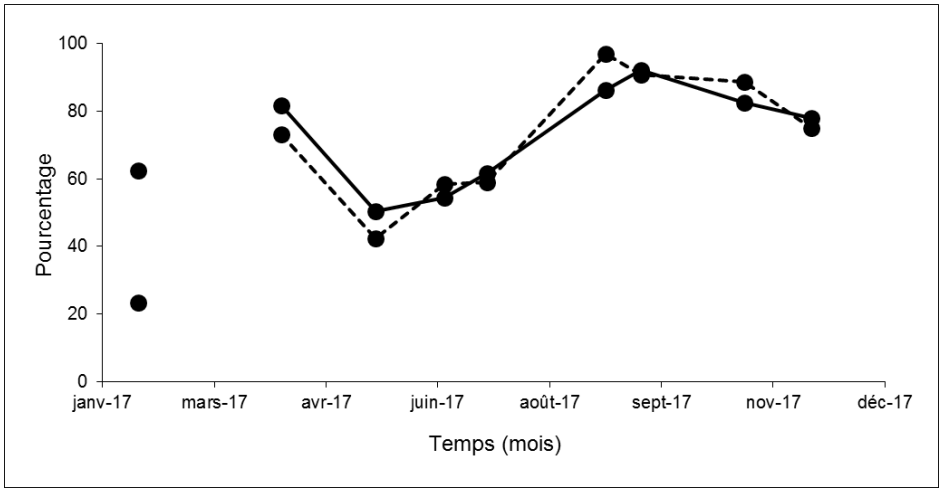


Figure B.4-12 : Evolution mensuelle du pourcentage de copépodites dans la population totale du Copépode *Eurytemora affinis* au point E (PK 52), en surface (trait plein) et au fond (pointillés) au cours de l'année 2017 - Chaque point représente la valeur moyenne calculée sur 4 prélèvements successifs au cours d'un demi-cycle de marée

B.4.4.3 *Mortalité*

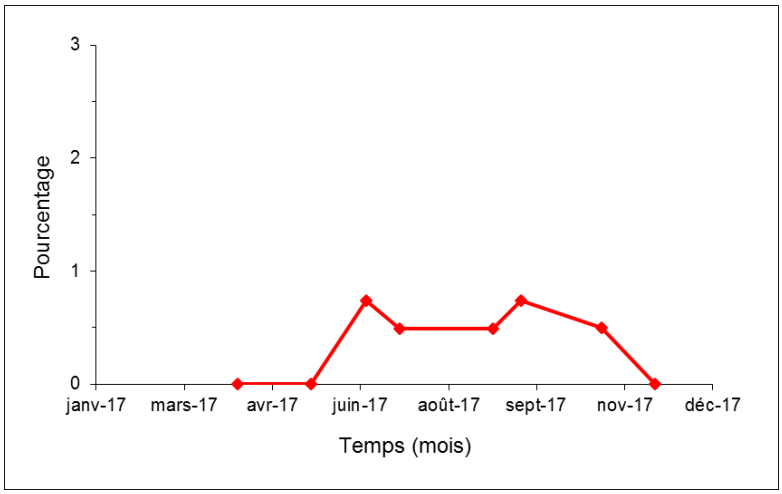


Figure B.4-13 : Evolution mensuelle du pourcentage de mortalité du copépode *Eurytemora affinis* au point E, au cours de l'année 2017 - Chaque point du graphique représente la valeur moyenne (± erreur standard) calculée sur 4 prélèvements successifs au cours d'un demi-cycle de marée (2 en surface et 2 au fond)

Les résultats sont présentés en pourcentages de mortalité, tous stades confondus. Les fluctuations temporelles observées au cours du cycle annuel en 2017 (Figure B.4-13) sont très faibles et du même ordre de grandeur que ce qui est habituellement observé, quel que soit le moment de l'année.

La mortalité annuelle moyenne en 2017 (0,4 ± 0,1 %) est très faible en référence aux données acquises depuis 39 ans et du même ordre de grandeur que ce qui a été observé lors des années précédentes. La moyenne annuelle observée en 2017 concorde avec la diminution de la mortalité observée depuis 1999. La tendance observée au cours des 18 dernières années (Figure B.4-14) est proche de celle des années 1984 à 1988.

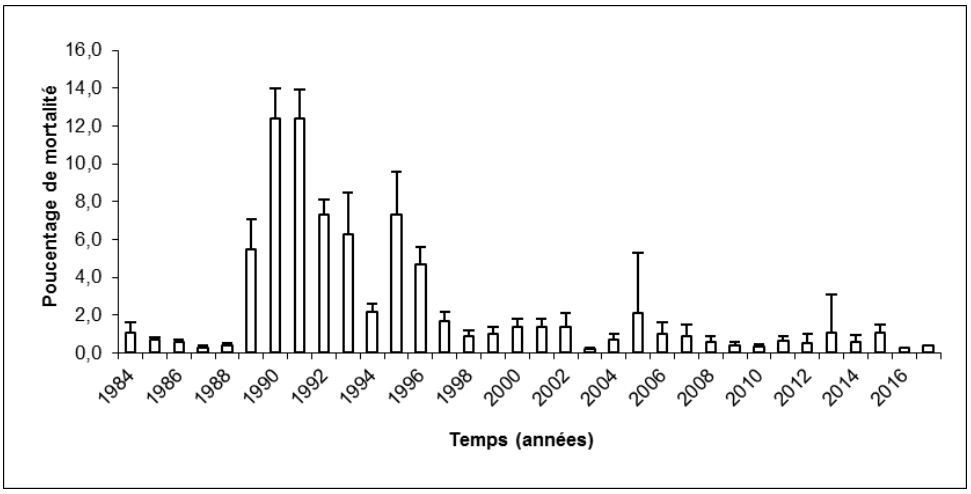


Figure B.4-14 : Evolution du pourcentage de mortalité du Copépode *Eurytemora affinis* au point E, entre 1984 et 2017 - Chaque point sur le graphique représente la valeur moyenne annuelle (± erreur standard) calculée sur l'ensemble des prélèvements

B.4.5 COMPARAISON DE L'EVOLUTION DES PRINCIPAUX CONTINGENTS AUX POINTS F, E ET K.

Les espèces dominantes sont identiques dans les trois stations mais leur représentativité est différente. Dans la partie amont de l'estuaire, c'est l'espèce *E. affinis* qui domine ; la partie médiane est essentiellement occupée par les copépodes *Acartidae*. Au point le plus amont (point K), notamment à marée basse et en période de forts débits, on peut trouver quelques espèces dulçaquicoles (ex. : les cladocères *Bosmina* sp ou *Daphnia* sp, ou encore des copépodes cyclopoïdes comme *Acanthocyclops* sp) mais leur densité est toujours très faible. Dans les masses d'eau échantillonnées le plus en aval (point F), notamment à marée haute et en période d'étiage, on note l'intrusion d'espèces néritiques (en particulier des méduses ou encore le copépode *Pseudodiaptomus marinus*).

Les comparaisons entre stations reposent sur la moyenne de tous les prélèvements effectués au cours d'une marée pour chaque mission.

B.4.5.1 *Variations de densité du copépode E. affinis*

Le pic de densité est de façon générale toujours situé juste en amont du maximum de turbidité, là où les copépodes sont piégés (Castel, 1995) et les densités moyennes sur l'ensemble de la série décroissent de l'amont vers l'aval : point K : 12716 ± 6602 ind./m^3, point E : 6252 ± 557 ind./m^3, et point F : 3731 ± 489 ind./m^3.
De manière générale, la comparaison des densités moyennes interannuelles (ANNEXE 9 **a**) montre que les années caractérisées par une absence de crues[5] (notamment printanières) et/ou par une forte turbidité (sècheresse printano-estivale) sont des années pour lesquelles la densité du copépode est plus élevée au point K qu'en aval ; la situation étant inversée les années caractérisées par des crues.

[5] Mais ces observations ne sont possibles que si les périodes de crue sont échantillonnées (ce qui n'est plus toujours possible depuis 1992 –année du recul du début de la période d'observation au mois d'avril).

En 2017, *E. affinis* constitue l'essentiel du peuplement de copépodes dans les trois stations (points F, E et K). La densité moyenne annuelle d'*E. affinis* au point K (2308 ± 585 ind./m^3) est supérieure à celles observées aux points E (1407 ± 468 ind./m^3) et F (758 ± 376 ind./m^3) (Figure B.4-15). Quelque soit la zone de l'estuaire ces abondances sont très faibles par rapport aux moyennes mensuelles précédemment acquises (ex. la valeur observée au point K est la plus faible enregistrée depuis 1978 sur ce point).
Le printemps correspond à la période habituelle de production de l'espèce qui présente en 2017 des pics d'abondances temporellement « proches » dans les trois stations (Avril à Juillet). Cette année 2017, constitue donc, de ce point de vue une année typique par rapport au schéma spatio-temporel habituel de distribution des abondances : maximas situés plutôt en amont dès les mois de Mars/Avril. Les plus fortes abondances sont observées en Mai au point K (4598 ± 650 ind./m^3).

En période estivale, la chute habituelle des abondances est peu marquée, cette année, au point K avec des effectifs de 3860 ± 658 ind./m^3 en Juillet (Figure B.4-15). Elle est en revanche bien marquée aux points E et F. L'année 2017 se distingue donc par le maintien d'abondances proches de celles de la période productive printanière en période estivale et en amont (comme 2011 et 2013 à 2016). Ceci est probablement à rapprocher d'observations faites depuis 2010 montrant des augmentations atypiques d'abondances estivales dans la zone amont de l'estuaire (des productions estivales ont été notées dans l'estuaire fluvial : Dindinaud, 2015).

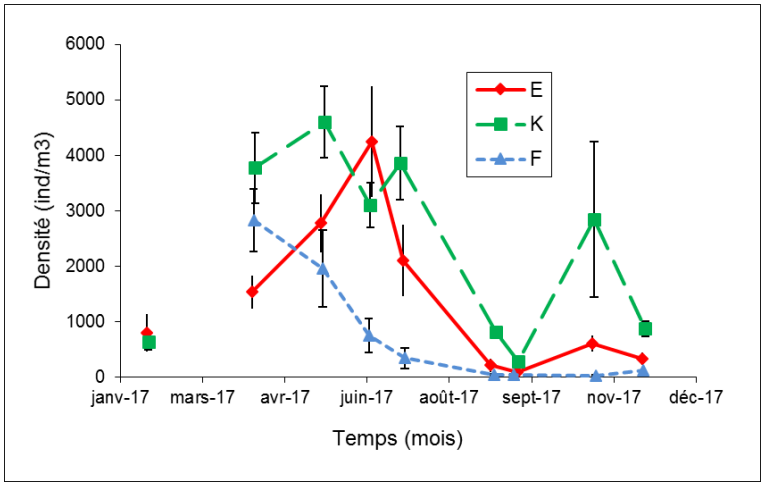


Figure B.4-15 : 1 Evolution mensuelle de la densité du copépode *Eurytemora affinis* aux points F (PK 67), E (PK 52) et K (PK 30) au cours de l'année 2017 - Chaque point du graphique représente la valeur moyenne calculée sur 8 prélèvements au cours d'un demi-cycle de marée (4 en surface et 4 au fond) (± erreur standard)

B.4.5.2 *Variations de densité des copépodes Acartidés*

Les copépodes *Acartidae* sont représentés par deux espèces : *Acartia bifilosa* et *Acartia tonsa* dont la distribution spatio-temporelle est sensiblement différente (Figure B.4-4).

Les densités moyennes du copépode *Acartia bifilosa* (ANNEXE 9 b et Figure B.4-16) sont maximales au point F (580 ± 238 ind./m^3) et décroissent vers l'amont de l'estuaire (moyennes au point E : 430 ± 258 ind./m^3 et 89 ± 89 ind./m^3 au point K). La distribution spatiale correspond à un schéma classique de l'espèce dans l'estuaire : le caractère polyhalin d'*A. bifilosa* s'illustre souvent par une distribution dans la partie aval de la

Gironde, l'espèce ne colonisant l'estuaire amont qu'à la faveur de la remontée de l'intrusion saline.

Le début de la période de production de l'espèce est observé dès Avril au point F. Les maximas annuels sont observés en Août dans les trois stations : au point F : 1931 ± 430 ind./m^3, au point E : 2363 ± 952 ind./m^3 et au point K : 798 ± 174 ind./m^3. Alors que la dynamique saisonnière est unimodale dans la station amont, elle est bimodale en aval (points E et F). Cette dynamique à deux pics a déjà été observée épisodiquement par le passé (en 2015 ou 2016 par exemple) et mise en relation avec des dynamiques de même type observées dans des estuaires sud-européens.

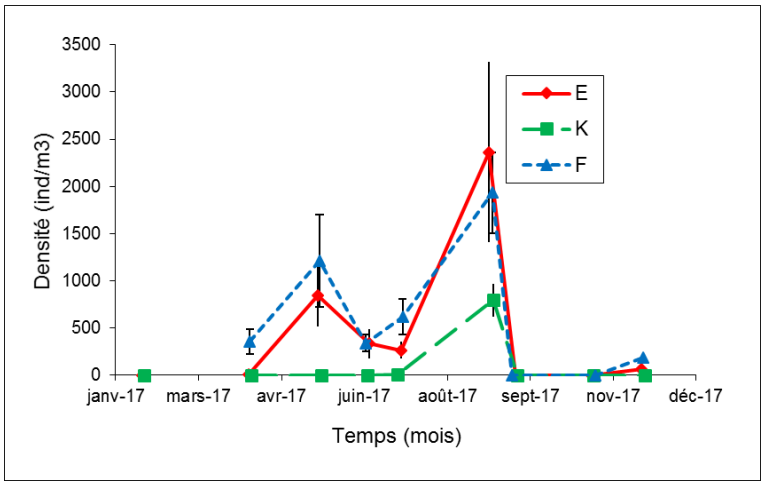


Figure B.4-16 : Evolution mensuelle de la densité du Copépode *Acartia bifilosa* aux points F (PK 67), E (PK 52, rejet) et K (PK 30) au cours de l'année 2017 - Chaque point du graphique représente la valeur moyenne calculée sur 8 prélèvements au cours d'un demi-cycle de marée (4 en surface et 4 au fond) (± erreur standard)

Le copépode *Acartia tonsa* est une espèce thermo-polyhaline : il présente en 2017 un gradient décroissant d'abondance de l'aval vers l'amont avec un pic de densité, commun aux trois stations en Septembre (Figure B.4-17 et ANNEXE 9 **c**). Les plus fortes abondances sont observées au point F (moyenne annuelle : 404 ± 275 ind./m^3), l'espèce est très peu représentée au point K (moyenne annuelle : 41 ± 29 ind./m^3), les abondances sont intermédiaires au point E (moyenne annuelle : 146 ± 110 ind./m^3). Son caractère thermophile se traduit en termes de développement dans l'estuaire par une période de production de fin d'été/automne.

Différents travaux tendent à montrer que la disparition saisonnière d'*A. bifilosa* et d'*A. tonsa* en hiver et leur présence estivale (quelquefois massive) dans le plancton au moment du maximum thermique sont dues à la formation d'œufs de résistance capables de résister au froid et se développant dès que les températures redeviennent favorables (Gaudy, 1992 pour *A. tonsa ;* Viitasalo, 1992 pour *A. bifilosa*).

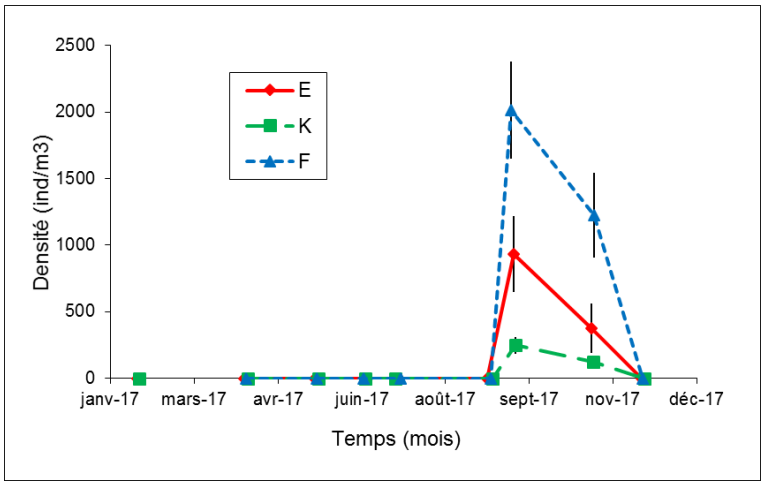


Figure B.4-17 : Evolution mensuelle des densités du copépode *Acartia tonsa* aux points F (PK 67), E (PK 52, rejet) et K (PK 30) au cours de l'année 2017 - Chaque point du graphique représente la moyenne calculée sur 8 prélèvements au cours d'un demi-cycle de marée (4 en surface et 4 au fond) (± erreur standard)

B.4.5.3 *Variation des densités de mysidacés*

En 2017, à l'échelle de l'estuaire, les effectifs de *Neomysis integer* sont très inférieurs à la moyenne de ce qui a pu être observé sur l'ensemble de la série ; en moyenne l'espèce est essentiellement représentée dans la station intermédiaire (ANNEXE 9 d : moyennes annuelles : point K : 4 ± 2 ind./m^3 - point E : 6 ± 3 ind./m^3 - point F : 3 ± 1 ind./m^3).

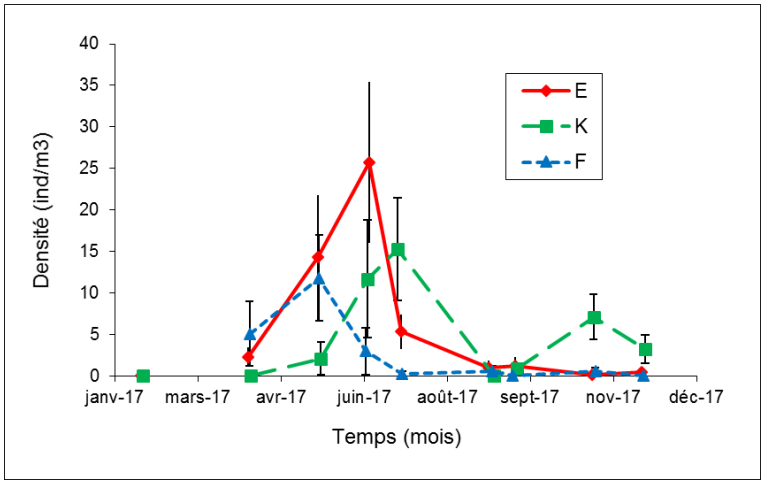


Figure B.4-18 : Evolution mensuelle de la densité du mysidacé *Neomysis integer* aux points F (PK 67), E (PK 52, rejet) et K (PK 30), au cours de l'année 2017 - Chaque point du graphique représente la valeur moyenne calculée à partir de 8 prélèvements au cours d'un demi-cycle de marée (4 en surface et 4 au fond) au cours d'un demi-cycle de marée (± erreur standard)

Les densités maximales de l'espèce s'observent classiquement dans la zone médiane de l'estuaire ; elles sont notamment marquées par des effectifs élevés en Juin. Cette présence plus importante de l'espèce à la station E peut être interprétée comme une localisation de l'aire de distribution de l'espèce principalement dans la zone médiane de l'estuaire. En 2017, les abondances de l'espèce sont identiques aux points K et F lors de la période de production printanière (Mai au point F : 12 ± 5 ind./m^3 ; Juin au point K : 12 ± 7 ind./m^3; Figure B.4-18). En automne le développement de l'espèce se fait très majoritairement en amont.

La seconde espèce dominante, *Mesopodopsis slabberi* (Figure B.4-19) présente, du point de vue des abondances moyennes annuelles, un schéma classique (ANNEXE 9 e), avec des effectifs du même ordre de grandeur dans les masses d'eau « aval » et « moyennes » (point F : 150 ± 60 ind./m^3 et point E : 192 ± 68 ind./m^3). Les abondances moyennes annuelles sont plus faibles en amont (point K : 38 ± 13 ind./m^3).

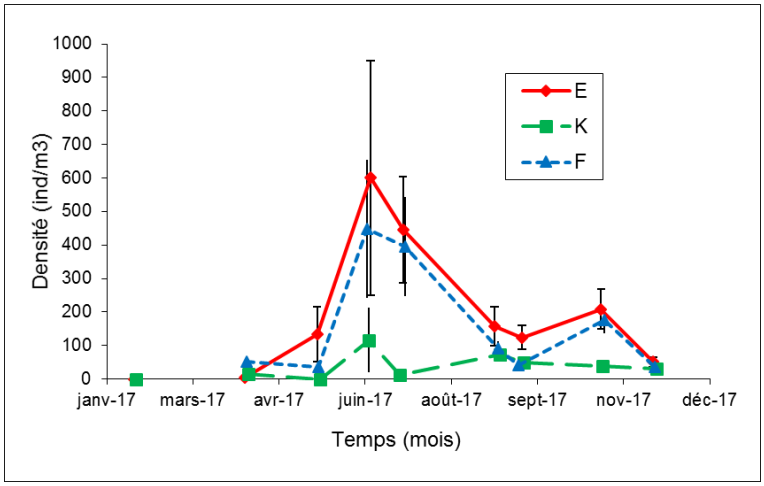


Figure B.4-19 : Evolution mensuelle de la densité du mysidacé *Mesopodopsis slabberi* aux points F (PK 67), E (PK 52, rejet) et K (PK 30), au cours de l'année 2017 - Chaque point du graphique représente la valeur moyenne calculée à partir de 8 prélèvements au cours d'un demi cycle de marée (4 en surface et 4 au fond) au cours d'un demi-cycle de marée (± erreur standard)

La distribution habituelle de l'espèce illustre son caractère polyhalin avec un centre de distribution situé en aval du point F et une pénétration dans l'estuaire fortement dépendante des débits fluviaux. Les variations saisonnières des effectifs, observés durant l'année 2017, sont identiques aux points E et F : ceci s'explique par une pénétration accrue de l'espèce dans l'estuaire à la faveur des très faibles débits fluviaux de l'année. De manière inhabituelle, l'aire de distribution de l'espèce semble centrée autour de ces masses d'eau en 2017.

B.4.5.4 *Structure démographique d'Eurytemora affinis aux points F, E, et K*

Paramètres de population

De manière générale (ANNEXE 9 f), la structure démographique d'*Eurytemora affinis* est proche d'une station à l'autre.

En 2017, l'évolution saisonnière du sex-ratio (Figure B.4-20) est assez similaire aux deux stations amont, avec des valeurs et des variations proches de ce qui peut être habituellement trouvé (point K : 54 % de mâles et point E : 51 %). Un déséquilibre important est observé en faveur des femelles en aval (40 % de mâles au point F) notamment au printemps et en fin d'été. En conséquence le sex-ratio annuel moyen en amont est proche des moyennes de la série aux points K (48 %) et E (49 %). En aval, l'année est marquée par une forte variabilité et une moyenne annuelle beaucoup plus faible que la moyenne calculée sur la série (52 %). Le schéma « classique » de dominance des mâles dans la zone aval et de femelles dans la zone amont, est observé (et accentué) cette année.

L'année 2017 est marquée sur l'ensemble des secteurs échantillonnées par une représentation annuelle moyenne des femelles ovigères par rapport à l'ensemble des femelles proche des moyennes habituellement observées : moyennes annuelles au point K de 19 % *vs* 16 % sur l'ensemble de la série), 24 % au point E *vs* 26 % sur l'ensemble de la série et 22 % au point F *vs* 23 % sur l'ensemble de la série. La représentation accrue de femelles ovigères qui est « attendue » lors des périodes de production, est partiellement observée cette année, notamment au printemps.

L'évolution du pourcentage de copépodites est habituellement assez homogène dans l'estuaire et marquée par un faible gradient décroissant de représentativité de l'amont vers l'aval (moyennes sur la série : K : 63 % ; E : 60 %, F : 54 %). En 2017, la représentativité des copépodites est supérieure à la moyenne sur la série et le gradient décroissant amont/aval est observé (point K : 81 %, point E : 73 %, point F : 51 %). En fin d'été et durant la période de production automnale, la population est dominée par les copépodites essentiellement en amont et en zone médiane.

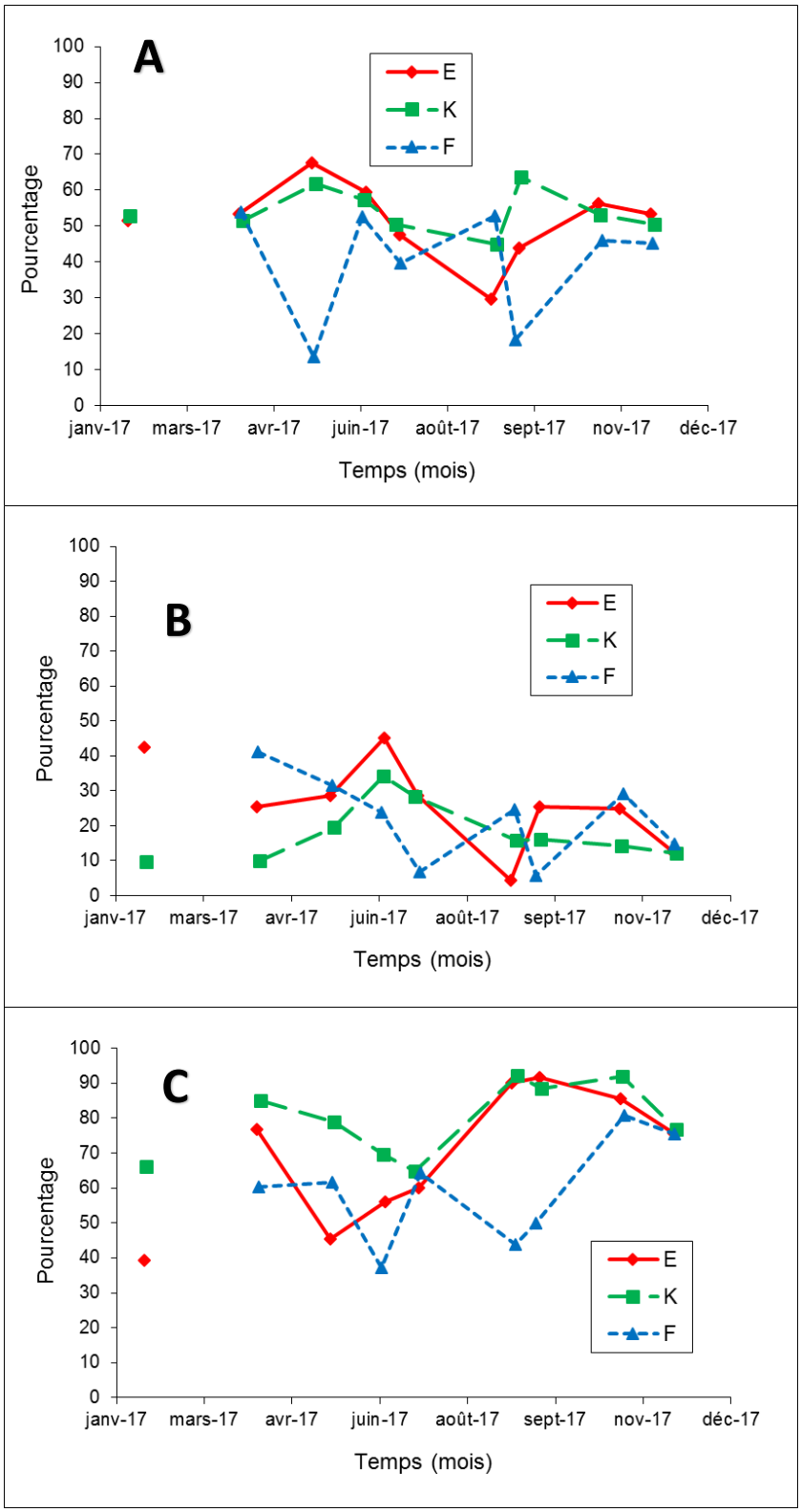


Figure B.4-20 : Evolution mensuelle de la structure démographique du copépode *Eurytemora affinis* aux points F (PK 67), E (PK 52, rejet) et K (PK 30) au cours de l'année 2017 - % mâles/adultes (A), % femelles ovigères (B), % de copépodites (C), calculés sur 8 prélèvements au cours d'un demi-cycle de marée (4 en surface et 4 au fond)

Fécondité

En 2017, les fécondités enregistrées aux points K et E (Figure B.4-21) ne diffèrent pas significativement d'une station à l'autre : 2,6 ± 0,1 œufs/femelle au point E, 2,8 ± 0,1 en au point K. La fécondité est sensiblement plus élevée en aval : 4,2 ± 0,2 œufs/femelle au point F. Cette année, le schéma « attendu » d'augmentation de la fécondité pendant les périodes de production printanière et automnale de l'espèce n'est pas observé.

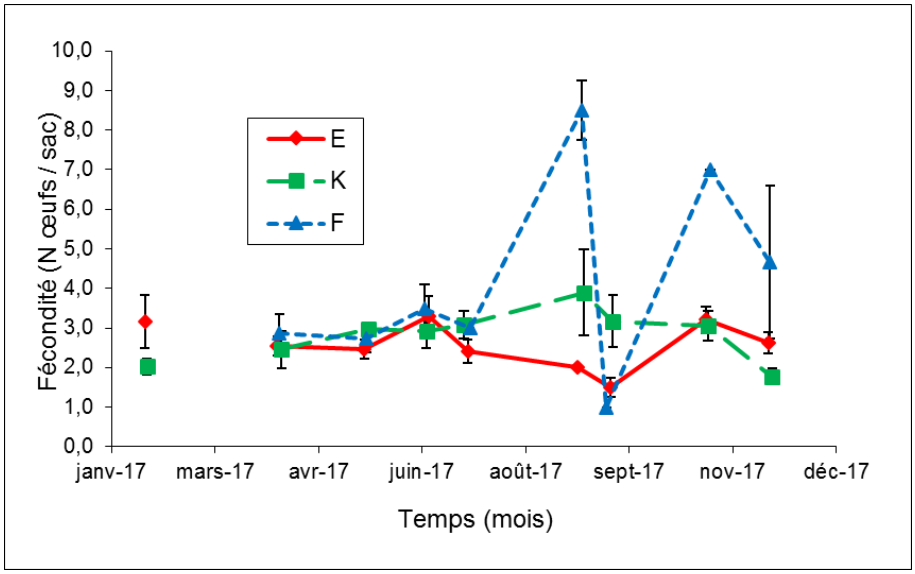


Figure B.4-21 : Evolution mensuelle de la fécondité (nombre d'œufs moyen/sac ovigère) des femelles du copépode *Eurytemora affinis* aux points F (PK 67), E (PK 52, rejet) et K (PK 30) au cours de l'année 2017 - Chaque point du graphique représente la valeur moyenne calculée sur 8 prélèvements au cours d'un demi-cycle de marée (4 en surface et 4 au fond) (± erreur standard)

En 2017 pour les trois points, la fécondité est à nouveau particulièrement faible par rapport à l'ensemble des précédentes années (ANNEXE 9 g).
Après une baisse continue de 1984 à 1987, le nombre d'œufs par sac ovigère tendait à se stabiliser de 1988 à 1991 aux différents points et même à remonter au point K. Puis une nouvelle tendance à la baisse est apparue de façon généralisée sur tous les points (stabilisation depuis 1994). Cette décroissance du nombre d'œufs peut être liée aux variations de la température de l'eau comme cela a été observé chez *E. affinis* tant en laboratoire (Poly & Castel, 1983) que sur le terrain (Castel & Feurtet, 1992 ; Hirche, 1992).

Mortalité

Le pourcentage moyen de mortalité est très faible tout au long de l'année sur l'ensemble de l'aire de répartition de l'espèce (Figure B.4-22**,** ANNEXE 9 h) : 0,6 ± 0,1 au point F, 0,4 ± 0,1 en E et 1,7 ± 0,4 en K. Ces valeurs restent pratiquement toute l'année en dessous de 1 % en zones médiane et aval.

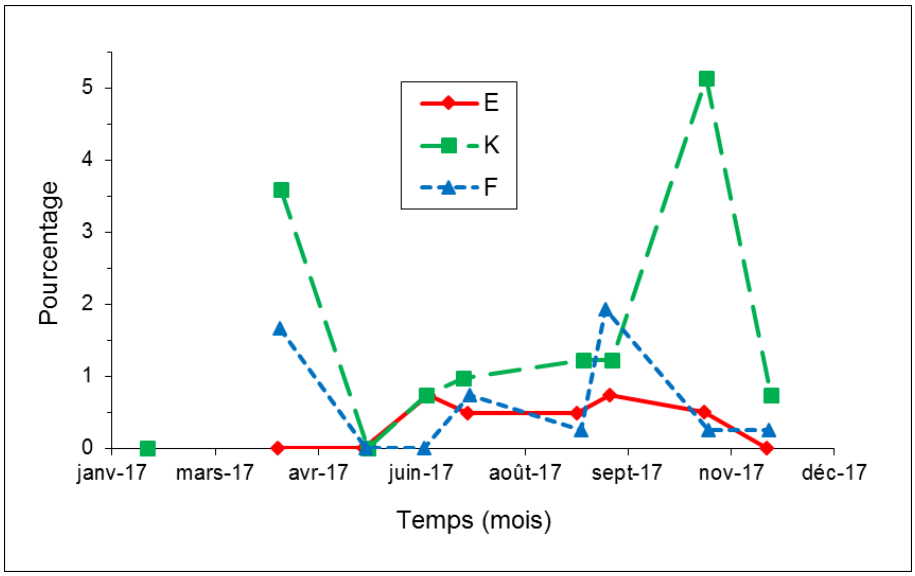


Figure B.4-22 : Evolution mensuelle du pourcentage de mortalité du copépode *Eurytemora affinis* aux points E (PK 52, rejet), F (PK 67) et K (PK 30) au cours de l'année 2017 - Chaque point du graphique représente la valeur moyenne calculée à partir de 4 prélèvements au cours d'un demi-cycle de marée (4 en surface et 4 au fond) (± erreur standard)

Les résultats obtenus indiquent qu'il n'y a pas de mortalité spécifique pouvant être associée à la proximité de la centrale au moment où les échantillonnages sont réalisés. Les stratégies d'échantillonnage et de test utilisées ne sont pas en mesure de vérifier si le fonctionnement de la centrale engendre un phénomène de surmortalité entre les périodes d'échantillonnage.

B.4.6 CONCLUSION

L'année 2017 est marquée par des abondances très faibles de l'espèce zooplanctonique dominante *Eurytemora affinis* et par un positionnement amont de la population en relation avec les très faibles débits de l'année. En amont le maintien des abondances estivales à des valeurs élevées est à rapprocher de la production estivale atypique observée dans l'estuaire fluvial.
La fécondité de l'espèce est à un niveau « bas », comme habituellement observé depuis le milieu des années 1990 et comparativement aux valeurs trouvées de 1979 à 1993.
Le pourcentage de mortalité déterminé pour cette espèce est cette année encore faible. Les valeurs obtenues permettent d'indiquer qu'il n'y a pas, au moment des périodes de prélèvement ou dans un passé très proche (quelques jours) de problèmes environnementaux aigus à proximité de la centrale. Les stratégies d'échantillonnage et de test utilisées ne sont pas en mesure de vérifier si le fonctionnement de la centrale engendre un phénomène de surmortalité entre les périodes d'échantillonnage.
Les abondances élevées observées depuis 1999, en période de production estivale, pour le copépode *A. tonsa* (espèce introduite) ne sont plus notées cette année qui marque un retour au niveau d'abondances antérieur à 1999. Le pic de développement estival de son espèce congénérique (*A. bifilosa*) est légèrement décalé, comme souvent observé, au point E où ces 2 espèces se développent.
Les deux espèces de mysidacés sont présentes dans l'estuaire sur toute la période d'échantillonnage, *Mesopodopsis slabberi* étant dominant et présentant cette année une période de production précoce.

Les faibles débits de 2017 ont aussi des conséquences sur la distribution spatiale de ces dernières espèces zooplanctoniques, pour lesquelles une distribution plus amont qu'habituellement est aussi observée : copépodes *Acartidae* et mysidacés.

C - SURVEILLANCE DU COMPARTIMENT BENTHIQUE

Pour ce compartiment, les intervenants sont les suivants :

Prélèvement	Analyse	Valorisation
Université Bordeaux	Université Bordeaux	Université Bordeaux

La surveillance du compartiment benthique repose sur le suivi de la macrofaune benthique en zones subtidale et intertidale. Pour chaque zone, la granulométrie du sédiment et les peuplements faunistiques sont analysés, et l'évolution temporelle des peuplements est étudiée.

C.1 MACROFAUNE BENTHIQUE SUBTIDALE

C.1.1 STRATEGIE DE SURVEILLANCE

Le suivi de la macrofaune benthique subtidale (zone immergée en permanence) est réalisé en 3 stations, situées hors du chenal de navigation de l'estuaire. L'une des stations, point E (PK 52) est située en regard du CNPE, à proximité des rejets thermiques de la centrale. Les deux autres stations point F (PK 67) et point K (PK 30) sont situées respectivement en aval et en amont du Point E.
Ces trois stations sont échantillonnées chaque mois entre avril et novembre, depuis 2004.

C.1.2 METHODOLOGIE

C.1.2.1 *Échantillonnage, Prélèvements*

Les stations subtidales sont situées à des profondeurs de 7 à 9 m à marée basse. Pour chaque station, des échantillons de sédiment sont prélevés à point fixe lors de l'étale de basse mer au moyen d'une benne Van Veen (5 réplicats de 0,1 m^2 de surface par station). Le tamisage du sédiment, la fixation et la bocalisation des refus de tamis sont, en général, effectués sur le pont du bateau. La macrofaune est extraite vivante du sédiment par tamisage de celui-ci sur maille carrée de 0,5 mm.
Lorsque le sédiment s'avère trop grossier et que le volume du refus de tamis est particulièrement important, le refus de tamis est consigné avec de l'eau prélevée sur le terrain dans une caisse hermétique, maintenue à l'abri du soleil et ramenée au laboratoire où celui-ci est directement soumis à l'étape I.2.3. Cette opération permet de ne pas détériorer les organismes benthiques, de garantir le tri de l'échantillon en conditions optimales, tout en évitant l'usage d'une grande quantité de formol ou

d'alcool qui rendrait problématique le transport de l'échantillon (risques d'inflammation pour l'alcool et risque pour la santé des personnels, en ce qui concerne le formol).
Pour chaque couple station/date, 2 carottes de sédiment superficiel (25 mm de diamètre x 3 cm de profondeur) sont prélevées à l'intérieur des bennes puis homogénéisées, pour analyse de la composition granulométrique du sédiment par diffraction laser au microgranulomètre Malvern (analyses réalisées par l'équipe Sédimentologie de l'UMR EPOC).

C.1.2.2 *Prétraitement des échantillons*

Conformément à la norme internationale ISO 16665 (ISO, 2005), les échantillons collectés sont conservés dans une solution d'eau de mer formolée à 4 %, neutralisée par du tétraborate de sodium. Le rose Bengale est utilisé afin de colorer les organismes vivants au moment du prélèvement afin de garantir un tri optimal.

C.1.2.3 *Analyse des échantillons subtidaux*

De retour au laboratoire, chaque échantillon est à nouveau délicatement rincé sur un tamis de vide de maille égal à 0,5 mm afin d'éliminer la solution de conservation puis les organismes sont séparés des particules non vivantes et stockés dans une solution d'éthanol à 70 % en attendant l'identification.
L'identification est réalisée sous loupe binoculaire. Les organismes sont identifiés jusqu'au niveau taxonomique le plus fin possible, en général l'espèce, puis dénombrés.
A l'issue de la phase d'identification et de dénombrement, les organismes sont conservés dans une solution d'éthanol à 70 %.
Les échantillons de sédiments sont analysés au sein de l'équipe Sédimentologie de l'UMR EPOC à l'aide d'un microgranulomètre laser Malvern.

C.1.2.4 *Traitement des données*

La partie analyse des peuplements faunistiques présente les données collectées au cours de la campagne de surveillance 2017. La partie évolution temporelle des peuplements faunistiques compare les données issues de la surveillance 2017 à celles acquises depuis le début de la surveillance afin de mettre en évidence d'éventuelles particularités de l'année de surveillance.
Pour la partie « analyse des peuplements faunistiques », la composition faunistique est analysée station par station, à partir de la somme des organismes collectés dans les différents échantillons acquis chaque mois à chaque station de surveillance au cours de l'année 2017. Ces données d'abondance d'espèces pour chaque couple station x date sont transformées en racine carrée afin de modérer l'importance des quelques espèces de petite taille pouvant présenter des abondances très élevées par rapport à des espèces de plus grande taille. Le coefficient d'association de Bray-Curtis est utilisé pour déterminer le niveau de similarité entre chaque mois. La matrice d'association ainsi obtenue est soumise à une Analyse en Coordonnées Principales (PCO) afin de visualiser les variations de composition faunistique au cours de l'année (c à d : entre chaque mois). Les principaux taxons associés aux variations observées sont identifiés comme les taxons dont les variations d'abondance sont corrélées (coefficient de corrélation de Spearman supérieur à 0,5) à l'un ou l'autre des premiers axes extraits par la PCO. L'ordination des mois sur l'espace définit par les premiers axes de la PCO permet de visualiser les principales variations de composition du peuplement au cours de l'année.

Pour l'étude de l'évolution temporelle des peuplements, dont l'objectif est de mettre en évidence d'éventuelles variations entre les années de surveillance, les comparaisons sont effectuées à partir de la position des centroïdes de chaque année sur la PCO réalisée précédemment. Cette méthode permet, à partir d'une nouvelle Analyse en Coordonnées Principales réalisée, cette fois, sur la matrice des distances entre centroïdes obtenues sur une première PCO, de représenter le niveau de similarités entre les années en intégrant les variations saisonnières. En effet, la matrice des distances entre centroïdes est obtenue sur une première PCO réalisée à partir de l'ensemble des données mensuelles acquises depuis le début de la surveillance à la station étudiée. A partir de la position de chaque date d'échantillonnage (couple mois x année) sur cette première PCO, la position médiane d'une année est obtenue comme le centroïde du nuage de points formés par les différentes dates d'échantillonnage d'une année. Les données d'abondance de chaque couple mois x année sont préalablement transformées en racine carrée et la similarité entre chaque couple mois x année puis soumis à une analyse en coordonnées principales. A partir des coordonnées des couples mois x année, la procédure a consisté à calculer les distances entre les centroïdes correspondant à chaque année sur cette PCO. Les distances entre années ainsi obtenues incluent les variations mensuelles du peuplement benthique observé au cours de chaque année. Ces distances sont ensuite visualisées sur l'espace défini par une seconde PCO réalisée sur cette matrice de distances entre années, plus précisément, entre les centroïdes de chaque année.

C.1.3 ANALYSES GRANULOMETRIQUES DU SEDIMENT

C.1.3.1 *PK 67 - Point F*

Les sédiments du point F apparaissent très variables tant au cours d'une année, qu'à l'échelle pluriannuelle, sans qu'il soit possible de relier ces variations à des variations saisonnières ou/et à une variabilité spatiale de la couverture sédimentaire sur ce site. Pour 2017, les sédiments consistent en des sables très envasés dont la teneur en particules fines tend à diminuer au cours de l'année, notamment à compter de juin-juillet où les sédiments consistent en des sables légèrement envasés. Un ré-envasement du site est néanmoins observé en septembre suivi, pour les deux derniers mois de la surveillance, par des sédiments à nouveau sableux (Figure C.1-1).

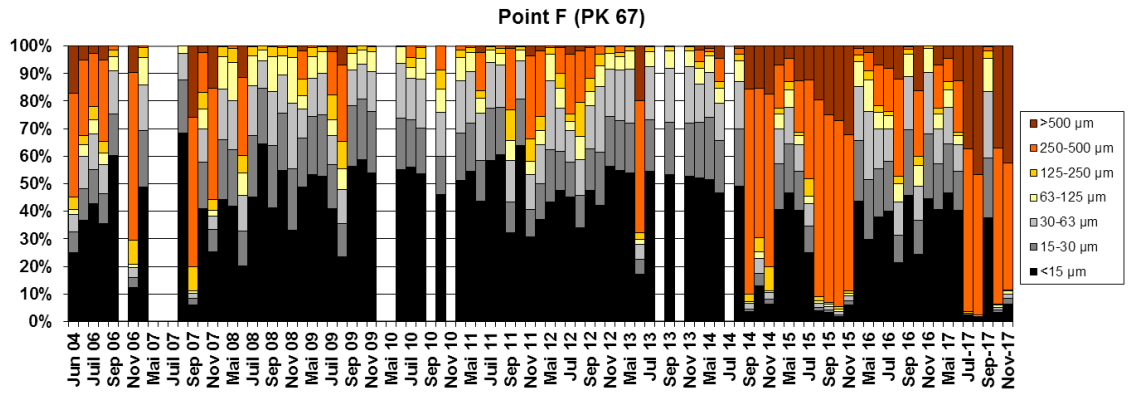


Figure C.1-1 : Composition granulométrique des sédiments au point F et évolution au cours de la surveillance

C.1.3.2 *PK 52 - Point E*

La composition granulométrique des sédiments au point E est en général plus constante que ce qui est observé au point plus aval (point F). Les sédiments correspondent en général à des sédiments vaseux dont la teneur en particules fines (<63 µm) est de l'ordre de 70 à plus de 90 %. De manière plus ponctuelle, des sédiments sableux sont observés sur le site. En 2017, des sédiments sableux sont observés au mois de septembre, alors que les échantillons des autres campagnes de l'année 2017 correspondent à des sédiments vaseux dont la teneur en particules fines était supérieure à 70 %. Ce phénomène a déjà été observé avec une plus grande ampleur en 2009-2011 et 2014 (Figure C.1-2).

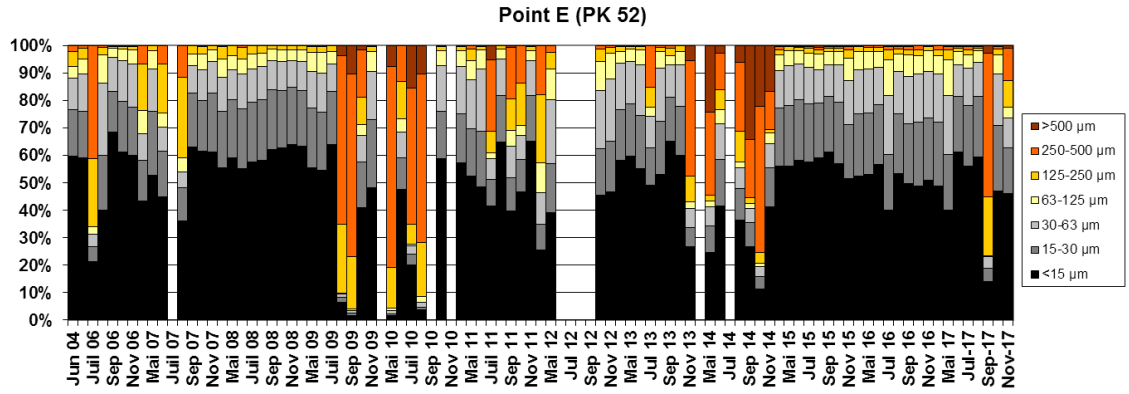


Figure C.1-2 : Composition granulométrique des sédiments au point E et évolution au cours de la surveillance

C.1.3.3 *PK 30 - Point K*

Depuis le début de la surveillance, la composition granulométrique des sédiments au PK 30 correspond majoritairement à des sables plus ou moins envasés en fonction des années et des saisons : la teneur en particules fines (<63 µm) fluctue la majorité du temps entre 8 et 40 %. Au cours de l'année 2017, ces sables présentent un taux de particules fines plus élevé durant la période estivale que le reste de l'année mais ils restent globalement similaires à ce qui est habituellement observé sur ce site depuis 2004 (Figure C.1-3).

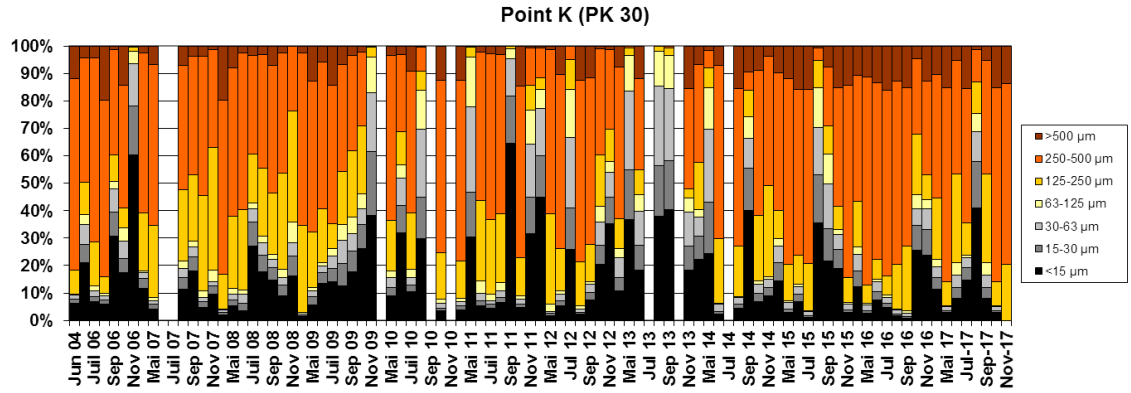


Figure C.1-3 : Composition granulométrique des sédiments au point K et évolution au cours de la surveillance

C.1.4 ANALYSE DES PEUPLEMENTS FAUNISTIQUES

C.1.4.1 *Point F (PK 67)*

C.1.4.1.1 Composition faunistique

Au total, 11 taxons ont été identifiés parmi les 452 organismes récoltés sur cette station au cours du suivi 2017.

Les espèces les plus fréquemment observées au point F au cours du suivi 2017 sont : *Heteromastus filiformis* et *Streblospio shrubsolii* pour les annélides polychètes ; *Mesopodopsis slaberri*, *Neomysis integer* ainsi qu'*Eurydice pulchra* et *Cyathura carinata*, pour les crustacés (ANNEXE 10 a).

C.1.4.1.2 Dynamique saisonnière de la composition du peuplement

La Figure C.1-4 illustre le niveau de similarité de peuplement benthique entre les différentes dates d'échantillonnage. Elle permet de représenter à quel point la composition de la faune benthique a varié d'une date à l'autre au point F au cours de l'année 2017. Comme le montrent les résultats de cette analyse en coordonnées principales (PCO) réalisée sur les données faunistiques (Figure C.1-4), les principales variations temporelles du peuplement benthique observées au point F sont liées à une raréfaction des principaux taxons composants habituellement le peuplement benthique au cours des mois de juin, juillet et août et une abondance relativement élevée d'*Eurydice* (crustacés isopode) à partir du mois de juin (Figure C.1-4 et Figure C.1-5). Ces taxons sont indiqués sur la Figure C.1-4 comme les taxons les plus corrélés au premier axe de la PCO (Figure C.1-4, Figure C.1-5). Ce premier axe extrait à lui seul plus des deux tiers de la variation totale observée dans le jeu de données.

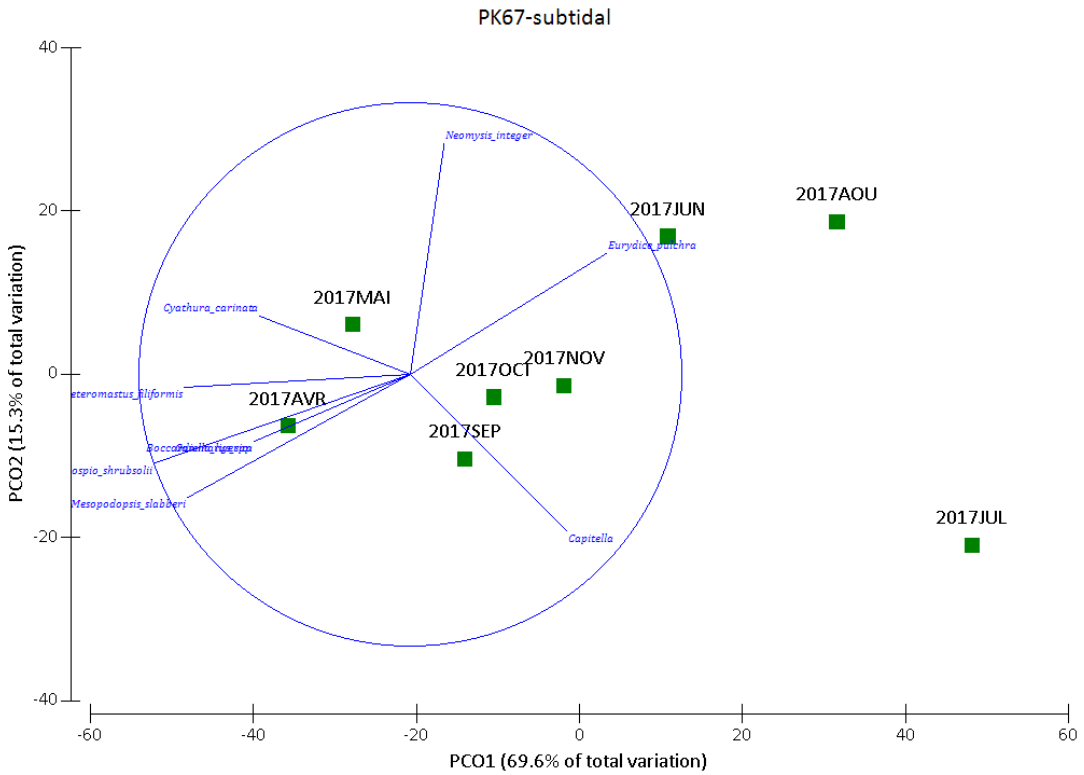
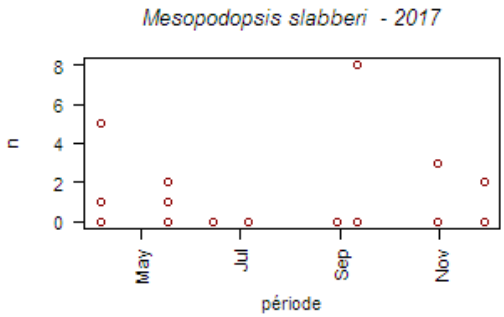
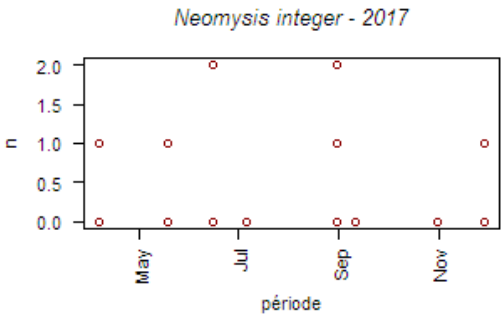
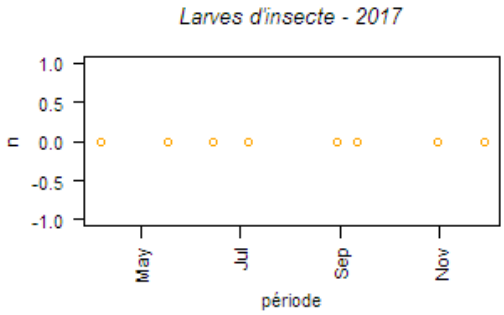


Figure C.1-4 : Ordination des Points-Dates au point F selon les deux premiers axes extraits par Analyse en Coordonnée Principale (PCO) appliquée à la matrice de ressemblance (coefficient de Bray-Curtis) basée sur la composition et l'abondance de la faune benthique au point F pour chaque date. Les principaux taxons impliqués

dans la séparation des Points-Dates sont indiqués en bleu sur le cercle de corrélation. Seuls les taxons montrant un coefficient de corrélation de Spearman supérieur à 0,5 avec l'un des deux axes de la PCO sont représentés. La position du cercle de corrélation est arbitraire. Seule la longueur des segments et leur direction par rapport aux axes sont importantes dans l'interprétation.







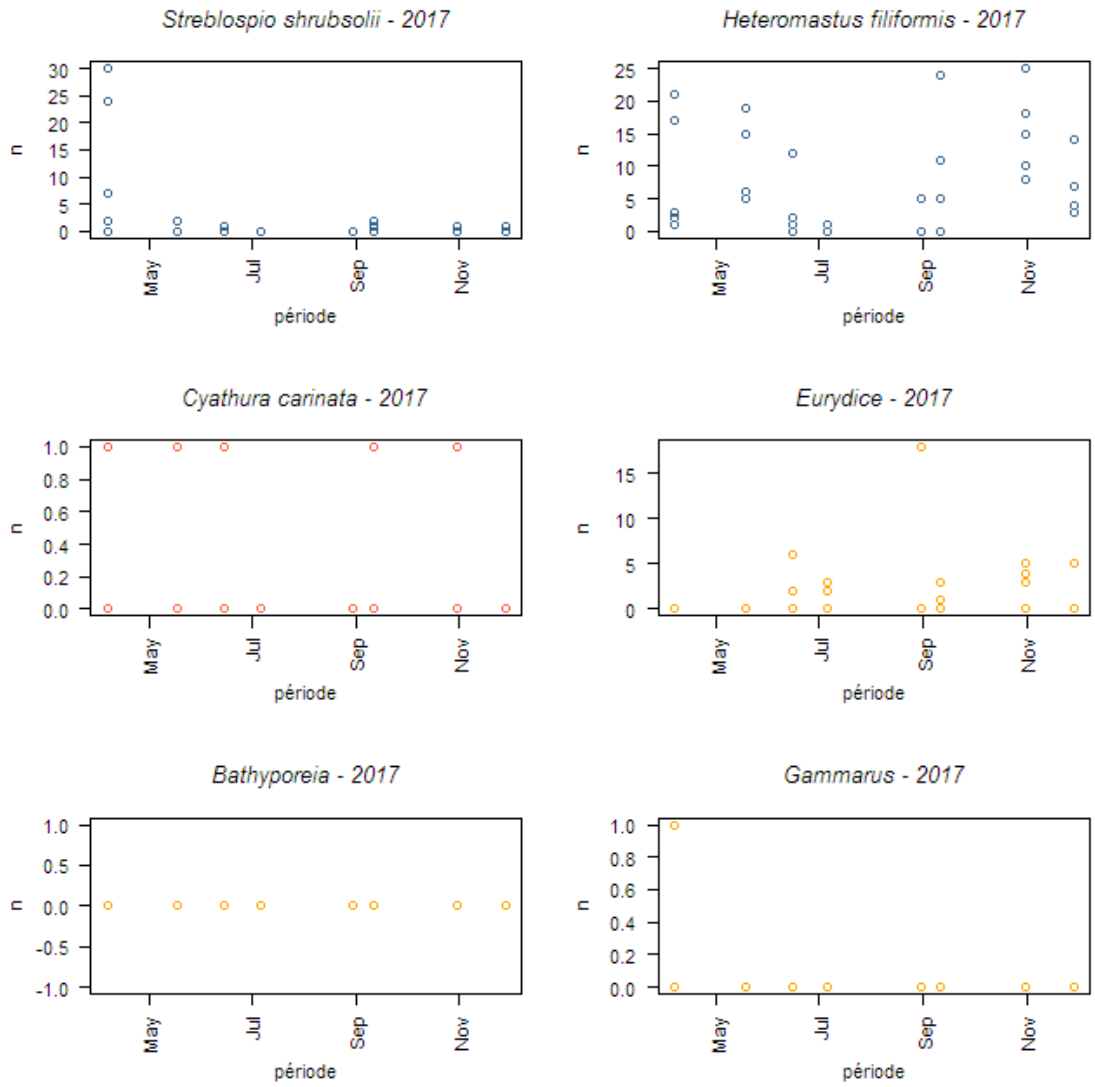


Figure C.1-5 : Dynamique saisonnière 2017 des principaux taxons de la faune benthique au point F

C.1.4.1.3 Diversité taxonomique

Sur l'ensemble de la surveillance 2017, 11 taxons au total, ont été identifiés au point F. Le nombre de taxons retrouvés par échantillon fluctue entre 0 (échantillon dépourvu de faune benthique) à 5 taxons au maximum (Figure C.1-6). Le nombre de taxons récoltés par échantillon semble avoir été plus faible lors des mois de juillet et d'août à cette station (Figure C.1-6).

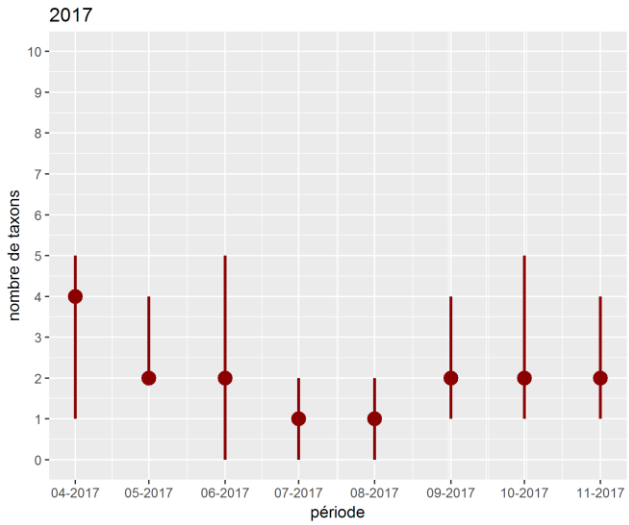


Figure C.1-6 : Dynamique saisonnière du nombre de taxons identifiés dans les échantillons du point F. Les points correspondent aux valeurs médianes, les barres figurent les valeurs minimales et maximales.

C.1.4.1.4 Abondance de la faune benthique

Au total, 452 organismes ont été collectés au cours de la surveillance 2017, ce qui correspond à une densité moyenne annuelle de 113 individus par m². Les densités les plus faibles, inférieures à 100 individus par m², ont été observées durant la période de juin à août 2017 ainsi qu'en novembre (Figure C.1-7).

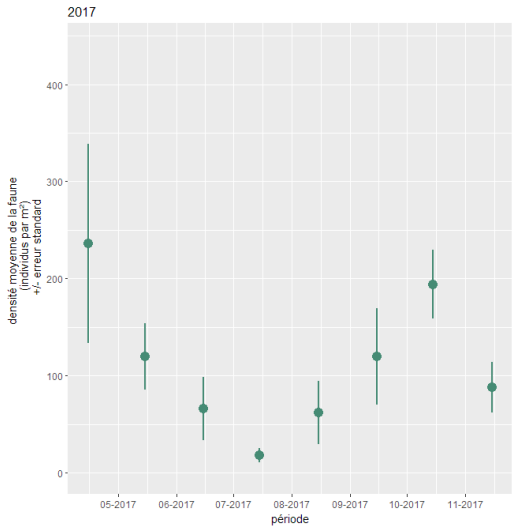


Figure C.1-7 : Dynamique saisonnière de la densité de la faune benthique (individus par m²) au point F. Les points correspondent aux valeurs moyennes, les barres figurent la moyenne + ou – 1 erreur standard à la moyenne.

C.1.4.2 *Point E (PK 52)*

C.1.4.2.1 Composition faunistique

Sur l'ensemble de la surveillance 2017, 8 taxons ont été identifiés au point E.
Les taxons les plus fréquemment retrouvés sont des annélides oligochètes, appartenant très probablement majoritairement à l'espèce *Tubificoides heterochaetus* ainsi que des crustacés suprabenthiques : les mysidacés *Mesopodopsis slaberri* et, dans une moindre mesure, *Neomysis integer* (ANNEXE 10 b) Les annélides polychètes sont peu représentés

au point E, l'espère *Boccardiella ligerica* n'ayant été retrouvée, qu'en faible abondance en avril et octobre.

C.1.4.2.2 Dynamique saisonnière de la composition du peuplement

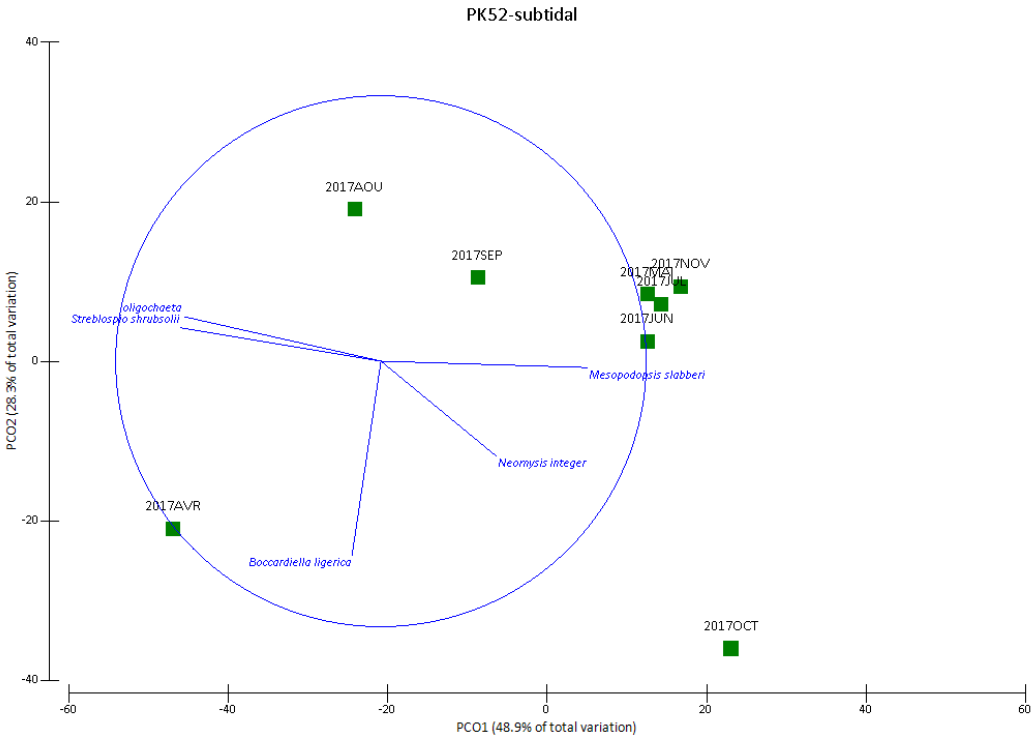


Figure C.1-8 : Ordination des Points-Dates au point E selon les deux premiers axes extraits par Analyse en Coordonnée Principale (PCO) appliquée à la matrice de ressemblance (coefficient de Bray-Curtis) basée sur la composition et l'abondance de la faune benthique au point E pour chaque date.

La Figure C.1-8 illustre le niveau de similarité de peuplement benthique entre les différentes dates d'échantillonnage au moyen d'une analyse en Coordonnées Principales (PCO) réalisée sur les données de l'année 2017. Elle permet de représenter à quel point la composition de la faune benthique a varié d'une date à l'autre au point E. Cette figure montre que les principales variations de la composition du peuplement benthique, représentées sur le premier axe de la PCO (PCO1, qui explique presque 50 % des variations saisonnières) au point E sont dues aux fluctuations d'abondances des oligochètes et du polychète *Streblospio shrubsolii* ainsi que celles du Mysidacé *Mesopodopsis slabberi* (mais aussi, dans une moindre mesure, celles de *Neomysis integer*) (Figure C.1-8). Les deux annélides présentent des abondances plus élevées en avril, août et septembre et des abondances de mysidacés plus faibles qu'au cours des autres mois. Le mois d'avril se distingue également par la présence de *Boccardiella ligerica*, également présent au mois d'octobre. Le reste de l'année, le peuplement benthique est surtout caractérisé par une abondance relativement plus importante des mysidacés (Figure C.1-9).

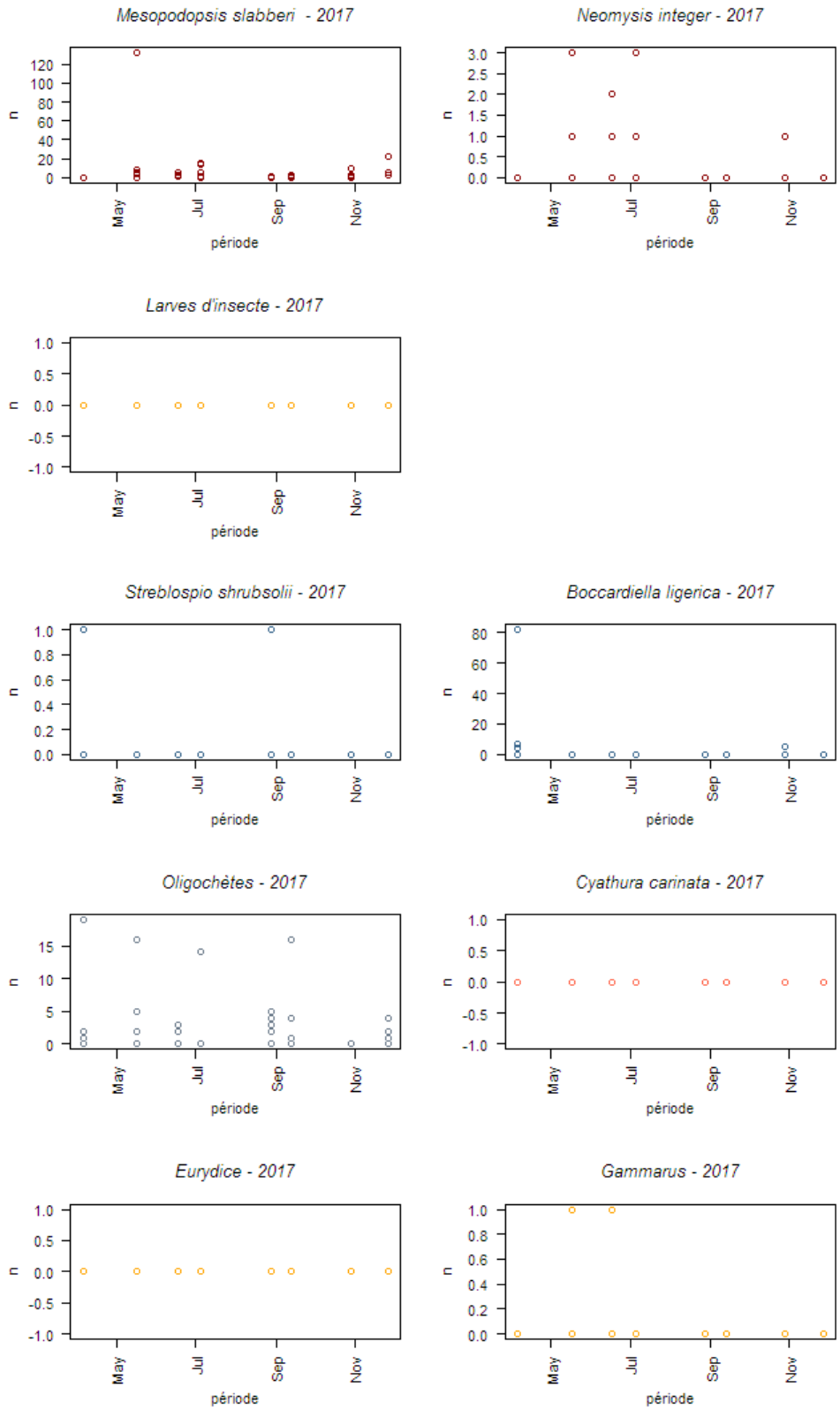


Figure C.1-9 : Dynamique saisonnière 2017 des principaux taxons de la faune benthique au point E

C.1.4.2.3 Diversité taxonomique

Sur l'ensemble de la surveillance 2017, 8 taxons au total, ont été identifiés au point E. Le nombre de taxons retrouvé par échantillon fluctuait entre 0 (échantillon dépourvu de faune benthique) et 4 taxons au maximum (Figure C.1-10). Le nombre de taxons récoltés par échantillon est très faible et ne permet pas, à l'échelle de l'échantillon, de distinguer une saisonnalité marquée bien qu'il semble que le nombre de taxon par échantillon ait diminué à partir du mois de Juillet (Figure C.1-10).

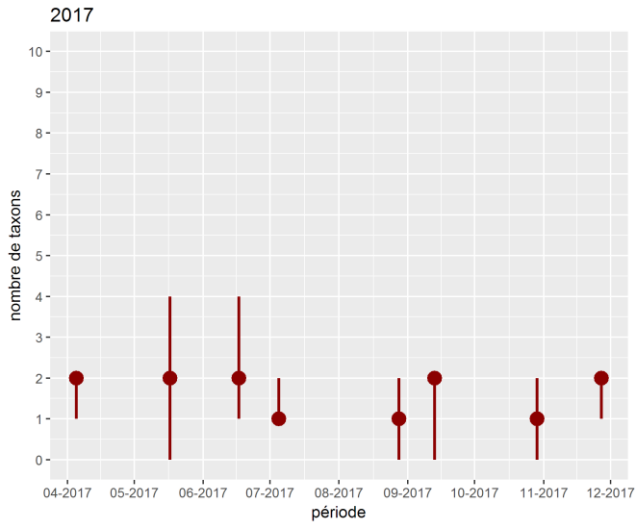


Figure C.1-10 : Dynamique saisonnière du nombre de taxons identifiés dans les échantillons du point E. Les points correspondent aux valeurs médianes, les barres figurent les valeurs minimales et maximales.

C.1.4.2.4 Abondance de la faune benthique

Pour 2017, l'abondance de la faune benthique est en moyenne plus élevée mais également plus variable en début de surveillance (avril et mai) qu'au cours des mois suivants, avec des abondances supérieures, en moyenne, à 200 individus par m² (Figure C.1-11). Les mois suivants sont caractérisés par des niveaux d'abondance très faibles, en général inférieurs à 100 individus par m² (Figure C.1-11).

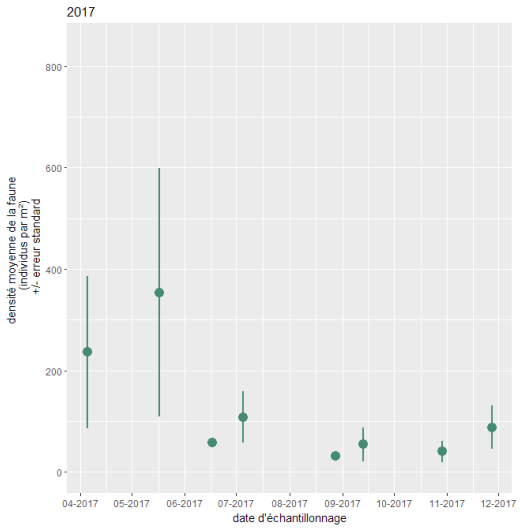


Figure C.1-11 : Dynamique saisonnière de la densité de la faune benthique (individus par m²) au point E. Les points correspondent aux valeurs moyennes, les barres figurent la moyenne + ou – 1 erreur standard à la moyenne.

C.1.4.3 *Point K (PK 30)*

C.1.4.3.1 Composition faunistique

La faune benthique était extrêmement clairsemée au point K en 2017, la plupart des taxons n'ont été échantillonnés qu'occasionnellement, en faible abondance. Les taxons les plus courants sont cependant les crustacés amphipodes du genre *Gammarus*, en très grande majorité l'espèce *Gammarus zaddachi*, des mysidacés (*Neomysis integer* et *Mesopodopsis slabberi*) ainsi que des larves d'insectes (ANNEXE 10 c).

C.1.4.3.2 Dynamique saisonnière de la composition du peuplement

La Figure C.1-12 illustre le niveau de similarité de peuplement benthique entre les différentes dates d'échantillonnage au point K. Elle permet de représenter à quel point la composition de la faune benthique a varié d'une date à l'autre. Cette analyse en Coordonnées Principales réalisée sur les données de l'année 2017 indique que la composition de la faune benthique à la station a fluctué au cours de la surveillance (Figure C.1-12). Néanmoins, interpréter ces fluctuations comme un signal saisonnier à cette station est sans doute hasardeux étant donné les très faibles effectifs recensés sur cette station (Figure C.1-13).

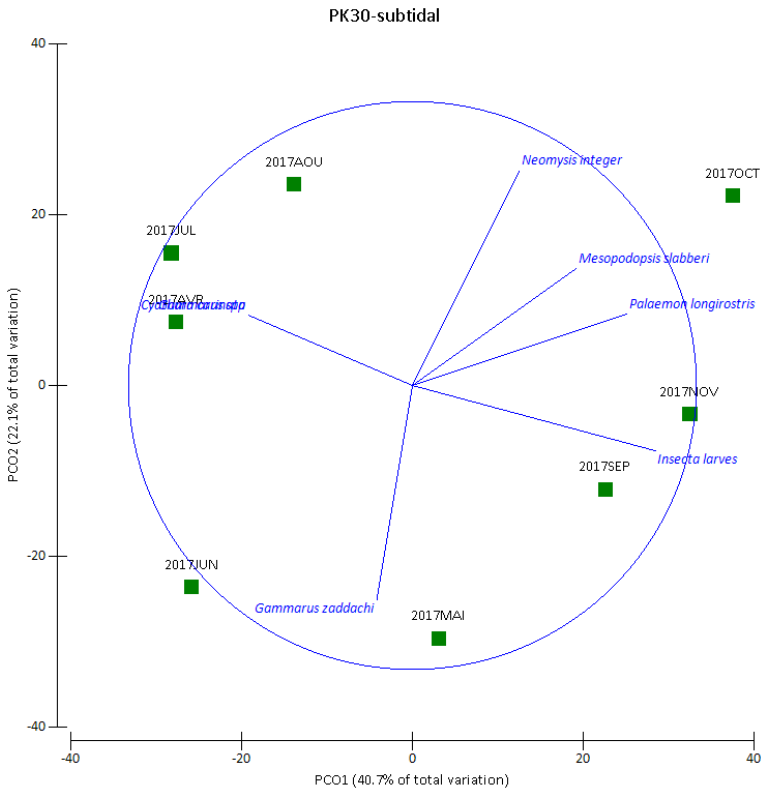


Figure C.1-12 : Ordination des Points-Dates au point K selon les deux premiers axes extraits par Analyse en Coordonnée Principale (PCO) appliquée à la matrice de ressemblance (coefficient de Bray-Curtis) basée sur la composition et l'abondance de la faune benthique au point K pour chaque date.

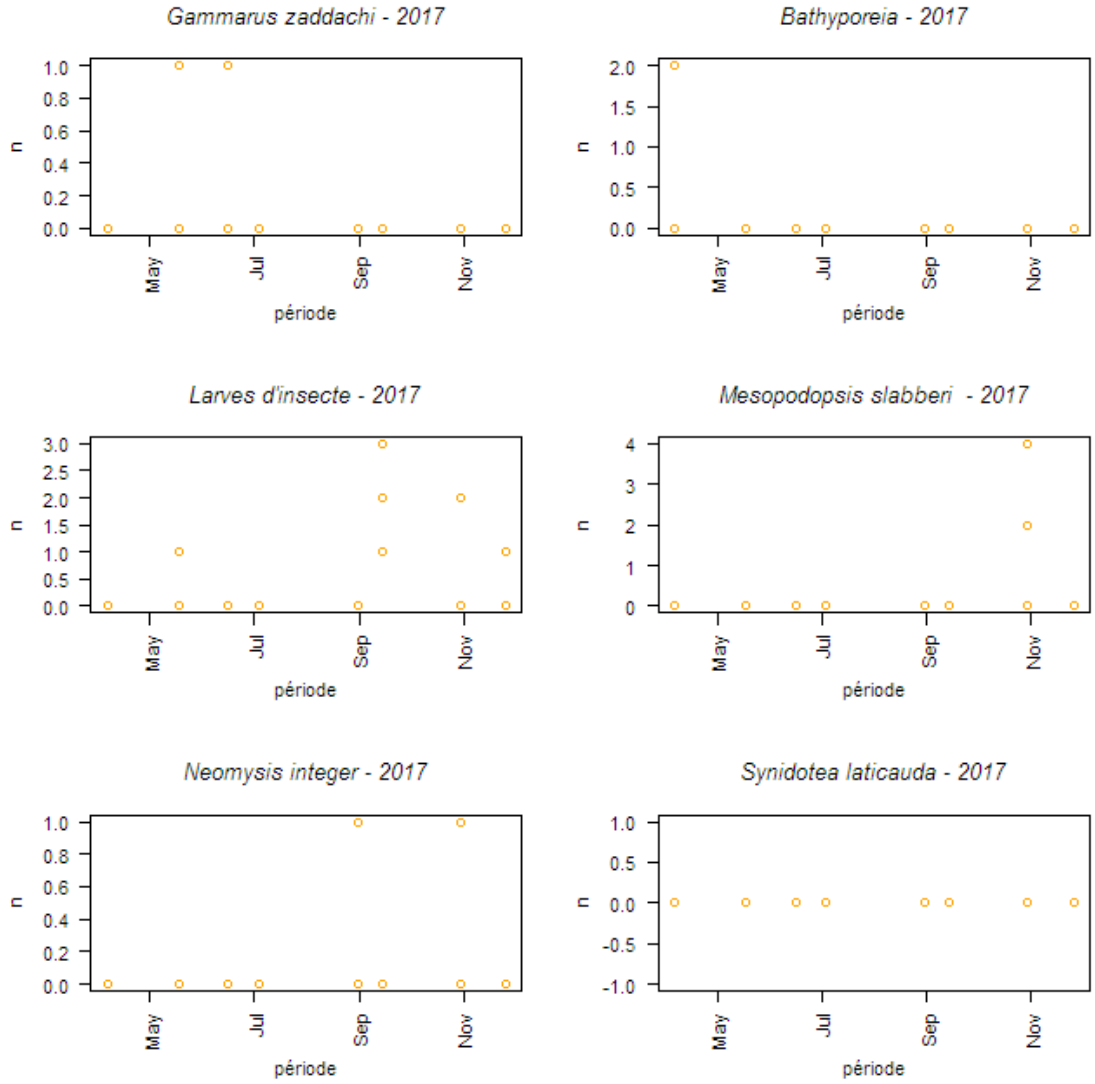


Figure C.1-13 : Dynamique saisonnière 2017 des principaux taxons de la faune benthique au point K

C.1.4.3.3 Diversité taxonomique

Au total, 9 taxons ont été identifiés au point K, au cours de la surveillance 2017. Le nombre médian de taxons retrouvés par échantillon est extrêmement faible, il ne fluctue entre aucun et 2 taxons au maximum, tout au long de l'année, sans variations saisonnières appréciables (Figure C.1-14).

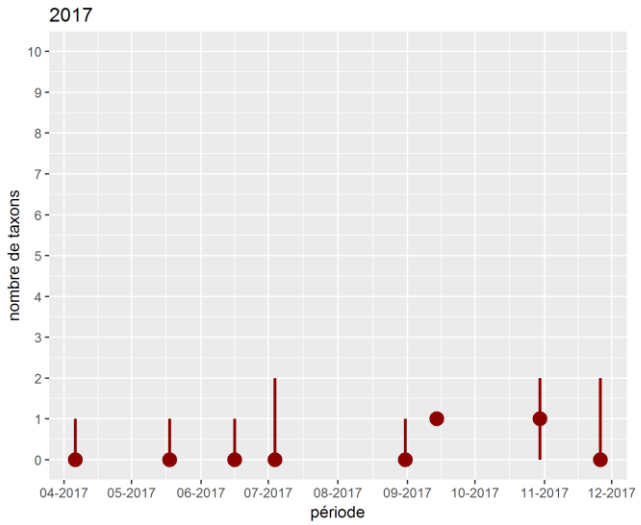


Figure C.1-14 : Dynamique saisonnière du nombre de taxons identifiés dans les échantillons du point K. Les points correspondent aux valeurs médianes, les barres figurent les valeurs minimales et maximales.

C.1.4.3.4 Abondance de la faune benthique

Au total, seuls 32 organismes ont été récoltés sur cette station au cours du suivi 2017. Cette valeur correspond à une densité moyenne annuelle, extrêmement faible, inférieure à 10 individus par m². Le niveau d'abondance est resté très faible toute l'année malgré des densités légèrement plus élevées, mais qui restaient variables en fin d'année (septembre à novembre) (Figure C.1-15).

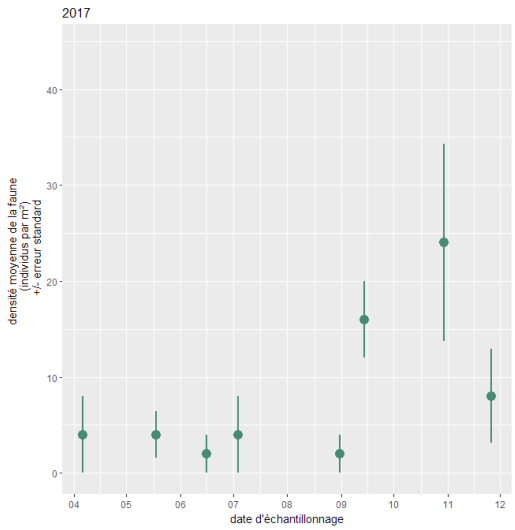


Figure C.1-15 : Dynamique saisonnière de la densité de la faune benthique (individus par m²) au point K. Les points correspondent aux valeurs moyennes, les barres figurent la moyenne + ou – 1 erreur standard à la moyenne.

C.1.5 EVOLUTION TEMPORELLE DES PEUPLEMENTS SUBTIDAUX

C.1.5.1 *Point F (PK67)*

C.1.5.1.1 Composition faunistique

Depuis le début de la surveillance de cette station, les principaux taxons les plus régulièrement échantillonnés sont les annélides polychètes *Heteromastus filiformis* et *Streblospio shrubsolii*, les deux crustacés mysidacés *Mesopodopsis slaberri* (principalement) et *Neomysis integer* (moins régulièrement que le précédent) ainsi que le crustacés isopode *Cyathura carinata* (Figure C.1-17). Au cours de l'année 2017, la composition taxonomique de la faune au point F était globalement similaire à ce qui est observé habituellement, les mêmes espèces restant les mieux représentées tout au long du suivi (ANNEXE 10 a). La seule originalité de l'année 2017 est la présence ponctuelle d'*Eurydice* en (relativement) forte abondance à partir du mois de juin. L'Analyse en Coordonnées Principales réalisée sur les centroïdes des différentes années de la surveillance confirme que la composition du peuplement benthique et l'abondance des espèces de l'année 2017 ne diffèrent pas de ce qui a été observé au cours des années précédentes (Figure C.1-16). En effet le point 2017 se situe dans la partie centrale du nuage de points-années défini par les deux premiers axes de la PCO qui expliquent plus des deux tiers des variations faunistiques interannuelles (Figure C.1-16 et Figure C.1-17).

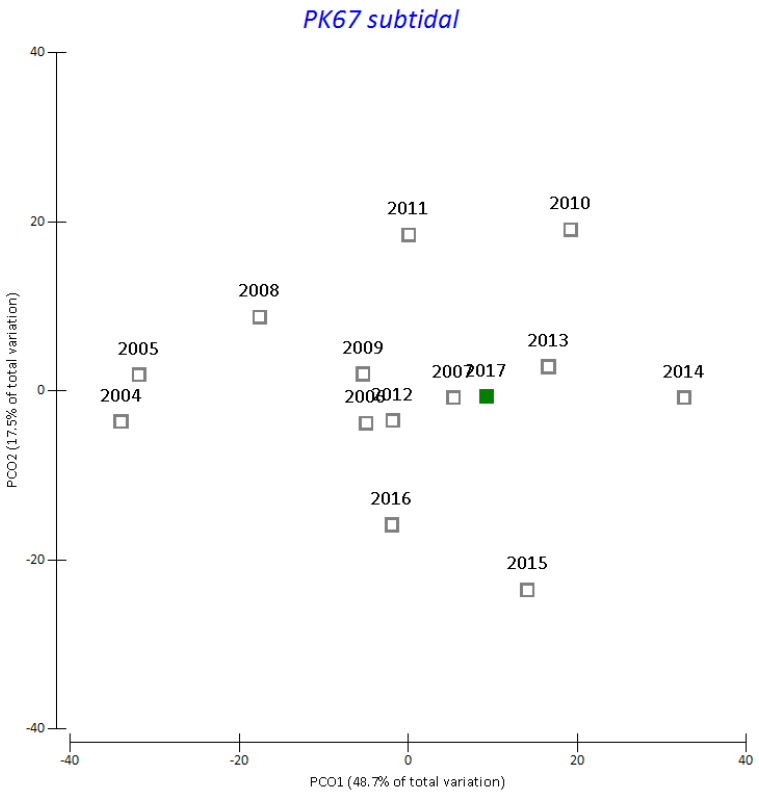


Figure C.1-16 : Comparaison de la composition du peuplement benthique au point F au cours de la surveillance 2017 à celle observée au cours des précédentes campagnes de suivi au moyen d'une Analyse en Coordonnées Principales (PCO) réalisée sur les centroïdes de chaque année de suivi. La position de chaque centroïde prend en compte la variabilité mensuelle du peuplement.

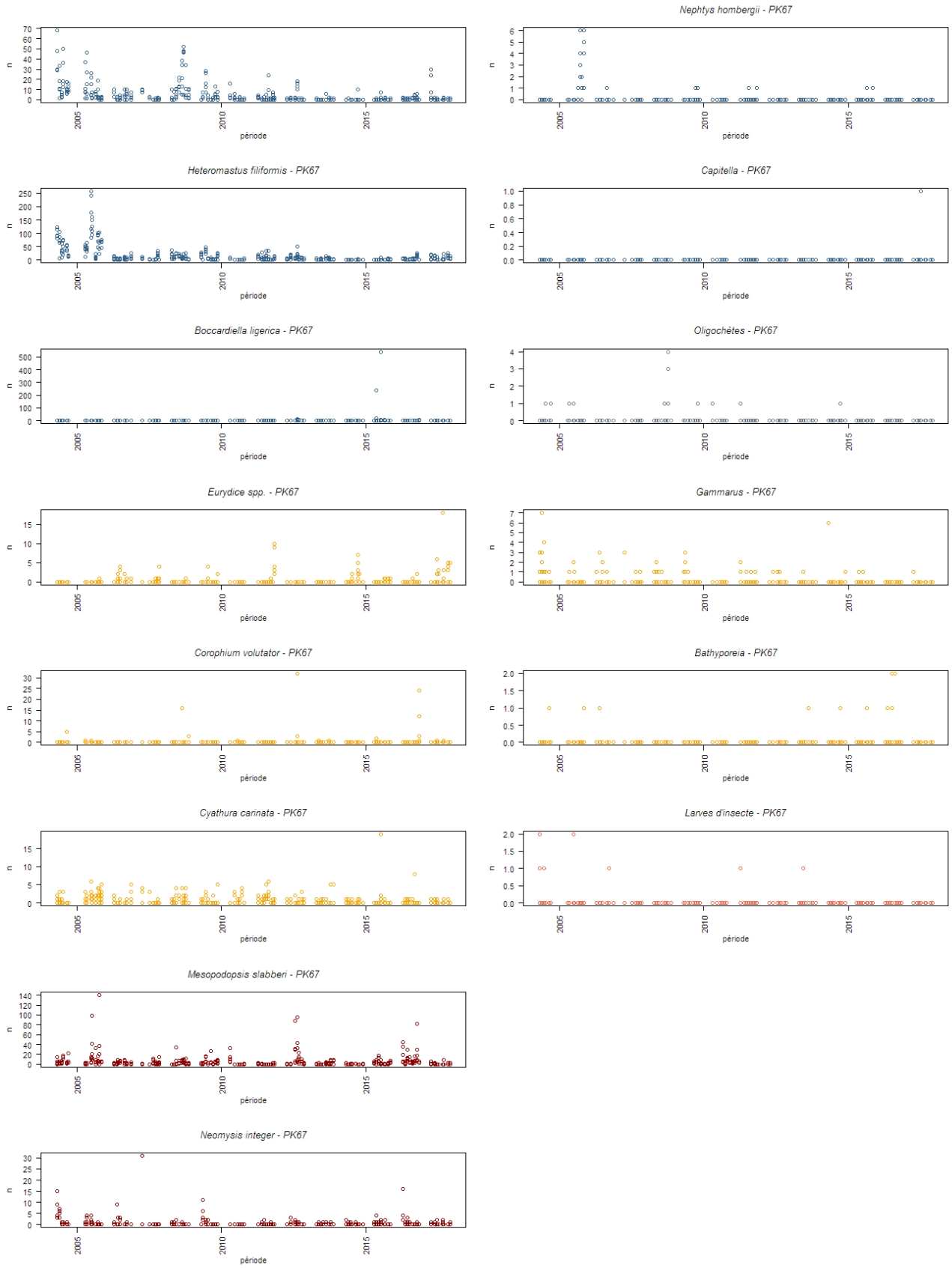


Figure C.1-17 : Abondance (n, nombre d'individus par échantillon) des principaux taxons d'annélides au point F

C.1.5.1.2 Diversité taxonomique

Un total de 36 taxons différents a été identifié dans les échantillons de cette station depuis le début de la surveillance. En comparaison avec les années précédentes, le nombre d'espèces échantillonnées en 2017 est plutôt modéré notamment par rapport au début de la série où le nombre médian de taxon par échantillon était légèrement supérieur (entre 3 et 8 taxons par échantillon en 2004 ; entre 0 et 5 taxons par échantillon en 2017,Figure C.1-18). Néanmoins, par rapport à la médiane des valeurs de l'ensemble de la série chronologique, les valeurs de diversité mensuelles obtenues restent tout à fait proches de celles mesurées sur l'ensemble de la série à l'exception des mois de mai, juillet et août avec un nombre de taxons plus faible que ce qui est habituellement observé à ces périodes-là mais compensé par des valeurs plutôt élevées en avril et novembre (Figure C.1-19). La comparaison avec le nombre total de taxons collecté sur l'ensemble du suivi de chaque année (Figure C.1-20), montre que l'année 2017 correspond à une année où la diversité totale mesurée au point F est dans la médiane de ce qui a été observé jusqu'à présent, les années de relativement forte richesse taxonomique étant les années 2004-2006, 2013 et 2015-2016.

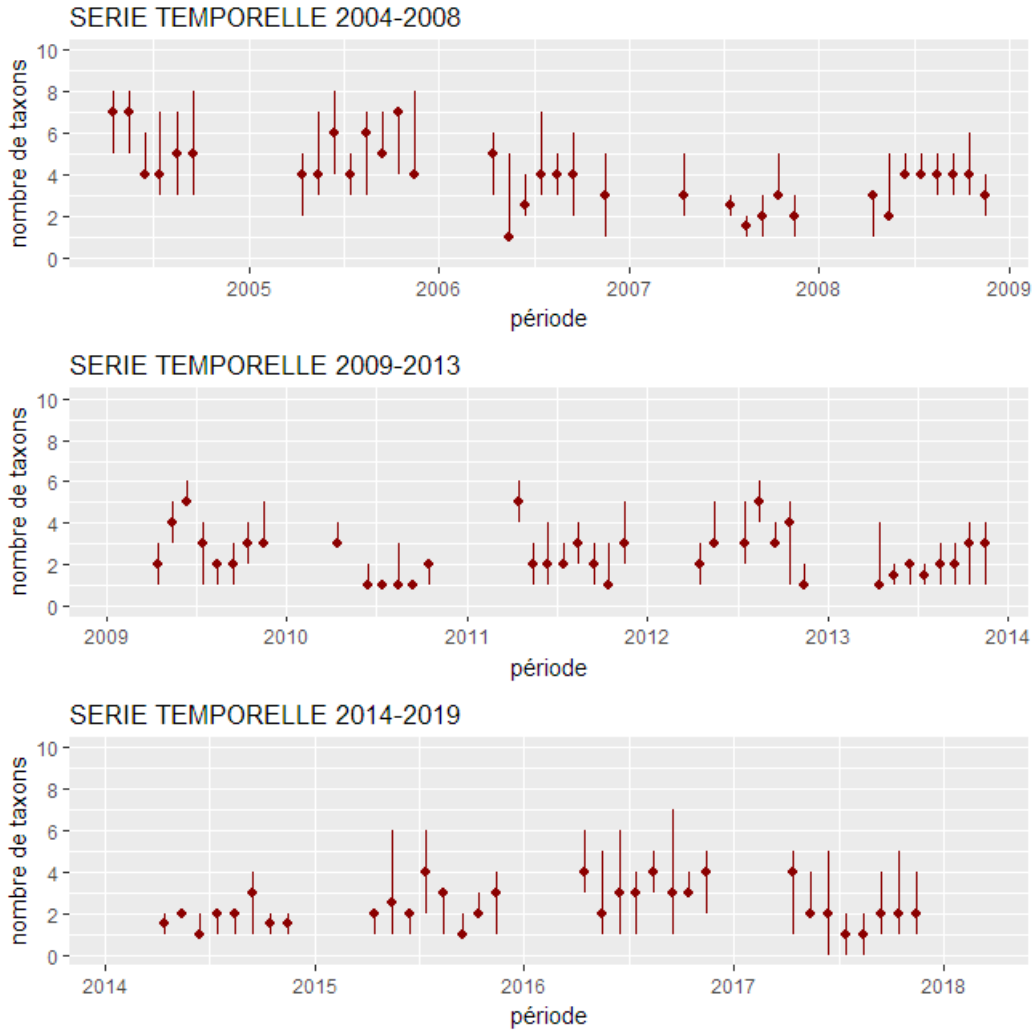


Figure C.1-18 : Evolution pluriannuelle du nombre de taxons identifiés dans les échantillons du point F. Les points correspondent à la valeur médiane, les barres figurent les valeurs minimales et maximales pour chaque mois.

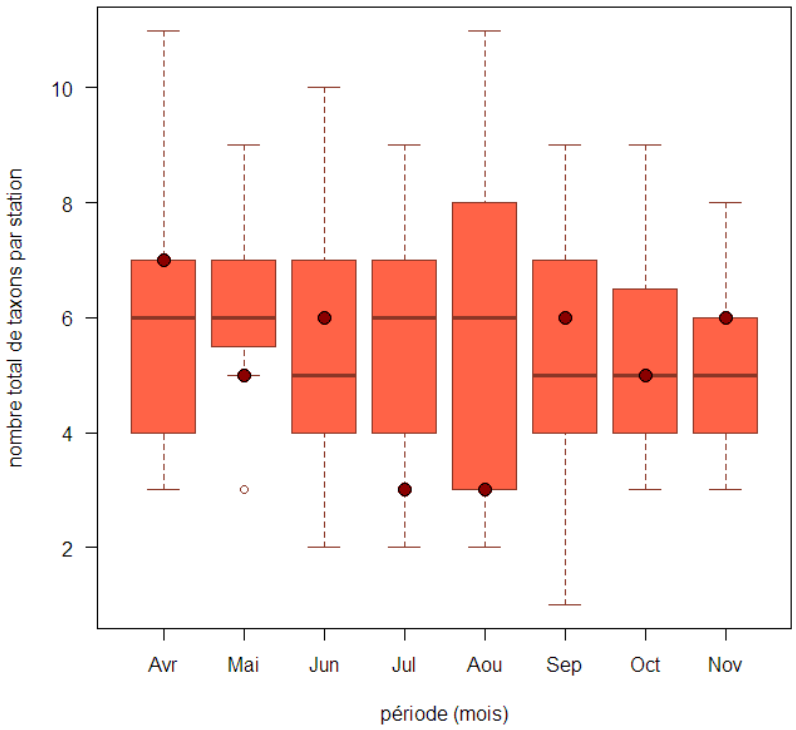


Figure C.1-19 : Comparaison de la diversité observée sur l'ensemble du point F chaque mois en 2017 (points rouges foncés) par rapport à la diversité stationnelle mesurée chaque mois sur l'ensemble de la série chronologique (2004-2016, boîtes à moustaches). Les valeurs indiquées sont : la médiane (barres horizontales), l'espace entre le premier (Q1) et le troisième quartile (Q3) de la distribution (enveloppe), les moustaches (en tirets) s'étendent jusqu'aux valeurs maximales (ou minimales) comprises entre la valeur Q3+1,5 fois la distance interquartiles (ou Q1-1,5 fois la distance interquartiles). Les autres valeurs (celles qui sont hors de l'espace défini par les moustaches) sont indiquées par des symboles circulaires vides et considérées comme des valeurs extrêmes (*outliers*).

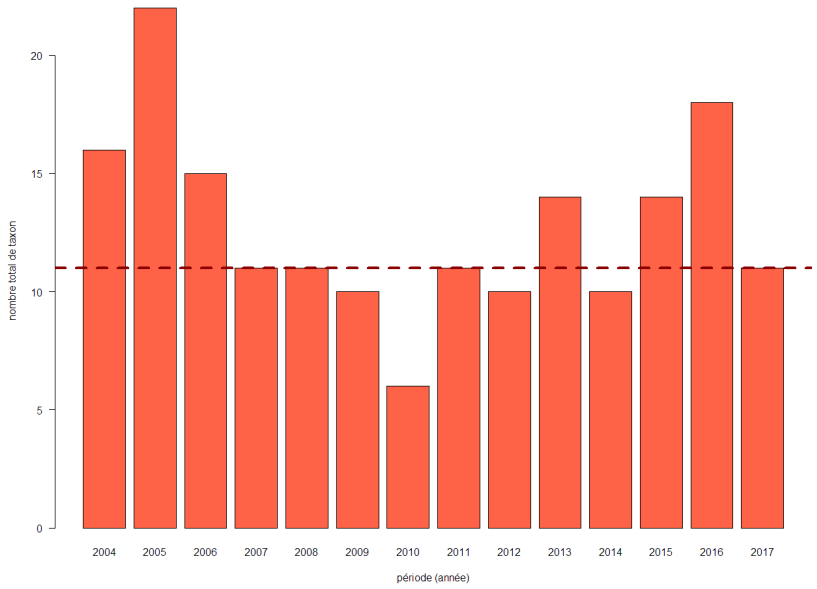


Figure C.1-20 : Comparaison de la diversité totale observée sur l'ensemble de l'année 2017 au point F (tiret rouges foncés) par rapport à celle mesurée sur chaque année de la série chronologique.

C.1.5.1.3 Abondance de la faune benthique

Avec des niveaux de densité inférieurs à 400 individus par m², l'année 2017 fait partie des années où la faune benthique au point F est restée peu abondante tout au long de l'année. Des abondances nettement plus élevées ont été mesurées notamment en 2004 et 2005 ; ainsi que, dans une moindre mesure, en 2008, 2009, 2012 et 2015 (Figure C.1-21). L'année 2017 correspond donc à une année de faible densité en ce qui concerne le peuplement benthique du point F. Des niveaux particulièrement faibles de densités, par rapport aux années précédentes, ont été mesurés en mai et juin (Figure C.1-22).

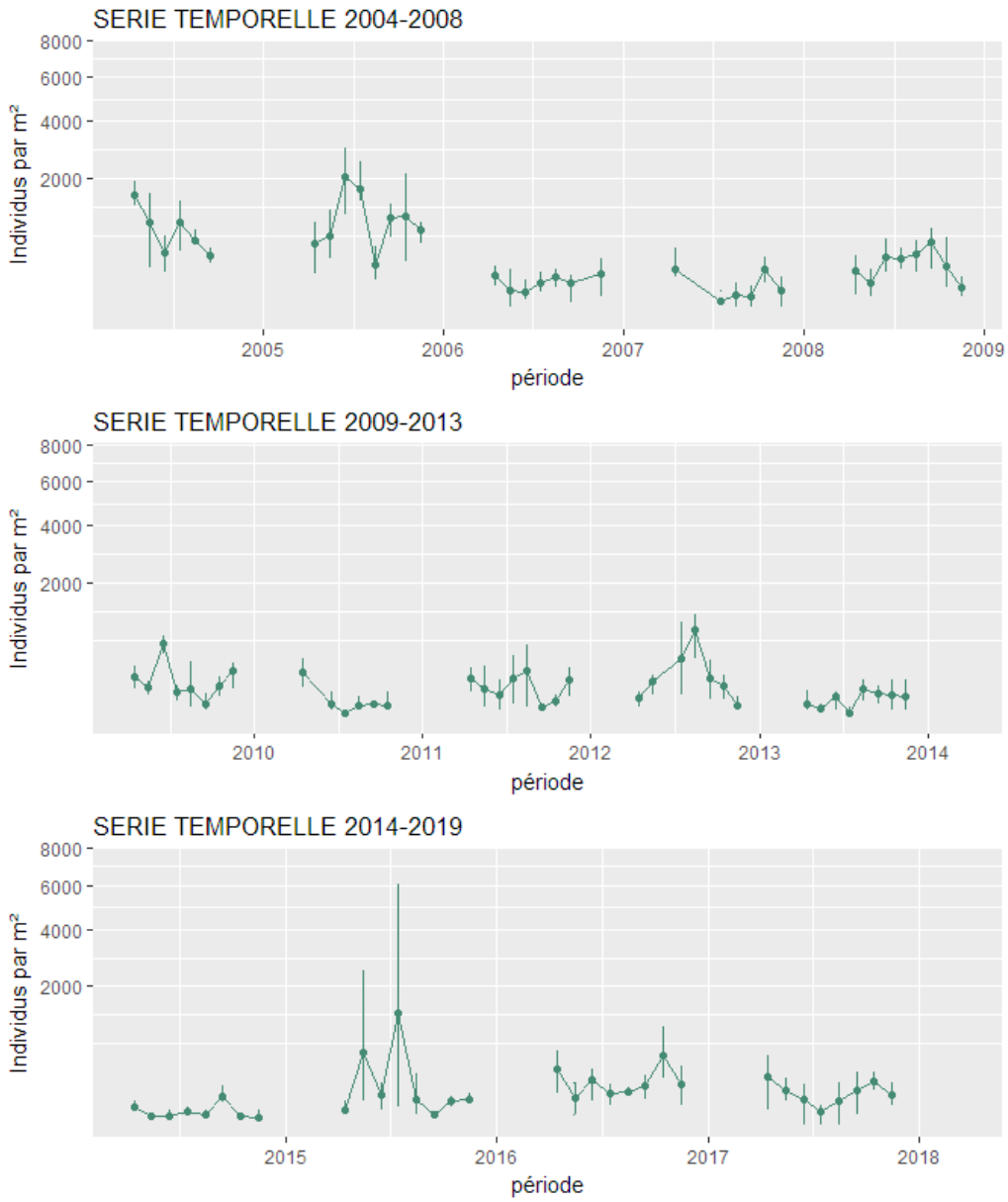


Figure C.1-21 : Evolution pluriannuelle de la densité (nombre d'individus par m²) de la faune benthique dans les échantillons du point F. Les points correspondent à la valeur moyenne, les barres figurent les valeurs moyenne + ou – l'erreur standard à la moyenne. Pour les besoins de la représentation graphique, l'échelle des densités est une échelle racine carrée.

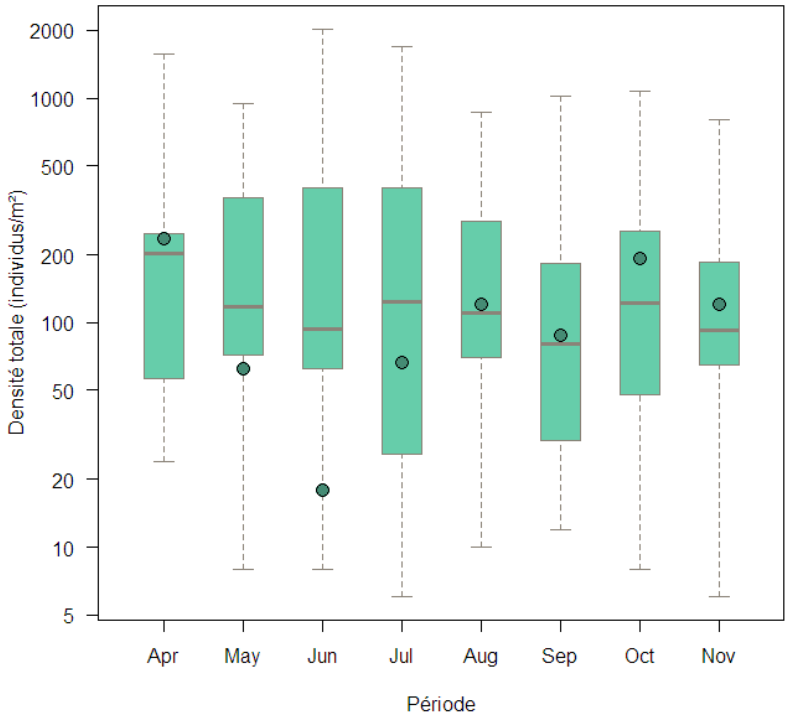


Figure C.1-22 : Comparaison des densités observées sur l'ensemble du point F chaque mois en 2017 (points verts foncés) par rapport à la densité mesurée chaque mois sur l'ensemble de la série chronologique (2004-2016, boîtes à moustaches). L'échelle de l'axe des ordonnées est une échelle logarithmique.

C.1.5.2 *Point E (PK 52)*

C.1.5.2.1 Composition faunistique

Les principaux taxons identifiés au point E au cours de l'ensemble de la surveillance sont, pour les deux espèces de mysidacés (crustacés) *Mesopodopsis slabberi* et, dans une moindre mesure, *Neomysis integer* ainsi que les annélides oligochètes, principalement *Tubificoides heterochaetus* (Figure C.1-23).

Le premier axe de l'analyse en Coordonnées Principales (PCO) comparant les différentes années de la surveillance extrait la grande majorité des variations de composition interannuelles du peuplement benthique au point E (Figure C.1-24**)**. Elle indique que l'année 2017 se distingue légèrement des autres années de surveillance mais avec une ressemblance avec les années 2008, 2016, et, dans une moindre mesure avec les années 2004 à 2005 et 2015. Ces années-là, ainsi que l'année 2017, se distinguent des autres par la relativement forte abondance des annélides oligochètes et du mysidacé *Mesopodopsis slabberi*.

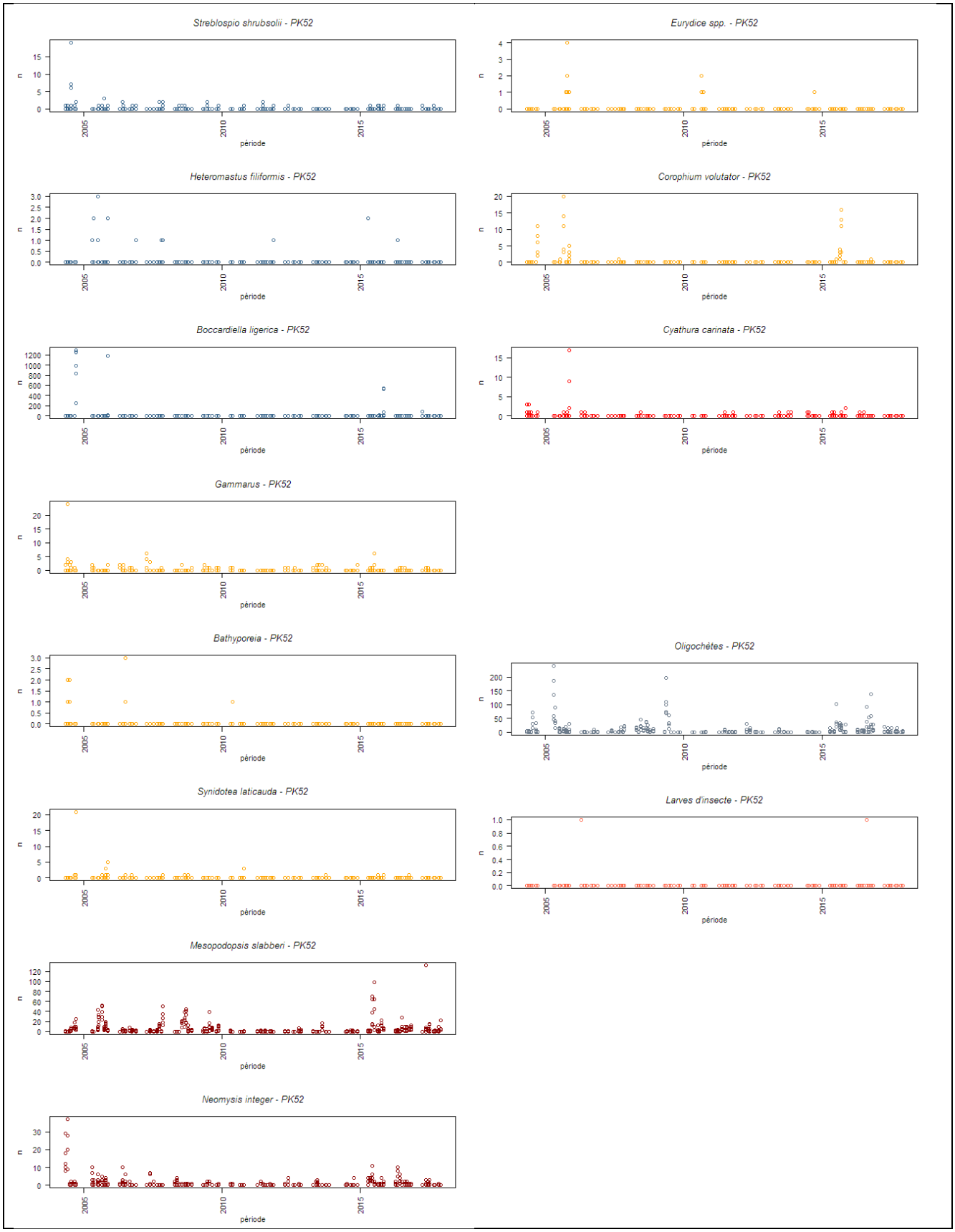


Figure C.1-23 : Abondance (n, nombre d'individus par échantillon) des principaux taxons d'annélides au point E

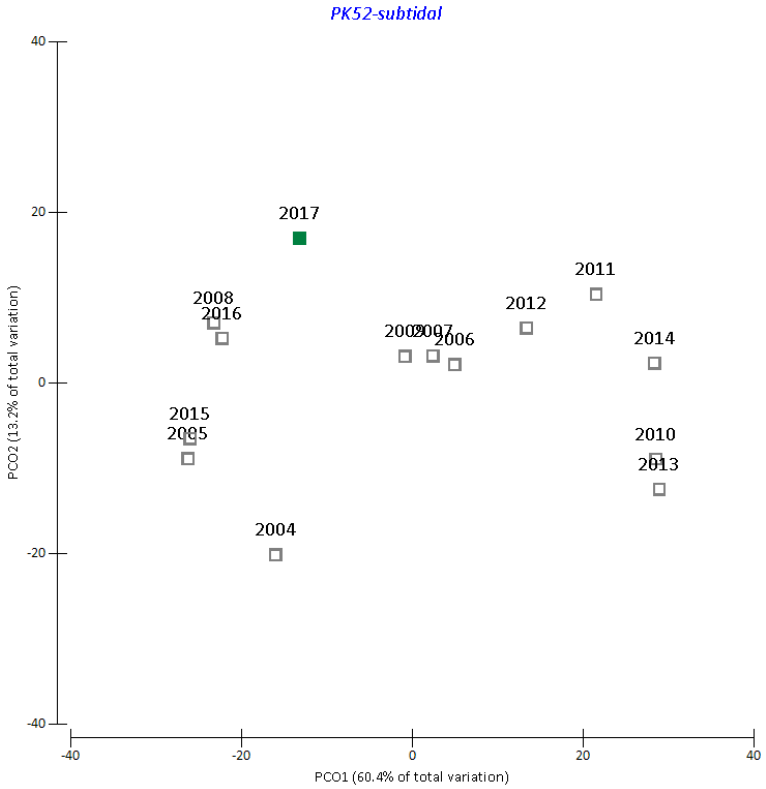


Figure C.1-24 : Comparaison de la composition du peuplement benthique au point E au cours de la surveillance 2017 à celle observée au cours des précédentes campagnes de suivi au moyen d'une Analyse en Coordonnées Principales (PCO) réalisée sur les centroïdes de chaque année de suivi. La position de chaque centroïde prend en compte la variabilité mensuelle du peuplement.

C.1.5.2.2 Diversité taxonomique

En termes de nombre de taxons par échantillon, l'année 2017 se caractérise, au point E par un niveau de diversité modéré par rapport aux années précédentes (Figure C.1-25). Les années 2004, 2005 et 2015 ainsi que, dans une moindre mesure, l'année 2016 présentait le nombre médian de taxons par échantillon le plus élevé de la série 2004-2016 alors que de faibles niveaux de diversité ont été systématiquement observés à cette station entre 2010 et 2014 (Figure C.1-25). En 2007, Le nombre de taxons échantillonnés chaque mois à l'échelle de la station (Figure C.1-26), bien que systématiquement inférieur à la médiane pluriannuelle, est resté en général dans la gamme des valeurs mesurées sur la série chronologique, à l'exception du mois de septembre, caractérisé par un nombre de taxon plus faible qu'habituellement (Figure C.1-26). A l'échelle de l'année de surveillance, le nombre total de taxons identifiés est modéré, notamment par rapport aux années 2004 à 2006 et 2015-2016 (Figure C.1-27). Cependant des valeurs plus faibles ont été mesurées en 2009, 2012 et 2013.

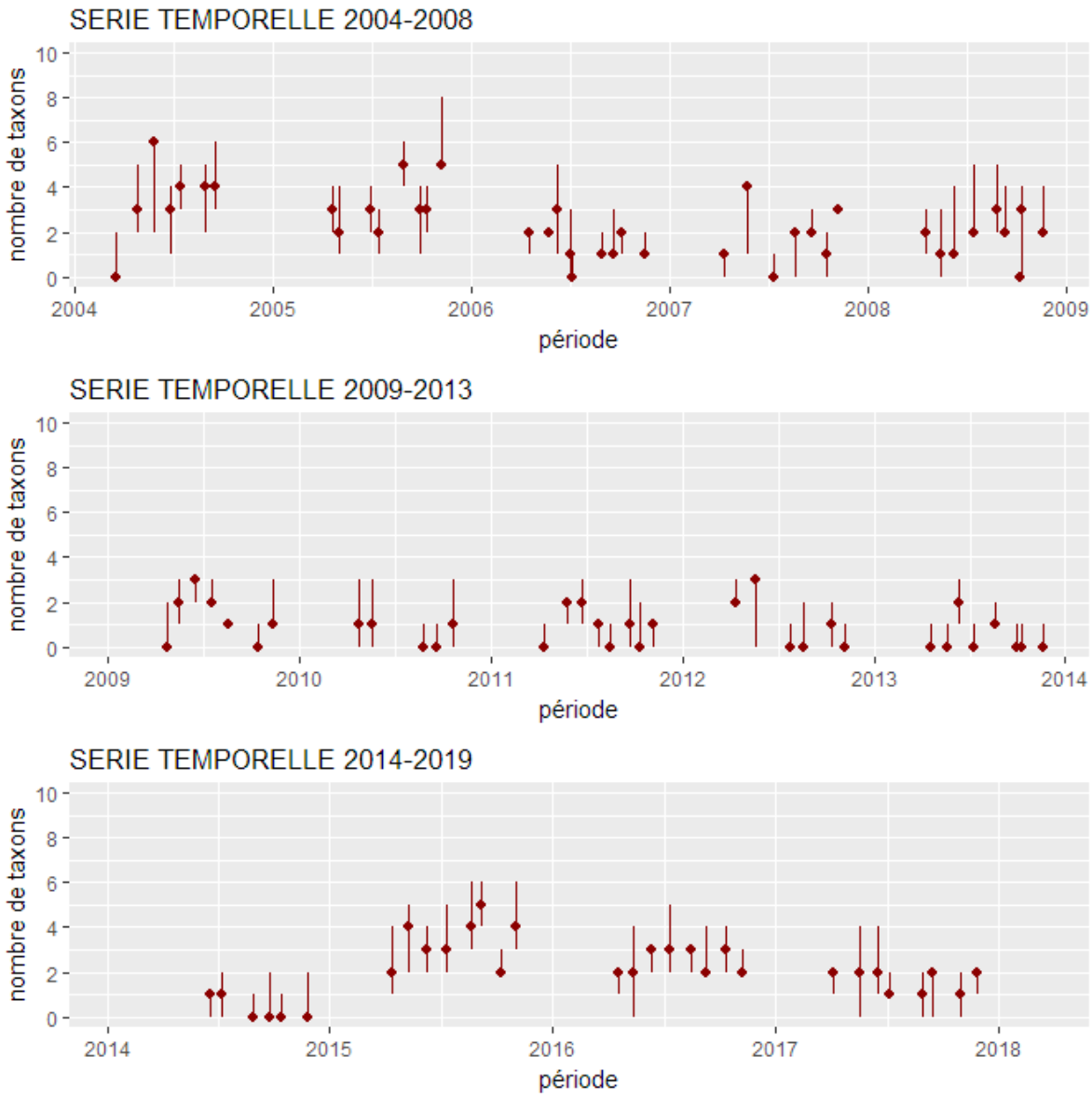


Figure C.1-25 : Evolution pluriannuelle du nombre de taxons identifiés dans les échantillons du point E. Les points correspondent à la valeur médiane, les barres figurent les valeurs minimales et maximales pour chaque mois.

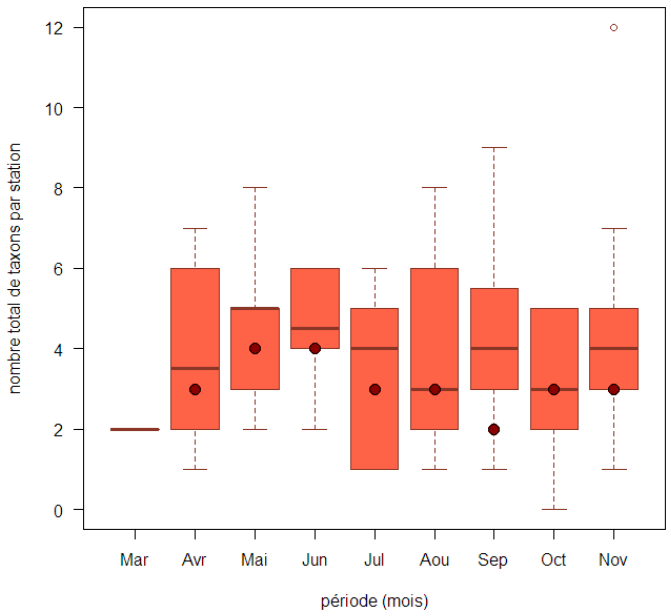


Figure C.1-26 : Comparaison de la diversité observée sur l'ensemble du point E chaque mois en 2017 (points rouges foncés) par rapport à la diversité stationnelle mesurée chaque mois sur l'ensemble de la série chronologique (2004-2016, boîtes à moustaches). Noter que nous ne disposons que d'une valeur (en 2004) de diversité données à titre indicatif.

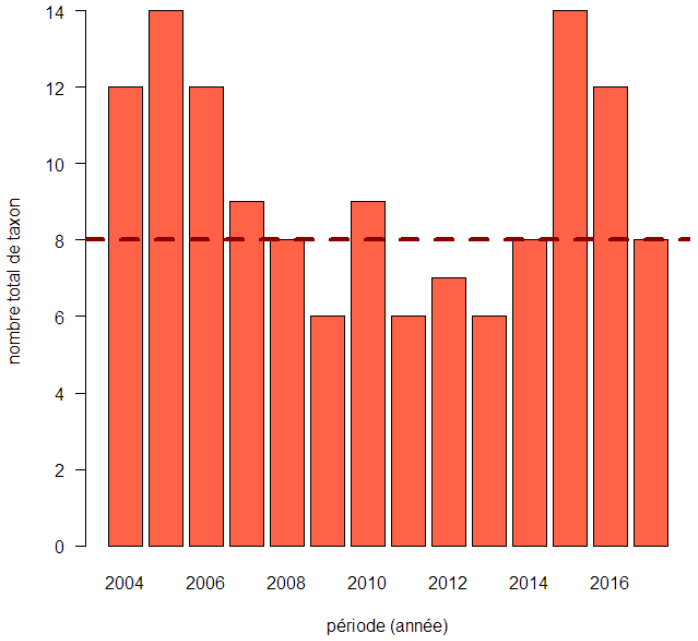


Figure C.1-27 : Comparaison de la diversité totale observée sur l'ensemble de l'année 2017 au point E (tiret rouges foncés) par rapport à celle mesurée sur chaque année de la série chronologique.

C.1.5.2.3 Abondance de la faune benthique

La densité de la faune benthique au point E mesurée en 2017 est comparable à ce qui a été mesuré au cours des années précédentes (Figure C.1-28 et Figure C.1-29). Des

valeurs de densité plutôt élevées pour cette station ont été observées en début de suivi (avril-mai), avec plusieurs centaines d'individus par m² alors que les niveaux habituels de densités sont habituellement plutôt de l'ordre de plusieurs dizaines d'individus par m². Le niveau de densité a baissé à partir de juin pour atteindre des niveaux comparables à ce qui est observé habituellement sur le reste de la surveillance (Figure C.1-29).

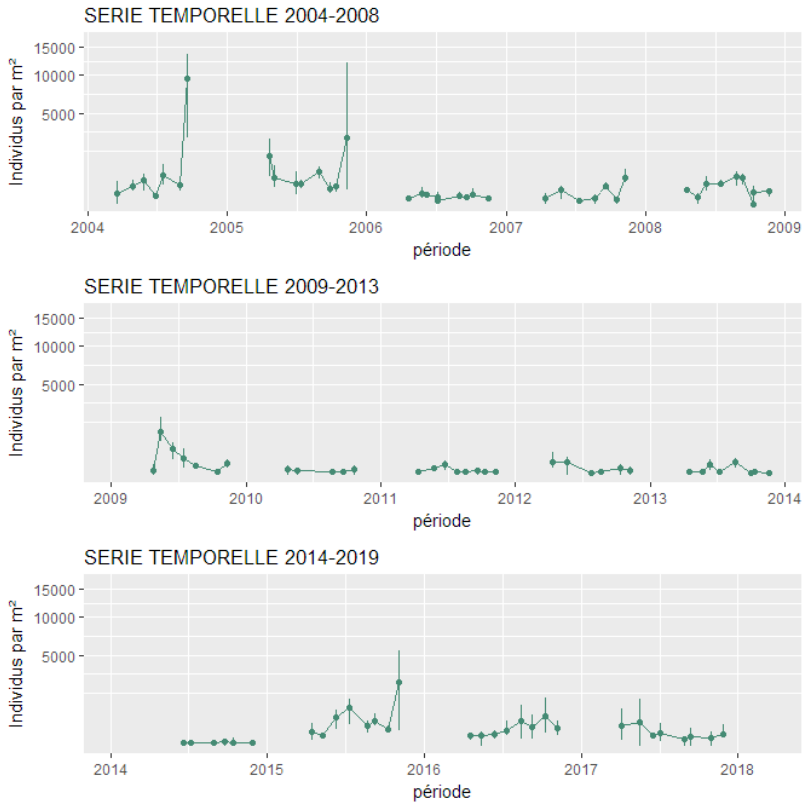


Figure C.1-28 : Evolution pluriannuelle de la densité (nombre d'individus par m²) de la faune benthique dans les échantillons du point E. Les points correspondent à la valeur moyenne, les barres figurent les valeurs moyenne + ou – l'erreur standard à la moyenne. Pour les besoins de la représentation graphique, l'échelle des densités est une échelle racine carrée.

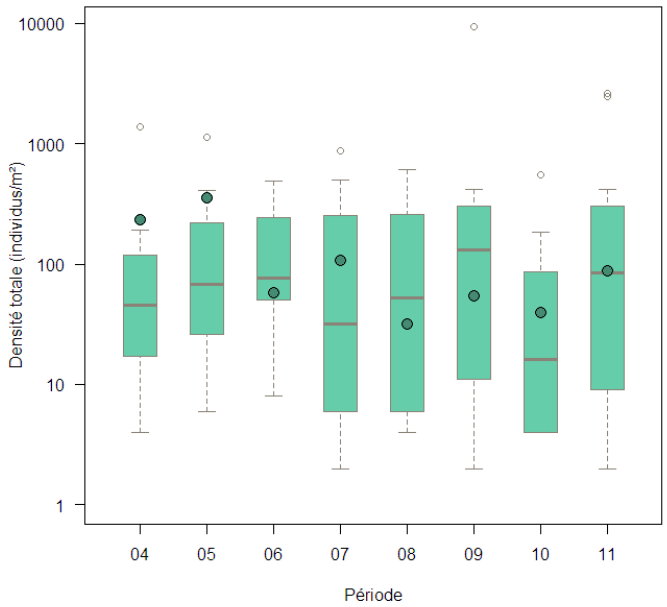


Figure C.1-29 : Comparaison des densités observées sur l'ensemble du point E chaque mois en 2017 (points verts foncés) par rapport à la densité mesurée chaque mois sur l'ensemble de la série chronologique (2004-2016, boîtes à moustaches). L'échelle de l'axe des ordonnées est une échelle logarithmique.

C.1.5.3 *Point K (PK 30)*

C.1.5.3.1 Composition faunistique

La faune benthique au point K est extrêmement clairsemée, les taxons retrouvés ne le sont qu'occasionnellement. Les taxons les plus communs sont des arthropodes, notamment des larves d'insectes, des crustacés du genre *Gammarus*, en très grande majorité représenté par *Gammarus zaddachi*, ainsi que les mysidacés *Mesopodopsis slabberi* et *Neomysis integer*. De manière plus occasionnelle, ces organismes peuvent être accompagnés d'autres amphipodes du genre *Bathyporeia* (Figure C.1-30).

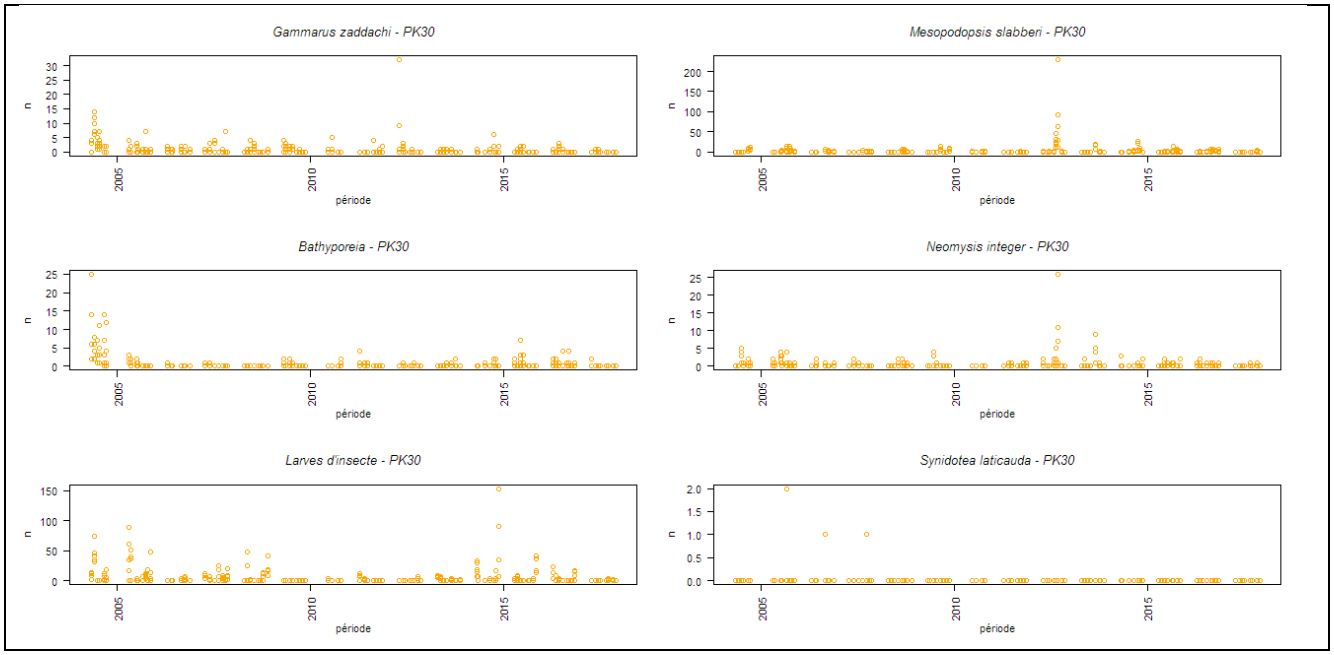


Figure C.1-30 : Abondance (n, nombre d'individus par échantillon) des principaux taxons d'arthropodes au point K

Les résultats de l'ordination par Analyse en Coordonnées Principales indiquent que l'année 2017, si elle n'est pas isolée des autres années, contrairement à l'année 2004, se situe à l'une des extrémités de l'axe 1 (Figure C.1-31). Cette situation illustre le fait que l'année 2017 ne diffère que peu des autres années en termes de composition spécifique mais correspond à des niveaux moyens plus faibles qu'habituellement observés.

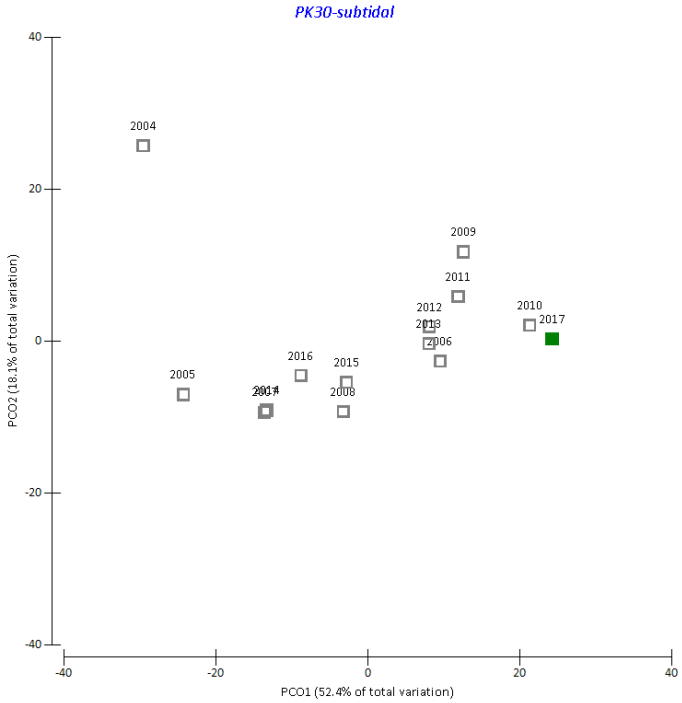


Figure C.1-31 : Comparaison de la composition du peuplement benthique au point K au cours de la surveillance 2017 à celle observée au cours des précédentes campagnes de suivi au moyen d'une Analyse en Coordonnées Principales (PCO) réalisée sur les centroïdes de chaque année de suivi. La position de chaque centroïde prend en compte la variabilité mensuelle du peuplement.

C.1.5.3.2 Diversité taxonomique

Depuis le début de la surveillance de la faune benthique sur ce site, seuls 18 taxons ont été identifié au total. Le nombre médian de taxons échantillonnés au point K est très faible depuis le début de la surveillance, avec au maximum 5 taxons par échantillon et des niveaux médians qui fluctuent entre 0 et 4 taxons par échantillon. L'année 2017 ne fait pas exception à cette constatation, néanmoins, la Figure C.1-32 suggère que la diversité médiane observée en 2017 semble être l'une des plus faibles de la série chronologique. En particulier les années 2004 et 2005 apparaissent toujours légèrement plus diversifiées que les autres années, en termes de nombre de taxon par échantillon.
Cette tendance est confirmée à l'échelle de la diversité totale mensuelle : le nombre de taxons retrouvés en 2017 au point K correspond, presque chaque mois, à des niveaux inférieurs à ceux qui sont observés en général à cette station depuis le début de la surveillance (Figure C.1-33).
En revanche, à l'échelle de l'année 2017, 9 taxons en tout ont été identifiés sur le point K. Cette valeur correspond à une des trois valeurs les plus élevées recensées depuis le début de la surveillance en 2004 (Figure C.1-34).

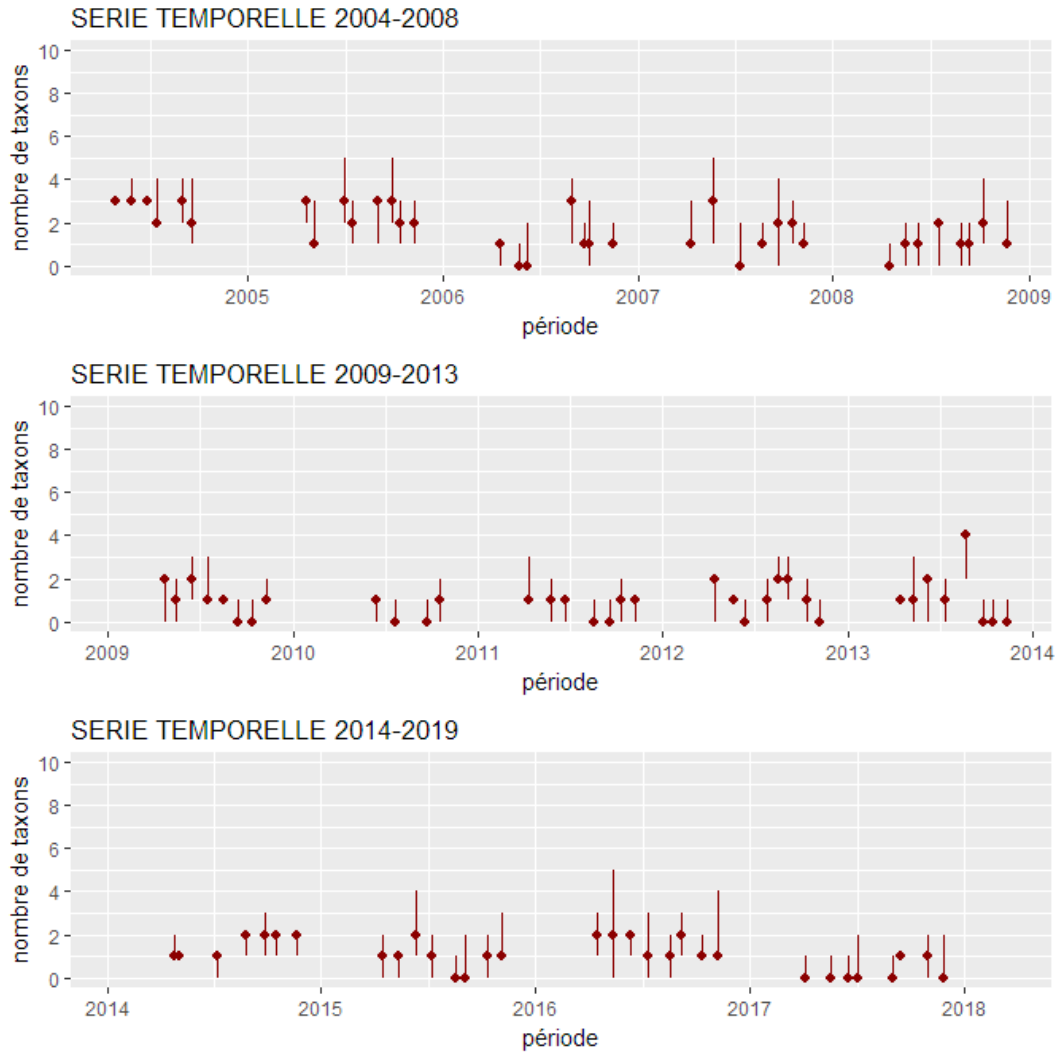


Figure C.1-32 : Evolution pluriannuelle du nombre de taxons identifiés dans les échantillons du point K. Les points correspondent à la valeur médiane, les barres figurent les valeurs minimales et maximales pour chaque mois.

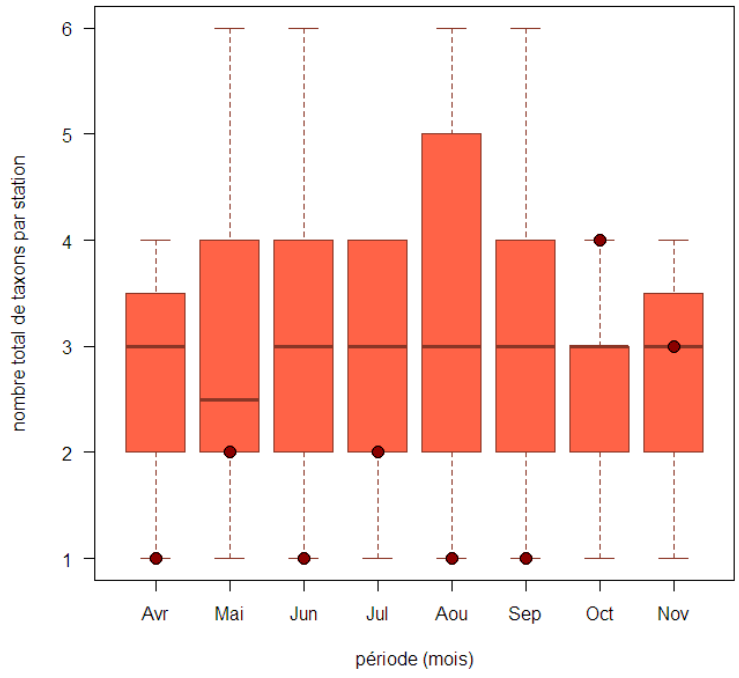


Figure C.1-33 : Comparaison de la diversité observée sur l'ensemble du point K chaque mois en 2017 (points rouges foncés) par rapport à la diversité stationnelle mesurée chaque mois sur l'ensemble de la série chronologique (2004-2016, boîtes à moustaches). Noter que nous ne disposons que d'une valeur (en 2004) de diversité données à titre indicatif.

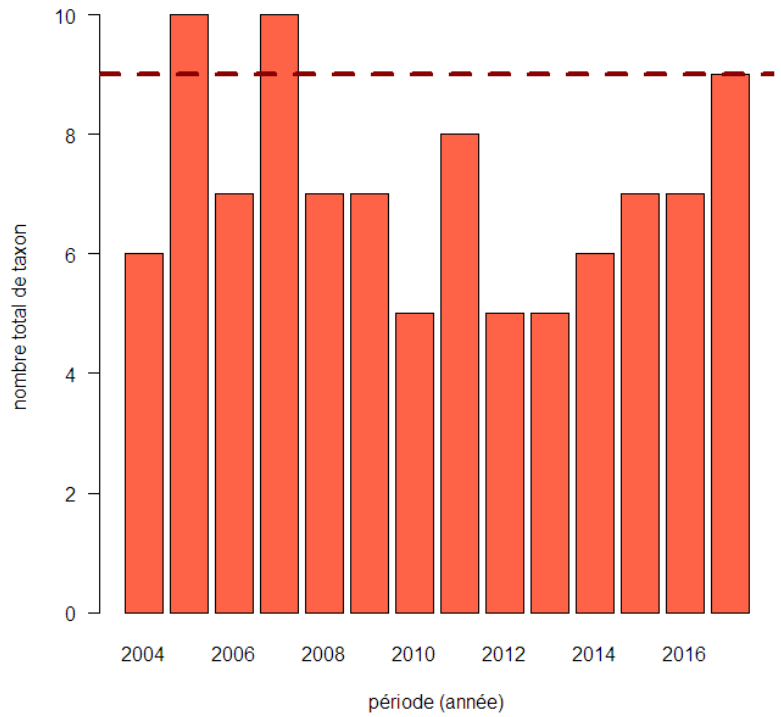


Figure C.1-34 : Comparaison de la diversité totale observée sur l'ensemble de l'année 2017 au point K (tiret rouges foncés) par rapport à celle mesurée sur chaque année de la série chronologique.

C.1.5.3.3 Abondance de la faune benthique

Comparée à l'ensemble des valeurs mesurées depuis le début de la surveillance du peuplement benthique du point K, l'année 2017 correspond à une des années où la densité du peuplement a été parmi les plus faibles, comparable aux années 2006 et 2009 à 2011 (Figure C.1-35).

Les densités mesurées mensuellement figurent parmi les plus faibles valeurs de la série chronologique, avec des niveaux plus habituels sur la fin de l'année (Figure C.1-36).

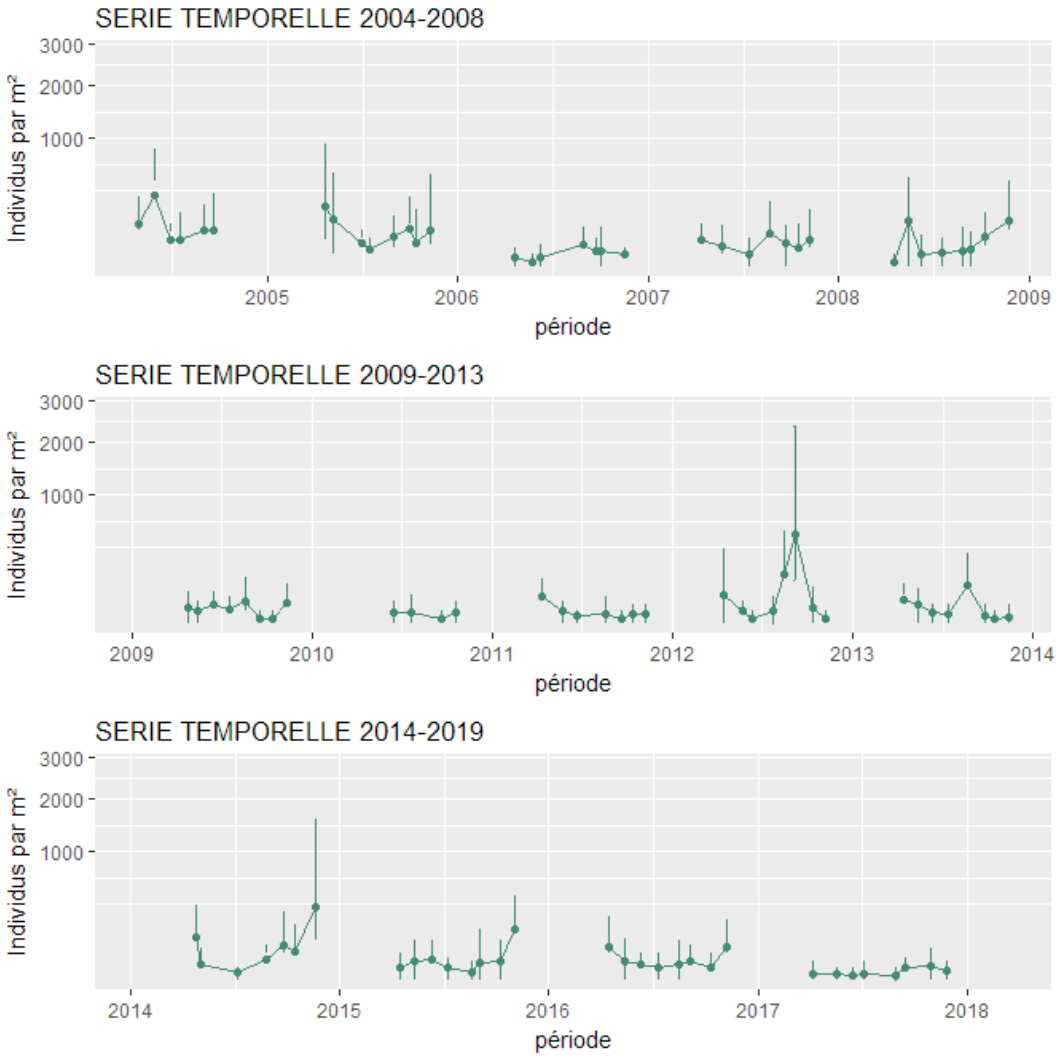


Figure C.1-35 : Evolution pluriannuelle de la densité (nombre d'individus par m²) de la faune benthique dans les échantillons du point K. Les points correspondent à la valeur moyenne, les barres figurent les valeurs moyenne + ou – l'erreur standard à la moyenne. Pour les besoins de la représentation graphique, l'échelle des densités est une échelle racine carrée.

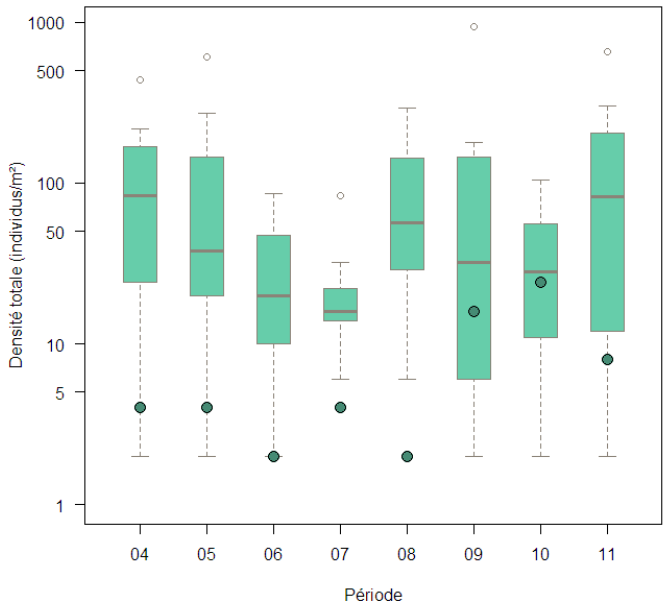


Figure C.1-36 : Comparaison des densités observées sur l'ensemble du point K chaque mois en 2017 (points verts foncés) par rapport à la densité mesurée chaque mois sur l'ensemble de la série chronologique (2004-2016)

C.1.6 CONCLUSION

Point F : La composition du peuplement benthique au point F est tout à fait similaire à ce qui a été observé au cours des années précédentes. Les niveaux d'abondances sont en revanche assez faibles, notamment au cours des mois de juin, juillet et août 2017 et corrélés avec des niveaux de richesse spécifique faibles également à ces périodes. Ces périodes correspondent à des sédiments plus sableux que ceux observés en début du suivi annuel et caractérisés par l'abondance ponctuellement relativement élevée de crustacés du genre *Eurydice*. Néanmoins, les données d'abondance et de diversité de l'année 2017 restent dans la moyenne de ce qui a été observé au cours des 10 dernières années. Les variations sédimentaires importantes observées sur le site en 2017 semblent classiquement observée au point F, sans que les causes en soient clairement identifiées. L'impact éventuel de rejets de dragages sur ce site serait à prendre en compte afin d'expliciter ces variations.

Point E : La composition du peuplement benthique au point E n'est pas très différente de celle qui est observée depuis le début du suivi de cette station : les principaux taxons sont présents, avec une densité relativement élevée d'oligochètes et des présences ponctuelles de forts effectifs de *Mesopodopsis slaberri*. Les niveaux de diversité et de densité de la faune correspondent à la moyenne de ce qui a été observé à l'échelle pluriannuelle. La texture des sédiments est plus stable qu'au point F bien que des sédiments plus sableux aient été observés en septembre sur le site. De telles modifications sédimentaires relativement brutales ont été néanmoins déjà observées au cours des années passes.

Point K : Comme les années précédentes, la faune benthique au point K est très clairsemée, avec des niveaux de diversité et d'abondance extrêmement faibles. Les sédiments étaient principalement sableux avec un envasement modéré périodique au cours de l'été. Les valeurs de diversité et d'abondance observées en 2017 sont parmi les

plus faibles de la série chronologique. La faune benthique est probablement trop rare sur ce secteur pour constituer une communauté benthique dont les fluctuations saisonnières peuvent être interprétées. Néanmoins, sur le long terme, le peuplement semble se raréfier au point K.
Au regard des varaiations interannuelles observées, l'ensemble des résultats acquis ne mettent pas en évidence de variations pouvant être imputées au fonctionnement du CNPE.

C.2 MACROFAUNE BENTHIQUE INTERTIDALE

C.2.1 STRATEGIE DE SURVEILLANCE

Le suivi de la macrofaune benthique intertidale (zone latérale découvrant à marée basse) est réalisé en 3 stations, situées sur la rive gauche de l'estuaire. Ces trois stations correspondant à trois régimes de salinité différents le long de l'estuaire. De l'aval vers l'amont, ces stations sont St-Christoly (PK 66), St-Estèphe (PK 55) et Lamarque (PK 35) Figure A.1-1. Ces trois stations sont situées en regard des stations subtidales : point F (PK 67), point E (PK 52) et point K (PK 30). La station St-Estèphe est la station située sur la rive directement opposée au CNPE.
Ces trois stations sont échantillonnées au niveau de mi-marée, chaque mois, entre avril et novembre, depuis 2004.

C.2.2 METHODOLOGIE

C.2.2.1 *Échantillonnage, Prélèvements*

Les stations intertidales sont échantillonnées à pied lors de la marée basse, au niveau de la mi-marée. Les prélèvements sont réalisés au moyen d'un carottier en PVC de 66 cm^2 de section, enfoncé dans le sédiment jusqu'à 10-15 cm de profondeur. Dix échantillons par station sont ainsi collectés à chaque date. Chaque échantillon est placé dans un sac plastique référencé puis l'ensemble des échantillons est convoyé au laboratoire. Le tamisage et la fixation des prélèvements sont réalisés de retour au laboratoire.
Pour chaque couple station/date, 2 carottes de sédiment superficiel (25 mm de diamètre x 3 cm de profondeur) sont prélevées à basse mer puis homogénéisées, pour analyse de la composition granulométrique du sédiment par diffraction laser au microgranulomètre Malvern (analyses réalisées par l'équipe Sédimentologie de l'UMR EPOC).
Dans les stations intertidales, 2 autres carottes de mêmes dimensions sont également prélevées puis homogénéisées, afin de déterminer la teneur en eau du sédiment superficiel, par perte de poids après séchage à l'étuve à 60 °C pendant 48 h au minimum.

C.2.2.2 *Prétraitement des échantillons*

De retour de mission, la macrofaune est extraite vivante du sédiment par tamisage de celui-ci sur maille carrée de 0,5 mm. Cette opération est réalisée le lendemain de la collecte. Conformément à la norme internationale ISO 16665 (ISO, 2005), les échantillons collectés sont conservés dans une solution d'eau de mer formolée à 4 %, neutralisée par du tétraborate de sodium. Le rose Bengale est utilisé afin de colorer les organismes vivants au moment du prélèvement afin de garantir un tri optimal.

C.2.2.3 *Analyse des échantillons intertidaux*

Au laboratoire, chaque échantillon est à nouveau délicatement rincé sur un tamis de vide de maille égal à 0,5 mm afin d'éliminer la solution de conservation puis les organismes sont séparés des particules non vivantes et stockés dans une solution d'éthanol à 70 % en attendant l'identification.
L'identification est réalisée sous loupe binoculaire. Les organismes sont identifiés jusqu'au niveau taxonomique le plus fin possible, en général l'espèce, puis dénombrés.
A l'issue de la phase d'identification et de dénombrement, les organismes sont conservés dans une solution d'éthanol à 70 %.
Les échantillons de sédiments sont analysés au sein de l'équipe Sédimentologie de l'UMR EPOC à l'aide d'un microgranulomètre laser Malvern.

C.2.2.4 *Traitement des données*

La partie analyse des peuplements faunistique présente les données collectées au cours de la campagne de surveillance 2017. La partie évolution temporelle des peuplements faunistique compare les données issues de la surveillance 2017 à celles acquises depuis le début de la surveillance afin de mettre en évidence d'éventuelles particularités de l'année de surveillance.
Pour la partie « analyse des peuplements faunistique », la composition faunistique est analysée station par station, à partir de la somme des organismes collectés dans les différents échantillons acquis chaque mois à chaque station de surveillance au cours de l'année 2017. Etant donné l'abondance des organismes en domaine intertidal, ces données d'abondance d'espèces pour chaque couple station x date sont transformées en double racine carrée afin de modérer l'importance des espèces de petite taille pouvant présenter des abondances très élevées par rapport à des espèces de plus grande taille. Le coefficient d'association de Bray-Curtis est utilisé pour déterminer le niveau de similarité entre chaque mois. La matrice d'association ainsi obtenue est soumise à une Analyse en Coordonnées Principales (PCO, pour *Principal COordinate analysis*) afin de visualiser les variations de composition faunistique au cours de l'année (c à d : entre chaque mois). Les principaux taxons associés aux variations observées sont identifiés comme les taxons dont les variations d'abondance sont corrélées (coefficient de corrélation de Spearman supérieur à 0,5) à l'un ou l'autre des premiers axes extraits par la PCO. L'ordination des mois sur l'espace définit par les premiers axes de la PCO permet de visualiser les principales variations de composition du peuplement au cours de l'année.
Pour l'étude de l'évolution temporelle des peuplements, dont l'objectif est de mettre en évidence d'éventuelles variations entre les années de surveillance, les comparaisons sont effectuées à partir de la position des centroïdes de chaque année sur la PCO réalisée précédemment. Cette méthode permet, à partir d'une nouvelle Analyse en Coordonnées Principales réalisée, cette fois, sur la matrice des distances entre centroïdes obtenues sur une première PCO, de représenter le niveau de similarités entre les années en intégrant les variations saisonnières. En effet, la matrice des distances entre centroïdes est obtenue sur une première PCO réalisée à partir de l'ensemble des données mensuelles acquises depuis le début de la surveillance à la station étudiée. A partir de la position de chaque date d'échantillonnage (couple mois x année) sur cette première PCO, la position médiane d'une année est obtenue comme le centroïde du nauge de points formés par les différentes dates d'échantillonnage d'une année. Les

données d'abondance de chaque couple mois x année sont préalablement transformées en racine carrée et la similarité entre chaque couple mois x année puis soumis à une analyse en coordonnées principales. A partir des coordonnées des couples mois x année, la procédure a consisté à calculer les distances entre les centroïdes correspondant à chaque année sur cette PCO. Les distances entre années ainsi obtenues incluent les variations mensuelles du peuplement benthique observé au cours de chaque année. Ces distances sont ensuite visualisées sur l'espace défini par une seconde PCO réalisée sur cette matrice de distances entre années, plus précisément, entre les centroïdes de chaque année.

C.2.3 ANALYSES GRANULOMETRIQUES DU SEDIMENT

C.2.3.1 *Station St-Christoly*

Les sédiments à la station St-Christoly présentent une granulométrie très constante depuis le début de la surveillance de ce site (Figure C.2- 1). Le sédiment consiste en des vases pures dont la fraction fine (particules inférieures à 63 µm) représente en général entre 85 et plus de 90 % des grains. Ces vases sont remarquablement pauvres en matières organiques (obs. pers.).

A l'instar des années précédentes, l'année 2017 ne présente aucune particularité du point de vue sédimentaire.

Les teneurs en eau des sédiments sur le site de Saint Christoly sont en moyenne plus élevées et moins variables au cours de l'année sur la période 2014-2017 qu'elle ne l'était entre 2011 et 2013, traduisant un dépôt de sédiment sur ce site qui se maintient depuis la fin de l'année 2013 (Figure C.2- 2). Les teneurs en eaux semblent cependant décroître progressivement par rapport aux trois dernières années, témoignant probablement d'une compaction/érosion progressive des sédiments sur ce site.

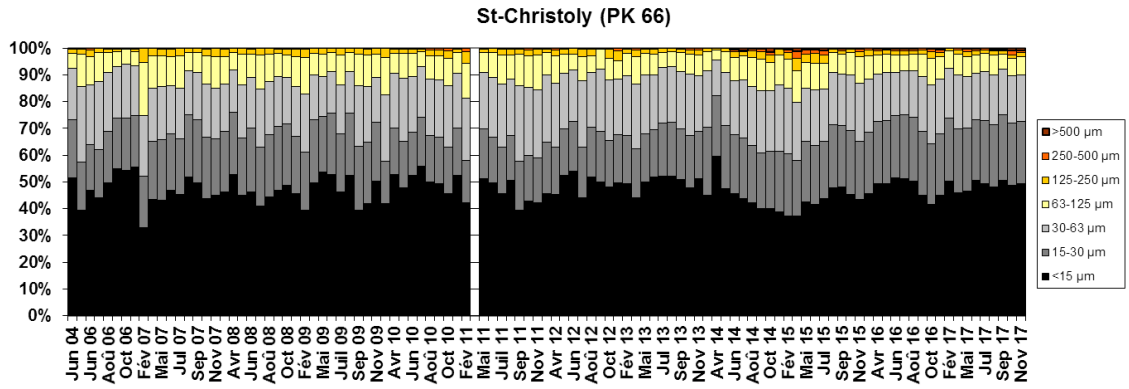


Figure C.2- 1 Composition granulométrique des sédiments à la station St-Christoly et évolution au cours de la surveillance

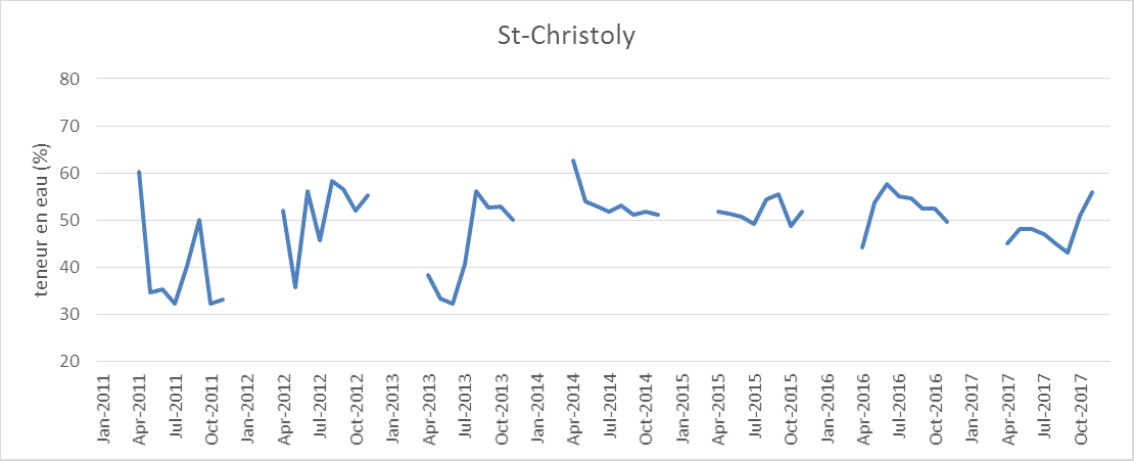


Figure C.2- 2 Teneurs en eau des sédiments à la station St-Christoly et évolution au cours de la surveillance

C.2.3.2 *Station St-Estèphe*

Les sédiments à la station St-Estèphe présentent également une granulométrie remarquablement constante depuis le début de la surveillance de ce site (Figure C.2- 3). Le sédiment consiste en des vases pures dont la fraction fine (particules inférieures à 63 µm) représente en général entre plus de 80 et plus de 88 % des grains. Ces vases sont remarquablement pauvres en matières organiques (obs. pers.).

L'année 2017 ne présente aucune particularité du point de vue sédimentaire comparé aux années précédentes.

La teneur en eau interstitielle des vases intertidales reflète les périodes de dépôt/sédimentation (teneurs en eau élevées) et les périodes de compaction/érosion (teneurs en eau faibles). Sur le site de St-Estèphe, les teneurs en eau indiquent, à l'exception de l'année 2012, une tendance générale à la compaction/érosion au cours de l'année entre le mois de février et les mois d'août à octobre et une reprise de la sédimentation en novembre. Cette tendance peut être modifiée par des épisodes brefs de dépôts (Figure C.2- 4). A ce titre, les teneurs en eau observées au cours de la surveillance 2017 présente une tendance tout à fait similaire à ce qui est habituellement observé depuis 2011 : les teneurs en eau sont élevées de février à juillet puis atteignent un minima en août puis des valeurs légèrement inférieures à celles du début d'année de septembre à novembre.

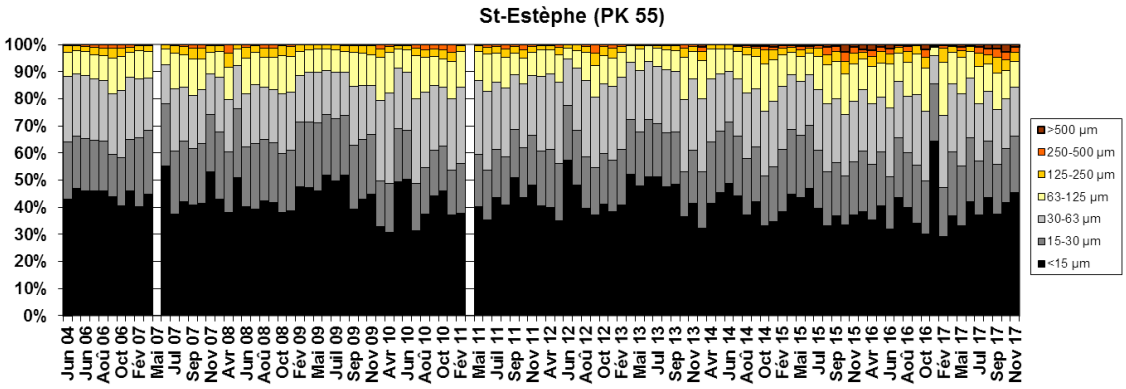


Figure C.2- 3 Composition granulométrique des sédiments à la station St-Estèphe et évolution au cours de la surveillance

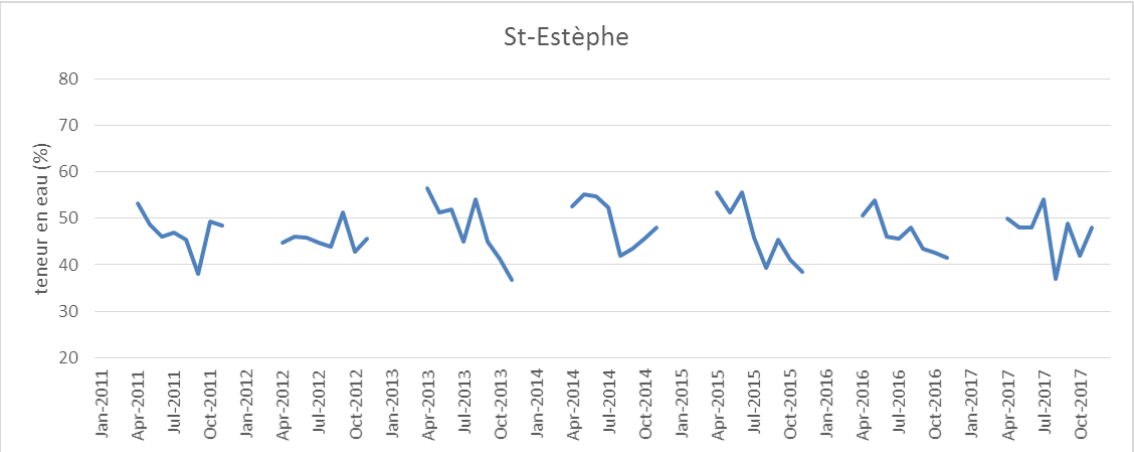


Figure C.2- 4 Teneurs en eau des sédiments à la station St-Estèphe et évolution au cours de la surveillance

C.2.3.3 *Station Lamarque*

Les sédiments à la station Lamarque présentent aussi une granulométrie tout à fait constante depuis le début de la surveillance de ce site (Figure C.2- 5). Le sédiment consiste là aussi, en des vases pures dont la fraction fine (particules inférieures à 63 µm) représente en général entre plus de 93 et plus de 96 % des grains. Ces vases sont, également, remarquablement pauvres en matières organiques (obs. pers.).

Comparé aux années précédentes, l'année 2017 ne présente aucune particularité marquante du point de vue sédimentaire bien que le sédiment semble légèrement plus grossier au mois de février que par la suite (Figure C.2- 5).

Les teneurs en eau des sédiments sur le site de Lamarque sont légèrement moins fluctuantes que sur les deux autres stations intertidales surveillées dans le cadre de cette étude. Les teneurs en eaux mesurées en 2017 montraient un niveau et une variabilité saisonnière tout à fait comparables que ce qui a été observé depuis 2011 sur cette station (Figure C.2- 6). Une augmentation de la teneur en eau est observée entre juin et juillet et jusqu'en août.

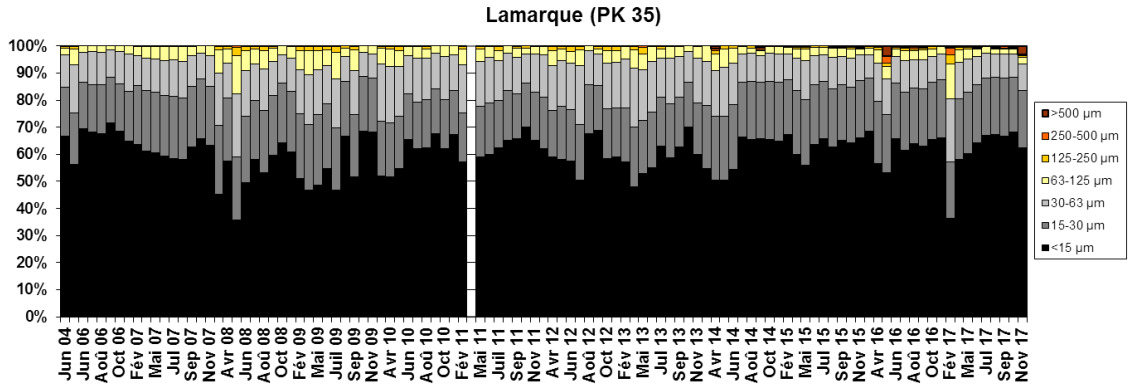


Figure C.2- 5 Composition granulométrique des sédiments à la station Lamarque et évolution au cours de la surveillance

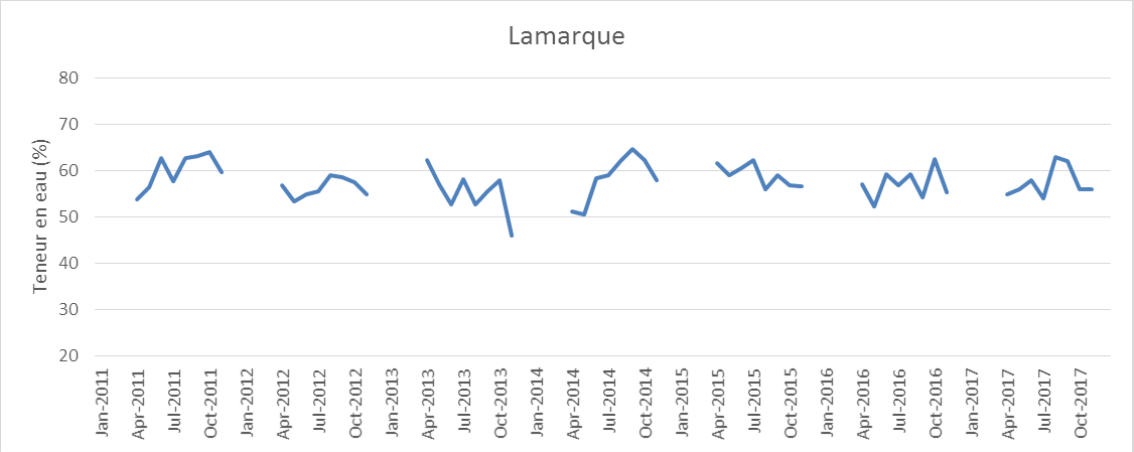


Figure C.2- 6 Teneurs en eau des sédiments à la station Lamarque et évolution au cours de la surveillance

C.2.4 ANALYSE DES PEUPLEMENTS FAUNISTIQUES

C.2.4.1 *Station Saint-Christoly*

C.2.4.1.1 Composition faunistique

Au cours de l'année 2017, les taxons les plus communément échantillonnés sur le site de St-Christoly étaient, pour les annélides polychètes, *Streblospio shrubsolii* et *Hediste diversicolor*, pour les crustacés, l'isopode *Cyathura carinata* et, pour les mollusques, le bivalve *Scrobicularia plana*, ainsi que le gastéropode *Peringia ulvae* dont les densités ont beaucoup fluctué d'un mois à l'autre (ANNEXE 11 a).

C.2.4.1.2 Dynamique saisonnière de la composition du peuplement

Les fluctuations de composition du peuplement benthique sur le site de St-Christoly au cours de l'année 2017 sont mises en évidence par l'Analyse en Coordonnées Principales (PCO°, Figure C.2- 7 et Figure C.2- 8). La figure C.2-7 illustre le niveau de similarité de peuplement benthique entre les différentes dates d'échantillonnage à la station St-Christoly. Elle permet de représenter à quel point la composition de la faune benthique a varié d'une date à l'autre sur ce site au cours de l'année 2017. Le gastéropode *Peringia ulvae* étant un animal ayant des capacités de flottaison, il se caractérise par des fluctuations d'abondances qui ne reflètent pas nécessairement des variations saisonnières et peuvent brouiller le signal saisonnier, en conséquence, deux PCOs ont été réalisées, avec et sans cette espèce, afin de mieux visualiser, le cas échéant, un signal saisonnier sur cette station.

Les résultats montrent des fluctuations mensuelles qui séparent principalement, le long du premier axe de la PCO, les périodes d'avril à juin ainsi que novembre, d'une part, et juillet à octobre, d'autre part. Ces différences sont principalement liées au fait que la plupart des taxons ont été moins abondants durant la période juillet à octobre avant la principale période de recrutement qui aurait eu lieu en novembre 2017 pour les principales espèces, notamment *Streblospio shrubsolii* et *Hediste diversicolor* (Figure C.2- 9 à Figure C.2- 11).

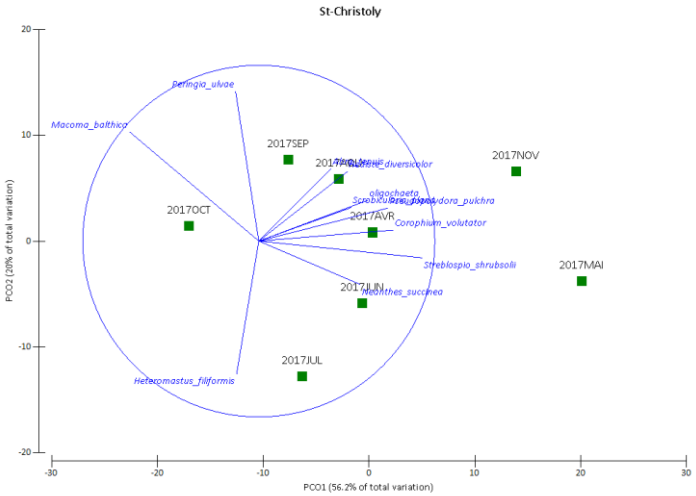


Figure C.2- 7 Ordination des Points-Dates de la station St-Christoly selon les deux premiers axes extraits par Analyse en Coordonnée Principale (PCO) appliquée à la matrice de ressemblance (coefficient de Bray-Curtis) basée sur la composition et l'abondance de la faune benthique à la station St-Christoly pour chaque date.

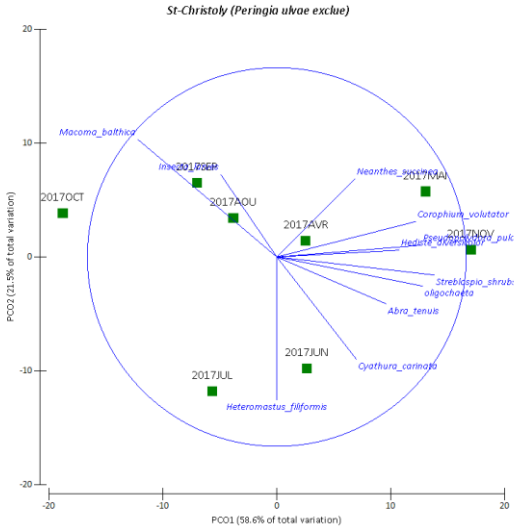


Figure C.2- 8 Ordination des Points-Dates de la station St-Christoly selon les deux premiers axes extraits par Analyse en Coordonnée Principale (PCO) appliquée à la matrice de ressemblance (coefficient de Bray-Curtis) basée sur la composition et l'abondance de la faune benthique à la station St-Christoly <u>en excluant l'espèce *Peringia ulvae*</u>.

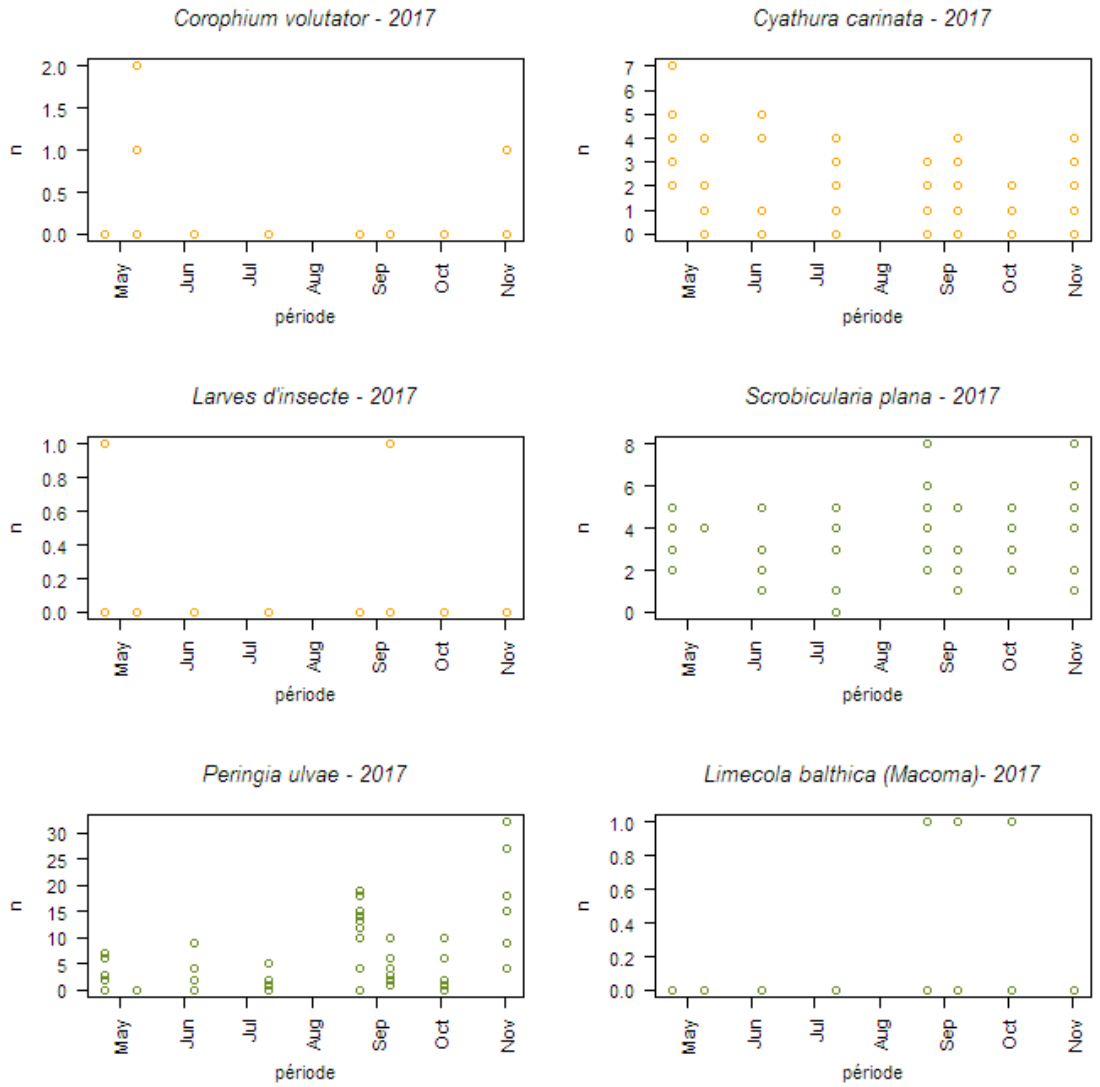


Figure C.2- 9 Dynamique saisonnière 2017 des principaux taxons de la faune benthique à la station St-Christoly

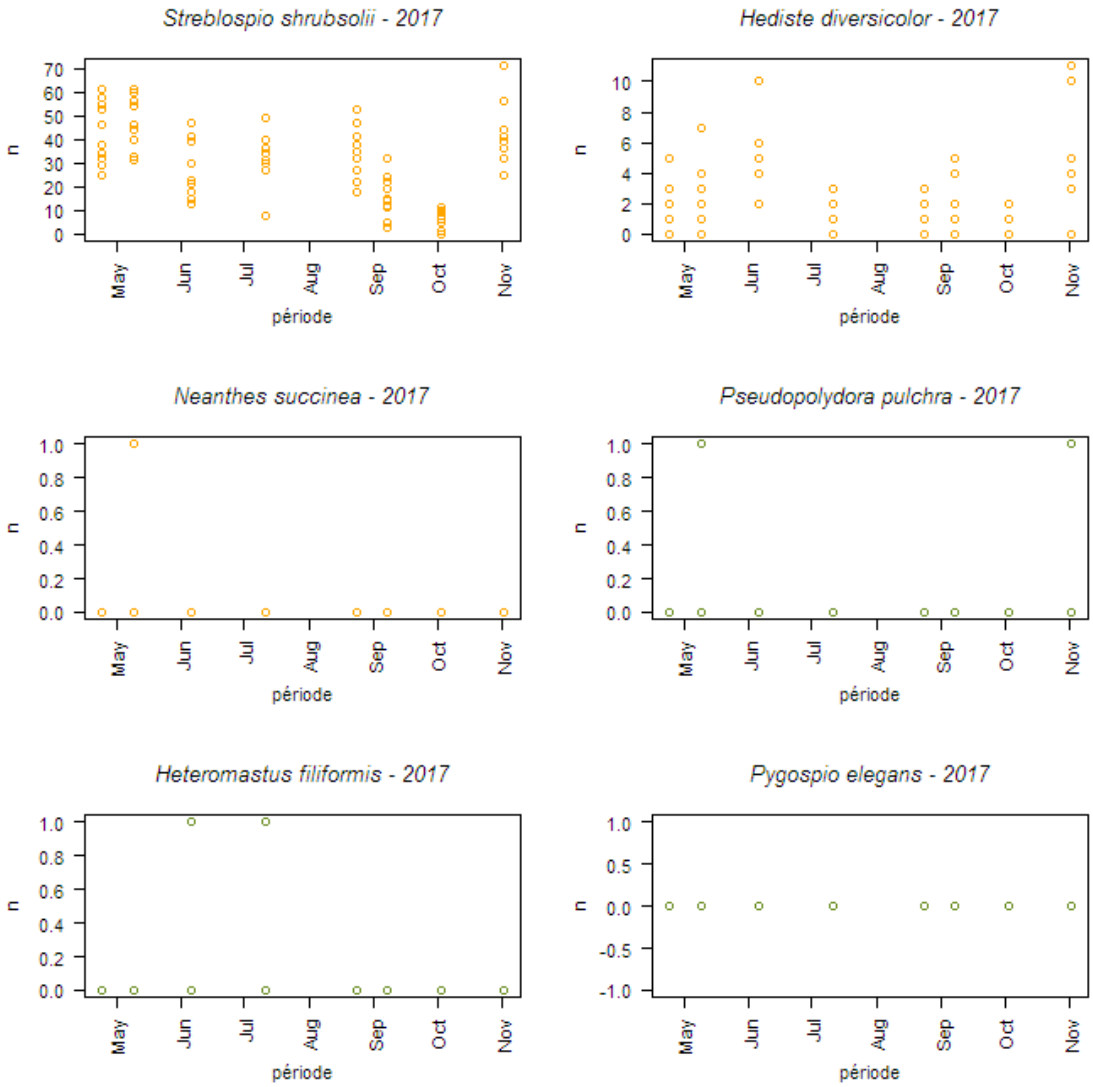


Figure C.2- 10 Dynamique saisonnière 2017 des principaux taxons de la faune benthique à la station St-Christoly

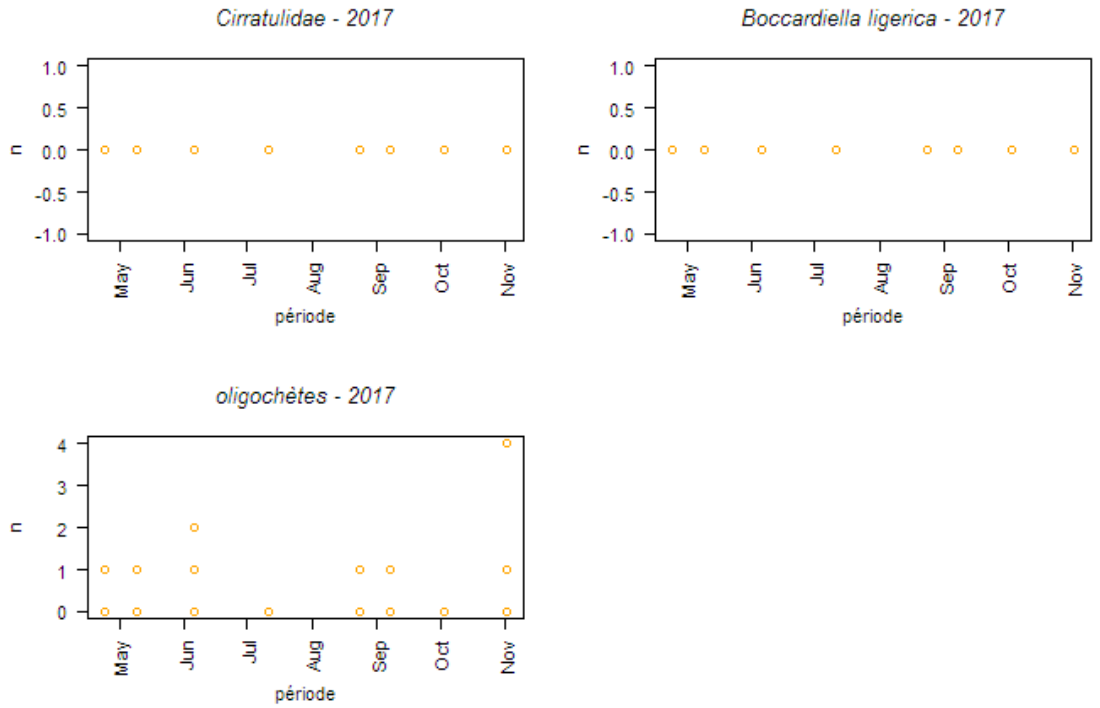


Figure C.2- 11 Dynamique saisonnière 2017 des principaux taxons de la faune benthique à la station St-Christoly

C.2.4.1.3 Diversité taxonomique

Le nombre de taxons par échantillon a varié entre 2 et 8 au cours de l'année 2017 (Figure C.2- 12). Le nombre médian de taxons est cependant resté généralement stable tout au long de l'année sur le site de St-Christoly avec une tendance à l'augmentation de la diversité au mois de novembre 2017.

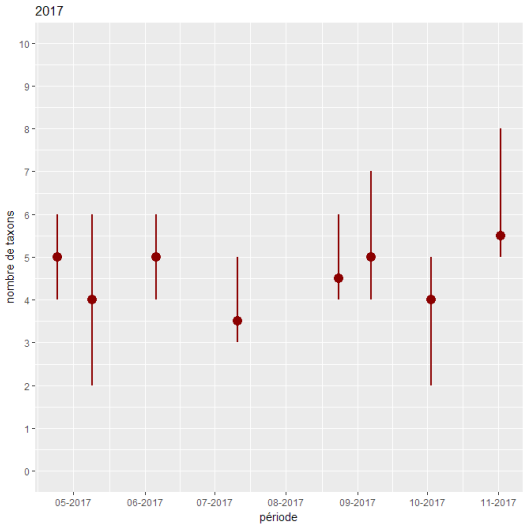


Figure C.2- 12 Dynamique saisonnière du nombre de taxons identifiés dans les échantillons de la station St Christoly. Les points correspondent aux valeurs médianes, les barres figurent les valeurs minimales et maximales.

C.2.4.1.4 Abondance de la faune benthique

Les densités de la faune benthique sur le site de St-Christoly étaient de l'ordre de 5 000 à 10 000 individus par m² d'avril à août 2017 puis ont diminué jusqu'au mois d'octobre

2017. Enfin, les effectifs ont augmenté au mois de novembre pour atteindre plus de 10 000 individus par m² (Figure C.2- 13).

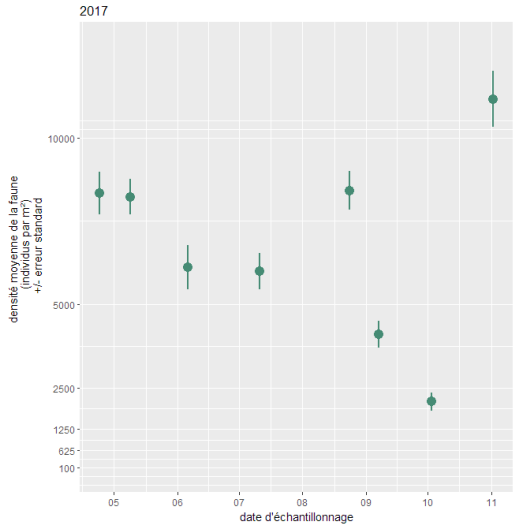


Figure C.2- 13 Dynamique saisonnière de la densité de la faune benthique (individus par m²) à la station St-Christoly. Les points correspondent aux valeurs moyennes, les barres figurent la moyenne + ou – 1 erreur standard à la moyenne.

C.2.4.2 *Station Saint-Estèphe*

C.2.4.2.1 Composition faunistique

Les principaux taxons récoltés à la station St-Estèphe en 2017 étaient, pour les annélides oligochètes, principalement *Tubificoides heterochaetus*, ainsi que le polychète *Streblospio shrubsolii*. Les principales espèces de crustacés retrouvées sur le site étaient *Cyathura carinata* et *Corophium volutator* (ANNEXE 11 b). Enfin, l'annélide polychète *Hediste diversicolor* a également été échantillonné de manière plus ponctuelle. Les autres taxons n'ont été retrouvés que de manière extrêmement ponctuelle, en faible abondance.

C.2.4.2.2 Dynamique saisonnière de la composition du peuplement

Les fluctuations de composition du peuplement benthique au cours de l'année 2017 sont représentées dans l'espace des deux premiers axes extraits par l'Analyse en Coordonnées Principales (Figure C.2- 14). Cette figure illustre le niveau de similarité de peuplement benthique entre les différentes dates d'échantillonnage à la station St-Estèphe. Elle permet de représenter à quel point la composition de la faune benthique a varié d'une date à l'autre sur ce site au cours de l'année 2017. Les principaux axes de la PCO réalisée extraient une quantité d'information assez proche (42 et 31 %, pour les axes 1 et 2, respectivement). Les principales fluctuations observées sont liées à la dynamique observée chez les espèces dominant le peuplement (Figure C.2- 14). Le mois d'avril se distingue par de relativement faibles densités de la plupart de ces espèces avec un peuplement dominé par des oligochètes et *Streblospio shrubsolii*. Les effectifs de ces espèces ont progressivement augmenté à partir de mai avec des pics d'abondances de *Corophium volutator* en juin et août, l'apparition d'*Hediste diversicolor* à partir du mois d'août. Cette période est suivie au mois d'octobre par une diminution forte des effectifs de *C. volutator*. Au mois de novembre, les effectifs de *Streblospio shrubsolii* ainsi que

ceux des oligochètes ont augmenté alors que les effectifs des espèces s'étant développées au cours de l'année se réduisent (Figure C.2- 14 à Figure C.2- 16).

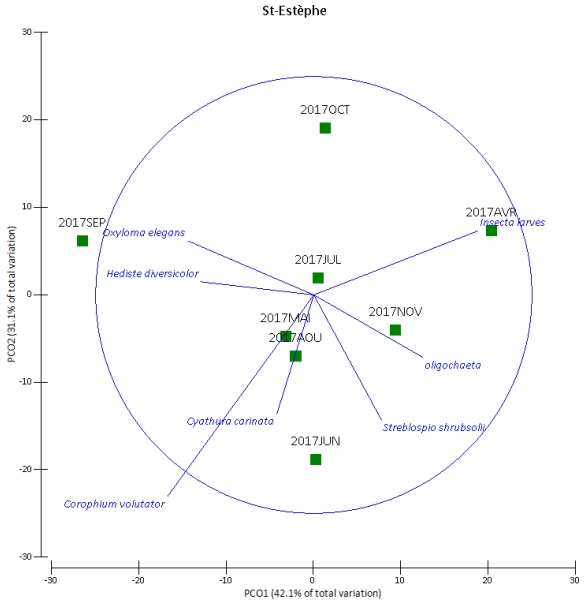


Figure C.2- 14 Ordination des Points-Dates de la station St-Estèphe selon les deux premiers axes extraits par Analyse en Coordonnée Principale (PCO) appliquée à la matrice de ressemblance (coefficient de Bray-Curtis) basée sur la composition et l'abondance de la faune benthique à la station St-Estèphe pour chaque date.

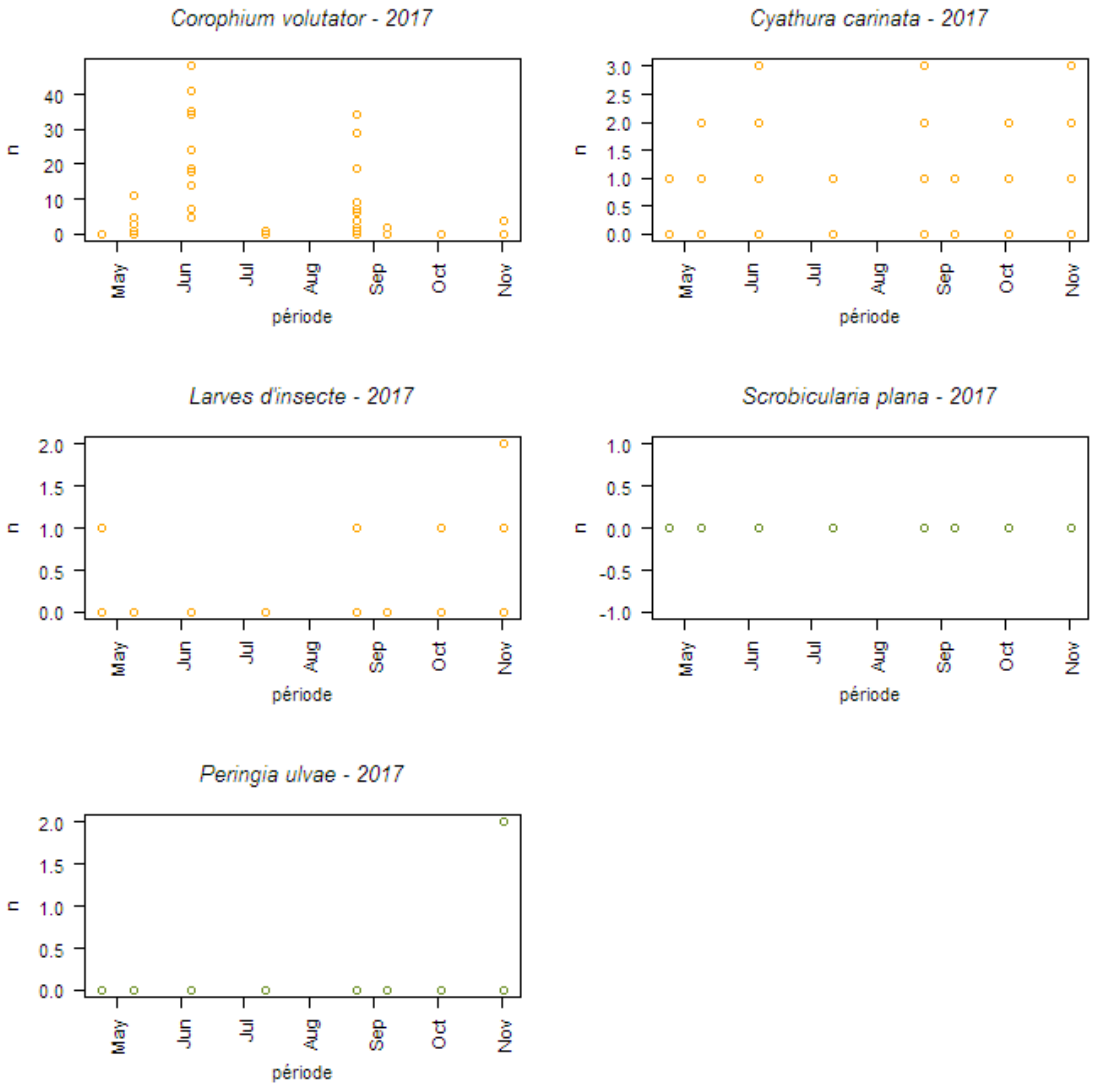


Figure C.2- 15 Dynamique saisonnière 2017 des principaux taxons de la faune benthique à la station St-Estèphe

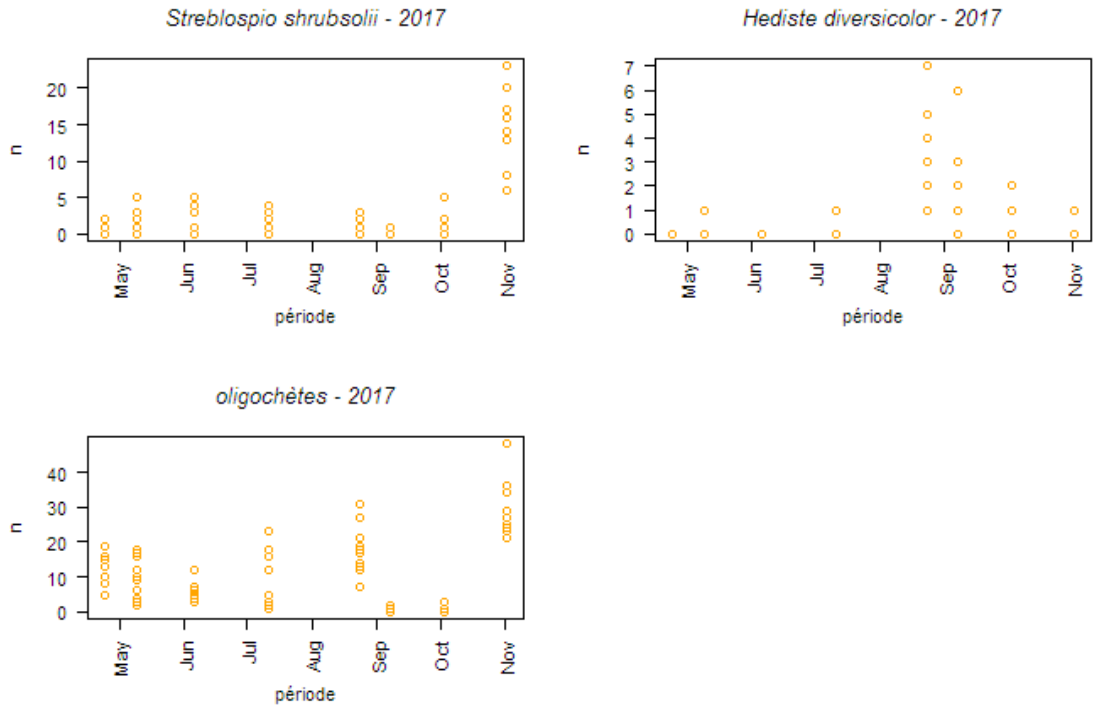


Figure C.2- 16 Dynamique saisonnière 2017 des principaux taxons de la faune benthique à la station St-Estèphe

C.2.4.2.3 Diversité taxonomique

Au cours de la surveillance 2017, le nombre de taxons par échantillon a fluctué entre 0 et 5 pour la station St-Estèphe. Les fluctuation observées sont de faible amplitude et ne montrent pas une saisonnalité marquée (Figure C.2- 17).

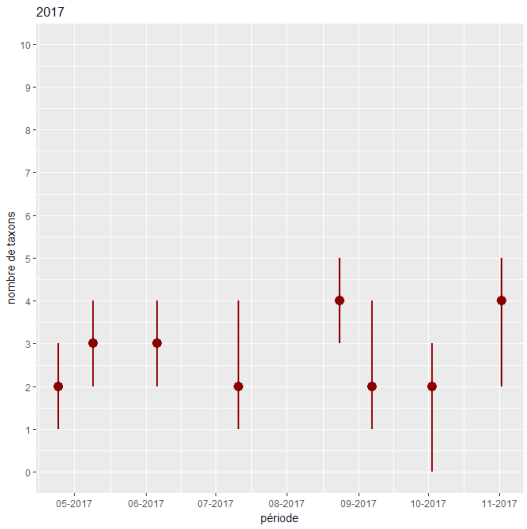


Figure C.2- 17 Dynamique saisonnière du nombre de taxons identifiés dans les échantillons de la station St Estèphe. Les points correspondent aux valeurs médianes, les barres figurent les valeurs minimales et maximales.

C.2.4.2.4 Abondance de la faune benthique

La densité moyenne de la faune au cours de l'année était d'environ 3 000 individus par m² sur le site de S-Estèphe. Des fluctuations de densité sont observées avec des valeurs plus élevées (> 2 500 individus par m²) en mai, août et en novembre. Le reste de l'année, les densités de faune mesurées étaient nettement plus faibles (Figure C.2- 18). Les fluctuations observées étaient principalement liée à des variations d'abondance de *Corophium volutator*, *Streblospio shrubsolii* et des oligochètes.

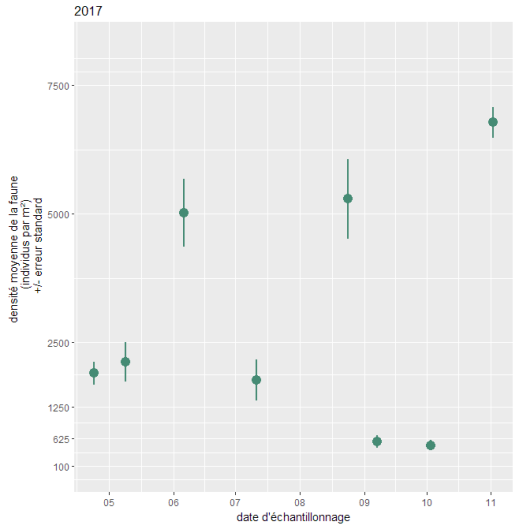


Figure C.2- 18 Dynamique saisonnière de la densité de la faune benthique (individus par m²) à la station St-Estèphe. Les points correspondent aux valeurs moyennes, les barres figurent la moyenne + ou – 1 erreur standard à la moyenne.

C.2.4.3 *Station Lamarque*

C.2.4.3.1 Composition faunistique

La faune benthique récoltée à la station Lamarque au cours de l'année 2017 consistait essentiellement en des annélides oligochètes, appartenant en toute probabilité en majorité à l'espèce *Limnodrilus hoffmeisteri* (ANNEXE 11c). Les sept autres taxons identifiés n'ont été récolté que de manière anecdotique en très faible quantité.

C.2.4.3.2 Dynamique saisonnière de la composition du peuplement

Les variations de composition du peuplement benthique sur le site de Lamarque sont illustrées par la position des points-dates sur l'espace défini par les deux premiers axes de l'Analyse en Coordonnées Principales (PCO, Figure C.2- 19). La figure C.2- 19 illustre le niveau de similarité de peuplement benthique entre les différentes dates d'échantillonnage à la station Lamarque. Elle permet de représenter à quel point la composition de la faune benthique a varié d'une date à l'autre sur ce site au cours de l'année 2017. Cette figure montre que les fluctuations observées sont très mineures mais exacerbées par le type d'analyse utilisé. Les principales variations distinguent les mois d'août à septembre, d'une part caractérisés par de relativement faibles abondances des oligochètes, l'absence de larves d'insectes et la présence de quelques individus de l'espèce *Streblospio shrubsolii* et *Peringia ulvae* (Figure C.2- 19). Les mois d'avril à juillet se distinguent par de plus fortes abondances d'oligochètes et la présence

de *C. volutator* et de larves d'insectes en très faible quantité. Le mois de novembre est principalement caractérisé par de relativement faibles abondances des oligochètes, l'absence de la plupart des autres espèces à l'exception des larves d'insectes. Les fluctuations observées au cours de l'année restent cependant extrêmement anecdotiques étant donné les niveaux de très faible abondance de la majorité des espèces à l'exception des oligochètes (Figure C.2- 20).

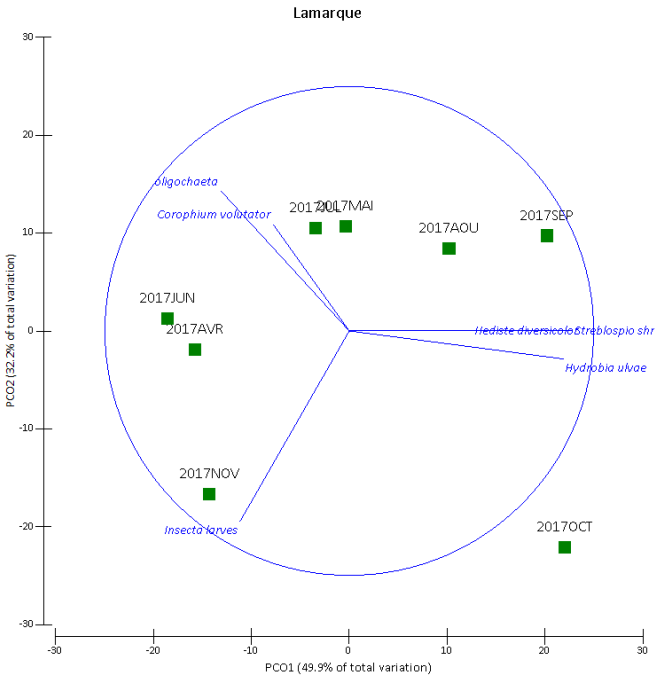


Figure C.2- 19 Ordination des Points-Dates de la station Lamarque selon les deux premiers axes extraits par Analyse en Coordonnée Principale (PCO) appliquée à la matrice de ressemblance (coefficient de Bray-Curtis) basée sur la composition et l'abondance de la faune benthique à la station Lamarque pour chaque date.

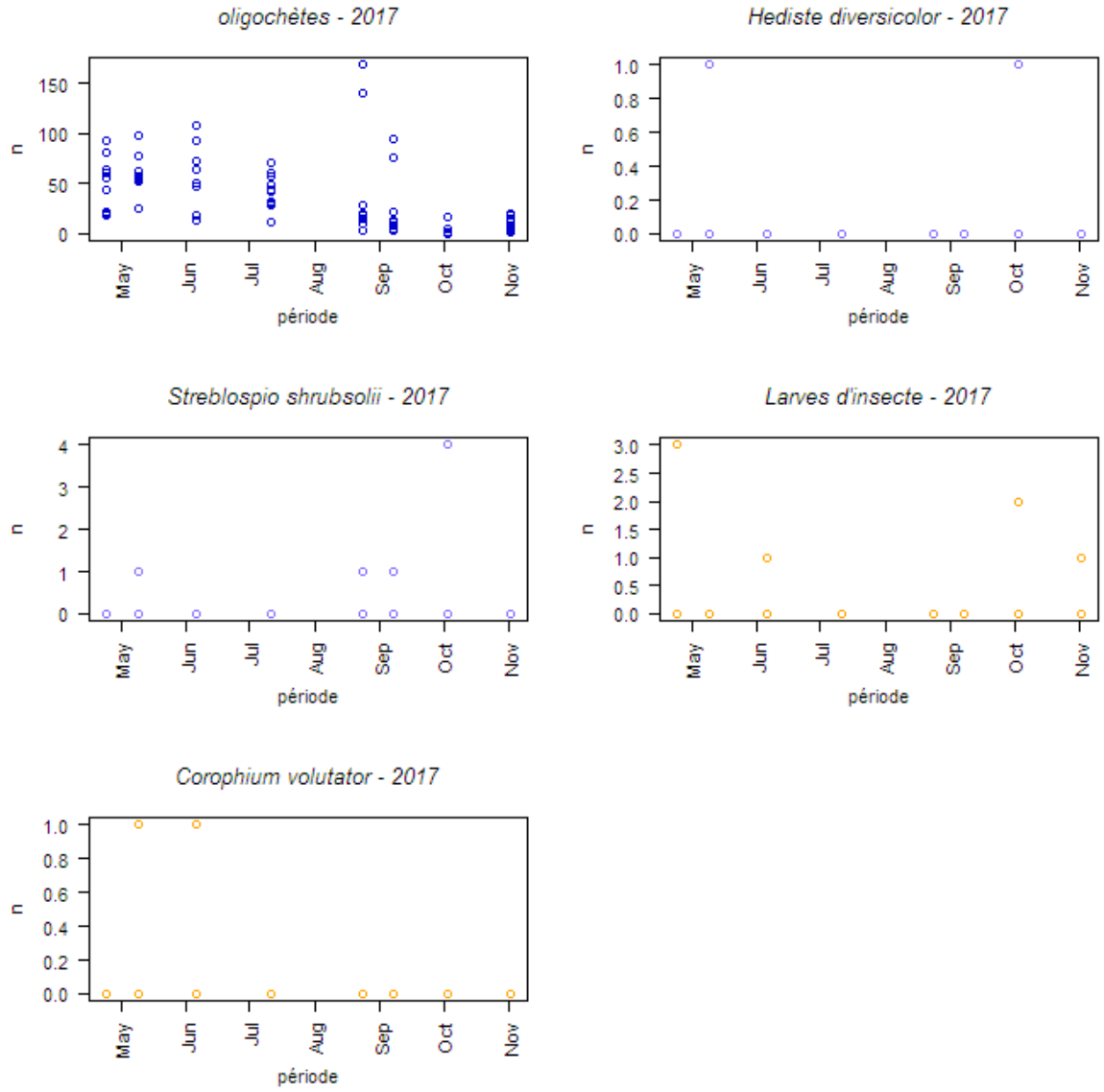


Figure C.2- 20 Dynamique saisonnière 2017 des principaux taxons de la faune benthique à la station Lamarque

C.2.4.3.3 Diversité taxonomique

La diversité taxonomique sur la station Lamarque est restée extrêmement faible et stable tout au long de l'année 2017. Le nombre de taxon par échantillon était en général égal à 1 (l'oligochète *Limnodrilus hoffmeisteri*) (Figure C.2- 21).

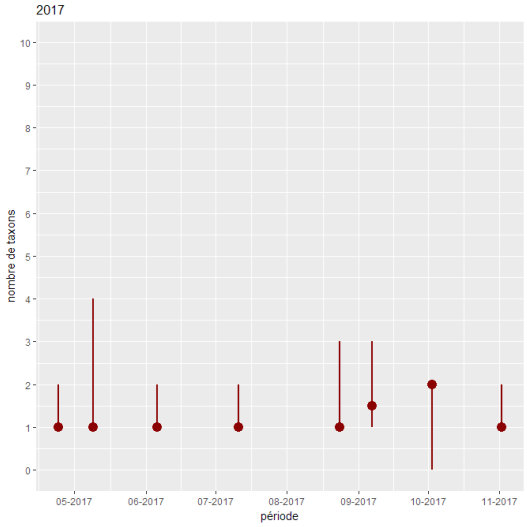


Figure C.2- 21 Dynamique saisonnière du nombre de taxons identifiés dans les échantillons de la station Lamarque. Les points correspondent aux valeurs médianes, les barres figurent les valeurs minimales et maximales.

C.2.4.3.4 Abondance de la faune benthique

Sur les deux premiers tiers de l'année 2017, la densité moyenne de la faune benthique oscillait autour de 4 000 à 8 000 individus par m². Les niveaux de densités ont diminué par la suite au cours de l'été et de l'automne pour atteindre un minimum, de l'ordre de 1 000 individus par m² en octobre et novembre 2017 (Figure C.2- 22).

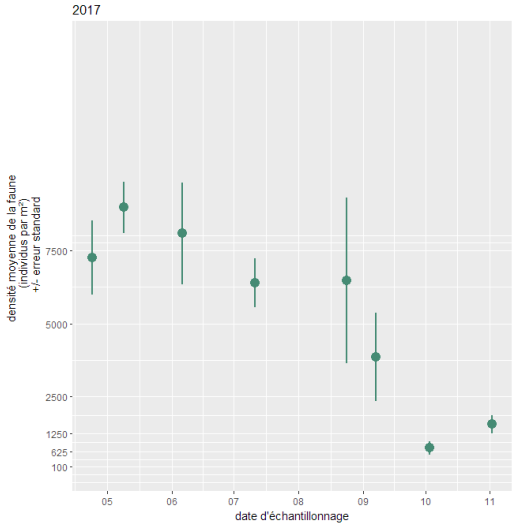


Figure C.2- 22 Dynamique saisonnière de la densité de la faune benthique (individus par m²) à la station Lamarque. Les points correspondent aux valeurs moyennes, les barres figurent la moyenne + ou – 1 erreur standard à la moyenne.

C.2.5 EVOLUTION TEMPORELLE DES PEUPLEMENTS INTERTIDAUX

C.2.5.1 *Station Saint-Christoly*

C.2.5.1.1 Composition faunistique

Depuis le début de la surveillance, les principaux taxons échantillonnés sur le site de St-Christoly sont, en ce qui concerne les annélides, le polychète *Streblospio shrubsolii*, qui est l'espèce dominante en densité mais également *Hediste diversicolor*, *Heteromastus filiformis* et *Pseudopolydora pulchra* ainsi que des annélides oligochètes, qui sont retrouvés de manière plus ponctuelles. Les densités de ces organismes sont très variables en fonction des années : l'abondance de ces taxons peut être élevée certaines années et totalement absente l'année suivante. En ce qui concerne les mollusques, le bivalve *Scrobicularia plana* est systématiquement présent sur le site, et peut être occasionnellement accompagné de quelques individus de *Limecola balthica* (anciennement : *Macoma balthica*). Le gastéropode *Peringia ulvae* (anciennement *Hydrobia ulvae*) est également présent sur le site avec des niveaux de densité très fluctuants, en partie due à sa capacité à se déplacer par flottaison (Figure C.2- 23 à Figure C.2- 27).

Par rapport aux années précédentes, le peuplement benthique identifié au cours de l'année 2017 était tout à fait similaire à ce qui a été observé en 2016, comme le met en évidence l'Analyse en Coordonnées principales (Figure C.2- 28). Selon le premier axe extrait par la PCO, qui extrait la majorité (58 %) des variations interannuelles de la faune benthique à St-Christoly, la situation de 2016-2017 n'est pas très différente de ce qui a été observé de 2014 à 2015 ainsi qu'en 2005, mais tranche notamment avec la situation de 2007-2008. Enfin, les années 2006 et 2009 à 2013 forment un troisième ensemble révélateur d'un peuplement benthique très similaire pour ces périodes.

L'ensemble des années 2005 et 2014 à 2017 correspond à des années de fortes densités de *S. shrubsolii*, de *Peringia ulvae*, de *S. plana* et d'*Hediste diversicolor* associées aux présences, plus sporadiques, *d'H. filiformis*, de *P. pulchra* ainsi que des recrutements saisonniers de *Corophium volutator* (Figure C.2- 23 à Figure C.2- 27).

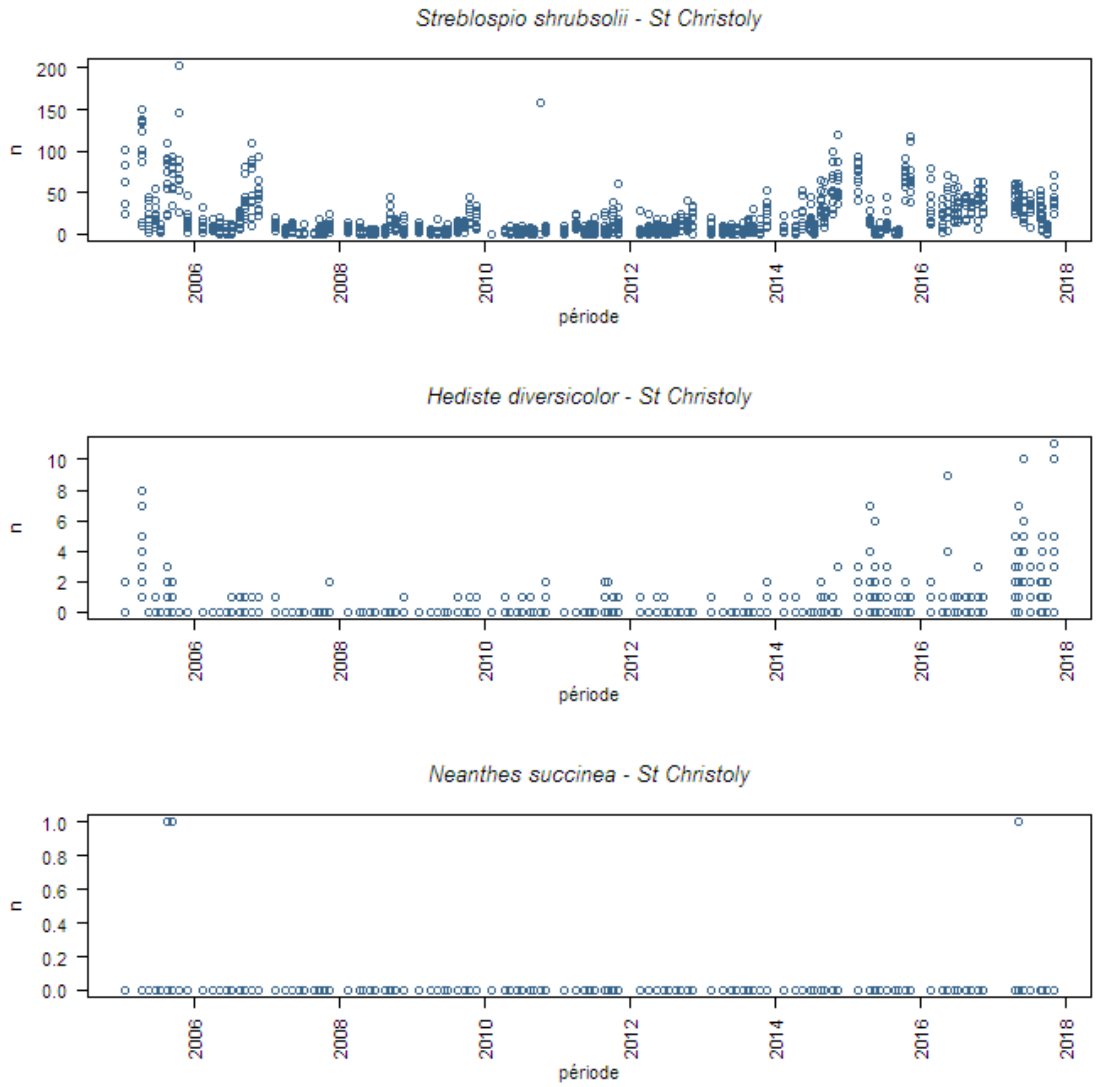


Figure C.2- 23 Abondance (n, nombre d'individus par échantillon) des principaux taxons d'annélides à la station St-Christoly

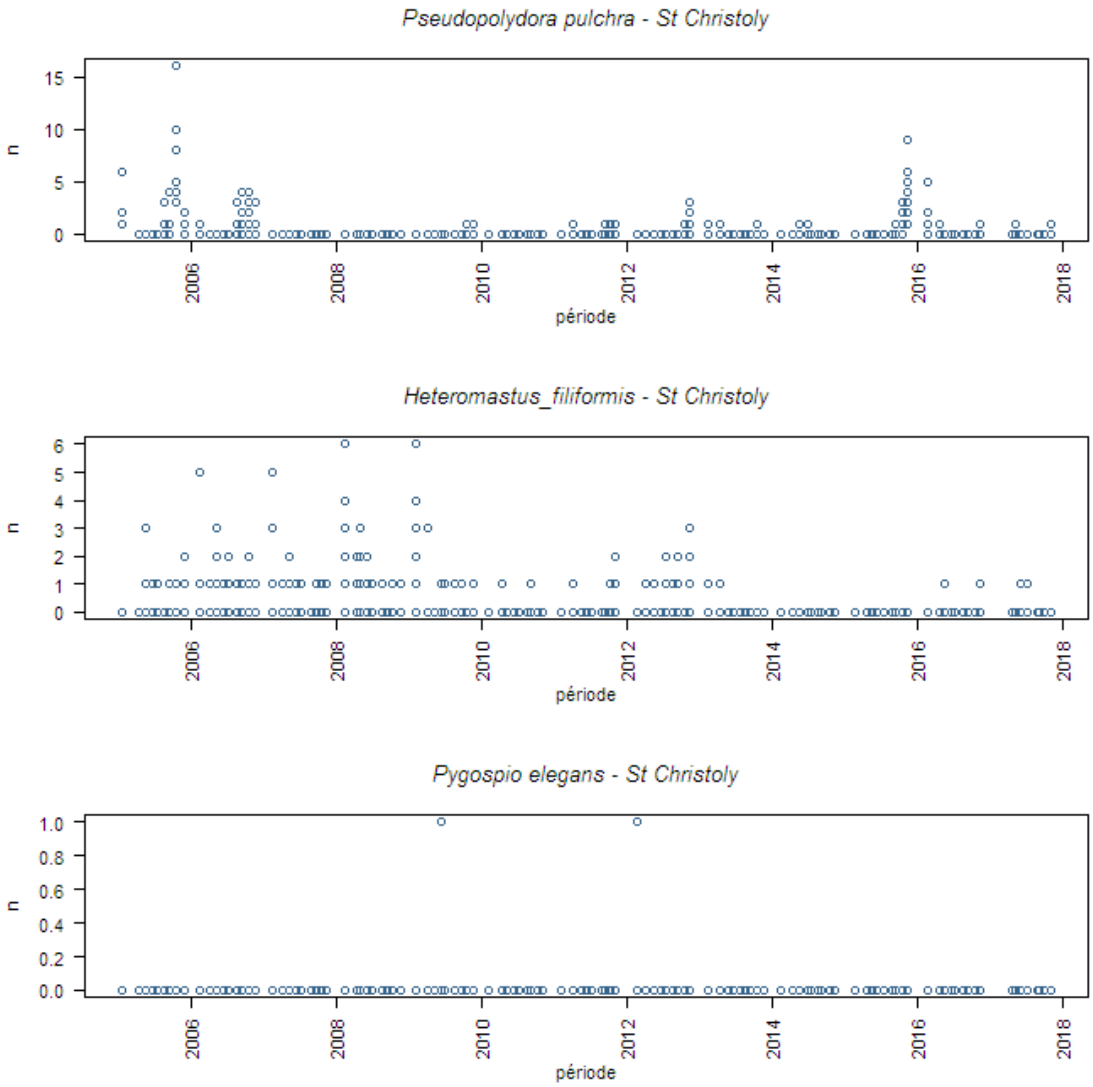


Figure C.2- 24 Abondance (n, nombre d'individus par échantillon) des principaux taxons d'annélides à la station St-Christoly

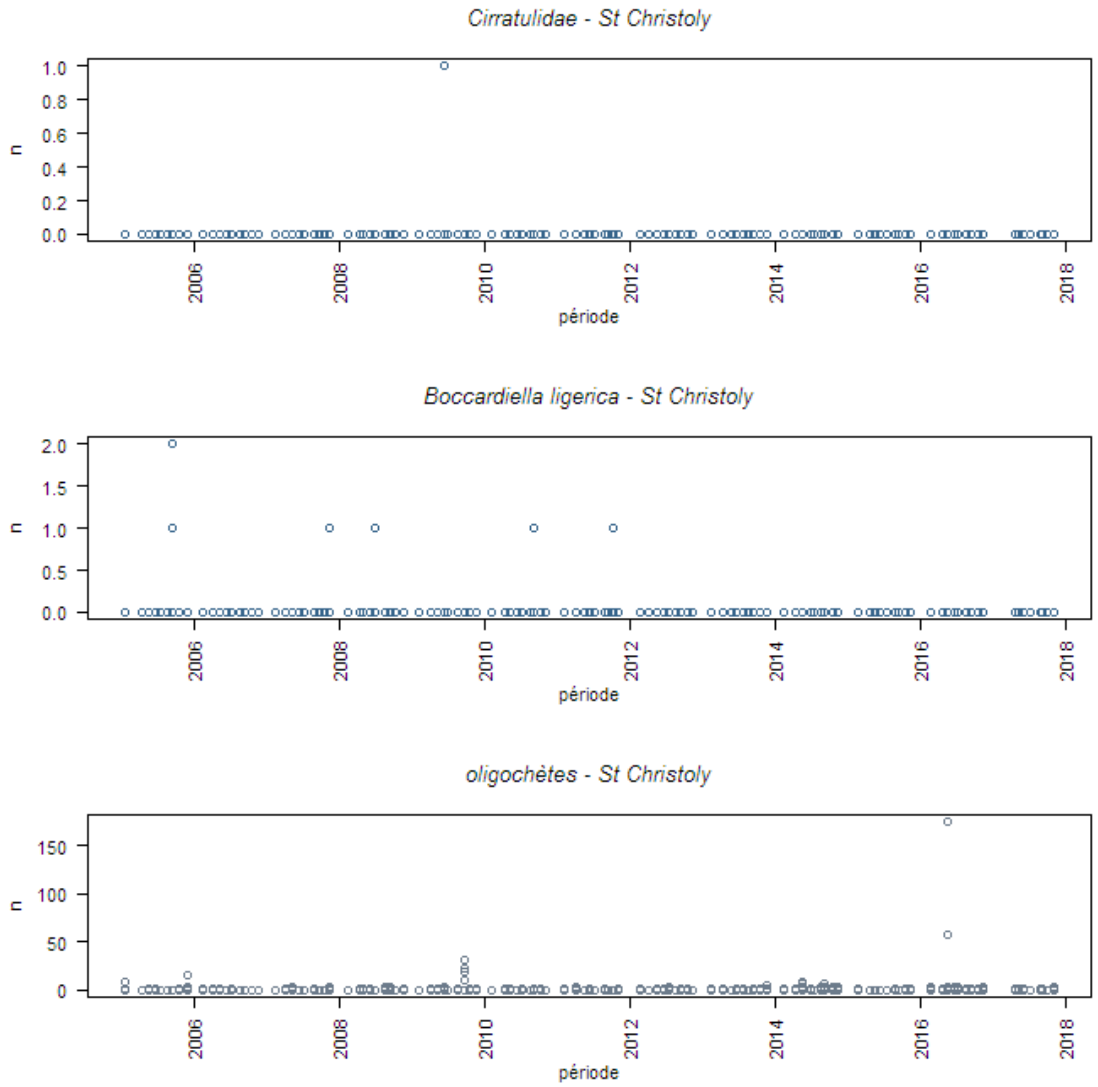


Figure C.2- 25 Abondance (n, nombre d'individus par échantillon) des principaux taxons d'annélides à la station St-Christoly

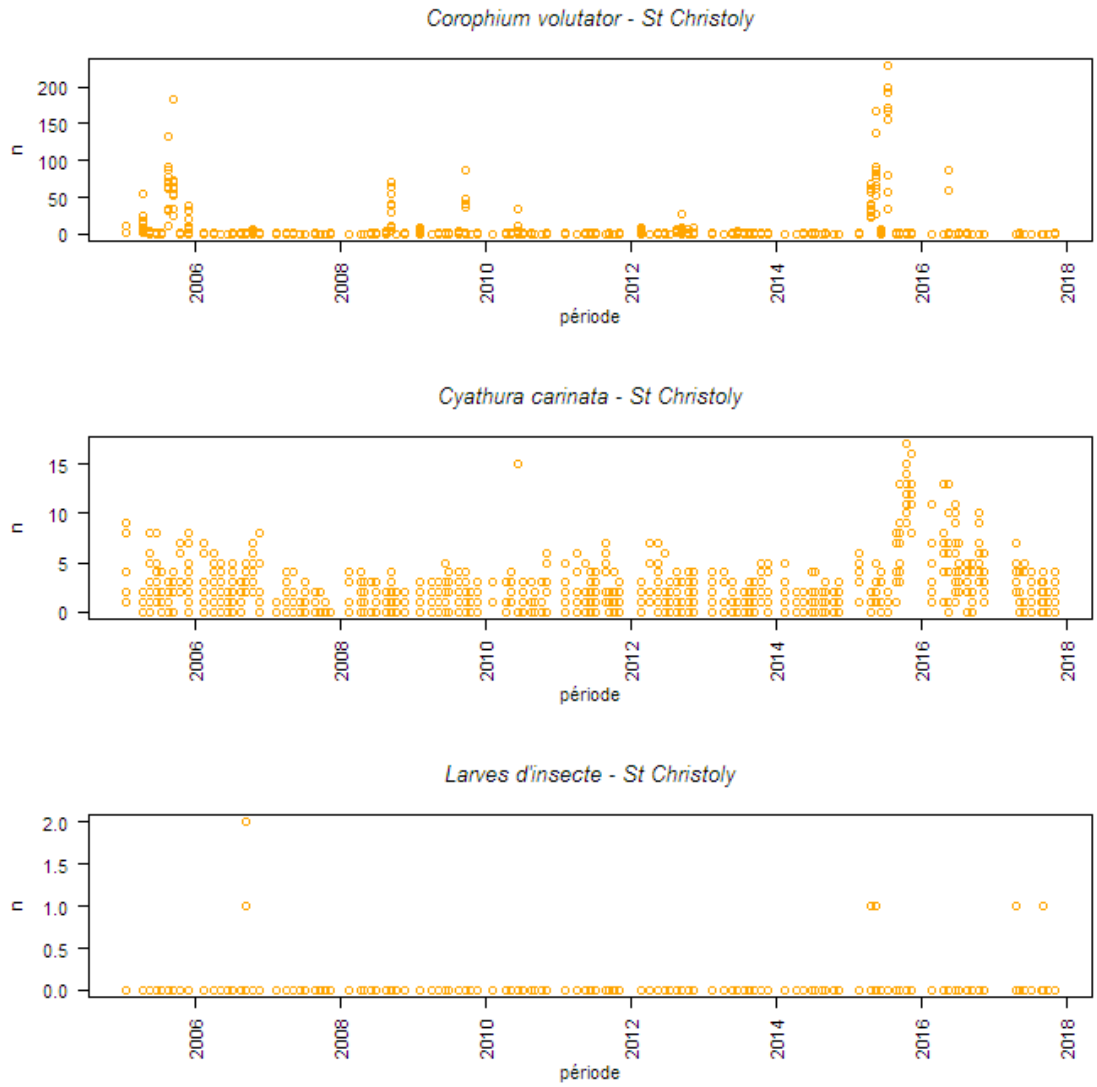


Figure C.2- 26 Abondance (n, nombre d'individus par échantillon) des principaux taxons d'arthropodes à la station St-Christoly

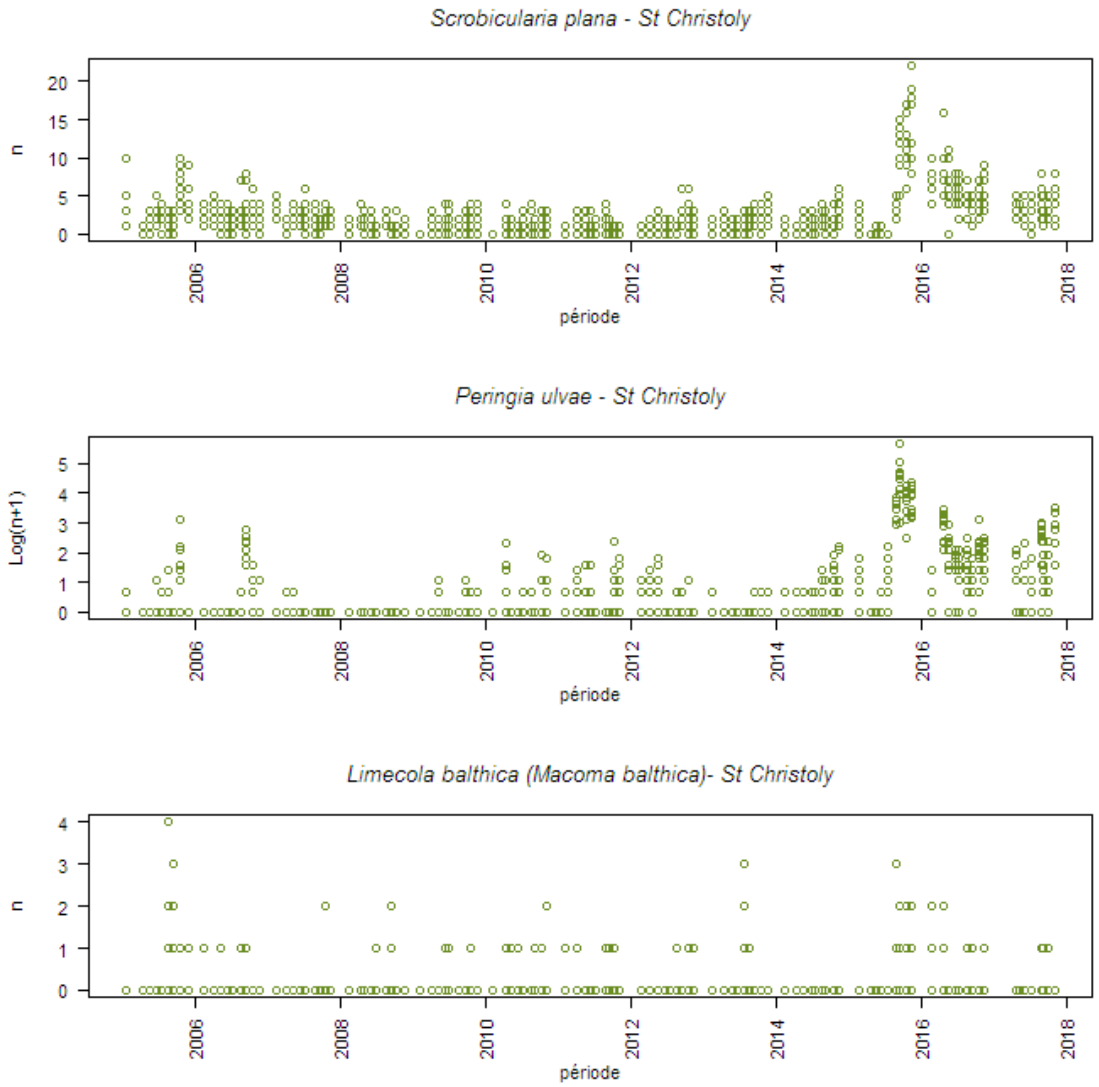


Figure C.2- 27 Abondance (n, nombre d'individus par échantillon) des principaux taxons de mollusques à la station St-Christoly

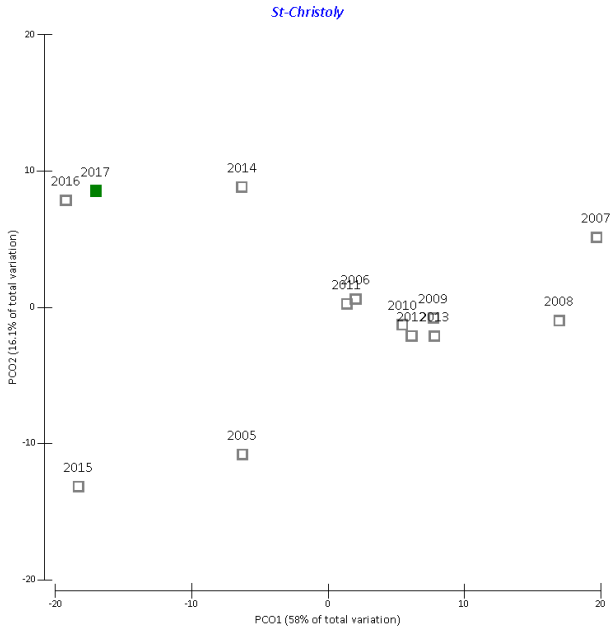


Figure C.2- 28 Comparaison de la composition du peuplement benthique à la station St-Christoly au cours de la surveillance 2017 à celle observée au cours des précédentes campagnes de suivi au moyen d'une Analyse en Coordonnées Principales (PCO) réalisée sur les centroïdes de chaque année de suivi. La position de chaque centroïde prend en compte la variabilité mensuelle du peuplement.

C.2.5.1.2 Diversité taxonomique

Au cours de la surveillance pluriannuelle du site de Saint Christoly, le nombre de taxons par échantillon a fluctué entre 1 et 8. Bien que des patrons saisonniers différents soient observés en fonction des années, le nombre de taxon par échantillon est en général plus faible au cours des premiers mois de l'année puis augmente en général à partir du mois de juillet-août (Figure C.2- 29. Un tel patron a été observé en 2017.

Le niveau de diversité mesuré à chaque date était en général du même ordre voire légèrement plus élevé que ce qui a été observé depuis le début de la surveillance de cette station (Figure C.2- 30). L'année 2017 peut être considérée de manière globale comme une année de diversité plutôt élevée par rapport aux années antérieures, elle fait en effet partie des quatre années où le nombre de taxon observé était le plus élevé (Figure C.2- 31).

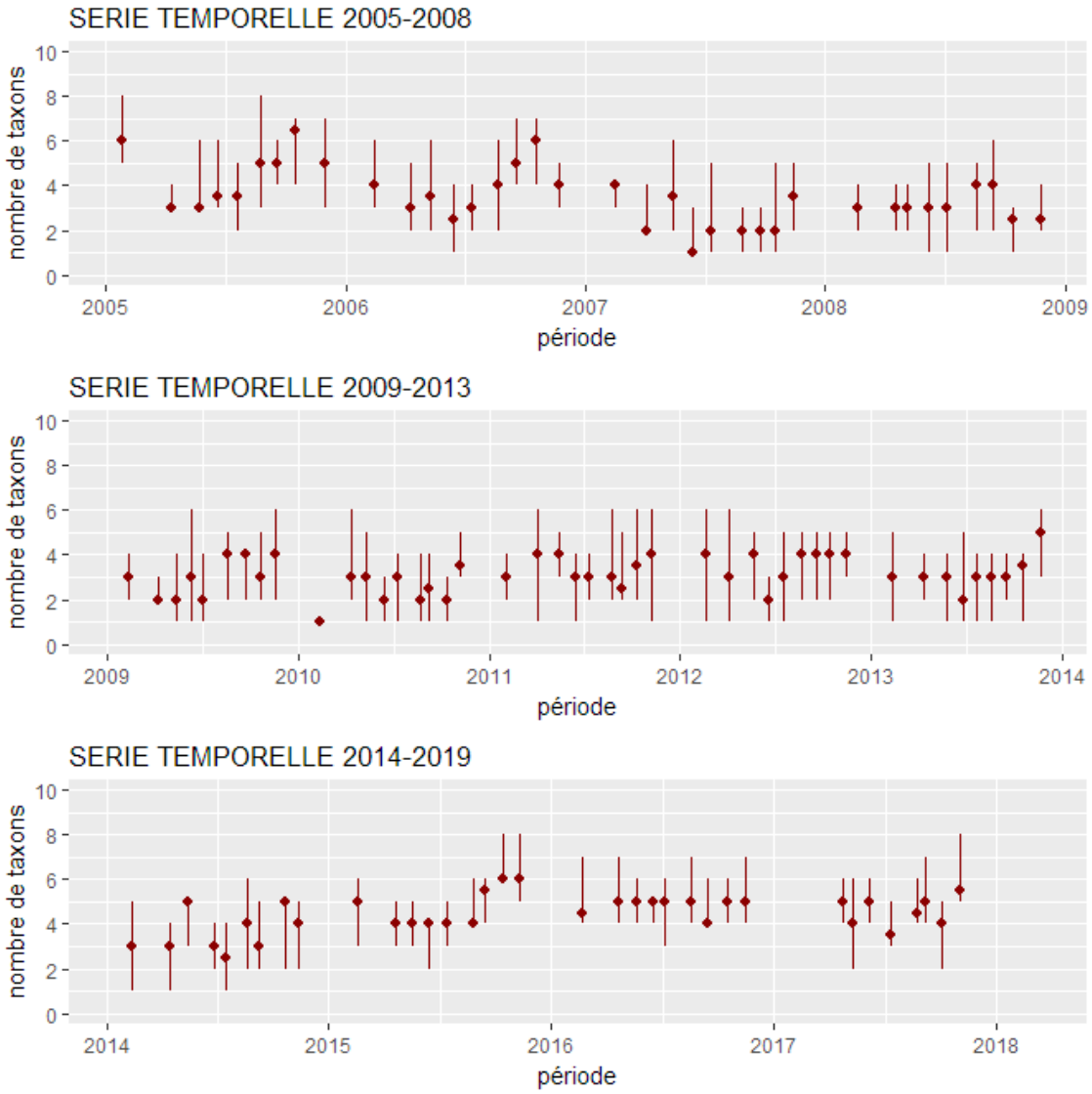


Figure C.2- 29 Evolution pluriannuelle du nombre de taxons identifiés dans les échantillons de la station St-Christoly. Les points correspondent à la valeur médiane, les barres figurent les valeurs minimales et maximales pour chaque mois.

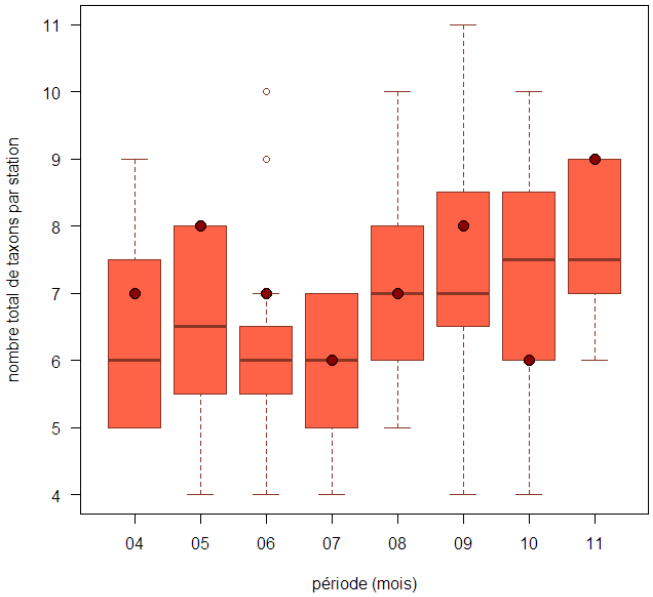


Figure C.2- 30 Comparaison de la diversité observée sur l'ensemble de la station St-Christoly chaque mois en 2017 (points rouges foncés) par rapport à la diversité stationnelle mesurée chaque mois sur l'ensemble de la série chronologique (2005-2016, boîtes à moustaches).

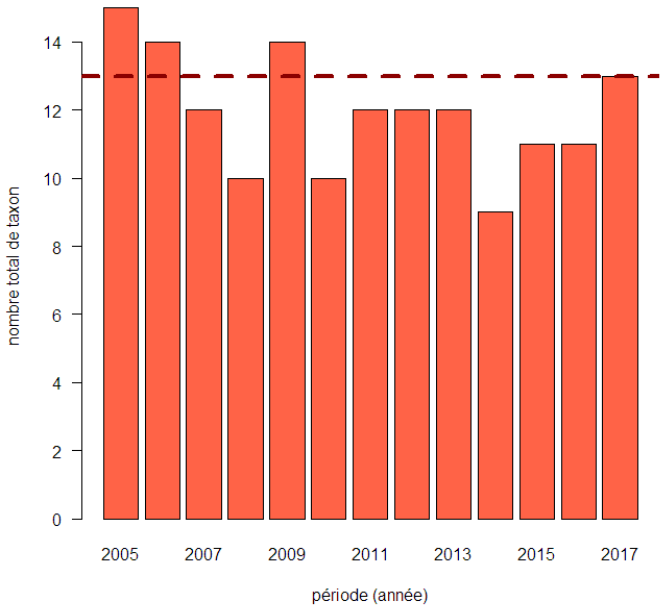


Figure C.2- 31 Comparaison de la diversité totale observée sur l'ensemble de l'année 2017 à la station St-Christoly (tiret rouges foncés) par rapport à celle mesurée sur chaque année de la série chronologique.

C.2.5.1.3 Abondance de la faune benthique

Le niveau d'abondance de la faune benthique sur l'estran de Saint Christoly est très élevé par rapport à ce qui peut être mesuré en domaine subtidal. Les densités de faune fluctuent entre plusieurs centaines à plusieurs dizaines de milliers d'individus par m² (Figure C.2- 32). Au cours du suivi pluriannuel, des années de fortes densités, souvent supérieures à 5 000 individus par m², ont été observées en 2005-2006, ainsi que de 2014 à 2017. Elles contrastent avec la période 2007-2014 où les densités étaient plus modérées ; en général inférieures à 5 000 individus par m².

La comparaison des densités mensuelles entre les années confirment les observations faites ci-dessus : L'année 2017 présente en général des niveaux de densité mensuels qui restent dans la gamme de ce qui a été observé précédemment, à l'exception des mois de juin et juillet où la densité du peuplement était plutôt élevée par rapport à ce qui est observé habituellement. Le mois d'octobre contraste également avec des niveaux de densité parmi les plus faibles de la série (Figure C.2- 33).

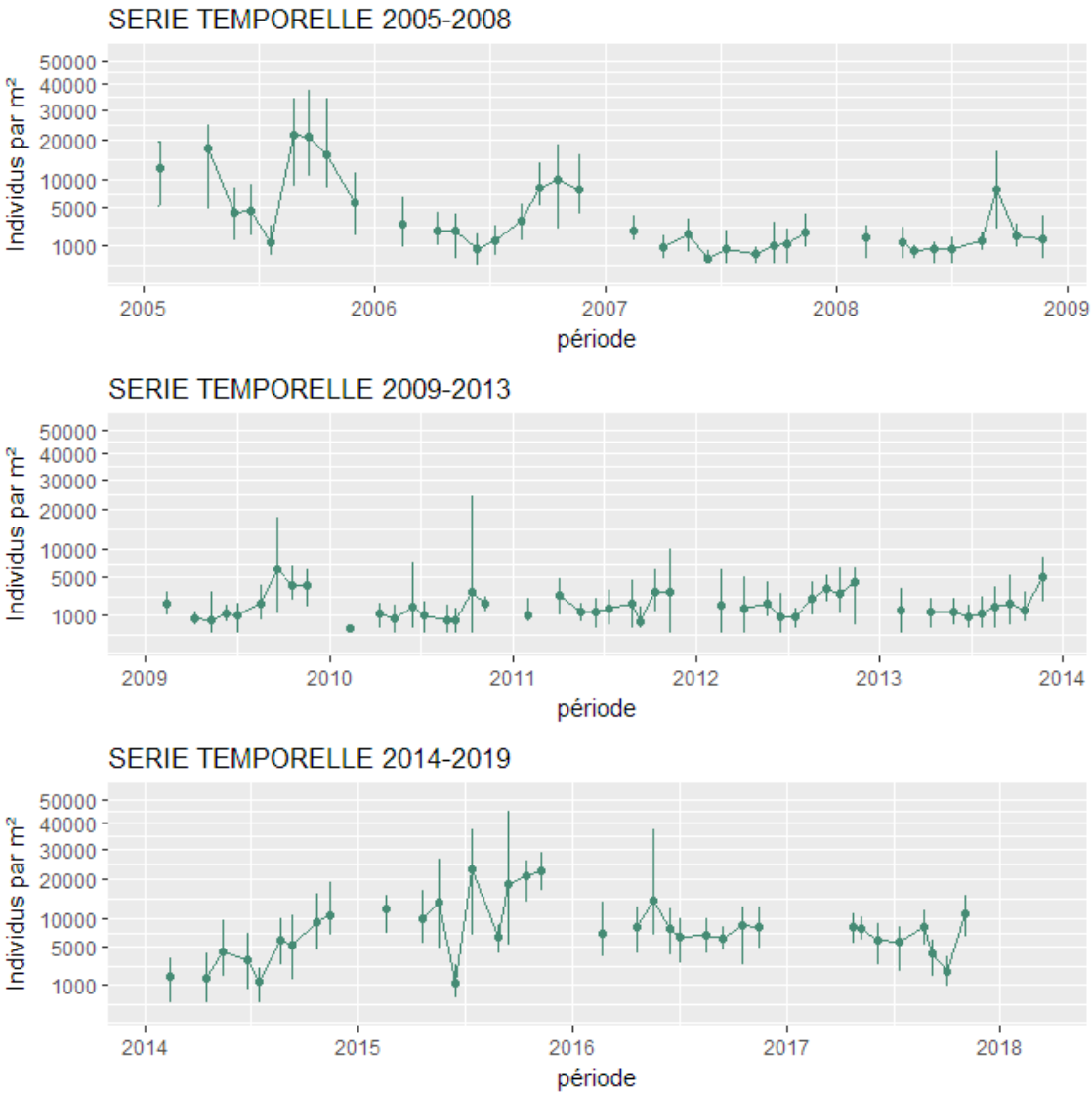


Figure C.2- 32 Evolution pluriannuelle de la densité (nombre d'individus par m²) de la faune benthique dans les échantillons de la station St-Christoly. Les points correspondent à la valeur médiane, les barres figurent les valeurs moyenne + ou – l'erreur standard à la moyenne. Pour les besoins de la représentation graphique, l'échelle des densités est une échelle logarithme.

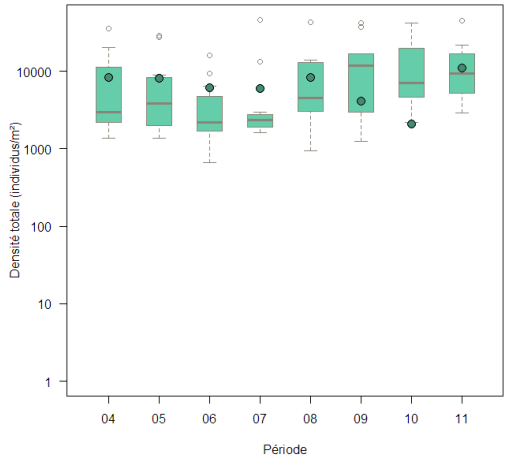


Figure C.2- 33 Comparaison des densités observées sur l'ensemble de la station St-Christoly chaque mois en 2017 (points verts foncés) par rapport à la densité mesurée chaque mois sur l'ensemble de la série chronologique (2005-2016, boîtes à moustaches). L'échelle de l'axe des ordonnées est une échelle logarithmique.

C.2.5.2 *Station Saint-Estèphe*

C.2.5.2.1 Composition faunistique

La faune benthique sur le site de St-Estèphe est principalement caractérisée par des oligochètes appartenant principalement à l'espèce *Tubificoides heterochaetus*. L'annélide polychète *Streblospio shrubsolii* est également régulièrement observée dans les échantillons. Le crustacé amphipode *Corophium volutator* est abondant sur le site mais avec une saisonnalité marquée. Le crustacés isopode *Cyathura carinata* est régulièrement observé sur le site de St-Estèphe bien qu'à des niveaux de densités inférieurs à ceux observés sur le site plus aval de St-Christoly. Enfin, *Hediste diversicolor* est présente en abondance modérée sur le site avec une absence totale certaines années (Figure C.2- 34 à Figure C.2- 36). Les mollusques ne sont que rarement observés sur St-Estèphe (Figure C.2- 36).

L'Analyse en Coordonnées Principales (PCO), présentée sur la Figure C.2- 37, place l'année 2017 au centre du nuage de points formé par les points-années dans l'espace des deux premiers axes de la PCO. A ce titre, le peuplement benthique de l'année 2017, au même titre que celui de 2010 et 2011, semble représentatif d'un peuplement benthique intermédiaire entre les différentes années au cours duquel il a été étudié. Il correspond en effet à une année où la plupart des espèces ont été observées sur le site mais où les niveaux d'abondance de ces espèces étaient modérés : ni les oligochètes, ni *Corophium volutator*, ni *Streblospio shrubsolii* dont les effectifs peuvent ponctuellement être très élevés n'ont montré de pics d'abondance tels qu'ils ont pu être mesuré au cours d'autres années.

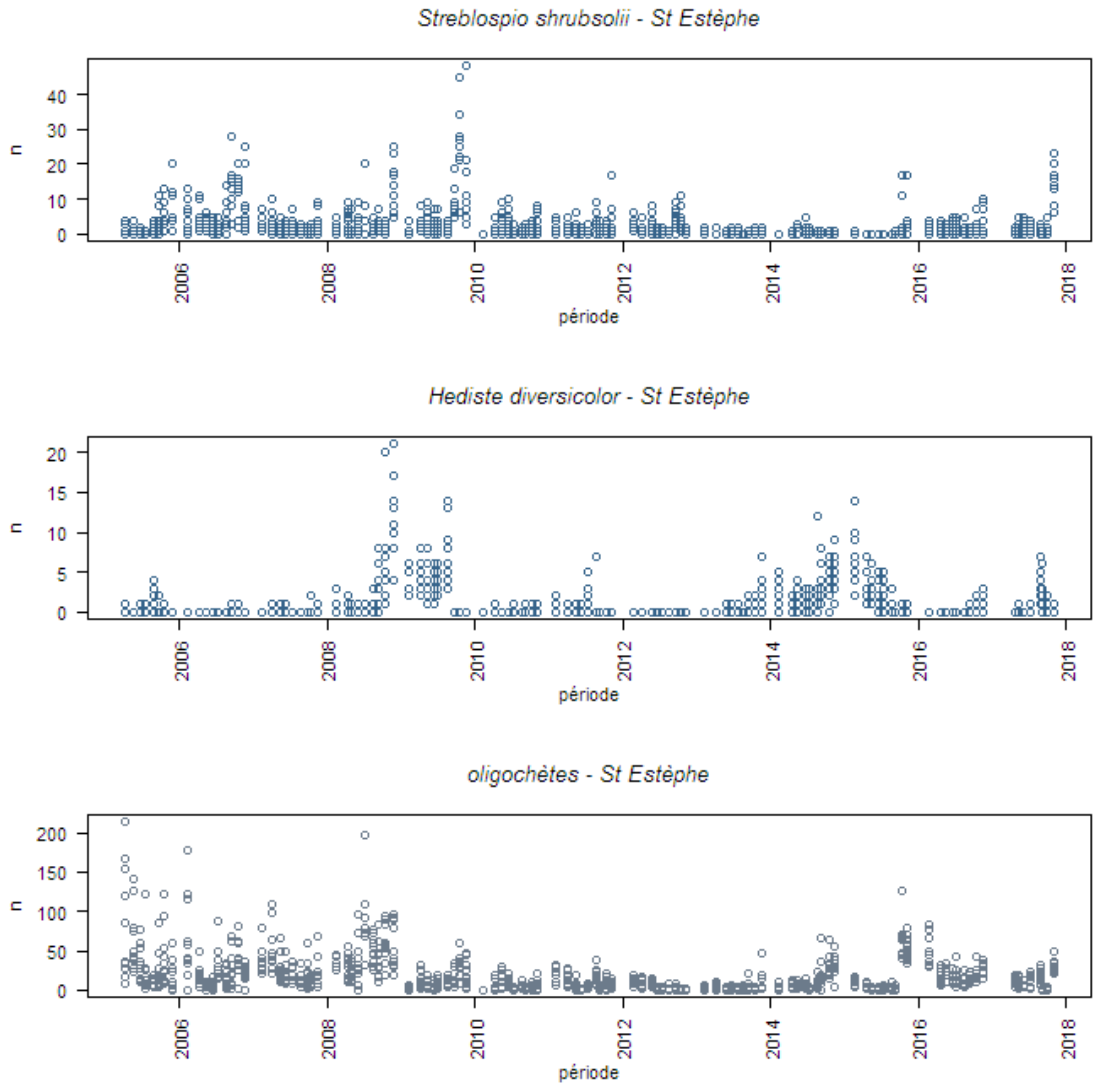


Figure C.2- 34 Abondance (n, nombre d'individus par échantillon) des principaux taxons d'annélides à la station St-Estèphe

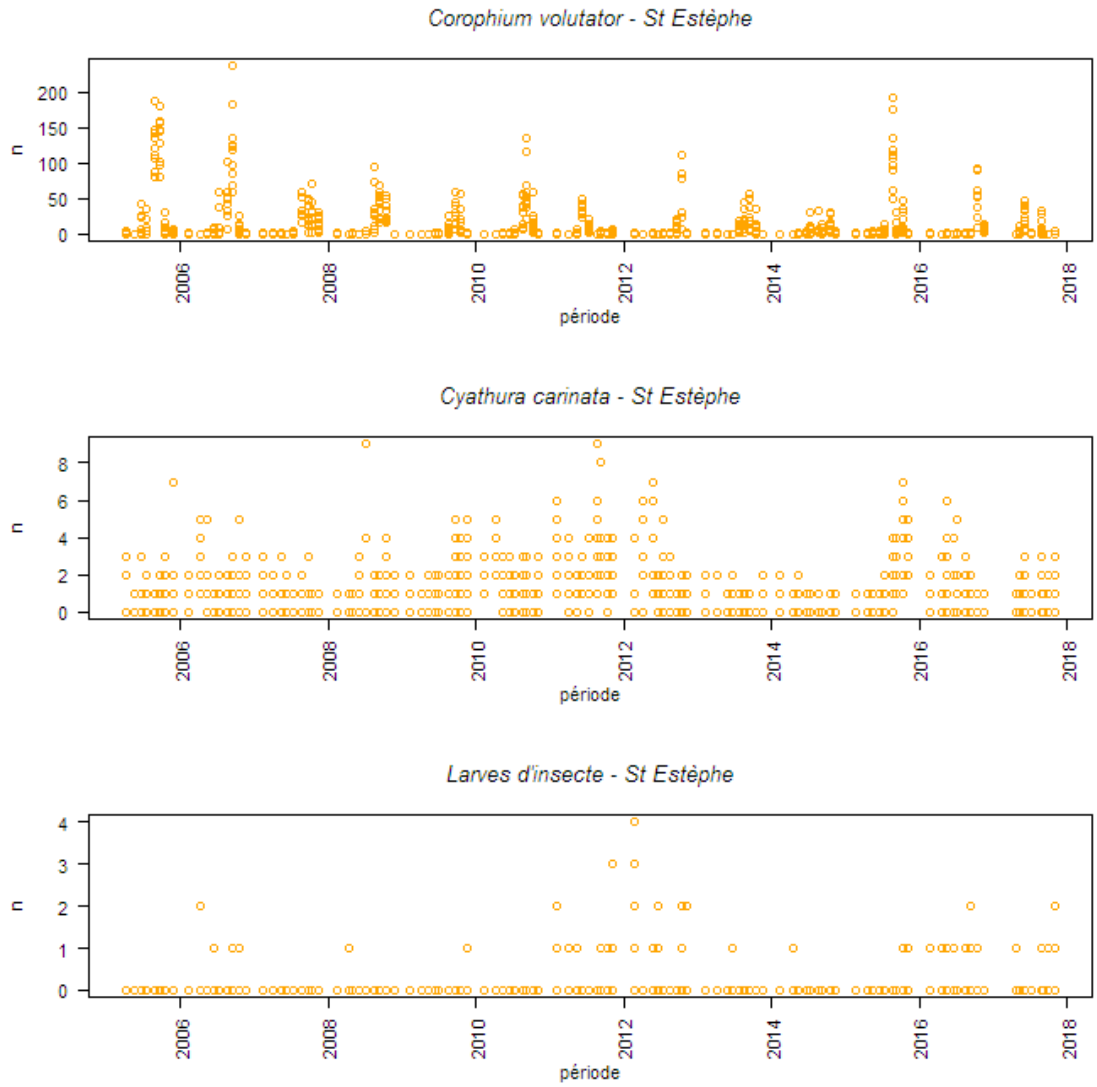


Figure C.2- 35 Abondance (n, nombre d'individus par échantillon) des principaux taxons d'arthropodes à la station St-Estèphe

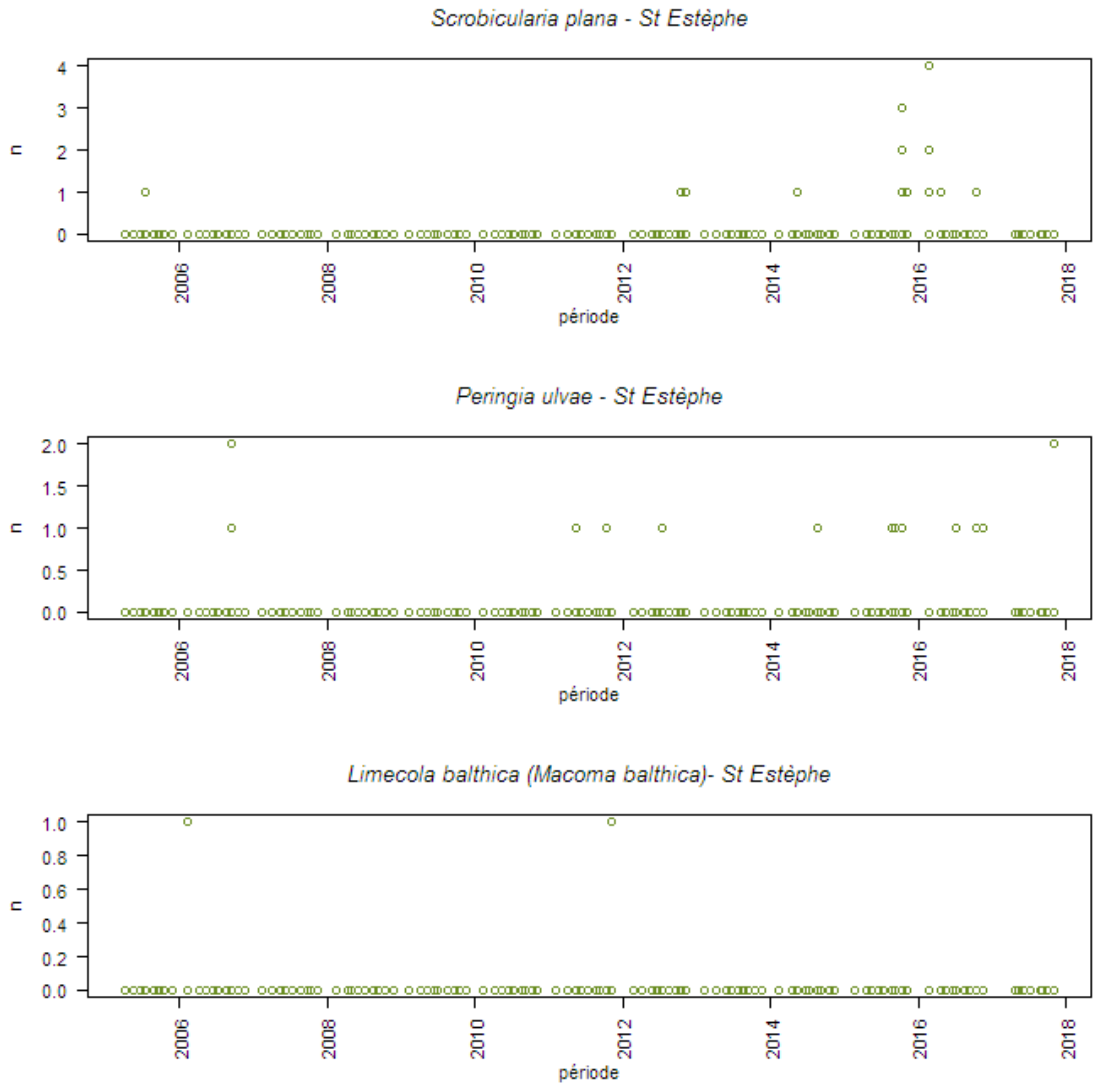


Figure C.2- 36 Abondance (n, nombre d'individus par échantillon) des principaux taxons de mollusques à la station St-Estèphe

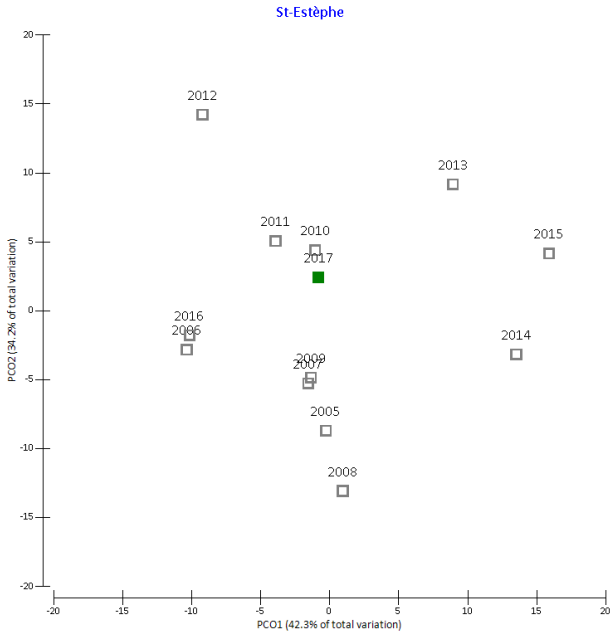


Figure C.2- 37 Comparaison de la composition du peuplement benthique à la station St-Estèphe au cours de la surveillance 2017 à celle observée au cours des précédentes campagnes de suivi au moyen d'une Analyse en Coordonnées Principales (PCO) réalisée sur les centroïdes de chaque année de suivi. La position de chaque centroïde prend en compte la variabilité mensuelle du peuplement.

C.2.5.2.2 Diversité taxonomique

Les niveaux de diversité observés dans cette station sont plus faibles que ceux observés à la station St-Christoly située plus en aval. Ce phénomène de diminution de la diversité est classiquement observé le long du gradient de salinité décroissant de l'aval vers l'amont des estuaires.

Depuis le début de la surveillance du peuplement benthique à la station St-Estèphe, le nombre de taxons a fluctué entre 0 et 7 taxons par échantillon. Les valeurs médianes ont elles, oscillé entre 1 et 5 avec un mode autour de 3 (Figure C.2- 38). Par rapport à la chronique pluriannuelle acquise sur ce site, les valeurs de 2007 ne montrent pas de tendance particulière (Figure C.2- 38). Le nombre mensuel de taxons récoltés était en général dans la gamme des valeurs mesurées au cours des années précédentes (Figure C.2- 39). Le nombre total de taxons collecté en 2017 figure parmi les valeurs les plus élevées mesurées sur cette station depuis le début de la surveillance. Cependant, les variations interannuelles de ce paramètre restent de faible amplitude, seules les années 2013 et, dans une moindre mesure, 2009 et 2010 ont montré un niveau de diversité plus faible que les autres (Figure C.2- 40). La diversité mesurée en 2017 sur le site de Saint Estèphe peut donc être considérée similaire à la moyenne pluriannuelle.

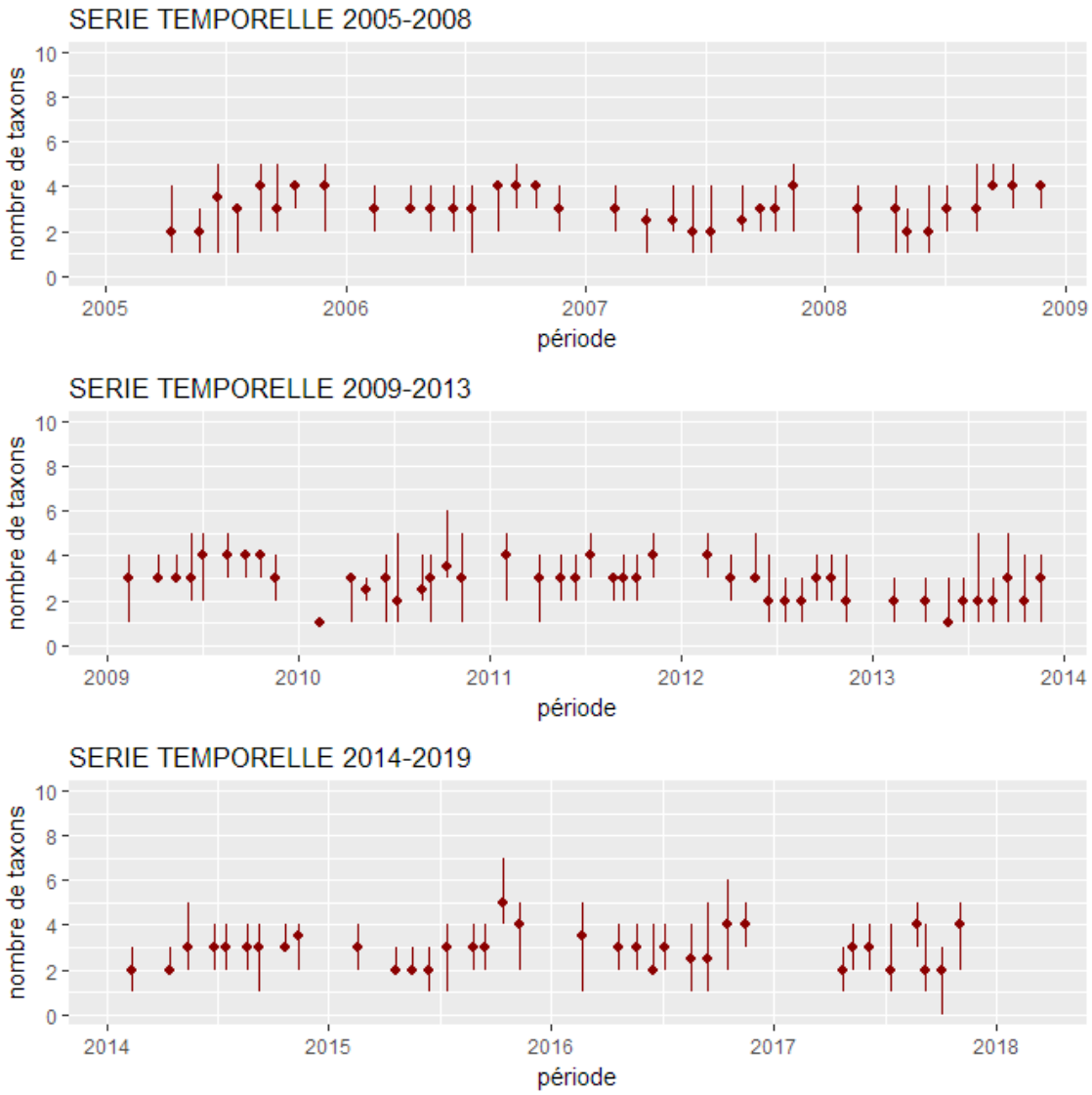


Figure C.2- 38 Evolution pluriannuelle du nombre de taxons identifiés dans les échantillons de la station St-Estèphe. Les points correspondent à la valeur médiane, les barres figurent les valeurs minimales et maximales pour chaque mois.

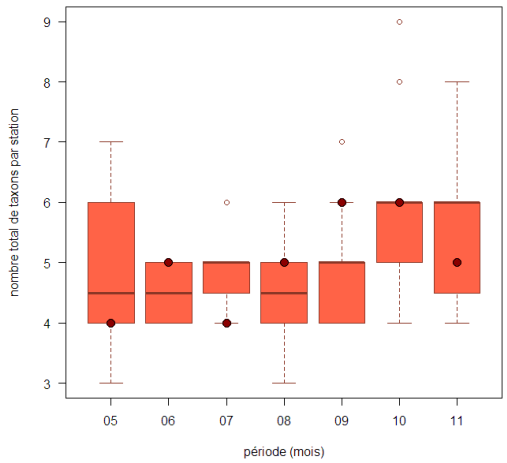


Figure C.2- 39 Comparaison de la diversité observée sur l'ensemble de la station St-Estèphe chaque mois en 2017 (points rouges foncés) par rapport à la diversité stationnelle mesurée chaque mois sur l'ensemble de la série chronologique (2005-2016, boîtes à moustaches).

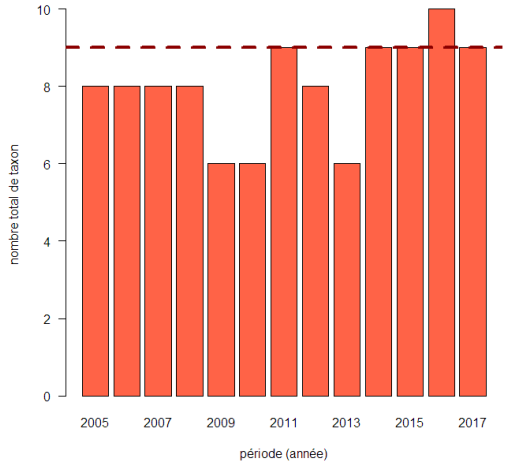


Figure C.2- 40 Comparaison de la diversité totale observée sur l'ensemble de l'année 2017 à la station St-Estèphe (tiret rouges foncés) par rapport à celle mesurée sur chaque année de la série chronologique.

C.2.5.2.3 Abondance de la faune benthique

A l'échelle pluriannuelle, les effectifs totaux fluctuent entre 1 000 et plusieurs dizaines de milliers d'individus par m² à la station St-Estèphe (Figure C.2- 41). Des valeurs élevées, régulièrement supérieures à 5 000 individus par m², ont été mesurées au cours des années 2005 à 2010. Au-delà de de cette période, de plus faibles effectifs ont été observés durant trois années (2011 à 2013) puis les effectifs ont atteint à nouveaux des niveaux du même ordre à partir de 2014.

Les effectifs mesurés en 2017 étaient plutôt faibles par rapport à ce qui a en général été observé chaque mois depuis le début de la surveillance, en particulier au cours des mois de septembre et d'octobre où les plus faibles valeurs de densité de la série chronologique ont été mesurées (Figure C.2- 42).

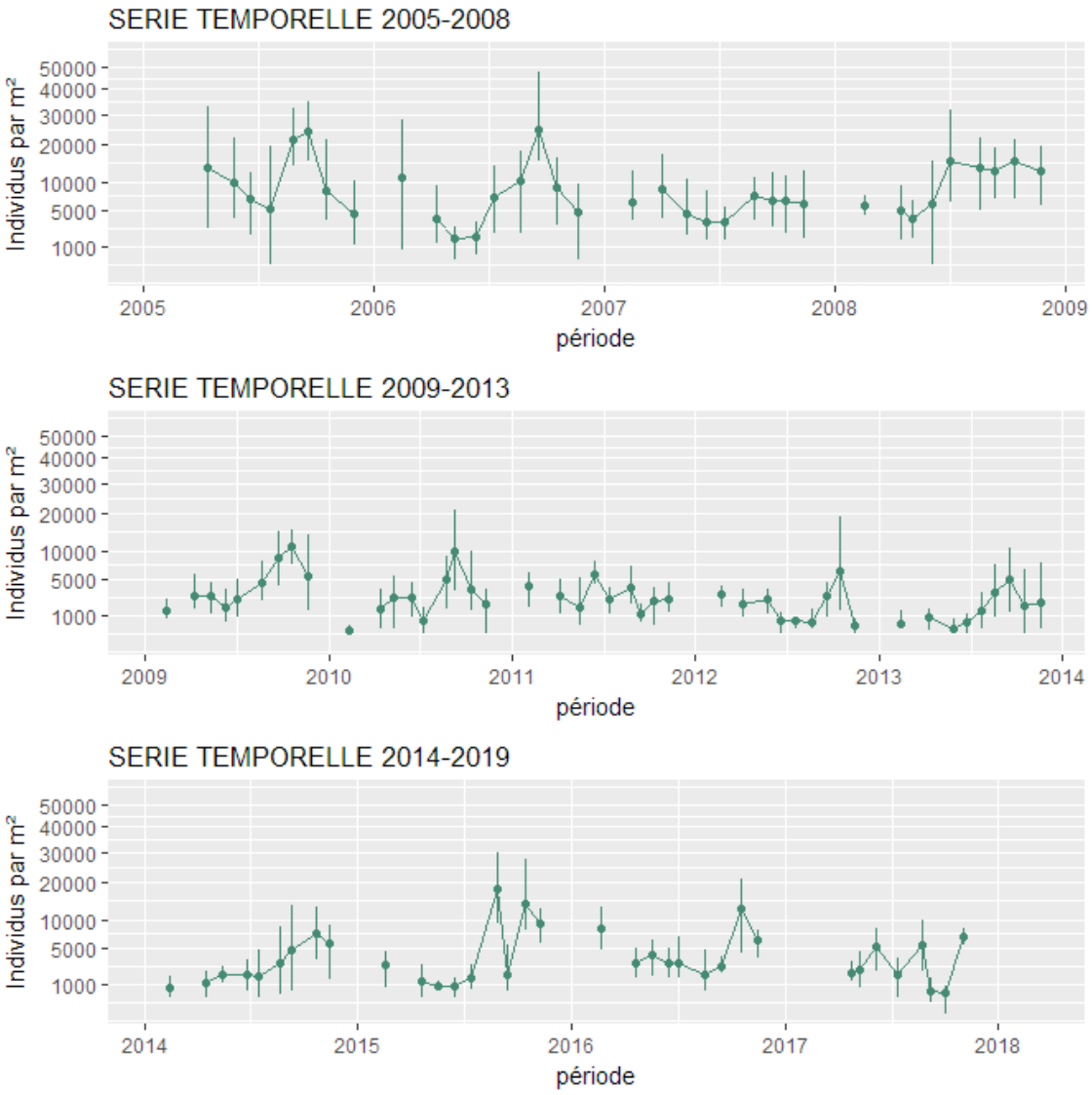


Figure C.2- 41 Evolution pluriannuelle de la densité (nombre d'individus par m²) de la faune benthique dans les échantillons de la station St-Estèphe. Les points correspondent à la valeur médiane, les barres figurent les valeurs moyenne + ou – l'erreur standard à la moyenne. Pour les besoins de la représentation graphique, l'échelle des densités est une échelle logarithme.

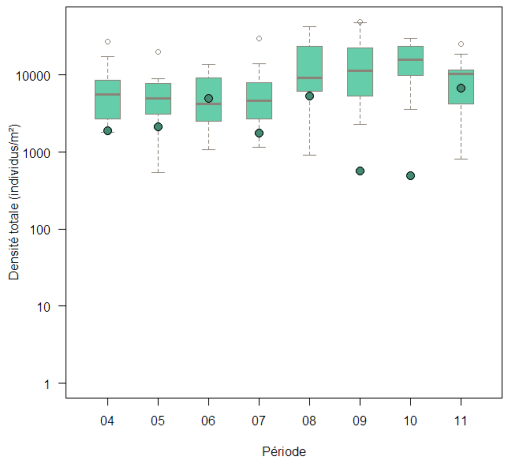


Figure C.2- 42 Comparaison des densités observées sur l'ensemble de la station St-Estèphe chaque mois en 2017 (points verts foncés) par rapport à la densité mesurée chaque mois sur l'ensemble de la série chronologique (2005-2016, boîtes à moustaches). L'échelle de l'axe des ordonnées est une échelle logarithme.

C.2.5.3 *Station Lamarque*

C.2.5.3.1 Composition faunistique

Depuis le début de la surveillance du peuplement benthique de la station Lamarque, un total de 13 taxons a été identifié. Parmi ces taxons, seuls les oligochètes sont constamment présents sur le site. Les taxons les moins anecdotiquement retrouvés sur ce site consistent en des larves d'insecte, ainsi que quelques individus appartenant aux espèces *Corophium volutator* (amphipode) et *Hediste diversicolor* (Figure C.2- 43 et Figure C.2- 44).

La position du point-année 2017 dans l'espace des deux premiers axes de l'Analyse en Coordonnées Principales réalisée sur la matrice des distances entre centroïdes des différentes années indique que le peuplement benthique de l'année 2017 est relativement plus proche de ceux observés de 2006 à 2007, de 2011 à 2013 ainsi que en 2015, c'est-à-dire à des années où l'abondance des oligochètes était relativement modérée par rapport aux années 2005, 2008 à 2010, 2014 et 2016. Ces années-là le peuplement était nettement dominé par les oligochètes (Figure C.2- 45).

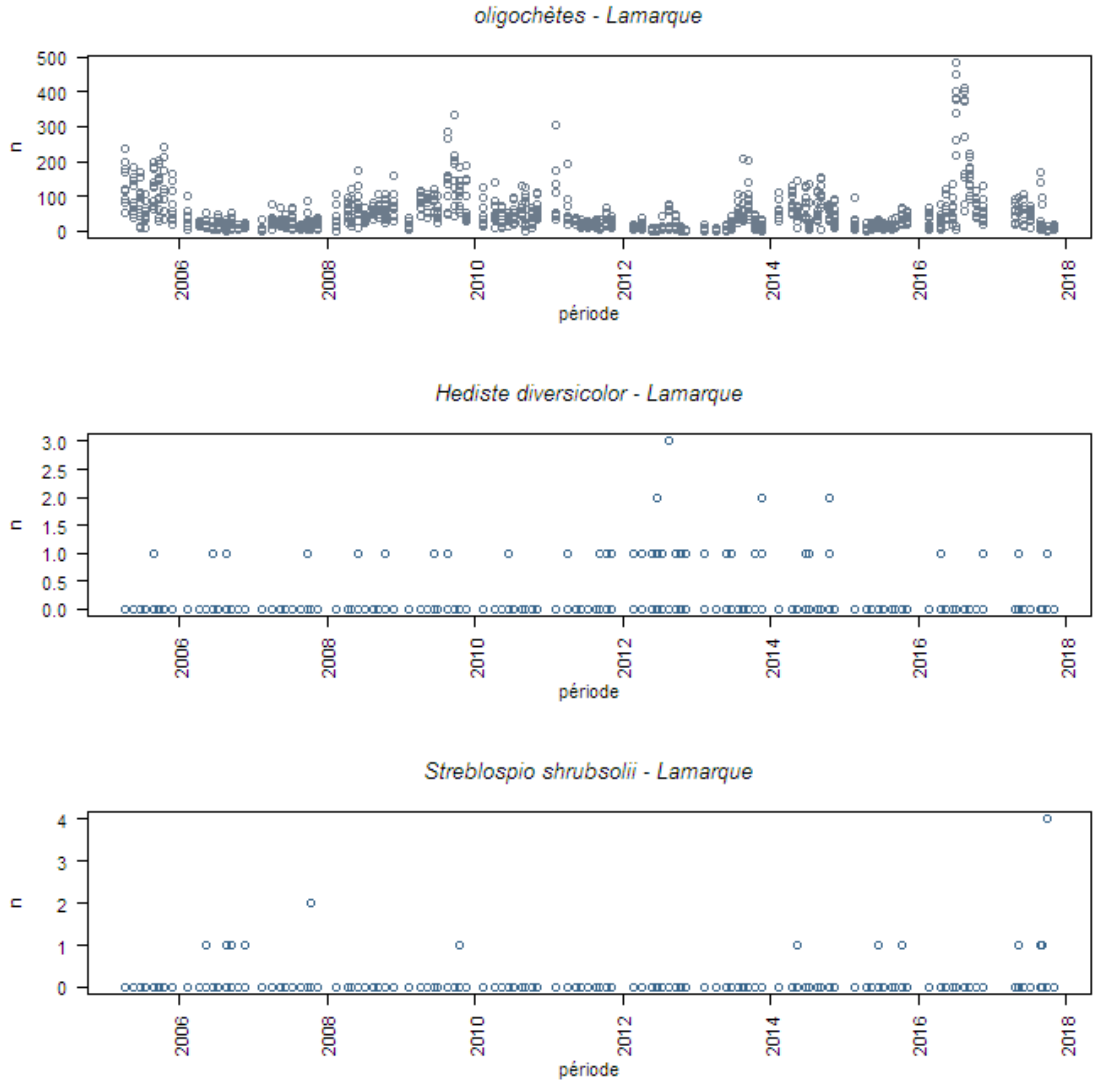


Figure C.2- 43 Abondance (n, nombre d'individus par échantillon) des principaux taxons d'annélides à la station Lamarque

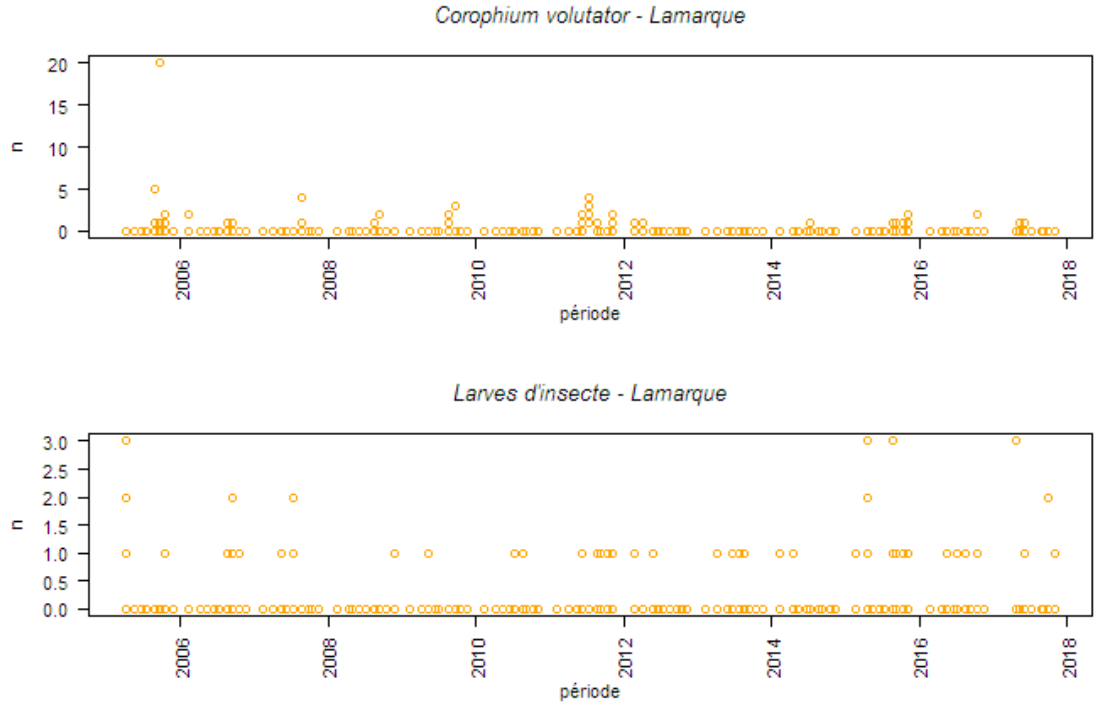


Figure C.2- 44 Abondance (n, nombre d'individus par échantillon) des principaux taxons d'arthropodes à la station Lamarque

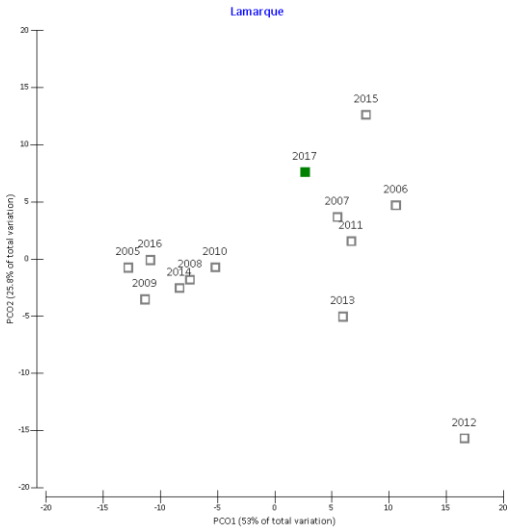


Figure C.2- 45 Comparaison de la composition du peuplement benthique à la station Lamarque au cours de la surveillance 2017 à celle observée au cours des précédentes campagnes de suivi au moyen d'une Analyse en Coordonnées Principales (PCO) réalisée sur les centroïdes de chaque année de suivi. La position de chaque centroïde prend en compte la variabilité mensuelle du peuplement.

C.2.5.3.2 Diversité taxonomique

L'ensemble des données acquises montrent que la diversité de la faune benthique à la station Lamarque est extrêmement faible, avec une seule espèce en moyenne, par échantillon (Figure C.2- 46). En revanche, les échantillons sont très rarement dépourvus de macrofaune, contrairement aux stations du domaine subtidal.

A l'échelle mensuelle, le nombre d'espèce identifiée est plutôt élevé par rapport à ce qui a été en général observé depuis le début du suivi (Figure C.2- 47). Lorsqu'on considère le nombre total d'espèces collecté sur l'année, l'année 2017 figure parmi les années 2014 à 2016 où la faune benthique était la plus diversifiée (Figure C.2- 48).

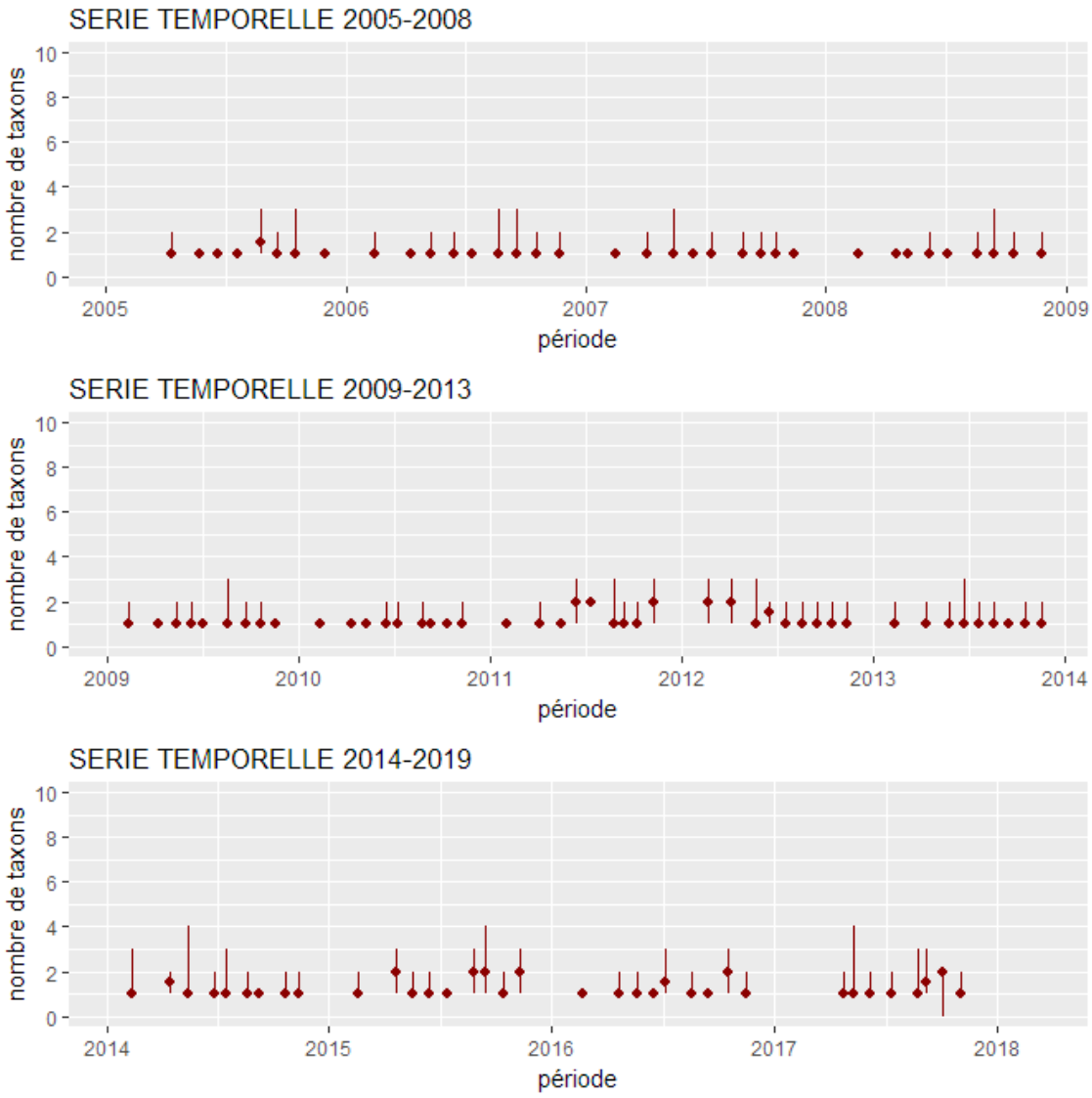


Figure C.2- 46 Evolution pluriannuelle du nombre de taxons identifiés dans les échantillons de la station Lamarque. Les points correspondent à la valeur médiane, les barres figurent les valeurs minimales et maximales pour chaque mois.

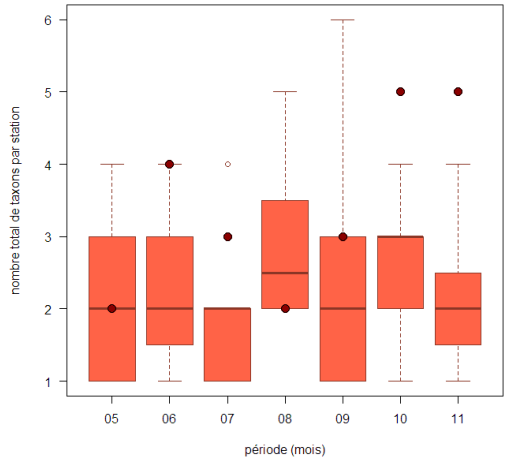


Figure C.2- 47 Comparaison de la diversité observée sur l'ensemble de la station Lamarque chaque mois en 2017 (points rouges foncés) par rapport à la diversité stationnelle mesurée chaque mois sur l'ensemble de la série chronologique (2005-2016, boîtes à moustaches).

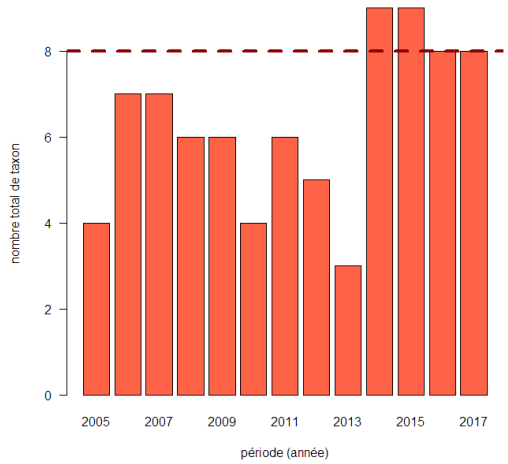


Figure C.2- 48 Comparaison de la diversité totale observée sur l'ensemble de l'année 2017 à la station Lamarque (tiret rouges foncés) par rapport à celle mesurée sur chaque année de la série chronologique.

C.2.5.3.3 Abondance de la faune benthique

Les valeurs de densité de la faune benthique à la station Lamarque sont, là aussi, élevées, avec des valeurs de densité de plusieurs milliers à plusieurs dizaines de milliers d'individus par m² (Figure C.2- 49). L'étude de la série de données acquise depuis 2005 montre que les niveaux de densités les plus élevés ont été mesurés au cours des années 2005, 2008 à 2010, 2014 et 2016, avec des densités souvent supérieures à 5 000 individus par m². A ce titre, l'année 2017 montre des niveaux de densité moyens jusqu'en août-septembre mais une chute vers des valeurs faibles au regard de ce qui est observé habituellement en octobre et novembre (Figure C.2- 50).

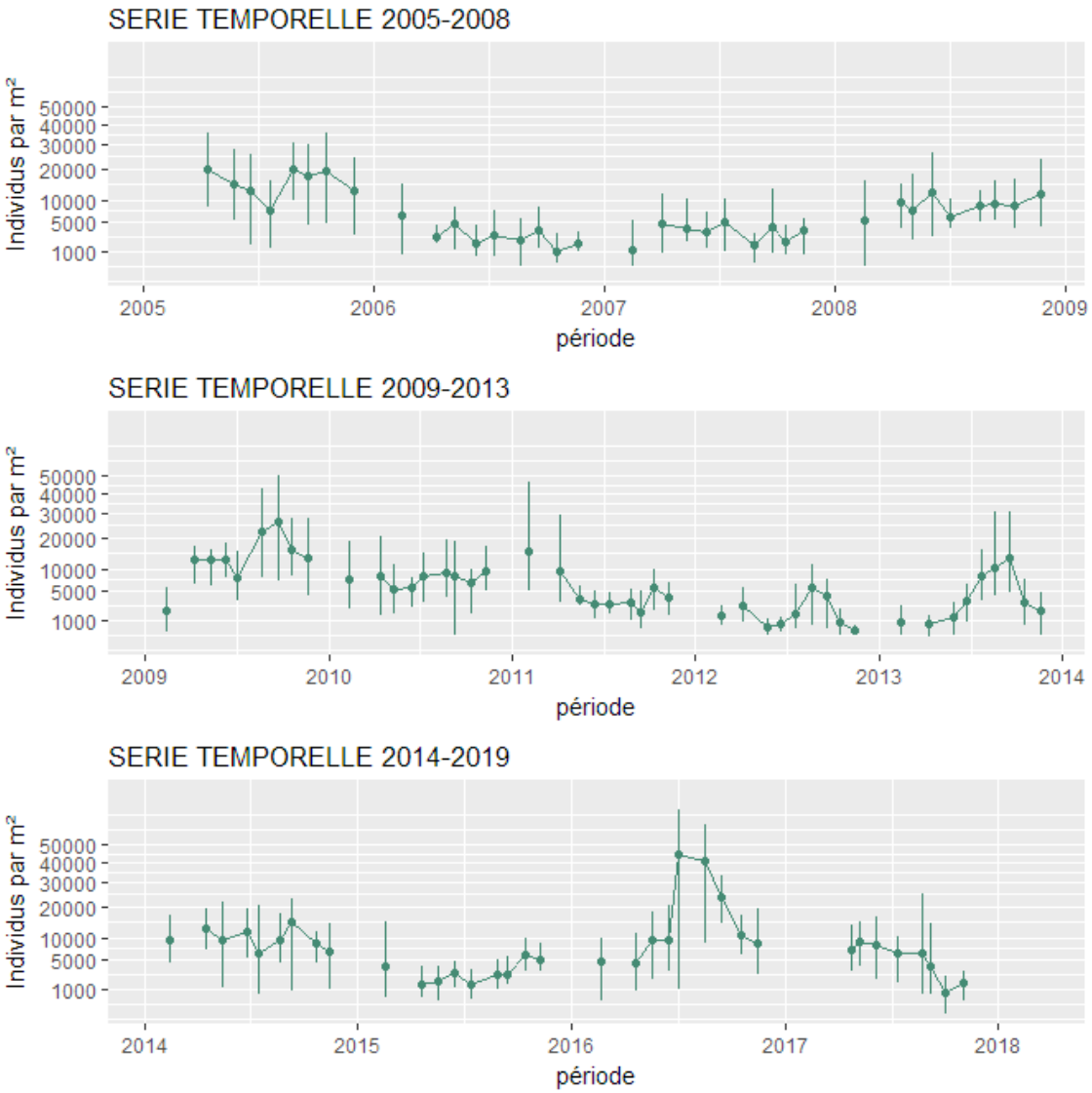


Figure C.2- 49 Evolution pluriannuelle de la densité (nombre d'individus par m²) de la faune benthique dans les échantillons de la station Lamarque. Les points correspondent à la valeur médiane, les barres figurent les valeurs moyenne + ou – l'erreur standard à la moyenne. Pour les besoins de la représentation graphique, l'échelle des densités est une échelle logarithme.

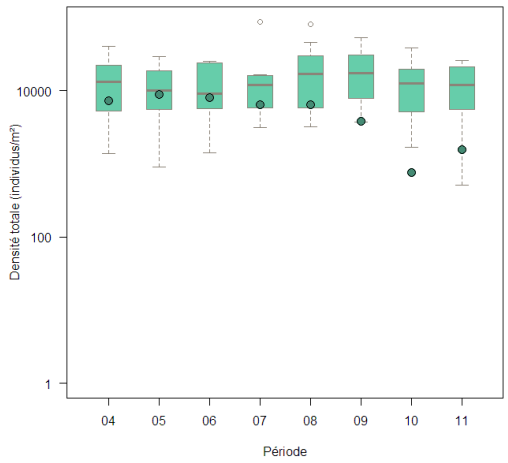


Figure C.2- 50 Comparaison des densités observées sur l'ensemble de la station Lamarque chaque mois en 2017 (points verts foncés) par rapport à la densité mesurée chaque mois sur l'ensemble de la série chronologique (2005-2016, boîtes à moustaches). L'échelle de l'axe des ordonnées est une échelle logarithme.

C.2.6 CONCLUSION BENTHOS INTERTIDAL

St-Christoly : Le peuplement benthique à la station St-Christoly est installé sur des vases dont la composition granulométrique apparaît très stable depuis le début de la surveillance. En revanche, l'évolution pluriannuelle de la teneur en eau des sédiments témoigne de dépôts important de vases depuis la fin de l'année 2013, par rapport à la période 2011-2013. En 2017, aucun signe d'érosion de ces dépôts au cours de l'année n'est observé, néanmoins la teneur en eau tend à diminuer progressivement par rapport aux trois dernières années. En termes de diversité taxonomique, le peuplement benthique observé en 2017 à la station St-Christoly peut être considéré comme atteignant un bon niveau de diversité par rapport aux années antérieures. La faune benthique a présenté des niveaux de densités relativement élevés bien que des niveaux plus élevés aient été atteints certaines années. En termes de composition spécifique, le peuplement benthique de l'année 2017 se caractérise par de bons niveaux d'abondances des espèces habituellement présentes sur le site, avec notamment des niveaux de densités les plus élevés de la série chronologique 2005-2017, pour l'annélide polychète *Hediste diversicolor*, ce qui contribue à distinguer le peuplement benthique de l'année 2017, ainsi que ceux de 2005 et de 2014 à 2016, de ceux observés les autres années.

St-Estèphe : Comme il est attendu en raison d'un niveau de salinité plus faible, la diversité mesurée à St-Estèphe est plus faible que celle observée à St-Christoly. La composition granulométrique des sédiments, très stable depuis le début de la surveillance, est conforme à ce qui a été observé sur ce site. Les teneurs en eau du sédiment étaient également conformes à celles qui ont été observées précédemment. Par rapport aux années antérieures, le niveau de diversité du peuplement benthique sur St-Estèphe est conforme à celui qui est observé depuis le début de la surveillance de ce site, en dépit d'un niveau de densité de la faune faible, en comparaison des années antérieures. En termes de composition spécifique, le peuplement de 2017 apparaît comme intermédiaire par rapport à ceux échantillonnés au cours des années

précédentes : toutes les espèces les plus communément observées étaient présentes mais à des niveaux de densité relativement faibles.
Lamarque : La diversité sur le site de Lamarque est extrêmement faible, en raison des faibles niveaux de salinités sur cette station située la plus en amont des trois stations surveillées en domaine intertidal. La faune benthique consiste, depuis le début de la surveillance, en des oligochètes qui dominent très largement le peuplement. Les fluctuations observées sont liées à la présence anecdotique de taxons retrouvés plus en aval. L'année 2017 a présenté des niveaux de densités modérés par rapport aux années antérieures, avec une chute importante des niveaux de densités les trois derniers mois de la surveillance. Un nombre plutôt inhabituellement élevé de taxons ponctuellement observés a été retrouvé au cours de l'année, comme cela était le cas au cours des 3 années précédentes. Le contexte sédimentaire sur cette station est stable et tout à fait conforme à ce qui est observé depuis le début de la surveillance.

En conclusion, l'ensemble des résultats acquis ne mettent pas en évidence de variations des peuplements benthiques intertidaux pouvant être imputées au fonctionnement du CNPE.

C.3 CONCLUSION COMPARTIMENT BENTHIQUE

C.3.1 DOMAINE SUBTIDAL :

Dans le domaine subtidal, la composition granulométrique du sédiment superficiel au Point F (PK 67) a subi à nouveau des fluctuations notables au cours de l'année 2017. La dynamique des sédiments et l'impact potentiel de rejets de dragage sur cette zone devrait être étudiés pour éclaircir la dynamique de cette station. Bien qu'à dominante vaseuse, le sédiment au point F subit des phases d'ensablement fréquentes depuis 2014. La composition granulométrique a été relativement plus stable au point E, bien que des sédiments nettement plus sableux aient été observés en septembre. Au point K, la composition granulométrique a été également assez stable en 2017, mais avec une dominante sableuse et un léger envasement au cours de la période estivale.
En termes de diversité, après une diminution constante de 2004 à 2010 suivie d'une augmentation de la richesse spécifique documentée à partir de 2011 et un niveau élevé atteint pour les trois stations suivies en 2016, l'année 2017 marque une stabilisation des niveaux de diversité aux points F et E, voire une nouvelle diminution au point K.
Sur l'ensemble des trois stations surveillées, les densités d'organismes benthiques sont toujours globalement plus faibles que celles documentées au cours des années 2004 et 2005 où les valeurs les plus élevées de la série chronologique ont été mesurées. En 2017, les niveaux d'abondance étaient plutôt faibles au point F, très faible au point K et dans la moyenne au point E.
Les espèces habituellement observées sur l'ensemble des trois stations l'ont été en 2017, bien qu'à des niveaux de densité relativement faible pour la plupart des taxons. Au point F le peuplement était, classiquement principalement composé de crustacés mysidacés (*Mesopodopsis slabberi* et *Neomysis integer*), d'annélides polychètes appartenant aux espèces *Streblospio shrubsolii* et *Heteromastu filiformis* et de crustacés isopodes *Cyathura carinata* et *Eurydice* spp., plutôt abondantes sur la seconde partie de l'année 2017. Au point E, le peuplement était, là aussi, classiquement dominé par les

oligochètes, relativement abondants en 2017 et les mysidacés *Mesopodopsis slabberi* et *Neomysis integer.* Au point K, la faune benthique est extrêmement clairsemée et seuls des crustacés nageurs sont présents (*Mesopodopsis slabberi*, *Neomysis integer* et *Gammarus zaddacchi*) depuis le début de la surveillance, avec une tendance continue vers des effectifs de plus en plus faibles qui se confirme en 2017.

C.3.2 DOMAINE INTERTIDAL :

Dans le domaine intertidal, la composition granulométrique du sédiment a montré, comme les années précédentes, une très grande stabilité temporelle à toutes les stations. Les sédiments consistent, sur l'ensemble des trois stations en des vases à faible teneur en matière organique. Les teneurs du sédiment superficiel en eau interstitielle indiquent qu'à St - Christoly, la sédimentation des particules fines telle qu'elle est depuis la fin 2013 se poursuit, avec probablement un début de compaction. Sur le site de St - Estèphe, une érosion nette des sédiments est observée au cours de l'année avec des phases ponctuelles de sédimentation. A Lamarque, les teneurs en eau interstitielle sont restées constantes et élevées toute l'année.
La richesse spécifique des peuplements benthiques intertidaux est plutôt stable depuis le début du suivi en 2004. En 2017, la diversité sur le site de St - Chirstoly apparaît plutôt élevée, dans la moyenne pluriannuelle à St - Estèphe et plutôt élevée sur Lamarque bien que le niveau de diversité y soit généralement extrêmement faible depuis le début de la surveillance.
De manière générale, les densités du benthos intertidal, qui avaient fortement chuté entre 2006 et 2013, ont remonté durant les années 2015-2016 et 2017. A St - Christoly, de fortes densités ont été observées toute l'année, avec une dominance des annélides polychètes (*Streblospio shrubsolii* en particulier), un maintien des effectifs des mollusques (*Hydrobia ulvae* et *Scrobicularia plana*) et de *Cytahura carinata* après les augmentations de leurs effectifs intervenues en 2015, et d'assez fortes abondances du polychète *Hediste diversicolor*. A St-Estèphe, le peuplement a été dominé toute l'année par l'oligochète *Tubificoides heterochaetus*, avec une augmentation saisonnière de *Corophium volutator* modérée en 2017 par rapport aux années antérieures. En conséquence, les densités du benthos intertidal se sont situées en 2017 à un niveau plutôt faible par rapport à l'ensemble de la série pluriannuelle. Enfin, à Lamarque, les densités d'oligochètes (principalement *Limnodrilus hoffmeisteri*) qui représentent la quasi-intégralité de la faune benthique sur ce site, étaient modérée en 2017.

Tant dans le domaine subtidal que dans l'intertidal, à l'exception du point K, la dynamique interannuelle des peuplements macrobenthiques de l'estuaire de la Gironde, suivie depuis 14 ans, indique une amélioration de l'état de ces peuplements (en terme d'abondance et de nombre d'espèces) depuis 2015 par rapport à leur dégradation sensible de 2006 à 2014. Cette dynamique peut être gouvernée par des fluctuations naturelles de l'environnement hydro climatique ou refléter des tendances dans la qualité écologique de l'écosystème girondin, sans que l'activité du CNPE du Blayais puisse être décelée sur le compartiment benthique.

CONCLUSIONS

En 2017, l'ensemble des suivis prévus dans l'arrêté du 18 septembre 2003 a été réalisé.

Au cours de l'année 2017, les suivis des différents compartiments mis en œuvre par l'Ifremer dans le cadre de la surveillance du CNPE du Blayais montrent une évolution « habituelle » et « naturelle » de l'estuaire de la Gironde, liée aux apports du bassin versant et à la saisonnalité hydroclimatique.

Outre une influence de la centrale sur la température de l'eau de surface, l'ensemble des résultats de la surveillance 2017 des domaines pélagique et benthique du CNPE du Blayais ne permettent pas de mettre en évidence une quelconque influence du fonctionnement du CNPE du Blayais sur le milieu environnant. Ceci concerne en particuliers les résultats qui caractérisent le point E, qui est sous influence la plus directe du site.

GLOSSAIRE ET ABREVIATIONS

Glossaire	
Anastomosé	Chenaux multiples à forte sinuosité, séparés par des bancs sableux et des hauts fonds.
Benthos	Ensemble des organismes présents sur ou dans le fond des eaux : par exemple, les macro-algues sont fixées au fond, elles font partie du benthos (note : les algues unicellulaires ou micro-algues flottent passivement et font donc partie du phytoplancton). Les mollusques, les crustacés, et les vers font aussi partie du benthos, même si leurs œufs sont planctoniques. Il en est de même avec les échinodermes (1)
Halin	relatif à la salinité marine
Intertidal	Partie du littoral comprise entre les limites extrêmes atteintes par les marées
Masse d'eau	Désigne un important volume d'eau océanique possédant des caractéristiques spécifiques de température et de salinité (donc de densité) et présentant une certaine extension horizontale et verticale (1)
Nauplius	Premiers stades larvaires pélagiques caractéristiques de la classe des crustacés. Cette larve possède typiquement 3 paires d'appendices natatoires qui correspondent aux antennules, antennes et mandibules. Elle ne présente aucune trace de segmentation (1). (pluriel : *Nauplii*)
Point kilométrique	Distance comptée à partir d'un point de référence. Pour la Gironde, le point de référence (PK 0) est le Pont de Pierre de Bordeaux
Subtidal	Zone située en-dessous de la zone de balancement des marées et ne découvrant donc jamais à marée basse
Zoobenthos	Ensemble des organismes animaux du benthos (1)
Zooplancton	Plancton animal. Il est constitué de tout ce qui flotte passivement à la surface des eaux. On y trouve aussi bien des protozoaires - animalcules unicellulaires, mais aussi des larves de Mollusques et de Crustacés, de Poissons; on y trouve aussi divers Cnidaires (méduses souvent redoutables) et Cténaires. Il se nourrit directement ou indirectement de phytoplancton. (1)

(1) Source : http://envlit.ifremer.fr/infos/glossaire

Abréviations	
Chl *a*	Chlorophylle *a*
COD	Carbone organique dissous
COP	Carbone organique particulaire
COT	Carbone organique total
FMOC	9-fluorenylmethoxycarbonyl chloride, ou 9-fluorényl méthyl chloroformate
GC-MS	« Gas chromatography-mass spectrometry », ou chromatographie en phase gazeuse, couplée à la spectrométrie de masse
HPLC	« High Performance Liquid Chromatography », ou Chromatographie liquide à haute performance
HPLC-MS	« High Performance Liquid Chromatography- mass spectrometry » = Chromatographie liquide à haute performance, couplée à la spectrométrie de masse
ICP-AES	Inductively coupled plasma optical emission spectroscopy « ICP-OES or ICP-AES »), ou Spectrométrie d'Emission Atomique
ICP-AES	« Inductively coupled plasma optical emission spectroscopy (ICP OES or ICP-AES) », ou Spectrométrie d'Emission Atomique
ICP/MS	Spectrométrie de masse à couplage inductif
IGA	Impact des Grands Aménagements
LC/MS	« Liquid Chromatography / mass spectrometry » = Chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse
LC/MS/MS	« Liquid Chromatography / tandem mass spectrometry » = Chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem
MES	Matières en suspension
PCO	Principal Coordinate Analysis
PCR	Polymerase Chain Reaction ou Réaction en chaîne par polymérase.
PK	Point kilométrique
Qfl	Débit fluvial
SABM	Substance Active vis-à-vis du Bleu de Méthylène
TCBS	Thiosulfate Citrate Bile Sucrose
UFC	Unité formant colonie

BIBLIOGRAPHIE

Aminot A. et Chaussepied M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO, 395 p.

Aminot A., Kérouel R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins Paramètres et analyses. Ed. Ifremer, 336 p.

Aminot A., Kérouel R., 2007. Dosage automatique des nutriments dans les eaux marines. Ed. Ifremer, 188 p.

Auby *et al.* (2017). Suivi « hydrologie » et « phytoplancton » des masses d'eau du bassin hydrographique Adour-Garonne sur la période 2011-2016. RST/ ODE/LITTORAL/LER/AR/17.011, 107 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00399/51050/

Castel J., 1995. Long-term change in *Eurytemora affinis* population (Copepoda, Calanoida) in the Gironde estuary. Hydrobiologia, 34, pp. 85-101.

Castel J., Feurtet A., 1985. Dynamique du copépode *Eurytemora hirundoides* dans l'estuaire de la Gironde : utilisation d'un modèle à compartiments. J. Rech. Océanogr., 10(4), pp. 134-136.

Castel J., Feurtet A., 1992. Fecundity and mortality rates of the copepod *Eurytemora affinis* in the Gironde estuary. Proc. 25th Europ. Mar. Biol. Symp., Ferrara. Olsen & Olsen, pp.143-149.

CDC (2016) Foodborne Diseases Active Surveillance Network (FoodNet): FoodNet Surveillance Report for 2014 (Final Report), U.S. Department of Health and Human Services.

Deborde, J., Anschutz, P., Chaillou, G., Etcheber, H., Commarieu, M. V., Lecroart, P., & Abril, G. (2007). The dynamics of phosphorus in turbid estuarine systems: example of the Gironde estuary (France). *Limnology and Oceanography*, *52*(2), 862-872.

Dindinaud F., 2015. Approche intégrée des conditions physico-chimiques affectant les cortèges biologiques de la partie fluviale de l'estuaire de la Gironde. Thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux. 280 pp.

Froelich B., Bowen J., Gonzalez R., Snedeker A., & Noble R. (2013). Mechanistic and statistical models of total Vibrio abundance in the Neuse River Estuary. Water research, 47(15), 5783-5793.

Gaudy ,1992. Biologie de la population du copépode *Acartia tonsa Dana* dans un milieu semi-clos : l'Etang de Berre. Ann. Inst. Océanogr., 68(1-2), pp. 159-168.

Hirche H.J., 1992 - Egg production of Eurytemora affinis effect of K-strategy. Estuar.Coast.Shelf.Sci, 35, pp. 395-407.

Irigoien X., Castel J., Gasparini S., 1996. Gut clearance rate as predictor of food limitation situations. Application to two estuarine copepods: *Acartia bifilosa* and *Eurytemora affinis*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 131, pp. 159-163.

Jalon Rojas I. *et al.* (2015). Turbidity in the fluvial Gironde Estuary (S.W. France)based on 10-year continuous monitoring : sensitivity to hydrological condition.

Jurado E., Fernandez-Serrano M., Nunez-Olea J., Luzon G., & Lechuga M. (2006). Simplified spectrophotometric method using methylene blue for determining anionic surfactants: applications to the study of primary biodegradation in aerobic screening tests. Chemosphere, 65(2), 278-285.

Le Cann B., 1990. Barotropic tidal dynamics of the Bay of Biscay shelf : observations, numerical modelling and physical interpretation. Cont. Shelf Res., 10(8), 723-758

Li C., Ye Z., Wen L., Chen R., Tian L., Zhao F., & Pan J. (2014). Identification of a novel vaccine candidate by immunogenic screening of *Vibrio parahaemolyticus* outer membrane proteins. Vaccine, 32(46), 6115-6121.

Mechri B., Monastiri A., Medhioub A., Medhioub M. N. & Aouni M. (2017). Molecular characterization and phylogenetic analysis of highly pathogenic *Vibrio alginolyticus* strains isolated during mortality outbreaks in cultured Ruditapes decussatus juvenile. Microbial pathogenesis, 111, 487-496

Poli J.M., Castel J., 1983. Cycle biologique en laboratoire d'un copépode planctonique de l'estuaire de la Gironde : *Eurytemora hirundoides* (Nordquist, 1888). Vie Milieu, 33(2), pp. 79-86.

Scallan E., Hoekstra R. M., Angulo F. J., Tauxe R. V., Widdowson M. A., Roy S. L., ... & Griffin P. M. (2011). Foodborne illness acquired in the United States—major pathogens. Emerging infectious diseases, 17(1), 7.

Tantillo G. M., Fontanarosa M., Di Pinto A., & Musti M. (2004) Updated perspectives on emerging vibrios associated with human infections. Letters in applied microbiology, 39, 117-126.

Viitasalo, 1992. Calanoid resting eggs in the Baltic Sea : implications for the population dynamics of *Acartia bifilosa* (Copepoda). Marine Biology, 114, pp. 397-405.

Yang J. H., Mok J. S., Jung Y. J., Lee K. J., Kwon J. Y., Park K., ... & Lee T. S. (2017). Distribution and antimicrobial susceptibility of *Vibrio* species associated with zooplankton in coastal area of Korea. Marine pollution bulletin, 125(1-2), 39-44.

ANNEXES

ANNEXE 1

Résultats de mesures *in situ*

SOGIR Avril 2017		Heure Légale	Profond Totale	Hauteur Mesure	Oxygène Dissous	Concent. en M.E.S.	turbidité NFU	Salinité	Temp,	Vitesse	Direction	PH	OBSERVATIONS
POINTS	STATIONS	(TU+2)	(m)	(m)	(ml/l)	(g/l)			(°C)	(cm/s)	(/Nord)		
	1 S			1,00	6,83	0,597		7,09	13,54	128	345	7,85	
	Mi-Jus	6h47	7,20										P=() hPa
	1 F			6,20	6,81	0,907		8,46	13,44	70	336	7,85	
F	2 S			1,00	7,01	0,427		3,46	13,71	13	276	7,88	BM à Richard
	BM	10h40	6,50										P=() hPa
PK 67	2 F			5,50	7,00	3,409		4,78	13,86	0	234	7,84	Renverse:
6	3 S			1,00	6,90	0,227		5,87	13,80	105	137	7,85	
avril-17	Mi-Flot	12h43	8,30										P=() hPa
	3 F			7,30	6,90	7,137		8,03	13,51	47	141	7,79	
Coef:	4 S			1,00	6,,88	0,071		11,92	13,92	7	107	7,89	
49-54	PM	16h28	9,30										PM à Richard
	4 F			8,30	6,82	1,033		15,04	13,18	0	051	7,85	P=() hPa
	1 S			1,00	6,31	0,679		1,74	14,01	111	25	7,85	
	Mi-Jus	5h45	6,10										P=() hPa
	1 F			5,10	6,30	13,742		2,26	14,15	99	2	7,87	
E	2 S			1,00	6,98	0,464		1,27	13,59	7	323	7,78	BM à Pauillac
	BM	9h00	5,10										P=() hPa
PK 52	2 F			4,10	6,95	1,130		1,33	13,68	7	247	7,80	Renverse:
5	3 S			1,00	6,98	0,265		2,24	14,19	140	211	7,88	
avril-17	Mi-Flot	11h42	7,30										P=() hPa
	3 F			6,30	6,90	9,151		2,51	14,02	53	166	7,83	
Coef:	4 S			1,00	6,93	0,231		3,82	14,78	18	128	7,87	
48-47	PM	14h55	8,50										PM à Pauillac
	4 F			7,50	6,91	0,923		4,20	14,87	7	255	7,87	P=() hPa
	1 S			1,00	6,68	0,376		0,46	13,56	18	324	7,83	PM à La Reuille
	PM	5h30	9,00										P=() hPa
	1 F			8,00	6,55	0,758		0,78	13,73	13	351	7,76	
K	2 S			1,00	6,60	0,934		0,25	13,50	82	327	7,78	
7	Mi-Jus	8h52	6,70										P=() hPa
PK 30	2 F			5,70	6,58	1,381		0,26	13,52	76	354	7,83	
	3 S			1,00	6,35	0,266		0,15	13,89	24	127	7,72	BM à La Reuille
avril-17	BM	12h54	5,40										P=() hPa
	3 F			4,40	6,31	0,298		0,15	13,81	24	130	7,63	Renverse:
Coef:	4 S			1,00	6,62	1,231		0,23	14,03	99	121	7,79	
59-65	Mi-Flot	15h00	7,50										P=() hPa
	4 F			6,50	6,53	2,229		0,21	13,86	59	154	7,78	

SOGIR Mai 2017		Heure Légale	Profond Totale	Hauteur Mesure	Oxygène Dissous	Concent. en M.E.S.	turbidité NFU	Salinité	Temp,	Vitesse	Direction	PH	OBSERVATIONS
POINTS	STATIONS	(TU+2)	(m)	(m)	(ml/l)	(g/l)			(°C)	(cm/s)	(/Nord)		
	1 S			1,00	6,20	0,80		10,53	18,38	123	138	7,88	
	Mi-Flot	8h47	7,90										P=() hPa
	1 F			6,90	6,19	1,20		13,27	18,07	93	101	7,84	
F	2 S			1,00	6,07	0,80		16,06	17,56	18	170	7,89	PM à Richard
	PM	12h05	8,90										P=() hPa
PK 67	2 F			7,90	6,06	0,79		18,04	17,27	7	010	7,87	Renverse:
18	3 S			1,00	6,13	0,77		13,06	17,78	111		7,85	
mai-17	Mi-Jus	14h40	7,70							88	315		P=() hPa
	3 F			6,70	6,14	0,79		13,95	17,71			7,84	
Coef:	4 S			1,00	6,04	0,80		7,88	18,78	13	103	7,85	
45-42	BM	18h15	6,00										BM à Richard
	4 F			5,00	6,04	0,80		7,91	18,78	7	011	7,84	P=() hPa
	1 S			1,00	6,150	0,789		6,62	19,45	152	172	7,86	
	Mi-Flot	8h20	7,70										P=() hPa
	1 F			6,70	6,130	0,791		6,10	19,35	83	169	7,84	
E	2 S			1,00	6,080	0,787		7,92	19,53	0	154	7,89	PM à Pauillac
	PM	10h56	8,80										P=() hPa
PK 52	2 F			7,80	6,080	0,793		8,80	19,21	13	210	7,87	Renverse:
17	3 S			1,00	6,120	0,791		6,01	19,76	134	008	7,85	
mai-17	Mi-Jus	14h13	7,00										P=() hPa
	3 F			6,00	6,100	0,790		6,76	19,54	64	000	7,84	
Coef:	4 S			1,00	6,010	0,787		3,83	19,53	7	029	7,85	
45-42	BM	18h00	5,70										BM à Pauillac
	4 F			4,70	6,000	0,792		4,05	19,52	7	310	7,84	P=() hPa
	1 S			1,00	6,200	0,795		2,16	18,76	70	006	7,85	
	Mi-Jus	4h44	7,30										P=() hPa
	1 F			6,30	6,150	0,791		2,11	18,78	47	351	7,85	
K	2 S			1,00	6,030	0,794		0,66	18,81	0	342	7,78	BM à La Reuille
	BM	8h17	6,10										P=() hPa
PK 30	2 F			5,10	6,010	1,188		0,68	18,82	7	014	7,81	Renverse:
19	3 S			1,00	6,140	0,801		1,82	18,68	82	146	7,84	
mai-17	Mi-Flot	10h48	7,50										P=() hPa
	3 F			6,50	6,120	0,795		1,77	18,65	88	150	7,84	
Coef:	4 S			1,00	6,030	0,779		2,76	18,84	7	346	7,88	
	PM	14h02	9,40										PM à La Reuille
	4 F			8,40	6,030	0,791		3,20	18,77	7	347	7,88	P=() hPa

SOGIR Juin 2017		Heure Légale	Profond Totale	Hauteur Mesure	Oxygène Dissous	Concent. en M.E.S.	turbidité NFU	Salinité	Temp,	Vitesse	Direction	PH	OBSERVATIONS
POINTS	STATIONS	(TU+2)	(m)	(m)	(ml/l)	(g/l)			(°C)	(cm/s)	(/Nord)		
	1 S			1,00	5,52	0,07	62	12,23	21,82	7	139	7,86	PM à Richard
	PM	10h41	8,80										P=() hPa
	1 F			7,80	5,45	0,23	347	18,24	21,07	0	156	7,80	
F	2 S			1,00	5,21	0,11	72	11,87	22,87	105	344	7,93	
	Mi-Jus	13h58	5,80										P=() hPa
PK 67	2 F			4,80	5,29	6,46	1588	13,16	21,85	117	306	7,89	
15	3 S			1,00	4,95	0,10	176	9,23	22,91	7	228	7,83	BM à Richard
Juin 2017	BM	16h42	5,90										P=() hPa
	3 F			4,90	4,94	0,94	1604	10,01	22,67	7	233	7,82	Renverse:
Coef:	4 S			1,00	4,91	0,19	122	10,28	22,26	140	164	7,78	
61-58	Mi-Flot	19h25	7,30										P=() hPa
	4 F			6,30	4,87	4,97	1328	11,00	22,31	64	173	7,79	
	1 S			1,00	4,70	0,23	437	6,35	23,22	134	012	7,59	
	Mi-Jus	3h16	6,50										P=() hPa
	1 F			5,50	4,83	5,12	1313	6,67	23,30	105	357	7,53	
	2 S			1,00	4,54	0,25	364	4,09	23,06	7	359	7,62	BM à Pauillac
	BM	7h18	5,40										P=() hPa
E PK 52	2 F			4,40	4,54	0,35	703	4,16	23,19	0	004	7,61	Renverse:
17	3 S			1,00	4,85	0,40	390	6,31	23,05	99	182	7,72	
Juin 2017	Mi-Flot	9h30	7,00										P=() hPa
	3 F			6,00	4,25	9,62	810	6,08	23,02	88	169	7,71	
Coef:	4 S			1,00	5,10	0,11	236	8,46	23,60	7	187	7,78	
51-50	PM	12h47	8,50										PM à Pauillac
	4 F			7,50	5,07	0,47	569	8,71	23,14	7	203	7,78	P=() hPa
	1 S			1,00	4,00	0,50	827	0,72	23,18	7	138	7,70	BM à La Reuille
	BM	7h20	5,60										P=() hPa
	1 F			4,60	4,00	1,34	1604	0,76	23,29	0	192	7,76	
	2 S			1,00	4,34	1,58	1412	2,26	23,01	128	119	7,61	
	Mi-Flot	9h27	7,80										P=() hPa
K PK 30	2 F			6,80	4,21	12,04	379	2,11	23,01	70	125	7,61	
16	3 S			1,00	4,49	0,16	240	3,45	23,10	0	286	7,64	PM à La Reuille
Juin 2017	PM	12h50	8,80										P=() hPa
	3 F			7,80	4,49	0,47	711	3,71	23,06	7	293	7,64	Renverse:
Coef:	4 S			1,00	4,41	0,64	705	2,57	23,72	59	353	7,64	
55-53	Mi-Jus	15h30	6,90										P=() hPa
	4 F			5,90	4,37	1,84	1491	2,65	23,46	59	308	7,64	

SOGIR Juillet 2017		Heure Légale	Profond Totale	Hauteur Mesure	Oxygène Dissous	Concent. en M.E.S.	turbidité NFU	Salinité	Temp,	Vitesse	Direction	PH	OBSERVATIONS
POINTS	STATIONS	(TU+2)	(m)	(m)	(ml/l)	(g/l)			(°C)	(cm/s)	(/Nord)		
	1 S			1,00	5,37	285,07	180	14,71	22,34	93	156	7,98	
	Mi-Flot	3h40	8,80										P=() hPa
	1 F			7,80	5,45	3715	1246	17,04	22,11	53	135	7,96	
F	2 S			1,00	5,77	70,69	61,18	18,89	24,59	18	201	8,08	PM à Richard
	PM	6h05	10,00										P=() hPa
PK 67	2 F			9,00	5,77	221,35	209	20,84	21,53	7	100	8,09	Renverse:
7	3 S			1,00	5,49	117,71	90,51	15,39	23,65	128	340	8,04	
Juillet 2017	Mi-Jus	8h44	7,20										P=() hPa
	3 F			6,20	5,54	414,10	323	16,81	21,95	70	341	8,04	
Coef:	4 S			1,00	5,06	75,00	264	10,42	23,45	0	070	7,96	
63-76	BM	12h50	6,00										BM à Richard
	4 F			5,00	5,06	364,40	417	10,61	23,46	0	039	7,94	P=() hPa
	1 S			1,00	5,40	138,76	140	9,46	23,32	13	141	7,98	PM à Pauillac
	PM	5h23	8,80										P=() hPa
	1 F			7,80	5,20	491,13	604	10,16	23,67	7	237	7,98	
	2 S			1,00	4,77	251	482	7,17	23,45	123	016	7,96	
	Mi-Jus	8h49	6,90										P=() hPa
E PK 52	2 F			5,90	4,77	3515	541	8,09	23,33	128	020	7,96	
6	3 S			1,00	4,70	520,50	621	5,38	25,73	7	187	7,89	BM à Pauillac
Juillet 2017	BM	13h01	5,90										P=() hPa
	3 F			4,90	4,72	740,71	735	5,37	24,55	0	141	7,89	Renverse:
Coef:	4 S			1,00	4,77	326,92	339	7,23	23,32	134	156	7,93	
57-60	Mi-Flot	14h45	7,30										P=() hPa
	4 F			6,30	4,75	4596	1054	7,23	23,39	88	202	7,91	
	1 S			1,00	4,36	937,89	908	2,82	22,00	59	357	7,88	
	Mi-Jus	8h20	6,40										P=() hPa
	1 F			5,40	4,42	1247	1299	2,69	22,05	59	344	7,89	
	2 S			1,00	3,98	581,30	1044	0,80	22,04	7	148	7,82	BM à Richard
	BM	11h36	5,40										P=() hPa
K PK 30	2 F			4,40	3,96	1302	1604	0,79	21,92	13	215	7,85	Renverse:
4	3 S			1,00	4,39	1398	1330	2,87	22,48	76	144	7,83	
Juillet 2017	Mi-Flot	14h03	7,70										P=() hPa
	3 F			6,70	4,32	4156	1168	2,69	22,35	53	147	7,82	
Coef:	4 S			1,00	4,56	207,00	226	4,24	23,02	13	114	7,84	
46-48	PM	17h05	8,80										PM à Richard
	4 F			7,80	4,63	1075	915	4,90	22,43	7	145	7,85	P=() hPa

SOGIR Aout 2017		Heure Légale	Profond Totale	Hauteur Mesure	Oxygène Dissous	Concent. en M.E.S.	turbidité NFU	Salinité	Temp,	Vitesse	Direction	PH	OBSERVATIONS
POINTS	STATIONS	(TU+2)	(m)	(m)	(ml/l)	(g/l)			(°C)	(cm/s)	(/Nord)		
	1 S			1,00	4,70	147,36	120,11	14,88	23,90	7	316	7,88	BM à Richard
	BM	6h55	6,50										P=() hPa
	1 F			5,50	4,70	536,00	305,28	15,22	23,89	7	261	7,93	
F	2 S			1,00	4,79	147,35	37,24	16,97	23,39	88	151	7,97	
	Mi-Flot	9h55	7,30										P=() hPa
PK 67	2 F			6,30	4,79	494,80	590,41	19,47	23,16	47	119	7,97	
30	3 S			1,00	4,98	77,40	67,43	20,01	23,10	13	148	8,00	PM à Richard
Août 2017	**PM**	13h10	8,90										P=() hPa
	3 F			7,90	4,96	107,60	110,36	23,14	22,72	7	072	8,01	Renverse:
Coef:	4 S			1,00	4,98	37,78	40,72	18,20	23,40	47	358	8,01	
33	**Mi-Jus**	16h21	7,40										P=() hPa
	4 F			6,40	5,00	106,18	107,81	20,20	23,07	88	329	8,01	
	1 S			1,00	4,51	452,70	220,81	12,58	24,10	76	179	7,90	
	Mi-Flot	9h48	8,55										P=() hPa
	1 F			7,55	4,57	2959	1260	12,76	24,07	53	191	7,92	
	2 S			1,00	4,46	121,44	777,39	13,45	24,05	7	156	7,90	PM à Pauillac
	PM	11h30	8,80										P=() hPa
E PK 52	2 F			7,80	4,45	648,38	162,30	13,36	24,05	0	080	7,90	Renverse:
28	3 S			1,00	4,26	218,25	436,54	10,84	24,44	123	358	7,79	
Août 2017	**Mi-Jus**	15h13	6,50										P=() hPa
	3 F			5,50	4,28	1898	1592	11,82	24,18	82	023	7,78	
Coef:	4 S			1,00	4,04	331,50	343,11	9,32	24,58	13	023	7,80	
56-49	**BM**	17h56	5,40										BM à Pauillac
	4 F			4,40	4,08	1973	1604	9,71	24,53	0	000	7,79	P=() hPa
	1 S			1,00	4,23	447,40	500,68	7,25	23,89	70	333	7,89	
	Mi-Jus	6h05	6,70										P=() hPa
	1 F			5,70	4,55	489,29	553,78	7,27	23,88	59	340	7,89	
	2 S			1,00	3,98	395,10	300,89	4,05	23,68	7	349	7,83	BM à La Reuille
	BM	9h45	5,90										P=() hPa
K PK 30	2 F			4,90	3,97	736,62	620,00	4,64	23,77	0	336	7,84	Renverse:
31	3 S			1,00	4,43	697,38	804,03	7,18	23,67	82	125	7,89	
Août 2017	**Mi-Flot**	12h30	7,10										P=() hPa
	3 F			6,10	4,42	5912	1407	7,03	23,64	53	144	7,88	
Coef:	4 S			1,00	4,55	157,90	252,77	8,10	23,80	13	120	7,87	
31-31	**PM**	15h20	8,30										PM à La Reuille
	4 F			7,30	4,56	1200	686,46	8,64	23,81	7	084	7,88	P=() hPa

SOGIR septembre 2017		Heure Légale	Profond Totale	Hauteur Mesure	Oxygène Dissous	Concent. en M.E.S.	turbidité NFU	Salinité	Temp,	Vitesse	Direction	PH	OBSERVATIONS
POINTS	STATIONS	(TU+2)	(m)	(m)	(ml/l)	(g/l)			(°C)	(cm/s)	(/Nord)		
	1 S			1,00	5,03	230,50	276,510	14,53	21,08	13	118	7,98	BM à Richard
	BM	5h10	6,30										P=() hPa
	1 F			5,30	5,09	729,57	763,060	15,18	21,10	7	146	8,01	
F	2 S			1,00	5,00	984,22	511,540	17,53	20,61	99	158	8,02	
	Mi-Flot	7h35	9,00										P=() hPa
PK 67	2 F			8,00	4,99	986,25	1536,000	17,64	20,66	83	134	8,01	
11	3 S			1,00	5,17	244,87	120,210	21,96	20,15	13	225	8,05	PM à Richard
Septembre 2017	**PM**	10h40	10,20										P=() hPa
	3 F			9,20	5,14	618,00	611,190	23,78	20,15	7	032	8,04	Renverse:
Coef:	4 S			1,00	5,07	275,10	263,870	18,48	20,54	105	001	8,05	
83-77	**Mi-Jus**	13h28	8,00										P=() hPa
	4 F			7,00	5,04	1783	1261,000	19,53	20,40	59	323	8,04	
	1 S			1,00	4,47	435,50	1175,000	9,39	20,68	13	082	7,87	BM à Pauillac
	BM	6h57	5,60										P=() hPa
	1 F			4,60	4,78	1398	544,770	9,81	20,71	7	174	7,86	
	2 S			1,00	4,94	671,40	662,060	11,99	20,94	111	180	7,95	
	Mi-Flot	9h25	7,60										P=() hPa
E PK 52	2 F			6,60	4,92	2612	1591,000	12,33	20,85	76	176	7,96	
13	3 S			1,00	5,51	339,69	354,600	13,51	22,03	13	203	7,81	PM à Pauillac
Septembre 2017	**PM**	12h15	8,70										P=() hPa
	3 F			7,70	5,51	464,90	706,580	13,73	20,93	13	183	7,82	Renverse:
Coef:	4 S			1,00	5,03	560,05	323,800	12,06	21,22	105	018	7,98	
58-53	**Mi-Jus**	15h00	7,50										P=() hPa
	4 F			6,50	5,48	1319	495,980	12,26	21,05	47	004	7,98	
	1 S			1,00	5,42	1529	1404,000	7,66	20,58	70	343	7,92	
	Mi-Jus	5h20	6,80										P=() hPa
	1 F			5,80	4,85	1583	1418,000	7,70	20,60	70	333	7,94	
	2 S			1,00	4,95	584,4	926,030	4,29	20,37	7	015	7,88	BM à La Reuille
	BM	8h58	5,90										P=() hPa
K PK 30	2 F			4,90	4,46	1191	1122,000	4,52	20,35	0	186	7,90	Renverse:
14	3 S			1,00	4,78	1615	1121,000	7,54	20,42	134	133	7,93	
Septembre 2017	**Mi-Flot**	11h28	7,90										P=() hPa
	3 F			6,90	4,70	6664	271,000	7,61	20,47	70	144	7,91	
Coef:	4 S			1,00	4,90	397,8	439,000	8,43	20,48	13	130	7,95	
49	**PM**	14h13	8,70										PM à La Reuille
	4 F			7,70	4,92	1733	719,000	8,72	20,55	7	180	7,93	P=() hPa

SOGIR Octobre 2017		Heure Légale	Profond Totale	Hauteur Mesure	Oxygène Dissous	Concent. en M.E.S.	turbidité NFU	Salinité	Temp,	Vitesse	Direction	PH	OBSERVATIONS
POINTS	STATIONS	(TU+2)	(m)	(m)	(ml/l)	(g/l)			(°C)	(cm/s)	(/Nord)		
	1 S			1,00	5,50	0,276	312,920	17,62	16,55	111	328	7,97	
	Mi-Jus	6h10	7,50										P=() hPa
	1 F			6,50	5,52	0,496	482,530	18,65	16,57	47	342	7,89	
F	2 S			1,00	5,41	0,243	285,480	14,75	16,68	7	252	7,98	BM à Richard
	BM	9h42	5,90										P=() hPa
PK 67	2 F			4,90	5,41	0,328	254,240	14,82	16,69	7	137	7,98	Renverse:
31	3 S			1,00	5,40	0,322	830,050	15,72	16,62	82	132	7,97	
Octobre 2017	Mi-Flot	12h16	7,50										P=() hPa
	3 F			6,50	5,38	0,870	1027,760	15,97	16,60	53	149	7,96	
Coef:	4 S			1,00	5,55	0,211	235,660	21,09	16,25	7	201	8,01	
49-56	PM	15h18	8,90										PM à Richard
	4 F			7,90	5,55	0,372	340,140	21,83	16,24	13	138	8,01	P=() hPa
	1 S			1,00	5,12	0,201	281,340	11,56	19,14	105	357	7,82	
	Mi-Jus	4h00	7,00										P=() hPa
	1 F			6,00	5,10	1,462	1254,360	11,88	19,03	82	027	7,80	
	2 S			1,00	4,96	0,254	226,130	10,05	18,17	7	110	7,86	BM à Pauillac
	BM	7h15	6,00										P=() hPa
E PK 52	2 F			5,00	4,95	0,768	1154,490	9,91	18,21	0	176	7,87	Renverse:
29	3 S			1,00	5,09	0,190	211,970	12,43	18,49	70	177	7,88	
Octobre 2017	Mi-Flot	10h12	7,30										P=() hPa
	3 F			6,30	5,07	1,195	1485,7	12,27	18,65	64	158	7,88	
Coef:	4 S			1,00	5,12	0,144	283,470	12,97	19,41	0	295	7,91	
31-32	PM	13h43	8,30										PM à Pauillac
	4 F			7,30	5,16	0,399	452,220	13,55	18,68	7	302	7,91	P=() hPa
	1 S			1,00	4,83	0,582	607,440	7,10	17,34	70	348	7,81	
	Mi-Jus	6h20	6,80										P=() hPa
	1 F			5,80	4,76	1,806	1548,500	7,28	17,38	70	310	7,78	
	2 S			1,00	4,51	0,216	981,040	3,70	16,81	13	274	7,87	BM à La Reuille
	BM	9h44	5,90										P=() hPa
K PK 30	2 F			4,90	4,49	1,073	1478,220	3,84	16,84	7	017	7,86	Renverse:
30	3 S			1,00	4,80	0,994	1405,230	7,00	17,22	88	128	7,86	
Octobre 2017	Mi-Flot	12h20	7,70										P=() hPa
	3 F			6,70	4,73	7,360	939,550	6,82	17,25	47	108	7,85	
Coef:	4 S			1,00	4,97	1,970	277,150	8,80	17,51	13	172	7,89	
36-42	PM	15h25	8,50										PM à La Reuille
	4 F			7,50	4,93	3,992	1229,980	9,35	17,70	7	005	7,87	P=() hPa

SOGIR Novembre 2017		Heure Légale	Profond Totale	Hauteur Mesure	Oxygène Dissous	Concent. en M.E.S.	turbidité NFU	Salinité	Temp,	Vitesse	Direction	PH	OBSERVATIONS
POINTS	STATIONS	(TU+1)	(m)	(m)	(ml/l)	(g/l)			(°C)	(cm/s)	(/Nord)		
	1 S			1,00	6,43	0,215	224,780	15,29	10,92	111	356	7,97	
	Mi-Jus	5h20	7,00										P=() hPa
	1 F			6,00	6,47	.479.4	580,490	17,40	11,02	64	330	7,97	
F	2 S			1,00	6,26	0,976	277,640	13,13	10,51	13	050	7,95	BM à Richard
	BM	8h35	6,20										P=() hPa
PK 67	2 F			5,20	6,28	0,741	1203,890	13,96	11,04	7	149	7,96	Renverse:
29	3 S			1,00	6,28	0,625	510,490	15,16	10,96	93	112	7,96	
novembre-17	Mi-Flot	11h27	7,90										P=() hPa
	3 F			6,90	6,26	2,328	1604,830	16,18	11,00	59	126	7,95	
Coef:	4 S			1,00	6,35	0,179	139,150	19,65	10,90	13	265	8,01	
48-54	PM	14h43	9,90										PM à Richard
	4 F			8,90	6,36	0,235	217,530	21,92	11,04	13	144	8,00	P=() hPa
	1 S			1,00	6,19	0,531	214,490	8,59	11,13	0	055	7,93	BM à Pauillac
	BM	6h30	5,80										P=() hPa
	1 F			4,80	6,21	2,219	1531,050	8,21	11,20	7	358	7,93	
E	2 S			1,00	6,17	0,841	893,440	11,50	11,72	70	204	7,87	
	Mi-Flot	9h20	7,40										P=() hPa
PK 52	2 F			6,40	6,16	0,9675	865,31	11,49	11,71	76	176	7,87	
27	3 S			1,00	6,19	0,311	382,920	11,43	12,38	0	162	7,93	PM à Pauillac
novembre-17	PM	12h17	8,30										P=() hPa
	3 F			7,30	6,12	0,6285	582,11	11,95	11,68	7	168	7,94	Renverse:
Coef:	4 S			1,00	6,13	0,30875	671,91	10,18	11,95	117	15	7,92	
38	Mi-Jus	15h47	6,90										P=() hPa
	4 F			5,90	6,14	2,340	1583,460	10,93	12,10	76	345	7,91	
	1 S			1,00	5,93	1,470	379,670	4,67	10,41	111	148	7,92	
	Mi-Flot	8h55	7,60										P=() hPa
	1 F			6,60	5,91	11,673	1207,610	4,47	10,46	59	167	7,91	
K	2 S			1,00	5,95	0,118	190,720	6,54	10,88	18	156	7,88	PM à La Reuille
	PM	11h58	8,50										P=() hPa
PK 30	2 F			7,50	5,96	2,176	1602,940	7,35	11,05	0	005	7,89	Renverse:
26	3 S			1,00	5,89	1,115	955,800	5,26	10,71	82	357	7,86	
novembre-17	Mi-Jus	15h12	6,80										P=() hPa
	3 F			5,80	5,89	1,254	1002,700	5,30	10,76	64	320	7,86	
Coef:	4 S			1,00	5,81	1,577	1485,330	2,15	9,89	13	338	7,86	
38	BM	18h37	5,50										BM à La Reuille
	4 F			4,50	5,79	4,004	1019,900	2,07	9,89	0	123	7,87	P=() hPa

ANNEXE 2 a : Carbone organique au point K

ID_SITE	DATE	MAREE	PROF_TEXT	COP	COT	COD
K	07/04/2017	PM	S	5490	8,4	2,9
K	07/04/2017	PM	F	10291	13,4	3,1
K	07/04/2017	MJ	S	16776	19,6	2,9
K	07/04/2017	MJ	F	22541	25,5	3,0
K	07/04/2017	BM	S	3733	6,9	3,2
K	07/04/2017	BM	F	4824	8,6	3,8
K	07/04/2017	MF	S	23483	26,5	3,0
K	07/04/2017	MF	F	35433	41,1	5,7
K	19/05/2017	PM	S	2757	4,5	1,7
K	19/05/2017	PM	F	7676	9,4	1,7
K	19/05/2017	MJ	S	14685	16,5	1,8
K	19/05/2017	MJ	F	32765	34,5	1,8
K	19/05/2017	BM	S	6936	8,7	1,7
K	19/05/2017	BM	F	18911	20,7	1,8
K	19/05/2017	MF	S	9575	11,3	1,7
K	19/05/2017	MF	F	25271	27,1	1,8
K	16/06/2017	PM	S	1855	3,6	1,8
K	16/06/2017	PM	F	6044	8,0	1,9
K	16/06/2017	MJ	S	8648	10,6	2,0
K	16/06/2017	MJ	F	27141	29,1	1,9
K	16/06/2017	BM	S	4543	6,5	2,0
K	16/06/2017	BM	F	18877	21,1	2,2
K	16/06/2017	MF	S	23662	25,5	1,8
K	16/06/2017	MF	F	183798	186,2	2,4
K	04/07/2017	PM	S	2004	4,1	2,1
K	04/07/2017	PM	F	13238	15,7	2,4
K	04/07/2017	MJ	S	11876	14,2	2,3
K	04/07/2017	MJ	F	17992	21,4	3,4
K	04/07/2017	BM	S	5247	7,6	2,4
K	04/07/2017	BM	F	14464	17,2	2,7
K	04/07/2017	MF	S	19303	21,6	2,3
K	04/07/2017	MF	F	57618	60,2	2,6
K	31/08/2017	PM	S	1907	3,8	1,9
K	31/08/2017	PM	F	14573	16,6	2,1
K	31/08/2017	MJ	S	5700	7,4	1,7
K	31/08/2017	MJ	F	5248	6,9	1,6
K	31/08/2017	BM	S	4324	6,0	1,7
K	31/08/2017	BM	F	8738	10,4	1,7
K	31/08/2017	MF	S	9091	10,9	1,8
K	31/08/2017	MF	F	84196	86,0	1,8
K	14/09/2017	PM	S	5073	7,4	2,4
K	14/09/2017	PM	F	22389	24,6	2,2
K	14/09/2017	MJ	S	21300	23,2	1,9
K	14/09/2017	MJ	F	25433	27,3	1,9
K	14/09/2017	BM	S	7084	8,9	1,8
K	14/09/2017	BM	F	14916	16,8	1,8
K	14/09/2017	MF	S	21152	23,0	1,8
K	14/09/2017	MF	F	129383	131,7	2,3
K	30/10/2017	PM	S	2637	-	-
K	30/10/2017	PM	F	23122	-	-
K	30/10/2017	MJ	S	8302	-	-
K	30/10/2017	MJ	F	27966	-	-
K	30/10/2017	BM	S	29117	-	-
K	30/10/2017	BM	F	40885	-	-
K	30/10/2017	MF	S	14608	-	-
K	30/10/2017	MF	F	151199	-	-
K	26/11/2017	PM	S	1377	3,0	1,6
K	26/11/2017	PM	F	34284	35,9	1,6
K	26/11/2017	MJ	S	26011	27,9	1,9
K	26/11/2017	MJ	F	123823	125,5	1,7
K	26/11/2017	BM	S	22641	24,5	1,8
K	26/11/2017	BM	F	63318	65,2	1,9
K	26/11/2017	MF	S	17738	19,9	2,1
K	26/11/2017	MF	F	37973	42,1	4,1

ANNEXE 2 b : Carbone organique au point E

ID_SITE	DATE	MAREE	PROF_TEXT	COP	COT	COD
E	05/04/2017	PM	S	3021	5,9	2,9
E	05/04/2017	PM	F	14791	17,5	2,7
E	05/04/2017	MJ	S	10123	13,7	3,6
E	05/04/2017	MJ	F	266680	269,4	2,7
E	05/04/2017	BM	S	6348	9,2	2,8
E	05/04/2017	BM	F	16979	19,9	2,9
E	05/04/2017	MF	S	3997	-	-
E	05/04/2017	MF	F	-	-	-
E	17/05/2017	PM	S	4039	5,9	1,9
E	17/05/2017	PM	F	8479	10,6	2,1
E	17/05/2017	MJ	S	3988	5,7	1,7
E	17/05/2017	MJ	F	96391	98,3	1,9
E	17/05/2017	BM	S	6323	8,2	1,8
E	17/05/2017	BM	F	10319	12,2	1,9
E	17/05/2017	MF	S	9832	11,7	1,9
E	17/05/2017	MF	F	136589	139,7	3,1
E	17/06/2017	PM	S	1636	3,5	1,8
E	17/06/2017	PM	F	8107	9,9	1,8
E	17/06/2017	MJ	S	5254	7,1	1,9
E	17/06/2017	MJ	F	82327	84,3	2,0
E	17/06/2017	BM	S	3196	5,2	2,0
E	17/06/2017	BM	F	4608	6,4	1,8
E	17/06/2017	MF	S	7467	-	-
E	17/06/2017	MF	F	161860	163,7	1,9
E	06/07/2017	PM	S	1655	3,8	2,2
E	06/07/2017	PM	F	6827	8,9	2,0
E	06/07/2017	MJ	S	4008	6,6	2,5
E	06/07/2017	MJ	F	50750	53,0	2,3
E	06/07/2017	BM	S	6897	8,9	2,1
E	06/07/2017	BM	F	11028	13,0	2,0
E	06/07/2017	MF	S	4354	6,4	2,0
E	06/07/2017	MF	F	65383	67,7	2,4
E	28/08/2017	PM	S	1384	3,2	1,9
E	28/08/2017	PM	F	7724	9,8	2,1
E	28/08/2017	MJ	S	2628	4,7	2,1
E	28/08/2017	MJ	F	23283	25,4	2,1
E	28/08/2017	BM	S	3868	5,8	1,9
E	28/08/2017	BM	F	27048	29,1	2,0
E	28/08/2017	MF	S	5770	8,1	2,4
E	28/08/2017	MF	F	33441	38,6	5,1
E	13/09/2017	PM	S	4656	6,6	2,0
E	13/09/2017	PM	F	9319	11,3	2,0
E	13/09/2017	MJ	S	2796	8,4	5,6
E	13/09/2017	MJ	F	18374	29,1	10,7
E	13/09/2017	BM	S	6464	8,2	1,8
E	13/09/2017	BM	F	10825	12,8	2,0
E	13/09/2017	MF	S	9286	11,7	2,4
E	13/09/2017	MF	F	33129	35,2	2,1
E	29/10/2017	PM	S	2038	-	-
E	29/10/2017	PM	F	5662	-	-
E	29/10/2017	MJ	S	2632	-	-
E	29/10/2017	MJ	F	21645	-	-
E	29/10/2017	BM	S	3579	-	-
E	29/10/2017	BM	F	11135	-	-
E	29/10/2017	MF	S	2868	-	-
E	29/10/2017	MF	F	18297	-	-
E	27/11/2017	PM	S	4876	6,8	1,9
E	27/11/2017	PM	F	10134	11,7	1,6
E	27/11/2017	MJ	S	4388	5,9	1,6
E	27/11/2017	MJ	F	37692	39,4	1,7
E	27/11/2017	BM	S	8156	9,8	1,7
E	27/11/2017	BM	F	42741	44,6	1,9
E	27/11/2017	MF	S	12602	14,3	1,7
E	27/11/2017	MF	F	17565	19,3	1,7

ANNEXE 2 c : Carbone organique au point F

ID_SITE	DATE	MAREE	PROF_TEXT	COP	COT	COD
F	06/04/2017	PM	S	1143	5,2	4,0
F	06/04/2017	PM	F	17143	20,6	3,5
F	06/04/2017	MJ	S	11173	16,0	4,8
F	06/04/2017	MJ	F	14268	18,4	4,2
F	06/04/2017	BM	S	6264	8,7	2,5
F	06/04/2017	BM	F	61067	63,5	2,5
F	06/04/2017	MF	S	3472	6,2	2,7
F	06/04/2017	MF	F	128329	130,7	2,3
F	18/05/2017	PM	S	3769	6,0	2,2
F	18/05/2017	PM	F	4534	6,6	2,0
F	18/05/2017	MJ	S	2977	4,9	1,9
F	18/05/2017	MJ	F	11540	13,7	2,1
F	18/05/2017	BM	S	10705	12,7	2,0
F	18/05/2017	BM	F	6607	8,7	2,1
F	18/05/2017	MF	S	3365	5,3	2,0
F	18/05/2017	MF	F	43327	45,5	2,2
F	15/06/2017	PM	S	1402	3,3	1,9
F	15/06/2017	PM	F	3416	5,4	2,0
F	15/06/2017	MJ	S	1837	3,6	1,8
F	15/06/2017	MJ	F	117285	119,8	2,6
F	15/06/2017	BM	S	1517	3,4	1,9
F	15/06/2017	BM	F	12218	14,2	2,0
F	15/06/2017	MF	S	2714	4,9	2,2
F	15/06/2017	MF	F	87942	89,7	1,8
F	07/07/2017	PM	S	977	2,7	1,8
F	07/07/2017	PM	F	2960	4,5	1,6
F	07/07/2017	MJ	S	2155	4,0	1,8
F	07/07/2017	MJ	F	5727	7,5	1,8
F	07/07/2017	BM	S	1067	3,1	2,1
F	07/07/2017	BM	F	5142	7,2	2,0
F	07/07/2017	MF	S	5268	7,3	2,0
F	07/07/2017	MF	F	52538	54,6	2,0
F	30/08/2017	PM	S	786	2,6	1,8
F	30/08/2017	PM	F	1470	3,1	1,7
F	30/08/2017	MJ	S	528	2,3	1,8
F	30/08/2017	MJ	F	1438	3,3	1,8
F	30/08/2017	BM	S	1369	3,2	1,8
F	30/08/2017	BM	F	5819	7,7	1,8
F	30/08/2017	MF	S	1777	3,5	1,8
F	30/08/2017	MF	F	6427	8,1	1,7
F	11/09/2017	PM	S	3350	4,9	1,6
F	11/09/2017	PM	F	8425	10,0	1,6
F	11/09/2017	MJ	S	3995	5,7	1,7
F	11/09/2017	MJ	F	22450	24,4	2,0
F	11/09/2017	BM	S	3269	5,1	1,9
F	11/09/2017	BM	F	10533	12,4	1,9
F	11/09/2017	MF	S	6169	8,0	1,8
F	11/09/2017	MF	F	165583	167,4	1,8
F	31/10/2017	PM	S	3528	-	-
F	31/10/2017	PM	F	6632	-	-
F	31/10/2017	MJ	S	3831	-	-
F	31/10/2017	MJ	F	7681	-	-
F	31/10/2017	BM	S	3629	-	-
F	31/10/2017	BM	F	4646	-	-
F	31/10/2017	MF	S	5241	-	-
F	31/10/2017	MF	F	14765	-	-
F	29/11/2017	PM	S	2987	4,6	1,7
F	29/11/2017	PM	F	3591	5,0	1,4
F	29/11/2017	MJ	S	3325	4,9	1,5
F	29/11/2017	MJ	F	7274	8,8	1,5
F	29/11/2017	BM	S	10033	11,7	1,6
F	29/11/2017	BM	F	18278	20,0	1,7
F	29/11/2017	MF	S	9881	11,4	1,5
F	29/11/2017	MF	F	39206	41,0	1,8

ANNEXE 3 : Résultats analytiques des nutriments.

Date	Point	Moment marée	Niveau	Silicate	Nitrate + Nitrite	Phosphate	Ammonium
				µmol/L			
5-avr.-17	E	PM	S	118,995	78,378	1,478	0,020
5-avr.-17	E	BM	S	128,817	129,204	1,385	0,054
6-avr.-17	F	PM	S	92,967	44,124	1,175	0,023
6-avr.-17	F	BM	S	119,967	92,790	1,899	0,015
7-avr.-17	K	PM	S	131,861	146,376	1,048	0,039
7-avr.-17	K	BM	S	158,175	123,156	0,933	0,052
17-mai-17	E	PM	S	91,747	88,530	1,627	0,444
17-mai-17	E	BM	S	96,086	135,708	1,468	3,674
18-mai-17	F	PM	S	70,683	75,748	1,413	4,750
18-mai-17	F	BM	S	91,077	112,144	1,523	0,851
19-mai-17	K	PM	S	105,840	91,584	1,529	6,529
19-mai-17	K	BM	S	96,588	113,082	1,342	8,306
17-juin-17	E	PM	S	110,193	106,607	1,713	1,896
17-juin-17	E	BM	S	130,792	119,207	2,052	2,210
15-juin-17	F	PM	S	71,704	72,707	1,428	0,581
15-juin-17	F	BM	S	104,830	101,339	1,869	0,951
16-juin-17	K	PM	S	131,947	122,507	1,994	0,687
16-juin-17	K	BM	S	148,035	124,463	1,639	1,680
6-juil.-17	E	PM	S	118,630	102,268	1,996	2,255
6-juil.-17	E	BM	S	142,047	117,352	2,280	0,502
7-juil.-17	F	PM	S	70,946	63,070	1,354	1,817
7-juil.-17	F	BM	S	119,356	100,180	1,990	0,563
4-juil.-17	K	PM	S	146,587	104,572	2,215	1,759
4-juil.-17	K	BM	S	163,154	108,694	1,750	1,541
28-août-17	E	PM	S	117,061	95,000	2,256	0,540
28-août-17	E	BM	S	138,481	103,676	2,415	0,329
30-août-17	F	PM	S	83,805	33,576	1,884	0,523
30-août-17	F	BM	S	108,724	69,872	2,302	1,573
31-août-17	K	PM	S	145,749	103,337	2,396	0,924
31-août-17	K	BM	S	156,210	106,717	2,483	2,578
13-sept.-17	E	PM	S	112,486	95,219	2,423	2,779
13-sept.-17	E	BM	S	135,175	108,566	2,557	3,245
11-sept.-17	F	PM	S	69,524	40,947	1,721	2,013
11-sept.-17	F	BM	S	107,327	92,452	2,409	2,843
14-sept.-17	K	PM	S	136,439	110,776	2,664	1,384
14-sept.-17	K	BM	S	145,364	115,009	2,576	3,017
29-oct.-17	E	PM	S	103,568	94,486	2,4933	0,550
29-oct.-17	E	BM	S	114,848	103,982	2,4843	0,612
31-oct.-17	F	PM	S	67,318	64,216	1,9013	0,868
31-oct.-17	F	BM	S	96,515	88,787	2,3823	0,743
30-oct.-17	K	PM	S	118,257	106,640	2,5243	0,506
30-oct.-17	K	BM	S	131,609	108,555	2,5463	0,891
27-nov.-17	E	PM	S	94,738	92,736	2,3095	3,245
27-nov.-17	E	BM	S	102,196	95,865	2,1875	1,292
29-nov.-17	F	PM	S	66,748	67,225	1,7605	1,159
29-nov.-17	F	BM	S	87,842	86,818	2,1195	1,408
30-nov.-17	K	PM	S	103,859	98,053	2,0955	1,313
30-nov.-17	K	BM	S	118,929	93,841	1,9715	2,542

ANNEXE 4 : Résultats analytiques du bore et des agents de surface anioniques.

Date	Station	Temps Marée	Niveau	Bore mg.l^{-1}	ASA
07-avr-17	K	PM	S	0,10	<48
07-avr-17	K	BM	S	0,02	<48
06-avr-17	F	PM	S	1,58	<48
06-avr-17	F	BM	S	0,55	<48
05-avr-17	E	PM	S	0,42	<48
05-avr-17	E	BM	S	0,18	<48
18-mai-17	F	PM	S	2,07	<48
18-mai-17	F	BM	S	0,95	<48
19-mai-17	K	PM	S	0,11	<48
19-mai-17	K	BM	S	0,33	<48
17-mai-17	E	PM	S	0,47	<48
17-mai-17	E	BM	S	0,95	<48
15-juin-17	F	BM	S	0,83	<48
15-juin-17	F	PM	S	1,92	<48
17-juin-17	E	BM	S	0,69	<48
17-juin-17	E	PM	S	0,87	<48
16-juin-17	K	BM	S	0,12	300
16-juin-17	K	PM	S	0,56	<48
07-juil.-17	F	PM	S	nm	<48
07-juil.-17	F	BM	S	nm	<48
06-juil.-17	E	PM	S	1,32	<48
06-juil.-17	E	BM	S	0,79	<48
04-juil.-17	K	PM	S	0,62	<48
04-juil.-17	K	BM	S	0,15	<48
31-août-17	K	PM	S	0,82	<48
31-août-17	K	BM	S	1,87	<48
30-août-17	F	PM	S	2,68	<48
30-août-17	F	BM	S	1,96	<48
28-août-17	E	PM	S	1,99	<48
28-août-17	E	BM	S	1,38	<48
11-sept.-17	F	BM	S	2,62	<48
11-sept.-17	F	PM	S	3,27	<48
13-sept.-17	E	BM	S	1,47	<48
13-sept.-17	E	PM	S	2,07	<48
14-sept.-17	K	BM	S	0,70	<48
14-sept.-17	K	PM	S	1,27	<48
29-oct.-17	E	PM	S	1,70	<48
29-oct.-17	E	BM	S	1,92	<48
30-oct.-17	K	PM	S	1,14	<48
30-oct.-17	K	BM	S	0,52	<48
31-oct.-17	F	PM	S	3,06	<48
31-oct.-17	F	BM	S	3,03	<48
29-nov.-17	F	PM	S	2,63	<48
29-nov.-17	F	BM	S	1,76	<48
27-nov.-17	E	PM	S	1,42	<48
27-nov.-17	E	BM	S	1,24	<48
26-nov.-17	K	PM	S	1,01	<48
26-nov.-17	K	BM	S	0,40	<48

ANNEXE 5 : Résultats analytiques des amines

Point	Marée	Date	Ethanolamine mg/L	Hydrazine µg/L	Morpholine µg/L
F	PM	avr-17	< 10	< 20	< 200
F	BM	avr-17	< 10	< 20	< 200
E	PM	avr-17	< 10	< 20	< 200
E	BM	avr-17	< 2	< 20	< 200
K	PM	avr-17	< 10	< 20	< 200
K	BM	avr-17	< 10	< 20	< 200
F	PM	mai-17	< 5	< 20	< 200
F	BM	mai-17	< 5	< 20	< 200
E	PM	mai-17	< 5	< 20	< 200
E	BM	mai-17	< 10	< 20	< 200
K	PM	mai-17	< 5	< 20	< 200
K	BM	mai-17	< 10	< 20	< 200
F	PM	juin-17	< 10	< 20	< 200
F	BM	juin-17	< 10	< 20	< 200
E	PM	juin-17	< 10	< 20	< 200
E	BM	juin-17	< 5	< 20	< 200
K	PM	juin-17	< 5	< 20	< 200
K	BM	juin-17	< 10	< 20	< 200
F	PM	juil-17	< 5	< 20	< 200
F	BM	juil-17	< 5	< 20	< 200
E	PM	juil-17	< 5	< 20	< 200
E	BM	juil-17	< 5	< 20	< 200
K	PM	juil-17	< 5	< 20	< 200
K	BM	juil-17	< 5	< 20	< 200
F	PM	août-17	< 20	< 20	< 200
F	BM	août-17	< 20	< 20	< 200
E	PM	août-17	< 20	< 20	< 200
E	BM	août-17	< 20	< 20	< 200
K	PM	août-17	< 20	< 20	< 200
K	BM	août-17	< 20	< 20	< 200
F	PM	sept-17	< 20	< 20	< 200
F	BM	sept-17	< 10	< 20	< 200
E	PM	sept-17	< 10	< 20	< 200
E	BM	sept-17	< 10	< 20	< 200
K	PM	sept-17	< 10	< 20	< 200
K	BM	sept-17	< 10	< 20	< 200
F	PM	oct-17	< 10	< 20	< 200
F	BM	oct-17	< 10	< 20	< 200
E	PM	oct-17	< 10	< 20	< 200
E	BM	oct-17	< 10	< 20	< 200
K	PM	oct-17	< 10	< 20	< 200
K	BM	oct-17	< 2	< 20	< 200
F	PM	nov-17	< 20	< 20	< 200
F	BM	nov-17	< 10	< 20	< 200
E	PM	nov-17	< 10	< 20	< 200
E	BM	nov-17	< 10	< 20	< 200
K	PM	nov-17	< 10	< 20	< 200
K	BM	nov-17	< 10	< 20	< 200

ANNEXE 6 : Concentrations en agents anioniques de surfaces au niveau des stations E, F et K à basse mer et à pleine mer entre avril 2017 et juin 2017.

Station	TM	Date	Agents anioniques de surface µg/l
F	PM	avr.-17	< 48
F	BM		< 48
E	PM		< 48
E	BM		< 48
K	PM		< 48
K	BM		< 48
F	PM	mai-17	< 48
F	BM		< 48
E	PM		< 48
E	BM		< 48
K	PM		< 48
K	BM		< 48
F	PM	juin-17	< 48
F	BM		< 48
E	PM		< 48
E	BM		< 48
K	PM		< 48
K	BM		300
F	PM	mai-17	< 48
F	BM		< 48
E	PM		< 48
E	BM		< 48
K	PM		< 48
K	BM		< 48
F	PM	juin-17	< 48
F	BM		< 48
E	PM		< 48
E	BM		< 48
K	PM		< 48
K	BM		< 48
F	PM	juil-17	< 48
F	BM		< 48
E	PM		< 48
E	BM		< 48
K	PM		< 48
K	BM		< 48
F	PM	août-17	< 48
F	BM		< 48
E	PM		< 48
E	BM		< 48
K	PM		< 48
K	BM		< 48
F	PM	sept-17	< 48
F	BM		< 48
E	PM		< 48
E	BM		< 48
K	PM		< 48
K	BM		< 48
F	PM	oct-17	< 48
F	BM		< 48
E	PM		< 48
E	BM		< 48
K	PM		< 48
K	BM		< 48
F	PM	nov-17	< 48
F	BM		< 48
E	PM		< 48
E	BM		< 48
K	PM		< 48
K	BM		< 48

ANNEXE 7 : Résultats analytiques de la chlorophylle *a*.

date	échantillon	chla µg/l
05/04/2017	IGA pt E PM	2,00
05/04/2017	IGA pt E BM	1,51
06/04/2017	IGA pt F PM	2,25
06/04/2017	IGA pt F BM	2,04
07/04/2017	IGA pt K PM	1,11
07/04/2017	IGA ptK BM	1,10
17/05/2017	IGA pt E PM	2,66
17/05/2017	IGA pt E BM	1,81
18/05/2017	IGA pt F PM	6,59
18/05/2017	IGA pt F BM	2,58
19/05/2017	IGA pt K PM	1,44
19/05/2017	IGA ptK BM	1,19
17/06/2017	IGA pt E PM	4,28
17/06/2017	IGA pt E BM	2,85
15/06/2017	IGA pt F PM	11,01
15/06/2017	IGA pt F BM	3,40
16/06/2017	IGA pt K PM	3,05
16/06/2017	IGA ptK BM	1,76
06/07/2017	IGA pt E PM	3,18
06/07/2017	IGA pt E BM	3,41
07/07/2017	IGA pt F PM	4,99
07/07/2017	IGA pt F BM	3,57
04/07/2017	IGA pt K PM	2,71
04/07/2017	IGA ptK BM	2,72
28/08/2017	IGA pt E PM	4,10
28/08/2017	IGA pt E BM	3,28
30/08/2017	IGA pt F PM	4,57
30/08/2017	IGA pt F BM	2,08
31/08/2017	IGA pt K PM	3,08
31/08/2017	IGA ptK BM	2,72
13/09/2017	IGA pt E PM	5,54
13/09/2017	IGA pt E BM	2,92
11/09/2017	IGA pt F PM	4,82
11/09/2017	IGA pt F BM	3,40
14/09/2017	IGA pt K PM	3,69
14/09/2017	IGA ptK BM	3,06
29/10/2017	IGA pt E PM	3,51
29/10/2017	IGA pt E BM	2,18
31/10/2017	IGA pt F PM	4,89
31/10/2017	IGA pt F BM	2,10
30/10/2017	IGA pt K PM	2,55
30/10/2017	IGA ptK BM	2,06
27/11/2017	IGA pt E PM	2,27
27/11/2017	IGA pt E BM	1,05
29/11/2017	IGA pt F PM	2,96
29/11/2017	IGA pt F BM	1,32
26/11/2017	IGA pt K PM	1,55
26/11/2017	IGA ptK BM	2,04

ANNEXE 8 : Résultats analytiques des vibrions

Date	Station		Temps Marée	Niveau	Volume tableau récap.	Volume calcul Vibrio spp.	V alginolyticus UFC.l-1	V cholerae UFC.l-1	V. Damselae UFC.l-1	V. fluvialis UFC.l-1	V. mimicus UFC.l-1	V. parahaemolyticus UFC.l-1	Vibrio sp. UFC.l-1	V. vulnificus UFC.l-1	TOTAL UFC.l-1
05-avr-17	E		PM	S			20	0	0	24	0	40	376	0	460
05-avr-17	E		BM	S			20	0	0	36	0	32	80	12	180
06-avr-17	F		PM	S			56	0	0	0	0	24	88	0	168
06-avr-17	F		BM	S			12	0	0	0	0	40	56	0	108
07-avr-17	K		PM	S			0	0	0	0	0	28	8	48	84
07-avr-17	K		BM	S			0	0	0	0	0	76	20	0	96
18-mai-17	F		PM	S		250	60	0	0	280	0	24	136	0	500
18-mai-17	F		BM	S		250	120	0	0	0	0	48	200	0	368
19-mai-17	K		PM	S		250	12	0	0	0	0	40	152	0	204
19-mai-17	K		BM	S		250	0	0	0	56	0	88	136	40	320
17-mai-17	E		PM	S		250	88	0	0	0	0	164	84	0	336
17-mai-17	E		BM	S		250	32	0	0	120	0	144	68	0	364
15-juin-17	F		BM	S	50	50	760	0	0	0	0	1000	0	1740	3500
15-juin-17	F		PM	S	50	10	3600	0	0	1600	0	800	2500	100	8600
17-juin-17	E		BM	S	100	100	300	0	0	0	0	280	300	420	1300
17-juin-17	E		PM	S	10	20	2400	0	0	0	0	2200	200	1800	6600
16-juin-17	K		BM	S	100	100	80	100	0	0	120	340	0	400	1040
16-juin-17	K		PM	S	100	100	20	60	0	0	120	40	0	100	340
07-juil.-17	F		PM	S			1800	0	0	400	600	2900	1600	1100	8400
07-juil.-17	F		BM	S			800	0	0	400	0	4100	500	4700	10500
06-juil.-17	E		PM	S			800	0	0	0	200	2960	0	320	4280
06-juil.-17	E		BM	S			80	0	0	0	40	880	80	1480	2560
04-juil.-17	K		PM	S			180	0	0	0	40	820	30	460	1530
04-juil.-17	K		BM	S			8	0	0	0	28	108	4	124	272
31-août-17	K		PM	S			500	0	0	0	0	900	840	820	3060
31-août-17	K		BM	S			240	420	0	0	0	1020	440	700	2820
30-août-17	F		PM	S			800	0	0	560	0	440	1120	800	3720
30-août-17	F		BM	S			400	0	0	120	0	1840	880	960	4200
28-août-17	E		PM	S			540	0	0	0	580	1140	1140	0	3400
28-août-17	E		BM	S			80	0	0	0	0	920	320	820	2140
11-sept.-17	F		BM	S			1700	0	0	400	0	3500	7200	0	12800
11-sept.-17	F		PM	S			640	0	0	440	200	1680	4800	0	7760
13-sept.-17	E		BM	S			640	0	0	0	0	360	480	2720	4200
13-sept.-17	E		PM	S			480	0	0	0	0	1760	1040	1280	4560
14-sept.-17	K		BM	S			320	0	0	440	920	1240	560	560	4040
14-sept.-17	K		PM	S			440	0	0	320	0	1080	1760	0	3600
29-oct.-17	E		PM	S			300	0	0	120	0	0	540	380	1340
29-oct.-17	E		BM	S			80	0	0	130	0	0	80	370	660
30-oct.-17	K		PM	S			130	0	0	30	0	410	380	60	1010
30-oct.-17	K		BM	S			110	0	0	0	0	160	120	340	730
31-oct.-17	F		PM	S			160	0	0	0	0	30	690	350	1230
31-oct.-17	F		BM	S			60	0	0	40	0	470	320	190	1080
29-nov.-17	F		PM	S			40	0	0	15	0	48	85	0	188
29-nov.-17	F		BM	S			53	0	0	8	0	0	148	0	209
27-nov.-17	E		PM	S			55	0	0	40	0	165	95	0	355
27-nov.-17	E		BM	S			65	0	0	5	0	95	40	0	205
26-nov.-17	K		PM	S			30	30	0	140	0	80	90	0	370
26-nov.-17	K		BM	S			110	0	0	100	0	60	180	0	450

ANNEXE 9 : Résultats du Zooplancton :

a : Evolution des densités moyennes annuelles (ind./m³) du copépode *Eurytemora affinis* observées au cours de la période 1984-2017 - Le point J est situé au niveau du PK 52 dans le chenal de navigation

Année	Point F PK 67	Point E PK 52	Point J PK 52	Point K PK 30
1984		9600	8500	6100
1985		9100	11100	5500
1986		5900	7900	4900
1987		5300	6400	5800
1988		7400	7900	5200
1989		5300	5500	8200
1990		2400	2400	3000
1991		5600	4700	7100
1992		6400		4700
1993	4300	8200		9300
1994	3000	6252		1873
1995	2161	7896		3673
1996	3743	3010		6843
1997	2156	1098		2526
1998	832	5226		7167
1999	4704	6214		5283
2000	2747	5693		5653
2001	7069	8393		233358
2002	3470	5112		3978
2003	2175	3857		4956
2004	4238	17216		11384
2005	11104	9641		8886
2006	9277	8467		14034
2007	5433	11316		4778
2008	1835	6414		6400
2009	3815	4456		10111
2010	2777	5513		8290
2011	987	1779		3667
2012	2126	1690		3114
2013	3207	4354		6264
2014	2218	11092		7183
2015	3197	7339		5607
2016	5951	3937		5224
2017	758	1407		2308

b : Evolution des densités moyennes annuelles (ind./m³) du copépode *Acartia bifilosa* au cours de la période 1984-2017 - Le point J est situé au PK 52 dans le chenal de navigation

Année	Point F PK 67	Point E PK 52	Point J PK 52	Point K PK 30
1984		209	198	1
1985		321	418	15
1986		2514	2862	14
1987		94	238	4
1988		464	1101	4
1989		149	150	9
1990		147	314	16
1991		569	726	4
1992	609	173		1
1993	970	430		2
1994	1000	17		5
1995	3440	287		3
1996	733	340		5
1997	1133	846		1
1998	804	9		3
1999	2232	204		12
2000	1646	34		0
2001	11210	15		0
2002	544	415		3
2003	519	1359		139
2004	1102	97		1
2005	1976	500		5
2006	1927	279		5
2007	398	69		3
2008	452	25		2
2009	128	310		5
2010	8396	1897		44
2011	309	209		1
2012	589	30		0
2013	1754	399		3
2014	1261	64		0
2015	4269	1221		1
2016	2203	685		20
2017	1931	2363		798

c : Evolution des densités moyennes annuelles (ind./m³) du copépode *Acartia tonsa* aux points F (PK 67), E (PK 52, rejet) et K (PK 30) au cours de la période 1984-2017 - Le point J est situé au PK 52 dans le chenal de navigation

Année	Point F PK 67	Point E PK 52	Point J PK 52	Point K PK 30
1984		58	97	20
1985		35	459	27
1986		129	356	48
1987		64	406	36
1988		410	484	16
1989		302	519	233
1990		534	3253	478
1991		933	1223	261
1992	1120	114		14
1993	970	430		4
1994	81	15		7
1995	1168	417		8
1996	291	109		6
1997	366	165		7
1998	1849	57		18
1999	2880	1183		149
2000	1086	918		123
2001	1918	1541		472
2002	1386	1048		42
2003	1	1971		1039
2004	3626	1289		79
2005	2177	1224		134
2006	2138	1786		72
2007	2224	247		30
2008	4456	1057		146
2009	4829	1032		169
2010	3343	1700		167
2011	1536	439		266
2012	1432	1826		54
2013	3200	405		16
2014	2966	618		43
2015	492	317		18
2016	2177	574		78
2017	404	146		41

d : Evolution des densités moyennes annuelles (ind./m³) du mysidacé *Neomysis integer* aux points F (PK 67), E (PK 52, rejet) et K (PK 30) au cours de la période 1984-2017 - Le point J est situé au PK 52 dans le chenal de navigation

Année	Point F PK 67	Point E PK 52	Point J PK 52	Point K PK 30
1984		36	45	22
1985		57	51	21
1986		78	147	63
1987		101	68	33
1988		79	41	37
1989		17	34	16
1990		27	15	6
1991		55	15	12
1992	26	20		3
1993	18	3		3
1994	45	30		1
1995	51	35		10
1996	7	21		5
1997	9	22		7
1998	29	105		37
1999	18	41		8
2000	29	31		12
2001	120	73		24
2002	21	43		9
2003	5	23		15
2004	1	67		13
2005	36	23		47
2006	56	44		12
2007	11	20		6
2008	18	13		4
2009	18	22		10
2010	33	57		12
2011	3	16		9
2012	22	4		10
2013	5	16		5
2014	3	10		3
2015	27	32		23
2016	12	15		7
2017	4	6		3

e : Evolution des densités moyennes annuelles (ind./m³) du mysidacé *Mesopodopsis slabberi* aux points F (PK 67), E (PK 52, rejet) et K (PK 30) au cours de la période 1984-2017 - Le point J est situé au PK 52 dans le chenal de navigation

Année	Point F PK 67	Point E PK 52	Point J PK 52	Point K PK 30
1984		191	135	46
1985		114	151	40
1986		787	2740	178
1987		169	367	211
1988		223	408	88
1989		177	173	85
1990		124	521	41
1991		260	234	62
1992	155	65		8
1993	114	106		6
1994	71	12		4
1995	185	141		10
1996	166	130		8
1997	137	136		9
1998	215	118		15
1999	177	92		9
2000	214	144		32
2001	310	211		63
2002	258	169		31
2003	74	180		134
2004	434	209		49
2005	294	254		98
2006	303	128		38
2007	224	237		30
2008	195	90		47
2009	167	191		72
2010	291	211		41
2011	114	151		82
2012	227	163		46
2013	251	93		26
2014	347	308		50
2015	260	191		23
2016	246	218		60
2017	150	192		38

f : Principaux paramètres démographiques d'*Eurytemora affinis* au cours de la période 1984-2017 - M : % de mâles par rapport à la population adulte, F. ov. : % de femelles ovigères/total des femelles, C : % de copépodites

Année	Point F			Point E			Point K		
	M	Fov	C	M	Fov	C	M	Fov	C
1984				53	25	67	54	15	67
1985				55	23	67	56	18	67
1986				58	30	60	55	26	56
1987				54	35	65	59	23	77
1988				54	19	62	51	20	52
1989				52	32	67	52	31	71
1990				48	34	60	50	21	59
1991				46	27	67	46	26	67
1992	60	34	58	54	36	62	54	25	58
1993	62	33	55	51	33	65	44	17	75
1994	53	25	67	45	24	68	44	18	62
1995	59	19	59	41	32	62	45	18	62
1996	52	30	60	49	30	54	47	20	62
1997	51	26	49	53	30	48	46	16	58
1998	50	27	46	48	32	52	47	17	68
1999	60	22	34	42	20	53	39	9	57
2000	48	18	63	35	13	65	40	11	60
2001	50	15	58	52	20	47	42	13	47
2002	57	26	48	56	26	45	45	12	53
2003	50	15	82	37	15	66	54	17	64
2004	43	20	55	45	20	64	42	10	59
2005	58	19	54	51	26	54	50	15	63
2006	32	9	39	42	20	64	44	12	57
2007	47	20	53	53	21	45	44	10	60
2008	43	16	48	44	19	57	43	11	57
2009	54	18	48	46	19	60	42	10	61
2010	54	27	52	52	29	59	42	8	65
2011	42	22	46	50	26	53	48	13	62
2012	55	24	54	48	28	47	47	15	59
2013	51	22	50	44	16	61	45	14	63
2014	56	21	66	55	22	57	44	14	66
2015	57	20	72	58	32	68	51	14	66
2016	74	35	40	53	32	59	57	16	70
2017	40	22	59	51	24	73	54	19	81

g : Fécondité moyenne du copépode *Eurytemora affinis* (nombre moyen d'œufs par sac ovigère ± erreur standard) entre les stations F (PK 67), E (PK 52, rejet) et K (PK 30) au cours de la période 1984-2017 - Le point J est situé au PK 52 dans le chenal de navigation

Année	Point F PK 67	Point E PK 52	Point J PK 52	Point K PK 30
1984		12,9 ± 1,9	14,8 ± 1,9	13,7 ± 1,7
1985		11,1 ± 3,9	9,5 ± 1,3	10,3 ± 2,1
1986		9,1 ± 1,5	8,4 ± 0,6	7,6 ± 1,0
1987		6,4 ± 0,6	6,8 ± 0,6	6,4 ± 1,3
1988		7,5 ± 0,8	7,0 ± 0,5	6,6 ± 0,6
1989		7,4 ± 0,4	7,5 ± 0,4	7,6 ± 0,6
1990		6,8 ± 0,5	6,8 ± 0,4	5,7 ± 0,3
1991		7,6 ± 0,8	7,5 ± 0,3	7,0 ± 0,2
1992	9,2 ± 0,9	9,6 ± 0,8		8,5 ± 0,5
1993	7,5 ± 0,6	7,4 ± 0,9		10,1 ± 3,5
1994	3,6 ± 0,5	4,0 ± 0,4		3,1 ± 0,3
1995	3,3 ± 0,5	4,0 ± 0,4		2,8 ± 0,3
1996	4,1 ± 0,5	3,4 ± 0,2		3,4 ± 0,2
1997	4,1 ± 0,3	3,4 ± 0,2		2,7 ± 0,2
1998	3,6 ± 0,1	2,9 ± 0,1		2,7 ± 0,2
1999	2,9 ± 0,2	3,0 ± 0,1		2,5 ± 0,1
2000	2,6 ± 0,2	3,1 ± 0,3		2,1 ± 0,1
2001	3,5 ± 0,2	3,3 ± 0,3		3,1 ± 0,1
2002	3,0 ± 0,2	2,9 ± 0,2		2,6 ± 0,1
2003	2,7 ± 0,4	2,9 ± 0,2		2,7 ± 0,3
2004	2,7 ± 0,2	2,5 ± 0,1		2,5 ± 0,2
2005	3,3 ± 0,6	3,3 ± 0,6		2,6 ± 0,2
2006	3,0 ± 0,9	2,9 ± 0,4		2,3 ± 0,6
2007	2,2 ± 0,4	2,7 ± 0,4		2,3 ± 0,3
2008	2,7 ± 0,6	2,8 ± 0,8		2,3 ± 0,6
2009	2,8 ± 0,1	2,9 ± 0,3		3,1 ± 0,5
2010	2,8 ± 0,5	2,9 ± 0,8		2,3 ± 0,3
2011	2,8 ± 0,8	3,3 ± 0,9		2,4 ± 0,4
2012	3,5 ± 1,0	3,2 ± 0,5		2,8 ± 0,7
2013	3,2 ± 0,9	2,7 ± 0,6		2,4 ± 0,8
2014	2,2 ± 0,5	2,0 ± 0,2		2,3 ± 0,2
2015	2,9 ± 0,0	3,0 ± 0,1		2,6 ± 0,1
2016	3,5 ± 0,5	2,9 ± 0,3		3,1 ± 0,2
2017	4,2 ± 0,2	2,6 ± 0,1		2,8 ± 0,1

h : Mortalité moyenne annuelle du copépode *Eurytemora affinis* (± erreur standard) aux points F (PK 67), E (PK 52, rejet) et K (PK 30) au cours de la période 1984-2017 - Le point J est situé au PK 52 dans le chenal de navigation

Année	Point F PK 67	Point E PK 52	Point J PK 52	Point K PK 30
1984		1,1 ± 0,5	0,7 ± 0,2	0,7 ± 0,2
1985		0,7 ± 0,1	0,9 ± 0,1	1,1 ± 0,3
1986		0,6 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,1
1987		0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1
1988		0,4 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,3 ± 0,1
1989		5,5 ± 1,6	3,7 ± 0,8	5,0 ± 1,4
1990		12,4 ± 1,6	11,3 ± 1,8	8,7 ± 1,3
1991		12,4 ± 1,5	14,0 ± 1,6	12,2 ± 2,8
1992	5,8 ± 1,1	7,3 ± 0,8		5,7 ± 0,8
1993	5,7 ± 1,8	6,3 ± 2,2		4,4 ± 1,1
1994	6,8 ± 2,7	2,2 ± 0,4		7,8 ± 3,2
1995	1,1 ± 0,3	7,3 ± 2,3		3,3 ± 1,0
1996	5,8 ± 1,9	4,7 ± 0,9		9,3 ± 2,4
1997	2,0 ± 0,9	1,7 ± 0,5		1,5 ± 0,5
1998	0,7 ± 0,3	0,9 ± 0,3		5,9 ± 2,8
1999	0,7 ± 0,3	1,0 ± 0,4		1,6 ± 0,6
2000	0,6 ± 0,3	1,4 ± 0,4		1,8 ± 0,7
2001	0,6 ± 0,3	1,4 ± 0,4		2,1 ± 0,5
2002	0,9 ± 0,3	1,4 ± 0,7		0,8 ± 0,4
2003	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1		0,5 ± 0,2
2004	0,8 ± 0,3	0,7 ± 0,3		0,3 ± 0,1
2005	0,7 ± 0,2	2,1 ± 3,2		0,8 ± 0,4
2006	0,2 ± 0,3	1,0 ± 0,7		1,0 ± 2,3
2007	0,5 ± 0,7	0,9 ± 1,0		0,5 ± 0,6
2008	0,3 ± 0,4	0,6 ± 0,3		0,5 ± 0,3
2009	0,3 ± 0,0	0,4 ± 0,1		0,4 ± 0,1
2010	0,3 ± 0,2	0,4 ± 0,1		0,6 ± 0,3
2011	0,7 ± 0,6	0,7 ± 0,2		0,7 ± 0,2
2012	0,6 ± 0,4	0,5 ± 0,5		0,6 ± 0,4
2013	2,4 ± 4,8	1,1 ± 2,0		1,4 ± 0,8
2014	0,5 ± 0,1	0,6 ± 0,1		0,9 ± 0,2
2015	0,3 ± 0,0	0,6± 0,0		0,8 ± 0,1
2016	0,4 ± 0,3	0,3 ± 0,2		0,5 ± 0,3
2017	0,6 ± 0,1	0,4 ± 0,1		1,7 ± 0,4

ANNEXE 10 : Macrofaune benthique subtidale

a : Composition et densités médianes mensuelles de la faune benthique au point subtidal F au cours de l'année 2017. Les valeurs sont indiquées en nombre médian d'individus par m², la mention « p » signifie que le taxon indiqué a été identifié mais faiblement représenté dans les échantillons lors de la campagne mensuelle.

PK67-subtidal		Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
Annélides									
polychètes	*Heteromastus filiformis*	30	60	20	10	*p*	50	150	40
	Streblospio shrubsolii	70	*p*	*p*			10		
	Boccardiella ligerica	*p*							
	Capitella				*p*				
Crustacés									
amphipodes	*Corophium volutator*			*p*			*p*		
	Gammarus	*p*							
isopodes	*Eurydice pulchra*			*p*	*p*	*p*	*p*	30	*p*
	Cyathura carinata	*p*	*p*	*p*			*p*	*p*	
	Synidotea laticauda								*p*
mysidacés	*Mesopodopsis slabberi*	*p*	10				*p*	*p*	*p*
	Neomysis integer	*p*	*p*	*p*		*p*			*p*

b : Composition et densités médianes mensuelles de la faune benthique au point subtidal E au cours de l'année 2017. Les valeurs sont indiquées en nombre médian d'individus par m², la mention « p » signifie que le taxon indiqué a été identifié mais faiblement représenté dans les échantillons lors de la campagne mensuelle.

PK52-subtidal		Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
Annélides									
oligochètes	oligochaeta	20	20	30	p	30	10		10
polychètes	*Boccardiella ligerica*	40						p	
	Streblospio shrubsolii	p				p			
Crustacés									
amphipodes	*Gammarus*		p	p					
décapodes	*Palaemon longirostris*								p
mysidacés	*Mesopodopsis slabberi*		50	20	60	p	10	10	30
	Neomysis integer		p	p	p			p	

c : Composition et densités médianes mensuelles de la faune benthique au point subtidal K au cours de l'année 2017. Les valeurs sont indiquées en nombre médian d'individus par m², la mention « p » signifie que le taxon indiqué a été identifié mais faiblement représenté dans les échantillons lors de la campagne mensuelle.

PK30-subtidal		Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
Annélides									
oligochètes	oligochaeta								p
Crustacés									
amphipodes	*Bathyporeia*	p							
	Gammarus		p	p	p				
décapodes	*Palaemon longirostris*							p	p
isopodes	*Cyathura carinata*				p				
mysidacés	*Mesopodopsis slabberi*							20	
	Neomysis integer					p		p	
Insectes	larves d'insectes		p				10	p	p

ANNEXE 11 : Macrofaune benthique intertidale

a : Composition et densités médianes mensuelles de la faune benthique à la station Saint-Christoly intertidal au cours de l'année 2017. Les valeurs sont indiquées en nombre médian d'individus par m², la mention « p » signifie que le taxon indiqué a été identifié mais faiblement représenté dans les échantillons lors de la campagne mensuelle.

ST CHRISTOLY-intertidal		Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
Annélides									
oligochètes	oligochaeta	p	p	p		p	p		p
polychètes	*Streblospio shrubsolii*	6330	6780	3990	5270	5500	2180	1050	6170
	Hediste diversicolor	300	300	750	p	230	300	150	680
	Heteromastus filiformis			p	p				
	Neanthes succinea		p						
	Pseudopolydora pulchra		p						p
Crustacés									
amphipodes	*Corophium volutator*		p						p
isopodes	*Cyathura carinata*	530	150	150	300	230	230	p	300
Insectes									
	larves d'insectes	p					p		
Mollusques									
bivalves	*Abra tenuis*								p
	Macoma balthica					p	p	p	
	Scrobicularia plana	530	600	380	450	600	300	450	600
gastéropodes	*Peringia ulvae*	300	p	p	p	2030	600	80	2710

b : Composition et densités médianes mensuelles de la faune benthique à la station Saint-Estèphe intertidal au cours de l'année 2017. Les valeurs sont indiquées en nombre médian d'individus par m², la mention « p » signifie que le taxon indiqué a été identifié mais faiblement représenté dans les échantillons lors de la campagne mensuelle.

ST ESTEPHE-intertidal		Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
Annélides									
oligochètes	oligochaeta	1360	1430	830	830	2410	150	150	3920
polychètes	*Hediste diversicolor*		p		p	530	150	p	p
	Streblospio shrubsolii	150	150	300	80	150	p	p	1580
Crustacés									
amphipodes	*Corophium volutator*		80	3240	p	828	p		p
isopodes	*Cyathura carinata*	p	p	150	80	150	p	80	150
	Paragnathia formica								p
Insectes									
	larves d'insectes	p				p			150
Mollusques									
gastéropodes	*Peringia ulvae*								p
	Oxyloma elegans						p		

c : Composition et densités médianes mensuelles de la faune benthique à la station Lamarque intertidal au cours de l'année 2017. Les valeurs sont indiquées en nombre médian d'individus par m², la mention « p » signifie que le taxon indiqué a été identifié mais faiblement représenté dans les échantillons lors de la campagne mensuelle.

LAMARQUE-intertidal		Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
Annélides									
oligochètes	oligochaeta	7530	8360	7380	6400	2790	1810	150	1430
polychètes	*Hediste diversicolor*		p					p	
	Streblospio shrubsolii		p			p	p	p	
Crustacés									
amphipodes	*Corophium volutator*		p	p					
isopodes	*Cyathura carinata*						p		
Insectes									
	larves d'insectes	p		p				p	p
Mollusques									
bivalves	*Scrobicularia plana*						p		
gastéropodes	*Peringia ulvae*				p	p	p	p	