

ifremer

IFREMER – Centre de Brest

Département Océanographie et Dynamique des Ecosystèmes (ODE)
Département Ressources Biologiques et Environnement (RBE)

Université de Bordeaux - Talence

Unité Mixte de Recherche - Environnement et Paléo environnements
Océaniques Côtiers – CNRS (U.M.R. EPOC 5805)

Université de Bordeaux - Station Marine d’Arcachon

Observatoire Aquitain des Sciences de l’Univers (OASU)
U.M.R. EPOC 5805

Eurofins Hydrologie - Institut Pasteur de Lille Atlantique

(Eurofins IPL Atlantique)

Asconit Consultants - Agence OUEST

(Asconit)

Mars 2015 – RST ODE/DYNECO/AG/15-05

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

SURVEILLANCE ECOLOGIQUE

SITE DU BLAYAIS

RAPPORT SCIENTIFIQUE

ANNEE 2014



Commande d'exécution n° 5100-4200-514962
du marché n° C4493C0850

FICHE DOCUMENTAIRE

Type de Rapport : RST (Rapports de résultats de recherches scientifiques et/ou techniques)	
Numéro d'identification du rapport : RST ODE/DYNECO/AG/15-05 Diffusion : libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> interdite <input type="checkbox"/> Validé par : Adresse électronique : - chemin UNIX : - adresse WWW :	date de publication : <i>mars 2015</i> nombre de pages : <i>253p.</i> bibliographie : <i>Oui</i> illustration(s) : <i>Oui</i> langue du rapport : <i>Français</i>
Titre et sous-titre du rapport :	
<i>Surveillance Ecologique du site du "Blayais" - année 2014</i> <i>Ecological monitoring of the "Blayais" nuclear power plant – 2014</i>	
Auteur(s) principal(aux) :	Organisme / Direction / Service, laboratoire :
<i>QUINTIN Jean-Yves, SOTTOLICHIO Aldo, DERRIENNIC Hervé, SCHMIDT Sabine DOREMUS Sandrine, AGION Tony, HERVIO-HEATH Dominique SAUTOUR Benoît, PARRA René, DINDINAUD François, BACHELET Guy, LECONTE Michel.</i>	<i>IFREMER / Centre de Brest / ODE / DYNECO / AG Université de Bordeaux / UMR EPOC / Talence</i> <i>Eurofins IPL Atlantique / Bordeaux Asconit Consultants / La Rochelle IFREMER / Centre de Brest / RBE / SG2M / LSEM Université de Bordeaux / UMR EPOC / Arcachon</i>
Organisme commanditaire : nom développé, sigle, adresse	
<i>Electricité de France (EDF) - Production Transport - C.N.P.E. du Blayais</i> <i>B.P. 27 - 33820 ST-CIERS-S/GIRONDE</i>	
Organisme(s) réalisateur(s) : nom(s) développé(s), sigle(s), adresse(s)	
<i>IFREMER Centre de Brest, Z.I. de la Pointe du Diable, CS 10070, 29280 PLOUZANE</i> <i>UMR 5805 EPOC - Université de Bordeaux – CNRS, Avenue des Facultés – 33405</i> <i>TALENCE Cedex</i> <i>UMR 5805 EPOC - Université Bordeaux – CNRS, Station Marine d’Arcachon, 2 rue du</i> <i>Professeur Jolyet - 33120 ARCACHON</i> <i>Eurofins - Institut Pasteur de Lille - santé, environnement durable Atlantique, 1 rue du</i> <i>Professeur Vézès - 33300 BORDEAUX</i> <i>Asconit Consultants Nantes – Agence Ouest, 3 impasse Sirius, 44470 CARQUEFOU</i>	
Responsable scientifique : <i>Jean-Yves QUINTIN - IFREMER/BREST/ODE/DYNECO/AG</i>	
Cadre de la recherche : <i>Surveillance écologique du site du Blayais</i>	
Marché n° <i>C4493C0850</i>	
Commandes d'exécution n° <i>5100-4200-514962</i>	
Projet : <i>surveillance des grands aménagements énergétiques</i>	
Campagne océanographique : (nom de campagne, année, nom du navire)	
<i>SOGIR, 2014, Navires « N/O Côte de la Manche », «l’Esturial»</i>	

Résumé :

L'étude de surveillance n° 37 du site électronucléaire du BLAYAIS (département de la Gironde) concerne la période d'avril à novembre 2014. Les domaines pélagique et benthique sont étudiés (physico-chimie, bathymétrie, hydrobiologie, bactériologie, zooplancton, macrofaune benthique).
[Voir fiche résumé p. 7 - 11]

Abstract :

Monitoring n° 37 of the BLAYAIS nuclear power plant takes into account studies conducted between April and November 2014. Physicochemistry, Bathymetry, Hydrobiology, Bacteriology, Zooplankton, Benthic macrofauna, are reported.
[see summary p. 7 - 11 (in French)]

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.

Commentaire :

Ce document doit être cité de la manière suivante :

Référence générale

QUINTIN J.Y. *et al.* (2015) – Surveillance écologique du site du Blayais, année 2014. Rapp. IFREMER RST ODE/DYNECO/AG/15-01, mars 2015, 253 p.

Référence particulière

SOTTOLICHIO A., H. DERRIENNIC, S. SCHMIDT (2015). – Résultats des mesures in situ. *In* : QUINTIN J.Y. *et al.* (2015) - Surveillance écologique du site du Blayais, année 2014. Rapp. IFREMER RST ODE/DYNECO/AG/15-01, mars 2015, pp. 39-105

Avant - propos

Ce rapport IFREMER pour EDF a été réalisé par J.Y. Quintin¹, coordonnateur du programme, avec la participation de :

- chapitres 1 à 3 (A. Sottolichio, H. Derriennic, S. Schmidt)² ;
- chapitre 4 (S. Doremus³, T. Agion⁴) ;
- chapitre 5 (S. Doremus³, T. Agion⁴, D. Hervio-Heath⁵) ;
- chapitre 6 (B. Sautour, R. Parra, F. Dindinaud)⁶ ;
- chapitre 7 (G. Bachelet, M. Leconte)⁴

Il a été réalisé suite à la réunion de synthèse, qui s'est tenue le 15 janvier 2015 à l'Université de Bordeaux, et qui a réuni les personnes suivantes : MM. Sottolichio A., (Université de Bordeaux -Talence), MM. Bachelet G., Sautour B. (Station Marine d'Arcachon), Pierre Proietti (Eurofins IPL Atlantique), M. Agion T. (Asconit Consultants) M. Quintin J.Y. (Ifremer).

¹ Ifremer. Département Océanographie et Dynamiques des Ecosystèmes

² Université de Bordeaux – Talence (U.M.R. EPOC 5805)

³ Eurofins IPL Atlantique

⁴ Asconit Consultants

⁵ Ifremer. Département Ressources Biologiques et Environnement

⁶ Université Bordeaux - Station Marine d'Arcachon (U.M.R. EPOC 5805)

Surveillance du Blayais 2014 – résumé

L'année 2014 est très humide, avec une pluviométrie supérieure à la normale, et exceptionnellement chaude. La température moyenne annuelle sur la France, supérieure de 1,2 °C à la normale, positionne l'année 2014 au premier rang des années les plus chaudes depuis 1900, devant 2011 (+ 1,1 °C) et 2003 (+ 1,0 °C). Ces conditions météorologiques se sont répercutées sur les débits fluviaux.

Le débit annuel moyen de 880 m³.s⁻¹ en 2014 est plus élevé qu'en 2012 (623 m³.s⁻¹), 2011 (477 m³.s⁻¹) et 2010 (778 m³.s⁻¹) ; devancée par l'année 2013 (1082 m³.s⁻¹), l'année 2014 est la deuxième année la plus humide depuis 2004 et la 8^{ème} depuis 1994. La moyenne annuelle est en excès de 52 m³.s⁻¹ par rapport à la moyenne annuelle pour la période 1982-2013 (828 m³.s⁻¹). Les débits sont soutenus de janvier à mars, avec deux fortes crues en février et mars, favorables à l'éjection du bouchon vaseux vers l'aval de l'estuaire. La période d'étiage est bien marquée de juillet à novembre.

Par rapport à la moyenne 1976-2012, la température moyenne des eaux de l'estuaire est inférieure en mai et août, mais supérieure en juin, juillet et septembre, ce dernier mois étant globalement chaud dans toute la région. Pour la période sensible, l'année 2014 reste dans la moyenne de la période 1976-2012. Au point E, la température maximale de 24,04 °C, relevée en surface le 8 juillet 2014, est inférieure à celle du point K, situé en amont de l'estuaire plus sensible à l'effet climatique.

En réponse aux fluctuations des débits fluviaux de l'année 2014, les variations de salinité traduisent un fonctionnement naturel de l'estuaire à trois périodes marquées : en raison des débits fluviaux moins élevés les salinités moyennes et maximales sont supérieures à celles enregistrées en 2013 au printemps et au début de l'automne, et inférieures en période estivale. Le gradient de salinité est évidemment fort en période de débits fluviaux importants, particulièrement en aval de l'estuaire -point F- davantage sous influence océanique, contrairement à l'amont -point K- où l'effet halin influe nettement moins.

Au point E, situé dans le chenal médian, le régime des courants est variable dans le temps par suite de l'évolution de la morphologie des fonds ; la bathymétrie de l'estuaire

joue un rôle important sur la répartition et les valeurs des vitesses maximales modulées localement, et dans le temps par les variations de débit fluvial et de coefficient de marée. Ces courants agissent sur la dispersion des eaux échauffées du Centre Nucléaire de Production d'Electricité (CNPE). En 2014, les vitesses de courant maximales mesurées au point E sont plus faibles qu'en 2013, mais plus élevées qu'en 2012. Le flot est toujours plus important que le jusant, ce qui est cohérent avec le fonctionnement naturel de l'estuaire.

En général les concentrations en MES indiquent la position du bouchon vaseux qui dépend du débit fluvial, et dans une moindre mesure traduisent la concentration du bouchon vaseux qui dépend de l'intensité des courants et des coefficients de marée. En 2014 les MES au point F sont restées proches des valeurs de l'année 2013, avec des maxima correspondant au déplacement du bouchon vaseux en aval sous l'effet des forts débits fluviaux. Globalement plus élevées aux points E et K au cours de l'année, les MES indiquent une position du bouchon vaseux plus amont avec des maxima en périodes de faible débit fluvial.

Depuis le début des mesures (1978 pour le point E), on n'observe pas de diminution excessive de la teneur en oxygène dissous des eaux. En moyenne, les déficits en oxygène dissous suivent un gradient longitudinal, avec un déficit plus fort au point K amont et plus faible au point F aval. Ces dernières années, la bonne éjection du bouchon vaseux en mer, a induit une baisse des concentrations en MES dans l'estuaire, avec pour conséquence des teneurs en oxygène dissous (taux de saturation supérieur à 83 % en 2014) relativement élevées pour l'estuaire.

En 2014, les valeurs de pH sont plus élevées et fluctuent moins qu'en 2013 ; il est dans la gamme des valeurs moyennes enregistrées les 5 années précédentes. Ses variations sont essentiellement dues au débit fluvial, et probablement à la production primaire sous influence océanique à l'aval de l'estuaire.

En 2014, comme en 2013, le Carbone Organique Total (COT) est fortement tributaire de la charge en MES, en raison de la très forte proportion COP/COT sur les fortes teneurs. Il n'est pas mis en évidence de gradient flagrant de concentration entre l'amont et l'aval, mais une possible existence de ce gradient entre le fond, plus stable au long de l'année, et la surface.

Sur les faibles teneurs en COT, la proportion de COD est plus grande, avec une limite d'environ 10 mg.l^{-1} de COT pour atteindre un rapport de 30 %, principalement pour les eaux de surface. La teneur en COD est donc assez stable sur l'année, la modulation du rapport se faisant sur la proportion en COP/COT. Cette répartition serait la conséquence des intrusions halines dans l'estuaire.

La proportion de COP sur les MES est stable au long de l'année. Si un gradient amont - aval décroissant ne peut être clairement identifié pour les COT et COP, il est par contre beaucoup plus évident pour les COD, grâce aux apports amont.

Comme en 2013, les teneurs en Chlorophylle (a) sont peu élevées malgré des pics (en période estivale) dépassant ponctuellement les $5 \mu\text{g.l}^{-1}$ sur les trois stations, et rejoignent des valeurs d'avant 2012. En amont les concentrations prédominent à basse mer, tandis qu'au droit du rejet et à l'aval elles sont les plus importantes à pleine mer. Nous pourrions y voir l'influence du balancement des marées avec prédominance à l'amont

du phytoplancton d'origine dulçaquicole apporté par le fleuve puis, en aval, des espèces marines apportées par l'océan.

Il est difficile de conclure à un gradient amont-aval pour les sels nutritifs, ainsi qu'à une influence de la centrale.

Ainsi pour l'ammonium, les valeurs à l'amont sont plus élevées qu'au rejet et à l'aval, mais l'évolution sur l'année est asynchrone et ne permet pas de conclure à une éventuelle influence de l'installation.

En ce qui concerne l'orthophosphate, les 3 stations ont des comportements synchrones, mais différents selon le moment de marée : un gradient de concentration croissant amont-aval s'observe à pleine mer, alors qu'il est décroissant à basse mer.

Sur l'estuaire de la Gironde, le silicate est apporté majoritairement par la Dordogne. Au sein de l'estuaire, ces apports sont dilués par l'intrusion des eaux halines, entraînant un net gradient décroissant amont-aval. La distinction des valeurs entre basse mer et pleine mer est de plus en plus nette à mesure que l'on progresse vers l'aval.

Le bore (acide borique), utilisé dans le processus de conditionnement des eaux des circuits primaires de la centrale est un élément présent naturellement dans l'eau de mer. Les profils montrent l'absence d'impact du fonctionnement de la centrale sur les concentrations en bore enregistrées.

Aucune trace des amines utilisées dans le processus de traitement des eaux industrielles de la centrale n'a été détectée dans les eaux de l'estuaire de la Gironde. Des traces d'agents de surface anioniques ont par contre été décelées sur les trois stations, de manière plus régulière qu'en 2012 et 2013.

L'année 2014 présente une dynamique saisonnière classique pour les vibrios halophiles sur les trois stations de l'estuaire de la Gironde. La période des plus fortes abondances est enregistrée de juin à août pour l'ensemble des stations. En 2014, *V. vulnificus* est l'espèce dominante sur la station E (46 %), *V. mimicus* sur la station F (59 %) et *V. cholerae* sur la station K (51 %). La proportion (%) des espèces *Vibrio* au point E est intermédiaire à celle des points K (amont) et F (aval). Ces résultats sont cohérents avec des conditions physico-chimiques rencontrées en estuaire, et ils indiqueraient que les eaux échauffées de la centrale n'ont pas d'effet avéré sur ce compartiment microbien.

Dans le zooplancton, l'espèce dominante *Eurytemora affinis* représente habituellement plus de 80 % du zooplancton, sauf quand les conditions d'étiage sont défavorables. En 2014, sa dominance reste élevée, de l'ordre de 75 % du zooplancton total. L'étude de la variabilité interannuelle des fluctuations de densité de cette espèce montre une bonne reproductibilité globale des cycles saisonniers, marqués par un pic annuel de densité dont la valeur est influencée par la migration du bouchon vaseux dans l'estuaire.

L'année 2014 présente une dynamique saisonnière classique avec deux pics d'abondance. Le premier printanier plus précoce « mars », qui se prolonge jusqu'en juin, suivi d'une très faible production estivale ; le second automnal avec une faible reprise de production. C'est une année exceptionnelle, car l'abondance printanière de l'espèce, souvent favorable au point K en amont de l'estuaire à la faveur de la baisse des débits des fleuves, montre la densité moyenne ($> 11000 \text{ ind./m}^3$) au point E, parmi les

plus fortes observées sur la série historique malgré des conditions de débits très modérés.

Sur l'ensemble de l'année 2014, la structure démographique des populations d'*E. affinis* présente un faible pourcentage de femelles ovigères en amont -point K-, non observé aux autres points (21 % au point F, 22 % en E et 14 % en K), un sex-ratio (rapport mâles/total adultes, exprimé en pourcentage), légèrement favorable aux mâles (56 % en F, 55 % en E et 44 % en K), et un pourcentage de copépodites indiquant un gradient décroissant de l'amont vers l'aval (62 % en K, 59 % en E et 53 % en F). Les fécondités moyennes en 2014 ne diffèrent pas significativement d'une station à l'autre : les faibles valeurs trouvées au point E se retrouvent donc en aval et en amont (2,2 œufs/femelle en F, 2,0 en E et 2,3 en K), et la mortalité moyenne reste faible (0,5 % en F, 0,6 en E et 0,9 en K).

Les densités moyennes annuelles d'*E. affinis* au point E sont supérieures à celles des autres points (2218 ind./m³ en F, 11092 ind./m³ en E, 7183 ind./m³ en K). L'espèce présente en général sa meilleure répartition en amont -point K-.

Le copépode *Acartia bifilosa* présente une forte variabilité interannuelle. Espèce polyhaline, sa densité annuelle moyenne observée en 2014 est maximale au point F aval (1261 ind./m³) pour décroître vers l'amont. L'espèce est surtout présente en aval de l'estuaire, sa densité annuelle moyenne observée au point E (64 ind./m³) fait partie des plus faibles valeurs observées en ce point depuis le début des études, densité intermédiaire à celles des points aval et amont.

L'espèce thermo-polyhaline *Acartia tonsa*, espèce introduite dans l'estuaire, présente depuis 2002 un décalage temporel de son pic de densité avec celui d'*Acartia bifilosa*, qui s'observe encore très nettement cette année. Bien adaptée aux conditions estuariennes (depuis 1999), sa densité décroît également de l'aval vers l'amont. Sa densité annuelle moyenne observée au point E (618 ind./m³) est intermédiaire à celles des points aval et amont.

Chez les mysidacés, les densités moyennes annuelles de *Neomysis integer* sont globalement faibles par rapport à l'ensemble de la série ; la densité en E (10 ind./m³) est cependant plus forte qu'aux autres points (3 ind./m³ en F et en K). C'est principalement en zone médiane que ces abondances sont fortes en 2014, notamment marquées par des effectifs élevés en mai (46 ind./m³ au point E).

Mesopodopsis slabberi, espèce polyhaline dont l'abondance est associée à la pénétration des eaux halines dans l'estuaire, est surtout présente en aval et en zone médiane avec une densité moyenne annuelle de 347 ind./m³ au point F et 308 ind./m³ en E, plus faible en amont (50 ind./m³ au point K).

Dans le domaine subtidal, la composition granulométrique du sédiment a subi d'importantes fluctuations au cours de l'année 2014. Ainsi, la teneur en vases (particules de taille < 63 µm) du sédiment superficiel a varié entre 6 et 90 % au Point F, entre 19 et 71 % au Point E et entre 6 et 70 % au Point K. De telles variations de la composition du sédiment subtidal ont été régulièrement observées durant les années précédentes. Une grande part de cette variabilité temporelle de la granulométrie est certainement corrélée au débit du fleuve ou aux activités de dragage. Néanmoins, des analyses complémentaires réalisées cette année ont montré que se superpose aussi une

forte variabilité spatiale intra-station de la granulométrie qui pourrait masquer ou exacerber la variabilité temporelle telle qu'elle a été observée jusqu'alors.

La richesse spécifique (nombre d'espèces) des peuplements benthiques subtidiaux a été faible en 2014. Sur la durée du suivi réalisé jusqu'à présent (2004-2014), on observe une nette tendance pluri-annuelle à la diminution de la richesse spécifique dans les trois stations subtidales, avec toutefois une stabilisation du nombre d'espèces depuis 2007 (malgré une chute marquée en 2010).

L'abondance des peuplements benthiques subtidiaux a été très faible en 2014 aux Points F (PK 67) et E (PK 52), avec des densités maximales respectives de 80 et 10 ind./m². Ces valeurs sont parmi les plus faibles densités mesurées depuis le début du suivi. La comparaison inter-annuelle montre que la macrofaune benthique de ces deux stations a été caractérisée par deux années d'abondances relativement fortes en 2004-2005, puis par une diminution marquée depuis 2006, dont plusieurs années avec de très faibles abondances (2006-2007, 2010-2011 et 2013-2014). Sur le Point K (PK 30), en revanche, les densités se sont maintenues à un niveau normal (maximum 652 ind./m²) en 2014. Il faut toutefois noter que la faune benthique est ici constituée essentiellement de Crustacés nageurs (tels que le Mysidacé *Mesopodopsis slabberi*) et de larves d'Insectes provenant probablement de l'amont, et ne comporte pas d'endofaune en place.

Dans le domaine intertidal, la composition granulométrique du sédiment a montré, comme les années précédentes, une très grande stabilité temporelle avec 75 à 97 % de vases. Dans les trois stations intertidales, les teneurs du sédiment en eau interstitielle ont été assez stables et élevées, signe d'une sédimentation quasi continue, sans phases d'érosion.

Contrairement aux peuplements subtidiaux, la richesse spécifique des peuplements benthiques intertidaux est remarquablement stable depuis le début du suivi en 2004.

Les densités du benthos intertidal en 2014 peuvent être qualifiées de normales, avec des maxima respectifs de 11061 ind./m² à St-Christoly (PK 66), 7348 ind./m² à St-Estèphe (PK 55) et 14983 ind./m² à Lamarque (PK 35). Les densités relevées à St-Christoly et St-Estèphe en 2014 sont cependant très inférieures à celles des années 2004-2006 (maxima > 20000 ind./m²), où avaient été observées de fortes abondances de l'Amphipode *Corophium volutator*. Les densités relevées à Lamarque en 2014 se situent, quant à elles, à un niveau intermédiaire entre les minima observés par exemple en 2006-2007 et 2012 et les maxima de 2005 et 2009.

La dynamique inter-annuelle des peuplements macrobenthiques de l'estuaire de la Gironde, étudiée depuis 10 ans, montre une dégradation sensible de ces peuplements (diminution des abondances et du nombre d'espèces) depuis 2006, tant dans le domaine subtidal que dans l'intertidal. Cette dynamique peut être gouvernée par des fluctuations naturelles de l'environnement hydroclimatique ou refléter une dégradation générale de la qualité écologique de l'écosystème girondin, sans que l'activité du CNPE du Blayais puisse être décelée sur le compartiment benthique.

Sommaire

Introduction.....	17
1. Présentation du site et stratégie d'étude	19
1.1 Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité du Blayais.....	19
1.1.1 Situation géographique.....	19
1.1.2.Caractéristiques du CNPE.....	19
1.2.L'estuaire de la Gironde.....	20
1.2.1 Eléments géographiques et géomorphologiques.....	20
1.2.2.Aperçu du fonctionnement hydro sédimentaire de l'estuaire.....	21
1.3.Les études écologiques.....	21
1.3.1Schéma général des études.....	21
1.3.2Etudes de projet.....	22
1.3.3Etudes de surveillance.....	22
1.3.4Programme des études de surveillance.....	23
1.4.La surveillance écologique - année 2014.....	23
1.4.1Déroulement des campagnes à la mer.....	23
1.4.2Points de prélèvements.....	24
1.4.3Fréquence des prélèvements.....	24
1.4.4Paramètres mesurés.....	24
1.4.5Travaux réalisés.....	25
1.4.6Paramètres, méthodes, précision.....	27
2.Conditions climatiques et hydrologiques.....	33
2.1Caractères climatologiques dominants pour l'année 2014.....	33
2.2Débits fluviaux.....	37
3. Résultats des mesures in situ	39
3.1. Température de l'eau.....	39
3.1.1. Variations au cours de la marée.....	39
3.1.2. Variations spatio-temporelles.....	49
3.1.3. Synthèse des variations pluriannuelles des températures.....	52
3.2. Salinité.....	56
3.2.1. Variation au cours de la marée.....	56
3.2.2. Variations spatio-temporelles.....	63
3.3. Vitesse de courant.....	69
3.4. Concentration en matières en suspension (MES).....	75
3.4.1. Variations temporelles.....	75
3.4.2. Variations spatiales.....	83
3.5. Oxygène dissous.....	87
3.5.1. Variations temporelles.....	87
3.5.2. Variations spatiales.....	98
3.6. Mesure électrochimique du pH.....	102
3.6.1. Variations spatio-temporelles.....	102
4. Paramètres hydrobiologiques et contaminants chimiques	107
4.1. Carbone organique.....	107
4.1.1. Variations spatio-temporelle.....	107
4.1.2. Répartition du carbone organique et relation avec les paramètres hydro biologiques.....	115
4.2. Chlorophylle (a) et phéopigments.....	127
4.2.1. Variations spatio-temporelle.....	127

4.2.2. Evolution des moyennes annuelles	133
4.3. Sels nutritifs et bore	135
4.3.1. Variations spatio-temporelle	135
4.3.2. Relation avec les paramètres hydro biologiques	148
4.3.3. Evolution des moyennes annuelles	151
4.4. Contaminants	156
4.4.1. Famille des amines	156
4.4.2. Agents de surface anioniques	156
5. <i>Vibrio</i> halophiles	157
5.1. Tendances générales.....	158
5.2. Spéciation des <i>Vibrio</i> halophiles	161
6. Zooplancton	165
6.1. Evolution temporelle des principaux contingents au point E	165
6.1.1. Variations des densités du Copépode <i>Eurytemora affinis</i>	165
6.1.2. Variations des densités des copépodes Acartidés	167
6.1.3. Variations des densités des Mysidacés.....	170
6.2. Structure démographique d' <i>Eurytemora affinis</i> au point E	173
6.2.1. Fécondité	173
6.2.2. Structure des populations	174
6.2.3. Mortalité	177
6.3. Comparaison de l'évolution des principaux contingents aux points F, E, K	179
6.3.1. Variations des densités du Copépode <i>Eurytemora affinis</i>	179
6.3.2. Variation des densités des Copépodes Acartidés	182
6.3.3. Variation des densités de Mysidacés	186
6.4. Structure démographique d' <i>Eurytemora affinis</i> aux points F, E, et K.....	190
6.4.1. Paramètres de population.....	190
6.4.2. Fécondité	193
6.4.3. Mortalité	195
7. Macrofaune benthique.....	199
7.1. Caractéristiques du sédiment	200
7.1.1. Sédiments subtidaux	200
7.1.2. Sédiments intertidaux	203
7.2. Evolution temporelle de la richesse spécifique des peuplements macrobenthiques	205
7.3. Evolution temporelle des peuplements macrobenthiques subtidaux.....	209
7.3.1. Point F (PK 67)	210
7.3.2. Point E (PK 52)	210
7.3.3. Point K (PK 30)	210
7.3.4. Comparaison avec les années antérieures	210
7.4. Variations de densités des principales espèces subtidales.....	213
7.4.1. Annélides Oligochètes	213
7.4.2. Annélides Polychètes	213
7.4.3. Crustacés Amphipodes et Isopodes	215
7.4.4. Crustacés Mysidacés.....	215
7.4.5. Larves d'Insectes	215
7.5. Evolution temporelle des peuplements macrobenthiques intertidaux	218
7.5.1. St-Christoly (PK 66)	219
7.5.2. St-Estèphe (PK 55)	219
7.5.4. Comparaison avec les années antérieures (Figure 7-16)	219
7.6. Variations de densités des principales espèces intertidales.....	222
7.6.1. Annélides Oligochètes	222

7.6.2. Annélides Polychètes	222
7.6.3. Mollusques.....	224
7.6.4. Crustacés.....	226
8. Glossaire et abréviations	229
9. Références bibliographiques.....	231
10. Annexes	235
10.1. Annexe 1 : Dénombrement des divers prélèvements et mesures	235
10.2. Annexe 2 : Tableaux des résultats de mesures.....	240
10.3. Annexe 3 : Tableau des résultats analytiques	244
10.3.1. Résultats bruts de mesures de MES, COD et COP	244
10.3.2. Résultats bruts de mesures de chlorophylle et phaeopigments.....	248
10.3.3. Résultats bruts de mesures de sels nutritifs et du bore	249
10.3.4. Contaminants.....	250
10.3.5. Résultats bruts de <i>Vibrio</i> halophiles	251

Introduction

Les centrales thermonucléaires, à fonctionnement en circuit ouvert, utilisent pour le refroidissement de leurs condenseurs d'importants débits d'eau prélevés et restitués dans leur environnement proche. Des unités de ce type ont été installées en bord de mer, Gravelines, Penly, Paluel, Flamanville. Un seul grand aménagement énergétique a pour l'instant été réalisé sur un estuaire : le Centre Nucléaire de Production d'Electricité (CNPE) du Blayais sur l'estuaire de Gironde.

Du fait de cette implantation originale dans un milieu soumis à la fois à l'influence de la marée et à celui des apports de la Dordogne et de la Garonne, le site a fait l'objet d'études spécifiques en ce qui concerne la conception et la réalisation des prises d'eau et rejets, avec dès l'origine l'idée de créer des ouvrages qui perturbent le moins possible l'environnement aquatique, et notamment la remontée des organismes migrateurs.

De nombreuses études ont été réalisées pour appréhender l'impact du CNPE sur le milieu estuarien. Elles ont débuté en 1975, et se déroulent depuis sans interruption (cf. : rapport final CNEXO mai 1977 ; rapports de surveillance écologique, 1979 et années suivantes) :

- Campagne de mai 1975,
- Missions légères d'octobre 1975 à décembre 1976,
- Missions lourdes de mars 1976 et septembre 1976,
- Surveillances écologiques annuelles depuis 1978.

De juin 1981, date de mise en service de la première tranche, à fin 1983, date de mise en service de la dernière tranche, les études de surveillance ont porté sur la phase intermédiaire avant établissement du régime permanent de la centrale.

Le chapitre 1 de ce rapport présente le site du Blayais dans le contexte estuarien particulier de la Gironde, et fait un rappel des diverses études réalisées. Les chapitres suivants présentent les résultats de l'étude de surveillance écologique du site du Blayais de l'année 2014, étude effectuée dans le cadre du marché EDF/IFREMER n° C4493C0850. C'est une reconduction du protocole d'échantillonnage mis en place en 1992, amendé par Arrêté inter – ministériel du 18 septembre 2003 paru au Journal Officiel de la République Française du 26 septembre 2003.

Trois organismes ont participé à ce programme :

L'Université de Bordeaux (UMR 5805 EPOC - Talence)⁷ pour :

- organiser et réaliser les missions à la mer suivant le schéma défini dans l'annexe technique et comportant les mesures *in situ* de paramètres hydrologiques et des prélèvements hydrologiques et biologiques en liaison avec la Station Marine d'Arcachon ;
- fournir à Eurofins - IPL Atlantique les échantillons destinés aux analyses chimiques et bactériologiques ;
- regrouper les mesures *in situ* ;
- effectuer les mesures de matière en suspension et les dosages d'oxygène dissous sur les échantillons prélevés.

La Station Marine d'Arcachon (UMR 5805 EPOC - Arcachon)⁸ pour :

- étudier les peuplements zoo planctoniques ;
- étudier les peuplements zoo benthiques.

Eurofins - IPL Atlantique⁹ pour :

- effectuer au laboratoire les dosages de carbone organique particulaire et dissous, de chlorophylle et phaeopigments, des sels nutritifs ammonium, nitrate et nitrite associés, silicate, orthophosphate, de l'élément mineur bore, la recherche de contaminants agents de surface anioniques, hydrazine, morpholine, éthanolamine, la recherche et l'identification des *Vibrio* halophiles, sur les échantillons prélevés.

⁷ Anciennement Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine (IGBA), puis Département de Géologie et Océanographie (DGO)

⁸ Anciennement Laboratoire d'Océanographie Biologique (LOB)

⁹ Anciennement Institut Pasteur de Lille Atlantique (IPL Atlantique)

1. Présentation du site et stratégie d'étude

1.1. Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité du Blayais

1.1.1. Situation géographique

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 Sud-Ouest de Saintes. Les installations sont implantées au lieu-dit "La Présidente", en bordure de la Gironde sur la rive droite, environ au pK¹⁰ 52, entre le canal Saint-Georges et le canal de Callonges qui drainent le marais avoisinant.

1.1.2. Caractéristiques du CNPE

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 m³.s⁻¹, soit 168 m³.s⁻¹ pour 4 tranches en service. Cette eau est prélevée

¹⁰ point kilométrique, compté à partir du Pont de Pierre de Bordeaux (pK 0)

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 $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). 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 $12,5 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ sans élévation thermique et avec un apport en matières polluantes négligeable.

L'eau prélevée en Gironde pour le refroidissement des condenseurs subit un échauffement moyen de $11 \text{ }^\circ\text{C}$, sans modifications notables de ses qualités chimiques avant rejet car, en l'absence de problèmes de fixation de moules, aucun traitement au chlore n'est réalisé.

1.2. L'estuaire de la Gironde¹¹

1.2.1. Eléments géographiques et géomorphologiques

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), qui drainent des bassins versants à surfaces fort différentes ($56\,000 \text{ km}^2$ et $24\,000 \text{ km}^2$ 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.

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). L'estuaire peut être divisé en quatre zones : l'estuaire fluvial, en amont

¹¹ chapitre réalisé d'après les travaux d'Allen (1972) et de Castaing (1981)

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, davantage soumis aux effets de la marée ; l'embouchure (pK 100), sous l'influence combinée de la houle et des courants de marée.

La zone d'étude (pK 30, pK 52, pK 67) 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 l'influence respectivement marine et continentale.

1.2.2. Aperçu du fonctionnement hydro sédimentaire de l'estuaire

L'hydrologie fluviale présente des débits très variables ($120 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à plus de $5\,500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)¹² ; lorsqu'ils sont forts, ils sont source d'apports alluvionnaires importants en provenance des fleuves et estimés globalement à 2,5 millions de tonnes par an selon Naguy (1993). Elle est contrariée par l'effet d'une onde de marée asymétrique.

Les différences de salinités, liées à la rencontre des eaux fluviales et marines, induisent des différences de densité sur la tranche d'eau : l'eau salée plus dense que l'eau douce avoisine le fond. Ainsi naît la circulation "résiduelle" estuarienne caractérisée par un écoulement vers l'amont au fond et vers l'aval en surface.

La convergence des vitesses résiduelles, par piégeage des particules en suspension au voisinage du fond, favorise la formation d'un bouchon vaseux par effet de densité (eau douce - eau de mer) et de la marée dynamique (propagation asymétrique de l'onde 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.

1.3. Les études écologiques

1.3.1. Schéma général des études

Le schéma général des études écologiques relatives à l'implantation des centrales nucléaires en estuaire comporte deux étapes : le projet, et la surveillance. Le projet qui a pour but de préciser l'état écologique du milieu dans la zone qui subira l'influence de la centrale. La surveillance qui correspond à l'étude des fluctuations naturelles du milieu (variations pluriannuelles notamment) avant la mise en service de la centrale, et des modifications du milieu après la mise en service de la centrale.

Projet et surveillance écologiques sont deux phases complémentaires d'une même étude, qui visent à mettre en évidence les règles évolutives d'un écosystème soumis aux effluents thermiques d'une centrale nucléaire. Cette analyse des déséquilibres éventuels par "constat" implique une connaissance approfondie du milieu naturel fluctuant dans le

¹² minimum et maximum journalier de 2003.

temps : cycles et dérives sur une période de plusieurs années. Il est en effet indispensable, dans une perspective de généralisation, de pouvoir distinguer les modifications dues au fonctionnement de la centrale, de celles dues à des phénomènes naturels, d'ordre climatologique par exemple, ou à d'autres phénomènes anthropogéniques, d'aménagements du bassin versant par exemple.

1.3.2. Etudes de projet

Les résultats réunis dans les dossiers de projet, sur l'estuaire de la Gironde, comportent des observations effectuées pendant une année et demi (mai 1975 -décembre 1976) sur les paramètres relatifs aux domaines de la physique, de l'hydrobiologie, de la biologie et de la pollution. Au terme de cette étude, une synthèse faisant appel au traitement mathématique des données a été faite, permettant de dégager les principales composantes écologiques d'un "état de référence" du site, notamment les paramètres et les espèces les plus caractéristiques. De même, les résultats du projet ont permis de préciser la variabilité, dans le temps et dans l'espace, des phénomènes définissant cet état de référence (dispersion verticale et horizontale des organismes, saisons hydrobiologiques, pics d'abondance zooplanctonique, période de recrutement des organismes benthiques, etc.).

1.3.3. Etudes de surveillance

Un programme pluriannuel de surveillance écologique a été défini sur la base de la synthèse écologique de cet état de référence du site. Il a été mis en application pendant une période de 6 ans (janvier 78-Décembre 83). La mise en place par le CNEXO d'un programme d'études supplémentaires faisant appel à un échantillonnage rapide par hélicoptère sur l'ensemble du système fluvio-estuarien de la Gironde-Dordogne/Garonne, a permis de dégager quelques idées permettant d'améliorer l'approche spatio-temporelle de l'échantillonnage dans le cadre des études de surveillance.

La redondance ou le manque d'intérêt de certains résultats d'une part, les nouvelles exigences de l'arrêté concernant l'autorisation de rejet d'eau de la centrale d'autre part, nous ont conduit à modifier dès 1984 certains paramètres échantillonnés, avec un programme annuel de surveillance écologique à 3 stations d'échantillonnage et 9 campagnes annuelles. Afin d'évaluer les apports Garonne-Dordogne, deux prélèvements supplémentaires étaient effectués à la limite amont de pénétration de la marée dynamique.

Le programme de surveillance écologique, établi en 1992, a fait suite à l'arrêté préfectoral du 23 décembre 1991, modificatif de l'arrêté du 31 mars 1989 portant autorisation de rejet dans le domaine fluvial.

En complément de ce programme, une étude particulière a été effectuée d'avril 1992 à mars 1993 pour étudier les aspects méiobenthiques (animaux de taille inférieure au millimètre qui vivent au fond dans les sédiments superficiels) autour de la centrale.

Ce programme de surveillance écologique avait pour objet la mise en évidence des modifications éventuelles apportées au milieu par la centrale. La modification par rapport au programme antérieur a porté sur la répartition des stations le long de l'estuaire, la périodicité des prélèvements et la nature des paramètres étudiés.

Pour pallier une vision seulement partielle de la distribution de certaines variables, le point F (pK 67), à l'aval du site dans le chenal de navigation, a remplacé la station J (pK 52), au droit du site, et a ainsi permis de couvrir en grande partie la zone géographique colonisée par l'espèce *Eurytemora affinis*, pendant la majeure partie de l'année. Ce programme s'est poursuivi jusqu'en 2003.

1.3.4. Programme des études de surveillance

L'arrêté inter – ministériel du 18 septembre 2003, a reconduit ce protocole d'échantillonnage : le programme annuel comporte 3 points d'échantillonnage et 8 campagnes mensuelles, et concerne les paramètres hydro biologiques, bactériologiques, et zoo planctoniques intégrés 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. A la confluence de la Garonne et de la Dordogne, il est positionné pour évaluer l'impact éventuel 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 occupé 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'impact 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 impacts des rejets de la centrale sur les eaux de l'estuaire aval.

Pour satisfaire aux exigences de ce nouvel arrêté, le programme a été complété dès 2004, par un suivi de la macro-faune dans le domaine benthique et la mesure de contaminants organiques dans le domaine pélagique.

1.4. La surveillance écologique - année 2014

1.4.1. Déroulement des campagnes à la mer

Le programme de surveillance écologique nécessite l'utilisation d'une embarcation, et s'est déroulé à bord du navire océanographique Côte de la Manche, armé par l'INSU (CNRS) pour réaliser les prélèvements d'échantillons¹³ lors des 8 campagnes mensuelles. Pour chaque campagne, 3 points (F, E, K) sont échantillonnés par l'UMR EPOC, lors de 3 stations réparties longitudinalement le long de l'estuaire entre le pK 30 et le pK 67, à raison d'une station par jour, pendant un cycle de marée complet, et dans des conditions de marée comparables (de préférence en mortes-eaux). Le transport des échantillons vers le laboratoire est assuré par Eurofins – IPL Atlantique.

Matériel utilisé : G.P.S. pour le positionnement géographique ; échosondeur pour la hauteur d'eau ; courantomètre directionnel VALEPORT MK 108, avec option : température, conductivité, salinité, capteur de pression ; pHmètre WTW mod. 315i/SET ; bouteille à prélèvement horizontal, ou vertical de type Niskin, pour les

¹³ les prises et rejets d'eau de refroidissement étant disposés sur le fond de l'estuaire respectivement à 380 m et 2000 m de la berge..

prélèvements d'eau ; filets à plancton de type WP2, à vide de maille 200 µm, pour les prélèvements de plancton ; benne Van Veen et table de pré-tri pour le benthos ; glacières portables ; flacons et bidons d'échantillonnage.

1.4.2. Points de prélèvements

Le programme comporte trois points de prélèvements :

- une station à l'amont du site permettant la connaissance du milieu avant son passage devant le CNPE - chenal de Blaye (point K ; pK 30 ; coordonnées géographiques N 45°04'1/10 - W 0°38'3/10),
- une station au droit du CNPE, situé dans le chenal médian (point E ; pK 52 ; coordonnées géographiques N 45°14'8/10 - W 0°43'5/10),
- une station à l'aval du site et placée dans le chenal de navigation permettant de pallier une vision seulement partielle de la distribution de certaines variables (point F ; pK 67 ; coordonnées géographiques N 45°22'3/10 - W 0°48'1/10).

Des mesures de débits des fleuves sont réalisées aux emplacements suivants : Garonne, pont de la route départementale n° 9 à La Réole ; Dordogne, pont de la route départementale n° 16 à Pessac/Dordogne (Source : Grand Port Maritime de Bordeaux).

1.4.3. Fréquence des prélèvements

Le programme comprend huit campagnes de prélèvements d'avril à novembre.

Les dates des missions, effectuées en 2014, sont indiquées sur la carte de positionnement des points et dates de campagnes (**Figure 1-1**). La fréquence des prélèvements, par campagne, est indiquée dans le **Tableau 1-1**.

Tableau 1-1 : Fréquence des prélèvements des paramètres mesurés

Paramètres	Niveaux	Moment de marée	Point
Courant (vitesse et direction), Salinité, température, pH Matière en suspension (MES), Oxygène dissous, Carbone organique particulaire (COP) Carbone organique total (COT) ¹⁴	2	4	K-E-F
Sels nutritifs (nitrate+nitrite, ammonium, phosphate, silicate). Chlorophylle, phaeopigments. Bore total. Hydrazine, morpholine, éthanolamine, agents de surfaces	1 (Surface)	2	K-E-F
<i>Vibrio</i> halophiles	1 (Surface)	2	K-E-F
Zooplancton	2	4	K-E-F
Zoobenthos	1 (Fond)	sans objet	K-E-F

Niveau (1 = surface ou fond, 2 = surface et fond).

Moment de marée (2 = basse mer et pleine mer, 4 = basse mer, mi-flot, pleine mer, mi-jusant).

1.4.4. Paramètres mesurés

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

¹⁴ COT-COP=COD (carbone organique dissous)

fond) pour l'hydrologie, à un niveau (1m de la surface) pour la physico-chimie (sels nutritifs, chlorophylle et phaeopigments, bore), les contaminants (hydrazine, morpholine, éthanolamine, agents de surface anioniques), et la bactériologie. 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 traict de filet WP2 (ou prélèvement) 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

1.4.5. Travaux réalisés

Pour chacun des paramètres analytiques étudiés, les quantités prévues et réalisées sont :

Points	Point F	Point E	Point K	Total prévu	Total réalisé
Hydrologie Mesures – Université de Bordeaux 1 - UMR EPOC 5805					
Hauteur d'eau	32	28	32	96	92
Températures	64	56	64	192	184
Salinités	64	56	64	192	184
Vitesse du courant	64	56	64	192	184
Direction du courant	64	56	64	192	184
PH	64	56	64	192	184
Prélèvements – Université de Bordeaux 1 - UMR EPOC 5805					
Dosage oxygène dissous (250 cc)	64	56	64	192	184
Détermination des MES (1 l)	64	56	64	192	184
Pollution – Eurofins - IPL Atlantique ¹⁵¹⁶					
COP	64	56	64	192	184
COT	64	56	64	192	184
Chlorophylle, phaeopigments	16	14	16	48	46
Sels nutritifs	16	14	16	48	46
Morpholine, hydrazine, éthanolamine,	16	14	16	48	46
Bore total	16	14	16	48	46
Agents de surface	16	14	16	48	46
Bactériologie (<i>Vibrio</i> halophiles)	16	14	14	48	44
Biologie - Station Marine d'Arcachon - UMR EPOC 5805					
Zooplancton (Filet WP2)	64	56	64	192	184
Zoobenthos subtidal (Benues Van Veen)	40	25	40	120	105 ¹⁷

¹⁵ Les analyses manquantes ont pour causes (i) absence d'échantillonnage de la station E au mois d'avril : suite à un impondérable, la mission n'a pu être réalisée ; (ii) absence d'analyses bactériologiques « *Vibrio* halophiles » sur la station K au mois de mai : le laboratoire n'a pas fourni le flaconnage dédié pour cette station.

¹⁶ Des résultats d'analyse sont à prendre avec précaution et n'ont pas été déclarés COFRAC : (i) campagne de juillet, station F : congélation des prélèvements par erreur ; (ii) campagne d'août, station K : problème logistique non précisé.

¹⁷ La pauvreté benthique estuarienne nécessite d'aller au delà du tamisage préconisé par la DCE : le tamisage sur 0,5 mm permet une observation de la faune interstitielle et sa comparaison spatio-temporelle en Gironde.



PK Point Kilométrique
PK0 Pont de Pierre- BORDEAUX

DATES SURVEILLANCE BLAYAIS 2014

26 - 25 Avril	F - K
6 - 7 - 4 Mai	F-E-K
18 - 19 - 24 Juin	F-E-K
7 - 8 - 10 Juillet	F-E-K
27 - 28 - 26 Août	F-E-K
23 - 24 - 30 Septembre	F-E-K
13 - 14 - 16 Octobre	F-E-K
26 - 27 - 20 Novembre	F-E-K

Figure 1-1 : Carte de positionnement des points et dates de campagnes

1.4.6. Paramètres, méthodes, précision

1.4.6.1. Mesures in situ

Profondeur : échosondeur.

Courant (Vitesse et direction) : courantomètre VALEPORT MK 108 directionnel ; précision $\pm 5 \text{ cm.s}^{-1}$.

Température et salinité : VALEPORT MK 108 ; précision $\pm 0,1^\circ\text{C}$ et $\pm 0,5$ de salinité.

pH : pH-mètre WTW modèle 315i/SET ; précision \pm un digit

1.4.6.2. Mesures en laboratoire

Oxygène dissous : mesure de la teneur en oxygène dissous par la méthode WINKLER ; dosage par oxydoréduction, à l'hydrate manganeux. L'addition des deux réactifs dans l'eau est effectuée à bord immédiatement après la prise d'échantillons ; le dosage proprement dit est réalisé au laboratoire dans les 24 heures ; précision 1 %.

Matière en suspension : mesure de la concentration en matière en suspension totale par pesée, après filtration d'un volume de 100 à 250 cm^3 d'eau (suivant turbidité) sur des filtres de 0,45 μm et séchage en étuve à 105 $^\circ\text{C}$; précision 1 mg.l^{-1} .

La chlorophylle (a) et l'indice phaeopigment sont dosés par spectrophotométrie d'absorption moléculaire conformément à la méthode interne Aminot et Kérouel, 2004. La chlorophylle (a) est un paramètre "particulaire" qui nécessite la récolte du matériel en suspension par filtration (fibre de verre ; filtration à 0,7 μm), suivie d'une extraction du filtre par un solvant (acétone à 90 %) puis d'une détection spectrophotométrique. Les concentrations brutes de la Chlorophylle (a) et de l'indice phaeopigments, exprimées en $\mu\text{g.l}^{-1}$, sont calculées selon la méthode LORENZEN. Le seuil de quantification est de 0,1 $\mu\text{g.l}^{-1}$ pour un volume filtré de 1 litre (paramètre inscrit sur la portée spécifique du programme COFRAC 100.1 d'Eurofins IPL Atlantique).

Carbone organique particulaire (COP) : le COP est dosé sur les matières en suspension après filtration sur filtre en fibre de verre type GF/F de 0,7 μm de porosité. Conformément à la norme NF ISO 14235, le dosage est réalisé par titrimétrie. La performance de cette méthode est fonction du volume filtré et de la charge particulaire de l'eau.

Carbone organique dissous (COD) : le COD est dosé selon la méthode interne Aminot et Kérouel (2004) faisant référence à la norme européenne NF EN 1484, sur l'échantillon après filtration ; il s'agit d'une oxydation « à chaud » en milieu oxydant (peroxodisulfate de potassium). Le seuil de quantification est de 0,5 mg.l^{-1} (paramètre inscrit sur la portée spécifique du programme COFRAC 100.1 d'Eurofins IPL Atlantique).

Carbone organique total (COT) : la teneur en COT est calculée par sommation à partir des teneurs en COP et de celles en COD

Eléments nutritifs dissous : après filtration de l'échantillon d'eau brute, les analyses des sels nutritifs sont réalisées sur l'eau filtrée selon les méthodes décrites dans le recueil « Hydrologie des écosystèmes marins, paramètres et analyses » (Aminot & Kérouel

2004 et 2007). Ces paramètres sont inscrits sur la portée spécifique du programme COFRAC 100.1 d'Eurofins IPL Atlantique.

Nitrite et nitrate (NO_2^- et NO_3^-) : réduction des nitrate en nitrite par passage sur une colonne de cadmium traitée par CuSO_4 , dosage spectrophotométrique des ions nitreux (dosage par flux selon méthode IFREMER). La limite de quantification est de $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$ pour le nitrite et de $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$ pour le nitrate.

Ammonium (NH_4^+) : Application de la réaction de Berthelot à l'eau de mer, méthode spectrophotométrique de Koroleff (dosage par colorimétrie selon méthode IFREMER). La limite de quantification est de $0,005 \text{ mg.l}^{-1}$.

Orthophosphate (PO_4^{3-}) : Méthode spectrophotométrique de Murphy et Riley (1962) ; dosage par colorimétrie selon méthode IFREMER. La limite de quantification est de $0,010 \text{ mg.l}^{-1}$.

Silicate : Méthode spectrophotométrique après formation d'acide silicomolybdique, lequel est ensuite réduit par différents réducteurs (ex. : acide ascorbique, ou l'association métol-sulfite très commune) pour produire une coloration (bleue) intense permettant la mesure des faibles concentrations marines (dosage par colorimétrie selon méthode NF T 90-007 adaptée à matrice saline et saumâtre, équivalente à la méthode IFREMER). La limite de quantification est de $0,02 \text{ mg.l}^{-1}$.

Elément mineur de l'eau de mer :

Bore : Le bore est dosé par ICP / AES¹⁸ (plasma optique, NF EN ISO 11885) à partir d'une dilution au $1/10^{\text{ème}}$ de l'échantillon filtré afin de minimiser l'effet de matrice (chlorures). Le seuil de quantification est de $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$.

Contaminants organiques :

Hydrazine : dosage par HPLC¹⁹ après dérivatization pré colonne à l'aldéhyde salicylique, détection par spectrométrie UV. Le seuil de quantification est de $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$.

Morpholine : dosage par HPLC après dérivatization pré colonne (FMOC²⁰), détection par fluorimétrie. Le seuil de quantification est de $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$.

Ethanolamine : dosage par HPLC après dérivatization pré colonne (FMOC), détection par fluorimétrie. Le seuil de quantification est de $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$.

Agents de surface anioniques : selon norme NF EN 903 ; seuil de quantification 20 ug.l^{-1} .

1.4.6.3. Bactériologie

Depuis 2006, les *Vibrio* halophiles sont recherchés dans les eaux de l'estuaire en utilisant la méthode par filtration.

Méthode par filtration : méthode mise en place en juin 2002 (Khalanski & Delesmont, 2002)²¹, procédure technique DRD/P77/Vib et révisée en juin 2007 (Touren & Delesmont, 2007)²².

¹⁸ ICP-AES (Inductively coupled plasma optical emission spectroscopy « ICP-OES or ICP-AES ») = Spectrométrie d'Emission Atomique

¹⁹ HPLC (High Performance Liquid Chromatography) = Chromatographie liquide à haute performance

²⁰ FMOC (9-fluorenylmethoxycarbonyl chloride) = 9-fluorényl méthyl chloroformate

²¹ Analyse quantitative de vibrions appliquée à la surveillance de l'environnement des CNPE en bord de mer et en estuaire. Khalanski M. (EDF/R&D) et Delesmont R. (IPL), juin 2002

²² Recherche et dénombrement de *Vibrio* sp. et de dix espèces de *Vibrio*, dans les eaux marines et estuariennes. Touren A. (EDF/ R&D) et Delesmont R. (IPL), juin 2007

Les fortes charges particulières des eaux de l'estuaire de la Gironde imposent des dilutions importantes pour pouvoir mener à bien les analyses vibrions. Ainsi, la sensibilité de cette méthode est diminuée ; pour une filtration de 1ml, le seuil de quantification est de 1000 UFC.l⁻¹. Cette diminution d'acuité est accentuée par la nature muqueuse des colonies de *Vibrio* qui ont tendance à s'étaler sur la membrane de filtration.

1.4.6.4. Zooplanctonologie

Prélèvements (traicts) de plancton au filet à plancton WP2 (200 µm de vide de maille) équipé d'un volucompteur ; pour le filet à plancton, le coefficient moyen de filtration est compris entre 70 et 81 %, ce qui correspond aux normes admises pour le milieu estuarien.

Les méthodes d'identification et de comptage d'organismes zooplanctoniques dominants dans les eaux de l'estuaire ont été mises au point progressivement (Castel & Courties, 1977) car les méthodes classiques en Océanographie n'étaient pas utilisables sans y apporter quelques modifications liées à l'extrême densité des débris organiques et des particules minérales dans les eaux de l'estuaire.

Estimation de la mortalité du zooplancton (Eurytemora affinis) : à bord, une partie aliquote d'un prélèvement de fond ou de surface, en alternance, est transvasée dans un pot en verre rempli avec de l'eau de la station étudiée. L'influence de la densité des individus sur la mortalité en milieu confiné (Castel, Courties & Poli, 1979) recommande de ne pas dépasser une certaine concentration d'individus dans le pot. Cela permet d'éviter une mortalité due à un appauvrissement en oxygène de l'eau ou à une surconcentration en produits excrétés par les Copépodes. Pour calculer le taux de mortalité, les organismes vivants sont colorés au rouge neutre (1 ml de rouge neutre pour une concentration finale de 1/100.000e environ). Le pot est placé dans un incubateur immergé pour maintenir la température de l'eau pendant une heure et demi d'imprégnation.

Le surplus de colorant est éliminé par un second tamisage (maille 200 µm). Le contenu du second tamisage est transféré dans le pot en verre ayant servi à l'incubation et fixé (1 ml de formol à 30 %). L'échantillon est ensuite placé au froid dans un réfrigérateur jusqu'à l'analyse au laboratoire, de manière à conserver la coloration des zooplanctons pendant plus d'une semaine.

La coloration au rouge neutre disparaît rapidement (quelques jours) et d'autant plus vite que la température de conservation est élevée. C'est pourquoi les échantillons sont maintenus en permanence à 4 °C et sont analysés dès le retour au laboratoire après un délai minimum de 72 heures.

Les individus colorés sont tamisés (maille 200 µm) puis rincés à l'eau douce. Au moins 100 individus sont placés dans une cuvette de Dolffus ; la cuvette est placée sous la binoculaire, 8-10 gouttes d'acide acétique sont ajoutées (ou quelques goutte d'une solution à 1N en volumes égaux d'acide acétique et d'acétate de sodium). L'acidification est nécessaire pour maintenir la coloration rouge caractéristique des individus vivants. Cette méthode de coloration vitale est décrite en détail par Dressel *et al.* (1972). Les individus non colorés sont comptés comme morts. Le contenu de la cuvette est ensuite transvasé dans le pot de prélèvement correspondant.

Pré-traitement des échantillons : les prélèvements contiennent très souvent une grande proportion de particules non vivantes : organiques (débris de lignine), ou inorganiques (mica, sable) qui gênent le comptage du zooplancton.

La séparation entre zooplancton et tripton s'effectue par élimination des particules les plus fines (lavage) et les plus lourdes (élutriation). Avant comptage, chaque échantillon, est lavé sur un tamis de 200 µm d'ouverture de maille. Cette manipulation a pour but d'éliminer les particules les plus fines (vase en particulier) adhérant toujours plus ou moins aux autres particules. Enfin, les plus grosses particules, qu'elles soient vivantes (macrofaune vagile : Décapodes, larves de Poissons) ou non vivantes (feuilles, algues, morceaux de bois) sont enlevées à la main.

En définitive dans cette étude, on considère la partie du plancton correspondant au mesoplancton (organismes dont la taille est supérieure à 200 µm et inférieure à 2000 µm) et au macroplancton (organismes dont la taille est comprise entre 20 et 1000 mm), les Mysidacés.

Comptage des organismes : l'échantillon éventuellement fractionné à la boîte de Motoda, et coloré avec une solution diluée de rose bengale²³, est ramené à un volume de 500 ml, pour pouvoir quantifier les organismes par unité de volume. Un ou plusieurs sous-échantillons d'un volume de 5 ml (ou 10 ml depuis 1992) sont prélevés avec une pipette dont l'embout fait 4 mm de diamètre. En opérant toujours de la même façon, cette méthode ne laisse qu'un faible pourcentage d'erreur (Edmonson 1971). Le sous-échantillon est ensuite placé dans une cuvette de Dolfuss pour examen à la loupe binoculaire (Grossissement 5 x 45). Pour chaque échantillon, 1 à 4 sous-échantillons sont comptés en totalité.

Le dénombrement s'arrête lorsqu'une classe de tri (*Eurytemora* : mâle, femelle, femelle ovigère, copépodites²⁴, *Acartia*, ...) atteint un minimum de 100 individus. D'après Frontier (1972) l'erreur relative sur l'estimation du nombre total d'individus est comprise entre -26 et +31%. Le comptage des espèces du genre *Acartia* s'effectue après identification de 20 individus sous microscope. Le nombre d'individus comptés est ensuite ramené au volume total de l'échantillon.

Traitement statistiques des données : Le traitement des données repose en grande partie sur la comparaison de moyennes entre stations ou entre mois. Les tests statistiques paramétriques exigent que les données soient distribuées selon la loi normale et que les variances soient homogènes. Un test d'homogénéité de la variance (Fmax) précède donc la comparaison des moyennes de densités à l'aide du test t de Student ou du test U de Mann-Whitney si les moyennes ne sont pas normalement distribuées.

1.4.6.5. Domaine zoobenthique

Les *stations subtidales*²⁵ sont situées à des profondeurs de 7 à 9 m à marée basse. En chaque station, les 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 m² de surface par

²³ rose bengale : sel de potassium dérivé de la fluoresceine. Surcolorer dans une solution aqueuse à 1 pour 100 et régresser, d'abord par l'eau, puis par l'alcool à 70° pour obtenir un rose très léger.

²⁴ juvéniles de copépodes

²⁵ situées sur les fonds constamment immergés, hors chenal de navigation.

station). Le tamisage du sédiment, la fixation et la bocalisation des refus de tamis sont effectués sur le pont du bateau.

Les *stations intertidales*²⁶ sont échantillonnées à pied lors de la marée basse, au niveau de mi-marée. Les prélèvements sont réalisés au moyen d'un carottier en PVC de 66 cm² de section (10 répliqués par station), enfoncé dans le sédiment jusqu'à 10-15 cm de profondeur. Tamisage et fixation des prélèvements sont réalisés de retour au laboratoire. Outre les 8 dates mensuelles d'échantillonnage fixées contractuellement d'avril à novembre, un échantillonnage supplémentaire a été pratiqué en hiver sur ces trois stations intertidales.

Le tamisage du sédiment est effectué sur maille carrée de 0,5 mm, au moyen d'un jet d'eau en pluie. Les refus de tamis sont fixés au formol neutre à 4% et colorés au Rose Bengale pendant au moins 24 heures. Après tri à la loupe binoculaire, les organismes sont identifiés, si possible jusqu'au niveau spécifique, et dénombrés par taxon ou espèce, avant d'être conservés dans de l'éthanol à 70%. Cette méthodologie d'échantillonnage et de traitement des échantillons est conforme à la norme internationale ISO 16665 (ISO, 2005).

La macrofaune benthique a été échantillonnée :

- au moyen d'une benne Van Veen, à raison de 5 répliqués de 0,1 m² par station et par date, aux stations subtidales ;
- au moyen d'un carottier manuel, à raison de 10 répliqués de 0,0066 m² sur une profondeur de 15 cm par station et par date, aux stations intertidales.

Dans les deux cas (sub- et intertidal), la macrofaune a été extraite vivante du sédiment par tamisage de celui-ci sur maille carrée de 0,5 mm.

Pour chaque couple station/date, 2 carottes de sédiment superficiel (25 mm de diamètre x 3 cm de profondeur) ont été prélevées, soit à l'intérieur des bennes (stations subtidales), soit à basse mer (stations intertidales), 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 ont été 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

²⁶ situées dans la zone d'oscillation de la marée.

2. Conditions climatiques et hydrologiques

2.1. Caractères climatologiques dominants pour l'année 2014

Les informations climatologiques se rapportent à la station de Bordeaux-Mérignac qui est prise comme référence. Ce que l'on appelle « la normale » est une moyenne sur trente ans se décalant tous les dix ans. Actuellement, la normale est la période comprise entre 1981 et 2010. La **Figure 2-1** représente l'évolution des températures moyennes de l'air au cours de l'année. Les températures mensuelles moyennes de l'air depuis 1976 sont indiquées dans le **Tableau 2-1**

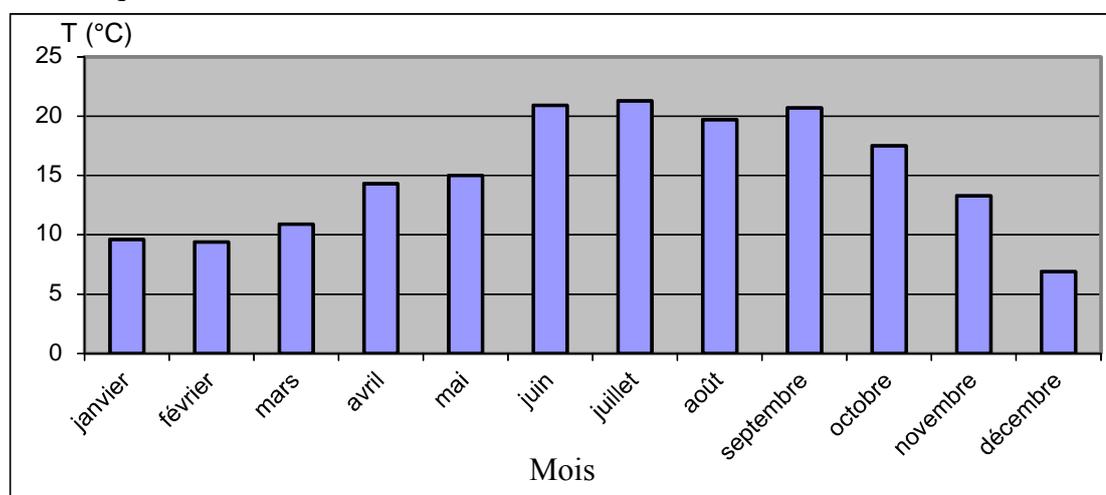


Figure 2-1 : Températures moyennes mensuelles de l'air (Station de Bordeaux - Mérignac)

Janvier

T° moyenne de l'air : +9,6 °C mini : +6,6 °C maxi : +12,7 °C

Mois très doux, gris et pluvieux. Le cumul des précipitations est deux fois plus important que la valeur normale. L'insolation est déficitaire de 30 % et la température moyenne du mois est 3°C au dessus de la normale. Le vent était souvent faible, à l'exception de quelques journées avec des rafales supérieures à 60 km/h.

Février

T° moyenne de l'air : +9,4 °C mini : +5,7°C maxi : +13,1 °C

Les températures sont relativement douces, surtout la nuit (2,4°C au dessus de la norme). De nombreuses perturbations affectent la Gironde ce mois-ci, les vents ont soufflé fort avec des rafales jusqu'à 102,6 km/h d'Ouest (le 28). Les précipitations (cumul mensuel de 130 mm) représentent 1,8 fois la normale. L'insolation est déficitaire de 20 %.

Mars

T° moyenne de l'air : +10,9 °C mini : +5,8 °C maxi : +16,1 °C

C'est un mois plutôt humide (cumuls de précipitations 34% au-dessus de la normale), doux (+0,7°C pour la température moyenne), et plutôt bien ensoleillé (presque 12 heures de plus qu'en moyenne). A noter une rose des vents avec un secteur est-sud-est bien représenté, et une journée (le 29) où le vent a soufflé assez fort de cette direction

Avril

T° moyenne de l'air : +14,3 °C mini : +9,2 °C maxi : +19,4 °C

Le mois est globalement plus ensoleillé que la normale (25h de plus), et plus chaud de deux degrés. La fin du mois est bien pluvieuse et il manque très peu d'eau pour atteindre la normale. La journée du 24, ont été relevés 30mm, dont 18,8 mm en 1h.

Mai

T° moyenne de l'air : +15,0 °C mini : +10,3°C maxi : +19,7 °C

Ce mois de mai est en dessous des normales sur la plupart des paramètres. Les précipitations atteignent 89% des normales, il a fait plus frais d'environ 1°C, sachant que ce sont les maximales surtout qui sont restées relativement basses. La température a dépassé 25°C 3 jours seulement au lieu des 7 à 8 jours en moyenne.

Juin

T° moyenne de l'air : +20,9 °C mini : +15,4°C Maxi : +26,3°C

Beaucoup de soleil ce mois-ci. Avec 295h06, il manque seulement 68 min pour atteindre le précédent record de 2004 (record depuis 1991). La pluie s'est manifestée essentiellement sous forme d'averses, d'orages, comme souvent en juin. La nuit du 22 a été particulièrement arrosée avec 32,4 mm en quelques heures et une activité électrique importante. Plus chaud que la normale en moyenne, 19 jours à plus de 25°C dont 5 jours à plus de 30°C, les maximales sont 1,8°C au dessus de la normale. Les minimales ont été très douces : et juin 2014 au 4ème rang des plus doux depuis 1920

Juillet

T° moyenne de l'air : +21,3 °C mini : +16,6 °C maxi : +26,1 °C

L'ensoleillement est déficitaire, surtout en début de mois. En moyenne, les températures sont conformes à la normale grâce à la douceur des températures nocturnes qui compense la fraîcheur des après-midi. Le mois de juillet a été arrosé régulièrement 11 journées pluvieuses soit 4 jours de plus que la normale mais le cumul du mois de 50,8 mm est normal pour un mois de juillet.

Août

T° moyenne de l'air : +19,7 °C mini : +14,8 °C maxi : +24,7 °C

Très en dessous des normales, les températures ont été très basses pour un mois d'août. Les maximales affichent un déficit de 2,4°C, tandis que les minimales ont été 0,9°C en dessous. Le manque de soleil (33h de moins que la normale), les précipitations fréquentes et abondantes, le vent trop souvent du nord-ouest, sont bien les signes d'un mois d'août peu conforme à l'habitude.

Septembre

T° moyenne de l'air : +20,7 °C mini : +14,7 °C maxi : +26,8 °C

C'est un mois de septembre estival dont on a bénéficié, avec une moyenne des températures maximale de 2,8 °C au dessus des normales. Exceptées quelques journées, les températures de l'après midi ont très souvent dépassé les 25 °C et le soleil a brillé 60 h de plus que la normale mensuelle. Le mois a été sec avec seulement 2 jours de pluie et un cumul de 22 mm soit 26 % de la normale mensuelle.

Octobre

T° moyenne de l'air : +17,5 °C mini : +12,2 °C maxi : +22,7 °C

Le mois est chaud, sec et très ensoleillé (192h, record depuis 1991). Les températures normales sont largement dépassées : +3 °C pour les températures maximales, et +2°C pour les valeurs minimales. Seulement 8 jours de pluie ce mois-ci et le cumul mensuel de 41,4 mm est déficitaire de plus de 50 %.

Novembre

T° moyenne de l'air : +13,3 °C mini : +10,0 °C maxi : +16,6 °C

C'est le mois de novembre le plus chaud depuis 60 ans, les températures sont supérieures aux valeurs normales de 4 °C pour les minimales et de 3 °C pour les maximales. Aucune gelée n'a été observée dans le mois alors qu'un mois normal, compte 3 jours de gel. Les journées pluvieuses ont été nombreuses et le cumul mensuel de 130 mm est excédentaire de 18%. L'ensoleillement (85 h) est déficitaire ce mois-ci.

Décembre

T° moyenne de l'air : +6,9 °C mini : +3,8 °C maxi : +10,5°C

La moyenne mensuelle des températures est conforme à la norme. Les températures ont été relativement douces durant la deuxième décennie du mois, mais l'air s'est nettement refroidi à partir du 27. Le ciel est resté un peu plus gris qu'à l'accoutumé (-8 h de soleil pour le mois). Le cumul mensuel des précipitations (54,3 mm) est déficitaire de 49%.

Tableau 2-1 : températures moyennes mensuelles, annuelles et pluriannuelle de l'air (°C) à la station de Bordeaux - Mérignac.

ANNEE	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	MOY.
1946-1975	5,6	6,5	9,0	11,6	14,7	17,6	19,7	19,6	17,6	13,5	8,9	6,1	12,5
1976	5,5	8,0	8,7	11,2	15,1	21,5	21,5	20,9	16,6	13,5	8,1	6,0	13,1
1977	5,9	9,7	10,9	10,8	13,5	16,6	18,9	18,4	17,2	14,9	8,7	7,6	12,8
1978	5,7	8,2	9,4	9,8	14,1	16,9	18,8	19,3	17,8	13,7	8,4	8,4	12,5
1979	5,0	7,2	9,0	10,3	13,8	17,7	20,4	18,7	17,8	15,0	8,3	7,9	12,6
1980	5,1	9,1	8,2	10,8	13,7	16,2	17,8	20,5	18,0	13,1	8,0	5,3	12,2
1981	6,6	5,1	12,0	12,2	14,3	18,0	19,3	21,3	18,6	14,3	9,3	7,8	13,2
1982	12,4	8,0	8,7	11,9	15,2	19,2	21,7	19,0	19,1	13,4	10,6	7,3	13,9
1983	7,0	5,3	9,4	11,3	13,6	19,2	23,6	20,8	18,6	14,1	11,3	6,7	13,4
1984	7,1	5,6	7,4	13,0	12,1	18,0	20,8	20,0	16,2	13,7	11,2	6,5	12,6
1985	0,7	8,3	7,4	12,3	13,8	17,7	21,2	18,6	19,6	14,8	6,2	6,1	12,2
1986	6,9	3,4	8,6	8,1	15,5	18,3	20,7	19,3	17,9	15,4	9,2	7,4	12,6
1987	0,7	6,6	8,6	13,7	13,9	17,2	20,5	20,9	20,7	14,8	9,1	7,9	12,9
1988	9,5	7,8	8,7	13,2	16,0	18,4	19,6	20,5	18,1	15,4	9,1	6,9	13,6
1989	5,3	7,9	11,7	10,5	18,8	19,7	22,6	21,5	18,4	15,6	11,1	10,1	14,4
1990	7,3	12,3	11,0	11,4	18,3	18,5	22,0	23,0	19,3	15,7	10,2	4,7	14,5
1991	6,3	5,8	11,8	11,1	14,8	17,2	21,3	23,3	20,7	12,8	9,3	5,6	13,3
1992	3,5	6,9	9,9	11,7	17,8	17,7	21,4	21,8	17,3	12,1	12,6	7,8	13,4
1993	8,1	6,5	10,0	12,0	16,1	19,5	19,6	21,1	16,7	12,9	7,8	9,4	13,3
1994	7,8	8,6	12,1	11,1	16,2	19,2	22,8	22,7	17,1	15,2	12,5	9,2	14,5
1995	7,2	9,9	9,5	12,5	16,3	19,0	23,3	22,7	16,5	17,8	10,1	8,2	14,4
1996	9,7	6,1	9,7	12,8	15,4	20,6	21,2	20,0	16,6	14,3	9,7	7,0	13,6
1997	6,0	10,4	12,2	13,6	15,3	18,5	20,9	23,8	20,0	16,0	11,4	8,3	14,7
1998	8,4	8,7	11,5	11,6	17,4	19,0	20,3	22,4	18,9	14,1	8,1	6,9	13,9
1999	7,9	7,1	11,0	12,9	18,3	18,8	22,3	21,9	20,1	15,1	8,1	8,0	14,3
2000	5,6	9,5	10,0	12,6	17,6	20,0	20,2	22,4	19,5	14,6	10,5	10,2	14,8
2001	8,4	7,9	12,4	11,4	16,7	19,6	20,8	22,6	16,7	17,6	7,9	4,4	13,9
2002	8,4	9,7	11,6	12,8	15,3	19,7	20,0	19,9	18,1	15,6	11,6	10,2	14,4
2003	5,4	6,1	12,7	14,4	16,3	23,1	22,2	25,8	19,3	13,3	11,4	8,1	14,8
2004	7,6	7,4	8,8	11,8	16,0	20,9	20,7	21,6	19,3	16,2	8,8	6,3	13,8
2005	6,9	4,8	9,8	13,1	17,1	22,0	22,3	21,2	18,6	17,1	8,6	4,2	13,8
2006	5,7	5,3	10,8	12,7	16,7	21,4	25,2	19,8	21,1	17,9	12,4	5,6	14,6
2007	8,3	10,2	10,0	16,0	16,6	19,4	19,7	20,2	17,3	14,1	8,0	6,3	13,8
2008	8,3	10,4	9,8	12,2	17,1	19,0	20,6	20,5	16,9	13,7	9,5	5,8	13,7
2009	5,2	7,0	10,1	12,4	17,3	20,3	21,5	22,3	19,2	15,8	12,1	7,4	14,2
2010	3,8	6,2	9,4	14,0	15,1	19,4	22,4	20,8	18,3	13,9	9,7	4,8	13,2
2011	5,9	8,6	11,0	16,4	18,7	19,2	19,8	21,3	20,2	15,5	13,0	9,6	14,9
2012	7,2	2,9	11,5	11	17,3	19,8	20	22,8	19,3	15	10,6	8,8	13,9
2013	6,7	6,1	9,8	12,4	13,2	17,5	24,3	21,3	19,1	16,6	9,5	7,1	13,6
2014	9,6	9,4	10,9	14,3	15,0	20,9	21,3	19,7	20,7	17,5	13,3	6,9	15,0

Synthèse 2014 :

L'année 2014 est exceptionnellement chaude, avec une pluviométrie supérieure à la normale. La température moyenne annuelle en 2014 sur la France a dépassé de 1,2 °C la normale, positionnant l'année au premier rang des années les plus chaudes depuis 1900, devant 2011 (+ 1,1 °C) et 2003 (+ 1,0 °C). Les conditions météorologiques se sont répercutées sur les débits fluviaux.

2.2. Débits fluviaux

Les caractéristiques des débits fluviaux pour l'année sont données pour l'estuaire de la Gironde (débits cumulés de la Garonne et de la Dordogne) de janvier à décembre.

Les débits moyens (établis par périodes de 10 jours) évoluent entre :
 $270 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ du 1er au 10/10/2014 et $3208 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ du 20 au 31/01/2014.

Le débit instantané maximum est de $5244 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, relevé le 27/11/2014.

Le débit instantané minimum est de $211 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, relevé les 21/07/2014.

La moyenne annuelle pour l'année 2014²⁷ est de $880 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, soit un léger excès de $60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ par rapport à la moyenne annuelle pour la période 1982-2013 qui s'établit à $828 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. L'année 2014 est, derrière l'année 2013, la deuxième année la plus humide depuis 2004. Les débits ont été soutenus entre janvier et mars, avec des pics de crue en janvier et mars, ainsi que fin novembre.

Par rapport à la moyenne 1982-2013, les débits 2014 sont :

- très excédentaires entre la troisième décennie de janvier et la deuxième décennie de mars
- légèrement excédentaires en troisième décennie de mars
- légèrement déficitaires entre avril et juin
- légèrement excédentaires en août
- légèrement déficitaires en octobre et en novembre
- proches de la moyenne en dernière décennie de novembre et première décennie de décembre
- déficitaires les deux dernières décennies de décembre (**Figures 2-1 et 2-2**).

Synthèse 2014 :

L'année 2014, avec ses débits légèrement excédentaires par rapport à la moyenne 1982-2013, est la deuxième année la plus humide depuis 2004, et la 8ème année la plus humide depuis 1994. Les débits sont soutenus de janvier à mars, avec de fortes crues, favorables à l'éjection du bouchon vaseux vers l'aval de l'estuaire. La période d'étiage est bien marquée de juillet à novembre.

²⁷ valeur actualisée au 15 janvier 2015

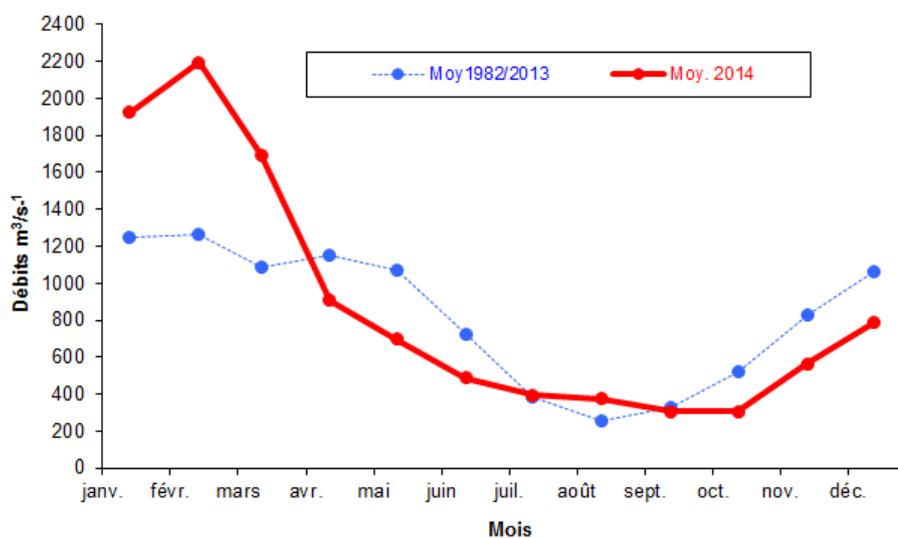


Figure 2-2 : Débits mensuels moyens de la Gironde en 2014

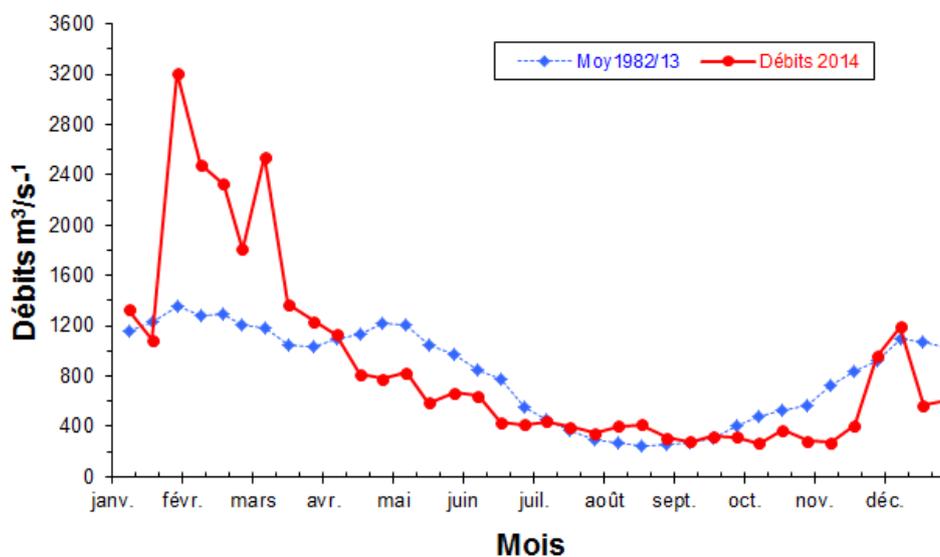


Figure 2-3: Débits moyens de la Gironde par périodes de 10 jours en 2014

3. Résultats des mesures in situ

3.1. Température de l'eau

3.1.1. Variations au cours de la marée

Point F-PK 67 (Tableau 3-1, Figure 3-1, Figure 3-2).

Le point F est situé à proximité du chenal de navigation. Les mesures de température relevées aux heures de basse mer, mi-marée et de pleine mer, font apparaître des écarts de température compris entre (écarts entre mini et maxi absolus)

0,46 °C et 2,96 °C en surface

0,44 °C et 1,74 °C au fond.

L'écart maximum : 2,96 °C en surface le 18 juin, la température moyenne étant de 22,22 °C et le débit de 479 m³.s⁻¹.

1,74 °C au fond le 07 juillet, la température moyenne étant de 22,24 °C et le débit de 401 m³.s⁻¹.

L'écart minimum : 0,46 °C en surface le 26 novembre, la température moyenne étant de 13,66 °C et le débit de 637 m³.s⁻¹.

0,44 °C au fond le même jour.

En été, au moment de l'intrusion saline maximale (PM), le gradient de température est en général très marqué de la surface au fond ; et ceci, car les eaux marines sont plus fraîches que les eaux continentales (**Figures 3-1 et 3-2**).

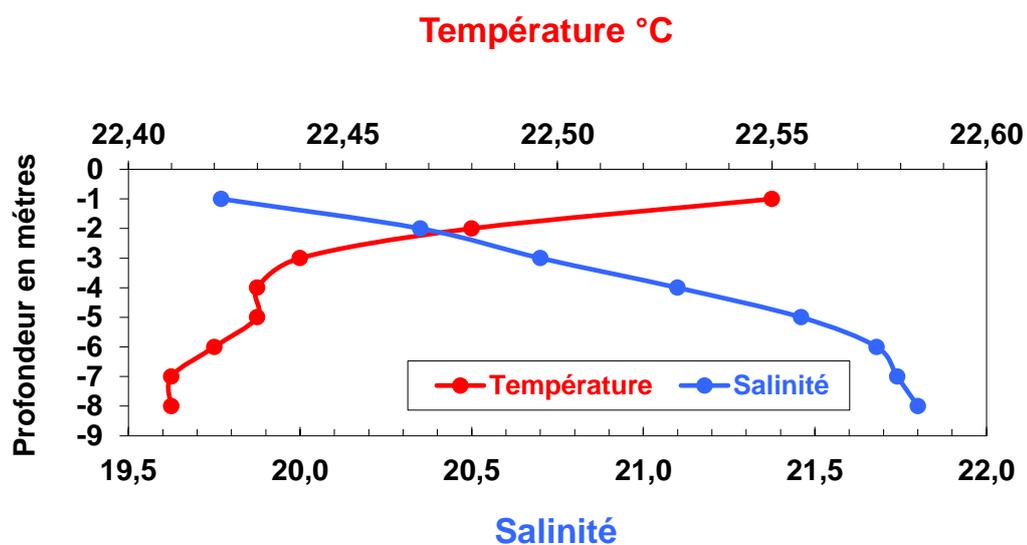


Figure 3-1 : Exemple d'évolution des gradients verticaux de température et de salinité au point F PK 67 (situation du 17 août 2011 à 9h15 à la PM).

Tableau 3-1 : Température de l'eau au point F (PK 67)

TEMPERATURES DE L'EAU EN SURFACE (S) ET AU FOND (F)								
POINT F PK 67								
ANNEE F2014								
DATES		Minimum absolu	Maximum absolu	Ecart	Moyenne de la marée	Ecart maxi sur tranche d'eau	Coefficient	Qfi m ³ /s-1 (moyenne des 10j.précédents)
26-avr	S	14,86	15,90	1,04	15,42	0,06	75-81	748
	F	14,80	15,95	1,15	15,41			
06-mai	S	15,18	16,31	1,13	15,66	0,65	42-41	877
	F	15,06	16,20	1,14	15,48			
18-juin	S	21,18	24,14	2,96	22,22	4,06	83-78	479
	F	20,08	21,77	1,69	21,04			
07-juil	S	22,27	23,32	1,05	22,73	0,82	45	401
	F	21,45	23,19	1,74	22,24			
27-août	S	20,80	22,18	1,38	21,49	0,16	78-80	321
	F	20,87	22,15	1,28	21,46			
23-sept	S	20,88	21,98	1,10	21,37	0,13	79-82	348
	F	20,88	21,85	0,97	21,35			
13-oct	S	18,37	19,90	1,53	19,03	0,63	75-67	276
	F	18,33	19,27	0,94	18,76			
26-nov	S	13,53	13,99	0,46	13,66	0,02	86-83	637
	F	13,53	13,97	0,44	13,66			
Mini S	S	13,53	13,99	0,46	13,66	0,02		
Mini F	F	13,53	13,97	0,44	13,66			
Maxi S	S	22,27	24,14	2,96	22,73	4,06		
Maxi F	F	21,45	23,19	1,74	22,24			

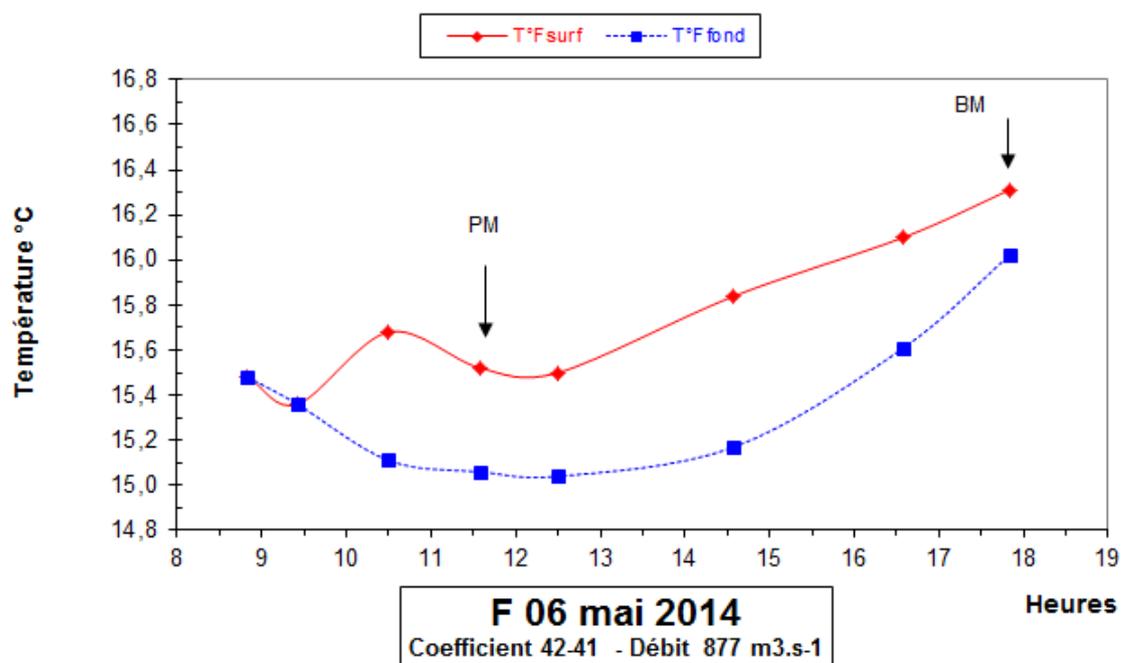
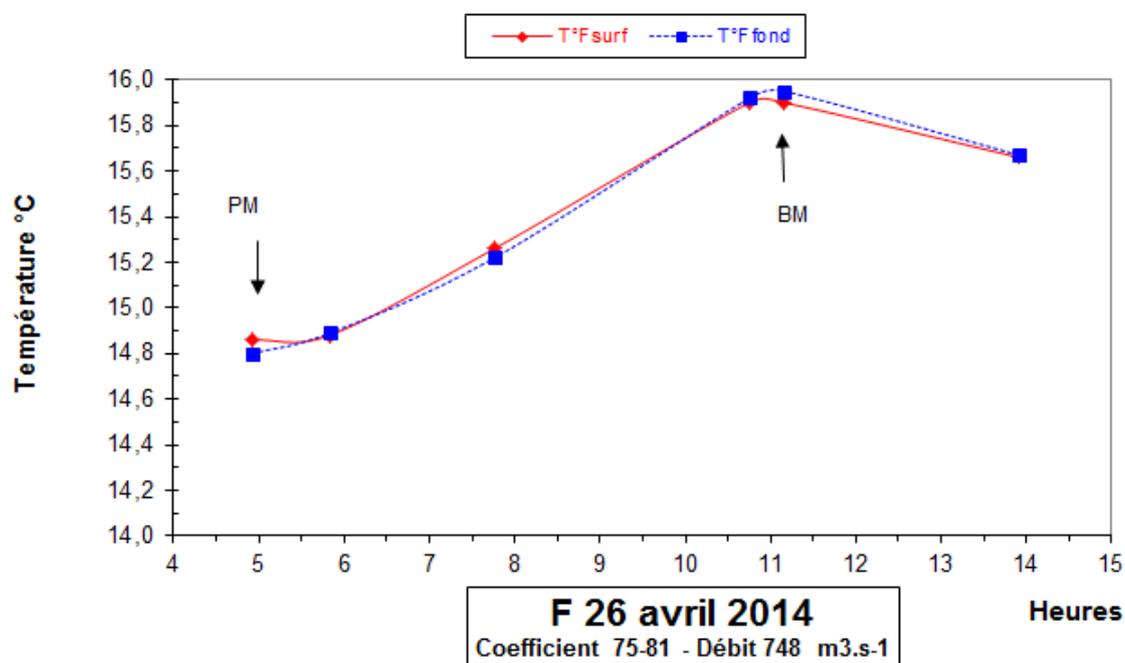


Figure 3-2 : Evolution des températures de l'eau au cours d'une marée au point F (PK 67) en 2014

Point E-PK 52 (Tableau 3-2, Figure 3-3)

Le point E est situé dans le chenal médian. Les mesures de température relevées aux heures de basse mer, mi-marée et de pleine mer, font apparaître des écarts de température compris entre (écarts entre mini et maxi absolus) :

0,64 °C et 1,51 °C en surface
0,25 °C et 1,15 °C au fond.

L'écart maximum : 1,51 °C en surface le 7 mai, la température moyenne étant de 16,20 °C et le débit de 874 m³.s⁻¹.
1,15 °C au fond le 8 juillet, la température moyenne étant 23,23 °C et le débit de 408 m³.s⁻¹.

L'écart minimum : 0,64 °C en surface le 19 juin, la température moyenne étant de 21,78 °C. et le débit de 457 m³.s⁻¹.
0,25 °C au fond le même jour.

La figure établie avec les mesures principales et les mesures intermédiaires effectuées pendant toute la marée (**Figure 3-3**) montre que les températures les plus élevées sont souvent observées en surface aux étales de pleine mer.

Tableau 3-2: Température de l'eau au point E (PK 52)

TEMPERATURES DE L'EAU EN SURFACE (S) ET AU FOND (F)								
POINT E PK 52								
ANNEE E2014								
DATES		Minimum absolu	Maximum absolu	Ecart	Moyenne de la marée	Ecart maxi sur tranche d'eau	Coefficient	Qfl m ³ /s-1 (moyenne des 10j.précédents)
	S							
	F							
07-mai	S	15,55	17,06	1,51	16,20	1,03	37-36	874
	F	15,64	16,03	0,39	15,85			
19-juin	S	21,53	22,17	0,64	21,78	0,22	73-68	457
	F	21,70	21,95	0,25	21,80			
08-juil	S	22,65	24,04	1,39	23,28	0,18	47-51	408
	F	22,71	23,86	1,15	23,23			
28-août	S	22,00	22,75	0,75	22,29	0,63	80-81	316
	F	21,97	22,84	0,87	22,28			
24-sept	S	21,56	22,35	0,79	21,81	0,39	84-86	352
	F	21,50	21,96	0,46	21,69			
14-oct	S	18,75	20,06	1,31	19,33	0,75	59-52	302
	F	18,93	19,74	0,81	19,28			
27-nov	S	13,08	13,85	0,77	13,61	0,19	78-74	659
	F	13,14	13,81	0,67	13,60			
Mini S	S	13,08	13,85	0,64	13,61	0,18		
Mini F	F	13,14	13,81	0,25	13,60			
Maxi S	S	22,65	24,04	1,51	23,28	1,03		
Maxi F	F	22,71	23,86	1,15	23,23			

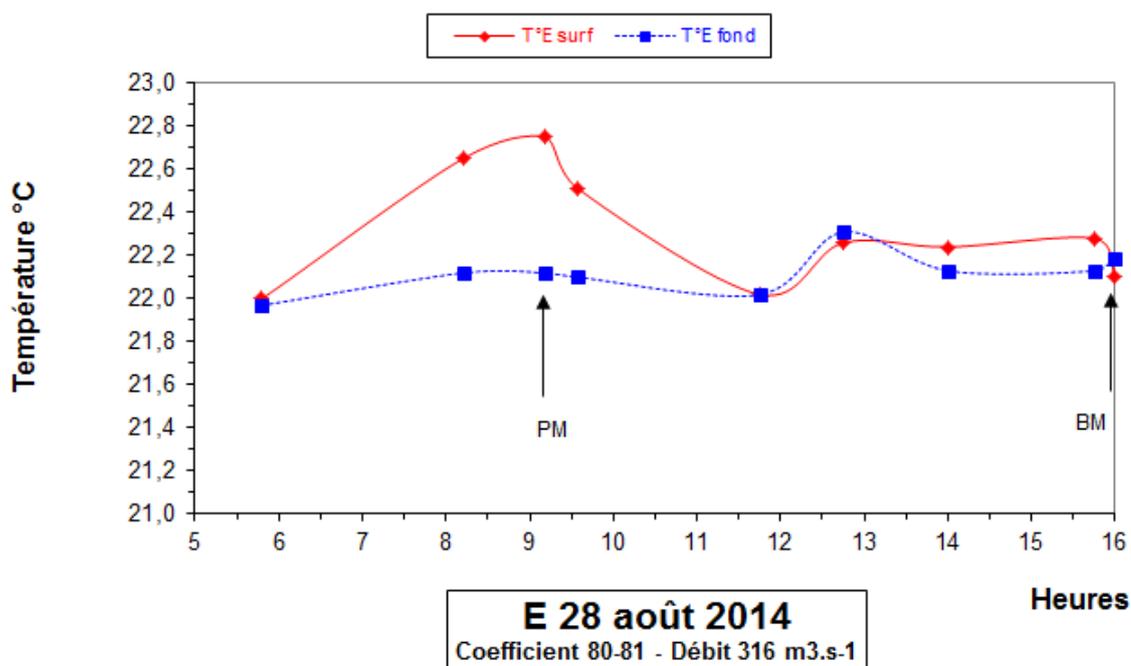
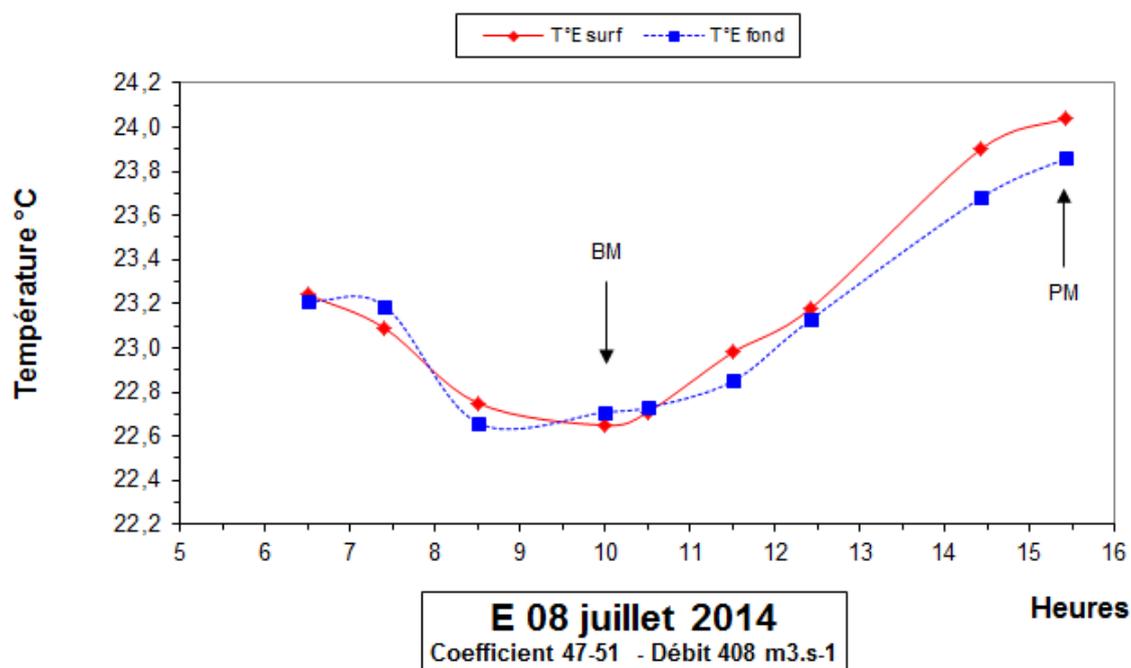


Figure 3-3 : Evolution des températures de l'eau au cours d'une marée au point E (PK 52) en 2014

Point K-PK 30 (Tableau 3-3 ; Figure 3-4)

Le point K est situé dans le chenal d'accès au Port de Blaye.

Les mesures de température relevées aux heures de basse mer, mi-marée et de pleine mer, font apparaître des écarts de température compris entre (écarts entre mini et maxi absolus) :

0,21 °C et 1,43 °C en surface
0,24 °C et 1,34 °C au fond.

L'écart maximum : 1,43 °C en surface le 13 juillet, la température moyenne étant de 24,74 °C et le débit de 269 m³.s⁻¹.
1,34 °C au fond le même jour.

L'écart minimum : 0,21 °C en surface le 23 août, la température moyenne étant de 24,14 °C, et les débits de 211 m³.s⁻¹.
0,24 °C au fond le même jour (température moyenne de 24,16 °C).

Les températures de l'eau, en surface et au fond, évoluent de façon presque similaire et les plus élevées sont relevées à BM en été et à PM en hiver. On observe parfois, suivant les moments, une inversion des températures, celles du fond devenant légèrement plus élevées que celles de la surface (quelques dixièmes de degré seulement) (**Figure 3-4**).

Tableau 3-3 : Température de l'eau au point K (PK 30)

TEMPERATURES DE L'EAU EN SURFACE (S) ET AU FOND (F)								
POINT K PK 30								
ANNEE K2013								
DATES		Minimum absolu	Maximum absolu	Ecart	Moyenne de la marée	Ecart maxi sur tranche d'eau	Coefficient	Qfi m3/s-1 (moyenne des 10j.précédents)
15-avr	S	12,42	13,02	0,60	12,63	0,08	68-62	1757
	F	12,42	13,02	0,60	12,60			
12-mai	S	15,73	16,40	0,67	16,10	0,04	80-78	1144
	F	15,74	16,39	0,65	16,09			
10-juin	S	17,34	17,80	0,46	17,56	0,38	77-76	2567
	F	17,30	17,81	0,51	17,47			
13-juil	S	24,20	25,63	1,43	24,74	0,05	73-70	625
	F	24,24	25,58	1,34	24,74			
23-août	S	24,04	24,25	0,21	24,14	0,05	108-105	299
	F	24,06	24,30	0,24	24,16			
27-sept	S	20,40	20,98	0,58	20,70	0,18	35-31	315
	F	20,46	20,86	0,40	20,67			
15-oct	S	16,83	17,63	0,80	17,31	0,04	63-69	400
	F	16,84	17,64	0,80	17,31			
13-nov	S	12,69	13,31	0,62	13,05	0,03	60-64	1330
	F	12,69	13,32	0,63	13,04			
Mini S	S	12,42	13,02	0,21	12,63	0,03		
Mini F	F	12,42	13,02	0,24	12,60			
Maxi S	S	24,20	25,63	1,43	24,74	0,38		
Maxi F	F	24,24	25,58	1,34	24,74			

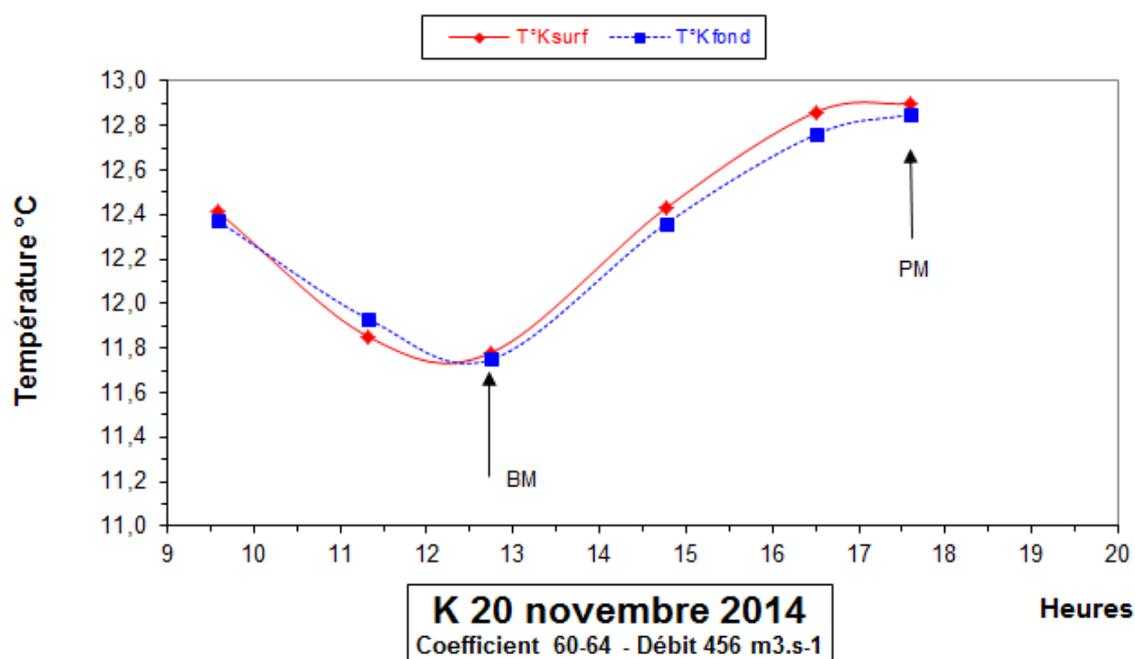
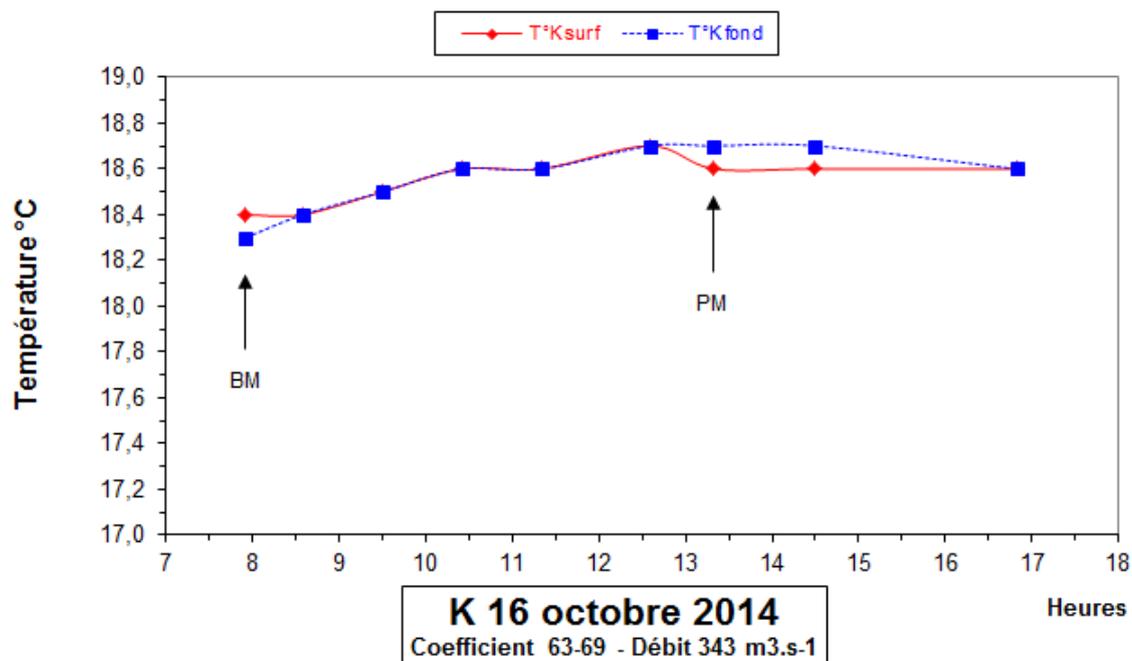


Figure 3-4 : Evolution des températures de l'eau au cours d'une marée au Point K (PK 30) en 2014

3.1.2. Variations spatio-temporelles

Point F - PK 67 (Figure 3-5)

Les températures moyennes, entre avril et novembre 2014 ont évolué :

de 13,66 °C le 26 novembre
à 22,73 °C le 7 juillet en surface
et de 13,66 °C le 26 novembre
à 22,24 °C le 07 juillet au fond

Les températures maximales relevées sont :

24,14 °C le 18 juin en surface
23,19 °C le 07 juillet au fond

Les températures minimales relevées sont

13,53 °C le 26 novembre en surface
13,53 °C le 26 novembre au fond

Point E-PK 52 (Figure 3-5)

Les températures moyennes, entre avril et novembre 2014 ont évolué :

de 13,61 °C le 27 novembre
à 23,28 °C le 8 juillet en surface
et de 13,60 °C le 27 novembre
à 23,23 °C le 8 juillet au fond

Les températures maximales relevées sont :

24,04 °C le 8 juillet en surface
23,86 °C le 8 juillet au fond

Les températures minimales relevées sont :

13,08 °C le 27 novembre en surface
13,14 °C le 27 novembre au fond

Point K-PK 30 (Figure 3-5)

Les températures moyennes, entre avril et novembre 2014 ont évolué :

de 12,38 °C le 20 novembre
à 23,25 °C le 24 juin en surface
et de 12,35 °C le 20 novembre
à 23,23 °C le 24 juin au fond

Les températures maximales relevées sont :

23,52 °C le 24 juin en surface
23,50 °C le 24 juin au fond

Les températures minimales relevées sont :

11,78 °C le 20 novembre en surface
11,75 °C le 20 novembre au fond

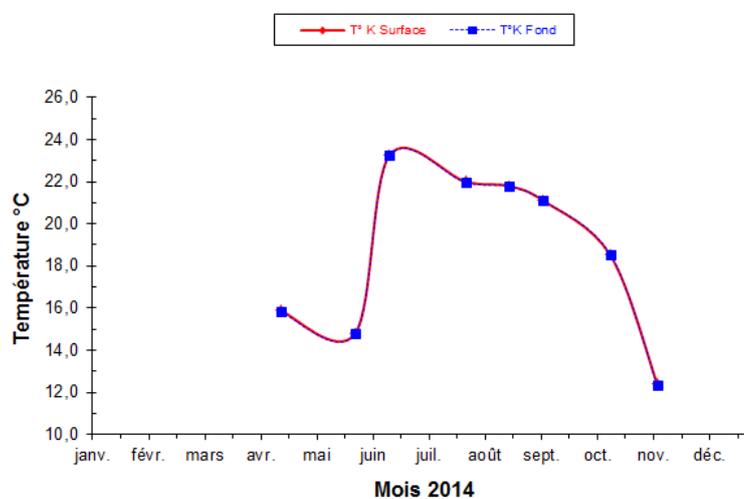
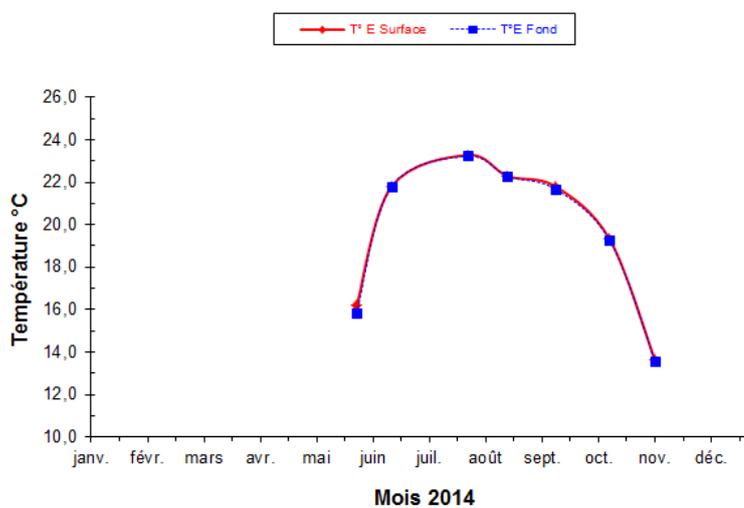
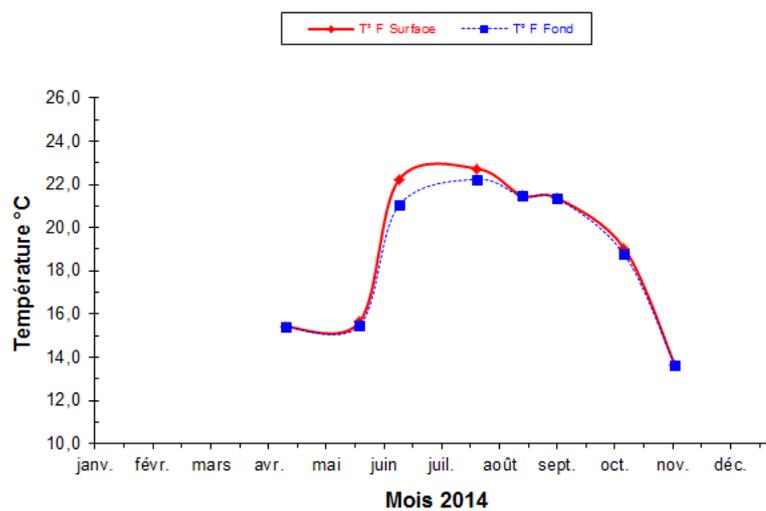


Figure 3-5 : Variations des températures moyennes de l'eau aux Points F, E, K en 2014

Par rapport à la moyenne 1976-2012 (**Figure 3-5**) la température moyenne en 2014 est inférieure en mai, supérieure en juin et juillet, inférieure en août, supérieure en septembre, et dans la moyenne en fin d'année. La comparaison des cinq dernières années (**Figure 3-7**), montre que les températures de 2014 sont dans la moyenne de cette période, sauf en août où elles sont nettement en dessous. Lors de la période sensible, l'année est dans la moyenne des 5 dernières années. Les caractères dominants sont tirés du tableau climatologique mensuel de la station Météo France à Mérignac.

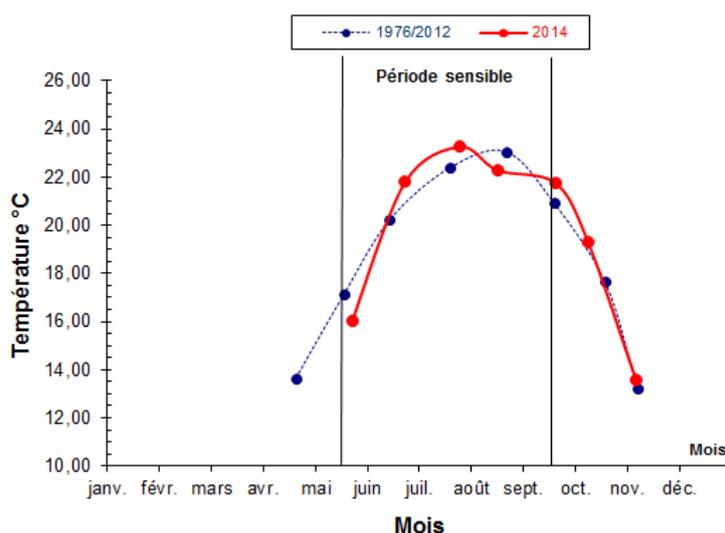


Figure 3-6 : Variations des températures mensuelles moyennes de l'eau au Point E (PK52) de 1976 à 2012 et en 2014

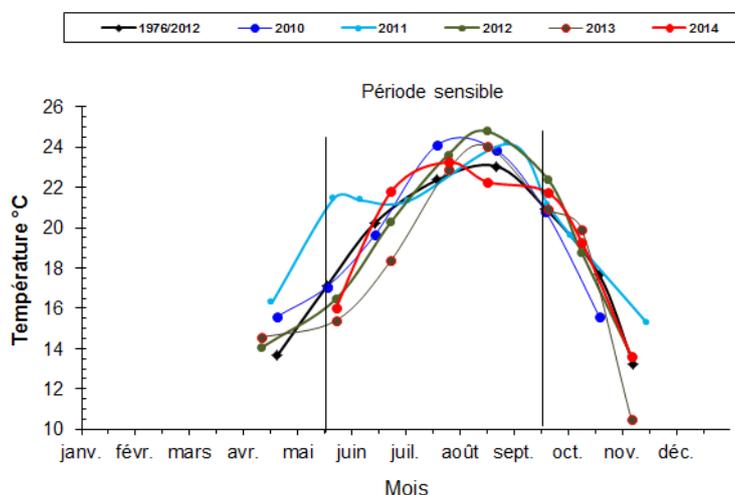


Figure 3-7 : Variations des températures mensuelles moyennes de l'eau au point E (PK 52) en 2010, 2011, 2012, 2013 et 2014

3.1.3. Synthèse des variations pluriannuelles des températures

Il est intéressant de suivre l'évolution à long terme de la température des eaux de l'estuaire. Ceci est possible, car nous disposons d'un suivi régulier aux points E et K depuis 1978. Ce suivi permet de déceler un éventuel échauffement des eaux à long terme par les rejets de la centrale ou toute autre cause d'origine naturelle ou anthropique.

Mode opératoire.

Une moyenne annuelle des températures des eaux de l'estuaire est comparée à une moyenne annuelle de la température de l'air mesurée à Bordeaux Mérignac par la météorologie nationale. Il ne s'agit pas d'une moyenne sur toute l'année, mais seulement pour les mois où des mesures sont effectuées dans l'estuaire : mai, juin, juillet, août, septembre, octobre, novembre. Il s'agit des mois les plus chauds et les données extraites de ces calculs ne sont donc pas représentatives des conditions de l'année entière. Cependant, par comparaison, elles ont une valeur relative quant aux fluctuations des températures moyennes pendant les mois les plus chauds depuis 1978.

Pour les températures de l'air on utilise la moyenne annuelle des $(T_n + T_x)/2$ pour la période mai-novembre.

T_n correspond à la moyenne des minima journaliers pendant un mois ; T_x à la moyenne des maxima journaliers pendant le même mois.

Pour les températures de l'eau, on essaie dans la mesure du possible de s'affranchir des effets du réchauffement diurne. Pour ce faire, on utilise uniquement les mesures de température effectuées à 1 m du fond. Chaque mois de la période considérée (mai-novembre), on relève la température minimale de l'eau près du fond le jour des mesures en Mortes Eaux. La valeur annuelle retenue est calculée en effectuant la moyenne de tous les minima mensuels.

Résultats.

On présente ci-après les résultats obtenus au point E au droit de la centrale du Blayais (**Figure 3-8**).

On note une tendance au réchauffement des eaux de l'estuaire près du fond depuis 1978, début des observations. Le réchauffement de l'eau est parallèle à l'élévation moyenne de la température de l'air à Mérignac. Jusqu'en 1990, réchauffements et refroidissements annuels sont bien corrélés entre l'air et l'eau. A partir de 1991, il semble y avoir une désynchronisation avec un retard au refroidissement de l'eau en 1991 que l'on n'observe qu'en 1992-1993. A partir de 1993 et jusqu'en 1997, on note une élévation continue de la température moyenne de l'eau alors que celle de l'air présente une diminution en 1996. En 1998 les températures de l'air et de l'eau diminuent. En 1999 la moyenne des températures de l'air réaugmente alors que celle de l'eau diminue encore (-0,2 °C) malgré un minimum absolu record de 24° C près du fond au 1^{er} septembre. En 2000, la température de l'air reste stable et la température de l'eau continue à diminuer.

En 2001 il y a divergence. La température moyenne de l'air a baissé de 0,4 °C, alors que la moyenne de l'eau près du fond a augmenté de 1 °C (**Figure 3-8**). Rappelons qu'en 2001 la température de l'eau a été élevée, surtout en été

En 2002, du fait que dans la période sensible l'insolation ait été déficitaire la température moyenne de l'air a baissé et, comme la température moyenne de l'eau dépend des conditions climatiques, elle a baissé aussi, du même ordre soit 0,3 °C.

Si on examine la courbe de température au point K (à 25 Km en amont), on décèle les mêmes tendances, ce qui prouve que l'influence de la centrale ne peut-être invoquée pour expliquer ce phénomène.

2003 est une année caniculaire. Les températures de l'eau, depuis le début de l'année jusqu'en septembre, sont élevées. En 2004 les températures moyennes sont excédentaires hors période sensible, alors que le mois de juillet est légèrement déficitaire par rapport à la moyenne 1976-2003 et que le mois d'août s'inscrit dans cette moyenne. C'est une année normale.

En 2005 et 2006 les températures moyennes sont excédentaires tout au long de l'année par rapport aux moyennes 1976-2004 et 1976-2005. Dans la période sensible les températures sont moins élevées qu'en 2003, sauf au mois de juin, mais 2005 et 2006 sont des années sèches. En 2007, on note une chute spectaculaire des températures moyennes de l'air et de l'eau, une stabilisation en 2008, puis une nouvelle augmentation en 2009. A noter qu'entre 2008 et jusqu'en 2014, les températures de l'air et de l'eau varient selon les mêmes tendances. Après une année plus fraîche (2013) l'année 2014 est caractérisée par une augmentation des températures relativement forte.

On peut constater sur l'ensemble du suivi 4 périodes chaudes (1981 à 1983, 1989 à 1991, 1996 à 1997, 2004 à 2007 et 2011 à 2012). La 4ème période semble arriver à sa fin en 2013, suivi par le début d'une nouvelle période en 2014.

2005 est le record avec 20,36 °C. L'année 2011 égale le record de 2005.

Notons aussi qu'il y a une pseudo-périodicité dans les variations des températures moyennes de l'eau, de l'ordre de 7 à 8 ans.

Sur la **Figure 3-9 (A)**, on a, pour le point E, établi des corrélations entre les températures moyennes de l'air et de l'eau de l'estuaire. Lorsqu'on examine la période 1978-2014, on note une assez bonne corrélation. On notera qu'en 2014, la température de l'air et de l'eau sont dans la moyenne de celles de la période étudiée.

N.B. : Cette corrélation est évidemment améliorée et devient meilleure, si on fait abstraction des 8 années qui s'écartent le plus de la droite de corrélation linéaire **Figure 3-9 (B)**. Remarquons que cette suppression n'a pas de justification scientifique et ne préjuge aucunement de la valeur des mesures. Pour 1978 et 1979, l'explication réside vraisemblablement dans l'absence de mesures de températures de l'eau au mois de septembre, ce qui abaisse la moyenne des températures. Pour les autres années, 1991, 1996, 2004 et 2005 l'explication doit être recherchée dans une cause naturelle, non encore mise en évidence, car l'échantillonnage est complet. Cette cause pourrait avoir une origine extra régionale. (Réchauffement climatique au niveau global) ou régionale (durée et intensité plus marquées des étiages en milieu fluvial Garonne-Dordogne).

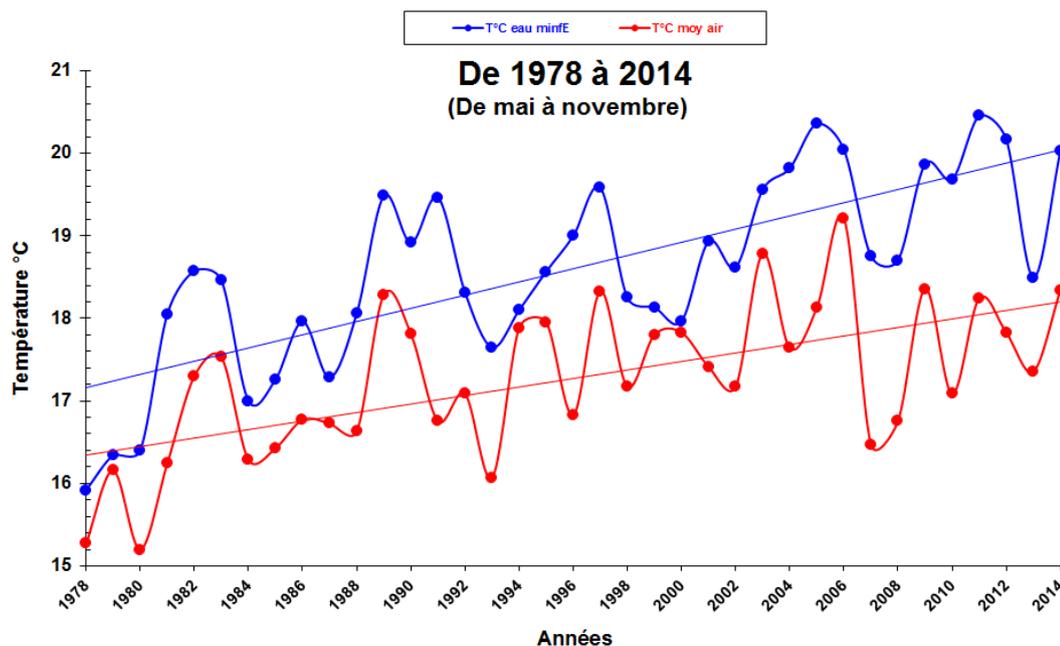


Figure 3-8 : Evolution relative des températures moyennes de l'air et de l'eau près du fond au point E (PK 52) au cours de la période 1978-2014 (de mai à novembre)

Synthèse 2014 :

En 2014, la température moyenne des eaux au point E est inférieure en mai et août par rapport à la moyenne 1976-2012 ; mais elle est supérieure en juin et juillet. Le mois de septembre est également supérieur à la moyenne, conséquence d'un mois globalement chaud dans toute la région. L'influence de la Centrale sur la température des eaux de l'estuaire se manifeste au point E, en surface ; au-delà de ce point et du panache de dilution, et plus en profondeur, il n'y a pas d'influence visible.

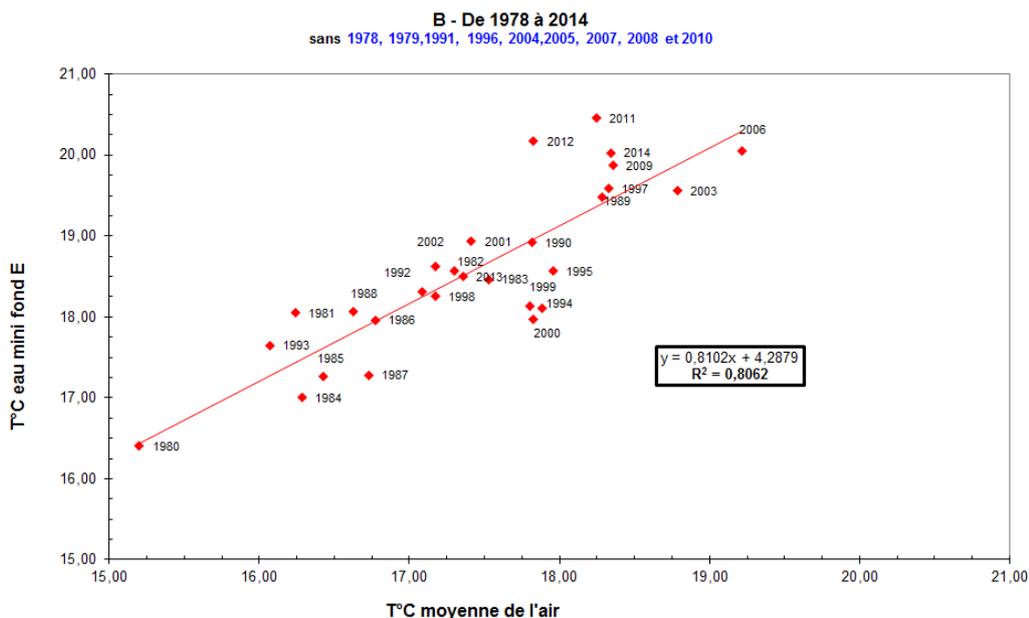
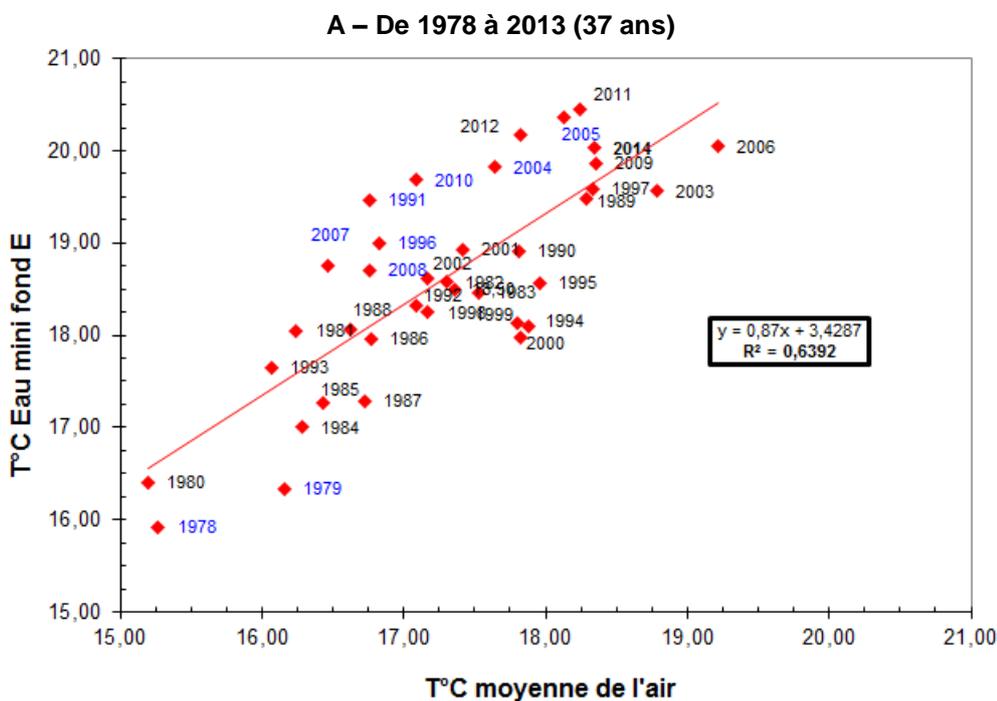


Figure 3- 9 : Corrélations entre les températures moyennes annuelles de l'air et les températures minimales moyennes annuelles de l'eau au point E (PK 52) (mai à novembre) -

A (de 1978 à 2014)

B (de 1980 à 2014 sans 1991, 1996, 2004, 2005, 2007, 2008 et 2010)

3.2. Salinité

3.2.1. Variation au cours de la marée

En 2014, les salinités relevées au cours d'une marée présentent des écarts minima et maxima qui sont compris :

Au Point F (Tableau 3 4, Figure 3 10)

en surface entre : 4,77 (06 mai, coef 42-41, débit de 877 m³.s⁻¹)
 et 11,11 (18 juin, coef. 83-78, débit de 479 m³.s⁻¹)
 au fond entre : 9,27 (23 septembre, coef. 79-82, débit 348 m³.s⁻¹)
 et 12,12 (26 avril, coef. 75-81, débit 748 m³.s⁻¹)

Au Point E (Tableau 3 5, Figure 3 12)

en surface entre : 1,54 (7 mai, coef 37-36, débit 874 m³.s⁻¹)
 et 5,08 (24 septembre, coef. 84-86, débit 352 m³.s⁻¹)
 au fond entre : 2,55 (27 novembre, coef 78-74, débit 659 m³.s⁻¹)
 et 5,74 (24 septembre, coef. 84-86, débit 352 m³.s⁻¹)

Au Point K (Tableau 3 6, Figure 3 14)

en surface entre : 0,51 (25 avril, coef. 68-62, débit 742 m³.s⁻¹)
 et 3,72 (20 novembre, coef. 60-64, débit 456 m³.s⁻¹)
 au fond entre : 0,42 (25 avril, , coef. 68-62, débit 742 m³.s⁻¹)
 et 3,43 (20 novembre, coef. 60-64, débit 456 m³.s⁻¹)

Naturellement, les salinités les plus fortes ont été relevées au voisinage de la pleine mer près du fond, et les salinités les plus faibles à l'étale de basse mer en surface.

L'année 2014 est une année globalement humide au premier trimestre. Cependant à partir d'avril, les débits sont au-dessous de l'année 2013 et de la moyenne 1982-2013, ce qui induit des salinités plus fortes. Au coeur de l'été (surtout août et septembre), l'étiage est en moyenne moins sévère que l'année précédente ; les salinités sont logiquement globalement plus faibles. Enfin, en novembre, les débits sont à nouveau en-dessous de la moyenne, avec des salinités plus élevées.

Tableau 3-4 : Salinités de l'eau au point F (PK 67)

<p style="text-align: center;">VI-T4 POINT F PK 67 SALINITES</p>								
<p>ANNEE F2014</p>								
DATES		Minimum absolu	Maximum absolu	Ecart	Moyenne de la marée	Ecart maxi sur tranche d'eau	Coefficient	Qf1 m3/s-1 (moyenne des 10j.précédents)
26-avr	S	3,50	13,05	9,55	7,94	3,36	75-81	748
	F	4,29	16,41	12,12	8,91			
06-mai	S	4,49	9,26	4,77	6,88	5,50	42-41	877
	F	4,50	14,05	9,55	9,43			
18-juin	S	5,27	16,38	11,11	9,06	0,99	83-78	479
	F	5,58	16,53	10,95	9,56			
07-juil	S	7,43	14,18	6,75	11,09	4,69	45	401
	F	8,29	18,87	10,58	13,76			
27-août	S	7,77	17,39	9,62	11,97	1,88	78-80	321
	F	7,63	19,26	11,63	12,86			
23-sept	S	10,14	19,60	9,46	14,48	2,86	79-82	348
	F	10,57	19,84	9,27	15,37			
13-oct	S	9,39	17,50	8,11	13,27	3,17	75-67	276
	F	9,37	20,67	11,30	14,92			
26-nov	S	7,25	17,45	10,20	11,04	1,66	86-83	637
	F	7,25	19,11	11,86	11,77			
Mini S	S	3,50	9,26	4,77	6,88	0,99		
Mini F	F	4,29	14,05	9,27	8,91			
Maxi S	S	10,14	19,60	11,11	14,48	5,50		
Maxi F	F	10,57	20,67	12,12	15,37			

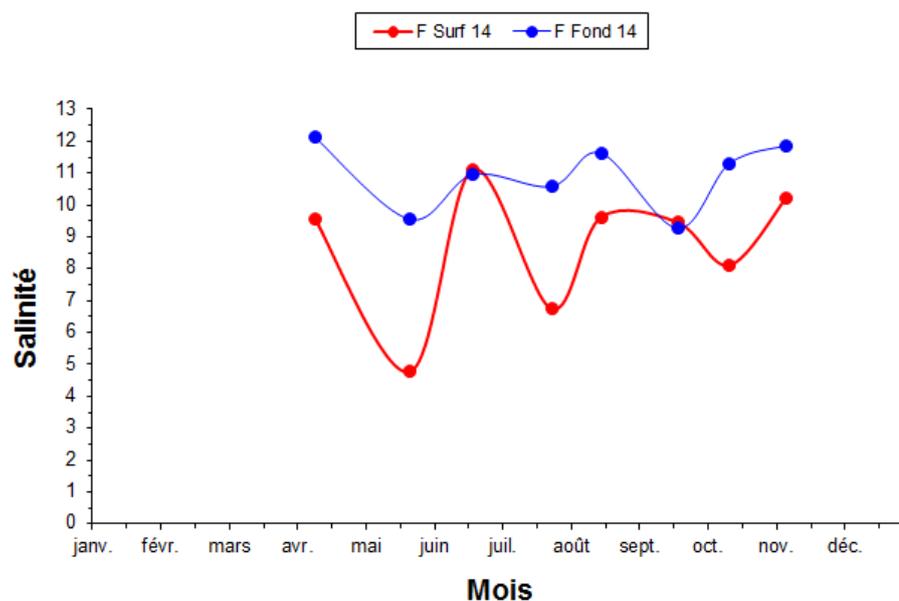


Figure 3-10 : Variations des écarts de salinité au cours de la marée au point F (PK 67) en 2014

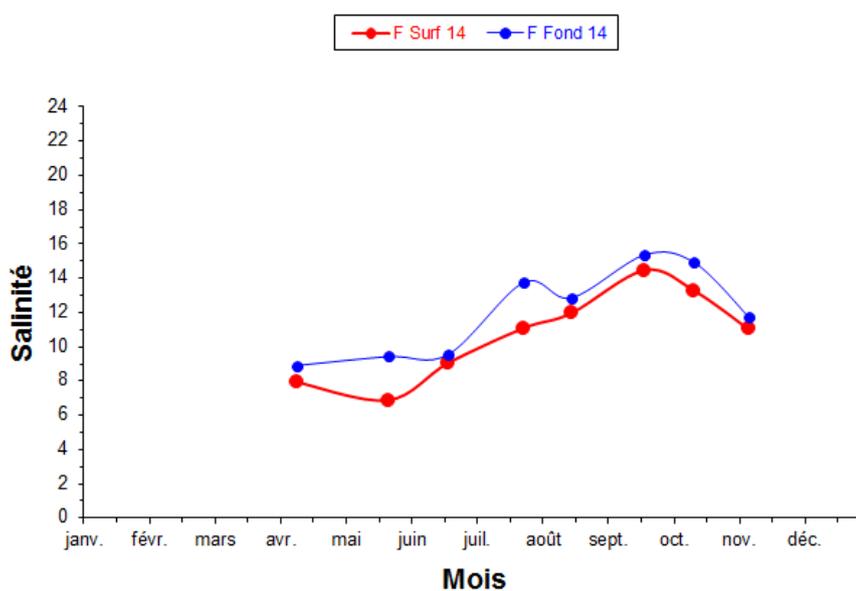


Figure 3-11 : Variations mensuelles des salinités moyennes au point F (PK 67) en 2014

Tableau 3-5 : Salinités de l'eau au point E (PK 52)

<p style="text-align: center;">VI-5 POINT E PK 52 SALINITES</p>								
<p>ANNEE E2014</p>								
DATES		Minimum absolu	Maximum absolu	Ecart	Moyenne de la marée	Ecart maxi sur tranche d'eau	Coefficient	Qfi m3/s-1 (moyenne des 10j.précédents)
	S							
	F							
07-mai	S	0,81	2,35	1,54	1,76	1,33	37-36	874
	F	0,80	3,68	2,88	2,23			
19-juin	S	2,01	5,19	3,18	3,69	0,19	73-68	457
	F	2,20	5,10	2,90	3,74			
08-juil	S	2,47	6,13	3,66	4,30	0,32	47-51	408
	F	2,71	5,98	3,27	4,39			
28-août	S	3,30	6,83	3,53	5,52	1,04	80-81	316
	F	3,48	7,85	4,37	5,76			
24-sept	S	4,08	9,16	5,08	6,69	0,90	84-86	352
	F	4,30	10,04	5,74	6,76			
14-oct	S	5,33	8,55	3,22	7,01	0,75	59-52	302
	F	5,59	9,30	3,71	7,52			
27-nov	S	3,69	6,92	3,23	5,36	0,58	78-74	659
	F	3,85	6,40	2,55	5,34			
Mini S	S	0,81	2,35	1,54	1,76	0,19		
Mini F	F	0,80	3,68	2,55	2,23			
Maxi S	S	5,33	9,16	5,08	7,01	1,33		
Maxi F	F	5,59	10,04	5,74	7,52			

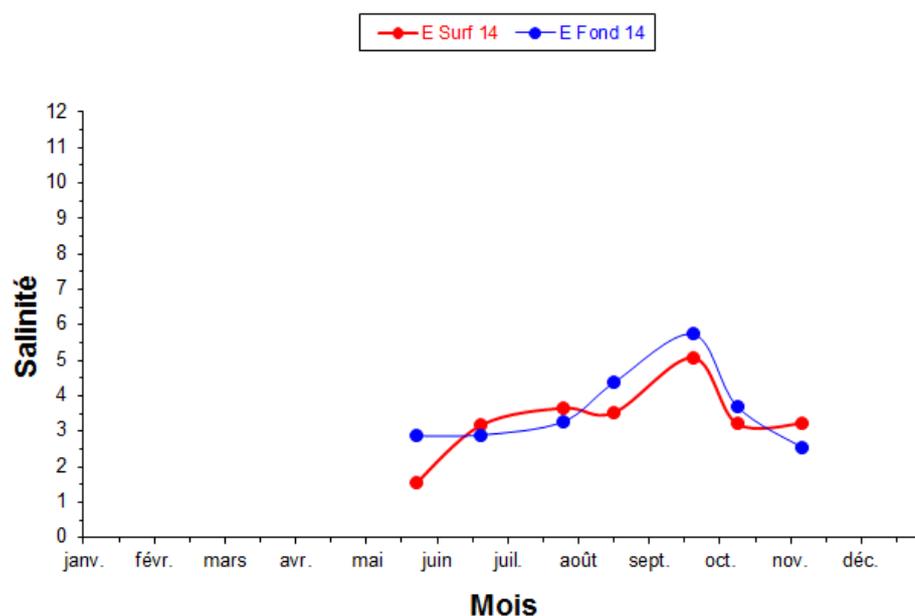


Figure 3-12 : Variations des écarts de salinité au cours de la marée au point E (PK 52) en 2014

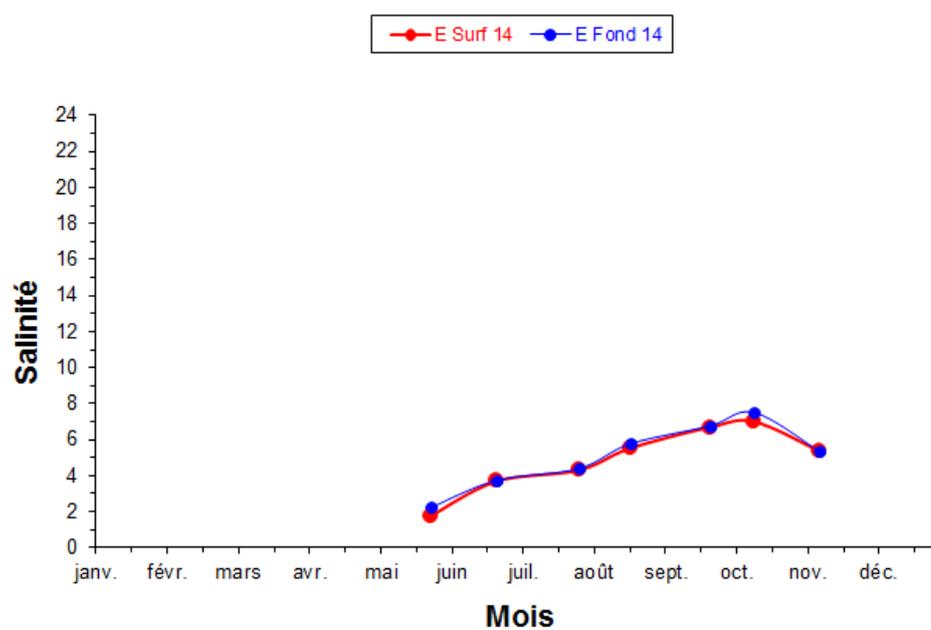


Figure 3-13 : Variations mensuelles des salinités moyennes au point E (PK 52) en 2014

Tableau 3-6 : Salinités de l'eau au point K (PK 30)

VI-6								
POINT K PK 30								
SALINITES								
ANNEE K2014								
DATES		Minimum absolu	Maximum absolu	Ecart	Moyenne de la marée	Ecart maxi sur tranche d'eau	Coefficient	Qfl m ³ /s-1 (moyenne des 10j.précédents)
25-avr	S	0,16	0,67	0,51	0,32	0,09	68-62	742
	F	0,16	0,58	0,42	0,30			
04-mai	S	0,16	0,70	0,54	0,36	0,11	80-78	872
	F	0,16	0,59	0,43	0,33			
24-juin	S	0,42	2,30	1,88	1,23	0,37	77-76	371
	F	0,42	1,93	1,51	1,13			
10-juil	S	0,48	1,82	1,34	1,12	0,04	73-70	442
	F	0,51	1,79	1,28	1,13			
26-août	S	0,63	2,87	2,24	1,75	0,17	108-105	331
	F	0,65	2,70	2,05	1,71			
30-sept	S	0,96	3,93	2,97	2,50	0,11	35-31	364
	F	0,93	3,82	2,89	2,46			
16-oct	S	1,25	3,80	2,55	2,85	0,56	63-69	343
	F	1,28	4,36	3,08	2,98			
20-nov	S	0,42	4,14	3,72	2,19	0,28	60-64	456
	F	0,43	3,86	3,43	2,19			
Mini S	S	0,16	0,67	0,51	0,32	0,04		
Mini F	F	0,16	0,58	0,42	0,30			
Maxi S	S	1,25	4,14	3,72	2,85	0,56		
Maxi F	F	1,28	4,36	3,43	2,98			

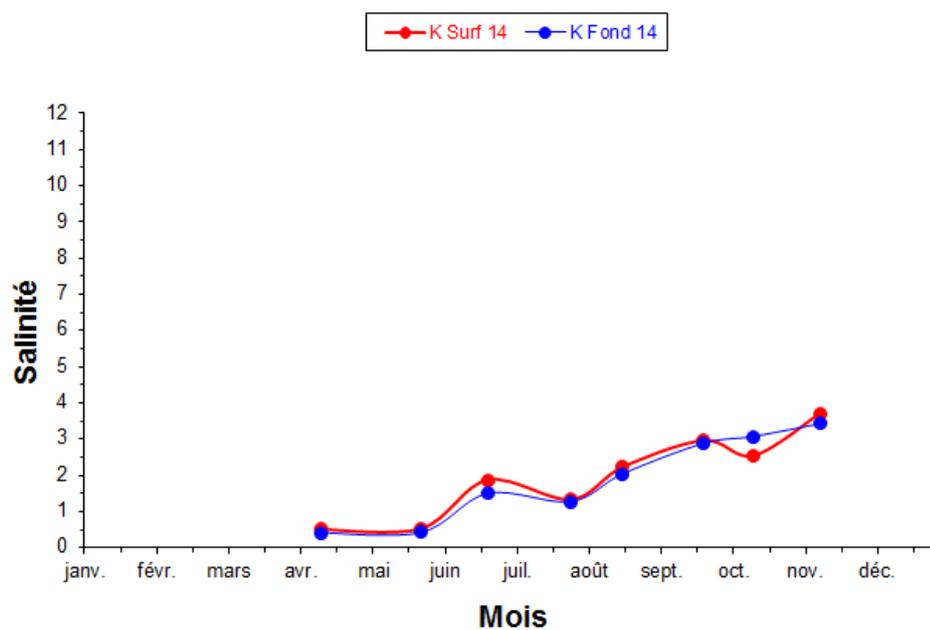


Figure 3-14 : Variations des écarts de salinité au cours de la marée au point K (PK 30) en 2014

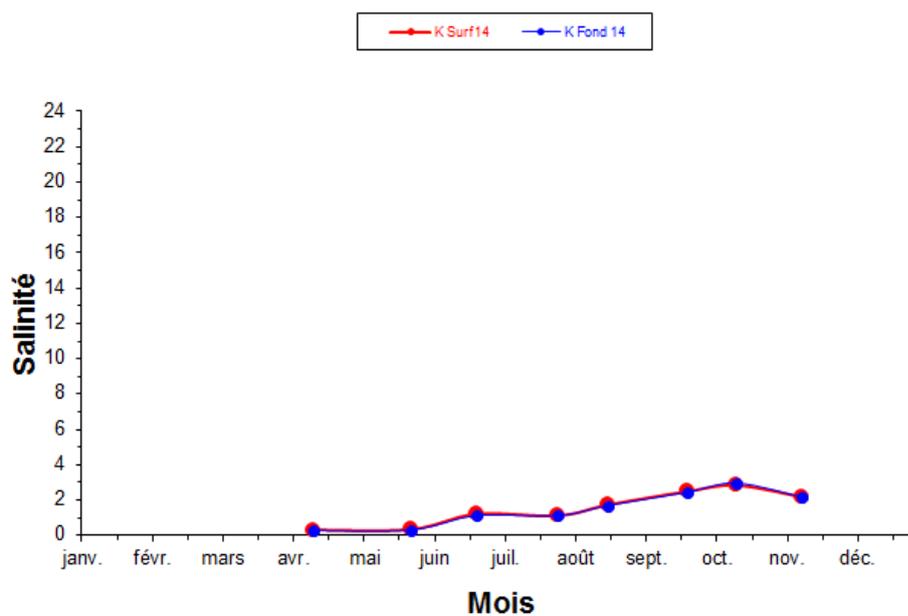


Figure 3-15 : Variations mensuelles des salinités moyennes au point K (PK 30) en 2014

3.2.2. Variations spatio-temporelles

Les salinités moyennes relevées au cours de l'année 2014 ont évolué :

Au Point F (Tableau 3-4, Figure 3-11)

en surface entre 6,88 (6 mai) et 14,48 (23 septembre)
au fond entre 8,91 (26 avril) et 15,37 (23 septembre)

On relève les salinités minimales absolues le 26 avril :
3,50 en surface et 4,29 au fond à basse mer.

On relève les salinités maximales absolues le 23 septembre en surface (19,60) et le 13 octobre au fond (20,67) à pleine mer.

Au Point E (Tableau 3-5, Figure 3-13)

en surface entre 1,76 (7 mai) et 7,01 (14 octobre)
au fond entre 2,23 (7 mai) et 7,52 (14 octobre)

On relève les salinités minimales absolues le 7 mai à basse mer en surface (0,81) et au fond (0,80).

On relève les salinités maximales absolues le 24 septembre :
9,16 en surface et 10,04 au fond à pleine mer.

Au Point K (Tableau 3-6, Figure 3-15)

en surface entre 0,51 (25 avril) et 3,72 (20 novembre)
au fond entre 0,42 (25 avril) et 3,43 (20 novembre)

On relève les salinités minimales absolues le 25 avril et le 4 mai :
0,16 en surface et 0,16 au fond à basse mer.

On relève les salinités maximales absolues le 20 novembre à pleine mer en surface (4,14) et le 16 octobre au fond (4,36).

Les variations pluriannuelles de salinités²⁸ sont présentées dans le **tableau 3-7** suivant :

Tableau 3-7 : Variations pluriannuelles des salinités

ANNEE	POINT F		POINT E		POINT K	
	Max.ab	Max.m	Max.ab	Max.m	Max.ab	Max.m
1984	-	-	9,80	7,95	4,25	2,68
	-	-	10,10	8,38	4,42	2,82
1985	-	-	12,69	10,23	5,38	3,51
	-	-	13,39	10,58	5,40	3,47
1986	-	-	13,88	11,50	5,08	3,50
	-	-	14,85	12,15	5,52	3,73
1987	-	-	11,45	9,20	5,94	4,87
	-	-	12,37	9,44	6,97	5,11
1988	-	-	10,35	7,24	3,72	2,51
	-	-	11,62	8,00	3,85	2,57
1989	-	-	15,66	13,34	9,40	7,45
	-	-	16,23	14,22	8,90	7,51
1990	-	-	17,92	15,45	12,19	10,45
	-	-	19,08	15,75	12,72	11,01
1991	-	-	13,83	12,32	8,73	7,34
	-	-	15,30	12,80	9,64	7,90
1992	17,53	14,02	8,55	7,57	4,41	3,44
	18,69	14,78	10,03	7,99	4,90	3,53
1993	19,00	14,53	10,10	8,70	5,20	4,18
	19,60	15,03	11,60	9,28	5,90	4,43
1994	20,20	16,50	12,80	9,50	5,15	3,30
	21,50	18,00	13,50	9,90	5,15	3,50
1995	21,20	17,20	12,85	10,84	4,35	3,01
	22,30	20,33	15,20	11,80	4,40	3,14
1996	19,40	14,95	10,05	8,40	5,15	3,90
	21,50	15,53	11,30	8,84	5,15	3,85
1997	16,95	12,74	9,50	7,85	5,25	3,90
	17,50	13,88	10,30	8,08	5,25	4,00
1998	-	-	12,70	10,11	6,85	4,71
	-	-	13,85	10,48	6,80	4,94
1999	20,65	18,29	13,90	11,00	4,07	2,82
	22,35	19,68	15,20	11,37	4,12	2,99
2000	20,70	14,91	10,65	7,44	4,40	2,71
	22,40	16,58	11,43	8,03	4,30	2,90
2001	18,31	12,93	7,68	5,98	2,60	1,75
	20,04	15,49	8,53	6,36	2,90	1,82
2002	19,20	13,66	9,44	7,68	4,50	3,30
	20,75	14,84	10,41	8,15	4,37	3,22
2003	23,97	20,13	15,78	13,44	8,17	6,10
	29,98	21,77	17,11	14,02	7,85	5,95
2004	23,65	18,32	15,25	11,36	5,75	3,65
	24,45	18,74	15,50	11,71	5,87	3,78
2005	22,78	19,74	15,41	12,68	7,74	5,37
	25,80	23,04	16,00	12,82	7,55	5,62
2006	22,40	18,19	12,70	11,12	7,62	4,72
	23,60	19,22	13,66	11,47	6,87	3,75
2007	18,14	13,75	10,12	8,67	5,53	3,89
	21,15	17,52	10,52	8,85	5,45	3,81
2008	23,08	20,44	16,98	12,53	5,38	4,01
	23,97	21,83	17,41	13,21	5,83	4,10
2009	22,36	17,71	13,40	10,81	6,41	4,5
	23,88	18,99	14,25	11,02	7,09	4,66
2010	21,62	18,32	13,56	10,75	6,48	4,54
	23,50	19,38	13,90	11,07	6,59	4,51
2011	21,03	17,27	15,58	13,36	10,2	7,84
	21,88	17,70	15,56	13,38	10,4	7,87
2012	23,75	20,61	15,13	12,35	9,05	6,69
	24,24	21,31	16,31	12,83	9,20	6,76
2013	21,23	15,27	13,39	10,55	4,20	2,88
	21,50	16,66	14,70	11,46	4,55	3,10
2014	19,60	14,48	9,16	7,01	4,14	2,85
	20,67	15,37	10,04	7,52	4,36	2,98

Nous soulignons à nouveau le lien qui existe entre le débit fluvial, donc le volume d'eau douce introduit dans l'estuaire, le volume d'eau marine lié aux coefficients de marées et les valeurs de salinité mesurées (**Figures 3-16, 3-17, 3-18**).

²⁸ N.B. : En 1992, le point J (PK 52) a été remplacé par le point F (PK 67) conformément aux décisions de l'arrêté préfectoral du 23/12/1991. Le point 2 est situé au PK 85 utilisé pour complément d'information sur le milieu naturel en période printanière 1998.

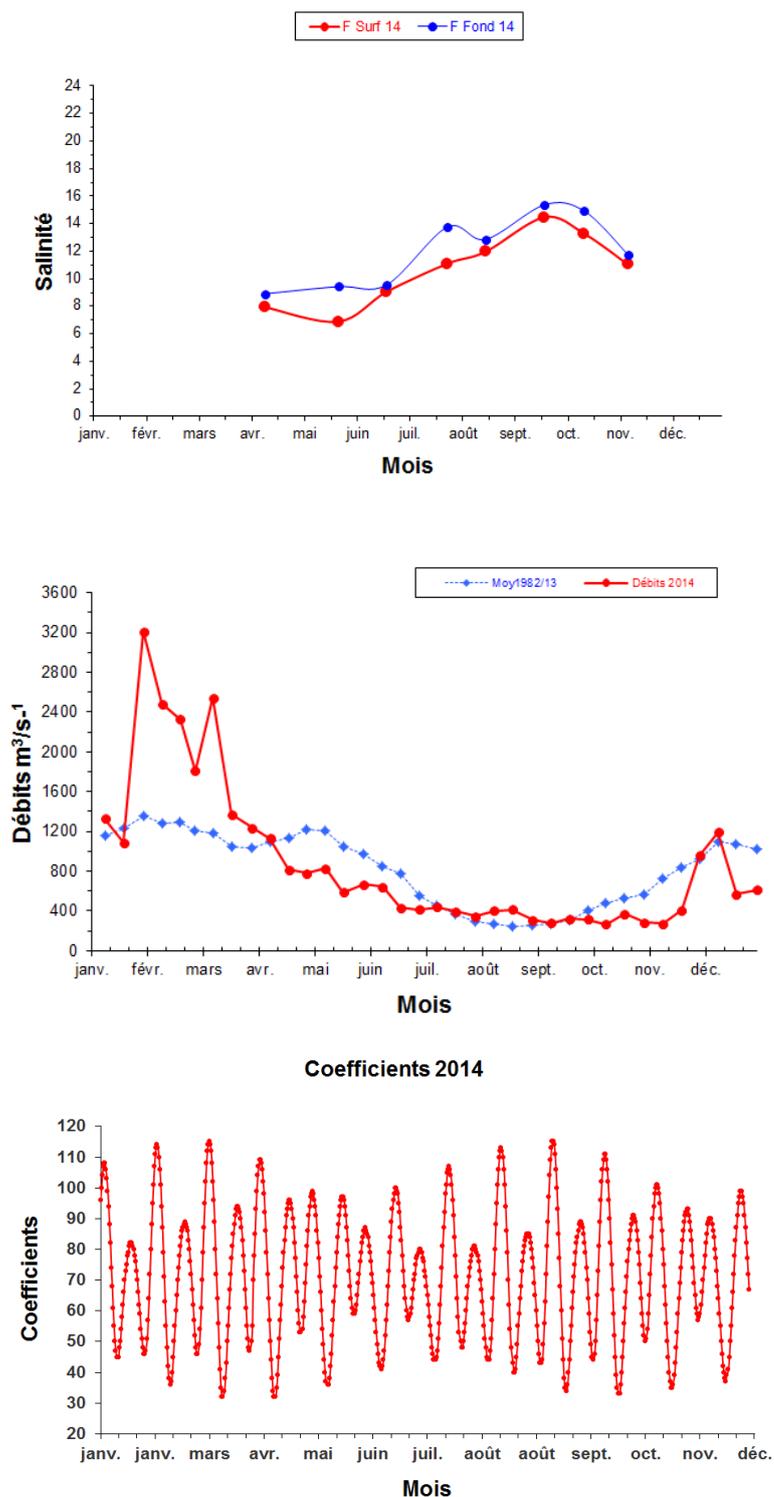


Figure 3-16 : Variations temporelles des salinités moyennes au Point F (PK 67), du débit fluvial et des coefficients de marée en 2014

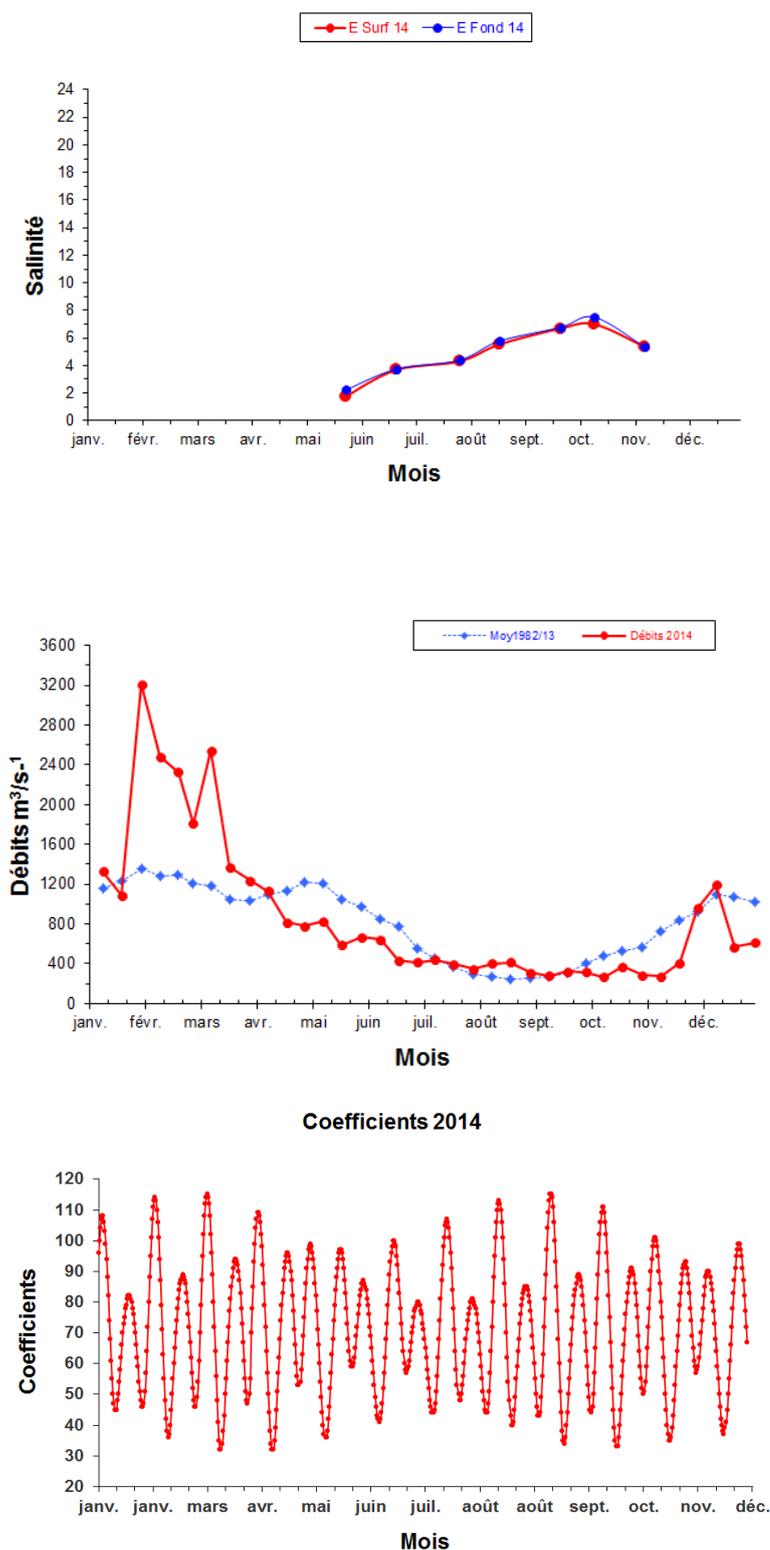


Figure 3-17 : Variations temporelles des salinités moyennes au Point E (PK 52), du débit fluvial et des coefficients de marée en 2014

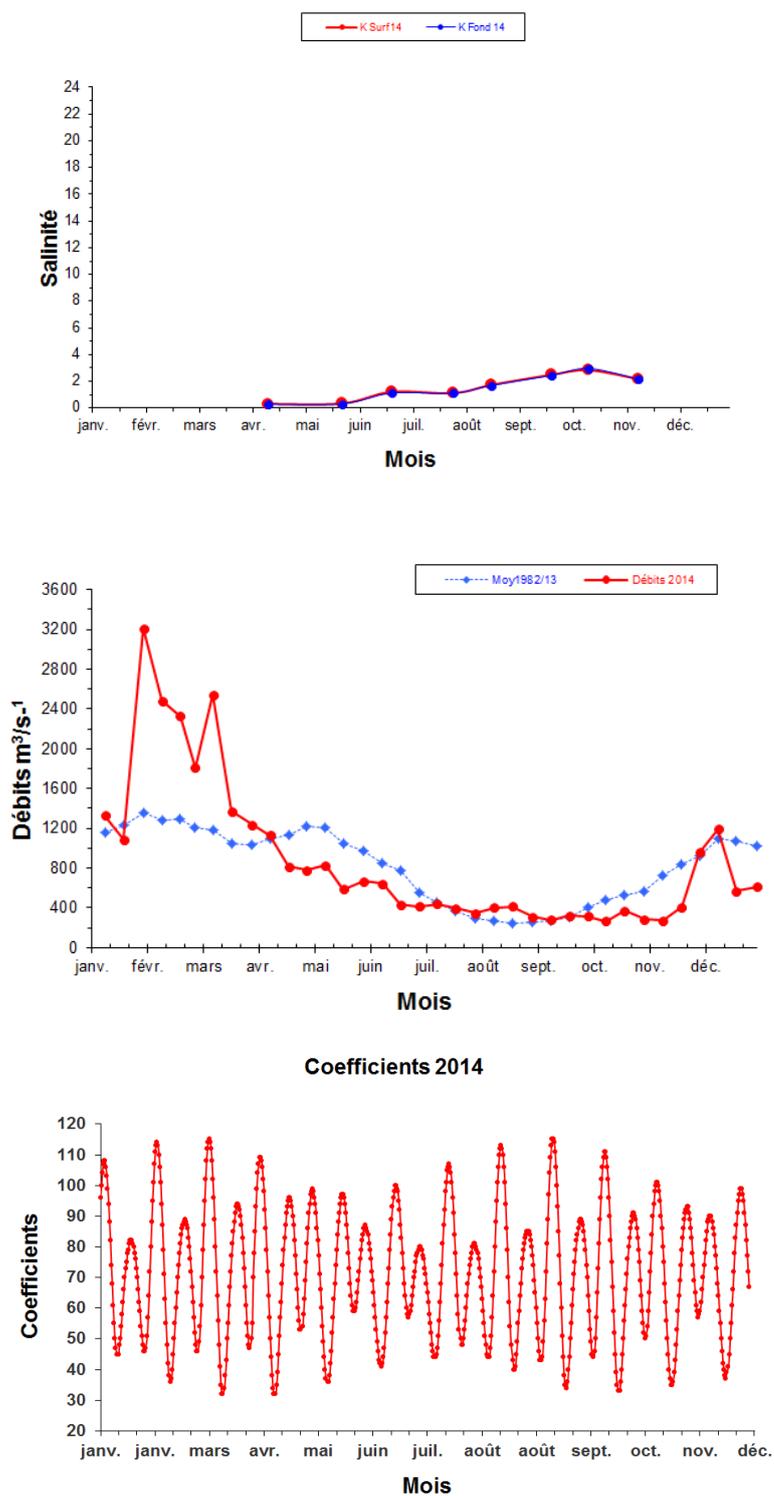


Figure 3-18 : Variations temporelles des salinités moyennes au Point K (PK 30), du débit fluvial et des coefficients de marée en 2014

Synthèse 2014 :

En 2014, par rapport aux salinités enregistrées en 2013, on distingue clairement 3 périodes : une période printanière avec des salinités supérieures dans les 3 stations, une période estivale avec des salinités inférieures, et un début d'automne plus salé. 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. Le gradient de salinité est évidemment fort en période de débits fluviaux importants. En revanche, les salinités sont plus homogènes sur toute la tranche d'eau aux stations E et K situées plus en amont, et en particulier à la station K. Sur le long terme : Au point K, les salinités maximales absolues au fond évoluent entre 12,72 (1990) et 2,90 (2001). Ce point est situé dans une zone très sensible à l'influence des débits fluviaux et la corrélation est étroite entre la salinité et le débit des fleuves. Au point E, la salinité atteint 19,08 en 1990 et seulement 8,53 en 2001. Le point F est fortement influencé par les eaux océaniques : 29,98 en 2003 (année très sèche) et 17,50 au minimum en 1977 (année très humide)

3.3. Vitesse de courant

Point F

En 2014 les vitesses maximales de courant en surface ont été relevées alternativement en flot et jusant tout au long de l'année, sans qu'une dominance puisse se dégager. Au fond, les vitesses maximales sont surtout en flot, sauf en novembre (**Tableau 3-8, Figure 3-20**).

Les plus élevées ont été observées :

- en surface le 26 avril : 157 cm.s^{-1} (Qfl : $748 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 75-81)
- et le 26 novembre : 152 cm.s^{-1} (Qfl : $637 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 86-83)
- au fond le 18 juin : 88 cm.s^{-1} (Qfl : $479 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 83-78)
- et le 27 août : 88 cm.s^{-1} (Qfl : $316 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef 78-80)

Point E

Les vitesses maximales de courant de surface et de fond ont été relevées en flot quasiment tout au long de l'année, sauf en juin en surface, et en août et septembre au fond, où la vitesse maximale a été enregistrée en jusant (**Tableau 3-8, Figure 3-21**).

Les plus élevées ont été observées :

- en surface le 19 juin : 157 cm.s^{-1} (Qfl : $457 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 73-68)
- et le 14 octobre : 152 cm.s^{-1} (Qfl : $302 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 59-62)
- au fond le 7 mai : 123 cm.s^{-1} (Qfl : $874 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 37-36)
- et le 24 septembre : 105 cm.s^{-1} (Qfl : $352 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 84-86)

Point K

Les vitesses maximales de courant en surface ont été relevées alternativement en flot et en jusant, tandis qu'au fond elles ont été relevées quasi systématiquement en jusant, sauf en avril et mai (**Tableau 3-8, Figure 3-22**).

Les plus élevées ont été observées :

- en surface le 26 août : 164 cm.s^{-1} (Qfl $331 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 108-105)
- le 30 septembre : 152 cm.s^{-1} (Qfl $364 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 34-31)
- au fond le 24 juin : 128 cm.s^{-1} (Qfl $371 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 77-76)
- le 26 août : 117 cm.s^{-1} (Qfl $348 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 108-105)

Au point E, en 2014, les vitesses maximales en surface durant le flot et le jusant sont très proches (légèrement inférieures) à 2013. La moyenne des vitesses en jusant n'a pas été tracé, car considéré comme non représentative en raison d'une mesure en vive eau (**Figure 3-19**).

Le régime des courants est différent au Point E, situé dans le chenal médian, par suite de l'évolution de la morphologie des fonds, d'où l'importance du paramètre bathymétrique pour la répartition et les valeurs des vitesses maximales en plus des variations du débit fluvial et des coefficients de marée.

Tableau 3-8 : Vitesses maximales de courant en $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$

Année 2014		VITESSES MAXIMALES DE COURANT EN $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$						Q _{fl} * $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$
DATES	COEFFICIENTS	POINT F PK 67 Vitesses Maximales		POINT E PK 52 Vitesses Maximales		POINT K PK 30 Vitesses Maximales		
		SURFACE	FOND	SURFACE	FOND	SURFACE	FOND	
26 avril	75-81	157	59					748
25 avril	68-62					111	76	742
6 mai	42-41	-117	64					877
7 mai	37-36			64	123			874
4 mai	80-78					-140	82	872
18 juin	83-78	-140	88					479
19 juin	73-68			-157	88			457
24 juin	77-76					117	-88	371
7 juillet	45	111	65					401
8 juillet	47-51			111	88			408
10 juillet	73-70					-76	-64	442
27 août	78-80	-146	88					321
28 août	80-81			146	-59			316
26 août	108-105					-164	-82	331
23 septembre	79-82	-140	76					348
24 septembre	84-86			140	-105			352
30 septembre	35-31					152	-53	364
13 octobre	75-67	-134	53					276
14 octobre	59-52			152	88			302
16 octobre	63-69					117	-70	343
26 novembre	86-83	152	-70					637
27 novembre	78-74			180	59			659
20 novembre	60-64					152	-64	456

Q_{fl}* $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ Débits moyens calculés sur la période de 10 jours précédant la date indiquée.
Le signe + indique une vitesse de flot ; le signe - indique une vitesse de jusant.

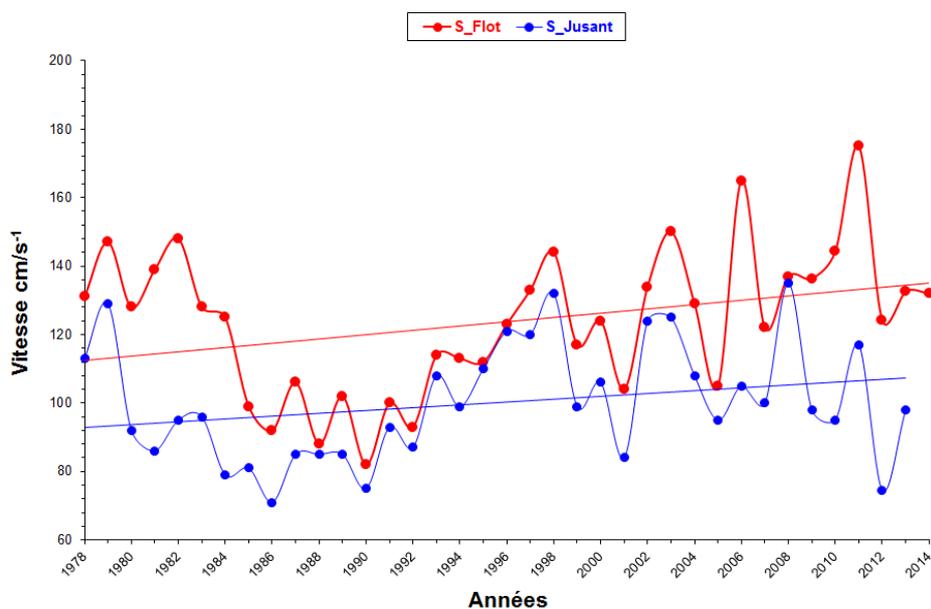


Figure 3-19 : Evolution de la vitesse maximale (moyenne annuelle) en surface au point E (PK52) au cours de la période 1978-2014

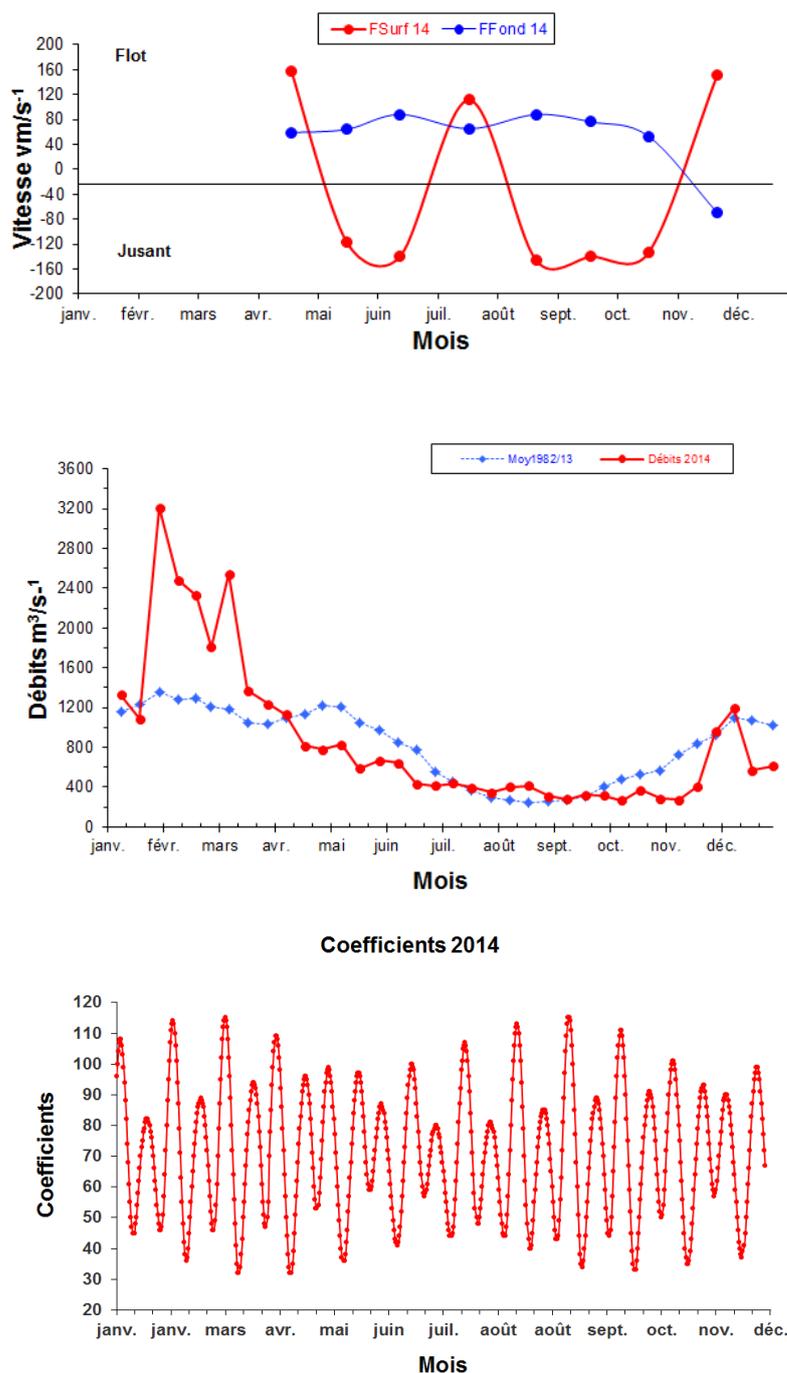
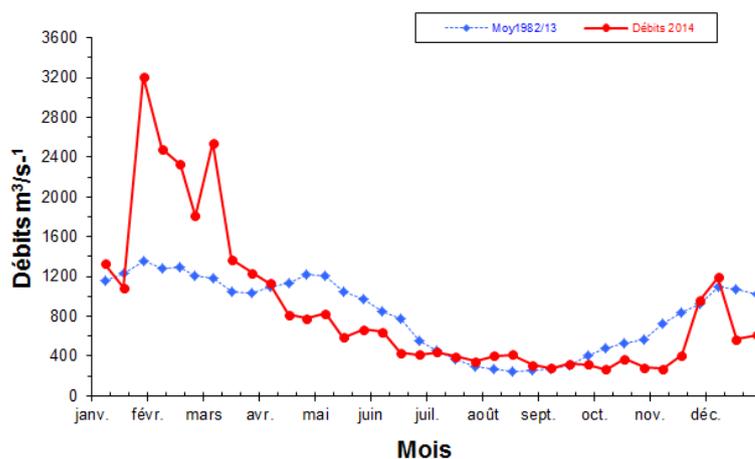
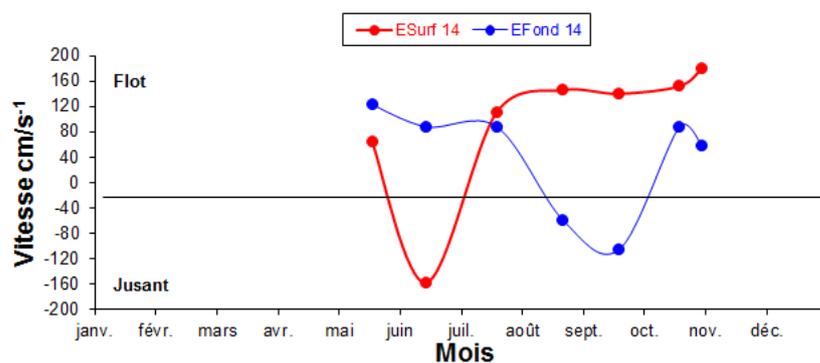


Figure 3-20 : Evolution des vitesses maximales de courant en surface et au fond au Point F (PK 67) au cours de l'année 2014, suivant les coefficients de marée et les débits fluviaux



Coefficients 2014

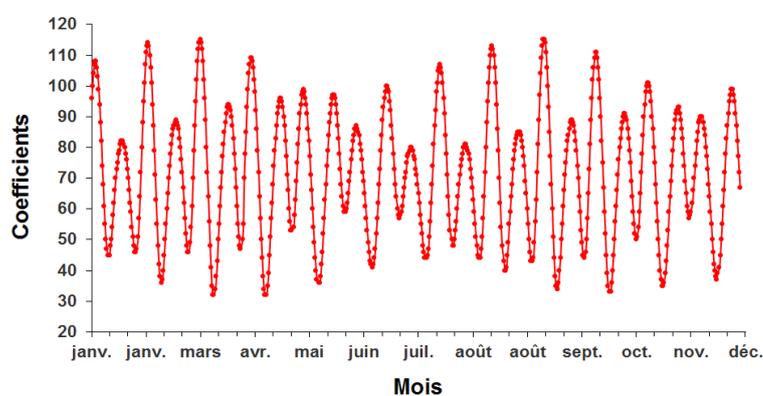


Figure 3-21 : Evolution des vitesses maximales de courant en surface et au fond au Point E (PK 52) au cours de l'année 2014, suivant les coefficients de marée et les débits fluviaux

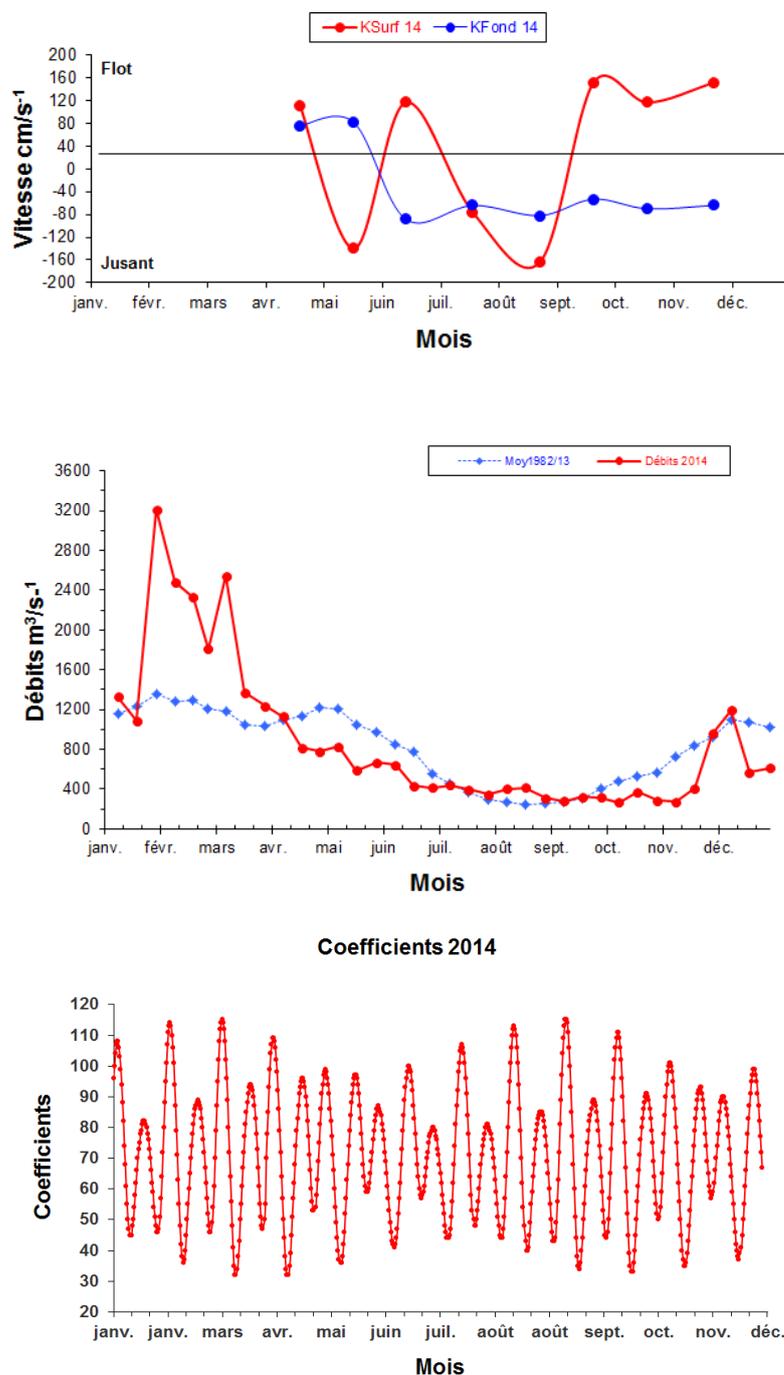


Figure 3-22 : Evolution des vitesses maximales de courant en surface et au fond au Point K (PK 30) au cours de l'année 2014, suivant les coefficients de marée et les débits fluviaux

Synthèse 2014 :

Au point E, situé dans le chenal médian, le régime des courants est variable dans le temps par suite de l'évolution de la morphologie des fonds, telle qu'elle a été constatée par la comparaison de sondages bathymétriques il y a quelques années (Castaing P., Jouanneau J.M., Oggian G., 2009). Ceci souligne l'importance du rôle de la bathymétrie sur la répartition et les valeurs des vitesses maximales, modulées localement, et dans le temps, par les variations de débit fluvial et des coefficients de marée. Ainsi, note-t-on que dans les années 80 et jusqu'en 1992, les vitesses maximales de flot et de jusant diminuent de moitié par suite de la modification de la bathymétrie (Castaing P., Jouanneau J.M., Oggian G., Poirier D., 1994). La réduction des vitesses permet de déduire que le mélange turbulent a diminué dans les mêmes proportions ; de ce fait, la dispersion des eaux échauffées 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. Depuis, on enregistre des vitesses de plus en plus fortes, surtout en flot, avec des fluctuations interannuelles importantes. En 2014, les vitesses de courant maximales mesurées au point E sont plus faibles qu'en 2013, mais plus élevées qu'en 2012. Le flot est toujours plus important que le jusant, ce qui est cohérent avec le fonctionnement naturel de l'estuaire. La vitesse maximale de jusant n'est pas affichée car jugée douteuse.

3.4. Concentration en matières en suspension (MES)

3.4.1. Variations temporelles

3.4.1.1. Variation au cours de la marée

En 2013 les écarts des valeurs de MES, mesurées au cours d'une marée ont varié :

Au Point F-PK 67 (Tableau 3-9)

en surface entre 0,308 g.l ⁻¹ le 7 juillet	(Qfl : 401 m ³ .s ⁻¹ - coef. 45)
et 0,499 g.l ⁻¹ le 26 novembre	(Qfl : 637 m ³ .s ⁻¹ - coef. 86-83)
au fond entre 0,297 g.l ⁻¹ le 27 août	(Qfl : 321 m ³ .s ⁻¹ - coef. 78-80)
et 4,491 g.l ⁻¹ le 26 avril	(Qfl : 748 m ³ .s ⁻¹ - coef. 75-81)

Au Point E-PK 52 (Tableau 3-10)

en surface entre 0,279 g.l ⁻¹ le 7 mai	(Qfl : 874 m ³ .s ⁻¹ - coef. 37-36)
et 2,135 g.l ⁻¹ le 27 novembre	(Qfl : 659 m ³ .s ⁻¹ - coef. 78-74)
au fond entre 0,280 g.l ⁻¹ le 8 juillet	(Qfl : 408 m ³ .s ⁻¹ - coef. 47-51)
et 4,963 g.l ⁻¹ le 19 juin	(Qfl : 457 m ³ .s ⁻¹ - coef. 73-68)

Au Point K-PK 30 (Tableau 3-11)

en surface entre 0,588 g.l ⁻¹ le 25 avril	(Qfl : 742 m ³ .s ⁻¹ - coef. 68-62)
et 3,287 g.l ⁻¹ le 30 septembre	(Qfl : 364 m ³ .s ⁻¹ - coef. 35-31)
au fond entre 0,396 g.l ⁻¹ le 4 mai	(Qfl : 872 m ³ .s ⁻¹ - coef. 80-78)
et 4,237 g.l ⁻¹ le 16 octobre	(Qfl : 343 m ³ .s ⁻¹ - coef. 63-69)

3.4.1.2. Variations mensuelles

Au Point F-PK 67 (Figure 3-23)

Les MES moyennes ont varié :

en surface de 0,130 g.l⁻¹ (7 juillet) à 0,343 g.l⁻¹ (26 avril)

au fond de 0,379 g.l⁻¹ (6 mai) à 1,720 g.l⁻¹ (26 avril)

Les MES minimales (Figure 3-26) ont été observées :

le 7 juillet, en surface : 0,022 g.l⁻¹ - Qfl : 401 m³.s⁻¹ - coef. 45

le 7 juillet au fond : 0,094 g.l⁻¹ - Qfl : 401 m³.s⁻¹ - coef. 45

Les MES maximales (Figure 3-26) ont été observées :

le 26 novembre en surface : 0,680 g.l⁻¹ Qfl : 637 m³.s⁻¹ - coef. 86-83

le 26 avril, au fond: 4,666 g.l⁻¹ - Qfl : 748 m³.s⁻¹ - coef. 75-81

Au Point E-PK 52 (Figure 3-24)

Les MES moyennes ont varié :

en surface de 0,313 g.l⁻¹ (8 juillet) à 1,333 g.l⁻¹ (27 novembre)

au fond de 0,338 g.l⁻¹ (8 juillet) à 2,927 g.l⁻¹ (19 juin)

Les MES minimales (Figure 3-26) ont été observées :

le 24 septembre en surface : 0,165 g.l⁻¹ - Qfl : 352 m³.s⁻¹ - coef. 84-86

le 8 juillet au fond : 0,253 g.l⁻¹ - Qfl : 408 m³.s⁻¹ - coef. 47-51

Les MES maximales (Figure 3-26) ont été observées :

le 27 novembre, en surface : 2,768 g.l⁻¹ - Qfl : m³.s⁻¹ - coef. 78-74

le 19 juin au fond : 5,598 g.l⁻¹ - Qfl : 457 m³.s⁻¹ - coef. 73-68

Au Point K-PK 30 (Figure 3-25)

Les MES moyennes ont varié :

en surface de 0,503 g.l⁻¹ (25 avril) à 1,821 g.l⁻¹ (30 septembre)

au fond de 0,863 g.l⁻¹ (25 avril) à 2,991 g.l⁻¹ (30 septembre)

Les MES minimales (Figure 3-26) ont été observées :

le 20 novembre en surf : 0,029 g.l⁻¹ - Qfl : 456 m³.s⁻¹ - coef. 60-64

le 20 novembre au fond : 0,074 g.l⁻¹ - Qfl : 456 m³.s⁻¹ - coef. 60-64

Les MES maximales (Figure 3-26) ont été observées :

le 30 septembre en surface : 3,493 g.l⁻¹ - Qfl : 364 m³.s⁻¹ - coef. 35-31

le 16 octobre au fond : 4,654 g.l⁻¹ - Qfl : 343 m³.s⁻¹ - coef. 63-69

Les valeurs des minima et des maxima des MES de 2013 au point E sont comparées à celles des années antérieures dans les **Tableaux 3-12 et 3-13**.

Tableau 3-9 : MES au point F (PK 67)

VI-T4								
POINT F PK 67								
CONCENTRATIONS EN M.E.S.								
En g.l ⁻¹								
ANNEE F2014								
DATES		Minimum absolu	Maximum absolu	Ecart	Moyenne de la marée	Ecart maxi sur tranche d'eau	Coefficient	Qf1 m3/s-1 (moyenne des 10j.précédents)
26-avr	S	0,146	0,515	0,369	0,343	4,231	75-81	748
	F	0,175	4,666	4,491	1,720			
06-mai	S	0,057	0,479	0,422	0,198	0,348	42-41	877
	F	0,212	0,827	0,615	0,379			
18-juin	S	0,157	0,480	0,323	0,286	0,795	83-78	479
	F	0,325	1,107	0,782	0,712			
07-juil	S	0,022	0,330	0,308	0,130	0,777	45	401
	F	0,094	0,810	0,716	0,393			
27-août	S	0,103	0,570	0,467	0,315	0,498	78-80	321
	F	0,559	0,856	0,297	0,718			
23-sept	S	0,114	0,484	0,370	0,281	0,914	79-82	348
	F	0,392	1,028	0,636	0,637			
13-oct	S	0,147	0,540	0,393	0,312	2,760	75-67	276
	F	0,142	3,040	2,898	1,055			
26-nov	S	0,181	0,680	0,499	0,325	3,088	86-83	637
	F	0,284	3,768	3,484	1,274			
Mini S	S	0,022	0,330	0,308	0,130	0,348		
Mini F	F	0,094	0,810	0,297	0,379			
Maxi S	S	0,181	0,680	0,499	0,343	4,231		
Maxi F	F	0,559	4,666	4,491	1,720			

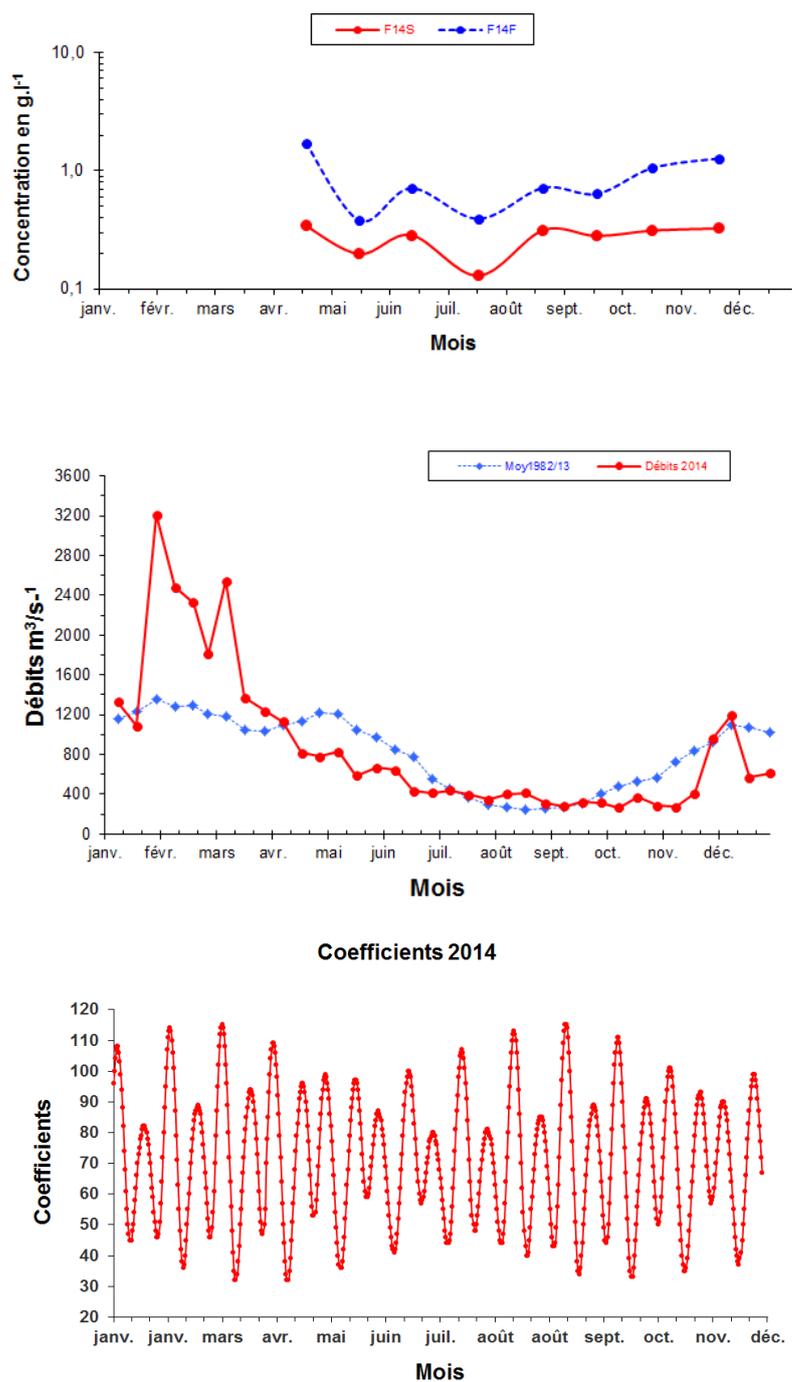
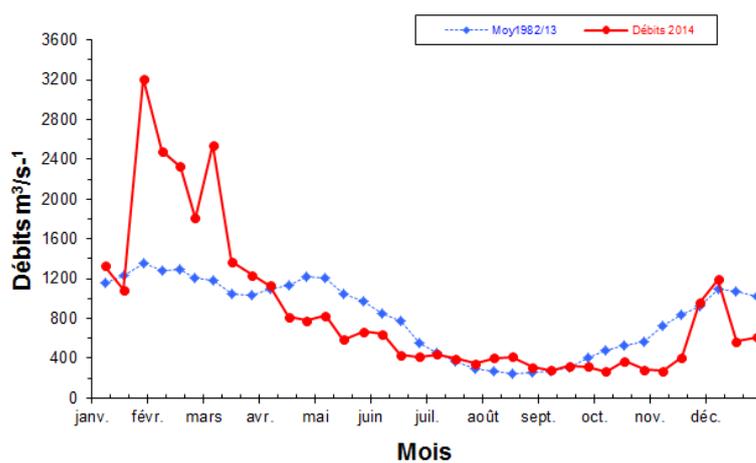
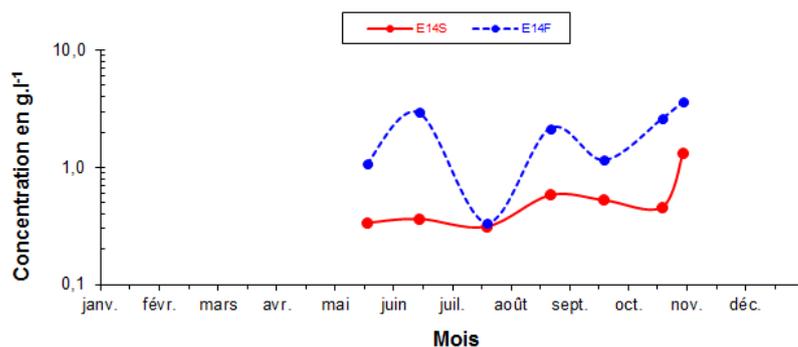


Figure 3-23 : Variations temporelles des MES moyennes au point F (PK 67) suivant les coefficients de marée et les débits fluviaux en 2014

Tableau 3-10 : MES au point E (PK 52)

VI-5								
CONCENTRATIONS EN M.E.S.								
En g.l ⁻¹								
ANNEE E2014								
DATES		Minimum absolu	Maximum absolu	Ecart	Moyenne de la marée	Ecart maxi sur tranche d'eau	Coefficient	Qfl m3/s-1 (moyenne des 10j.précédents)
01-janv	S							
	F							
07-mai	S	0,168	0,447	0,279	0,337	1,554	37-36	874
	F	0,451	2,001	1,551	1,072			
19-juin	S	0,167	0,561	0,394	0,365	5,037	73-68	457
	F	0,635	5,598	4,963	2,927			
08-juil	S	0,207	0,522	0,315	0,313	0,326	47-51	408
	F	0,253	0,533	0,280	0,338			
28-août	S	0,205	0,934	0,729	0,581	3,936	80-81	316
	F	0,789	4,757	3,968	2,157			
24-sept	S	0,165	0,899	0,734	0,527	1,222	84-86	352
	F	0,481	2,121	1,640	1,156			
14-oct	S	0,203	0,717	0,514	0,457	3,842	59-52	302
	F	1,279	4,448	3,169	2,598			
27-nov	S	0,633	2,768	2,135	1,333	4,052	78-74	659
	F	3,034	4,695	1,661	2,498			
Mini S	S	0,165	0,447	0,279	0,313	0,326		
Mini F	F	0,253	0,533	0,280	0,338			
Maxi S	S	0,633	2,768	2,135	1,333	5,037		
Maxi F	F	3,034	5,598	4,963	2,927			



Coefficients 2014

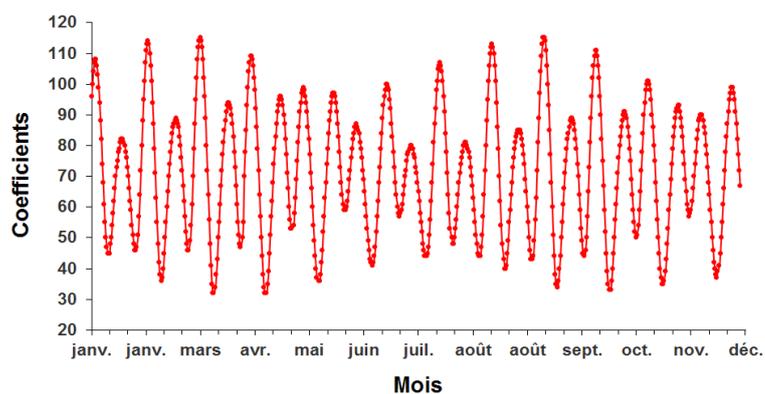


Figure 3-24 : Variations temporelles des MES moyennes au point E (PK 52) suivant les coefficients de marée et les débits fluviaux en 2014

Tableau 3-11 : MES au point K (PK 30)

		VI-6						
		CONCENTRATIONS EN M.E.S.						
		En g.l ⁻¹						
ANNEE K2014								
DATES		Minimum absolu	Maximum absolu	Ecart	Moyenne de la marée	Ecart maxi sur tranche d'eau	Coefficient	Qfl m3/s-1 (moyenne des 10j.précédents)
25-avr	S	0,220	0,808	0,588	0,503	0,552	68-62	742
	F	0,308	1,133	0,825	0,863			
04-mai	S	0,399	1,136	0,737	0,712	0,751	80-78	872
	F	1,001	1,397	0,396	1,156			
24-juin	S	0,154	1,712	1,558	0,909	0,555	77-76	371
	F	0,658	1,629	0,971	1,214			
10-juil	S	0,194	1,318	1,124	0,828	0,705	73-70	442
	F	0,706	1,462	0,756	1,081			
26-août	S	0,171	1,579	1,408	0,946	4,461	108-105	331
	F	1,824	4,461	2,637	2,778			
30-sept	S	0,206	3,493	3,287	1,821	1,994	35-31	364
	F	1,517	4,537	3,020	2,991			
16-oct	S	0,505	1,907	1,402	0,932	2,747	63-69	343
	F	0,417	4,654	4,237	1,718			
20-nov	S	0,029	2,324	2,295	0,812	1,959	60-64	456
	F	0,074	2,041	1,967	1,322			
Mini S	S	0,029	0,808	0,588	0,503	0,552		
Mini F	F	0,074	1,133	0,396	0,863			
Maxi S	S	0,505	3,493	3,287	1,821	4,461		
Maxi F	F	1,824	4,654	4,237	2,991			

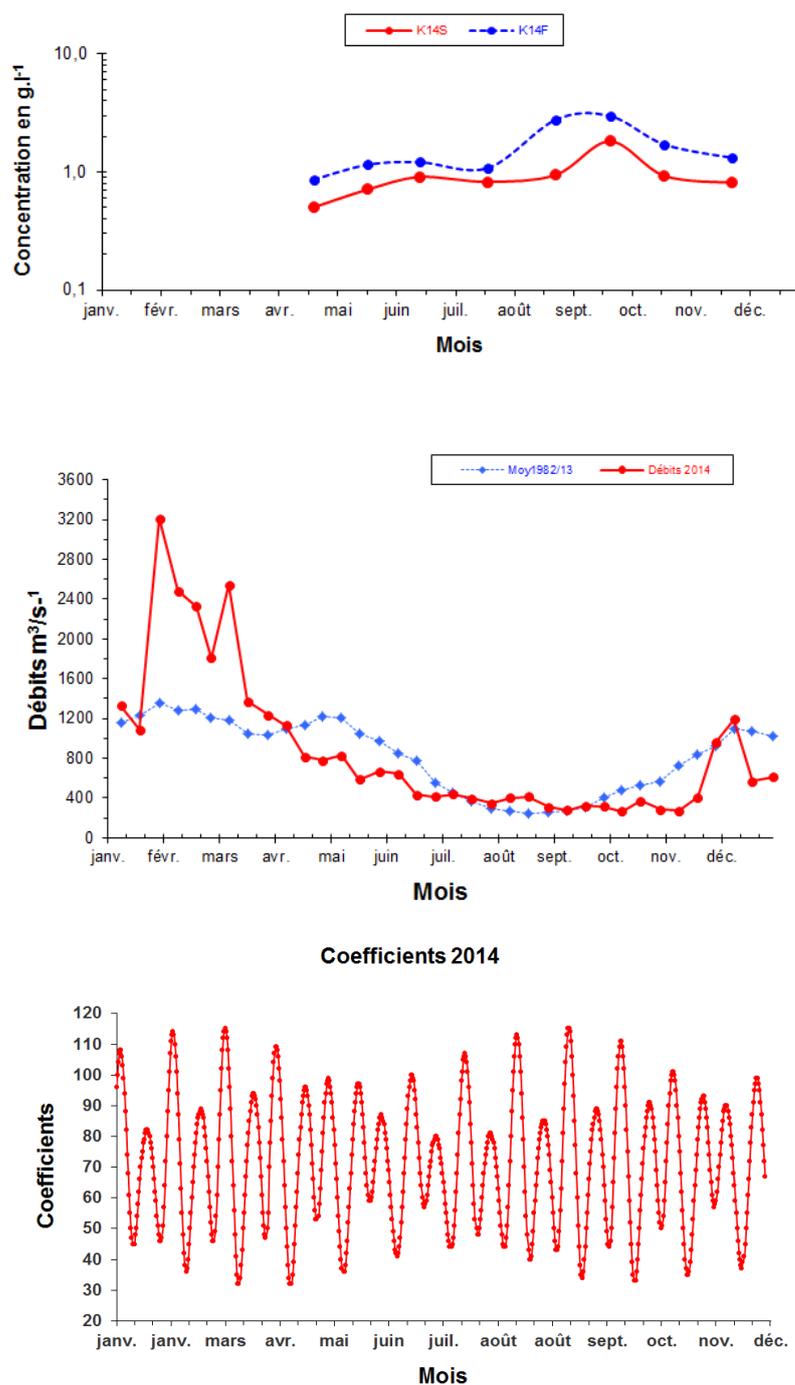


Figure 3-25 : Variations temporelles des MES moyennes au point K (PK 30) suivant les coefficients de marée et les débits fluviaux en 2014

3.4.2. Variations spatiales

3.4.2.1. Variations longitudinales

(Tableaux 3-9 à 3-11)

Les valeurs maximales des MES sont relevées en novembre et en mai au PK 67, en novembre au PK52, et en novembre et en septembre au PK 30 :

au PK 67 : 0,680 g.l⁻¹ en surface et 4,666 g.l⁻¹ au fond

au PK 52 : 2,768 g.l⁻¹ en surface et 5,598 g.l⁻¹ au fond

au PK 30 : 3,493 g.l⁻¹ en surface et 4,654 g.l⁻¹ au fond

Les valeurs minimales des MES sont relevées en avril et septembre au PK 67, en juillet et septembre au PK 52, en juin et avril au PK 30 :

au PK 67 : 0,022 g.l⁻¹ en surface et 0,094 g.l⁻¹ au fond

au PK 52 : 0,165 g.l⁻¹ en surface et 0,253 g.l⁻¹ au fond

au PK 30 : 0,029 g.l⁻¹ en surface et 0,074 g.l⁻¹ au fond

3.4.2.2. variations verticales

(Tableaux 3-9 à 3-11)

Les écarts maxima des MES, sur la tranche d'eau, au même point, ont évolué :

au Point F : de 0,348 g.l⁻¹ (6 mai) à 4,231 g.l⁻¹ (26 avril)

au Point E : de 0,326 g.l⁻¹ (8 juillet) à 5,037 g.l⁻¹ (19 juin)

au Point K : de 0,552 g.l⁻¹ (25 avril) à 4,461 g.l⁻¹ (26 août)

Sur toute la marée, les écarts ont évolué (mini absolu) - (maxi absolu) :

au Point F : de 0,308 g.l⁻¹ (07 juillet) à 4,491 g.l⁻¹ (26 avril)

au Point E : de 0,279 g.l⁻¹ (7 mai) à 4,963 g.l⁻¹ (19 juin)

au Point K : de 0,588 g.l⁻¹ (25 avril) à 4,237 g.l⁻¹ (16 octobre)

Synthèse 2014

Les concentrations en MES moyennes traduisent en général la position du bouchon vaseux, qui dépend du débit fluvial. Elles traduisent aussi, dans une moindre mesure, la concentration du bouchon vaseux, qui dépend de l'intensité des courants, donc des coefficients de marée.

En 2014 les MES au point F sont restées proches des valeurs de l'année 2013. Les valeurs maximales correspondent aux périodes à fort débit fluvial. 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.

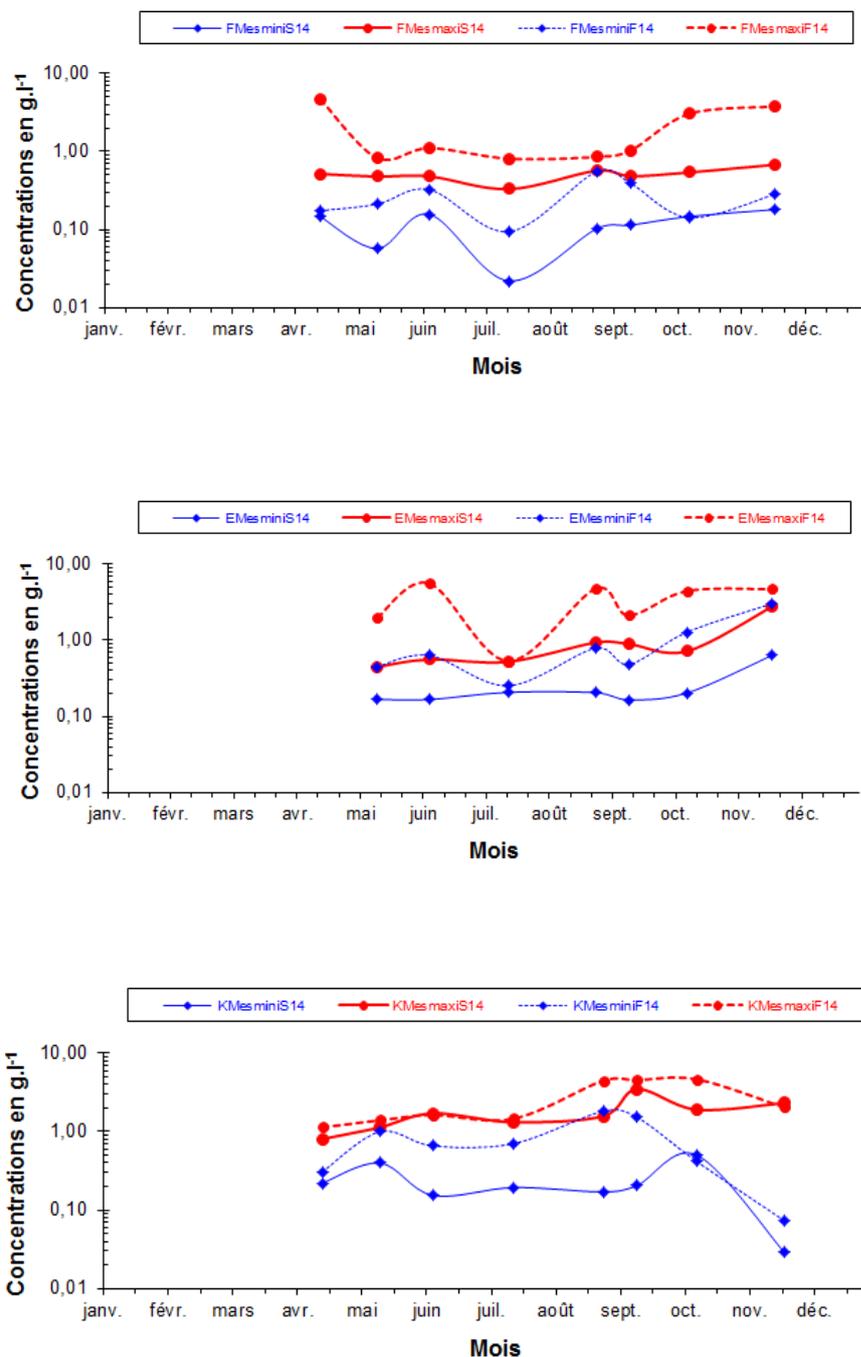


Figure 3-26 : Variations mensuelles des MES minimales et maximales aux points F-E-K en 2014

Tableau 3-12 : Maximum et minimum annuel des MES - Point E (PK 52) en SURFACE (Concentration en $g.l^{-1}$; lignes blanches : minimum, lignes grises : maximum) de 1978 à 2014

Année	C ($g.l^{-1}$)	Date	Débits $m^3.s^{-1}$	Coef. marée	V max ($cm.s^{-1}$)
1978	0,056	30-août	177	43-47	95
	1,260	21-juin	840	91-96	165
1979	0,040	07-juin	1814	52-56	115
	2,420	13-mars	685	73-77	155
1980	0,060	13-févr	1580	44-48	-85
	1,900	18-juin	400	72-67	160
1981	0,050	12-août	263	41-44	70
	2,470	22-avr	1276	85-84	180
1982	0,079	07-juil	372	72-73	160
	1,682	17-mars	1548	55-49	170
1983	0,064	20-juil	442	54-52	115
	1,220	30-nov	452	56-59	85
1984	0,152	08-août	275	49-50	85
	2,424	08-mars	1371	79-75	133
1985	0,080	25-sept	260	41-47	-70
	1,800	13-mars	1422	80-71	150
1986	0,072	14-mai	2146	62-58	90
	1,760	19-nov	386	79-76	120
1987	0,108	19-août	438	33	70
	1,780	28-janv	1034	73-66	160
1988	0,087	27-avr	1301	36-40	-75
	1,700	24-août	327	36-40	108
1989	0,120	11-juil	205	54-50	97
	1,902	12-avr	1030	64-56	145
1990	0,097	04-juil	487	43-44	90
	1,768	14-nov	918	60-64	55
1991	0,037	05-juin	695	51-49	Etale PM
	1,216	13-mars	838	41-47	98
1992	0,049	05-nov	1790	37-40	-78
	1,334	09-juil	1410	57-54	94
1993	0,128	09-sept	325	51-45	Etale PM
	1,380	04-nov	947	75-72	92
1994	0,081	07-juil	725	54-59	PM
	0,878	10-nov	1885	66-59	120
1995	0,104	21-sept	285	39-44	Etale PM
	0,660	13-avr	914	59-67	114

Année	C ($g.l^{-1}$)	Date	Débits $m^3.s^{-1}$	Coef. marée	V max ($cm.s^{-1}$)
1996	0,122	25-juil	265	49-48	BM
	1,055	10-oct	501	59-64	113
1997	0,141	16-avr	376	37-36	Etale PM
	2,674	10-juil	485	72-69	148
1998	0,033	05-mars	626	79-70	-158
	0,738	14-juil	268	89-87	155
1999	0,064	23-sept	397	55-62	+/-111
	1,632	02-sept	230	82-76	143
2000	0,094	08-sept	307	31	82
	1,209	29-sept	333	105-106	140
2001	0,072	31-août	236	50-55	106
	0,829	04-juil	312	68-71	120
2002	0,078	17-sept	412	38-41	Etale BM
	2,368	18-avr	692	73-68	178
2003	0,089	11-juil	173	61-65	116
	1,965	12-sept	162	92-93	146
2004	0,082	27-juin	448	49-49	-108
	0,212	06-nov	568	27-26	105
2005	0,126	15-juil	273	50-47	123
	1,450	21-avr	961	48-45	157
2006	0,150	06-juil	202	40-41	111
	1,189	09-juin	326	61-65	120
2007	0,092	23-août	226	26-27	Etale PM
	1,300	11-juil	469	59-61	-70
2008	0,074	11-oct	242	51	Etale PM
	1,400	18-avr	1399	69	117
2009	0,108	18-juin	645	47-50	Etale PM
	0,295	25-avr	1563	92-95	Etale PM
2010	0,087	21-sept	260	70	Etale PM
	0,938	21-mai	1139	60-58	Mi-flot
2011	0,069	11-oct	226	81-83	-99
	0,846	19-août	227	68-64	140
2012	0,071	12-oct	213	57-65	-175
	2,630	11-avr	447	76-76	Etale BM
2013	0,115	09-juil	693	77-78	-111
	6,768	20-nov	1463	80-77	175
2014	0,165	24-sept	352	84-86	Etale PM
	2,788	27-nov	659	78-74	Etale BM

Tableau 3-13 : Maximum et minimum des MES - Point E (PK 52) au FOND
(Concentration en $g.l^{-1}$; lignes blanches : minimum, lignes grises : maximum) de 1978 à 2014

Année	C ($g.l^{-1}$)	Date	Débits $m^3.s^{-1}$	Coef. marée	V max ($cm.s^{-1}$)
1978	0,136	30-août	177	43-47	90
	3,340	19-juil	524	76-82	120
1979	0,080	07-juin	1814	52-56	95
	5,470	13-mars	685	73-77	130
1980	0,090	13-févr	1580	44-48	-65
	2,860	23-avr	480	48-43	110
1981	0,058	12-août	263	41-44	75
	38,810	08-juil	327	66-62	105
1982	0,408	07-juil	372	72-73	150
	40,980	11-août	249	75-72	90
1983	0,164	08-juin	1471	56-51	-100
	41,960	22-juin	838	63-65	-100
1984	0,324	08-août	275	49-50	85
	31,310	11-janv	686	51-48	135
1985	0,102	25-sept	260	41-47	-55
	7,168	13-mars	1422	80-71	145
1986	0,124	14-mai	2146	62-58	65
	3,090	27-août	222	57-51	70
1987	0,174	19-août	438	33	50
	8,250	20-mai	700	58-54	110
1988	0,145	27-avr	1301	36-40	-55
	3,580	24-août	327	36-40	95
1989	0,164	11-juil	205	54-50	80
	9,574	15-mars	1340	50-42	108
1990	0,190	04-juil	487	43-44	90
	5,940	04-avr	474	40	82
1991	0,060	05-juin	695	51-49	86
	3,178	14-nov	308	44-40	-79
1992	0,082	25-juin	1657	46-46	-78
	9,956	24-avr	410	50-44	-90
1993	0,213	29-juil	456	51-45	-10
	3,978	15-avr	650	40-37	-96
1994	0,144	19-mai	1473	51-50	BM
	5,978	05-mai	1784	46	BM
1995	0,147	19-oct	378	33	Etale BM
	2,453	24-mai	800	53	-82

Année	C ($g.l^{-1}$)	Date	Débits $m^3.s^{-1}$	Coef. marée	V max ($cm.s^{-1}$)
1996	0,174	25-juil	265	49-48	BM
	6,216	25-avr	731	52-46	86
1997	0,196	12-juin	475	58-53	BM
	3,760	24-juil	311	104-101	-105
1998	0,046	05-mars	626	79-70	-148
	2,032	03-juin	703	45-43	80
1999	0,102	02-sept	230	82-76	94
	3,102	07-mai	1411	58-54	-88
2000	0,179	21-juil	408	75-73	BM
	5,007	13-avr	1161	49	-53
2001	0,107	03-mai	1468	53	-88
	1,314	09-nov	275	47-45	66
2002	0,292	17-sept	412	38-41	PM
	9,111	18-avr	692	73-68	-59
2003	0,160	11-juil	173	61-65	85
	7,398	14-nov	286	65-60	85
2004	0,242	27-juin	448	49-49	88
	0,523	22-oct	368	42-41	76
2005	0,118	30-sept	322	44-51	85
	2,350	21-avr	961	48-45	108
2006	0,230	06-juil	202	40-41	76
	8,667	20-avr	1134	48-43	94
2007	0,147	23-août	226	26-27	Etale PM
	3,950	08-juin	1163	60-58	-53
2008	0,232	09-juin	2231	73-58	Etale BM
	6,200	18-avr	1399	69	-117
2009	0,169	18-juin	645	47-50	Etale PM
	2,400	25-avr	1563	92-95	Etale PM
2010	0,280	22-juil	346	47-47	Etale PM
	5,560	17-juin	1134	85-82	Etale BM
2011	0,308	22-sept	208	31-34	Etale PM
	7,220	14-avr	701	55-63	Etale PM
2012	0,157	12-sept	227	44-51	Etale BM
	32,800	11-avr	447	76-76	53
2013	0,214	30-sept	317	38-44	Etale PM
	5,678	20-nov	1463	80-77	-59
2014	0,253	08-juil	408	47-51	173
	5,598	19-juin	457	73-68	191

3.5. Oxygène dissous

3.5.1. Variations temporelles

3.5.1.1. Variation au cours de la marée

En 2014 les écarts entre les valeurs des déficits par rapport à la saturation (maxi-mini en ml/l) s'échelonnent :

Au Point F-PK 67 (Tableau 3-14)

en surface entre -0,11 ml.l⁻¹ (13 octobre) et 1,27 ml.l⁻¹ (26 avril)
au fond entre -0,04 ml.l⁻¹ (7 juillet et 27 août) et 1,25 ml.l⁻¹ (26 avril)

Au Point E PK 52 (Tableau 3-15)

en surface entre -0,29 ml.l⁻¹ (14 octobre) et 1,48 ml.l⁻¹ (27 novembre)
au fond entre -0,32 ml.l⁻¹ (14 octobre) et 1,65 ml.l⁻¹ (19 juin)

Au Point K-PK 30 (Tableau 3-16)

en surface entre -0,04 ml.l⁻¹ (16 octobre) et 1,89 ml.l⁻¹ (20 novembre)
au fond entre -0,04 ml.l⁻¹ (16 octobre) et 1,91 ml.l⁻¹ (20 novembre)

3.5.1.2. Variations mensuelles

Point F-PK 67 (Figure 3-27, Figure 3-28)

Les déficits moyens de l'année s'échelonnent entre :

en surface : 0,00 ml.l⁻¹ (0,00 %) le 13 octobre et 1,09 ml.l⁻¹ (16,52 %) le 26 avril.
au fond : 0,00 ml.l⁻¹ (0,00 %) le 13 octobre et 1,08 ml.l⁻¹ (16,43 %) le 26 avril.

Les valeurs moyennes maximales de la marée ont été relevées :

le 13 octobre en surface : 6,02 ml.l⁻¹ (100 %) (Qfl : 276 m³.s⁻¹ - coef. 75-67)
le 13 octobre au fond : 5,97 ml.l⁻¹ (100 %) (Qfl : 276 m³.s⁻¹ - coef. 75-67)

Les déficits moyens correspondants:

en surface : 0,00 ml.l⁻¹ (0,00 %)
au fond : 0,00 m ml.l⁻¹ (0,00 %)

Les valeurs moyennes minimales de la marée ont été relevées :

le 18 juin en surface : 5,03 ml.l⁻¹ (87,05 %) (Qfl : 479 m³.s⁻¹ - coef. 83-78)
le 18 juin au fond : 5,01 ml.l⁻¹ (85,29 %) (Qfl : 479 m³.s⁻¹ - coef. 83-78)

Les déficits moyens correspondants :

en surface : 0,76 ml.l⁻¹ (12,95 %)
au fond : 0,86 ml.l⁻¹ (14,71 %)

Les déficits minimum de l'année ont été relevés :

le 13 octobre en surface : $-0,11 \text{ ml.l}^{-1}$ (-1,80 %) (Qfl : $276 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 75-67)

le 7 juillet au fond : $-0,04 \text{ ml.l}^{-1}$ (-0,77 %) (Qfl : $401 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 45)

Les déficits maximum ont été relevés :

le 26 avril en surface : $1,27 \text{ ml.l}^{-1}$ (18,96 %) (Qfl : $748 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 75-81)

le 26 avril au fond : $1,25 \text{ ml.l}^{-1}$ (18,77 %) (Qfl : $748 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 75-81)

Les valeurs moyennes de l'année 2014 au point F ont évolué autour d'un taux de saturation de 91,29% ($5,55 \text{ ml.l}^{-1}$). En 2013, la moyenne était de 89,9 % de taux de saturation ($5,72 \text{ ml.l}^{-1}$). Le déficit moyen annuel est évalué à $0,55 \text{ ml.l}^{-1}$ (8,49 %), alors qu'en 2009 il était évalué à $0,64 \text{ ml.l}^{-1}$ (10,17 %). (Tableau 3-14)(Tableau 3-17)

Tableau 3-14: Oxygène dissous au point F (PK 67)

VI-13 - OXYGENE DISSOUS														
POINT F PK 67														
ANNEE F 2014														
DATES		TAUX DE SATURATION			DEFICIT						ECART MAXI TRANCHE D'EAU		COEFFICIENT	Qfl: m3.s-1 (moy. 10 jours précédents)
		ml/l	ml/l	%	Moyen		Minimum		Maximum		ml/l	%		
26 avril-14	S	6,60	5,51	83,48	1,09	16,52%	0,94	14,16%	1,27	18,96%	0,07	1,38	75-81	748
	F	6,55	5,48	83,57	1,08	16,43%	0,88	13,89%	1,25	18,77%				
6 mai-14	S	6,61	5,86	88,60	0,75	11,40%	0,68	10,32%	0,83	12,49%	0,11	5,17	42-41	877
	F	6,50	5,90	90,73	0,60	9,27%	0,42	6,56%	0,77	11,69%				
18 juin-14	S	5,79	5,03	87,05	0,76	12,95%	0,44	8,30%	0,91	15,27%	0,07	7,75	83-78	479
	F	5,88	5,01	85,29	0,86	14,71%	0,80	13,52%	0,92	16,05%				
7 Juil 2014	S	5,67	5,36	94,47	0,31	5,53%	0,15	2,63%	0,46	8,00%	0,16	4,29	45	401
	F	5,62	5,43	96,52	0,20	3,48%	-0,04	-0,77%	0,44	7,67%				
27 août-14	S	5,74	5,39	95,50	0,26	4,50%	0,15	2,63%	0,46	8,00%	0,06	0,86	78-80	321
	F	5,74	0,00	0,00	0,00	0,00%	-0,04	-0,77%	0,44	7,67%				
23 #####	S	5,71	5,32	93,00	0,40	7,00%	0,37	6,32%	0,45	8,00%	0,07	2,23	79-82	348
	F	5,70	5,34	93,73	0,36	6,27%	0,32	5,76%	0,40	6,80%				
13 octobre-14	S	5,99	6,02	100,51	0,00	-0,51%	-0,11	-1,80%	0,02	0,36%	0,13	1,34	75-67	276
	F	5,94	5,97	100,00	0,00	0,00%	-0,03	-0,47%	-0,01	-0,13%				
26 novembre-14	S	6,91	5,96	86,26	0,95	13,74%	0,77	11,53%	1,09	15,38%	0,14	1,74	86-83	637
	F	6,86	5,85	85,39	1,01	14,61%	0,82	12,44%	1,21	17,11%				
Moyennes	S	6,13	5,55	91,11	0,57	8,89%	0,42	6,76%	0,69	10,81%				
	F	6,10	4,87	79,40	0,51	8,10%	0,39	6,27%	0,68	10,70%				
	G	6,11	5,21	85,26	0,54	8,49%	0,41	6,52%	0,68	10,76%				
min Surf		5,67	5,03	83,48	0,00	-0,51%	-0,11	-1,80%	0,02	0,36%	0,06	0,86		
min Fond		5,62	0,00	0,00	0,00	0,00%	-0,04	-0,77%	-0,01	-0,13%				
max Surf		6,91	6,02	100,51	1,09	16,52%	0,94	14,16%	1,27	18,96%	0,16	7,75		
max Fond		6,86	5,97	100,00	1,08	16,43%	0,88	13,89%	1,25	18,77%				

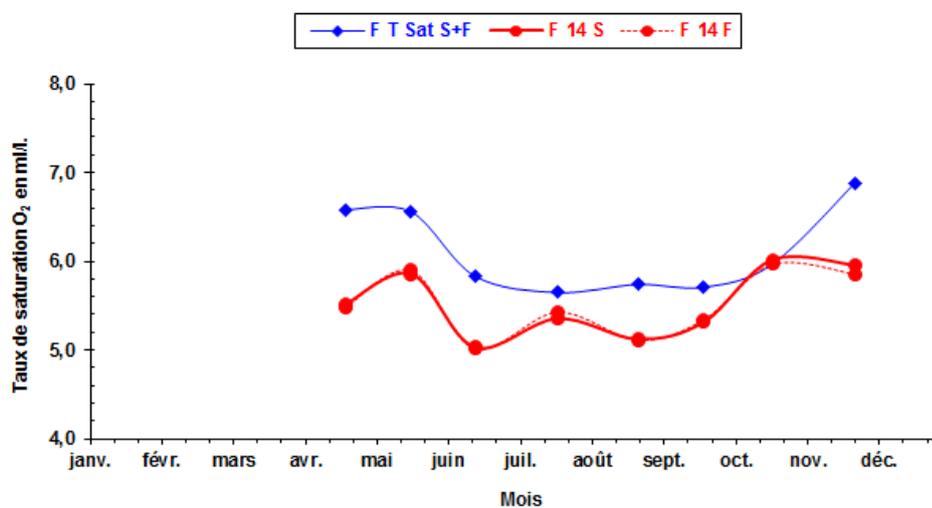


Figure 3-27 : Variations mensuelles des valeurs moyennes d'oxygène dissous exprimées en ml.l⁻¹ au Point F (PK 67) en 2014

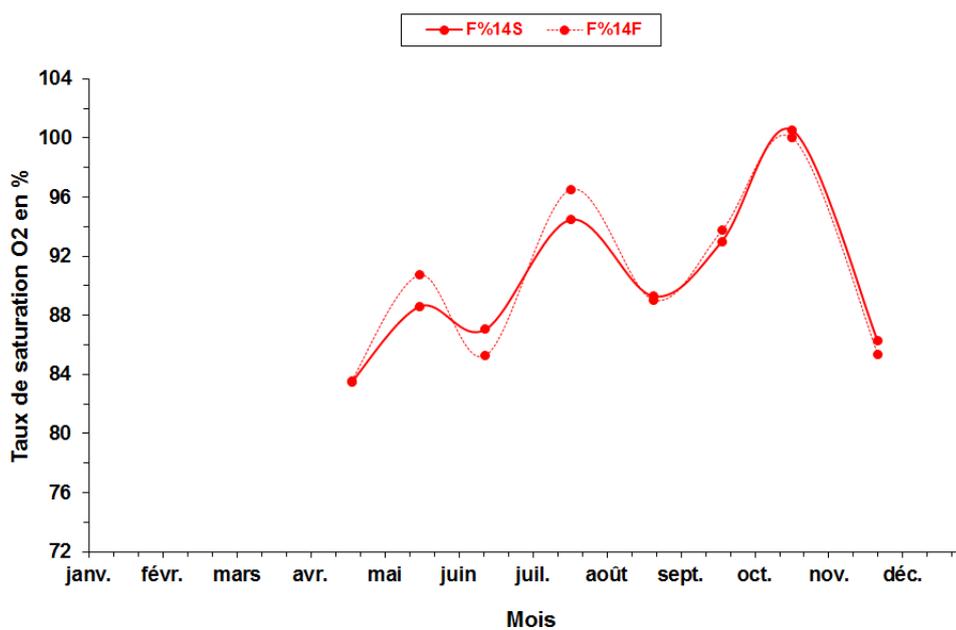


Figure 3-28 : Variations mensuelles des valeurs moyennes d'oxygène dissous exprimées en % de saturation au Point F (PK 67) en 2014

Au Point E-PK 52 (Figures 3-29 et 3-30)

Les déficits moyens de l'année s'échelonnent entre :

en surface : $-0,04 \text{ ml.l}^{-1}$ (-0,67 %) le 14 octobre et $1,22 \text{ ml.l}^{-1}$ (20,24 %) le 19 juin,
au fond : $-0,07 \text{ ml.l}^{-1}$ (-1,22 %) le 14 octobre et $1,41 \text{ ml.l}^{-1}$ (23,44 %) le 19 juin.

Les valeurs moyennes maximales de la marée ont été relevées

le 14 octobre en surface : $6,19 \text{ ml.l}^{-1}$ (92,02 %) (Qfl : $659 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 78-74)

le 14 octobre au fond : $6,22 \text{ ml.l}^{-1}$ (91,77 %) (Qfl : $659 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 78-74)

Les déficits moyens correspondants ont des valeurs de :

en surface : $1,22 \text{ ml.l}^{-1}$ (20,24 %)

au fond : $1,41 \text{ ml.l}^{-1}$ (23,44 %)

Les valeurs moyennes minimales de la marée ont été relevées :

le 19 juin en surface : $4,80 \text{ ml.l}^{-1}$ (79,76 %) (Qfl : $457 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 73-68)

le 19 juin au fond : $4,61 \text{ ml.l}^{-1}$ (76,56 %) (Qfl : $457 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 73-68)

Les déficits moyens correspondants ont des valeurs de :

en surface : $-0,04 \text{ ml.l}^{-1}$ (-0,67 %)

au fond : $-0,07 \text{ ml.l}^{-1}$ (-1,22 %)

Les déficits minimum de l'année ont été observés :

le 14 octobre en surface : $-0,29 \text{ ml.l}^{-1}$ (-4,77 %) (Qfl : $302 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 59-62)

le 14 octobre au fond : $-0,32 \text{ ml.l}^{-1}$ (-5,23 %) (Qfl : $302 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 59-62)

Les déficits maximum ont été relevés :

le 27 novembre en surface : $1,21 \text{ ml.l}^{-1}$ (18,19 %) (Qfl : $659 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 78-74)

le 19 juin au fond : $1,29 \text{ ml.l}^{-1}$ (21,16 %) (Qfl : $457 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 73-68)

Tableau 3-15 Oxygène dissous au point E (PK 52)

VI-14 - OXYGENE DISSOUS																
POINT E PK 52																
ANNEE E 2014																
DATES		TAUX DE SATURATION		MOY DE LA MAREE				DEFICIT				ECART MAXI TRANCHE D'EAU		COEFFICIENT	Qf: m3.s-1 (moy. 10 jours précédents)	
		m/l		m/l	%	Moyen m/l	%	Minimum m/l	%	Maximum m/l	%	m/l	%			
	S															
	F															
7	S	6,74	5,77	85,62	0,97	14,38%	0,81	12,20%	1,06	15,63%	0,06	2,07	37-36	874		
mai-14	F	6,79	5,75	84,75	1,04	15,25%	0,96	14,27%	1,15	16,79%						
19	S	6,02	4,80	79,76	1,22	20,24%	1,10	18,19%	1,30	21,75%	0,48	7,64	73-68	457		
juin-14	F	6,02	4,61	76,56	1,41	23,44%	1,29	21,16%	1,65	27,59%						
8	S	5,79	5,05	87,16	0,75	12,84%	0,51	9,04%	1,04	17,54%	0,07	1,23	47-51	408		
juillet-14	F	5,80	5,06	87,35	0,74	12,65%	0,44	7,80%	1,05	17,77%						
28	S	5,87	4,97	84,62	0,91	15,38%	0,50	8,72%	1,28	21,40%	0,12	2,14	80-81	316		
août-14	F	5,88	4,97	84,60	0,91	15,40%	0,63	10,86%	1,21	20,33%						
24	S	5,88	5,26	89,46	0,62	10,54%	0,37	6,41%	0,85	14,14%	0,21	3,78	84-86	352		
#####	F	5,89	5,20	88,40	0,69	11,60%	0,41	7,09%	1,08	17,92%						
14	S	6,15	6,19	100,67	-0,04	-0,67%	-0,29	-4,77%	0,26	4,15%	0,08	1,57	59-52	302		
octobre-14	F	6,14	6,22	101,22	-0,07	-1,22%	-0,32	-5,23%	0,16	2,58%						
27	S	7,13	5,92	83,04	1,21	16,96%	1,21	17,00%	1,48	20,35%	0,10	2,12	78-74	659		
novembre-14	F	7,12	5,87	82,45	1,25	17,55%	1,15	16,29%	1,43	19,85%						
Moyennes	S	6,22	5,34	87,88	0,74	12,12%	0,50	8,30%	0,97	15,77%						
	F	6,23	5,30	87,15	0,78	12,85%	0,57	9,33%	1,05	17,16%						
	G	6,23	5,32	87,52	0,76	12,48%	0,53	8,81%	1,01	16,46%						
min Surf		5,79	4,80	79,76	-0,04	-0,67%	-0,29	-4,77%	0,26	4,15%	0,06	1,23				
min Fond		5,80	4,61	76,56	-0,07	-1,22%	-0,32	-5,23%	0,16	2,58%						
max Surf		7,13	6,19	100,67	1,22	20,24%	1,21	18,19%	1,48	21,75%	0,48	7,64				
max Fond		7,12	6,22	101,22	1,41	23,44%	1,29	21,16%	1,65	27,59%						

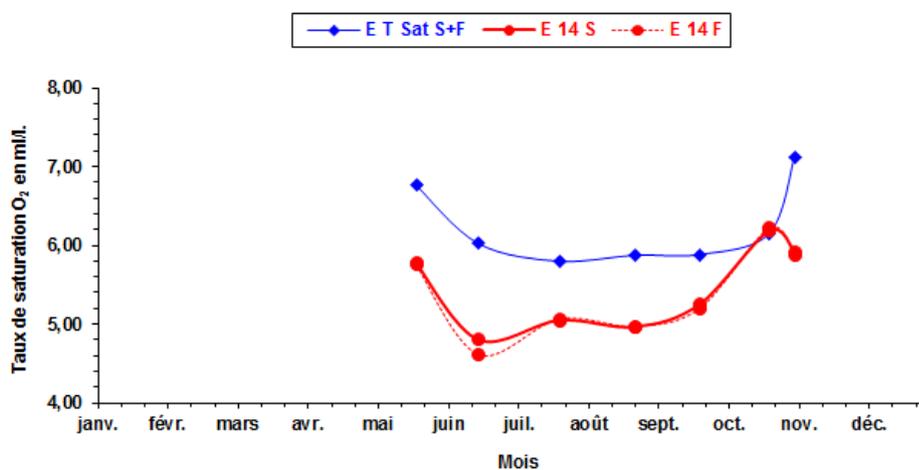


Figure 3-29 : Variations mensuelles des valeurs moyennes d'oxygène dissous exprimées en ml.l¹ au Point E (PK 52) en 2014

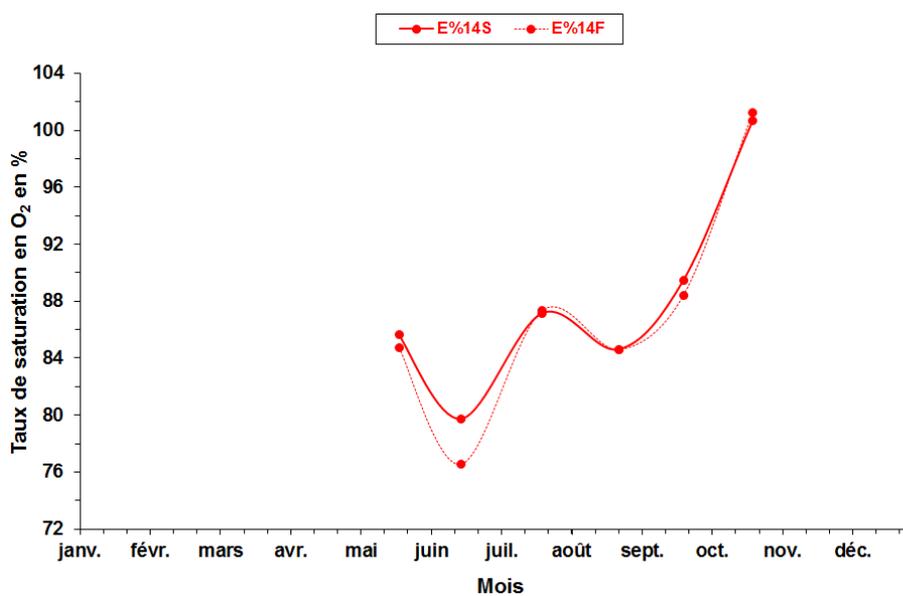


Figure 3-30 : Variations mensuelles des valeurs moyennes d'oxygène dissous exprimées en % de saturation au Point E (PK 52) en 2014

Point K-PK 30 (Figures 3-31 et 3-32)

Les déficits moyens de l'année s'échelonnent entre :

en surface : $-0,02 \text{ ml.l}^{-1}$ (-0,36 %) le 16 octobre et $1,91 \text{ ml.l}^{-1}$ (27,01 %) le 20 novembre,
au fond : $-0,03 \text{ ml.l}^{-1}$ (-0,47 %) le 16 octobre et $1,89 \text{ ml.l}^{-1}$ (27,40 %) le 20 novembre.

Les concentrations moyennes maximales de la marée ont été relevées

le 16 octobre en surface : $6,43 \text{ ml.l}^{-1}$ (100,36 %) (Qfl : $343 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 63-69)

le 16 octobre au fond : $6,43 \text{ ml.l}^{-1}$ (100,47 %) (Qfl : $343 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 63-69)

Les déficits moyens correspondants ont des valeurs de:

en surface : $1,91 \text{ ml.l}^{-1}$ (27,01 %)

au fond : $1,89 \text{ ml.l}^{-1}$ (27,40 %)

Les concentrations moyennes minimales de la marée ont été relevées :

le 24 juin en surface : $4,38 \text{ ml.l}^{-1}$ (72,99 %) (Qfl : $371 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 77-76)

le 24 juin au fond : $4,33 \text{ ml.l}^{-1}$ (72,60 %) (Qfl : $371 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 77-76)

Les déficits moyens correspondants ont des valeurs de :

en surface : $-0,02 \text{ ml.l}^{-1}$ (-0,36 %)

au fond : $-0,03 \text{ ml.l}^{-1}$ (-0,47 %)

Les déficits minimum de l'année ont été observés :

le 16 octobre en surface : $-0,04 \text{ ml.l}^{-1}$ (-0,55 %) (Qfl : $343 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 63-69)

le 16 octobre au fond : $-0,04 \text{ ml.l}^{-1}$ (-0,55 %) (Qfl : $343 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 63-69)

Les déficits maximum ont été relevés :

le 20 novembre en surface : $1,89 \text{ ml.l}^{-1}$ (30,56 %) (Qfl : $456 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 60-64)

le 20 novembre au fond : $1,91 \text{ ml.l}^{-1}$ (31,07 %) (Qfl : $456 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ - coef. 60-64)

Tableau 3-16 : Oxygène dissous au point K (PK 30)

VI-15 - OXYGENE DISSOUS														
POINT K PK 30														
ANNEE K 2014														
DATES		TAUX DE SATURATION		DEFICIT						ECART MAXI TRANCHE D'EAU		COEFFICIENT	Qf: m3.s-1 (moy. 10 jours précédents)	
		m/l		MOY DE LA MAREE		Moyen		Minimum		Maximum				
		m/l	%	m/l	%	m/l	%	m/l	%	m/l	%	m/l	%	
25 avril-14	S	6,88	5,74	83,44	1,14	16,56%	0,96	13,93%	1,27	18,58%	0,07	1,02	68-62	742
	F	6,88	5,73	83,26	1,15	16,74%	0,89	12,91%	1,30	19,02%				
4 mai-14	S	7,13	6,26	87,76	0,87	12,24%	0,78	10,84%	0,96	13,60%	0,04	0,56	80-78	872
	F	7,13	6,27	88,00	0,86	12,00%	0,74	10,28%	0,96	13,40%				
24 juin-14	S	5,94	4,38	72,99	1,57	27,01%	1,43	24,16%	1,81	30,56%	0,14	2,61	77-76	371
	F	5,96	4,33	72,60	1,63	27,40%	1,50	25,13%	1,84	31,07%				
10 juillet-14	S	6,06	5,16	85,11	0,90	14,89%	0,76	12,57%	1,08	17,85%	0,08	1,19	73-70	442
	F	6,07	5,13	84,60	0,93	15,40%	0,83	13,73%	1,09	17,90%				
26 août-14	S	6,06	4,81	79,36	1,25	20,64%	1,11	18,37%	1,46	23,96%	0,17	2,68	108-105	331
	F	6,07	4,86	80,07	1,21	19,93%	1,05	17,41%	1,44	23,63%				
30	S	6,17	4,66	75,46	1,52	24,54%	1,23	20,04%	1,80	29,02%	0,17	2,75	35-31	364
#####	F	6,18	4,74	76,63	1,45	23,37%	1,19	19,36%	1,75	28,08%				
16 octobre-14	S	6,41	6,43	100,36	-0,02	-0,36%	-0,04	-0,55%	-0,01	-0,09%	0,04	0,31	63-69	343
	F	6,40	6,43	100,47	-0,03	-0,47%	-0,04	-0,55%	-0,03	-0,40%				
20 novembre-14	S	7,44	5,53	74,37	1,91	25,63%	1,77	23,77%	1,89	25,42%	0,06	0,91	60-64	456
	F	7,43	5,54	74,58	1,89	25,42%	1,70	22,86%	1,91	25,63%				
Moyennes	S	6,59	5,51	83,70	1,08	16,30%	0,94	14,14%	1,21	18,33%				
	F	6,59	5,53	83,95	1,07	16,05%	0,91	13,71%	1,20	18,18%				
	G	6,59	5,52	83,82	1,07	16,18%	0,92	13,92%	1,21	18,26%				
min Surf		5,94	4,38	72,99	-0,02	-0,36%	-0,04	-0,55%	-0,01	-0,09%	0,04	0,31		
min Fond		5,96	4,33	72,60	-0,03	-0,47%	-0,04	-0,55%	-0,03	-0,40%				
max Surf		7,44	6,43	100,36	1,91	27,01%	1,77	24,16%	1,89	30,56%	0,17	2,75		
max Fond		7,43	6,43	100,47	1,89	27,40%	1,70	25,13%	1,91	31,07%				

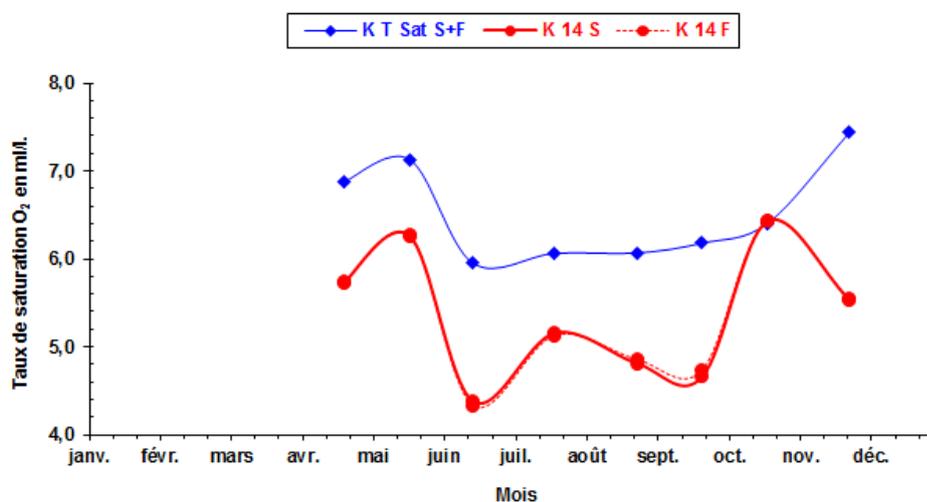


Figure 3-31 : Variations mensuelles des valeurs moyennes d'oxygène dissous exprimées en ml.l⁻¹ au Point K (PK 30) en 2014

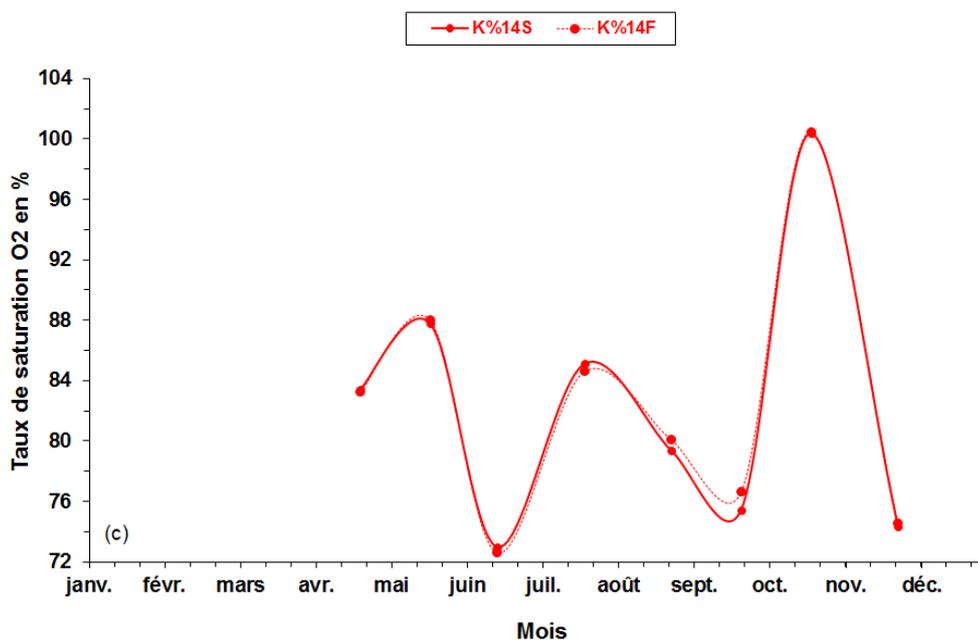


Figure 3-32 : Variations mensuelles des valeurs moyennes d'oxygène dissous exprimées en % de saturation au Point K (PK 30) en 2014

3.5.1.3. Variations pluriannuelles

Tableau 3-17 : Moyenne des déficits annuels aux points F (PK 67) et E (PK 52) Intervalle de confiance Tn-1

	ANNEE	Nombre de valeurs	Moyenne des déficits annuels (ml/l)	Intervalle de confiance	Tn-1
Point F	1992	62	1,110	0,0582	0,275
	1993	60	1,238	0,0610	0,284
	1994	64	1,107	0,0790	0,380
	1995	64	0,800	0,0645	0,310
	1996	64	0,937	0,0634	0,305
	1997	64	0,990	0,0355	0,171
	1998	64	0,873	0,0507	0,243
	1999	64	1,040	0,0534	0,256
	2000	64	1,201	0,0560	0,268
	2001	64	0,997	0,0617	0,295
	2002	64	1,010	0,0619	0,296
	2003	64	0,842	0,0752	0,360
	2004	64	0,786	0,1045	0,496
	2005	64	0,448	0,0842	0,400
	2006	58	0,584	0,0690	0,330
	2007	48	0,415	0,0650	0,311
	2008	64	0,670	0,0600	0,285
	2009	64	0,667	0,0501	0,238
	2010	64	0,625	0,0389	0,185
	2011	64	0,564	0,0955	0,458
2012	56	0,431	0,0583	0,277	
2013	56	0,632	0,0756	0,362	
2014	64	0,520	0,0840	0,401	
Point E	1978	124	0,499	0,1766	1,186
	1979	157	0,420	0,0611	0,463
	1980	163	0,496	0,0599	0,462
	1981	168	0,820	0,0526	0,412
	1982	162	0,843	0,0499	0,384
	1983	168	1,165	0,0444	0,348
	1984	100	1,337	0,0461	0,278
	1985	90	1,312	0,0599	0,342
	1986	90	1,175	0,0536	0,306
	1987	90	1,301	0,0554	0,316
	1988	90	1,362	0,0496	0,283
	1989	90	1,254	0,0782	0,446
	1990	86	1,186	0,0513	0,286
	1991	88	1,199	0,0531	0,300
	1992	64	1,259	0,0630	0,303
	1993	64	1,420	0,0535	0,257
	1994	64	1,097	0,1081	0,520
	1995	64	1,000	0,0730	0,351
	1996	64	1,047	0,0552	0,266
	1997	64	1,064	0,0435	0,209
1998	64	1,147	0,0573	0,274	
1999	64	1,154	0,0558	0,267	
2000	64	1,456	0,0598	0,286	
2001	64	0,939	0,0845	0,405	
2002	64	1,170	0,0687	0,329	
2003	64	1,111	0,0851	0,408	
2004	64	1,039	0,0836	0,397	
2005	64	0,817	0,0670	0,318	
2006	64	0,819	0,0655	0,314	
2007	64	0,590	0,0495	0,237	
2008	64	0,768	0,0445	0,211	
2009	64	0,899	0,0504	0,240	
2010	56	0,646	0,0706	0,335	
2011	64	0,624	0,0860	0,412	
2012	64	0,865	0,0781	0,371	
2013	64	0,609	0,0825	0,395	
2014	56	0,828	0,1080	0,467	

Les moyennes annuelles établies d'après les valeurs mesurées à chaque point montrent l'évolution des déficits moyens qui croissent de l'aval vers l'amont.

Tableau 3-18 : Moyenne des déficits annuels aux points J (PK 52) et K (PK 30) Intervalle de confiance Tn-1

	ANNEE	Nombre de valeurs	Moyenne des déficits annuels (ml/l)	Intervalle de confiance	Tn-1
Point J	1984	86	1,387	0,0698	0,390
	1985	90	1,294	0,0397	0,227
	1986	90	1,025	0,0576	0,329
	1987	90	1,470	0,0631	0,360
	1988	90	1,518	0,0503	0,287
	1989	90	1,422	0,0751	0,428
	1990	90	1,328	0,0524	0,299
	1991	88	1,338	0,0597	0,337
Point K	1984	90	1,511	0,0678	0,387
	1985	90	1,419	0,0708	0,474
	1986	90	1,241	0,0736	0,420
	1987	90	1,800	0,0790	0,451
	1988	90	1,361	0,0710	0,405
	1989	90	1,517	0,0644	0,368
	1990	90	1,628	0,0634	0,362
	1991	88	1,600	0,0620	0,350
	1992	64	1,592	0,0850	0,409
	1993	64	1,896	0,0746	0,359
	1994	64	1,132	0,1556	0,749
	1995	64	1,470	0,1522	0,732
	1996	64	1,553	0,0645	0,310
	1997	64	1,674	0,0658	0,317
	1998	64	1,516	0,0580	0,277
	1999	64	1,539	0,0642	0,307
	2000	64	1,709	0,0711	0,340
	2001	64	1,119	0,1103	0,528
	2002	64	1,710	0,0509	0,244
	2003	64	1,605	0,0927	0,444
	2004	64	1,542	0,1229	0,584
	2005	64	1,242	0,0682	0,324
2006	64	1,219	0,0834	0,399	
2007	56	0,823	0,0972	0,466	
2008	64	0,946	0,0847	0,402	
2009	64	1,338	0,1166	0,554	
2010	64	1,162	0,0484	0,230	
2011	64	1,259	0,0788	0,378	
2012	64	1,356	0,0621	0,295	
2013	64	0,864	0,1484	0,711	
2014	64	1,138	0,1180	0,568	

Les moyennes annuelles établies d'après les valeurs mesurées à chaque point montrent l'évolution des déficits moyens qui croissent de l'aval vers l'amont.

3.5.2. Variations spatiales

Les variations spatiales sont étudiées longitudinalement (sur la longueur de l'estuaire) et verticalement (sur la tranche d'eau) à partir des mesures effectuées lors des 8 campagnes réalisées au cours de l'année.

3.5.2.1. Variations longitudinales

(Tableaux 3-14 à 3-16)

La moyenne des teneurs annuelles 2014 est de :

En surface :

Au Point F :

5,56 ml.l⁻¹ (91,24 %) pour une valeur de saturation de 6,13 ml.l⁻¹,
d'où un déficit de 0,56 ml.l⁻¹ (8,89 %).

Au Point E :

5,34 ml.l⁻¹ (87,88 %) pour une valeur de saturation de 6,22 ml.l⁻¹,
d'où un déficit de 0,74 ml.l⁻¹ (12,12 %).

Au Point K :

5,51 ml.l⁻¹ (83,70 %) pour une valeur de saturation de 6,59 ml.l⁻¹,
d'où un déficit de 1,08 ml.l⁻¹ (16,30 %).

Au fond :

Au point F :

5,54 ml.l⁻¹ (91,34 %) pour une valeur de saturation de 6,10 ml.l⁻¹,
d'où un déficit de 0,55 ml.l⁻¹ (8,10 %).

Au point E :

5,30 ml.l⁻¹ (87,15 %) pour une valeur de saturation de 6,23 ml.l⁻¹,
d'où un déficit de 0,78 ml.l⁻¹ (12,85 %).

Au Point K :

5,53 ml.l⁻¹ (83,95 %) pour une valeur de saturation de 6,59 ml.l⁻¹,
d'où un déficit de 1,07 ml.l⁻¹ (16,05 %).

Les déficits moyens mensuels (surface et fond) s'échelonnent :

Au Point F :

entre 0,00 ml.l⁻¹ (-0,51 %) le 13 octobre et 1,09 ml.l⁻¹ (16,52 %) le 26 avril.

Au Point E :

entre -0,04 ml.l⁻¹ (-0,67 %) le 14 octobre et 1,41 ml.l⁻¹ (23,44 %) le 19 juin.

Au Point K :

entre -0,02 ml.l⁻¹ (-0,36 %) le 16 octobre et 1,91 ml.l⁻¹ (27,01 %) le 20 novembre.

Pour l'année 2014, la comparaison des déficits aux trois points est représentée sur la **Figure 3-36**

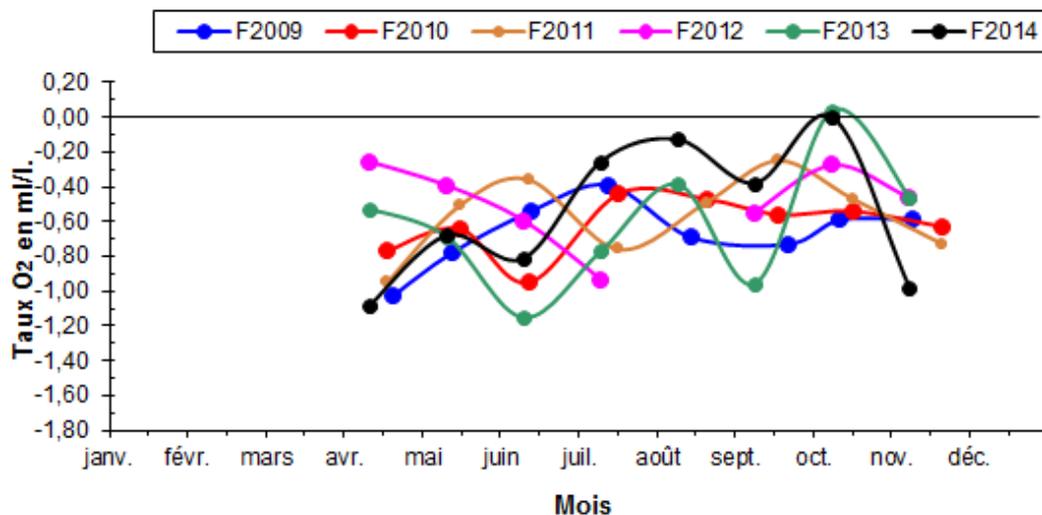


Figure 3-33 : Variations du déficit en oxygène dissous au point F (PK 67) (valeurs moyennes) de 2009 à 2014

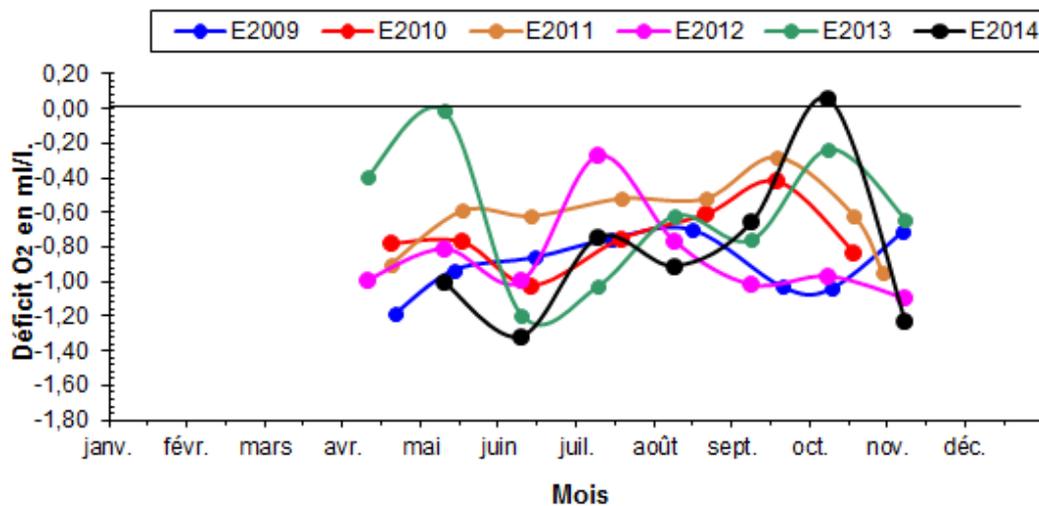


Figure 3-34 : Variations du déficit en oxygène dissous au point E (PK 52) (valeurs moyennes) de 2009 à 2014

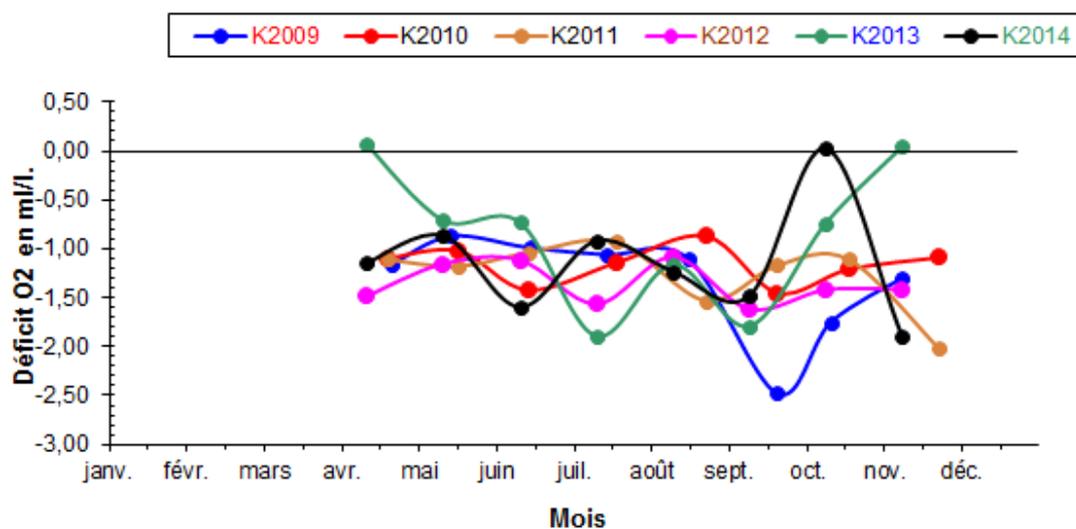


Figure 3-35 : Variations du déficit en oxygène dissous au point K (PK 30) (valeurs moyennes) de 2009 à 2014

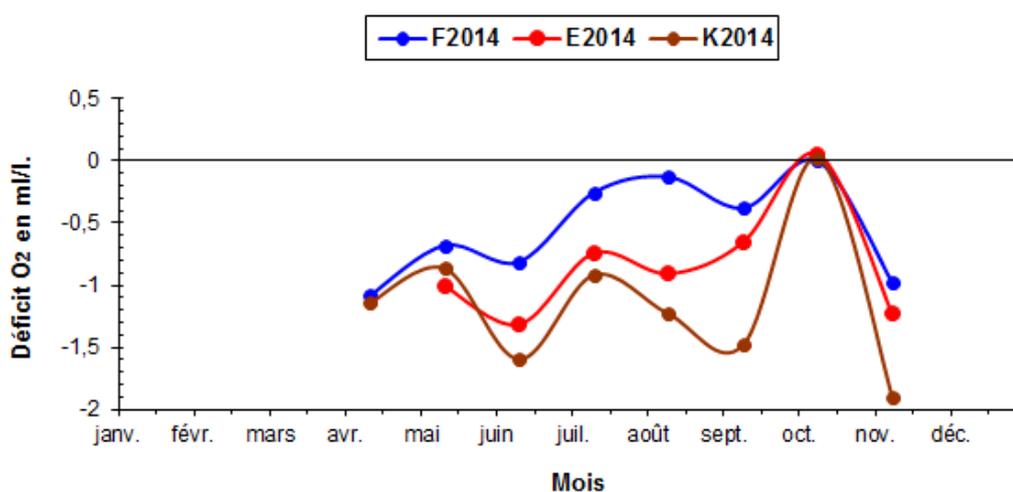


Figure 3-36 : Variations du déficit en oxygène dissous au point F, E, et K (valeurs moyennes) en 2014

3.5.2.2. Variations verticales

Les écarts maxima entre les déficits des teneurs en oxygène dissous sur la tranche d'eau ont évolué :

Au Point F-PK 67 (Tableaux 3-14)

Entre 0,05 ml.l⁻¹ (1,38 %) le 12 juin et 0,17 ml.l⁻¹ (4,34 %) le 17 avril.

Au Point E-PK 52 (Tableaux 3-15)

Entre 0,04 ml.l⁻¹ (1,24 %) le 9 juillet et 0,13 ml.l⁻¹ (1,71 %) le 30 sept.

Au Point K-PK 30 (Tableaux 3-16)

Entre 0,03 ml.l⁻¹ (0,43 %) le 12 mai et 0,16 ml.l⁻¹ (2,71 %) le 15 octobre.

Les teneurs en oxygène dissous en surface sont légèrement supérieures à celles du fond dans la majeure partie des cas.

Synthèse 2014

Depuis le début des mesures (1978 pour le point E), on n'observe pas de diminution excessive de la teneur en oxygène dissous des eaux. Les diminutions observées sont liées à l'intensité de la dégradation de matière organique, consommatrice d'oxygène. 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.

En moyenne, les déficits en O₂ dissous suivent un gradient longitudinal, avec un plus fort déficit au point K, et un plus faible déficit au point F.

Ces dernières années, le bouchon vaseux se localise plutôt en aval, avec des concentrations faibles, d'où des teneurs en oxygène dissous relativement élevées pour l'estuaire. Le CNPE n'a pas d'impact sur la position du bouchon vaseux, ni sur les teneurs en oxygène dissous à l'échelle de l'estuaire.

3.6. Mesure électrochimique du pH

3.6.1. Variations spatio-temporelles

Le pH moyen relevé au cours de l'année 2014 a évolué :

Au point F (Figure 3-37)

en surface entre 7,78 (14 mai) et 8,09 (8 juillet)

au fond entre 7,77 (14 mai) et 8,08 (8 juillet)

Au point E (Figure 3-37)

en surface entre 7,77 (22 mai) et 8,01 (30 septembre)

au fond entre 7,77 (22 mai) et 8,02 (30 septembre)

Au point K (Figure 3-37)

en surface entre 7,70 (12 mai) et 8,00 (27 septembre)

au fond entre 7,69 (15 avril) et 7,99 (27 septembre)

Ces valeurs varient très peu sur la tranche d'eau.

Le pH augmente d'amont en aval, au fur et à mesure que la proportion d'eau marine devient plus importante.

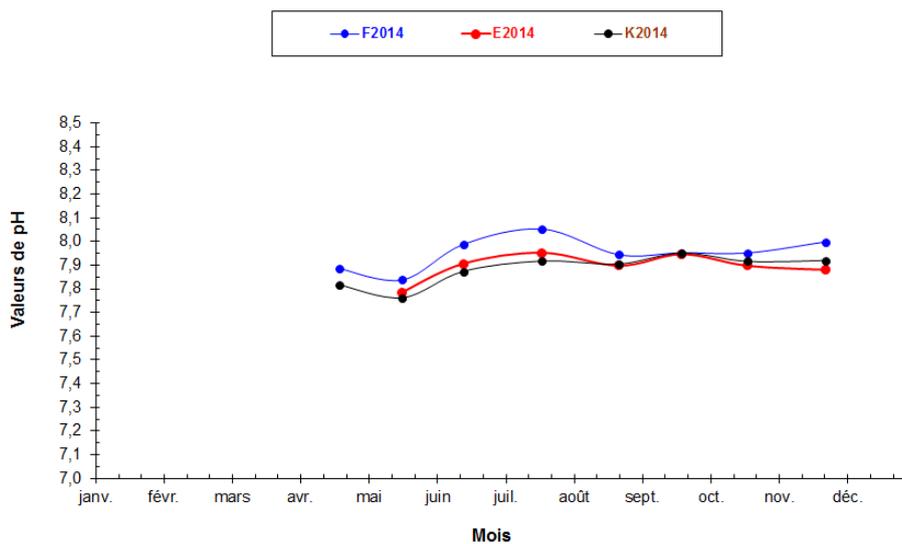


Figure 3-37 : Evolution du pH moyen (fond+surface) aux points F E K en 2014

Les **Figure 3-38** et **3-39** montrent l'évolution du taux de saturation en oxygène dissous et du pH aux stations F, E et K.

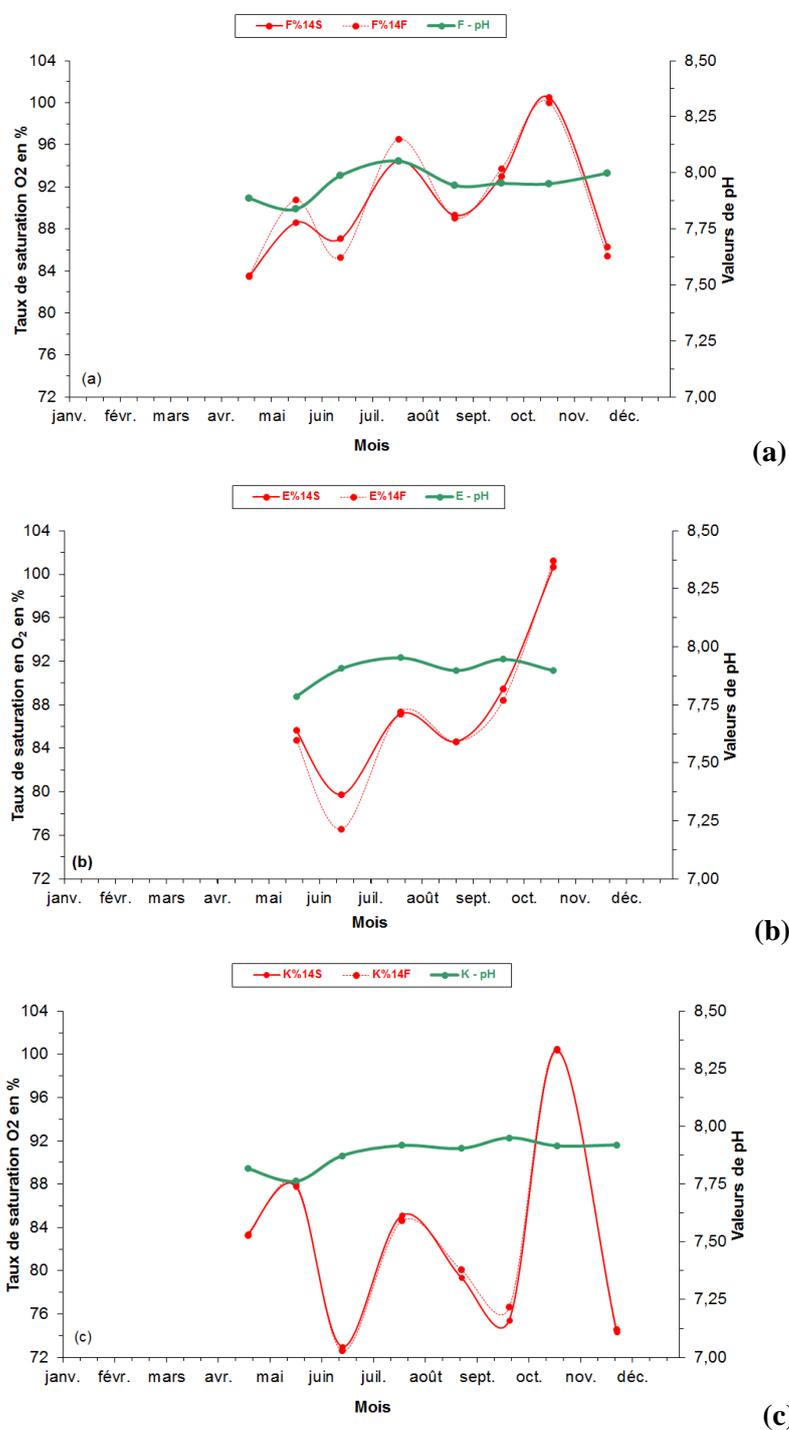
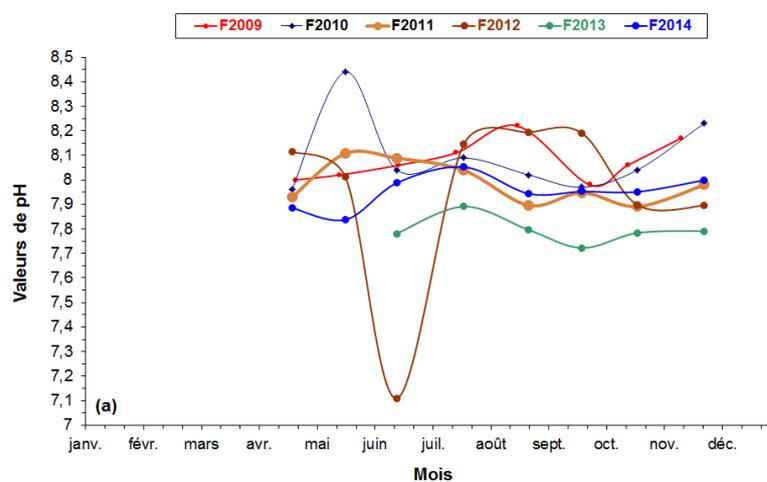
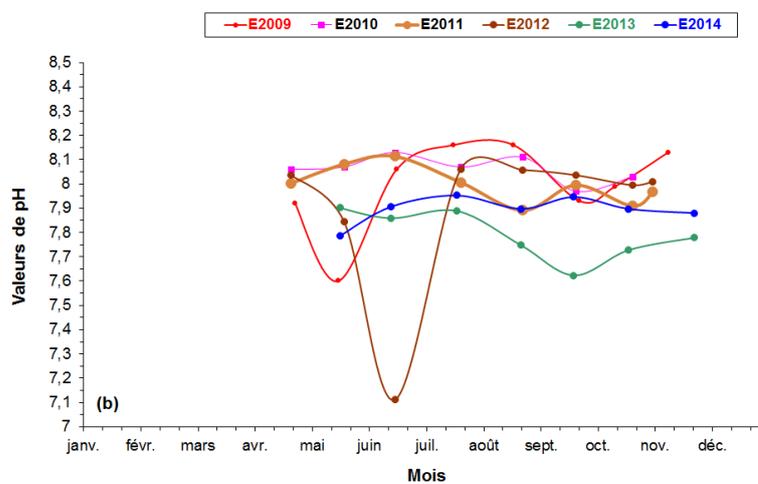


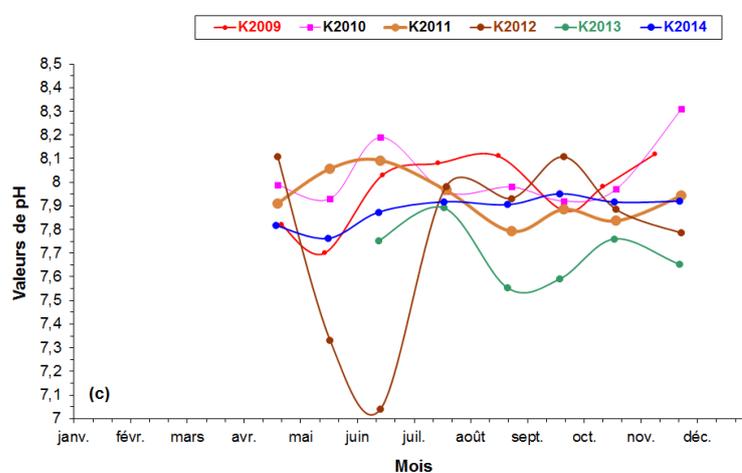
Figure 3-38 : Variations moyennes du pH (fond, surface) et du taux de saturation en oxygène aux points F (a), E (b), K (c) en 2014



(a)



(b)



(c)

Figure 3-39 : Comparaison des valeurs moyennes de pH aux points F (a), E (b), K (c) de 2009 à 2014

Synthèse 2014 :

La gamme de variation des pH est moins large et plus élevée qu'en 2013. Si on compare 2014 avec les 5 années précédentes, on note que le pH est dans la gamme des valeurs moyennes enregistrées. Les variations sont dues essentiellement au débit fluvial, et aussi, probablement, à la production primaire qui peut être importante en aval de l'estuaire. Dans tous les cas, il n'y a pas d'effet visible de la Centrale sur l'évolution du pH.

4. Paramètres hydrobiologiques et contaminants chimiques

4.1. Carbone organique

L'article 29 de l'arrêté du 18 septembre 2003 autorisant Electricité de France à poursuivre les prélèvements d'eau et les rejets d'effluents liquides et gazeux pour l'exploitation du site nucléaire du Blayais, prévoit la quantification du carbone organique particulaire, tel que réalisé depuis 1992, et celle du carbone organique total. Compte tenu de la nature limoneuse des eaux de l'estuaire de la Gironde, il a été décidé²⁹ de réaliser le dosage du carbone organique dissous ; la teneur en carbone organique total est alors obtenue par sommation des fractions particulières et dissoutes.

4.1.1. Variations spatio-temporelle

Les variations saisonnières du Carbone Organique Total sont très contrastées sur la station E (Point rejet) avec une amplitude maximale d'environ 95 mg.l⁻¹ pour des pics en juin et novembre à près de 105 mg.l⁻¹ (**Figure 4-1**). Les stations F (Aval) et K (Amont) sont plus régulières, avec une amplitude maximale de 40 mg.l⁻¹ pour K avec un pic mi-septembre à 47 mg.l⁻¹, et une amplitude de 20 mg.l⁻¹ pour F avec un pic en avril à 31 mg.l⁻¹. L'évolution est cependant globalement synchrone sur l'année avec une concomitance des pics, si l'on exclut l'inversion entre K et F en avril. L'absence de donnée sur cette campagne pour E ne permet pas de conclure sur la raison potentielle de cette inversion.

Globalement, les teneurs en COT et COP sont un peu supérieures à l'amont (station K - **Figure 4-2**) par rapport à l'aval (station F - **Figure 4-4**). La station E (**Figure 4-3**) est contrastée, en raison des forts pics de juin et novembre ; les autres valeurs sont proches de celles de la station aval.

On retrouve sur les 3 stations des valeurs plus élevées en juin et novembre.

²⁹ Réunion annuelle de suivi du 18 décembre 2003 au CNPE du Blayais

Pour une même station, les évolutions saisonnières des COT, COP et COD sont systématiquement synchrones.

Pour la station amont K (**Figure 4-2**), les valeurs en COP et COT sont globalement assez élevées avec une tendance haussière de 20 à 45 mg.l⁻¹ de mai à octobre. On retrouve le creux de juillet, ici à 3 mg.l⁻¹, commun aux autres stations

Pour la station intermédiaire (station E au droit de la centrale ; **Figure 4-3**), les teneurs en COT et COP, autour de 15 à 20 mg.l⁻¹ augmentent fortement en juin à près de 100 mg.l⁻¹ avant de chuter en juillet où elles atteignent leurs minima de l'année. La remontée est ensuite progressive jusqu'à un nouveau pic assez brutal en novembre.

Pour la station F (**Figure 4-4**), les concentrations en COT et COP varient sur l'année autour de 10 mg.l⁻¹, avec des pics en avril, juin et novembre, et un minimum en juillet.

Les teneurs en COD (**Figure 4-5**) des stations E et F évoluent de manière parallèle sur l'année, avec un écart augmenté sur la campagne de septembre. La station E présente systématiquement les plus fortes valeurs, cependant très proches de celles de la station F à l'aval. La station K à l'amont se démarque par une évolution moins synchrones avec en particulier une diminution en juin, là où les autres stations voient leurs valeurs atteindre l'un de leurs pics annuels, et une remontée plus lente en fin de saison estivale.

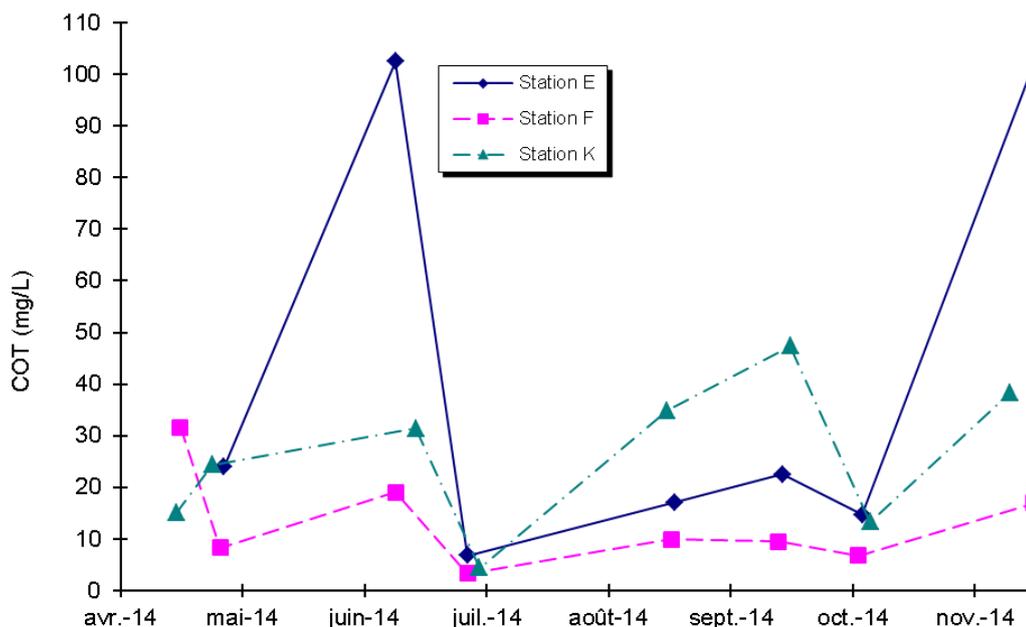


Figure 4-1 : Variations mensuelles des teneurs en carbone organique total, moyenne par mission, station E, F et K

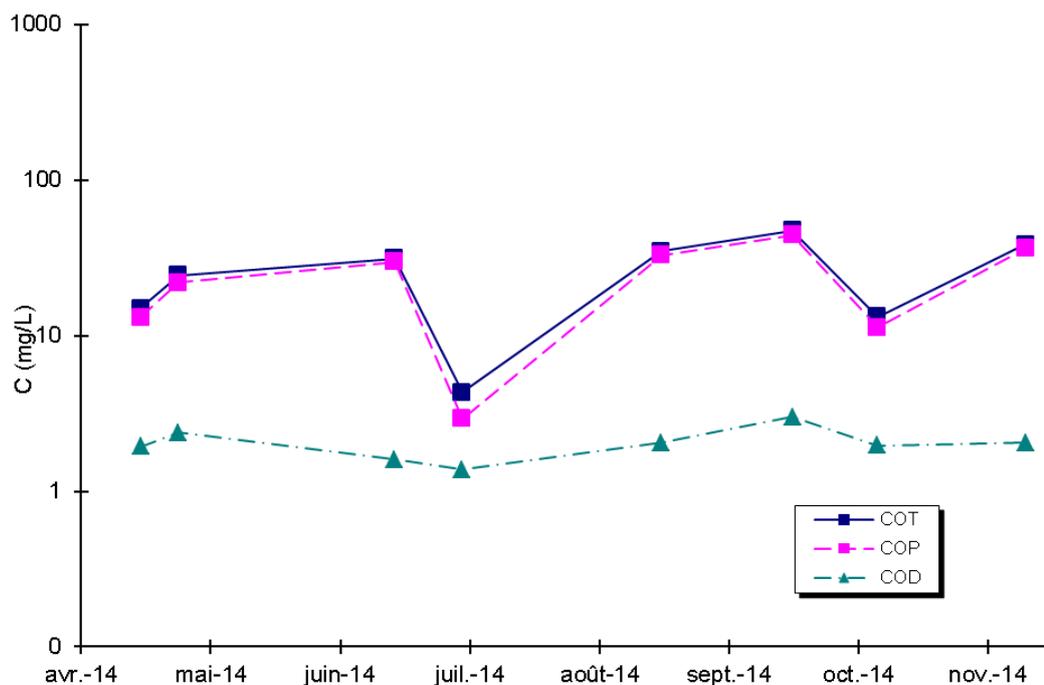


Figure 4-2 : Variations mensuelles des teneurs en carbone organique, en moyenne par mission, station K

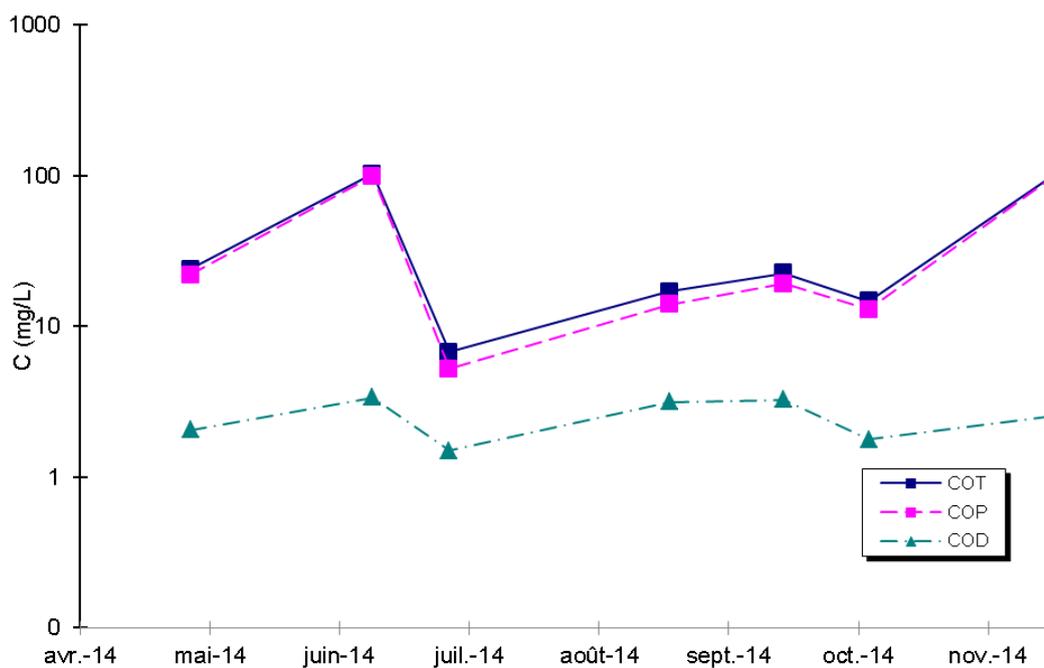


Figure 4-3 : Variations mensuelles des teneurs en carbone organique, en moyenne par mission, station E. [COT : Carbone Organique Total ; COP : Carbone Organique Dissous ; COD = Carbone Organique Dissous].

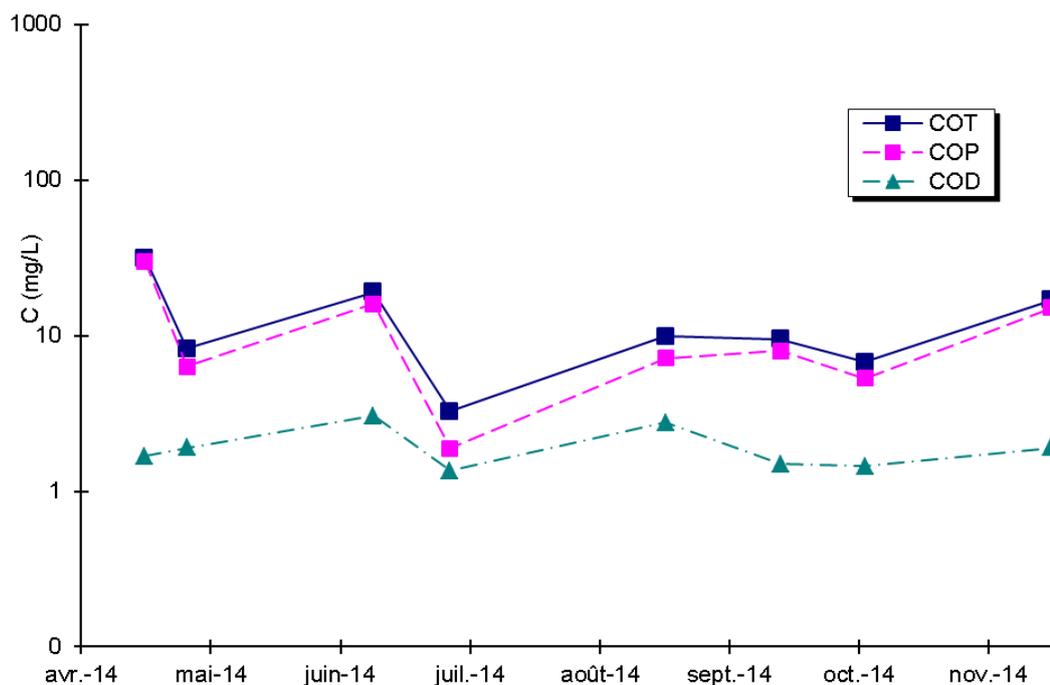


Figure 4-4 : Variations mensuelles des teneurs en carbone organique, moyenne par mission, station F. [COT : Carbone Organique Total ; COP : Carbone Organique Dissous ; COD = Carbone Organique Dissous]

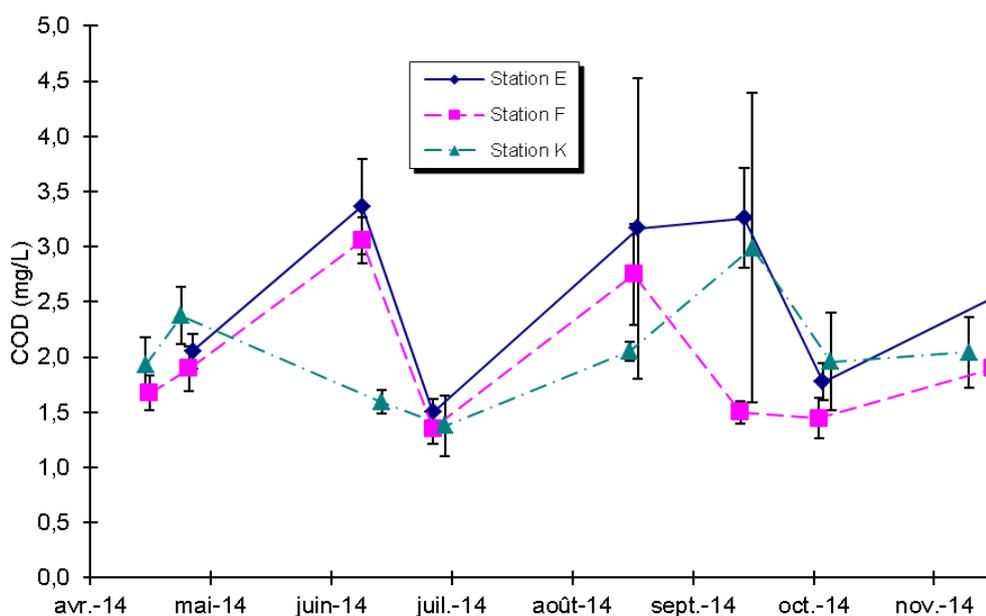


Figure 4-5 : Variations mensuelles des teneurs en carbone organique dissous (COD), en moyenne par mission

La fraction particulaire du carbone organique (COP) est étroitement liée aux matières en suspension (MES ; **Figures 4-6 et 4-7**) dans un rapport proche de 1 pour 100 environ. (**Figure 4-8** - Coefficient de corrélation de 0,97 à 0,99)

Les teneurs en MES et en COP présentent des variations spatio-temporelles conséquentes avec un écart de valeur d'au moins un facteur 10 entre minima et maxima. La station présentant les plus fortes valeurs varie cependant au cours de l'année : la 1^{ère} place est alternativement tenue par la station amont ou le rejet ; l'amont (station K) semble présenter les plus fortes valeurs en période estivale tandis que le rejet (station E) a la prééminence en printemps et automne. L'aval (Station F) est systématiquement en dernière place.

La fraction organique des particules en suspension peut varier en fonction de la période de l'année et de la position de la station de mesures au sein de l'estuaire. Ces écarts peuvent être appréhendés au travers de la fraction de carbone organique contenue dans les matières en suspension (COP/MES).

Pour chaque station, on note une harmonisation des variations saisonnières des teneurs en MES et en COP, avec un rapport moyen sur l'année de 1,37 % (**Figure 4-9**). La répartition des concentrations en COP par rapport à celles des MES est caractéristique des eaux de l'estuaire de la Gironde en raison de la nature des sédiments drainés par les deux principaux fleuves qui le constituent.

Les valeurs du ratio COP/MES varient peu en profondeur (**Figure 4-11**). L'évolution au fond la plus contrastée est trouvée pour la station K (amont) avec une ondulation entre 1,04 % et 1,8 %.

Des variations notables sont en revanche observées en surface (**Figure 4-10**) avec une station aval globalement plus chargée en COP de juin à octobre, tandis que la station au droit du rejet (station E) voit sa charge en COP devenir la plus forte des 3 pour le reste de la campagne.

La distinction d'un gradient amont/aval est peu flagrante, mais reste tout de même envisageable. Les écarts les plus importants entre stations sont constatés en surface sur le mois de juillet, avec un aval plus riche en COP et une station amont moins chargée.

Les rapports COP/MES restent proches (1,37 %) de la moyenne des mesures réalisées depuis 1993, toutes stations, temps de marée et niveaux confondus (1,6 %), bien que s'éloignant un peu plus par rapport à 2013 (1,45 %).

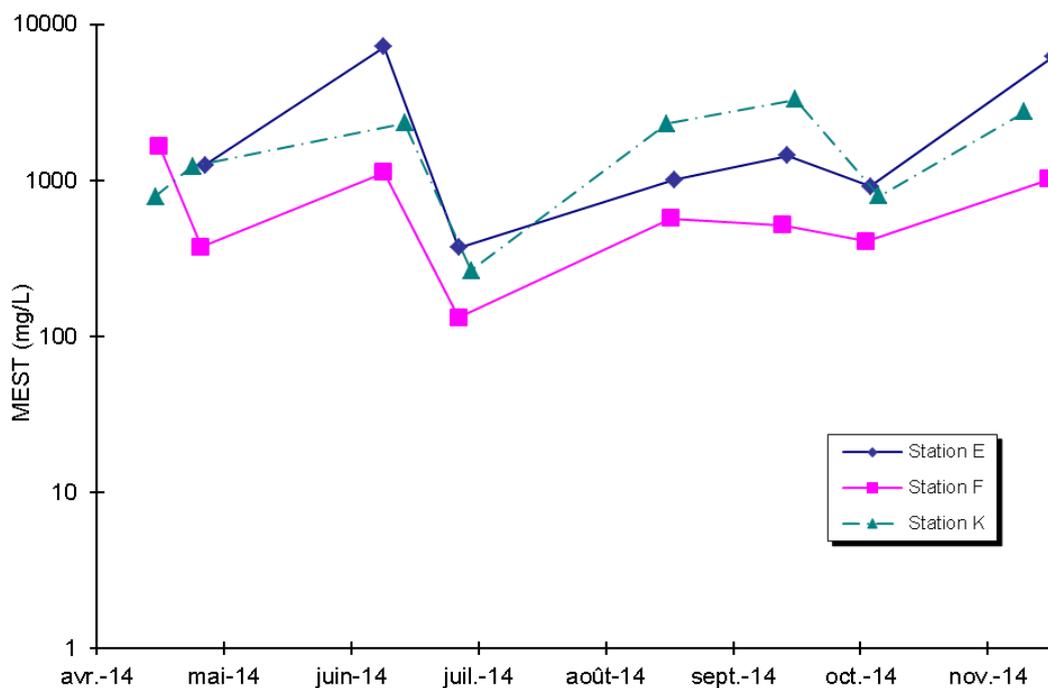


Figure 4-6 : Variations mensuelles des teneurs en matières en suspension (MES), en moyenne par mission

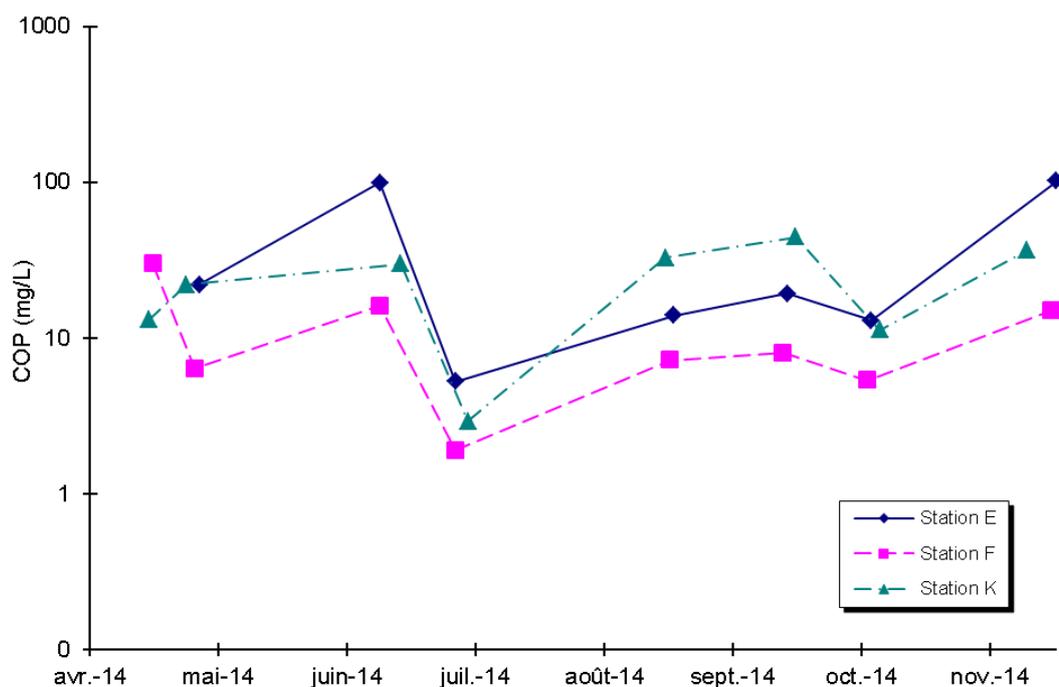


Figure 4-7 : Variations mensuelles des teneurs en carbone organique particulaire (COP), en moyenne par mission

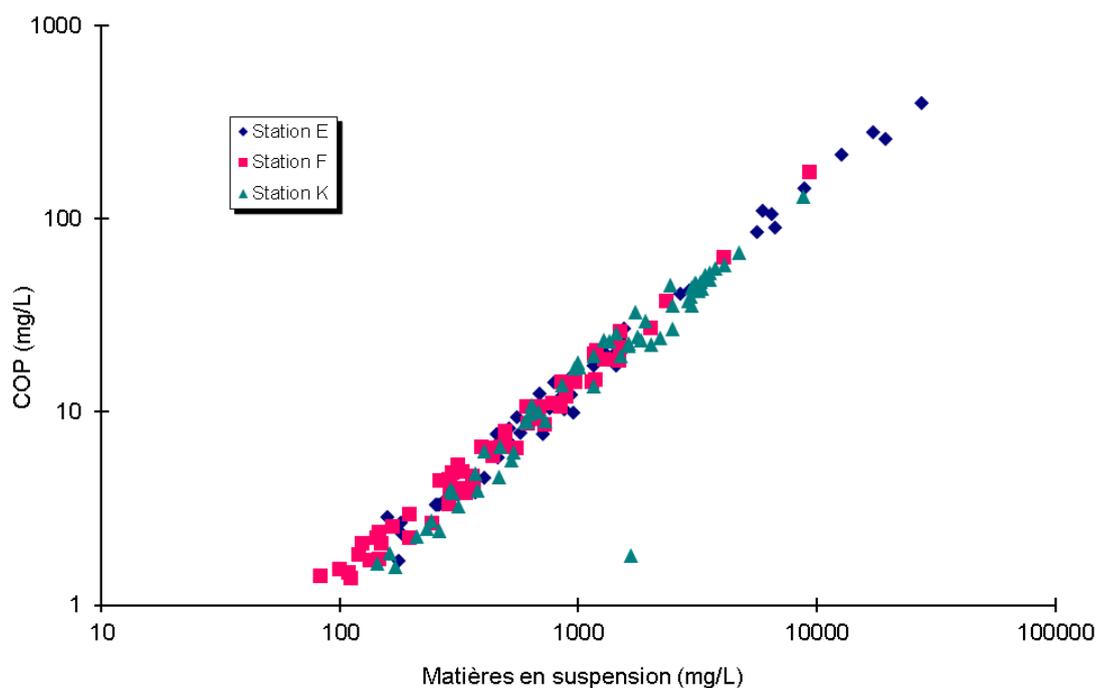


Figure 4-8 : Répartitions des teneurs en Carbone Organique Particulaire (COP) par rapport à celles des matières en suspension, tous niveaux et toutes missions confondus par station

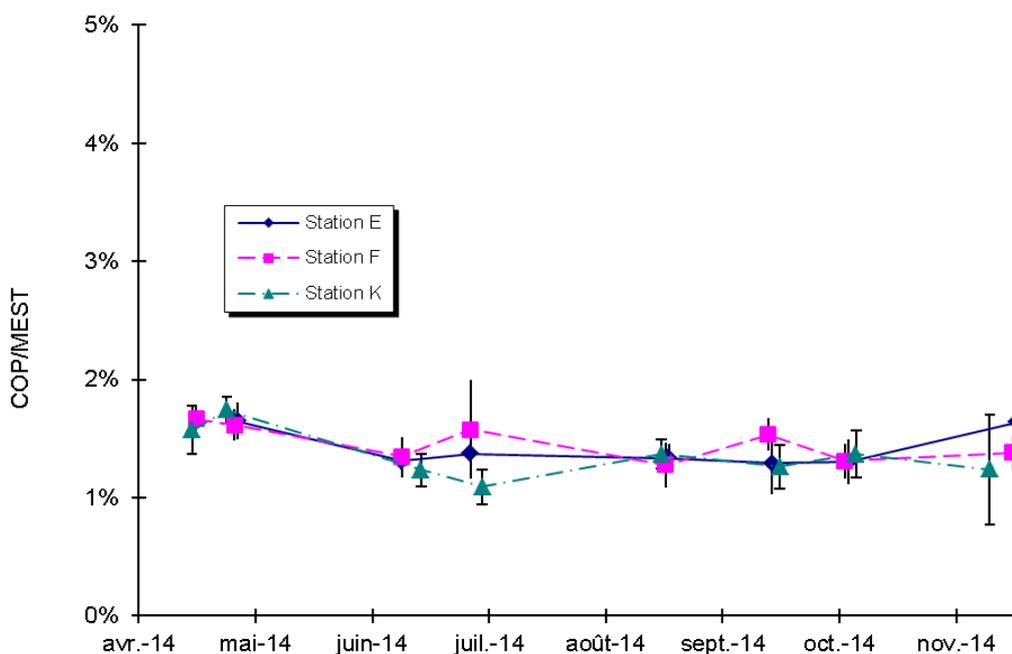


Figure 4-9 : Variations mensuelles du rapport COP/MES au niveau de la surface, en moyenne par station et par mission

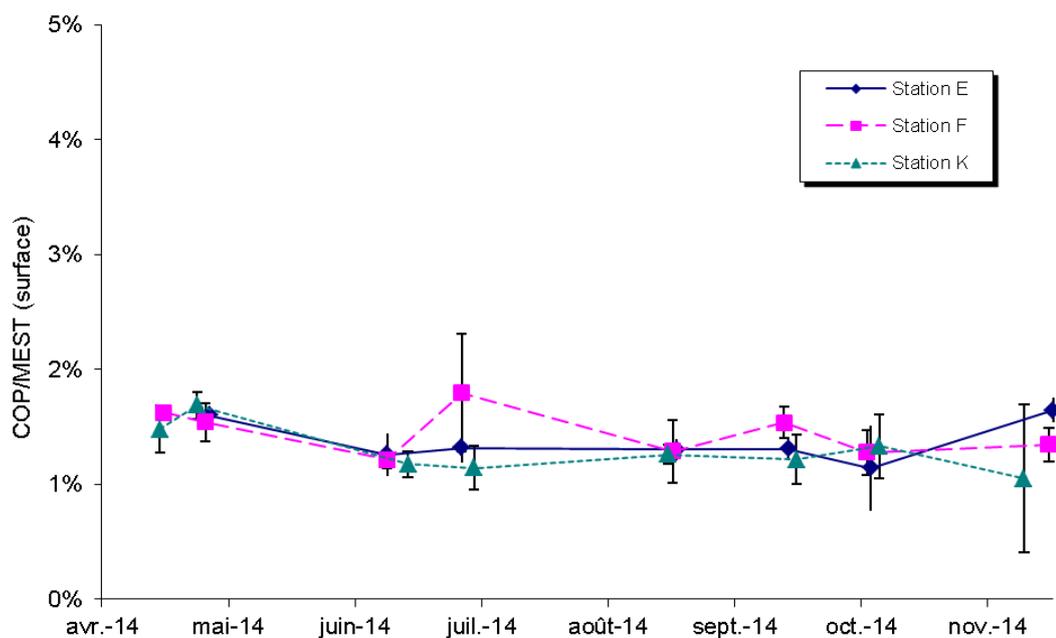


Figure 4-10 : Variations mensuelles du rapport COP/MES au niveau du fond, en moyenne par station et par mission

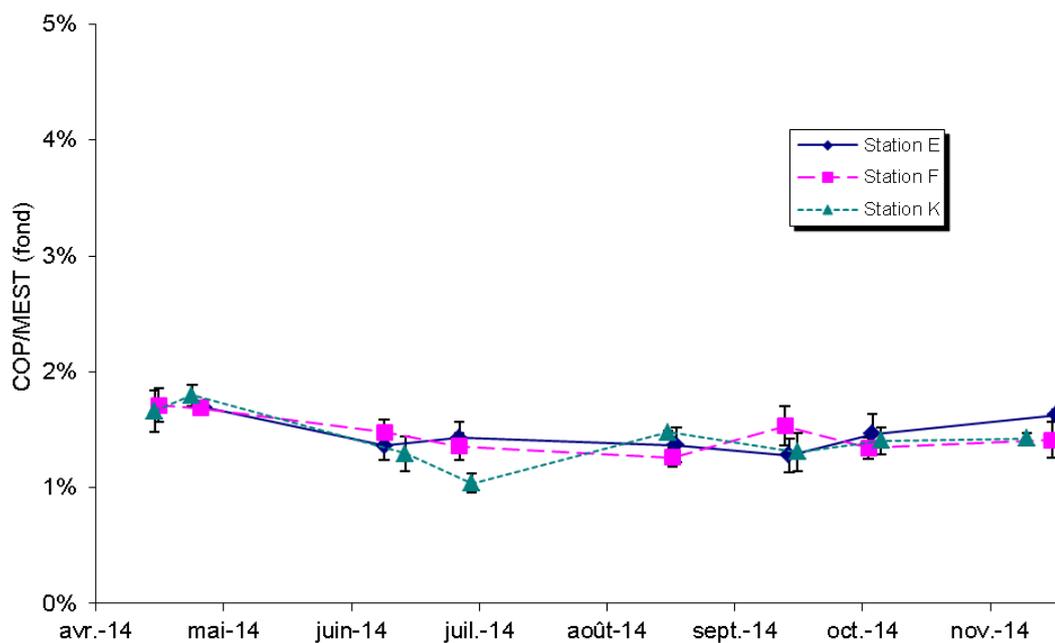


Figure 4-11 : Variations mensuelles du rapport COP/MES au niveau du fond, en moyenne par station et par mission.

Synthèse 2014

On observe sur 2014 une évolution saisonnière synchrone des valeurs de COT/COD/COP, pour les 3 paramètres et sur les 3 stations. Cette évolution est beaucoup plus contrastée au droit du rejet.

Le rapport COP/MES évolue de manière parallèle sur l'année avec une valeur proche de 1,37% en moyenne. Ce rapport évolue peu en profondeur et est peu éloigné de la moyenne de la chronique 1993 – 2014 (1,60%). Ceci est caractéristique des eaux de l'estuaire de la Gironde en raison de la nature des sédiments drainés par les 2 fleuves en amont. La distinction d'un gradient amont – aval est possible mais peu évidente. Il ne semble pas mis en évidence d'influence de la centrale.

4.1.2. Répartition du carbone organique et relation avec les paramètres hydro biologiques

4.1.2.1. Répartition du carbone organique

Globalement, la fraction dissoute du carbone organique représente environ un tiers du total des deux fractions. Cependant, compte tenu de l'importance des matières en suspension dans l'estuaire de la Gironde, ce ratio est, habituellement, majoritairement inférieur à cette valeur (**Figure 4-12**).

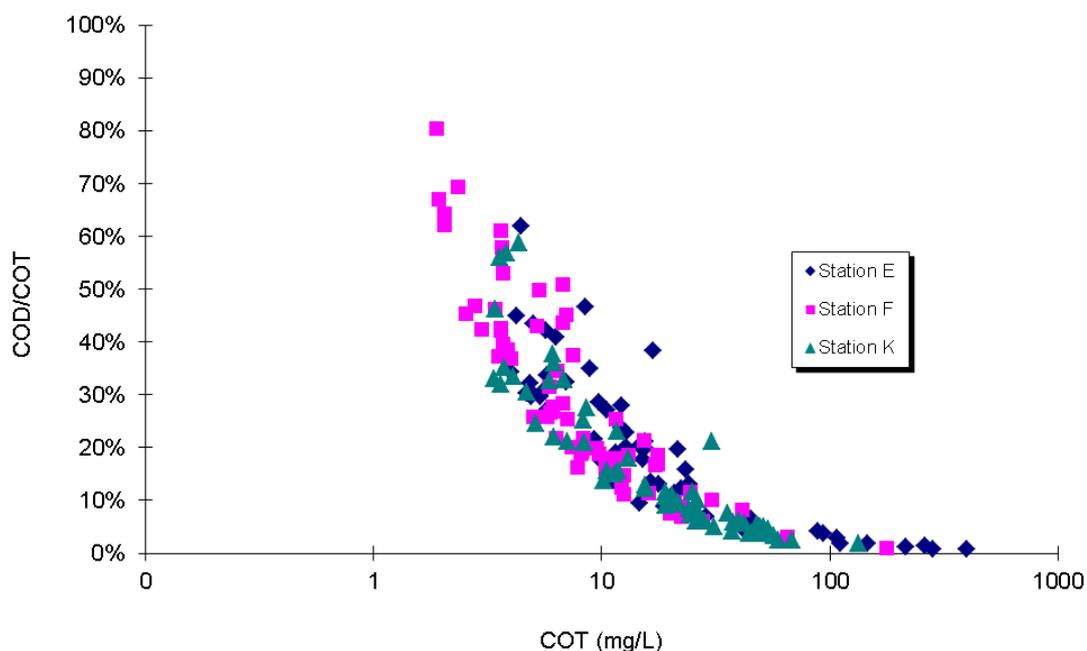


Figure 4-12 : Répartition du carbone organique, toutes stations, niveaux et temps de marée confondus. [COD : Carbone Organique Dissous ; COT : Carbone Organique Total]

Cette année, les ratios COD/COT supérieurs à 30 % sont trouvés sur 56 prélèvements, soit moins qu'en 2013, mais plus que les années précédentes, exceptée 2008 (**Tableau 4-1**); ils sont répartis de la façon suivante entre les 3 stations de mesure :

- 17 pour la station E,
- 13 pour la station K (amont),
- 26 pour la station F (aval).

Tableau 4-1 : bilan des prélèvements ayant un ratio COD/COT supérieur à 30% sur les années 2006 à 2014.

	Nbre total de prélèvements	Nombre de prélèvements avec un ratio > 30%
2014	184	56
2013	186	71
2012	192	48
2011	192	27
2010	184	22
2009	192	38
2008	191	76
2007	191	19
2006	183	40

Il est également à noter que :

- 80 % des mesures de COD supérieures ou égales à 30 % du COT sont enregistrées pour les points prélevés en surface, soit une proportion supérieure à 2012 et 2013 ;
- 46 % des valeurs sont relevées pour la station aval, ce qui est un peu inférieur à 2012 (50 %) mais comparable à 2013 (43 %).

L'hypothèse de l'intrusion des eaux halines dans l'estuaire avait été proposée en 2013, mais se trouve contrariée par l'existence du phénomène à tout moment de marée.

Les 11 prélèvements réalisés au fond présentant un ratio supérieur ou égal à 30 % sont détaillés dans le **Tableau 4-2**.

Il est intéressant de relever que, de manière générale, ces rapports supérieurs à 30 % se rencontrent pour des valeurs de COT de moins de 10 mg.l⁻¹ (**Figure 4-12**).

Tableau 4-2 : Récapitulatif des prélèvements de fond présentant un ratio supérieur ou égal à 30%

Station	Niveau	Date	COD mg/L	COT mg/L	COD/COT	Période
K	F	10/07/2014	1,12	3,38	33%	Basse Mer
K	F	10/07/2014	1,43	4,68	31%	Mi-Flot
K	F	10/07/2014	1,38	4,11	34%	Pleine mer
K	F	10/07/2014	1,31	3,73	35%	Mi-Jusant
E	F	07/07/2014	1,51	4,99	30%	Mi-Flot
E	F	28/08/2014	6,50	16,90	38%	Mi-Jusant
F	F	26/04/2014	1,48	4,02	37%	Pleine mer
F	F	07/07/2014	1,15	2,53	45%	Pleine mer
F	F	07/07/2014	1,30	2,77	47%	Mi-Jusant
F	F	27/08/2014	2,21	6,40	35%	Pleine Mer
F	F	13/10/2014	1,27	2,99	42%	Pleine mer

Synthèse 2014

En 2014, le nombre de prélèvements présentant un ratio COD/COT supérieur à 30% est l'un des plus élevés de la chronique depuis 2006 avec 56%. 80% de ces mesures sont trouvées pour des points en surface. De manière générale, ces prélèvements concernent des valeurs de COT inférieures à 10 mg.l⁻¹.

4.1.2.2. Relation avec les paramètres hydro biologiques

4.1.2.2.1 Rapport COP/MES et matières en suspension

Cette représentation montre une constance du rapport COP/MES, proche de la valeur de référence (moyenne pluriannuelle : 1,60 %), pour les 3 stations, tous niveaux et toutes périodes confondues, indépendamment de la concentration en MES (**Figure 4-13**).

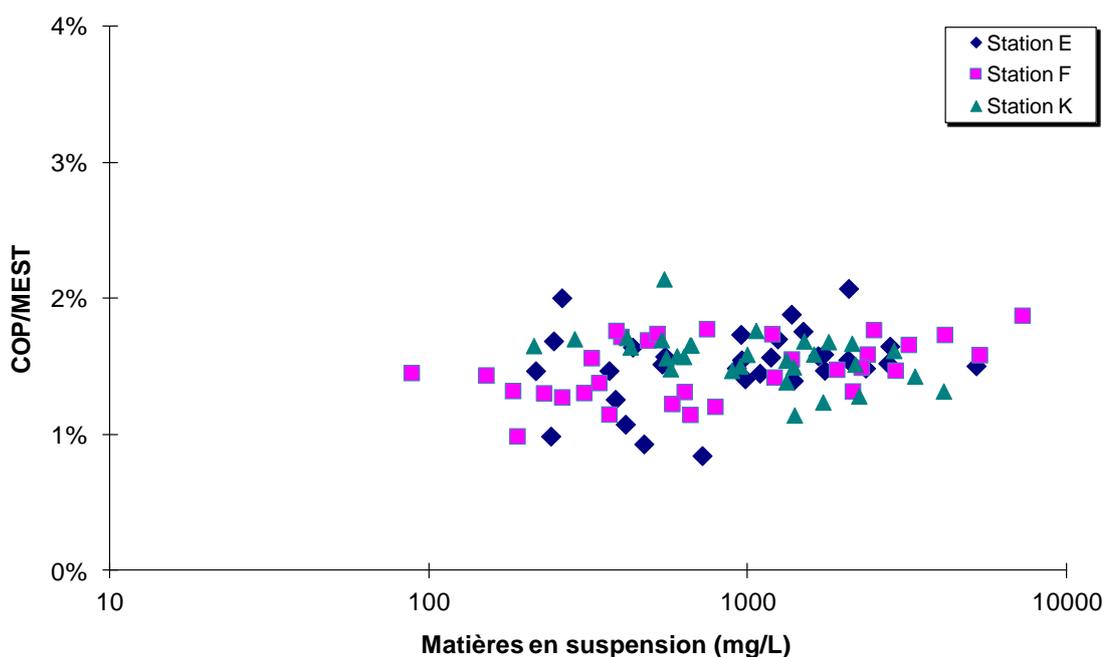


Figure 4-13 : Répartition des valeurs du rapport COP/MES (y) avec les teneurs en MES (x), par station.

Pour 2014, une seule mesure présente un rapport COP/MES supérieur à 2 %, en nette diminution par rapport à 2013 (5 mesures) et à 2012 (14 mesures, uniquement en août et septembre).

Ce ratio élevé est observé pour la station F en surface sur la campagne de juillet. Ses caractéristiques sont résumées dans le **Tableau 4-3**.

Si l'on compare avec les données de 2013 (**Tableau 4-4**), aucun point commun n'est trouvé pouvant apporter une explication, tant au niveau des paramètres mesurés que des conditions de prélèvement..

Tableau 4-3 : Récapitulatif des prélèvements de 2014 présentant un ratio supérieur ou égal à 2 %.

Stat.	Niv	Date	S %	COD mg/L	MES mg/L	COP mg/L	COP/MES	COT mg/L	Période
F	S	07/07/2014	14,18	1,30	25	0.64	2,56%	1.94	Pleine Mer

Tableau 4-4 : Récapitulatif des prélèvements de 2013 présentant un ratio supérieur ou égal à 2 %.

Stat.	Niv	Date	S ‰	COD mg/L	MES mg/L	COP mg/L	COP/MES	COT mg/L	Période
K	F	10/06/2013	0,11	2,36	546	11,70	2,14%	14,06	Basse Mer
E	F	18/04/2013	0,23	2,27	261	5,23	2,00%	7,50	Basse Mer
E	F	18/04/2013	0,87	2,36	2070	42,9	2,07%	45,26	Mi-Flot
F	S	26/09/2013	13,00	1,20	35	0,75	2,14%	1,95	Mi-Jusant
F	S	14/10/2013	9,35	1,45	583	12,00	2,06%	13,45	Basse Mer

Synthèse 2014

Le rapport COP/MES annuel 2014 reste constant toute l'année et proche de la moyenne interannuelle. Les dépassements du seuil de 2% sont quasi-inexistants, contrairement à 2013.

4.1.2.3. Evolution des moyennes annuelles

4.1.2.3.1 Carbone organique total et dissous

La tendance observée depuis 2007 perdure en 2014 ; après l'augmentation des moyennes annuelles enregistrées au cours de l'année 2006, pour l'ensemble des stations de mesure, les valeurs retrouvent un niveau à peine supérieur à ceux enregistrés au cours des années 2004-2005 et 2007-2010. L'amorce d'une nouvelle augmentation tendrait à se dessiner. D'une manière générale, en raison de l'impact des matières en suspension sur les teneurs en COT, les valeurs des moyennes annuelles sont plus élevées pour les mesures réalisées au fond (**Figure 4-14**).

Les concentrations moyennes annuelles en COT restent plus élevées en amont qu'en aval. Le carbone organique total étant principalement composé de carbone organique particulaire, les évolutions annuelles du COP suivent celles du COT (**Figure 4-15**). Cette année 2014 verra donc le retour à des valeurs similaires à celles de 2004–2005 / 2007–2010. A noter en 2014 un nouveau pic des valeurs de fond au droit du rejet, très supérieures à celles des 2 autres stations, avec un niveau approchant celui de 2012. Cette augmentation se retrouve à l'amont pour les valeurs de surface.

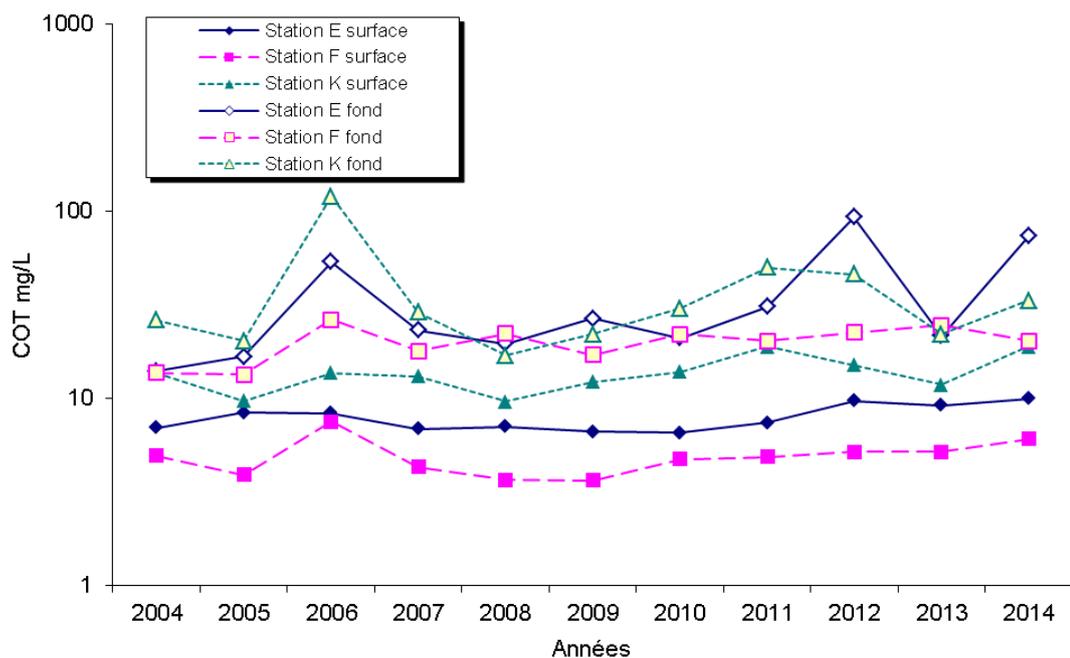


Figure 4-14 : évolution des moyennes annuelles des concentrations en Carbone Organique Total (COT), par station et par niveau

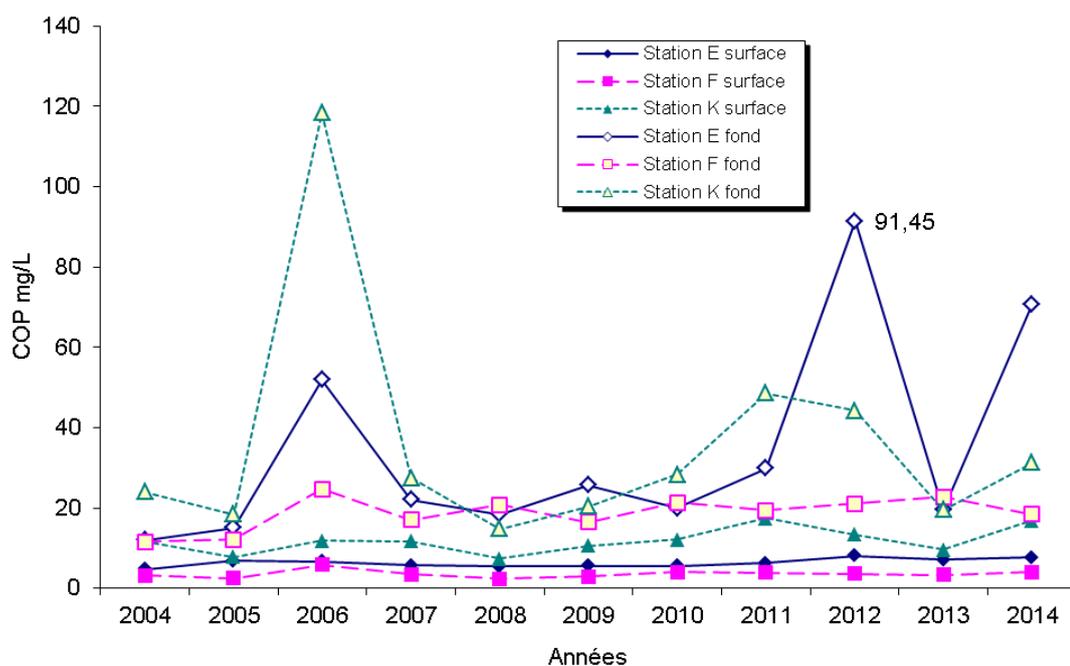


Figure 4-15 : Evolution des moyennes annuelles des concentrations en Carbone Organique Particulaire (COP), par station et par niveau

Concernant le Carbone Organique Dissous (COD) la tendance initiée en 2010 se confirme, avec une augmentation des teneurs en COD et l'existence d'un gradient décroissant amont-aval (**Figure 4-16**). À noter que la situation redevient similaire à celle de 2004. La station E affiche toujours cette situation intermédiaire entre les stations F et K en raison de sa localisation dans l'estuaire de la Gironde.

Ce gradient décroissant s'explique par l'origine principalement dulcicole du COD : la station K, plus en amont est sous l'influence d'apports d'eau douce. Cette influence s'atténue progressivement vers l'aval. Après une année 2012 où cette distinction était atténuée, la séparation redevient évidente sans pour autant atteindre l'intensité constatée sur les années 2008 à 2010.

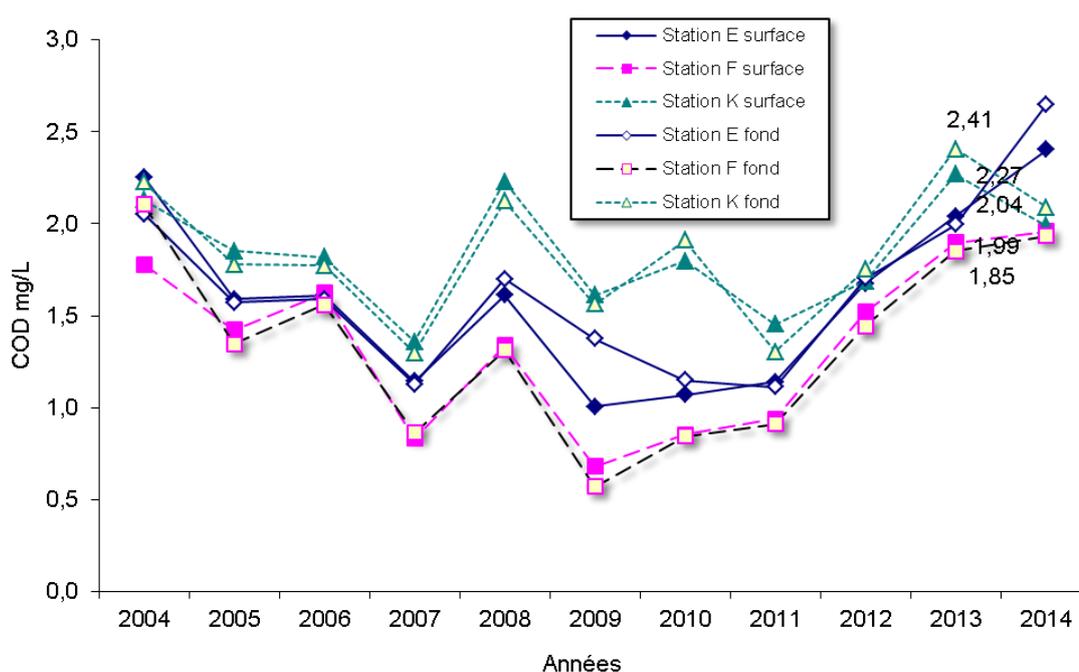


Figure 4-16 : Evolution des moyennes annuelles des concentrations en Carbone Organique Dissous (COD), par station et par niveau

Synthèse 2014

Les valeurs de COT mesurées au fond sont globalement supérieures à celles de surface, en raison des fortes teneurs en MES, via les teneurs en COP qui sont en correspondance directe. Les concentrations moyennes annuelles en COT sont plus importantes en amont qu'à l'aval. L'année 2014 voit la confirmation d'une augmentation des teneurs en COD avec existence d'un gradient décroissant amont-aval, s'expliquant par l'origine dulcicole de ce paramètre.

4.1.2.3.2 Carbone organique particulaire et matières en suspension

Pour les trois stations, les évolutions des concentrations moyennes annuelles en matières en suspension (MES) et en Carbone Organique Particulaire (COP) sont étroitement dépendantes (**Figures 4-17 à 4-19**).

Pour la station amont (K), les enregistrements de fond et de surface présentent une nouvelle augmentation, parallèle entre le fond et la surface. Les valeurs redeviennent comparables à 2010 (**Figures 4-17**).

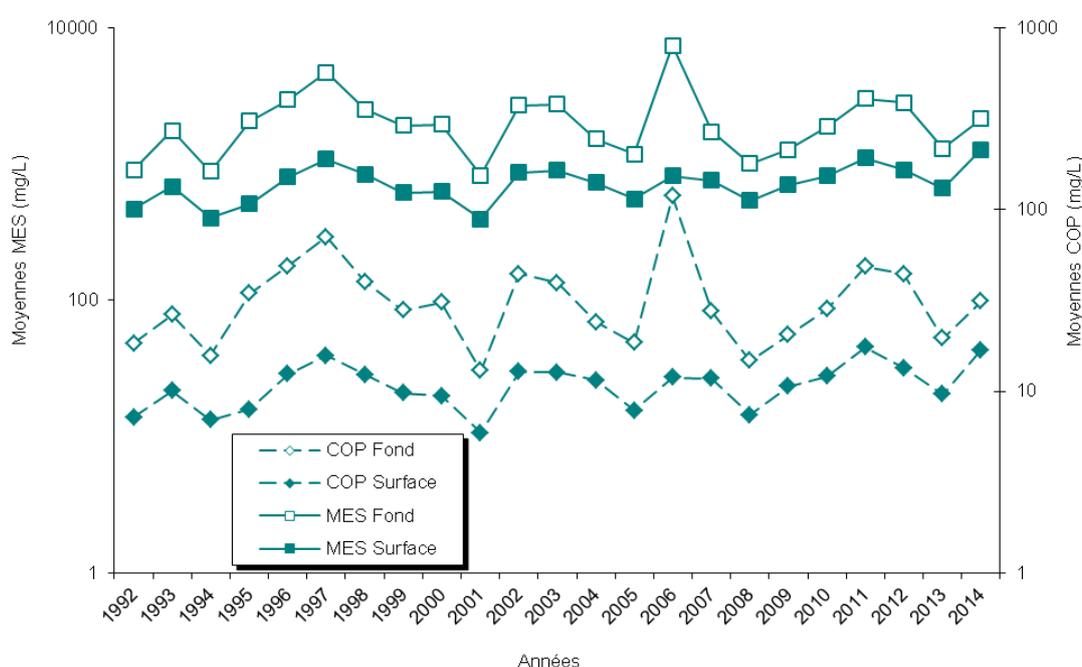


Figure 4-17 : Evolution par niveau des moyennes annuelles des concentrations en Matières En Suspension (MES) et en Carbone Organique Particulaire (COP) à la station K.

Après une augmentation en 2012 et une chute en 2013, les concentrations moyennes annuelles en COP et en MES remontent fortement en profondeur au sein de la station E, et regagnent un niveau comparable à celui de 2012 (**Figures 4-18**). En surface, les variations sont en revanche moins marquées.

Les valeurs de la station F, à l'aval, amorcent une diminution au fond tandis qu'elles augmentent en surface (**Figures 4-19**).

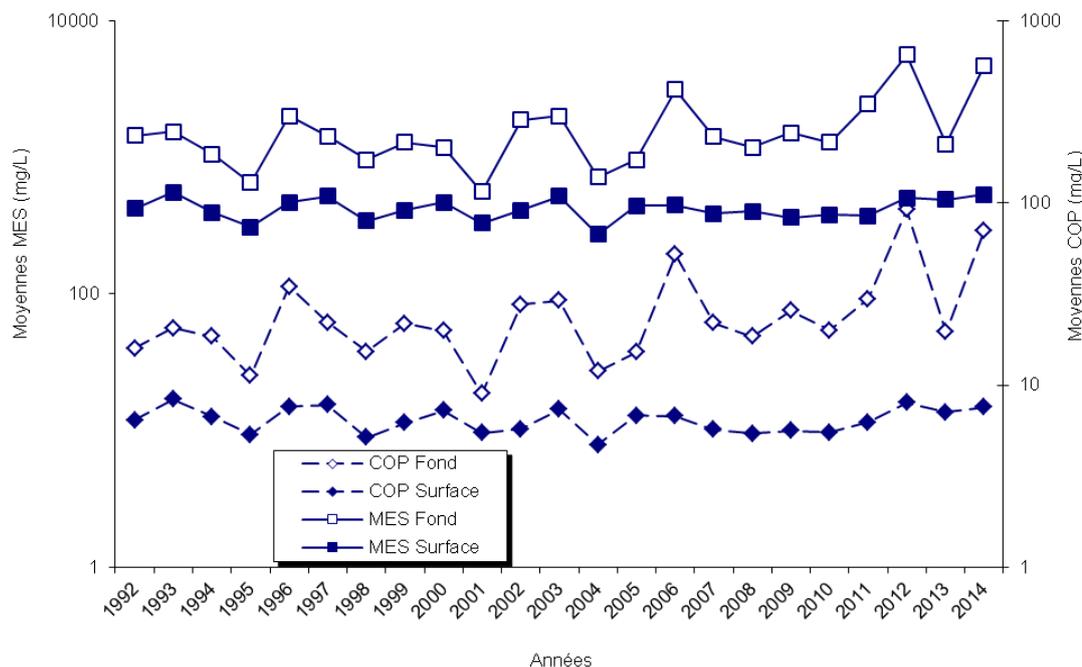


Figure 4-18 : Evolution par niveau des moyennes annuelles des concentrations en Matières En Suspension (MES) et en Carbone Organique Particulaire (COP) à la station E.

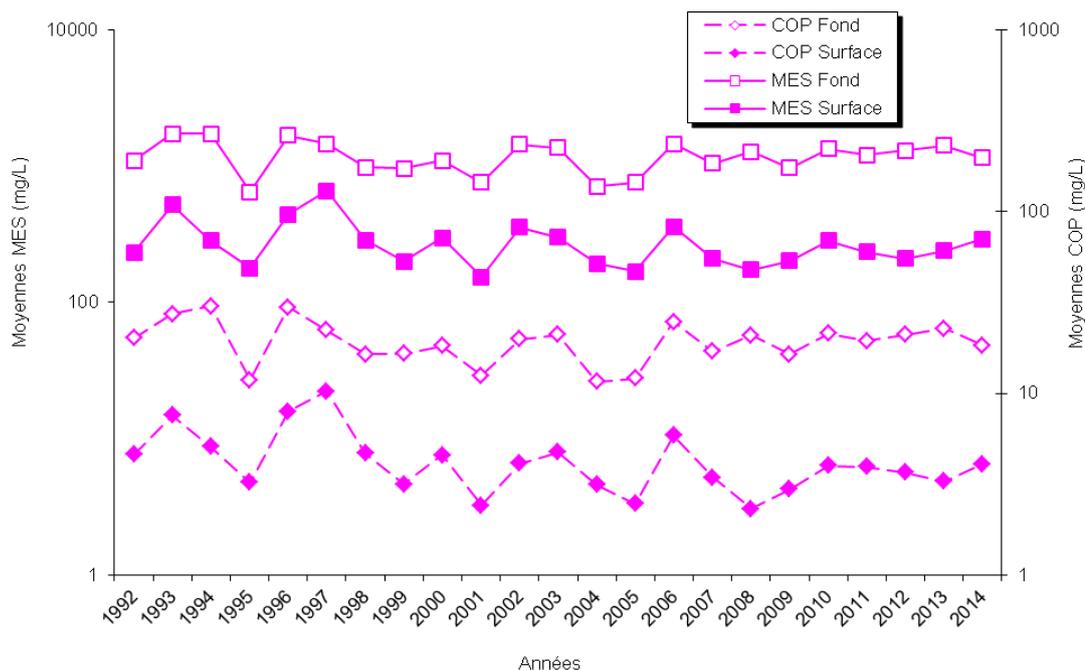


Figure 4-19 : Évolution par niveau des concentrations moyennes annuelles en Matières En Suspension (MES) et en Carbone Organique Particulaire (COP) à la station F.

Le **Tableau 4-5** fournit les valeurs des paramètres des régressions qui lient les concentrations en COP à celles des MES pour chaque année depuis 1993, toutes stations confondues. La moyenne annuelle (1,41 %) obtenue en 2014 est l'une des plus faibles valeurs constatées depuis 1993 et elle s'éloigne de la moyenne pluriannuelle 1993-2014 (1,58 %).

Tableau 4-5 : Paramètres des droites de régressions entre les teneurs en Carbone Organique Particulaire ($mg.l^{-1}$) et celles en Matière En Suspension ($mg.l^{-1}$), moyennes annuelles du rapport COP/MES, toutes stations confondues, période 1993 à 2014.

	Nb	Pente	Ord.	R	\square	COP/MES
1993	188	1,36%	1,2	0,94	5.10^{-89}	1,56%
1994	192	1,77%	-0,1	1,00	4.10^{-240}	1,86%
1995	168	1,67%	0,2	0,98	1.10^{-118}	1,72%
1996	192	1,77%	-1,1	1,00	3.10^{-202}	1,68%
1997	192	1,48%	0,4	0,99	8.10^{-168}	1,51%
1998	168	1,62%	-0,4	1,00	3.10^{-185}	1,59%
1999	191	1,62%	-0,3	0,97	3.10^{-116}	1,64%
2000	189	1,63%	-0,3	1,00	3.10^{-189}	1,62%
2001	192	1,61%	-0,1	0,99	1.10^{-161}	1,62%
2002	191	1,50%	-0,3	0,97	3.10^{-113}	1,46%
2003	192	1,42%	0,5	0,98	3.10^{-126}	1,57%
2004	192	1,50%	0,7	0,99	1.10^{-161}	1,56%
2005	192	1,59%	-0,3	0,99	1.10^{-147}	1,60%
2006	184	1,65%	-0,8	1,00	2.10^{-227}	1,53%
2007	168	1,55%	0,2	0,99	1.10^{-153}	1,67%
2008	191	1,72%	-1,58	1,00	2.10^{-193}	1,39%
2009	192	1,75%	-1,07	0,99	9.10^{-170}	1,58%
2010	184	1,57%	-0,43	0,99	7.10^{-172}	1,48%
2011	192	1,57%	0,50	1,00	6.10^{-217}	1,66%
2012	192	1,61%	-0,14	1,00	2.10^{-297}	1,61%
2013	188	1,64%	-0,99	0,98	4.10^{-154}	1,45%
2014	184	1,49%	-0,29	0,99	7.10^{-169}	1,41%

La **Figure 4-20** et **Figure 4-21** représentent l'évolution des moyennes annuelles par niveau pour les différentes stations de 1992 à 2014.

Il semblait se dessiner une stabilisation de ces moyennes depuis 2009 mais une nouvelle chute en 2014 pour les stations E et F remet cette tendance « en cause ». Seule la station K se stabilise franchement.

L'écart entre les moyennes de 2014 (**Tableau 4-6**) et les moyennes interannuelles peut s'expliquer par l'amortissement encore imparfait des fortes valeurs de 1992, 1994 et 2004.

Tableau 4-6 : comparaison des moyennes annuelles 2014 avec les moyennes pluriannuelles 1992 – 2014 pour les 3 stations à chaque niveau.

		Moyenne 2014	Moyenne 1992-2014
K	Fond	1.43	1.66
	Surface	1.29	1.51
E	Fond	1.40	1.59
	Surface	1.37	1.56
F	Fond	1.47	1.68
	Surface	1.45	1.70

En 2014, la station K présente une moyenne annuelle COP/MES proche de la moyenne 2008, en baisse depuis 2009 (**Figure 4-20**).

Pour la station E, la moyenne annuelle COP/MES en 2014 est encore en baisse, mouvement amorcé depuis 2011 (**Figure 4-21**), et se rapproche des minima historiques.

Concernant la station aval (F), les valeurs des moyennes annuelles COP/MES chutent pour se rapprocher des plus basses historiques (**Figure 4-22**). Une tendance générale à la baisse semble s'opérer depuis 1993. L'écart entre les moyennes annuelles et interannuelles serait une conséquence de l'amortissement encore imparfait des fortes valeurs de 1992, 2007 et, dans une moindre mesure, 1994 à 1996, 2011 et 2012.

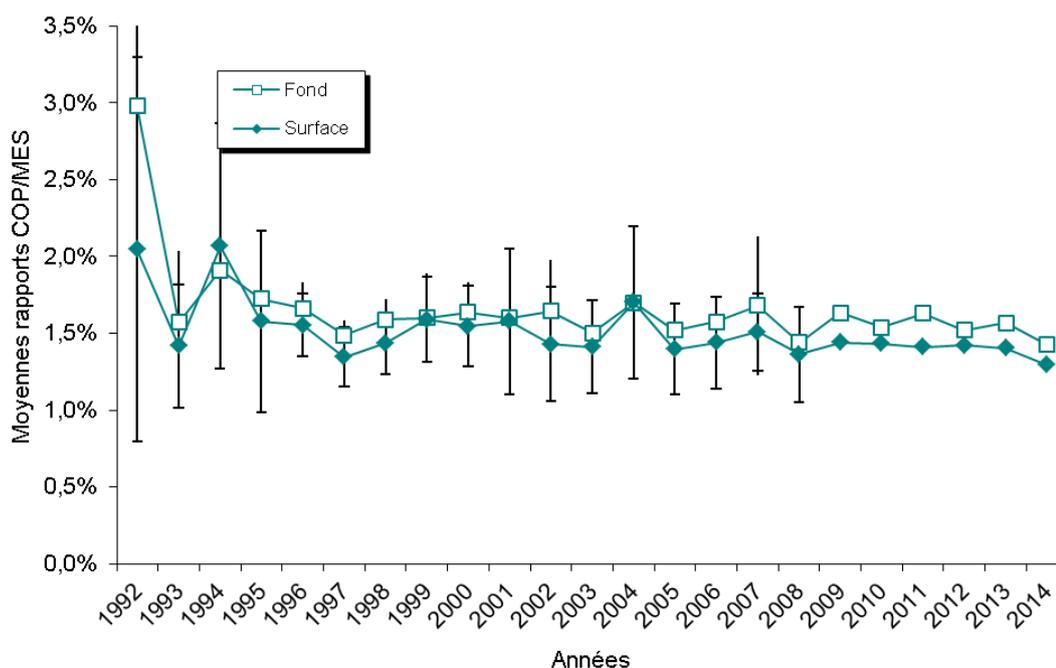


Figure 4-20 : Evolution par niveau des moyennes annuelles des rapports COP/MES à la station K.

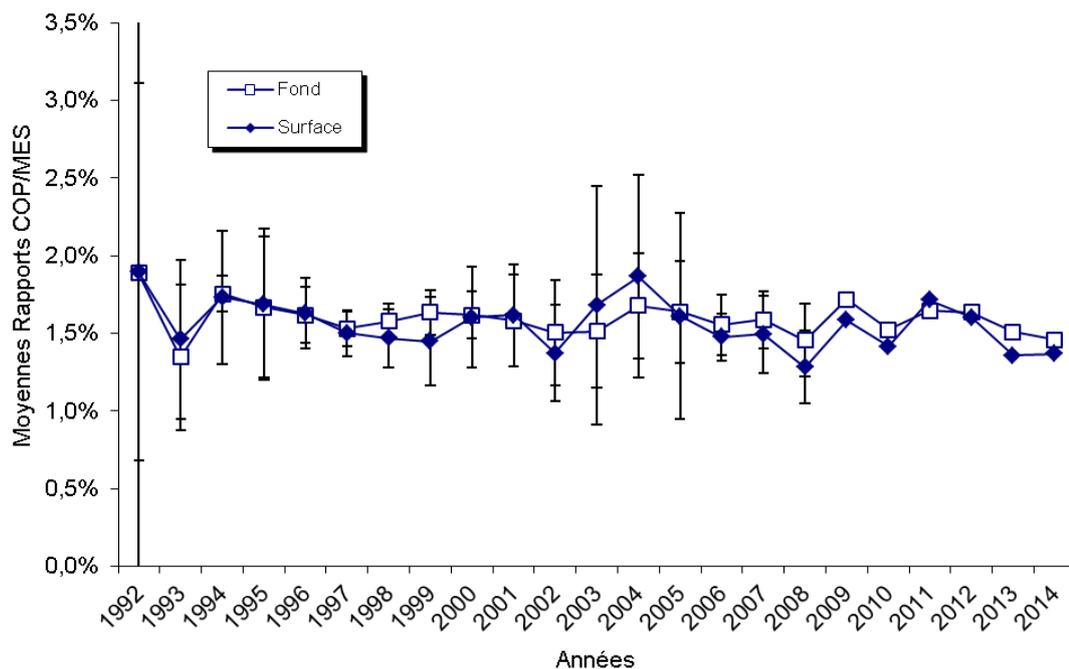


Figure 4-21 : Evolution par niveau des moyennes annuelles des rapports COP/MES à la station E.

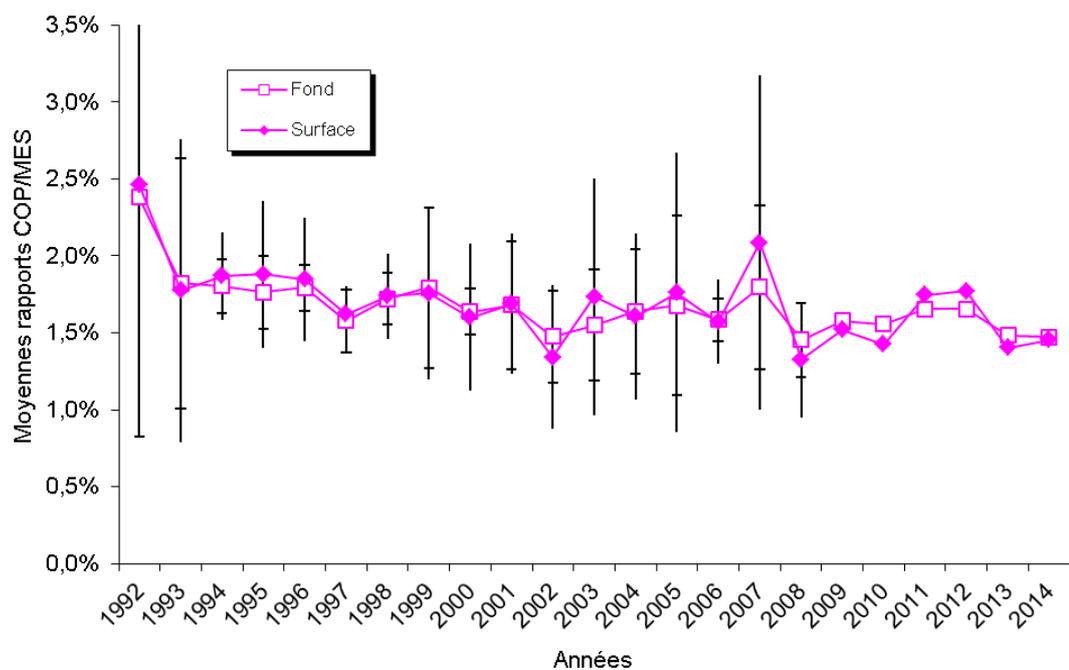


Figure 4-22 : Evolution par niveau des moyennes annuelles des rapports COP/MES à la station F.

Synthèse 2014

Pour le rapport COP/MES, l'écart visible entre les prélèvements de fond et de surface se réduit à mesure que l'on descend vers l'aval. La valeur moyenne 2014 correspond aux plus faibles de la chronique. L'amont voit une évolution pluriannuelle parallèle des valeurs de MES avec celles de COP, évolution qui devient plutôt antagoniste en progressant vers l'aval.

4.2. Chlorophylle (a) et phéopigments

4.2.1. Variations spatio-temporelle

4.2.1.1. Concentration en chlorophylle (a)

Rappelons que les échantillons du mois de juillet ont été accidentellement congelés ; leurs résultats sont donc soumis à caution.

Au niveau de la station K (**Figure 4-23**), les concentrations sont de manière générale plus élevée à basse mer qu'à pleine mer, notamment en période estivale – début d'automne. Les plus faibles teneurs sont observées en juillet et en octobre à pleine mer. Le mois de septembre affiche la plus forte valeur (proche de $8 \mu\text{g.l}^{-1}$) à basse mer. La forte remontée conjuguée des valeurs en novembre n'a pas d'explication pour le moment, mais avait déjà été constatée en 2013 pour la pleine mer. De manière générale, mais avec des teneurs plus élevées, il s'agit d'un profil très semblable à celui de 2013.

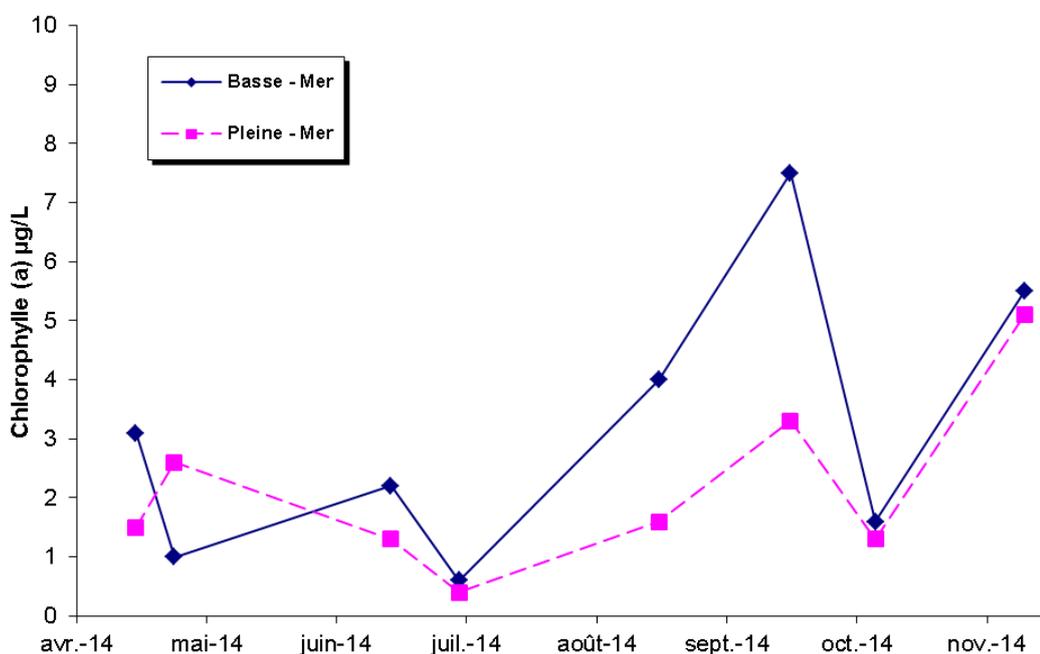


Figure 4-23 : Variations mensuelles des teneurs en chlorophylle (a) à la station K

Au droit du rejet (Station E - **Figure 4-24**), les concentrations de pleine mer sont supérieures à celles de basse mer, plus particulièrement en période estivale (de juin à août). Une inversion temporaire est constatée lors de la campagne de septembre. Un long palier de faible teneur chlorophyllienne est observé d'avril à juillet.

Les plus faibles valeurs à pleine mer sont observées en septembre. Les plus faibles valeurs à basse mer correspondent au palier printanier et début estival, avant d'être retrouvées ponctuellement en octobre.

Les plus fortes concentrations à pleine mer apparaissent en août et en octobre tandis que pour la basse mer les maxima sont trouvés en septembre et novembre.

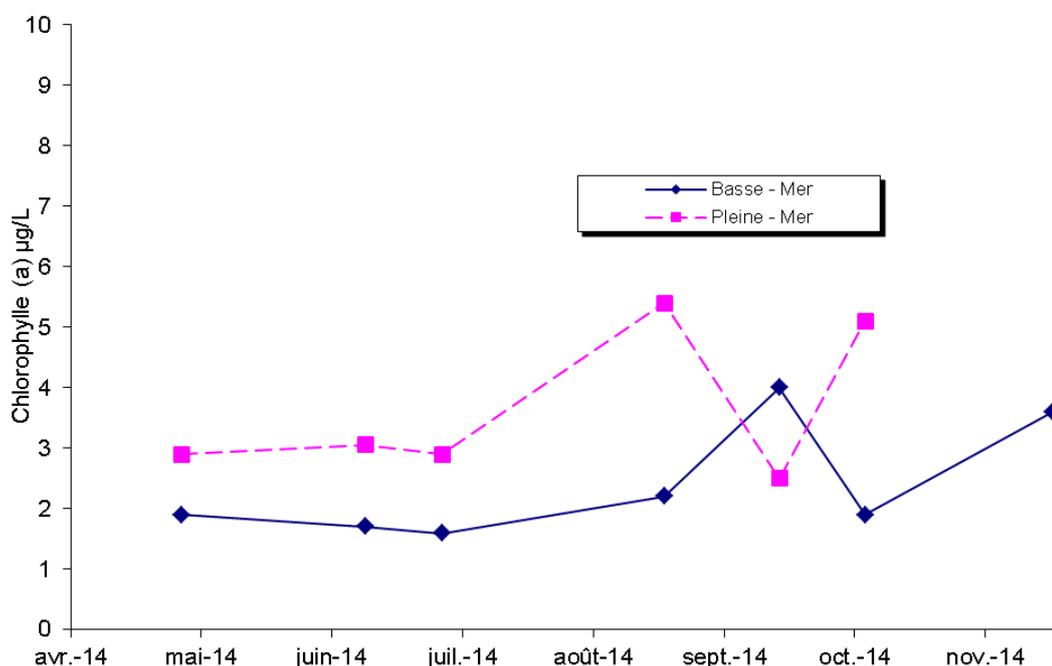


Figure 4-24 : Variations mensuelles des teneurs en chlorophylle (a) à la station E.

Concernant la station F (**Figure 4-25**), après un printemps présentant une évolution parallèle des 2 niveaux avec des valeurs un peu supérieures à pleine mer, le début de la saison estivale voit un pic de chlorophylle (a) toujours à pleine mer tandis que les valeurs de basse mer restent peu élevées. En fin de saison estivale, les 2 courbes se rejoignent et évoluent à la baisse, de nouveaux parallèlement.

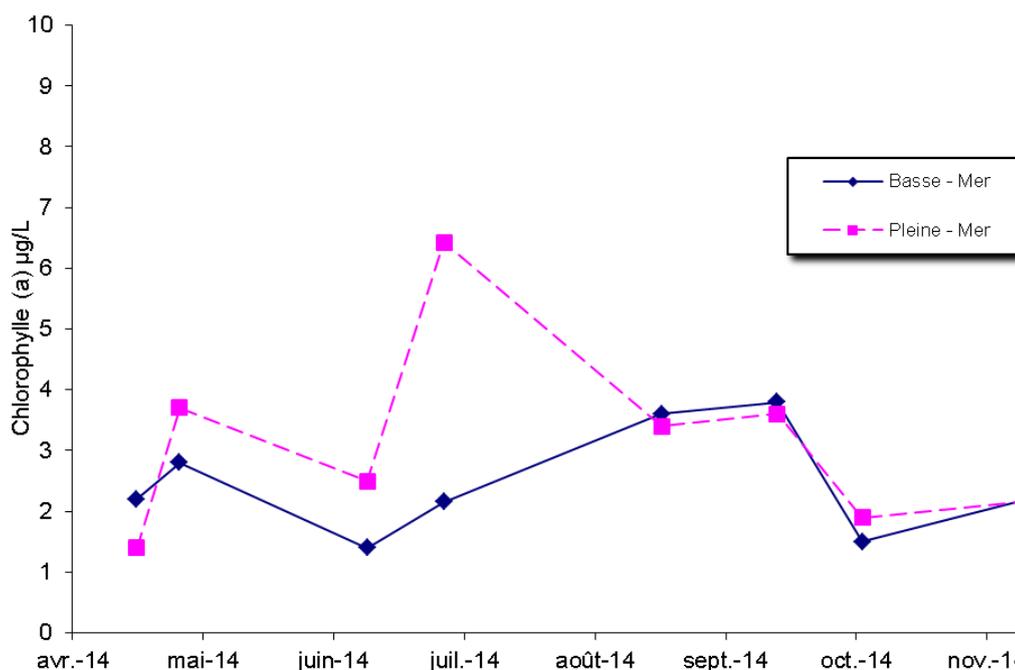


Figure 4-25 : Variations mensuelles des teneurs en chlorophylle (a) à la station K.

Après une année 2013 assez peu productive, puisqu'aucune mesure ne dépassait $5 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, l'année 2014 voit ce seuil dépassé à 6 reprises (**Tableau 4-7**) : 3 prélèvements à l'amont dont 2 à basse mer en septembre et novembre, 2 prélèvements au droit du rejet aux mêmes campagnes et toujours à pleine mer, 1 seul prélèvement à l'aval, en juillet et à pleine mer.

À l'inverse, les concentrations les plus basses (inférieures aux seuils de quantification) sont obtenues en mai au droit du rejet pour la chlorophylle (a), et à l'amont en septembre pour les phéopigments, en concomitance avec un pic de chlorophylle (a) (cf. **Tableau 4-8**).

Tableau 4-7 : Concentrations en chlorophylle (a) supérieures à $5 \mu\text{g/L}$ toutes stations confondues.

Station	TM	Date	Chlo a $\mu\text{g/L}$	Phaeo $\mu\text{g/L}$
K	BM	26/09/2014	7,50	<1
K	BM	20/11/2014	5,50	8,00
K	PM	20/11/2014	5,10	2,80
E	PM	24/09/2014	5,40	1,50
E	PM	27/11/2014	5,10	8,40
F	PM	07/07/2014	6,43	1,06

Tableau 4-8 : Concentrations en chlorophylle (a) inférieures aux limites de quantification toutes stations confondues, et phaeopigments associés.

Station	TM	Date	Chlo a $\mu\text{g/L}$	Phaeo $\mu\text{g/L}$
K	BM	26/09/2014	7,5	<1
E	PM	07/05/2014	<0.6	5,8

Synthèse 2014

De manière globale, les différentes stations voient les teneurs en chlorophylle (a) rester assez faibles sur la période printanière et le début de la période estivale, avant un pic d'apport chlorophyllien sur la fin de cette période. L'automne voit une chute des valeurs avant une reprise parfois nette en novembre. Le pic d'apport chlorophyllien est plus précoce sur l'aval, et ce à pleine mer.

L'amont voit une prédominance de ces concentrations à basse mer, tandis qu'au droit du rejet et à l'aval, ce sont les valeurs à pleine mer qui sont les plus importantes. Nous pourrions y voir l'influence du balancement des marées avec prédominance à l'amont du phytoplancton d'origine dulçaquicole apporté par le fleuve puis, plus bas, des espèces marines apportées par l'océan.

4.2.1.2. Normalisation au carbone organique particulaire

Compte tenu de la nature particulaire et organique du phytoplancton, il paraît judicieux de rapprocher les concentrations en chlorophylle (a) de celles en Carbone Organique Particulaire (COP), exprimées dans les mêmes unités.

Comme en 2012 et 2013, au regard des données disponibles, la normalisation n'apporte pas d'information complémentaire quant à l'évolution saisonnière de la biomasse algale au niveau des 3 stations (**Figures 4-26 à 4-28**). Pour les stations aval (stations E et F), cette normalisation permet de marquer l'augmentation significative de la biomasse algale enregistrée lors du mois d'août à pleine mer pour la station E, et du mois de juillet à pleine mer pour la station F.

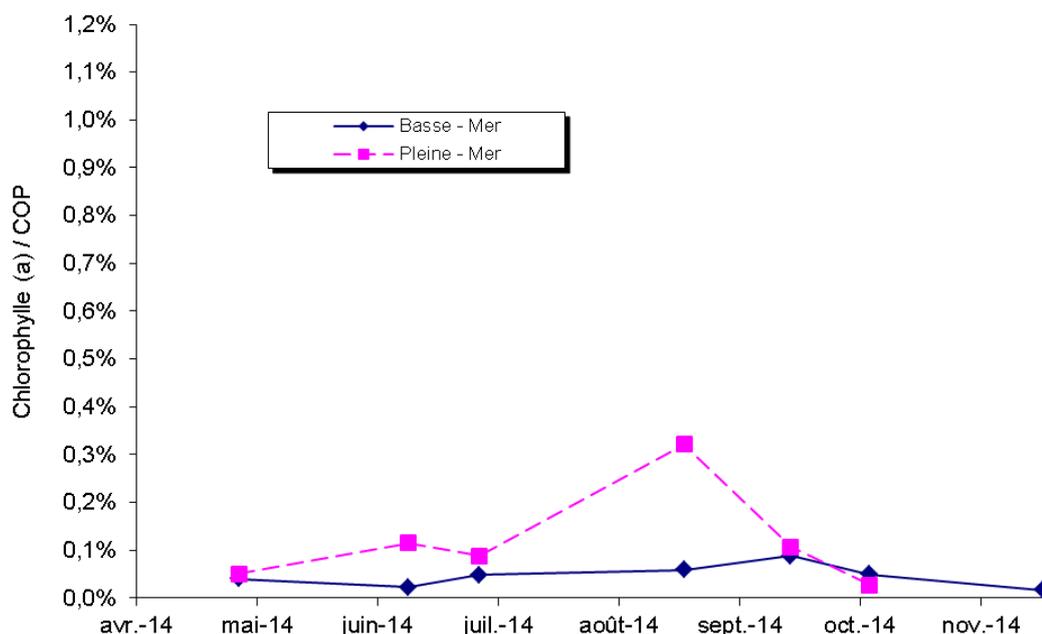


Figure 4-26 : Variations mensuelles du rapport entre la chlorophylle (a) et le COP à la station E

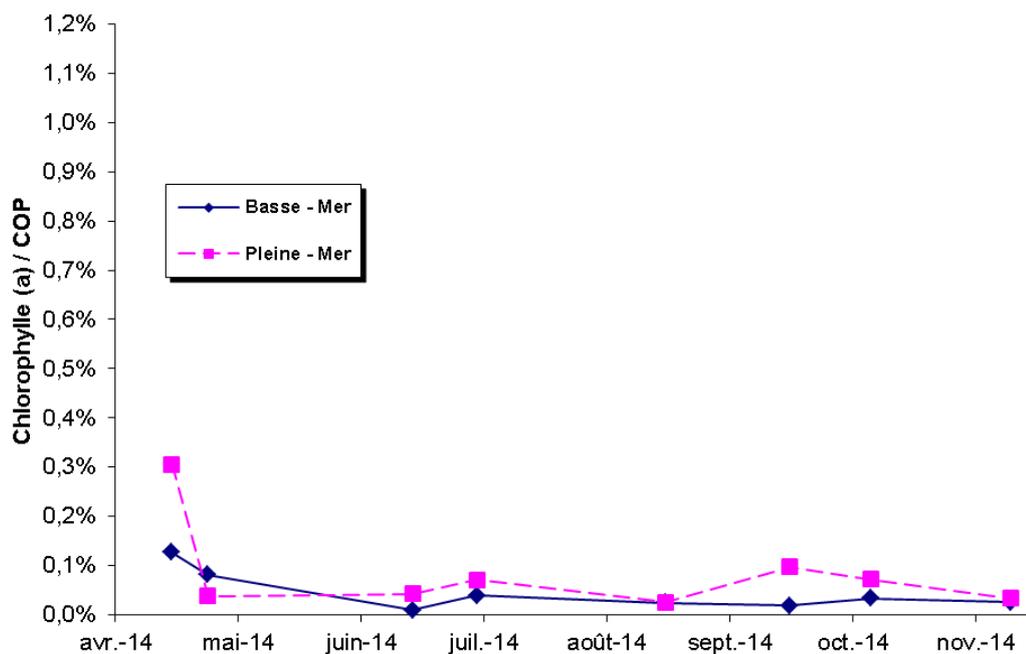


Figure 4-27 : Variations mensuelles du rapport entre la chlorophylle (a) et le Carbone Organique Particulaire (COP) à la station K

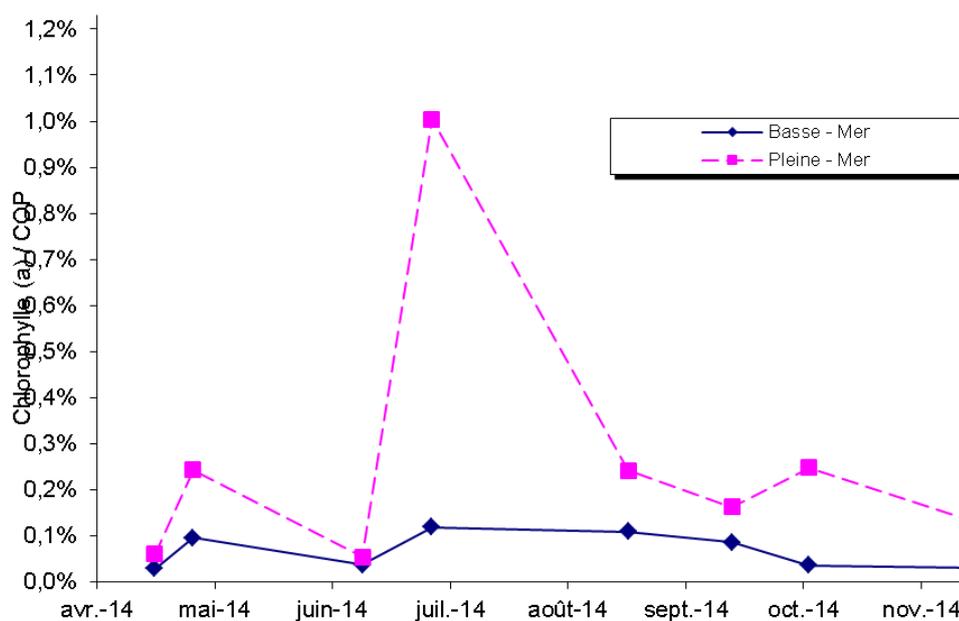


Figure 4-28 : Variations mensuelles du rapport entre la chlorophylle (a) et le Carbone Organique Particulaire (COP) à la station F

4.2.2. Evolution des moyennes annuelles

Pour rappel : une évolution dans les 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, rendue nécessaire par la mise sous accréditation de ce paramètre, pourrait être à l'origine des valeurs plus faibles, enregistrées depuis 2007 comparativement aux années précédentes (**Figure 4-29**).

L'augmentation des concentrations constatée depuis 2008, pour les stations E et F s'est accompagnée d'une forte hausse en 2012. Le forte baisse consécutive en 2013 semble se confirmer avec une stabilisation des valeurs à un plancher proche de celles d'avant 2011. Ceci tendrait à prouver le caractère exceptionnel du pic de 2012, dû uniquement aux concentrations en chlorophylle (a) du mois d'août.

Pour la station K, l'évolution reste stable depuis 2008 (**Figure 4-30**), avec l'amorce possible d'une légère hausse depuis 2013.

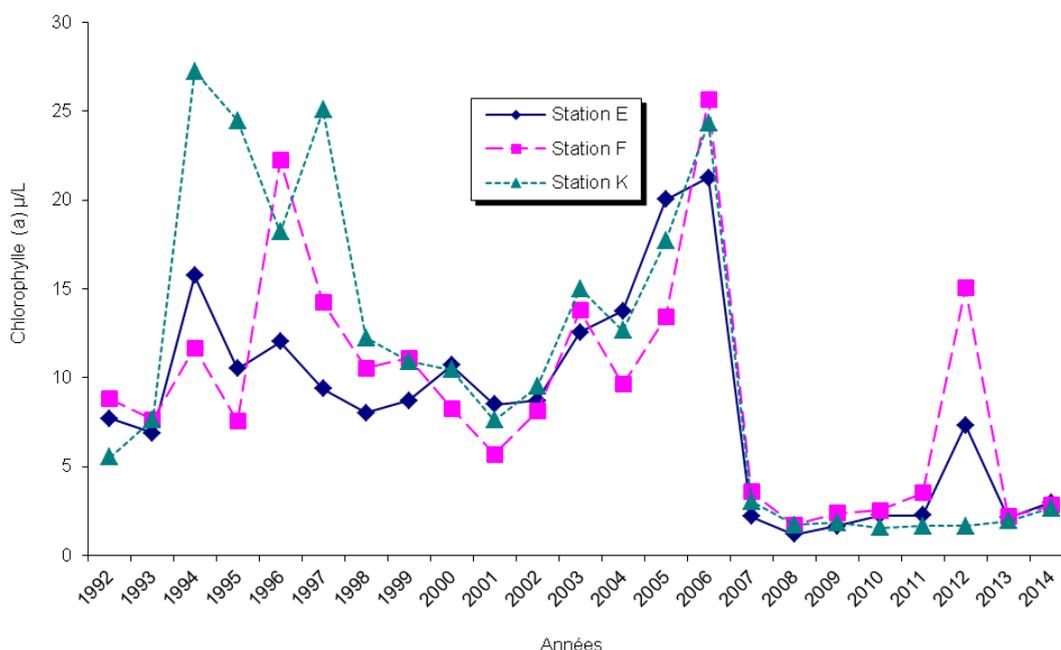


Figure 4-29 : Evolution par station des moyennes annuelles des teneurs en chlorophylle (a) entre 1992 et 2014.

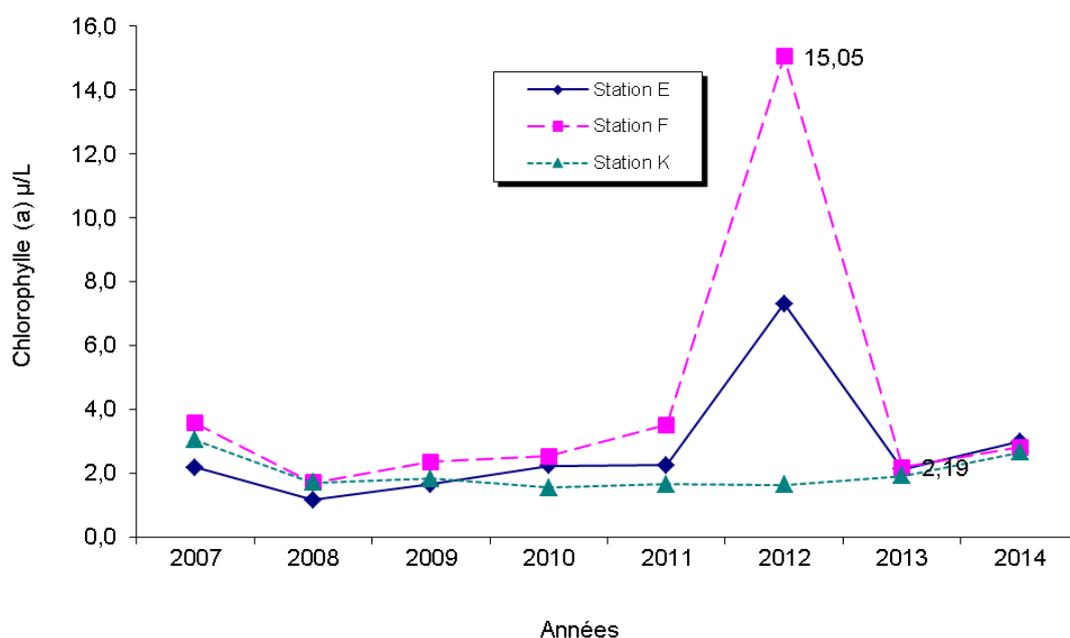


Figure 4-30 : Évolution par station des moyennes annuelles des teneurs en chlorophylle (a) entre 2007 et 2014.

Synthèse 2014

L'année 2014 voit un retour à des valeurs de chlorophylle (a) comparables entre les 3 stations, avec existence chronique d'un gradient croissant de concentration de l'amont vers l'aval.

4.3. Sels nutritifs et bore

La mise en application du nouvel arrêté d'exploitation du 18 septembre 2003 a évolué depuis la mise en place du programme de surveillance relatif aux sels nutritifs dans le cadre de la surveillance écologique du milieu récepteur.

Initialement réalisée à la station E, la quantification des sels nutritifs a été étendue aux deux autres stations de l'estuaire. De plus, le dosage du silicate est venu compléter la liste des sels dosés.

Enfin, en raison de l'utilisation de l'acide borique dans le cycle du traitement des eaux industrielles du CNPE, la quantification de cet élément a été demandée. Compte tenu de sa présence naturelle dans le milieu marin, nous n'avons pas considéré cet élément comme un contaminant.

4.3.1. Variations spatio-temporelle

4.3.1.1. Sels azotés

4.3.1.1.1 Ammonium

Contrairement à ces dernières années, les concentrations en ammonium, toute station confondue, dépassent régulièrement la limite de quantification ($0,28 \mu\text{mol.l}^{-1}$).

La station K à l'amont semble avoir un comportement différent des 2 autres stations au rejet E et à l'aval F :

- En K, les pics de concentration, aux alentours de $2 \mu\text{mol.l}^{-1}$, sont trouvés en juillet à pleine mer et en septembre à basse mer. Pas de détection de mai à juin (**Figure 4-31**).
- En E et F, les pics de concentration sont trouvés en juin et août, en pleine mer et à basse mer. Les valeurs maximales sont par contre inférieures à celles trouvées à la station amont. Les pics au droit du rejet sont inférieurs à ceux de l'aval (**Figures 4-32 et 4-33**).

Des apports externes (autres que l'activité biologique et le processus de reminéralisation) sont véhiculés par la Garonne et la Dordogne et les éventuels rejets ponctuels de la centrale.

Synthèse 2014

L'année 2014 voit un plus grand nombre de détection d'ammonium que les années précédentes. Il ne semble pas exister d'influence de la centrale.

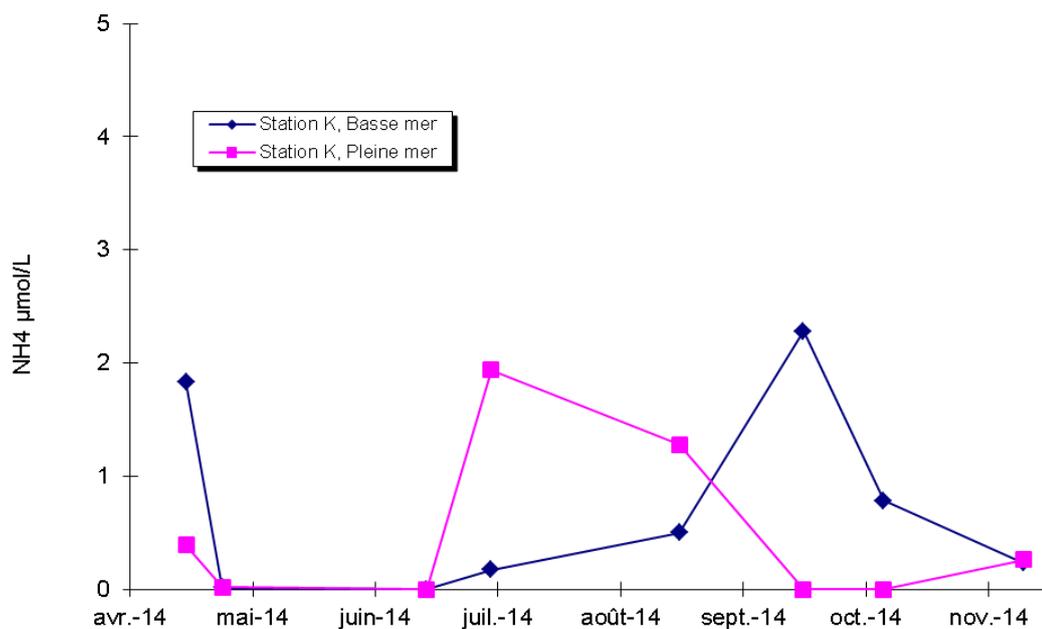


Figure 4-31 : Variations mensuelles des teneurs en ammonium à la station K.

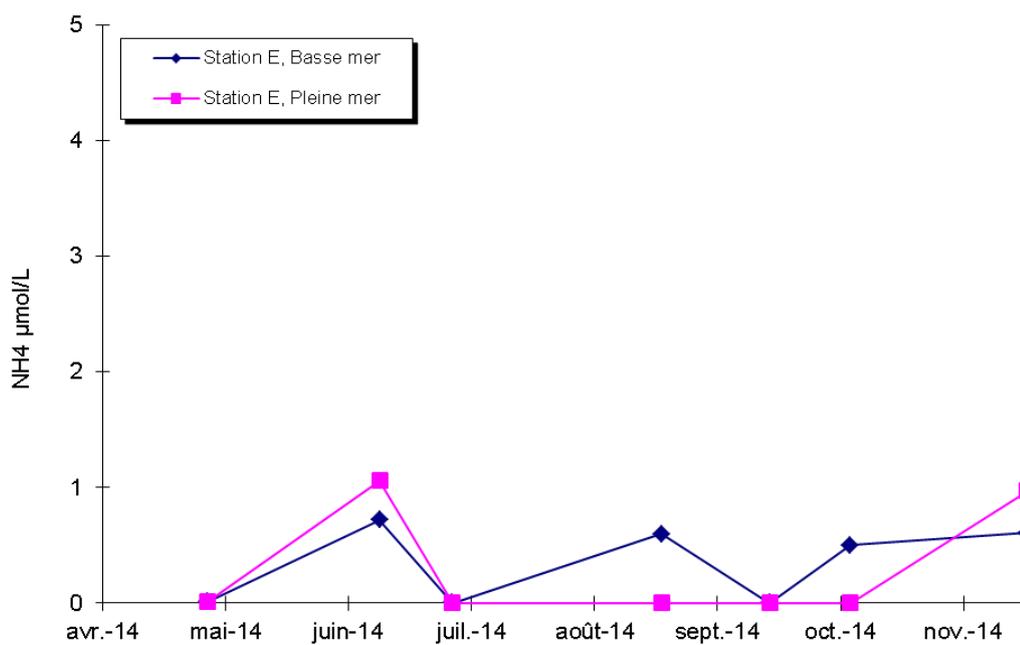


Figure 4-32 : Variations mensuelles des teneurs en ammonium à la station E.

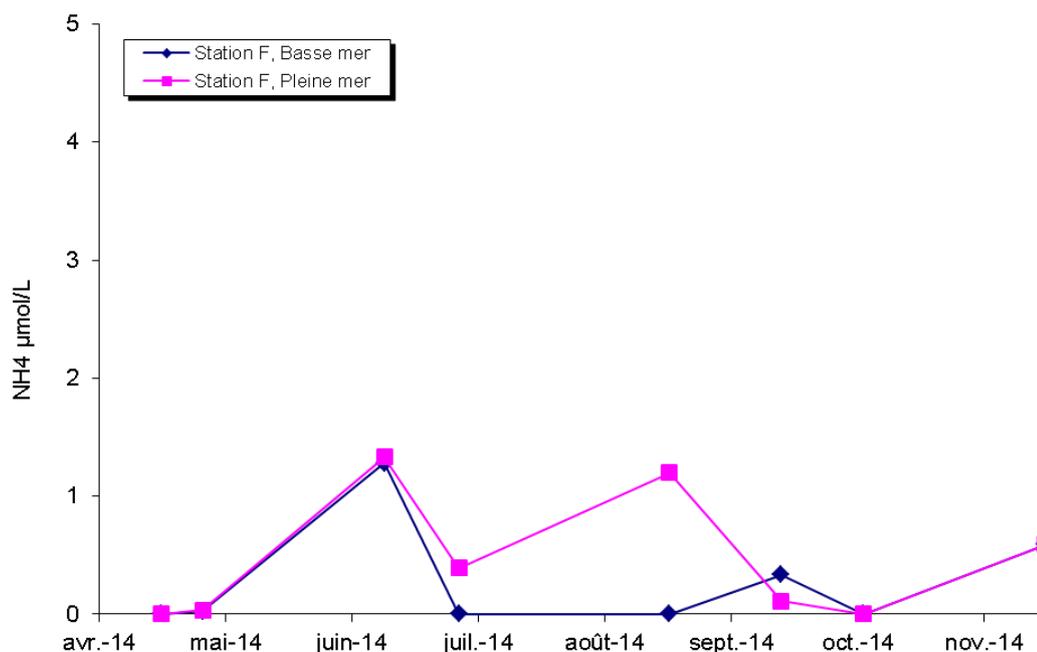


Figure 4-33 : Variations mensuelles des teneurs en ammonium à la station F.

4.3.1.1.2 Nitrate et nitrite

L'évolution saisonnière des 3 stations présente des similitudes en termes de variations (cf. figures ci-dessous) : un maximum est constaté en début de période estivale (juin) suivi d'une baisse brutale des teneurs en nitrate/nitrite et la conservation d'un palier jusqu'à novembre.

La station K présente un profil différent avec des teneurs un peu supérieures en pleine mer par rapport à la basse mer (**Figure 4-34**).

Au niveau de la station E, les concentrations mesurées à basse mer sont similaires à celles en pleine mer (**Figure 4-35**). Après une forte augmentation au printemps jusqu'à juin, les valeurs chutent fortement en juillet avant d'onduler autour d'un palier instable jusqu'en novembre. La chute de juillet à pleine mer est beaucoup plus forte que celle à basse mer.

A la station F, les teneurs sont systématiquement supérieures en période de basse mer avec une amplitude entre les deux temps de marée globalement homogène sur la période comprise entre juillet et novembre. Les concentrations à pleine mer sont en palier sur la période printanière, avant de chuter en juillet à un nouveau palier jusqu'à la fin de l'année. Les concentrations à basse mer commencent par augmenter fortement sur le printemps, avant de chuter tout aussi fortement et rester en palier sur le reste de l'année (**Figure 4-36**).

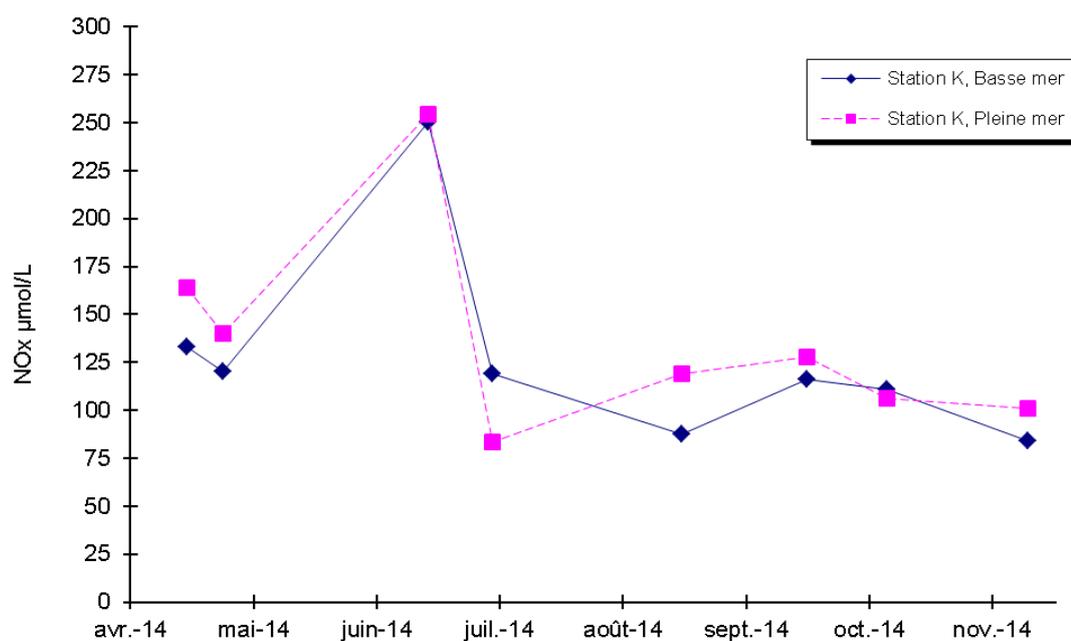


Figure 4-34 : Variations mensuelles des teneurs en nitrate – nitrite à la station K

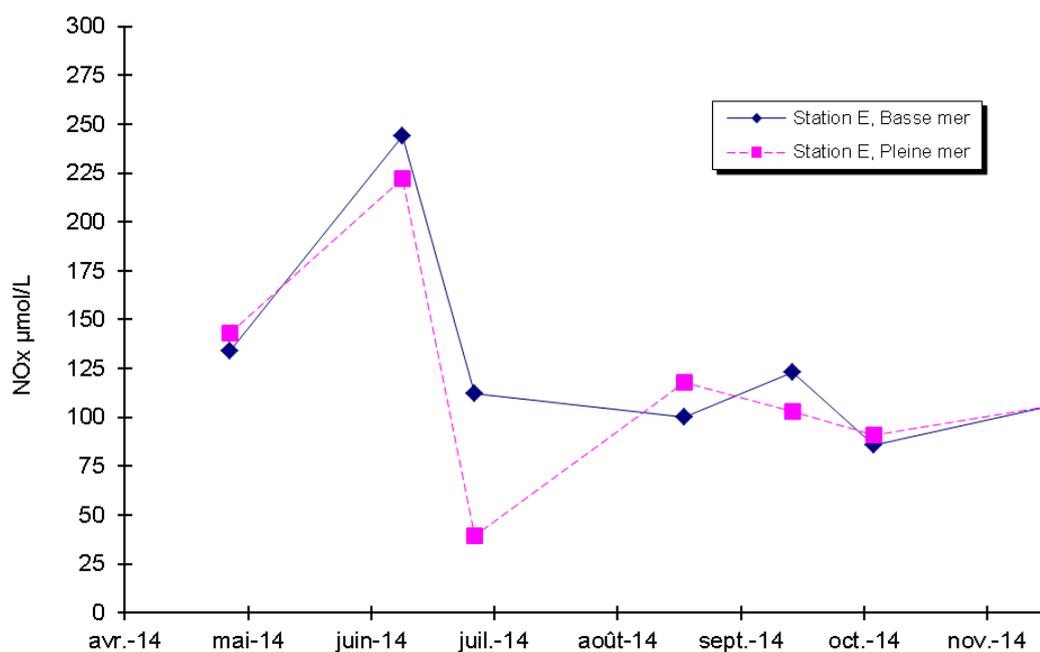


Figure 4-35 : Variations mensuelles des teneurs en nitrate – nitrite à la station E

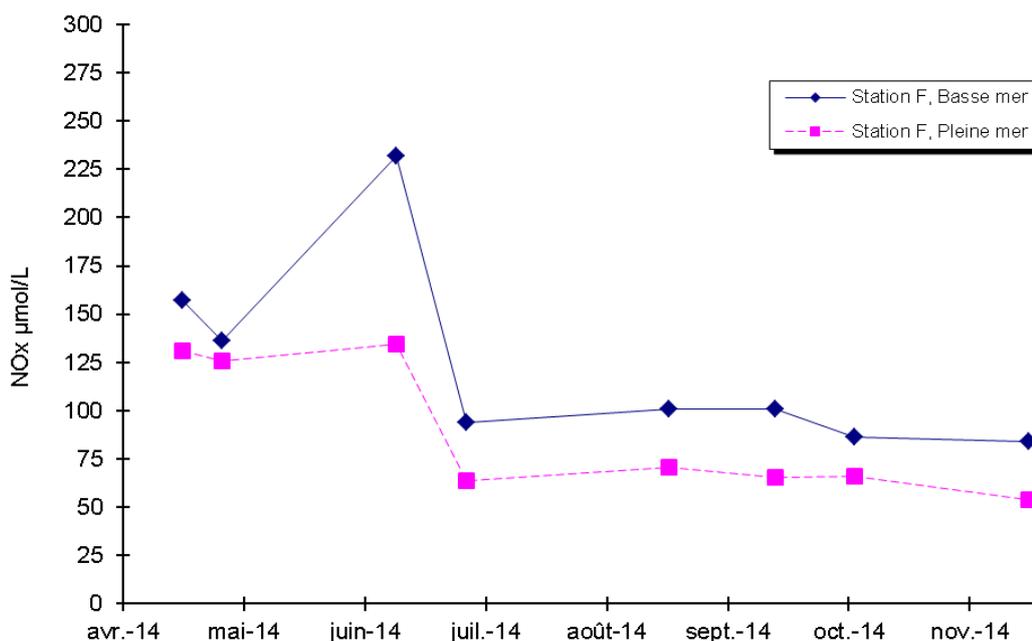


Figure 4-36 : Variations mensuelles des teneurs en nitrate – nitrite à la station F

Il est intéressant de constater que les valeurs obtenues lors de la pleine mer sont globalement supérieures aux valeurs obtenues en basse mer sur la station K, puis cette tendance s'inverse progressivement à mesure que l'on descend en aval pour être toujours supérieure sur la station F. Cette progression est caractéristique de l'apport d'origine fluviale de ces éléments.

Synthèse 2014

L'origine fluviale des apports en nitrate-nitrite est démontrée. Aucune influence du rejet n'est mise en évidence.

4.3.1.2. Orthophosphate et rapport N/P

4.3.1.2.1 Orthophosphate

Les 3 stations ont des comportements similaires au long de l'année. On constate par contre une décroissance amont-aval des valeurs à basse mer. En parallèle, on constate une augmentation progressive des valeurs à pleine mer vers l'aval. 2 pics sont communs aux 3 stations.

À l'amont (station K - **Figure 4-37**), le pic spectaculaire d'avril ne se retrouve pas sur la station F (station E non prélevée en avril). Son origine est inconnue mais pourrait être anthropique et très localisée. Les maxima sont trouvés en juin, autour de $20 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à pleine mer et $42 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à basse mer.

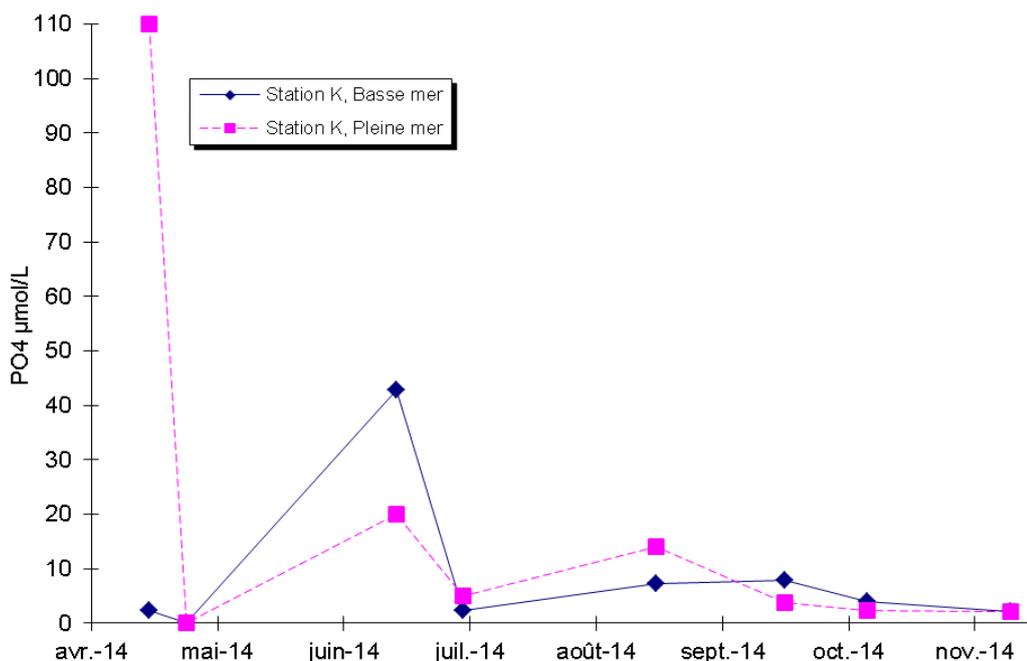


Figure 4-37 : Variations mensuelles des teneurs en orthophosphate à la station K.

La station E (**Figure 4-38**), au droit du rejet, présente le même profil qu'à l'amont mais avec un pic de juin à basse mer plus faible, autour de $30 \mu\text{mol.l}^{-1}$. Un 2nd pic, commun aux 2 moments de marée est trouvé en août autour de $10 \mu\text{mol.l}^{-1}$.

Au niveau de la station F (**Figure 4-39**), le comportement est identique à celui des stations à l'amont. Ce sont par contre les valeurs à pleine mer qui prennent le dessus, avec un pic de juin à $40 \mu\text{mol.l}^{-1}$ et un pic d'août plus marqué, à $20 \mu\text{mol.l}^{-1}$. A basse mer, les valeurs sont quasiment constantes tout au long de l'année avec juste 2 pics en dessous de $10 \mu\text{mol.l}^{-1}$ en juin et août.

Synthèse 2014

Le comportement de l'orthophosphate aux 3 stations est synchrone sur l'année. Les valeurs à basse mer sont supérieures pour l'amont et au droit du rejet, à pleine mer pour l'aval. L'origine fluviale de ces apports est démontrée. Il ne semble pas mis en évidence d'influence de la centrale.

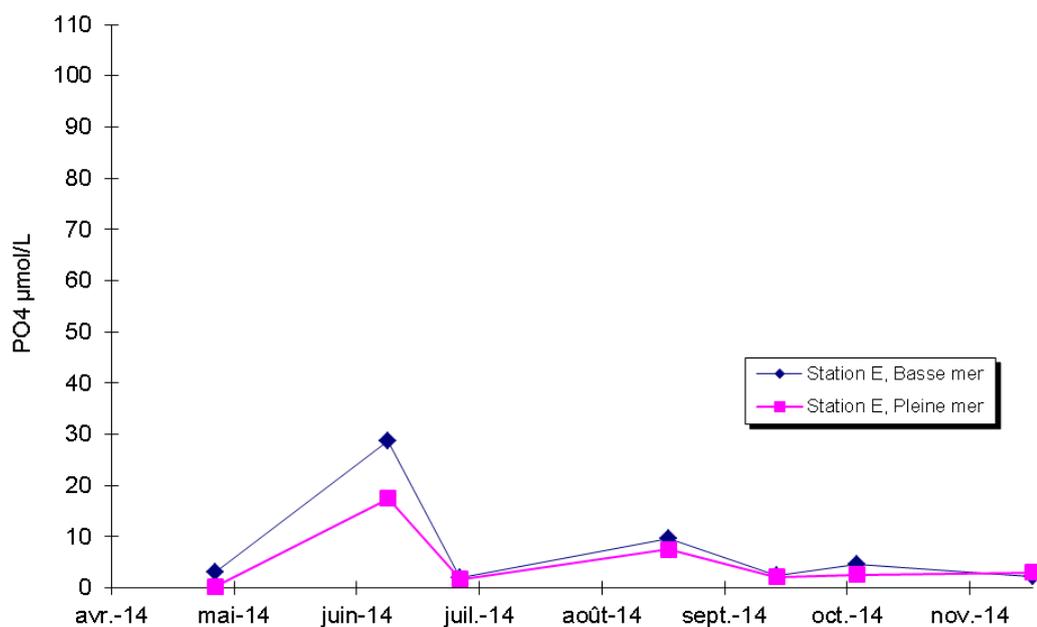


Figure 4-38 : Variations mensuelles des teneurs en orthophosphate à la station E

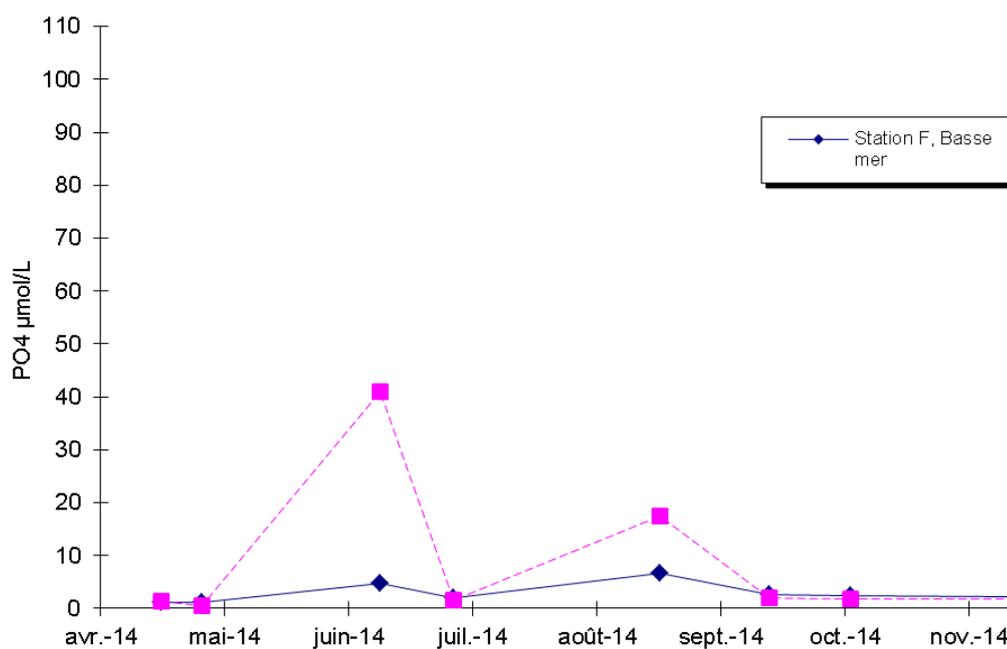


Figure 4-39 : Variations mensuelles des teneurs en orthophosphate à la station F

4.3.1.2.2 Rapport N/P

L'étude du rapport molaire N/P en milieu estuarien est primordiale pour apprécier les évolutions de biomasses planctoniques. En effet, en milieu océanique la valeur de ce rapport est de 16 (Redfield et al, 1963).

L'évolution générale du rapport N/P semble similaire sur les 3 sites : après un pic en mai, s'expliquant par les très faibles valeurs de P, le reste de l'année voit les valeurs onduler autour d'un palier à 30. Un gradient décroissant amont-aval est clairement visible pour ce pic.

Concernant la station K, les variations à pleine et basse mer sont similaires en valeurs (**Figure 4-40**). Après un très fort pic à 1237 en mai, les valeurs se « calent » à un palier plus ou moins régulier, en moyenne entre 30 et 35.

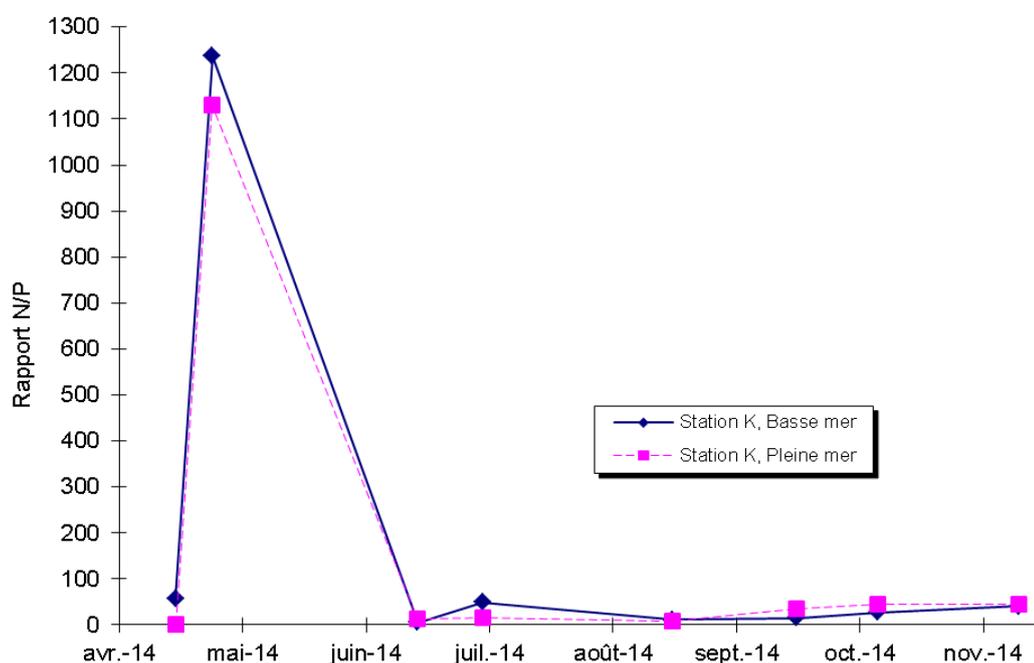


Figure 4-40 : Variations mensuelles du rapport N/P à la station K

Pour la station E, la chronique 2014 commence en mai, avec le maximum annuel autour de 500 pour la pleine mer avant la chute vers un palier autour de 25 à 30. Ce fort pic de mai n'est pas trouvé pour la basse mer (**Figure 4-41**).

Pour la station F, bien que présent, le pic de mai est bien moins marqué qu'à l'amont. La valeur à basse mer est aux alentours de 250, tandis que les valeurs à pleine mer commencent à 140 en avril avant de diminuer doucement vers un palier à 30, commun aux 2 moments de marée (**Figure 4-42**).

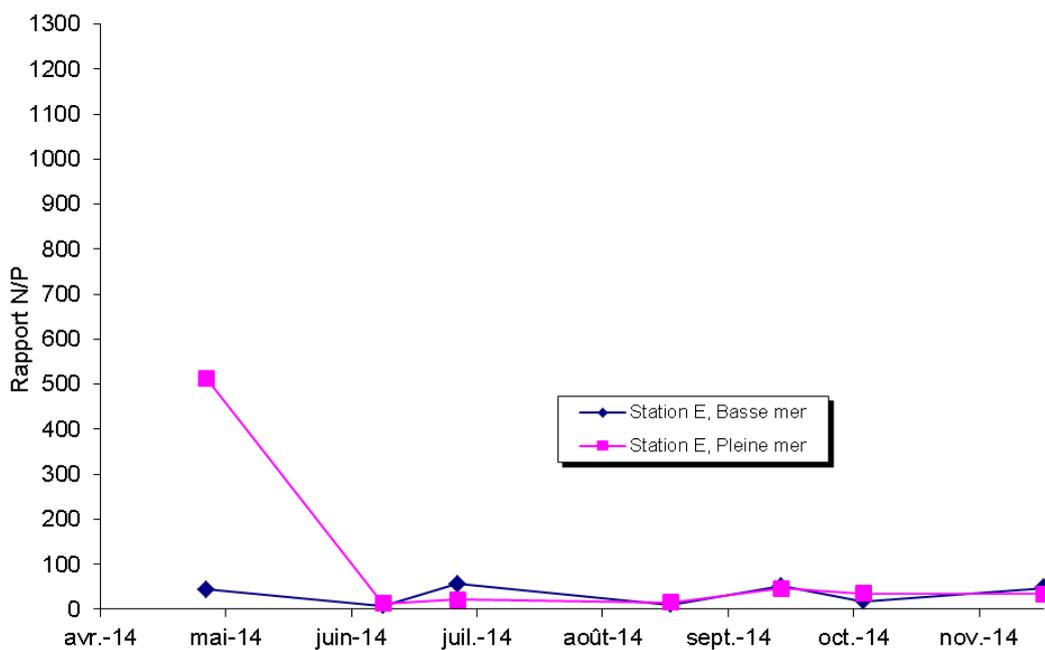


Figure 4-41 : Variations mensuelles du rapport N/P à la station E

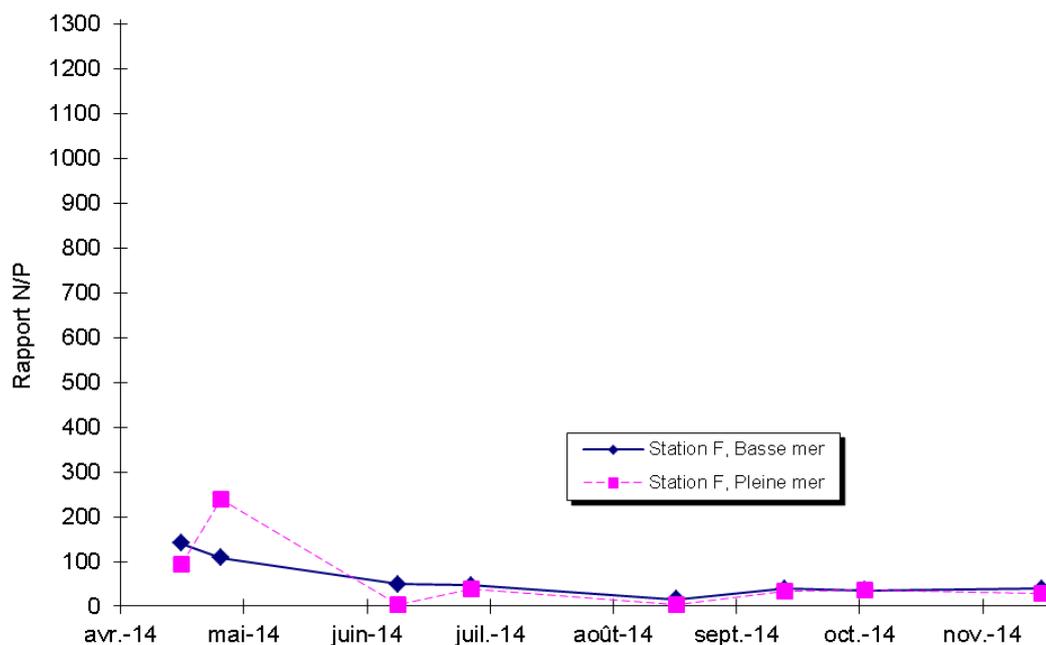


Figure 4-42 : Variations mensuelles du rapport N/P à la station F

Synthèse 2014

L'évolution du rapport N/P est parallèle sur les 3 stations, avec existence d'un gradient décroissant amont – aval bien visible lors de l'atténuation du pic de la campagne de mai.

4.3.1.3. Silicate et bore

4.3.1.3.1 Silicate

Comme l'ont montrées les études de surveillances écologiques antérieures à 1992, la Dordogne présente des concentrations en silicate nettement supérieures à celles de la Garonne (environ 2/3, 1/3). Sur l'estuaire, un gradient de concentration décroissant de l'amont vers l'aval est donc observé. Les valeurs à pleine mer sont globalement inférieures à celles de basse mer. Ceci est clairement visible au point aval.

L'évolution annuelle des concentrations est clairement synchrone entre les 3 stations et entre les moments de marée (**Figure 4-43** à **Figure 4-45**).

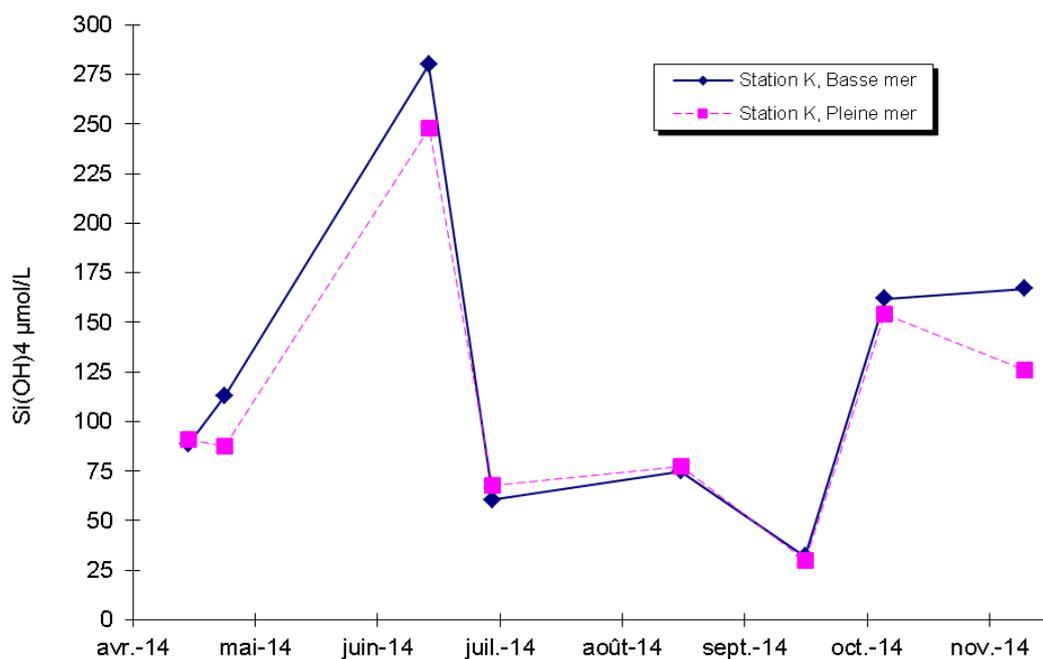


Figure 4-43 : Variations mensuelles des teneurs en silicate, station K

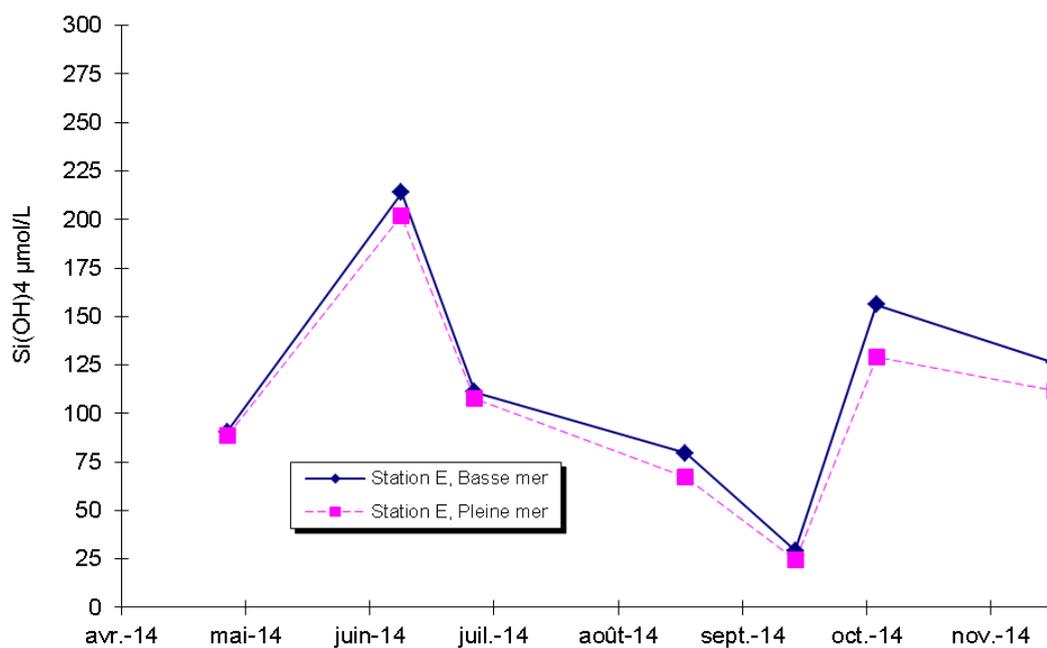


Figure 4-44 : Variations mensuelles des teneurs en silicate, station E

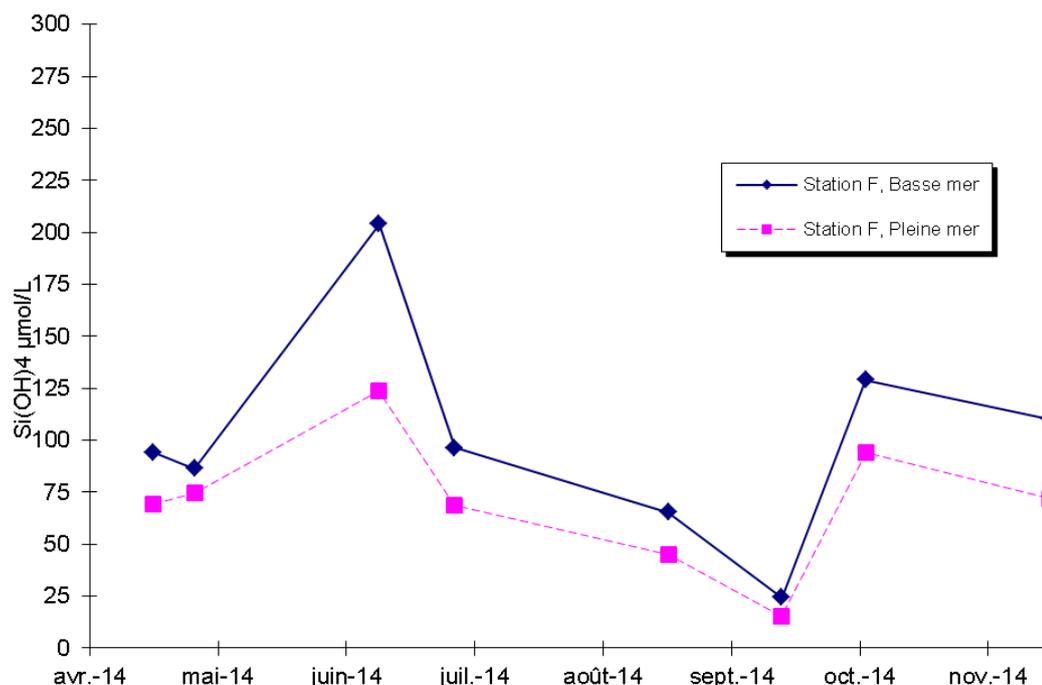


Figure 4-45 : Variations mensuelles des teneurs en silicate, station F

4.3.1.3.2 Bore

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⁻¹.

Un gradient de concentration croissant de l'amont vers l'aval, déjà constaté en 2013, est nettement mis en évidence (**Figure 4-46** à **Figure 4-48**).

Les valeurs à pleine mer sont systématiquement supérieures aux valeurs de basse mer.

Leurs évolutions respectives sont synchrones entre moments de marée et les 3 stations.

On observe un pic en juin et un minimum en mai. Un 2nd creux est trouvé tout à l'aval au mois d'octobre. En 2013, le pic commun était trouvé en septembre et le creux en juin.

Synthèse 2014

L'évolution des concentrations en bore au droit de la centrale et l'aspect régulier du gradient croissant amont-aval ne semblent pas mettre en évidence de divergence anormale et d'influence du rejet.

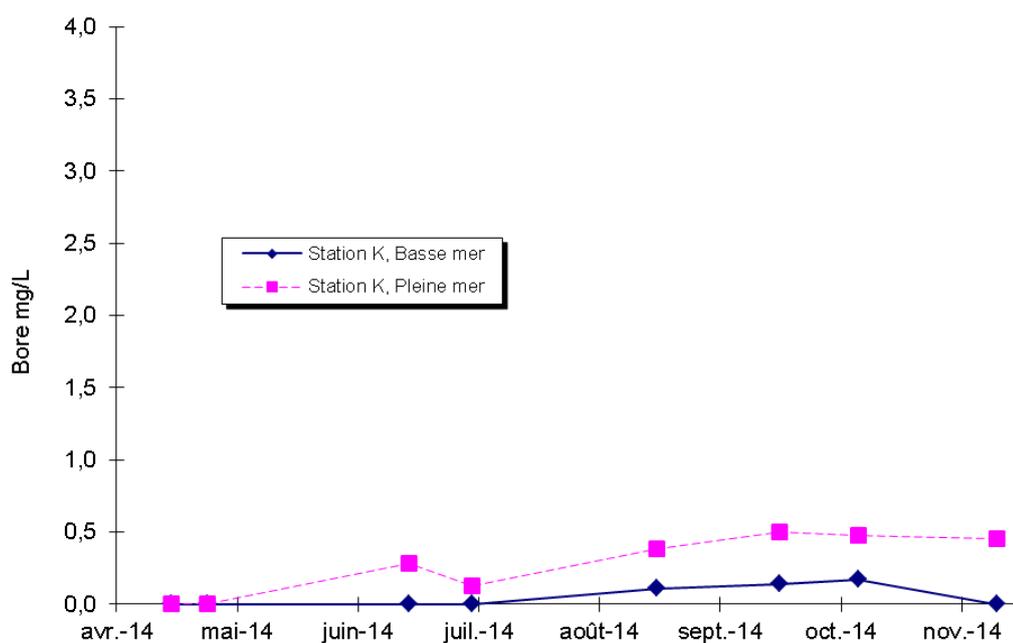


Figure 4-46 : Variations mensuelles des teneurs en bore, station K

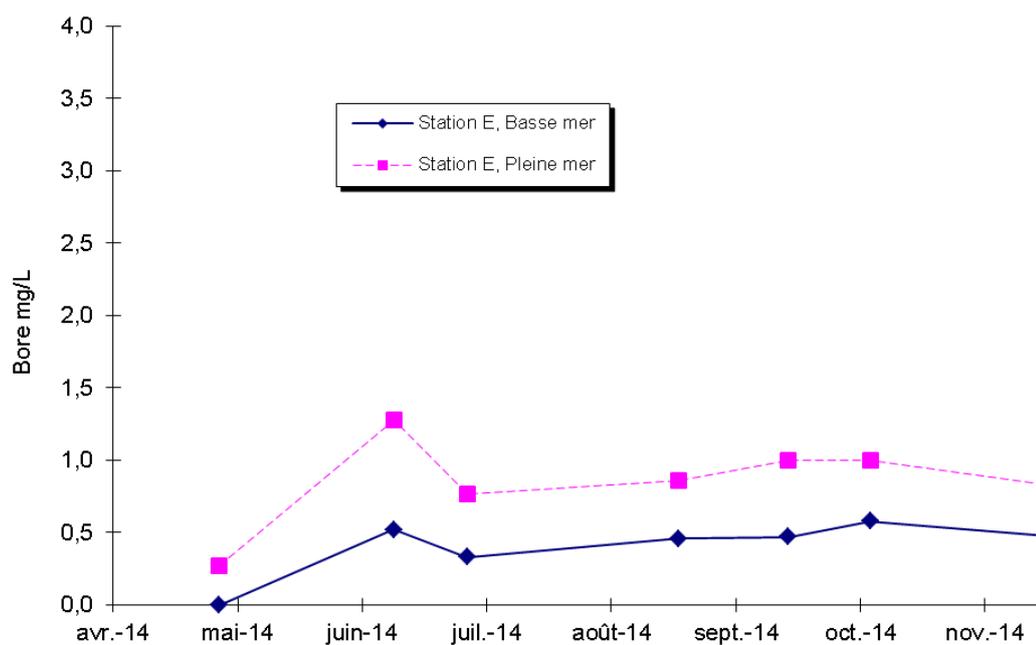


Figure 4-47 : Variations mensuelles des teneurs en bore, station E

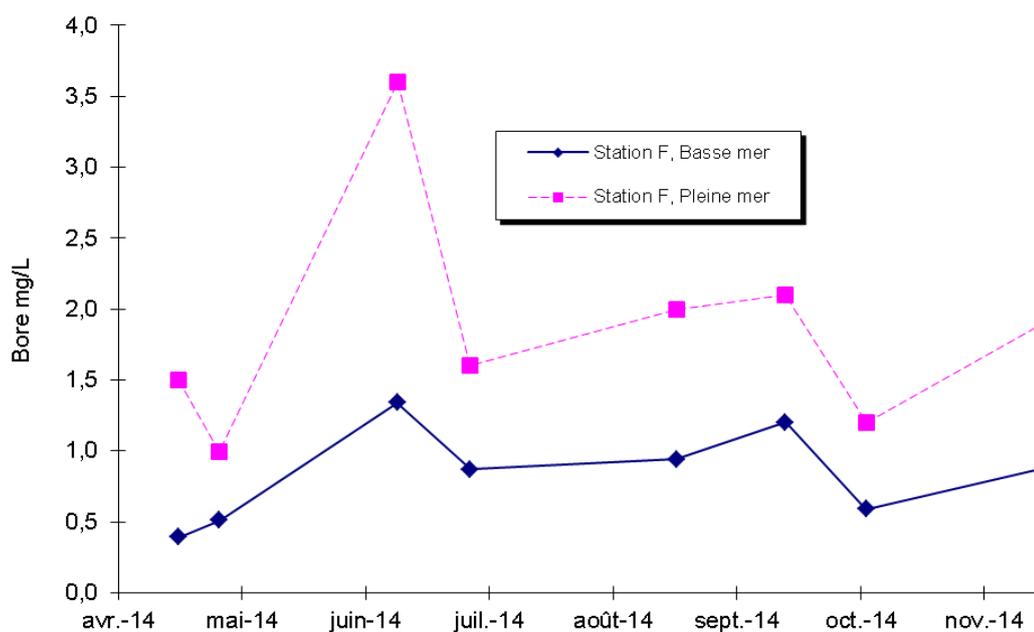


Figure 4-48 : Variations mensuelles des teneurs en bore, station F

4.3.2. Relation avec les paramètres hydro biologiques

4.3.2.1. Bore, silicate et salinité

Le bore étant présent naturellement dans l'eau de mer, la droite de régression affiche une pente positive et un coefficient de corrélation significatif (**Figure 4-49**).

Pour le silicate, la droite de régression est négative (apports Garonne et Dordogne) ; le coefficient de corrélation est beaucoup moins significatif, avec un nuage de points très dispersé (**Figure 4-50**).

Les concentrations observées au droit de la centrale ne semblent pas mettre en évidence de problème particulier (**Figure 4-52**). L'interprétation des régressions à chaque station (**Figure 4-51** à **Figure 4-53**) est cependant très délicate, avec un coefficient au droit du rejet beaucoup moins significatif qu'en 2013 (R^2 de 0,99).

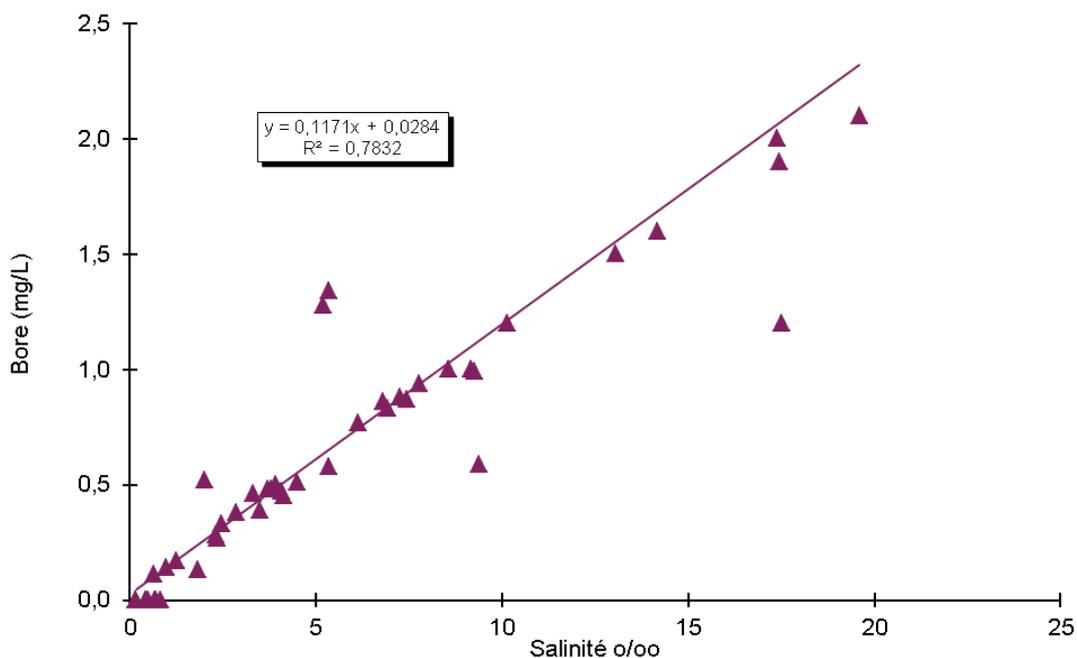


Figure 4-49 : Répartition des teneurs en bore avec la salinité, toutes stations et temps de marée

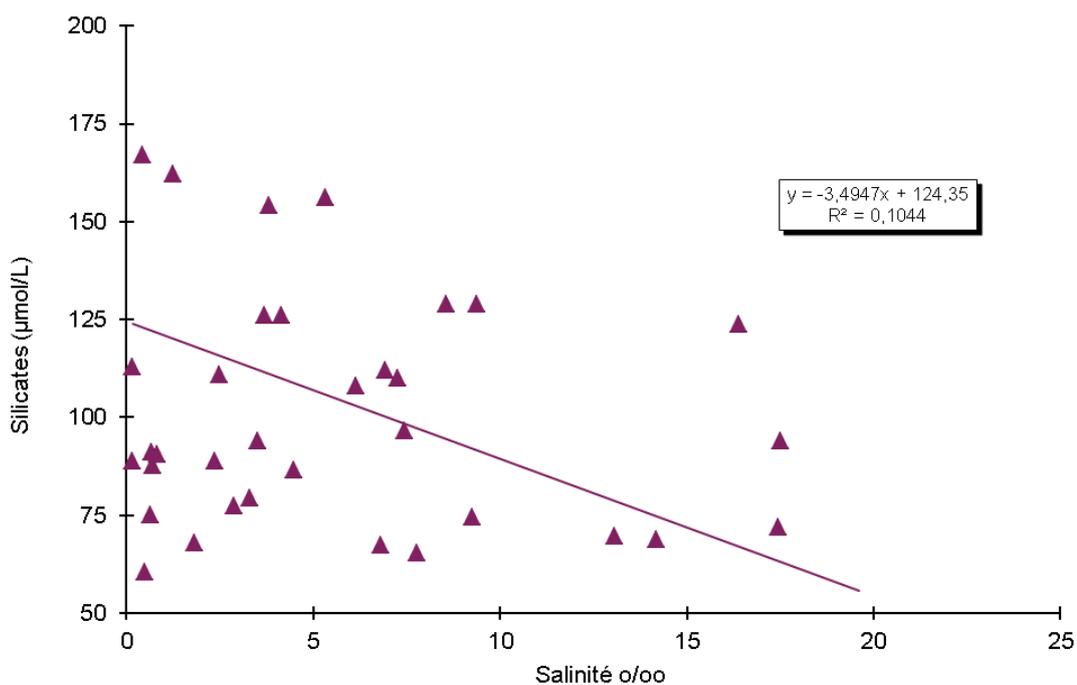


Figure 4-50 : Répartition des teneurs en silicate avec la salinité, toutes stations et temps de marée

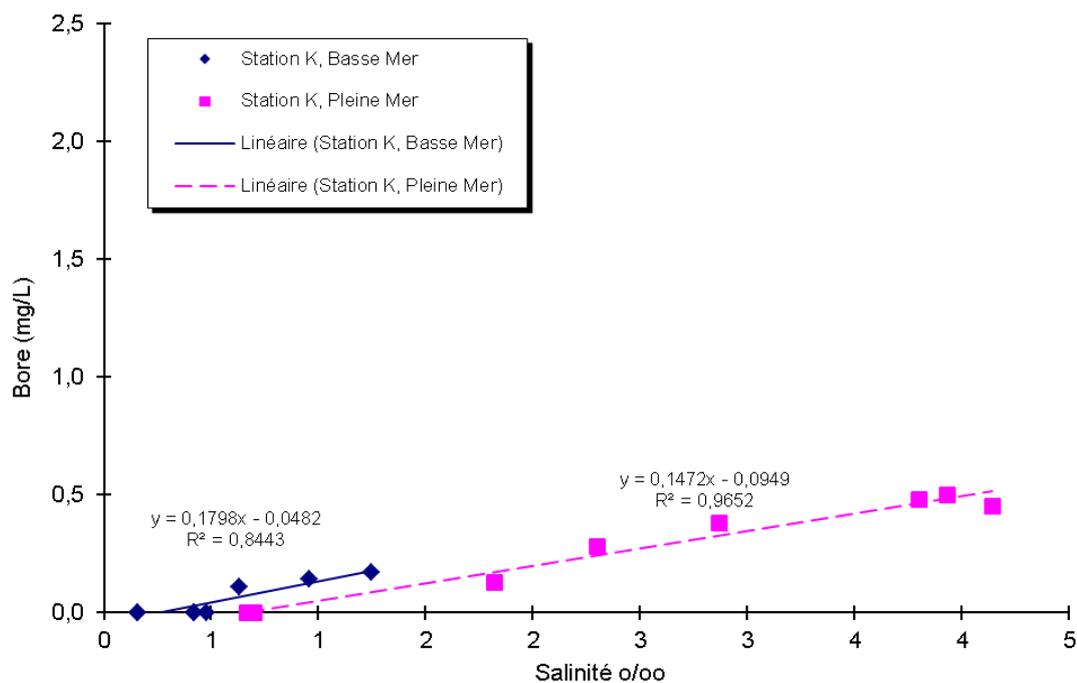


Figure 4-51 : Répartition des teneurs en bore avec la salinité, station K

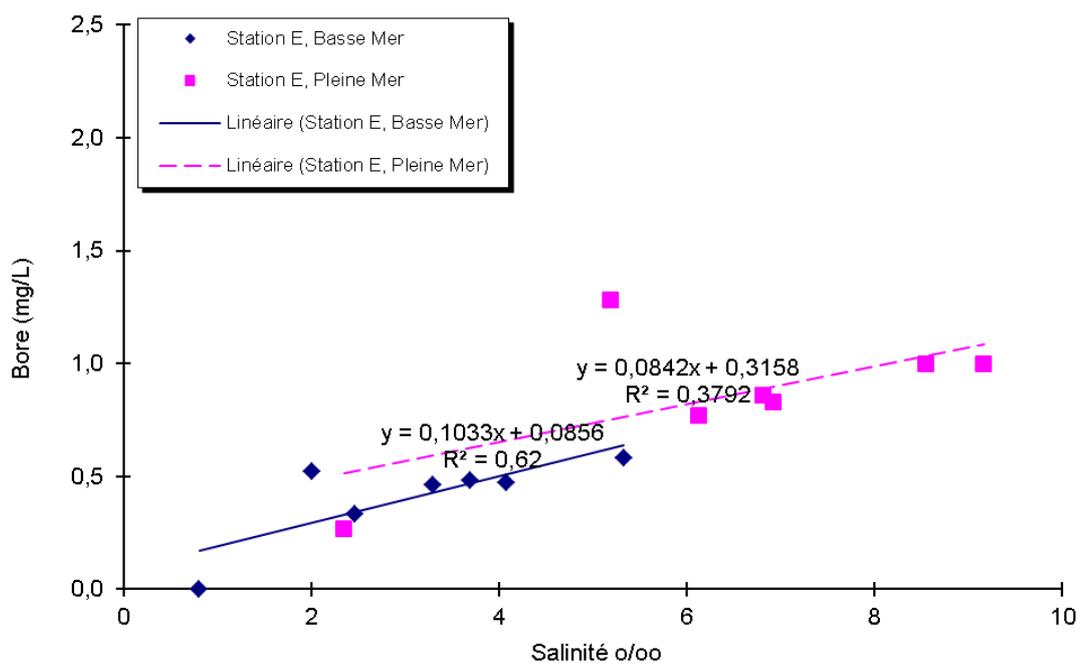


Figure 4-52 : Répartition des teneurs en bore avec la salinité, station E.

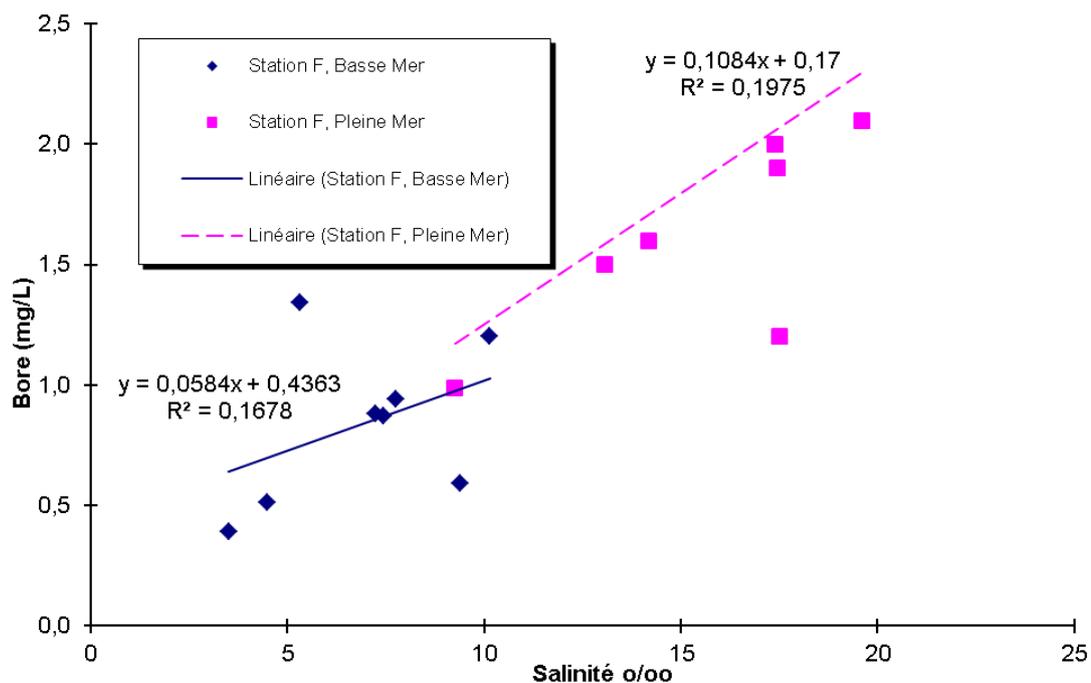


Figure 4-53: Répartition des teneurs en bore avec la salinité, station F.

Synthèse 2014

Si la corrélation est bonne entre bore et salinité, elle l'est beaucoup moins entre silicate et salinité.

4.3.3. Evolution des moyennes annuelles

4.3.3.1. Sels azotés

Après un pic de concentration en ammonium au droit du rejet en 2013, les valeurs redeviennent proches en 2014 et semblent entamer une diminution progressive des moyennes par station (**Figure 4-54**).

Le gradient de concentration croissant en nitrate/nitrite de l'aval à l'amont est un peu plus visible cette année, après une période où son existence était moins évidente. Néanmoins, les teneurs en amont et au droit de la centrale sont nettement supérieures aux concentrations observées à la station F. Les moyennes annuelles 2014 des teneurs en nitrate–nitrite restent comparables à celles de 2009 (**Figure 4-55**).

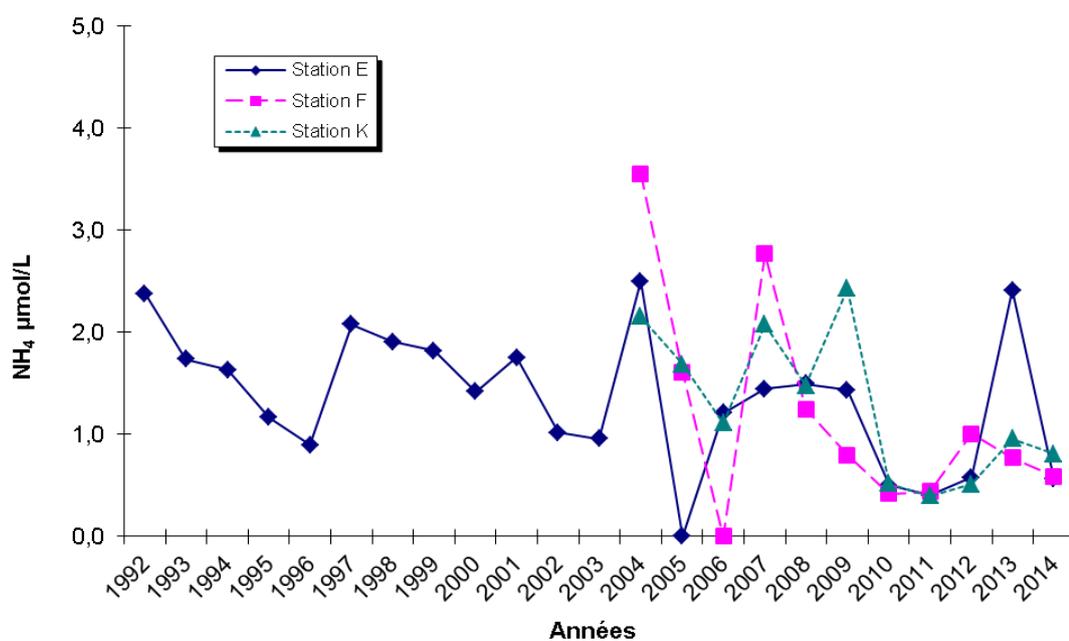


Figure 4-54 : Evolution des moyennes annuelles des teneurs en ammonium

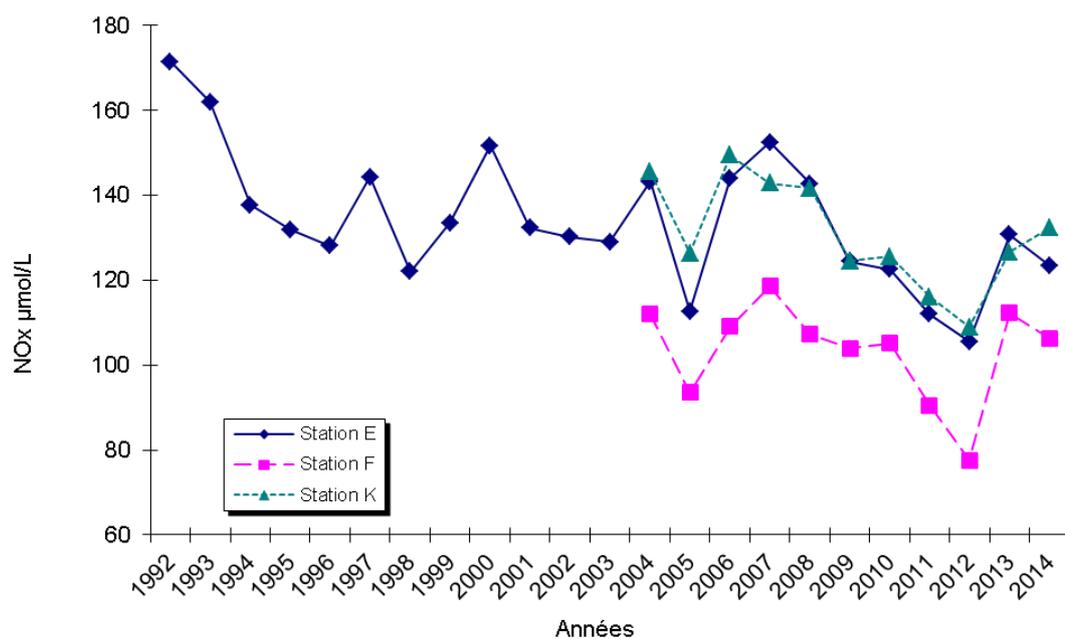


Figure 4-55 : Evolution des moyennes annuelles des teneurs en nitrate – nitrite

Synthèse 2014

Le gradient de concentration décroissant amont-aval des sels azotés est un peu plus visible cette année.

4.3.3.2. Orthophosphate et rapport N/P

Depuis 2011 une augmentation des concentrations moyennes annuelles est observée aux stations situées de part et d'autre de la centrale. La station intermédiaire E, affiche une forte hausse avec un record de la chronique après avoir présentée la valeur la plus basse du suivi interannuel (**Figure 4-56**). La station amont présente également un pic spectaculaire près de 2 fois supérieur à la valeur déjà record de 2010.

Les valeurs moyennes annuelles du rapport N/P sont proches pour les stations situées en aval (E et F) (**Figure 4-57**). La station à l'amont présente également une vergence cependant encore inférieure au pic historique de 2011. Une tendance générale à la hausse semble se dessiner depuis 2004.

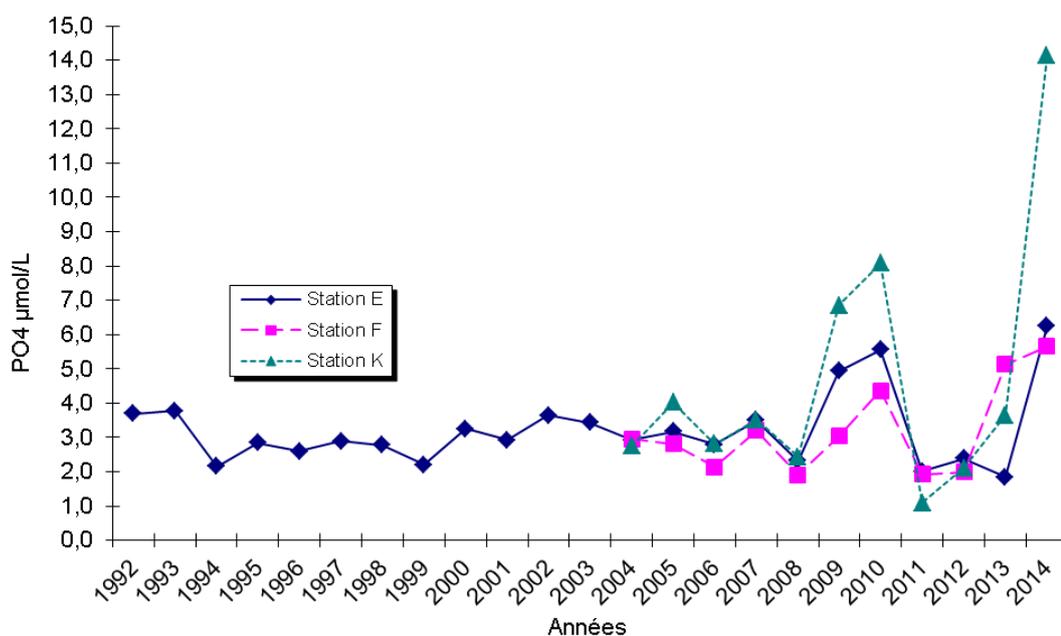


Figure 4-56 : Evolutions des moyennes annuelles des teneurs en orthophates

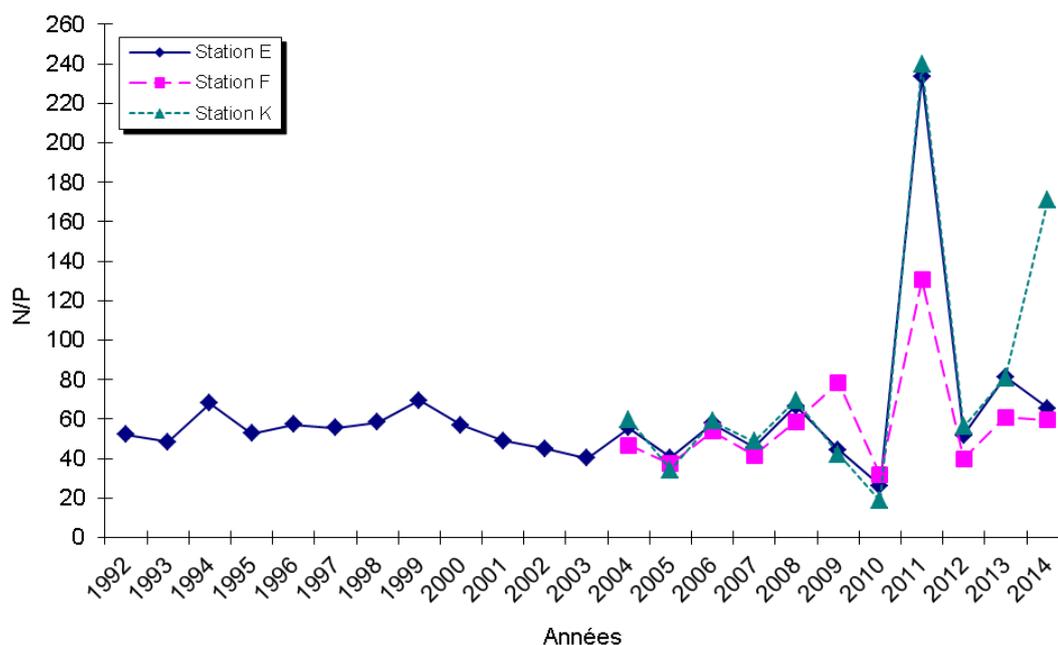


Figure 4-57 : Evolution des moyennes annuelles des rapports molaires N/P

Synthèse 2014

Une tendance à la hausse du rapport N/P semble se dessiner depuis 2011. Les disparités entre stations existent après une période 2004 – 2010 où les valeurs étaient beaucoup plus constantes entre stations.

4.3.3.3. Silicate et bore

Pour les trois stations considérées, les valeurs des moyennes annuelles des teneurs en silicate obtenues en 2014 restent globalement parmi les plus faibles valeurs obtenues depuis le début du suivi (**Figure 4-58**). Le gradient décroissant amont-aval de concentration est clairement visible.

Pour les trois stations considérées, les valeurs moyennes annuelles des teneurs en bore obtenues au cours de l'année 2014 restent faibles sur la chronique, mais un ressaut semble se dessiner (**Figure 4-59**). Le gradient croissant de concentration amont-aval est clairement visible.

Synthèse 2014

Les évolutions des valeurs moyennes annuelles de silicate et de bore restent parallèles entre les 3 stations. Les gradients amont – aval constatés les années antérieures persistent : décroissant pour le silicate, croissant pour le bore.

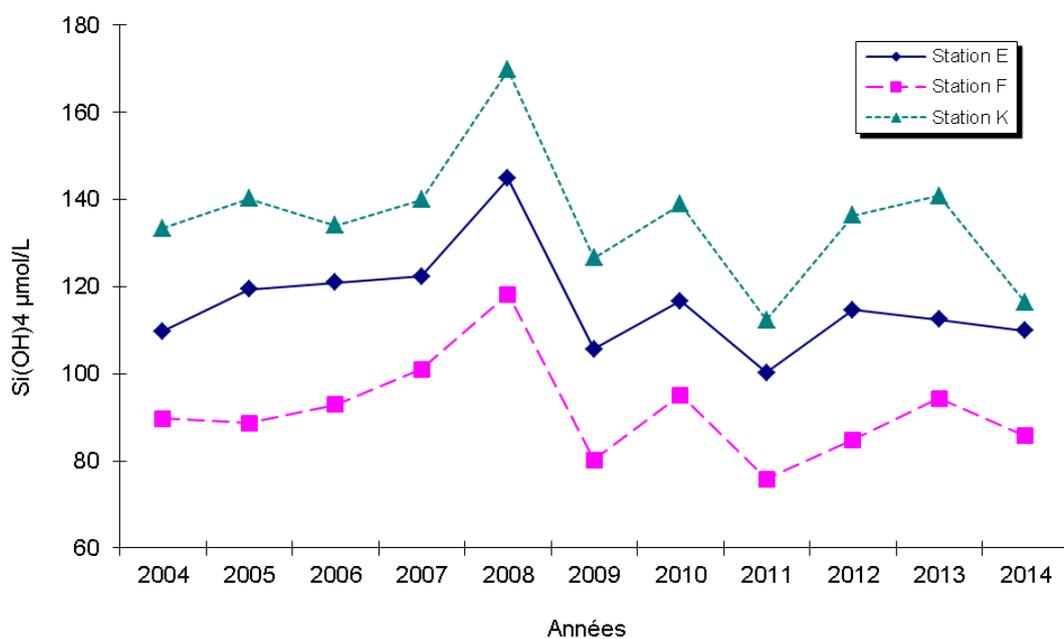


Figure 4-58 : Evolution des moyennes annuelles des teneurs en silicate

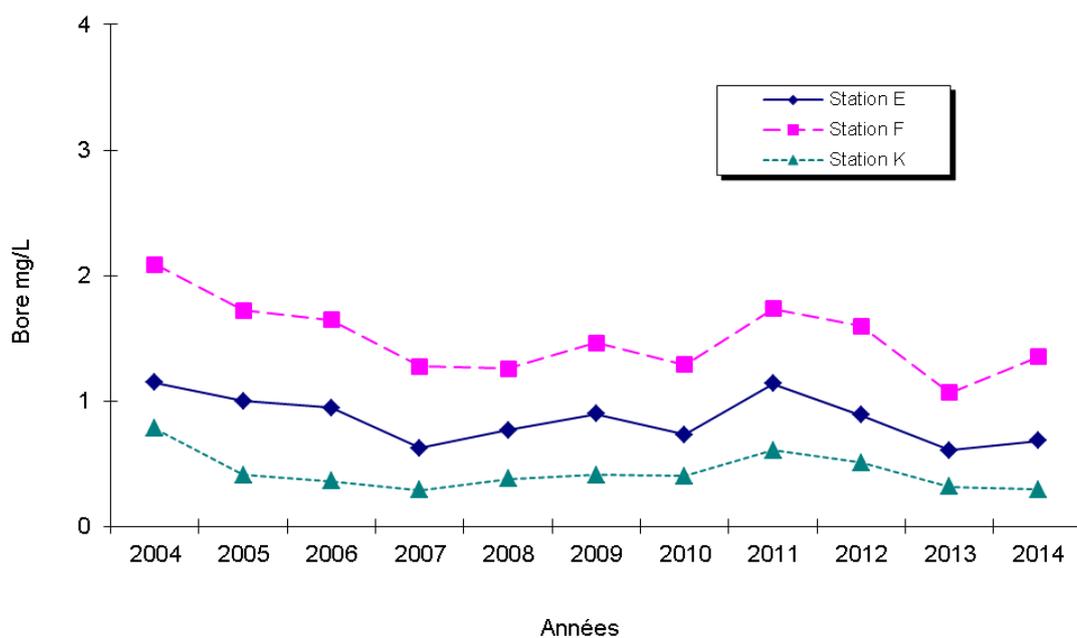


Figure 4-59 : Evolution des moyennes annuelles des teneurs en bore

4.4. Contaminants

4.4.1. Famille des amines

Pour les trois stations, les recherches de résidus de traitements des circuits secondaires du CNPE (éthanolamine, morpholine et hydrazine), dans les eaux de l'estuaire, n'ont révélé aucune teneur supérieure aux limites de quantification tout au long de la période d'étude (seuil à $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$).

4.4.2. Agents de surface anioniques

12 détections ont eu lieu au cours de l'année, ce qui représente une légère augmentation face aux 10 détections de 2013 (4 en 2012) avec une majorité au droit de la station F. Le seuil de quantification varie de 20 à $40 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$ selon les campagnes (**Tableau 4-9**).

Lorsqu'il y a plusieurs détections sur une même station lors d'une même campagne, les teneurs mesurées sont plus élevées à pleine mer qu'à basse mer.

- Station K : 1 détection en juillet,
- Station E : 2 détections en aout,
- Station F : 9 détections. Deux en juin (plus fortes valeurs mesurées avec $60 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$), deux en juillet, une en aout, une en septembre, deux en octobre et une en novembre.

Les concentrations restent toutefois faibles.

Tableau4-9 : Recherche positive d'agents de surface anionique

Date	Station	Temps de Marée	ASA ($\mu\text{g/L}$)	Seuil de détection ($\mu\text{g/L}$)
19/06/2014	F	BM	60	40
19/06/2014	F	PM	60	40
07/07/2014	F	BM	26	20
07/07/2014	F	PM	36	20
10/07/2014	K	PM	50	20
27/08/2014	F	PM	35	20
28/08/2014	E	BM	41	20
28/08/2014	E	PM	32	20
23/09/2014	F	PM	30	20
13/10/2014	F	BM	20	20
13/10/2014	F	PM	40	20
26/11/2014	F	PM	27	20

Synthèse 2014

Aucune influence de la centrale n'est mise en évidence pour l'ensemble des paramètres (carbone organique, chlorophylle, sels nutritifs, bore et contaminants). Les variations spatiales et temporelles enregistrées en 2014 sont principalement induites par le fonctionnement naturel de l'Estuaire de la Gironde.

5. *Vibrio* halophiles

Les méthodes d'analyses ont changé en 2006 et rendent les comparaisons antérieures (période : 1993 – 2005 et période de 2006 à aujourd'hui) délicates sans pour autant altérer la tendance générale. Le récapitulatif ne commencera qu'à compter de 2006.

Les vibrions halophiles sont des bactéries anaérobies facultatives, à Gram négatif, hôtes naturels du milieu marin et plus particulièrement des eaux côtières et estuariennes du monde entier. Parmi les 135 espèces de *Vibrio* recensées à ce jour dont 68 sont validées, seules quelques-unes sont associées à des pathologies chez l'Homme.

Les 12 espèces aujourd'hui considérées comme pathogènes pour l'Homme, sont réparties en deux groupes, les vibrions dits cholériques, responsables du choléra et appartenant aux sérogroupes O1 et O139 de l'espèce *Vibrio cholerae*, et les vibrions non cholériques appartenant aux sérogroupes non-O1 et non-O139 de l'espèce *V. cholerae* et à 11 autres espèces du genre *Vibrio*. La majorité des vibrioses humaines concerne principalement quatre espèces :

- *V. cholerae*,
- *V. parahaemolyticus*,
- *V. vulnificus*
- *V. alginolyticus*

Les autres espèces décrites comme pathogènes sont rarement isolées (*Vibrio fluvialis*, *Vibrio hollisae* et *V. mimicus*) ou elles ne sont isolées que très ponctuellement (*V. carchariae*, *V. cincinnatiensis*, *V. damsela*³⁰, *V. furnissii* et *V. metschnikovii*).

³⁰ Suite à une modification de la nomenclature l'espèce *Vibrio damsela* est désormais appelée *Photobacterium damsela* (Rivas, A.J., M.L. Lemos, and C.R. Osorio, *Photobacterium damsela* subsp. *damsela*, a bacterium pathogenic for marine animals and humans. Front Microbiol, 2013. 4: p. 283).

Les infections à vibrions sont généralement de deux types, les infections intestinales (gastroentérites) et extra-intestinales (septicémie, infections cutanées, otites). Dans la majorité des cas, ces infections 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.

5.1. Tendances générales

La surveillance 2014 met en évidence les points suivants (**Figure 5-1**) :

- Les vibrions apparaissent dès le mois de mai au point E et sont présents de juin à novembre sur les autres stations.
- Le mois de juin est marqué par une forte concentration en *Vibrio* halophiles au point F, la concentration en *V. mimicus* enregistrée lors de ce prélèvement était supérieure à 100 000 UFC.l⁻¹ ;
- L'abondance est maximale entre 18 et 23°C (**Figure 5-1**), il est plus rare d'observer des vibrions cultivables à 37°C lorsque la température est inférieure à 15°C

Une autre approche graphique a été privilégiée en 2014 afin de pouvoir visualiser la situation des données acquises sur la période 2006 – 2014. Dans cette perspective, deux figures synthétiques ont été produites afin de faire ressortir les évolutions spatio-temporelles (variations saisonnières et variations à long terme).

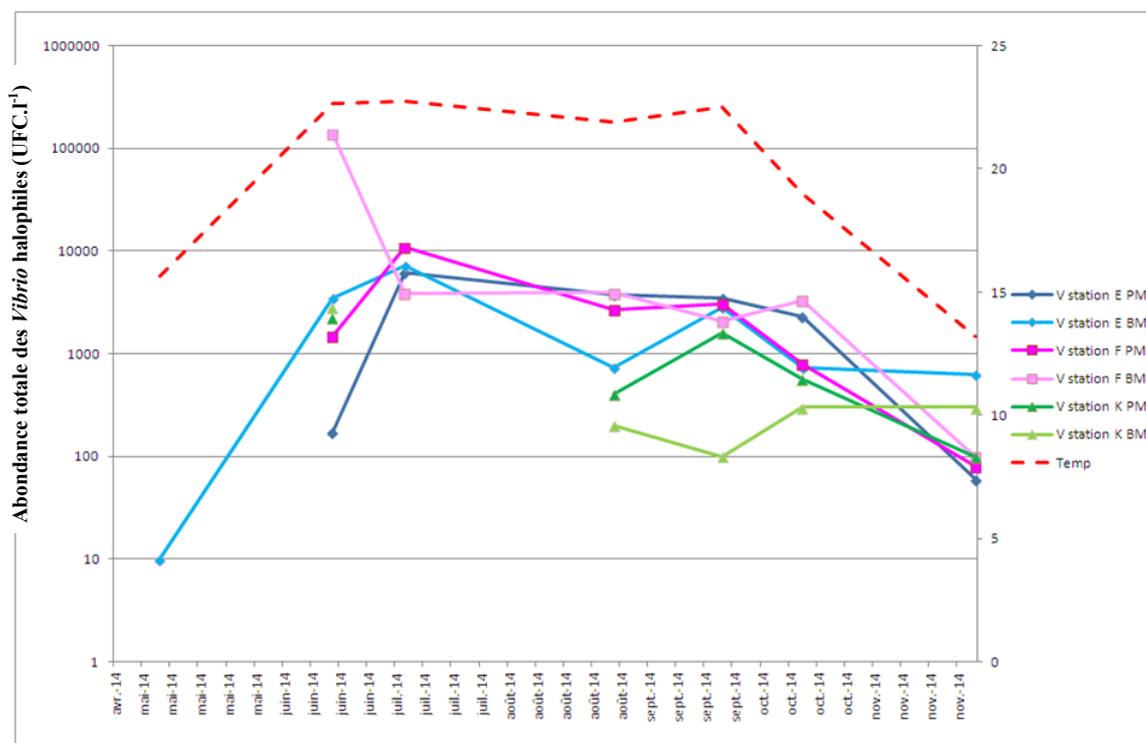


Figure 5-1. : Variations saisonnières des dénombrements de *Vibrio halophiles* cultivables à 37°C aux trois stations³¹ (Vibrions par litre en échelle logarithmique décimale). [BM : basse mer. PM : pleine mer].

Seules les valeurs supérieures ou égales à la limite de détection (10 UFC.l⁻¹) ont été reportées sur le graphe ; l'ensemble des prélèvements de la campagne d'avril 2014, et des prélèvements aux points F et K (BM et PM) du mois de mai était inférieur à 10 UFC.l⁻¹.

³¹ Les données absentes, à la station E en avril et à la station K en mai, sont respectivement dues à un impondérable « navire » et à un défaut de flaconnage. Certaines données sont à prendre avec précaution (non COFRAC), en raison d'échantillons congelés par erreur en juillet (station F), et d'un problème de transport d'échantillon en août (station K).

Les figures suivantes illustrent respectivement l'évolution de l'abondance totale en *Vibrio* halophiles sur la période 2006 – 2014 en fonction des mois, toutes années confondues (**Figure 5-2**) et en fonction des années, tous mois confondus (**Figure 5-3**).

Les valeurs d'abondance totale en *Vibrio* halophiles correspondaient aux moyennes géométriques mensuelles enregistrées depuis 2006 aux trois stations pour les mois d'avril, mai, octobre et novembre. Par contre, ces valeurs sont plus variables pendant les mois estivaux en particulier aux points K et E *i.e.* les abondances sont plus importantes en juin au point K, en juillet aux points K et E, en août au point E et en septembre au point K (figure 5.2). Les plus fortes abondances enregistrées entre 2006 et 2014 sont observés sur la station F en 2006 et la station E en 2012.

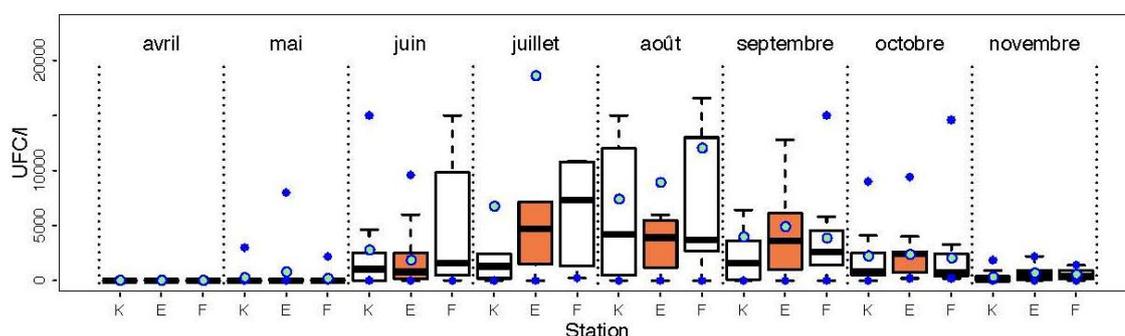


Figure 5-2. : Evolution mensuelle (toutes années confondues) de l'abondance totale des *Vibrio* halophiles aux stations K, E et F de 2006 à 2014.

[Cercles bleus clairs=données 2014 ; points bleus foncés = données extrêmes depuis 2006 ; rectangles noirs = moyennes géométriques depuis avril 2006]

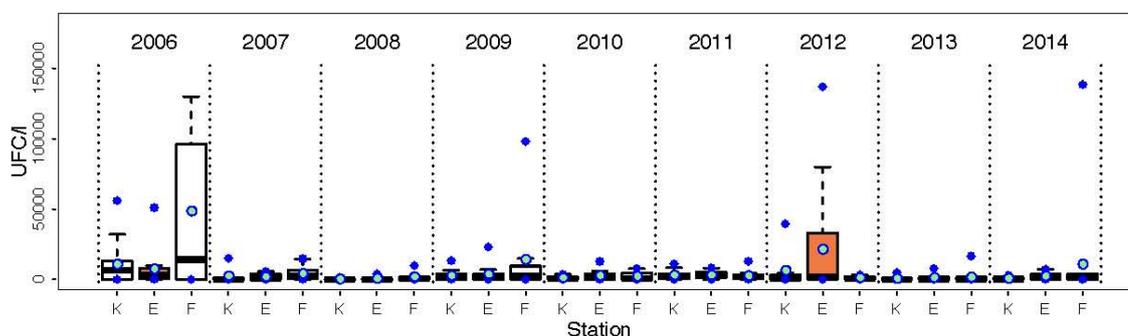


Figure 5-3. : Evolution annuelle (tous mois confondus) de l'abondance totale des *Vibrio* halophiles aux stations K, E et F de 2006 à 2014.

5.2. Spéciation des *Vibrio* halophiles

Différentes espèces de *Vibrio* halophiles ont été identifiées dans l'estuaire : *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio vulnificus*, *Vibrio mimicus*, *Vibrio fluvialis* et *Vibrio cholerae*. Globalement, les résultats obtenus en 2014 ne montrent pas de différences importantes par rapport à ceux des années précédentes (2007 à 2013) : *Vibrio vulnificus* est l'espèce la plus souvent isolée dans les eaux de l'estuaire pendant cette période. Par contre, en 2006, la quasi totalité de la flore des vibrions isolés était représentée par *Vibrio parahaemolyticus* avec de fortes abondances au point le plus aval (Figure 5-4).

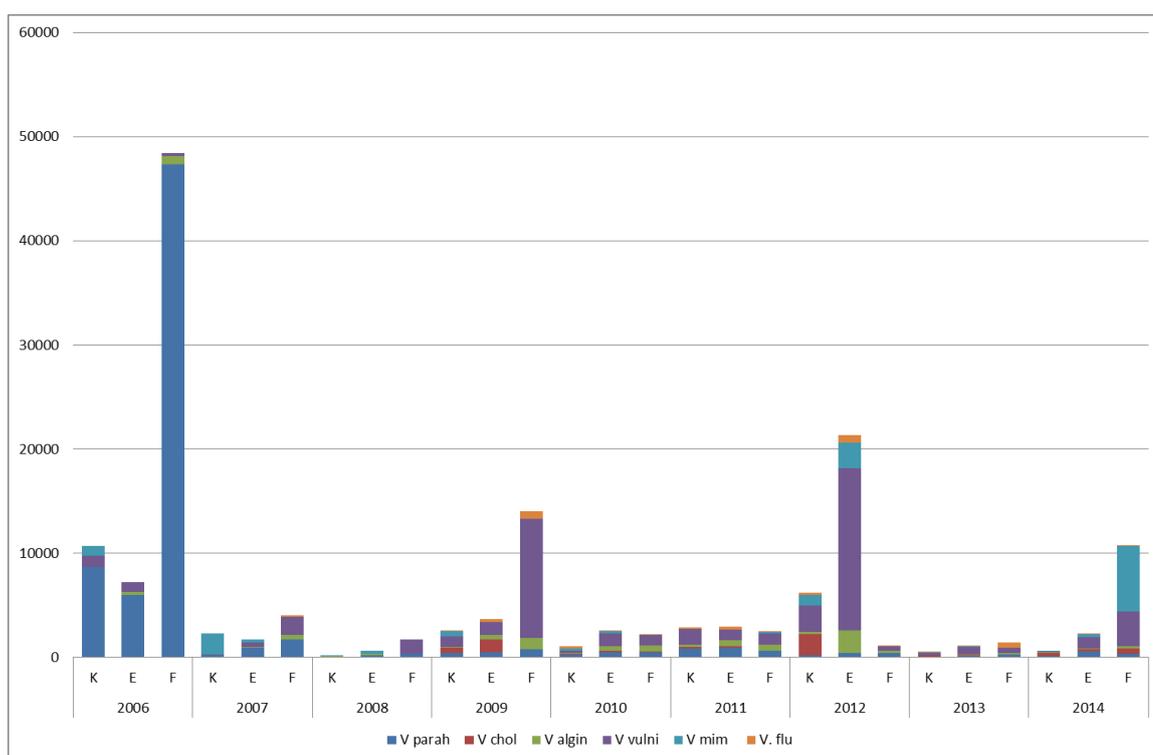


Figure 5-4. : Variations des moyennes annuelles des *Vibrio* halophiles aux trois stations K, E et F entre 2006 et 2014.

La **Figure 5-5** illustre la répartition des abondances relatives moyennes des différentes espèces de *Vibrio* halophiles sur l'ensemble des stations dans le sens amont-aval pour 2014, pour la période 2007 – 2013 et pour l'année 2006. L'année 2006 a été exclue de la moyenne car elle présente une composition en vibrions très exceptionnellement riche en *Vibrio parahaemolyticus* (**Figure 5-4**).

En 2014, pour le point K, la majorité des vibrions isolés et identifiés sont des *Vibrio cholerae*³² (51%), puis en moindre proportion on retrouve *V. parahaemolyticus* (17%), *V. vulnificus* (15%) et *V. mimicus* (11%). En 2007-2013, les espèces *V. vulnificus*, *V. mimicus*, *V. parahaemolyticus* et *V. cholerae* étaient retrouvées de façon plus équilibrée (36%, 25%, 18% et 12% respectivement).

En 2014, pour le point E, la majorité des vibrions isolés et identifiés sont des *Vibrio vulnificus* (47%), en moindre proportion on retrouve ensuite *V. parahaemolyticus* (25%), *V. mimicus* (14%) et *V. cholerae* (10%). Cette répartition est relativement similaire à la répartition moyenne observée sur la période 2007-2013 avec *V. vulnificus* en espèce majoritaire (68%). *Vibrio parahaemolyticus* est retrouvée en proportion un peu plus importante en 2014 (25%) que sur la période 2007-2013 (10%).

En 2014, pour le point F, la majorité des vibrions isolés et identifiés sont des *Vibrio mimicus* (59%). *V. vulnificus* est la seconde espèce la plus isolée sur ce point (31%). Cette répartition est très différente de celle observée sur la période 2007-2013 pour laquelle *V. vulnificus* était l'espèce la plus souvent isolée (65%) suivie de *V. parahaemolyticus* (17%) et *V. alginolyticus* (11%).

³² Le caractère « non cholérique » des souches de *V. cholerae* isolées au cours de la campagne 2014 au BLAYAIS n'a pu être déterminé. L'ensemble des souches *V. cholerae* était auto agglutinable ne permettant pas la réalisation du test de sérotypage des souches par test d'agglutination comme préconisé dans la procédure DRD/P77Vib.

Synthèse 2104

L'année 2014 présente une dynamique saisonnière classique pour les vibrions halophiles sur les trois stations de l'estuaire de la Gironde. La période des plus fortes abondances est enregistrée de juin à août pour l'ensemble des stations. En 2014, *V. vulnificus* est l'espèce dominante sur les stations E (46 %), *V. mimicus* sur la station F (59 %) et *V. cholerae* sur la station K (51 %). La proportion (%) des espèces *Vibrio* au point E est intermédiaire à celle des points K (amont) et F (aval). Ces résultats sont cohérents avec des conditions physico-chimiques rencontrées en estuaire, et ils indiqueraient que les eaux échauffées de la centrale n'ont pas d'effet avéré sur ce compartiment microbien.

6. Zooplancton

6.1. Evolution temporelle 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, cténaïres, ...), comme le Coelentéré (Méduse) *Nemopsis bachei*, sporadiquement observé en été; sont depuis quelques années bien représentées dans l'ensemble de l'estuaire (travaux en cours EDF/Université de Bordeaux). 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.

6.1.1. Variations des densités du Copépode *Eurytemora affinis*

Les résultats portent sur les observations effectuées au point E (**Figure 6-1**) entre Janvier et Novembre 2014. 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 2014 l'abondance relative de cette espèce est élevée : de l'ordre de 75% du zooplancton total en moyenne sur l'année au niveau du maximum de son aire classique de distribution (point E). La densité annuelle moyenne d'*E. affinis* en 2014 au point E ($11092 \pm 4345 \text{ ind./m}^3$) fait partie des moyennes les plus fortes observées sur la série (elle est en outre beaucoup plus élevée que celle observée les années précédentes et proches des valeurs trouvées en 2007 ou encore, plus généralement, proche des valeurs du début des années 2000). Cette année 2014, constitue donc une « exception » pour la période récente de part ses effectifs élevés (moyenne générale calculée sur l'ensemble du suivi : $6448 \pm 656 \text{ ind./m}^3$) mais aussi par rapport au schéma habituel de développement.

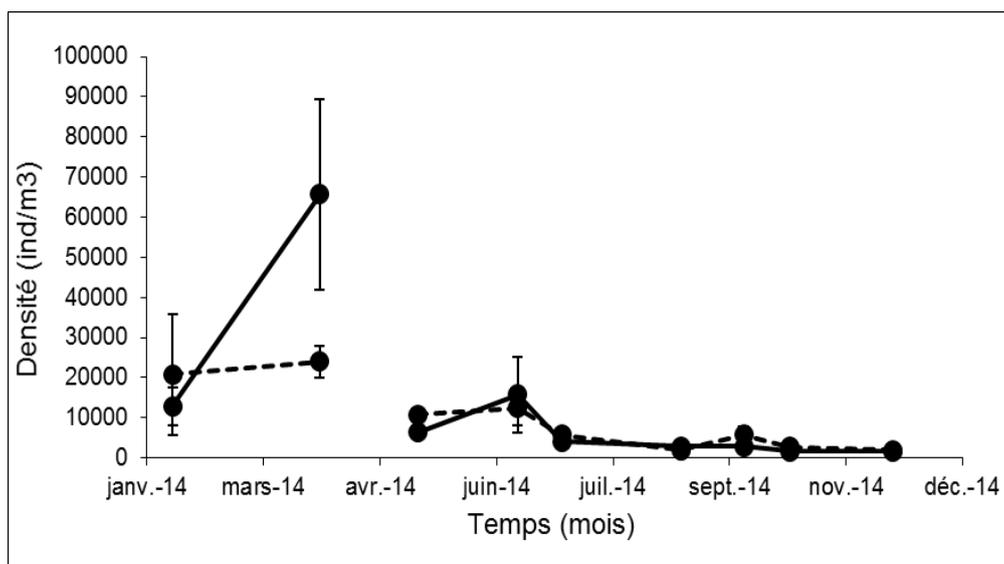


Figure 6-1 : Evolution mensuelle de la densité du copépode *Eurytemora affinis* en surface (trait plein) et au fond (pointillé) au point E (pk 52) en 2014. Moyennes mensuelles (\pm erreur standard) calculées à partir des 4 valeurs de densités observées au cours d'un demi-cycle de marée.

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 $0,3 \cdot 10^{-3}$ et $3,6 \cdot 10^{-3}$ psu (schéma des zones littorales de l'atlantique nord tempéré, par exemple observé en 2011 et 2012). L'année 2014 présente ce schéma temporel avec une période de forte production en Mars (les abondances sont cependant déjà très élevées en janvier) : maximum en surface : 65649 ± 23769 ind./m³. Cette très forte production se prolonge jusqu'en Juin avec des abondances cependant plus faibles mais du même ordre de grandeur que les valeurs observées pendant la période productive 2013 (maximum en surface en Juin : 15792 ± 9488 ind./m³). Les abondances estivales (Août/Septembre) sont « faibles » comparativement aux valeurs précédentes (abondances les plus basses en Août au fond: 1896 ± 920 ind./m³) et une faible reprise de production est classiquement observée en automne (maxima automnal en octobre : 2199 ± 453 ind./m³).

L'étude de la variabilité interannuelle des fluctuations de densité (**Figure 6-2**) 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) consécutive à la baisse générale des débits durant cette période.

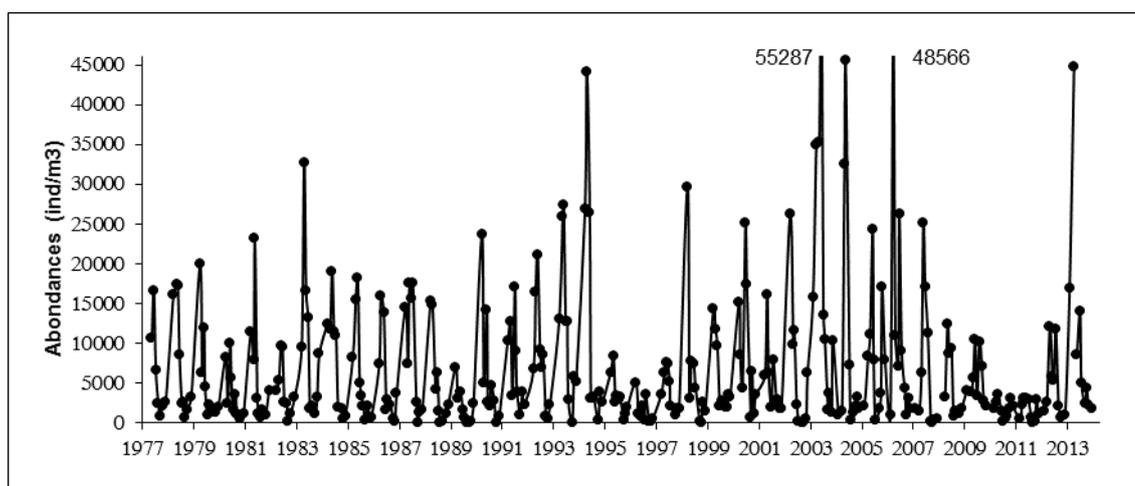


Figure 6-2 : Variation mensuelle des densités du copépode *Eurytemora affinis* au point E entre les années 1978 et 2014. Moyennes mensuelles calculées à partir des 8 valeurs de densités observées au cours d'un demi-cycle de marée (en surface et au fond).

Celle-ci a donc 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 indiquent des effectifs particulièrement faibles, en relation avec un retour à des conditions de débits modérés. Les résultats obtenus en 2014 pour le point E sont plus élevés que les abondances moyennes annuelles calculée sur la série (valeur moyenne annuelle 2014 : $11092 \pm 4345 \text{ ind./m}^3$; moyenne sur la série : $6726 \pm 555 \text{ ind./m}^3$) bien que les conditions de débits aient été très modérées. Cette observation (débit modéré / abondances fortes) est cependant à rapprocher des résultats obtenus durant les années sèches et chaudes 2003 et 2005 (abondances moyennes) ou encore l'année 2012 (débits printaniers soutenus et très faibles abondances). La remontée des organismes vers l'amont (Chaalali et al, 2013) n'explique donc pas seule ces variations interannuelles.

6.1.2. Variations des densités 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 $25,0 \cdot 10^{-3}$. En Gironde elle est généralement localisée dans la zone polyhaline ($18,0 - 30,0 \cdot 10^{-3}$) et colonise parfois la zone mésohaline ($5,0 - 18,0 \cdot 10^{-3}$) 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 6-3**).

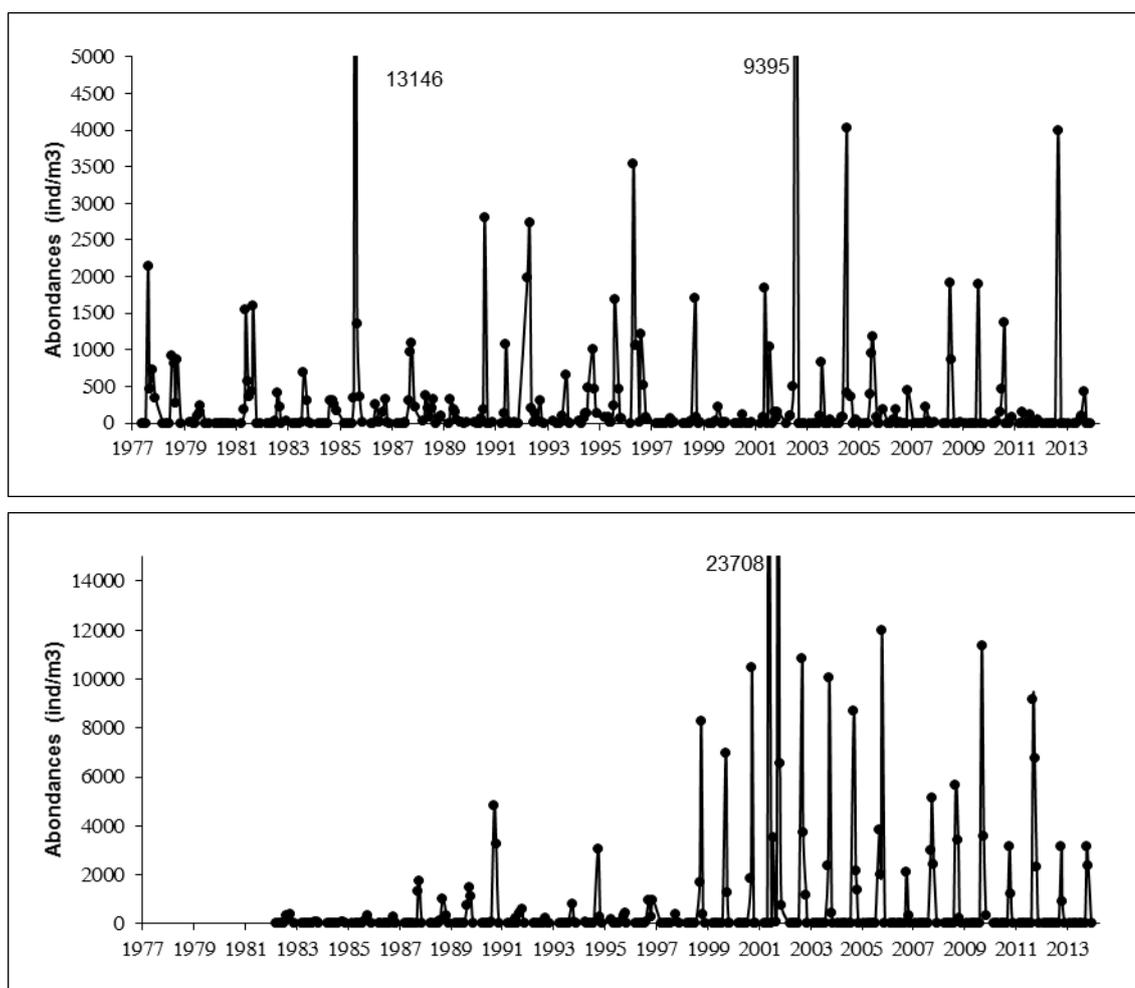


Figure 6-3 : Variations mensuelles de densités du copépode *Acartia bifilosa* (en haut) et *Acartia tonsa* (en bas) au point E entre 1978 et 2014 (densités mensuelles moyennes entre surface et fond) - Moyennes mensuelles calculées à partir des 8 valeurs de densités observées au cours d'un demi-cycle de marée (en surface et au fond)

La densité annuelle moyenne observée en 2014 au point E (64 ± 44 ind./m³) fait partie des plus faibles valeurs de la série établie sur les 37 précédentes années de prélèvements (proches des valeurs trouvées en 2004, 2007, 2008 ou encore 2012 par exemple). Elle est très inférieure à la moyenne observée sur les 37 ans : 285 ± 55 ind./m³. Cette hétérogénéité sur l'ensemble de la série confirme la forte variabilité interannuelle des abondances de l'espèce. Le maximum de densité au point E est observé en Août (425 ± 222 ind./m³) pour une courte période de présence (Juin à Août). Les abondances moyennes en surface et au fond ne sont pas significativement différentes pendant cette période (**Figures 6-3 et 6-4**) bien que l'espèce semble montrer une distribution en surface en 2014 (comme en 2012 et 2013).

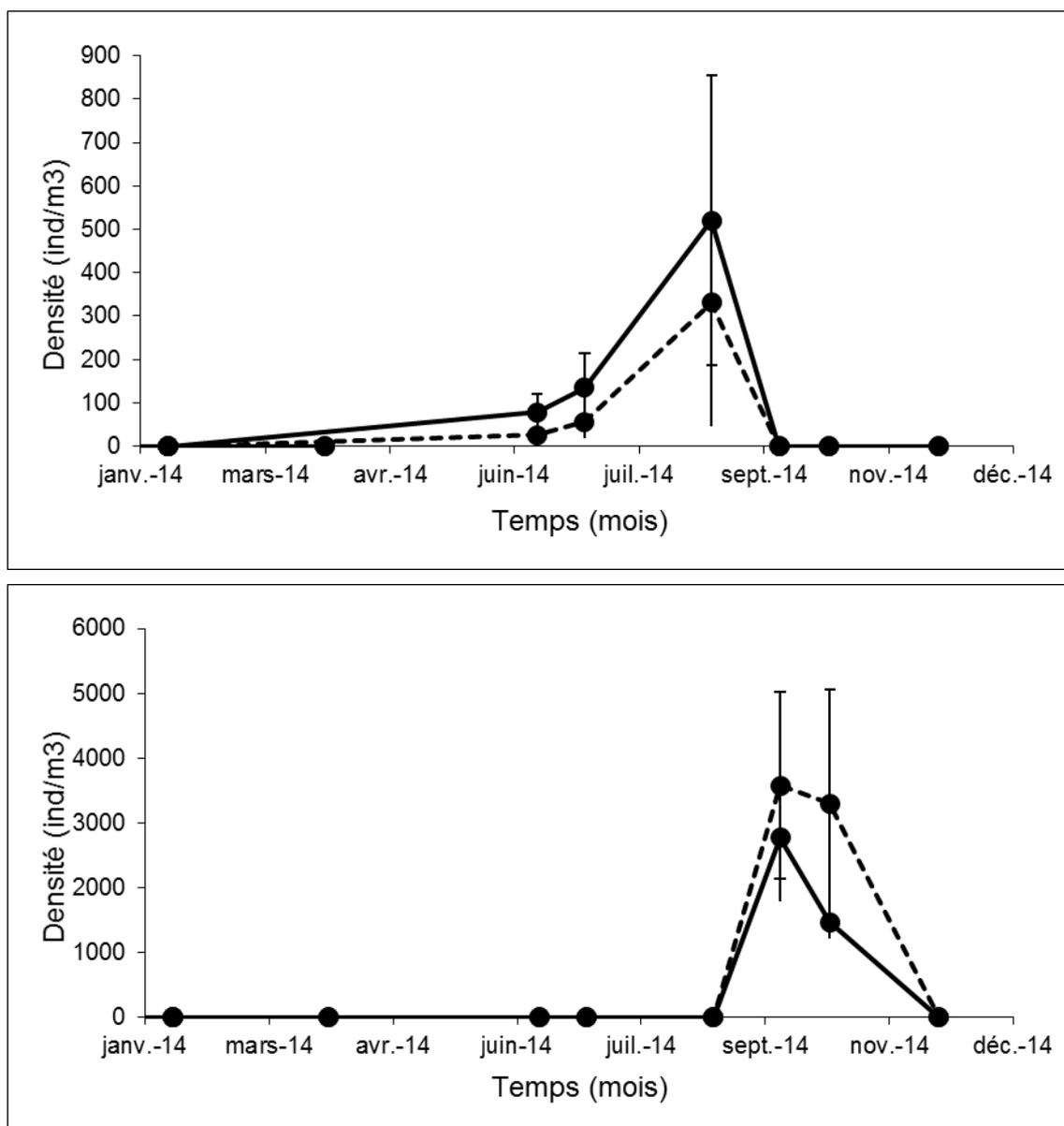


Figure 6-4 : Evolution mensuelle de la densité des copépodes *Acartia bifilosa* (en haut) et *Acartia tonsa* (en bas) en surface (trait plein) et au fond (pointillé) au point E (pk 52) en 2014 - Moyennes mensuelles (\pm erreur standard) calculées à partir des 4 valeurs de densités observées au cours 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 $8-10 \cdot 10^{-3}$ mais qui préfère un régime de salinité de type polyhalin ($>18 \cdot 10^{-3}$). La densité annuelle moyenne observée au point E (618 ± 393 ind./m³) est proche de la moyenne des années suivant son apparition en Gironde (1983-2014 : 830 ± 212 ind./m³). Alors que les effectifs de l'espèce ont fortement augmenté depuis 1999, les années 2007, 2011, 2013, 2014 sont

marquées par des abondances plus modérées (néanmoins, de l'ordre de grandeur des plus fortes abondances observées avant 1999). L'espèce apparaît pendant la période estivale mais légèrement décalée (Septembre) par rapport à ce qui est souvent observé (Août). Elle présente un maximum de densité, en Septembre ($3178 \pm 885 \text{ ind./m}^3$ (**Figure 7.3.**), proche des observations habituelles (Août à début Octobre selon les années). Le maximum est observé en 2014 au fond ($3579 \pm 1438 \text{ ind./m}^3$ vs $2777 \pm 991 \text{ ind./m}^3$ 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 2013 s'observe encore très nettement cette année

6.1.3. Variations des densités des Mysidacés

Deux espèces autochtones sont représentées dans l'estuaire de la Gironde : *Neomysis integer* et *Mesopodopsis slabberi* (**Figures 6-5 à 6-7**). 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 $0,5 \cdot 10^{-3}$ et $22,0 \cdot 10^{-3}$.

Les deux espèces *N. integer* et *M. slabberi* sont habituellement récoltés d'avril à octobre au point E. En 2014, *M. slabberi* apparaît tardivement par rapport à ce schéma saisonnier classique et est présente dans le milieu jusqu'en Novembre. *N. integer* apparaît en Mai et n'est plus retrouvé dans le milieu à partir de Septembre.

La densité moyenne annuelle de *Neomysis integer*, en 2014 ($10 \pm 5 \text{ ind./m}^3$), fait partie des valeurs faibles de la série depuis le milieu des années 90 (notamment en regard des fortes abondances observées en début de suivi : 1978 à la fin des années 80). Elle est donc très inférieure à la moyenne calculée sur la série ($37 \pm 4 \text{ ind./m}^3$). Généralement, *N. integer* est l'espèce la plus abondante à la fin du printemps, ce qui n'est pas le cas cette année, les effectifs de *M. slabberi* au printemps étant du même ordre de grandeur ou supérieurs (**Figure 6-7**). Le maximum mensuel de densité de *N. integer* s'observe en Mai (**Figure 6-7.**). La valeur du pic (moyenne mensuelle : $46 \pm 18 \text{ ind./m}^3$) observé en 2014 est très faible par rapport aux valeurs classiquement observées dans cette zone (moyenne des maxima : $159 \pm 21 \text{ ind./m}^3$). La plus forte valeur est observée au fond ($84 \pm 22 \text{ ind./m}^3$, une moyenne de 7 ± 4 individus étant observée en surface au même moment). La représentation majoritaire de l'espèce au fond sur la période d'étude correspond au schéma classique de distribution verticale connu (habituellement plus abondante à proximité du fond).

Mesopodopsis slabberi présente des densités moyennes annuelles plus importantes que celles de l'espèce précédente ($308 \pm 101 \text{ ind./m}^3$). En 2014 sa densité moyenne annuelle est plus importante ($\approx \times 2$) que la moyenne générale des observations effectuées depuis 1978 ($179 \pm 20 \text{ ind./m}^3$). La dynamique de l'espèce est marquée cette année par 2 périodes d'abondance : un premier maximum de densité est observé en Juin (moyenne mensuelle : $706 \pm 458 \text{ ind./m}^3$ - **Figure 6-6**), puis un second en Octobre (moyenne mensuelle : $782 \pm 282 \text{ ind./m}^3$). L'espèce ne présente pas, en 2014, de position définie dans la colonne d'eau. Elle semble répartie de manière plus ou moins homogène suivant les périodes : la répartition est très hétérogène en Juin (maximum en surface : $1254 \pm 829 \text{ ind./m}^3$ et minimum au fond : $159 \pm 42 \text{ ind./m}^3$) alors qu'elle est homogène en

Octobre (637 ± 160 ind./m³ en surface *versus* 927 ± 531 ind./m³ 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. Les abondances maximales moyennes sont importantes pendant la période estivale (principalement Août). Elles sont, en 2014, 30 fois plus élevées que celles de *Neomysis* ce qui constitue un schéma annuel moyen inhabituel de représentation des 2 espèces au sein de la communauté des Mysidacés (facteur 4 sur l'ensemble de la série- **Figure 6-5** et **6-6**) et souligne la très faible représentativité de *N. Integer* dans cette zone de l'estuaire en 2014.

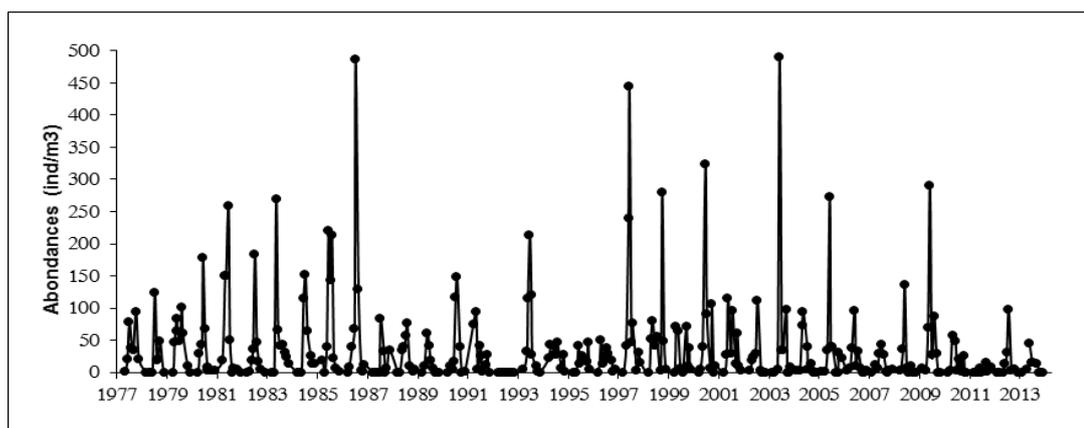


Figure 6-5 : Variations mensuelles de densités du Mysidacé *Neomysis integer* au point E entre 1978 et 2014 - Moyennes mensuelles calculées à partir des 8 valeurs de densités observées au cours d'un demi-cycle de marée (en surface et au fond)

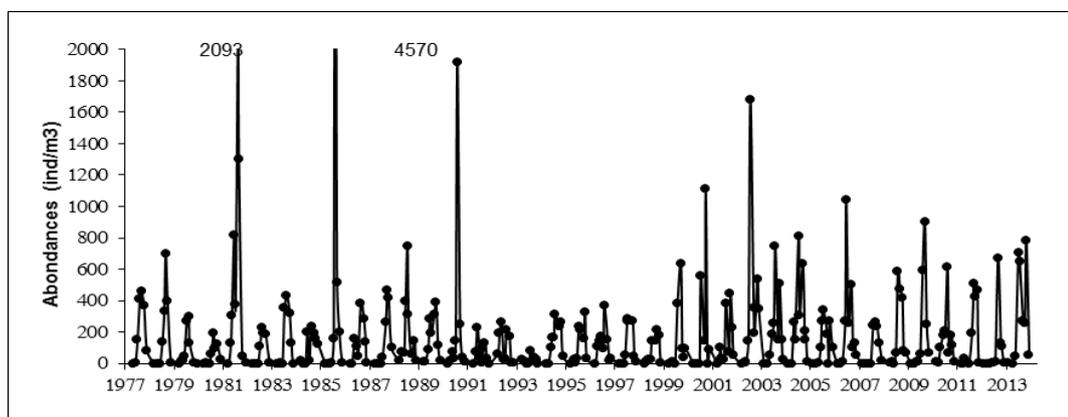


Figure 6-6 : Variations mensuelles de densités du Mysidacé *Mesopodopsis slabberi* au point E entre 1978 et 2014 - Moyennes mensuelles calculées à partir des 8 valeurs de densités observées au cours d'un demi-cycle de marée (en surface et au fond)

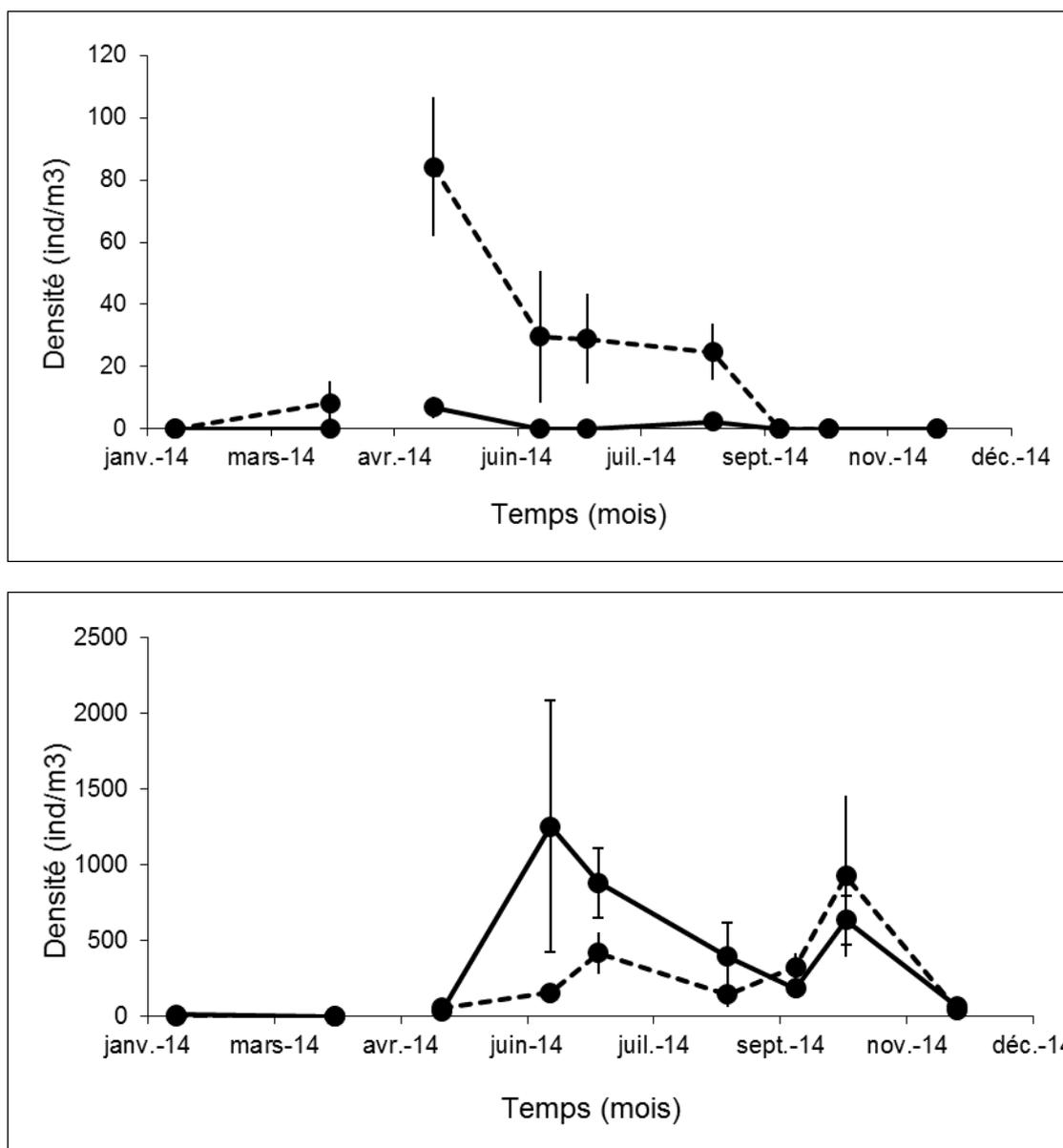


Figure 6-7 : Evolution mensuelle de la densité des Mysidacés *Neomysis integer* (en haut) et *Mesopodopsis slabberi* (en bas) au point E (pk 52), en surface (trait plein) et au fond (pointillé) au cours de l'année 2014 - Moyennes mensuelles (\pm erreur standard) calculées à partir des 4 valeurs de densités observées au cours d'un demi-cycle de marée

6.2. Structure démographique d'*Eurytemora affinis* au point E

6.2.1. 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).

Les variations mensuelles de fécondité en 2014 (**Figure 6-8**) sont conformes aux observations habituelles : les valeurs les plus importantes sont observées de manière « inhabituelle » en dehors des périodes de développement printanier et automnal de la population. Les valeurs supérieures à la moyenne (moyenne 2014, point E : $2,0 \pm 0,2$ œufs par sac ovigère) sont observées essentiellement en été / début d'automne : Juillet à Septembre (respectivement : $2,6 \pm 0,2$ œufs par sac ovigère et $2,4 \pm 0,2$ œufs par sac ovigère).

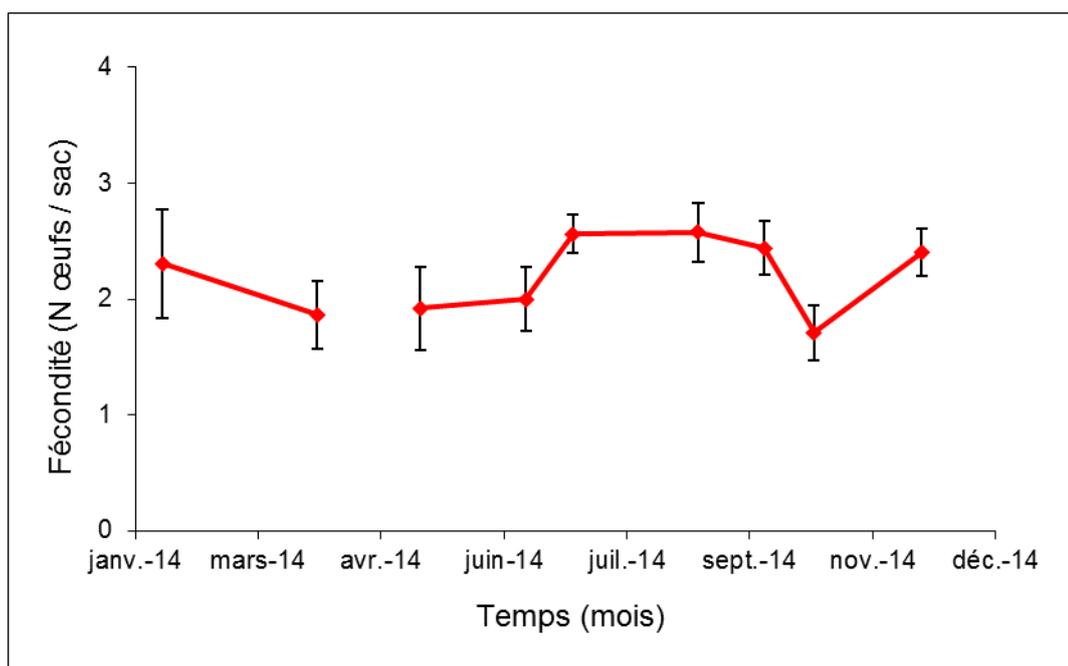


Figure 6-8 : Evolution du nombre moyen d'œufs par sac ovigère chez *Eurytemora affinis* au point E au cours de l'année 2014 -Moyennes mensuelles (\pm erreur standard) calculées à partir des 4 valeurs observées au cours d'un demi-cycle de marée

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 la fécondité est restée à un niveau relativement stable et bas (**Figure 6-9**). En 2014, la fécondité moyenne ($2,0 \pm 0,2$ œufs/sac) est du même ordre de grandeur que celles observées depuis 1994 (il s'agit cependant de la valeur la plus faible de la série). 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 inexplicée.

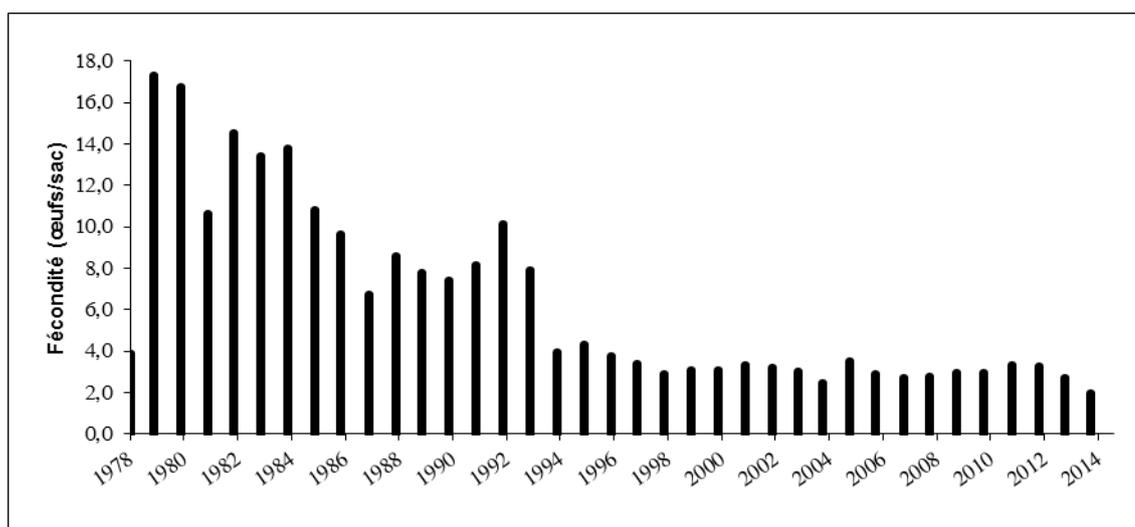


Figure 6-9 : Evolution annuelle de la fécondité (nombre moyen d'œufs par sac ovigère/an) du copépo­de *Eurytemora affinis* au point E entre 1978 et 2014 - Chaque point représente la moyenne des valeurs mensuelles calculée entre avril et novembre

6.2.2. 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 2014 (sex ratio : 55 ± 3 % de mâles en moyenne). Les variations de sex ratio sont relativement stables en 2014 avec néanmoins une hausse du pourcentage de mâles en début de période estivale et en automne (**Figure 6-10**). En général, le pourcentage de mâles est un peu plus élevé en surface qu'au fond. En 2014, ce schéma n'est clairement pas observé (de même en 2008, 2009, 2013 ce schéma n'était plus observable).

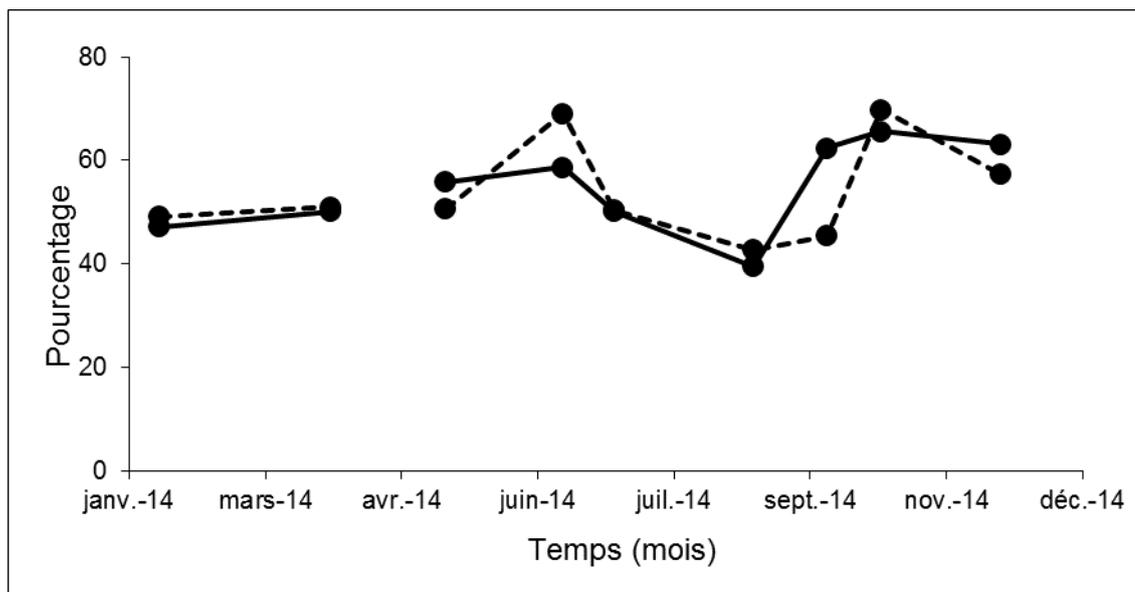


Figure 6-10 : Evolution mensuelle du pourcentage de mâles dans la population adulte du copépode *Eurytemora affinis* au point E (pk 52), en surface (trait plein) et au fond (pointillé) au cours de l'année 2014 - Chaque point représente la valeur moyenne calculée sur 4 prélèvements successifs au cours d'un demi-cycle de marée

En ce qui concerne les femelles ovigères, on ne distingue pas en 2014 de répartition spécifique, constante, dans la colonne d'eau : elles sont parfois mieux représentées au fond (début de printemps, automne), à d'autres périodes elles ont une répartition qui semble « homogène » (fin de printemps / été). Les valeurs les plus fortes (**Figure 6-11**) sont notées en été et en automne (Juin, à Septembre). Le pourcentage moyen de l'année 2014 (22 %) est (comme en 2013) très inférieur à la moyenne calculée à partir des valeurs de l'ensemble des années de surveillance (29 %). Il se situe dans la gamme de valeurs « faibles » observées depuis la diminution de représentativité des femelles ovigères (valeurs souvent faibles et du même ordre de grandeur depuis 1999, par rapport à ce qui était observé auparavant).

On distingue en revanche en 2014 un schéma particulier de distribution des stades copépodites (copépodites 1 à 5 = stades juvéniles) dans la colonne d'eau. Une forte représentativité des copépodites 1 à 5 en surface est observée cette année (hormis en hiver - **Figure 6-12**). La moyenne annuelle (58 %) est du même ordre de grandeur que la moyenne des observations sur l'ensemble de la série (59 %). Comme souvent, les plus forts pourcentages sont notés pendant les périodes productives classiques de l'espèce (printemps et début d'été principalement).

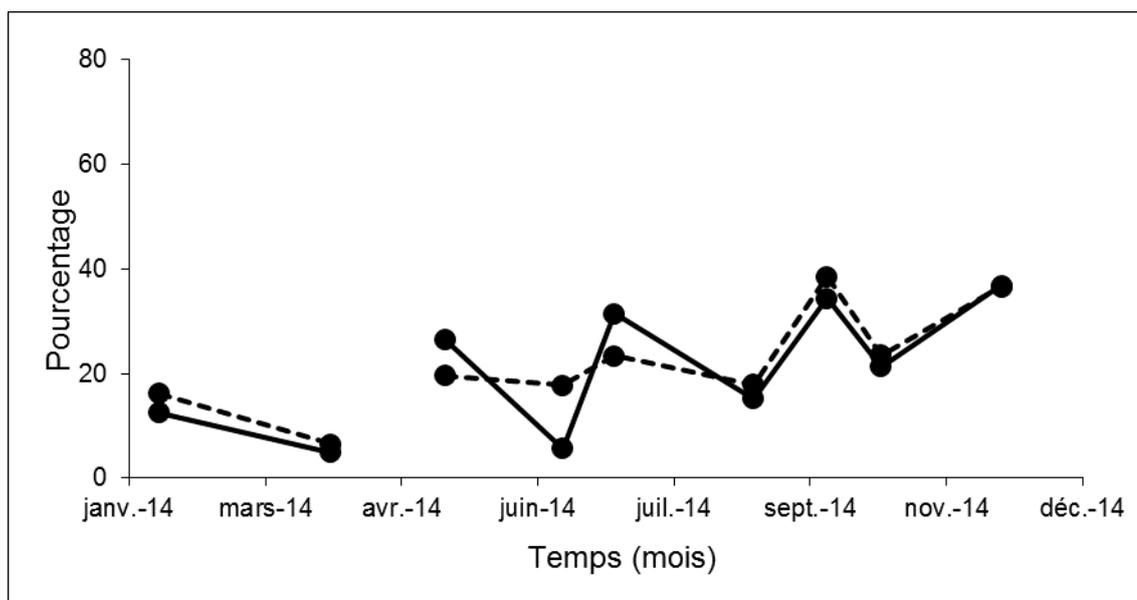


Figure 6-11 : Evolution mensuelle du pourcentage de femelles ovigères chez le copépode *Eurytemora affinis* au point E (pk 52), en surface (trait plein) et au fond (pointillé) au cours de l'année 2014 - Chaque point représente la valeur moyenne calculée sur 4 prélèvements successifs au cours d'un demi-cycle de marée

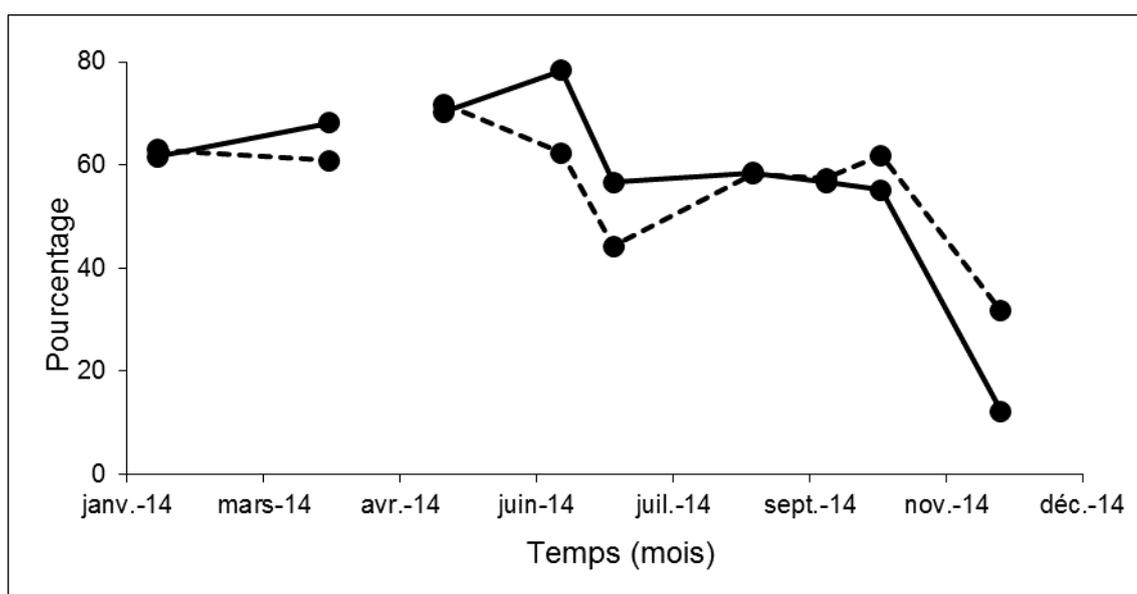


Figure 6-12 : Evolution mensuelle du pourcentage de copépodites dans la population totale du Copépode *Eurytemora affinis* au point E (pk 52), en surface (trait plein) et au fond (pointillés) au cours de l'année 2014 - Chaque point représente la valeur moyenne calculée sur 4 prélèvements successifs au cours d'un demi-cycle de marée

6.2.3. Mortalité

Les résultats sont présentés en pourcentages de mortalité, tous stades confondus. Les fluctuations temporelles observées au cours du cycle annuel en 2014 (**Figure 6-13**) sont faibles (et du même ordre de grandeur que ce qui est habituellement observé) quelle que soit la période de l'année.

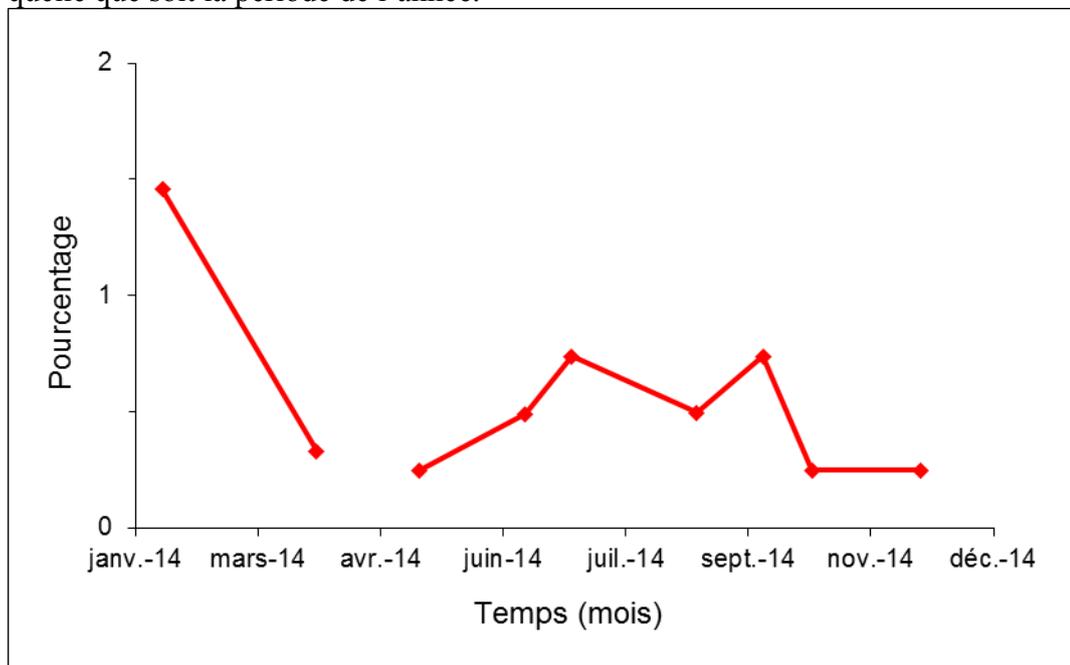


Figure 6-13 : Evolution mensuelle du pourcentage de mortalité du copépode *Eurytemora affinis* au point E, au cours de l'année 2014 - Chaque point du graphique représente la valeur moyenne (\pm erreur standard) calculée sur 4 prélèvements successifs au cours d'un demi-cycle de marée (2 en surface et 2 au fond)

La mortalité annuelle moyenne en 2014 ($0,6 \pm 0,1$ %) est très faible en référence aux données acquises depuis 30 ans et du même ordre de grandeur que ce qui a été observé lors des années précédentes. La moyenne annuelle observée en 2014 concorde avec la diminution de la mortalité observée depuis 1999. La tendance observée au cours des 15 dernières années (**Figure 6-14**) est proche de celle des années 1984 à 1988.

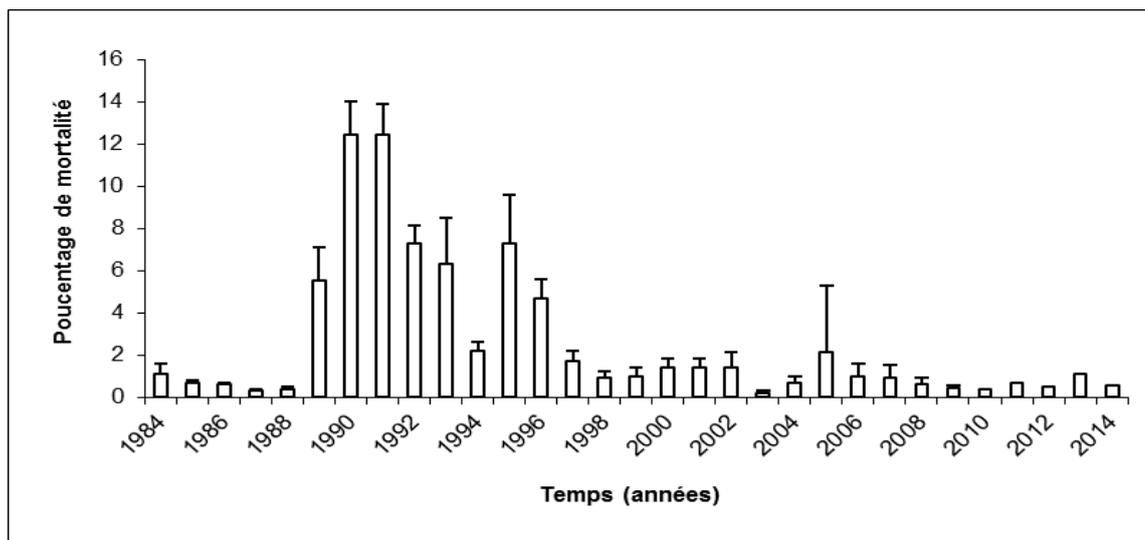


Figure 6-14 : Evolution du pourcentage de mortalité du Copépode *Eurytemora affinis* au point E, entre 1984 et 2014 - Chaque point sur le graphique représente la valeur moyenne annuelle (\pm erreur standard) calculée sur l'ensemble des prélèvements

6.3. Comparaison de l'évolution des principaux contingents aux points F, E, 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 cette année à nouveau des méduses ou encore le copépode *Pseudodiaptomus minutus*).

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

6.3.1. Variations des densités du Copépode *Eurytemora affinis*

En 2014, *E. affinis* constitue l'essentiel du peuplement de copépodes dans les trois stations étudiées (points F, E et K). La densité moyenne annuelle d'*E. affinis* au point K (7183 ± 1209 ind./m³) est inférieure à celle observée au point E en 2014 qui est l'abondance moyenne la plus forte trouvée dans l'estuaire cette année (11092 ± 4345 ind./m³). Cette distribution est atypique par rapport à la distribution amont souvent observée pour l'espèce (distribution plus aval parfois observée, ex. : 2004, 2005 et 06) : 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). La localisation amont, classique de l'espèce (moyennes sur la série au point E : 6448 ± 656 ind./m³, au point K : 13523 ± 9285 ind./m³) n'est donc pas observée cette année. Dans la zone aval (point F) les effectifs sont plus faibles (2218 ± 398 ind./m³, **Figure 6-15**) et proches de la moyenne calculée pour l'ensemble de la série sur cette zone (3790 ± 702 ind./m³). La période de fortes abondances de l'espèce semble identique dans les deux stations échantillonnées en début d'année : Janvier à Avril. Les pics d'abondances de fin de printemps (Juin) aux points E et K sont du même ordre de grandeur : respectivement 14072 ± 5257 ind./m³ et K : 8811 ± 1860 ind./m³. La chute estivale des abondances n'est pas marquée cette année et des effectifs de l'ordre de 3- à 4000 ind./m³ persistent jusqu'en Septembre en amont (notamment point K, **Figure 6-15**).

L'année 2014 (comme 2011, 2013) se distingue donc par le maintien d'abondances non négligeables en période estivale et en amont ; ceci est probablement à rapprocher des observations faites depuis 2010 : augmentation atypique des abondances estivales dans la zone amont de l'estuaire (estuaire fluvial non échantillonné mais dans lequel des productions estivales ont été notées : Dindinaud, 2015).

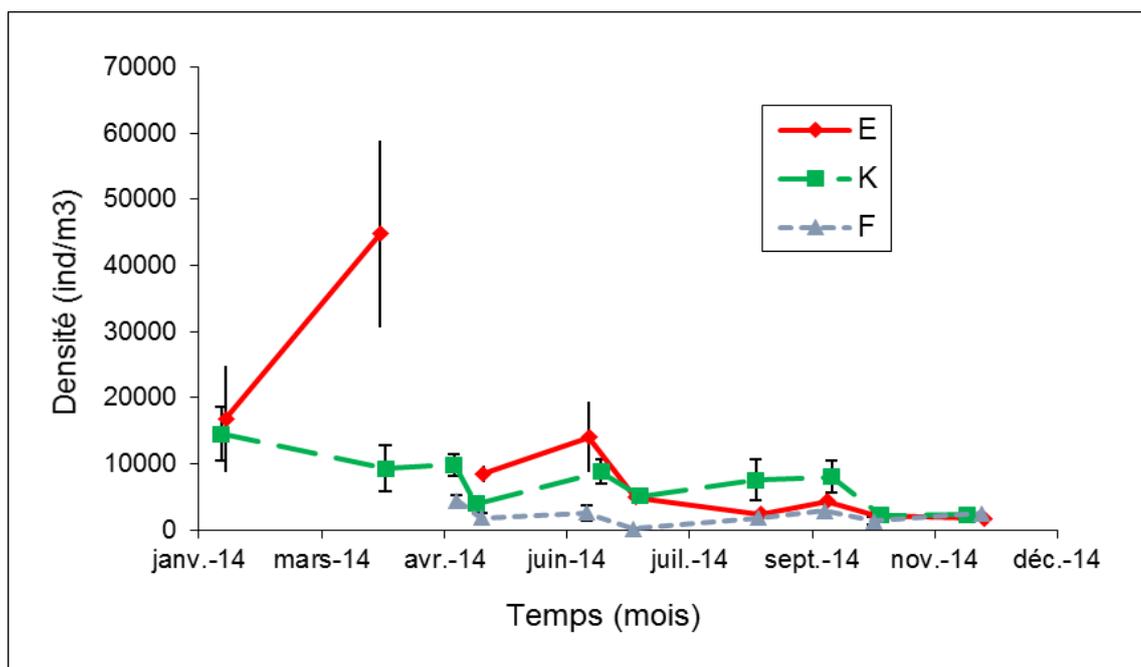


Figure 6-15 : Evolution mensuelle de la densité du copépe *Eurytemora affinis* aux points F (pk 67), E (pk 52) et K (pk 30) au cours de l'année 2014 - Chaque point du graphique représente la valeur moyenne calculée sur 8 prélèvements au cours d'un demi-cycle de marée (4 en surface et 4 au fond) (\pm erreur standard)

La comparaison des densités moyennes interannuelles (**Tableau 6-1**) entre 1984 et 2014 montre que les années caractérisées par une absence de crues³³ (notamment printanières) ou par une forte turbidité (sècheresse printano-estivale) sont des années pour lesquelles la densité du copépe est plus élevée au point K qu'en aval ; la situation étant inversée les années caractérisées par des crues. Le schéma observé en 2014 correspond à une situation classique « crue » à mettre en relation avec les débits fluviaux (bien que relativement modérés).

³³ 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-).

Tableau 6-1 : Evolution des densités moyennes annuelles (ind./m³) du copépode *Eurytemora affinis* observées au cours de la période 1984-2014 - 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

6.3.2. Variation des densités des Copépodes Acartidés

Les copépodes *Acartidae* sont représentés par deux espèces : *Acartia bifilosa* et *Acartia tonsa* dont la distribution spatio-temporelle est sensiblement différente (cf. **Figure 6-4**).

Les densités moyennes du copépode *Acartia bifilosa* (**Tableau 6-2** et **Figure 6-16**) sont maximales au point F (1261 ± 509 ind./m³) et décroissent vers l'amont de l'estuaire (moyenne au point E : 64 ± 44 ind./m³ et 0 ind./m³ au point K).

Le début de production de l'espèce est observé en Avril dans la zone aval. L'année 2014 est marquée par une période productive (Juillet/Août) identique dans les deux stations « aval » : maxima annuels en Août au point F : 3820 ± 819 ind./m³, au point E : 425 ± 222 ind./m³).

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

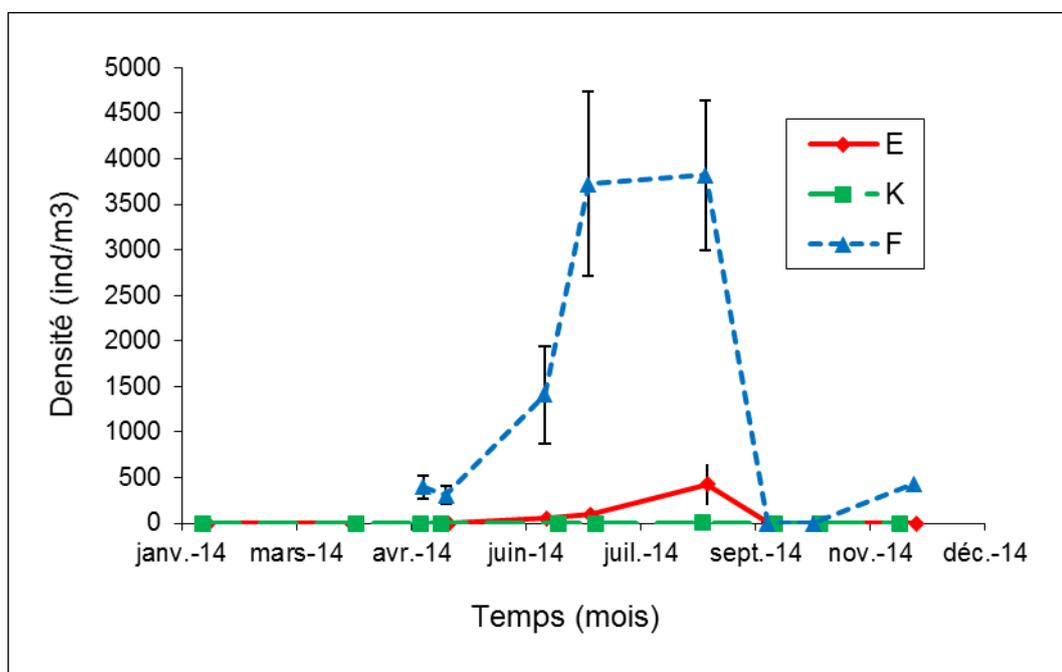


Figure 6-16 : Evolution mensuelle de la densité du Copépode *Acartia bifilosa* aux points F (pk 67), E (pk 52, rejet) et K (pk 30) au cours de l'année 2014 - Chaque point du graphique représente la valeur moyenne calculée sur 8 prélèvements au cours d'un demi-cycle de marée (4 en surface et 4 au fond) (\pm erreur standard)

Tableau 6-2 : Evolution des densités moyennes annuelles (ind./m³) du copépode *Acartia bifilosa* au cours de la période 1984-2014 - 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

Le copépode *Acartia tonsa* est une espèce thermo-polyhaline : il présente en 2014 un gradient décroissant d'abondance de l'aval vers l'amont (**Figure 6-17** et **Tableau 6-3**). Les plus fortes abondances sont observées au point F (moyenne annuelle : 2966 ± 1980 ind./m³), l'espèce est très peu représentée au point K (moyenne annuelle : 50 ± 23 ind./m³), les abondances sont intermédiaires au point E (moyenne annuelle : 618 ± 393 ind./m³). Son caractère thermophile se traduit en termes de développement dans l'estuaire par une période de production de fin d'été/automne. *A. tonsa* a présenté en 2014 un pic de densité en Septembre succédant à la période de production d'*A. bifilosa*, ce qui correspond à un léger décalage temporel de la période de production habituelle (**Figure 6-17**) : au point F : 17484 ± 4527 ind./m³, au point E : 3178 ± 823 ind./m³ et à la station K : 396 ± 197 ind./m³).

Différents travaux tendent à montrer que la disparition saisonnière d'*A. bifilosa* et d'*A. tonsa* en hiver et leur présence (quelquefois massive) estivale 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*).

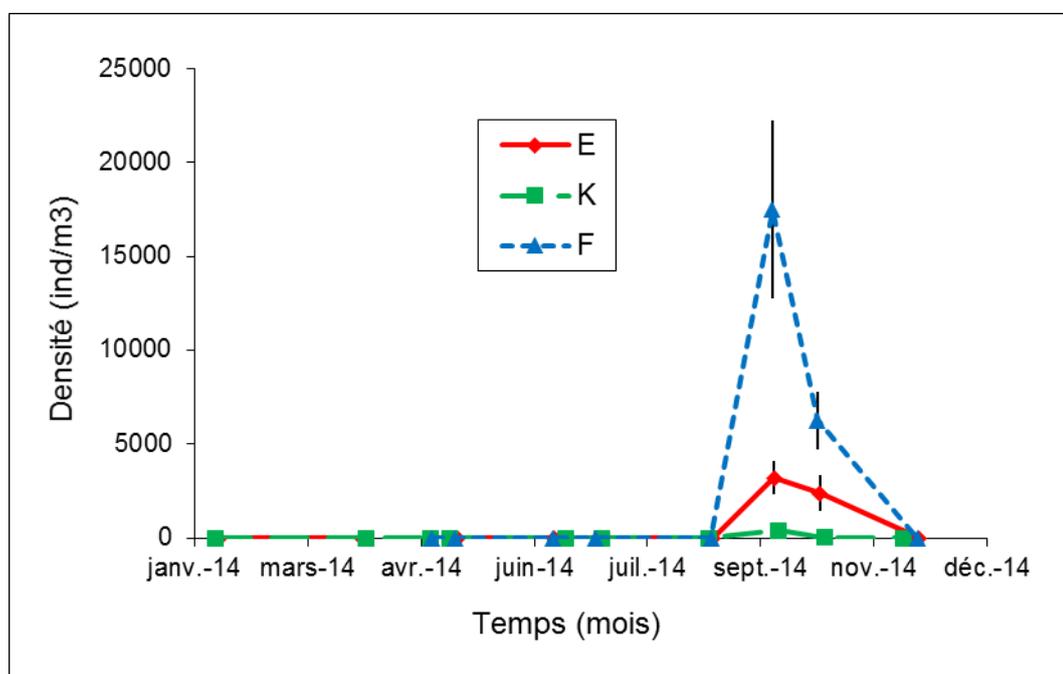


Figure 6-17 : Evolution mensuelle des densités du copépode *Acartia tonsa* aux points F (pk 67), E (pk 52, rejet) et K (pk 30) au cours de l'année 2014 - Chaque point du graphique représente la moyenne calculée sur 8 prélèvements au cours d'un demi-cycle de marée (4 en surface et 4 au fond) (\pm erreur standard)

Tableau 6-3 : 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 1984-2014 - 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

6.3.3. Variation des densités de Mysidacés

En 2014, les effectifs de *Neomysis integer* sont globalement faibles par rapport à ce qui a pu être observé sur l'ensemble de la série ; en moyenne l'espèce est essentiellement représentée dans la station intermédiaire (**Tableau 6-4** : moyennes annuelles : point K : 2 ± 1 ind./m³ - point E : 10 ± 5 ind./m³ - point F : 3 ± 3 ind./m³).

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 Mai (au point E : 46 ± 18 ind./m³ ; **Figure 6-18**). 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. Sa période de présence plus étendue parfois dans cette même zone (point E) et étant interprétée de la même manière n'est pas observée cette année (les périodes de présence sur les 2 stations amont sont du même ordre de grandeur).

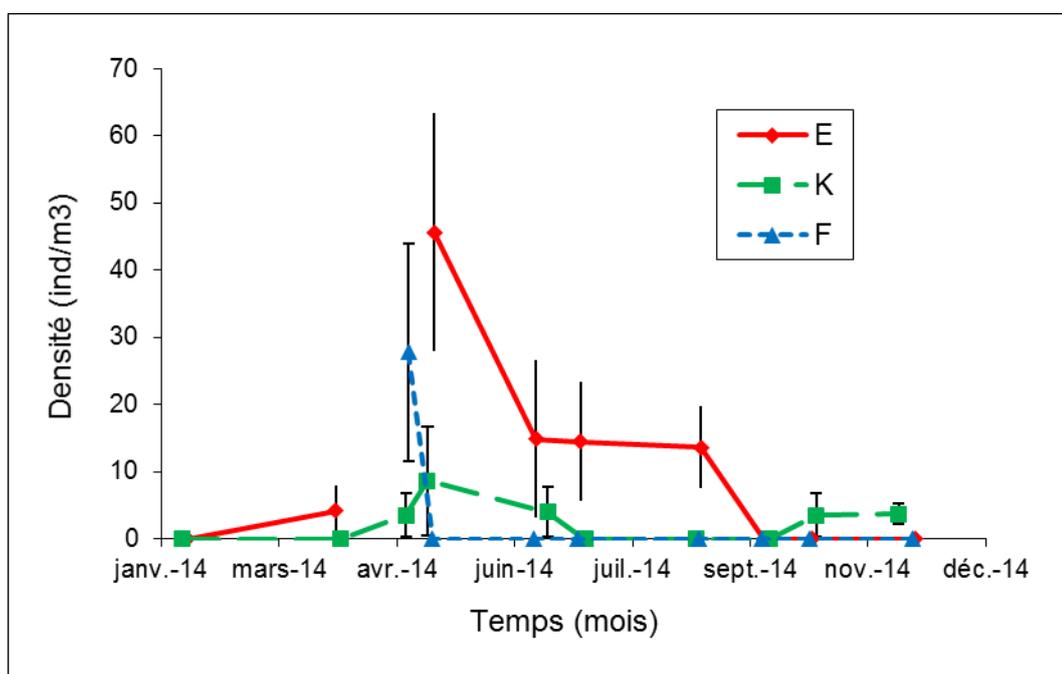


Figure 6-18 : Evolution mensuelle de la densité du Mysidacé *Neomysis integer* aux points F (pk 67), E (pk 52, rejet) et K (pk 30), au cours de l'année 2014- Chaque point du graphique représente la valeur moyenne calculée à partir de 8 prélèvements au cours d'un demi-cycle de marée (4 en surface et 4 au fond) au cours d'un demi-cycle de marée (± erreur standard)

Tableau 6-4 : 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 1984-2014 - 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

La seconde espèce dominante, *Mesopodopsis slabberi* (**Figure 6-19**) présente, du point de vue des abondances moyennes, un schéma classique (**Tableau 6-5**), avec les abondances les plus fortes observées au point aval (F : 347 ± 89 ind./m³), intermédiaires en zone médiane (moyenne annuelle au point E : 308 ± 101 ind./m³) et les plus faibles en amont (moyenne annuelle au point K : 50 ± 23 ind./m³). Cette distribution classique illustre le caractère polyhalin de l'espèce dont le centre de distribution se situe normalement en aval du pk 67 et dont la pénétration dans l'estuaire est fortement dépendante des débits fluviaux. L'année 2014 est marquée par des effectifs similaires dans les masses d'eau « aval » (point F) et dans les masses d'eau « moyennes » (point E) ce qui illustre un développement plus « interne » de l'espèce cette année, ainsi que par une période de production s'étalant de Juin à Octobre dans ces 2 stations (maximum au point F en Septembre : 889 ± 128 ind./m³ et au point E en Octobre : 782 ± 282 ind./m³).

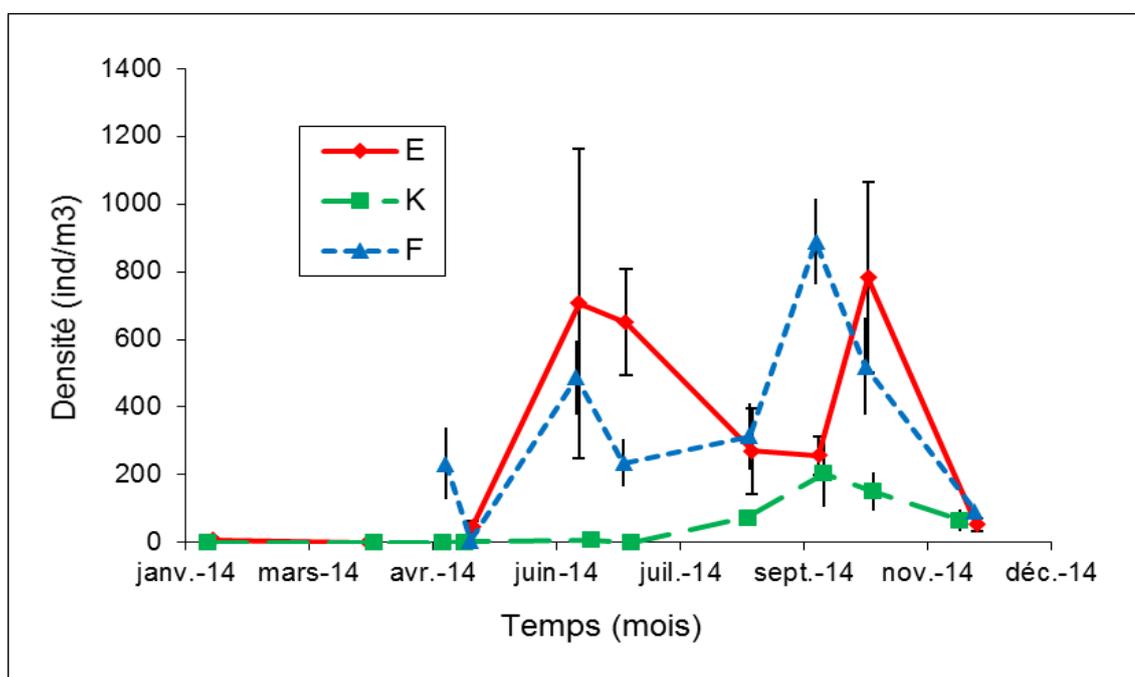


Figure 6-19 : Evolution mensuelle de la densité du Mysidacé *Mesopodopsis slabberi* aux points F (pk 67), E (pk 52, rejet) et K (pk 30), au cours de l'année 2014 - Chaque point du graphique représente la valeur moyenne calculée à partir de 8 prélèvements au cours d'un demi cycle de marée (4 en surface et 4 au fond) au cours d'un demi-cycle de marée (\pm erreur standard)

Tableau 6-5 : 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 1984-2014 - 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

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

6.4.1. Paramètres de population

De manière générale (**Tableau 6-6**), la structure démographique d'*Eurytemora affinis* est proche d'une station à l'autre.

L'évolution saisonnière du sex-ratio (**Figure 6-20**) est assez proche d'une station à l'autre mais les écarts peuvent être importants (38 % de mâles au point K en Avril et 62 % au même moment au point E). On observe globalement des pourcentages du sex ratio inférieurs à la moyenne sur la période d'étude en « aval » et en amont ». Ils sont supérieurs à la moyenne de la série au point médian (E : 55 % sur l'année comparativement à 49 % calculé sur l'ensemble de la série). Cette année on observe donc une prédominance de mâles sur les deux points situés le plus en aval (point F : 56 %, point E : 55%, point K : 44 %). La dominance de femelles fréquemment observée ces dernières années essentiellement dans les parties médiane et amont, n'est observée cette année qu'en amont. Le schéma « classique » est cependant globalement respecté : dominance des mâles dans la zone aval et de femelles dans la zone amont..

L'année 2014 est marquée dans la zone amont (point K), comme c'était le cas des dernières années d'observation (e.g. 2005-06-07-09-10-11-12-13), par une faible représentation moyenne des femelles ovigères par rapport à l'ensemble des femelles : moyenne annuelle de 14 % (16% sur l'ensemble de la série). Cette situation n'est pas observée en zones médiane (point E) et aval (point F) avec respectivement 22 % et 21 % de femelles ovigères. La représentation accrue de femelles ovigères qui pourrait être attendue lors des périodes de production, n'est pas observée.

L'évolution du pourcentage de copépodites est habituellement « homogène » dans l'estuaire. Cette année, durant la période de forte production printanière, la population est dominée par les copépodites. L'année 2014 ne présente pas le gradient classique de diminution de la représentativité de l'amont vers l'aval : point K : 63%, point E : 57%, F : 62% (les valeurs sont proches des pourcentages moyens en copépodites calculés sur la série excepté dans les masses d'eau aval où les copépodites ont surreprésentés par rapport à ce qui est habituellement observé : K : 62% ; E : 59%, F : 53%).

Tableau 6-6 : Principaux paramètres démographiques de *Eurytemora affinis* au cours de la période 1984-2014 - 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

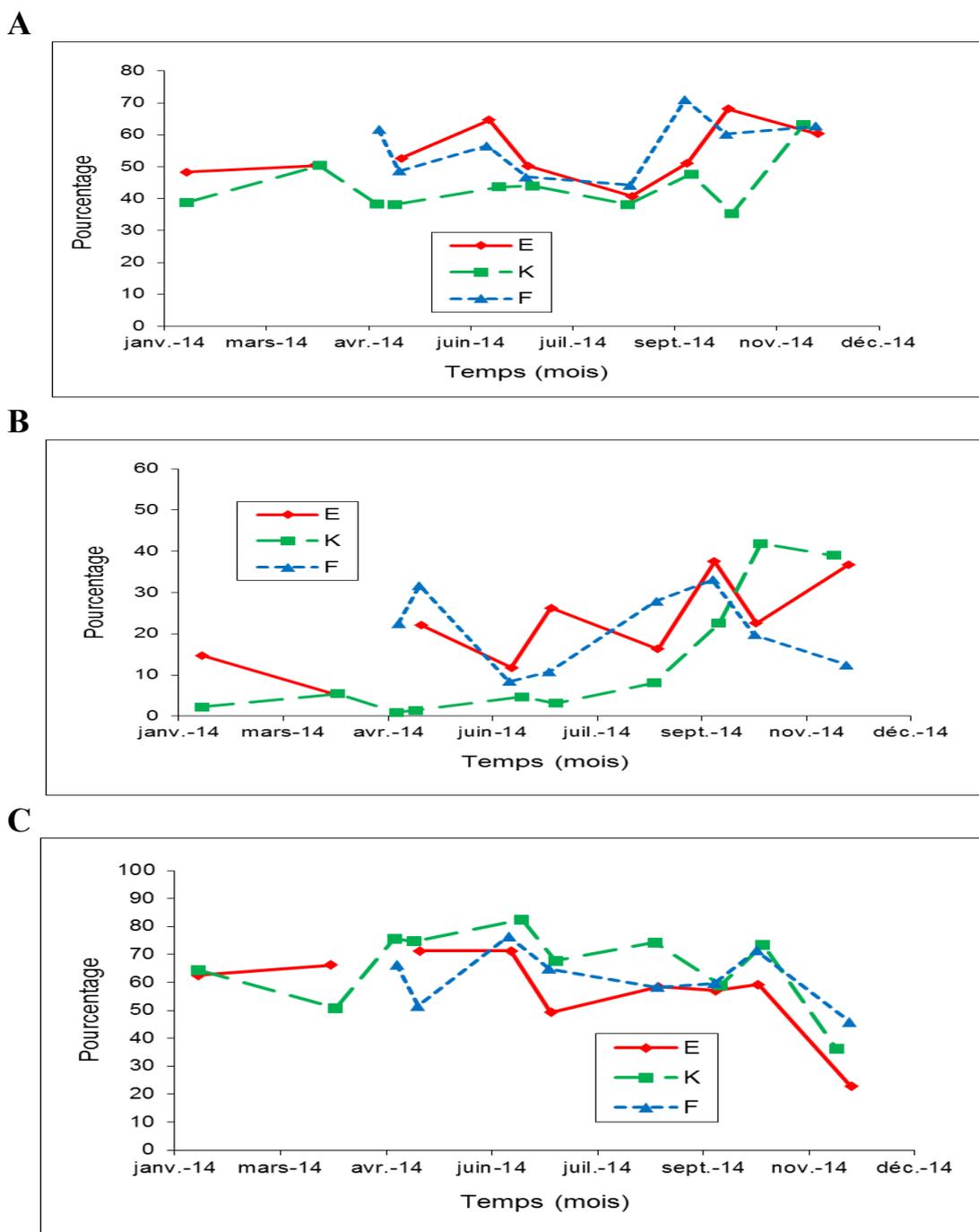


Figure 6-20 : Evolution mensuelle de la structure démographique du copépode *Eurytemora affinis* aux points F (pk 67), E (pk 52, rejet) et K (pk 30) au cours de l'année 2014 - % mâles/adultes (A), % femelles ovigères (B), % de copépodites (C), calculés sur 8 prélèvements au cours d'un demi-cycle de marée (4 en surface et 4 au fond)

6.4.2. Fécondité

En 2014, les fécondités enregistrées aux points K, E et F (**Figure 6-21**) ne diffèrent pas significativement d'une station à l'autre : les faibles valeurs trouvées au point E se retrouvent donc en aval et en amont ($2,2 \pm 0,5$ œufs/femelle au point F, $2,0 \pm 0,2$ en E et $2,3 \pm 0,2$ en K). La dynamique temporelle est difficile à rapprocher cette année du schéma « classique » d'augmentation de la fécondité pendant la période de production printanière de l'espèce.

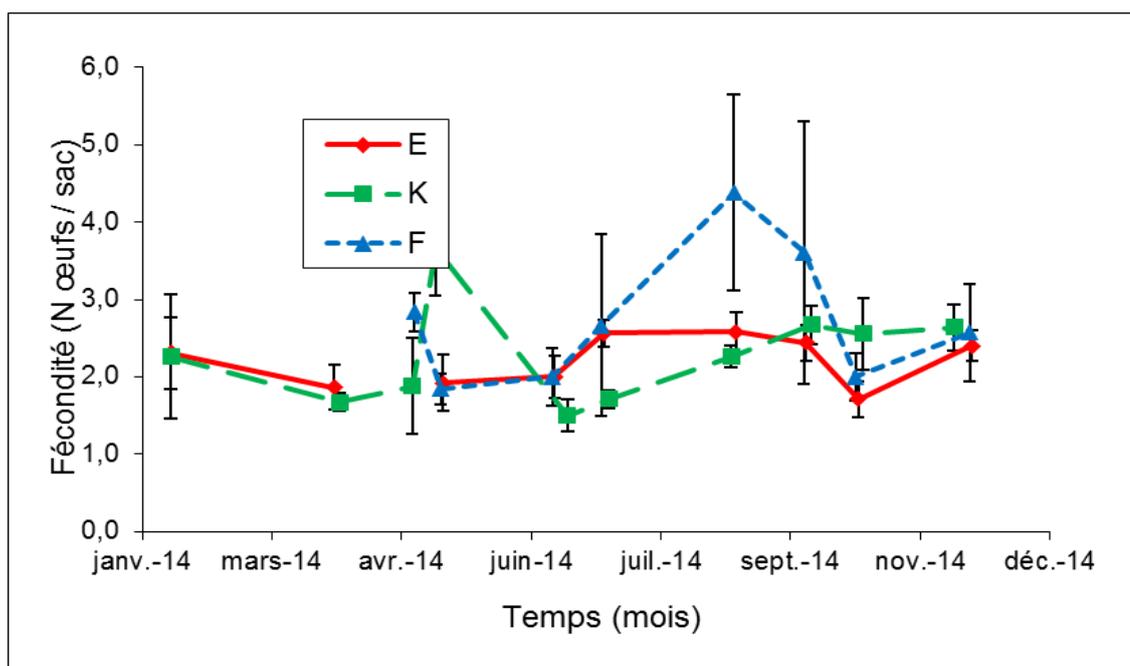


Figure 6-21 : Evolution mensuelle de la fécondité (nombre d'œufs moyen/sac ovigère) des femelles du copépode *Eurytemora affinis* aux points F (pk 67), E (pk 52, rejet) et K (pk 30) au cours de l'année 2014 - Chaque point du graphique représente la valeur moyenne calculée sur 8 prélèvements au cours d'un demi-cycle de marée (4 en surface et 4 au fond) (\pm erreur standard)

En 2014 pour les trois points, la fécondité est à nouveau particulièrement faible par rapport à l'ensemble des précédentes années (**Tableau 6-7**).

Tableau 6-7 : Fécondité moyenne du copépode *Eurytemora affinis* (nombre moyen d'œufs par sac ovigère \pm erreur standard) entre les stations F (pk 67), E (pk 52, rejet) et K (pk 30) au cours de la période 1984-2014 - 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 \pm 1,9	14,8 \pm 1,9	13,7 \pm 1,7
1985		11,1 \pm 3,9	9,5 \pm 1,3	10,3 \pm 2,1
1986		9,1 \pm 1,5	8,4 \pm 0,6	7,6 \pm 1,0
1987		6,4 \pm 0,6	6,8 \pm 0,6	6,4 \pm 1,3
1988		7,5 \pm 0,8	7,0 \pm 0,5	6,6 \pm 0,6
1989		7,4 \pm 0,4	7,5 \pm 0,4	7,6 \pm 0,6
1990		6,8 \pm 0,5	6,8 \pm 0,4	5,7 \pm 0,3
1991		7,6 \pm 0,8	7,5 \pm 0,3	7,0 \pm 0,2
1992	9,2 \pm 0,9	9,6 \pm 0,8		8,5 \pm 0,5
1993	7,5 \pm 0,6	7,4 \pm 0,9		10,1 \pm 3,5
1994	3,6 \pm 0,5	4,0 \pm 0,4		3,1 \pm 0,3
1995	3,3 \pm 0,5	4,0 \pm 0,4		2,8 \pm 0,3
1996	4,1 \pm 0,5	3,4 \pm 0,2		3,4 \pm 0,2
1997	4,1 \pm 0,3	3,4 \pm 0,2		2,7 \pm 0,2
1998	3,6 \pm 0,1	2,9 \pm 0,1		2,7 \pm 0,2
1999	2,9 \pm 0,2	3,0 \pm 0,1		2,5 \pm 0,1
2000	2,6 \pm 0,2	3,1 \pm 0,3		2,1 \pm 0,1
2001	3,5 \pm 0,2	3,3 \pm 0,3		3,1 \pm 0,1
2002	3,0 \pm 0,2	2,9 \pm 0,2		2,6 \pm 0,1
2003	2,7 \pm 0,4	2,9 \pm 0,2		2,7 \pm 0,3
2004	2,7 \pm 0,2	2,5 \pm 0,1		2,5 \pm 0,2
2005	3,3 \pm 0,6	3,3 \pm 0,6		2,6 \pm 0,2
2006	3,0 \pm 0,9	2,9 \pm 0,4		2,3 \pm 0,6
2007	2,2 \pm 0,4	2,7 \pm 0,4		2,3 \pm 0,3
2008	2,7 \pm 0,6	2,8 \pm 0,8		2,3 \pm 0,6
2009	2,8 \pm 0,1	2,9 \pm 0,3		3,1 \pm 0,5
2010	2,8 \pm 0,5	2,9 \pm 0,8		2,3 \pm 0,3
2011	2,8 \pm 0,8	3,3 \pm 0,9		2,4 \pm 0,4
2012	3,5 \pm 1,0	3,2 \pm 0,5		2,8 \pm 0,7
2013	3,2 \pm 0,9	2,7 \pm 0,6		2,4 \pm 0,8
2014	2,2 \pm 0,5	2,0 \pm 0,2		2,3 \pm 0,2

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).

6.4.3. Mortalité

Le pourcentage moyen de mortalité reste faible (autour de 1% en moyenne) tout au long de l'année sur l'ensemble de l'aire de répartition de l'espèce (**Figure 6-22**) : $0,5 \pm 0,1\%$ au point F, $0,6 \pm 0,1$ en E et $0,9 \pm 0,2$ en K.

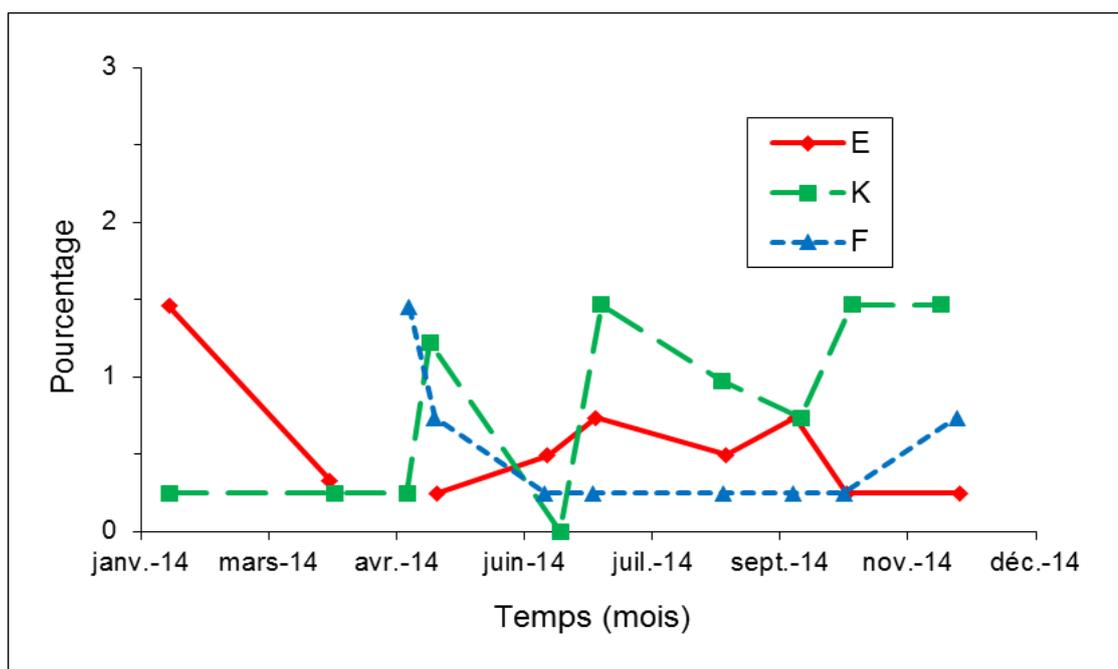


Figure 6-22 : Evolution mensuelle de la mortalité du copépode *Eurytemora affinis* aux points E (pk 52, rejet), F (pk 67) et K (pk 30) au cours de l'année 2014 - Chaque point du graphique représente la valeur moyenne calculée à partir de 4 prélèvements au cours d'un demi-cycle de marée (4 en surface et 4 au fond) (\pm erreur standard)

Les valeurs sont très faibles sur l'ensemble du suivi et restent en dessous de 2% tout au long de l'année. Les différences temporelles ou entre stations ne sont pas significatives (**Tableau 6-8**). La stratégie d'échantillonnage utilisée n'est pas en mesure de vérifier si les rejets thermiques de la centrale engendrent un phénomène de surmortalité.

Tableau 6-8 : Mortalité moyenne annuelle du copépode *Eurytemora affinis* (\pm erreur standard) aux points F (pk 67), E (pk 52, rejet) et K (pk 30) au cours de la période 1984-2014 - 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 \pm 0,5	0,7 \pm 0,2	0,7 \pm 0,2
1985		0,7 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1	1,1 \pm 0,3
1986		0,6 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1
1987		0,3 \pm 0,1	0,2 \pm 0,1	0,2 \pm 0,1
1988		0,4 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1
1989		5,5 \pm 1,6	3,7 \pm 0,8	5,0 \pm 1,4
1990		12,4 \pm 1,6	11,3 \pm 1,8	8,7 \pm 1,3
1991		12,4 \pm 1,5	14,0 \pm 1,6	12,2 \pm 2,8
1992	5,8 \pm 1,1	7,3 \pm 0,8		5,7 \pm 0,8
1993	5,7 \pm 1,8	6,3 \pm 2,2		4,4 \pm 1,1
1994	6,8 \pm 2,7	2,2 \pm 0,4		7,8 \pm 3,2
1995	1,1 \pm 0,3	7,3 \pm 2,3		3,3 \pm 1,0
1996	5,8 \pm 1,9	4,7 \pm 0,9		9,3 \pm 2,4
1997	2,0 \pm 0,9	1,7 \pm 0,5		1,5 \pm 0,5
1998	0,7 \pm 0,3	0,9 \pm 0,3		5,9 \pm 2,8
1999	0,7 \pm 0,3	1,0 \pm 0,4		1,6 \pm 0,6
2000	0,6 \pm 0,3	1,4 \pm 0,4		1,8 \pm 0,7
2001	0,6 \pm 0,3	1,4 \pm 0,4		2,1 \pm 0,5
2002	0,9 \pm 0,3	1,4 \pm 0,7		0,8 \pm 0,4
2003	0,2 \pm 0,1	0,2 \pm 0,1		0,5 \pm 0,2
2004	0,8 \pm 0,3	0,7 \pm 0,3		0,3 \pm 0,1
2005	0,7 \pm 0,2	2,1 \pm 3,2		0,8 \pm 0,4
2006	0,2 \pm 0,3	1,0 \pm 0,7		1,0 \pm 2,3
2007	0,5 \pm 0,7	0,9 \pm 1,0		0,5 \pm 0,6
2008	0,3 \pm 0,4	0,6 \pm 0,3		0,5 \pm 0,3
2009	0,3 \pm 0,0	0,4 \pm 0,1		0,4 \pm 0,1
2010	0,3 \pm 0,2	0,4 \pm 0,1		0,6 \pm 0,3
2011	0,7 \pm 0,6	0,7 \pm 0,2		0,7 \pm 0,2
2012	0,6 \pm 0,4	0,5 \pm 0,5		0,6 \pm 0,4
2013	2,4 \pm 4,8	1,1 \pm 2,0		1,4 \pm 0,8
2014	0,5 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1		0,9 \pm 0,2

Synthèse 2014 :

La stratégie de suivi actuelle permet de dégager les grandes lignes de l'évolution intra- et inter- annuelle du zooplancton de l'estuaire de la Gironde, en liaison avec les modifications majeures apportées par l'implantation de la centrale et son fonctionnement (e.g. tache thermique). Elle ne donne en aucun cas l'assurance de la détermination d'un éventuel impact ou de l'absence d'impact sur ce compartiment.

L'année 2014 présente pour *E. affinis* une dynamique saisonnière classique à deux pics d'abondance. La période de fortes abondances de l'espèce est globalement identique aux trois stations, mais l'espèce présente exceptionnellement une meilleure répartition au point E, alors qu'elle se situe en général en amont (point K).

Sur l'ensemble de l'année 2014, la structure démographique des populations d'*E. affinis* présente un faible pourcentage de femelles ovigères sur tous les points, un sex-ratio légèrement favorable aux mâles, et un pourcentage de copépodites indiquant leur présence davantage en amont. La fécondité moyenne et la mortalité moyenne sont faibles à tous les points.

7. Macrofaune benthique

Le suivi de la macrofaune benthique a été réalisé en 6 stations, correspondant à trois niveaux de l'estuaire, conformément à l'article 29 de l'arrêté du 18 septembre 2003 :

- 3 stations dans le domaine subtidal (zone immergée en permanence), localisées en regard du CNPE (point E, PK 52), en aval (point F, PK 67) et en amont de celui-ci (point K, PK 30), échantillonnées mensuellement d'avril à novembre³⁴ ;
- 3 stations dans le domaine intertidal (zone latérale découvrant à marée basse), localisées sur la rive gauche de l'estuaire en vis-à-vis des stations subtidales, à savoir St-Christoly (PK 66), St-Estèphe (PK 55) et Lamarque (PK 35). Ces stations ont été échantillonnées au niveau de mi-marée, en février et à un rythme mensuel d'avril à novembre.

Rappels méthodologiques

La position géographique des stations d'échantillonnage intertidale, spécifique au zoobenthos, est indiquée sur la **Figure 7-1**. La méthodologie utilisée « paramètres, méthodes, précision » est indiquée dans le chapitre 1.4.6.

³⁴ A signaler l'absence d'échantillons au Point E en avril, en raison de l'indisponibilité d'un navire.

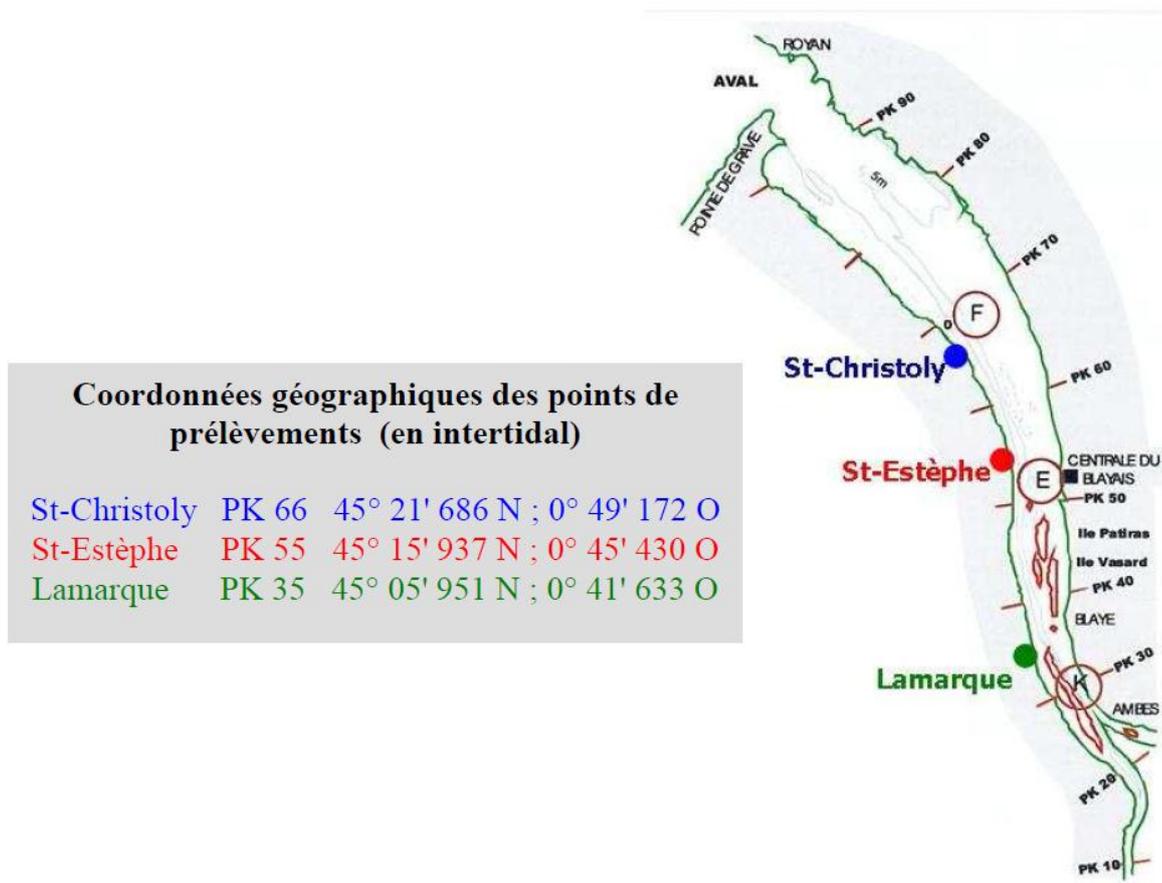


Figure 7-1 : Localisation des stations de prélèvements de la macrofaune benthique en intertidale

7.1. Caractéristiques du sédiment

7.1.1. Sédiments subtidaux (Figure 7-2).

Au Point F (PK 67), le sédiment a été à dominante vaseuse (79 à 90% de particules < 63 µm) d'avril à août. Une modification considérable de la granulométrie a été observée par la suite, le sédiment devenant à dominante sableuse (seulement 6 à 23% de vases) de septembre à novembre.

Au Point E (PK 52), la composition granulométrique du sédiment a été très variable au cours de l'année, la fraction vaseuse (particules < 63 µm) représentant entre 19 et 71% selon les dates d'échantillonnage.

Au Point K (PK 30), une forte variabilité de la composition granulométrique a également été observée : forte proportion de vase (66-70%) en mai et septembre, mais sédiment essentiellement sableux (6 à 38% de particules < 63 µm) durant le reste de l'année.

Comme les années précédentes, d'importantes variations temporelles de la composition granulométrique du sédiment ont donc été mis en évidence dans les trois stations subtidales en 2014. L'une des hypothèses émises précédemment pour expliquer cette

variabilité temporelle était celle d'une variabilité spatiale de la couverture sédimentaire à petite échelle, un sédiment vaseux côtoyant un sédiment sableux. Si tel était le cas, il serait tout à fait envisageable que la benne prélève l'un ou l'autre des sédiments (même si les prélèvements de benthos et de sédiment se font à point fixe, il peut se produire une légère dérive ou changement d'orientation du navire en fonction des courants).

Afin de vérifier cette hypothèse, des carottes de sédiment superficiel ont été prélevées dans plusieurs bennes réalisées au cours d'une même mission (1 carotte par benne), et la composition granulométrique a été analysée individuellement pour chacune de ces carottes (alors que, habituellement, une carotte est prélevée dans 2 bennes, ces 2 carottes étant ensuite mélangées pour obtenir un échantillon unique soumis à l'analyse). Cette opération a été réalisée :

- en juin, sur 2 carottes (= 2 bennes) prélevées au Point E ;
- en octobre, sur 5 carottes (= 5 bennes) prélevées aux trois stations subtidales.

L'analyse de ces carottes a mis en évidence une forte hétérogénéité intra-station de la composition granulométrique du sédiment (**Figure 7-3**) :

- au Point E en juin, la teneur en vases (particules < 63 µm) étaient de 53% dans une carotte et de 88% dans la seconde ;
- au Point F en octobre, la teneur en vases variait de 9 à 45% ;
- au Point E en octobre, 4 carottes étaient très semblables (5 à 10% de vases), mais une autre carotte comportait 65% de vases ;
- au Point K en octobre, le sédiment (majoritairement sableux) était relativement homogène, avec 4 à 35% de vases.

Il apparaît donc clairement que, même si une grande part de la variabilité temporelle de la granulométrie du sédiment peut être attribuée au débit du fleuve ou aux activités de dragage, il existe aussi une variabilité spatiale intra-station qui peut contribuer à cette apparente variabilité temporelle.

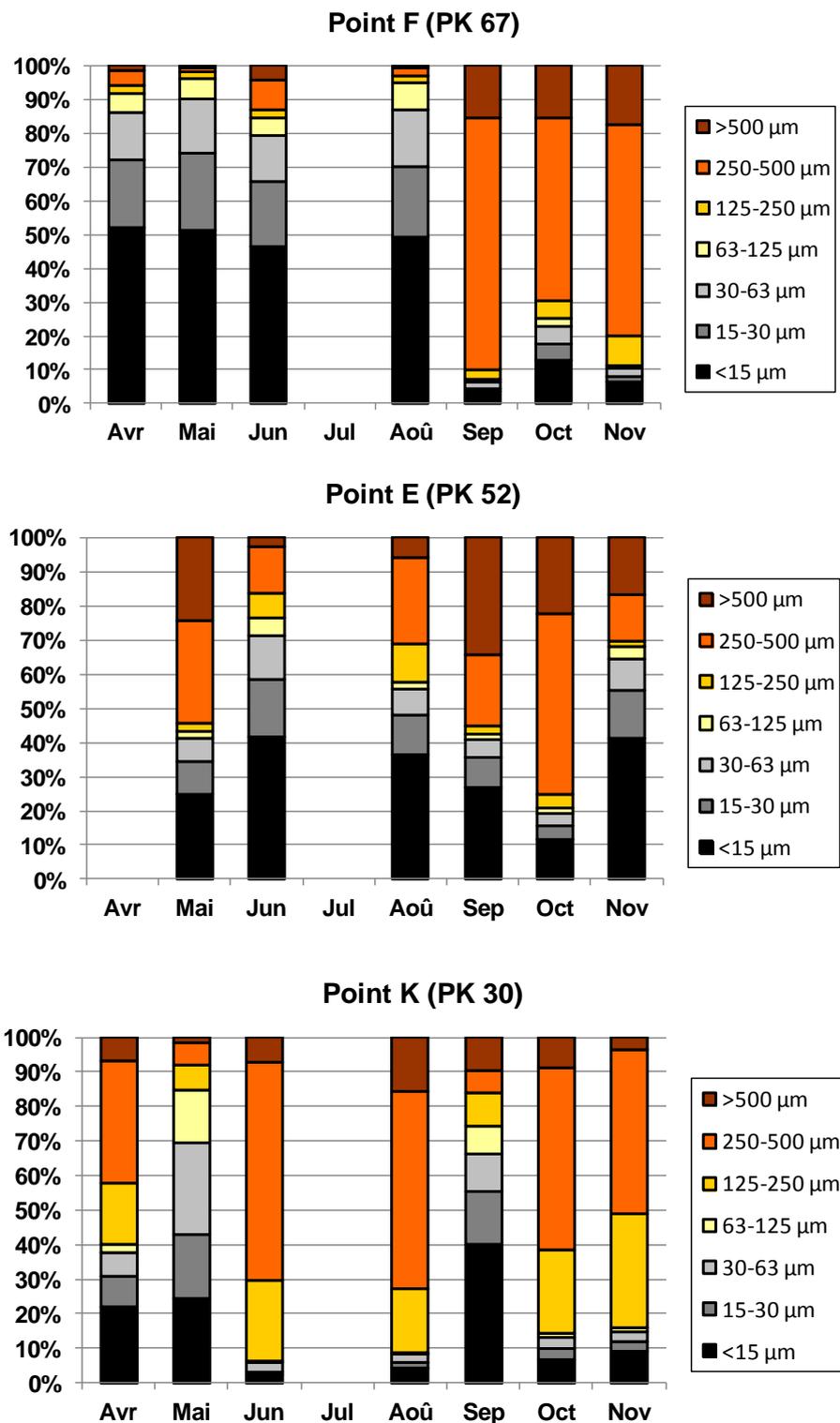


Figure 7-2 : Composition granulométrique du sédiment des stations subtidales en 2014

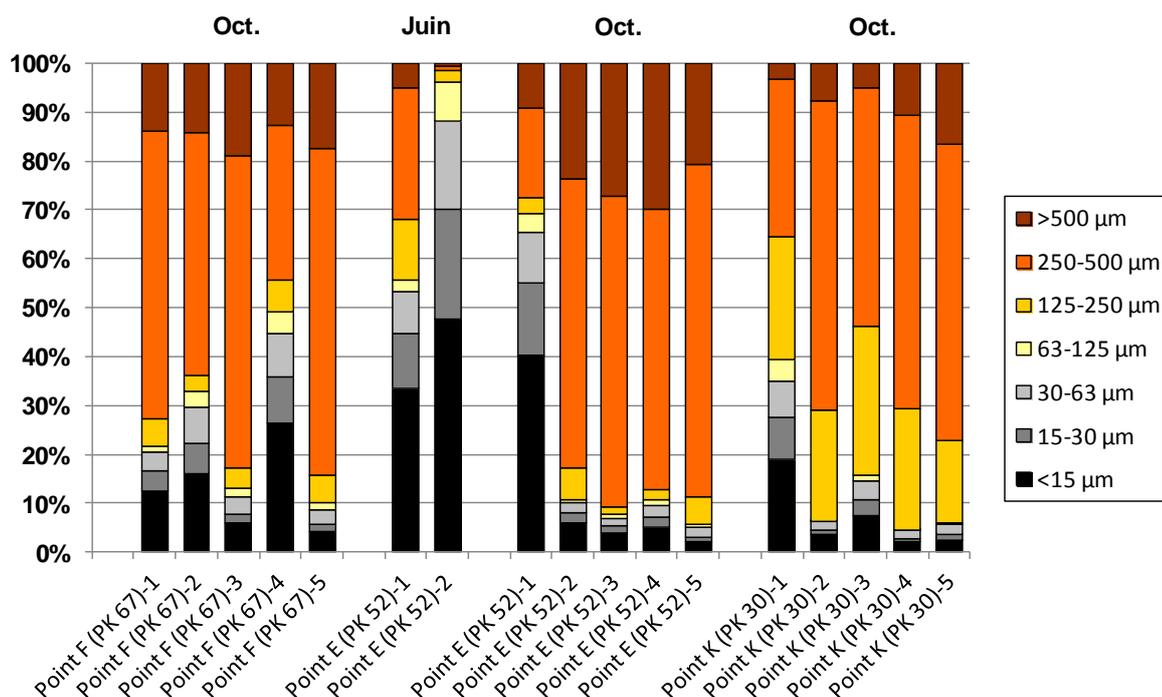


Figure 7-3 : Comparaison intra-station de la composition granulométrique du sédiment de stations subtidales en 2014. De gauche à droite : au Point F en octobre (5 bennes), au Point E en juin (2 bennes), au Point E en octobre (5 bennes), au Point K en octobre (5 bennes). (NB : la composition granulométrique moyenne pour chacun de ces couples station/date a été utilisée dans la Figure 7-2)

7.1.2. Sédiments intertidaux

Le sédiment superficiel des trois stations intertidales était fortement vaseux (**Figure 7-4**). Comme les années précédentes, la composition granulométrique a été remarquablement constante au cours du temps pour les trois stations :

- à St-Christoly (PK 66) : 84-95% de grains < 63 µm (« vases ») ;
- à St-Estèphe (PK 55) : 75-90% de vases ;
- à Lamarque (PK 35) : 91-97% de vases.

La teneur du sédiment en eau interstitielle a peu varié au cours de l'année : 51-63% à St-Christoly, 42-55% à St-Estèphe, 51-65% à Lamarque (**Figure 7-5**). Ceci est différent des trois années précédentes, où pouvaient être distinguées des périodes de dépôt/sédimentation (teneurs en eau élevées) alternant avec des périodes de compaction/érosion (teneurs en eau faibles). En outre, les teneurs en eau interstitielle se sont maintenues à des valeurs élevées, en particulier à St-Christoly et à Lamarque, témoignant d'une sédimentation continue, sans phase d'érosion. Les observations sur le terrain vont dans ce sens, avec, durant toute l'année, une couche de vase épaisse et très molle dans ces deux dernières stations, et un sédiment plus compact à St-Estèphe.

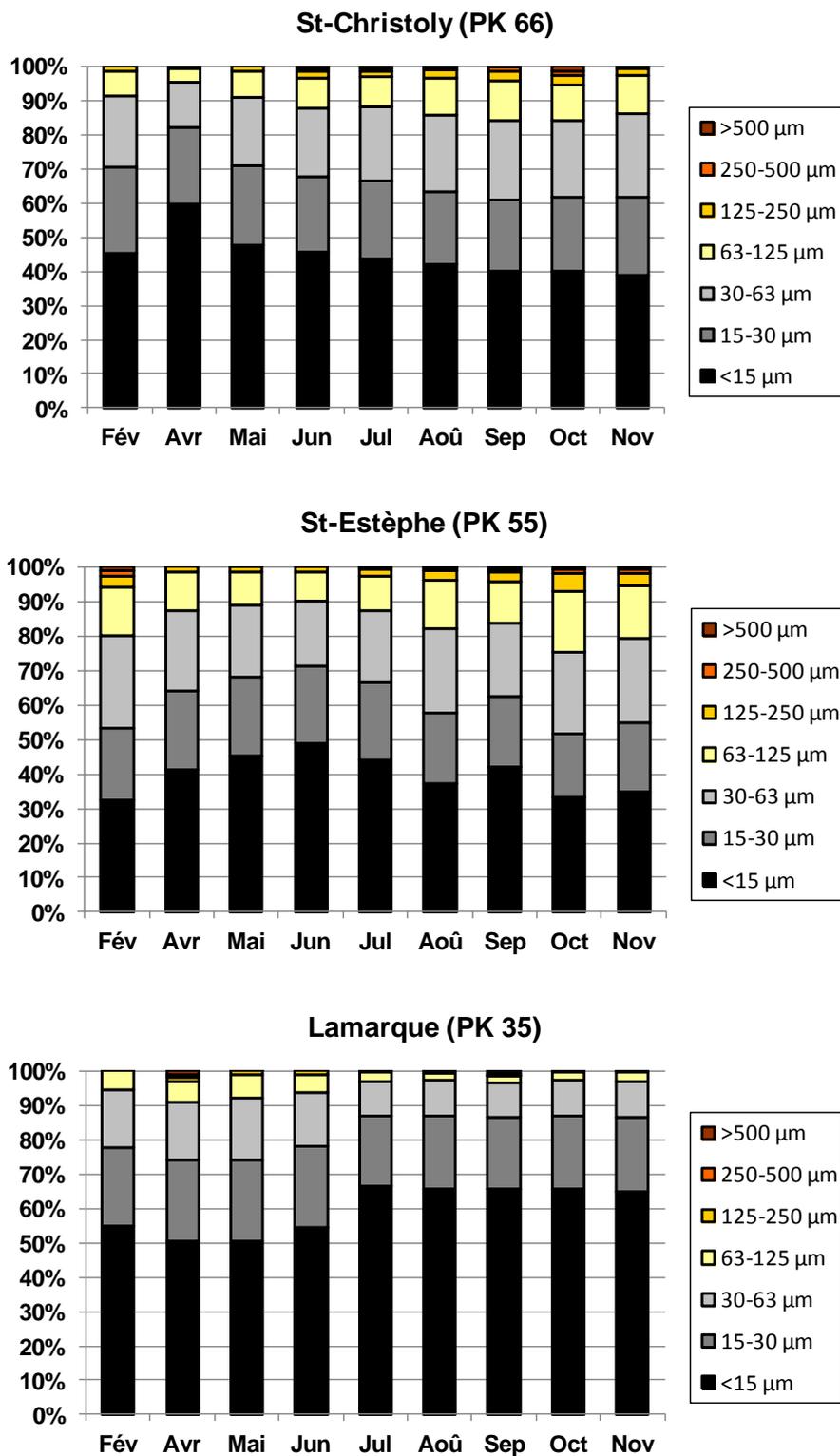


Figure 7-4: Composition granulométrique du sédiment des stations intertidales en 2014

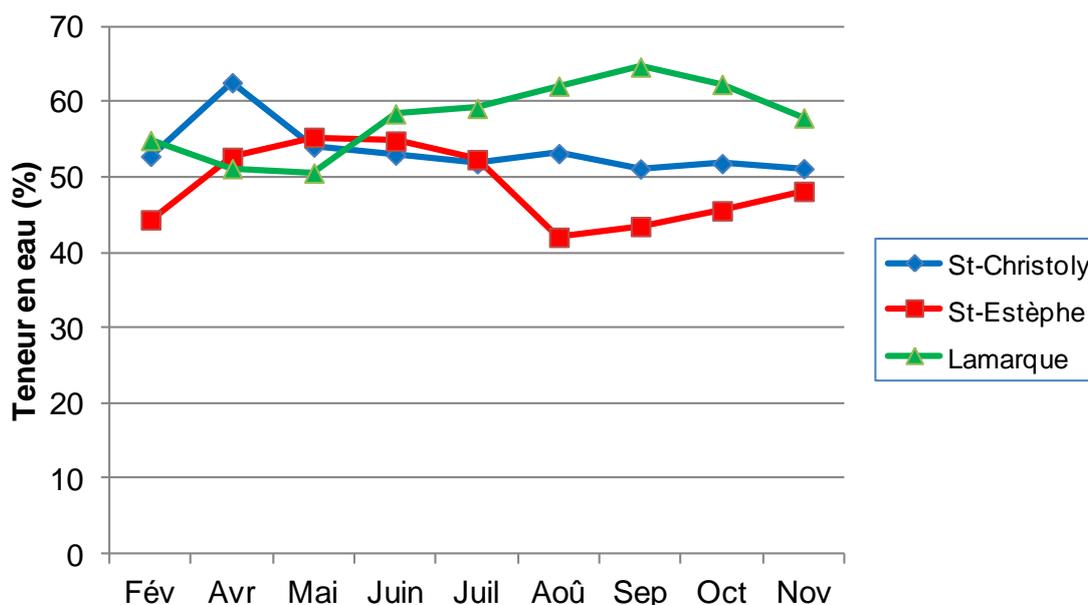


Figure 7-5 : Variations de la teneur en eau interstitielle du sédiment de surface aux stations intertidales en 2014.

7.2. Evolution temporelle de la richesse spécifique des peuplements macrobenthiques

La richesse spécifique de la macrofaune benthique est faible dans les stations échantillonnées en Gironde, ce qui est une caractéristique générale de la faune dans les domaines méso- et oligohalins des estuaires.

Le nombre total d'espèces échantillonnées au cours de l'année 2014 (richesse spécifique annuelle totale) a montré un gradient décroissant de l'aval vers l'amont (**Tableau 7-1**, colonne 2). Pour un PK similaire, cette richesse spécifique annuelle a été légèrement supérieure en intertidal par rapport au subtidal (**Tableau 7-1**, colonne 2). Les mêmes tendances sont observables en ce qui concerne la richesse spécifique mensuelle moyenne (moyenne du nombre d'espèces recensées par date d'échantillonnage) (**Tableau 7-1**, colonne 4).

La comparaison inter-annuelle de la richesse spécifique dans les stations subtidales (**Figure 7-6**) permet de mettre en évidence :

- un gradient décroissant du nombre d'espèces de l'aval vers l'amont (caractéristique biologique normale en estuaire) ;
- une nette tendance pluri-annuelle à la diminution de la richesse spécifique sur la durée du suivi (2004-2014) dans les trois stations, avec toutefois une stabilisation du nombre d'espèces depuis 2007 (malgré une chute marquée en 2010).

En ce qui concerne les stations intertidales (**Figure 7-7**), on peut observer :

- comme précédemment, une décroissance du nombre d'espèces de l'aval vers l'amont ;
- une remarquable stabilité de la richesse spécifique sur l'ensemble du suivi depuis 2004.

Tableau 7-1 : Richesse spécifique de la macrofaune benthique au cours de l'année 2014

Stations	Nombre total d'espèces échantillonnées au cours de l'année	Nombre d'espèces échantillonnées par date	
		Valeurs extrêmes	Moyenne annuelle \pm écart-type
<u>Subtidal :</u>			
Point F (PK 67)	10	3 – 6	3,7 \pm 1,2
Point E (PK 52)	8	0 – 4	2,1 \pm 1,3
Point K (PK 30)	6	0 – 4	2,5 \pm 1,4
<u>Intertidal :</u>			
St-Christoly (PK 66)	11	5 – 8	6,6 \pm 1,0
St-Estèphe (PK 55)	10	3 – 7	5,4 \pm 1,1
Lamarque (PK 35)	10	1 – 4	2,4 \pm 1,0

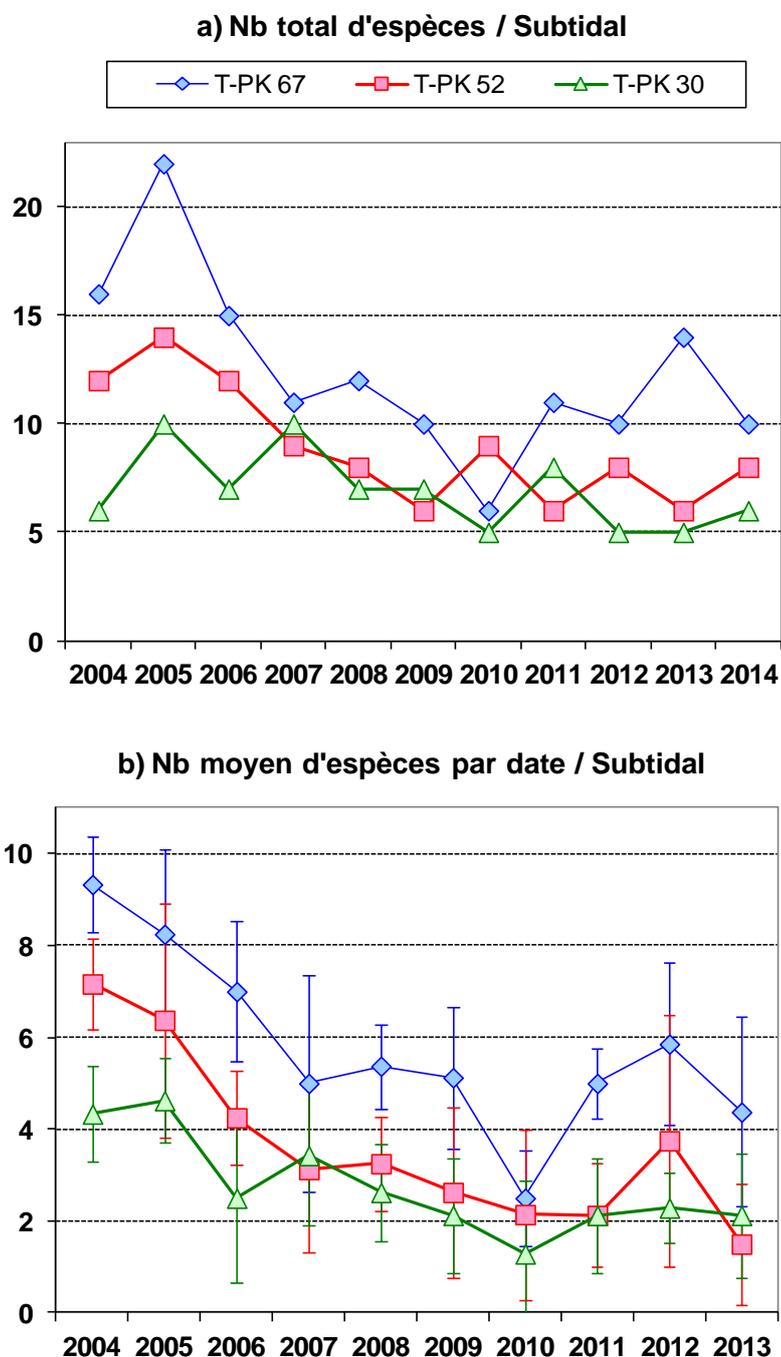


Figure 7-6 : Evolution annuelle de la richesse spécifique du macrobenthos des stations subtidales de 2004 à 2014 : a) nombre total d'espèces échantillonnées au cours de chaque année ; b) nombre moyen (\pm écart-type) d'espèces par date d'échantillonnage.

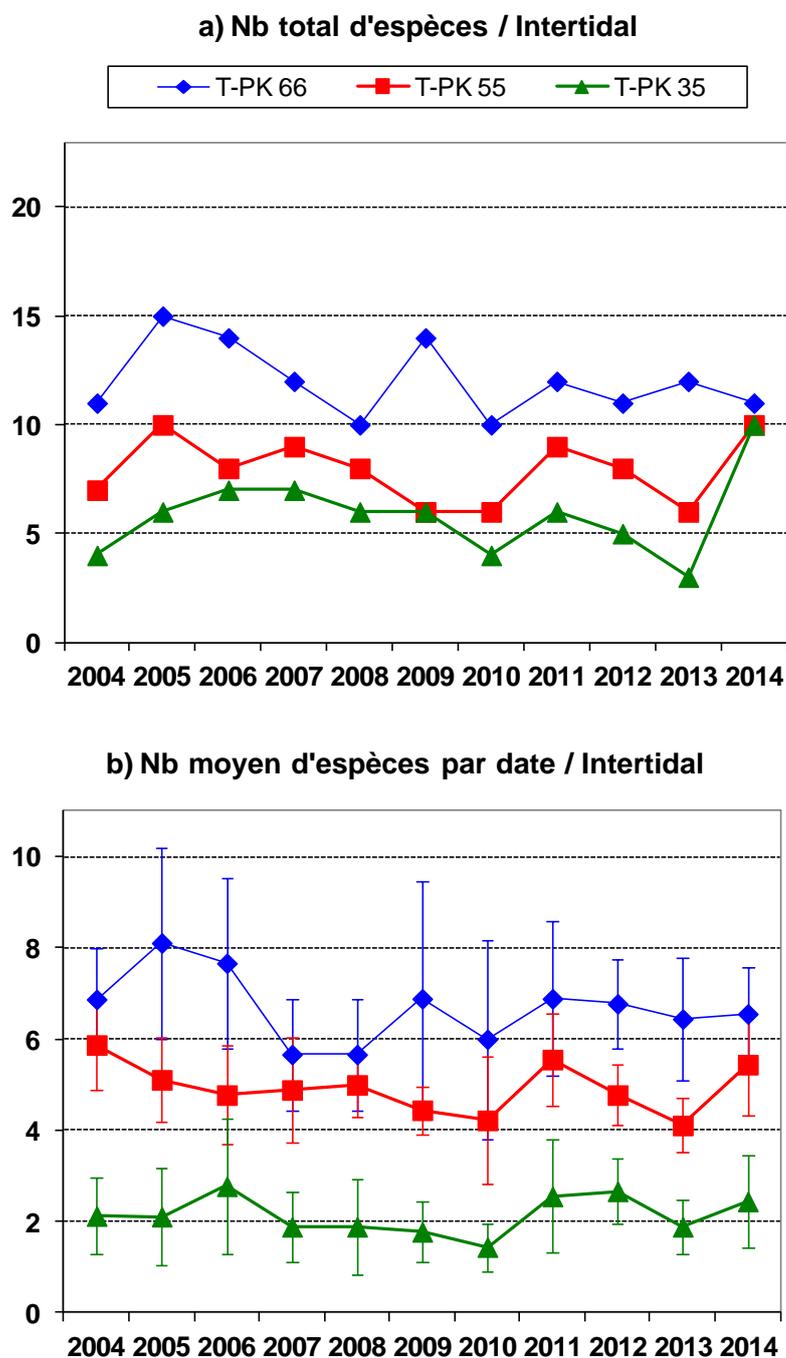


Figure 7-7 : Evolution annuelle de la richesse spécifique du macrobenthos des stations intertidales de 2004 à 2014 : a) nombre total d'espèces échantillonnées au cours de chaque année ; b) nombre moyen (\pm écart-type) d'espèces par date d'échantillonnage.

7.3. Evolution temporelle des peuplements macrobenthiques subtidaux

Le détail des variations mensuelles des densités de l'ensemble des espèces dans chaque station subtidale est donné dans le **Tableau 7-2**.

Tableau 7-2 : Evolution mensuelle des densités (nombres moyens d'individus par m²) des diverses espèces macrobenthiques subtidales au cours de l'année 2014. Entre parenthèses, erreur standard de la moyenne. Les groupes zoologiques auxquels appartiennent les différents taxons sont indiqués dans la colonne de gauche : C = Crustacés, I = Insectes, O = Annélides Oligochètes, P = Annélides Polychètes.

	Taxons	22/04/14	05/05/14	25/06/14	08/07/14	27/08/14	25/09/14	15/10/14	26/11/14
Point F (PK 67)									
O	<i>Tubificoides heterochaetus</i>	-	-	-	-	-	2 (2)	-	-
P	<i>Heteromastus filiformis</i>	4 (4)	-	-	2 (2)	2 (2)	14 (9)	-	2 (2)
	<i>Streblospio shrubsolii</i>	-	4 (2)	-	-	-	20 (20)	-	-
C	<i>Bathyporeia pilosa</i>	-	-	-	-	-	4 (2)	-	-
	<i>Cyathura carinata</i>	2 (2)	2 (2)	-	6 (2)	-	4 (2)	2 (2)	-
	<i>Eurydice pulchra</i>	-	-	-	6 (4)	-	36 (11)	4 (4)	-
	<i>Gammarus salinus</i>	12 (12)	-	-	-	-	-	-	2 (2)
	<i>Mesopodopsis slabberi</i>	4 (4)	-	4 (2)	2 (2)	6 (2)	-	-	2 (2)
	<i>Neomysis integer</i>	8 (5)	2 (2)	2 (2)	-	2 (2)	-	-	-
	<i>Synidotea laticauda</i>	-	-	2 (2)	-	-	-	2 (2)	-
Point E (PK 52)									
O	<i>Tubificoides heterochaetus</i>		-	6 (4)	-	2 (2)	-	-	-
P	<i>Boccardiella ligérica</i>		-	-	-	-	-	-	2 (2)
C	<i>Crangon crangon</i>		-	-	2 (2)	-	2 (2)		-
	<i>Cyathura carinata</i>		-	2 (2)	2 (2)	-	-	-	-
	<i>Eurydice pulchra</i>		-	-	-	-	2 (2)	-	-
	<i>Gammarus salinus</i>		-	-	-	-	-	-	4 (4)
	<i>Mesopodopsis slabberi</i>		-	-	2 (2)	4 (4)	6 (4)	-	2 (2)
	<i>Neomysis integer</i>		-	-	2 (2)	-	-	8 (8)	-
Point K (PK 30)									
C	<i>Bathyporeia pilosa</i>	-	-	-	2 (2)	-	6 (4)	4 (4)	-
	<i>Corophium volutator</i>	-	-	-	-	4 (4)	-	-	-
	<i>Gammarus zaddachi</i>	2 (2)	-	-	-	2 (2)	16 (12)	-	4 (4)
	<i>Mesopodopsis slabberi</i>	-	-	-	4 (2)	28 (10)	120 (52)	44 (16)	-
	<i>Neomysis integer</i>	6 (6)	-	-	-	-	2 (2)	-	8 (5)
I	Larves Insectes indét.	204 (50)	30 (12)	-	-	14 (9)	-	44 (30)	640 (263)

7.3.1. Point F (PK 67) (Figure 7-8)

De très faibles densités ont été relevées, variant entre 6 ± 4 ind./m² en novembre et 80 ± 20 ind./m² en septembre. Le peuplement était essentiellement constitué par des Crustacés auxquels se sont joints, en septembre, quelques Annélides Polychètes.

7.3.2. Point E (PK 52) (Figure 7-8)

Les densités ont été encore plus faibles que dans la précédente station, atteignant au mieux 10 ± 6 ind./m² en septembre, et étant même nulles en mai. Le peuplement était constitué essentiellement par des Crustacés.

7.3.3. Point K (PK 30) (Figure 7-8)

Malgré l'absence de faune dans les échantillons de juin, les densités ont été ici les plus fortes des trois stations subtidales, avec un maximum de 652 ± 264 ind./m² en novembre. Le peuplement de cette station était constitué essentiellement par le Crustacé Mysidacé *Mesopodopsis slabberi*, abondant en septembre, et surtout par des larves d'Insectes, en particulier en avril et novembre.

7.3.4. Comparaison avec les années antérieures (Figure 7-9)

En 2014, les densités de macrofaune aux Points F et E ont été extrêmement faibles, et se situent même parmi les plus faibles valeurs observées depuis 2004. Les densités au Point K se sont, quant à elles, maintenues à un niveau habituel.

Sur les onze années du suivi réalisé jusqu'à présent, le patron des abondances de la macrofaune benthique subtidale au niveau des Points F et E est caractérisé par :

- deux années de fortes abondances en 2004-2005 ;
- une forte diminution des abondances depuis 2006, dont plusieurs années avec de très faibles abondances (2006-2007, 2010-2011 et 2013-2014).

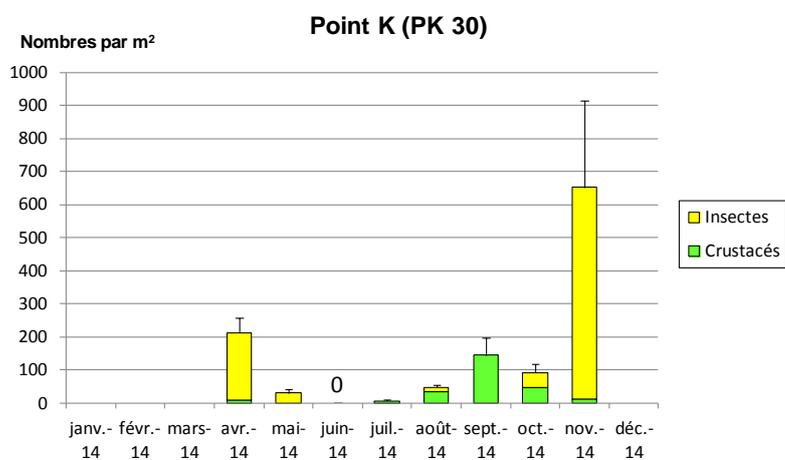
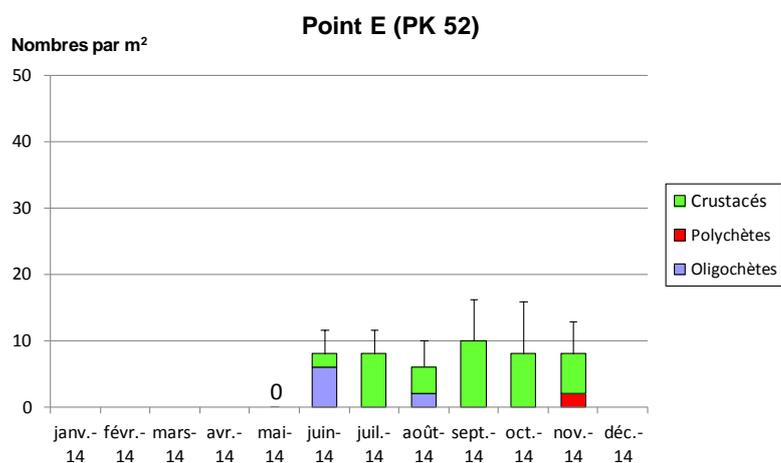
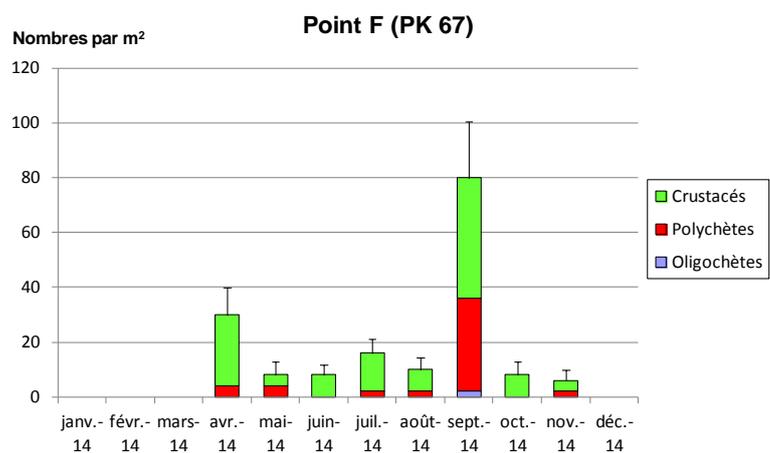


Figure 7-8 : Evolution mensuelle de la densité (moyenne + ES) du macrobenthos aux stations subtidales en 2014.

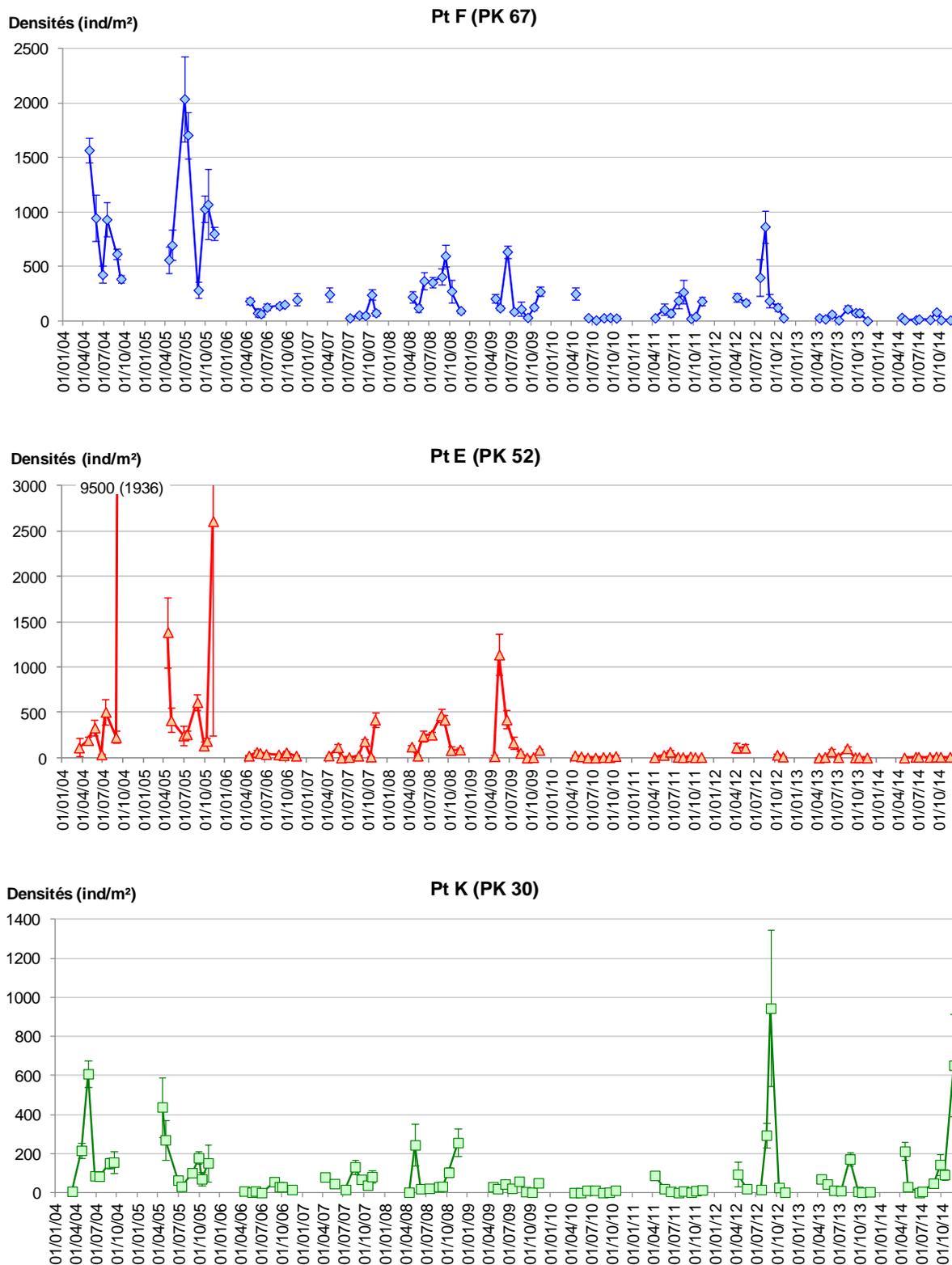


Figure 7-9 : Evolution mensuelle de l'abondance (moyenne \pm ES) du macrobenthos aux stations subtidales de 2004 à 2014.

7.4. Variations de densités des principales espèces subtidales

7.4.1. Annélides Oligochètes (Figure 7-10)

Très peu d'individus (≤ 6 ind./m²) appartenant à ce groupe (ici l'espèce *Tubificoides heterochaetus*), particulièrement abondant en estuaire et constitué d'espèces à forte préférence pour les vases, ont été échantillonnés en 2014. A titre de comparaison, des abondances supérieures à 1000 ind./m² avaient été relevées en 2005 et 2009.

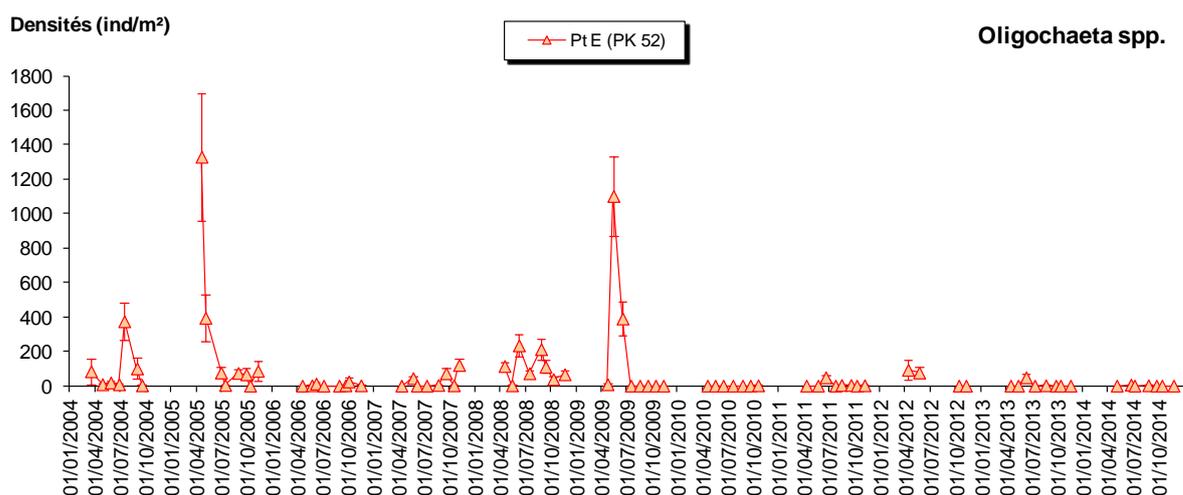


Figure 7-10 : Evolution mensuelle de la densité (moyenne \pm ES) des Annélides Oligochètes dans les stations subtidales de 2004 à 2014 (ce taxon n'est bien représenté qu'au Point E).

7.4.2. Annélides Polychètes (Figure 7-11)

Deux espèces sont habituellement bien représentées dans le domaine subtidal, essentiellement au Point F : le capitellidé *Heteromastus filiformis* et le spionidé *Streblospio shrubsolii*. Il s'agit d'espèces dépositives (= mangeuses de matière organique particulaire), soit de sub-surface (*H. filiformis*), soit de surface (*S. shrubsolii*).

Les abondances d'*Heteromastus filiformis* ont été très faibles en 2014 au Point F (densité maximale : 14 ± 9 ind./m² en septembre). Présentant de fortes abondances en 2004 et 2005 (jusqu'à 1760 ind./m² en juin 2005), cette espèce est nettement moins présente (< 300 ind./m²) depuis 2006.

Streblospio shrubsolii a été également en densité anecdotique en 2014 (maximum de 20 ± 20 ind./m² en septembre au Point F), mais il s'agit surtout d'une espèce intertidale.

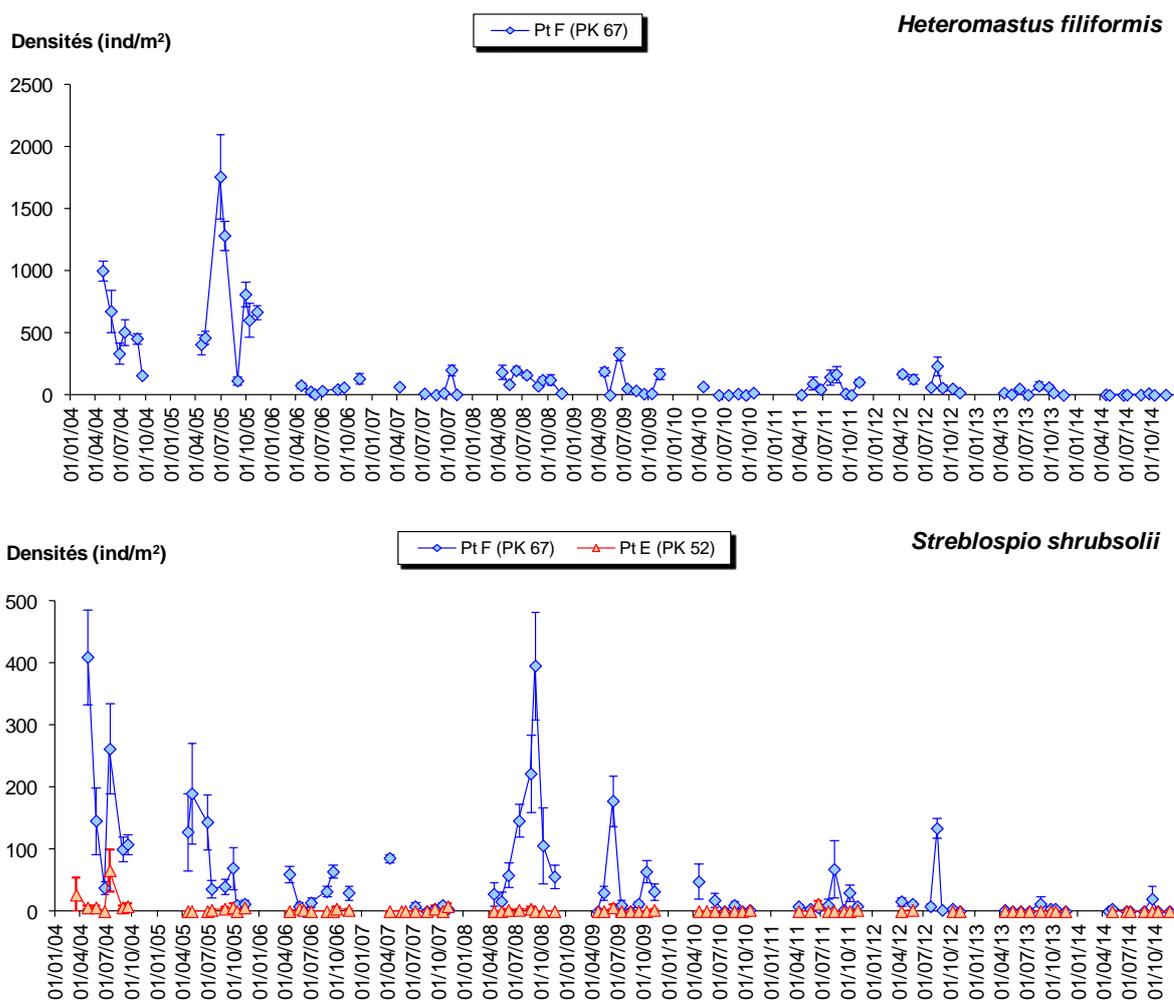


Figure 7-11 : Evolution mensuelle de la densité (moyenne \pm ES) des principales espèces d'Annélides Polychètes dans les stations subtidales de 2004 à 2014.

7.4.3. Crustacés Amphipodes et Isopodes (**Figure 7-12**)

L'Amphipode *Bathyporeia pilosa*, très bien représenté en 2004 au Point K, a depuis lors disparu presque totalement de toutes les stations. Ni les deux espèces d'Amphipodes du genre *Gammarus* (*G. zaddachi* au Point K et *G. salinus* aux Points F et E), ni l'Isopode *Cyathura carinata* (aux Points F et E) n'ont atteint de densité notable.

7.4.4. Crustacés Mysidacés (**Figure 7-13**)

Mesopodopsis slabberi et *Neomysis integer* sont des espèces prédatrices du zooplancton et à forte affinité benthique, présentes donc à la fois dans les échantillons planctoniques et benthiques. Leurs densités ont été faibles en 2014. Seul *M. slabberi* au Point K a atteint des niveaux d'abondance modérés (maximum à 120 ± 52 ind./m² en septembre).

7.4.5. Larves d'Insectes (**Figure 7-14**)

Les larves d'Insectes (appartenant aux familles des Chironomidae et Ceratopogonidae) – qui pourraient provenir des berges ou, plus vraisemblablement, de localisations plus en amont – sont habituellement présentes au seul Point K, généralement au printemps et en automne. En 2014, elles ont été effectivement présentes en cette station lors de ces deux saisons, avec des abondances relativement élevées (204 ± 50 ind./m² en avril et 640 ± 263 ind./m² en novembre).

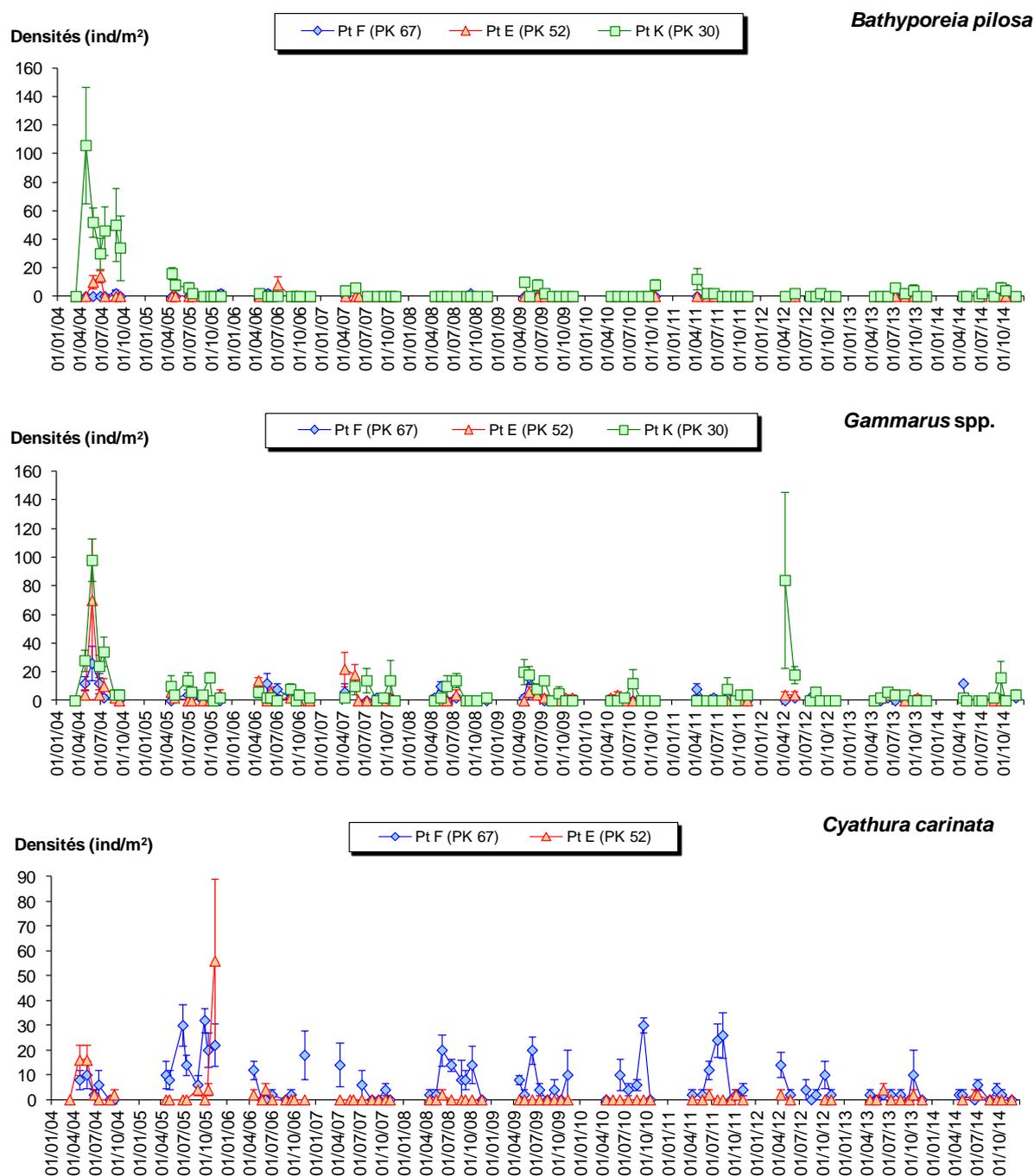


Figure 7-12 : Evolution mensuelle de la densité (moyenne \pm ES) des principales espèces de Crustacés Amphipodes (*Bathyporeia pilosa* et *Gammarus* spp.) et Isopodes (*Cyathura carinata*) dans les stations subtidales de 2004 à 2014.

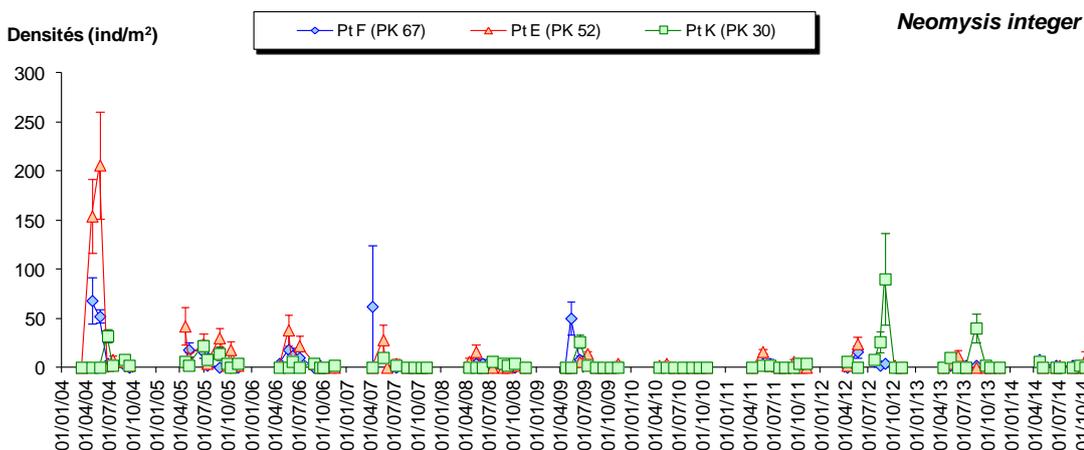
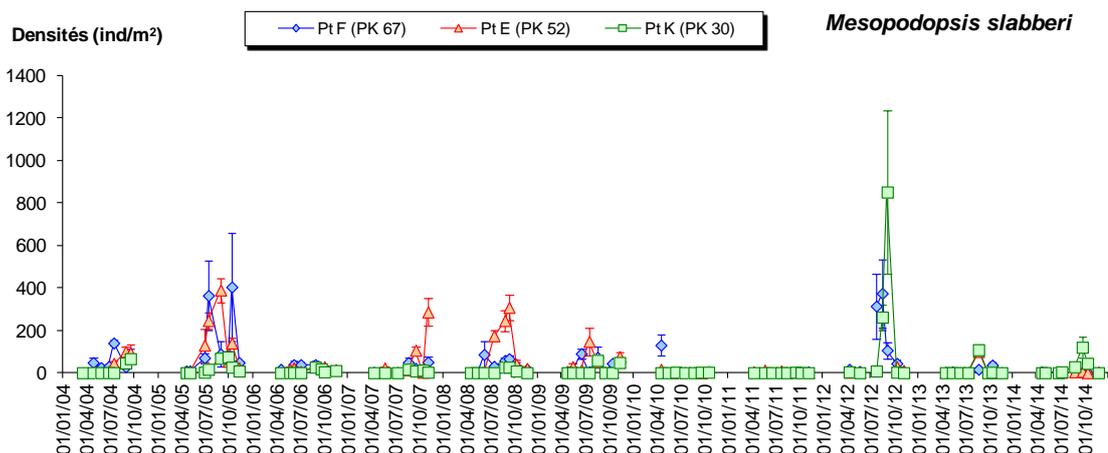


Figure 7-13 : Evolution mensuelle de la densité (moyenne \pm ES) des Crustacés Mysidacés dans les stations subtidales de 2004 à 2014.

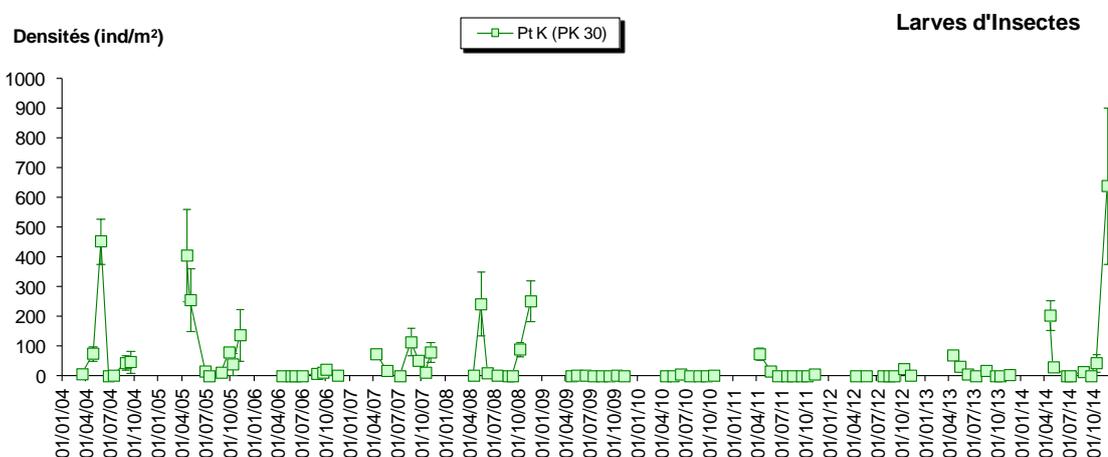


Figure 7-14 : Evolution mensuelle de la densité (moyenne \pm ES) des larves d'Insectes dans les stations subtidales de 2004 à 2014 (ce taxon n'est bien représenté qu'au Point K).

7.5. Evolution temporelle des peuplements macrobenthiques intertidaux

Le détail des variations mensuelles des densités de l'ensemble des espèces dans chaque station intertidale est donné dans le **Tableau 7-3**.

Tableau 7-3 : Evolution mensuelle des densités (nombres moyens d'individus par m²) des diverses espèces macrobenthiques intertidales au cours de l'année 2014. Entre parenthèses, erreur standard de la moyenne. Les groupes zoologiques auxquels appartiennent les différents taxons sont indiqués dans la colonne de gauche : B = Mollusques Bivalves, C = Crustacés, G = Mollusques Gastéropodes, I = Insectes, O = Annélides Oligochètes, P = Annélides Polychètes.

Taxons	12/02/14	15/04/14	15/05/14	26/06/14	15/07/14	21/08/14	09/09/14	21/10/14	12/11/14
St-Christoly (PK 66)									
O <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	-	-	258 (137)	-	-	15 (15)	-	-	-
<i>Tubificoides heterochaetus</i>	30 (20)	121 (38)	136 (35)	30 (20)	-	106 (51)	242 (120)	167 (53)	136 (48)
P <i>Hediste diversicolor</i>	45 (23)	15 (15)	-	-	-	91 (40)	15 (15)	15 (15)	45 (45)
<i>Nephtys hombergii</i>	-	-	15 (15)	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudopolydora pulchra</i>	-	-	15 (15)	15 (15)	-	-	-	-	-
<i>Streblospio shrubsolii</i>	1227 (298)	1045 (344)	3545 (764)	2803 (626)	864 (186)	5515 (710)	4833 (834)	8636 (1169)	9697 (1186)
G <i>Hydrobia ulvae</i>	30 (20)	30 (20)	-	15 (15)	15 (15)	121 (54)	30 (30)	333 (90)	454 (148)
B <i>Scrobicularia plana</i>	91 (40)	76 (25)	167 (53)	212 (51)	136 (35)	333 (54)	167 (48)	227 (52)	515 (68)
C <i>Corophium volutator</i>	-	-	182 (63)	15 (15)	61 (25)	-	30 (20)	-	-
<i>Cyathura carinata</i>	273 (81)	106 (32)	151 (32)	167 (57)	136 (62)	106 (32)	136 (53)	121 (30)	212 (65)
I Larves Insectes indé.	-	-	-	-	-	15 (15)	-	-	-
St-Estèphe (PK 55)									
O <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	-	-	-	-	45 (32)	30 (30)	30 (20)	-	-
<i>Tubificoides heterochaetus</i>	333 (142)	803 (181)	1076 (167)	1076 (199)	242 (88)	1288 (298)	3394 (915)	4576 (666)	4591 (676)
P <i>Hediste diversicolor</i>	348 (78)	197 (39)	136 (35)	212 (40)	167 (42)	364 (171)	682 (116)	651 (111)	758 (130)
<i>Streblospio shrubsolii</i>	-	30 (20)	61 (40)	182 (74)	76 (34)	30 (20)	45 (23)	15 (15)	91 (40)
G <i>Assiminea grayana</i>	-	-	-	-	-	-	-	30 (20)	15 (15)
<i>Hydrobia ulvae</i>	-	-	-	-	-	15 (15)	-	-	-
B <i>Scrobicularia plana</i>	-	-	15 (15)	-	-	-	-	-	-
C <i>Corophium volutator</i>	-	-	30 (20)	182 (71)	1030 (432)	1136 (442)	591 (200)	2061 (480)	242 (65)
<i>Cyathura carinata</i>	91 (33)	15 (15)	121 (30)	30 (20)	61 (25)	45 (23)	-	15 (15)	45 (23)
I Larves Insectes indé.	-	15 (15)	-	-	-	-	-	-	-
Lamarque (PK 35)									
O <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	9591 (1276)	12439 (1408)	9303 (1722)	11727 (1918)	6242 (2088)	9495 (1661)	14983 (2297)	8848 (833)	6894 (1417)
P <i>Glycera convoluta</i>	-	-	15 (15)	-	-	-	-	-	-
<i>Hediste diversicolor</i>	-	-	-	45 (32)	15 (15)	-	-	30 (20)	-
<i>Spio</i> sp.	-	-	15 (15)	-	-	-	-	-	-
<i>Streblospio shrubsolii</i>	-	-	15 (15)	-	-	-	-	-	-
G <i>Assiminea grayana</i>	-	-	-	-	-	17 (17)	-	-	-
<i>Hydrobia ulvae</i>	-	-	-	-	15 (15)	-	-	15 (15)	15 (15)
C <i>Corophium volutator</i>	-	-	-	-	15 (15)	-	-	-	-
I Larves Insectes indé.	15 (15)	30 (20)	-	15 (15)	-	-	-	-	-

7.5.1. St-Christoly (PK 66) (Figure 7-15)

Les densités totales ont fluctué entre un minimum de 1212 ± 240 ind./m² en juillet et un maximum de 11061 ± 1139 ind./m² en novembre. Le peuplement de cette station a été fortement dominé par l'Annélide Polychète *Streblospio shrubsolii*, ce dernier imprimant sa dynamique à celle du peuplement dont il représentait 71 à 91% de l'abondance totale au cours de l'année.

7.5.2. St-Estèphe (PK 55) (Figure 7-15)

Les densités ont suivi une augmentation très régulière de février (773 ± 131 ind./m²) à octobre (7348 ± 927 ind./m²). Deux espèces ont déterminé la dynamique du peuplement dans cette station :

- l'Annélide Oligochète *Tubificoides heterochaetus*, qui représentait (hormis en juillet) 43 à 80% de l'abondance totale ;
- le Crustacé Amphipode *Corophium volutator*, avec 12 à 64% de l'abondance totale de juillet à octobre.

7.5.3. Lamarque (PK 35) (Figure 7-15)

Le peuplement a été dominé presque exclusivement (99-100%) par l'Annélide Oligochète *Limnodrilus hoffmeisteri*. Les densités totales ont fluctué au cours de l'année entre un minimum à 6288 ± 2077 ind./m² en juillet et un maximum à 14983 ± 2297 ind./m² en septembre.

7.5.4. Comparaison avec les années antérieures (Figure 7-16)

Les peuplements benthiques intertidaux présentent des abondances beaucoup plus élevées qu'en domaine subtidal, avec des maxima de l'ordre de 104 ind./m², contre 102 ind./m² en subtidal.

A St-Christoly (PK 66) et à St-Estèphe (PK 55), les densités maximales se sont situées à un niveau moyen en 2014 (voisines respectivement de 11000 et 7000 ind./m²), très inférieur à celui des années 2004-2006 (maxima > 20000 ind./m²).

A Lamarque (PK 35), des densités de 6000 à 15000 ind./m² ont été relevées en 2014, soit à un niveau intermédiaire entre les minima observés par exemple en 2006-2007 et 2012 et les maxima de 2005 et 2009.

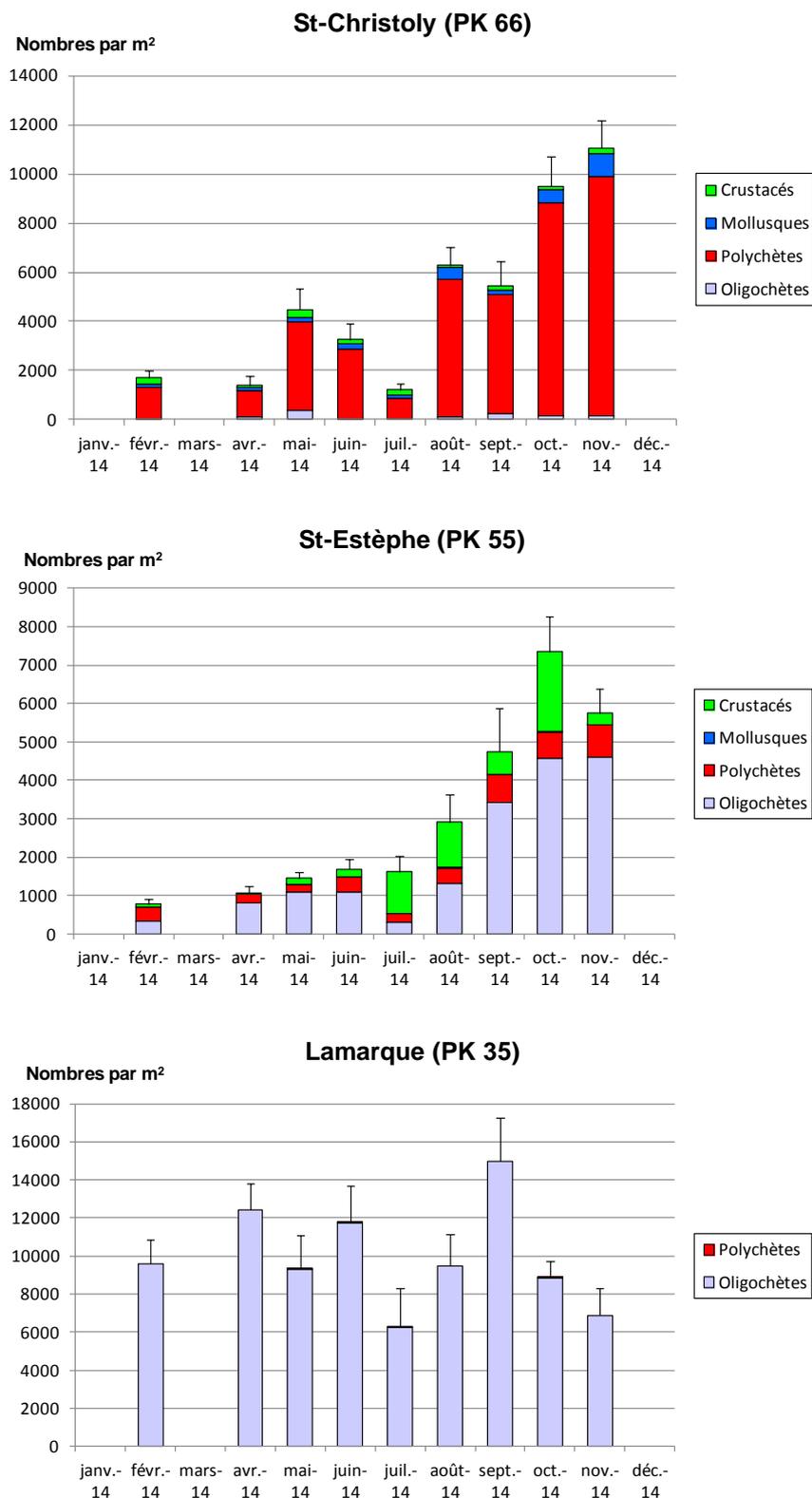


Figure 7-15 : Evolution mensuelle de la densité (moyenne + ES) du macrobenthos aux stations intertidales en 2014.

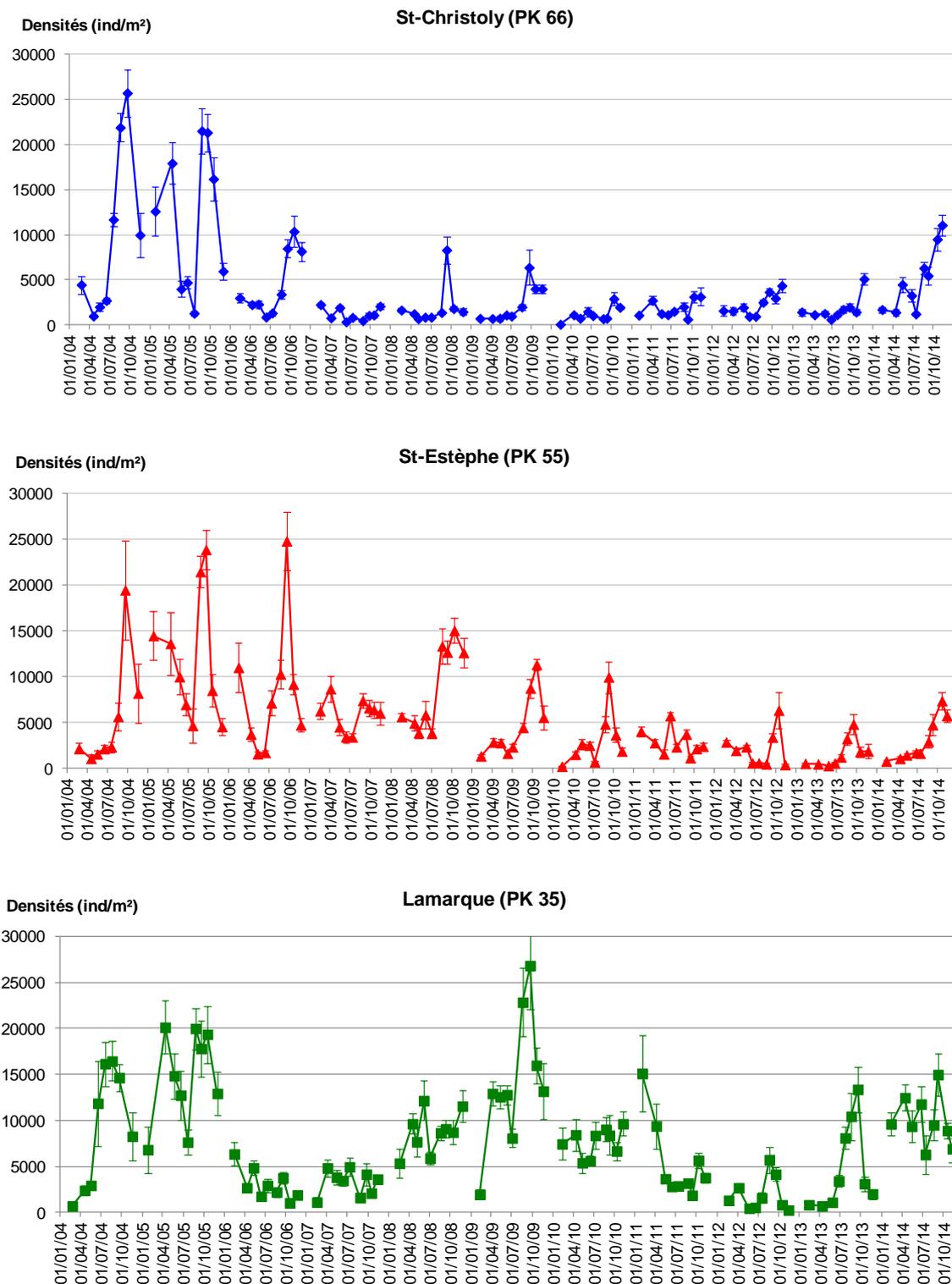


Figure 7-16 : Evolution mensuelle de la densité (moyenne \pm ES) du macrobenthos aux stations intertidales de 2004 à 2014.

7.6. Variations de densités des principales espèces intertidales

7.6.1. Annélides Oligochètes (**Figure 7-17**)

Composante quasiment exclusive du peuplement de la station Lamarque (domaine oligohalin), les densités de *Limnodrilus hoffmeisteri* se sont maintenues à un niveau relativement élevé (entre 6242 ± 2088 ind./m² en juillet et 14983 ± 2297 ind./m² en septembre), sans tendance saisonnière marquée. L'abondance de cette espèce en cette station en 2014 s'est située à un niveau moyen sur l'ensemble du suivi depuis 2004.

A la station St-Estèphe, les densités de *Tubificoides heterochaetus* ont atteint 3500 à 4500 ind./m² entre septembre et novembre, soit les valeurs les plus élevées depuis 2009, mais faibles par rapport aux années 2004-2008.

7.6.2. Annélides Polychètes

Hediste diversicolor, espèce galéicole et omnivore de grande taille, a subi un recrutement estival important à St-Estèphe, conduisant à une densité maximale de 758 ± 130 ind./m² en novembre (**Figure 7-18**). Cette espèce présente des fluctuations pluri-annuelles d'abondance très marquées, en particulier à St-Estèphe où les densités atteintes en fin d'année 2014 étaient du même ordre de grandeur qu'entre septembre 2008 et août 2009, alors que des densités très faibles, voire nulles, ont été relevées de 2004 à 2008 et de 2010 à mi-2013. A St-Christoly, ce néréidé, typique des milieux estuariens et lagunaires, a pratiquement disparu depuis 2005.

Le capitellidé *Heteromastus filiformis*, abondant certaines années à la station St-Christoly, y a été totalement absent en 2014. L'abondance de cette espèce présente des fluctuations pluri-annuelles marquées, tant dans le domaine subtidal (cf. supra) que dans le domaine intertidal (**Figure 7-18**).

La densité du spionidé *Streblospio shrubsolii* à St-Christoly s'est accrue régulièrement d'avril à novembre. La densité atteinte en fin d'année 2014 (9697 ± 1186 ind./m²) était du même ordre de grandeur que les maxima relevés de 2004 à 2006 (8000 à 15000 ind./m²). A St-Estèphe, la densité de *S. shrubsolii* a été extrêmement faible en 2014 (maximum de 182 ± 74 ind./m² en juin) (**Figure 7-19**).

Un autre Polychète spionidé, *Pseudopolydora pulchra*, présent en densité notable à St-Christoly de 2004 à 2006, a quant à lui presque totalement disparu depuis 2006 (**Figure 7-19**).

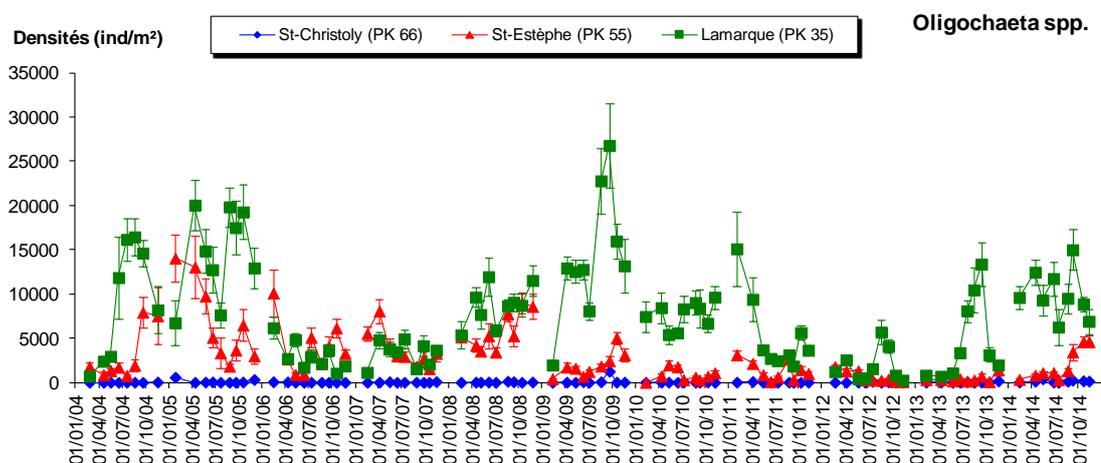


Figure 7-17 : Evolution mensuelle de la densité (moyenne \pm ES) des Annélides Oligochètes dans les stations intertidales de 2004 à 2014.

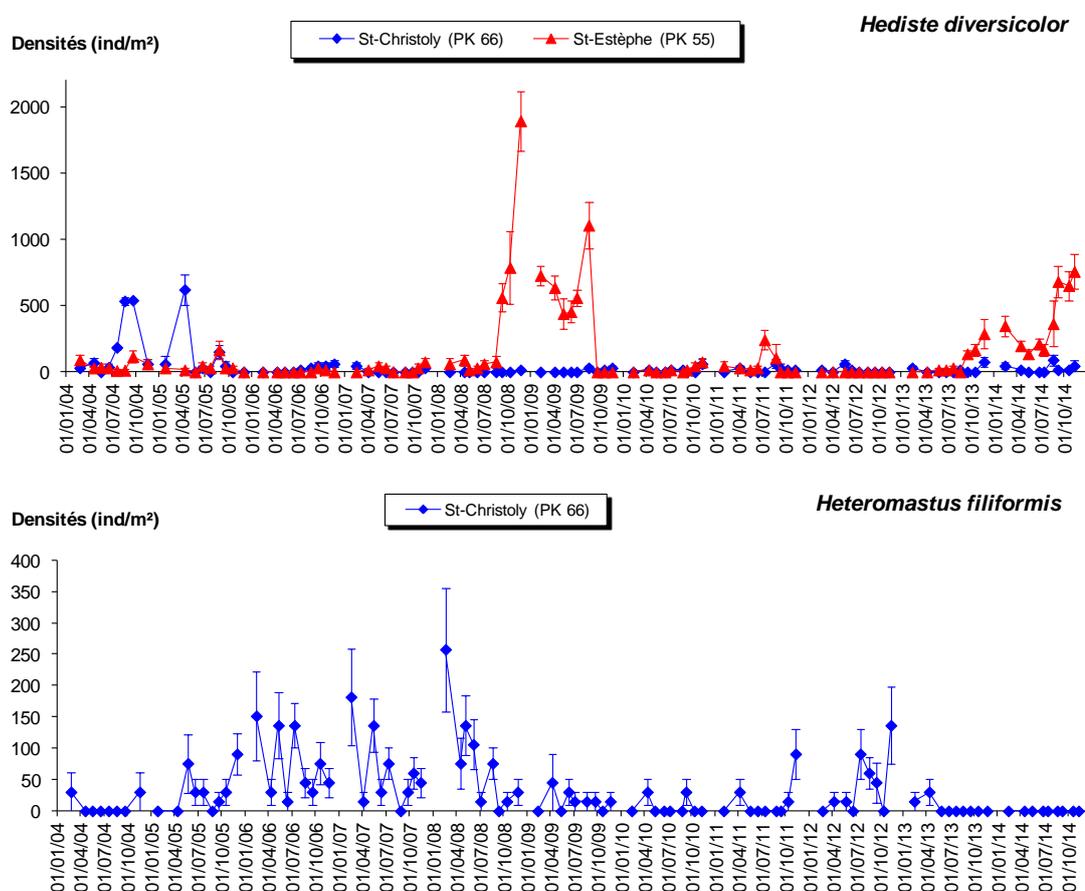


Figure 7-18 : Evolution mensuelle de la densité (moyenne \pm ES) des Annélides Polychètes *Hediste diversicolor* et *Heteromastus filiformis* dans les stations intertidales de 2004 à 2014.

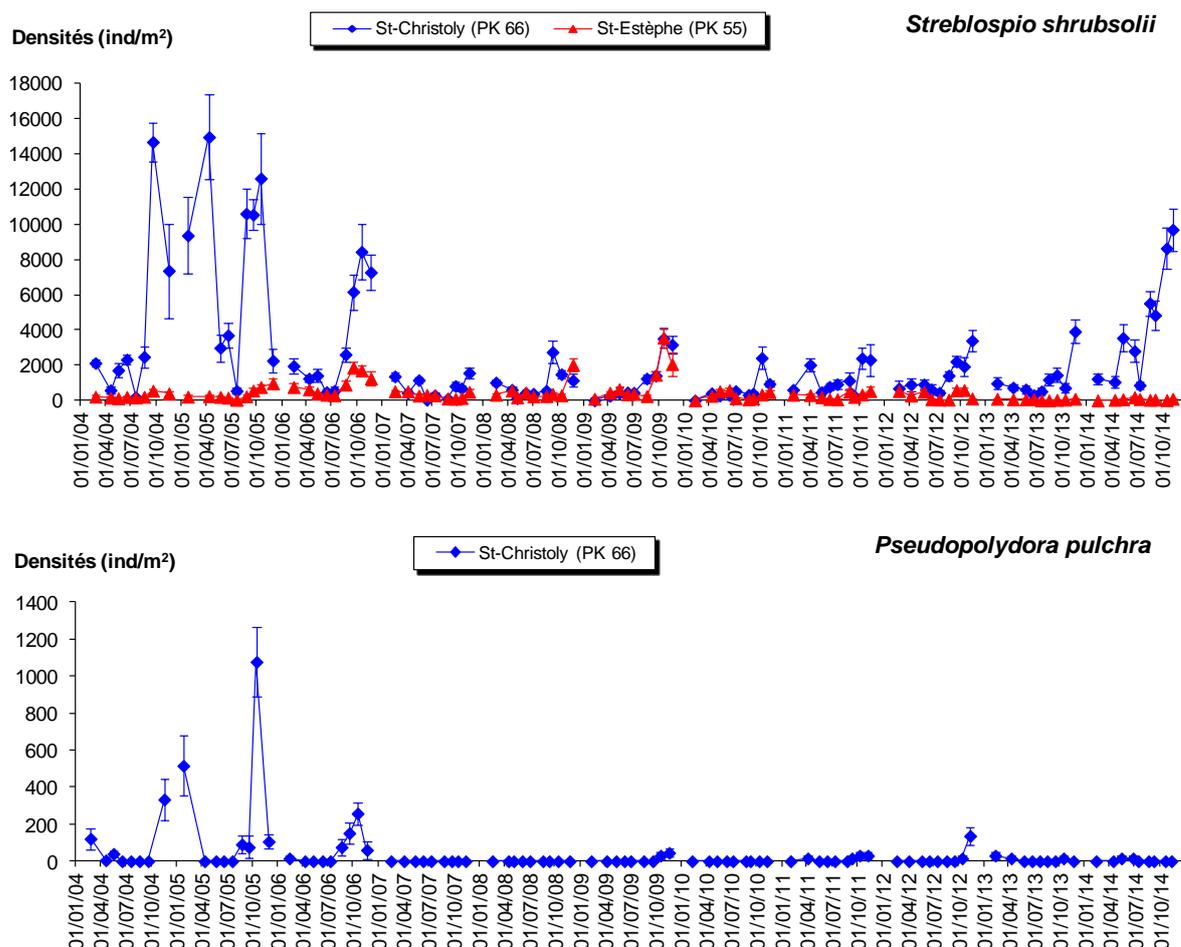


Figure 7-19 : Evolution mensuelle de la densité (moyenne \pm ES) des Annélides Polychètes Spionidae dans les stations intertidales de 2004 à 2014.

7.6.3. Mollusques (Figure 7-20)

Les Mollusques ne sont bien représentés qu'à St-Christoly (PK 66).

Le Gastéropode *Hydrobia ulvae* a subi un recrutement important en fin d'année (454 ± 148 ind./m² en novembre). A noter cependant que cette espèce est plutôt localisée dans la partie aval de l'estuaire ou, à St-Christoly, dans la partie supérieure de la zone intertidale, et qu'elle est fortement soumise à la dispersion par les courants ou les vagues.

Scrobicularia plana, bivalve de grande taille (jusqu'à 40 mm de longueur de coquille à l'état adulte), est bien représenté en zone intertidale, depuis l'embouchure de l'estuaire jusqu'à St-Christoly. Dans cette dernière station, les effectifs de la population ont varié entre 76 ± 25 ind./m² en avril et 515 ± 68 ind./m² en novembre, soit dans une gamme de valeurs similaire à celles observées depuis 2006. Des densités supérieures ont cependant été relevées en 2004-2005.

Un autre bivalve, *Macoma balthica*, caractéristique des vasières intertidales de la zone polyhaline de l'estuaire, apparaît épisodiquement depuis 2005 à St-Christoly (limite amont de répartition dans l'estuaire), mais n'a pas été échantillonné en 2014.

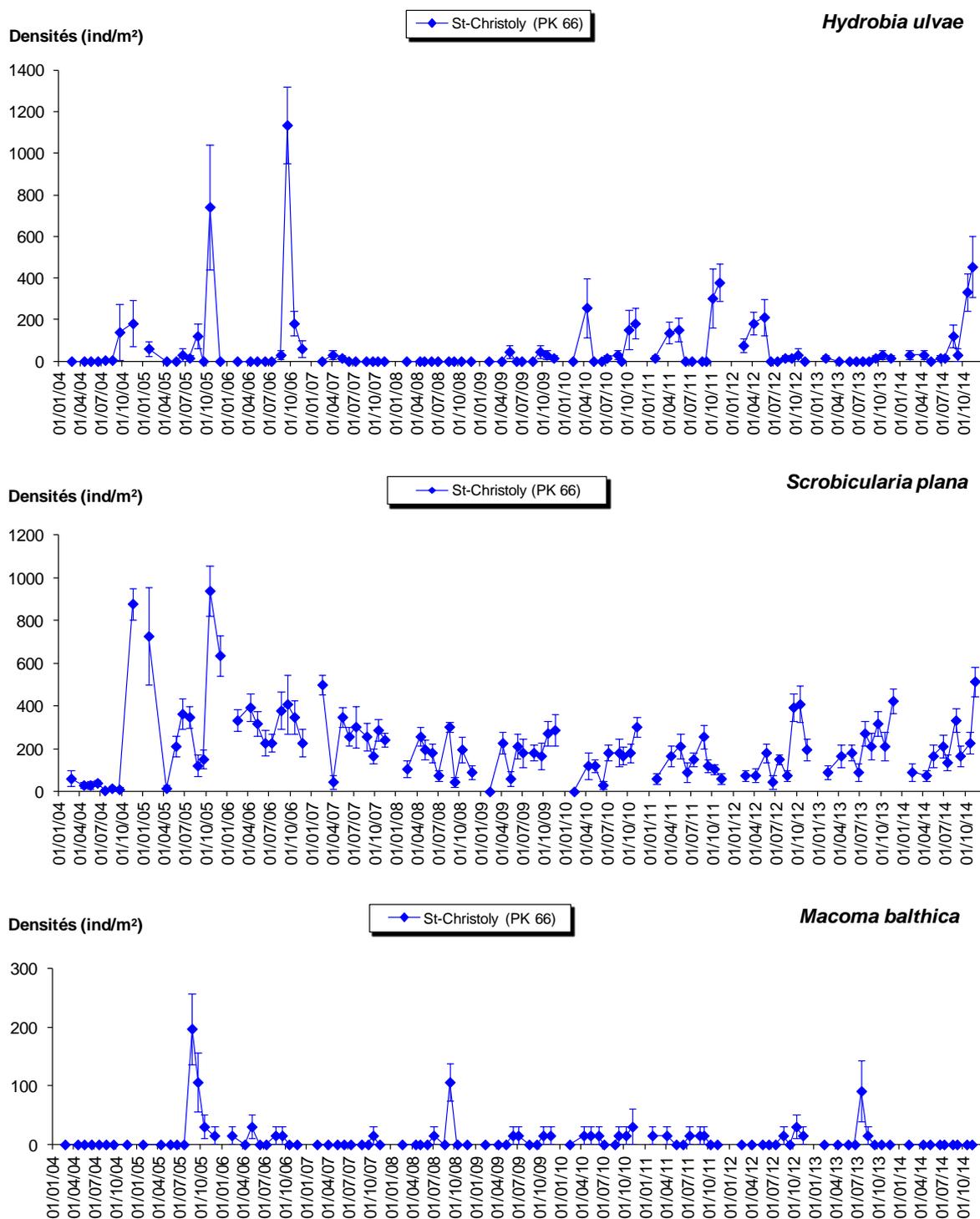


Figure 7-20 : Evolution mensuelle de la densité (moyenne \pm ES) des principales espèces de Mollusques dans les stations intertidales de 2004 à 2014.

7.6.4. Crustacés

L'Amphipode *Corophium volutator* est un élément essentiel des vasières intertidales de tout l'estuaire de la Gironde, ne pénétrant qu'accidentellement en amont de St-Estèphe et présentant un cycle annuel marqué, caractérisé par de fortes abondances en fin d'été. A St-Estèphe, le niveau d'abondance maximale de cette espèce en 2014 (2061 ± 480 ind./m² en octobre) a été le plus faible depuis 2004 (**Figure 7-21**). A St-Christoly, où cette espèce présentait des densités maximales de l'ordre de 10000 à 20000 ind./m² en 2004-2005, la densité de *C. volutator* n'a pas dépassé 182 ± 63 ind./m² (en mai) en 2014.

L'Isopode *Cyathura carinata* est une espèce constante des deux stations intertidales le plus en aval. A St-Christoly, ses densités ont varié entre 106 ± 32 ind./m² en avril et août et 273 ± 81 ind./m² en février. A St-Estèphe, les densités ont été nulles en septembre et maximales (121 ± 30 ind./m²) en mai. Pour ces deux stations, ces valeurs d'abondance sont parmi les plus faibles depuis 2004 (**Figure 7-21**).

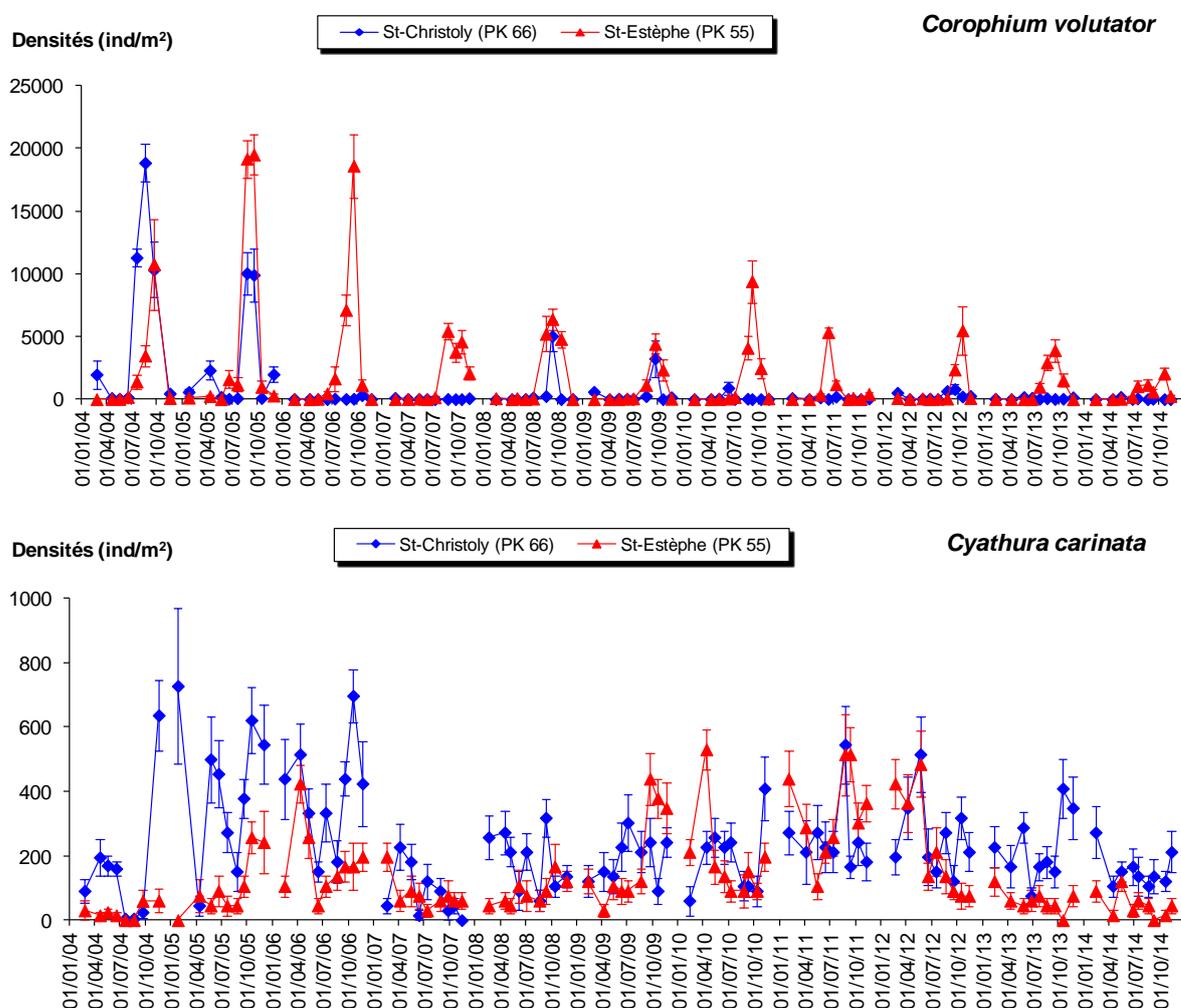


Figure 7-21 : Evolution mensuelle de la densité (moyenne \pm ES) des principales espèces de Crustacés dans les stations intertidales de 2004 à 2014.

Synthèse 2014

Dans le domaine subtidal, la composition granulométrique du sédiment a subi d'importantes fluctuations au cours de l'année 2014. Ainsi, la teneur en vases (particules de taille $< 63 \mu\text{m}$) du sédiment superficiel a varié entre 6 et 90% au Point F, entre 19 et 71% au Point E et entre 6 et 70% au Point K. De telles variations de la composition du sédiment subtidal ont été régulièrement observées durant les années précédentes. Une grande part de cette variabilité temporelle de la granulométrie est certainement corrélée au débit du fleuve ou aux activités de dragage. Néanmoins, des analyses complémentaires réalisées cette année ont montré que se superpose aussi une forte variabilité spatiale intra-station de la granulométrie qui pourrait masquer ou exacerber la variabilité temporelle telle qu'elle a été observée jusqu'alors.

La richesse spécifique (nombre d'espèces) des peuplements benthiques subtidaux a été faible en 2014. Sur la durée du suivi réalisé jusqu'à présent (2004-2014), on observe une nette tendance pluri-annuelle à la diminution de la richesse spécifique dans les trois stations subtidales, avec toutefois une stabilisation du nombre d'espèces depuis 2007 (malgré une chute marquée en 2010).

L'abondance des peuplements benthiques subtidaux a été très faible en 2014 aux Points F (PK 67) et E (PK 52), avec des densités maximales respectives de 80 et 10 ind./m². Ces valeurs sont parmi les plus faibles densités mesurées depuis le début du suivi. La comparaison inter-annuelle montre que la macrofaune benthique de ces deux stations a été caractérisée par deux années d'abondances relativement fortes en 2004-2005, puis par une diminution marquée depuis 2006, dont plusieurs années avec de très faibles abondances (2006-2007, 2010-2011 et 2013-2014). Sur le Point K (PK 30), en revanche, les densités se sont maintenues à un niveau normal (maximum 652 ind./m²) en 2014. Il faut toutefois noter que la faune benthique est ici constituée essentiellement de Crustacés nageurs (tels que le Mysidacé *Mesopodopsis slabberi*) et de larves d'Insectes provenant probablement de l'amont, et ne comporte pas d'endofaune en place.

Dans le domaine intertidal, la composition granulométrique du sédiment a montré, comme les années précédentes, une très grande stabilité temporelle avec 75 à 97% de vases. Dans les trois stations intertidales, les teneurs du sédiment en eau interstitielle ont été assez stables et élevées, signe d'une sédimentation quasi continue, sans phases d'érosion.

Contrairement aux peuplements subtidaux, la richesse spécifique des peuplements benthiques intertidaux est remarquablement stable depuis le début du suivi en 2004.

Les densités du benthos intertidal en 2014 peuvent être qualifiées de normales, avec des maxima respectifs de 11061 ind./m² à St-Christoly (PK 66), 7348 ind./m² à St-Estèphe (PK 55) et 14983 ind./m² à Lamarque (PK 35). Les densités relevées à St-Christoly et St-Estèphe en 2014 sont cependant très inférieures à celles des années 2004-2006 (maxima > 20000 ind./m²), où avaient été observées de fortes abondances de l'Amphipode *Corophium volutator*. Les densités relevées à Lamarque en 2014 se situent, quant à elles, à un niveau intermédiaire entre les minima observés par exemple en 2006-2007 et 2012 et les maxima de 2005 et 2009.

La dynamique inter-annuelle des peuplements macrobenthiques de l'estuaire de la Gironde depuis 10 ans montre une dégradation sensible de ces peuplements (diminution des abondances et du nombre d'espèces) depuis 2006, tant dans le domaine subtidal que dans l'intertidal. Cette dynamique peut être gouvernée par des fluctuations naturelles de l'environnement hydroclimatique ou refléter une dégradation générale de la qualité écologique de l'écosystème girondin, sans que l'activité du CNPE du Blayais puisse être décelée sur le compartiment benthique.

8. Glossaire et abréviations

Glossaire	
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⁾
Zoobenthos	Ensemble des organismes animaux du benthos ⁽¹⁾
Subtidal	Zone située en-dessous de la zone de balancement des marées et ne découvrant donc jamais à marée basse
Intertidal	Partie du littoral comprise entre les limites extrêmes atteintes par les marées
Phaeopigments	Produits de l'altération de plusieurs type de chlorophylles (dénommées « a », « b » et « c »)
Benthos	C'est l'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 oeufs sont planctoniques. Il en est de même avec les échinodermes ⁽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 Cténares ("Ceinture de Vénus"). Il se nourrit directement ou indirectement de phytoplancton. ⁽¹⁾
Point kilométrique	Distance compté à partir d'un point de référence. Pour la

	Gironde, la référence (pK 0) est le Pont de Pierre de Bordeaux
--	--

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

Abréviations	
pK	Point kilométrique
Qfl	Débit fluvial
COP	Carbone organique particulaire
COD	Carbone organique dissous
COT	Carbone organique total
TCBS	Thiosulfate Citrate Bile Sucrose
UFC	Unité formant colonie
MES	Matières en suspension
FMOc	9-fluorenylmethoxycarbonyl chloride, ou 9-fluorényl méthyl chloroformate
HPLC	« High Performance Liquid Chromatography », ou Chromatographie liquide à haute performance
ICP-AES	Inductively coupled plasma optical emission spectroscopy « ICP-OES or ICP-AES »), ou Spectrométrie d'Emission Atomique

9. Références bibliographiques

- Allen G. P., 1972.- Etude des processus sédimentaires dans l'estuaire de la Gironde. Thèse Doct. d'Etat Sc. Nat, Université Bordeaux 1, 369, 310 p.
- 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.
- Bendschneider K., Robinson R.J., 1952.- A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. J. Mar. Res., 11, pp. 87-96.
- Castaing P., 1981.- Le transfert à l'océan des suspensions estuariennes. Cas de la Gironde. Thèse d'Etat Sc. Nat, Université Bordeaux 1, 701, 530 p.
- Castaing P., Jouanneau J.M., Oggian G., 2009.- Evolution des fonds. In : Quintin (coord.) et al. (2009) – Surveillance écologique du site du Blayais, année 2008. Rapp. Ifremer RST Dyneco/AG/09-04, mars 2009, pp. 37-41.
- Castaing P., Jouanneau J.M., Oggian G., Poirier D., 1994.- Evolution des fonds. In : Quintin (coord.) et al. (1994) – Surveillance écologique du site du Blayais, année 1993. Rapp. Ifremer RST DEL-94.08, mai 1994, pp. 95-103.
- Castel J. et Courties C., 1977.- Le zooplancton. In : "Etude écologique de l'estuaire de la Gironde". Rapp. Final E.D.F.-CNEXO, pp. 220-295.
- Castel J., 1995 - Long-term change in *Eurytemora affinis* population (Copepoda, Calanoida) in the Gironde estuary. Hydrobiologia, 34, pp. 85-101.
- Castel J., Courties C., et Poli, 1979.- Etude expérimentale du cycle biologique de *Eurytemora hirundoides* (Crustacea, Copepoda). Rapp. EDF-CNEXO, 16 p.
- 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.
- Chaalali, A., Chevillot, X., Beaugrand, G., David, V., Luczak, C., Boët, P., Sottolichio, A., Sautour, B., 2013.- Changes in the distribution of copepods in the Gironde estuary: A warming and marinisation consequence? *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 134, pp.150-161.
- CNEXO, 1977.- Etude écologique de l'estuaire de la Gironde. Rapport final, 490 p.
- David V., 2005.- Caractérisation des relations proies/prédateurs des premiers maillons du réseau trophique pélagique estuarien. Thèse Université Bordeaux 1.
- 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.
- Dressel D.M., Heinle D.R. et Grote M.C., 1972 - Vital staining to sort dead and live copepods. *Chesapeake Sci.*, 13, pp. 156-159.
- Edmonson W.T., 1971 - Methods for processing samples and developing data. In : "A manual for the assessment of secondary productivity in freshwater (Edmonson W.T. et Winberg édés), I.B.P. Handbook 17, pp. 127-169, Blackwell, Oxford et Edinburgh.
- Frontier S., 1972 - Calcul de l'erreur sur un comptage de zooplancton. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 8, pp. 121-132.
- Gaudy (1992) Biologie de la population du copépode *Acartia tonsda* 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.
- Irigoién 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.
- ISO, 2005.- Qualité de l'eau – Lignes directrices pour l'échantillonnage quantitatif et le traitement d'échantillons de la macrofaune marine des fonds meubles. Norme internationale ISO/FDIS 16665, 32 p.
- Koroleff F., 1969.- Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. ICES, C.M. 1969/C, Hydr. Comm. 9 p.
- Murphy J., Riley J.P., 1962.- A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta.*, 27, pp. 31-36.
- Naguy B.G., 1993.- Analyse quantifiée de l'évolution hydro-morphologique séculaire de l'estuaire amont de la Gironde. Thèse de 3ème cycle, Université Bordeaux 1, 193 p.
- 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.
- Redfield A.C., Ketchum B.H., Richards F.A. 1963. The influence of organisms on the

composition of sea water. *In* : The Sea (vol 2). Hill M.N. (ed.) Wiley Interscience, New York, 26-77.

Touron A., Delesmont R., 2007.- Recherche et dénombrement de *Vibrio sp.* et de dix espèces de *Vibrio*, dans les eaux marines et estuariennes. Procédure technique DRD/P77/Vib. EDF/R&D/LNHE. 13 p.

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

Wood E.D., Armstrong F.A.J., and Richards F.A., 1967.- Determination of nitrate in sea water by cadmium copper reduction to nitrite. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 47, pp. 23-31.

10. Annexes

10.1. Annexe 1 : Dénombrement des divers prélèvements et mesures

Nombre de mesures réalisées in situ

DATES	Profondeur	Température	Salinité	Direction et Vitesse de Courant	Points
26 avril	4	8	8	8	F
25 avril	4	8	8	8	K
6 mai	4	8	8	8	F
7 mai	4	8	8	8	E
4 mai	4	8	8	8	K
18 juin	4	8	8	8	F
19 juin	4	8	8	8	E
24 juin	4	8	8	8	K
7 juillet	4	8	8	8	F
8 juillet	4	8	8	8	E
10 juillet	4	8	8	8	K
27 août	4	8	8	8	F
28 août	4	8	8	8	E
26 août	4	8	8	8	K
23 septembre	4	8	8	8	F
24 septembre	4	8	8	8	E
30 septembre	4	8	8	8	K
13 octobre	4	8	8	8	F
14 octobre	4	8	8	8	E
16 octobre	4	8	8	8	K
26 novembre	4	8	8	8	F
27 novembre	4	8	8	8	E
20 novembre	4	8	8	8	K
TOTAL	92	184	184	184	

Nombre de prélèvements pour l'étude de la pollution dans les masses d'eau

DATES	Chimie COP+COT	Phyto- plancton	Sels Nutritifs	Bactéri- logie	Agents de surface	Morpholine Hydrazine	Bore total	Points
26 avril	16	2	2	4	2	2	2	F
25 avril	16	2	2	4	2	2	2	K
6 mai	16	2	2	4	2	2	2	F
7 mai	16	2	2	4	2	2	2	E
4 mai	16	2	2	4	2	2	2	K
18 juin	16	2	2	4	2	2	2	F
19 juin	16	2	2	4	2	2	2	E
24 juin	16	2	2	4	2	2	2	K
7 juillet	16	2	2	4	2	2	2	F
8 juillet	16	2	2	4	2	2	2	E
10 juillet	16	2	2	4	2	2	2	K
27 août	16	2	2	4	2	2	2	F
28 août	16	2	2	4	2	2	2	E
26 août	16	2	2	4	2	2	2	K
23 septembre	16	2	2	4	2	2	2	F
24 septembre	16	2	2	4	2	2	2	E
30 septembre	16	2	2	4	2	2	2	K
13 octobre	16	2	2	4	2	2	2	F
14 octobre	16	2	2	4	2	2	2	E
16 octobre	16	2	2	4	2	2	2	K
26 novembre	16	2	2	4	2	2	2	F
27 novembre	16	2	2	4	2	2	2	E
20 novembre	16	2	2	4	2	2	2	K
TOTAL	368	46	46	92	46	46	46	

Nombre de prélèvements pour l'étude des MES, la teneur en oxygène dissous, et le pH

DATES	Concentrations en MES		OXYGENE DISSOUS		pH		Points
	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	
26 avril	4	4	4	4	4	4	F
25 avril	4	4	4	4	4	4	K
6 mai	4	4	4	4	4	4	F
7 mai	4	4	4	4	4	4	E
4 mai	4	4	4	4	4	4	K
18 juin	4	4	4	4	4	4	F
19 juin	4	4	4	4	4	4	E
24 juin	4	4	4	4	4	4	K
7 juillet	4	4	4	4	4	4	F
8 juillet	4	4	4	4	4	4	E
10 juillet	4	4	4	4	4	4	K
27 août	4	4	4	4	4	4	F
28 août	4	4	4	4	4	4	E
26 août	4	4	4	4	4	4	K
23 septembre	4	4	4	4	4	4	F
24 septembre	4	4	4	4	4	4	E
30 septembre	4	4	4	4	4	4	K
13 octobre	4	4	4	4	4	4	F
14 octobre	4	4	4	4	4	4	E
16 octobre	4	4	4	4	4	4	K
26 novembre	4	4	4	4	4	4	F
27 novembre	4	4	4	4	4	4	E
20 novembre	4	4	4	4	4	4	K
TOTAL	92	92	92	92	92	92	

Nombre de prélèvements pour l'étude faunistique

DATES	PLANCTON		BENTHOS Surface	Points
	Surface	Fond		
26 avril	4	4	5	F
25 avril	4	4	5	K
6 mai	4	4	5	F
7 mai	4	4	5	E
4 mai	4	4	5	K
18 juin	4	4	5	F
19 juin	4	4	5	E
24 juin	4	4	5	K
7 juillet	4	4	5	F
8 juillet	4	4	0	E
10 juillet	4	4	5	K
27 août	4	4	5	F
28 août	4	4	0	E
26 août	4	4	5	K
23 septembre	4	4	5	F
24 septembre	4	4	5	E
30 septembre	4	4	5	K
13 octobre	4	4	5	F
14 octobre	4	4	5	E
16 octobre	4	4	5	K
26 novembre	4	4	5	F
27 novembre	4	4	5	E
20 novembre	4	4	5	K
TOTAL	92	92	105	

Remarques : en milieu intertidal, pour le benthos, des prélèvements complémentaires ont été effectués à hauteur des trois points géographiques étudiés

BLAYAIS Juin 2014		Heure Légale (TU+2)	Profond Totale (m)	Hauteur Mesure (m)	Oxygène Dissous (ml/l)	Concent. en M.E.S. (g/l)	Salinité	Temp. (°C)	Vitesse (cm/s)	Direction (/Nord)	PH	OBSERVATIONS
POINTS	STATIONS											
F PK 67 18 Juin 2014 Coef: 83-78	1 S PM 1 F	11h03	8,50	1,00	4,88	0,157	16,38	24,14	7	238	7,98	PM à Richard P=(764) 1019 hPa
	2 S			7,50	4,81	0,424	16,53	20,08	0	007	7,99	
	Mi-Jus 2 F	14h20	6,00	1,00	5,08	0,311	9,26	21,18	140	331	7,99	P=(764) 1019 hPa
	3 S			5,00	5,04	0,325	10,25	20,80	82	326	7,99	
	BM 3 F	17h56	5,30	1,00	5,12	0,195	5,33	21,97	0	151	7,99	BM à Richard P=(764) 1019 hPa Reverse:
	4 S			4,30	5,11	0,990	5,58	21,77	0	136	7,98	
	Mi-Flot 4 F	19h28	6,50	1,00	5,04	0,480	5,27	21,59	140	142	7,99	P=(764) 1019 hPa
				5,50	5,09	1,107	5,88	21,50	82	147	7,99	
EPK 52 19 Juin 2014 Coef: 73-68	1 S BM 1 F	6h53	4,80	1,00	4,81	0,343	2,01	21,53	13	011	7,92	BM à Pauillac P=(763) 1018 hPa
	2 S			3,80	4,79	0,635	2,20	21,70	13	002	7,88	
	Mi-Flot 2 F	9h20	7,30	1,00	4,93	0,561	3,76	21,78	157	179	7,91	P=(763) 1018 hPa
	3 S			6,30	4,70	5,598	3,74	21,75	99	191	7,88	
	PM 3 F	12h17	9,00	1,00	4,80	0,167	5,19	21,65	7	181	7,93	PM à Pauillac P=(763) 1018 hPa Reverse:
	4 S			8,00	4,32	3,474	5,10	21,79	0	250	7,92	
	Mi-Jus 4 F	15h20	6,60	1,00	4,66	0,389	3,81	22,17	111	359	7,91	P=(763) 1018 hPa
				5,60	4,64	2,000	3,91	21,95	111	002	7,90	
K PK 30 24 Juin 2014 Coef: 64-67	1 S PM 1 F	6h10	8,80	1,00	4,48	0,154	2,30	23,16	7	106	7,87	PM à La Reuille P=(760) 1014 hPa
	2 S			7,80	4,34	0,658	1,93	23,12	7	019	7,87	
	Mi-Jus 2 F	9h09	6,80	1,00	4,41	1,263	1,10	22,97	76	340	7,92	P=(760) 1014 hPa
	3 S			5,80	4,42	1,504	1,10	22,98	53	346	7,92	
	BM 3 F	13h05	5,30	1,00	4,12	0,508	0,42	23,52	0	131	7,83	BM à La Reuille P=(760) 1014 hPa Reverse:
	4 S			4,30	4,09	1,063	0,42	23,50	7	148	7,85	
	Mi-Flot 4 F	15h30	7,50	1,00	4,50	1,712	1,09	23,36	117	136	7,86	P=(760) 1014 hPa
				6,50	4,48	1,629	1,07	23,33	11	141	7,87	

BLAYAIS Juillet 2014		Heure Légale (TU+2)	Profond Totale (m)	Hauteur Mesure (m)	Oxygène Dissous (ml/l)	Concent. en M.E.S. (g/l)	Salinité	Temp. (°C)	Vitesse (cm/s)	Direction (/Nord)	PH	OBSERVATIONS
POINTS	STATIONS											
F PK 67 7 Juillet 2014 Coef: 45	1 S Mi-Flot 1 F	10h53	7,70	1,00	5,29	0,330	10,39	22,66	111	153	8,06	P=(763) 1018 hPa
	2 S			6,70	5,30	0,296	13,38	22,18	64	134	8,05	
	PM 2 F	14h30	9,00	1,00	5,42	0,022	14,18	22,27	0	186	8,05	PM à Richard P=(763) 1018 hPa Reverse:
	3 S			8,00	5,58	0,094	18,87	21,45	0	068	8,02	
	Mi-Jus 3 F	17h10	7,60	1,00	5,45	0,033	12,37	22,67	111	332	8,09	P=(763) 1018 hPa
	4 S			6,60	5,55	0,810	14,50	22,14	53	327	8,05	
	BM 4 F	20h20	6,00	1,00	5,26	0,134	7,43	23,32	7	015	8,05	BM à Richard P=(763) 1018 hPa
				5,00	5,27	0,371	8,29	23,19	7	310	8,05	
EPK 52 8 Juillet 2014 Coef: 47-51	1 S Mi-Jus 1 F	6h30	6,50	1,00	5,00	0,284	3,97	23,24	99	003	7,93	P=(763) 1018 hPa
	2 S			5,50	5,03	0,285	4,29	23,21	76	354	7,94	
	BM 2 F	10h00	5,30	1,00	4,90	0,239	2,47	22,65	7	016	7,95	BM à Pauillac P=(763) 1018 hPa Reverse:
	3 S			4,30	4,87	0,281	2,71	22,71	7	299	7,93	
	Mi-Flot 3 F	12h25	6,90	1,00	5,13	0,522	4,63	23,18	105	181	7,97	P=(763) 1018 hPa
	4 S			5,90	5,12	0,253	4,58	23,13	99	173	7,96	
	PM 4 F	15h25	8,70	1,00	5,16	0,207	6,13	24,04	0	180	7,95	PM à Pauillac P=(763) 1018 hPa
				7,70	5,23	0,533	5,98	23,86	0	196	7,99	
K PK 30 10 Juillet 2014 Coef: 68-74	1 S PM 1 F	6h10	9,00	1,00	5,17	0,194	1,82	22,05	0	335	7,93	PM à La Reuille P=(765) 1020 hPa
	2 S			8,00	5,09	0,706	1,79	22,15	0	334	7,90	
	Mi-Jus 2 F	9h20	6,50	1,00	5,18	1,042	1,16	21,86	63	015	7,98	P=(765) 1020 hPa
	3 S			5,50	5,20	1,088	1,16	21,86	76	345	7,97	
	BM 3 F	13h00	5,00	1,00	4,98	0,757	0,48	22,11	7	281	7,99	BM à La Reuille P=(765) 1020 hPa Reverse:
	4 S			4,00	5,01	1,462	0,51	21,85	7	316	7,91	
	Mi-Flot 4 F	15h40	7,50	1,00	5,30	1,318	1,03	22,01	93	135	7,82	P=(765) 1020 hPa
				6,50	5,23	1,069	1,07	22,01	86	139	7,84	

BLAYAIS Août 2014		Heure Légale (TU+2)	Profond Totale (m)	Hauteur Mesure (m)	Oxygène Dissous (ml/l)	Concent. en M.E.S. (g/l)	Salinité	Temp. (°C)	Vitesse (cm/s)	Direction (/Nord)	PH	OBSERVATIONS
POINTS	STATIONS											
F PK 67 27 Août 2014 Coef: 78-80	1 S PM 1 F	8h11	8,70	1,00	5,09	0,103	17,39	20,80	13	170	8,01	PM à Richard P=(759) 1012 hPa
	2 S			7,70	5,03	0,559	19,26	20,87	7	089	8,01	
	Mi-Jus 2 F	10h57	6,60	1,00	5,18	0,240	12,15	21,26	146	329	7,91	P=(759) 1012 hPa
	3 S			5,60	5,18	0,738	14,03	21,10	82	324	7,90	
	BM 3 F	14h45	5,00	1,00	5,13	0,345	7,77	22,18	0	297	7,88	BM à Richard P=(759) 1012 hPa Renverse:
	4 S			4,00	5,16	0,717	7,63	22,15	0	005	7,87	
	Mi-Flot 4 F	17h08	7,20	1,00	5,09	0,570	10,55	21,70	123	141	7,99	P=(759) 1012 hPa
	4 F			6,20	5,07	0,856	10,51	21,72	93	143	7,98	
EPK 52 28 Août 2014 Coef: 80-81	1 S Mi-Flot 1 F	5h48	7,50	1,00	4,85	0,821	5,13	22,00	146	177	7,93	P=(760) 1014 hPa
	2 S			6,50	4,97	4,757	4,51	21,97	82	169	7,92	
	PM 2 F	9h11	9,70	1,00	5,26	0,205	6,81	22,75	7	334	7,98	PM à Pauillac P=(760) 1014 hPa Renverse:
	3 S			8,70	5,19	0,909	7,85	22,12	0	306	7,98	
	Mi-Jus 3 F	11h45	6,90	1,00	5,04	0,934	6,83	21,30	99	006	7,86	P=(760) 1014 hPa
	4 S			5,90	4,97	0,789	7,21	21,84	47	004	7,85	
	BM 4 F	16h00	5,00	1,00	4,71	0,362	3,30	22,10	7	018	7,83	BM à Pauillac P=(760) 1014 hPa
	4 F			4,00	4,75	2,174	3,48	22,18	7	011	7,83	
K PK 30 26 Août 2014 Coef: 83-84	1 S PM 1 F	8h55	9,30	1,00	4,82	0,171	2,87	21,74	7	019	7,91	PM à La Reuille P=(763) 1018 hPa
	2 S			8,30	4,99	1,824	2,70	21,72	7	300	7,88	
	Mi-Jus 2 F	11h57	6,70	1,00	4,85	1,579	1,68	21,79	82	337	7,93	P=(763) 1018 hPa
	3 S			5,70	4,84	2,205	1,67	21,75	89	317	7,88	
	BM 3 F	15h53	6,00	1,00	4,64	1,089	0,63	21,83	7	110	7,81	BM à La Reuille P=(763) 1018 hPa Renverse:
	4 S			5,00	4,66	2,620	0,65	21,84	0	152	7,91	
	Mi-Flot 4 F	18h15	8,50	1,00	4,94	pas de filtre	1,81	21,84	152	141	7,99	P=(763) 1018 hPa
	4 F			7,50	4,94	4,461	1,81	21,84	42	137	7,93	

BLAYAIS Septembre 2014		Heure Légale (TU+2)	Profond Totale (m)	Hauteur Mesure (m)	Oxygène Dissous (ml/l)	Concent. en M.E.S. (g/l)	Salinité	Temp. (°C)	Vitesse (cm/s)	Direction (/Nord)	PH	OBSERVATIONS
POINTS	STATIONS											
F PK 67 23 Septembre 2014 Coef: 79-82	1 S Mi-Jus 1 F	8h55	7,50	1,00	5,23	0,114	15,22	21,16	140	334	7,94	P=(759) 1012 hPa
	2 S			6,50	5,30	1,028	18,08	21,25	53	324	7,93	
	BM 2 F	13h00	5,00	1,00	5,41	0,484	10,14	21,98	13	324	7,96	BM à Richard P=(759) 1012 hPa Renverse:
	3 S			4,00	5,42	0,586	10,57	21,85	13	348	7,95	
	Mi-Flot 3 F	15h40	7,70	1,00	5,41	0,387	12,95	21,44	111	148	7,96	P=(759) 1012 hPa
	4 S			6,70	5,41	0,392	13,00	21,42	88	142	7,97	
	PM 4 F	18h30	9,50	1,00	5,21	0,139	19,60	20,88	13	192	7,95	PM à Richard P=(759) 1012 hPa
	4 F			8,50	5,23	0,541	19,84	20,88	0	114	7,96	
EPK 52 24 Septembre 2014 Coef: 84-86	1 S PM 1 F	7h50	8,80	1,00	5,36	0,165	9,16	22,35	7	296	8,01	PM à Pauillac P=(759) 1012 hPa
	2 S			7,80	5,34	0,481	10,04	21,96	0	233	8,02	
	Mi-Jus 2 F	10h34	6,70	1,00	5,17	0,644	7,18	21,65	134	022	7,99	P=(759) 1012 hPa
	3 S			5,70	5,23	0,920	7,28	21,69	82	345	7,99	
	BM 3 F	14h28	5,00	1,00	5,14	0,399	4,08	21,56	7	352	7,81	BM à Pauillac P=(759) 1012 hPa Renverse:
	4 S			4,00	4,93	1,103	4,30	21,50	7	215	7,81	
	Mi-Flot 4 F	16h36	7,60	1,00	5,35	0,899	6,33	21,68	140	181	7,97	P=(759) 1012 hPa
	4 F			6,60	5,31	2,121	5,43	21,59	76	162	7,97	
K PK 30 30 Septembre 2014 Coef: 89-88	1 S Mi-Flot 1 F	6h24	7,80	1,00	4,61	3,493	2,41	21,02	152	136	7,97	P=(764) 1019 hPa
	2 S			6,80	4,78	4,537	2,35	21,03	82	153	7,99	
	PM 2 F	9h30	9,30	1,00	4,90	0,206	3,93	20,94	7	092	7,96	PM à La Reuille P=(764) 1019 hPa Renverse:
	3 S			8,30	4,95	1,517	3,82	21,20	0	296	7,96	
	Mi-Jus 3 F	12h26	6,50	1,00	4,72	1,631	2,70	21,09	70	345	8,00	P=(764) 1019 hPa
	4 S			5,50	4,74	1,962	2,74	21,08	41	339	7,98	
	BM 4 F	16h30	5,20	1,00	4,40	1,952	0,96	21,34	7	296	7,89	BM à La Reuille P=(764) 1019 hPa
	4 F			4,20	4,48	3,946	0,93	21,13	7	264	7,86	

BLAYAIS Octobre 2014		Heure Légale (TU+2)	Profond Totale (m)	Hauteur Mesure (m)	Oxygène Dissous (ml/l)	Concent. en M.E.S. (g/l)	Salinité	Temp. (°C)	Vitesse (cm/s)	Direction (/Nord)	PH	OBSERVATIONS	
POINTS	STATIONS												
F PK 67 13 Octobre 2014 Coef: 75-67	1 S PM 1 F	10h45	8,90	1,00	5,94	0,540	17,50	18,37	7	338	7,97	PM à Richard P=(757) 1010 hPa	
	2 S			7,90	5,81	0,142	20,67	18,33	18	302	7,97		
	Mi-Jus 2 F	12h54	7,00	1,00	5,99	0,147	13,57	18,94	134	332	7,95	P=(757) 1010 hPa	
	3 S			6,00	5,94	0,471	16,22	18,59	65	326	7,95		
	BM 3 F	16h52	5,30	1,00	6,11	0,281	9,39	19,90	13	049	7,95	BM à Richard P=(757) 1010 hPa Renverse:	
	4 S			4,30	6,10	0,567	9,37	19,27	7	115	7,95		
	Mi-Flot 4 F	19h22	7,90	1,00	6,03	0,280	12,61	18,92	137	150	7,94	P=(757) 1010 hPa	
				6,90	6,01	3,040	13,41	18,84	76	140	7,93		
	EPK 52 14 Octobre 2014 Coef: 59-52	1 S BM 1 F	5h15	5,40	1,00	6,04	0,717	5,33	18,75	7	001	7,88	BM à Pauillac P=(757) 1010 hPa
		2 S			4,40	6,11	2,87	5,59	18,93	24	357	7,88	
Mi-Flot 2 F		8h06	7,50	1,00	6,18	0,606	7,02	19,19	152	175	7,90	P=(757) 1010 hPa	
3 S				6,50	6,18	4,448	7,55	19,15	99	173	7,90		
PM 3 F		10h59	8,80	1,00	6,32	0,203	8,55	20,06	18	277	7,91	PM à Pauillac P=(757) 1010 hPa Renverse:	
4 S				7,80	6,40	1,279	9,30	19,31	18	190	7,91		
Mi-Jus 4 F		14h05	7,00	1,00	6,20	0,303	7,12	19,30	99	359	7,89	P=(757) 1010 hPa	
				6,00	6,18	1,795	7,62	19,74	93	001	7,91		
K PK 30 16 Octobre 2014 Coef: 35-33		1 S BM 1 F	7h57	4,80	1,00	6,49	0,572	1,25	18,30	13	190	7,90	BM à La Reuille P=(757) 1010 hPa
		2 S			3,80	6,53	1,046	1,28	18,30	7	180	7,93	
	Mi-Flot 2 F	10h25	7,90	1,00	6,42	1,907	3,30	18,60	117	110	7,91	P=(757) 1010 hPa	
	3 S			6,90	6,42	4,654	3,10	18,60	59	111	7,90		
	PM 3 F	13h21	8,20	1,00	6,39	0,744	3,80	18,60	13	010	7,95	PM à La Reuille P=(757) 1010 hPa Renverse:	
	4 S			7,20	6,35	0,755	4,36	18,73	7	359	7,96		
	Mi-Jus 4 F	16h49	6,40	1,00	6,42	0,505	3,04	18,60	82	330	7,89	P=(757) 1010 hPa	
				5,40	6,42	0,417	3,16	18,60	64	345	7,89		
	BLAYAIS Novembre 2014		Heure Légale (TU+1)	Profond Totale (m)	Hauteur Mesure (m)	Oxygène Dissous (ml/l)	Concent. en M.E.S. (g/l)	Salinité	Temp. (°C)	Vitesse (cm/s)	Direction (/Nord)	PH	OBSERVATIONS
	POINTS	STATIONS											
F PK 67 26 Novembre 2014 Coef: 86-83	1 S PM 1 F	8h30	9,80	1,00	5,88	0,181	17,45	13,56	13	223	8,05	PM à Richard P=(759) 1012 hPa	
	2 S			8,80	5,74	0,492	19,11	13,56	7	095	8,01		
	Mi-Jus 2 F	11h25	7,00	1,00	5,91	0,258	11,89	13,56	128	333	7,96	P=(759) 1012 hPa	
	3 S			6,00	5,90	0,553	13,17	13,56	82	327	7,96		
	BM 3 F	14h30	5,10	1,00	6,03	0,183	7,25	13,99	59	334	8,02	BM à Richard P=(759) 1012 hPa Renverse:	
	4 S			4,10	5,91	0,284	7,25	13,97	41	335	8,08		
	Mi-Flot 4 F	17h40	7,80	1,00	6,00	0,680	7,57	13,53	152	141	7,96	P=(759) 1012 hPa	
				6,80	5,86	3,768	7,55	13,53	64	150	7,95		
	E PK 52 27 Novembre 2014 Coef: 78-74	1 S Mi-Flot 1 F	6h30	10,20	1,00	5,98	0,633	5,60	13,83	180	180	7,89	P=(759) 1012 hPa
		2 S			9,20	5,88	3,412	5,31	13,64	88	173	7,89	
PM 2 F		9h30	9,70	1,00	5,95	0,643	6,92	13,85	7	176	7,96	PM à Pauillac P=(751) 1002 hPa Renverse:	
3 S				8,70	5,88	4,695	6,4	13,81	7	23	7,95		
Mi-Jus 3 F		12h20	8,00	1,00	5,92	1,287	5,23	13,66	128	001	7,85	P=(750) 1000 hPa	
4 S				7,00	5,92	3,509	5,81	13,81	93	357	7,84		
BM 4 F		16h10	5,20	1,00	5,81	2,768	3,69	13,08	7	1	7,84	BM à Pauillac P=(750) 1000 hPa	
				4,20	5,79	3,034	3,85	13,14	7	258	7,82		
K PK 30 20 Novembre 2014 Coef: 69-74		1 S Mi-Jus 1 F	9h36	6,60	1,00	5,48	2,324	2,30	12,41	105	337	7,97	P=(758) 1011 hPa
		2 S			5,60	5,47	2,039	2,49	12,43	76	341	7,97	
	BM 2 F	12h44	5,70	1,00	5,50	leur douteu	0,42	11,78	7	144	7,90	BM à La Reuille P=(759) 1012 hPa Renverse:	
	3 S			4,70	5,48	1,134	0,43	11,75	7	175	7,85		
	Mi-Flot 3 F	14h48	7,70	1,00	5,67	0,082	1,88	12,43	152	124	7,90	P=(759) 1012 hPa	
	4 S			6,70	5,73	2,041	1,96	12,36	93	132	7,88		
	PM 4 F	17h36	9,00	1,00	5,48	0,029	4,14	12,90	0	130	7,94	PM à La Reuille P=(759) 1012 hPa	
				8,00	5,49	0,074	3,86	12,85	7	052	7,95		

10.3. Annexe 3 : Tableau des résultats analytiques³⁵

10.3.1. Résultats bruts de mesures de MES, COD et COP

Date	Station	Temps Marée	Niveau	COT mg/L	COD mg/L	MES mg/L	COP mg/L	COP/MES
26/04/2014	F	BM	S	9,77	1,84	491	7,93	1,62%
26/04/2014	F	BM	F	16,13	1,83	849	14,3	1,68%
26/04/2014	F	MF	S	8,22	1,58	394	6,64	1,69%
26/04/2014	F	MF	F	176,88	1,88	9270	175	1,89%
26/04/2014	F	PM	S	3,88	1,5	146	2,38	1,63%
26/04/2014	F	PM	F	4,02	1,48	166	2,54	1,53%
26/04/2014	F	MJ	S	6,00	1,6	281	4,4	1,57%
26/04/2014	F	MJ	F	27,89	1,69	1500	26,2	1,75%
25/04/2014	K	BM	S	6,13	2,31	298	3,82	1,28%
25/04/2014	K	BM	F	8,38	1,75	472	6,63	1,40%
25/04/2014	K	MF	S	19,02	1,72	1000	17,3	1,73%
25/04/2014	K	MF	F	21,68	2,08	1170	19,6	1,68%
25/04/2014	K	PM	S	5,91	1,93	293	3,98	1,36%
25/04/2014	K	PM	F	20,34	2,24	1000	18,1	1,81%
25/04/2014	K	MJ	S	11,42	1,71	625	9,71	1,55%
25/04/2014	K	MJ	F	27,17	1,67	1450	25,5	1,76%
06/05/2014	F	BM	S	5,19	2,23	196	2,96	1,51%
06/05/2014	F	BM	F	7,11	1,8	312	5,31	1,70%
06/05/2014	F	MF	S	12,56	1,86	607	10,7	1,76%
06/05/2014	F	MF	F	22,04	1,94	1170	20,1	1,72%
06/05/2014	F	PM	S	3,64	2,11	99	1,53	1,55%
06/05/2014	F	PM	F	6,75	1,91	297	4,84	1,63%
06/05/2014	F	MJ	S	2,35	1,63	53	0,72	1,36%
06/05/2014	F	MJ	F	6,11	1,69	261	4,42	1,69%
07/05/2014	E	BM	S	7,03	2,28	301	4,75	1,58%
07/05/2014	E	BM	F	11,54	2,19	553	9,35	1,69%
07/05/2014	E	MF	S	9,55	1,85	457	7,7	1,68%
07/05/2014	E	MF	F	111,07	2,07	5950	109	1,83%
07/05/2014	E	PM	S	5,03	2,19	159	2,84	1,79%
07/05/2014	E	PM	F	9,31	2	478	7,31	1,53%
07/05/2014	E	MJ	S	9,60	1,88	572	7,72	1,35%
07/05/2014	E	MJ	F	28,78	1,98	1560	26,8	1,72%
04/05/2014	K	BM	S	13,15	2,35	637	10,8	1,70%
04/05/2014	K	BM	F	47,84	2,64	2440	45,2	1,85%
04/05/2014	K	MF	S	26,23	2,63	1290	23,6	1,83%
04/05/2014	K	MF	F	35,83	2,73	1750	33,1	1,89%
04/05/2014	K	PM	S	8,32	2,1	403	6,22	1,54%
04/05/2014	K	PM	F	25,50	2,3	1360	23,2	1,71%

³⁵ Les données absentes, à la station E en avril et à la station K en mai, sont respectivement dues à un impondérable « navire » et à un défaut de flaconnage (bactériologie). Certaines données sont à prendre avec précaution (non COFRAC), en raison d'échantillons congelés par erreur en juillet (station F), et d'un problème de transport d'échantillon en août (station K).

04/05/2014	K	MJ	S	19,06	2,06	1010	17	1,68%
04/05/2014	K	MJ	F	19,01	2,21	970	16,8	1,73%
19/06/2014	F	BM	S	7,00	3,16	322	3,84	1,19%
19/06/2014	F	BM	F	41,18	3,38	2340	37,80	1,62%
19/06/2014	F	MF	S	17,66	2,98	1174	14,68	1,25%
19/06/2014	F	MF	F	30,24	3,04	2000	27,20	1,36%
19/06/2014	F	PM	S	7,50	2,82	360	4,68	1,30%
19/06/2014	F	PM	F	17,68	3,30	964	14,38	1,49%
19/06/2014	F	MJ	S	6,78	2,96	338	3,82	1,13%
19/06/2014	F	MJ	F	24,42	2,82	1488	21,60	1,45%
19/06/2014	E	BM	S	10,54	2,86	712	7,68	1,08%
19/06/2014	E	BM	F	21,60	4,24	1450	17,36	1,20%
19/06/2014	E	MF	S	15,62	3,32	940	12,30	1,31%
19/06/2014	E	MF	F	399,40	3,40	27800	396,00	1,42%
19/06/2014	E	PM	S	8,88	3,10	462	5,78	1,25%
19/06/2014	E	PM	F	261,42	3,42	19600	258,00	1,32%
19/06/2014	E	MJ	S	14,60	2,98	834	11,62	1,39%
19/06/2014	E	MJ	F	88,22	3,62	5620	84,60	1,51%
24/06/2014	K	BM	S	7,12	1,51	526	5,61	1,07%
24/06/2014	K	BM	F	28,55	1,75	2500	26,80	1,07%
24/06/2014	K	MF	S	45,30	1,70	3300	43,60	1,32%
24/06/2014	K	MF	F	59,21	1,41	4120	57,80	1,40%
24/06/2014	K	PM	S	3,42	1,58	163	1,84	1,13%
24/06/2014	K	PM	F	25,98	1,58	1776	24,40	1,37%
24/06/2014	K	MJ	S	37,18	1,58	3000	35,60	1,19%
24/06/2014	K	MJ	F	44,23	1,63	3220	42,60	1,32%
07/07/2014	F	BM	S	3,41	1,58	120	1,83	1,53%
07/07/2014	F	BM	F	6,33	1,38	326	4,95	1,52%
07/07/2014	F	MF	S	1,89	1,52	25	0,37	1,48%
07/07/2014	F	MF	F	5,05	1,30	289	3,75	1,30%
07/07/2014	F	PM	S	1,94	1,30	25	0,64	2,56%
07/07/2014	F	PM	F	2,53	1,15	111	1,38	1,24%
07/07/2014	F	MJ	S	2,04	1,31	45	0,73	1,62%
07/07/2014	F	MJ	F	2,77	1,30	108	1,47	1,36%
07/07/2014	E	BM	S	4,88	1,57	262	3,31	1,26%
07/07/2014	E	BM	F	5,71	1,53	301	4,18	1,39%
07/07/2014	E	MF	S	4,70	1,42	254	3,28	1,29%
07/07/2014	E	MF	F	4,99	1,51	280	3,48	1,24%
07/07/2014	E	PM	S	4,03	1,38	182	2,65	1,46%
07/07/2014	E	PM	F	9,91	1,74	514	8,17	1,59%
07/07/2014	E	MJ	S	4,94	1,46	276	3,48	1,26%
07/07/2014	E	MJ	F	14,69	1,39	890	13,30	1,49%
10/07/2014	K	BM	S	3,63	1,16	233	2,47	1,06%
10/07/2014	K	BM	F	3,38	1,12	211	2,26	1,07%
10/07/2014	K	MF	S	6,16	1,35	373	4,81	1,29%
10/07/2014	K	MF	F	4,68	1,43	315	3,25	1,03%
10/07/2014	K	PM	S	3,57	2,00	171	1,57	0,92%
10/07/2014	K	PM	F	4,11	1,38	242	2,73	1,13%
10/07/2014	K	MJ	S	5,16	1,27	297	3,89	1,31%
10/07/2014	K	MJ	F	3,73	1,31	261	2,42	0,93%
27/08/2014	F	BM	S	6,77	3,44	287	3,33	1,16%

27/08/2014	F	BM	F	15,37	3,27	887	12,10	1,36%
27/08/2014	F	MF	S	11,53	2,94	718	8,59	1,20%
27/08/2014	F	MF	F	17,15	2,85	1140	14,30	1,25%
27/08/2014	F	PM	S	3,62	2,21	83	1,41	1,70%
27/08/2014	F	PM	F	6,40	2,21	362	4,19	1,16%
27/08/2014	F	MJ	S	5,30	2,64	242	2,66	1,10%
27/08/2014	F	MJ	F	13,13	2,43	843	10,70	1,27%
28/08/2014	E	BM	S	6,30	2,58	315	3,72	1,18%
28/08/2014	E	BM	F	22,45	2,75	1310	19,70	1,50%
28/08/2014	E	MF	S	12,16	2,87	682	9,29	1,36%
28/08/2014	E	MF	F	45,36	2,96	2950	42,40	1,44%
28/08/2014	E	PM	S	5,72	2,42	257	3,30	1,28%
28/08/2014	E	PM	F	12,77	2,57	878	10,20	1,16%
28/08/2014	E	MJ	S	15,18	2,68	900	12,50	1,39%
28/08/2014	E	MJ	F	16,90	6,50	760	10,40	1,37%
26/08/2014	K	BM	S	24,12	2,02	1640	22,10	1,35%
26/08/2014	K	BM	F	54,49	1,99	3580	52,50	1,47%
26/08/2014	K	MF	S	21,39	1,99	1510	19,40	1,28%
26/08/2014	K	MF	F	52,55	1,95	3440	50,60	1,47%
26/08/2014	K	PM	S	3,82	2,17	144	1,65	1,15%
26/08/2014	K	PM	F	48,32	2,12	3130	46,20	1,48%
26/08/2014	K	MJ	S	25,55	2,15	1840	23,40	1,27%
26/08/2014	K	MJ	F	48,43	2,03	3110	46,40	1,49%
23/09/2014	F	BM	S	6,14	1,65	286	4,49	1,57%
23/09/2014	F	BM	F	12,23	1,53	685	10,70	1,56%
23/09/2014	F	MF	S	7,43	1,50	438	5,93	1,35%
23/09/2014	F	MF	F	8,10	1,53	474	6,57	1,39%
23/09/2014	F	PM	S	3,54	1,32	143	2,22	1,55%
23/09/2014	F	PM	F	12,49	1,39	778	11,10	1,43%
23/09/2014	F	MJ	S	3,62	1,54	124	2,08	1,68%
23/09/2014	F	MJ	F	22,43	1,53	1190	20,90	1,76%
24/09/2014	E	BM	S	8,50	3,96	407	4,54	1,12%
24/09/2014	E	BM	F	23,43	3,73	1410	19,70	1,40%
24/09/2014	E	MF	S	12,20	3,42	638	8,78	1,38%
24/09/2014	E	MF	F	93,75	3,45	6720	90,30	1,34%
24/09/2014	E	PM	S	4,43	2,75	178	1,68	0,94%
24/09/2014	E	PM	F	9,70	2,77	513	6,93	1,35%
24/09/2014	E	MJ	S	15,46	3,06	692	12,40	1,79%
24/09/2014	E	MJ	F	12,73	2,92	959	9,81	1,02%
26/09/2014	K	BM	S	25,10	2,90	2040	22,20	1,09%
26/09/2014	K	BM	F	30,53	6,43	2210	24,10	1,09%
26/09/2014	K	MF	S	49,73	2,53	3280	47,20	1,44%
26/09/2014	K	MF	F	133,43	2,43	8810	131,00	1,49%
26/09/2014	K	PM	S	6,86	2,25	468	4,61	0,99%
26/09/2014	K	PM	F	51,16	2,56	3560	48,60	1,37%
26/09/2014	K	MJ	S	42,26	2,36	2960	39,90	1,35%
26/09/2014	K	MJ	F	39,95	2,45	2910	37,50	1,29%
13/10/2014	F	BM	S	5,77	1,49	288	4,28	1,49%
13/10/2014	F	BM	F	8,29	1,80	446	6,49	1,46%
13/10/2014	F	MF	S	3,69	1,46	195	2,23	1,14%
13/10/2014	F	MF	F	19,99	1,49	1480	18,50	1,25%

13/10/2014	F	PM	S	2,04	1,27	71	0,77	1,08%
13/10/2014	F	PM	F	2,99	1,27	134	1,72	1,28%
13/10/2014	F	MJ	S	3,60	1,52	149	2,08	1,40%
13/10/2014	F	MJ	F	7,85	1,28	478	6,57	1,37%
14/10/2014	E	BM	S	5,77	1,94	373	3,83	1,03%
14/10/2014	E	BM	F	24,27	1,97	1560	22,30	1,43%
14/10/2014	E	MF	S	5,51	1,68	354	3,83	1,08%
14/10/2014	E	MF	F	42,47	1,87	2680	40,60	1,51%
14/10/2014	E	PM	S	4,26	1,92	184	2,34	1,27%
14/10/2014	E	PM	F	11,26	1,55	683	9,71	1,42%
14/10/2014	E	MJ	S	5,38	1,60	319	3,78	1,18%
14/10/2014	E	MJ	F	18,86	1,66	1160	17,20	1,48%
16/10/2014	K	BM	S	8,58	2,37	539	6,21	1,15%
16/10/2014	K	BM	F	11,66	2,70	728	8,96	1,23%
16/10/2014	K	MF	S	15,62	1,92	856	13,70	1,60%
16/10/2014	K	MF	F	10,58	1,66	601	8,92	1,48%
16/10/2014	K	PM	S	6,15	2,22	379	3,93	1,04%
16/10/2014	K	PM	F	11,78	1,85	683	9,93	1,45%
16/10/2014	K	MJ	S	31,16	1,56	1920	29,60	1,54%
16/10/2014	K	MJ	F	10,20	1,39	611	8,81	1,44%
26/11/2014	F	BM	S	9,51	1,90	495	7,61	1,54%
26/11/2014	F	BM	F	20,80	2,00	1280	18,80	1,47%
26/11/2014	F	MF	S	11,30	2,02	676	9,28	1,37%
26/11/2014	F	MF	F	65,37	1,97	4090	63,40	1,55%
26/11/2014	F	PM	S	3,68	1,95	145	1,73	1,19%
26/11/2014	F	PM	F	10,46	1,67	612	8,79	1,44%
26/11/2014	F	MJ	S	5,92	1,87	314	4,05	1,29%
26/11/2014	F	MJ	F	8,32	1,78	548	6,54	1,19%
27/11/2014	E	BM	S	24,18	3,18	1260	21,00	1,67%
27/11/2014	E	BM	F	108,09	3,09	6520	105,00	1,61%
27/11/2014	E	MF	S	16,41	2,21	796	14,20	1,78%
27/11/2014	E	MF	F	216,53	2,53	12800	214,00	1,67%
27/11/2014	E	PM	S	20,78	2,38	1210	18,40	1,52%
27/11/2014	E	PM	F	283,20	2,20	17300	281,00	1,62%
27/11/2014	E	MJ	S	17,85	2,35	962	15,50	1,61%
27/11/2014	E	MJ	F	145,54	2,54	8900	143,00	1,61%
20/11/2014	K	BM	S	4,36	2,56	1670	1,80	0,11%
20/11/2014	K	BM	F	53,44	2,44	3430	51,00	1,49%
20/11/2014	K	MF	S	57,09	1,89	3780	55,20	1,46%
20/11/2014	K	MF	F	37,58	2,18	2490	35,40	1,42%
20/11/2014	K	PM	S	15,60	2,00	1160	13,60	1,17%
20/11/2014	K	PM	F	68,51	1,71	4740	66,80	1,41%
20/11/2014	K	MJ	S	45,70	1,80	3000	43,90	1,46%
20/11/2014	K	MJ	F	24,38	1,78	1640	22,60	1,38%

10.3.2. Résultats bruts de mesures de chlorophylle et phaeopigments

Date	Station	Temps Marée	Niveau	Chlo a µg/L	Phaeo µg/L	Chlo a / COP	Pig/MES ppm	Taux Chlo a
26/04/2014	F	BM	S	2,2	3,3	0,03%	11	0,40
26/04/2014	F	PM	S	1,4	1	0,06%	16	0,58
25/04/2014	K	BM	S	3,1	2,4	0,08%	18	0,56
25/04/2014	K	PM	S	1,5	2,2	0,04%	13	0,41
06/05/2014	F	BM	S	2,8	4,4	0,09%	37	0,39
06/05/2014	F	PM	S	3,7	3	0,24%	68	0,55
07/05/2014	E	BM	S	1,9	6,5	0,04%	28	0,23
07/05/2014	E	PM	S	<0,6	5,8			
04/05/2014	K	BM	S	1	16,5	0,01%	27	0,06
04/05/2014	K	PM	S	2,6	9,5	0,04%	30	0,21
19/06/2014	F	BM	S	1,40	1,10	0,04%	8	0,56
19/06/2014	F	PM	S	2,50	1,70	0,05%	12	0,60
19/06/2014	E	BM	S	1,70	1,80	0,02%	5	0,49
19/06/2014	E	PM	S	2,90	0,40	0,05%	7	0,88
24/06/2014	K	BM	S	2,20	2,50	0,04%	9	0,47
24/06/2014	K	PM	S	1,30	1,10	0,07%	15	0,54
07/07/2014	F	BM	S	2,15	1,20	0,12%	28	0,64
07/07/2014	F	PM	S	6,43	1,06	1,00%	300	0,86
07/07/2014	E	BM	S	1,59	2,14	0,05%	14	0,43
07/07/2014	E	PM	S	3,06	2,03	0,12%	28	0,60
10/07/2014	K	BM	S	0,60	1,80	0,02%	10	0,25
10/07/2014	K	PM	S	0,40	1,70	0,03%	12	0,19
27/08/2014	F	BM	S	3,60	2,50	0,11%	21	0,59
27/08/2014	F	PM	S	3,40	1,30	0,24%	57	0,72
28/08/2014	E	BM	S	2,20	2,20	0,06%	14	0,50
28/08/2014	E	PM	S	2,90	2,10	0,09%	19	0,58
26/08/2014	K	BM	S	4,00	9,50	0,02%	8	0,30
26/08/2014	K	PM	S	1,60	1,30	0,10%	20	0,55
23/09/2014	F	BM	S	3,80	2,50	0,08%	22	0,60
23/09/2014	F	PM	S	3,60	1,20	0,16%	34	0,75
24/09/2014	E	BM	S	4,00	2,60	0,09%	16	0,61
24/09/2014	E	PM	S	5,40	1,50	0,32%	39	0,78
26/09/2014	K	BM	S	7,50	<1	0,03%		
26/09/2014	K	PM	S	3,30	1,80	0,07%	11	0,65
13/10/2014	F	BM	S	1,50	2,70	0,04%	15	0,36
13/10/2014	F	PM	S	1,90	1,80	0,25%	52	0,51
14/10/2014	E	BM	S	1,90	6,70	0,05%	23	0,22
14/10/2014	E	PM	S	2,50	2,40	0,11%	27	0,51
16/10/2014	K	BM	S	1,60	4,20	0,03%	11	0,28
16/10/2014	K	PM	S	1,30	3,80	0,03%	13	0,25
26/11/2014	F	BM	S	2,30	3,70	0,03%	12	0,38
26/11/2014	F	PM	S	2,20	2,80	0,13%	34	0,44
27/11/2014	E	BM	S	3,60	8,20	0,02%	9	0,31
27/11/2014	E	PM	S	5,10	8,40	0,03%	11	0,38
20/11/2014	K	BM	S	5,50	8,00	0,31%	8	0,41

20/11/2014 K PM S 5,10 2,80 0,04% 7 0,65

10.3.3. Résultats bruts de mesures de sels nutritifs et du bore

Date	Station	Temps Marée	Niveau	NH4 µmol/L	NOx µmol/L	PO4 µmol/L	N/P	Silicate µmol/L	Bore mg/L
26/04/2014	F	BM	S	<0,28	157	1,12	140	94,1	0,39
26/04/2014	F	PM	S	<0,28	131	1,4	94	69,5	1,5
25/04/2014	K	BM	S	1,83	133	2,28	58	88,8	<0,1
25/04/2014	K	PM	S	0,39	164	110	1	91	<0,1
06/05/2014	F	BM	S	0,027	136	1,25	109	86,4	0,51
06/05/2014	F	PM	S	0,034	126	0,526	240	74,5	0,99
07/05/2014	E	BM	S	0,013	134	3,08	44	90,6	<0,1
07/05/2014	E	PM	S	0,011	143	0,279	513	88,7	0,27
04/05/2014	K	BM	S	0,012	120	0,097	1237	113	<0,1
04/05/2014	K	PM	S	0,016	140	0,124	1129	87,6	<0,1
19/06/2014	F	BM	S	1,3	232,0	4,7	49	204	1,34
19/06/2014	F	PM	S	1,3	134,2	41,0	3	124	3,60
19/06/2014	E	BM	S	0,7	244,0	28,6	9	214	0,52
19/06/2014	E	PM	S	1,1	222,0	17,5	13	202	1,28
24/06/2014	K	BM	S	<0,56	250,4	42,8	6	280	<0,1
24/06/2014	K	PM	S	<0,5	254,1	20,0	13	248	0,28
07/07/2014	F	BM	S	<0,28	93,8	2,0	47	97	0,87
07/07/2014	F	PM	S	0,4	63,7	1,6	40	69	1,60
07/07/2014	E	BM	S	<0,28	112,0	2,0	57	111	0,33
07/07/2014	E	PM	S	<0,28	39,6	1,8	22	108	0,77
10/07/2014	K	BM	S	0,2	119,0	2,4	50	61	<0,1
10/07/2014	K	PM	S	1,9	83,6	5,0	17	68	0,13
27/08/2014	F	BM	S	<0,5	101,0	6,7	15	65	0,94
27/08/2014	F	PM	S	1,2	70,8	17,5	4	45	2,00
28/08/2014	E	BM	S	0,6	100,0	9,6	10	80	0,46
28/08/2014	E	PM	S	<0,5	118,0	7,5	16	67	0,86
26/08/2014	K	BM	S	0,5	87,6	7,3	12	75	0,11
26/08/2014	K	PM	S	1,3	119,0	14,0	9	78	0,38
23/09/2014	F	BM	S	0,3	101,0	2,6	39	24	1,20
23/09/2014	F	PM	S	0,1	65,3	2,0	33	16	2,10
24/09/2014	E	BM	S	<0,01	123,0	2,4	51	29	0,47
24/09/2014	E	PM	S	<0,01	103,0	2,2	47	25	1,00
26/09/2014	K	BM	S	2,3	116,0	7,8	15	32	0,14
26/09/2014	K	PM	S	<0,01	128,0	3,7	35	30	0,50
13/10/2014	F	BM	S	<0,01	86,5	2,4	36	129	0,59
13/10/2014	F	PM	S	<0,01	66,1	1,8	37	94	1,20
14/10/2014	E	BM	S	0,5	85,9	4,7	18	156	0,58
14/10/2014	E	PM	S	<0,01	91,2	2,6	35	129	1,00
16/10/2014	K	BM	S	0,8	111,0	4,0	28	162	0,17
16/10/2014	K	PM	S	<0,01	106,0	2,3	46	154	0,48
26/11/2014	F	BM	S	0,6	83,8	2,2	39	110	0,88
26/11/2014	F	PM	S	0,6	53,7	1,8	29	72	1,90
27/11/2014	E	BM	S	0,6	106,0	2,2	48	126	0,48
27/11/2014	E	PM	S	1,0	106,0	3,1	35	112	0,83

20/11/2014	K	BM	S	0,2	83,9	2,1	41	167	<0,1
20/11/2014	K	PM	S	0,3	101,0	2,3	45	126	0,45

10.3.4. Contaminants

Date	Station	Temps Marée	Niveau	ASA µg/L	Morph. mg/L	Hydraz. mg/L	Ethano. mg/L
26/04/2014	F	BM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
26/04/2014	F	PM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
25/04/2014	K	BM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
25/04/2014	K	PM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
06/05/2014	F	BM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
06/05/2014	F	PM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
07/05/2014	E	BM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
07/05/2014	E	PM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
04/05/2014	K	BM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
04/05/2014	K	PM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
19/06/2014	F	BM	S	0,06	<0,1	<0,1	<0,1
19/06/2014	F	PM	S	0,06	<0,1	<0,1	<0,1
19/06/2014	E	BM	S	<0,04	<0,1	<0,1	<0,1
19/06/2014	E	PM	S	<0,04	<0,1	<0,1	<0,1
24/06/2014	K	BM	S	<0,04	<0,1	<0,1	<0,1
24/06/2014	K	PM	S	<0,04	<0,1	<0,1	<0,1
07/07/2014	F	BM	S	0,03	<0,1	<0,1	<0,1
07/07/2014	F	PM	S	0,04	<0,1	<0,1	<0,1
07/07/2014	E	BM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
07/07/2014	E	PM	S	<0,04	<0,1	<0,1	<0,1
10/07/2014	K	BM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
10/07/2014	K	PM	S	0,05	<0,1	<0,1	<0,1
27/08/2014	F	BM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
27/08/2014	F	PM	S	0	<0,1	<0,1	<0,1
28/08/2014	E	BM	S	0,041	<0,1	<0,1	<0,1
28/08/2014	E	PM	S	0,032	<0,1	<0,1	<0,1
26/08/2014	K	BM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
26/08/2014	K	PM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
23/09/2014	F	BM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
23/09/2014	F	PM	S	0,03	<0,1	<0,1	<0,1
24/09/2014	E	BM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
24/09/2014	E	PM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
26/09/2014	K	BM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
26/09/2014	K	PM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
13/10/2014	F	BM	S	0,02	<0,1	0	<0,1
13/10/2014	F	PM	S	0,04	<0,1	<0,1	<0,1
14/10/2014	E	BM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
14/10/2014	E	PM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
16/10/2014	K	BM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
16/10/2014	K	PM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
26/11/2014	F	BM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
26/11/2014	F	PM	S	0,03	<0,1	<0,1	<0,1
27/11/2014	E	BM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1

27/11/2014	E	PM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
20/11/2014	K	BM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
20/11/2014	K	PM	S	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1

10.3.5. Résultats bruts de *Vibrio* halophiles

Date	Station	Temps Marée	Niveau	V parah UFC/L	V algin UFC/L	V vulni UFC/L	V chol UFC/L	V mim UFC/L	V. flu UFC/L	V UFC/L
26/04/2014	F	BM	S	0	0	0	0	0	0	0
26/04/2014	F	PM	S	0	0	0	0	0	0	0
25/04/2014	K	BM	S	0	0	0	0	0	0	0
25/04/2014	K	PM	S	0	0	0	0	0	0	0
06/05/2014	F	BM	S	0	0	0	0	0	0	0
06/05/2014	F	PM	S	0	0	0	0	0	0	0
07/05/2014	E	BM	S	0	0	0	10	0	0	10
07/05/2014	E	PM	S	0	0	0	0	0	0	0
19/06/2014	F	BM	S	800	0	30000	7800	100000	0	138600
19/06/2014	F	PM	S	0	0	1300	200	0	0	1500
19/06/2014	E	BM	S	0	0	1200	2300	0	0	3500
19/06/2014	E	PM	S	0	0	0	170	0	0	170
24/06/2014	K	BM	S	0	0	200	2000	600	0	2800
24/06/2014	K	PM	S	0	0	0	2200	0	0	2200
07/07/2014	F	BM	S	200	0	3700	0	0	0	3900
07/07/2014	F	PM	S	870	0	10000	0	0	0	10870
07/07/2014	E	BM	S	100	0	3000	630	3400	0	7130
07/07/2014	E	PM	S	3400	0	2500	0	200	0	6100
10/07/2014	K	BM	S	0	0	0	0	0	0	0
10/07/2014	K	PM	S	0	0	0	0	0	0	0
27/08/2014	F	BM	S	930	100	2900	0	0	0	3930
27/08/2014	F	PM	S	500	1100	1100	0	0	0	2700
28/08/2014	E	BM	S	200	0	530	0	0	0	730
28/08/2014	E	PM	S	400	400	3000	0	0	0	3800
26/08/2014	K	BM	S	0	0	200	0	0	0	200
26/08/2014	K	PM	S	0	0	400	0	0	0	400
23/09/2014	F	BM	S	0	300	1400	0	0	400	2100
23/09/2014	F	PM	S	1000	200	1900	0	0	0	3100
24/09/2014	E	BM	S	270	0	1200	0	1000	400	2870
24/09/2014	E	PM	S	2000	0	1500	0	0	0	3500
26/09/2014	K	BM	S	0	100	0	0	0	0	100
26/09/2014	K	PM	S	800	400	200	200	0	0	1600
13/10/2014	F	BM	S	1200	2100	0	0	0	0	3300
13/10/2014	F	PM	S	0	0	800	0	0	0	800
14/10/2014	E	BM	S	0	200	530	0	0	0	730
14/10/2014	E	PM	S	1100	200	1000	0	0	0	2300
16/10/2014	K	BM	S	0	0	0	0	300	0	300
16/10/2014	K	PM	S	560	0	0	0	0	0	560
26/11/2014	F	BM	S	0	0	100	0	0	0	100
26/11/2014	F	PM	S	20	60	0	0	0	0	80
27/11/2014	E	BM	S	300	30	300	0	0	0	630
27/11/2014	E	PM	S	60	0	0	0	0	0	60

20/11/2014	K	BM	S	100	0	200	0	0	0	300
20/11/2014	K	PM	S	0	0	100	0	0	0	100

Analyse par filtration : nb de Vibrios en UFC/L (UFL = Unités Formant Colonie)

