

**ifremer**

**IFREMER – Centre de Brest**

Département Dynamiques de l'Environnement Côtier  
Service Applications Géomatiques (DYNECO/AG)

**Université Bordeaux 1 - Talence**

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

**Université Bordeaux 1 - Station Marine d'Arcachon**

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

**Eurofins Institut Pasteur de Lille - Santé, environnement durable Atlantique  
(IPL Atlantique)**

Mars 2012 – RST DYNECO/AG/12-02

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

**SURVEILLANCE ECOLOGIQUE  
SITE DU BLAYAIS**

**RAPPORT SCIENTIFIQUE**

**ANNEE 2011**

Commande d'exécution n°5100-CQG-4200384641  
du marché n°C349C65050





## FICHE DOCUMENTAIRE

<b>Type de Rapport :</b> RST (Rapports de résultats de recherches scientifiques et/ou techniques)	
Numéro d'identification du rapport : <b>RST DYNECO/AG/12-02</b> 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 2012</i> nombre de pages : 235 p. bibliographie : <i>Oui</i> illustration(s) : <i>Oui</i> langue du rapport : <i>Français</i>
<b>Titre et sous-titre du rapport :</b> <i>Surveillance Ecologique du site du "Blayais" - année 2011</i> Titre traduit : <i>Ecological monitoring of the "Blayais" nuclear power plant – 2011</i>	
<b>Auteur(s) principal(aux) :</b> <i>QUINTIN Jean-Yves,          ETCHEBER Henri,          SOTTOLICHIO Aldo,          OGGIAN Georges,          DERRIENNIC Hervé,          MALLET Céline,          ROUX DUCEPT Alexandra          SAUTOUR Benoît,          PARRA René,          BACHELET Guy,          LECONTE Michel.</i>	<b>Organisme / Direction / Service, laboratoire :</b> <i>IFREMER / Centre de Brest / DYNECO/AG          Université Bordeaux 1 / UMR EPOC / Talence</i>  <i>IPL Atlantique / Bordeaux</i>  <i>Université Bordeaux 1 / UMR EPOC / Arcachon</i>
Organisme commanditaire : nom développé, sigle, adresse <b><i>Electricité de France (EDF) - Production Transport - C.N.P.E. du Blayais          B.P. 27 - 33820 ST-CIERS-S/GIRONDE</i></b> Organisme(s) réalisateur(s) : nom(s) développé(s), sigle(s), adresse(s) <i>IFREMER Centre de Brest, B.P. 70, 29280 PLOUZANE          UMR 5805 EPOC - Université Bordeaux 1 - CNRS          Avenue des Facultés – 33405 TALENCE Cedex          UMR 5805 EPOC - Université Bordeaux 1 - CNRS          Station Marine d'Arcachon, 2 rue du Professeur Jolyet - 33120 ARCACHON          Eurofins - Institut Pasteur de Lille - santé, environnement durable Atlantique          1 rue du Professeur Vézès - 33300 BORDEAUX</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>C349C65050</i> Commandes d'exécution n° <i>5100-CQG-4200384641</i> Projet : <i>surveillance des grands aménagements énergétiques</i> Campagne océanographique : (nom de campagne, année, nom du navire) <i>SOGIR, 2011, Navire « l'Esturial »</i>	

**Résumé :**

L'étude de surveillance n° 34 du site électronucléaire du BLAYAIS (département de la Gironde) concerne la période d'avril à novembre 2011. Les domaines pélagique et benthique sont étudiés (physico-chimie, bathymétrie, hydrobiologie, bactériologie, zooplancton, macrofaune benthique).  
[Voir fiche résumé p. 7 - 11]

**Abstract :**

Monitoring n° 34 of the BLAYAIS nuclear power plant takes into account studies conducted between April and November 2011. 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.* (2012) – Surveillance écologique du site du Blayais, année 2011. Rapp. IFREMER RST DYNECO/AG/12-02, mars 2012, 235 p.

Référence particulière

ETCHEBER H., SOTTOLICHIO A., OGGIAN G., H. DERRIENNIC (2012). – Résultats des mesures in situ. *In* : QUINTIN J.Y. *et al.* (2012) - Surveillance écologique du site du Blayais, année 2011. Rapp. IFREMER RST DYNECO/AG/12-02, mars 2012, pp. 39-106.

## Avant - propos

Ce rapport IFREMER pour EDF a été réalisé par J.Y. Quintin<sup>1</sup>, coordonnateur du programme, avec la participation de :

- chapitres 1 à 3 (H. Etcheber, A. Sottolichio, G. Oggian, H. Derriennic)<sup>2</sup> ;
- chapitre 4 (C. Mallet, A. Roux Ducept)<sup>3</sup> ;
- chapitre 5 (C. Mallet, A. Roux Ducept)<sup>3</sup> ;
- chapitre 6 (B. Sautour, R. Parra)<sup>4</sup> ;
- chapitre 7 (G. Bachelet, M. Leconte)<sup>4</sup>

Il a été réalisé suite à la réunion de synthèse, qui s'est tenue le 9 janvier 2012 à l'Université de Bordeaux 1, et qui a réuni les personnes suivantes : MM. Sottolichio A., Oggian G., Derriennic H., Savoye N., MME Schmidt S., Pauillac G., Chaalali A. (Université Bordeaux 1 -Talence), MM. Bachelet G., Sautour B., Leconte M., Mme Villedieu A. (Station Marine d'Arcachon), MME. Mallet C., Roux Ducept A. (IPL Atlantique), M. Quintin J.Y. (IFREMER).

---

<sup>1</sup> IFREMER. Département Dynamiques de l'Environnement Côtier

<sup>2</sup> Université Bordeaux 1 – Talence (U.M.R. EPOC 5805)

<sup>3</sup> Institut Pasteur de Lille - santé, environnement durable Atlantique

<sup>4</sup> Université Bordeaux 1 - Station Marine d'Arcachon (U.M.R. EPOC 5805)



## Surveillance du Blayais 2011 - résumé

L'année 2011 peut être classée parmi les plus sèches des derniers trente ans. Le débit annuel moyen s'établit à  $477 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , soit 38% de moins que la moyenne de 2010 ( $778 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Cela équivaut à un déficit de  $359 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  par rapport à la moyenne des valeurs annuelles de la période 1982-2010 ( $836 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). En plus de la durée de l'étiage, de début juillet à la fin de l'année, l'absence de crue hivernale confère le caractère de sécheresse à l'année 2011. Les mini-crues les plus importantes de l'année se produisent en deuxième décennie de mars et en première décennie de novembre, avec des pics instantanés relativement faibles de  $2439 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  et de  $1929 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  respectivement.

La température moyenne des eaux de l'estuaire pour la période d'avril à novembre 2011 est supérieure, à l'exception du mois de juillet, à celle de la période 1976-2010, à cause d'une sensible augmentation du débit fluvial, qui a fait chuter la température au point E. La comparaison des cinq dernières années montre que la première moitié de l'année 2011 (avril et mai) est la plus chaude. Ensuite, pendant la deuxième moitié de la période sensible, les températures mensuelles moyennes des eaux sont dans la moyenne générale. Les températures maximales relevées en surface sont de  $24,33 \text{ }^\circ\text{C}$  au point F (pK 67),  $25,40 \text{ }^\circ\text{C}$  au point E (pK 52) et  $24,23 \text{ }^\circ\text{C}$  au point K (pK 30).

Les eaux de l'estuaire sont fortement salées dès le printemps 2011, à cause de l'absence de crue. Pendant l'été, la salinité n'augmente que légèrement, et en septembre elle est moins élevée qu'à la même époque en 2010. Au point K, on relève des salinités maximales de 10,2 en surface et 10,4 au fond.

En 2011, les valeurs des concentrations en matières en suspension (M.E.S.) sont en moyenne similaires à celles de 2010. Tout au long de l'année les valeurs en M.E.S. restent encore inférieures à celles d'une année moyenne. L'absence de crue importante a empêché l'expulsion d'une partie du bouchon vaseux qui, cette année encore, est remonté très en amont pendant la période d'étiage.

L'oxygénation des eaux est excellente aux points F et E, et les déficits par rapport à la saturation sont parmi les plus faibles enregistrés depuis 1979. On remarque que depuis 2005, les taux d'oxygénation sont très élevés, ce qui résulte de la faible charge solide en

suspension. Les valeurs moyennes de saturation sont de 90,91 % au point F, de 90,08 % au point E et de 82 % au point K, où la plus forte turbidité fait chuter la saturation moyenne annuelle à 79,65 %.

L'intervalle maximum de variation du pH moyen en 2011 est proche de celui des années antérieures (depuis 2004). Le pH moyen maximum est de 8,19, le minimum est de 7,80.

En 2011, les vitesses de courant maximales enregistrées au point E sont plus élevées qu'en 2010. En flot, ce sont les plus fortes vitesses depuis le début des mesures en 1978 ( $146 \text{ cm.s}^{-1}$ ) ; en jusant, elles sont de  $128 \text{ cm.s}^{-1}$ . La forte différence de vitesses entre flot et jusant est vraisemblablement liée à des variations de la morphologie des bancs et des fonds entre les îles, mais aussi à l'hydrologie de l'année.

D'une manière générale, 90% du carbone organique total contenu dans les eaux de l'estuaire a une origine particulaire. Ainsi, pour le point K, les variations saisonnières des teneurs en carbone organique total sont conditionnées par celles de la charge particulaire ; en aval, l'intrusion des eaux halines agit sur la répartition du carbone organique ; cette année, le point K présente les plus fortes fluctuations des valeurs de carbone organique particulaire et de matières en suspension ; le point E, de par sa localisation dans l'estuaire, représente une situation intermédiaire par rapport aux deux autres points de mesures. Globalement, la charge particulaire enregistrée à la station K, au fond comme en surface, est plus importante qu'en 2010.

Les teneurs en chlorophylle (a), restent faibles aux 3 points ; toutefois, une augmentation significative de la moyenne annuelle est observée pour la station F, comparativement à 2010, avec les plus fortes concentrations enregistrées en période d'étiage (juillet et août).

Pour l'ensemble des points de mesures, il existe un gradient de concentration croissant pour les sels nutritifs et les silicates de l'aval vers l'amont. Les teneurs en ammonium et nitrates - nitrites sont toujours parmi les plus basses de l'historique aux stations E, F et K ; à la station E, les valeurs des moyennes annuelles sont plus faibles que celles des moyennes pluriannuelles 1992-2011. Les teneurs en orthophosphates révèlent quant à elles une nette rupture avec la tendance à la hausse de ces dernières années : les concentrations sont, à l'instar des sels nutritifs azotés, les plus basses de l'historique, avec pour conséquence à la station E, un niveau inférieur à celui de la moyenne pluriannuelle 1992-2011. Sur l'estuaire de la Gironde, les silicates sont issus d'influence fluviale. Les concentrations les plus élevées sont enregistrées à la station K ; au sein de l'estuaire, ces apports sont dilués par l'intrusion des eaux halines ; la stratification des valeurs entre basse mer et pleine mer est nette.

Le bore (acide borique), utilisé dans le processus de conditionnement des eaux des circuits primaires de la centrale, s'avère être aussi un élément naturel de l'eau de mer. La courbe de dilution mise en évidence dans les eaux de l'estuaire, en particulier au niveau de la station E, montre l'absence d'impact du fonctionnement de la centrale sur les concentrations en bore enregistrées.

Aucune trace d'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. En revanche,

des d'agents de surface anioniques ont été décelées sur l'ensemble des points à l'état de trace, principalement au point le plus aval (point F).

Pour 2011, l'occurrence et l'abondance des *Vibrio* halophiles sont plus élevées que celles de l'année précédente, notamment au droit de la station K en raison de l'intrusion des eaux halines et surtout du réchauffement des eaux de cette station. Cette famille de microorganismes, particulièrement sensibles à la température, a été recensée du début (mai) à la fin (novembre) des campagnes 2011. Les espèces les plus fréquemment rencontrées sont : *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio vulnificus*.

L'ensemble des profils des éléments mesurés au niveau de la station E est la conséquence du fonctionnement naturel de l'estuaire et est « intermédiaire » de par sa position géographique.

Dans le zooplancton, l'espèce dominante *Eurytemora affinis* représente habituellement plus de 80 % du zooplancton, sauf quand les conditions d'étiage sont défavorables comme en 2011 ; sa dominance reste cependant 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 2011 présente une dynamique saisonnière classique avec deux pics d'abondance : le premier printanier est suivi d'une très faible production estivale, le second correspondant à une reprise modérée en automne. Les effectifs de 2011 indiquent une présence surtout en amont avec un pic d'abondance de 13472 ind./m<sup>3</sup> en mars au point K ; en aval les pics d'abondance se situent en avril et sont d'un ordre de grandeur semblable avec 3531 ind./m<sup>3</sup> en E et 3276 ind./m<sup>3</sup> en F.

Sur l'ensemble de l'année 2011, la structure démographique des populations d'*E. affinis* présente un faible pourcentage de femelles ovigères sur tous les points (13 % au point K, 26 % en E et 22 % en F), un sex-ratio (rapport mâles/total adultes, exprimé en pourcentage), légèrement favorable aux femelles, de 48 % en K, 50 % en E et 42 % en F, et un pourcentage de copépodites indiquant leur présence davantage en amont (62 % en K, 53 % en E et 46 % en F). Au point E, la fécondité moyenne en 2011 (3,3 œufs / sac) est légèrement supérieure et la mortalité moyenne de 0,7 % est identique à celle des autres points.

Comme en 2010, les densités moyennes annuelles d'*E. affinis* croissent de l'aval vers l'amont (987 ind./m<sup>3</sup> en F, 1779 ind./m<sup>3</sup> en E, 3667 ind./m<sup>3</sup> en K). L'espèce présente sa meilleure répartition en amont (point K), ce qui est caractéristique d'une année sèche sans forte crue.

Pour les mysidacés, la densité moyenne annuelle de *Neomysis integer* en E (16 ind./m<sup>3</sup>), bien que faible, est supérieure à celle des autres points. Celle de *Mesopodopsis slabberi*, espèce polyhaline, se rapproche des densités constatées en aval (151 ind./m<sup>3</sup> au point E, 114 ind./m<sup>3</sup> en F), associé à la pénétration des eaux halines dans l'estuaire.

Le copépode *Acartia bifilosa* présente un pic d'abondance en juillet à tous les points, et se situe préférentiellement en aval au point E (1367 ind./m<sup>3</sup>) et au point F (963 ind./m<sup>3</sup>), et caractérise l'année 2011 par ses très faibles abondances.

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*. Bien adaptée aux conditions estuariennes depuis 1999, elle est surtout présente en aval de l'estuaire avec un pic maximum de densité de 5886 ind./m<sup>3</sup> au point F en août 2011.

Pour le compartiment benthique, des mesures de granulométrie laser et de teneur en eau ont été réalisées. La granulométrie indique les apports en sable ou en vase, la teneur en eau permet de distinguer les sédiments frais (beaucoup d'eau) des sédiments érodés (peu d'eau). La composition granulométrique du sédiment a montré, en 2011, une très grande stabilité temporelle dans les trois stations intertidales (81 à 97% de vases), avec des cycles de dépôt-érosion. A l'inverse, la variabilité spatio-temporelle est forte aux stations subtidales, davantage soumises aux variations naturelles ou anthropiques (crues, dragages ...) : sédiment majoritairement vaseux en aval (53-95% de vases au point F ; 59-95% de vases au point E) avec quelques incursions sableuses au second semestre, et sableux en amont sauf en mai, septembre et novembre (7-95% de vases au point K).

La faune benthique est étroitement liée à la texture sédimentaire. Spatialement, la richesse spécifique (nombre d'espèces) des peuplements benthiques diminue vers l'amont. D'un point de vue temporel, elle est stable en intertidal, mais en diminution régulière en subtidal depuis 2004, avec toutefois un signal d'amélioration.

Dans le domaine subtidal, les abondances sont très faibles à toutes les stations, avec un maximum de 260 ind/m<sup>2</sup> au point F, de 64 ind/m<sup>2</sup> au point E avec une quasi absence d'Annélides Oligochètes et Polychètes, et de 88 ind/m<sup>2</sup> au point K. De manière générale, la comparaison inter-annuelle met actuellement en évidence un schéma biennal d'abondances relativement cohérent entre les trois stations subtidales, à savoir 2004-2005 (fortes abondances), 2006-2007 (faibles abondances), 2008-2009 (abondances moyennes), 2010-2011 (faibles abondances).

Dans le domaine intertidal, bien que beaucoup plus élevées que dans le domaine subtidal, les abondances sont parmi les plus faibles relevées depuis le début du suivi benthique, avec un maximum de 3120 ind/m<sup>2</sup> à St-Christoly, de 5500 ind/m<sup>2</sup> à St-Estèphe, et d'environ 5000 ind/m<sup>2</sup> à Lamarque. A noter le développement précoce de *Corophium volutator* en 2011 à la station de St-Estèphe, avec un pic d'abondance en juin, au lieu d'août-septembre habituellement. Un phénomène climatique important doit être pris en considération en 2011 : celui des fortes températures atmosphériques d'avril à mai (respectivement +4,1 et +2,6°C par rapport aux moyennes mensuelles normales) qui a probablement été à l'origine du développement précoce de l'amphipode *C. volutator*, puis de son absence en été-automne, alors qu'il atteint à ces saisons de très fortes densités.

Dans l'état actuel du suivi (une durée de seulement 8 années), il est difficile de statuer sur une année de référence. Il semble que la dynamique annuelle et inter-annuelle des peuplements macrobenthiques des 6 stations suivies dans l'estuaire de la Gironde est essentiellement gouvernée par des fluctuations naturelles de l'environnement hydroclimatique. L'activité du CNPE du Blayais ne paraît pas générer de perturbation directe significative de ce compartiment biologique.

En conclusion, la Gironde est un estuaire macrotidal caractérisé par son fort hydrodynamisme, qui induit un brassage intense des masses d'eau douce (amont) et des

masses d'eau marine (aval). L'effet de dilution est important sur les rejets du CNPE, situé dans une position géographique médiane de l'estuaire.

Le programme de surveillance écologique a pour objectif la mise en évidence des modifications éventuelles apportées au milieu estuarien par la centrale par rapport à un état de référence (fin des années 70).

La stratégie de suivi actuelle permet de dégager les grandes lignes de l'évolution intra- et inter- annuelle des différents compartiments étudiés en estuaire de 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 spatio-temporel localisé sur un compartiment ou un paramètre spécifique du milieu.

Dans ce contexte, les observations faites en 2011 dans les différents compartiments étudiés, notamment en relation avec les paramètres environnementaux (e.g. débits, température, ...), se situent dans la continuité de celles des années antérieures, sans mise en évidence d'un impact de la centrale à cette échelle.



## Sommaire

<b>Introduction</b> .....	<b>17</b>
<b>1. Présentation du site et stratégie d'étude</b> .....	<b>19</b>
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
1.3.1. Schéma général des études.....	21
1.3.2. Etudes de projet.....	22
1.3.3. Etudes de surveillance.....	22
1.3.4. Programme des études de surveillance.....	23
1.4. La surveillance écologique - année 2011.....	23
1.4.1. Déroulement des campagnes à la mer.....	23
1.4.2. Points de prélèvements.....	24
1.4.3. Fréquence des prélèvements.....	24
1.4.4. Paramètres mesurés.....	25
1.4.5. Travaux réalisés.....	25
1.4.6. Paramètres, méthodes, précision.....	27
<b>2. Conditions climatiques et hydrologiques</b> .....	<b>33</b>
2.1. Caractères climatologiques dominants pour l'année 2011.....	33
2.2. Débits fluviaux.....	37
<b>3. Résultats des mesures in situ</b> .....	<b>39</b>
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
<b>4. Paramètres hydrobiologiques et contaminants chimiques</b> .....	<b>107</b>
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.....	114
4.1.3. Evolution des moyennes annuelles.....	116
4.2. Chlorophylle (a) et phéopigments.....	124

4.2.1. Variations spatio-temporelle .....	124
4.2.2. Evolution des moyennes annuelles .....	127
4.3. Sels nutritifs et bore .....	129
4.3.1. Variations spatio-temporelle .....	129
4.3.2. Relation avec les paramètres hydro biologiques.....	137
4.3.3. Evolution des moyennes annuelles .....	139
4.4. Contaminants .....	143
4.4.1. Famille des amines .....	143
4.4.2. Agents de surface anioniques .....	143
<b>5. <i>Vibrio</i> halophiles .....</b>	<b>145</b>
5.1. Dénombrement .....	145
5.1.1. Variations spatio-temporelle .....	145
5.1.2. Relation avec la salinité et la température.....	147
5.2. Spéciation .....	149
5.2.1. Occurrence des espèces .....	149
5.2.2. Densité des espèces .....	149
<b>6. Zooplancton .....</b>	<b>151</b>
6.1. Evolution temporelle des principaux contingents au point E .....	151
6.1.1. Variations des densités du Copépode <i>Eurytemora affinis</i> .....	151
6.1.2. Variations des densités des copépodes Acartidés .....	153
6.1.3. Variations des densités des Mysidacés.....	156
6.2. Structure démographique d' <i>Eurytemora affinis</i> au point E .....	159
6.2.1. Fécondité .....	159
6.2.2. Structure des populations .....	160
6.2.3. Mortalité .....	162
6.3. Comparaison de l'évolution des principaux contingents aux points F, E, K .....	164
6.3.1. Variations des densités du Copépode <i>Eurytemora affinis</i> .....	164
6.3.2. Variation des densités des Copépodes Acartidés .....	166
6.3.3. Variation des densités de Mysidacés .....	170
6.4. Structure démographique d' <i>Eurytemora affinis</i> aux points F, E, et K.....	175
6.4.1. Paramètres de population.....	175
6.4.2. Fécondité .....	178
6.4.3. Mortalité .....	180
<b>7. Macrofaune benthique.....</b>	<b>183</b>
7.1. Caractérisation du sédiment .....	183
7.1.1. Sédiments intertidaux .....	183
7.1.2. Sédiments subtidaux .....	186
7.2. Evolution temporelle de la richesse spécifique des peuplements macrobenthiques ..	188
7.3. Evolution temporelle des peuplements macrobenthiques subtidaux.....	190
7.3.1. Point F (PK 67) .....	191
7.3.2. Point E (PK 52) .....	191
7.3.3. Point K (PK 30) .....	191
7.3.4. Comparaison avec les années antérieures .....	191
7.4. Variations de densités des principales espèces subtidales.....	194
7.4.1. Annélides Oligochètes .....	194
7.4.2. Annélides Polychètes .....	194
7.4.3. Crustacés Amphipodes et Isopodes .....	196
7.4.4. Crustacés Mysidacés.....	196
7.4.5. Larves d'Insectes .....	196
7.5. Evolution temporelle des peuplements macrobenthiques intertidaux .....	199
7.5.1. St- Christoly (PK 66) .....	200

7.5.2. St-Estèphe (PK 55).....	200
7.5.3. Lamarque (PK 35) .....	200
7.5.4. Comparaison avec les années antérieures .....	202
7.6. Variations de densités des principales espèces intertidales.....	202
7.6.1. Annélides Oligochètes .....	202
7.6.2. Annélides Polychètes .....	204
7.6.3. Mollusques.....	207
7.6.4. Crustacés.....	209
<b>8. Références bibliographiques.....</b>	<b>213</b>
<b>9. Annexes .....</b>	<b>215</b>
9.1. Annexe 1 : Dénombrement des divers prélèvements et mesures.....	215
9.2. Annexe 2 : Tableaux des résultats de mesures.....	220
9.3. Annexe 3 : Tableau des résultats analytiques .....	224
9.3.1. Résultats bruts de mesures de MES, COD et COP .....	224
9.3.2. Résultats bruts de mesures de chlorophylle et phaeopigments.....	228
9.3.3. Résultats bruts de mesures de sels nutritifs et du bore.....	229
9.3.4. Contaminants.....	231
9.3.5. Résultats bruts de <i>Vibrio</i> halophiles .....	233



## Introduction

Les centrales thermonucléaires, à fonctionnement en circuit ouvert, utilisent pour le refroidissement de leurs condenseurs d'importants débits d'eau froide prélevée en continu 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 et rejets d'eau, 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 2011, étude effectuée dans le cadre du marché EDF/IFREMER n° C349C65050. 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 Bordeaux 1 (UMR 5805 EPOC - Talence)<sup>5</sup> 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 l'Institut Pasteur de Lille Atlantique (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)<sup>6</sup> pour :

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

Eurofins - Institut Pasteur de Lille - santé, environnement durable Atlantique (Eurofins - IPL Atlantique) pour :

- effectuer au laboratoire les dosages de carbone organique particulaire et dissous, de chlorophylle et phaeopigments<sup>7</sup>, des sels nutritifs ammonium, nitrates et nitrites associés, silicates, orthophosphates, 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.

<sup>5</sup> Anciennement Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine (IGBA), puis Département de Géologie et Océanographie (DGO)

<sup>6</sup> Anciennement Laboratoire d'Océanographie Biologique (LOB)

<sup>7</sup> Produits de l'altérations de plusieurs type de chlorophylles (dénommées « a », « b » et « c »)

## 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 pK<sup>8</sup> 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 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, soit 168 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> pour 4 tranches en service. Cette eau est prélevée

---

<sup>8</sup> 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 Gironde<sup>9</sup>

### 1.2.1. Eléments géographiques et géomorphologiques

La Gironde est, par sa superficie d'environ  $630 \text{ km}^2$ , 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

<sup>9</sup> 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  $5\,500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )<sup>10</sup> ; 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

<sup>10</sup> 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 stations 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 polluants organiques dans le domaine pélagique.

### 1.4. La surveillance écologique - année 2011

#### 1.4.1. Déroulement des campagnes à la mer

Le programme de surveillance écologique nécessite l'utilisation d'une embarcation, "Esturial" armé par l'IRSTEA (ex CEMAGREF), pour réaliser les prélèvements d'échantillons<sup>11</sup> 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 (mortes-eaux). Le transport des échantillons vers le laboratoire est assuré par l'IPL.

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

<sup>11</sup> 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.

<sup>6</sup>Ensemble des organismes qui vivent sur les fonds des mers et s'y déplacent peu.

mod. 315i/SET ; bouteille à prélèvement horizontal, ou vertical de type Niskin, pour les 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<sup>12</sup> ; 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 2011, sont indiquées sur la carte de positionnement des points et dates de campagnes (**Figure1-1**). 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) <sup>13</sup>	2	4	K-E-F
Sels nutritifs (nitrate+nitrite, ammonium, phosphate, silicates). 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).

<sup>12</sup> Ensemble des organismes qui vivent sur les fonds des mers et s'y déplacent peu.

<sup>13</sup> COT-COP=COD (carbone organique dissous)

#### 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 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 trait 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 étudié, 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	32	32	96	96
Températures	64	64	64	192	192
Salinités	64	64	64	192	192
Vitesse du courant	64	64	64	192	192
Direction du courant	64	64	64	192	192
PH	64	64	64	192	192
Prélèvements – Université de Bordeaux 1 - UMR EPOC 5805					
Dosage oxygène dissous (250 cc)	64	64	64	192	192
Détermination des MES (1 l)	64	64	64	192	192
Pollution – Eurofins - Institut Pasteur de Lille Atlantique					
COP	64	64	64	192	192
COT	64	64	64	192	192
Chlorophylle, phaeopigments	16	16	16	48	48
Sels nutritifs	16	16	16	48	48
Morpholine, hydrazine, éthanolamine,	16	16	16	48	48
Bore total	16	16	16	48	48
Agents de surface	16	16	16	48	48
Bactériologiques (Vibrions)	32	32	32	96	96
Biologie - Station Marine d'Arcachon - UMR EPOC 5805					
Zooplancton (Filet WP2)	64	64	64	192	192
Zoobenthos subtidal (Bennes Van Veen)	40	40	40	120	120



<b>PK</b>	Point Kilométrique
<b>PK0</b>	Pont de Pierre- BORDEAUX
<b>DATES SURVEILLANCE BLAYAIS 2011</b>	
12-14-13 Avril	F-E-K
24-26-25 Mai	F-E-K
21-23-22 Juin	F-E-K
26-28-27 Juillet	F-E-K
17-19-18 Août	F-E-K
20-22-21 Septembre	F-E-K
13-11-12 Octobre	F-E-K
7-8-9 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  $\text{cm}^3$  d'eau (suivant turbidité) sur des filtres de 0,45  $\mu\text{m}$  et séchage en étuve à 105  $^\circ\text{C}$  ; précision 1  $\text{mg.l}^{-1}$ .

Chlorophylle (a) et phéopigment : dosage par spectrophotométrie d'absorption moléculaire conformément à la norme NF T 90-117 (Afnor, Décembre 1999). La chlorophylle a est un paramètre "particulaire" qui nécessite la récolte du matériel en suspension par filtration (filtration à 0,47  $\mu\text{m}$ ), suivie d'une extraction du filtre par un solvant (acétone à 90 %) puis d'une détection spectrophotométrique (absorbance de l'extrait mesurée à plusieurs longueurs d'onde). Les concentrations brutes de la *chlorophylle a* et de l'*indice phaeopigments*, exprimées en  $\mu\text{g.l}^{-1}$ , sont calculées selon la méthode SCOR-UNESCO. 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 de IPL Atlantique).

Carbone organique particulaire (COP) : filtration d'eau brute sur filtre en fibre de verre type GF/F de 0,7  $\mu\text{m}$  de porosité, selon la norme NF ISO 14235, et dosage par titrimétrie. La performance de cette méthode est fonction du volume filtré et de la charge particulaire de l'eau.

Carbone organique dissous (COD) : après filtration, dosage sur l'eau filtrée selon la norme européenne NF EN 1484 ; il s'agit d'une oxydation « à chaud » en milieu oxydant (peroxodisulfate de potassium). Le seuil de quantification est de 0,1  $\text{mg.l}^{-1}$ , (paramètre inscrit sur la portée spécifique du programme COFRAC 100.1 de IPL Atlantique).

Carbone organique total (COT) : obtenu par sommation du COP et COD.

Éléments nutritifs dissous : après filtration de l'échantillon d'eau brute, analyse réalisée sur l'eau filtrée d'après les méthodes Aminot & Kérouel (2004 et 2007). Ces paramètres sont inscrits sur la portée spécifique du programme COFRAC 100.1 de l'IPL Atlantique.

*Nitrites et nitrates* ( $\text{NO}_2$ - et  $\text{NO}_3$ -) : réduction des nitrates en nitrites par passage sur une colonne de cadmium traité par  $\text{CuSO}_4$  (Wood et al, 1967) ; dosage spectrophotométrique des ions nitreux par coloration de Griess (Bendschneider & Robinson, 1952 ; Aminot &

Kerouel 2004) reprise dans la norme NF EN 26777. La limite de quantification est de 0,01 mg.l<sup>-1</sup> pour le nitrite et de 0,1 mg.l<sup>-1</sup> pour les nitrates.

*Ammonium* (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) : Application de la réaction de Berthelot à l'eau de mer, méthode spectrophotométrique de Koroleff, 1969 (Aminot & Kerouel 2004). La limite de quantification est de 0,005 mg.l<sup>-1</sup>.

*Orthophosphates* (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) : Méthode spectrophotométrique (Murphy & Riley 1962 ; Aminot & Kerouel 2004). La limite de quantification est de 0,010 mg/L.

*Silicates* : Méthode spectrophotométrique après formation et réduction de l'acide silicomolybdique par le métol-sulfite (Aminot & Kerouel 2004). La limite de quantification est de 0,02 mg.l<sup>-1</sup>.

Elément mineur de l'eau de mer :

*Bore* : Le bore est dosé par ICP / AES<sup>14</sup> (plasma optique, NF EN ISO 11885) à partir d'une dilution au 1/10<sup>ème</sup> de l'échantillon filtré afin de minimiser l'effet de matrice (chlorures). Le seuil de quantification est de 6 µg.l<sup>-1</sup>.

Contaminants organiques :

*Hydrazine* : dosage par HPLC<sup>15</sup> après dérivatization pré colonne à l'aldéhyde salicylique, détection par spectrométrie UV. Le seuil de quantification est de 0,1 mg.l<sup>-1</sup>.

*Morpholine* : dosage par HPLC après dérivatization pré colonne (FMOC<sup>16</sup>), détection par fluorimétrie. Le seuil de quantification est de 0,1 mg.l<sup>-1</sup>.

*Ethanolamine* : dosage par HPLC après dérivatization pré colonne (FMOC), détection par fluorimétrie. Le seuil de quantification est de 0,1 mg.l<sup>-1</sup>.

*Agents de surface anioniques* : selon NF EN 903 ; seuil de quantification 20 µg.l<sup>-1</sup>.

#### 1.4.6.3. Bactériologie

Depuis 2006, les *Vibrio* halophiles sont recherchés dans les eaux de l'estuaire en utilisant la méthode par filtration, conforme à la procédure technique DRD/P77/Vib<sup>17</sup>.

*Méthode par filtration* : la méthode par filtration (Khalanski & Delesmont, 2002) comporte la filtration d'un volume connu d'échantillon sur membrane et mise en culture sur TCBS<sup>18</sup> – agar et incubation à 37 °C pendant 20 heures ; repiquage sur milieu de Kligler salé à 3 % ; suivi de l'identification biochimique sur galerie API 20<sup>E</sup>.

Les fortes charges particulières des eaux de l'estuaire de la Gironde imposent des dilutions importantes pour pouvoir mener à bien la méthode en milieu solide. Ainsi, la sensibilité de cette méthode est diminuée ; pour une filtration de 1ml, le seuil de quantification est de 1000 UFC.l<sup>-1</sup>. 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.

<sup>14</sup> ICP-AES (Inductively coupled plasma optical emission spectroscopy « ICP-OES or ICP-AES ») = Spectrométrie d'Emission Atomique

<sup>15</sup> HPLC (High Performance Liquid Chromatography) = Chromatographie liquide à haute performance

<sup>16</sup> FMOC (9-fluorenylmethoxycarbonyl chloride) = 9-fluorényl méthyl chloroformate

<sup>17</sup> KHALANSKI Michel (EDF/D&D) et DELESMONT Régis (IPL), Juin 2002

<sup>18</sup> TCBS = Thiosulfate Citrate Bile Sucrose

#### 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  $\mu\text{m}$  et inférieure à 2000  $\mu\text{m}$ ) et au macroplancton (organismes dont la taille est comprise entre 20 et 1000  $\mu\text{m}$ ), les Mysidacés.

*Comptage des organismes* : l'échantillon éventuellement fractionné à la boîte de Motoda, et coloré avec une solution diluée de rose bengale<sup>19</sup>, 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, copépodites<sup>20</sup>, *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

Le benthos de la Gironde est abondant sur toutes les vasières intertidales, mais sa répartition est très hétérogène dans le domaine subtidal.

Les *stations subtidales*<sup>21</sup> sont situées à des profondeurs respectives 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 répliqués de 0,1 m<sup>2</sup> de surface par station). Le tamisage du sédiment, la fixation et la localisation des refus de tamis sont effectués sur le pont du bateau.

Les *stations intertidales*<sup>22</sup> 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 cm<sup>2</sup> 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.

<sup>19</sup> rose bengale : sel de potassium dérivé de la fluoresceine. Surcolorer dans une solution aqueuse à 1 pour 100 et régesser, d'abord par l'eau, puis par l'alcool à 70° pour obtenir un rose très léger.

<sup>20</sup> juvéniles de copépodes

<sup>21</sup> situé sous la zone d'oscillation de la marée.

<sup>22</sup> situé dans la zone d'oscillation de la marée.

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.

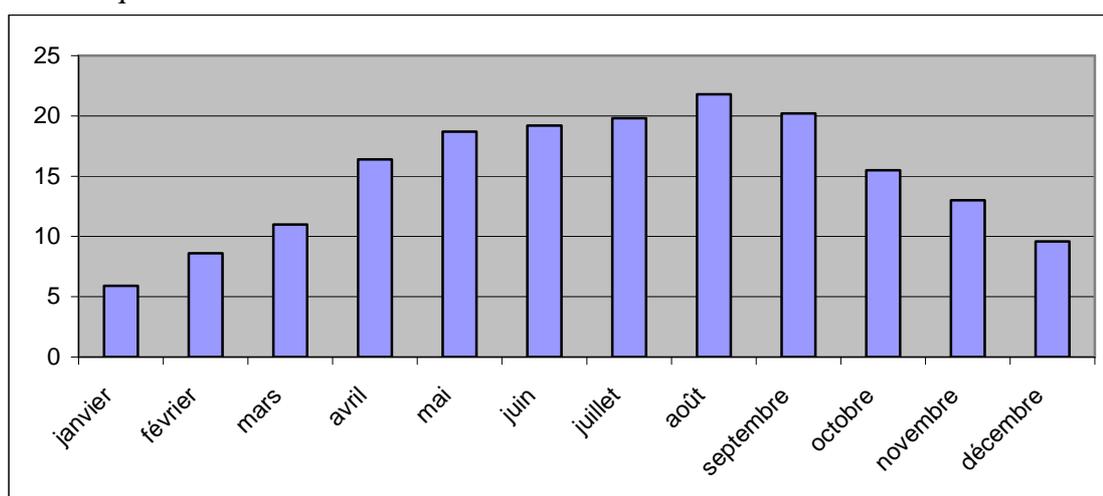
Le tamisage du sédiment est effectué sur maille carrée de 0,5 mm, au moyen d'un jet d'eau en pluie. Les refus de tamis sont fixés au formol neutre à 4% et colorés au Rose Bengale pendant au moins 24 heures. Après tri à la loupe binoculaire, les organismes sont identifiés, si possible jusqu'au niveau 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).



## 2. Conditions climatiques et hydrologiques

### 2.1. Caractères climatologiques dominants pour l'année 2011

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 1971 et 2000. 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 : +5,9 °C    mini : +2,6 °C    maxi : +9,3 °C

Mois froid mais sans excès conforme aux valeurs de saison. Période douce, sans gelées entre le 5 et le 19. L'essentiel des passages pluvieux se concentre entre le 5 et le 13 mais le cumul est fortement déficitaire, 30% de la normale.. L'insolation est légèrement supérieure à la moyenne

### Février

T° moyenne de l'air : +8,6 °C    mini : +4,1 °C    maxi : +13,1 °C

Le mois de février 2011 est un mois sans phénomènes météo remarquables. Les températures sont assez douces sauf les minimales de la première décade. Les précipitations sont légèrement déficitaires, la première décade est quasiment sèche. L'insolation est très légèrement en dessous de la normale et les vents sont assez calmes.

### Mars

T° moyenne de l'air : +11,0 °C    mini : +6,2 °C    maxi : +15,9 °C

Avec la moitié des pluies moyennes, mars 2011 est le quatrième mois consécutif au-dessous de la normale. Les températures sont 1,5° au-dessus de la moyenne. Les maximales sont le plus souvent supérieures à 15°. A part la deuxième décade très nuageuse, beaucoup de journées sont très ensoleillées. Les vents de nord-est et surtout de sud-est sont majoritaires

### Avril

T° moyenne de l'air : +16,4 °C    mini : +10,1 °C    maxi : +22,7 °C

C'est le mois d'avril le plus chaud depuis le début des relevés en 1920 (5° au-dessus de la moyenne). C'est aussi le mois d'avril le plus sec à Bordeaux depuis 1982 (11,2 mm, soit 14% de la moyenne). C'est le cinquième mois sec consécutif. L'insolation est digne d'un bel été. Les vents secs de nord-est et sud-est prédominent.

### Mai

T° moyenne de l'air : +18,7 °C    mini : +12,4 °C    maxi : +24,9 °C

Encore un mois chaud et très sec. C'est le mois de mai le plus sec depuis le début des mesures en 1920 (< 10 mm). C'est le plus chaud et le plus ensoleillé depuis 1989. Les moyennes dépassent la normales de 3,4 degrés. L'ensoleillement est digne des meilleurs étés avec plus de 300 heures, soit 80 heures de plus que la normale.

### Juin

T° moyenne de l'air : +19,2 °C    mini : +13,6 °C    Maxi : +24,8°C

Avec à peine plus de 20 mm (32% de la moyenne), c'est le septième mois consécutif avec des pluies très faibles. Le déficit est de 65% depuis début 2011. Contrairement à avril et mai, les températures restent globalement sages. Les valeurs sont un peu supérieures aux moyennes. L'ensoleillement, avec plus de 200 heures, est un peu faible mais reste correct. Il est meilleur en fin de mois.

### **Juillet**

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

Après 7 mois de déficit, juillet 2011, voit enfin des pluies légèrement excédentaires (60 mm). Les températures sont inférieures aux moyennes (moyenne inférieure à 20°). Les maximales n'atteignent pas 23° du 16 au 26, ni 20° du 18 au 20 et le 25. Le cumul mensuel de durée d'ensoleillement est inférieur à 200 heures, soit 43 heures de déficit. Vents d'ouest majoritaires.

### **Août**

T° moyenne de l'air : +21,8 °C    mini : +16,3 °C    maxi : +27,4 °C

Avec 89 mm et 10 jours de pluie, la moyenne des précipitations est dépassée de 50%. Les températures sont plus élevées que la normale, avec des minimales souvent supérieures à 15° en milieu de mois et des maximales dépassant 23 fois 25°, dont 8 fois 30°. La fin de mois est plus fraîche. L'ensoleillement est dans la moyenne, et les vents d'ouest sont majoritaires.

### **Septembre**

T° moyenne de l'air : +20,2 °C    mini : +14,9 °C    maxi : +25,5 °C

A nouveau des déficits pluviométriques, avec 25 mm soit 70% en dessous des normales et 6 jours de pluies significatives. Les températures sont 2°C au dessus de la moyenne avec 15 jours égalant ou dépassant 25 degrés dont 3 jours à 30 degrés. On gagne 40 heures d'ensoleillement. Les vents dominants hésitent entre l'ouest, le sud-ouest et le sud-est.

### **Octobre**

T° moyenne de l'air : +15,5 °C    mini : +9,9 °C    maxi : +21,2 °C

Encore un mois sec, 8 jours de précipitations avec l'essentiel en dernière décade ( 39,7 mm, 60% de moins que la normale). Les températures sont chaudes, 2 jours supérieurs à 30° (31,3° le 3) et des minimales de plus en plus fraîches (3,1° le 20). L'ensoleillement atteint 188h, plus de 50h au dessus de la normale. Le vent vient principalement du Sud-Est, souvent sous les 25 km/h.

### **Novembre**

T° moyenne de l'air : +13,0 °C    mini : +9,7 °C    maxi : +16,4 °C

Ce mois de novembre reste sec et chaud. Les pluies sont 66% en-dessous de la normale. Les températures sont chaudes avec une moyenne mensuelle de 13°C (4°C au dessus de la normale, les minimales ne tombent jamais en dessous de 0°C). Les vents de secteur sud-est dominant ne sont pas particulièrement forts avec 52km/h pour la pointe maximale.

### **Décembre**

T° moyenne de l'air : +9,6 °C    mini : +6,3 °C    maxi : +12,9 °C

Ce mois de décembre est doux et humide. Il a plu quasiment tous les jours du mois avec seulement 3 jours secs. Avec une température moyenne de 9,6°C, soit 2,6°C au dessus de la normale, ce mois de décembre se place au 4ème rang des mois les plus chauds.

Les vents de secteur sud-ouest dominant sont parfois soutenus avec des rafales de 98 km/h le 16 Décembre 2011 (Joachim)<sup>23</sup>.

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

ANNEE	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	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	13,8	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	16,4	18,7	19,2	19,8	21,8	20,2	15,5	13	9,6	14,9

Valeur estimée

### Synthèse 2011 :

L'année 2011 est une année chaude et sèche, particulièrement bien marquée au cours du premier semestre, avec respectivement le mois d'avril le plus chaud et le mois de mai le plus sec depuis 1920, et une forte pluviométrie en août. Ces conditions météorologiques se répercutent sur les débits avec un étiage concomitant hormis au mois d'août par effet pluviométrique.

<sup>23</sup> La tempête Joachim a frappé essentiellement la moitié Nord de la France dans la nuit du Jeudi 15 au Vendredi 16 Décembre 2011 et en journée.



## 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 :  
204 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> du 11 au 20/09/2011 et 1205 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> du 11 au 20/03/2011.

Le débit instantané maximum est de 2439 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, relevé le 18/03/2011.  
Le débit instantané minimum est de 164 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, relevé le 25/08/2011.

La moyenne annuelle pour l'année 2011 est de 477 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, soit un déficit de 359 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> par rapport à la moyenne annuelle pour la période 1982/2010 qui s'établit à 836 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Il s'agit d'une année encore plus "sèche" que 2010, par suite des débits très déficitaires pendant la période estivale, mais aussi en raison d'absence de crue hivernale ou printanière.

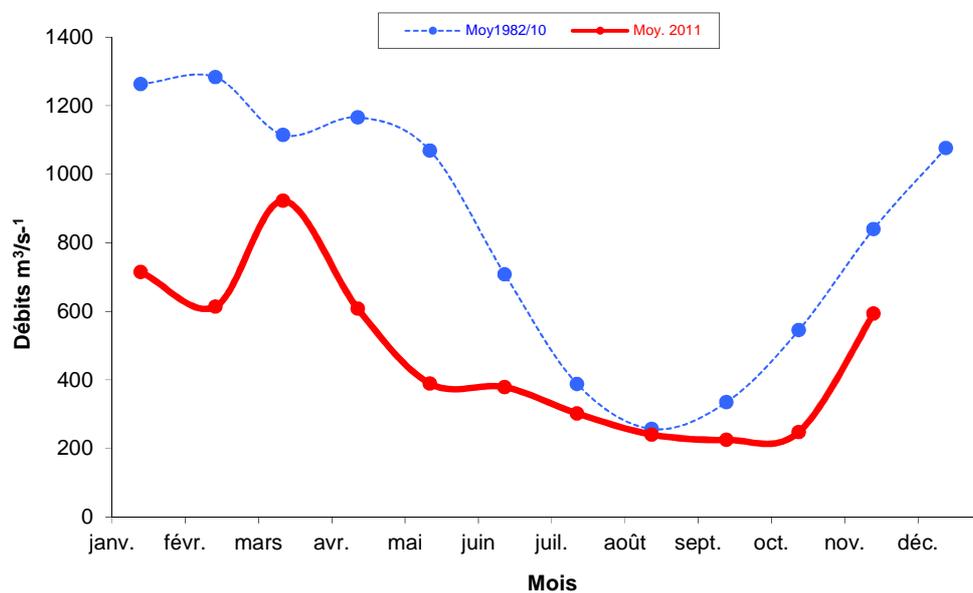
Par rapport à la moyenne 1982/2010, les débits 2011 sont :

- nettement déficitaires de janvier à début mars,
- excédentaires à la deuxième décennie de mars (principale mini-crue de l'année avec un pic maximum de l'année de 2439 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> le 18/03)
- déficitaires du début de la 2<sup>ème</sup> décennie mars jusqu'à fin octobre, à l'exception de la dernière décennie de juillet (2011 légèrement excédentaire)
- excédentaires à la première décennie de novembre (deuxième mini-crue de la l'année, pic de 1929 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> le 8/11/11),
- déficitaires jusqu'à la fin de l'année. (**Figure 2 2 et Figure 2-3**).

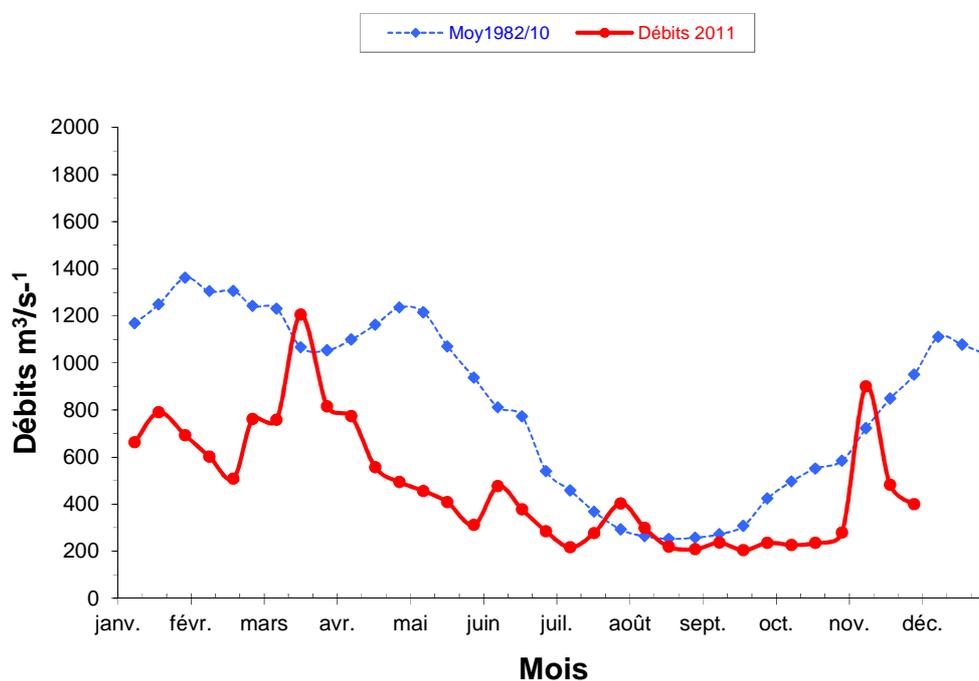
L'année 2011, semblable à 2010, est considérée comme une année sèche. L'absence quasi-totale de crue, en plus de l'étiage prononcé, rend l'ensemble de l'année très déficitaire. Les mini-crues de mi-mars et début novembre, de par leur modération, ne suffisent pas à provoquer l'éjection totale du bouchon vaseux en mer.

### Synthèse 2011 :

Le débit annuel moyen s'établit à 477 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, soit 38% de moins que la moyenne de 2010 (778 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>). Cela équivaut à un déficit de 359 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> par rapport à la moyenne des valeurs annuelles de la période 1982-2010 (836 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>). En plus de la durée de l'étiage, de début juillet à la fin de l'année, l'absence de crue hivernale confère le caractère de sécheresse à l'année 2011. Les mini-crues les plus importantes de l'année se produisent en deuxième décennie de mars et en première décennie de novembre, avec des pics instantanés relativement faibles de 2439 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> et de 1929 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> respectivement.



**Figure 2-2 : Débits mensuels moyens de la Gironde en 2011**



**Figure 2-3: Débits moyens de la Gironde par périodes de 10 jours en 2011**

### 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)

0,52 °C et 2,00 °C en surface

0,58 °C et 1,85 °C au fond.

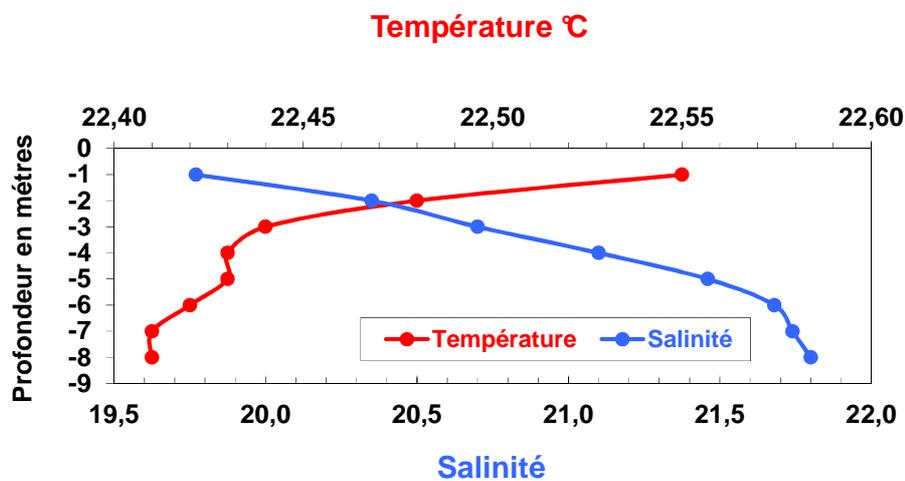
L'écart maximum : 2,00 °C en surface le 21 juin, la température moyenne étant de 20,82 °C. et le débit de 377 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

1,85 °C au fond le 17 août, la température moyenne étant de 23,18 °C et le débit de 236 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

L'écart minimum : 0,52 °C en surface le 26 juillet, la température moyenne étant de 19,92 °C et le débit de 307 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

0,58 °C au fond le 26 juillet également, la température moyenne au fond étant de 19,73 °C.

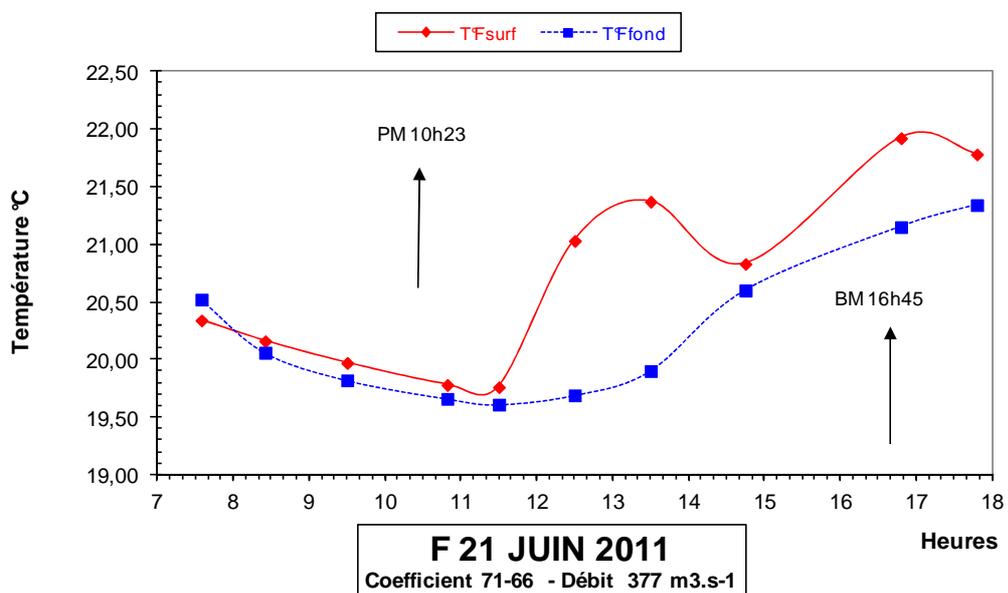
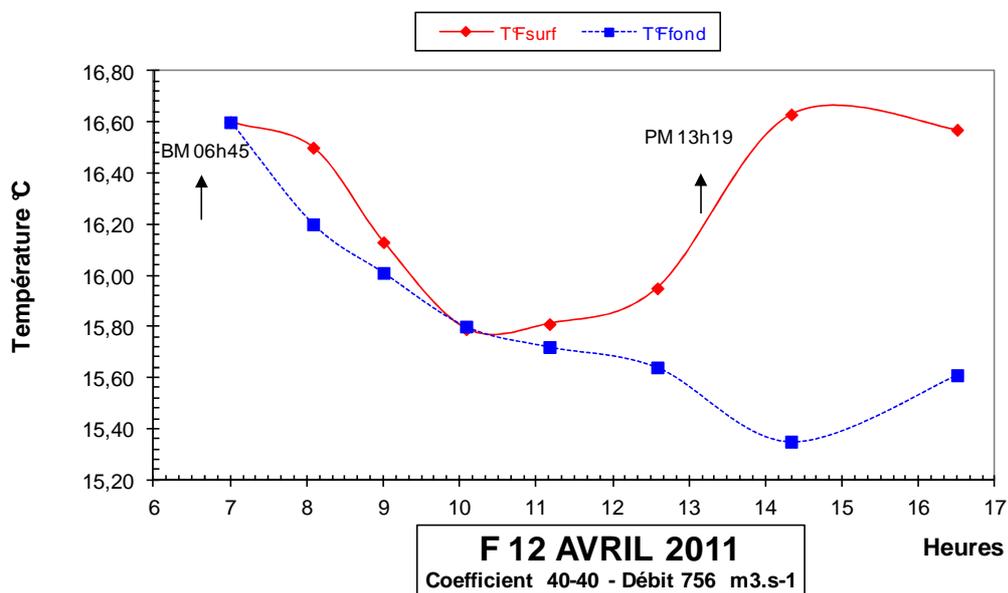
En été, au moment de l'intrusion saline maximale (PM), le gradient de température est très marqué de la surface au fond ; et ceci, car les eaux marines sont plus fraîches que les eaux continentales. (**Figure 3-1 et Figure 3-2**).



**Figure 3-1 : Evolution des gradients de température et de salinité au point F (PK 67) le 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 F2011								
DATES		Minimum absolu	Maximum absolu	Ecart	Moyenne de la marée	Ecart maxi sur tranche d'eau	Coefficient	Qfl m <sup>3</sup> /s-1 (moyenne des 10j.précédents)
<b>12-avr</b>	S	15,79	16,63	0,84	<b>16,40</b>	1,28	40	756
	F	15,35	16,60	1,25	<b>15,85</b>			
<b>24-mai</b>	S	20,11	21,05	0,94	<b>20,50</b>	1,26	49-45	384
	F	19,20	20,34	1,14	<b>19,86</b>			
<b>21-juin</b>	S	19,78	21,78	<b>2,00</b>	<b>20,82</b>	<b>1,46</b>	66-62	377
	F	19,66	21,45	1,79	<b>20,38</b>			
<b>26-juil</b>	S	19,73	20,25	<b>0,52</b>	<b>19,92</b>	0,39	36-39	307
	F	19,47	20,05	<b>0,58</b>	<b>19,73</b>			
<b>17-août</b>	S	<b>22,55</b>	<b>24,33</b>	1,78	<b>23,27</b>	0,17	84-81	236
	F	<b>22,41</b>	<b>24,26</b>	<b>1,85</b>	<b>23,18</b>			
<b>20-sept</b>	S	20,17	21,35	1,18	<b>20,90</b>	0,13	40-35	203
	F	20,04	21,32	1,28	<b>20,82</b>			
<b>13-oct</b>	S	18,67	19,34	0,67	<b>19,06</b>	0,21	84-83	227
	F	18,67	19,28	0,61	<b>19,01</b>			
<b>07-nov</b>	S	<b>14,86</b>	<b>15,65</b>	0,79	<b>15,16</b>	0,08	59-63	494
	F	<b>14,78</b>	<b>15,58</b>	0,80	<b>15,13</b>			
Mini S	S	<b>14,86</b>	<b>15,65</b>	<b>0,52</b>	<b>15,16</b>	<b>0,08</b>		
Mini F	F	<b>14,78</b>	<b>15,58</b>	<b>0,58</b>	<b>15,13</b>			
Maxi S	S	<b>22,55</b>	<b>24,33</b>	<b>2,00</b>	<b>23,27</b>	<b>1,46</b>		
Maxi F	F	<b>22,41</b>	<b>24,26</b>	<b>1,85</b>	<b>23,18</b>			



**Figure 3-2 : Evolution des températures de l'eau au cours d'une marée au point F (PK 67) en 2011**

**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) :

0,33° C et 1,84 °C en surface

0,23° C et 0,71 °C au fond.

L'écart maximum : 1,84 °C en surface le 22 septembre, la température moyenne étant de 21,27 °C et le débit de 208 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

0,71 °C au fond le 8 novembre, la température moyenne étant 15,30°C et le débit de 600 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

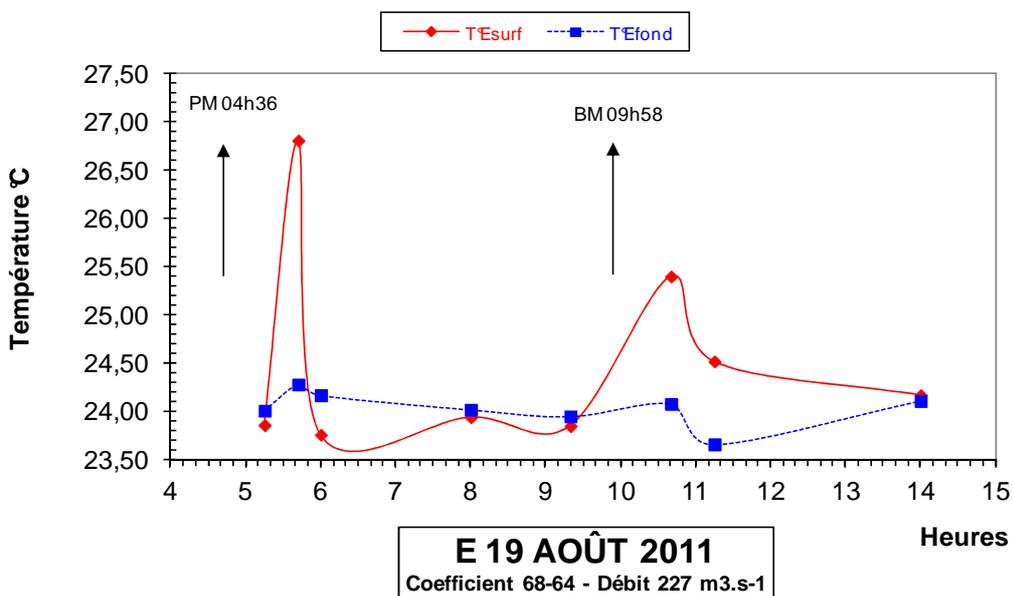
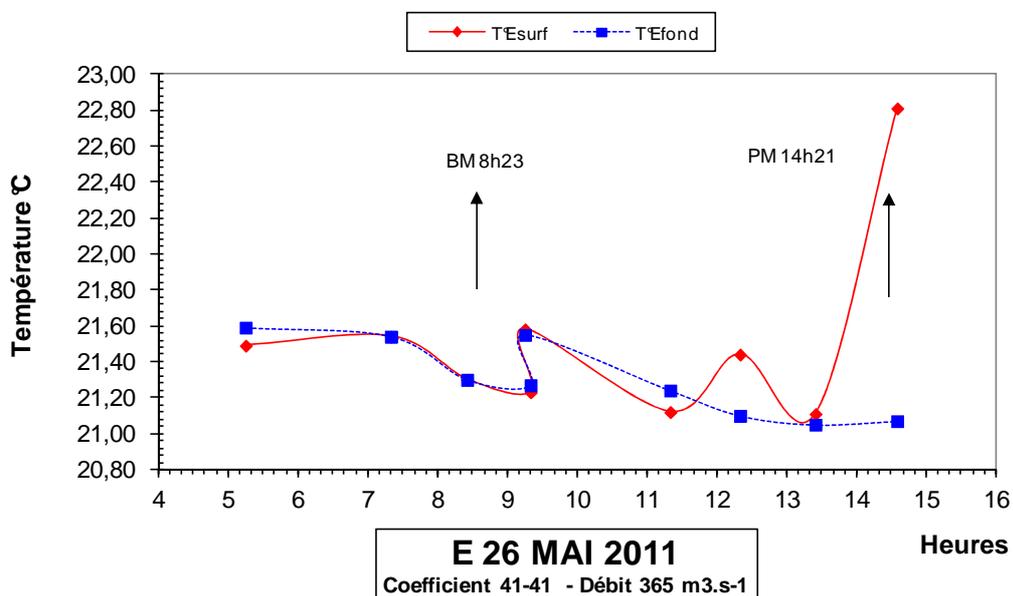
L'écart minimum : 0,33 °C en surface le 11 octobre, la température moyenne étant de 19,61 °C. et le débit de 226 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

0,23 °C au fond le 23 juin, la température moyenne étant de 21,24° C, et le débit de 348 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

La figure établie avec les mesures principales et les mesures intermédiaires effectuées d'heure en heure pendant toute la marée (**Figure 3-3**) montre que les températures les plus élevées sont souvent observées en surface aux étales de pleine mer et de basse mer (dans tous les cas, sauf le BM du 26 mai 2011).

**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 E2011								
DATES		Minimum absolu	Maximum absolu	Ecart	Moyenne de la marée	Ecart maxi sur tranche d'eau	Coefficient	Qfl m <sup>3</sup> /s-1 (moyenne des 10j.précédents)
14-avr	S	16,11	16,71	0,60	16,34	0,36	55-63	701
	F	16,04	16,35	0,31	16,20			
26-mai	S	21,12	22,81	1,69	21,66	1,74	41-41	365
	F	21,07	21,50	0,43	21,28			
23-juin	S	20,91	22,26	1,35	21,48	0,94	48-45	348
	F	21,10	21,33	0,23	21,24			
28-juil	S	21,07	22,37	1,30	21,48	0,96	56-62	311
	F	20,93	21,41	0,48	21,20			
19-août	S	23,86	25,40	1,54	24,34	1,65	68-64	227
	F	23,75	24,11	0,36	23,97			
22-sept	S	20,69	22,53	1,84	21,27	1,45	31-34	208
	F	20,86	21,18	0,32	21,03			
11-oct	S	19,40	19,73	0,33	19,61	0,04	81-83	226
	F	19,43	19,69	0,26	19,60			
08-nov	S	14,80	15,38	0,58	15,21	0,23	67-70	600
	F	14,82	15,53	0,71	15,30			
Mini S	S	14,80	15,38	0,33	15,21	0,04		
Mini F	F	14,82	15,53	0,23	15,30			
Maxi S	S	23,86	25,40	1,84	24,34	1,74		
Maxi F	F	23,75	24,11	0,71	23,97			



**Figure 3-3 : Evolution des températures de l'eau au cours d'une marée au point E (PK 52) en 2011**

**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) :

0,22 °C et 1,06 °C en surface

0,17 °C et 0,81 °C au fond.

L'écart maximum : 1,06 °C en surface le 9 novembre, la température moyenne étant de 13,95 °C et le débit de 759 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

0,81 °C au fond le même jour (9 novembre), la température moyenne au fond étant de 14,14.

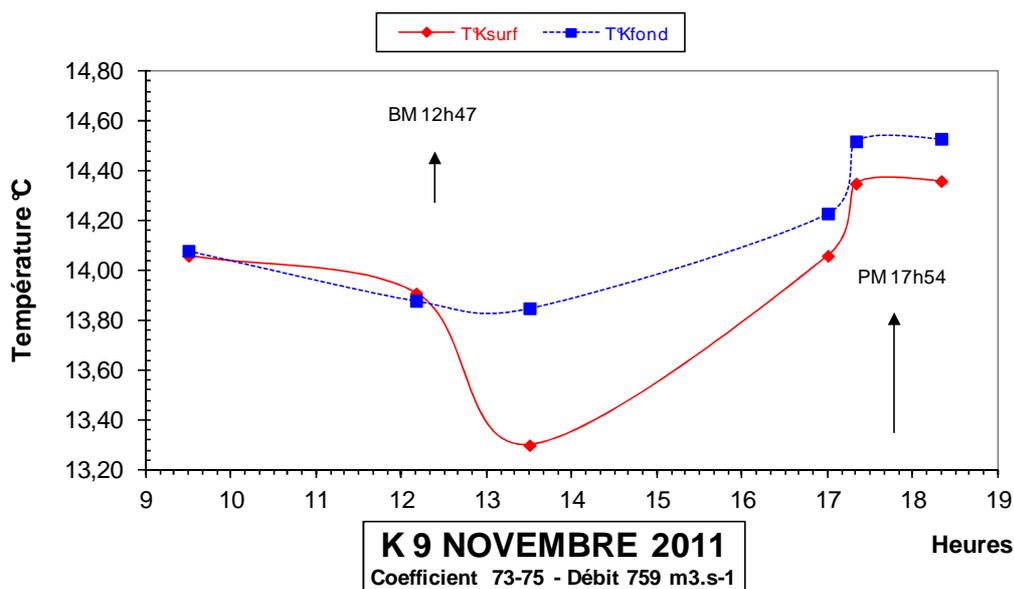
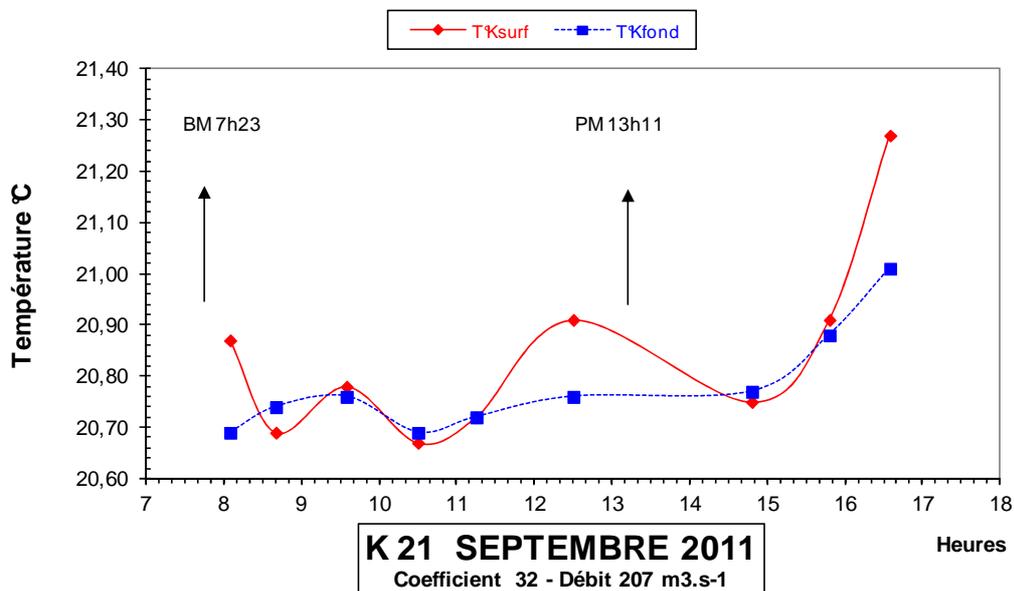
L'écart minimum : 0,22 °C en surface le 12 octobre, la température moyenne étant de 19,11 °C, et les débits de 225 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

0,17 °C au fond le 18 août, la température moyenne étant de 24,08 °C et les débits de 234 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

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 toujours, suivant les moments, une inversion des températures, celles du fond devenant légèrement plus élevées que celles de la surface (quelques dixièmes de degré seulement).

**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 K2011								
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)
13-avr	S	15,89	16,24	0,35	<b>16,04</b>	0,12	43-48	725
	F	15,89	16,36	0,47	<b>16,08</b>			
25-mai	S	21,12	21,78	0,66	<b>21,38</b>	0,06	43	375
	F	21,11	21,74	0,63	<b>21,35</b>			
22-juin	S	21,20	21,47	0,27	<b>16,66</b>	0,04	57-53	363
	F	21,20	21,51	0,31	<b>16,64</b>			
27-juil	S	20,33	20,75	0,42	<b>20,48</b>	0,11	44-49	294
	F	20,34	20,64	0,30	<b>20,45</b>			
18-août	S	23,96	24,23	0,27	<b>24,05</b>	0,10	77-73	234
	F	24,00	24,17	0,17	<b>24,08</b>			
21-sept	S	20,67	21,27	0,60	<b>20,89</b>	0,28	32	207
	F	20,67	20,99	0,32	<b>20,78</b>			
12-oct	S	19,00	19,22	0,22	<b>19,11</b>	0,16	84-84	225
	F	18,91	19,38	0,47	<b>19,11</b>			
09-nov	S	13,30	14,36	1,06	<b>13,95</b>	0,42	73-75	759
	F	13,72	14,53	0,81	<b>14,14</b>			
Mini S	S	13,30	14,36	0,22	<b>13,95</b>	0,04		
Mini F	F	13,72	14,53	0,17	<b>14,14</b>			
Maxi S	S	23,96	24,23	1,06	<b>24,05</b>	0,42		
Maxi F	F	24,00	24,17	0,81	<b>24,08</b>			



**Figure 3-4 : Evolution des températures de l'eau au cours d'une marée au Point K (PK 30) en 2011**

### 3.1.2. Variations spatio-temporelles

#### **Point F - PK 67 (Figure 3 5)**

Les températures moyennes, entre avril et novembre 2011 ont évolué :

de 15,16 °C le 07 novembre  
à 23,27 °C le 17 août en surface  
et de 15,13 °C le 07 novembre  
à 23,18 °C le 17 août au fond

Les températures maximales relevées sont :

24,33 °C le 17 août en surface  
24,26 °C le 17 août au fond

Les températures minimales relevées sont :

14,86 °C le 07 novembre en surface  
14,78 °C le 07 novembre au fond

#### **Point E-PK 52 (Figure 3 5)**

Les températures moyennes, entre avril et novembre 2011 ont évolué :

de 16,34 °C le 14 avril  
à 24,34 °C le 19 août en surface  
et de 16,20 °C le 14 avril  
à 23,97 °C le 19 août au fond

Les températures maximales relevées sont :

25,40 °C le 19 août en surface  
24,11 °C le 19 août au fond

Les températures minimales relevées sont :

16,11 °C le 14 avril en surface  
16,04 °C le 14 avril au fond

#### **Point K-PK 30 (Figure 3 5)**

Les températures moyennes, entre avril et novembre 2011 ont évolué :

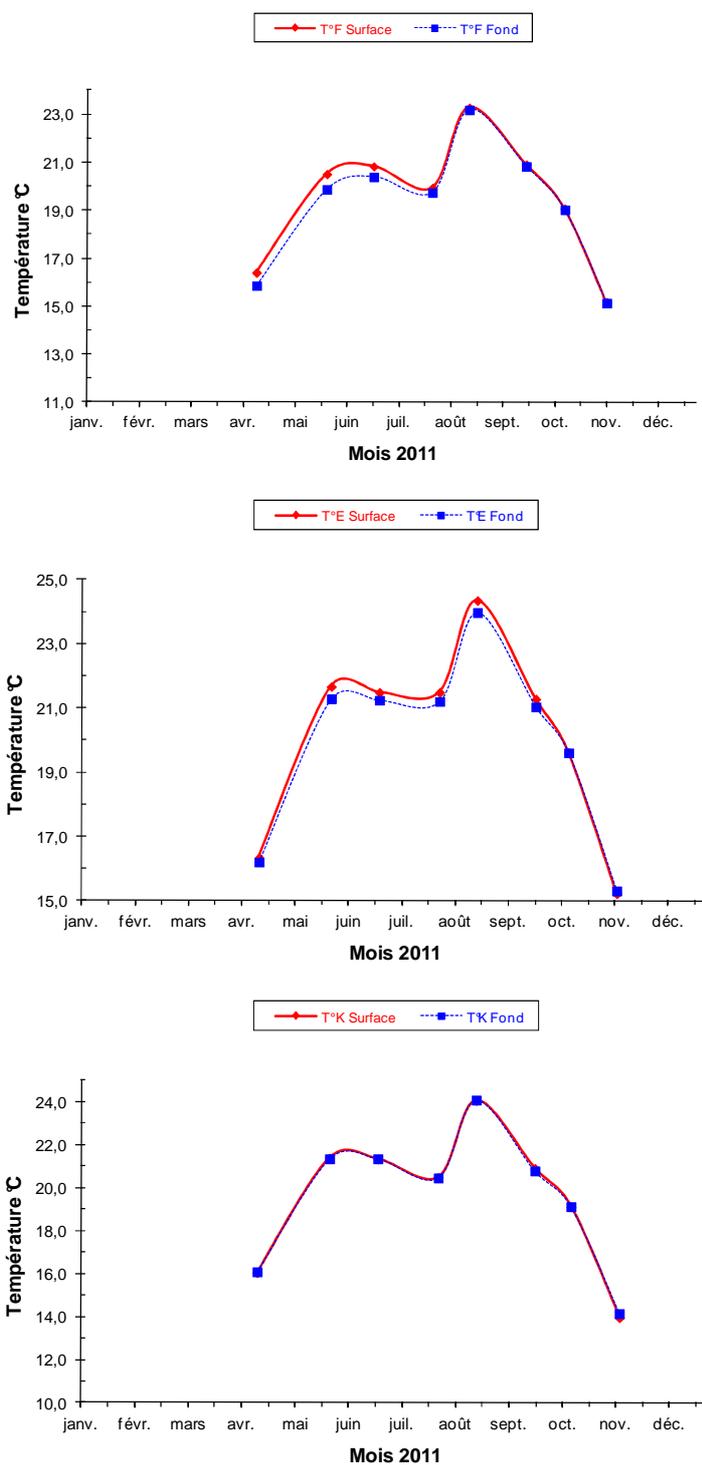
de 13,95 °C le 09 novembre  
à 24,05 °C le 18 août en surface  
et de 14,14 °C le 09 novembre  
à 24,08 °C le 18 août au fond

Les températures maximales relevées sont :

24,23 °C le 18 août en surface  
24,17 °C le 18 août au fond

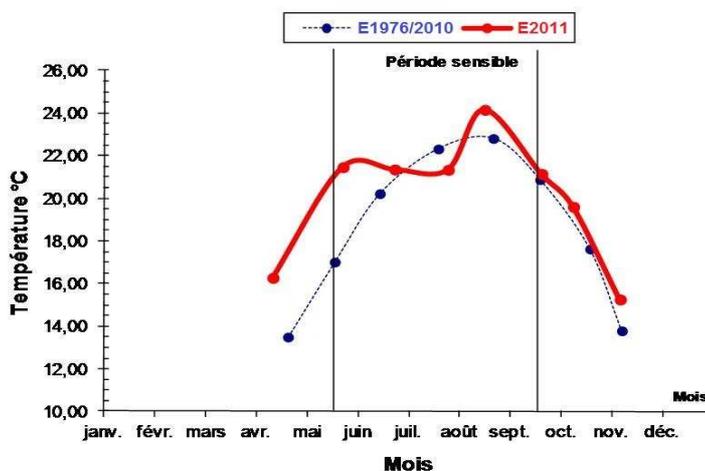
Les températures minimales relevées sont :

13,30 °C le 09 novembre en surface  
13,72 °C le 09 novembre au fond

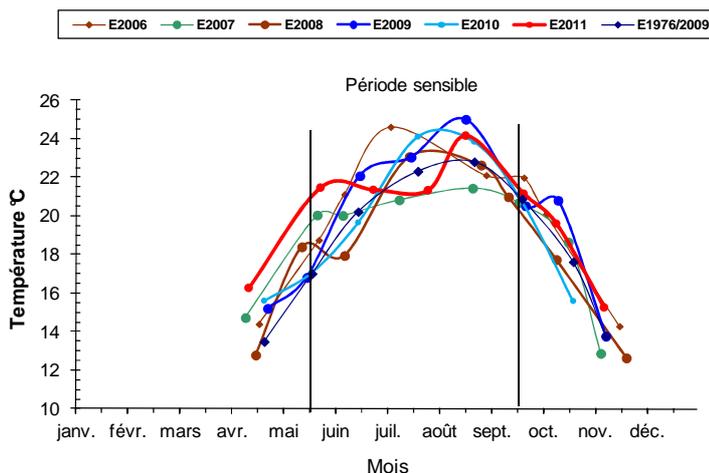


**Figure 3-5 : Variations des températures moyennes de l'eau aux Points F,E,K en 2011**

Par rapport à la moyenne 1976/2010 (**Figure 3-6**) la température moyenne en 2011 est supérieure tout au long de la période allant d'avril à novembre, à l'exception du mois de juillet, à cause d'une sensible augmentation du débit fluvial à cette période, qui a fait chuter la température au point E. La comparaison des cinq dernières années (**Figure 3-7**), montre que la première moitié de l'année 2011 (avril et mai) est la plus chaude. Ensuite, pendant la deuxième moitié de la période sensible, les températures mensuelles moyennes des eaux sont dans la moyenne. 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 2010 et en 2011**



**Figure 3-7 : Variations des températures mensuelles moyennes de l'eau au point E (PK 52) en 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 et 2011**

### 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 réchauffement 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 M.E.. 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 ré augmente alors que celle de l'eau diminue encore (-0,2 °C) malgré un minimum absolu record de 24° C près du fond au 1<sup>er</sup> 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, et surtout en été, a été élevée.

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, puis une stabilisation en 2009.

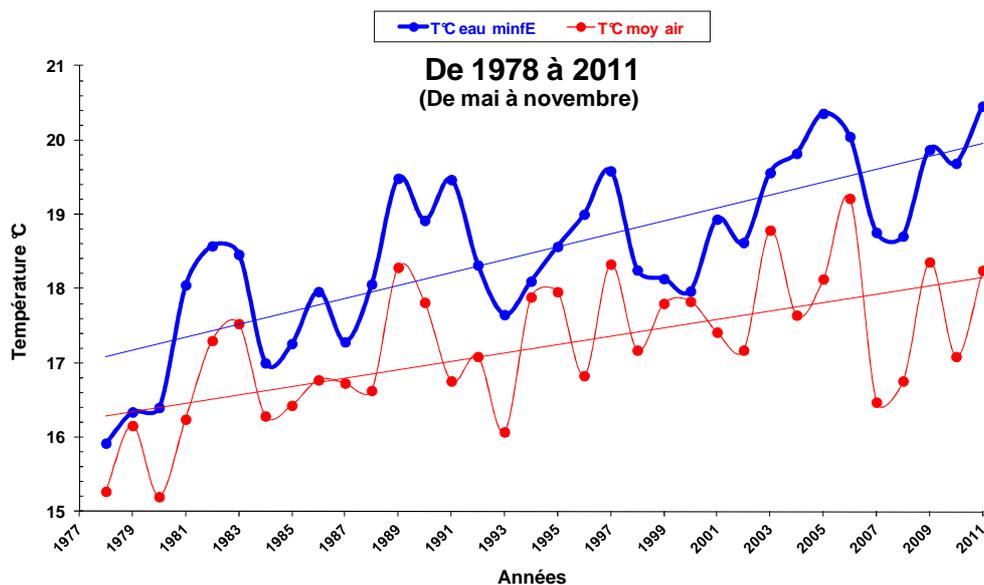
La comparaison des températures eau-air (**Figure 3-8**) révèle qu'il y a élévation de la température de l'eau près du fond (de 0,54°C) et de celle de l'air (de 0,49°C) par rapport à 2004. Notons 3 périodes chaudes (1981, 1982, 1983), (1989, 1990, 1991), 1997 et que (2003, 2004, 2005, 2006) est la 4ème période en cours.

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**, pour le point E, on a établi des corrélations entre les températures moyennes de l'air et de l'eau de l'estuaire. Lorsqu'on examine la période 1978-2009, on note une assez bonne corrélation (**A**). Cette corrélation devient meilleure, si on fait abstraction des 8 années qui s'écartent le plus de la droite de corrélation linéaire (**B**). Les raisons pour lesquelles ces valeurs s'écartent autant de la première droite de régression ne sont pas clairement établies. Pour 1978 et 1979, l'explication réside vraisemblablement dans l'absence de mesure de température 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 régional (durée et intensité plus marquées des étiages en milieu fluvial Garonne-Dordogne).

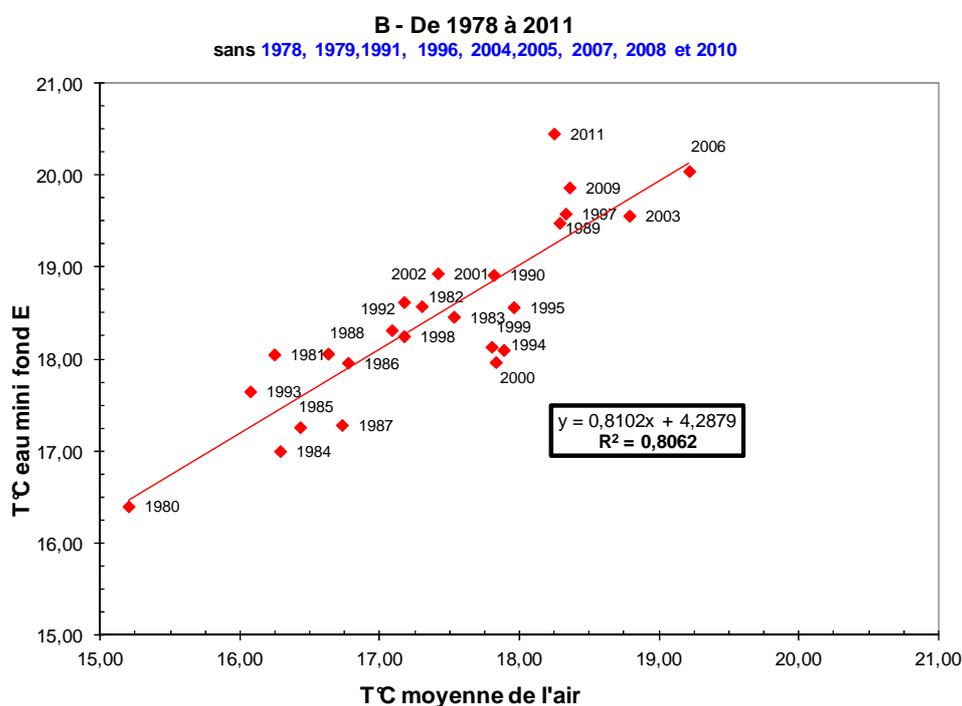
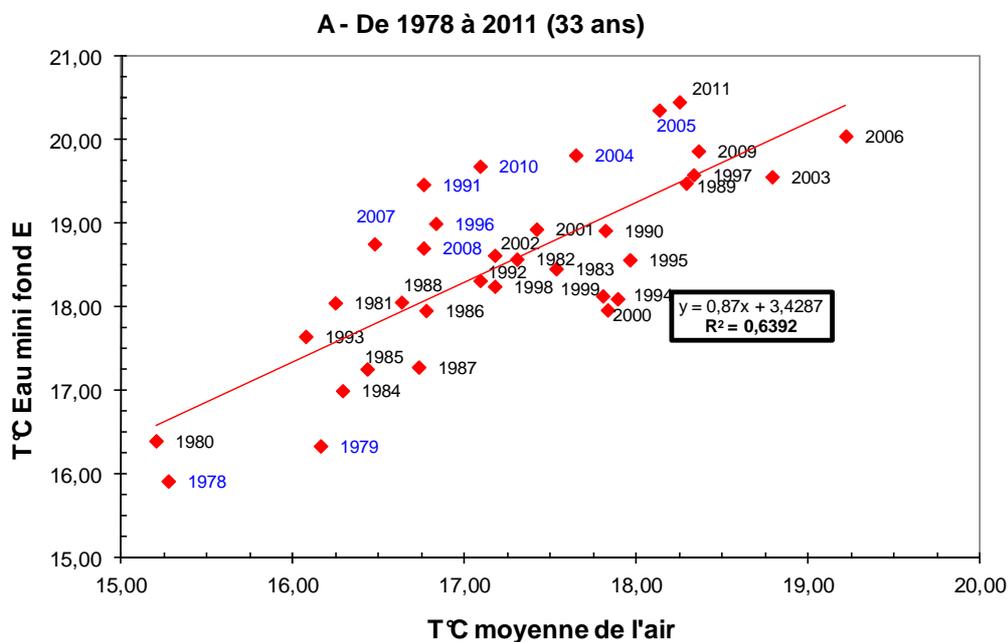
On notera qu'en 2011, la température de l'air n'est pas la plus élevée, mais la température de l'eau est la plus élevée jamais enregistrée.



**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 1978-2011 (de mai à novembre)**

#### Synthèse 2011 :

La température moyenne des eaux de l'estuaire pour la période d'avril à novembre 2011 est supérieure, à l'exception du mois de juillet, à celle de la période 1976-2010. La comparaison des cinq dernières années montre que la première moitié de l'année 2011 (avril et mai) est la plus chaude. Ensuite, pendant la deuxième moitié de la période sensible, les températures mensuelles moyennes des eaux sont dans la moyenne générale. Les températures maximales relevées en surface sont de 24,33 °C au point F (pK 67), 25,40 °C au point E (pK 52) et 24,23 °C au point K (pK 30).



**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 2011)**

**B (de 1980 à 2011 sans 1991, 1996, 2004, 2005, 2007, 2008 et 2010)**

## 3.2. Salinité

### 3.2.1. Variation au cours de la marée

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 : 4,33 (12 avril) (Coef 40) (Débit  $756 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )  
 et 7,33 (21 juin) (Coef 66-62) (Débit  $384 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )  
 au fond entre : 6,48 (13 octobre) (Coef 84-83) (Débit  $227 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )  
 et 8,71 (24 mai) (Coef 49-45) (Débit  $384 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )

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

en surface entre : 2,70 (22 sept) (Coef 31-34) (Débit  $208 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )  
 et 5,03 (08 nov) (Coef 67-70) (Débit  $600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )  
 au fond entre : 3,28 (22 sept) (Coef 31-34) (Débit  $208 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )  
 et 5,47 (08 nov) (Coef 67-70) (Débit  $600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )

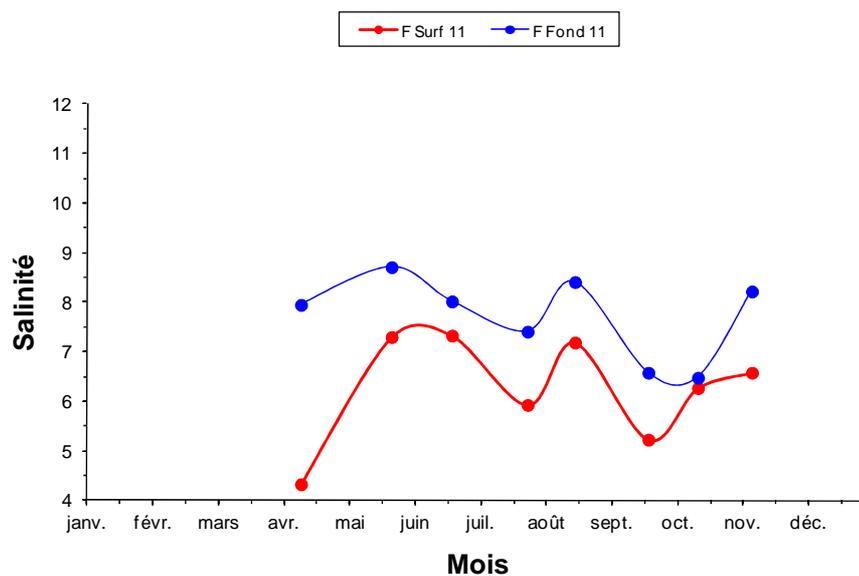
#### **Au Point K (Tableau 3 6, Figure 3 14)**

en surface entre : 1,16 (13 avril) (Coef 43-48) (Débit  $725 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )  
 et 5,34 (12 octobre) (Coef 84-84) (Débit  $225 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )  
 au fond entre : 1,87 (13 avril) (Coef 43-48) (Débit  $725 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )  
 et 5,39 (12 octobre) (Coef 84-84) (Débit  $225 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )

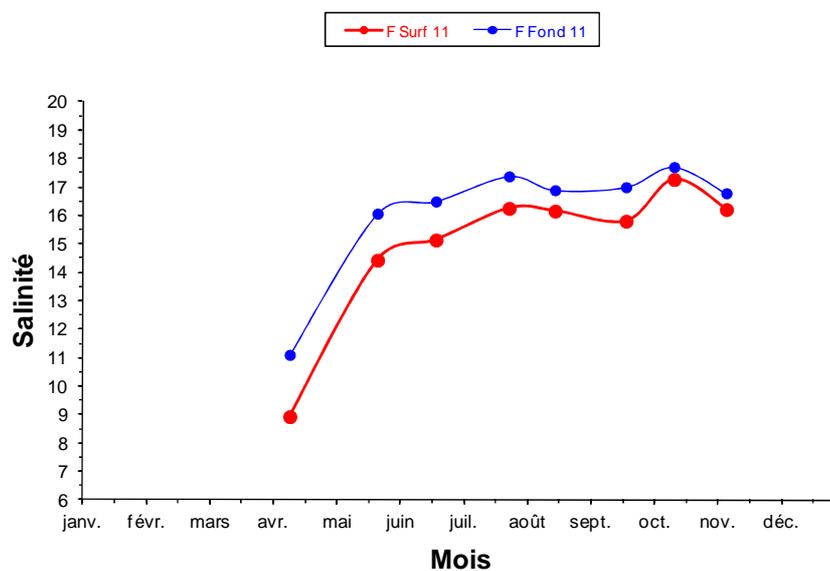
Comme toujours, les salinités les plus fortes ont été relevées au voisinage de la pleine mer près du fond et les salinités les plus faibles à l'étale de basse mer en surface. Comme 2009 et 2010, du fait des conditions climatiques, 2011 est une année sèche, les salinités sont donc fortes et nettement supérieures dès le printemps, et pendant l'été.

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

VI-T4								
POINT F PK 67								
SALINITES								
ANNEE								
F2011								
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)
12-avr	S	6,54	10,87	4,33	8,93	4,10	40	756
	F	7,02	14,97	7,95	11,10			
24-mai	S	10,96	18,26	7,30	14,43	2,19	49-45	384
	F	11,74	20,45	8,71	16,06			
21-juin	S	11,77	19,10	7,33	15,14	3,79	66-62	377
	F	12,41	20,43	8,02	16,49			
26-juil	S	13,43	19,36	5,93	16,25	2,70	36-39	307
	F	14,47	21,88	7,41	17,37			
17-août	S	12,58	19,77	7,19	16,15	2,03	84-81	236
	F	13,39	21,80	8,41	16,89			
20-sept	S	13,88	19,11	5,23	15,80	2,35	40-35	203
	F	14,12	20,70	6,58	16,99			
13-oct	S	14,76	21,03	6,27	17,27	1,33	84-83	227
	F	14,95	21,43	6,48	17,70			
07-nov	S	13,32	19,90	6,58	16,21	1,67	59-63	494
	F	13,35	21,57	8,22	16,78			
Mini S	S	6,54	10,87	4,33	8,93	1,33		
Mini F	F	7,02	14,97	6,48	11,10			
Maxi S	S	14,76	21,03	7,33	17,27	4,10		
Maxi F	F	14,95	21,88	8,71	17,70			



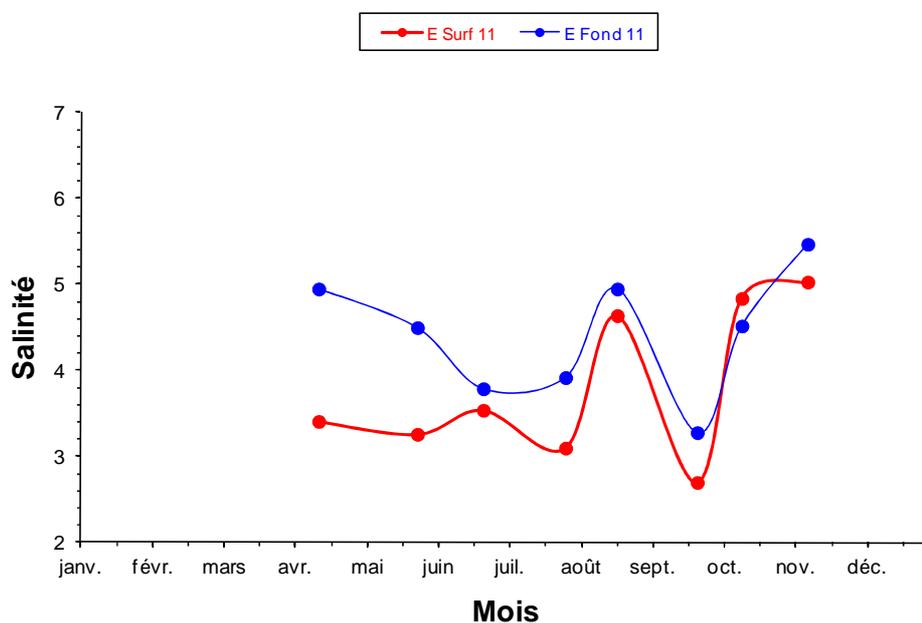
**Figure 3-10 : Variations des écarts de salinité au cours de la marée au point F (PK 67) en 2011**



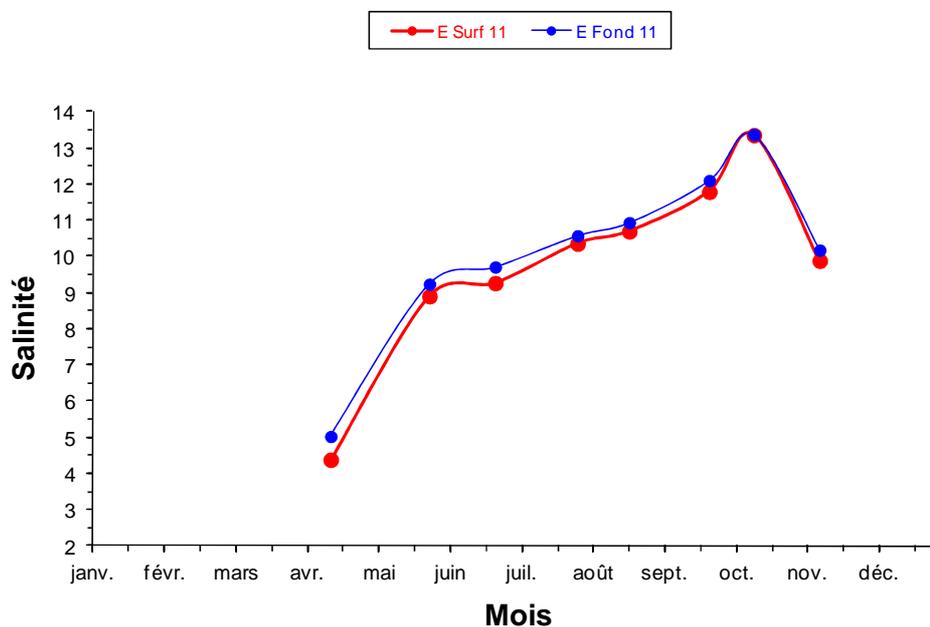
**Figure 3-11 : Variations mensuelles des salinités moyennes au point F (PK 67) en 2011**

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

VI-5 POINT E PK 52 SALINITES								
ANNEE E2011								
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)
14-avr	S	2,24	5,65	3,41	4,39		55-63	701
	F	2,62	7,57	4,95	5,03	1,92		
26-mai	S	6,95	10,21	3,26	8,91	1,23	41-41	365
	F	6,94	11,44	4,50	9,24			
23-juin	S	7,18	10,72	3,54	9,27	1,04	48-45	348
	F	7,54	11,33	3,79	9,72			
28-juil	S	8,48	11,58	3,10	10,36	0,82	56-62	311
	F	8,48	12,40	3,92	10,58			
19-août	S	8,20	12,84	4,64	10,70	0,56	68-64	227
	F	8,45	13,40	4,95	10,94			
22-sept	S	10,17	12,87	2,70	11,80	0,62	31-34	208
	F	10,21	13,49	3,28	12,11			
11-oct	S	10,74	15,58	4,84	13,36	0,44	81-83	226
	F	11,04	15,56	4,52	13,38			
08-nov	S	7,00	12,03	5,03	9,89	0,89	67-70	600
	F	7,45	12,92	5,47	10,18			
Mini S	S	2,24	5,65	2,70	4,39	0,44		
Mini F	F	2,62	7,57	3,28	5,03			
Maxi S	S	10,74	15,58	5,03	13,36	1,92		
Maxi F	F	11,04	15,56	5,47	13,38			



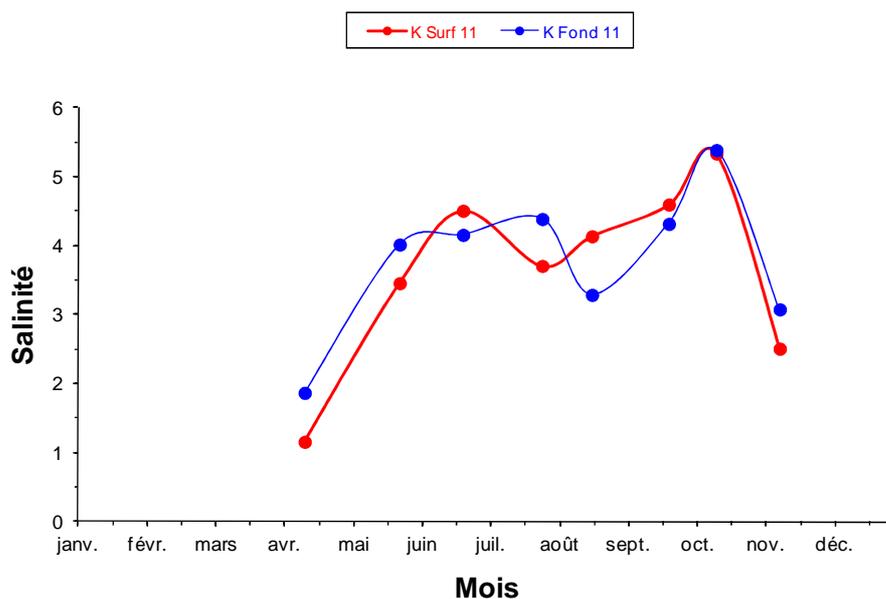
**Figure 3-12 : Variations des écarts de salinité au cours de la marée au point E (PK 52) en 2011**



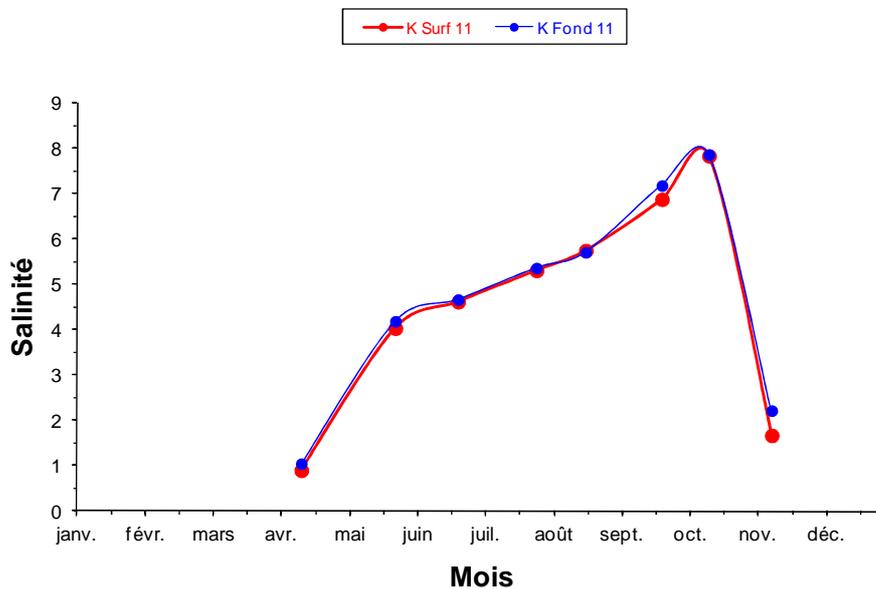
**Figure 3-13 : Variations mensuelles des salinités moyennes au point E (PK 52) en 2011**

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

VI-6								
POINT K PK 30								
SALINITES								
ANNEE K2011								
DATES		Minimum absolu	Maximum absolu	Ecart	Moyenne de la marée	Ecart maxi sur tranche d'eau	Coefficient	Qfi m <sup>3</sup> /s-1 (moyenne des 10j.précédents)
13-avr	S	0,31	1,47	1,16	0,91	0,71	43-48	725
	F	0,31	2,18	1,87	1,05			
25-mai	S	2,07	5,53	3,46	4,04	0,61	43	375
	F	2,12	6,14	4,02	4,20			
22-juin	S	1,77	6,28	4,51	4,63	0,45	57-53	363
	F	2,22	6,38	4,16	4,67			
27-juil	S	3,13	6,84	3,71	5,32	0,47	44-49	294
	F	2,92	7,31	4,39	5,37			
18-août	S	3,34	7,48	4,14	5,76	0,54	77-73	234
	F	3,88	7,17	3,29	5,72			
21-sept	S	3,97	8,57	4,60	6,89	0,72	32	207
	F	4,69	9,01	4,32	7,19			
12-oct	S	4,86	10,20	5,34	7,84	0,28	84-84	225
	F	5,01	10,40	5,39	7,87			
09-nov	S	0,38	2,89	2,51	1,68	1,09	73-75	759
	F	0,90	3,98	3,08	2,22			
Mini S	S	0,31	1,47	1,16	0,91	0,28		
Mini F	F	0,31	2,18	1,87	1,05			
Maxi S	S	4,86	10,20	5,34	7,84	1,09		
Maxi F	F	5,01	10,40	5,39	7,87			



**Figure 3-14 : Variations des écarts de salinité au cours de la marée au point K (PK 30) en 2011**



**Figure 3-15 : Variations mensuelles des salinités moyennes au point K (PK 30) en 2011**

### 3.2.2. Variations spatio-temporelles

Les salinités moyennes relevées au cours de l'année 2011 ont évolué :

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

en surface entre 8,93 (12 avril) et 17,27 (12 octobre)  
au fond entre 11,10 (12 avril) et 17,70 (12 octobre)

On relève les salinités minimales absolues le 12 avril :  
6,54 en surface et 7,02 au fond à basse mer.

On relève les salinités maximales absolues le 13 octobre en surface (21,03) et le 26 juillet au fond (21,88) à pleine mer.

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

en surface entre 4,39 (14 avril) et 13,36 (11 octobre)  
au fond entre 5,03 (14 avril) et 13,38 (11 octobre)

On relève les salinités minimales absolues le 14 avril :  
2,24 en surface et 2,62 au fond à basse mer.

On relève les salinités maximales absolues le 11 octobre :  
10,74 en surface et 11,04 au fond à pleine mer.

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

en surface entre 0,91 (13 avril) et 7,84 (12 octobre)  
au fond entre 1,05 (13 avril) et 7,87 (12 octobre)

On relève les salinités minimales absolues le 13 avril :  
0,31 en surface et 0,31 au fond à basse mer.

On relève les salinités maximales absolues le 12 octobre :  
4,86 en surface et 5,01 au fond à pleine mer.

L'évolution pluriannuelle des salinités aux Points F-E-K est indiquée dans le tableau ci-après.

En 2011, on relève aux 3 points, les plus grandes variations de salinités aux périodes indiquées ci-après :

Salinités	Point F	Point E	Point K
minimales	12 avril	14 avril	13 avril
maximales	13 octobre	11 octobre	12 octobre
moyennes maxi	13 octobre	11 octobre	12 octobre

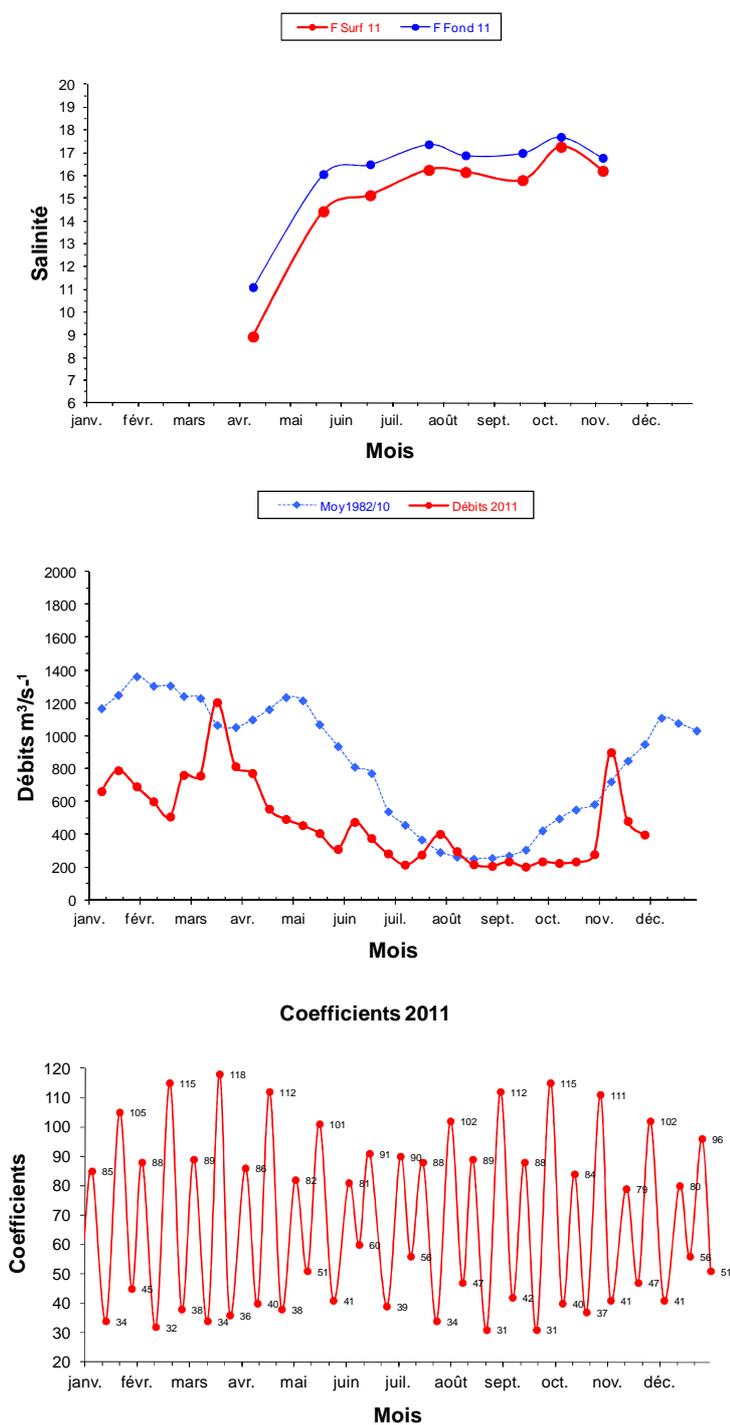
Les variations pluriannuelles de salinités<sup>24</sup> sont présentées dans le **tableau 3-7** suivant :

**Tableau 3-7 : Variations pluriannuelles des salinités**

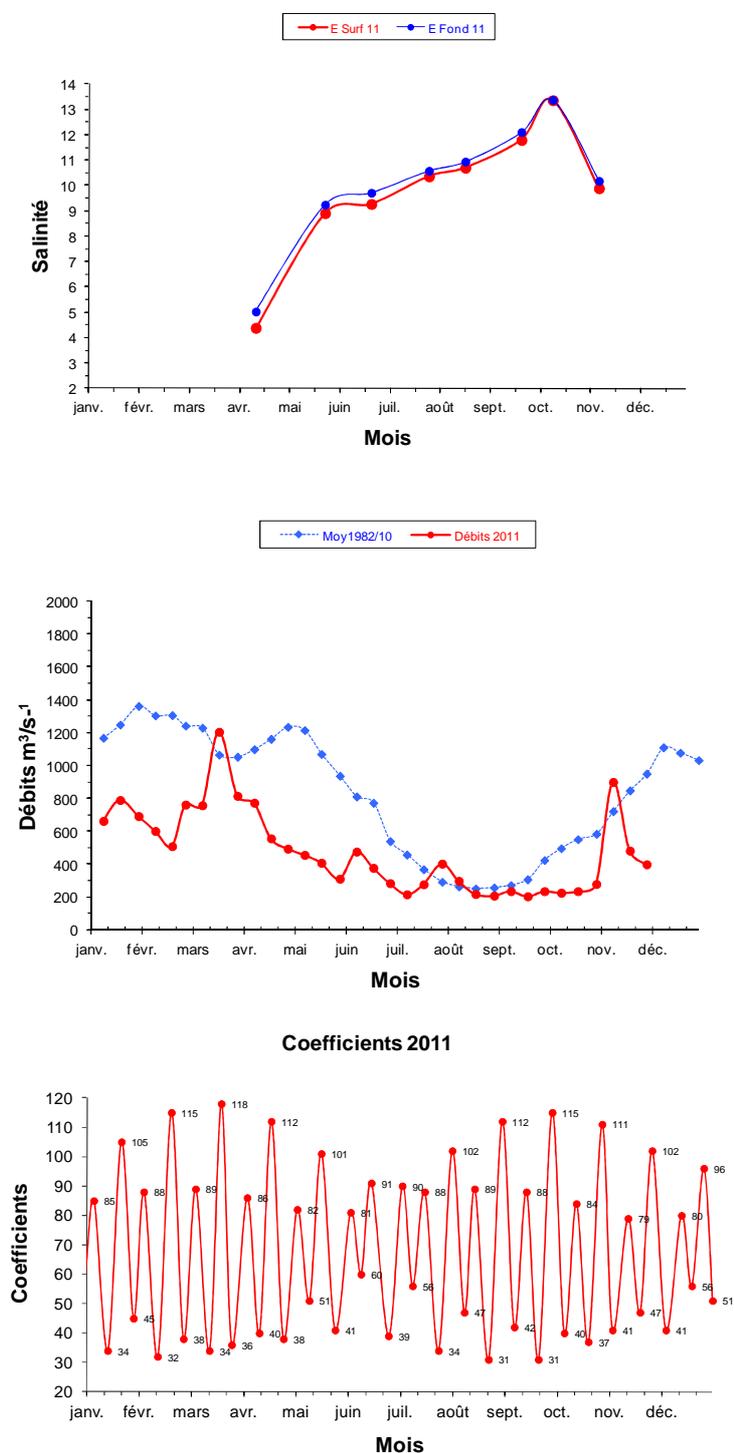
		SALINITES									
ANNEE		POINT 2		POINT F		POINT E		POINT J		POINT K	
		Max.abs.	Max.moy	Max.abs.	Max.moy	Max.abs.	Max.moy	Max.abs.	Max.moy	Max.abs.	Max.moy
1984	S	-	-	-	-	9,80	7,95	9,20	7,04	4,25	2,68
	F	-	-	-	-	10,10	8,38	12,90	8,62	4,42	2,82
1985	S	-	-	-	-	12,69	10,23	13,09	10,40	5,38	3,51
	F	-	-	-	-	13,39	10,58	13,89	10,93	5,40	3,47
1986	S	-	-	-	-	13,88	11,50	13,68	11,35	5,08	3,50
	F	-	-	-	-	14,85	12,15	14,94	11,75	5,52	3,73
1987	S	-	-	-	-	11,45	9,20	11,03	7,99	5,94	4,87
	F	-	-	-	-	12,37	9,44	12,86	8,88	6,97	5,11
1988	S	-	-	-	-	10,35	7,24	11,65	7,81	3,72	2,51
	F	-	-	-	-	11,62	8,00	14,86	10,03	3,85	2,57
1989	S	-	-	-	-	15,66	13,34	15,87	12,65	9,40	7,45
	F	-	-	-	-	16,23	14,22	16,75	13,55	8,90	7,51
1990	S	-	-	-	-	17,92	15,45	16,22	14,70	12,19	10,45
	F	-	-	-	-	19,08	15,75	18,27	15,09	12,72	11,01
1991	S	-	-	-	-	13,83	12,32	14,60	12,39	8,73	7,34
	F	-	-	-	-	15,30	12,80	15,49	12,93	9,64	7,90
1992	S	-	-	17,53	14,02	8,55	7,57	-	-	4,41	3,44
	F	-	-	18,69	14,78	10,03	7,99	-	-	4,90	3,53
1993	S	-	-	19,00	14,53	10,10	8,70	-	-	5,20	4,18
	F	-	-	19,60	15,03	11,60	9,28	-	-	5,90	4,43
1994	S	-	-	20,20	16,50	12,80	9,50	-	-	5,15	3,30
	F	-	-	21,50	18,00	13,50	9,90	-	-	5,15	3,50
1995	S	-	-	21,20	17,20	12,85	10,84	-	-	4,35	3,01
	F	-	-	22,30	20,33	15,20	11,80	-	-	4,40	3,14
1996	S	-	-	19,40	14,95	10,05	8,40	-	-	5,15	3,90
	F	-	-	21,50	15,53	11,30	8,84	-	-	5,15	3,85
1997	S	-	-	16,95	12,74	9,50	7,85	-	-	5,25	3,90
	F	-	-	17,50	13,88	10,30	8,08	-	-	5,25	4,00
1998	S	25,60	20,50	-	-	12,70	10,11	-	-	6,85	4,71
	F	26,50	21,15	-	-	13,85	10,48	-	-	6,80	4,94
1999	S	-	-	20,65	18,29	13,90	11,00	-	-	4,07	2,82
	F	-	-	22,35	19,68	15,20	11,37	-	-	4,12	2,99
2000	S	-	-	20,70	14,91	10,65	7,44	-	-	4,40	2,71
	F	-	-	22,40	16,58	11,43	8,03	-	-	4,30	2,90
2001	S	-	-	18,31	12,93	7,68	5,98	-	-	2,60	1,75
	F	-	-	20,04	15,49	8,53	6,36	-	-	2,90	1,82
2002	S	-	-	19,20	13,66	9,44	7,68	-	-	4,50	3,30
	F	-	-	20,75	14,84	10,41	8,15	-	-	4,37	3,22
2003	S	-	-	23,97	20,13	15,78	13,44	-	-	8,17	6,10
	F	-	-	29,98	21,77	17,11	14,02	-	-	7,85	5,95
2004	S	-	-	23,65	18,32	15,25	11,36	-	-	5,75	3,65
	F	-	-	24,45	18,74	15,50	11,71	-	-	5,87	3,78
2005	S	-	-	22,78	19,74	15,41	12,68	-	-	7,74	5,37
	F	-	-	25,80	23,04	16,00	12,82	-	-	7,55	5,62
2006	S	-	-	22,40	18,19	12,70	11,12	-	-	7,62	4,72
	F	-	-	23,60	19,22	13,66	11,47	-	-	6,87	3,75
2007	S	-	-	18,14	13,75	10,12	8,67	-	-	5,53	3,89
	F	-	-	21,15	17,52	10,52	8,85	-	-	5,45	3,81
2008	S	-	-	23,08	20,44	16,98	12,53	-	-	5,38	4,01
	F	-	-	23,97	21,83	17,41	13,21	-	-	5,83	4,10
2009	S	-	-	22,36	17,71	13,40	10,81	-	-	6,41	4,5
	F	-	-	23,88	18,99	14,25	11,02	-	-	7,09	4,66
2010	S	-	-	21,62	18,32	13,56	10,75	-	-	6,48	4,54
	F	-	-	23,50	19,38	13,90	11,07	-	-	6,59	4,51
2011	S	-	-	21,03	17,27	15,58	13,36	-	-	10,2	7,84
	F	-	-	21,88	17,70	15,56	13,38	-	-	10,4	7,87

Nous soulignons à nouveau la corrélation 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**).

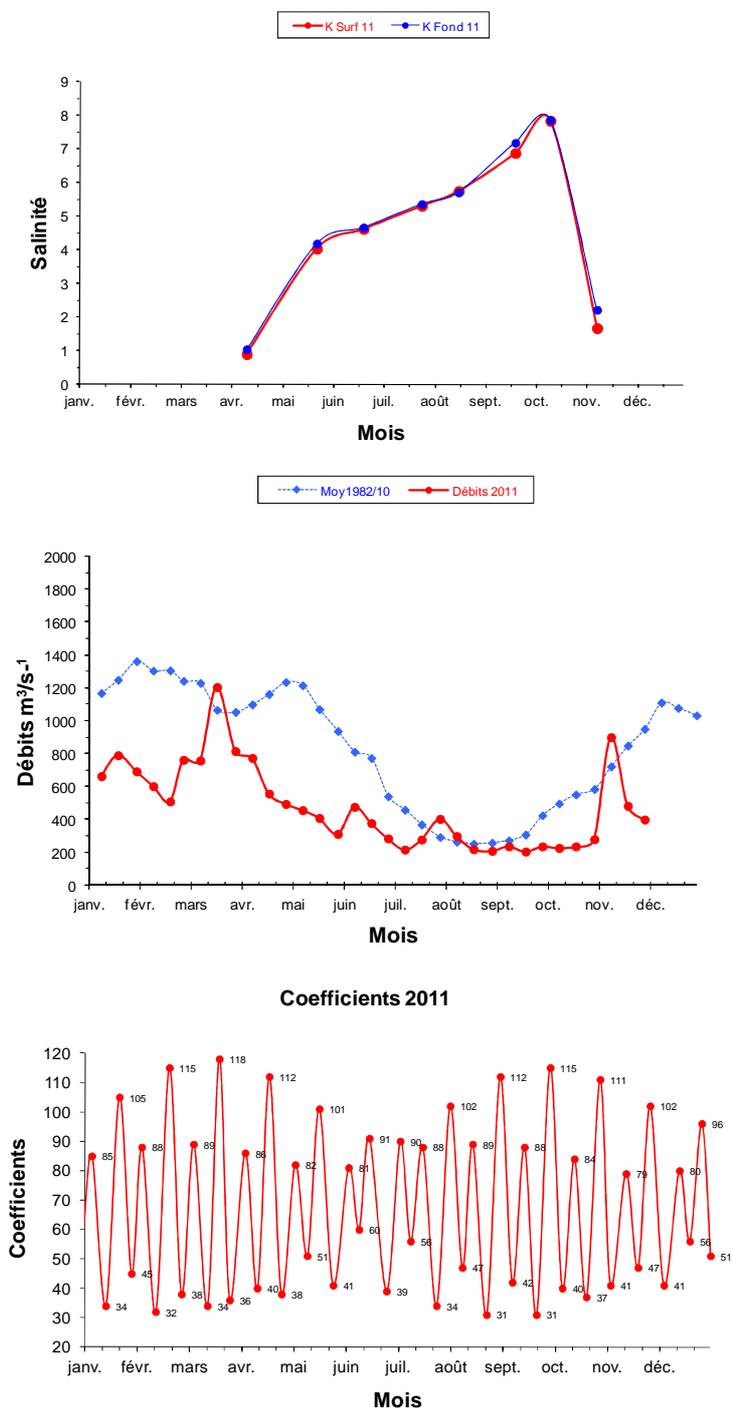
<sup>24</sup> N.B. : En 1992, le point J (PK 52) a été remplacé par le point F (PK 67) conformément aux décisions de l'arrêté préfectoral du 23/12/1991. Le point 2 est situé au PK 85 utilisé pour complément d'information sur le milieu naturel en période printanière 1998.



**Figure 3-16 : Variations temporelles des salinités moyennes au Point F (PK 67), du débit fluvial et des coefficients de marée en 2011**



**Figure 3-17 : Variations temporelles des salinités moyennes au Point E (PK 52), du débit fluvial et des coefficients de marée en 2011**



**Figure 3-18 : Variations temporelles des salinités moyennes au Point K (PK 30), du débit fluvial et des coefficients de marée en 2011**

### Synthèse 2011 :

En 2011, la moyenne annuelle des débits est significativement inférieure à celle de 2010. De ce fait, en 2011 aux stations E et K, les salinités moyennes et maximales sont supérieures à celles enregistrées en 2010. (**Tableau 3 7**)

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 homogènes sur toute la tranche d'eau aux stations E et K situées plus en amont.

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 et 17,50 au minimum en 1977.

### 3.3. Vitesse de courant

#### Point F

En 2011 les vitesses maximales de courant ont été relevées à égalité en jusant et en flot en surface et en majorité en flot au fond (**Tableau 3-8, Figure 3-20**).

Les plus élevées ont été observées :

en surface le 13 octobre :	-186 cm.s <sup>-1</sup> (Qfl : 227 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 84-83)
et le 21 juin :	140 cm.s <sup>-1</sup> (Qfl : 377 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 66-62)
au fond le 13 octobre :	-117 cm.s <sup>-1</sup> (Qfl : 227 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 84-83)
et le 7 novembre :	-99 cm.s <sup>-1</sup> (Qfl : 494 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 59-63)

#### Point E

Les vitesses maximales de courant ont été relevées en majorité en flot, en surface et au fond (**Tableau 3-8, Figure 3-21**).

Les plus élevées ont été observées :

en surface le 11 oct :	175 cm.s <sup>-1</sup> (Qfl : 226 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 81-83)
et le 23 juin :	146 cm.s <sup>-1</sup> (Qfl : 348 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 48-45)
au fond le 19 août :	128 cm.s <sup>-1</sup> (Qfl : 227 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 68-64)
et le 23 juin :	117 cm.s <sup>-1</sup> (Qfl : 348 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 48-45)

#### Point K

Les vitesses maximales de courant ont été relevées en majorité en flot en surface et au fond (**Tableau 3 8, Figure 3 22**).

Les plus élevées ont été observées :

en surface le 18 août :	169 cm.s <sup>-1</sup> (Qfl 234 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 77-73)
le 12 octobre :	169 cm.s <sup>-1</sup> (Qfl 225 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 84-84)
au fond le 18 août :	100 cm.s <sup>-1</sup> (Qfl 234 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 77-73)
le 22 juin :	88 cm.s <sup>-1</sup> (Qfl 363 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 57-53)

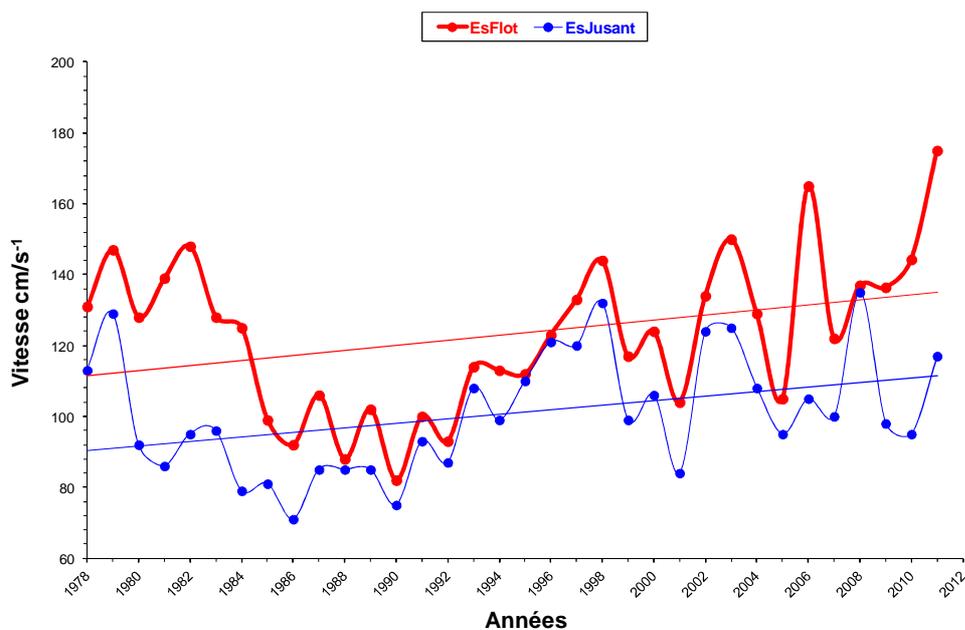
Au point E, les vitesses maximales en surface de flot et de jusant sont supérieures à celles de 2010. (**Tableau 3-8, Figure 3-19**).

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.

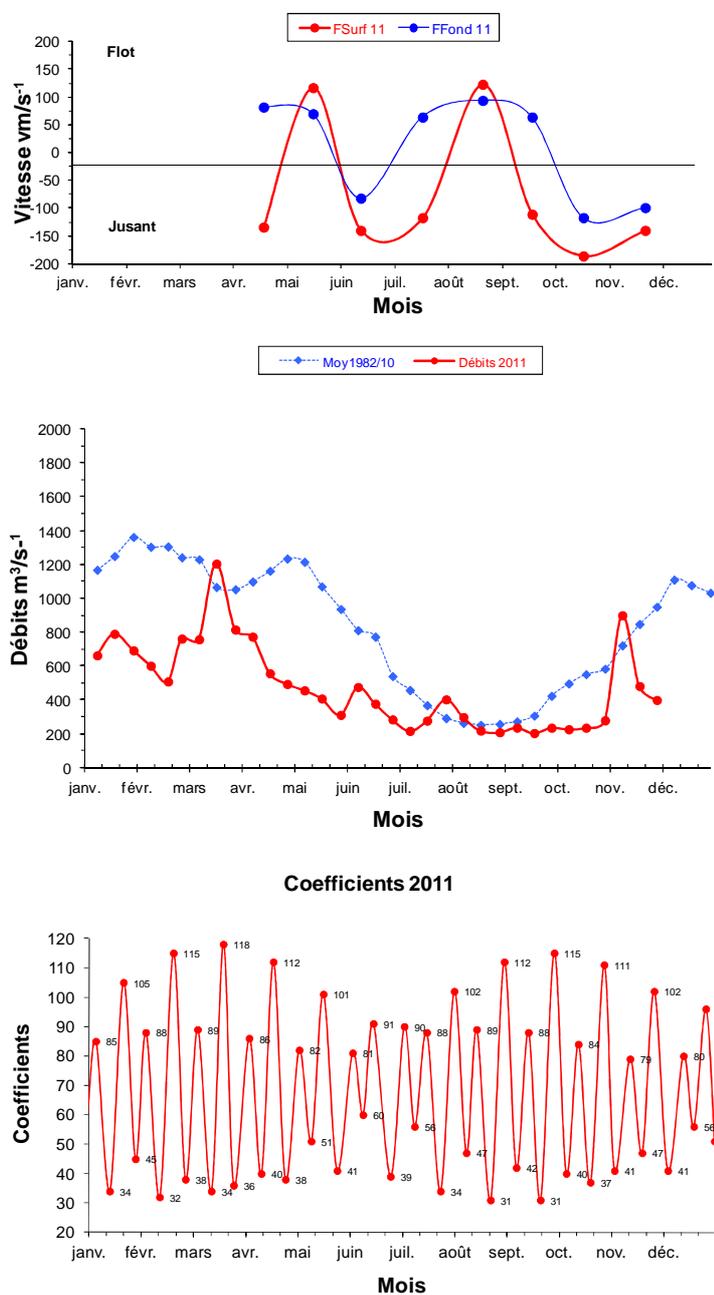
**Tableau 3-8 : Vitesses maximales de courant en  $\text{cm.s}^{-1}$**

Année 2011		VITESSES MAXIMALES DE COURANT EN $\text{cm.s}^{-1}$ .							Qff $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$
DATES	COEFFICIENTS	POINT F PK 67		POINT E PK 52		POINT K PK 30			
		Vitesses Maximales SURFACE	Vitesses Maximales FOND	Vitesses Maximales SURFACE	Vitesses Maximales FOND	Vitesses Maximales SURFACE	Vitesses Maximales FOND		
12 avril	40	-134	82					756	
14 avril	55-63			134	99			701	
13 avril	43-48					117	70	725	
24 mai	49-45	117	70					384	
26 mai	41-41			128	93			365	
25 mai	43					111	88	375	
21 juin	66-62	-140	-82					377	
23 juin	48-45			146	117			348	
22 juin	57-53					134	88	363	
26 juillet	36-39	-117	64					307	
28 juillet	56-62			128	76			311	
27 juillet	44-49					88	64	294	
17 août	84-81	123	94					236	
19 août	68-64			140	128			227	
18 août	77-73					169	100	234	
20 septembre	40-35	-111	64					203	
22 septembre	31-34			105	59			208	
21 septembre	32					117	76	207	
13 octobre	84-83	-186	-117					227	
11 octobre	81-83			175	105			226	
12 octobre	84-84					169		225	
7 novembre	59-63	-140	-99					494	
8 novembre	67-70			-111	-82			600	
9 novembre	73-75					163	-82	759	

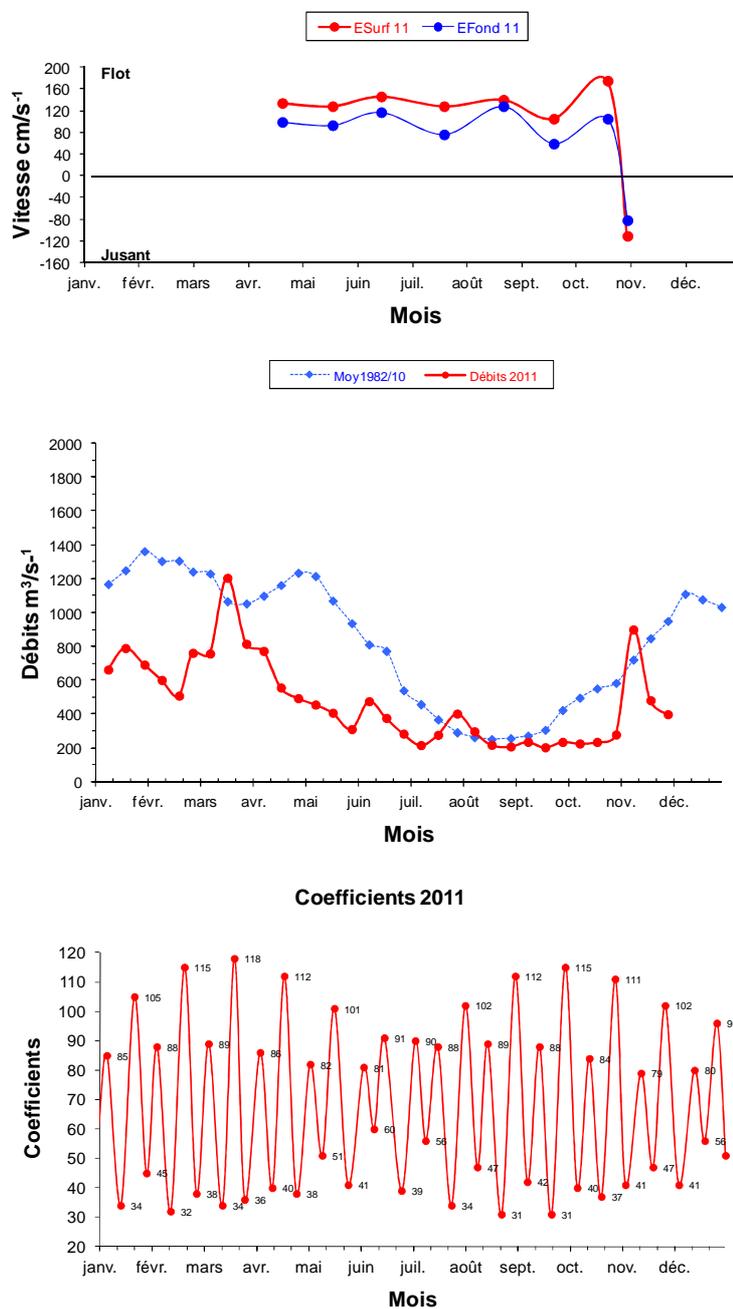
Qff  $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$  | Débits moyens calculés sur la période de 10 jours précédant la date indiquée.  
Le signe + indique une vitesse de flot ; le signe - indique une vitesse de jusant.



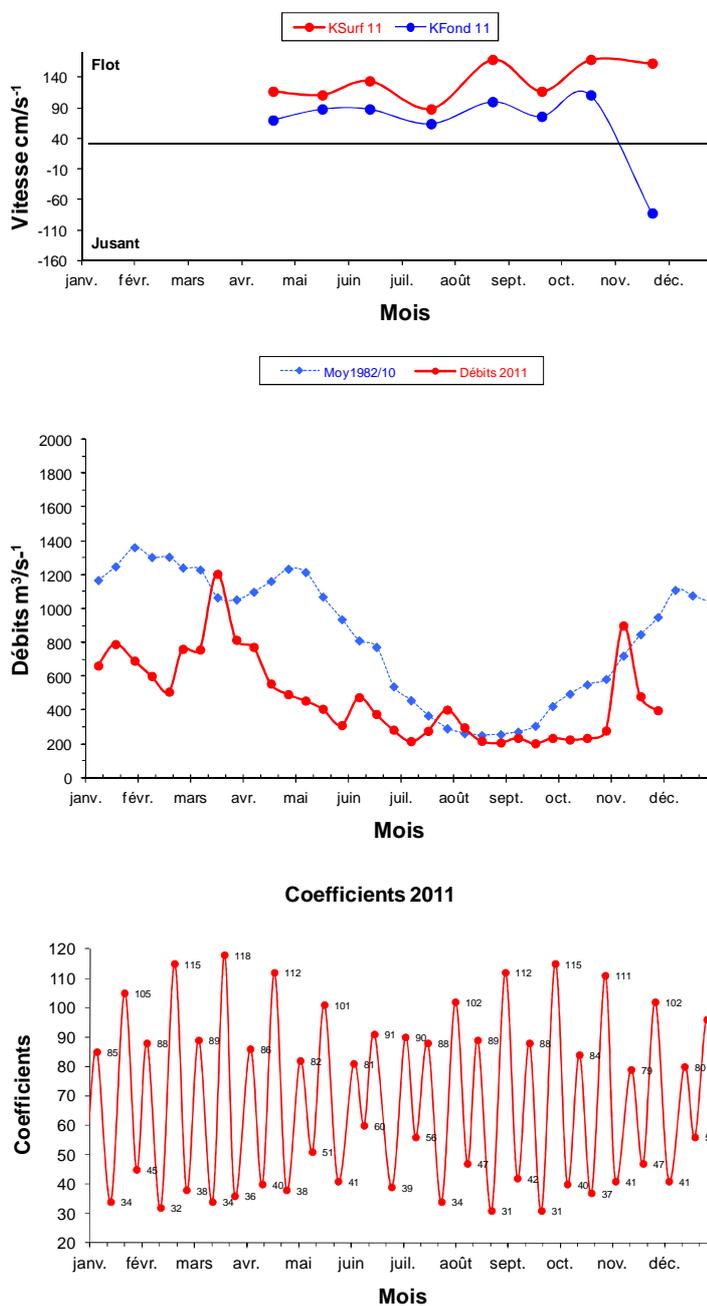
**Figure 3-19 : Evolution de la vitesse maximale moyenne en surface au point E (PK52) au cours de la période 1978-2011**



**Figure 3-20 : Evolution des vitesses maximales de courant en surface et au fond au Point F ( PK 67 ) au cours de l'année 2011, suivant les coefficients de marée et les débits fluviaux**



**Figure 3-21 : Evolution des vitesses maximales de courant en surface et au fond au Point E ( PK 52 ) au cours de l'année 2011, 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 2011, suivant les coefficients de marée et les débits fluviaux**

### Synthèse 2011 :

Le régime des courants est différent au Point E, situé dans le chenal médian, par suite de *l'évolution de la morphologie des fonds*, telle qu'elle a été constatée par la comparaison de sondages bathymétriques (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 par les variations du 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.

En 2011, les vitesses de courant maximales enregistrées au point E sont plus élevées qu'en 2010. En flot, ce sont les plus fortes vitesses depuis le début des mesures en 1978 (146 cm.s<sup>-1</sup>) ; en jusant, elles sont de 128 cm. s<sup>-1</sup>. La forte différence de vitesses entre flot et jusant est vraisemblablement liée à des variations de la morphologie des bancs et des fonds entre les îles, mais aussi à l'hydrologie de l'année.

### 3.4. Concentration en matières en suspension (MES)

#### 3.4.1. Variations temporelles

##### 3.4.1.1. Variation au cours de la marée

En 2011 les écarts des valeurs de M.E.S. mesurées au cours d'une marée ont varié :

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

en surface entre 0,067 g/l le 26 juillet	(Qfl : 307 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 36-39)
et 0,464 g/l le 13 oct	(Qfl : 227 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 84-83)
au fond entre 0,503 g/l le 17 août	(Qfl : 236 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 84-81)
et 5,803 g/l le 07 nov	(Qfl : 494 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 59-63)

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

en surface entre 0,057 g/l le 22 sept	(Qfl : 208 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 31-34)
et 0,724 g/l le 11 oct	(Qfl : 226 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 81-83)
au fond entre 0,430 g/l le 22 septembre	(Qfl : 208 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 31-34)
et 6,453 g/l le 14 avril	(Qfl : 701 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 55-63)

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

en surface entre 0,535 g/l le 12 oct	(Qfl : 225 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 84-84)
et 2,808 g/l le 09 nov	(Qfl : 759 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 73-75)
au fond entre 0,340 g/l le 27 juillet	(Qfl : 294 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 44-49)
et 10,418 g/l le 12 oct	(Qfl : 225 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> - coef. 84-84)

#### 3.4.1.2. Variations mensuelles

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

Les M.E.S. moyennes ont varié :

en surface de 0,076 g/l (26 juillet) à 0,350 g/l (07 nov)

au fond de 0,229 g/l (17 août) à 2,570 g/l (07 nov)

Les M.E.S. minimales (**Figure 3-26**) ont été observées :

le 17 août, en surface : 0,021 g/l - Qfl : 236 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> - coef. 84-81 à mi-flot.

le 17 août, au fond : 0,066 g/l - Qfl : 236 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> - coef. 84-81 à la basse mer.

Les M.E.S. maximales (**Figure 3-26**) ont été observées :

le 26 juillet, en surface : 0,607 g/l - Qfl : 307 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> - coef. 36-39 à mi-flot.

le 07 nov, au fond : 6,878 g/l - Qfl : 494 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> - coef. 59-63 à mi-flot..

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

Les M.E.S. moyennes ont varié :

en surface de 0,159 g/l (22 sept) à 0,639 g/l (08 nov)

au fond de 0,490 g/l (22 sept) à 2,828 g/l (14 avril)

Les M.E.S. minimales (Figure 3-26) ont été observées :

le 11 oct en surface : 0,069 g/l - Qfl : 226 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> - coef. 81-83 à la PM.

le 22 sept au fond : 0,308 g/l - Qfl : 208 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> - coef. 31-34 à la PM.

Les M.E.S. maximales (Figure 3-26) ont été observées :

le 19 août, en surface : 0,846 g/l - Qfl : 227 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> - coef. 68-64 à mi-flot

le 14 avril au fond : 7,220 g/l - Qfl : 701 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> - coef. 55-63 à la basse mer.

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

Les M.E.S. moyennes ont varié :

en surface de 0,509 g/l (21 sept) à 1,480 g/l (09 novembre)

au fond de 0,772 g/l (27 juillet) à 6,478 g/l (12 octobre.)

Les M.E.S. minimales (Figure 3-26) ont été observées :

le 21 sept en surf : 0,120 g/l - Qfl : 207 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> - coef. 32 à mi-jusant.

le 21 sept au fond : 0,248 g/l - Qfl : 207 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> - coef. 32 à la basse mer.

Les M.E.S. maximales (Figure 3-26) ont été observées :

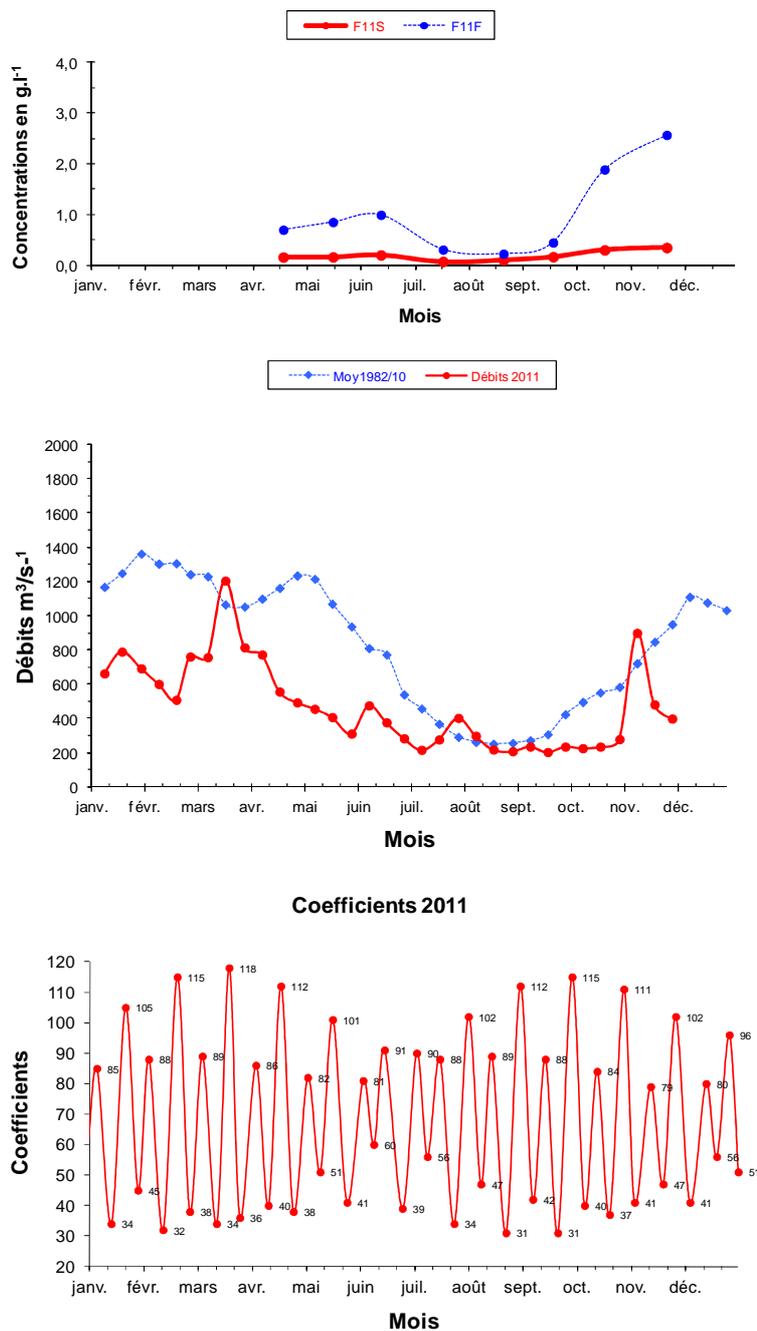
le 09 nov en surface : 3,236 g/l - Qfl : 759 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> - coef. 73-75 à mi-flot.

le 12 oct au fond : 11,872 g/l - Qfl : 225 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> - coef. 84-84 à mi-flot

Les valeurs des minima et des maxima des M.E.S. de 2011 sont comparées à celles des années antérieures dans le **Tableau 3-12 et Tableau 3-13.**

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

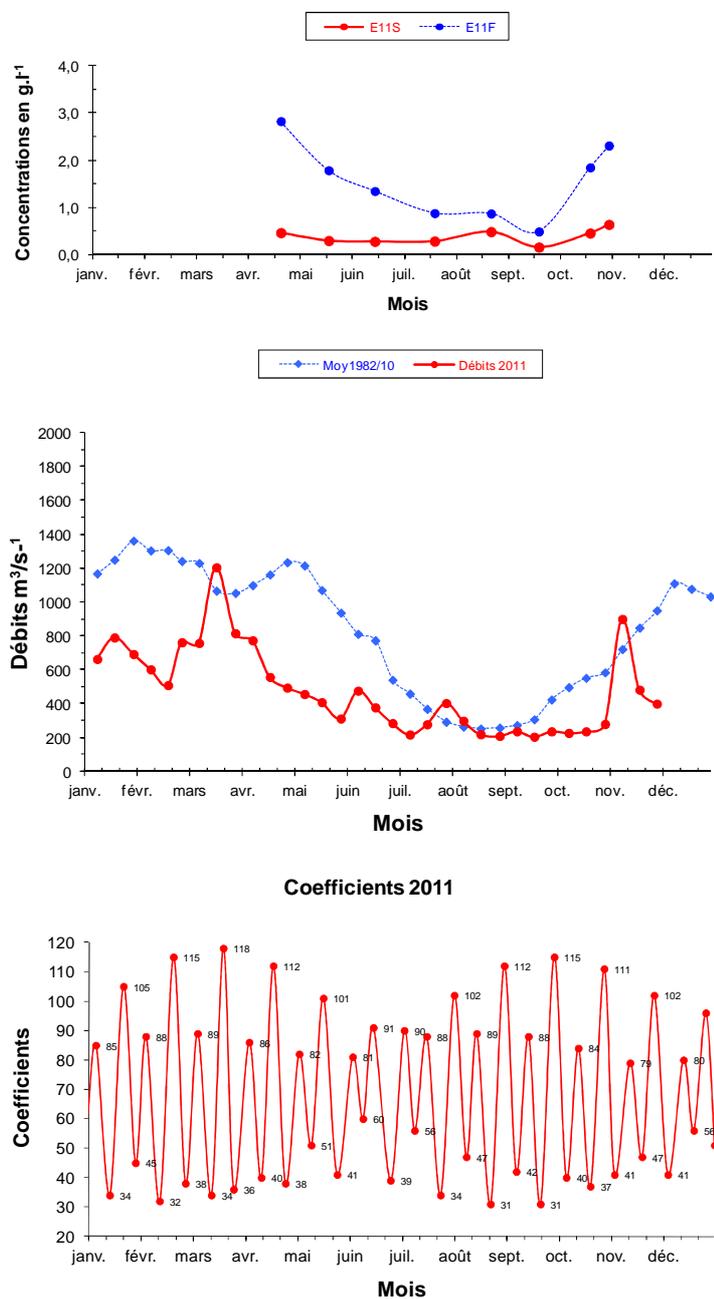
VI-T4								
POINT F PK 67								
CONCENTRATIONS EN M.E.S.								
En g.l <sup>-1</sup>								
ANNEE F2011								
DATES		Minimum absolu	Maximum absolu	Ecart	Moyenne de la marée	Ecart maxi sur tranche d'eau	Coefficient	Qf1 m3/s-1 (moyenne des 10j.précédents)
12-avr	S	0,051	0,336	0,285	<b>0,163</b>	1,442	40	756
	F	0,283	1,638	1,355	<b>0,702</b>			
24-mai	S	0,031	0,400	0,369	<b>0,166</b>	2,200	49-45	384
	F	0,262	2,345	2,083	<b>0,854</b>			
21-juin	S	0,058	0,351	0,293	<b>0,204</b>	1,908	66-62	377
	F	0,340	1,966	1,626	<b>0,995</b>			
26-juil	S	0,047	0,114	0,067	<b>0,076</b>	0,660	36-39	307
	F	0,113	0,774	0,661	<b>0,309</b>			
17-août	S	0,021	0,169	0,148	<b>0,108</b>	0,399	84-81	236
	F	0,066	0,568	0,503	<b>0,229</b>			
20-sept	S	0,055	0,395	0,340	<b>0,170</b>	0,710	40-35	203
	F	0,095	0,813	0,717	<b>0,450</b>			
13-oct	S	0,144	0,607	0,464	<b>0,305</b>	2,038	84-83	227
	F	1,331	2,263	0,932	<b>1,888</b>			
07-nov	S	0,243	0,585	0,342	<b>0,350</b>	5,611	59-63	494
	F	0,075	5,878	5,803	<b>2,570</b>			
Mini S	S	0,021	0,114	0,067	<b>0,076</b>	0,399		
Mini F	F	0,066	0,568	0,503	<b>0,229</b>			
Maxi S	S	0,243	0,607	0,464	<b>0,350</b>	5,611		
Maxi F	F	1,331	5,878	5,803	<b>2,570</b>			



**Figure 3-23 : Variations temporelles des MES moyennes au point F (PK 67) suivant les coefficients de marée et les débits fluviaux en 2011**

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

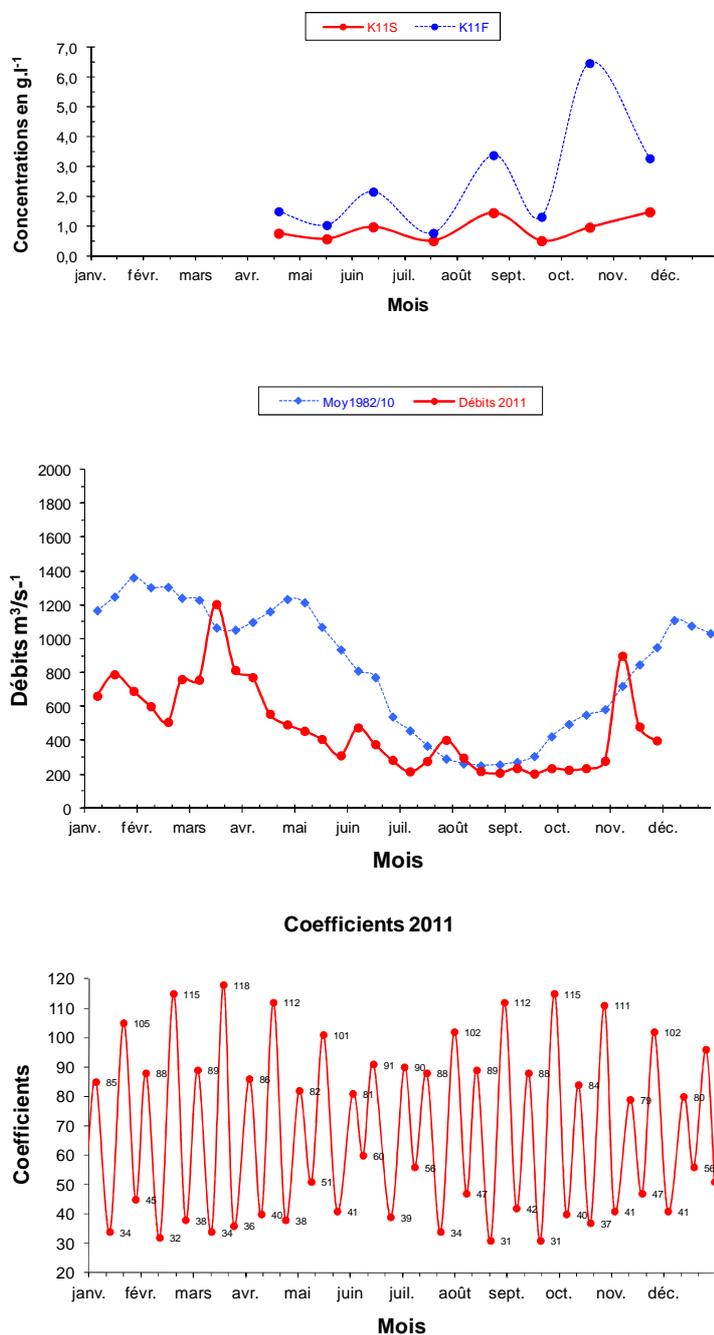
VI-5								
CONCENTRATIONS EN M.E.S.								
En g.l <sup>-1</sup>								
ANNEE E2011								
DATES		Minimum absolu	Maximum absolu	Ecart	Moyenne de la marée	Ecart maxi sur tranche d'eau	Coefficient	Qfl m3/s-1 (moyenne des 10j.précédents)
14-avr	S	0,324	0,606	0,282	0,464			701
	F	0,767	7,220	6,453	2,828	6,661	55-63	
26-mai	S	0,139	0,499	0,360	0,297	4,242	41-41	365
	F	0,703	4,470	3,767	1,787			
23-juin	S	0,202	0,394	0,192	0,280	3,319	48-45	348
	F	0,332	3,543	3,211	1,347			
28-juil	S	0,179	0,541	0,362	0,286	1,306	56-62	311
	F	0,472	1,515	1,043	0,878			
19-août	S	0,169	0,846	0,677	0,486	0,836	68-64	227
	F	0,333	1,248	0,914	0,869			
22-sept	S	0,123	0,180	0,057	0,159	0,616	31-34	208
	F	0,308	0,738	0,430	0,490			
11-oct	S	0,069	0,794	0,724	0,456	3,398	81-83	226
	F	0,752	3,467	2,715	1,848			
08-nov	S	0,507	0,864	0,357	0,639	2,326	67-70	600
	F	1,516	2,993	1,477	1,474			
Mini S	S	0,069	0,180	0,057	0,159	0,616		
Mini F	F	0,308	0,738	0,430	0,490			
Maxi S	S	0,507	0,864	0,724	0,639	6,661		
Maxi F	F	1,516	7,220	6,453	2,828			



**Figure 3-24 : Variations temporelles des MES moyennes au point E (PK 52) suivant les coefficients de marée et les débits fluviaux en 2011**

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

VI-6								
CONCENTRATIONS EN M.E.S.								
En g.l <sup>-1</sup>								
ANNEE K2011								
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)
13-avr	S	0,399	1,114	0,715	<b>0,758</b>	1,061	43-48	725
	F	0,976	2,175	1,199	<b>1,497</b>			
25-mai	S	0,174	<b>0,900</b>	0,726	<b>0,571</b>	1,073	43	375
	F	0,448	1,805	1,357	<b>1,033</b>			
22-juin	S	0,275	1,920	1,645	<b>0,973</b>	2,035	57-53	363
	F	1,040	3,524	2,484	<b>2,158</b>			
27-juil	S	0,168	0,983	0,815	<b>0,511</b>	<b>0,662</b>	44-49	294
	F	0,567	<b>0,907</b>	<b>0,340</b>	<b>0,772</b>			
18-août	S	0,374	2,170	1,796	<b>1,450</b>	4,118	77-73	234
	F	2,295	6,288	3,993	<b>3,383</b>			
21-sept	S	<b>0,120</b>	1,257	1,138	<b>0,509</b>	2,565	32	207
	F	<b>0,248</b>	3,022	2,774	<b>1,312</b>			
12-oct	S	<b>0,766</b>	1,301	<b>0,535</b>	<b>0,960</b>	<b>10,571</b>	84-84	225
	F	1,454	<b>11,872</b>	<b>10,418</b>	<b>6,478</b>			
09-nov	S	0,428	<b>3,236</b>	<b>2,808</b>	<b>1,480</b>	2,892	73-75	759
	F	<b>2,404</b>	4,125	1,721	<b>3,279</b>			
Mini S	S	<b>0,120</b>	<b>0,900</b>	<b>0,535</b>	<b>0,509</b>	<b>0,662</b>		
Mini F	F	<b>0,248</b>	<b>0,907</b>	<b>0,340</b>	<b>0,772</b>			
Maxi S	S	<b>0,766</b>	<b>3,236</b>	<b>2,808</b>	<b>1,480</b>	<b>10,571</b>		
Maxi F	F	<b>2,404</b>	<b>11,872</b>	<b>10,418</b>	<b>6,478</b>			



**Figure 3-25 : Variations temporelles des MES moyennes au point K (PK 30) suivant les coefficients de marée et les débits fluviaux en 2011**

### 3.4.2. Variations spatiales

#### 3.4.2.1. Variations longitudinales

##### **(Tableau 3-9-Tableau 3-10-Tableau 3-11)**

Les valeurs maximales des M.E.S. sont relevées mi-octobre et en novembre au PK 67, début novembre et mi-avril au PK52, début novembre et mi-octobre au PK 30 :

au PK 67 : 0,607 g/l en surface et 5,878 g/l au fond

au PK 52 : 0,864 g/l en surface et 7,220 g/l au fond

au PK 30 : 3,236 g/l en surface et 11,872 g/l au fond

Les valeurs minimales des M.E.S. sont relevées mi-août au PK 67, en septembre et octobre au PK 52, en mi-septembre au PK 30 :

au PK 67 : 0,021 g/l en surface et 0,066 g/l au fond

au PK 52 : 0,069 g/l en surface et 0,308 g/l au fond

au PK 30 : 0,120 g/l en surface et 0,248 g/l au fond

#### 3.4.2.2. variations verticales

##### **(Tableau 3-9-Tableau 3-10-Tableau 3-11)**

Les écarts maxima des M.E.S., sur la tranche d'eau, au même point, ont évolué :

au Point F : de 0,399 g/l (17 août) à 5,611 g/l (07 novembre)

au Point E : de 0,616 g/l (22 sept) à 6,661 g/l (14 avril)

au Point K : de 0,662 g/l (27 juillet) à 10,571 g/l (12 octobre)

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

au Point F : de 0,503 g/l (17 août) à 5,803 g/l (07 novembre)

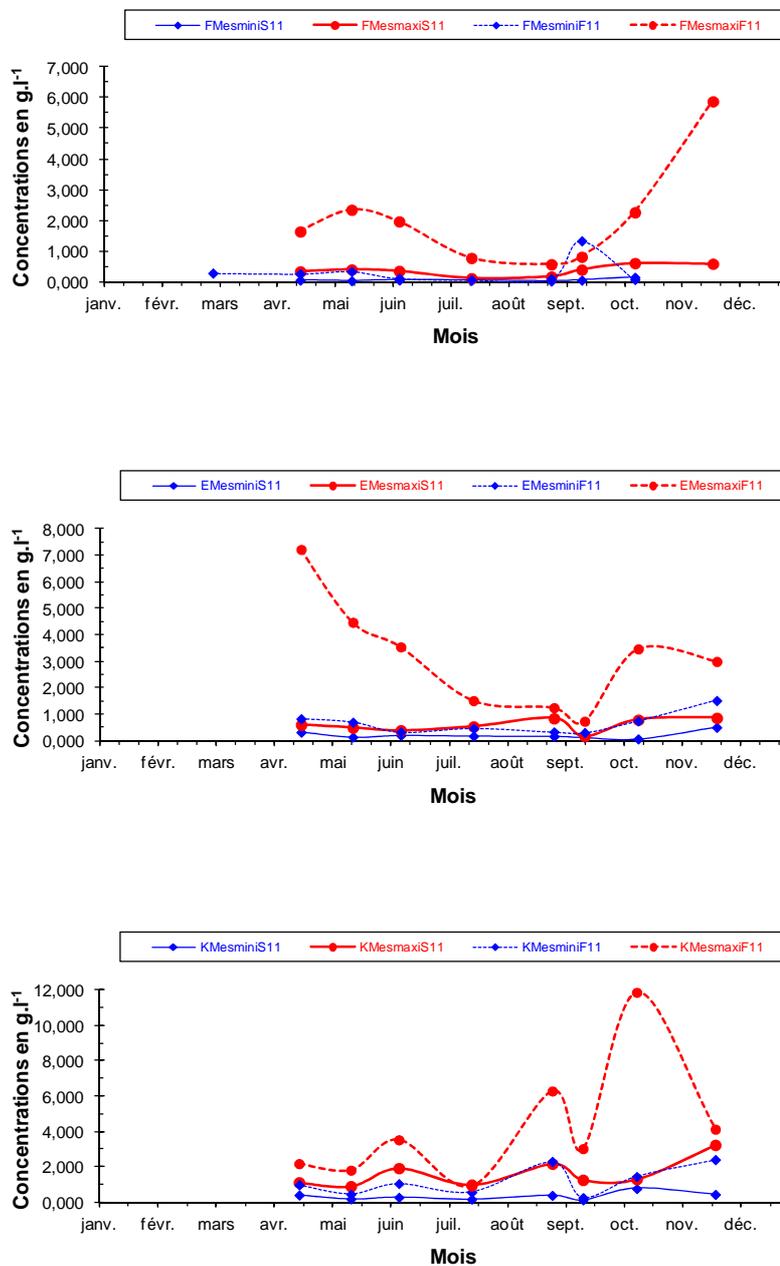
au Point E : de 0,430 g/l (22 sept) à 6,453 g/l (14 avril)

au Point K : de 0,340 g/l (27 juillet) à 10,418 g/l (12 octobre)

#### Synthèse 2011 :

Les valeurs des concentrations en M.E.S. de 2011 sont en moyenne similaires à celles de 2010. Au point E, elles sont légèrement supérieures en début et en fin d'année. Au point K, elles sont supérieures en fin d'année. Tout au long de l'année les valeurs en M.E.S. restent encore inférieures à celles d'une année moyenne. L'absence de crue importante a empêché l'expulsion d'une partie du bouchon vaseux qui, cette année encore, est remonté très en amont pendant la période d'étiage.

Sur le long terme, l'année 2011, comme 2010, se situe parmi les années où les eaux sont les moins turbides durant de longues périodes



**Figure 3-26 : Variations mensuelles des MES minimales et maximales aux points F-E-K en 2011**

#### Synthèse 2011 :

En 2011, les valeurs des concentrations en matières en suspension (M.E.S.) sont en moyenne similaires à celles de 2010. Tout au long de l'année les valeurs en M.E.S. restent encore inférieures à celles d'une année moyenne. L'absence de crue importante a empêché l'expulsion d'une partie du bouchon vaseux qui, cette année encore, est remonté très en amont pendant la période d'été.

**Tableau 3-12 : Maximum et minimum annuel des MES - Point E (PK 52) en SURFACE**

Année		g/l	Date	Débits (*)	Coefficients	Vitesses max de courant (cm.s <sup>-1</sup> )
1978	mini.	0,056	30-août	177	43-47	95
	maxi.	1,260	21-juin	840	91-96	165
1979	mini.	0,040	07-juin	1814	52-56	115
	maxi.	2,420	13-mars	685	73-77	155
1980	mini.	0,060	13-févr	1580	44-48	-85
	maxi.	1,900	18-juin	400	72-67	160
1981	mini.	0,050	12-août	263	41-44	70
	maxi.	2,470	22-avr	1276	85-84	180
1982	mini.	0,079	07-juil	372	72-73	160
	maxi.	1,682	17-mars	1548	55-49	170
1983	mini.	0,064	20-juil	442	54-52	115
	maxi.	1,220	30-nov	452	56-59	85
1984	mini.	0,152	08-août	275	49-50	85
	maxi.	2,424	08-mars	1371	79-75	133
1985	mini.	0,080	25-sept	260	41-47	-70
	maxi.	1,800	13-mars	1422	80-71	150
1986	mini.	0,072	14-mai	2146	62-58	90
	maxi.	1,760	19-nov	386	79-76	120
1987	mini.	0,108	19-août	438	33	70
	maxi.	1,780	28-janv	1034	73-66	160
1988	mini.	0,087	27-avr	1301	36-40	-75
	maxi.	1,700	24-août	327	36-40	108
1989	mini.	0,120	11-juil	205	54-50	97
	maxi.	1,902	12-avr	1030	64-56	145
1990	mini.	0,097	04-juil	487	43-44	90
	maxi.	1,768	14-nov	918	60-64	55
1991	mini.	0,037	05-juin	695	51-49	0,104
	maxi.	1,216	13-mars	838	41-47	98
1992	mini.	0,049	05-nov	1790	37-40	-78
	maxi.	1,334	09-juil	1410	57-54	94
1993	mini.	0,128	09-sept	325	51-45	Etale PM
	maxi.	1,380	04-nov	947	75-72	92
1994	mini.	0,081	07-juil	725	54-59	PM
	maxi.	0,878	10-nov	1885	66-59	120
1995	mini.	0,104	21-sept	285	39-44	Etale PM
	maxi.	0,660	13-avr	914	59-67	114
1996	mini.	0,122	25-juil	265	49-48	BM
	maxi.	1,055	10-oct	501	59-64	113
1997	mini.	0,141	16-avr	376	37-36	Etale PM
	maxi.	2,674	10-juil	485	72-69	148
1998	mini.	0,033	05-mars	626	79-70	-158
	maxi.	0,738	14-juil	268	89-87	155
1999	mini.	0,064	23-sept	397	55-62	+/-111
	maxi.	1,632	02-sept	230	82-76	143
2000	mini.	0,094	08-sept	307	31	82
	maxi.	1,209	29-sept	333	105-106	140
2001	mini.	0,072	31-août	236	50-55	106
	maxi.	0,829	04-juil	312	68-71	120
2002	mini.	0,078	17-sept	412	38-41	Etale BM
	maxi.	2,368	18-avr	692	73-68	178
2003	mini.	0,089	11-juil	173	61-65	116
	maxi.	1,965	12-sept	162	92-93	146
2004	mini.	0,082	27-juin	448	49-49	-108
	maxi.	0,212	06-nov	568	27-26	105
2005	mini.	0,126	15-juil	273	50-47	123
	maxi.	1,450	21-avr	961	48-45	157
2006	mini.	0,150	06-juil	202	40-41	111
	maxi.	1,189	09-juin	326	61-65	120
2007	mini.	0,092	23-août	226	26-27	Etale PM
	maxi.	1,300	11-juil	469	59-61	-70
2008	mini.	0,074	11-oct	242	51	Etale PM
	maxi.	1,400	18-avr	1399	69	117
2009	mini.	0,108	18-juin	645	47-50	Etale PM
	maxi.	0,295	25-avr	1563	92-95	Etale PM
2010	mini.	0,087	21-sept	260	70	Etale PM
	maxi.	0,938	21-mai	1139	60-58	Mi-flot
2011	mini.	0,069	11-oct	226	81-83	-99
	maxi.	0,846	19-août	227	68-64	140

(\*) Moyenne des 10 jours précédents.

**Tableau 3-13 : Maximum et minimum des MES - Point E (PK 52) au FOND**

Année	g/l	Date	Débits (*)	Coefficients	Vitesses max de courant (cm.s <sup>-1</sup> )	
1978	mini.	0,136	30-août	177	43-47	90
	maxi.	3,340	19-juil	524	76-82	120
1979	mini.	0,080	07-juin	1814	52-56	95
	maxi.	5,470	13-mars	685	73-77	130
1980	mini.	0,090	13-févr	1580	44-48	-65
	maxi.	2,860	23-avr	480	48-43	110
1981	mini.	0,058	12-août	263	41-44	75
	maxi.	38,810	08-juil	327	66-62	105
1982	mini.	0,408	07-juil	372	72-73	150
	maxi.	40,980	11-août	249	75-72	90
1983	mini.	0,164	08-juin	1471	56-51	-100
	maxi.	41,960	22-juin	838	63-65	-100
1984	mini.	0,324	08-août	275	49-50	85
	maxi.	31,310	11-janv	686	51-48	135
1985	mini.	0,102	25-sept	260	41-47	-55
	maxi.	7,168	13-mars	1422	80-71	145
1986	mini.	0,124	14-mai	2146	62-58	65
	maxi.	3,090	27-août	222	57-51	70
1987	mini.	0,174	19-août	438	33	50
	maxi.	8,250	20-mai	700	58-54	110
1988	mini.	0,145	27-avr	1301	36-40	-55
	maxi.	3,580	24-août	327	36-40	95
1989	mini.	0,164	11-juil	205	54-50	80
	maxi.	9,574	15-mars	1340	50-42	108
1990	mini.	0,190	04-juil	487	43-44	90
	maxi.	5,940	04-avr	474	40	82
1991	mini.	0,060	05-juin	695	51-49	86
	maxi.	3,178	14-nov	308	44-40	-79
1992	mini.	0,082	25-juin	1657	46-46	-78
	maxi.	9,956	24-avr	410	50-44	-90
1993	mini.	0,213	29-juil	456	51-45	-10
	maxi.	3,978	15-avr	650	40-37	-96
1994	mini.	0,144	19-mai	1473	51-50	BM
	maxi.	5,978	05-mai	1784	46	BM
1995	mini.	0,147	19-oct	378	33	Etale BM
	maxi.	2,453	24-mai	800	53	-82
1996	mini.	0,174	25-juil	265	49-48	BM
	maxi.	6,216	25-avr	731	52-46	86
1997	mini.	0,196	12-juin	475	58-53	BM
	maxi.	3,760	24-juil	311	104-101	-105
1998	mini.	0,046	05-mars	626	79-70	-148
	maxi.	2,032	03-juin	703	45-43	80
1999	mini.	0,102	02-sept	230	82-76	94
	maxi.	3,102	07-mai	1411	58-54	-88
2000	mini.	0,179	21-juil	408	75-73	BM
	maxi.	5,007	13-avr	1161	49	-53
2001	mini.	0,107	03-mai	1468	53	-88
	maxi.	1,314	09-nov	275	47-45	66
2002	mini.	0,292	17-sept	412	38-41	PM
	maxi.	9,111	18-avr	692	73-68	-59
2003	mini.	0,160	11-juil	173	61-65	85
	maxi.	7,398	14-nov	286	65-60	85
2004	mini.	0,242	27-juin	448	49-49	88
	maxi.	0,523	22-oct	368	42-41	76
2005	mini.	0,118	30-sept	322	44-51	85
	maxi.	2,350	21-avr	961	48-45	108
2006	mini.	0,230	06-juil	202	40-41	76
	maxi.	8,667	20-avr	1134	48-43	94
2007	mini.	0,147	23-août	226	26-27	Etale PM
	maxi.	3,950	08-juin	1163	60-58	-53
2008	mini.	0,232	09-juin	2231	73-58	Etale BM
	maxi.	6,200	18-avr	1399	69	-117
2009	mini.	0,169	18-juin	645	47-50	Etale PM
	maxi.	2,400	25-avr	1563	92-95	Etale PM
2010	mini.	0,280	22-juil	346	47-47	Etale PM
	maxi.	5,560	17-juin	1134	85-82	Etale BM
2011	mini.	0,308	22-sept	208	31-34	Etale PM
	maxi.	7,220	14-avr	701	55-63	Etale PM

(\*) Moyenne des 10 jours précédents.

### 3.5. Oxygène dissous

#### 3.5.1. Variations temporelles

##### 3.5.1.1. Variation au cours de la marée

En 2011 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 (21 juin) et 0,60 ml/l (24 mai)  
au fond entre 0,16 ml/l (21 juin) et 3,12 ml/l (26 juillet)

##### **Au Point E PK 52 (Tableau 3-15)**

en surface entre 0,22 ml/l (22 sept.) et 0,69 ml/l (23 juin)  
au fond entre 0,25 ml/l (11 oct) et 0,66 ml/l (23 juin)

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

en surface entre 0,03 ml/l (09 nov) et 0,77 ml/l (21 sept)  
au fond entre 0,14 ml/l (09 nov) et 0,68 ml/l (25 mai)

#### 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 : 0,21 ml/l (3,62 %) le 20 sept et 0,91 ml/l (13,78 %) le 12 avril.  
au fond : 0,28 ml/l (4,93 %) le 20 sept et 1,20 ml/l (15,71 %) le 26 juillet.

Les concentrations moyennes maximales de la marée ont été relevées :

le 12 avril en surface : 5,68 ml/l (86,22 %) (Qfl :  $756 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - coef. 40)  
le 12 avril au fond : 5,59 ml/l (85,00 %) (Qfl :  $756 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - coef. 40)

Les déficits moyens correspondants:

en surface : 0,91 ml/l (13,78 %)  
au fond : 0,99 ml/l (15,00 %)

Les concentrations moyennes minimales de la marée ont été relevées :

le 17 août en surface : 4,93 ml/l (91,53 %) (Qfl :  $236 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - coef. 84-81)  
le 17 août au fond : 4,89 ml/l (90,88 %) (Qfl :  $236 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - coef. 84-81)

Les déficits moyens correspondants :

en surface : 0,56 ml/l (10,27 %)  
au fond : 0,42 ml/l (7,60 %)

Les déficits minimum de l'année ont été relevés :

le 26 juillet en surface : 0,20 ml/l (3,46 %) (Qfl : 307 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> - coef. 36-39)

le 20 sept au fond : 0,15 ml/l (2,76 %) (Qfl : 203 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> - coef. 40-35)

Sur le tableau 3-14, les valeurs négatives, indiquant une sursaturation en oxygène, sont considérées comme douteuses et ne sont pas prises en compte.

Les déficits maximum ont été relevés :

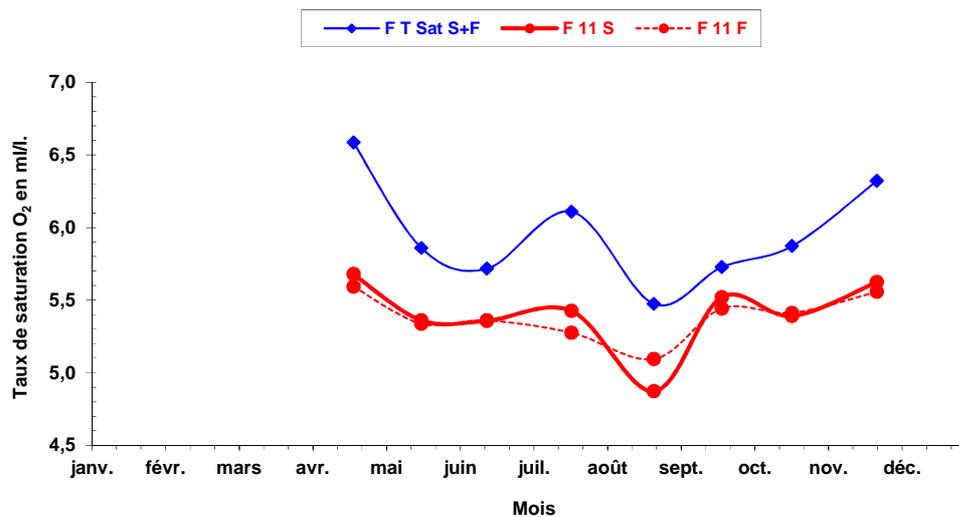
le 12 avril en surface : 1,08 ml/l (16,28 %) (Qfl : 756 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> - coef. 40)

le 26 juillet au fond : 3,45 ml/l (39,32 %) (Qfl : 307 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> - coef. 36-39)

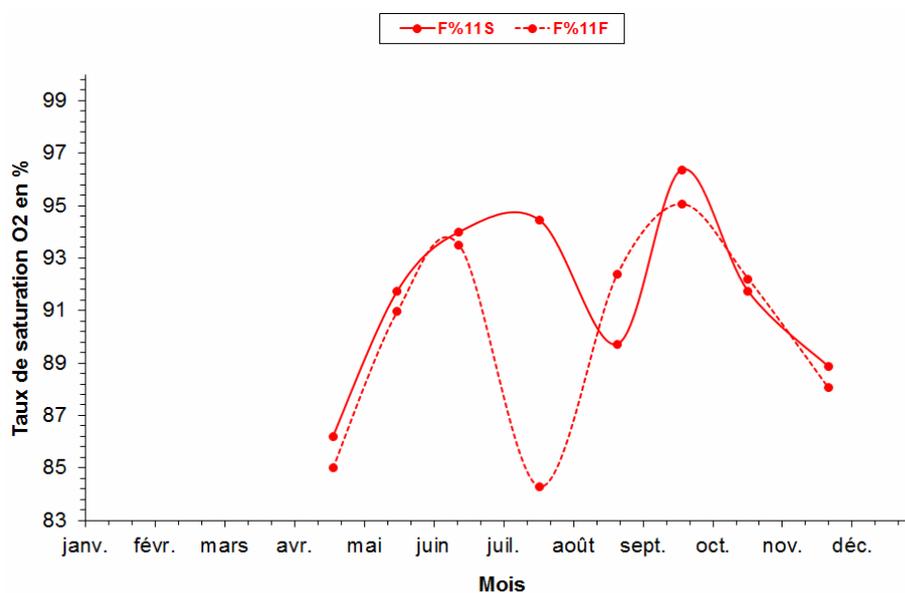
En 2010, les taux de saturation moyens évoluaient autour de 89,93 % (5,58 ml/l), et le déficit moyen annuel était de 0,63 ml/l (10,07 %). En 2011, le taux de saturation moyen annuel est de 90,91 % (5,39 ml/l) ; le déficit moyen annuel est de 0,56 ml/l (9,09%, **Tableau 3-14** et **Tableau 3-17**)

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

VI-13 - OXYGENE DISSOUS														
POINT F PK 67														
ANNEE F 2011														
DATES	TAUX DE SATURATION ml/l	MOY DE LA MAREE		DEFICIT						ECART MAXI TRANCHE D'EAU		COEFFICIENT	Qfl: m3.s-1 (moy. 10 jours précédents)	
		ml/l	%	Moyen ml/l	%	Minimum ml/l	%	Maximum ml/l	%	ml/l	%			
12	S	6,59	5,68	86,22	0,91	13,78%	0,77	11,83%	1,08	16,28%	0,11	2,03	40	756
Avril 2011	F	6,58	5,59	85,00	0,99	15,00%	0,90	13,86%	1,16	17,40%				
24	S	5,85	5,36	91,74	0,49	8,26%	0,27	4,65%	0,86	14,47%	0,14	2,26	49-45	384
Mai 2011	F	5,87	5,34	90,96	0,53	9,04%	0,38	6,50%	0,73	12,20%				
21	S	5,70	5,36	94,00	0,34	6,00%	0,28	4,86%	0,39	6,80%	0,06	2,10	66-62	377
Juin 2011	F	5,73	5,36	93,50	0,37	6,50%	0,31	5,45%	0,47	7,94%				
26	S	5,74	5,43	94,45	0,32	5,55%	0,20	3,46%	0,46	7,92%	0,42	31,40	36-39	307
Juillet 2011	F	6,47	5,28	84,29	1,20	15,71%	0,33	5,79%	3,45	39,32%				
17	S	5,43	4,87	89,73	0,56	10,27%	0,38	7,02%	0,71	13,23%	0,69	12,63	84-81	236
Août 2011	F	5,52	5,10	92,40	0,42	7,60%	-0,30	-5,61%	0,69	12,88%				
20	S	5,73	5,52	96,38	0,21	3,62%	-0,08	-1,33%	0,42	7,15%	0,27	4,08	40-35	203
Sept 2011	F	5,73	5,44	95,07	0,28	4,93%	0,15	2,76%	0,37	6,35%				
13	S	5,88	5,39	91,74	0,49	8,26%	0,38	6,48%	0,57	9,87%	0,15	2,71	84-83	227
Octobre 2011	F	5,87	5,41	92,21	0,46	7,79%	0,32	5,45%	0,62	10,64%				
7	S	6,33	5,63	88,87	0,71	11,13%	0,49	7,66%	0,94	14,77%	0,11	1,85	59-63	494
Nov 2011	F	6,31	5,56	88,05	0,76	11,95%	0,54	8,47%	1,06	16,62%				
<b>Moyennes</b>	S	5,91	5,40	91,64	0,50	8,36%	0,34	5,58%	0,68	11,31%				
	F	6,01	5,38	90,19	0,63	9,81%	0,33	5,33%	1,07	15,42%				
	G	5,96	5,39	90,91	0,56	9,09%	0,33	5,46%	0,87	13,37%				
min Surf		5,43	4,87	86,22	0,21	3,62%	-0,08	-1,33%	0,39	6,80%	0,06	1,85		
min Fond		5,52	5,10	84,29	0,28	4,93%	-0,30	-5,61%	0,37	6,35%				
max Surf		6,59	5,68	96,38	0,91	13,78%	0,77	11,83%	1,08	16,28%	0,69	31,40		
max Fond		6,58	5,59	95,07	1,20	15,71%	0,90	13,86%	3,45	39,32%				



**Figure 3-27 : Variations mensuelles des valeurs moyennes d'oxygène dissous exprimées en ml.l<sup>-1</sup> au Point F (PK 67) en 2011**



**Figure 3-28 : Variations mensuelles des valeurs moyennes d'oxygène dissous exprimées en % de saturation au Point F (PK 67) en 2011**

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

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

en surface : 0,38 ml/l (6,47 %) le 22 sept. et 1,18 ml/l (17,80 %) le 08 nov.,  
 au fond : 0,42 ml/l (7,79 %) le 22 sept. et 1,12 ml/l (18,63 %) le 08 nov.

Les concentrations moyennes maximales de la marée ont été relevées

le 14 avril en surface : 5,83 ml/l (87,00 %) (Qfl :  $701 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - coef. 55-63),  
 le 14 avril au fond : 5,77 ml/l (86,10 %) (Qfl :  $701 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - coef. 55-63)

Les déficits moyens correspondants sont :

en surface : 0,87 ml/l (13,00 %)  
 au fond : 0,93 ml/l (13,90 %)

Les concentrations moyennes minimales de la marée ont été relevées :

le 19 août en surface : 4,96 ml/l (89,92 %) (Qfl :  $227 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - coef. 68-64)  
 le 19 août au fond : 5,07 ml/l (91,33 %) (Qfl :  $227 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - coef. 68-64)

Les déficits moyens correspondants sont :

en surface : 0,56 ml/l (10,18 %)  
 au fond : 0,48 ml/l (8,67 %)

Les déficits minimum de l'année ont été observés :

le 19 août en surface : 0,25 ml/l (4,64 %) (Qfl :  $227 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - coef. 68-64)  
 le 19 août au fond : 0,14 ml/l (2,51 %) (Qfl :  $227 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - coef. 68-64)

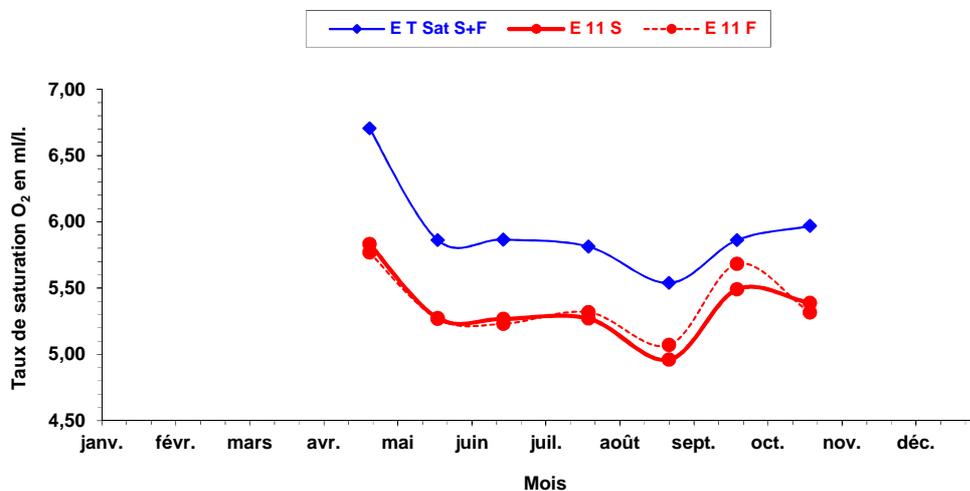
Les déficits maximum ont été relevés :

le 08 nov. en surface : 1,23 ml/l (18,63 %) (Qfl :  $600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - coef. 67-70)  
 le 08 nov. au fond : 1,20 ml/l (18,21 %) (Qfl :  $600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - coef. 67-70)

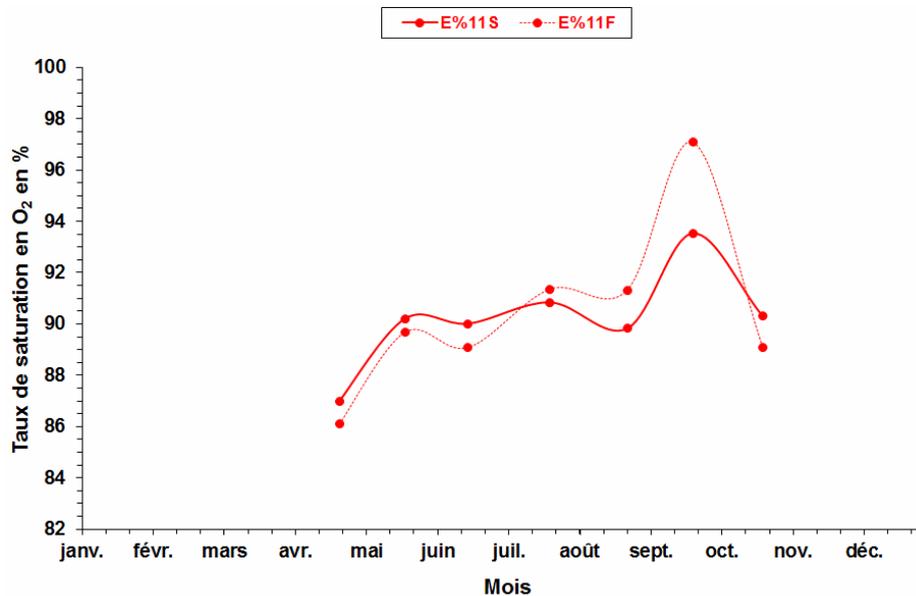
Les valeurs moyennes de l'année 2010 au point E évoluaient autour de 88,17% du taux de saturation (5,47 ml/l). En 2011, les valeurs moyennes évoluent autour de 90,08 (5,35 ml/l). Le déficit moyen annuel est évalué à 0,60 (9,92%), alors qu'en 2010 il était évalué à 0,74 ml/l (11,83 %). (**Tableau 3-15**)

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

VI-14 - OXYGENE DISSOUS														
POINT E PK 52														
ANNEE E 2011														
DATES		TAUX DE SATURATION		MOY DE LA MAREE		DEFICIT				ECART MAXI		COEFFICIENT	Qff: m3.s-1 (moy. 10 jours précédents)	
		m/l		m/l	%	Moyen	Minimum	Maximum	m/l	%	TRANCHE D'EAU			
14	S	6,71	5,83	87,00	0,87	13,00%	0,66	10,00%	1,10	16,16%	0,13	1,98	55-63	701
Avril 2011	F	6,70	5,77	86,10	0,93	13,90%	0,73	10,93%	1,07	15,71%				
26	S	5,85	5,27	90,21	0,57	9,79%	0,38	6,61%	0,82	13,78%	0,15	1,63	41-41	365
Mai 2011	F	5,88	5,27	89,68	0,61	10,32%	0,36	6,18%	0,86	14,46%				
23	S	5,86	5,27	90,02	0,59	9,98%	0,28	4,85%	0,96	15,99%	0,08	1,18	48-45	348
Juin 2011	F	5,87	5,23	89,08	0,64	10,92%	0,33	5,80%	0,99	16,55%				
28	S	5,80	5,27	90,85	0,53	9,15%	0,39	6,77%	0,72	12,24%	0,26	3,42	56-62	311
Juillet 2011	F	5,82	5,32	91,36	0,50	8,64%	0,27	4,75%	0,76	12,87%				
19	S	5,52	4,96	89,82	0,56	10,18%	0,25	4,64%	0,81	14,58%	0,67	12,07	68-64	227
août 2011	F	5,55	5,07	91,33	0,48	8,67%	0,14	2,51%	0,68	12,26%				
22	S	5,87	5,49	93,53	0,38	6,47%	0,29	4,94%	0,51	8,64%	0,30	4,96	31-34	208
Sept 2011	F	5,85	5,43	92,81	0,42	7,19%	0,21	3,55%	0,80	13,59%				
11	S	5,97	5,39	90,30	0,58	9,70%	0,40	6,79%	0,81	13,24%	0,17	2,90	81-83	226
Octobre 2011	F	5,97	5,32	89,07	0,65	10,93%	0,57	9,69%	0,82	13,42%				
8	S	6,59	5,41	82,20	1,18	17,80%	0,90	13,95%	1,23	18,63%	0,23	3,04	67-70	600
Nov 2011	F	6,57	5,34	81,37	1,23	18,63%	1,09	16,99%	1,20	18,21%				
Moyennes	S	6,02	5,35	90,25	0,59	9,75%	0,38	6,37%	0,82	13,52%				
	F	6,03	5,34	89,92	0,61	10,08%	0,37	6,20%	0,85	14,12%				
	G	6,02	5,35	90,08	0,60	9,92%	0,37	6,29%	0,84	13,82%				
min Surf		5,52	4,96	82,20	0,38	6,47%	0,25	4,64%	0,51	8,64%	0,08	1,18		
min Fond		5,55	5,07	81,37	0,42	7,19%	0,14	2,51%	0,68	12,26%				
max Surf		6,71	5,83	93,53	1,18	17,80%	0,90	13,95%	1,23	18,63%	0,67	12,07		
max Fond		6,70	5,77	92,81	1,23	18,63%	1,09	16,99%	1,20	18,21%				



**Figure 3-29 : Variations mensuelles des valeurs moyennes d'oxygène dissous exprimées en ml.l<sup>-1</sup> au Point E (PK 52) en 2011**



**Figure 3-30 : Variations mensuelles des valeurs moyennes d'oxygène dissous exprimées en % de saturation au Point E (PK 52) en 2011**

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

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

en surface : 0,91 ml/l (14,95 %) le 27 juillet et 2,02 ml/l (28,22 %) le 09 nov.  
 au fond : 0,94 ml/l (15,43 %) le 27 juillet et 1,99 ml/l (28,11 %) le 09 nov.

Les valeurs moyennes maximales de la marée ont été relevées

le 13 avril en surface : 5,83 ml/l (84,30 %) (Qfl :  $725 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - coef. 43-48)

le 13 avril au fond : 5,76 ml/l (83,46 %) (Qfl :  $725 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - coef. 43-48)

Les déficits moyens correspondants ont des valeurs de :

en surface : 1,09 ml/l (15,70 %)

au fond : 1,14 ml/l (16,54 %)

Les valeurs moyennes minimales de la marée ont été relevées :

le 18 août en surface : 4,20 ml/l (73,84 %) (Qfl :  $234 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - coef. 77-73)

le 18 août au fond : 4,12 ml/l (72,35 %) (Qfl :  $234 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - coef. 77-73)

Les déficits moyens correspondants ont des valeurs de :

en surface : 1,49 ml/l (26,16 %)

au fond : 1,57 ml/l (27,65 %)

Les déficits minimum de l'année ont été observés :

le 27 juillet en surface : 0,80 ml/l (13,28 %) (Qfl :  $294 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - coef. 44-49)

le 27 juillet au fond : 0,78 ml/l (13,04 %) (Qfl :  $294 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - coef. 44-49)

Les déficits maximum ont été relevés :

le 09 nov. en surface : 2,02 ml/l (28,77 %) (Qfl :  $759 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - coef. 73-75)

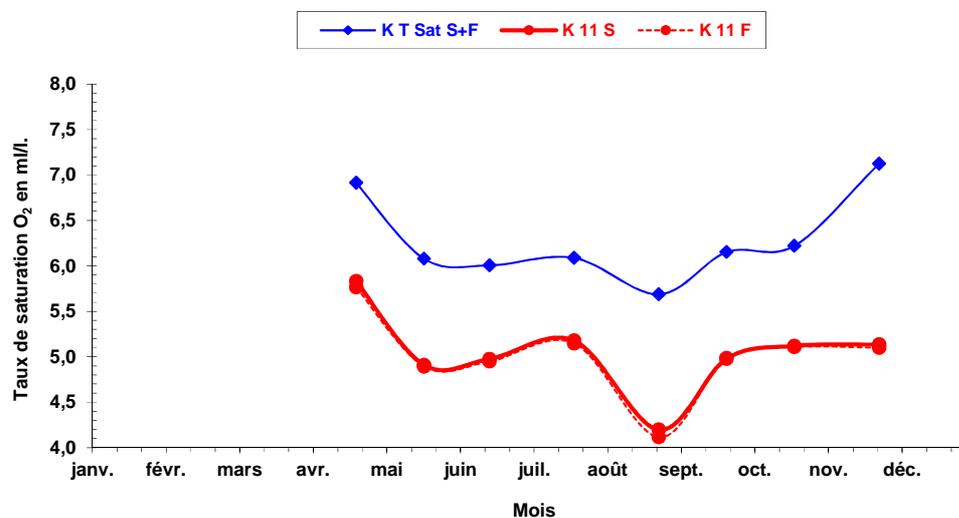
le 09 nov. au fond : 2,02 ml/l (28,22 %) (Qfl :  $759 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  - coef. 73-75)

Les valeurs moyennes de l'année 2010 au point K évoluaient autour de 82,88 % du taux de saturation (5,52 ml/l). En 2011 les valeurs moyennes évoluent autour de 79,65 % (5,03 ml/l). Le déficit moyen annuel est évalué à 1,29 ml/l (20,35 %) alors qu'en 2010 il était évalué à 1,13 ml/l (17,12 %) (**Tableau 3-16** et **Tableau 3-18**).

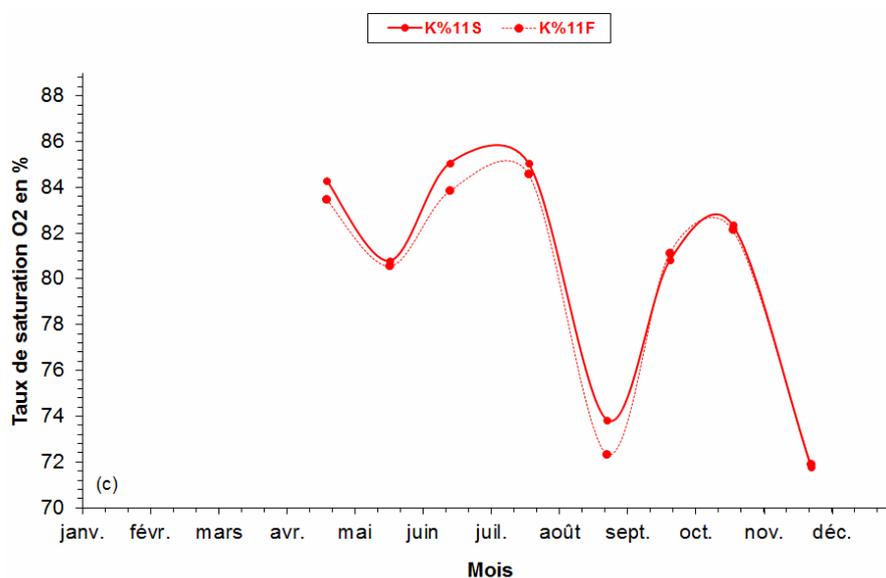
La comparaison des années 2010 et 2011, dites sèches, met en évidence des oxygénations relativement élevées. Le bouchon vaseux se situe en amont en 2011, tout comme en 2010 ; le déficit en oxygène est légèrement plus important au point K pk 30 en 2011.

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

VI-15 - OXYGENE DISSOUS														
POINT K PK 30														
ANNEE K 2011														
DATES		TAUX DE SATURATION ml/l	MOY DE LA MAREE		DEFICIT				ECART MAXI TRANCHE D'EAU		COEFFICIENT	Qfi: m3.s-1 (moy. 10 jours précédents)		
			ml/l	%	Moyen ml/l	%	Minimum ml/l	%	Maximum ml/l	%				
13	S	6,92	5,83	84,30	1,09	15,70%	1,01	14,59%	1,15	16,53%	0,14	1,42	43-48	725
Avril 2011	F	6,91	5,76	83,46	1,14	16,54%	1,04	15,09%	1,21	17,52%				
25	S	6,08	4,91	80,80	1,17	19,20%	0,93	15,45%	1,59	25,82%	0,05	0,80	43	375
Mai 2011	F	6,08	4,89	80,56	1,18	19,44%	0,95	15,71%	1,63	26,39%				
22	S	6,01	4,98	85,08	1,03	14,92%	0,85	14,19%	1,45	23,82%	0,13	2,18	57-53	363
Juin 2011	F	6,00	4,95	83,85	1,05	16,15%	0,87	14,52%	1,32	21,76%				
27	S	6,09	5,18	85,05	0,91	14,95%	0,80	13,28%	1,14	18,50%	0,13	2,23	44-49	294
Juillet 2011	F	6,09	5,15	84,57	0,94	15,43%	0,78	13,04%	1,28	20,74%				
18	S	5,68	4,20	73,84	1,49	26,16%	1,33	23,38%	1,63	28,38%	0,18	3,43	77-73	234
Août 2011	F	5,69	4,12	72,35	1,57	27,65%	1,37	24,17%	1,74	30,37%				
21	S	6,16	4,98	80,81	1,18	19,19%	0,94	15,16%	1,71	27,69%	0,34	5,51	32	207
Sept 2011	F	6,14	4,99	81,14	1,16	18,86%	0,96	15,56%	1,37	22,18%				
12	S	6,22	5,12	82,36	1,10	17,64%	0,85	13,91%	1,44	22,67%	0,07	1,01	84-84	225
Octobre 2011	F	6,22	5,11	82,14	1,11	17,86%	0,88	14,47%	1,39	21,82%				
9	S	7,15	5,14	71,78	2,02	28,22%	1,99	28,11%	2,02	28,77%	0,19	1,72	73-75	759
Nov 2011	F	7,09	5,10	71,89	1,99	28,11%	1,88	27,05%	2,02	28,22%				
<b>Moyennes</b>	S	6,33	5,05	79,85	1,28	20,15%	1,12	17,70%	1,53	24,05%				
	F	6,32	5,02	79,44	1,30	20,56%	1,12	17,87%	1,52	23,89%				
	G	6,32	5,03	79,65	1,29	20,35%	1,12	17,78%	1,52	23,97%				
min Surf		5,68	4,20	71,78	0,91	14,92%	0,80	13,28%	1,14	16,53%	0,05	0,80		
min Fond		5,69	4,12	71,89	0,94	15,43%	0,78	13,04%	1,21	17,52%				
max Surf		7,15	5,83	85,08	2,02	28,22%	1,99	28,11%	2,02	28,77%	0,34	5,51		
max Fond		7,09	5,76	84,57	1,99	28,11%	1,88	27,05%	2,02	30,37%				



**Figure 3-31 : Variations mensuelles des valeurs moyennes d'oxygène dissous exprimées en ml.l<sup>-1</sup> au Point K (PK 30) en 2011**



**Figure 3-32 : Variations mensuelles des valeurs moyennes d'oxygène dissous exprimées en % de saturation au Point K (PK 30) en 2011**

## 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
<b>Point F</b>	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	
<b>Point E</b>	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	

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
<b>Point J</b>	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
<b>Point K</b>	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	

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 2011 est de :

##### En surface :

##### **Au Point F :**

5,40 ml/l (91,64 %) pour une valeur de saturation de 5,91 ml/l, d'où un déficit de 0,50 ml/l (8,36 %).

##### **Au Point E :**

5,35 ml/l (90,25 %) pour une valeur de saturation de 6,02 ml/l, d'où un déficit de 0,59 ml/l (9,75 %).

##### **Au Point K :**

5,05 ml/l (79,85 %) pour une valeur de saturation de 6,33 ml/l, d'où un déficit de 1,28 ml/l (20,15 %).

##### Au fond :

##### **Au point F :**

5,38 ml/l (90,19 %) pour une valeur de saturation de 6,01 ml/l, d'où un déficit de 0,63 ml/l (9,81 %).

##### **Au point E :**

5,34 ml/l (89,92 %) pour une valeur de saturation de 6,03 ml/l, d'où un déficit de 0,61 ml/l (10,08 %).

##### **Au Point K :**

5,02 ml/l (79,44 %) pour une valeur de saturation de 6,32 ml/l, d'où un déficit de 1,30 ml/l (20,56 %).

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

##### **Au Point F :**

entre 0,25 ml/l (4,27 %) le 20 sept. et 0,95 ml/l (14,39 %) le 12 avril.

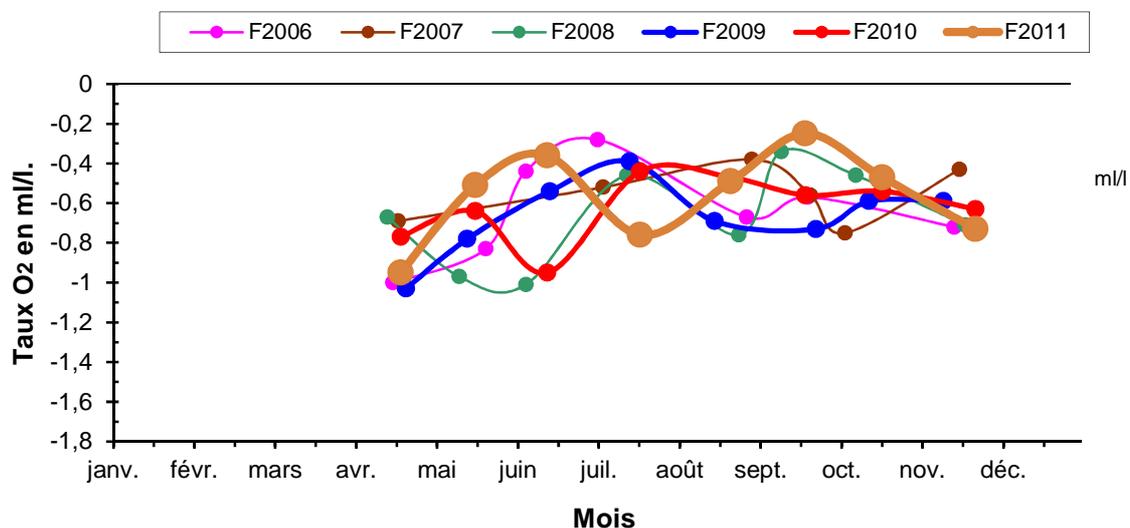
##### **Au Point E :**

entre 0,40 ml/l (6,83 %) le 22 sept. et 1,20 ml/l (18,21 %) le 08 nov.

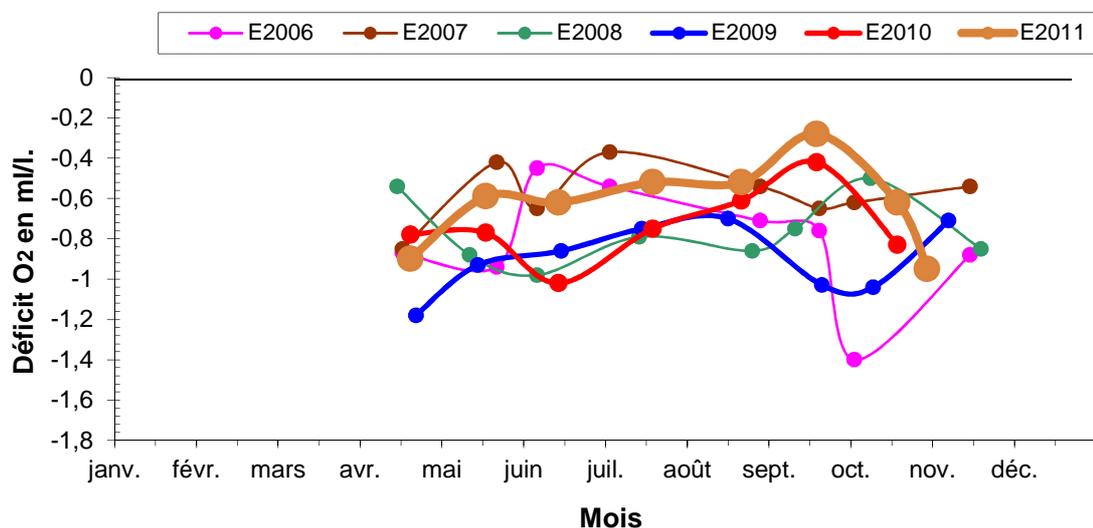
##### **Au Point K :**

entre 0,93 ml/l (15,19 %) le 27 juillet et 2,01 ml/l (28,17 %) le 09 nov.

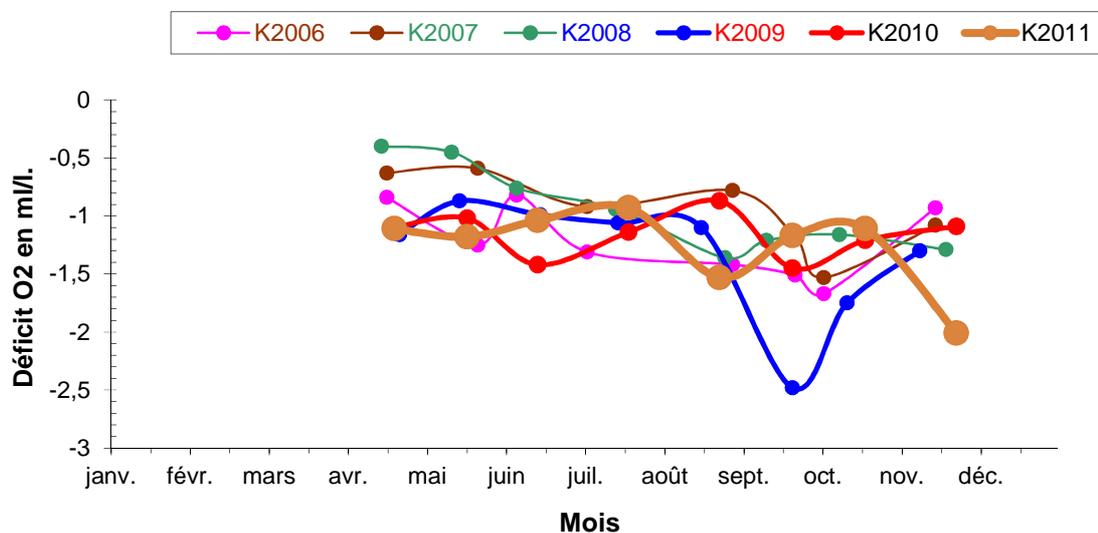
Pour l'année 2011, la comparaison des déficits aux trois points est représentée sur la **Figure 3-36**.



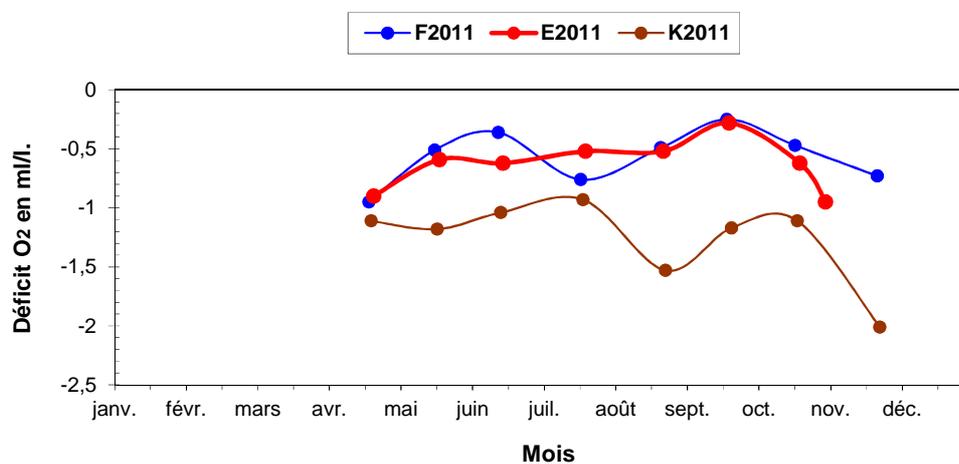
**Figure 3-33 : Variations du déficit en oxygène dissous au point F (PK 67) (valeurs moyennes) de 2006 à 2011**



**Figure 3-34 : Variations du déficit en oxygène dissous au point E (PK 52) (valeurs moyennes) de 2006 à 2011**



**Figure 3-35 : Variations du déficit en oxygène dissous au point K (PK 30) (valeurs moyennes) de 2006 à 2011**



**Figure 3-36 : Variations du déficit en oxygène dissous au point F, E, et K (valeurs moyennes) en 2011**

### 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 (Tableau 3 14)**

Entre 0,06 ml/l (2,10 %) le 21 juin et 0,42 ml/l (31,40 %) le 26 juillet. Cette dernière valeur a été observée à la P.M. et correspond à des eaux ayant une température de 19,86° C en surface et 19,47° C au fond, et des concentrations en M.E.S. de 0,060 g/l en surface et 0,128 g/l au fond.

#### **Au Point E-PK 52 (Tableau 3 15)**

Entre 0,08 ml/l (1,18%) le 23 juin et 0,67 ml/l (12,07 %) le 19 août. Cette dernière valeur a été observée à la mi-jusant et correspond à des eaux ayant une température de 24,17° C en surface et 24,11°C au fond, et des concentrations en M.E.S. allant de 0,517 g/l en surface à 0,757 g/l au fond.

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

Entre 0,05 ml/l (0,80 %) le 25 mai et 0,34 ml/l (5,51 %) le 21 sept. Cette dernière valeur a été observée à la B.M. et correspond à des eaux ayant une température de 20,87° C en surface et 20,67°C au fond, et des des concentrations en M.E.S. de 0,457 g/l en surface et 3,022 g/l au fond.

Les teneurs en oxygène dissous en surface sont légèrement supérieures à celles du fond dans la majeure partie des cas, sauf dans la situation du 19 août au point E.

Depuis le début des mesures (1978 pour le point E), on n'observe pas de diminution de la teneur en oxygène dissous des eaux. Les fluctuations observées sont liées à la turbidité des eaux et donc à la position moyenne du bouchon vaseux au cours de l'année. Ces dernières années, le bouchon vaseux se localise très en amont au cours de la période estivale, d'où des teneurs en oxygène dissous relativement élevées pour la portion de l'estuaire faisant partie du suivi.

#### Synthèse 2011 :

L'oxygénation des eaux est excellente aux points F et E, et les déficits par rapport à la saturation sont parmi les plus faibles enregistrés depuis 1979. On remarque que depuis 2005, les taux d'oxygénation sont très élevés, ce qui résulte de la faible charge solide en suspension. Les valeurs moyennes de saturation sont de 90,91 % au point F, de 90,08 % au point E et de 82 % au point K, où la plus forte turbidité fait chuter la saturation moyenne annuelle à 79,65 %.

### 3.6. Mesure électrochimique du pH

#### 3.6.1. Variations spatio-temporelles

Le pH moyen relevé au cours de l'année 2011 a évolué :

#### **Au point F (Figure 3 37)**

en surface entre 7,84 (13 octobre) et 8,19 (24 mai)  
au fond entre 7,82 (13 octobre) et 8,25 (21 juin)

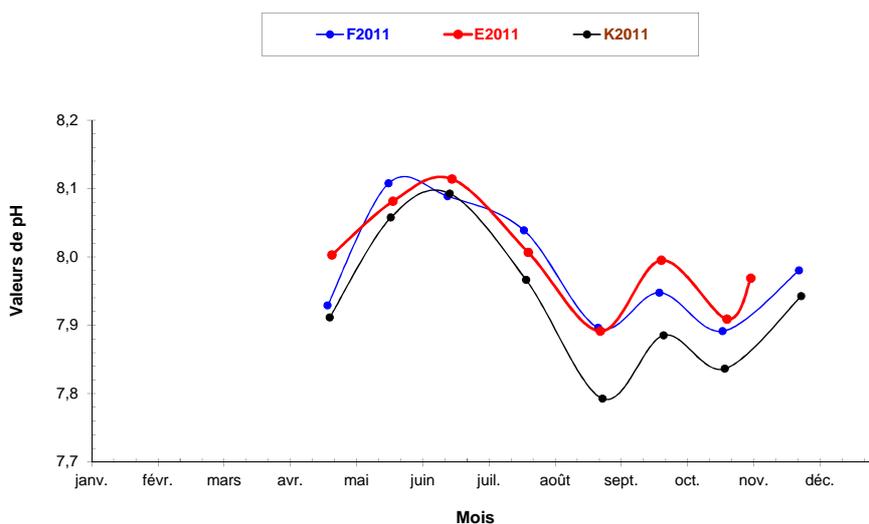
#### **Au point E (Figure 3 37)**

en surface entre 7,84 (19 août) et 8,23 (23 juin)  
au fond entre 7,81 (19 août) et 8,14 (23 juin)

#### **Au point K (Figure 3 37)**

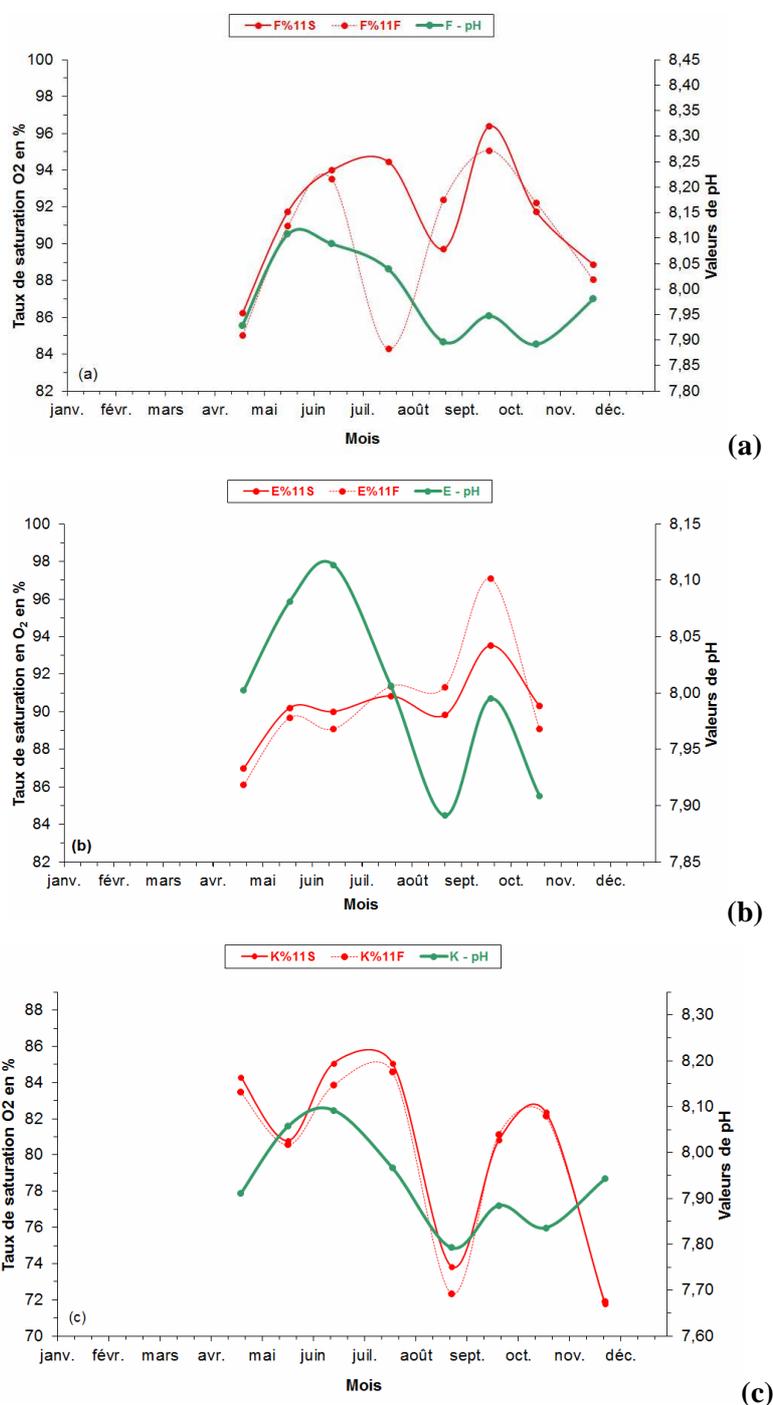
en surface entre 7,80 (13 avril) et 8,19 (22 juin)  
au fond entre 8,00 (22 juin) et 8,15 (22 juin)  
Ces valeurs varient très peu sur la tranche d'eau.

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

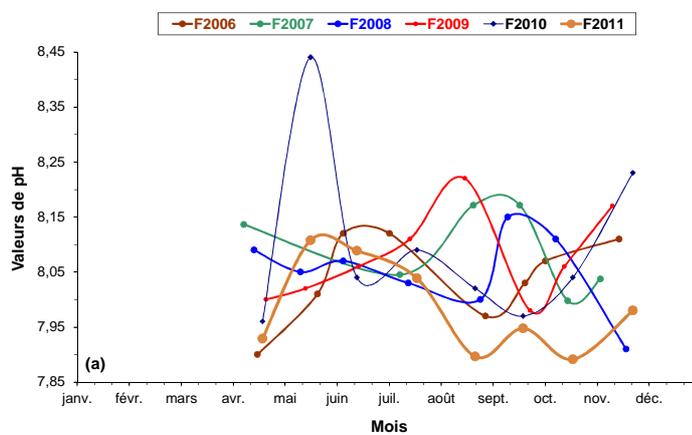


**Figure 3-37 : Evolution du pH moyen (fond+surface) aux points F E K en 2011**

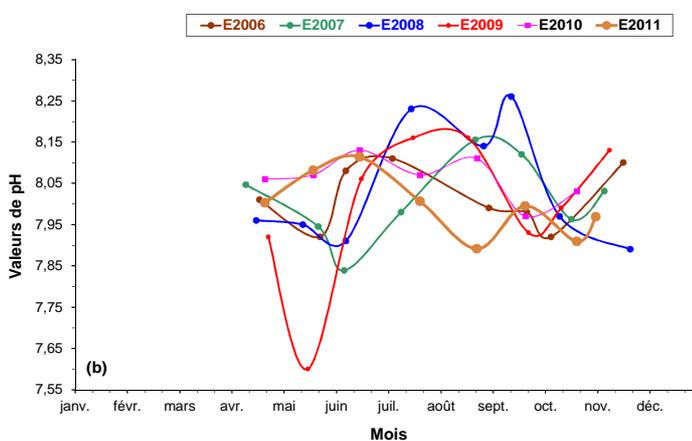
Les **Figure 3-38** et **3-39** montrent l'évolution du taux de saturation en oxygène dissous et du pH aux stations F, E et K.



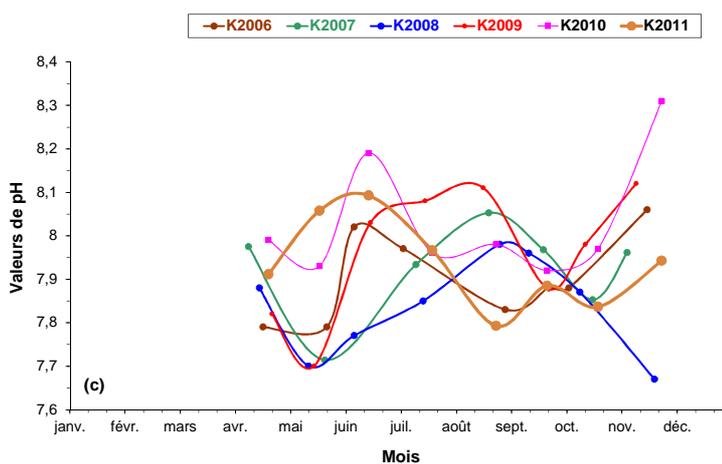
**Figure 3-38 : Variations moyennes du pH (fond, surface) et du taux de saturation en oxygène aux points F (a), E (b), K (c) en 2011**



(a)



(b)



(c)

**Figure 3-39 : Comparaison des valeurs moyennes de pH aux points F (a), E (b), K (c) de 2006 à 2011**

### Synthèse 2011 :

La gamme de variation des pH est étroite. L'intervalle maximum de variation du pH moyen en 2011 est proche de celui des années antérieures (depuis 2004). Le pH moyen maximum est de 8,19, le minimum est de 7,80.

Si on compare 2011 avec les 5 années précédentes, on note que le pH est très sensible au débit fluvial. Une augmentation brusque du débit fluvial (même minime), provoque une diminution du pH.

Au cours de l'été, on observe souvent une diminution progressive et lente du pH. Ceci indique une " stagnation " des eaux estuariennes et ce sont les petites augmentations de débit du début de l'automne qui y mettent fin. Les pH de 2011 sont dans la moyenne au printemps, puis sont relativement bas à partir de juillet et jusqu'à la fin de l'année.



## 4. Paramètres hydrobiologiques et contaminants chimiques<sup>25</sup>

### 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 décidé<sup>26</sup> de réaliser le dosage du carbone organique dissous ; la teneur en carbone organique total est alors obtenue par sommation des fractions particulières et dissoutes.

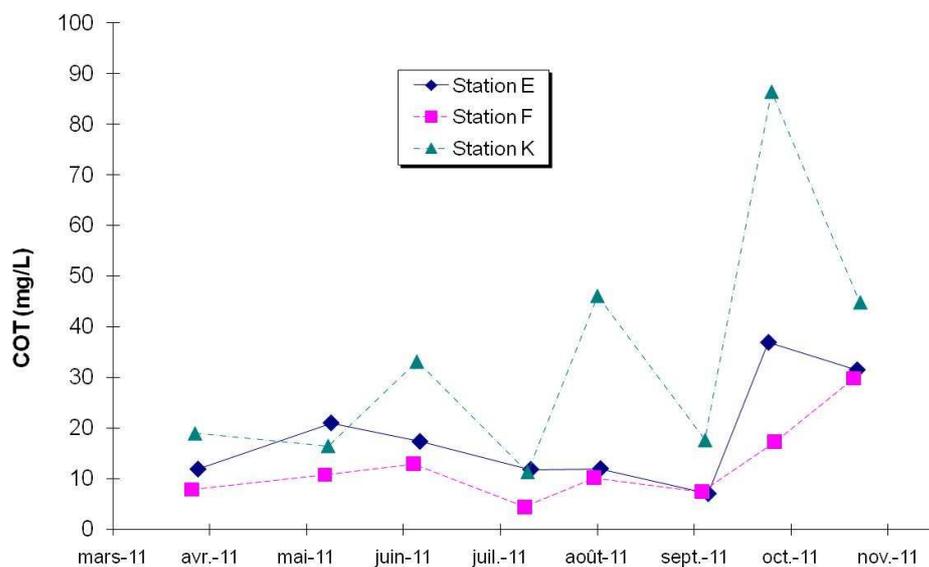
#### 4.1.1. Variations spatio-temporelle

Compte tenu de la forte turbidité des eaux de la Gironde, par rapport à un milieu océanique ou fluvial, les concentrations en carbone organique total sont majoritairement très proches de celles du carbone organique particulaire pour les trois stations (**Figures 4-1 à 4-4**). Néanmoins, des variations des concentrations sont observées selon les stations de mesure. Pour K, de fortes fluctuations des valeurs sont enregistrées cette année avec des teneurs les plus élevées en octobre, août et juin.

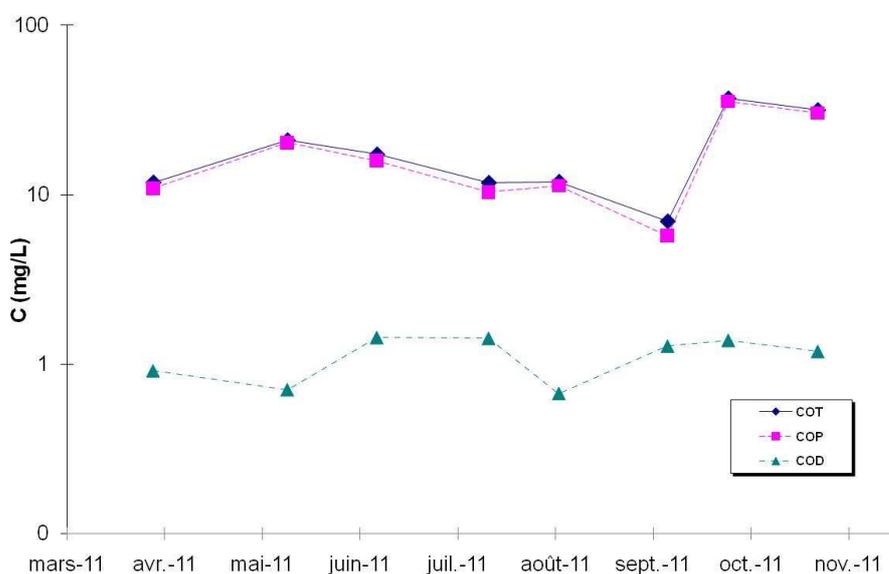
Pour les stations F et E, les variations mensuelles sont moins marquées qu'en amont. Les teneurs les plus élevées en COT, COP et COD sont enregistrées pour la campagne du mois d'octobre et les plus faibles en juillet.

<sup>25</sup> Il est à noter qu'aucune valeur n'est disponible en novembre pour la station E et qu'il est fort probable que les concentrations des différents paramètres recherchés suivent la même tendance que la station aval.

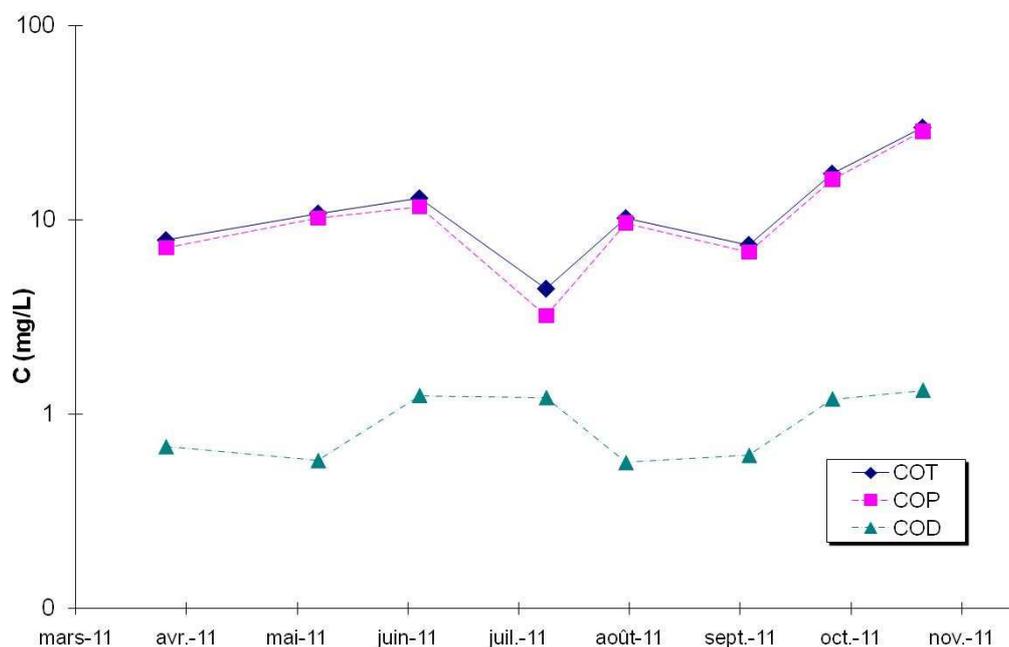
<sup>26</sup> Réunion annuelle de suivi du 18 décembre 2003 au CNPE du Blayais



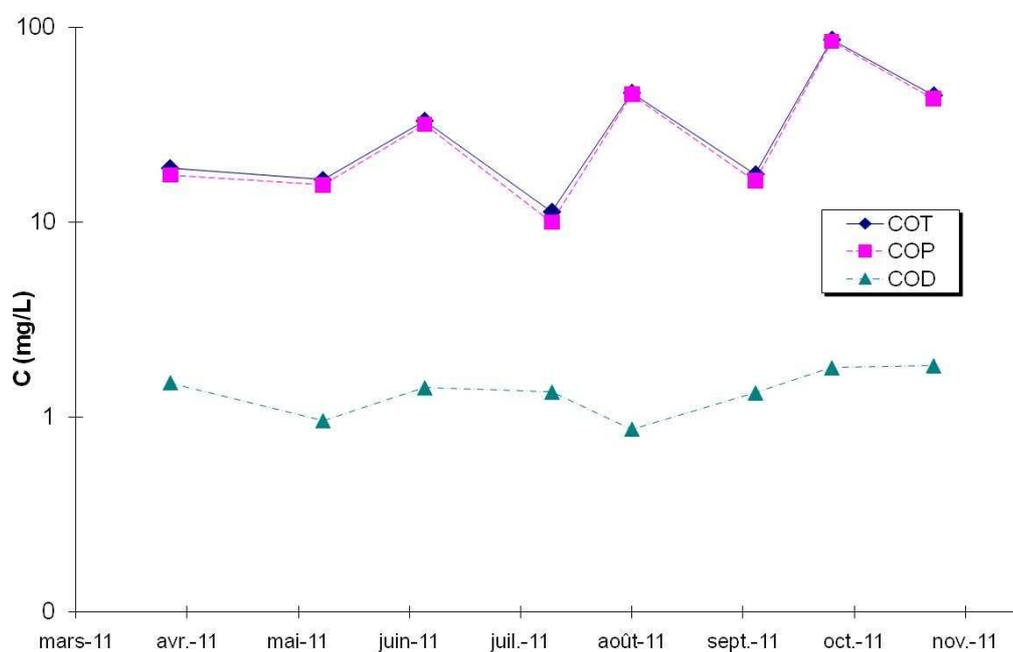
**Figure 4-1 : Variations mensuelles des teneurs en carbone organique total, moyenne par mission, station E, F et K**



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



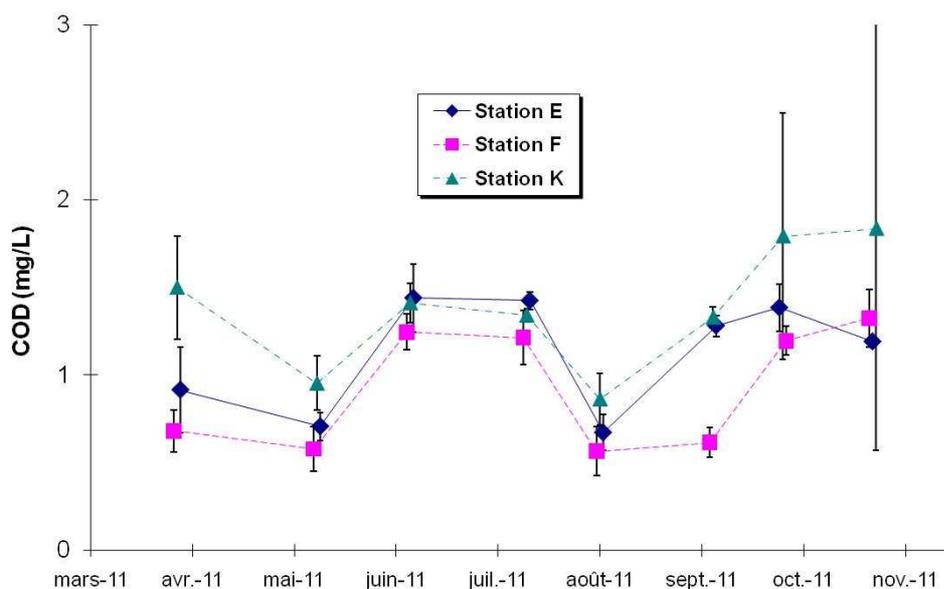
**Figure 4-3 : Variations mensuelles des teneurs en carbone organique, en moyenne par mission, station F.**



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

La fraction dissoute, comparativement plus faible à la fraction particulaire présente peu de variations saisonnières. Ainsi, pour 2011, les concentrations en COD les plus élevées sont enregistrés en juin, en juillet et en octobre pour les 3 stations. Malgré les faibles

teneurs enregistrées, une évolution amont - aval des teneurs en carbone organique dissous se dégage (**Figure 4-5**). Les teneurs les plus faibles sont enregistrées à la station aval (F) et les plus élevées en amont (station K). Comme dans de nombreux cas (cf. § 4.3), la station E constitue une situation intermédiaire, en raison de sa localisation dans l'Estuaire.

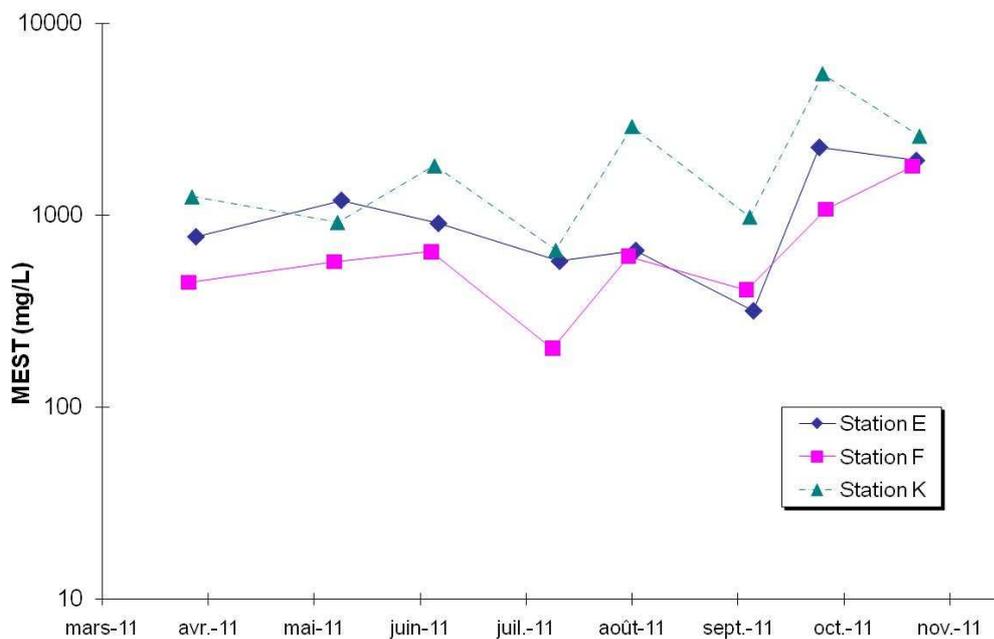


**Figure 4-5 : Variations mensuelles des teneurs en carbone organique dissous, en moyenne par mission**

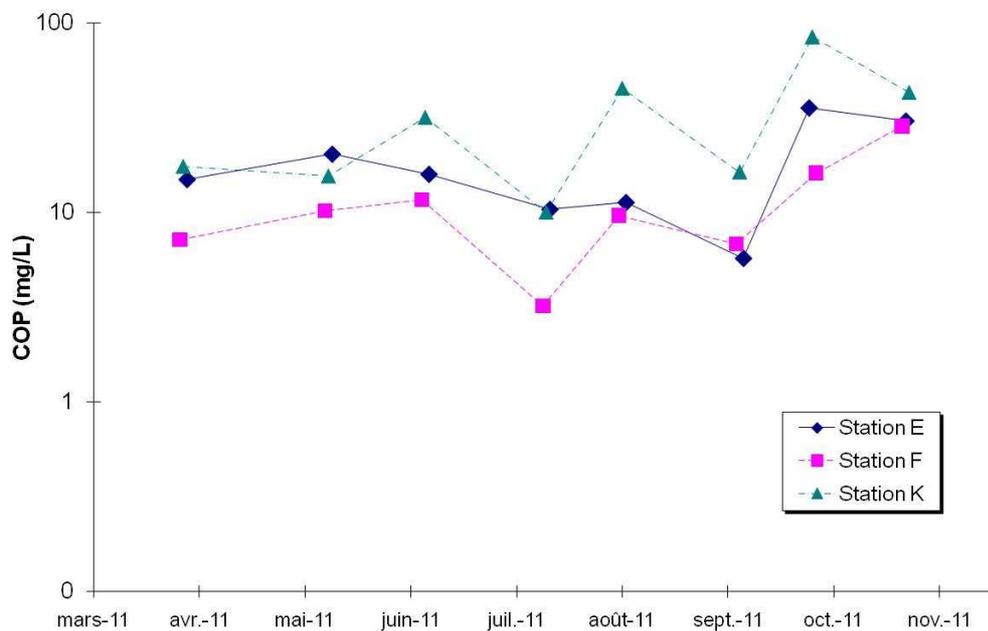
La fraction particulaire du carbone organique (COP) est étroitement liée aux matières en suspension (MES). Ainsi, pour chaque station, on note toujours une harmonisation des variations mensuelles des teneurs en MES et en COP (**Figures 4-6 et 4-7**). La répartition des concentrations en COP par rapport à celles des MES est caractéristique des eaux de la Gironde en raison de la nature limoneuse des sédiments drainés par les deux principaux fleuves qui le constituent (**Figure 4-8**).

Les variations saisonnières se distinguent avec une corrélation linéaire des valeurs en MES et en COP pour les trois stations étudiées. Au mois d'octobre, les eaux présentent des concentrations plus élevées en MES et en COP pour toutes les stations K et E. A la différence de 2008 et 2009, la diminution des teneurs en MES et COP n'est pas observée au printemps, mais aux mois de juillet et septembre.

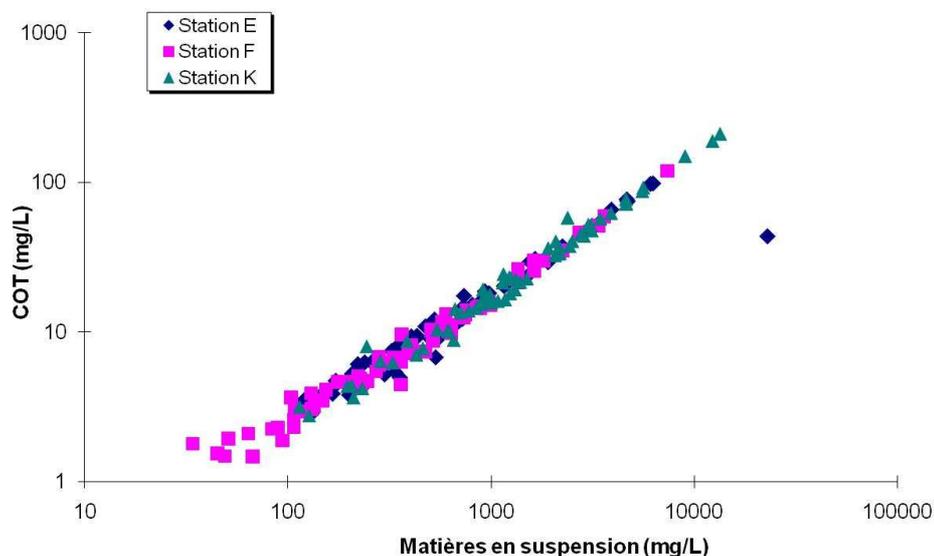
La station E présente les plus faibles variations et conserve sa situation de station de mesure intermédiaire.



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



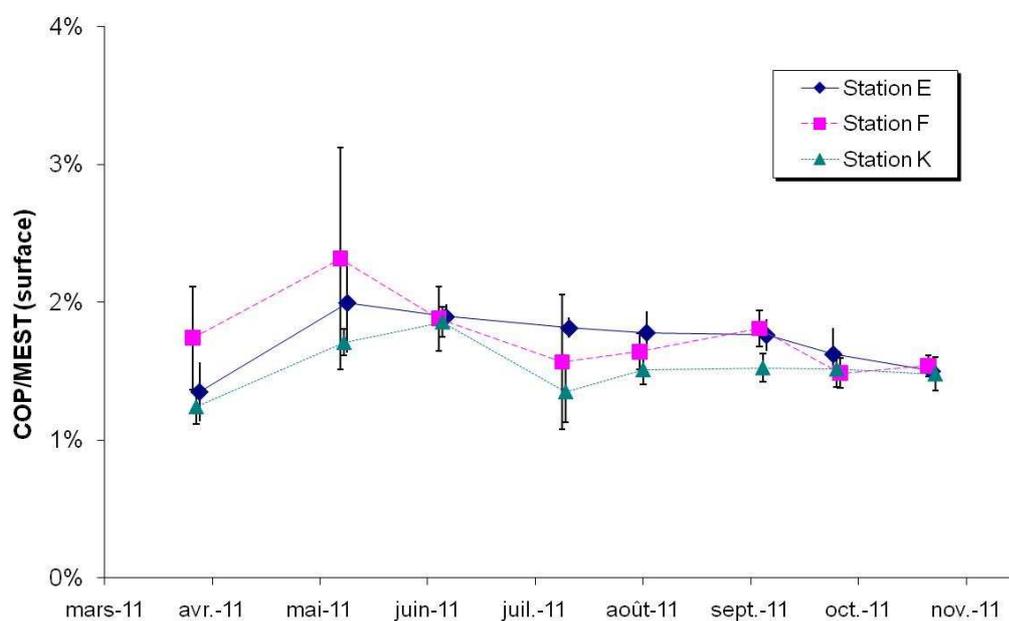
**Figure 4-7 : Variations mensuelles des teneurs en carbone organique particulaire, en moyenne par mission**



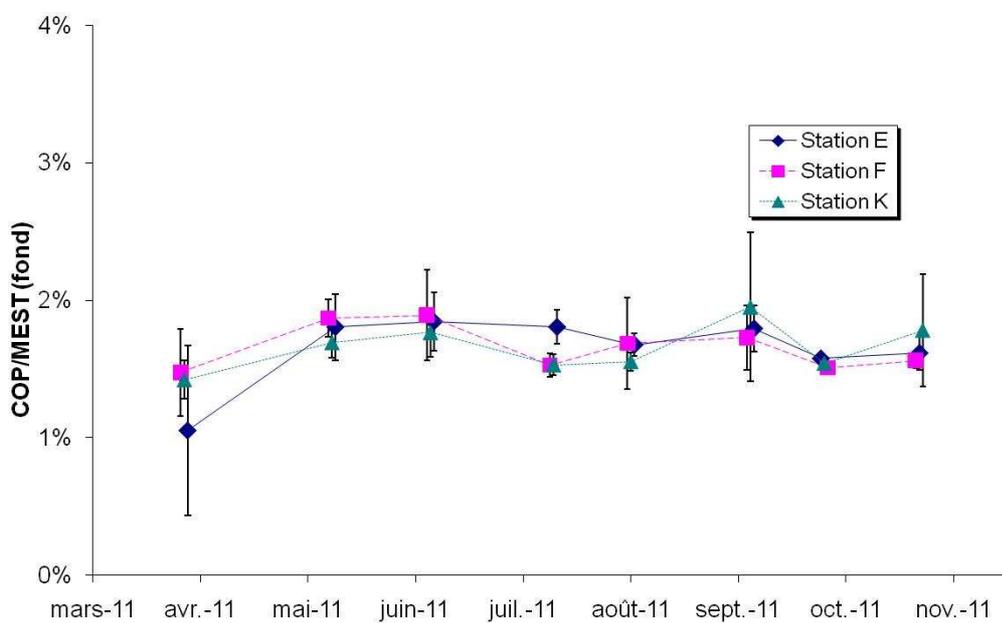
**Figure 4-8 : répartitions des teneurs en COP par rapport à celles des matières en suspension, niveaux et missions confondus par station**

D'autre part, 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 du ratio de carbone organique contenu dans les matières en suspension (COP/MES ; **Figures 4-9** et **4.10**). Les valeurs du ratio varient peu en fond ; néanmoins, des variations intéressantes sont observées en surface, plus marquée en aval qu'en amont : ratio les plus élevés en mai et les plus bas en juillet. Tous niveaux confondus, elles restent proches de la moyenne des mesures réalisées : 1,61% <sup>27</sup>.

<sup>27</sup> Moyenne des mesures réalisées depuis 1993, toutes stations, temps de marée et niveaux confondus



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

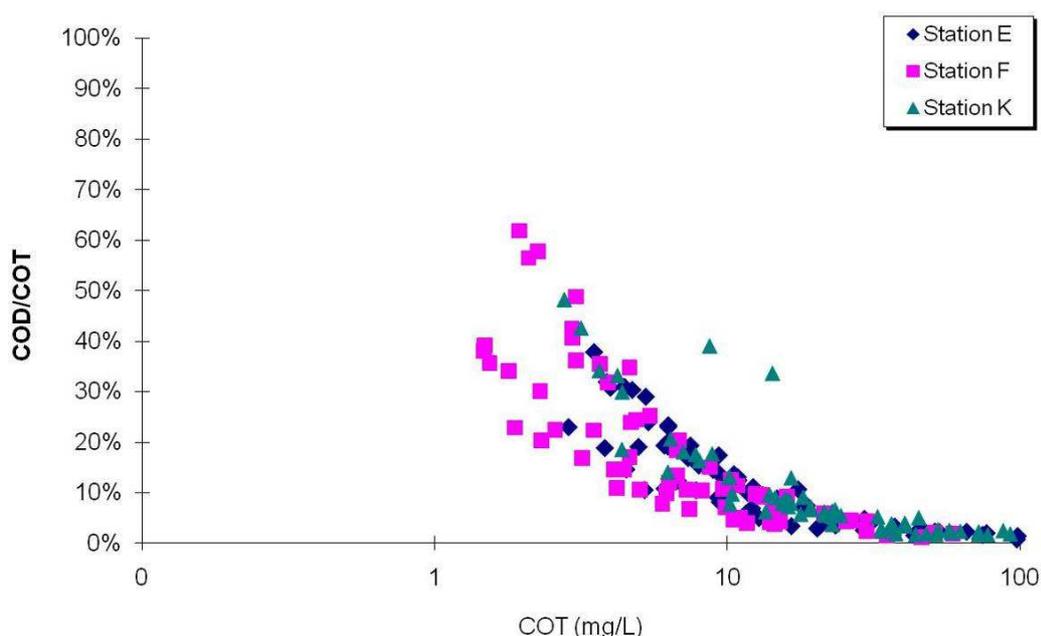


**Figure 4-10 : Variations mensuelles du rapport COP/MES au niveau du fond, en moyenne par station et mission**

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

##### 4.1.2.1. Répartition du carbone organique

D'une manière générale, 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 4-11**).



**Figure 4-11 : Répartition du carbone organique, toutes stations, niveaux et temps de marée confondus.**

Ainsi, pour les 192 mesures réalisées en 2011, 27 d'entre elles ont une teneur en carbone organique dissous (COD) représentant plus de 30% de la teneur en COT. Comparativement en 2010, 22 stations sur 184 points de mesure présentaient une teneur en carbone organique dissous représentant plus de 30% de la teneur en COT, 38 sur 192 en 2009, 76 pour 2008, 19 sur 191 pour 2007 et 40 pour 183 enregistrements en 2006. En 2011, les teneurs en COD confirment la tendance à la baisse observée en 2009 et se rapprochent des valeurs enregistrées en 2007.

Cette année, les ratios COD/COT supérieurs à 30 % sont répartis de la façon suivante entre les 3 stations de mesure, avec comme pour l'an dernier une majorité des ratios enregistrés à la station F :

- 5 pour la station E,
- 7 pour la station K (amont),
- 15 pour la station F (aval).

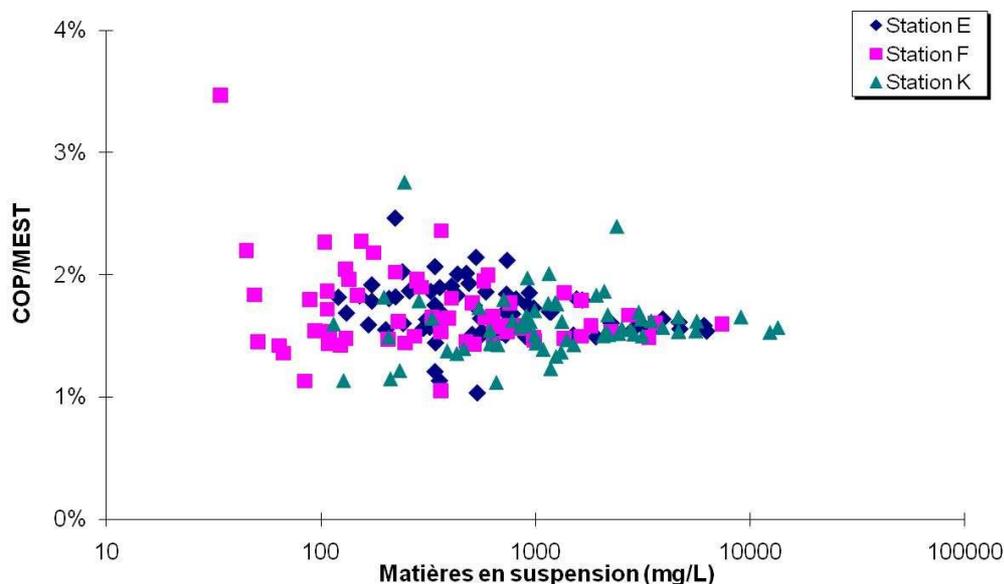
Il est également à noter que 95% des mesures de COD supérieures à 30% du COT sont enregistrés pour les points prélevés en surface. Seuls 2 prélèvements réalisés en fond présente un ratio supérieur à 30%.

Station	Niveau	Date	COD mg/L	COT mg/L	COD/COT	Période
F	F	26-juil-11	1,48	3,03	49%	Basse Mer
F	F	26-juil-11	1,10	3,04	36%	Pleine mer

#### 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 4-12**).



**Figure 4-12 : Répartition des valeurs du rapport COP/MES (y) avec les teneurs en MES (x), par station.**

Pour 2011, 19 mesures présentent des rapports COP/MES supérieurs à 2%. (**Tableau 4-1**).

**Tableau 4-1 : ratio COP/MES supérieur à 2% (extrait de la base de données)**

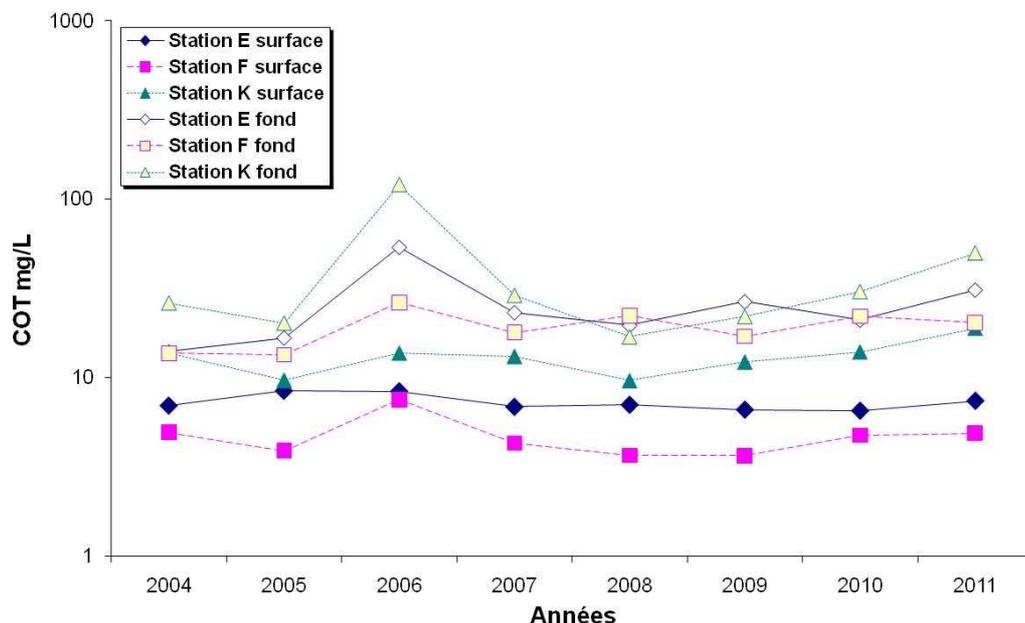
St	Niv	Date	S ‰	COD mg/L	MES mg/l	COP mg/l	COP / MES	COT mg/L	COD / COT	Marée
E	F	26-mai-11	9,08	0,84	527	11,30	2,14%	12,14	6,92%	Mi-Jusant
E	F	23-juin-11	7,54	1,86	736	15,60	2,12%	17,46	10,65%	Basse Mer
E	F	22-sept-11	10,21	1,36	475	9,56	2,01%	10,92	12,45%	Basse Mer
E	S	26-mai-11	6,95	0,82	339	7,01	2,07%	7,83	10,47%	Basse Mer
E	S	26-mai-11	10,21	0,66	221	5,45	2,47%	6,11	10,80%	Pleine mer
E	S	23-juin-11	7,18	1,45	239	4,84	2,03%	6,29	23,05%	Basse Mer
E	S	19-août-11	10,26	0,77	432	8,67	2,01%	9,44	8,16%	Mi-Jusant
F	F	21-juin-11	20,43	1,04	364	8,59	2,36%	9,63	10,80%	Pleine mer
F	F	17-août-11	13,39	0,79	176	3,84	2,18%	4,63	17,06%	Basse Mer
F	F	20-sept-11	18,63	0,53	222	4,49	2,02%	5,02	10,56%	Mi-Jusant
F	S	12-avr-11	10,87	0,55	45	0,99	2,20%	1,54	35,71%	Pleine mer
F	S	24-mai-11	12,80	0,60	154	3,50	2,27%	4,10	14,63%	Mi-Flot
F	S	24-mai-11	15,69	0,61	34	1,18	3,47%	1,79	34,08%	Mi-Jusant
F	S	21-juin-11	14,99	1,22	600	12,00	2,00%	13,22	9,23%	Mi-Flot
F	S	21-juin-11	19,10	1,24	130	2,66	2,05%	3,90	31,79%	Pleine mer
F	S	26-juil-11	16,36	1,30	104	2,36	2,27%	3,66	35,52%	Mi-Flot
K	F	21-sept-11	9,01	1,31	244	6,73	2,76%	8,04	16,29%	Pleine mer
K	F	09-nov-11	1,92	1,22	2380	57,00	2,39%	58,22	2,10%	Mi-Jusant
K	S	22-juin-11	5,26	1,33	1150	23,10	2,01%	24,43	5,44%	Mi-Jusant

#### 4.1.3. Evolution des moyennes annuelles

##### 4.1.3.1. Carbone organique total et dissous

La tendance observée depuis 2007 se confirme en 2011 ; après l'augmentation des moyennes annuelles enregistrée au cours de l'année 2006<sup>28</sup>, pour l'ensemble des stations de mesures, les valeurs retrouvent un niveau proche de ceux enregistrés au cours des années 2004 et 2005 (**Figure 4-13**). 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 en fond. D'autre part, globalement, les concentrations moyennes annuelles de COT sont plus élevées en amont qu'en aval. Cette tendance reste plus marquée sur les prélèvements de surface.

<sup>28</sup> Etude de surveillance écologique du site du CNPE « Le Blayais », année 2006

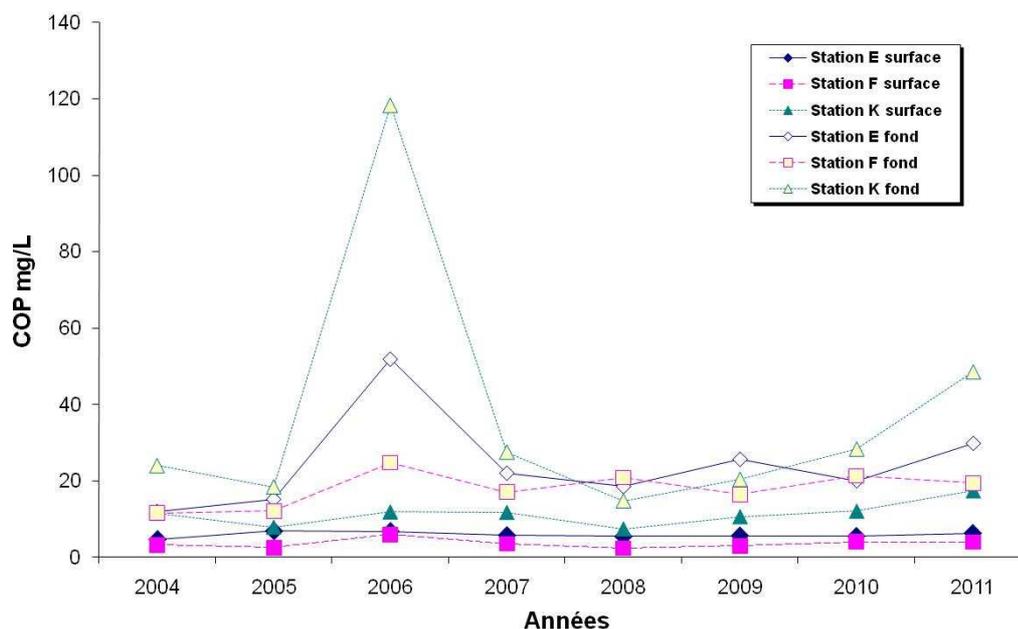


**Figure 4-13 : évolution des moyennes annuelles des concentrations en COT, par station et niveau**

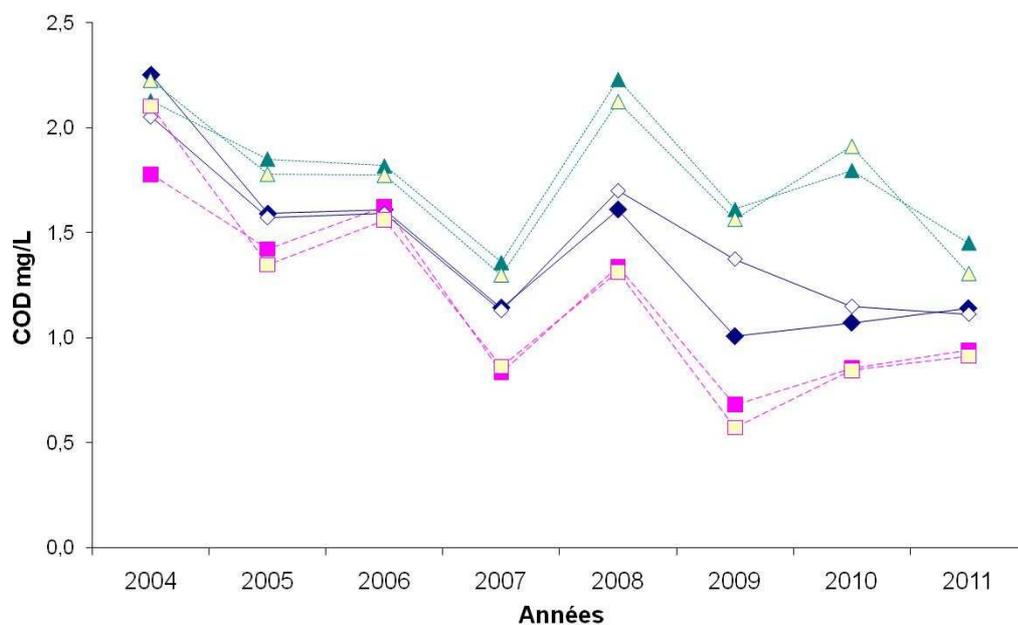
Le carbone organique total étant principalement composé de carbone organique particulaire, les évolutions annuelles du COP (**Figure 4-14a**) suivent celles du COT (**Figure 4-13**).

En ce qui concerne le carbone organique dissous, les teneurs moyennes annuelles se rapprochent des résultats obtenus en 2007 ; on note toutefois une baisse significative des concentrations en 2011 pour la station K (**Figure 4-14b**). Pour les stations E et F, les moyennes annuelles 2011 respectives restent proches des données enregistrées depuis 2009.

Les moyennes les plus faibles sont, depuis 2004, enregistrées à la station la plus en aval (F) et les plus élevées à la station la plus amont (K) ; la station E présente une situation intermédiaire entre ces deux stations en raison de sa localisation dans l'Estuaire de la Gironde. Le carbone organique dissous a pour principale source les eaux douces. Aussi, la station K, située la plus en amont, est plus impactée par les apports fluviaux comparativement aux 2 autres stations. L'influence fluviale s'atténue progressivement vers aval, d'où un gradient de concentrations décroissant de la station K vers la station F.



a



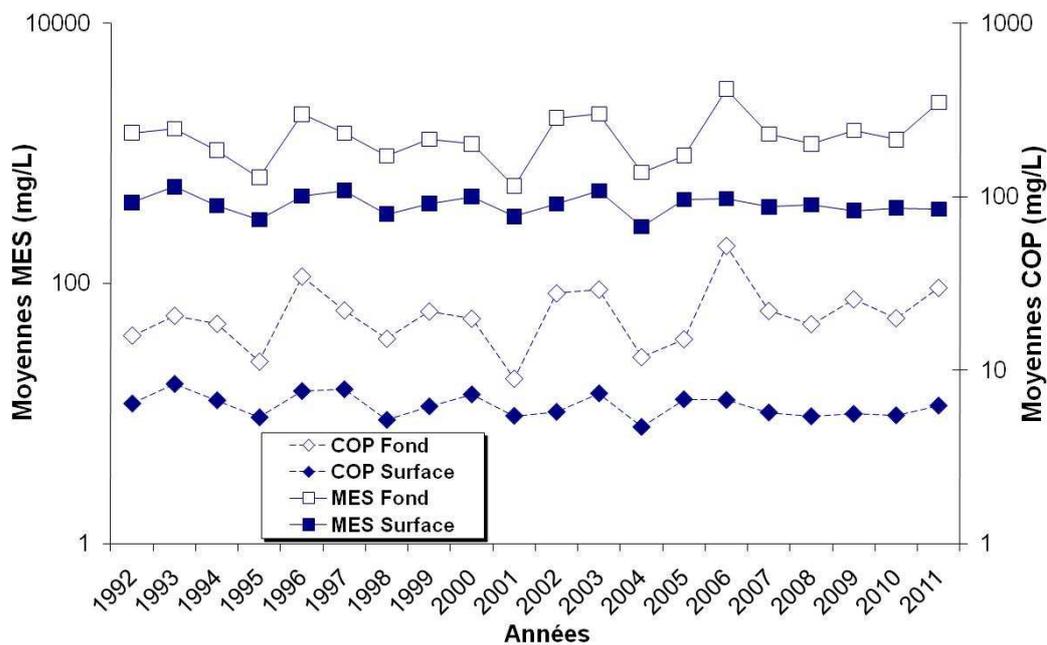
b

**Figure 4-14 : Evolution des moyennes annuelles des concentrations en COP (a) et COD (b), par station et niveau**

#### 4.1.3.2. Carbone organique particulaire et matières en suspension

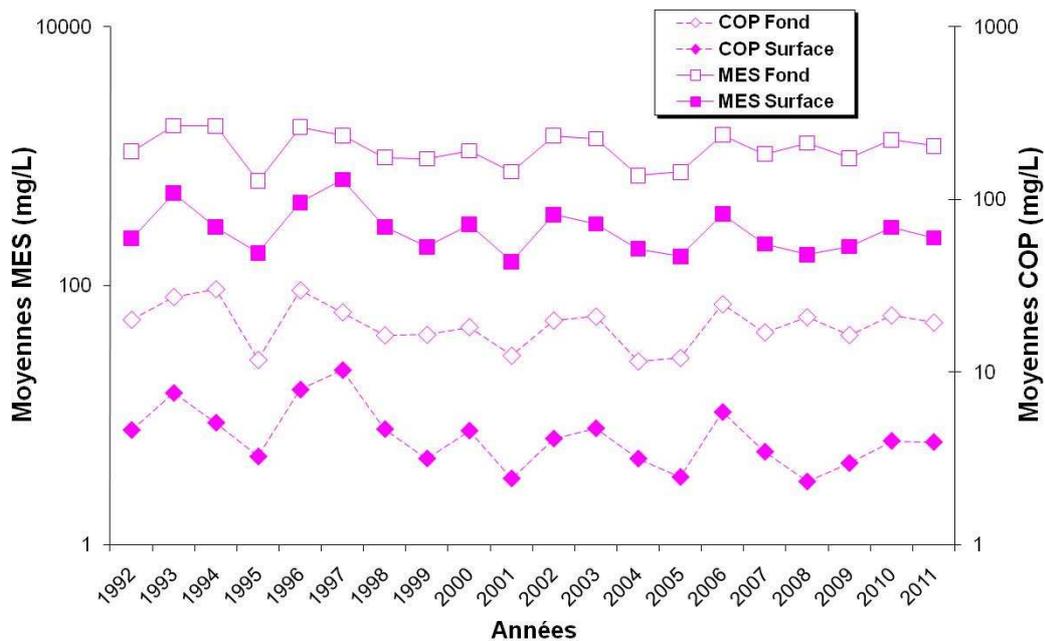
Pour les trois stations, l'évolution des moyennes annuelles des concentrations en MES et celles du COP sont étroitement dépendantes (**Figures 4-15 à 4-17**).

Pour la station E, les valeurs des moyennes annuelles des teneurs en carbone organique particulaire et en matières en suspension sont en augmentation. En surface, les variations sont moins marquées ; aucune évolution notable n'est observée depuis 2007.



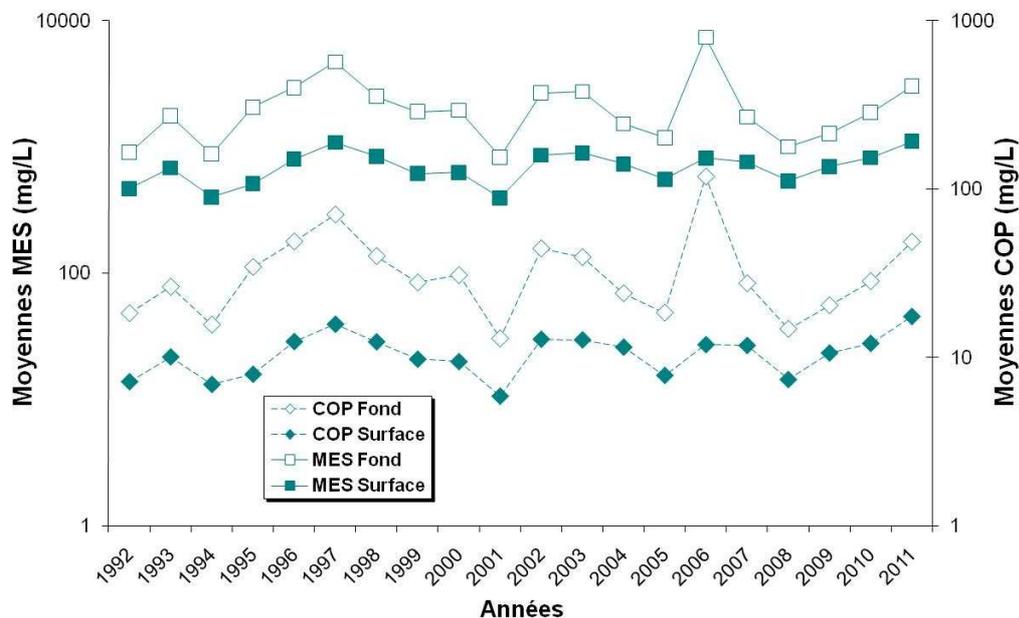
**Figure 4-15 : Evolution des moyennes annuelles des concentrations en MES et en COP à la station E, par niveau.**

Pour la station aval (F), les enregistrements de fond et de surface diminuent en comparaison à 2010.



**Figure 4-16 : Evolution des moyennes annuelles des concentrations en MES et en COP à la station F, par niveau**

Pour la station amont (K) à l'inverse de la station F, les enregistrements de fond et de surface augmentent de façon significative en comparaison à 2010.



**Figure 4-17 : Evolution des moyennes annuelles des concentrations en MES et en COP à la station K, par niveau**

Le tableau ci-après 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 (**Tableau 4-2**). La moyenne annuelle (1,66%), toutes stations et niveaux confondus, est inférieure à la valeur de la moyenne pluriannuelle 1993 – 2011 (1,60%).

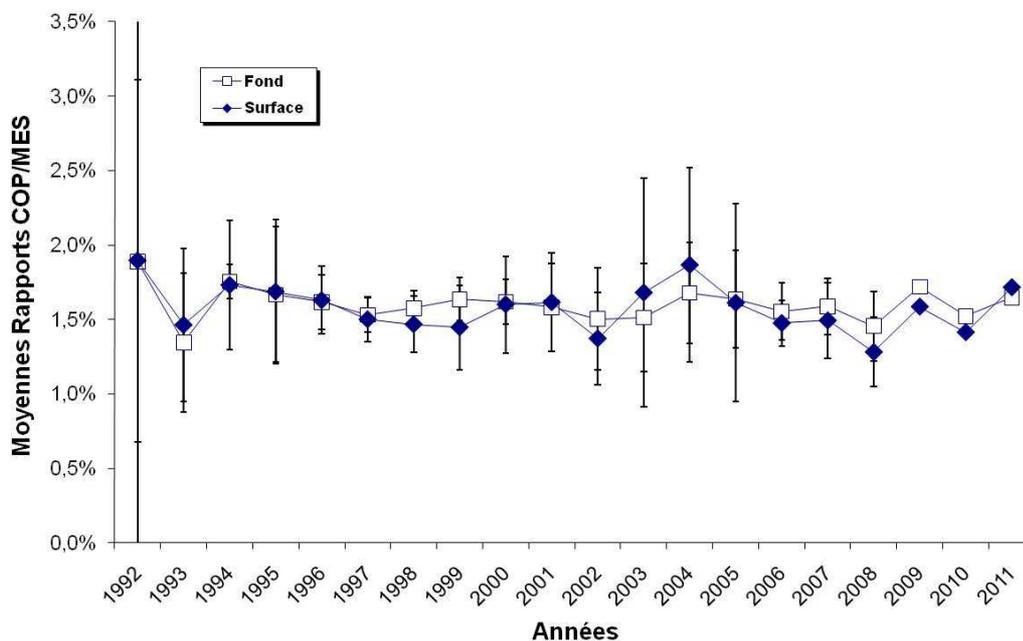
**Tableau 4-2 : Paramètres des droites de régressions entre les teneurs en COP (mg/L) et celles en MES (mg/L), moyennes annuelles du rapport COP/MES, toutes stations confondues, période 1993 à 2011.**

	Nb	Pente	Ord.	R	$\alpha^{29}$	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%

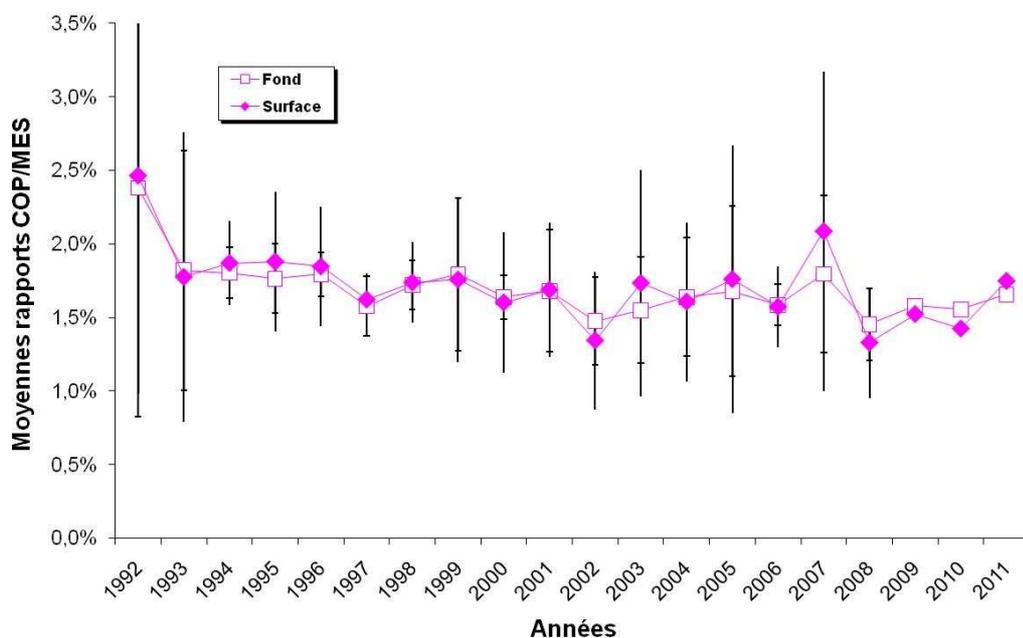
A la station E, pour 2011, au niveau du fond comme en surface, la valeur de la moyenne du rapport COP/MES est en augmentation par rapport à 2010 et se rapproche des valeurs enregistrées en 2009 (**Figure 4-18** ; moyenne annuelle 2011 : 1,68% au fond et 1,72% en surface ; moyenne pluriannuelle 1993 – 2011 : 1,59% au fond et 1,58% en surface).

A la station F, les valeurs des moyennes annuelles des rapports COP/MES sont également en augmentation cette année (moyennes annuelles 2011 : 1,66% au fond et 1,75% en surface ; moyennes pluriannuelles 1993 – 2011 : 1,69% au fond et 1,68% en surface ; **Figure 4-19**)

<sup>29</sup> Risque  $\alpha$  selon la loi de Snédécour (Loi F) pour  $u_1 = 1$  et  $u_2 = N - 2$  degrés de liberté.



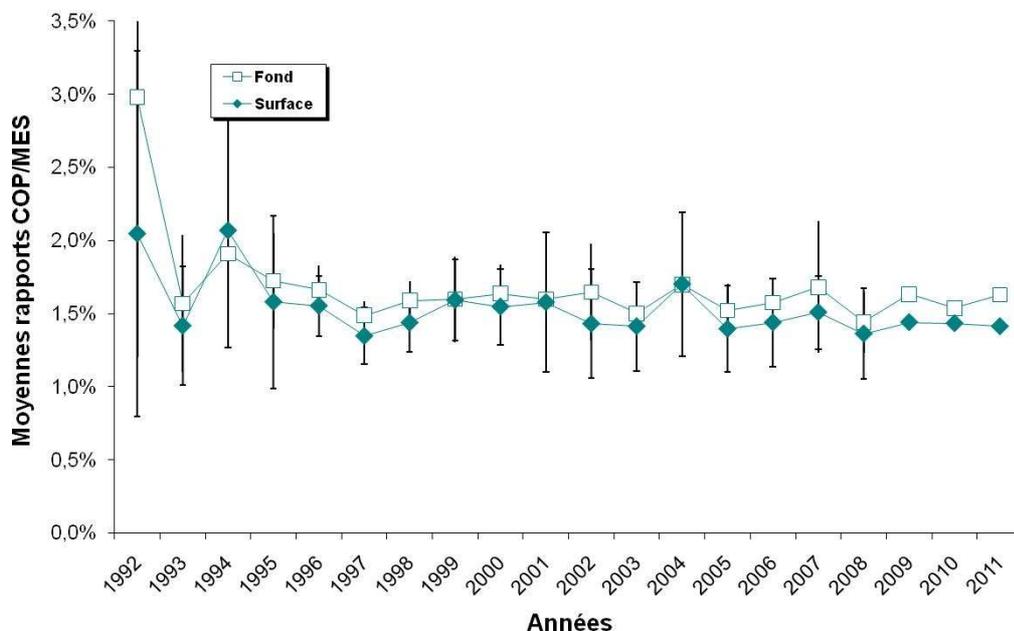
**Figure 4-18 : Evolution des moyennes annuelles des rapports COP/MES à la station E, par niveau**



**Figure 4-19 : Evolution des moyennes annuelles des rapports COP/MES à la station F, par niveau.**

A la station K, pour 2011, la moyenne annuelle du rapport COP/MES présente une légère augmentation en surface, proche de la moyenne 2009 (moyennes annuelles

2011 : 1,66% au fond et 1,52% en surface ; moyennes pluriannuelles 1993 – 2011 : 1,61% au fond et 1,51% en surface ; **Figure 4-20)**



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

#### Synthèse 2011 :

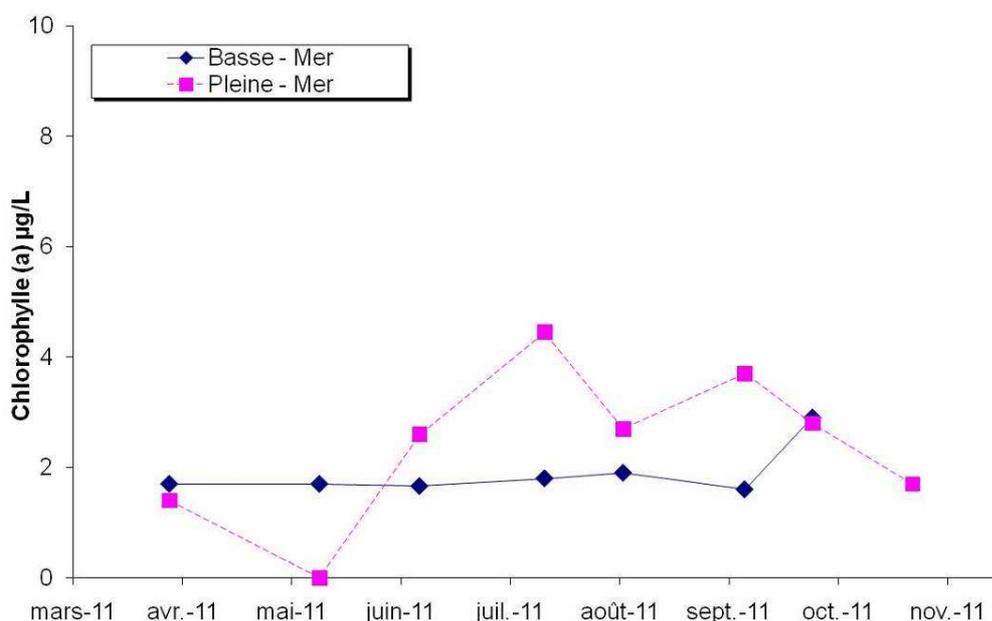
Aucun impact de la centrale n'est mis en évidence pour ces paramètres (COT, COD, MES). Les variations spatiales et temporelles enregistrées en 2011 sont induites par le fonctionnement naturel de l'Estuaire de la Gironde. Généralement, 90% du carbone organique total contenu dans les eaux de l'estuaire a une origine particulaire. Ainsi, pour le point K, les variations saisonnières des teneurs en carbone organique total sont conditionnées par celles de la charge particulaire ; en aval, l'intrusion des eaux halines agit sur la répartition du carbone organique ; cette année, le point K présente les plus fortes fluctuations des valeurs de carbone organique particulaire et de matières en suspension ; le point E, de par sa localisation dans l'estuaire, représente une situation intermédiaire par rapport aux deux autres points de mesures. Globalement, la charge particulaire enregistrée à la station K, au fond comme en surface, est plus importante qu'en 2010.

## 4.2. Chlorophylle (a) et phéopigments

### 4.2.1. Variations spatio-temporelle

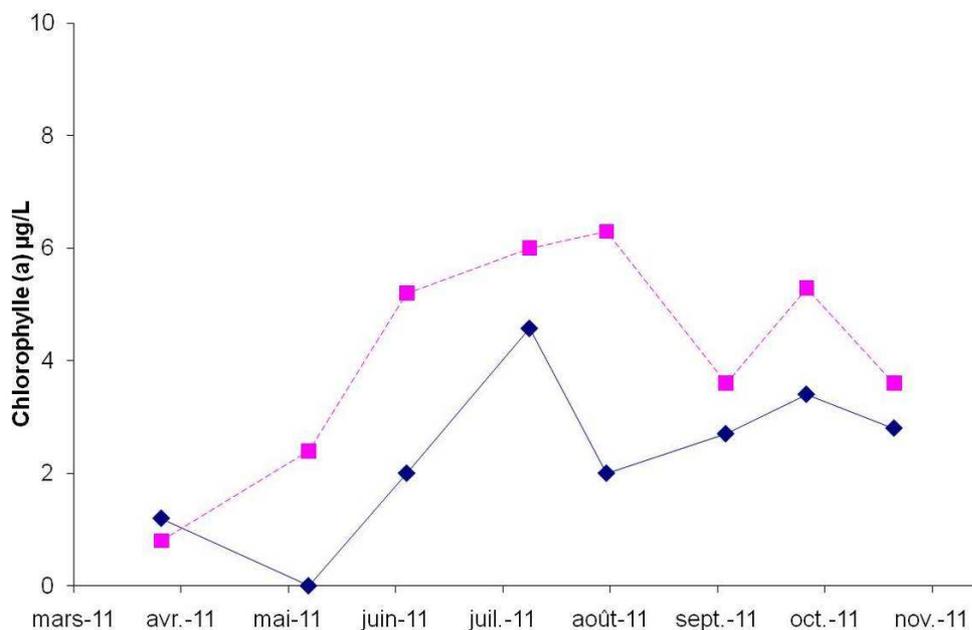
#### 4.2.1.1. Concentration en chlorophylle (a)

D'une manière générale, à la station E, les concentrations en pleine mer sont supérieures à celles de basse mer (**Figure 4-21**). Une très faible production primaire est enregistrée au mois de mai en période de pleine mer. Les plus fortes concentrations sont observées pour les mois de juillet et de septembre. Cette année, les valeurs sont toutefois plus élevées comparativement à 2010.



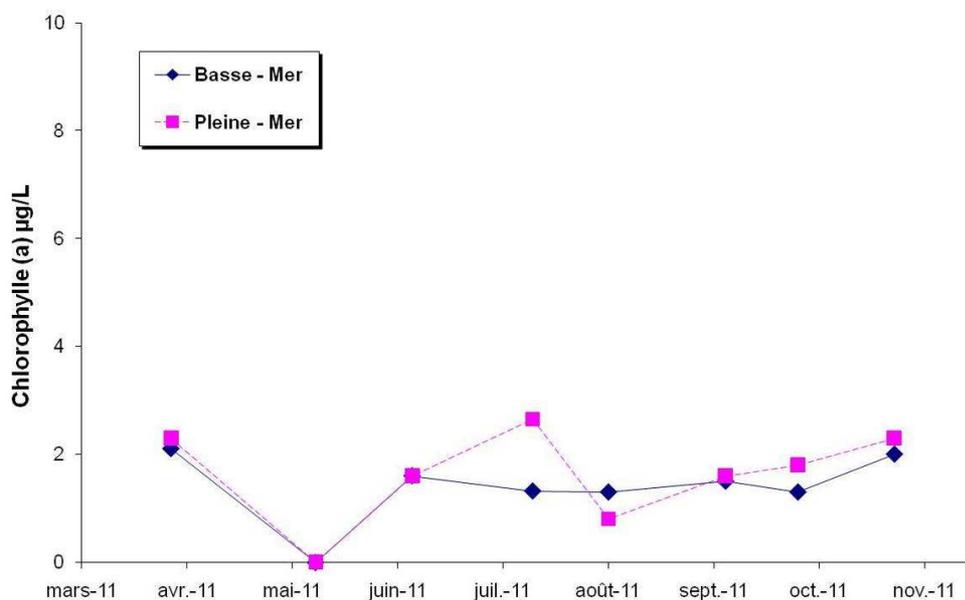
**Figure 4-21 : Variations mensuelles des teneurs en chlorophylle (a) à la station E**

La station F enregistre les plus fortes teneurs en chlorophylle (a) des 3 stations de mesure ; la production primaire est systématiquement plus marquée en pleine mer qu'en basse mer avec les plus fortes concentrations enregistrées aux mois de juillet et août (**Figure 4-22**).



**Figure 4-22 : Variations mensuelles des teneurs en chlorophylle (a) à la station F**

Pour la station K, durant la période d'étude, les teneurs en chlorophylle (a) restent basses, en moyenne de  $1,5 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$  et présentent peu de fluctuation saisonnière comme les années précédentes (Figure 4-23).



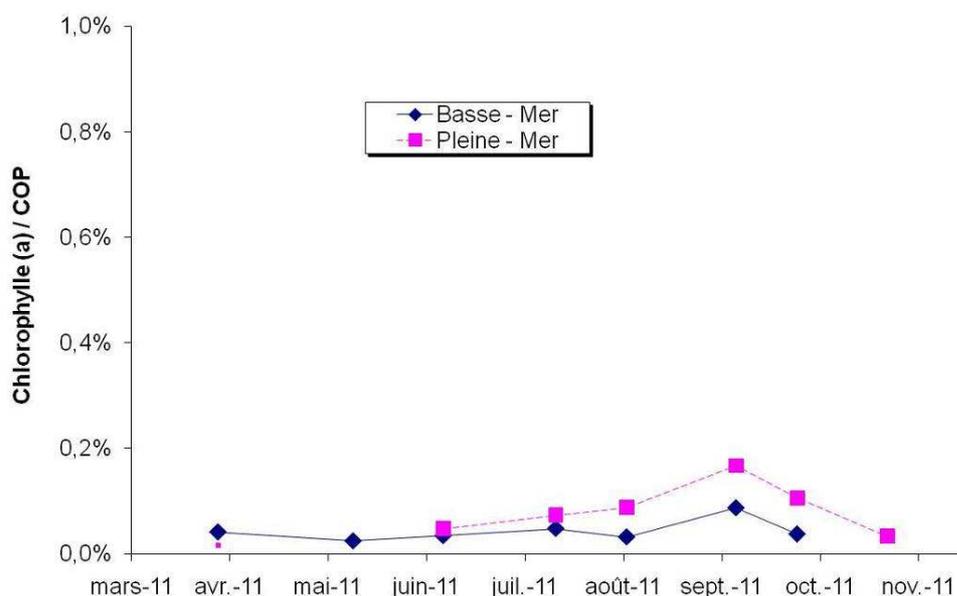
**Figure 4-23 : Variations mensuelles des teneurs en chlorophylle (a) à la station K**

#### 4.2.1.2. Normalisation au carbone organique particulaire

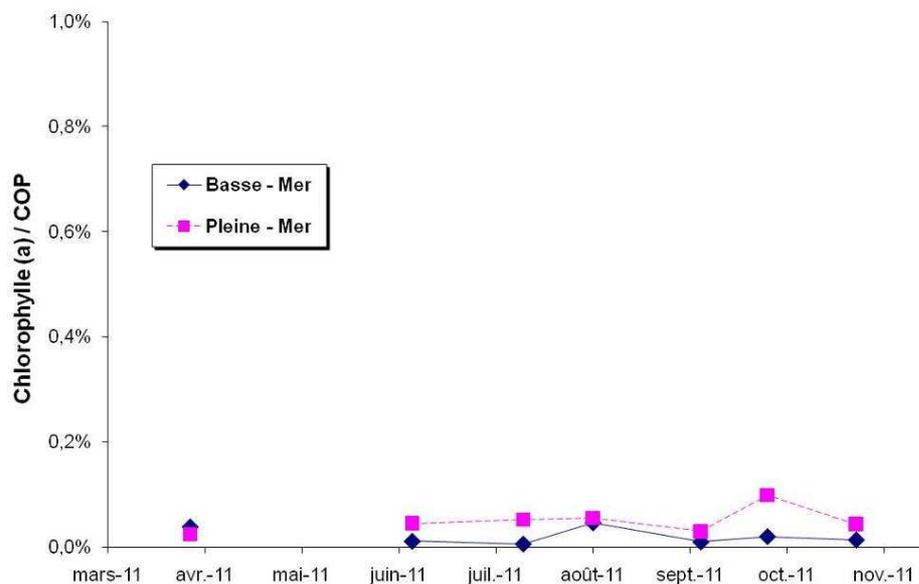
Compte tenu de la nature particulaire et organique du phytoplancton, il paraît judicieux de rapprocher les concentrations en chlorophylle (a) de celles en carbone organique particulaire, exprimées dans les mêmes unités.

Pour les stations E et K, cette normalisation n'apporte pas d'information complémentaire quant à l'évolution saisonnière de la biomasse algale (**Figures 4-24 et 4-25**).

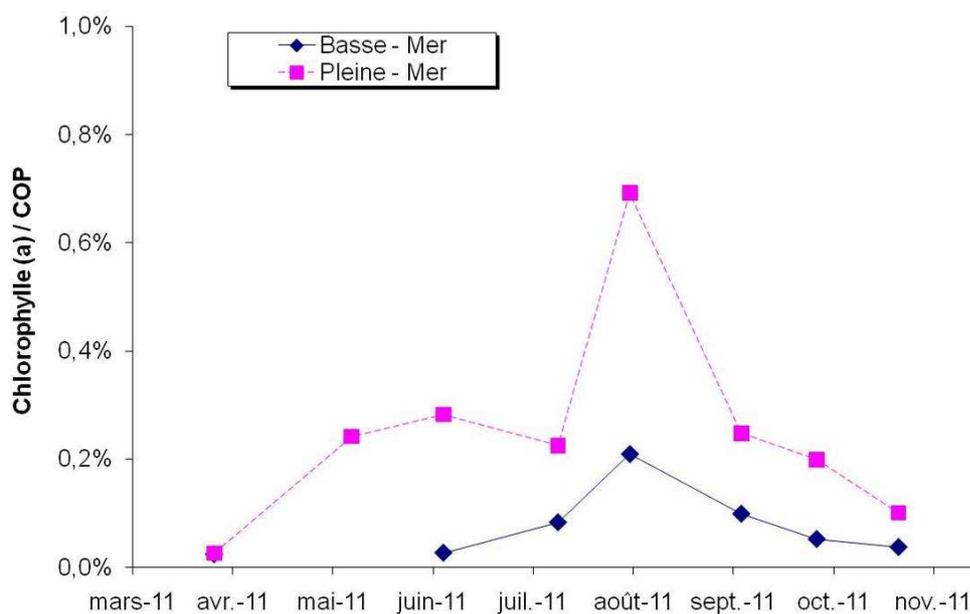
Pour la station F, cette normalisation permet de marquer l'augmentation significative de la biomasse algale enregistrée au mois d'août en période de pleine mer. Globalement, les rapports chlorophylle (a) / carbone organique particulaire, enregistrées à la station F sont plus importants comparativement aux 2 autres stations (**Figures 4-26**).



**Figure 4-24 : Variations mensuelles du rapport entre la chlorophylle (a) et le COP à la station E**



**Figure 4-25 : Variations mensuelles du rapport entre la chlorophylle (a) et le COP à la station K**

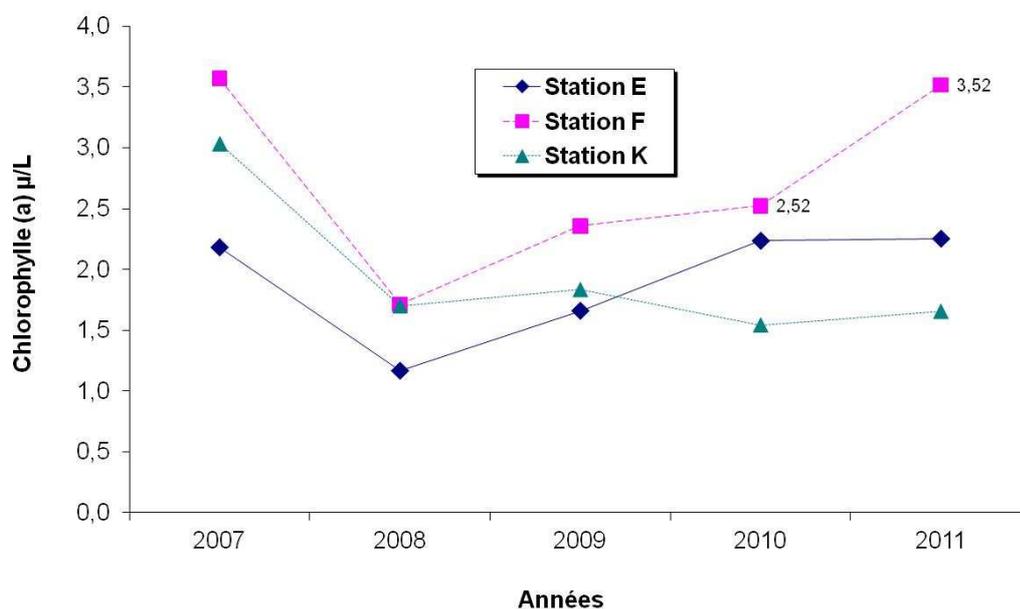


**Figure 4-26 : Variations mensuelles du rapport entre la chlorophylle (a) et le COP à la station F**

#### 4.2.2. Evolution des moyennes annuelles

Une évolution dans les conditions d'application de la méthode d'essais (modification de la nature du filtre, extraction,...) 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 4-27**). Depuis 2008, une augmentation des concentrations est enregistrée et cette tendance se confirme en 2011 uniquement pour la station F. Cette hausse des teneurs en chlorophylle a est significative à la station F de l'ordre d' $1\mu\text{g.l}^{-1}$  de la moyenne annuelle entre 2010 et 2011 (soit 28% d'augmentation). Les stations K et E présentent quant à elles une moyenne annuelle similaire aux résultats 2010.



**Figure 4-27 : Evolution des moyennes annuelles des teneurs en chlorophylle (a), par station**

#### 4.3. Sels nutritifs et bore

La mise en application du nouvel arrêté d'exploitation du 18 septembre 2003 a modifié depuis le 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 2 autres stations de l'estuaire. De plus, le dosage des silicates 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 polluant.

##### 4.3.1. Variations spatio-temporelle

##### 4.3.1.1. Sels azotés

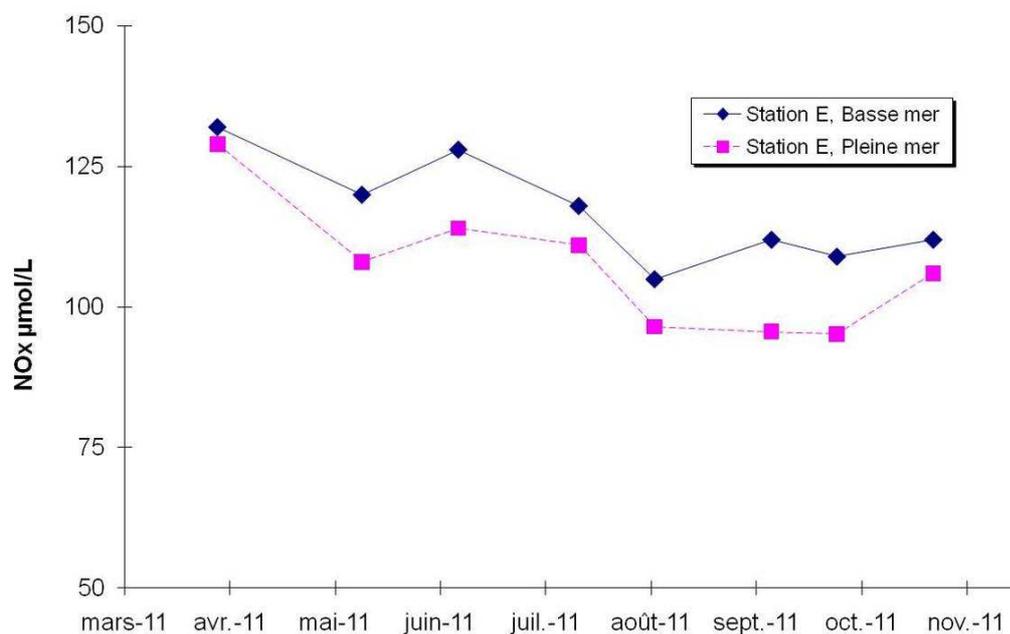
###### 4.3.1.1.1 Ammonium

Comme constaté en 2010, les concentrations en ammonium relevées, toute station confondue, sont très majoritairement inférieures à la limite de quantification (0,28  $\mu\text{mol/L}$ ).

###### 4.3.1.1.2 Nitrate et nitrite

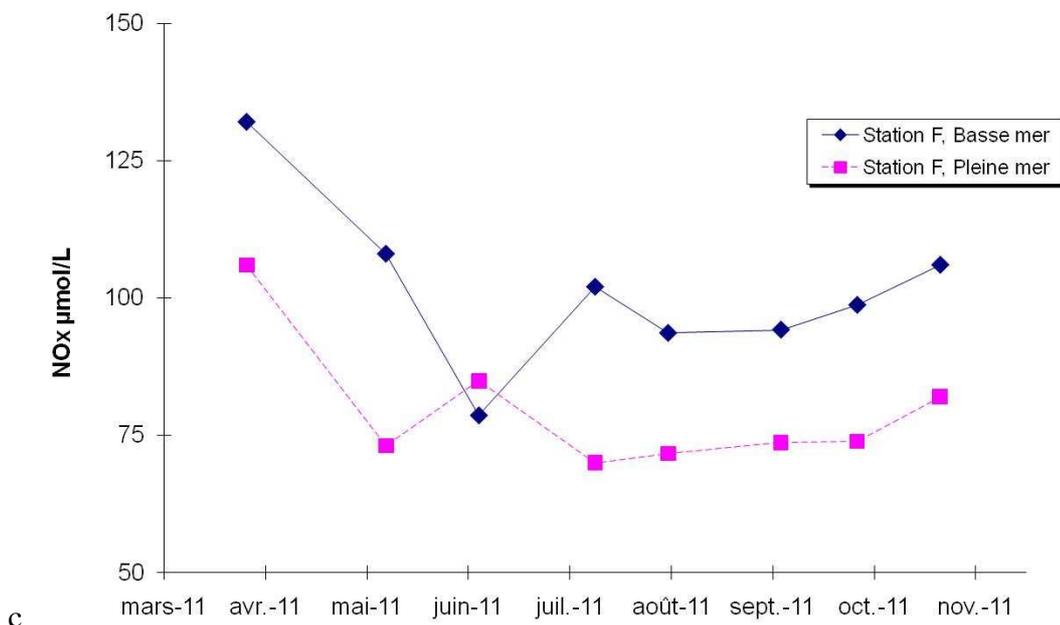
Les profils saisonniers sont variables entre les 3 stations de mesure. Les valeurs de concentration évoluent de façon croissante de l'aval de l'estuaire (station F) vers l'amont (stations E puis K ; **Figures 4-28 et 4-30**).

La station E présente une tendance à la baisse des concentrations de la période printanière jusqu'à la fin de la période d'étiage. Il s'en suit une globale stabilité des valeurs jusqu'à la fin de la période d'étude, voire une légère hausse observée pour la campagne du mois de novembre. Les concentrations relevées en Basse mer sont supérieures à celles en Pleine mer avec une amplitude marquée entre les deux temps de marée.



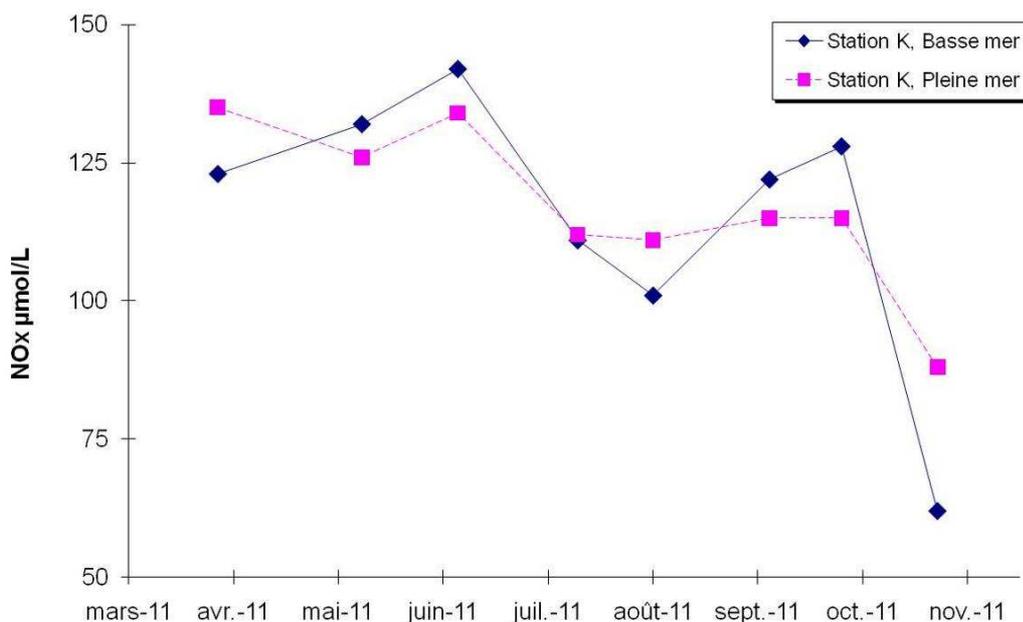
**Figure 4-28 : Variations mensuelles des teneurs en nitrates – nitrites à la station E**

Au droit de la station F, la période printanière présente une nette diminution des concentrations suivie d'une stabilité des mesures en période estivale puis une remontée à partir du mois de septembre. Les teneurs sont toujours supérieures en période de Basse mer (à l'exception du mois de juin où les concentrations sont équivalentes), avec une amplitude entre les deux temps de marée encore plus marquée par rapport à la station E.



**Figure 4-29 : Variations mensuelles des teneurs en nitrates – nitrites à la station F**

Au droit de la station K, le profil saisonnier est assez différent avec une stabilité des mesures en période printannière, une diminution en période estivale avant une chute brutale pour le dernier mois de campagne. Par rapport aux 2 autres stations, les amplitudes entre les deux temps de marée sont peu marquées, les teneurs étant comparables en période de Pleine mer et de Basse mer.



**Figure 4-30 : Variations mensuelles des teneurs en nitrates – nitrites à la station K**

Le gradient de concentration observé est caractéristique de l'apport d'origine fluvial de ces éléments, apport à priori encore peu prononcé pour l'année 2011. En effet, de part le profil saisonnier et surtout l'absence de diminution brutale des concentrations en nitrates/nitrites pour le mois de novembre, la station E semble plus influencée par les apports océaniques.

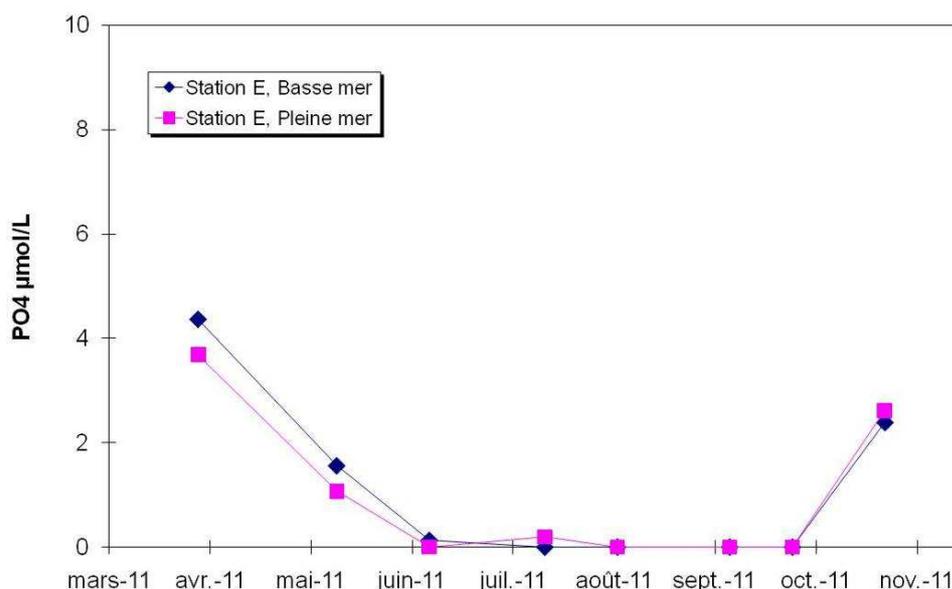
#### 4.3.1.2. Orthophosphates et rapport N/P

D'une manière générale, comme indiqué pour les nitrates-nitrites, les valeurs des concentrations en orthophosphates évoluent de façon croissante de l'aval de l'estuaire vers l'amont. L'année 2011 se caractérise par des niveaux de concentration très faibles pour l'ensemble des 3 stations de mesure, ne permettant la mise en évidence de ce gradient (**Figures 4-31 à 4-33**).

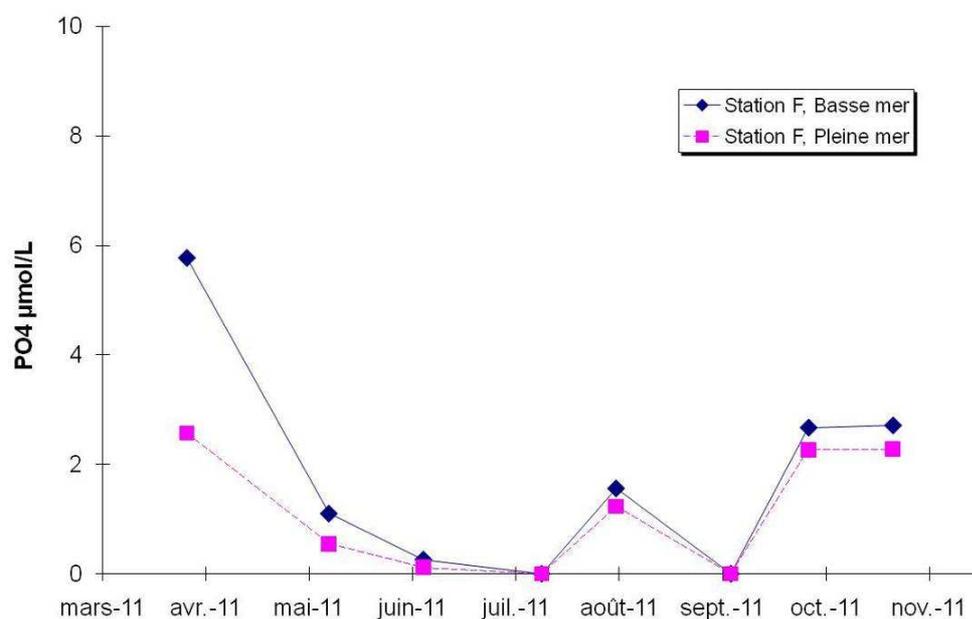
Pour l'ensemble des 3 stations, le profil saisonnier est comparable avec une diminution des concentrations en périodes printanières et estivales (surtout au droit de la station E) pour une remontée en fin de période. Les amplitudes entre les deux temps de marée sont peu marquées.

L'étude du rapport molaire N/P en milieu océanique est une première approximation pour apprécier les évolutions de biomasses planctoniques. En effet, en milieu océanique la valeur de ce rapport est de 16 (Redfield *et al*, 1963). Pour 2011, la valeur de ce rapport n'est pas exploitable de part les faibles concentrations relevées en ammonium et orthophosphates.

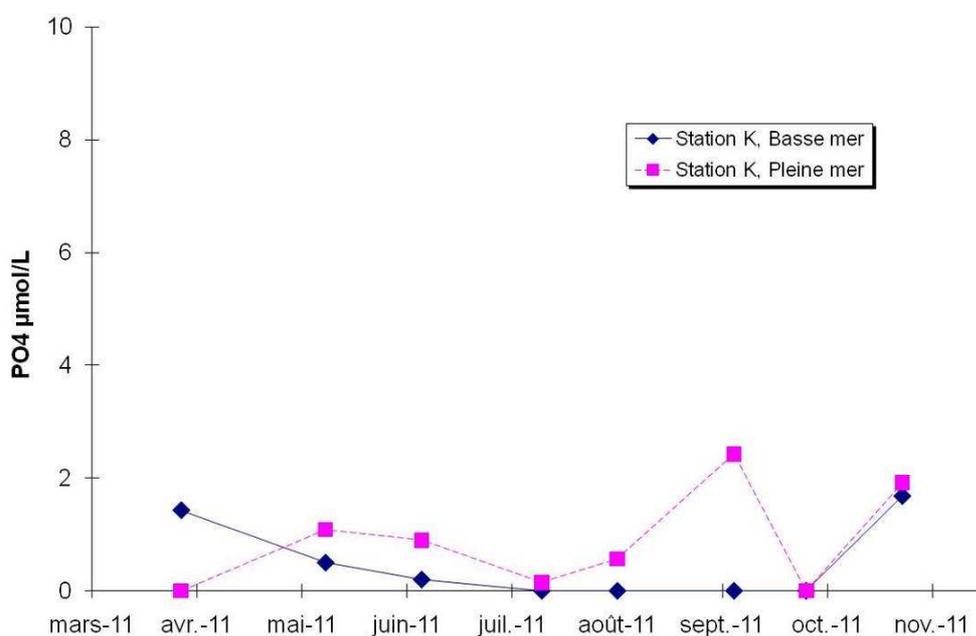
Comme observé pour le profil des sels nutritifs azotés au droit de la station de mesure intermédiaire E, les évolutions des sels phosphorés mesurés sont le reflet du fonctionnement naturel de l'estuaire, sans impact direct du fonctionnement de la centrale.



**Figure 4-31 : Variations mensuelles des teneurs en orthophosphates à la station E**



**Figure 4-32 : Variations mensuelles des teneurs en orthophosphates à la station F**



**Figure 4-33 : Variations mensuelles des teneurs en orthophosphates à la station K**

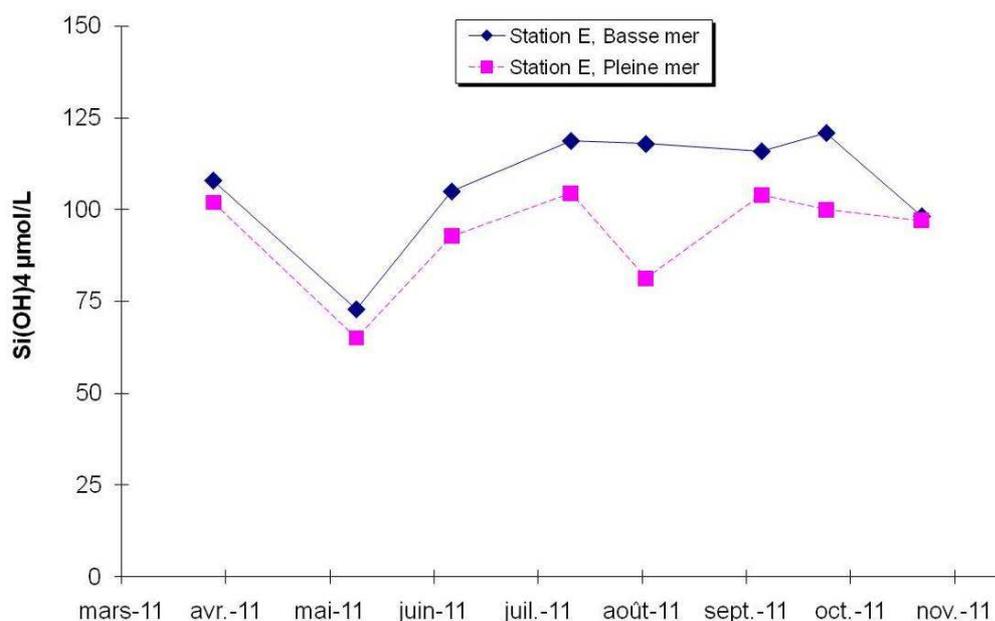
L'étude du rapport molaire N/P en milieu estuarien est primordiale pour apprécier les évolutions de biomasses planctoniques. En effet, en milieu océanique la valeur de ce rapport est de 16 (Redfield *et al.*, 1963). Pour 2010, la valeur de ce rapport est très inégale selon la saison considérée et directement impactée par les évolutions des

concentrations orthophosphates. Les valeurs sont comprises entre 18 et 64 pour l'ensemble des stations avec une moyenne pour l'ensemble des stations à 25, à l'exception de la valeur de 104 au droit de la station E au mois de juin.

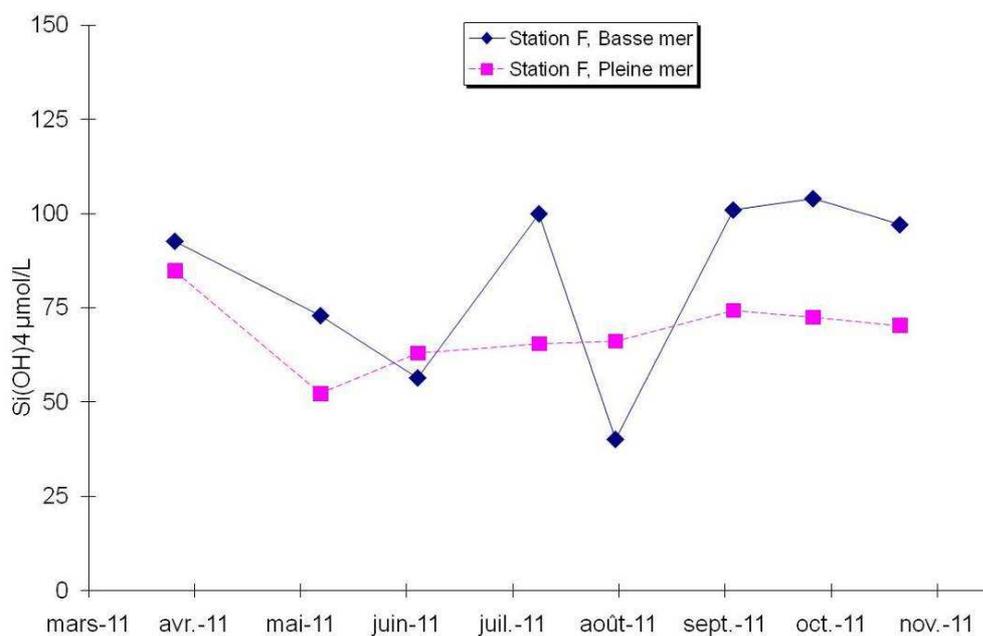
Comme observé pour le profil des sels nutritifs azotés au droit de la station de mesure intermédiaire E, les évolutions des sels phosphorés mesurés sont le reflet du fonctionnement naturel de l'estuaire, sans impact direct du fonctionnement de la centrale..

#### 4.3.1.3. Silicates et bore

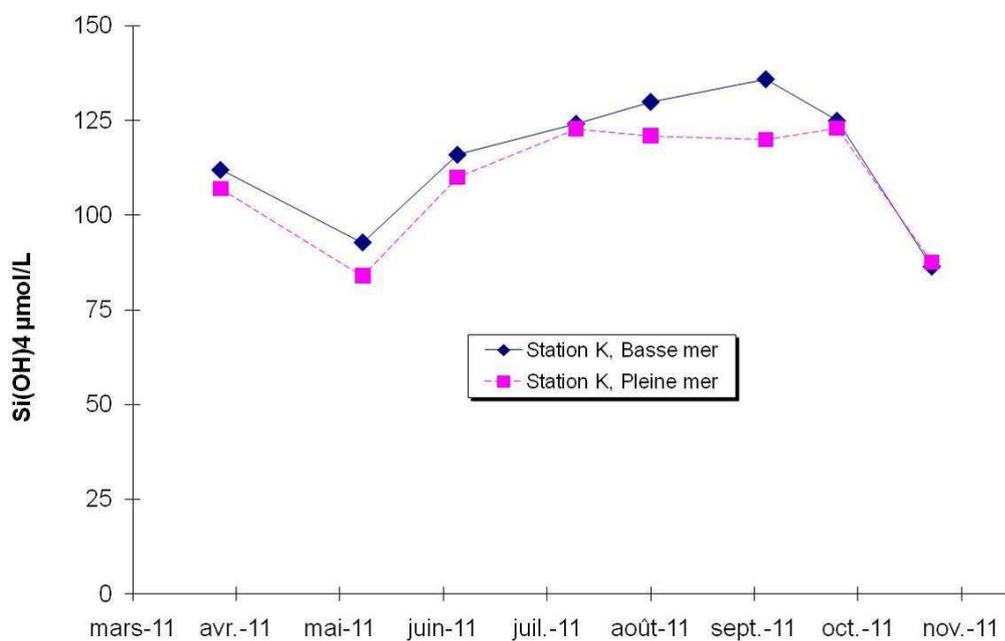
Sur l'estuaire, il y a donc un gradient de concentration des silicates croissant de l'aval vers l'amont (**Figure 4-34 à 4-36**). La station E représente une situation intermédiaire, avec une influence fluviale légèrement plus marquée. Globalement, les teneurs en période de pleine mer sont plus faibles que celles en basse mer. Au même titre que pour les nitrates et les nitrites au droit de la station K, une nette diminution des concentrations en silicates est observée pour le mois de novembre. Ce phénomène avait déjà été observé en 2009 avec des concentrations atteintes quasi nulles.



**Figure 4-34 : Variations mensuelles des teneurs en silicates, station E**



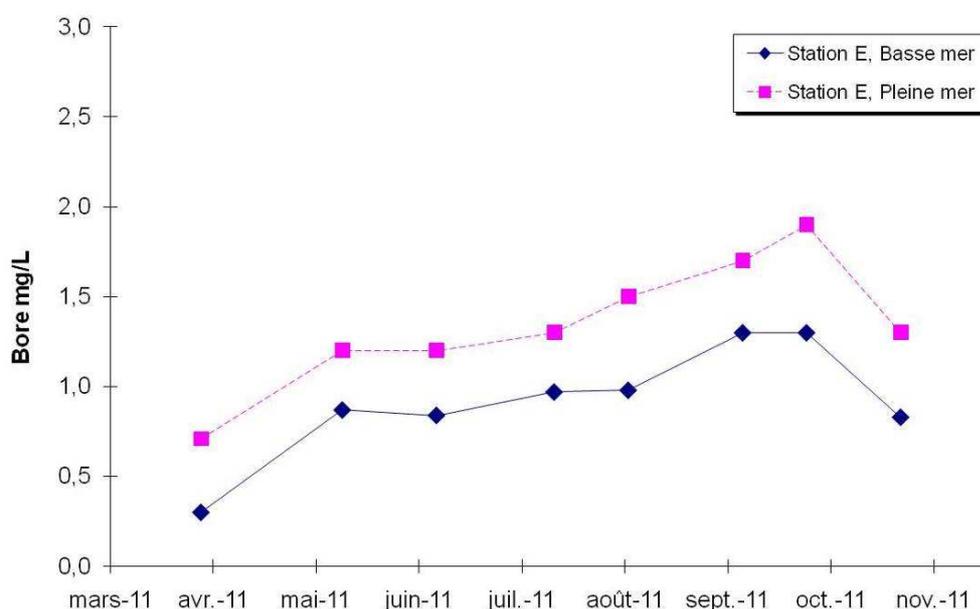
**Figure 4-35 : Variations mensuelles des teneurs en silicates, station F**



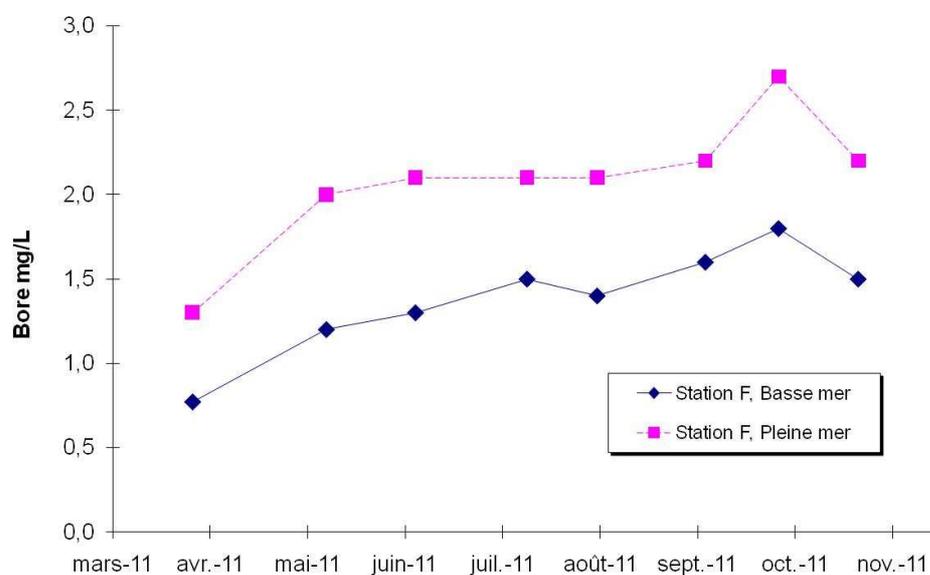
**Figure 4-36 : Variations mensuelles des teneurs en silicates, station K**

Pour les trois stations de l'estuaire, sur la période d'étude, les variations mensuelles des teneurs en bore sont étroitement corrélées avec celles de la salinité et sont parfaitement superposables du fait des faibles débits fluviaux. Elles augmentent progressivement au cours des campagnes pour diminuer au mois de novembre. A noter les concentrations quasi nulles pour ce mois au droit de la station K la plus en amont. Les teneurs de pleine mer sont toujours supérieures à celles de basse mer (Figures 4-37 à 4-39). Bien entendu, les teneurs les plus élevées sont toujours enregistrées à la station F, la station K amont présentant les taux les plus bas.

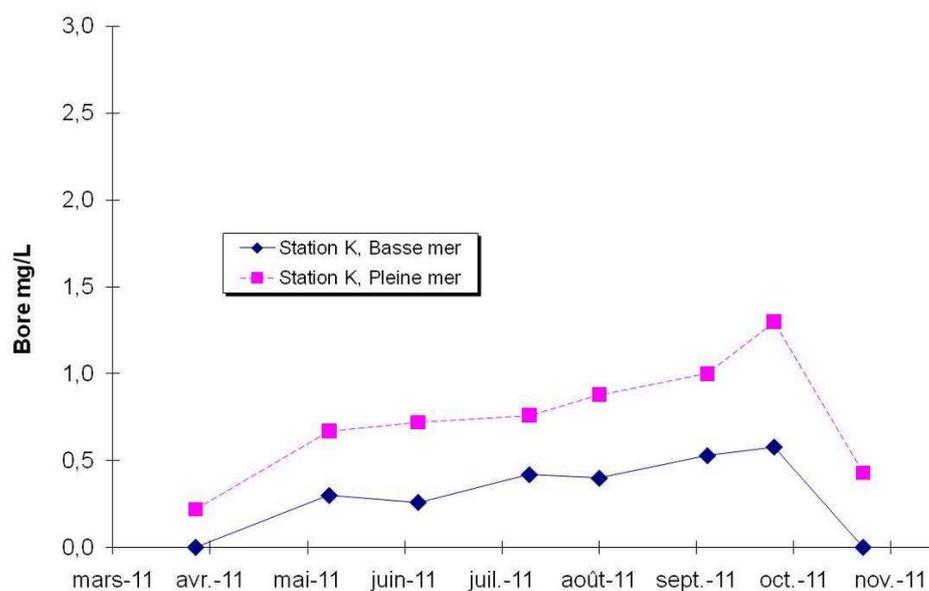
Au niveau de la station E, aucun « artefact », traduisant le rejet d'acide borique par la centrale, n'a été décelé.



**Figure 4-37 : Variations mensuelles des teneurs en bore, station E.**



**Figure 4-38 : Variations mensuelles des teneurs en bore, station F**



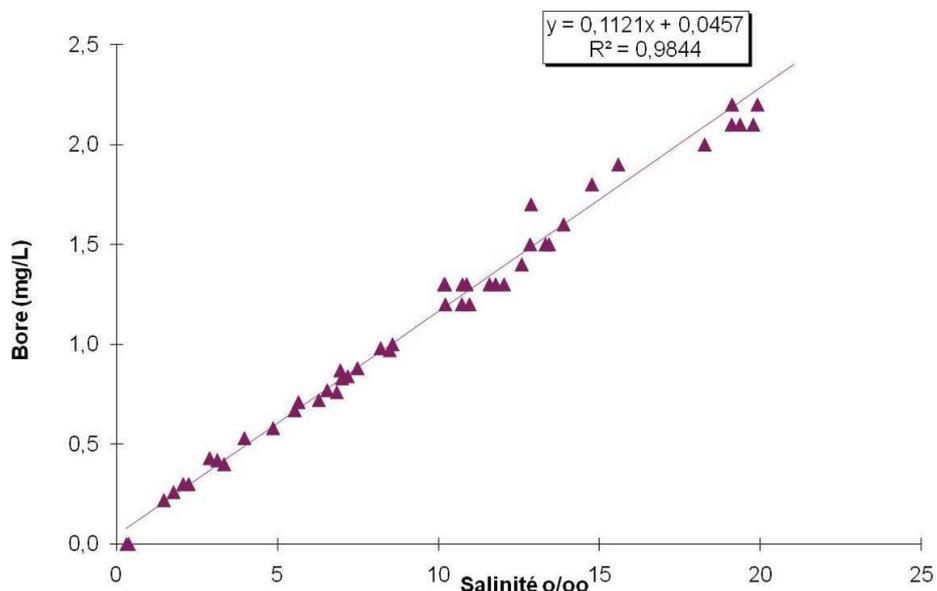
**Figure 4-39 : Variations mensuelles des teneurs en bore, station K**

#### 4.3.2. Relation avec les paramètres hydro biologiques

##### 4.3.2.1. Bore et salinité

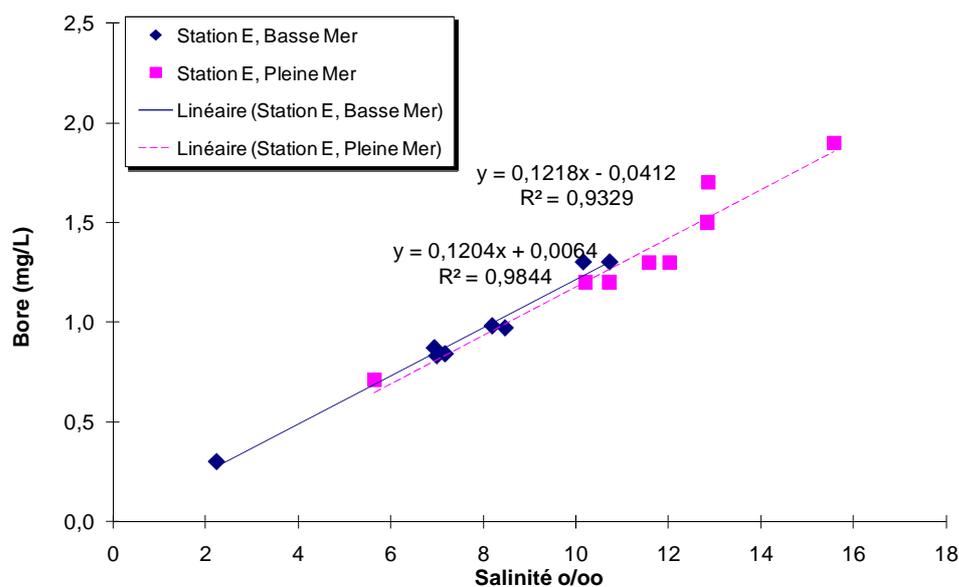
Le bore étant présent de façon naturelle dans l'eau de mer, il est attendu d'avoir une droite de régression de pente positive entre les teneurs en bore enregistrées sur l'estuaire et la salinité des eaux (**Figure 4-40**). Pour l'année 2011, les paramètres de la droite de régression sont parfaitement corrélés et proches des exercices précédents, l'année 2010

étant considérée comme atypique pour cette donnée. (coefficient de régression 0,71 au lieu de 0,95).



**Figure 4-40 : Répartition des teneurs en bore avec la salinité, toutes stations et temps de marée**

En particulier, à la station E, aucune déviation de cette relation n'est observée du fait d'un rejet éventuel d'acide borique de la part du CNPE du Blayais (**Figure 4-40**). Aucun impact du fonctionnement de la centrale n'est à considérer (**Figure 4-41**).

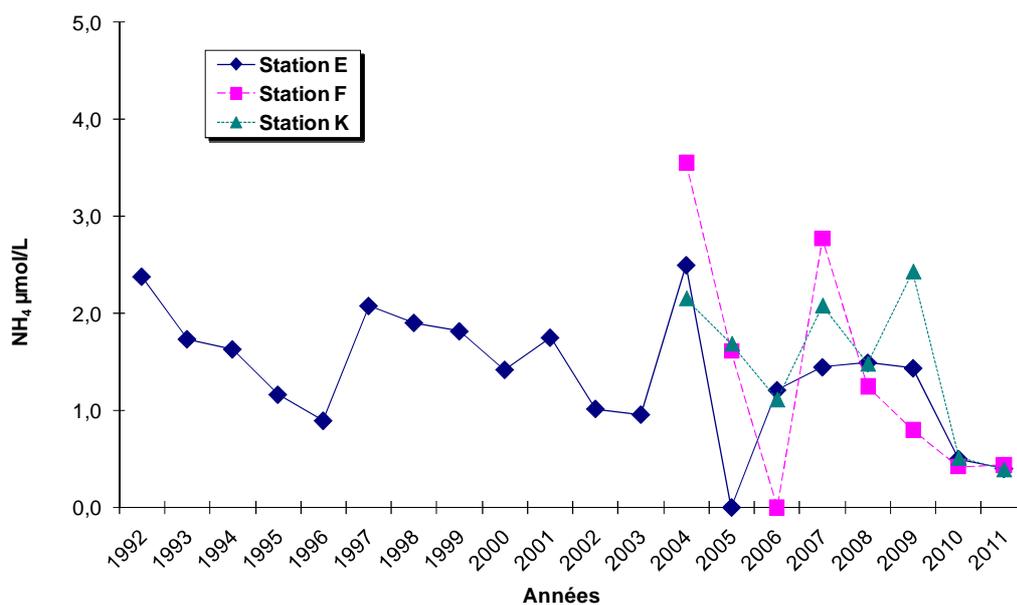


**Figure 4-41 : Répartition des teneurs en bore avec la salinité, station E**

### 4.3.3. Evolution des moyennes annuelles

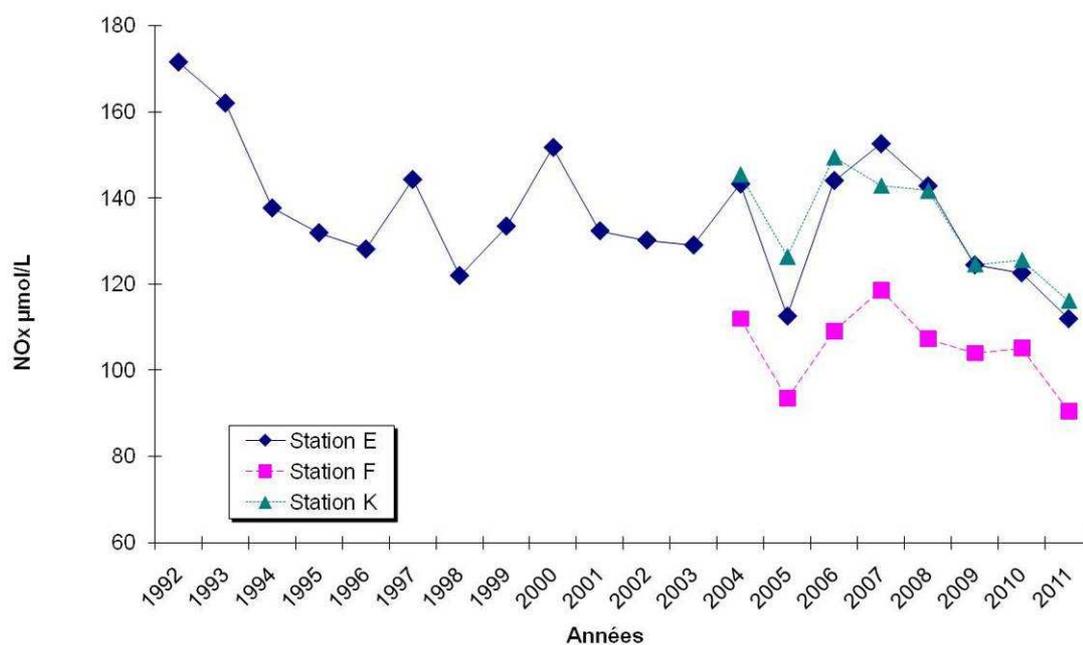
#### 4.3.3.1. Sels azotés

Les moyennes annuelles des teneurs en ammonium restent dans les niveaux les plus bas de l'historique (**Figure 4-42**). Le gradient de concentration croissant de l'aval vers l'amont n'est pas forcément mis en évidence sur cette représentation graphique. Pour la station E, la valeur obtenue en 2011 ( $0,4 \mu\text{mol.l}^{-1}$ ) est nettement inférieure à la moyenne pluriannuelle 1992-2011 ( $1,46 \mu\text{mol.l}^{-1}$ ).



**Figure 4-42 : Evolution des moyennes annuelles des teneurs en ammonium**

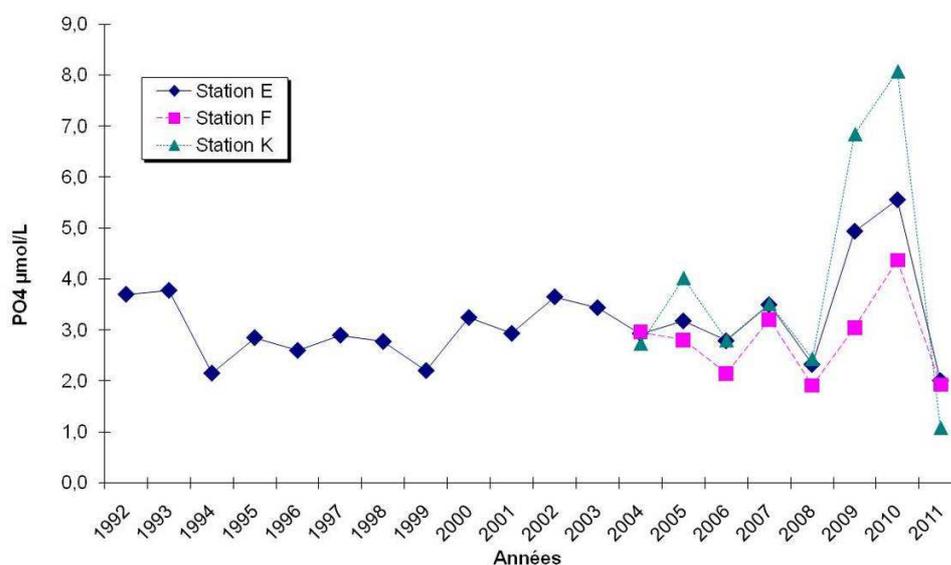
Les moyennes annuelles des teneurs en nitrates – nitrites sont représentées les niveaux les plus bas de l'historique, notamment au droit de la station K (**Figure 4-43**). Pour la station E, la valeur obtenue en 2011 ( $112 \mu\text{mol.l}^{-1}$ ) est inférieure à la moyenne pluriannuelle 1992-2011 ( $136,4 \mu\text{mol.l}^{-1}$ ). Le gradient de concentration croissant de l'aval vers l'amont est toujours bien visible.



**Figure 4-43 : Evolution des moyennes annuelles des teneurs en nitrates – nitrites**

#### 4.3.3.2. Orthophosphates et rapport N/P

Pour les stations d'influence fluviales, celles les plus en amont, les valeurs des moyennes annuelles des teneurs en orthophosphates étaient en nette augmentation depuis 2009 pour atteindre le plus haut niveau de l'historique pour les stations E et K. Cette tendance est brutalement stoppée en 2011 pour, à l'inverse, atteindre des niveaux les plus bas de l'historique pour l'ensemble des 3 stations et plus particulièrement pour la station K (**Figure 4-44**). A la station E, la valeur obtenue en 2011 ( $2,0 \mu\text{mol.l}^{-1}$ ) est de fait très inférieure à la moyenne pluriannuelle 1992 – 2011 ( $3,17 \mu\text{mol.l}^{-1}$ ).

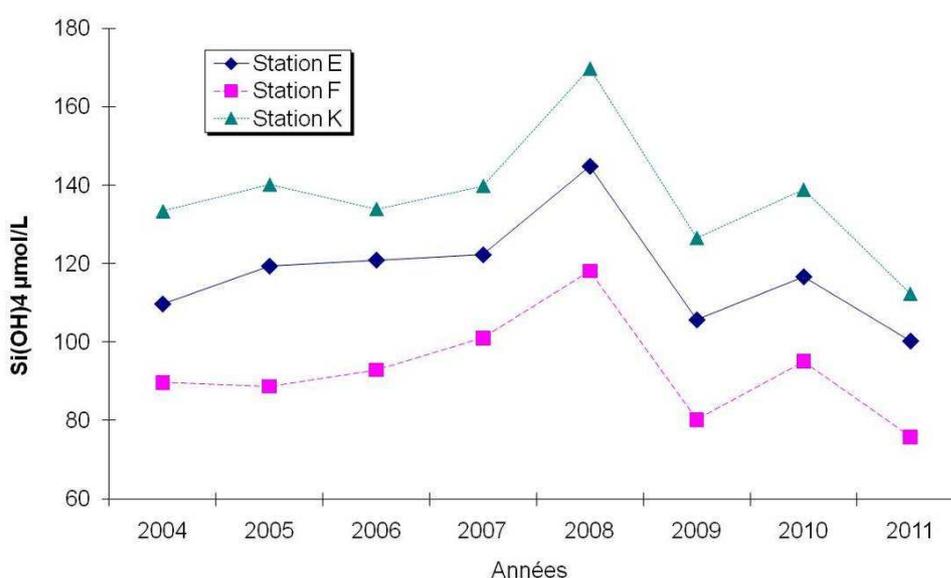


**Figure 4-44 : Evolution des moyennes annuelles des teneurs en orthophosphates**

La diminution des apports fluviaux est observée pour l'ensemble des nutriments azotés et phosphorés.

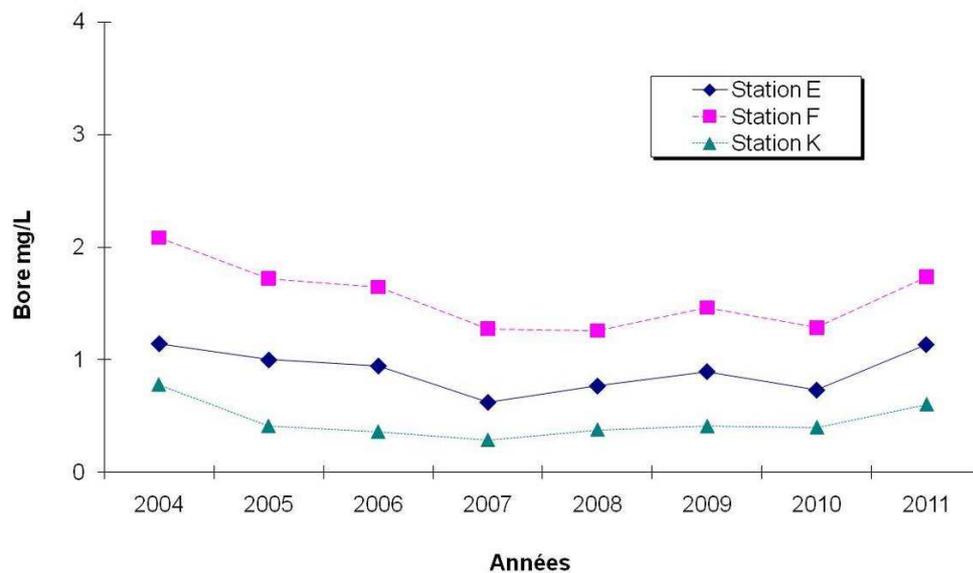
#### 4.3.3.3. Silicates et bore

Pour les trois stations considérées, les valeurs des moyennes annuelles des teneurs en silicates obtenues au cours de l'année 211 sont parmi les plus faibles obtenues depuis les précédents exercices, surtout au droit de la station K comme observé précédemment (Figure 4-45).



**Figure 4-45 : Evolution des moyennes annuelles des teneurs en silicates**

Pour les 3 stations, les valeurs des moyennes annuelles en bore sont en légères hausses en comparaison à celles obtenues les années précédentes. L'historique reste stable (**Figure 4-46**).



**Figure 4-46 : 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.

##### 4.4.2. Agents de surface anioniques

Sur les 48 mesures réalisées au cours de l'année 2011, 18 d'entre elles se sont révélées positives, avec une majorité au droit de la station F, comme observé en 2010, les concentrations restant toutefois à l'état de trace :

- Station F : de mai à novembre, aux deux temps de marées, pour des concentrations variant de 20 à 60  $\mu\text{g.l}^{-1}$ .
- Station E : septembre et novembre, aux deux temps de marée, pour des concentrations comprises entre 30 et 50  $\mu\text{g.l}^{-1}$ .
- Station K : septembre aux deux temps de marée et novembre (basse mer uniquement) pour de concentrations de 30  $\mu\text{g.l}^{-1}$ .

#### Synthèse 2011 :

Aucun impact avéré de la centrale n'a été mis en évidence pour l'ensemble des paramètres (carbone organique, chlorophylle, sels nutritifs, bore et contaminants). Les variations spatiales et temporelles enregistrées en 2011 sont principalement induites par le fonctionnement naturel de l'Estuaire de la Gironde.



## 5. *Vibrio* halophiles

Compte tenu de l'évolution méthodologique de ces dernières années, nous présentons ci-dessous un récapitulatif des résultats obtenus depuis 2006 selon la méthode DRD/P77/Vib<sup>30</sup>. Les résultats des années antérieures, obtenus par une méthode par dilution en milieu liquide, ne peuvent être exploités conjointement.

### 5.1. Dénombrement

#### 5.1.1. Variations spatio-temporelle

D'une manière générale, comme nous le verrons, les *Vibrio* halophiles apparaissent dans l'estuaire de la Gironde avec le réchauffement des eaux et l'augmentation de la salinité.

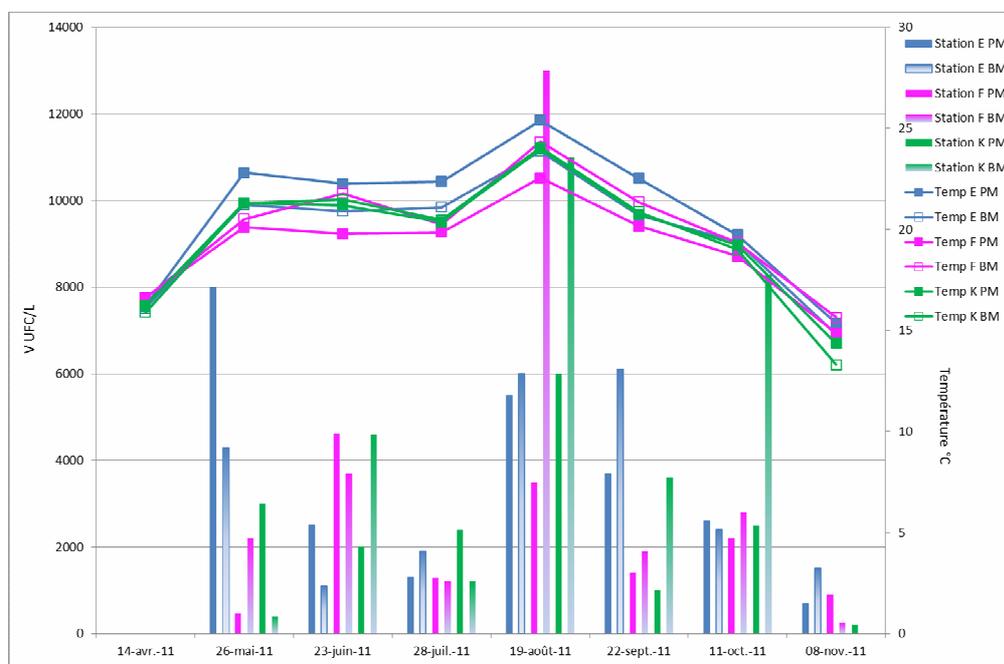
Sur l'ensemble des 3 stations, compte tenu d'un « étiage précoce », la présence de *Vibrio* est détectée dès le mois de mai sur une période allant jusqu'à la fin de l'étude (**Figure 5.1**), avec des densités qui peuvent atteindre jusqu'à 3 à 4 log de juin à octobre 2011, tout en restant inférieures aux valeurs exceptionnelles du point F (5 log) en juillet 2006.

Les plus grandes abondances se situent au mois d'août et atteignent 4 log aux points F et K à basse mer. En période moins chaude, en mai 2011, les abondances sont plus élevées au droit de la station E avec une différence d'un facteur  $\geq 2$ , mais ne dépassant pas 1 log par rapport aux autres points. En novembre à basse mer, *V. parahaemolyticus* est plus abondant au point E (1 log).

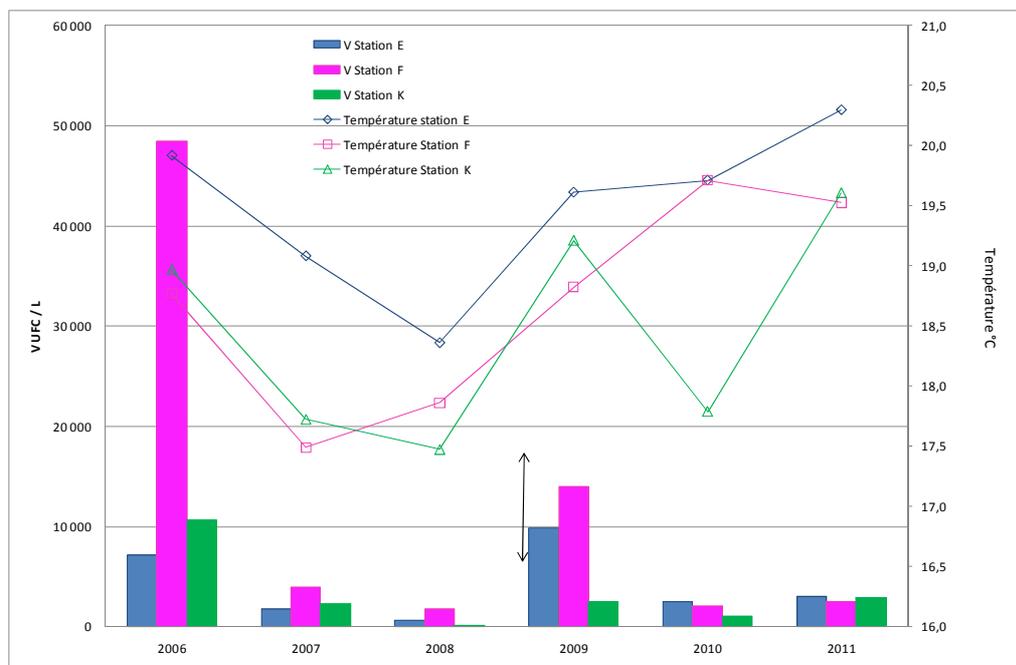
La station K quant à elle, présente de fortes abondances (4 log) en octobre 2011 à basse mer (**Figures 5.1 et 5.2**), alors qu'historiquement, cette station située en amont présente souvent les plus faibles densités du genre *Vibrio*.

<sup>30</sup> cf. chapitre « 1.4.6.3 Bactériologie » (page 28).

En effet, les deux facteurs favorisant le développement de cette espèce sont réunis : intrusion du milieu salin plus en amont dans l'estuaire du fait des faibles débits fluviaux, et échauffement des eaux au niveau de cette station (températures proches de celles de la station E et historiquement la plus élevée).



**Figure 5-1. : Variations mensuelles des dénombrements de *Vibrio halophiles* aux stations E, F et K à (BM et PM)**



**Figure 5-2. : Evolution des moyennes annuelles des dénombrements de *Vibrio halophiles* aux stations E, F et K**

### 5.1.2. Relation avec la salinité et la température

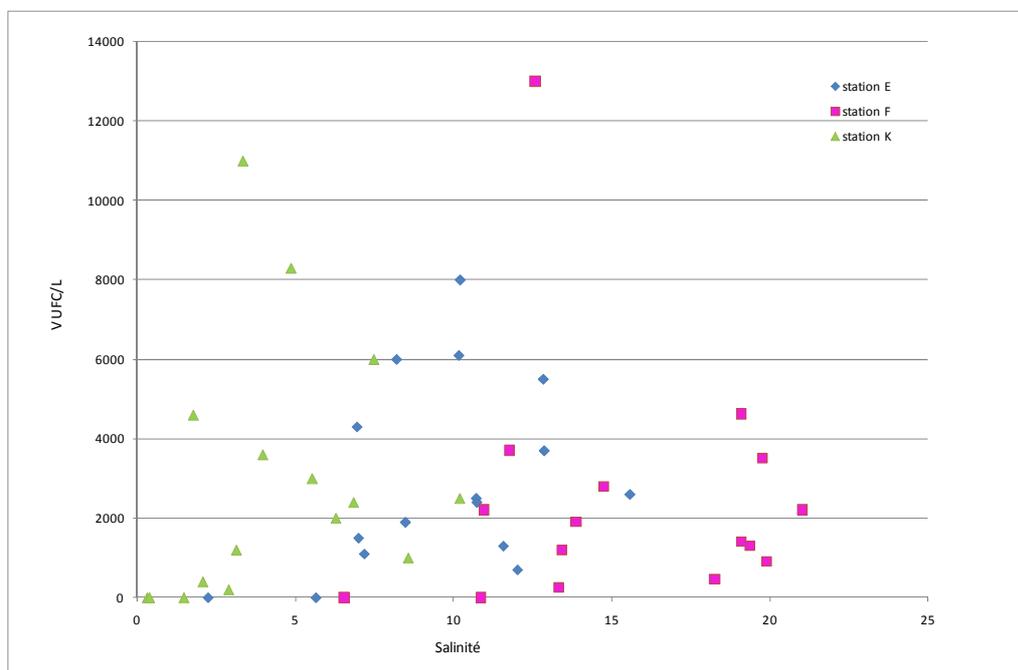
Les *Vibrio* halophiles sont sensibles, non seulement à la salinité, mais surtout à la température. Les figures ci-après résument cette sensibilité à partir des recherches effectuées depuis 2006.

#### 5.1.2.1. Abondance des *Vibrio* avec la salinité

En fait, le caractère halophile des *Vibrio* n'apparaît pas clairement au travers des résultats des dénombrements réalisés (**Figure 5-3**) : aucune station n'est préférentiellement impactée de part sa position sur l'estuaire en terme de présence de *Vibrio*. Les plus grandes abondances se situent au mois d'août à basse mer au point F et au point K dans des masses d'eau respectivement à 13 et 3 de salinité (**Figure 5.3**) avec une présence équivalente en ces deux points en *V. parahaemolyticus* et *V. vulnificus*, et des températures identiques aux deux points (24°C).

En novembre à basse mer, *V. parahaemolyticus* est plus abondant au point E, à salinité de 7, sans différence thermique visible qui serait dûe à un échauffement lié aux rejets de la centrale.

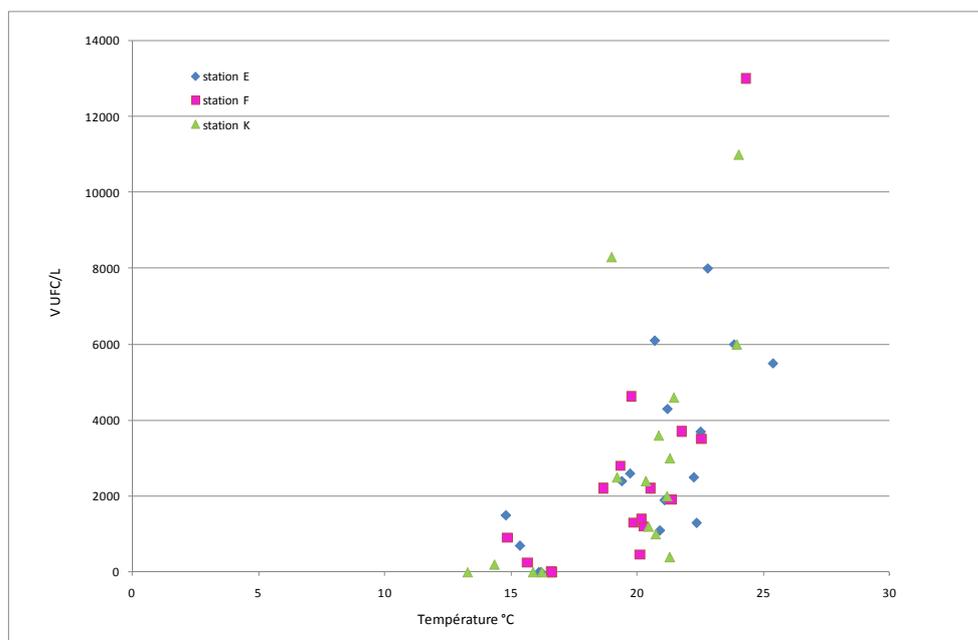
La station K quant à elle, présente de fortes abondances (4 log) en octobre 2011 à basse mer (**Figure 5.1**), et surtout en *V. vulnificus* à la faveur d'une salinité plus faible, mais présente (4,5 de salinité).



**Figure 5-3. : Répartition des dénombrements des *Vibrio* avec la salinité**

### 5.1.2.2. Abondance des *Vibrio* avec la température

Les *Vibrio* halophiles semblent plus sensibles à la température qu'à la salinité (**Figure 5-4**). En effet il semble que l'abondance augmente avec la température pour l'ensemble des stations considérées.



**Figure 5-4. : Répartition des dénombrements des *Vibrio* avec la température**

Si les plus grandes abondances se situent au mois d'août aux points F et K à basse mer (24°C), lors de la période moins chaude du mois de mai 2011, les abondances sont plus élevées au droit de la station E avec des différences d'un facteur  $\geq 2$ , mais ne dépassant pas 1 log par rapport aux autres points, pour un écart de température de 1 à 3 °C et une salinité médiane, indiquant un léger effet d'échauffement lié au rejet de la centrale.

## 5.2. Spéciation

### 5.2.1. Occurrence des espèces

Différentes souches de *Vibrio* halophiles ont été identifiées. Les résultats obtenus ne montrent pas de différences importantes par rapport aux années précédentes : les eaux de l'estuaire contiennent principalement des *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio alginolyticus* et *Vibrio vulnificus*.

### 5.2.2. Densité des espèces

La densité de l'espèce prend en compte la quantité de germes de chaque espèce identifiée rapportée au nombre total de *Vibrio*.

Depuis 2006, contrairement aux années précédentes, *Vibrio parahaemolyticus* domine. La densité de population, représentée par le rapport entre l'abondance de chaque espèce et l'abondance de la famille (*Vibrio* halophile) fait apparaître que :

- 58 % de l'abondance est due à *Vibrio parahaemolyticus* ;
- 5 % de l'abondance est due à *Vibrio alginolyticus* ;
- 23% de l'abondance est due à *Vibrio vulnificus* ;
- 4% de l'abondance est due à *Vibrio mimicus*.
- 2% des souches sont des *Vibrio fluvialis* ;
- 2% des souches sont des *Vibrio cholerae*.

### Synthèse 2011 :

Les *Vibrio* halophiles, comme leur nom l'indique, se développent de façon naturelle en milieu halin (relatif à la salinité marine), et sont donc couramment présents en milieu marin. Leur forte sensibilité au facteur thermique justifie d'étudier ce compartiment biologique au même titre que les autres compartiments biologiques de l'estuaire. Si cette année, par rapport à 2010, l'abondance augmente avec la température en particulier pour les stations E et F, les plus halines, les températures plus élevées mesurées au droit de la station de mesure E, par rapport aux autres stations, peuvent parfois contribuer au potentiel de développement de ces espèces, dont les principales sont *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio alginolyticus* et *Vibrio vulnificus*. L'abondance en 2011 y est bien inférieure à celles de 2006 et 2009. C'est surtout le fait de l'étalement de la présence de *Vibrio* sur toute la période d'étude dès le mois de mai, et la pénétration des eaux marines à la faveur de l'étiage, qui marquent l'année. A noter l'augmentation de densité des *Vibrio* au point K à la faveur d'une remontée d'eau haline très en amont au second semestre.



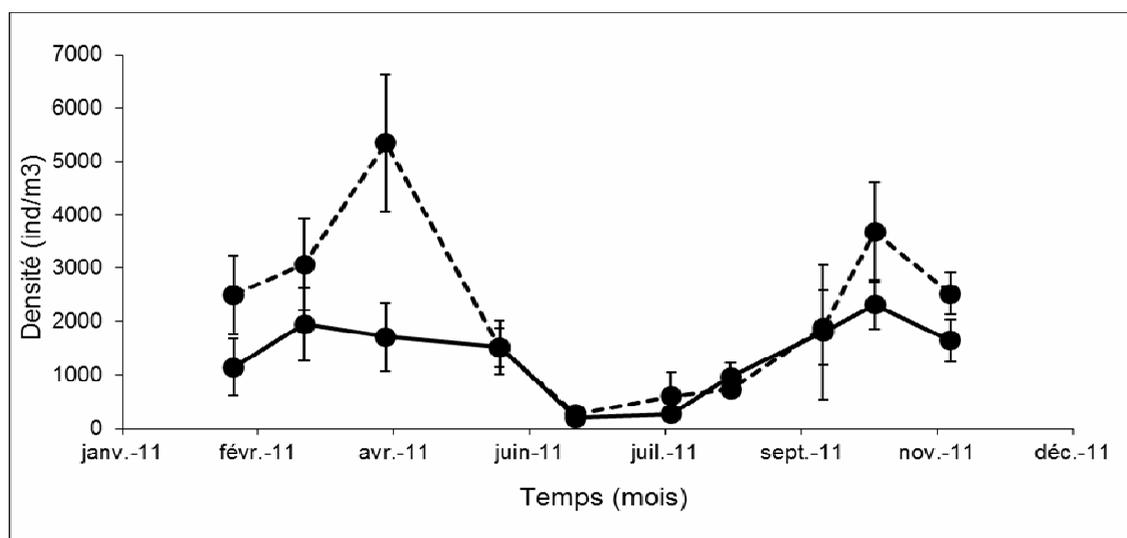
## 6. Zooplancton

### 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*. Une autre espèce autochtone, le Coelentéré (Méduse) *Nemopsis bachei*, est observée sporadiquement en été; peu représentée, elle n'est pas prise 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*

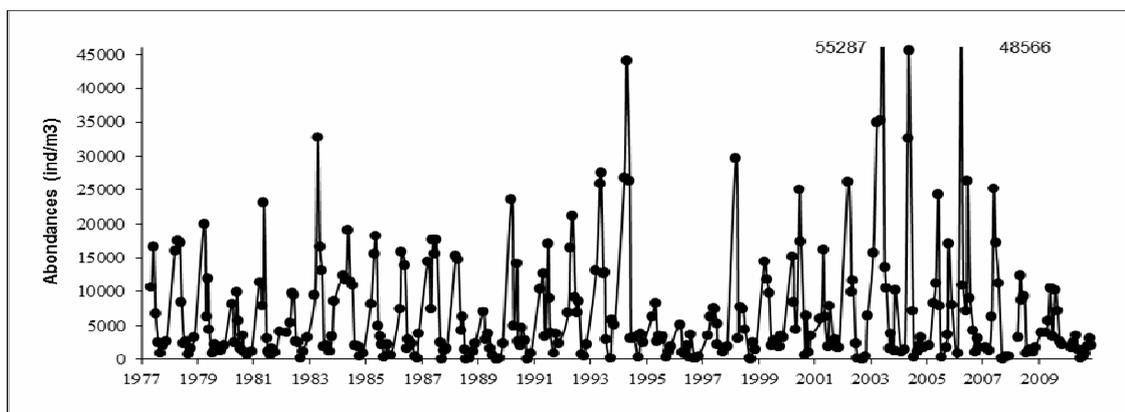
Les résultats portent sur les observations effectuées au point E (**Figure 6-1**) entre Janvier et Octobre 2011. Les copépodes sont largement dominés par l'espèce *Eurytemora affinis* qui constitue habituellement plus de 80 % du zooplancton, sauf quand les conditions d'étiage sont très accentuées comme ce fut le cas en 1990, 1991 et 1997. En 2011 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 2011 au point E ( $1779 \pm 322 \text{ ind./m}^3$ ) est très faible par rapport aux années précédentes (2010, 2009) et par rapport à la moyenne générale calculée sur  $6815 \pm 567 \text{ ind./m}^3$ .



**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 2011. 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 généralement 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. L'année 2011 présente un schéma temporel très classique (contrairement à 2005, 2006, 2008, 2009 et 2010) avec un pic d'abondances observé dans sa période habituelle (Mars – Avril, abondances maximales au fond en avril :  $5350 \pm 1280$  ind./m<sup>3</sup>). L'originalité essentielle de l'année 2011 par rapport aux années récentes se situe au niveau de ce schéma très classique de développement saisonnier du zooplancton : forte production printanière suivie par une période de production estivale très faible (abondances les plus basses en juin en surface :  $193 \pm 49$  ind./m<sup>3</sup>), et reprise de production modérée en automne (maxima automnal en octobre :  $3679 \pm 935$  ind./m<sup>3</sup>). On retrouve en 2011 une dynamique saisonnière classique.

L'étude de la variabilité interannuelle des fluctuations de densité (**Figure 6-2**) montre en effet 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.

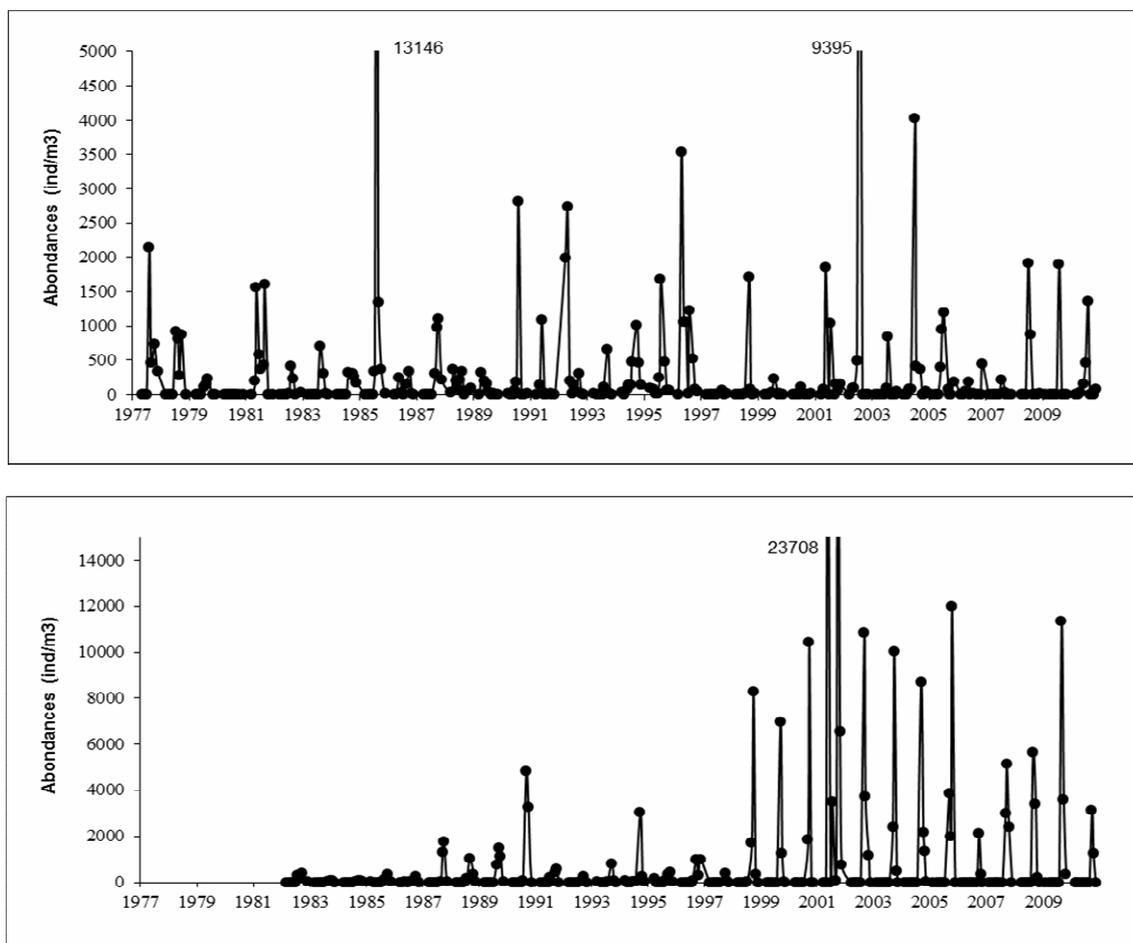


**Figure 6-2 : Variation mensuelle des densités du copépode *Eurymetora affinis* au point E entre les années 1978 et 2011. Moyennes mensuelles calculées à partir des 8 valeurs de densités observées au cours d'un demi-cycle de marée (en surface et au fond).**

La baisse du débit des fleuves a probablement entraîné un positionnement des populations 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 1996 et 1997 marquent un retour à des conditions de débits modérés et s'accompagnent d'effectifs particulièrement faibles, comparables à ceux rencontrés en 1990. Les résultats obtenus en 2011 sont du même ordre de grandeur et se distinguent (comme en 2009 et 2010), pour le point E, des données acquises les années précédentes (situation caractérisée par de fortes abondances, observées depuis 1998), avec des abondances annuelles moyennes faibles par rapport à la moyenne de la série (2011 : valeur moyenne la plus basse de la série dans cette zone de l'estuaire :  $1779 \pm 322$  ind./m<sup>3</sup> et maxima annuel le plus faible de la série :  $3531$  ind./m<sup>3</sup>). Il est cependant à noter que les années sèches 2003 et 2005 (particulièrement chaudes et sèches) ne sont pas marquées par de faibles abondances, la remontée des organismes vers l'amont (avérée : David, 2005) n'explique donc pas seule ces variations interannuelles.

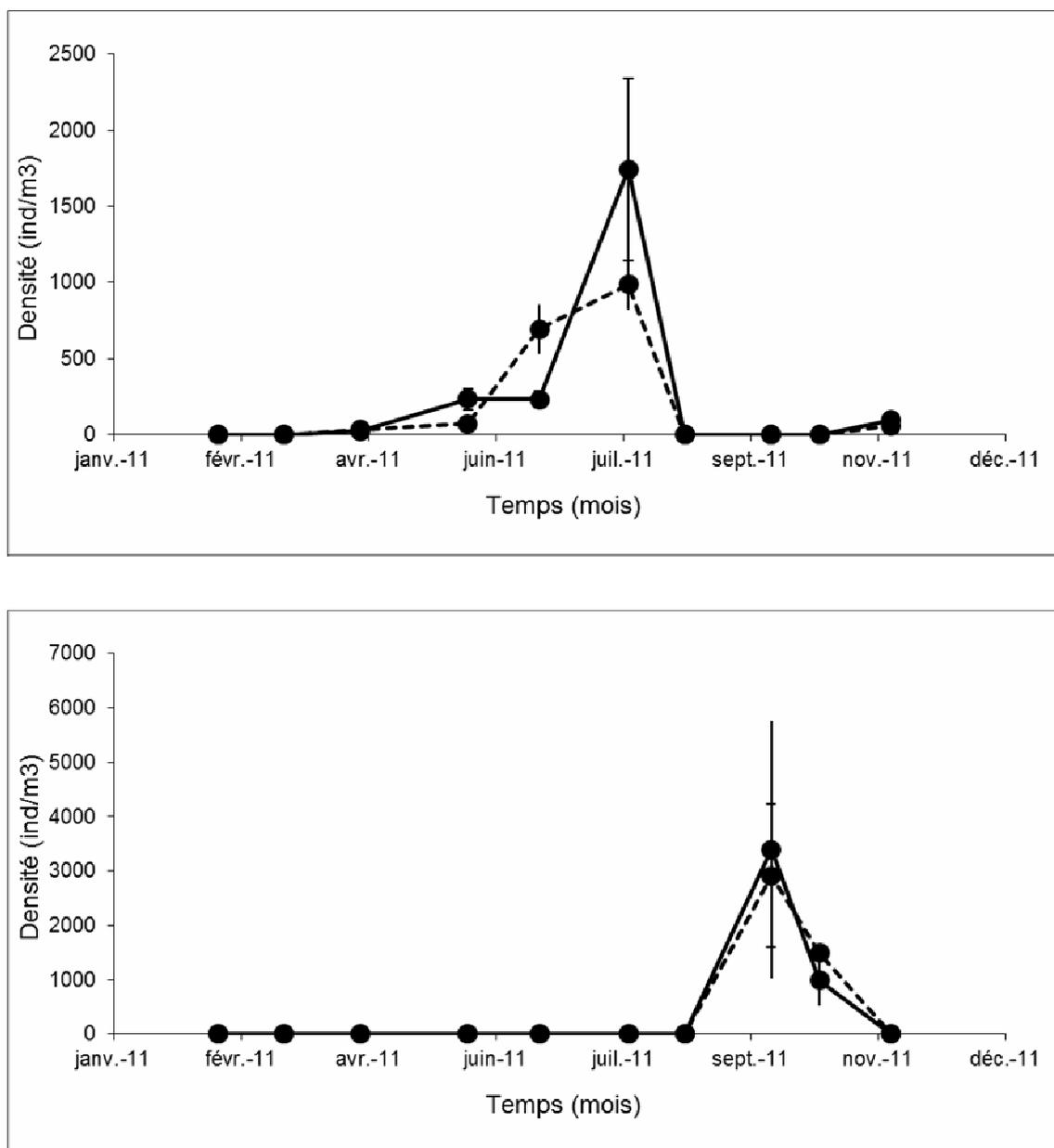
#### 6.1.2. Variations des densités des copépodes Acartidés

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 2011 (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 2011 au point E ( $209 \pm 129$  ind./m<sup>3</sup>, e.g. même ordre de grandeur que ce qui avait été observé en 2006, 2009 ou 2010) fait partie des valeurs moyennes de la série établie sur les 33 précédentes années de prélèvements (moyenne sur les 34 ans :  $296 \pm 59$  ind./m<sup>3</sup>). C'est aussi la 17<sup>e</sup> plus forte valeur d'abondance moyenne sur l'ensemble de la série et 11<sup>e</sup> plus forte valeur sur l'ensemble de la série - pic d'abondance de l'espèce :  $1367 \pm 338$  ind./m<sup>3</sup>). 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 Juillet ( $1367 \pm 338$  ind./m<sup>3</sup>), comme en 2010, mais en décalage avec la période classique d'abondance maximale de l'espèce (Avril-Mai). La période de production habituelle de l'espèce en Gironde (Avril à Juillet/Août) est observée en 2011 contrairement aux années 2008, 2009, 2010 (période réduite à 1 ou 2 mois en été). Les moyennes des abondances en surface et au fond ne sont pas significativement différentes pendant le maximum d'abondance de l'espèce (Figures 6-3 et 6-4).



**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 2011 - 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 8-10.10<sup>-3</sup> mais qui préfère un régime de salinité de type polyhalin (>18 10<sup>-3</sup>). La densité annuelle moyenne observée au point E ( $439 \pm 309$  ind./m<sup>3</sup>) est inférieure à la moyenne des années suivant son apparition en Gironde (1983-2010 :  $817 \pm 231$  ind./m<sup>3</sup>). L'année 2011 marque une

interruption dans la série des forts effectifs observés depuis 1999 (exception en 2007). En 2011, l'espèce apparaît encore plus tardivement qu'en 2009 et 2010 (Août) et présente, donc un maximum de densité décalé en fin de période estivale : Septembre - Octobre (maxima en Septembre :  $3151 \pm 1354$  ind./m<sup>3</sup> - **Figure 6-3**), proche des observations habituelles (Août à début Octobre selon les années). Le maximum observé en 2011 (respectivement en surface et au fond :  $3390 \pm 2363$  ind./m<sup>3</sup>,  $2912 \pm 1311$  ind./m<sup>3</sup>) est inférieur à la moyenne des maxima enregistrés depuis 1978 ( $4047 \pm 955$  ind./m<sup>3</sup>) et dans la gamme des valeurs maximales observées avant 1999.

Le décalage temporel des pics de densité de ces deux espèces d'Acartidae, observé au point E en 1997, 2000, et de 2002 à 2010 s'observe 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 Mysidacés *N. integer* et *M. slabberi* sont habituellement récoltés d'avril à octobre au point E. En 2011 cette saisonnalité est respectée pour *N. integer* alors que la période de présence de *M. Slabberi* est plus étalée (février à novembre).

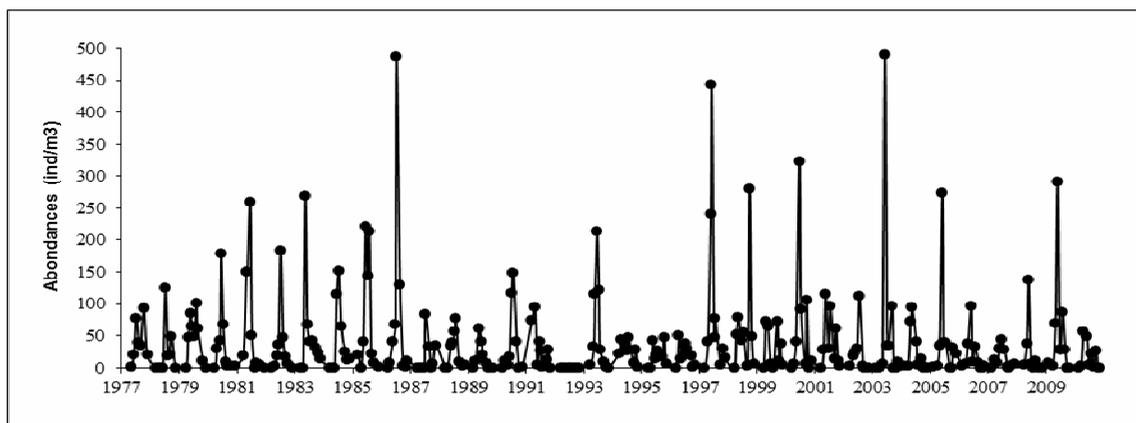
La densité moyenne annuelle de *Neomysis integer*, en 2011 ( $16 \pm 6$  ind./m<sup>3</sup>), est la troisième valeur la plus basse de la série ; très éloignée de la moyenne générale des densités observées depuis 1978 ( $39 \pm 4$  ind./m<sup>3</sup>), marquant la présence peu importante de l'espèce dans l'estuaire cette année. 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* étant en permanence plus importants (**Figure 6-7**).

En 2011, *N. integer* a été récoltée pendant presque toute la période de prélèvement (Mars à Septembre). Le maximum mensuel de densité s'observe en Avril (**Figure 6-7**). La valeur du pic (moyenne mensuelle :  $57 \pm 35$  ind./m<sup>3</sup>) est parmi les plus faibles abondances observées : 4 rang des valeurs minimales de la série pour ce secteur de l'estuaire (moyenne des maxima :  $168 \pm 22$  ind./m<sup>3</sup>). La plus forte valeur est observée au fond ( $97 \pm 63$  ind./m<sup>3</sup> pour  $17 \pm 15$  ind./m<sup>3</sup> en surface) ce qui correspond au schéma classique de distribution verticale connu pour cette espèce (habituellement plus abondante à proximité du fond).

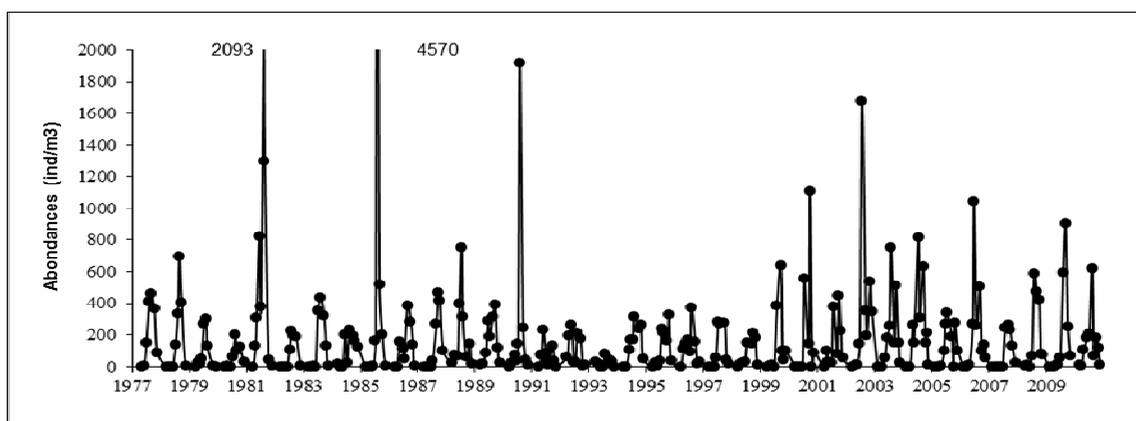
*Mesopodopsis slabberi* présente des densités moyennes annuelles plus importantes que celles de l'espèce précédente ( $151 \pm 54$  ind./m<sup>3</sup>). En 2011 sa densité moyenne annuelle est du même ordre de grandeur que la moyenne générale des observations effectuées depuis 1978 ( $178 \pm 21$  ind./m<sup>3</sup>).

Le maximum de densité s'observe cette année en Juillet (moyenne mensuelle :  $616 \pm 119$  ind./m<sup>3</sup> - **Figure 6-6**) avec une distribution des organismes homogène dans la colonne d'eau : maximum en surface :  $648 \pm 179$  ind./m<sup>3</sup> (fond :  $585 \pm 156$  ind./m<sup>3</sup>), ce qui est habituel en Gironde pour cette espèce meilleure nageuse que la précédente et que

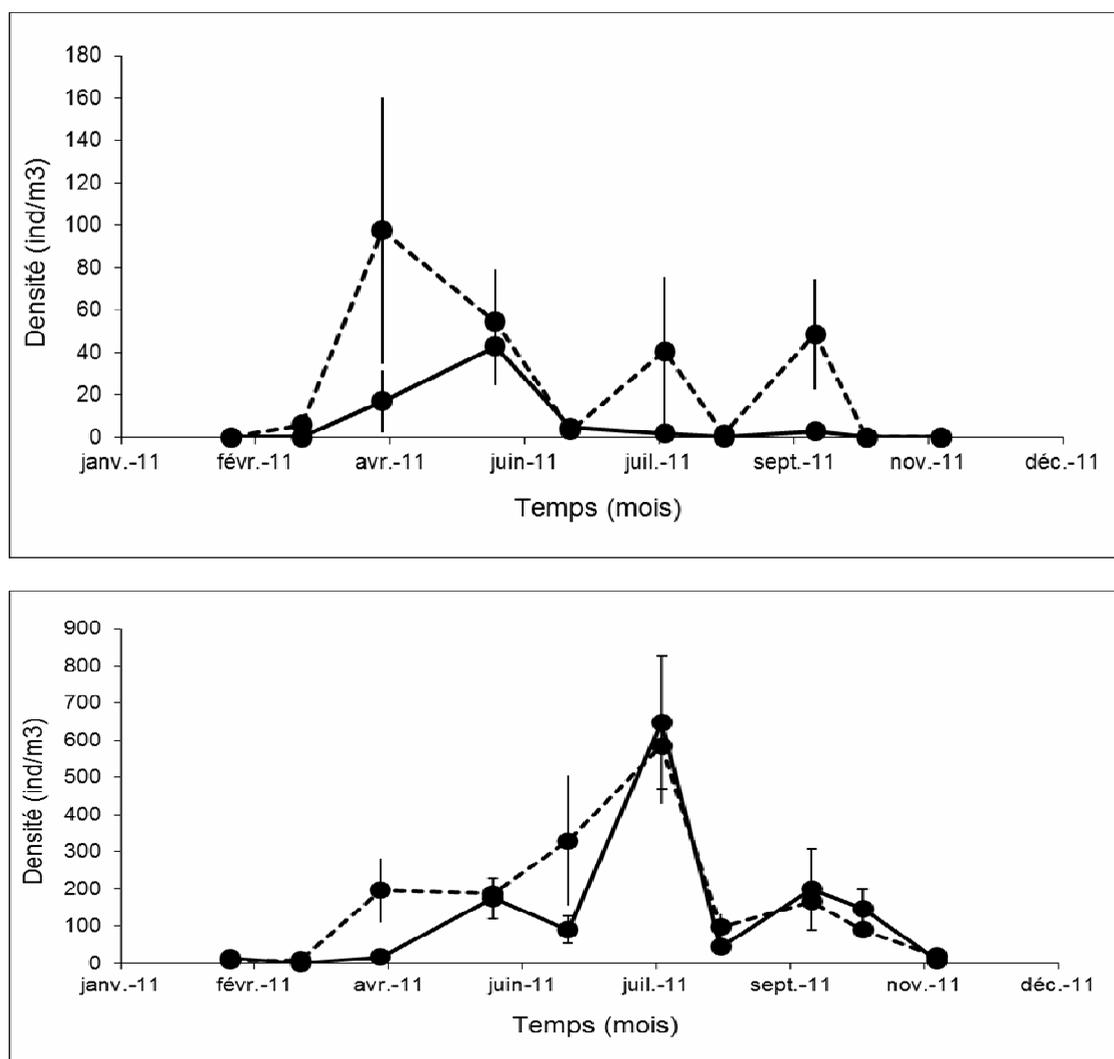
l'on trouve souvent répartie de manière homogène dans la colonne d'eau ou avec des abondances supérieures en surface. Ces abondances maximales moyennes restent importantes pendant toute la période estivale (Juillet à Septembre). Elles sont, en 2011, 10 fois plus élevées que celles de *Neomysis* ce qui ne correspond au schéma classique annuel moyen (facteur 4 sur l'ensemble de la série - **Figure 6-5** et **6-6**) et souligne à nouveau la faible représentativité de *N. Integer* dans cette zone de l'estuaire en 2011.



**Figure 6-5 : Variations mensuelles de densités du Mysidacé *Neomysis integer* au point E entre 1978 et 2011 - 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 2011 - 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 2011 - Moyennes mensuelles ( $\pm$  erreur standard) calculées à partir des 4 valeurs de densités observées au cours d'un demi-cycle de marée**

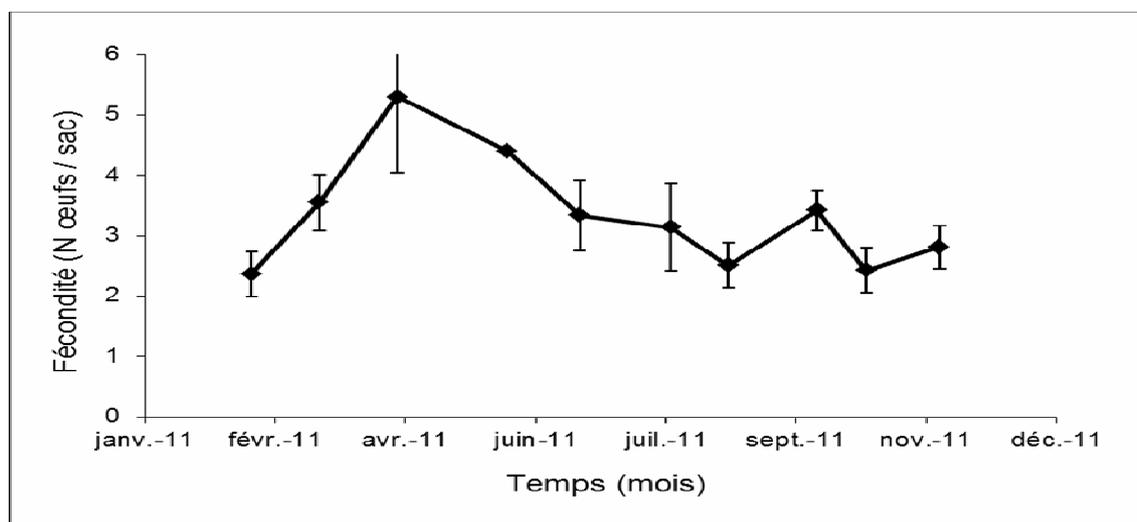
## 6.2. Structure démographique d'*Eurytemora affinis* au point E

### 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 :

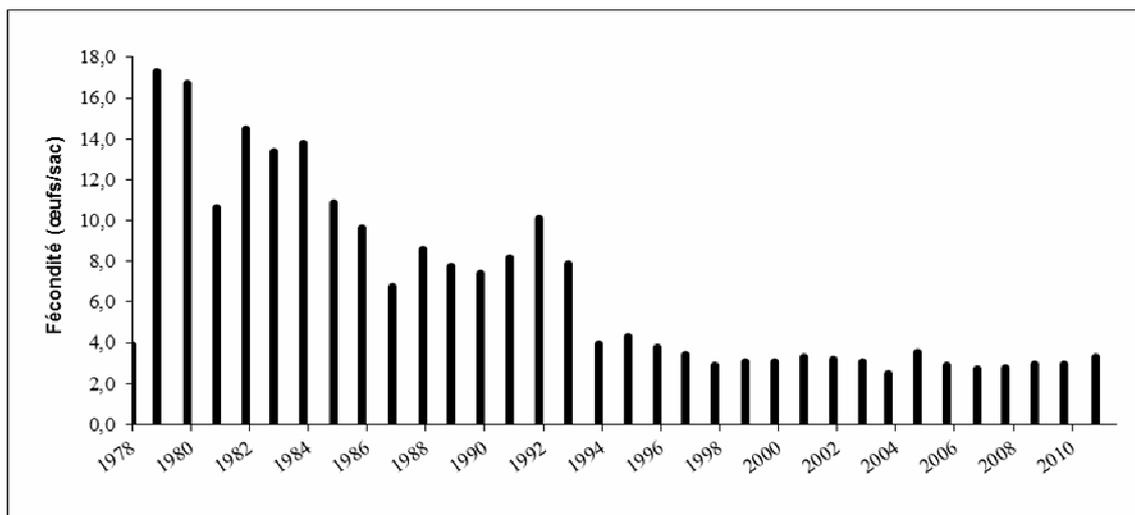
- la température de l'eau. Il existe en effet une relation inverse entre le nombre d'œufs par sac ovigère et la température de l'eau (POLI & CASTEL, 1983).
- la quantité et la qualité des matières en suspension (CASTEL & FEURTET, 1985). D'importantes turbidités peuvent en effet s'avérer préjudiciables 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 2011 (**Figure 6-8**) sont conformes aux observations habituelles : les valeurs les plus importantes sont observées cette année durant les périodes de développement printanier et automnal de la population. Les valeurs supérieures à la moyenne (moyenne 2011, point E :  $3,3 \pm 0,9$  œufs par sac ovigère) sont observées au printemps (Mars à Mai, Avril étant le mois durant lequel le maximum est observé :  $5,3 \pm 1,3$  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 2011 -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 2011, la fécondité moyenne ( $3,3 \pm 0,9$  œufs/sac) est du même ordre de grandeur que celles observées depuis 1994. La décroissance générale de la fécondité depuis 1978 pourrait être liée à l'évolution des températures dans l'estuaire (CASTEL, 1995) ; dans cette hypothèse, la stabilisation à un niveau bas des fécondités depuis 1994 reste inexplicée.

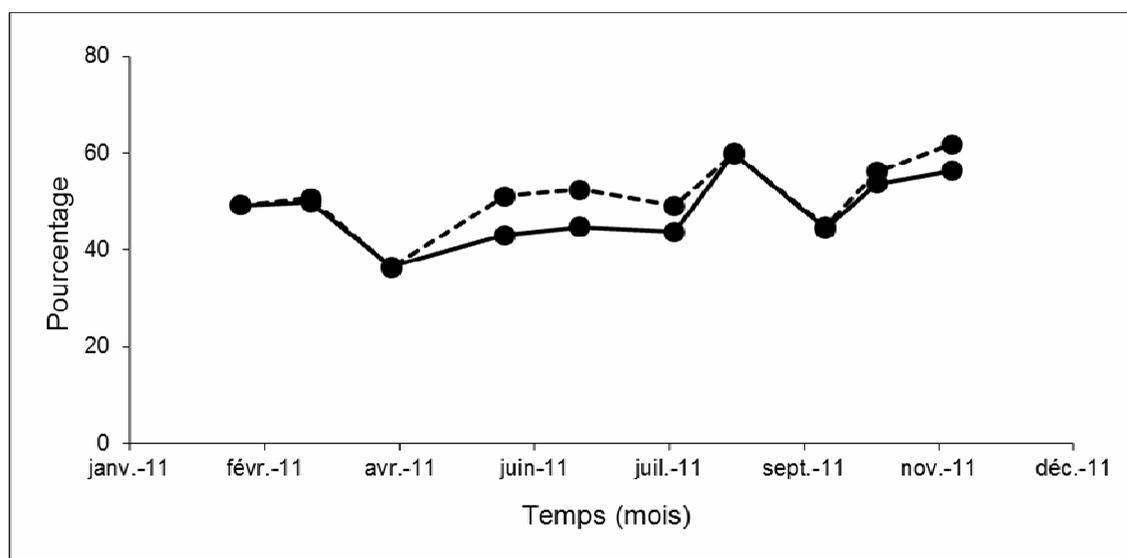


**Figure 6-9 : Evolution annuelle de la fécondité (nombre moyen d'œufs par sac ovigère/an) du copépode *Eurytemora affinis* au point E entre 1978 et 2011 - Chaque point représente la moyenne des valeurs mensuelles calculée entre avril et novembre**

#### 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.

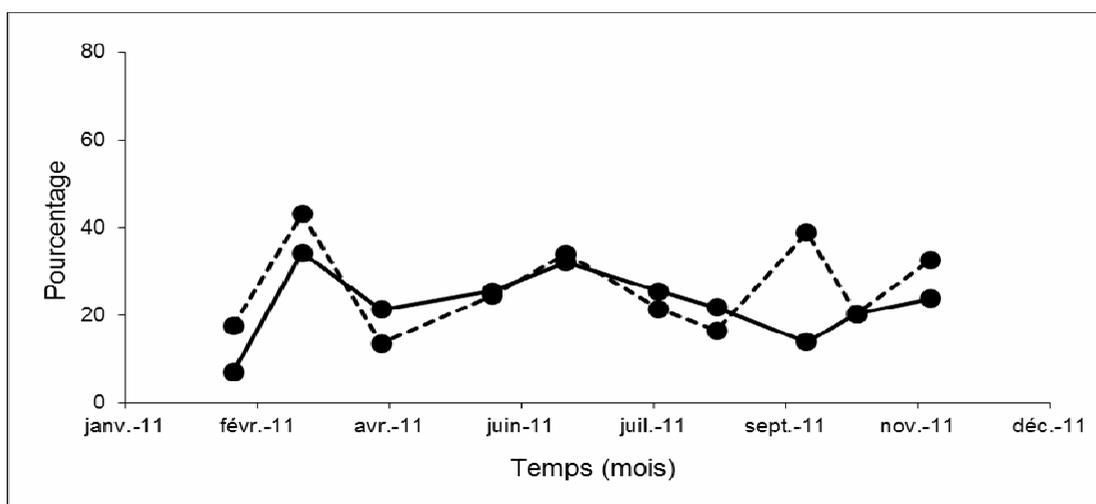
Le sex-ratio des adultes est habituellement légèrement en faveur des mâles, ce qui ne se vérifie pas en 2011 (sex ratio équilibré :  $50 \pm 2$  % de mâles en moyenne). De même les variations de sex ratio étaient relativement stables en 2011 avec néanmoins une hausse du pourcentage de mâles en période estivale (souvent observée : **Figure 6-10**) et une diminution de ce pourcentage lors (ou en début) des périodes de production printanière et automnale. Le (léger) déséquilibre observé en fin d'été (maximum moyen en Août : 60 %) se rapproche de ce qui a été observé en 2008 ou 2010. En général, le pourcentage de mâles est essentiellement un peu plus élevé en surface qu'au fond. En 2011, ce schéma est en permanence observé (ce schéma n'était déjà plus visible en 2008 et 2009).



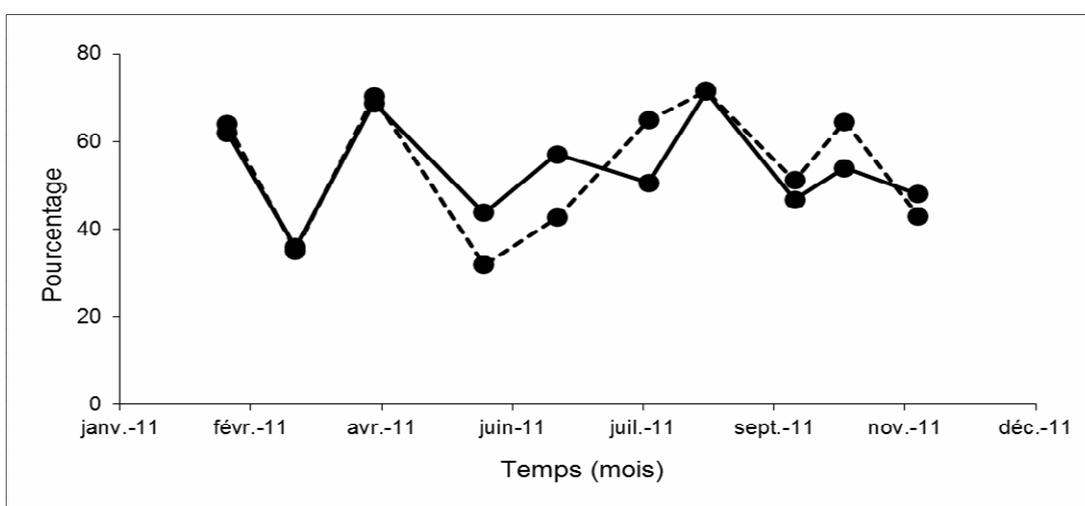
**Figure 6-10 : Evolution mensuelle du pourcentage de mâles dans la population adulte du copépode *Eurytemora affinis* au point E (pk 52), en surface (trait plein) et au fond (pointillé) au cours de l'année 2011 - Chaque point représente la valeur moyenne calculée sur 4 prélèvements successifs au cours d'un demi-cycle de marée**

On ne distingue pas en 2011 de répartition spécifique, constante, dans la colonne d'eau : les femelles ovigères sont parfois mieux représentées au fond, à d'autres période en surface. Les valeurs les plus fortes (**Figure 6-11**) sont observées au printemps et en automne (Avril et Septembre, Novembre), pendant les périodes de production de l'espèce de cette année 2011. Le pourcentage moyen de l'année 2011 (24,5 %) est du même ordre de grandeur mais inférieur à la moyenne calculée à partir des valeurs de l'ensemble des années de surveillance (29,2 %). Il se situe dans la gamme de valeurs les plus fortes observées depuis la diminution de représentativité des femelles ovigères (valeurs plus faibles et proches de 20,0 % de 1999 à 2009, par rapport à ce qui était observé avant 1999).

Comme pour les femelles ovigères on ne distingue pas en 2011 de schéma particulier de distribution des stades copépodites (copépodites 1 à 5 = stades juvéniles) dans la colonne d'eau. La forte représentativité des copépodites 1 à 5 en surface n'est observée cette année (**Figure 6-12**) ni pendant les périodes de production de l'espèce (lorsque la population est bien développée) ni lorsque les abondances sont faibles. La moyenne annuelle (54,1 %) est très proche de la moyenne des observations sur l'ensemble de la série (59,1 %). Comme souvent, les plus forts pourcentages sont notés de Mars à Mai/Juin (pendant le pic d'abondance de l'espèce), mais aussi en fin de période estivale (période durant laquelle les effectifs sont très faibles).



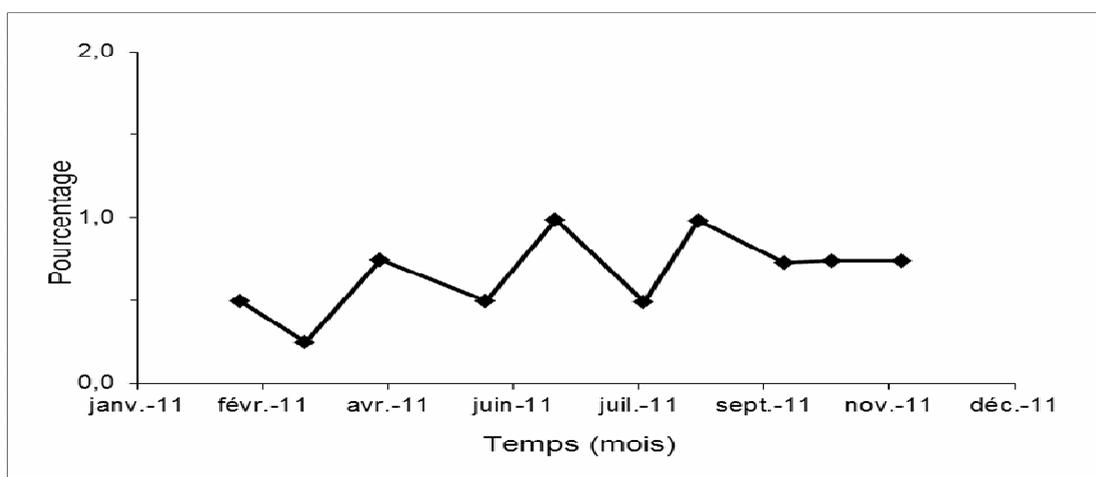
**Figure 6-11 : Evolution mensuelle du pourcentage de femelles ovigères chez le copépoïde *Eurytemora affinis* au point E (pk 52), en surface (trait plein) et au fond (pointillé) au cours de l'année 2011 - Chaque point représente la valeur moyenne calculée sur 4 prélèvements successifs au cours d'un demi-cycle de marée**



**Figure 6-12 : Evolution mensuelle du pourcentage de copépodites dans la population totale du Copépoïde *Eurytemora affinis* au point E (pk 52), en surface (trait plein) et au fond (pointillés) au cours de l'année 2011 - Chaque point représente la valeur moyenne calculée sur 4 prélèvements successifs au cours d'un demi-cycle de marée**

### 6.2.3. Mortalité

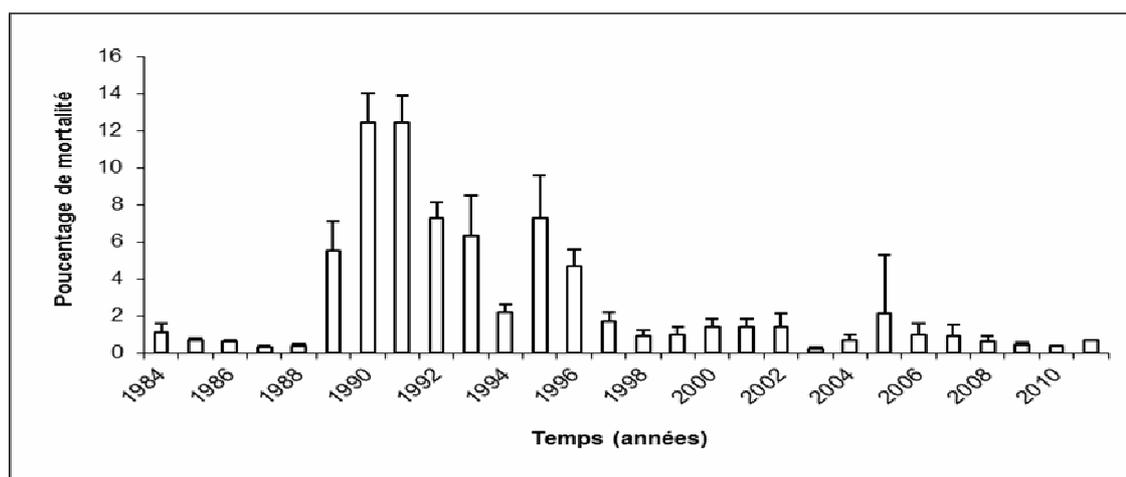
Les résultats sont présentés en pourcentages de mortalité, tous stades confondus. Les fluctuations temporelles observées au cours du cycle annuel en 2011 (**Figure 6-13**) sont faibles quelle que soit la période de l'année.



**Figure 6-13 : Evolution mensuelle du pourcentage de mortalité du copépe *Eurytemora affinis* au point E, au cours de l'année 2011 - 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 2011 ( $0,66 \pm 0,23$  %) est particulièrement 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 (7<sup>o</sup> valeur la plus faible sur l'ensemble de la série).

La moyenne annuelle observée en 2011 concorde avec la diminution de la mortalité observée depuis 1999. La tendance observée au cours des 13 dernières années (**Figure 6-14**) est proche de celle des années 1984 à 1988



**Figure 6-14 : Evolution du pourcentage de mortalité du Copépe *Eurytemora affinis* au point E, entre 1984 et 2011 - 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

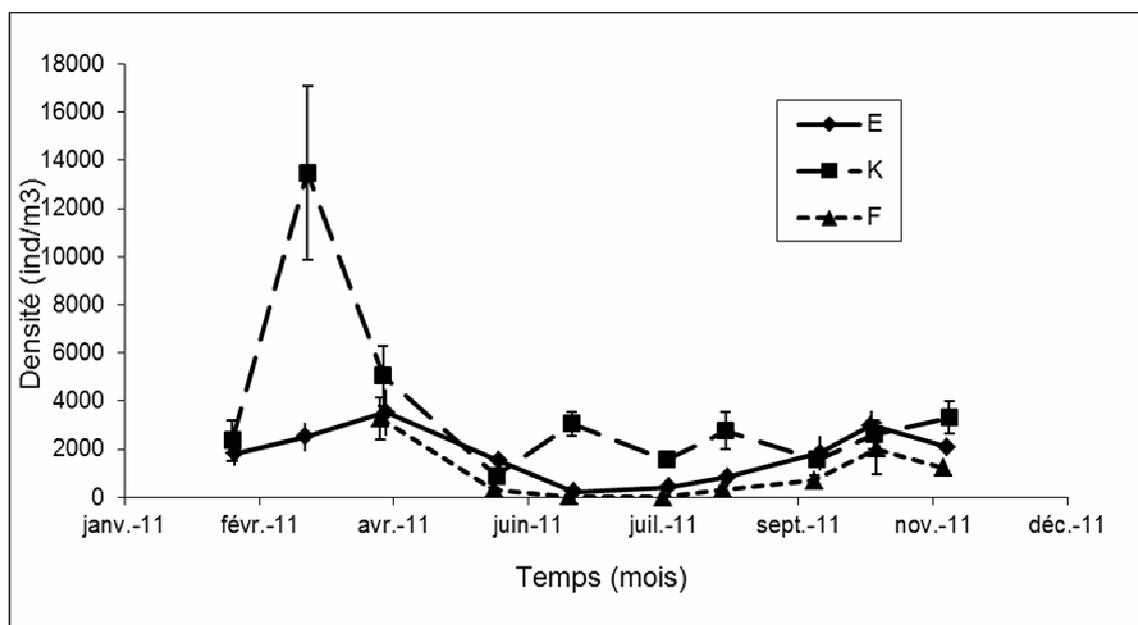
Les espèces dominantes sont identiques dans les trois stations mais leur représentativité est différente. Dans la partie amont de l'estuaire, c'est l'espèce *E. affinis* qui domine ; la partie médiane est essentiellement occupée par les copépodes *Acartidae*. Au point le plus amont (pk 30), notamment à marée basse, on trouve quelques espèces dulçaquicoles (*Acanthocyclops* sp, *Bosmina* sp, *Daphnia* sp, etc., notamment des copépodes cyclopoïdes cette année au point K en Septembre et Novembre) mais leur densité est toujours très faible, de même que dans le point le plus aval, à marée haute et en période d'étiage, on peut noter l'intrusion d'espèces néritiques (en particulier cette année des Cténaires de Mai à Septembre notamment au point F (ponctuellement au point E), avec un maximum de présence en Juillet).

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 2011, *E. affinis* constitue l'essentiel du peuplement de copépodes dans les trois stations étudiées (points F, E et K, ponctuellement (été) l'espèce dominante en « aval » (points E et F) est *A. tonsa*). La densité moyenne annuelle d'*E. affinis* au point F ( $987 \pm 340$  ind./m<sup>3</sup>) est la plus faible observée. Dans la zone médiane de l'estuaire (au point E) les effectifs sont intermédiaires ( $1779 \pm 322$  ind./m<sup>3</sup>). L'abondance de l'espèce est beaucoup plus forte en amont K ( $3667 \pm 1089$  ind./m<sup>3</sup>, **Figure 6-15**), mais quelle que soit la station l'année 2011 est caractérisée par de faibles effectifs. La localisation aval de l'espèce, déjà observée en 2005 et 2006, n'est pas observée cette année (comme depuis 2007) ce qui peut indiquer un retour à un schéma de distribution de l'espèce plus classique : 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 période de fortes abondances de l'espèce est globalement identique dans les trois stations : Mai et Octobre / Novembre, la chute des abondances estivales est beaucoup moins prononcée en amont (effectifs de l'ordre de 3000 ind./m<sup>3</sup> au point K alors qu'ils sont respectivement 100 et 10 fois moins importants à la même période aux points E et F ; **Figure 6-15**). Les pic d'abondances printaniers (Avril) en « aval » (points E et F) sont du même ordre de grandeur : respectivement  $3531 \pm 961$  ind./m<sup>3</sup> et  $3276 \pm 866$  ind./m<sup>3</sup>, alors que les abondances sont beaucoup plus importantes à la même période (Mars) en amont (K :  $13472 \pm 3622$  ind./m<sup>3</sup>).

L'année 2011 se distingue donc, à la différence de ce qui a pu être observé les années précédentes, par des périodes d'abondances maximales identique en amont (K) et en aval de l'estuaire (E et F). Le maintien d'abondances non négligeables en période estivale 2011 et en amont est probablement à rapprocher de l'observation faite en 2010 : augmentation atypique des abondances estivales dans la zone amont (points K et E cette année-là).



**Figure 6-15 : Evolution mensuelle de la densité du copépode *Eurytemora affinis* aux points F (pk 67), E (pk 52) et K (pk 30) au cours de l'année 2011 - 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 2011 montre que les années caractérisées par une absence de crues<sup>31</sup> (notamment printanières) ou par une forte turbidité (sècheresse printano-estivale) sont des années pour lesquelles la densité du copépode est plus élevée au point K qu'au point E ; la situation étant inversée les années caractérisées par des crues. Le schéma observé en 2011 correspond à une situation classique « étiage » pour laquelle la population du copépode *E. affinis* est principalement répartie sur la zone amont de l'estuaire (les apports d'eau douce ont été très modérés en 2011).

<sup>31</sup> 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./m<sup>3</sup>) du copépode *Eurytemora affinis* observées au cours de la période 1984-2011 - 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

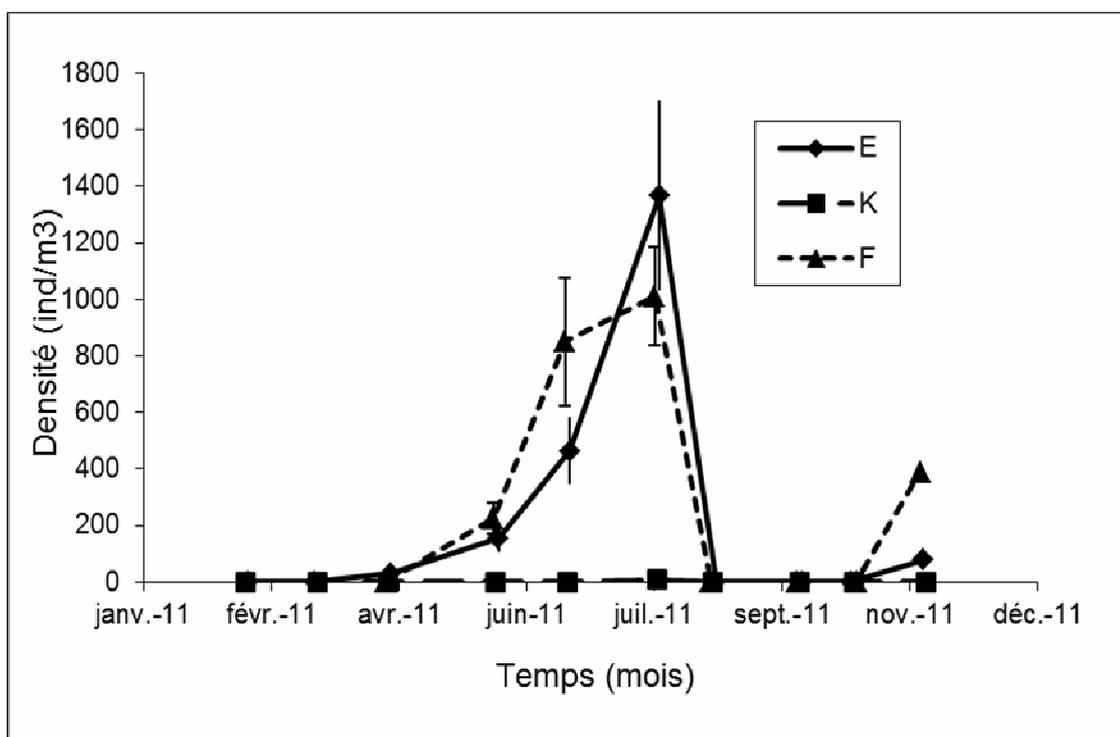
### 6.3.2. Variation des densités des Copépodes Acartidés

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 ( $309 \pm 121$  ind./m<sup>3</sup>) et décroissent vers l'amont de l'estuaire (maximum au point E :  $209 \pm 129$  ind./m<sup>3</sup> et maximum au point K :  $1 \pm 1$  ind./m<sup>3</sup>).

Le début de production de l'espèce est observé en Avril dans la zone aval. La période d'abondance maximale est identique dans les différentes stations et correspond à la période estivale (Juillet) : en aval : maximum annuel au point F :  $963 \pm 174$  ind./m<sup>3</sup> ; en zone médiane, maximum annuel au point E :  $1367 \pm 338$  ind./m<sup>3</sup> ; maximum annuel au point K :  $8 \pm 5$  ind./m<sup>3</sup>). Un seul pic d'abondance est observé en 2011 qui est une année caractérisée par les très faibles abondances de l'espèce sur tous les points échantillonnés.

Ceci correspond à un schéma classique de la distribution spatio-temporelle 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 (seule (et très faible) présence notée au point K en 2011 en juillet).



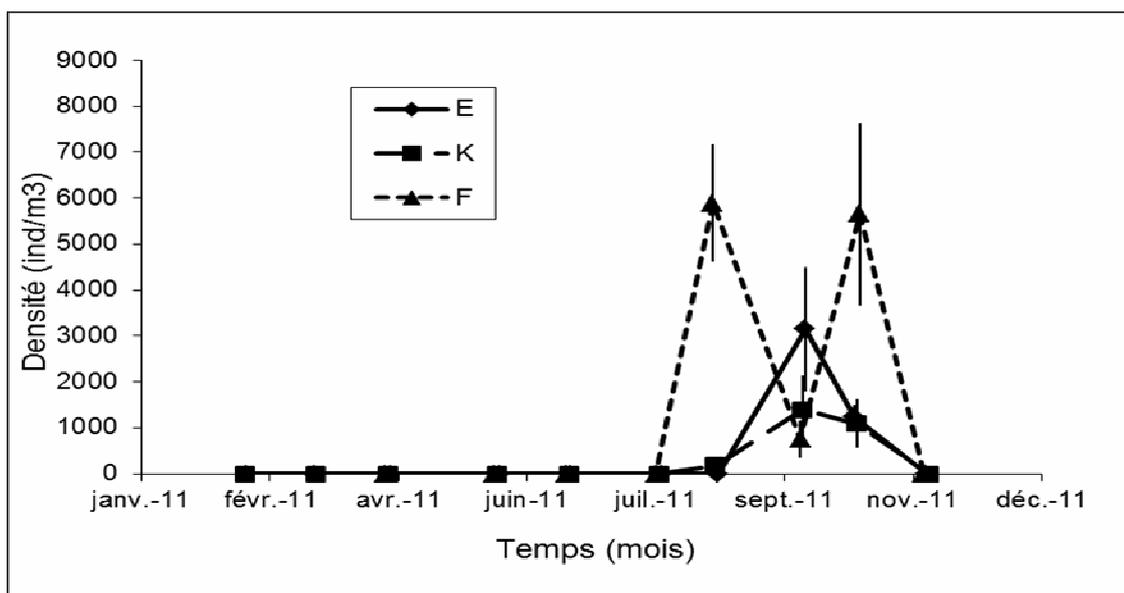
**Figure 6-16 : Evolution mensuelle de la densité du Copépode *Acartia bifilosa* aux points F (pk 67), E (pk 52, rejet) et K (pk 30) au cours de l'année 2011 - Chaque point du graphique représente la valeur moyenne calculée sur 8 prélèvements au cours d'un demi-cycle de marée (4 en surface et 4 au fond) ( $\pm$  erreur standard)**

**Tableau 6-2 : Evolution des densités moyennes annuelles (ind./m<sup>3</sup>) du copépode *Acartia bifilosa* au cours de la période 1984-2011 - 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

Le copépode *Acartia tonsa* est une espèce thermo-polyhaline : il présente en 2011 un gradient décroissant d'abondance des stations aval vers les stations amont (**Tableau 6-3**). Les plus fortes abondances sont observées au point F (moyenne annuelle :  $1536 \pm 777$  ind./m<sup>3</sup>), elles sont intermédiaires au point E (moyenne annuelle :  $439 \pm 309$  ind./m<sup>3</sup>), l'espèce étant peu représentée au point K (moyenne annuelle :  $266 \pm 156$  ind./m<sup>3</sup>). Son caractère thermophile se traduit en termes de développement dans l'estuaire par une période de production de fin d'été/automne succédant à la période de production d'*A. bifilosa*. *A. tonsa* a présenté en 2011 (**Figure 6-17**) un pic de densité en Août et Octobre au point F ( $5886 \pm 1278$  ind./m<sup>3</sup> et  $5648 \pm 1982$  ind./m<sup>3</sup>) et un pic en Septembre dans les deux autres stations (E :  $3057 \pm 1354$  ind./m<sup>3</sup> et K :  $1389 \pm 741$  ind./m<sup>3</sup>). Comme pour les deux copépodes précédents, 2011 est caractérisée pour cette espèce par de faibles abondances sur les points échantillonnés (si l'on se réfère pour *A. tonsa* à la période récente de forte croissance des abondances observée depuis 1999).

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 2011 - 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./m<sup>3</sup>) du copépode *Acartia tonsa* aux points F (pk 67), E (pk 52, rejet) et K (pk 30) au cours de la période 1984-2011 - Le point J est situé au pk 52 dans le chenal de navigation**

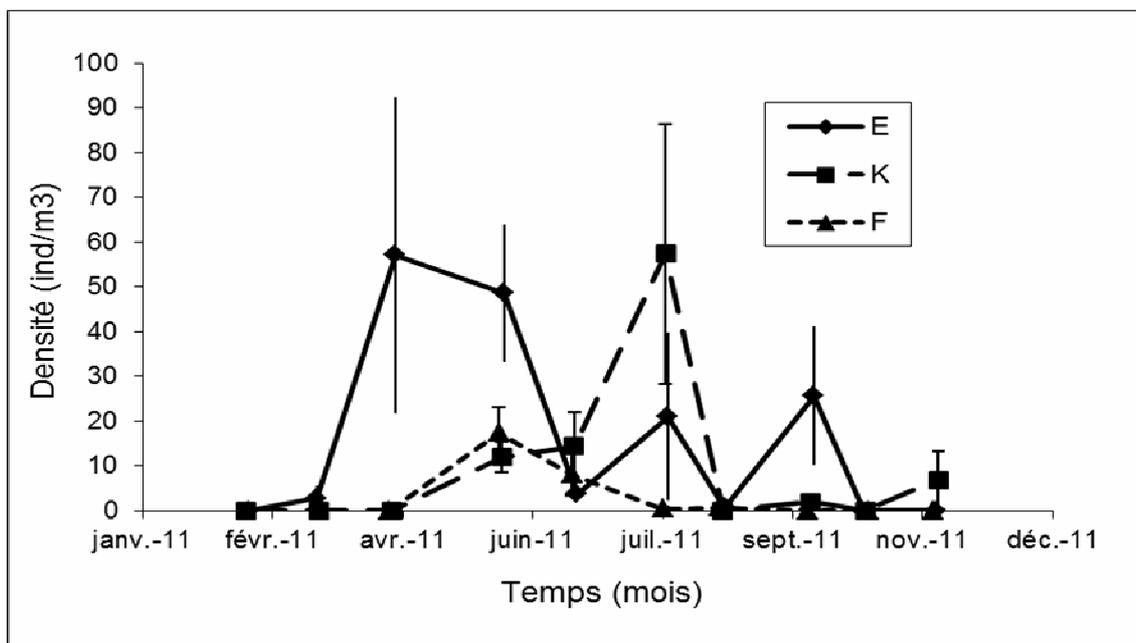
Année	Point F Pk 67	Point E Pk 52	Point J Pk 52	Point K Pk 30
1984		58	97	20
1985		35	459	27
1986		129	356	48
1987		64	406	36
1988		410	484	16
1989		302	519	233
1990		534	3253	478
1991		933	1223	261
1992	1120	114		14
1993	970	430		4
1994	81	15		7
1995	1168	417		8
1996	291	109		6
1997	366	165		7
1998	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

### 6.3.3. Variation des densités de Mysidacés

En 2011, 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 médiane (**Tableau 6-4** : moyennes annuelles : point K :  $9 \pm 5$  ind./m<sup>3</sup> - point E :  $16 \pm 6$  ind./m<sup>3</sup> - point F :  $3 \pm 2$  ind./m<sup>3</sup>).

Les densités maximales de l'espèce s'observent classiquement en 2011 dans les zones médiane et amont de l'estuaire (aux points E ou K) avec des pics d'abondances décalés (**Figure 6-18**) : « fortes » abondances dans la partie médiane de l'estuaire en début de développement de l'espèce :  $57 \pm 34$  ind./m<sup>3</sup> au point K en Avril,  $57 \pm 29$  ind./m<sup>3</sup> au point E en Juillet. La période d'abondances maximales est décalée vers la fin de période estivale dans la zone amont de l'estuaire comme en 2010. La présence plus constante à la station E (effectifs parfois faibles), interprétée comme une localisation de l'aire de distribution de l'espèce principalement dans la zone médiane de l'estuaire, est observée cette année. Le pic estival en zone amont serait à examiner en relation avec le maintien de production du copépode *E. affinis* en période estivale dans cette même zone)

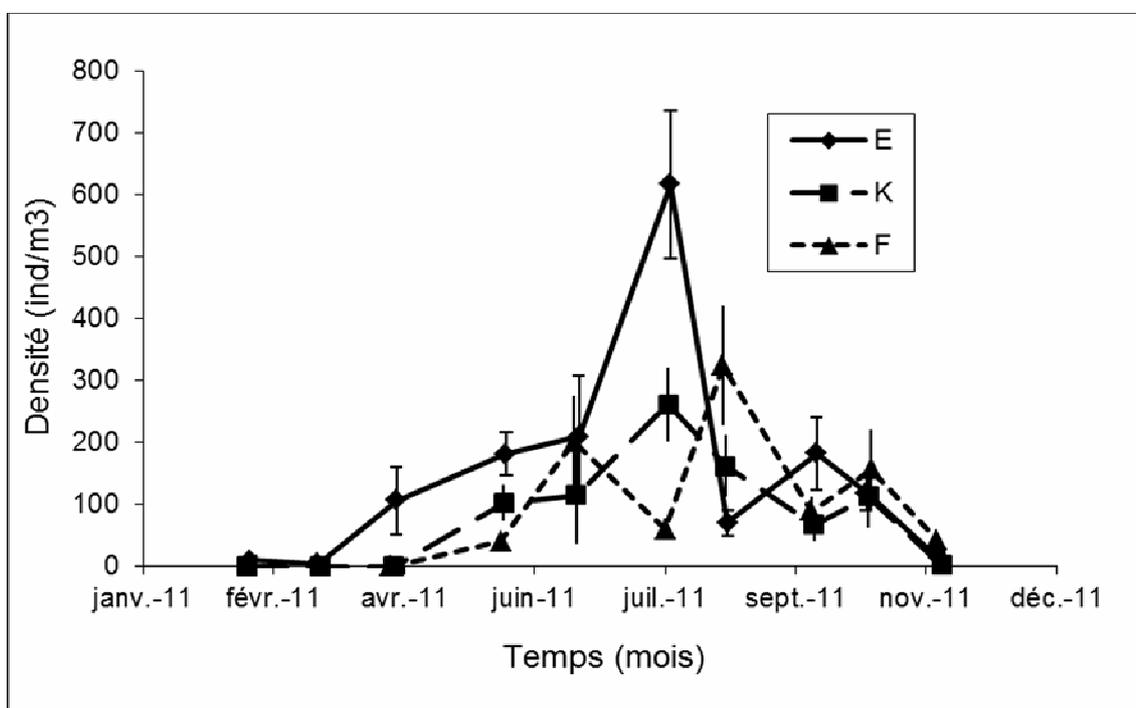


**Figure 6-18 : Evolution mensuelle de la densité du Mysidacé *Neomysis integer* aux points F (pk 67), E (pk 52, rejet) et K (pk 30), au cours de l'année 2011 - Chaque point du graphique représente la valeur moyenne calculée à partir de 8 prélèvements au cours d'un demi-cycle de marée (4 en surface et 4 au fond) au cours d'un demi-cycle de marée ( $\pm$  erreur standard)**

**Tableau 6-4 : Evolution des densités moyennes annuelles (ind./m<sup>3</sup>) du Mysidacé *Neomysis integer* aux points F (pk 67), E (pk 52, rejet) et K (pk 30) au cours de la période 1984-2011 - 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

La seconde espèce dominante, *Mesopodopsis slabberi* (**Figure 6-19**) présente, du point de vue des abondances moyennes, un schéma, déjà observé en 2003 ou 2008 par exemple, de distribution atypique : abondances les plus fortes au point médian (E :  $153 \pm 54$  ind./m<sup>3</sup>), et plus faibles en amont (moyenne annuelle au point K :  $82 \pm 26$  ind./m<sup>3</sup>) et en aval (moyenne annuelle au point F :  $114 \pm 32$  ind./m<sup>3</sup>). La distribution classique correspond à un gradient décroissant de l'aval vers l'amont (**Tableau 6-5**) : il s'agit d'une espèce polyhaline 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. Les plus fortes abondances sont trouvées en période estivale (Juillet) aussi bien en amont qu'en zone médiane (point K :  $485 \pm 211$  ind./m<sup>3</sup> - point E :  $616 \pm 119$  ind./m<sup>3</sup> - point K :  $261 \pm 60$  ind./m<sup>3</sup>) et en décalé (Juin et Septembre) dans la partie aval (respectivement  $324 \pm 97$  ind./m<sup>3</sup> et  $156 \pm 65$  ind./m<sup>3</sup>).



**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 2011 - 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./m<sup>3</sup>) du Mysidacé *Mesopodopsis slabberi* aux points F (pk 67), E (pk 52, rejet) et K (pk 30) au cours de la période 1984-2011 - 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

#### 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.

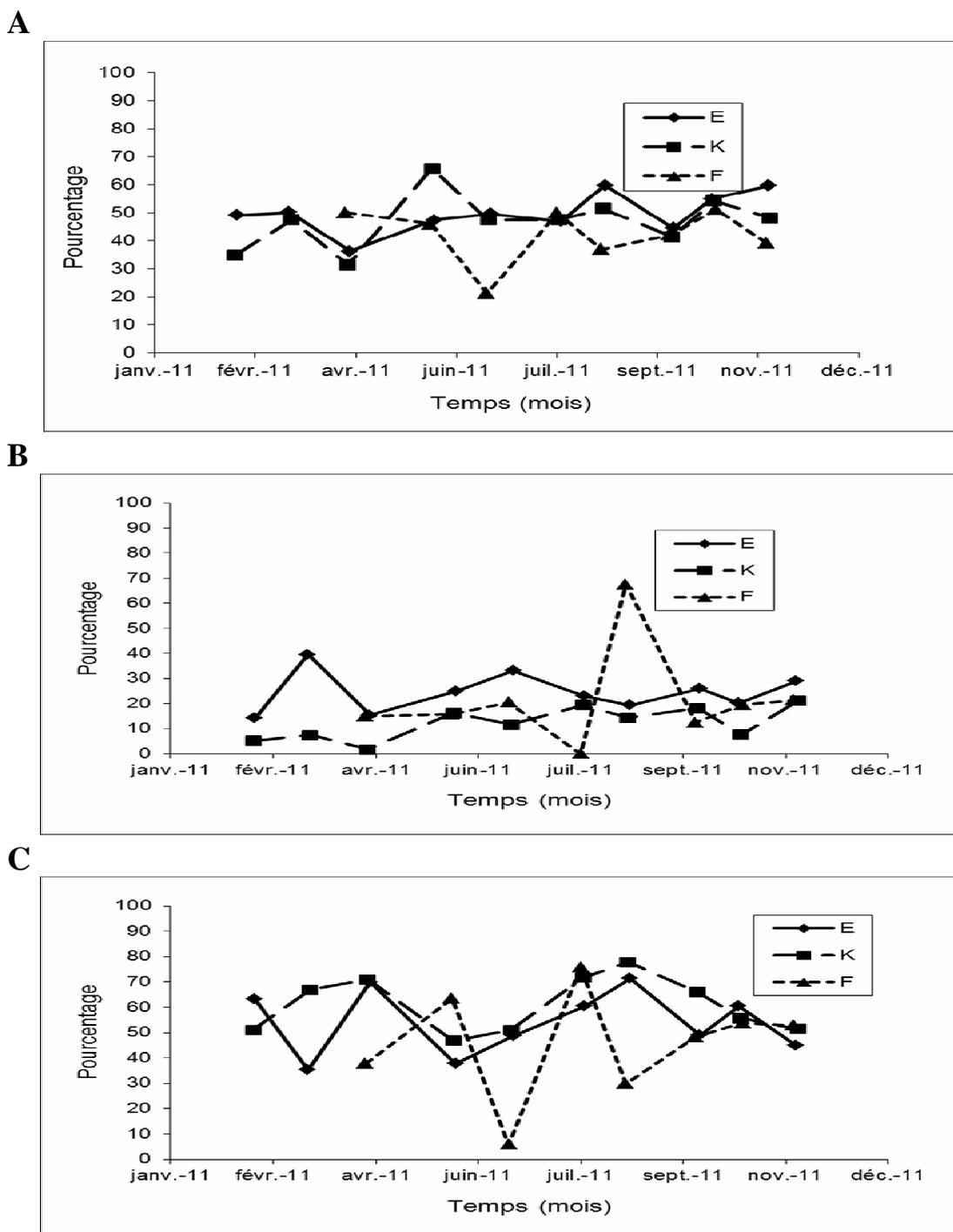
L'évolution saisonnière du sex-ratio (**Figure 6-20**) est assez proche d'une station à l'autre (excepté en juin à la station aval). On observe globalement des pourcentages du sex ratio inférieurs à la moyenne sur la période d'étude avec, en moyenne, une prédominance de femelles (point F : 42 %, point E : 50%, point K : 48 %). Cette dominance de femelles a été fréquemment observée ces dernières années essentiellement dans les parties médiane et amont, présentant un schéma inverse à ce qui était observé en début d'étude (dominance de mâles). Les acquis de 2011 représentent une généralisation de cette modification à l'ensemble des points suivis. Le schéma « classique » (restant marqué jusque dans les années récentes) pour la zone aval de dominance des mâles est particulièrement atypique cette année pour laquelle cette zone est la zone dans laquelle les femelles sont les mieux représentées.

L'année 2011 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), par une faible représentation moyenne des femelles ovigères : 13 % (17% sur l'ensemble de la série). Cette situation n'est cependant pas observée plus en aval (points E et F) où les pourcentages de femelles ovigères retrouvent des valeurs plus élevées et donc plus classiques : 26% au point E (26% sur la série) et 22% au point K (22% sur la série). Le pourcentage de femelles ovigères est globalement plus élevé juste avant ou lors de la période de forte abondance de l'espèce.

L'évolution du pourcentage de copépodites est habituellement « homogène » dans l'estuaire, ce qui est globalement le cas en 2011 pour les zones amont et médiane, la zone aval se différenciant pas la forte variabilité des données. Cette année, durant la période de fortes abondances printanière, la population est dominée par les copépodites, ceci est beaucoup moins net pour la reprise de production automnale. L'année 2011 est par ailleurs marquée par un gradient classique de diminution de la représentativité de l'amont vers l'aval : point K : 62%, point E : 53%, F : 46% et par des pourcentages moyens proches des valeurs moyennes observées sur la série pour l'ensemble des zones (K : 62% - E : 59% ; F : 54%)

**Tableau 6-6 : Principaux paramètres démographiques de *Eurytemora affinis* au cours de la période 1984-2011 - M : % de mâles par rapport à la population adulte, F. ov. : % de femelles ovigères/total des femelles, C : % de copépodites**

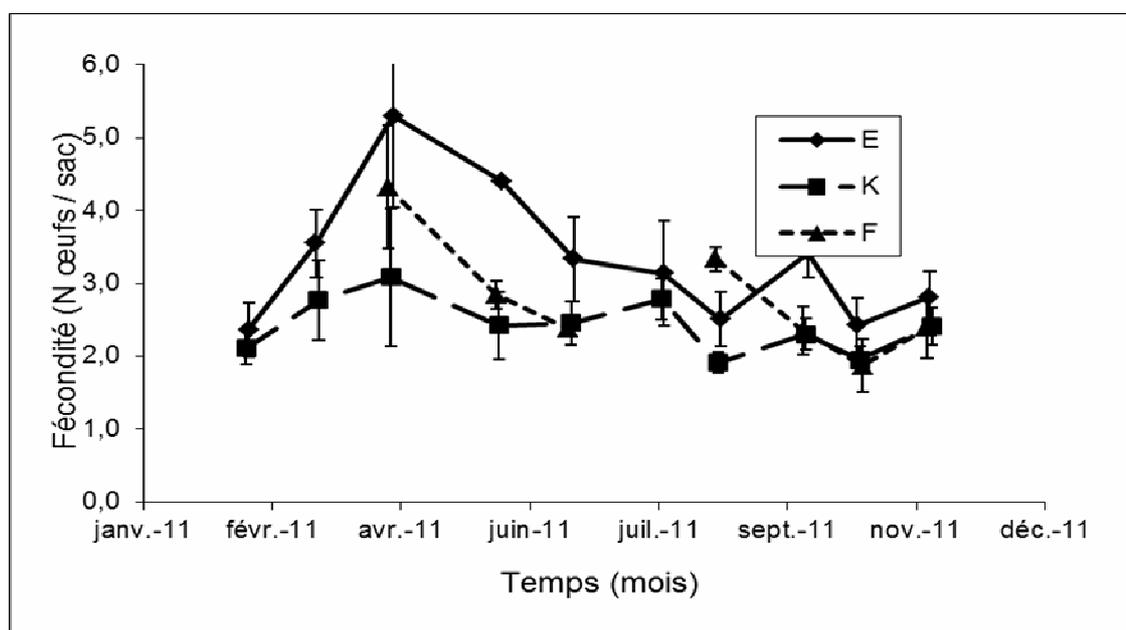
Année	Point F			Point E			Point K		
	M	Fov	C	M	Fov	C	M	Fov	C
1984				53	25	67	54	15	67
1985				55	23	67	56	18	67
1986				58	30	60	55	26	56
1987				54	35	65	59	23	77
1988				54	19	62	51	20	52
1989				52	32	67	52	31	71
1990				48	34	60	50	21	59
1991				46	27	67	46	26	67
1992	60	34	58	54	36	62	54	25	58
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



**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 2011 - % 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 2011, les fécondités enregistrées aux points K, E et F (**Figure 6-21**) ne diffèrent pas, la plupart du temps, significativement d'une station à l'autre : les faibles valeurs trouvées au point E se retrouvent donc en aval et en amont ( $2,8 \pm 0,8$  œufs/femelle au point F,  $3,3 \pm 0,9$  en E et  $2,4 \pm 0,4$  en K). La dynamique temporelle est « classique » et cohérente avec les observations faites d'évolution des abondances : augmentation de la fécondité pendant la période de production printanière et automnale (dans une moindre mesure).



**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 2011 - 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 2011 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 1984-2011 - Le point J est situé au pk 52 dans le chenal de navigation**

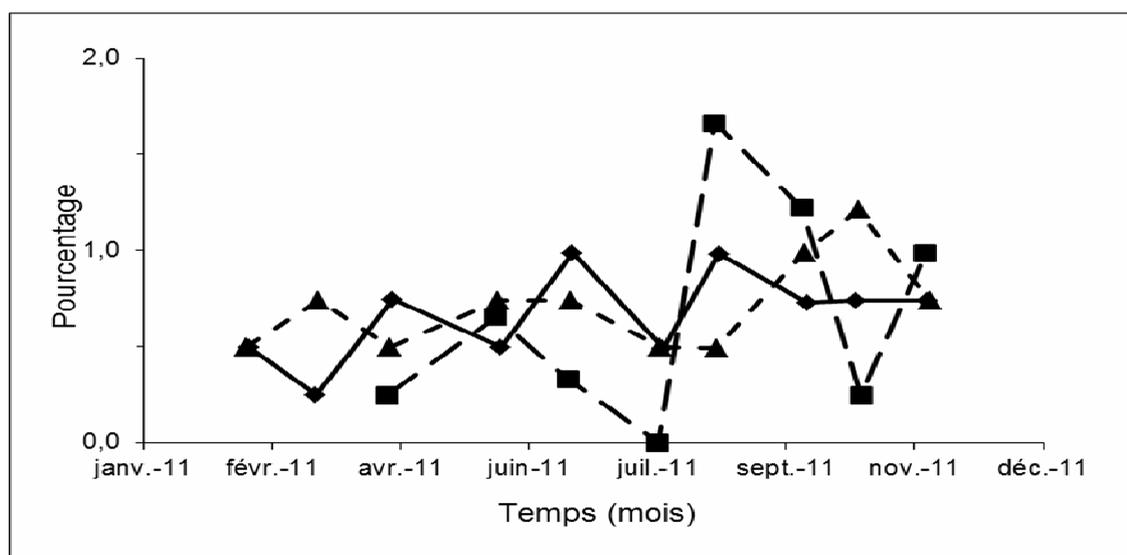
Année	Point F Pk 67	Point E Pk 52	Point J Pk 52	Point K Pk 30
1984		12,9 $\pm$ 1,9	14,8 $\pm$ 1,9	13,7 $\pm$ 1,7
1985		11,1 $\pm$ 3,9	9,5 $\pm$ 1,3	10,3 $\pm$ 2,1
1986		9,1 $\pm$ 1,5	8,4 $\pm$ 0,6	7,6 $\pm$ 1,0
1987		6,4 $\pm$ 0,6	6,8 $\pm$ 0,6	6,4 $\pm$ 1,3
1988		7,5 $\pm$ 0,8	7,0 $\pm$ 0,5	6,6 $\pm$ 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

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 ( $< 1\%$  en moyenne) tout au long de l'année sur l'ensemble de l'aire de répartition de l'espèce (**Figure 6-22**) :  $0,7 \pm 0,6\%$  au point F,  $0,7 \pm 0,2$  en E et  $0,7 \pm 0,2$  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 2011 - 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. Les fortes mortalités observées dans la partie médiane et dans la partie amont de l'estuaire en été en 2005, ne sont pas observées cette année (**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 1984-2011 - 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

Synthèse 2011 :

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.

## 7. Macrofaune benthique

Le suivi de la macrofaune benthique est réalisé en 6 stations :

- 3 stations dans le domaine subtidal (chenaux toujours immergés), localisées aux points F (PK 67), E (PK 52) et K (PK 30), conformément à l'article 29 de l'arrêté du 18 septembre 2003 ;
- 3 stations dans le domaine intertidal (zone 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). La position géographique de ces stations est indiquée sur la **Figure 7-1**.

### 7.1. Caractéristiques du sédiment

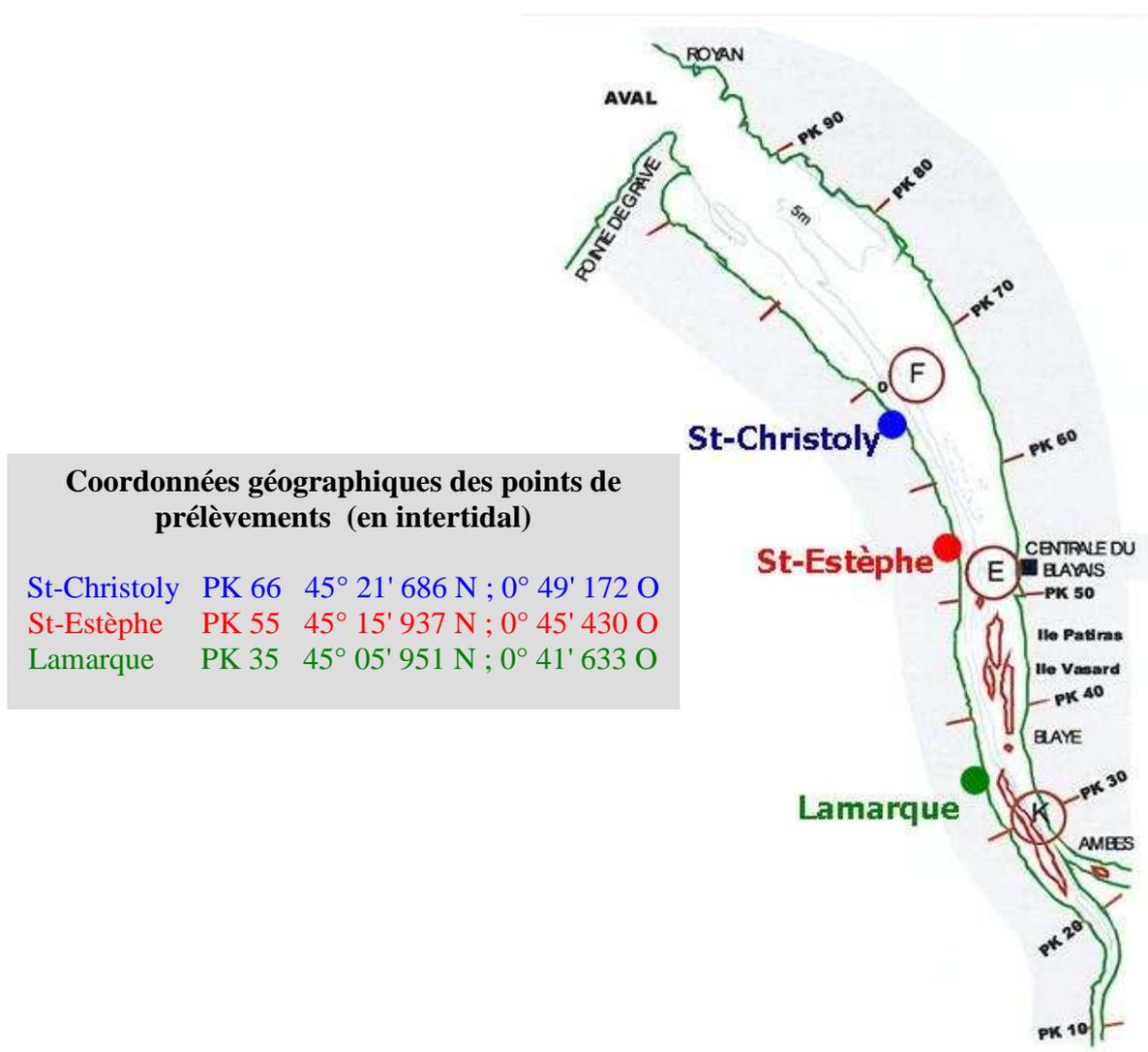
La composition granulométrique du sédiment (3 cm superficiels, après élimination éventuelle des éléments grossiers) a été déterminée par diffraction laser au microgranulomètre Malvern (analyses réalisées par l'équipe de sédimentologie de l'UMR EPOC) sur des carottes de sédiment prélevées au cours de chaque mission, dans l'ensemble des six stations. Dans les stations intertidales, la teneur en eau du sédiment superficiel a été également mesurée après séchage à l'étuve à 60°C pendant 48 heures. L'ensemble de ces analyses est réalisé sur le contenu de deux échantillons par station, mélangés et homogénéisés.

#### 7.1.1. Sédiments intertidaux

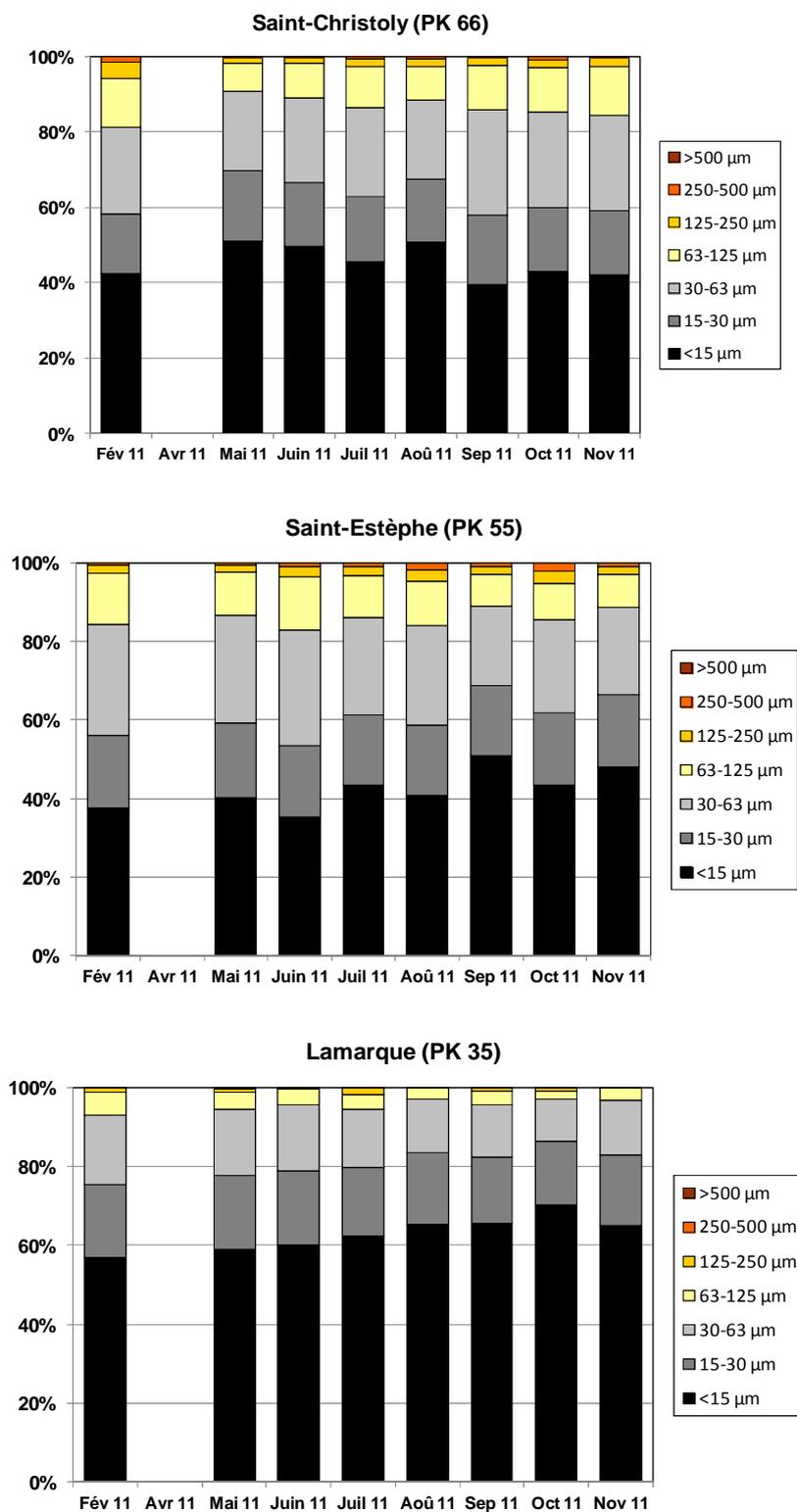
Le sédiment des trois stations intertidales est fortement vaseux (**Figure 7-2**). Comme les années précédentes, la composition granulométrique est remarquablement constante au cours du temps et semblable pour les trois stations (avec toutefois une teneur en fines plus importante à la station amont) :

- à St-Christoly (PK 66) : 81-91% de grains < 63  $\mu\text{m}$  (« vases ») ;
- à St-Estèphe (PK 55) : 83-89% de vases ;
- à Lamarque (PK 35) : 93-97% de vases.

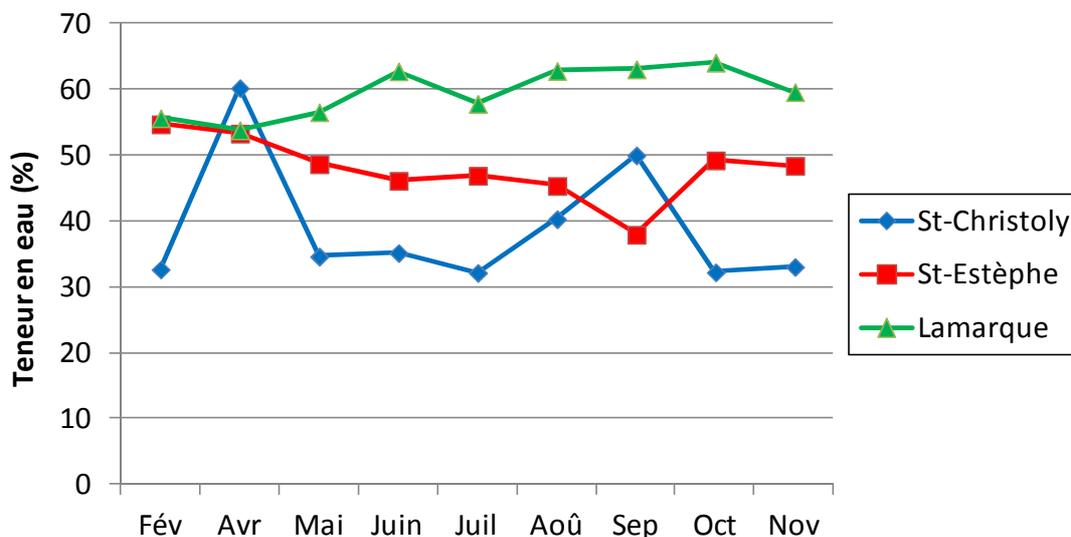
De manière générale, la teneur du sédiment en eau interstitielle augmente de l'aval (St-Christoly) vers l'amont (Lamarque) (**Figure 7-3**). Elle est relativement stable à Lamarque (54-64% par rapport au poids du sédiment frais), ainsi qu'à St-Estèphe (45-55%) où, toutefois, une diminution à 38% en septembre indique une phase d'érosion. La teneur en eau est beaucoup plus variable à St-Christoly, indiquant une alternance de périodes de dépôt/sédimentation en avril (60%) et septembre (50%) et d'érosion en février, de mai à juillet, et en octobre-novembre (< 35%); ces mesures confirment les observations de terrain, à savoir une couche de vase fluide dans le premier cas, et un sédiment compact avec des coquilles vides de scrobiculaires en place en surface du sédiment (alors que ces bivalves sont enfouis habituellement à une dizaine de centimètres de profondeur) dans le second cas.



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



**Figure 7-2 : Composition granulométrique du sédiment des stations intertidales en 2010**



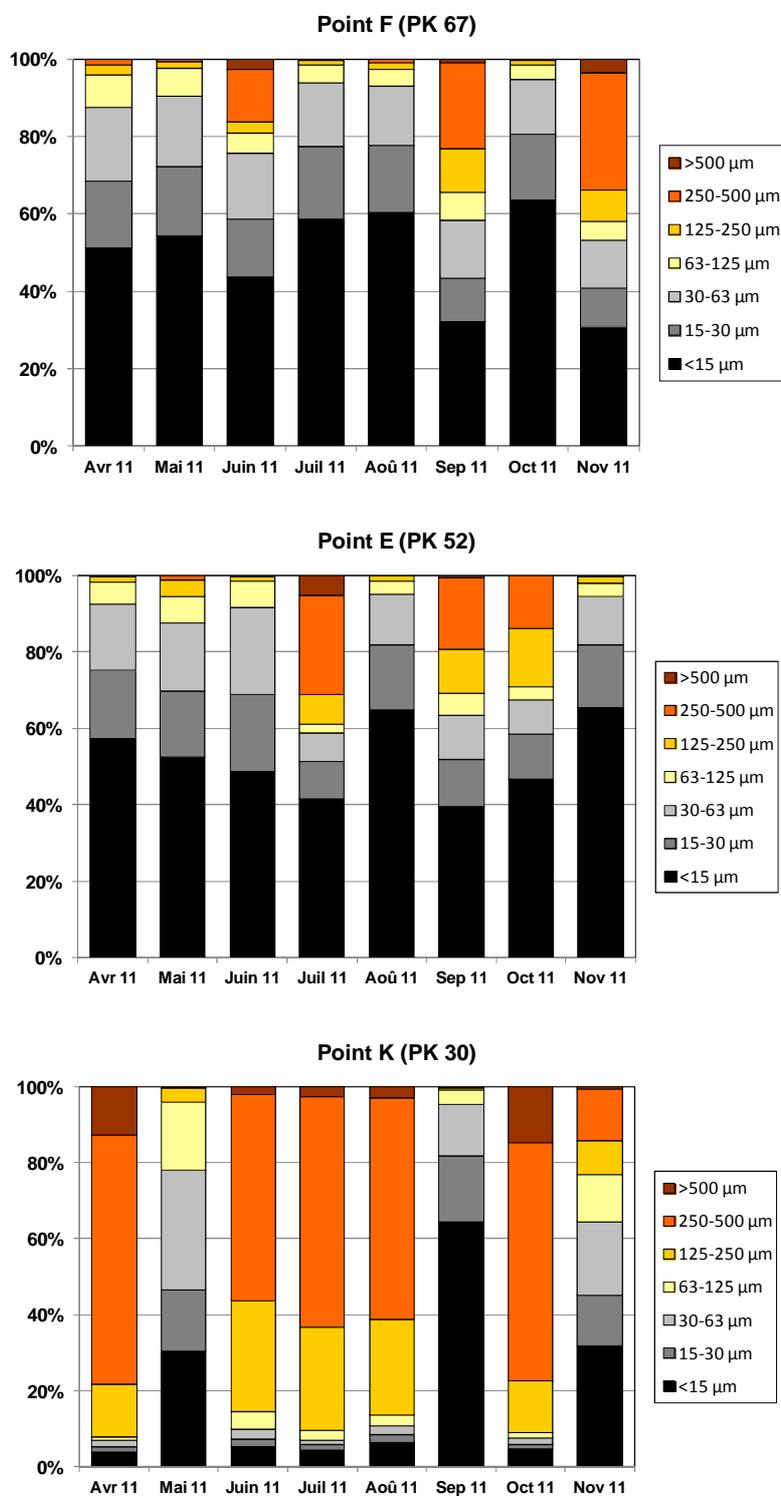
**Figure 7-3 : Variations de la teneur en eau interstitielle du sédiment de surface aux stations intertidales en 2011.**

#### 7.1.2. Sédiments subtidaux (Figure 7-4)

La composition granulométrique du sédiment observée aux trois stations subtidales lors des années antérieures indiquait globalement la présence d'un sédiment vaseux aux PK 67 et 52 et d'un sédiment sableux au PK 30 ; des épisodes sableux aux deux stations aval ou vaseux à la station amont pouvaient cependant se produire de manière rapide. Ce schéma général s'est également produit en 2011 :

- au Point F (PK 67), le sédiment est à dominante vaseuse en avril-mai, juillet-août et octobre (87-95% de particules < 63  $\mu\text{m}$ ) ; des incursions sableuses se produisent en juin, septembre et novembre, réduisant la teneur en vases à, respectivement, 75, 58 et 53% ;
- au Point E (PK 52), le sédiment est fortement vaseux d'avril à juin, en août et en novembre (88-95% de vases) ; en juillet, septembre et octobre, les teneurs en vases tombent à 59-67% ;
- au Point K (PK 30), le sédiment est majoritairement sableux en avril, de juin à août et en octobre (seulement 7-11% de vases) ; de fortes teneurs en vases sont cependant mesurées en mai (78%), septembre (95%) et novembre (64%).

Ces variations temporelles de la composition granulométrique du sédiment aux trois stations subtidales ont déjà été observées les années précédentes. Les causes de cette forte variabilité temporelle peuvent avoir plusieurs origines : lien avec les crues (érosion du sédiment superficiel ou apports sédimentaires), lien avec les activités de dragage du Grand Port Maritime de Bordeaux, sédiment en mosaïque, etc. Aucune corrélation directe avec les débits fluviaux ne peut cependant être mise en évidence. Etant donné l'étroite dépendance de la faune benthique vis-à-vis de la texture sédimentaire, la variabilité de la composition granulométrique n'est certainement pas sans conséquence sur la dynamique des peuplements benthiques.



**Figure 7-4: Composition granulométrique du sédiment des stations subtidales en 2011**

## 7.2. Evolution temporelle de la richesse spécifique des peuplements macrobenthiques

La richesse spécifique (RS) 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.

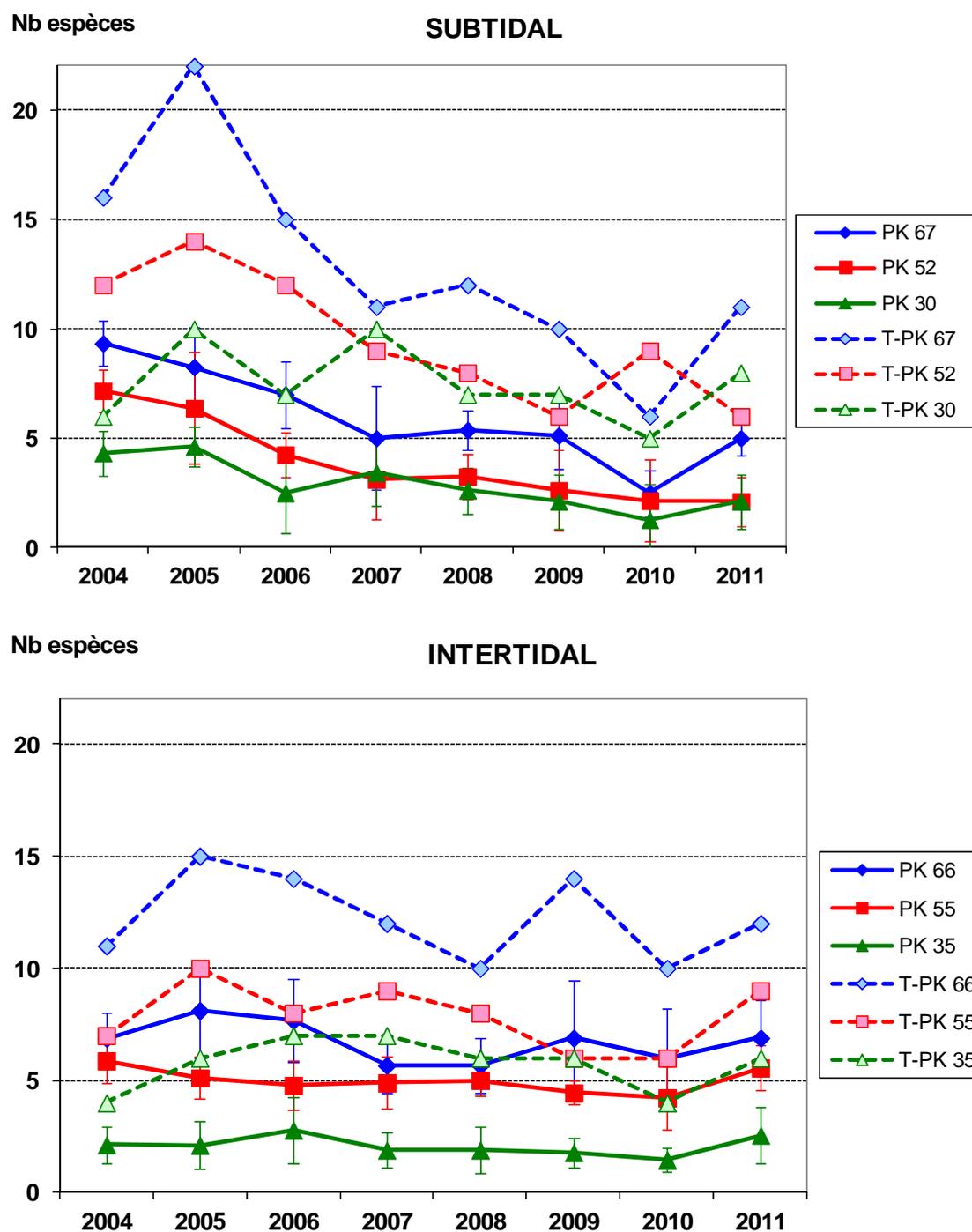
La richesse spécifique mensuelle (nombre d'espèces échantillonnées par date) moyennée sur l'année indique un gradient décroissant du nombre d'espèces vers l'amont et, pour un PK donné, un nombre d'espèces plus important en intertidal qu'en subtidal. Les mêmes tendances, quoique moins nettes, peuvent être déduites de la richesse spécifique annuelle (nombre total d'espèces échantillonnées au cours de l'année) (**Tableau 7-1**).

La comparaison inter-annuelle de la RS aux 6 stations du suivi (**Figure 7-5**) permet de mettre en évidence :

- un gradient croissant de RS vers l'aval, tant au niveau subtidal qu'intertidal ;
- en domaine intertidal, une relative stabilité de la RS sur l'ensemble du suivi ;
- en domaine subtidal, une nette tendance pluri-annuelle à la diminution de la RS depuis 2004-2005 ; une remontée du nombre d'espèces est cependant perceptible en 2011 aux PK 67 et 30.

**Tableau 7-1 : Richesse spécifique de la macrofaune benthique au cours de l'année 2011**

Stations	Nombre total d'espèces échantillonnées au cours de l'année	Nombre d'espèces échantillonnées par date	
		Valeurs extrêmes	Moyenne annuelle ( $\pm$ écart-type)
Point F (PK 67)	11	4 – 6	5,0 $\pm$ 0,8
Point E (PK 52)	6	1 – 4	2,1 $\pm$ 1,1
Point K (PK 30)	8	0 – 3	2,1 $\pm$ 1,2
St-Christoly (PK 66)	12	5 – 9	6,9 $\pm$ 1,7
St-Estèphe (PK 55)	9	4 – 7	5,6 $\pm$ 1,0
Lamarque (PK 35)	6	1 – 4	2,6 $\pm$ 1,2



**Figure 7-5 : Evolution annuelle de la richesse spécifique du macrobenthos des stations subtidales et intertidales de 2004 à 2011. En traits continus et symboles pleins : nombre moyen ( $\pm$  écart-type) d'espèces par date d'échantillonnage. En traits hachurés et symboles estompés : nombre total d'espèces échantillonnées au cours de l'année.**

### 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 m<sup>2</sup>) des diverses espèces macrobenthiques subtidales au cours de l'année 2011. Entre parenthèses, erreur standard de la moyenne. Les phylums auxquels appartiennent les différents taxons sont indiqués dans la colonne de gauche : B = Mollusques Bivalves, C = Crustacés, I = Insectes, O = Annélides Oligochètes, P = Annélides Polychètes.**

	Taxons	11/04/11	23/05/11	20/06/11	25/07/11	16/08/11	19/09/11	10/10/11	07/11/11
<b>Point F (PK 67)</b>									
O	<i>Oligochaeta</i> spp.	4 (2)	-	-	-	-	-	-	-
P	<i>Heteromastus filiformis</i>	2 (2)	92 (51)	46 (21)	144 (61)	168 (69)	12 (2)	-	104 (22)
	<i>Nephtys hombergii</i>	-	-	-	2 (2)	-	-	-	4 (2)
	<i>Streblospio shrubsolii</i>	8 (2)	4 (2)	6 (6)	10 (10)	68 (46)	2 (2)	30 (13)	8 (4)
B	<i>Mytilus edulis</i>	-	-	-	6 (6)	-	2 (2)	-	-
C	<i>Cyathura carinata</i>	2 (2)	2 (2)	12 (4)	24 (7)	26 (9)	-	2 (2)	4 (2)
	<i>Eurydice</i> cf. <i>spinigera</i>	-	-	-	-	-	2 (2)	-	56 (16)
	<i>Gammarus salinus</i>	8 (4)	-	2 (2)	-	2 (2)	-	4 (2)	-
	<i>Mesopodopsis slabberi</i>	-	2 (2)	-	-	-	-	4 (4)	4 (4)
	<i>Neomysis integer</i>	-	4 (2)	4 (4)	-	-	2 (2)	-	-
I	Larves Insectes indét.	2 (2)	-	-	-	-	-	-	-
<b>Point E (PK 52)</b>									
O	<i>Oligochaeta</i> spp.	-	-	48 (16)	-	4 (4)	4 (2)	-	2 (2)
P	<i>Heteromastus filiformis</i>	-	-	-	-	-	-	-	2 (2)
	<i>Streblospio shrubsolii</i>	-	-	12 (4)	-	-	-	-	2 (2)
C	<i>Cyathura carinata</i>	-	-	2 (2)	-	-	-	2 (2)	-
	<i>Mesopodopsis slabberi</i>	4 (2)	12 (6)	-	8 (4)	-	2 (2)	2 (2)	-
	<i>Neomysis integer</i>	-	16 (2)	2 (2)	-	-	6 (2)	-	-
<b>Point K (PK 30)</b>									
O	<i>Oligochaeta</i> spp.	-	-	2 (2)	-	-	-	-	-
P	<i>Streblospio shrubsolii</i>	2 (2)	-	-	-	-	-	-	-
C	<i>Bathyporeia pilosa</i>	12 (7)	2 (2)	2 (2)	-	-	-	-	-
	<i>Eurydice</i> cf. <i>spinigera</i>	-	-	-	-	-	-	2 (2)	-
	<i>Gammarus zaddachi</i>	-	-	-	-	8 (8)	-	4 (2)	4 (4)
	<i>Mesopodopsis slabberi</i>	-	-	-	-	-	2 (2)	-	-
	<i>Neomysis integer</i>	-	2 (2)	2 (2)	-	-	-	4 (2)	4 (2)
I	Larves Insectes indét.	74 (20)	16 (5)	-	-	-	-	-	6 (6)

### 7.3.1. Point F (PK 67) (Figure 7-6)

Les abondances dans cette station sont les plus fortes des stations subtidales. Les densités maximales et minimales sont observées respectivement en août ( $264 \pm 108$  ind./m<sup>2</sup>) et en septembre ( $20 \pm 4$  ind./m<sup>2</sup>). Le groupe dominant est constitué par les annélides polychètes, en particulier *Heteromastus filiformis* et *Streblospio shrubsolii*, espèces caractéristiques de sédiments envasés. Il est intéressant de constater que les diminutions d'abondance, en juin et surtout en septembre, sont corrélées à un ensablement du substrat (cf. Figure 7-4)

### 7.3.2. Point E (PK 52) (Figure 7-6)

Les densités totales sont faibles. Les abondances maximales sont observées en juin ( $64 \pm 18$  ind./m<sup>2</sup>), les minimales en avril et de juillet à novembre ( $\leq 12$  ind./m<sup>2</sup>). Le peuplement est très hétérogène dans sa composition, dominé soit par des annélides oligochètes, soit par des crustacés mysidacés. Ici encore, la chute d'abondance en juillet coïncide avec une phase d'ensablement du substrat.

### 7.3.3. Point K (PK 30) (Figure 7-6)

Les densités totales sont, ici également, très faibles, comprises entre  $88 \pm 14$  ind./m<sup>2</sup> en avril et 0 ind./m<sup>2</sup> en juillet. Le peuplement de cette station au substrat généralement sableux est constitué essentiellement par des formes nageuses de Crustacés (amphipodes et mysidacés) et par des larves d'Insectes, ces dernières abondantes en avril-mai.

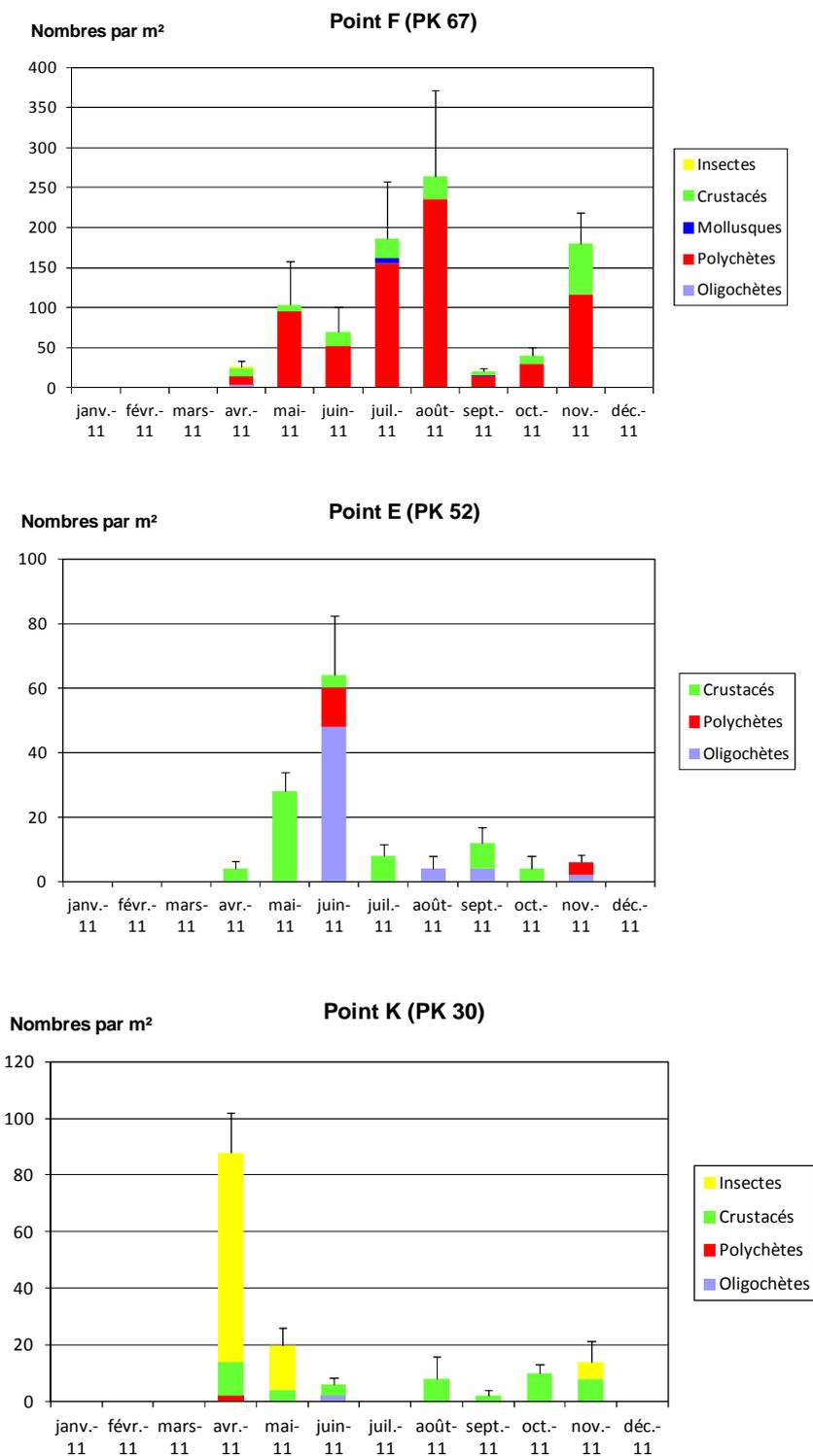
### 7.3.4. Comparaison avec les années antérieures (Figure 7-7)

D'une manière générale, les peuplements subtidaux présentent toujours des abondances faibles et une saisonnalité peu marquée. En 2011, comme c'était déjà le cas l'année précédente, les densités de macrobenthos sont très faibles, et cette année se situe parmi les plus « faibles » depuis le début du suivi (2004) :

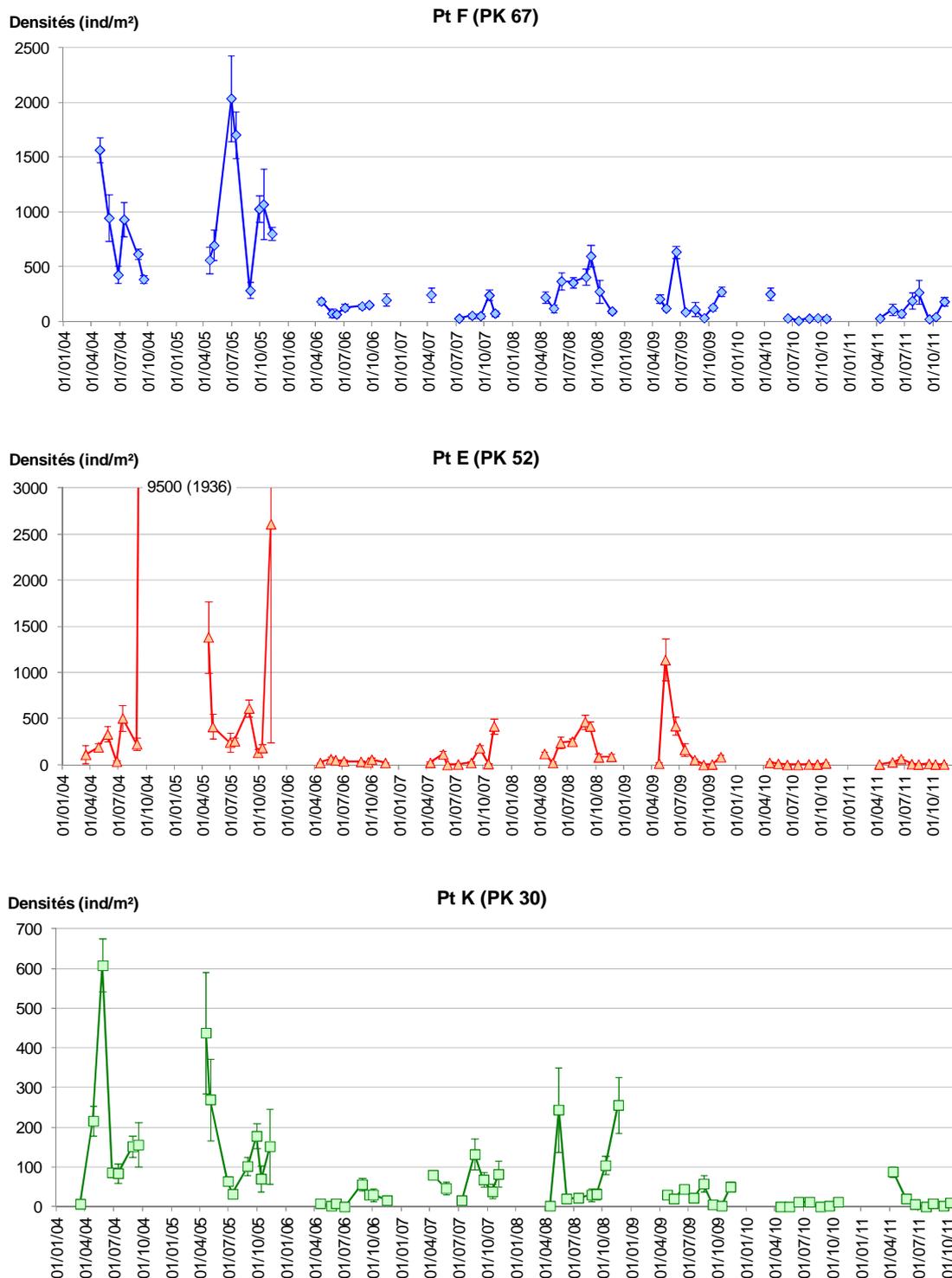
- au Point F, densité maximale de 264 ind./m<sup>2</sup> en 2011 vs. 2036 ind./m<sup>2</sup> en 2005 ;
- au Point E, densité maximale de 64 ind./m<sup>2</sup> en 2011 vs. 1384 ind./m<sup>2</sup> en 2005 (sans compter les valeurs automnales de 9500 et 2610 ind./m<sup>2</sup> respectivement en 2004 et 2005, dues à une prolifération de l'annélide *Boccardiella ligérica*) ;
- au Point K, densité maximale de 88 ind./m<sup>2</sup> en 2011 vs. 608 ind./m<sup>2</sup> en 2004.

Sur les huit années du suivi réalisé jusqu'à présent, le patron des abondances de la macrofaune benthique est relativement cohérent entre les trois stations subtidales, à savoir :

- deux années de fortes abondances en 2004-05,
- deux années de faibles abondances en 2006-07,
- deux années d'abondances moyennes en 2008-09,
- à nouveau, deux années de faibles abondances en 2010-11.



**Figure 7-6 : Evolution mensuelle de la densité (moyenne + ES) du macrobenthos aux stations subtidales en 2011.**

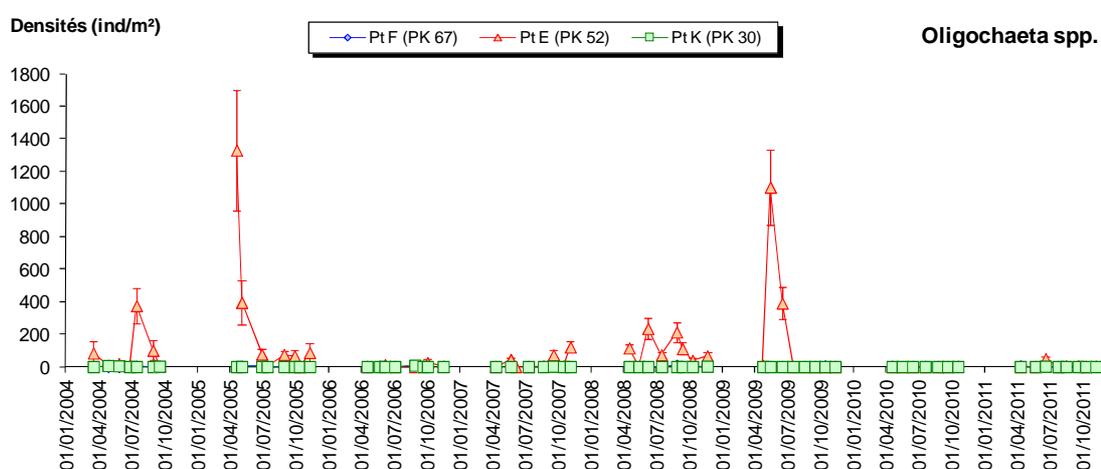


**Figure 7-7 : Evolution mensuelle de la densité (moyenne  $\pm$  ES) du macrobenthos aux stations subtidales de 2004 à 2011.**

## 7.4. Variations de densités des principales espèces subtidales

### 7.4.1. Annélides Oligochètes (Figure 7-8)

Très peu d'individus appartenant à ce groupe, particulièrement abondant en estuaire et constitué d'espèces à forte préférence pour les vases, ont été échantillonnés. La seule occurrence notable est au Point E en juin ( $48 \pm 16$  ind./m<sup>2</sup>), station où des abondances supérieures à 1000 ind./m<sup>2</sup> ont été relevées certaines années.



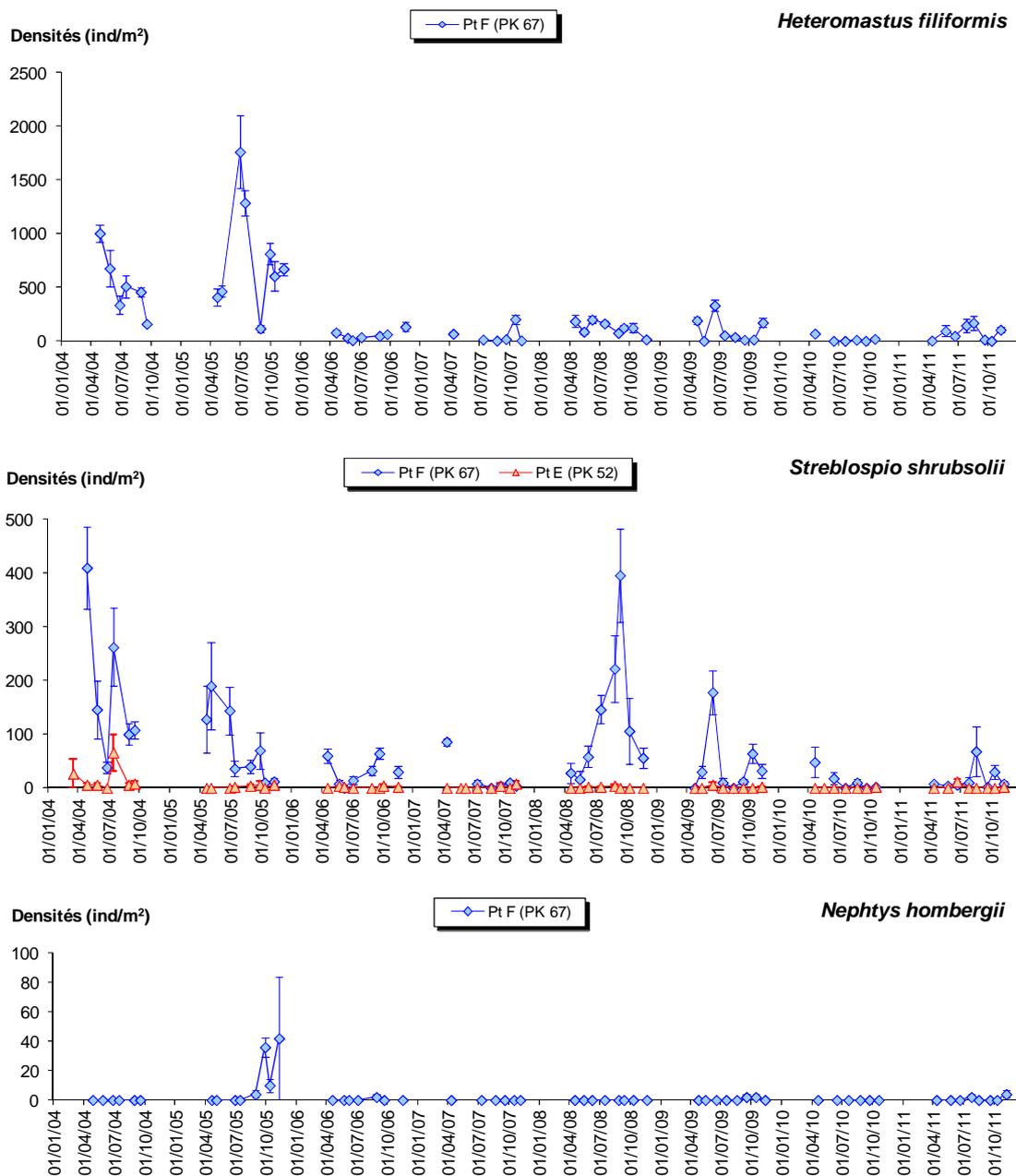
**Figure 7-8 : Evolution mensuelle de l'abondance (moyenne  $\pm$  ES) des Annélides Oligochètes dans les stations subtidales de 2004 à 2011.**

### 7.4.2. Annélides Polychètes (Figure 7-9)

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* sont faibles en 2011 au Point F (maximum de densité de  $168 \pm 69$  ind./m<sup>2</sup>) ; présentant de fortes abondances en 2004 et 2005, cette espèce est nettement moins présente ( $< 300$  ind./m<sup>2</sup>) depuis 2006. Comme noté précédemment, la chute des densités de cette espèce en septembre 2011 a coïncidé avec un ensablement du sédiment.

*Streblospio shrubsolii* est également en faible densité en 2011 (maximum de  $68 \pm 46$  ind./m<sup>2</sup> en août au Point F). En ce qui concerne *Nephtys hombergii*, abondant uniquement en 2005, seuls quelques spécimens ont été prélevés cette année dans cette même station.



**Figure 7-9 : Evolution mensuelle de l'abondance (moyenne  $\pm$  ES) des principales espèces d'Annélides Polychètes dans les stations subtidales de 2004 à 2011.**

#### 7.4.3. Crustacés Amphipodes et Isopodes (Figure 7-10)

L'amphipode *Bathyporeia pilosa*, bien représenté en 2004 au Point K et à un degré moindre au Point E, a depuis lors disparu presque totalement de toutes les stations (quelques individus échantillonnés d'avril à juin 2011 au Point K).

Les amphipodes *Gammarus salinus* au Point F (maximum :  $8 \pm 4$  ind./m<sup>2</sup> en avril) et *G. zaddachi* au Point K (maximum :  $8 \pm 8$  ind./m<sup>2</sup> en août) présentent en 2011 des abondances très faibles, phénomène récurrent depuis 2005, après les fortes densités de 2004 ( $\approx 100$  ind./m<sup>2</sup>).

Plus fréquent en domaine intertidal, l'isopode *Cyathura carinata* est aussi présent en domaine subtidal. En 2011, il est échantillonné essentiellement au Point F, avec un maximum de  $26 \pm 9$  ind./m<sup>2</sup> en août. C'est la seule espèce subtidale qui se maintient au même niveau d'abondance depuis 2004, tout au moins au Point F car elle a quasiment disparu du Point E depuis 2006.

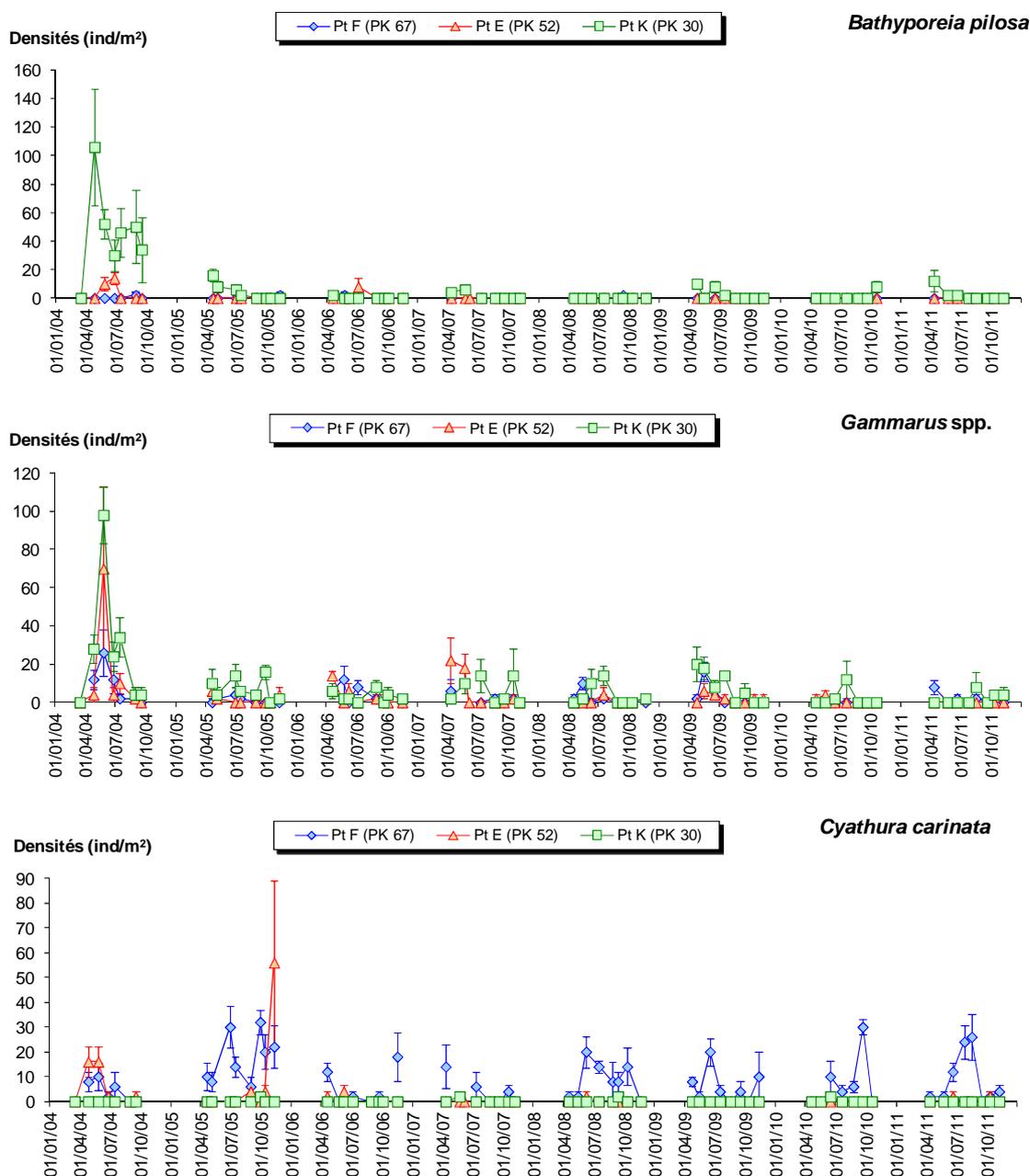
Aucun individu de l'espèce introduite *Synidotea laticauda* (isopode) n'a été récolté en 2011.

#### 7.4.4. Crustacés Mysidacés (Figure 7-11)

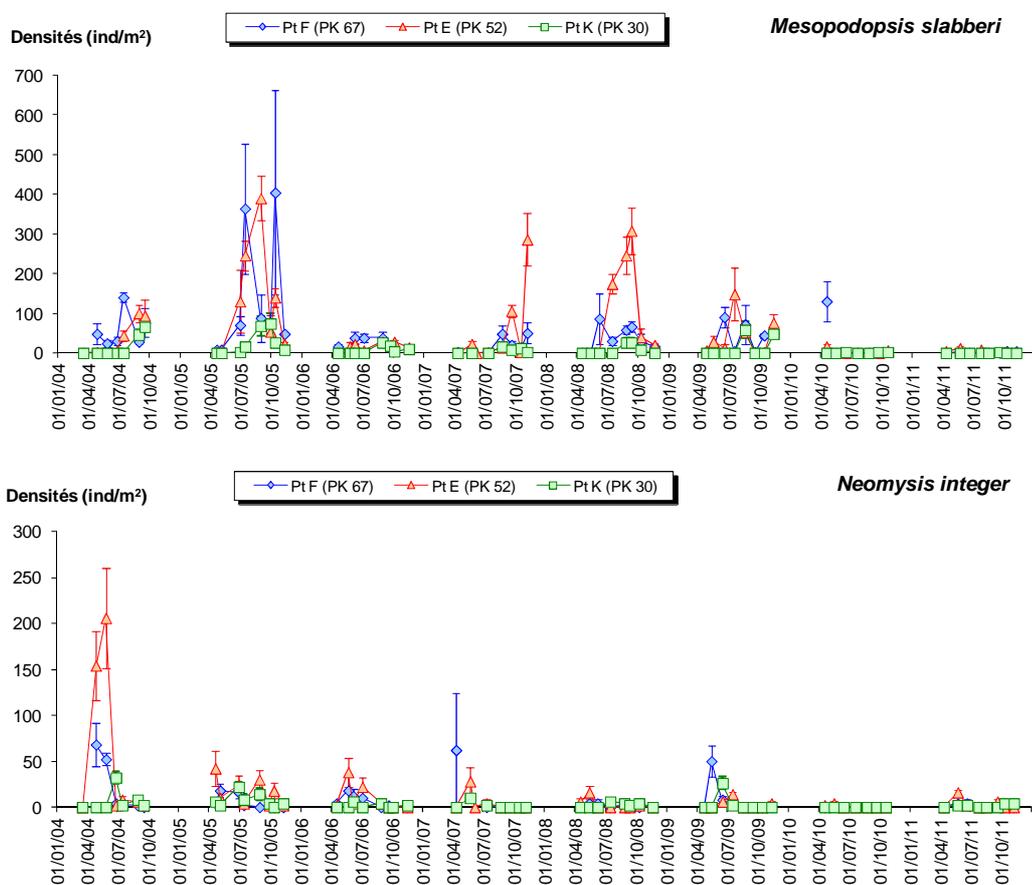
*Mesopodopsis slabberi* et *Neomysis integer* sont des espèces prédatrices du zooplancton et à forte affinité benthique, présentes donc à la fois dans les échantillons planctoniques et benthiques. Dans ces derniers, ces deux espèces n'ont été échantillonnées qu'avec de très faibles effectifs en 2011, sans patron saisonnier. Pour ces deux mysidacés, les années 2010-11 sont caractérisées par les plus faibles abondances de toute la série.

#### 7.4.5. Larves d'Insectes (Figure 7-12)

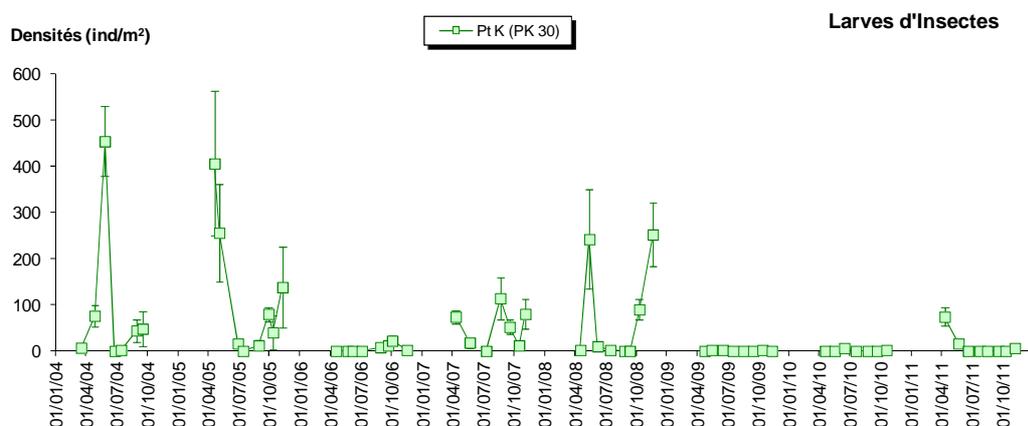
Les larves d'Insectes (appartenant aux familles des Chironomidae et Ceratopogonidae) – qui pourraient provenir des berges ou de localisations plus en amont – sont présentes exclusivement au Point K, généralement au printemps et en automne. C'est le cas en 2011, mais avec de faibles abondances ( $74 \pm 20$  ind./m<sup>2</sup> en avril et  $6 \pm 6$  ind./m<sup>2</sup> en novembre).



**Figure 7-10 : Evolution mensuelle de l'abondance (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 2011.**



**Figure 7-11 : Evolution mensuelle de l'abondance (moyenne  $\pm$  ES) des Crustacés Mysidacés dans les stations subtidales de 2004 à 2011.**



**Figure 7-12 : Evolution mensuelle de l'abondance (moyenne  $\pm$  ES) des larves d'Insectes dans les stations subtidales de 2004 à 2011.**

### 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 m<sup>2</sup>) des diverses espèces macrobenthiques intertidales au cours de l'année 2011. Entre parenthèses, erreur standard de la moyenne. Les phylums 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	02/02/11	05/04/11	16/05/11	14/06/11	12/07/11	25/08/11	12/09/11	10/10/11	09/11/11
<b>St-Christoly (PK 66)</b>									
O Oligochaeta spp.	15 (15)	91 (46)	-	15 (15)	-	15 (15)	-	-	15 (15)
P <i>Boccardiella ligERICA</i>	-	-	-	-	-	-	-	15 (15)	-
<i>Hediste diversicolor</i>	-	30 (20)	-	-	-	61 (33)	30 (30)	15 (15)	15 (15)
<i>Heteromastus filiformis</i>	-	30 (20)	-	-	-	-	-	15 (15)	91 (40)
<i>Nephtys hombergii</i>	-	-	-	-	-	-	15 (15)	-	-
<i>Pseudopolydora pulchra</i>	-	15 (15)	-	-	-	-	15 (15)	30 (20)	30 (20)
<i>Streblospio shrubsolii</i>	606 (119)	2015 (391)	470 (156)	773 (201)	924 (295)	1121 (455)	242 (101)	2394 (574)	2303 (912)
G <i>Hydrobia ulvae</i>	15 (15)	136 (53)	151 (55)	-	-	-	-	303 (143)	379 (91)
B <i>Macoma balthica</i>	15 (15)	15 (15)	-	-	15 (15)	15 (15)	15 (15)	-	-
<i>Scrobicularia plana</i>	61 (25)	167 (48)	212 (56)	91 (46)	151 (32)	258 (56)	121 (30)	106 (23)	61 (25)
C <i>Corophium volutator</i>	91 (51)	-	136 (42)	15 (15)	197 (45)	-	15 (15)	-	45 (32)
<i>Cyathura carinata</i>	273 (67)	212 (99)	273 (84)	227 (79)	212 (65)	545 (120)	167 (35)	242 (72)	182 (59)
<b>St-Estèphe (PK 55)</b>									
O Oligochaeta spp.	3106 (420)	2136 (392)	848 (281)	61 (33)	591 (116)	2621 (471)	303 (101)	1439 (359)	1000 (211)
P <i>Boccardiella ligERICA</i>	15 (15)	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hediste diversicolor</i>	45 (32)	30 (20)	15 (15)	30 (20)	242 (72)	106 (106)	-	-	-
<i>Streblospio shrubsolii</i>	318 (69)	303 (93)	182 (95)	76 (34)	61 (46)	485 (131)	197 (60)	333 (63)	530 (252)
G <i>Hydrobia ulvae</i>	-	-	15 (15)	-	-	-	-	15 (15)	-
B <i>Macoma balthica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	15 (15)
C <i>Corophium volutator</i>	15 (15)	-	364 (124)	5348 (392)	1182 (290)	-	106 (60)	15 (15)	409 (90)
<i>Cyathura carinata</i>	439 (86)	288 (73)	106 (39)	212 (33)	258 (56)	515 (126)	515 (85)	303 (64)	364 (56)
I Larves Insectes indét.	76 (41)	15 (15)	15 (15)	-	-	-	15 (15)	30 (20)	61 (46)
<b>Lamarque (PK 35)</b>									
O Oligochaeta spp.	15091 (4152)	9379 (2481)	3667 (366)	2697 (447)	2439 (324)	3106 (446)	1833 (442)	5621 (840)	3621 (526)
P <i>Hediste diversicolor</i>	-	15 (15)	-	-	-	-	15 (15)	30 (20)	61 (25)
G <i>Hydrobia ulvae</i>	-	-	-	15 (15)	-	-	-	-	-
C <i>Corophium volutator</i>	-	-	-	91 (33)	439 (48)	15 (15)	-	-	61 (33)
<i>Cyathura carinata</i>	-	-	-	-	-	45 (32)	-	-	-
I Larves Insectes indét.	-	-	-	15 (15)	-	15 (15)	15 (15)	-	30 (20)

#### 7.5.1. St-Christoly (PK 66) (Figure 7-13)

Les densités totales fluctuent au cours de l'année 2011 entre un minimum à  $621 \pm 134$  ind./m<sup>2</sup> en septembre et un maximum à  $3121 \pm 604$  ind./m<sup>2</sup> en octobre et  $3121 \pm 994$  ind./m<sup>2</sup> en novembre. La saisonnalité est toutefois irrégulière, avec un premier pic d'abondance en avril suivi d'une diminution en mai-juin, puis une phase d'accroissement jusqu'en octobre-novembre interrompue par une chute brusque en septembre.

Le peuplement de cette station est dominé en biomasse par le mollusque bivalve *Scrobicularia plana* et en densité par l'annélide polychète *Streblospio shrubsolii*, ce dernier imprimant sa dynamique à celle du peuplement dont il représente 38 à 77% de l'abondance totale. Alors qu'habituellement la seconde espèce, en terme de dominance numérique, est l'amphipode *Corophium volutator*, c'est l'isopode *Cyathura carinata* qui tient ce rôle en 2011.

#### 7.5.2. St-Estèphe (PK 55) (Figure 7-13)

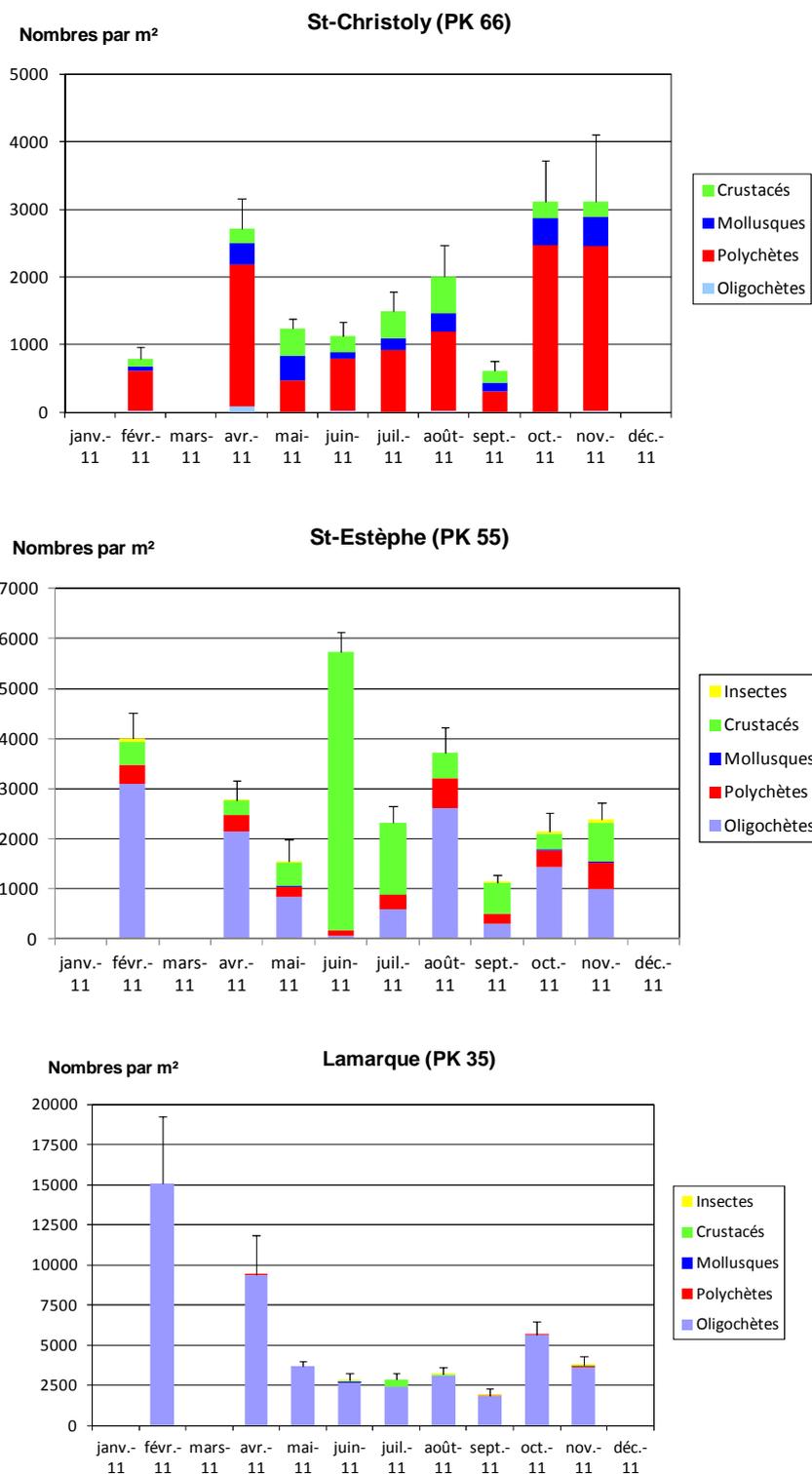
Dans cette station également, l'évolution annuelle des densités est irrégulière en 2011, avec des abondances comprises entre  $1136 \pm 148$  ind./m<sup>2</sup> en septembre et  $5527 \pm 401$  ind./m<sup>2</sup> en juin.

Deux composantes déterminent la dynamique du peuplement dans cette station :

- les annélides oligochètes, qui représentent 77% de l'abondance totale en février et avril ;
- l'amphipode *Corophium volutator*, avec 93% de l'abondance totale en juin. Les densités de cette espèce ont toutefois chuté à partir de juillet, alors qu'elles sont habituellement extrêmement élevées en été et en automne (voir 7.6.4), d'où des abondances totales faibles durant ces saisons en 2011.

#### 7.5.3. Lamarque (PK 35) (Figure 7-13)

Le peuplement est ici dominé à 85-100% par les annélides oligochètes. Les densités totales dans cette station chutent au cours de l'année 2011 de  $15091 \pm 4152$  ind./m<sup>2</sup> (février) à  $1864 \pm 453$  ind./m<sup>2</sup> (septembre).



**Figure 7-13 : Evolution mensuelle de la densité (moyenne + ES) du macrobenthos aux stations intertidales en 2011.**

#### 7.5.4. Comparaison avec les années antérieures (Figure 7-14)

Les peuplements benthiques intertidaux présentent des abondances beaucoup plus élevées qu'en domaine subtidal, avec des maxima de l'ordre de  $10^4$  ind./m<sup>2</sup>, contre  $10^2$  ind./m<sup>2</sup> en subtidal.

A St-Christoly, les abondances observées en 2011 sont faibles (maximum : 3121 ind./m<sup>2</sup>), voisines de celles de 2007 (maximum : 2242 ind./m<sup>2</sup>) et 2010 (maximum : 2894 ind./m<sup>2</sup>), très inférieures aux abondances de 2004-2005 (maxima > 20000 ind./m<sup>2</sup>). Cette station connaît, depuis 2004, une diminution marquée de l'abondance du benthos.

A St-Estèphe, l'abondance du peuplement en 2011 (maximum : 5727 ind./m<sup>2</sup>) est la plus faible depuis le début du suivi, avec, comme précédemment, une diminution marquée depuis les années 2004-2006 où avaient été relevés des maxima  $\geq$  20000 ind./m<sup>2</sup>.

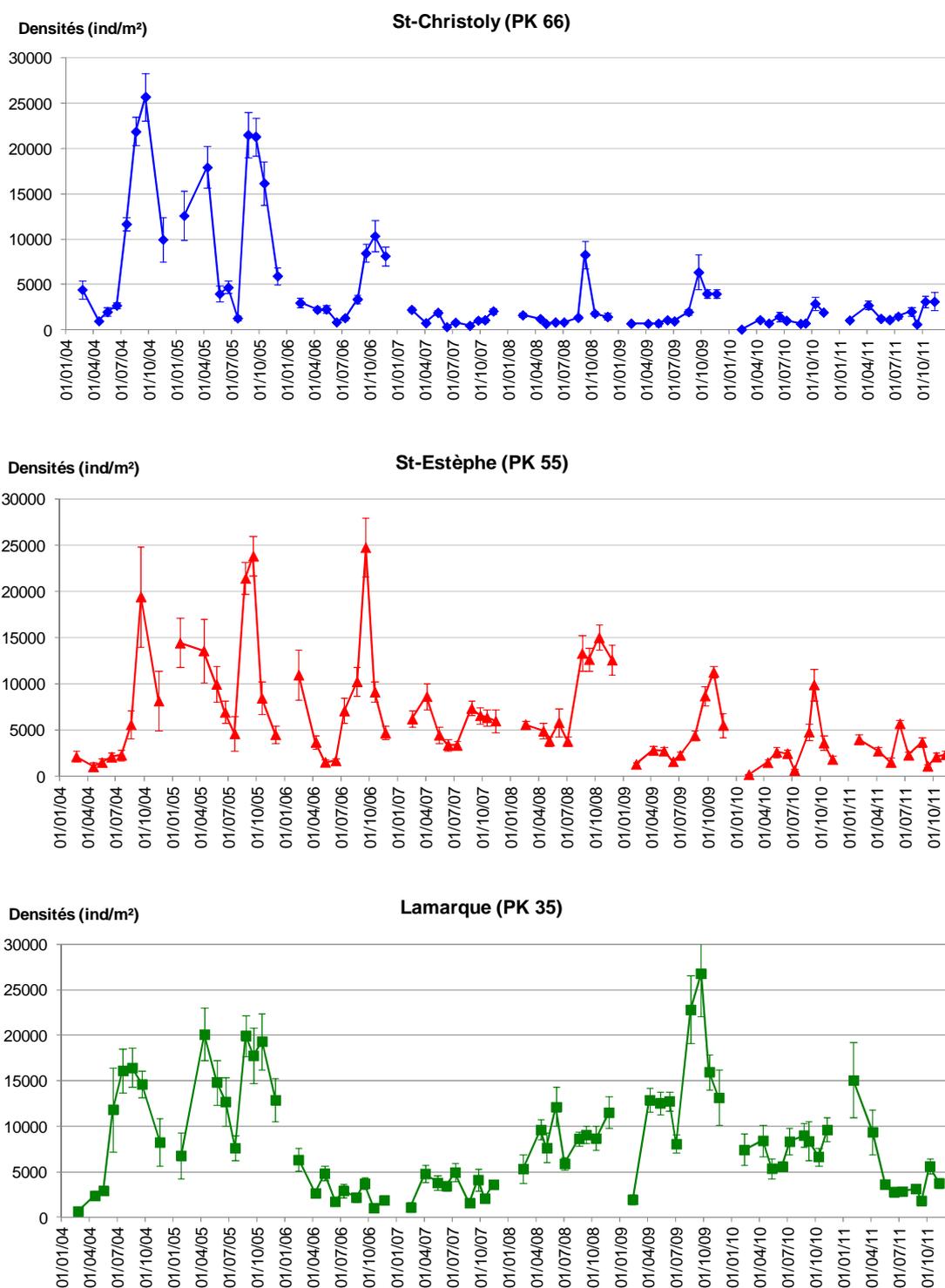
A Lamarque, les abondances ont fortement diminué au cours de l'année 2011, pour atteindre des valeurs < 5000 ind./m<sup>2</sup>, similaires aux plus faibles effectifs des années 2006-07.

### 7.6. Variations de densités des principales espèces intertidales

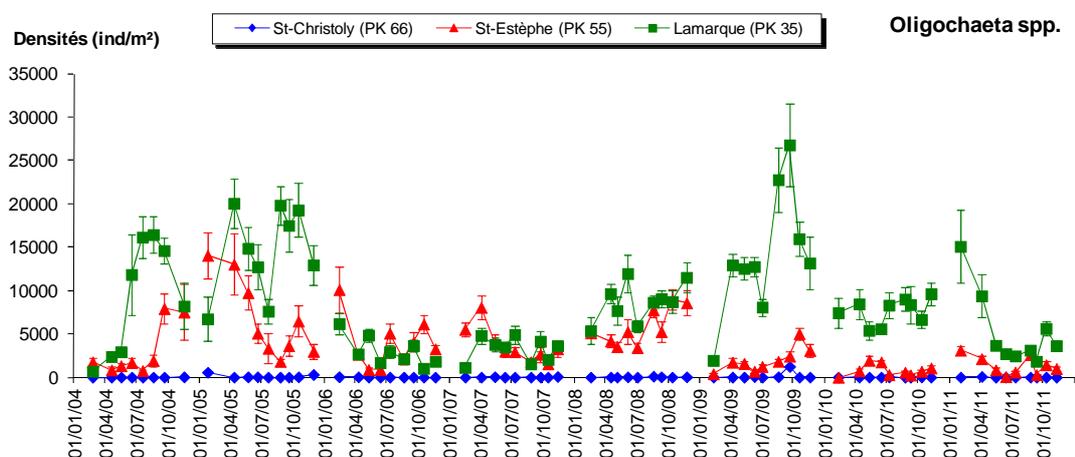
#### 7.6.1. Annélides Oligochètes (Figure 7-15)

Composante ultra-dominante du peuplement de la station Lamarque (domaine oligohalin), les abondances de ce groupe ont nettement diminué au cours de l'année 2011, passant de  $15091 \pm 4152$  ind./m<sup>2</sup> en février à des valeurs comprises entre 1833 et 5621 ind./m<sup>2</sup> entre mai et novembre, soit à un niveau similaire à celui des plus faibles années (2006-2007).

A la station St-Estèphe, les densités ont fluctué en 2011 entre  $61 \pm 33$  ind./m<sup>2</sup> (juin) et  $3106 \pm 420$  ind./m<sup>2</sup> (février), au niveau des faibles valeurs de 2009-10.



**Figure 7-14 : Evolution mensuelle de la densité (moyenne  $\pm$  ES) du macrobenthos aux stations intertidales de 2004 à 2011.**



**Figure 7-15 : Evolution mensuelle de l'abondance (moyenne  $\pm$  ES) des Annélides Oligochètes dans les stations intertidales de 2004 à 2011.**

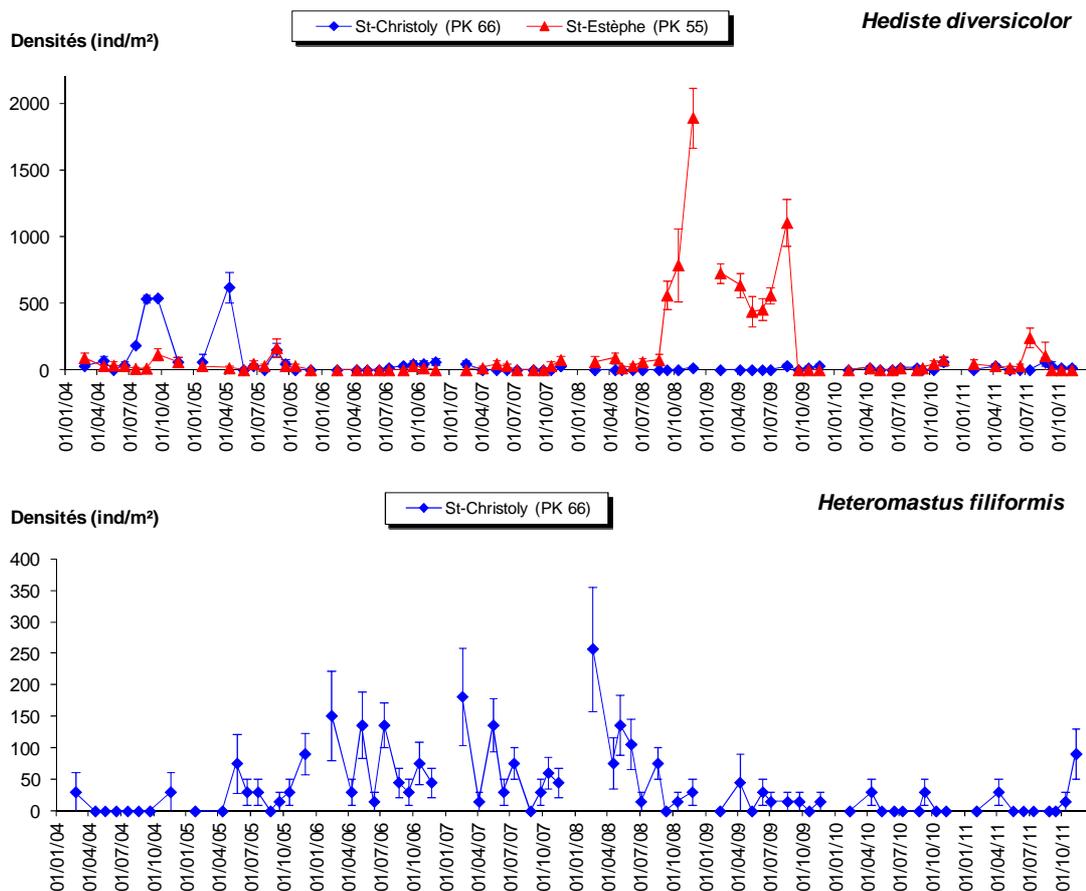
#### 7.6.2. Annélides Polychètes

*Hediste diversicolor*, espèce galéricole et omnivore de grande taille, est présente à St-Estèphe de février à août, avec un maximum de  $242 \pm 72$  ind./m<sup>2</sup> en juillet, lors du recrutement larvaire annuel ; ces abondances sont cependant très inférieures à celles de 2008-09 (**Figure 7-16**). A St-Christoly, cette espèce, typique des milieux estuariens et lagunaires, a pratiquement disparu depuis 2005

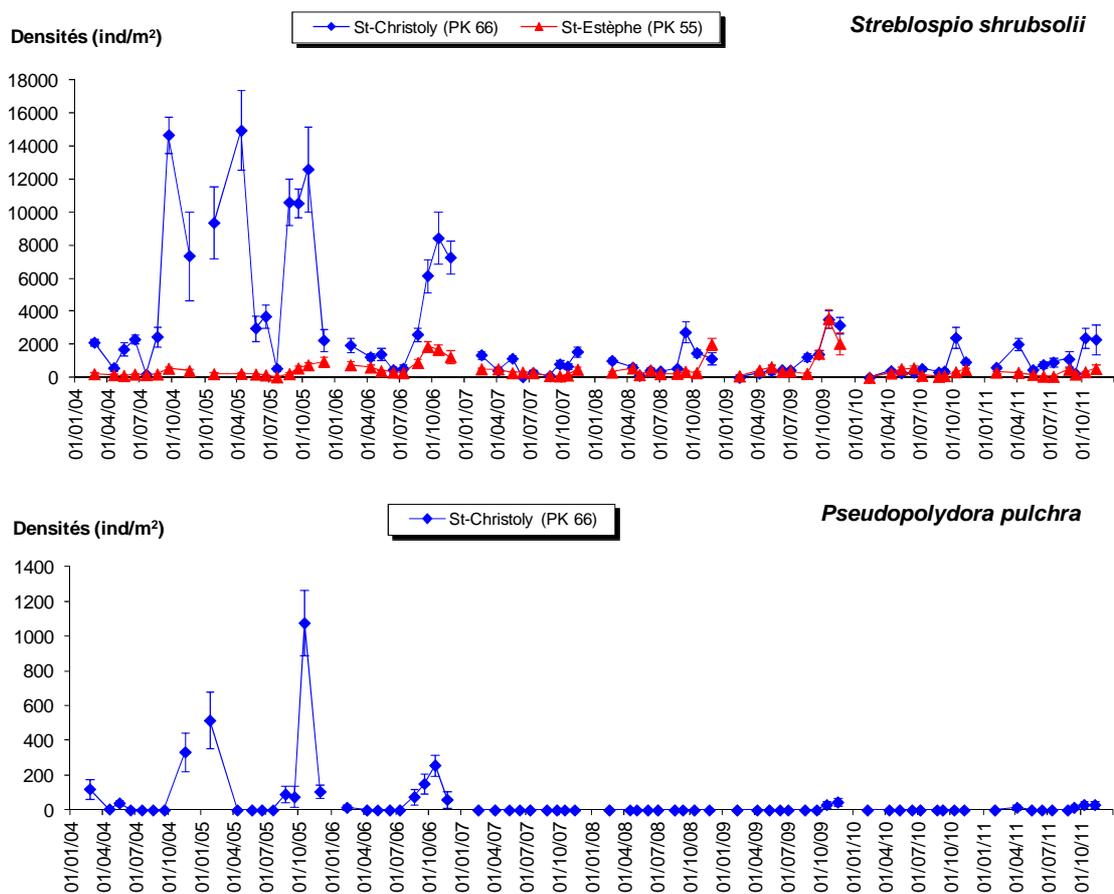
Les densités du capitellidé *Heteromastus filiformis* sont faibles en 2011 (maximum :  $91 \pm 40$  ind./m<sup>2</sup> en novembre) à la station St-Christoly, où les abondances les plus élevées ont été observées entre 2006 et 2008 (**Figure 7-16**).

Le spionidé *Streblospio shrubsolii*, fortement représenté à St-Christoly de 2004 à 2006 avec des densités maximales de 10 à 15000 ind./m<sup>2</sup>, a vu ses abondances chuter fortement depuis 2006, atteignant un maximum de seulement  $2394 \pm 574$  ind./m<sup>2</sup> en octobre 2011. A St-Estèphe, l'abondance de cette espèce est aussi très faible en 2011 ( $530 \pm 252$  ind./m<sup>2</sup> en novembre) (**Figure 7-17**)

Un autre polychète spionidé, *Pseudopolydora pulchra*, présent en densité notable à St-Christoly de 2004 à 2006, a quant à lui disparu presque totalement depuis 2006 (**Figure 7-17**).



**Figure 7-16 : Evolution mensuelle de l'abondance (moyenne  $\pm$  ES) des Annélides Polychètes *Hediste diversicolor* et *Heteromastus filiformis* dans les stations intertidales de 2004 à 2011.**



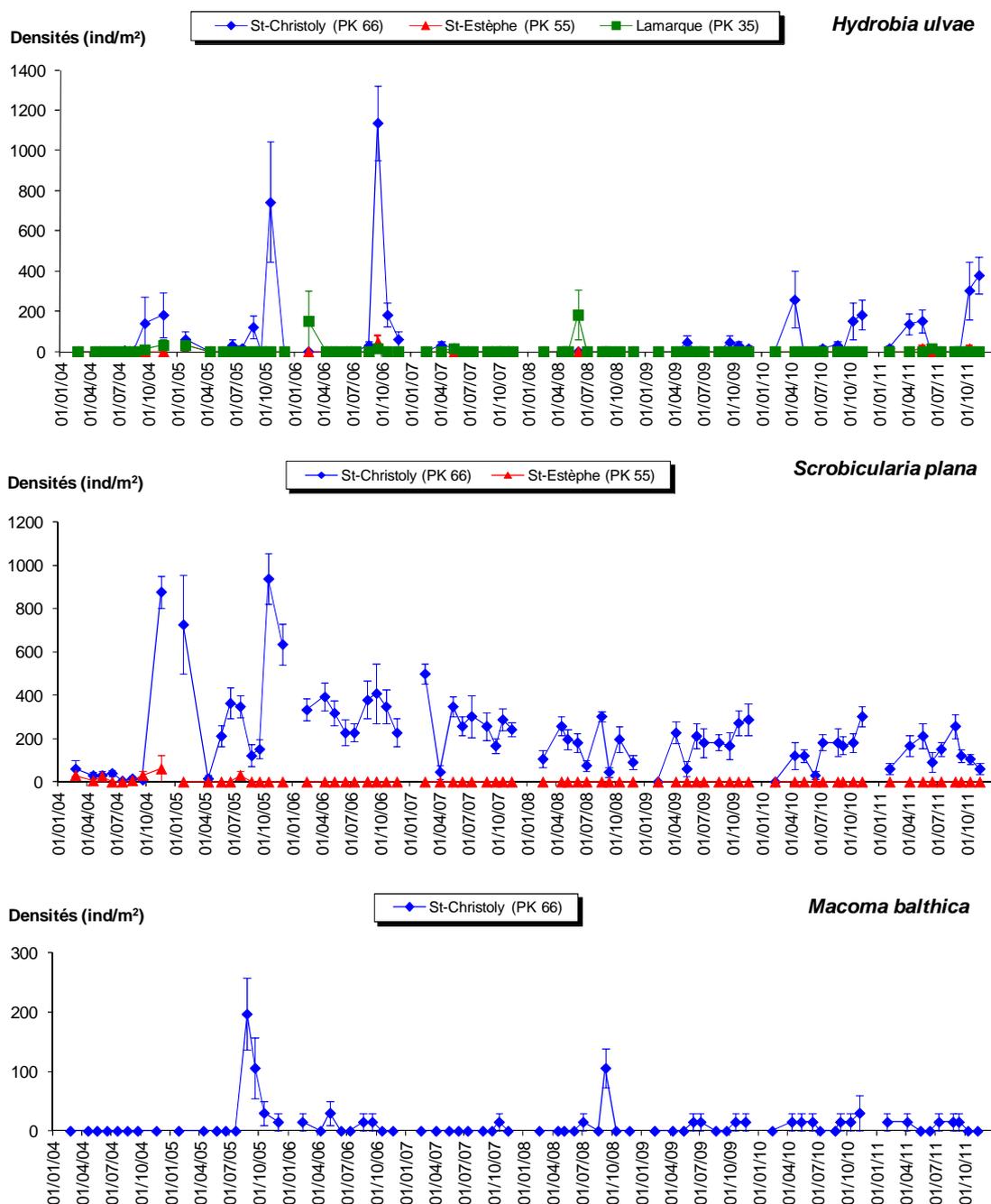
**Figure 7-17 : Evolution mensuelle de l'abondance (moyenne  $\pm$  ES) des Annélides Polychètes Spionidae dans les stations intertidales de 2004 à 2011**

### 7.6.3. Mollusques (Figure 7-18)

Le gastéropode *Hydrobia ulvae*, plutôt localisé dans la partie aval de l'estuaire, est sporadiquement présent à St-Christoly, avec une densité de  $379 \pm 91$  ind./m<sup>2</sup> en novembre 2011.

*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 restent relativement stables (100 à 200 ind./m<sup>2</sup>) durant l'année 2011. Des densités supérieures ont cependant été relevées de 2004 à 2007.

Un autre bivalve, *Macoma balthica*, caractéristique des vasières intertidales de la zone polyhaline de l'estuaire, apparaît épisodiquement depuis 2005 à St-Christoly. Ses fluctuations d'abondance sont peu significatives, car l'espèce se trouve ici en limite amont de répartition dans l'estuaire.



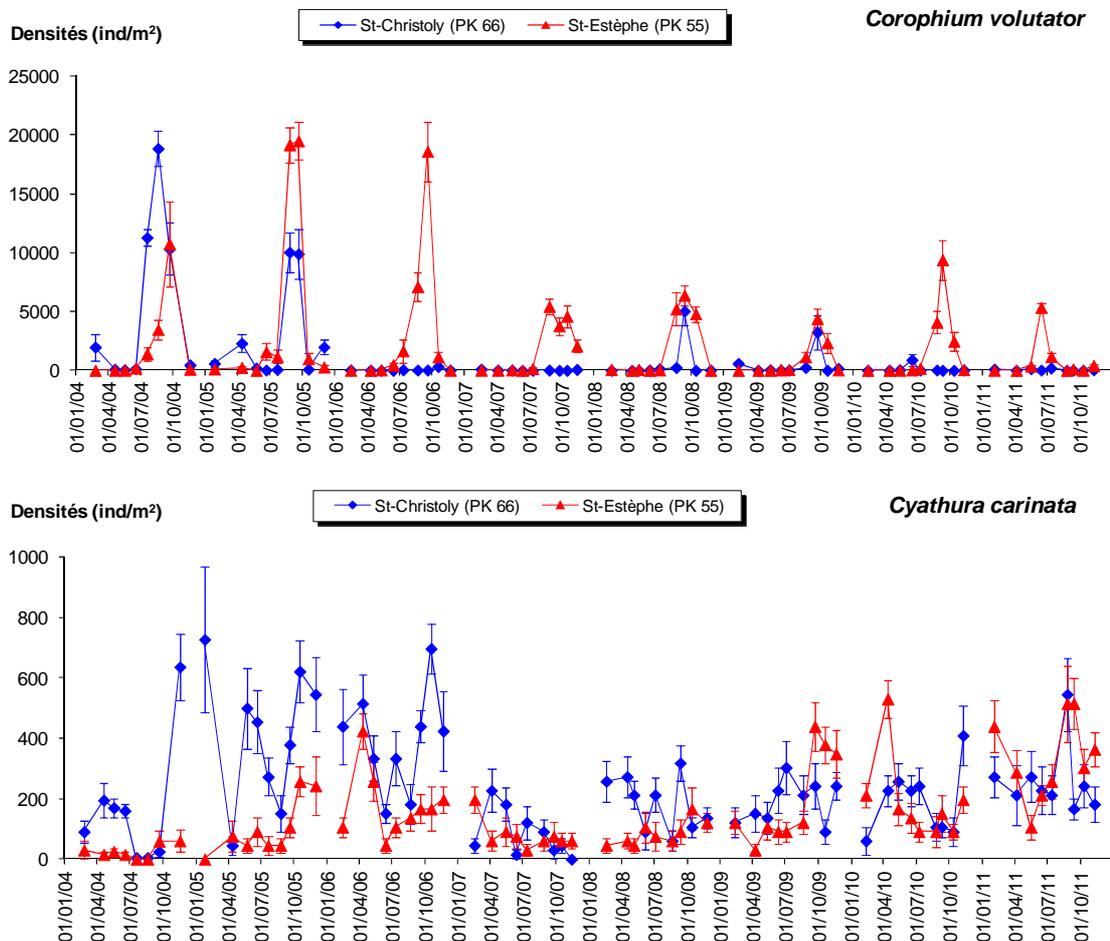
**Figure 7-18 : Evolution mensuelle de l'abondance (moyenne  $\pm$  ES) des principales espèces de Mollusques dans les stations intertidales de 2004 à 2011.**

#### 7.6.4. Crustacés

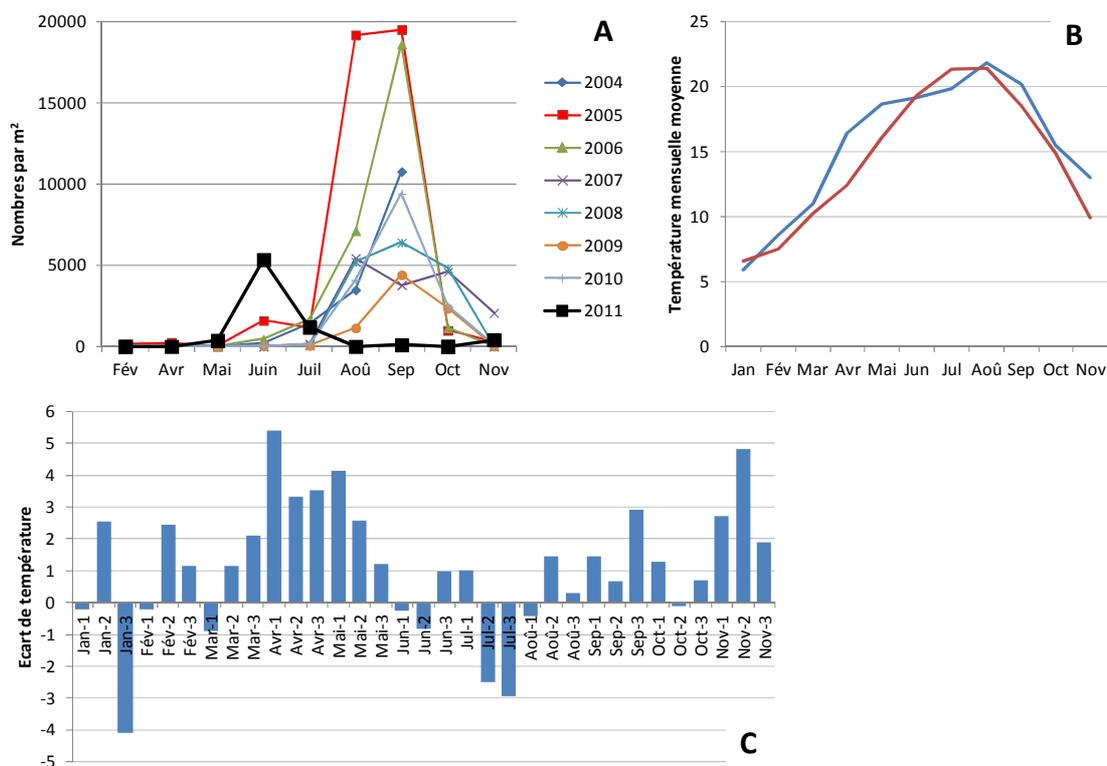
L'amphipode *Corophium volutator* est un élément essentiel des vasières intertidales de tout l'estuaire de la Gironde, ne pénétrant qu'accidentellement en amont de St-Estèphe et présentant un cycle biologique marqué, caractérisé par de fortes abondances en fin d'été. A St-Estèphe, il présente en 2011 un pic élevé de densité en juin ( $5348 \pm 392$  ind./m<sup>2</sup>), similaire à ceux de 2007-10, mais représentant seulement la moitié du maximum de densité des années 2004-06 (**Figure 7-19**). Le cycle biologique de cette espèce a en fait subi un décalage de 2 à 3 mois en 2011 par rapport aux années passées : alors que, de 2004 à 2010, ses effectifs sont maximaux d'août à septembre (voire octobre), le maximum d'abondance en 2011 s'est en effet produit en juin, les densités commençant même à s'accroître dès le mois de mai (**Figure 7-20 A**). Le développement de cet amphipode étant initié par l'accroissement – habituellement estival – des températures, la précocité de son développement en 2011 peut être mis en corrélation avec les particularités climatiques de cette année, en particulier celles des températures atmosphériques (en tant qu'espèce intertidale vivant en surface du sédiment, *C. volutator* est en effet soumis lors des basses mers à l'influence directe des températures atmosphériques). Les températures mensuelles moyennes de l'air ont été, en avril, supérieures de 4,1°C à la moyenne calculée sur la période 1981-2010, et supérieures de 2,6°C en mai (**Figure 7-20 B**). Les moyennes décadaires montrent des températures anormalement élevées entre la deuxième décennie de mars et la fin mai (**Figure 7-20 C**), qui ont dû certainement déclencher l'initiation précoce de la reproduction de *C. volutator*. Il est aussi possible que les anomalies négatives de juillet ont eu une responsabilité dans la chute estivale des effectifs.

A St-Christoly, où cette espèce présentait des densités maximales de l'ordre de 20000 ind./m<sup>2</sup> en 2004-2005, l'abondance de *C. volutator* n'a pas dépassé  $197 \pm 45$  ind./m<sup>2</sup> (en juillet) en 2011.

L'isopode *Cyathura carinata* est une espèce constante des 2 stations intertidales le plus en aval, mais qui présente des fluctuations assez erratiques. Ses abondances sont cependant en progression, en particulier à St-Estèphe (**Figure 7-19**).



**Figure 7-19 : Evolution mensuelle de l'abondance (moyenne  $\pm$  ES) des principales espèces de Crustacés dans les stations intertidales de 2004 à 2011.**



**Figure 7-20:** A) Evolution mensuelle de l'abondance moyenne de *Corophium volutator* à St-Estèphe de 2004 à 2011. B) Température mensuelle moyenne de l'air à Bordeaux en 2011 (en bleu) et sur la période 1981-2010 (en rouge). C) Ecart décadaire des températures moyennes de l'air à Bordeaux en 2011 par rapport à la période 1981-2010 (données Météo France pour B et C).

### Synthèse 2011 :

La composition granulométrique du sédiment a subi, dans le domaine subtidal, d'importantes fluctuations temporelles en 2011, asynchrones entre les stations : aux Points F et E, où prédomine habituellement un substrat vaseux (87-95% de particules < 63 µm), une forte composante sableuse a été relevée respectivement en juin, septembre et novembre (25-47% de sables) et en juillet, septembre et octobre (33-41% de sables) ; inversement, au point K, le sédiment, normalement sableux (seulement 7-11% de vases), était majoritairement vaseux en mai, septembre et novembre (64-95% de vases). Dans la plupart des cas, ces brusques variations de la granulométrie ont été concomitantes avec des chutes d'abondance du macrobenthos. En ce qui concerne les stations intertidales, la composition granulométrique du sédiment a montré, comme les années précédentes, une très grande stabilité temporelle avec 81 à 97% de vases. La mesure des teneurs en eau interstitielle indique cependant, dans ces stations intertidales, une alternance de phases de sédimentation et d'érosion.

Alors que la richesse spécifique (nombre d'espèces) des peuplements benthiques s'avère stable sur la durée du suivi en intertidal, elle diminue significativement dans le domaine subtidal depuis 2004, quoique marquant une légère reprise en 2011.

L'abondance des peuplements benthiques subtidaux a été extrêmement faible en 2011, avec des valeurs parmi les plus basses depuis le début de la surveillance en 2004. De manière générale, la comparaison inter-annuelle met en évidence des abondances relativement élevées sur la période 2004-2005, suivies d'une chute importante en 2006, d'une légère remontée des abondances de 2007 à 2009, et d'une nouvelle chute en 2010 et 2011 (avec des maxima respectifs de seulement 264, 64 et 88 ind./m<sup>2</sup> aux Points F, E et K).

Dans le domaine intertidal, les abondances sont beaucoup plus élevées qu'en subtidal. En 2011, les abondances maximales y ont atteint 3121 ind./m<sup>2</sup> à St-Christoly, 5527 ind./m<sup>2</sup> à la station St-Estèphe et 15091 ind./m<sup>2</sup> à Lamarque. Ces valeurs sont cependant parmi les plus faibles relevées depuis le début du suivi benthique. Sur une échelle pluri-annuelle, les peuplements benthiques de St-Christoly et St-Estèphe suivent un patron similaire, avec des abondances fortes de 2004 à 2006, puis en baisse depuis 2007. A Lamarque, l'évolution est sensiblement différente, mais les valeurs atteintes fin 2011 correspondent aux plus faibles abondances relevées en 2006-2007. Un phénomène climatique important doit être pris en considération en 2011 : celui des fortes températures atmosphériques d'avril à mai (respectivement +4,1 et +2,6°C par rapport aux moyennes mensuelles normales) qui a probablement été à l'origine du développement précoce de l'amphipode *Corophium volutator*, puis de son absence en été-automne, alors qu'il atteint à ces saisons de très fortes densités.

Dans l'état actuel du suivi (une durée de seulement 8 années), il est difficile de statuer sur une année de référence. Il semble que la dynamique annuelle et inter-annuelle des peuplements macrobenthiques des 6 stations suivies dans l'estuaire de la Gironde est essentiellement gouvernée par des fluctuations naturelles de l'environnement hydroclimatique. L'activité du CNPE du Blayais ne paraît pas générer de perturbation directe significative de ce compartiment biologique.

## 8. 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., 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.
- 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.
- 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 éd.), 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 tonsa* Dana dans un milieu semi-clos : l'Etang de Berre. Ann. Inst. Océanogr., 68(1-2), pp. 159-168.
- Hirche H.J. (1992). Egg production of *Eurytemora affinis* effect of K-strategy. Estuar.Coast.Shelf.Sci., 35, pp. 395-407.
- Irigoien X., Castel J., Gasparini S., 1996.- Gut clearance rate as predictor of food limitation situations. Application to two estuarine copepods : *Acartia bifilosa* and *Eurytemora affinis*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 131, pp. 159-163.
- 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.
- Kalanski M. & 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.
- 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.
- 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.

## **9. Annexes**

### **9.1. Annexe 1 : Dénombrement des divers prélèvements et mesures**

**Nombre de mesures réalisées in situ**

<b>DATES</b>	<b>Profondeur</b>	<b>Température</b>	<b>Salinité</b>	<b>Direction et Vitesse de Courant</b>	<b>Points</b>
12 avril	4	8	8	8	F
14 avril	4	8	8	8	E
13 avril	4	8	8	8	K
24 mai	4	8	8	8	F
26 mai	4	8	8	8	E
25 mai	4	8	8	8	K
21 juin	4	8	8	8	F
23 juin	4	8	8	8	E
22 juin	4	8	8	8	K
26 juillet	4	8	8	8	F
28 juillet	4	8	8	8	E
27 juillet	4	8	8	8	K
17 août	4	8	8	8	F
19 août	4	8	8	8	E
18 août	4	8	8	8	K
20 septembre	4	8	8	8	F
22 septembre	4	8	8	8	E
21 septembre	4	8	8	8	K
13 octobre	4	8	8	8	F
11 octobre	4	8	8	8	E
12 octobre	4	8	8	8	K
7 novembre	4	8	8	8	F
8 novembre	4	8	8	8	E
9 novembre	4	8	8	8	K
<b>TOTAL</b>	<b>96</b>	<b>192</b>	<b>192</b>	<b>192</b>	

**Nombre de prélèvements pour l'étude de l'hydrobiologie et 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
12 avril	16	2	2	4	2	2	2	F
14 avril	16	2	2	4	2	2	2	E
13 avril	16	2	2	4	2	2	2	K
24 mai	16	2	2	4	2	2	2	F
26 mai	16	2	2	4	2	2	2	E
25 mai	16	2	2	4	2	2	2	K
21 juin	16	2	2	4	2	2	2	F
23 juin	16	2	2	4	2	2	2	E
22 juin	16	2	2	4	2	2	2	K
26 juillet	16	2	2	4	2	2	2	F
28 juillet	16	2	2	4	2	2	2	E
27 juillet	16	2	2	4	2	2	2	K
17 août	16	2	2	4	2	2	2	F
19 août	16	2	2	4	2	2	2	E
18 août	16	2	2	4	2	2	2	K
20 septembre	16	2	2	4	2	2	2	F
22 septembre	16	2	2	4	2	2	2	E
21 septembre	16	2	2	4	2	2	2	K
13 octobre	16	2	2	4	2	2	2	F
11 octobre	16	2	2	4	2	2	2	E
12 octobre	16	2	2	4	2	2	2	K
7 novembre	16	2	2	4	2	2	2	F
8 novembre	16	2	2	4	2	2	2	E
9 novembre	16	2	2	4	2	2	2	K
<b>TOTAL</b>	<b>384</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>96</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	

**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	
12 avril	4	4	4	4	4	4	F
14 avril	4	4	4	4	4	4	E
13 avril	4	4	4	4	4	4	K
24 mai	4	4	4	4	4	4	F
26 mai	4	4	4	4	4	4	E
25 mai	4	4	4	4	4	4	K
21 juin	4	4	4	4	4	4	F
23 juin	4	4	4	4	4	4	E
22 juin	4	4	4	4	4	4	K
26 juillet	4	4	4	4	4	4	F
28 juillet	4	4	4	4	4	4	E
27 juillet	4	4	4	4	4	4	K
17 août	4	4	4	4	4	4	F
19 août	4	4	4	4	4	4	E
18 août	4	4	4	4	4	4	K
20 septembre	4	4	4	4	4	4	F
22 septembre	4	4	4	4	4	4	E
21 septembre	4	4	4	4	4	4	K
13 octobre	4	4	4	4	4	4	F
11 octobre	4	4	4	4	4	4	E
12 octobre	4	4	4	4	4	4	K
7 novembre	4	4	4	4	4	4	F
8 novembre	4	4	4	4	4	4	E
9 novembre	4	4	4	4	4	4	K
<b>TOTAL</b>	<b>96</b>	<b>96</b>	<b>96</b>	<b>96</b>	<b>96</b>	<b>96</b>	

### Nombre de prélèvements pour l'étude faunistique

DATES	PLANCTON		BENTHOS Surface	Points
	Surface	Fond		
12 avril	4	4	5	F
14 avril	4	4	5	E
13 avril	4	4	5	K
24 mai	4	4	5	F
26 mai	4	4	5	E
25 mai	4	4	5	K
21 juin	4	4	5	F
23 juin	4	4	5	E
22 juin	4	4	5	K
26 juillet	4	4	5	F
28 juillet	4	4	5	E
27 juillet	4	4	5	K
17 août	4	4	5	F
19 août	4	4	5	E
18 août	4	4	5	K
20 septembre	4	4	5	F
22 septembre	4	4	5	E
21 septembre	4	4	5	K
13 octobre	4	4	5	F
11 octobre	4	4	5	E
12 octobre	4	4	5	K
7 novembre	4	4	5	F
8 novembre	4	4	5	E
9 novembre	4	4	5	K
<b>TOTAL</b>	<b>96</b>	<b>96</b>	<b>120</b>	

*Remarques : en milieu intertidal, pour le benthos, des prélèvements complémentaires ont été effectués à hauteur des trois points géographiques étudiés*

## 9.2. Annexe 2 : Tableaux des résultats de mesures

BLAYAIS Avril 2011		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 12 Avril 2011 Coef: 40	1 S BM 1 F	7h00	4,50	1,00 3,50	5,58 5,49	0,336 0,283	6,54 7,02	16,60 16,60	18 18	340 317	8,02 8,01	BM à Richard 6h45 P=(773) 1030 hPa
	2 S Mi-Flot 2 F	10h05	6,30	1,00 5,30	5,58 5,63	0,070 0,518	8,91 10,29	15,79 15,80	93 59	158 148	7,87 7,90	P=(773) 1030 hPa
	3 S PM 3 F	14h20	7,40	1,00 6,40	5,69 5,58	0,051 0,367	10,87 14,97	16,63 15,35	41 18	058 036	7,95 7,92	PM à Richard P=(773) 1030 hPa Reverse: 14h30
	4 S Mi-Jus 4 F	16h30	5,90	1,00 4,90	5,77 5,67	0,196 1,638	9,39 12,12	16,37 15,64	134 76	325 330	7,86 7,90	P=(773) 1030 hPa
	1 S PM 1 F	3h50	8,70	1,00 7,70	5,77 5,65	0,559 7,220	5,65 7,57	16,20 16,04	0 7	277 048	7,98 7,95	PM à Pauillac 3h26 P=(764) 1018 hPa
	2 S Mi-Jus 2 F	7h10	6,00	1,00 5,00	5,88 5,75	0,606 2,494	4,30 4,57	16,34 16,32	99 53	001 348	7,98 8,00	P=(764) 1018 hPa
E PK 52 14 Avril 2011 Coef: 55-63	3 S BM 3 F	11h10	5,30	1,00 4,30	5,73 5,75	0,368 0,767	2,24 2,62	16,11 16,08	13 30	164 195	8,01 8,01	BM à Pauillac 10h20 P=(764) 1018 hPa Reverse: 11h10
	4 S Mi-Flot 4 F	13h45	7,40	1,00 6,40	5,95 5,93	0,324 0,829	5,35 5,36	16,71 16,35	128 64	191 175	8,05 8,04	P=(764) 1018 hPa
	1 S Mi-Jus 1 F	6h30	6,20	1,00 5,20	5,79 5,71	0,771 1,530	0,97 0,92	15,98 16,07	82 70	346 320	7,97 7,92	P=(767) 1023 hPa
	2 S BM 2 F	10h35	5,20	1,00 4,20	5,81 5,79	0,749 0,976	0,31 0,31	15,89 15,89	7 13	103 149	7,80 7,85	BM à La Reuille 9h49 P=(767) 1023 hPa Reverse: 10h45
K PK 30 13 Avril 2011 Coef: 43-48	3 S Mi-Flot 3 F	11h50	6,70	1,00 5,70	5,91 5,88	1,114 2,175	0,87 0,80	16,04 16,01	105 59	148 148	7,92 7,96	P=(767) 1023 hPa
	4 S PM 4 F	16h05	8,20	1,00 7,20	5,82 5,68	0,399 1,305	1,47 2,18	16,24 16,36	13 13	074 168	7,97 7,90	PM à La Reuille 15h38 P=(767) 1023 hPa
	1 S Mi-Jus 1 F	6h15	4,80	1,00 3,80	5,11 5,25	0,400 0,300	10,96 11,74	20,52 20,34	7 7	013 329	8,08 8,07	BM à Richard 5h45 P=(770)1026 hPa
	2 S Mi-Flot 2 F	8h55	6,70	1,00 5,70	5,40 5,28	0,145 2,345	12,80 14,20	20,33 20,10	123 53	150 147	8,10 8,08	P=(770)1026 hPa
F PK 67 24 Mai 2011 Coef: 49-45	3 S PM 3 F	12h20	7,80	1,00 6,80	5,46 5,41	0,089 0,262	18,26 20,45	20,11 19,20	13 7	283 086	8,18 8,06	PM à Richard 11h56 P=(770)1026 hPa
	4 S Mi-Jus 4 F	15h00	6,50	1,00 5,50	5,48 5,41	0,031 0,507	13,69 17,86	21,05 19,79	93 59	334 317	8,19 8,10	P=(770)1026 hPa
	1 S Mi-Jus 1 F	5h15	6,50	1,00 5,50	5,23 5,22	0,499 0,984	8,77 9,08	21,49 21,50	59 30	021 348	8,04 8,10	P=(761) 1015 hPa
	2 S BM 2 F	8h25	4,70	1,00 3,70	5,13 5,08	0,320 0,990	6,95 6,94	21,21 21,30	13 13	180 352	8,02 8,12	BM à Pauillac 8h23 P=(761) 1015 hPa
	3 S Mi-Flot 3 F	11h20	6,80	1,00 5,80	5,41 5,31	0,228 4,470	9,70 9,51	21,12 21,23	111 93	187 190	8,10 8,10	P=(761) 1015 hPa
	4 S PM 4 F	14h35	7,30	1,00 6,30	5,31 5,46	0,139 0,703	10,21 11,44	22,81 21,07	7 13	064 143	8,10 8,13	PM à Pauillac 14h21 P=(761) 1015 hPa
K PK 30 25 Mai 2011 Coef: 43	1 S BM 1 F	8h50	4,90	1,00 3,90	4,57 4,54	0,732 1,805	2,07 2,12	21,30 21,30	18 7	196 153	8,08 8,08	BM à La Reuille 8h18 P=(765) 1020 hPa
	2 S Mi-Flot 2 F	10h35	6,70	1,00 5,70	5,01 4,96	0,900 1,240	3,85 3,79	21,12 21,11	105 88	136 144	7,86 8,04	P=(765) 1020 hPa
	3 S PM 3 F	14h30	8,10	1,00 7,10	4,98 5,00	0,174 0,448	5,53 6,14	21,31 21,25	0 0	116 074	8,10 8,11	PM à La Reuille 13h51 P=(765) 1020 hPa
	4 S Mi-Jus 4 F	15h15	6,20	1,00 5,20	5,08 5,07	0,477 0,637	4,71 4,73	21,78 21,74	70 30	323 324	8,11 8,08	P=(765) 1020 hPa

BLAYAIS Juin 2011		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 21 Juin 2011 Coef: 66-62	1 S Mi-Flot 1 F	7h35	7,10	1,00 6,10	5,44 5,42	0,058 1,966	14,99 14,66	20,34 20,49	123 70	155 151	8,00 8,04	P=(761) 1013 hPa PM à Richard 10h23 P=(758) 1010 hPa Renverse: 11h00 P=(758) 1010 hPa BM à Richard 16h45 P=(756) 1008 hPa	
	2 S PM 2 F	10h55	8,20	1,00 7,20	5,28 5,26	0,351 0,340	19,10 20,43	19,78 19,66	13 13	186 051	8,05 8,25		
	3 S Mi-Jus 3 F	13h10	6,30	1,00 5,30	5,39 5,38	0,060 1,200	14,68 18,47	21,37 19,91	140 82	329 322	8,13 8,02		
	4 S BM 4 F	17h05	4,80	1,00 3,80	5,32 5,38	0,348 0,474	11,77 12,41	21,78 21,45	24 13	308 331	8,17 8,05		
E PK 52 23 Juin 2011 Coef: 48-45	1 S Mi-Jus 1 F	3h35	6,50	1,00 5,50	5,29 5,23	0,394 0,870	9,25 10,29	21,57 21,33	82 82	356 348	8,10 8,10	P=(762) 1016 hPa BM à Pauillac 6h29 P=(764) 1018 hPa Renverse: 7h10 P=(762) 1016 hPa PM à Pauillac 12h15 P=(758) 1010 hPa	
	2 S BM 2 F	7h00	5,30	1,00 4,30	5,05 5,00	0,202 0,641	7,18 7,54	20,91 21,10	7 0	061 157	8,07 8,04		
	3 S Mi-Flot 3 F	9h30	7,10	1,00 6,10	5,33 5,25	0,224 3,543	9,93 9,70	21,16 21,20	123 93	192 186	8,23 8,14		
	4 S PM 4 F	12h55	7,70	1,00 6,70	5,40 5,44	0,300 0,332	10,72 11,33	22,26 21,32	7 7	018 259	8,10 8,13		
K PK 30 22 Juin 2011 Coef: 57-53	1 S BM 1 F	7h30	5,30	1,00 4,30	4,65 4,76	0,873 1,757	1,77 2,22	21,47 21,51	0 7	302 261	8,16 8,15	BM à La Reuille 6h49 P=(758) 1010 hPa P=(759) 1012 hPa PM à La Reuille 12h04 P=(757) 1009 hPa Renverse: 12h45 P=(757) 1009 hPa	
	2 S Mi-Flot 2 F	9h30	7,20	1,00 6,20	5,07 5,00	1,920 3,524	5,19 4,89	21,25 21,24	128 41	151 139	8,00 8,00		
	3 S PM 3 F	12h35	8,30	1,00 7,30	5,06 4,93	0,275 2,310	6,28 6,38	21,20 21,20	0 7	137 301	8,19 8,13		
	4 S Mi-Jus 4 F	15h10	6,80	1,00 5,80	5,12 5,10	0,825 1,040	5,26 5,20	21,41 21,40	70 64	336 334	8,07 8,04		
BLAYAIS Juillet 2011		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 26 Juillet 2011 Coef: 36-39	1 S Mi-Jus 1 F	6h12	6,10	1,00 5,10	5,43 5,37	0,047 0,221	15,84 18,54	19,84 19,67	117 53	337 318	8,04 8,05	P=(756) 1008hPa BM à Richard 8h56 P=(756) 1008hPa Renverse: 9h25 P=(754) 1006 hPa PM à Richard 15h25 P=(754) 1006 hPa	
	2 S BM 2 F	9h20	5,40	1,00 4,40	5,34 5,33	0,084 0,113	13,43 14,47	20,25 20,05	7 0	327 346	8,04 8,03		
	3 S Mi-Flot 3 F	12h20	6,50	1,00 5,50	5,48 5,37	0,114 0,774	16,36 14,60	19,73 19,73	82 64	180 126	8,03 8,02		
	4 S PM 4 F	15h45	7,90	1,00 6,90	5,45 5,03	0,060 0,128	19,36 21,88	19,86 19,47	13 7	177 076	8,06 8,04		
E PK 52 28 Juillet 2011 Coef: 56-62	1 S PM 1 F	5h57	7,50	1,00 6,50	5,20 5,46	0,179 0,472	11,58 12,40	22,37 21,41	7 13	113 294	8,07 8,06	PM à Pauillac 4h59 P=(759) 1013 hPa P=(759) 1013 hPa P=(759) 1013 hPa BM à Pauillac 11h49 P=(759) 1013 hPa Renverse: 12h05 P=(759) 1013 hPa	
	2 S Mi-Jus 2 F	8h40	6,20	1,00 5,20	5,30 5,30	0,541 0,967	10,64 10,82	21,07 21,09	82 59	350 354	7,99 7,99		
	3 S BM 3 F	12h05	4,80	1,00 3,80	5,18 5,16	0,213 0,557	8,48 8,48	21,10 20,93	7 7	330 313	8,00 7,98		
	4 S Mi-Flot 4 F	14h35	6,80	1,00 5,80	5,40 5,35	0,209 1,515	10,74 10,62	21,38 21,36	128 76	179 183	7,98 7,98		
K PK 30 27 Juillet 2011 Coef: 44-49	1 S PM 1 F	5h20	7,90	1,00 6,90	5,16 5,23	0,168 0,567	6,84 7,31	20,36 20,43	0 0	116 170	8,01 8,00	PM à La Reuille 4h54 P=(758) 1011 hPa P=(1011) hPa BM à La Reuille 11h38 P=(759) 1008 hPa Renverse: 12h20 P=(758) 1011 hPa	
	2 S Mi-Jus 2 F	8h25	6,10	1,00 5,10	5,27 5,25	0,649 0,765	5,79 5,80	20,33 20,34	59 53	331 325	7,96 7,96		
	3 S BM 3 F	12h10	5,20	1,00 4,20	5,03 4,90	0,245 0,907	3,13 2,92	20,46 20,38	0 0	258 220	7,94 7,95		
	4 S Mi-Flot 4 F	14h35	7,00	1,00 6,00	5,25 5,21	0,983 0,849	5,50 5,44	20,75 20,64	88 64	132 169	7,96 7,95		

BLAYAIS Août 2011		Heure	Profond	Hauteur	Oxygène	Concent.		Temp.	Vitesse	Direction	pH	OBSERVATIONS
POINTS	STATIONS	Légale	Totale	Mesure	Dissous	en M.E.S.	Salinité	(°C)	(cm/s)	(/Nord)		
		(TU+2)	(m)	(m)	(ml/l)	(g/l)						
F PK 67 17 Août 2011 Coef: 84-81	1 S Mi-Flot	6h20	7,00	1,00	4,85	0,163	16,06	22,98	123	154	7,89	P=(766) 1022 hPa PM à Richard 5h50 P=(758) 1010 hPa Reverse: 6h30 P=(758) 1010 hPa BM à Richard 15h12 P=(758) 1010 hPa
	1 F			6,00	4,85	0,190	16,03	23,00	94	147	7,88	
	2 S PM	9,15	8,40	1,00	4,66	0,021	19,77	22,55	13	216	7,93	
	3 S			7,40	4,64	0,066	21,80	22,41	13	088	7,91	
	3 S Mi-Jus	12h10	6,00	1,00	5,04	0,081	16,20	23,23	100	334	7,90	
	3 F			5,00	5,73	0,094	16,33	23,06	70	331	7,88	
	4 S BM	16h00	5,00	1,00	4,94	0,169	12,58	24,33	13	100	7,91	
	4 F			4,00	5,16	0,568	13,39	24,26	13	139	7,87	
E PK 52 19 Août 2011 Coef: 68-64	1 S BM	5h15	5,30	1,00	5,14	0,412	8,20	23,86	13	175	7,84	BM à Pauillac 4h36 P=(763) 1013 hPa P=(764) 1014 hPa PM à Pauillac 9h58 P=(764) 1014 hPa Reverse: 10h40 P=(764) 1014 hPa
	1 F			4,30	4,95	1,248	8,45	24,01	13	197	7,81	
	2 S Mi-Flot	8h..	7,50	1,00	4,86	0,846	11,50	23,94	140	187	7,84	
	2 F			6,50	4,86	1,140	11,33	24,02	100	197	7,83	
	3 S PM	10h40	8,30	1,00	5,10	0,169	12,84	23,4	7	277	7,96	
	3 F			7,30	5,06	0,333	13,40	23,75	24	20	7,93	
	4 S Mi-Jus	14h00	6,00	1,00	4,74	0,517	10,26	24,17	82	7	7,98	
	4 F			5,00	5,41	0,757	10,59	24,11	59	349	7,94	
K PK 30 18 Août 2011 Coef: 77-73	1 S BM	5h50	5,10	1,00	4,10	1,089	3,34	24,04	13	158	7,81	BM à La Reuille 5h11 P=(760) 1013 hPa P=(760) 1013 hPa PM à La Reuille 10h07 P=(761) 1014 hPa Reverse: 10h20 P=(761) 1014 hPa
	1 F			4,10	3,99	2,383	3,88	24,14	13	158	7,76	
	2 S Mi-Flot	8h20	8,90	1,00	4,25	2,170	6,43	23,98	169	145	7,80	
	2 F			7,90	4,07	6,288	5,99	24,00	53	143	7,74	
	3 S PM	10h10	9,70	1,00	4,35	0,374	7,48	23,96	70	135	7,84	
	3 F			8,70	4,29	2,567	7,17	24,02	18	175	7,81	
	4 S Mi-Jus	14h15	6,00	1,00	4,09	2,166	5,77	24,23	100	337	7,81	
	4 F			5,00	4,11	2,295	5,82	24,17	76	330	7,77	

BLAYAIS Septembre 2011		Heure	Profond	Hauteur	Oxygène	Concent.		Temp.	Vitesse	Direction	pH	OBSERVATIONS
POINTS	STATIONS	Légale	Totale	Mesure	Dissous	en M.E.S.	Salinité	(°C)	(cm/s)	(/Nord)		
		(TU+2)	(m)	(m)	(ml/l)	(g/l)						
F PK 67 20 Septembre 2011 Coef: 40-35	1 S Mi-Flot	8h10	5,80	1,00	5,39	0,103	13,92	20,72	76	138	7,95	P=(762) 1017 hPa PM à Richard 11h13 P=(762) 1017 hPa Reverse: 11h40 P=(762) 1017 hPa BM à Richard 17h17 P=(761) 1015 hPa
	1 F			4,80	5,48	0,813	14,52	20,72	59	162	7,91	
	2 S PM	11h30	7,40	1,00	5,40	0,127	19,11	20,17	7	174	7,94	
	2 F			6,40	5,38	0,679	20,70	20,04	7	086	7,93	
	3 S Mi-Jus	14,3	6,20	1,00	5,73	0,055	16,28	21,34	111	332	7,96	
	3 F			5,20	5,46	0,212	18,63	21,21	41	317	7,96	
	4 S BM	18h00	5,00	1,00	5,56	0,395	13,88	21,35	13	343	7,96	
	4 F			4,00	5,45	0,095	14,12	21,32	0	138	7,97	
E PK 52 22 Septembre 2011 Coef: 31-34	1 S Mi-Jus	5h05	7,10	1,00	5,53	0,174	11,94	21,14	76	358	7,98	P=(761) 1015 hPa BM à Pauillac 8h01 P=(761) 1015 hPa Reverse: 8h20 P=(761) 1015 hPa PM à Pauillac 14h20 P=(761) 1015 hPa
	1 F			6,10	5,49	0,390	12,22	21,18	47	349	7,97	
	2 S BM	8h20	6,10	1,00	5,37		10,17	20,71	7	45	7,98	
	2 F			5,10	5,07	0,523	10,21	20,99	7	18	7,98	
	3 S Mi-Flot	11h40	7,40	1,00	5,53	0,123	12,20	20,69	83	175	7,97	
	3 F			6,40	5,53	0,738	12,51	20,86	59	186	7,98	
	4 S PM	13h10	8,00	1,00	5,53	0,180	12,87	22,53	41	200	8,07	
	4 F			7,00	5,64	0,308	13,49	21,08	53	173	8,03	
K PK 30 21 Septembre 2011 Coef: 32	1 S BM	8h05	5,50	1,00	4,46	0,457	3,97	20,87	7	8	7,90	BM à La Reuille 7h23 P=(761) 1015 hPa P=(762) 1016 hPa PM à La Reuille 13h11 P=(762) 1016 hPa Reverse: 14h05 P=(761) 1015 hPa
	1 F			4,50	4,80	3,022	4,69	20,67	7	177	7,90	
	2 S Mi-Flot	10h30	7,00	1,00	5,16	1,257	7,28	20,67	76	147	7,88	
	2 F			6,00	5,08	1,106	7,22	20,69	47	145	7,80	
	3 S PM	14h05	8,10	1,00	5,04	0,120	8,57	20,75	7	29	7,98	
	3 F			7,10	4,86	0,248	9,01	20,77	0	19	7,95	
	4 S BM	16h35	6,60	1,00	5,25	0,202	7,72	21,27	88	335	7,86	
	4 F			5,60	5,20	0,871	7,84	20,99	76	291	7,81	

BLAYAIS Octobre 2011		Heure	Profond	Hauteur	Oxygène	Concent.		Temp.	Vitesse	Direction			
POINTS	STATIONS	Légale	Totale	Mesure	Dissous	en M.E.S.	Salinité	(°C)	(cm/s)	(/Nord)	pH	OBSERVATIONS	
		(TU+2)	(m)	(m)	(ml/l)	(g/l)							
F	1 S	4h35	7,40	1,00	5,50	0,607	16,79	19,13	117	153	7,90	P=(764) 1020 hPa	
	Mi-Flot			6,40	5,45	1,739	16,61	19,19	76	141	7,88		
	2 S			1,00	5,21	0,287	21,03	18,67	7	142	7,89	PM à Richard 7h07	
	PM	7h43	8,70									P=(764) 1020 hPa	
PK 67 13 Octobre 2011	2 F			7,70	5,17	2,263	21,43	18,67	13	95	7,87	Renverse:	
	3 S			1,00	5,41	0,144	16,48	19,10	186	336	8,01		
	Mi-Jus	10h43	6,50		5,50	5,56	1,331	17,81	18,89	111	324	7,92	P=(764) 1020 hPa
	3 F			1,00	5,44	0,180	14,76	19,34	7	017	7,84		
Coef: 84-83	BM	14h43	5,20		4,20	5,47	2,218	14,95	19,28	0	052	7,82	BM à Richard 13h44
	4 F											P=(765) 1021 hPa	
	1 S			1,00	5,38	0,686	13,49	19,63	99	2	7,90		
	Mi-Jus	10h10	6,80		5,80	5,33	0,972	13,71	19,64	47	358	7,93	P=(767) 1023 hPa
E PK 52 11 Octobre 2011	1 F			1,00	5,28	0,069	10,74	19,40	0	160	7,89	BM à Pauillac 13h25	
	2 S			1,00	5,26	3,467	11,04	19,43	7	188	7,89	P=(767) 1023 hPa	
	BM	14h10	5,20		4,20	5,42	0,274	13,64	19,67	152	182	7,92	Renverse: 14h10
	2 F			1,00	5,42	0,274	13,64	19,67	152	182	7,92		
Coef: 81-83	Mi-Flot	16h15	7,50		6,50	5,37	0,752	13,20	19,63	82	185	7,89	P=(767) 1023 hPa
	3 S			1,00	5,47	0,794	15,58	19,73	0	191	7,92		
	4 S			1,00	5,18	1,301	8,04	19,16	169	151	7,81		
	PM	19h30	9,40		8,40	5,30	2,202	15,56	19,69	7	188	7,93	PM à Pauillac 18h37
K PK 30 12 Octobre 2011	4 F			1,00	5,26	0,766	10,20	19,22	7	299	7,87	PM à La Reuille 7h36	
	1 S			1,00	5,20	2,791	10,40	19,38	13	317	7,85	P=(765) 1021 hPa	
	PM	8h40	8,90		7,90	5,20	2,791	10,40	19,38	13	317	7,85	
	1 F			1,00	5,13	0,842	8,27	19,04	99	320	7,83		
Coef: 84-84	Mi-Jus	11h30	6,20		5,20	5,12	1,454	8,31	19,04	41	357	7,84	P=(765) 1021 hPa
	2 F			1,00	4,91	0,931	4,86	19,00	13	118	7,89	BM à La Reuille 14h56	
	3 S			1,00	4,40	4,98	9,797	5,01	18,91	7	156	7,84	P=(766) 1022 hPa
	BM	15h35	5,40		4,40	4,98	9,797	5,01	18,91	7	156	7,84	Renverse: 15h30
Coef: 84-84	3 F			1,00	5,18	1,301	8,04	19,16	169	151	7,81		
	4 S			1,00	5,18	1,301	8,04	19,16	169	151	7,81		
	Mi-Flot	17h35	7,60		6,60	5,13	11,872	7,76	19,12	70	146	7,76	P=(765) 1021 hPa
	4 F												

BLAYAIS Novembre 2011		Heure	Profond	Hauteur	Oxygène	Concent.		Temp.	Vitesse	Direction			
POINTS	STATIONS	Légale	Totale	Mesure	Dissous	en M.E.S.	Salinité	(°C)	(cm/s)	(/Nord)	pH	OBSERVATIONS	
		(TU+1)	(m)	(m)	(ml/l)	(g/l)							
F	1 S	13H00	7,00	1,00	5,86	0,267	16,12	15,06	117	157	8,10	P=(756) 1008 hPa	
	Mi-Flot			6,00	5,80	5,878	15,69	15,11	59	142	8,00		
	2 S			1,00	5,39	0,307	19,90	14,86	7	138	7,96	PM à Richard 12H42	
	PM	16H20	7,80									P=(754) 1006 hPa	
PK 67 7 Novembre 2011	2 F			6,80	5,54	0,075	21,57	14,78	13	087	7,94	Renverse: 13H10	
	3 S			1,00	5,60	0,585	15,49	15,06	140	319	8,08		
	Mi-Jus	18H05	5,90		4,90	5,55	3,175	16,51	15,03	99	317	7,93	P=(754) 1006 hPa
	3 F			1,00	5,45	0,243	13,32	15,65	0	090	7,93		
Coef: 59-63	BM	22H55	4,80		3,80	5,34	1,153	13,35	15,58	7	131	7,90	BM à Richard 22H06
	4 F											P=(757) 1010 hPa	
	1 S			1,00	5,39	0,864	9,38	15,38	111	359	7,95		
	Mi-Jus	8H10	6,50		5,50	5,37	2,749	9,52	15,44	64	337	7,95	P=(758) 1012 hPa
E PK 52 8 Novembre 2011	1 F			1,00	5,25	0,516	7,00	14,80	0	181	7,93	BM à Pauillac 11H09	
	2 S			1,00	5,25	1,516	7,45	14,82	7	190	7,93	P=(758) 1012 hPa	
	BM	11H50	5,40		4,40	5,25	1,516	7,45	14,82	7	190	7,93	Renverse: 11H50
	2 F			1,00	5,43	0,667	11,15	15,30	105	199	7,99		
Coef: 67-70	Mi-Flot	14H00	7,70		6,70	5,40	2,993	10,84	15,53	76	181	7,97	P=(758) 1012 hPa
	3 S			1,00	5,37	0,507	12,03	15,36	7	187	8,02		
	4 S			1,00	5,37	0,507	12,03	15,36	7	187	8,02		
	PM	17H10	9,10		8,10	5,34	1,983	12,92	15,40	7	237	8,01	PM à Pauillac 16H36
K PK 30 9 Novembre 2011	4 F											P=(758) 1012 hPa	
	1 S			1,00	5,00	0,428	1,95	14,06	93	327	7,84		
	Mi-Jus	9H30	6,40		5,40	5,00	3,320	1,92	14,08	82	297	7,84	P=(761) 1015 hPa
	1 F			1,00	5,41	3,236	0,38	13,30	0	146	7,93	BM à La Reuille 12H47	
Coef: 73-75	2 S			1,00	5,41	3,236	0,38	13,30	0	146	7,93	P=(761) 1015 hPa	
	BM	13H30	5,80		4,80	5,22	3,268	0,90	13,72	7	149	7,95	Renverse: 13H30
	2 F			1,00	5,13	0,604	1,48	14,06	163	137	7,94		
	Mi-Flot	17H00	7,90		6,90	5,11	2,404	2,09	14,23	70	149	7,95	P=(760) 10124 hPa
Coef: 73-75	3 F			1,00	5,00	1,651	2,89	14,36	0	103	8,05	(théorique: 15H19)	
	4 S			1,00	5,00	1,651	2,89	14,36	0	103	8,05		
	PM	18H20	9,50		8,50	5,07	4,125	3,98	14,53	7	351	8,04	PM à La Reuille
	4 F											P=(760) 1014 hPa	

### 9.3. Annexe 3 : Tableau des résultats analytiques

#### 9.3.1. 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
12/4/11	F	BM	S	6,31	0,76	361	5,55	1,54%
12/4/11	F	BM	F	6,73	0,9	359	5,83	1,62%
12/4/11	F	MF	S	2,58	0,58	107	2	1,87%
12/4/11	F	MF	F	29,94	0,74	1630	29,2	1,79%
12/4/11	F	PM	S	1,54	0,55	45	0,99	2,20%
12/4/11	F	PM	F	4,44	0,65	361	3,79	1,05%
12/4/11	F	MJ	S	1,47	0,56	67	0,91	1,36%
12/4/11	F	MJ	F	9,83	0,7	635	9,13	1,44%
14/4/11	E	BM	S	5,38	1,29	339	4,09	1,21%
14/4/11	E	BM	F	6,79	1,28	534	5,51	1,03%
14/4/11	E	MF	S	4,98	0,95	356	4,03	1,13%
14/4/11	E	MF	F	23,42	0,82	1500	22,6	1,51%
14/4/11	E	PM	S	3,82	0,72	200	3,1	1,55%
14/4/11	E	PM	F	43,56	0,66	23000	42,9	0,19%
14/4/11	E	MJ	S	9,30	0,84	560	8,46	1,51%
14/4/11	E	MJ	F	29,25	0,75	1910	28,5	1,49%
13/4/11	K	BM	S	8,88	1,57	654	7,31	1,12%
13/4/11	K	BM	F	16,53	2,13	1170	14,4	1,23%
13/4/11	K	MF	S	18,15	1,65	1240	16,5	1,33%
13/4/11	K	MF	F	40,58	1,38	2510	39,2	1,56%
13/4/11	K	PM	S	3,66	1,25	210	2,41	1,15%
13/4/11	K	PM	F	21,60	1,2	1390	20,4	1,47%
13/4/11	K	MJ	S	19,28	1,38	1310	17,9	1,37%
13/4/11	K	MJ	F	22,84	1,44	1500	21,4	1,43%
24/5/11	F	BM	S	8,19	0,85	406	7,34	1,81%
24/5/11	F	BM	F	6,17	0,61	293	5,56	1,90%
24/5/11	F	MF	S	4,10	0,6	154	3,5	2,27%
24/5/11	F	MF	F	45,95	0,55	2720	45,4	1,67%
24/5/11	F	PM	S	2,31	0,47	107	1,84	1,72%
24/5/11	F	PM	F	5,99	0,47	281	5,52	1,96%
24/5/11	F	MJ	S	1,79	0,61	34	1,18	3,47%
24/5/11	F	MJ	F	11,66	0,46	574	11,2	1,95%
26/5/11	E	BM	S	7,83	0,82	339	7,01	2,07%
26/5/11	E	BM	F	12,84	0,64	719	12,2	1,70%
26/5/11	E	MF	S	4,52	0,66	241	3,86	1,60%
26/5/11	E	MF	F	97,51	0,71	6110	96,8	1,58%
26/5/11	E	PM	S	6,11	0,66	221	5,45	2,47%
26/5/11	E	PM	F	15,23	0,63	810	14,6	1,80%
26/5/11	E	MJ	S	11,58	0,68	586	10,9	1,86%
26/5/11	E	MJ	F	12,14	0,84	527	11,3	2,14%
25/5/11	K	BM	S	15,41	1,21	896	14,2	1,58%

25/5/11	K	BM	F	37,21	1,11	2160	36,1	1,67%
25/5/11	K	MF	S	17,82	1,02	986	16,8	1,70%
25/5/11	K	MF	F	22,84	0,84	1250	22	1,76%
25/5/11	K	PM	S	4,37	0,81	196	3,56	1,82%
25/5/11	K	PM	F	10,22	0,79	611	9,43	1,54%
25/5/11	K	MJ	S	10,39	1,01	542	9,38	1,73%
25/5/11	K	MJ	F	13,54	0,84	707	12,7	1,80%
21/6/11	F	BM	S	6,84	1,39	280	5,45	1,95%
21/6/11	F	BM	F	10,29	1,29	508	9	1,77%
21/6/11	F	MF	S	13,22	1,22	600	12	2,00%
21/6/11	F	MF	F	30,02	1,32	1810	28,7	1,59%
21/6/11	F	PM	S	3,90	1,24	130	2,66	2,05%
21/6/11	F	PM	F	9,63	1,04	364	8,59	2,36%
21/6/11	F	MJ	S	2,94	1,25	110	1,69	1,54%
21/6/11	F	MJ	F	26,40	1,2	1360	25,2	1,85%
23/6/11	E	BM	S	6,29	1,45	239	4,84	2,03%
23/6/11	E	BM	F	17,46	1,86	736	15,6	2,12%
23/6/11	E	MF	S	6,29	1,47	258	4,82	1,87%
23/6/11	E	MF	F	65,67	1,47	3920	64,2	1,64%
23/6/11	E	PM	S	7,49	1,45	324	6,04	1,86%
23/6/11	E	PM	F	8,00	1,23	357	6,77	1,90%
23/6/11	E	MJ	S	9,19	1,31	430	7,88	1,83%
23/6/11	E	MJ	F	18,17	1,27	978	16,9	1,73%
22/6/11	K	BM	S	23,34	1,54	1230	21,8	1,77%
22/6/11	K	BM	F	36,39	1,39	1910	35	1,83%
22/6/11	K	MF	S	40,40	1,6	2080	38,8	1,87%
22/6/11	K	MF	F	62,46	1,46	3890	61	1,57%
22/6/11	K	PM	S	6,41	1,32	285	5,09	1,79%
22/6/11	K	PM	F	52,38	1,38	3010	51	1,69%
22/6/11	K	MJ	S	24,43	1,33	1150	23,1	2,01%
22/6/11	K	MJ	F	19,28	1,28	912	18	1,97%
26/7/11	F	BM	S	2,25	1,3	84	0,95	1,13%
26/7/11	F	BM	F	3,03	1,48	108	1,55	1,44%
26/7/11	F	MF	S	3,66	1,3	104	2,36	2,27%
26/7/11	F	MF	F	14,45	0,95	850	13,5	1,59%
26/7/11	F	PM	S	2,09	1,18	64	0,91	1,42%
26/7/11	F	PM	F	3,04	1,1	131	1,94	1,48%
26/7/11	F	MJ	S	1,94	1,2	51	0,74	1,45%
26/7/11	F	MJ	F	4,87	1,19	228	3,68	1,61%
28/7/11	E	BM	S	5,27	1,53	207	3,74	1,81%
28/7/11	E	BM	F	10,54	1,44	554	9,1	1,64%
28/7/11	E	MF	S	4,74	1,44	172	3,3	1,92%
28/7/11	E	MF	F	29,42	1,42	1553	28	1,80%
28/7/11	E	PM	S	4,45	1,38	172	3,07	1,78%
28/7/11	E	PM	F	10,86	1,42	489	9,44	1,93%
28/7/11	E	MJ	S	10,41	1,37	517	9,04	1,75%
28/7/11	E	MJ	F	18,69	1,39	934	17,3	1,85%
27/7/11	K	BM	S	4,22	1,4	232	2,82	1,22%
27/7/11	K	BM	F	16,19	1,39	985	14,8	1,50%
27/7/11	K	MF	S	16,50	1,3	940	15,2	1,62%
27/7/11	K	MF	F	15,84	1,34	900	14,5	1,61%

27/7/11	K	PM	S	2,78	1,34	127	1,44	1,13%
27/7/11	K	PM	F	10,15	1,32	614	8,83	1,44%
27/7/11	K	MJ	S	10,20	1,33	619	8,87	1,43%
27/7/11	K	MJ	F	14,61	1,31	845	13,3	1,57%
17/8/11	F	BM	S	3,49	0,78	148	2,71	1,83%
17/8/11	F	BM	F	4,63	0,79	176	3,84	2,18%
17/8/11	F	MF	S	10,48	0,48	635	10	1,57%
17/8/11	F	MF	F	14,45	0,55	882	13,9	1,58%
17/8/11	F	PM	S	1,88	0,43	94	1,45	1,54%
17/8/11	F	PM	F	7,40	0,5	474	6,9	1,46%
17/8/11	F	MJ	S	4,19	0,46	230	3,73	1,62%
17/8/11	F	MJ	F	35,02	0,52	2250	34,5	1,53%
19/8/11	E	BM	S	6,78	0,84	339	5,94	1,75%
19/8/11	E	BM	F	20,71	0,71	1180	20	1,69%
19/8/11	E	MF	S	13,78	0,68	780	13,1	1,68%
19/8/11	E	MF	F	20,29	0,59	1160	19,7	1,70%
19/8/11	E	PM	S	2,87	0,66	131	2,21	1,69%
19/8/11	E	PM	F	5,22	0,55	299	4,67	1,56%
19/8/11	E	MJ	S	9,44	0,77	432	8,67	2,01%
19/8/11	E	MJ	F	16,56	0,56	912	16	1,75%
18/8/11	K	BM	S	16,16	1,16	1080	15	1,39%
18/8/11	K	BM	F	33,56	0,96	2130	32,6	1,53%
18/8/11	K	MF	S	33,68	0,78	2180	32,9	1,51%
18/8/11	K	MF	F	149,80	0,8	9010	149	1,65%
18/8/11	K	PM	S	6,27	0,88	328	5,39	1,64%
18/8/11	K	PM	F	37,60	0,7	2430	36,9	1,52%
18/8/11	K	MJ	S	47,79	0,89	3130	46,9	1,50%
18/8/11	K	MJ	F	44,04	0,74	2860	43,3	1,51%
20/9/11	F	BM	S	7,23	0,77	393	6,46	1,64%
20/9/11	F	BM	F	15,13	0,66	989	14,47	1,46%
20/9/11	F	MF	S	2,29	0,69	89	1,6	1,80%
20/9/11	F	MF	F	14,00	0,58	758	13,42	1,77%
20/9/11	F	PM	S	3,19	0,54	135	2,65	1,96%
20/9/11	F	PM	F	11,07	0,56	633	10,51	1,66%
20/9/11	F	MJ	S	1,48	0,58	49	0,9	1,84%
20/9/11	F	MJ	F	5,02	0,53	222	4,49	2,02%
22/9/11	E	BM	S	5,37	1,33	222	4,04	1,82%
22/9/11	E	BM	F	10,92	1,36	475	9,56	2,01%
22/9/11	E	MF	S	3,51	1,33	120	2,18	1,82%
22/9/11	E	MF	F	14,78	1,31	731	13,47	1,84%
22/9/11	E	PM	S	3,88	1,24	166	2,64	1,59%
22/9/11	E	PM	F	6,27	1,2	310	5,07	1,64%
22/9/11	E	MJ	S	3,99	1,23	151	2,76	1,83%
22/9/11	E	MJ	F	7,35	1,24	361	6,11	1,69%
21/9/11	K	BM	S	7,80	1,37	461	6,43	1,39%
21/9/11	K	BM	F	57,26	1,43	3440	55,83	1,62%
21/9/11	K	MF	S	22,56	1,22	1320	21,34	1,62%
21/9/11	K	MF	F	21,45	1,33	1140	20,12	1,76%
21/9/11	K	PM	S	3,17	1,35	114	1,82	1,60%
21/9/11	K	PM	F	8,04	1,31	244	6,73	2,76%
21/9/11	K	MJ	S	4,38	1,31	206	3,07	1,49%

21/9/11	K	MJ	F	16,35	1,32	902	15,03	1,67%
13/10/11	F	BM	S	8,71	1,31	517	7,4	1,43%
13/10/11	F	BM	F	21,37	1,27	1360	20,1	1,48%
13/10/11	F	MF	S	10,80	1,23	580	9,57	1,65%
13/10/11	F	MF	F	13,04	1,24	746	11,8	1,58%
13/10/11	F	PM	S	4,68	1,12	247	3,56	1,44%
13/10/11	F	PM	F	25,49	1,09	1630	24,4	1,50%
13/10/11	F	MJ	S	2,95	1,2	123	1,75	1,42%
13/10/11	F	MJ	F	51,20	1,1	3370	50,1	1,49%
11/10/11	E	BM	S	9,36	1,63	405	7,73	1,91%
11/10/11	E	BM	F	76,82	1,52	4670	75,3	1,61%
11/10/11	E	MF	S	12,26	1,36	724	10,9	1,51%
11/10/11	E	MF	F	45,89	1,39	2860	44,5	1,56%
11/10/11	E	PM	S	6,32	1,28	321	5,04	1,57%
11/10/11	E	PM	F	37,32	1,22	2250	36,1	1,60%
11/10/11	E	MJ	S	8,95	1,3	506	7,65	1,51%
11/10/11	E	MJ	F	98,17	1,37	6290	96,8	1,54%
12/10/11	K	BM	S	15,77	1,37	1000	14,4	1,44%
12/10/11	K	BM	F	189,53	1,53	12300	188	1,53%
12/10/11	K	MF	S	13,94	1,34	776	12,6	1,62%
12/10/11	K	MF	F	211,29	1,29	13400	210	1,57%
12/10/11	K	PM	S	8,71	3,4	386	5,31	1,38%
12/10/11	K	PM	F	87,54	2,14	5550	85,4	1,54%
12/10/11	K	MJ	S	92,58	1,68	5610	90,9	1,62%
12/10/11	K	MJ	F	72,19	1,59	4600	70,6	1,53%
7/11/11	F	BM	S	4,63	1,61	205	3,02	1,47%
7/11/11	F	BM	F	15,97	1,47	976	14,5	1,49%
7/11/11	F	MF	S	5,44	1,37	272	4,07	1,50%
7/11/11	F	MF	F	119,39	1,39	7380	118	1,60%
7/11/11	F	PM	S	6,70	1,23	331	5,47	1,65%
7/11/11	F	PM	F	14,76	1,16	871	13,6	1,56%
7/11/11	F	MJ	S	12,52	1,22	737	11,3	1,53%
7/11/11	F	MJ	F	59,04	1,14	3610	57,9	1,60%
8/11/11	E	BM	S	9,86	1,23	562	8,63	1,54%
8/11/11	E	BM	F	30,80	1,2	1650	29,6	1,79%
8/11/11	E	MF	S	11,77	1,17	693	10,6	1,53%
8/11/11	E	MF	F	74,52	1,22	4710	73,3	1,56%
8/11/11	E	PM	S	6,10	1,18	341	4,92	1,44%
8/11/11	E	PM	F	53,04	1,14	3390	51,9	1,53%
8/11/11	E	MJ	S	14,61	1,21	897	13,4	1,49%
8/11/11	E	MJ	F	51,17	1,17	3150	50	1,59%
9/11/11	K	BM	S	14,27	4,8	664	9,47	1,43%
9/11/11	K	BM	F	45,07	2,27	2760	42,8	1,55%
9/11/11	K	MF	S	32,60	1,7	2060	30,9	1,50%
9/11/11	K	MF	F	72,25	1,25	4630	71	1,53%
9/11/11	K	PM	S	7,08	1,28	428	5,8	1,36%
9/11/11	K	PM	F	77,58	1,28	4610	76,3	1,66%
9/11/11	K	MJ	S	51,49	0,89	3090	50,6	1,64%
9/11/11	K	MJ	F	58,22	1,22	2380	57	2,39%

## 9.3.2. Résultats bruts de mesures de chlorophylle et phaeopigments

Date	Station	Temps Marée	Niveau	Chlo a $\mu\text{g/L}$	Phaeo $\mu\text{g/L}$	Chlo a / COP	Pig/MES ppm	Taux Ca
12/4/11	F	BM	S	<1,1	2			
12/4/11	F	PM	S	2,4	0,7	0,24%	69	0,77
14/4/11	E	BM	S	1,7	2,7	0,04%	13	0,39
14/4/11	E	PM	S	<1,1	<0,8			
13/4/11	K	BM	S	<1,1	2,4			
13/4/11	K	PM	S	<1,1	<0,8			
24/5/11	F	BM	S	2	3,6	0,03%	14	0,36
24/5/11	F	PM	S	5,2	1,1	0,28%	59	0,83
26/5/11	E	BM	S	1,7	2,1	0,02%	11	0,45
26/5/11	E	PM	S	2,6	1,3	0,05%	18	0,67
25/5/11	K	BM	S	1,6	3,4	0,01%	6	0,32
25/5/11	K	PM	S	1,6	1,7	0,04%	17	0,48
21/6/11	F	BM	S	4,57	2,16	0,08%	24	0,68
21/6/11	F	PM	S	6	2,26	0,23%	64	0,73
23/6/11	E	BM	S	1,66	1,6	0,03%	14	0,51
23/6/11	E	PM	S	4,45	2,75	0,07%	22	0,62
22/6/11	K	BM	S	1,32	3,34	0,01%	4	0,28
22/6/11	K	PM	S	2,65	1,84	0,05%	16	0,59
26/7/11	F	BM	S	2	0,9	0,21%	35	0,69
26/7/11	F	PM	S	6,3	<0,2	0,69%		
28/7/11	E	BM	S	1,8	1,4	0,05%	15	0,56
28/7/11	E	PM	S	2,7	1,4	0,09%	24	0,66
27/7/11	K	BM	S	1,3	0,9	0,05%	9	0,59
27/7/11	K	PM	S	0,8	<0,3	0,06%		
17/8/11	F	BM	S	2,7	1,1	0,10%	26	0,71
17/8/11	F	PM	S	3,6	0,6	0,25%	45	0,86
19/8/11	E	BM	S	1,9	1,3	0,03%	9	0,59
19/8/11	E	PM	S	3,7	0,5	0,17%	32	0,88
18/8/11	K	BM	S	1,5	4,4	0,01%	5	0,25
18/8/11	K	PM	S	1,6	1,4	0,03%	9	0,53
20/9/11	F	BM	S	3,4	3,2	0,05%	17	0,52
20/9/11	F	PM	S	5,29	1,35	0,20%		
22/9/11	E	BM	S	1,6	1,6	0,04%	14	0,50
22/9/11	E	PM	S	2,8	1,6	0,11%	27	0,64
21/9/11	K	BM	S	1,3	2,2	0,02%	8	0,37
21/9/11	K	PM	S	1,8	0,9	0,10%	24	0,67
13/10/11	F	BM	S	2,8	2,9	0,04%	11	0,49
13/10/11	F	PM	S	3,6	1,8	0,10%	22	0,67
11/10/11	E	BM	S	2,9	2,8	0,04%	14	0,51
11/10/11	E	PM	S	1,7	1,9	0,03%	11	0,47
12/10/11	K	BM	S	2	4,4	0,01%	6	0,31
12/10/11	K	PM	S	2,3	2,4	0,04%	12	0,49
7/11/11	F	BM	S	0,8	1,2	0,03%	10	0,40

7/11/11	F	PM	S	2,1	2	0,04%	12	0,51
8/11/11	E	BM	S	1,4	2,4	0,02%	7	0,37
8/11/11	E	PM	S	1,2	1,6	0,02%	8	0,43
9/11/11	K	BM	S	2,3	0	0,02%	3	1,00
9/11/11	K	PM	S	1,1	2	0,02%	7	0,35

### 9.3.3. 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	Silicates µmol/L	Bore mg/L
12/4/11	F	BM	S	<0,3	132	5,77	23	92,7	0,77
12/4/11	F	PM	S	<0,3	106	2,57	41	84,8	1,3
14/4/11	E	BM	S	0,3	132	4,37	30	108	0,3
14/4/11	E	PM	S	<0,3	129	3,69	35	102	0,71
13/4/11	K	BM	S	0,4	123	1,43	86	112	<0,1
13/4/11	K	PM	S	<0,3	135	<0,10		107	0,22
24/5/11	F	BM	S	<0,278	108	1,1	98	73	1,2
24/5/11	F	PM	S	<0,278	73,1	0,55	133	52,3	2
26/5/11	E	BM	S	<0,278	120	1,56	77	72,8	0,87
26/5/11	E	PM	S	<0,278	108	1,07	101	65,1	1,2
25/5/11	K	BM	S	<0,278	132	0,5	264	92,8	0,3
25/5/11	K	PM	S	<0,278	126	1,09	116	84	0,67
21/6/11	F	BM	S	<0,28	78,6	0,26	302	56,5	1,3
21/6/11	F	PM	S	<0,28	84,9	0,12	708	63	2,1
23/6/11	E	BM	S	<0,28	128	0,13	985	105	0,84
23/6/11	E	PM	S	<0,28	114	<0,10		92,8	1,2
22/6/11	K	BM	S	<0,28	142	0,2	710	116	0,26
22/6/11	K	PM	S	<0,28	134	0,9	149	110	0,72
26/7/11	F	BM	S	<0,28	102	<0,1		100	1,5
26/7/11	F	PM	S	<0,28	70	<0,1		65,5	2,1
28/7/11	E	BM	S	<0,28	118	<0,1		118,8	0,97
28/7/11	E	PM	S	<0,28	111	0,2	555	104,5	1,3
27/7/11	K	BM	S	<0,28	111	<0,1		124,2	0,42
27/7/11	K	PM	S	<0,28	112	0,15	747	122,8	0,76
17/8/11	F	BM	S	<0,28	93,6	1,56	60	40,2	1,4
17/8/11	F	PM	S	<0,28	71,7	1,23	58	66,2	2,1
19/8/11	E	BM	S	0,5	105	<0,1		118	0,98
19/8/11	E	PM	S	<0,28	96,5	<0,1		81,3	1,5
18/8/11	K	BM	S	<0,28	101	<0,1		130	0,4
18/8/11	K	PM	S	<0,28	111	0,568	195	121	0,88
20/9/11	F	BM	S	0,44	94,2	<0,1		101	1,6
20/9/11	F	PM	S	<0,28	73,7	<0,1		74,3	2,2
22/9/11	E	BM	S	<0,28	112	<0,1		116	1,3
22/9/11	E	PM	S	<0,28	95,6	<0,1		104	1,7
21/9/11	K	BM	S	<0,28	122	<0,1		136	0,53
21/9/11	K	PM	S	<0,28	115	2,43	47	120	1
13/10/11	F	BM	S	<0,28	98,7	2,67	37	104	1,8
13/10/11	F	PM	S	<0,28	73,9	2,27	33	72,5	2,7
11/10/11	E	BM	S	49,3	109	<0,1		121	1,3

11/10/11	E	PM	S	11,8	95,2	<0,1		100	1,9
12/10/11	K	BM	S	0,39	128	<0,1		125	0,58
12/10/11	K	PM	S	<0,28	115	<0,1		123	1,3
7/11/11	F	BM	S	<0,280	106	2,71	39	97,1	1,5
7/11/11	F	PM	S	<0,280	82	2,28	36	70,3	2,2
8/11/11	E	BM	S	<0,280	112	2,39	47	98,2	0,83
8/11/11	E	PM	S	<0,280	106	2,62	40	97,1	1,3
9/11/11	K	BM	S	3,33	62	1,68	37	86,4	<0,10
9/11/11	K	PM	S	<0,280	88	1,92	46	87,6	0,43

## 9.3.4. Contaminants

Date	Station	Temps Marée	Niveau	Hydrazine mg/L	Morpholine mg/L	Ethanolamine mg/L	Agents de surface anioniques (µg/L)
12/4/11	F	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
12/4/11	F	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
14/4/11	E	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
14/4/11	E	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
13/4/11	K	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
13/4/11	K	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
24/5/11	F	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
24/5/11	F	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	20
26/5/11	E	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
26/5/11	E	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
25/5/11	K	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
25/5/11	K	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
21/6/11	F	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
21/6/11	F	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	20
23/6/11	E	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
23/6/11	E	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
22/6/11	K	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
22/6/11	K	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
26/7/11	F	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
26/7/11	F	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	20
28/7/11	E	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
28/7/11	E	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
27/7/11	K	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
27/7/11	K	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
17/8/11	F	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	30
17/8/11	F	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	20
19/8/11	E	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
19/8/11	E	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
18/8/11	K	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
18/8/11	K	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
20/9/11	F	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	60
20/9/11	F	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	50
22/9/11	E	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	50
22/9/11	E	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	40
21/9/11	K	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	30
21/9/11	K	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	30
13/10/11	F	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	30
13/10/11	F	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	30
11/10/11	E	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
11/10/11	E	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
12/10/11	K	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
12/10/11	K	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20
7/11/11	F	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	50
7/11/11	F	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	50

8/11/11	E	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	30
8/11/11	E	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	30
9/11/11	K	BM	S	<0,1	<0,1	<0,1	30
9/11/11	K	PM	S	<0,1	<0,1	<0,1	<20

9.3.5. 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 halo UFC/L
12/4/11	F	BM	S	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
12/4/11	F	PM	S	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
14/4/11	E	BM	S	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
14/4/11	E	PM	S	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
13/4/11	K	BM	S	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
13/4/11	K	PM	S	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
24/5/11	F	BM	S	100	<100	1700	100	300	0	0
24/5/11	F	PM	S	20	30	310	100	0	0	0
26/5/11	E	BM	S	400	<100	2500	1200	0	200	0
26/5/11	E	PM	S	300	4000	1500	2000	200	0	0
25/5/11	K	BM	S	<100	0	100	0	300	<100	0
25/5/11	K	PM	S	<100	0	1800	1200	0	0	0
21/6/11	F	BM	S	400	800	2500	0	0	0	0
21/6/11	F	PM	S	1200	900	700	0	1700	120	0
23/6/11	E	BM	S	100	<100	800	200	0	0	0
23/6/11	E	PM	S	<100	<100	2400	0	0	100	0
22/6/11	K	BM	S	600	<100	3400	600	0	<100	0
22/6/11	K	PM	S	0	200	1800	0	0	0	0
26/7/11	F	BM	S	<100	200	1000	0	0	0	0
26/7/11	F	PM	S	400	100	400	0	0	400	0
28/7/11	E	BM	S	500	400	1000	0	0	<100	0
28/7/11	E	PM	S	200	300	800	0	0	0	0
27/7/11	K	BM	S	600	<100	600	0	0	<100	0
27/7/11	K	PM	S	600	400	1400	0	0	0	0
17/8/11	F	BM	S	1000<Vp <10000	3000	1000<Vv <10000	0	0	0	0
17/8/11	F	PM	S	100<Vp< 1000	2000	1000	0	0	0	0
19/8/11	E	BM	S	1000<Vp <10000	<100	0	0	0	100<Vf <1000	0
19/8/11	E	PM	S	3000	2000	0	0	0	100<Vf <1000	0
18/8/11	K	BM	S	1000<Vp <10000	100<Va <1000	1000<Vv <10000	0	0	100<Vf <1000	0
18/8/11	K	PM	S	5000	100<Va <1000	0	0	0	100<Vf <1000	0
20/9/11	F	BM	S	400	200	1300	0	0	0	0
20/9/11	F	PM	S	400	500	500	0	0	0	0
22/9/11	E	BM	S	200	400	3800	0	0	1700	0
22/9/11	E	PM	S	500	800	900	0	0	1500	0
21/9/11	K	BM	S	500	100	1600	200	0	1200	0
21/9/11	K	PM	S	300	200	200	0	0	300	0
13/10/11	F	BM	S	1100	200	1500	0	0	0	0
13/10/11	F	PM	S	200	200	1400	0	0	400	0
11/10/11	E	BM	S	1200	0	1200	0	0	0	0
11/10/11	E	PM	S	1200	200	1200	0	0	0	0
12/10/11	K	BM	S	<100	1500	6800	0	0	0	0

12/10/11	K	PM	S	700	100	1500	0	0	200	0
7/11/11	F	BM	S	160	90	0	0	0	0	0
7/11/11	F	PM	S	200	700	0	0	0	0	0
8/11/11	E	BM	S	1200	300	0	0	0	0	0
8/11/11	E	PM	S	200	500	0	0	0	0	0
9/11/11	K	BM	S	<100	0	0	0	0	0	0
9/11/11	K	PM	S	<100	200	<100	0	0	0	0

Analyse par filtration : nb de Vibrios en UFC/L (UFL = Unités Formant Colonie)

9.3.6. Tableau synthétique des résultats de dénombrements des *Vibrio* halophiles – méthode milieu solide

**Campagne 2011**

Campagne du	Station E		Station F		Station K	
	Basse mer	Pleine mer	Basse mer	Pleine mer	Basse mer	Pleine mer
<b>Avril</b>	<10	<10	<10	<10	<10	<10
<b>Mai</b>	présence <100 Va 2 500 Vv 1 200 Vc 400 Vp 200 Vf	1 500 Vv 4 000 Va 2 000 Vc 300 Vp 200 Vm	présence <100 Va 100 Vp 100 Vc 300 Vm 1 700 Vv	310 Vv 30 Va 20 Vp 100 Vc	présence <100 Vf présence <100 Vp 600 Vm 100 Vv	présence <100 Vp 1 800 Vv 1 200 Vc
<b>Juin</b>	présence <100 Va 800 Vv 100 Vp 200 Vc	présence <100 Va présence <100 Vp 2 400 Vv 100 Vf	800 Va 2 500 Vv 400 Vp	120 Vf 900 Va 1 700 Vm 700 Vv 1 200 Vp	présence <100 Vf présence <100 Va 3 400 Vv 600 Vp 600 Vc	1 800 Vv 200 Va
<b>Juillet</b>	présence <100 Vf 1 000 Vv 500 Vp 400 Va	800 Vv 300 Va 200 Vp	présence <100 Vp 200 Va 1 000 Vv	400 Vp 400 Vv 400 Vf 100 Va	présence <100 Vf présence <100 Va 600 Vp 600 Vv	1 400 Vv 600 Vp 400 Va
<b>Août</b>	présence <100 Va 100 < Vf < 1 000 1 000 < Vp < 10 000	100 < Vf < 1 000 3 000 Vp 2 000 Va	3 000 Va 1 000 < Vp < 10 000 1 000 < Vv < 10 000	2 000 Va 1 000 Vv 100 < Vp < 1 000	100 < Va < 1 000 100 < Vf < 1 000 1 000 < Vp < 10 000 1 000 < Vv < 10 000	100 < Va < 1 000 100 < Vf < 1 000 5 000 Vp
<b>Septembre</b>	3 800 Vv 1 700 Vf 400 Va 200 Vp	900 Vv 800 Va 500 Vp 1 500 Vf	1 300 Vv 400 Vp 200 Va	500 Va 500 Vv 400 Vp	1 200 Vf 1 600 Vv 500 Vp 200 Vc 100 Va	300 Vp 300 Vf 200 Vv 200 Va
<b>Octobre</b>	1 200 Vv 1 200 Vp	1 200 Vp 1 200 Vv 200 Va	1 500 Vv 1 100 Vp 200 Va	1 400 Vv 400 Vf 200 Vp 200 Va	présence <100 Vp 1 500 Va 6 800 Vv	1 500 Vv 700 Vp 100 Va 200 Vf
<b>Novembre</b>	1 200 Vp 300 Va	500 Va 200 Vp	160 Vp 90 Va	700 Va 200 Vp	présence <100 Vp	présence <100 Vp présence <100 Vv 200 Va

Vp = vibrio parahaemolyticus Va = Vibrio alginolyticus Vv = Vibrio vulnificus Vm = Vibrio mimicus Vc = Vibrio cholerae  
Vf = vibrio fluvialis

Analyse par filtration : nb de Vibrios en UFC/L