

**Laboratoire Environnement Côtier & Ressources Aquacoles  
de Boulogne-sur-Mer**

Alain Lefebvre

Marie Baladou

Juillet 2012

Ifremer/RST/LER.BL/12.04



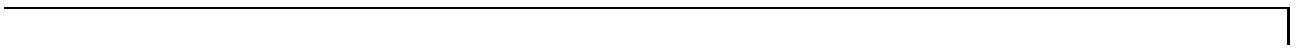
**Ifremer**

---

**SUIVI RÉGIONAL DES NUTRIMENTS SUR LE  
LITTORAL NORD – PAS DE CALAIS / PICARDIE**

Bilan de l'année 2011





<b>Numéro d'identification du rapport</b> : RST.LER.BL/12.04 <b>Diffusion</b> : libre <b>X</b> restreinte interdite  <b>Validé par</b> : LEFEBVRE Alain  <b>Version du document</b> : définitive		<b>Date de publication</b> Juillet 2012 <b>Nombre de pages</b> 177 <b>Bibliographie</b> (Oui / <del>Non</del> )  <b>Illustration(s)</b> (Oui / <del>Non</del> )  <b>Langue du rapport</b> Français
<b>Titre et sous-titre du rapport</b> : Le Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord Pas-de-Calais Picardie. Bilan de l'année 2011 <b>Titre traduit</b> : The regional nutrients monitoring network of the coastal zone of the Nord Pas-de-Calais Picardie Region. Annual report for 2011.		
<b>Auteur(s) principal (aux)</b> :  Lefebvre Alain  Baladou Marie		<b>Organisme / Direction / Service, laboratoire</b>  Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer  Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer
<b>Collaborateur(s)</b> : Blondel C. Duquesne V. Hébert P.		<b>Organisme / Direction / Service, laboratoire</b> Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer
Titre du contrat de recherche : S.R.N.		
Organisme commanditaire : Agence de l'Eau Artois Picardie  Organisme(s) réalisateur(s) : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la mer (Ifremer), Centre Manche Mer du Nord, Laboratoire Environnement & Ressources (LER), Boulogne-sur-Mer.		n° de contrat IFREMER 10/1218468/MF
Responsable scientifique : LEFEBVRE Alain Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer.		
Cadre de la recherche : Suivi Régional des Nutriments Action : A050104 Convention : / Suivi Régional des Nutriments Projet : DESECO Autres (préciser) : / Campagnes en mer : Moyens Nautiques des Services Maritimes des Ports de Boulogne et Calais, du Sport Nautique Valéricain et d'Aquamarine.		

**Résumé :**

Le littoral Nord – Pas de Calais montre de nombreux signes de dysfonctionnements induits principalement par l'activité anthropique. Ces signes se manifestent presque toujours par un déséquilibre des populations qu'elles soient animales ou végétales. En effet, certaines espèces dominent. C'est le cas de la Prymnesiophycée *Phaeocystis sp.*, une algue phytoplanctonique

naturelle qui prolifère tous les ans au printemps. Le cycle de développement de l'espèce semble évoluer depuis quelques années (modification de l'amplitude, de la durée et de l'extension géographique du bloom) et est fortement lié à la dynamique des sels nutritifs comme les nitrates et les phosphates par exemple.

Dans le cadre de l'évaluation de l'influence des apports continentaux en éléments nutritifs sur d'éventuels processus d'eutrophisation du milieu marin, de l'estimation de l'efficacité des stations d'épuration à éliminer de telles substances et afin d'établir un suivi à long terme permettant de suivre l'évolution de la qualité des eaux littorales, le réseau de Suivi Régional des Nutriments (SRN) a été mis en place par l'Ifremer en collaboration avec l'Agence de l'Eau Artois Picardie en 1992. Ce rapport présente les principaux résultats de l'année 2011 en termes d'évolution temporelle des paramètres physico-chimiques et biologiques caractéristiques des masses d'eaux échantillonnées au niveau des points de surveillance de trois radiales situées à Dunkerque, à Boulogne-sur-Mer et en Baie de Somme.

**Abstract :**

The coastal zone of the Nord – Pas de Calais / Picardie showed dysfunctioning patterns of the ecosystem considered to be link to human activities along shores. These results in regular massive development of species, such as the phytoplanktonic seaweed, *Phaeocystis sp.* which life cycle was partly linked to nutrients availability and consequently to anthropogenic inputs. As part of the evaluation of the influence of continental inputs on the marine environment (nitrates, phosphates,...) and on potential eutrophication processes, of the estimation of the efficiency of the sewage treatments plants in the possible elimination of dumpings and in order to establish a long-term survey to follow up the change in coastal waters quality, the regional nutrients monitoring network was implemented by Ifremer in collaboration with the Agence de l'Eau Artois Picardie in 1992. This study reports the main results for the year 2011 in terms of temporal change of the main physico-chemical and biological parameters characteristic of water masses sampled along three transects offshore Dunkerque, Boulogne-sur-Mer and the Bay of Somme.

**Mots-clés :**

Qualité des eaux littorales – Manche Orientale - Surveillance - *Phaeocystis globosa*

**Keywords :**

Coastal waters Quality – Eastern English Channel - Monitoring - *Phaeocystis globosa*



<i>Bilan de l'année 2011.....</i>	<i>1</i>
<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>1. PRÉSENTATION DU SUIVI RÉGIONAL DES NUTRIMENTS</b>	<b>2</b>
<b>1.1. LES RADIALES.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. FRÉQUENCE DES PRÉLÈVEMENTS.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. PRÉLÈVEMENTS EN MER.....</b>	<b>2</b>
<b>1.4. PARAMÈTRES ÉTUDIÉS ET ANALYSES.....</b>	<b>7</b>
<i>1.4.1. Salinité et Température.....</i>	<i>7</i>
<i>1.4.2. Turbidité .....</i>	<i>7</i>
<i>1.4.3. Ammonium .....</i>	<i>7</i>
<i>1.4.4. Nitrate .....</i>	<i>7</i>
<i>1.4.5. Nitrite .....</i>	<i>7</i>
<i>1.4.6. Phosphate .....</i>	<i>8</i>
<i>1.4.7. Silicate .....</i>	<i>8</i>
<i>1.4.8. Matières En Suspension (M.E.S.).....</i>	<i>8</i>
<i>1.4.9. Matière Organique Particulaire (M.O.P.).....</i>	<i>8</i>
<i>1.4.10. Chlorophylle a et phéopigments.....</i>	<i>8</i>
<i>1.4.11. Phytoplancton.....</i>	<i>9</i>
<i>1.4.12. Assurance qualité.....</i>	<i>10</i>
<i>1.4.13. Sonde Ysi.....</i>	<i>10</i>
<i>1.4.14. Interprétation des figures.....</i>	<i>11</i>
<b>2. HYDROLOGIE</b>	<b>14</b>
<b>2.1. DUNKERQUE.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2. BOULOGNESURMER.....</b>	<b>48</b>
<b>2.3. LA BAIE DE SOMME.....</b>	<b>81</b>
<b>3. PHYTOPLANCTON</b>	<b>130</b>
<b>3.1. INTRODUCTION.....</b>	<b>130</b>
<b>3.2. INDICE ÉCOLOGIQUE : INDICE DE SHANNON.....</b>	<b>130</b>
<b>3.3. GENRES TOXIQUES ET TOXICITÉS.....</b>	<b>131</b>
<b>3.4. RÉSULTATS.....</b>	<b>131</b>
<i>3.4.1. Dunkerque.....</i>	<i>131</i>
<i>3.4.2. BoulognesurMer.....</i>	<i>136</i>
<i>3.4.3. Baie de Somme.....</i>	<i>141</i>
<b>4. DISCUSSION</b>	<b>147</b>
<b>CONCLUSIONS &amp; RECOMMANDATIONS</b>	<b>156</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>158</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>163</b>
<b>ANNEXE 1.....</b>	<b>164</b>
<b>ANNEXE 2.....</b>	<b>170</b>
<b>ANNEXE 3.....</b>	<b>176</b>
<b>ANNEXE 4.....</b>	<b>179</b>





## INTRODUCTION

Les zones côtières littorales sont les plus précieuses et les plus vulnérables des habitats sur Terre (Jickells, 1998). Des apports significatifs d'éléments nutritifs majeurs se font via les rivières, les eaux souterraines et l'atmosphère. Ces voies d'apports en éléments nutritifs ont été exacerbées ces dernières décennies par les activités humaines. L'augmentation à long terme des apports azotés (N) et phosphatés (P) d'origine anthropique en zone côtière a trois conséquences potentielles : (1) l'induction d'une augmentation de la production primaire, qui était préalablement N et/ou P limitée, peut conduire à de sévères problèmes d'eutrophisation (Meybeck & Helmer, 1989 ; Smayda, 1990), (2) le déclin des rapports Silice / Azote, qui induit une limitation par le silicate pour les populations de diatomées et tout autre modification de l'équilibre stœchiométrique des éléments majeurs (N, P, Si) (rapports de Redfield, 1963 et de Brzezinski, 1985), va aboutir à des changements de dominance et des modifications d'abondance des espèces phytoplanctoniques (Officer & Ryther, 1980 ; Smayda, 1990), (3) une limitation par le silicate peut perturber la succession phytoplanctonique classique dans les eaux tempérées et peut provoquer un changement de dominance des espèces siliceuses (diatomées) vers les espèces nonsiliceuses (Flagellés) (Billen *et al.*, 1991) avec une possible émergence de nouveaux types d'efflorescence dont les espèces caractéristiques sont parfois toxiques.

De plus, dans le contexte hydrodynamique local (régime mégatidal, présence d'une structure frontale « Le fleuve côtier » (Brylinski & Lagadeuc, 1990), dérive résiduelle des masses d'eau vers la mer du Nord), les apports marins en éléments majeurs ne sont pas négligeables : les apports d'azote inorganique dissous, de phosphate et de silicate de la Manche vers la mer du Nord ont été estimés à  $210.10^3 \text{ t.an}^{-1}$ ,  $41.10^3 \text{ t.an}^{-1}$  et  $270.10^3 \text{ t.an}^{-1}$ , respectivement (Bentley *et al.*, 1993).

Avant 1992, le suivi des nutriments sur le littoral était réalisé épisodiquement par l'intermédiaire du RNO (Réseau National d'Observation) ou du RNC (Réseau National de Contrôle). La nécessité de surveiller plus finement et sur une longue période les variations de concentration en sels nutritifs du milieu littoral a conduit l'Agence de l'Eau Artois Picardie et l'Ifremer à mettre en place, en 1992, le SRN (Suivi Régional des Nutriments) sur la façade du littoral Nord Pas de Calais / Picardie. Les objectifs de ce suivi sont d'évaluer l'influence des apports continentaux sur le milieu marin (sels azotés, phosphates, silicates) et leurs conséquences sur d'éventuels processus d'eutrophisation. Il a pour but également d'estimer l'efficacité des stations d'épuration dans l'éventuelle élimination de tels rejets. L'acquisition régulière des données permet l'établissement d'un suivi à long terme de l'évolution de la qualité des eaux littorales des trois radiales situées au large de Dunkerque, de Boulogne-sur-Mer et de la Baie de Somme.

## 1. Présentation du suivi régional des nutriments

### 1.1. Les radiales

L'échantillonnage est réalisé au niveau de trois systèmes caractéristiques de la Manche Orientale ou de la baie sud de la Mer du Nord : Baie de Somme, BoulognesurMer, Dunkerque (Tableau 1). Les radiales sont constituées de 3 ou 5 points de prélèvements positionnés selon un gradient côtalarge (Figures 1, 2 et 3). La radiale de Dunkerque caractérise un système côtier de faible profondeur où dominant des apports industriels et où la faible pente des bassins versants est responsable d'écoulements continentaux lents (Barbier *et al.*, 1986). La radiale de BoulognesurMer est représentative d'un système côtier sous influence d'une structure frontale générée par les apports de la Baie de Seine (Brylinski & Lagadeuc, 1990) et où dominant des rejets d'origine agricole (Barbier *et al.*, 1986). La radiale de Baie de Somme caractérise un système estuarien où se concentre une activité conchylicole et agricole importante. Ces trois systèmes sont structurés hydrodynamiquement et sédimentairement par un régime mégatidal. Les coordonnées des différentes stations sont précisées dans le tableau 1.

Suite à des modifications au niveau du chenal de navigation en Baie de Somme, un repositionnement du point Mimer a été nécessaire en 2004 (Tableau 1).

### 1.2. Fréquence des prélèvements

Entre les mois de mars et de juin, on observe une prolifération de la prymnesiophycée *Phaeocystis sp.* qui peut représenter une nuisance pour le système marin (Lancelot *et al.*, 1998). L'échantillonnage devient alors bimensuel. En 2011, en raison de conditions météorologiques défavorables et/ou de problèmes techniques ou de disponibilité des moyens nautiques, certaines sorties ont pu être tronquées ; seule la station côtière (point de référence pour la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) et le réseau REPHY) est alors échantillonnée. Le bilan est le suivant (Annexe 1) :

- Pour la radiale de Dunkerque : 12 sorties ont pu être réalisées pour les trois points de prélèvement,
- Pour la radiale de Boulogne-sur-Mer : 17 sorties ont pu être réalisées pour les trois points de prélèvement,
- Pour la radiale de la Baie de Somme : 15 sorties ont pu être réalisées pour le point Atso et 13 aux points Bif, Mimer, Mer 1 et Mer 2.

### 1.3. Prélèvements en mer

Les prélèvements sont effectués en subsurface (-0,5 m à -1 m) à partir d'un bateau et à l'aide d'une perche équipée d'un flacon amovible de 1 litre. L'eau est transvasée directement dans un flacon plastique opaque brun de 1 litre pour les analyses de concentration en chlorophylle *a* et les comptage du phytoplancton ou dans un flacon à usage courant pour les analyses de matières en suspension et de la turbidité. Pour les sels nutritifs, l'eau est préfiltrée (maille de 50 µm) avant d'être transvasée dans un flacon. Pour l'ammonium, l'eau préfiltrée est versée dans un flacon opaque de 100 ml. Ces flacons sont placés en glacière en attendant le retour pour analyse au laboratoire.

**Tableau 1 : Coordonnées des stations sur les trois radiales**

RADIALES STATIONS	DUNKERQUE	BOULOGNE	BAIE DE SOMME
Station 0			<u>Bif</u> Latitude : 50°12'88 N Longitude : 1°35'96 E
Station 1	Latitude : 51°04'30 N Longitude : 2°20'20 E	Latitude : 50°43'90 N au flot Longitude : 1°33'00 E au flot	<u>Mimer</u> Latitude : 50°13'30 N Longitude : 1°32'40 E  <u>Mimer'</u> Latitude : 50°14,121 N Longitude : 1°31,084 E
Station 2		Latitude : 50°43'90 N Longitude : 1°30'90 E	<u>Atso</u> Latitude : 50°14'0 N Longitude : 1°28'50 E
Station 3	Latitude : 51°06'70 N Longitude : 2°17'20 E	Latitude : 50°45'02 N Longitude : 1°27'15 E	<u>Mer 1</u> Latitude : 50°13'60 N Longitude : 1°27'20 E
Station 4	Latitude : 51°09'20 N Longitude : 2°15'10 E		<u>Mer 2</u> Latitude : 50°13'15 N Longitude : 1°26'75 E

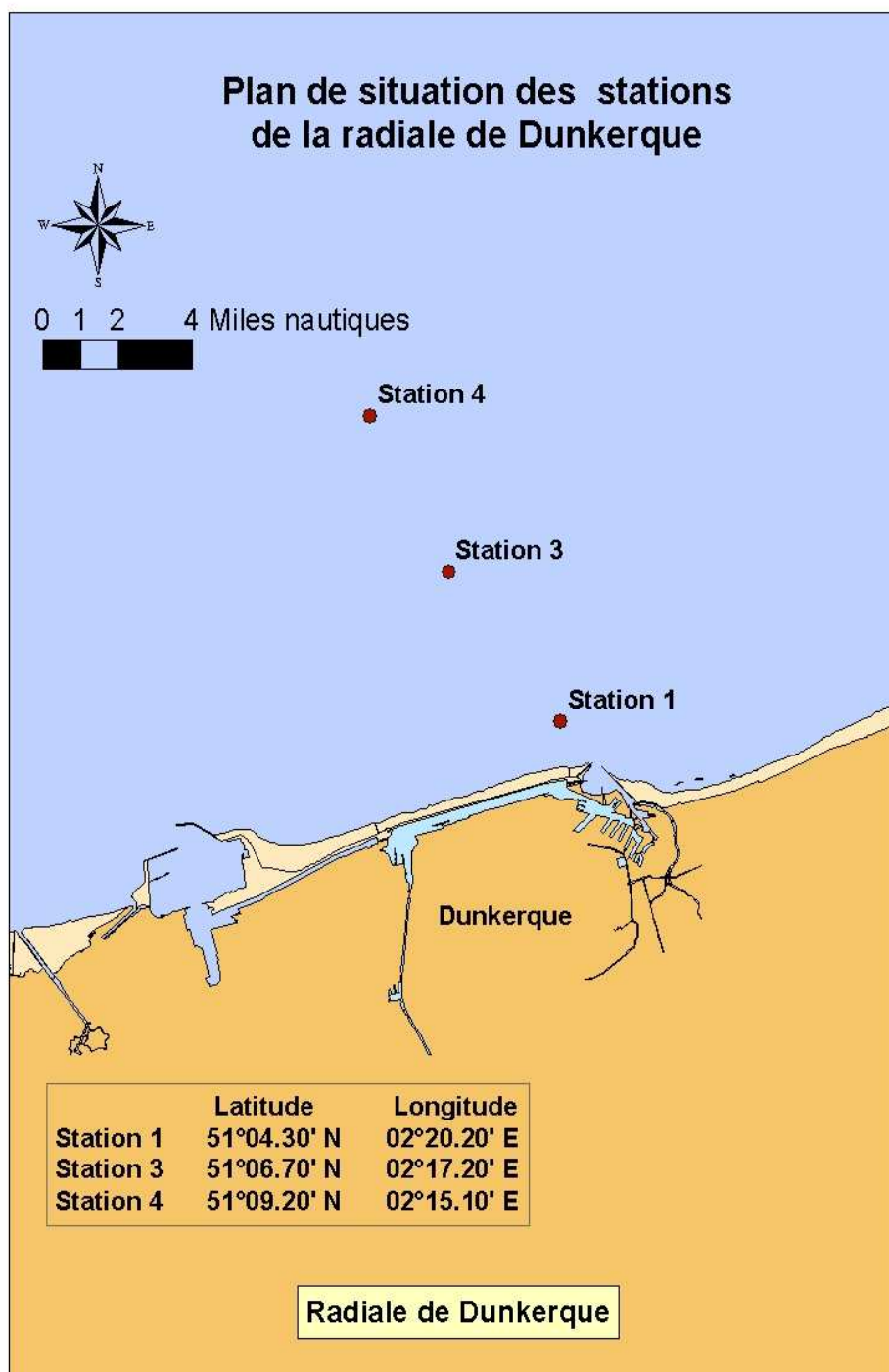


Figure 1. Localisation des points de prélèvements de la radiale de Dunkerque

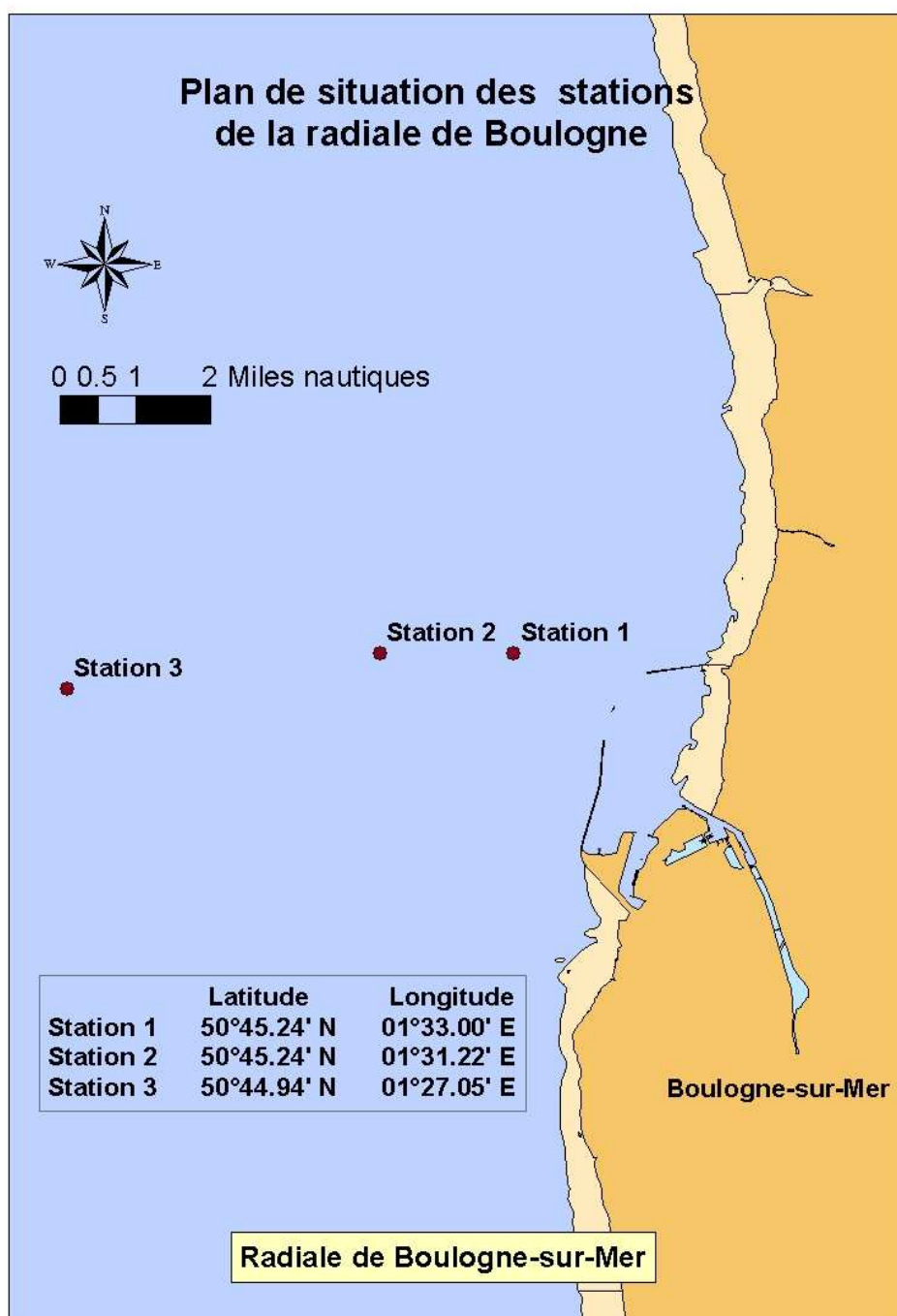


Figure 2. Localisation des points de prélèvements de la radiale de Boulogne-sur-Mer

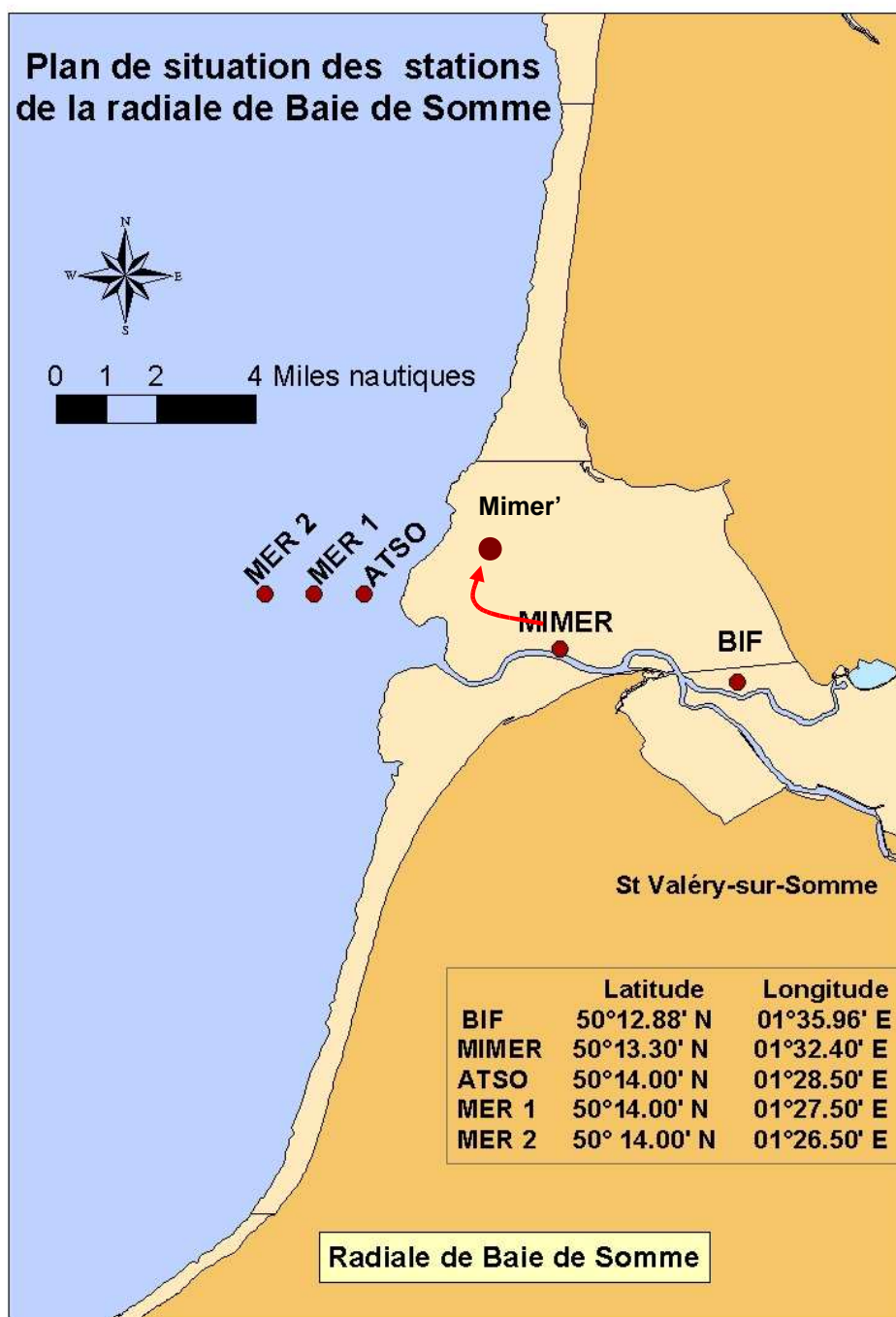


Figure 3. Localisation des points de prélèvements de la radiale de la Baie de Somme

## 1.4. Paramètres étudiés et analyses

Les méthodes d'analyses suivent les procédures décrites dans le manuel des analyses chimiques en milieu marin d'Aminot & Chaussepied (1983), Aminot & Kérouel (2004) et sont effectuées selon la procédure d'assurance de la qualité de l'Ifremer.

### 1.4.1. Salinité et Température

La mesure de la salinité se fait par sonde conductimétrique couplée à une sonde de température.

Le résultat est exprimé en Practical Salinity Unit (P.S.U.). L'UNESCO recommande l'utilisation de l'échelle de salinité comme un rapport sans préciser de dimension ou d'unité. Les notations p.p.t., ‰, g. kg<sup>-1</sup> ne sont plus utilisées et il n'est pas correct de préciser P.S.U. après le nombre (Anonyme, 1985). La plage de mesure se situe entre 0,0 et 42,0 avec une précision de  $\pm 0,1$  entre 5 et 25°C.

En ce qui concerne la température, la plage de mesure se situe entre 5,0 et 99,9°C (précision  $\pm 0,1$ °C).

### 1.4.2. Turbidité

La méthode utilisée est une mesure par néphélométrie. Elle consiste à mesurer la quantité de lumière diffusée à 90° par rapport à la lumière incidente. La turbidité est exprimée en Nephelometric Turbidity Unit (N.T.U.).

### 1.4.3. Ammonium

Le dosage est effectué selon la méthode de Koroleff (1969).

Ce dosage permet de déterminer la totalité de l'azote ammoniacal. Après l'addition d'hypochlorite en milieu basique, il y a une formation de monochloramine. Cette monochloramine réagit avec le phénol pour donner du bleu d'indophénol possédant un maximum d'absorption à 630 nm. La réaction est catalysée par le nitroprussiate.

La mesure de concentration se fait par lecture au spectrophotomètre avec une relation Densité Optique (DO) / concentration selon une courbe de calibration réalisée à chaque série de mesures. La concentration d'ammonium est exprimée en  $\mu\text{mol/L}$ . Le seuil de détection de l'appareil est de 0,15  $\mu\text{mol/L}$ .

### 1.4.4. Nitrate

Après réduction des ions nitrates en ions nitrites, par passage sur une colonne au cadmium, la méthode appliquée est la méthode de Bendschneider & Robinson (1952).

Les ions nitrites forment un complexe diazoïque avec la sulfanilamide en milieu acide. Ce complexe réagit avec le Nnaphtyl éthylène diamine pour former un complexe coloré rose ayant un maximum d'absorption à 543 nm.

La mesure de concentration se fait par lecture au spectrophotomètre avec une relation Densité Optique (DO) / concentration selon une courbe de calibration réalisée à chaque série de mesures.

La concentration en nitrate est exprimée en  $\mu\text{mol/L}$ . Le seuil de détection est de 0,15  $\mu\text{mol/L}$ .

### 1.4.5. Nitrite

Le dosage est effectué selon la méthode de Bendschneider & Robinson (1952).

Les ions nitrites forment un complexe diazoïque avec la sulfanilamide en milieu acide. Ce complexe réagit avec le Nnaphtyl éthylène diamine pour former un complexe coloré rose ayant un maximum d'absorption à 543 nm. La mesure de concentration se fait par lecture au spectrophotomètre avec une relation Densité Optique (DO) / concentration selon une courbe de calibration réalisée à chaque série de mesures.

La concentration en nitrite est exprimée en  $\mu\text{mol/L}$ . Le seuil de détection est de  $0,05 \mu\text{mol/L}$ .

#### 1.4.6. Phosphate

Le dosage est effectué selon la méthode de Murphy & Riley (1962).

Ce dosage permet de déterminer les ions orthophosphates dissous dans l'eau de mer. Les ions phosphates réagissent avec le molybdate d'ammonium, en présence d'antimoine, pour former un complexe que l'on réduit par ajout d'acide ascorbique. Cette forme réduite, de coloration bleue, a un maximum d'absorption à 885 nm.

La mesure de concentration se fait par lecture au spectrophotomètre avec une relation Densité Optique (DO) / concentration selon une courbe de calibration réalisée à chaque série de mesures.

La concentration en phosphate est exprimée en  $\mu\text{mol/L}$ . Le seuil de détection est de  $0,05 \mu\text{mol/L}$ .

#### 1.4.7. Silicate

Le dosage est réalisé selon la méthode de Mullin & Riley (1955) adaptée par Strickland & Parsons (1972).

Ce dosage permet de déterminer le silicium dissous réactif. Le silicium réactif forme un complexe silicomolybdique qui, par ajout d'un mélange réducteur, donne une coloration bleue intense. Ce complexe a un maximum d'absorption à 810 nm.

La mesure de concentration se fait par lecture au spectrophotomètre avec une relation Densité Optique (DO) / concentration selon une courbe de calibration réalisée à chaque série de mesures.

La concentration en silicate est exprimée en  $\mu\text{mol/L}$ . Le seuil de détection est de  $0,1 \mu\text{mol/L}$ .

#### 1.4.8. Matières En Suspension (M.E.S.)

La filtration de l'échantillon sur une membrane filtrante permet de récupérer la matière vivante ou morte de taille supérieure à  $0,45 \mu\text{g}$  contenue dans l'échantillon, sel de l'eau de mer exclu (le filtre est rincé pour éliminer l'excès de sel).

Par séchage à l'étuve ( $70 \text{ }^\circ\text{C}$ ) de la matière totale pendant 2 heures, puis par différence de pesée (avant et après séchage), le poids sec de la matière totale est déterminé. Les M.E.S. sont exprimées en  $\text{mg/L}$ .

#### 1.4.9. Matière Organique Particulaire (M.O.P.)

Le filtre préalablement traité pour la détermination des quantités de matières en suspension (paragraphe 1.4.8) est mis au four à moufle ( $450 \text{ }^\circ\text{C}$ ) pendant 1 heure.

Le résultat de la différence de pesée avant / après passage au four permet l'estimation de la part de matière minérale (M.M.) dans l'échantillon. La quantité de M.O.P. est représentée par la différence entre M.E.S. et M.M.. La M.O.P. est exprimée en  $\text{mg/L}$ .

#### 1.4.10. Chlorophylle a et phéopigments

La méthode de Lorenzen (1967) est appliquée pour définir les concentrations en chlorophylle *a* et en phéopigments qui sont respectivement des indicateurs de la biomasse et de la quantité phytoplanctonique. Par filtration sur membrane (filtre Whatman GF/C de 47 mm), le matériel particulaire est concentré. Les pigments sont ensuite extraits dans un solvant (acétone à 90%). Après centrifugation de 20 minutes à  $6000 \text{ tr.mn}^{-1}$ , l'absorbance du surnageant est mesurée par spectrophotométrie à 665 et 750 nm, ce qui permet d'obtenir le



taux de chlorophylle *a* (son pic d'absorbance se situe à 665 nm). Le surnageant est acidifié (par de l'acide chlorhydrique) et la quantité de phéopigments est alors déterminée en mesurant l'absorbance aux mêmes longueurs d'onde.

Les concentrations des deux paramètres sont exprimées en  $\mu\text{g/L}$  ou  $\text{mg/m}^3$  (précision  $\pm 0,01$ ). Les seuils de détection sont respectivement de  $0,04 \mu\text{g/L}$  et de  $0,02 \mu\text{g/L}$  pour la chlorophylle *a* et les phéopigments. Dans ce document, le taux de phéopigments est exprimé en pourcentage de chlorophylle active.

#### 1.4.11. Phytoplancton

##### 1.4.11.1 Observation en microscopie inversée

La procédure utilisée est celle recommandée par Belin (2001) (Méthode Utermohl 322/89-CSRU/BCM) dans le cadre des réseaux de surveillance phytoplanctonique de l'Ifremer. Les observations sont faites le plus vite possible, au moins pour les espèces cibles, et sur les deux types d'échantillons : vivants et fixés.

Les méthodes de fixation seront différentes suivant que l'observation est faite immédiatement après le prélèvement ou bien décalée dans le temps.

Fixation pour observation immédiate (dans la journée) : la fixation se fait au lugol (2,5 ml par litre). La solution mère de lugol est à conserver à l'obscurité, la durée de vie en flacon brun est limitée à quelques mois.

Fixation pour observation décalée (lendemain) : après le lugol, ajout de formol pour conservation des formes fragiles.

Fixation pour conservation de l'échantillon : après observation, la conservation prolongée de l'échantillon est possible en ajoutant du formol.

L'observation se fait dans une cuve à sédimentation de 10 ml avec un grossissement adéquat. Le temps de décantation minimum est 6 heures (au bout de 2 heures environ, 80 % des espèces sont déjà sur le fond de la cuve).

Pour la lecture, lorsqu'aucune espèce n'est à priori véritablement dominante, la cuve est parcourue entièrement. Dans le cas où une ou plusieurs espèces apparaîtraient très dominantes, un souséchantillonnage est réalisé. Il consiste en une numération sur les diamètres de la cuve ou des champs choisis de manière aléatoire dans la cuve. Un coefficient multiplicateur permet d'estimer le nombre de cellules phytoplanctoniques observées en fonction du grossissement, du nombre de diamètres ou de champs observés. Le résultat est extrapolé à un volume de 1 litre (résultat en nombre de cellules par litre).

##### 1.4.11.2 Lecture des graphes

En 2011, les graphes flores totales et taxons dominants ont été largement modifiés.

La **biomasse** est représentée par un graphe par point des concentrations en chlorophylle *a* sur 5 ans. Les résultats de l'année (n-1) en bleu sont superposés aux résultats des 4 années précédentes en gris.

L'**abondance** est représentée par un graphe par point de la somme des taxons dénombrés dans les flores totales sur 5 ans. Les résultats de l'année (n-1) en vert sont superposés aux résultats des 4 années précédentes en gris.

La **composition** est représentée par des graphes par taxon sur l'année (n-1). La dominance des taxons est estimée en fonction de l'importance qu'occupe le taxon dans l'échantillon. On calcule la proportion du taxon dans l'échantillon par rapport à l'abondance totale, puis la somme des proportions d'un taxon a été calculée sur l'ensemble des échantillons de l'année. Le taxon a un score d'autant plus élevé qu'il est souvent présent et qu'il atteint des concentrations élevées.

#### 1.4.12. Assurance qualité

L'ensemble des analyses réalisées au laboratoire LER du centre Ifremer Manche mer du Nord de Boulogne-sur-Mer se fait sous Assurance Qualité (Plan qualité physicochimie du 01/07/2000 et plan qualité métrologie du 23/07/2002). De plus, le laboratoire est impliqué dans le Programme d'Inter Comparaison QUASIMEME (Quality ASSurance for Information from Marine Environmental Monitoring in Europe) pour les sels nutritifs.

#### 1.4.13. Sonde Ysi

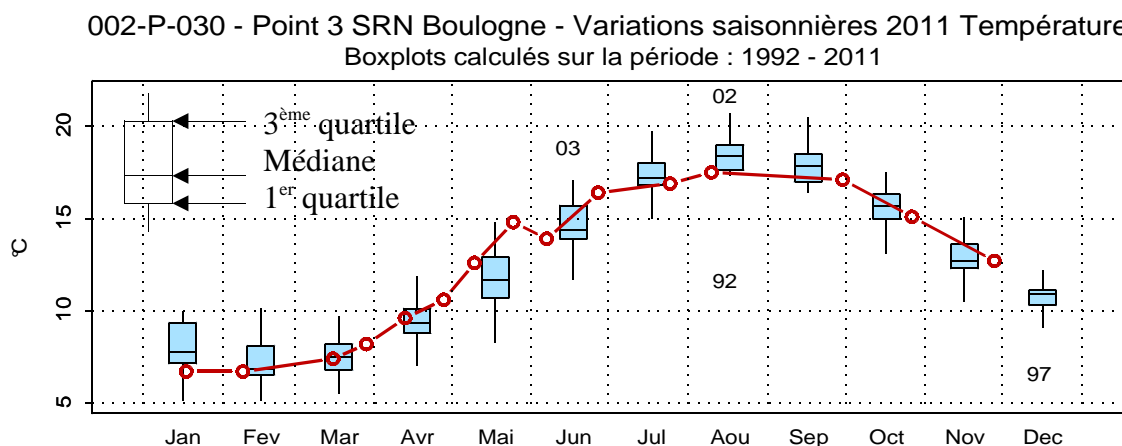
Lors des campagnes de prélèvement, la sonde Ysi 6600 V2 a été utilisée afin de caractériser la structure verticale des masses d'eaux des différents sites. La sonde Ysi est très complète pour les longues surveillances ainsi que pour les profils. En effet, dotée d'une autonomie assez importante (jusqu'à 75 jours), elle permet la mesure des divers paramètres présentés ci-dessous. La concentration de chlorophylle et la turbidité sont mesurées par des capteurs autonettoyants non affectés par les variations de la lumière ambiante.

*Tableau récapitulatif des paramètres acquis par la sonde Ysi 6600 V2*

<b>Paramètres</b>	<b>Unités</b>	<b>Plage</b>	<b>Résolution</b>	<b>Précision</b>
<b>Température</b>	Degrés Celsius (°C)	-5°C à +45°C	0,01 °C	± 0,15 °C
<b>Conductivité</b>	mS / cm	0 à 100 mS/cm	0,001 à 0,1 mS/cm	± 0,5 % de la lecture +0,001 mS/cm
<b>Salinité</b>		0 à 70	0,01	± 1 % de la lecture ou 0,1
<b>Oxygène dissous</b>	% saturation	0 à 500 %	0,1 %	0 à 200% : ± 2 % de la lecture 200 à 500% : ± 6 % de la lecture
<b>Oxygène dissous</b>	mg / L	0 à 50 mg/L	0,01 mg/L	0 à 20 mg/L : ± 2 % de la lecture 200 à 500 mg/L : ± 6 % de la lecture
<b>pH</b>	Unités de pH	0 à 14 unités	0,01 unités	± 0,2 unités
<b>Turbidité</b>	N.T.U.	0 à 1000 N.T.U.	0,1 N.T.U.	± 5 % de la lecture ou 2 N.T.U.
<b>Chlorophylle</b>	µg / L	0 à 400 µg/L	0,1 µg/L	
<b>Profondeurs</b>	Mètres (m)	0-200 m	0,001 m	De 0 à 9 m : ± 0,02 m De 0 à 60 m : ± 0,12 m De 0 à 200 m : ± 0,3 m

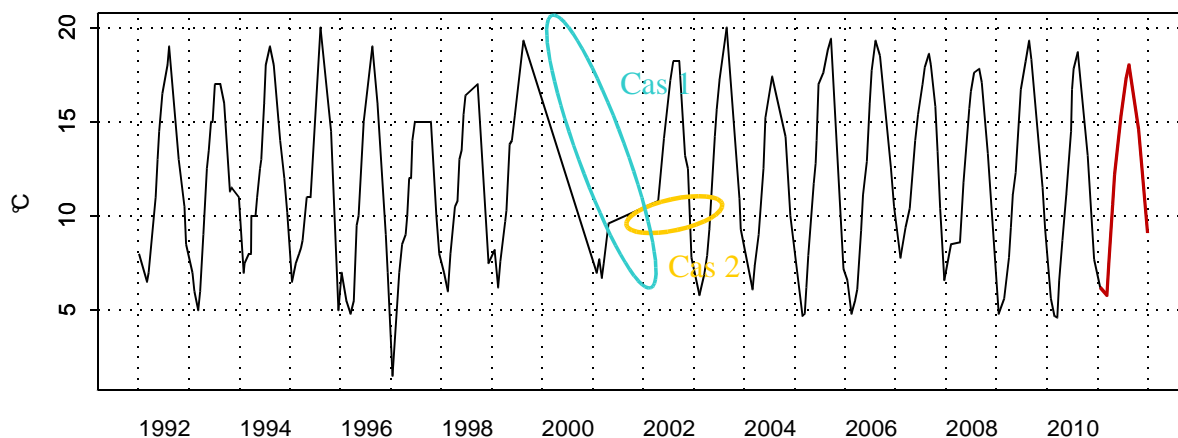
#### 1.4.14. Interprétation des figures

Les paramètres hydrologiques sont représentés par deux types de graphiques. D'abord, les boîtes de dispersion permettent de visualiser les variations saisonnières intégrées sur toute la période 1992 – N-1 (1992-2011 pour l'exemple ci-dessous). Elles représentent les paramètres de tendance centrale et de dispersion des valeurs pour chaque mois pour l'ensemble de la période considérée. Les valeurs extrêmement faibles ou fortes sont indiquées par le chiffre de l'année lors de laquelle le phénomène s'est produit (exemple : au mois d'août 1992, la valeur de la température fut exceptionnellement basse au point 3 (Boulogne-sur-Mer)). L'évolution du paramètre lors de l'année N (2011, dans cet exemple) est représentée par la courbe rouge.

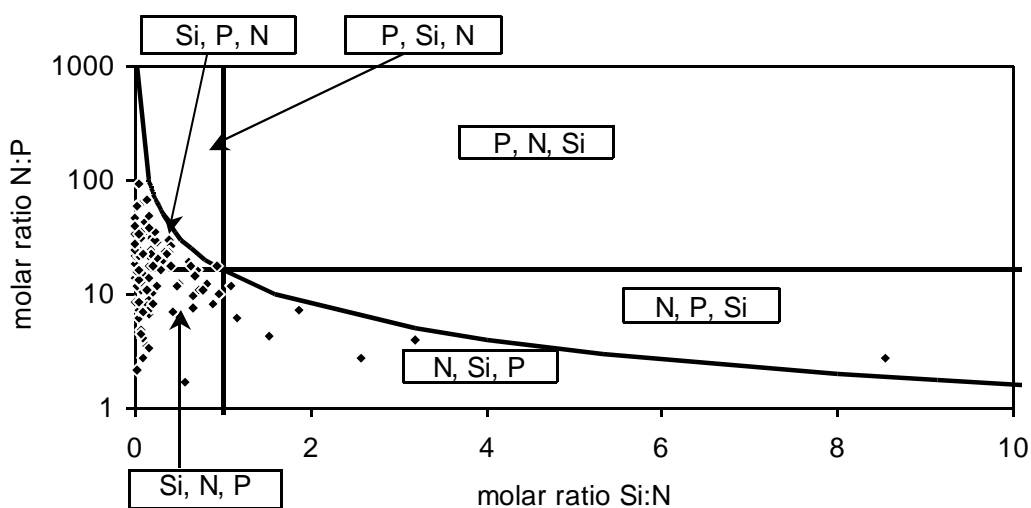


Le deuxième type de graphique illustre l'évolution du paramètre considéré à long terme, de 1992 à 2011. Les valeurs de l'année étudiée sont figurées en rouge. Attention : lors de l'absence de données sur un graphique, les points sont reliés par un trait, ce qui peut être trompeur quant à l'interprétation de l'évolution du cycle à long terme (exemples : cas 1 → forte chute due à l'absence de données entre le début de l'hiver 1999 et le milieu de l'hiver 2001, et cas 2 → période apparemment stable en raison de l'absence de données du printemps 2001 au printemps 2002).

001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Température



Le troisième type de graphique met en évidence les rapports stoechiométriques N/P, Si/N et Si/P qui ont été calculés pour chaque date de prélèvements et pour chaque point. Les résultats sont représentés par mois et un groupement a été réalisé sur la base du découpage proposé par la directive cadre sur l'eau (DCE - 2000/60/CE), c'est-à-dire en distinguant la période productrice (mars à octobre) de la période non productrice (novembre à février).



Les rapports Si/N ou N/P sont calculés afin d'aborder la notion de limitation potentielle de la production de biomasse par les nutriments. En effet, selon *Redfield & al. (1963)* et *Brzezinski (1985)*, la composition élémentaire du phytoplancton en carbone : azote : silice : phosphore (C : N : Si : P) est proche de 106 : 16 : 16 : 1.

Le rapport N/P dans le phytoplancton serait donc égal à 16 et le rapport Si/N serait égal à 1. Il est généralement accepté que le rapport molaire entre l'azote et le phosphore (N/P) dans l'eau de mer est approximativement le même que dans le phytoplancton, ce qui permet alors une croissance « optimale » du phytoplancton. Si le rapport N/P est inférieur à 16, l'azote est alors potentiellement en carence dans le milieu et la croissance du phytoplancton peut alors être limitée. Inversement, si le rapport N/P est supérieur à 16, le phosphore est alors potentiellement limitant pour la croissance du phytoplancton. De même, si le rapport Si/N est inférieur à 1, le silicate est alors potentiellement

en carence dans le milieu et la croissance du phytoplancton (les diatomées) peut alors être limitée. Au contraire, si le rapport Si/N est supérieur à 1, l'azote est alors potentiellement en carence dans le milieu et la croissance du phytoplancton peut alors être limitée.

Le graphique (exemple) ci-dessus illustre l'évolution des rapports N/P et Si/N. En fonction des valeurs des ratios, les points se retrouvent de part et d'autre des courbes seuils (valeurs de 16 et 1), ce qui permet ensuite de signaler la limitation de tel ou tel nutriment.

Pour certains paramètres, les caractéristiques de tendance centrale et de dispersion sur la période 1992-2011 sont synthétisées dans un tableau. Les abréviations utilisées sont les suivantes :

**Min** : minimum

**Q1** : premier quartile

**Moy** : moyenne

**Med** : médiane

**Q3** : troisième quartile

**Max** : maximum

**n** : nombre de données

## 2. Hydrologie

### 2.1. Dunkerque

La courbe de température indique une dynamique classique (Figures 4, 5 et 6) avec de faibles valeurs au début de cycle (de janvier à mars) et fin de cycle (novembre à décembre).

En 2011, les minima sont enregistrés lors du mois de mars (avec 5,4 °C à 5,9 °C du point côtier au point du large, 1 à 4). A partir du mois d'avril, la température va augmenter pour atteindre son maximum au mois d'août (18,5 °C à 17,8 °C des points 1 à 4) (Annexe 2).

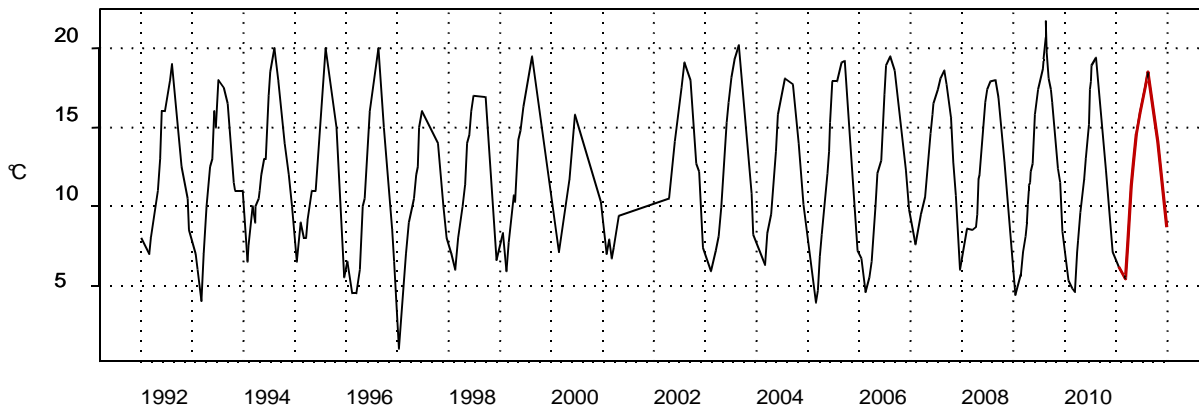
Il existe un faible gradient de température entre la côte et le large. Ce gradient varie de -1 °C à 0,5 °C. Le gradient est négatif ou nul au printemps et en été (eaux côtières plus chaudes) et devient positif en hiver.

Par rapport à la série de données acquises depuis 1992, les températures de 2011 sont particulièrement faibles de janvier à mars et de juillet à août. (Figure 4, 5 et 6).

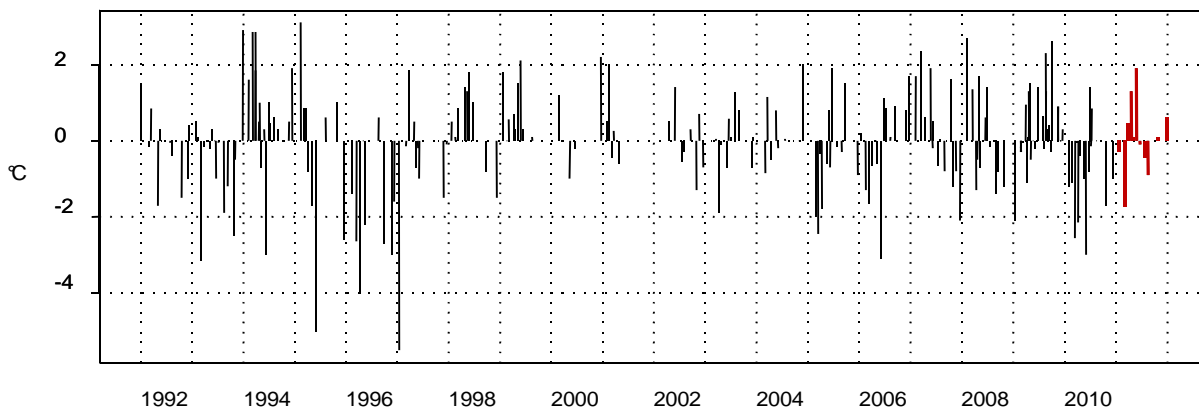
**Tableau 2. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour les différents points de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011**

	<b>Min</b>	<b>Q1</b>	<b>Moy</b>	<b>Med</b>	<b>Q3</b>	<b>Max</b>	<b>n</b>
<b>DK1</b>	1,00	8,00	11,98	11,50	16,00	21,70	245
<b>DK3</b>	1,50	7,80	11,61	11,00	15,30	20,00	209
<b>DK4</b>	2,00	8,00	11,70	11,05	15,06	22,00	200

001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque -



001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Anomalies  
Méthode de calcul des anomalies : médiane



001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2011  
Boxplots calculés sur la période : 1992

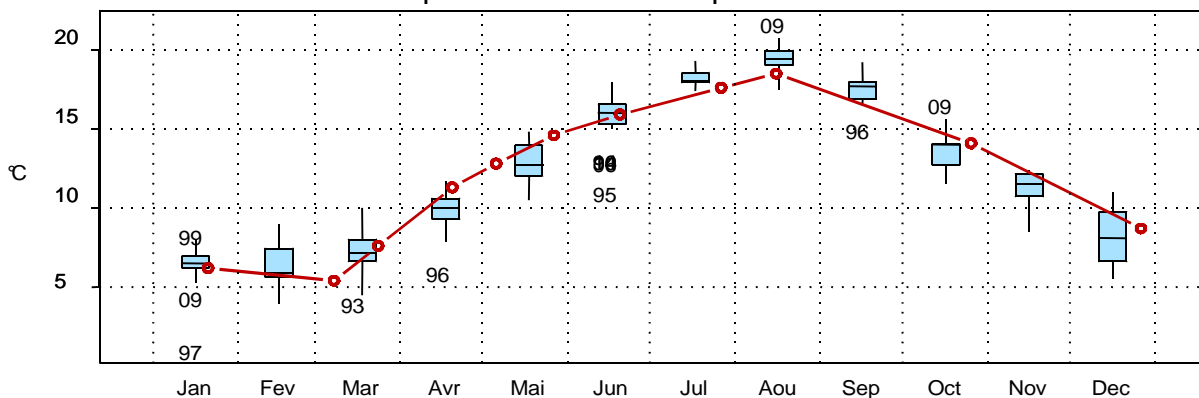
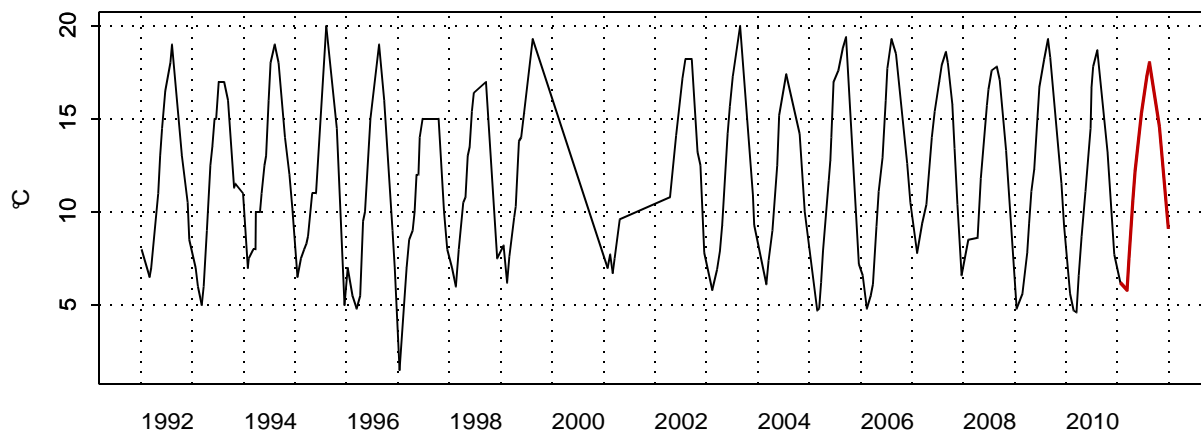
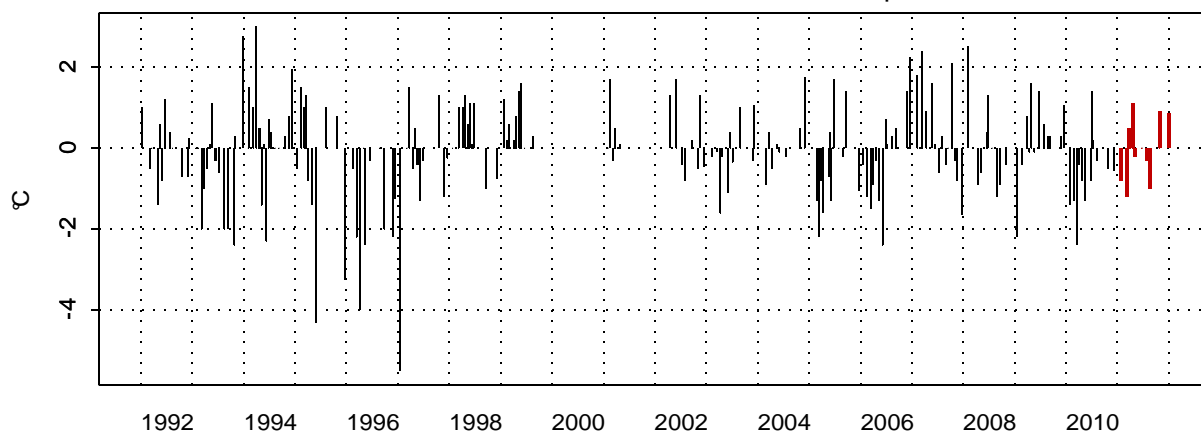


Figure 4. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque (1992-2011)

001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Température



001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Anomalies Température  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2011 Température  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

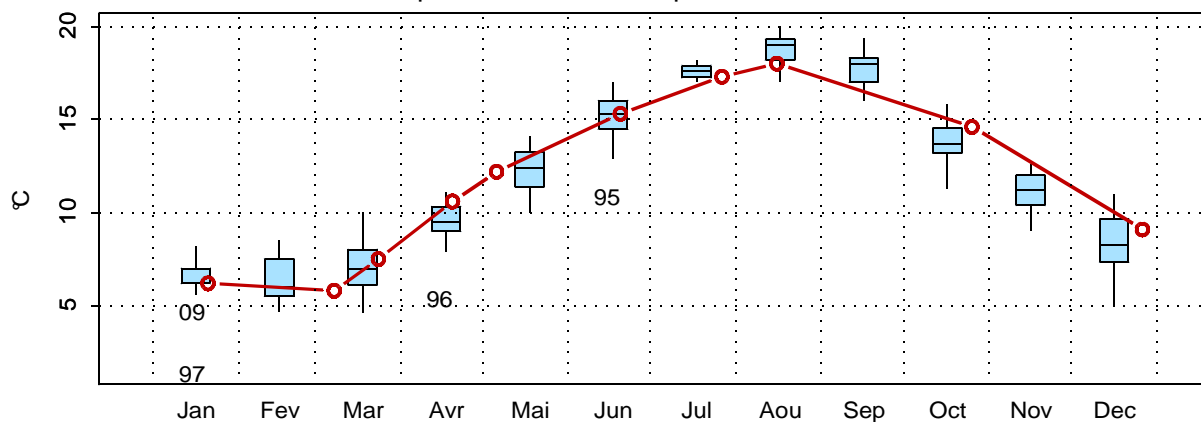
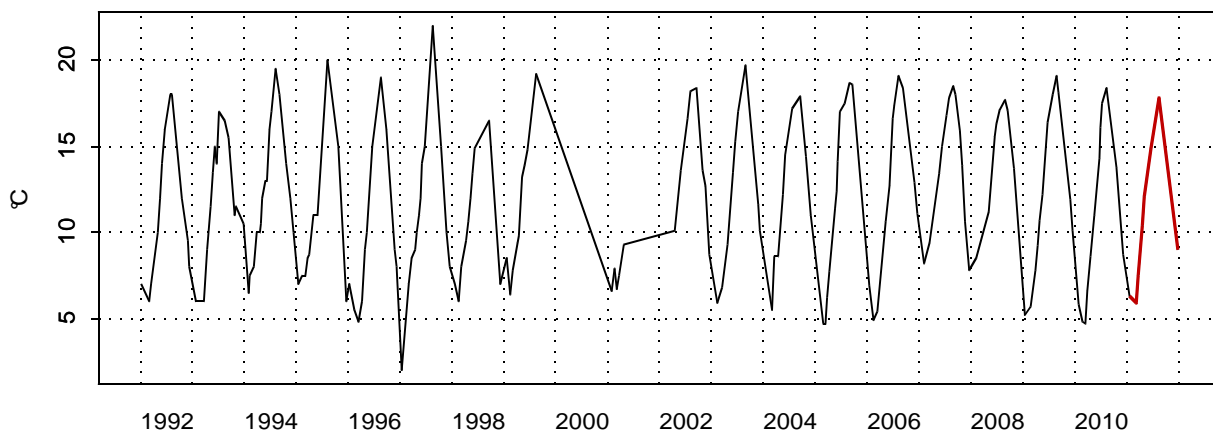


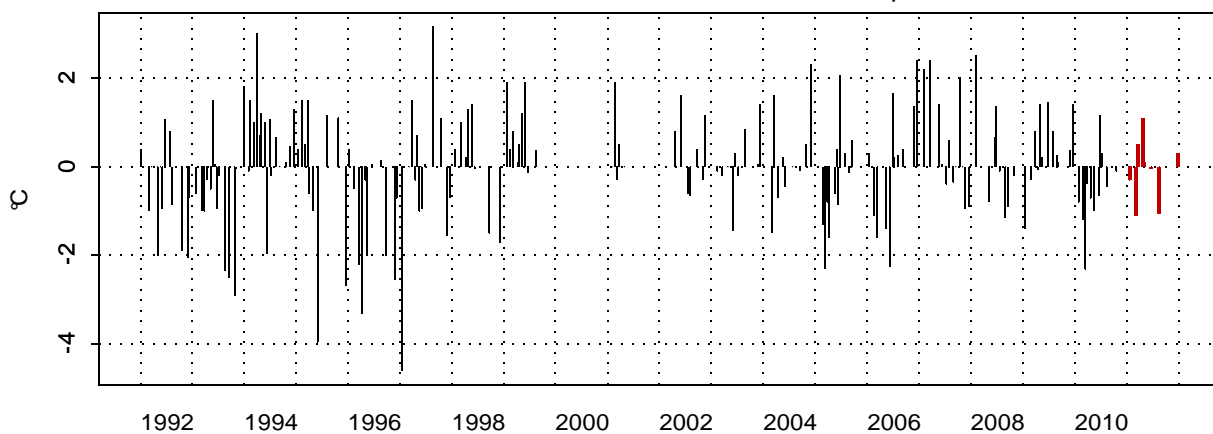
Figure 5. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque (1992-2011)



001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Température



001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Anomalies Température  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2011 Température  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

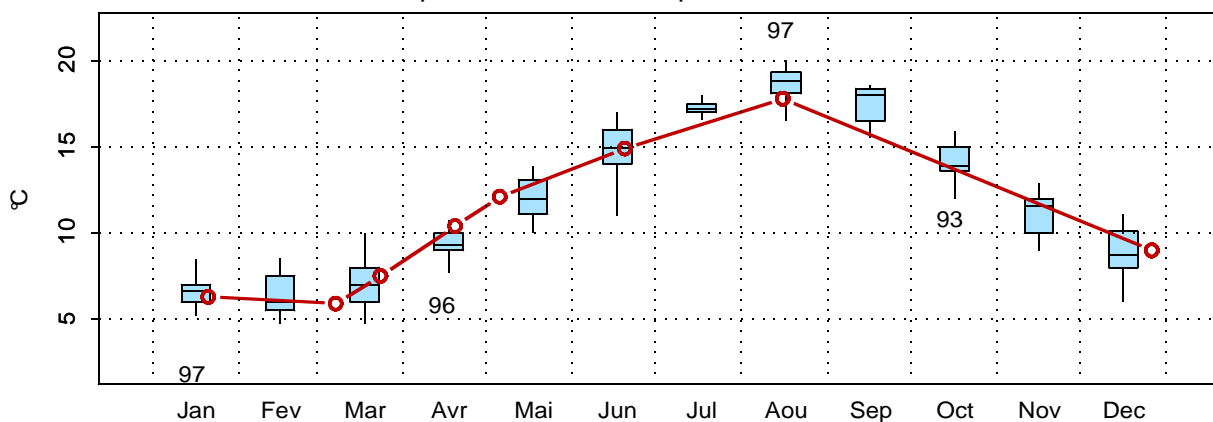
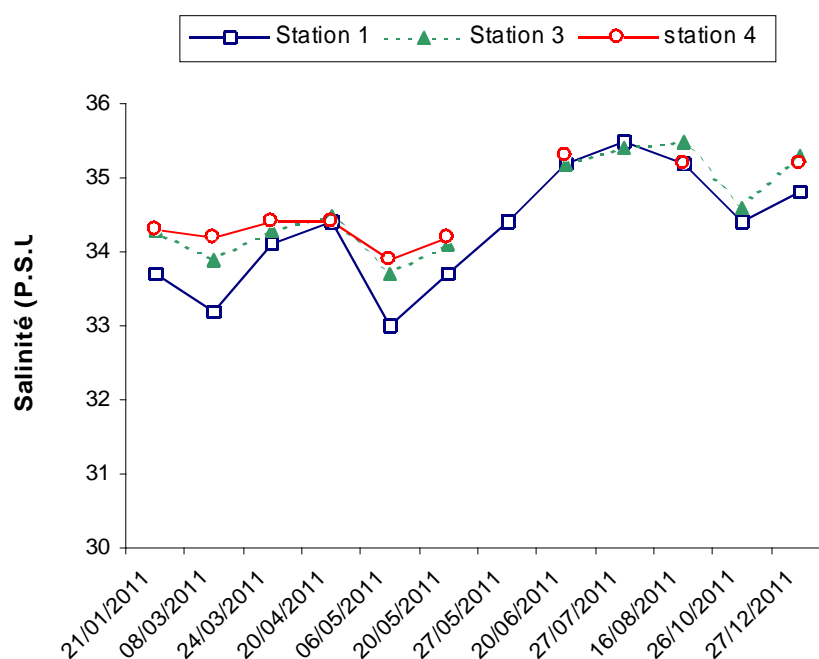


Figure 6. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque (1992-2011)

La salinité est caractéristique d'un système marin côtier (Figure 7). Elle est comprise entre 33 et 35,5 au point 1, entre 33,7 et 35,5 au point 3 et entre 33,9 et 35,3 au point 4.

Les fluctuations observées sont le reflet à la fois de conditions de prélèvements différentes (horaires des marées) (Annexe 1) et de situations environnementales différentes (météorologie, courantologie) qui ne peuvent être appréhendées à cette échelle d'observation.

Le gradient côtalarge de salinité est compris entre 0 et 1.



**Figure 7. Évolution temporelle de la salinité (P.S.U.) sur la radiale de Dunkerque en 2011**

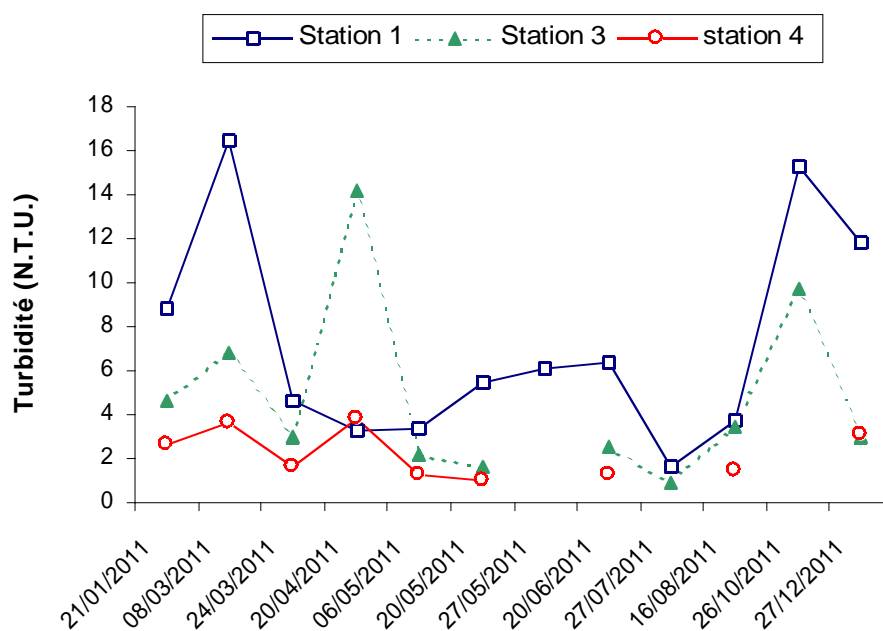
L'évolution de la turbidité est relativement comparable à celle des matières en suspension (M.E.S.) (Figures 8 et 9).

Généralement, le minimum est mesuré pendant la période estivale et le maximum a eu lieu au début et à la fin du cycle (périodes hivernale et automnale). Cependant, quelques mesures ont été observées en dehors de ce schéma classique. Ces évènements s'expliquent par une réponse du milieu aux conditions courantologiques et/ou météorologiques à une échelle de temps inférieure à celle de la fréquence d'échantillonnage du SRN, ce qui en fait des épisodes isolés avec des valeurs semblant aberrantes ou extrêmes. Par exemple, la turbidité a été particulièrement élevée au mois d'avril pour le point 3 (14,2 N.T.U.).

La turbidité est maximale au point 1 (16,5 N.T.U.) le 08/03, et minimale le 27/07 au point 3 (0,912 N.T.U.).

Le maximum et le minimum de M.E.S. sont mesurés respectivement au point 1 (46,0 mg/L) le 27/12 et au point 4 le 20/05 (1,60 mg/L).

Les différences de turbidité et de M.E.S. entre la côte et le large sont comprises respectivement entre -12,9 et 0,5 N.T.U. et entre -29,6 mg/L et -0,4 mg/L (Annexe 2).



**Figure 8. Évolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de Dunkerque en 2011**

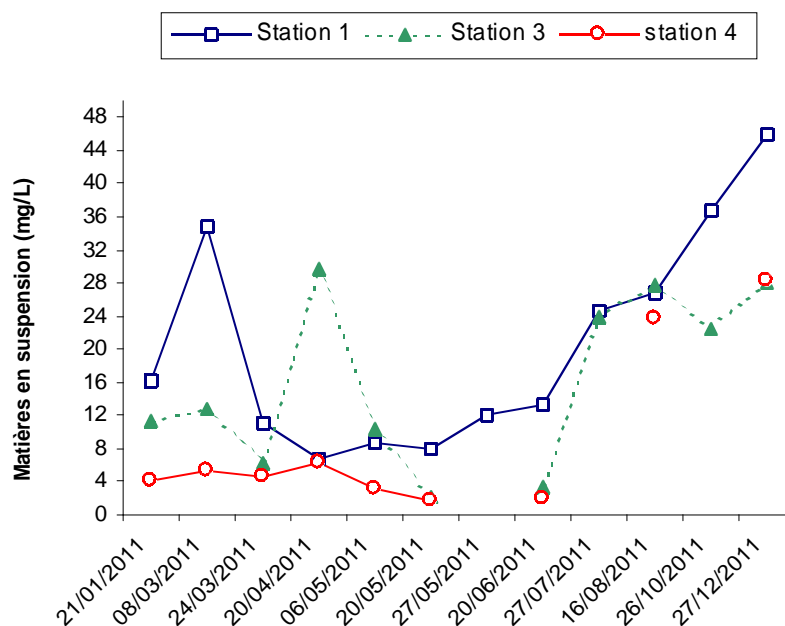


Figure 9. Évolution temporelle des matières en suspension (mg/L) sur la radiale de Dunkerque en 2011

L'évolution des concentrations en matière organique (M.O.) est marquée par une nette augmentation au printemps (plus particulièrement pour les points 1 et 4 où l'on obtient des maxima : 64,71 % (point 1) et 64,52 % (point 2)). Le point 3 quant à lui présente de faibles fluctuations entre 12,4 % (octobre) et 38,4 % (mai) (Figure10).

Les concentrations sont faibles sur tout le reste de l'année et présentent de faibles fluctuations avoisinant les 20 %.

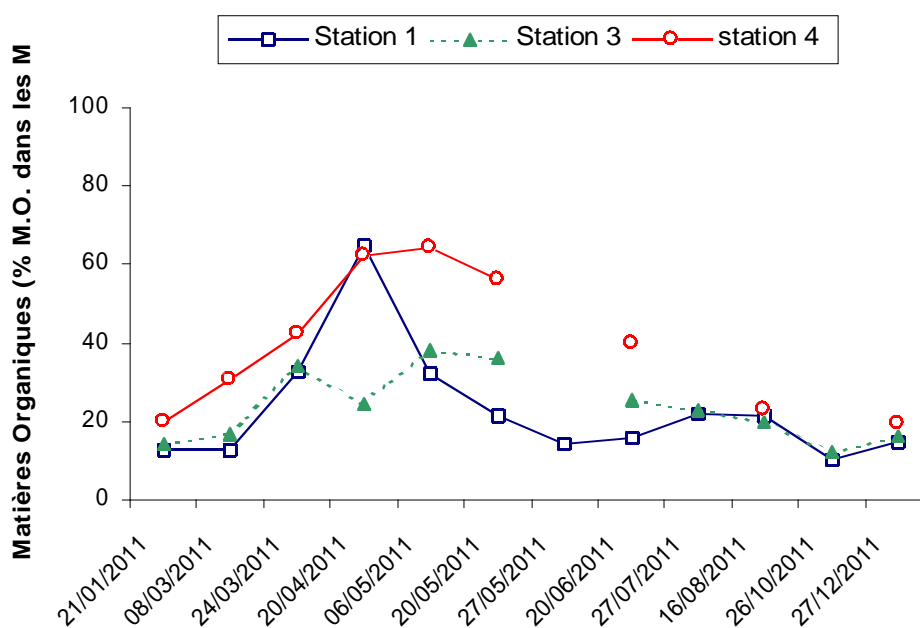


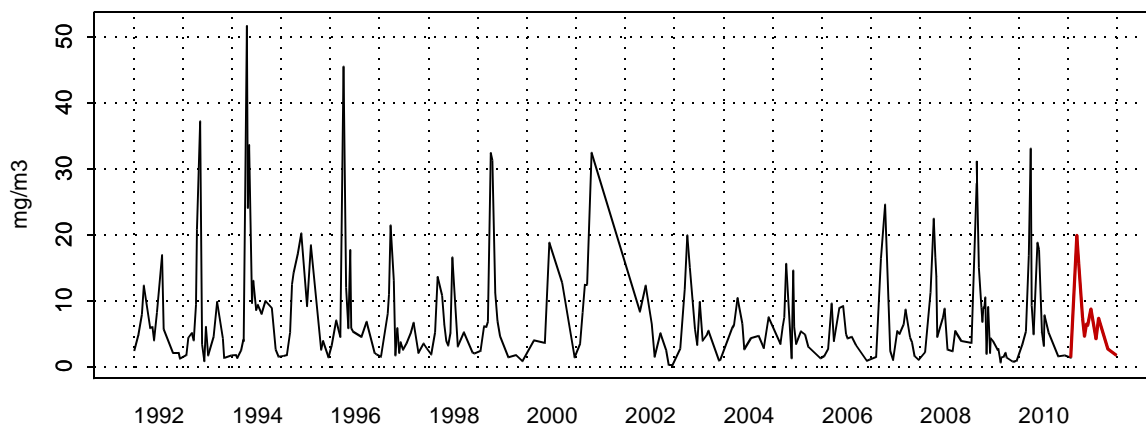
Figure 10. Évolution temporelle de la teneur en matière organique (%) dans les matières en suspension sur la radiale de Dunkerque en 2011

L'évolution de la concentration en chlorophylle *a* suit la tendance observée depuis 1992. En effet, le dosage de la chlorophylle *a*, indicateur de biomasse phytoplanctonique, permet de mettre en évidence un bloom printanier (maximum atteint le 08/03 pour l'ensemble de la radiale, et qui correspond au développement de *Phaeocystis globosa*) (Figures 11, 12 et 13). Un bloom faiblement marqué se produit également au mois d'août sur toute la radiale (Annexe 2).

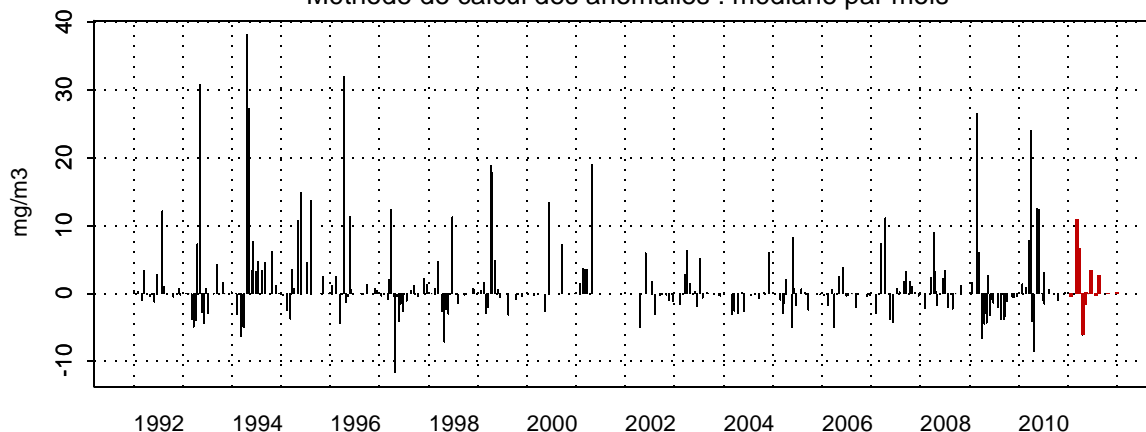
**Tableau 3. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle *a* (mg/m<sup>3</sup>) pour les différents points de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011**

	<b>Min</b>	<b>Q1</b>	<b>Moy</b>	<b>Med</b>	<b>Q3</b>	<b>Max</b>	<b>n</b>
<b>DK1</b>	0,24	2,50	7,44	4,95	9,01	51,70	253
<b>DK3</b>	0,26	2,10	5,77	3,63	7,47	31,00	226
<b>DK4</b>	0,05	1,54	4,10	2,70	4,90	29,20	217

001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Chlorophylle a



001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Anomalies Chlorophylle a  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2011 Chlorophylle a  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

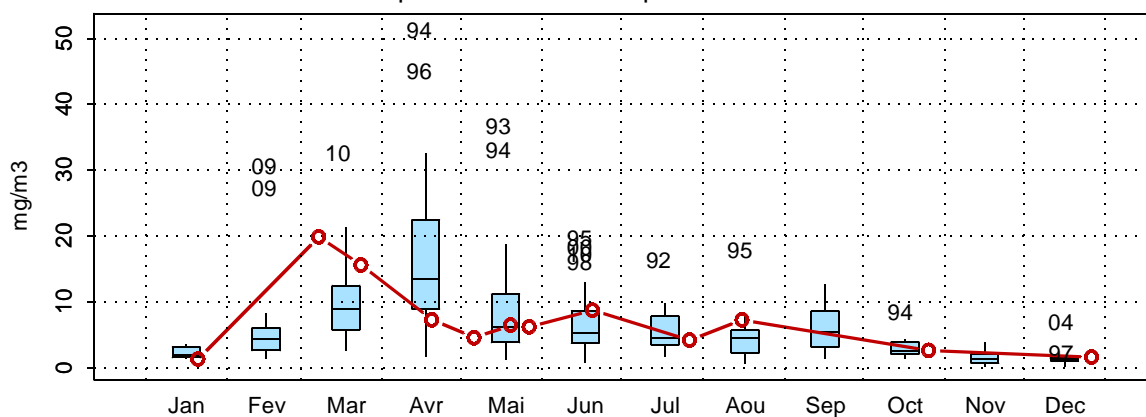
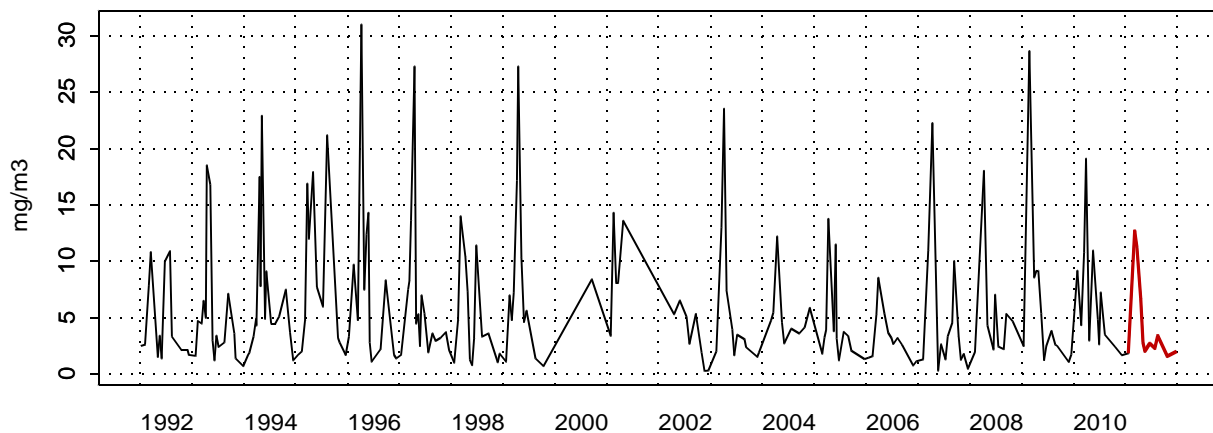
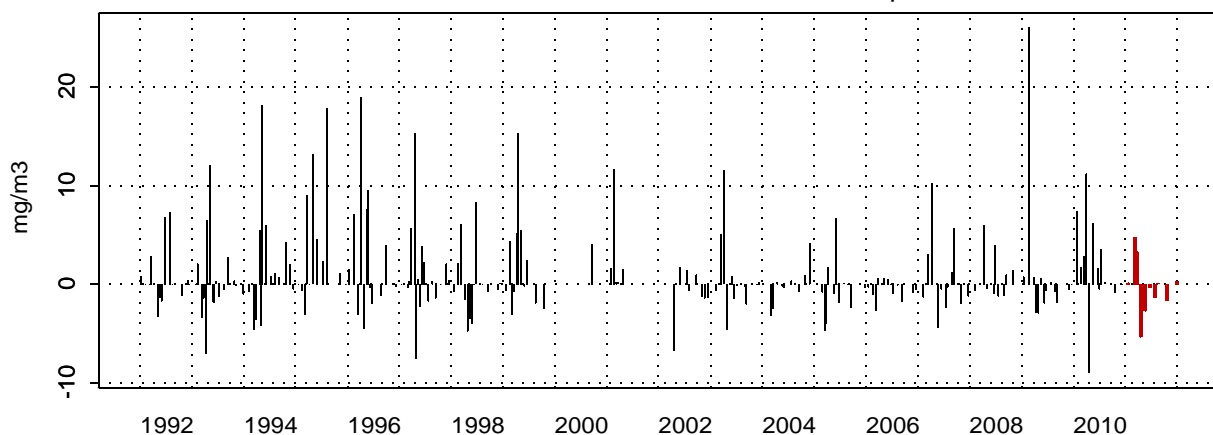


Figure 11. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m<sup>3</sup>) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011

### 001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Chlorophylle a



### 001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Anomalies Chlorophylle a Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



### 001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2011 Chlorophylle a Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

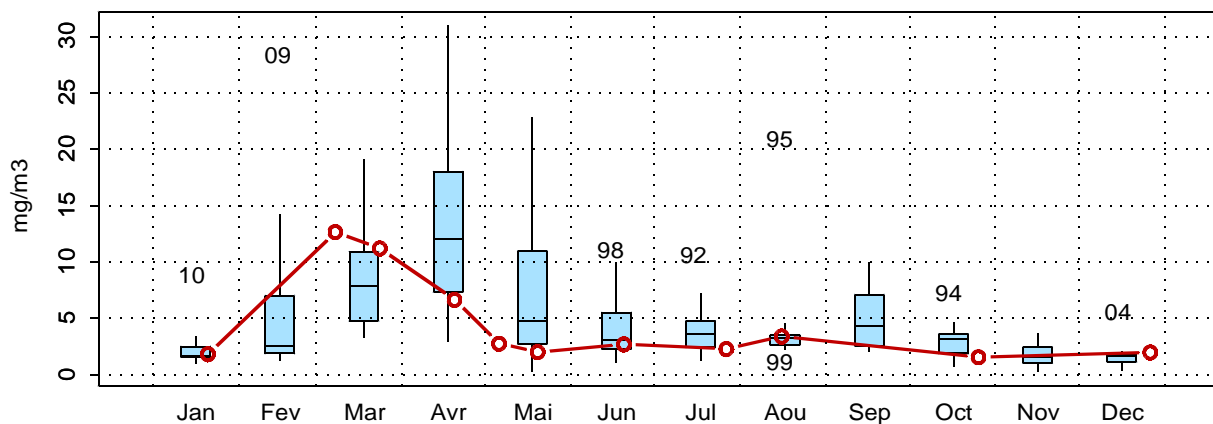
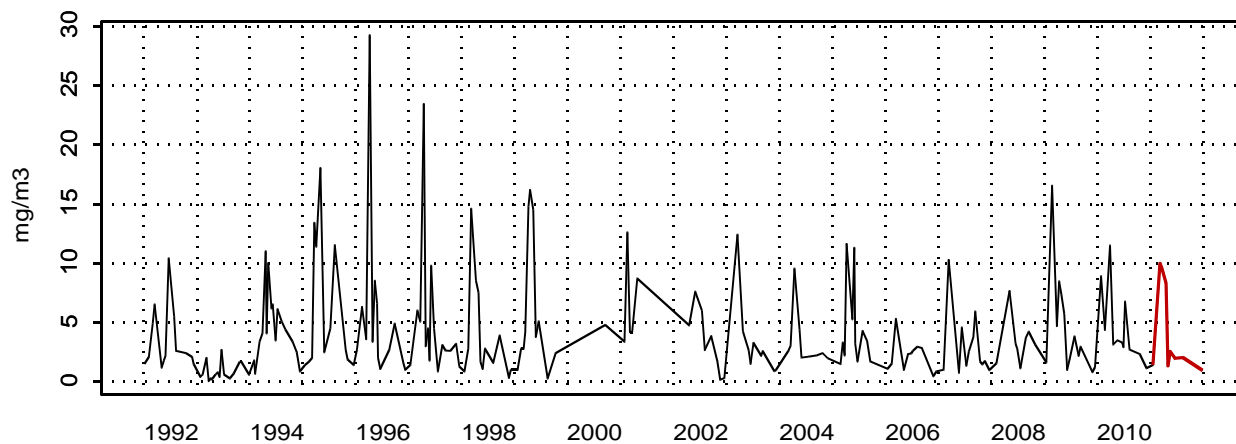
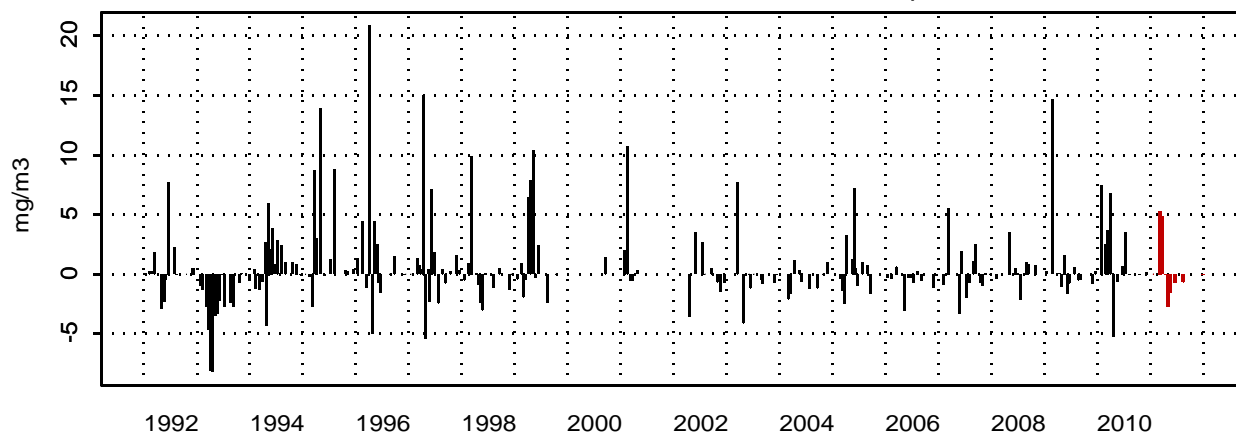


Figure 12. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m3) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011

### 001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Chlorophylle a



### 001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Anomalies Chlorophylle a Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



### 001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2011 Chlorophylle a Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

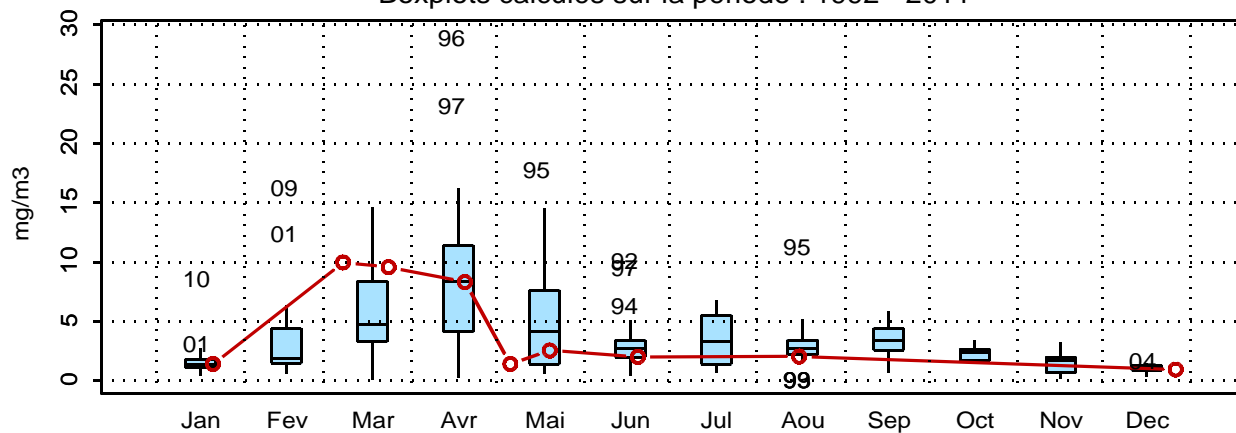


Figure 13. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m3) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011



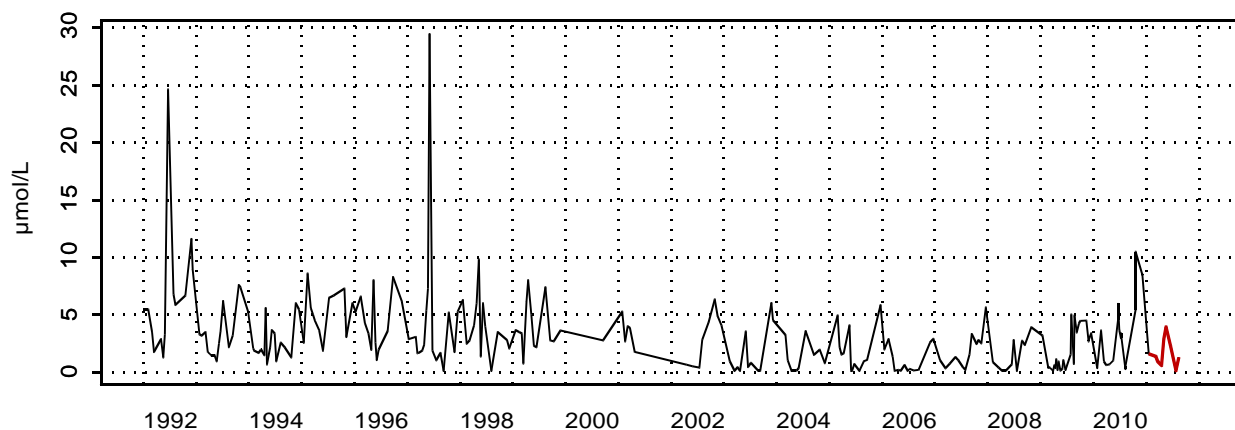
Concernant l'évolution de l'ammonium de 1992 à 2011, de faibles fluctuations sont observées au cours des mois avec une plus forte concentration en hiver.

Globalement sur l'année 2011 les variations de la concentration en  $\text{NH}_4$  sont faibles (généralement en dessous du 1<sup>er</sup> quartile). De fortes concentrations sont quand même observées, (valeurs comprises dans le 3<sup>ème</sup> quartile) pour le point 1 : maximum obtenu en mai avec  $3,96 \mu\text{mol/L}$  (20/05) et pour le point 3 maximum obtenu en octobre :  $3,39 \mu\text{mol/L}$  (26/10).

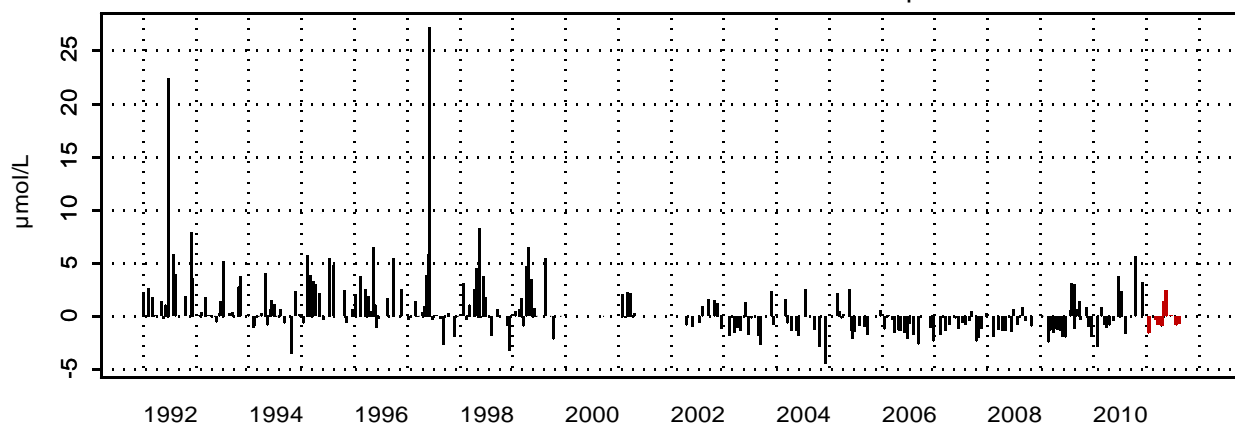
Pas de données pour le mois d'octobre concernant les points 1 et 4 (Figures 14,15,16).

Le gradient côte-large est compris entre  $-3,8$  et  $0,7 \mu\text{mol/L}$ .

### 001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Azote ammoniacal



### 001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Anomalies Azote ammoniacal Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



### 001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2011 Azote ammoniacal Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

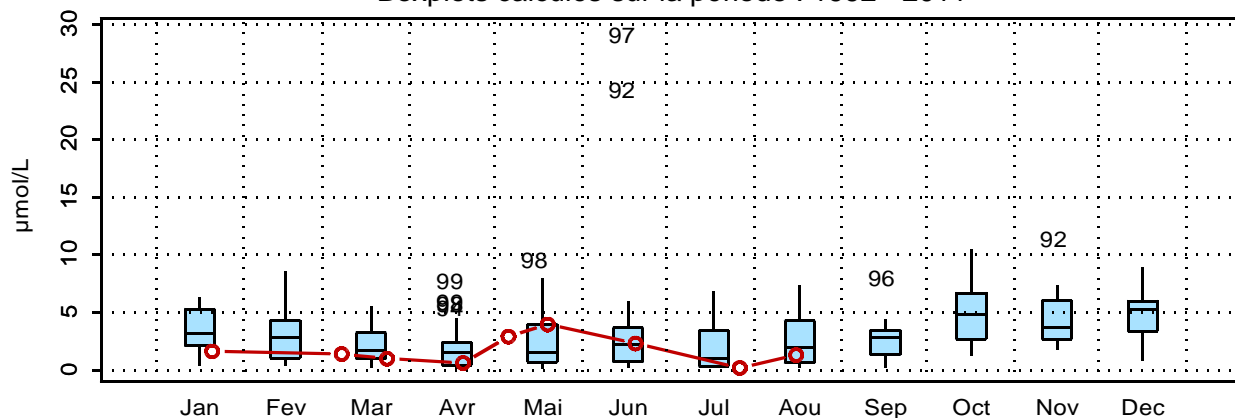


Figure 14. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011

## 001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Azote ammoniacal

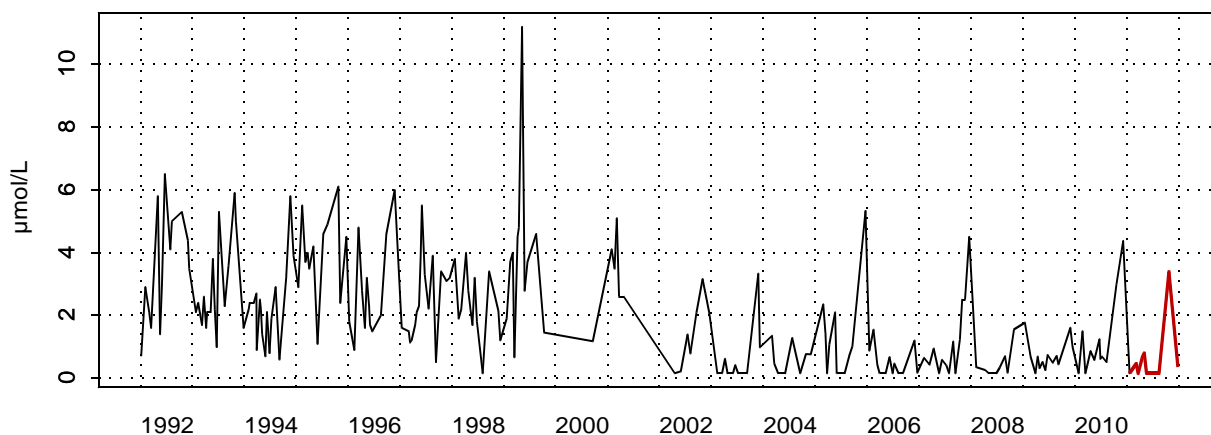
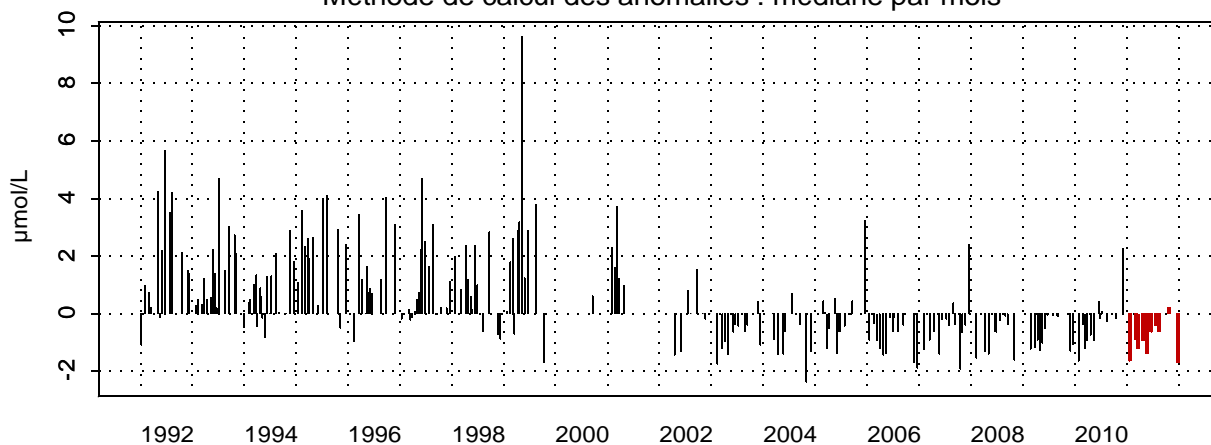
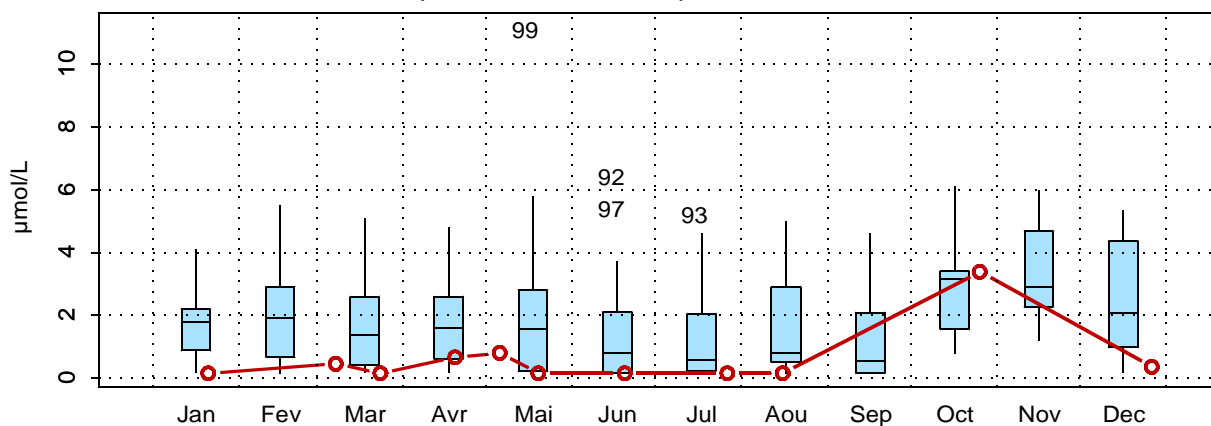
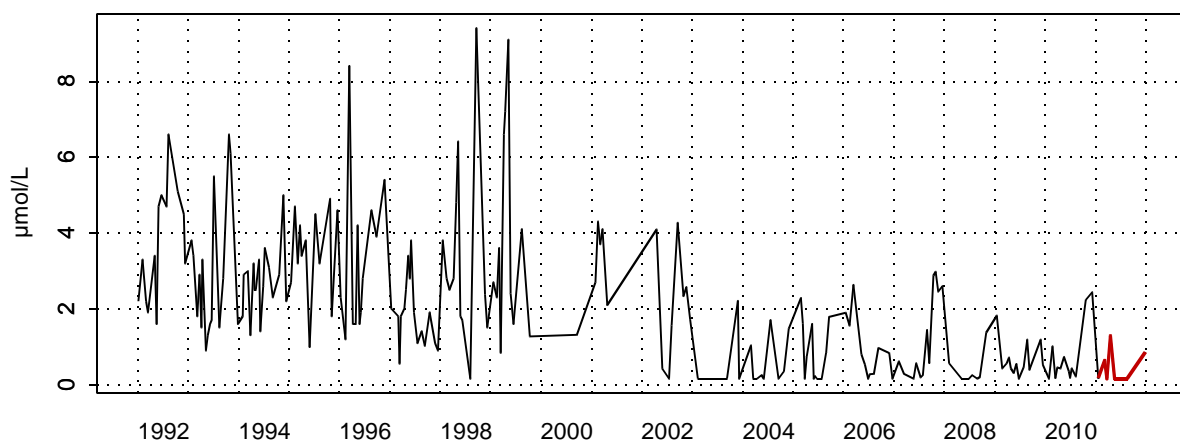
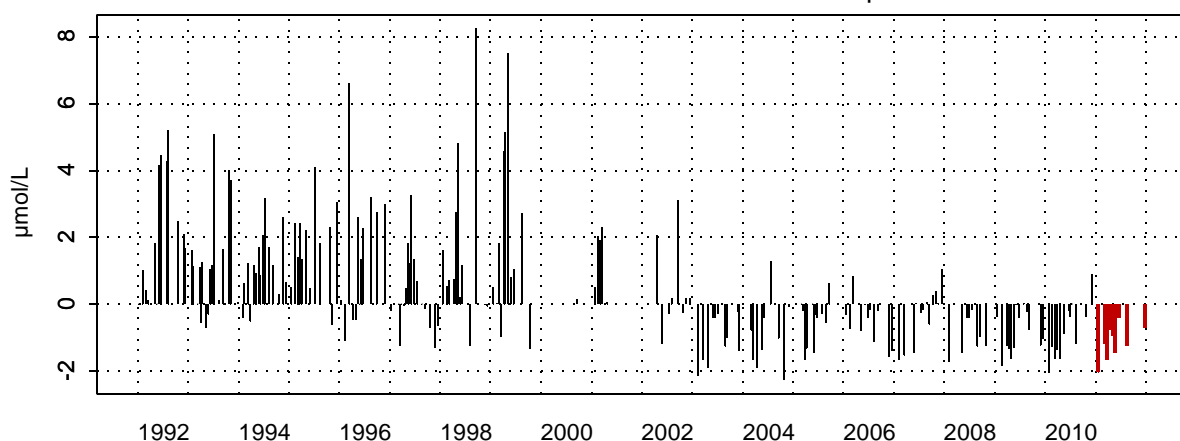
001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Anomalies Azote ammoniacal  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2011 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

Figure 15. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011

001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Azote ammoniacal



001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Anomalies Azote ammoniacal  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2011 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

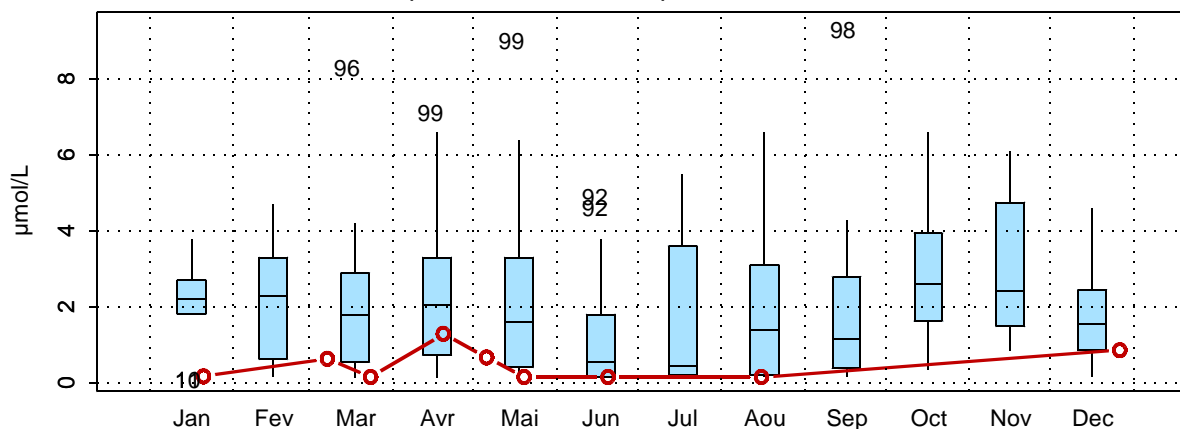


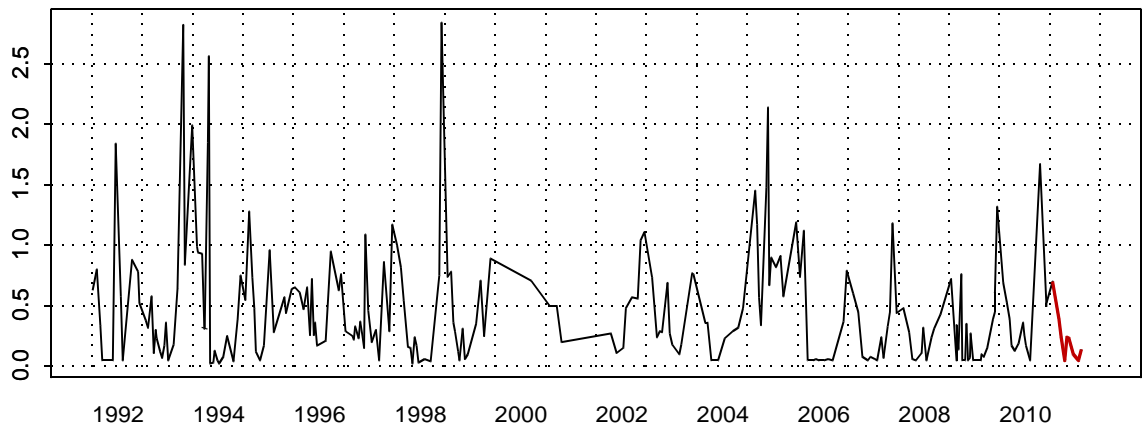
Figure 16. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011

Les concentrations en nitrite présentent des fluctuations importantes d'une année à une autre. L'aspect fugace de cet élément lors des réactions de nitrificationdénitrification rend l'interprétation difficile. Il devient courant de traiter les résultats sous la forme ( $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ ).

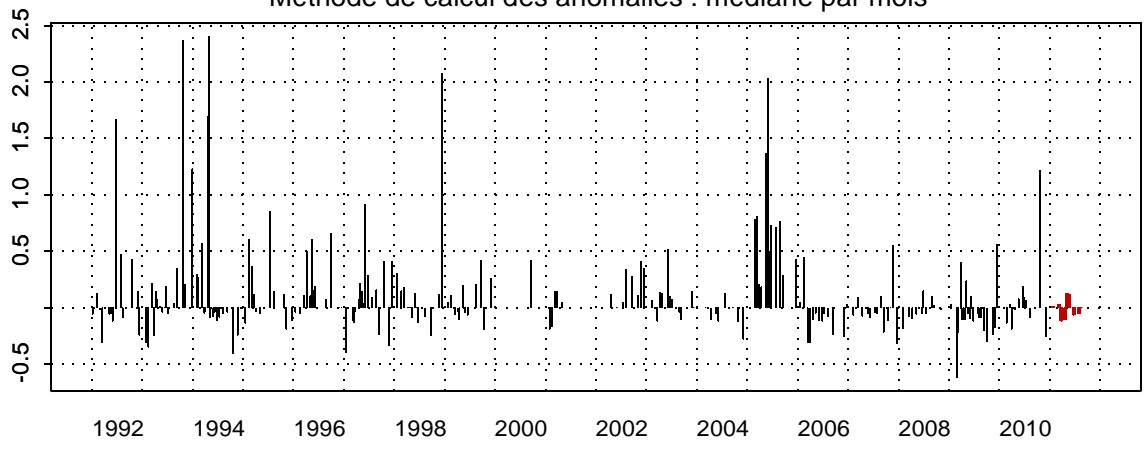
La courbe d'évolution des nitrites présente de plus fortes concentrations en période automnale et hivernale contrairement au printemps et l'été où les teneurs sont très faibles.

En 2011, les variations saisonnières sont similaires à celles observées depuis 1992. Cependant on remarque une concentration exceptionnellement élevée en juin pour les points 3 et 4 de la radiale (respectivement :  $2,4 \mu\text{mol/L}$  et  $1,94 \mu\text{mol/L}$ ) (Figures 17, 18, 19).

001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - NO2



001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Anomalies NO2  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2011 NO2  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

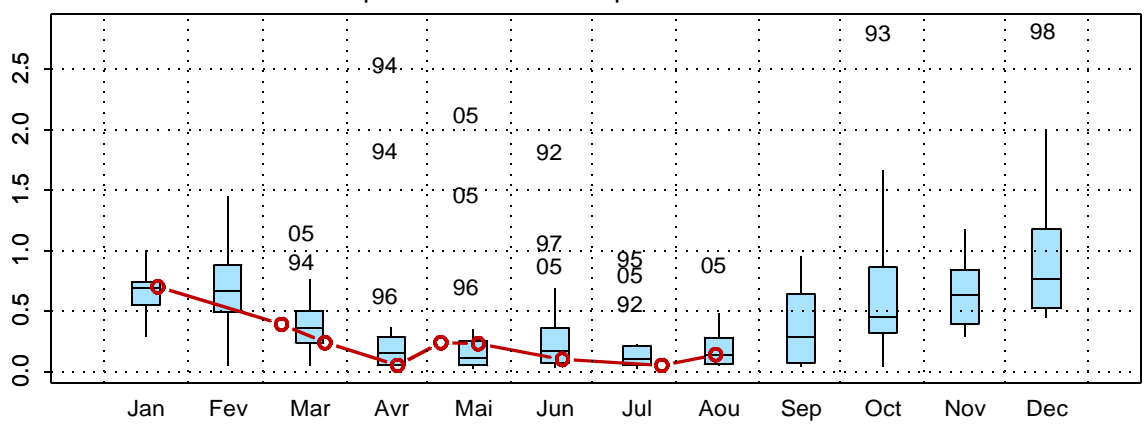
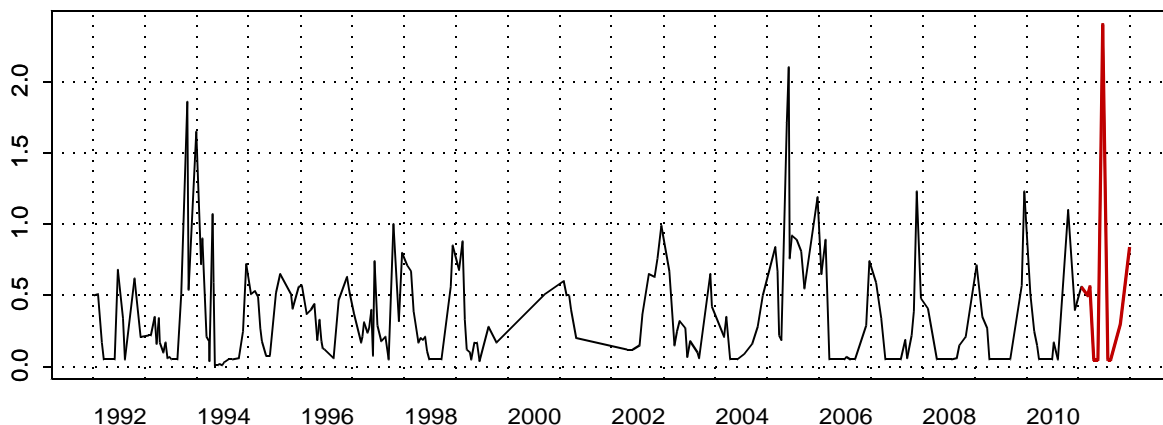


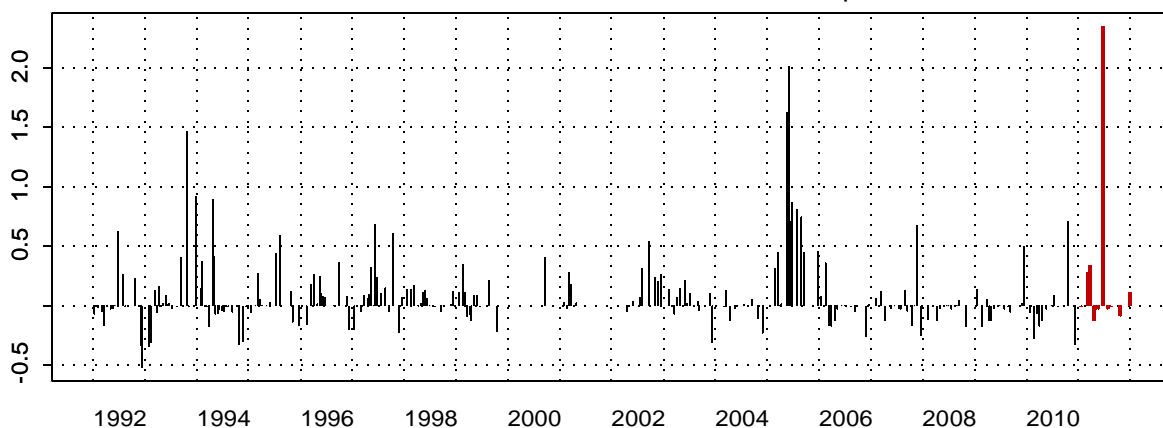
Figure 17. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011

001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - NO2



001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Anomalies NO2

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2011 NO2

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

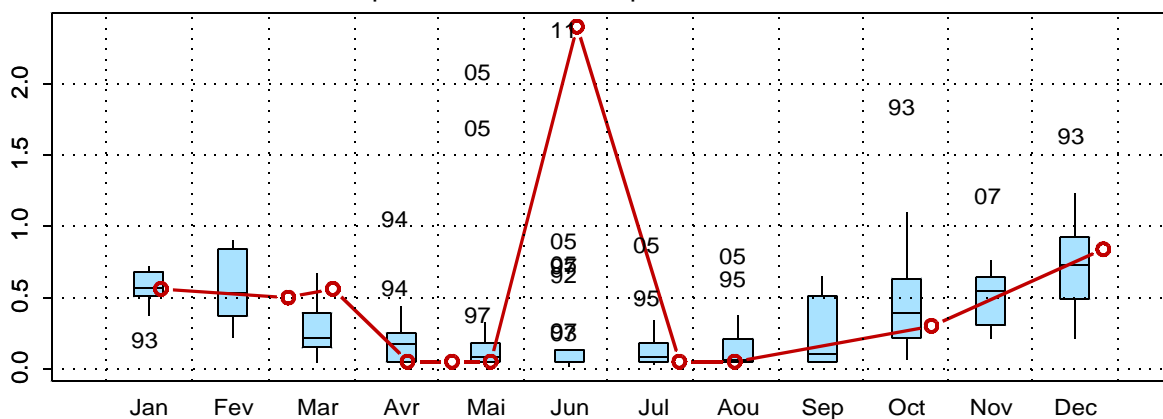
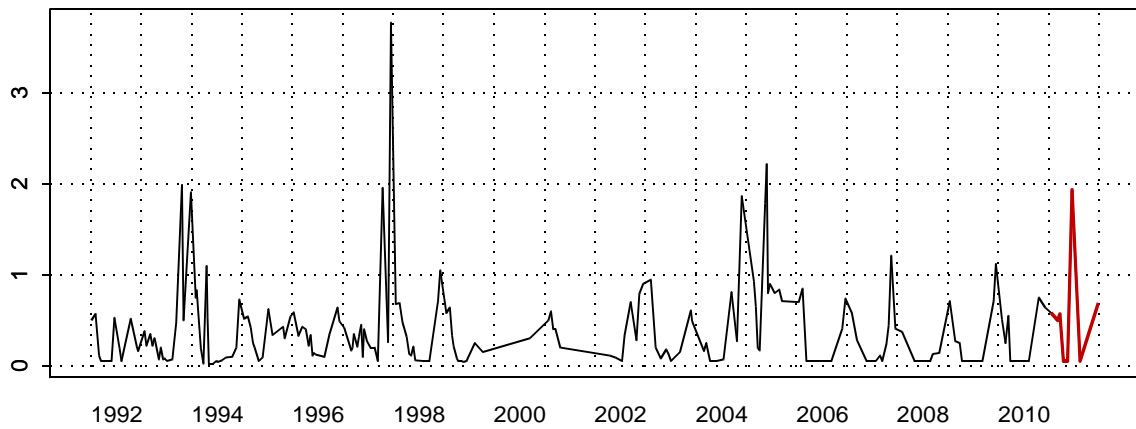
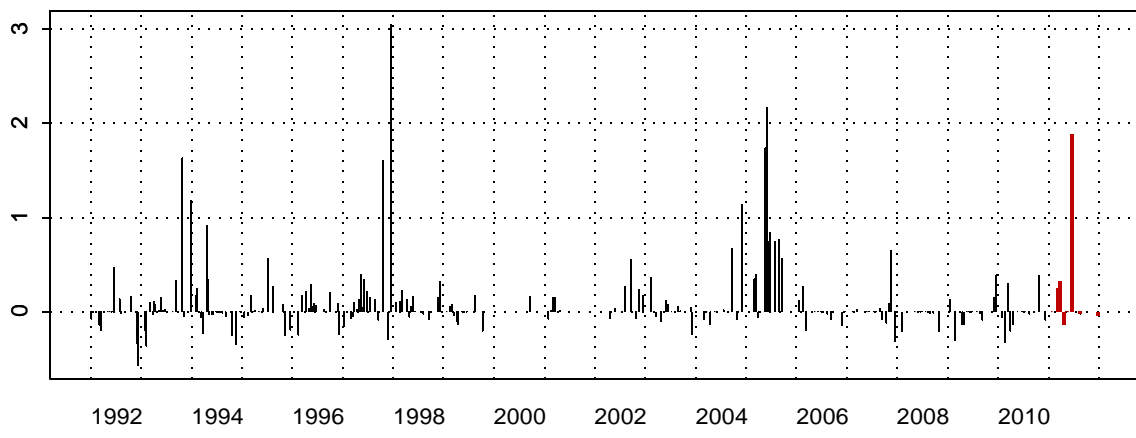


Figure 18. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011

001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - NO2



001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Anomalies NO2  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2011 NO2  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

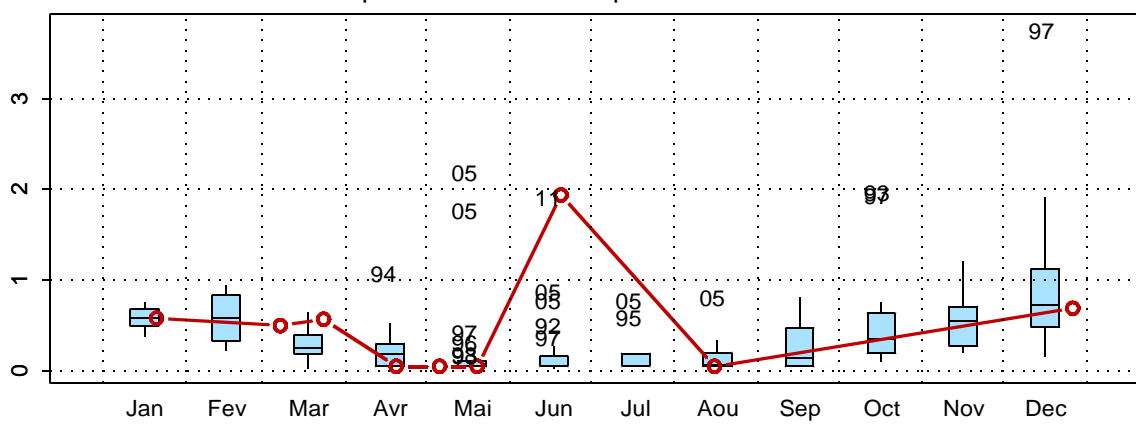


Figure 19. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011



La courbe d'évolution du nitrate suit celle des nitrites (Figures 20, 21 et 22). L'évolution de l'année 2011 suit la tendance observée depuis 1992.

Les concentrations maximales sont observées de janvier à mars (le 08/03 avec 25,21  $\mu\text{mol/L}$  au point 1, 16,98  $\mu\text{mol/L}$  pour le point 3 et 15,88  $\mu\text{mol/L}$  pour le point 4). Les concentrations minimales sont enregistrées du mois d'avril au mois d'août avec notamment des valeurs inférieures au seuil de détection ( $< 0,15 \mu\text{mol/L}$ ) pour les points 3 et 4. A partir du mois d'octobre les concentrations augmentent à nouveau jusqu'en décembre.

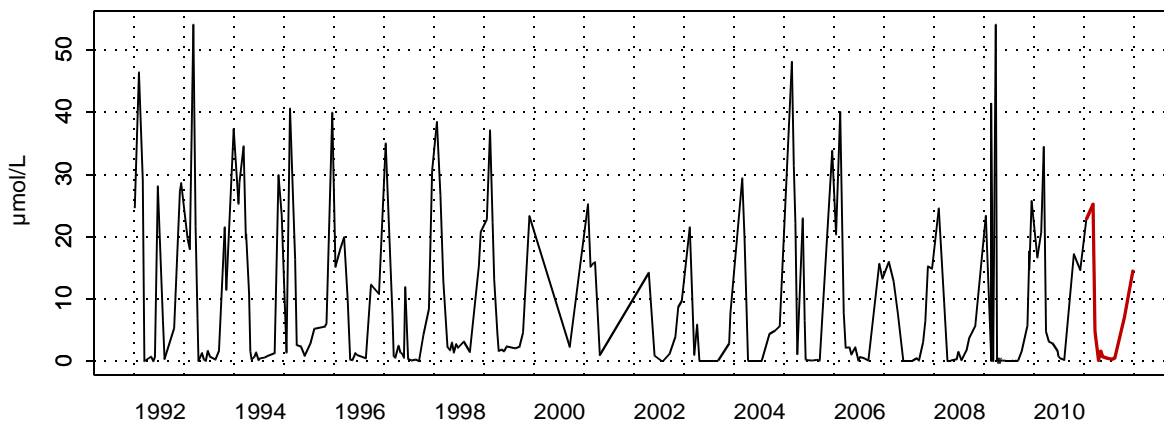
**Tableau 4. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour les différents points de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011**

	<b>Min</b>	<b>Q1</b>	<b>Moy</b>	<b>Med</b>	<b>Q3</b>	<b>Max</b>	<b>n</b>
<b>DK1</b>	0,15	0,41	9,22	2,45	15,58	54,01	242
<b>DK3</b>	0,04	0,2	7,36	2,35	13,33	39,8	228
<b>DK4</b>	0,1	0,42	6,91	2,35	11,1	40,64	217

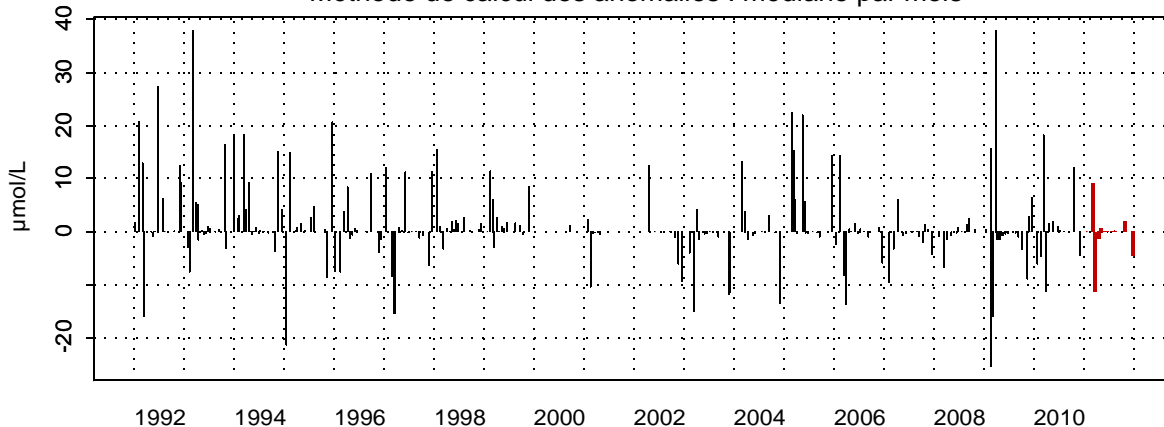
**Tableau 5. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrate ( $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ ) ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour les différents points de la radiale de Dunkerque pour la période 2009-2011**

	<b>Min</b>	<b>Q1</b>	<b>Moy</b>	<b>Med</b>	<b>Q3</b>	<b>Max</b>	<b>n</b>
<b>DK1</b>	0,15	0,38	7,81	2,06	15,3	34,8	37
<b>DK3</b>	0,15	0,15	6,66	2,4	12,63	20,37	25
<b>DK4</b>	0,15	0,15	6,46	1,94	12,12	20,9	23

001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Azote nitrique (nitrate)



001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Anomalies Azote nitrique (nitrate)  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2011 Azote nitrique (nitrate)  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

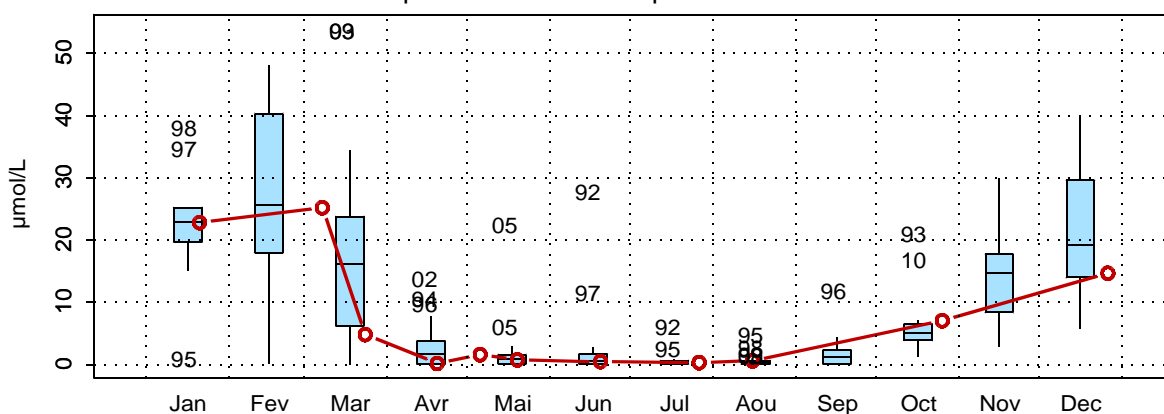
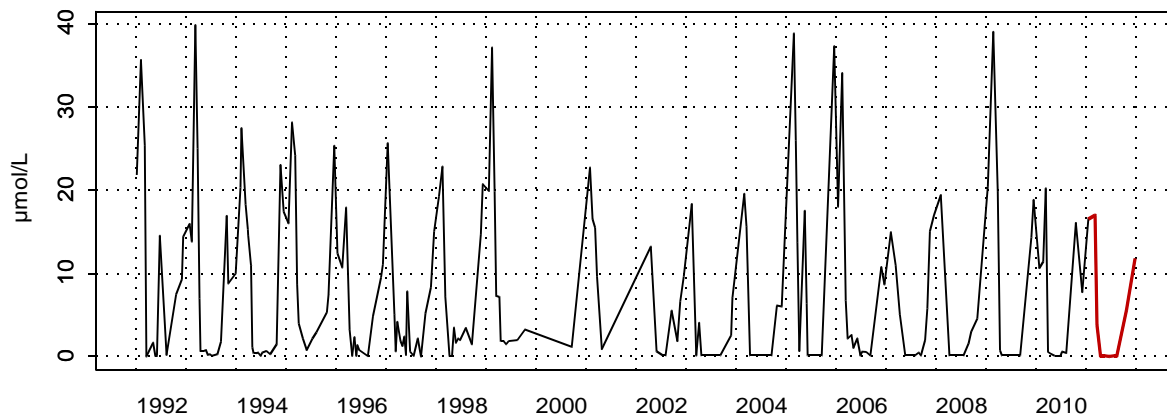
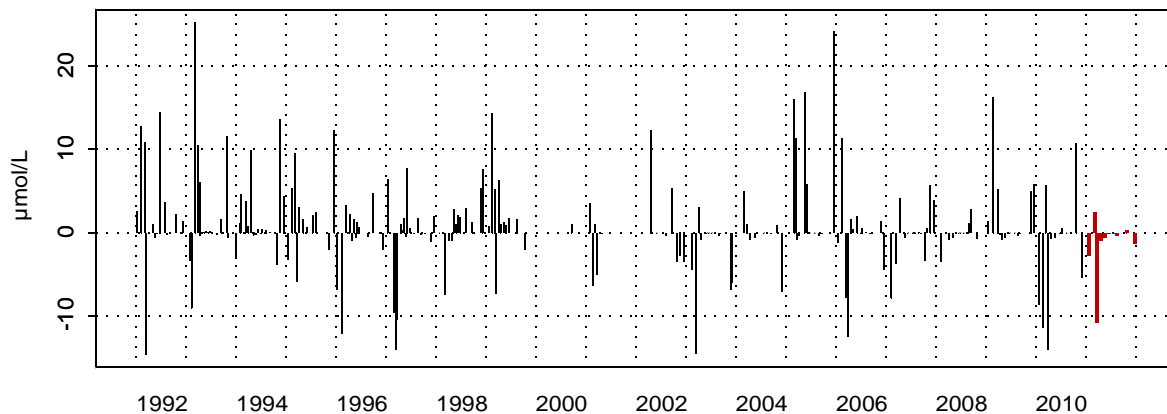


Figure 20. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate (µmol/L) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011

001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Azote nitrique (nitrate)



001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Anomalies Azote nitrique (nitrate)  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2011 Azote nitrique (nitrate)  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

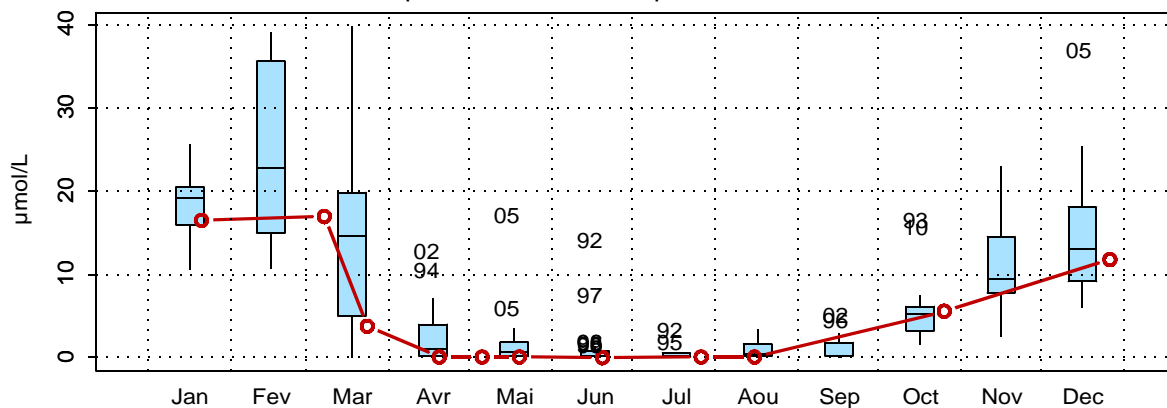
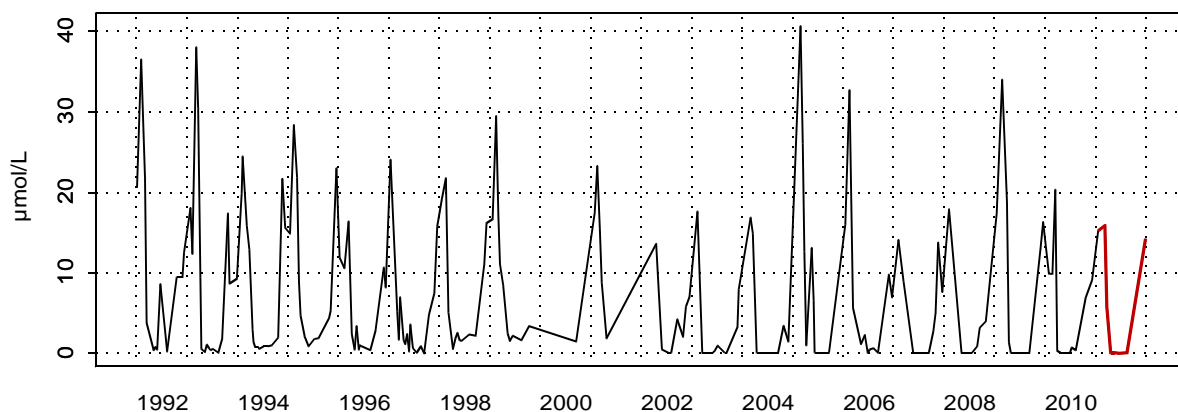
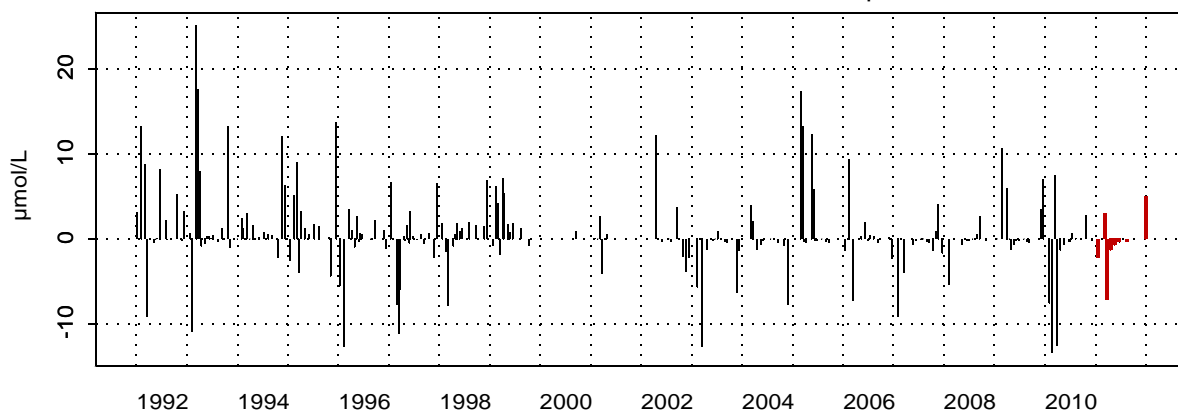


Figure 21. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate (µmol/L) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011

001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Azote nitrique (nitrate)



001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Anomalies Azote nitrique (nitrate)  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2011 Azote nitrique (nitrate)  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

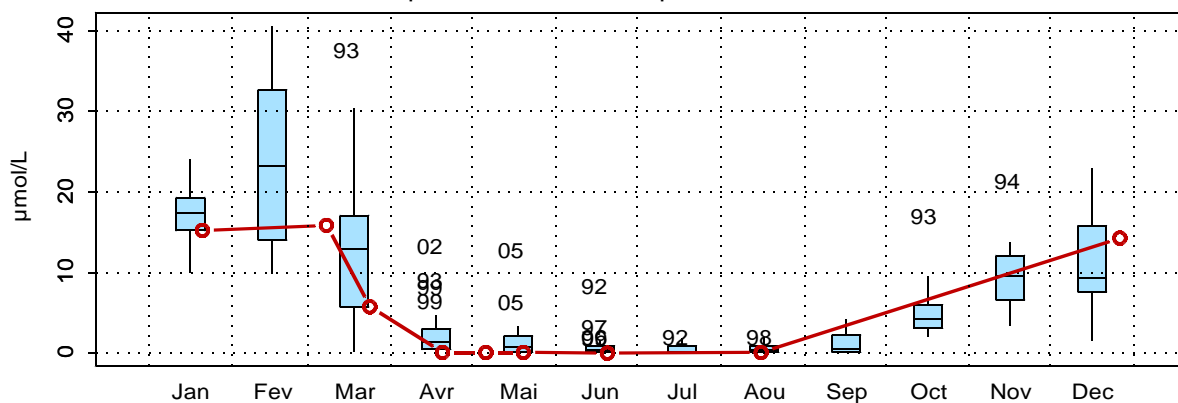


Figure 22. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate (µmol/L) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011

L'évolution de la concentration en phosphate est conforme à ce qui est observé habituellement sur le site (Figures 23, 24 et 25). Elle est marquée par de fortes valeurs en hiver et en automne et faibles durant le printemps (données manquantes pour le point 1 à partir du mois d'août).

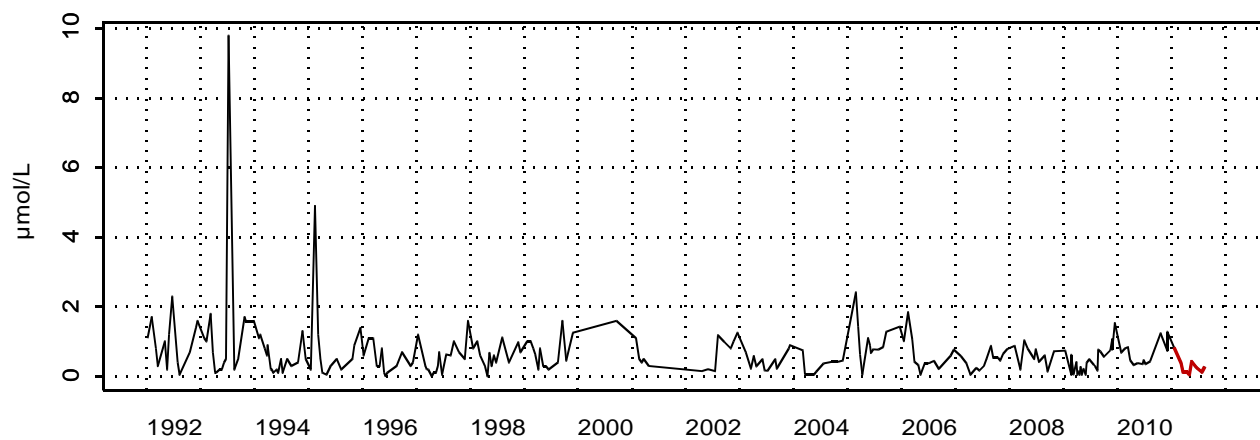
A partir de février, les concentrations ont tendance à diminuer pour atteindre un minimum (0,05  $\mu\text{mol/L}$ ) au mois d'avril pour les points 3 et 4 et mai pour le point 1. Puis les concentrations augmentent de nouveau dès le mois de juin (augmentation très marquée au point 4) puis atteignent de fortes valeurs en hiver (avec un maximum obtenu au point 3 de 1,05  $\mu\text{mol/L}$ ).

En 2011, les concentrations en phosphate sont particulièrement fortes en juin pour les points 3 et 4 puis en octobre pour le point 3 (valeurs supérieures au troisième quartile) (Figures 24 et 25).

**Tableau 6. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour les différents points de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011**

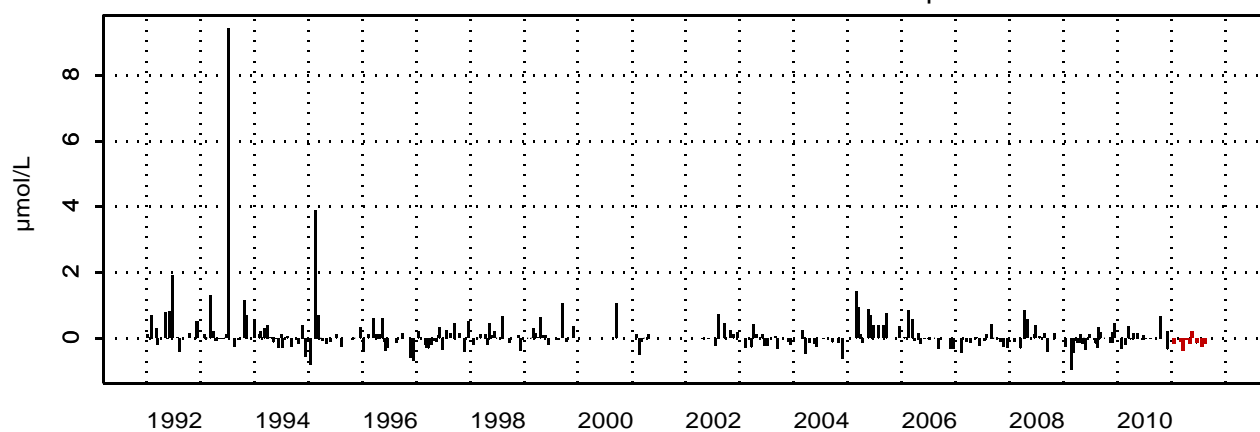
	<b>Min</b>	<b>Q1</b>	<b>Moy</b>	<b>Med</b>	<b>Q3</b>	<b>Max</b>	<b>n</b>
<b>DK1</b>	0,00	0,245	0,65	0,50	0,80	9,80	243
<b>DK3</b>	0,00	0,20	0,53	0,45	0,79	2,00	227
<b>DK4</b>	0,00	0,20	0,52	0,42	0,78	2,69	217

## 001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Phosphate



## 001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Anomalies Phosphate

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



## 001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2011 Phosphate

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

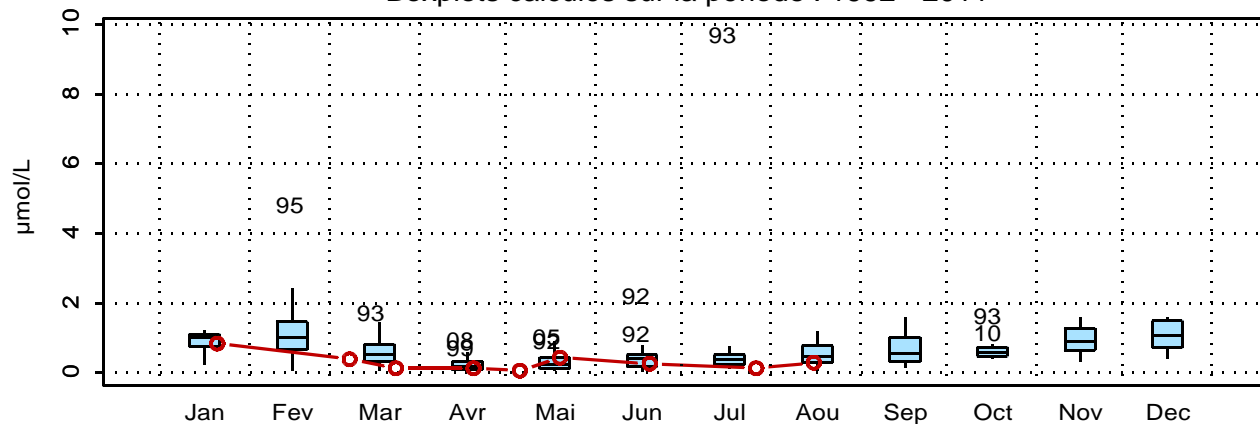


Figure 23. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate (µmol/L) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011

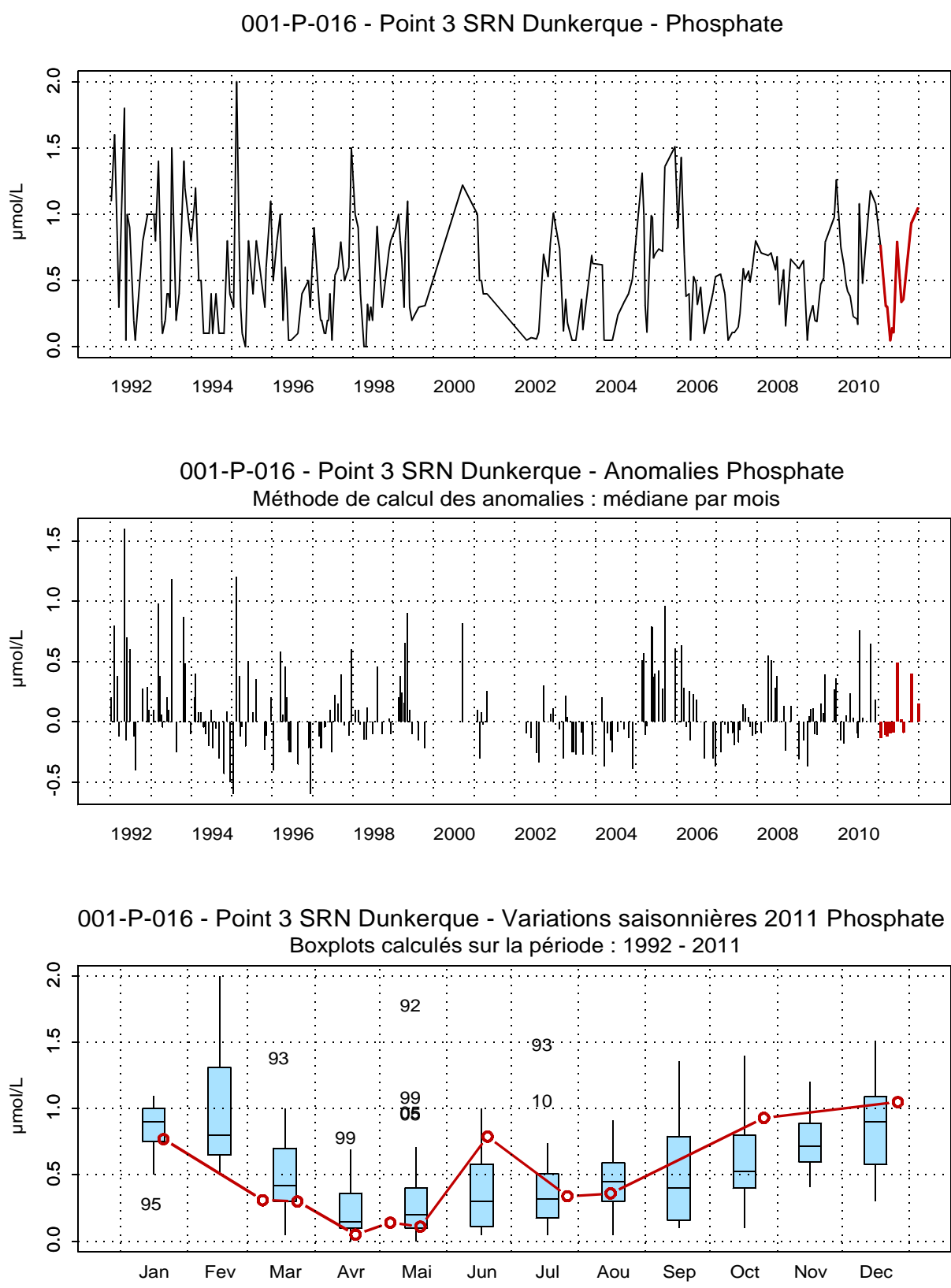
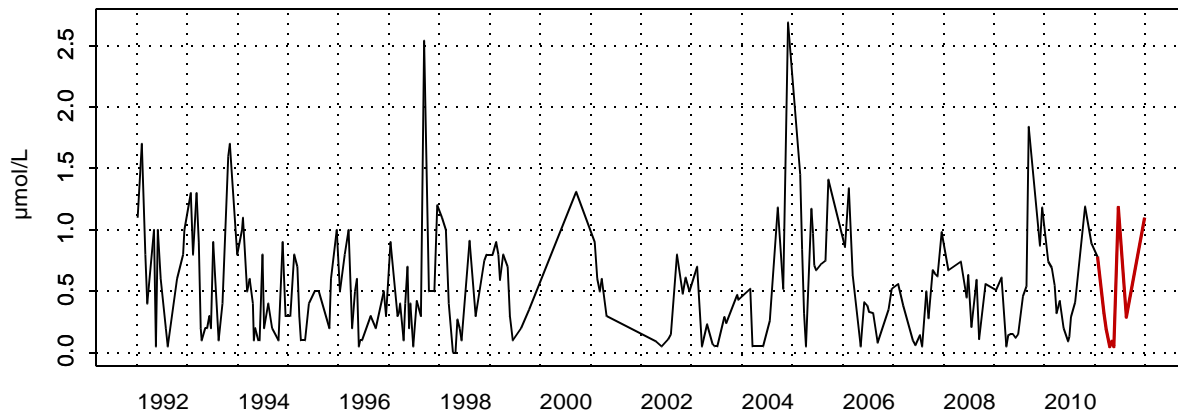


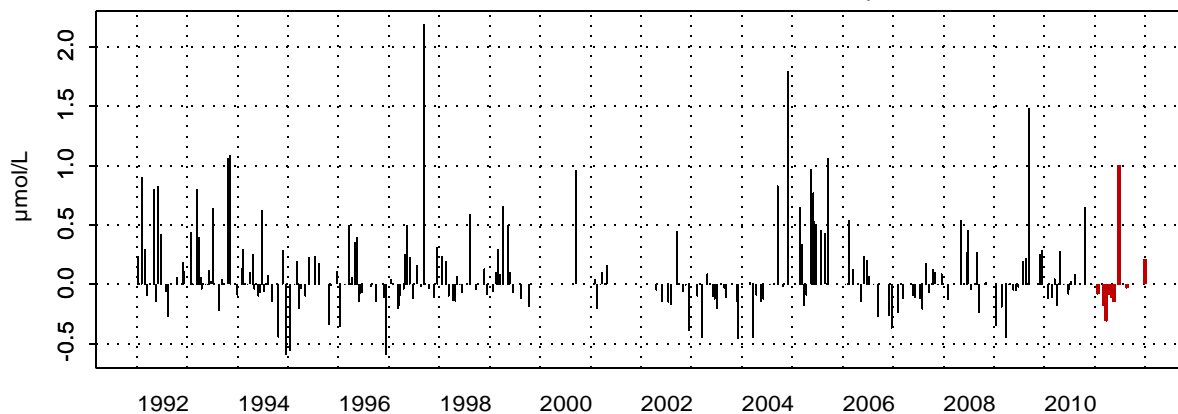
Figure 24. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011

001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Phosphate



001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Anomalies Phosphate

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2011 Phosphate

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

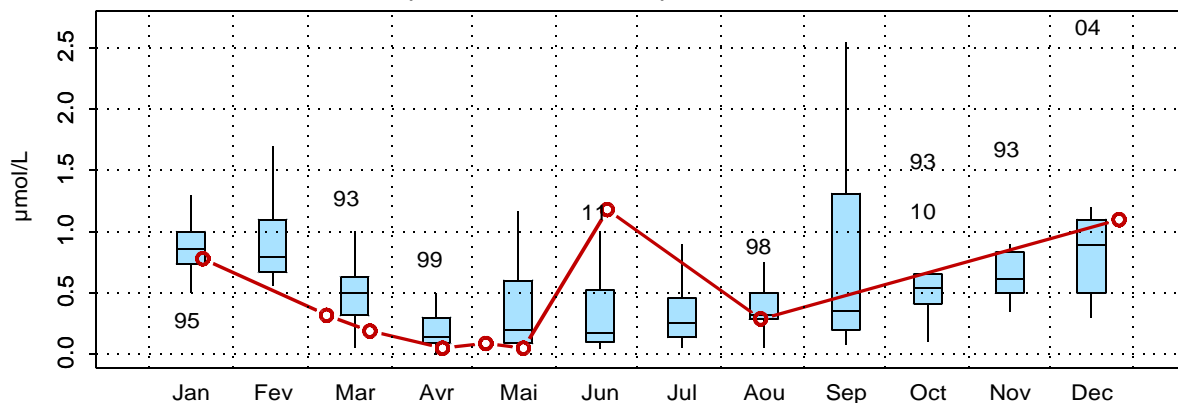


Figure 25. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011



Les concentrations en silicate suivent un cycle saisonnier très marqué avec des concentrations importantes en hiver et en automne et faibles ou très faibles au printemps et en été.

En 2011, la tendance est la même. Cependant une augmentation est observée au mois de mai, notamment pour le point 1 avec 6,28  $\mu\text{mol/L}$  le (20/05). Elle est aussi présente aux points 3 et 4 (avec respectivement 1,66 et 1,74  $\mu\text{mol/L}$ ) (Figures 26, 27 et 28).

**Tableau 7. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour les différents points de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011**

	<b>Min</b>	<b>Q1</b>	<b>Moy</b>	<b>Med</b>	<b>Q3</b>	<b>Max</b>	<b>n</b>
<b>DK1</b>	0,10	1,20	5,53	3,50	7,65	35,20	244
<b>DK3</b>	0,10	0,40	3,53	1,60	4,49	26,00	227
<b>DK4</b>	0,10	0,40	3,48	1,80	5,17	25,90	218

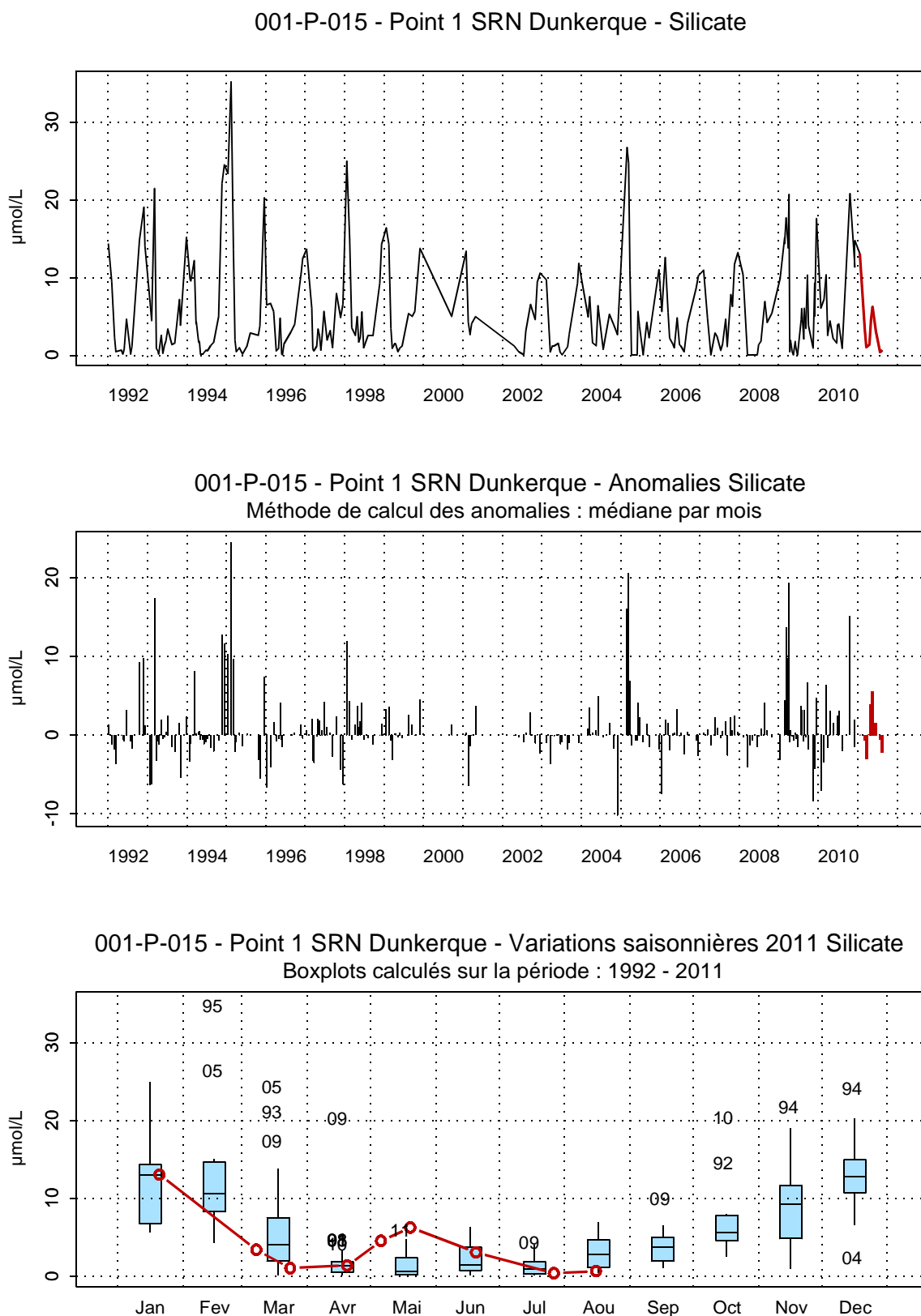
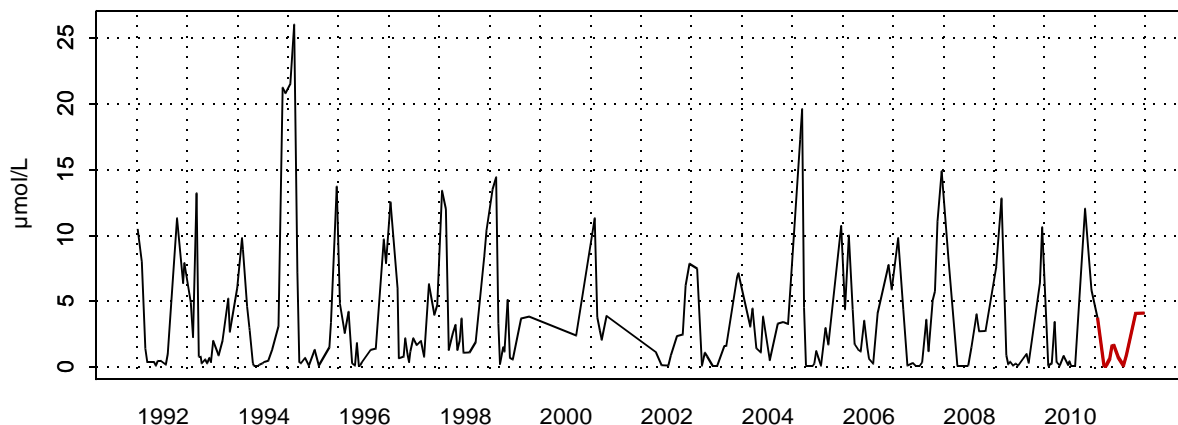


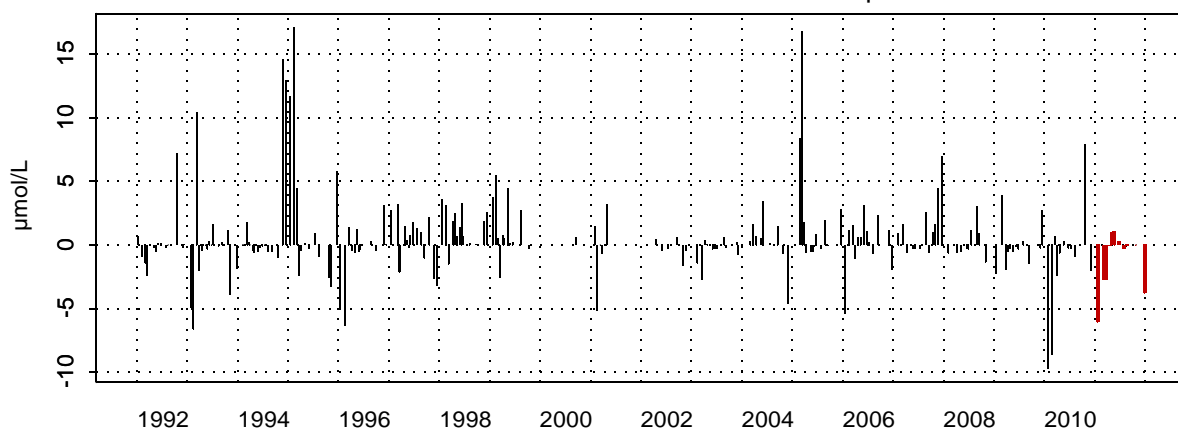
Figure 26. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011

001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Silicate



001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Anomalies Silicate

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2011 Silicate

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

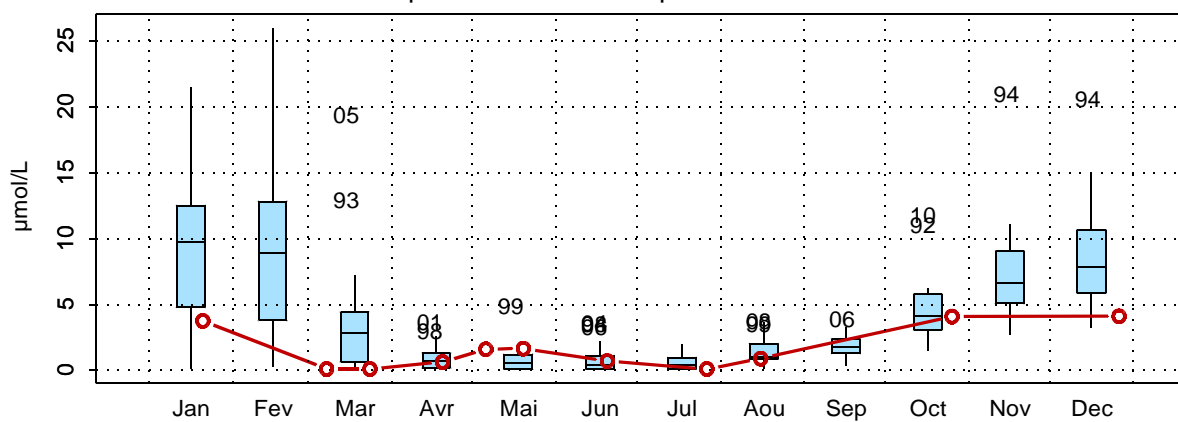


Figure 27. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate (µmol/L) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011

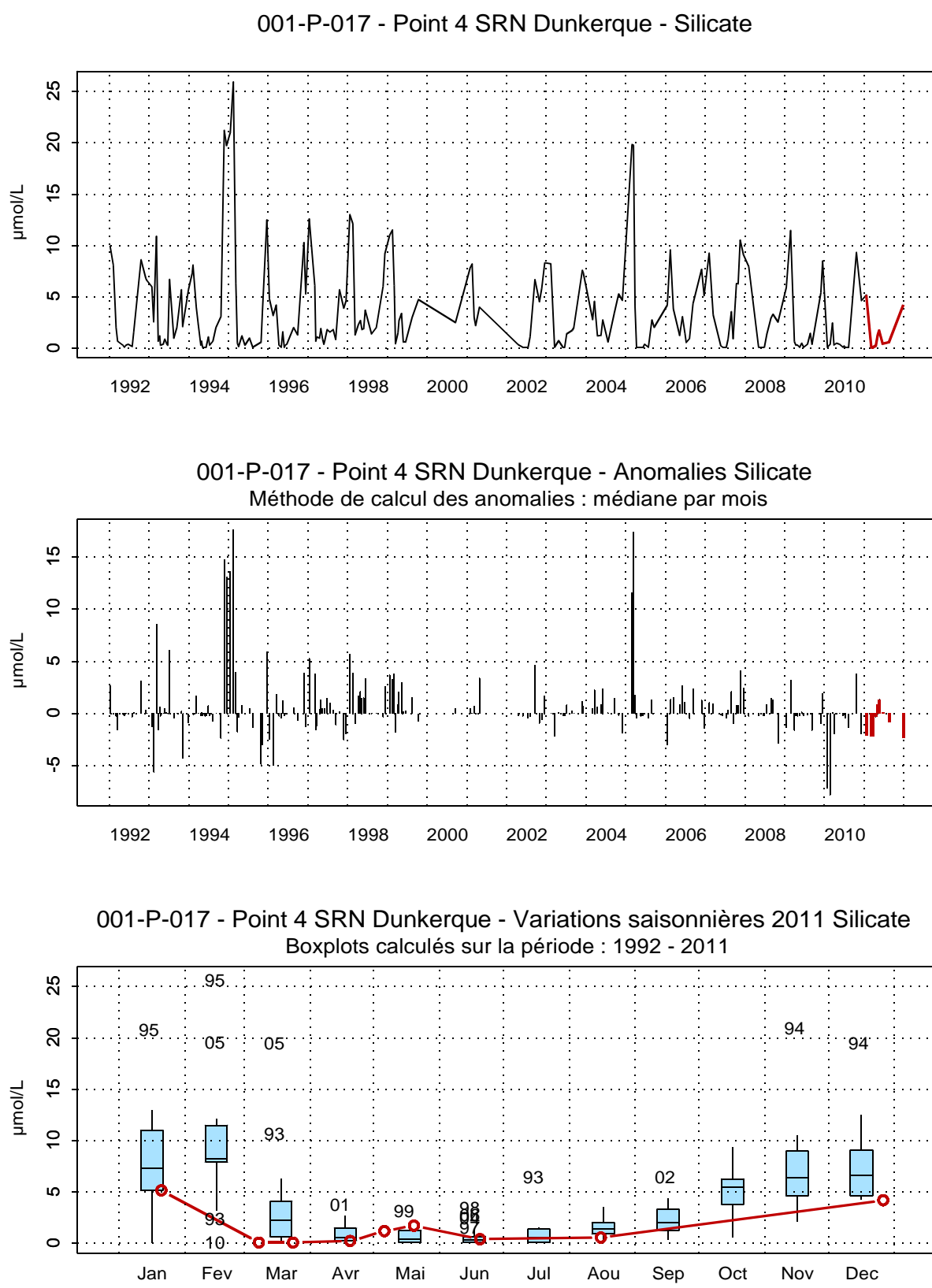


Figure 28. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2011

Les changements de concentrations en nutriments induisent des changements des rapports stœchiométriques. Les figures 29 à 31 délimitent six aires, chacune d'elles caractéristique des nutriments potentiellement limitant, par ordre de priorité.

**DK1 :**

Lors de la période non productive (Nov-Fév), la limitation est de type Si : P : N. Lors de la période productive, alors que le mois de mars présente une limitation de type Si : P : N, celle des mois d'avril à juin est du type N : Si : P. Il faut noter que lors du mois de mai, deux échantillons consécutifs ne présentent pas le même type de limitation ( N : Si : P le 20/05 et P : Si : N le 06/05). En juillet et août la limitation est de type Si : N : P. Il apparaît ainsi que la croissance du phytoplancton au niveau du point côtier de la radiale de dunkerque est principalement limitée par la silice sauf d'avril à juin où elle est limitée par l'azote (Figure 29, Annexe 3).

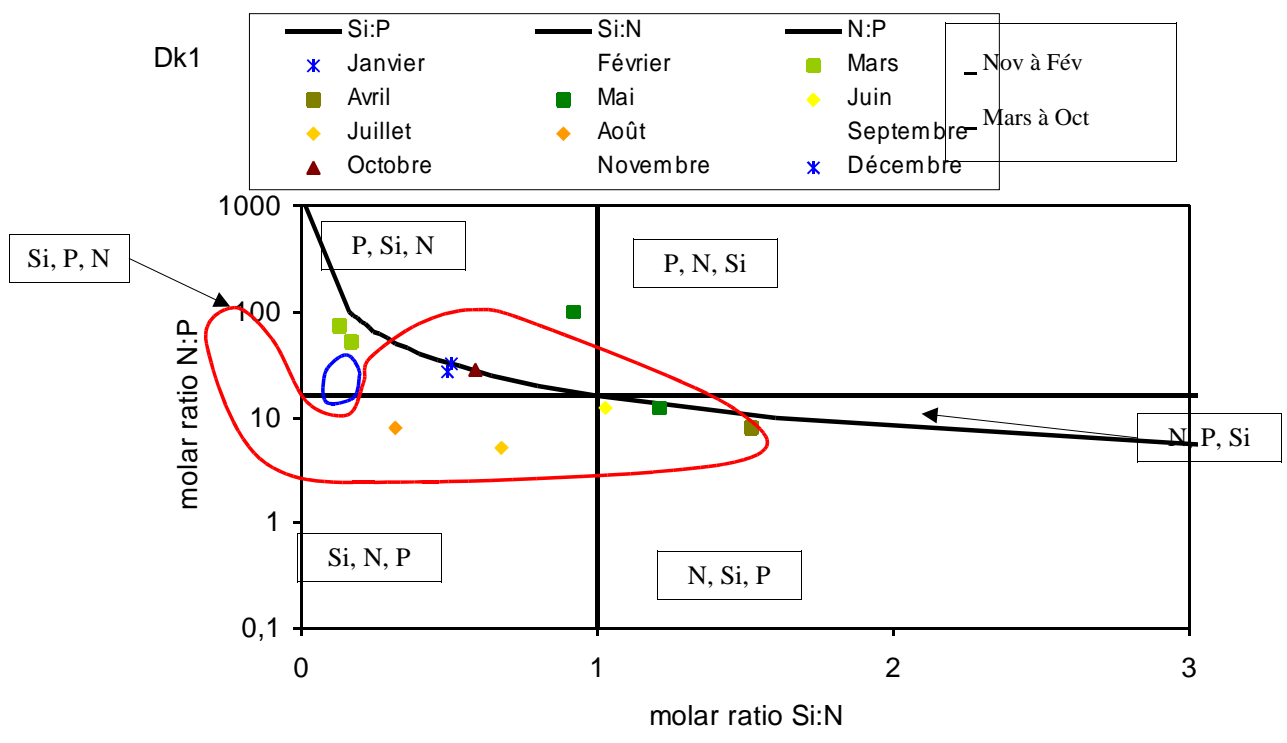
**DK3 :**

Lors de la période non productive (Nov-Fév), une limitation potentielle par le silicate est observée (limitation de type Si : P : N pour le mois de janvier et Si : N : P pour décembre). Lors de la période productive, plusieurs types de limitations potentielles sont mis en évidence. Les mois de mars et avril présentent une limitation de type Si : P : N.. En mai la limitation est de type N : Si : P.. Pour les mois de juin et juillet, on passe à une limitation de type Si : N : P et au mois d'août à N : Si : P.

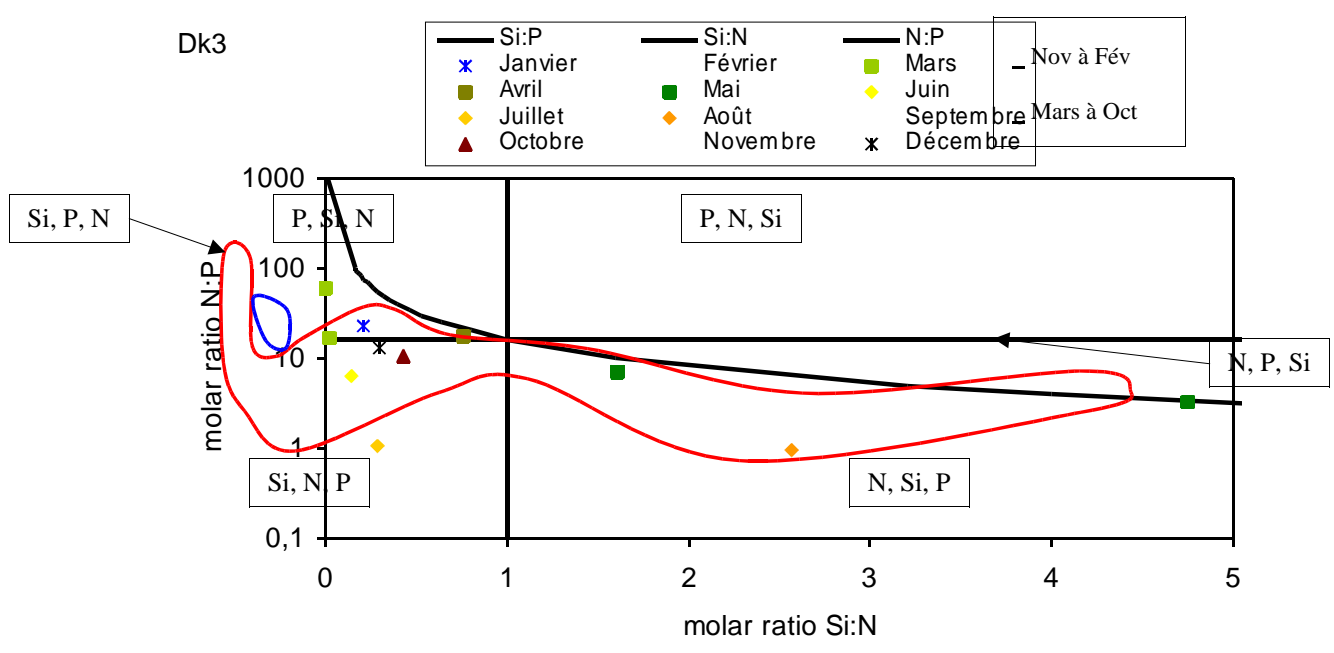
Il apparaît ainsi que la croissance du phytoplancton au niveau du point 3 de la radiale de Dunkerque est principalement limitée par la silice, sauf en mai et août avec un limitation par l'azote (Figure 30, Annexe 3).

**DK4 :**

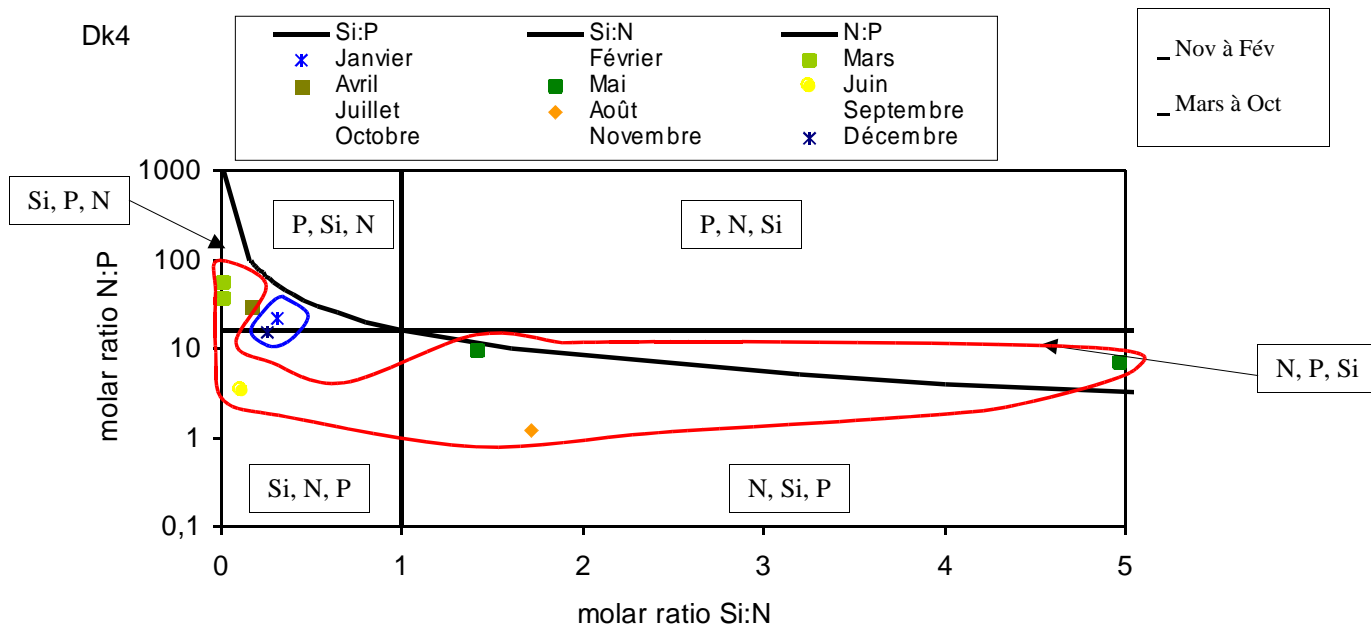
Lors de la période non productive (Nov-Fév), une limitation potentielle par le silicate est observée (limitation de type Si : P : N pour le mois de janvier et Si : N : P pour décembre). Lors de la période productive, on note tout d'abord une limitation de type Si : P : N pour les mois de mars et avril. Au mois de mai, les deux échantillons consécutifs ne présentent pas la même limitation ( N : Si : P le 06/05 et N : P : Si le 20/05). En juin, la limitation observée est de type Si : N : P. puis en août de type N : Si : P. Il apparaît ainsi que la croissance du phytoplancton au niveau du point 4 de la radiale de Dunkerque est principalement limitée par la silice sauf en mai et août où elle est limitée par l'azote (Figure 31, Annexe 3).



**Figure 29. Évolution temporelle des éléments limitants au point 1 de la radiale de Dunkerque en 2011**

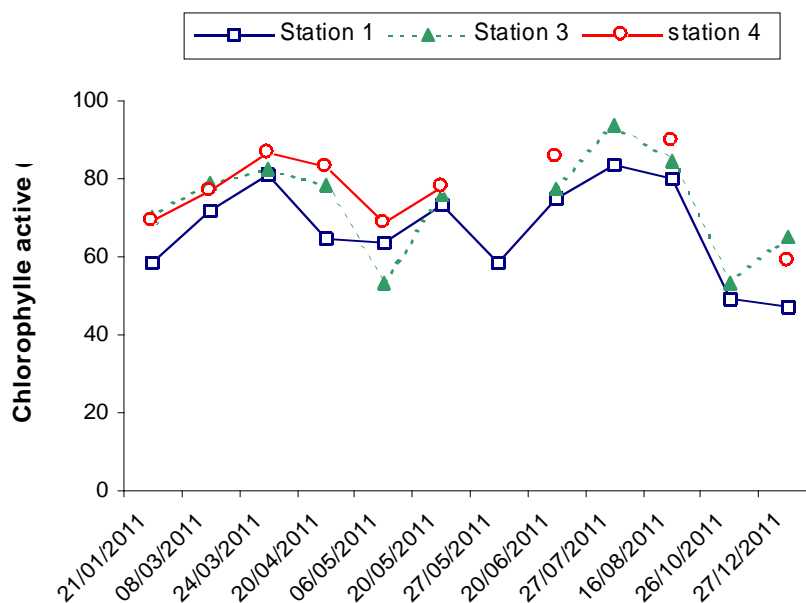


**Figure 30. Évolution temporelle des éléments limitants au point 3 de la radiale de Dunkerque en 2011**



**Figure 31. Évolution temporelle des éléments limitants au point 4 de la radiale de Dunkerque en 2011**

Le pourcentage de chlorophylle active durant l'année 2011 est toujours supérieur à 50 % sauf pour les deux minima enregistrés au point 1 (49,17 % le 26/10 et 47,03 % le 27/12). Le maximum est enregistré au point 3 le 27/07 avec 93,88 % (Figure 32). Le gradient côtalarge est compris entre 4,7 % et 18,2 %.



**Figure 32. Évolution temporelle du pourcentage de chlorophylle active sur la radiale de Dunkerque en 2011**

## 2.2. BoulognesurMer

L'évolution des températures est typique d'un système tempéré avec des valeurs faibles en hiver suivies d'une augmentation pour atteindre les maxima estivaux (Figures 33, 34 et 35).

En 2011, la tendance est la même. Les minima sont obtenus en début d'année pour les trois points : 6,2 °C en février (point 1), 6,3 °C et 6,7 °C en janvier (point 2 et 3).

Les températures ont été assez élevées au printemps (valeurs supérieures à la médiane).

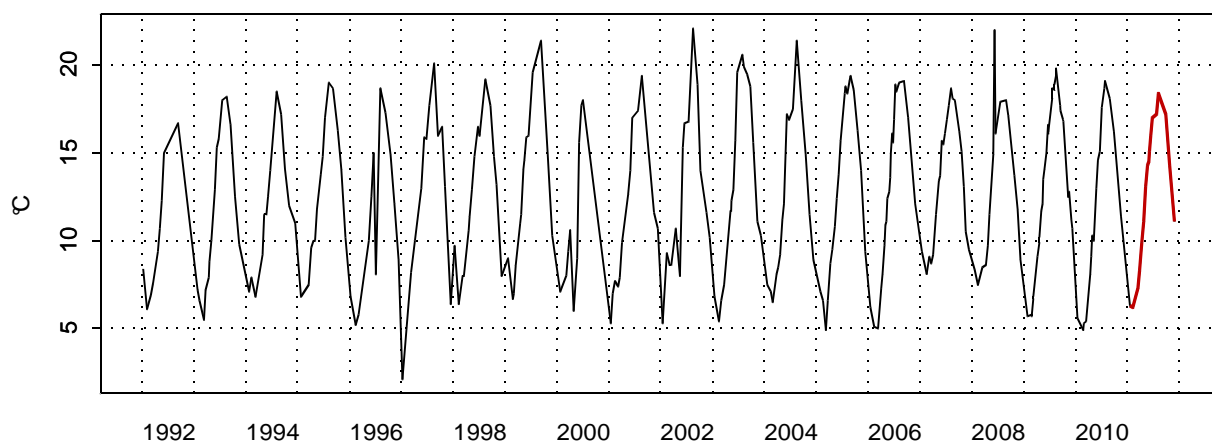
Il existe un faible gradient de température entre la côte et le large, compris entre -1,20 °C et 1,60 °C. Le gradient est négatif ou nul au printemps et en été (eaux côtières plus chaudes) et est positif en hiver (Annexe 2).

**Tableau 8. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour les différents points de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011**

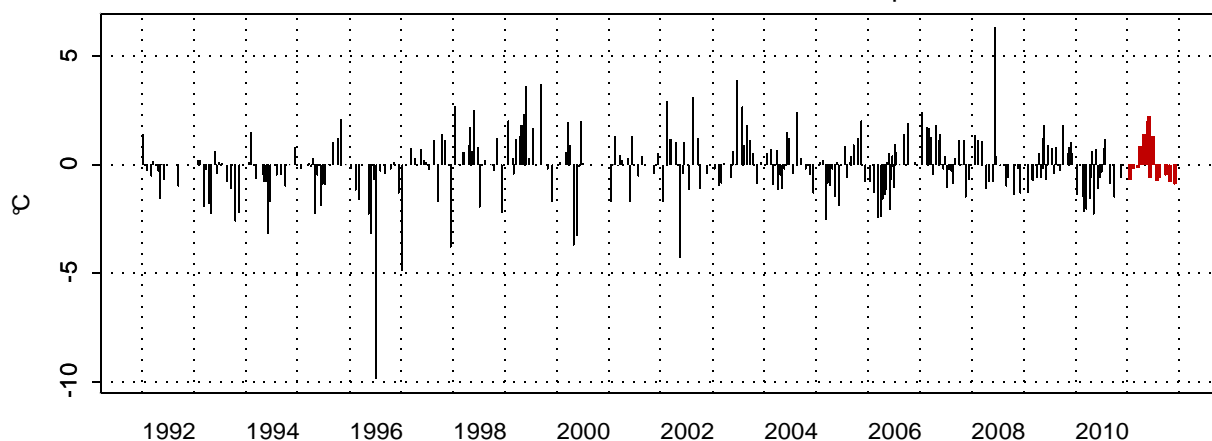
	<b>Min</b>	<b>Q1</b>	<b>Moy</b>	<b>Med</b>	<b>Q3</b>	<b>Max</b>	<b>n</b>
<b>BL1</b>	2,10	8,80	12,56	12,30	16,50	22,10	321
<b>BL2</b>	4,40	8,60	12,32	12,00	15,95	21,80	278
<b>BL3</b>	5,10	9,00	12,32	12,00	15,90	21,80	271



002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Température



002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Anomalies Température  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2011 Température  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

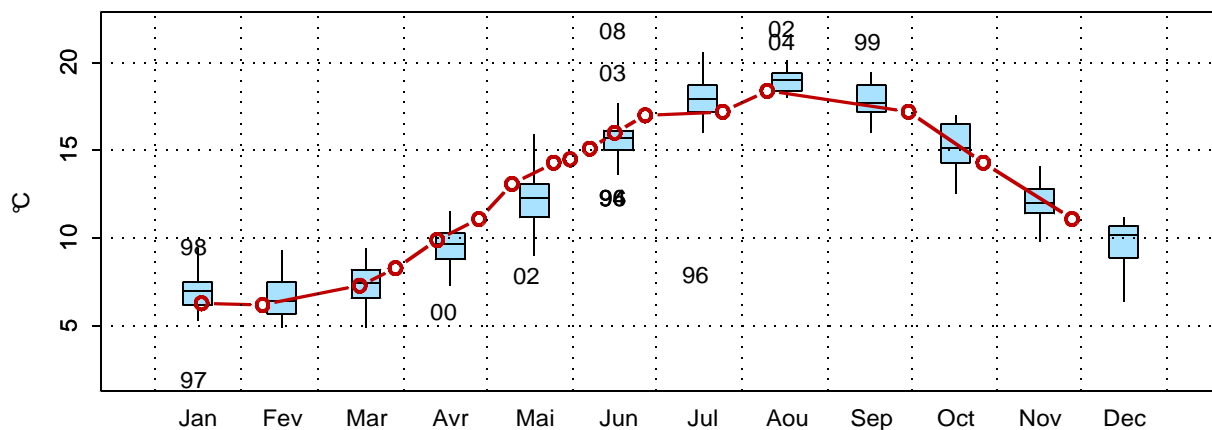
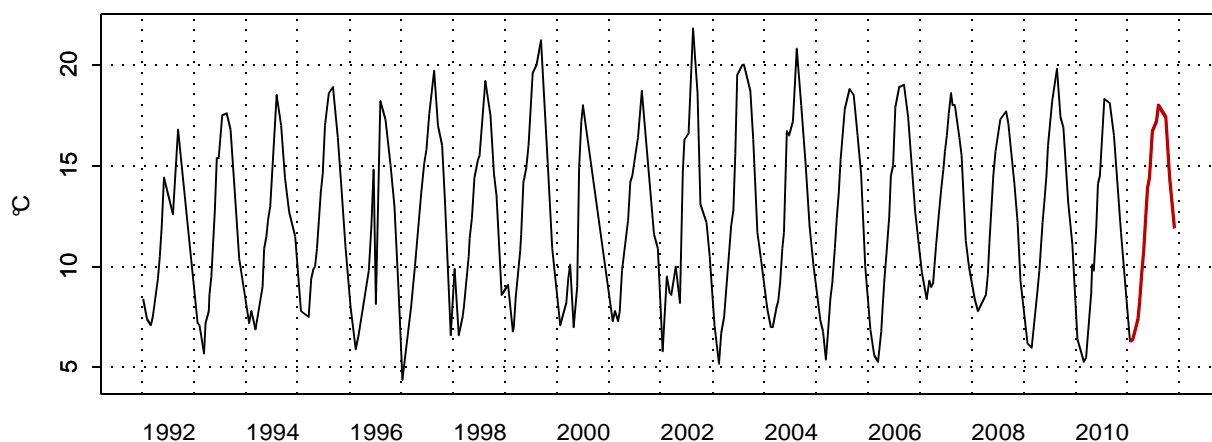
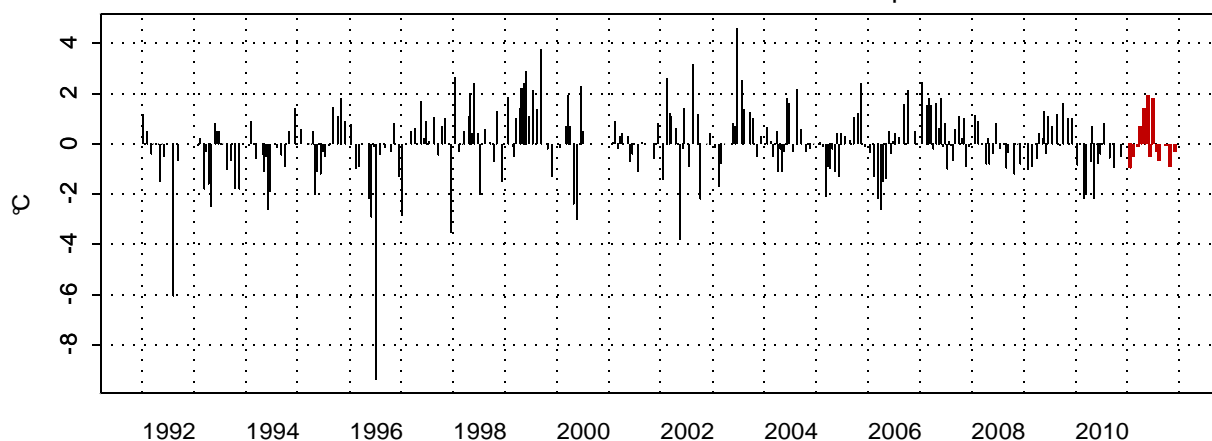


Figure 33. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer (1992-2011)

002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Température



002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Anomalies Température  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2011 Température  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

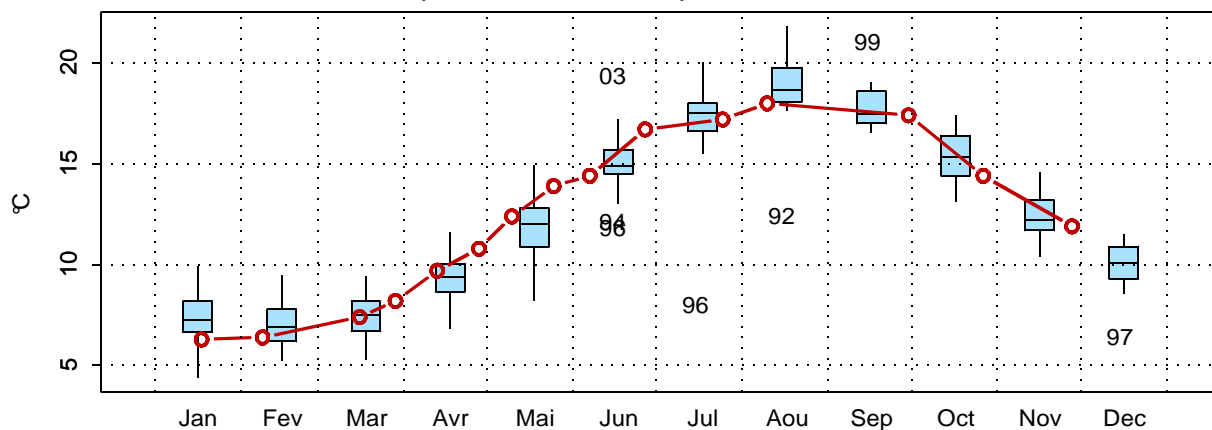
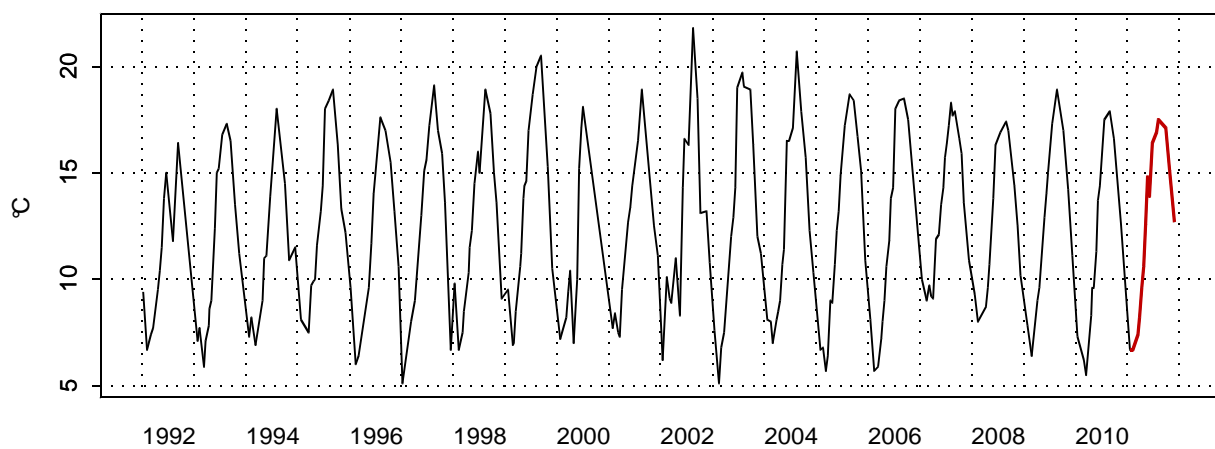
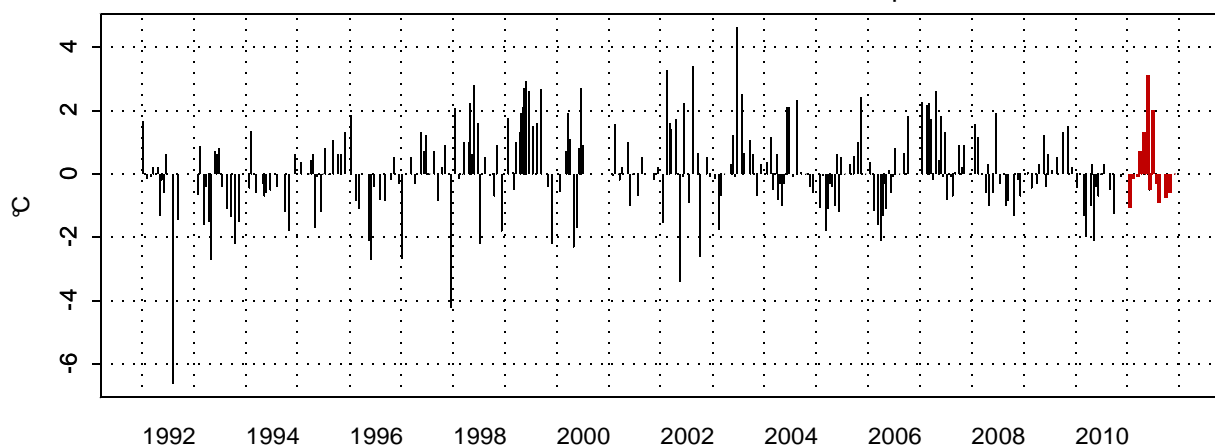


Figure 34. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer (1992-2011)

002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Température



002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Anomalies Température  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2011 Température  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

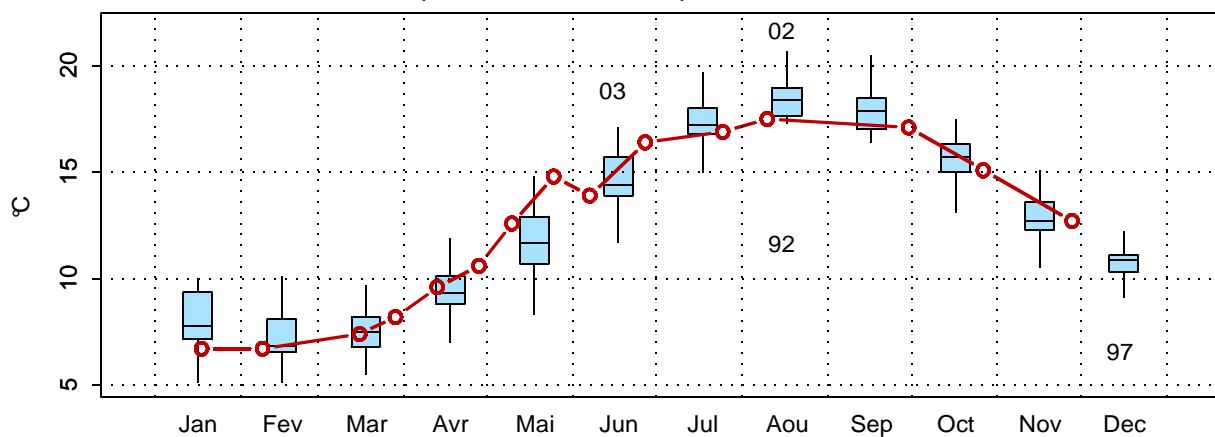
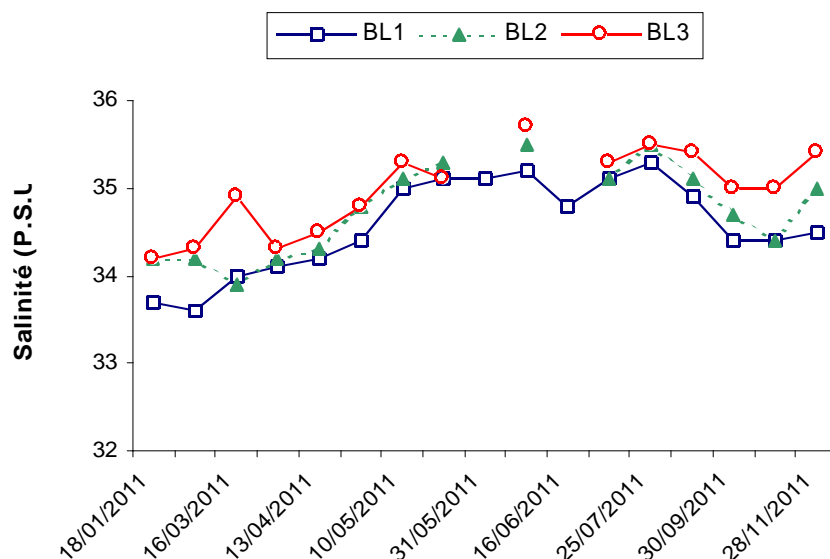


Figure 35. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer (1992-2011)

La salinité est caractéristique d'un système marin côtier. Elle est comprise entre 33,6 et 35,3 au point 1, entre 33,9 et 35,5 au point 2 et entre 34,2 et 35,7 au point 3 (Annexe 2). Les fluctuations observées sont le reflet à la fois de conditions de prélèvements légèrement différentes (contraintes liées à la marée) et de situations environnementales différentes (météorologie, courantologie) qui ne peuvent être appréhendées à cette échelle d'observation (Figure 36). Le gradient côtalarge de salinité varie entre 0 et 0,90.

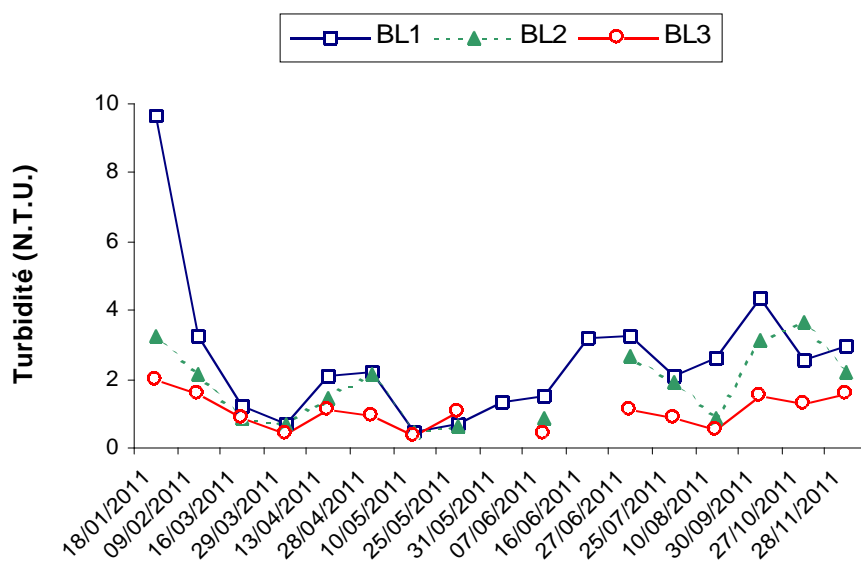


**Figure 36. Évolution temporelle de la salinité (P.S.U.) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2011**

Les valeurs de turbidité obtenues au cours de l'année 2011 fluctuent globalement en dessous de 4 N.T.U.. Les plus faibles valeurs sont relevées au large (0,32 N.T.U. le 10/05).

Le point 1 présente de plus fortes variations notamment avec un maximum le 18/01 de 9,66 N.T.U. et un minimum de 0,48 N.T.U. le 10/05.

Le gradient côte-large est compris entre -7,7 et 0,4 N.T.U..



**Figure 37. Évolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2011**

Globalement les périodes automnale et hivernale présentent des teneurs élevées par rapport au reste de l'année où la concentration de MES ne dépasse pas 8 mg/L. En septembre, un maximum est obtenu au point 1 avec 30,1 mg/L. Le minimum est relevé au point 3 le 07/06 (0,8 mg/L).

Les pics et les creux avec des valeurs semblant être douteuses ou extrêmes sont le reflet de phénomènes à plus haute fréquence, réponse du milieu aux conditions courantologiques et/ou météorologiques à des échelles de temps non abordable via la fréquence d'échantillonnage du SRN.

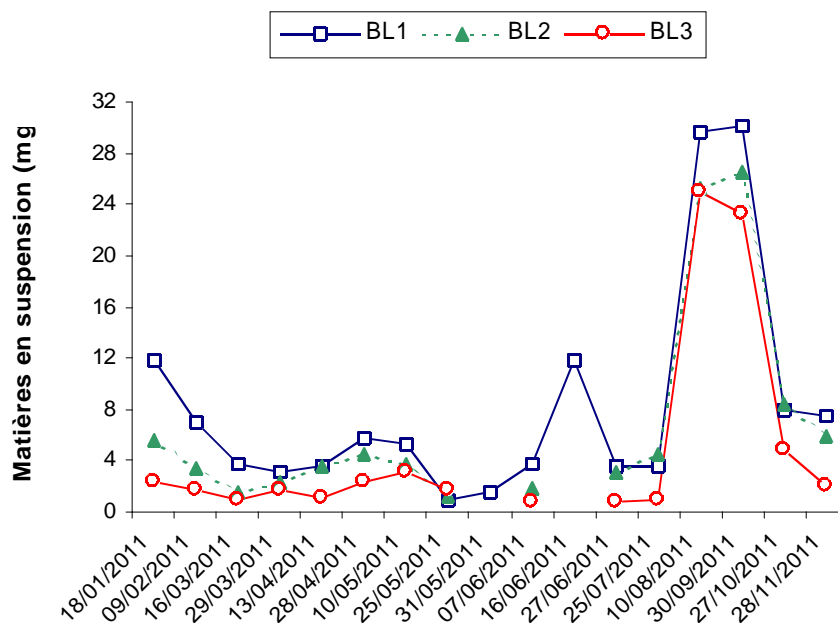
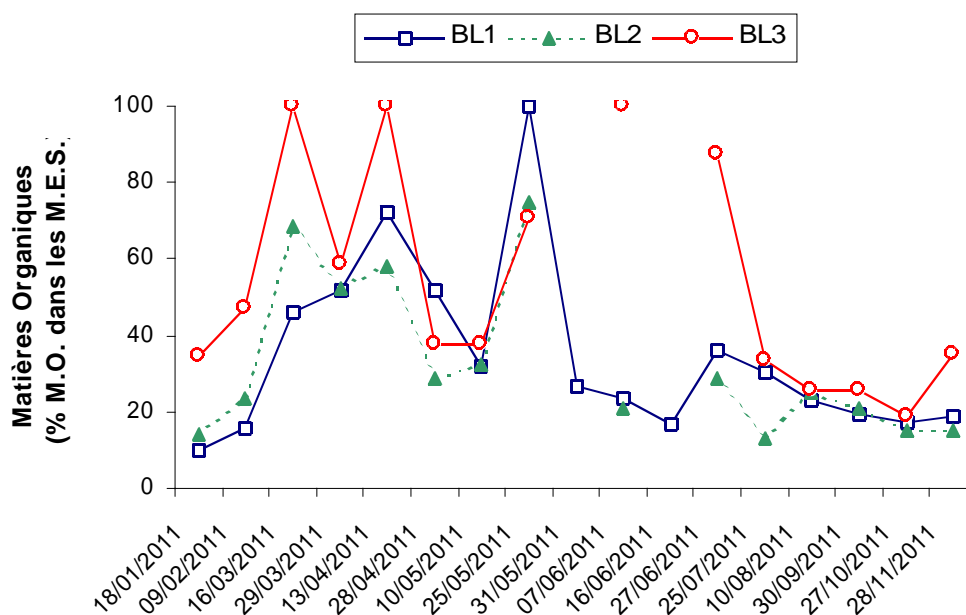


Figure 38. Évolution temporelle des matières en suspension (mg/L) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2011

L'évolution de la concentration de matière organique (M.O.) dans les matières en suspension (M.E.S.) est marquée par une forte variabilité. Globalement les valeurs sont comprises entre 10,08 % et 100 % (Figure 39). La période printanière est caractérisée par de plus fortes valeurs pour les trois points. On a obtenu 100 % de MO pour le point 3 (le 16/03, 13/04 et le 07/06) et pour le point 1 (le 25/05). Le maximum obtenu au point 2 est de 75 % (25/05). Le gradient côtalarge est compris entre -29,4 et 76,3 %.



**Figure 39. Évolution temporelle de la teneur en matière organique (%) dans les matières en suspension sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2011**

Le dosage de la concentration en chlorophylle *a*, indicateur de biomasse phytoplanctonique, permet de mettre en évidence un bloom printanier (Annexe 2 et Figures 40, 41 et 42).

De mars à avril, des valeurs élevées ont été observées sur toute la radiale.

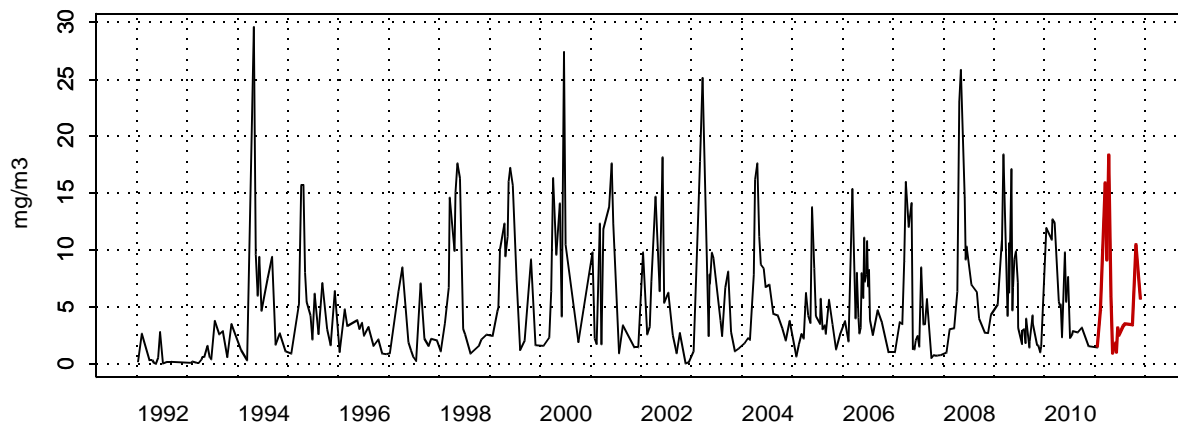
Un bloom automnal est également présent pour cette année.

Pour les points 1 et 2 on note des valeurs exceptionnellement élevées par rapport à la tendance depuis 1992. En effet le 27/10, on relève 10,47 mg/m<sup>3</sup> pour le point 1 et 5,48 mg/m<sup>3</sup> pour le point 2.

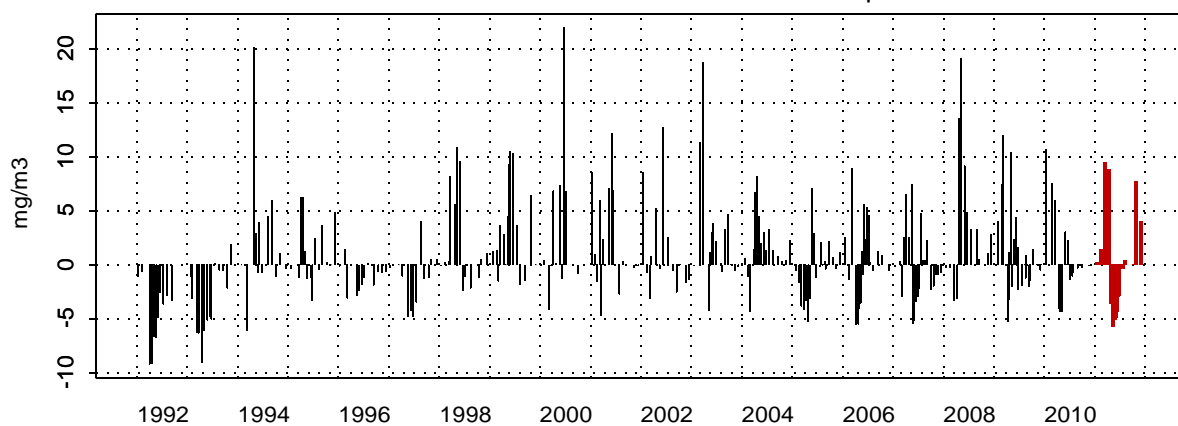
**Tableau 9. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle *a* (mg/m<sup>3</sup>) pour les différents points de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011**

	<b>Min</b>	<b>Q1</b>	<b>Moy</b>	<b>Med</b>	<b>Q3</b>	<b>Max</b>	<b>n</b>
<b>BL1</b>	0,01	1,80	5,58	3,52	7,96	29,60	312
<b>BL2</b>	0,05	1,19	3,71	2,42	4,84	19,22	276
<b>BL3</b>	0,02	0,80	2,32	1,36	2,76	16,32	267

002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Chlorophylle a



002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Anomalies Chlorophylle a  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2011 Chlorophylle a  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

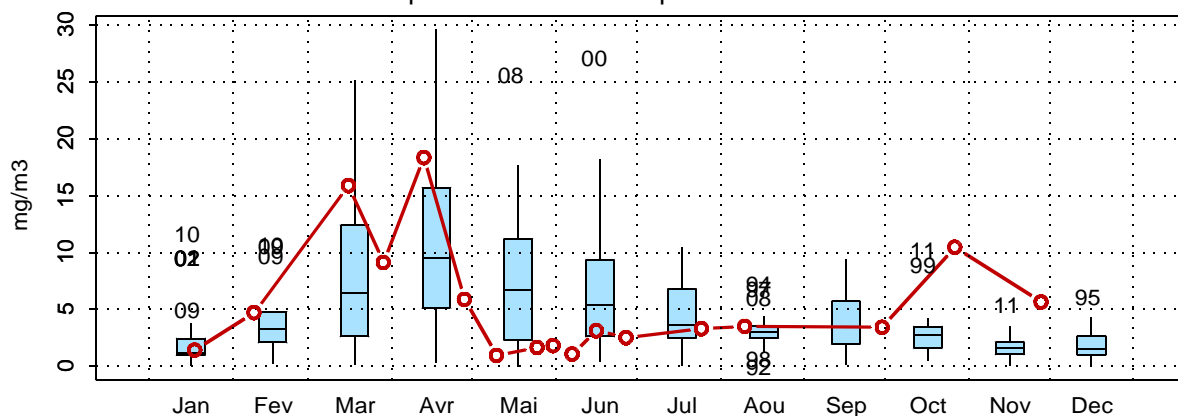
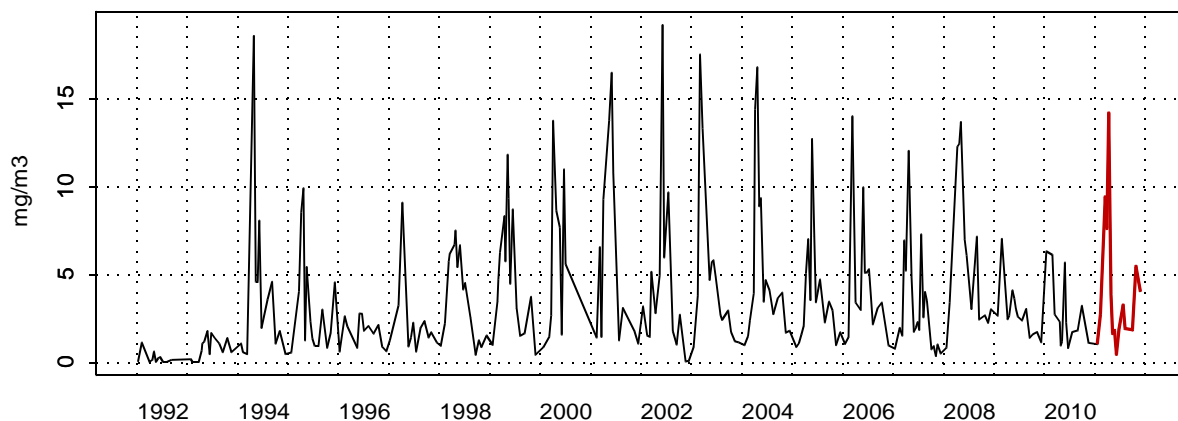


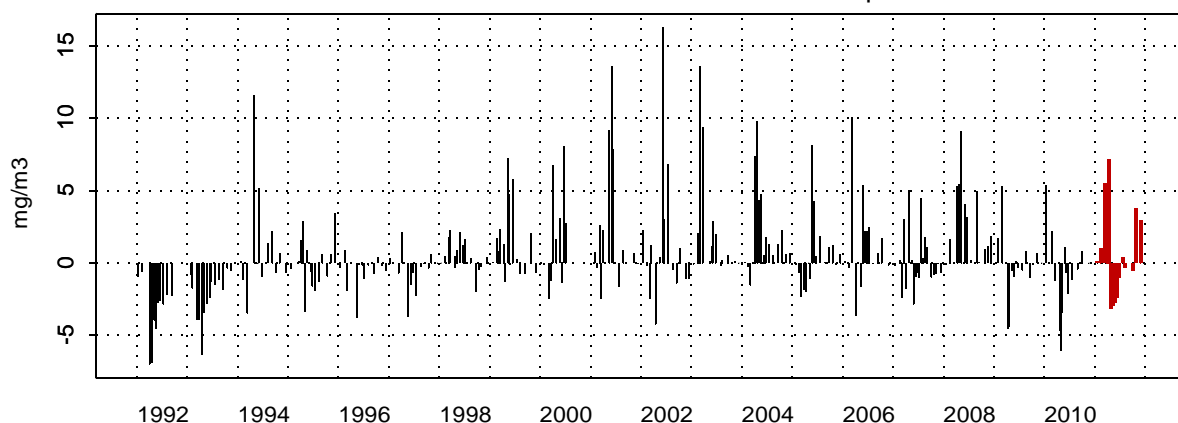
Figure 40. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m<sup>3</sup>) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011



002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Chlorophylle a



002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Anomalies Chlorophylle a  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2011 Chlorophylle a  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

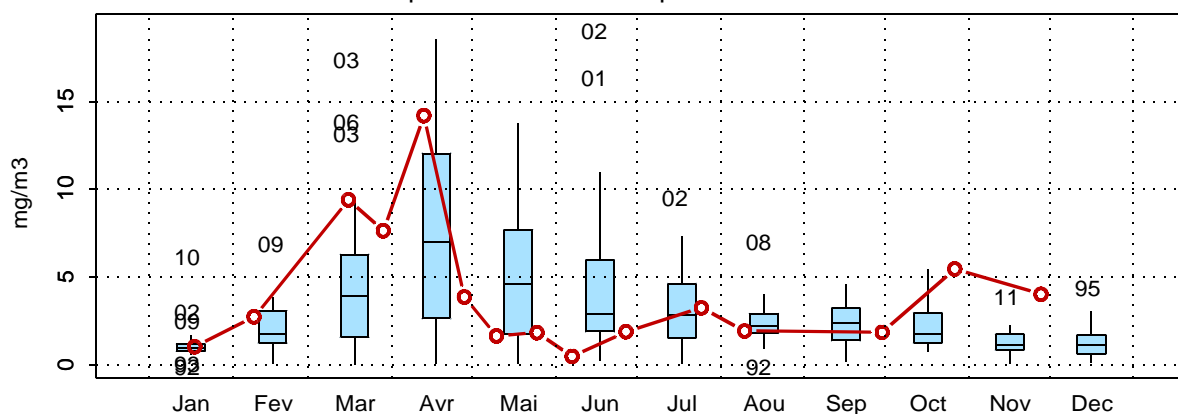
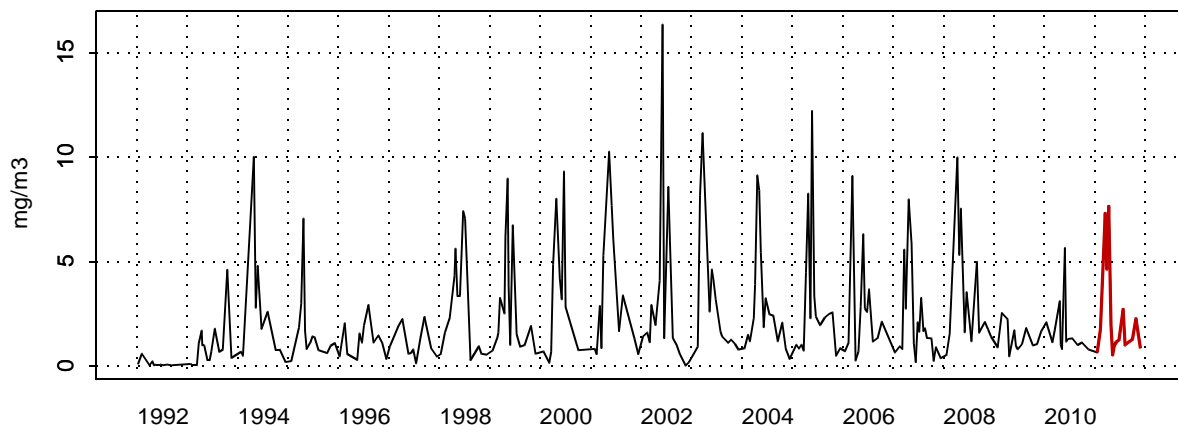
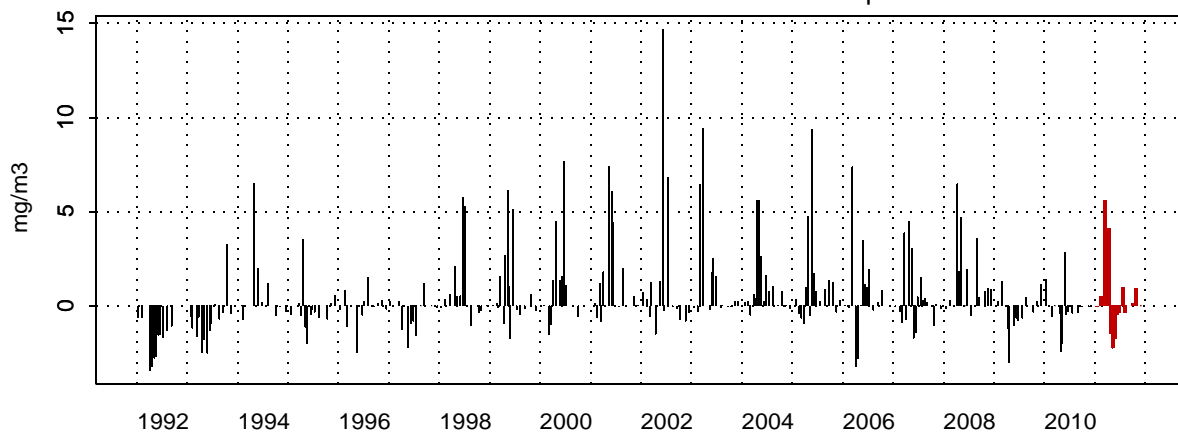


Figure 41. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m3) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011

002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Chlorophylle a



002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Anomalies Chlorophylle a  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2011 Chlorophylle a  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

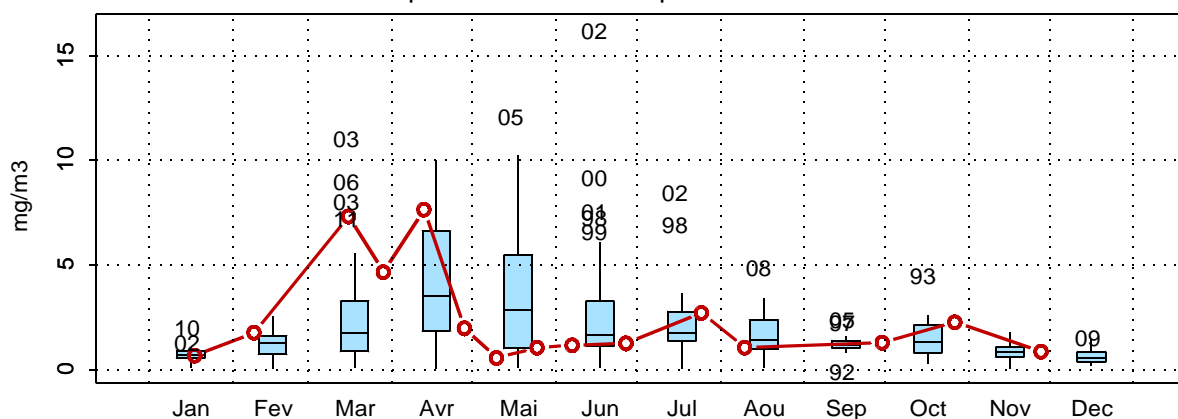


Figure 42. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m3) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011

La courbe d'évolution du nitrate est classique (Figures 43, 44 et 45).

En 2011, l'évolution de la concentration en nitrate est semblable à celle observée depuis 1992. De fortes valeurs sont obtenues en début et fin de cycle tandis que pour le reste de l'année les valeurs sont très faibles.

Les concentrations maximales sont observées aux mois de janvier et février pour toute la radiale de Boulogne-sur-Mer (avec 22,8  $\mu\text{mol/L}$  pour le point 1, 17,97  $\mu\text{mol/L}$  pour le point 2 et 16,13  $\mu\text{mol/L}$  pour le point 3). Les concentrations minimales sont enregistrées d'avril à septembre avec notamment des valeurs inférieures au seuil de détection ( $< 0,15 \mu\text{mol/L}$ ) pour les points 2 et 3. On remarque une forte augmentation des concentrations à la fin du cycle avec des valeurs supérieures à la médiane.

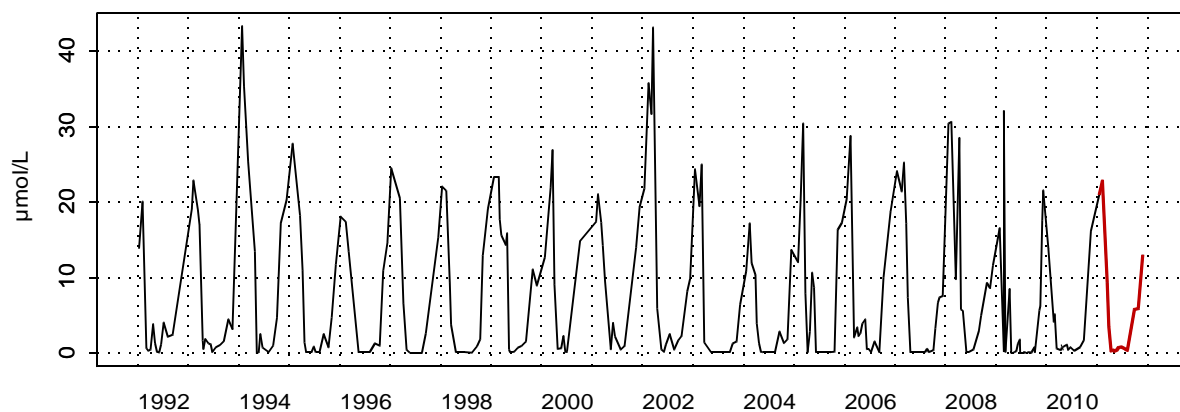
**Tableau 10. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour les différents points de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011**

	<b>Min</b>	<b>Q1</b>	<b>Moy</b>	<b>Med</b>	<b>Q3</b>	<b>Max</b>	<b>n</b>
<b>BL1</b>	0,02	0,21	7,02	1,77	12,55	43,31	294
<b>BL2</b>	0,1	0,15	5,87	1,58	10,76	43,78	278
<b>BL3</b>	0,08	0,25	5,20	1,63	8,61	63,64	270

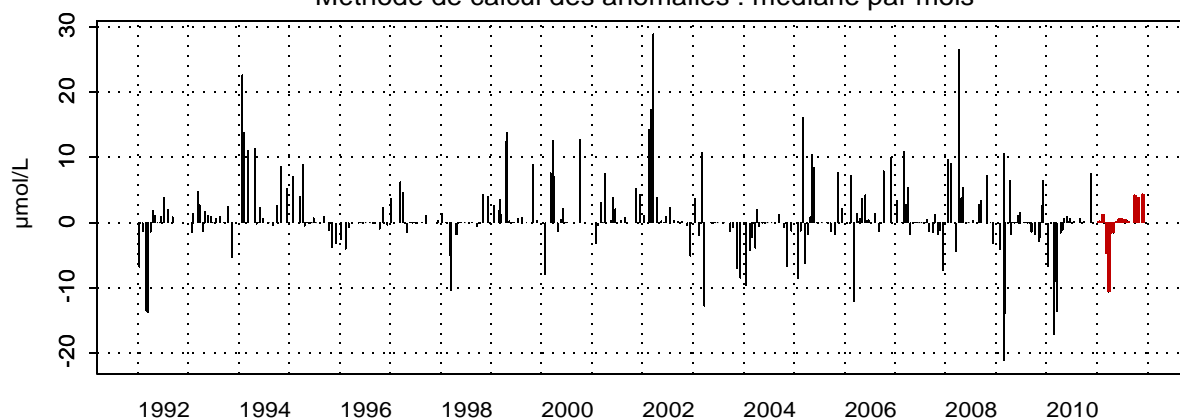
**Tableau 11. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrate ( $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ ) ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour les différents points de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 2009-2011**

	<b>Min</b>	<b>Q1</b>	<b>Moy</b>	<b>Med</b>	<b>Q3</b>	<b>Max</b>	<b>n</b>
<b>BL1</b>	0,15	0,43	4,56	0,91	5,70	23,2	43
<b>BL2</b>	0,15	0,15	4,33	0,98	8,75	20,61	29
<b>BL3</b>	0,15	0,15	3,75	0,47	7,39	20,18	29

002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Azote nitrique (nitrate)



002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Anomalies Azote nitrique (nitrate)  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2011 Azote nitrique (nitrate)  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

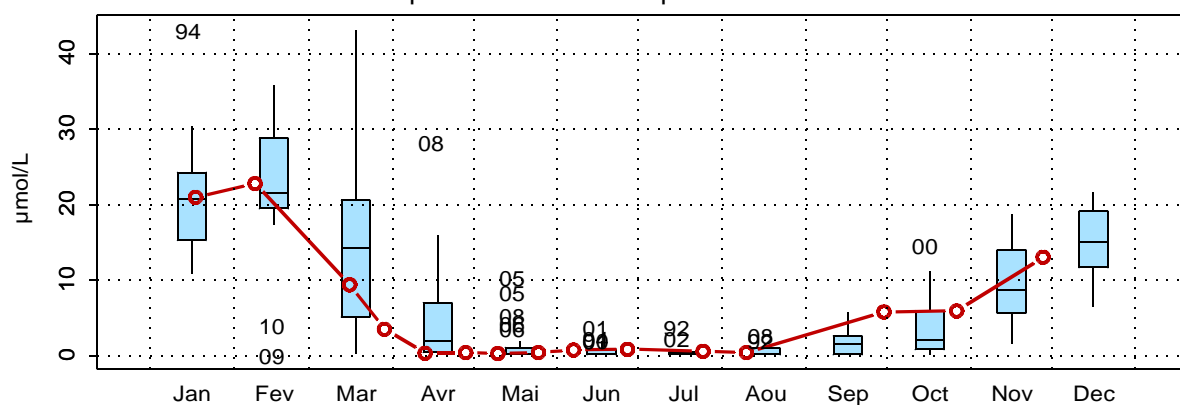
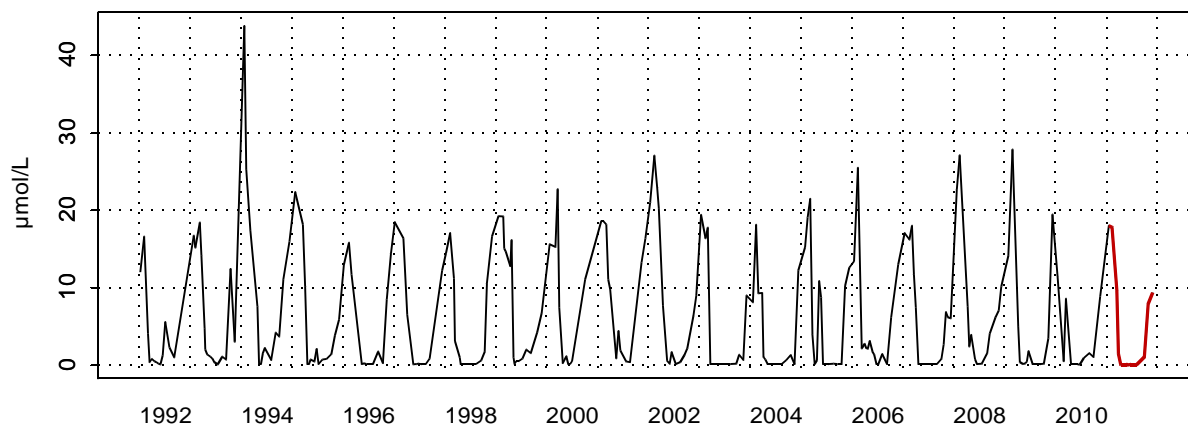


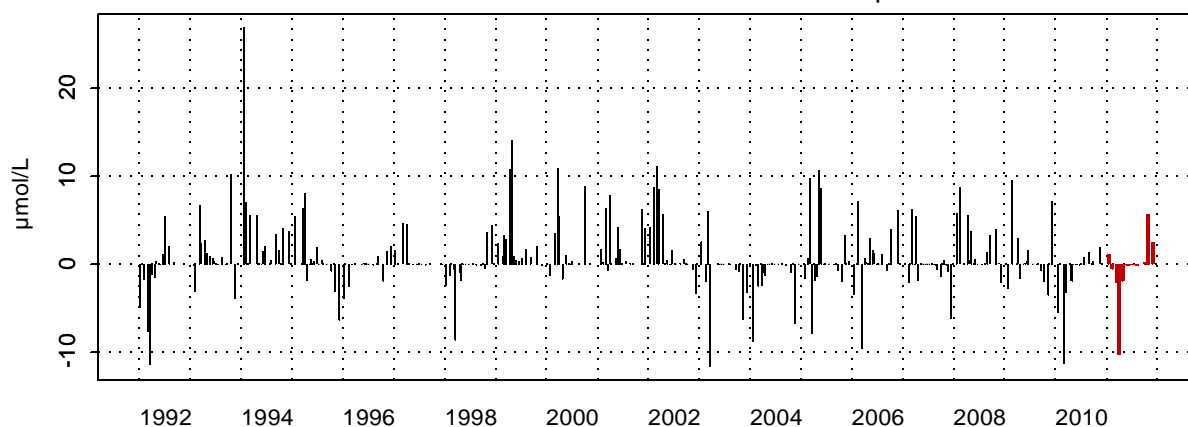
Figure 43. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate (µmol/L) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011

002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Azote nitrique (nitrate)



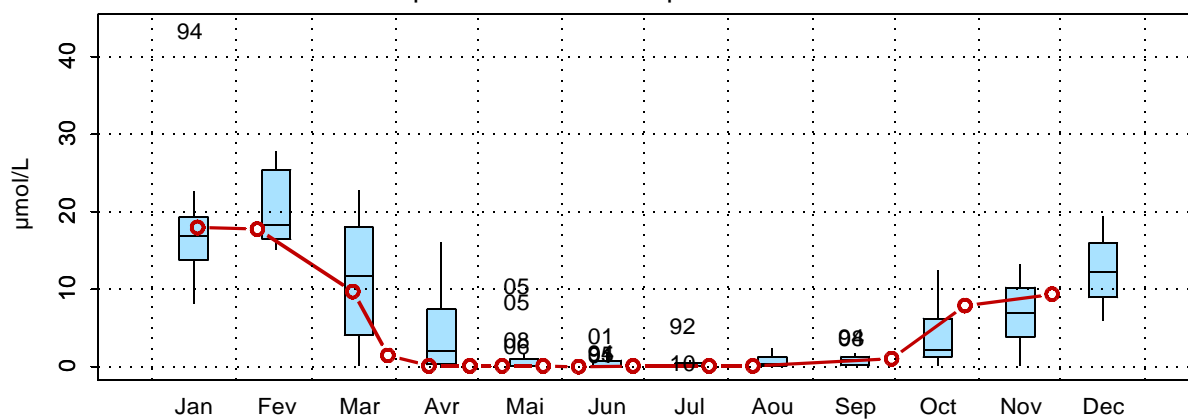
002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Anomalies Azote nitrique (nitrate)

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois

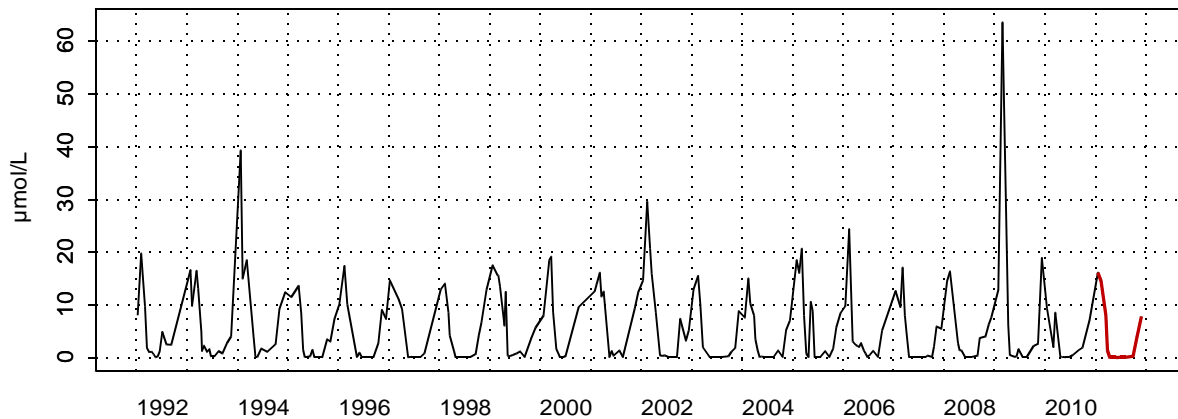


002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2011 Azote nitrique (nitrate)

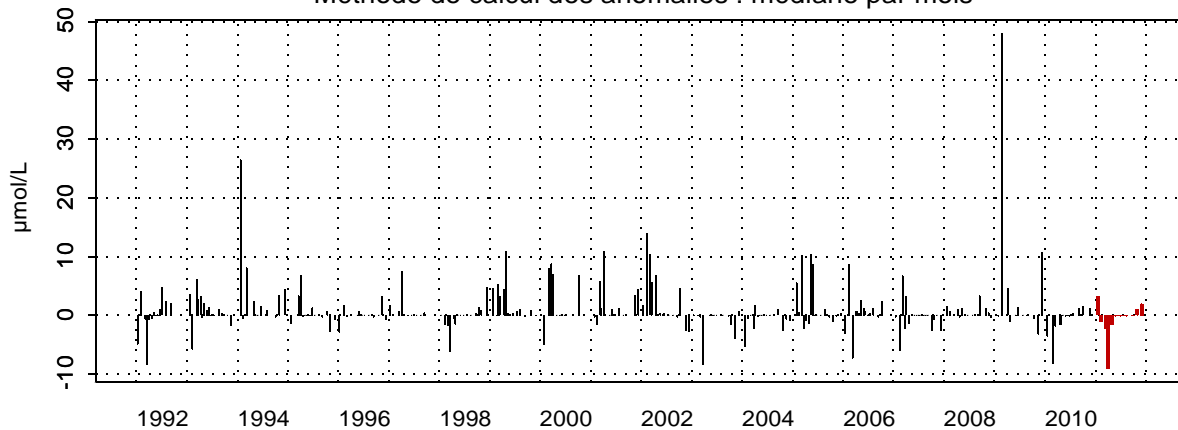
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

**Figure 44. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011**

002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Azote nitrique (nitrate)



002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Anomalies Azote nitrique (nitrate)  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2011 Azote nitrique (nitrate)  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

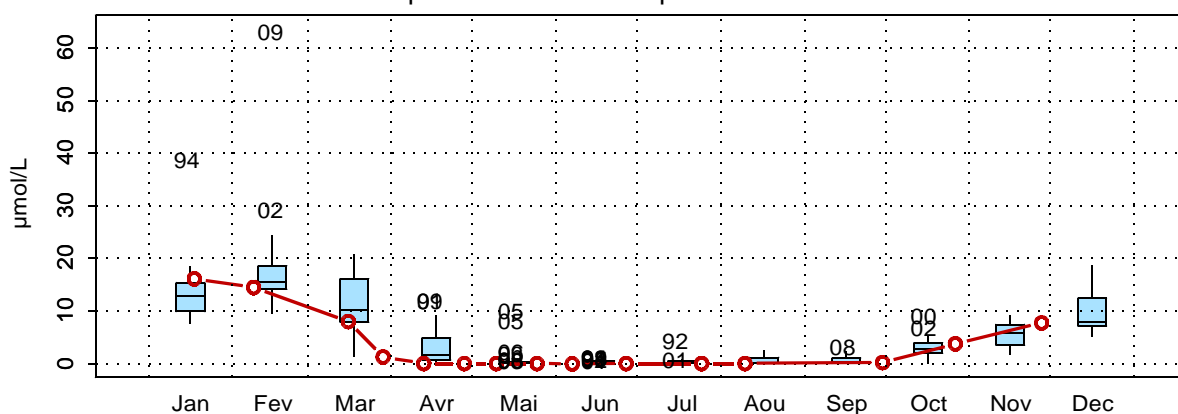


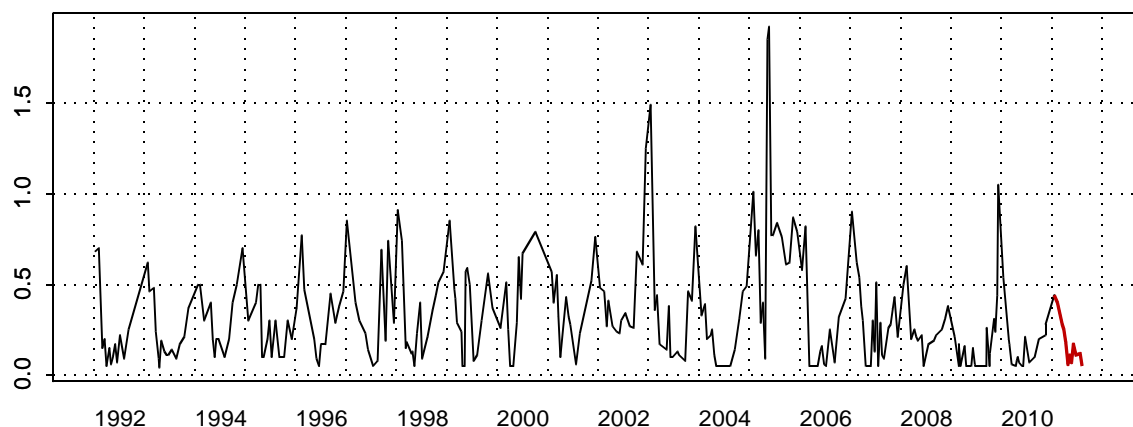
Figure 45. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate (µmol/L) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011

Les concentrations en nitrite présentent des fluctuations importantes d'une année à l'autre. L'aspect éphémère de cet élément lors des réactions de nitrification-dénitrification rend l'interprétation de ces variations difficile. Il devient courant de traiter les résultats sous la forme ( $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ ).

La courbe d'évolution des nitrites est classique et ressemble fortement à celle des nitrates (Figures 46, 47, 48).

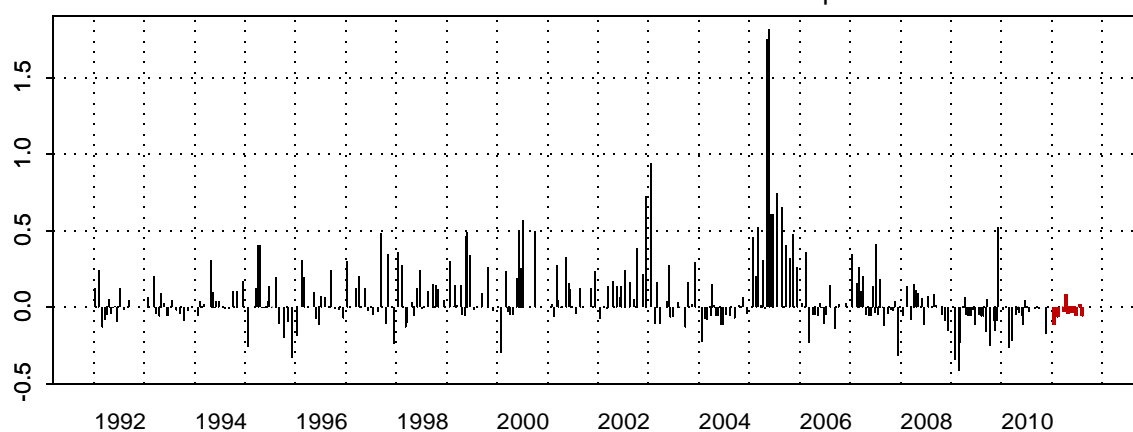
En 2011, les concentrations en nitrites sont généralement inférieures à la médiane 1992-2011. Cependant on a relevé une concentration exceptionnellement élevée pour le point 2 de la radiale ( $1,6 \mu\text{mol/L}$  le 07/06).

002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - NO2



002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Anomalies NO2

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2011 NO2

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

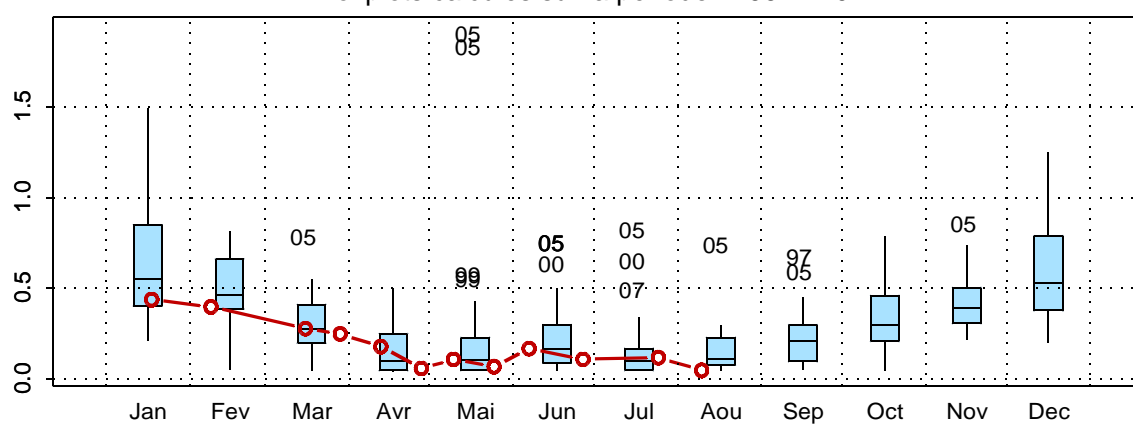
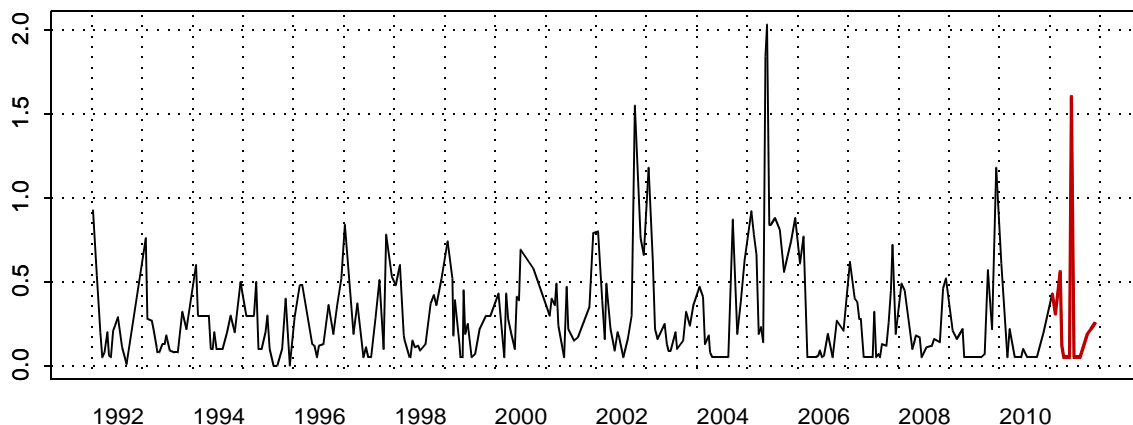


Figure 46. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011

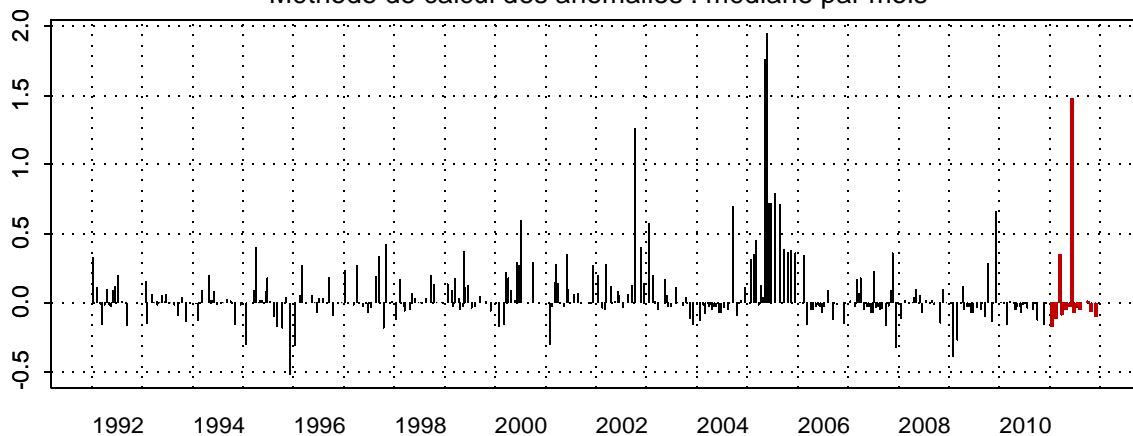


002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - NO2



002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Anomalies NO2

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2011 NO2

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

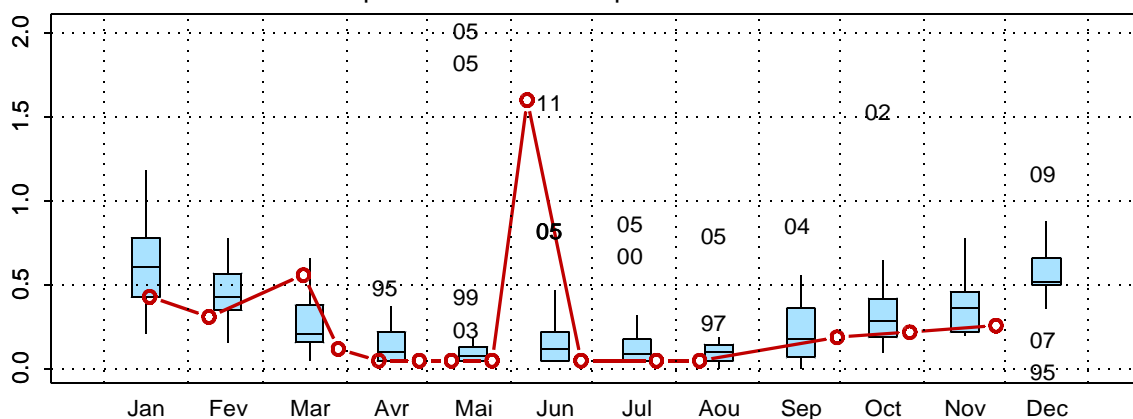
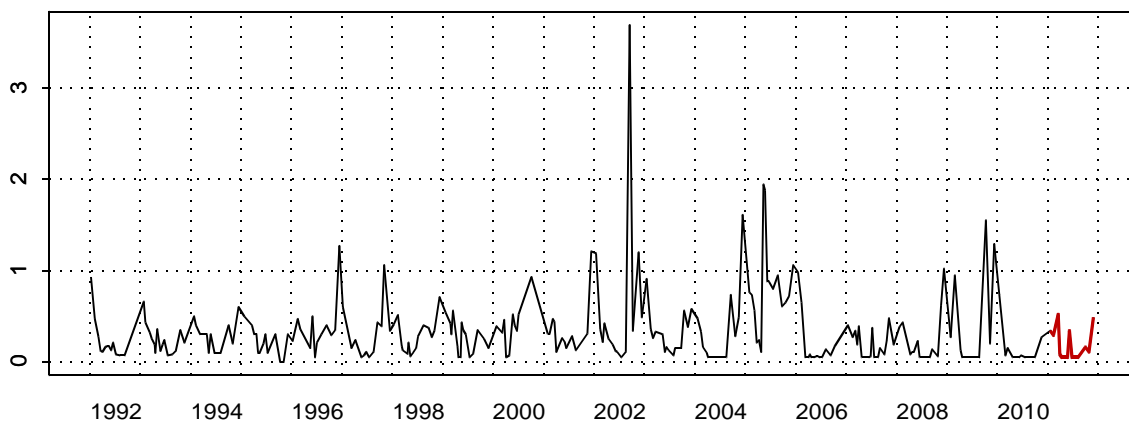
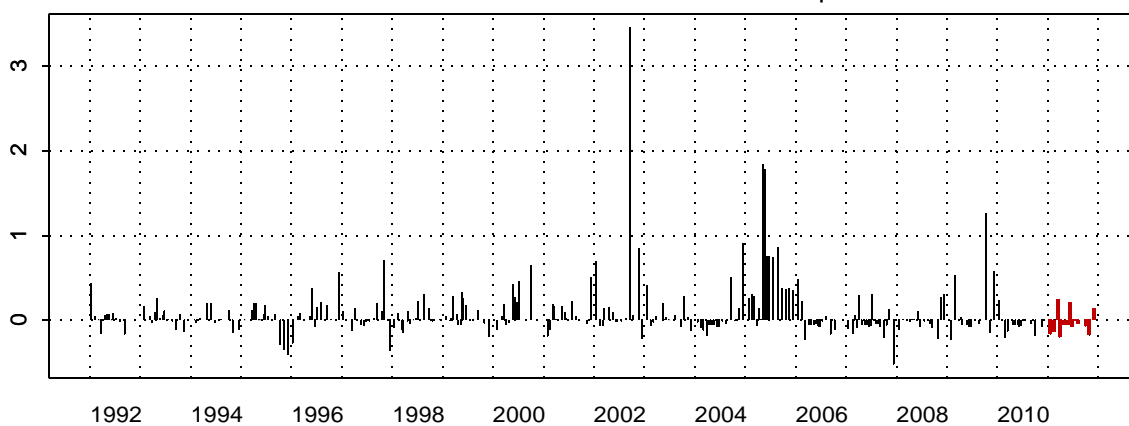
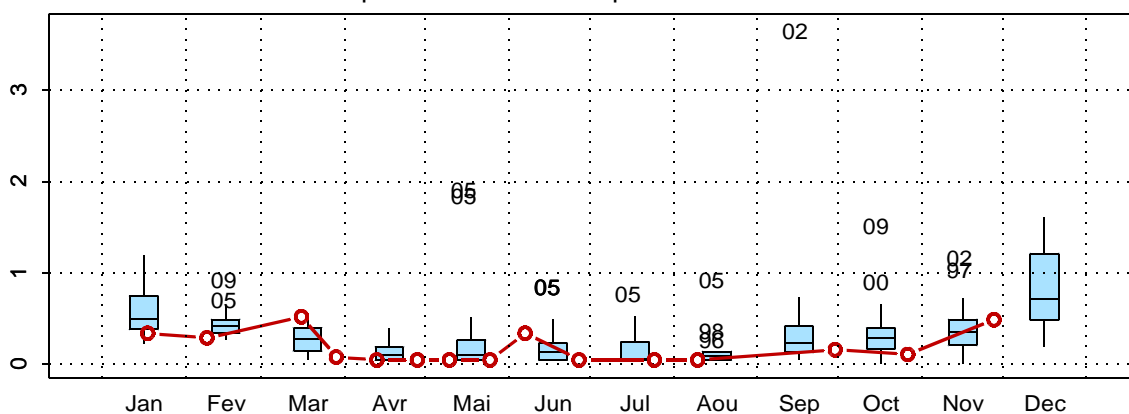


Figure 47. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011

002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - NO2

002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Anomalies NO2  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2011 NO2  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011**Figure 48. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011**

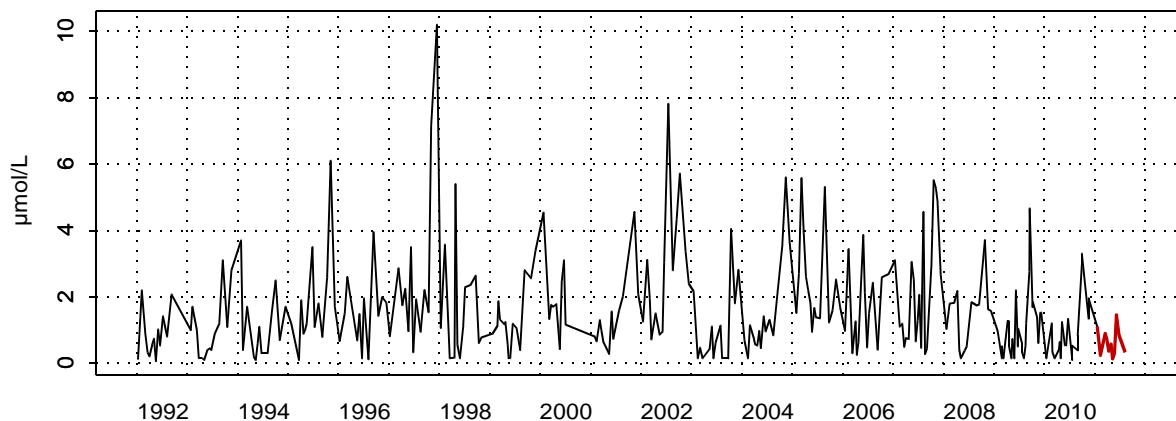
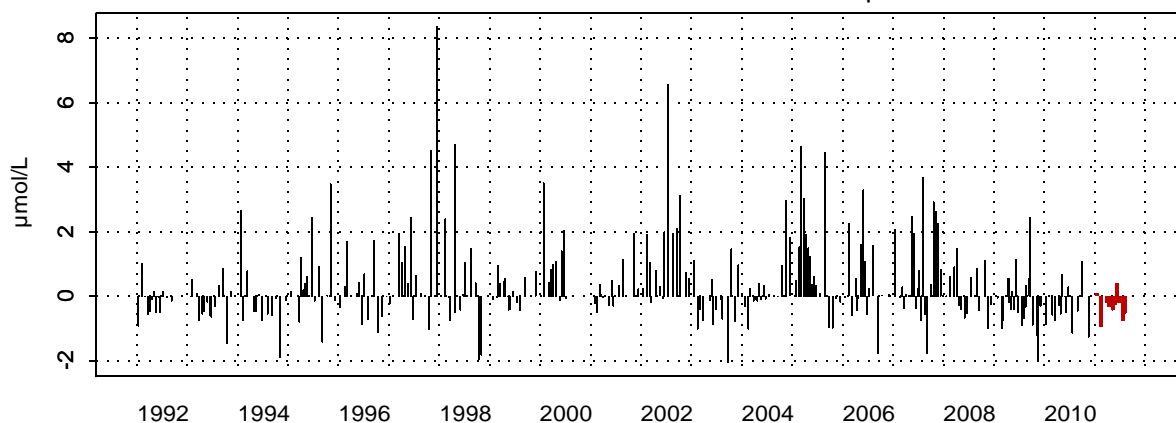
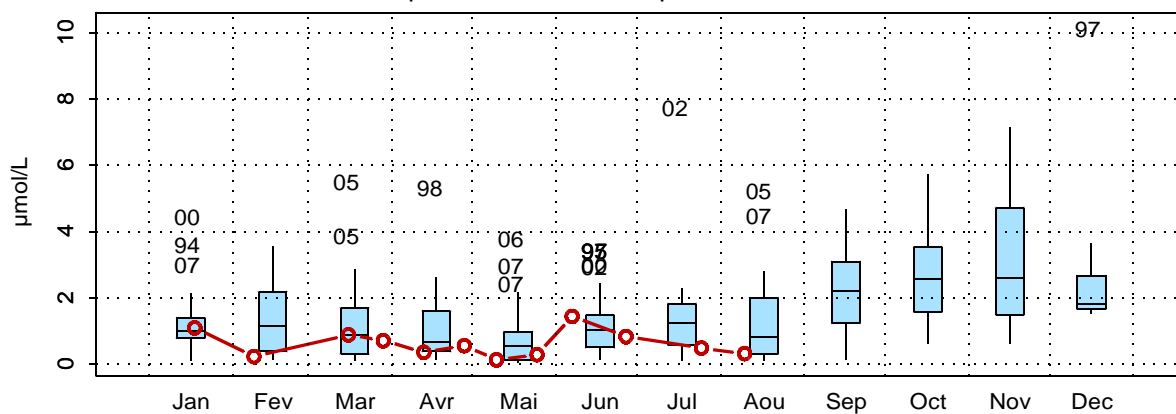
Les variations de la concentration en ammonium apparaissent classiques. Cependant, quelques évènements particuliers ont pu être observés (de grandes fluctuations sont observées durant l'année et sont difficiles à expliquer à l'échelle d'observation du SRN) (Figures 49, 50 et 51).

Au point 1, on observe que les concentrations diminuent de janvier à février (0,24  $\mu\text{mol/L}$ ), remontent en mars (0,9  $\mu\text{mol/L}$ ) et rechutent jusque mai (0,14  $\mu\text{mol/L}$ ) puis remontent en juin (1,45  $\mu\text{mol/L}$ ) pour ensuite rechuter jusqu'au mois août (données manquantes de septembre à décembre).

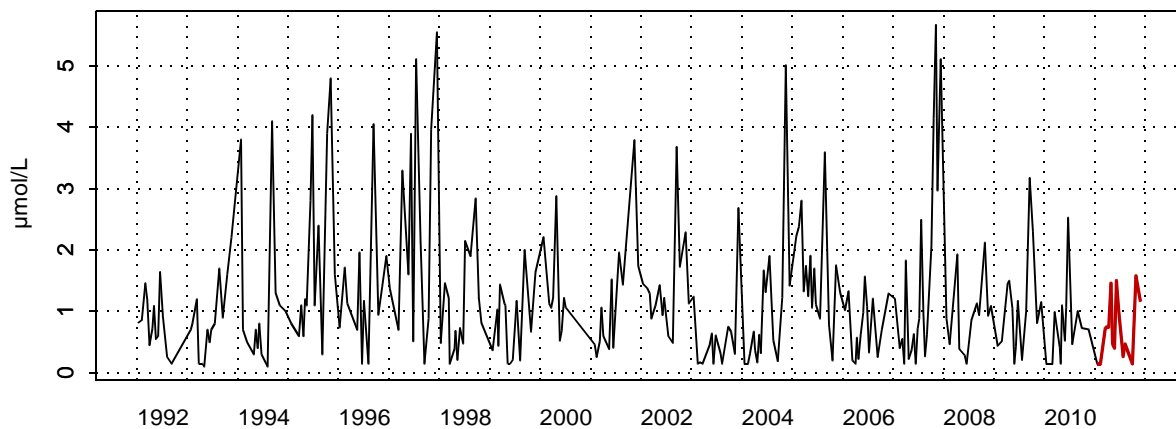
Au point 2, on observe de faibles valeurs en début de cycle puis, à partir du mois de mars, les teneurs évoluent jusqu'à atteindre un maximum en avril (1,46  $\mu\text{mol/L}$ ) avant de rechuter en mai (0,4  $\mu\text{mol/L}$ ). Les maxima sont relevés au mois de juin (1,5  $\mu\text{mol/L}$ ) et octobre (1,58  $\mu\text{mol/L}$ ).

Au point 3, on observe une augmentation des concentrations à partir de janvier jusqu'au mois d'avril (0,76  $\mu\text{mol/L}$ ) suivie d'une chute au mois de mai (0,25  $\mu\text{mol/L}$ ). Un maximum est relevé début juin (1,15  $\mu\text{mol/L}$ ). Fin juin, les concentrations rechutent pour ensuite remonter légèrement jusqu'au mois de novembre (données manquantes pour décembre).

002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Azote ammoniacal

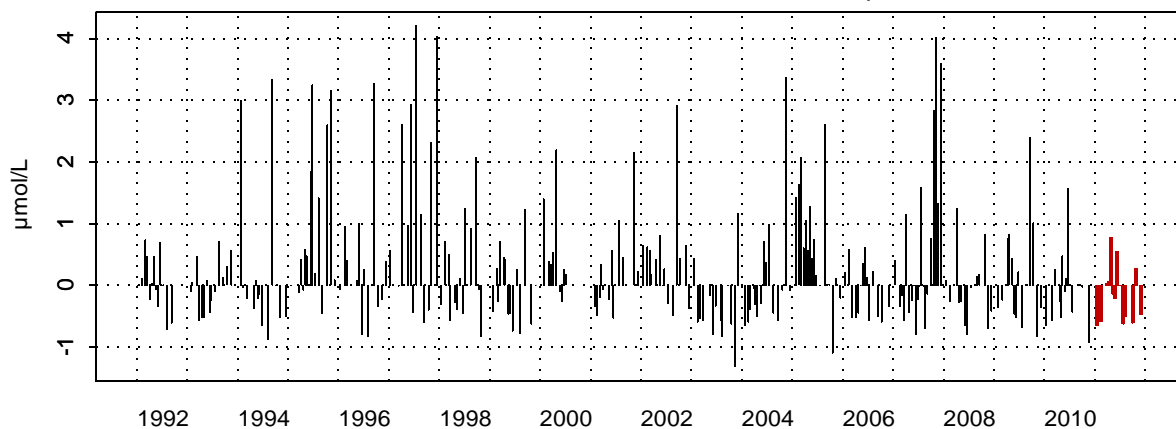
002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Anomalies Azote ammoniacal  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2011 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011**Figure 49. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium (µmol/L) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011**

## 002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Azote ammoniacal



## 002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Anomalies Azote ammoniacal

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



## 002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2011 Azote ammoniacal

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

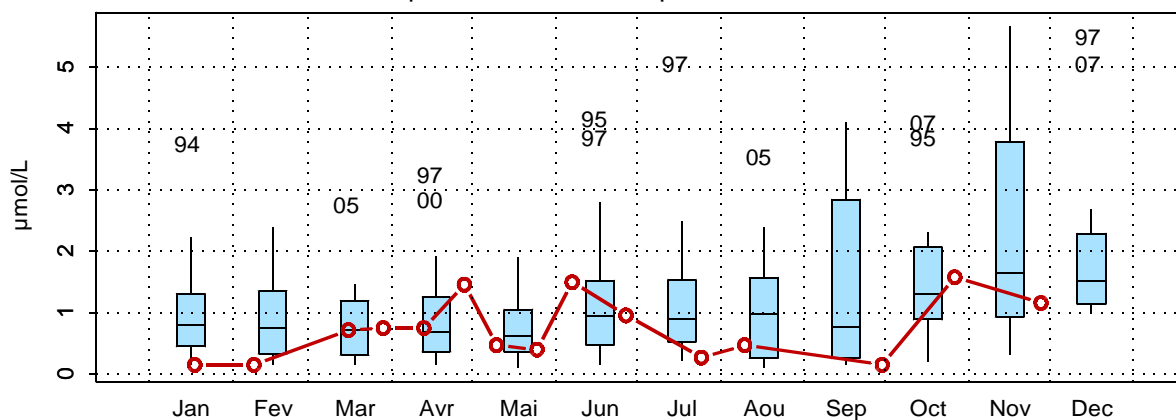
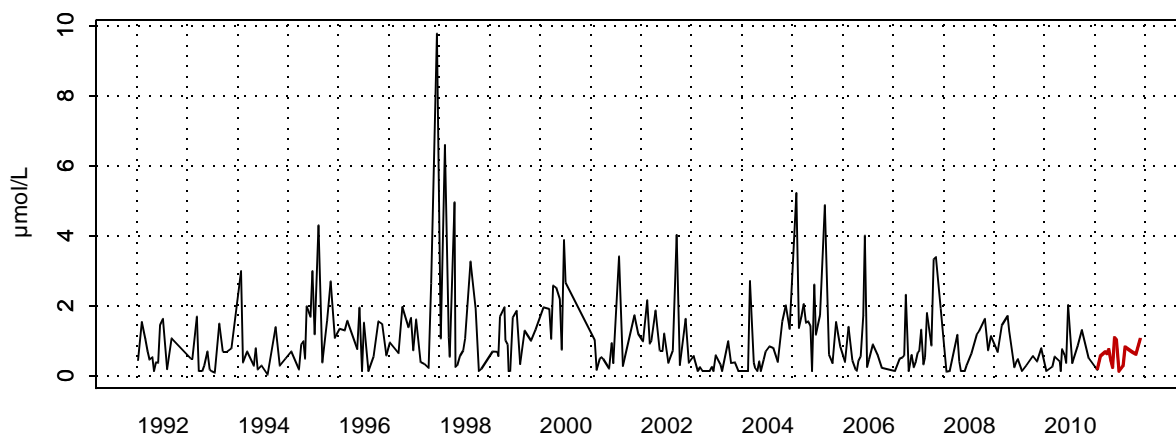
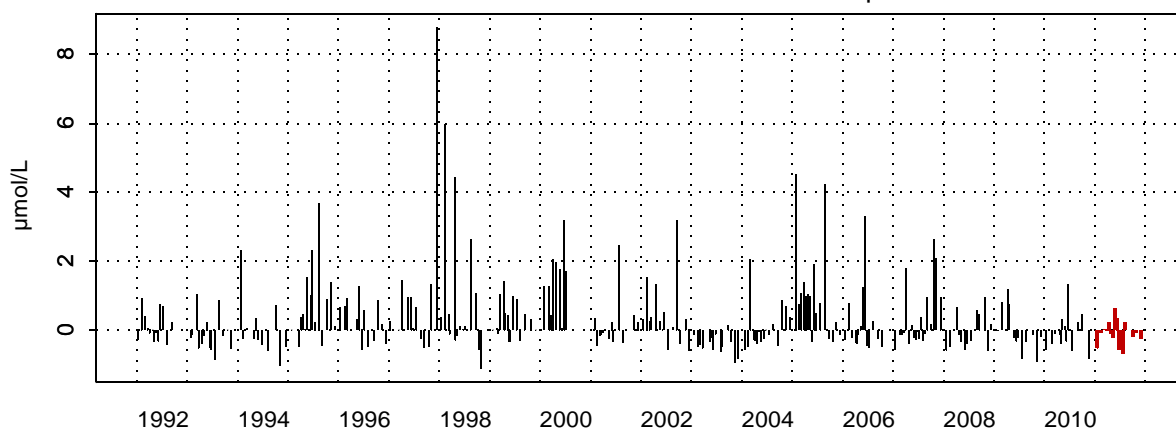
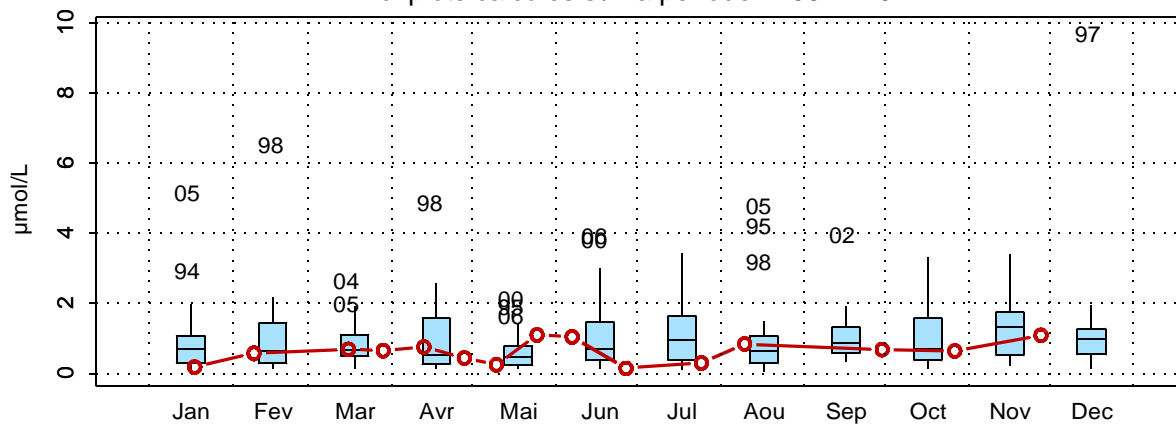


Figure 50. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium (µmol/L) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011

002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Azote ammoniacal

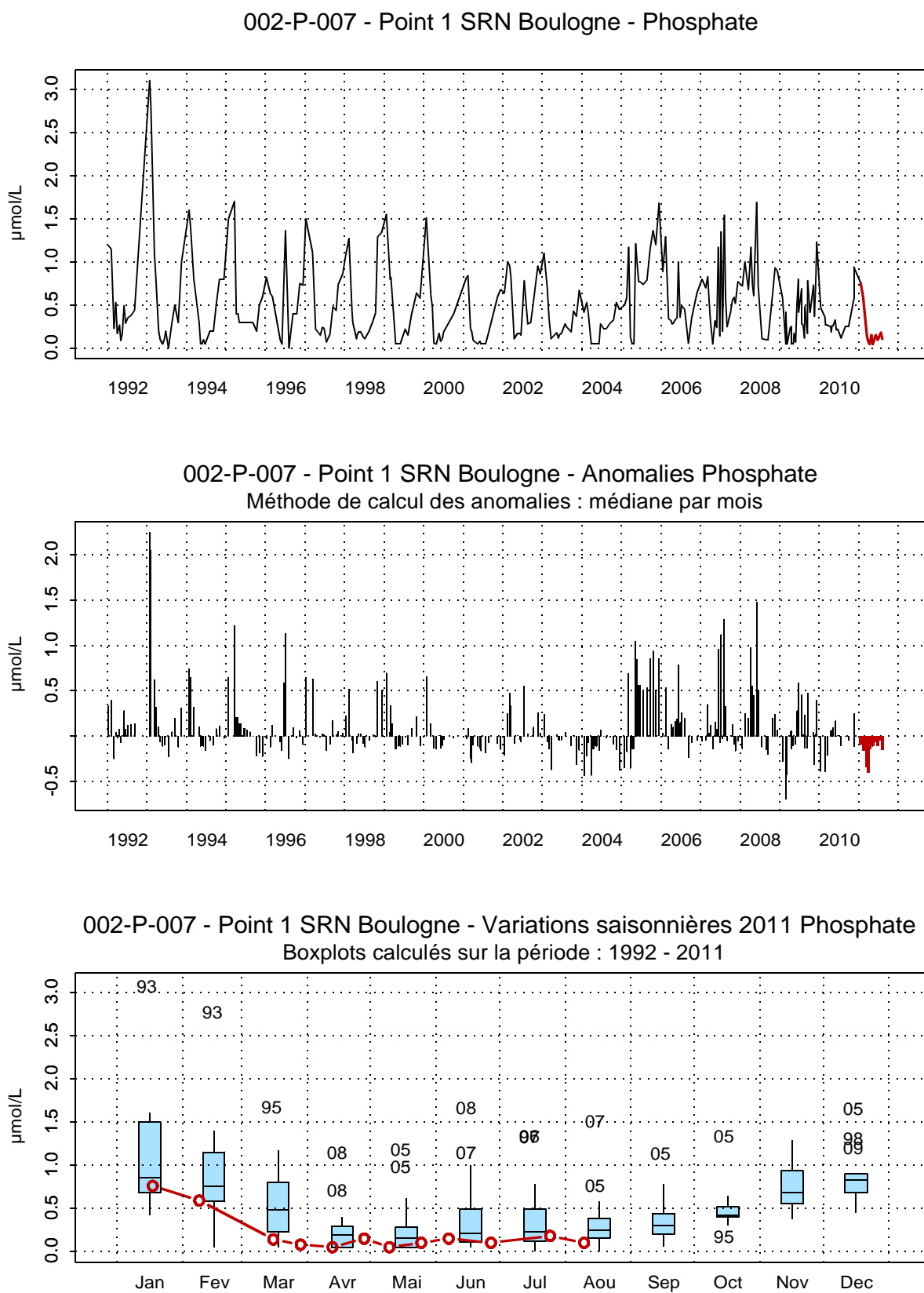
002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Anomalies Azote ammoniacal  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2011 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011Figure 51. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011

L'évolution de la concentration en phosphate est conforme à ce qui est observé habituellement sur le site (Figures 52, 53 et 54). Elle est marquée par de fortes valeurs en hiver et en automne et faibles durant le printemps (données manquantes pour le point 1 à partir du mois d'août).

A partir de février, les concentrations ont tendance à diminuer pour atteindre un minimum au mois d'avril pour les trois points (0,05  $\mu\text{mol/L}$ ). Puis les concentrations augmentent de nouveau dès le mois de juin (augmentation très marquée au point 2) puis atteignent de fortes valeurs en hiver (avec des valeurs supérieures au 3<sup>ème</sup> quartile). Le maximum est obtenu au point 3 le 28/11 avec 0,91 $\mu\text{mol/L}$  (Annexe 2).

**Tableau 12. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour les différents points de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011**

	<b>Min</b>	<b>Q1</b>	<b>Moy</b>	<b>Med</b>	<b>Q3</b>	<b>Max</b>	<b>n</b>
<b>BL1</b>	0,00	0,17	0,48	0,33	0,72	3,10	297
<b>BL2</b>	0,05	0,13	0,45	0,34	0,68	2,40	281
<b>BL3</b>	0,00	0,13	0,43	0,34	0,60	2,30	274



**Figure 52. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011**



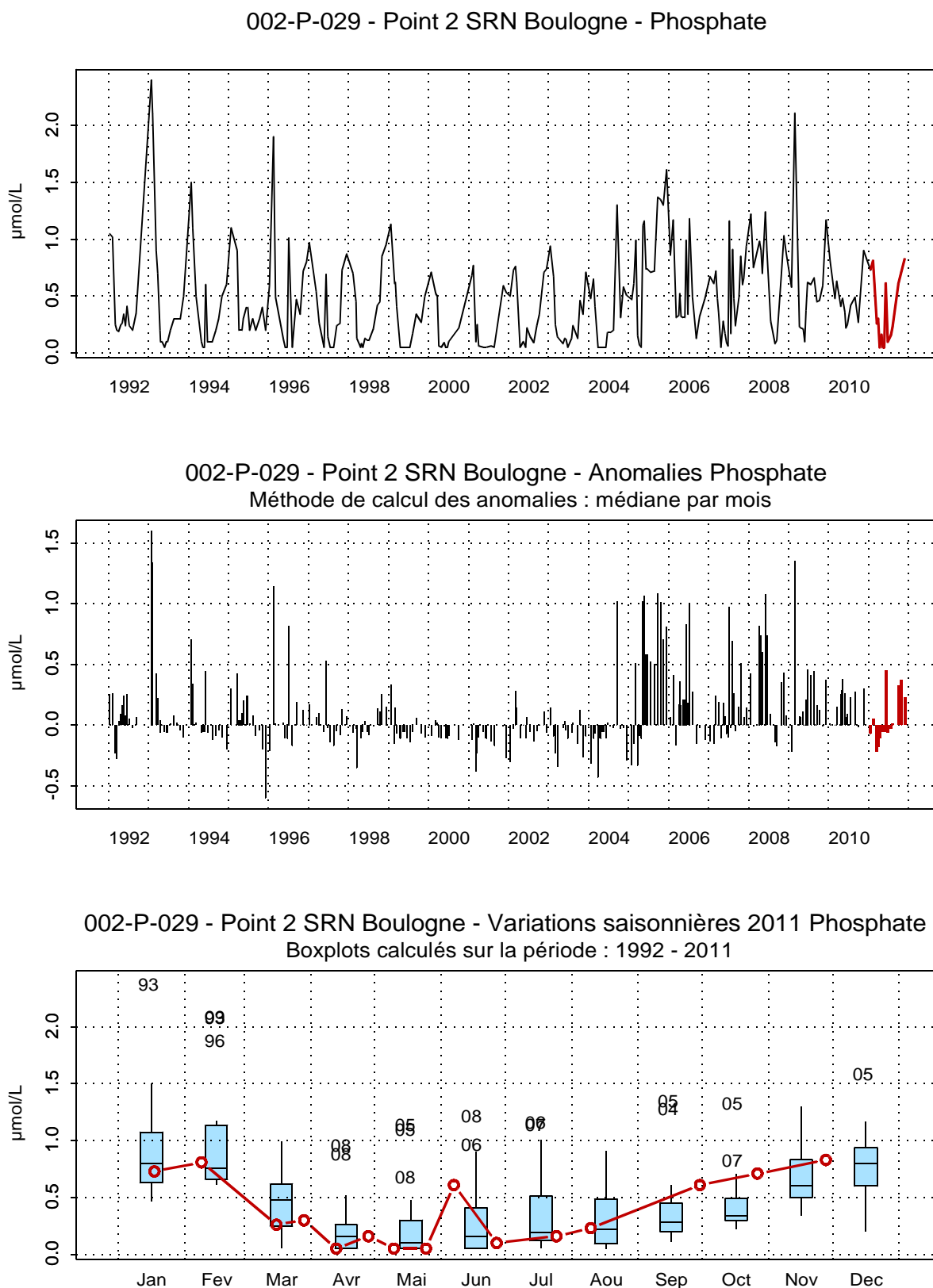
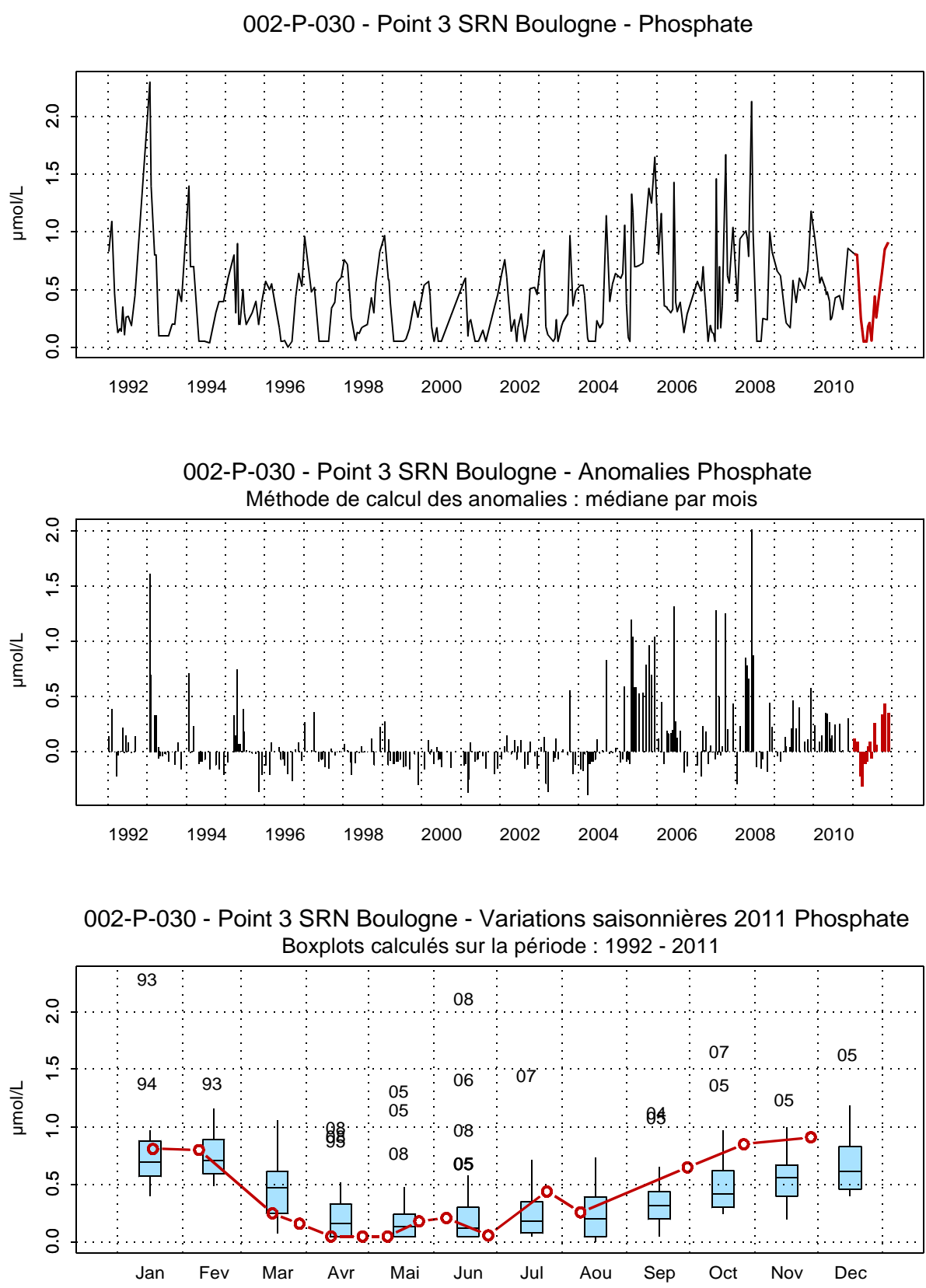


Figure 53. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011



**Figure 54. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate (µmol/L) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011**

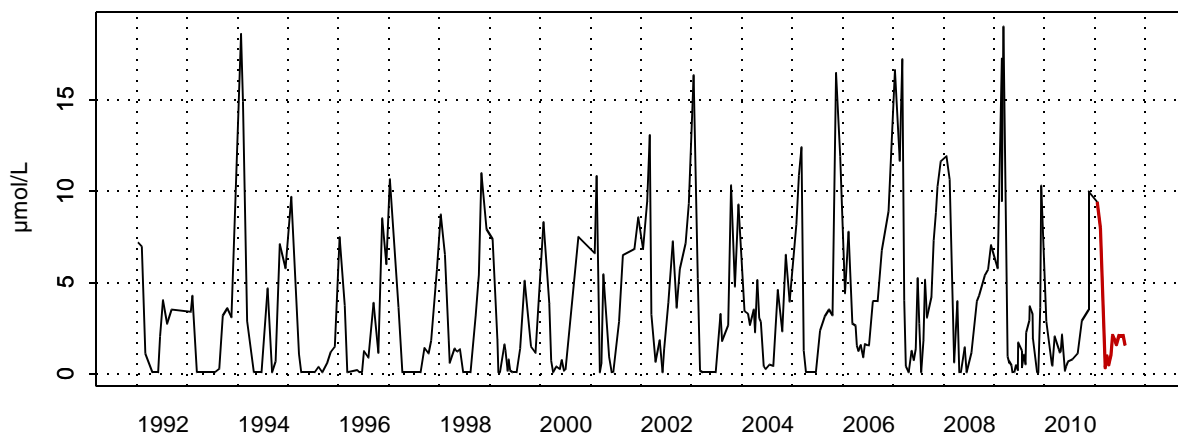
L'évolution des silicates au cours du temps présente de faibles teneurs au printemps et en été et de plus fortes teneurs en automne et hiver (Figures 55, 56, 57).

Globalement, l'année 2011 est conforme aux autres années mais avec des valeurs moins importantes. On remarque cependant de fortes concentrations (valeurs supérieures au 3<sup>ème</sup> quartile) en mai et juin sur toute la radiale.

**Tableau 13. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour les différents points de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011**

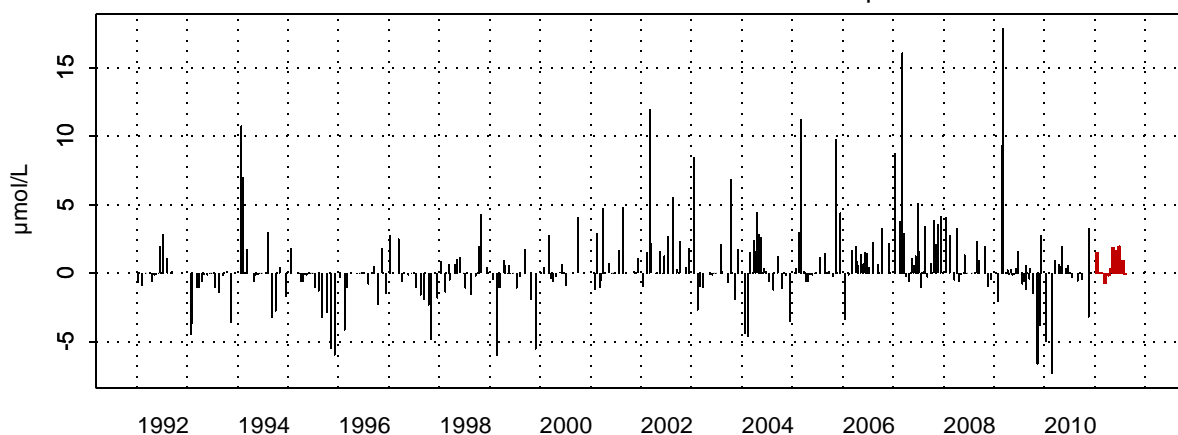
	<b>Min</b>	<b>Q1</b>	<b>Moy</b>	<b>Med</b>	<b>Q3</b>	<b>Max</b>	<b>n</b>
<b>BL1</b>	0,10	0,22	3,23	1,59	4,51	19,01	295
<b>BL2</b>	0,10	0,10	2,56	1,37	3,88	18,90	279
<b>BL3</b>	0,10	0,10	2,31	1,52	3,36	16,50	272

002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Silicate



002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Anomalies Silicate

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2011 Silicate

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

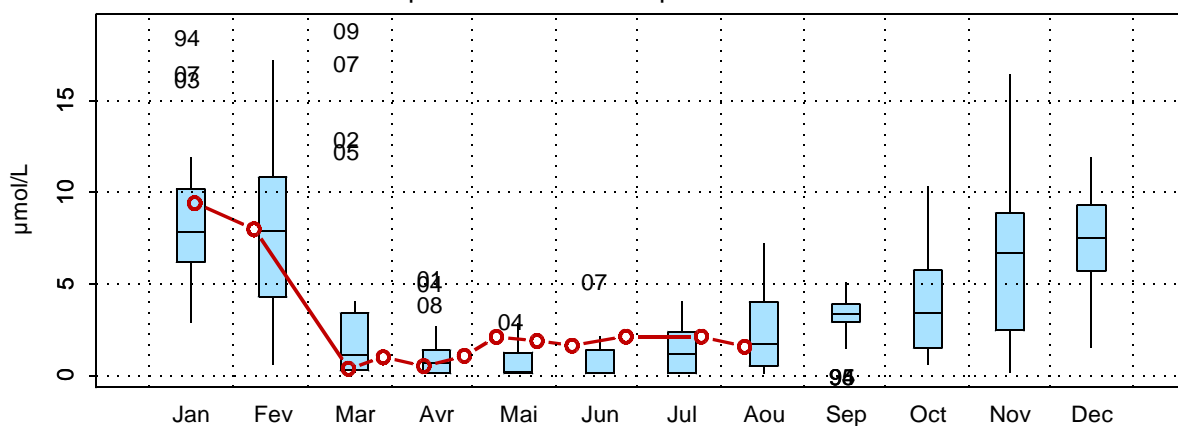
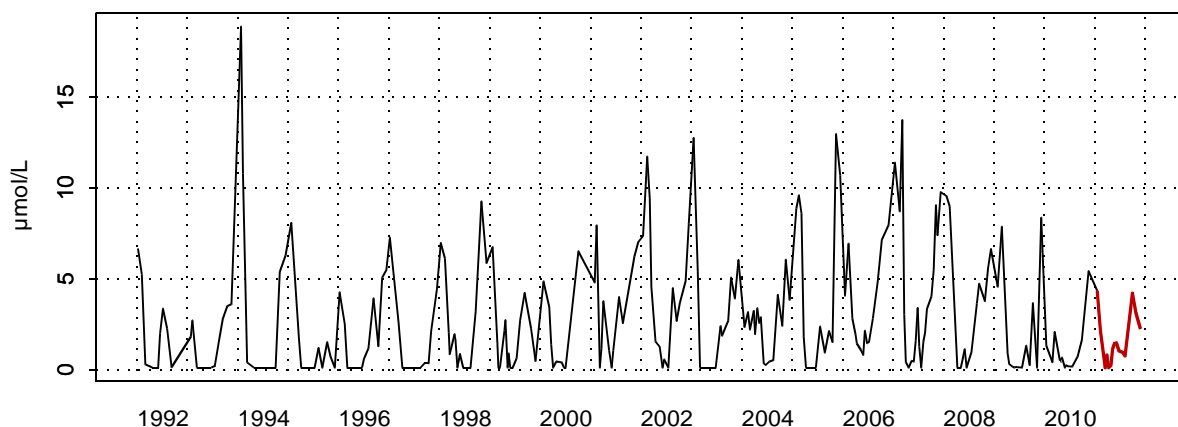


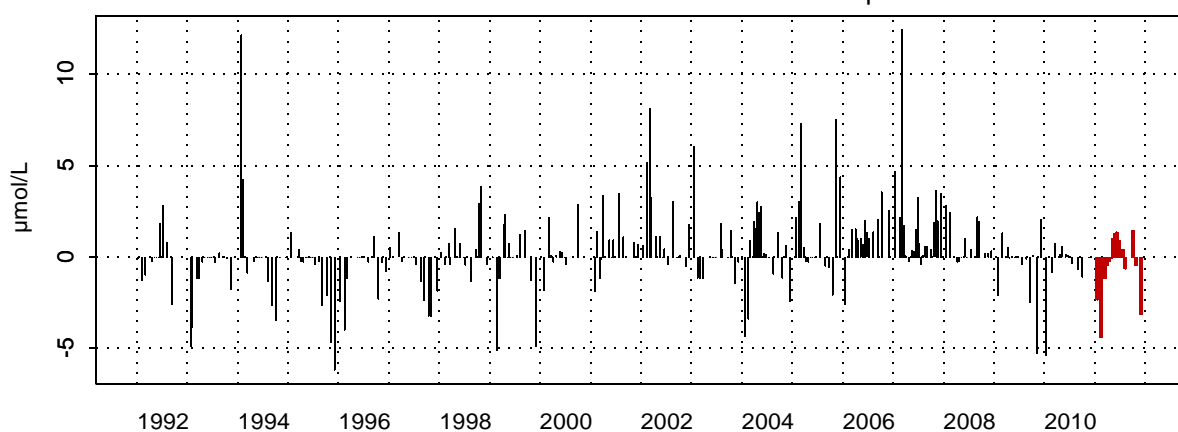
Figure 55. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011

002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Silicate



002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Anomalies Silicate

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2011 Silicate

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

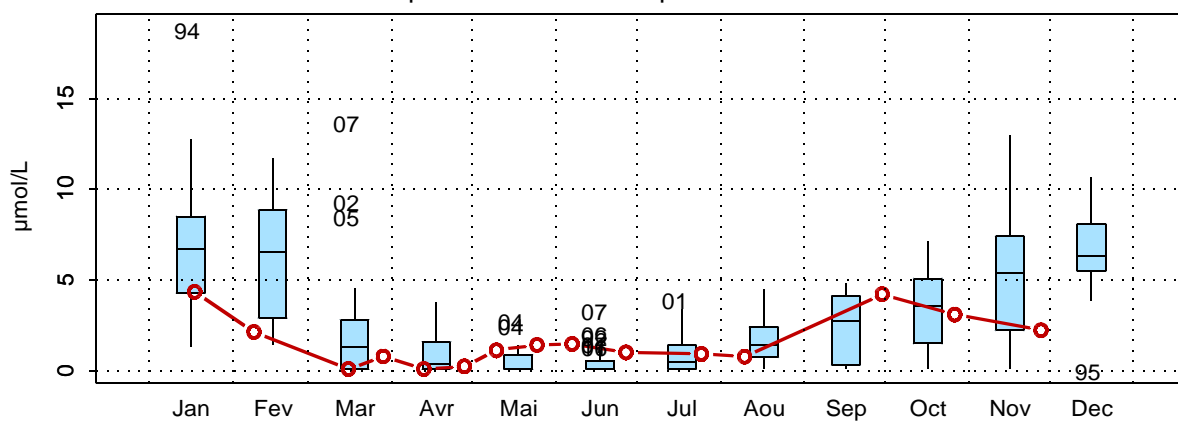
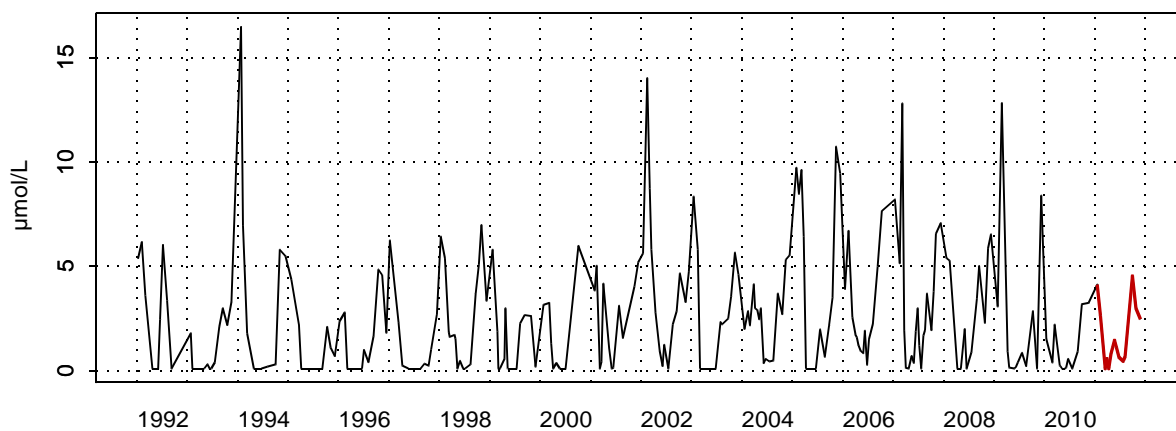


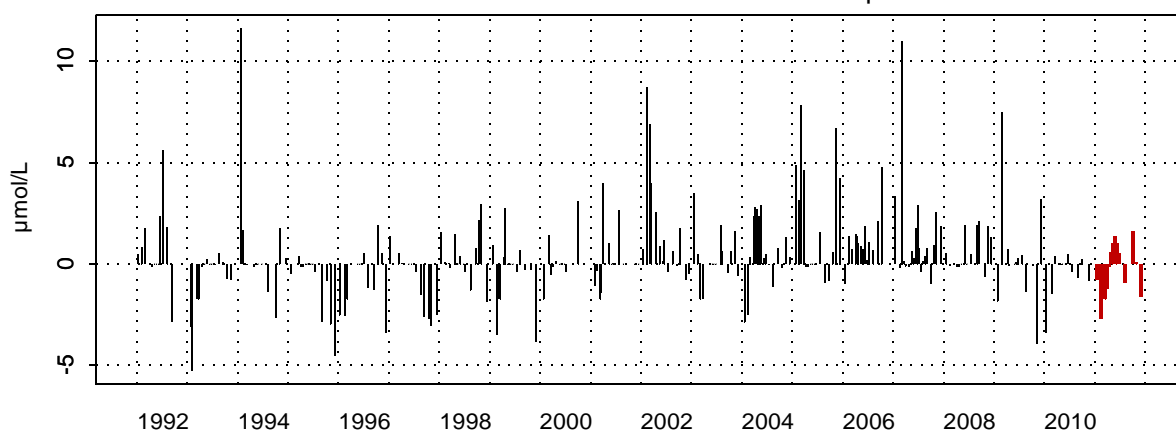
Figure 56. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011

002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Silicate



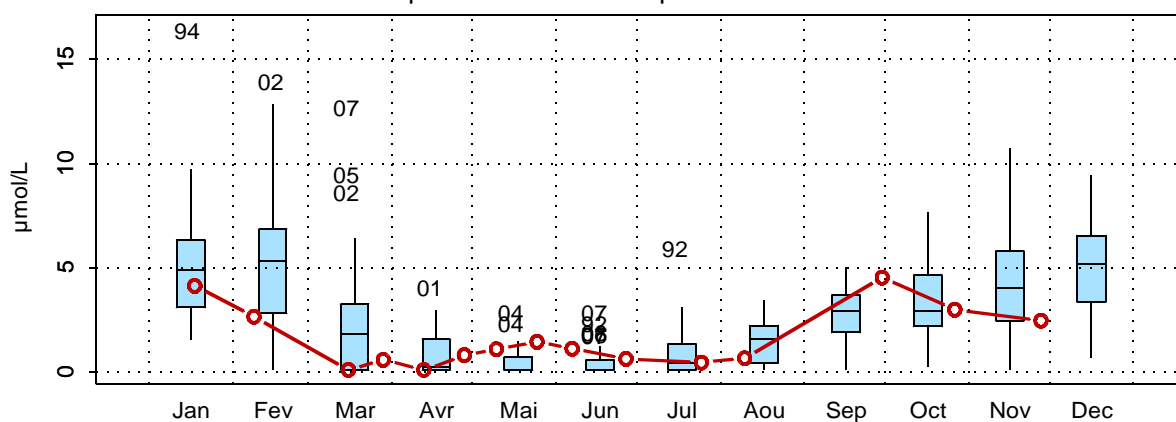
002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Anomalies Silicate

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2011 Silicate

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

Figure 57. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2011

Les changements de concentrations en nutriments induisent des changements des rapports stœchiométriques. Les figures 58 à 60 délimitent six aires, chacune d'elles caractéristique des nutriments potentiellement limitants.

**BL1 :**

Lors de la période non productive (Nov-Fév) une limitation potentielle de type Si : P : N est observée. La période productive présente une forte variabilité des limitations potentielles en nutriments (Figure 58, Annexe 3).

**BL2 :**

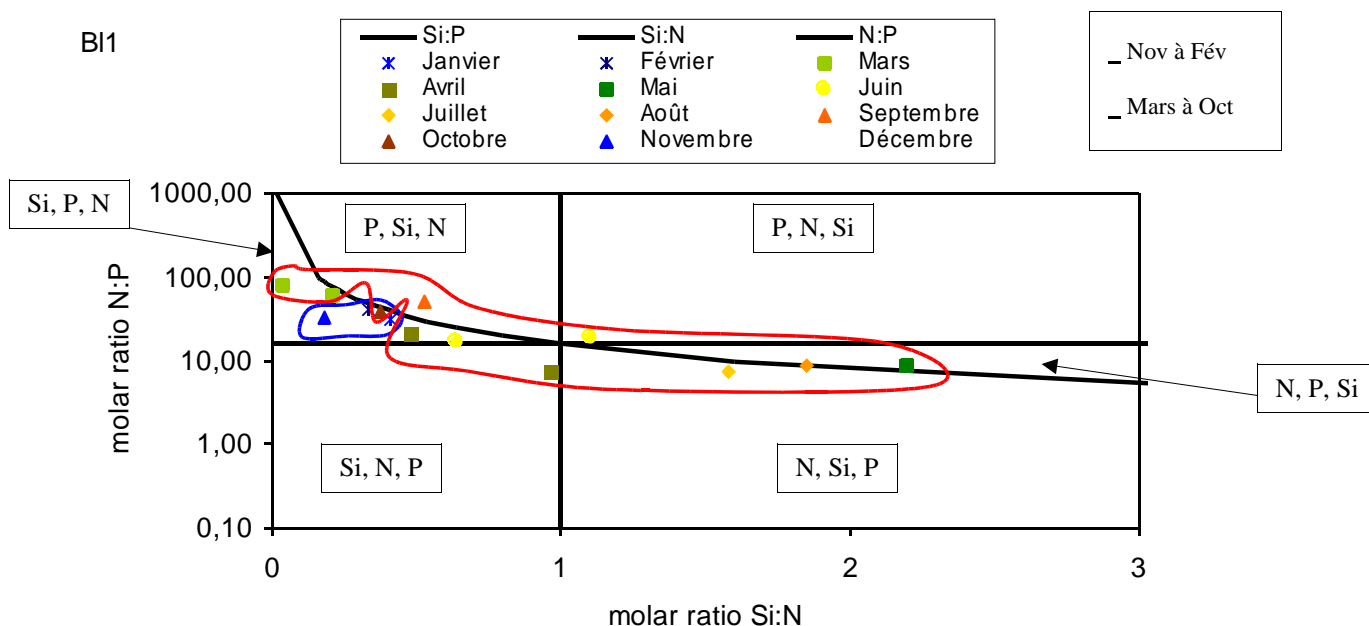
Lors de la période non productive (Nov-Fév) une limitation potentielle par le silicate est observée (de type Si : N : P en novembre et Si : P : N pour les mois de janvier et février).

Lors de la période productive, plusieurs types de limitations potentielles sont mises en évidence (Figure 59, Annexe 3).

**BL3 :**

Lors de la période non productive (Nov-Fév), comme pour le point 2, une limitation potentielle par le silicate est observée (de type Si : N : P en novembre et Si : P : N pour les mois de janvier et février).

Lors de la période productive, plusieurs types de limitations potentielles sont observées (Figure 60, Annexe 3).



**Figure 58. Évolution temporelle des éléments limitants au point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2011**

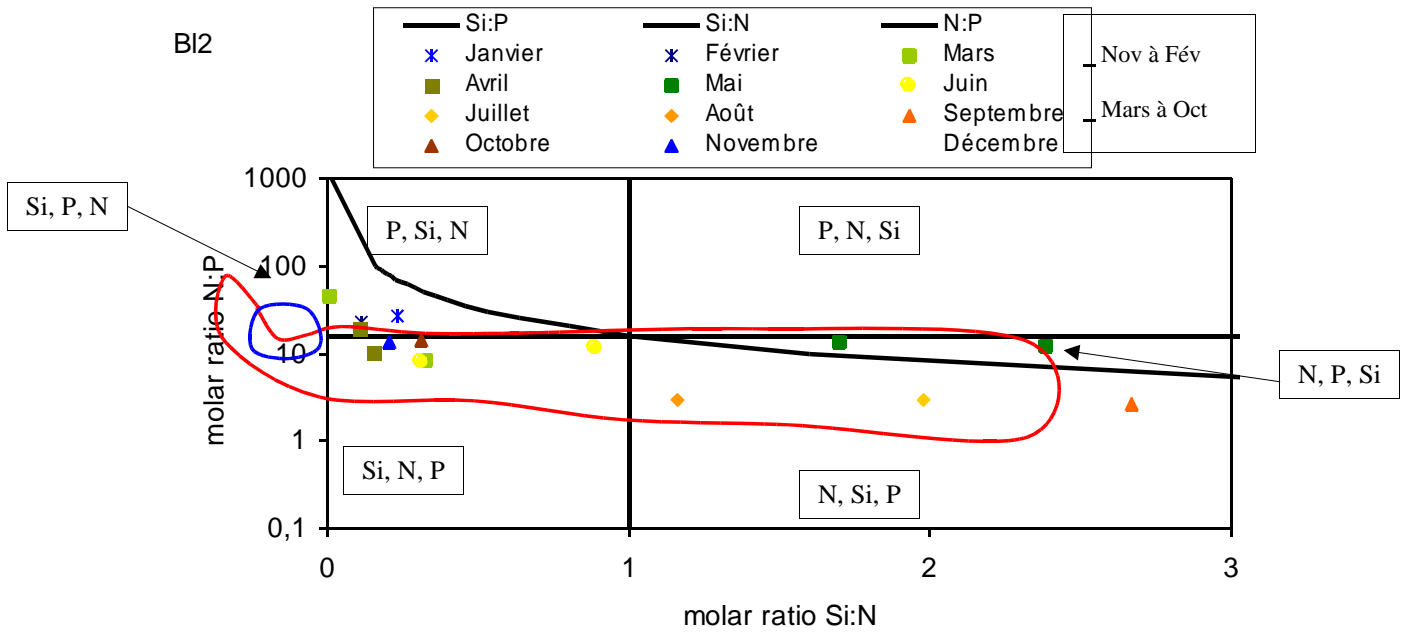


Figure 59. Évolution temporelle des éléments limitants au point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2011

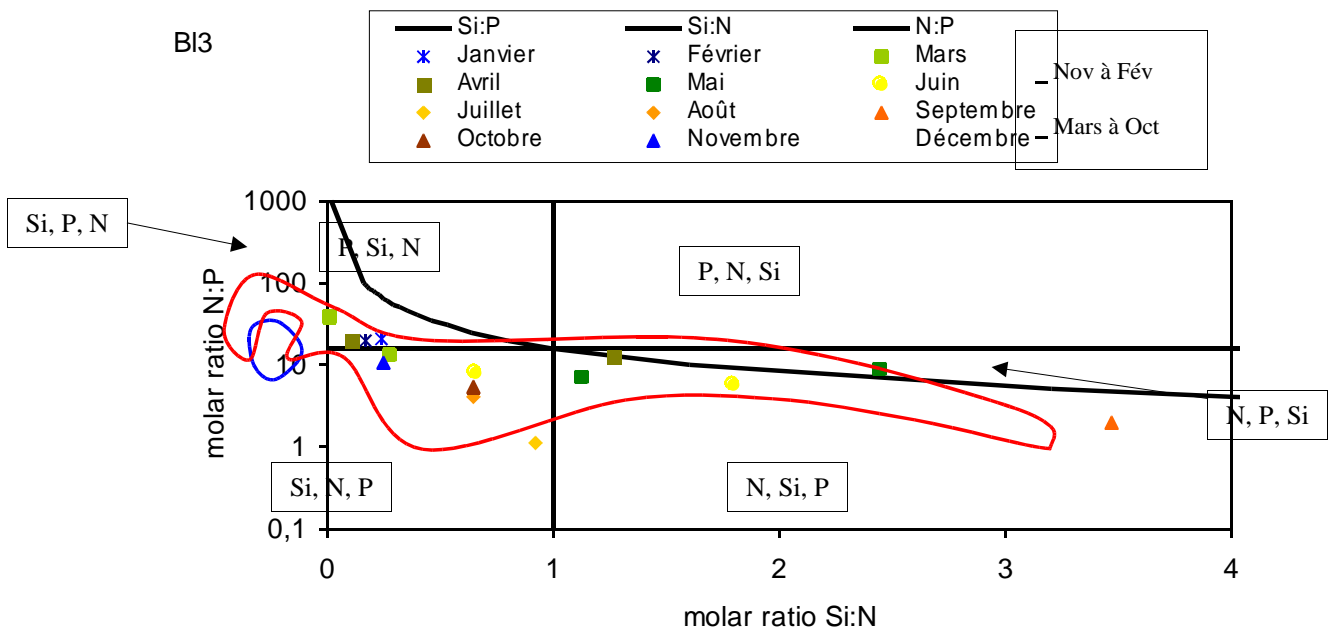


Figure 60. Évolution temporelle des éléments limitants au point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2011



Pour l'année 2011 le pourcentage de chlorophylle active est toujours supérieur à 50 % (sauf pour le point 1 où l'on observe 48,64 % en janvier, mais aussi pour le point 2 avec 29,59 % en juin, et enfin pour le point 3 avec 35,02 % en mai et 45,08 % et novembre) (Figure 61).

Le pourcentage de chlorophylle active est compris entre 29,59 (07/06, point 2) et 97,66 (10/05, point 2).

Le gradient côtalarge est compris entre - 46,4 % et 28,6 %.

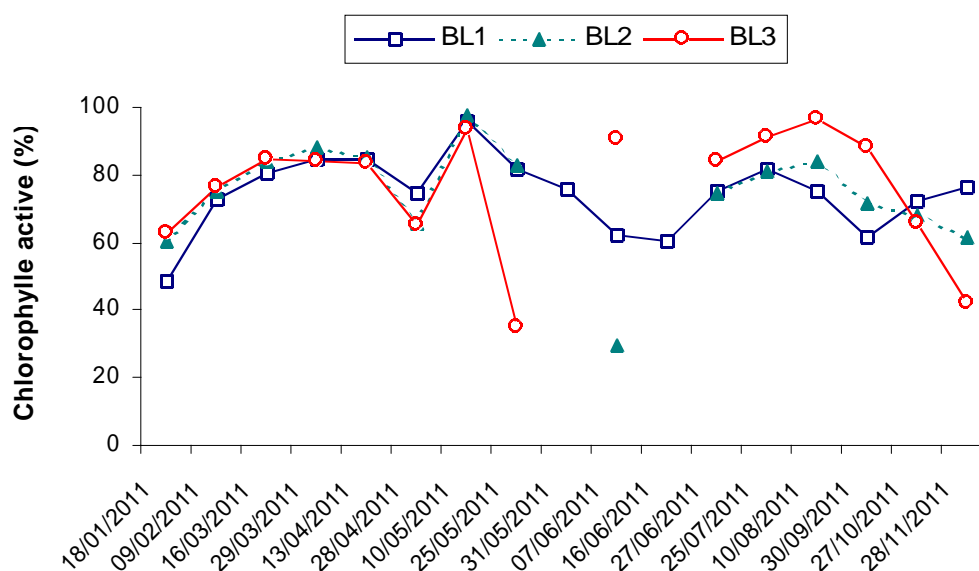


Figure 61. Évolution temporelle du pourcentage de chlorophylle active sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2011

### 2.3. La Baie de Somme

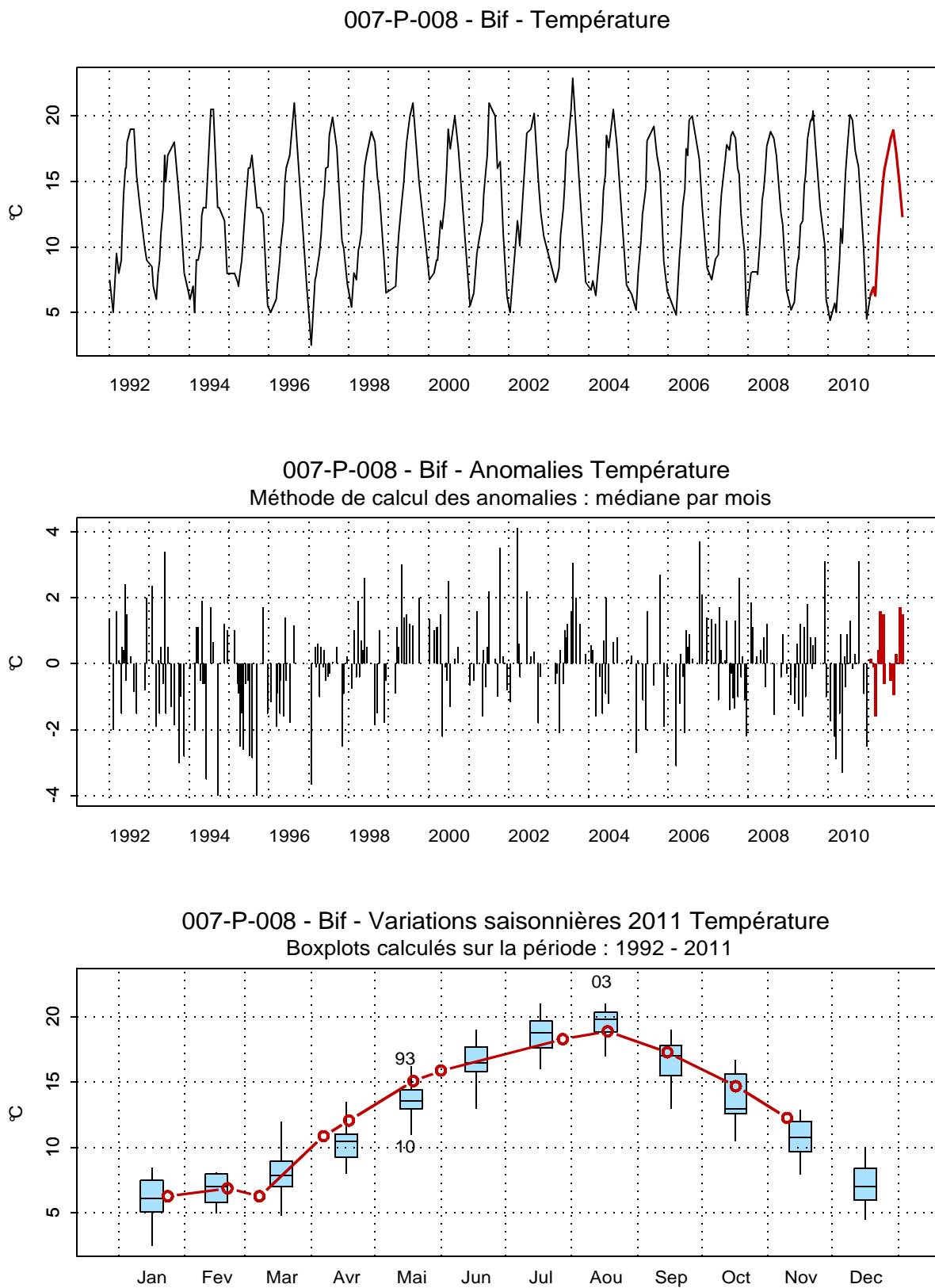
La courbe de température indique une dynamique classique (Figures 62 à 66).

Les valeurs obtenues en 2011 sont conformes à celles obtenues depuis 1992. On n'observe aucune valeur extrême. On peut cependant remarquer que le mois de novembre fut particulièrement chaud (valeurs supérieures au 3<sup>ème</sup> quartile relevées sur toute la radiale).

Il existe un faible gradient de température entre la côte et le large (d'Atso à Mer 2). Ce gradient varie de -0,6 °C à 0,5 °C. Il est globalement négatif ou nul au printemps et en été (eaux côtières plus chaudes) et devient positif en hiver.

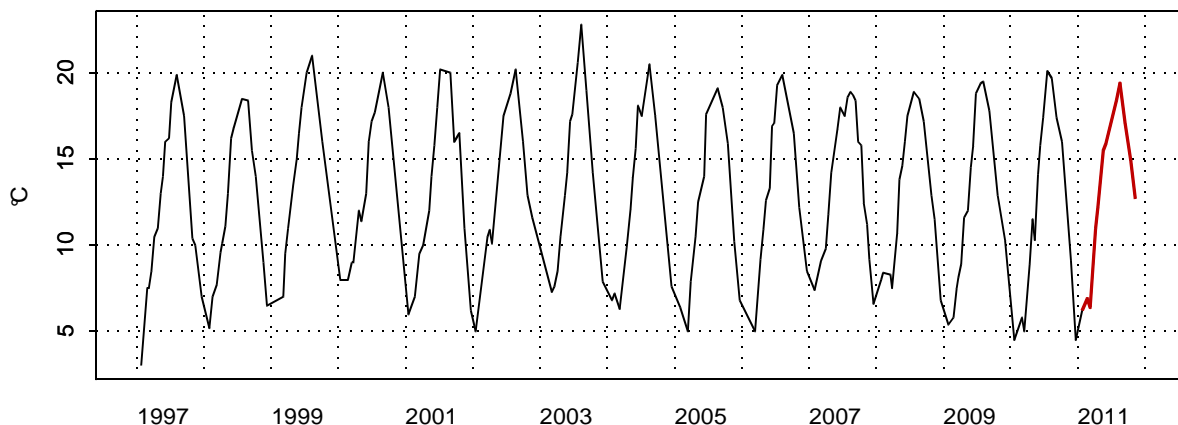
Tableau 14. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour les différents points de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
<b>Bif</b>	2,50	8,50	12,64	12,60	17,00	22,90	288
<b>Mimer</b>	3,00	9,00	12,91	12,90	17,20	22,80	201
<b>Atso</b>	2,00	8,95	13,03	13,00	17,40	22,10	303
<b>Mer 1</b>	3,00	9,00	12,75	13,00	16,80	22,30	256
<b>Mer 2</b>	3,00	9,00	12,76	12,80	16,60	21,60	253

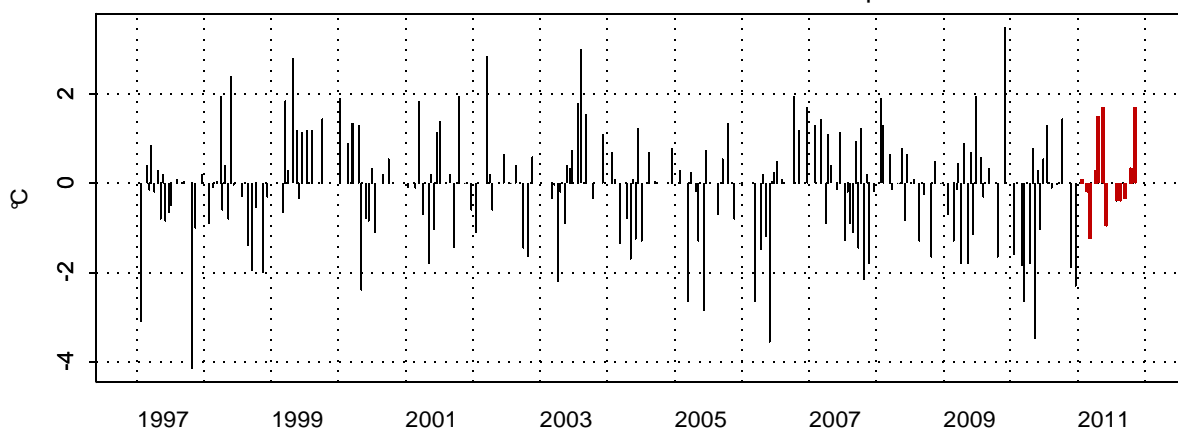


**Figure 62. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011**

### 006-P-008 - Mimer - Température



### 006-P-008 - Mimer - Anomalies Température Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



### 006-P-008 - Mimer - Variations saisonnières 2011 Température Boxplots calculés sur la période : 1997 - 2011

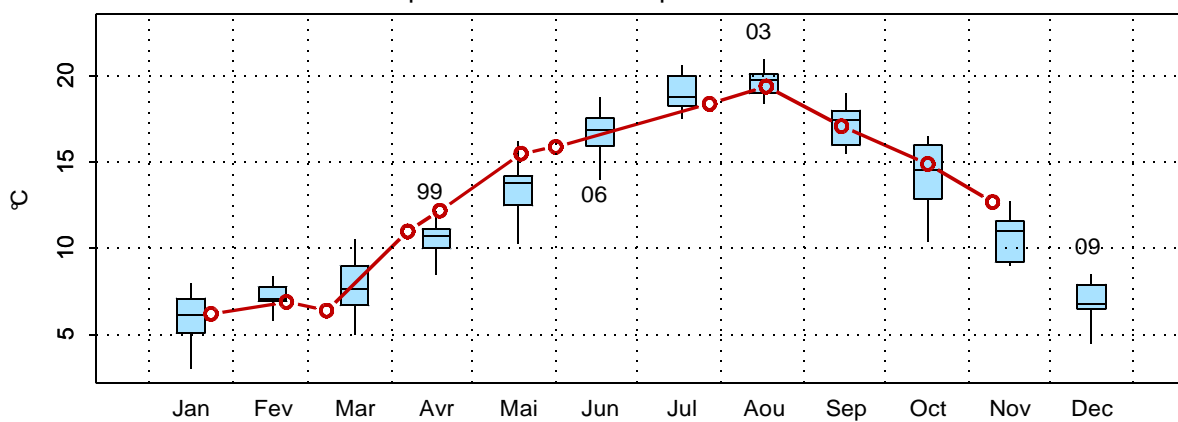
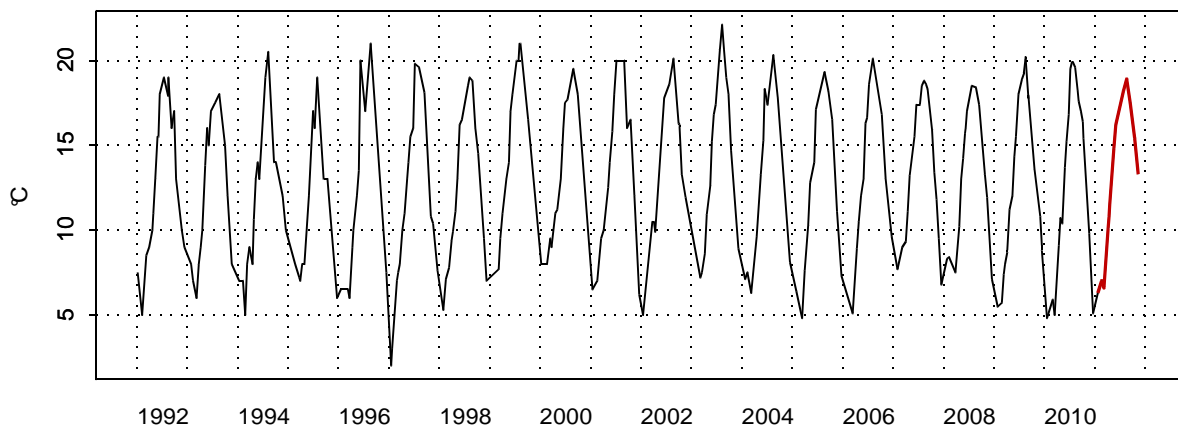
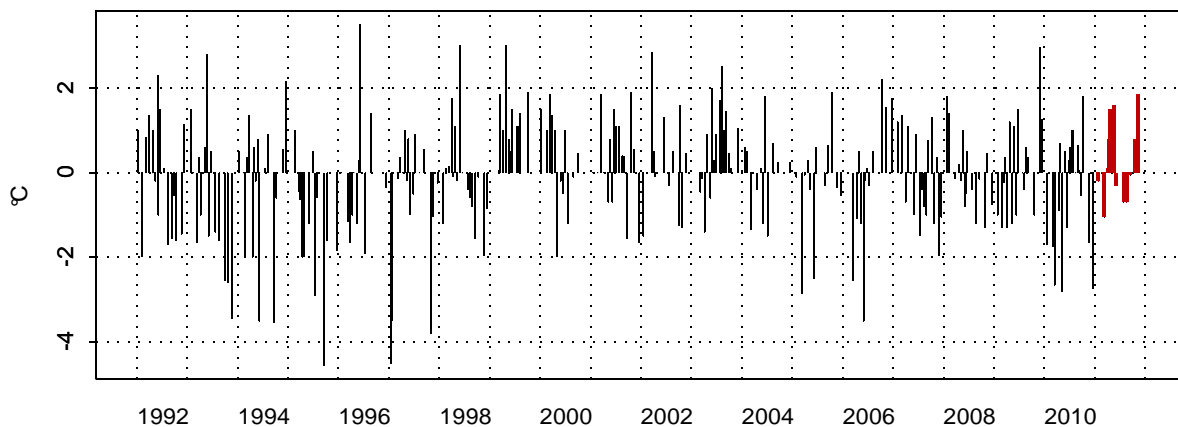


Figure 63. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

### 006-P-001 - At so - Température



### 006-P-001 - At so - Anomalies Température Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



### 006-P-001 - At so - Variations saisonnières 2011 Température Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

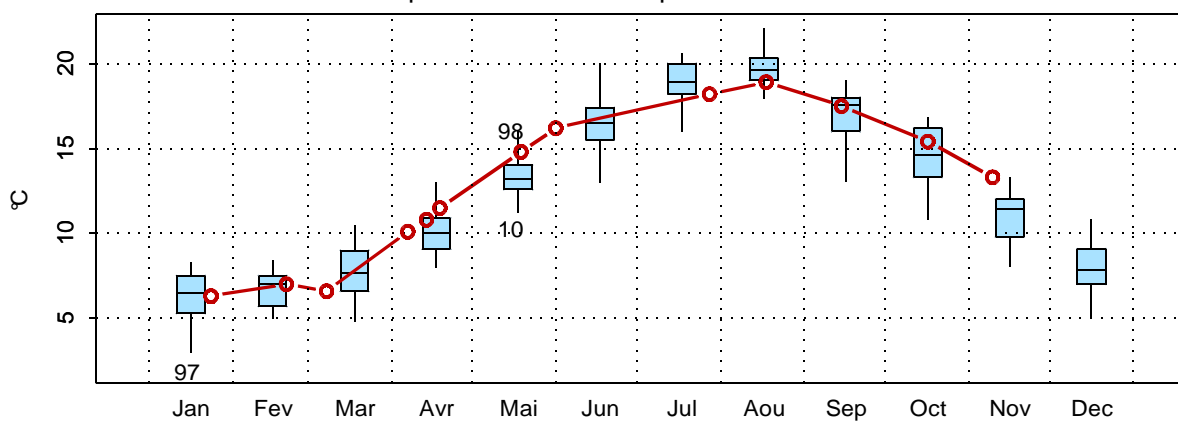
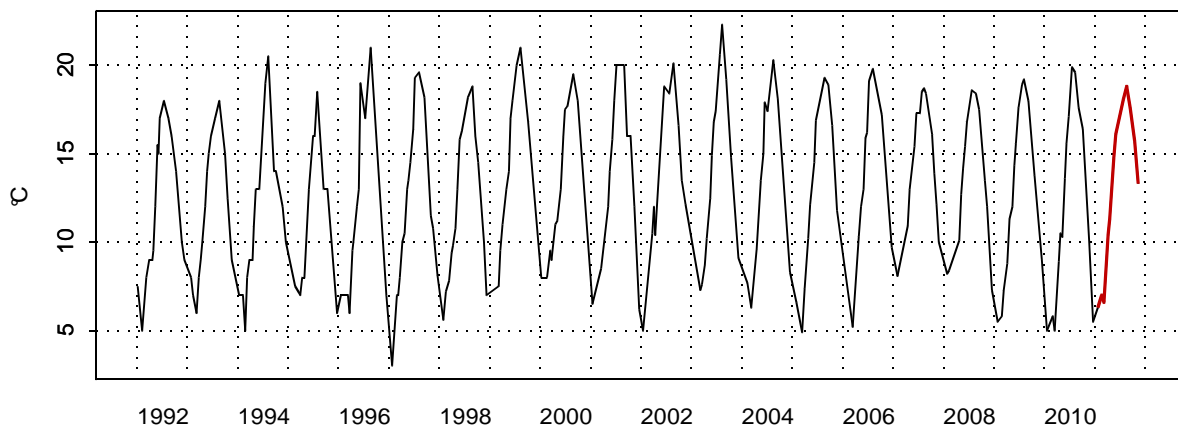


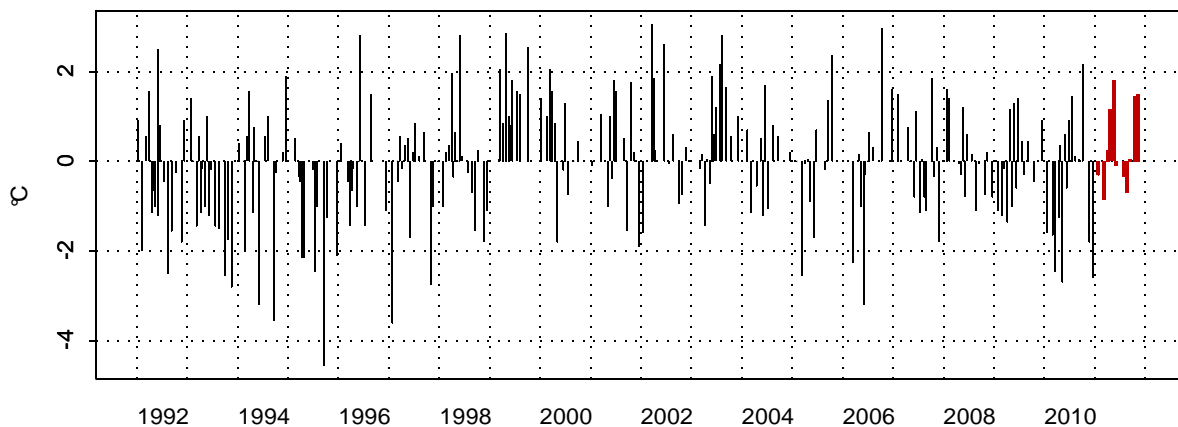
Figure 64. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Température



006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Anomalies Température

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2011 Température

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

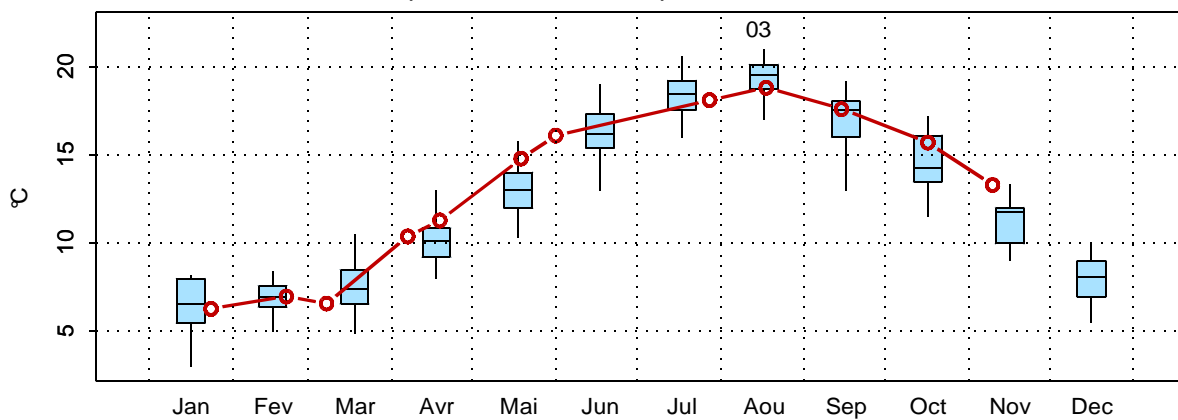
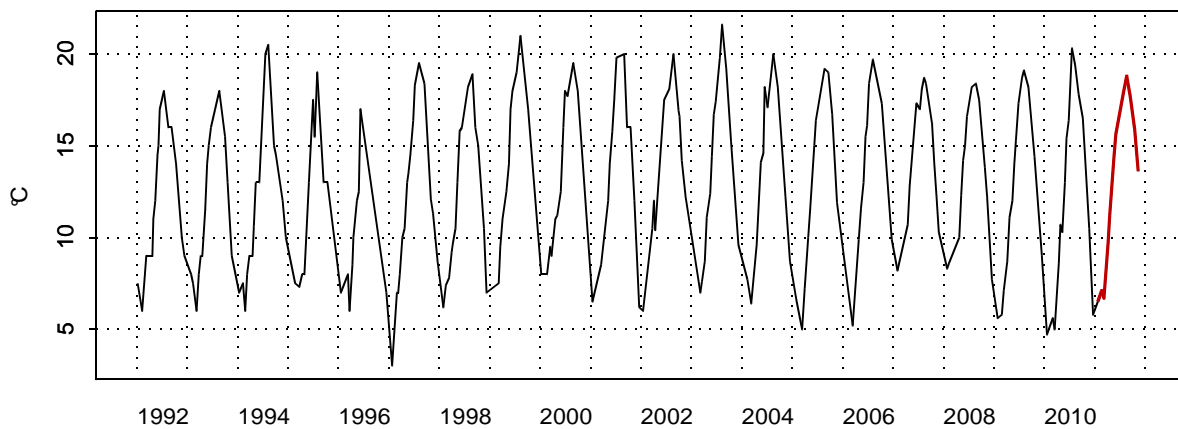


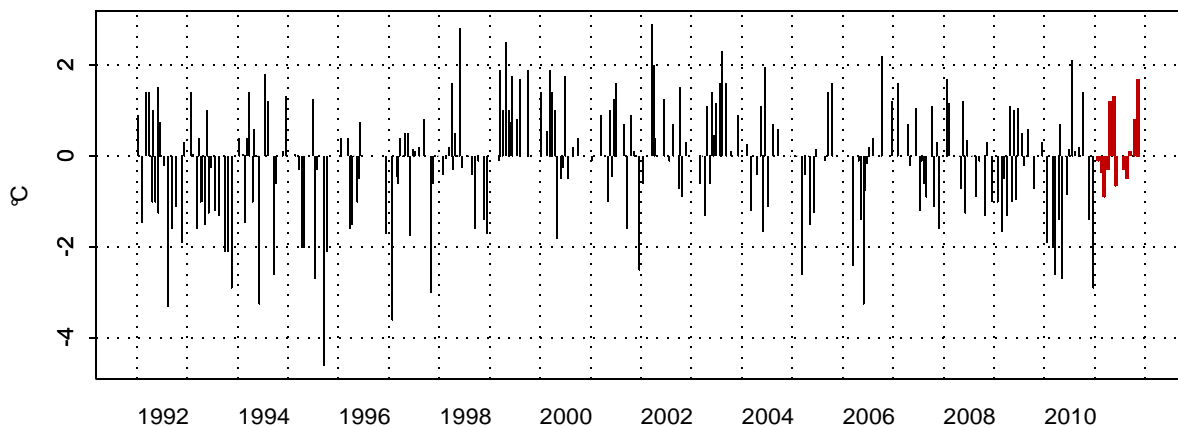
Figure 65. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

### 006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Température



### 006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Anomalies Température

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



### 006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2011 Température

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

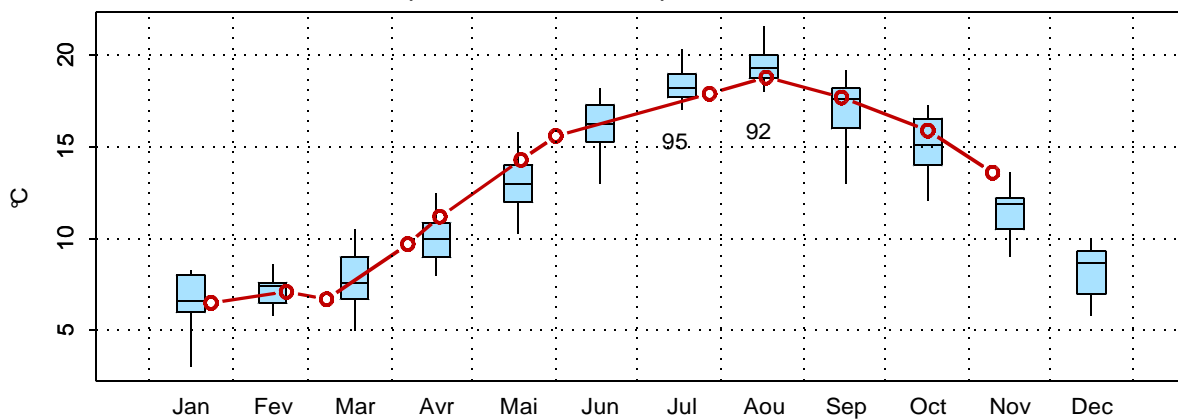


Figure 66. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

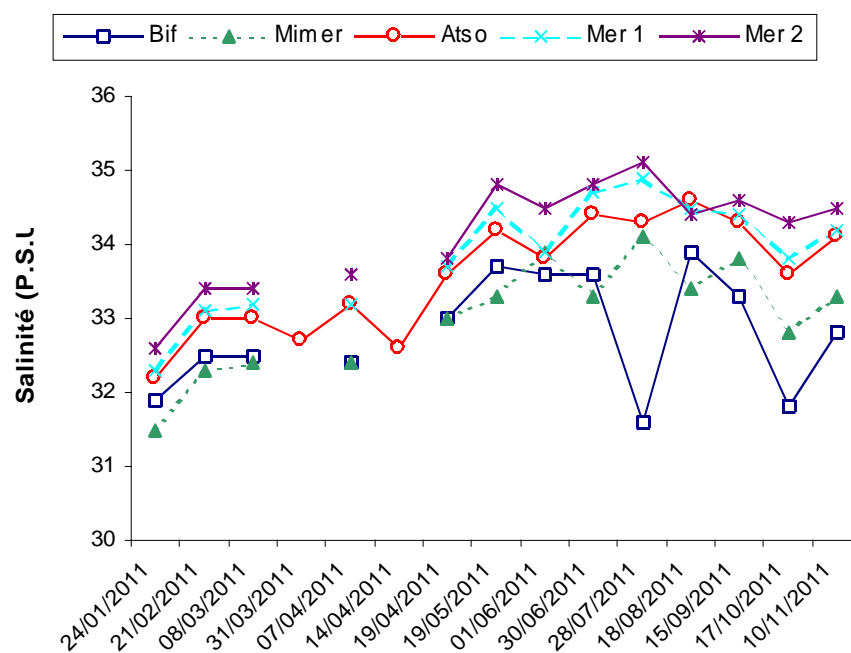
La gamme de variation de la salinité mesurée est artificiellement faible pour un système estuarien en raison des contraintes de prélèvement ( $PM \pm 2h$ ).

Les valeurs sont comprises entre 31,5 et 34,6 pour les points estuariens et côtier (Bif, Mimer et Atso) et entre 32,3 et 35,1 pour le large (Mer 1 et Mer 2).

On observe des variations plus importantes au niveau du point Bif, qui est le plus à l'intérieur de l'estuaire de la baie, donc le plus influencé par les apports en eau douce de la Somme (Figure 67 et Annexe 2).

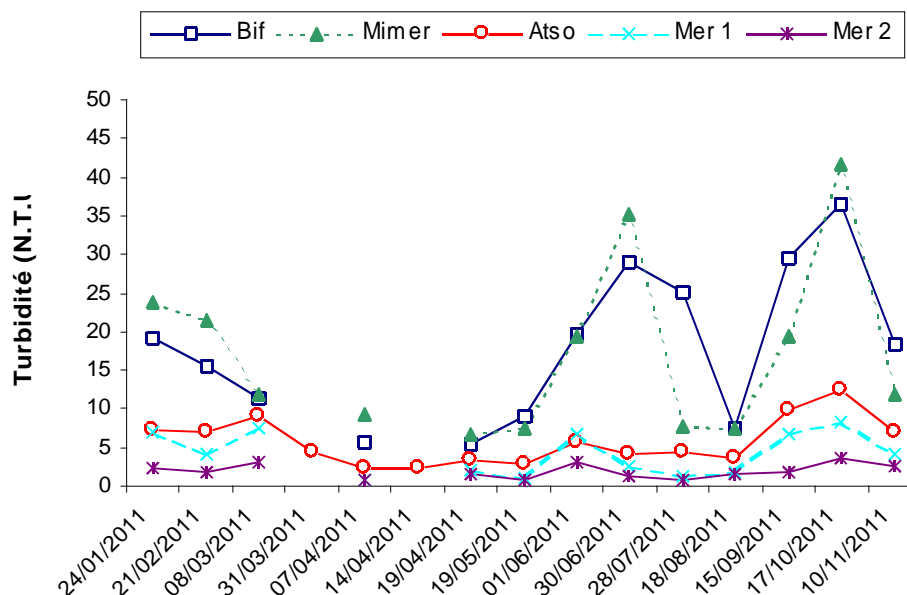
Certaines fluctuations observées sont le reflet à la fois de conditions de prélèvements différentes (marée) et de situations environnementales différentes (météorologie, courantologie) et ne peuvent être expliquées de manière approfondie à l'échelle d'observation du S.R.N..

Le gradient côtelarge entre les points Atso et Mer 2 est compris entre -0,2 et 0,8.



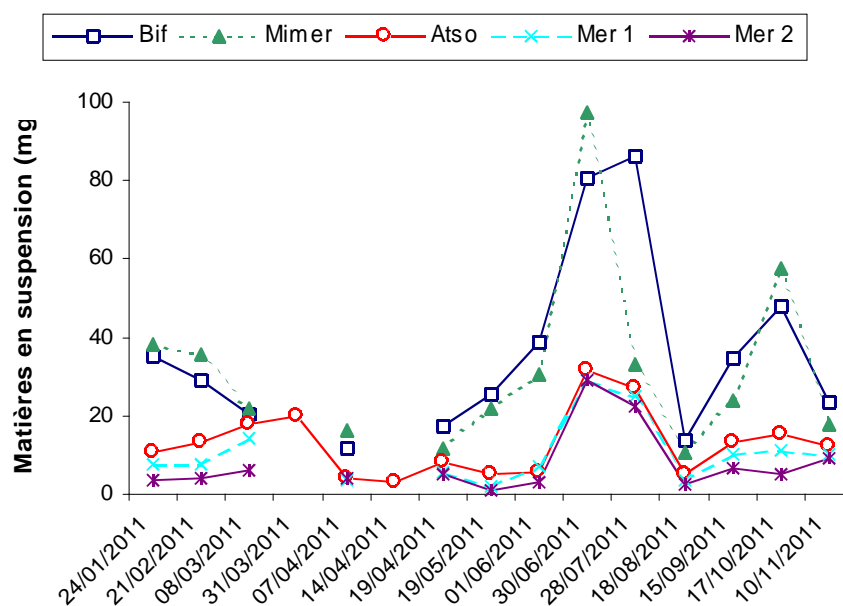
**Figure 67. Évolution temporelle de la salinité (P.S.U.) sur la radiale de la Baie de Somme en 2011**

L'évolution de la turbidité est très variable pour les points estuariens. On remarque de très fortes valeurs le 01/06 (29 N.T.U. (point Bif) et 35,3 N.T.U. (point Mimer)) et le 17/10 (36,5 N.T.U. (point Bif) et 41,6 N.T.U. (point Mimer)). Les fluctuations des autres points sont assez proches et globalement inférieures à 10 N.T.U.. Le gradient côte-large est compris entre -12,4 et 0 N.T.U..



**Figure 68. Évolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de la Baie de Somme en 2011**

L'évolution de la concentration de MES est similaire et très variable pour les points estuariens. En effet, on passe de faibles valeurs (11,5 mg/L, point Bif le 07/04) à de très fortes (97,2 mg/L, point Mimer le 30/06). Les trois autres points ne présentent pas de variations aussi importantes. Cependant, on remarque tout de même des fluctuations entre 1,2 mg/L (point Mer 2, le 19/05) et 31,5 mg/L (point Atso, le 30/06).



**Figure 69. Évolution temporelle des matières en suspension (mg/L) sur la radiale de la Baie de Somme en 2011**



L'évolution de la concentration de matière organique (M.O.) dans les matières en suspension (M.E.S.) est marquée par un schéma d'évolution comparable entre les points dits estuariens (Bif, Mimer) et les points côtiers (de Atso à Mer 2) (Figure 70). Une valeur particulièrement forte est enregistrée en mai au point Mer 2 (75 %).

L'augmentation au cours des mois d'avril et de juillet correspond à une production de matière organique liée au développement du phytoplancton, reflétée par l'augmentation durant la même période de la concentration en chlorophylle *a* (Annexe 2).

Le gradient côtalarge entre les points Atso et Mer 2 est compris entre -31,3 % et 30 %.

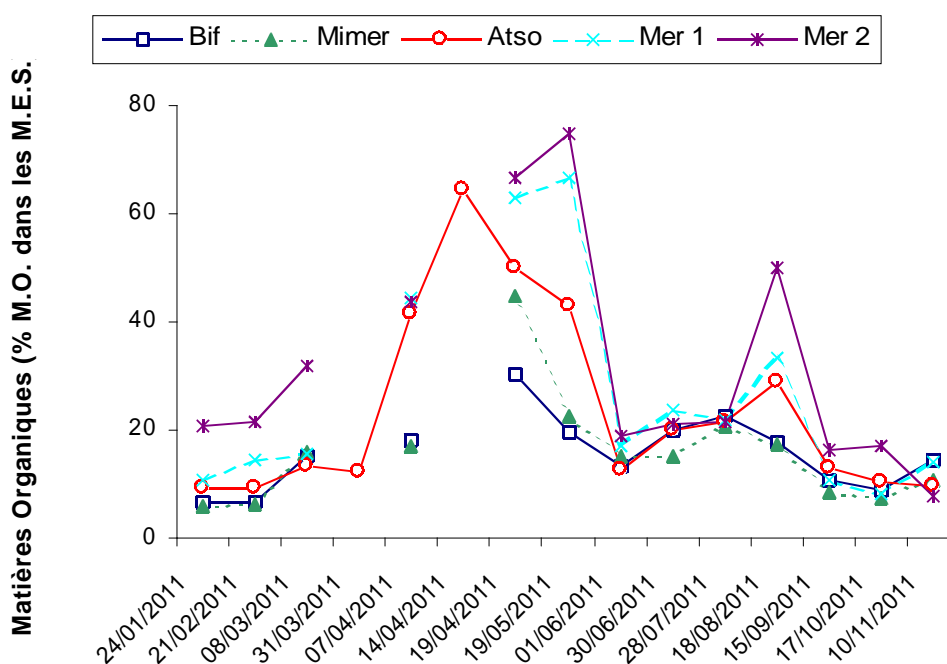


Figure 70. Évolution temporelle de la teneur en matière organique dans les matières en suspension (% de Matière organique dans les M.E.S.) sur la radiale de la Baie de Somme en 2011

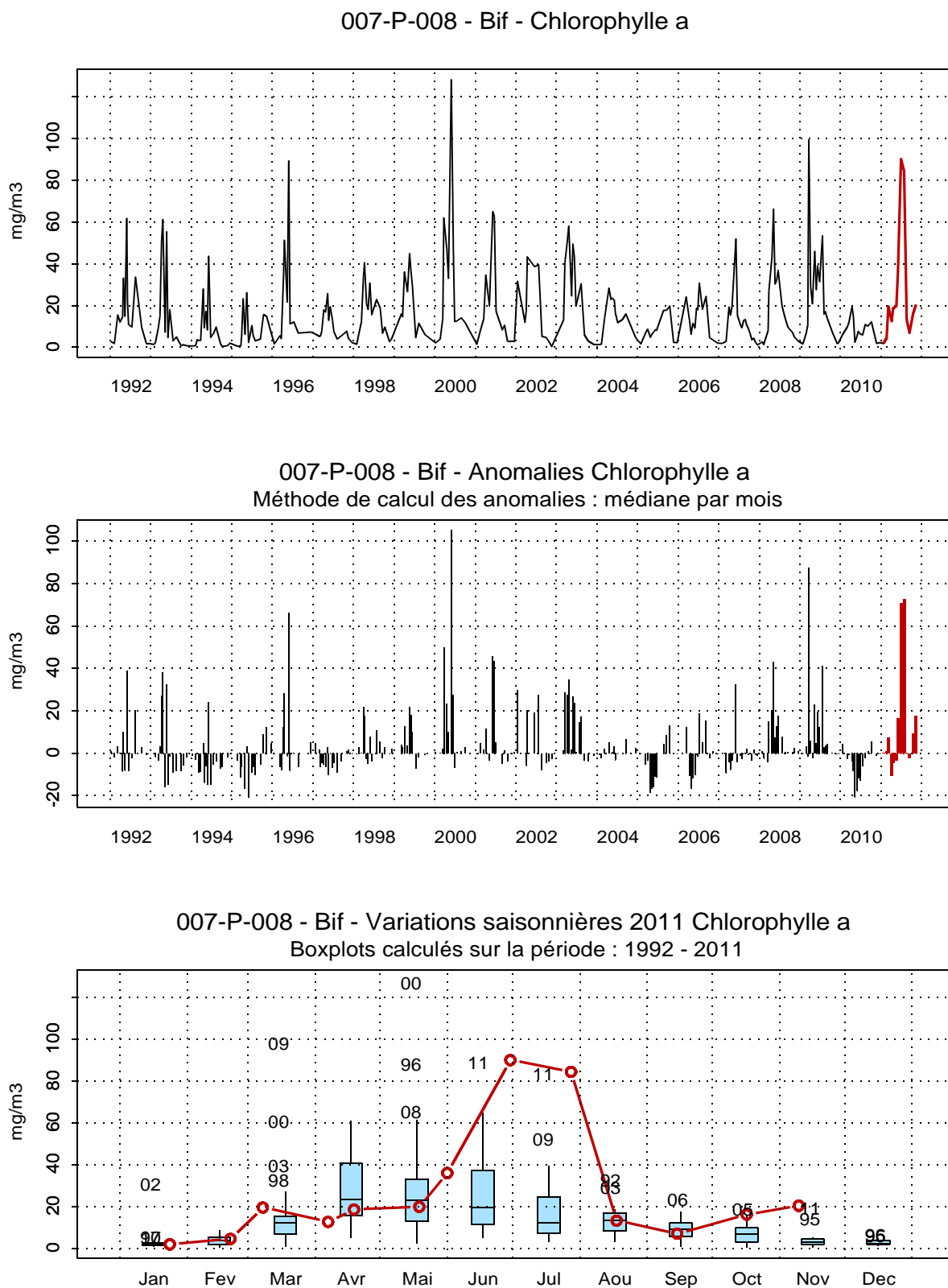
Le dosage de la concentration en chlorophylle *a*, indicateur de biomasse phytoplanctonique, permet de mettre en évidence un bloom pendant la période estivale (Figures 71 à 75). On relève des valeurs exceptionnellement élevées le 30/06 aux points estuariens : 90,1 µg/L (point Bif) et 63,8 µg/L (point Mimer).

On remarque également un bloom printanier, notamment au point Mer 1 le 08/03 où l'on a un maximum de 24,1 µg/L.

Globalement, les concentrations observées cette année sont similaires à celles relevées durant les périodes précédentes, mais quelques anomalies ont pu être observées avec notamment des concentrations en chlorophylle *a* très faibles au printemps (mai-juin) pour les points Atso, Mer 1 et Mer 2 (valeurs inférieures au premier quartile). De fortes concentrations sont également observées, notamment au point Bif, on a obtenu une valeur exceptionnellement élevée en novembre (20,39 µg/L, le 10/11).

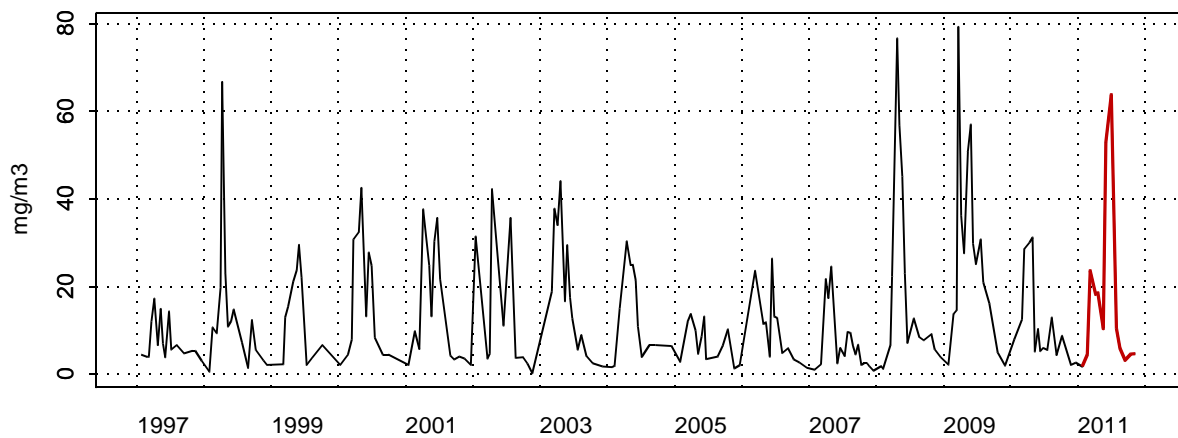
**Tableau 15. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle *a* (mg/m<sup>3</sup>) pour les différents points de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011**

	<b>Min</b>	<b>Q1</b>	<b>Moy</b>	<b>Med</b>	<b>Q3</b>	<b>Max</b>	<b>n</b>
<b>Bif</b>	0,32	4,81	17,03	11,48	20,86	128,16	277
<b>Mimer</b>	0,19	4,06	13,92	8,48	20,38	79,28	203
<b>Atso</b>	0,21	2,77	8,68	5,77	11,34	58,53	289
<b>Mer 1</b>	0,08	2,14	6,96	4,6	9,23	39,15	264
<b>Mer 2</b>	0,05	2,32	6,46	4,64	8,57	34,60	257

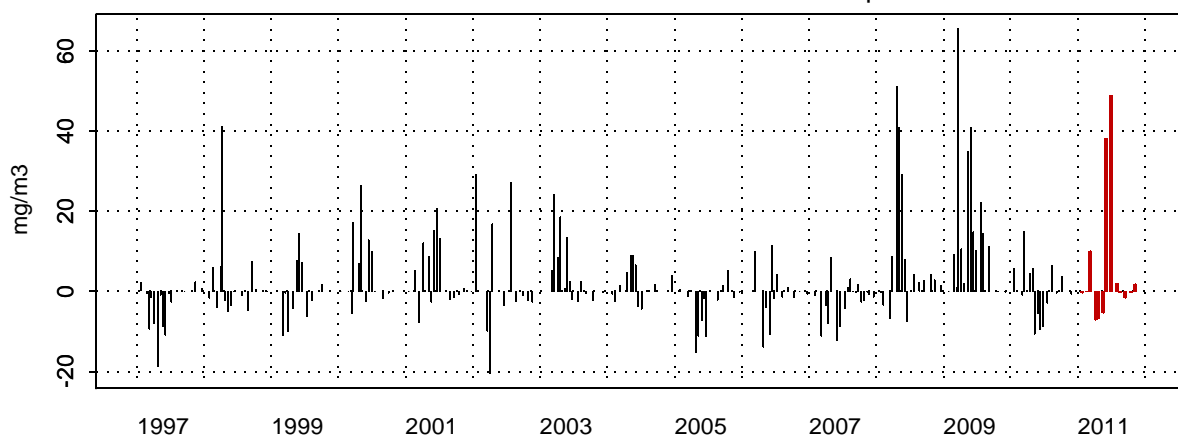


**Figure 71. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m3) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011**

006-P-008 - Mimer - Chlorophylle a



006-P-008 - Mimer - Anomalies Chlorophylle a  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



006-P-008 - Mimer - Variations saisonnières 2011 Chlorophylle a  
Boxplots calculés sur la période : 1997 - 2011

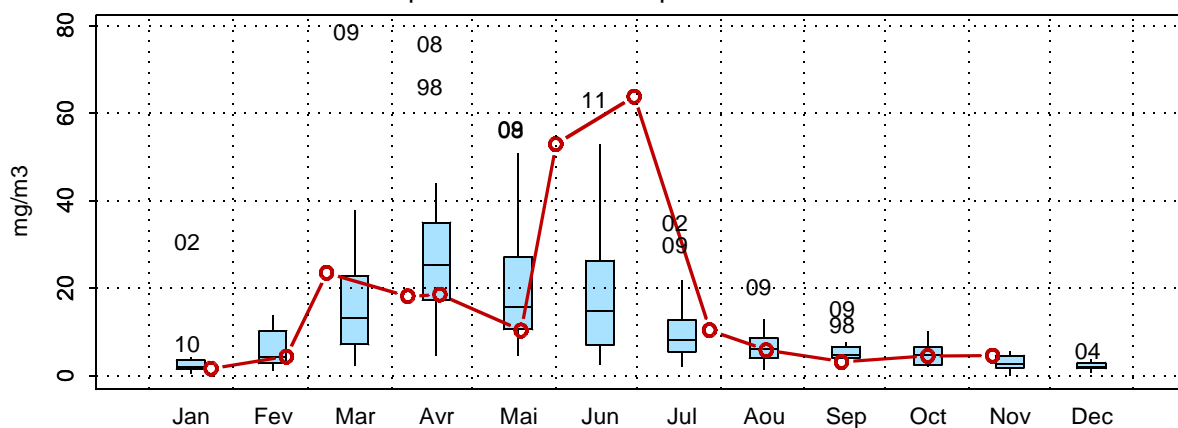
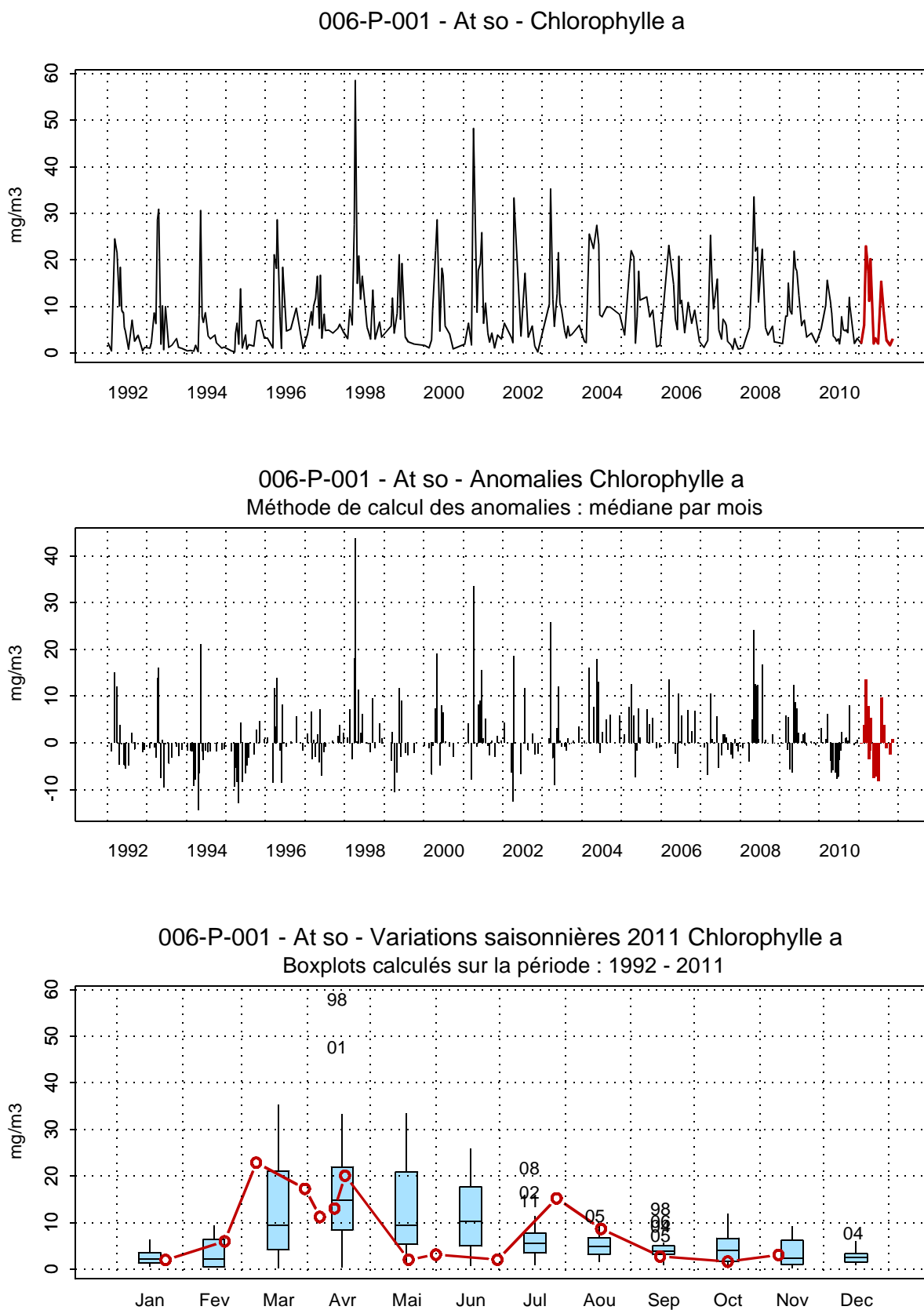


Figure 72. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m3) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011



**Figure 73. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m3) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011**

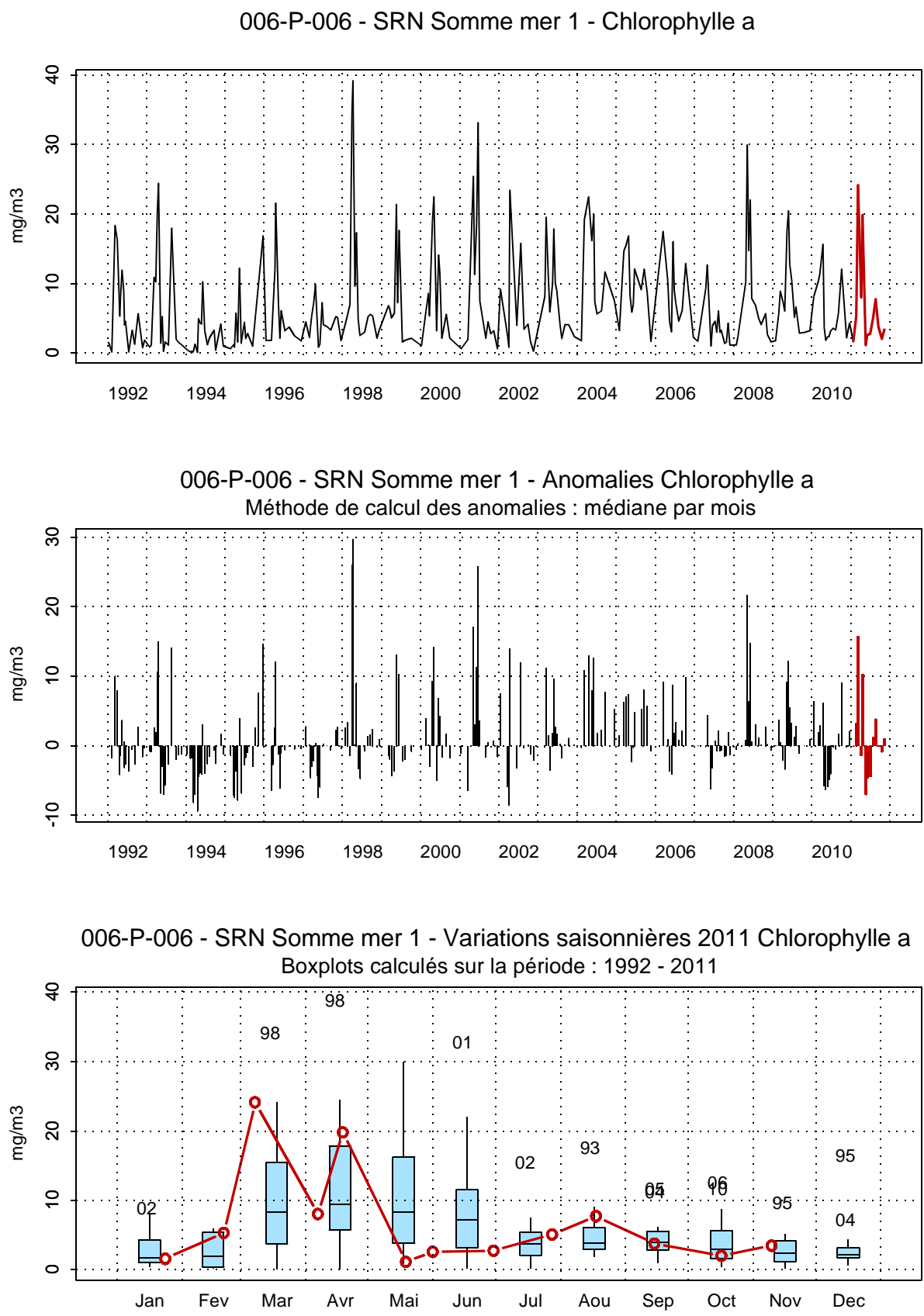


Figure 74. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m3) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

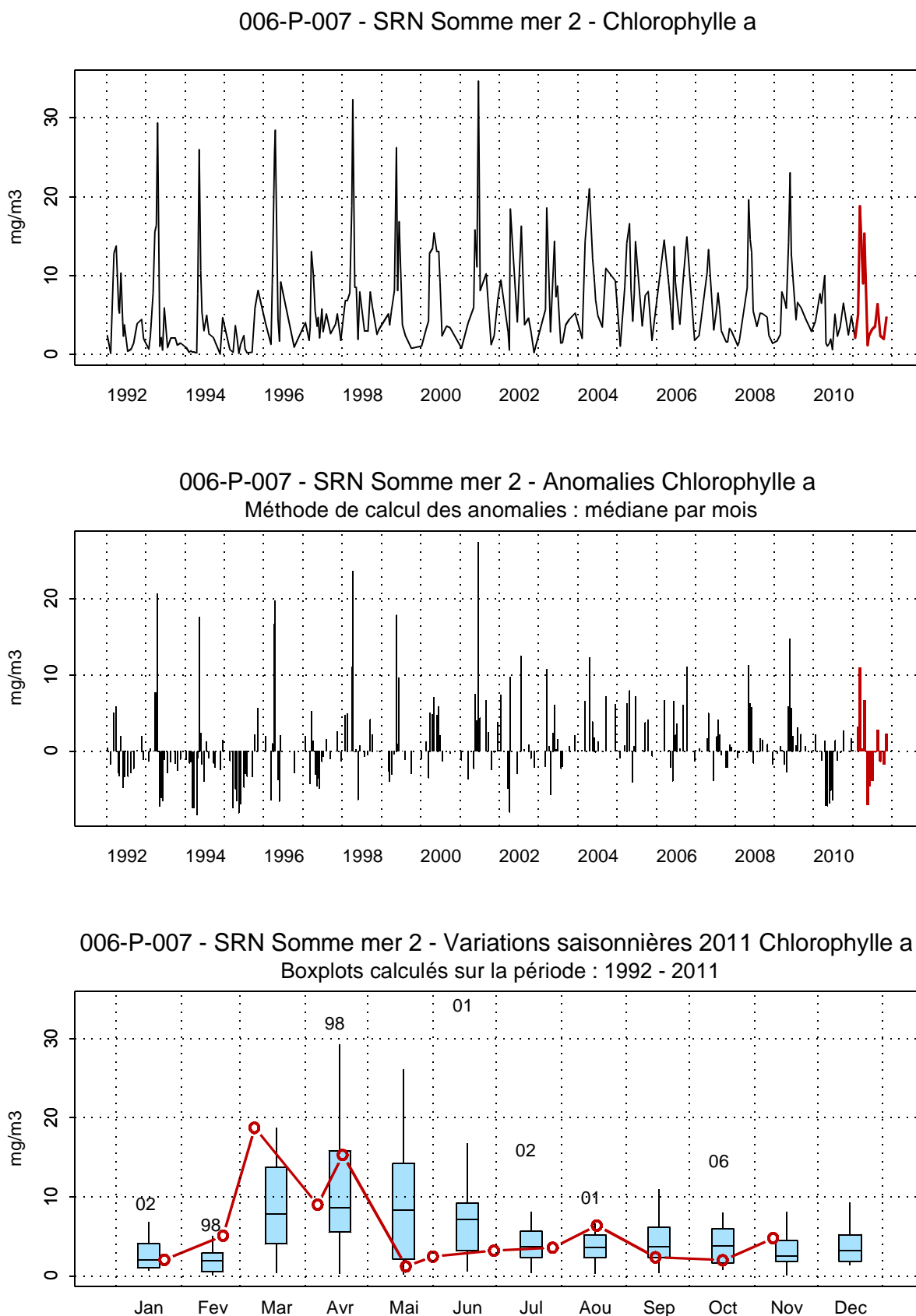


Figure 75. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m<sup>3</sup>) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

La courbe d'évolution du nitrate est classique (Figures 76 à 80).

En 2011, l'évolution de la concentration en nitrate est semblable à celle observée depuis 1992. De fortes valeurs sont obtenues en début et fin de cycle tandis que pour le reste de l'année les valeurs sont très faibles. On note tout de même de fortes valeurs : en juillet pour le point Bif avec 21,21  $\mu\text{mol/L}$ , et fin juin pour les points Atso et Mer 1 avec respectivement 5,17  $\mu\text{mol/L}$  et 3,35  $\mu\text{mol/L}$ .

Les concentrations maximales sont observées aux mois de janvier et février pour toute la radiale (avec un maximum de 43,51  $\mu\text{mol/L}$  obtenu le 24/01 au point Mimer). Les concentrations minimales sont enregistrées d'avril à août avec notamment des valeurs inférieures au seuil de détection ( $< 0,15 \mu\text{mol/L}$ ) pour les points Mimer, Mer 1 et Mer 2. A partir du mois de septembre les concentrations augmentent à nouveau (avec en général des valeurs supérieures au 3<sup>ème</sup> quartile).

**Tableau 16. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour les différents points de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011**

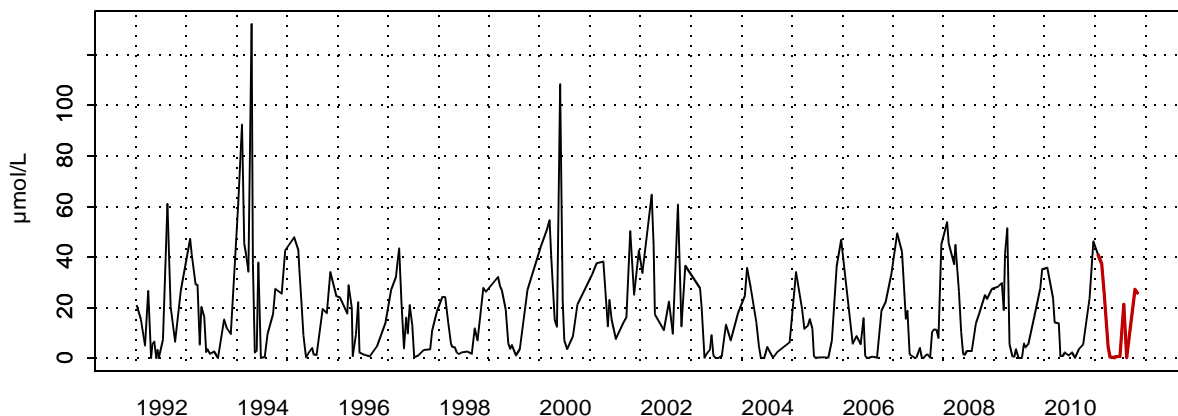
	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
<b>Bif</b>	0,02	2,50	17,32	12,6	26,80	132,31	279
<b>Mimer</b>	0,15	2,11	13,92	8,55	22,10	63,33	204
<b>Atso</b>	0,05	1,71	12,33	7,11	20,22	56,09	279
<b>Mer 1</b>	0,02	0,90	10,72	4,97	18,25	55,91	264
<b>Mer 2</b>	0,01	0,54	9,33	3,58	16,51	50,90	256

**Tableau 17. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrate ( $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ ) ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour les différents points de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011**

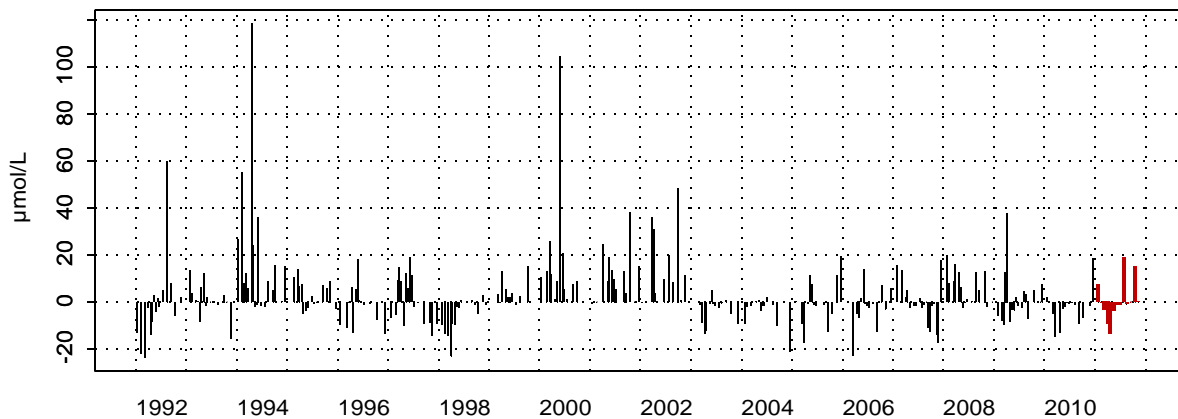
	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
<b>Bif</b>	0,23	1,21	14,92	13,55	25,85	46,8	32
<b>Mimer</b>	0,15	0,15	12,87	4,49	27,56	44,2	30
<b>Atso</b>	0,19	0,51	10,46	5,35	18,1	40,2	33
<b>Mer 1</b>	0,15	0,15	9,73	1,48	21,39	39,33	30
<b>Mer 2</b>	0,15	0,15	8,85	0,75	18,61	37,05	30



007-P-008 - Bif - Azote nitrique (nitrate)



007-P-008 - Bif - Anomalies Azote nitrique (nitrate)  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



007-P-008 - Bif - Variations saisonnières 2011 Azote nitrique (nitrate)  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

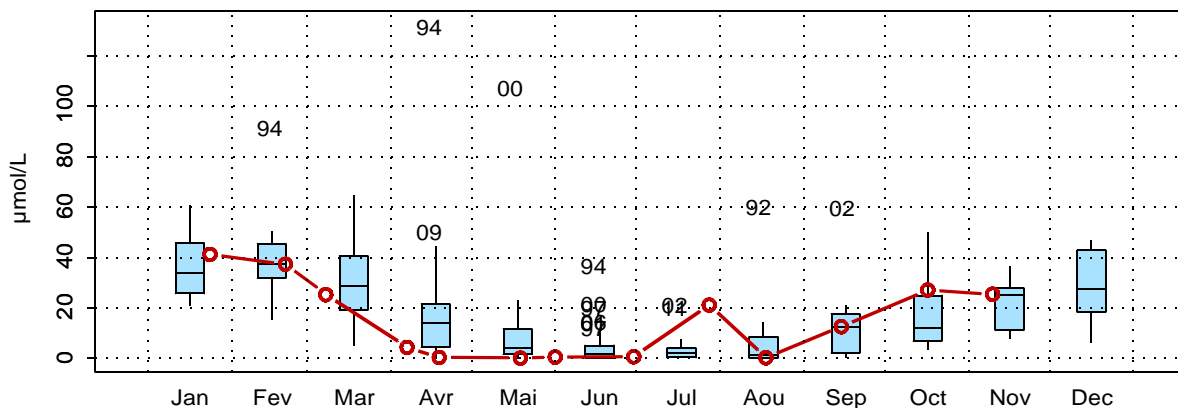


Figure 76. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

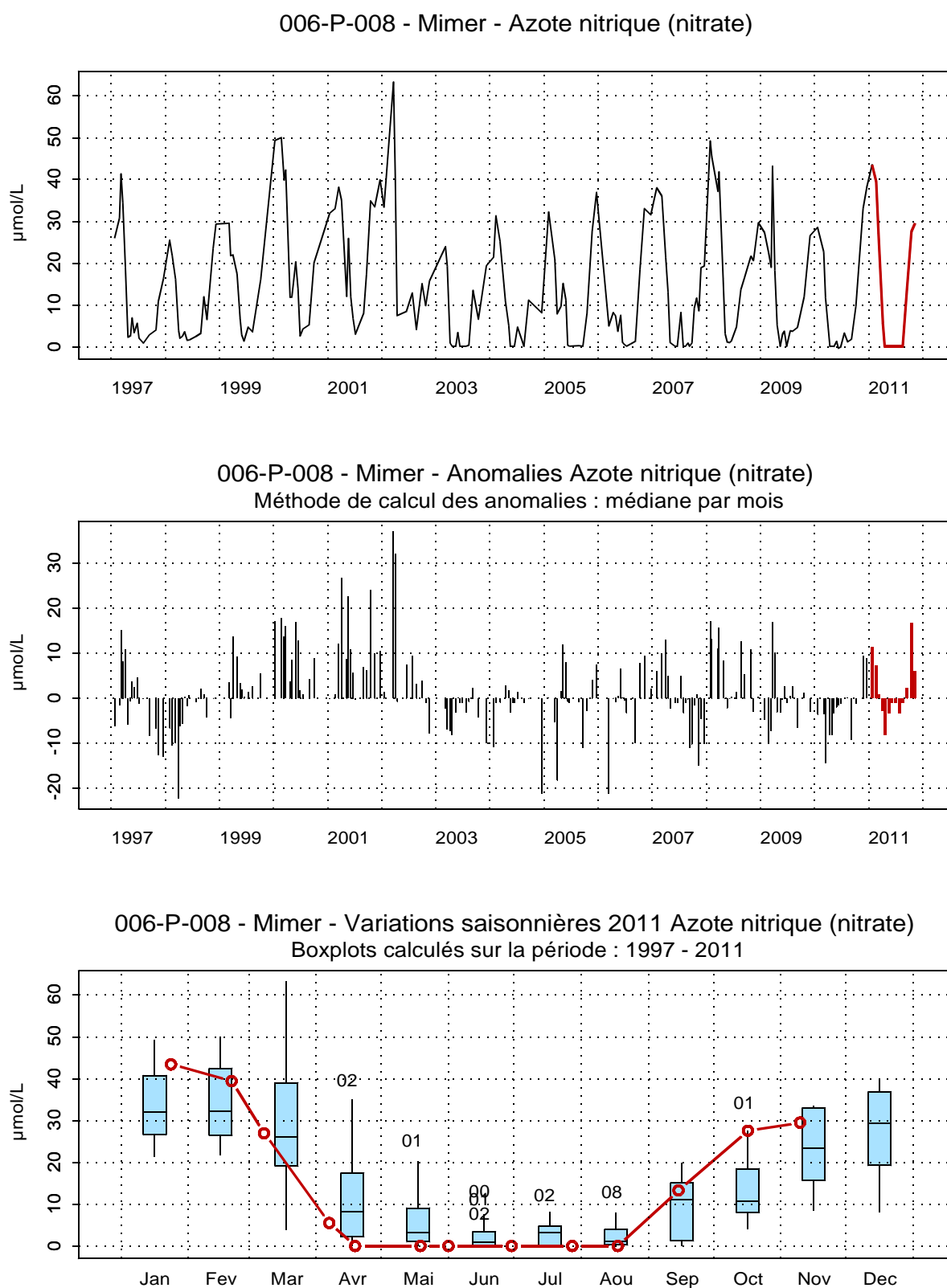
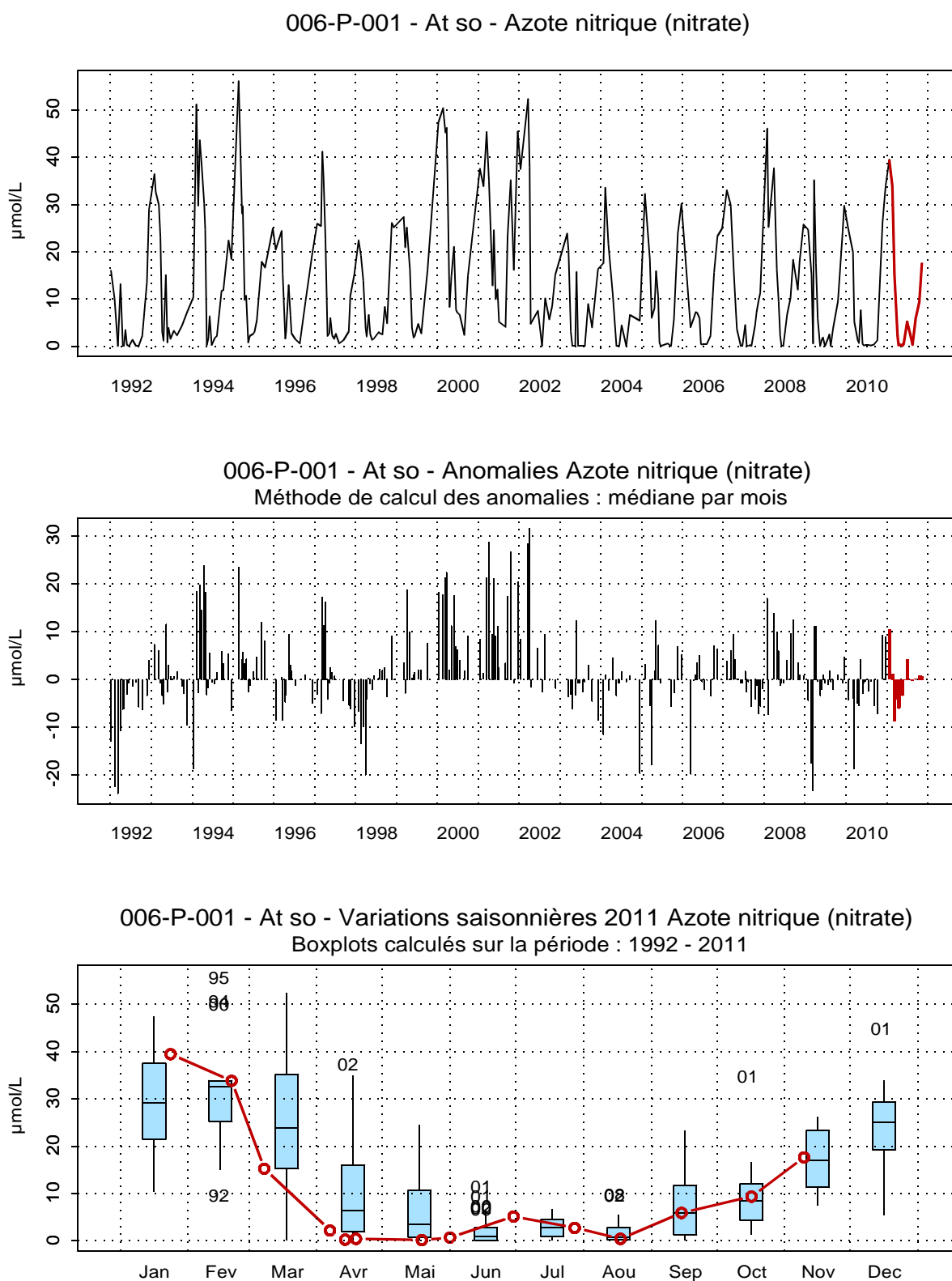
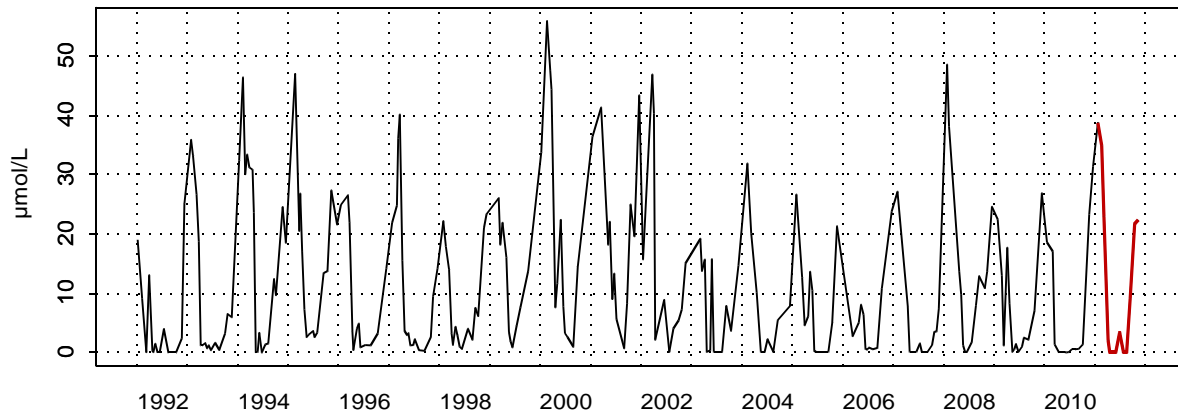


Figure 77. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

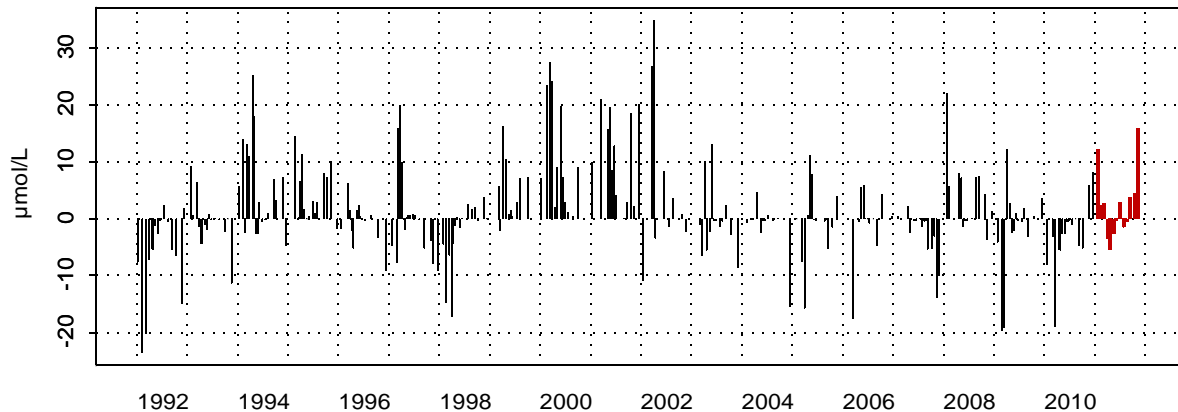


**Figure 78.** Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Azote nitrique (nitrate)



006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Anomalies Azote nitrique (nitrate)  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2011 Azote nitrique (nitrate)  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

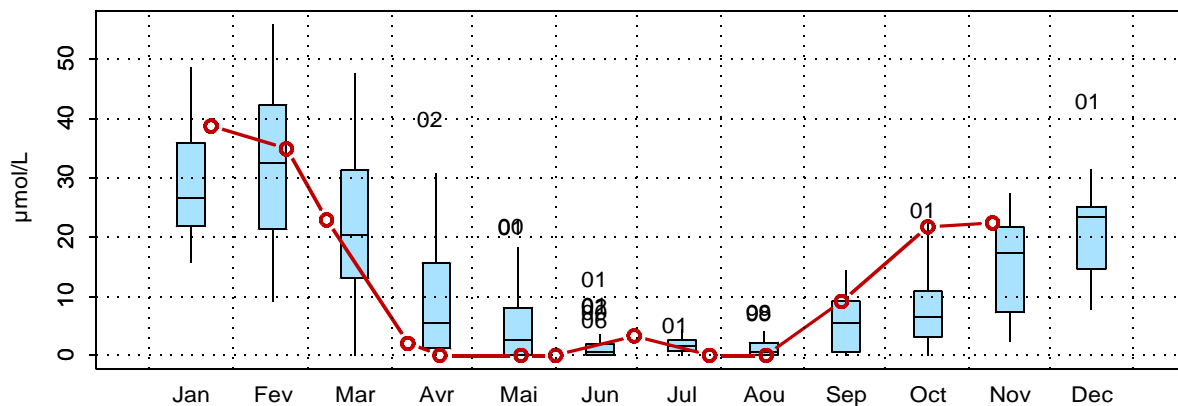
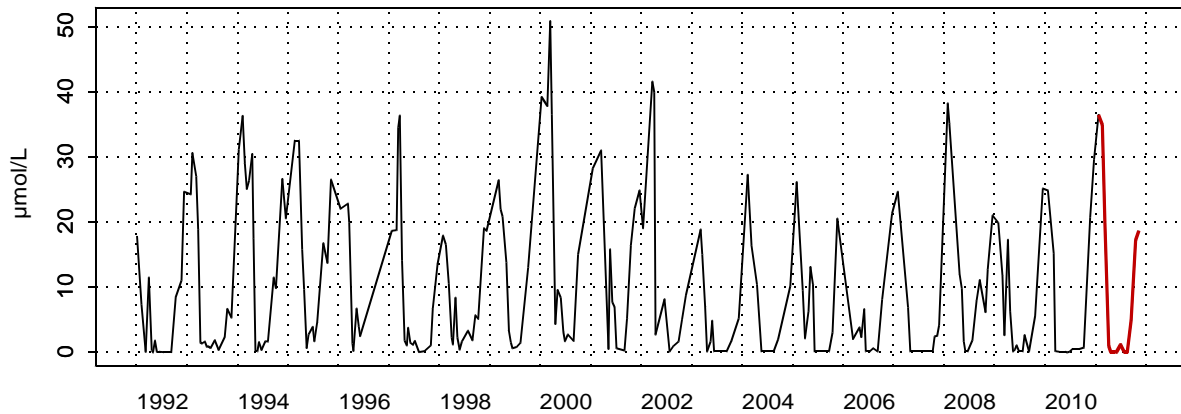
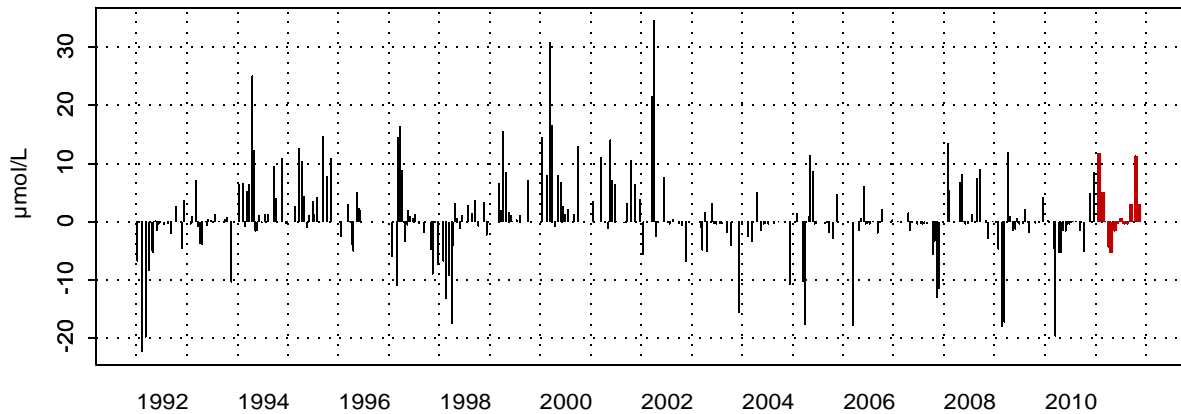


Figure 79. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate (µmol/L) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Azote nitrique (nitrate)



006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Anomalies Azote nitrique (nitrate)  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2011 Azote nitrique (nitrate)  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

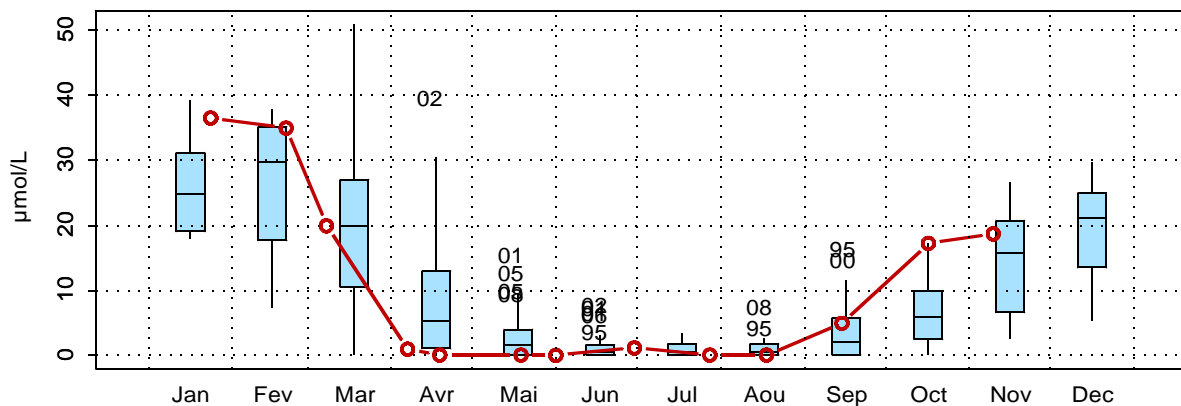
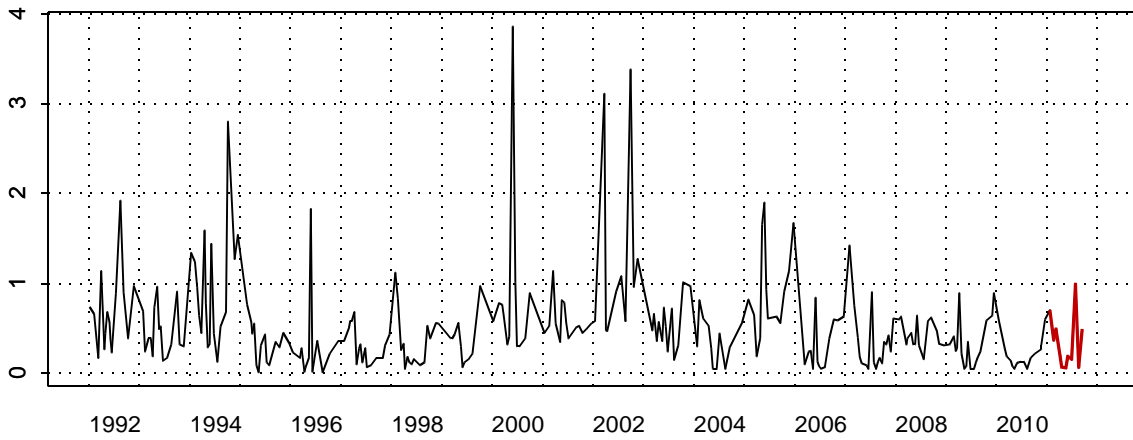


Figure 80. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate (µmol/L) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

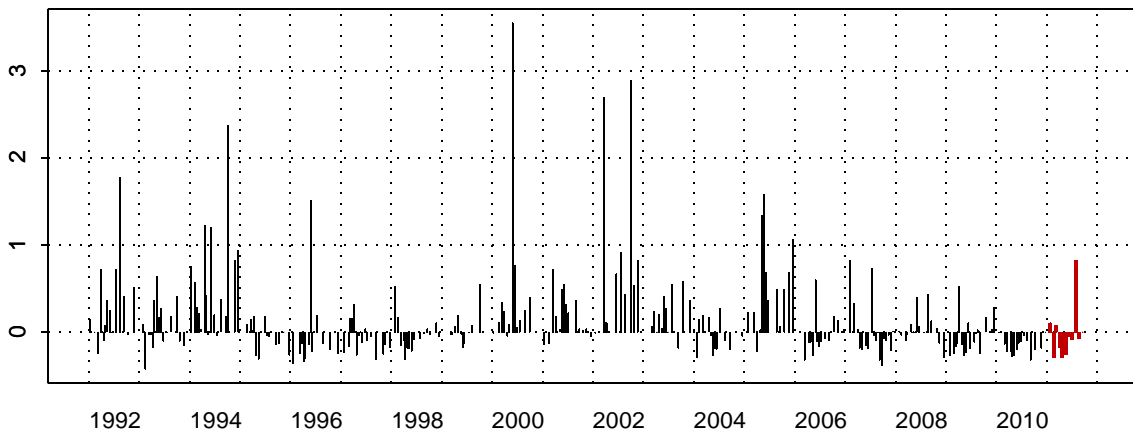
Les concentrations en nitrite présentent des fluctuations importantes d'une année à une autre. L'aspect fugace de cet élément lors des réactions de nitrificationdénitrification rend l'interprétation difficile. Il devient courant de traiter les résultats sous la forme ( $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ ).

Pour l'année 2011, on remarque que les concentrations sont globalement inférieures à la médiane du mois d'avril au mois d'août pour tous les points de la radiale, sauf Bif (en juillet) et Atso (en juin et juillet). On note tout de même certaines valeurs au dessus du 3<sup>ème</sup> quartile (Figures 81 à 85).

007-P-008 - Bif - NO2



007-P-008 - Bif - Anomalies NO2  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



007-P-008 - Bif - Variations saisonnières 2011 NO2  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

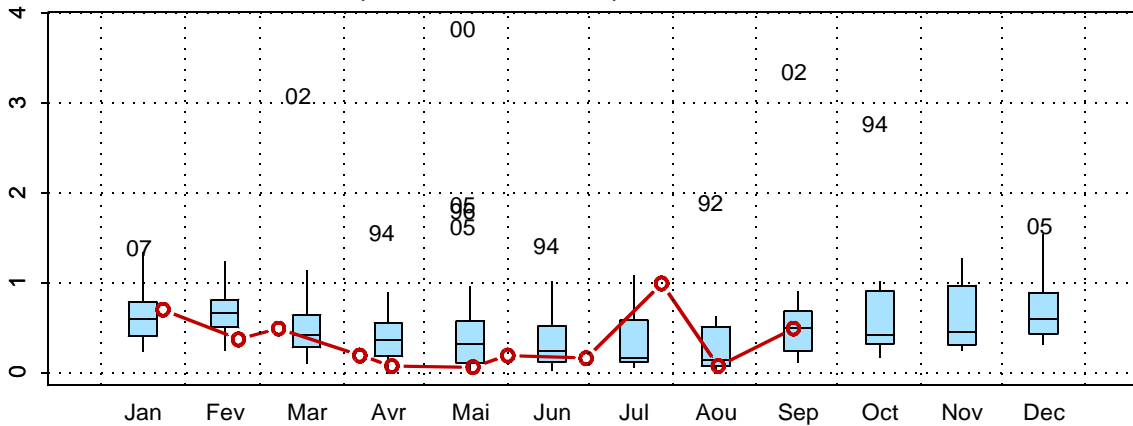


Figure 81. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

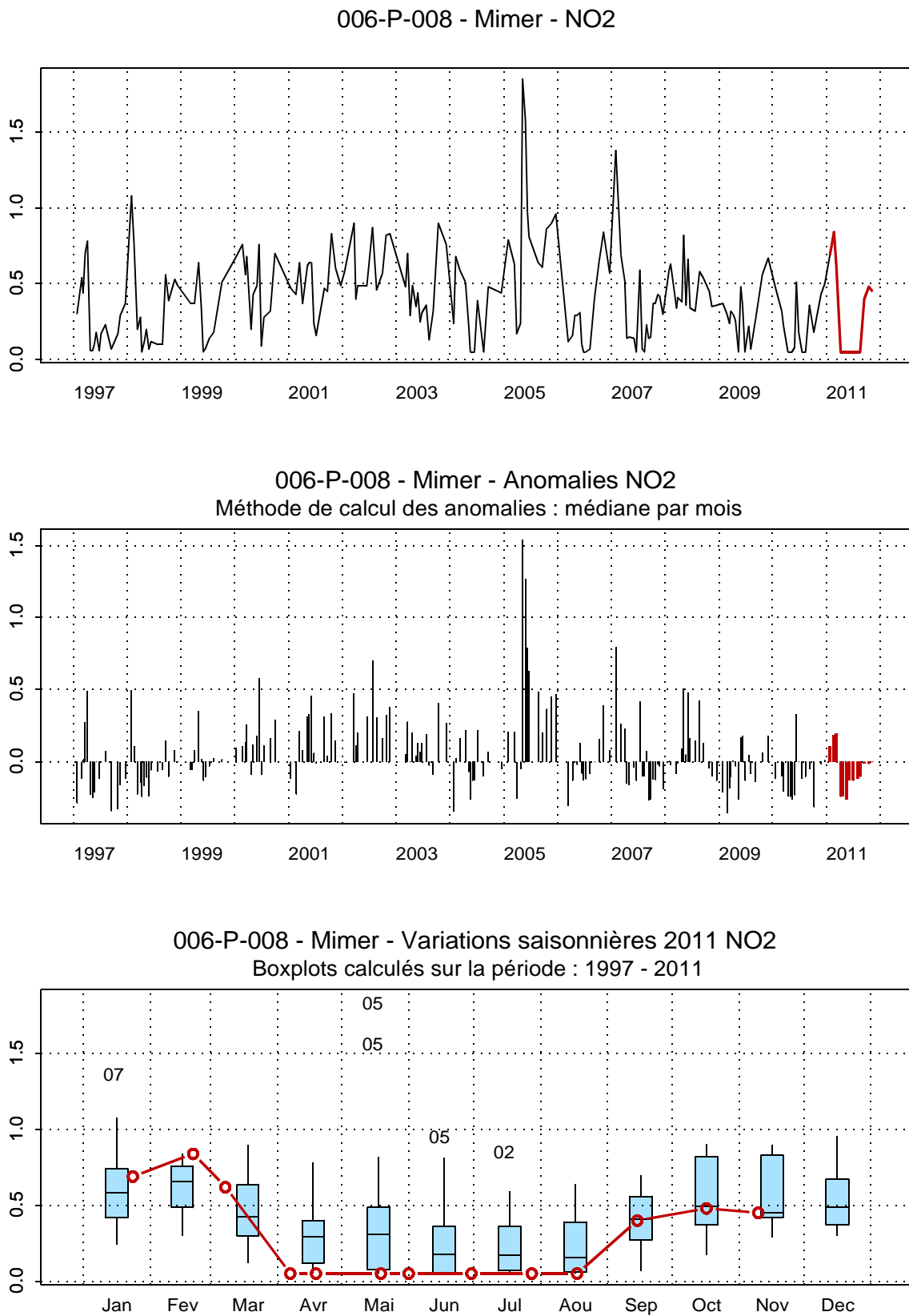
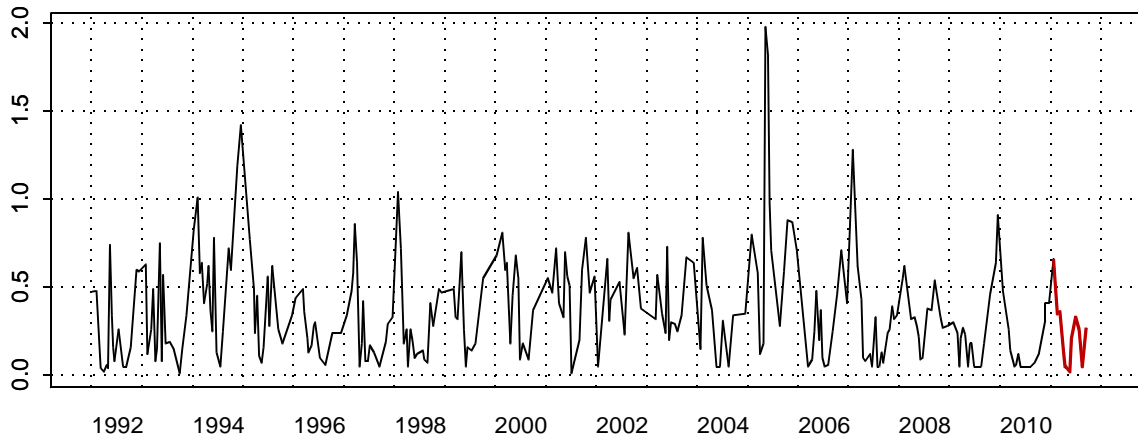


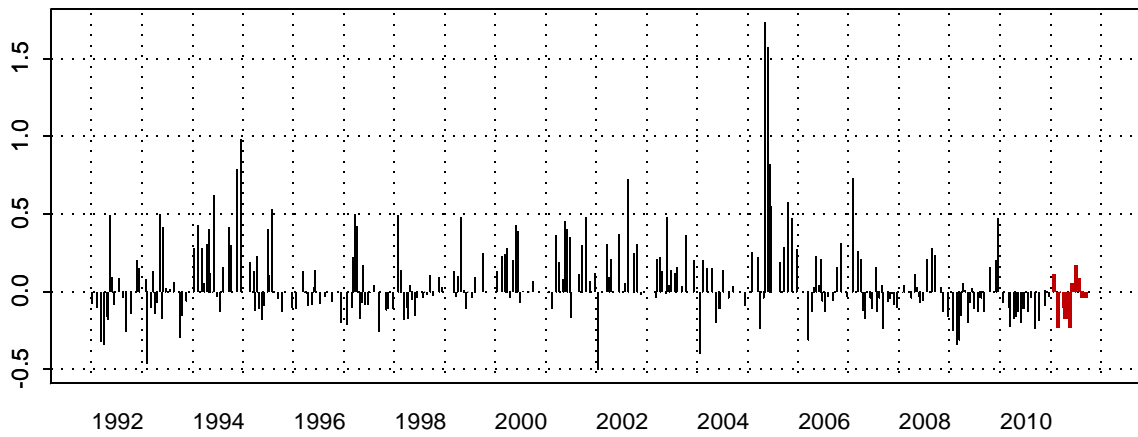
Figure 82. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011



006-P-001 - At so - NO2



006-P-001 - At so - Anomalies NO2  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



006-P-001 - At so - Variations saisonnières 2011 NO2  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

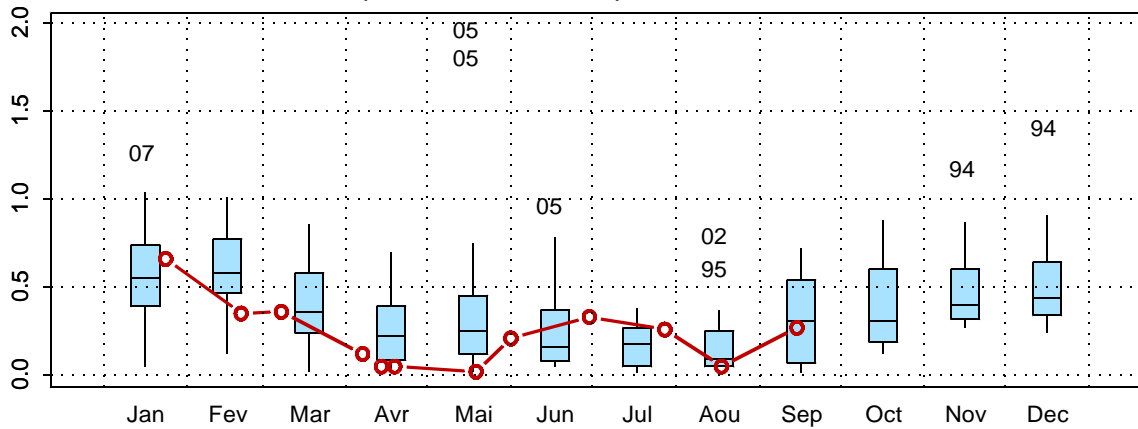
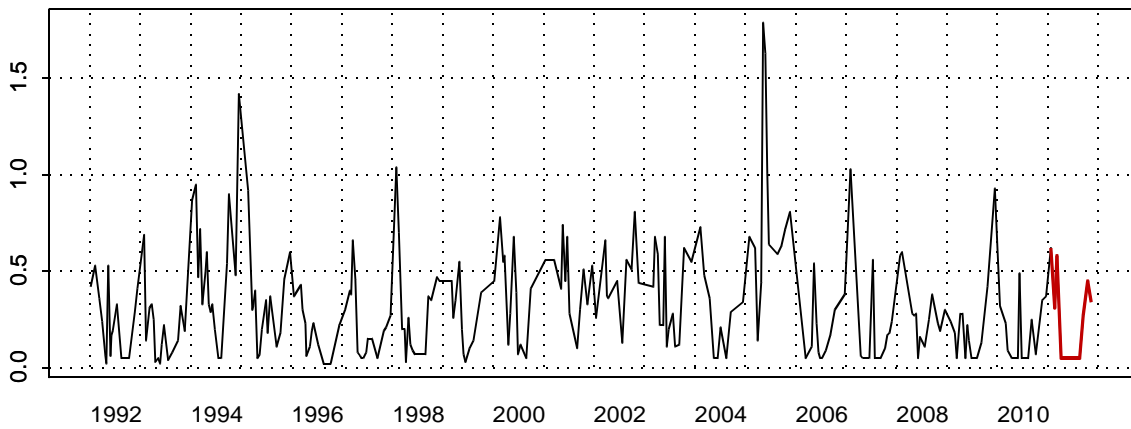
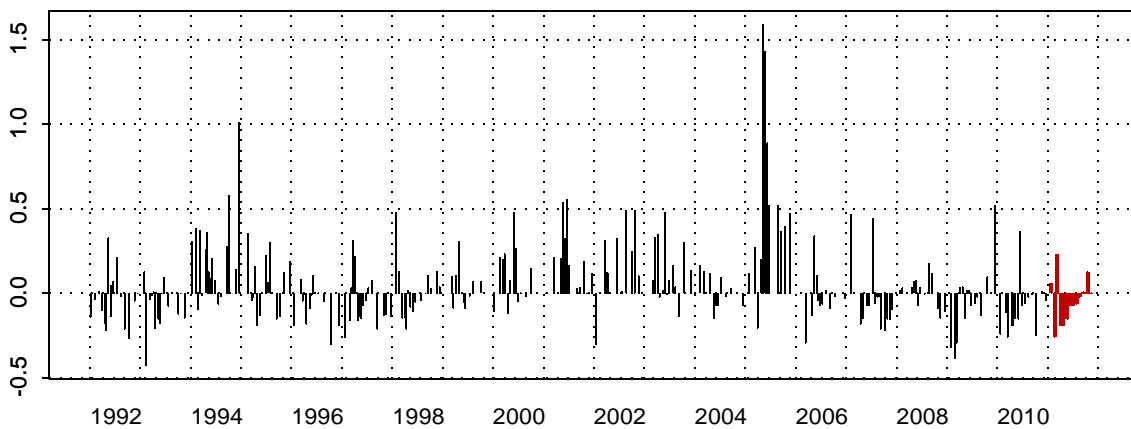


Figure 83. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

006-P-006 - SRN Somme mer 1 - NO2



006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Anomalies NO2  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2011 NO2  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

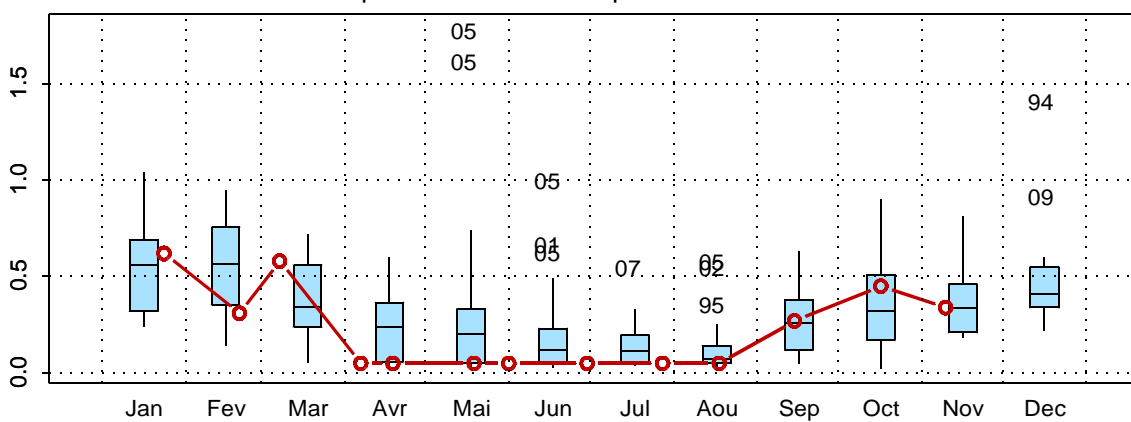
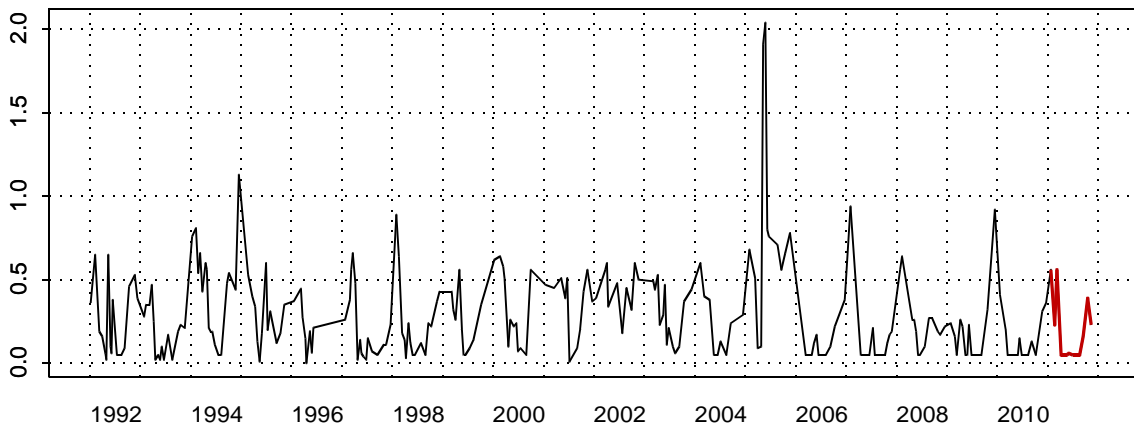


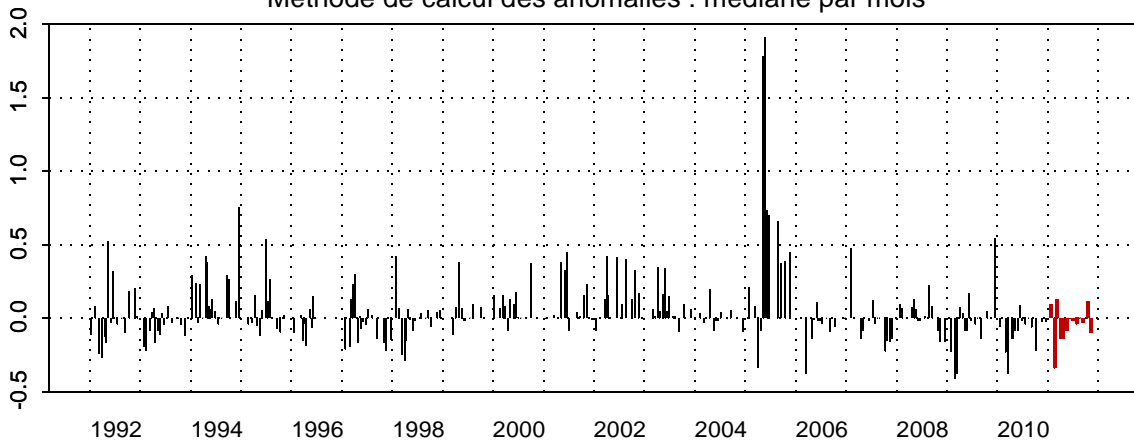
Figure 84. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

006-P-007 - SRN Somme mer 2 - NO2



006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Anomalies NO2

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2011 NO2

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

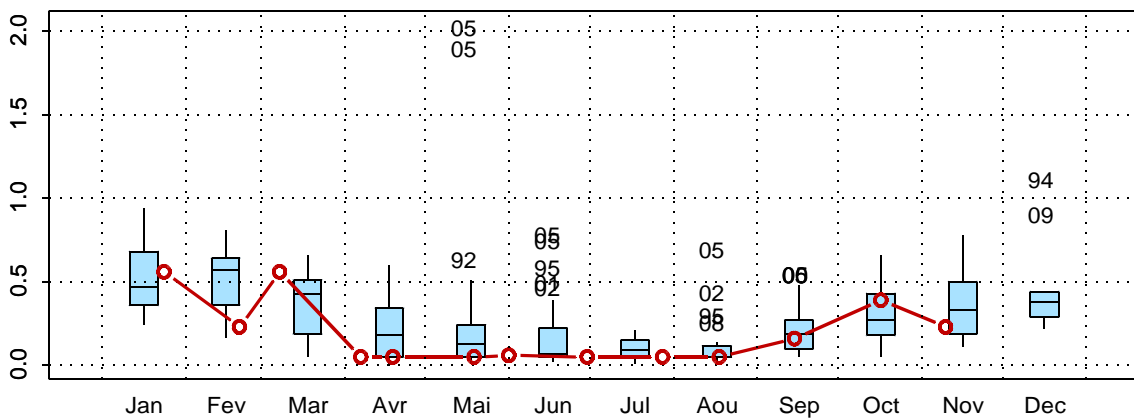


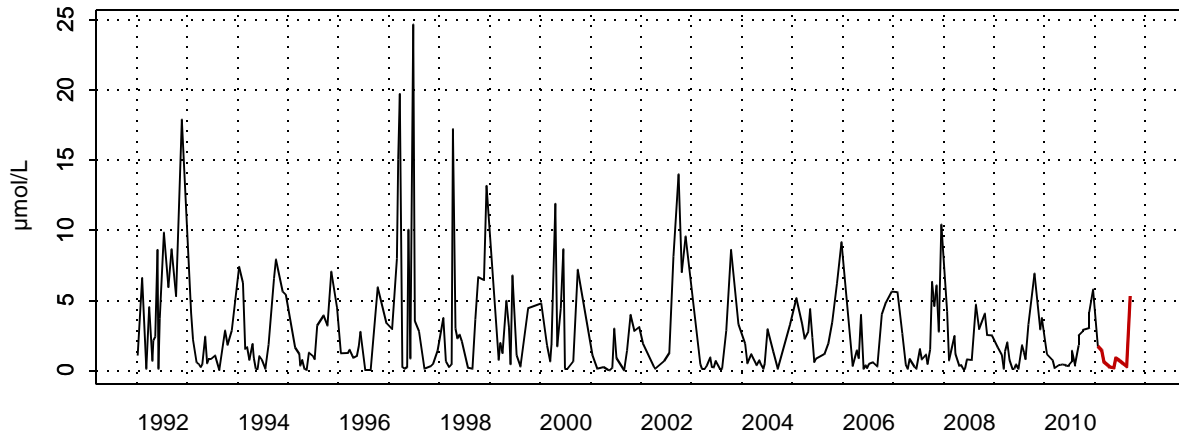
Figure 85. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

Le schéma d'évolution de la concentration en ammonium apparaît classique (Figures 86 à 90). De 1992 à 2011, de faibles fluctuations sont observées au cours des mois avec une plus forte concentration en hiver.

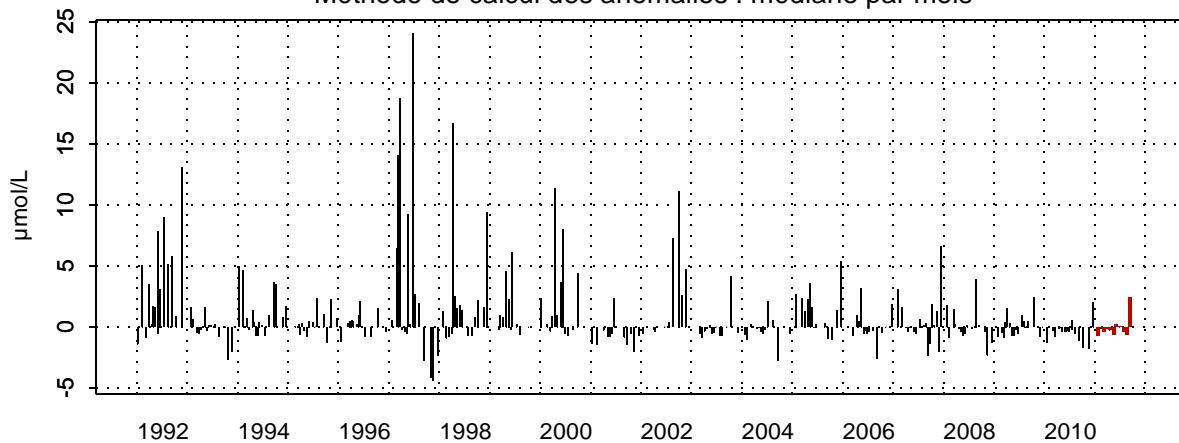
Par rapport à la période 1992-2011, les concentrations en nitrites sont plus faibles ou proches de la médiane toute l'année sauf en septembre (Bif), juin et septembre (Mimer, Atso), juin, septembre et octobre (Mer 1) et juin (Mer 2).

En 2011, les concentrations en ammonium sont particulièrement faibles au début de l'année (valeurs en dessous de la médiane mensuelle) et plus fortes en fin de cycle (maximum obtenu au le 15/09 au point Mimer : 6,06  $\mu\text{mol/L}$ ). Le mois de juin présente de fortes concentrations pour tous les points de la radiale (valeurs supérieures au 3<sup>ème</sup> quartile).

007-P-008 - Bif - Azote ammoniacal



007-P-008 - Bif - Anomalies Azote ammoniacal  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



007-P-008 - Bif - Variations saisonnières 2011 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

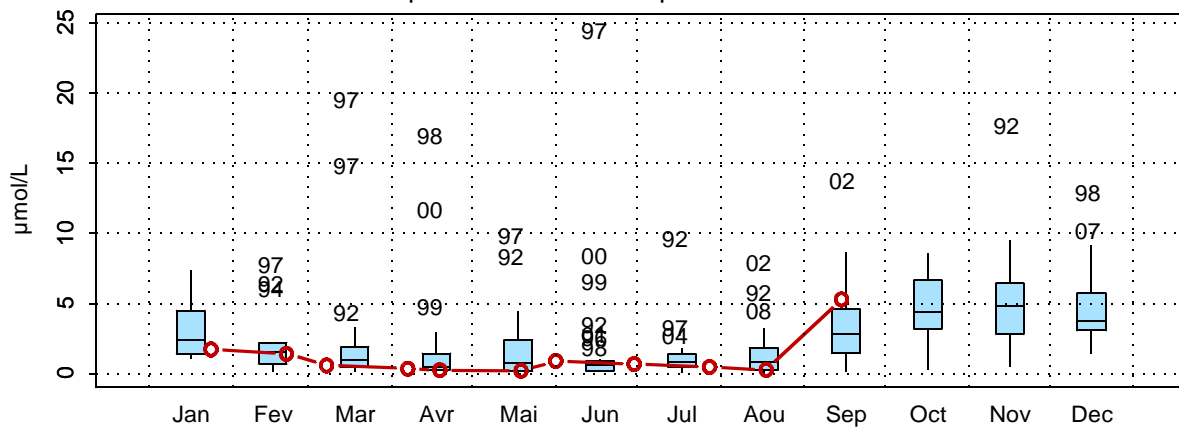
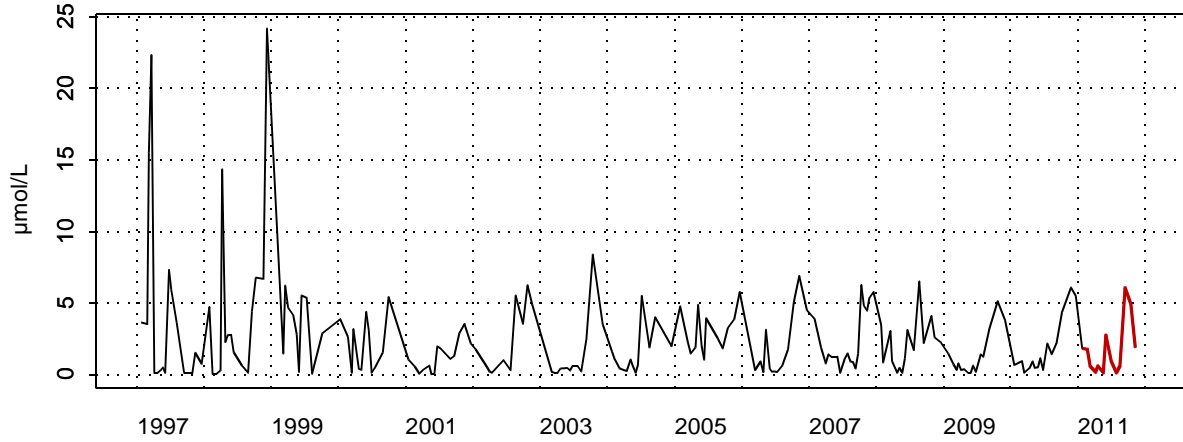
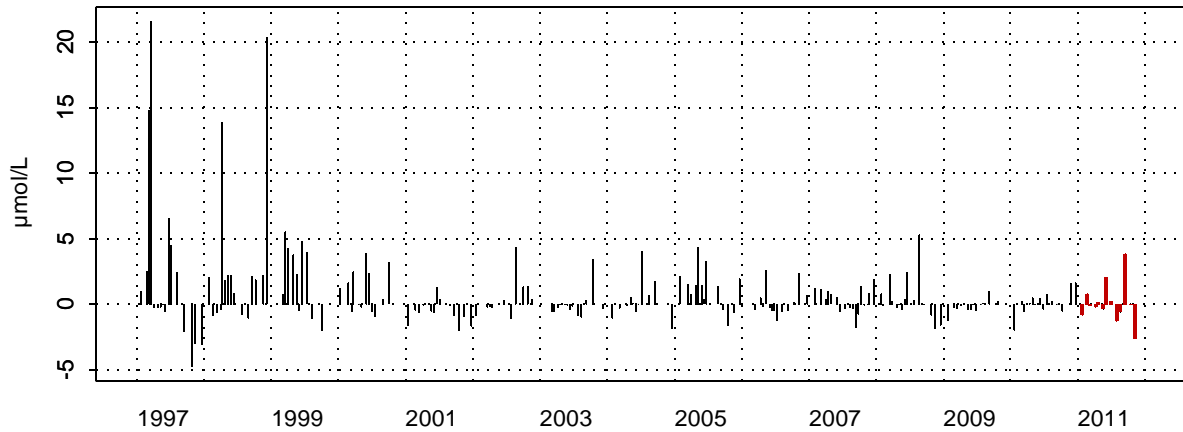


Figure 86. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

006-P-008 - Mimer - Azote ammoniacal



006-P-008 - Mimer - Anomalies Azote ammoniacal  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



006-P-008 - Mimer - Variations saisonnières 2011 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1997 - 2011

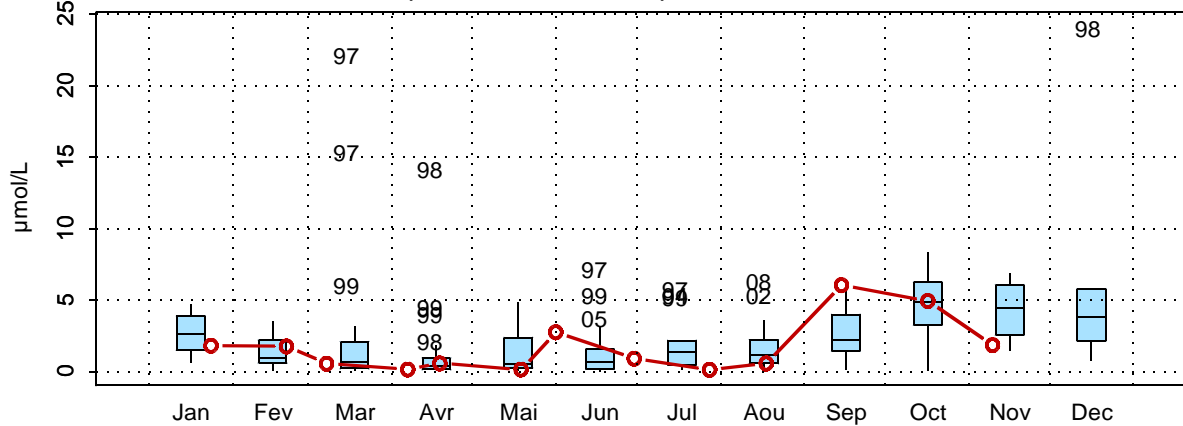
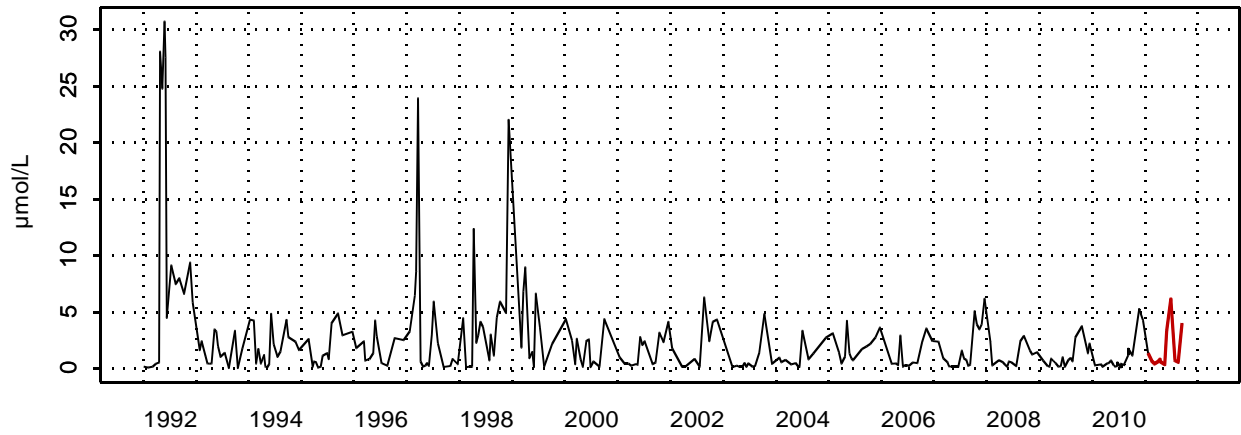
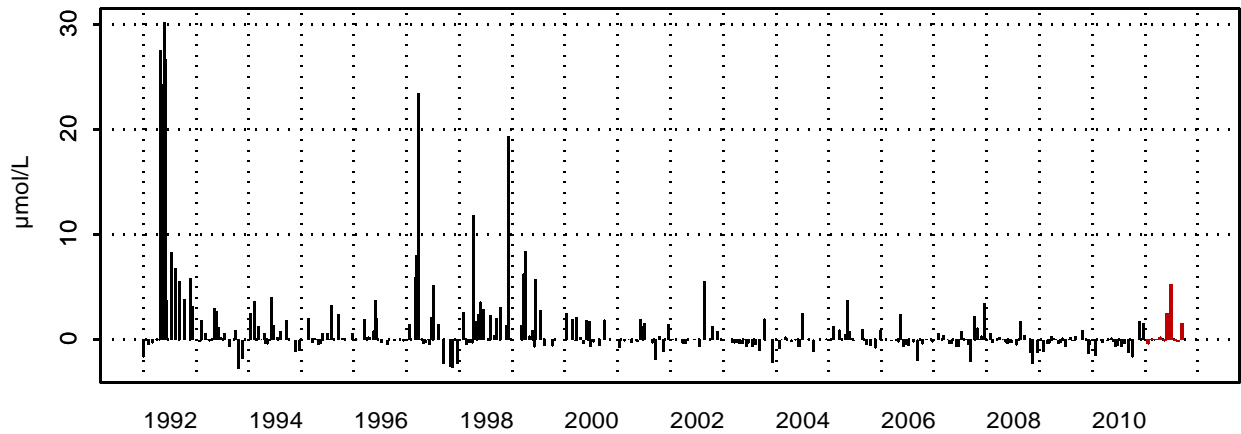


Figure 87. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

006-P-001 - At so - Azote ammoniacal



006-P-001 - At so - Anomalies Azote ammoniacal  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



006-P-001 - At so - Variations saisonnières 2011 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

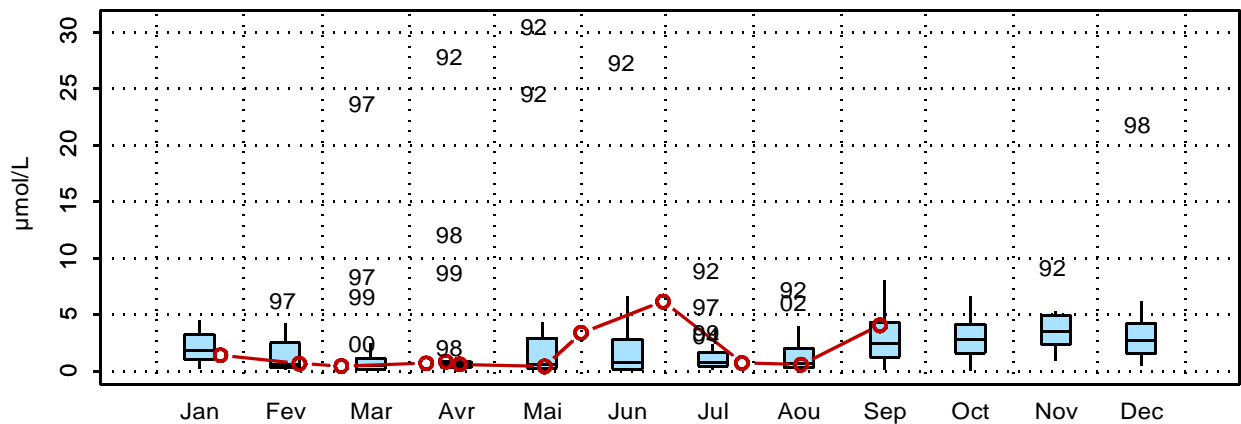
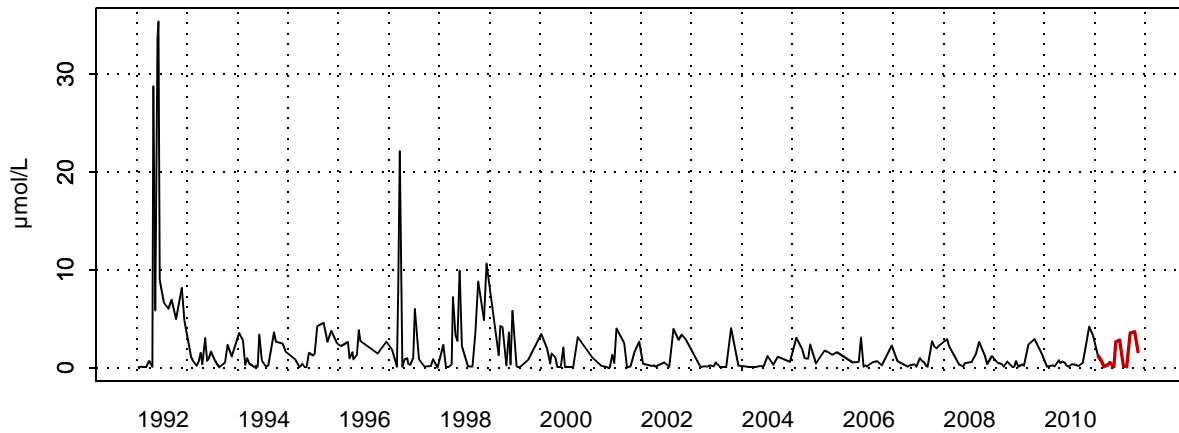
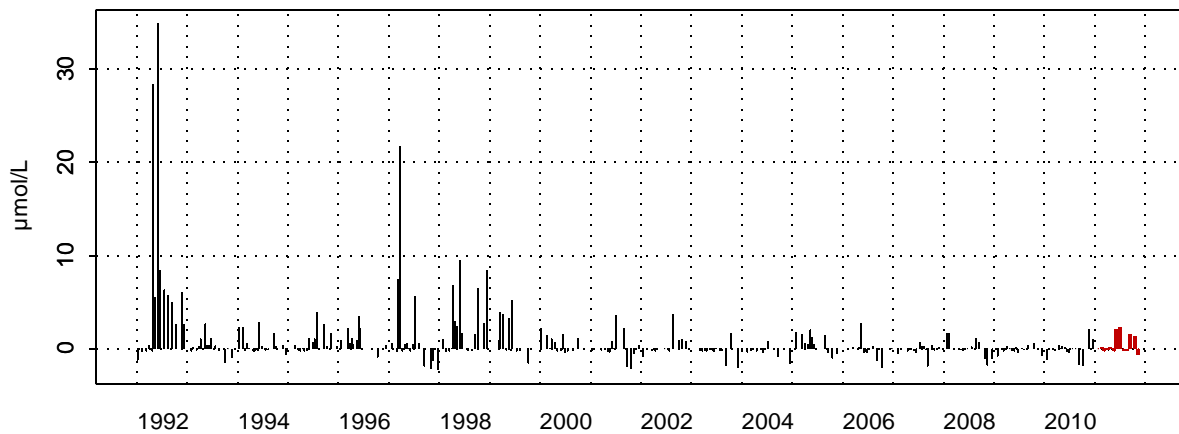


Figure 88. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Azote ammoniacal



006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Anomalies Azote ammoniacal  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2011 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

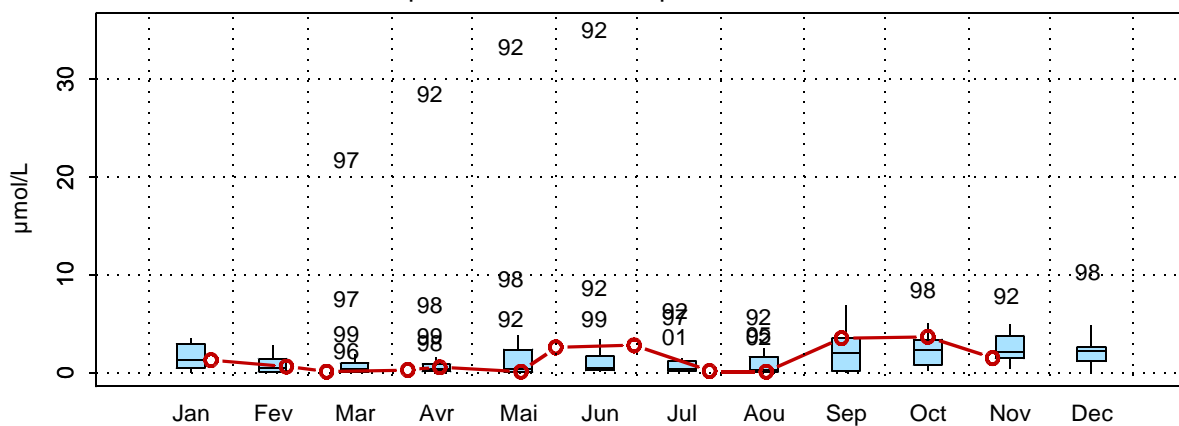
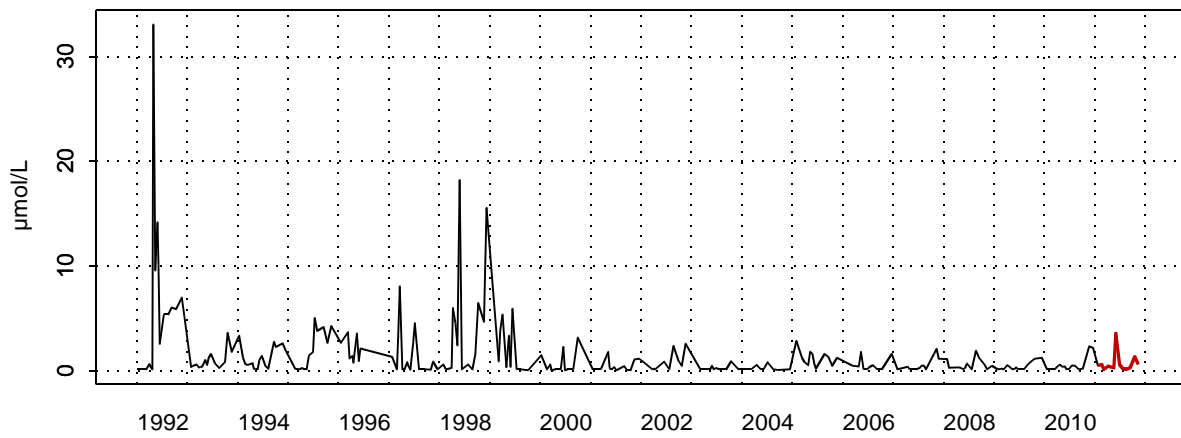


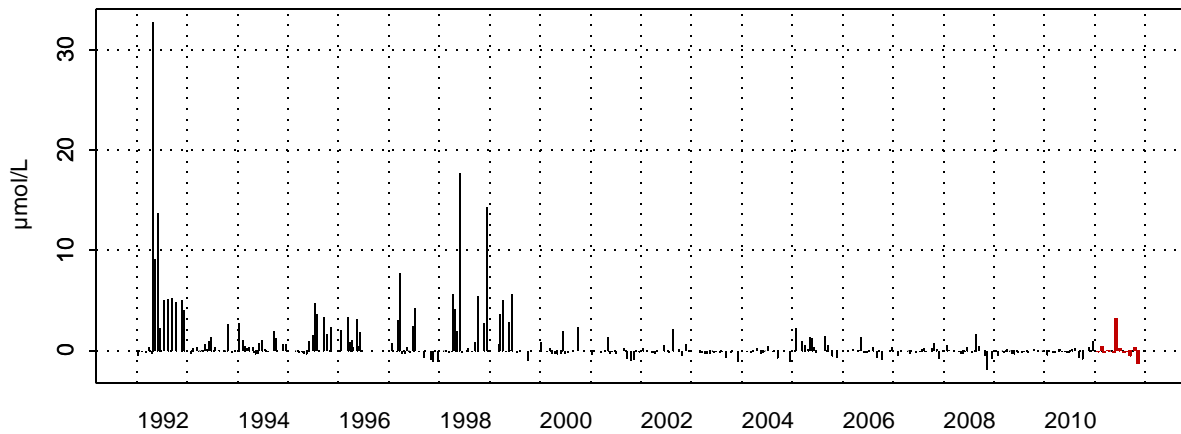
Figure 89. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011



006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Azote ammoniacal



006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Anomalies Azote ammoniacal  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2011 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

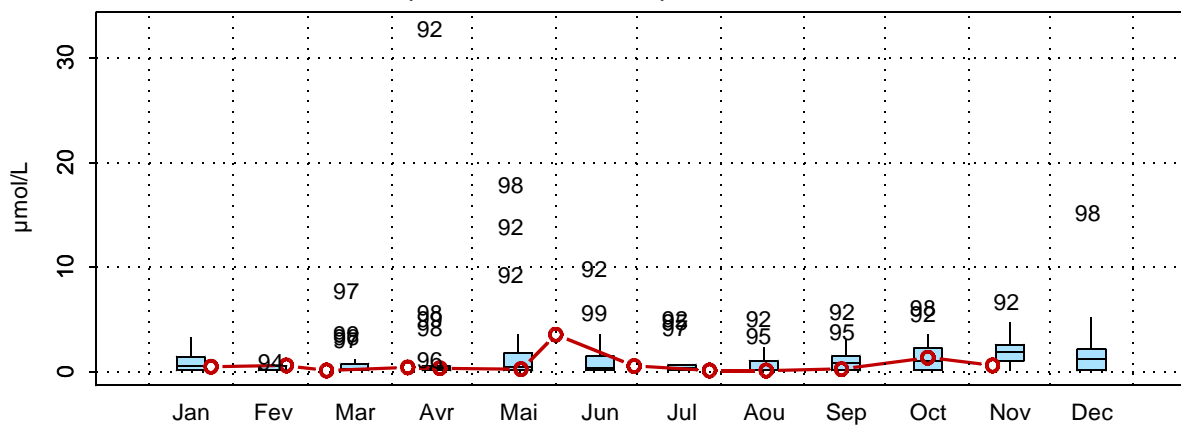


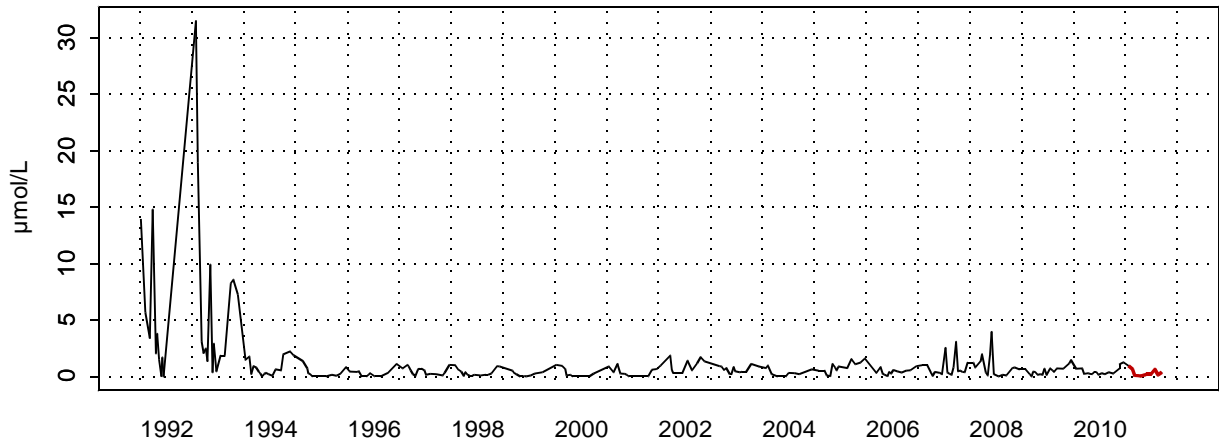
Figure 90. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

L'évolution de la concentration en phosphate est conforme à ce qui est habituellement observé sur le site (Figures 91 à 95, Annexe 2 et Tableau 18). Les plus fortes teneurs en phosphate sont obtenues en début et fin de cycle. On relève un maximum le 24/01 de 1,43  $\mu\text{mol/L}$ .

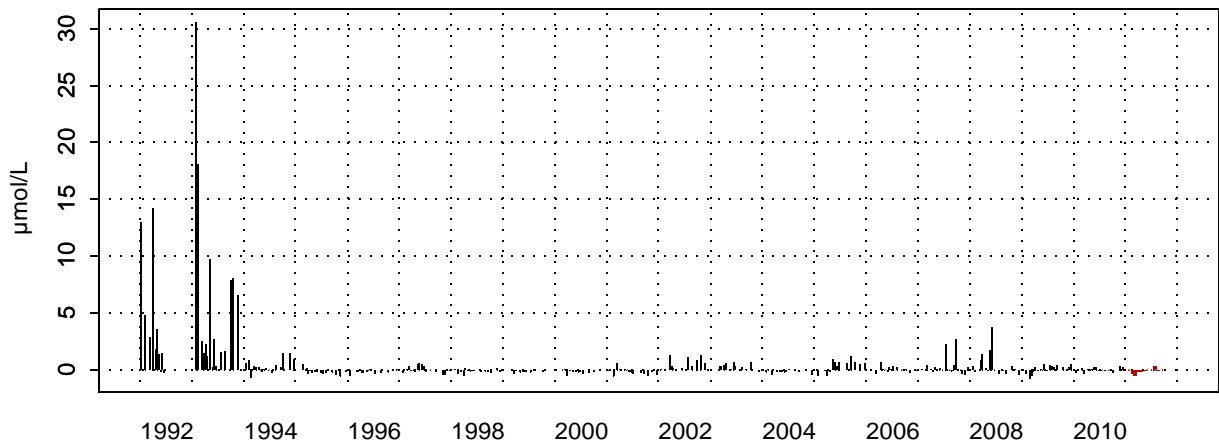
**Tableau 18. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour les différents points de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011**

	<b>Min</b>	<b>Q1</b>	<b>Moy</b>	<b>Med</b>	<b>Q3</b>	<b>Max</b>	<b>n</b>
<b>Bif</b>	0,02	0,19	1,03	0,43	0,89	31,50	275
<b>Mimer</b>	0,03	0,18	0,57	0,41	0,79	4,73	204
<b>Atso</b>	0,03	0,14	0,47	0,31	0,66	3,03	280
<b>Mer 1</b>	0,03	0,12	0,46	0,27	0,70	3,46	264
<b>Mer 2</b>	0,03	0,08	0,44	0,28	0,66	3,32	258

007-P-008 - Bif - Phosphate



007-P-008 - Bif - Anomalies Phosphate  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



007-P-008 - Bif - Variations saisonnières 2011 Phosphate  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

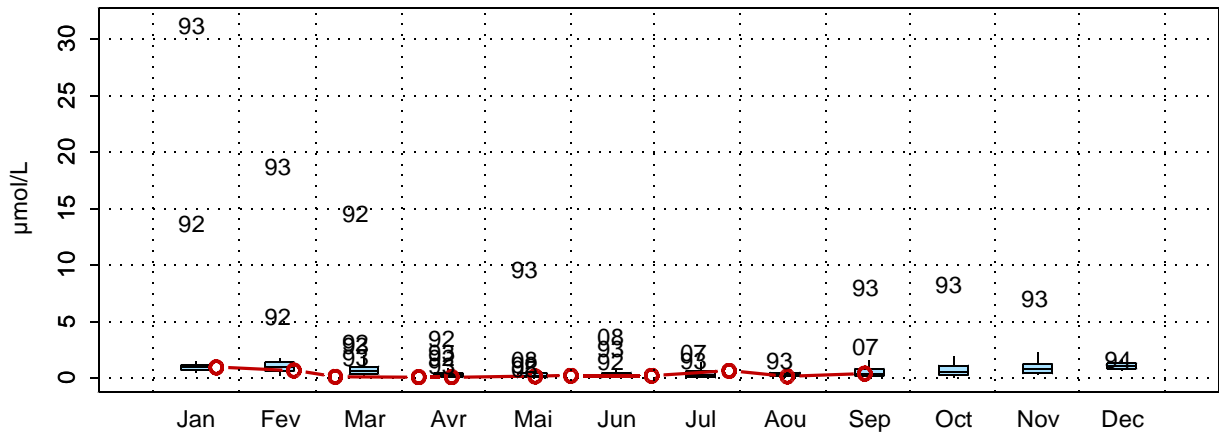
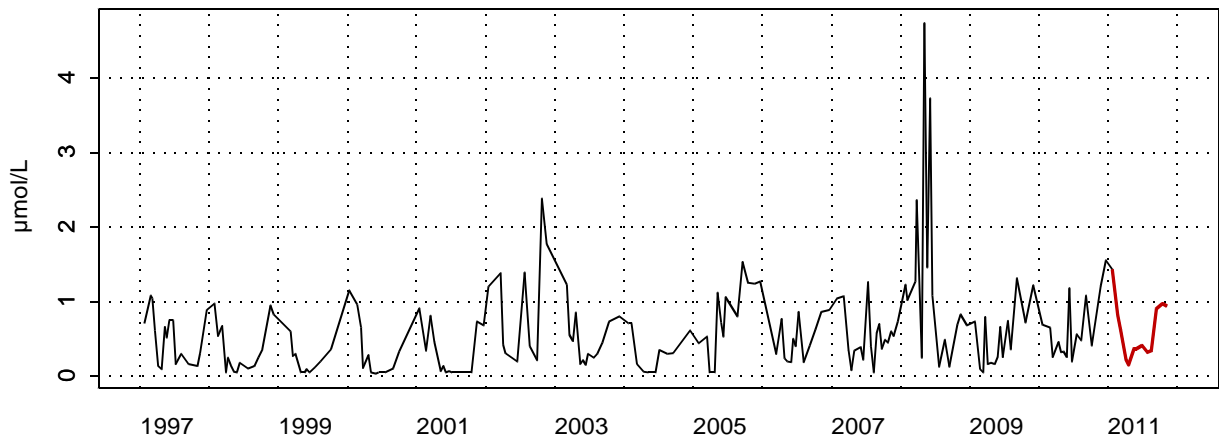
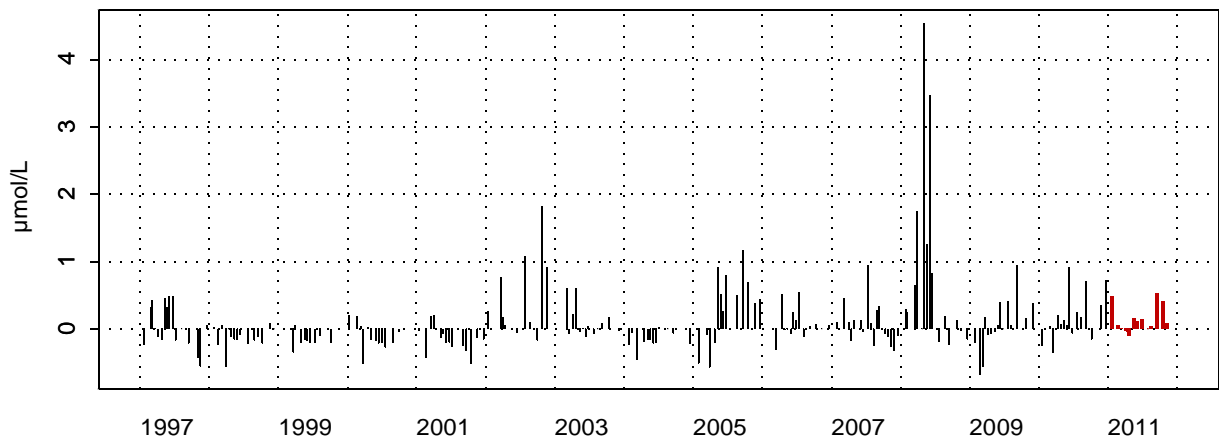


Figure 91. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

006-P-008 - Mimer - Phosphate



006-P-008 - Mimer - Anomalies Phosphate  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



006-P-008 - Mimer - Variations saisonnières 2011 Phosphate  
Boxplots calculés sur la période : 1997 - 2011

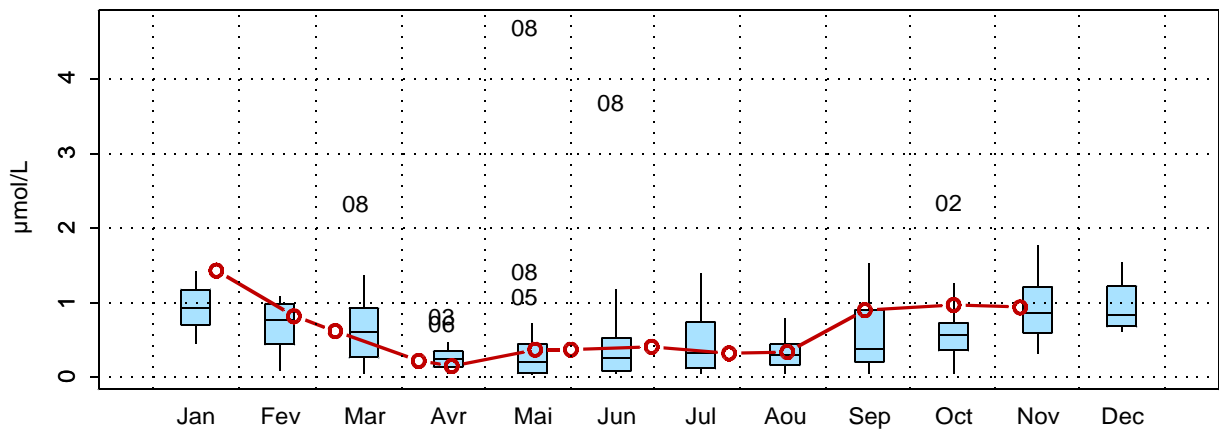
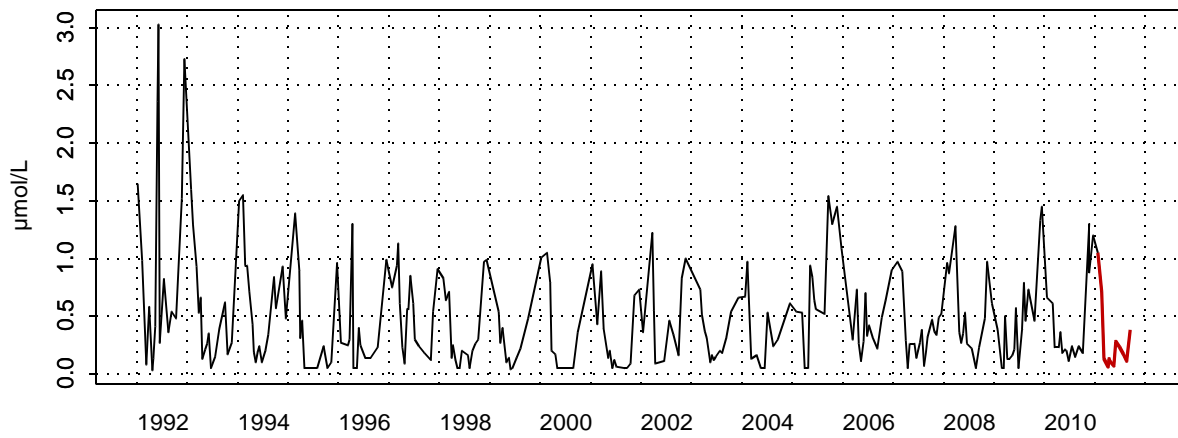
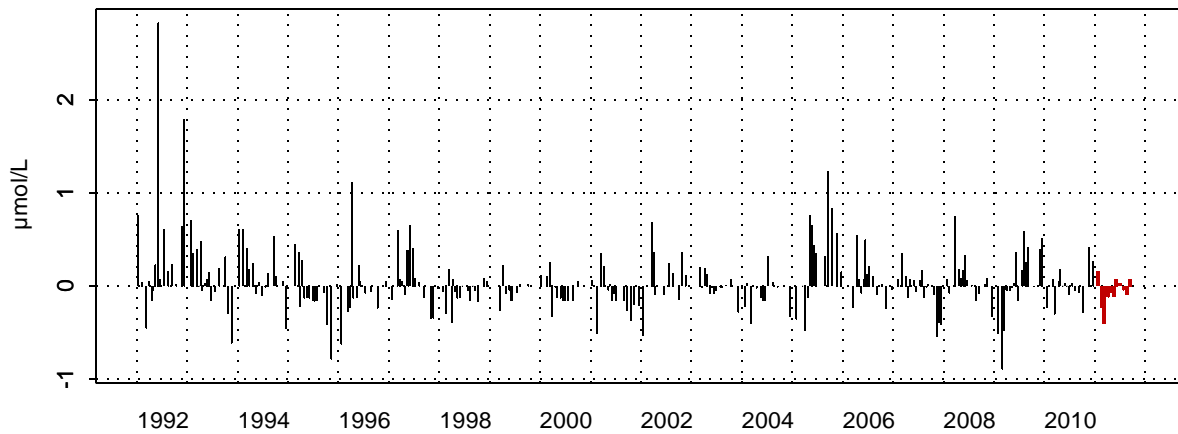


Figure 92. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

006-P-001 - At so - Phosphate



006-P-001 - At so - Anomalies Phosphate  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



006-P-001 - At so - Variations saisonnières 2011 Phosphate  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

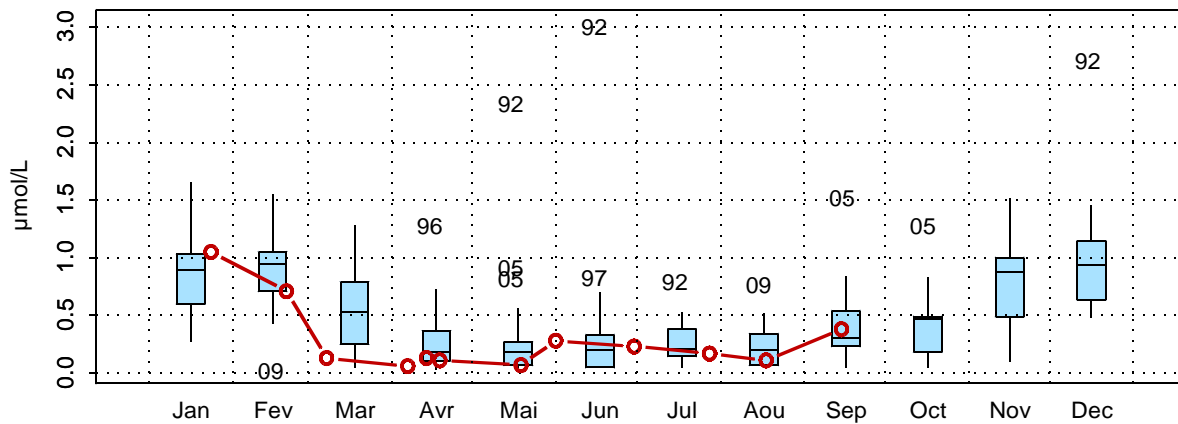
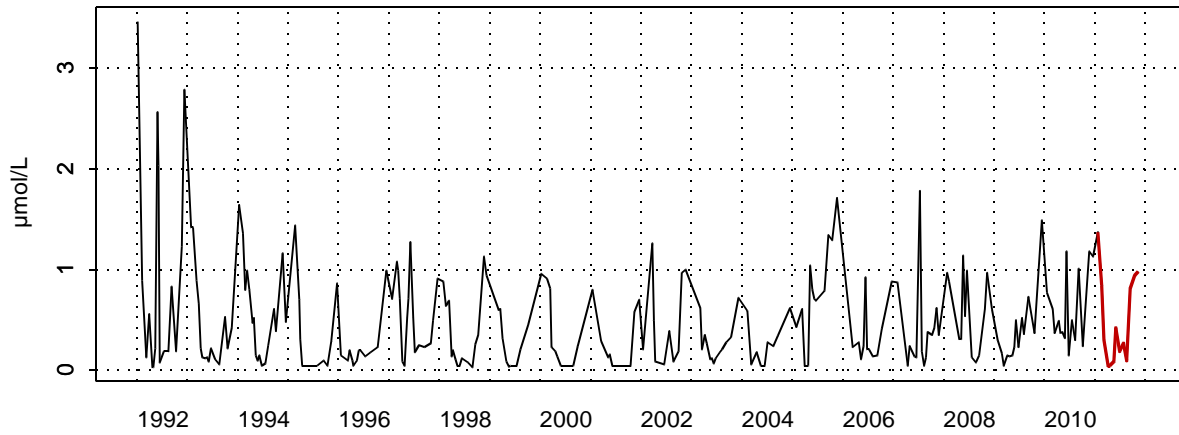
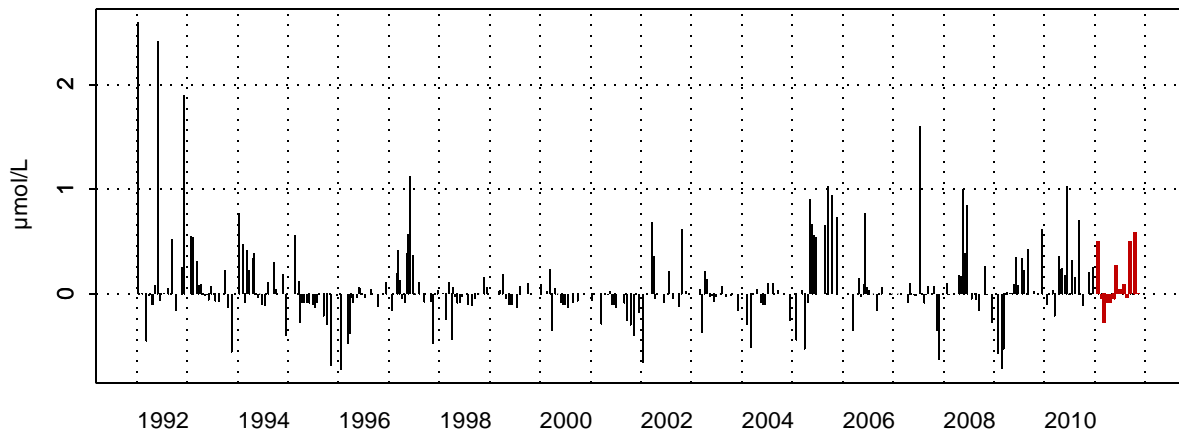


Figure 93. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate (µmol/L) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Phosphate



006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Anomalies Phosphate  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2011 Phosphate  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

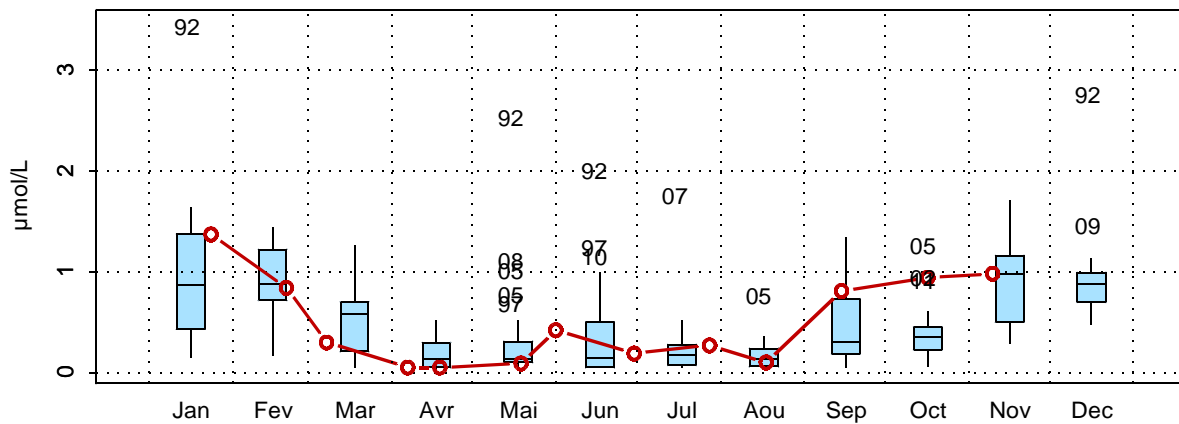
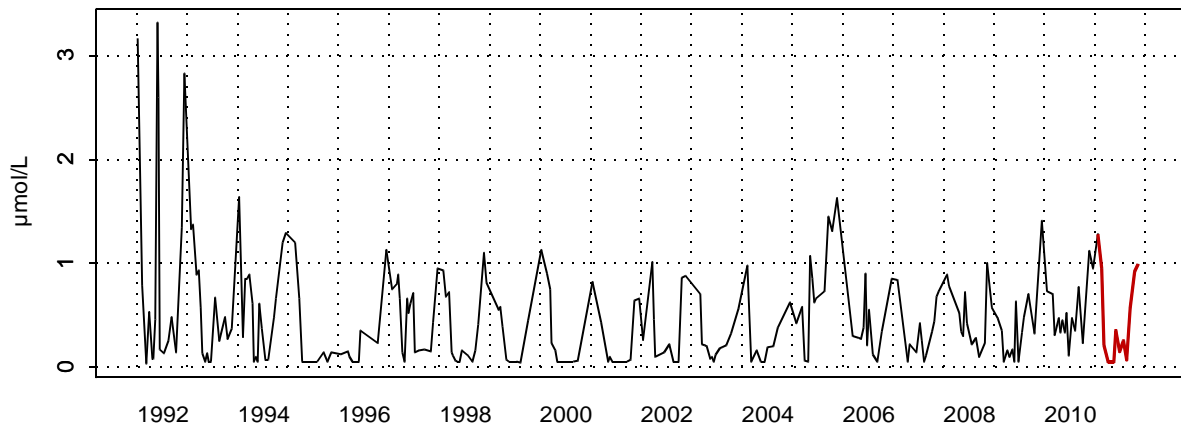
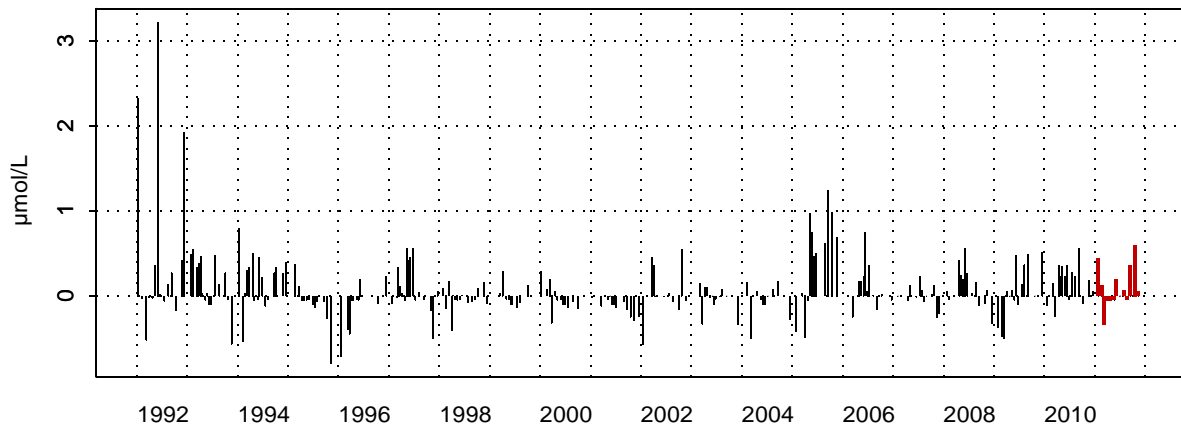


Figure 94. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Phosphate



006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Anomalies Phosphate  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2011 Phosphate  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

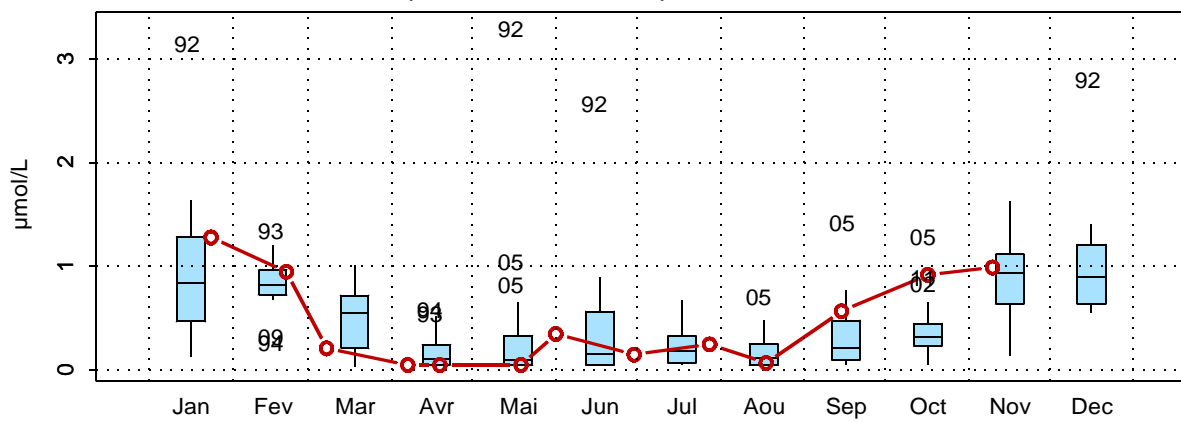


Figure 95. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate (µmol/L) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

L'évolution de la concentration en silicate est classique (Figures 96 à 100). Globalement, les concentrations sont fortes au début et la fin du cycle et faibles durant la période estivale. Pour l'année 2011, on remarque le même schéma avec des concentrations parfois extrêmes, notamment pour le mois de juin où l'on a obtenu des valeurs extrêmes sur presque toute la radiale. On relève 17,1  $\mu\text{mol/L}$  au point Mimer le 15/09. Les maxima sont obtenus en janvier (26,45  $\mu\text{mol/L}$  relevé le 24/01 au point Mimer).

**Tableau 19. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour les différents points de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011**

	<b>Min</b>	<b>Q1</b>	<b>Moy</b>	<b>Med</b>	<b>Q3</b>	<b>Max</b>	<b>n</b>
<b>Bif</b>	0,09	1,54	7,98	3,98	12,22	108,78	279
<b>Mimer</b>	0,1	1,21	6,74	4,16	11,01	31,82	204
<b>Atso</b>	0,06	1,18	6,33	3,73	10,09	34,04	280
<b>Mer 1</b>	0,1	0,84	5,18	3,02	7,97	32,27	264
<b>Mer 2</b>	0,06	0,61	4,50	2,39	6,78	45,78	258



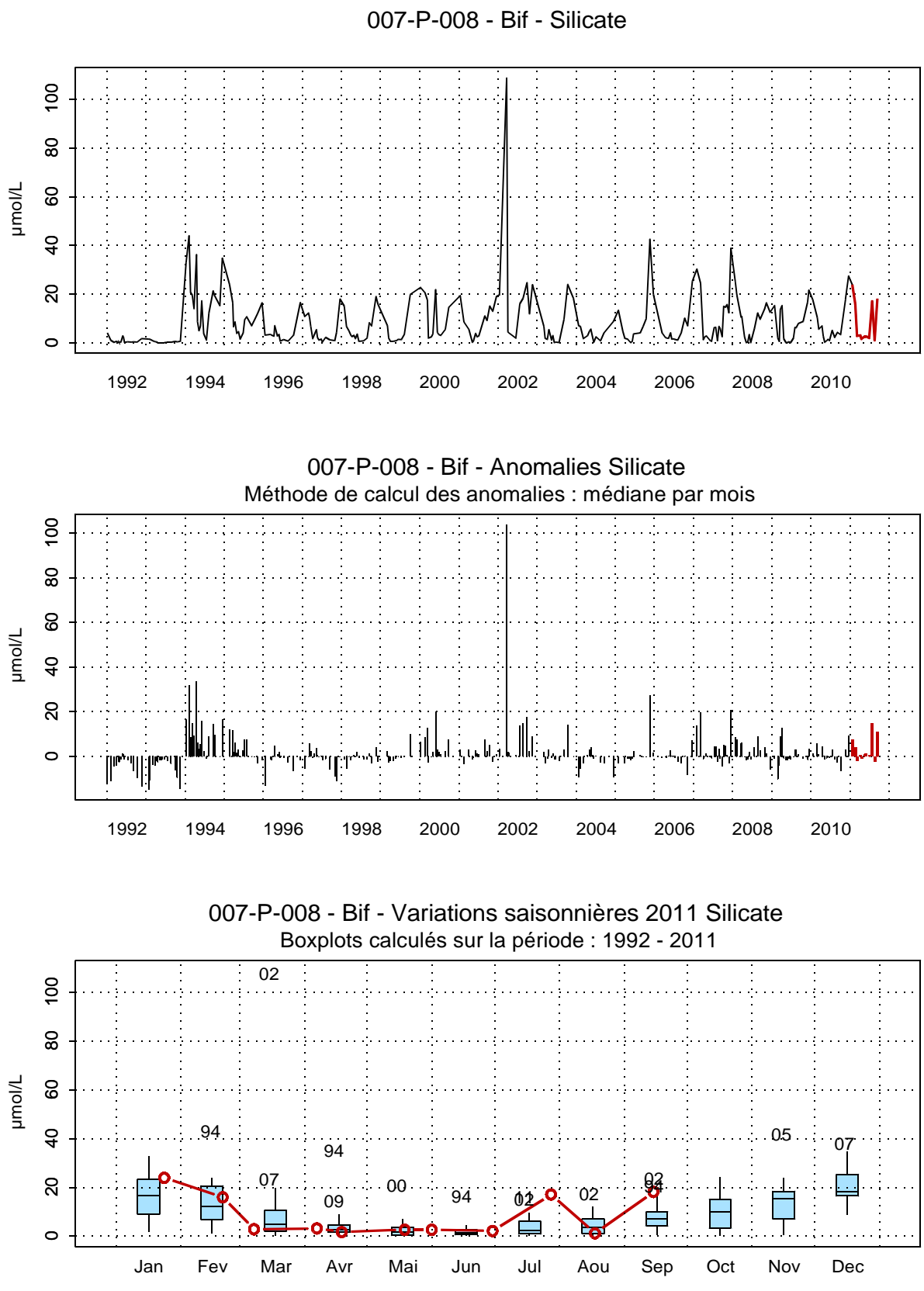
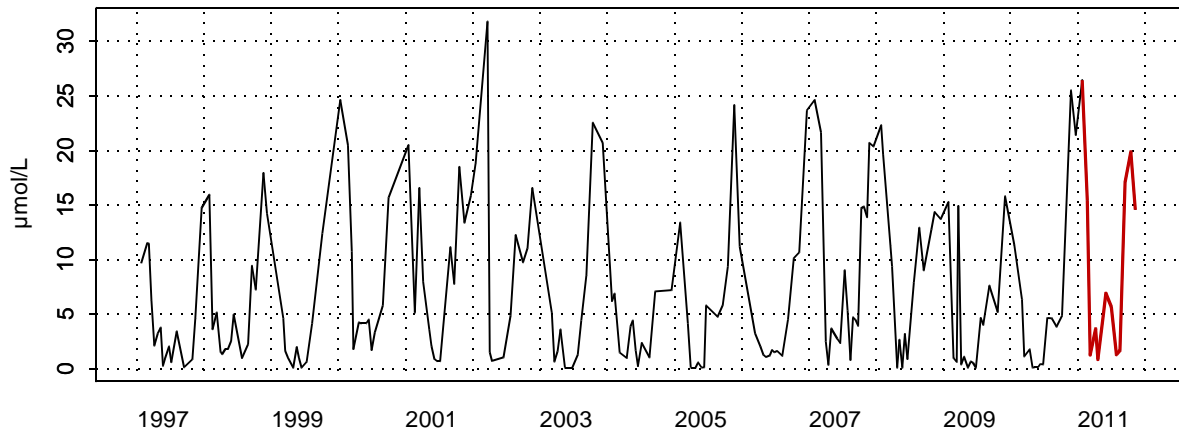
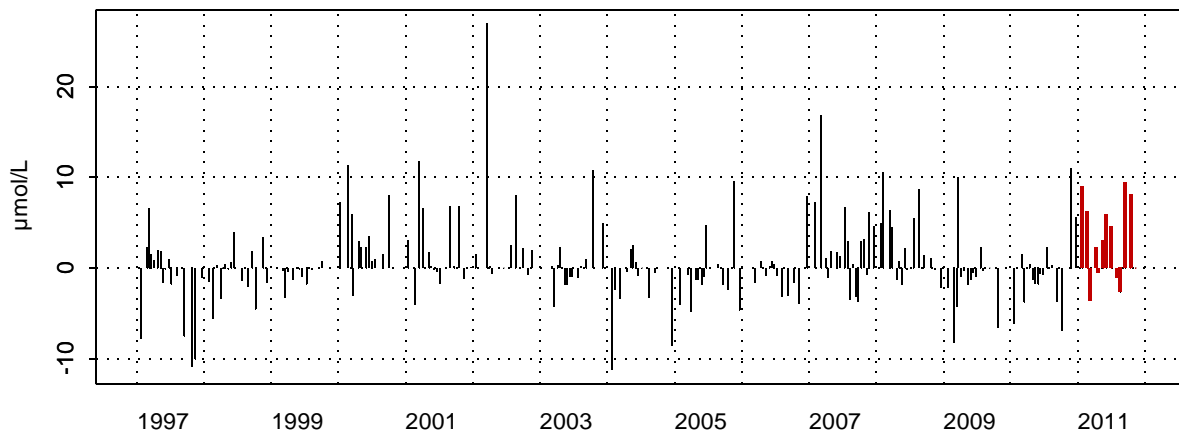


Figure 96. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

006-P-008 - Mimer - Silicate



006-P-008 - Mimer - Anomalies Silicate  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



006-P-008 - Mimer - Variations saisonnières 2011 Silicate  
Boxplots calculés sur la période : 1997 - 2011

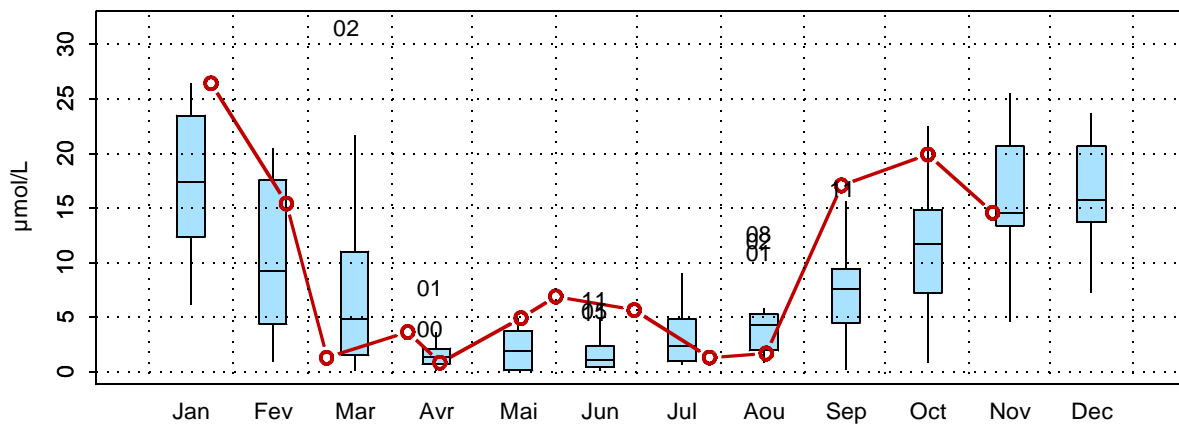
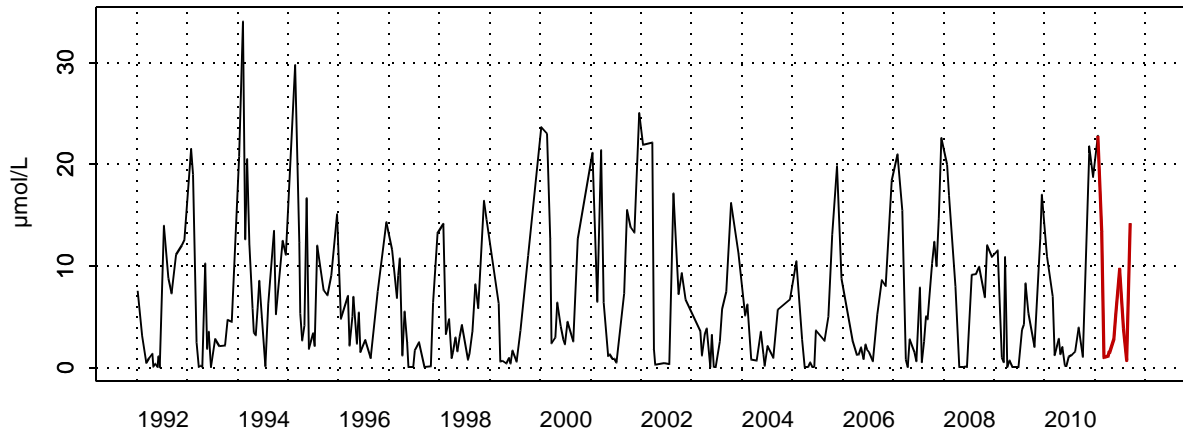
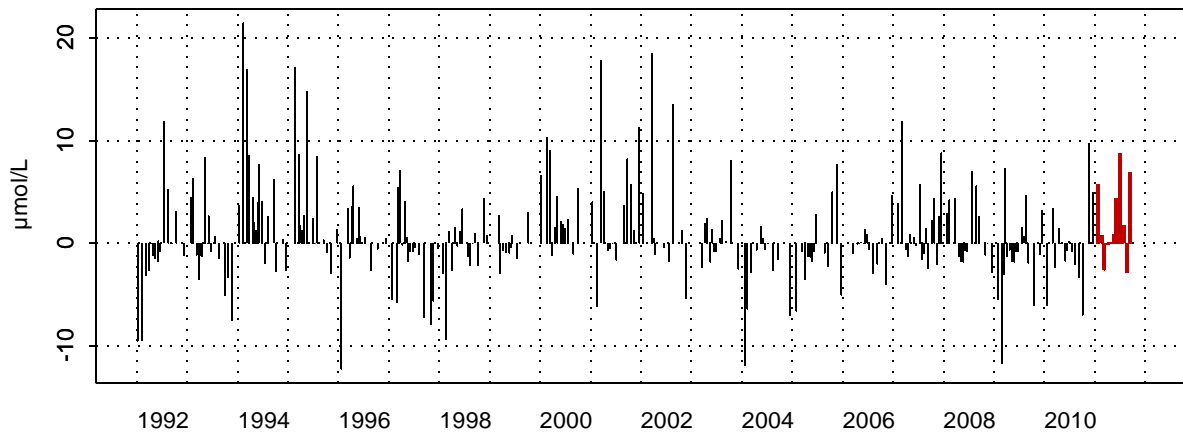


Figure 97. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate (µmol/L) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

006-P-001 - At so - Silicate



006-P-001 - At so - Anomalies Silicate  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



006-P-001 - At so - Variations saisonnières 2011 Silicate  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

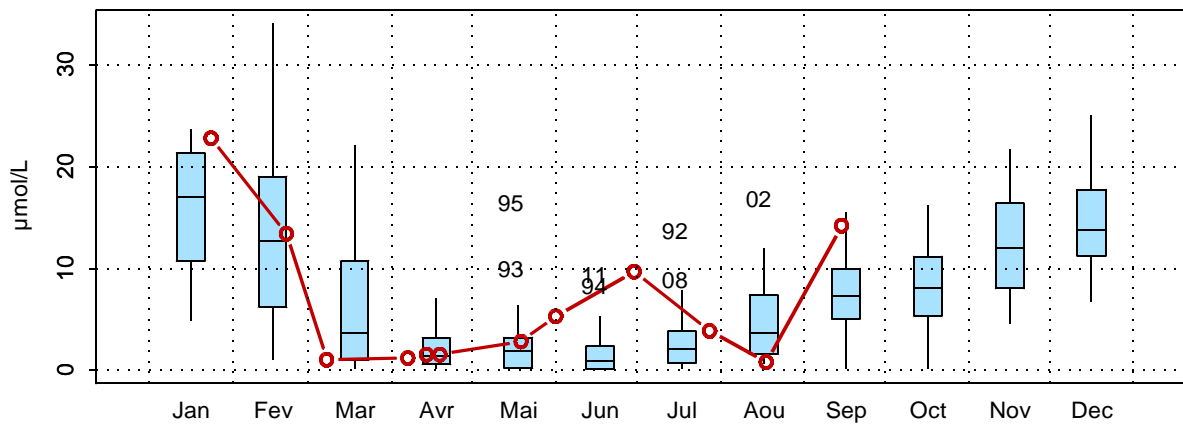
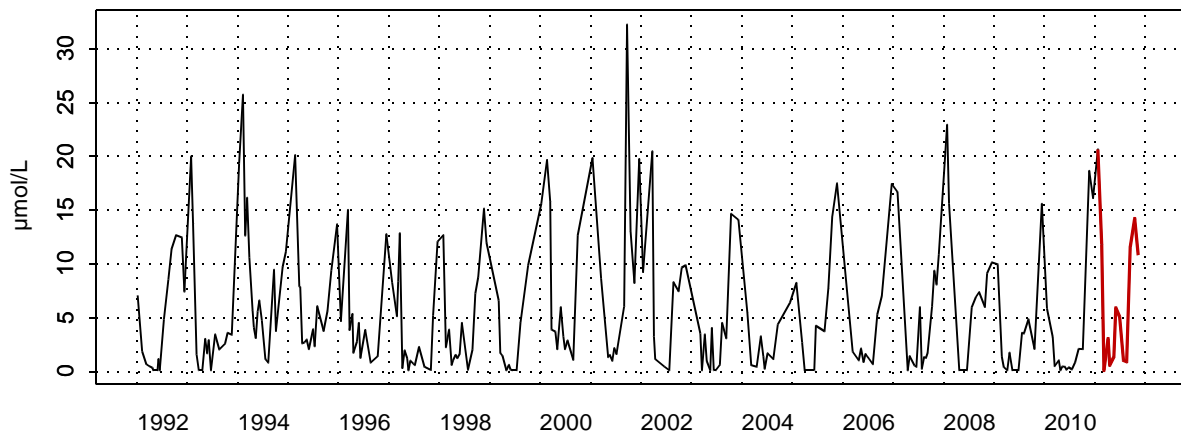
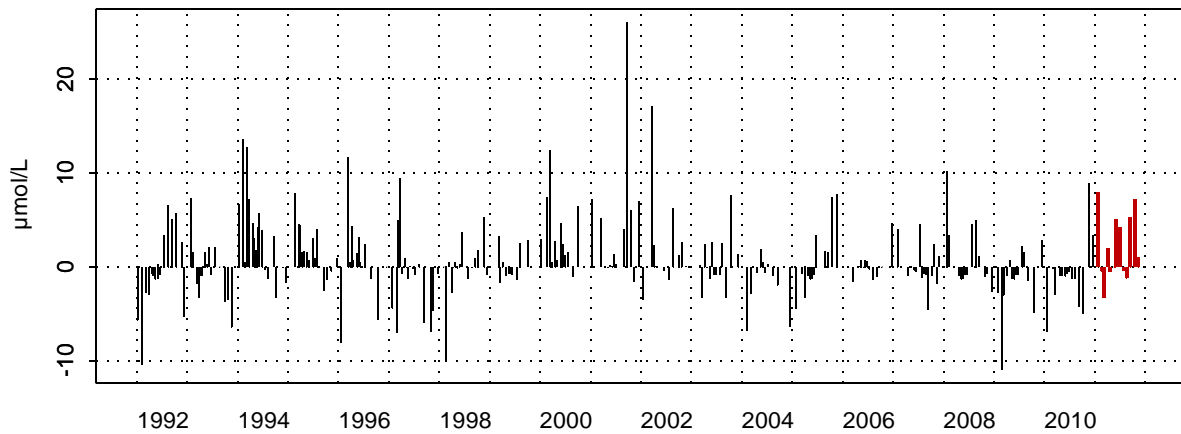


Figure 98. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate (µmol/L) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Silicate



006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Anomalies Silicate  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2011 Silicate  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

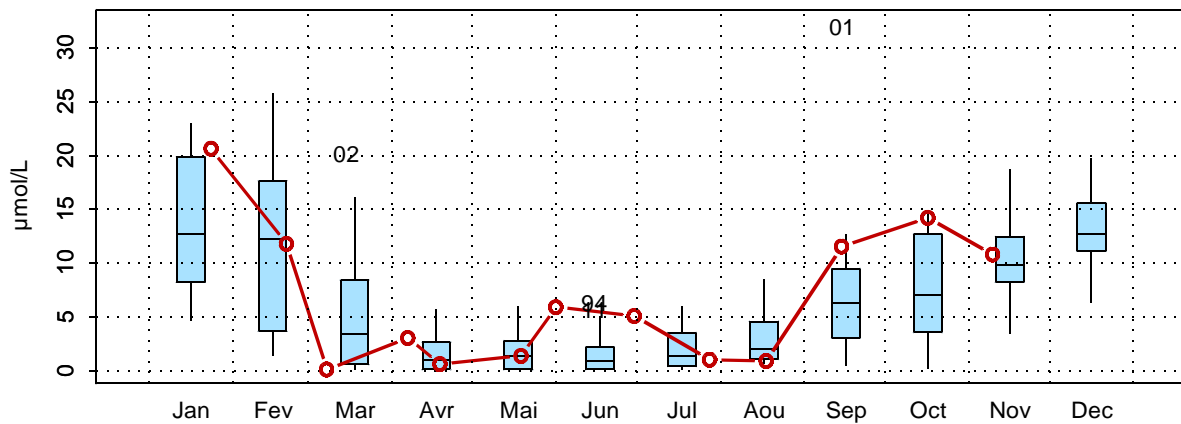
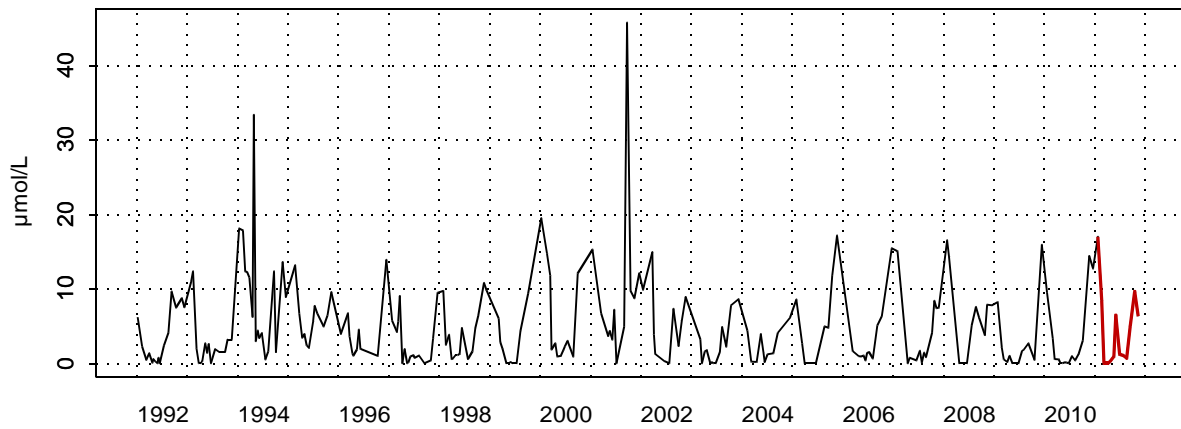
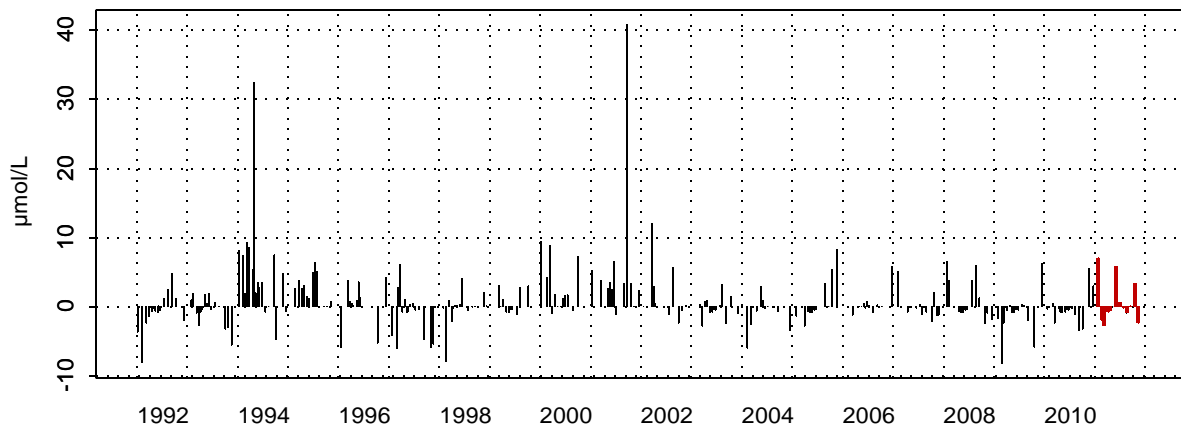


Figure 99. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate (µmol/L) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Silicate



006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Anomalies Silicate  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2011 Silicate  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2011

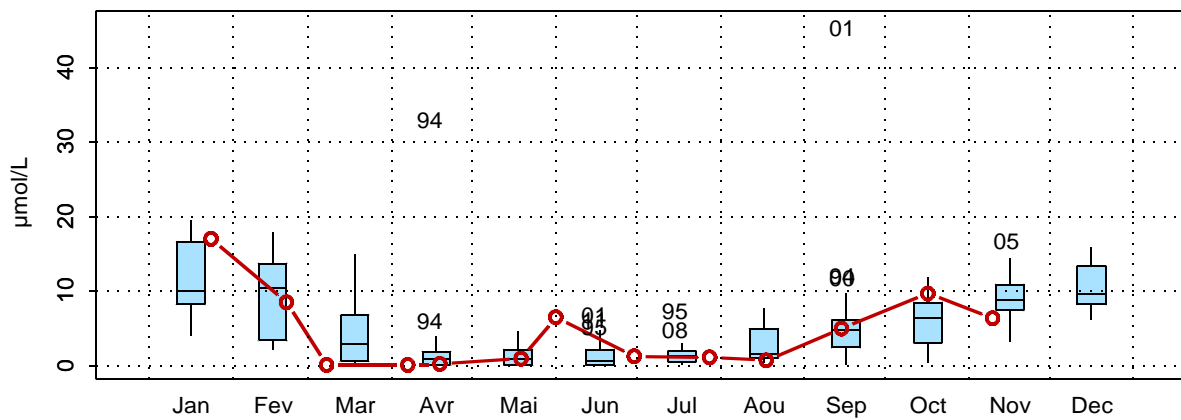


Figure 100. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate (µmol/L) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2011

Les changements de concentrations en nutriments induisent des changements des rapports stœchiométriques. Les figures 100 à 104 délimitent six aires, chacune d'elles caractéristique des nutriments potentiellement limitant, par ordre de priorité.

### Bif :

Lors de la période non productive (Nov à Fév), le développement du phytoplancton est potentiellement limité par le phosphate (limitation de type P : Si : N).

La période productive présente une alternance de limitation par le phosphate ou l'azote (Figure 101, Annexe 3)

### Mimer :

Lors de la période non productive (Nov à Fév), le développement du phytoplancton est potentiellement limité par le phosphate (limitation de type P : Si : N).

Lors de la période productive, on remarque une forte variabilité des limitations potentielles en nutriments (Figure 102, Annexe 3).

### Atso :

Lors de la période non productive (Nov à Fév), le développement du phytoplancton est potentiellement limité par le phosphate (limitation de type P : Si : N).

Lors de la période productive, on remarque une forte variabilité des limitations potentielles en nutriments (Figure 103, Annexe 3).

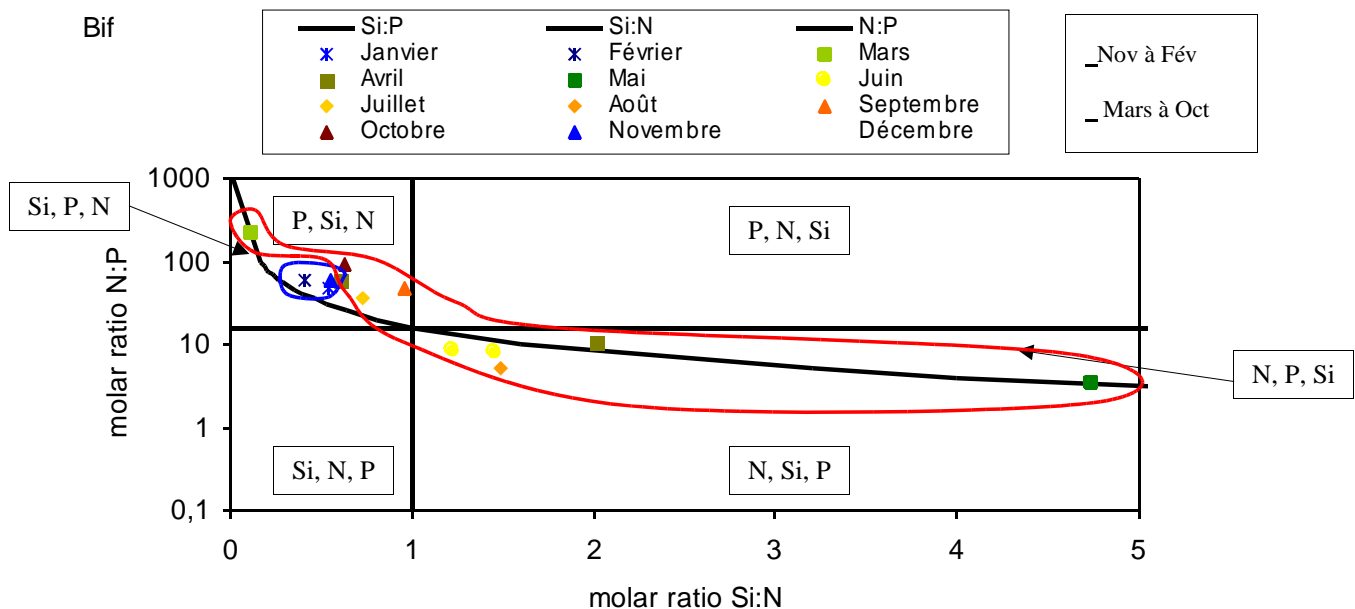
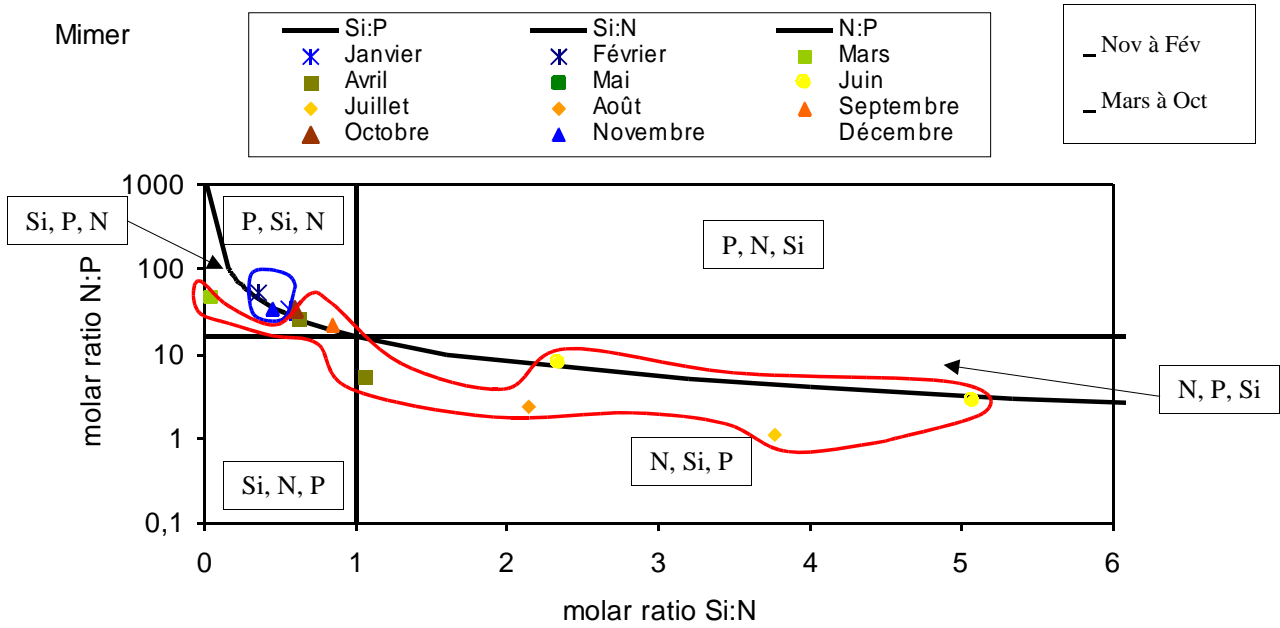
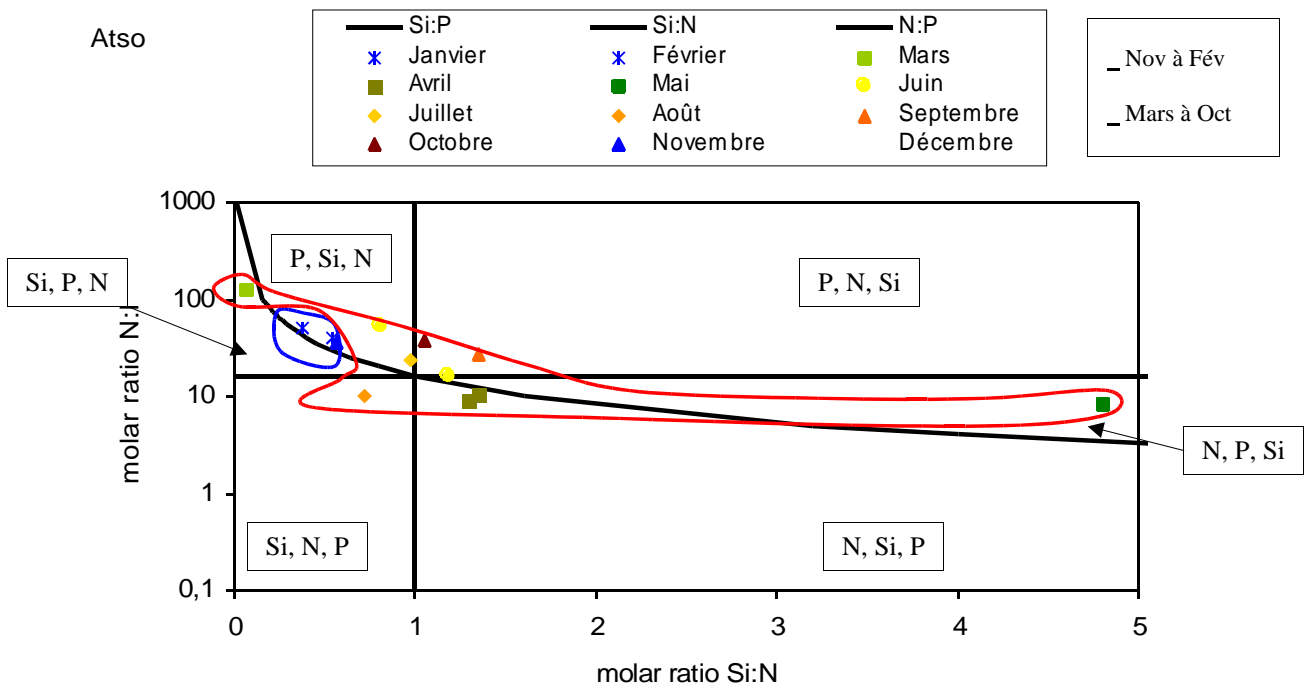


Figure 101. Évolution temporelle des éléments limitants au point Bif de la radiale de la Baie de Somme en 2011



**Figure 102. Évolution temporelle des éléments limitants au point Mimer de la radiale de la Baie de Somme en 2011**



**Figure 103. Évolution temporelle des éléments limitants au point Atso de la radiale de la Baie de Somme en 2011**

**Mer 1 :**

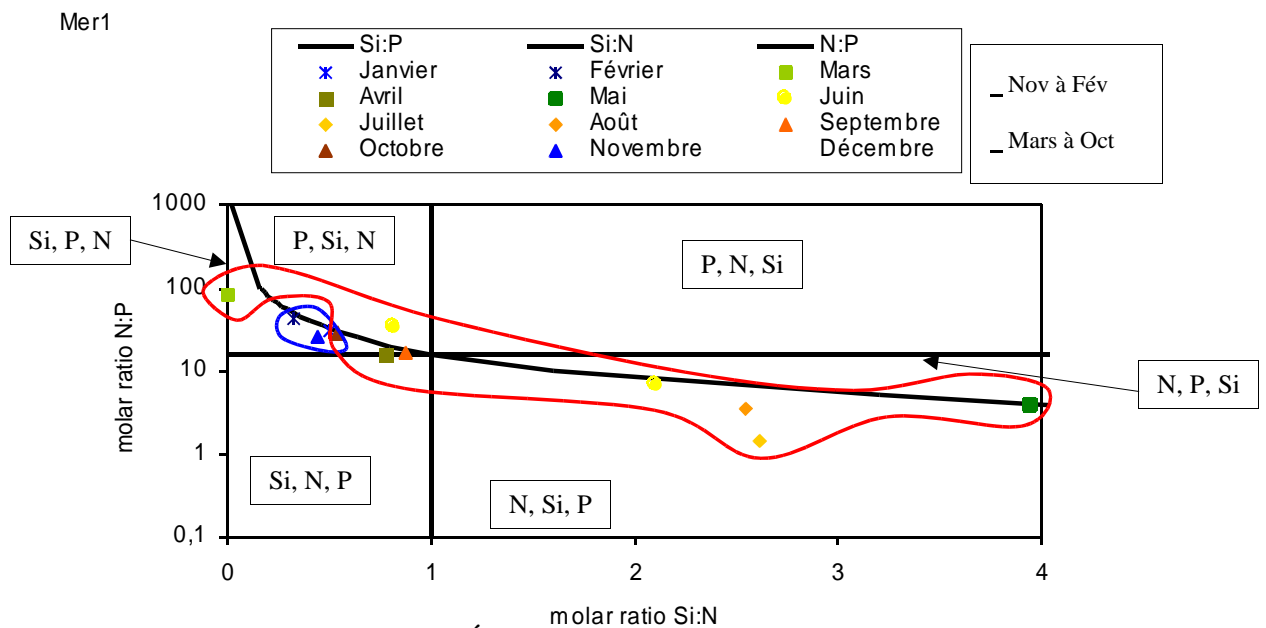
Lors de la période non productive (Nov à Fév), le développement du phytoplancton est potentiellement limité par la silice (limitation de type Si : P : N).

Lors de la période productive, on remarque une forte variabilité des limitations potentielles en nutriments (Figure 104, Annexe 3).

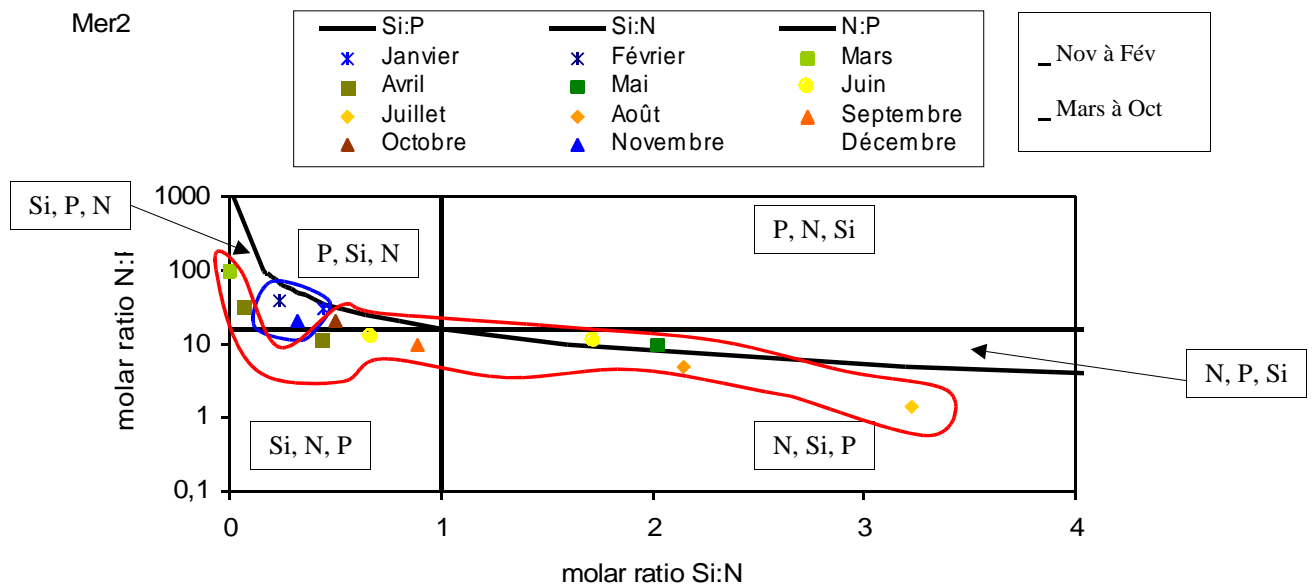
**Mer 2 :**

Lors de la période non productive (Nov à Fév), le développement du phytoplancton est potentiellement limité par la silice (limitation de type Si : P : N).

Lors de la période productive, on remarque une forte variabilité des limitations potentielles en nutriments (Figure 105, Annexe 3)



**Figure 104. Évolution temporelle des éléments limitants au point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme en 2011**



**Figure 105. Évolution temporelle des éléments limitants au point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme en 2011**



L'activité chlorophyllienne en Baie de Somme est légèrement différente entre les points estuariens et ceux du large en particulier durant le premier cycle (de janvier à mars) et au mois de juin. Les valeurs minimales sont obtenues au mois de janvier aux points Bif et Mimer (36,69 % le 24/01, point Mimer). Le maximum est relevé au point Mer 2 le 19/05 (89,05 %). (Figure 106).

Le gradient côtalarge entre les points Atso et Mer 2 est compris entre -60,6 % et 33,4 %.

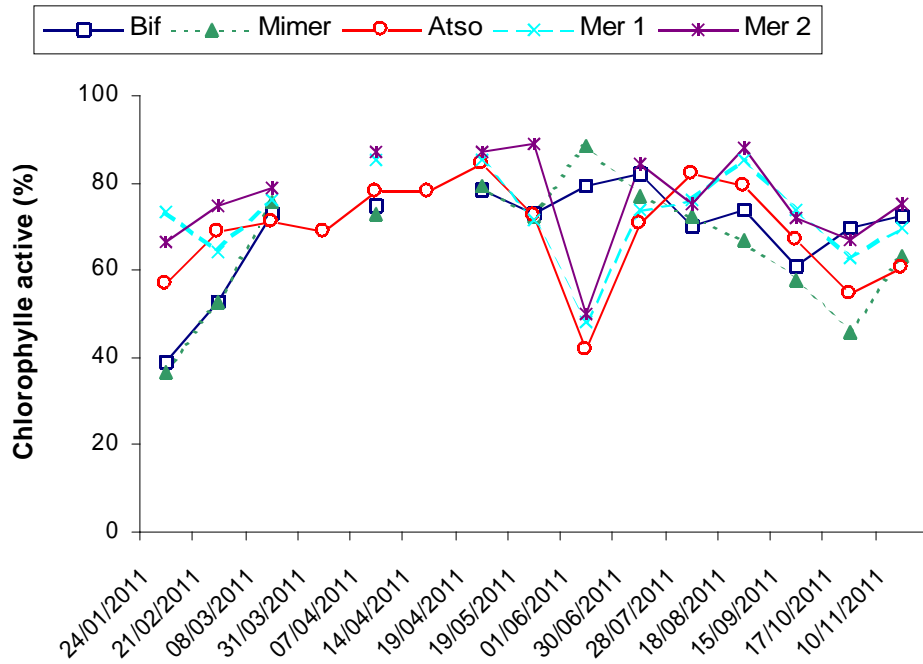


Figure 106. Évolution temporelle du pourcentage de chlorophylle active sur la radiale de la Baie de Somme en 2011

### 3. PHYTOPLANCTON

#### 3.1. Introduction

Le phytoplancton est le premier maillon de la chaîne alimentaire. Il est important de suivre son évolution dans les eaux marines. Les observations régulières en un même lieu montrent des variations d'abondance de grande amplitude au cours de l'année. Chaque espèce a un cycle annuel qui lui est propre. On observe chaque année des blooms sans qu'il soit possible de prévoir exactement la date et la durée du phénomène. Certaines espèces contiennent des toxines dangereuses pour l'homme, les coquillages ou les poissons. C'est en raison du risque pour la santé publique qu'un réseau de surveillance du phytoplancton (REPHY) fonctionne depuis 1984 sur tout le littoral français. Le S.R.N. complète ce réseau vers le large.

Dans les zones de climat tempéré, la croissance du phytoplancton peut être limitée par deux types de facteurs : les facteurs physiques (température, éclairage, turbulence, turbidité des masses d'eau...) et les facteurs nutritionnels dont nous avons pu noter les variations dans le chapitre précédent. Au cours des périodes postautumnales, la température et surtout l'ensoleillement diminuent, limitant la croissance du phytoplancton. Ceci permet la reconstitution des stocks de sels nutritifs par la minéralisation de la matière organique qui est favorisée par les apports fluviaux. A la fin de l'hiver, l'abondance des sels nutritifs, l'allongement des jours, de l'ensoleillement et le réchauffement progressif de l'eau sont favorables au développement du phytoplancton. Dans le secteur côtier non soumis à des apports terrigènes significatifs, les sels nutritifs sont consommés par le phytoplancton, ce qui diminue leur concentration. Pendant la période estivale, on observe les dinoflagellés dont la croissance et les besoins nutritionnels sont moindres. Une efflorescence accessoire de diatomées intervient en automne.

Ce chapitre est consacré aux variations d'abondance des espèces et de densité spécifique de la communauté phytoplanctonique grâce notamment à l'utilisation d'un indice écologique.

#### 3.2. Indice écologique : indice de Shannon

La diversité des éléments d'une communauté est une « qualité » qui s'impose d'emblée à l'analyse. En fait, la notion recouvre deux aspects :

- (1) le nombre de catégories d'éléments : nombre de taxons distincts ; on dénombre couramment les espèces (on parlera alors de *diversité spécifique*) dans d'autres cas, les genres (*diversité générique*), etc.
- (2) la régularité : façon plus ou moins égale ou inégale selon laquelle les individus, pour un nombre de catégories (par exemple espèces) donné, se répartissent entre celles-ci.

La seconde notion est plus élaborée que le simple « nombre d'espèces ». Elle correspond cependant à l'intuition courante : si, parmi les espèces dénombrées, l'une d'entre elles (ou un très petit nombre) représente la plus grande partie des individus recensés, les autres étant beaucoup plus rares, on tend à dire que la communauté est « peu diversifiée ». Si, au contraire, on rencontre un grand nombre d'espèces moyennement abondantes, on tend à qualifier la communauté de « très diversifiée ».

L'indice de diversité, retenu ici pour caractériser la diversité spécifique, est l'indice de Shannon, noté H.

$$H = -\sum P_i \log_2(P_i)$$

Avec :

- $P_i$ , la fréquence de l'espèce  $i$  dans l'échantillon, soit  $P_i = (N_i / N)$
- $N_i$ , l'effectif de l'espèce  $i$  dans l'échantillon et  $N$  l'effectif total ( $\sum N_i = N$ )

L'indice de diversité donne une information synthétique sur la richesse spécifique et l'équilibre du peuplement considéré. Toutefois, il dépend à la fois du nombre d'espèces et de leurs abondances relatives, donc une faible valeur peut traduire deux situations différentes :

- quand le nombre d'espèces est faible,
- quand le nombre d'espèces est élevé, mais quelques espèces dominent.

Il est généralement admis que la diversité est faible lorsque l'indice de Shannon est proche de 0,5. On dit qu'elle est forte lorsque l'indice est voisin de 6.

### 3.3. Genres toxiques et Toxicités

Une surveillance régulière de l'ensemble des espèces phytoplanctoniques permet la détection des espèces toxiques et nuisibles connues, mais également d'espèces potentiellement toxiques.

Plusieurs espèces de *Pseudonitzschia* produisent des toxines amnésiantes (dites toxines ASP ou Amnesic Shellfish Poison). *Dinophysis* produit des toxines diarrhéiques (dites toxines DSP ou Diarrheic Shellfish Poison). Plusieurs espèces d'*Alexandrium* produisent des toxines paralysantes (dites toxines PSP ou Paralytic Shellfish Poison).

C'est la présence de ces espèces toxiques dans l'eau dépassant un seuil qui déclenche la surveillance des toxines dans les coquillages.

Les espèces potentiellement toxiques et nuisibles, avec leur seuil d'alerte, faisant l'objet d'une surveillance dans les masses d'eaux côtières du littoral Nord, Pas-de-Calais, Picardie sont :

- *Pseudonitzschia delicatissima* (groupe des fines) avec un seuil d'alerte > 300000 cell./L
- *Pseudonitzschia seriata* (groupe des larges) avec un seuil d'alerte > 100000 cell./L
- *Pseudonitzschia sp.* (autres groupes) avec un seuil d'alerte > 100000 cell./L
- *Dinophysis* alerte dès présence ou 500 cell./L si une toxicité n'a jamais été observée (notre cas)
- *Alexandrium minutum* avec un seuil d'alerte > 10000 cell./L
- *Alexandrium catenella* ou *tamarense* avec un seuil d'alerte > 5000 cell./L

### 3.4. Résultats

#### 3.4.1. Dunkerque

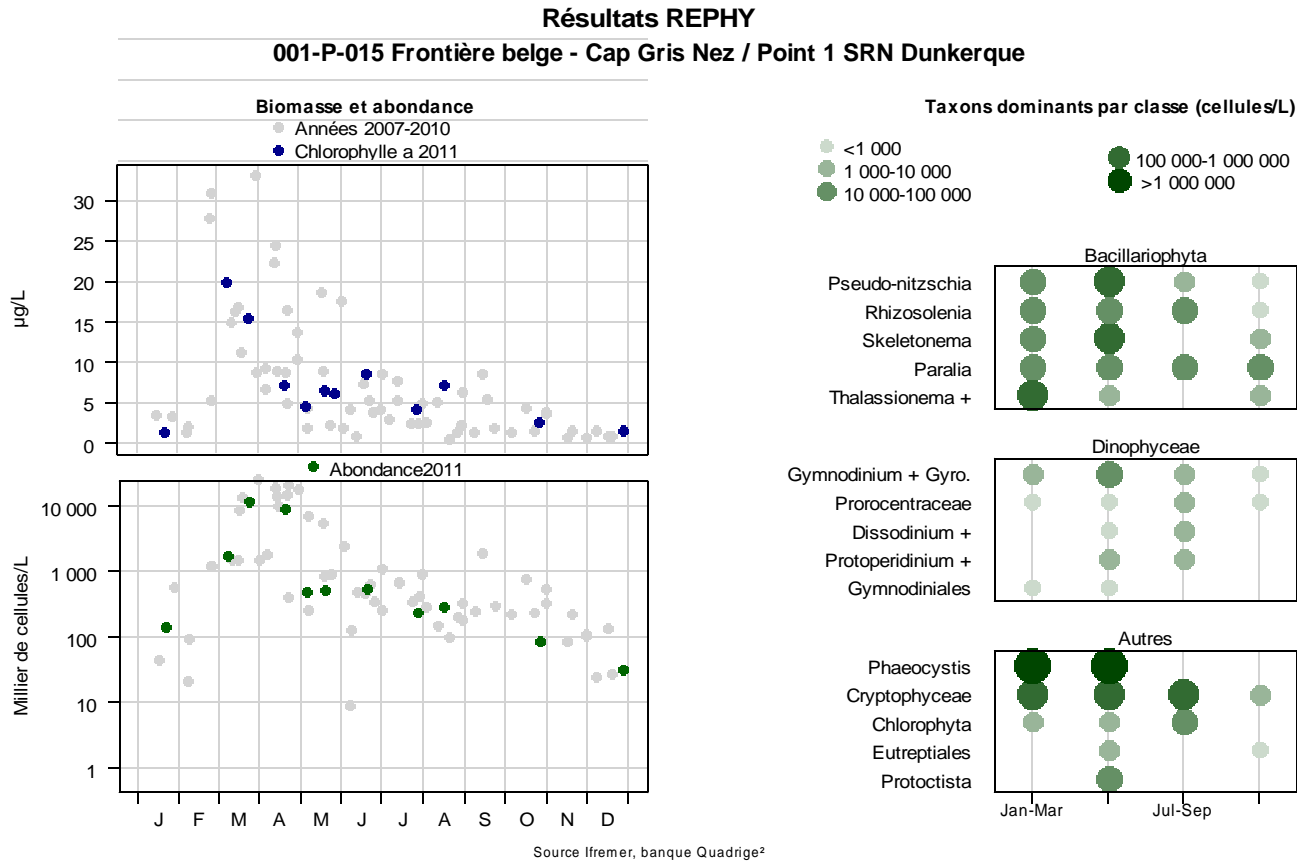
L'évolution générale de l'abondance phytoplanctonique est comparable entre les 3 points de la radiale de Dunkerque. Les valeurs sont élevées en périodes printanière et estivale (maximum au point 1 avec plus de  $11,4 \cdot 10^6$  cellules par litre le 24 mars 2011) et faibles en période hivernale. Sur cette radiale, l'abondance phytoplanctonique totale varie entre 100 et  $28,7 \cdot 10^6$  cell./L au cours de la période 2007-2011 (Figure 107 gauche).

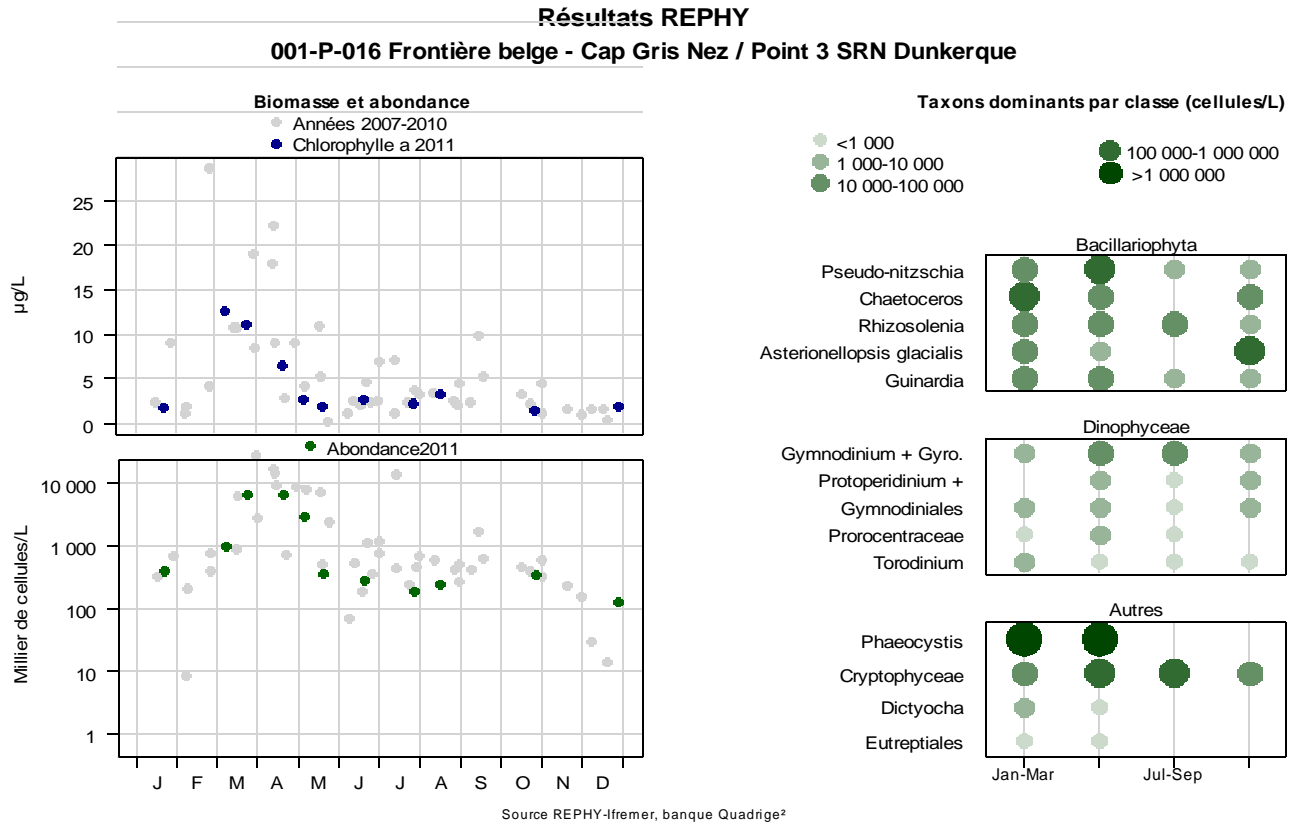
La proportion des taxons évolue au cours du cycle biologique (Figure 107 droite et tableau 21).

De janvier à juin, la classe des prymnésiphytes (*Phaeocystis globosa*) domine sur l'ensemble de la radiale avec plus de  $1 \cdot 10^6$  cell./L. Son abondance est maximale le 24 mars au point 1 avec  $11,4 \cdot 10^6$  cell./L. On note que la classe des cryptophytes est présente tout au long de l'année sur l'ensemble de la radiale ainsi que des espèces comme *Gymnodium* et *Pseudonitzschia*.

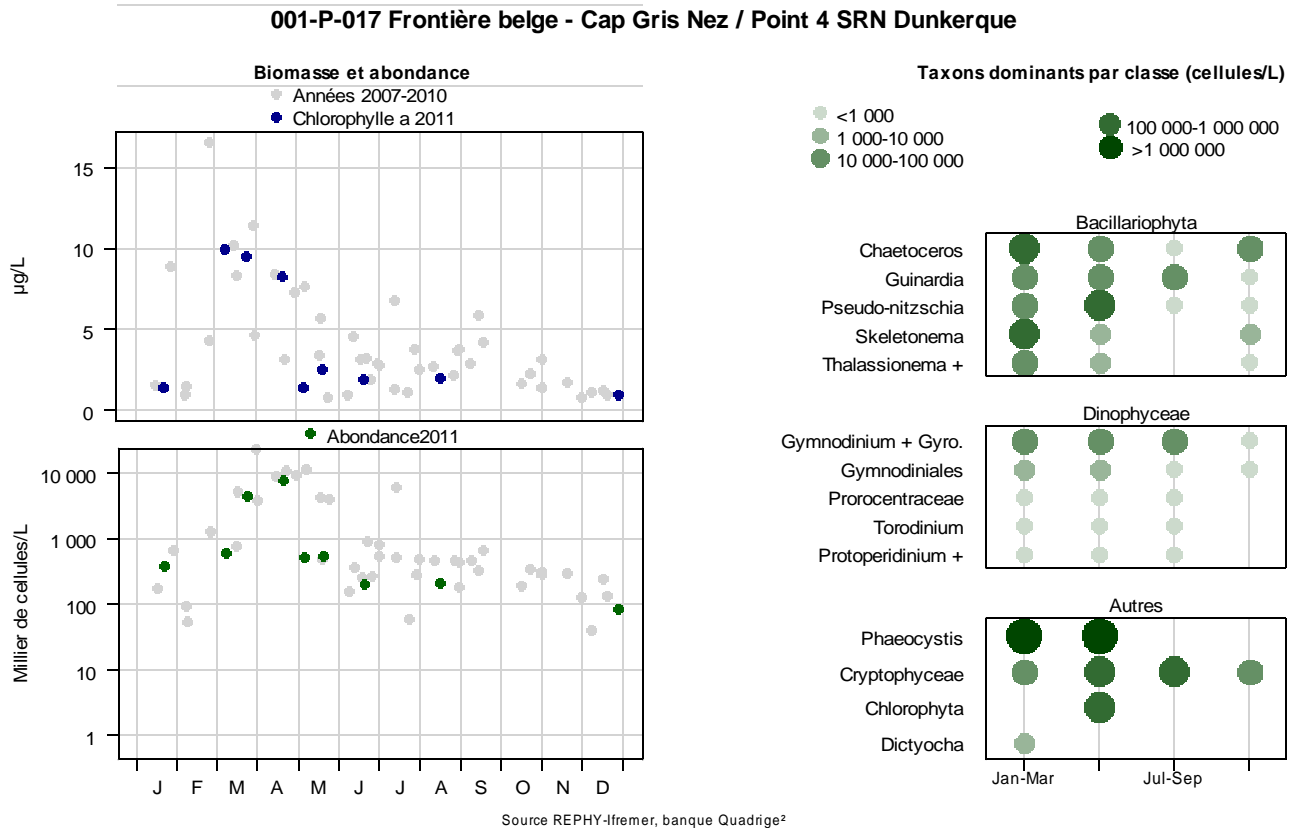
Bien que la composition de la communauté phytoplanctonique soit globalement la même de la côte vers le large, certaines différences de classement sont visibles entre les points de la radiale, ce qui traduit une hétérogénéité spatiale (gradient de distribution côte-large ou distribution par patch).

Par exemple : *Protoperdinium* + est présent en 4<sup>ème</sup> position pour le point 1, en 2<sup>ème</sup> pour le point 3 et 5<sup>ème</sup> pour le point 4 (Figure 107 droite et tableau 21).





**Figure 107. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2007 et 2011 et classement des taxons dominants par classe pour la radiale de Dunkerque**  
**Résultats REPHY**



**Figure 107 (suite). Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2007 et 2011 et classement des taxons dominants par classe pour la radiale de Dunkerque**

Tableau 21. Correspondance entre les intitulés et la classe taxonomique pour la radiale de Dunkerque en 2011

REPHY - Taxons dominants - signification des libellés

Intitulé graphe	Libellé taxon	Classe
Rhizosolenia	<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	Diatomophyceae
Rhizosolenia	<i>Rhizosolenia setigera</i> + <i>pungens</i>	Diatomophyceae
Skeletonema	<i>Skeletonema costatum</i>	Diatomophyceae
Thalassionema +	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	Diatomophyceae
Gymnodinium + Gyro.	<i>Gymnodinium</i>	Dinophyceae
Gymnodinium + Gyro.	<i>Gyrodinium spirale</i>	Dinophyceae
Gymnodiniales	<i>Katodinium</i>	Dinophyceae
Prorocentraceae	<i>Prorocentrum micans</i>	Dinophyceae
Protopteridinium +	<i>Protopteridinium</i>	Dinophyceae
Torodinium	<i>Torodinium</i>	Dinophyceae

En 2011, l'indice de Shannon montre une évolution quasi-similaire pour tous les points de la radiale de Dunkerque (Figure 108). L'indice est élevé de janvier à février, au mois de juin et d'octobre à décembre. La communauté phytoplanctonique est diversifiée (entre 20 et 37 taxons identifiés) et relativement équilibrée. Cependant, certains taxons peuvent présenter une forte abondance : *Thalassionema nitzschioides*, *Pseudonitzschia delicatissima*, *Guinardia delicatula*, *Thalassiosira levanderi*, *Rhizosolenia imbricata*, et la classe des cryptophycées. A la fin du mois de mars et au mois d'avril, la communauté phytoplanctonique bien que diversifiée (26 taxons identifiés), est largement dominée par *Phaeocystis globosa* (97 %), ce qui explique la baisse de l'indice.

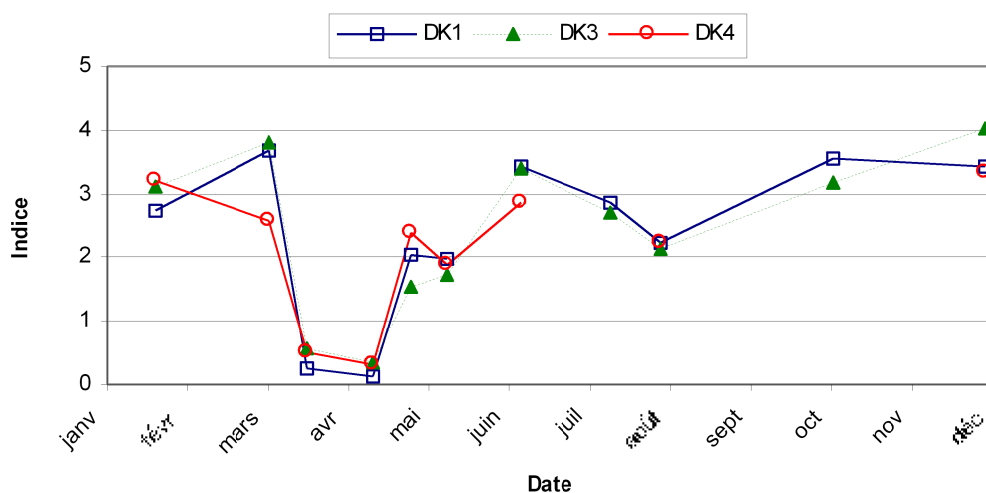


Figure 108. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Dunkerque pour l'année 2011

De 2006 à 2011, on remarque que l'évolution est comparable d'une année à l'autre (Figure 109). Elle est marquée par une baisse de l'indice au début de chaque cycle (causée par la forte présence de *Phaeocystis globosa*). Pour le reste de l'année l'indice fluctue en général autour de 3. La communauté phytoplanctonique est considérée comme diversifiée.

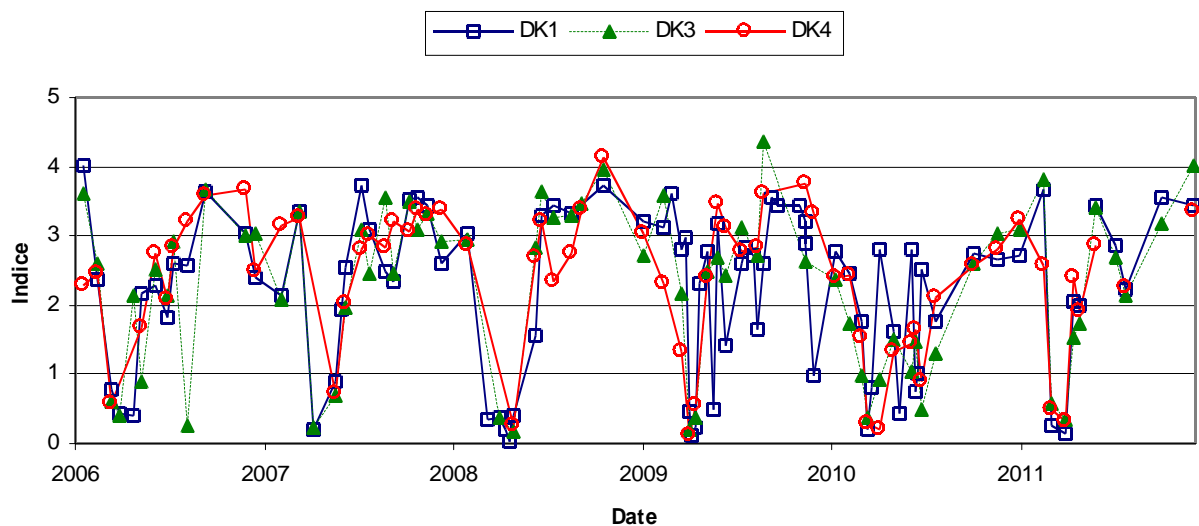


Figure 109. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Dunkerque de 2006 à 2011

Le dispositif d'alerte REPHY ne concerne que le point 1 de la radiale de Dunkerque (Figure 110). Plusieurs taxons potentiellement responsables de la production de phycotoxines<sup>1</sup> ont été observés.

Le genre *Dinophysis*, potentiellement responsable de la toxicité DSP, n'a pas été observé à Dunkerque en 2011. Aucune procédure d'alerte n'a ainsi été déclenchée.

Le genre *Alexandrium*, potentiellement responsable de la toxicité PSP, a été observé en juillet, août et décembre 2011. Les concentrations n'ont jamais dépassé le seuil d'alerte (10000 cell./L). Aucune procédure d'alerte n'a donc été déclenchée.

Le genre *Pseudonitzschia*, potentiellement responsable de la toxicité ASP, est retrouvé sur tous les points de la radiale de Dunkerque. Les différents groupes de *Pseudonitzschia* sont définis par rapport à leur largeur valvaire. Il en existe trois groupes : les fines (*Pseudonitzschia delicatissima*), les larges (*Pseudonitzschia seriata*) et les effilées. Cette classification est à l'origine de seuils différents pour le déclenchement des alertes (supérieur à 300000 cell./L pour le groupe des fines et 100000 cell./L pour le groupe des larges).

En 2011 et pour le point 3, les concentrations varient de 400 à 896400 cell./L. Début mai, les fortes abondances de *Pseudonitzschia delicatissima* (306073 cell./L au point 1 et 896400 cell./L au point 3) ont conduit au déclenchement de la procédure d'alerte. Durant cette période, les analyses de recherche de toxine ASP sur des moules prélevées au point de suivi du REPHY (point de surveillance « Oye plage ») n'ont pas révélé la présence de toxine (Annexe 4).

<sup>1</sup> Informations complémentaires à l'adresse : <http://www.ifremer.fr/envlit/surveillance/rephy.htm>

## Résultats REPHY Zone marine 001 Frontière belge - Cap Gris Nez

### Abondance du phytoplancton toxique

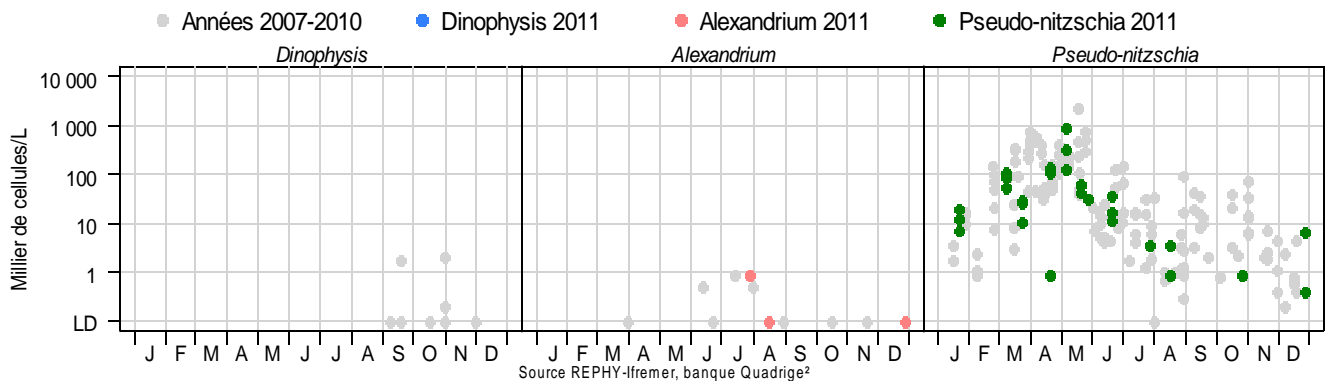


Figure 110. Évolution de l'abondance du phytoplancton toxique pour la radiale de Dunkerque pour les 5 dernières années (symboles grisés) et pour l'année 2011 (symboles en couleur)

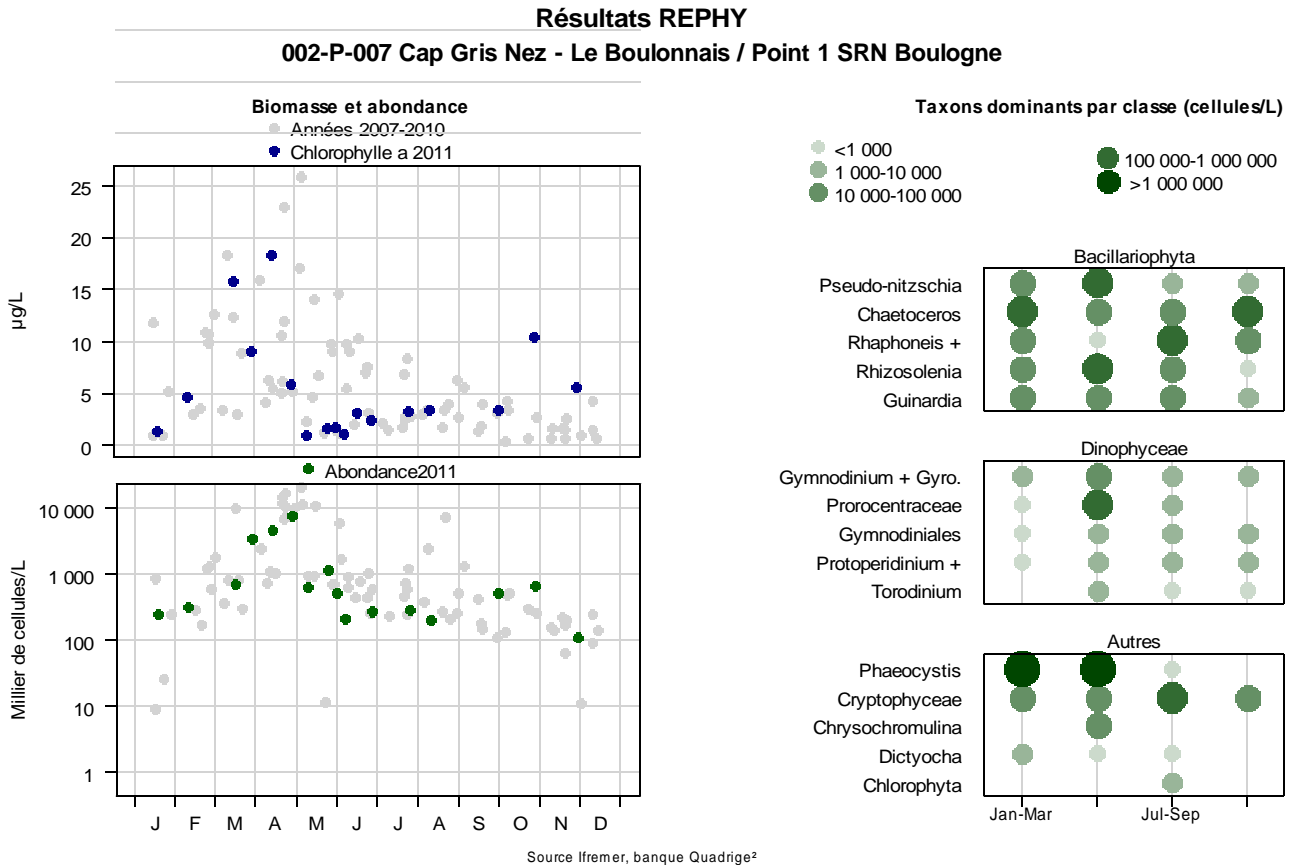
### 3.4.2. BoulognesurMer

L'évolution générale de l'abondance phytoplanctonique est comparable entre les 3 points de la radiale de Boulogne-sur-Mer. Les valeurs sont élevées en périodes estivale et printanière (maximum au point 1 avec  $76,84 \cdot 10^5$  cell./L le 28/04) et faible en période hivernale. Sur cette radiale, l'abondance phytoplanctonique totale varie entre 100 et  $21,46 \cdot 10^6$  cell./L au cours de la période 2007-2011 (Figure 111 gauche).

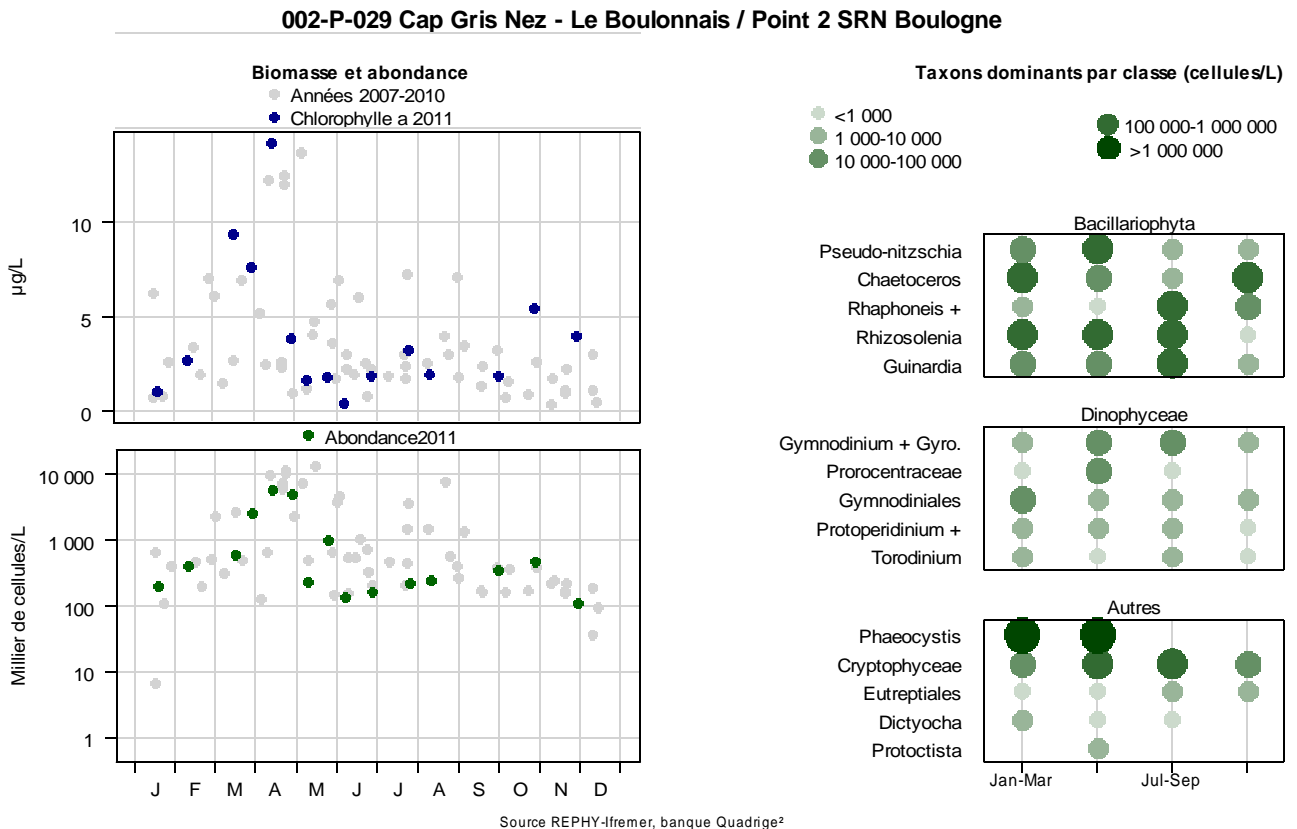
La proportion des taxons évolue au cours du cycle biologique (Figure 111 droite et tableau 22). Globalement, les bacillariophycées dominent la population phytoplanctonique sur toute la radiale. Les genres *Pseudonitzschia*, *Chaetoceros* et *Rhizosolenia* sont également présents sur toute la radiale durant toute l'année 2011.

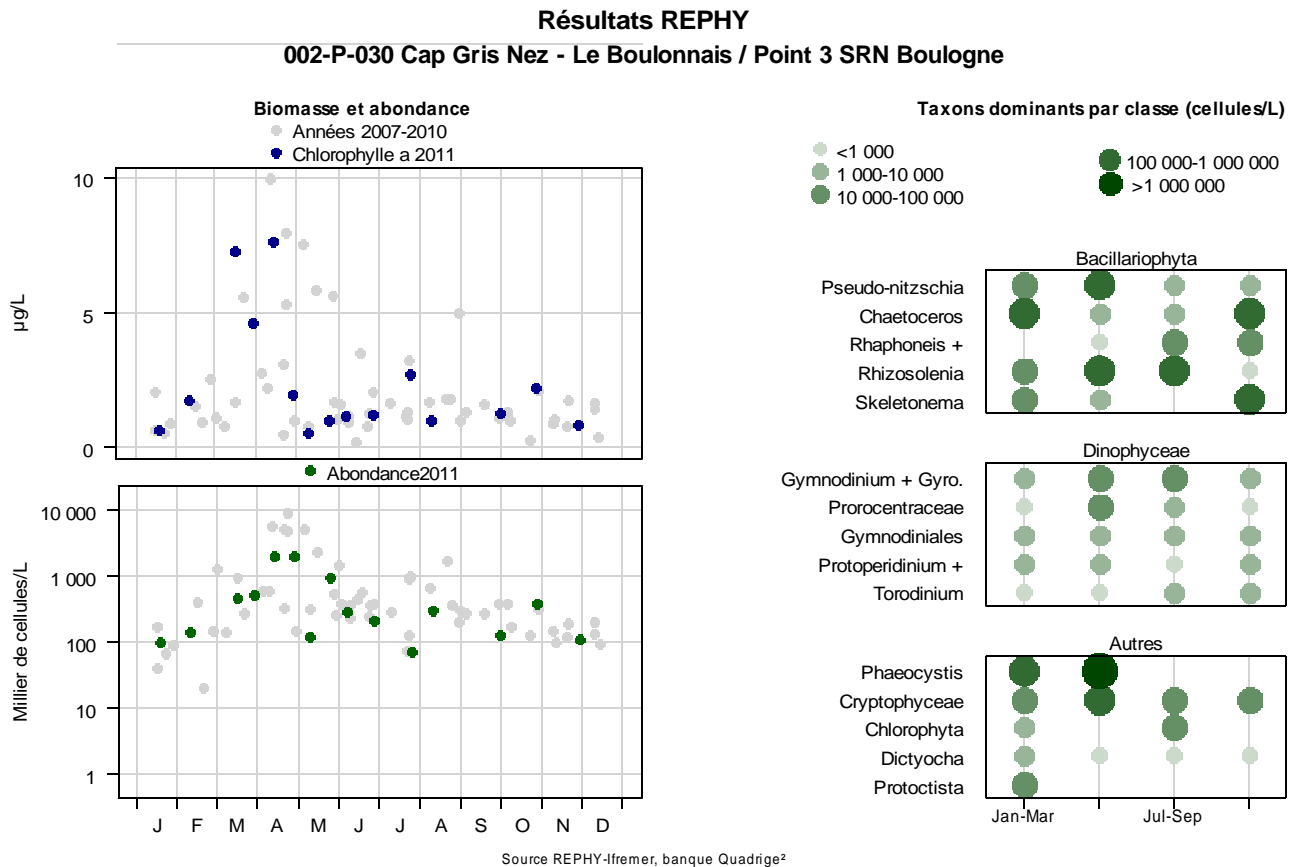
De janvier à juin, la classe des prymnésiofycées (*Phaeocystis globosa*) domine avec plus de  $1 \cdot 10^6$  cell./L aux points 1 et 2 de la radiale et de janvier à mars pour le point 3. Son abondance est maximale le 28/04 avec  $7,7 \cdot 10^6$  cell./L.





**Figure 111. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2007 et 2011 et classement des taxons dominants par points pour la radiale de BoulognesurMer**





**Figure 111 (suite). Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2007 et 2011 et classement des taxons dominants par points pour la radiale de BoulognesurMer**

**Tableau 22. Correspondance entre les intitulés et la classe taxonomique pour la radiale de BoulognesurMer en 2011**

**REPHY – Taxons dominants – signification des libellés**

Intitulé graphe	Libellé taxon	Classe
Pseudo-nitzschia	<i>Pseudo-nitzschia</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudo-nitzschia	<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> ( <i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificae</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
Rhaphoneis +	<i>Rhaphoneis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Rhizosolenia	<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Skeletonema	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Gymnodinium + Gyro.	<i>Gyrodinium spirale</i>	<i>Dinophyceae</i>
Gymnodinium + Gyro.	<i>Gyrodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
Gymnodiniales	<i>Katodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
Prorocentraceae	<i>Prorocentrum micans</i>	<i>Dinophyceae</i>
Protoperidinium +	<i>Protoperidinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
Torodinium	<i>Torodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>

En 2011, l'évolution de l'indice de Shannon est similaire pour tous les points de la radiale de Boulogne-sur-Mer (Figure 112). L'indice est élevé de janvier à février et globalement compris entre 2 et 3 le reste de l'année. La communauté phytoplanctonique est diversifiée (entre 16 et 38 taxons identifiés) et relativement équilibrée.

Certains taxons peuvent néanmoins présenter une forte abondance : *Thalassionema nitzschioides*, *Rhizosolenia imbricata*, *Chaetoceros socialis*, *Pseudonitzschia delicatissima*, *Leptocylindrus danicus*, *Delphineis* et la classe des cryptophycées. De mi-mars jusqu'à la fin du mois d'avril, l'indice est particulièrement faible. Durant cette période, la communauté phytoplanctonique est diversifiée (16 à 34 taxons identifiés), mais elle est largement dominée par *Phaeocystis globosa* (98 % au point où l'indice est le plus bas).

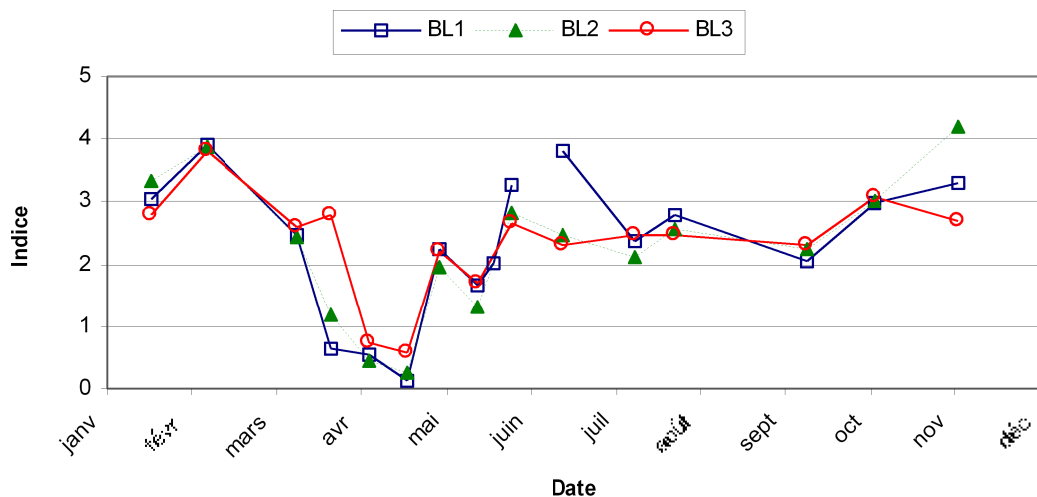


Figure 112. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour l'année 2011

De 2006 à 2011, on remarque que l'évolution est comparable d'une année à l'autre (Figure 113). Elle est marquée par une baisse de l'indice au début de chaque cycle (causée par la dominance de *Phaeocystis globosa*). Entre 2006 et 2009, l'indice moyen fluctue en général autour de 3, reflet d'une communauté phytoplanctonique bien diversifiée. Pour 2010 et 2011, l'indice moyen est moins élevé, ce qui traduit une diversité moins importante.

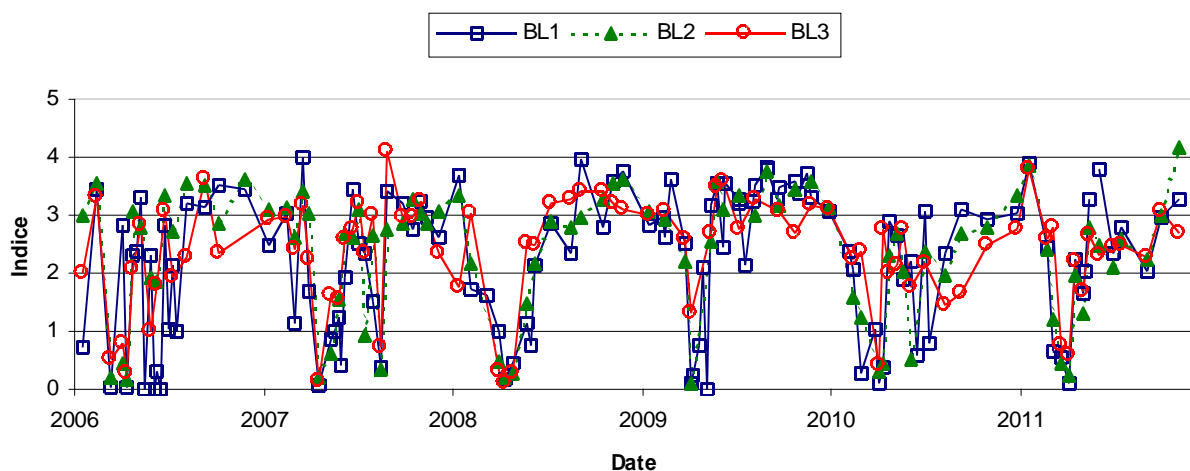


Figure 113. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Boulogne-sur-Mer de 2006 à 2011

Le dispositif d'alerte REPHY ne concerne que le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer. Plusieurs taxons potentiellement responsables de la production de phycotoxines<sup>1</sup> ont été observés (Figure 114).

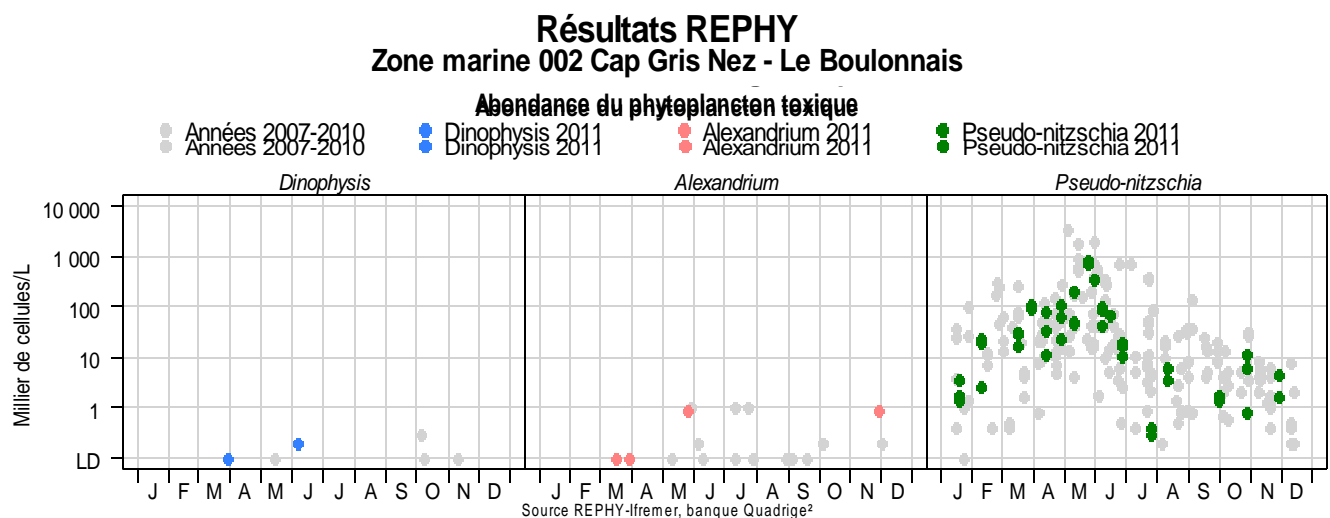
Le genre *Dinophysis*, potentiellement responsable de la toxicité DSP, a été observé en mars et en juin à Boulogne-sur-Mer en 2011. Les concentrations ne dépassant pas le seuil d'alerte (500 cell./L) aucune procédure d'alerte n'a été déclenchée.

Le genre *Alexandrium*, potentiellement responsable de la toxicité PSP, a été observé sur le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer (mars, mai et novembre). Les concentrations (maximum de 877 cell./L) n'ont jamais dépassé le seuil d'alerte (10000 cell./L) Aucune procédure d'alerte n'a été déclenchée.

<sup>1</sup> Informations complémentaires à l'adresse : <http://www.ifremer.fr/envlit/surveillance/rephy.htm>

Le genre *Pseudonitzschia*, potentiellement responsable de la toxicité ASP, est retrouvé sur tous les points de la radiale de Boulogne-sur-Mer. Les différents groupes de *Pseudonitzschia* sont définis par rapport à leur largeur valvaire. Il en existe trois groupes : les fines (*Pseudonitzschia delicatissima*), les larges (*Pseudonitzschia seriata*) et les effilées. Cette classification est à l'origine de seuils différents pour le déclenchement des alertes.

Pour le point 1 de Boulogne-sur-Mer en 2011, les concentrations varient de 300 à 827800 cell./L. La forte abondance de *Pseudonitzschia delicatissima* (827800 cell./L) relevée le 25 mai 2011 a conduit au déclenchement de la procédure d'alerte (seuil d'alerte : supérieur à 300000 cell./L pour le groupe des fines). Durant cette période, les analyses de recherche de toxine ASP sur des moules (point de surveillance « Parc 10 N ») n'ont pas révélé la présence de toxines (Annexe 4).



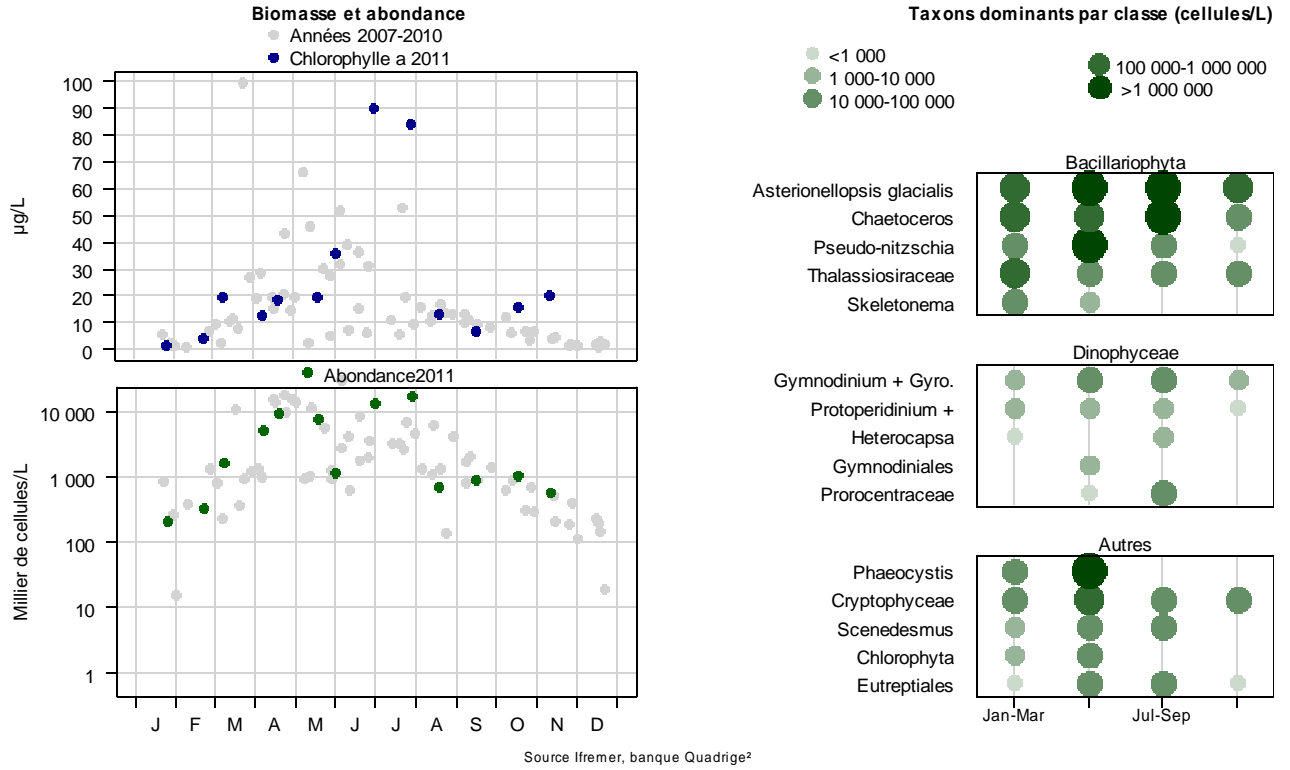
**Figure 114.** Évolution de l'abondance du phytoplancton toxique pour la radiale de Boulogne-sur-Mer pour les 5 dernières années (symboles grisés) et pour l'année 2011 (symboles en couleur)

### 3.4.3. Baie de Somme

L'évolution générale de l'abondance phytoplanctonique est comparable entre les 5 points de la radiale de la Baie de Somme. Les valeurs sont élevées en périodes printanière et estivale (avec un maximum de  $15,62 \cdot 10^6$  cell./L enregistré au point Atso le 19/04) et faible en période hivernale.

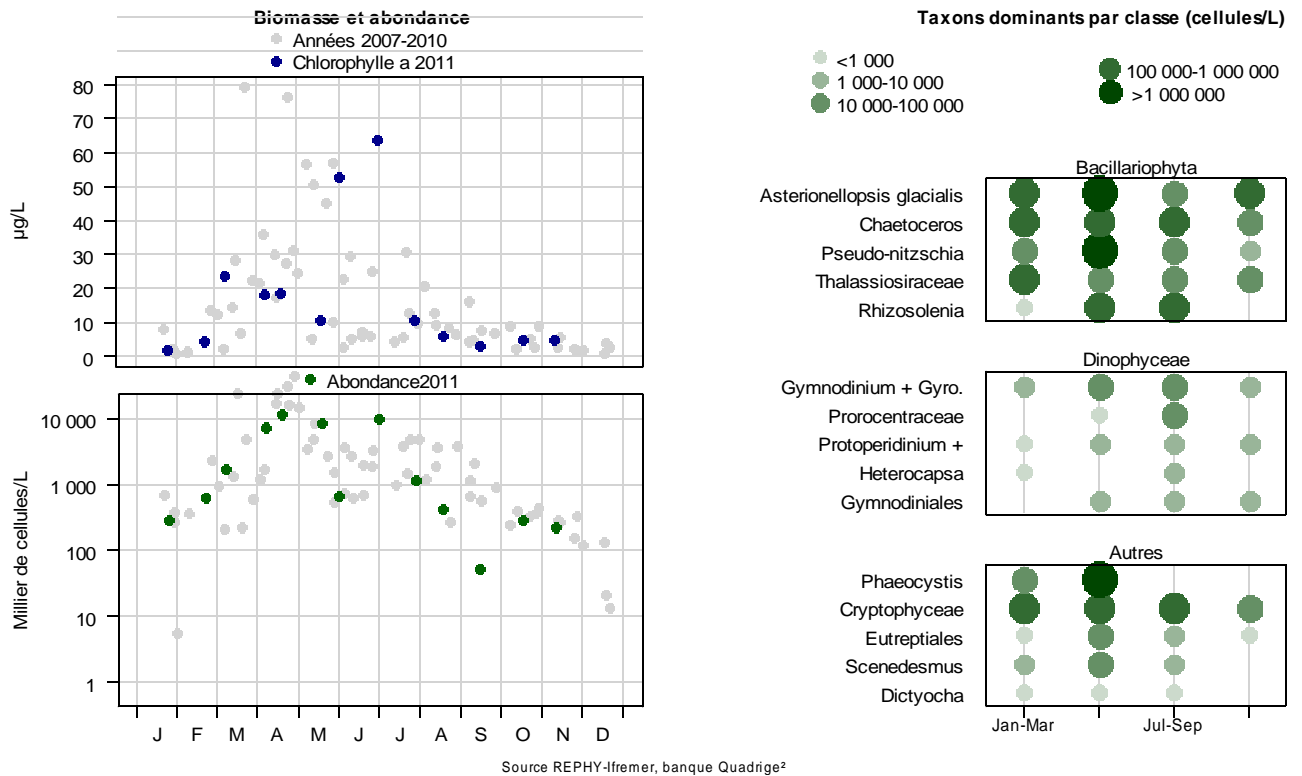
La proportion des taxons évolue au cours du cycle biologique (Figure 115 droite et tableau 23). Les bacillariophycées dominent la population phytoplanctonique sur toute la radiale. Les genres *Chaetoceros*, *Thalassiosira* et *Gymnodium* sont présents durant toute l'année sur tous les points de la radiale. On remarque la forte présence du genre *Phaeocystis globosa* (classe des prymnésiofycées) sur toute la radiale avec une concentration supérieure à  $1 \cdot 10^6$  cell./L du mois d'avril au mois de juin. Son abondance est maximale le 19/04 avec  $15,62 \cdot 10^6$  cell./L.

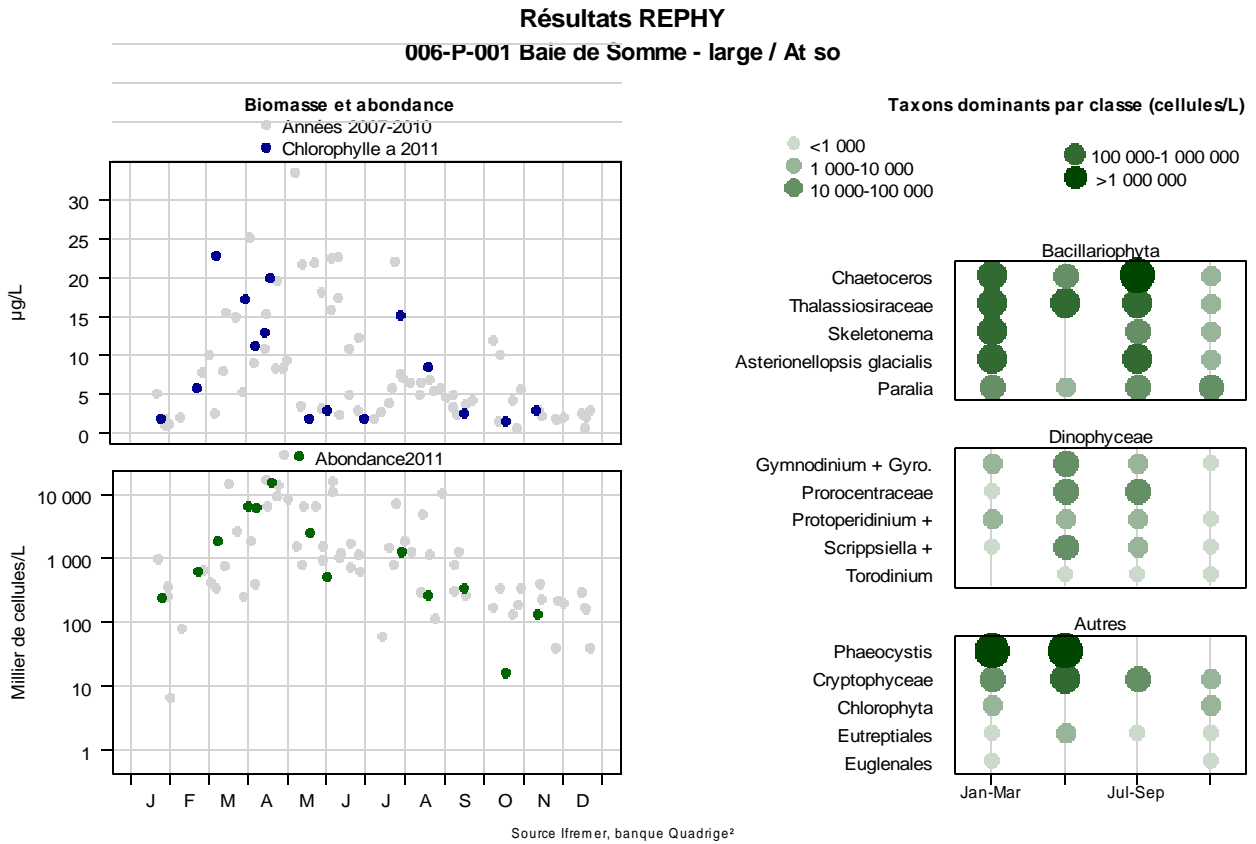
**Résultats REPHY**  
**007-P-008 Baie de Somme / Bif**



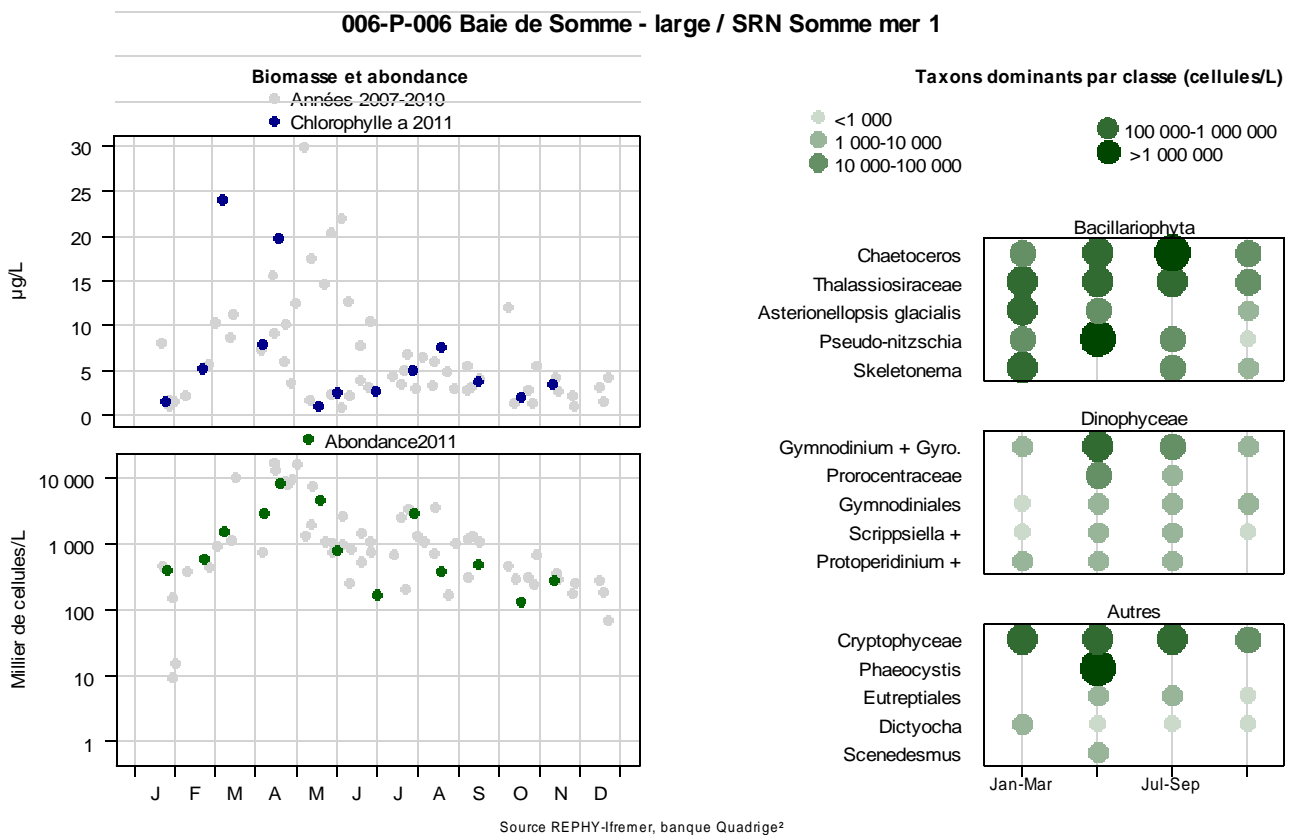
**Figure 115. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2007 et 2011 et classement des taxons dominants par points pour la radiale de la Baie de Somme**

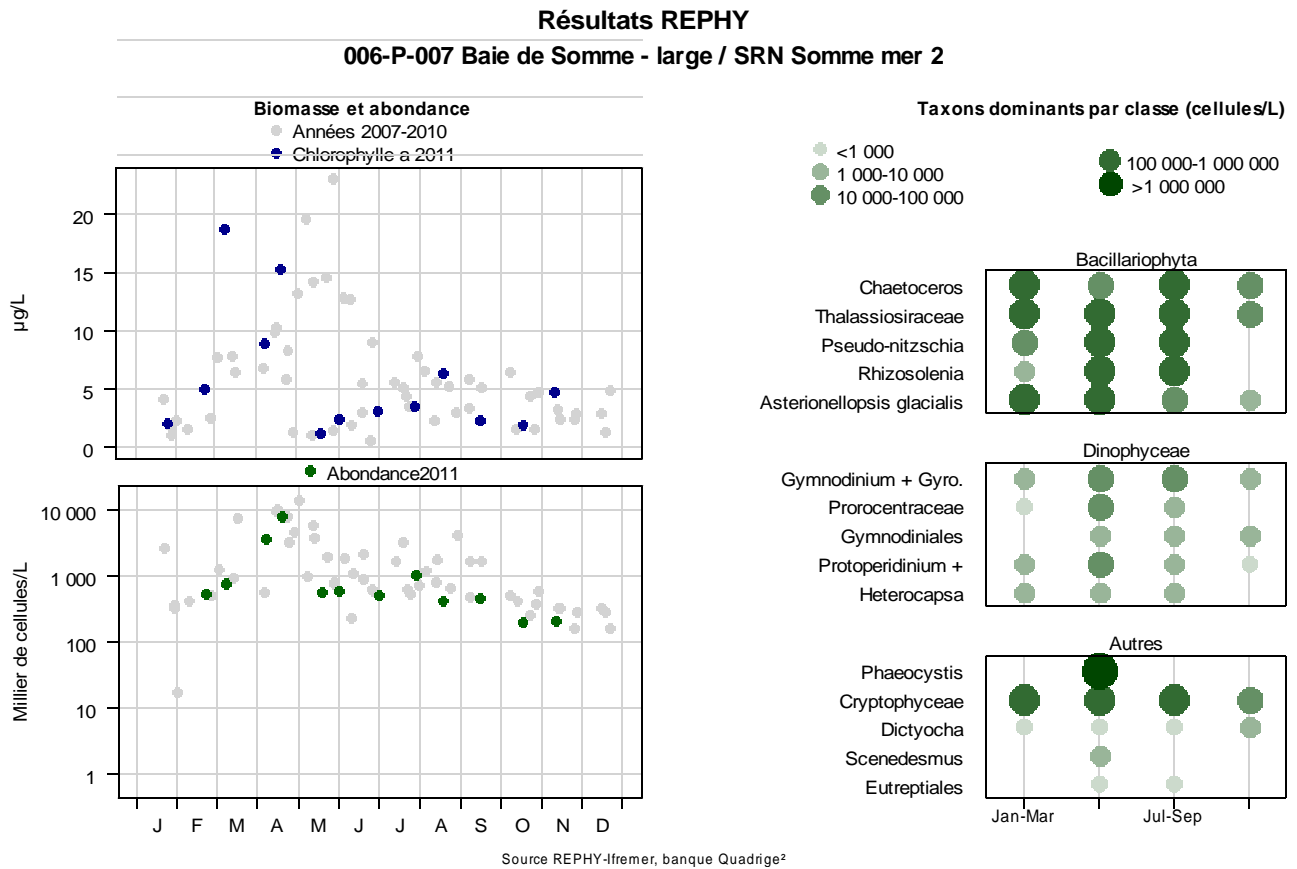
**Résultats REPHY**  
**006-P-008 Baie de Somme - large / Mimer**





**Figure 115 (suite). Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2007 et 2011 et classement des taxons dominants par points pour la radiale de la Baie de Somme**





**Figure 115 (suite). Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2007 et 2011 et classement des taxons dominants par points pour la radiale de la Baie de Somme**

**Tableau 23. Correspondance entre les intitulés et la classe taxonomique pour la radiale de la Baie de Somme en 2011**

**REPHY – Taxons dominants – signification des libellés**

Intitulé graphe	Libellé taxon	Classe
Paralia	<i>Paralia sulcata</i>	Diatomophyceae
Pseudo-nitzschia	<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> ( <i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificica</i> )	Diatomophyceae
Rhizosolenia	<i>Rhizosolenia setigera</i> + <i>pungens</i>	Diatomophyceae
Skeletonema	<i>Skeletonema costatum</i>	Diatomophyceae
Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira levanderi</i> + <i>minima</i>	Diatomophyceae
Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira rotula</i>	Diatomophyceae
Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira rotula</i> + <i>gravida</i>	Diatomophyceae
Gymnodinium + Gyro.	<i>Gymnodinium</i>	Dinophyceae
Gymnodinium + Gyro.	<i>Gyrodinium spirale</i>	Dinophyceae
Gymnodinium + Gyro.	<i>Gyrodinium</i>	Dinophyceae



Gymnodiniales	<i>Katodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
Protopteridinium +	<i>Protopteridinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
Scrippsiella +	<i>Scrippsiella</i>	<i>Dinophyceae</i>
Torodinium	<i>Torodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>

Le calcul de l'indice de Shannon reflète le passage d'une communauté diversifiée de diatomées (de 17 à 37 taxons) à une communauté dominée par *Phaeocystis globosa* (Figure 116). L'indice est alors particulièrement faible de mi-mars jusqu'à la fin du mois d'avril : *Phaeocystis globosa* représente 99 % de la communauté phytoplanctonique au point le plus bas de l'indice.

D'autres baisses de l'indice sont observées au cours de l'année 2011. En juin, on observe une forte chute pour les points Bif et Mimer liées à la présence d'*Asterionellopsis glacialis* à plus de 95 % de la population échantillonnée. En juillet, on remarque une chute liée à la dominance de *Chaetoceros socialis* pour les points Mer 1 (94 %) et Atso (84 %). La communauté des diatomées est principalement représentée par : *Asterionellopsis glacialis*, *Chaetoceros curvisetus*, *C. debilis*, *C. socialis*, *C. pseudocurvisetus*, *Pseudonitzschia delicatissima*, *P. seriata*, *Rhizosolenia imbricata*, *Thalassiosira levanderi*, *T. rotula*, *Thalassionema nitzschioides*. La classe des cryptophycées est également fortement représentée.

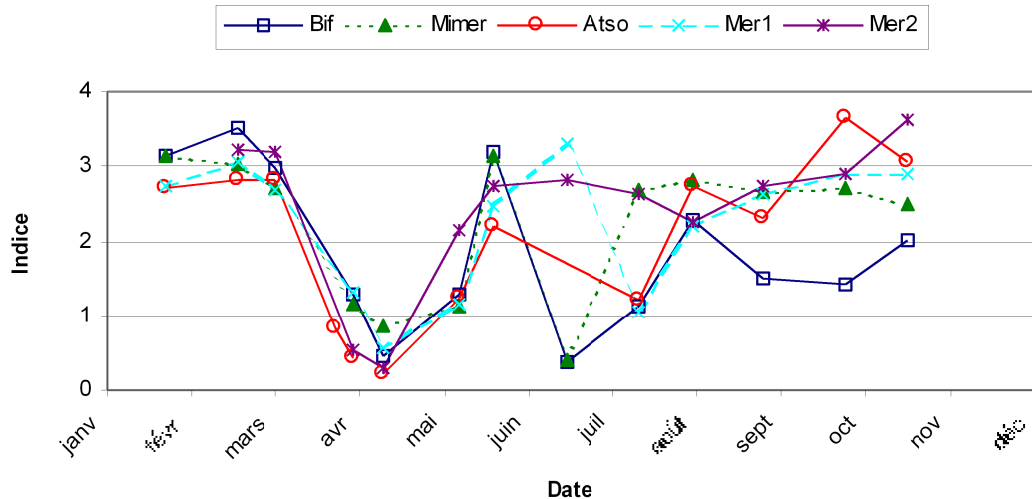


Figure 116. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Baie de Somme pour l'année 2011

De 2006 à 2011, on remarque que l'évolution est comparable d'une année à l'autre (Figure 117). Elle est marquée par une baisse de l'indice au début de chaque cycle (causée par la dominance de *Phaeocystis globosa*). Entre 2006 et 2009, l'indice moyen fluctue en général autour de 3, reflet d'une communauté phytoplanctonique bien diversifiée. Pour 2010 et 2011, l'indice moyen est moins élevé, ce qui traduit une diversité moins importante.

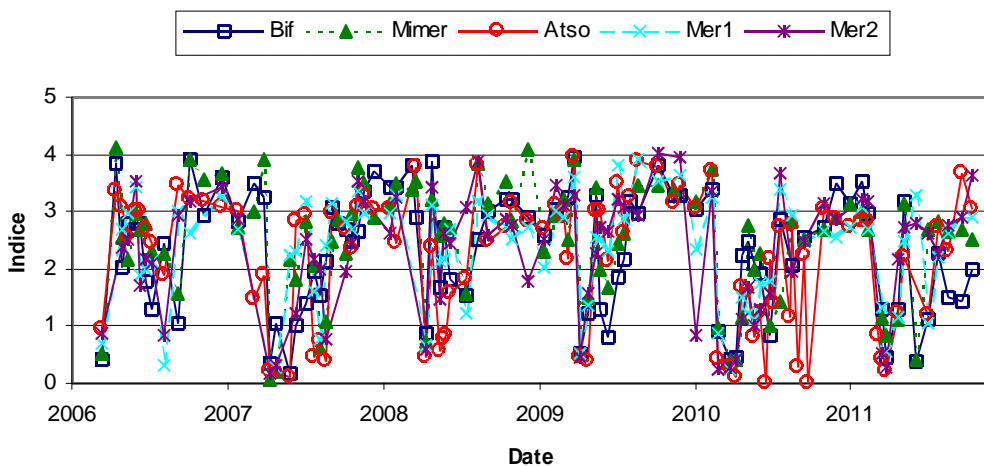


Figure 117. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Baie de Somme de 2006 à 2011

Le dispositif d'alerte REPHY ne concerne que le point Atso. Plusieurs taxons potentiellement responsables de la production de phycotoxines<sup>1</sup> ont été observés (Figure 118).

Le genre *Dinophysis*, potentiellement responsable de la toxicité DSP, n'a pas été observé en Baie de Somme en 2011. Par conséquent, aucune procédure d'alerte n'a été déclenchée.

Le genre *Alexandrium*, potentiellement responsable de la toxicité PSP, a été observé au large au mois de mai avec 877 cell./L et au mois de septembre avec 200 cell./L. Les concentrations ne dépassant pas le seuil d'alerte (10000 cell./L), aucune procédure d'alerte n'a été déclenchée.

Le genre *Pseudonitzschia*, potentiellement responsable de la toxicité ASP, est retrouvé sur tous les points de la radiale. Les différents groupes de *Pseudonitzschia* sont définis par rapport à leur largeur valvaire. Il en existe trois groupes : les fines (*Pseudonitzschia delicatissima*), les larges

<sup>1</sup> Informations complémentaires à l'adresse : <http://www.ifremer.fr/envlit/surveillance/rephy.htm>

(*Pseudonitzschia seriata*) et les effilées. Cette classification est à l'origine de seuils différents pour le déclenchement des alertes.

Pour le point Atso en 2011, les concentrations varient de 800 et 795296 cell./L. Ces fortes concentrations de *Pseudonitzschia delicatissima* (366586 cell./L relevées le 31 mars et 795296 cell./L le 19 mai) ont conduit au déclenchement de la procédure d'alerte et son maintien pour une période conséquente (seuil d'alerte : supérieur à 300000 cell./L pour le groupe des fines). Durant cette période, les analyses de recherche de toxine ASP sur des moules (point de surveillance « Pointe de Saint Quentin ») n'ont pas révélé la présence de toxine (Annexe 4).

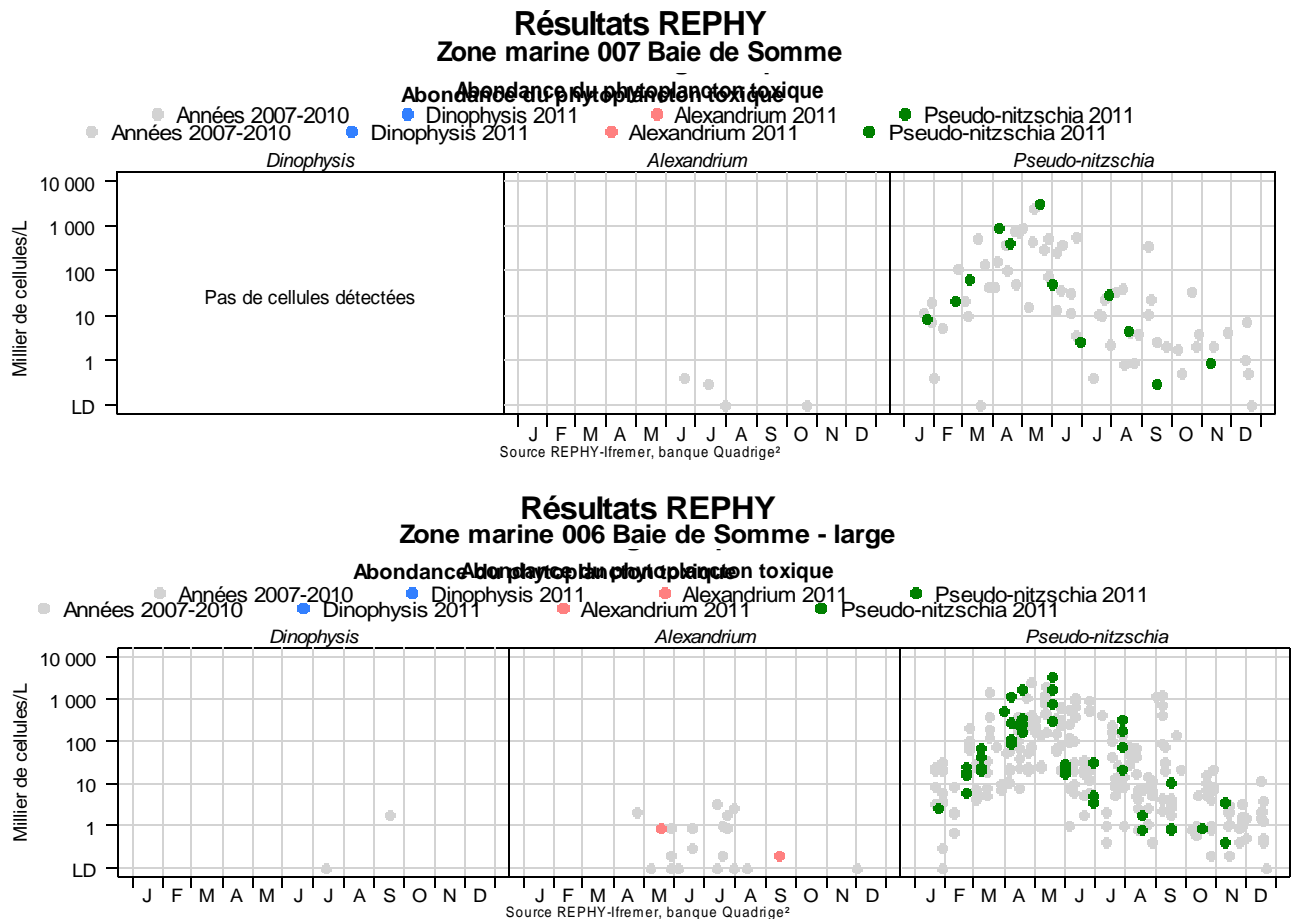


Figure 118. Évolution de l'abondance du phytoplancton toxique pour la radiale de Baie de Somme pour les 5 dernières années (symboles grisés) et pour l'année 2011 (symboles en couleur)

## 4. Discussion

Sur le **plan climatique**, en Manche orientale, l'année 2011 a connu un printemps chaud, sec et ensoleillé (présentant des températures bien supérieures aux normales saisonnières), un été plutôt frais (températures inférieures à la normale) et pluvieux, ainsi qu'un automne chaud et sec. Le mois de décembre fut particulièrement venteux (passage de la tempête Joachim les 15 et 16), doux et pluvieux (précipitations au moins deux fois supérieures à la normale).

Toutes ces données sont consultables dans les bulletins PREVIMER 2011, dont l'objectif principal est de produire en routine des analyses et des prévisions sur l'état de l'environnement marin dans la zone côtière à des échelles spatiales allant de la façade à la baie avec une capacité de zooms locaux.

[http://www.previmer.org/newsletter/bulletin\\_d\\_informations\\_de\\_previmer](http://www.previmer.org/newsletter/bulletin_d_informations_de_previmer)

Les fortes **conditions hydrodynamiques** caractéristiques de la Manche Orientale, induites par les courants de marées et la houle, ainsi que la faible bathymétrie du fond, sont généralement à l'origine d'une homogénéisation des masses d'eau sur la verticale, empêchant l'établissement d'une thermocline estivale (Schapira, 2005). Brylinski (1990) et beaucoup d'autres études ont confirmé que l'écart thermique entre les eaux du large et côtières dépasse rarement 1 °C. Les eaux côtières sont plus chaudes en été (19 °C) et les plus froides en hiver (4 °C). Les différences de salinité peuvent atteindre 1,5 et la turbidité atteint un rapport de 4/1 entre la côte et le large. La quantité de matière en suspension peut dépasser 20 mg/L près des côtes.

**La turbidité** est due à la présence dans l'eau de particules en suspension minérales ou organiques, vivantes ou détritiques. Elle est caractérisée, pendant la période hivernale, par d'importants apports continentaux et par un brassage de la colonne d'eau sous l'effet du vent et des courants, ce qui se traduit par une forte concentration en début et fin de cycle. La turbidité est minimale en été. Cependant, une forte turbidité a été enregistrée au mois de juin en Baie de Somme aux points Bif et Mimer.

L'évolution de **la matière organique** présente dans les M.E.S. est liée au développement phytoplanctonique qui a lieu à partir du mois de mars pour les trois radiales.

Le site de Dunkerque présente des valeurs de concentrations en matière organique importantes de mars à mai selon les points. Durant le mois de mars (période qui coïncide avec les fortes concentrations en matière organique), le compartiment phytoplanctonique est caractérisé par la dominance de *Phaeocystis globosa* ( $11,4 \cdot 10^6$  cell/L).

La radiale de Boulogne-sur-Mer présente des maxima de matière organique de mars à juin. Le bloom phytoplanctonique est observé à partir du mois de mars. Il s'est intensifié avec l'apparition de *Phaeocystis globosa* (entre mars et avril, avec un maximum de  $7,7 \cdot 10^6$  cell./L le 28/04).

En Baie de Somme, les maxima de matière organique sont observés de mars à mai pour toute la radiale. Ces maxima se produisent en même temps qu'un maximum d'abondance du phytoplancton avec dominance de *Phaeocystis globosa*.

Les résultats obtenus pour les 3 radiales confirment la présence de **cycles de nutriments** caractéristiques des eaux tempérées (Gentilhomme et al., 1998 ; Lefebvre et al, 2011 a). Les concentrations en nutriments sont importantes à la fin de l'hiver, liées à la reconstitution du stock, via les apports des rivières, les remises en suspension et par la non-utilisation de ces éléments par le phytoplancton en raison d'un faible ensoleillement, de faibles températures et d'une forte turbidité inhibant son développement.

Le schéma général correspond à l'utilisation des stocks d'hiver par le phytoplancton pendant une courte période de production (fin de l'hiver et début du printemps), suivie d'une période estivale moins productive mais contrôlée par les éléments nutritifs issus de processus de régénération ou d'apports terrigènes ponctuels. A partir de l'automne, on observe la reconstitution du stock de nutriments en raison de l'absence de consommateurs et de l'augmentation des débits des rivières.

La succession des groupes phytoplanctoniques, les apports terrigènes, le temps de régénération et de minéralisation, l'excrétion de certains éléments nutritifs par d'autres espèces (microflagellés hétérotrophes, les ciliés et les zooplanctons), la remise en suspension et les processus de dissolution agissent de façon significative sur les fluctuations de sels nutritifs (Aminot, 2004). Pour **les formes azotées**, c'est l'azote ammoniacal qui réapparaît le premier, suivi des nitrates, puis des nitrites. Au printemps, en général, l'azote ammoniacal disparaît le premier, puis ce sont les nitrites et enfin les nitrates. En effet, le phytoplancton absorbe préférentiellement l'ammonium, puis les nitrites et enfin les nitrates. Ceci peut être expliqué parce que l'ammonium est l'élément qui nécessite le moins d'énergie de synthèse ou par le cycle d'incorporation de l'azote organique particulaire (ou azote intracellulaire) à partir d'azote dissous (ions nitriques).

Les concentrations les plus élevées en **nitrate** sont observées au point Mimer de la Baie de Somme en janvier (44,2  $\mu\text{mol/L}$ ), au point côtier de Dunkerque (25,6  $\mu\text{mol/L}$ ) en mars et au point 1 de Boulogne-sur-Mer (23,2  $\mu\text{mol/L}$ ) en février.

Les concentrations de **nitrite** sont maximales au large de Dunkerque (2,4  $\mu\text{mol/L}$ ) en juin, au point Bif de la Baie de Somme (0,99  $\mu\text{mol/L}$ ) au mois de juillet et au point 2 de Boulogne-sur-Mer (0,56  $\mu\text{mol/L}$ ) en mars. Cette forme de l'azote étant relativement fugace, il est recommandé de considérer la somme nitrate + nitrite pour des interprétations plus poussées des résultats.

Pour l'**azote ammoniacal**, les valeurs maximales sont observées au mois de juin au point Atso de la Baie de Somme (6,14  $\mu\text{mol/L}$ ), en mai au point côtier de Dunkerque (3,96  $\mu\text{mol/L}$ ) et en octobre au point 2 de Boulogne-sur-Mer (1,58  $\mu\text{mol/L}$ ).

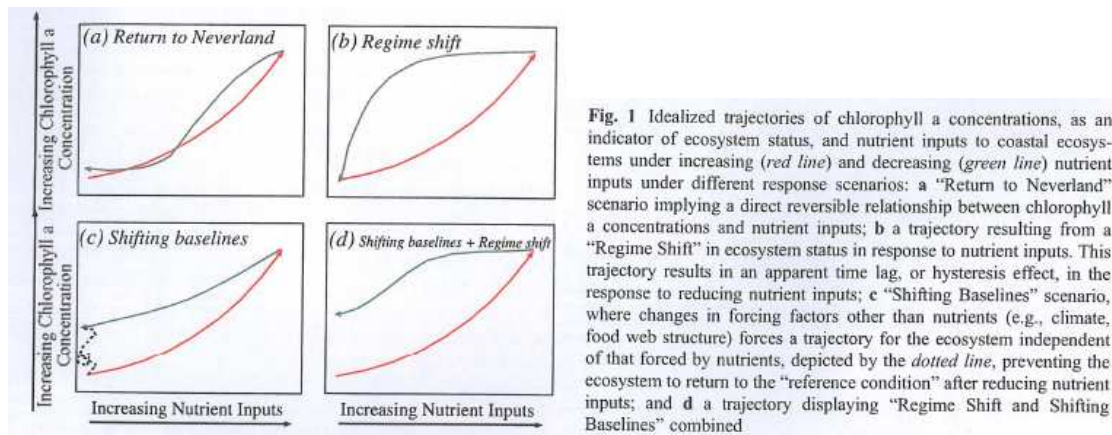
Le **phosphate**, apporté principalement par les rejets domestiques, est rapidement absorbé dans les matières en suspension et les sédiments. Sa présence dans les échantillons s'explique par une désorption des phosphates et une remise en suspension des particules après une augmentation du débit des rivières ou lors d'épisodes de vents importants. Les apports résultent des processus de ruissellement et d'érosion pouvant survenir à n'importe quel moment de l'année. Les concentrations maximales de phosphate sont de 1,43  $\mu\text{mol/L}$ , 1,18  $\mu\text{mol/L}$  et 0,91  $\mu\text{mol/L}$ , respectivement, pour les radiales de la Baie de Somme, de Dunkerque et de Boulogne-sur-Mer.

Le cycle du **silicate** est aussi étroitement lié au développement du phytoplancton, en particulier des bacillariophycées (diatomées) qui utilisent le silicate pour former leur test (enveloppe siliceuse). Ainsi, généralement après le bloom de diatomées, les concentrations en silicate chutent puis un maximum apparaît en mai-juin avec la dissolution du silicate biogénique contenu dans les frustules quand les diatomées meurent. C'est le processus de production régénérée (par opposition à la production nouvelle). Les concentrations maximales sont observées en janvier sur les trois radiales avec 26,45  $\mu\text{mol/L}$  au point Mimer de la Baie de Somme, 13,1  $\mu\text{mol/L}$  au point 1 de Dunkerque et enfin 9,42  $\mu\text{mol/L}$  au point 1 de Boulogne-sur-Mer.

L'analyse des **rapports stœchiométriques** de Redfield *et al.* (1963) et Brzezinski (1985) met en évidence une limitation de la croissance du phytoplancton principalement par le silicate pour l'ensemble des radiales. Des épisodes de limitations par l'azote et le phosphore sont aussi observés mais avec une intensité et une durée moins importantes. Des modifications ponctuelles du type de limitation peuvent avoir lieu sur l'ensemble des radiales : exemple d'une transition de Si : P : N à Si : N : P pour la radiale de Boulogne-sur-Mer en avril, ou du type N : Si : P vers Si : P : N pour la radiale de Dunkerque en mai, ou encore du type P : Si : N vers N : Si : P pour la Baie de Somme en juin. Ce schéma fait l'objet d'une variabilité à l'échelle interannuelle avec des conséquences sur l'amplitude des efflorescences qui peuvent s'avérer répondre à un schéma complexe non linéaire comme le montre l'analyse des résultats du SRN sur la période 1992-2007 (Lefebvre *et al.*, 2011a). Des travaux récents de modélisation de la variation saisonnière des sels nutritifs ont montré que seule la réduction des apports d'azote pouvait induire une diminution significative des blooms de *Phaeocystis globosa*. Ceci est mis en évidence en zone côtière belge par Lancelot *et al.* (2010). Des limitations en phosphore au moment du bloom ont été enregistrées mais cela ne semble jamais gêner le développement de *P. globosa*, ce qui peut être expliqué par leur capacité à se développer sur des substrats riches en phosphore organique grâce à la production d'enzymes phosphatases alcalines (Guiselin, 2010). Les données du réseau SRN mettent en évidence des concentrations en azote qui ne sont jamais limitantes lors de la phase de prolifération de *P. globosa*.

Il faut cependant considérer que l'importance des blooms de *P. globosa* n'est pas exclusivement liée aux apports de nutriments par les principaux fleuves et rivières, mais correspond à un effet combiné de ces apports avec un contrôle par d'autres paramètres telles que l'intensité lumineuse, la turbidité, ainsi que par d'autres phénomènes à plus grandes échelles, telle que l'Oscillation Nord Atlantique (NAO – *e.g.*, Breton *et al.*, 2006 ; Lefebvre *et al.*, 2011a). Par ailleurs, en terme de gestion, il faut également être particulièrement vigilant sur la notion de retour à un état environnemental de référence. Duarte *et al.* (2009) insistent sur l'importance de considérer le

phénomène d'hystérésis lors de l'étude de la réponse d'un écosystème à des protocoles de gestion (Ex. réduction des apports de nutriments). La réponse à une réduction des nutriments par exemple, ne sera pas immédiate et ne sera pas une simple inversion du processus ayant conduit à un état où l'intégrité de l'écosystème est menacée. C'est pourquoi Duarte *et al.* (2009) recommandent de résonner non plus en terme de retour à un état de référence plutôt improbable mais en terme d'objectif cible à atteindre, permettant le maintien des biens et services clés de l'écosystème. Ce type d'approche est mis en œuvre dans la nouvelle Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) (2088/56/EU) (Figure 119).



**Figure 119.** Trajectoires idéalisées des concentrations en chlorophylle a, utilisées comme indicateur de l'état de l'écosystème, en fonction des apports de nutriments à l'écosystème côtier dans des conditions croissantes (ligne rouge) ou décroissantes (ligne verte) (Extrait de Duarte *et al.* (2009)) : (a) retour à Neverland, (b) changement de régime, (c) changement de ligne de base et (d) combinaison d'un changement de régime et de ligne de base.

Les caractéristiques hydrodynamiques de la Manche (courants et marées), entraînant les eaux et particules vers le Nord avec la dominance de transferts longitudinaux sur les transferts transversaux (entretenus par les apports fluviaux de la Seine et de la Somme en grande partie puis de l'Authie, de la Canche, de la Liane avec une contribution moins importante), permettent l'installation d'un écosystème côtier spécifique, donnant lieu à un développement biologique propre (Brylinski *et al.*, 1991). Dans cette frange d'eaux (dessaalées aux côtes et salées au large) qui s'étend le long des côtes françaises, de la baie de Seine au cap Gris-Nez (fleuve côtier), le cycle annuel classique de la biomasse phytoplanctonique est caractérisé par de faibles valeurs en hiver et en été.

La distribution du **phytoplancton** fait apparaître la dominance persistante des bacillariophycées (diatomées) au début et à la fin du cycle et de la prymnésiofycée *Phaeocystis globosa* au printemps. Le changement dans la succession de ces populations est généralement attribué à la dynamique des apports en sels nutritifs (des successions qui sont observées généralement dans des zones influencées par les apports terrigènes), à l'intensité lumineuse et la turbidité.

Les mesures *in situ* réalisées dans le cadre du S.R.N mettent en évidence que le bloom touche d'abord Dunkerque, Boulogne-sur-Mer puis la Baie de Somme. Le développement du phytoplancton pour la baie de Somme est en effet limité en début de cycle annuel par la plus forte turbidité du site par rapport aux deux autres sites étudiés.

En 2011, les concentrations en **chlorophylle a** sont beaucoup plus importantes en Baie de Somme avec 90,12 µg/L enregistré le 30/06 au point Bif. Les valeurs sont beaucoup plus faibles pour Boulogne-sur-Mer avec un maximum de 18,37 µg/L le 13/04 et Dunkerque avec 19,89 µg/L le 08/03. Le site de Boulogne-sur-Mer est caractérisé par deux maxima de chlorophylle a au mois de mars et avril. Le premier est lié au développement des bacillariophycées (plus de 50 % de la flore totale) et au début d'apparition du bloom de la prymnésiofycée *Phaeocystis globosa* (44%). Le second est

le résultat de l'efflorescence majeure de *P. globosa*, qui représente alors plus de 97 % de la flore totale.

A Dunkerque, la valeur maximale de chlorophylle *a* est atteinte au mois de mars et ce pic est lié à la prolifération de *P. globosa* (environ de 98 % de la flore totale).

En Baie de Somme, la valeur maximale de chlorophylle *a* est obtenue au point Atso le 30 juin où *Asterionellopsis glacialis* domine à plus de 95 %.

Les résultats de l'année 2011, en terme de composition phytoplanctonique comme de concentrations en nutriments, confirment les conclusions de Schapira (2005), Schapira *et al.* (2008) et Guiselin (2011). Le développement des diatomées en fin d'hiver et au début du printemps reflète leur capacité à se développer dans des conditions de forte turbulence et leur faible sensibilité aux modifications brutales de leur environnement physico-chimique. Au contraire, *Phaeocystis globosa* qui apparaît ensuite, est très sensible à l'environnement physique (le niveau de turbulence notamment). Ceci explique en partie pourquoi les concentrations cellulaires de *P. globosa* sont généralement moins importantes en Manche Orientale et baie sud de la Mer du Nord (fort hydrodynamisme) par rapport à la Mer du Nord. Il faut également noter que *P. globosa* présente un avantage adaptatif qui lui permet de se développer et d'entrer en compétition avec les diatomées lors de conditions limitantes en nutriments. Cet avantage consiste à la possibilité d'utilisation des deux formes d'azote (ammonium et nitrate) et la capacité de synthétiser des protéines à l'obscurité grâce à l'énergie provenant du carbone intra- et extracellulaire accumulée pendant le jour dans la matrice coloniale (Schapira, 2005).

L'étude de la succession saisonnière des assemblages phytoplanctoniques sur l'ensemble des radiales pour l'année 2011, confirme la récurrence, ainsi que la composition floristique décrites dans les différents travaux réalisés ponctuellement sur les eaux littorales non-stratifiées de la Manche Orientale (Brunet, 1996 ; Buton, 2000 ; Gailhard, 2003 ; Lefebvre *et al.*, 2004) et réaffirmées plus récemment grâce à l'étude de la série de données du SRN pour la période 1992-2007 par Guiselin (2010) et Lefebvre *et al.* (2011).

Le modèle de Reynolds (1988, 1996) est tel que les groupes fonctionnels sont divisés en trois stratégies primaires correspondant à (i) des espèces C-stratèges (colonialistes-invasives) de petite taille, à fort taux de croissance et de rapport S/V élevé (Surface/Volume), (ii) des espèces S-stratèges (tolérantes au stress nutritif) de grande taille, à faible taux de croissance et de rapport S/V faible et (iii) des espèces R-stratèges (rudérales), de forme allongée et, en dépit pour quelques unes d'entre elles, de leur grande dimension, de rapport S/V élevé.

Les résultats obtenus dans le cadre du SRN montrent qu'à l'échelle saisonnière une succession de trois assemblages est mise en évidence.

Le premier assemblage (bloom hivernal) est composé d'un mélange d'espèces avec des diatomées de grande taille qui représente des espèces de stratégie-S et des diatomées de petite taille (*Thalassiosira* sp.) représentées par des espèces de stratégie R (rudérales). Elles sont accompagnées de cryptophycées.

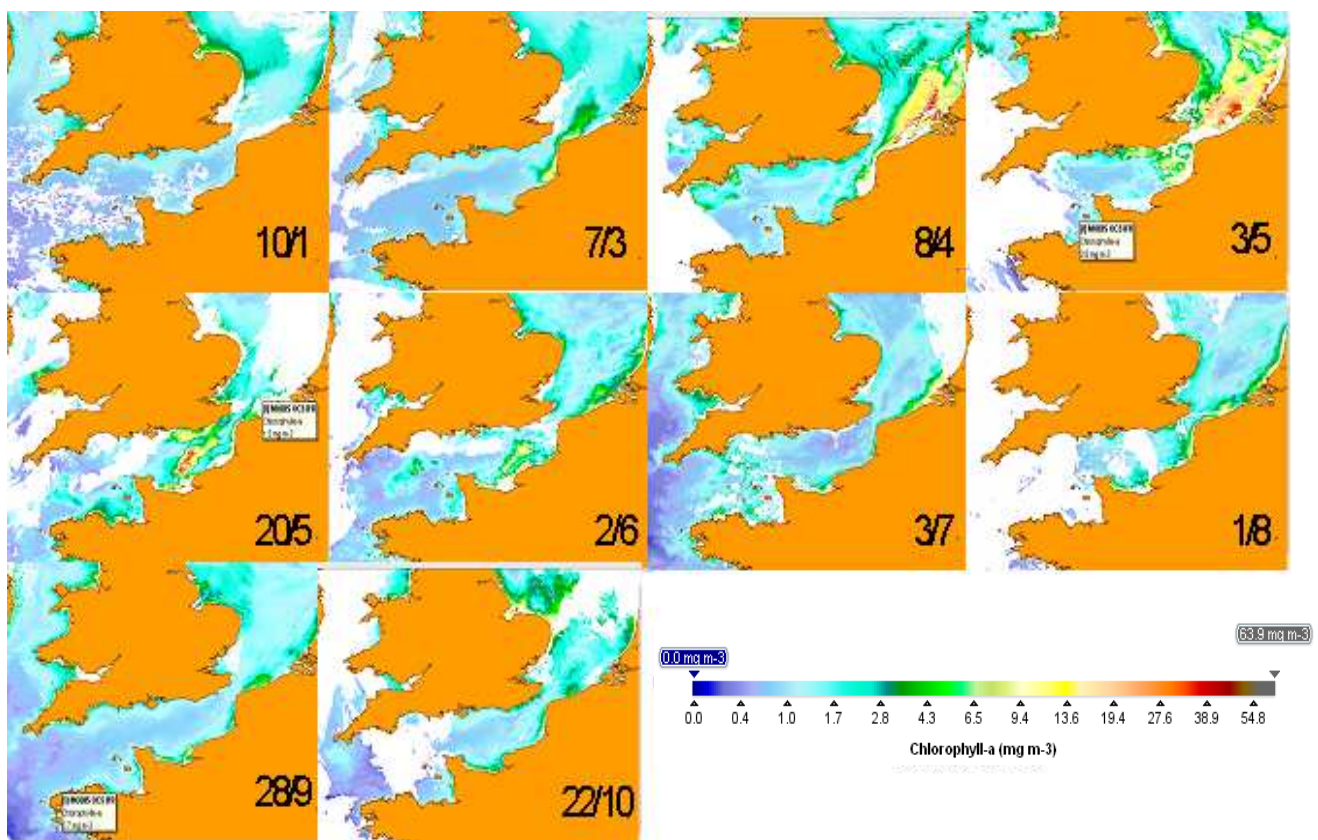
Le second assemblage correspond au bloom printanier de *Phaeocystis globosa* de stratégie C (cellules coloniales et flagellés haploïdes) et S (colonies), accompagné de diatomées stratégies R, pennées et de petite taille (*Pseudonitzschia delicatissima*).

L'assemblage d'été présente des espèces de grande taille des genres *Rhizosolenia*, *Guinardia*, *Leptocylindrus danicus* et des espèces de *Chaetoceros* sp., de *Pseudonitzschia* sp. Stratèges-S (espèces tolérantes au stress nutritif et à faible taux de croissance).

Afin d'appréhender la dynamique des efflorescences phytoplanctoniques à une échelle moins régionale et ainsi pouvoir situer les phénomènes observés lors de ce cycle de surveillance à l'échelle de fonctionnement de l'écosystème Manche – baie sud de la Mer du Nord, un certain nombre d'**images satellites** ont été extraites de l'interface web Ifremer NAUSICAA (Navigating throUgh Satellite and In situ data over loCAL Areas). Ces images (Figure 120) correspondent à une

représentation de l'estimation de la concentration en chlorophylle *a* à partir de paramètres optiques acquis par le capteur MODIS (Gohin *et al.*, 2002, Gohin *et al.*, 2008).

Ces résultats illustrent un développement phytoplanctonique très important lors du mois de mars le long des côtes de la Manche orientale et de la baie sud de la Mer du Nord (Figure 4.8). Ce développement s'intensifie ensuite en Mer du Nord et sur les côtes anglaises (avril, mai). A la fin du mois de mai, alors que ce développement de biomasse s'atténue en Mer du Nord, il prend de l'ampleur en baie de Seine. Lors des mois de juillet à octobre, les développements phytoplanctoniques sont de moindres ampleurs et sont, pour le côté français, très localisés à la zone côtière de la Manche orientale.



**Figure 120. Illustration à méso-échelle de la dynamique de développement phytoplanctonique en 2011 via l'estimation de la concentration en chlorophylle *a* par le capteur MODIS (algorithme OC5 IFR)**

La mise en place du réseau SRN au début des années 90 a permis de répondre à un certain nombre de questions relatives à l'évaluation (i) de l'influence des apports continentaux en sels nutritifs, (ii) aux cycles saisonniers des paramètres physico-chimiques et biologiques et plus récemment (iii) de la qualité des masses d'eaux selon les critères de la DCE, de la convention OSPAR. Face aux besoins de connaissances dans un milieu dont la dynamique évolue à chaque instant, il est tout à fait évident que le réseau SRN ne permet pas d'appréhender certains phénomènes à haute fréquence qui sont déterminants pour mieux expliquer la dynamique phytoplanctonique (e.g. dynamiques des efflorescences de *Phaeocystis globosa* ou des taxons potentiellement toxiques).

Afin de répondre à ce besoin d'observation à haute fréquence (HF), plusieurs techniques ont été mises en œuvre. L'utilisation de système à haute fréquence en point fixe, comme la station de mesure MAREL Carnot (depuis 2004), a pour objectif la mesure automatisée à HF de certains paramètres comme la température de l'eau et de l'air, la salinité, la turbidité, le pH, l'oxygène



dissous, la saturation en oxygène, l'humidité relative, la direction et la vitesse du vent et la radiation disponible pour la photosynthèse (P.A.R) qui sont enregistrées toutes les 20 minutes. Les concentrations en nutriments (nitrate, silicate et phosphate) sont mesurées toutes les 12 heures. A une autre échelle (variabilité spatiale et temporelle), le projet Interreg IVA des 2 mers (DYMAPHY) propose la mise en place d'un dispositif efficace pour la détermination et le suivi à haute résolution de l'état écologique des eaux marines à travers le suivi de la dynamique phytoplanctonique et cela par l'utilisation en routine de la cytométrie en flux en association à des méthodes traditionnelles (microscopie) et synoptiques (télédétection). Ces techniques permettront de mieux expliquer certains phénomènes (qualifiés d'anomalies ou de valeurs extrêmes à l'échelle du réseau SRN) et des variabilités à petites échelles temporelles (MAREL) et spatio-temporelle (DYMAPHY), d'avoir une plus grande résolution sur le gradient côte / zone frontale / large et de constituer des bases de données très importantes en soutien à l'amélioration des connaissances face aux évolutions de la qualité du milieu et de son évolution à long terme dans le contexte des changements globaux.

Les images satellites sont utilisées comme un complément d'informations pour des observations à grandes échelles spatiales pour diverses raisons : caractérisation des différentes masses d'eaux en termes de leurs concentrations chlorophylliennes entre les différentes régions (Manche Orientale – Mer du Nord ou côtes Atlantiques – Méditerranée) et/ou l'influence de la variabilité climatique à méso-échelle. Mais les caractéristiques climatiques de la région (couverture nuageuse très fréquente) peuvent réduire le nombre d'images disponibles lors de périodes cruciales de l'année, si l'on souhaite appréhender la dynamique des blooms.

Ainsi, il apparaît qu'il n'existe pas une méthode universelle mais que l'utilisation conjointe de différentes stratégies, de différentes méthodes avec différents appareils ou capteurs permet de couvrir une vaste gamme de questions et permet ainsi d'envisager une meilleure compréhension du fonctionnement des écosystèmes.

Le déploiement de la sonde Ysi lors de la plupart des campagnes de prélèvements permet de caractériser la structure verticale des masses d'eaux de la côte vers le large. La plupart du temps, la masse d'eau est homogène verticalement et les profils ne mettent en évidence que le gradient côte-large qui est plus ou moins marqué selon le paramètre considéré.

Pour la température, ce gradient est de l'ordre de +1,6 °C à -1,5 °C au maximum. Sur la verticale, la différence entre le fond et la surface atteint au maximum 1,0 °C. Le gradient vertical est soit faible (Figure 121), soit bien marqué pour une profondeur donnée (Figure 122).

En ce qui concerne l'oxygène, le schéma est identique avec des gradients côte-large plus importants que les gradients verticaux (Figure 123).

Ces remarques sont valables pour l'ensemble des autres paramètres acquis par la sonde.

Il en ressort que quelle que soit la radiale considérée, les masses d'eaux apparaissent homogènes verticalement à l'échelle d'observation du S.R.N., conformément aux structures généralement observées en régime mégatidal. Les « stratifications », lorsqu'elles existent, sont faibles et ponctuelles.

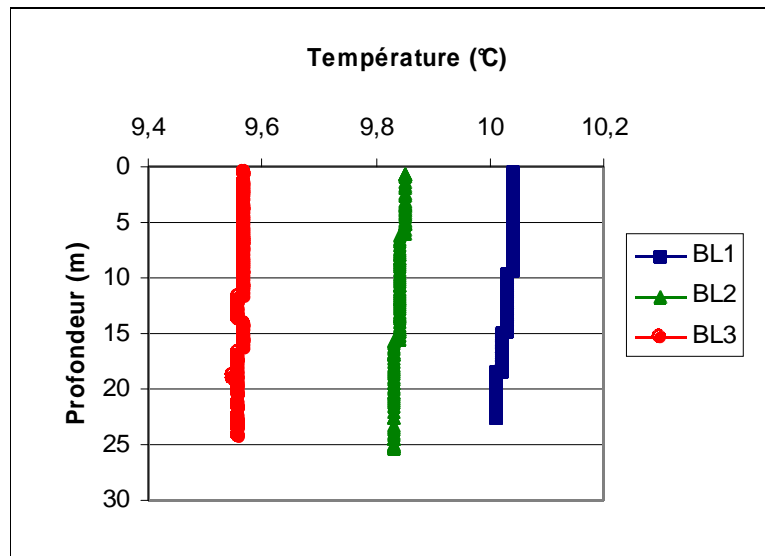


Figure 121. Évolution verticale de la température (°C) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer le 10 mai 2011

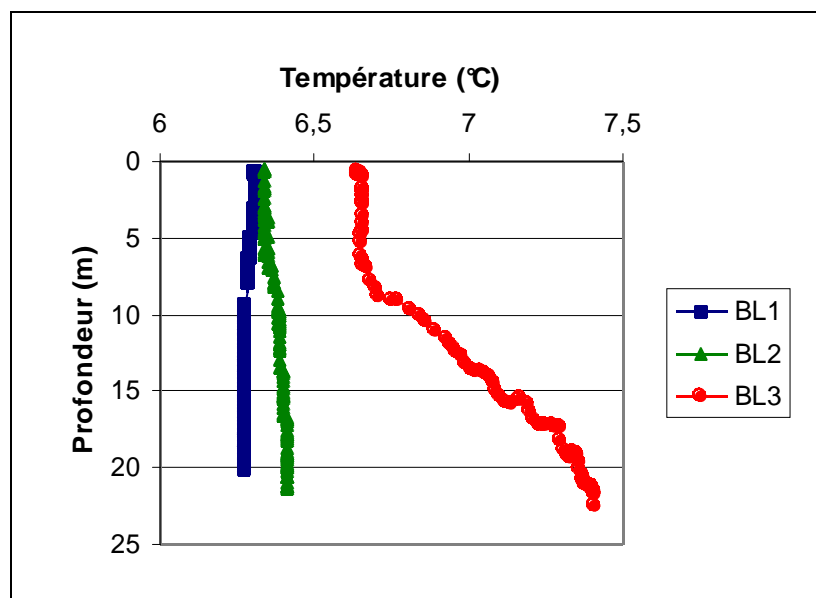


Figure 122. Évolution verticale de la température (°C) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer le 18 janvier 2011

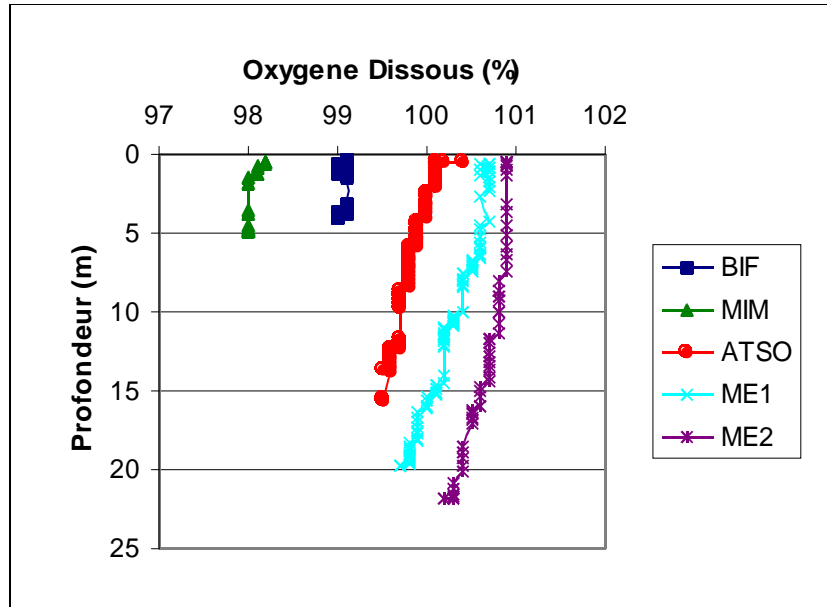


Figure 123. Évolution de la concentration en oxygène dissous en pourcentage sur la radiale de la Baie de Somme le 21 février 2011

## CONCLUSIONS & RECOMMANDATIONS

L'année 2011 est caractérisée par un printemps chaud et sec (valeurs supérieures au troisième quartile), un été frais et pluvieux, ainsi qu'un hiver doux et fort pluvieux.

L'évolution saisonnière de la concentration en nitrate est classique et comparable pour les trois sites bien que les niveaux atteints soient différents. On note tout de même une valeur exceptionnellement élevée en juillet au point Bif (22,2  $\mu\text{mol/L}$ ). Les concentrations maximales ont été relevées en Baie de Somme, notamment avec 44,2  $\mu\text{mol/L}$  au point Mimer. Les valeurs sont faibles en été pour l'ensemble des radiales (valeurs proches du seuil de détection d'avril à août pour les points du large).

Les concentrations en chlorophylle *a* sont fortes au printemps. Elles correspondent à la période de l'efflorescence phytoplanctonique. Les valeurs importantes sont obtenues en mars pour Dunkerque (19,89  $\mu\text{g/L}$ ) et en avril pour Boulogne-sur-Mer (18,37  $\mu\text{g/L}$ ). Cependant, pour la Baie de Somme, des valeurs importantes sont relevées fin juin aux points Bif et Mimer avec, respectivement, 90,12 et 63,8  $\mu\text{g/L}$ . Pour le reste de l'année, les valeurs sont faibles.

Le calcul des rapports stoechiométriques des nutriments (azote inorganique dissous, silicate, phosphore) met en évidence une limitation potentielle de la croissance du phytoplancton essentiellement par le silicate pour les trois sites étudiés.

Concernant la composition et la succession des groupements phytoplanctoniques, les résultats obtenus confirment ceux rapportés dans différents travaux réalisés sur la Manche. La communauté du phytoplancton est caractérisée par la dominance des bacillariophycées (diatomées) tout au long de l'année à l'exception du printemps où la prymnésiofycée *Phaeocystis globosa* est l'espèce dominante pour l'ensemble des radiales (dominance supérieure à 90 % de l'abondance totale). Ce taxon, qui est à l'origine d'une mousse abondante et nauséabonde, a des conséquences néfastes sur les écosystèmes pélagiques et benthiques. Le maximum de concentration cellulaire de *P. globosa* est enregistré le 19/04 avec 15,62.10<sup>6</sup> cell./L au point Atso.

Dans le contexte du dispositif REPHY (points côtiers du SRN), le suivi des espèces phytoplanctoniques productrices des toxines susceptibles de s'accumuler dans les produits marins de consommation ou de contribuer à d'autres formes d'exposition dangereuse pour la santé humaine a donné les résultats suivants : les genres *Dinophysis*, responsables de la toxine DSP (toxine diarrhéiques) et *Alexandrium*, potentiellement responsable de la toxine PSP (toxine paralysante) ont présenté des concentrations inférieures au seuil de déclenchement d'alerte. Pour les groupes de *Pseudonitzschia*, responsables de la toxine ASP (toxine amnésiante), le seuil a été dépassé et une procédure d'alerte a été mise en place à de nombreuses reprises. Durant cette période, les analyses de recherche ont été effectuées sur les coquillages et n'ont pas relevé la présence de toxines.

Le suivi réalisé depuis la mise en place du réseau SRN en 1992 a permis de constituer une base de données très importante, ce qui fait de lui une référence indispensable à la compréhension des évolutions saisonnières et à long terme de la qualité physico-chimique et biologique des eaux littorales du littoral Nord Pas de Calais Picardie. Les résultats ont, par exemple, été valorisés dans le cadre de la thèse de Guiselin (2011) et dans les articles de Lefebvre et al. (2011a,b) permettant ainsi de disséminer les résultats et les conclusions qui découlent de leurs analyses au niveau international.

Quelques recommandations peuvent être faites au regard des résultats du traitement des données du réseau SRN et face à des contraintes ou des enjeux nouveaux. Il apparaît ainsi judicieux d'associer au traitement des données du réseau SRN d'autres types d'informations issues de réseaux pérennes ou d'études et de recherches plus ponctuelles, et notamment celles dédiées aux mesures automatisées à hautes fréquences, comme les données de la bouée MAREL Carnot ou celles

permettant une approche à mésoéchelle comme les images satellites. La mise en œuvre de projet de recherche comme l'Interreg IV A des 2 Mers intitulé DYMAPHY devrait permettre le développement de techniques alternatives à l'observation au microscope du phytoplancton ainsi que le développement de systèmes de mesures automatisées adaptés à des déploiements le long de transects ([http://wwz.ifremer.fr/defimanche/projets/en\\_cours/dymaphy](http://wwz.ifremer.fr/defimanche/projets/en_cours/dymaphy) et <http://www.dymaphy.eu>).

Aucune technique, aucune méthodologie ne pouvant répondre à elle seule à l'ensemble des besoins de compréhension du fonctionnement des écosystèmes, l'objectif est de disposer d'informations complémentaires afin de mieux expliquer la variabilité spatiale et temporelle des blooms en lien avec les paramètres supports à la biologie.

Les données sont bancarisées dans la base QUADRIGE de l'Ifremer et sont mises à disposition à l'adresse suivante : <http://w3.ifremer.fr/envlit/surveillance/telechargement.htm>

Les données sont également utilisées pour la validation des modèles biogéochimiques type ECOMARS 3D de l'Ifremer. Elles sont intégrées au serveur d'images satellites des projets ROSES et MARCOAST : <http://www.ifremer.fr/nausicaa/roses/index.htm>

Dans le contexte de la mise en œuvre dès 2007 de la Directive Cadre sur l'Eau (D.C.E. Directive 2000/60/CE), (COM, 2005, a, b, c) certains points côtiers du S.R.N. intègrent le dispositif dit de Contrôle de Surveillance et de Contrôle Opérationnel.

Les documents de référence, les rapports d'évaluation de l'état écologique pour les différents éléments de qualité basés en partie sur les résultats du SRN, sont téléchargeables via le site Ifremer :

[http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive\\_cadre\\_sur\\_l\\_eau\\_dce/elements\\_de\\_qualite](http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce/elements_de_qualite)

La nouvelle Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (D.C.S.M.M.), pilier environnemental de l'approche transversale multidisciplinaire abordée dans le Livre Vert, étend l'approche D.C.E. limitée au premier mile nautique à partir de la ligne de base (pour les paramètres biologiques) jusqu'aux eaux du large (Zone Economique Exclusive). Ainsi, les points les plus au large du réseau S.R.N. répondront également aux attentes de diagnostic et de surveillance préconisées par cette directive européenne pour laquelle la surveillance devra être engagée dès 2014.

Dans le cadre de la stratégie de lutte contre l'eutrophisation de la convention d'Oslo et de Paris (OSPAR <http://www.ospar.org/>), les résultats du S.R.N. sont intégrés à la base de données utilisées pour définir le statut des masses d'eaux au regard de l'eutrophisation. Pour le littoral du Nord Pas-de-Calais / Picardie, ces résultats ont, en partie, permis de relativiser le résultat de l'évaluation lors de la seconde application de la procédure commune (Ospar, 2010). Notre littoral n'est plus considéré comme zone à problème mais comme zone à problème potentiel au regard de l'eutrophisation.

Dernièrement, les données RePHY/SRN ont été transmises au groupe de travail CIEM « Phytoplankton and Microbiol Ecology » (WG PME) afin de contribuer à la rédaction d'un rapport annuel sur le sujet.

## BIBLIOGRAPHIE

- Aminot A. & M. Chaussepied, 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans : 395 pp.
- Aminot A. & R. Kérouel, 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Éd. Ifremer, 336 p.
- Aminot A., Belin C., Chapelle A., Guillaud J.F., Joanny M., Lefebvre A., Menesguen A., Merceron A., Piriou J.Y., Souchu P., 2001. L'eutrophisation des eaux marines et saumâtres en Europe, en particulier en France. Rapport IFREMER DEL/EC/01.02 : 59 pp.
- Anonyme, 1985. The international system of units (SI) in oceanography. UNESCO Technical papers N°. 45.
- Anonyme, 1986. Le littoral de la Région Nord PasdeCalais, Qualité du milieu marin. Rapport IFREMER n°3 : 149 pp.
- Anonyme, 1988. Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin, Dix années de surveillance, 1974-1984. Rapport IFREMER, vol. II : 229 pp.
- Anonyme, 1989. Groupe de travail pour l'étude de l'eutrophisation des cours d'eau et des eaux littorales de la Région NordPasdeCalais. Secrétariat d'Etat du Premier Ministre chargé de l'Environnement Service de l'Eau Rapport 1989 : 74 pp.
- Anonyme, 1989. Le littoral de la Région Nord PasdeCalais, Apports à la mer. Rapport IFREMER n° 15 : 149 pp.
- Anonyme, 1990. Review of potentially harmful substances. Nutrients. United Nations Educational, Scientific and Organisation, Reports and studies n° 34 : 40 pp.
- Anonyme, 1991. Annuaire de la qualité des eaux de surface du département de la Somme.
- Anonyme, 1992. Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin ; Surveillance du milieu marin, Travaux du RNO, Inter comparaison 1992 pour la salinité et les sels nutritifs. Rapport IFREMER : 68 pp.
- Anonyme, 1993. North Sea subregion 4 & 9, Assessment Report. North Sea Task Force : 195 pp. et 153 pp.
- Artigas L.F., Guiselin N., Courcot L., Sazhin A., Jauzein C., Lizon F., Lefebvre A., Hebert P., M.J. ChrétiennotDinet, D. Purdie, C. Labry, 2005b. Phytoplankton spring blooms in coastal waters of the eastern English Channel : interannual and seasonal monitoring of species composition, biomasses and activities in coastal systems characterised by important *Phaeocystis globosa* outbursts. III International Plankton Symposium. Figueira da Foz, PT, 17-20/03/05
- Artigas L.F., Guiselin N., Courcot L., Sazhin A., Jauzein C., Lizon F., Lefebvre A., Hebert P., Gentilhomme V., ChétiennotDinet M.J., Purdie D., 2005a. Seasonal and interannual variability of *Phaeocystis globosa* outbursts in the eastern English Channel and associated phytoplankton dynamics. SCORUNESCO working group « *Phaeocystis* » Final meeting, Groningen NL, 30/08 au 03/09/09.
- Barbet F., 2005. L'eutrophisation sur le littoral Nord PasdeCalais Picardie : étude des tendances passées et perspectives d'évolution. Rapport IFREMER/RST.LER.BL/05.09, Laboratoire côtier de BoulognesurMer, 142 p.
- Barbier G., Arnal O., Delattre J.M., Grossel H. & M. Morel, 1986. Le littoral de la région Nord Pas de Calais : Qualité du milieu marin. Convention de Coopération Région Nord Pas de Calais / IFREMER. Rapport Scientifique et Techniques de l'IFREMER, N° 3, 152 pp.
- Belin C., 2001. Cahier des procédures REPHY. Document de prescription. R. Int. IFREMER / DEL, 47 pp.

- Bendschneider, K. and Robinson, R.J., 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.* 11, 8796. *In* : Aminot A. & M. Chaussepied, 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans, 119124.
- Bentley D, Lafite R., Morley N.H., James R., Statham P. & J.C.Guary, 1993. Flux de nutriments entre la Manche et la mer du Nord, situation actuelle et évolution depuis 10 ans. *Oceanol. Acta*, 16 (56) : 599606.
- Billen G., Lancelot C. & M Meybeck, 1991. N, P, Si retention along the aquatic continuum from land to ocean. *In* : Mantoura R.F.C., Martin J.M. & R. Wollast (eds). Toxic phytoplankton blooms in the sea. Elsevier Science Publishers BV, Amsterdam, p. 203209.
- Breton E., Rousseau V. & J.-Y. Parent, 2006. Hydroclimatic modulation of diatom / Phaeocystis blooms in nutrient-enriched Belgian coastal waters (North Sea). *Limnol. Oceanogr.*, 51(3) : 1401-1409.
- Breton E, Brunet C, Sautour B, Brylinski J-M (2000). Annual variations of phytoplanktonic biomass in the Eastern English Channel: comparison by pigment signatures and microscopic counts. *Journal of Plankton Research.* 22 : 1423-1440.
- Brzezinski M.A., 1985. The Si:C:N ratio of marine diatoms: interspecific variability and the effect of some environmental variables. *J. Phycol.*, 21: 347357.
- Brylinski J.M., 1993. Ecohydrodynamique pélagique en Manche Orientale, 30 pp.
- Brylinski J. M. & Y. Lagadeuc, 1990. L'interface eaux côtières / eaux du large dans le Pas de Calais (côte française) : une zone frontale. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 311 (2): 535540.
- Brylinski J.M., Lagadeuc Y., Gentilhomme V., Dupont J.P., Lafite R., Dupeuple P.A., Huault M.F., Auger Y., Puskaric E., Wartel M. & L. Cabioch, 1991. Le fleuve côtier : un phénomène hydrologique important en Manche Orientale. Exemple du Pas de Calais. *Oceanol. Acta*, 11 (Vol. Spec.): 197203.
- COM, 2005a. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council, establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy. COM (2005), 505 final, SEC (2005), 1290, 31 pp.
- COM, 2005b. Communication from the Commission to the Council and the European parliament. Thematic strategy on the protection and conservation of the marine environment. COM (2005), 1290, 9 pp.
- COM, 2005c. Commission staff working document. Annex to the communication from the Commission to the Council and the European parliament. Thematic strategy on the protection and conservation of the marine environment and proposal for a directive of the European parliament and of the Council, establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy. COM (2005), 504 and 505 final, SEC (2005), 1290, 79 pp.
- Delinieres G., Hitier B., Olivesi R., Delesmont R., Morel M. & N. Loquet, 1996. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord PasdeCalais. Bilan de l'année 1995. Rapport IFREMER DEL : 49 pp.
- Duarte C.M., Conley D.J., Carstensen J. & Sanchez-Camacho M., 2009. Return to Neverland: shifting baselines affect eutrophication restoration targets. *Estuaries and Coasts*, 32: 29-36.
- Frontier S., PichodViale D., 1991. Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution, 391 pp.
- Gentilhomme V. & F. Lizon, 1998. Seasonal cycle of nitrogen and phytoplankton biomass in a wellmixed coastal system (Eastern English Channel). *Hydrobiologia* 361 : 191-199.
- Gohin F., Druon J.N., and L. Lampert, 2002. A five channel chlorophyll algorithm applied to SeaWiFS data processed by SeaDAS in coastal waters. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 23, 8, pp 1639-1661.

- Gohin F., Saulquin B., Oger-Jeanneret H., Lozac'h L., Lampert L., Lefebvre A., Riou P. and F. Bruchon, 2008. Using satellite-derived chlorophyll concentrations for monitoring the eutrophication risk of coastal waters. *Remote Sensing of Environment*, 112: 3329-3340.
- Goidin L., Hitier B., Olivesi R., Delesmont R., Morel M. & N. Loquet, 1999. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord PasdeCalais. Bilan de l'année 1998. Rapport IFREMER DEL : 59 pp.
- Guiselin N., 2005. Successions d'espèces phytoplanctoniques en eaux côtières en Manche Orientale : analyse rétrospective des données des réseaux de surveillance 1992-2004 et bilan des suivis en cours. Ifremer/TMR.LER.BL/05.08-l'aboratoire côtier de BoulognesurMer, 30 p. + Annexes.
- Guiselin N., 2011. Etude de la dynamique des communautés phytoplanctoniques par microscopie et cytométrie en flux, en eaux côtières de la Manche orientale. Thèse de l'Université du Littoral du Littoral Côte d'Opale, 190 p + Annexes
- Hitier B., Olivesi R., Delesmont R. & M. Morel, 1994. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord PasdeCalais. Bilan de l'année 1993. Rapport IFREMER DEL : 66 pp.
- Hitier B., Olivesi R., Rybarczyk H., Delesmont R., Morel M. & N. Loquet, 1995. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord PasdeCalais. Bilan de l'année 1994. Rapport IFREMER DEL : 71 pp.
- Hitier B., Olivesi R., Rybarczyk H., Delesmont R., Morel M. & N. Loquet, 1996. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord PasdeCalais. Synthèse des résultats du suivi de 1992 à 1994. Rapport IFREMER DEL : 67 pp.
- Ifremer, laboratoire côtier de BoulognesurMer, 2002. Résultats de la Surveillance de la Qualité du Milieu Marin Littoral, Edition 2002, 43 p.
- Jickells T.D., 1998. Nutrient biogeochemistry of the coastal zone. *Science*, 281 : 217222.
- Joanny M., 1993. Qualité du milieu marin littoral. Rapport IFREMER : 241 pp.
- Koroleff, F., 1969. Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. ICES, C.M. 1969/C : 9 Hydr. Comm. *In* : Aminot A. & M. Chaussepied, 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans, 107-118.
- Lamy D., 2006. Dynamique bactérienne en Manche Orientale – Relation avec les poussées de *Phaeocystis globosa*. Thèse de l'Université du Littoral Côte d'Opale, 318 p + Annexes.
- Lancelot C., Keller M.D., Rousseau V., Smith W.O. & S. Mathot, 1998. Autecology of the marine haptophyte *Phaeocystis* sp.. NATO AS1 Series, vol. G41, Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms, Anderson D.M. & G.M. Hallegraeff (eds.), SpringerVerlag Berlin Heidelberg, pp. 6984.
- Lancelot C., Rousseau V. & N. Gypens, 2009. Ecologically based indicators for *Phaeocystis* disturbance in eutrophied Belgian coastal waters (Southern North Sea) based on field observations and ecological modelling. *Journal of Sea Research*, 61 (1-2): 44-49.
- Lebon Sylvain (stagiaire IUT-ULCO ; encadrant : A. Lefebvre), 2008. Mise en œuvre de la DCE sur le bassin Artois-Picardie : le milieu marin : Synthèses méthodologiques et cartographique. Ifremer/TMR.LER.BL/08.06, 68 pages.
- Lefebvre A., 2004. Seasonal trends of the *Phaeocystis* sp. And nutrients dynamics in the eastern English Channel. *J. Rech. Oceanogr., JRO*, 28, fasc. 1 et 2, 5761.
- Lefebvre A., Libert A., 2004. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord PasdeCalais Picardie. Bilan de l'année 2003. Rapport IFREMER/DEL/BL/RST/04/04 : 92 p.
- Lefebvre A., Carton C., 2005. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord PasdeCalais Picardie. Bilan de l'année 2004. Rapport IFREMER/RST.LER.BL/05.05 : 130 p.
- Lefebvre A., Artigas L. F., Guiselin N. & F.Barbet Long-term changes on the phytoplankton communities, temporarily dominated by *Phaeocystis globosa* in relation with hydroclimatic conditions and eutrophication processes in the eastern English Channel and southern bight of



- the North Sea. Colloque de restitution finale du chantier PNEC Manche Orientale – Le bloom de *Phaeocystis* : causes & consequences. Wimereux, 29-30 janvier 2007.
- Lefebvre A. & M. Repecaud, 2006. MAREL Carnot – Partie 1 : Bilan de la mise en place d'un système de mesures automatisées à haute fréquence en zone côtière de Boulogne-sur-Mer. Rapport Ifremer/RST.LER.BL/06.09, 18 pages + CD ROM.
- Lefebvre A., 2007. MAREL Carnot : Partie 2 : Valorisation des données d'une surveillance à haute fréquence en zone côtière sous influence anthropique (Boulogne-sur-Mer). Données de l'année 2006. Ifremer/RST.LER.BL/07.08, 44 pages.
- Lefebvre A., 2008. MAREL Carnot : Rapport n° 3 : Valorisation des données d'une surveillance à haute fréquence en zone côtière sous influence anthropique (Boulogne-sur-Mer). Bilan de l'année 2007. Ifremer/RST.LER.BL/08.04, 23 pages
- Lefebvre A., Guiselin N., Barbet F., Artigas L. F., 2011a. Seasonal and interannual (1992-2007) variability in nutrients and phytoplankton in three coastal areas of the Eastern English Channel and the southern bight of the North Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 68(10) : 2029-2043
- Lefebvre A., Belin C. , Amouroux I. & D. Claisse, 2011b. Surveillance de la qualité des eaux côtières sur le littoral Nord, Pas-de-Calais et Picardie (Manche orientale) : Etat des lieux. Observation des écosystèmes marin et terrestre de la côte d'Opale : du naturalisme à l'écologie. F.G. Schmitt (Coord.). Edition Union des Océanographes de France, Paris, pp. 225-252.
- Loquet N., Rybarczyk H. & B. Elkaim, 2000. Echanges de sels nutritifs entre la zone côtière et un système estuarien intertidal : la Baie de Somme (Manche, France). *Oceanol. Acta*, 23 (1) : 4764.
- Lorenzen C.J., 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments : spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12 : 343346.
- Meybeck M & R Helmer, 1989. The quality of rivers: from pristine stage to global pollution. *Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleoecol.*, 75 : 283309.
- Mirlicourtois M., Olivesi R., Jamet F., Rybarczyk. H & M. Morel, 1993. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord PasdeCalais. Bilan de l'année 1992. Rapport IFREMER DEL :115 pp.
- Mullin, J. B. and Riley, J. P., 1955. The spectrophotometric determination of silicatesilicon in natural waters with special reference to sea water. *Anal. Chim. Acta*, 12, 162-170. *In* : Aminot A. & M. Chaussepied, 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans, 143-150.
- Murphy, J. and Riley, J.P., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta* 27, 3136. *In* : Aminot A. & M. Chaussepied, 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans, 135-42.
- Officer C.B. & J.H. Ryther, 1980. The possible importance of silicon in marine eutrophication. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 3 : 8391.
- OSPAR, 2005. Common procedure for the identification of the eutrophication status of the OSPAR maritime area, OSPAR agreement 2005-3.
- Peta O., Hitier B., Olivesi R., Delesmont R., Morel M. & N. Loquet, 1998. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord PasdeCalais. Bilan de l'année 1997. Rapport IFREMER DEL : 59 pp.
- Quisthoudt C., Bentley D., Brylinski J.M., 1987. Discontinuité hydrobiologique dans le détroit du PasdeCalais. *J. Plankton Res.*, 9 (5) : 9951002.
- Redfield A.C., Ketchum B.H. & Richards F.A., 1963. The influence of organisms on the composition of seawater. *In* : Hill M.N. (ed), *The Sea*. John Wiley, New York,. Vol. 2, p. 26-77.

- Rybarczyk H., 1992. Processus d'eutrophisation et ses conséquences sur les peuplements d'un écosystème estuarien : la Baie de Somme. Thèse de l'Université Paris VI : 171 pp.
- Smayda T.J., 1990. Novel and nuisance phytoplankton blooms in the sea : evidence for a global epidemic. In : Granéli E. (ed). Toxic marine phytoplankton. Elsevier Science Publishing Co., New York, p. 2940.
- Strickland, J. D. H. and Parsons, T. R., 1972. A practical handbook of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 167, 311 p. In : Aminot A. & M. Chaussepied, 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans, 143-150.
- Sanders HL ,1960. Benthic studies in Buzzards Bay III. The structure of the soft-bottom community. *Limnology and Oceanography*, Vol. 5, no. 2, pp. 138-153.
- Sandin L. & R.K. Johnson, 2000. The statistical power of selected indicator metrics using macroinvertebrates for assessing acidification and eutrophication of running waters. *Hydrobiologia*, 422/423 : 233-243.
- Schapira M., 2005. Dynamique spatio-temporelle de *Phaeocystis globosa* en Manche Orientale : effets de la turbulence et des apports sporadiques en sels nutritifs. Thèse de doctorat de l'Université de Lille I, 228 p. + Annexes.
- Schapira M., Vincent D., Gentilhomme V., Seuront L., 2008. Temporal patterns of phytoplankton assemblages during the wane of a *Phaeocystis globosa* spring bloom in hydrologically contrasted waters. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, 88 (4) : 649-662.
- Soudant D. & C. Belin, 2009. Evaluation DCE de décembre 2008. Eléments d'expertise. Rapport Interne Ifremer, R.INT.DIR/DYNECO/VIGIES/09-04/DS, 6 volumes.
- Truffier S., Hitier B., Olivesi R., Rybarczyk H., Delesmont R. & M. Morel, 1997. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord PasdeCalais. Bilan de l'année 1996. Rapport IFREMER DEL : 62 pp.
- Vanhoutte-Brunier A., Fernand L., Ménesguen A., Lyons S., Gohin F., Cugier P., 2008. Modelling the *Karenia mikimotoi* bloom that occurred in the western English Channel during summer 2003. *Ecological Modelling*, 210 : 351-376.

## ANNEXES

<b>P. 172-177 : Annexe 1</b>	Calendrier des sorties et conditions de prélèvements
<b>P. 178-183 : Annexe 2</b>	Données brutes des analyses physico-chimiques
<b>P. 185 : Annexe 3</b>	Tableau de synthèse des limitations potentielles en nutriments pour l'ensemble des radiales en 2011
<b>P.187 : Annexe 4</b>	Résultats REPHY 2011, Phycotoxines

## **Annexe 1**

*Calendrier des sorties et conditions de prélèvements*

**Dunkerque**

Date	Point de Prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation Marée	Coefficient
21/01/11	DK1	12h15	PM à 13h43	PM - 01h28	101/103
	DK3	11h53		PM - 01h50	
	DK4	11h30		PM - 02h13	
08/03/11	DK1	15h22	PM à 14h46	PM + 00h36	84/81
	DK3	15h00		PM + 00h14	
	DK4	14h25		PM - 00h21	
24/03/11	DK1	17h55	PM à 15h55	PM + 02h00	87/78
	DK3	17h28		PM + 01h33	
	DK4	17h04		PM + 01h09	
20/04/11	DK1	15h30	PM à 15h03	PM + 00h27	107/103
	DK3	15h00		PM - 00h03	
	DK4	14h35		PM - 00h28	
06/05/11	DK1	15h31	PM à 15h30	PM + 0h01	79/76
	DK3	15h05		PM - 00h25	
	DK4	14h40		PM - 00h50	
20/05/11	DK1	14h15	PM à 15h38	PM - 01h23	91/86
	DK3	13h45		PM - 01h53	
	DK4	13h20		PM - 02h28	
27/05/11	DK1	10h15	PM à 16h30	PM - 06h15	42/44
	DK3	NA		NA	
	DK4	NA		NA	
20/06/11	DK1	16h00	PM à 16h50	PM - 00h50	75/71
	DK3	15h35		PM - 01h15	
	DK4	15h10		PM - 01h40	
27/07/11	DK1	10h15	PM à 11h04	PM - 00h49	44/47
	DK3	10h55		PM --00h09	
	DK4	NA		NA	
16/08/11	DK1	15h45	PM à 15h15	PM + 00h30	88/86
	DK3	15h20		PM + 00h05	
	DK4	14h55		PM - 00h20	
26/10/11	DK1	12h30	PM à 12h43	PM - 00h13	102/106
	DK3	11h45		PM - 01h02	
	DK4	NA		NA	
27/12/11	DK1	14h20	PM à 14h27	PM + 00h07	100/97
	DK3	14h00		PM + 00h27	
	DK4	13h33		PM - 01h06	

**Boulogne-sur-mer**

Date	Point de Prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation Marée	Coefficient
18/01/11	BL1	10h08	PM à 10h36	PM - 00h28	68/75
	BL2	09h50		PM - 00h46	
	BL3	09h20		PM - 01h16	
09/02/11	BL1	15h00	BM à 15h19	PM - 00h19	64/58
	BL2	14h45		PM - 00h34	
	BL3	14h20		PM - 00h59	
16/03/11	BL1	10h50	PM à 8h53	PM + 01h57	51/60
	BL2	10h35		PM + 01h42	
	BL3	10h15		PM + 01h22	
29/03/11	BL1	10h50	PM à 8h24	PM - 02h26	89/90
	BL2	10h38		NA	
	BL3	10h10		NA	
13/04/11	BL1	10h43	PM à 7h58	PM + 02h45	43/48
	BL2	10h20		PM + 02h22	
	BL3	09h47		PM + 01h49	
28/04/11	BL1	10h10	PM à 9h44	PM + 00h26	47/51
	BL2	09h55		PM + 00h11	
	BL3	09h30		PM - 00h14	
10/05/11	BL1	16h00	PM à 17h45	PM - 01h45	53/51
	BL2	15h40		PM - 02h05	
	BL3	15h00		PM - 02h45	
25/05/11	BL1	16h30	BM à 13h35	PM + 02h55	43/41
	BL2	16h12		PM + 02h37	
	BL3	15h35		PM + 02h00	
31/05/11	BL1	10h50	PM à 12h01	PM - 01h11	68/71
	BL2	NA		NA	
	BL3	NA		NA	
07/06/11	BL1	16h10	PM à 15h56	PM + 00h14	71/68
	BL2	15h50		PM - 00h06	
	BL3	14h38		PM - 01h18	
16/06/11	BL1	14h40	PM à 13h10	PM + 01h30	90/91
	BL2	NA		NA	
	BL3	NA		NA	
27/06/11	BL1	11h00	PM à 9h44	PM + 01h16	44/47
	BL2	10h50		PM + 01h06	
	BL3	10h20		PM + 00h36	
25/07/11	BL1	10h15	PM à 07h31	PM + 02h44	35/34
	BL2	10h00		PM + 02h34	
	BL3	09h40		PM + 02h09	
10/08/11	BL1	10h15	PM à 10h10	PM + 00h05	53/58
	BL2	10h00		PM - 00h10	
	BL3	9h05		PM - 01h05	

30/09/11	BL1	14h35	PM à 14h36	PM - 00h01	110/105
	BL2	14h20		PM - 00h16	
	BL3	13h50		PM - 00h46	
27/10/11	BL1	11h55	PM à 12h43	PM - 00h48	109/111
	BL2	11h38		PM - 01h05	
	BL3	11h15		PM - 01h28	
28/11/11	BL1	14h10	PM à 13h46	PM + 00h24	93/88
	BL2	14h00		PM + 00h14	
	BL3	13h40		PM - 00h06	

**Baie de Somme**

Date	Point de Prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation Marée	Coefficient
24/01/11	BIF	15h55	PM à 15h24	PM + 00h31	96/91
	MiMer	15h43		PM + 00h19	
	ATSO	15h22		PM - 00h02	
	ME1	15h12		PM - 00h12	
	ME2	14h55		PM - 00h31	
21/02/11	BIF	14h25	PM à 14h22	PM + 00h03	113/109
	MiMer	14h12		PM - 00h10	
	ATSO	13h52		PM - 00h30	
	ME1	13h41		PM - 00h41	
	ME2	12h23		PM - 01h59	
08/03/11	BIF	14h25	PM à 14h12	PM + 00h13	84/81
	MiMer	14h11		PM - 00h01	
	ATSO	13h50		PM - 00h22	
	ME1	13h45		PM - 00h27	
	ME2	13h26		PM - 00h46	
31/03/11	BIF	NA	PM à 11h33	NA	62/67
	MiMer	NA		NA	
	ATSO	11h00		PM - 00h33	
	ME1	NA		NA	
	ME2	NA		NA	
07/04/11	BIF	15h33	PM à 15h16	PM + 00h17	79/75
	MiMer	15h23		PM + 00h07	
	ATSO	15h05		PM - 00h11	
	ME1	14h51		PM - 00h25	
	ME2	14h30		PM - 00h46	
14/04/11	BIF	NA	PM à 09h37	NA	55/63
	MiMer	NA		NA	
	ATSO	09h20		PM - 00h17	
	ME1	NA		NA	
	ME2	NA		NA	
19/04/11	BIF	14h13	PM à 13h56	PM + 00h17	112/110
	MiMer	14h00		PM + 00h04	
	ATSO	13h48		PM - 00h08	
	ME1	13h35		PM - 00h16	
	ME2	13h15		PM - 00h36	
19/05/11	BIF	14h15	PM à 14h24	PM - 00h09	98/95
	MiMer	14h05		PM - 00h19	



	ATSO	13h50		PM - 00h34	
	ME1	13h45		PM - 00h39	
	ME2	13h30		PM - 00h54	
01/06/11	BIF	13h40	PM à 12h54	PM + 00h46	74/76
	MiMer	13h30		PM + 00h36	
	ATSO	13h15		PM + 00h21	
	ME1	13h00		PM + 00h06	
	ME2	12h50		PM - 00h04	
30/06/11	BIF	13h45	PM à 12h31	PM + 01h14	70/74
	MiMer	13h30		PM + 00h59	
	ATSO	13h05		PM + 00h34	
	ME1	12h50		PM + 00h19	
	ME2	12h35		PM + 00h04	
28/07/11	BIF	12h10	PM à 11h21	PM + 00h49	56/62
	MiMer	11h52		PM + 00h31	
	ATSO	11h15		PM - 00h06	
	ME1	11h05		PM - 00h16	
	ME2	10h46		PM - 00h35	
18/08/11	BIF	16h05	PM à 15h48	PM + 00h17	77/73
	MiMer	15h52		PM + 00h04	
	ATSO	15h32		PM - 00h16	
	ME1	15h22		PM - 00h26	
	ME2	15h10		PM - 00h38	
15/09/11	BIF	15h10	PM à 16h44	PM - 01h34	84/82
	MiMer	15h00		PM - 01h44	
	ATSO	14h40		PM - 02h04	
	ME1	14h30		PM - 02h14	
	ME2	14h15		PM - 02h29	
17/10/11	BIF	16h35	PM à 15h46	PM + 00h49	64/60
	MiMer	16h23		PM + 00h37	
	ATSO	16h12		PM + 00h26	
	ME1	15h45		PM - 00h01	
	ME2	15h35		PM - 00h11	
10/11/11	BIF	12h18	PM à 11h47	PM + 00h31	77/78
	MiMer	11h57		PM + 00h10	
	ATSO	11h34		PM - 00h13	
	ME1	11h23		PM - 00h24	
	ME2	11h08		PM + 00h39	

## **Annexe 2**

### ***Données brutes des analyses physico-chimiques***

**(NA : données manquantes)**

**2011, Radiale de Dunkerque, Station 1**

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
21/01/2011	6,2	33,7	8,79	16,3	2,1	1,39	0,98	1,63	0,7	23,5	0,83	13,1
08/03/2011	5,4	33,2	16,5	34,8	4,4	19,89	7,88	1,4	0,39	25,6	0,38	3,43
24/03/2011	7,6	34,1	4,61	11	3,6	15,62	3,63	0,98	0,24	5,06	0,12	1,07
20/04/2011	11,3	34,4	3,29	6,8	4,4	7,31	3,97	0,63	0,05	0,26	0,12	1,43
06/05/2011	12,8	33	3,36	8,7	2,8	4,61	2,62	2,91	0,24	1,84	0,05	4,57
20/05/2011	NA	33,7	5,47	8	1,7	6,48	2,36	3,96	0,23	1	0,43	6,28
27/05/2011	14,6	34,4	6,1	12	1,7	6,25	4,41	NA	NA	NA	NA	NA
20/06/2011	15,9	35,2	6,38	13,3	2,1	8,75	2,96	2,32	0,1	0,59	0,25	3,09
27/07/2011	17,6	35,5	1,68	24,6	5,4	4,25	0,84	0,19	0,05	0,38	0,12	0,42
16/08/2011	18,5	35,2	3,75	26,9	5,8	7,3	1,83	1,3	0,14	0,73	0,28	0,69
26/10/2011	14,1	34,4	15,3	36,8	3,8	2,66	2,75	5,97	0,50	7,57	0,58	8,29
27/12/2011	8,7	34,8	11,8	46	6,7	1,66	1,87	3,19	0,62	15,30	0,73	9,49

**2011, Radiale de Dunkerque, Station 3**

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
21/01/2011	6,2	34,3	4,61	11,4	1,6	1,85	0,78	0,15	0,56	17,06	0,77	3,75
08/03/2011	5,8	33,9	6,8	12,9	2,2	12,67	3,41	0,46	0,5	17,48	0,31	0,1
24/03/2011	7,5	34,3	2,96	6,4	2,2	11,22	2,34	0,15	0,56	4,36	0,3	0,1
20/04/2011	10,6	34,5	14,2	29,6	7,2	6,65	1,84	0,66	0,05	0,15	0,05	0,65
06/05/2011	12,2	33,7	2,15	10,4	4	2,78	2,44	0,8	0,05	0,15	0,14	1,61
20/05/2011	NA	34,1	1,64	2,2	0,8	2,02	0,65	0,15	0,05	0,15	0,11	1,66
27/05/2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
20/06/2011	15,3	35,2	2,59	3,5	0,9	2,71	0,78	0,15	2,4	2,4	0,79	0,71
27/07/2011	17,3	35,4	0,912	24	5,5	2,3	0,15	0,15	0,05	0,15	0,34	0,1
16/08/2011	18	35,5	3,48	27,7	5,5	3,41	0,63	0,15	0,05	0,15	0,36	0,9
26/10/2011	14,6	34,6	9,76	22,5	2,8	1,57	1,36	3,39	0,3	5,87	0,93	4,1
27/12/2011	9,1	35,3	3	27,9	4,5	2	1,07	0,36	0,84	12,63	1,05	4,11

**2011, Radiale de Dunkerque, Station 4**

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
21/01/2011	6,3	34,3	2,67	4	0,8	1,4	0,62	0,17	0,58	15,82	0,78	5,18
08/03/2011	5,9	34,2	3,61	5,2	1,6	9,97	2,98	0,63	0,5	16,38	0,32	0,1
24/03/2011	7,5	34,4	1,68	4,5	1,9	9,56	1,50	0,15	0,57	6,35	0,19	0,1
20/04/2011	10,4	34,4	3,81	6,4	4	8,31	1,70	1,29	0,05	0,15	0,05	0,25
06/05/2011	12,1	33,9	1,24	3,1	2	1,39	0,63	0,67	0,05	0,15	0,09	1,23
20/05/2011	NA	34,2	1,04	1,6	0,9	2,55	0,72	0,15	0,05	0,15	0,05	1,74
27/05/2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
20/06/2011	14,9	35,3	1,23	2	0,8	1,99	0,33	0,15	1,94	1,94	1,18	0,44
27/07/2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
16/08/2011	17,8	35,2	1,49	23,7	5,4	2,04	0,23	0,15	0,05	0,15	0,29	0,6
26/10/2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
27/12/2011	9,00	35,2	3,1	28,3	5,5	0,95	0,66	0,86	0,69	14,97	1,10	4,22

**2011, Radiale de Boulogne , Station 1**

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
--	-------	-------	-------	--------	-----------	----------	-------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	-------------------------------	------

	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
18/01/2011	6,3	33,7	9,66	11,9	1,2	1,43	1,51	1,11	0,44	21,4	0,76	9,42
09/02/2011	6,2	33,6	3,28	7,1	1,1	4,74	1,77	0,24	0,4	23,2	0,59	8
16/03/2011	7,3	34	1,23	3,7	1,7	15,9	3,88	0,9	0,28	9,66	0,14	0,36
29/03/2011	8,3	34,1	0,723	3,1	1,6	9,14	1,64	0,72	0,25	3,78	0,08	1
13/04/2011	9,9	34,2	2,11	3,6	2,6	18,37	3,27	0,37	0,18	0,52	0,05	0,51
28/04/2011	11,1	34,4	2,22	5,8	3	5,9	2,01	0,57	0,06	0,47	0,15	1,06
10/05/2011	13,1	35	0,483	5,3	1,7	0,97	0,04	0,14	0,11	0,41	0,05	2,1
25/05/2011	14,3	35,1	0,67	1	1	1,66	0,38	0,3	0,07	0,49	0,1	1,89
31/05/2011	14,5	35,1	1,35	1,5	0,4	1,85	0,59	NA	NA	NA	NA	NA
07/06/2011	15,1	35,2	1,5	3,8	0,9	1,08	0,66	1,45	0,17	0,93	0,15	1,62
16/06/2011	16	34,8	3,19	11,9	2	3,15	2,08	NA	NA	NA	NA	NA
27/06/2011	17	35,1	3,25	3,6	1,3	2,53	0,84	0,85	0,11	0,97	0,1	2,13
25/07/2011	17,2	35,3	2,07	3,6	1,1	3,32	0,75	0,5	0,12	0,72	0,18	2,12
10/08/2011	18,4	34,9	2,63	29,7	6,9	3,53	1,18	0,33	0,05	0,47	0,1	1,57
30/09/2011	17,2	34,4	4,34	30,1	5,8	3,45	2,16	2,37	0,29	6,08	0,17	4,62
27/10/2011	14,3	34,4	2,56	8	1,4	10,47	4	1,01	0,22	6,16	0,19	2,75
28/11/2011	11,1	34,5	2,97	7,5	1,4	5,67	1,77	1,34	0,46	13,50	0,46	2,72

### 2011, Radiale de Boulogne , Station 2

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
18/01/2011	6,3	34,2	3,23	5,6	0,8	1,05	0,69	0,15	0,43	18,4	0,73	4,35
09/02/2011	6,4	34,2	2,15	3,4	0,8	2,75	0,91	0,15	0,31	18,07	0,81	2,15
16/03/2011	7,4	33,9	0,887	1,6	1,1	9,42	1,79	0,72	0,56	10,24	0,26	0,1
29/03/2011	8,2	34,2	0,674	2,3	1,2	7,65	1	0,75	0,12	1,59	0,3	0,8
13/04/2011	9,7	34,3	1,45	3,6	2,1	14,21	2,43	0,75	0,05	0,15	0,05	0,1
28/04/2011	10,8	34,8	2,16	4,5	1,3	3,88	2,02	1,46	0,05	0,15	0,16	0,25
10/05/2011	12,4	35,1	0,451	3,7	1,2	1,67	0,04	0,47	0,05	0,15	0,05	1,14
25/05/2011	13,9	35,3	0,661	1,2	0,9	1,85	0,38	0,4	0,05	0,15	0,05	1,43
31/05/2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
07/06/2011	14,4	35,5	0,9	1,9	0,4	0,5	1,19	1,5	1,6	1,6	0,61	1,48
16/06/2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
27/06/2011	16,7	35,1	2,67	3,1	0,9	1,91	0,65	0,96	0,05	0,15	0,1	1,03
25/07/2011	17,2	35,5	1,9	4,6	0,6	3,27	0,76	0,27	0,05	0,15	0,16	0,93
10/08/2011	18	35,1	0,85	25,3	6,3	1,95	0,37	0,47	0,05	0,15	0,23	0,78
30/09/2011	17,4	34,7	3,14	26,6	5,6	1,88	0,75	0,15	0,19	1,24	0,61	4,22
27/10/2011	14,4	34,4	3,67	8,5	1,3	5,48	2,59	1,58	0,22	8,11	0,71	3,11
28/11/2011	11,9	35	2,2	5,9	0,9	4,04	2,52	1,16	0,26	9,61	0,83	2,25

### 2011, Radiale de Boulogne , Station 3

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
18/01/2011	6,7	34,2	1,98	2,3	0,8	0,67	0,40	0,19	0,34	16,47	0,81	4,13

09/02/2011	6,7	34,3	1,56	1,7	0,8	1,76	0,55	0,58	0,29	14,85	0,8	2,66
16/03/2011	7,4	34,9	0,863	0,9	0,9	7,31	1,34	0,69	0,52	8,59	0,25	0,1
29/03/2011	8,2	34,3	0,42	1,7	1	4,65	0,89	0,65	0,08	1,41	0,16	0,59
13/04/2011	9,6	34,5	1,13	1,1	1,1	7,64	1,52	0,76	0,05	0,15	0,05	0,1
28/04/2011	10,6	34,8	0,913	2,4	0,9	1,98	1,06	0,44	0,05	0,15	0,05	0,81
10/05/2011	12,6	35,3	0,321	3,2	1,2	0,56	0,04	0,25	0,05	0,15	0,05	1,1
25/05/2011	14,8	35,1	1,06	1,7	1,2	1,04	1,93	1,1	0,05	0,15	0,18	1,46
31/05/2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
07/06/2011	13,9	35,7	0,4	0,8	0,8	1,16	0,12	1,04	0,34	0,34	0,21	1,12
16/06/2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
27/06/2011	16,4	35,3	1,09	0,8	0,7	1,25	0,24	0,15	0,05	0,15	0,06	0,63
25/07/2011	16,9	35,5	0,85	0,9	0,3	2,71	0,27	0,3	0,05	0,15	0,44	0,46
10/08/2011	17,5	35,4	0,527	24,9	6,4	1,04	0,04	0,84	0,05	0,15	0,26	0,67
30/09/2011	17,1	35	1,49	23,2	5,9	1,29	0,17	0,68	0,16	0,47	0,65	4,54
27/10/2011	15,1	35	1,29	4,8	0,9	2,26	1,18	0,64	0,11	3,91	0,85	2,99
28/11/2011	12,7	35,4	1,55	2	0,7	0,85	1,17	1,09	0,49	8,29	0,91	2,46

### 2011, Radiale de la Baie de Somme, Station BIF

	Temp.	Sali.	Turb.	M,E,S,	M,E,S Org	Chloro a	Phéo.	NH4+	NO2-	NO3-	PO43-	SiOH
	°C	P,S,U,	N,T,U,	mg,l-1	mg,l-1	µg,l-1	µg,l-1	µmol,l-1	µmol,l-1	µmol,l-1	µmol,l-1	µmol,l-1
24/01/2011	6,3	31,9	19,1	35,4	2,4	1,91	2,97	1,75	0,7	41,9	0,96	24
21/02/2011	6,9	32,5	15,6	29,2	2	4,49	4,04	1,43	0,37	37,7	0,68	16
08/03/2011	6,3	32,5	11,3	20,5	3,1	19,54	7,21	0,61	0,49	25,8	0,12	2,88
31/03/2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
07/04/2011	10,9	32,4	5,61	11,5	2,1	12,63	4,24	0,37	0,19	4,65	0,09	3,16
14/04/2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
19/04/2011	12,1	33	5,44	17,2	5,2	18,54	5,07	0,26	0,07	0,51	0,08	1,69
19/05/2011	15,1	33,7	8,98	25,4	5	19,86	7,30	0,21	0,06	0,3	0,16	2,7
01/06/2011	15,9	33,6	19,7	39	5,2	36,07	9,31	0,91	0,19	0,74	0,23	2,68
30/06/2011	NA	33,6	29	80,6	16	90,12	19,63	0,71	0,16	0,86	0,21	2,12
28/07/2011	18,3	31,6	25,2	86,4	19,6	84,51	36,25	0,48	0,99	22,2	0,65	17,1
18/08/2011	18,9	33,9	7,64	14	2,5	13,25	4,66	0,29	0,07	0,44	0,16	1,19
15/09/2011	17,3	33,3	29,5	34,8	3,8	6,98	4,48	5,31	0,49	13,1	0,4	18,2
17/10/2011	14,7	31,8	36,5	47,8	4,2	16,12	6,97	4,78	0,69	27,80	0,36	20,80
10/11/2011	12,3	32,8	18,5	23,6	3,4	20,39	7,73	5,61	0,55	26,00	0,56	17,80

### 2011, Radiale de la Baie de Somme, Station MIMER

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH4 <sup>+</sup>	NO2 <sup>-</sup>	NO3 <sup>-</sup>	PO4 <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
24/01/2011	6,2	31,5	23,9	38,2	2,2	1,75	3,02	1,83	0,69	44,2	1,43	26,45
21/02/2011	6,9	32,3	21,5	35,6	2,2	4,46	4,01	1,79	0,84	40,33	0,82	15,42
08/03/2011	6,4	32,4	11,9	22	3,5	23,59	7,52	0,58	0,62	27,65	0,62	1,3

07/04/2011	11	32,4	9,33	16,4	2,8	18,23	6,75	0,18	0,05	5,62	0,22	3,66
19/04/2011	12,2	33	6,83	11,6	5,2	18,61	4,89	0,6	0,05	0,15	0,15	0,85
19/05/2011	15,5	33,3	7,49	22	5	10,47	4,01	0,16	0,05	0,15	0,37	4,92
01/06/2011	15,9	33,9	19,5	30,4	4,6	52,96	6,79	2,76	0,05	0,15	0,37	6,91
30/06/2011	NA	33,3	35,3	97,2	14,8	63,8	19,06	0,92	0,05	0,15	0,41	5,68
28/07/2011	18,4	34,1	7,85	33	6,8	10,48	3,95	0,15	0,05	0,15	0,32	1,32
18/08/2011	19,4	33,4	7,55	10,8	1,9	5,98	2,92	0,59	0,05	0,15	0,34	1,69
15/09/2011	17,1	33,8	19,4	23,8	2	3,27	2,39	6,06	0,4	13,79	0,9	17,1
17/10/2011	14,9	32,8	41,6	57,8	4,2	4,65	5,47	4,95	0,48	28,11	0,97	19,91
10/11/2011	12,7	33,3	12	17,9	1,9	4,71	2,74	1,87	0,45	30,02	0,94	14,58

### 2011, Radiale de la Baie de Somme, Station ATSO

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
24/01/2011	6,3	32,2	7,24	10,6	1	2	1,51	1,37	0,66	40,2	1,05	22,8
21/02/2011	7	33	6,91	13,2	1,2	5,98	2,70	0,64	0,35	34,2	0,71	13,4
08/03/2011	6,6	33	9,02	17,9	2,4	22,92	9,26	0,43	0,36	15,6	0,13	1,04
31/03/2011	NA	32,7	4,37	19,9	2,4	17,3	7,87	NA	NA	NA	NA	NA
07/04/2011	10,1	33,2	2,46	4,1	1,7	11,25	3,14	0,65	0,12	2,35	0,06	1,19
14/04/2011	10,8	32,6	2,35	3,1	2	13,08	3,66	0,82	0,05	0,32	0,13	1,54
19/04/2011	11,5	33,6	3,25	8	4	20,11	3,74	0,58	0,05	0,51	0,11	1,54
19/05/2011	14,8	34,2	2,76	4,9	2,1	2,05	0,78	0,38	0,02	0,19	0,07	2,83
01/06/2011	16,2	33,8	5,6	5,5	0,7	3,16	4,43	3,35	0,21	0,91	0,28	5,3
30/06/2011	NA	34,4	4,1	31,5	6,3	2,05	0,86	6,14	0,33	5,5	0,23	9,68
28/07/2011	18,2	34,3	4,46	27,2	5,8	15,25	3,31	0,7	0,26	3,03	0,17	3,88
18/08/2011	18,9	34,6	3,63	5,2	1,5	8,68	2,28	0,54	0,05	0,51	0,11	0,79
15/09/2011	17,5	34,3	9,75	13,3	1,7	2,77	1,38	4,03	0,27	6,2	0,38	14,2
17/10/2011	15,4	33,6	12,4	15,2	1,6	1,66	1,37	5,47	0,28	9,70	0,40	16,30
10/11/2011	13,3	34,1	7,1	12,5	1,2	3,06	1,99	3,95	0,41	18,10	0,62	12,70

### 2011, Radiale de la Baie de Somme, Station MER 1

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
24/01/2011	6,3	32,3	7,02	7,5	0,8	1,64	0,59	1,3	0,62	39,33	1,37	20,64
21/02/2011	7	33,1	4,15	7,7	1,1	5,32	2,94	0,66	0,31	35,22	0,84	11,81
08/03/2011	6,6	33,2	7,4	14,3	2,2	24,1	7,56	0,15	0,58	23,5	0,3	0,1
07/04/2011	10,4	33,2	0,743	3,6	1,6	8,03	1,39	0,31	0,05	2,15	0,05	3,05
19/04/2011	11,3	33,7	2,07	5,4	3,4	19,78	3,37	0,57	0,05	0,15	0,05	0,6

19/05/2011	14,8	34,5	0,915	1,8	1,2	1,18	0,47	0,15	0,05	0,15	0,09	1,38
01/06/2011	16,1	33,9	6,8	7,1	1,2	2,6	2,79	2,62	0,05	0,15	0,42	5,92
30/06/2011	NA	34,7	2,5	28,9	6,8	2,77	0,99	2,84	0,05	3,4	0,19	5,1
28/07/2011	18,1	34,9	1,41	24,8	5,4	5,11	1,62	0,19	0,05	0,15	0,27	1,02
18/08/2011	18,8	34,5	1,78	3,6	1,2	7,73	1,32	0,15	0,05	0,15	0,1	0,89
15/09/2011	17,6	34,4	6,66	10,3	1,1	3,8	1,34	3,56	0,27	9,42	0,81	11,55
17/10/2011	15,7	33,8	8,17	11,1	0,9	2,04	1,21	3,7	0,45	22,22	0,94	14,21
10/11/2011	13,3	34,2	4,2	10	1,4	3,51	1,52	1,52	0,34	22,73	0,98	10,81

2011, Radiale de la Baie de Somme, Station MER 2												
	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
24/01/2011	6,5	32,6	2,36	3,4	0,7	2,07	1,05	0,51	0,56	37,05	1,28	17,04
21/02/2011	7,1	33,4	1,76	4,2	0,9	5,1	1,73	0,63	0,23	35,19	0,95	8,53
08/03/2011	6,7	33,4	3,21	6,3	2	18,76	5,03	0,15	0,56	20,52	0,21	0,1
07/04/2011	9,7	33,6	0,689	3,9	1,7	9,03	1,32	0,45	0,05	1,05	0,05	0,1
19/04/2011	11,2	33,8	1,46	5,1	3,4	15,31	2,22	0,38	0,05	0,15	0,05	0,25
19/05/2011	14,3	34,8	0,824	1,2	0,9	1,22	0,15	0,28	0,05	0,15	0,05	0,97
01/06/2011	15,6	34,5	3	3,2	0,6	2,45	2,43	3,57	0,06	0,15	0,35	6,51
30/06/2011	NA	34,8	1,3	29,1	6,1	3,21	0,59	0,59	0,05	1,27	0,15	1,28
28/07/2011	17,9	35,1	0,868	22,7	4,9	3,58	1,19	0,15	0,05	0,15	0,25	1,13
18/08/2011	18,8	34,4	1,45	2,6	1,3	6,4	0,87	0,15	0,05	0,15	0,07	0,75
15/09/2011	17,7	34,6	1,82	6,7	1,1	2,37	0,92	0,3	0,16	5,17	0,57	5,01
17/10/2011	15,9	34,3	3,61	5,3	0,9	1,99	0,98	1,37	0,39	17,64	0,92	9,72
10/11/2011	13,6	34,5	2,5	9,1	0,7	4,79	1,58	0,65	0,23	18,93	0,99	6,38

### **Annexe 3**

*Tableau de synthèse des limitations potentielles en nutriments pour l'ensemble des radiales en 2011*



	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
<b>Point 1 SRN BL</b>	Si : P : N	Si : P : N	Si : P : N	Si : P : N	N : P : Si	Si : P : N	N : Si : P	N : Si : P	P : Si : N	Si : P : N	Si : P : N	NA
				Si : N : P		P : N : Si						
<b>Point 2 SRN BL</b>	Si : P : N	Si : P : N	Si : P : N	Si : P : N	N : P : Si	Si : N : P	N : Si : P	N : Si : P	N : Si : P	Si : N : P	Si : N : P	NA
			Si : N : P	Si : N : P								
<b>Point 3 SRN BL</b>	Si : P : N	Si : P : N	Si : P : N	N : P : Si	N : P : Si	Si : N : P	Si : N : P	Si : N : P	Si : N : P	Si : N : P	Si : N : P	NA
			Si : N : P		N : Si : P							
<b>Point 1 SRN DK</b>	Si : P : N	NA	Si : P : N	N : Si : P	P : Si : N	N : Si : P	Si : N : P	Si : N : P	NA	Si : P : N	NA	Si : P : N
					N : Si : P							
<b>Point 3 SRN DK</b>	Si : P : N	NA	Si : P : N	Si : P : N	N : Si : P	Si : N : P	Si : N : P	N : Si : P	NA	Si : N : P	NA	Si : N : P
<b>Point 4 SRN DK</b>	Si : P : N	NA	Si : P : N	Si : P : N	N : Si : P	Si : N : P	NA	N : Si : P	NA	NA	NA	Si : N : P
<b>Bif</b>	P : Si : N	P : Si : N	P : Si : N	P : Si : N	N : P : Si	N : Si : P	P : Si : N	N : Si : P	P : Si : N	P : Si : N	P : Si : N	NA
				N : P : Si								
<b>Mimer</b>	P : Si : N	P : Si : N	Si : P : N	Si : P : N	N : P : Si	N : P : Si	N : Si : P	N : Si : P	P : Si : N	P : Si : N	Si : P : N	NA
				N : Si : P								
<b>Atso</b>	P : Si : N	P : Si : N	Si : P : N	N : Si : P	N : P : Si	P : Si : N	P : Si : N	Si : N : P	P : N : Si	P : N : Si	P : Si : N	NA
						N : P : Si						
<b>Somme Mer 1</b>	Si : P : N	Si : P : N	Si : P : N	Si : N : P	N : Si : P	P : Si : N	N : Si : P	N : Si : P	Si : N : P	Si : P : N	Si : P : N	NA
						N : Si : P						
<b>Somme Mer 2</b>	Si : P : N	Si : P : N	Si : P : N	Si : P : N	N : P : Si	Si : N : P	N : Si : P	N : Si : P	Si : N : P	Si : P : N	Si : P : N	NA
				N : P : Si		N : P : Si						

Si : P : N
Si : N : P
N : Si : P
N : P : Si
P : N : Si
P : Si : N

Légende : Type de limitation :

**Annexe 4**  
***Résultats REPHY, Phycotoxines***

Résultats REPHY 2011 - Phycotoxines



pas d'information



toxine non détectée



toxine présente en faible quantité



toxicité

**Toxines lipophiles incluant les toxines diarrhéiques**

Point	Nom du point	Toxine	Support	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
006-P-009	Pointe de St Quentin	AO+DTXs+PTXs-TEFs		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
006-P-009	Pointe de St Quentin	AZAs-TEFs		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
006-P-009	Pointe de St Quentin	YTXs-TEFs		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Toxines amnésiantes (ASP)

Point	Nom du point	Support	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
001-P-022	Oye plage						■							
002-P-024	Parc 10 n						■	■	■					
006-P-009	Pointe de St Quentin					■	■	■	■					

Source REPHY-Ifremer, banque Quadrige