

Centre Ifremer Manche Mer du Nord  
Laboratoire Environnement Côtier & Ressources Aquacoles  
de Boulogne-sur-Mer

Ifremer

Alain Lefebvre

Rémy Cordier

Juin 2010

Ifremer/RST.LER.BL/10.03

---

SUIVI REGIONAL DES NUTRIMENTS SUR LE  
LITTORAL NORD – PAS DE CALAIS / PICARDIE  
Bilan de l'année 2009



*R. Cordier, IFREMER/Boulogne*

Prélèvements au large de la baie de Somme





**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 le bilan de l'année 2009, en terme d'évolution temporelle des principaux paramètres physico-chimiques caractéristiques 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 deals with the annual report 2009 in terms of evolution of the main physico-chemical parameters characteristic of water masses regarding three transects offshore Dunkerque, Boulogne-sur-Mer and the Bay of Somme.

**Mots-clés :**

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

**Keywords :**

Quality of coastal waters – Eastern English Channel - Monitoring - *Phaeocystis globosa*

# Sommaire

<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>1. PRESENTATION DU SUIVI REGIONAL DES NUTRIMENTS</b>	<b>2</b>
1.1. LES RADIALES .....	2
1.2. FRÉQUENCE DES PRÉLÈVEMENTS .....	2
1.3. PRÉLÈVEMENTS EN MER .....	2
1.4. PARAMÈTRES ÉTUDIÉS ET ANALYSES .....	7
1.4.1. Salinité et Température.....	7
1.4.2. Turbidité.....	7
1.4.3. Ammonium .....	7
1.4.4. Nitrate .....	7
1.4.5. Nitrite .....	7
1.4.6. Phosphate.....	8
1.4.7. Silicate .....	8
1.4.8. Matières En Suspension (M.E.S.).....	8
1.4.9. Matière Organique Particulaire (M.O.P.).....	8
1.4.10. Chlorophylle a et phéopigments.....	8
1.4.11. Phytoplancton .....	9
1.4.12. Assurance qualité .....	9
1.4.13. Sonde Ysi .....	9
1.4.14. Interprétation des figures .....	10
<b>2. HYDROLOGIE</b>	<b>13</b>
2.1. DUNKERQUE .....	13
2.2. BOULOGNE-SUR-MER .....	48
2.3. LA BAIE DE SOMME .....	82
<b>3. PHYTOPLANCTON</b>	<b>131</b>
3.1. INTRODUCTION .....	131
3.2. INDICES ÉCOLOGIQUES .....	131
3.2.1. Indice de Sanders.....	131
3.2.2. Indice de Shannon .....	133
3.3. GENRES TOXIQUES ET TOXICITÉS.....	133
3.4. RÉSULTATS .....	134
3.4.1. Dunkerque .....	134
3.4.2. Boulogne-sur-Mer .....	140
3.4.3. Baie de Somme.....	146
<b>4. DISCUSSION</b>	<b>153</b>
<b>CONCLUSIONS &amp; PERSPECTIVES</b>	<b>161</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>162</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>167</b>
ANNEXE 1 .....	168
ANNEXE 2 .....	173
ANNEXE 3.....	179

*Afin d'illustrer ce rapport, un certain nombre de photos a été inséré et disposé aléatoirement dans le document.*

Photo 1 : <i>Skeletonema costatum</i> .....	page 25
Photo 2 : Sonde Ysi 6600 .....	page 29
Photo 3 : <i>Asterionellopsis glacialis</i> .....	page 63
Photo 4 : Sonde Ysi 6600 et flaconnages.....	page 75
Photo 5 : <i>Rhizosolenia imbricata</i> .....	page 109
Photo 6 : Prélèvement à la perche.....	page 121
Photo 7 : <i>Pseudonitzschia sp</i> .....	page 138

## 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 la silice 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), vont aboutir à des changements de dominance et des modifications d'abondance des espèces phytoplanctoniques (Officer & Ryther, 1980 ; Smayda, 1990), (3) une limitation par la silice peut perturber la succession phytoplanctonique classique dans les eaux tempérées et peut provoquer un changement de dominance des espèces siliceuses (diatomées) vers les espèces non-siliceuses (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 et de la baie sud de la Mer du Nord : Dunkerque, Boulogne-sur-Mer, Baie de Somme (Tableau 1). Les radiales sont constituées de 3 ou 5 points de prélèvements positionnés selon un gradient côte-large (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 Boulogne-sur-Mer 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 période de prolifération de la prymnesiophycée *Phaeocystis sp.* qui peut représenter une nuisance pour le système marin (Lancelot *et al.*, 1998).

En 2009, 16 prélèvements étaient prévus. En raison de conditions météorologiques défavorables et de problèmes techniques relatifs aux moyens nautiques, 14 sorties ont pu être réalisées à Boulogne-sur-Mer, 17 sorties en Baie de Somme et seules 13 furent réalisées à Dunkerque (Annexe 1).

### 1.3. Prélèvements en mer

Les prélèvements sont effectués en sub-surface (- 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 la chlorophylle et le phytoplancton ou dans un flacon à usage courant pour les analyses des matières en suspension et de la turbidité. Pour les sels nutritifs, l'eau est pré-filtrée (maille de 50  $\mu\text{m}$ ) avant d'être transvasée dans un flacon. Pour l'ammoniaque, l'eau pré-filtrée 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**

<b>RADIALES STATIONS</b>	<b>DUNKERQUE</b>	<b>BOULOGNE</b>	<b>BAIE DE SOMME</b>
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

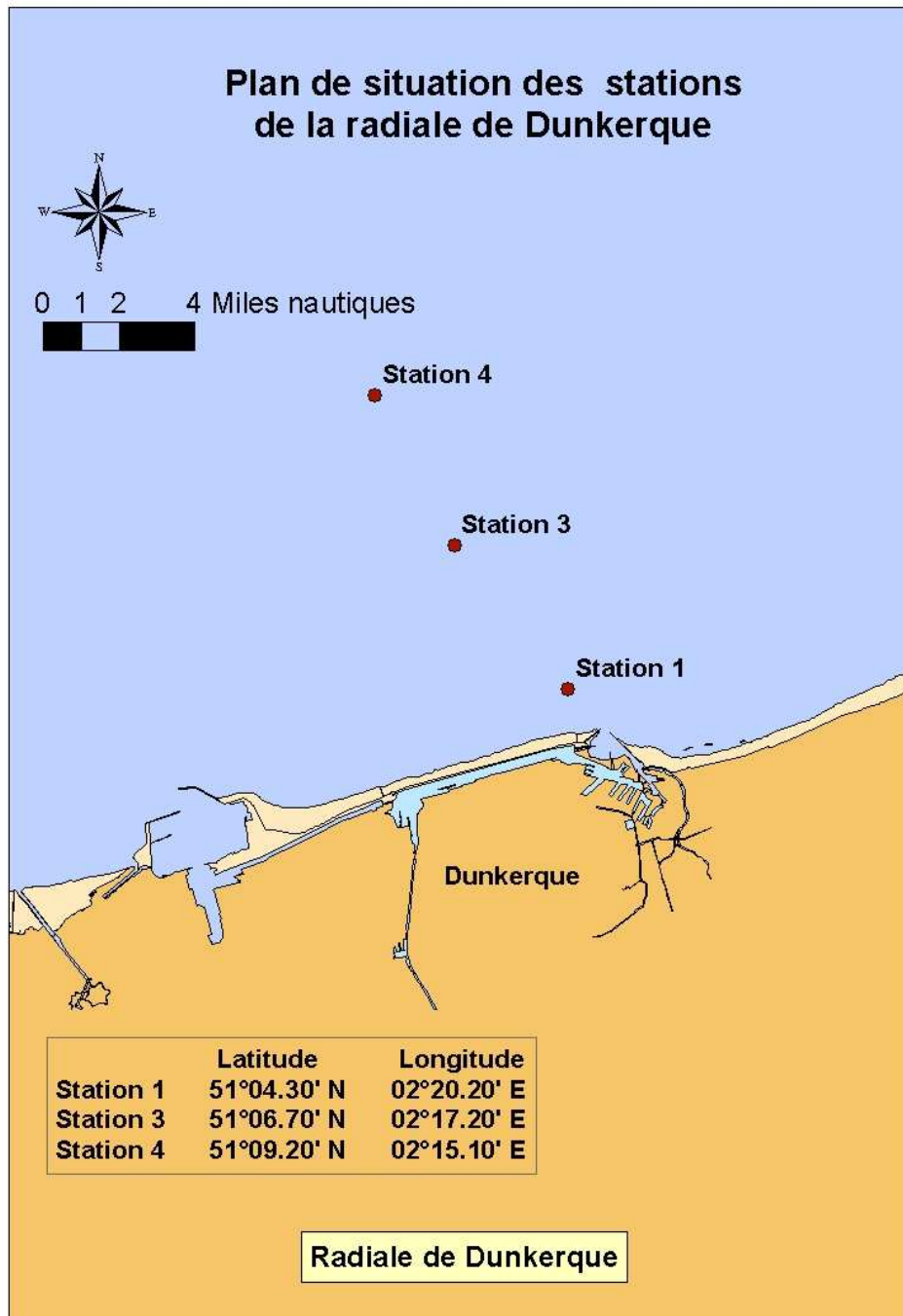


Figure 1. Localisation des points de prélèvements de la radiale de Dunkerque.

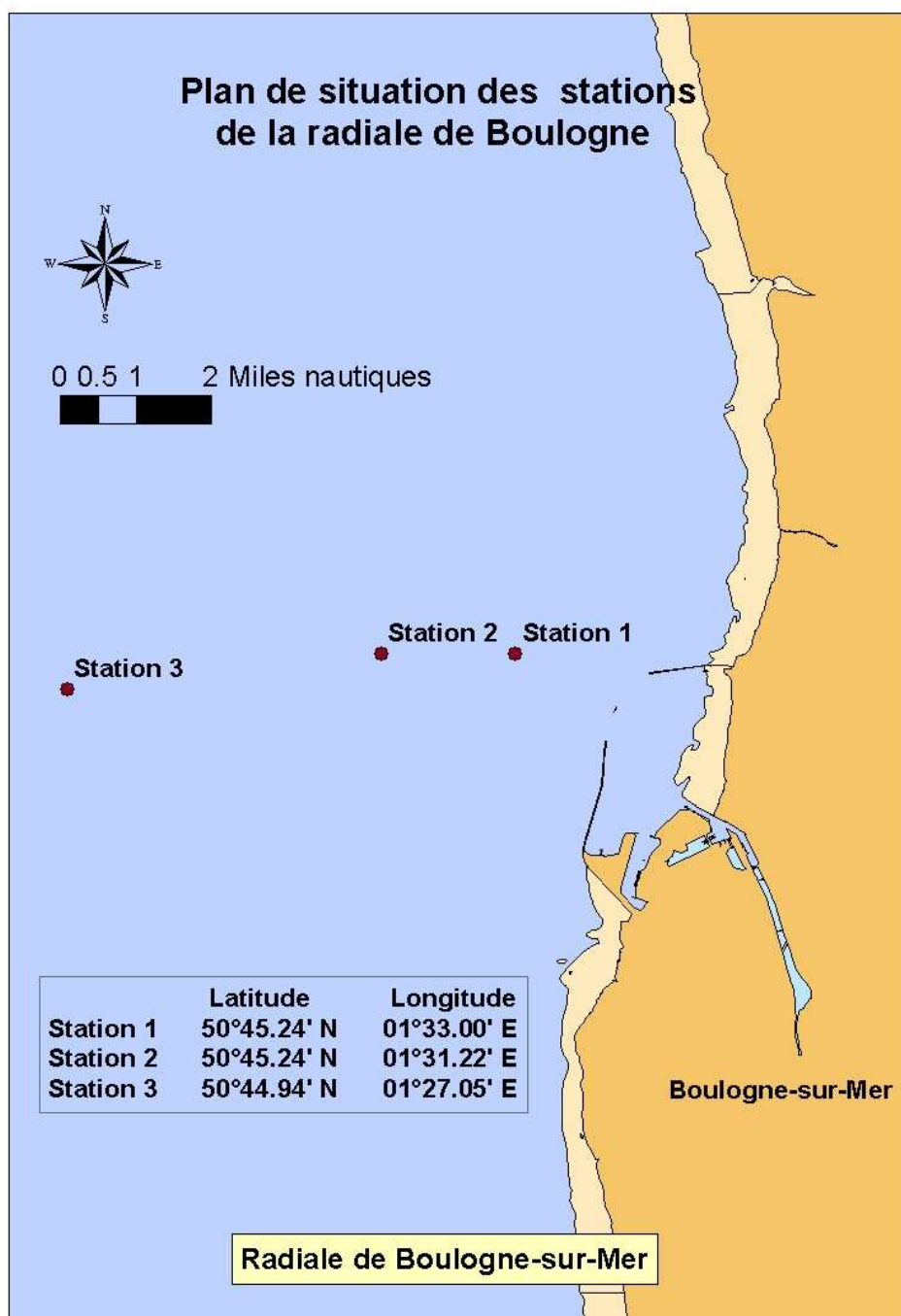


Figure 2. Localisation des points de prélèvements de la radiale de la Boulogne-sur-Mer.

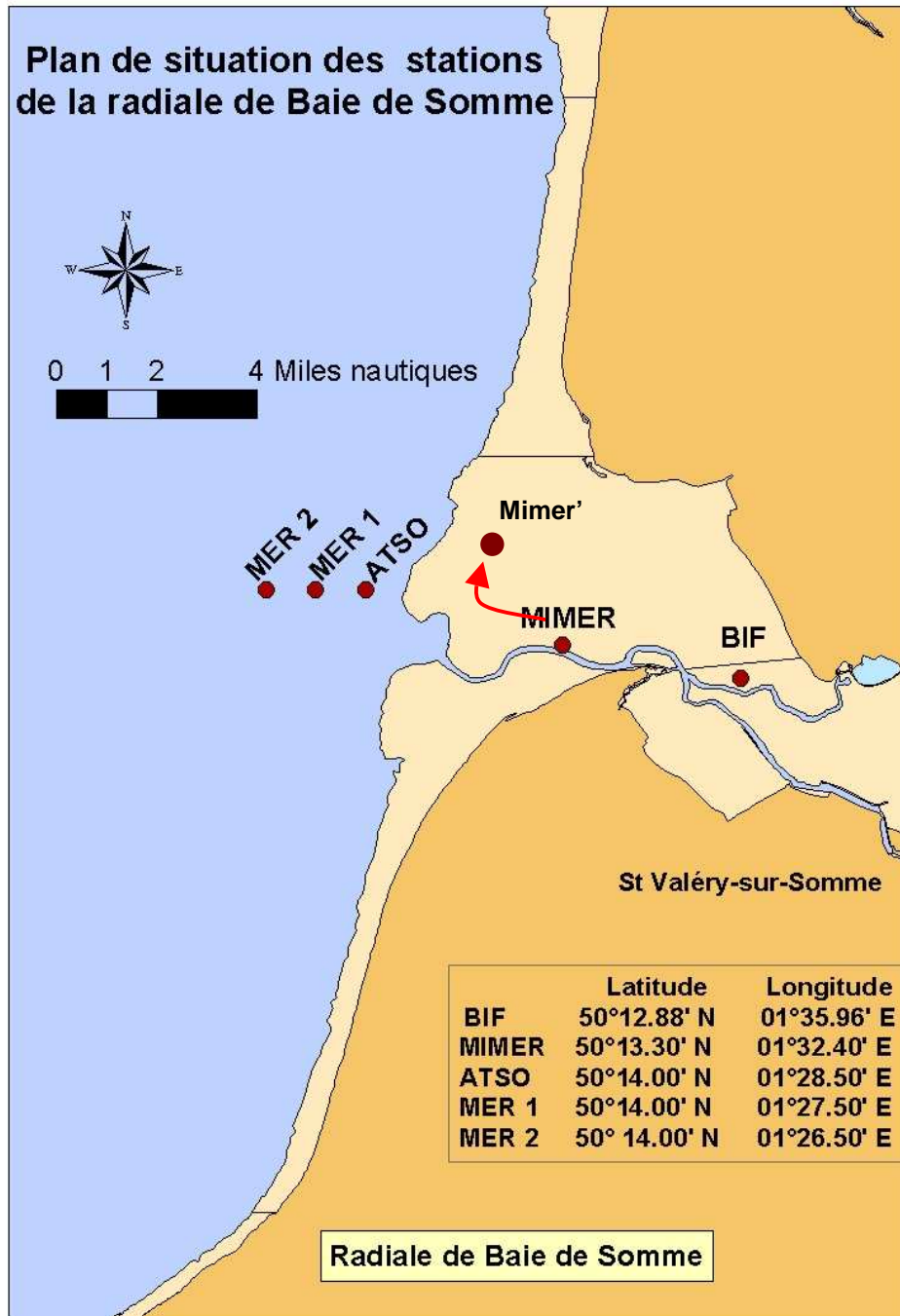


Figure 3. Localisation des points de prélèvements de la radiale de la Baie de Somme.

## 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 soit directement dans le milieu, soit au laboratoire dans le flacon de prélèvement.

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 ± 0.1 entre 5 et 25°C.

En ce qui concerne la température, elle est mesurée en même temps par la sonde dont la plage de mesure se situe entre -5.0 et 99.9°C (précision ± 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 µmol/L. Le seuil de détection de l'appareil est de 0,15 µmol/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 N-naphtyl 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 µmol/L. Le seuil de détection est de 0,15 µmol/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 N-naphtyl 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 µmol/L. Le seuil de détection est de 0,05 µmol/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  $0,45 \mu\text{m}$  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 ( $70^\circ\text{C}$ ) 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 ( $450^\circ\text{C}$ ) 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 phytoplanktonique. 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

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'échantillon : 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 au noir, 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 sous-échantillonnage 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).

#### 1.4.12. 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 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 auto-nettoyants non affectés par les variations de la lumière ambiante.

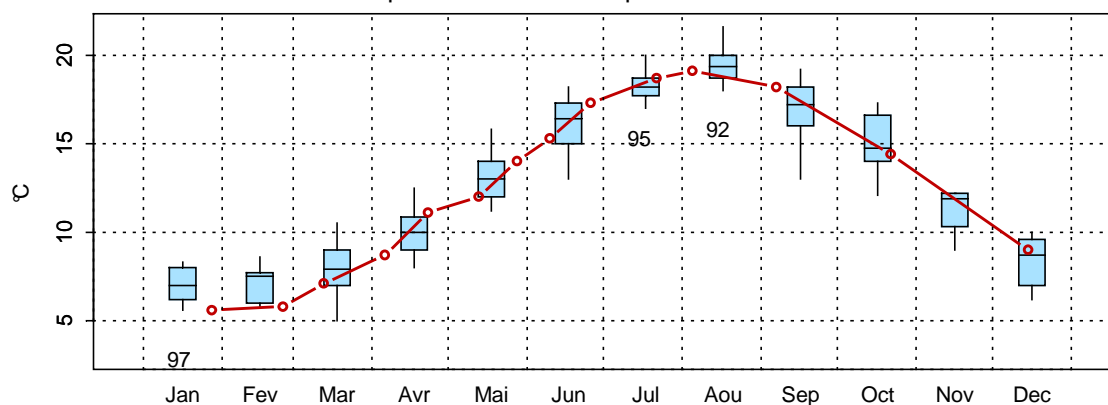
**Tableau récapitulatif des paramètres de la sonde Ysi 6600**

Paramètres	Unités	Plage	Résolution	Précision
<i>Température</i>	Degrés Celsius (°C)	-5°C à + 45°C	0,01 °C	± 0,15 °C
<i>Conductivité</i>	mS / cm	0 à 100 mS/cm	0,001 à 0,1 mS/cm	± 0,5 % de la lecture +0,001 mS/cm
<i>Salinité</i>		0 à 70	0,01	± 1% de la lecture ou 0,1
<i>Oxygène dissous</i>	% saturation	0 à 500 %	0,1 %	0 à 200% : ± 2 % de la lecture 200 à 500% : ± 6 % de la lecture
<i>Oxygène dissous</i>	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
<i>pH</i>	Unités de pH	0 à 14 unités	0,01 unités	± 0,2 unités
<i>Turbidité</i>	N.T.U.	0 à 1000 N.T.U.	0,1 N.T.U.	± 5 % de la lecture ou 2 N.T.U.
<i>Chlorophylle</i>	µg / L	0 à 400 µg/L	0,1 µg/L	
<i>Profondeurs</i>	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 mesurés, par exemple, sur la période 1992-2009 sont représentés par deux types de graphiques. D'abord, les boîtes de dispersion permettent de visualiser les variations saisonnières. Elles représentent la distribution des valeurs pour chaque mois, pour l'ensemble de la période considérée. Les valeurs extrêmement faibles ou fortes sont indiquées par l'année où le phénomène s'est produit (exemple : au mois de juillet 1995, la valeur de la température fut exceptionnellement basse en Baie de Somme).

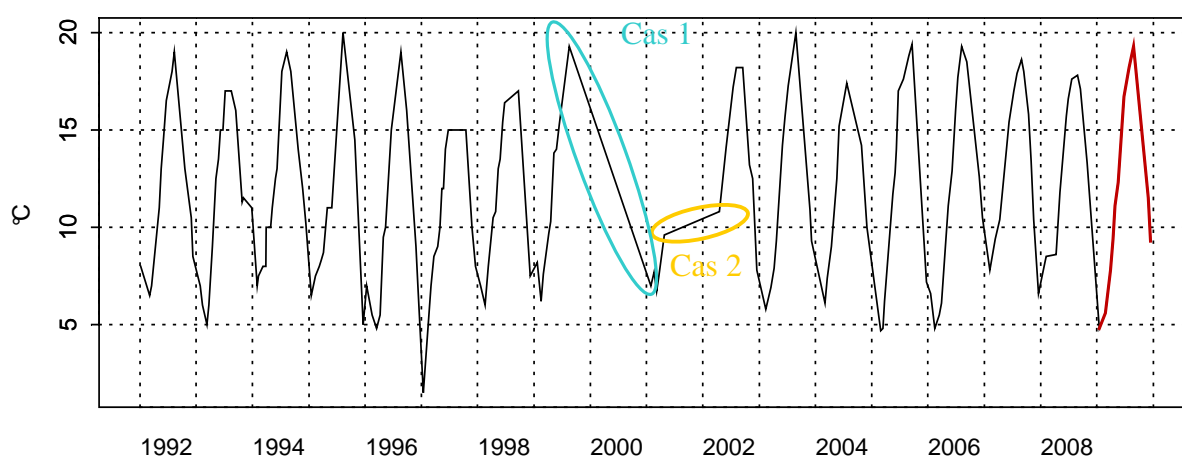
006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2009 Température  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009



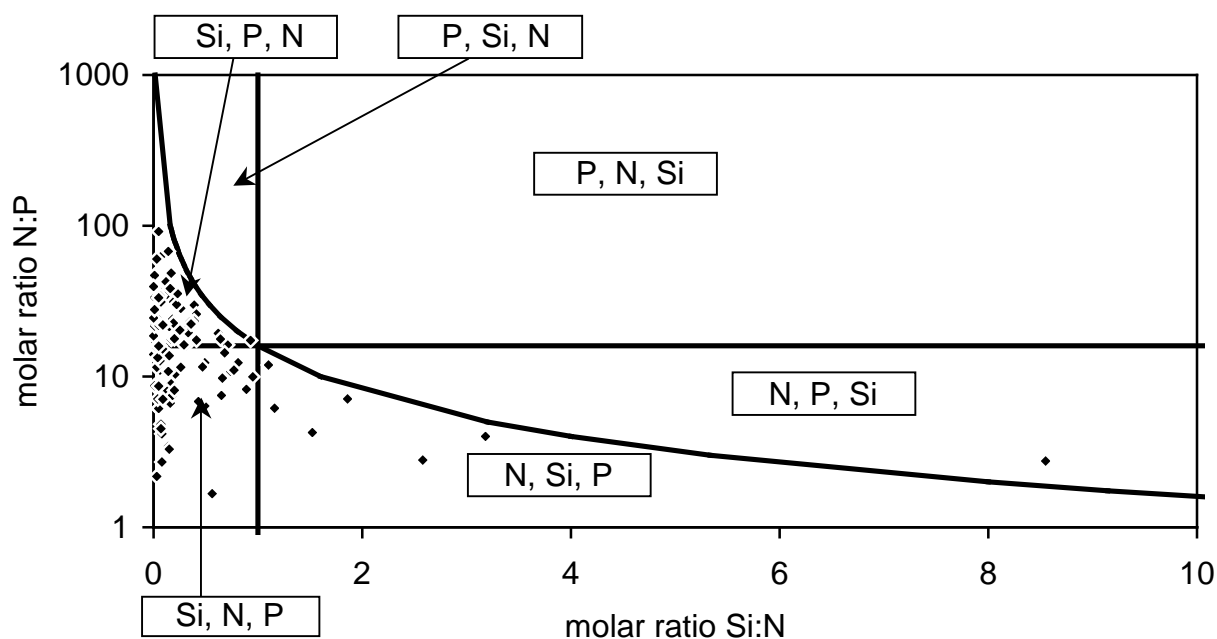


Le deuxième type de graphique illustre l'évolution du paramètre considéré à long terme, de 1992 à 2009. Les valeurs de l'année étudiée sont figurées en rouge. Attention : lors de l'absence de données sur un graphique, les points sont reliés par un trait, ce qui peut être trompeur quant à l'interprétation 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 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 proposée 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 de sels nutritifs 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, la silice 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 sel nutritif.

Pour certains paramètres, les paramètres de tendance centrale et de dispersion sur la période 1992-2009 sont synthétisés dans un tableau. Ces paramètres sont :

Min : minimum

Q1 : premier quartile

Moy : moyenne

Med : médiane

Q3 : troisième quartile

Max : maximum

n : nombre de donnée

## 2. Hydrologie

### 2.1. Dunkerque

*Pour des raisons météorologiques et techniques, les mesures de températures du 08/06 (DK1, DK3 et DK4) et de chlorophylle active du 15/01(DK1, DK3 et DK4) n'ont pu être effectuées. Au total, 13 campagnes de prélèvements ont été réalisées.*

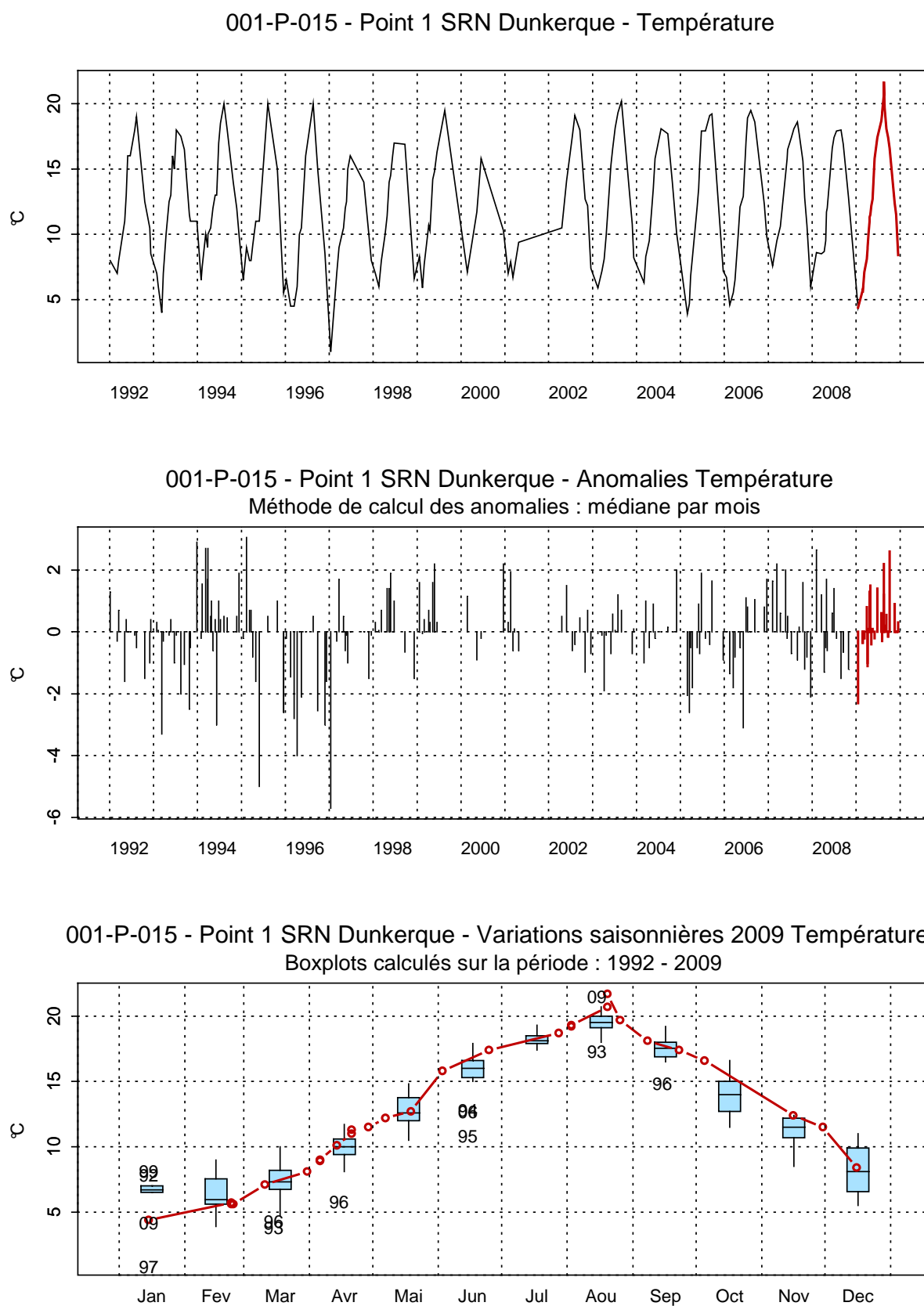
La courbe de température indique une dynamique classique (Figures 4, 5 et 6). Dès le mois d'avril, la température augmente et atteint son maximum à la fin du mois d'août (19,7 °C à 19,1 °C des points 1 à 4). A partir de septembre, la température commence à diminuer pour atteindre son minimum au mois de janvier (4,4 °C à 5,2 °C du point côtier au plus éloigné) (Annexe 2 et Tableau 2).

Il existe globalement un faible gradient de température entre la côte et le large. Ce gradient varie de -1,0 °C à 1,7 °C. Le gradient est négatif ou nul au printemps et en été (eaux côtières plus chaudes) et devient positif en hiver.

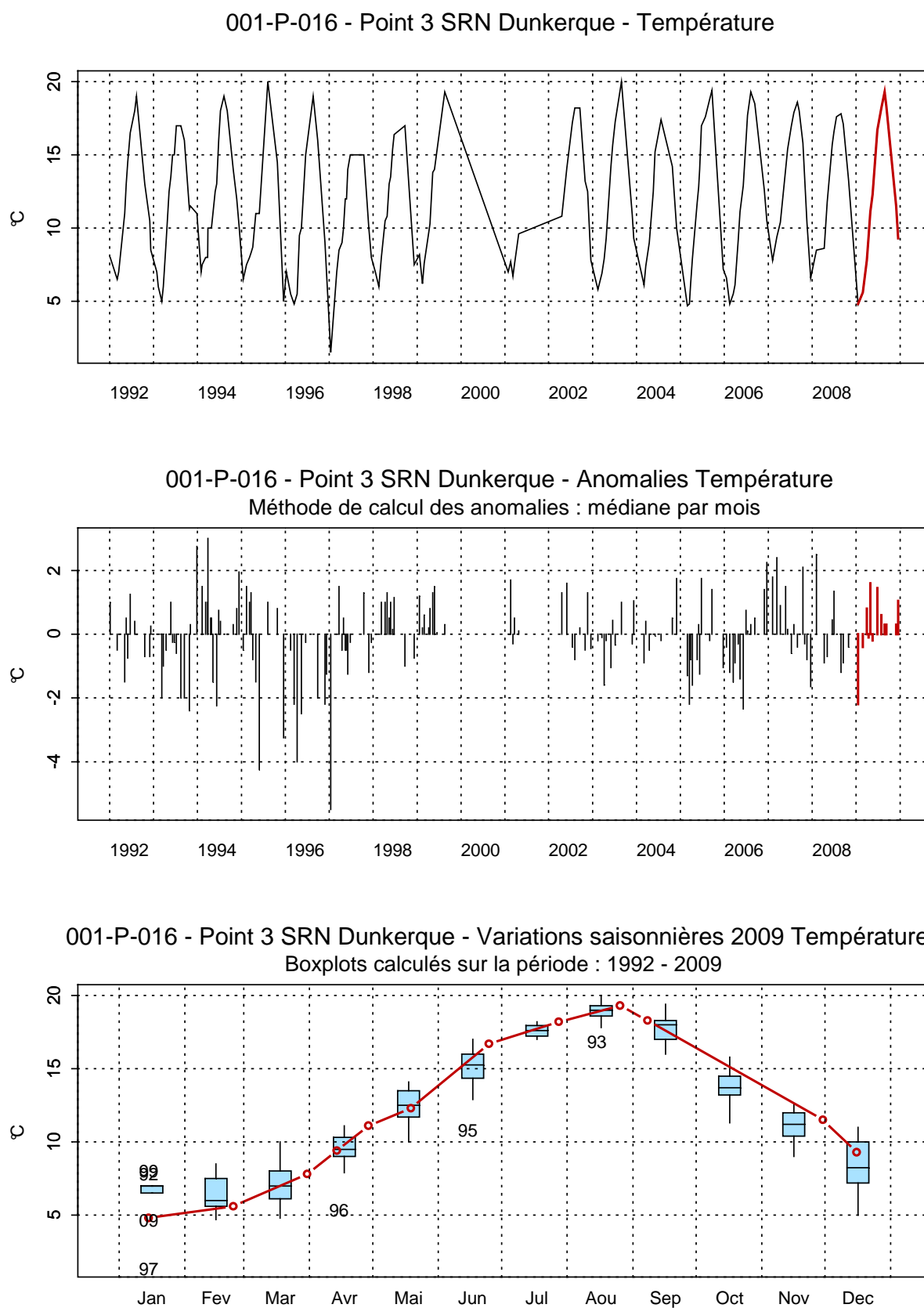
Par rapport à la période 1992-2009, les valeurs de température de 2009 ont été particulièrement faibles du mois de janvier à février et particulièrement élevées de juin à août ainsi qu'en octobre et novembre (Figure 4, 5 et 6).

**Tableau 2. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour les différents points de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2009.**

	<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	8,17	12,03	11,50	16,00	21,70	220
<b>DK3</b>	1,50	7,95	11,66	11,00	15,35	20,00	187
<b>DK4</b>	2,00	8,00	11,81	11,30	15,32	22,00	180



**Figure 4. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque (1992-2009)**



**Figure 5. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque (1992-2009)**

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

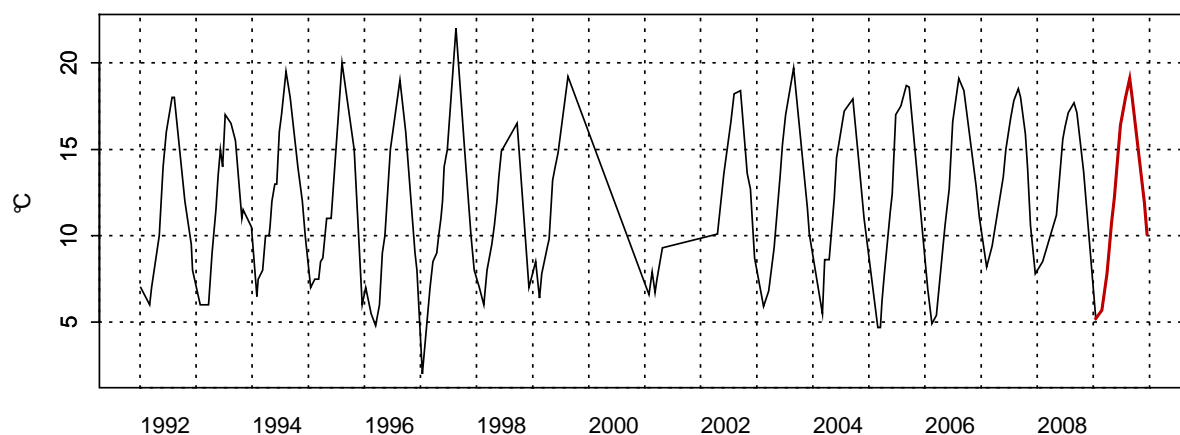
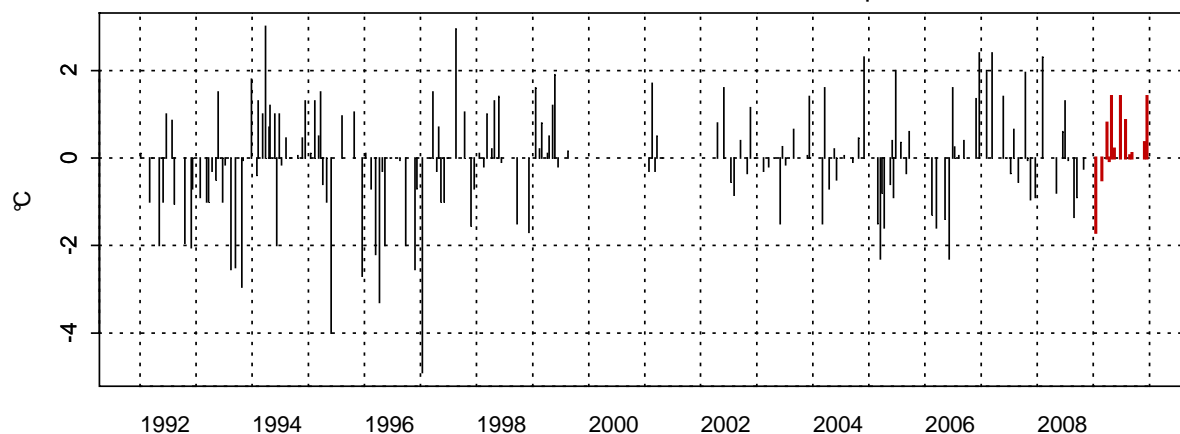
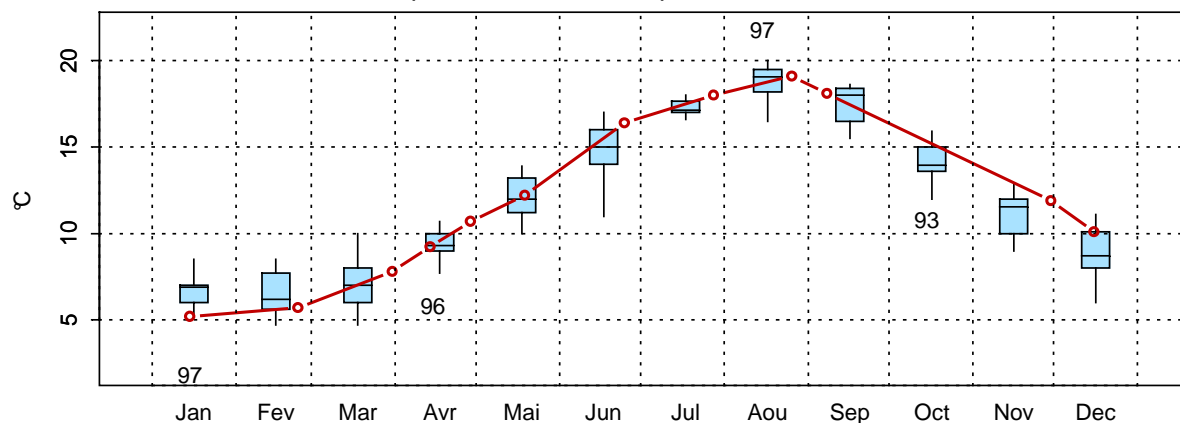
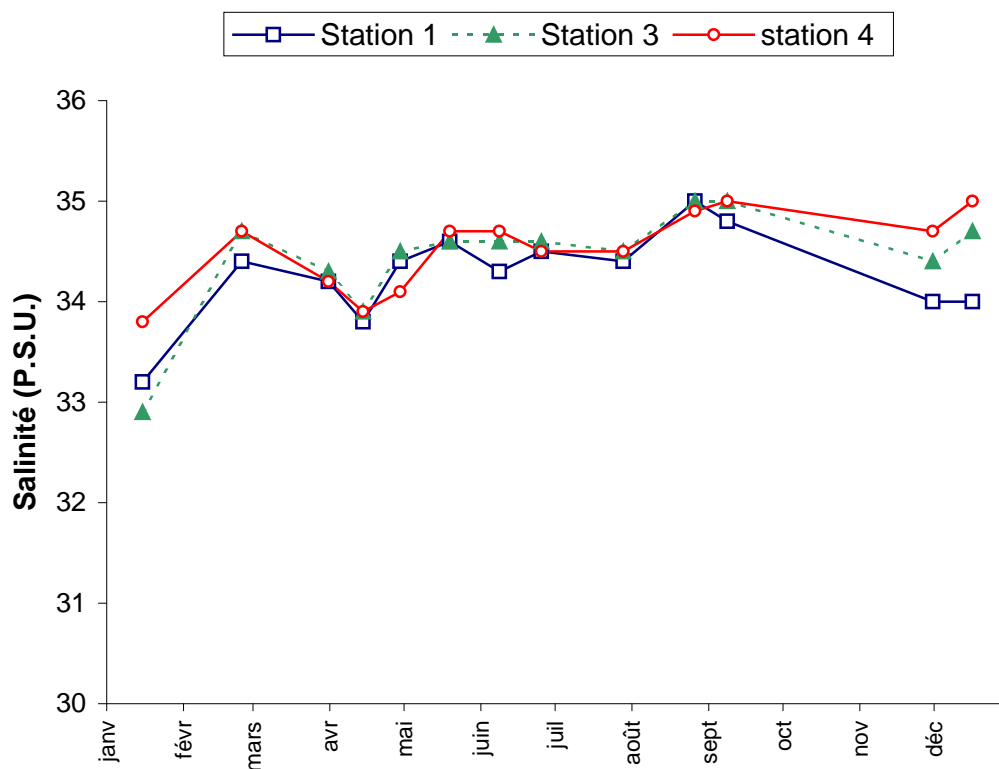
001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Anomalies Température  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2009 Température  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

Figure 6. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque (1992-2009)

La salinité est caractéristique d'un système marin côtier (Figure 7). Elle est comprise entre 33,2 et 35,0 au point 1, entre 32,9 et 35,0 au point 3 et entre 33,8 et 35,0 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 côte - large de salinité est compris entre -0,3 et +1,0.



**Figure 7. Évolution temporelle de la salinité (P.S.U) sur la radiale de Dunkerque en 2009**

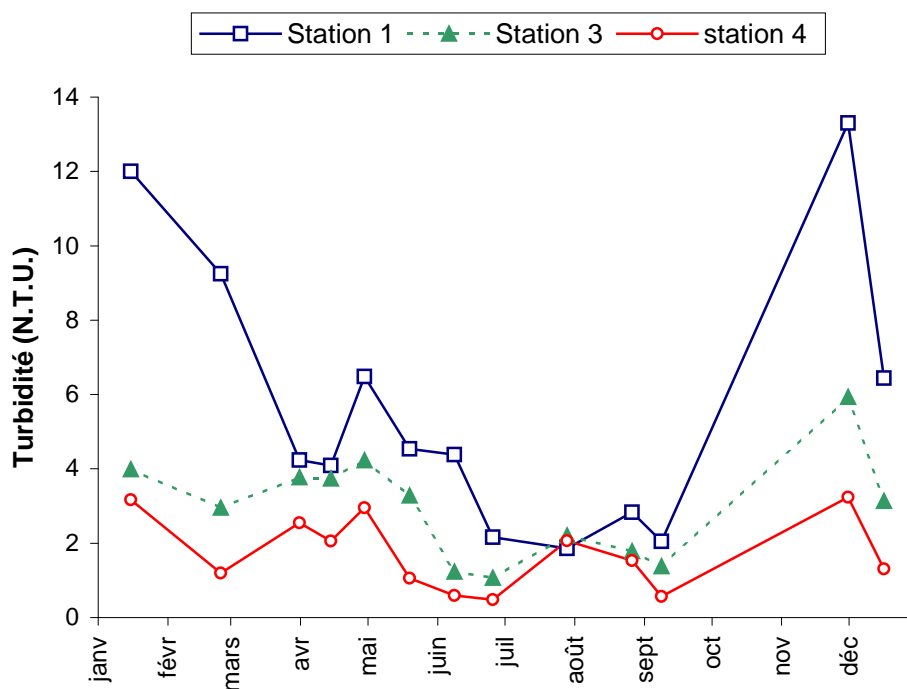
L'évolution de la turbidité est relativement comparable à celle des matières en suspension (M.E.S.) (Figures 8 et 9).

Le minimum est mesuré pendant la période estivale et le maximum l'est en fin de cycle (période hivernale et automnale).

La turbidité maximale est atteinte au point 1 (13,30 N.T.U.) le 30/11/09 et la minimale l'est le 25/06/09 au point 4 (0,48 N.T.U.).

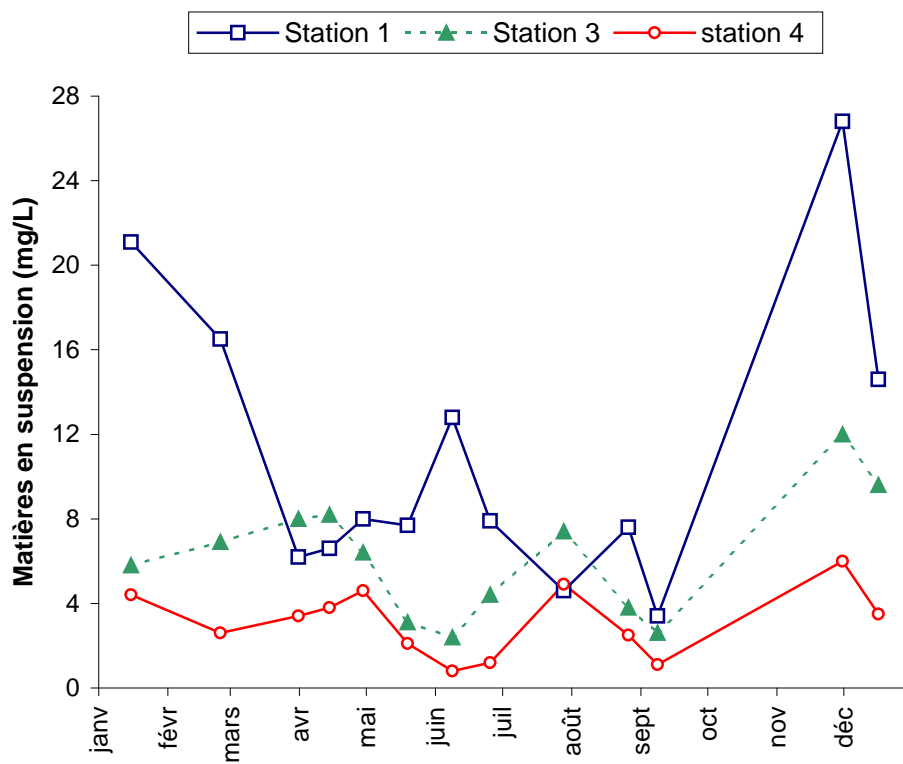
Le maximum et le minimum de M.E.S. sont mesurés respectivement au point 1 (26,80 mg/L) le 30/11/09 et au point 4 le 08/06/09 (0,80 mg/L).

Les différences de turbidité et de M.E.S. entre la côte et le large sont comprises, respectivement, entre  $-10,1$  et  $0,2$  N.T.U. et entre  $-20,8$  mg/L et  $0,3$  mg/L (Annexe 2).



**Figure 8. Évolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de Dunkerque en 2009**





**Figure 9. Évolution temporelle des matières en suspension (mg/L) sur la radiale de Dunkerque en 2009**

L'évolution de la concentration de matière organique (M.O.) est marquée par de faibles valeurs en janvier (< 20 % pour les points 1,2 et 3).

Au niveau de la station 1, le maximum est atteint au cours du mois d'avril (avec environ 40 % de M.O. dans les MES) avant de revenir à des niveaux comparables au début de cycle (< 20 % de mai à décembre).

Au niveau de la station 3, un premier pic est observé fin février (33 % de M.O. dans les MES), la concentration rechute ensuite en mars (< 20 %), puis un pic similaire au point 1 est constaté au cours du mois d'avril (avec environ 40 % de M.O. dans les MES) avant de revenir à des niveaux comparables au début de cycle (< 20 % de juin à août). Le point 3 connaît un nouveau pic en septembre avec un maximum de 50 % de M.O. dans les MES. Enfin, la concentration retrouve des valeurs plus faibles (< 20 %) pour les derniers mois de l'année.

En ce qui concerne le point 4, un premier pic similaire au point 3 est constaté fin février (65 % de M.O. dans les MES), la concentration se stabilise alors d'avril à juin (entre 40 et 50 %). Puis un pic est observé fin juin (avec un maximum de 75 %) avant de revenir à des niveaux comparables au début de cycle (< 20 % de juillet à août). Le point 4 connaît de nouveau pic en septembre, identique à celui du point 3, avec un maximum de 54 % de M.O. dans les MES. Enfin, la concentration retrouve des valeurs plus faibles (entre 20 et 30 %) pour les derniers mois de l'année.

Le gradient côte-large est compris entre -1,1 % et 54,7 %.

L'augmentation du mois de février correspond à une production de biomasse organique liée au développement du phytoplancton (diatomées), d'où l'augmentation durant la même période de la concentration en chlorophylle *a* (15 à 30 µg/L). On observe ensuite le maintien d'un niveau de production primaire en avril (10 µg/L) puis une chute en mai. Cette corrélation se vérifie également avec l'augmentation de matière organique, enregistrée fin juin, par dégradation de *Phaeocystis* (maximum le 29/04 au point 1 avec  $18,08 \cdot 10^6$  cell/L).

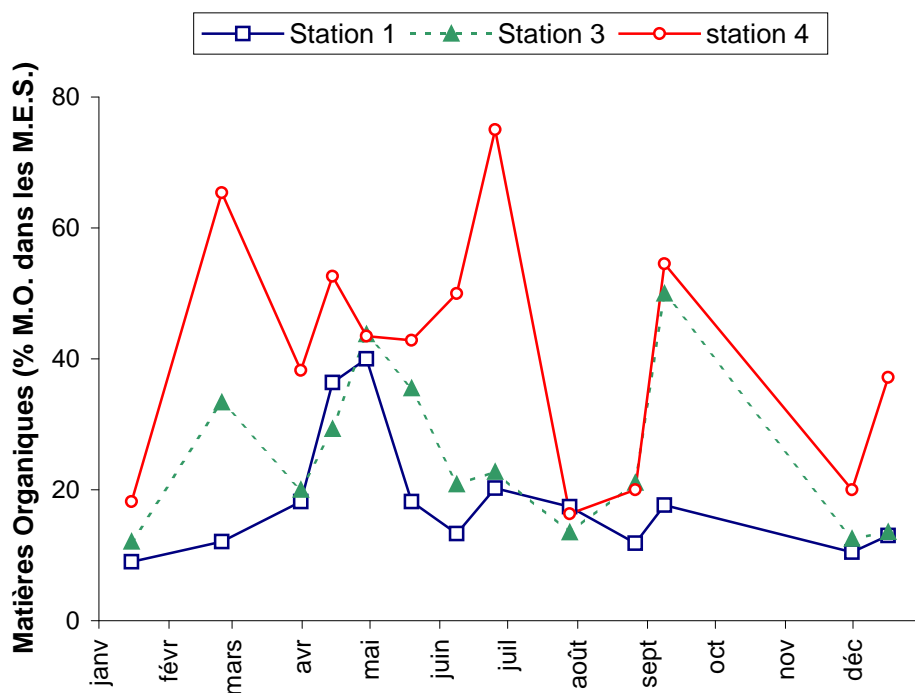


Figure 10. Évolution temporelle de la teneur en matière organique (%) dans les matières en suspension sur la radiale de Dunkerque en 2009

*Pour les autres paramètres (chlorophylle *a* et nutriments), les informations sont synthétisées de la figure 11 à la figure 32, ceci afin de faciliter l'interprétation.*

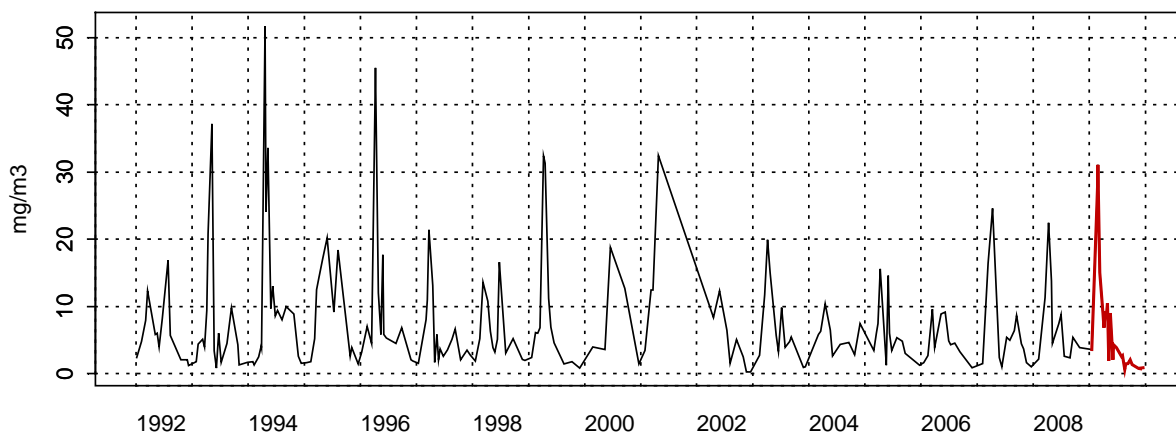
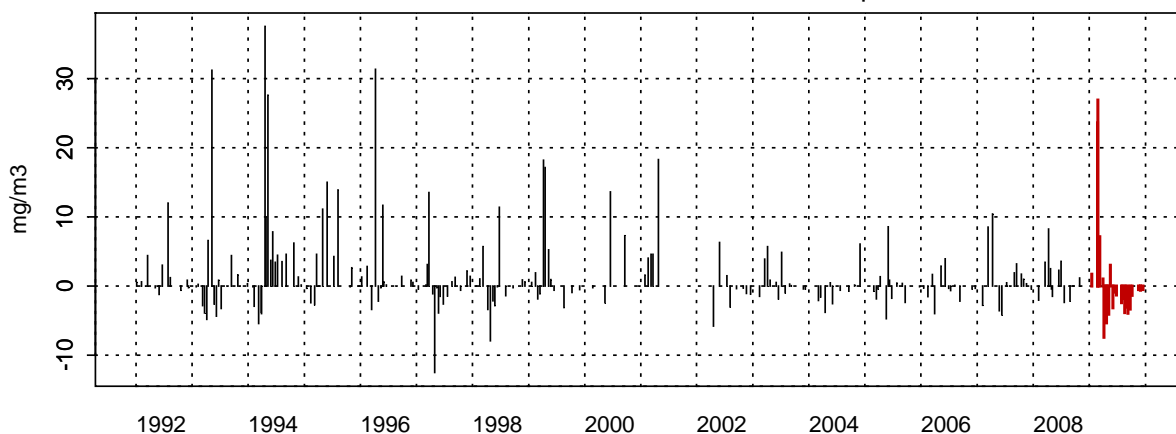
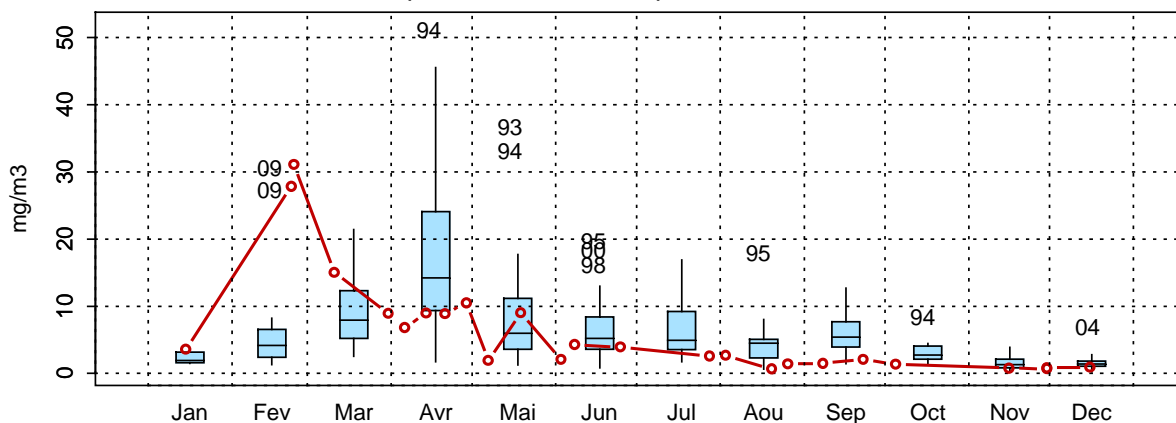
Le dosage de la concentration en chlorophylle *a*, indicateur de biomasse phytoplanctonique, permet de mettre en évidence un bloom printanier majeur généralisé de la côte vers le large (31,08 mg/m<sup>3</sup> le 24/02/09 au point côtier) et d'un bloom secondaire faiblement marqué (3,84 mg/m<sup>3</sup> le 28/07/09 au point 4) caractéristiques des systèmes tempérés (Figures 11,12 et 13) (Annexe 2 et Tableau 3). On notera cette année la précocité de l'efflorescence printanière et secondaire avec 2 mois d'avance sur les années précédentes.

En ce qui concerne la période 1992-2009, les concentrations en chlorophylle *a* sont particulièrement fortes aux mois de février et plus faibles au mois d'avril, montrant ainsi la précocité de l'efflorescence printanière.

**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 et pour la période 1992-2009.**

	<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	2,40	7,32	4,87	8,99	51,70	227
<b>DK3</b>	0,26	2,07	5,79	3,70	7,44	31,00	203
<b>DK4</b>	0,05	1,53	4,04	2,70	4,77	29,20	196

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 mois001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2009 Chlorophylle a  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

**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 1992-2009**

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

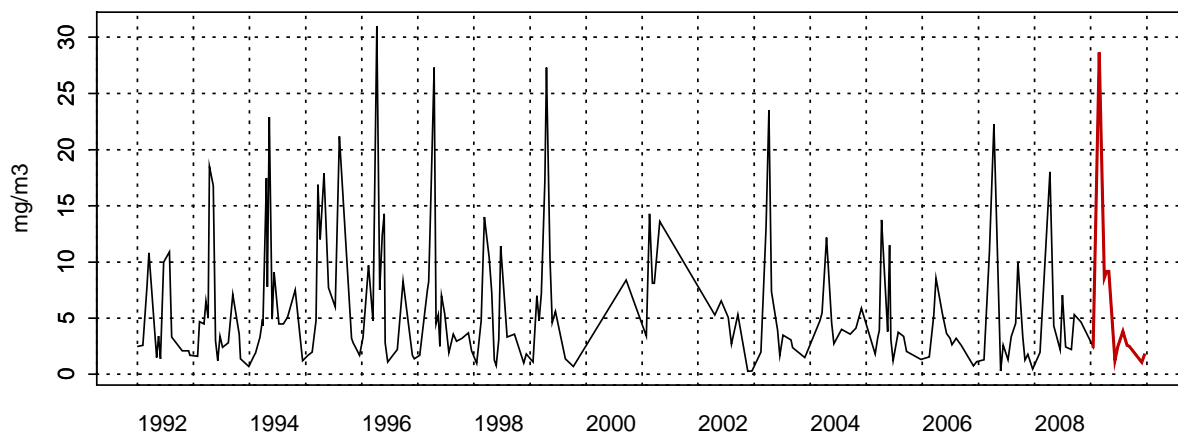
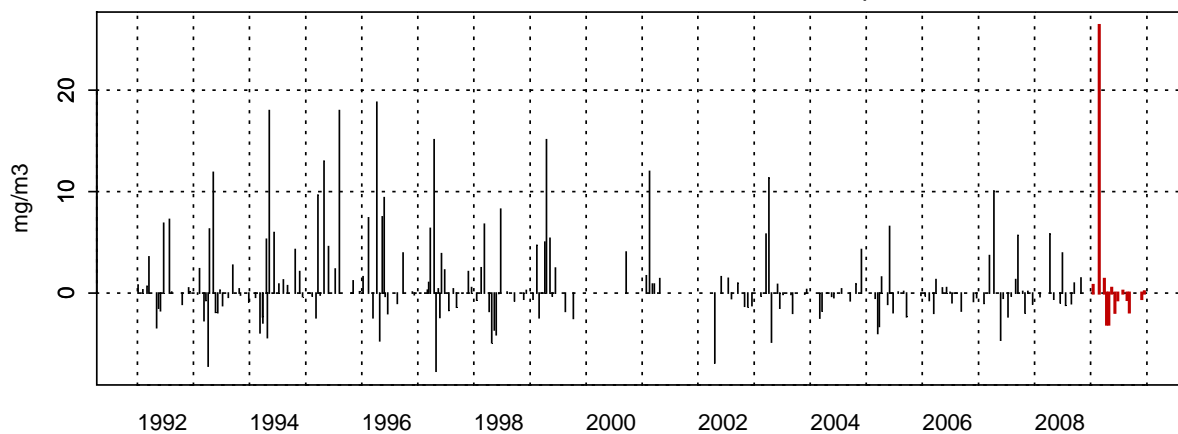
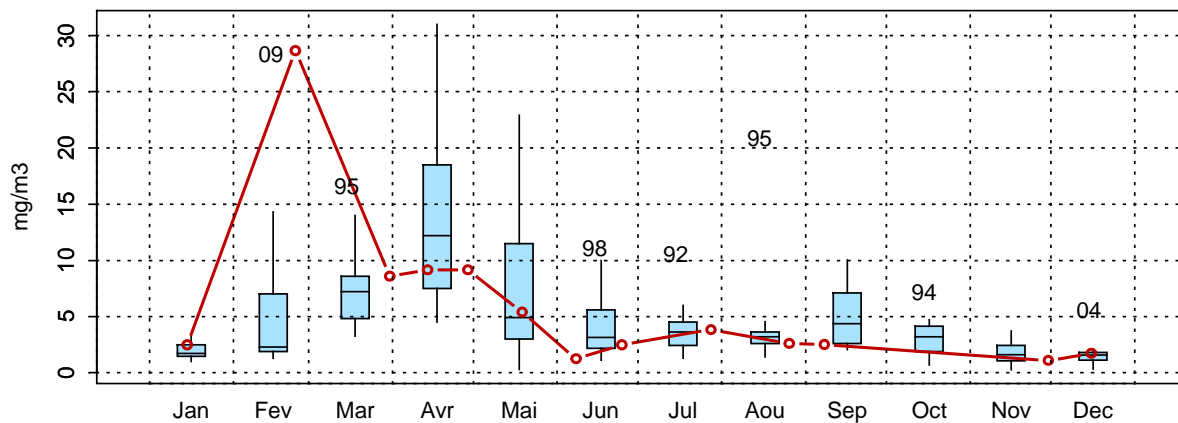
001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Anomalies Chlorophylle a  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2009 Chlorophylle a  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

Figure 12. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m<sup>3</sup>) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2009

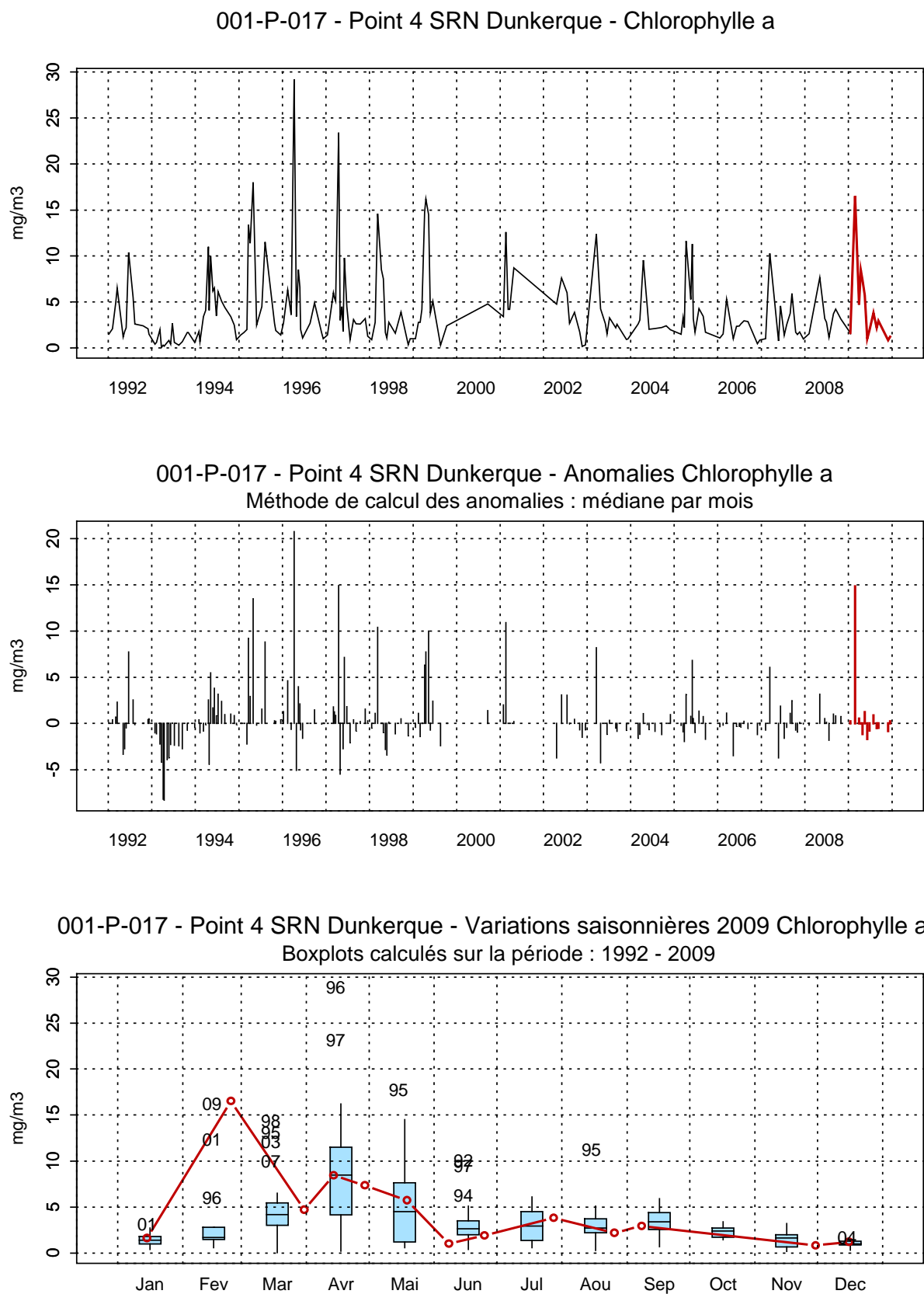


Figure 13. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m<sup>3</sup>) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2009

Le schéma d'évolution de la concentration en ammonium apparaît classique (Figures 14,15 et 16). Pour le point 1, l'évolution de la concentration en ammonium peut se diviser en deux périodes. La première d'entre elle est caractérisée par une chute de la concentration de janvier à mars, puis par des minima de mars à juin avec des valeurs proches du seuil de détection ( $0,15 \mu\text{mol/L}$ ). La seconde période met en évidence une augmentation des concentrations pour atteindre le maximum à la fin du mois d'août ( $4,95 \mu\text{mol/L}$  le 26/08/09 au point côtier) puis une stabilisation des concentrations jusqu'en décembre. La période 1 est caractérisée par des anomalies négatives (des valeurs plus faibles que la médiane mensuelle) tandis que la période 2 l'est par des anomalies positives (des valeurs plus fortes que la médiane mensuelle).

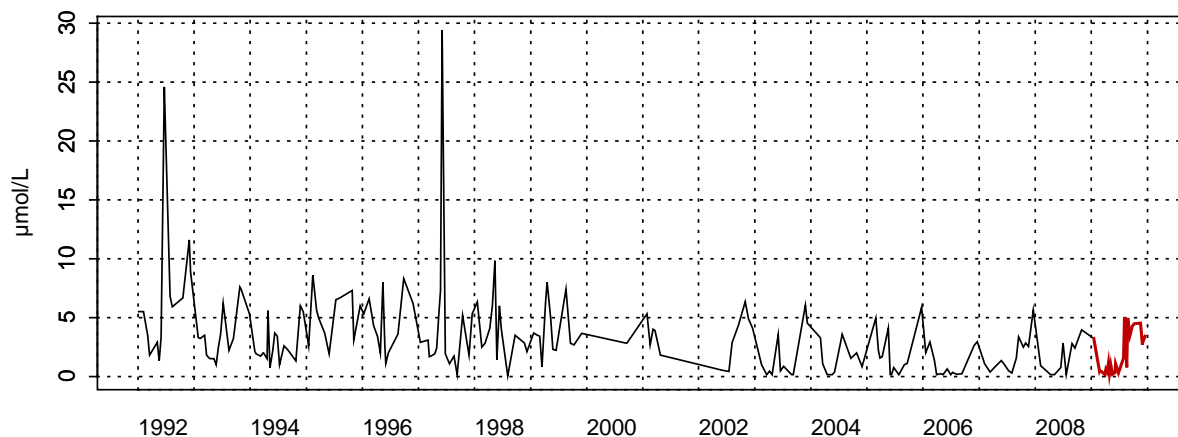
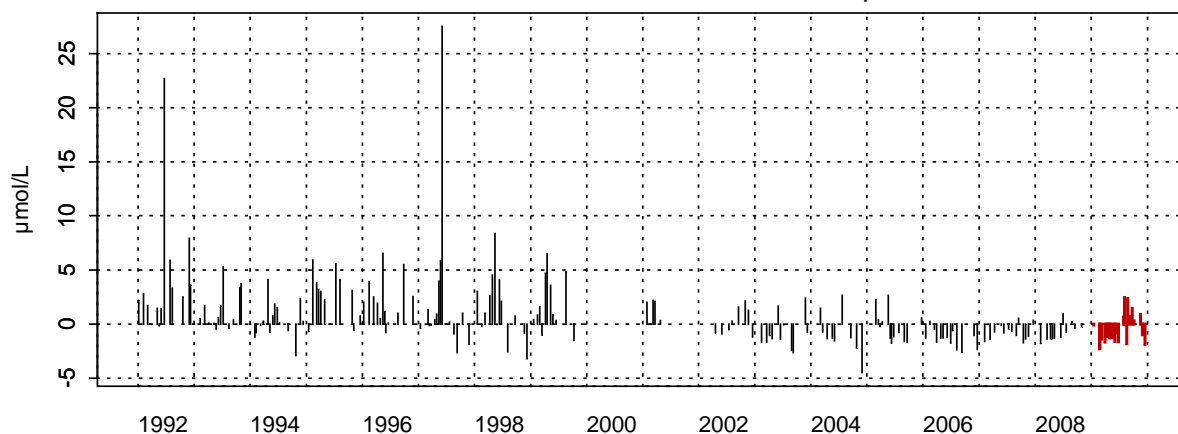
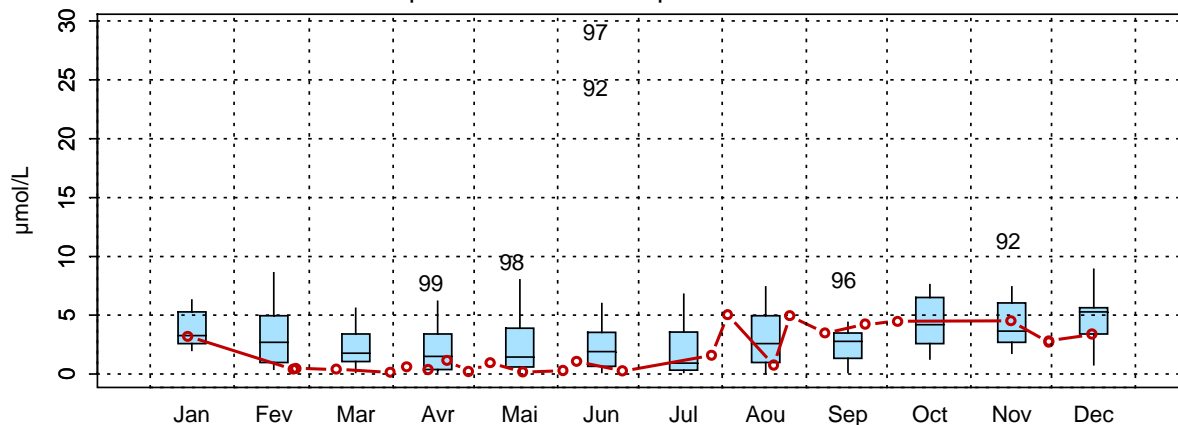
Pour les points 3 et 4 de la radiale, l'évolution des concentrations suit le même schéma que le point 1 mis à part que la remontée des concentration durant la période 2 est très faible. Pour ces 2 points du large, les concentration observées en 2009 sont très basses par rapport à la période 1992-2009 (les anomalies sont négatives toute l'année).



*P.Hébert, C.Blondel, IFREMER/Boulogne*

**Photo 1:** *Skeletonema costatum* (Microscopie optique)

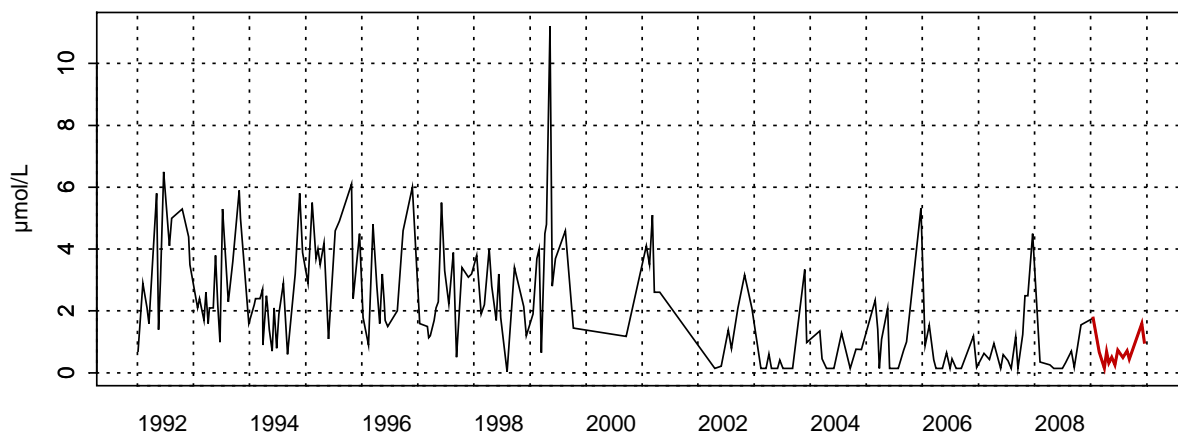
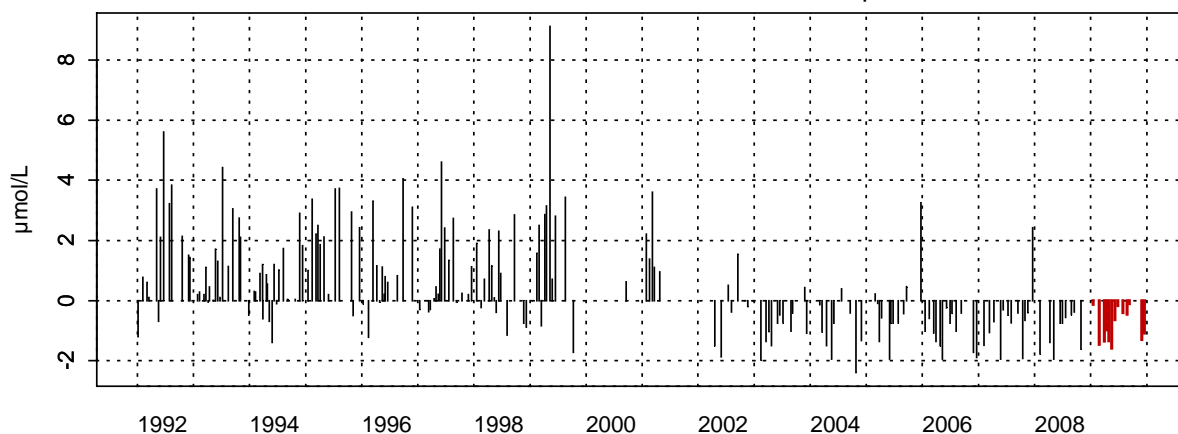
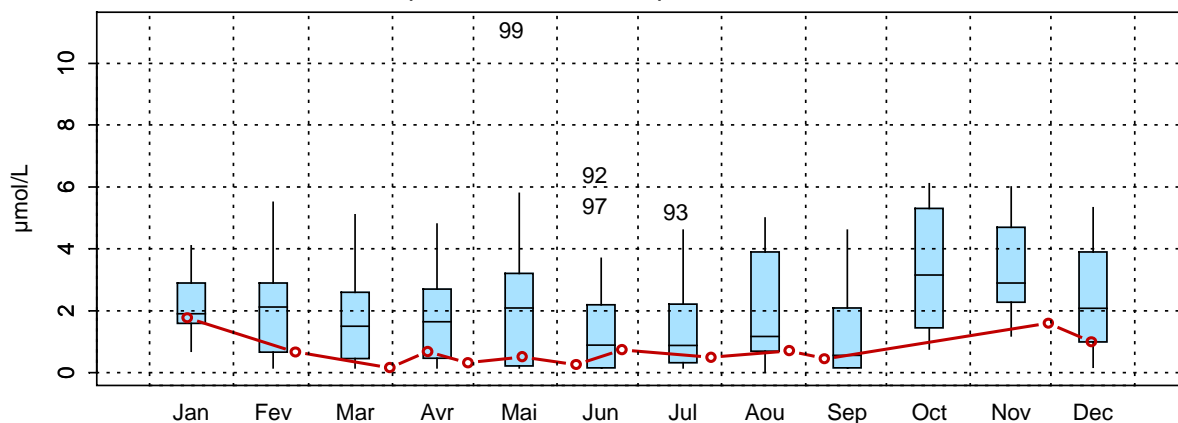
001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Azote ammoniacal

001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Anomalies Azote ammoniacal  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2009 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

**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 1992-2009**



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 2009 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009Figure 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 1992-2009

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

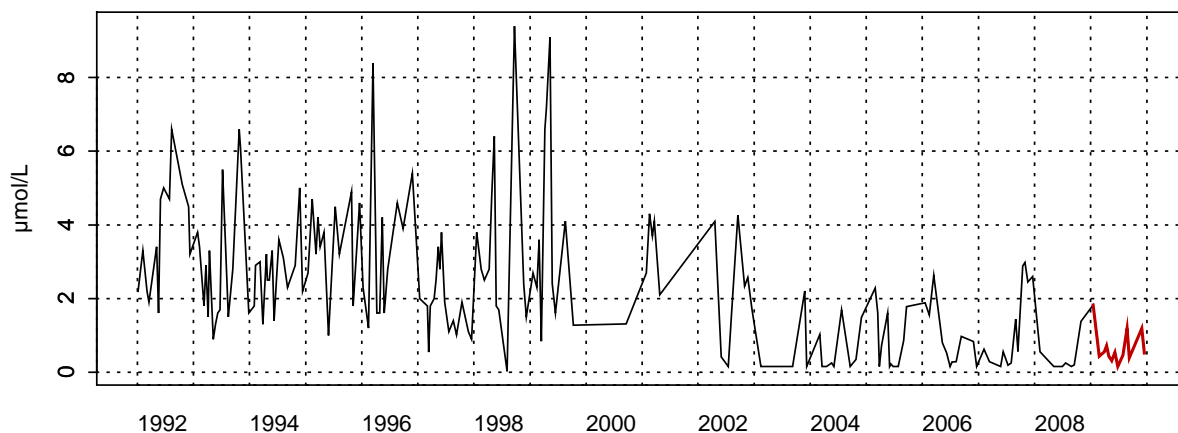
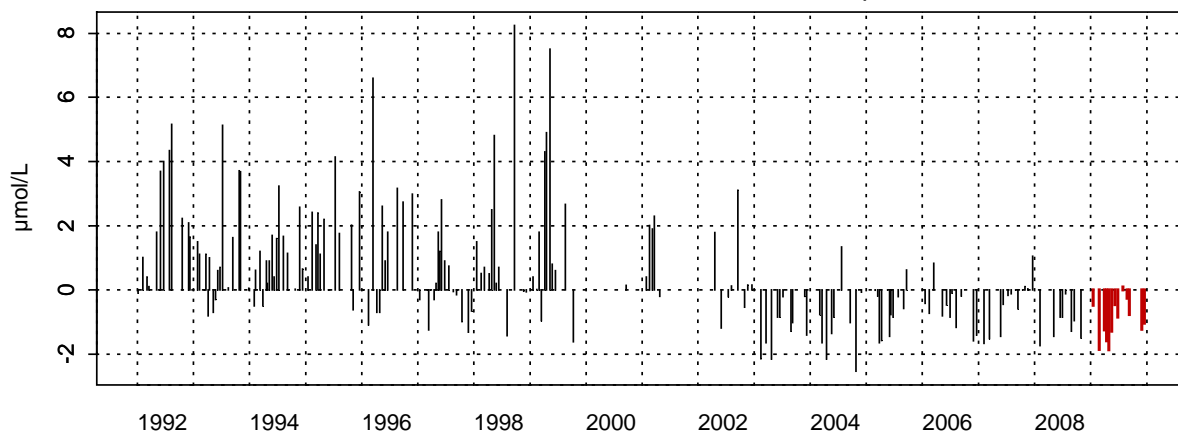
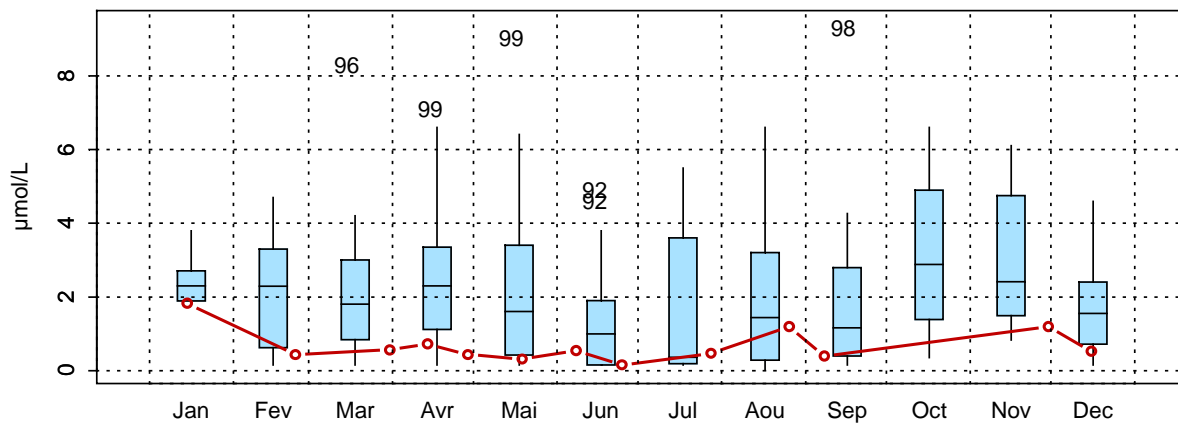
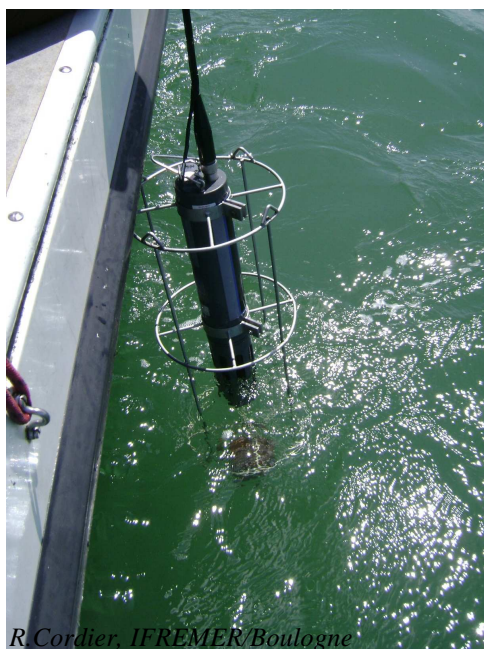
001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Anomalies Azote ammoniacal  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2009 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

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 1992-2009

Les concentrations en nitrite présentent des fluctuations importantes d'une année sur l'autre. L'aspect fugace de cet élément lors des réactions de nitrification / dénitrification (cf. section 4 - Discussion) rend difficile l'interprétation.

La courbe d'évolution des nitrites est classique et ressemble fortement à celle des nitrates (Figures 17, 18 et 19). Les valeurs sont élevées en début d'année (0,72  $\mu\text{mol/L}$  au point 1, 0,71  $\mu\text{mol/L}$  aux points 3 et 4 le 15/01/2009) puis les valeurs vont chuter progressivement pour atteindre les minima qui sont mesurés d'avril à août (valeurs proches ou égales au seuil de détection : 0,05  $\mu\text{mol/L}$ ). La concentration augmente ensuite jusque décembre où les maxima sont atteints (1,32  $\mu\text{mol/L}$  au point côtier le 16/12/2009) (Annexe 2).

En 2009, les valeurs sont relativement faibles par rapport à celles relevées au cours de la période 1992-2009. Elles sont presque régulièrement inférieures à la médiane mensuelle 1992-2009 sauf en janvier, mars, décembre ainsi qu'en mai et juin pour le point 1.



*R. Cordier, IFREMER/Boulogne*

**Photo 2:** Sonde Ysi 6600

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

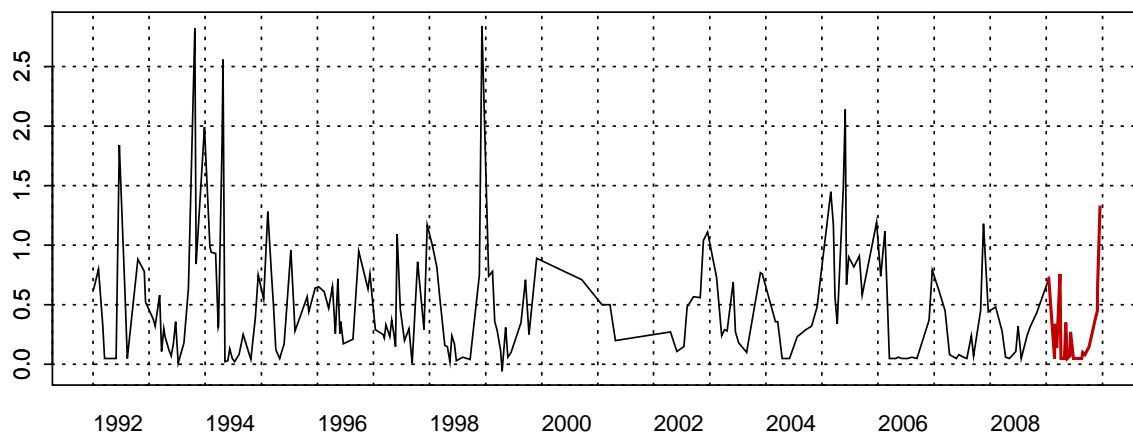
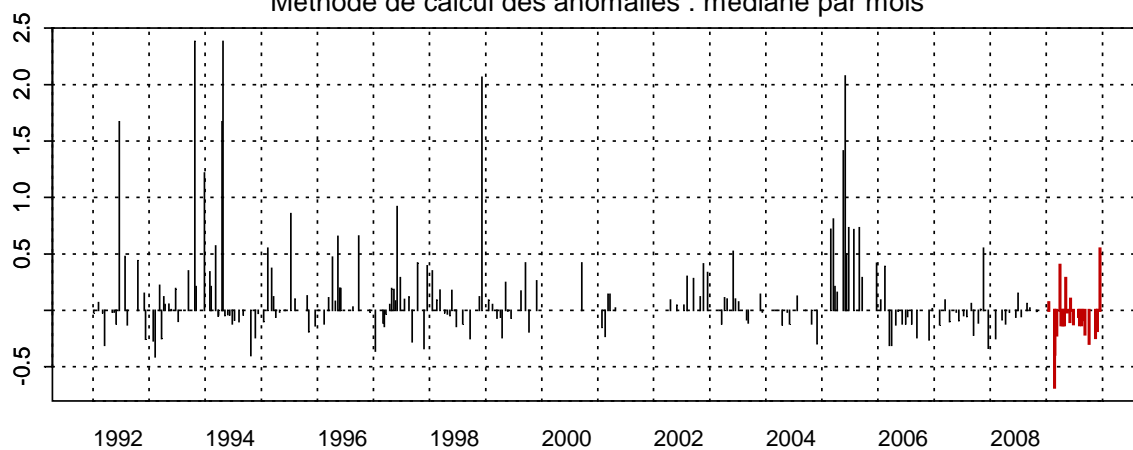
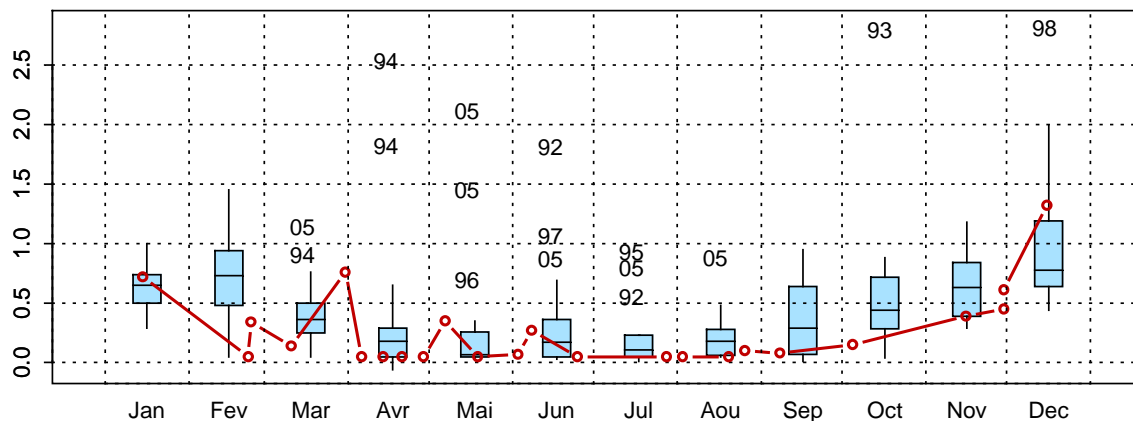
001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Anomalies NO2  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2009 NO2  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

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 1992-2009

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

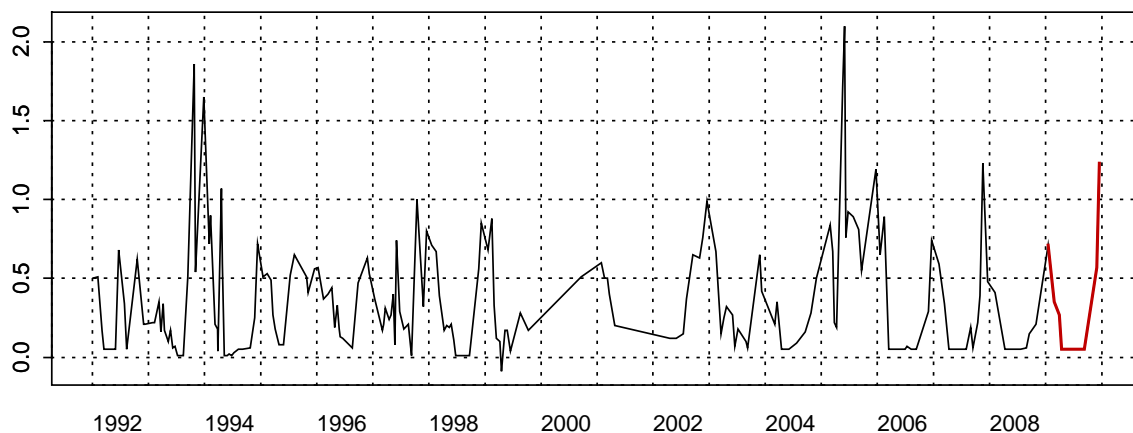
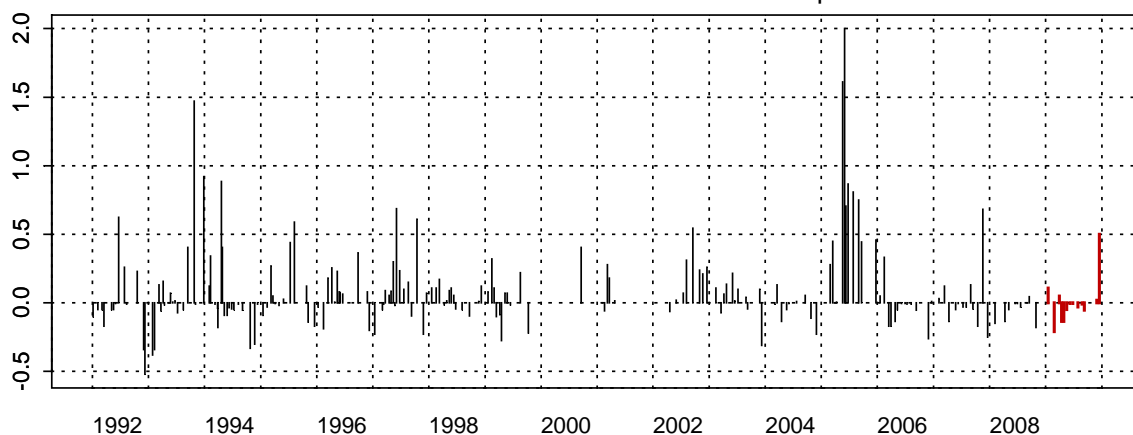
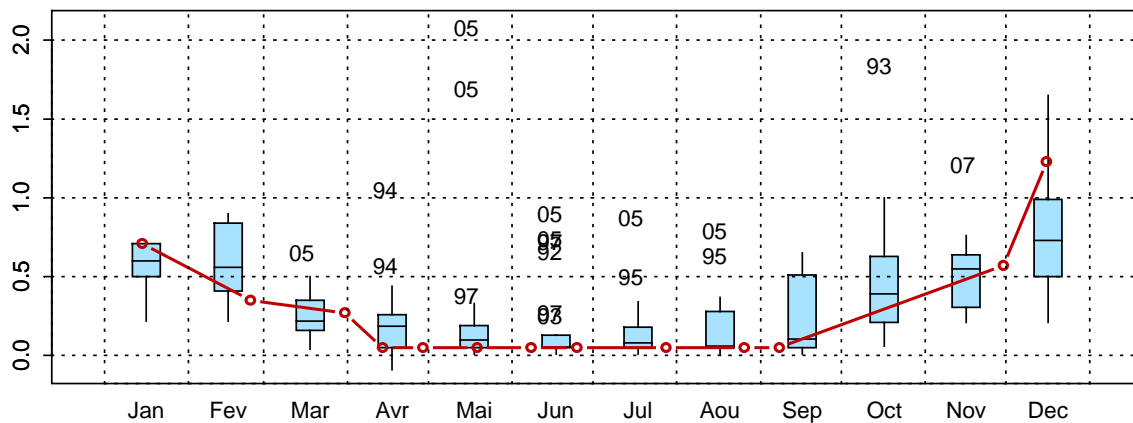
001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Anomalies NO2  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2009 NO2  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

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 1992-2009

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

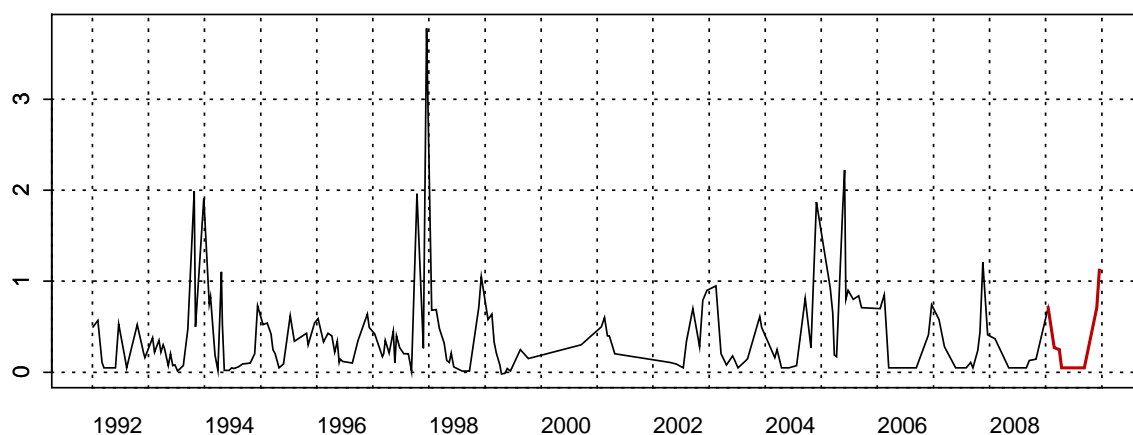
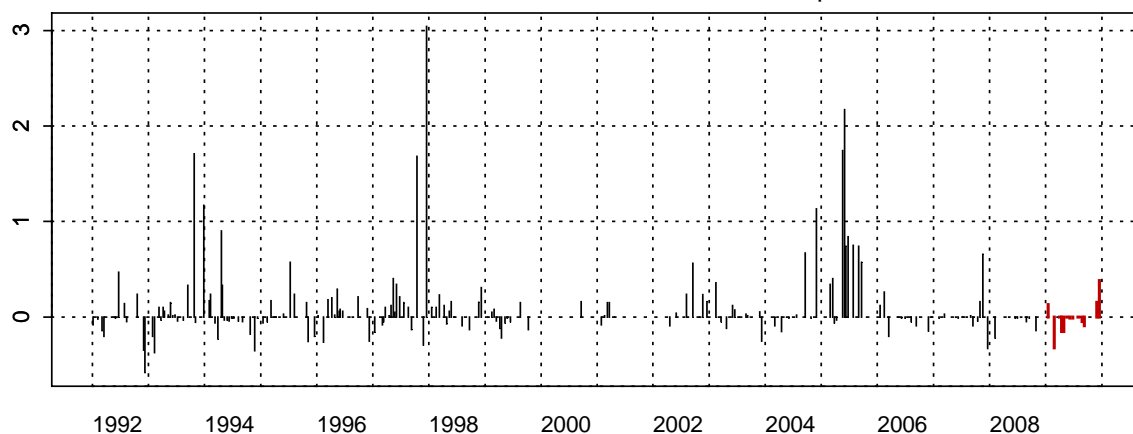
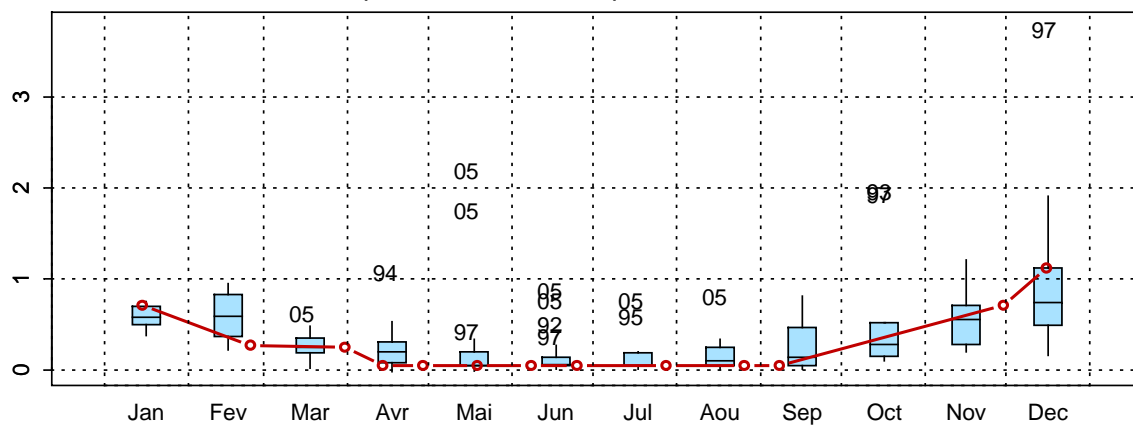
001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Anomalies NO2  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2009 NO2  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

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 1992-2009

La courbe d'évolution du nitrate est classique (Figures 20, 21 et 22). Les concentrations maximales sont observées en début d'année (le 31/03/2009 avec 54,01  $\mu\text{mol/L}$  au point 1, le 24/02/2009 avec 38,99  $\mu\text{mol/L}$  pour le point 3 et 33,98  $\mu\text{mol/L}$  pour le point 4) et les concentrations minimales sont observées d'avril à septembre (Annexe 2 et Tableau 4). La période de février à avril (jusque mars pour le point 1) se caractérise par une chute brutale des concentrations pour atteindre la limite du seuil de détection en avril, mai et juin ( $< 0,15 \mu\text{mol/L}$ ). On constate ensuite une nette augmentation du mois septembre jusqu'au mois de décembre.

Par rapport à la période 1992-2009, les concentrations en nitrate sont particulièrement fortes pour les mois de février et mars avec des valeurs largement au dessus du troisième quartile. Les concentrations très élevées de 2009 sont assez rares sur la période 1992-2009, mais on observe quand même quelques années similaires avec de fortes concentrations (en 1992, 1993, 1999, 2004 et 2005) On notera que les concentrations sont très faibles du mois d'avril à septembre (Figures 20, 21 et 22).

**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 et pour la période 1992-2009.**

	<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	0,50	9,47	2,50	15,70	54,01	205
<b>DK3</b>	0,10	0,20	7,44	2,30	13,47	39,80	203
<b>DK4</b>	0,10	0,51	6,96	2,37	11,10	40,64	194

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

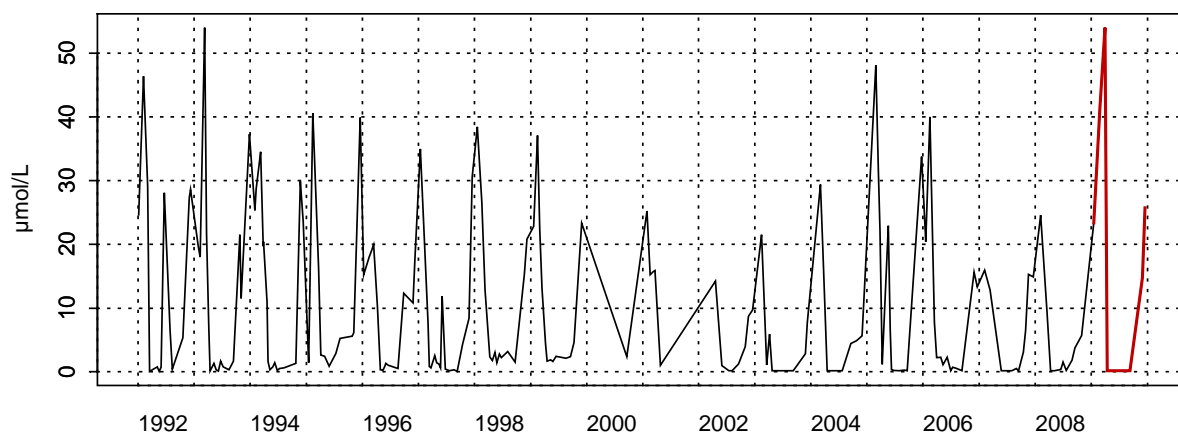
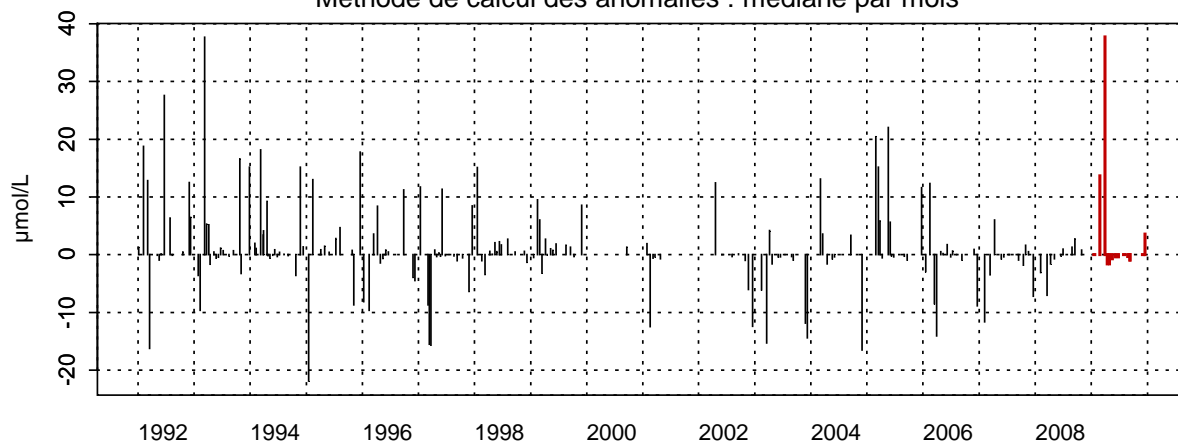
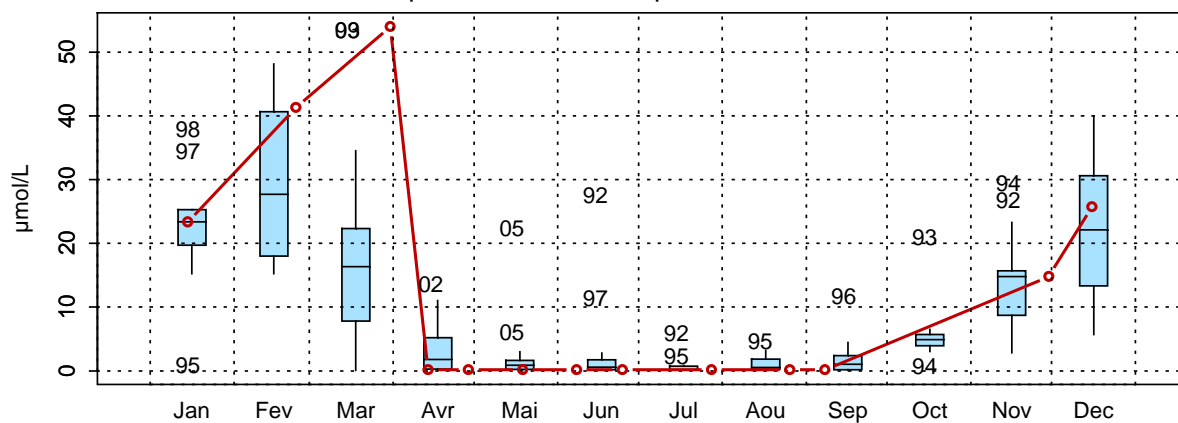
001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Anomalies Azote nitrique (nitrate)  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2009 Azote nitrique (nitrate)  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

Figure 20. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2009



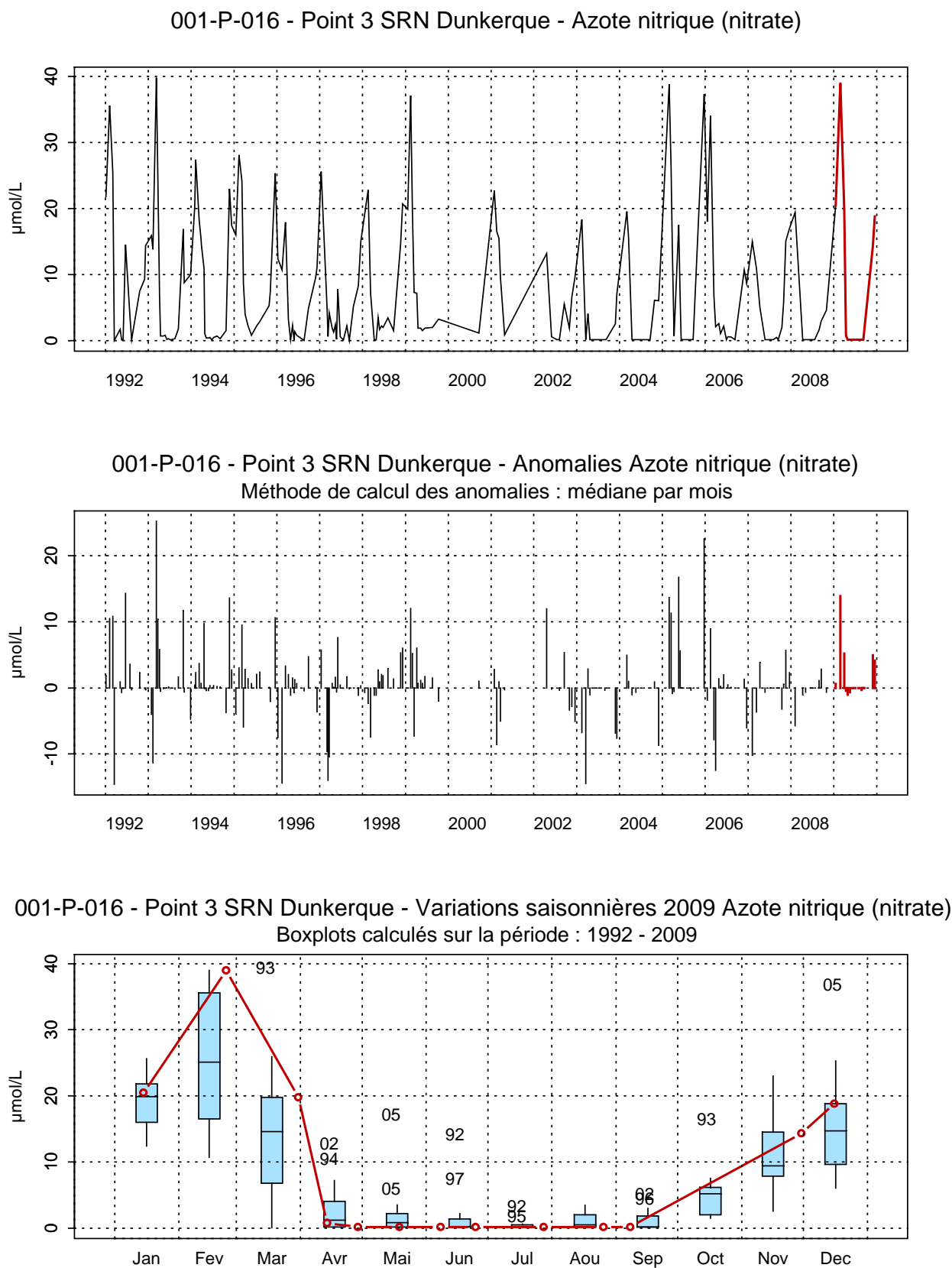


Figure 21. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2009

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

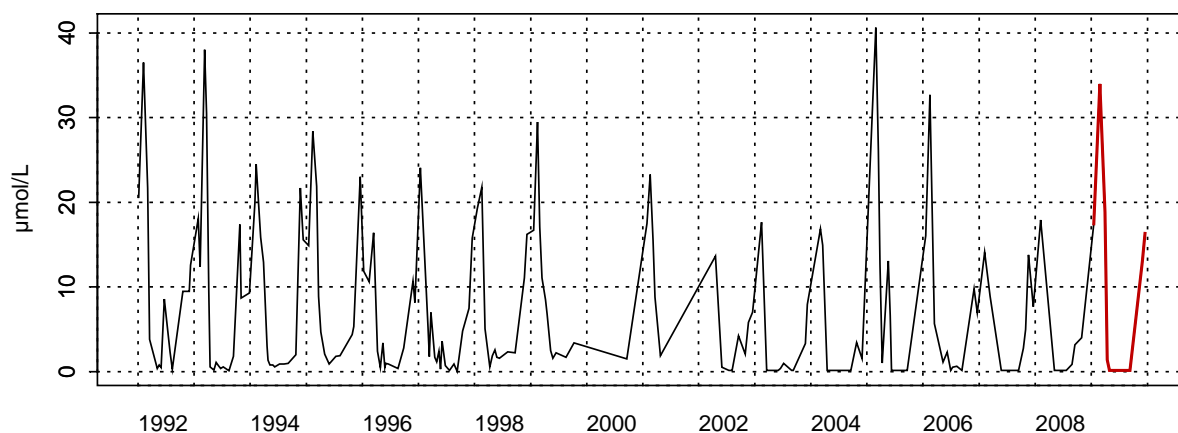
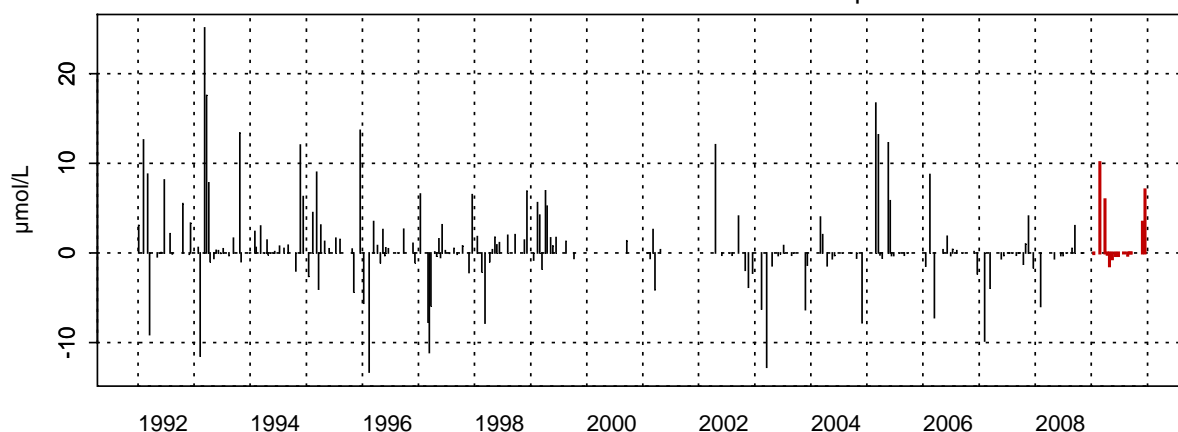
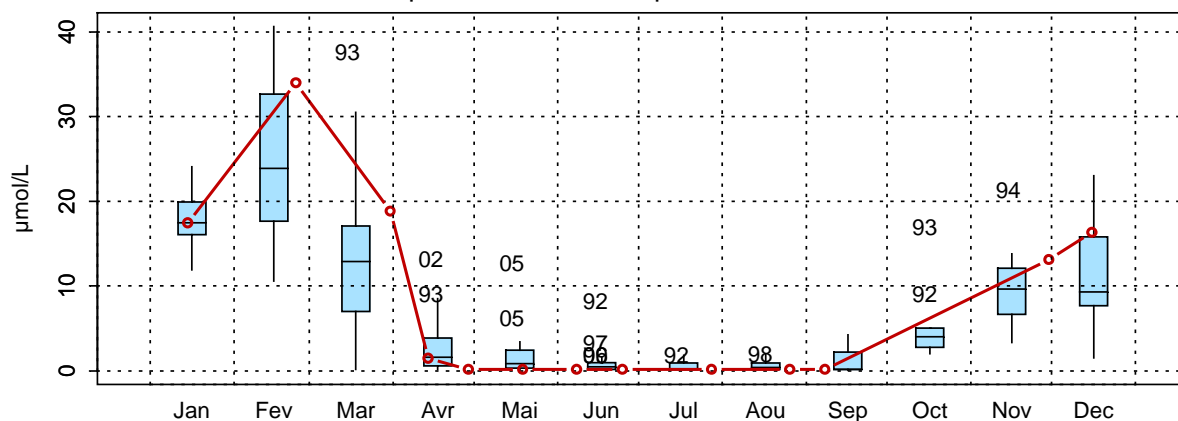
001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Anomalies Azote nitrique (nitrate)  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2009 Azote nitrique (nitrate)  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

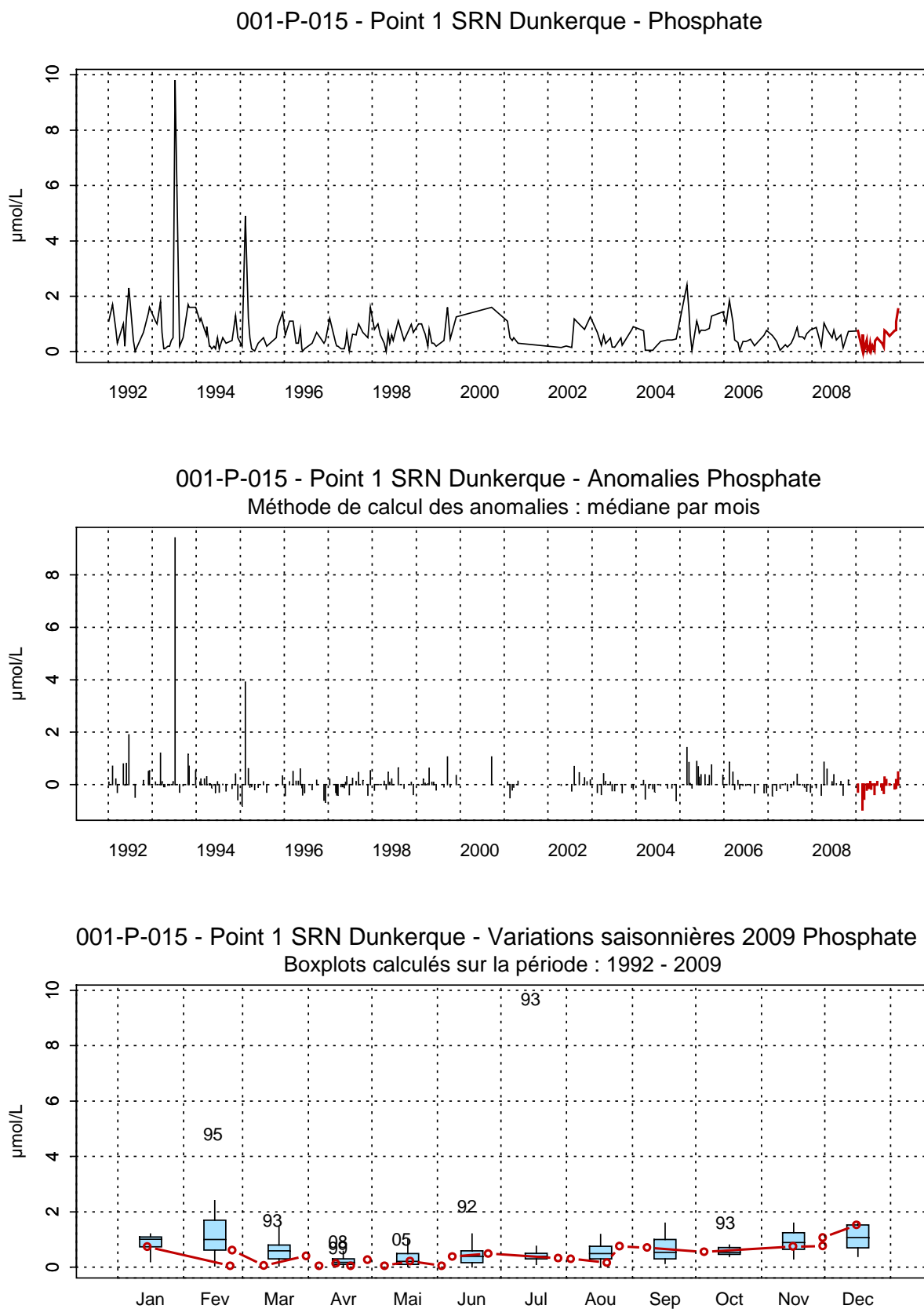
Figure 22. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate (µmol/L) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2009

L'évolution de la concentration en phosphate est conforme à ce qui est habituellement observé sur le site (Figures 23,24 et 25). Elle est marquée dans un premier temps par une chute de concentration du mois de février au mois de mars et avril où les minima seront atteints (0,14  $\mu\text{mol/L}$  le 14/04/2009/ au point 1 et des valeurs inférieures au seuil de détection : 0,05  $\mu\text{mol/L}$ , pour les points 3 et 4 le 31/03/2009). A partir du mois de juin, la concentration ne va cessé d'augmenter pour atteindre son maximum en décembre (1,53  $\mu\text{mol/L}$ , 1,26  $\mu\text{mol/L}$  et 1,18  $\mu\text{mol/L}$  respectivement au point 1, 3 et 4, le 16/12/2009). On notera que durant cette augmentation progressive de la concentration, un pic survient le 08/09/2009 avec une valeur de 1,84  $\mu\text{mol/L}$  au point 4 (concentration maximale).

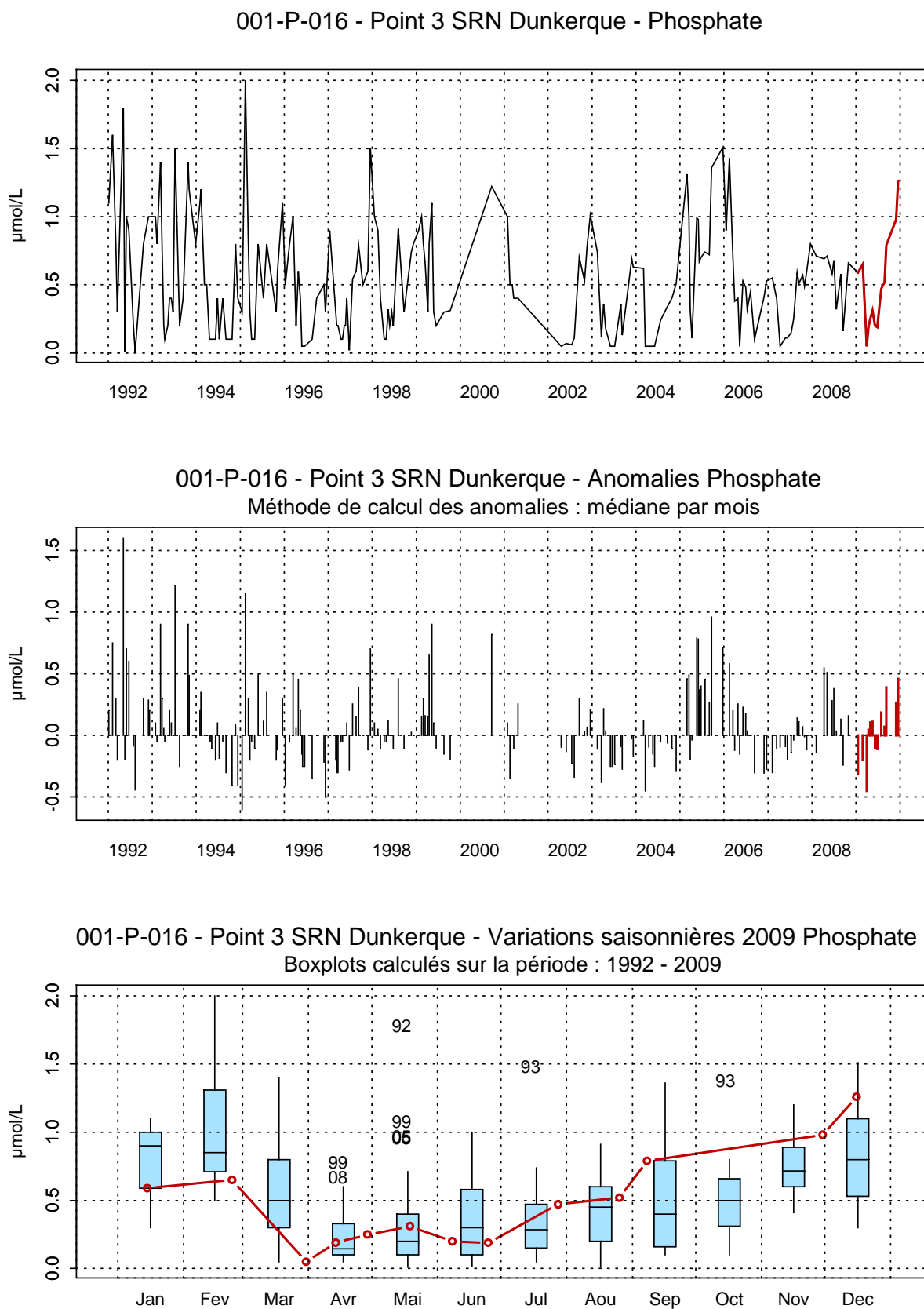
Par rapport à la période 1992-2009, les concentrations en phosphate sont particulièrement faibles des mois de janvier à mars avec des valeurs biens inférieures au premier quartile. Par contre les concentrations sont fortes du mois de juillet au mois de décembre (sauf au point 1) avec des valeurs supérieures au troisième quartile (Figures 23,24 et 25).

**Tableau 5. 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 et pour la période 1992-2009.**

	<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	0,23	0,67	0,50	0,86	9,80	219
<b>DK3</b>	0,01	0,20	0,53	0,46	0,80	2,00	204
<b>DK4</b>	0,01	0,20	0,53	0,45	0,80	2,69	196

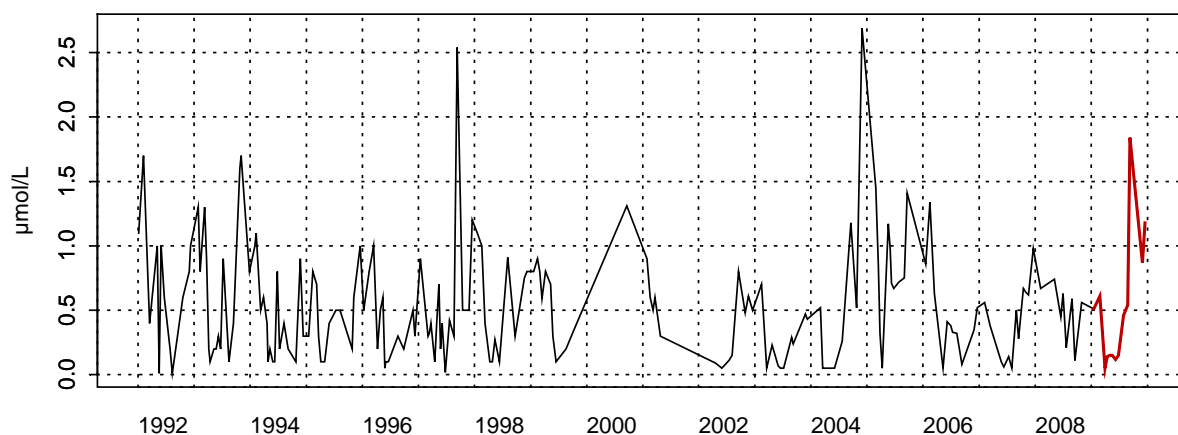
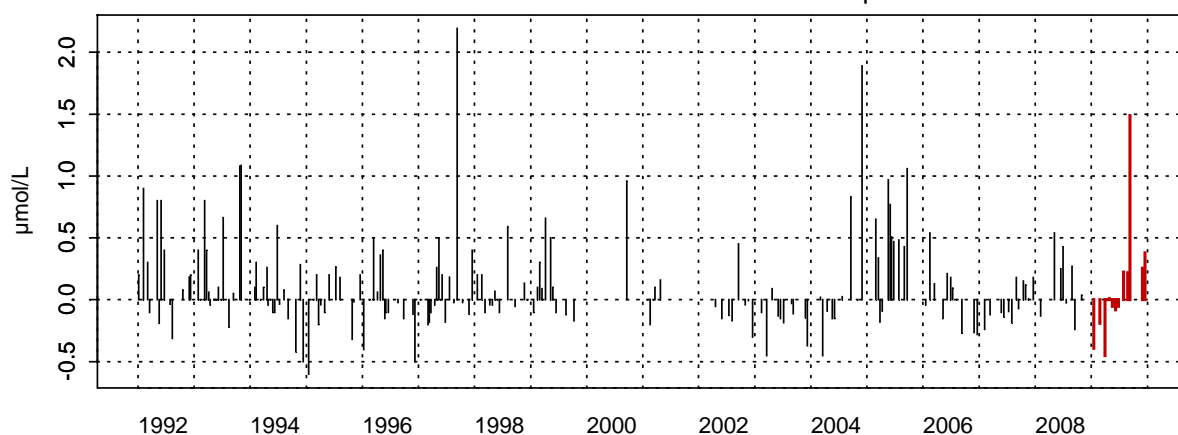
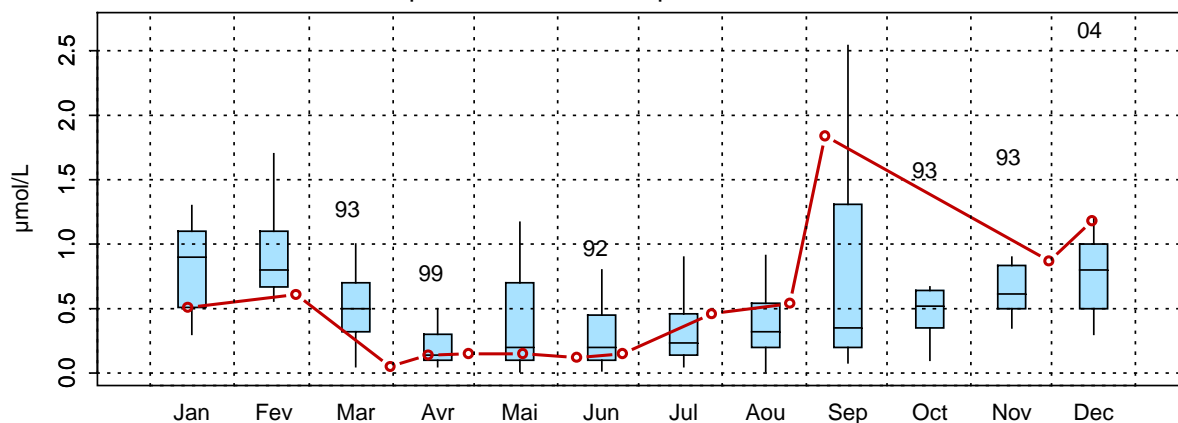


**Figure 23. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2009**



**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 1992-2009**

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

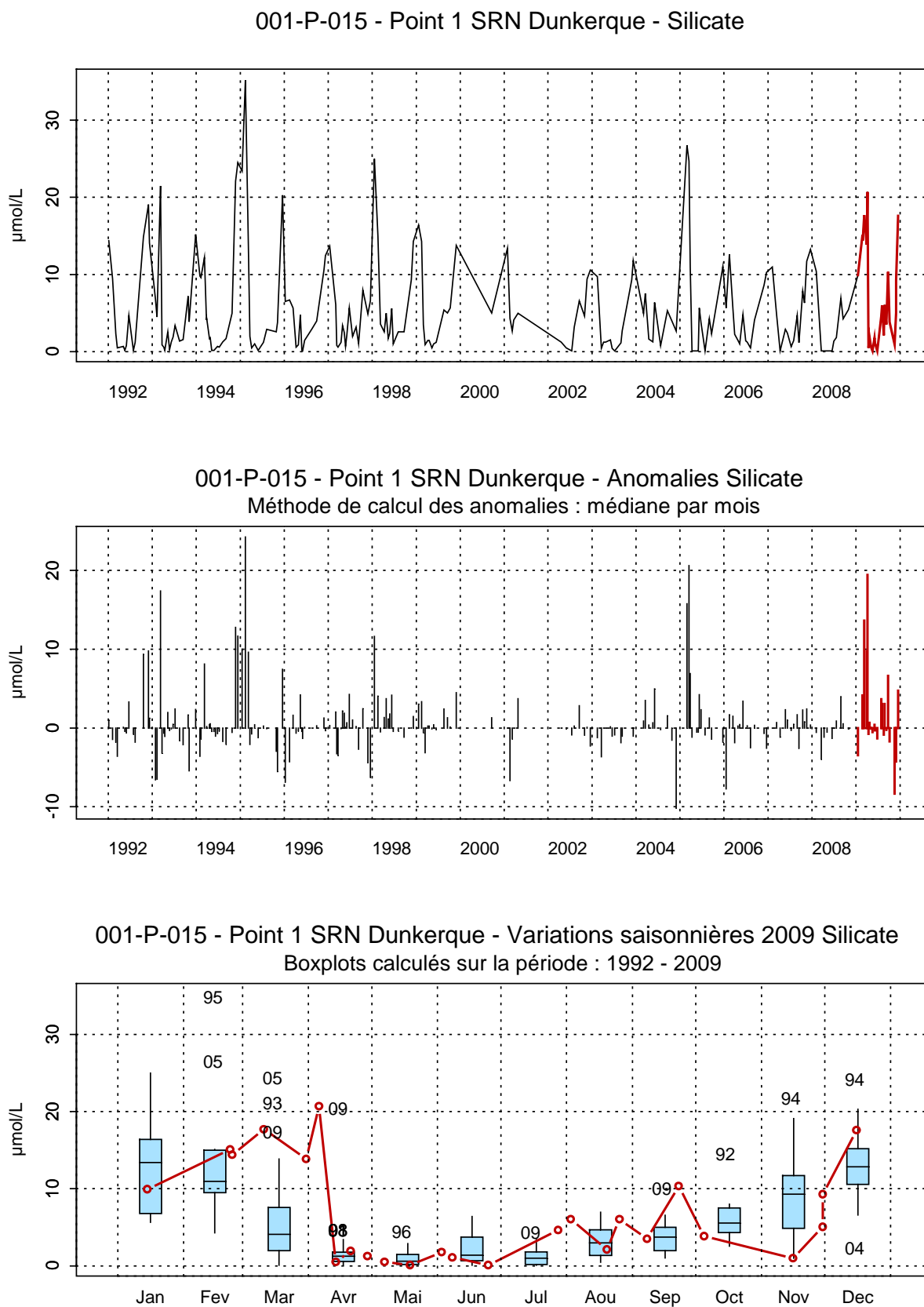
001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Anomalies Phosphate  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2009 Phosphate  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009Figure 25. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2009

En 2009 et conformément aux autres années, l'évolution de la concentration en silicate peut être divisée en 3 parties (Figures 26, 27 et 28). Les valeurs sont plus fortes en début d'année où le maximum (14,40  $\mu\text{mol/L}$ ) est atteint le 24/02 au point 1, pour ensuite diminuer brutalement et atteindre leur minimum, de mai à juin, au niveau du seuil de détection (0,10  $\mu\text{mol/L}$ ). A partir du mois de juin, les concentrations vont augmenter progressivement jusque décembre (Annexe 2 et Tableau 6).

Par rapport à la période 1992-2009, les concentrations en silicate sont comparables aux autres années. En effet, pratiquement toutes les valeurs passent par la médiane mensuelle ou à proximité de celle-ci (Figures 26, 27 et 28).

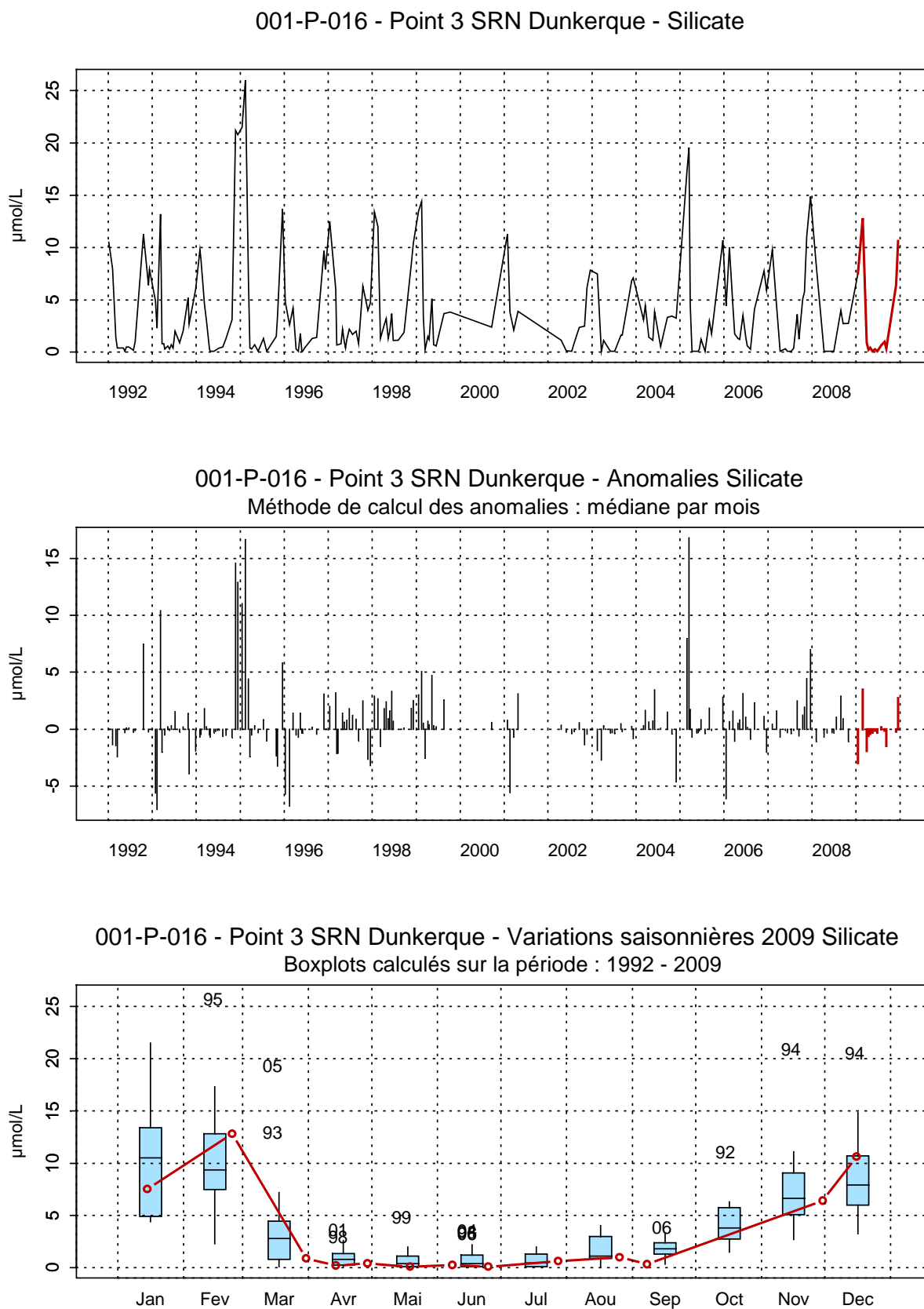
**Tableau 6. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour les différents points de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2009.**

	<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	5,48	3,40	7,29	35,20	220
<b>DK3</b>	0,05	0,48	3,72	1,74	4,83	26,00	204
<b>DK4</b>	0,10	0,50	3,68	2,00	5,70	25,90	197

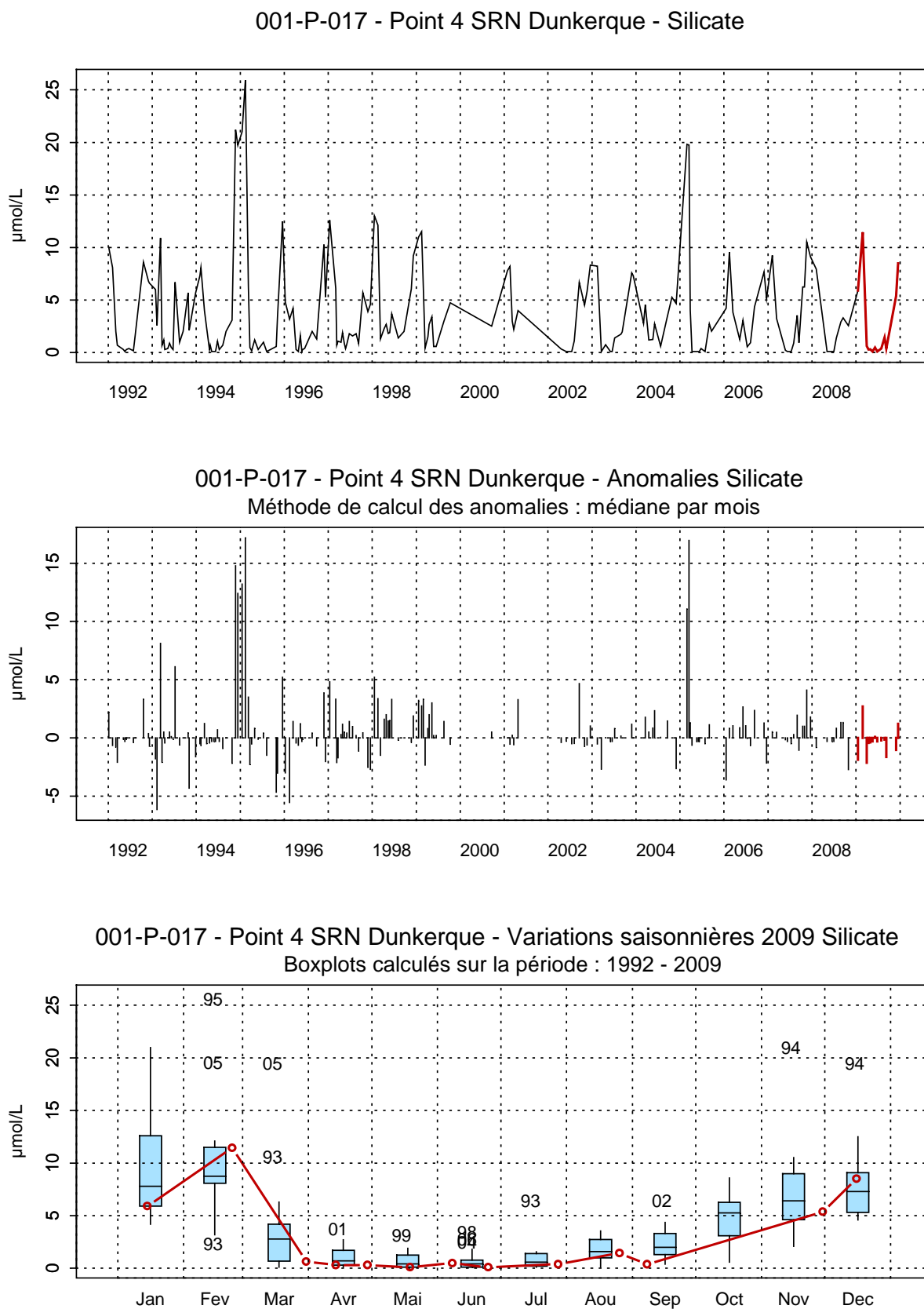


**Figure 26. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2009**





**Figure 27. 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 Dunkerque pour la période 1992-2009**



**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 1992-2009**

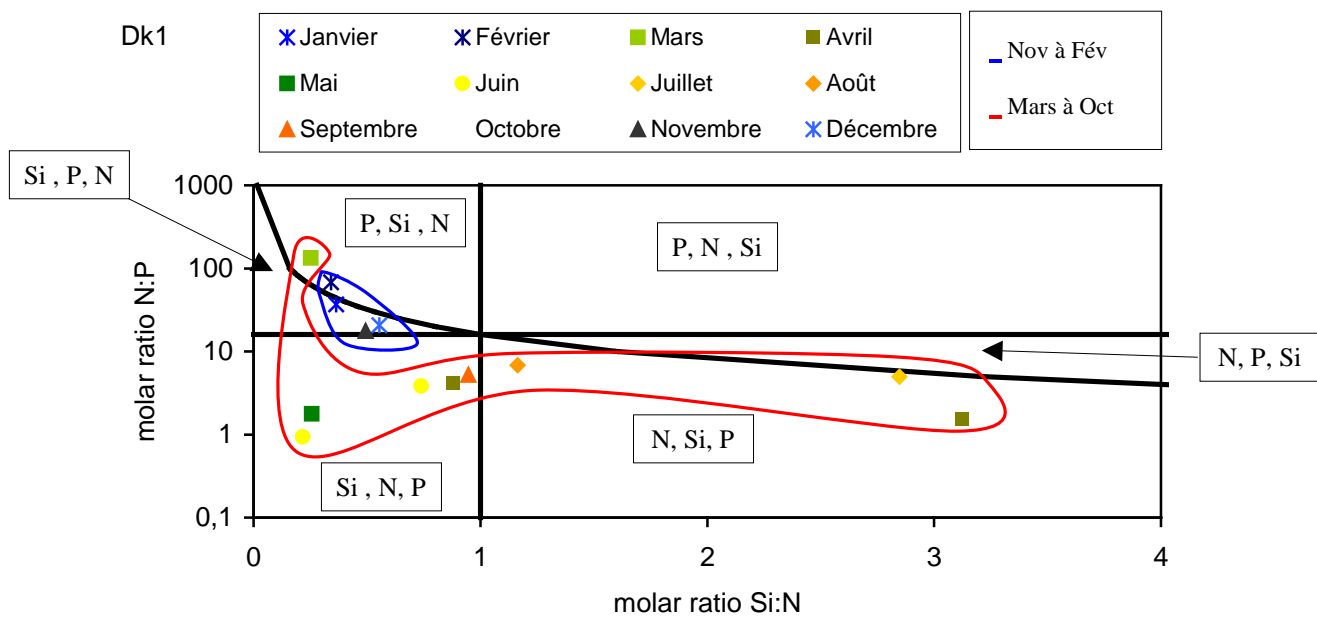


Figure 29. Évolution temporelle des éléments limitant au point 1 de la radiale de Dunkerque en 2009

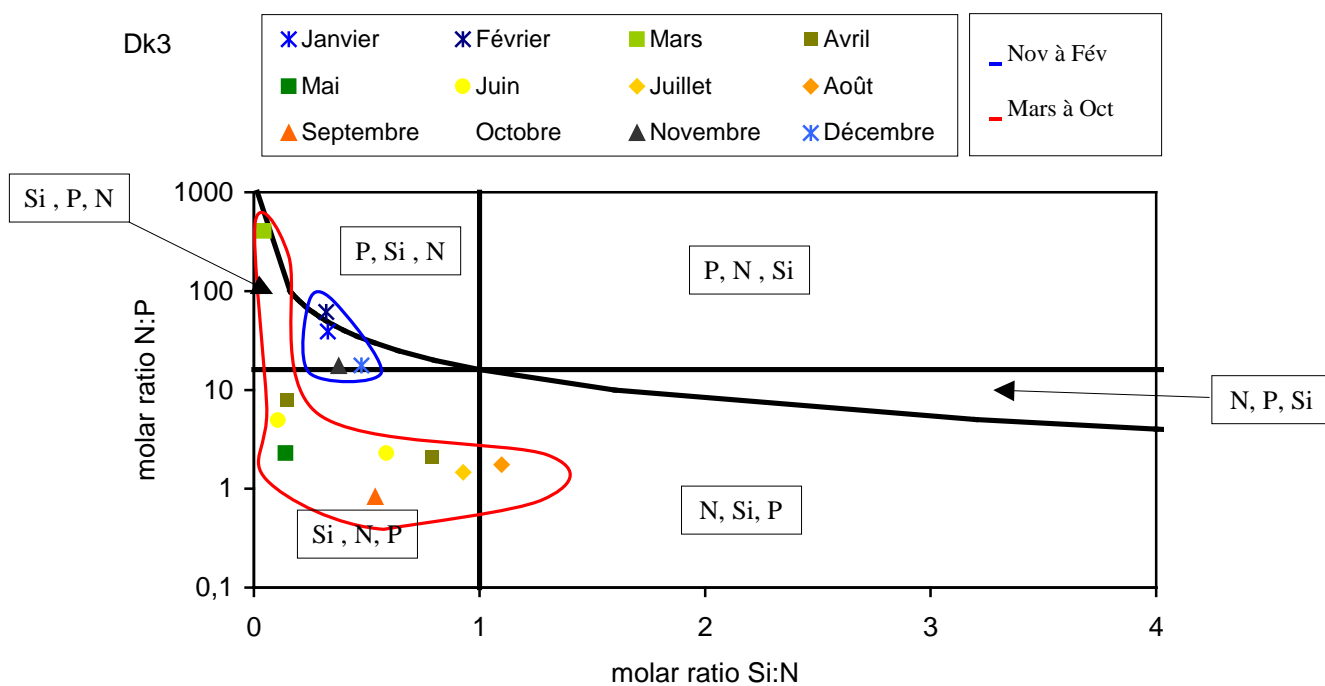


Figure 30. Évolution temporelle des éléments limitant au point 3 de la radiale de Dunkerque en 2009

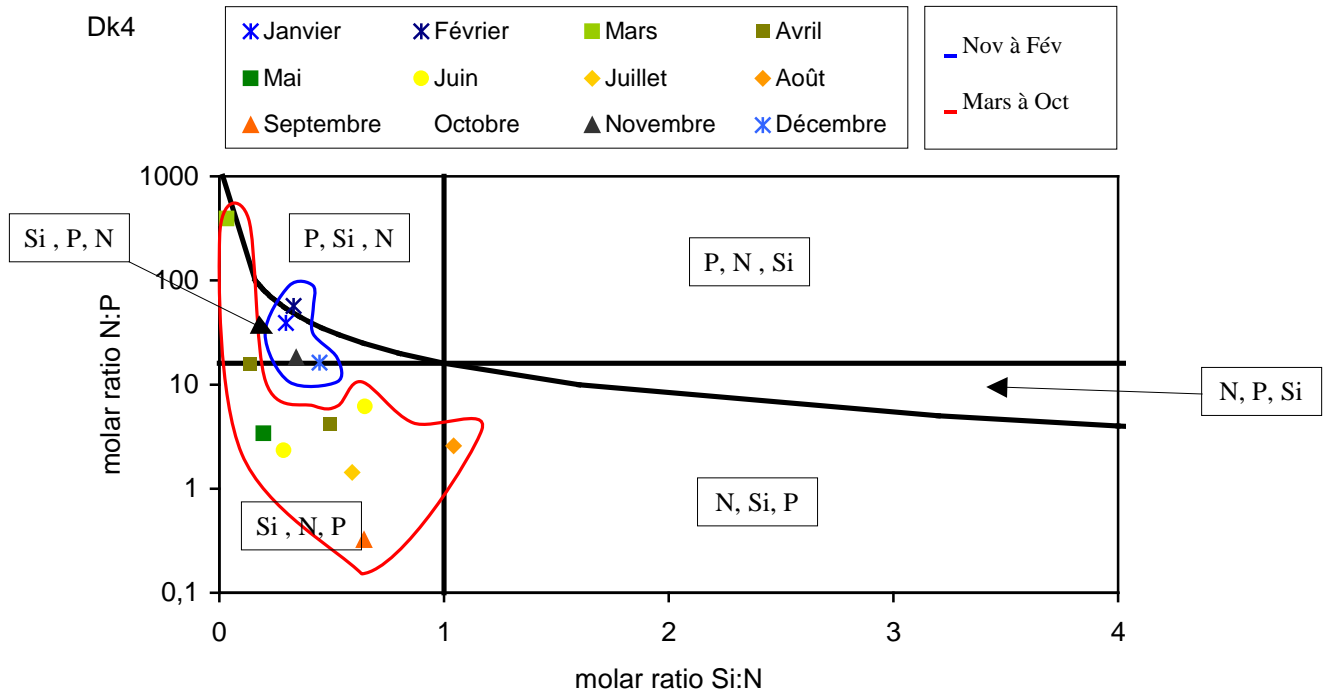


Figure 31. Évolution temporelle des éléments limitant au point 4 de la radiale de Dunkerque en 2009

*Pour faciliter la lecture des différentes phases, les échelles des abscisses des graphiques ne sont pas les mêmes que sur le graphique servant d'exemple.*

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. La projection de l'ensemble des points de l'année 2009 dans ces aires permet de mettre en évidence une limitation potentielle par la silice et par le phosphore pour la radiale de Dunkerque. Le mois de janvier, la fin du mois de mars (sauf la station côtière), les mois de novembre et de décembre présentent une limitation potentielle de type Si : P : N. Le prélèvement du mois de février (et de la fin du mois de mars pour la station côtière) est caractérisé par une limitation P : Si : N, par ordre de priorité. Une limitation potentielle par l'azote (N : Si : P) est observée à la station côtière à la fin des mois d'avril et de juillet sur l'ensemble de la radiale à la fin du mois d'août. Le reste des échantillons présente une limitation de type Si : N : P.

Le pourcentage d'activité chlorophyllienne est globalement supérieur à 70 % de février à août avec un maximum observé au point 1 avec 90,03 % le 29/04/09. On observe une chute en novembre avec des valeurs comprises entre 25 et 50 % (le minimum est mesuré au point 3 avec 23,38 % le 30/11/09) puis une remontée vers un ordre de grandeur compris entre 50 et 70% en décembre (Figure 32).

Le gradient côte-large est compris entre  $-14,6$  % et  $1,5$  % (Figure 32).

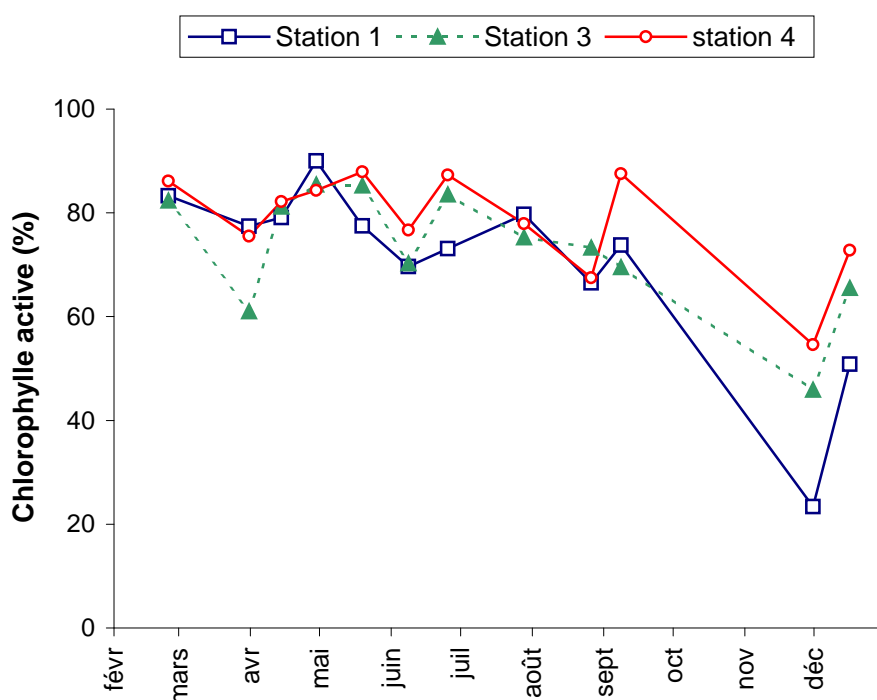


Figure 32. Évolution temporelle du pourcentage de chlorophylle active sur la radiale de Dunkerque en 2009

## 2.2. Boulogne-sur-Mer

*Pour des raisons météorologiques et/ou techniques, les prélèvements du 14/05/09 (BL3), 17/09/09 (BL3) et les mesures de températures du 24/08 (BL1) n'ont pu être effectuées. Au total, 14 campagnes de prélèvements ont été réalisées.*

L'évolution des températures est classique d'un système tempéré avec des valeurs faibles en hiver (de 5,7 à 6,4 °C, le 26/02/09 du point 1 au point 3), suivies d'une augmentation pour atteindre les maxima estivaux (19,8 °C au point 2). Puis les températures diminuent progressivement pour tendre vers les minima hivernaux (Figures 33, 34 et 35).

Il existe un faible gradient de température entre la côte et le large compris entre -1,40°C et 2,10°C. Le gradient est négatif ou nul au printemps et en été (eaux côtières plus chaudes) et est positif en hiver (Annexe 2 et Tableau 7).

Par rapport à la période 1992-2009, les valeurs de température sont particulièrement faibles en janvier et février (inférieures au premier quartile). Pour le reste de l'année, les températures se caractérisent par des valeurs au niveau de la médiane ou légèrement supérieures à celle-ci.

**Tableau 7. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour les différents points de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2009.**

	<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	8,87	12,59	12,30	16,50	22,10	288
<b>BL2</b>	4,40	8,60	12,36	12,10	15,95	21,80	250
<b>BL3</b>	5,10	9,00	12,35	12,00	15,90	21,80	243

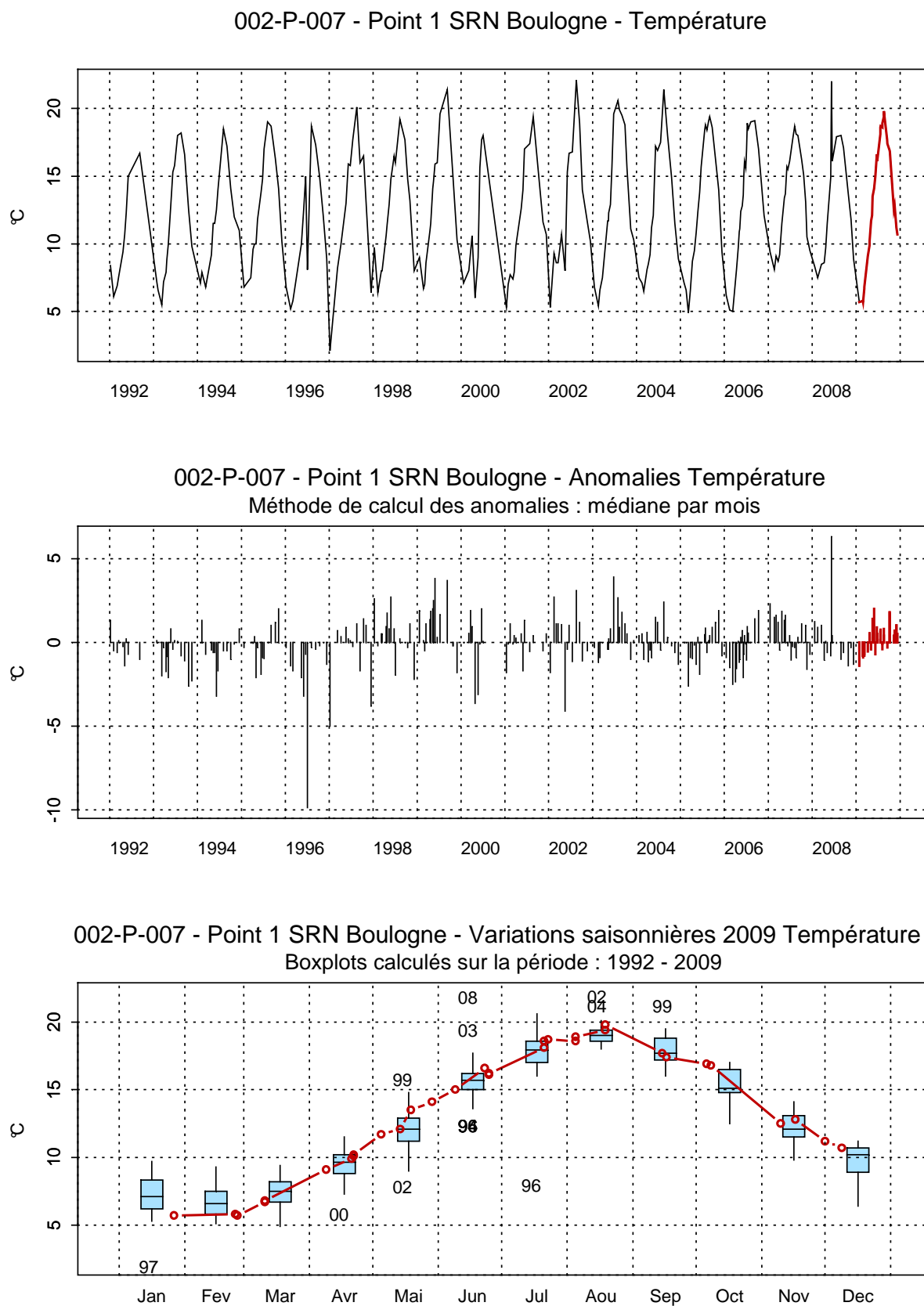


Figure33. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer (1992-2009)

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

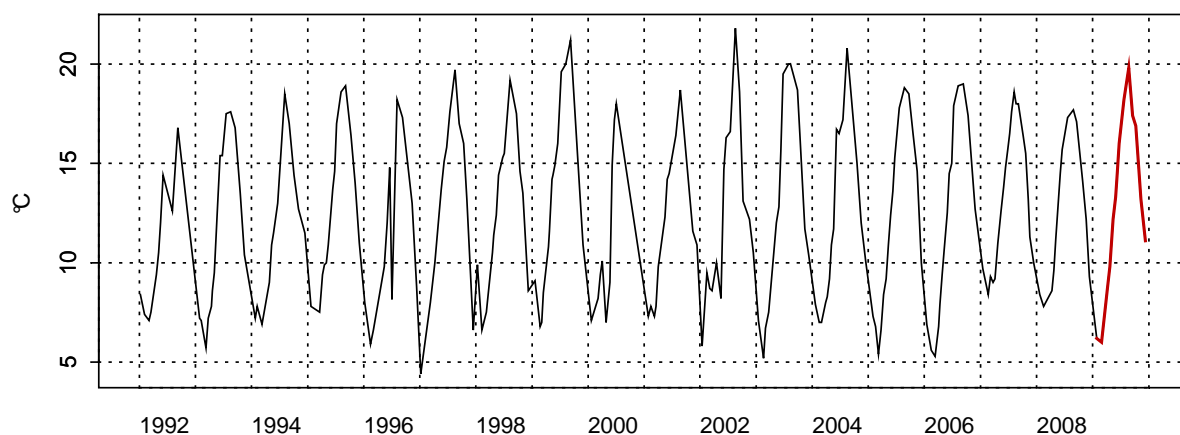
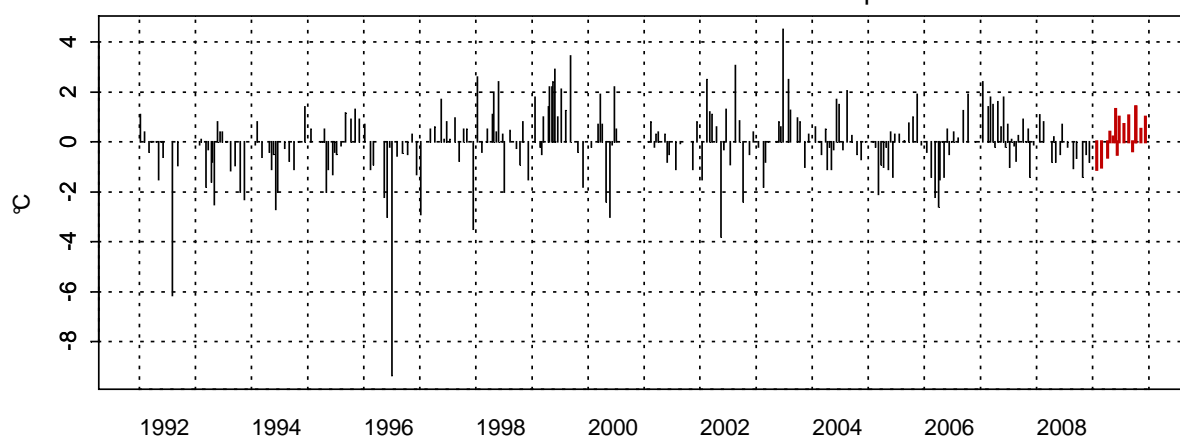
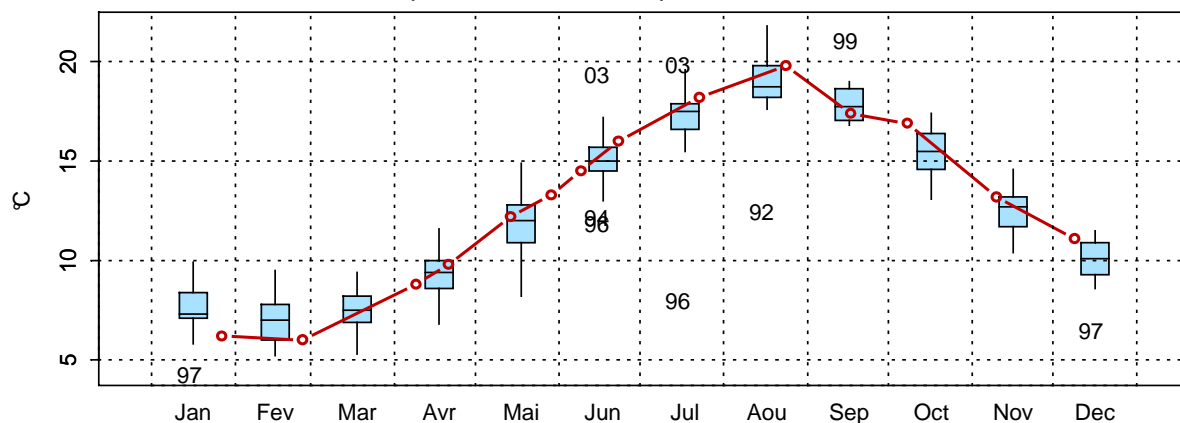
002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Anomalies Température  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2009 Température  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

Figure34. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer (1992-2009)



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

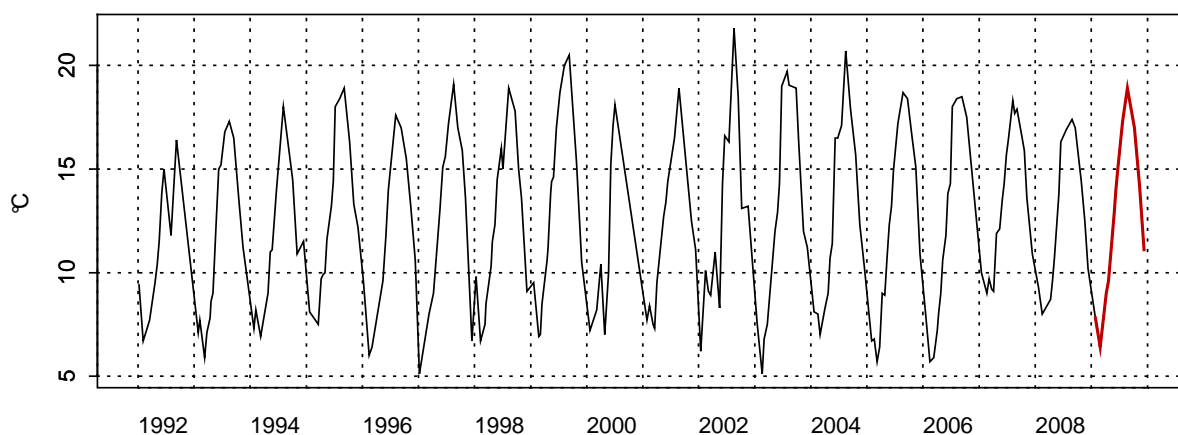
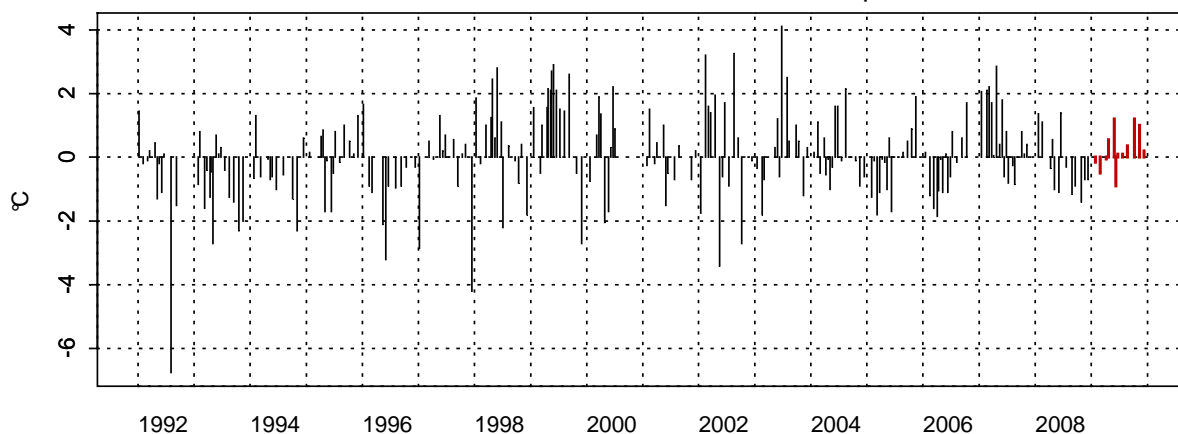
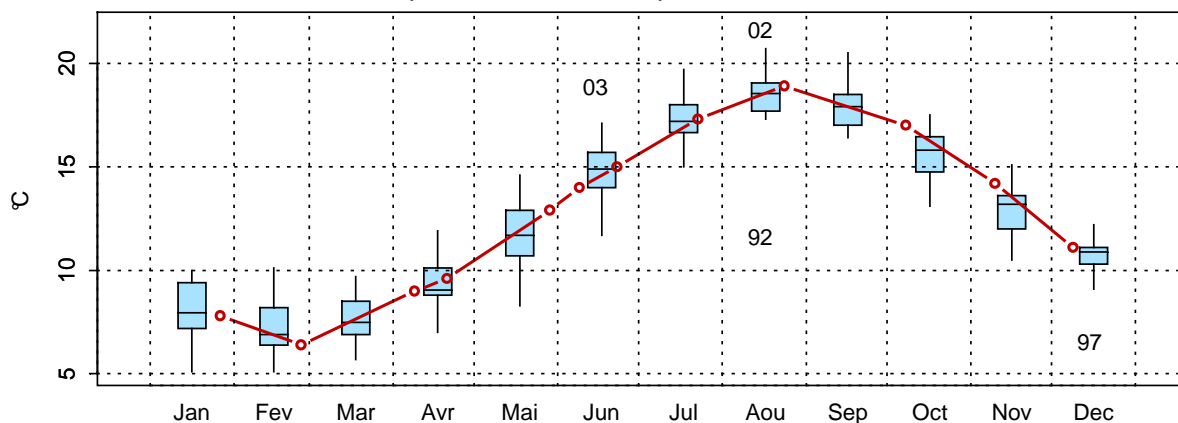
002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Anomalies Température  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2009 Température  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

Figure35. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer (1992-2009)

La salinité est caractéristique d'un système marin. Elle est comprise entre 33,4 et 35,2 au point 1, entre 33,9 et 35,3 au point 2 et entre 33,6 et 35,5 au point 3 (Annexe 2).

Les fluctuations observées sont le reflet à la fois de conditions de prélèvements 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 côte-large de salinité varie entre 0,2 et 1,0.

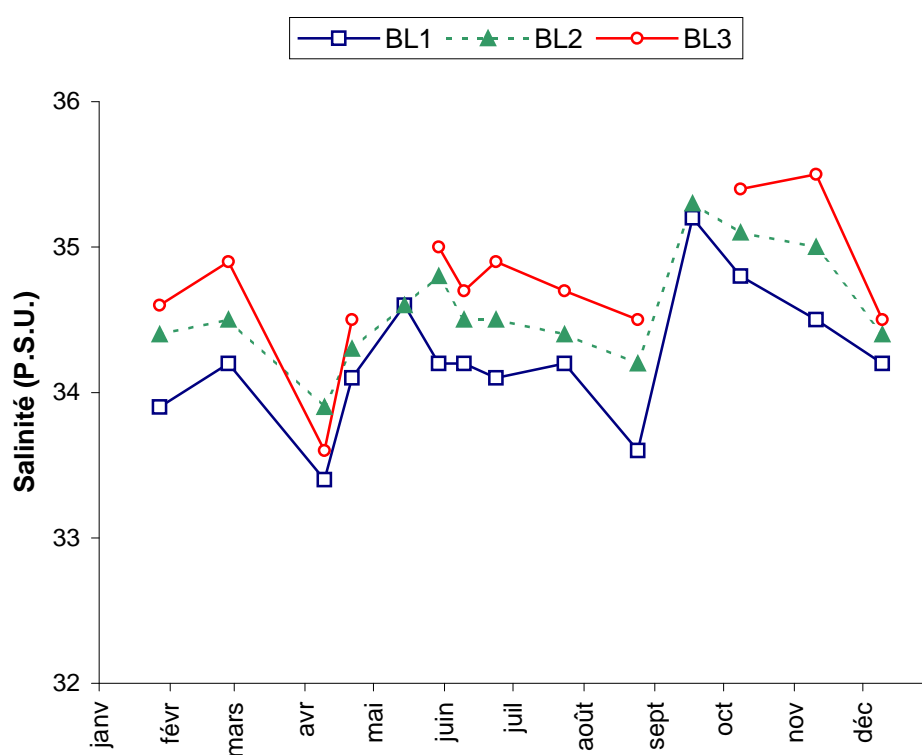


Figure 36. Évolution temporelle de la salinité (P.S.U.) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2009

L'évolution de la turbidité est relativement comparable à celle des matières en suspension (M.E.S.) (Figures 37 et 38).

Le maximum est généralement mesuré en début et fin de cycle (périodes automnale et hivernale) et le minimum l'est pendant la période estivale (Annexe 2). Cependant, on observe quelques événements inhabituels par rapport à ce schéma. Ces événements ne sont le reflet que de phénomènes à plus haute fréquence, réponse du milieu aux conditions courantologiques et/ou météorologiques. Par exemple, le 17/09/09 et le 10/11/09, on observe des pics de MES au point 1 avec respectivement 10,1 et 10,2 mg/L.

La turbidité est maximale au point 1 (5,07 NTU) le 10/11/09, et minimale le 09/06 au point 3 (0,46 NTU).

Le maximum et le minimum de M.E.S. sont mesurés respectivement au point 1 (10,2 mg/L) le 10/11/09 et au point 3 le 21/04/09 (0,5 mg/L).

Les différences de turbidité et de matières en suspension entre la côte et le large sont comprises respectivement entre -4,3 et 0,5 N.T.U. et entre -19,3 mg/L et -0,4 mg/L.

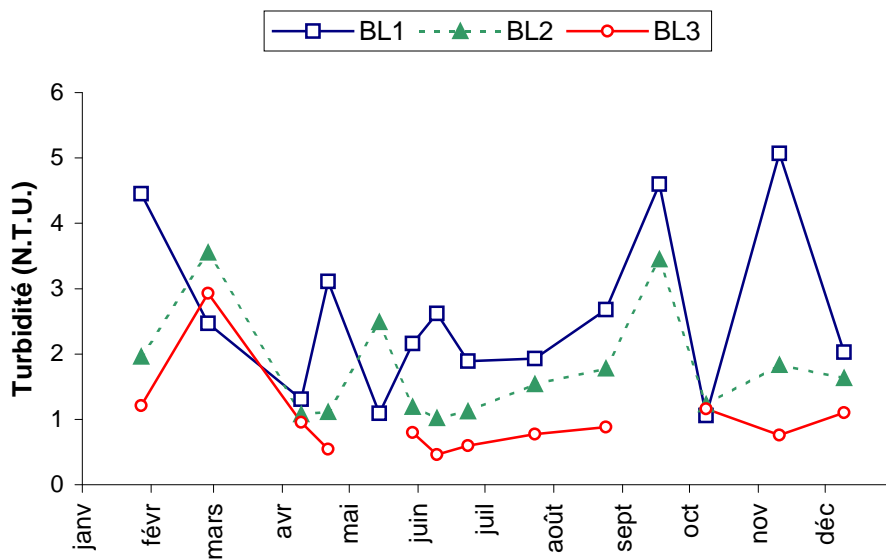


Figure 37. Évolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2009

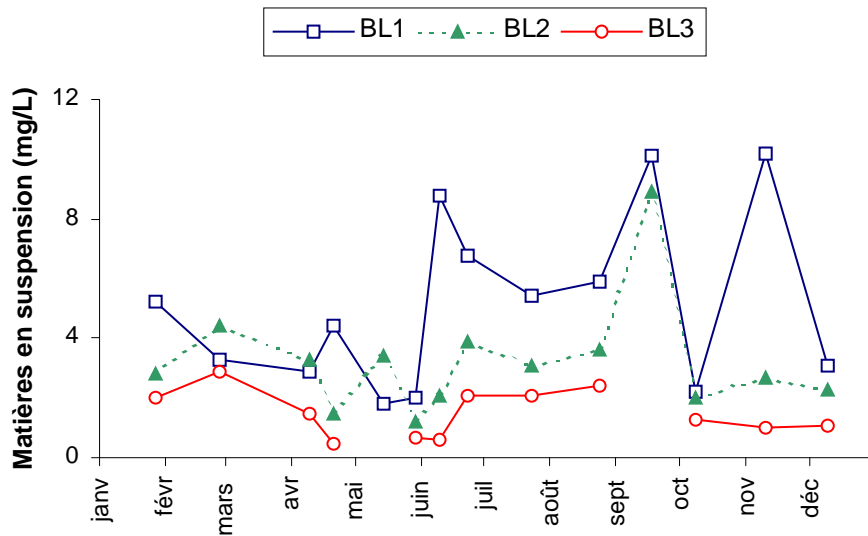


Figure 38. Évolution temporelle des matières en suspension (mg/L) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2009

L'évolution de la concentration de matière organique (M.O.) est marquée par des valeurs faibles à intermédiaires en début de saison (entre 15,38 % au point 1 et 60 % au point 3 le 27/01/09), pour atteindre un maximum entre mars et juin avec plus de 65 % pour les points 1 et 2, et 100% pour le point 3 de matières organiques dans les M.E.S. avant de revenir progressivement à des niveaux comparables au début de cycle (entre 15 % et 30 %). Puis une remontée est observée en septembre, avec des valeurs atteignant les 40 %, aux points 1 et 2, et les 70% pour le point 3 (Annexe 2).

L'augmentation au cours des mois de mars à juin correspond à une production de biomasse organique liée au développement du phytoplancton, d'où l'augmentation durant la même période de la concentration en chlorophylle *a* ; ceci se vérifie également mais d'une façon plus modérée avec l'augmentation de matière organique enregistrée en septembre lors du bloom automnal (très faiblement marqué cette année) (Figure 39).

Le gradient côte-large est compris entre 4,5 % et 95,5 %.

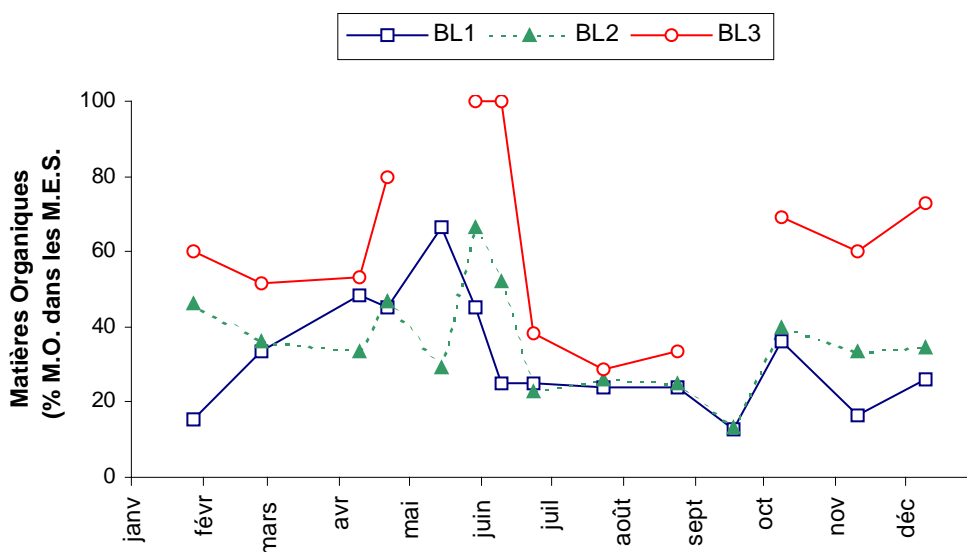


Figure 39. Évolution temporelle de la teneur en matière organique (%) dans les matières en suspension sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2009

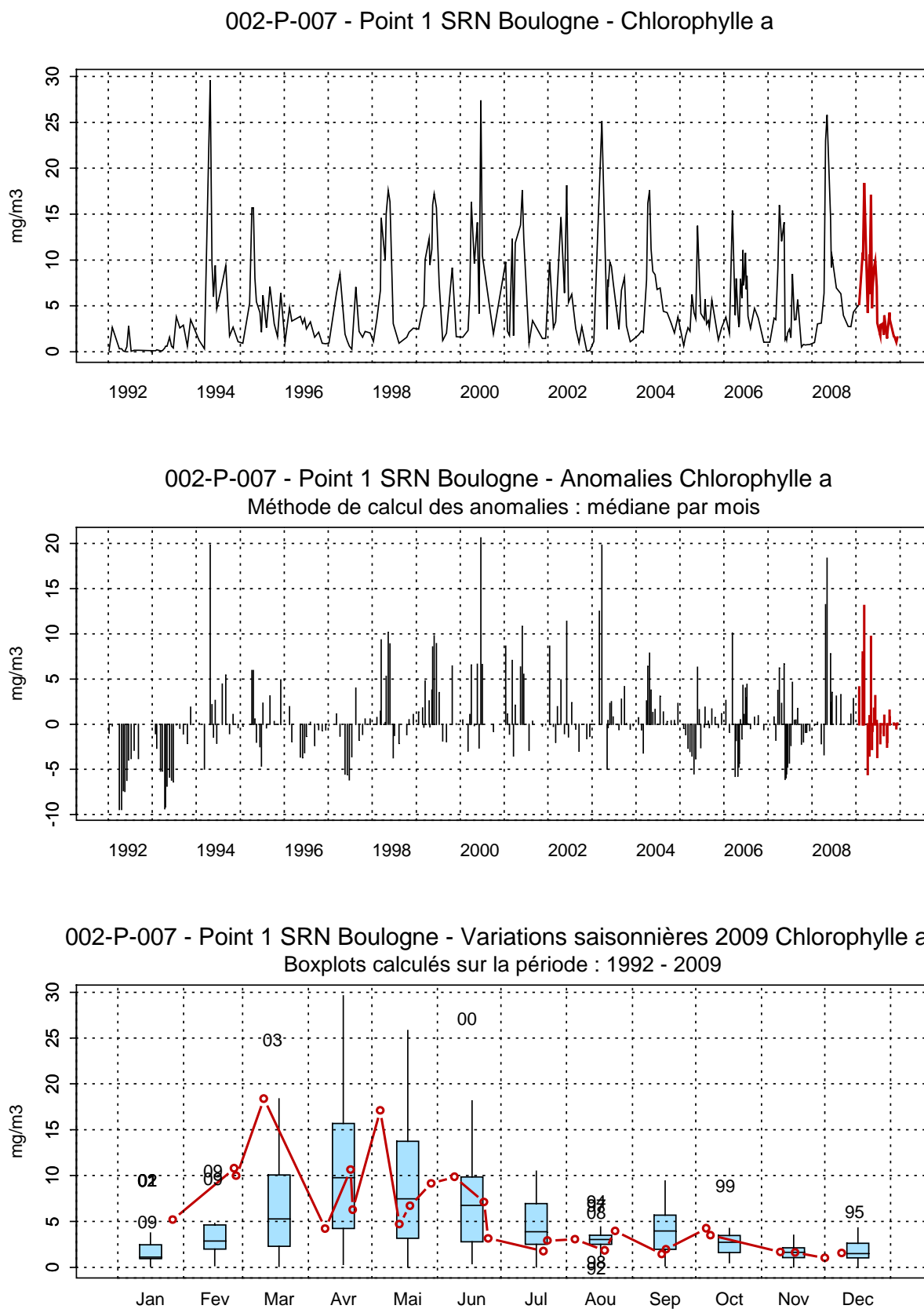
*Pour les autres paramètres (chlorophylle *a* et nutriments), les informations sont synthétisées de la figure 40 à la figure 61, ceci afin de faciliter l'interprétation.*

Le dosage de la concentration en chlorophylle *a*, indicateur de biomasse phytoplanctonique, permet de mettre en évidence un bloom printanier (Annexe 2 et Tableau 8) caractéristique des systèmes tempérés. Un maximum est observé le 26/02/09 au point côtier avec 9,97 mg/m<sup>3</sup>, la concentration est plus faible au large avec 2,55 mg/m<sup>3</sup> µg/L. Une nouvelle augmentation se produit le 21/04/09 au point 1 (10,64 mg/m<sup>3</sup>) et le 14/05/09 au point 2 (4,12 mg/m<sup>3</sup>). On notera cette année la précocité de l'efflorescence printanière (1 mois d'avance) ainsi que l'absence de reprise automnale de la concentration en chlorophylle *a*.

Par rapport à la période 1992-2009, les concentrations en chlorophylle *a* sont particulièrement fortes du mois de janvier et février et plus faibles au mois d'avril (figures 40, 41 et 42), montrant ainsi la précocité de l'efflorescence printanière. Hormis lors de ces périodes, les concentrations sont globalement inférieures à la médiane mensuelle.

**Tableau 8. 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 et pour la période 1992-2009**

	<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	1,72	5,55	3,51	7,92	29,60	278
<b>BL2</b>	0,05	1,16	3,73	2,44	4,84	19,22	248
<b>BL3</b>	0,02	0,76	2,35	1,40	2,81	16,32	239



**Figure 40. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle  $a$  ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2009**

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

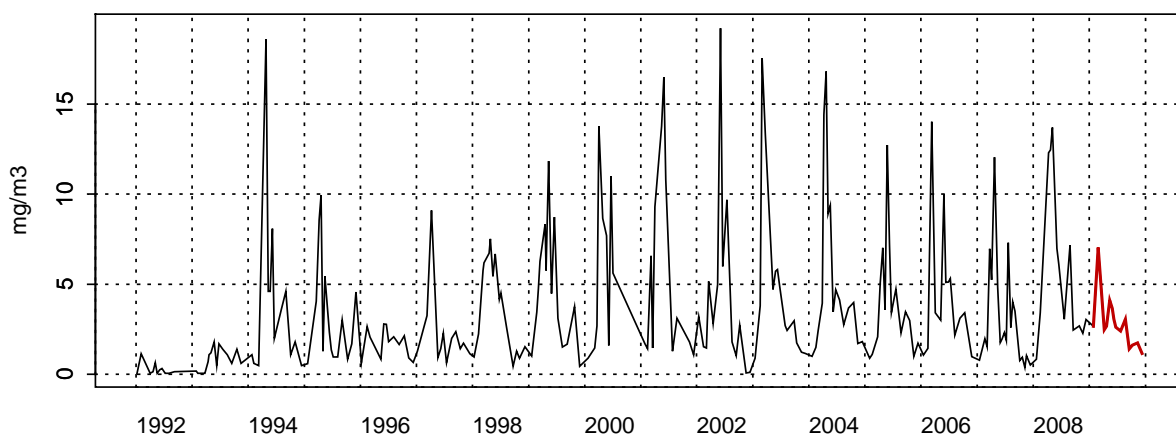
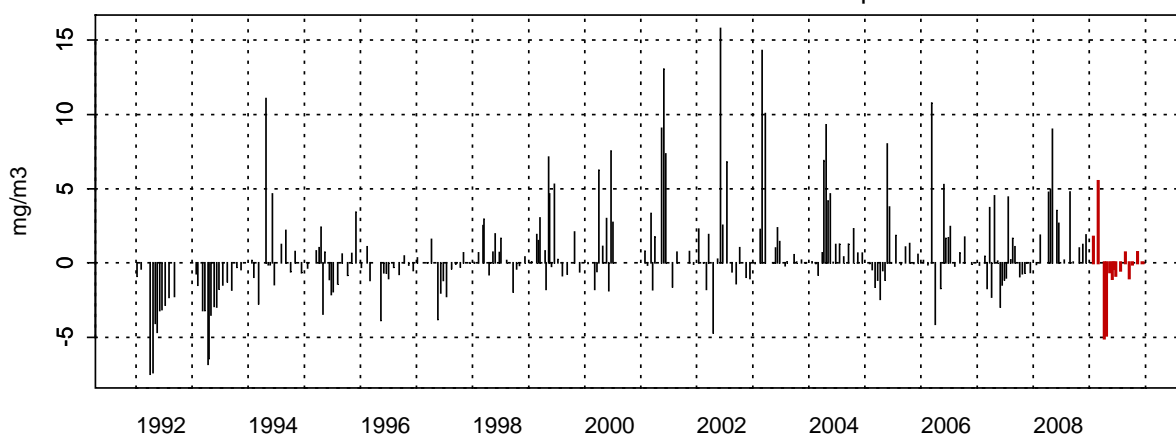
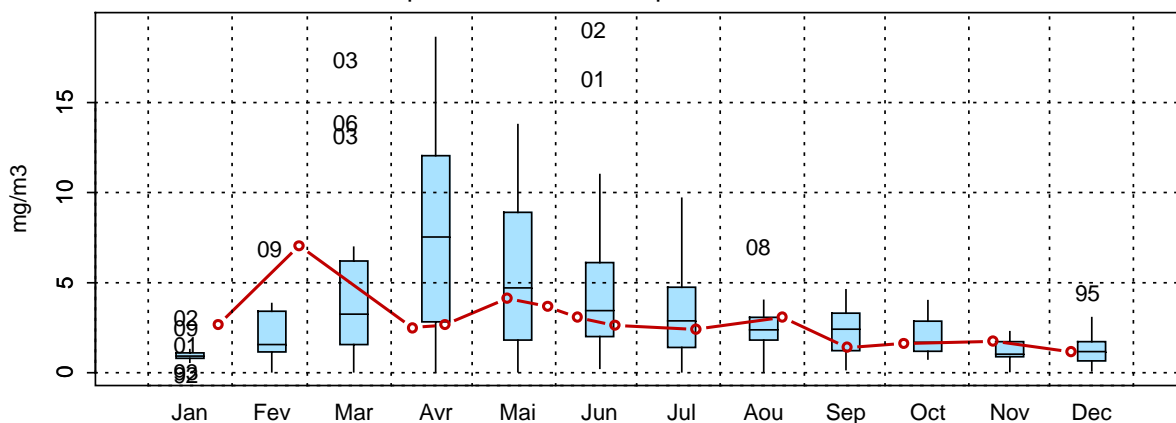
002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Anomalies Chlorophylle a  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2009 Chlorophylle a  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

Figure 41. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m<sup>3</sup>) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2009

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

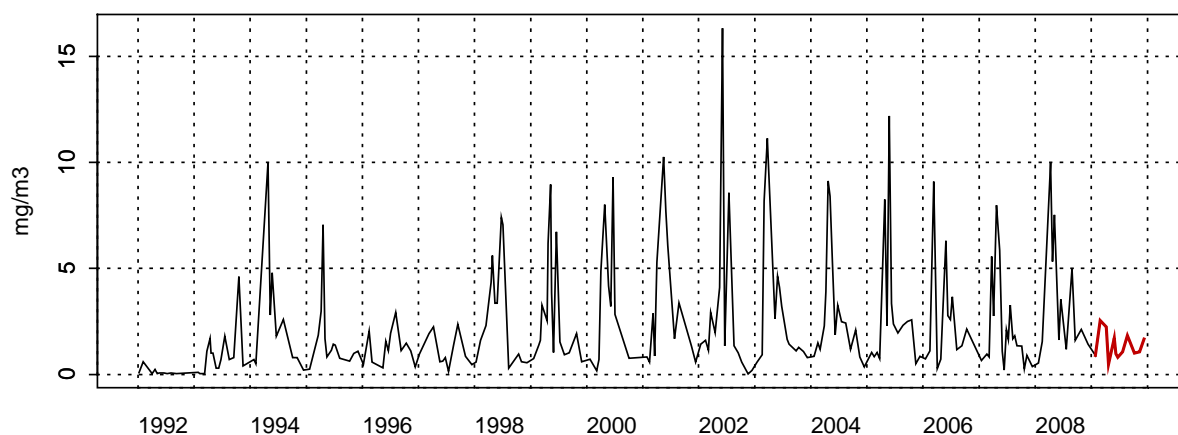
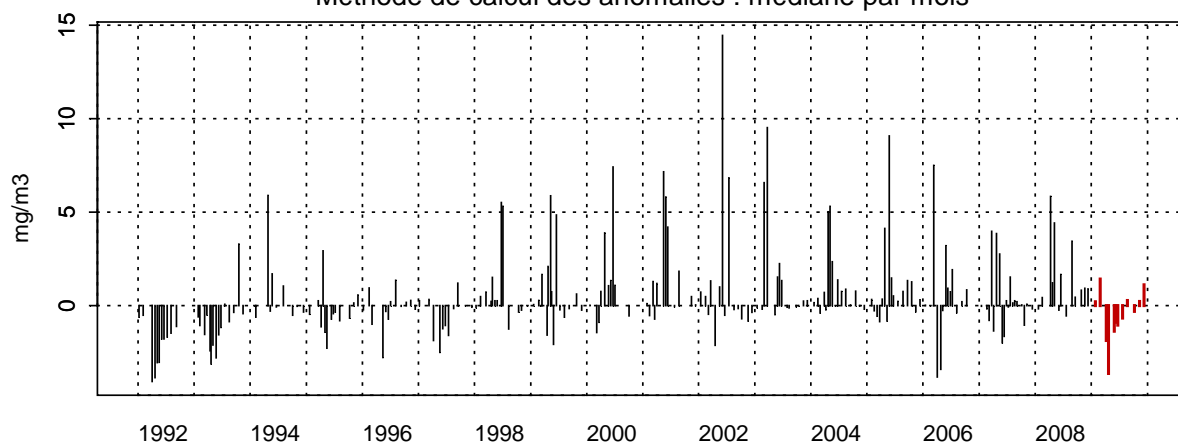
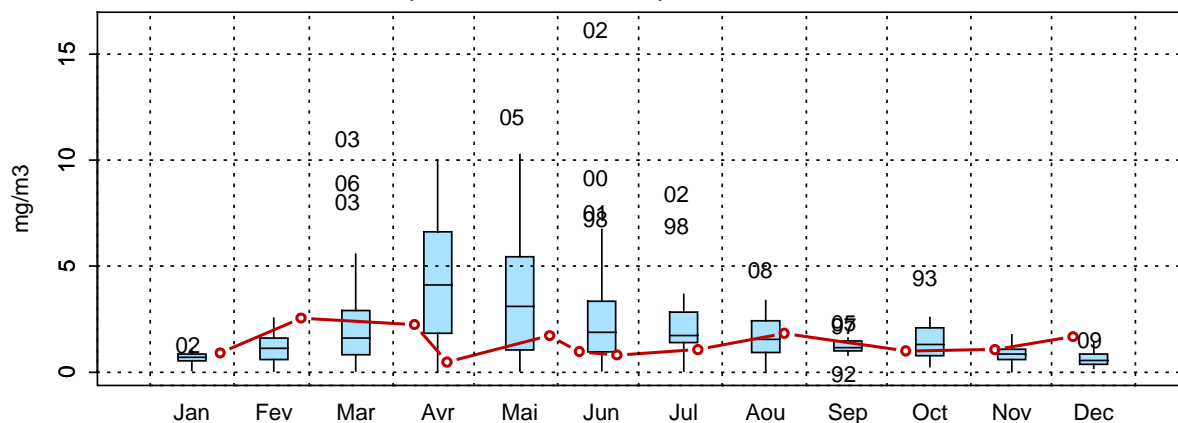
002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Anomalies Chlorophylle a  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2009 Chlorophylle a  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

Figure 42. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m<sup>3</sup>) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2009



La courbe d'évolution du nitrate est classique. On observe que les concentrations maximales sont atteintes lors des mois hivernaux (notamment en janvier et février) avec des valeurs avoisinant les 30  $\mu\text{mol/L}$  pour le point côtier et un gradient côte-large assez marqué (Annexe 2 et Tableau 9). Les concentrations minimales sont enregistrées d'avril à septembre. La période de mars à avril se caractérise par une chute brutale des concentrations pour atteindre la limite du seuil de détection en mai ( $< 0,15 \mu\text{mol/L}$ ) et ensuite une légère augmentation est observable à partir de septembre jusqu'au mois de décembre (Figures 43, 44 et 45).

Par rapport à la période 1992-2009, les concentrations en nitrate sont particulièrement fortes au mois de février (au-dessus du troisième quartile). Les concentrations des mois d'octobre et de novembre sont plus faibles qu'habituellement (inférieures au premier quartile).

**Tableau 9. 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 et pour la période 1992-2009**

	<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	0,16	7,44	2,24	13,48	43,31	251
<b>BL2</b>	0,10	0,19	6,05	1,70	11,07	43,78	249
<b>BL3</b>	0,08	0,15	5,37	1,84	8,82	63,64	241

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

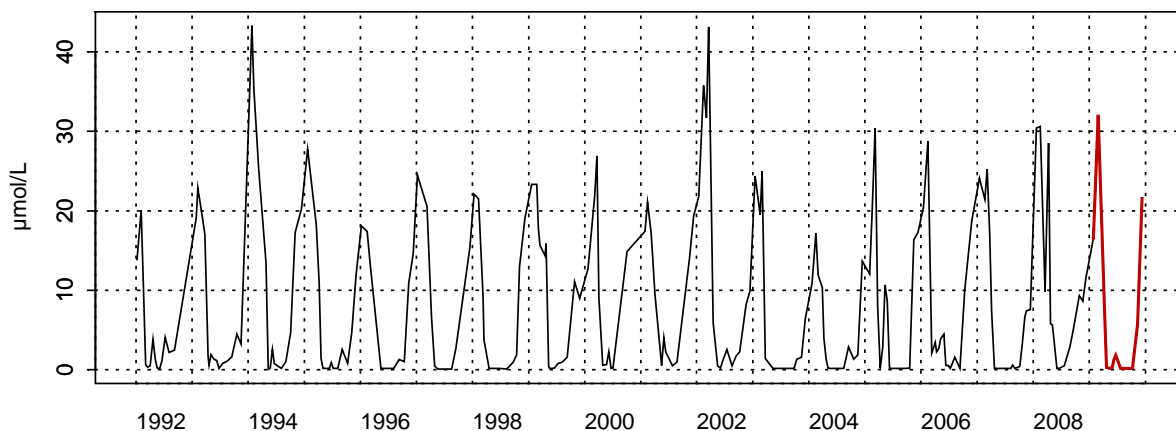
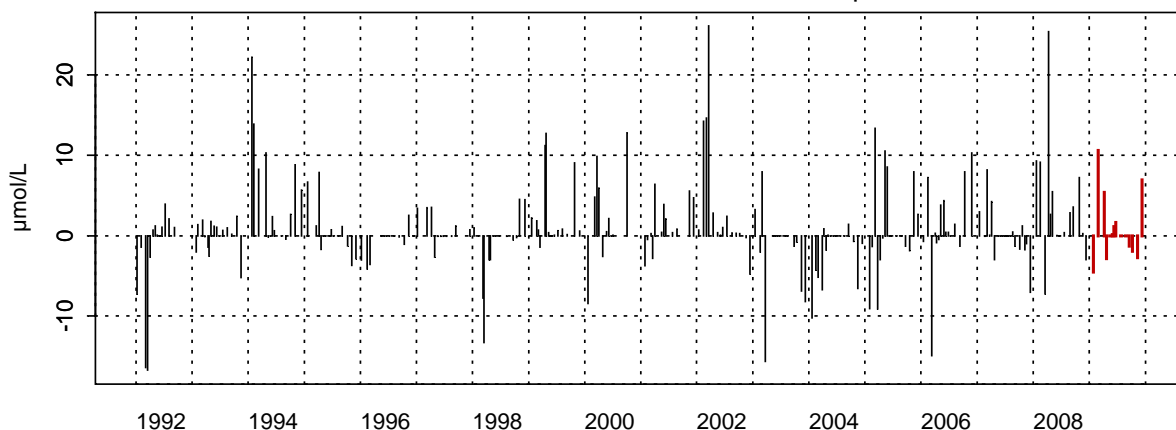
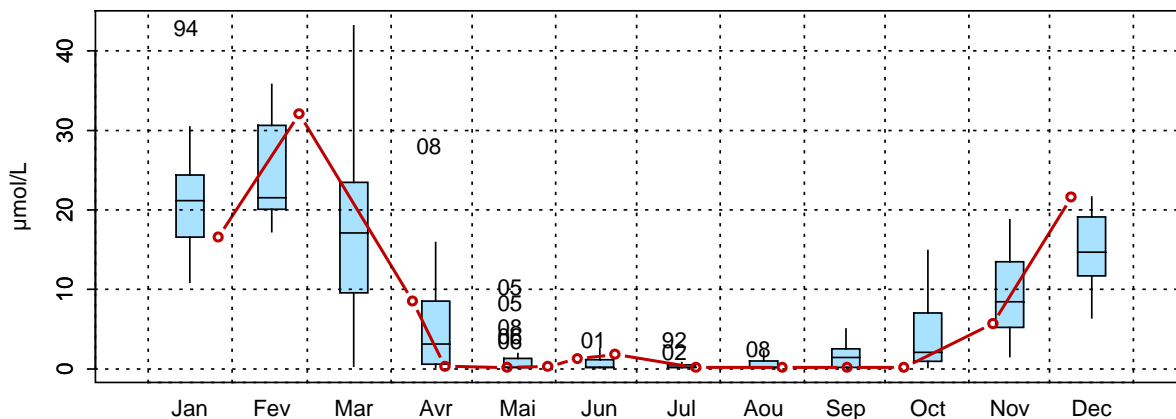
002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Anomalies Azote nitrique (nitrate)  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2009 Azote nitrique (nitrate)  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

Figure 43. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2009

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

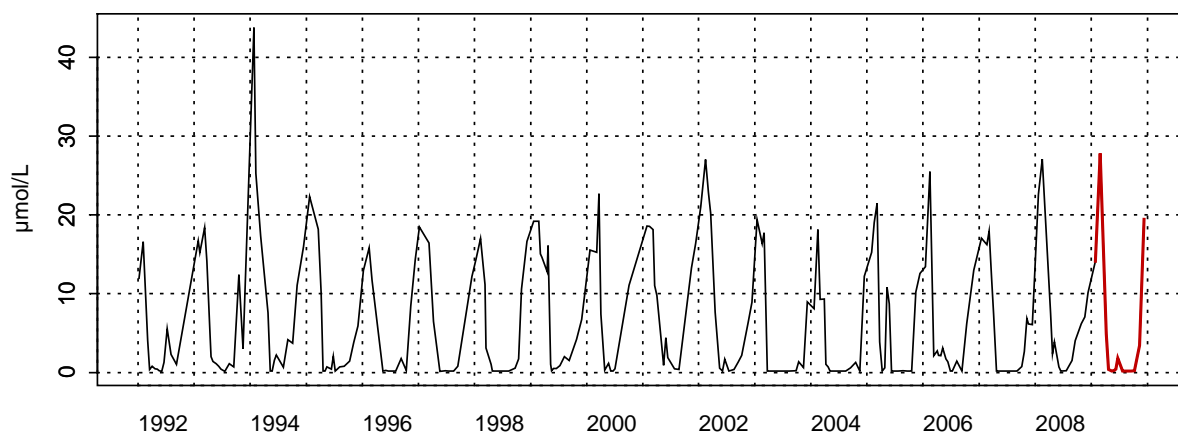
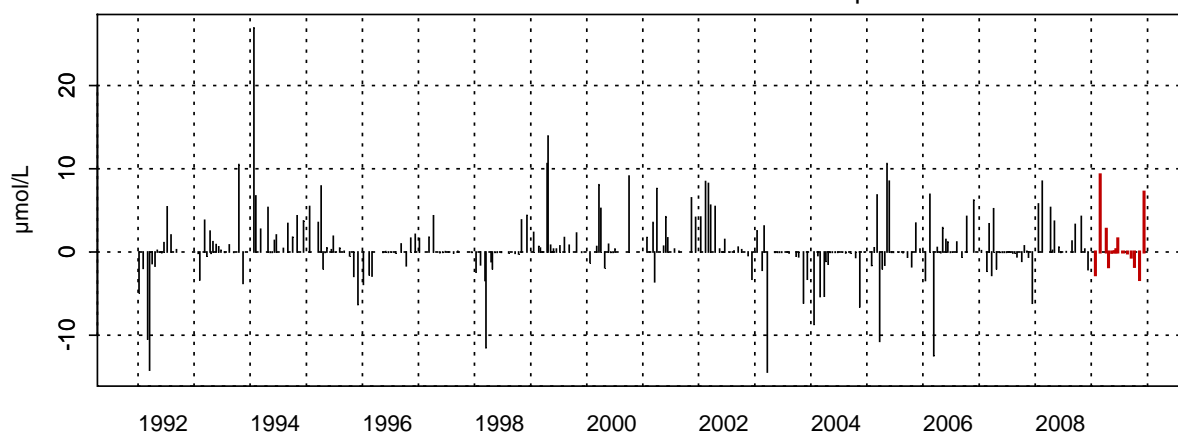
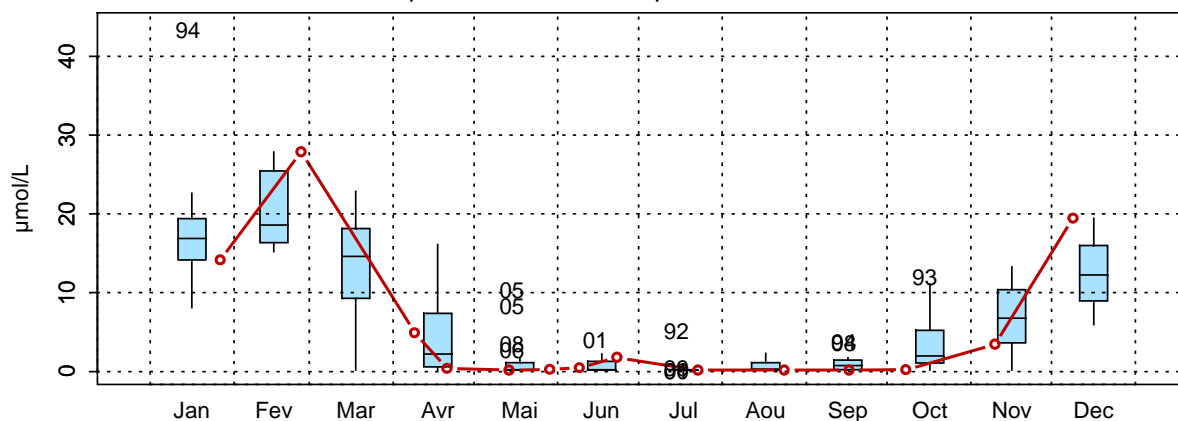
002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Anomalies Azote nitrique (nitrate)  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2009 Azote nitrique (nitrate)  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

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 1992-2009

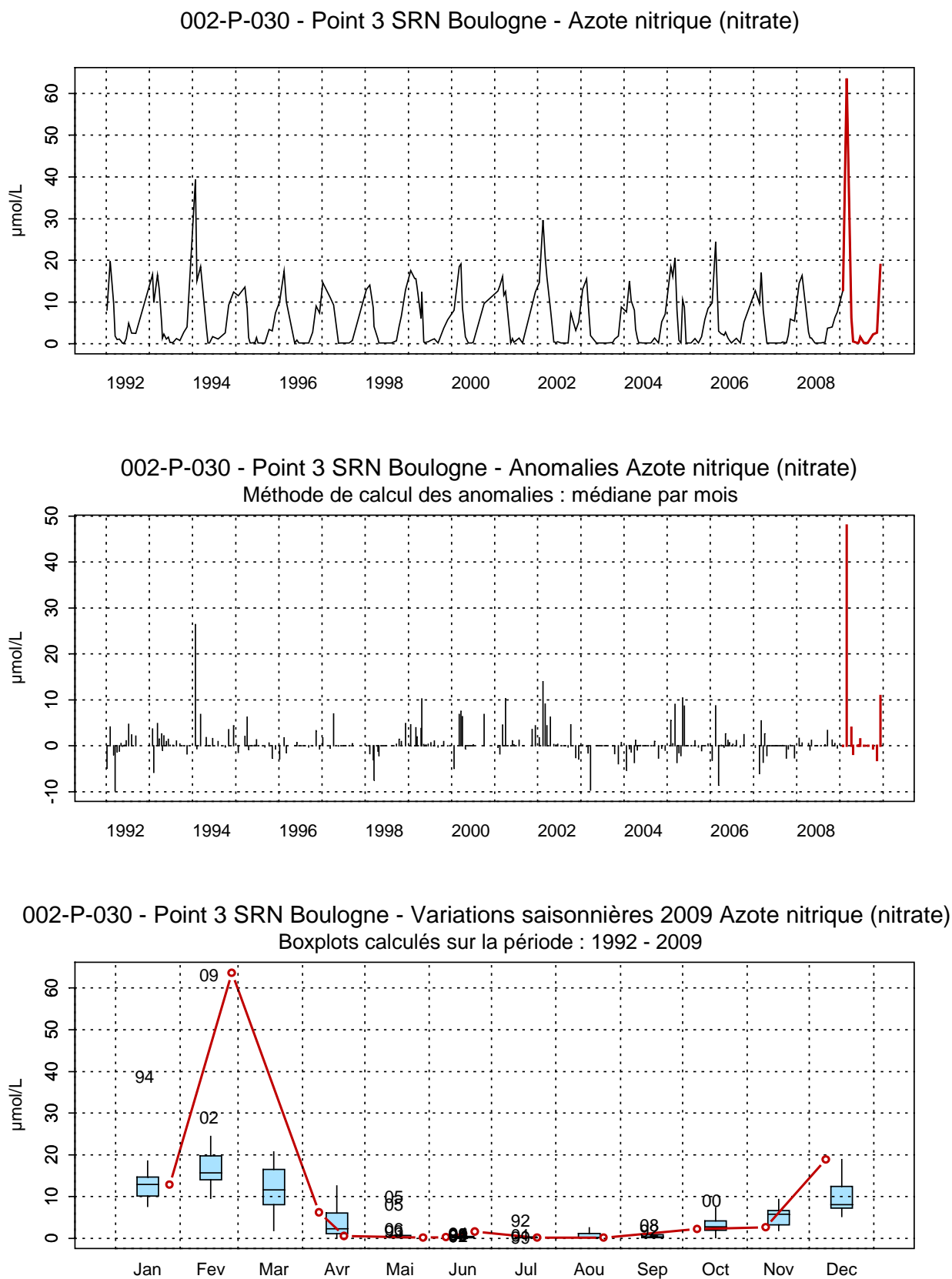


Figure 45. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2009

Les concentrations en nitrite présentent des fluctuations importantes d'une année sur l'autre. L'aspect fugace de cet élément lors des réactions de nitrification-dénitrification (cf. paragraphe 4 Discussion) rend difficile l'interprétation.

La courbe d'évolution des nitrites est classique et ressemble fortement à celle des nitrates. Au début de l'année, les concentrations sont comprises entre 0,13 et 0,27  $\mu\text{mol/L}$  (sauf pour le point 3 le 26/02/09 avec 0,95  $\mu\text{mol/L}$ ), puis les minima sont obtenus d'avril à août (valeurs proches ou égales au seuil de détection : 0,05  $\mu\text{mol/L}$ ). La concentration augmente alors jusqu'en décembre avec une forte augmentation au point 2 qui atteint le maximum le 09/12/09 avec 1,29  $\mu\text{mol/L}$  (Annexe 2).

Par rapport à la période 1992-2009, les concentrations en nitrite sont particulièrement faibles aux mois de janvier, février (sauf le point 2) et novembre ; par contre, on observe des valeurs particulièrement élevées en octobre (sauf point 1) et décembre (Figures 46, 47 et 48).



*P. Hébert, IFREMER/Boulogne*

**Photo 3:** *Asterionellopsis glacialis* (Microscopie optique)

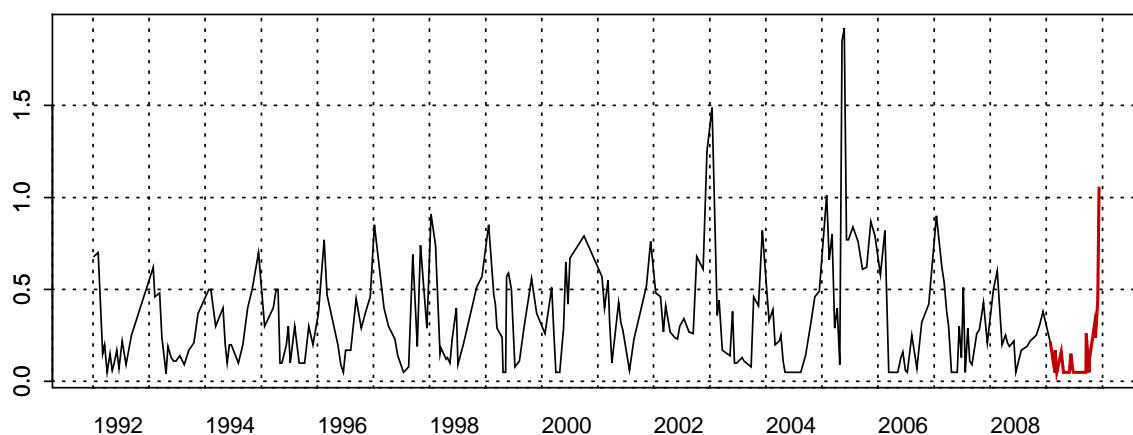
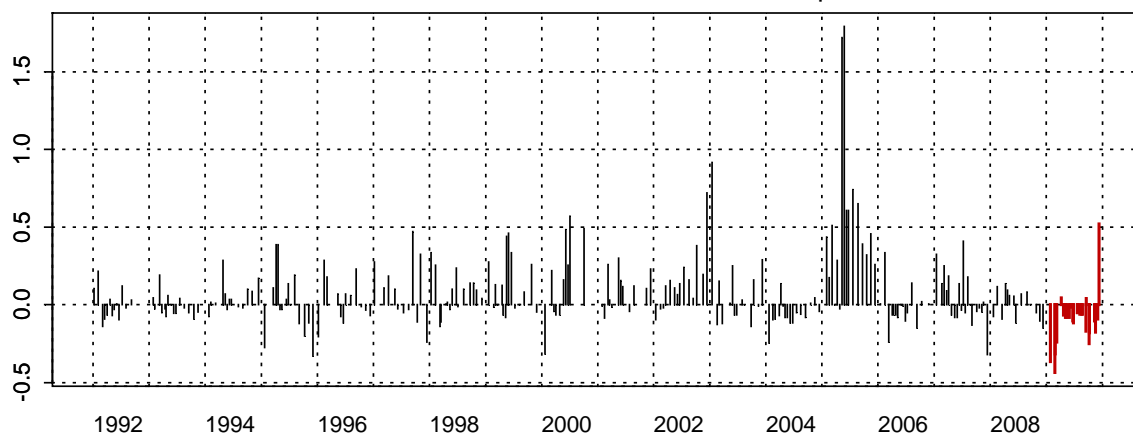
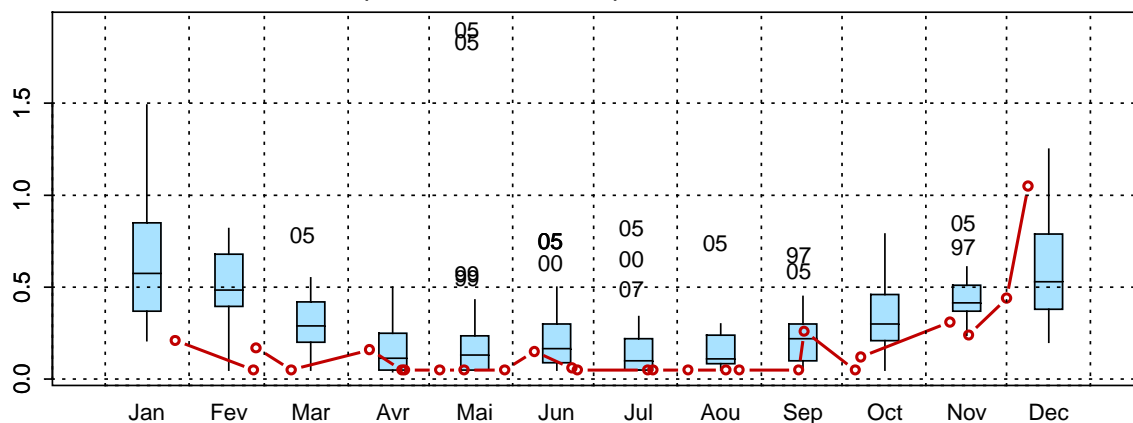
002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - NO<sub>2</sub>002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Anomalies NO<sub>2</sub>  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2009 NO<sub>2</sub>  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

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 1992-2009

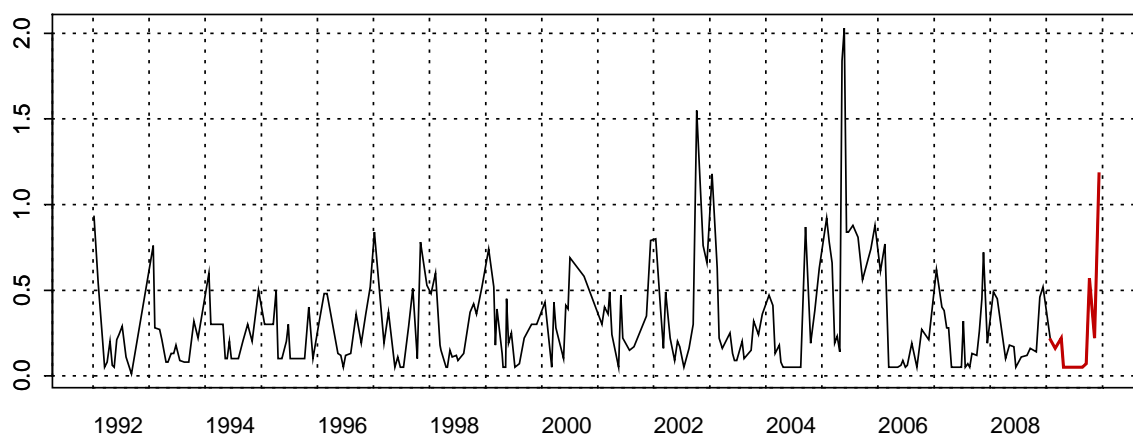
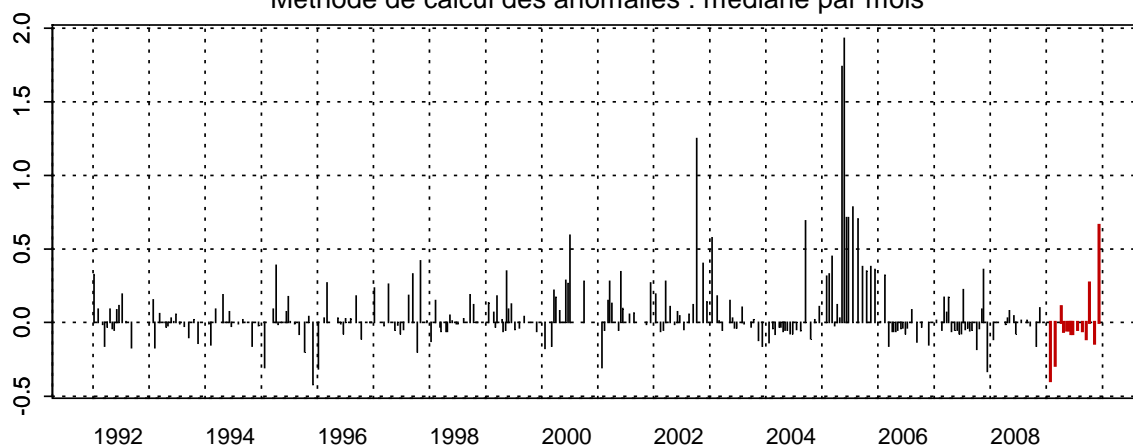
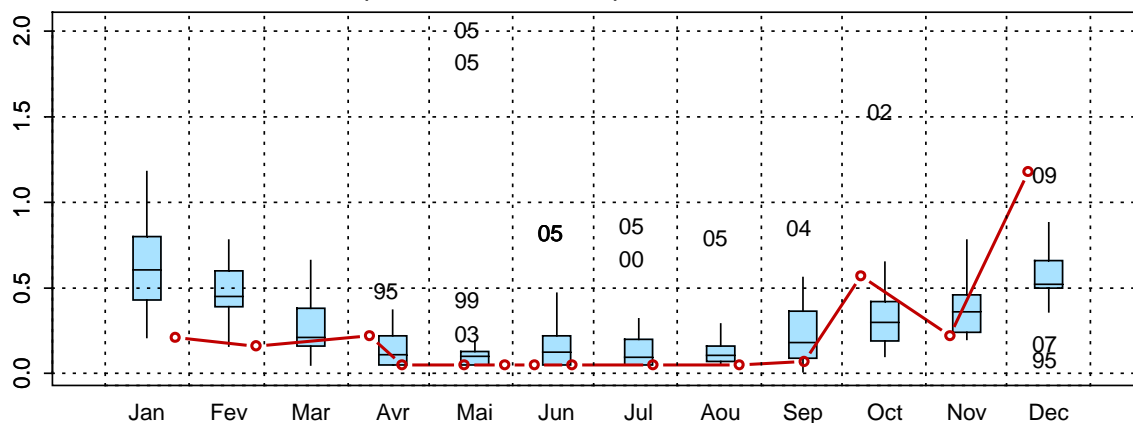
002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - NO<sub>2</sub>002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Anomalies NO<sub>2</sub>  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2009 NO<sub>2</sub>  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

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 1992-2009

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

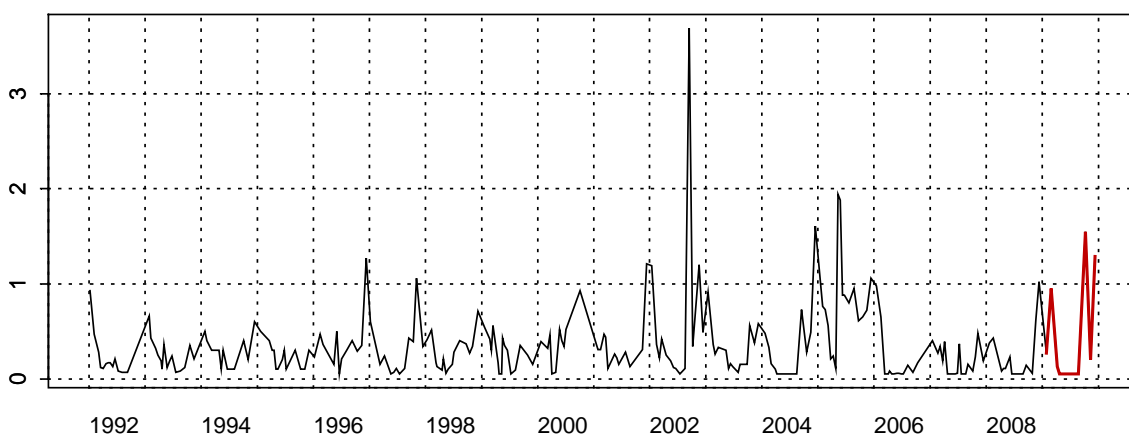
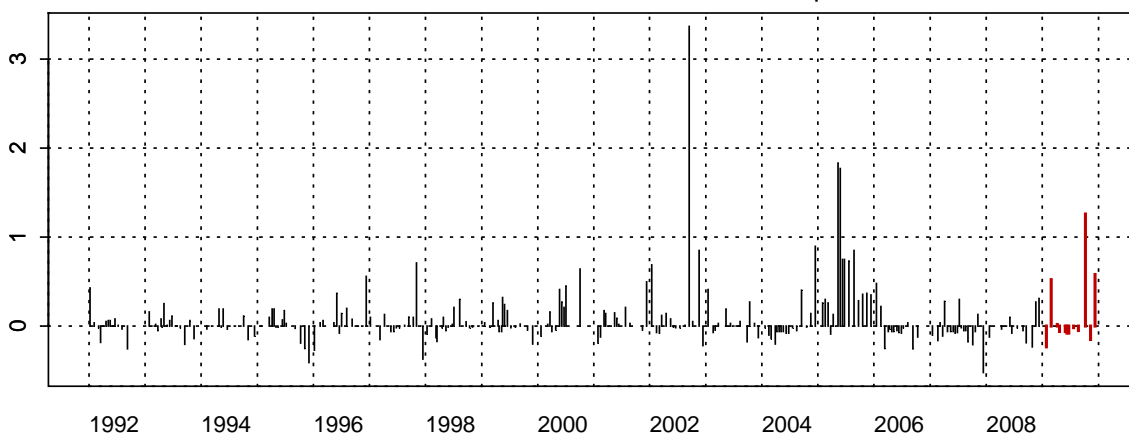
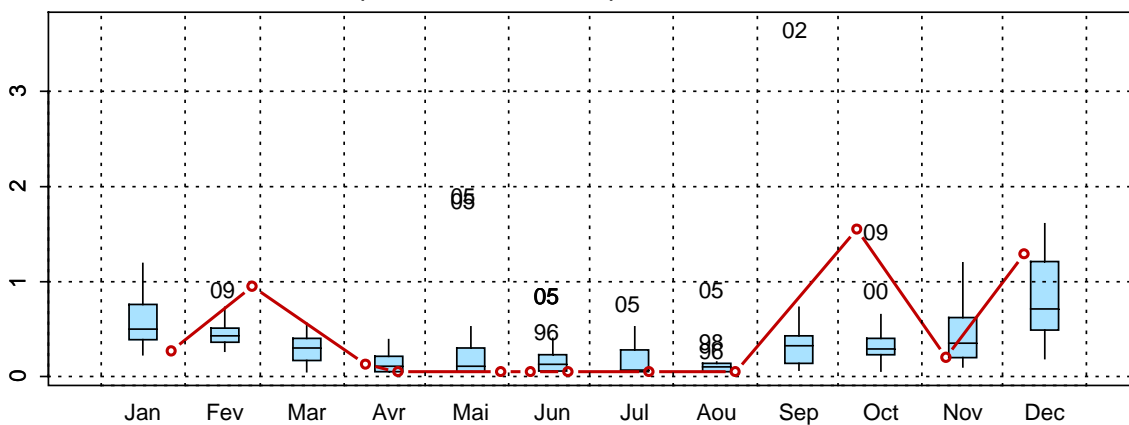
002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Anomalies NO2  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2009 NO2  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

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 1992-2009



Le schéma d'évolution de la concentration en ammonium apparaît classique avec cependant quelques « événements » observés durant l'année mais inexplicable à l'échelle d'observation du SRN.

Au point 1, on observe des concentrations faibles en début de cycle (de janvier à février) puis celles-ci vont remonter durant les mois de mars et d'avril (1,26  $\mu\text{mol/L}$  le 21/04/09) avant de rechuter jusqu'au minima en mai (valeurs proches ou égales au seuil de détection : 0,15  $\mu\text{mol/L}$ ). Au mois de juin, un pic de concentration est observé (2,20  $\mu\text{mol/L}$  le 09/06/09) avant que les valeurs ne rechutent jusqu'en août. A partir de ce mois, les concentrations vont augmenter pour atteindre les maxima en septembre (4,69  $\mu\text{mol/L}$  le 17/09/09). Enfin, les valeurs vont chuter pour se stabiliser entre 1 et 2  $\mu\text{mol/L}$  jusqu'en fin de cycle.

Au point 2, on observe des concentrations faibles en début de cycle (de janvier à février) puis celles-ci vont remonter durant les mois de mars et d'avril (1,45  $\mu\text{mol/L}$  le 09/04/09) avant de rechuter jusqu'au minima en mai (valeurs proches ou égales au seuil de détection : 0,15  $\mu\text{mol/L}$ ). Au mois de juin, un pic de concentration est observé (1,17  $\mu\text{mol/L}$  le 23/06/09) avant que les valeurs ne rechutent en juillet. A partir de ce mois, les concentrations vont augmenter pour atteindre les maxima en septembre (3,17  $\mu\text{mol/L}$  le 17/09/09). Enfin, les valeurs vont chuter pour se stabiliser entre 0,5 et 1,0  $\mu\text{mol/L}$  jusqu'en fin de cycle

Au point 3, on observe une augmentation des concentrations à partir de janvier pour atteindre les maxima en avril (1,72  $\mu\text{mol/L}$  le 09/04/09). Ensuite, les valeurs vont chuter pour se stabiliser à entre 0,5 et 1,0  $\mu\text{mol/L}$  jusqu'en fin de cycle (sauf en juillet où le minimum est atteint avec une valeur inférieure ou égale au seuil de détection : 0,15  $\mu\text{mol/L}$ ) (Annexe 2).

Par rapport à la période 1992-2009, les concentrations en ammonium sont particulièrement faibles aux mois de janvier (point 2), février (points 1 et 2), mars (point 1), juillet (points 1 et 2), août (point 1), octobre (point 1), novembre et décembre (points 1 et 2) ainsi que de mai à novembre pour le point 3. Les concentrations sont très élevées en avril et en septembre (supérieures au troisième quartile) pour les points 1 et 2 (Figures 49, 50 et 51).

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

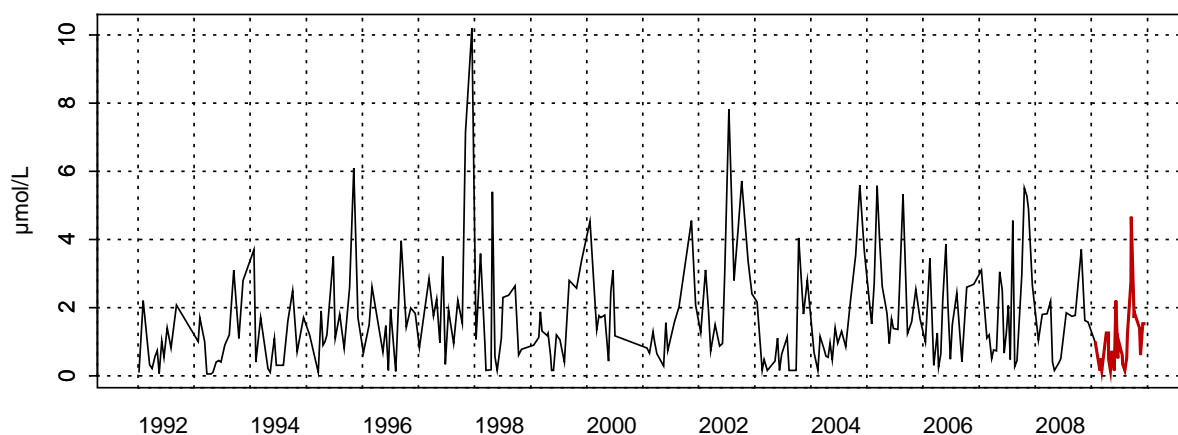
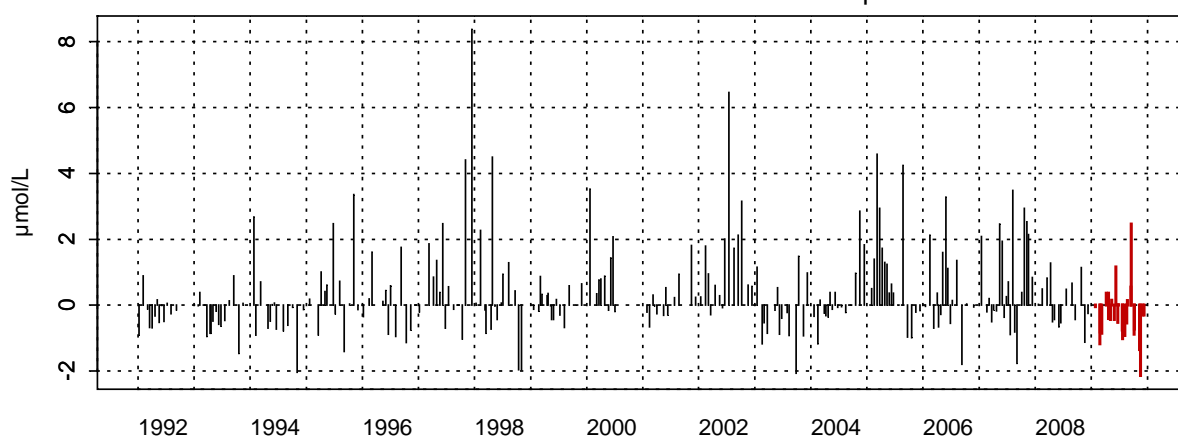
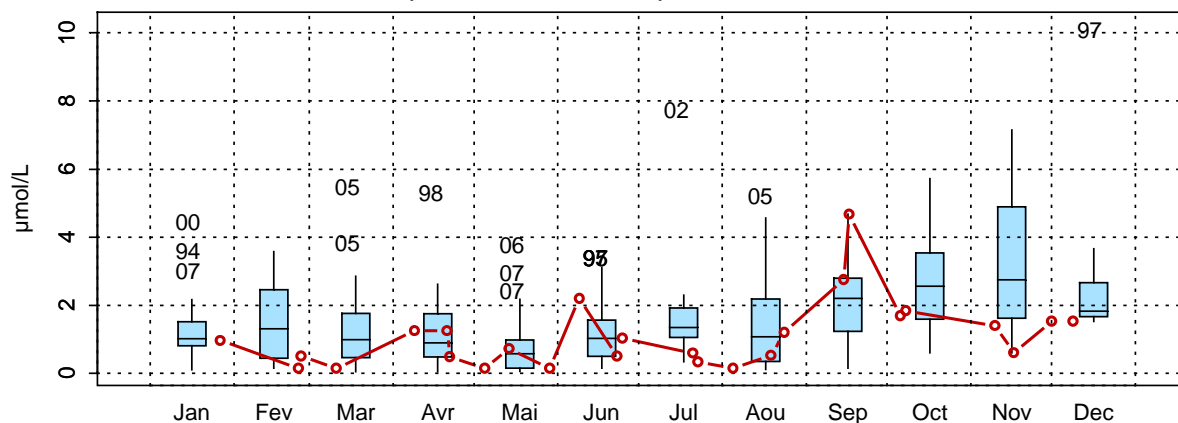
002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Anomalies Azote ammoniacal  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2009 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

Figure 49. 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 Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2009

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

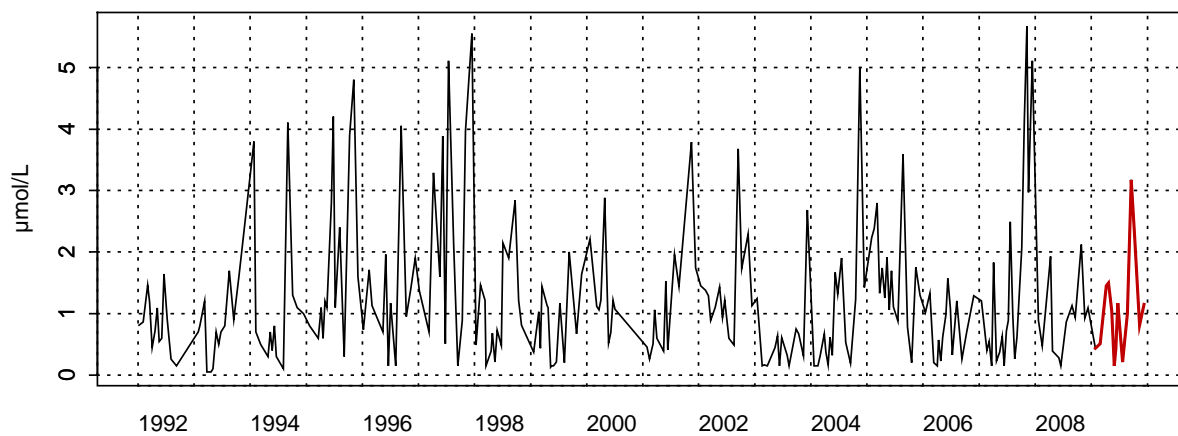
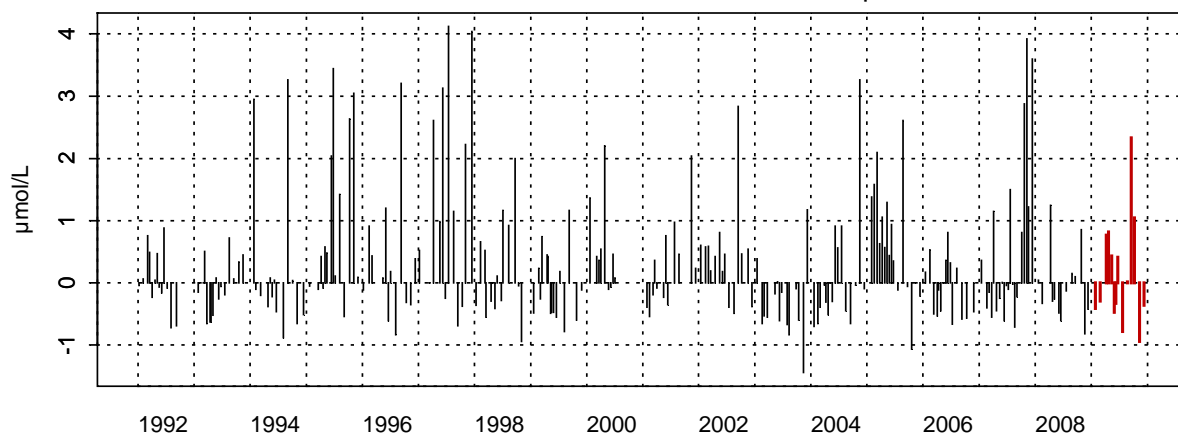
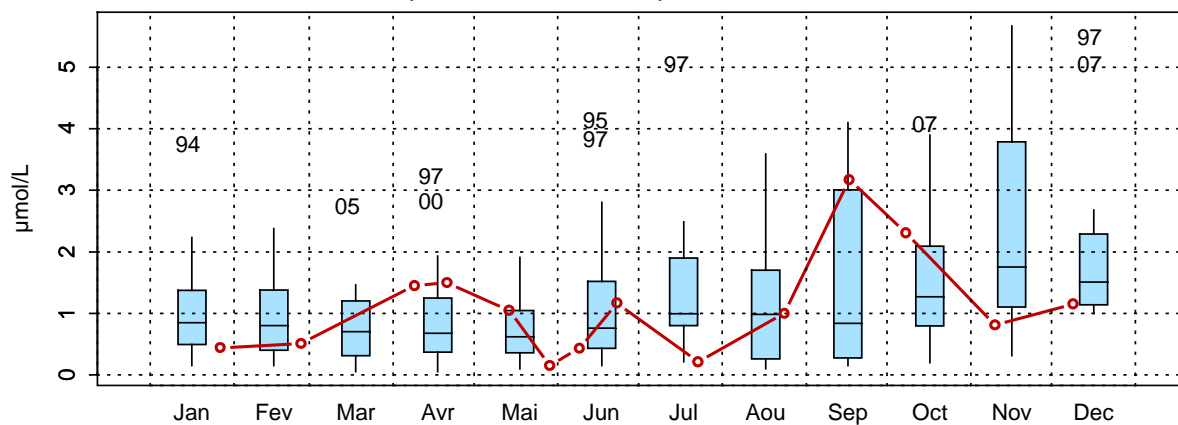
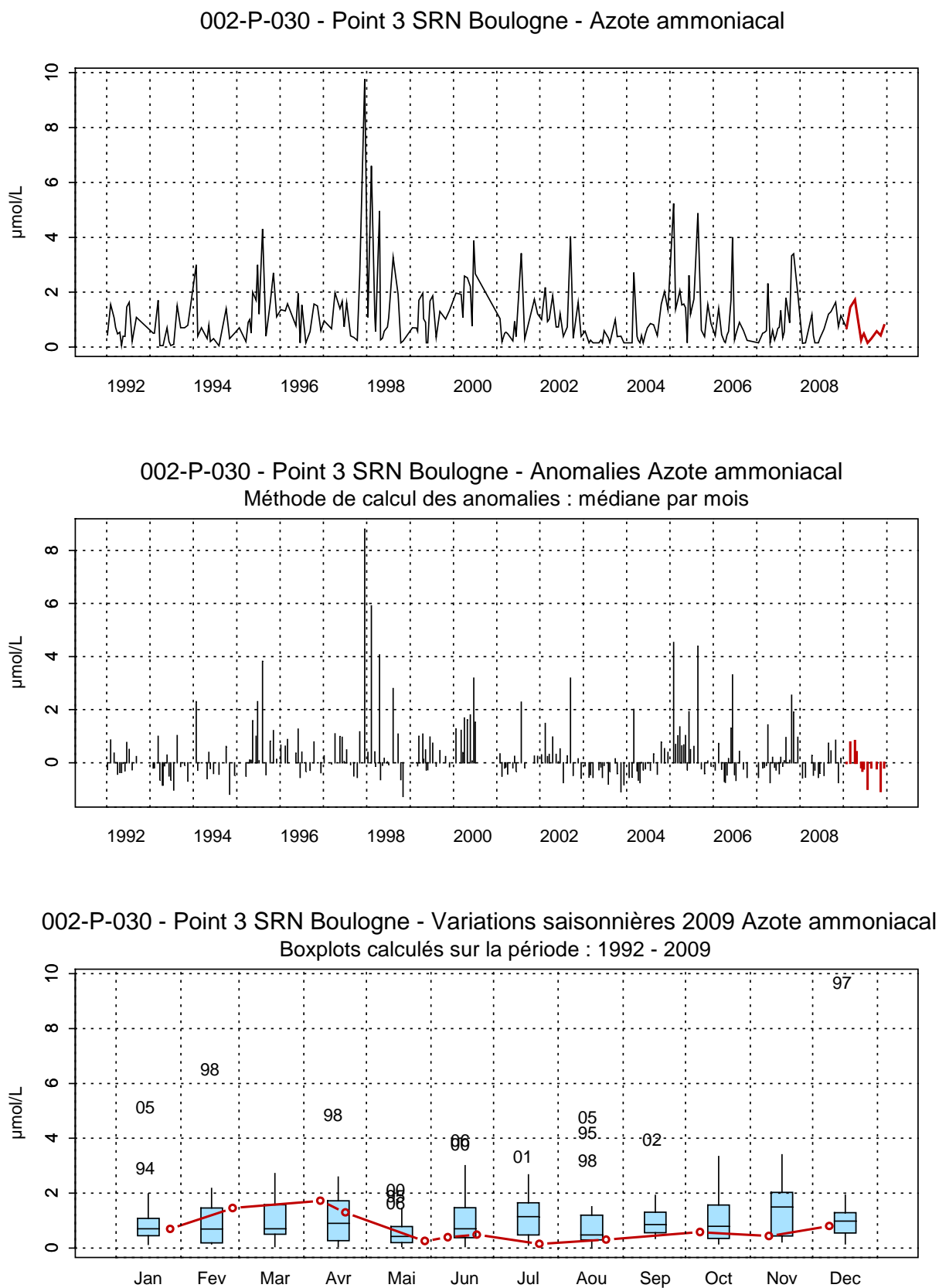
002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Anomalies Azote ammoniacal  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2009 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

Figure 50. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2009



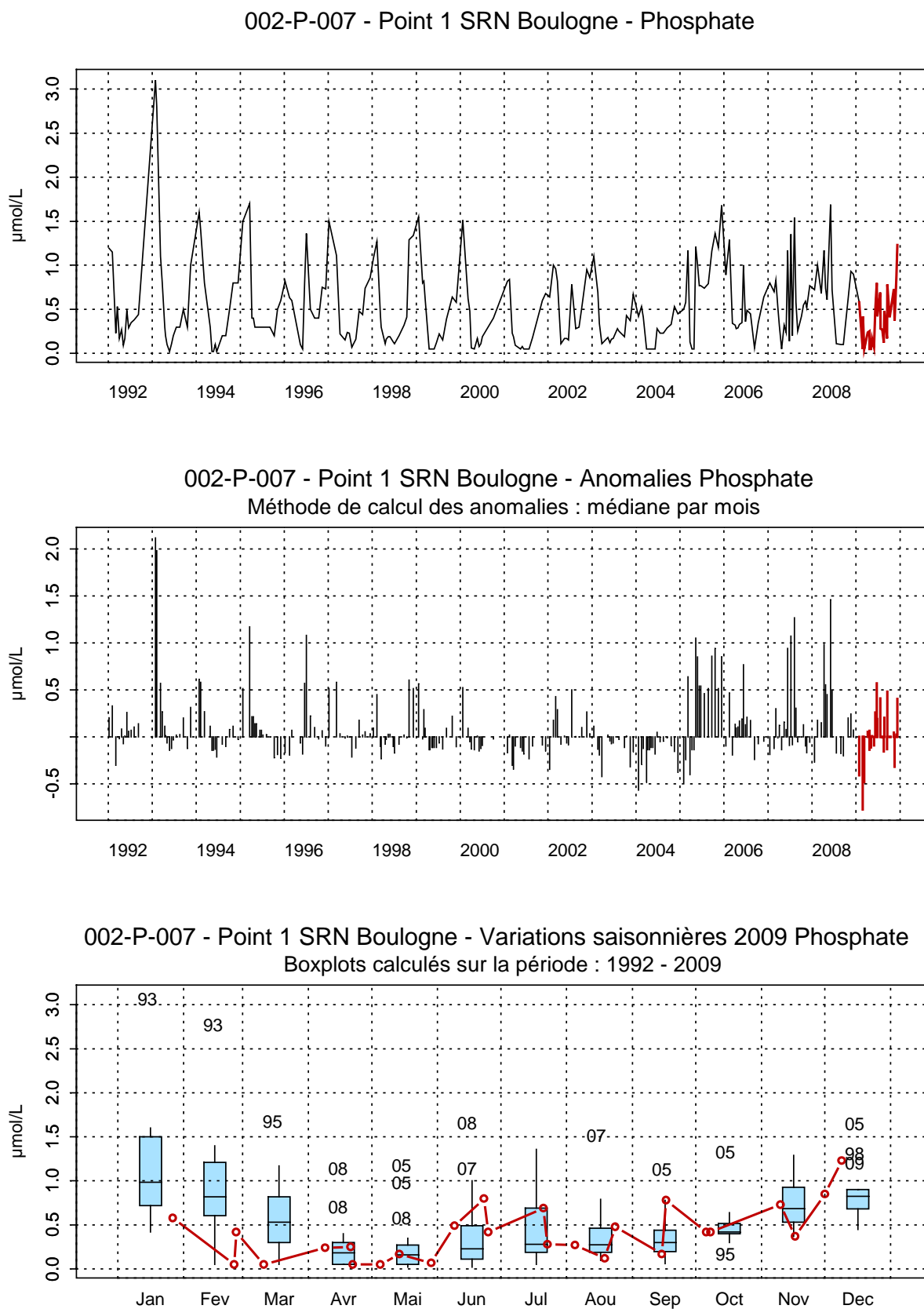
**Figure 51. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2009**

L'évolution de la concentration en phosphate est conforme à ce qui est habituellement observé sur le site. Elle est marquée dans un premier temps par une chute de concentration du mois de janvier au mois d'avril, pour atteindre un minimum (seuil de détection : 0,05  $\mu\text{mol/L}$ ). A partir du mois de juin, on note une augmentation progressive de la concentration jusqu'au mois de décembre (Annexe 2 et Tableau 10).

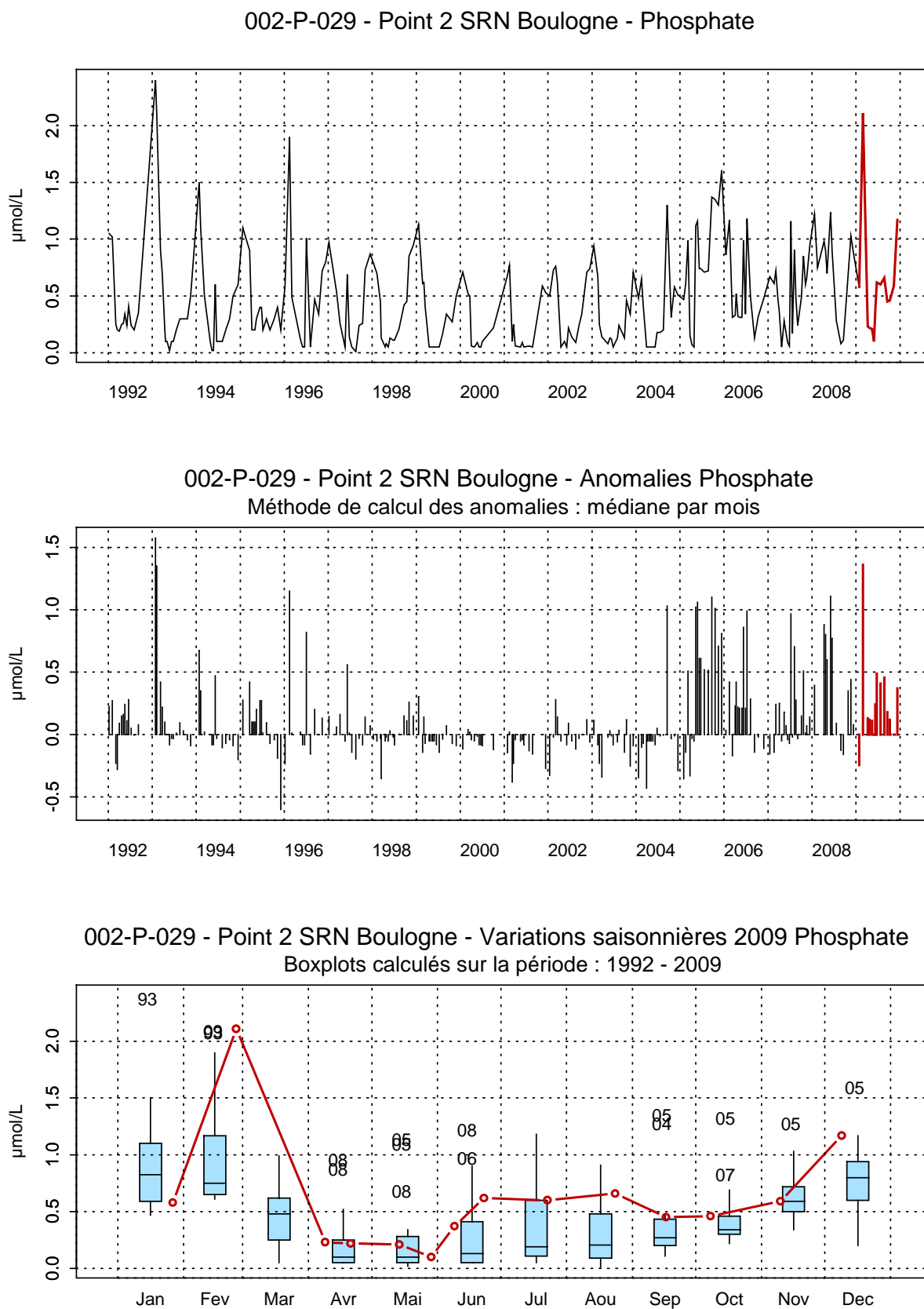
Par rapport à la période 1992-2009, les concentrations en phosphate sont particulièrement faibles du mois de janvier à mars (pour le point 1). Pour le point 2, une valeur particulièrement élevée est relevée en février. Les concentrations des mois de juin à décembre (des points 2 et 3) s'avèrent plus fortes qu'habituellement ; elles sont supérieures au troisième quartile (Figures 52, 53 et 54).

**Tableau 10. 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 et pour la période 1992-2009**

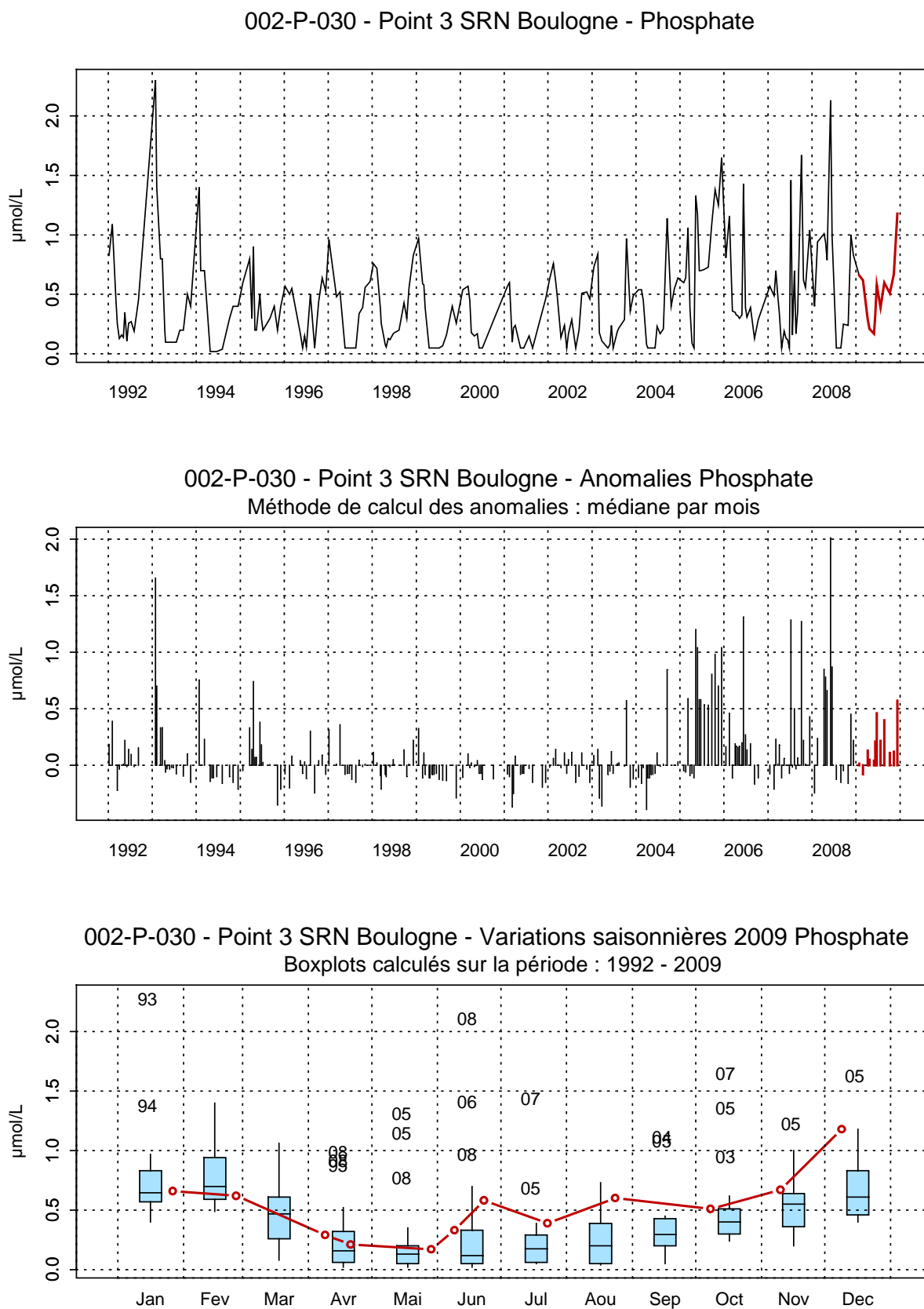
	<b>Min</b>	<b>Q1</b>	<b>Moy</b>	<b>Med</b>	<b>Q3</b>	<b>Max</b>	<b>n</b>
<b>BL1</b>	0,02	0,17	0,50	0,38	0,74	3,10	266
<b>BL2</b>	0,01	0,13	0,45	0,33	0,69	2,40	253
<b>BL3</b>	0,02	0,13	0,43	0,33	0,60	2,30	246



**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 1992-2009**



**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 1992-2009**



**Figure 54. 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 Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2009**



Pour l'année 2009 et conformément aux autres années, l'évolution de la concentration en silicate peut être divisée en 3 parties. Les valeurs sont plus fortes en début d'année (avec un maximum au point côtier : 12,84  $\mu\text{mol/L}$  le 26/02/09) pour ensuite diminuer brutalement pour atteindre leur minimum, d'avril à juillet (Annexe 2 et Tableau 11) au niveau du seuil de détection (0,1  $\mu\text{mol/L}$ ). A partir du mois de juillet et jusqu'en décembre, les valeurs vont augmenter (sauf le 10/11/09) (Figures 55, 56 et 57).

Par rapport à la période 1992-2009, la concentration en silicate est particulièrement forte au mois de février (les 3 points), mars (au point 1) et en décembre (supérieure au troisième quartile pour les 3 points). La concentration du mois de novembre est très faible pour les 3 points (seuil de détection : 0,1  $\mu\text{mol/L}$ ).

**Tableau 11. 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 et pour la période 1992-2009**

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
<b>BL1</b>	0,10	0,15	3,33	1,59	5,12	19,01	264
<b>BL2</b>	0,04	0,10	2,69	1,50	4,06	18,90	251
<b>BL3</b>	0,10	0,10	2,43	1,67	3,62	16,50	244



*R. Cordier, IFREMER/Boulogne*

**Photo 4:** Sonde Ysi 6600 et flacons

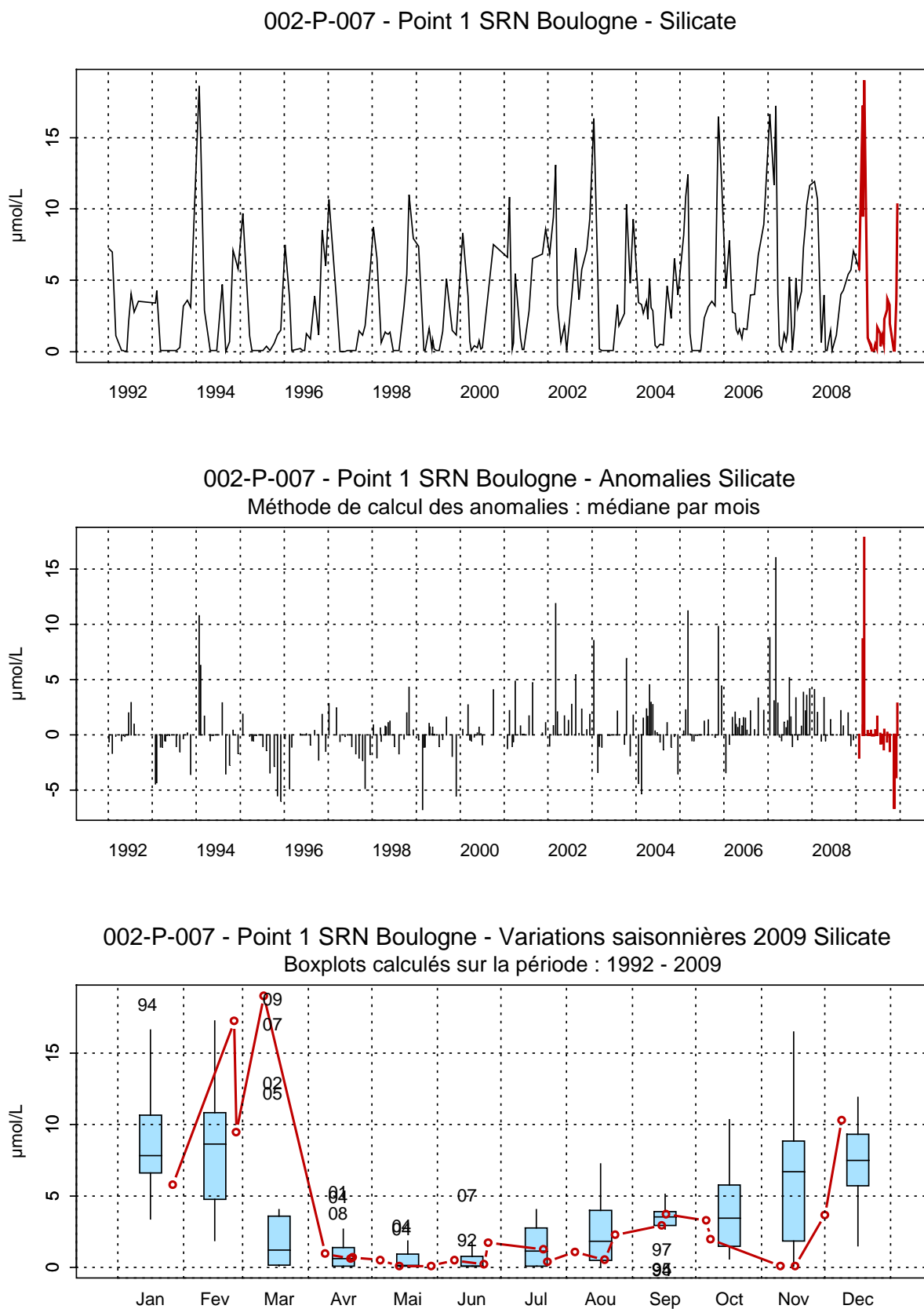
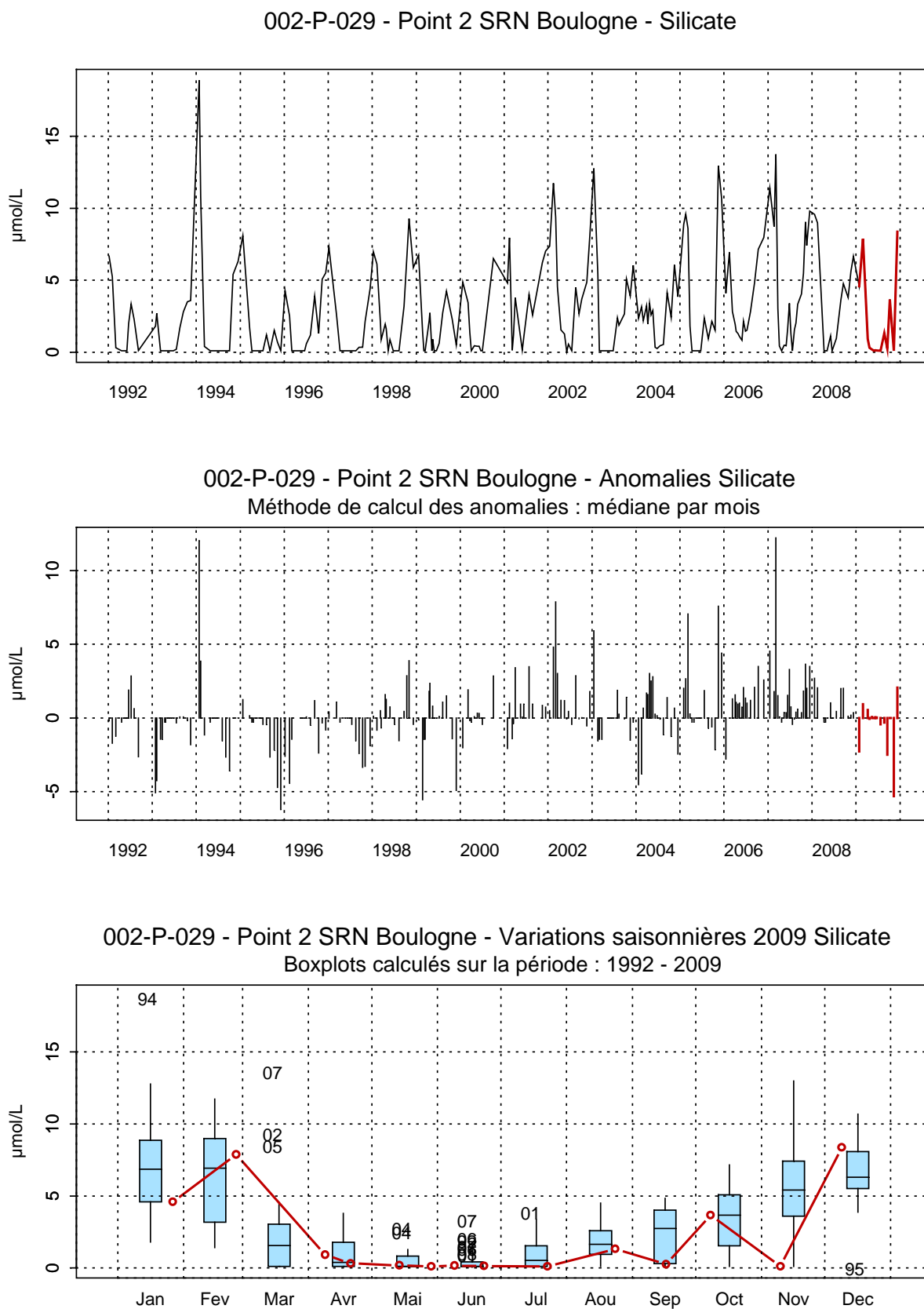
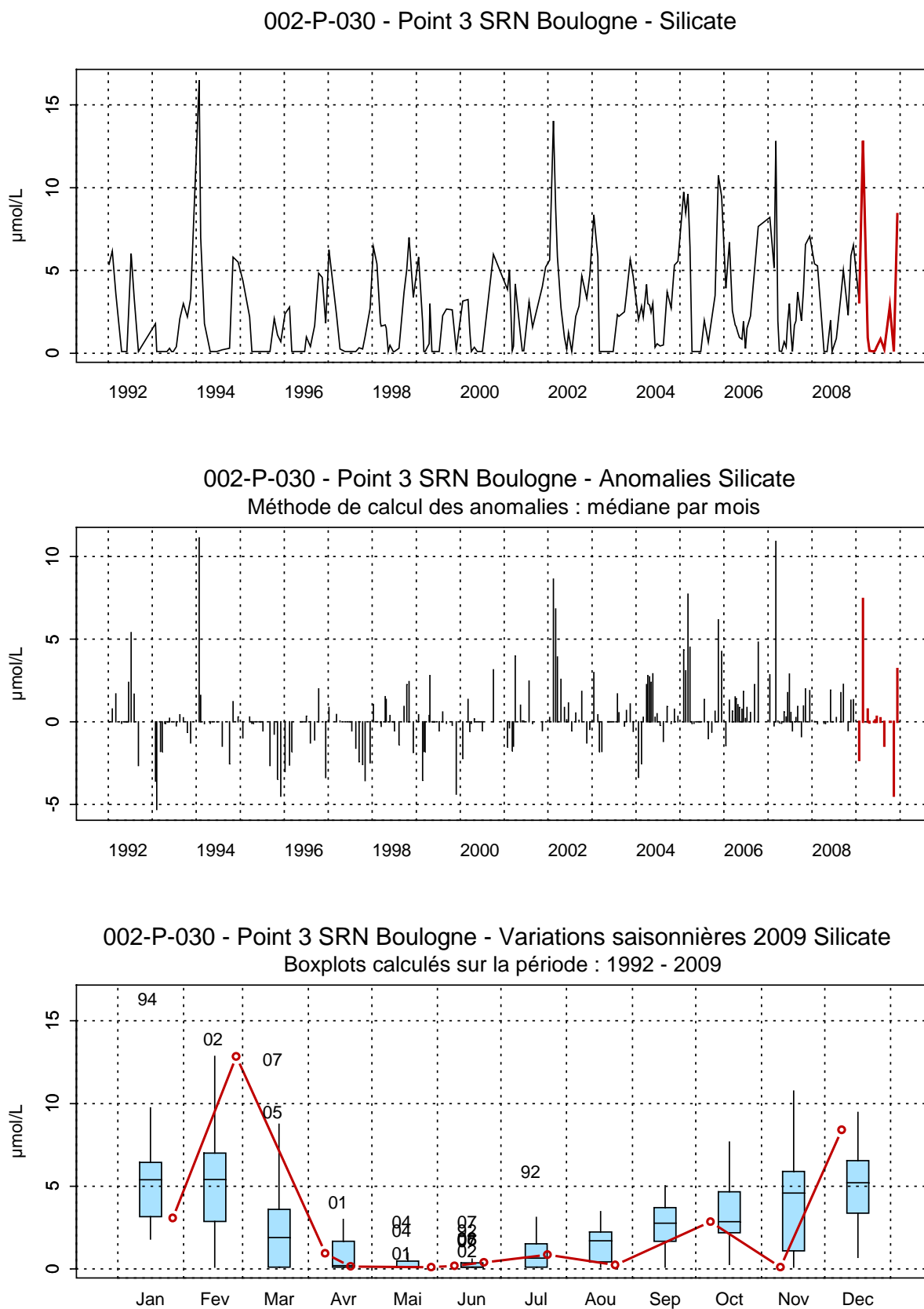


Figure 55. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2009



**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 1992-2009



**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 1992-2009**

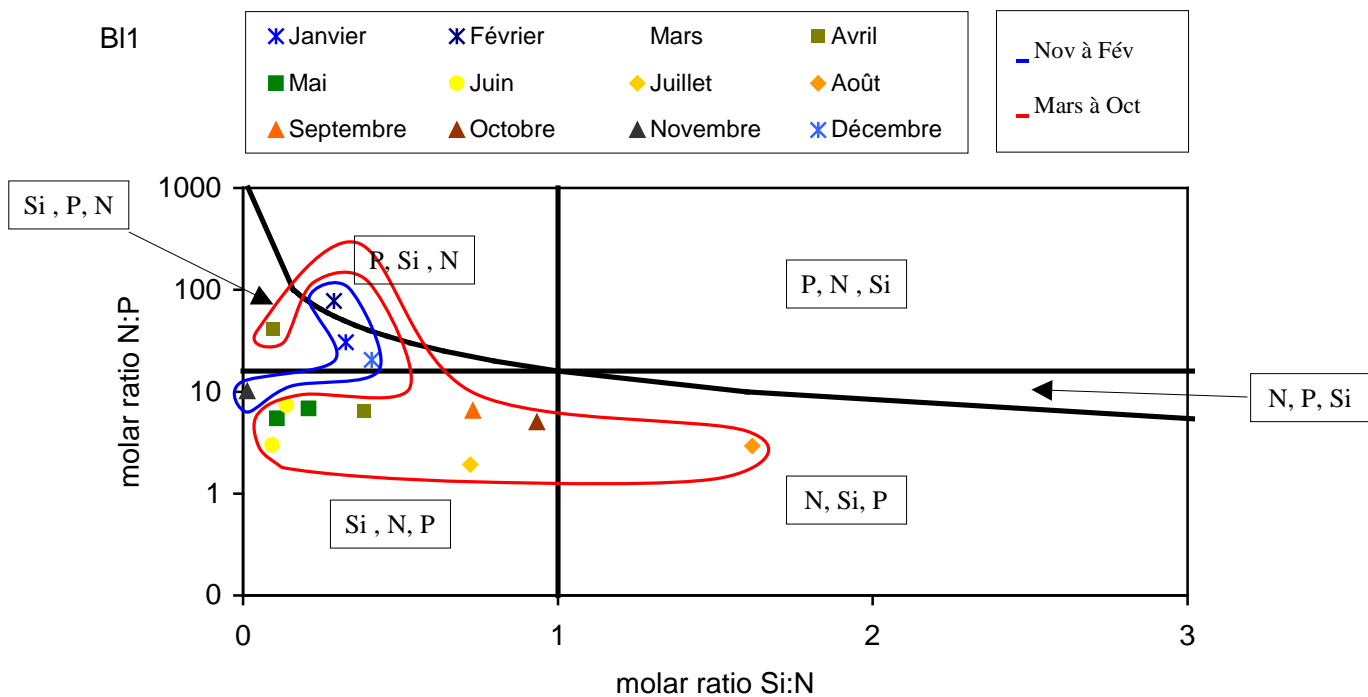


Figure 58. Évolution temporelle des éléments limitant au point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2009

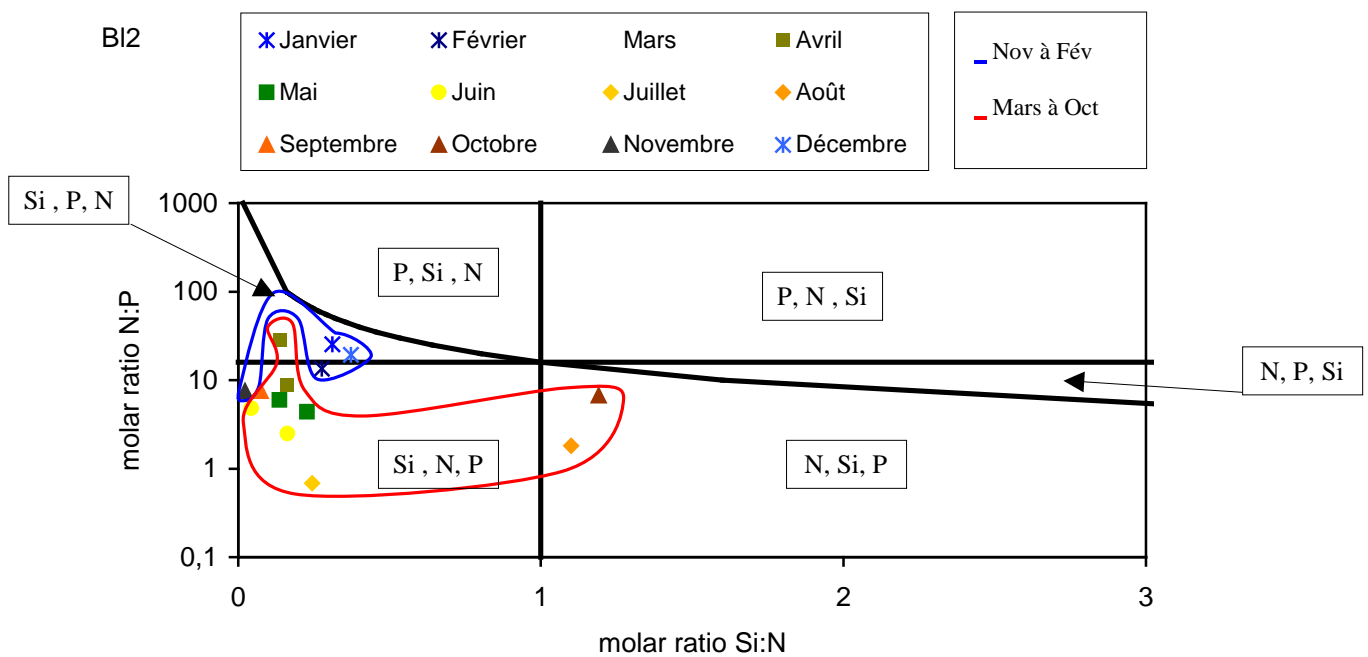
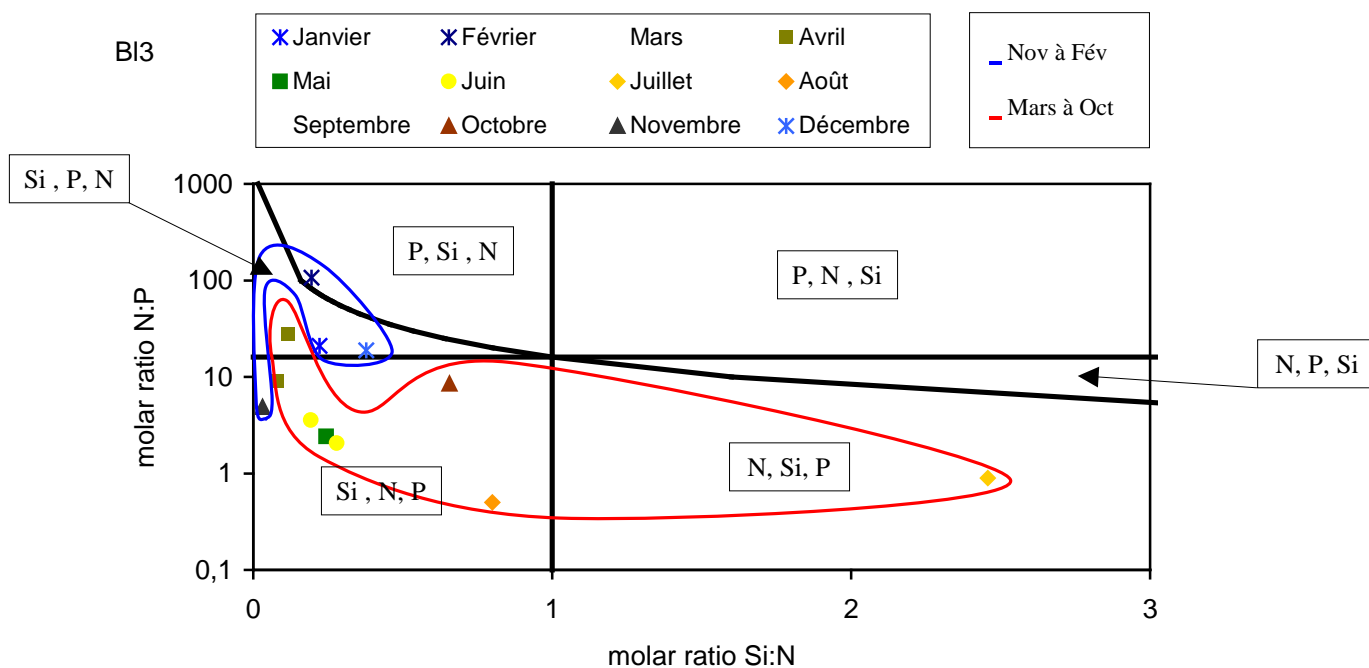


Figure 59. Évolution temporelle des éléments limitant au point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2009



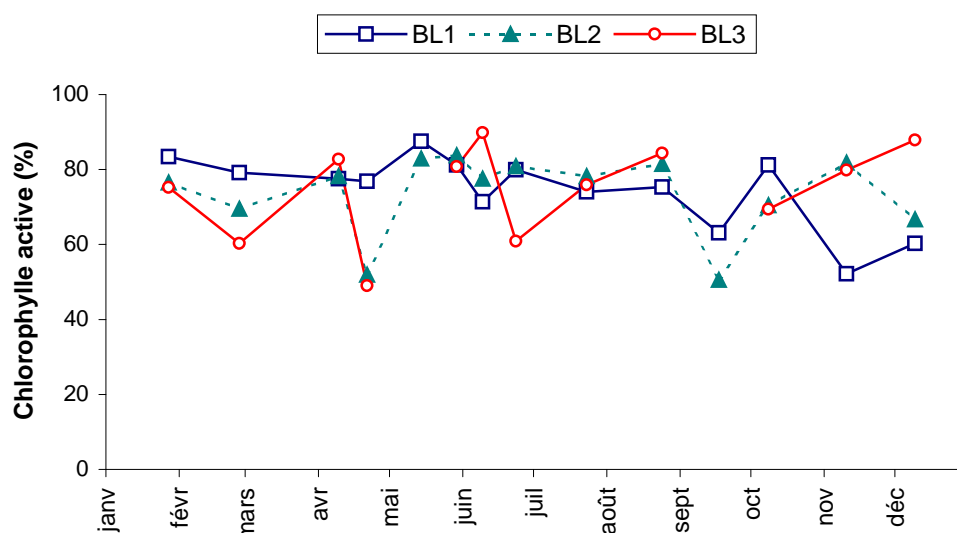
**Figure 60. Évolution temporelle des éléments limitant au point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2009**

*Pour faciliter la lecture des différentes phases, les échelles des abscisses des graphiques ne sont pas les mêmes que sur le graphique servant d'exemple.*

Les changements de concentrations en nutriments induisent des changements des rapports stœchiométriques. Les figure 58 à 60 délimitent six aires, chacune d'elles caractéristique des nutriments potentiellement limitant, par ordre de priorité. Les prélèvements de janvier, de début avril et de décembre sont caractérisés par une limitation de type Si : P : N. Une limitation par l'azote (N : Si : P) est notée à la fin du mois d'août sur l'ensemble de la radiale et en octobre à la station intermédiaire. Le mois de février présente une limitation P : Si : N (sauf à la station intermédiaire). Le reste des échantillons présente une limitation de type Si : N : P.

Le pourcentage d'activité chlorophyllienne est globalement compris entre 70 et 80 % de janvier à août avec un maximum observé au point 3 avec 89,81 % le 09/06/09 (on observe 3 chutes d'activité chlorophyllienne: 69,50 et 60,28 % le 26/02/09 pour les points 2 et 3 ainsi que le 21/04/09 avec 51,95 et 50,98 % également pour les points 2 et 3; 62,90 % pour le point 3 le 23/06/09. On observe une chute en septembre avec des valeurs comprises entre 50 et 65 % (le minimum est mesuré au point 2 avec 50,54 % le 17/09/09) puis une remontée vers un ordre de grandeur compris entre 60 et 90% en décembre (Figure 61).

Le gradient côte-large est compris entre - 27,8% et 27,7 %.



**Figure 61. Évolution temporelle du pourcentage de chlorophylle active sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2009**

### 2.3. La Baie de Somme

*Pour des raisons météorologiques et/ou techniques, les prélèvements du 23/03/09 (Mer 1 et Mer 2), du 19/08/09 (Mimer, Mer 1 et Mer 2), du 01/12/09 (Mer 1 et Mer 2) et du 15/12/09 (Mimer) n'ont pu être effectués. Les mesures de Chlorophylle a du 01/12/09 (Bif, Mimer et Atso) et d'Oxygène du 13/05/09 (Atso) n'ont également pu être effectuées. Au total, 17 campagnes de prélèvements ont été réalisées.*

La courbe de température indique une dynamique classique (Figures 62 à 66). De faibles valeurs en hiver (de 5,2 à 5,6 °C, le 28/01/09 du point Bif à Mer 2) avec un minimum au point Bif de 5,2 le 28/01/09. A partir de cette date, la température ne cesse d'augmenter pour atteindre son maximum le 19/08/09 (20,2 °C) au point Atso. A partir de fin août, la température commence à diminuer ; la chute est plus importante de septembre à décembre (minimum de 6,0°C au point Bif le 15/12/09).

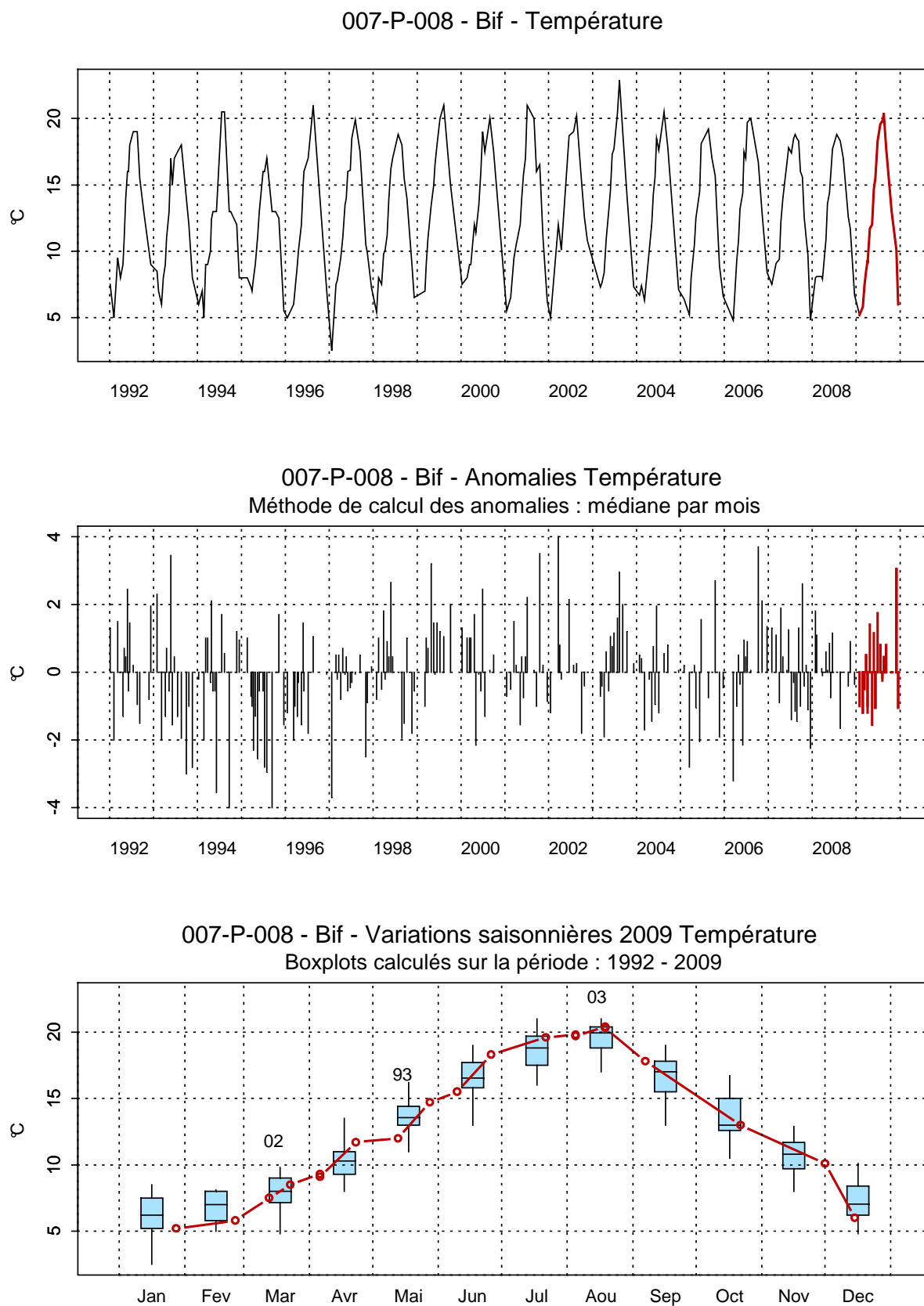
Il existe un faible gradient de température entre la côte et le large (de Atso à Mer 2). Ce gradient varie de -0,7 °C à 0,8 °C. Il est globalement négatif ou nul au printemps et en été (eaux côtières plus chaudes) et devient positif en hiver (Annexe 2 et Tableau 12).

Par rapport à la période 1992-2009, les valeurs de température sont particulièrement faibles aux mois de janvier et février (en dessous du premier quartile). Globalement, pour le reste de l'année 2009, les températures se situent au niveau de la médiane mensuelle (Figures 62 à 66).

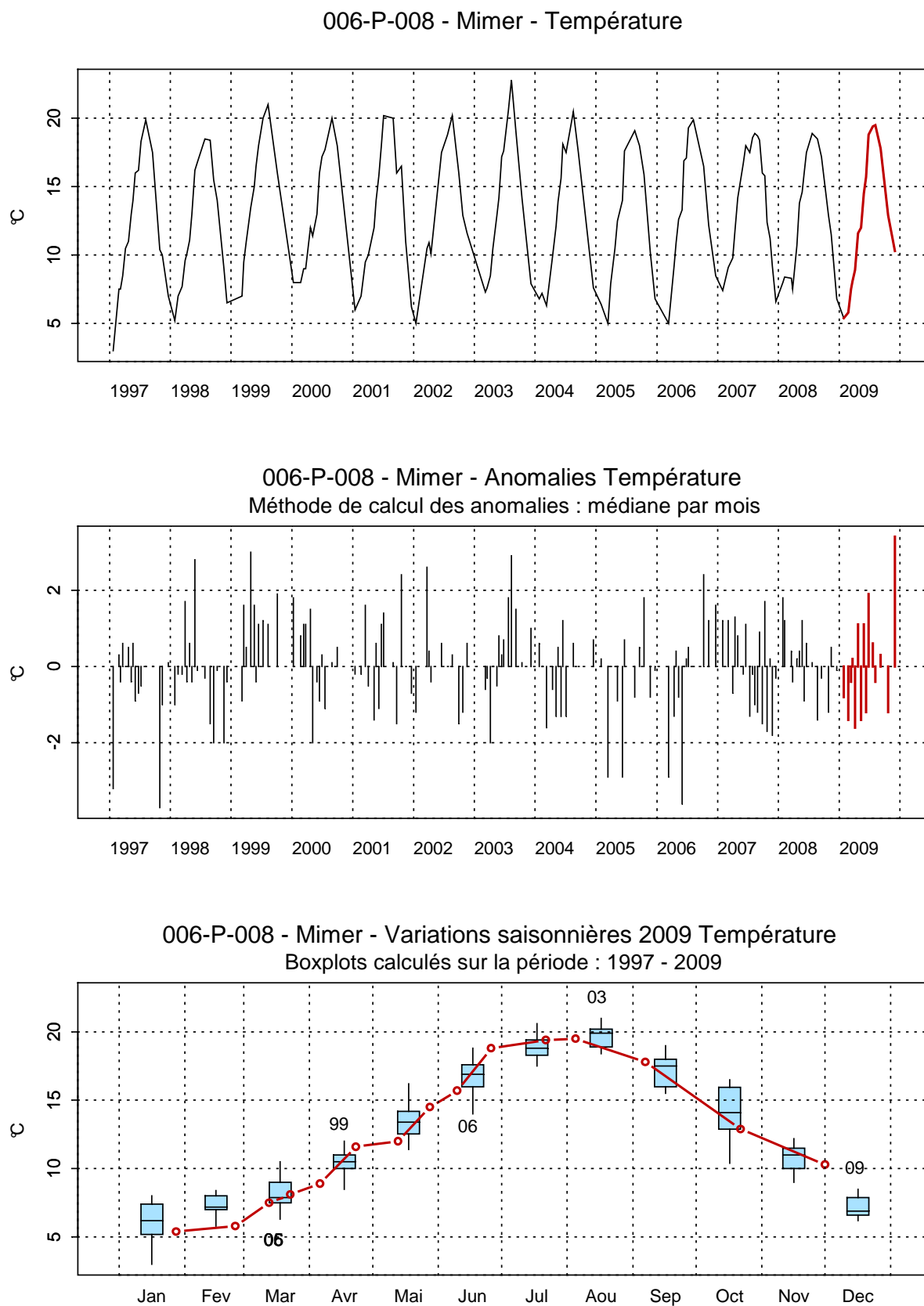
**Tableau 12. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour les différents points de la radiale de la Baie de Somme et pour la période 1992-2009**

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
<b>Bif</b>	2,50	8,50	12,66	12,60	17,00	22,90	261
<b>Mimer</b>	3,00	9,00	12,98	12,90	17,20	22,80	174
<b>Atso</b>	2,00	9,00	13,01	13,00	17,10	22,10	309
<b>Mer 1</b>	3,00	9,00	12,78	13,00	16,80	22,30	229
<b>Mer 2</b>	3,00	9,00	12,80	12,65	16,67	21,60	226

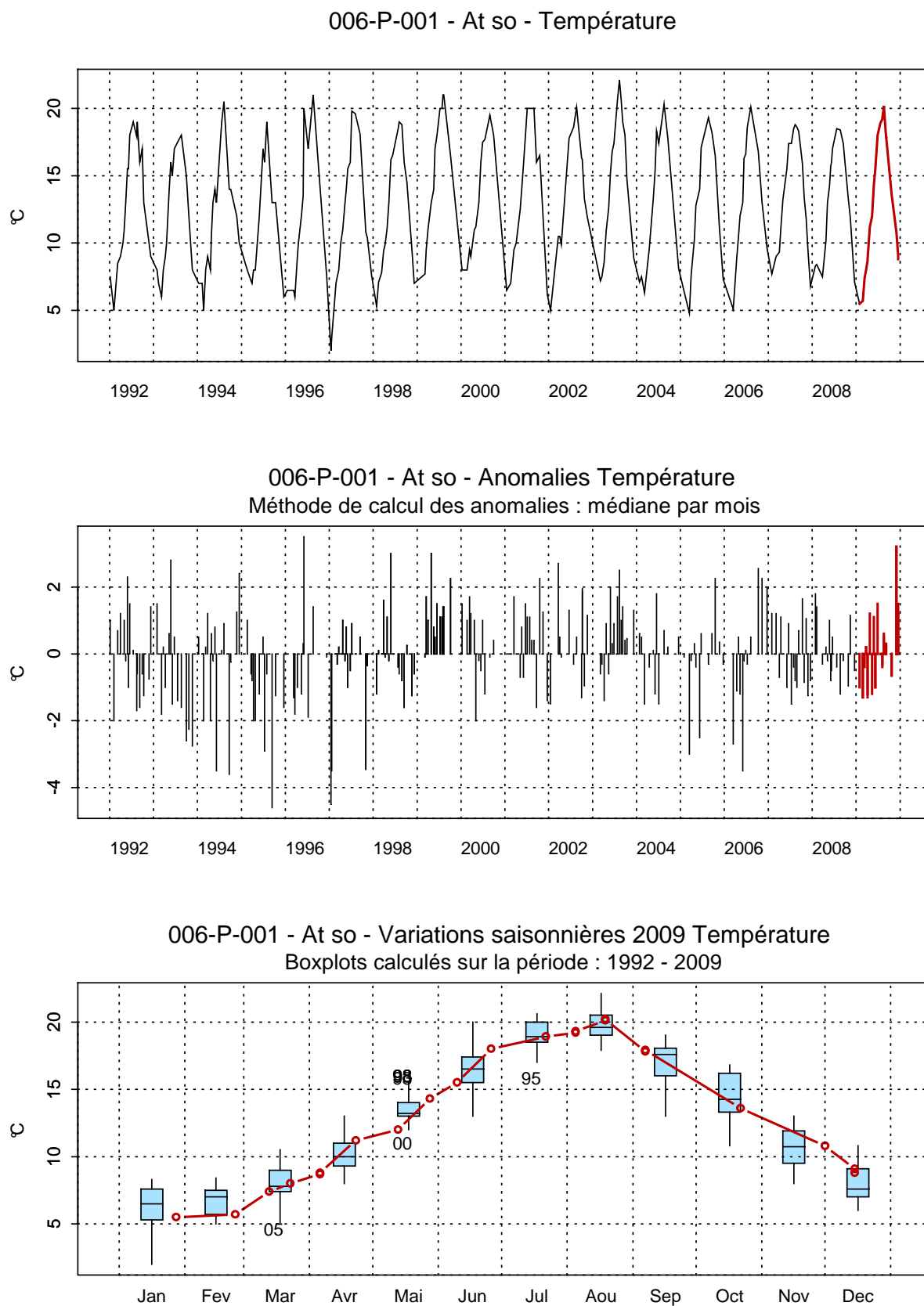




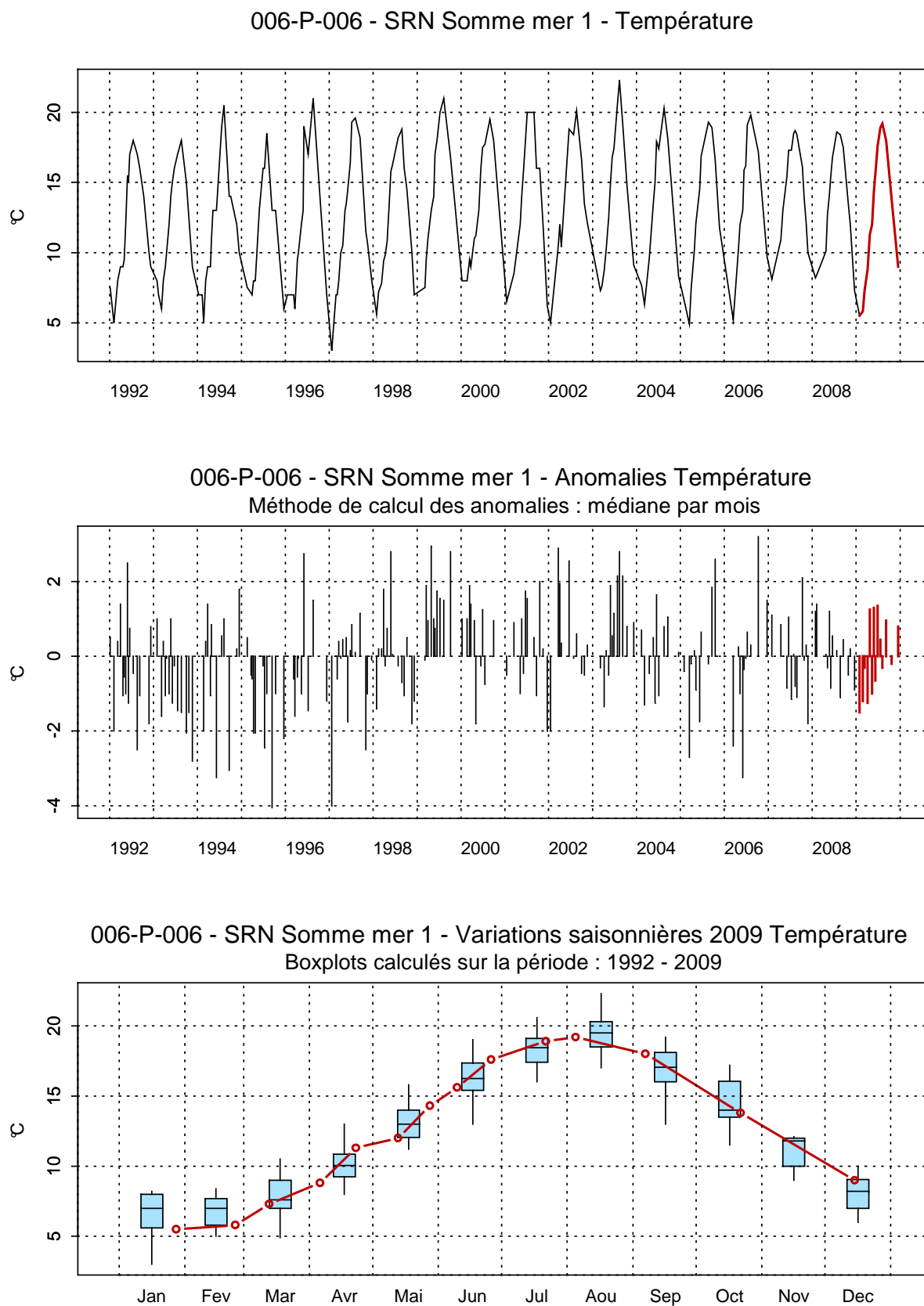
**Figure 62. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009**



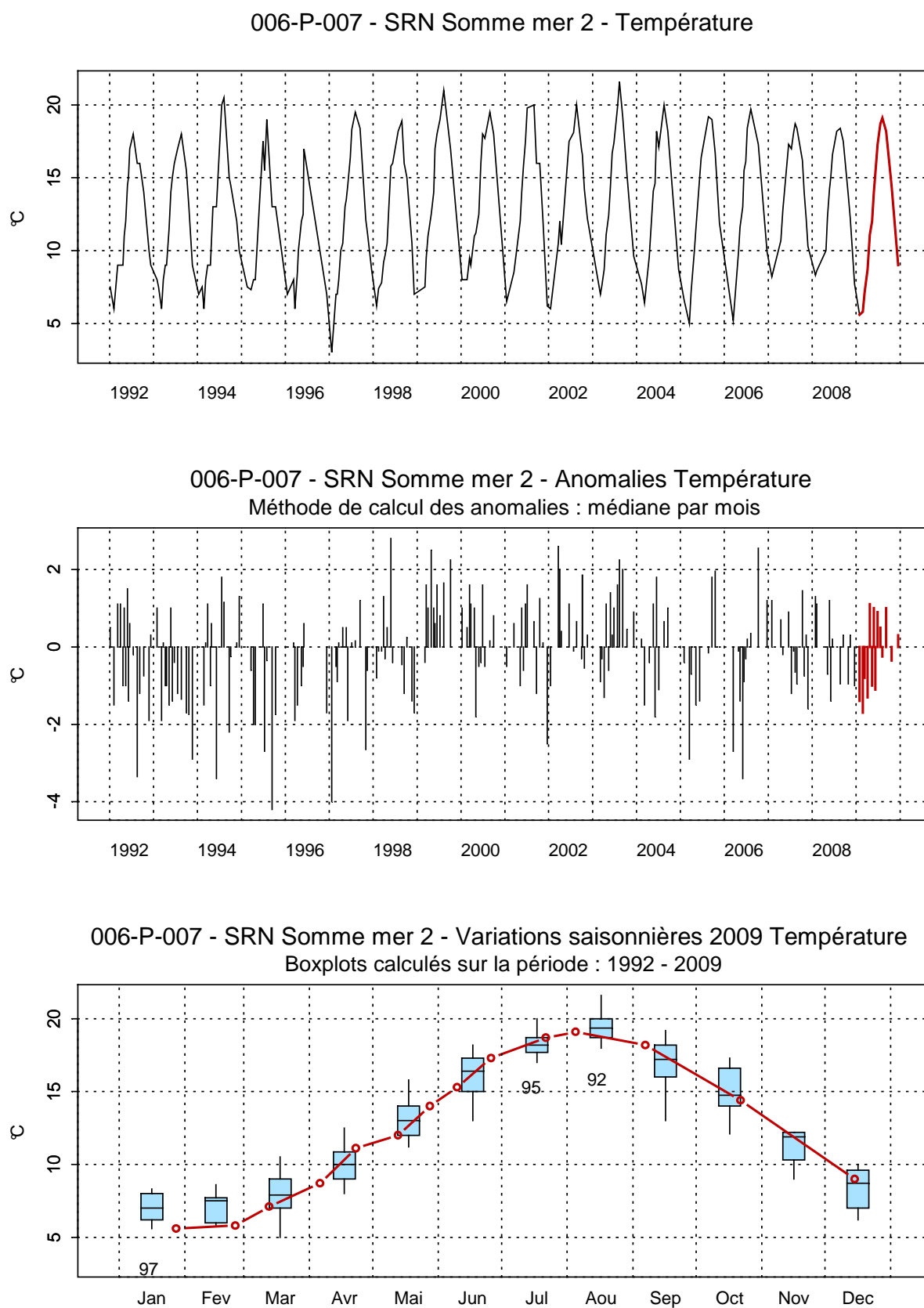
**Figure 63. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009**



**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 1992-2009**



**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 1992-2009**



**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 1992-2009**

Pour des raisons d'accessibilité des moyens nautiques, les prélèvements sont réalisés à  $PM \pm 2h$ . Ainsi, la gamme de variation de la salinité mesurée est artificiellement faible pour un système estuarien.

Les valeurs sont comprises entre 26,8 et 33,4 pour le point Bif (point estuarien), entre 31,3 et 33,5 pour le point Mimer, entre 32,5 et 33,9 pour le point Atso (point côtier), entre 32,2 et 34,2 pour le point Mer 1 et entre 32,4 et 34,6 pour Mer 2 (point du large).

On remarque une variation plus importante 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 50 et Annexe 2).

Certaines fluctuations observées sont le reflet à la fois de conditions de prélèvements différents (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 côte-large entre les points Atso et Mer 2 est compris entre -0,1 et 1,1.

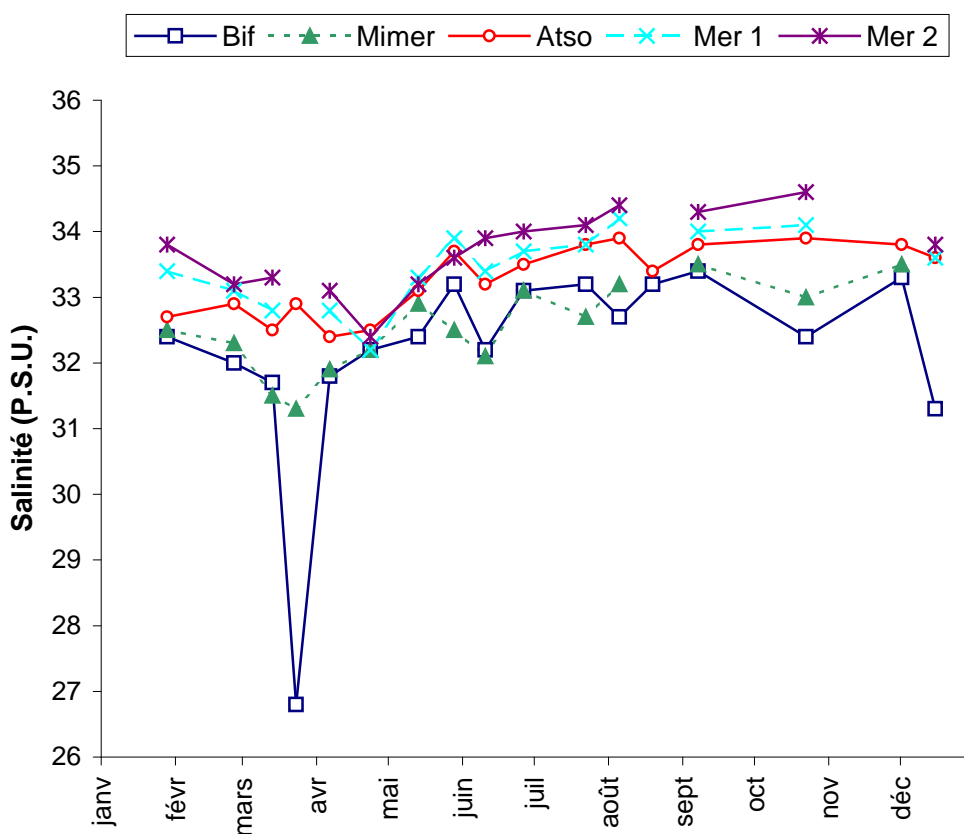


Figure 67. Évolution temporelle de la salinité (P.S.U.) sur la radiale de la Baie de Somme en 2009

Les évolutions de turbidité et de concentration en matières en suspension sont comparables entre les points Bif et Mimer ainsi qu'entre les points Atso, Mer 1 et Mer 2 (distinction fonction de l'influence estuarienne) (Figures 67 et 68).

Le maximum est mesuré en début de cycle (période hivernale) et le minimum l'est pendant la période estivale (Annexe 2). Cependant, on observe quelques événements inhabituels par rapport à ce schéma. Exemples : importante turbidité et quantité de MES le 13/03. Ceci est le reflet de processus hydrodynamiques et météorologiques non abordables à cette échelle d'observation, pouvant être lié à des remises en suspension lors d'épisode de crues ou de tempêtes combinées aux effets de la marée (échelle de quelques heures à quelques jours et non pas mensuelle).

La turbidité est maximale à la station Mimer (120,0 N.T.U.) le 13/03 et minimale le 10/06/09 à la station Mer 2 (0,57 N.T.U.).

Le maximum et le minimum de M.E.S. sont mesurés respectivement à la station Mimer (135,6 mg/L) le 13/03 et à la station Mer 2 le 06/04 (1,7 mg/L).

Le gradient côte-large entre les points Atso et Mer 2 pour la turbidité et les MES est compris respectivement entre -17,3 et -0,3 N.T.U. et entre -19,4 et -0,5 mg/L pour les M.E.S. (les concentrations en M.E.S. sont plus fortes à la côte qu'au large pour la majorité des prélèvements).

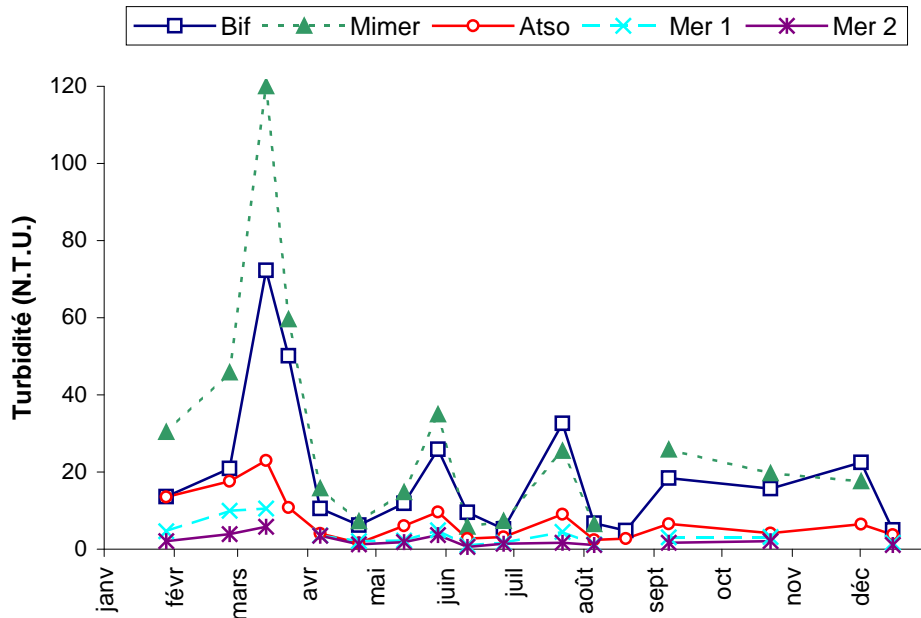


Figure 67. Évolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de la Baie de Somme en 2009

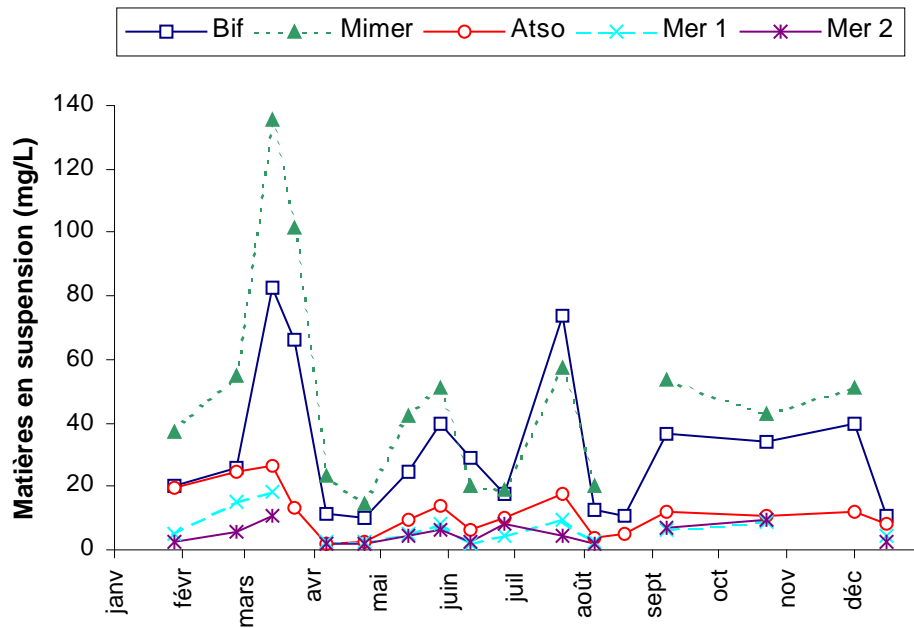


Figure 68. Évolution temporelle des matières en suspension (mg/L) sur la radiale de la Baie de Somme en 2009

L'évolution de la concentration de matière organique (M.O.) est marquée par la mesure de faibles valeurs en début de saison (janvier à mars) pour atteindre un maximum lors des mois d'avril (avec 100 % pour le point Atso et Mer 2) puis, entre mai et août, les valeurs sont de l'ordre de 10 à 70 % (avec 70 % pour les point au large) avant de revenir progressivement à des niveaux comparables au début de cycle (< 10 %) durant les derniers mois (Figure 69).

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

Le gradient côte-large entre les points Atso et Mer 2 est compris entre -10,7 % et 27,5 %.

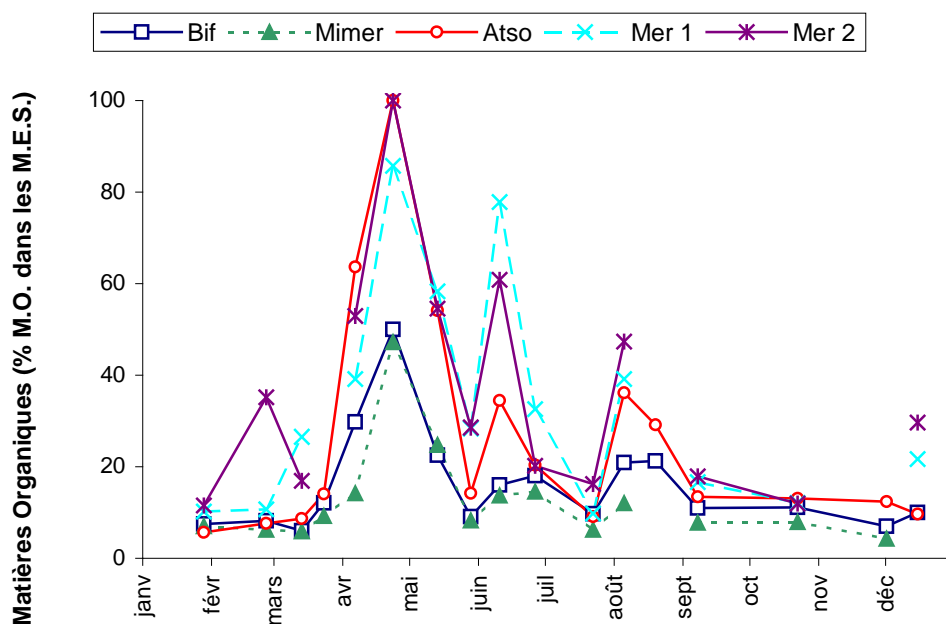


Figure 69. Évolution temporelle de la teneur en matière organique dans les matières en suspension (% de Matière organique dans les M.E.S.) sur la radiale de la Baie de Somme en 2009



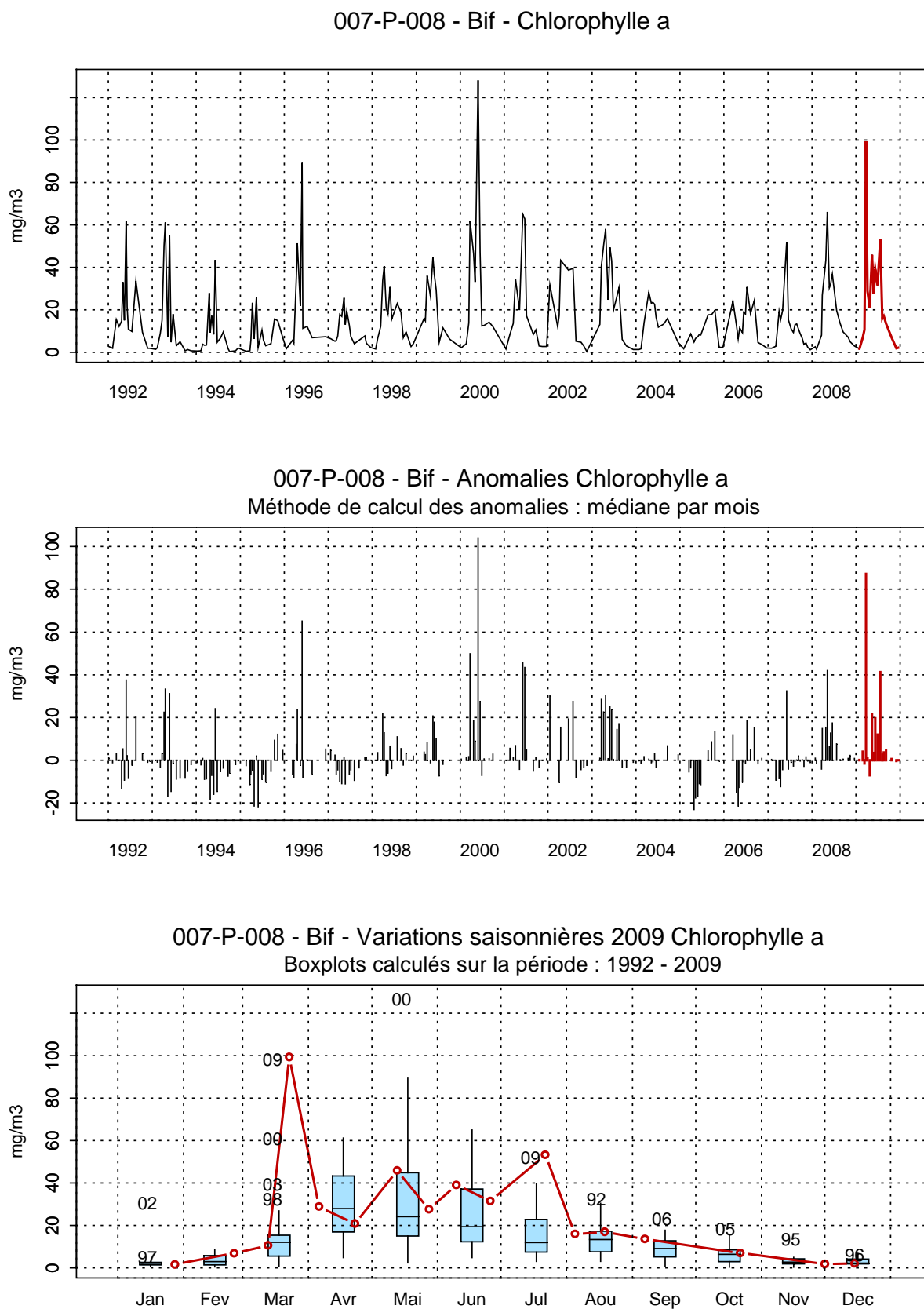
*Pour les autres paramètres (chlorophylle *a* et nutriments), les informations sont synthétisées de la figure 70 à la figure 105, ceci afin de faciliter l'interprétation.*

Le dosage de la concentration en chlorophylle *a*, indicateur de biomasse phytoplanctonique, permet de mettre en évidence un premier pic majeur marqué sur les points estuariens (99,39 mg/m<sup>3</sup> le 23/03/09 au point Bif), un bloom printanier généralisé de la côte vers le large (mg/m<sup>3</sup> µg/L le 28/05/09 au point Mimer) suivi d'un second bloom plus important sur les points estuariens (maximum de 53,30 mg/m<sup>3</sup> le 22/07/09 au point Bif) (Figures 70 à 74, Annexe 2 et Tableau 13).

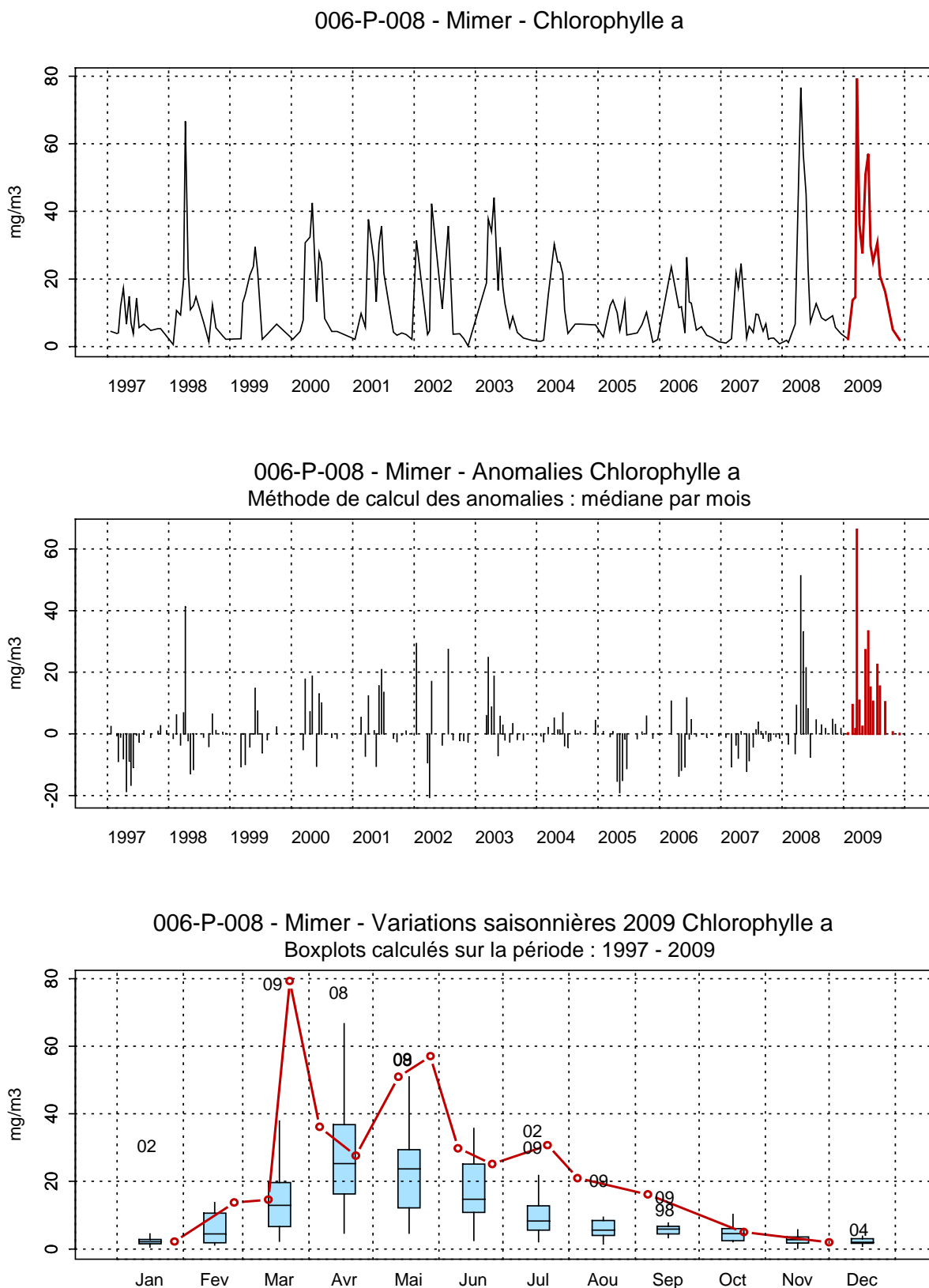
Par rapport à la période 1992-2009, les concentrations en chlorophylle *a* sont importantes en mars, mai, juin pour Bif, Mimer et, dans une moindre mesure, pour Atso. Elles sont également élevées en mai et juin pour Mer 1 et Mer 2. Les concentrations du mois de mars et juillet pour les points Bif et Mimer et de septembre pour le point Mimer s'avèrent être les plus fortes relevées au cours de la période 1992-2009.

**Tableau 13. 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 et pour la période 1992-2009**

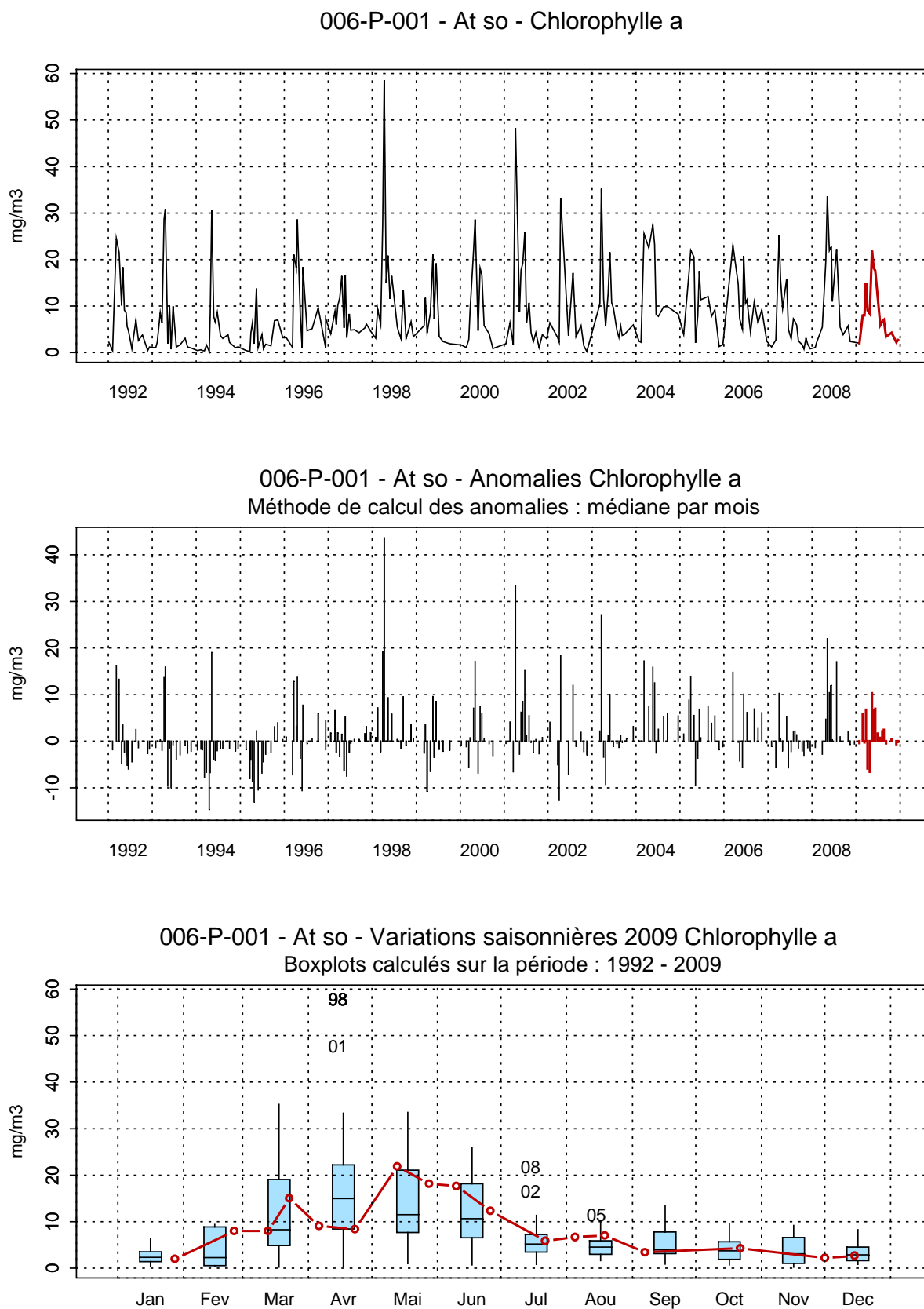
	<b>Min</b>	<b>Q1</b>	<b>Moy</b>	<b>Med</b>	<b>Q3</b>	<b>Max</b>	<b>n</b>
<b>Bif</b>	0,32	4,65	17,05	11,48	22,86	128,16	249
<b>Mimer</b>	0,19	3,95	13,89	8,48	21,07	79,28	175
<b>Atso</b>	0,21	3,04	9,03	5,98	11,53	58,53	297
<b>Mer 1</b>	0,08	2,14	7,03	4,94	9,38	39,15	236
<b>Mer 2</b>	0,05	2,32	6,66	4,70	8,81	34,60	229



**Figure 70. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m<sup>3</sup>) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009**



**Figure 71. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m<sup>3</sup>) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009**



**Figure 72. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m<sup>3</sup>) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009**

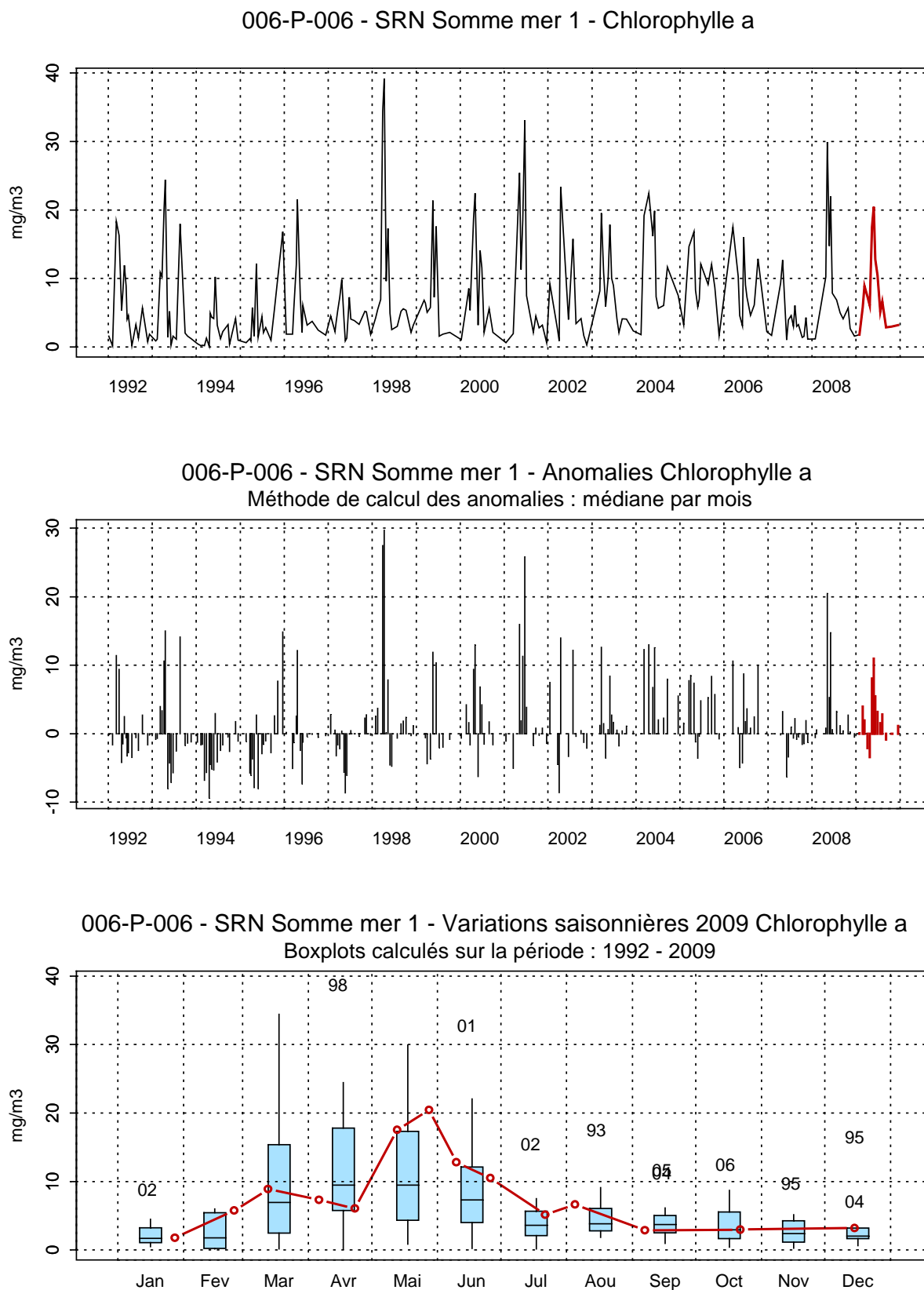


Figure 73. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m<sup>3</sup>) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009

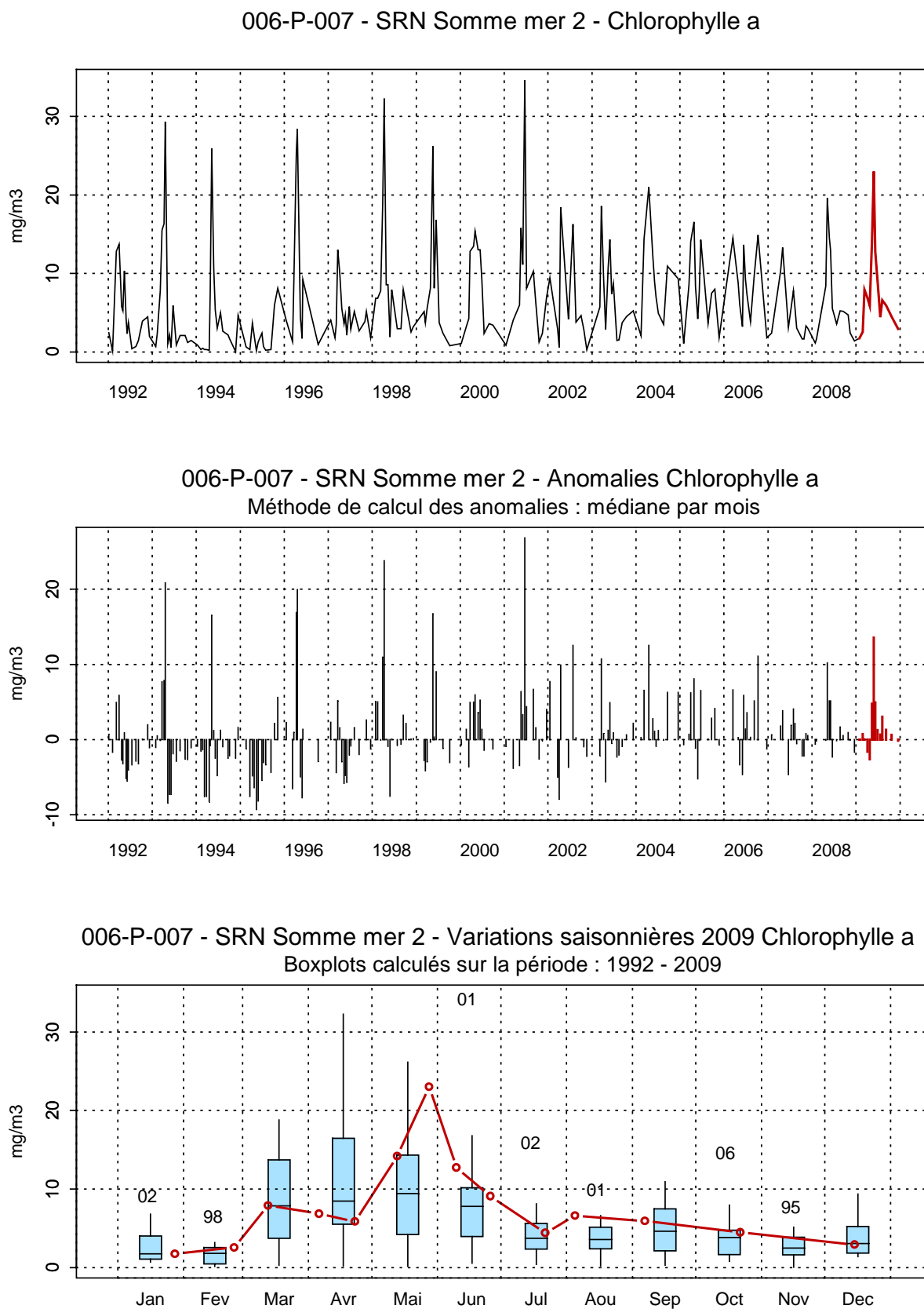


Figure 74. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m<sup>3</sup>) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009

La courbe d'évolution du nitrate est classique. On observe que les concentrations maximales sont atteintes lors des mois hivernaux (notamment janvier et mars) avec des valeurs supérieures à 20  $\mu\text{mol/L}$  pour tous les points (Annexe 2 et Tableau 14). Les concentrations minimales sont enregistrées de mai à août. La période de mars à mai se caractérise par une chute brutale des concentrations pour atteindre la limite du seuil de détection en mai ( $< 0,15 \mu\text{mol/L}$ ) pour les 5 points et, ensuite, il y a une augmentation progressive du mois de septembre jusqu'au mois de décembre (36,09  $\mu\text{mol/L}$  le 15/12/09 au point Bif)(Figures 75 à 79). Cependant, on observe une « anomalie » sur ce schéma, un pic important de la concentration en nitrate généralisée sur les 5 points de mars à mai (le 06/04/09 au point Bif avec 51,39  $\mu\text{mol/L}$  ). Cette « anomalie » est liée à des processus hydrodynamique et météorologique non abordables à cette échelle d'observation (Annexe 2).

Par rapport à la période 1992-2009, les concentrations en nitrate sont particulièrement faibles durant les mois de janvier et février (inférieures au premier quartile) et fortes aux mois de mars (Bif, Mimer et Atso) et décembre (Figures 75 à 79).

**Tableau 14. 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 et pour la période 1992-2009**

	<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	2,84	17,62	12,57	26,95	132,31	247
<b>Mimer</b>	0,15	2,78	14,10	8,95	21,76	63,33	174
<b>Atso</b>	0,05	2,23	12,58	7,27	20,43	56,09	246
<b>Mer 1</b>	0,02	1,21	10,85	5,47	17,85	55,91	234
<b>Mer 2</b>	0,01	0,71	9,40	3,98	16,30	50,90	226

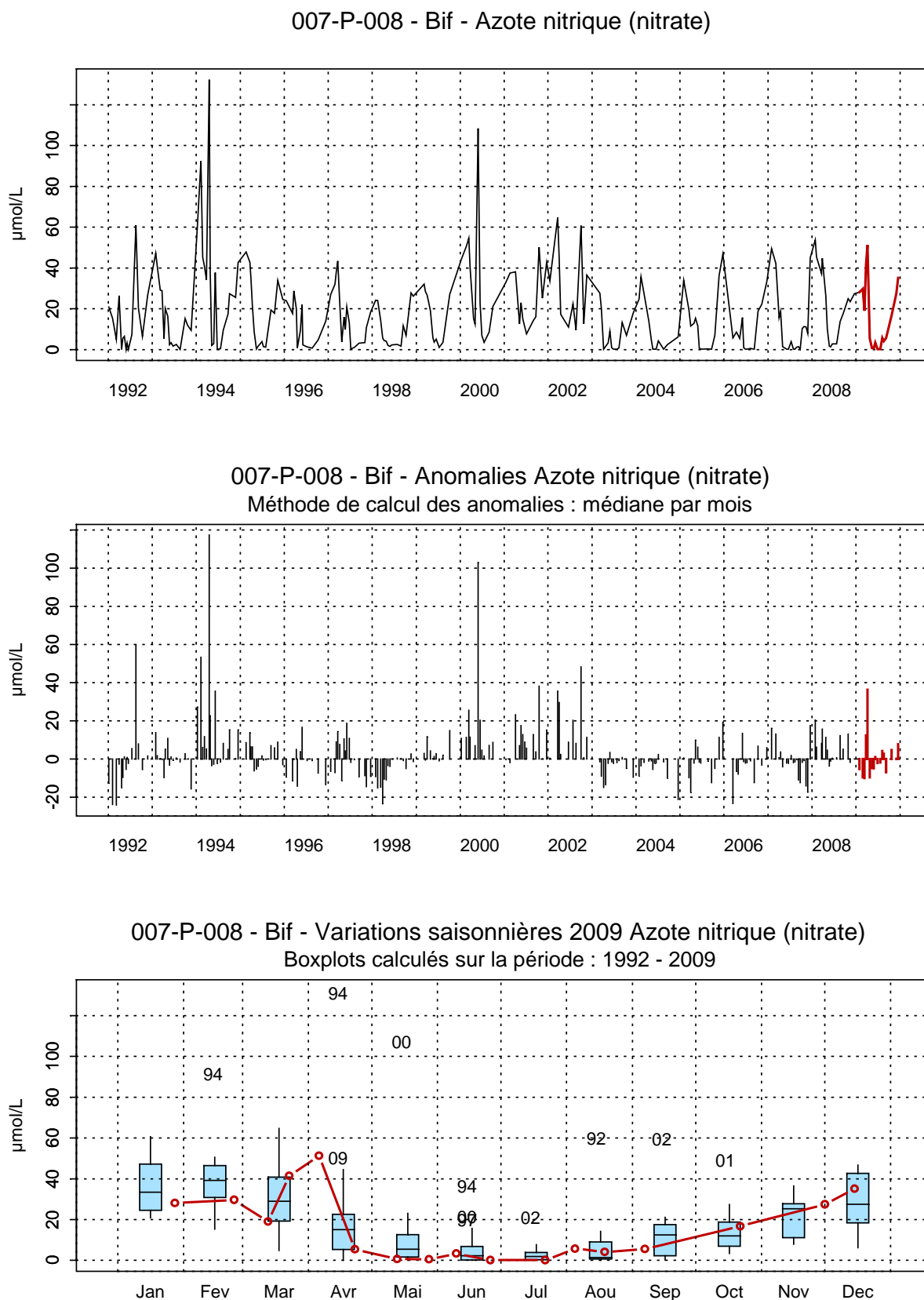
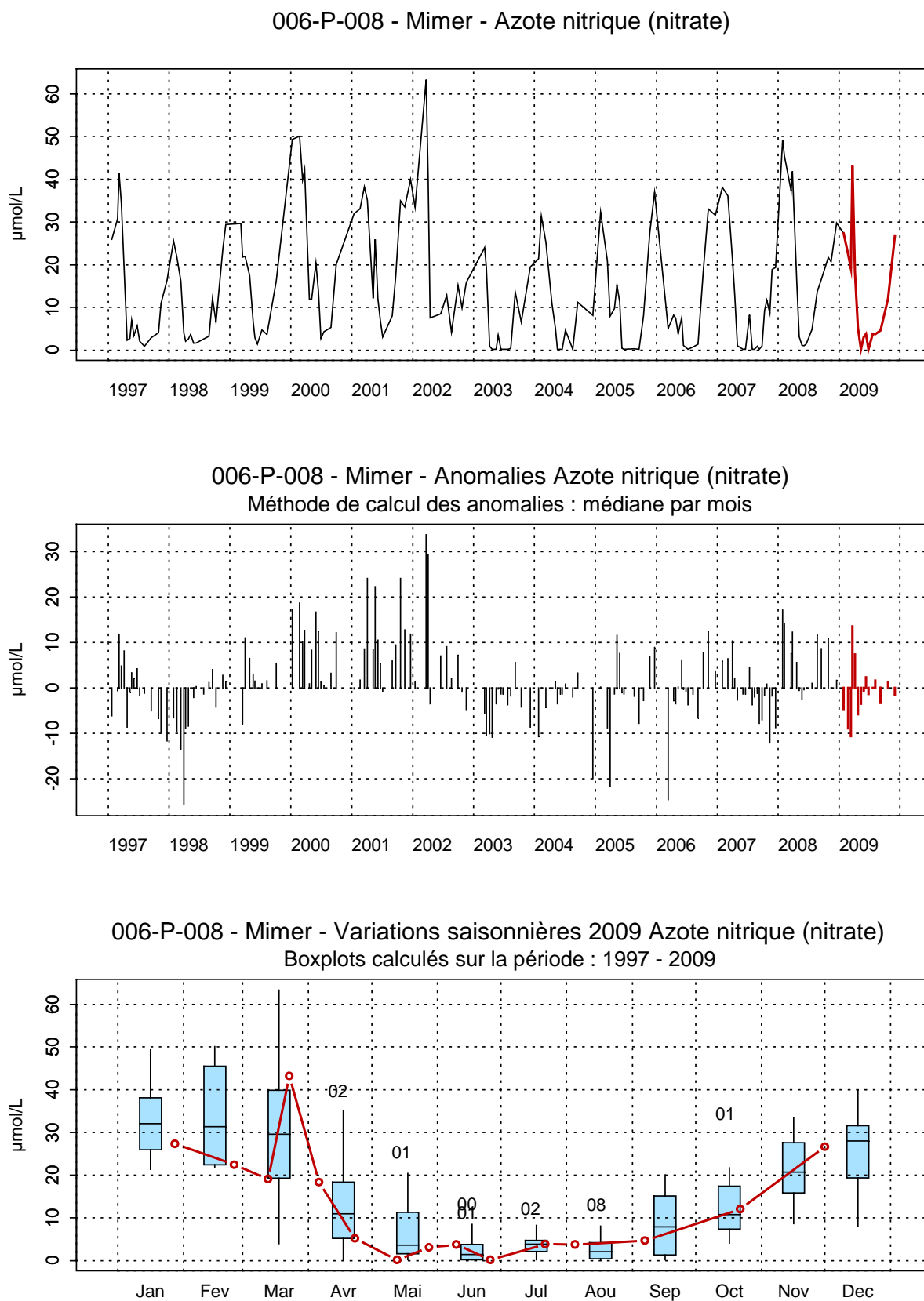


Figure 75. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009





**Figure 76. 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 1992-2009**

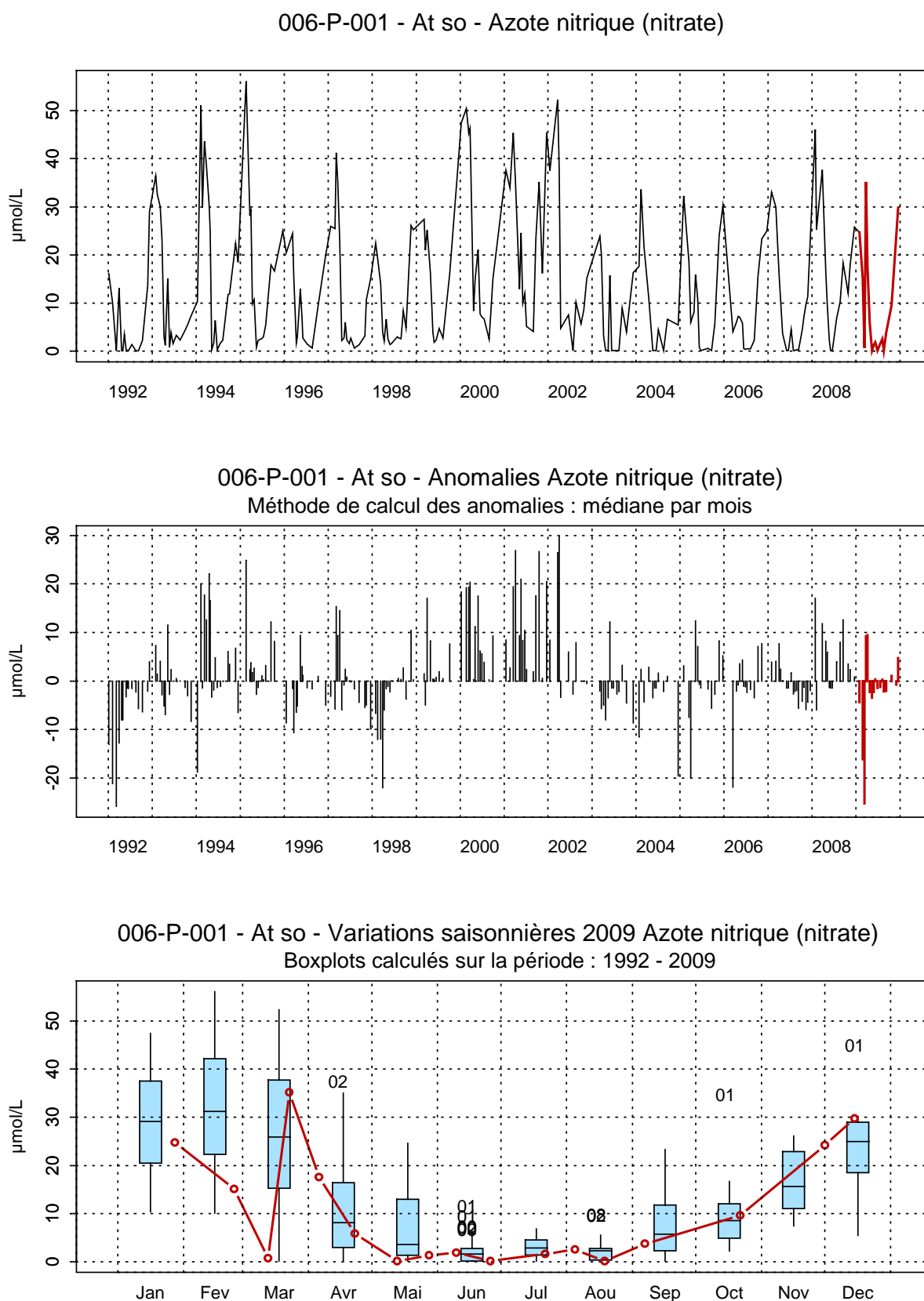


Figure 77. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009

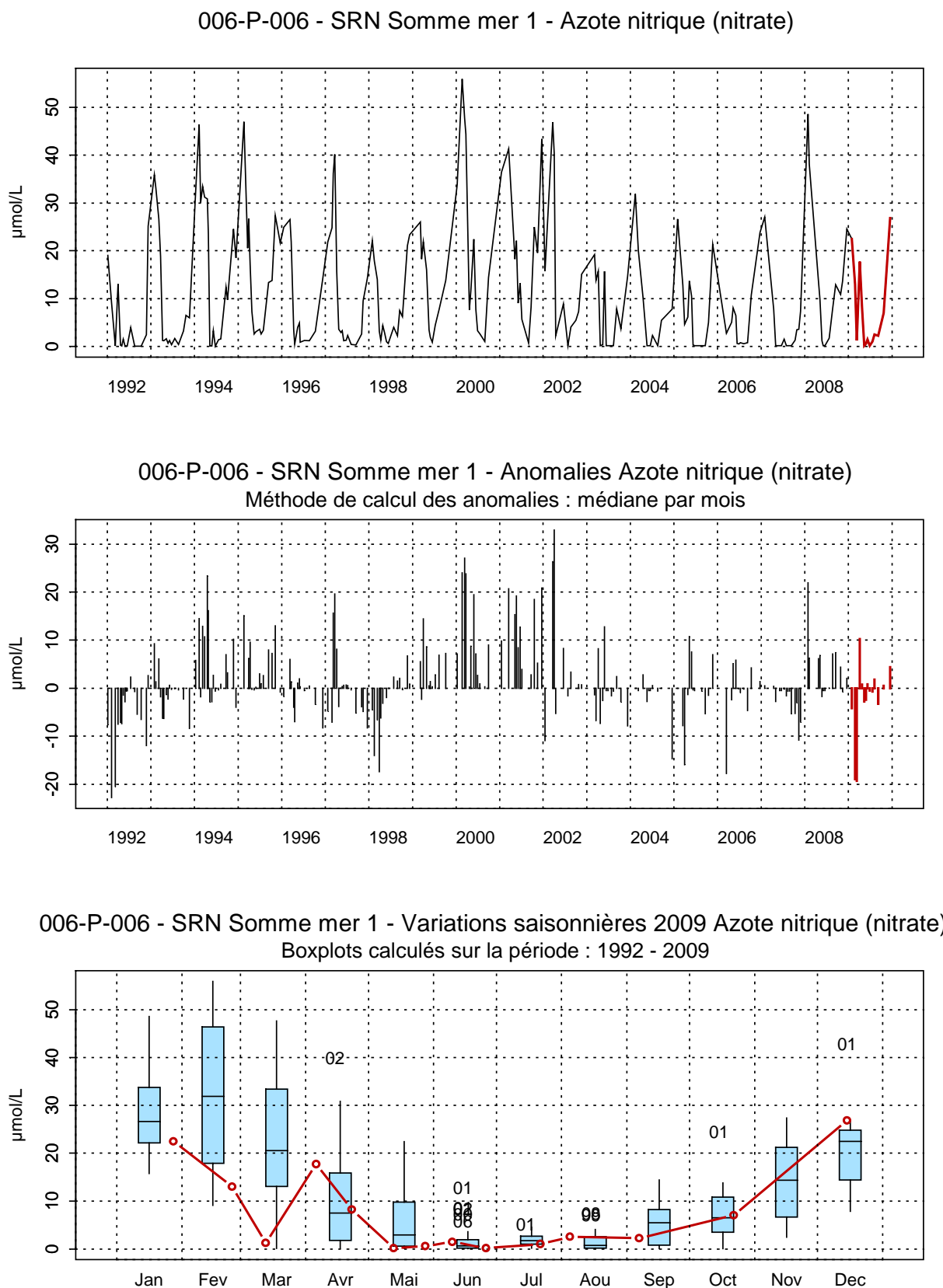
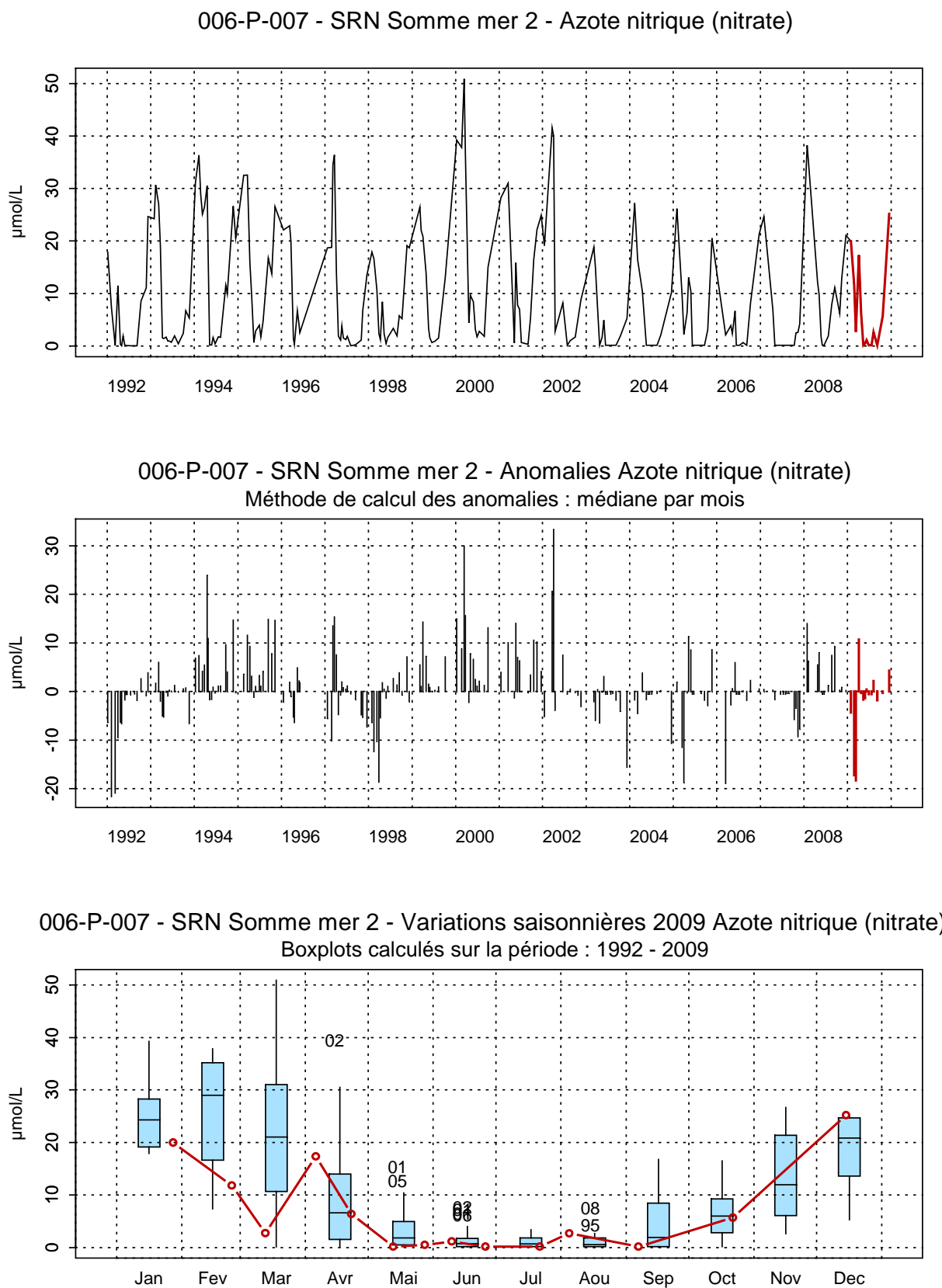


Figure 78. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009

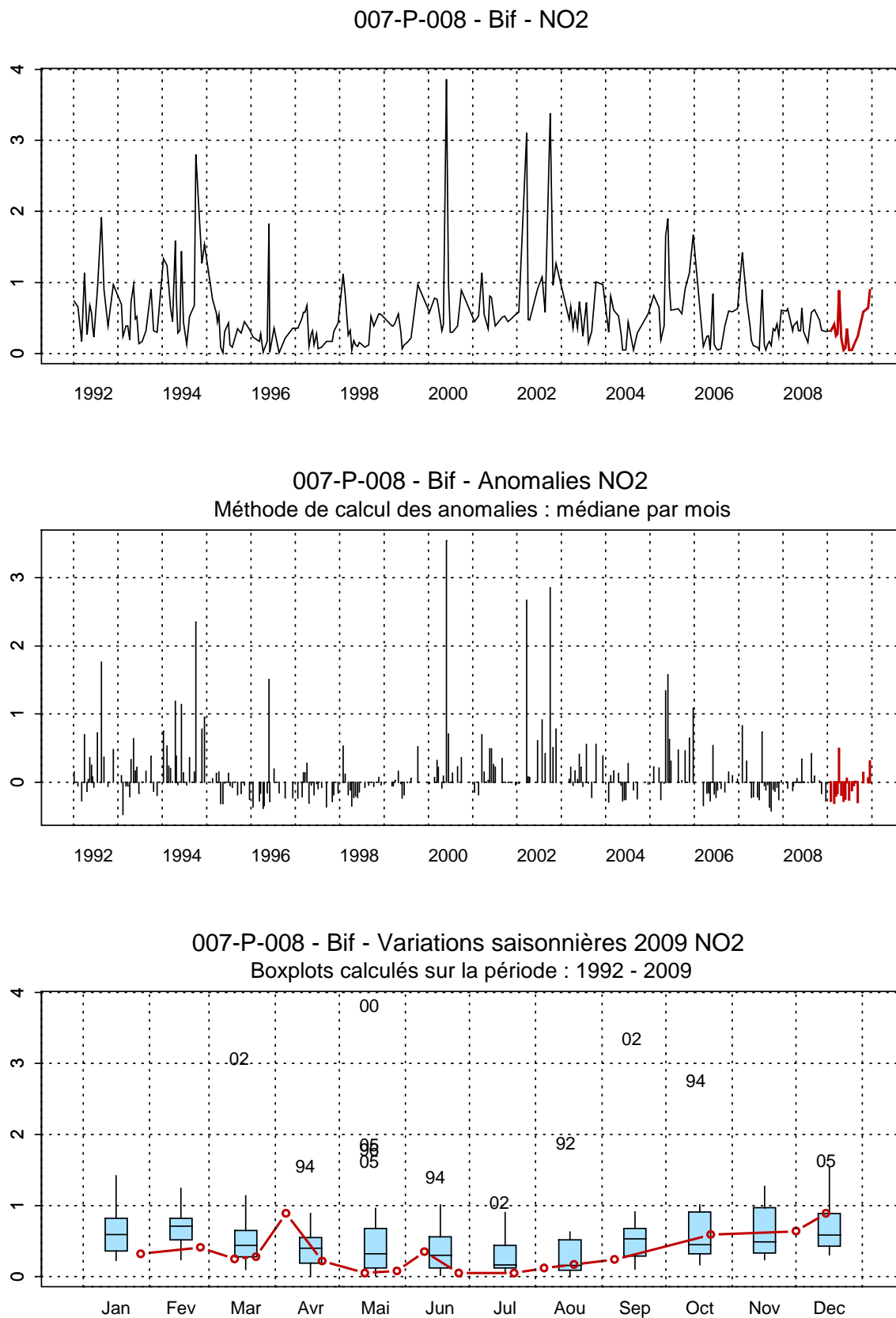


**Figure 79.** Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009

Les concentrations en nitrite présentent des fluctuations importantes d'une année sur l'autre. L'aspect fugace de cet élément lors des réactions de nitrification / dénitrification (cf. section 4 - Discussion) rend difficile l'interprétation.

La courbe d'évolution du nitrite est classique et ressemble fortement à celle du nitrate. Au début de l'année, les concentrations sont comprises entre 0,24 et 0,37  $\mu\text{mol/L}$ . Les minima sont obtenues de mai à août (valeurs proches ou égales au seuil de détection : 0,05  $\mu\text{mol/L}$ ). Ensuite, la concentration augmente progressivement pour atteindre les maxima au mois de décembre (0,93  $\mu\text{mol/L}$  au point Mer 1 le 15/12/09). Cependant, on observe deux « événements » sur ce schéma, une légère remontée de la concentration en nitrite généralisée sur les 5 points de mars à mai, celle-ci est plus prononcée sur le point Bif avec 0,89  $\mu\text{mol/L}$  le 06/04/09. La seconde intervient fin mai début avril le 07/05 avec un pic de nitrite plus ou moins important selon les points (0,48  $\mu\text{mol/L}$  au point Mimer le 28/05/09). Ces « événements » sont liés à des processus hydrodynamique et météorologique non abordables à cette échelle d'observation (Annexe 2).

Par rapport à la période 1992-2009, les concentrations en nitrite sont particulièrement fortes au mois de décembre (maximum de la période 1992-2009 le 15/12/09 au point Mer 2 avec 0,92  $\mu\text{mol/L}$ ). Elle sont plus faibles ou proches de la médiane le reste de l'année, sauf en avril (Bif), mai, juin (Mimer), octobre (Atso, Mer 1) et juin (Mer 2) où elles demeurent élevées.



**Figure 80. 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 1992-2009**

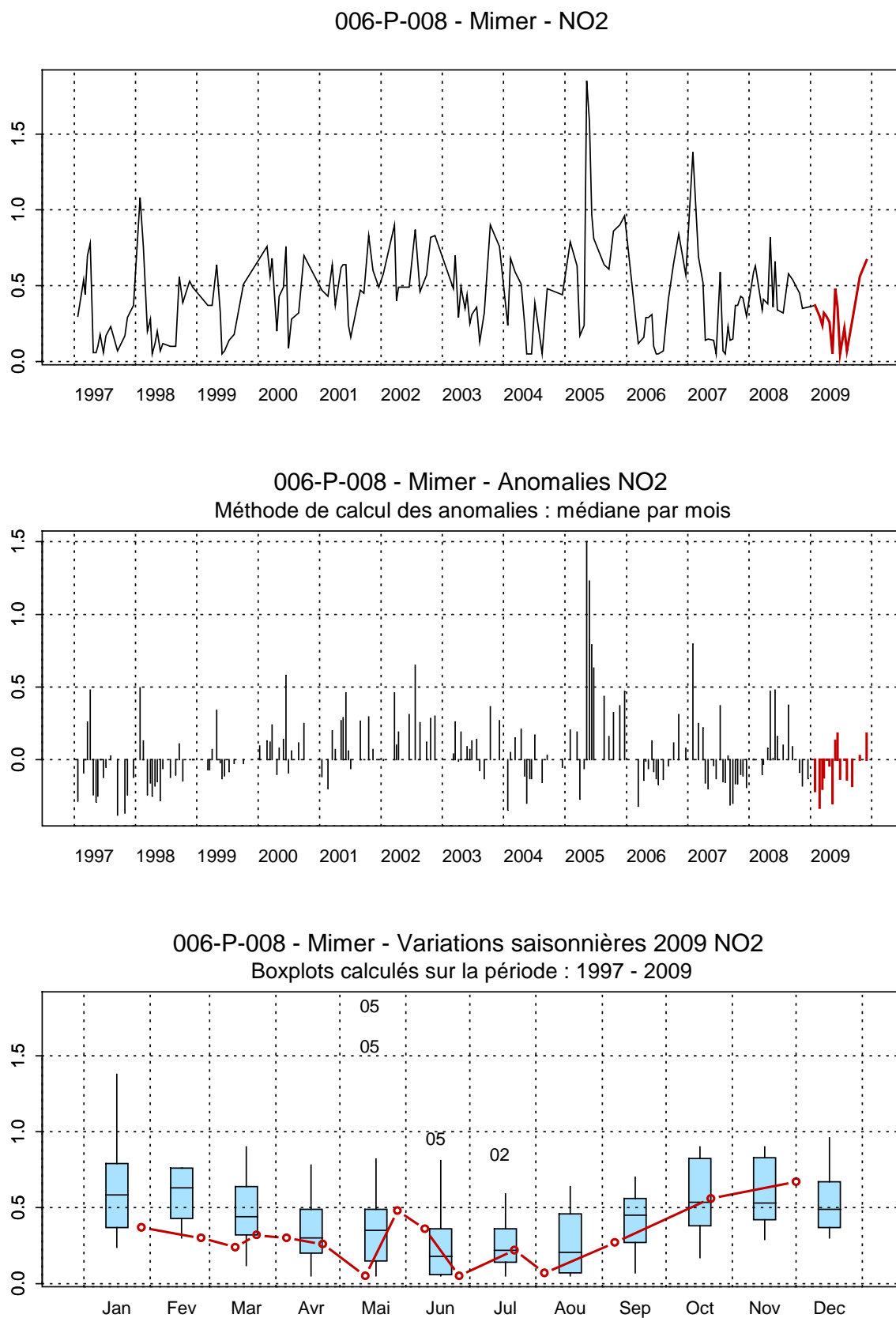


Figure 81. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009

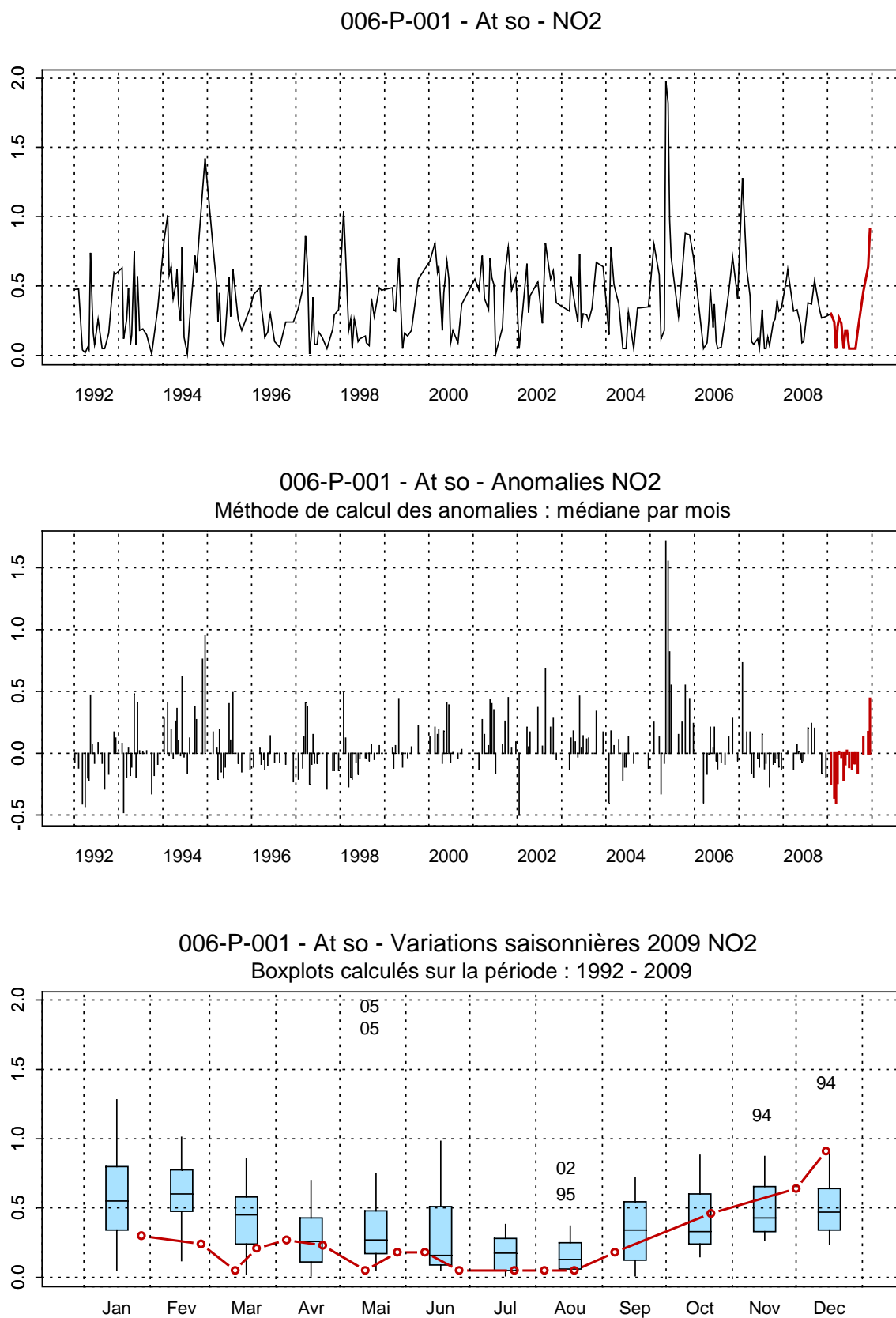


Figure 82. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009



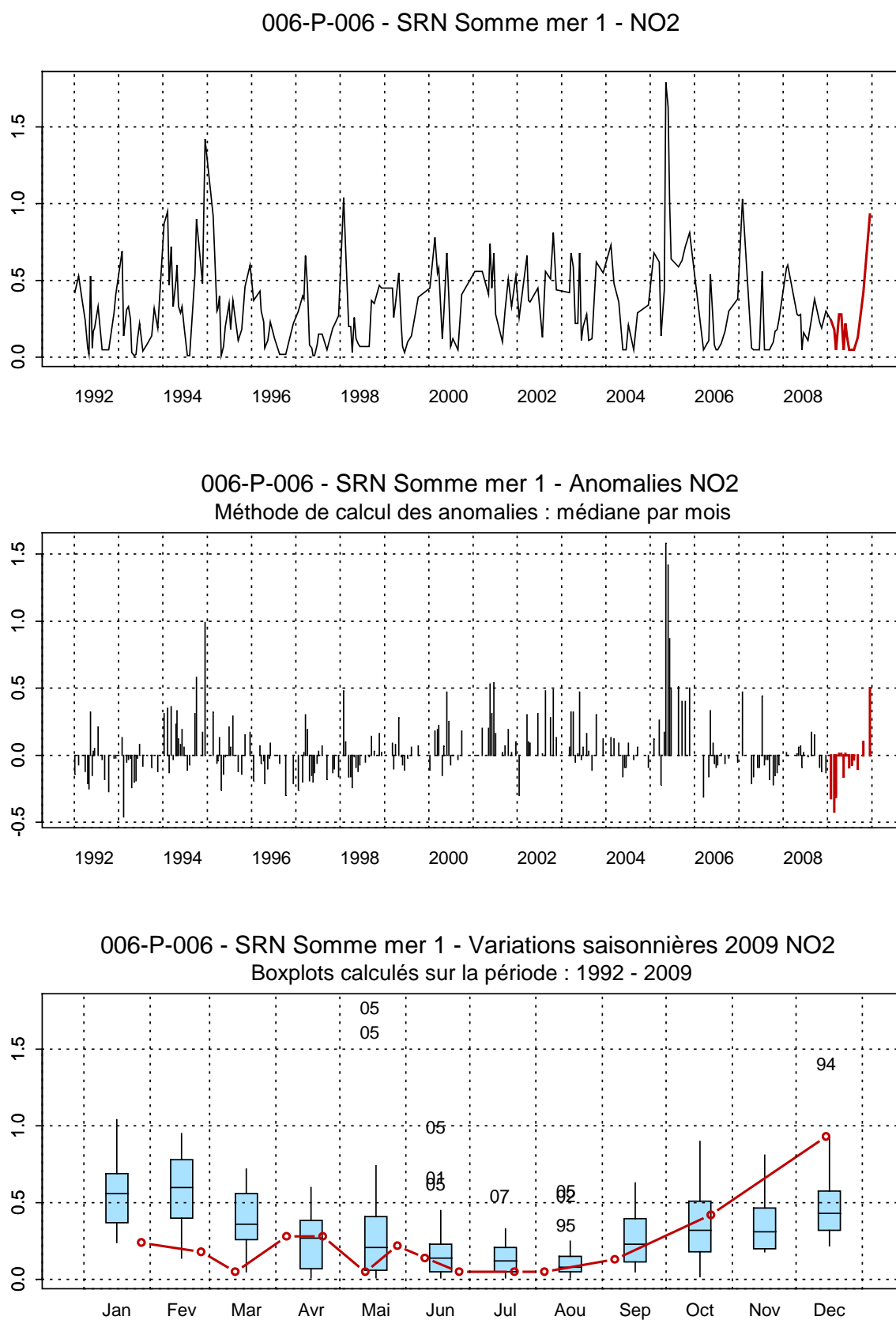


Figure 83. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009

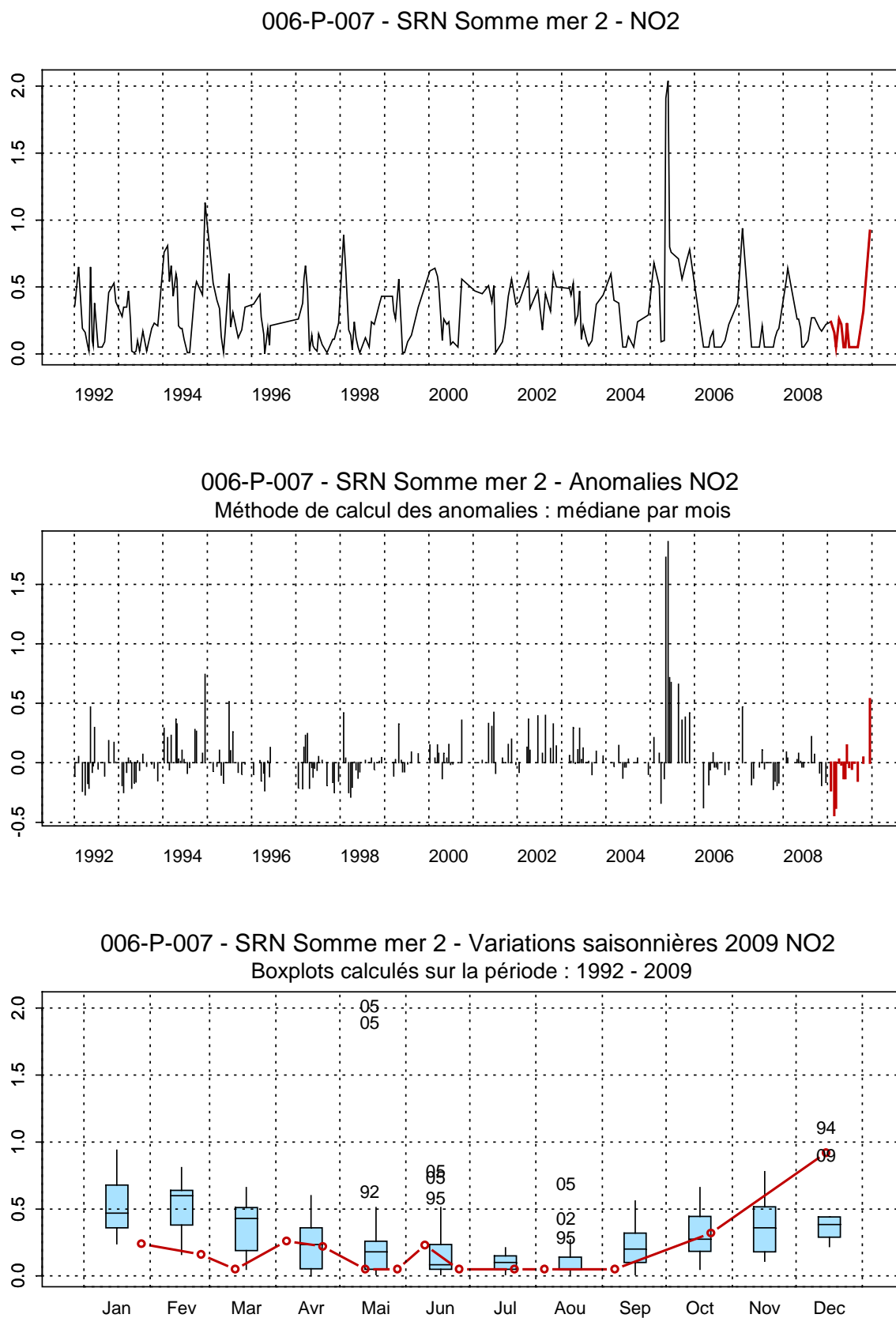


Figure 84. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009

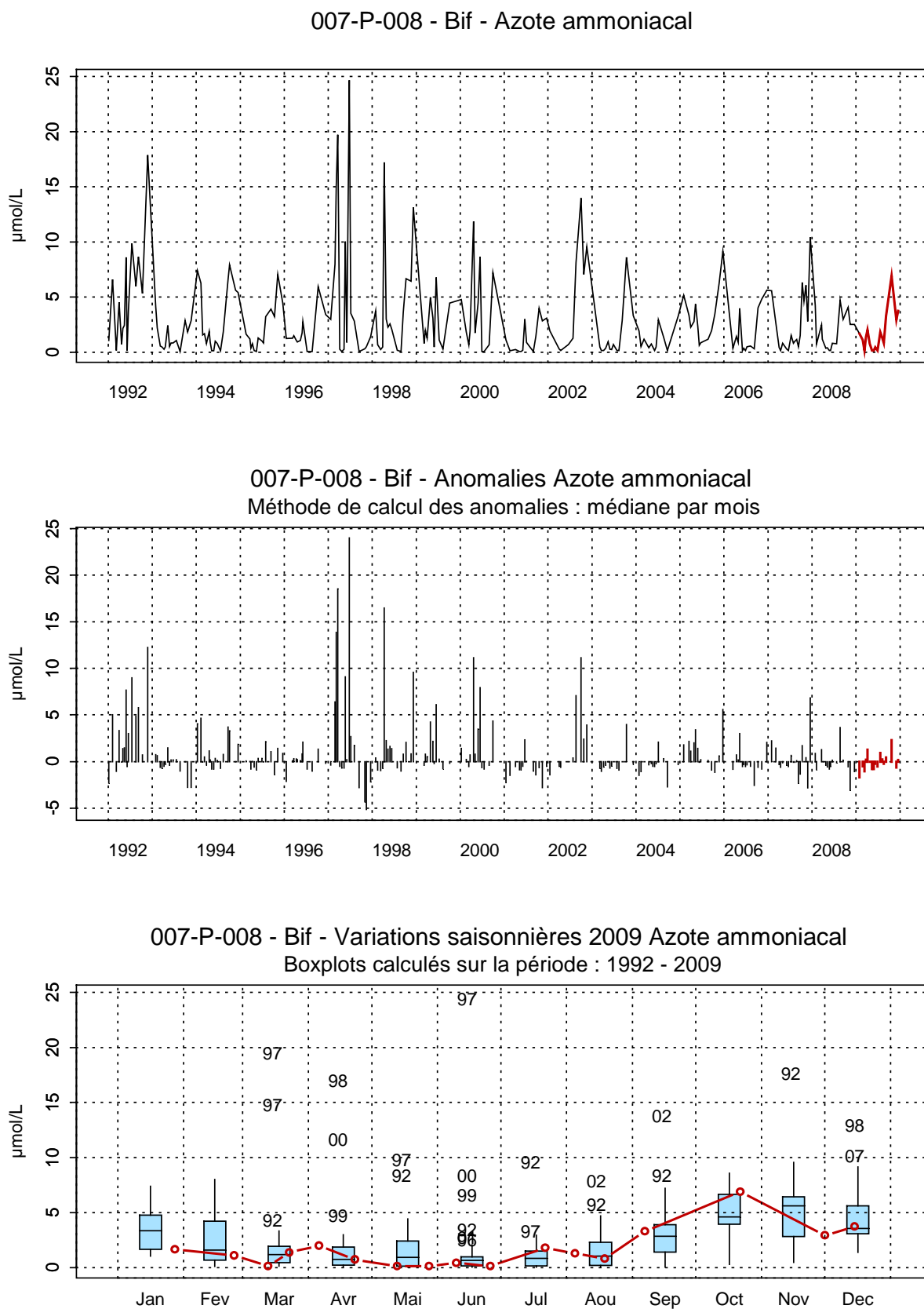
Le schéma d'évolution de la concentration en ammonium apparaît classique. On observe des concentrations faibles (valeurs proches ou égales au seuil de détection :  $0,15 \mu\text{mol/L}$ ) de janvier à août, puis elles augmentent pour atteindre les maxima en octobre (maximum le 22/10/09 au point Bif :  $6,91 \mu\text{mol/L}$ ) et en décembre pour Mer 2 (Annexe 2) (Figures 85 à 89).

Par rapport à la période 1992-2009, les concentrations en ammonium sont particulièrement faibles du mois de janvier à août (valeurs en dessous de la médiane mensuelle), plus fortes au mois de septembre (Bif, Mimer) et en octobre (Bif) avec des valeurs supérieures au troisième quartile (Figure 85 à 89).

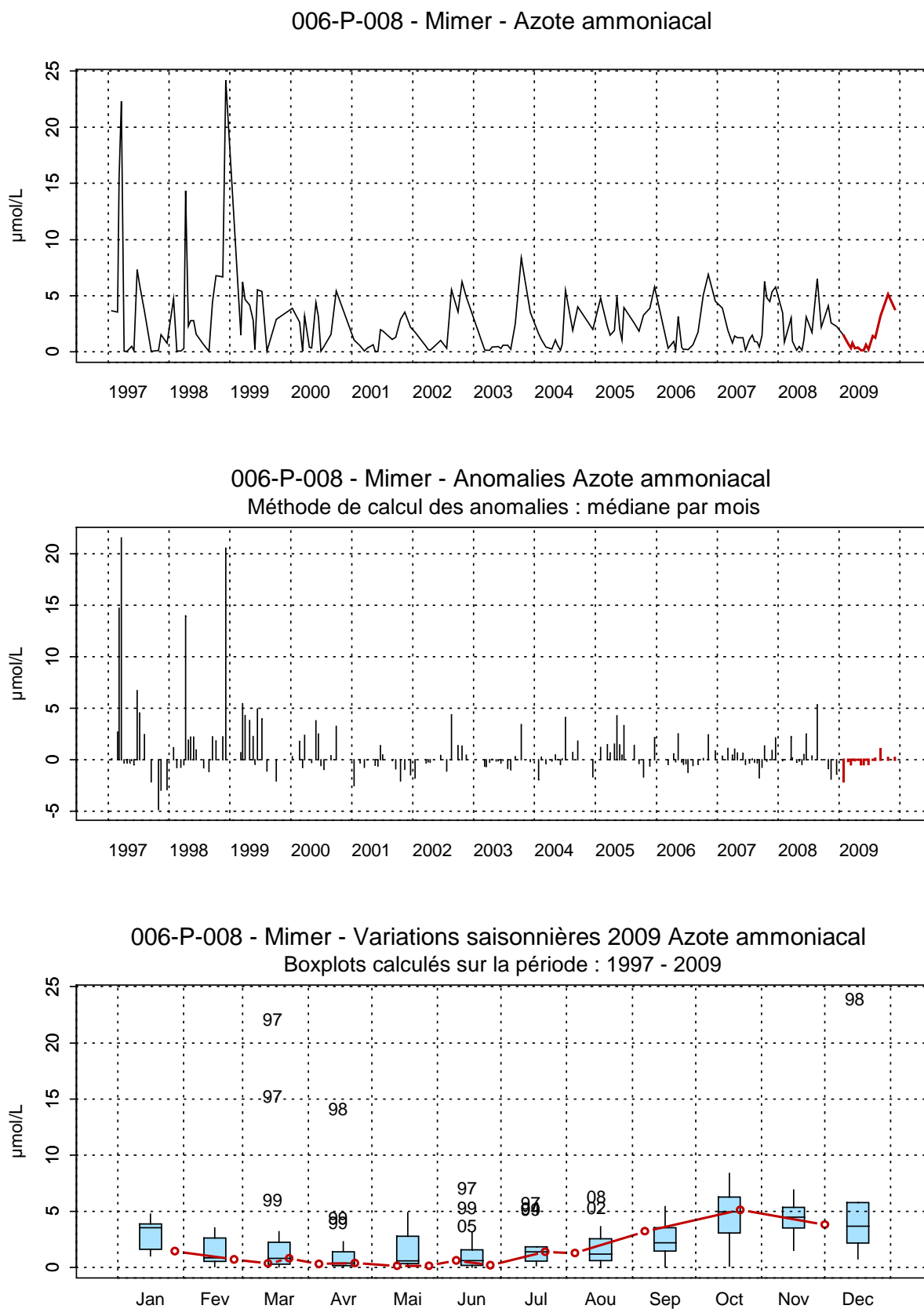


*P.Hébert, C.Blondel, IFREMER/Boulogne*

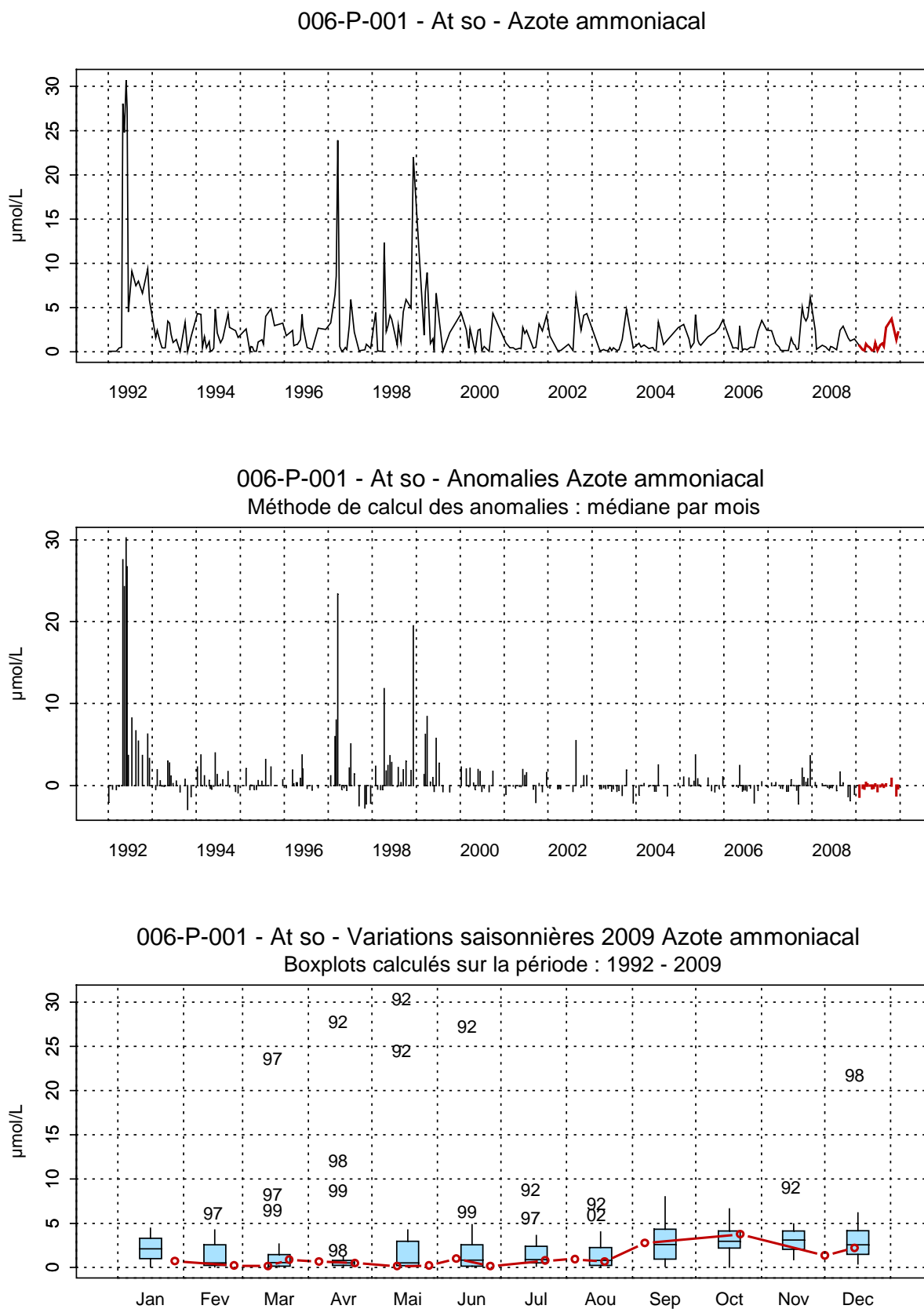
**Photo 5:** *Rhizosolenia imbricata* (Microscopie optique)



**Figure 85. 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 1992-2009**



**Figure 86.** 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 1992-2009



**Figure 87. 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 1992-2009**

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

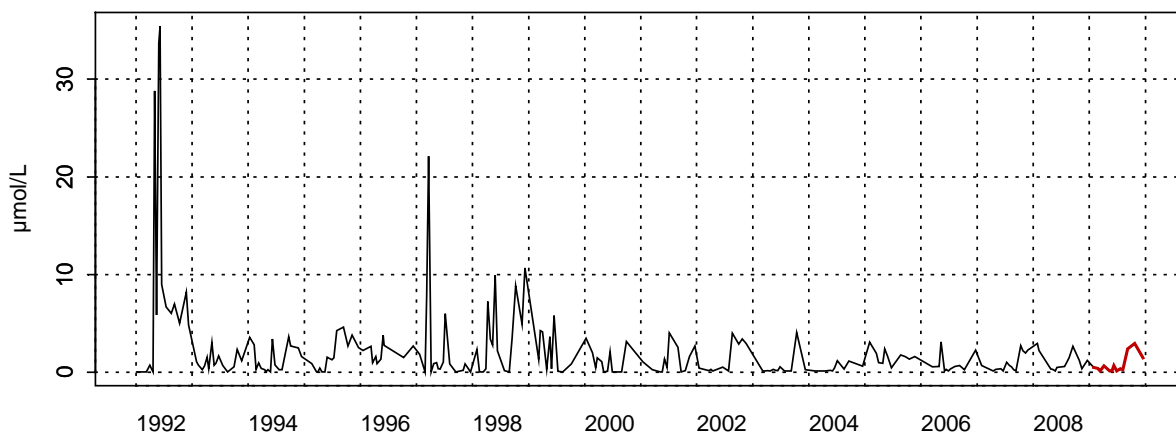
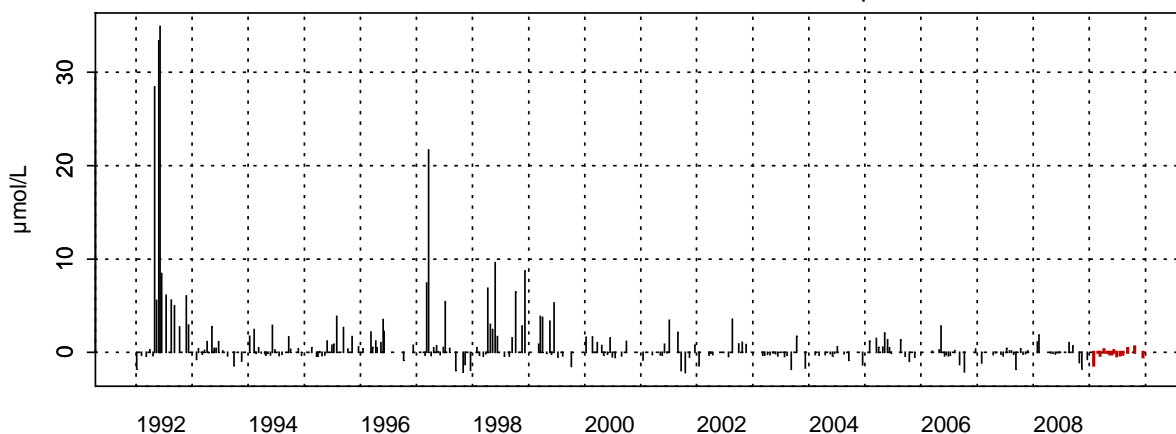
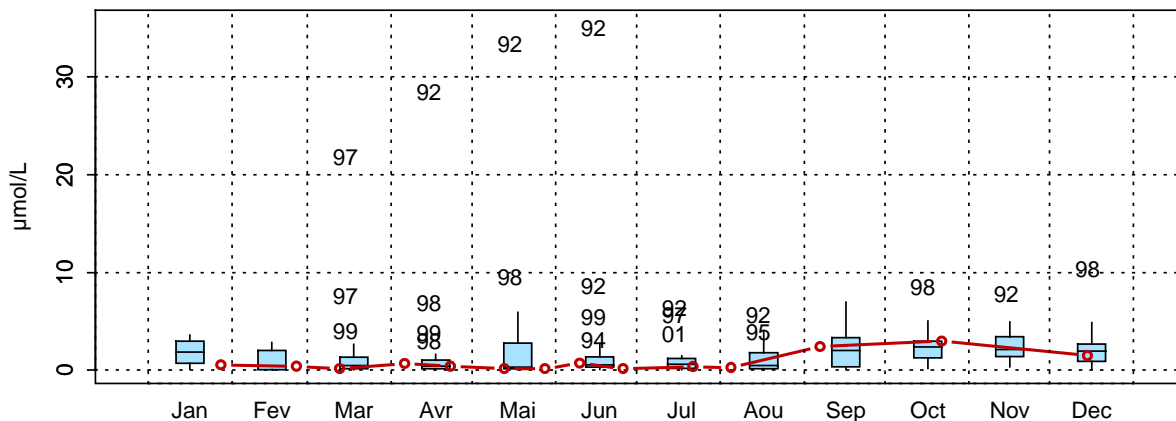
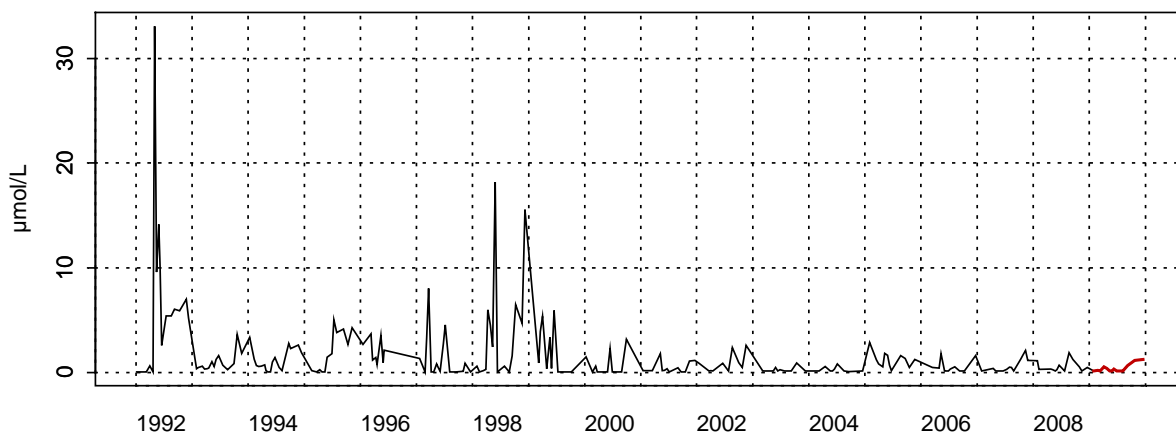
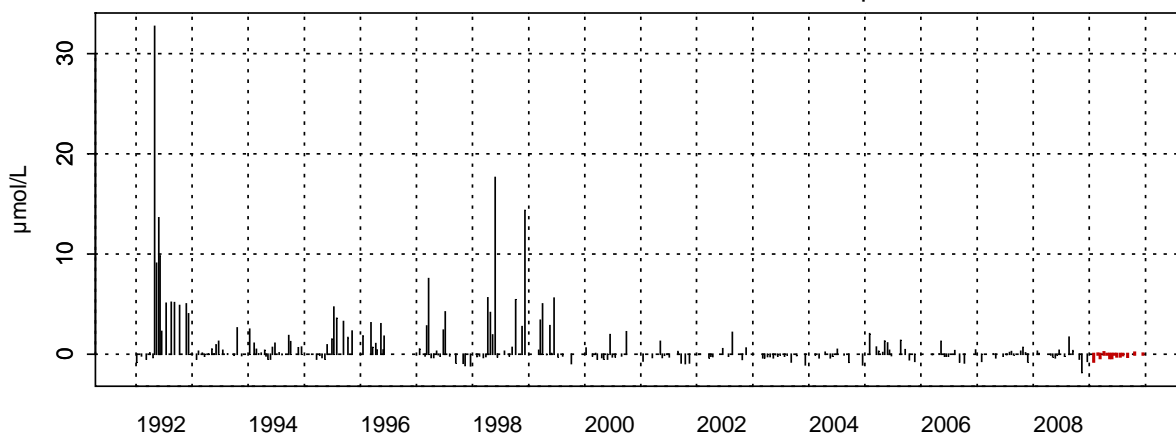
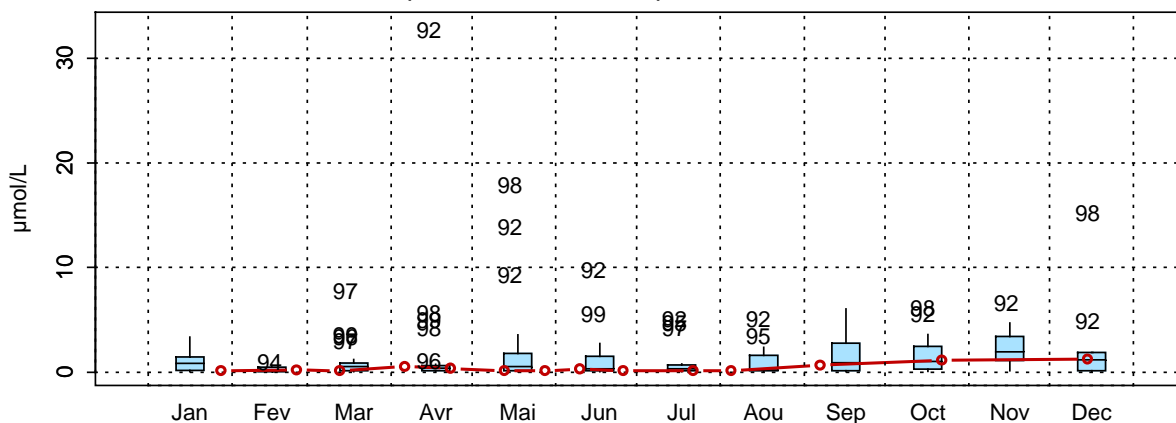
006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Anomalies Azote ammoniacal  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2009 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

Figure 88. 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 1992-2009

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 mois006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2009 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2009

**Figure 89.** 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 1992-2009



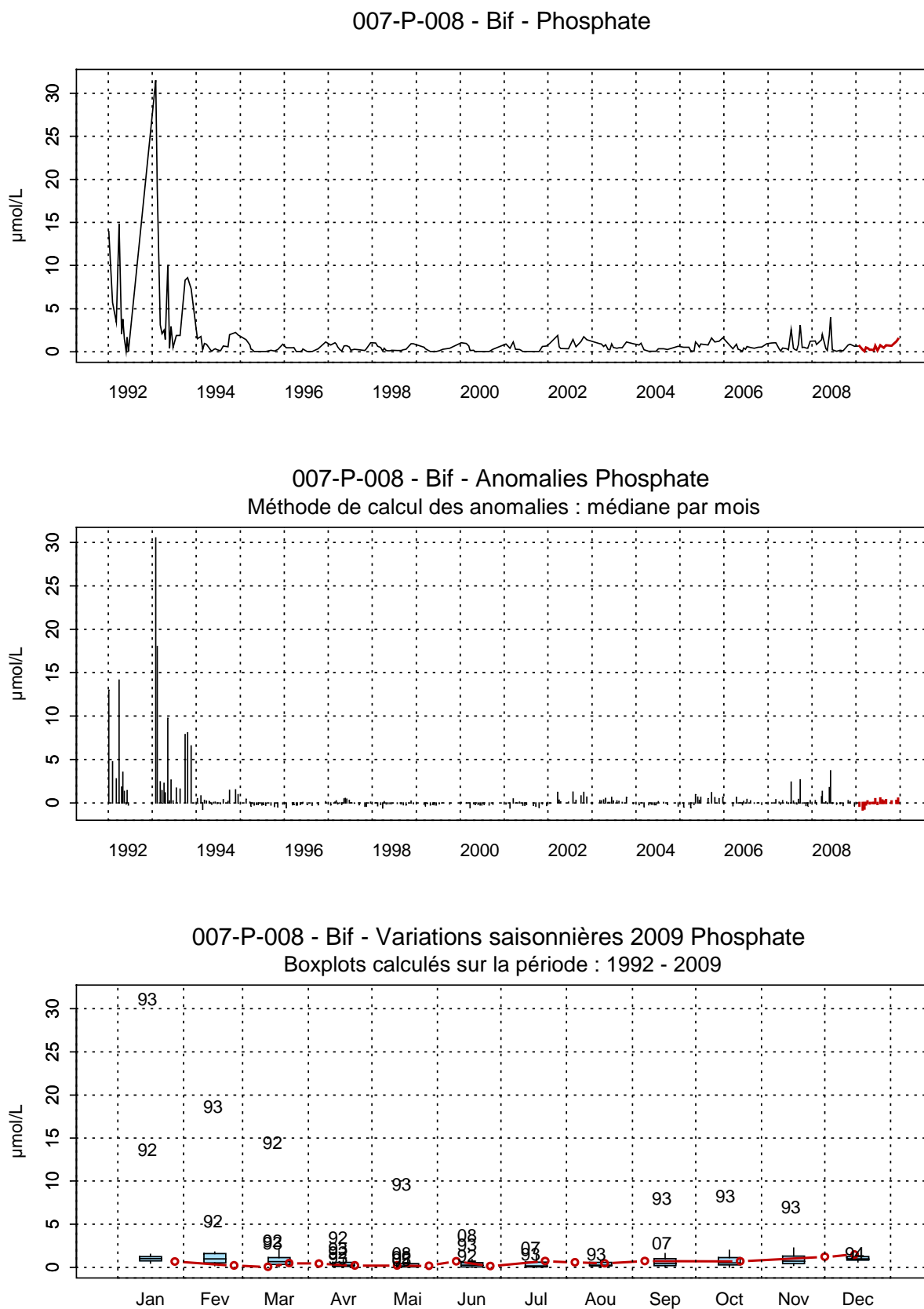
L'évolution de la concentration en phosphate est conforme à ce qui est habituellement observé sur le site avec là aussi quelques « événements » à préciser. Elle est marquée dans un premier temps par une chute de concentration du mois de janvier au mois de mars (sauf Mimer et Atso), pour atteindre un minimum (seuil de détection : 0,05  $\mu\text{mol/L}$ ). A partir du mois de mai, on note une augmentation progressive de la concentration jusqu'au mois de décembre (Annexe 2 et Tableau 15).

On observe des pics de concentrations à diverses périodes : lors du mois de mars pour les points (Bif, Mimer et Atso) lors du mois de juin (pour les 5 points) (Figures 90 à 94).

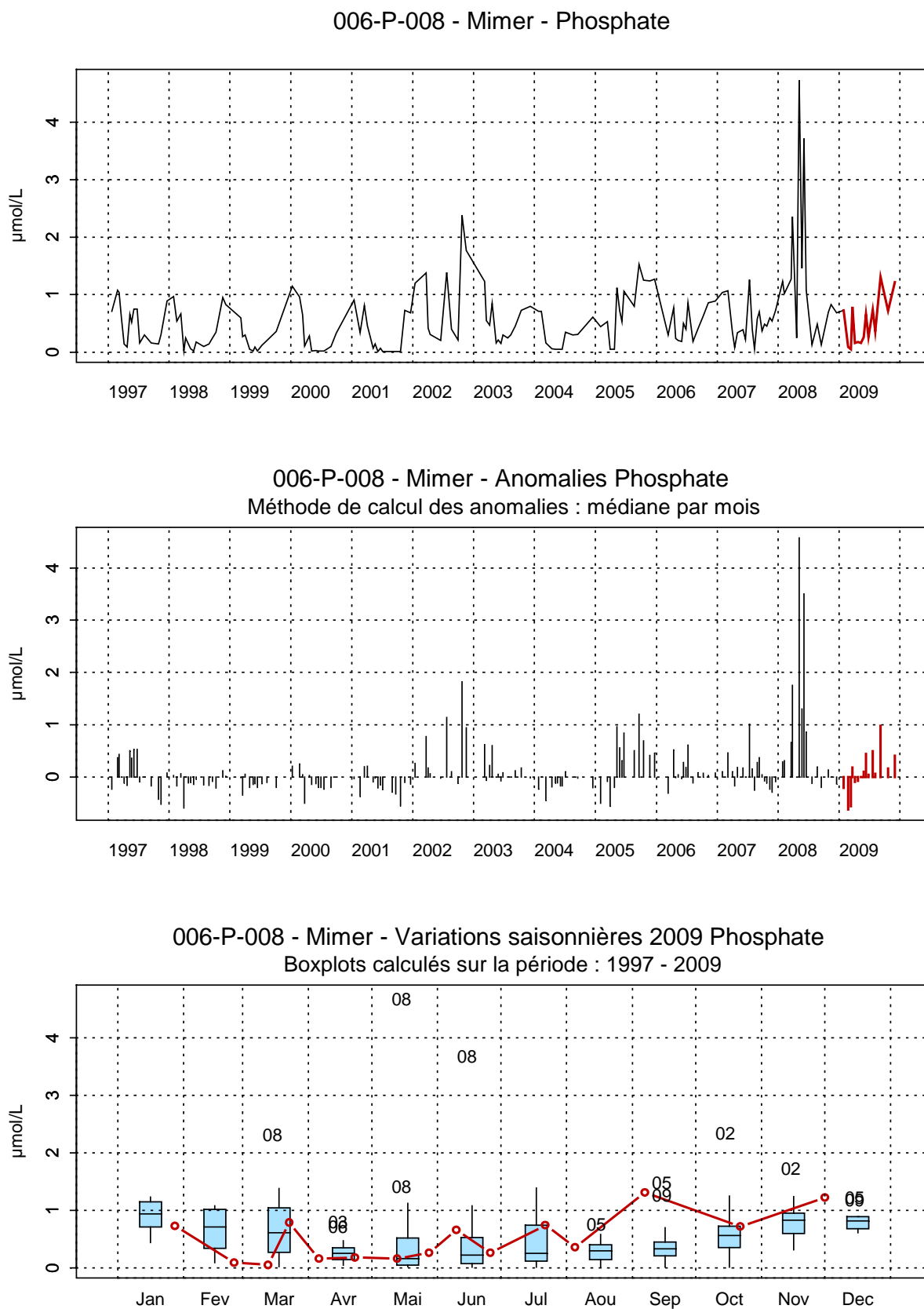
Par rapport à la période 1992-2009, les concentrations en phosphate sont faibles aux mois de janvier, février et mars avec des valeurs inférieures à la médiane. Par contre, de juillet à décembre, les concentrations sont relativement élevées avec des valeurs supérieures à la médiane, voire au troisième quartile (Figures 90 à 94). Les concentrations des mois de juillet (Mer 1), août (Atso), septembre (Mimer), décembre (Mimer et Mer 1) s'avèrent être parmi les plus fortes relevées au cours de la période 1992-2009.

**Tableau 15. 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 et pour la période 1992-2009**

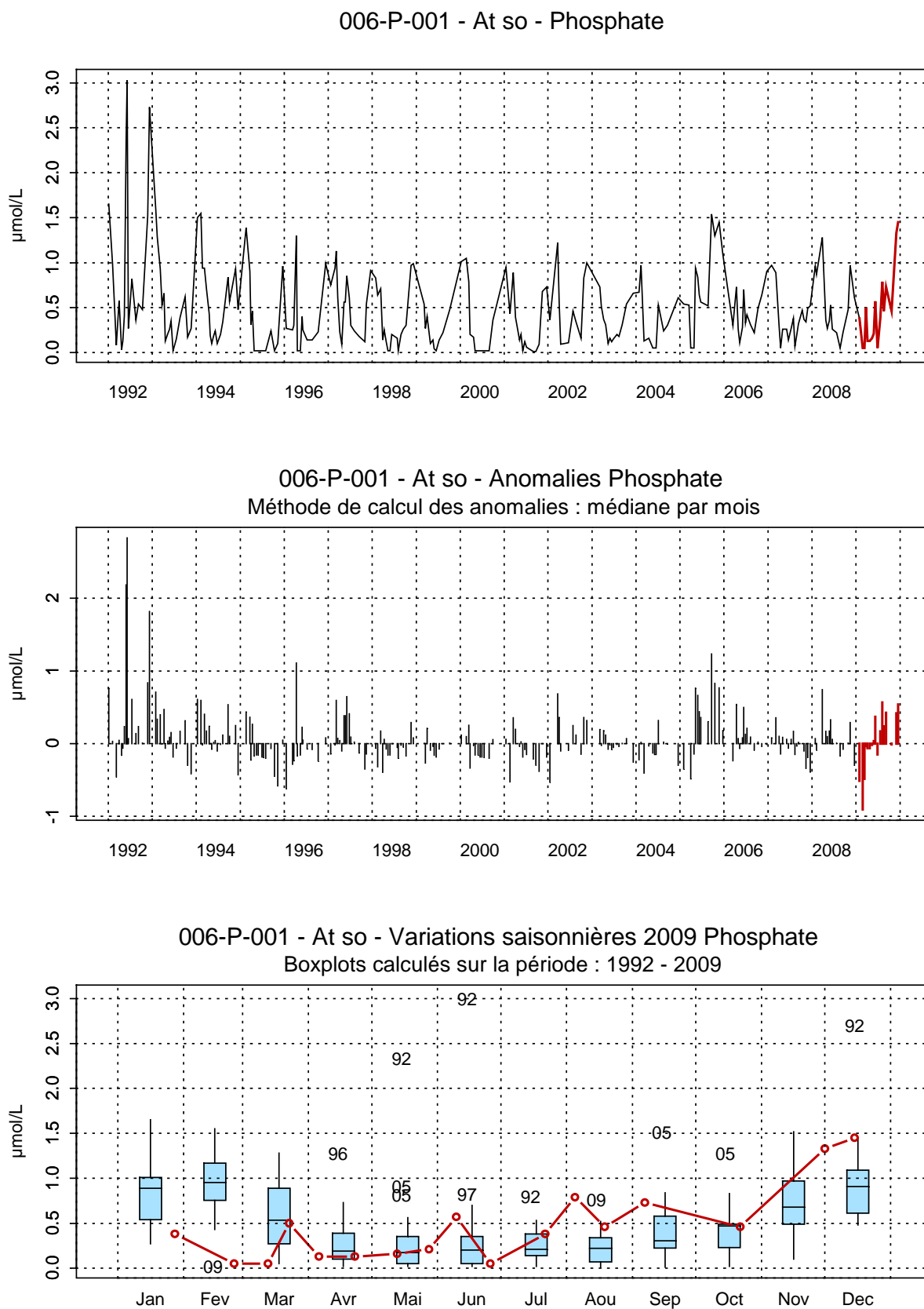
	<b>Min</b>	<b>Q1</b>	<b>Moy</b>	<b>Med</b>	<b>Q3</b>	<b>Max</b>	<b>n</b>
<b>Bif</b>	0,01	0,19	1,10	0,45	0,93	31,50	246
<b>Mimer</b>	0,01	0,16	0,55	0,40	0,75	4,73	176
<b>Atso</b>	0,01	0,14	0,47	0,34	0,67	3,03	250
<b>Mer 1</b>	0,01	0,11	0,44	0,24	0,67	3,46	236
<b>Mer 2</b>	0,01	0,07	0,43	0,25	0,66	3,32	230



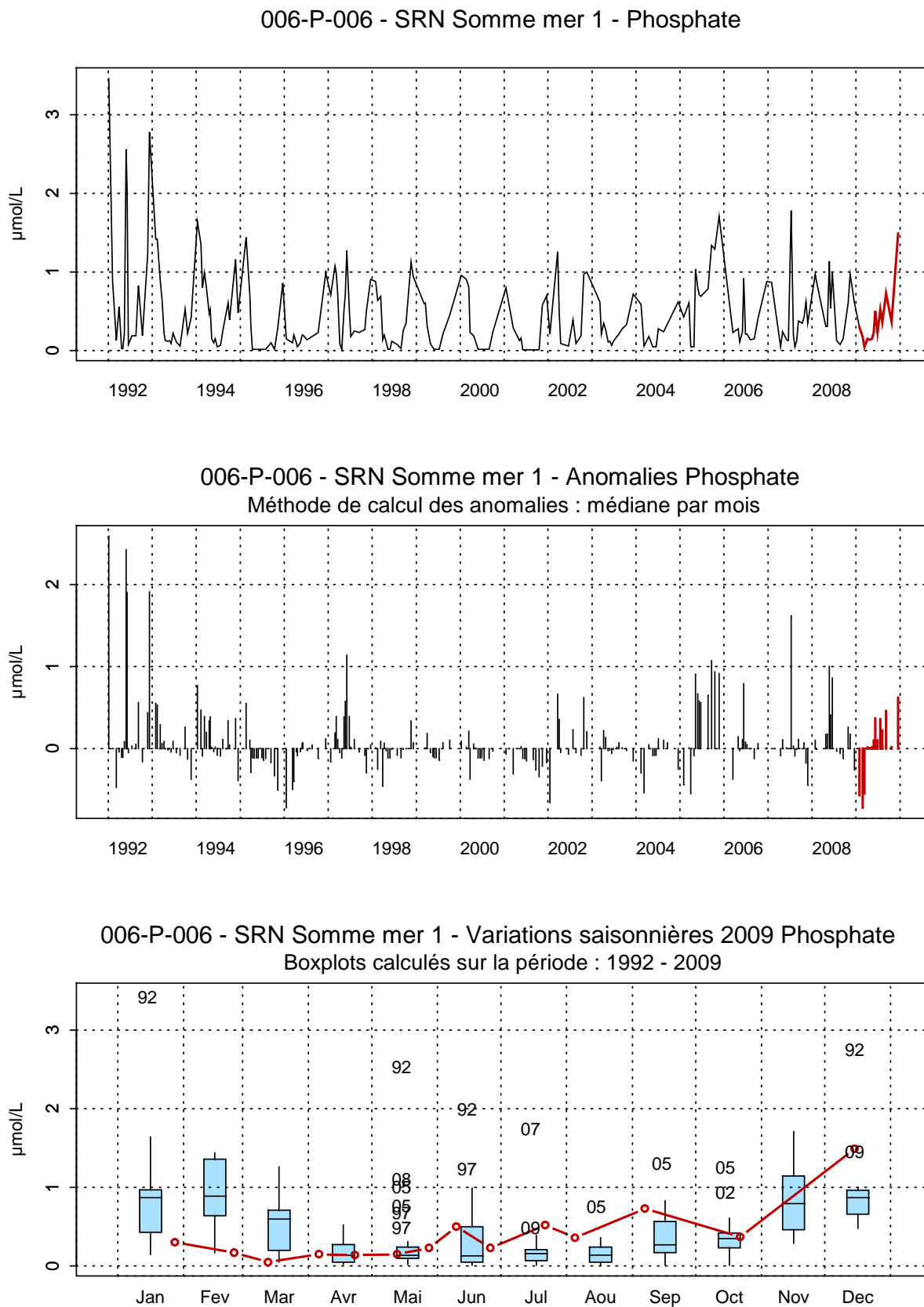
**Figure 90. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009**



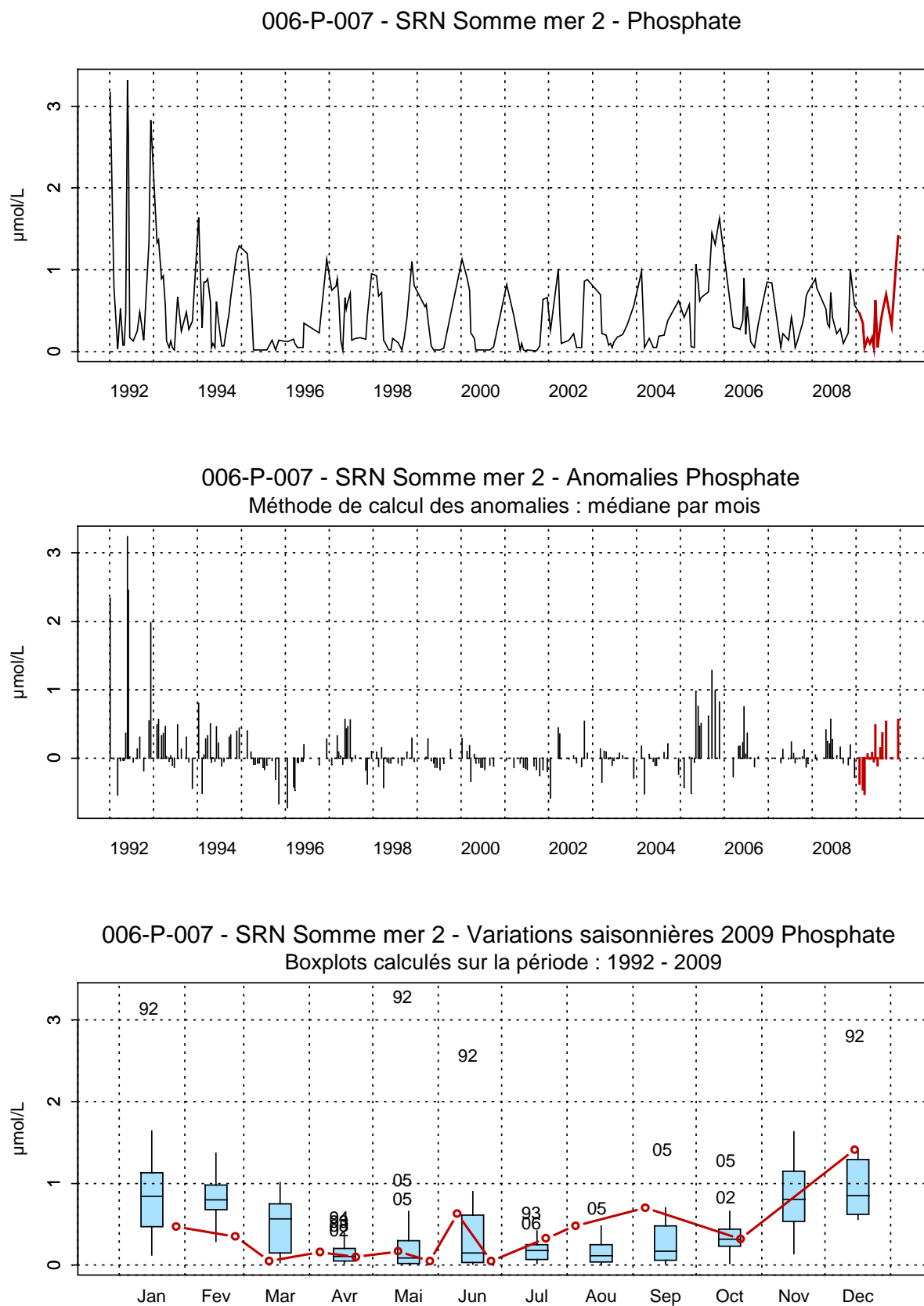
**Figure 91. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009**



**Figure 92. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009**



**Figure 93. 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 1992-2009**



**Figure 94. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009**

En 2009, l'évolution de la concentration en silicate peut être divisée en 3 parties. Globalement, les valeurs sont fortes en début d'année (15,39  $\mu\text{mol/L}$ , le 28/01 pour le point Bif) pour ensuite diminuer brutalement pour atteindre leur minimum, de mars à juin (sauf en mars pour Bif, Mimer et Atso) au niveau du seuil de détection (0,1  $\mu\text{mol/L}$ ). On peut noter un pic de concentration en mars (point Bif, Mimer et Atso) (Annexe 2 et Tableau 16). A partir de fin juin et jusqu'en décembre, les valeurs vont augmenter pour atteindre un maximum de 21,75  $\mu\text{mol/L}$  le 15/12/09 au point Bif (Figures 95 à 99).

Par rapport à la période 1992-2009, les concentrations en silicate sont globalement plus faibles, sauf au mois de mars de Bif à Atso (Figures 95 à 99).

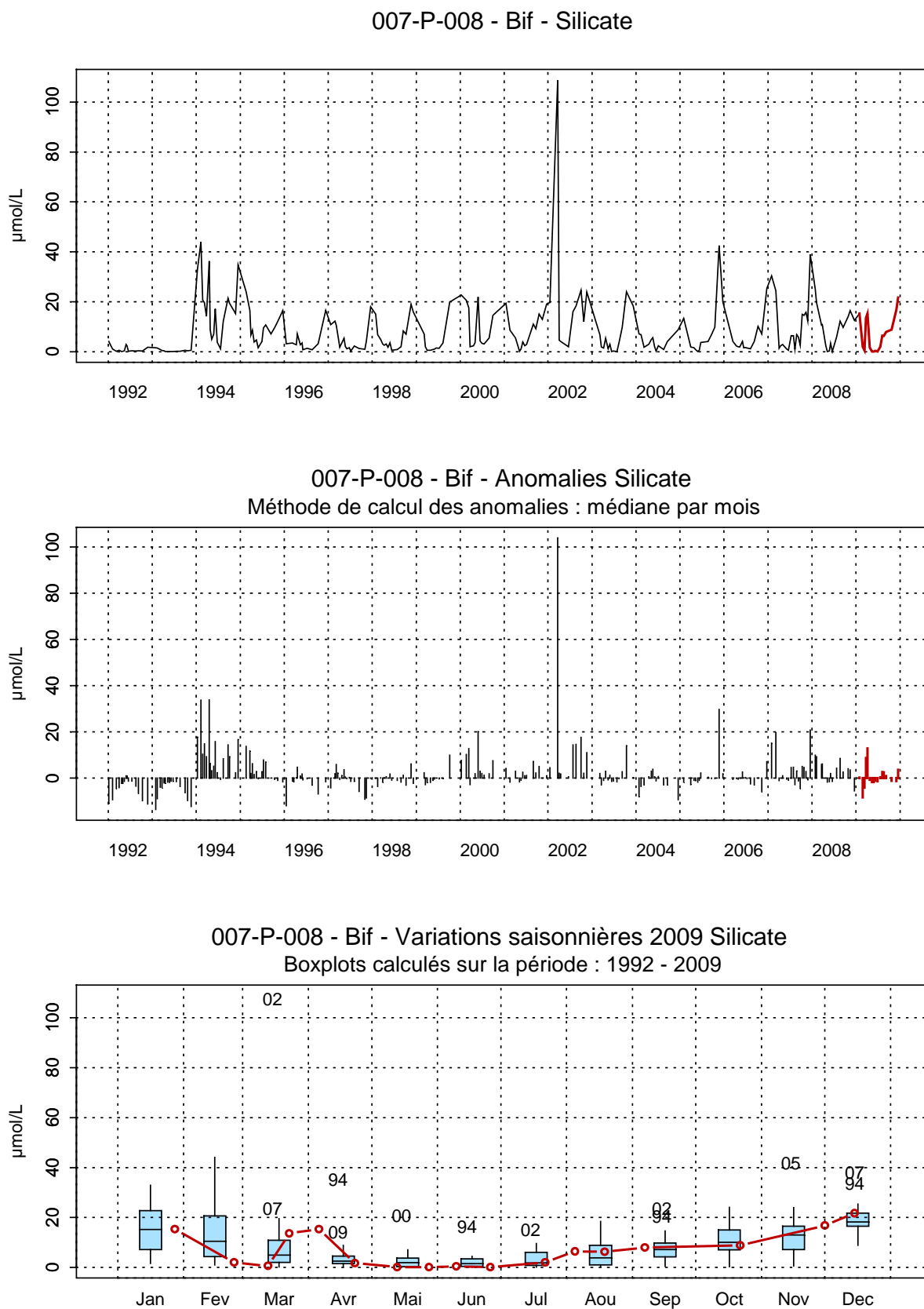
**Tableau 16. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour les différents points de la radiale de la Baie de Somme et pour la période 1992-2009**

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
<b>Bif</b>	0,09	1,46	7,87	3,98	11,82	108,78	250
<b>Mimer</b>	0,10	1,21	6,63	4,16	10,84	31,82	176
<b>Atso</b>	0,06	1,15	6,27	3,80	9,80	34,04	250
<b>Mer 1</b>	0,08	0,98	5,20	3,18	7,97	32,27	236
<b>Mer 2</b>	0,06	0,74	4,59	2,52	6,79	45,78	230



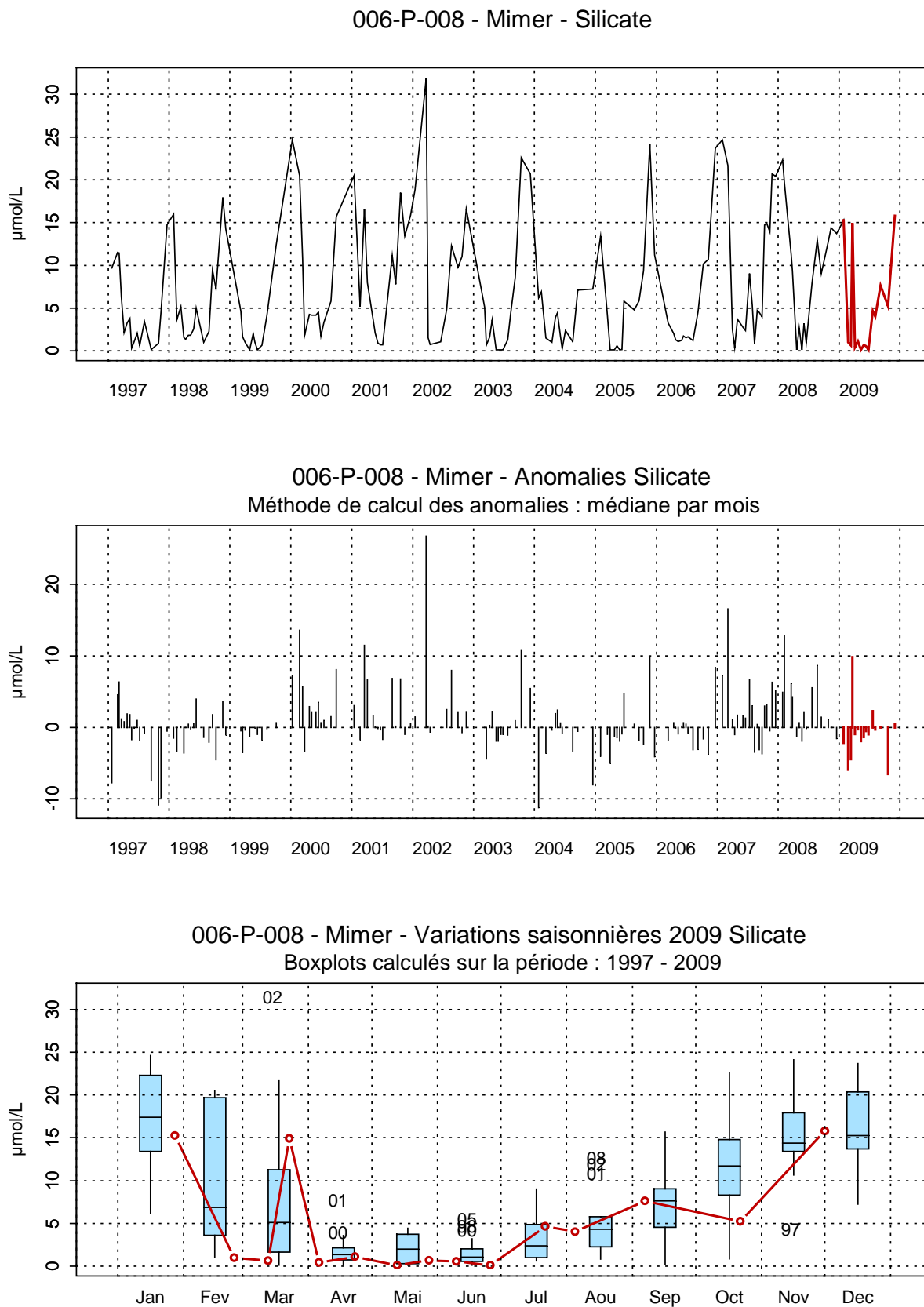
*R.Cordier, IFREMER/Boulogne*

**Photo 6** : Prélèvement à la perche

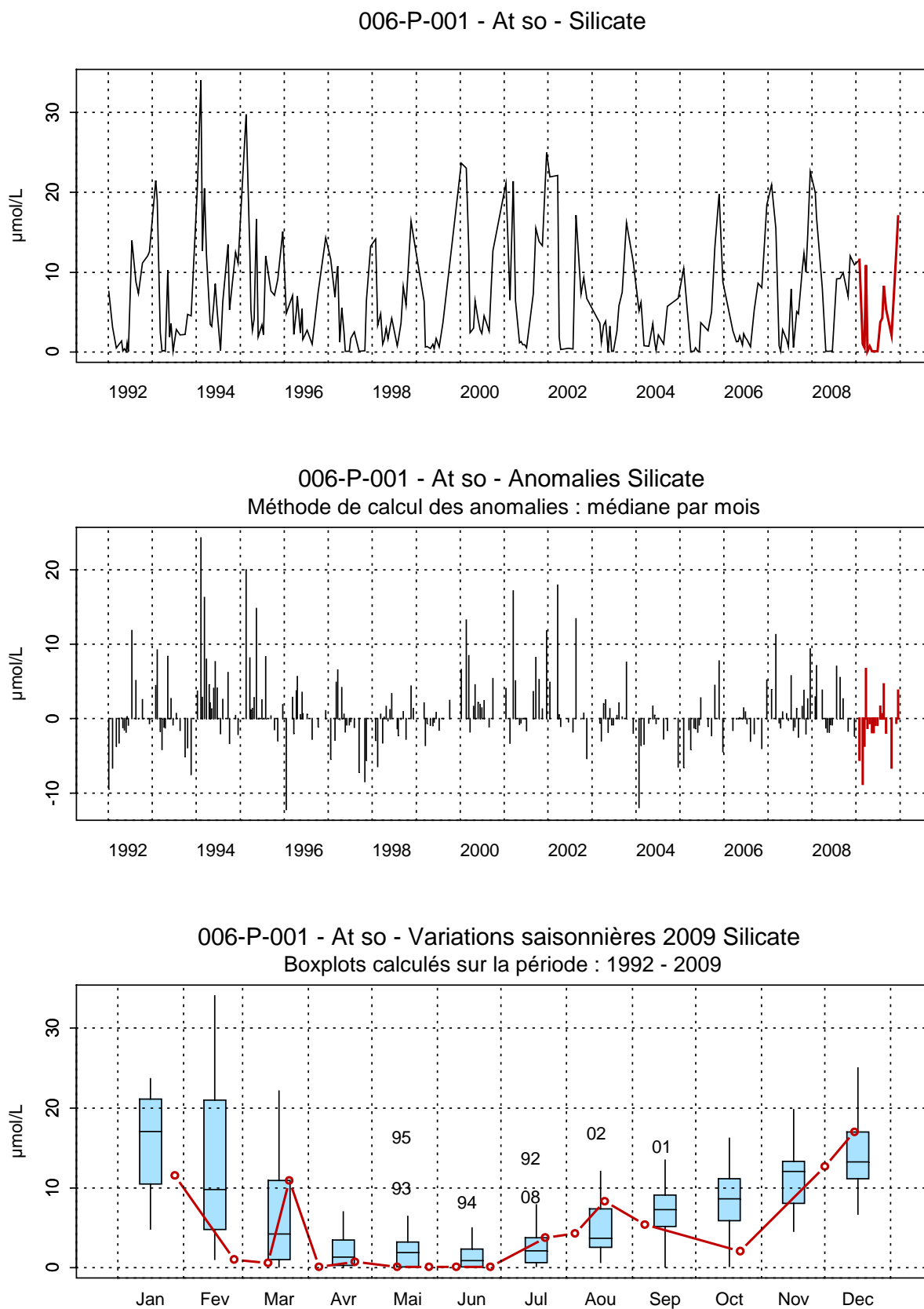


**Figure 95. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009**





**Figure 96. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009**



**Figure 97. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009**

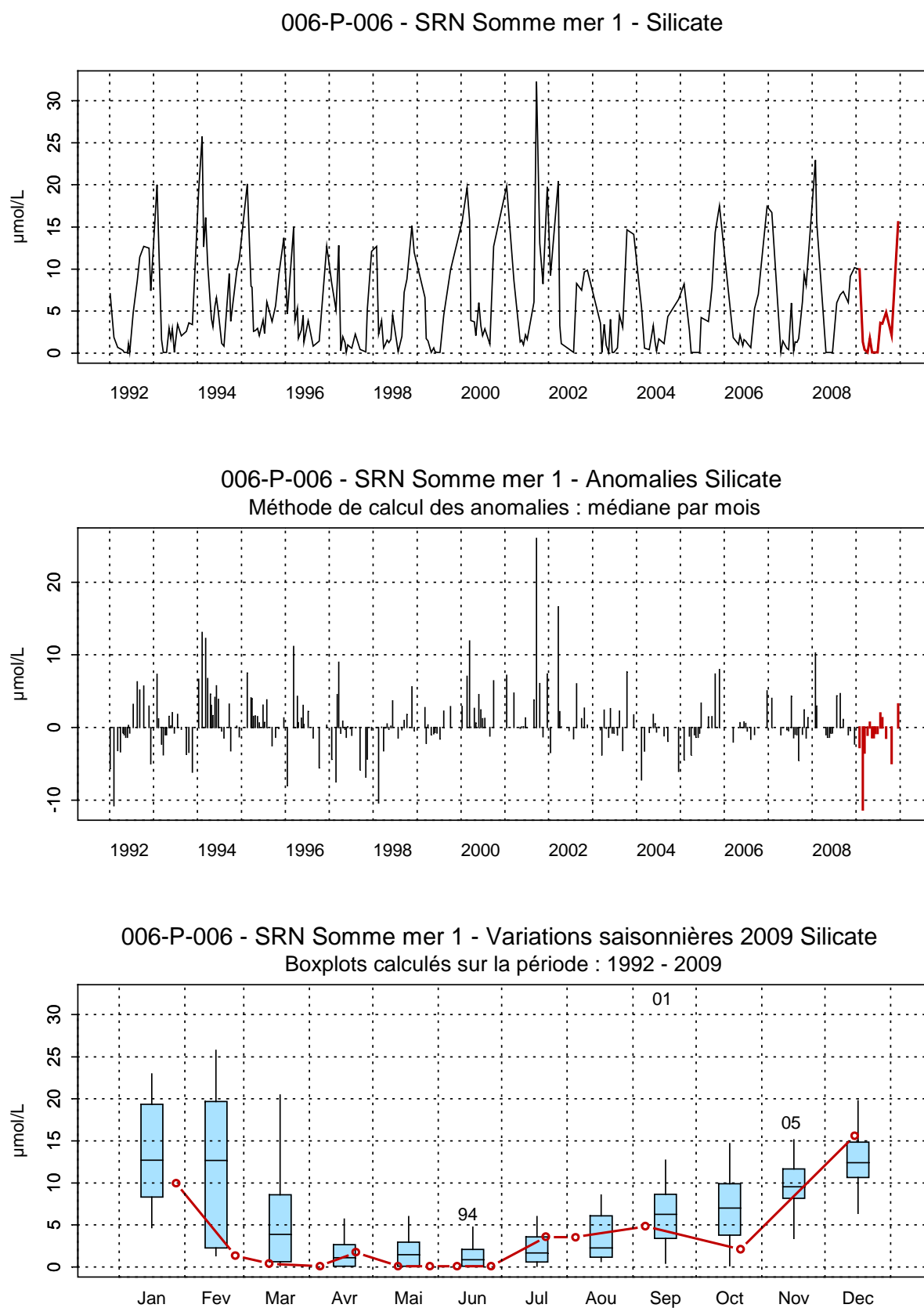


Figure 98. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009

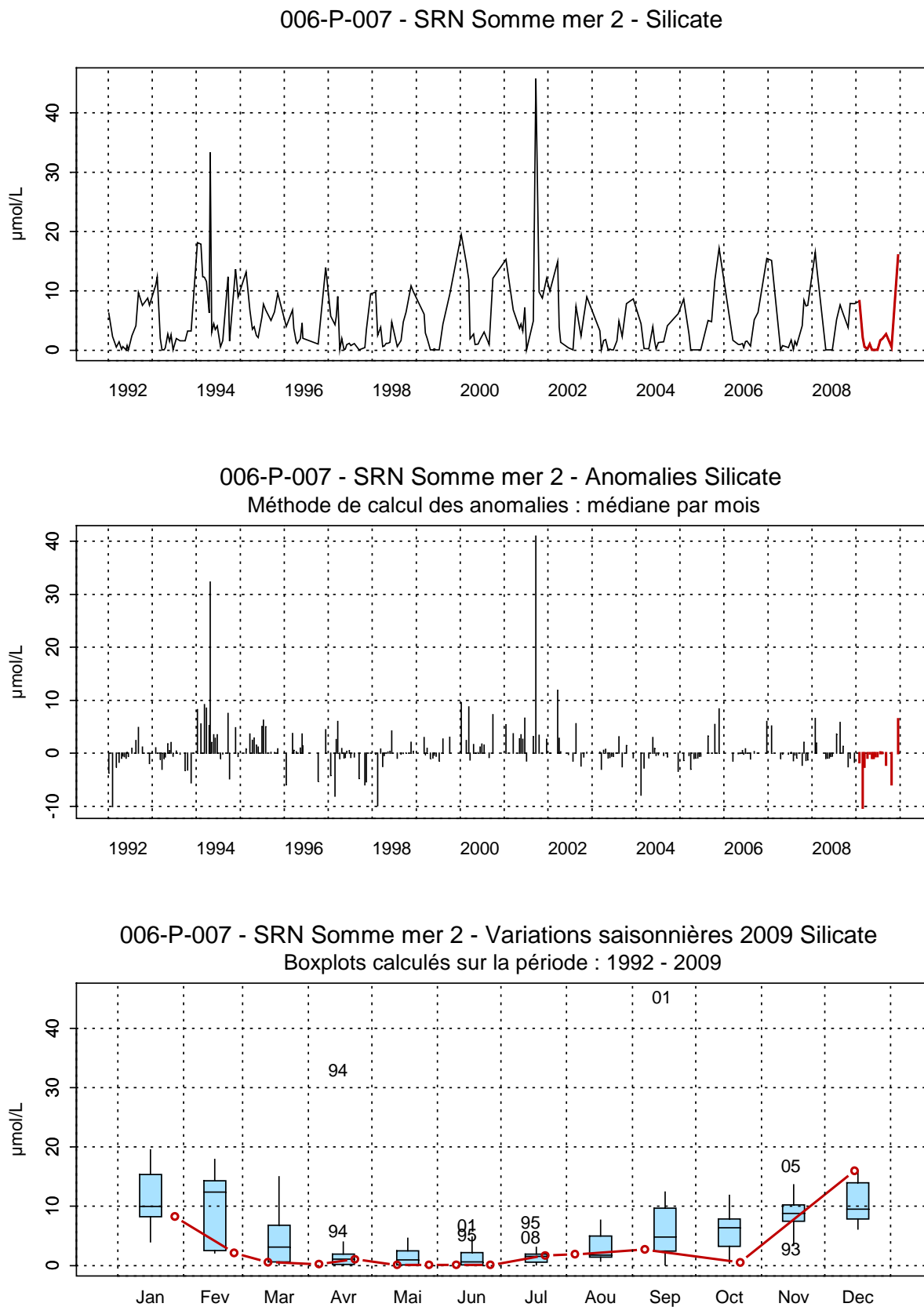


Figure 99. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 2de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2009

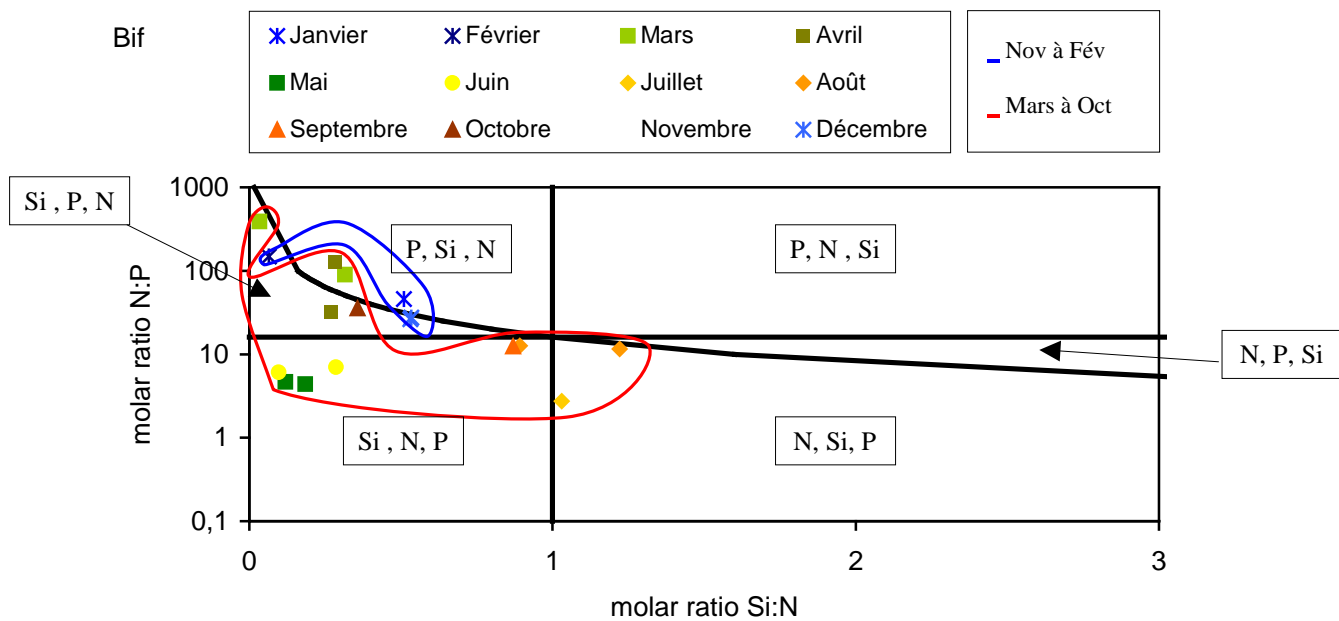


Figure 100. Évolution temporelle des éléments limitant au point Bif de la radiale de la Baie de Somme en 2009

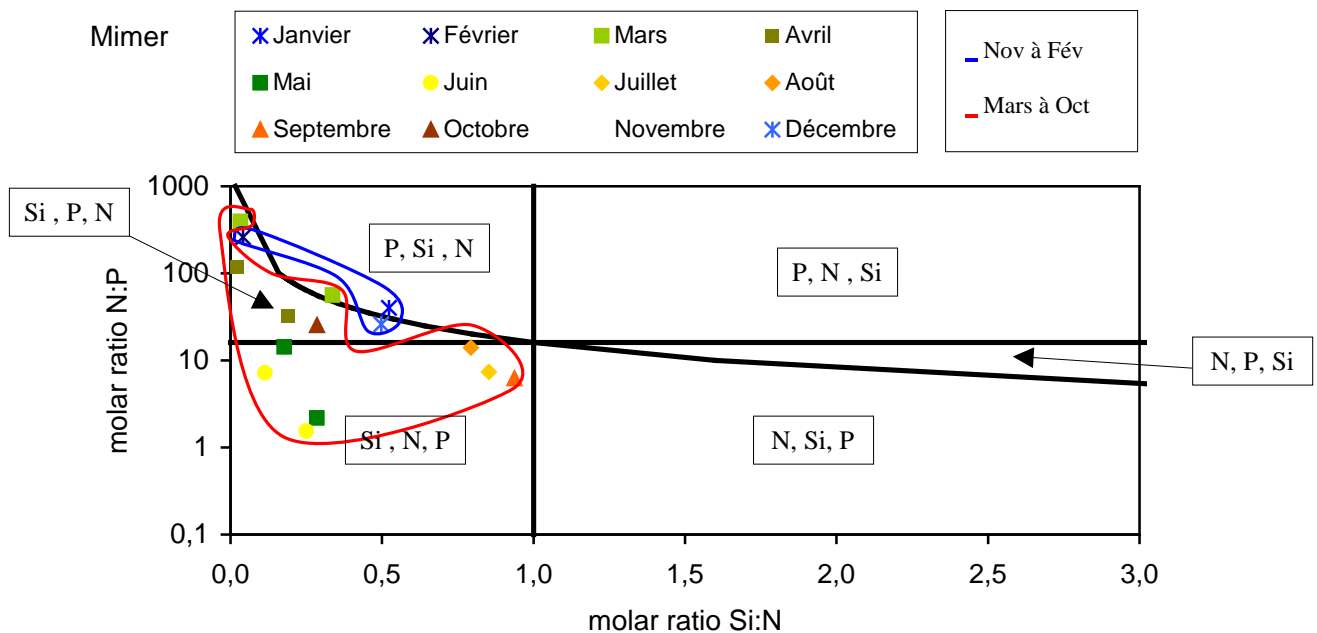


Figure 101. Évolution temporelle des éléments limitant au point Mimer de la radiale de la Baie de Somme en 2009

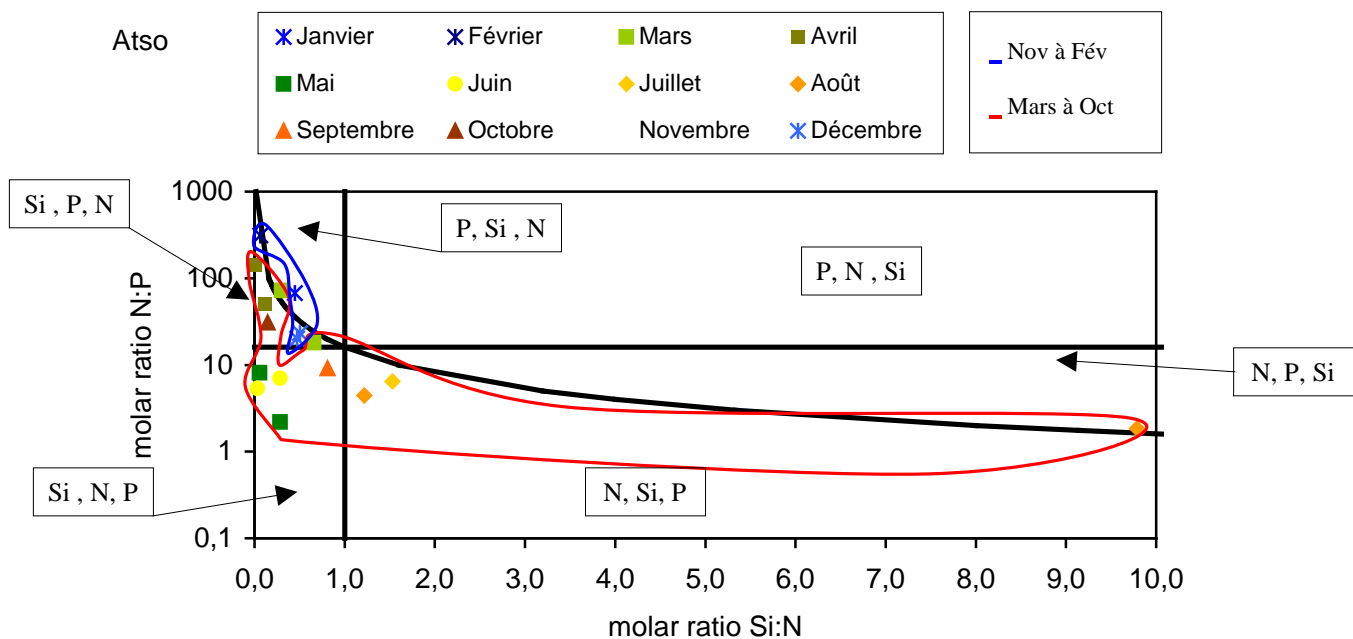


Figure 102. Évolution temporelle des éléments limitant au point Atso de la radiale de la Baie de Somme en 2009

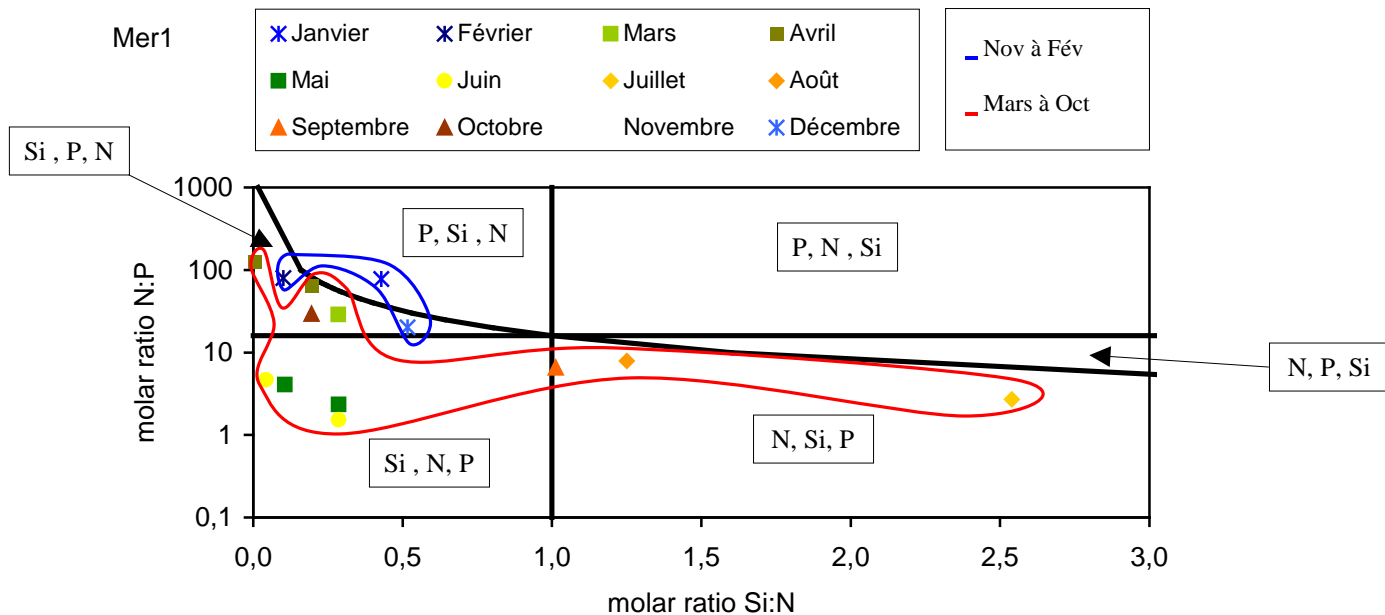
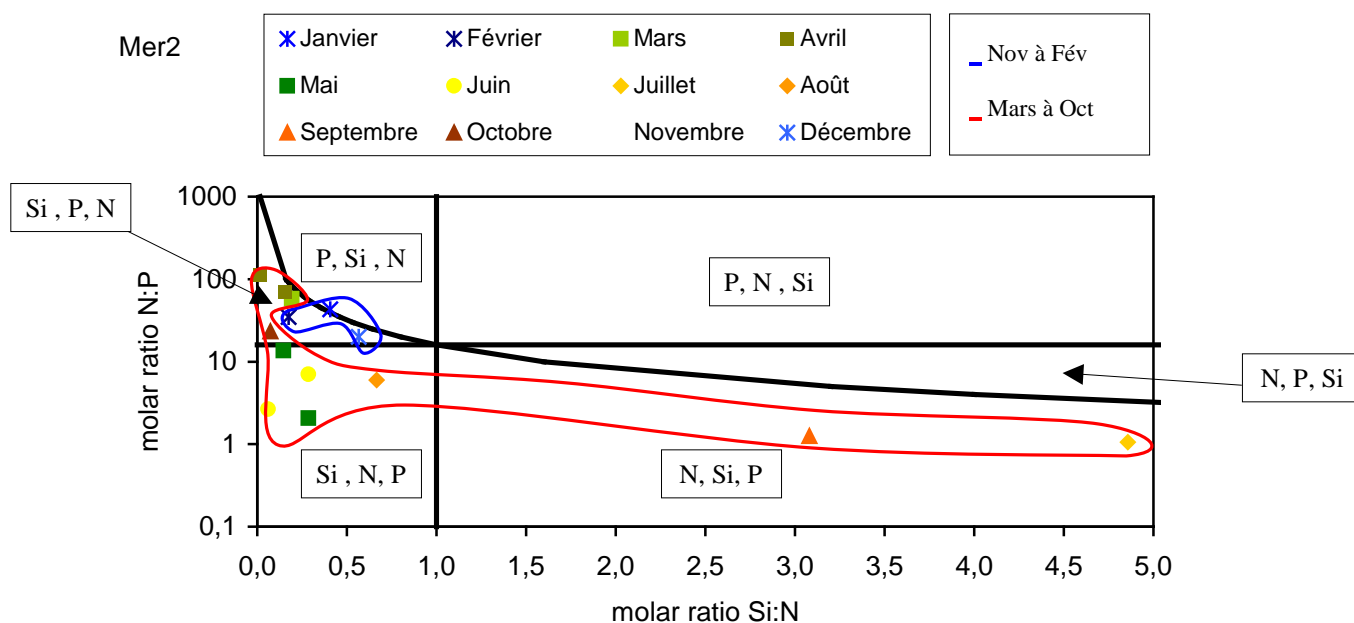


Figure 103. Évolution temporelle des éléments limitant au point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme en 2009



**Figure 104. Évolution temporelle des éléments limitant au point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme en 2009**

*Pour faciliter la lecture des différentes phases, les échelles des abscisses des graphiques ne sont pas les mêmes que sur le graphique servant d'exemple.*

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. La limitation P : Si : N est observé dès le mois de janvier puis à la fin du mois de mars. La limitation Si : P : N s'observe à la fin du mois de février et au début du mois de mars, en avril (sauf à la station côtière le 06/04). Elle est de nouveau observée de octobre à décembre. Les mois de mai et de juin sont caractérisés par une limitation générale Si : N : P. Des épisodes de limitation par l'azote (N : Si : P) sont relevés à la fin du mois de juillet (sauf à la station Mimer), au début du mois d'août pour Atso et Mer1 et à la fin du mois de septembre pour les stations les plus au large.

Pour les points Bif, Mimer et Atso, l'activité chlorophyllienne est moins importante (elle augmente de 50 à 75 %) durant les mois de janvier à mars. Tandis que pour les points Mer 1 et Mer 2, l'activité chlorophyllienne est plus élevée lors des mois de janvier à mars (80 %). Ensuite, pour tous les points, l'activité oscille entre 60 et 80 % (de mars à août) mais toujours avec les points Bif et Mimer en-dessous des trois points du large (Figure 104). Enfin d'août à octobre les pourcentages vont diminuer fortement pour Bif et Mimer (36,34 % au point Mimer le 22/10/09) et, de façon moindre, pour les points du large (72,97 % au point Mer 1 le 22/10/09).

Le gradient côte-large entre les points Atso et Mer 2 est compris entre 1,3 % et 22,8 % .

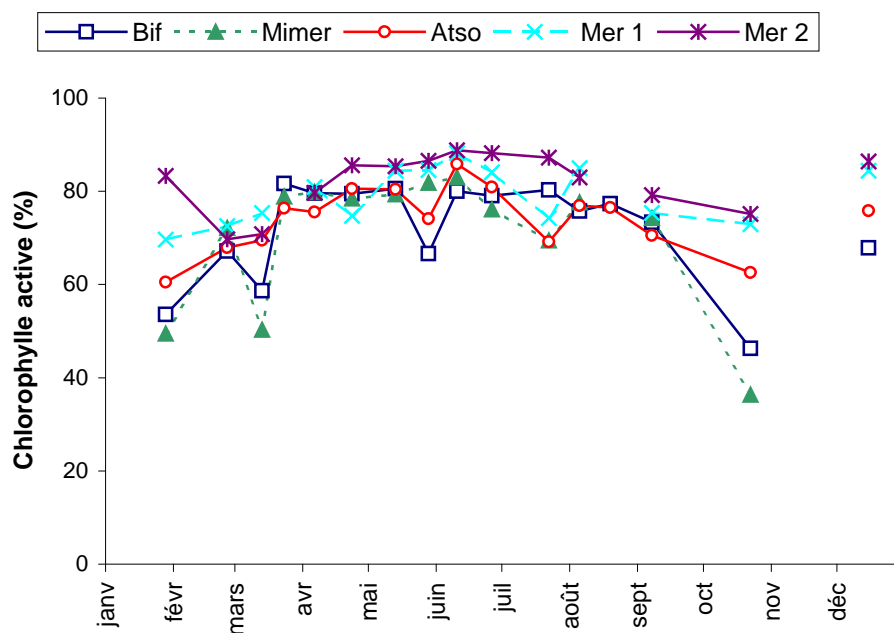


Figure 105. Évolution temporelle du pourcentage de chlorophylle active sur la radiale de la Baie de Somme en 2009



### 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 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 post-automnales, 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 de deux indices écologiques.

#### 3.2. Indices écologiques

##### 3.2.1. Indice de Sanders

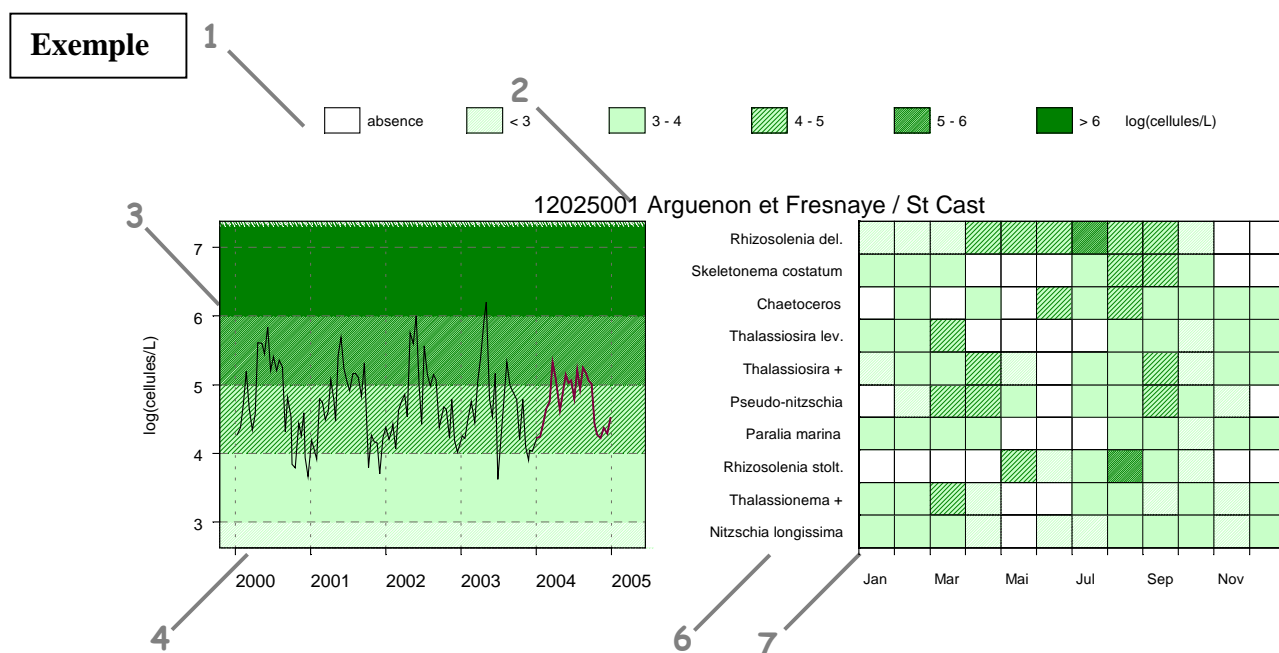
L'indice biologique d'une espèce est l'addition des rangs occupés par cette espèce pour toutes les dates (dates auxquelles l'espèce a été dénombrée). Le rang de l'espèce pour une date donnée est fonction de sa dominance par rapport à celles des autres espèces présentes.

L'indice biologique est calculé selon la méthode de Sanders (1960). Pour chaque date, les espèces sont classées en fonction de leur abondance. La plus abondante, donc la plus dominante à cette date, est notée 10. La seconde 9, la troisième 8 jusqu'à la dixième 1, les suivantes étant notées 0. Ainsi pour chaque date, 10 espèces sont classées. Pour chaque espèce, les notes obtenues à toutes les dates sont additionnées et leur somme correspond à l'indice de Sanders rencontré dans les tableaux de résultats. Guille (1970) propose la classification biocénétique suivante des espèces, en fonction de la valeur de l'indice de SANDERS, pour un site donné :

- Les espèces classées dans les dix premières sont appelées espèces *préférantes* du site.
- Les espèces classées dans les dix suivantes sont les espèces *accompagnatrices* du site.
- Les espèces dont l'indice de SANDERS est égal à 0 sont dites *accessoires* du site.

Les 10 taxons dominants, par point et par mois pour l'année considérée sont représentés dans un tableau qui indique une classe d'abondance. Ces taxons sont ordonnés de haut en bas en fonction de leur indice de Sanders. Le taxon en première ligne est jugé le plus caractéristique du point pour le mois considéré. Les diatomées sont libellées en bleu foncé, les dinoflagellés en magenta, les cryptophycées en bleu vif, les prymnésiphytes en vert et les autres espèces en noir.

Un graphique de flores totales sur 5 ans est systématiquement associé à un tableau présentant les 10 taxons dominants de la dernière année afin de décrire la diversité floristique du point.



1 Légende. Les chiffres correspondent à la puissance de 10 du dénombrement ; par exemple, « 3-4 » indiquent des valeurs comprises entre  $10^3$  et  $10^4$ , soit entre 1 000 et 10 000 cellules par litre.

2 Point (identifiant) Site (libellé) / Point (libellé).

3 Somme des taxons dénombrés dans les flores totales (sauf ciliés). L'étendue de l'échelle verticale est commune à tous les graphiques. L'unité est exprimée en « log(cellules/L) ». Par exemple, « 6 » indique  $10^6$ , soit un million de cellules par litre

4 La période d'observation s'étend du 01/10/2000 au 31/10/2005.

5 Les observations de l'année 2005 sont mises en relief au moyen d'une couleur rouge.

6 Les 10 taxons dominants de l'année 2005 pour ce point sont représentés dans un tableau qui indique la classe d'abondance par mois. Le libellé des taxons est placé en en-tête de ligne (ce sont des libellés abrégés ; les libellés exacts ainsi que leur classe sont indiqués dans le tableau des taxons dominants). Ces taxons sont ordonnés de haut en bas en fonction de leur indice de Sanders (le taxon en première ligne est jugé le plus caractéristique du point pour l'année 2005).

7 Les mois de l'année 2005 sont placés en en-tête de colonne.

### 3.2.2. 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  $P_i = (N_i / N)$

$N_i$  est 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. 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

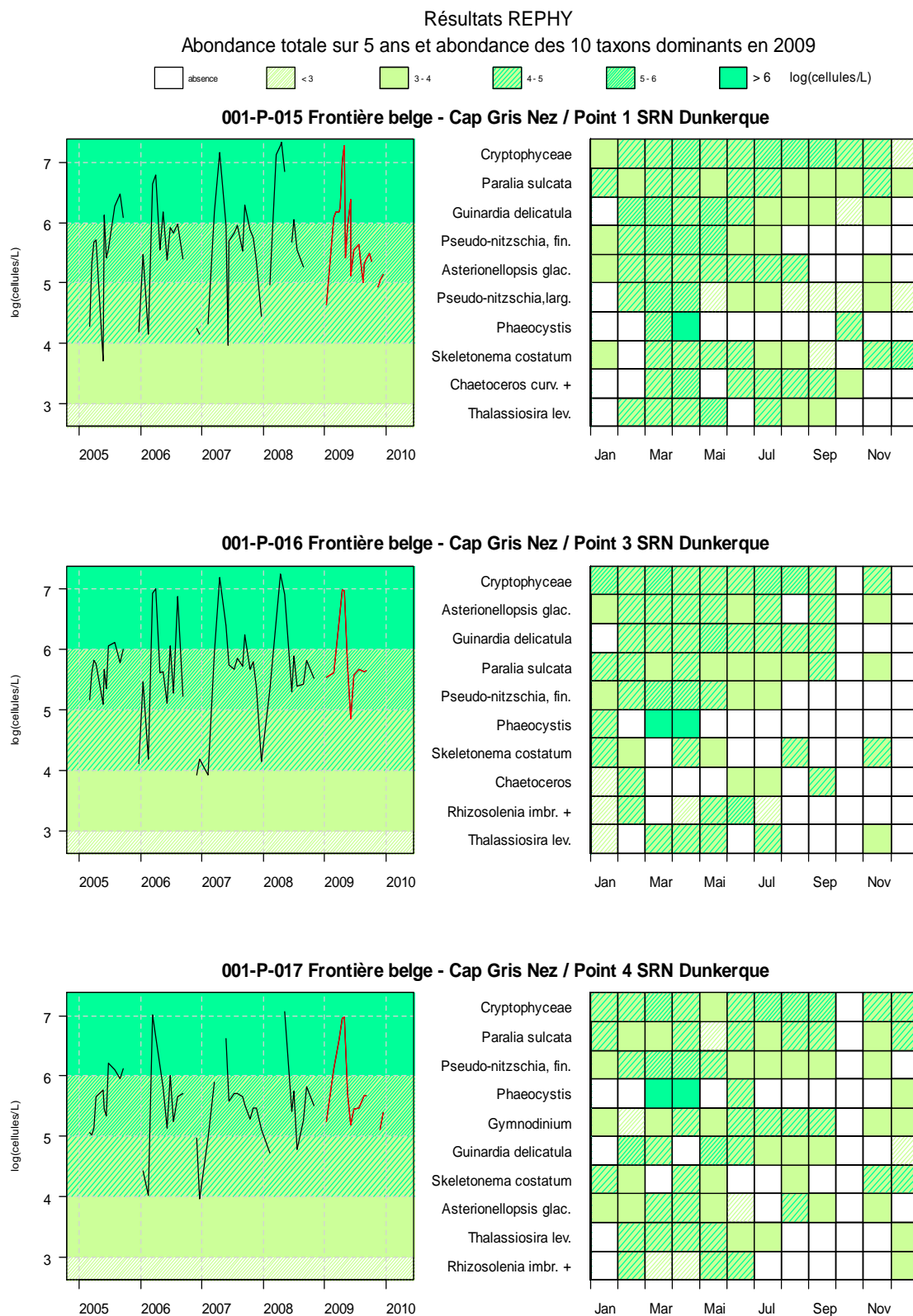
L'évolution générale de l'abondance phytoplanctonique est comparable entre les 3 points de la radiale de Dunkerque. Les valeurs sont élevées en période printanière et estivale (maximum au point 1 avec plus de  $18,52 \cdot 10^6$  cellules par litre le 29 avril 2009). L'abondance est faible en période hivernale, le minimum est observé le 15 janvier 2009 au point 1 (44000 cell./L). D'une manière générale, l'abondance phytoplanctonique totale varie entre 5000 et  $21,46 \cdot 10^6$  cell./L au cours de la période 2005-2009. Le maximum cellulaire est donc observé durant l'année 2008 et le minimum durant 2005 (Figure 105).

La proportion des taxons évolue au cours du cycle biologique. La principale classe, en terme d'abondance des organismes qui la composent sur cette radiale, est celle des diatomées. Les autres classes identifiées sont (par ordre alphabétique) les chlorophycées, les cryptophycées, les dictyochophycées, les dinoflagellés, les prasinophycées et les prymnésiofycées.

Globalement, les diatomées dominent la population phytoplanctonique (47 à 55 % de l'abondance totale), suivent ensuite les cryptophycées (23 à 25 % de l'abondance totale) avec notamment une forte abondance en fin de période estivale (89 % de l'abondance totale le 26/08/2009 au point 1). En période printanière, la dominance des diatomées s'estompe au profit de celle de la classe des prymnésiofycées : *Phaeocystis globosa* représente alors plus de 97 % de la population échantillonnée. En 2009, le genre *Phaeocystis* est observé de mars à mai (Figure 105). Son abondance est maximale le 29 avril au point 1 avec  $18,08 \cdot 10^6$  cell./L.

Les 10 taxons dominants (au sens de l'indice de Sanders) pour la radiale de Dunkerque sont identifiés sur la figure 105 et le tableau 17. On note que la classe des cryptophycées est présente tout au long de l'année sur l'ensemble de la radiale, ainsi que des espèces comme *Paralia sulcata*. Pour le reste, bien que la composition de la communauté phytoplanctonique soit globalement la même de la côte vers le large, certaines différences de classements sont visibles entre les points de la radiale, ce qui traduit une hétérogénéité spatiale (gradient de distribution côte – large ou distribution par patch) : *Asterionellopsis glacialis* se place en cinquième position au point 1, deuxième au point 3 et huitième au point 4.

Le recours à un calcul d'indice de Sanders par trimestre sur la base de l'ensemble des taxons recensés permet d'approfondir l'étude des successions phytoplanctoniques (Annexe 3) : *Pseudonitzschia* est présente au niveau des trois points de la radiale au 1<sup>er</sup> et 2<sup>nd</sup> trimestre mais elle ne fait plus partie des taxons dominants lors du 3<sup>ième</sup> et 4<sup>ième</sup> trimestre pour ces mêmes points. On observe également que *Skeletonema costatum* est le taxon dominant pour le trimestre 4 sur les points 1 et 3 de Dunkerque. Par contre, il ne fait plus parti des taxons dominant durant les trois autres trimestres.



Source/Copvright REPHY-Ifrermer, banque Quadriac

**Figure 106. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2005 et 2009 et classement des 10 taxons dominants (Indice de Sanders) par points et par mois pour la radiale de Dunkerque**

Tableau 17. Correspondance entre les intitulés et la classe taxonomique pour la radiale de Dunkerque en 2009

## REPHY - Taxons dominants - signification des libellés

Intitulé graphe	Libellé taxon	Classe
Cryptophyceae	<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
Asterionellopsis glac.	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Chaetoceros	<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Chaetoceros curv. +	<i>Chaetoceros curvisetus + debilis + pseudocurvisetus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Guinardia delicatula	<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Paralia sulcata	<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudo-nitzschia, fin.	<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha + delicatissima + pseudodelicatissima</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudo-nitzschia, larg.	<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> ( <i>australis + fraudulenta + seriata + subpacificica</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
Rhizosolenia imbr. +	<i>Rhizosolenia imbricata + styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Skeletonema costatum	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Thalassiosira lev.	<i>Thalassiosira levanderi</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Gymnodinium	<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
Phaeocystis	<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>

Le calcul de l'indice de Shannon met en évidence deux situations bien différentes (Figure 106). Pour le point côtier, l'indice est élevé de janvier à mars et du mois de juin au mois de novembre, reflet d'une communauté phytoplanctonique diversifiée (entre 20 et 43 taxons identifiés) et relativement équilibrée. Certains taxons peuvent néanmoins présenter une forte abondance : *Asterionella glacialis*, *Chaetoceros curvisetus*, *C. danicus*, *C. socialis*, *Guinardia delicatula*, *G. Striata*, *Paralia Sulcata*, *Pseudonitzschia seriata*, *Rhizosolenia imbricata*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira Levanderi*, et la classe des cryptophycées. L'indice est particulièrement faible tout au long du mois d'avril. La communauté phytoplanctonique, bien que diversifiée (21 à 31 taxons identifiés), est largement dominée par *Phaeocystis globosa* (95%). Au moins de décembre, on observe également une chute de l'indice. La dominance de *Skeletonema costatum* (87%) à cette période explique la baisse de l'indice.

Ce schéma est valable pour les points intermédiaires et du large de la radiale de Dunkerque où *Phaeocystis globosa* est également responsable de la chute de l'indice en avril. Les taxons les plus abondants sont les mêmes rencontrés qu'au point côtier.

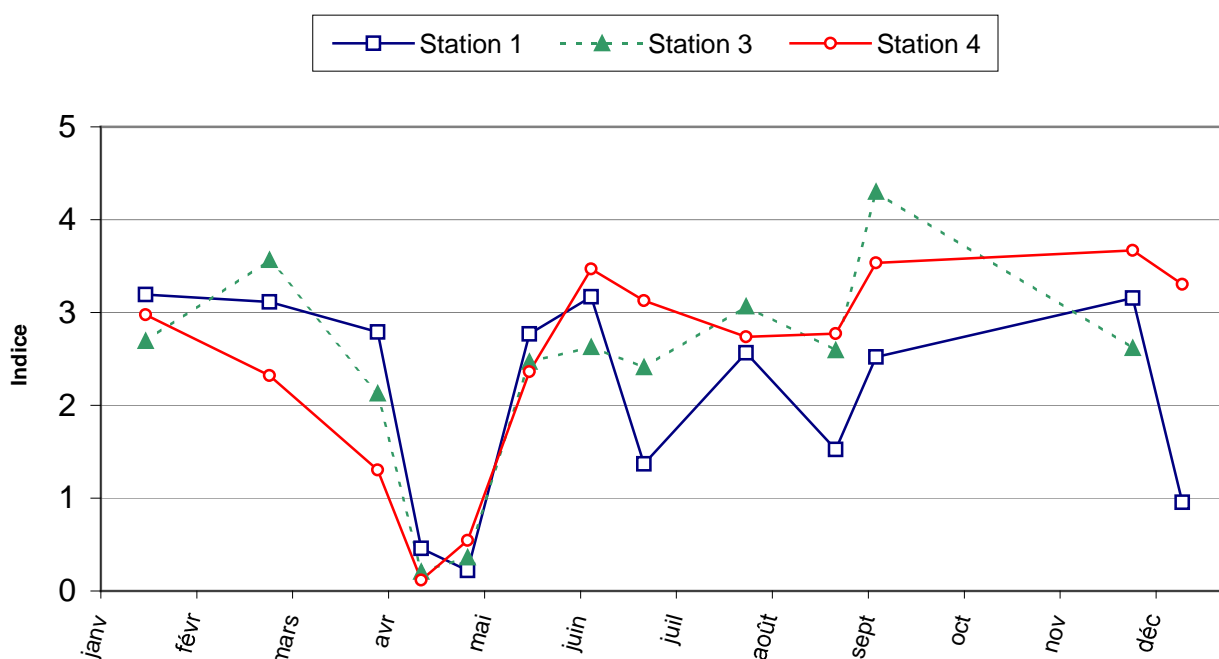


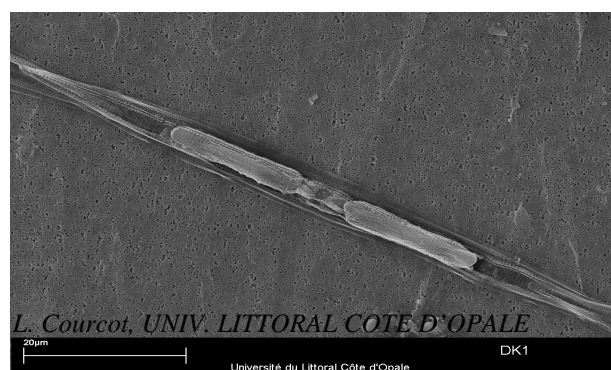
Figure 107. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Dunkerque pour l'année 2009

Parmi les taxons potentiellement responsables de la production de phycotoxines<sup>1</sup>, on observe différents genres. Le genre *Dinophysis*, potentiellement responsable de la toxicité DSP, a été observé à Dunkerque en 2009. Les concentrations, 100 cellules par litre (en septembre et en novembre au point 1, et au mois de septembre au point 3), n'ont jamais dépassé le seuil d'alerte (500 cellules par litre), donc aucune procédure d'alerte n'a été déclenchée.

Le genre *Alexandrium*, potentiellement responsable de la toxicité PSP, n'a pas été observé sur les points de Dunkerque cette année. 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. 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.

Pour les points de Dunkerque en 2009, les concentrations varient de 200 à 438500 cell./L. Les fortes abondances de *Pseudonitzschia delicatissima* (438500 cell./L), et de *Pseudonitzschia seriata* (310458 cell./L) relevées au point 1 le 31 mars 2009, ont conduit au déclenchement de la procédure d'alerte (seuil d'alerte : supérieur à 300000 cell./L pour le groupe des fines et 100000 cell./L pour le groupe des larges). Durant cette période, les analyses de recherche de toxine ASP sur des moules prélevées au point de suivi du REPHY (« bouchots Tardinghen ») ont mis en évidence la présence de toxine en faible quantité mais inférieure au seuil sanitaire.

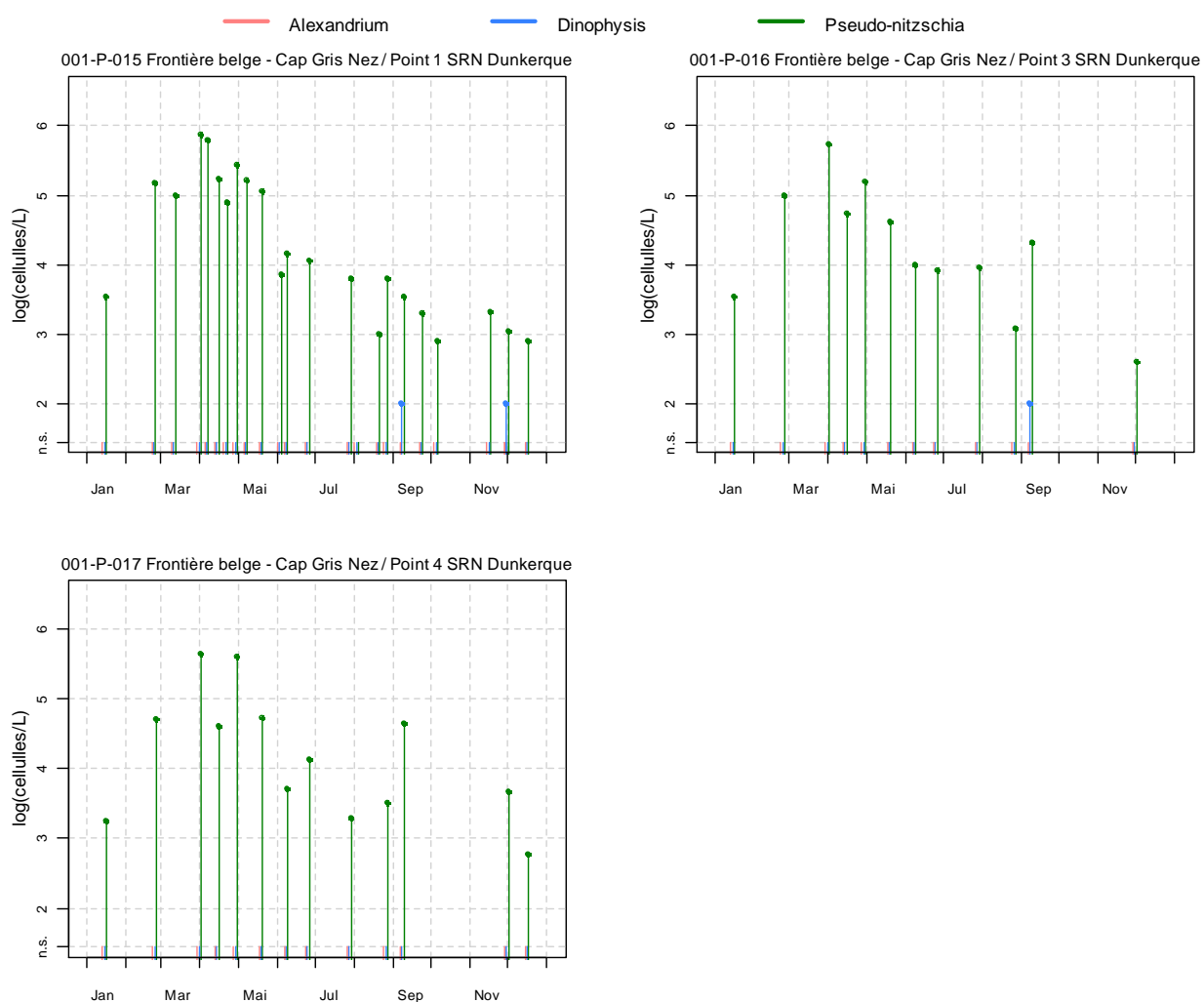


**Photo 7 :** *Pseudonitzschia* sp. (Microscopie optique et électronique)

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



### Résultats REPHY Abondance des flores toxiques en 2009



**Figure 108. Évolution de l'abondance des flores toxiques pour la radiale de Dunkerque en 2009**

### 3.4.2. Boulogne-sur-Mer

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 période estivale et printanière (maximum au point 1 avec  $21,46 \cdot 10^6$  cell./L le 5 mai 2009). L'abondance est faible en période hivernale, le minimum est observé le 1<sup>er</sup> décembre au point 1 (11100 cell./L). L'abondance phytoplanctonique totale varie entre 100 et  $21,46 \cdot 10^6$  cell./L au cours de la période 2005-2009. Le maximum cellulaire est donc observé durant l'année 2009 (Figure 108).

La proportion des taxons évolue au cours du cycle biologique. La principale classe, en terme d'abondance des organismes qui la composent, sur cette radiale est celle des diatomées. Les autres classes identifiées sont (par ordre alphabétique) des chlorophycées, des cryptophycées, des dictyochophycées, des dinoflagellés et des prymnésiofycées.

Globalement, les diatomées dominent la population phytoplanctonique (45 à 61 % de l'abondance totale) ; suivent ensuite les cryptophycées (20 à 29 % de l'abondance totale) avec notamment une forte abondance en fin de période estivale et au cours de la période automnale (69 % de l'abondance totale le 10/11/2009 au point 3). En période printanière, la dominance des diatomées s'estompe au profit de celle de la classe des prymnésiofycées. *Phaeocystis globosa* représente alors 93 % de la population échantillonnée. En 2009, le genre *Phaeocystis* est observé de mars à mai (Figure 108), son abondance est maximale le 5 mai 2009 au point 1 avec  $17,80 \cdot 10^6$  cell./L. Les autres classes phytoplanctoniques représentent rarement plus de 5 % de l'abondance totale sauf : en période estivale et en début de période automnale, la classe des dinoflagellés représente 23 % le 23 juin 2009.

Les 10 taxons dominants (au sens de l'indice de Sanders) pour la radiale de Boulogne sont identifiés sur la figure 108 et le tableau 18. On note que la classe des cryptophycées domine les 3 points de la radiale. Pour le reste, bien que la composition de la communauté phytoplanctonique soit globalement la même de la côte vers le large, certaines différences de classements 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, on peut noter que *Gymnodium* est une espèce qui se place en cinquième position pour le point 1, alors qu'elle est en huitième position pour le point 2 et en deuxième position pour le point 3.

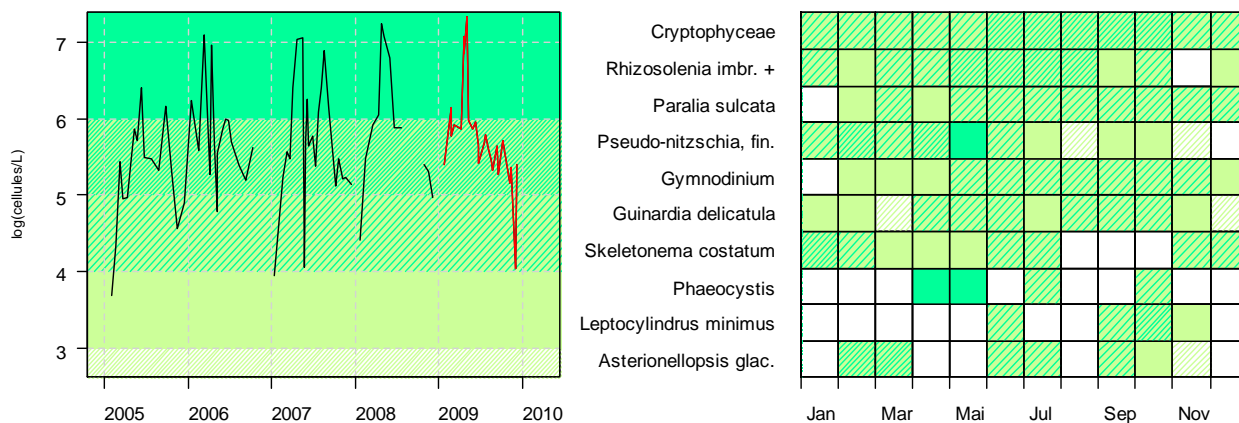
Le recours à un calcul d'indice de Sanders par trimestre sur la base de l'ensemble des taxons recensés permet d'approfondir l'étude des successions phytoplanctoniques : *Pseudonitzschia* est présente au niveau des trois points de la radiale au 1<sup>er</sup> et 2<sup>nd</sup> trimestre mais elle ne fait plus partie des taxons dominants lors du 3<sup>ième</sup> et 4<sup>ième</sup> trimestre pour ces mêmes points. On observe également que *Rhizosolenia imbricata* (+ *styliformis*) fait partie des taxons dominant pour le trimestre 2 et 3 sur les points 1 et 3, pour le trimestre 1, 2 et 3 sur le point 2. Par contre, *Rhizosolenia imbricata* (+ *styliformis*) ne fait plus partie des taxons dominant durant les trimestres 1 et 4 (points 1 et 3) et seulement pour le trimestre 4 (point 2) (Annexe 3).

### Résultats REPHY

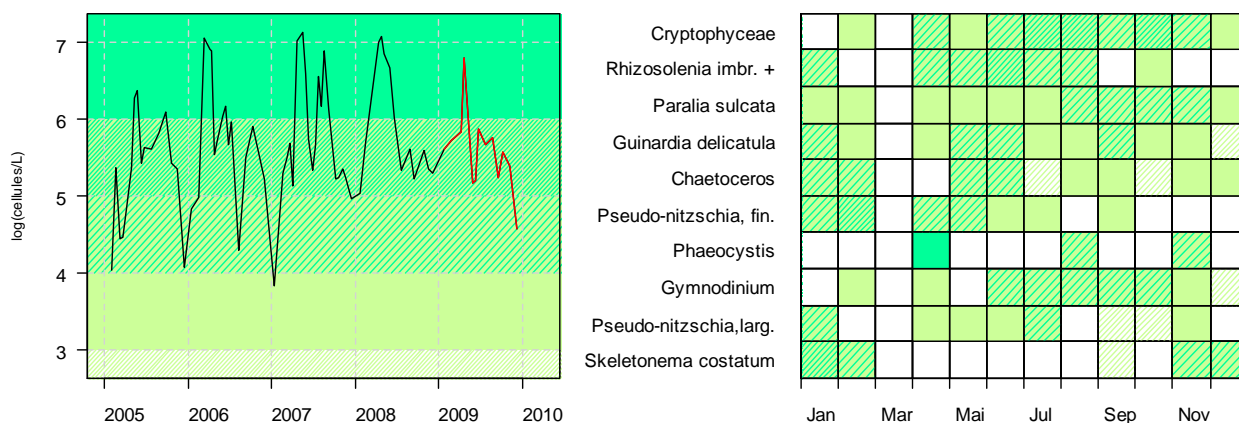
Abondance totale sur 5 ans et abondance des 10 taxons dominants en 2009



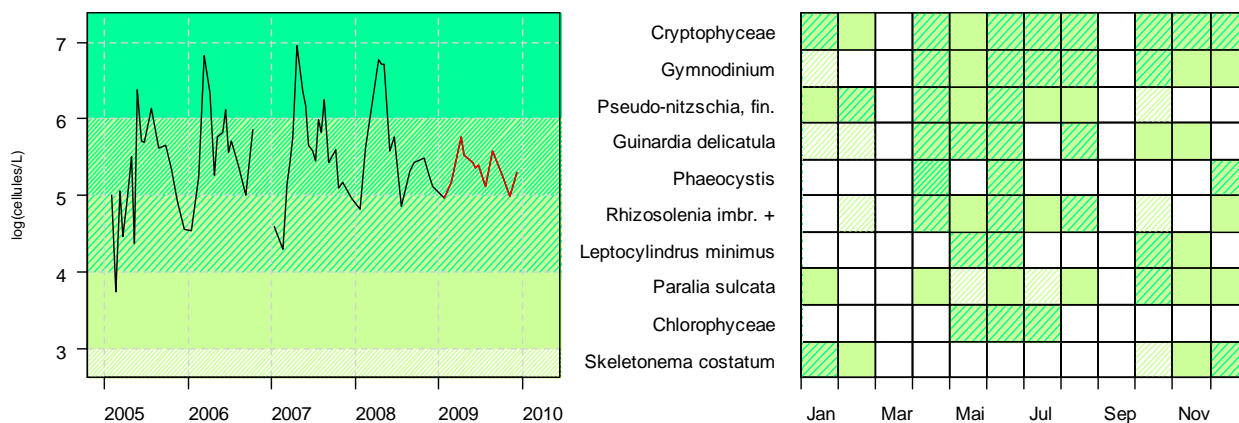
#### 002-P-007 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 1 SRN Boulogne



#### 002-P-029 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 2 SRN Boulogne



#### 002-P-030 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 3 SRN Boulogne



Source/Copyright REPHY-Iremer, banque Quadriqe

**Figure 109. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2005 et 2009 et classement des 10 taxons dominants (Indice de Sanders) par points et par mois pour la radiale de Boulogne-sur-Mer**

**Tableau 18. Correspondance entre les intitulés et la classe taxonomique pour la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2009**

**REPHY - Taxons dominants - signification des libellés**

<b>Intitulé graphe</b>	<b>Libellé taxon</b>	<b>Classe</b>
Chlorophyceae	<i>Chlorophyceae</i>	<i>Chlorophyceae</i>
Cryptophyceae	<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
Asterionellopsis glac.	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Chaetoceros	<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Guinardia delicatula	<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Leptocylindrus minimus	<i>Leptocylindrus minimus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Paralia sulcata	<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudo-nitzschia, fin.	<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudo-nitzschia, larg.	<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> ( <i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificica</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
Rhizosolenia imbr. +	<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Skeletonema costatum	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Gymnodinium	<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
Phaeocystis	<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>

Le calcul de l'indice de Shannon met en évidence deux situations bien différentes (Figure 109). Pour le point côtier, l'indice est élevé de janvier à avril et de juin à décembre, reflet d'une communauté phytoplanctonique diversifiée (entre 21 et 46 taxons identifiés) et relativement équilibrée. Certains taxons peuvent néanmoins présenter une forte abondance : *Asterionellopsis glacialis*, *Chaetoceros curvisetus*, *C. sociali*, *Ditylum brightwellii*, *Guinardia delicatula*, *G. striata*, *Pseudonitzschia sp.*, *Rhizosolenia imbricata* (+ *styliformis*), *Skeletonema costatum* et la classe des cryptophyceae. D'avril à juin, l'indice est particulièrement faible. Durant ces mois, la communauté phytoplanctonique, beaucoup moins diversifiée (10 à 19 taxons identifiés), est largement dominée par *Phaeocystis globosa* (98 % au point où l'indice est le plus bas). Ce schéma est valable pour les points intermédiaires et du large. *Phaeocystis globosa* est responsable de la chute de l'indice. Les taxons les plus abondants sont les mêmes.

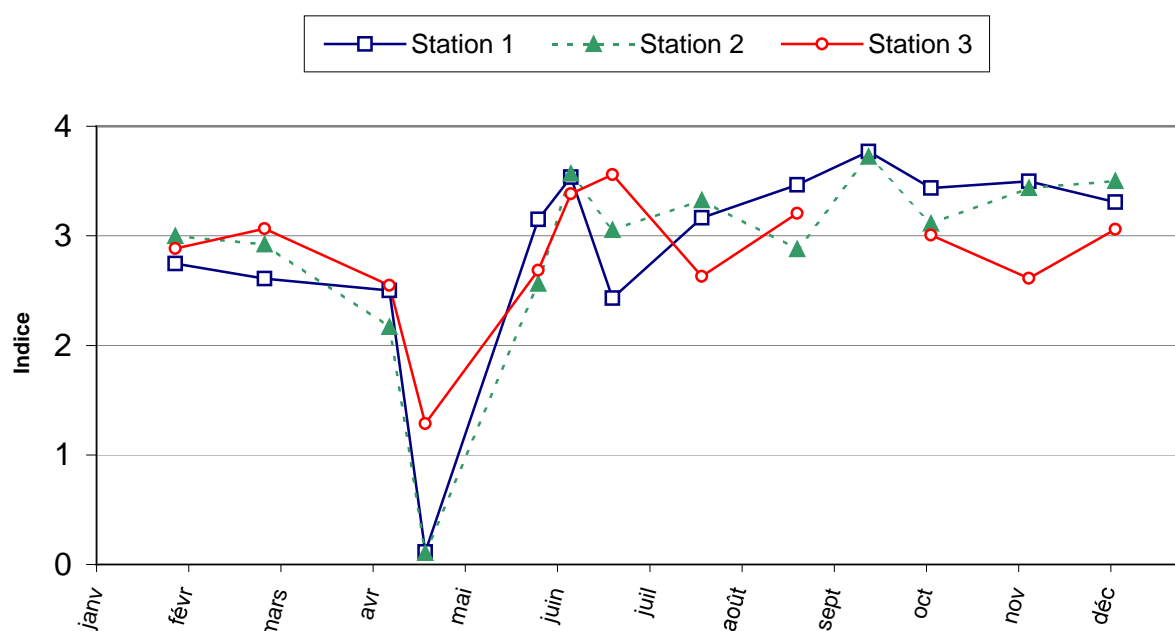


Figure 110. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour l'année 2009

Parmi les taxons potentiellement responsables de la production de phycotoxines<sup>1</sup>, on observe différents genres. Le genre *Dinophysis*, potentiellement responsable de la toxicité DSP, a été observé à Boulogne-sur-Mer en 2009. Les concentrations, 100 cellules par litre (en octobre et en novembre au point 1, au mois de novembre au point 2 et au mois d'octobre pour le point 3), n'ont jamais dépassé le seuil d'alerte (500 cellules par litre), donc aucune procédure d'alerte n'a été déclenchée.

Le genre *Alexandrium*, potentiellement responsable de la toxicité PSP, a été observé sur le point 1 (en décembre) de la radiale de Boulogne-sur-Mer. La concentration rencontrée (200 cellules par litre) n'a jamais dépassé le seuil d'alerte (10000 cellules par litre). Aucune procédure d'alerte n'a été déclenchée.

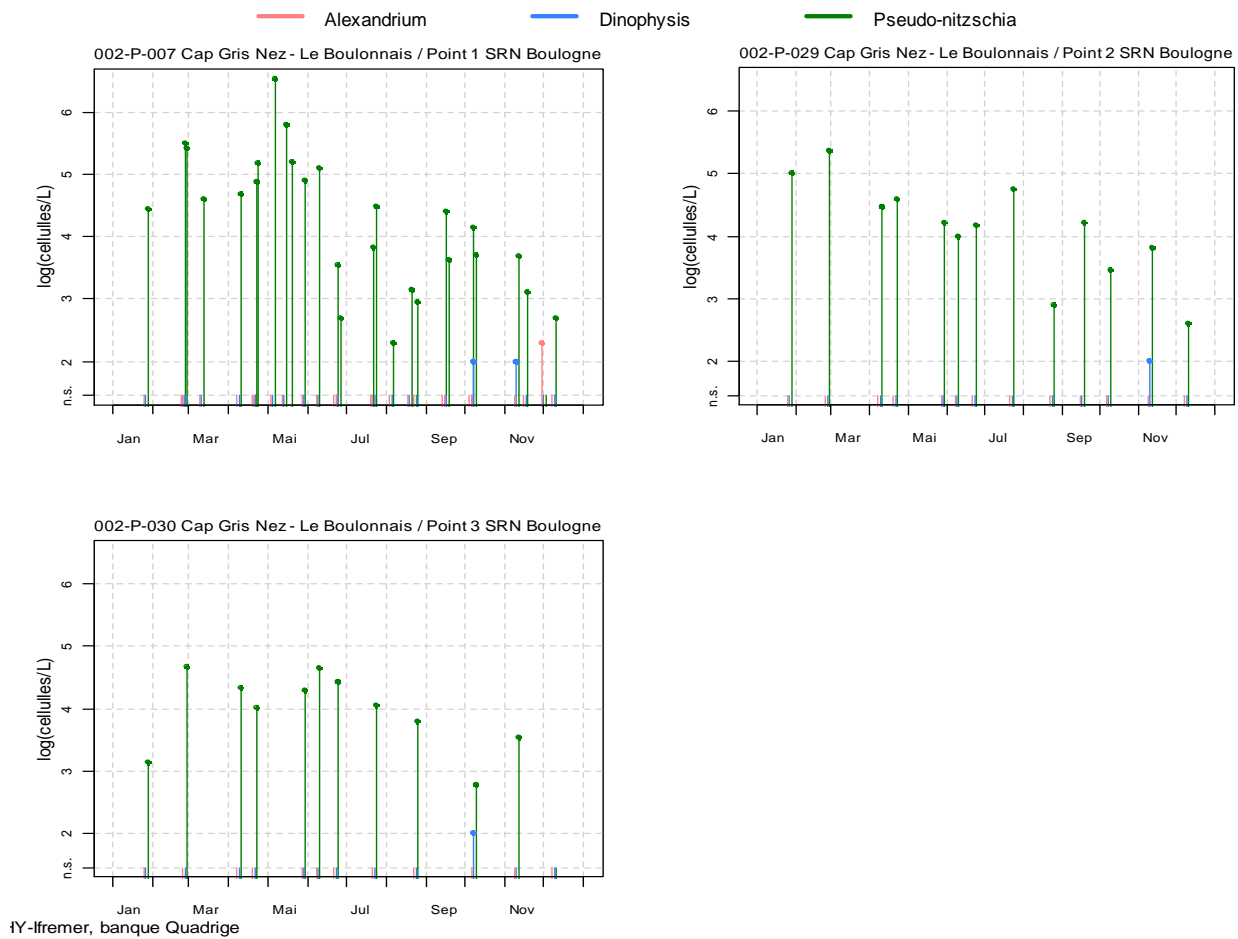
Le genre *Pseudonitzschia*, potentiellement responsable de la toxicité ASP, est retrouvé sur tous les points de la radiale de Boulogne-sur-Mer. Les différents groupes de *Pseudonitzschia* sont définis par rapport à leur largeur valvaire. Il en existe trois groupes : les fines (*Pseudonitzschia delicatissima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

Pour les points de Boulogne-sur-Mer en 2009, les concentrations varient de 100 à 3361000 cell./L. La forte abondance de *Pseudonitzschia delicatissima* (3361000 cell./L) relevée au point 1 le 5 mai 2009, 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 prélevées au point de suivi du REPHY (« Parc 10N ») ont révélé la présence de toxine en faible quantité, inférieure au seuil sanitaire.

---

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

### Résultats REPHY Abondance des flores toxiques en 2009



**Figure 111. Évolution de l'abondance des flores toxiques pour la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2009**

### 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 période estivale et printanière (maximum au point Mimer avec  $30,98.10^6$  cell./L le 23 avril 2009). L'abondance est faible en période hivernale, le minimum est observé le 1<sup>er</sup> décembre au point Mimer (120986 cell./L). D'une manière générale, l'abondance phytoplanctonique totale varie entre 3600 et  $30,98.10^6$  cell./L au cours de la période 2005-2009. Le maximum cellulaire est observé durant l'année 2009 et le minimum durant 2007 (Figure 111).

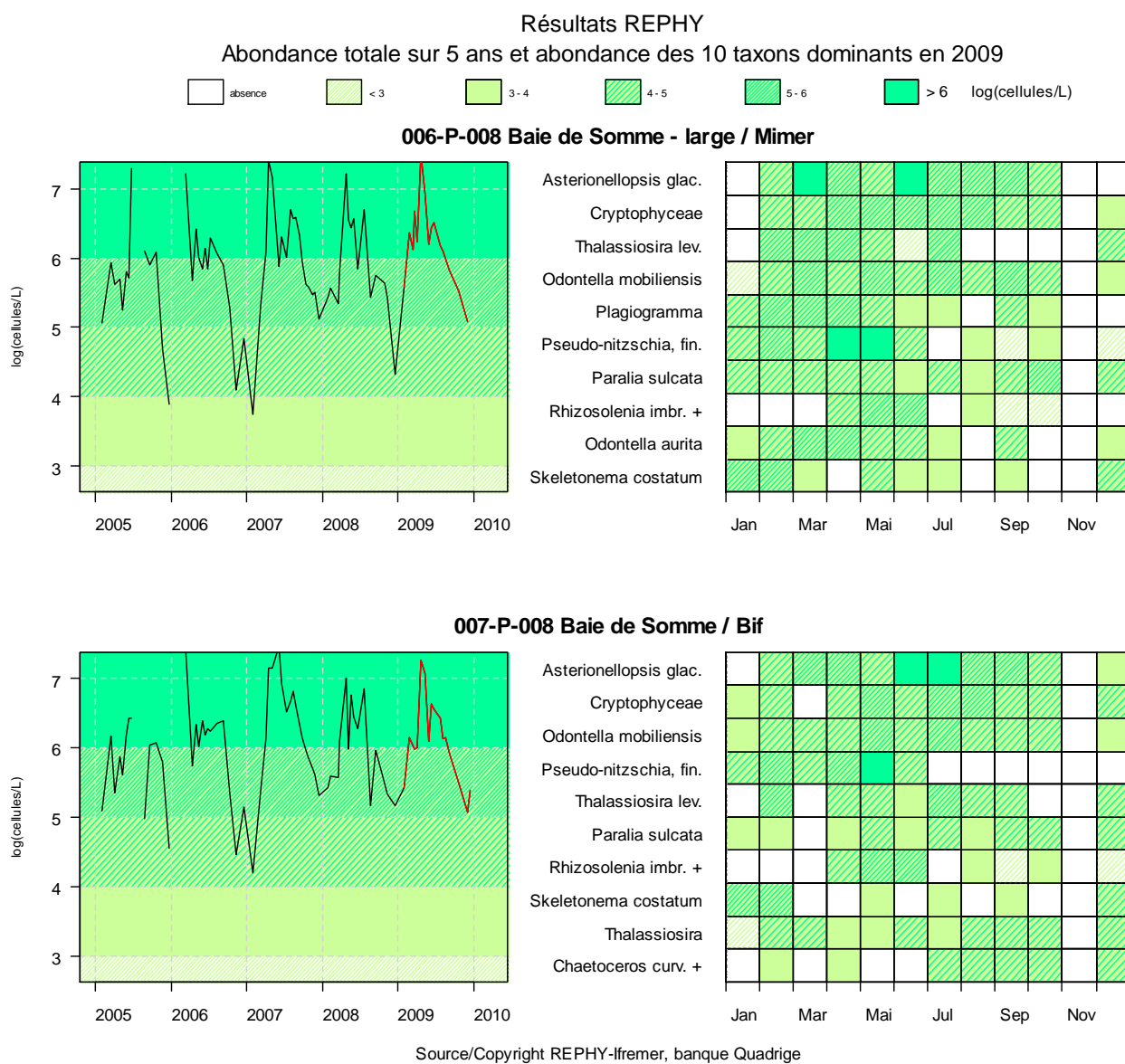
La proportion des taxons évolue au cours du cycle biologique. La principale classe que l'on peut trouver sur la radiale est celle des diatomées. Des chlorophycées, des cryptophycées, des dictyochophycées, des dinoflagellés et des prymnésiofycées sont également identifiés sur le site (Tableau 19).

Globalement, les diatomées dominent la population phytoplanctonique (60 à 79 % de l'abondance totale), suivent ensuite les cryptophycées (4 à 15 % de l'abondance totale) avec notamment une abondance plus importante en période estivale et au cours de la période automnale (37% de l'abondance totale le 07/09/2009 au point Atso). En période printanière, la dominance des diatomées s'estompe au profit de celle de la classe des prymnésiofycées. *Phaeocystis globosa* représente alors plus de 90 % de la population échantillonnée. En 2009, le genre *Phaeocystis* est observé d'avril à mai sur l'ensemble de la radiale, en juin (point Mer 1 et 2), en septembre et octobre (point Mer 1)(Figure 111). Son abondance est maximale le 23 avril au point Mimer avec  $29,00.10^6$  cell./L et minimale le 22 octobre au point Mer 1 avec 6402 cell./L. Les autres classes phytoplanctoniques représentent rarement plus de 5 % de l'abondance totale sauf en période estivale, la classe des dinoflagellés représente entre 22 et 30 % de mai à août.

Les 10 taxons dominants (au sens de l'indice de Sanders) pour la radiale de la Baie de Somme sont identifiés sur la figure 111. On note que *Asterionellopsis glacialis* domine les points Bif et Mimer tandis que la classe des cryptophycées domine le reste des points de la radiale. Pour le reste, bien que la composition de la communauté phytoplanctonique soit globalement la même de la côte vers le large, certaines différences de classements 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, on remarque que *Thalassiosira levanderi*. est une espèce qui se place en cinquième position pour le point Bif, en troisième au point Mimer, en neuvième position pour le point Atso et n'apparaît pas dans les 10 premiers pour les point Mer 1 et 2.

Le recours à un calcul d'indice de Sanders par trimestre sur la base de l'ensemble des taxons recensés permet d'approfondir l'étude des successions phytoplanctoniques : *Plagiogramma* est présent au 1<sup>er</sup> et 2<sup>nd</sup> trimestre au niveau des points Bif et Mimer de la radiale et au 1<sup>er</sup> trimestre du point Atso mais elle ne fait plus partie des taxons dominants lors du 3<sup>ième</sup> et 4<sup>ième</sup> trimestre pour Bif et Mimer ainsi que du 2<sup>nd</sup> pour Atso. On observe également que *Skeletonema costatum* fait partie des taxons dominant pour le trimestre 1 et 4 sur les points Mer 1 et 2, par contre *Skeletonema costatum* ne fait plus partie des taxons dominant durant les trimestres 3 et 4 pour ces même points (Annexe 3).





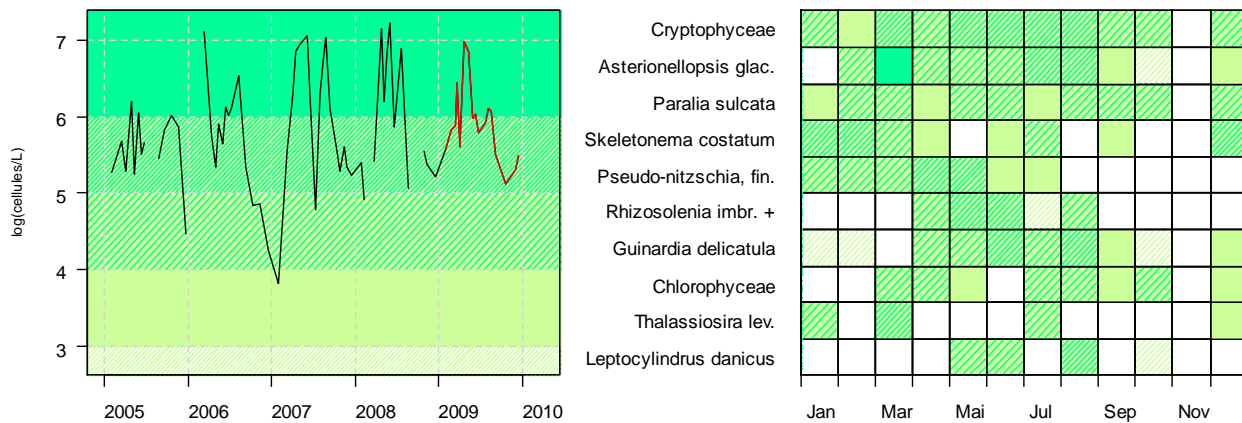
**Figure 112. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2005 et 2009 et classement des 10 taxons dominants (Indice de Sanders) par points et par mois pour la radiale de la Baie de Somme**

### Résultats REPHY

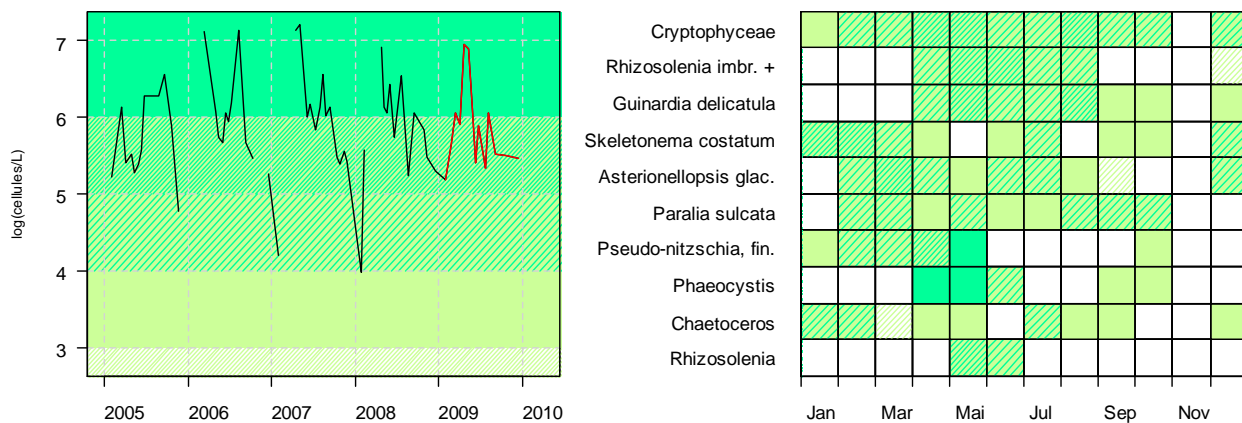
Abondance totale sur 5 ans et abondance des 10 taxons dominants en 2009



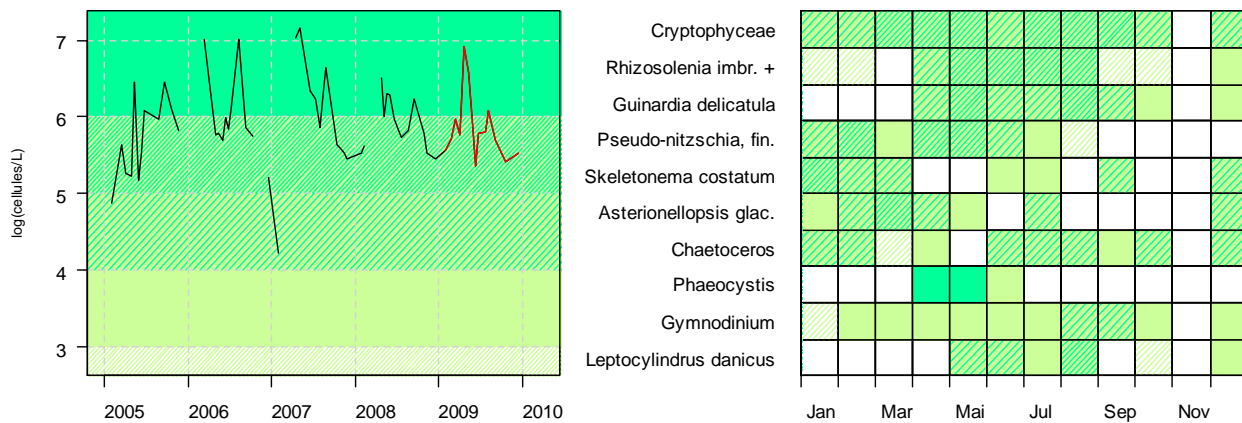
#### 006-P-001 Baie de Somme - large / At so



#### 006-P-006 Baie de Somme - large / SRN Somme mer 1



#### 006-P-007 Baie de Somme - large / SRN Somme mer 2



Source/Copyright REPHY-Ifrémer, banque Quadriqe

**Figure 112 (suite). Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2005 et 2009 et classement des 10 taxons dominants (Indice de Sanders) par points et par mois pour la radiale de la Baie de Somme**

**Tableau 19. Correspondance entre les intitulés et la classe taxonomique pour la radiale de la Baie de Somme en 2009**

**REPHY - Taxons dominants - signification des libellés**

<b>Intitulé graphe</b>	<b>Libellé taxon</b>	<b>Classe</b>
Chlorophyceae	<i>Chlorophyceae</i>	<i>Chlorophyceae</i>
Cryptophyceae	<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
Asterionellopsis glac.	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Chaetoceros	<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Guinardia delicatula	<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Leptocylindrus danicus	<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Odontella aurita	<i>Odontella aurita</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Odontella mobiliensis	<i>Odontella mobiliensis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Paralia sulcata	<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Plagiogramma	<i>Plagiogramma</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudo-nitzschia, fin.	<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
Rhizosolenia	<i>Rhizosolenia</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Rhizosolenia imbr. +	<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Skeletonema costatum	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Thalassiosira lev.	<i>Thalassiosira levanderi</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Gymnodinium	<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
Phaeocystis	<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>

Le calcul de l'indice de Shannon reflète le passage d'une communauté diversifiée de diatomées (avec quelques variations d'indice, reflet d'une plus ou moins grande équitabilité de la répartition des 21 à 42 taxons) à une communauté dominée par *Phaeocystis globosa* (Figure 112). L'indice est alors particulièrement faible de mi-avril à début mai : *Phaeocystis globosa* représente 93 % de la communauté phytoplanctonique au point le plus bas de l'indice. Une chute de l'indice est aussi observée en juin. En effet, durant cette période, *Asterionellopsis glacialis* représente 83 % de la communauté phytoplanctonique au point le plus bas de l'indice. La communauté des diatomées est principalement représentée par : *Asterionellopsis glacialis*, *Chaetoceros curvisetus*, *C. debilis*, *C. socialis*, *C. pseudocurvisetus*, *Guinardia delicatula*, *Leptocylindrus danicus*, *Odontella mobiliensis*, *Paralia sulcata*, *Plagiogramma sp.*, *Pseudonitzschia delicatissima*, *P. seriata*, *Rhizosolenia imbricata*, *R. styliformis*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira levanderi*. La classe des cryptophyceae est également fortement représentée.

Ce schéma est valable pour les points intermédiaires et du large. *Phaeocystis globosa* est responsable de la chute de l'indice de mi-avril à début mai et *Asterionellopsis glacialis* l'est pour le mois de juin. Les taxons les plus abondants sont les mêmes.

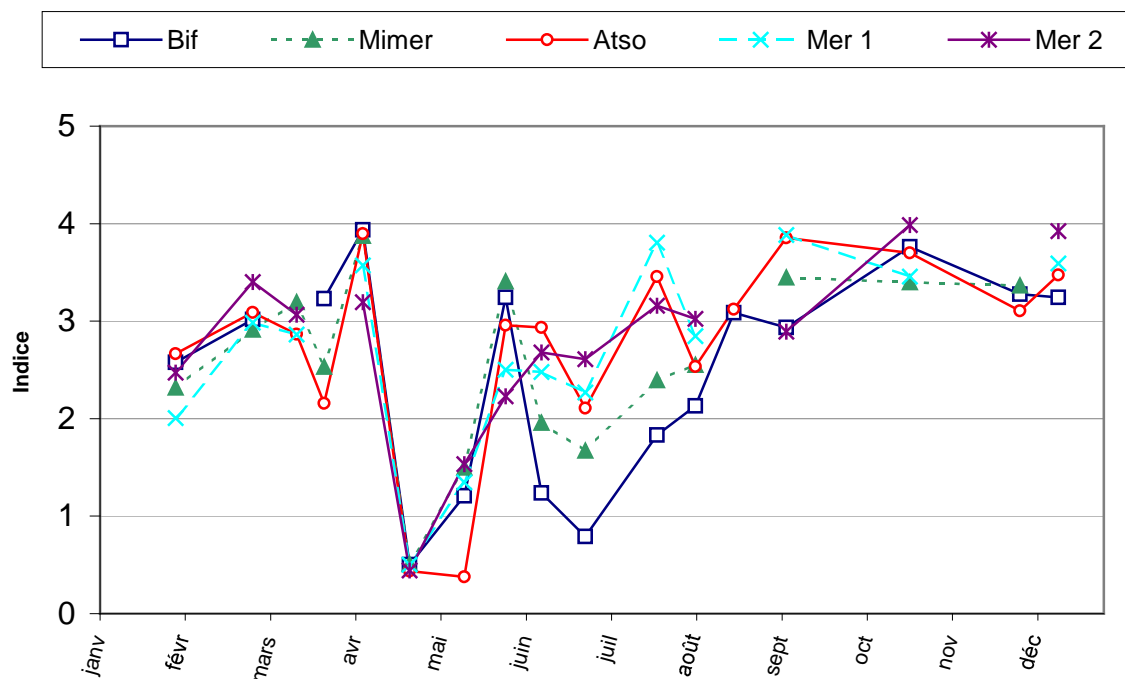


Figure 113. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Baie de Somme pour l'année 2009

Parmi les taxons potentiellement responsables de la production de phycotoxines<sup>1</sup>, on observe différents genres. Le genre *Dinophysis*, potentiellement responsable de la toxicité DSP, n'a pas été observé en Baie de Somme en 2009. Par conséquent, aucune procédure d'alerte n'a été déclenchée.

Le genre *Alexandrium*, potentiellement responsable de la toxicité PSP, a été observé au point Bif (en octobre) et Atso (en décembre) de la radiale de la Baie de Somme. Les concentrations rencontrées (100 cellules par litre) n'ont jamais dépassé le seuil d'alerte (10000 cellules par litre). Aucune procédure d'alerte n'a donc été déclenchée.

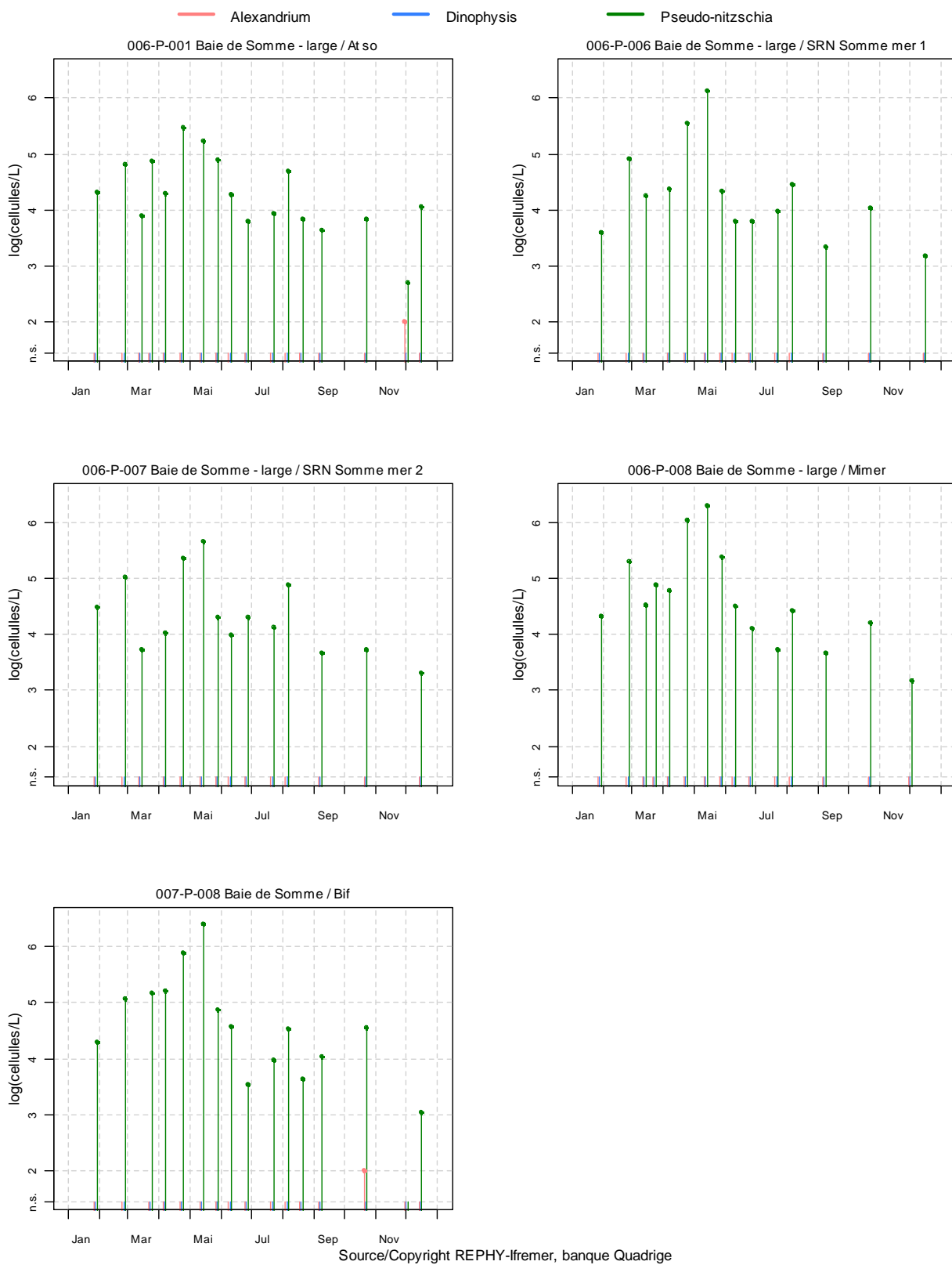
Le genre *Pseudonitzschia*, potentiellement responsable de la toxicité ASP, est retrouvé sur tous les points de la radiale. Les différents groupes de *Pseudonitzschia* sont définis par rapport à leur largeur valvaire. Il en existe trois groupes : les fines (*Pseudonitzschia delicatissima*), les larges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

Pour les points de la Baie de Somme en 2009, les concentrations varient de 100 et 272500 cell./L. Cette concentration maximale étant liée à la présence de cellules du groupe des fines (*Pseudonitzschia delicatissima*), elle n'a donc pas conduit au déclenchement de la procédure d'alerte (seuil d'alerte : supérieur à 300000 cell./L pour le groupe des fines).

---

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

### Résultats REPHY Abondance des flores toxiques en 2009



**Figure 114. Évolution de l'abondance des flores toxiques pour la radiale de Baie de Somme en 2009**

## 4. Discussion

La turbidité résulte de la présence de particules minérales ou organiques en suspension, d'une part, et d'organismes vivants, d'autre part. Elle est maximale en hiver et minimale en été. Une augmentation de la turbidité est la conséquence de mouvements de l'eau par action des courants (corrélés au coefficient de marée) et du vent qui remettent en suspension les particules. Une turbidité élevée peut inhiber la production phytoplanctonique.

L'évolution de la matière organique présente dans les M.E.S. est liée au développement phytoplanctonique qui a lieu de façon plus intense au mois de mars pour la Baie de Somme. Pour Dunkerque et Boulogne-sur-Mer, ce développement est précoce puisqu'il intervient fin février.

En Baie de Somme, deux maxima de matière organique sont observées : en avril et en mai (intense pour les points Atso, Mer 1 et Mer 2, plus modérée pour les points côtiers). Ces maxima se produisent en même temps qu'un maximum d'abondance du phytoplancton (entre  $33326$  et  $29,00.10^6$  cell/L, toutes stations confondus) représentatif de la dominance de *Phaeocystis globosa*.

Le site de Dunkerque présente des valeurs de concentration en matière organique importantes en février, de mars à avril, en juin et en septembre selon les points. Durant les mois de mars à avril, a lieu une efflorescence phytoplanctonique dominée par *Phaeocystis globosa* ( $49980$  cell/L à  $18,08.10^6$  cell/L).

La radiale de Boulogne-sur-Mer présente des maxima de matière organique d'avril à juin et en octobre (en fonction du point considéré). D'avril à juin, on assiste à la prolifération de *Phaeocystis globosa* ( $18410$  cell/L à  $17,80.10^6$  cell/L).

Les résultats obtenus pour les 3 radiales montrent des cycles de nutriments caractéristiques des eaux tempérées. Les concentrations des substances nutritives sont plus importantes à la fin de l'hiver car les prélèvements réalisés par le phytoplancton sont à leur minima à cause du faible ensoleillement et de la faible température, alors que la minéralisation de la matière organique apportée par les bassins versants se poursuit.

Au début du printemps, le stock hivernal est utilisé par le phytoplancton quand la lumière et la température sont suffisantes.

Durant l'été, la productivité phytoplanctonique est contrôlée par les substances nutritives issues de la minéralisation ou d'apports terrigènes. La période estivale présente de faibles concentrations mais, dès 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.

Le retour à des concentrations en sels nutritifs élevées est plus ou moins rapide selon leur catégorie. Parmi 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, puis les nitrates. Ceci peut être expliqué par le cycle d'incorporation de l'azote organique particulaire (ou azote intracellulaire) à partir d'azote dissous (ions nitriques). Ce cycle est représenté sur le schéma conceptuel du modèle écologique marin (figure 115). Il permet de mettre en évidence la complexité des échanges et des processus qui existe dans ce milieu.

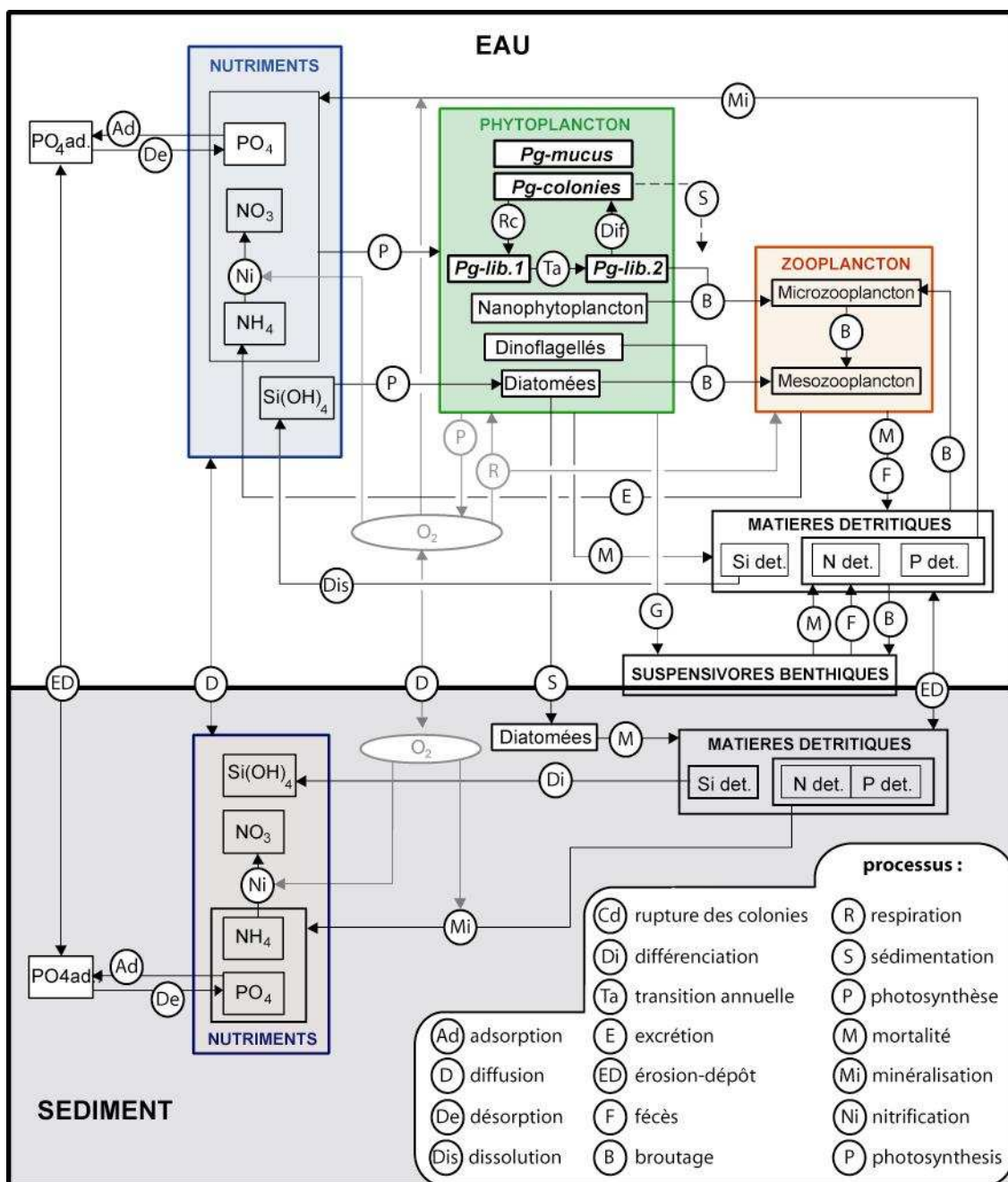


Figure 115. Schéma conceptuel du modèle écologique marin

Les concentrations les plus élevées en **nitrate** sont observées au point côtier de Boulogne-sur-Mer ( $63,64 \mu\text{mol/L}$ ) en février, au point côtier de Dunkerque ( $54,01 \mu\text{mol/L}$ ) en mars et au point Bif de la Baie de Somme ( $51,39 \mu\text{mol/L}$ ) en avril.

Les concentrations de **nitrite** sont maximales en Baie de Somme au point Mer 1 en décembre ( $0,93 \mu\text{mol/L}$ ), au point du large de Boulogne-sur-Mer ( $1,55 \mu\text{mol/L}$ ) en octobre et au point côtier à Dunkerque en décembre ( $1,32 \mu\text{mol/L}$ ).

En ce qui concerne l'**azote ammoniacal**, les valeurs maximales sont observées en octobre au point Bif de la Baie de Somme ( $6,91 \mu\text{mol/L}$ ), en août au point côtier de Dunkerque ( $4,95 \mu\text{mol/L}$ ) et en septembre au point 1 de Boulogne-sur-Mer de ( $4,67 \mu\text{mol/L}$ ).

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 de



débit des rivières ou lors d'épisodes de vents importants. Les apports résultent des processus de ruissellement et d'érosion qui peuvent survenir à n'importe quel moment de l'année.

Les valeurs maximales de phosphate sont : 2,11  $\mu\text{mol/L}$  en février au point 2 de Boulogne-sur-Mer, 1,53  $\mu\text{mol/L}$  en décembre au point 1 de Dunkerque, et 1,49  $\mu\text{mol/L}$  en décembre au point Mer 1 de la Baie de Somme.

Le cycle du **silicate** est aussi étroitement lié au développement du phytoplancton, en particulier des diatomées qui utilisent la silice pour former leur test (enveloppe siliceuse). Ainsi, généralement après le bloom de diatomées du début du printemps, les concentrations en silicate chutent puis un maximum apparaît en mai-juin avec la dissolution du silicate biogénique contenu dans les tests quand les diatomées meurent.

La Baie de Somme présente les concentrations en silicate les plus importantes avec 21,75  $\mu\text{mol/L}$  au point Bif en décembre. Le maximum est 17,60  $\mu\text{mol/L}$  en décembre au point côtier de Dunkerque et de 9,46  $\mu\text{mol/L}$  au point côtier de Boulogne-sur-Mer en février.

L'analyse des rapports stoechiométriques de Redfield *et al.* (1963) et Brzezinski (1985) met en évidence une limitation de la croissance du phytoplancton principalement par le silicate et le phosphore. Quelques épisodes de limitations par l'azote sont observés sur la radiale de Dunkerque (fin juillet et début août 2009) et sur la radiale de la Baie de Somme (entre juillet et septembre). Une période de modification de l'ordre des éléments limitants (de Si : P : N vers P : Si : N) est observée en février sur les radiales de Dunkerque et de Boulogne, en janvier et en mars sur la radiale de la Baie de Somme. Ce schéma fait l'objet d'une variabilité à l'échelle inter-annuelle avec des conséquences sur l'amplitude des efflorescences qui peut 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.*, en préparation).

Gypens *et al.* (2006) ont montré pour la zone côtière belge et par modélisation (modèle biogéochimique MIRO couplé au modèle hydrodynamique COHSNS-3D) que seule une réduction des apports d'azote pouvait induire une diminution significative des blooms de *Phaeocystis globosa*, alors qu'une réduction du phosphore affecterait davantage les diatomées. Les résultats du SRN mettent en évidence des concentrations en azote qui ne sont jamais limitantes lors de la phase de prolifération de *P. globosa*. Dans ces conditions, il semble que le scénario de gestion des efflorescences de *P. globosa* proposé par Gypens *et al.* (2006) pourrait être applicable à notre zone d'étude. A plus grande échelle, la réduction des apports de nutriments de la Seine en particulier est présentée par Gypens *et al.* (2006) comme indispensable afin d'optimiser les effets de la réduction des apports de l'Escaut. 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 et de phénomènes à plus grandes échelles, telle que l'Oscillation Nord Atlantique (NAO – *e.g.*, Breton *et al.*, 2006 ; Lefebvre *et al.*, en préparation).

Par ailleurs, il faut également être particulièrement vigilant sur la notion de retour à un état environnemental de référence. Duarte *et al.* (2009) insiste 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 menacé. C'est pourquoi Duarte *et al.* (2009) recommande 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 clefs de l'écosystème.

Le fleuve côtier présent le long des côtes du Nord-Pas-de-Calais permet l'installation d'un écosystème côtier spécifique qui donne lieu à des développements biologiques propres (Brylinski *et al.*, 1991). Le développement phytoplanctonique de cette région est dû aux apports nutritifs principalement de la Somme mais aussi de la Canche, l'Authie (Hébert *et al.*, 2005) et dans une

moindre mesure de la Slack, le Wimereux et la Liane (Hébert *et al.*, 2005) et des conditions hydrodynamiques favorables à des apports via les zones adjacentes.

Dans un système tempéré, le cycle annuel classique de la biomasse phytoplanctonique est caractérisé par de faibles valeurs en hiver et en été. Une période de bloom est généralement observée de mars à juin, la production phytoplanctonique est à son maximum lorsque la lumière est suffisamment forte (mais pas forcément maximale) pour permettre une augmentation du taux d'accroissement suffisant pour compenser les pertes par dégradation ou prédation. Durant la période de juin à octobre, les concentrations en chlorophylle *a*, corrélées à l'évolution de la biomasse phytoplanctonique, sont peu élevées : les teneurs en substances nutritives sont en effet très basses, ce qui entraîne un vieillissement des cellules. Ce schéma peut être modifié avec des proliférations de phytoplancton (diatomées ou non-diatomées) en réponse à des phénomènes de production régénérée par remise à disposition de nutriments « piégés » dans la matière organique lors de l'efflorescence printanière (par opposition à la production nouvelle de début de saison basée sur des apports externes de nutriments). La productivité est faible pendant l'hiver.

Les mesures *in situ* réalisées dans le cadre du S.R.N. mettent en évidence que le bloom en chlorophylle *a* touche d'abord Dunkerque et Boulogne-sur-Mer puis la Baie de Somme. En 2009, les concentrations en chlorophylle *a* sont beaucoup plus importantes en Baie de Somme où elles atteignent 99,39 µg/L à la fin du mois de mars au point Bif. Les valeurs sont plus faibles pour Dunkerque et Boulogne-sur-Mer avec respectivement, pour leur point côtier, 31,08 µg/L le 24/02/09 et 10,64 µg/L le 21/04/09.

En **Baie de Somme**, pendant le bloom, différents taxons se succèdent : dominance des diatomées toute l'année puis prolifération de la prymnesiophycée *Phaeocystis globosa*. Au mois d'avril, cette prolifération est observée pour toute la radiale (environ 90 % de la flore totale sauf pour le point Mer 2), ensuite les diatomées dominent de nouveau avec une présence de cryptophycées et de dinoflagellés. Les espèces préférentielles du site sont les diatomées et les flagellés (cryptophycées et dinoflagellés en période estivale) et *Phaeocystis sp.* au printemps.

A **Dunkerque**, la valeur maximale de chlorophylle *a* est atteinte fin février et ce pic est lié au développement important des diatomées (environ de 90 % de la flore totale). Une production primaire de chlorophylle *a* est enregistrée en avril, avec la prolifération de la prymnesiophycée *Phaeocystis globosa* (environ de 90 % de la flore totale). De fin août à novembre, la dominance des diatomées s'estompe pour celle des cryptophycées (30 à 90 % de la flore totale). Les espèces préférentielles du site sont les diatomées et les flagellés (cryptophycées et dinoflagellés en période estivale) et *Phaeocystis sp.* au printemps.

Le site de **Boulogne-sur-Mer** est caractérisé par deux maxima de chlorophylle *a* à la fin février et en avril. Le premier est lié au développement important des diatomées (plus de 90 % de la flore totale). Le second est en relation avec le bloom de la prymnesiophycée *Phaeocystis globosa*, qui représente plus de 95 % de la flore totale lors du mois d'avril. Les espèces préférentielles du site sont les diatomées et les flagellés (cryptophycées et dinoflagellés en période estivale) et *Phaeocystis sp.* au printemps.

Les résultats de l'année 2010, en terme de composition phytoplanctonique comme de concentrations en nutriments, confirment les conclusions de Schapira (2005) et Schapira *et al.* (2008). 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 en la possibilité d'utilisation des deux formes d'azote (ammonium et nitrate) et en 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).

Les résultats acquis en 2009 sur la radiale de Boulogne-sur-Mer sont conformes au schéma de succession phytoplanctonique mis en évidence par Guiselin (2010) et Lefebvre *et al.* (En préparation) à partir de l'étude de la série de données 1992-2007. Ainsi, la communauté phytoplanctonique est composée de trois assemblages principaux :

- Assemblage de l'automne et de l'hiver, constitué d'un mélange d'espèces de diatomées tychopélagiques (*Paralia sulcata*), de diatomées de grande taille et de diatomées de petite taille (*Thalassiosira sp.*),
- Assemblage de printemps, dominé par *Phaeocystis globosa* et des diatomées pennées de petite taille (*Pseudonitzschia delicatissima*),
- Assemblage d'été, présentant des espèces de grande taille des genres *Rhizosolenia*, *Guinardia* et des espèces de *Chaetoceros sp.*, de *Pseudonitzschia spp.*

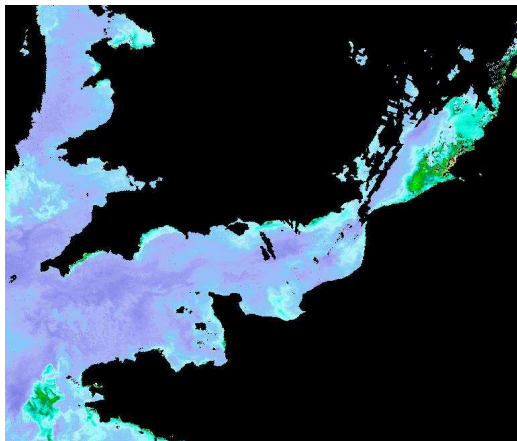
L'étude sera approfondie à moyen terme afin de pouvoir caractériser de la même manière les communautés phytoplanctoniques des autres radiales.

Afin d'appréhender la dynamique des efflorescences phytoplanctoniques à une échelle moins régionale, 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 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<sup>1</sup> : Gohin *et al.*, 2008<sup>2</sup>).

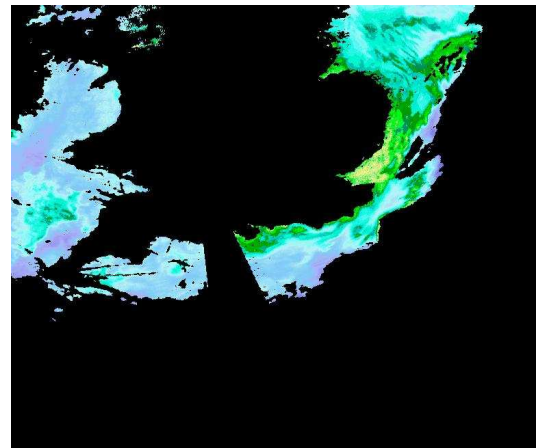
Il apparaît ainsi une initiation du bloom printanier en baie sud de la mer du Nord et le long des côtes anglaises durant mars et avril (Figure 116). Le développement phytoplanctonique se poursuit ensuite le long des côtes françaises de la Manche orientale au mois de mai) puis en baie de Seine (juin). Au mois d'août, la biomasse phytoplanctonique est encore importante en baie de Seine. Au mois de septembre, elle est faible sur l'ensemble de la zone étudiée.

<sup>1</sup> Gohin F., Druon J.N. & L. Lampert, 2002. A five channel chlorophyll algorithm applied to SeaWiFS data processed by SeaDAS in coastal waters. *International Journal of Remote Sensing*, 23: 1639-1661

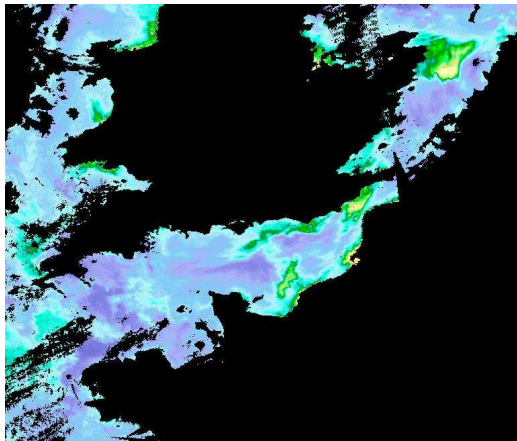
<sup>2</sup> Gohin F., Saulquin B. , Oger-Jeanneret H., Lozac'h L., Lampert L., Lefebvre A., Riou P. and F. Bruchon, 2008. Using satellite-derived chlorophyll concentrations for monitoring the eutrophication risk of coastal waters. *Remote Sensing of Environment*, 112: 3329-3340.



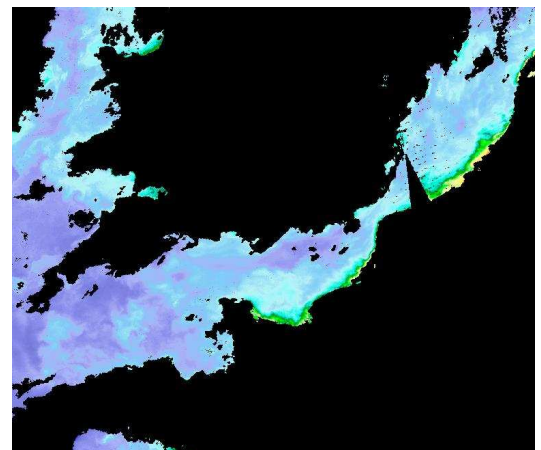
20/03/2009



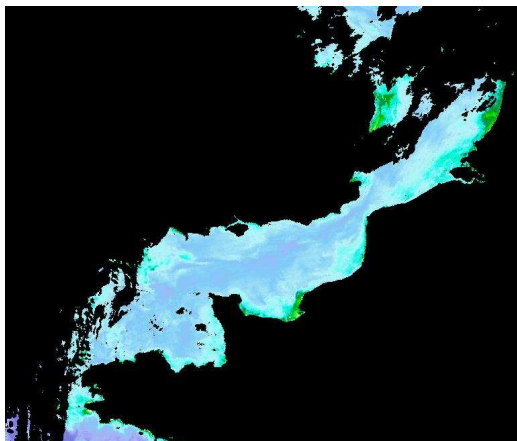
08/04/2009



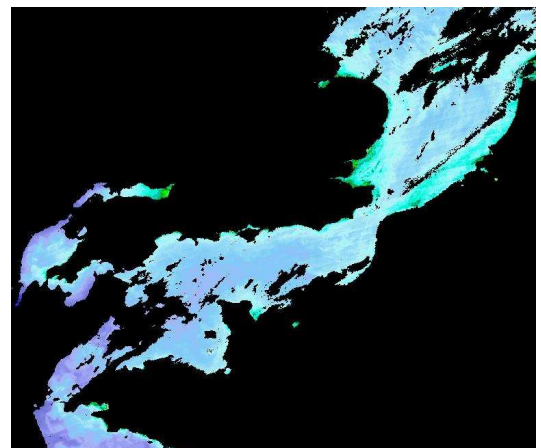
21/05/2009



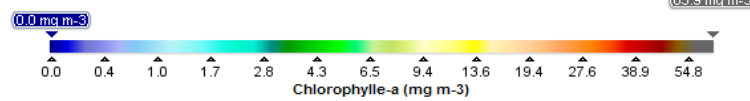
22/06/2009



31/08/2009



27/09/2009



**Figure 116. Illustration à méso-échelle de la dynamique de développement phytoplanctonique via l'estimation de la concentration en chlorophylle a par le capteur MODIS (algorithme OC5 IFR)**  
(Masque noir : terre ou couverture nuageuse)

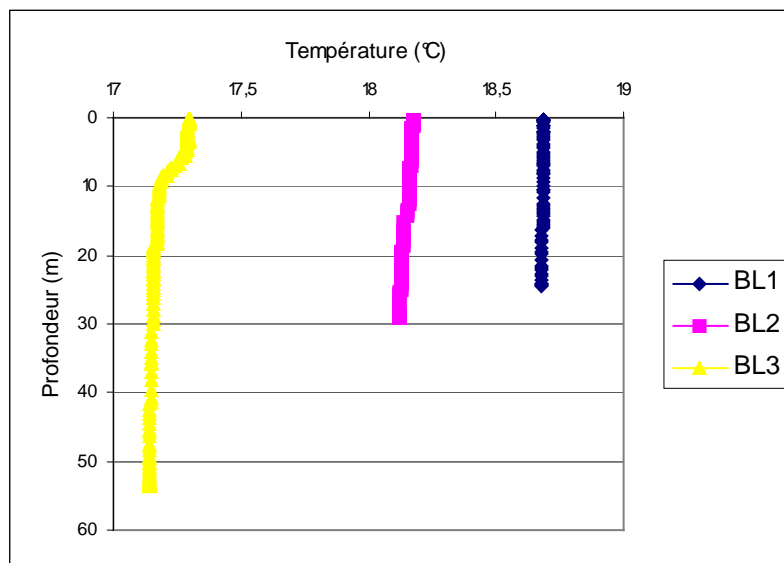
Le déploiement de la sonde Ysi lors de la plupart des campagnes de prélèvements permet de caractériser la structure verticale des masses d’eaux de la côte vers le large. La plupart du temps, la masse d’eau est homogène verticalement et les profils ne mettent en évidence que le gradient côte - large est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

Pour la température, ce gradient est de l’ordre de plus 1,6 °C à moins 1,5 au maximum. Sur la verticale, la différence entre le fond et la surface atteint au maximum 1,0 °C. Le gradient vertical est soit progressif (Figure 117) soit bien marqué pour une profondeur donnée (Figure 118).

En ce qui concerne l’oxygène, le schéma est identique avec des gradients côte-large plus importants que les gradients verticaux (Figure 119).

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 117. Évolution verticale de la température (°C) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer le 02 juin 2009**

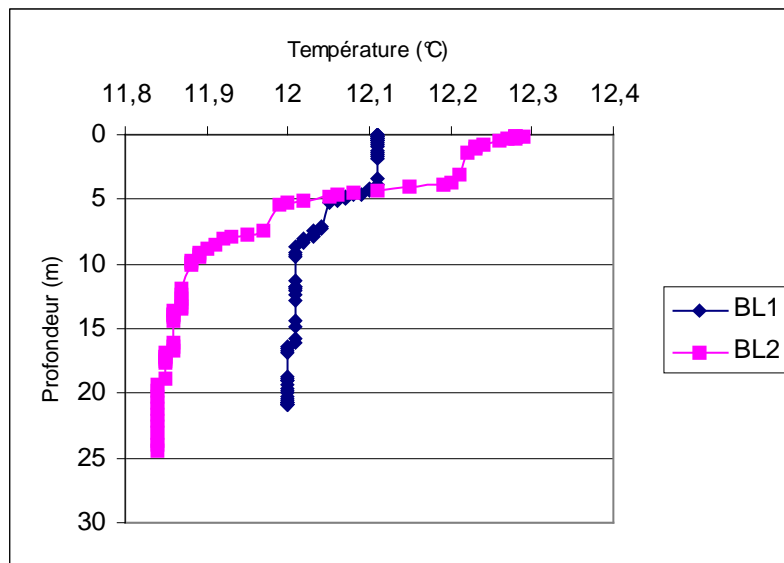


Figure 118. Évolution verticale de la température (°C) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer le 14 mai 2009

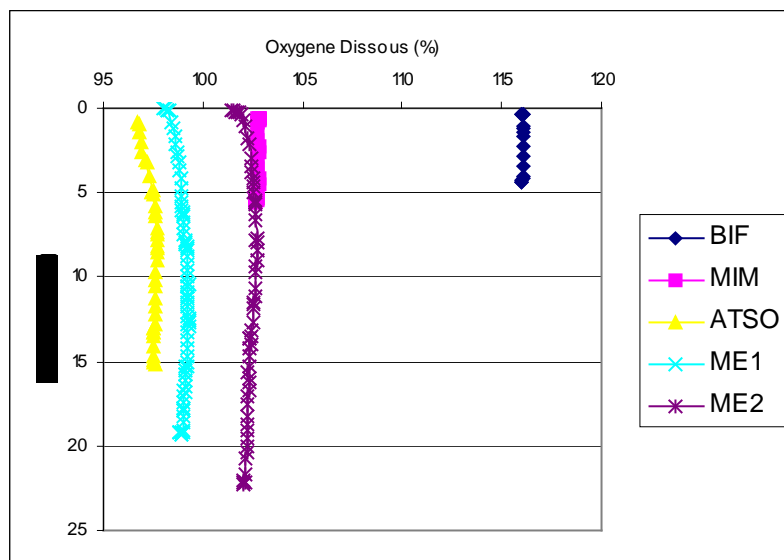


Figure 119. Évolution de la concentration en oxygène dissous en pourcentage sur la radiale de la Baie de Somme le 22 juillet 2008

## CONCLUSIONS

Le cycle saisonnier des paramètres physico-chimiques support à la biologie est classique et est conforme à ce qui est observé dans les systèmes tempérés peu profonds. Ces cycles présentent néanmoins une forte variabilité inter-annuelle.

L'année 2009 est caractérisée par une précocité du développement phytoplanctonique, notamment sur les radiales de Dunkerque où la concentration maximale en chlorophylle *a* est observée à la fin du mois de février (31,08 µg.l<sup>-1</sup>) et, de Boulogne-sur-Mer avec une concentration proche de 10 µg.l<sup>-1</sup> à la fin du mois de février et à la fin du mois d'avril. En baie de Somme, les plus fortes concentrations sont mesurées à la fin du mois de mars (env. 15 µg.l<sup>-1</sup> au point Atso) et à la mi-mai (env. 22 µg.l<sup>-1</sup> au point Atso).

Le calcul des rapports stoechiométriques des nutriments (azote, phosphore et silicate) met en évidence une limitation de la croissance du phytoplancton essentiellement par le phosphore et le silicate pour les trois sites étudiés. L'azote y est rarement limitant.

Le compartiment phytoplanctonique des écosystèmes étudiés est caractérisé par une dominance des diatomées tout au long de l'année excepté au printemps où c'est la prymnésiofycée *Phaeocystis globosa* qui domine le cortège phytoplanctonique. Ce taxon est connu pour avoir des conséquences néfastes sur les écosystèmes pélagiques et benthiques et est à l'origine de l'apparition d'une mousse abondante, nauséabonde qui se dépose sur le littoral lors de certaines conditions météorologiques et courantologiques. En 2009, *P. globosa* a été observée de mars à mai sur les radiales de Dunkerque et de Boulogne-sur-Mer (concentration supérieure à 18.10<sup>6</sup> cellules par litre à la fin du mois de mars et au début du mois de mai respectivement aux points côtiers de Dunkerque et de Boulogne-sur-Mer) et de avril à mai (concentration supérieure à 29.10<sup>6</sup> cellules par litre au point Mimer à la fin du mois d'avril).

Des taxons phytoplanctoniques, potentiellement responsables de la production de phycotoxines, sont observés sur les trois sites. Le genre *Dinophysis* est échantillonné à Dunkerque et à Boulogne-sur-Mer. Le genre *Alexandrium* est observé à Boulogne-sur-Mer et en baie de Somme. Le genre *Pseudonitzschia* est échantillonné sur les trois sites. En 2009, la concentration cellulaire a dépassé le seuil de déclenchement de la procédure d'alerte du réseau REPHY à Dunkerque et à Boulogne-sur-Mer. Les analyses de toxines sur les coquillages ont révélées la présence de toxines mais en concentration inférieure au seuil sanitaire.

La série historique de données acquises dans le cadre du S.R.N. depuis 1992 en fait l'un des réseaux de référence indispensables à la compréhension des évolutions saisonnières et à long terme de la « qualité » des eaux littorales du littoral Nord - Pas-de-Calais - Picardie.

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 ECO-MARS 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. Un rapport spécifique sera édité au cours de l'année 2010 afin de présenter la stratégie globale mise en œuvre sur le bassin Artois-Picardie pour répondre aux besoins de la D.C.E.. Ce rapport présentera également les résultats des premières évaluations de l'état écologique (Lefebvre & Cordier, *en préparation*).

## 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 Pas-de-Calais, 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 Nord-Pas-de-Calais. 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 Pas-de-Calais, 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. Chrétiennot-Dinet, 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., Chétiennot-Dinet M.-J. , Purdie D., 2005a. Seasonal and inter-annual variability of *Phaeocystis globosa* outbursts in the eastern English Channel and associated phytoplankton dynamics. SCOR-UNESCO working group « *Phaeocystis* » Final meeting, Groningen - NL, 30/08 au 03/09/09.

Barbet F. , 2005. L'eutrophisation sur le littoral Nord Pas-de-Calais Picardie : étude des tendances passées et perspectives d'évolution. Rapport IFREMER/RST.LER.BL/05.09, Laboratoire côtier de Boulogne-sur-Mer, 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, 87-96. In : Aminot A. & M. Chaussepied,



1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans, 119<sup>1</sup>24.

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 (5-6) : 599-606.

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.

Brzezinski M.A., 1985. The Si:C:N ratio of marine diatoms: interspecific variability and the effect of some environmental variables. *J. Phycol.*, 21: 347-357.

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): 535-540.

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.): 197-203.

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. 203-209.

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 Pas-de-Calais. 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., Pichod-Viale D., 1991. *Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution*, 391 pp.

Gentilhomme V. & F. Lizon, 1998. Seasonal cycle of nitrogen and phytoplankton biomass in a well-mixed 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.

Goidin L., Hitier B., Olivesi R., Delesmont R., Morel M. & N. Loquet, 1999. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord Pas-de-Calais. 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 Boulogne-sur-Mer, 30 p. + Annexes.

Hitier B., Olivesi R., Delesmont R. & M. Morel, 1994. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord Pas-de-Calais. 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 Pas-de-Calais. 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 Pas-de-Calais. Synthèse des résultats du suivi de 1992 à 1994. Rapport IFREMER DEL : 67 pp.

Ifremer, laboratoire côtier de Boulogne-sur-Mer, 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 : 217-222.

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. Manuscrit de thèse : Dynamique bactérienne en Manche orientale – Relation avec les poussées de *Phaeocystis globosa*.

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.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 69-84.

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, 57-61.

Lefebvre A., Libert A., 2004. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord Pas-de-Calais 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 Pas-de-Calais 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 & conséquences. 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., *en préparation*. 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.

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) : 47-64.

Lorenzen C.J., 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments : spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12 : 343-346.

Meybeck M & R Helmer, 1989. The quality of rivers: from pristine stage to global pollution. *Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleoecol.*, 75 : 283-309.

Mirlicourtois M., Olivesi R., Jamet F., Rybarczyk. H & M. Morel, 1993. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord Pas-de-Calais. Bilan de l'année 1992. Rapport IFREMER DEL : 115 pp.

Mullin, J. B. and Riley, J. P., 1955. The spectrophotometric determination of silicate-silicon 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, 31-36. *In* : Aminot A. & M. Chaussepied, 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans, 135<sup>1</sup>42.

Officer C.B. & J.H. Ryther, 1980. The possible importance of silicon in marine eutrophication. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 3 : 83-91.

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 Pas-de-Calais. Bilan de l'année 1997. Rapport IFREMER DEL : 59 pp.

Quisthoudt C., Bentley D., Brylinski J.M., 1987. Discontinuité hydrobiologique dans le détroit du Pas-de-Calais. *J. Plankton Res.*, 9 (5) : 995-1002.

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. 29-40.

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 Pas-de-Calais. Bilan de l'année 1996. Rapport IFREMER DEL : 62 pp.

Vanhoutte-Brunier A., Fernand L., M'enesguen A., Lyons S., Gohin F., Cugier P., 2003. Modelling the *Karenia mikimotoi* bloom that occurred in the western English Channel during summer 2003. Conceptual scheme of the ecological model and forcings, 355.

## ANNEXES

- P. 167-172 : Annexe 1** Calendrier des sorties et conditions de prélèvements
- P. 173-178 : Annexe 2** Données brutes des analyses physico-chimiques
- P. 179-202 : Annexe 3** Indice de Sanders par trimestre

## **Annexe 1**

### Calendrier des sorties et conditions de prélèvements

(NA : Donnée manquante)

**Dunkerque**

Date	Point de Prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation Marée	Coefficient
15/01/09	DK1	14h45	PM à 15h51	PM - 01h06	92/87
	DK3	14h00		PM - 01h31	
	DK4	14h20		PM - 01h31	
24/02/09	DK1	12h00	PM à 12h53	PM - 00h53	79/83
	DK3	11h40		PM - 01h13	
	DK4	11h10		PM - 01h43	
31/03/09	DK1	14h10	PM à 16h36	PM - 02h26	81/75
	DK3	13h53		PM - 02h43	
	DK4	13h34		PM - 03h02	
14/04/09	DK1	14h48	PM à 16h30	PM - 01h42	68/62
	DK3	14h27		PM - 02h03	
	DK4	14h05		PM - 02h25	
29/04/09	DK1	15h22	PM à 16h36	PM - 01h14	81/76
	DK3	15h00		PM - 01h36	
	DK4	14h45		PM - 01h51	
19/05/09	DK1	10h30	PM à 09h15	PM + 01h15	50/46
	DK3	10h10		PM + 00h55	
	DK4	09h40		PM + 00h25	
08/06/09	DK1	14h50	PM à 14h11	PM + 00h39	74/74
	DK3	14h42		PM + 00h31	
	DK4	14h20		PM + 00h09	
25/06/09	DK1	15h15	PM à 15h36	PM - 00h21	98/97
	DK3	14h58		PM - 00h38	
	DK4	14h37		PM - 00h59	
28/07/09	DK1	16h30	PM à 18h16	PM - 01h46	68/61
	DK3	16h05		PM - 02h11	
	DK4	15h25		PM - 02h51	
26/08/09	DK1	16h45	PM à 17h37	PM - 00h52	67/58
	DK3	16h15		PM - 01h22	
	DK4	15h45		PM - 01h52	
08/09/09	DK1	14h40	PM à 15h33	PM - 00h53	87/84
	DK3	14h20		PM - 01h13	
	DK4	13h55		PM - 01h38	
30/11/09	DK1	11h20	PM à 10h54	PM + 00h26	68/74
	DK3	11h00		PM + 00h06	
	DK4	10h40		PM - 00h14	
16/12/09	DK1	12h50	PM à 12h36	PM + 00h14	75/76
	DK3	12h25		PM - 00h11	
	DK4	12h00		PM - 00h36	

**Boulogne-sur-Mer**

Date	Point de Prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation Marée	Coefficient
27/01/09	BL1	11h30	PM à 12h46	PM – 01h16	80/83
	BL2	11h15		PM – 01h31	
	BL3	10h55		PM – 01h51	
26/02/09	BL1	11h10	PM à 12h55	PM – 01h45	93/94
	BL2	11h00		PM – 01h55	
	BL3	10h35		PM – 02h20	
09/04/09	BL1	12h29	PM à 12h47	PM – 00h18	97/98
	BL2	12h15		PM – 00h32	
	BL3	11h50		PM – 00h57	
21/04/09	BL1	11h40	PM à 10h20	PM + 01h20	52/58
	BL2	11h22		PM + 01h02	
	BL3	10h55		PM + 00h35	
14/05/09	BL1	13h55	PM à 15h59	PM – 02h04	58/54
	BL2	13h40		PM – 02h19	
	BL3	NA		NA	
29/05/09	BL1	14h40	PM à 16h38	PM – 01h58	77/73
	BL2	14h30		PM – 02h08	
	BL3	14h05		PM – 02h33	
09/06/09	BL1	15h35	PM à 14h00	PM + 01h35	73/73
	BL2	15h15		PM + 01h15	
	BL3	14h30		PM + 00h30	
23/06/09	BL1	15h15	PM à 13h06	PM + 02h09	92/95
	BL2	15h00		PM + 01h54	
	BL3	14h30		PM + 01h24	
23/07/09	BL1	14h35	PM à 13h49	PM + 00h46	102/105
	BL2	14h25		PM + 00h36	
	BL3	13h35		PM – 00h14	
24/08/09	BL1	13h15	PM à 15h34	PM – 02h19	97/91
	BL2	13h35		PM – 01h59	
	BL3	14h05		PM – 01h29	
17/09/09	BL1	10h00	PM à 11h41	PM – 01h41	86/93
	BL2	09h50		PM – 01h51	
	BL3	NA		NA	
08/10/09	BL1	14h45	PM à 14h59	PM – 00h14	83/78
	BL2	14h35		PM – 00h24	
	BL3	14h10		PM – 00h49	
10/11/09	BL1	15h15	PM à 17h52	PM – 02h37	52/52
	BL2	14h50		PM – 03h02	
	BL3	14h25		PM – 03h27	
09/12/09	BL1	15h12	PM à 17h27	PM – 02h15	61/58
	BL2	15h00		PM – 02h27	
	BL3	14h43		PM – 02h44	



**Baie de Somme**

Date	Point de Prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation Marée	Coefficient
28/01/09	BIF	13h40	PM à 13h37	PM + 00h03	84/85
	MiMer	13h30		PM – 00h07	
	ATSO	12h40		PM – 00h57	
	ME1	12h55		PM – 00h42	
	ME2	13h05		PM – 00h32	
25/02/09	BIF	12h50	PM à 12h42	PM + 00h08	87/90
	MiMer	12h40		PM – 00h02	
	ATSO	12h00		PM – 00h42	
	ME1	11h50		PM – 00h52	
	ME2	11h35		PM – 01h07	
13/03/09	BIF	14h00	PM à 13h45	PM + 00h15	104/101
	MiMer	12h45		PM – 01h00	
	ATSO	13h33		PM – 00h12	
	ME1	13h22		PM – 00h23	
	ME2	13h07		PM – 00h38	
23/03/09	BIF	11h37	PM à 10h24	PM + 01h13	54/61
	MiMer	09h36		PM – 00h48	
	ATSO	10h13		PM – 00h11	
	ME1	NA		NA	
	ME2	NA		NA	
06/04/09	BIF	11h15	PM à 10h48	PM + 00h27	66/73
	MiMer	09h40		PM – 01h08	
	ATSO	10h25		PM – 00h23	
	ME1	10h15		PM – 00h33	
	ME2	10h05		PM – 00h43	
23/04/09	BIF	12h00	PM à 11h59	PM + 00h01	77/82
	MiMer	11h47		PM – 00h12	
	ATSO	11h30		PM – 00h29	
	ME1	11h20		PM – 00h39	
	ME2	11h00		PM – 00h59	
13/05/09	BIF	16h05	PM à 15h39	PM + 00h26	66/62
	MiMer	14h30		PM – 01h09	
	ATSO	15h15		PM – 00h24	
	ME1	15h10		PM – 00h29	
	ME2	15h00		PM – 00h39	
28/05/09	BIF	15h50	PM à 16h00	PM – 00h10	86/82
	MiMer	15h40		PM – 00h20	
	ATSO	15h20		PM – 00h40	
	ME1	15h15		PM – 00h45	
	ME2	15h00		PM – 01h00	

Date	Point de Prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation Marée	Coefficient
10/06/09	BIF	15h25	PM à 14h50	PM + 00h35	72/70
	MiMer	13h35		PM - 01h15	
	ATSO	14h20		PM - 00h30	
	ME1	14h10		PM - 00h40	
	ME2	14h00		PM - 00h50	
26/06/09	BIF	16h18	PM à 15h53	PM + 00h25	95/92
	MiMer	16h05		PM + 00h12	
	ATSO	15h47		PM - 00h06	
	ME1	15h38		PM - 00h15	
	ME2	15h30		PM - 00h23	
22/07/09	BIF	14h00	PM à 13h13	PM + 00h47	94/98
	MiMer	12h00		PM - 01h13	
	ATSO	13h00		PM - 00h13	
	ME1	12h55		PM - 00h18	
	ME2	12h45		PM - 00h28	
05/08/09	BIF	13h40	PM à 13h09	PM + 00h31	70/73
	MiMer	11h55		PM - 01h14	
	ATSO	12h35		PM - 00h34	
	ME1	12h30		PM - 00h39	
	ME2	12h20		PM - 00h49	
19/08/09	BIF	12h45	PM à 12h11	PM + 00h34	83/91
	MiMer	11h15		PM - 00h56	
	ATSO	NA		NA	
	ME1	NA		NA	
	ME2	NA		NA	
07/09/09	BIF	15h00	PM à 14h45	PM + 00h15	90/89
	MiMer	13h25		PM - 01h20	
	ATSO	14h40		PM - 00h05	
	ME1	14h00		PM - 00h45	
	ME2	13h50		PM - 00h55	
22/10/09	BIF	16h35	PM à 15h25	PM + 01h10	75/69
	MiMer	14h15		PM - 01h10	
	ATSO	15h20		PM - 00h05	
	ME1	15h10		PM - 00h15	
	ME2	14h55		PM - 00h30	
01/12/09	BIF	11h25	PM à 11h01	PM + 00h24	78/83
	MiMer	09h50		PM - 01h11	
	ATSO	10h25		PM - 00h36	
	ME1	NA		NA	
	ME2	NA		NA	
15/12/09	BIF	11h50	PM à 11h16	PM + 00h34	72/74
	MiMer	NA		NA	
	ATSO	11h00		PM - 00h16	
	ME1	10h50		PM - 00h26	
	ME2	10h40		PM - 00h36	

## **Annexe 2**

Données brutes des analyses physico-chimiques

**(NA : Donnée manquante)**

## 2009, 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>
15/01/2009	4,4	33,2	12,00	21,1	1,9	3,59	NA	3,21	0,72	23,33	0,74	9,94
24/02/2009	5,6	34,4	9,25	16,5	2,8	31,08	6,23	0,48	0,34	41,32	0,62	14,4
31/03/2009	8,1	34,2	4,24	6,2	1,6	8,92	2,6	< 0,15	0,76	54,01	0,41	13,86
14/04/2009	10,1	33,8	4,09	6,6	2,4	8,97	2,37	0,38	< 0,05	< 0,15	0,14	0,51
29/04/2009	11,5	34,4	6,48	8	3,2	10,47	1,16	0,21	< 0,05	< 0,15	0,27	1,28
19/05/2009	12,7	34,6	4,54	7,7	1,4	9,01	2,62	0,19	< 0,05	0,15	0,22	< 0,1
08/06/2009	NA	34,3	4,38	12,8	1,7	4,29	1,87	1,08	0,27	< 0,15	0,39	1,11
25/06/2009	17,4	34,5	2,16	7,9	1,6	3,91	1,44	0,26	< 0,05	< 0,15	0,49	< 0,1
28/07/2009	18,7	34,4	1,86	4,6	0,8	2,55	0,65	1,58	< 0,05	< 0,15	0,33	4,64
26/08/2009	19,7	35	2,83	7,6	0,9	1,43	0,72	4,95	0,1	< 0,15	0,76	6,05
08/09/2009	18,1	34,8	2,05	3,4	0,6	1,49	0,53	3,48	0,08	< 0,15	0,71	3,51
30/11/2009	11,5	34	13,30	26,8	2,8	0,83	2,72	2,81	0,61	15,38	1,07	9,28
16/12/2009	8,4	34	6,44	14,6	1,9	0,89	0,86	3,4	1,32	27,06	1,53	17,6

## 2009, 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>
15/01/2009	4,8	32,9	3,99	5,8	0,7	2,48	NA	1,77	0,71	20,49	0,59	7,53
24/02/2009	5,6	34,7	2,95	6,9	2,3	28,66	6,14	0,67	0,35	38,99	0,65	12,81
31/03/2009	7,8	34,3	3,77	8	1,6	8,59	5,49	0,16	0,27	19,79	< 0,05	0,89
14/04/2009	9,4	33,9	3,74	8,2	2,4	9,14	2,12	0,68	< 0,05	0,76	0,19	0,22
29/04/2009	11,1	34,5	4,23	6,4	2,8	9,14	1,56	0,32	< 0,05	< 0,15	0,25	0,41
19/05/2009	12,3	34,6	3,28	3,1	1,1	5,38	0,93	0,51	< 0,05	< 0,15	0,31	< 0,1
08/06/2009	NA	34,6	1,23	2,4	0,5	1,23	0,52	0,26	< 0,05	< 0,15	0,2	0,27
25/06/2009	16,7	34,6	1,07	4,4	1,0	2,48	0,49	0,74	< 0,05	< 0,15	0,19	< 0,1
28/07/2009	18,2	34,5	2,20	7,4	1,0	3,83	1,26	0,49	< 0,05	< 0,15	0,47	0,64
26/08/2009	19,3	35	1,78	3,8	0,8	2,58	0,94	0,71	< 0,05	< 0,15	0,52	1
08/09/2009	18,3	35	1,38	2,6	1,3	2,51	1,10	0,45	< 0,05	< 0,15	0,79	0,35
30/11/2009	11,5	34,4	5,93	12	1,5	1,07	1,26	1,60	0,57	14,88	0,98	6,41
16/12/2009	9,3	34,7	3,13	9,6	1,3	1,71	0,9	1	1,23	20,04	1,26	10,62

## 2009, 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>
15/01/2009	5,2	33,8	3,17	4,4	0,8	1,63	NA	1,82	0,71	17,44	0,51	5,91
24/02/2009	5,7	34,7	1,2	2,6	1,7	16,53	2,66	0,43	0,27	33,98	0,61	11,45
31/03/2009	7,8	34,2	2,55	3,4	1,3	4,71	1,53	0,56	0,25	18,84	< 0,05	0,65
14/04/2009	9,2	33,9	2,06	3,8	2	8,45	1,83	0,72	< 0,05	1,44	0,14	0,3
29/04/2009	10,7	34,1	2,95	4,6	2	7,36	1,37	0,43	< 0,05	< 0,15	0,15	0,31
19/05/2009	12,2	34,7	1,06	2,1	0,9	5,73	0,79	0,31	< 0,05	< 0,15	0,15	< 0,1
08/06/2009	NA	34,7	0,59	0,8	0,4	1,02	0,31	0,54	< 0,05	< 0,15	0,12	0,48
25/06/2009	16,4	34,5	0,48	1,2	0,9	1,92	0,28	< 0,15	< 0,05	< 0,15	0,15	< 0,1
28/07/2009	18	34,5	2,07	4,9	0,8	3,84	1,09	0,46	< 0,05	< 0,15	0,46	0,39
26/08/2009	19,1	34,9	1,53	2,5	0,5	2,20	1,06	1,19	< 0,05	< 0,15	0,54	1,45
08/09/2009	18,1	35	0,57	1,1	0,6	2,95	0,42	0,39	< 0,05	< 0,15	1,84	0,38
30/11/2009	11,9	34,7	3,24	6	1,2	0,83	0,69	1,19	0,71	13,81	0,87	5,38
16/12/2009	10,1	35	1,31	3,5	1,3	1,23	0,46	0,52	1,12	17,47	1,18	8,51

## 2009, 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>
27/01/2009	5,70	33,9	4,45	5,2	0,8	5,20	1,03	0,97	0,21	16,58	0,58	5,79
26/02/2009	5,70	34,2	2,47	3,3	1,1	9,97	2,63	0,51	0,17	32,09	0,42	9,46
09/04/2009	9,10	33,4	1,31	2,9	1,4	4,22	1,22	1,26	0,16	8,52	0,24	0,96
21/04/2009	9,90	34,1	3,11	4,4	2	10,64	3,21	1,26	0,05	0,3	0,25	0,62
14/05/2009	12,10	34,6	1,09	1,8	1,2	4,72	0,67	0,73	< 0,05	< 0,15	0,17	< 0,1
29/05/2009	14,10	34,2	2,16	2	0,9	9,14	2,11	< 0,15	< 0,05	0,28	0,07	< 0,1
09/06/2009	15,00	34,2	2,62	8,8	2,2	9,86	3,95	2,20	0,15	1,26	0,49	0,5
23/06/2009	16,60	34,1	1,89	6,8	1,7	7,12	1,79	0,51	0,06	1,82	0,8	0,22
23/07/2009	18,70	34,2	1,93	5,4	1,3	2,91	1,02	0,34	< 0,05	< 0,15	0,28	0,39
24/08/2009	NA	33,6	2,68	5,9	1,4	3,97	1,3	1,21	< 0,05	< 0,15	0,48	2,28
17/09/2009	17,40	35,2	4,60	10,1	1,3	1,97	1,15	4,67	0,26	< 0,15	0,78	3,71
08/10/2009	16,80	34,8	1,06	2,2	0,8	3,51	0,81	1,84	0,12	< 0,15	0,42	1,97
10/11/2009	12,50	34,5	5,07	10,2	1,7	1,68	1,54	1,40	0,31	5,68	0,73	< 0,1
09/12/2009	10,7	34,2	2,03	3,1	0,8	1,55	1,02	1,53	1,05	22,64	1,23	10,31

## 2009, 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>
27/01/2009	6,20	34,4	1,96	2,8	1,3	2,67	0,82	0,44	0,21	14,12	0,58	4,59
26/02/2009	6,00	34,5	3,55	4,4	1,6	7,04	3,09	0,51	0,16	27,85	2,11	7,87
09/04/2009	8,8	33,9	1,08	3,3	1,1	2,48	0,69	1,45	0,22	4,9	0,23	0,91
21/04/2009	9,80	34,3	1,11	1,5	0,7	2,66	2,46	1,5	< 0,05	0,38	0,22	0,31
14/05/2009	12,20	34,6	2,49	3,4	1	4,12	0,85	1,05	< 0,05	< 0,15	0,21	0,17
29/05/2009	13,30	34,8	1,19	1,2	0,8	3,67	0,71	< 0,15	< 0,05	0,24	0,10	< 0,1
09/06/2009	14,50	34,5	1,02	2,1	1,1	3,07	0,89	0,43	< 0,05	0,44	0,37	0,15
23/06/2009	16,00	34,5	1,12	3,9	0,9	2,62	0,62	1,17	< 0,05	1,77	0,62	0,13
23/07/2009	18,20	34,4	1,54	3,1	0,8	2,41	0,67	0,21	< 0,05	< 0,15	0,6	< 0,1
24/08/2009	19,80	34,2	1,78	3,6	0,9	3,07	0,70	1	< 0,05	< 0,15	0,66	1,32
17/09/2009	17,40	35,3	3,45	8,9	1,2	1,41	1,38	3,17	0,07	< 0,15	0,45	0,25
08/10/2009	16,90	35,1	1,23	2	0,8	1,62	0,68	2,31	0,57	0,2	0,46	3,67
10/11/2009	13,20	35	1,83	2,7	0,9	1,75	0,39	0,81	0,22	3,43	0,59	< 0,1
09/12/2009	11,1	34,4	1,63	2,3	0,8	1,16	0,58	1,15	1,18	20,18	1,17	8,37

## 2009, 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>
27/01/2009	7,80	34,6	1,21	2	1,2	0,91	0,30	0,69	0,27	12,86	0,66	3,07
26/02/2009	6,40	34,9	2,93	2,9	1,5	2,55	1,68	1,45	0,95	63,64	0,62	12,84
09/04/2009	9	33,6	0,954	1,5	0,8	2,25	0,47	1,72	0,13	6,21	0,29	0,94
21/04/2009	9,60	34,5	0,54	0,5	0,4	0,48	0,50	1,29	< 0,05	0,55	0,21	0,15
14/05/2009	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
29/05/2009	12,90	35	0,80	0,7	0,7	1,72	0,41	0,25	< 0,05	0,16	0,17	< 0,1
09/06/2009	14,00	34,7	0,46	0,6	0,6	0,97	0,11	0,39	< 0,05	0,29	0,33	0,19
23/06/2009	15,00	34,9	0,60	2,1	0,8	0,81	0,52	0,48	< 0,05	1,59	0,58	0,40
23/07/2009	17,30	34,7	0,78	2,1	0,6	1,07	0,34	< 0,15	< 0,05	< 0,15	0,39	0,86
24/08/2009	18,90	34,5	0,88	2,4	0,8	1,83	0,34	0,30	< 0,05	< 0,15	0,6	0,24
17/09/2009	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
08/10/2009	17,00	35,4	1,16	1,3	0,9	1	0,44	0,58	1,55	2,21	0,51	2,85
10/11/2009	14,20	35,5	0,76	1	0,6	1,07	0,27	0,43	0,2	2,64	0,67	< 0,1
09/12/2009	11,1	34,5	1,1	1,1	0,8	1,67	0,23	0,8	1,29	20,18	1,18	8,41



**2009, 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>
28/01/2009	5,50	32,70	13,50	19,30	1,10	1,99	1,30	0,71	0,30	24,73	0,38	11,54
25/02/2009	5,70	32,90	17,60	24,80	1,90	7,98	3,77	0,21	0,24	15,11	0,05	1,02
13/03/2009	7,40	32,50	23,00	26,40	2,30	7,99	3,51	< 0,15	< 0,05	0,70	< 0,05	0,59
23/03/2009	8,00	32,90	10,80	13,50	1,90	15,03	4,65	0,87	0,21	35,16	0,50	10,90
06/04/2009	8,80	32,40	4,10	2,20	1,40	9,07	2,94	0,67	0,27	17,55	0,13	< 0,1
23/04/2009	11,20	32,50	1,61	2,70	2,70	8,39	2,02	0,49	0,23	5,85	0,13	0,74
13/05/2009	12,00	33,10	6,04	9,60	5,20	21,86	5,31	< 0,15	< 0,05	< 0,15	0,16	< 0,1
28/05/2009	14,30	33,70	9,63	14,10	2,00	18,17	6,34	0,20	0,18	1,33	0,21	< 0,1
10/06/2009	15,50	33,20	2,73	6,10	2,10	17,62	2,90	1,00	0,18	1,88	0,57	< 0,1
26/06/2009	18,00	33,50	3,15	9,80	2,00	12,34	2,91	< 0,15	< 0,05	< 0,15	0,05	< 0,1
22/07/2009	18,90	33,80	9,05	17,60	1,60	5,87	2,62	0,77	< 0,05	1,63	0,38	3,75
05/08/2009	19,30	33,90	2,40	3,60	1,30	6,69	2,01	0,94	< 0,05	2,52	0,79	4,28
19/08/2009	20,20	33,40	2,70	4,80	1,40	7,03	2,16	0,65	< 0,05	< 0,15	0,46	8,32
07/09/2009	17,90	33,80	6,57	11,90	1,60	3,45	1,44	2,76	0,18	3,73	0,73	5,40
22/10/2009	13,60	33,90	4,19	10,70	1,40	4,28	2,56	3,74	0,46	10,05	0,46	2,06
01/12/2009	10,80	33,80	6,47	12,10	1,50	2,22	NA	1,35	0,64	24,85	1,33	12,68
15/12/2009	8,80	33,60	3,70	8,30	0,80	2,67	0,85	2,19	0,91	30,64	1,45	17,01

**2009, 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>
28/01/2009	5,50	33,40	4,67	4,90	0,50	1,79	0,78	0,51	0,24	22,49	0,30	9,96
25/02/2009	5,80	33,10	10,00	14,90	1,60	5,75	2,18	0,38	0,18	13,00	0,17	1,36
13/03/2009	7,30	32,80	10,50	18,10	4,80	8,88	2,91	< 0,15	< 0,05	1,24	< 0,05	0,41
23/03/2009	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
06/04/2009	8,80	32,80	3,60	2,30	0,90	7,34	1,73	0,66	0,28	17,72	0,15	0,10
23/04/2009	11,30	32,20	2,10	2,80	2,40	6,05	2,05	0,40	0,28	8,24	0,14	1,75
13/05/2009	12,00	33,30	2,22	4,80	2,80	17,53	3,23	< 0,15	< 0,05	< 0,15	0,15	< 0,1
28/05/2009	14,30	33,90	4,92	8,10	2,30	20,43	3,73	< 0,15	0,22	0,57	0,23	0,10
10/06/2009	15,60	33,40	1,03	1,80	1,40	12,78	1,71	0,71	0,14	1,47	0,50	< 0,1
26/06/2009	17,60	33,70	1,62	4,30	1,40	10,48	1,99	< 0,15	< 0,05	< 0,15	0,23	< 0,1
22/07/2009	18,90	33,80	4,47	9,20	0,90	5,16	1,79	0,35	< 0,05	1,01	0,52	3,58
05/08/2009	19,20	34,20	1,21	2,30	0,90	6,65	1,18	0,25	< 0,05	2,53	0,36	3,54
19/08/2009	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
07/09/2009	18,00	34,00	3,03	6,60	1,10	2,87	0,94	2,41	0,13	2,24	0,73	4,84
22/10/2009	13,80	34,10	3,13	9,10	1,10	2,97	1,10	2,96	0,42	7,44	0,37	2,11
01/12/2009	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
15/12/2009	9,00	33,60	1,62	4,60	1,00	3,19	0,59	1,47	0,93	27,76	1,49	15,58

**2009, 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>
28/01/2009	5,60	33,80	2,05	2,60	0,30	1,75	0,35	< 0,15	0,24	19,94	0,47	8,26
25/02/2009	5,80	33,20	3,90	5,40	1,90	2,58	1,12	0,23	0,16	11,76	0,35	2,13
13/03/2009	7,10	33,30	5,84	10,60	1,80	7,92	3,27	< 0,15	< 0,05	2,70	< 0,05	0,56
23/03/2009	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
06/04/2009	8,70	33,10	3,50	1,70	0,90	6,87	1,75	0,55	0,26	17,33	0,16	0,27
23/04/2009	11,10	32,40	1,28	2,20	2,20	5,87	0,99	0,38	0,22	6,33	0,10	1,08
13/05/2009	12,00	33,20	1,81	4,40	2,40	14,21	2,43	< 0,15	< 0,05	< 0,15	0,17	< 0,1
28/05/2009	14,00	33,60	3,67	6,30	1,80	23,01	3,57	< 0,15	0,05	0,48	< 0,05	< 0,1
10/06/2009	15,30	33,90	0,57	2,30	1,40	12,75	1,61	0,32	0,23	1,12	0,63	< 0,1
26/06/2009	17,30	34,00	1,39	7,90	1,60	9,09	1,22	< 0,15	< 0,05	< 0,15	< 0,05	< 0,1
22/07/2009	18,70	34,10	1,62	4,30	0,70	4,43	0,65	< 0,15	< 0,05	< 0,15	0,33	1,70
05/08/2009	19,10	34,40	1,08	1,90	0,90	6,61	1,36	0,15	< 0,05	2,68	0,48	1,92
19/08/2009	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
07/09/2009	18,20	34,30	1,66	6,70	1,20	5,94	1,56	0,68	< 0,05	< 0,15	0,70	2,71
22/10/2009	14,40	34,60	2,04	9,20	1,10	4,50	1,49	1,15	0,32	5,99	0,32	0,54
01/12/2009	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
15/12/2009	9,00	33,80	1,11	2,70	0,80	2,93	0,46	1,25	0,92	26,09	1,41	15,98



## **Annexe 3**

Indice de Sanders par trimestre

1001022 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 1 SRN Dunkerque - Année 2009 Trimestre n°1

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> ( <i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificica</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira levanderi</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>

1001022 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 1 SRN Dunkerque - Année 2009 Trimestre n°2

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> ( <i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificica</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros curvisetus</i> + <i>debilis</i> + <i>pseudocurvisetus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira levanderi</i>	<i>Diatomophyceae</i>

1001022 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 1 SRN Dunkerque - Année 2009 Trimestre n°3

REPHY - Taxons dominants

<b>Intitulé Quadrige</b>	<b>Classe</b>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Chaetoceros curvisetus + debilis + pseudocurvisetus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Guinardia striata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira levanderi</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Plagiogramma</i>	<i>Diatomophyceae</i>

1001022 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 1 SRN Dunkerque - Année 2009 Trimestre n°4

REPHY - Taxons dominants

<b>Intitulé Quadrige</b>	<b>Classe</b>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Brockmanniella brockmannii</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Plagiogramma</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Navicula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Delphineis</i>	<i>Fragilariophyceae</i>
<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>

1001023 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 3 SRN Dunkerque - Année 2009 Trimestre  
n°1

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Plagiogramma</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chlorophyceae</i>	<i>Chlorophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>

1001023 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 3 SRN Dunkerque - Année 2009 Trimestre  
n°2

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Thalassiosira levanderi</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia</i>	<i>Diatomophyceae</i>

1001023 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 3 SRN Dunkerque - Année 2009 Trimestre n°3

REPHY - Taxons dominants

<b>Intitulé Quadrige</b>	<b>Classe</b>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Guinardia striata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Heterocapsa</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Thalassiosira antarctica</i>	<i>Diatomophyceae</i>

1001023 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 3 SRN Dunkerque - Année 2009 Trimestre n°4

REPHY - Taxons dominants

<b>Intitulé Quadrige</b>	<b>Classe</b>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Thalassiosira</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Navicula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Nitzschia longissima</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Brockmanniella brockmannii</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Thalassiosira levanderi</i>	<i>Diatomophyceae</i>

1001024 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 4 SRN Dunkerque - Année 2009 Trimestre  
n°1

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	Diatomophyceae
Cryptophyceae	Cryptophyceae
<i>Guinardia delicatula</i>	Diatomophyceae
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	Diatomophyceae
<i>Paralia sulcata</i>	Diatomophyceae
<i>Phaeocystis</i>	Prymnesiophyceae
<i>Thalassiosira levanderi</i>	Diatomophyceae
Chlorophyceae	Chlorophyceae
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	Diatomophyceae
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> ( <i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificica</i> )	Diatomophyceae

1001024 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 4 SRN Dunkerque - Année 2009 Trimestre  
n°2

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
Cryptophyceae	Cryptophyceae
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	Diatomophyceae
<i>Phaeocystis</i>	Prymnesiophyceae
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	Diatomophyceae
<i>Guinardia delicatula</i>	Diatomophyceae
<i>Leptocylindrus danicus</i>	Diatomophyceae
<i>Thalassiosira levanderi</i>	Diatomophyceae
<i>Paralia sulcata</i>	Diatomophyceae
<i>Rhizosolenia</i>	Diatomophyceae
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	Diatomophyceae

1001024 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 4 SRN Dunkerque - Année 2009 Trimestre n°3

REPHY - Taxons dominants

<b>Intitulé Quadrige</b>	<b>Classe</b>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Guinardia striata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira antarctica</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Delphineis</i>	<i>Fragilariophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des effilées, complexe <i>seriata</i> ( <i>multiseries</i> + <i>pungens</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chlorophyceae</i>	<i>Chlorophyceae</i>

1001024 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 4 SRN Dunkerque - Année 2009 Trimestre n°4

REPHY - Taxons dominants

<b>Intitulé Quadrige</b>	<b>Classe</b>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Brockmanniella brockmannii</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Navicula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Delphineis</i>	<i>Fragilariophyceae</i>

2003002 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 1 SRN Boulogne - Année 2009 Trimestre  
n°1

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Ditylum brightwellii</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira rotula</i> + <i>gravida</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Lauderia</i> + <i>Schroederella</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira levanderi</i>	<i>Diatomophyceae</i>

2003002 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 1 SRN Boulogne - Année 2009 Trimestre  
n°2

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Nitzschia longissima</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus minimus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>



2003002 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 1 SRN Boulogne - Année 2009 Trimestre  
n°3

REPHY - Taxons dominants

<b>Intitulé Quadrige</b>	<b>Classe</b>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata + styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Guinardia striata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chlorophyceae</i>	<i>Chlorophyceae</i>
<i>Leptocylindrus minimus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>

2003002 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 1 SRN Boulogne - Année 2009 Trimestre  
n°4

REPHY - Taxons dominants

<b>Intitulé Quadrige</b>	<b>Classe</b>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Delphineis</i>	<i>Fragilariophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Leptocylindrus minimus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Navicula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhaphoneis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>

2003032 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 2 SRN Boulogne - Année 2009 Trimestre  
n°1

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> ( <i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificica</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptomonadales</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Chaetoceros danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chlorophyceae</i>	<i>Chlorophyceae</i>
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Diatomophyceae</i>

2003032 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 2 SRN Boulogne - Année 2009 Trimestre  
n°2

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> ( <i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificica</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>

2003032 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 2 SRN Boulogne - Année 2009 Trimestre  
n°3

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Guinardia striata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata + styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> ( <i>australis + fraudulenta + seriata + subpacificica</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Prorocentrum triestinum</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis + socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>

2003032 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 2 SRN Boulogne - Année 2009 Trimestre  
n°4

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Delphineis</i>	<i>Fragilariophyceae</i>
<i>Leptocylindrus minimus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Chaetoceros danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>

2003033 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 3 SRN Boulogne - Année 2009 Trimestre  
n°1

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Chaetoceros danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chrysophyceae</i>	<i>Chrysophyceae</i>
<i>Thalassiosira rotula</i> + <i>gravida</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira antarctica</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Nitzschia longissima</i>	<i>Diatomophyceae</i>

2003033 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 3 SRN Boulogne - Année 2009 Trimestre  
n°2

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus minimus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chlorophyceae</i>	<i>Chlorophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> ( <i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacifica</i> )	<i>Diatomophyceae</i>

2003033 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 3 SRN Boulogne - Année 2009 Trimestre  
n°3

REPHY - Taxons dominants

<b>Intitulé Quadrige</b>	<b>Classe</b>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Guinardia striata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Katodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata + styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chlorophyceae</i>	<i>Chlorophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des effilées, complexe <i>seriata</i> ( <i>multiseries</i> + <i>pungens</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Delphineis</i>	<i>Fragilariophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>

2003033 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 3 SRN Boulogne - Année 2009 Trimestre  
n°4

REPHY - Taxons dominants

<b>Intitulé Quadrige</b>	<b>Classe</b>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Heterocapsa</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Delphineis</i>	<i>Fragilariophyceae</i>
<i>Chaetoceros curvisetus + debilis + pseudocurvisetus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus minimus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Navicula</i>	<i>Diatomophyceae</i>

## 3006022 Baie de Somme / Bif - Année 2009 Trimestre n°1

## REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Plagiogramma</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira levanderi</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Brockmanniella brockmannii</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Odontella aurita</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i>	<i>Diatomophyceae</i>

## 3006022 Baie de Somme / Bif - Année 2009 Trimestre n°2

## REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Odontella mobiliensis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Plagiogramma</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>

## 3006022 Baie de Somme / Bif - Année 2009 Trimestre n°3

## REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Odontella mobiliensis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira levanderi</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros curvisetus + debilis + pseudocurvisetus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chlorophyceae</i>	<i>Chlorophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Prorocentrum triestinum</i>	<i>Dinophyceae</i>

## 3006022 Baie de Somme / Bif - Année 2009 Trimestre n°4

## REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Thalassiosira</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros curvisetus + debilis + pseudocurvisetus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira levanderi</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Brockmanniella brockmannii</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> ( <i>australis + fraudulenta + seriata + subpacificica</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Delphineis</i>	<i>Fragilariophyceae</i>

## 3006021 Baie de Somme - large / Mimer - Année 2009 Trimestre n°1

## REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Plagiogramma</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira levanderi</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Odontella aurita</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira angulata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Nitzschia longissima</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>

## 3006021 Baie de Somme - large / Mimer - Année 2009 Trimestre n°2

## REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Rhizosolenia</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Plagiogramma</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Odontella mobiliensis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>



## 3006021 Baie de Somme - large / Mimer - Année 2009 Trimestre n°3

## REPHY - Taxons dominants

<b>Intitulé Quadrige</b>	<b>Classe</b>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Odontella mobiliensis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira levanderi</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira levanderi</i> + <i>minima</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira</i>	<i>Diatomophyceae</i>

## 3006021 Baie de Somme - large / Mimer - Année 2009 Trimestre n°4

## REPHY - Taxons dominants

<b>Intitulé Quadrige</b>	<b>Classe</b>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira levanderi</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus minimus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Meuniera membranacea</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Odontella mobiliensis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Brockmanniella brockmannii</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>

## 3006001 Baie de Somme - large / Atso - Année 2009 Trimestre n°1

## REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira levanderi</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Plagiogramma</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Nitzschia longissima</i>	<i>Diatomophyceae</i>

## 3006001 Baie de Somme - large / Atso - Année 2009 Trimestre n°2

## REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chlorophyceae</i>	<i>Chlorophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>

## 3006001 Baie de Somme - large / Atso - Année 2009 Trimestre n°3

## REPHY - Taxons dominants

<b>Intitulé Quadrige</b>	<b>Classe</b>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chlorophyceae</i>	<i>Chlorophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Heterocapsa</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Delphineis</i>	<i>Fragilariophyceae</i>
<i>Thalassiosira</i>	<i>Diatomophyceae</i>

## 3006001 Baie de Somme - large / Atso - Année 2009 Trimestre n°4

## REPHY - Taxons dominants

<b>Intitulé Quadrige</b>	<b>Classe</b>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chlorophyceae</i>	<i>Chlorophyceae</i>
<i>Rhaphoneis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Brockmanniella brockmannii</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Delphineis</i>	<i>Fragilariophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>

## 3006019 Baie de Somme - large / SRN Somme mer 1 - Année 2009 Trimestre n°1

## REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Skeletonema costatum</i>	Diatomophyceae
Cryptophyceae	Cryptophyceae
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	Diatomophyceae
<i>Chaetoceros</i>	Diatomophyceae
<i>Thalassiosira angulata</i>	Diatomophyceae
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	Diatomophyceae
<i>Paralia sulcata</i>	Diatomophyceae
<i>Nitzschia longissima</i>	Diatomophyceae
<i>Thalassiosira</i>	Diatomophyceae
<i>Thalassiosira levanderi</i>	Diatomophyceae

## 3006019 Baie de Somme - large / SRN Somme mer 1 - Année 2009 Trimestre n°2

## REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	Diatomophyceae
Cryptophyceae	Cryptophyceae
<i>Phaeocystis</i>	Prymnesiophyceae
<i>Guinardia delicatula</i>	Diatomophyceae
<i>Rhizosolenia</i>	Diatomophyceae
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	Diatomophyceae
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	Diatomophyceae
<i>Leptocylindrus danicus</i>	Diatomophyceae
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	Diatomophyceae
<i>Guinardia striata</i>	Diatomophyceae

3006019 Baie de Somme - large / SRN Somme mer 1 - Année 2009 Trimestre n°3

REPHY - Taxons dominants

<b>Intitulé Quadrige</b>	<b>Classe</b>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata + styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira levanderi + minima</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Lauderia + Schroederella</i>	<i>Diatomophyceae</i>

3006019 Baie de Somme - large / SRN Somme mer 1 - Année 2009 Trimestre n°4

REPHY - Taxons dominants

<b>Intitulé Quadrige</b>	<b>Classe</b>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Lauderia + Schroederella</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhaphoneis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus minimus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Nitzschia longissima</i>	<i>Diatomophyceae</i>

## 3006020 Baie de Somme - large / SRN Somme mer 2 - Année 2009 Trimestre n°1

## REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira levanderi</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Plagiogramma</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Nitzschia longissima</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>

## 3006020 Baie de Somme - large / SRN Somme mer 2 - Année 2009 Trimestre n°2

## REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Pseudo-nitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> )	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Guinardia striata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>

## 3006020 Baie de Somme - large / SRN Somme mer 2 - Année 2009 Trimestre n°3

## REPHY - Taxons dominants

<b>Intitulé Quadrige</b>	<b>Classe</b>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata + styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Delphineis</i>	<i>Fragilariophyceae</i>
<i>Guinardia striata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis + socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>

## 3006020 Baie de Somme - large / SRN Somme mer 2 - Année 2009 Trimestre n°4

## REPHY - Taxons dominants

<b>Intitulé Quadrige</b>	<b>Classe</b>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Rhaphoneis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros curvisetus + debilis + pseudocurvisetus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Delphineis</i>	<i>Fragilariophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Meuniera membranacea</i>	<i>Diatomophyceae</i>