

Alain Lefebvre

Tacfarinas Ait hamoudi

Juillet 2011

Ifremer/RST.LER.BL/11.05

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

Bilan de l'année 2010



R. Cordier, IFREMER/Boulogne

Campagne d'échantillonnage en Baie de Somme

Numéro d'identification du rapport : RST.LER.BL/11.05 Diffusion : libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> interdite <input type="checkbox"/> Validé par : LEFEBVRE Alain Version du document : définitive		date de publication Juillet 2011 nombre de pages 204 bibliographie (Oui / Non) illustration(s) (Oui / Non) langue du rapport Français
Titre et sous-titre du rapport : Le Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord Pas-de-Calais Picardie. Bilan de l'année 2010 Titre traduit : The regional nutrients monitoring network of the coastal zone off the Nord Pas-de-Calais Picardie Region. Annual report for 2010.		
Auteur(s) principal (aux) : Lefebvre Alain Ait hamoudi Tacfarinas		Organisme / Direction / Service, laboratoire Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer
Collaborateur(s) : Blondel C. Duquesne V. Hébert P.		Organisme / Direction / Service, laboratoire Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer
Titre du contrat de recherche : S.R.N.		
		n° de contrat IFREMER 10/1218468/MF
Organisme commanditaire : Agence de l'Eau Artois Picardie Organisme(s) réalisateur(s) : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la mer (Ifremer), Centre Manche Mer du Nord, Laboratoire Environnement & Ressources (LER), Boulogne-sur-Mer.		
Responsable scientifique : LEFEBVRE Alain Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer.		
Cadre de la recherche : Suivi Régional des Nutriments Action : A050104 Convention : / Suivi Régional des Nutriments Projet : DESECO Autres (préciser) : / Campagnes en mer : Moyens Nautiques des Services Maritimes des Ports de Boulogne et Calais, du Sport Nautique Valéricain et d'Aquamarine.		

Résumé :

Le littoral Nord – Pas de Calais montre de nombreux signes de dysfonctionnements induits principalement par l'activité anthropique. Ces signes se manifestent presque toujours par un déséquilibre des populations qu'elles soient animales ou végétales. En effet, certaines espèces dominent. C'est le cas de la Prymnesiophycée *Phaeocystis sp.*, une algue phytoplanctonique naturelle qui prolifère tous les ans au printemps. Le cycle de développement de l'espèce semble évoluer depuis quelques années (modification de l'amplitude, de la durée et de l'extension géographique du bloom) et est fortement lié à la dynamique des sels nutritifs comme les nitrates et les phosphates par exemple.

Dans le cadre de l'évaluation de l'influence des apports continentaux en éléments nutritifs sur d'éventuels processus d'eutrophisation du milieu marin, de l'estimation de l'efficacité des stations d'épuration à éliminer de telles substances et afin d'établir un suivi à long terme permettant de suivre l'évolution de la qualité des eaux littorales, le réseau de Suivi Régional des Nutriments (SRN) a été mis en place par l'Ifremer en collaboration avec l'Agence de l'Eau Artois Picardie en 1992. Ce rapport présente les principaux résultats de l'année 2010 en termes d'évolution temporelle des paramètres physico-chimiques et biologiques caractéristiques des masses d'eaux échantillonnées au niveau des points de surveillance de trois radiales situées à Dunkerque, à Boulogne-sur-Mer et en Baie de Somme.

Abstract :

The coastal zone of the Nord – Pas de Calais / Picardie showed dysfunctioning patterns of the ecosystem considered to be link to human activities along shores. These results in regular massive development of species, such as the phytoplanktonic seaweed, *Phaeocystis sp.* which life cycle was partly linked to nutrients availability and consequently to anthropogenic inputs.

As part of the evaluation of the influence of continental inputs on the marine environment (nitrates, phosphates,...) and on potential eutrophication processes, of the estimation of the efficiency of the sewage treatments plants in the possible elimination of dumpings and in order to establish a long-term survey to follow up the change in coastal waters quality, the regional nutrients monitoring network was implemented by Ifremer in collaboration with the Agence de l'Eau Artois Picardie in 1992. This study reports the main results for the year 2010 in terms of temporal change of the main physico-chemical and biological parameters characteristic of water masses sampled along three transects offshore Dunkerque, Boulogne-sur-Mer and the Bay of Somme.

Mots-clés :

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

Keywords :

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

INTRODUCTION	1
1. PRESENTATION DU SUIVI REGIONAL DES NUTRIMENTS	2
1.1. LES RADIALES	2
1.2. FREQUENCE DES PRELEVEMENTS	2
1.3. PRELEVEMENTS EN MER	2
1.4. PARAMETRES ETUDIES 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
2. HYDROLOGIE	13
2.1. DUNKERQUE	13
2.2. BOULOGNE-SUR-MER	47
2.3. LA BAIE DE SOMME	81
3. PHYTOPLANCTON	131
3.1. INTRODUCTION	131
3.2. INDICES ECOLOGIQUES	131
3.2.1. Indice de SANDERS.....	131
3.2.2. Indice de Shannon	133
3.3. GENRES TOXIQUES ET TOXICITES.....	133
3.4. RESULTATS	134
3.4.1. Dunkerque	134
3.4.2. Boulogne-sur-Mer	140
3.4.3. Baie de Somme.....	146
4. DISCUSSION	153
CONCLUSIONS & PERSPECTIVES	161
BIBLIOGRAPHIE	163
ANNEXES	168
ANNEXE 1	169
ANNEXE 2	176
ANNEXE 3.....	182

INTRODUCTION

Les zones côtières littorales sont les plus précieuses et les plus vulnérables des habitats sur Terre (Jickells, 1998). Des apports significatifs d'éléments nutritifs majeurs se font via les rivières, les eaux souterraines et l'atmosphère. Ces voies d'apports en éléments nutritifs ont été exacerbées ces dernières décennies par les activités humaines. L'augmentation à long terme des apports azotés (N) et phosphatés (P) d'origine anthropique en zone côtière a trois conséquences potentielles : (1) l'induction d'une augmentation de la production primaire, qui était préalablement N et/ou P limitée, peut conduire à de sévères problèmes d'eutrophisation (Meybeck & Helmer, 1989 ; Smayda, 1990), (2) le déclin des rapports Silice / Azote, qui induit une limitation par le silicate pour les populations de diatomées et tout autre modification de l'équilibre stœchiométrique des éléments majeurs (N, P, Si) (rapports de Redfield, 1963 et de Brzezinski, 1985), va aboutir à des changements de dominance et des modifications d'abondance des espèces phytoplanctoniques (Officer & Ryther, 1980 ; Smayda, 1990), (3) une limitation par le silicate peut perturber la succession phytoplanctonique classique dans les eaux tempérées et peut provoquer un changement de dominance des espèces siliceuses (diatomées) vers les espèces 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 ou de la baie sud de la Mer du Nord : Baie de Somme, Boulogne-sur-Mer, Dunkerque (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 prolifération de la prymnesiophycée *Phaeocystis sp.* qui peut représenter une nuisance pour le système marin (Lancelot *et al.*, 1998). L'échantillonnage devient alors bimensuel. En 2010, 16 prélèvements étaient ainsi prévus pour chaque radiale. En raison de conditions météorologiques défavorables et/ou de problèmes techniques ou de disponibilité des moyens nautiques, certaines sorties peuvent être tronquées ; seule la station côtière (point de référence pour la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) et le réseau REPHY) est alors échantillonnée. Le bilan est le suivant : (Annexe 1)

- pour la radiale de Boulogne-sur-Mer : 17 sorties ont pu être réalisées pour le point 1 et 13 pour les points 2 et 3,
- pour la radiale de la Baie de Somme : 17 pour le point Atso et 12 aux points Bif, Mimer, Mer1 et Mer 2,
- Pour la radiale de Dunkerque : 14 sorties pour le point 1 et 12 pour les points 3 et 4.

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 les analyses de concentration en chlorophylle *a* et les comptage du phytoplancton ou dans un flacon à usage courant pour les analyses de matières en suspension et de la turbidité. Pour les sels nutritifs, l'eau est pré-filtrée (maille de 50 µm) avant d'être transvasée dans un flacon. Pour l'ammonium, 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

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

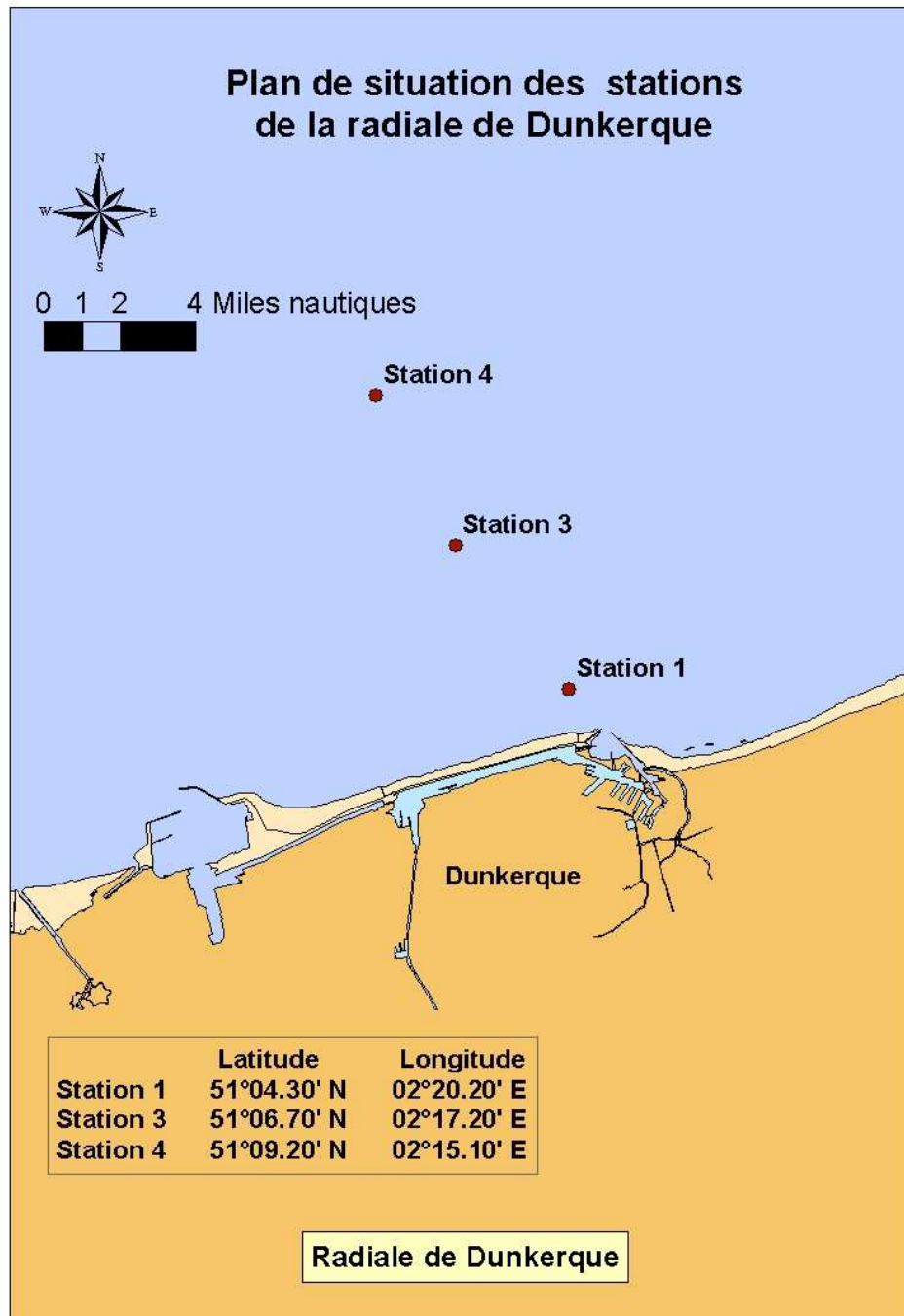


Figure 1. Localisation des points de prélèvements de la radiale de Dunkerque

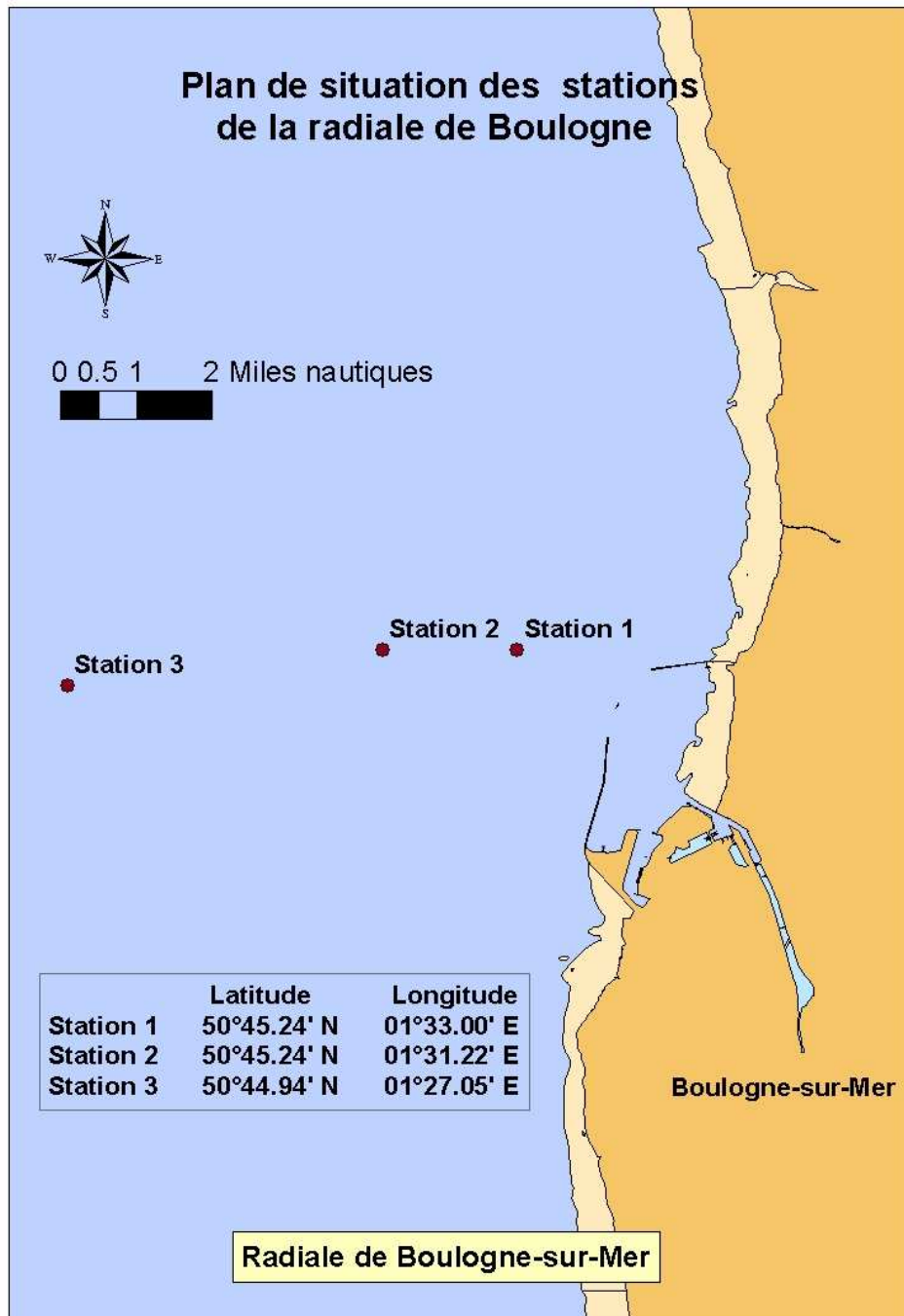


Figure 2. Localisation des points de prélèvements de la radiale de Boulogne-sur-Mer

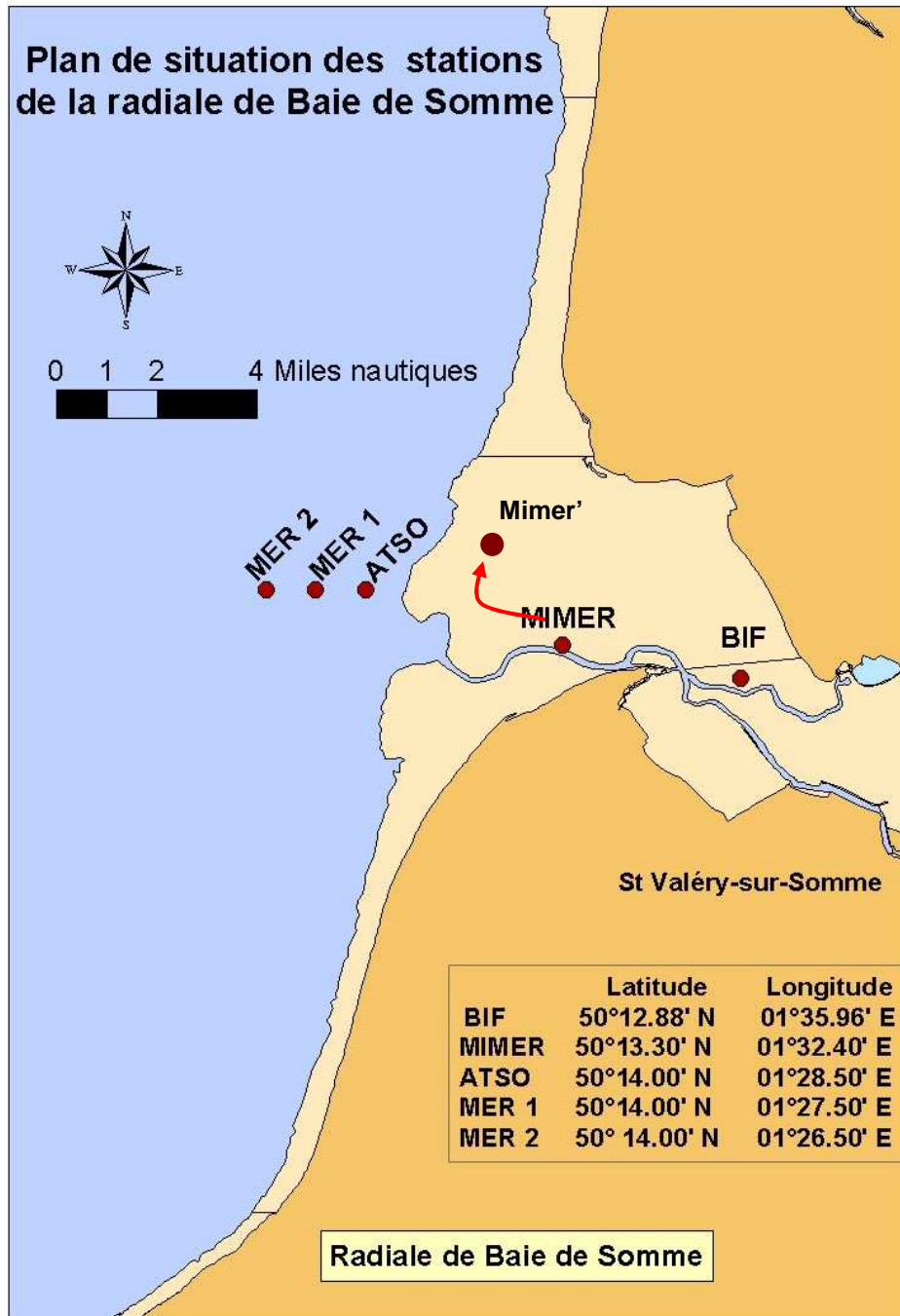


Figure 3. Localisation des points de prélèvements de la radiale de la Baie de Somme

1.4. Paramètres étudiés et analyses

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

1.4.1. Salinité et Température

La mesure de la salinité se fait par sonde conductimétrique couplée à une sonde de température 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⁻¹ 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 $0,45 \mu\text{g}$ contenue dans l'échantillon, sel de l'eau de mer exclu (le filtre est rincé pour éliminer l'excès de sel).

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

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

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

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

1.4.10. Chlorophylle a et phéopigments

La méthode de Lorenzen (1967) est appliquée pour définir les concentrations en chlorophylle *a* et en phéopigments qui sont respectivement des indicateurs de la biomasse et de la quantité phytoplanctonique. Par filtration sur membrane (filtre Whatman GF/C de 47 mm), le matériel particulaire est concentré. Les pigments sont ensuite extraits dans un solvant (acétone à 90%). Après centrifugation de 20 minutes à 6000 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 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'échantillons : vivants et fixés.

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

Fixation pour observation immédiate (dans la journée) : la fixation se fait au lugol (2,5 ml par litre). La solution mère de lugol est à conserver 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 V2 a été utilisée afin de caractériser la structure verticale des masses d'eaux des différents sites. La sonde Ysi est très complète pour les longues surveillances ainsi que pour les profils. En effet, dotée d'une autonomie assez importante (jusqu'à 75 jours), elle permet la mesure des divers paramètres présentés ci-dessous. La concentration de Chlorophylle et la turbidité sont mesurées par des capteurs autonettoyants non affectés par les variations de la lumière ambiante.

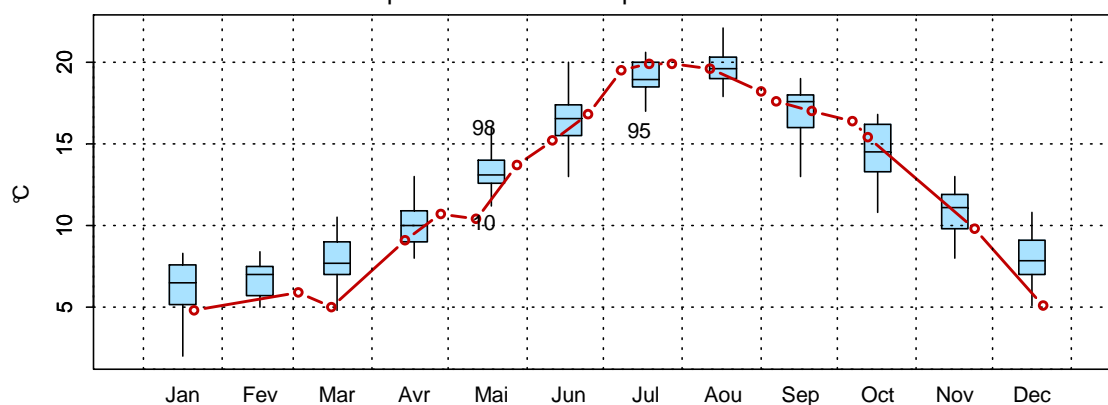
Tableau récapitulatif des paramètres acquis par la sonde Ysi 6600 V2

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

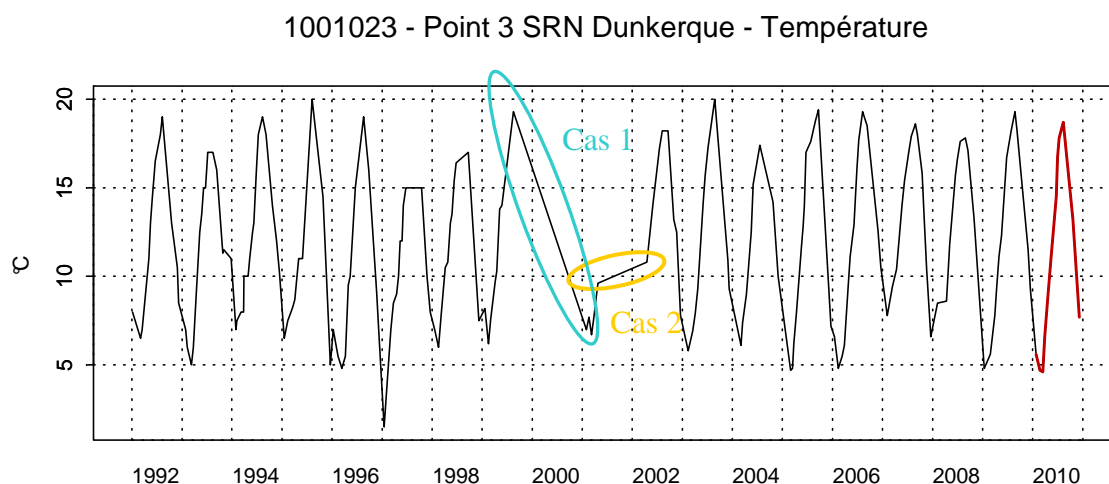
1.4.14. Interprétation des figures

Les paramètres hydrologiques sont représentés par deux types de graphiques. D’abord, les boîtes de dispersion permettent de visualiser les variations saisonnières intégrées sur toute la période 1992 – N-1 (1992-2010 pour l’exemple ci-dessous). Elles représentent les paramètres de tendance centrale et de dispersion des valeurs pour chaque mois pour l’ensemble de la période considérée. Les valeurs extrêmement faibles ou fortes sont indiquées par le chiffre de l’année lors de laquelle le phénomène s’est produit (exemple : au mois de mai 2010, la valeur de la température fut exceptionnellement basse au point Atso (Baie de Somme). L’évolution du paramètre lors de l’année N (2010, dans cet exemple) est représentée par la courbe rouge.

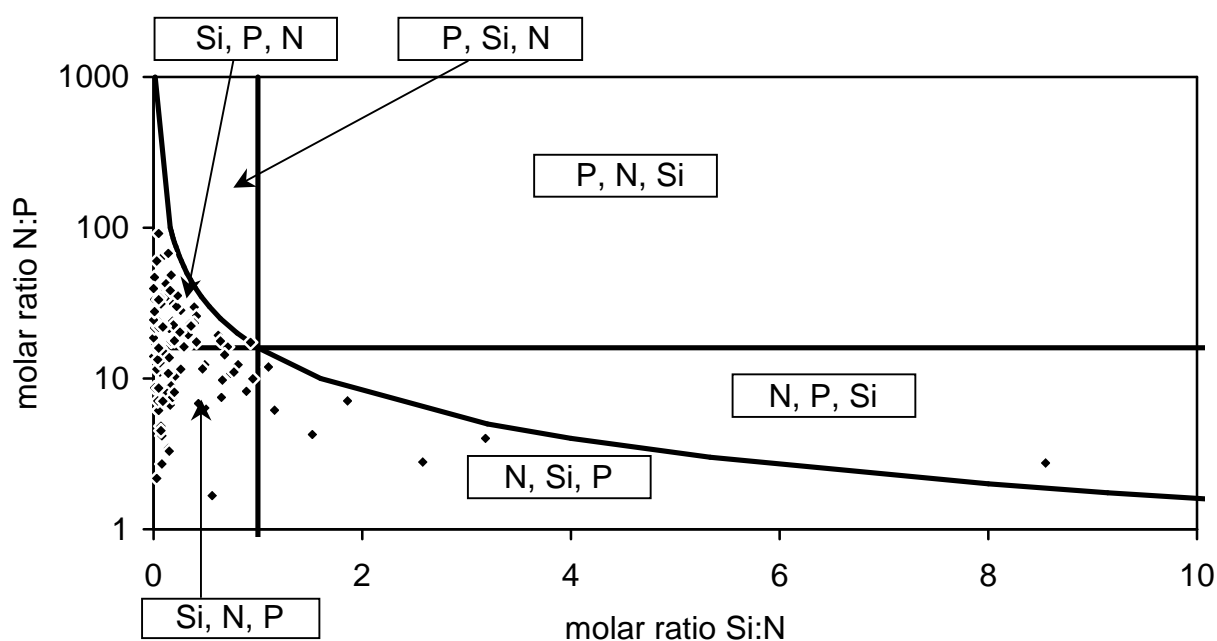
3006001 - At so - Variations saisonnières 2010 Température
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2010



Le deuxième type de graphique illustre l'évolution du paramètre considéré à long terme, de 1992 à 2010. 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).



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



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

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

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

Pour certains paramètres, les caractéristiques de tendance centrale et de dispersion sur la période 1992-2010 sont synthétisées dans un tableau. Les abréviations utilisées sont les suivantes :

Min : minimum

Q1 : premier quartile

Moy : moyenne

Med : médiane

Q3 : troisième quartile

Max : maximum

n : nombre de données

2. Hydrologie

2.1. Dunkerque

La courbe de température indique une dynamique classique (Figures 4, 5 et 6) avec de faibles valeurs au début et à la fin du cycle (de janvier à mars et d'octobre à décembre). Les minima sont enregistrés lors du mois de janvier (5,3 °C à 5,8 °C du point côtier au point du large, 1 à 4). A partir du mois d'avril, la température va augmenter pour atteindre son maximum à la fin du mois d'août (19,4 °C à 18,4 °C des points 1 à 4) (Annexe 2).

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

Par rapport à la série de données acquises depuis 1992, les températures de 2010 sont particulièrement faibles de janvier à mars. Pour le reste de l'année, elles sont comprises entre le premier et le troisième quartile sauf au mois de juin où les valeurs ont dépassé le troisième quartile (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 1992-2010

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
DK1	1,00	8,02	11,97	11,50	16,00	21,70	234
DK3	1,50	7,85	11,61	11,00	15,35	20,00	199
DK4	2,00	8,00	11,74	11,30	15,32	22,00	192

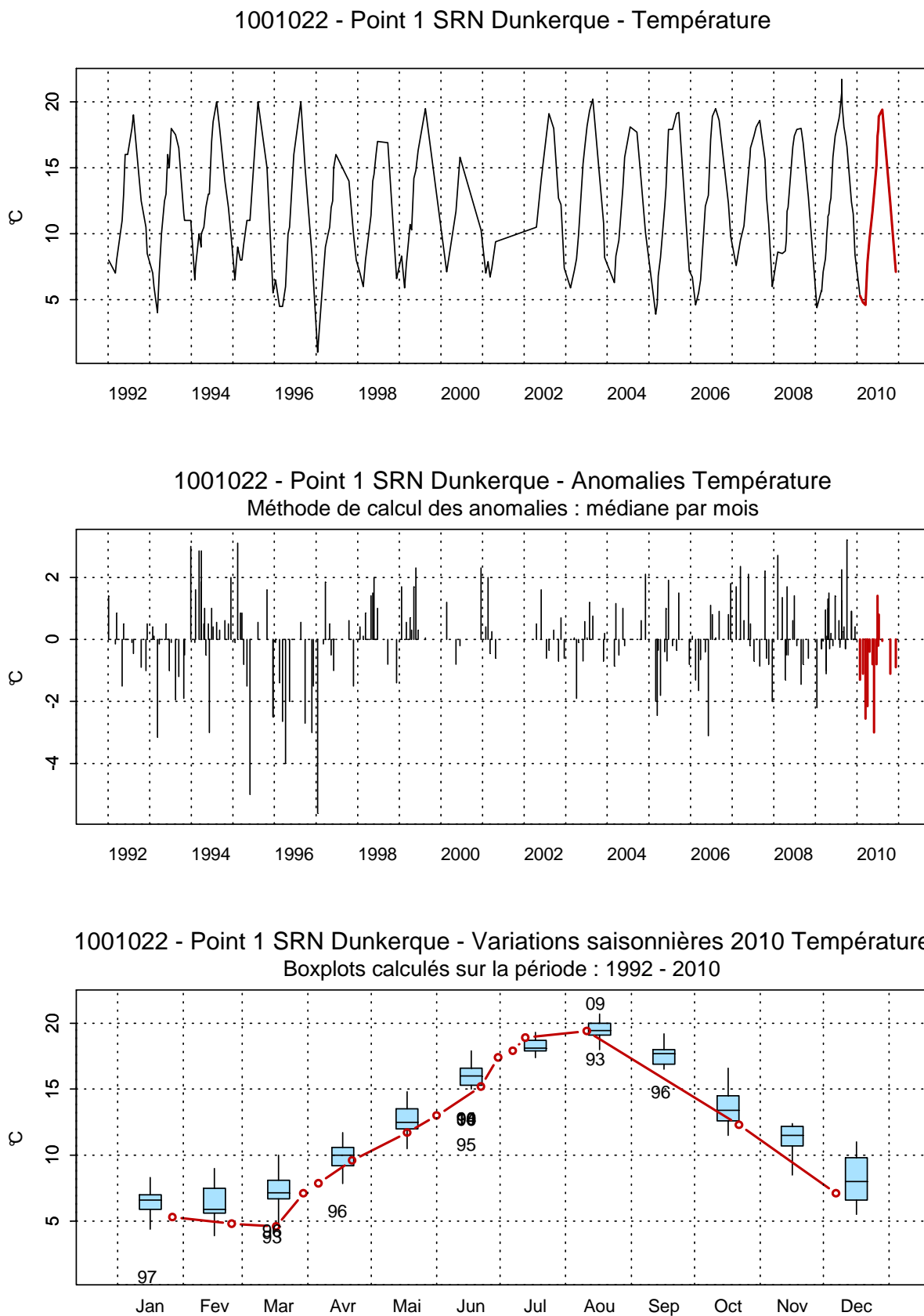


Figure 4. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque (1992-2010)

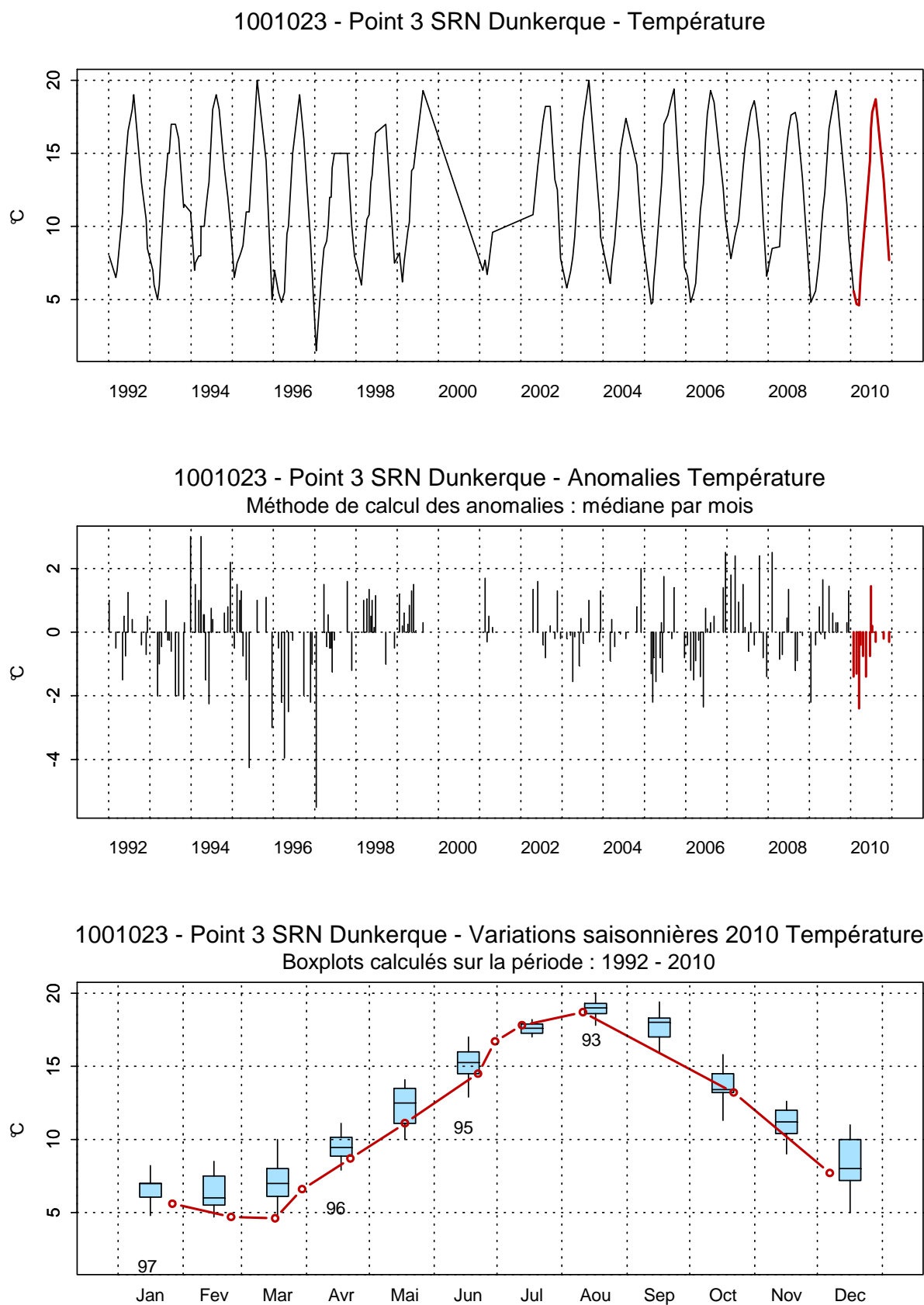


Figure 5. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque (1992-2010)

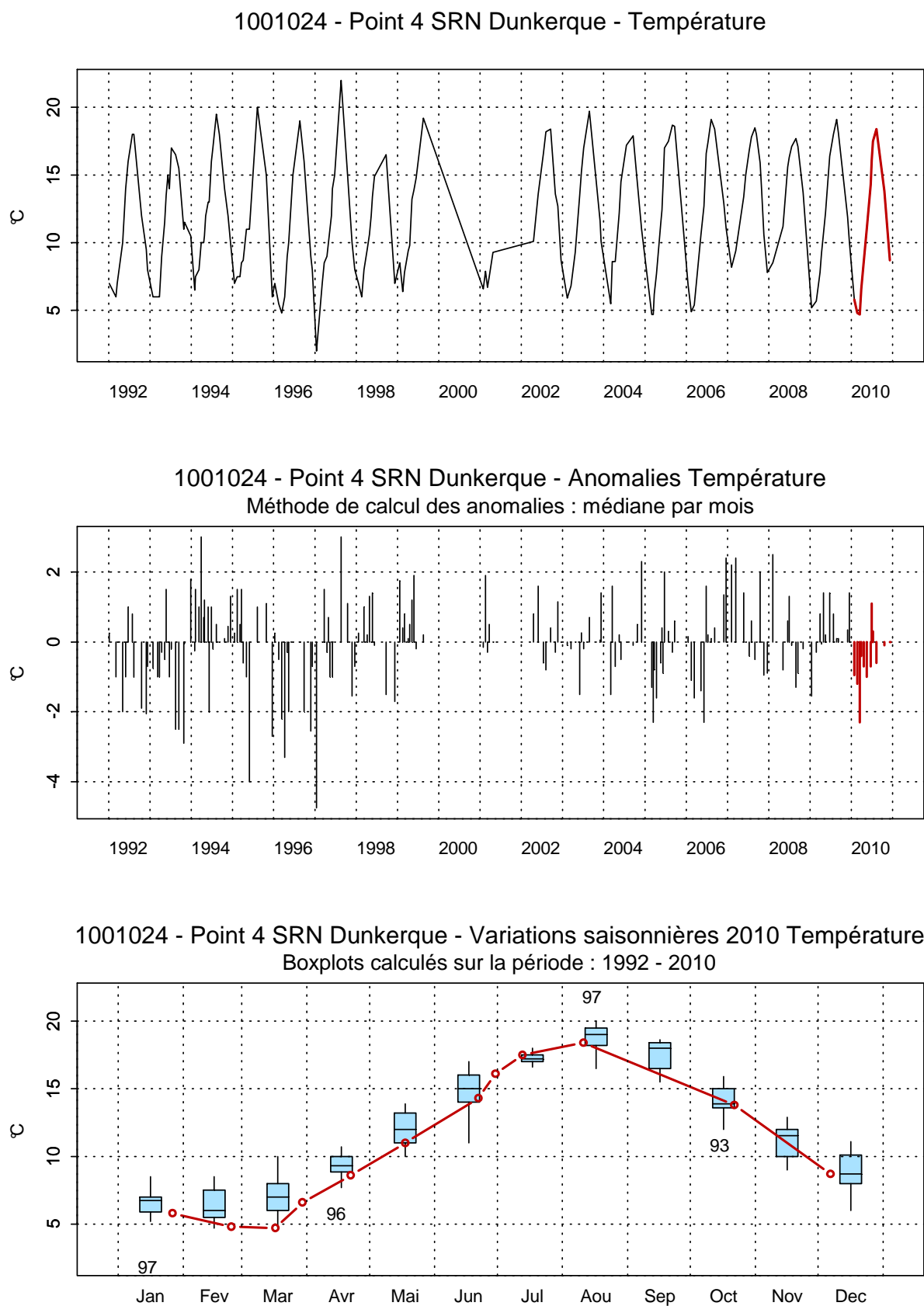


Figure 6. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque (1992-2010)

La salinité est caractéristique d'un système marin côtier (Figure 7). Elle est comprise entre 31,3 et 35,0 au point 1, entre 32,5 et 35,5 au point 3 et entre 32,8 et 35,2 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 0,6 et 1,5.

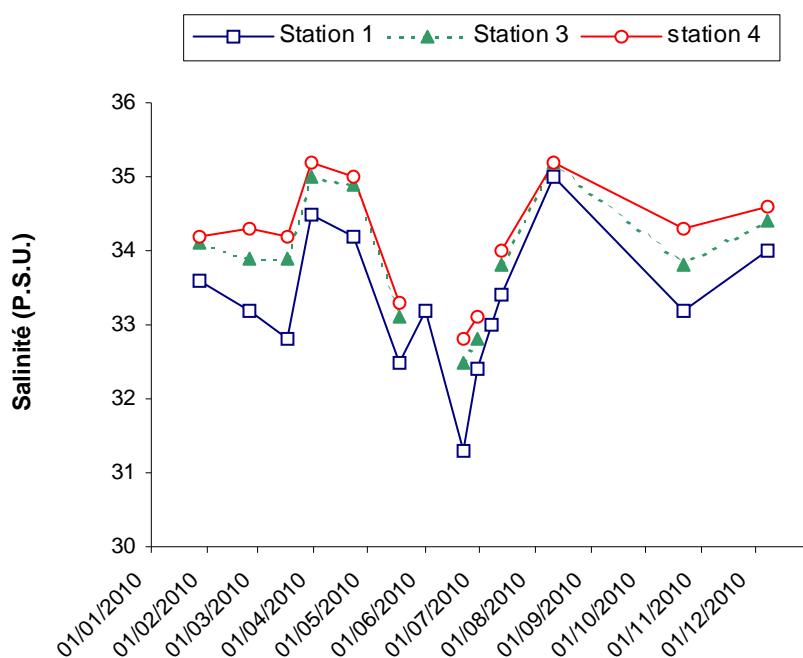


Figure 7. Évolution temporelle de la salinité (P.S.U) sur la radiale de Dunkerque en 2010

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

Généralement, le minimum est mesuré pendant la période estivale et le maximum a eu lieu au début et à la fin du cycle (périodes hivernale et automnale). Cependant, quelques mesures ont été observées en dehors de ce schéma classique. Ces événements s'expliquent par une réponse du milieu aux conditions courantologiques et/ou météorologiques à une échelle de temps inférieure à celle de la fréquence d'échantillonnage du SRN, ce qui en fait des épisodes isolés avec des valeurs semblant aberrantes ou extrêmes. Par exemple, la turbidité du début de l'année (le 27/01/10) est particulièrement faible au point côtier (2,21 N.T.U.).

La turbidité est maximale au point 1 (19,70 NTU) le 07/12/10, et minimale le 18/05 au point 4 (0,51 N.T.U.).

Le maximum et le minimum de M.E.S. sont mesurés respectivement au point 1 (46,60 mg/L) le 18/05/10 et au point 4 le 13/07/10 (1,30 mg/L).

Les différences de turbidité et de M.E.S. entre la côte et le large sont comprises respectivement entre -14,30 et 0,94 N.T.U. et entre -24,40 mg/L et -1,60 mg/L (Annexe 2).

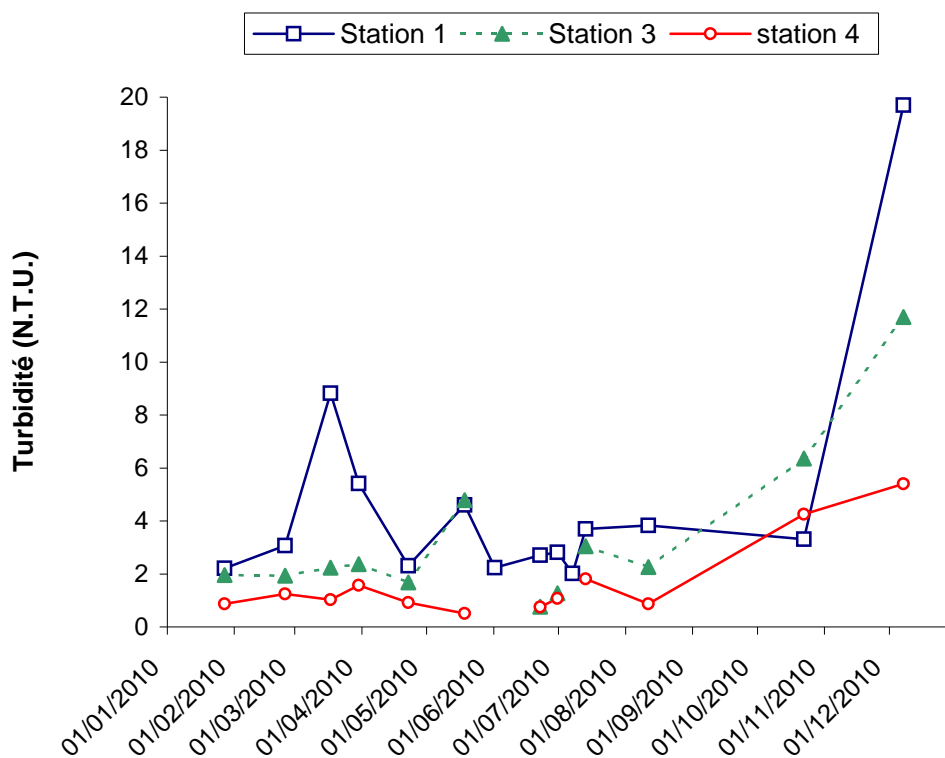


Figure 8. Évolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de Dunkerque en 2010

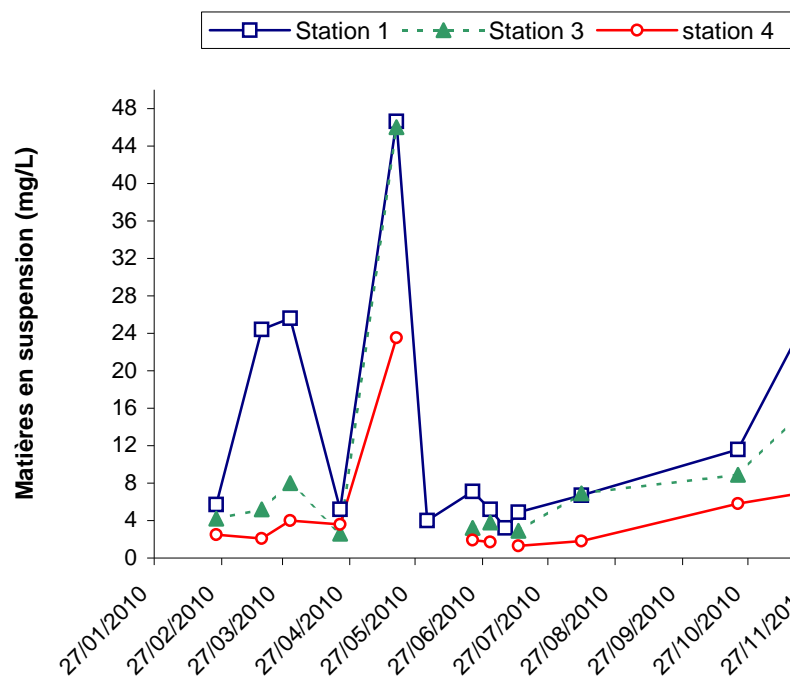


Figure 9. Évolution temporelle des matières en suspension (mg/L) sur la radiale de Dunkerque en 2010

L'évolution des concentrations en matière organique (M.O.) est marquée par de faibles valeurs à partir du mois d'octobre (< 20 % pour toute la radiale).

Le schéma de l'évolution de la matière organique (M.O.) dans les MES est caractérisé par deux types de variations. Pour le point 1, les concentrations sont faibles de février à mai et du mois d'août au mois de décembre. Les fortes concentrations sont enregistrées aux mois de juin et juillet (52,50 % maximum enregistré le 01/06/2010). Pour les points 3 et 4, des maxima sont enregistrés en mars-avril puis en juillet (88,24 % M.O. dans les MES, maximum atteint au point 4). Les concentrations au début et à la fin du cycle sont faibles.

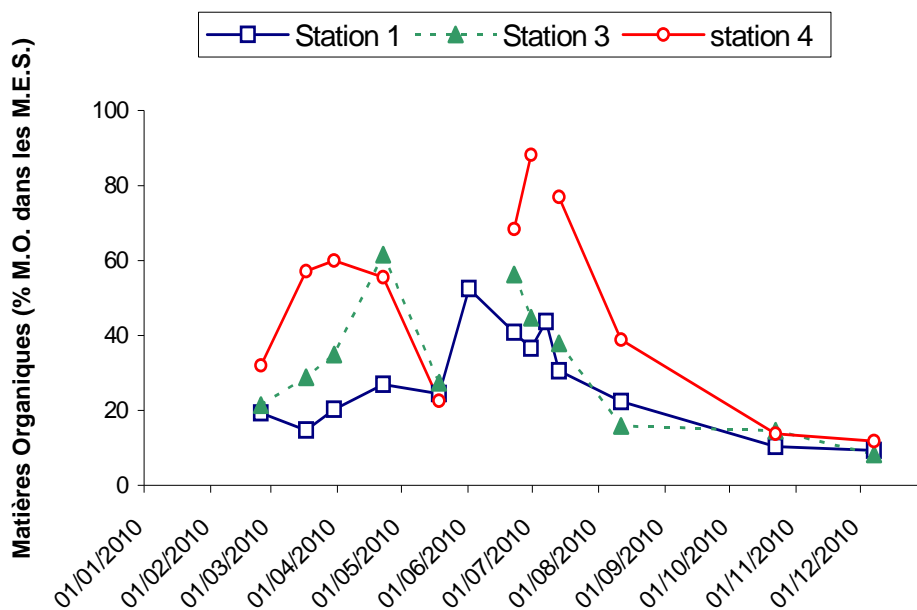


Figure 10. Évolution temporelle de la teneur en matière organique (%) dans les matières en suspension sur la radiale de Dunkerque en 2010

Le dosage de la chlorophylle *a*, indicateur de biomasse phytoplanctonique, permet de mettre en évidence un premier bloom printanier (maximum atteint le 30/03/2010 pour l'ensemble de la radiale, et qui correspond au développement de *Phaeocystis globosa*), suivi d'une deuxième efflorescence lors de la deuxième quinzaine du mois de mai pour les points 1 et 3. L'augmentation de la concentration n'est pas observée pour le point 4 en mai.

Un bloom faiblement marqué se produit au mois de juillet sur toute la radiale (Figures 11, 12 et 13) (Annexe 2).

En 2010, les concentrations en chlorophylle *a* sont particulièrement fortes (càd, au moins supérieures à la médiane 1992-2010) en janvier (points 3 et 4), en mars (tous les points), en mai (points 1 et 3) et en juillet (tous les points).

Tableau 3. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle *a* (mg/m³) pour les différents points de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2010

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
DK1	0,24	2,46	7,45	4,90	9,16	51,70	241
DK3	0,26	2,10	5,80	3,70	7,50	31,00	215
DK4	0,05	1,58	4,09	2,76	4,83	29,20	208

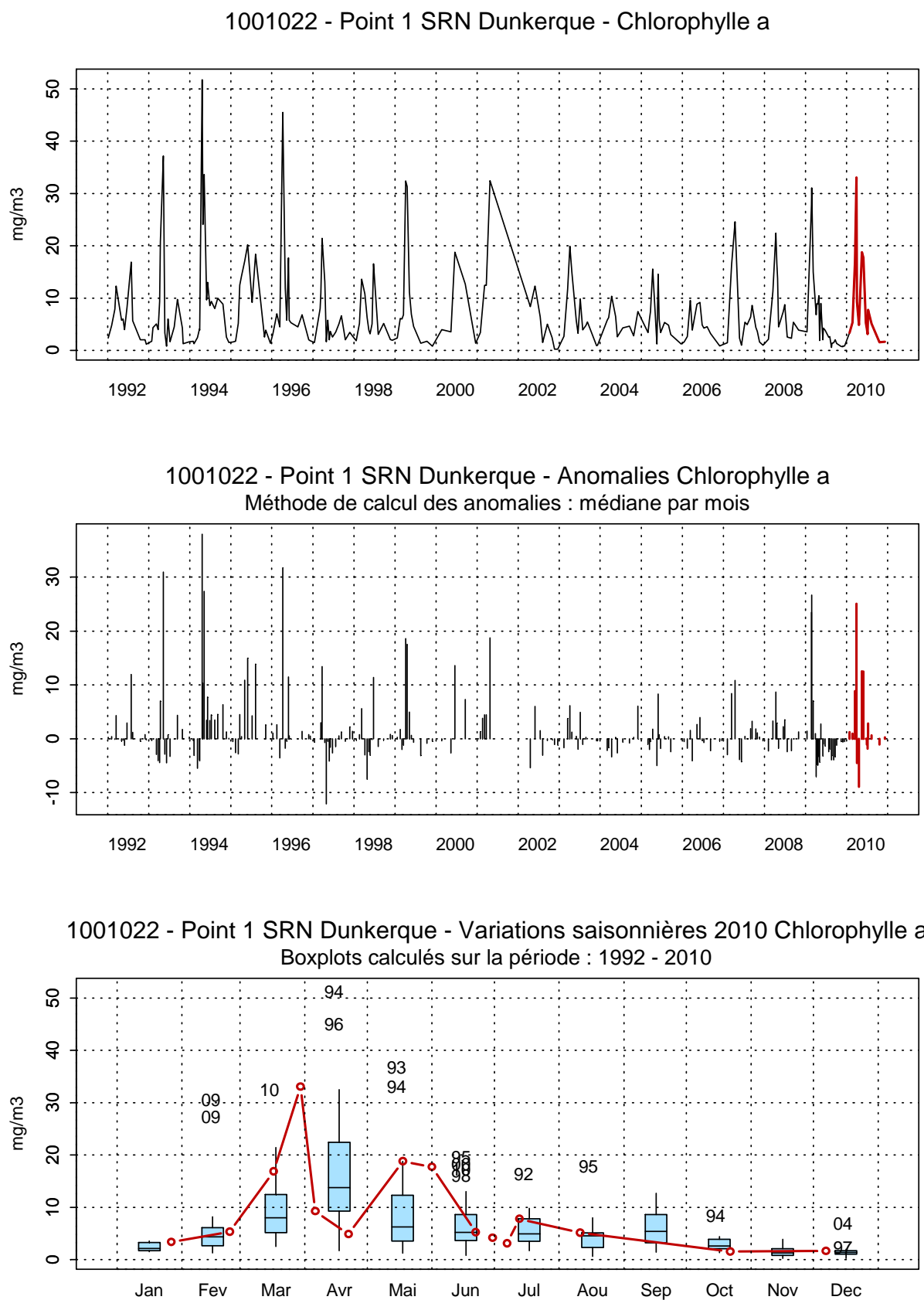


Figure 11. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m^3) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2010

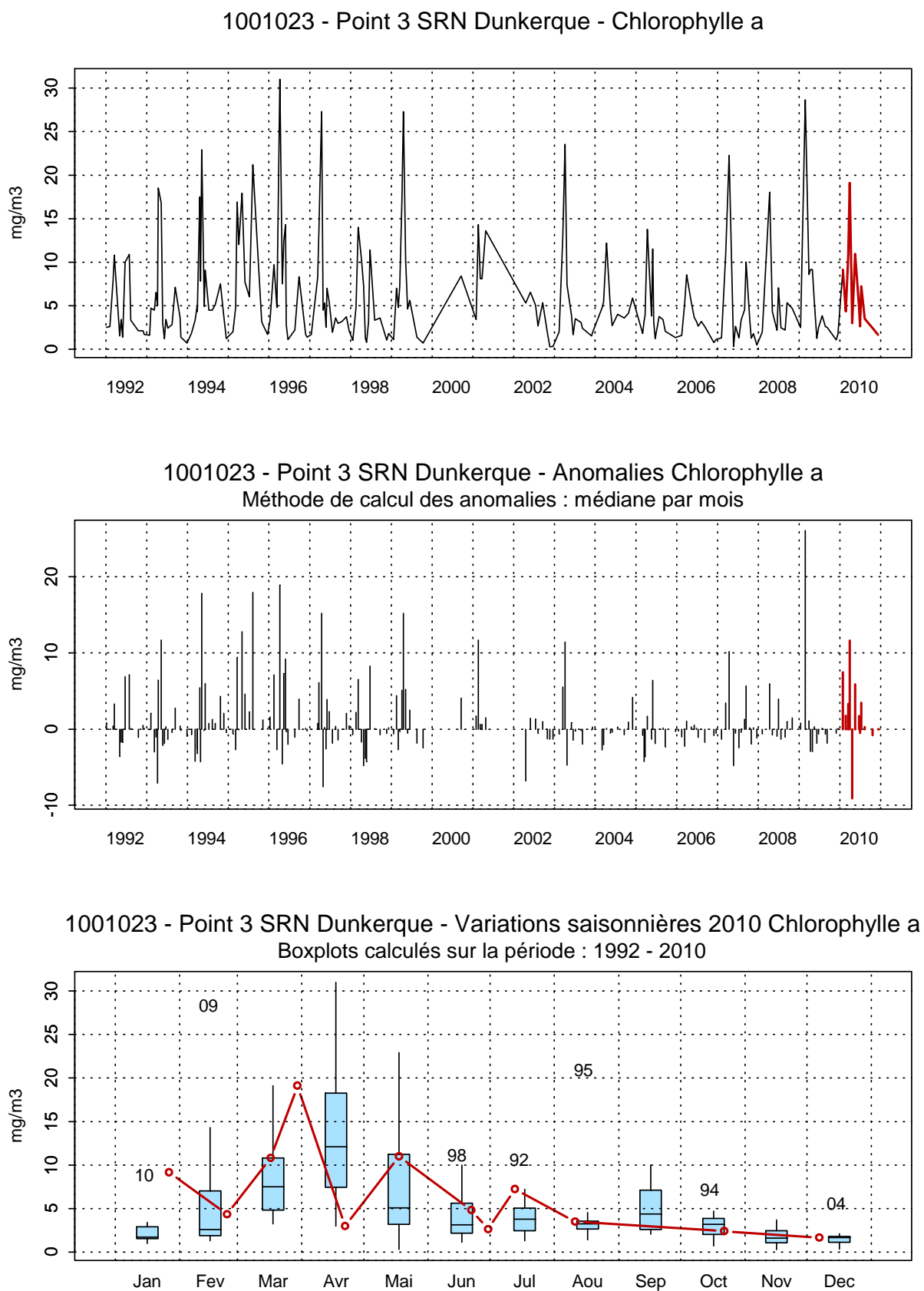


Figure 12. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m3) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2010

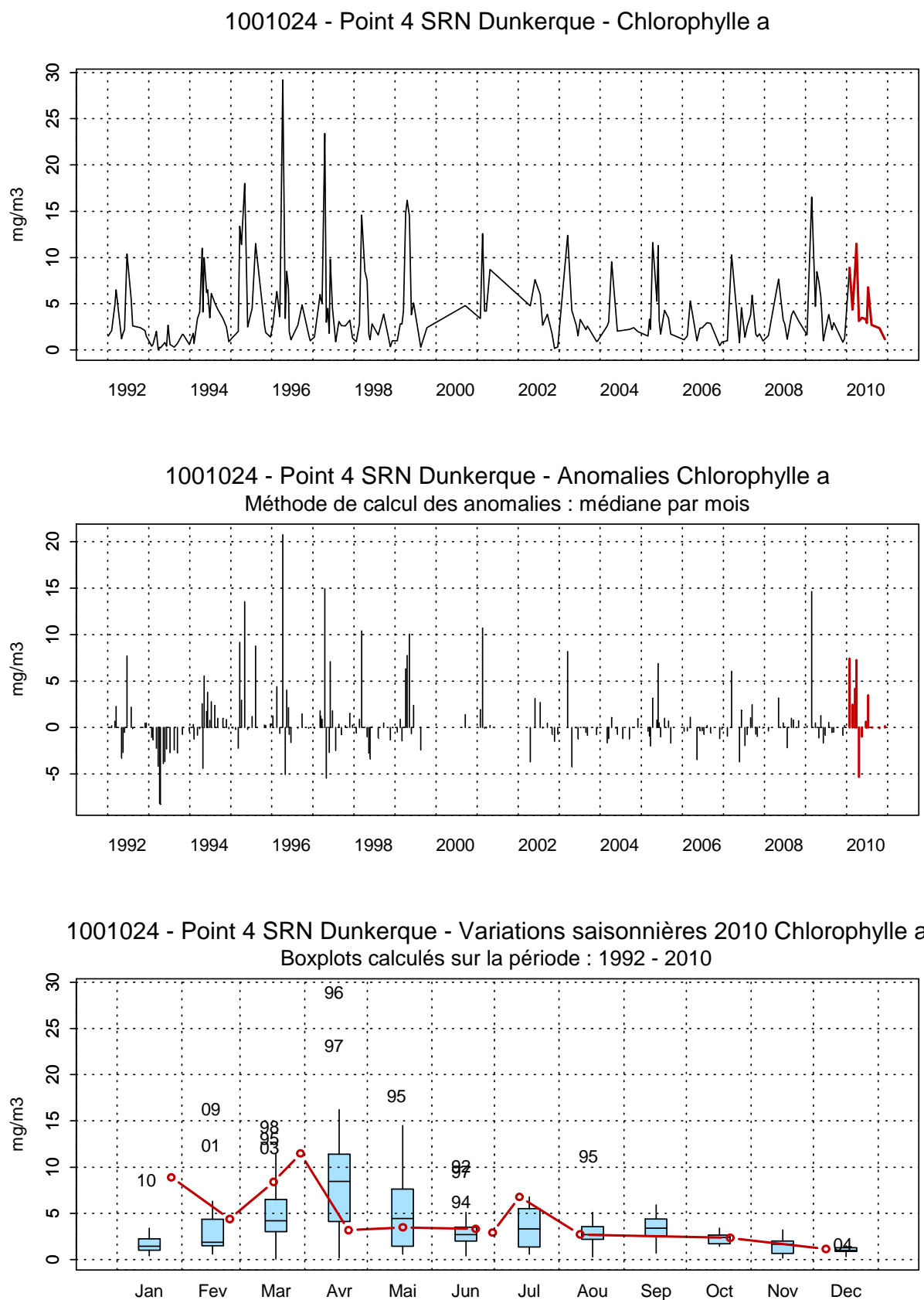


Figure 13. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m³) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2010

Le schéma de l'évolution de la concentration en ammonium apparaît classique (Figures 14,15 et 16). Globalement les variations des concentrations peuvent être divisées en deux parties. De janvier jusqu'au mois d'août, les valeurs sont globalement faibles (entre le seuil de détection et $0,98 \mu\text{mol/L}$). Quelques augmentations de concentrations sont observées aux mois de février (pour toute la radiale), en juin et en juillet pour le point 1. Lors de la deuxième période, les concentrations vont augmenter dès le mois de septembre pour atteindre leur maxima vers décembre ($8,51 \mu\text{mol/L}$ le 07/12/10 pour le point côtier).

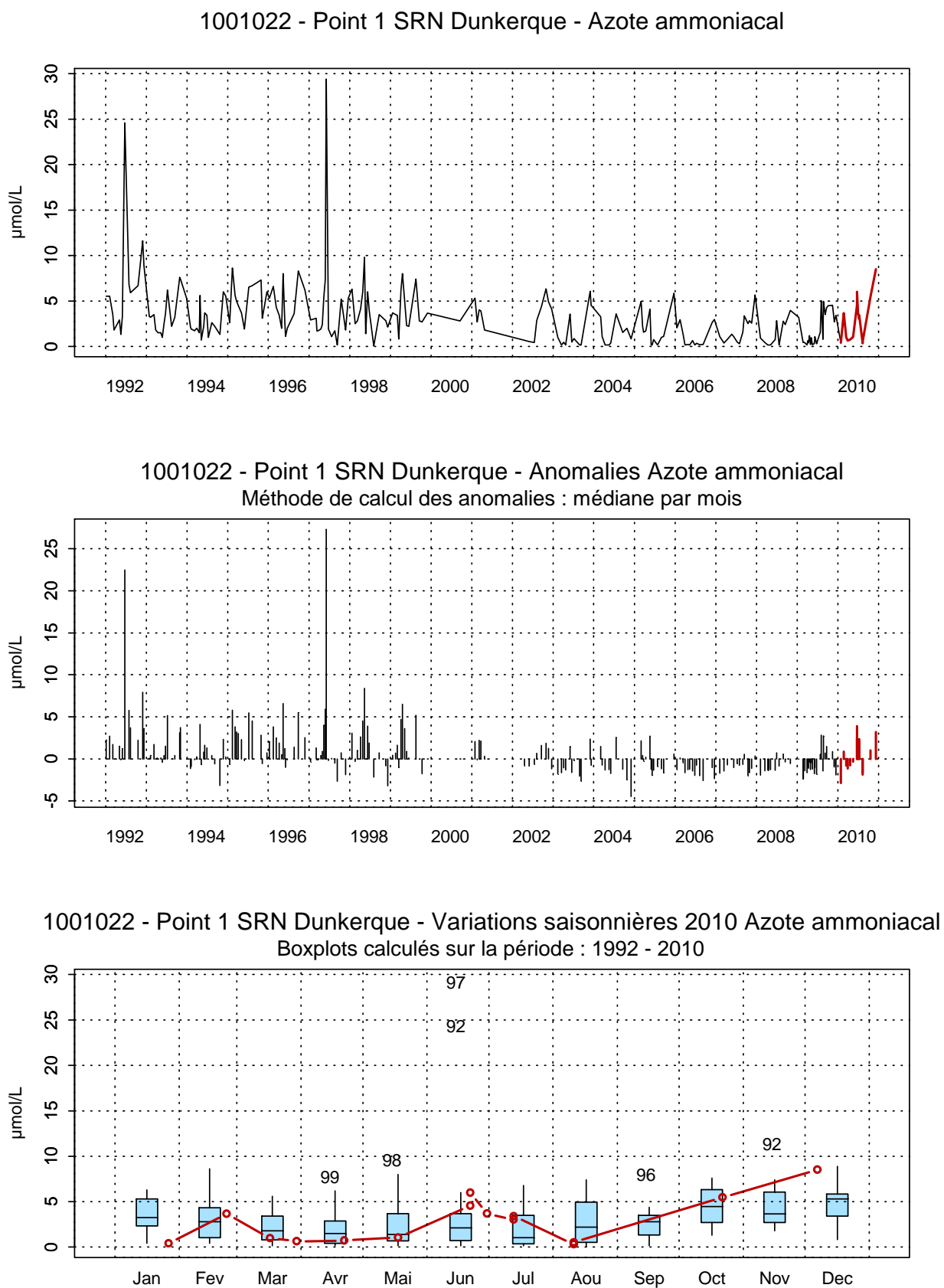
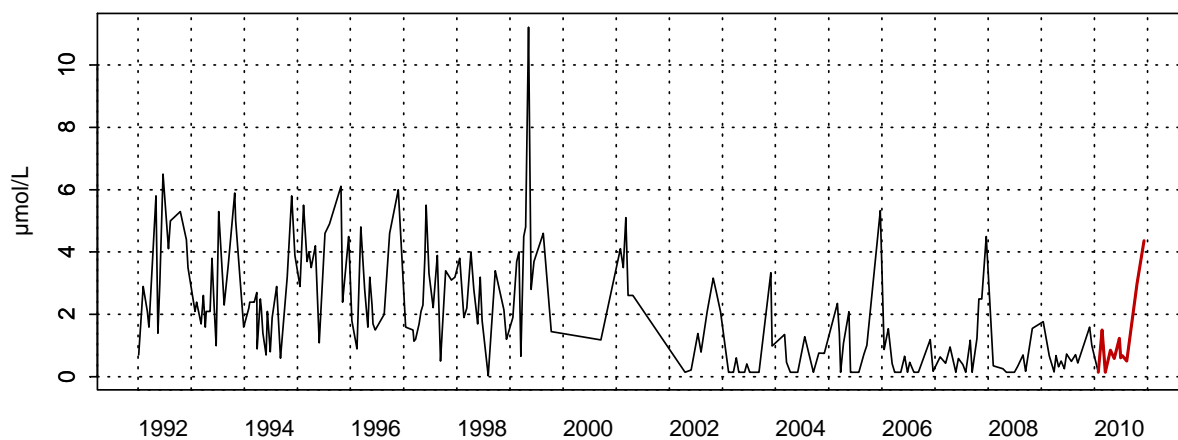
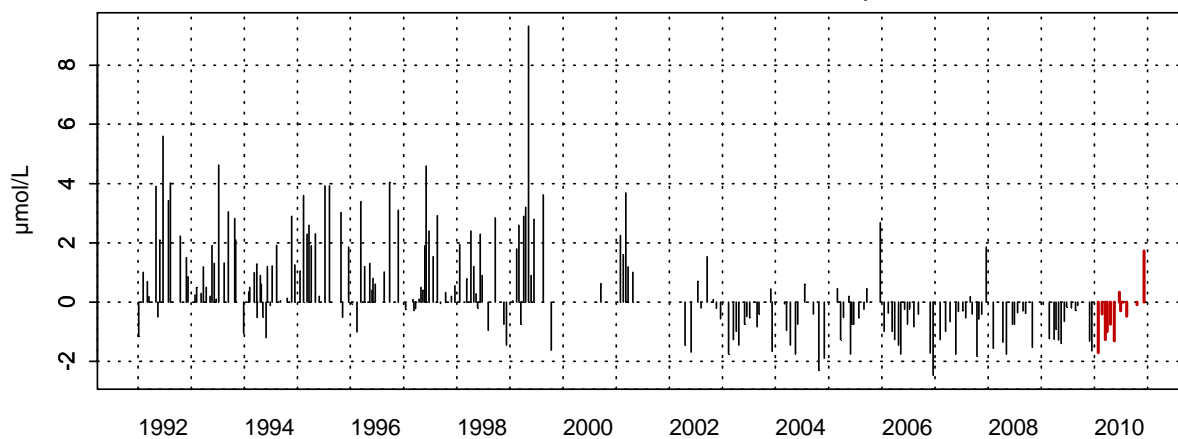
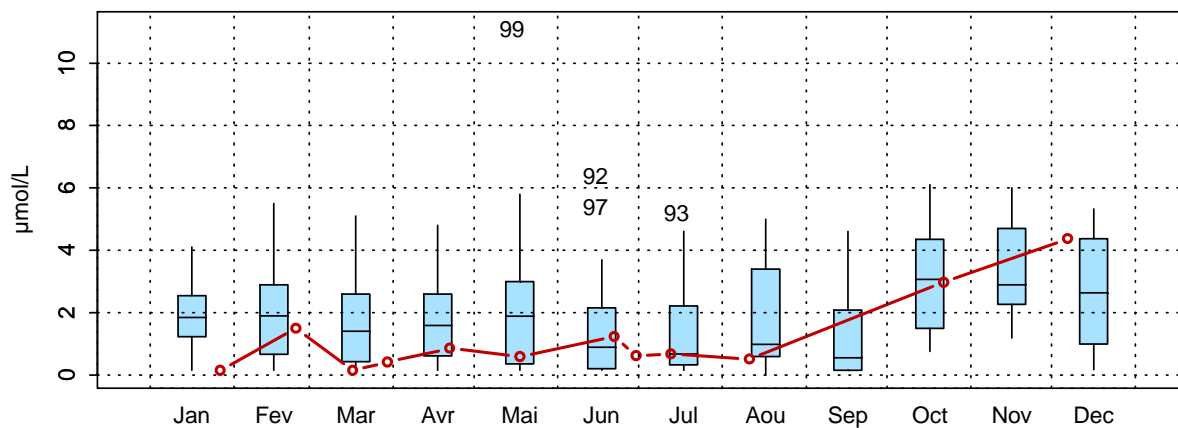
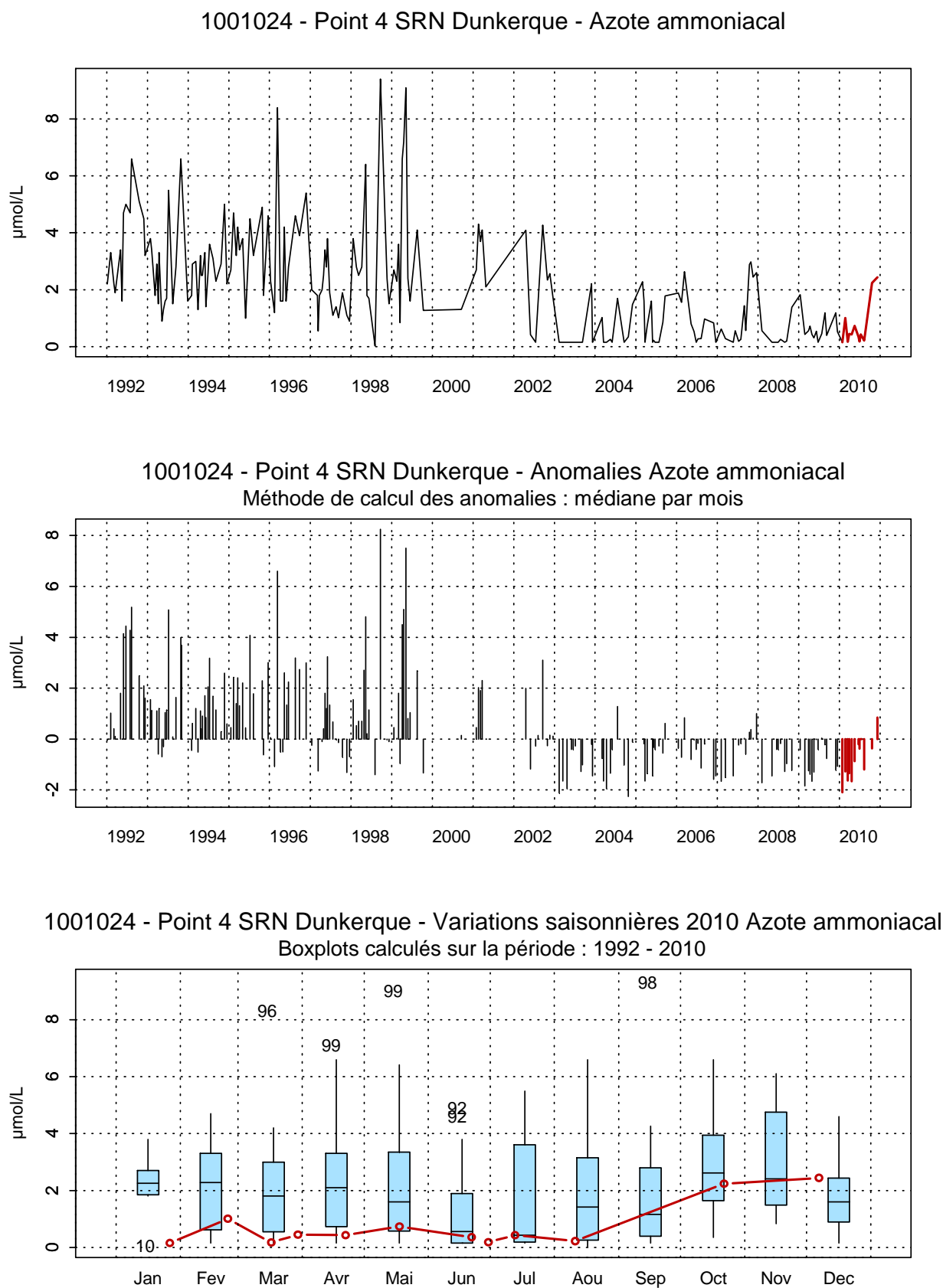


Figure 14. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2010

1001023 - Point 3 SRN Dunkerque - Azote ammoniacal

1001023 - Point 3 SRN Dunkerque - Anomalies Azote ammoniacal
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois1001023 - Point 3 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2010 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2010Figure 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 1992-2010



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

La courbe d'évolution des nitrites est classique en 2010 (Figures 17, 18 et 19). Les valeurs sont élevées en janvier ($0,63 \mu\text{mol/L}$ pour le point côtier et $0,51 \mu\text{mol/L}$). Les concentrations diminuent ensuite jusqu'au mois de mars. Du mois d'avril au mois d'août, les valeurs sont très faibles (valeurs proches ou égales au seuil de détection : $0,05 \mu\text{mol/L}$). Les concentrations augmentent ensuite à partir de septembre. Le maximum est atteint le 22/10/2010 au point 3 ($1,10 \mu\text{mol/L}$) (Annexe 2).

1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - NO2

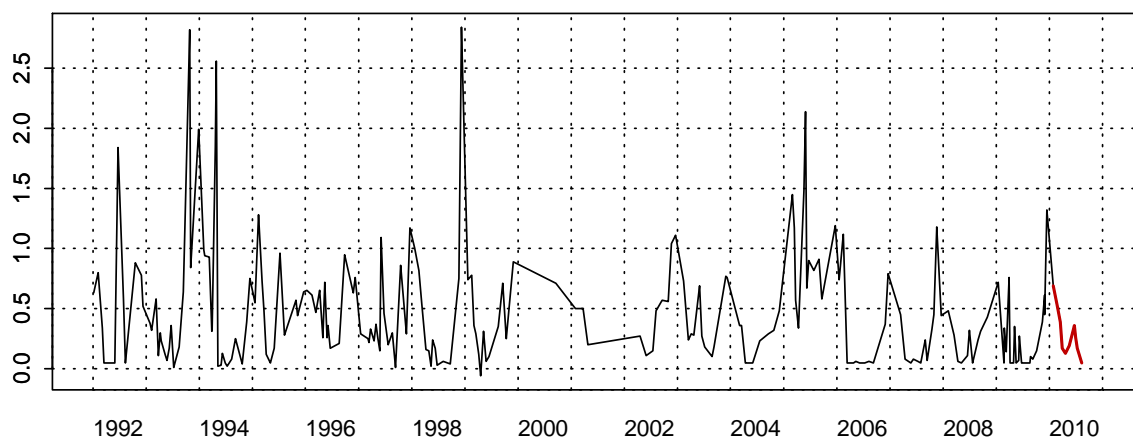
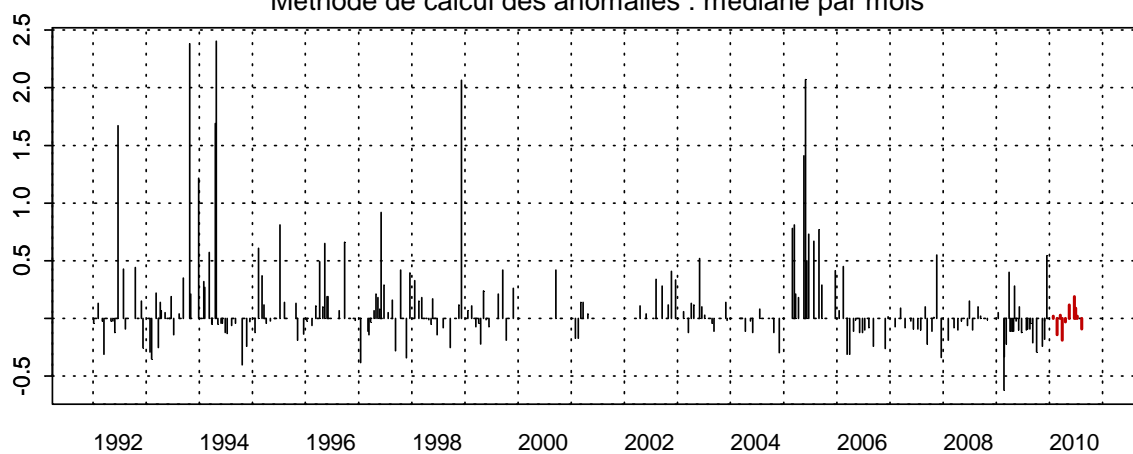
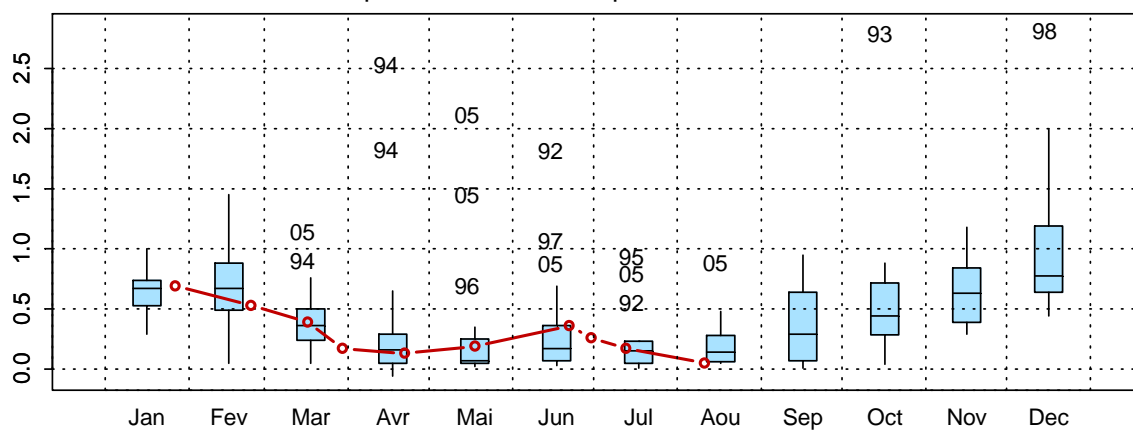
1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - Anomalies NO2
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2010 NO2
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2010

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 1992-2010

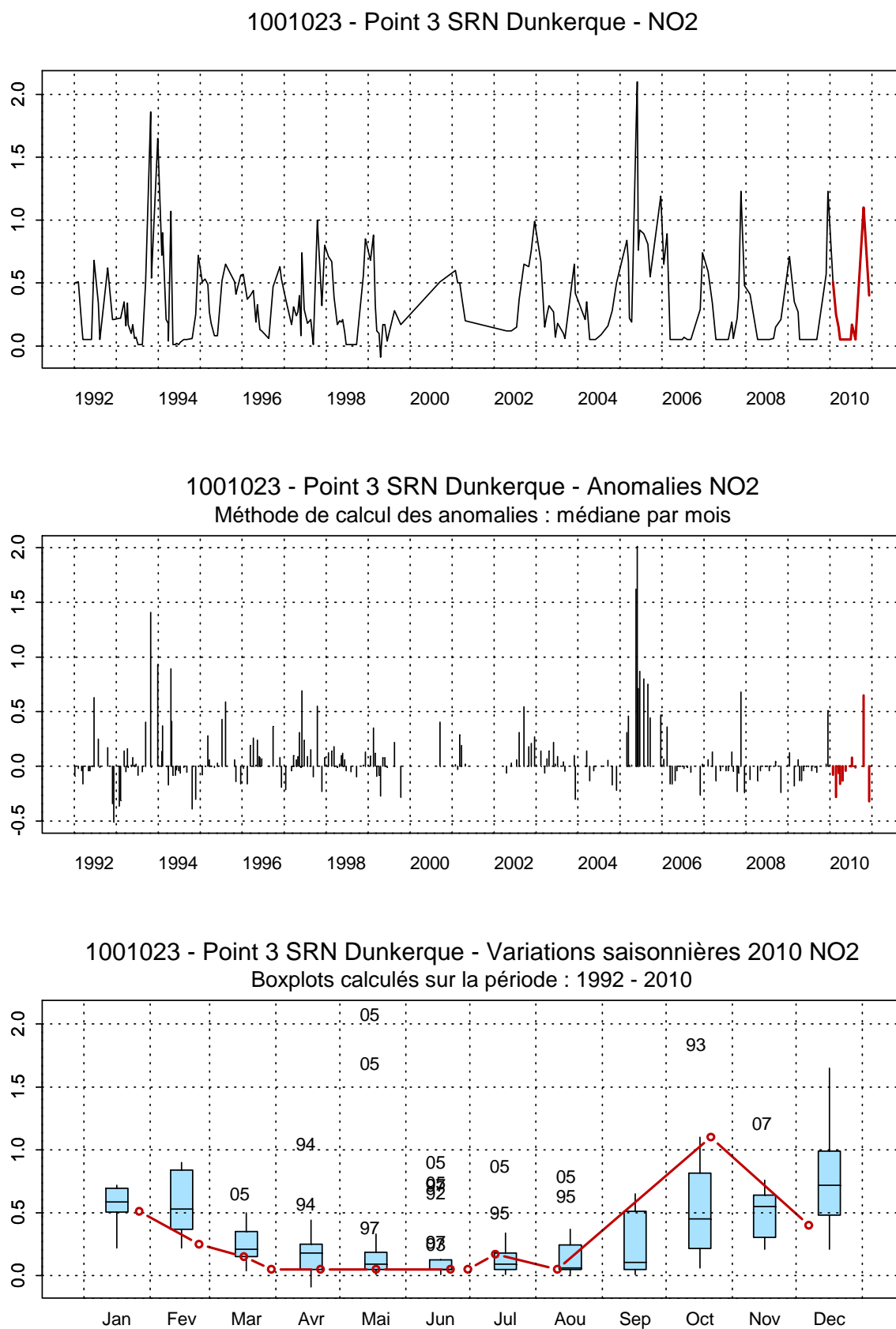
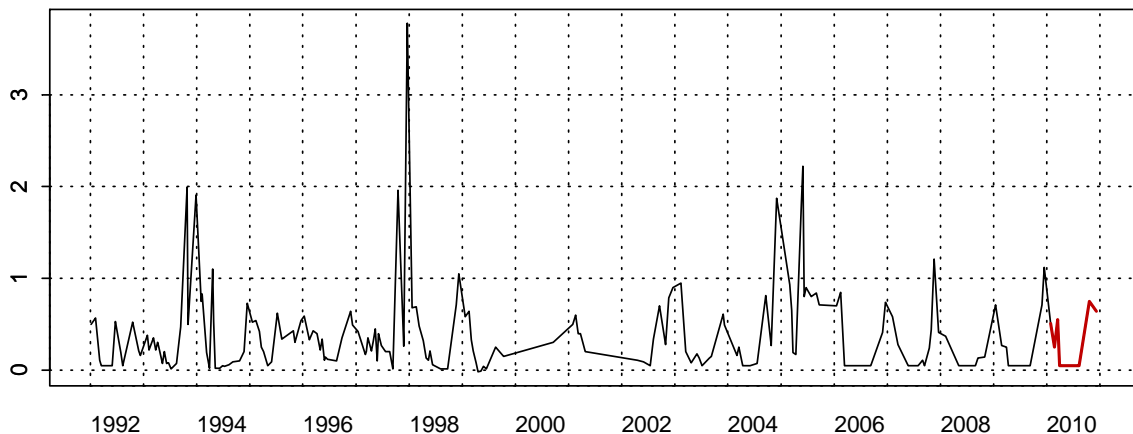
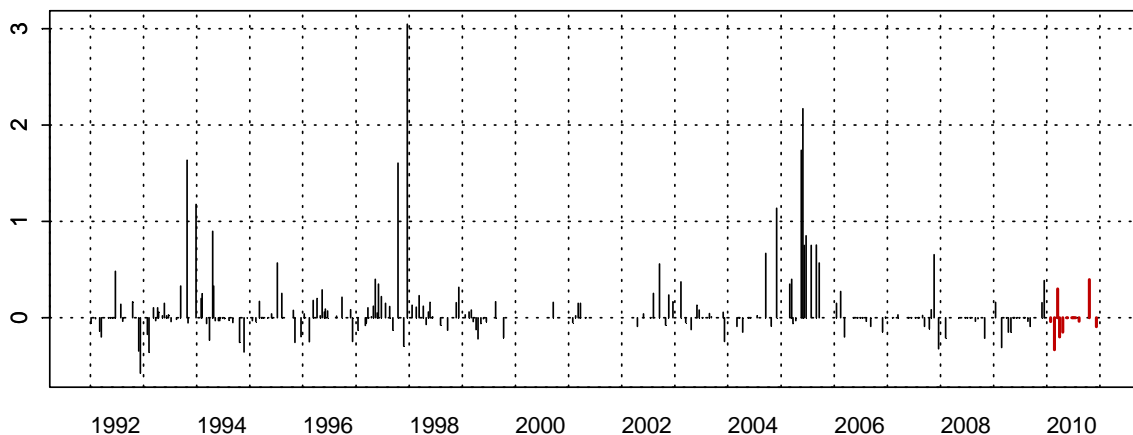


Figure 18. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2010

1001024 - Point 4 SRN Dunkerque - NO2



1001024 - Point 4 SRN Dunkerque - Anomalies NO2
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



1001024 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2010 NO2
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2010

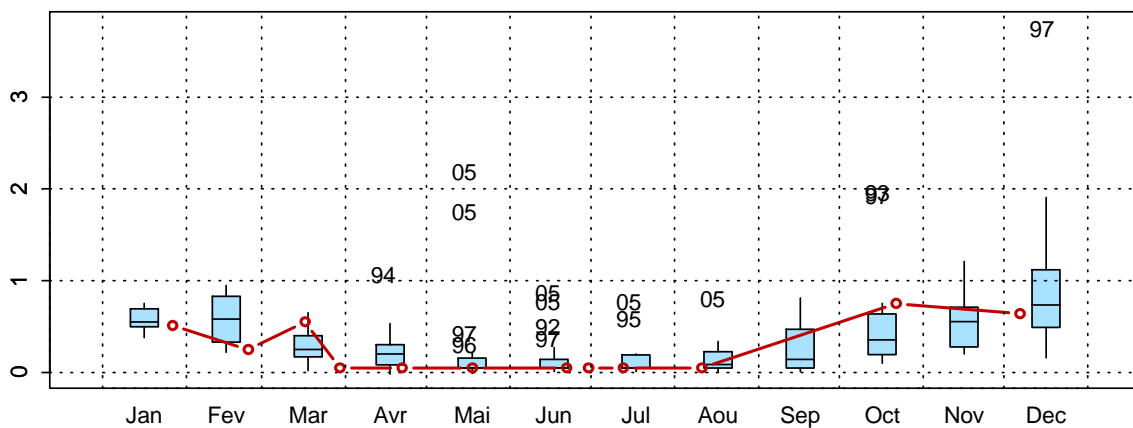


Figure 19. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2010

La courbe d'évolution du nitrate suit celle des nitrites (Figures 20, 21 et 22). Les concentrations maximales sont observées de janvier à mars (le 17/03/2010 avec 34,41 $\mu\text{mol/L}$ au point 1, 20,35 $\mu\text{mol/L}$ pour le point 3 et 20,77 $\mu\text{mol/L}$ pour le point 4). Les concentrations minimales sont enregistrées du mois d'avril au mois d'août (Annexe 2 et Tableau 4) avec notamment des valeurs inférieures au seuil de détection ($< 0,15 \mu\text{mol/L}$) pour les points 3 et 4. Pour le point 1, les concentrations sont comprises entre 0,27 et 4,75 $\mu\text{mol/L}$ pendant la même période. On observe ensuite une nette augmentation de la concentration du mois septembre jusqu'au mois de décembre. Les boîtes à moustache mettent en évidence des concentrations en nitrate particulièrement faibles en janvier et février (valeurs inférieures au premier quartile). De fortes concentrations sont mises en évidence pour les mois de mars et octobre, avec des valeurs largement au-dessus du troisième quartile pour le point 1 (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

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
DK1	0,15	0,35	9,24	2,45	15,69	54,01	230
DK3	0,15	0,20	7,43	2,30	13,75	39,80	217
DK4	0,15	0,48	6,91	2,37	11,10	40,64	208

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

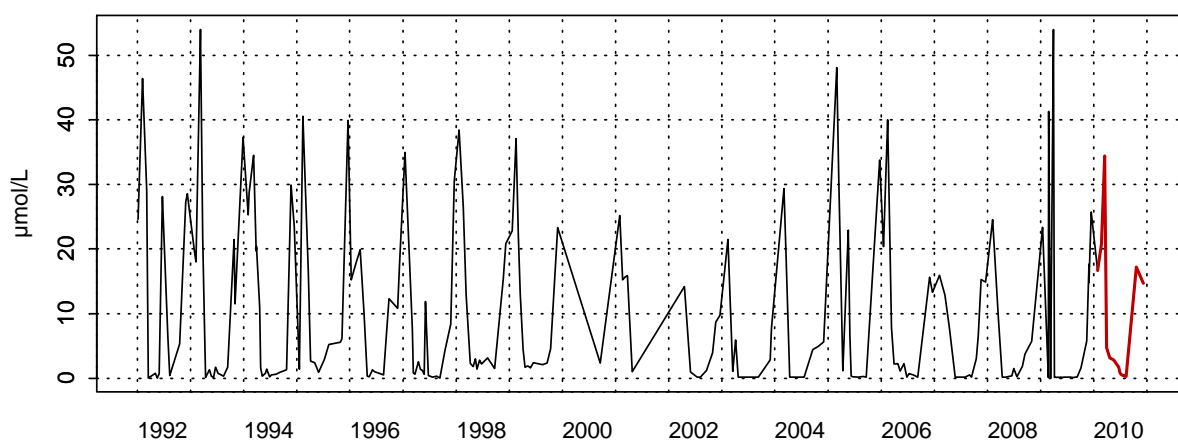
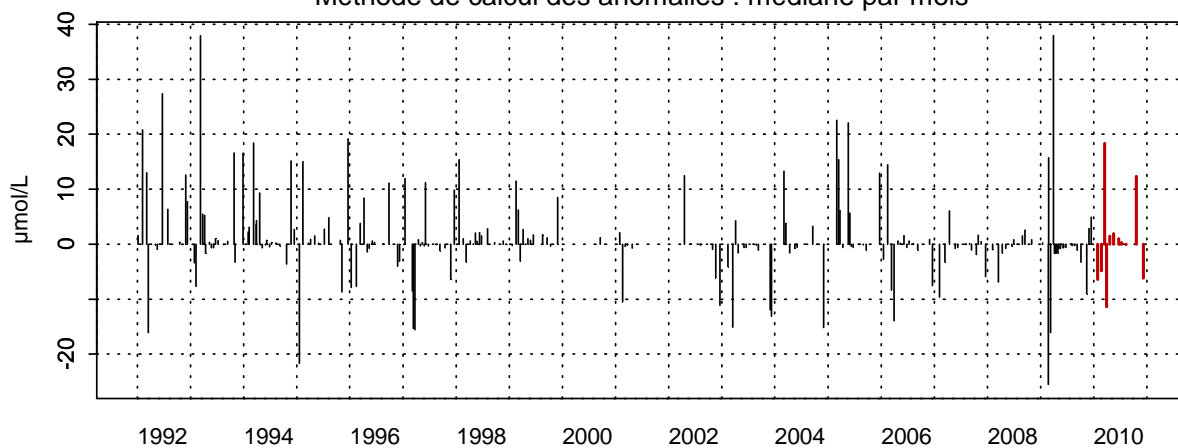
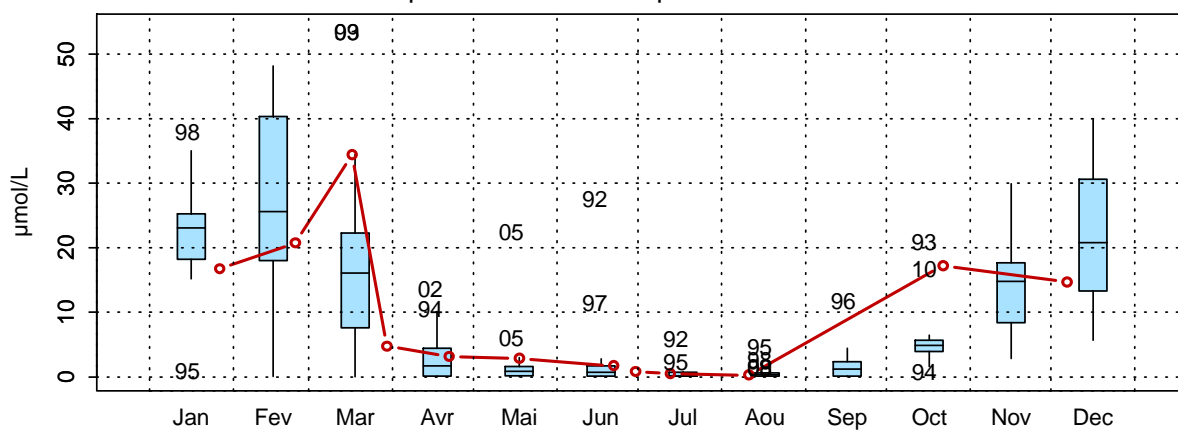
001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Anomalies Azote nitrique (nitrate)
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2010 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2010

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 1992-2010

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

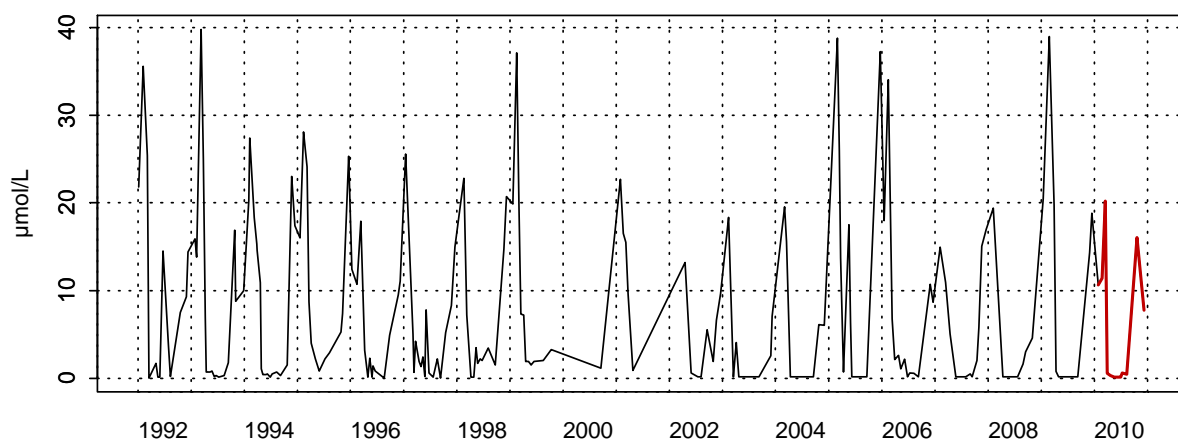
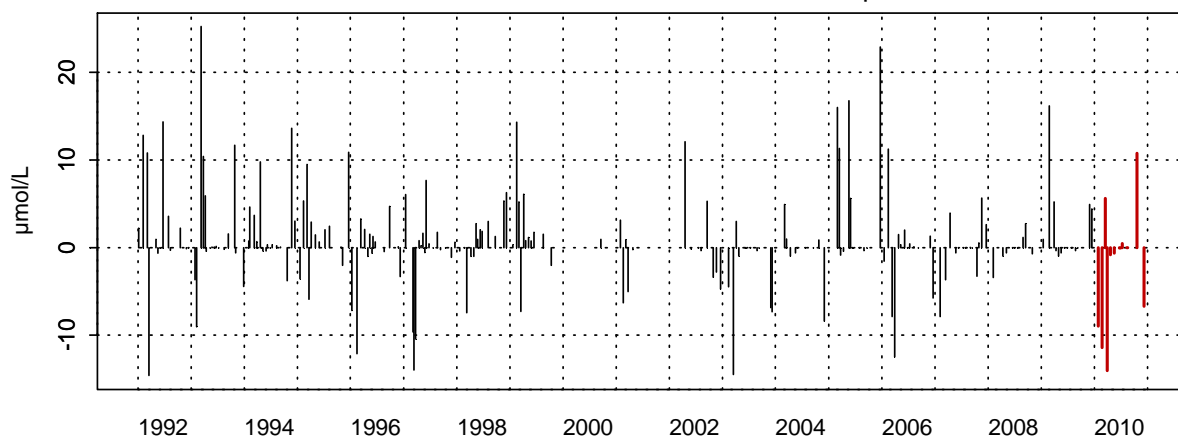
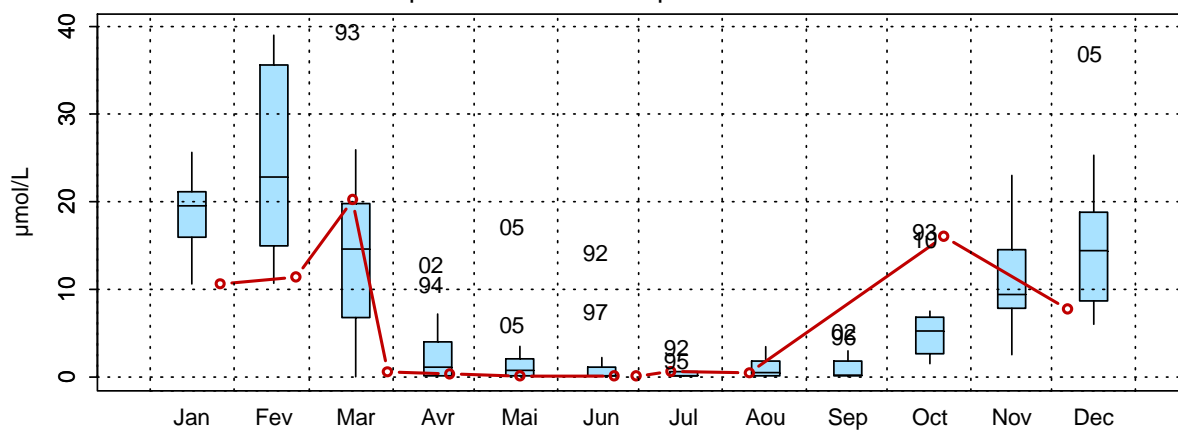
001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Anomalies Azote nitrique (nitrate)
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2010 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2010

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 1992-2010

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

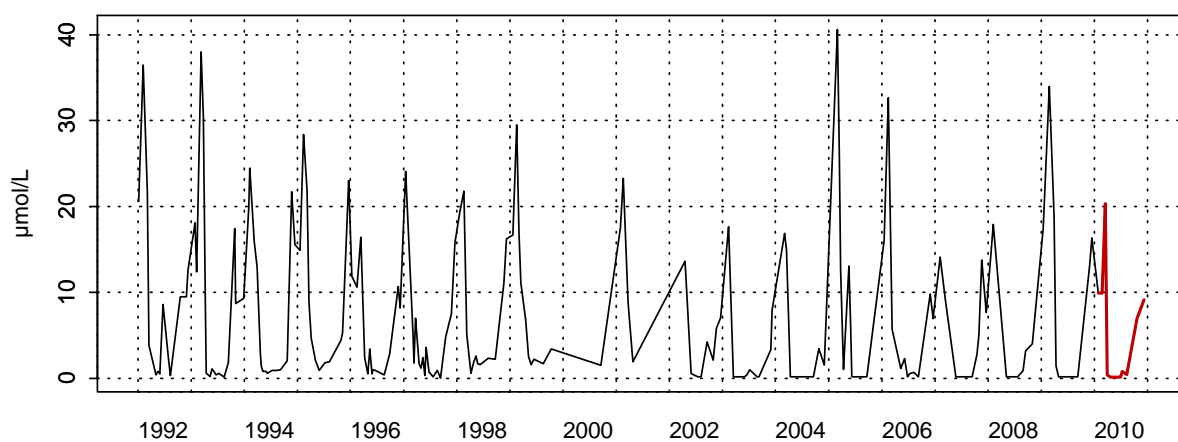
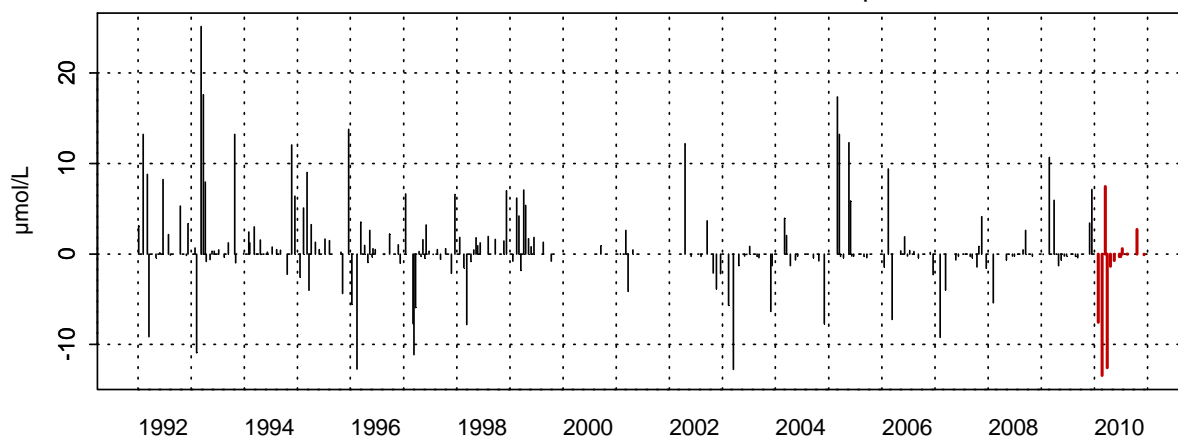
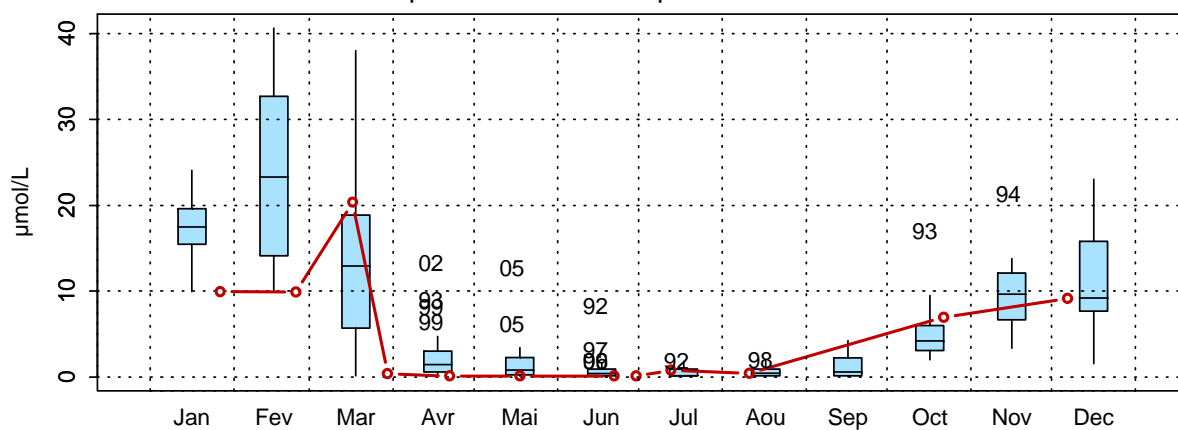
001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Anomalies Azote nitrique (nitrate)
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2010 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2010

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 1992-2010

L'évolution de la concentration en phosphate est conforme à ce qui est observé habituellement sur le site (Figures 23, 24 et 25). Elle est marquée par de fortes valeurs en hiver et en automne et faibles durant la saison estivale (données manquantes pour le point 1 à partir du mois d'août). A partir de février, les concentrations ont tendance à diminuer pour atteindre un minimum au mois de juin : 0,35 $\mu\text{mol/L}$ (point 1), 0,17 $\mu\text{mol/L}$ (point 3) et 0,13 $\mu\text{mol/L}$ (point 4). Les concentrations augmentent de nouveau dès le mois de juillet (augmentation très marquée au point 3) pour atteindre leur maximum au mois d'octobre.

En 2010, les concentrations en phosphate sont particulièrement fortes en juillet pour le point 3 puis en octobre pour les points 3 et 4 (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 1992-2010

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
DK1	0,00	0,28	0,66	0,50	0,84	9,80	232
DK3	0,01	0,20	0,53	0,47	0,80	2,00	216
DK4	0,01	0,20	0,52	0,44	0,76	2,69	208

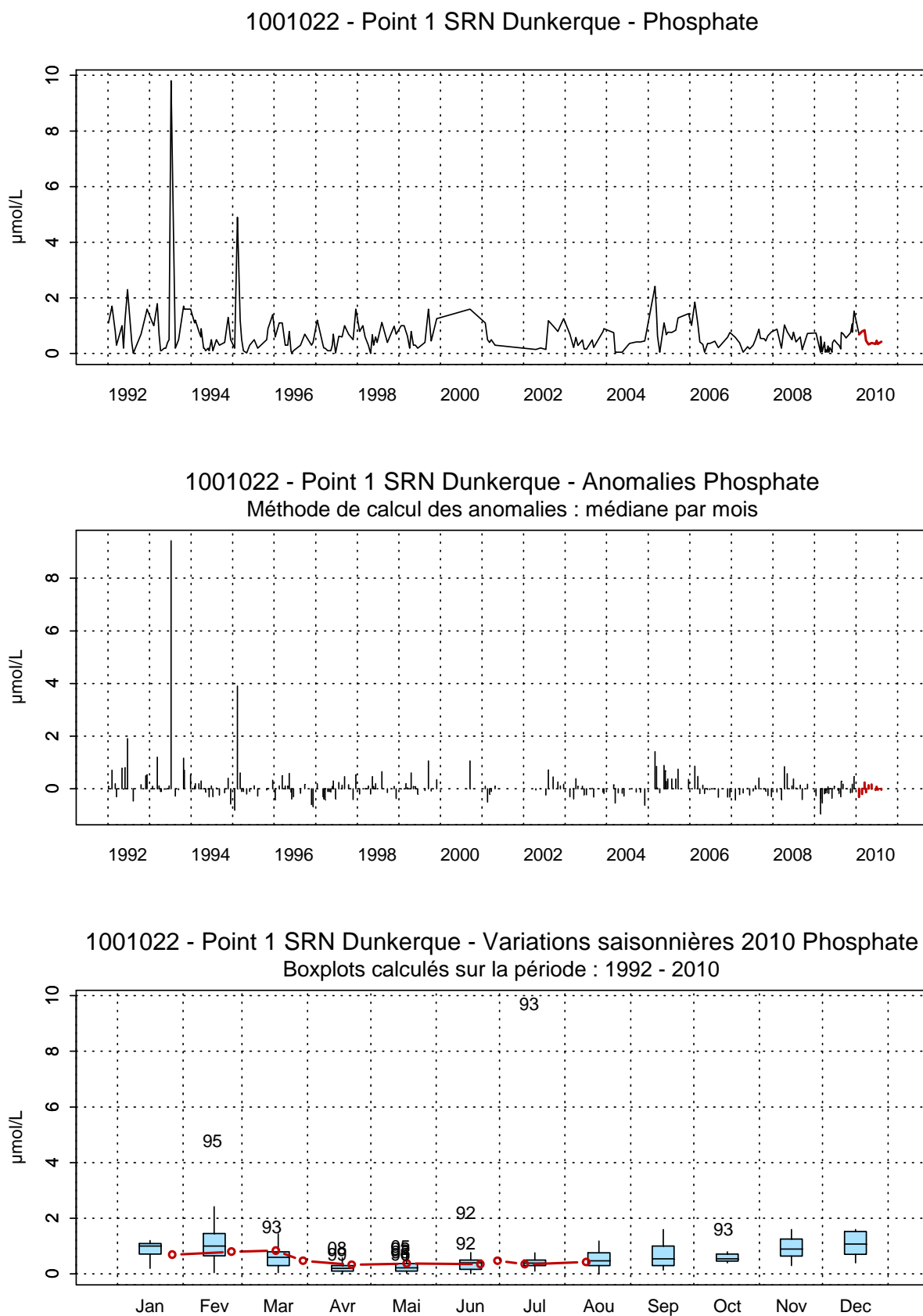


Figure 23. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2010

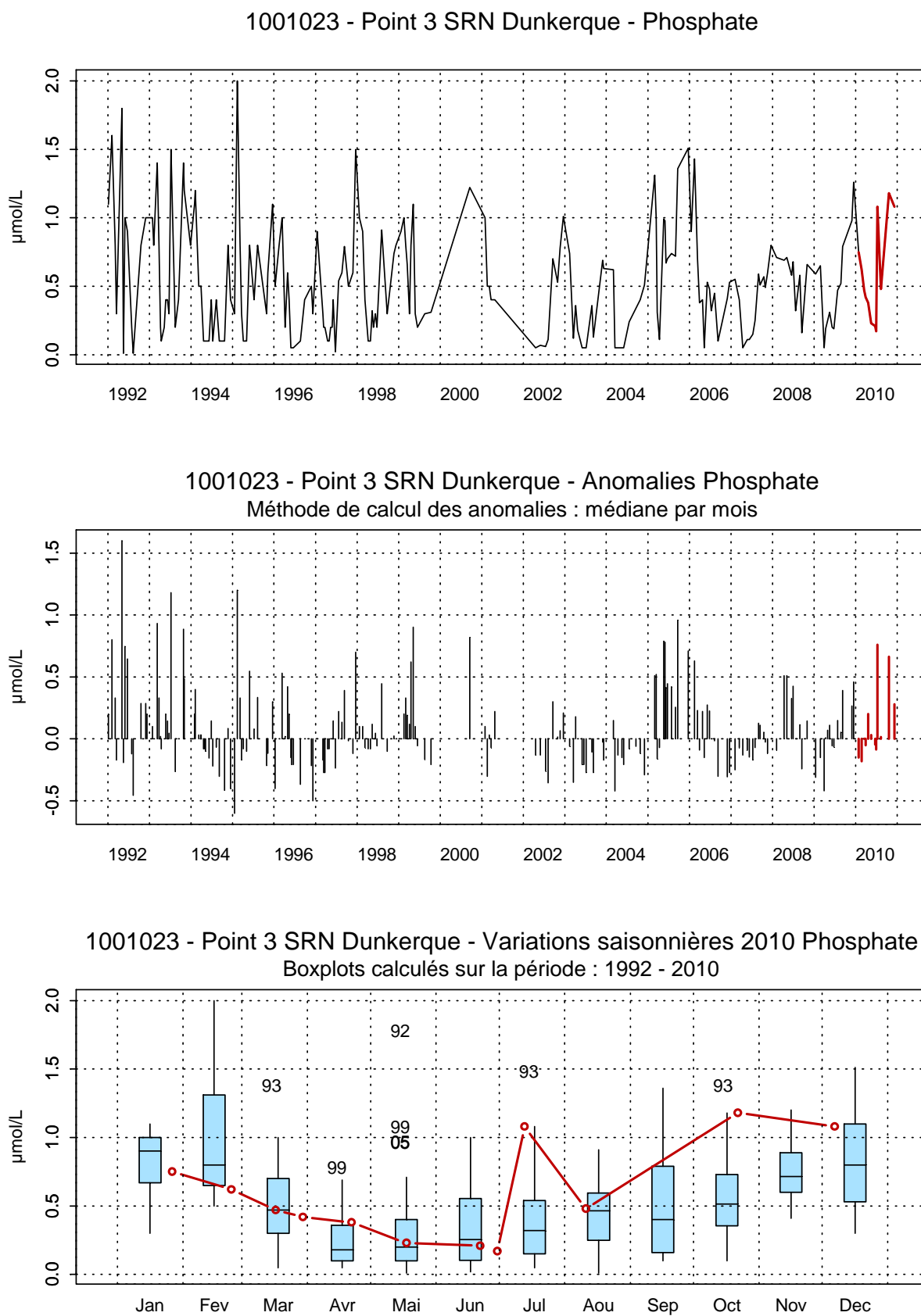


Figure 24. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2010

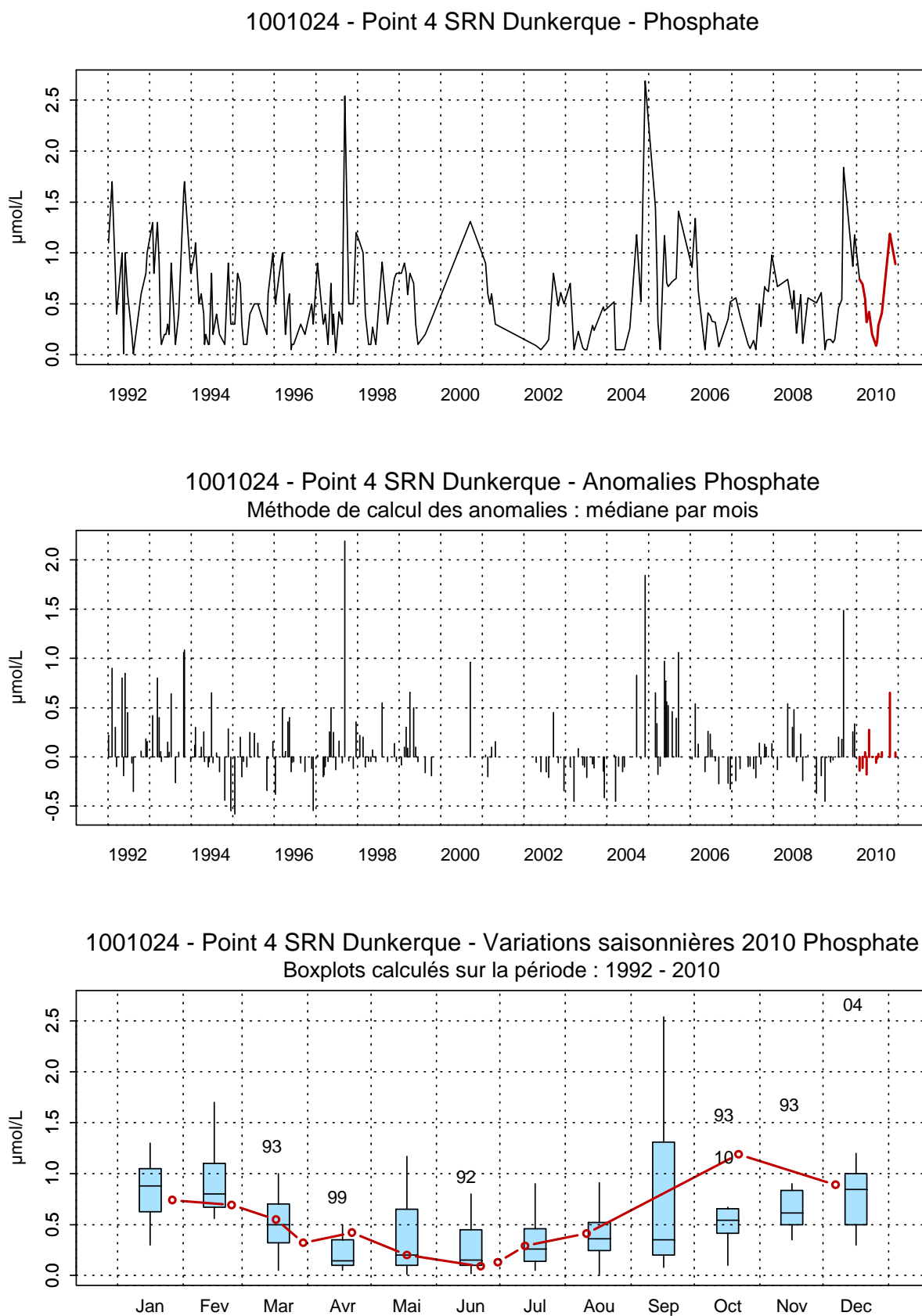


Figure 25. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2010

En 2010, l'évolution de la concentration en silicate est différente par rapport aux autres années (Figures 26, 27 et 28). Alors que les concentrations en silicate suivent habituellement un cycle saisonnier très marqué avec des concentrations importantes en hiver et en automne et faibles ou très faibles au printemps et en été. En 2010, les valeurs sont très faibles dès le début de l'année pour les points 3 et 4. Une légère augmentation est observée au mois de mars.

Pour le point 1, les concentrations sont plus élevées au début du cycle mais inférieures au premier quartile (calculé sur la période 1992-2010). Elles restent élevées en avril, mai, à la fin du mois de juin et en juillet.

Pour les points 3 et 4, les concentrations sont faibles du mois d'avril au mois d'août. Elles sont particulièrement importantes en octobre (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 1992-2010

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
DK1	0,10	1,20	5,57	3,51	7,58	35,20	233
DK3	0,05	0,40	3,62	1,60	4,72	26,00	216
DK4	0,10	0,40	3,56	1,90	5,30	25,90	209

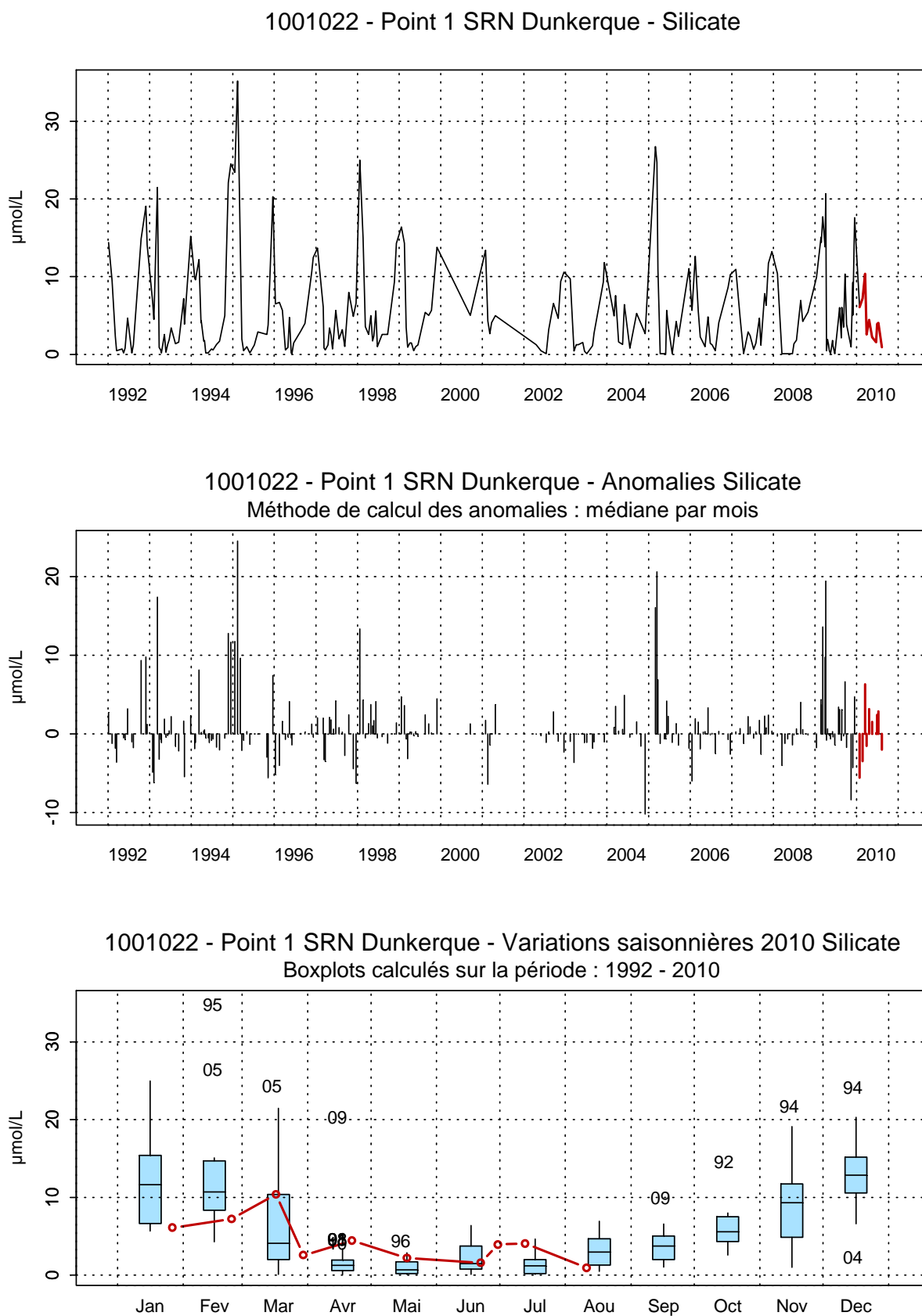


Figure 26. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2010

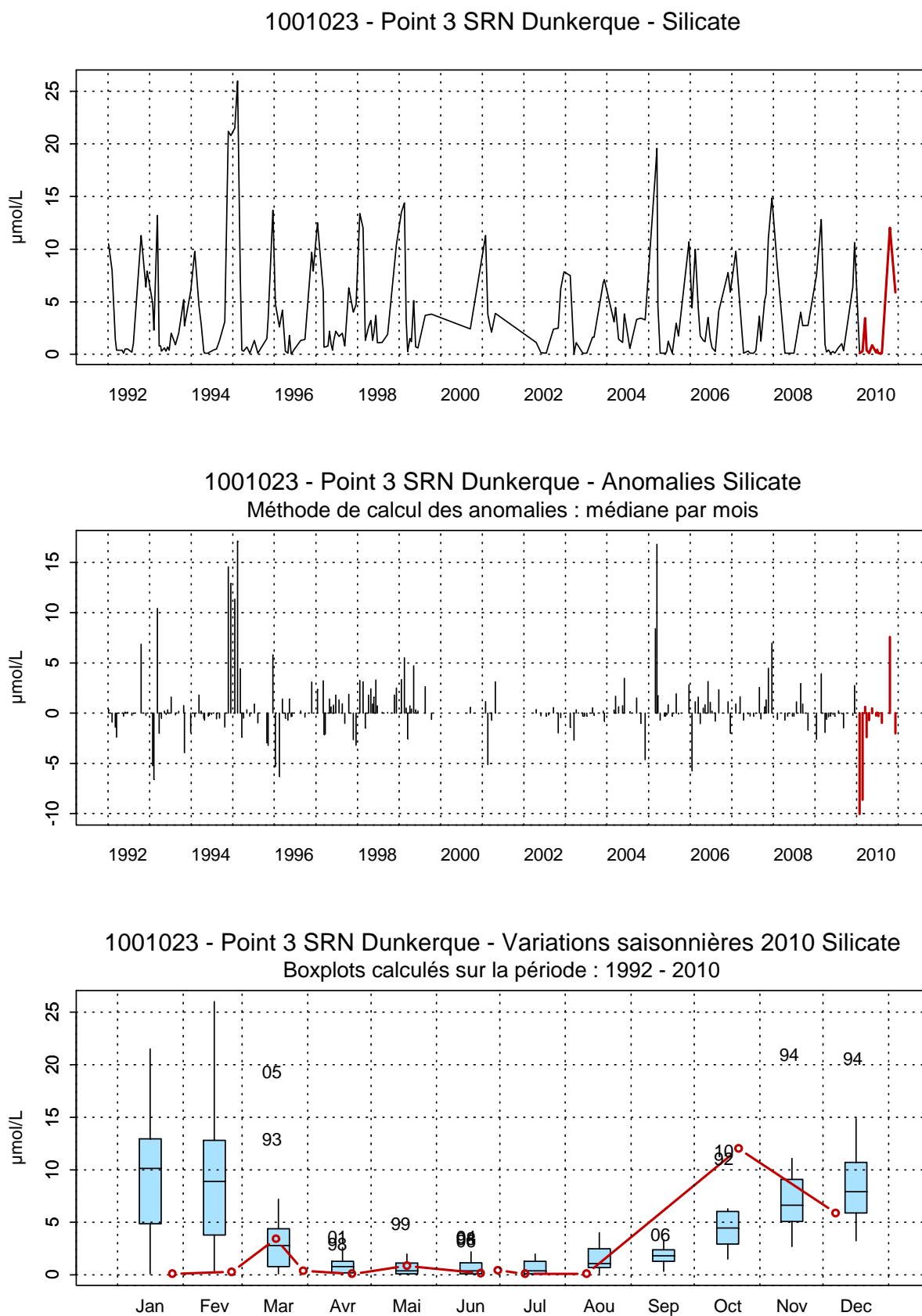


Figure 27. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2010

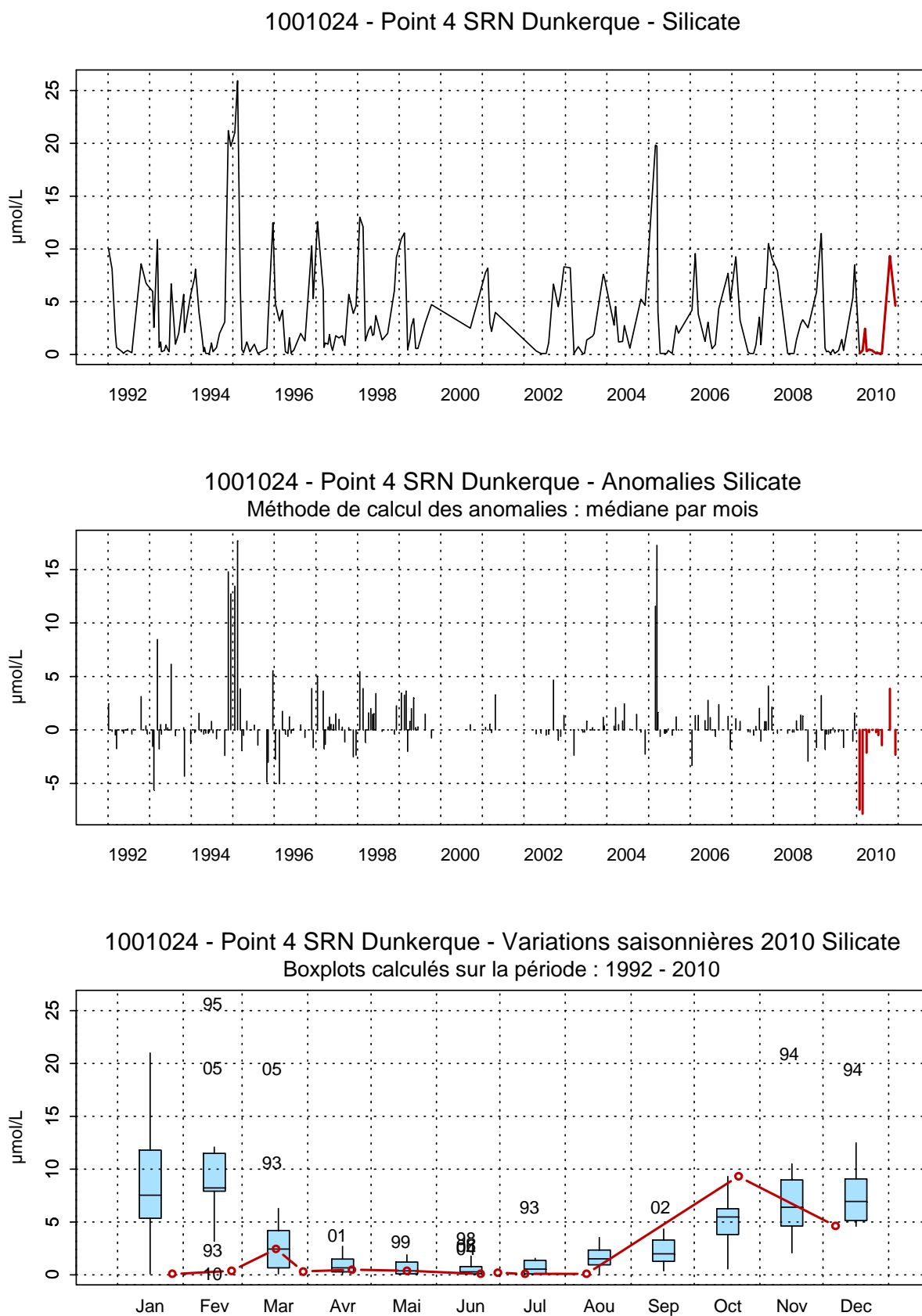


Figure 28. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2010

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 2010 dans ces aires permet de mettre en évidence une limitation potentielle par le silicate pour toute la radiale. Les points 1 et 3 sont plutôt caractérisés par une limitation du type Si : P : N au début du cycle (janvier à mi-mars), suivie par une limitation du type Si : N : P pouvant laisser ponctuellement la place à une limitation de type N : Si : P (point 1) ou revenir vers une limitation Si : P : N (points 3 et 4).

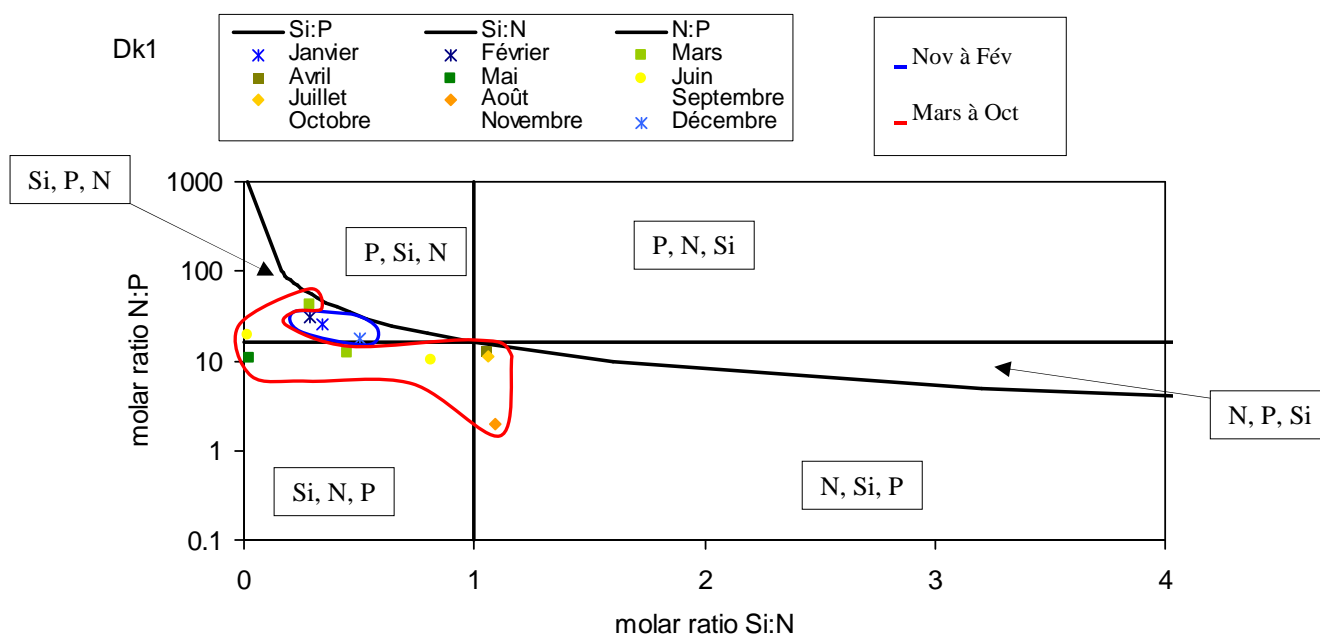


Figure 29. Évolution temporelle des éléments limitant au point 1 de la radiale de Dunkerque en 2010

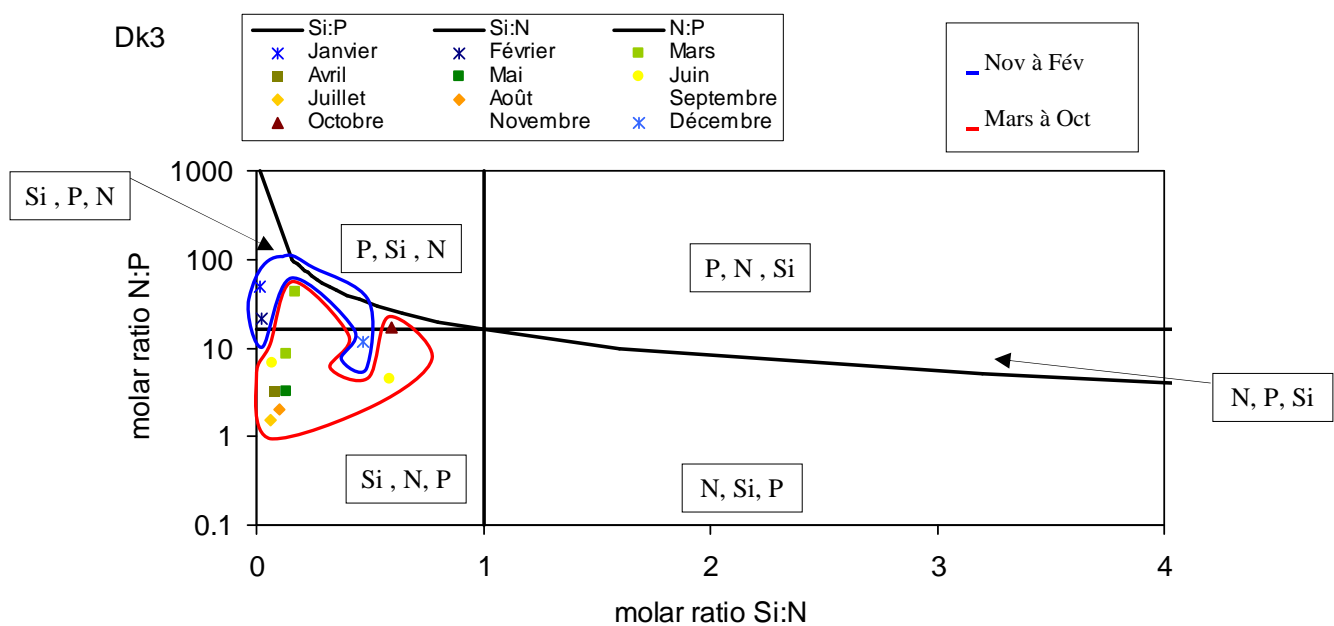


Figure 30. Évolution temporelle des éléments limitant au point 3 de la radiale de Dunkerque en 2010

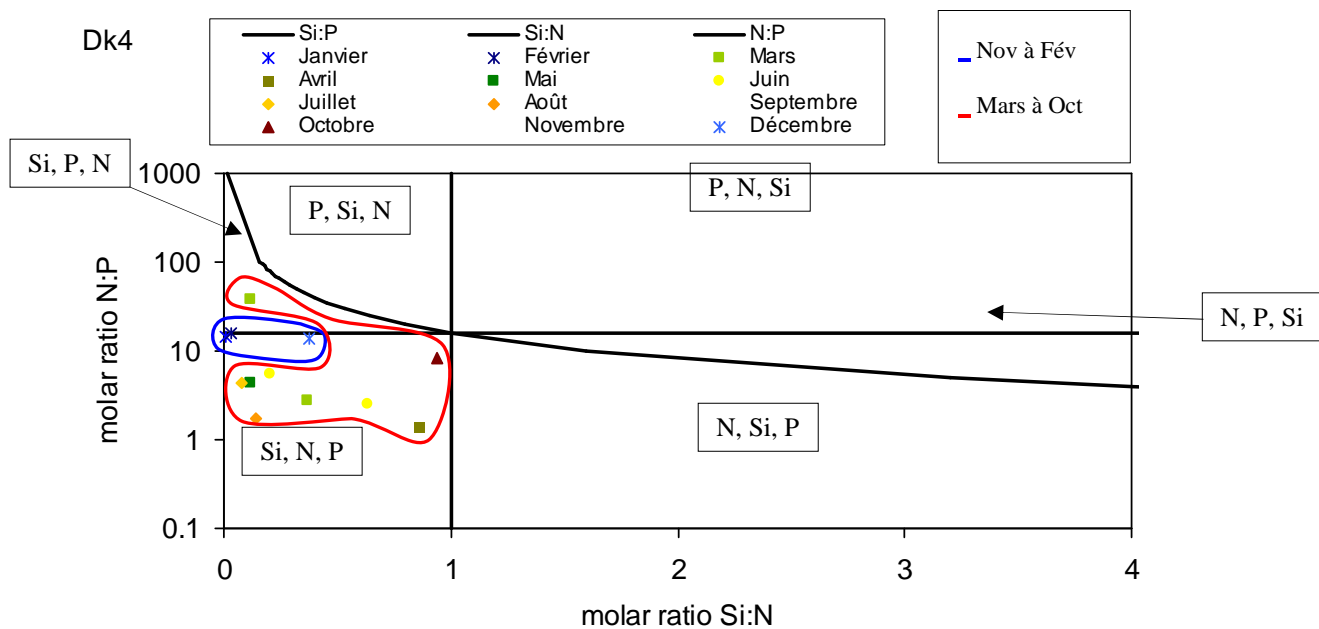


Figure 31. Évolution temporelle des éléments limitant au point 4 de la radiale de Dunkerque en 2010

Le pourcentage de chlorophylle active durant l'année 2010 est toujours supérieur à 50 %. Des diminutions importantes sont observées en avril et en juin. Le maximum est enregistré le 01/06/2010 avec 84,51 % (Figure 32).

Le gradient côte-large est compris entre -2,23 % et 15,06 % (Figure 32).

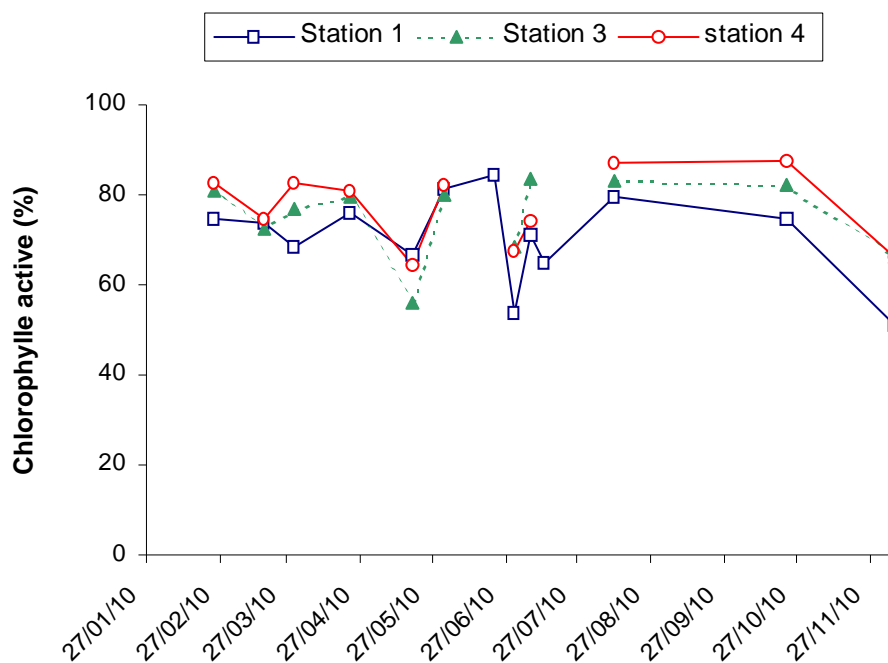


Figure 32. Évolution temporelle du pourcentage de chlorophylle active sur la radiale de Dunkerque en 2010

2.2. Boulogne-sur-Mer

L'évolution des températures est typique d'un système tempéré avec des valeurs faibles en hiver, de l'ordre de 5 °C en février-mars, suivies d'une augmentation pour atteindre les maxima estivaux (19,1 °C au point 1 et 17,9 °C au point 3). 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 -1,20 °C et 1,70 °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).

En 2010, les valeurs de température sont particulièrement faibles sur l'ensemble de l'année (valeurs généralement inférieures à la médiane de la période 1922-2010), sauf au mois de juillet.

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

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
BL1	2,10	8,87	12,59	12,30	16,50	22,10	288
BL2	4,40	8,60	12,36	12,10	15,95	21,80	250
BL3	5,10	9,00	12,35	12,00	15,90	21,80	243

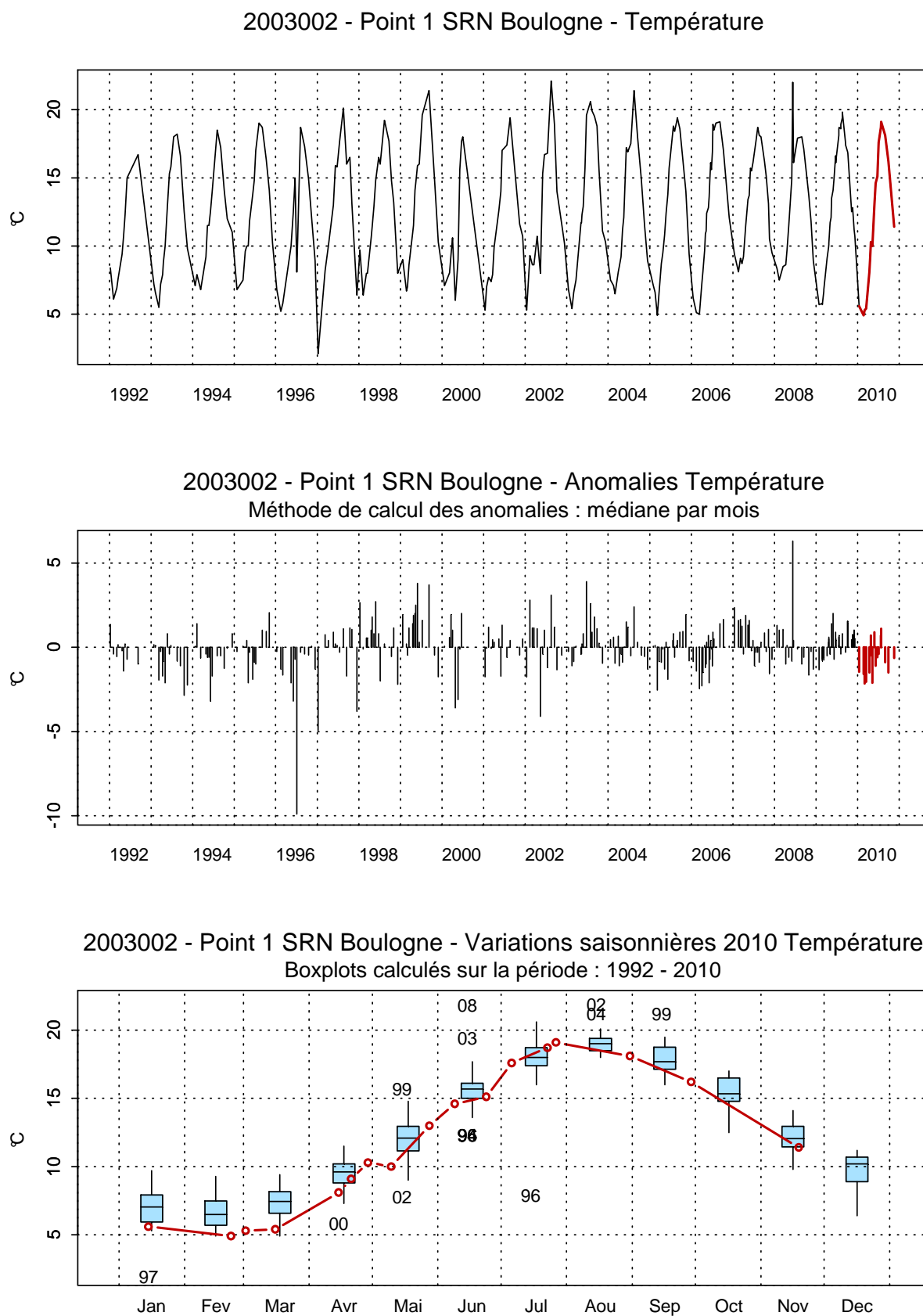


Figure33. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer (1992-2010)

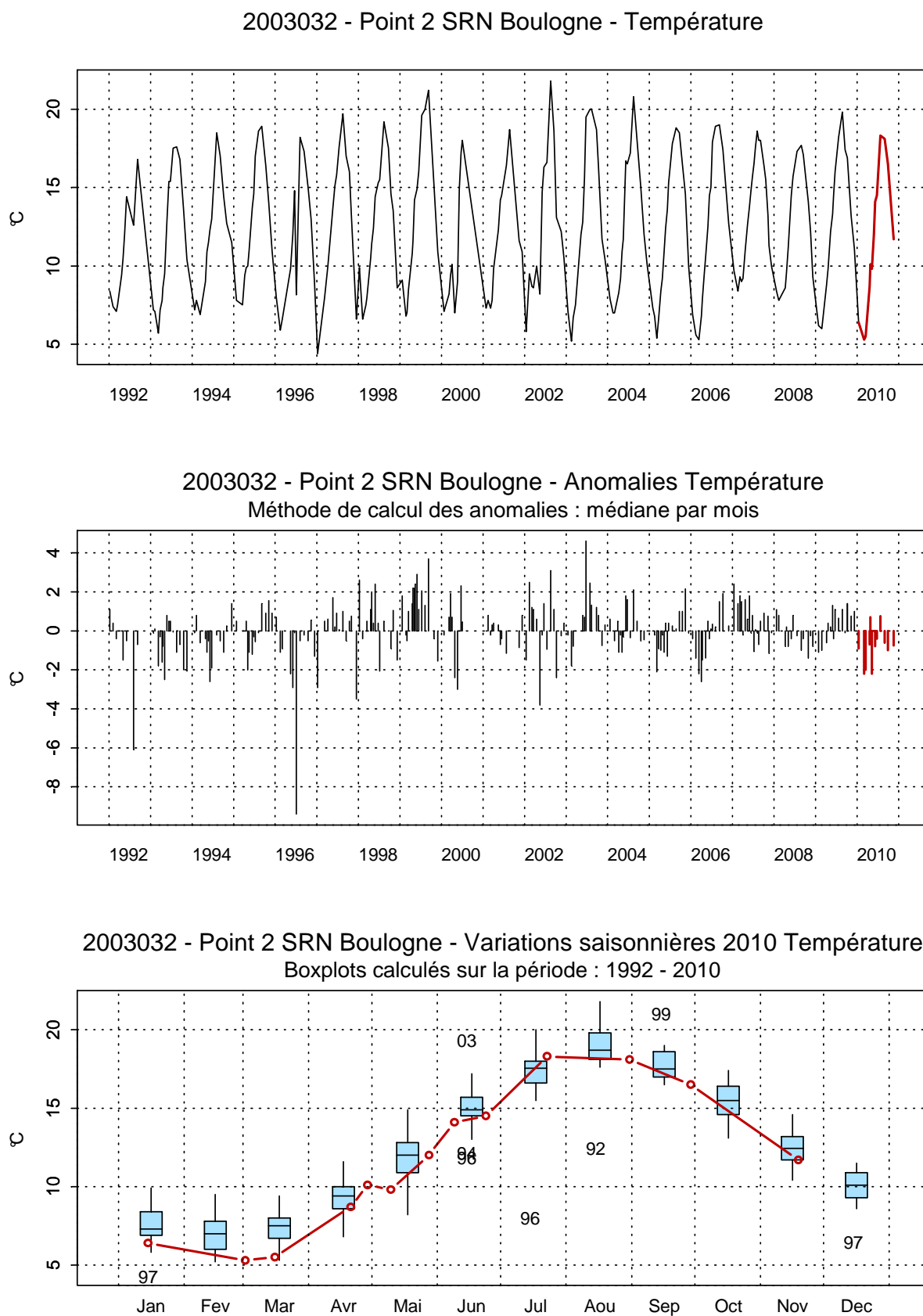


Figure34. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer (1992-2010)

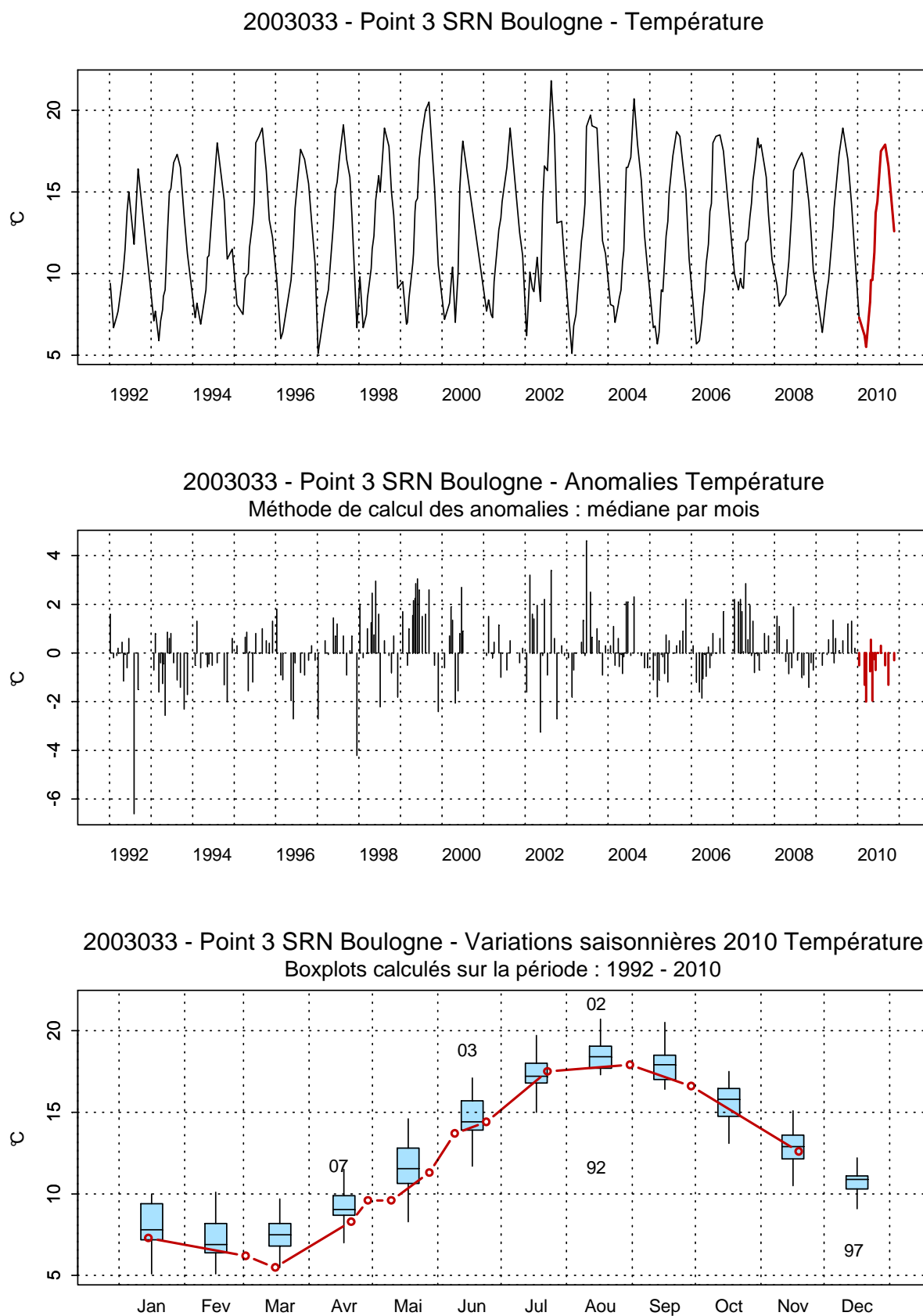


Figure35. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer (1992-2010)

La salinité est caractéristique d'un système marin côtier. Elle est comprise entre 33,7 et 35,2 au point 1, entre 34,2 et 35,4 au point 2 et entre 34,2 et 35,6 au point 3 (Annexe 2).

Les fluctuations observées sont le reflet à la fois de conditions de prélèvements légèrement différentes (contraintes liées à la marée) et de situations environnementales différentes (météorologie, courantologie) qui ne peuvent être appréhendées à cette échelle d'observation (Figure 36).

Le gradient côte-large de salinité varie entre -0,40 et 0,50.

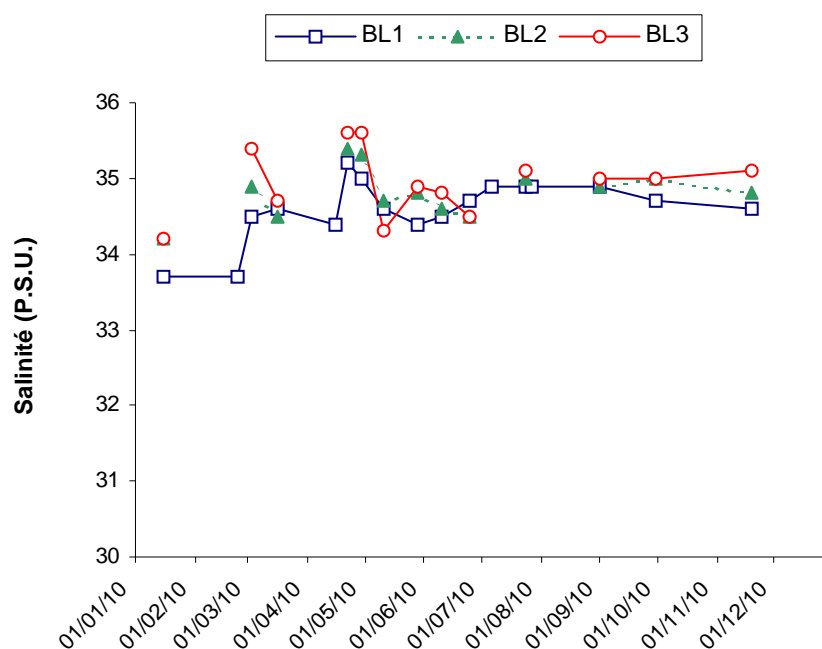


Figure 36. Évolution temporelle de la salinité (P.S.U.) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2010

Les valeurs enregistrées pour la turbidité sont relativement faibles comparativement à celles observées habituellement (Figure 37).

L'évolution de la turbidité peut être divisée en 3 parties. Du mois de janvier au mois d'avril, les valeurs ont tendance à augmenter jusqu'à atteindre un maximum à la fin du mois d'avril avec des valeurs comprises entre 4,52 NTU et 1,36 NTU de la côte vers le large. La période qui s'étend de mai à août est caractérisée par de faibles valeurs à l'exception du 27/07/2010 au point 1 (3,24 NTU). Les concentrations augmentent à nouveau à partir du mois septembre. Le maximum absolu pour l'année 2010 est observé au point 1 le 19/11/10 avec 6,15 NTU.

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

Les différences de turbidité et de matières en suspension entre la côte et le large sont comprises respectivement entre -3,8 et 0,01 N.T.U. et entre -27,6 mg/L et -0,6 mg/L.

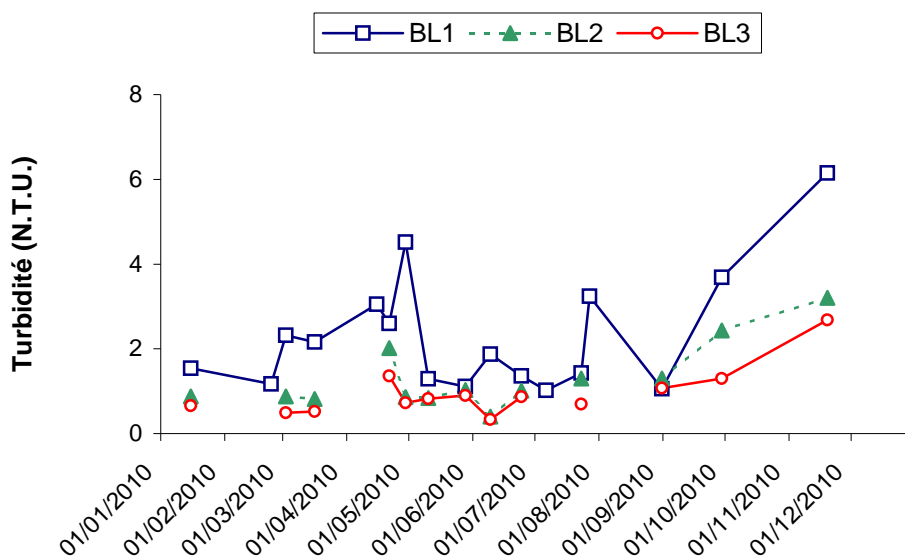


Figure 37. Évolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2010

L'évolution de la matière en suspension est comparable à celle de la turbidité (figure 38). Ce paramètre présente de grandes fluctuations en particulier pour le point 1. Les valeurs relevées le premier semestre sont plus importantes. Un maximum absolu est atteint à la fin du mois d'avril (28,80 mg/L) au point 1. Le minimum est relevé au point 3 le 15/01/1 (0,8 mg/L).

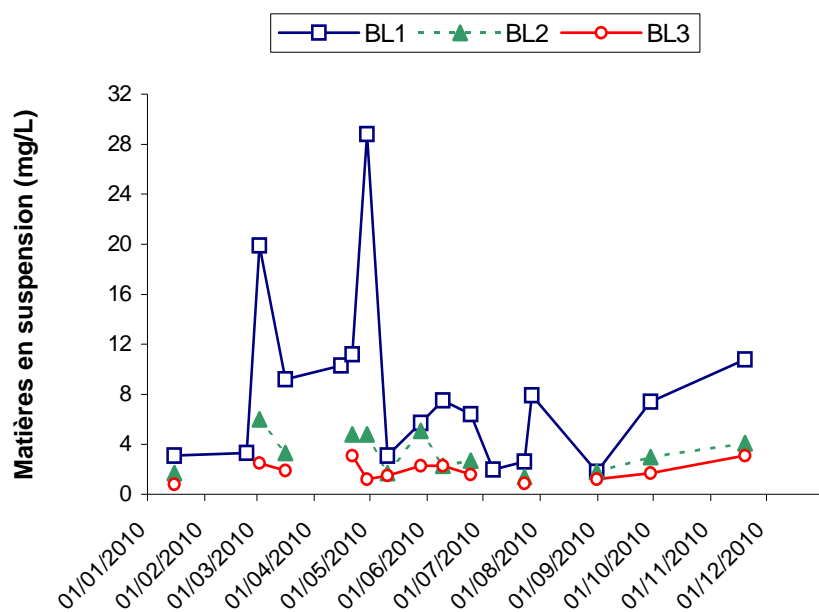


Figure 38. Évolution temporelle des matières en suspension (mg/L) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2010

L'évolution de la concentration de matière organique (M.O.) dans les matières en suspension (M.E.S.) est marquée par une forte variabilité. Les périodes printanière et estivale sont caractérisées par de plus faibles fluctuations pour les points 1 et 2, alors que le point 3 présente un maximum absolu de 100 % de la M.O. dans les MES le 10/05/2010.

Les fortes valeurs enregistrées correspondent 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* (Figure 39).

Le gradient côte-large est compris entre -4,03 % et 65,52 %.

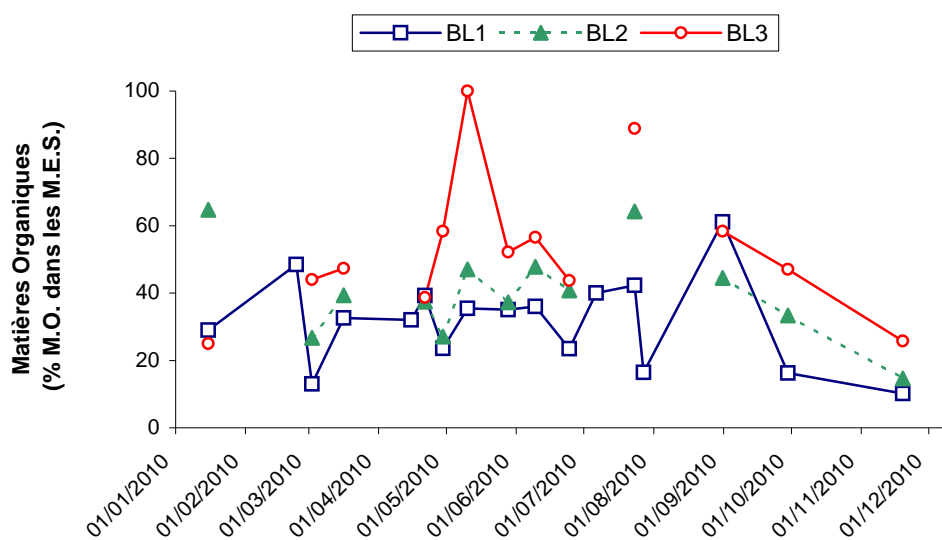


Figure 39. Évolution temporelle de la teneur en matière organique (%) dans les matières en suspension sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2010

Le dosage de la concentration en chlorophylle *a*, indicateur de biomasse phytoplanctonique, permet de mettre en évidence un bloom très précoce (Annexe 2 et Tableau 8). De janvier jusqu'au début du mois de mars, des valeurs exceptionnellement élevées ont été observées sur toute la radiale. La concentration est déjà de 11,93 mg/m³ pour le point 1 le 15/01/10. Au point 1, les concentrations vont chuter d'avril à début mai. Des valeurs plus importantes sont ensuite relevées fin mai et en juin. On note l'absence de bloom automnal pour cette année.

Le schéma d'évolution est sensiblement le même pour le point 2 avec des concentrations moins importantes et une légère efflorescence au mois septembre (3,24 mg/m³)

Pour le point 3, la concentration est plus élevée qu'habituellement au mois de janvier, sans dépasser le niveau d'intensité lors des développements de biomasse observés en avril et en mai (3,10 et 5,65 mg/m³).

Tableau 8. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle *a* (mg/m³) pour les différents points de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2010

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
BL1	0,01	1,78	5,58	3,60	7,96	29,60	295
BL2	0,05	1,16	3,68	2,41	4,82	19,22	261
BL3	0,02	0,80	2,31	1,37	2,78	16,32	252

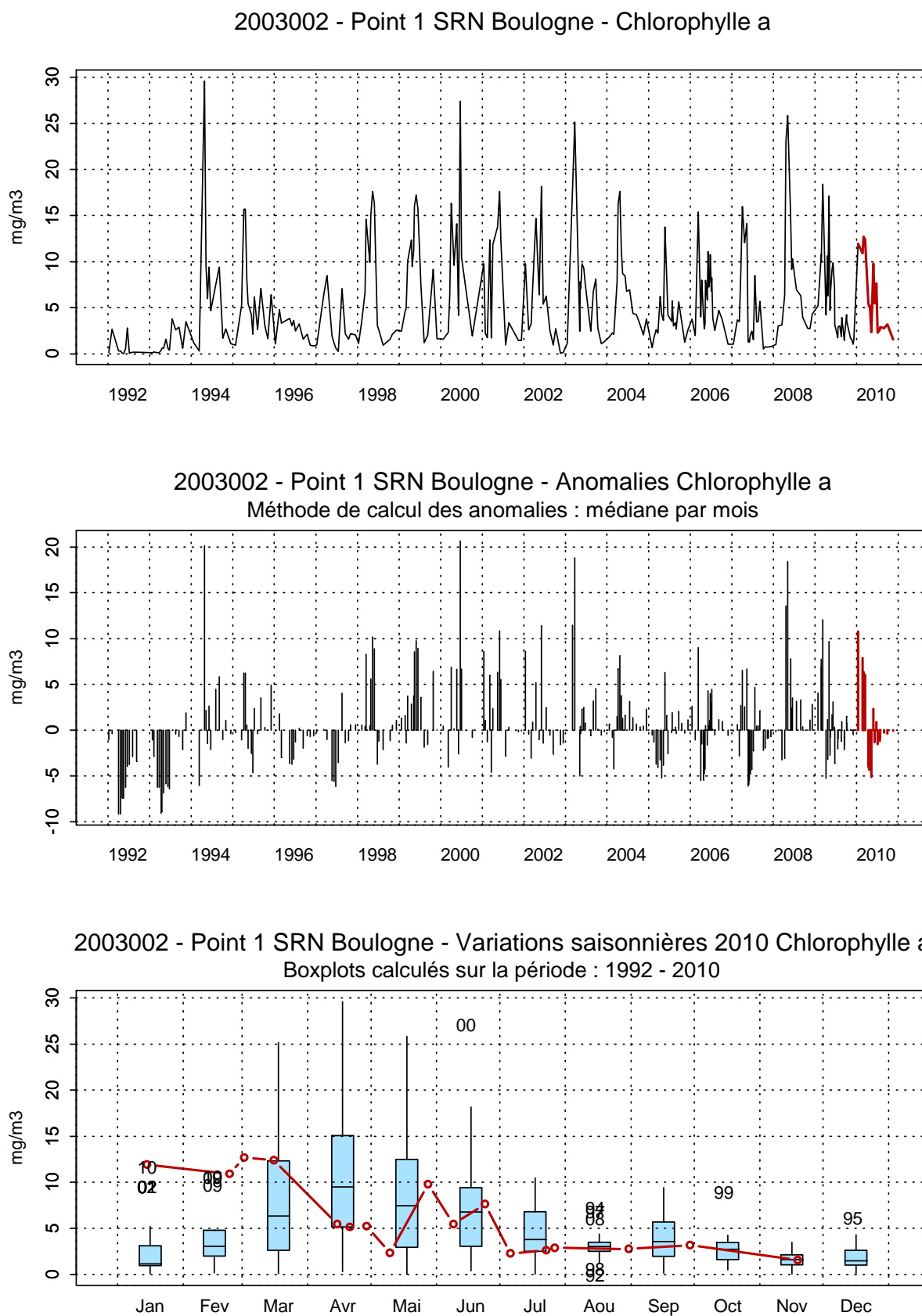
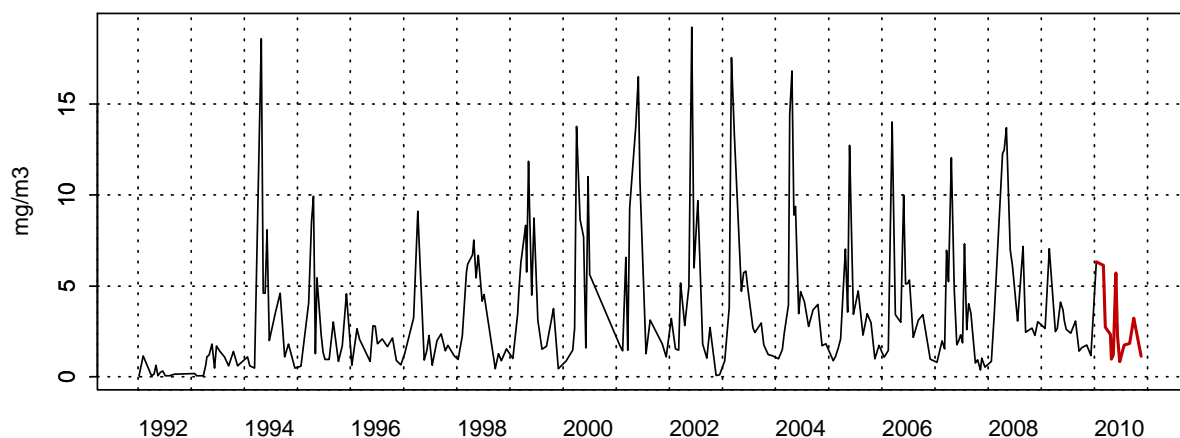
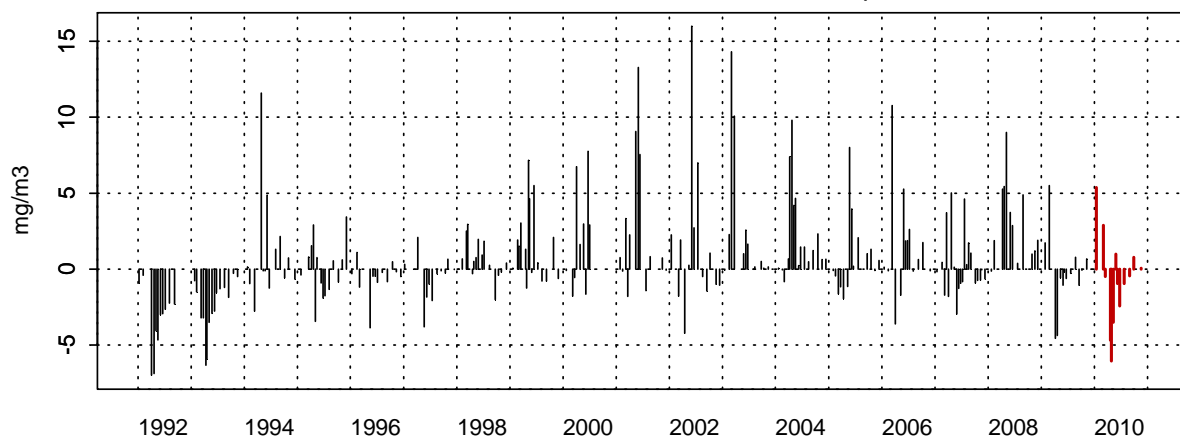


Figure 40. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m³) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2010

2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Chlorophylle a



2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Anomalies Chlorophylle a
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2010 Chlorophylle a
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2010

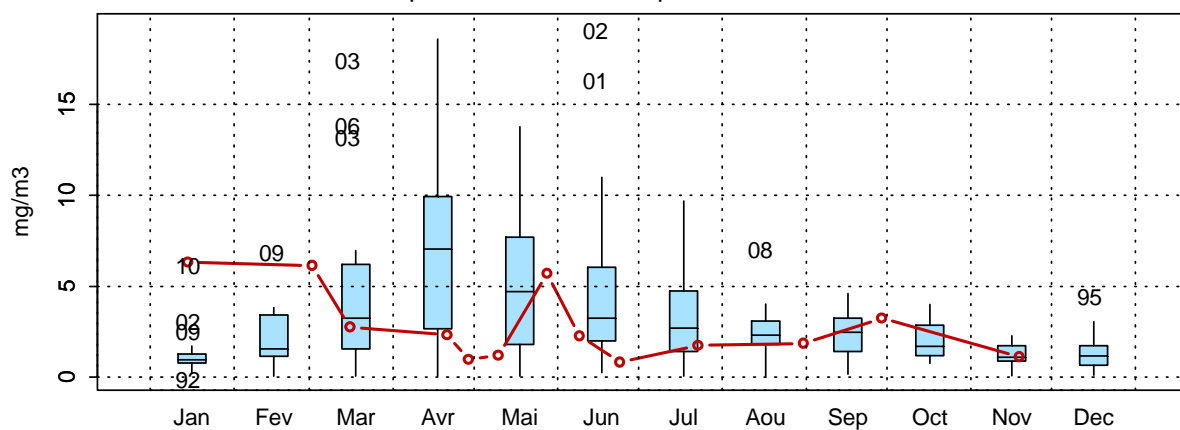


Figure 41. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m3) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2010

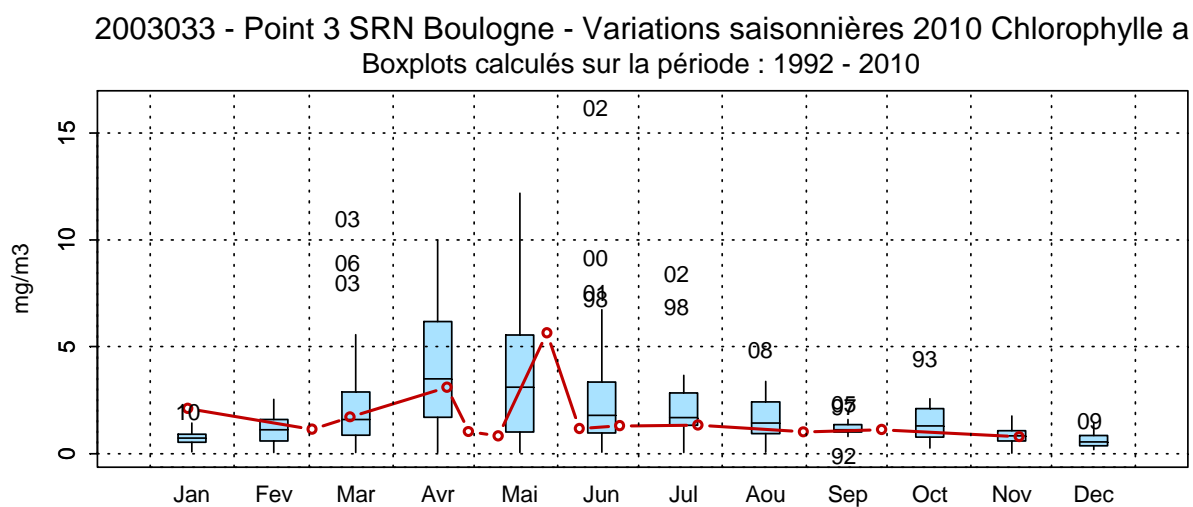
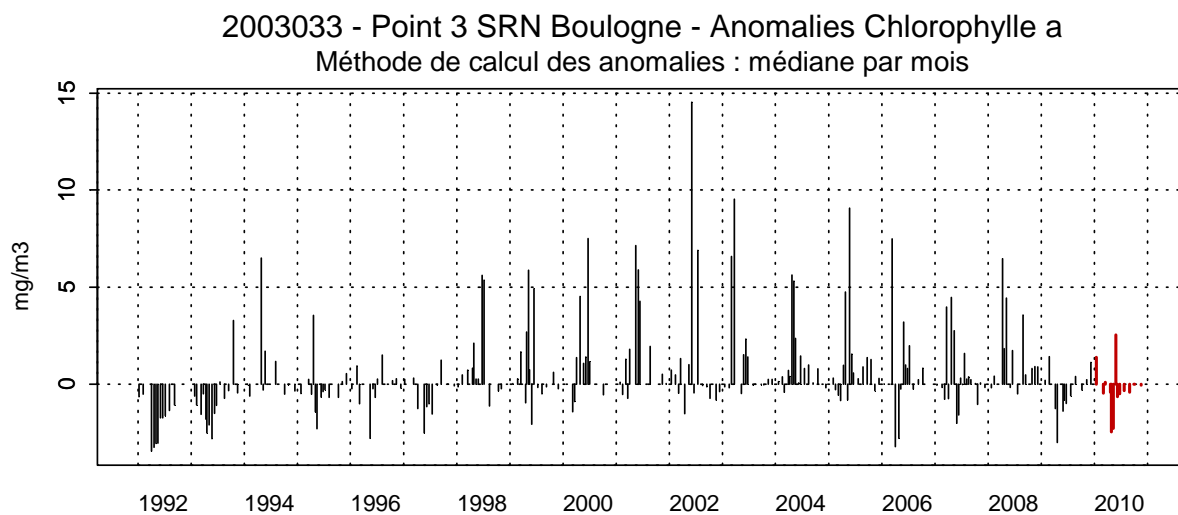
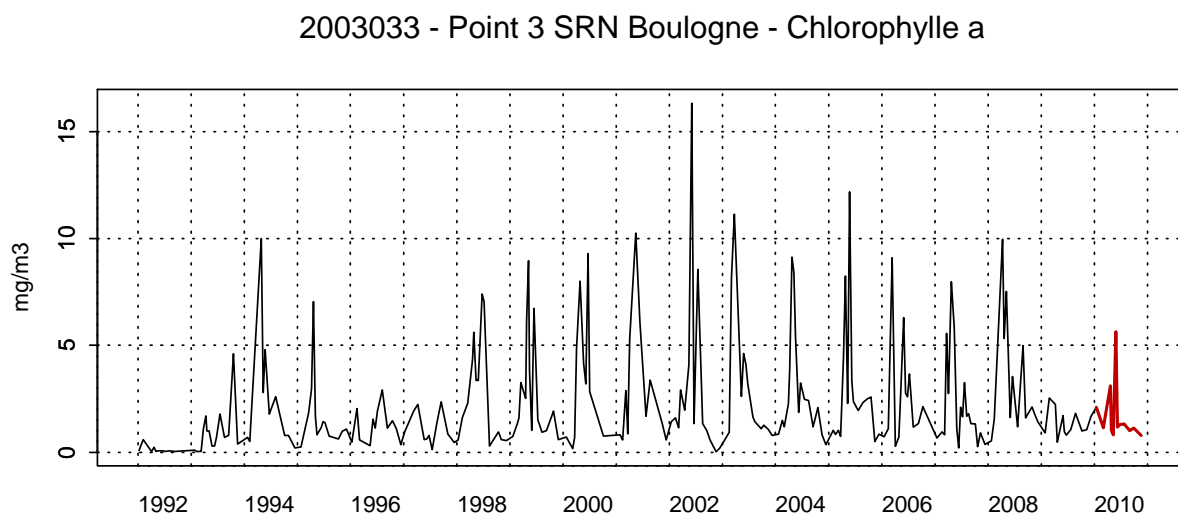


Figure 42. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m³) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2010

La courbe d'évolution du nitrate est classique. Les concentrations maximales sont observées au mois de janvier pour toute la radiale Boulogne. Les valeurs sont comprises entre 13,96 $\mu\text{mol/l}$ et 9,40 $\mu\text{mol/}$ entre le point 1 et le point 3. Les valeurs les plus faibles sont observées entre avril et septembre (Annexe 2 et Tableau 9). On enregistre une forte augmentation de la concentration à la fin du cycle (16,11 $\mu\text{mol/L}$ au point 1 le 19/11/2010) (Figures 43, 44 et 45).

En 2010, les concentrations en nitrate sont particulièrement faibles au début de l'année (au-dessous du premier quartile). Les concentrations du mois de novembre sont particulièrement élevées au point 1 (supérieures au troisième quartile) ainsi qu'aux points 2 et 3 (supérieures à la médiane).

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 1992-2010

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
BL1	0,02	0,16	7,03	1,72	12,39	43,31	279
BL2	0,05	0,15	5,93	1,58	11,04	43,78	263
BL3	0,08	0,15	5,27	1,73	8,71	63,64	255

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

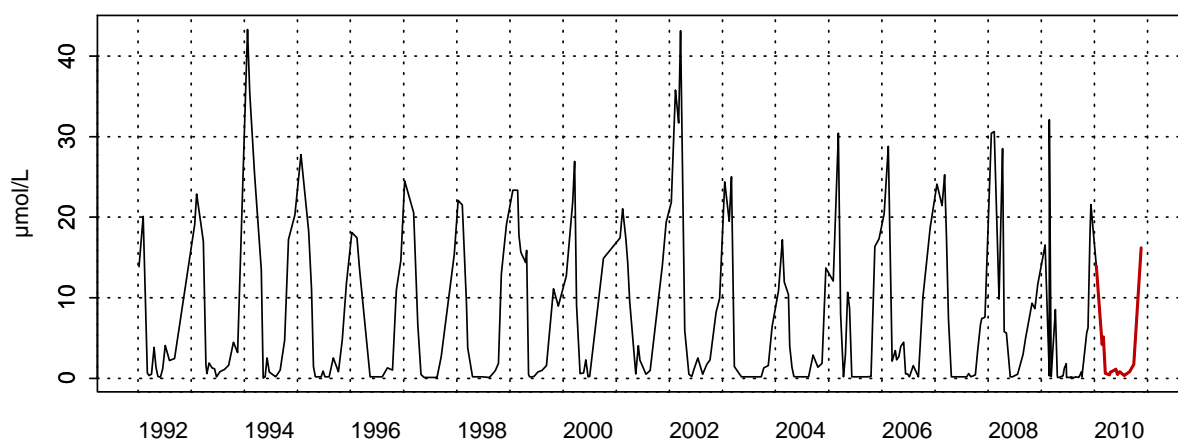
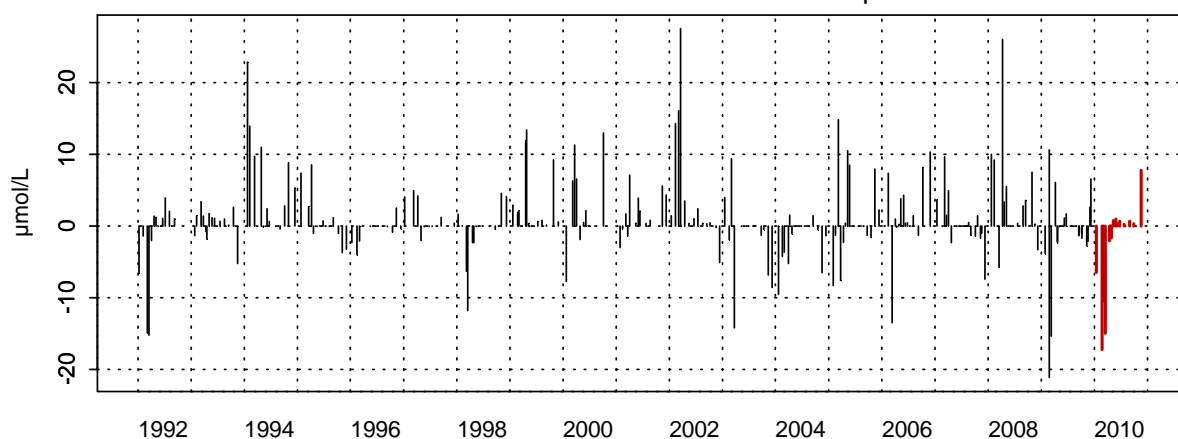
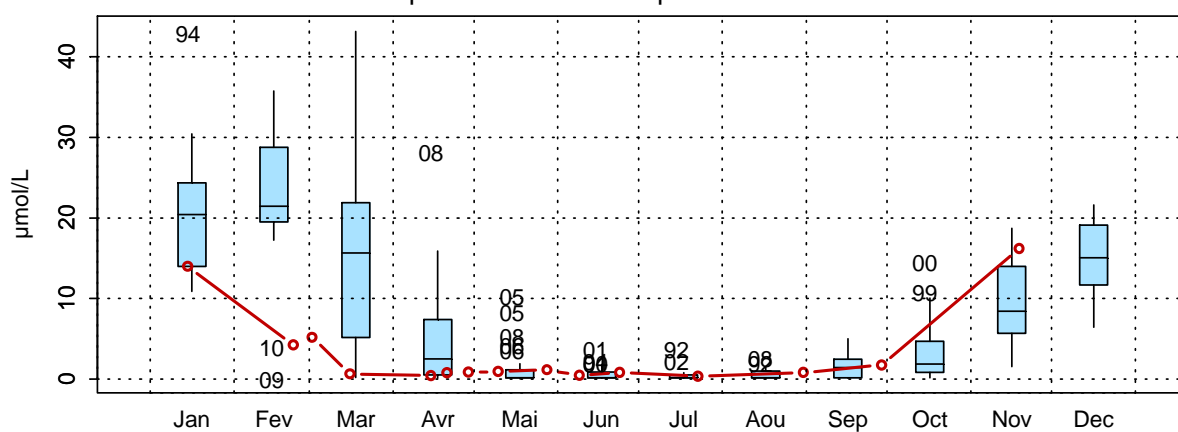
002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Anomalies Azote nitrique (nitrate)
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2010 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2010

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 1992-2010

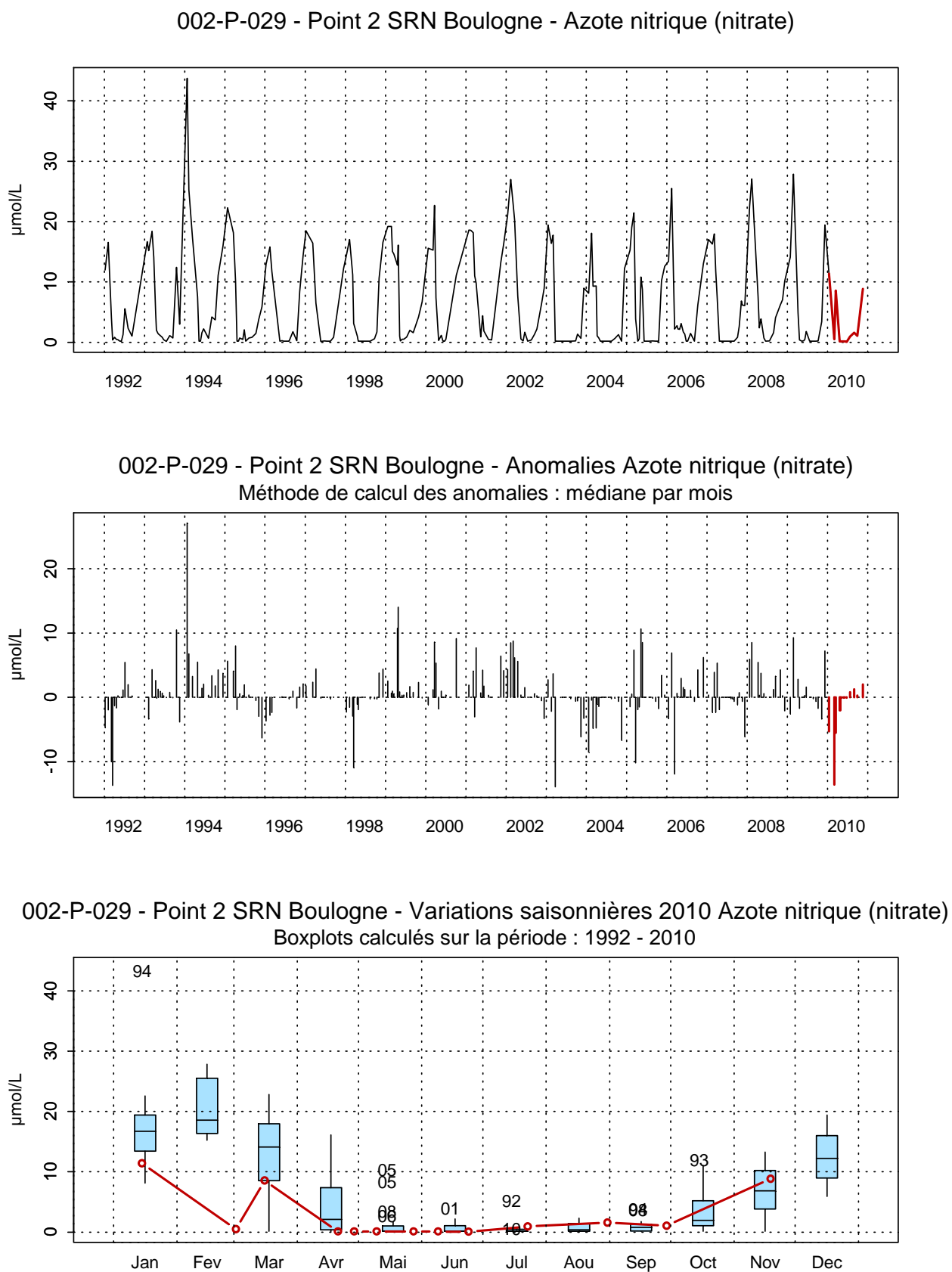


Figure 44. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2010

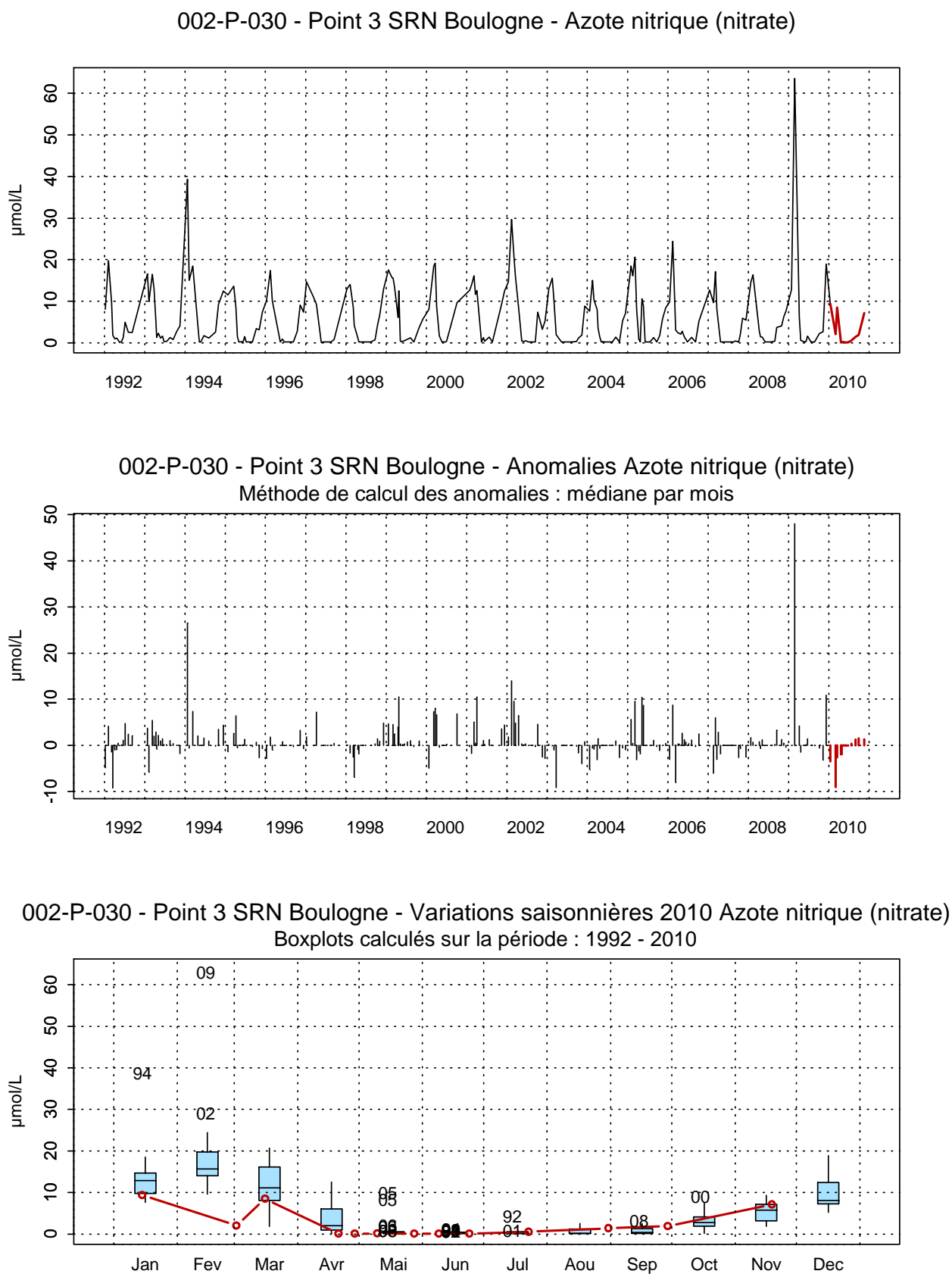


Figure 45. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2010

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

La courbe d'évolution des nitrites est classique et ressemble fortement à celle des nitrates. Les maxima sont enregistrés dès le mois de janvier ($0,73 \mu\text{mol/L}$ au point 3), les concentrations vont chuter ensuite pour atteindre leurs minima au printemps (avec des valeurs inférieures au seuil de détection pour les point du large). Du mois d'avril au mois de septembre, les concentrations sont faibles (comprises entre $0,10$ et $0,05 \mu\text{mol/L}$) pour toute la radiale (sauf au mois juin pour le point 1). Les concentrations augmentent à la fin du cycle (Annexe 2).

En 2010, les concentrations en nitrite sont généralement inférieures à la médiane 1992-2010, ce qui aboutit à l'observation d'anomalies négatives pendant presque toute la période d'observation (Figure 46, 47 et 48).

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

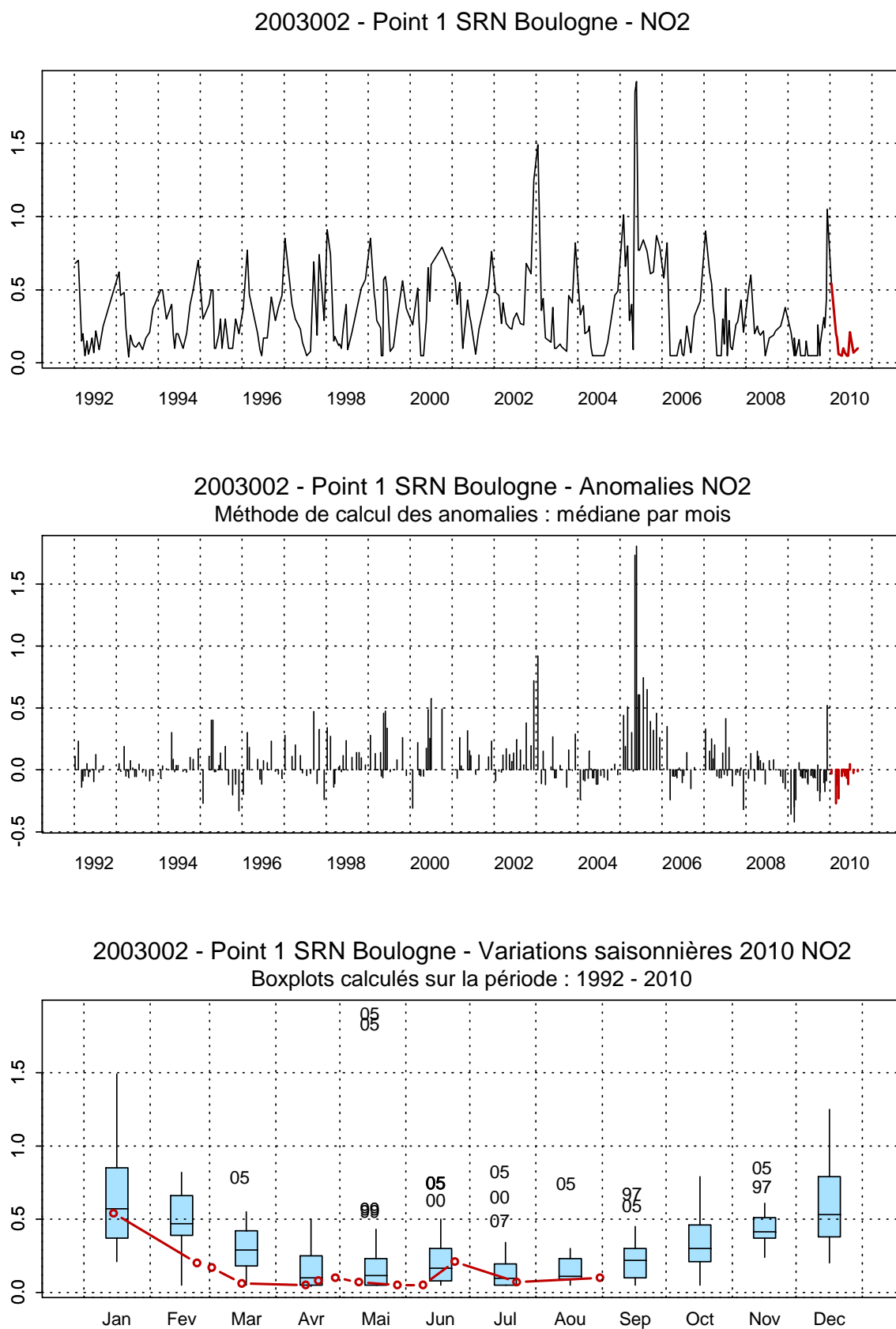
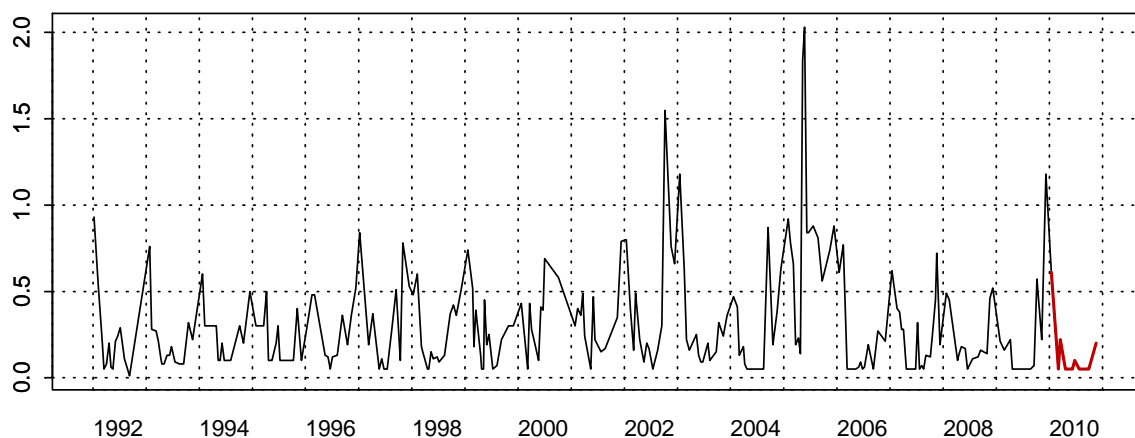
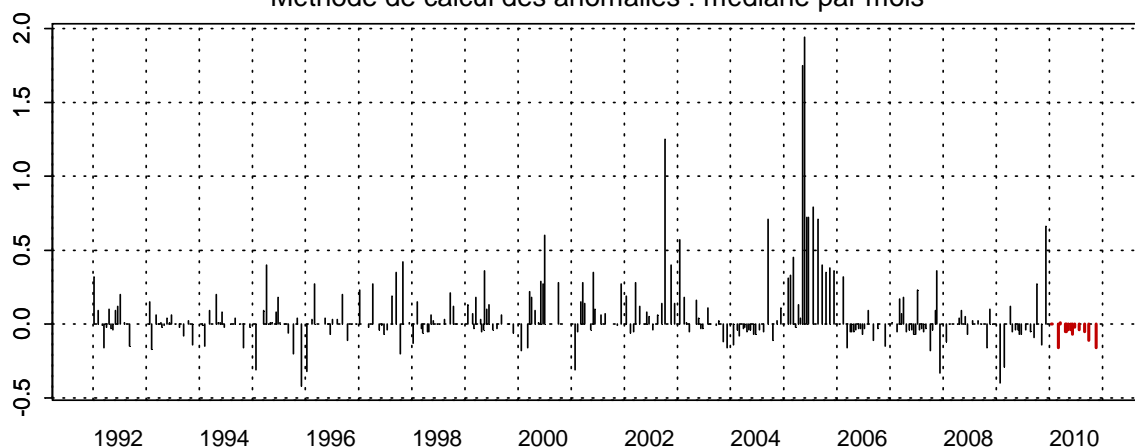


Figure 46. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2010

2003032 - Point 2 SRN Boulogne - NO2



2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Anomalies NO2
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2010 NO2
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2010

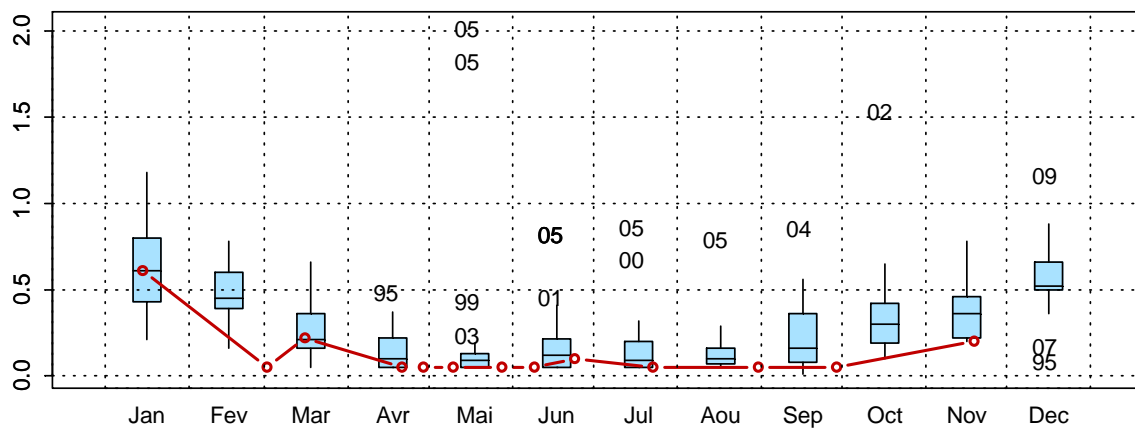


Figure 47. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2010

2003033 - Point 3 SRN Boulogne - NO2

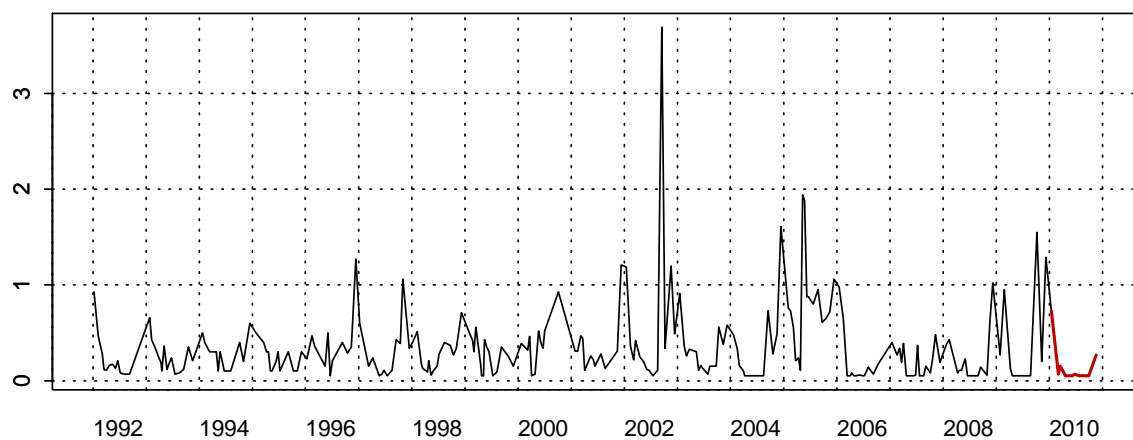
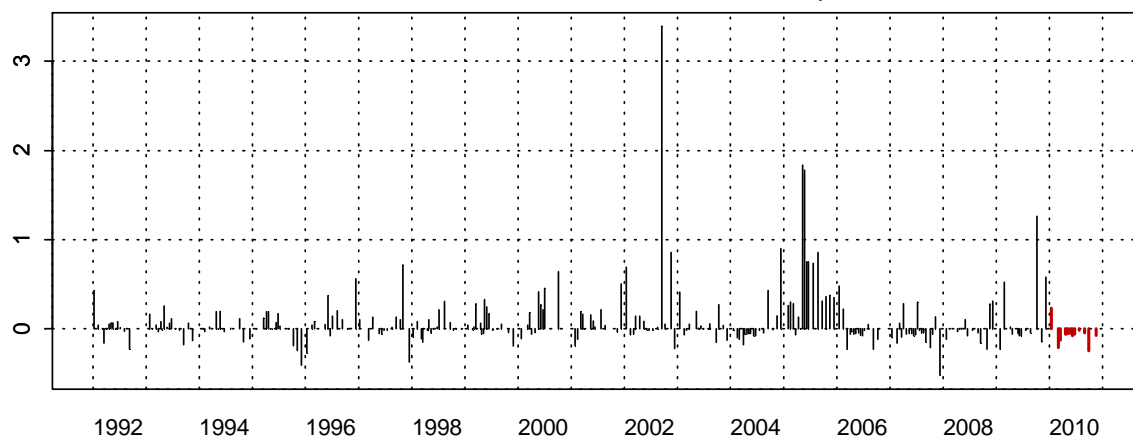
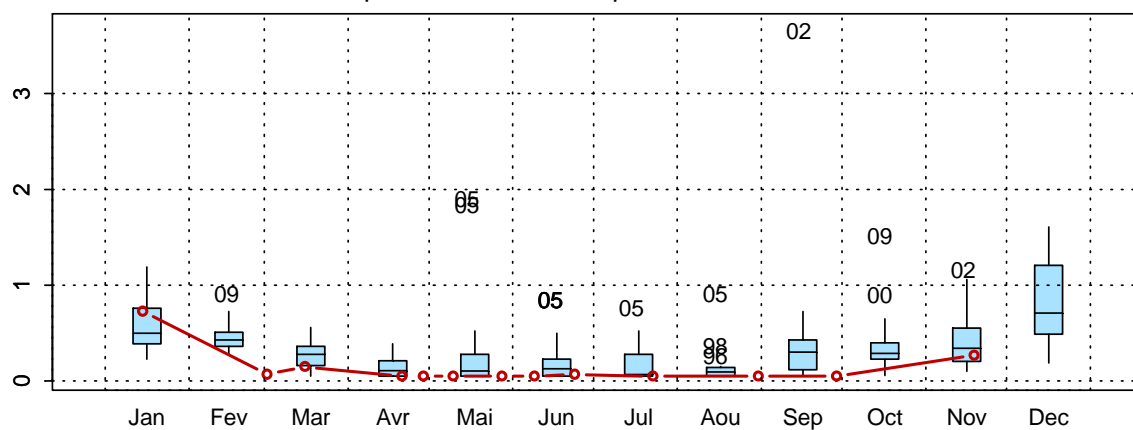
2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Anomalies NO2
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2010 NO2
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2010

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 1992-2010

2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Azote ammoniacal

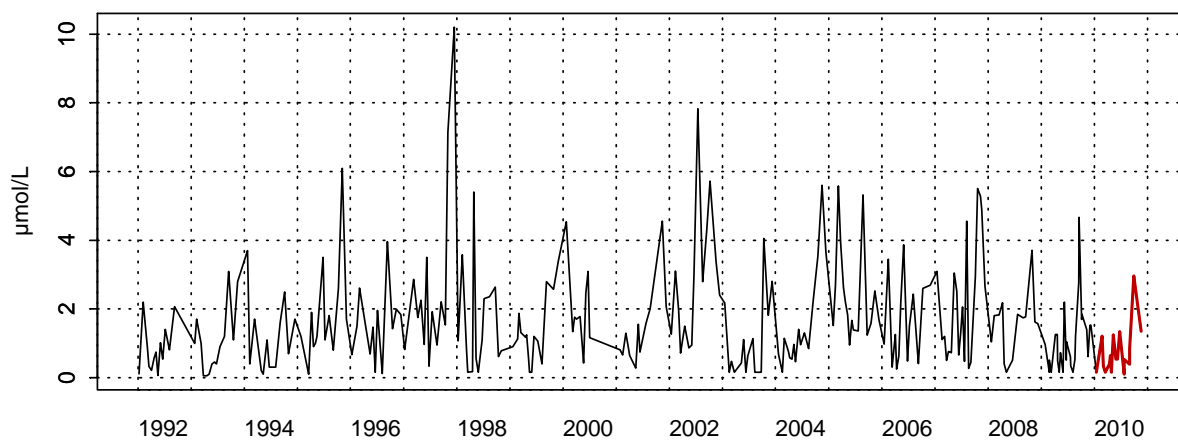
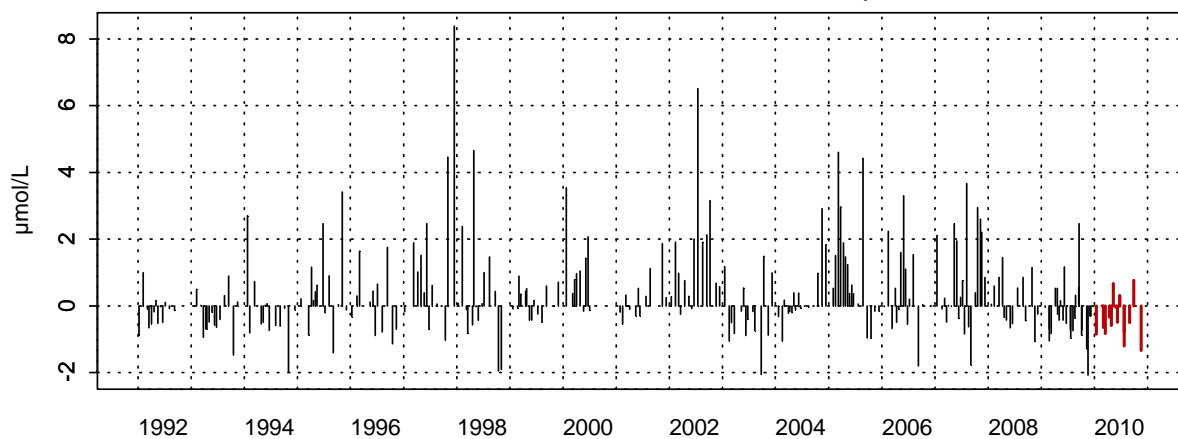
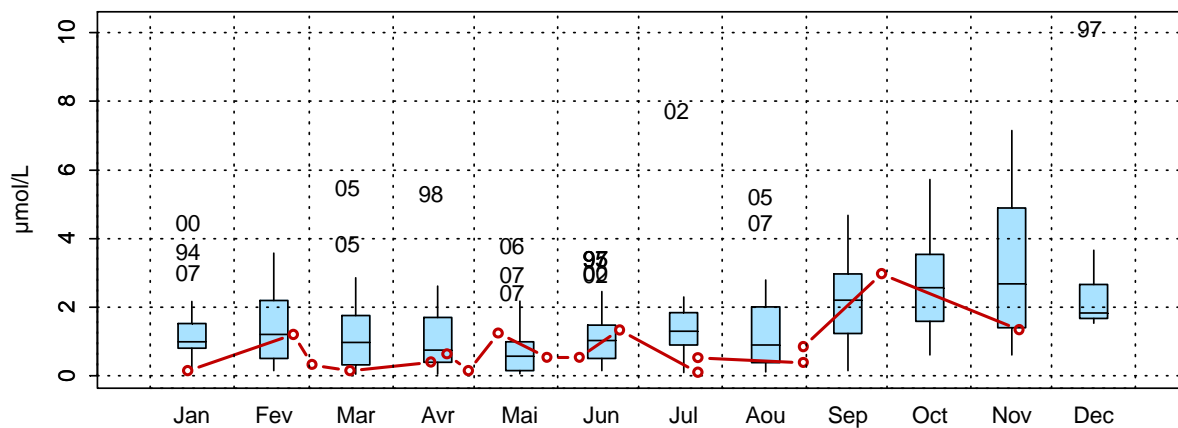
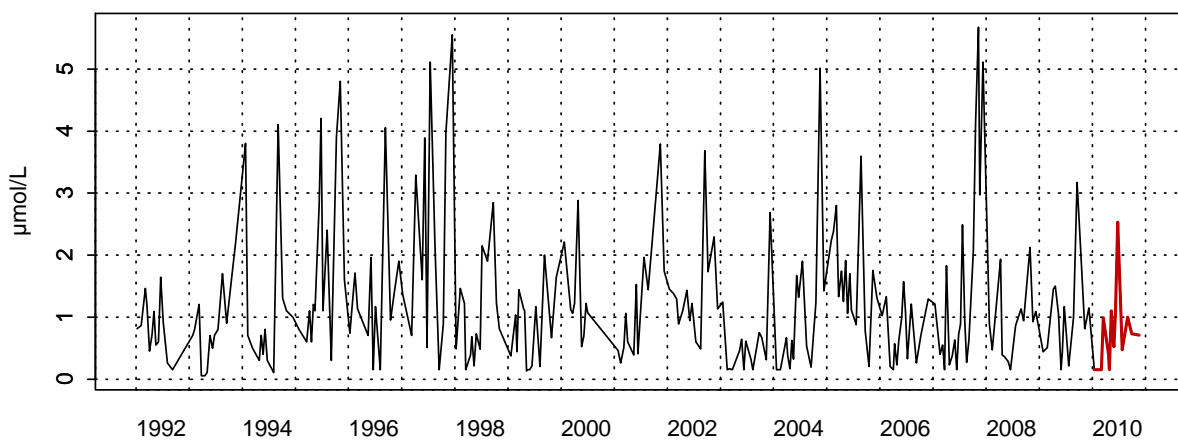
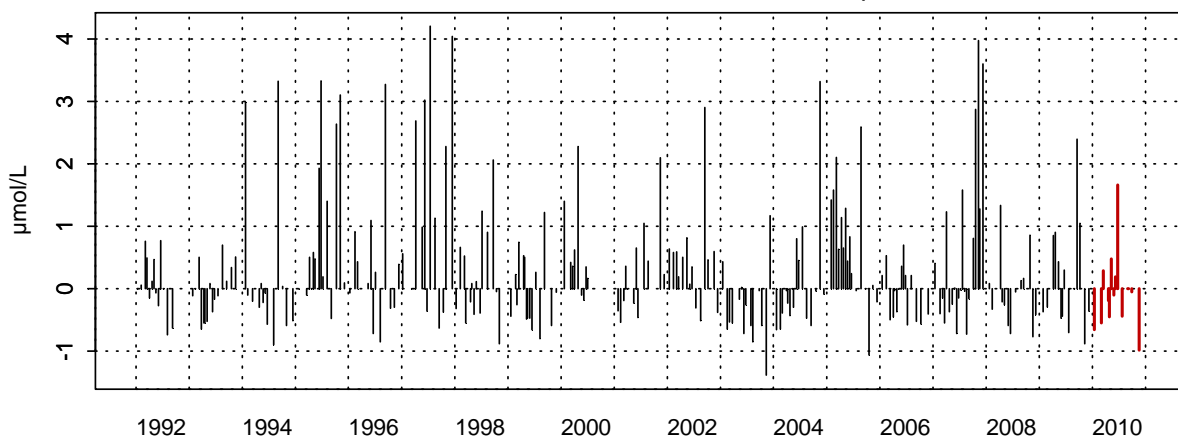
2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Anomalies Azote ammoniacal
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2010 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2010

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 1992-2010

2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Azote ammoniacal



2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Anomalies Azote ammoniacal
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2010 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2010

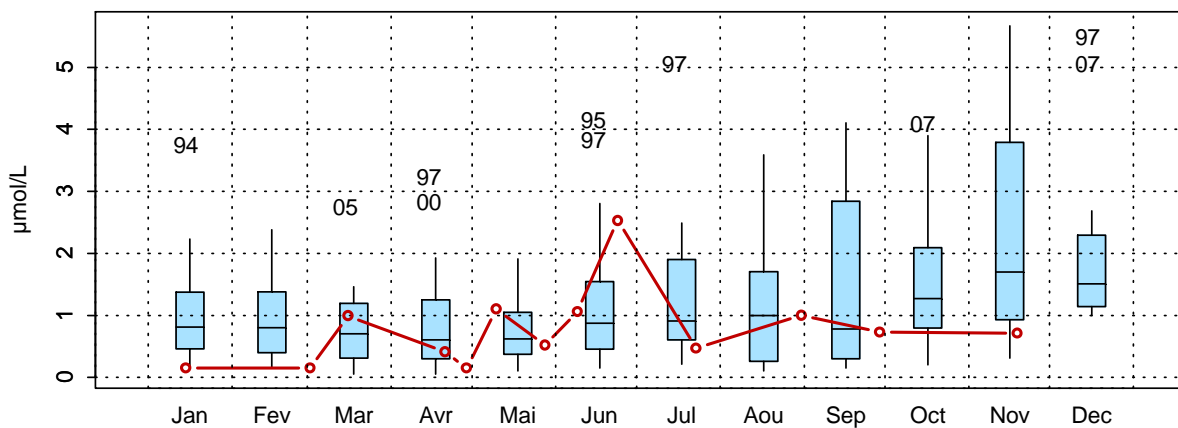
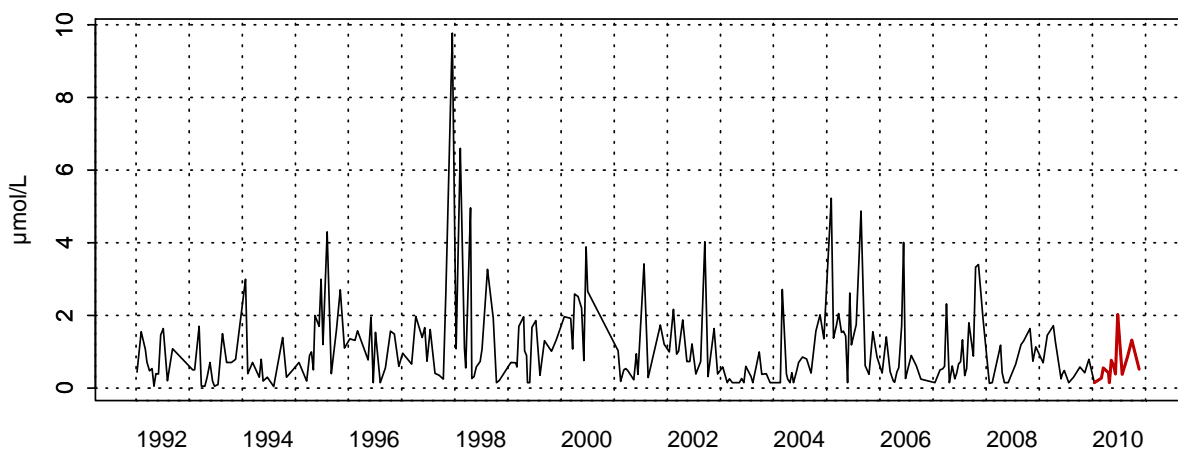
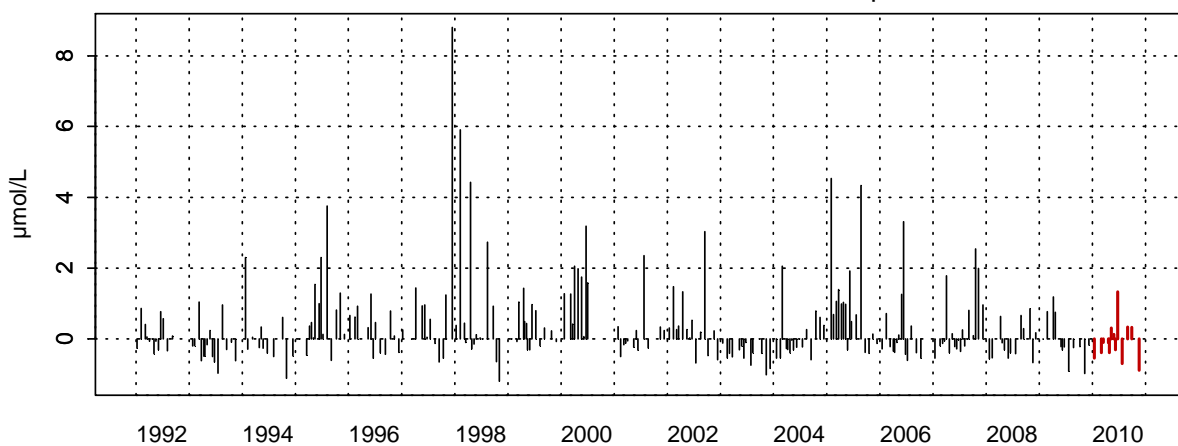


Figure 50. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium (µmol/L) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2010

2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Azote ammoniacal



2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Anomalies Azote ammoniacal
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2010 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2010

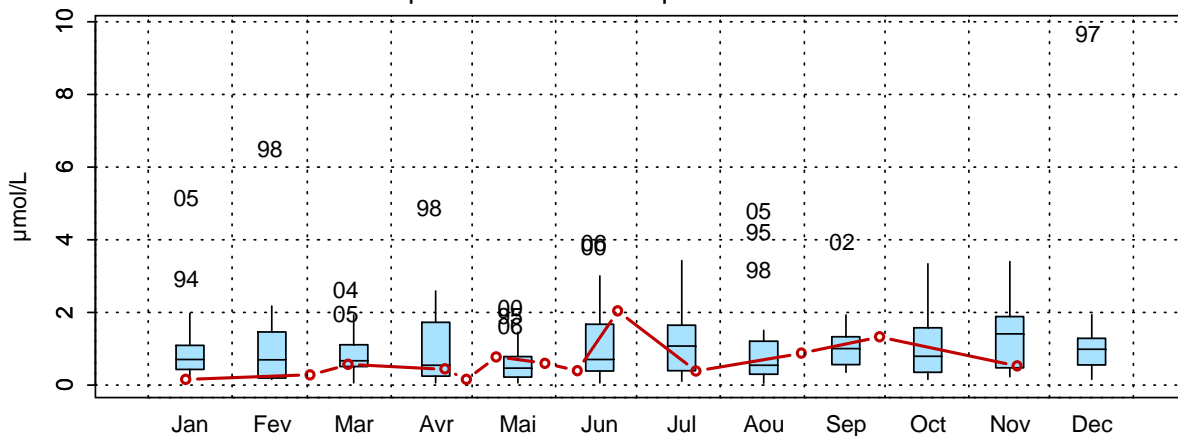


Figure 51. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2010

L'évolution de la concentration en phosphate est conforme à ce qui est observé habituellement sur le site sauf pour le point 1, avec des amplitudes globalement atténuées pour le cycle de 2010. Les valeurs sont élevées en hiver et faibles au printemps et en été. Le mois de novembre est caractérisé par de fortes valeurs pour les points 2 et 3 (Annexe 2 et Tableau 10).

En 2010, les concentrations en phosphate sont particulièrement fortes pour les points 2 et 3 (anomalies positives pour l'ensemble de l'année). Pour le point 1, les concentrations sont faibles au début et à la fin du cycle et une légère hausse est observée entre les mois d'avril et de juin (concentrations comprises entre la médiane et le troisième quartile) (Figure 15).

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 1992-2010

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
BL1	0,02	0,19	0,49	0,35	0,73	3,10	282
BL2	0,01	0,13	0,45	0,34	0,67	2,40	266
BL3	0,02	0,15	0,43	0,35	0,60	2,30	259

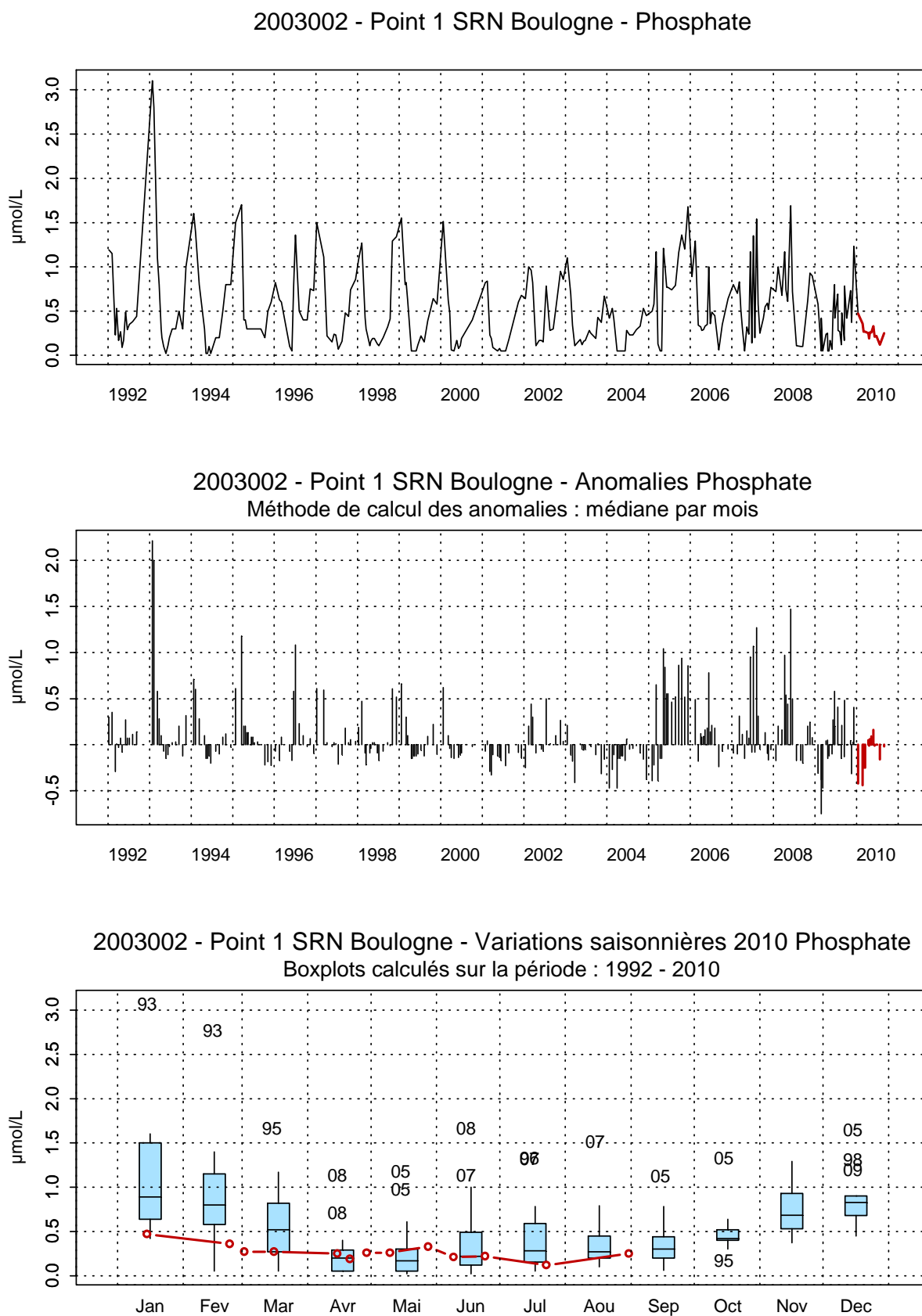


Figure 52. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2010

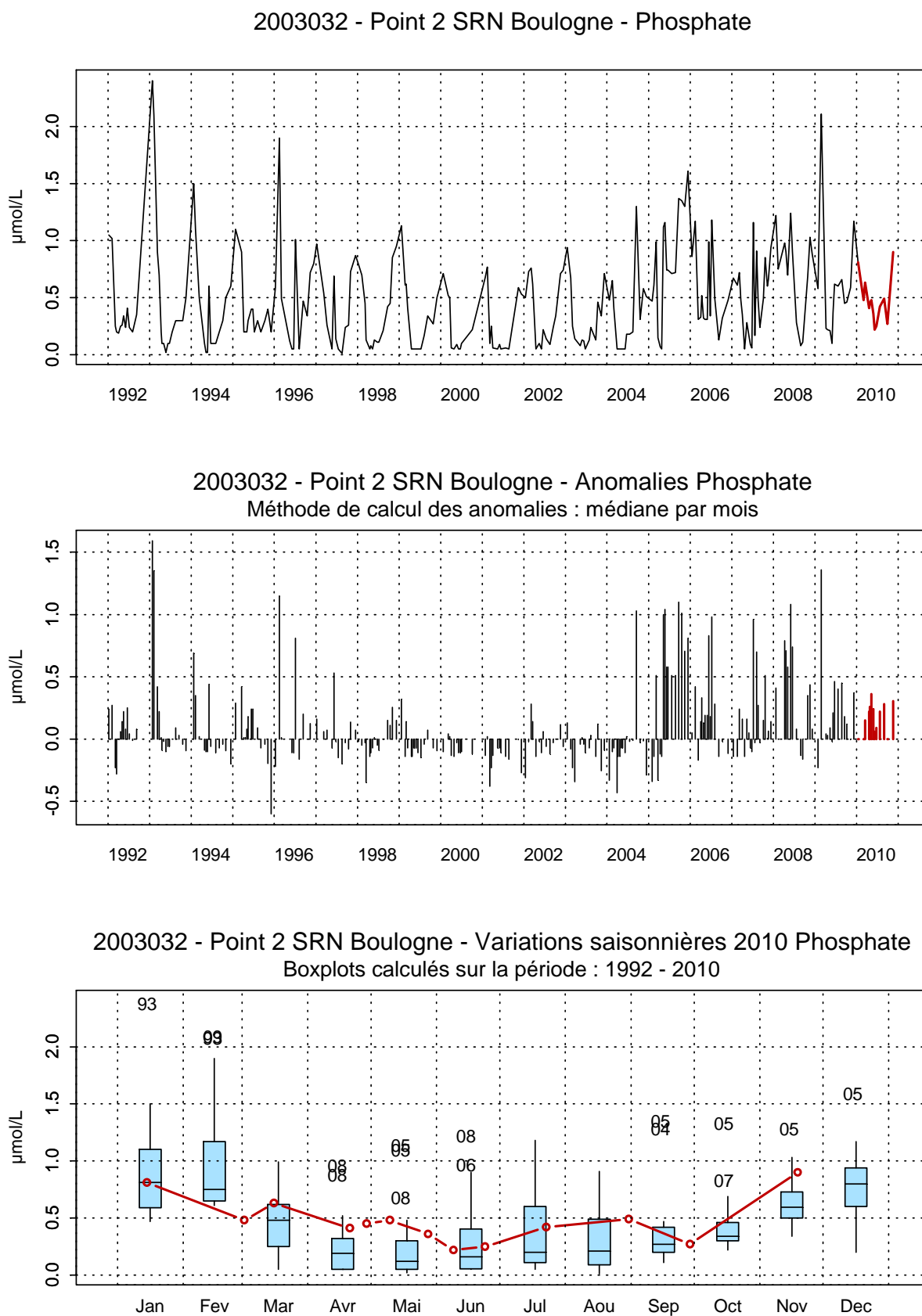


Figure 53. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2010

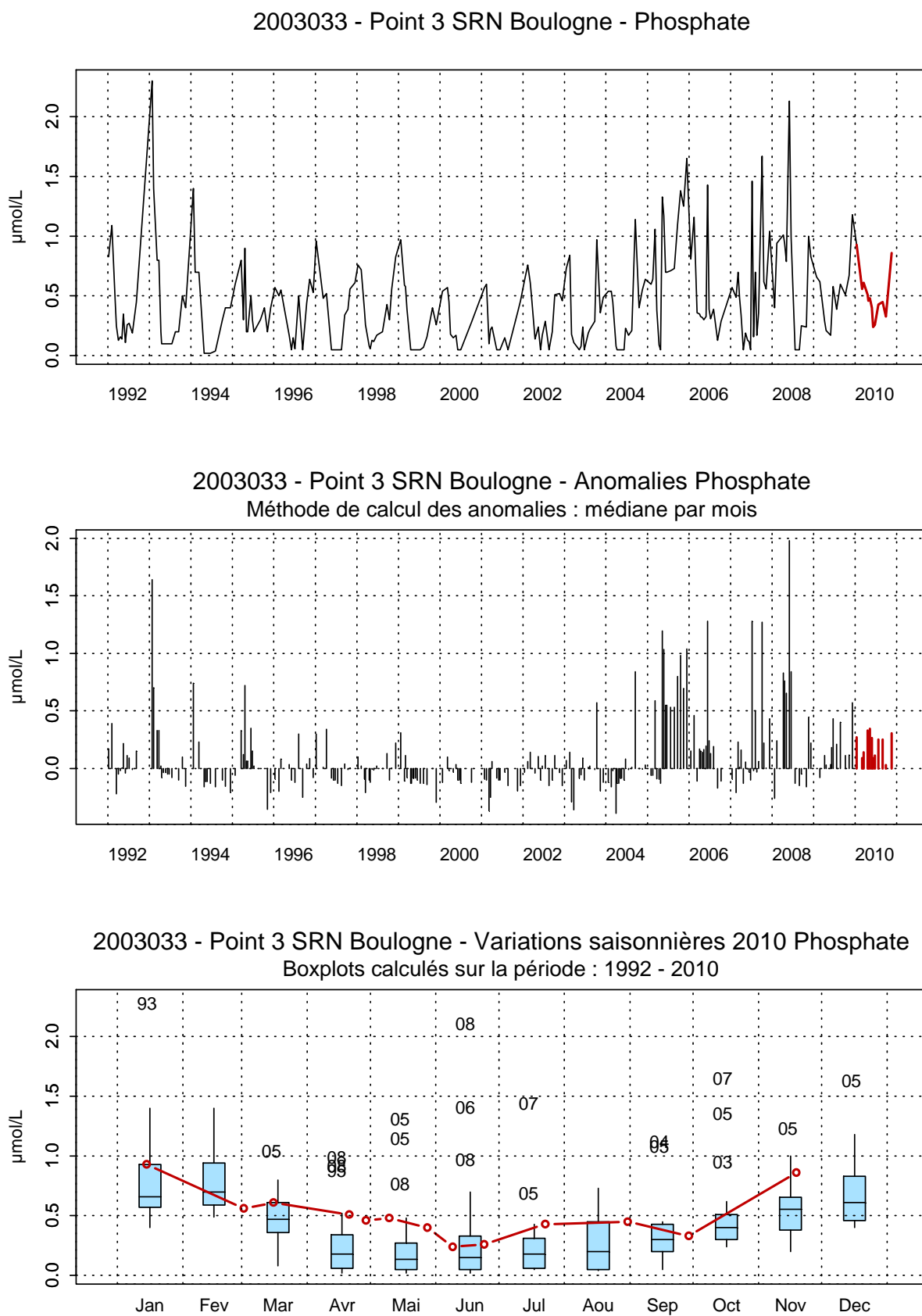


Figure 54. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2009

Pour les silicates, l'année 2010 est conforme aux autres années mais avec des valeurs globalement moins importantes. Pour les différents points de la radiale, les concentrations sont exceptionnellement faibles en début de cycle (inférieures au premier quartile en janvier et février). A partir du mois de mars, l'évolution de la concentration en silicate est conforme à celle observée depuis 1992. Les concentrations sont faibles, sinon proches de la limite de détection, entre mars et juillet, puis augmentent considérablement en fin de cycle.

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 1992-2010

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
BL1	0,01	0,18	3,25	1,56	4,63	19,01	280
BL2	0,04	0,10	2,61	1,50	3,93	18,90	264
BL3	0,10	0,10	2,35	1,58	3,46	16,50	257

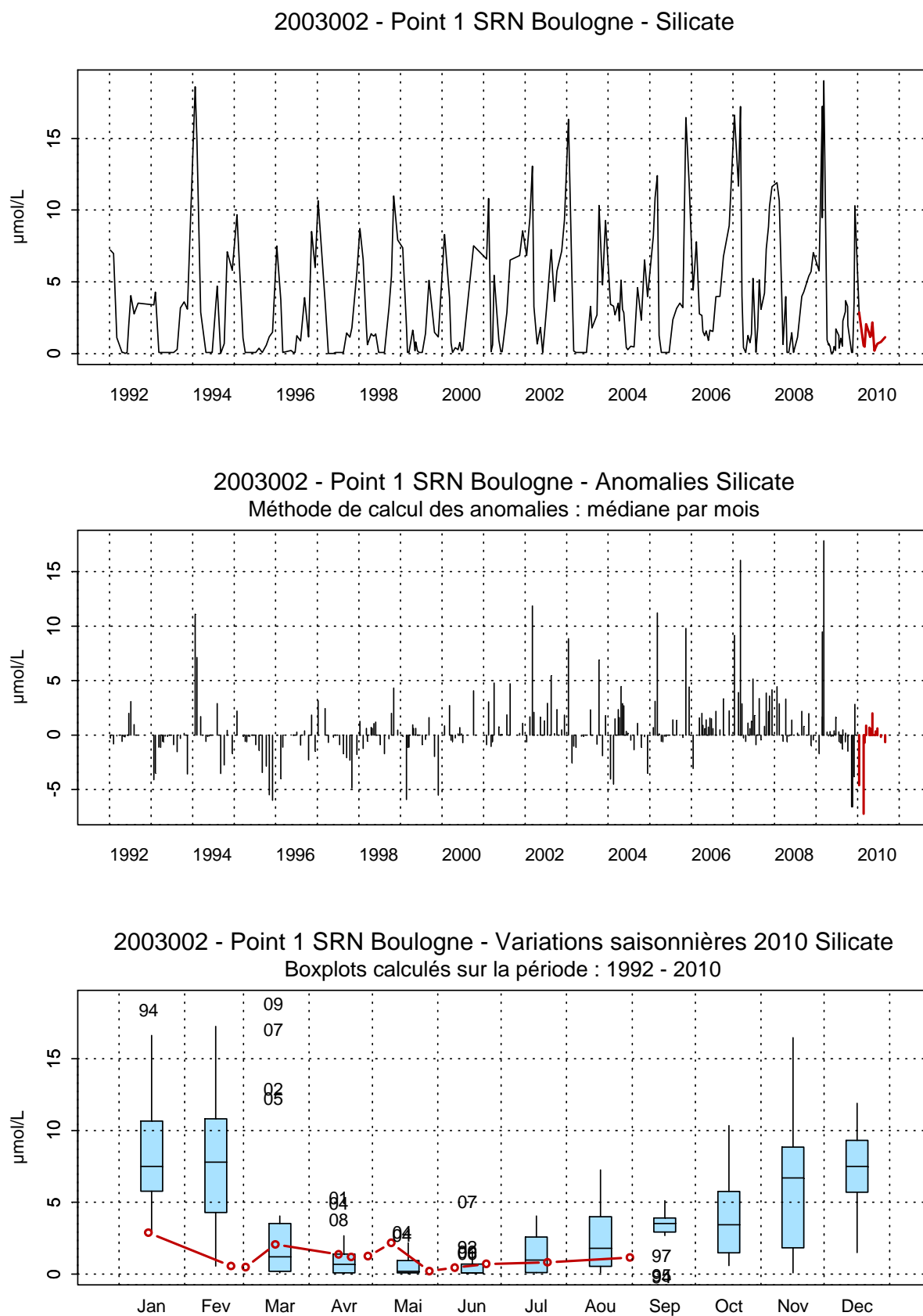


Figure 55. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2010

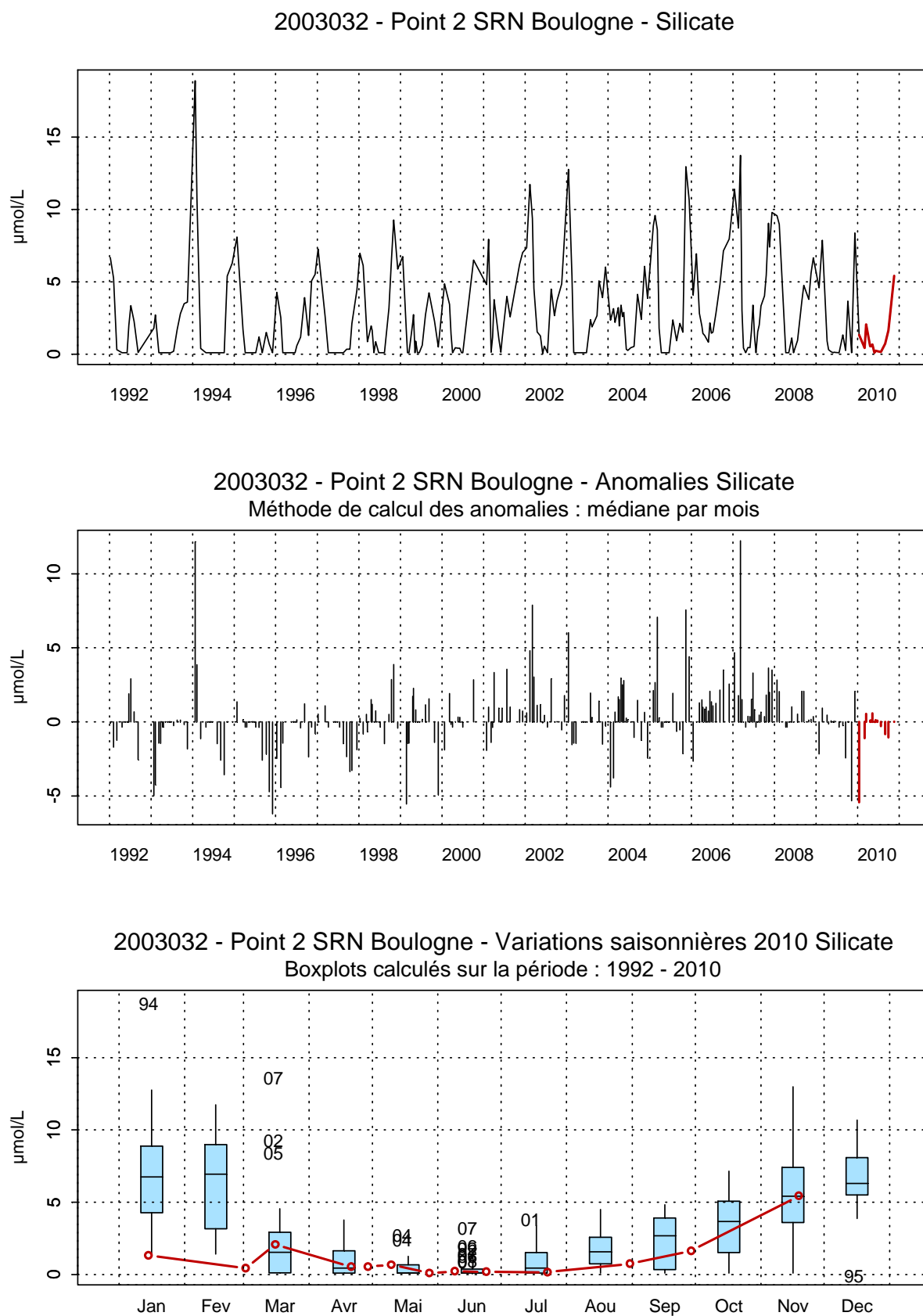


Figure 56. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2010

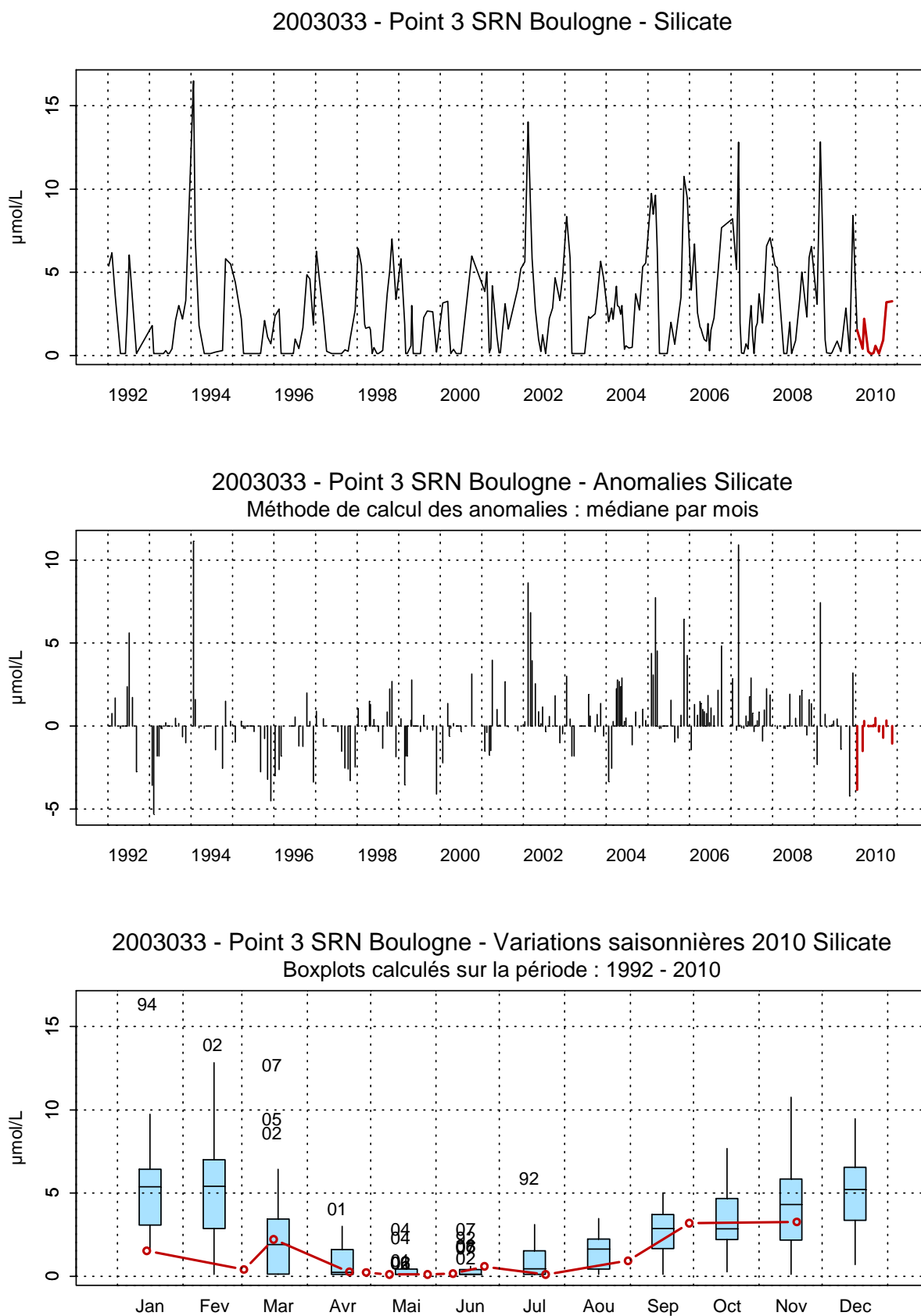


Figure 57. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2010

Les changements de concentrations en nutriments induisent des changements des rapports stœchiométriques. Les figures 58 à 60 délimitent six aires, chacune d'elles caractéristique des nutriments potentiellement limitants. La projection de l'ensemble des points sur les graphes permet de mettre en évidence une limitation potentielle par le silicate pour l'ensemble des points de la radiale. Pour le point côtier, une limitation de type Si : P : N est enregistrée de janvier jusqu'au début du mois mars. Une transition rapide d'un type de limitation vers un autre est observée en mars au point 1 (de type N : Si : P vers Si : P : N).

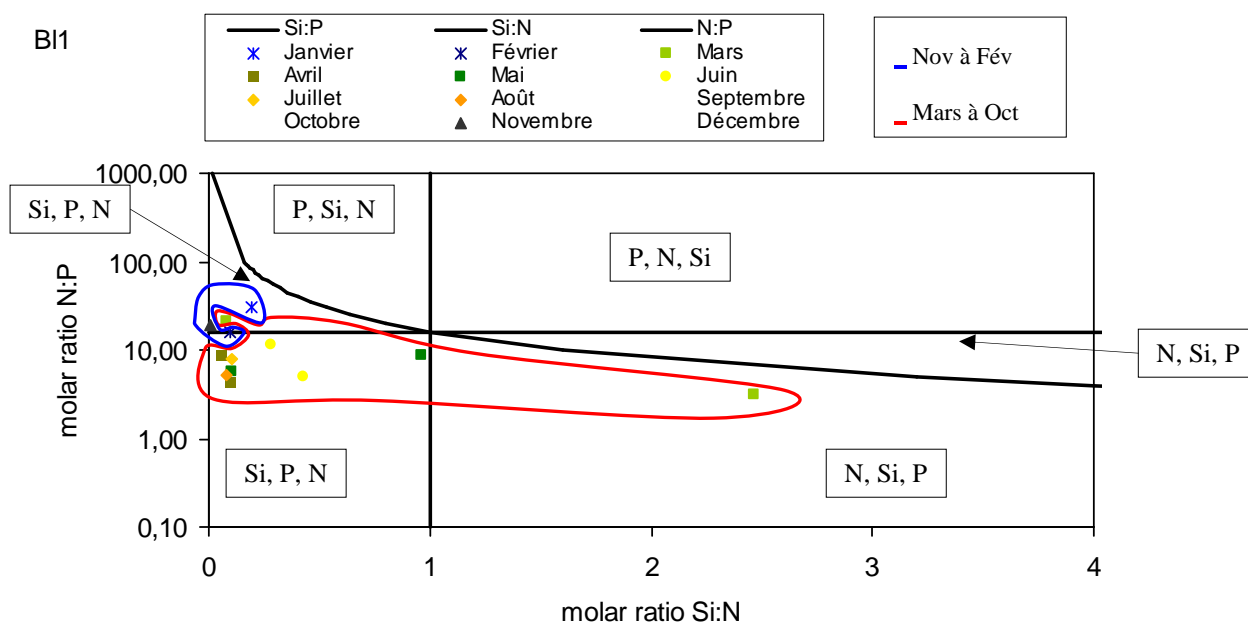


Figure 58. Évolution temporelle des éléments limitant au point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2010

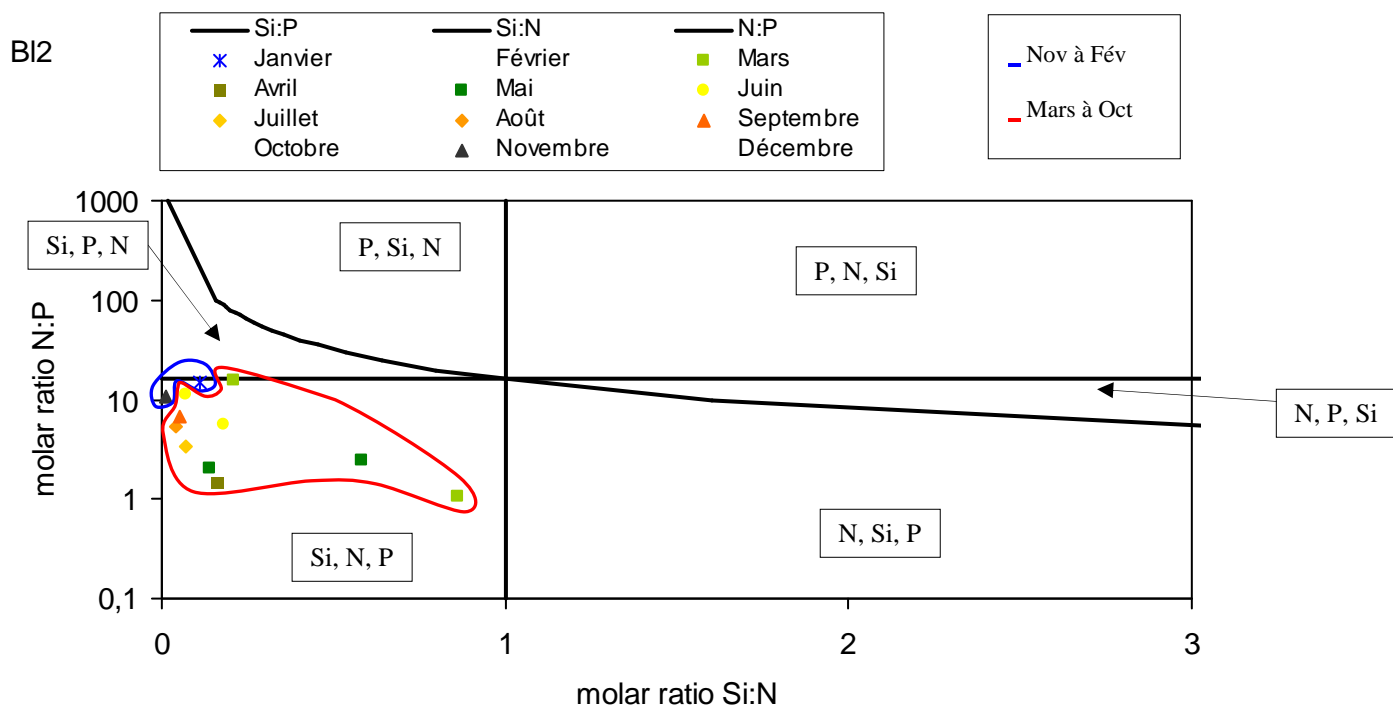


Figure 59. Évolution temporelle des éléments limitant au point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2010

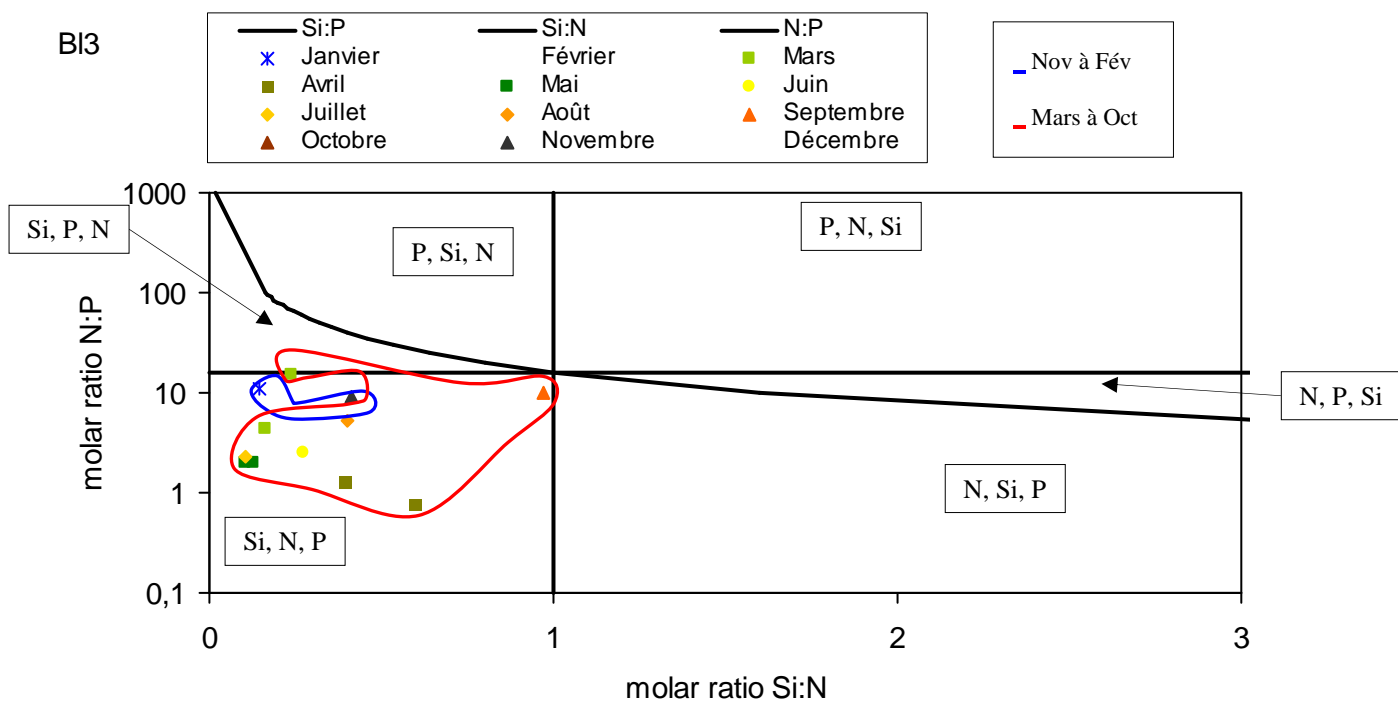


Figure 60. Évolution temporelle des éléments limitant au point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2010

L'activité chlorophyllienne est supérieure à 50 % pendant tout le cycle pour le point 1 (Figure 61). Des valeurs très faibles sont observées en fin de cycle pour les points 2 et 3 (Annexe 2).

Le gradient côte-large est compris entre - 41,50 % et 17,24 %.

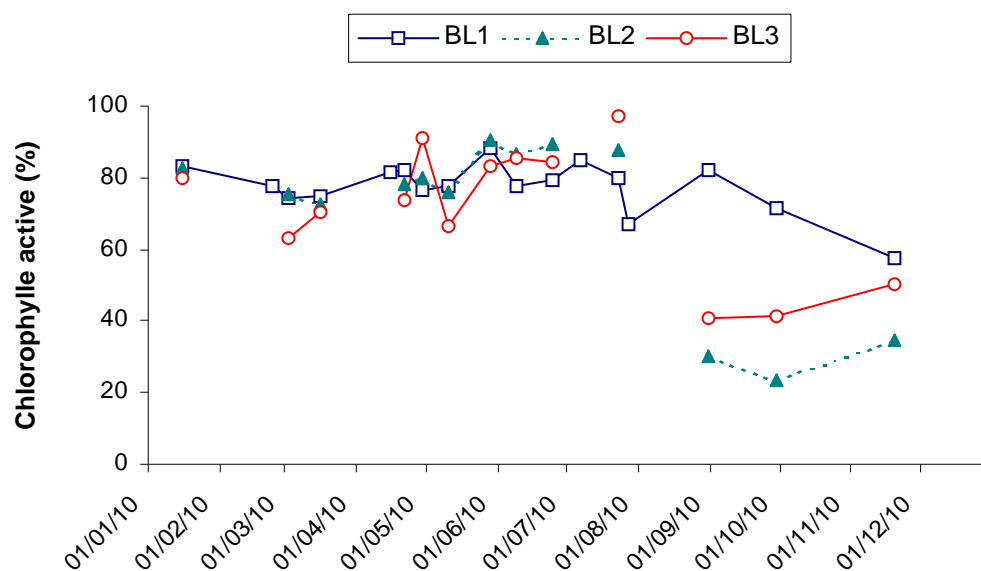


Figure 61. Évolution temporelle du pourcentage de chlorophylle active sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2010

2.3. La Baie de Somme

La courbe de température indique une dynamique classique (Figures 62 à 66). Les valeurs sont faibles en hiver, comprises entre 4,4°C (minimum observé au point côtier le 21/01/10) et 5,9°C. A partir du mois avril, les valeurs vont augmenter pour atteindre un maximum en juillet (20,10 °C le 19/07/10 aux points Bif et Mimer). Dès le mois d'août, la température commence à diminuer. La chute est plus importante d'octobre à décembre (minimum de 4,5 °C au point Bif le 21/12/10).

Il existe un faible gradient de température entre la côte et le large (d'Atso à Mer 2). Ce gradient varie de -0,7 °C à 0,7 °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).

En 2010, les valeurs de température sont particulièrement faibles de janvier à mai et en mars et décembre (en dessous du premier quartile). Le mois de juillet est caractérisé par des températures relativement élevées (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 1992-2010

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
Bif	2,50	8,50	12,62	12,60	17,00	22,90	276
Mimer	3,00	9,00	12,90	12,90	17,20	22,80	189
Atso	2,00	8,92	13,04	13,00	17,40	22,10	290
Mer 1	3,00	9,00	12,73	13,00	16,80	22,30	244
Mer 2	3,00	9,00	12,75	12,50	16,60	21,60	241

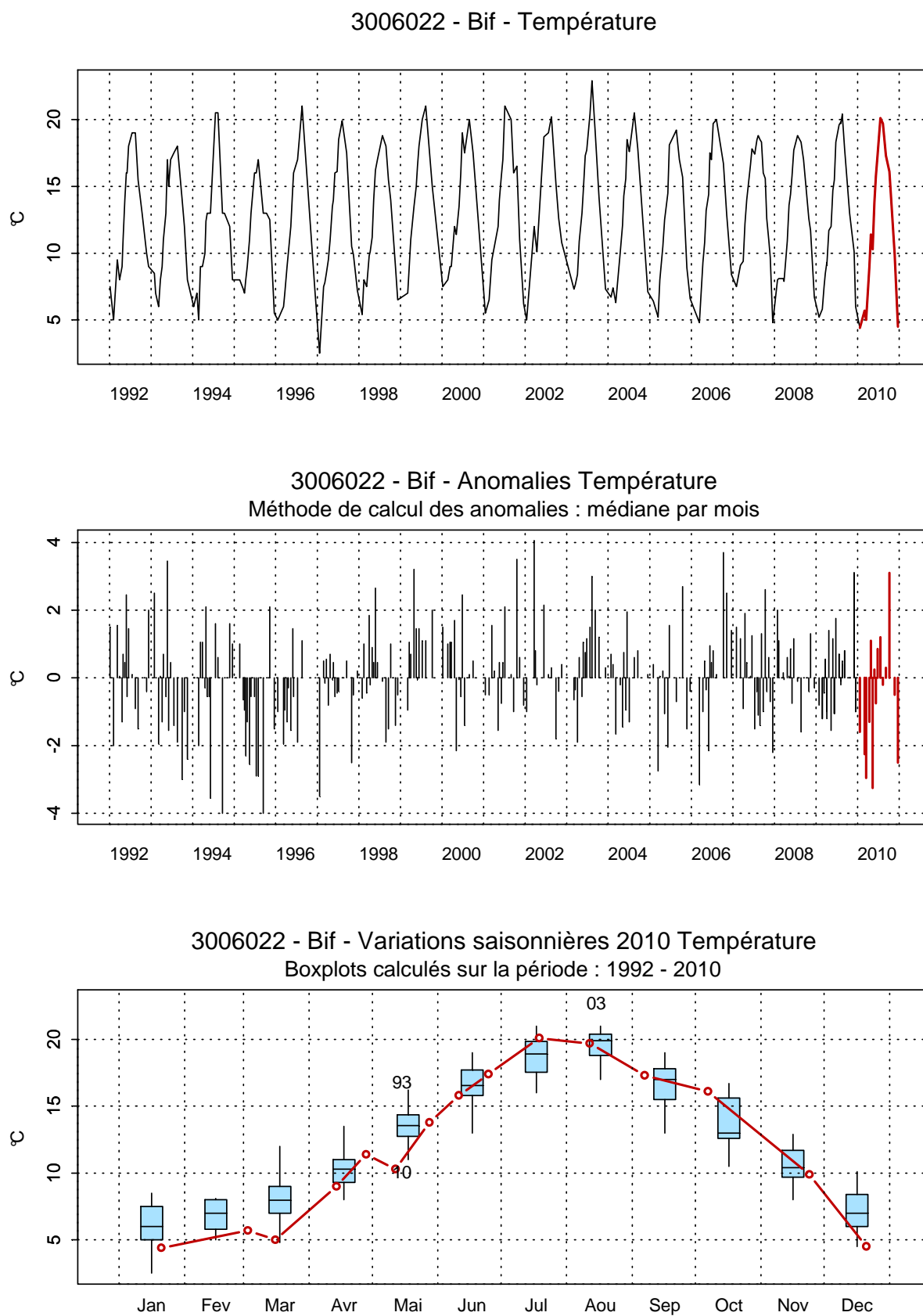


Figure 62. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

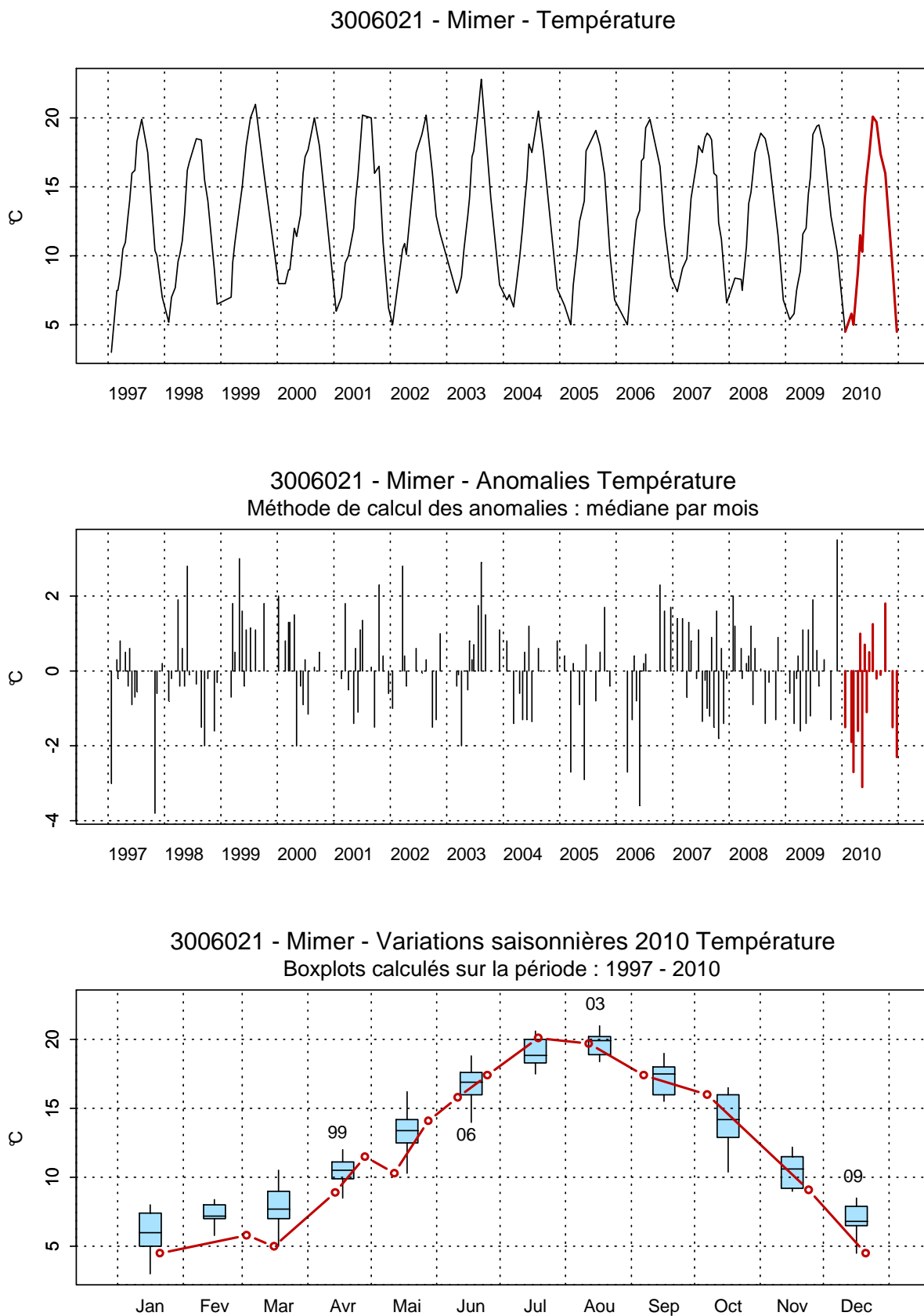


Figure 63. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

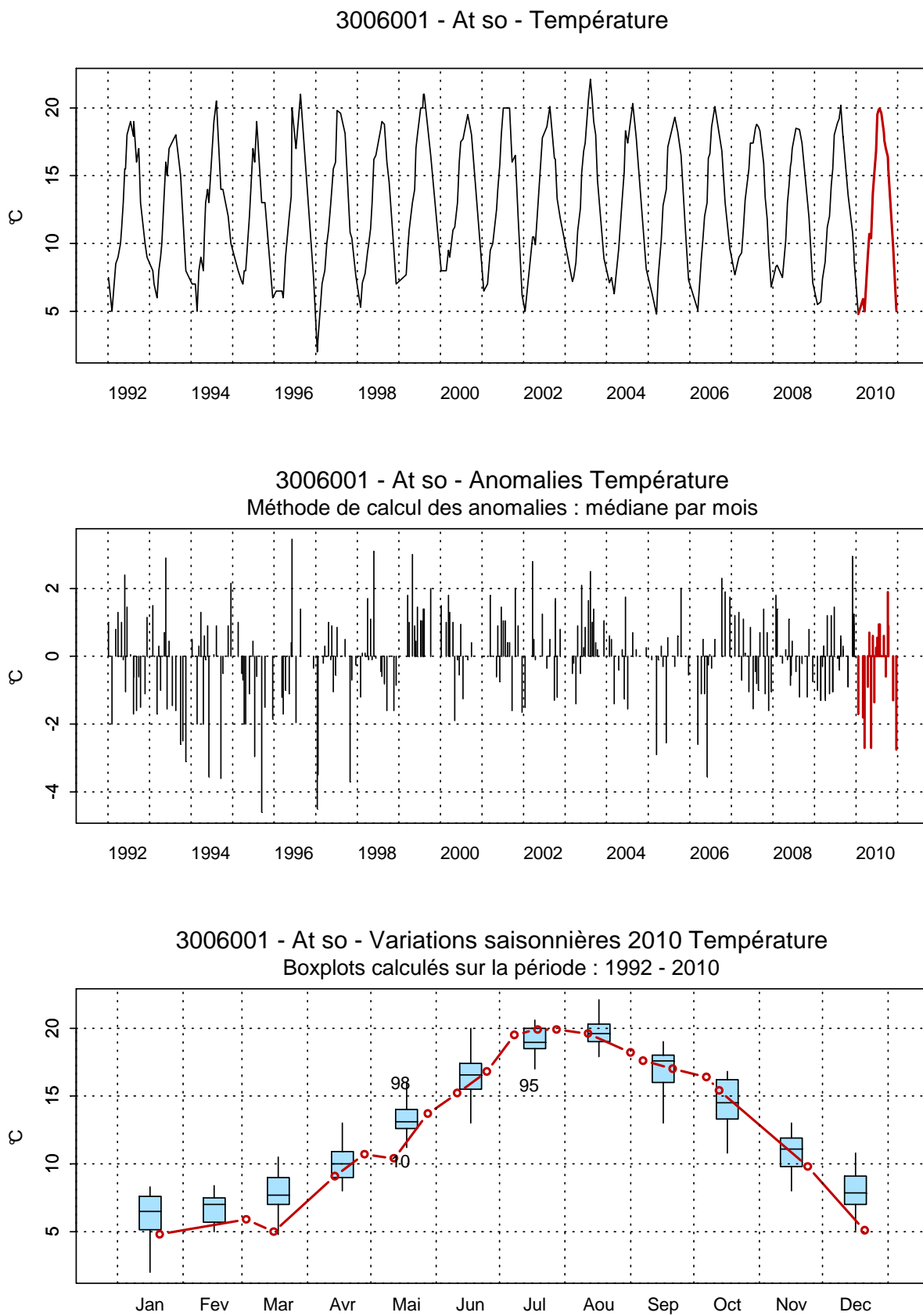


Figure 64. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

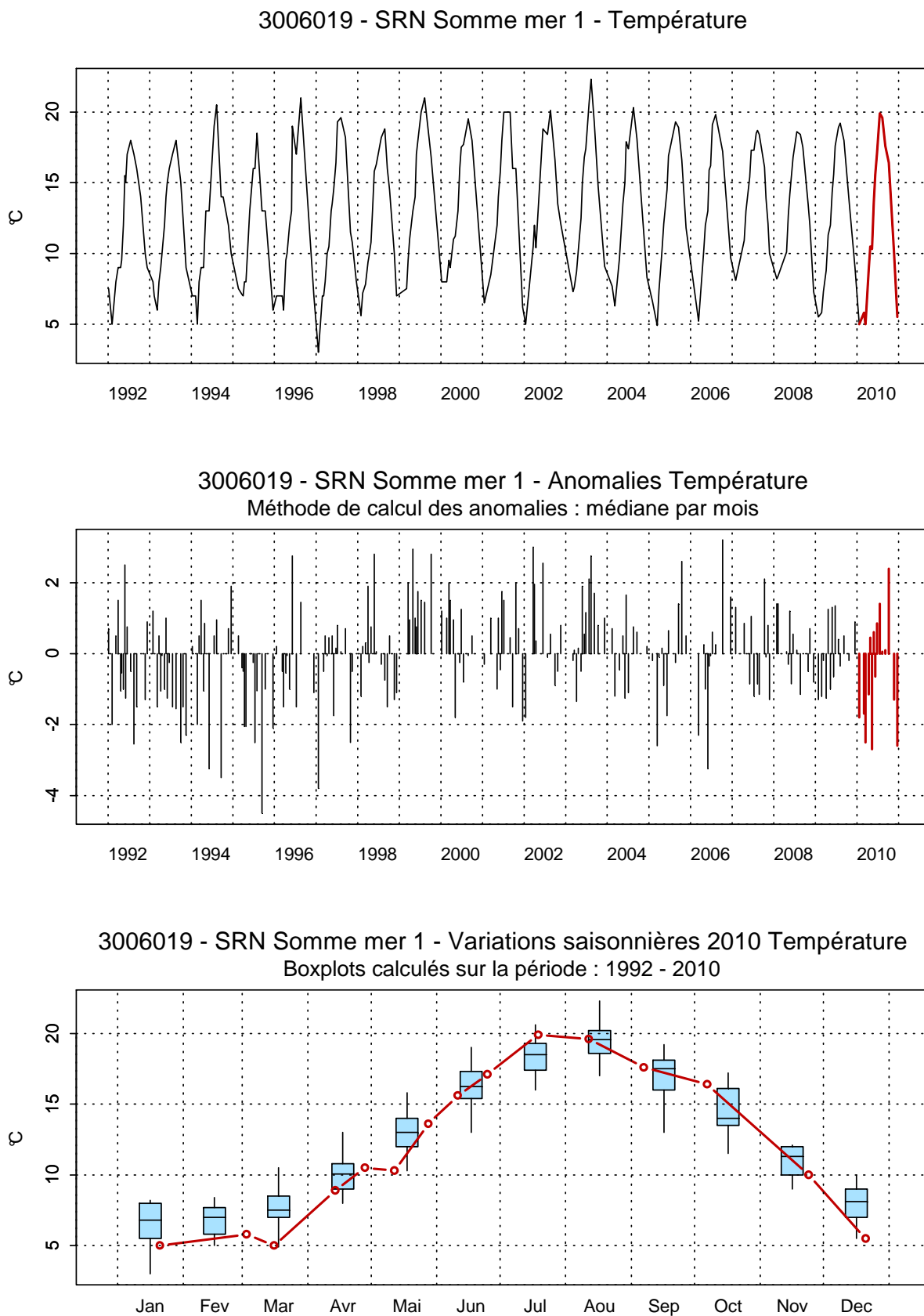


Figure 65. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

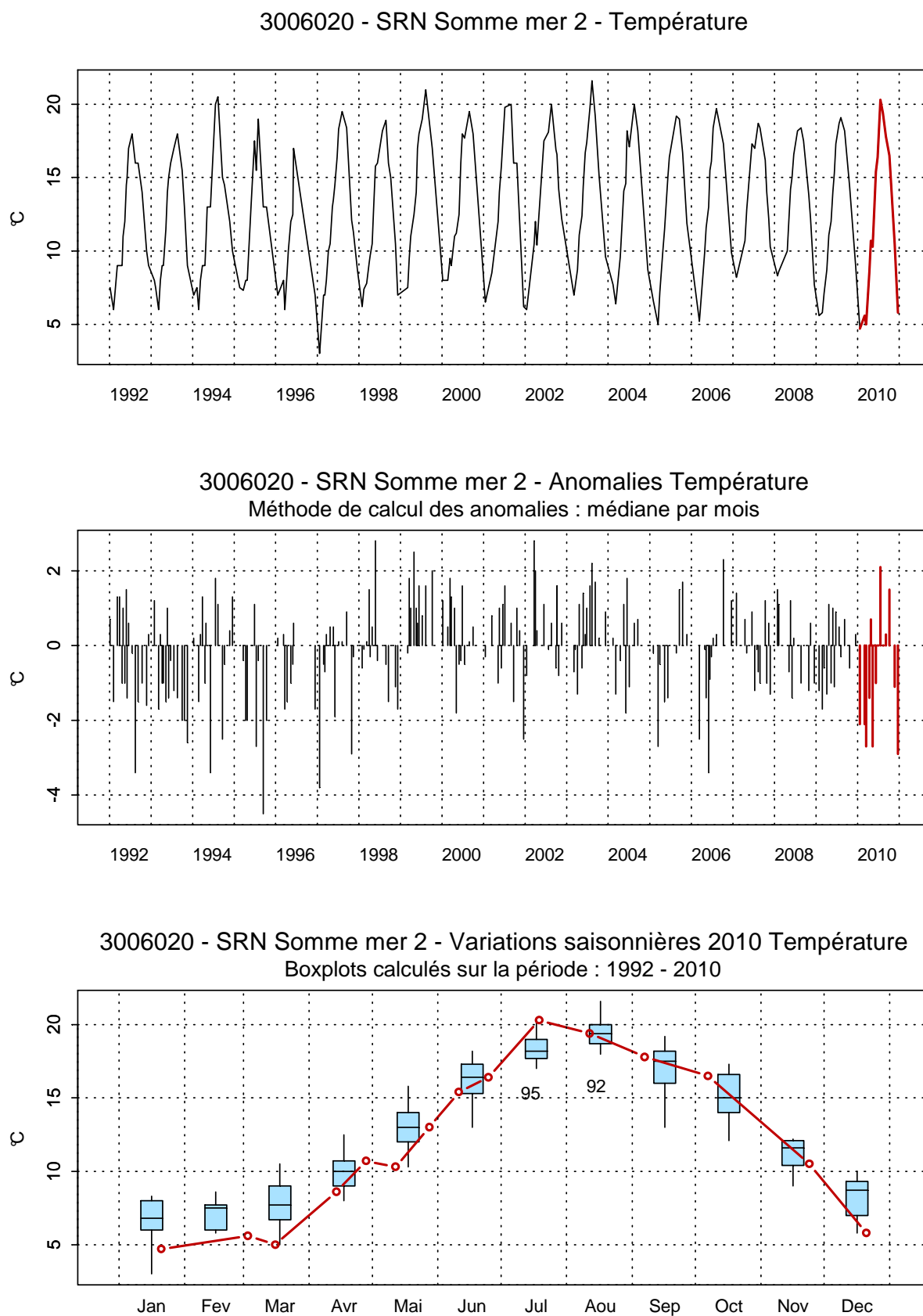


Figure 66. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

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

Les valeurs sont comprises entre 30,5 et 33,4 pour les points estuariens et le point côtier (Bif, Mimer et Atso) et entre 32,4 et 34,8 pour les points du large (Mer 1 et Mer 2).

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

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

Le gradient côte-large entre les points Atso et Mer 2 est compris entre -0,3 et 0,8.

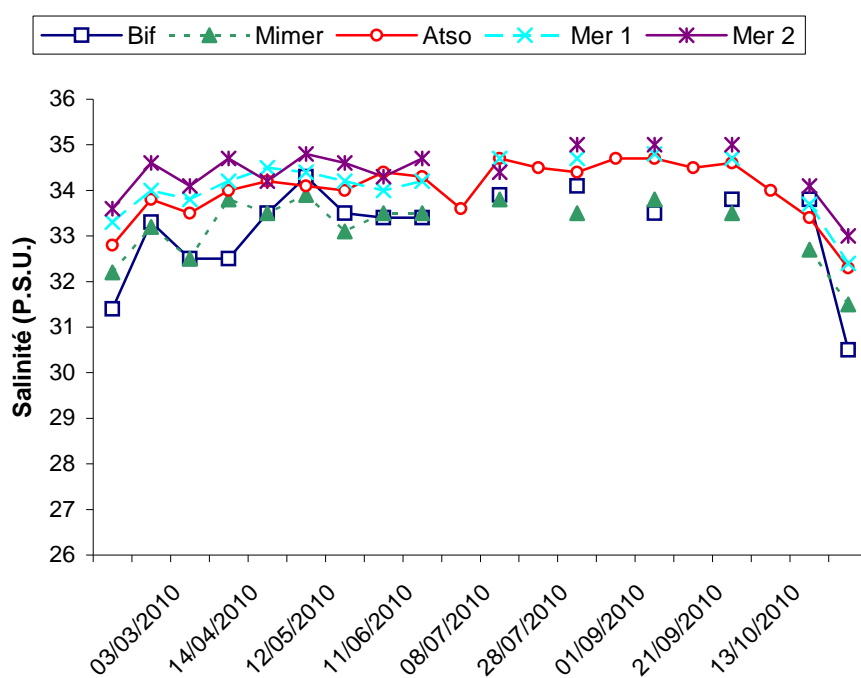


Figure 67. Évolution temporelle de la salinité (P.S.U.) sur la radiale de la Baie de Somme en 2010

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

Le maximum est mesuré au début et à la fin du cycle (période hivernale) et le minimum pendant la période estivale (Annexe 2). Cependant, quelques événements semblant inhabituels sont enregistrés, avec, par exemple, de faibles concentrations durant le mois de janvier et des concentrations beaucoup plus importantes en mars. Ceci est le reflet de processus hydrodynamiques et météorologiques pouvant être liés 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 le 21/12 (78 N.T.U.) et est minimale le 25/06/10 à la station Mer 2 (0,37 N.T.U.).

Le maximum et le minimum de M.E.S. sont mesurés respectivement à la station Mimer le 21/12 (101,6 mg/L) et à la station Mer 2 le 25/06 (0,4 mg/L).

Les gradients côte-large entre les points Atso et Mer 2 pour la turbidité et les MES sont compris, respectivement, entre -15,99 et -0,01 N.T.U. et entre -19,4 et 1,5 mg/L. Les concentrations en M.E.S. sont plus fortes à la côte qu'au large pour la majorité des prélèvements.

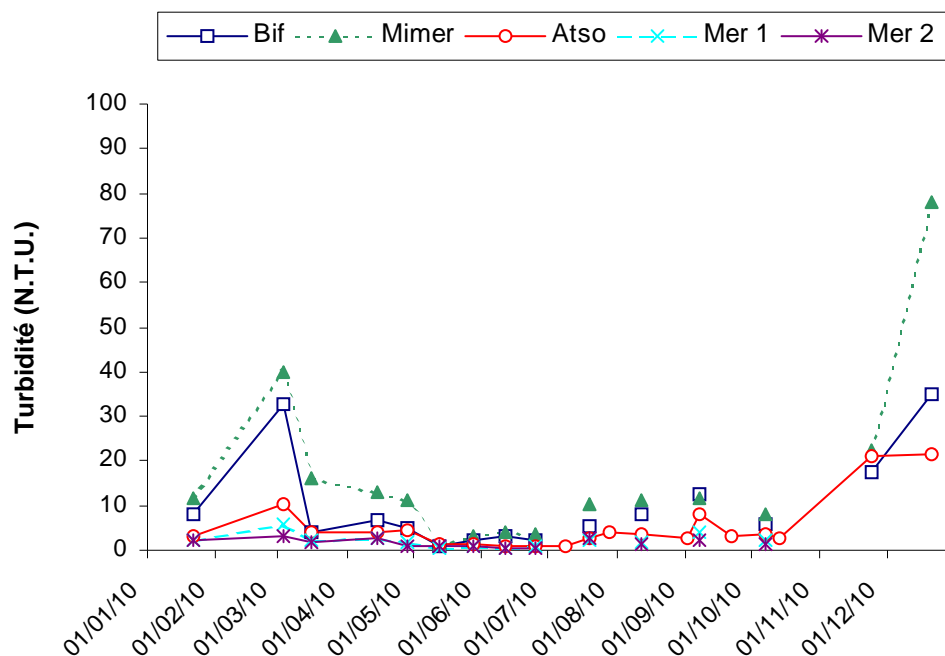


Figure 67. Évolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de la Baie de Somme en 2010

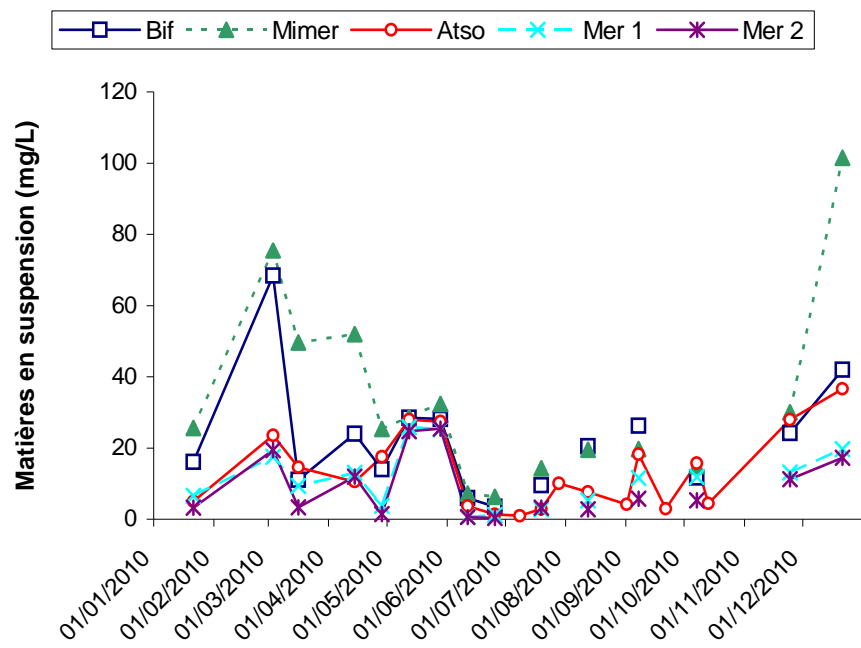


Figure 68. Évolution temporelle des matières en suspension (mg/L) sur la radiale de la Baie de Somme en 2010

L'évolution de la concentration de matière organique (M.O.) dans les matières en suspension (M.E.S.) est marquée par un schéma d'évolution comparable entre les points dits estuariens (Bif, Mimer) et les points côtiers (de Atso à Mers 2) mais sensiblement différent du point de vue des niveaux atteints (Figure 69). Ainsi, les valeurs estuariennes sont plus importantes à la côte en janvier, puis en avril-mai. Une valeur particulièrement forte est enregistrée en avril au point Mer 2 (100 %).

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

Le gradient côte-large entre les points Atso et Mer 2 est compris entre - 0,60 % et 64,86 %.

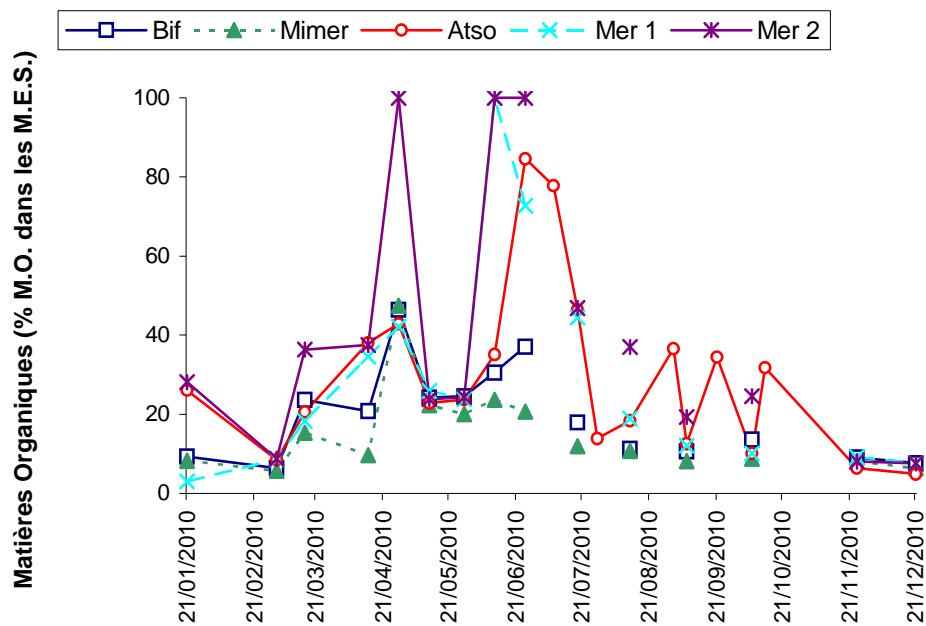


Figure 69. Évolution temporelle de la teneur en matière organique dans les matières en suspension (% de Matière organique dans les M.E.S.) sur la radiale de la Baie de Somme en 2010

Le dosage de la concentration en chlorophylle *a*, indicateur de biomasse phytoplanctonique, permet de mettre en évidence un bloom printanier généralisé de la côte vers le large. Le maximum est atteint au point Mimer (31,06 mg/m³) le 28/04/10. Un bloom beaucoup moins important est observé en août pour le point Mimer et en juillet aux points Atso et Mer 2 (Figures 70 à 74, Annexe 2 et Tableau 13). Un bloom secondaire automnal, caractéristique des systèmes tempérés, est observé aux points Atso, Mer 1 et Mer 2 en octobre.

Globalement, les concentrations observées cette année sont similaires à celles relevées durant les périodes précédentes, mais quelques anomalies ont pu être observées avec notamment des concentrations en chlorophylle *a* très faibles en période estivale (mai- juin) pour toute la radiale (valeurs inférieures au premier quartile). Les concentrations sont élevées aux mois de mars et août (point Mimer) et au mois d'octobre pour les points Atso, Mer 1 et Mer 2. Pour le reste de l'année, les concentrations sont proches de la médiane.

Tableau 13. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle *a* (mg/m³) pour les différents points de la radiale de la Baie de Somme et pour la période 1992-2010

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
Bif	0,32	4,71	16,56	11,07	21,03	128,16	264
Mimer	0,19	4,02	13,70	8,40	20,69	79,28	190
Atso	0,21	2,82	8,68	5,77	10,97	58,53	297
Mer 1	0,08	2,14	7,03	4,94	9,38	39,15	236
Mer 2	0,05	2,32	6,66	4,70	8,81	34,60	229

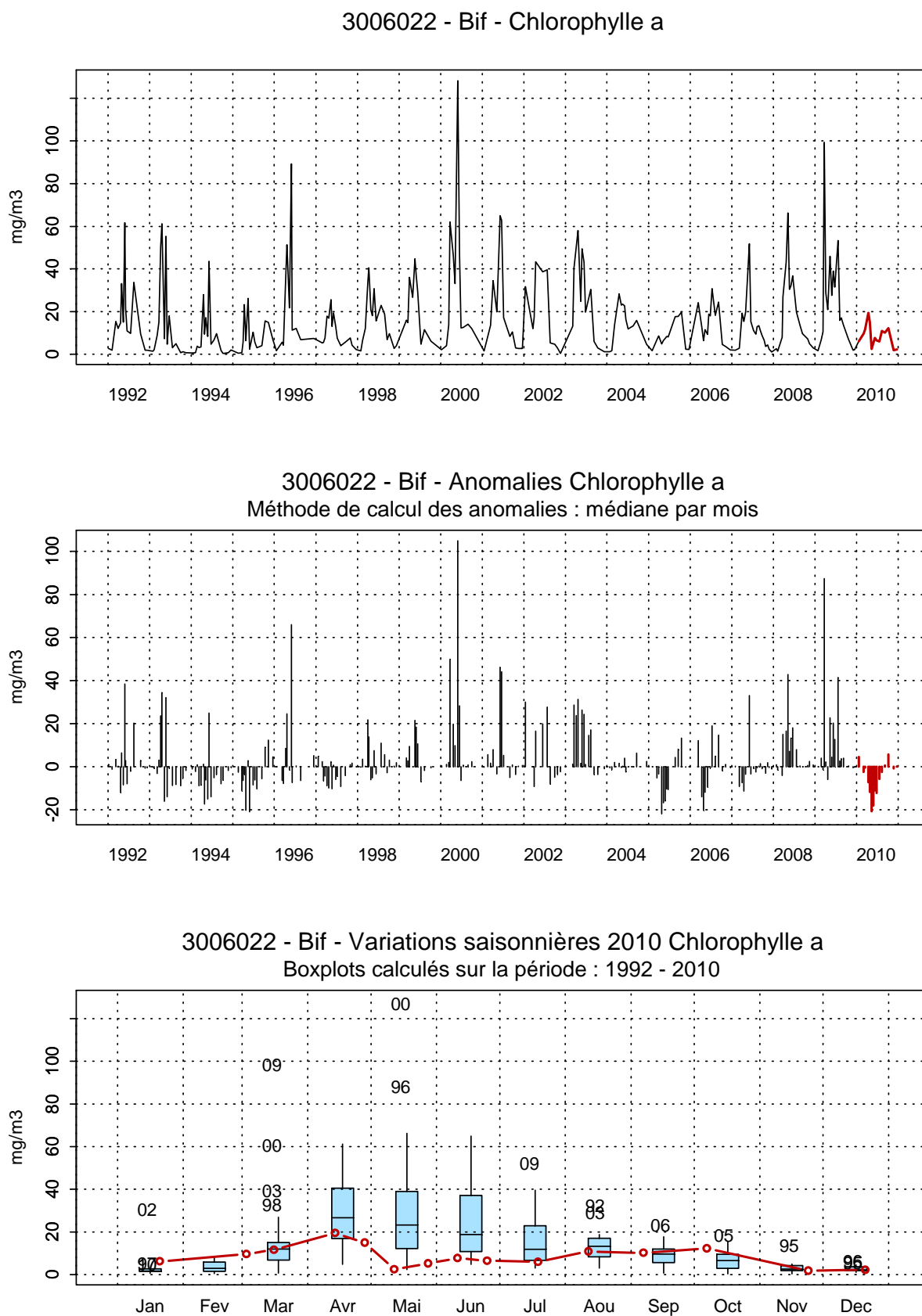


Figure 70. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m³) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

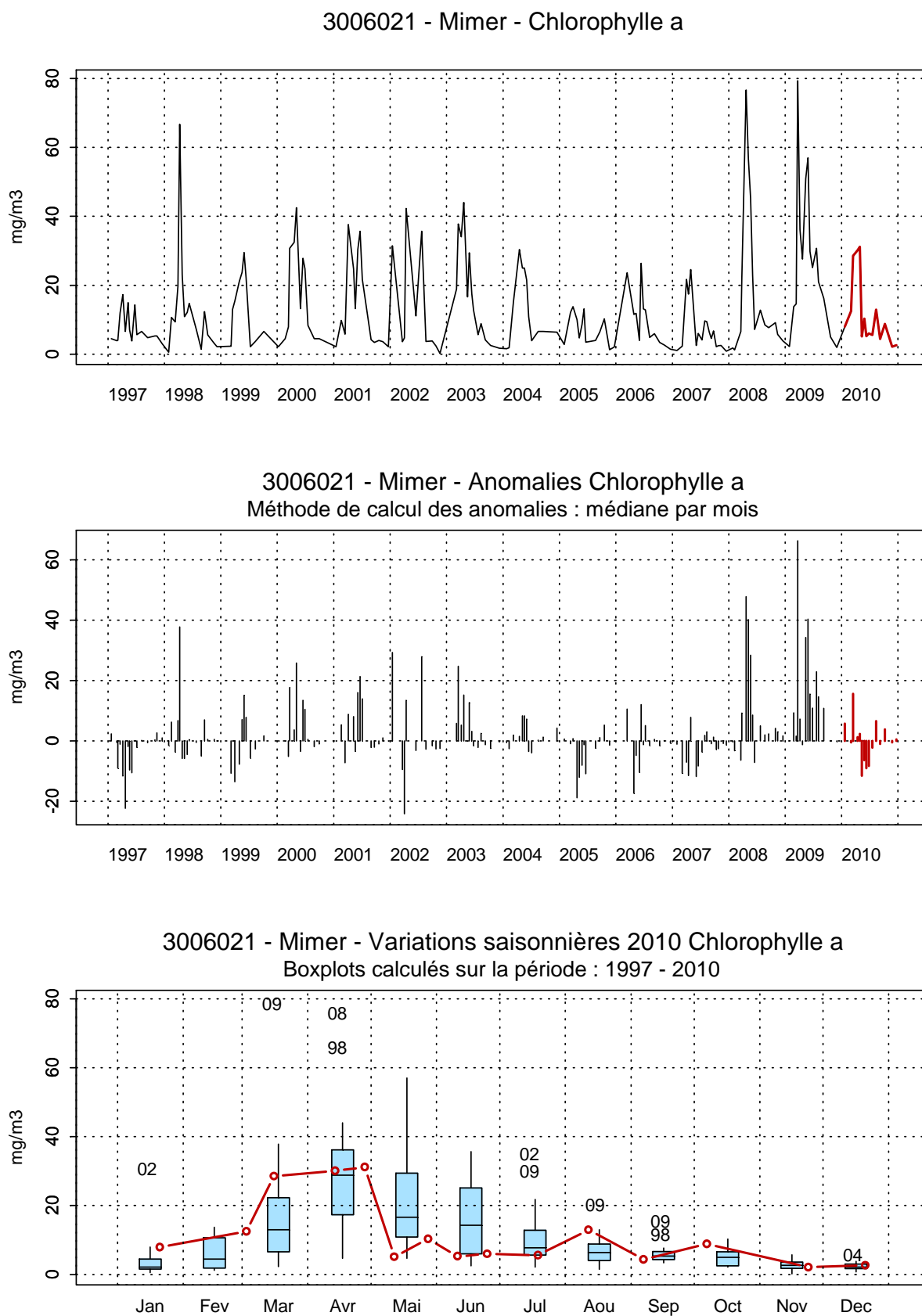


Figure 71. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m³) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

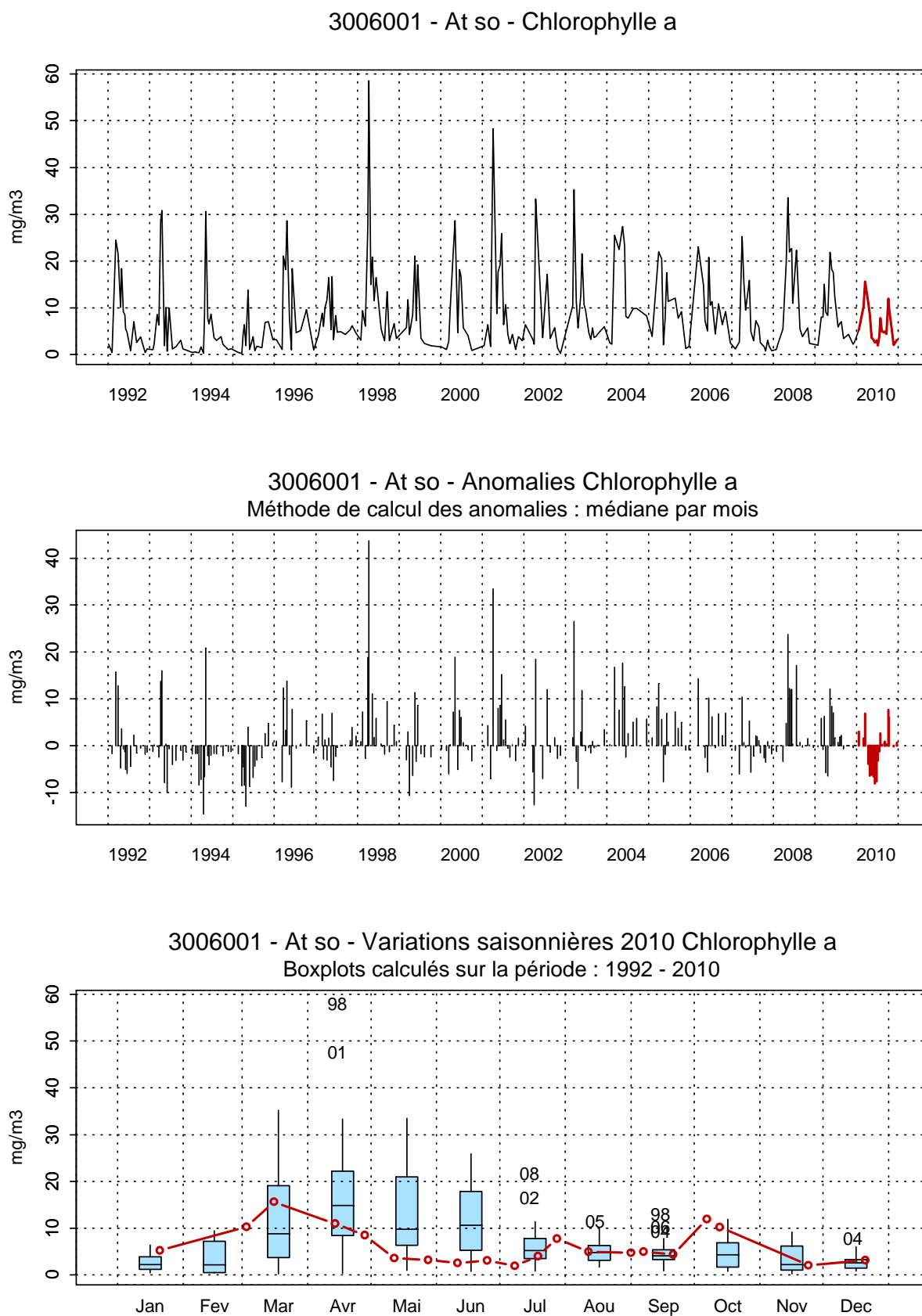


Figure 72. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m³) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

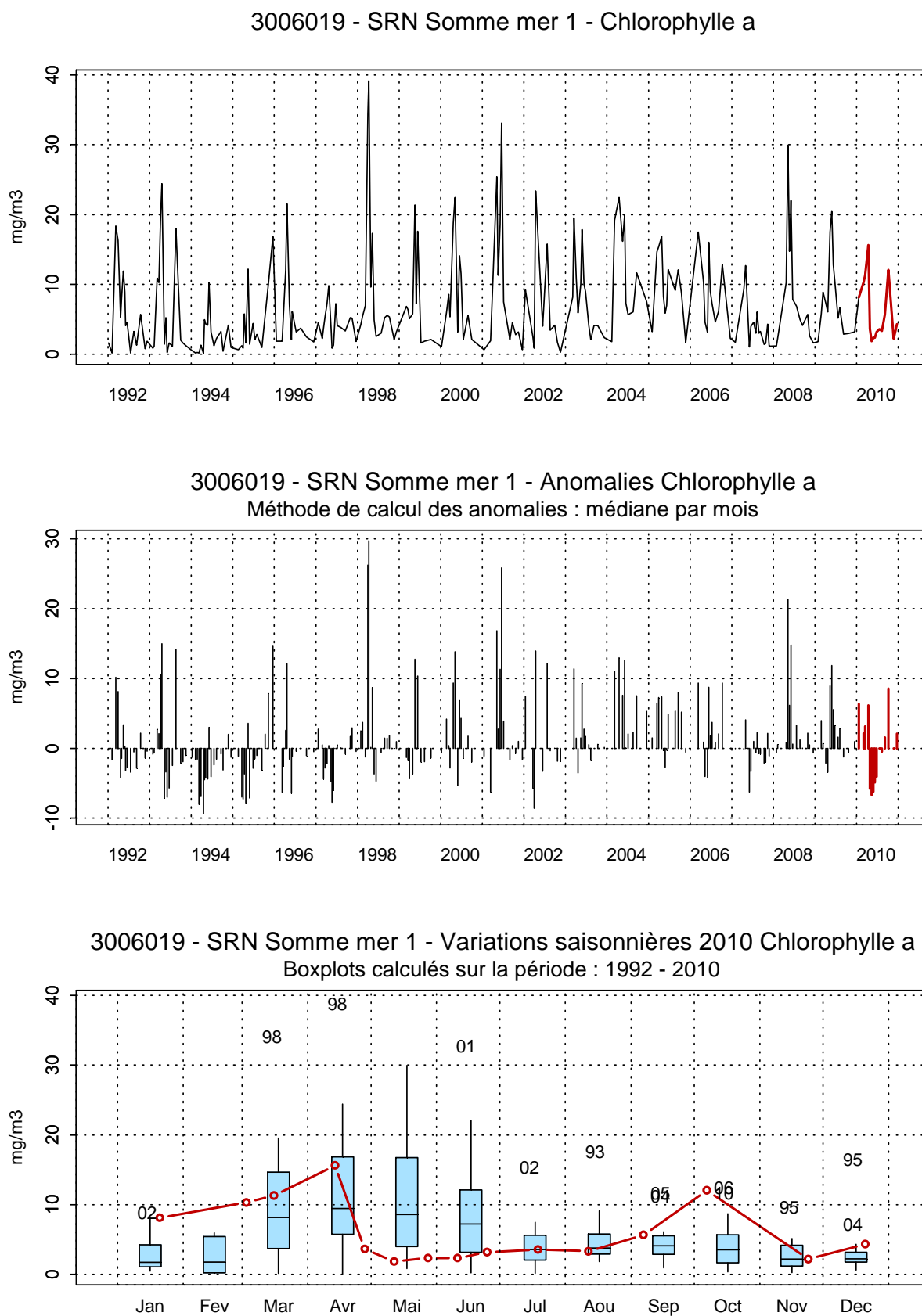


Figure 73. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m³) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

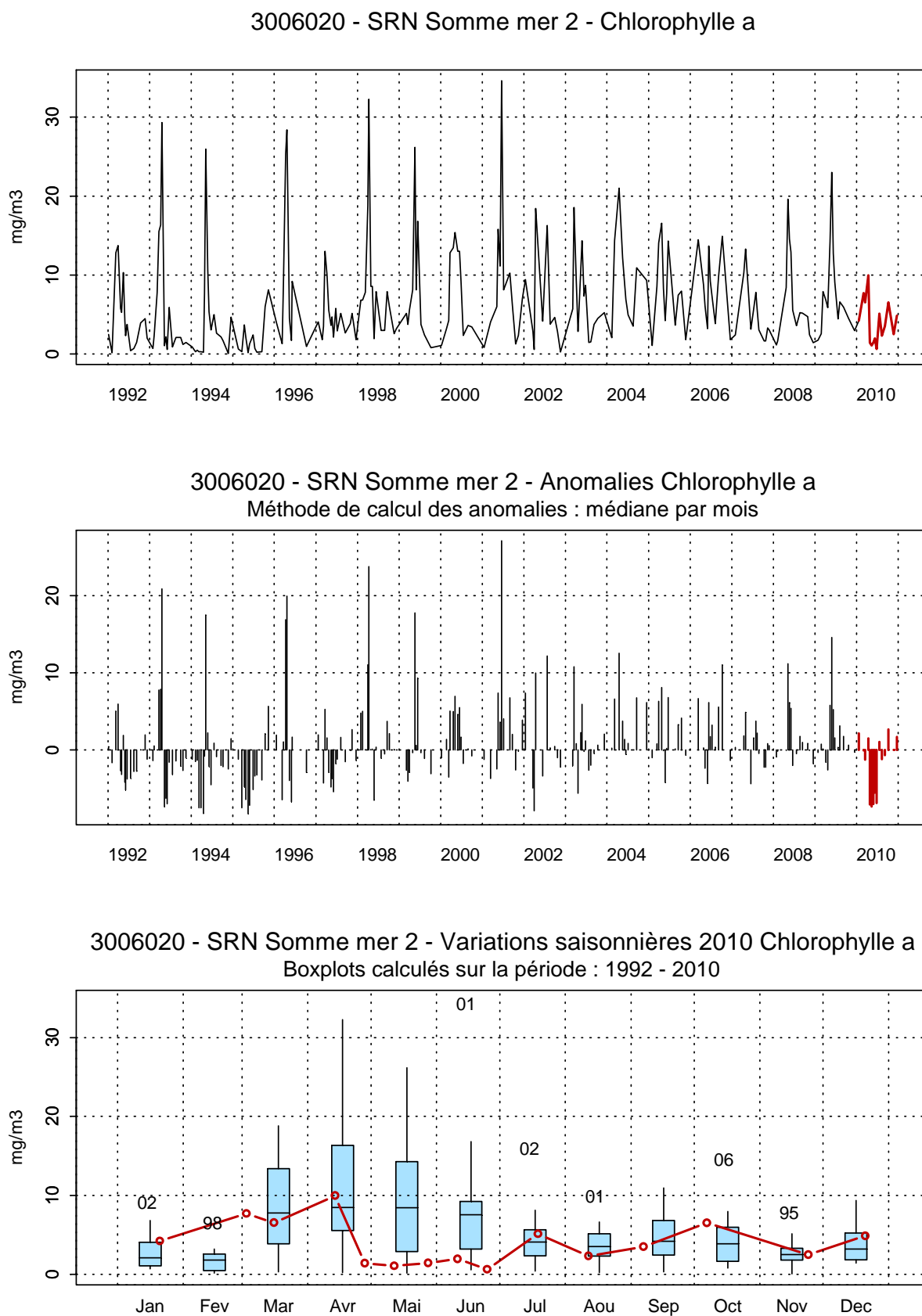


Figure 74. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m³) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

La courbe d'évolution du nitrate est classique. On observe que les concentrations maximales sont atteintes au début et à la fin du cycle (valeurs nettement supérieures à 10 $\mu\text{mol/L}$) alors qu'elles sont faibles durant la période estivale. Dès le mois de janvier, les concentrations vont commencer à diminuer pour atteindre leurs minima en mars pour les points du large et en avril pour ceux de l'estuaire. Les concentrations resteront faibles jusqu'au mois de septembre avec des valeurs proches ou égales à la limite du seuil de détection ($< 0,15 \mu\text{mol/L}$). Une augmentation progressive est observée à partir du mois d'octobre jusqu'à atteindre des valeurs maximales en décembre (46,20 $\mu\text{mol/L}$ le 21/12/10 au point Bif) (Figures 75 à 79).

En 2010, les concentrations en nitrate sont particulièrement faibles au printemps, plus habituelles en été et plus importantes en novembre et en 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 1992-2010

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
Bif	0,15	2,59	17,39	12,57	26,90	132,31	265
Mimer	0,36	2,47	14,84	8,63	21,80	63,33	191
Atso	0,15	1,78	12,43	7,21	20,61	56,09	264
Mer 1	0,15	0,96	10,62	5,03	17,81	55,91	251
Mer 2	0,15	0,57	9,24	3,80	16,16	50,90	243

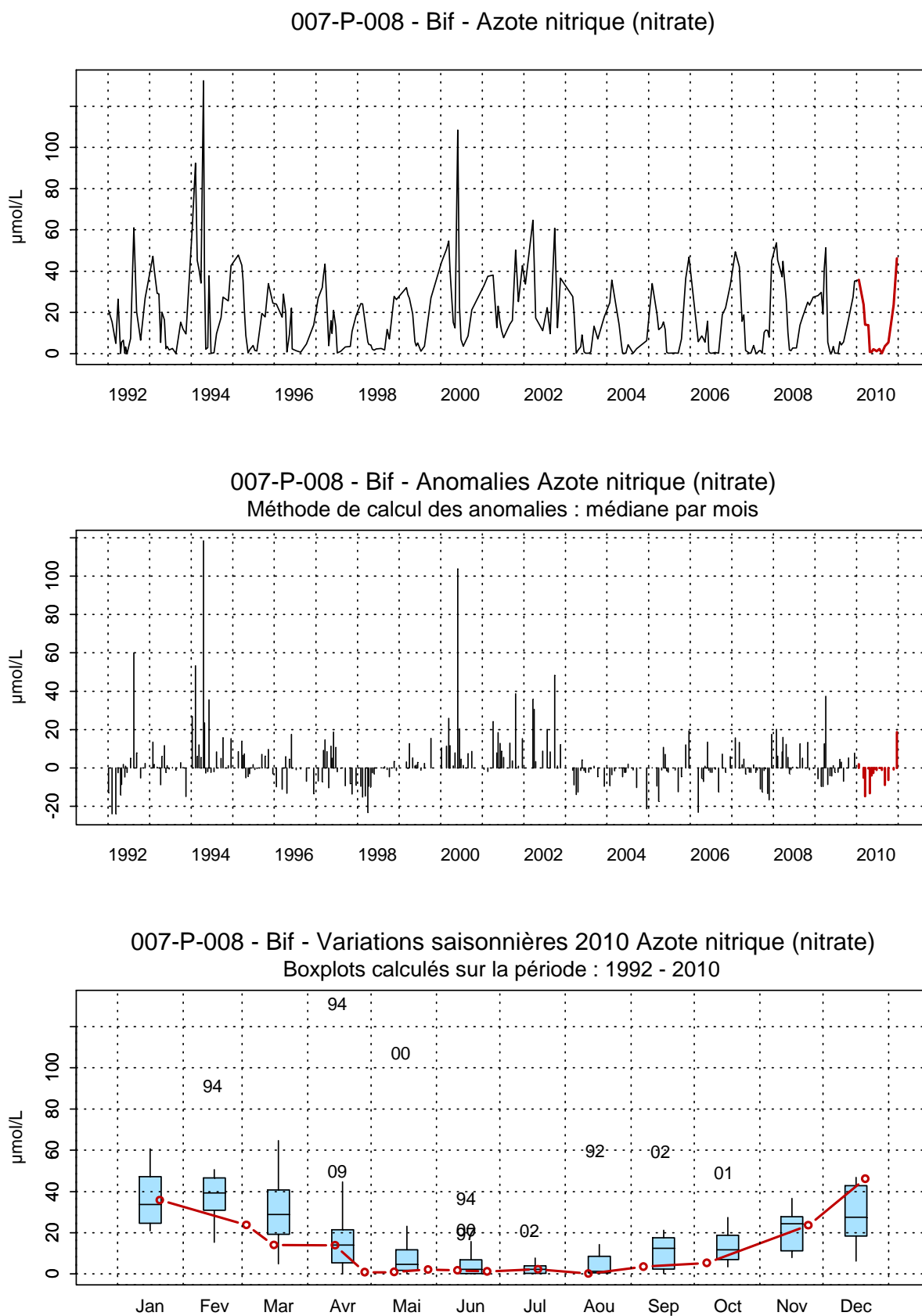


Figure 75. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

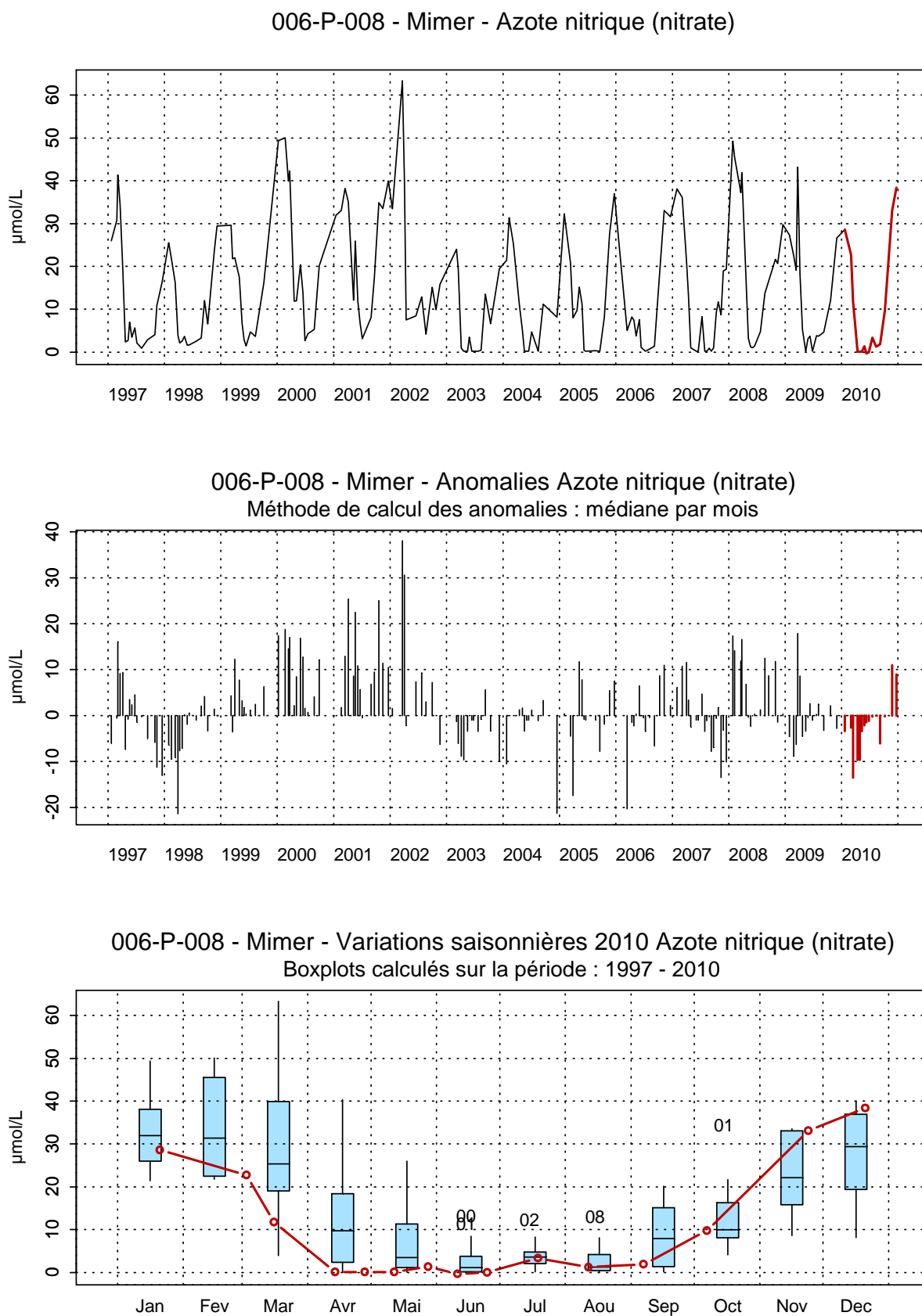


Figure 76. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

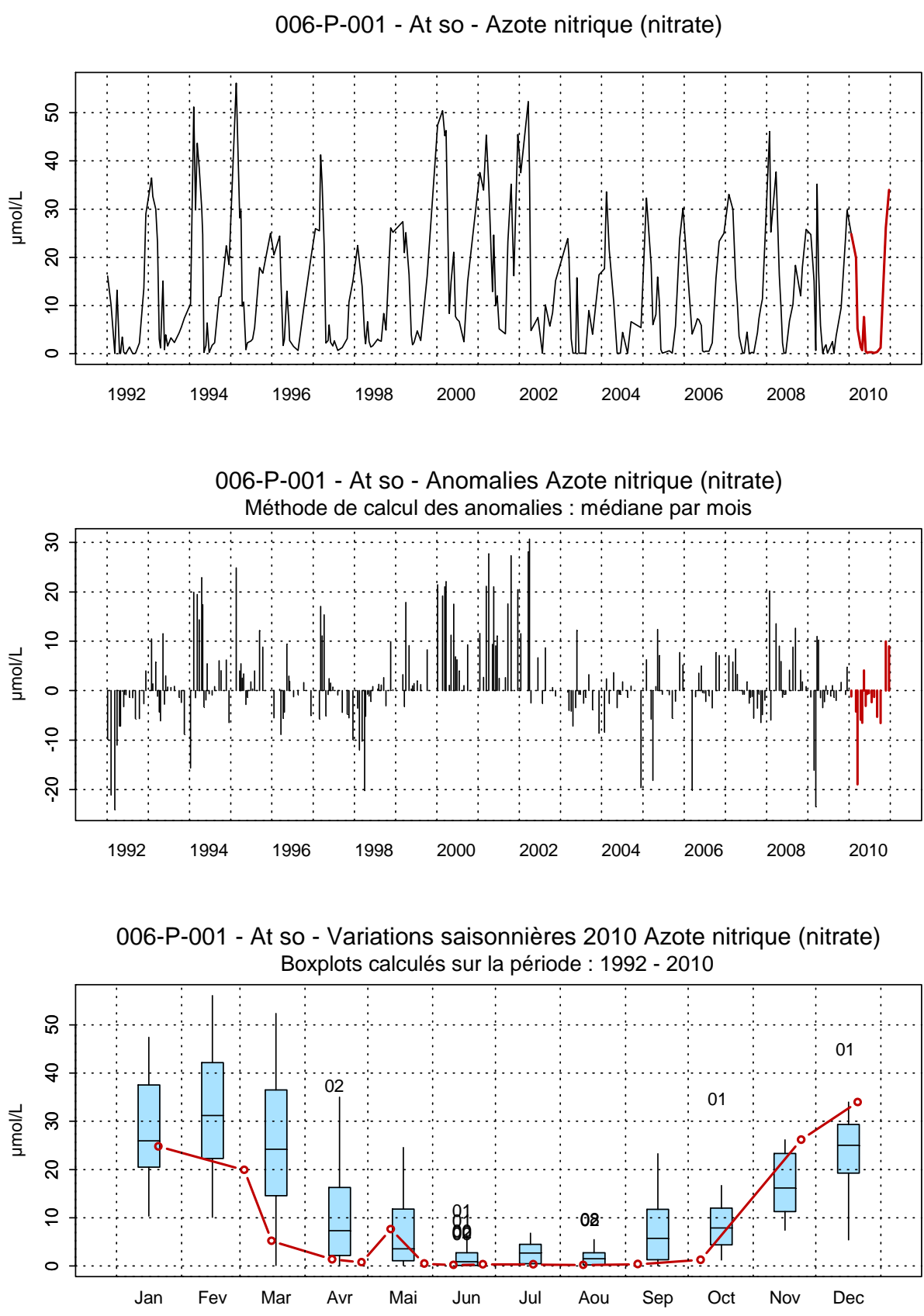
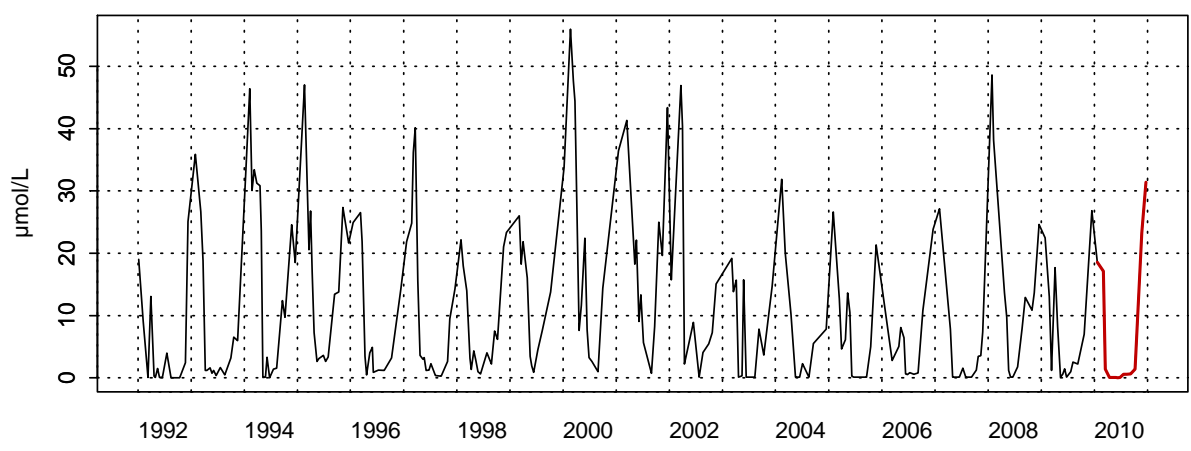
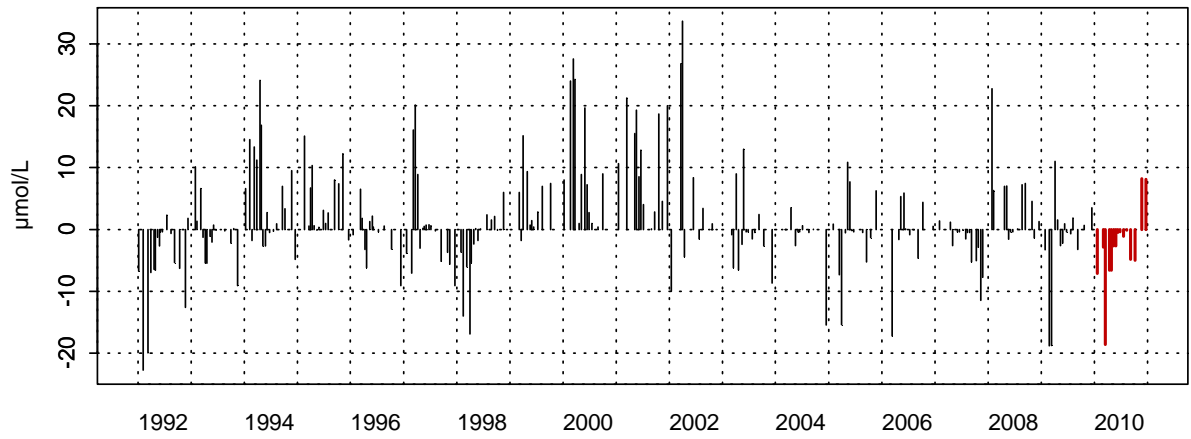


Figure 77. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate (µmol/L) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

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



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



006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2010 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2010

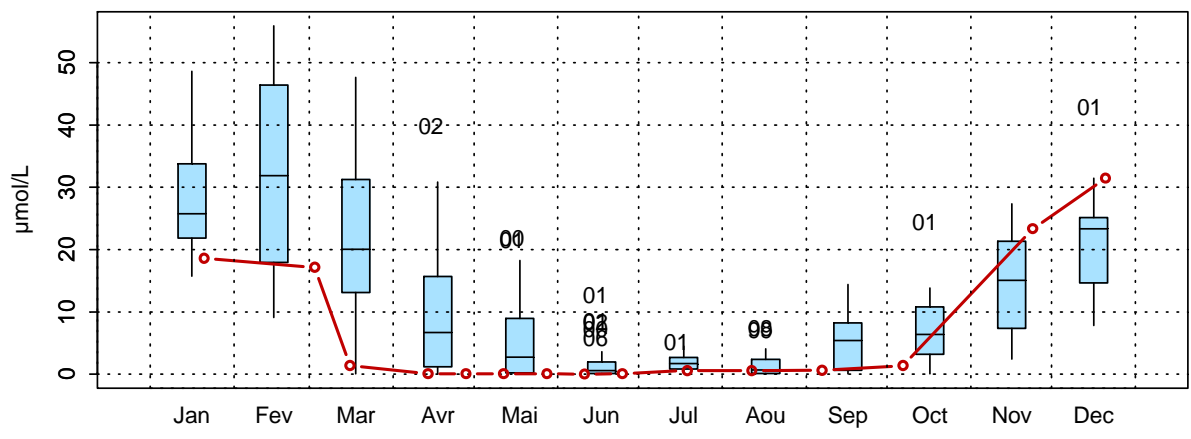


Figure 78. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate (µmol/L) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

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

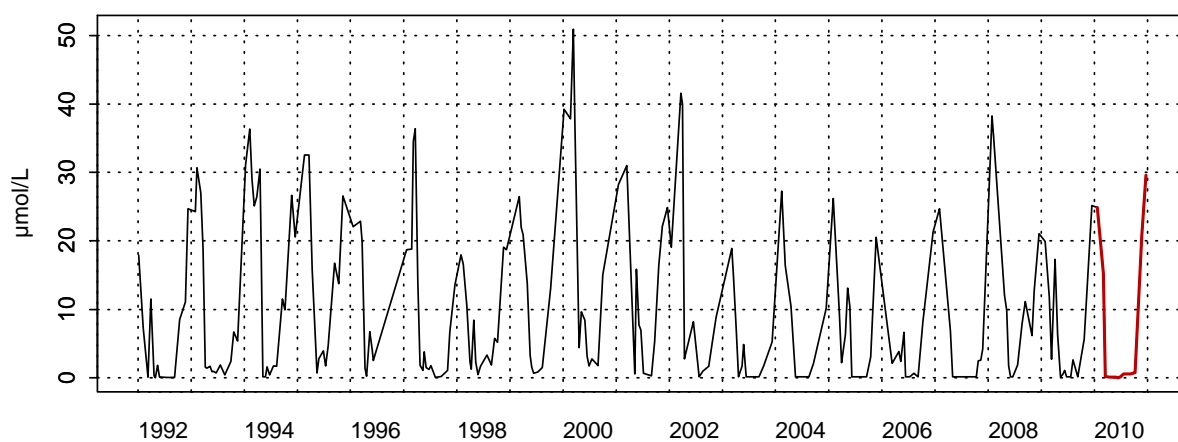
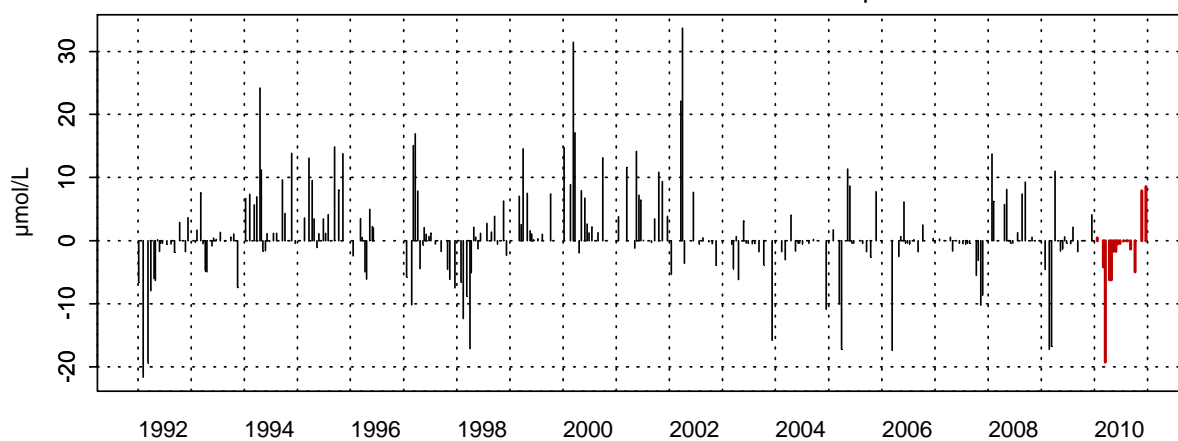
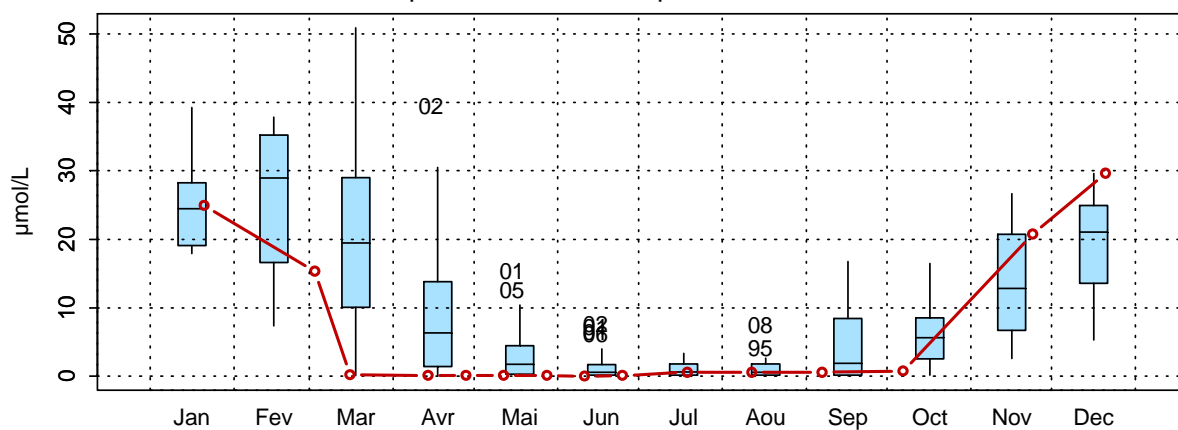
006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Anomalies Azote nitrique (nitrate)
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2010 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2010

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 1992-2010

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

La courbe d'évolution du nitrite est classique et ressemble à celle du nitrate. Au début de l'année, les concentrations sont comprises entre 0,20 et 0,58 $\mu\text{mol/L}$. Les minima sont obtenus à partir du mois d'avril et jusqu'au mois d'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, quelques « événements » ont pu être observés ; une forte augmentation ponctuelle de la concentration en nitrite est enregistrée sur les points Mimer, Mer1 et Mer 2 au mois de juin (0,51 $\mu\text{mol/L}$ le 11/06/10 au point Mer1) et une autre moins importante au début du mois septembre (Annexe 2). Ces variations sont liées à des processus hydrodynamiques et météorologiques qui ne peuvent pas être abordés à l'échelle d'observation du SRN.

En 2010, les concentrations en nitrite sont globalement plus faibles qu'au cours des périodes d'observations précédentes. Les plus fortes concentrations sont enregistrées au mois de juin (valeurs supérieures au troisième quartile).

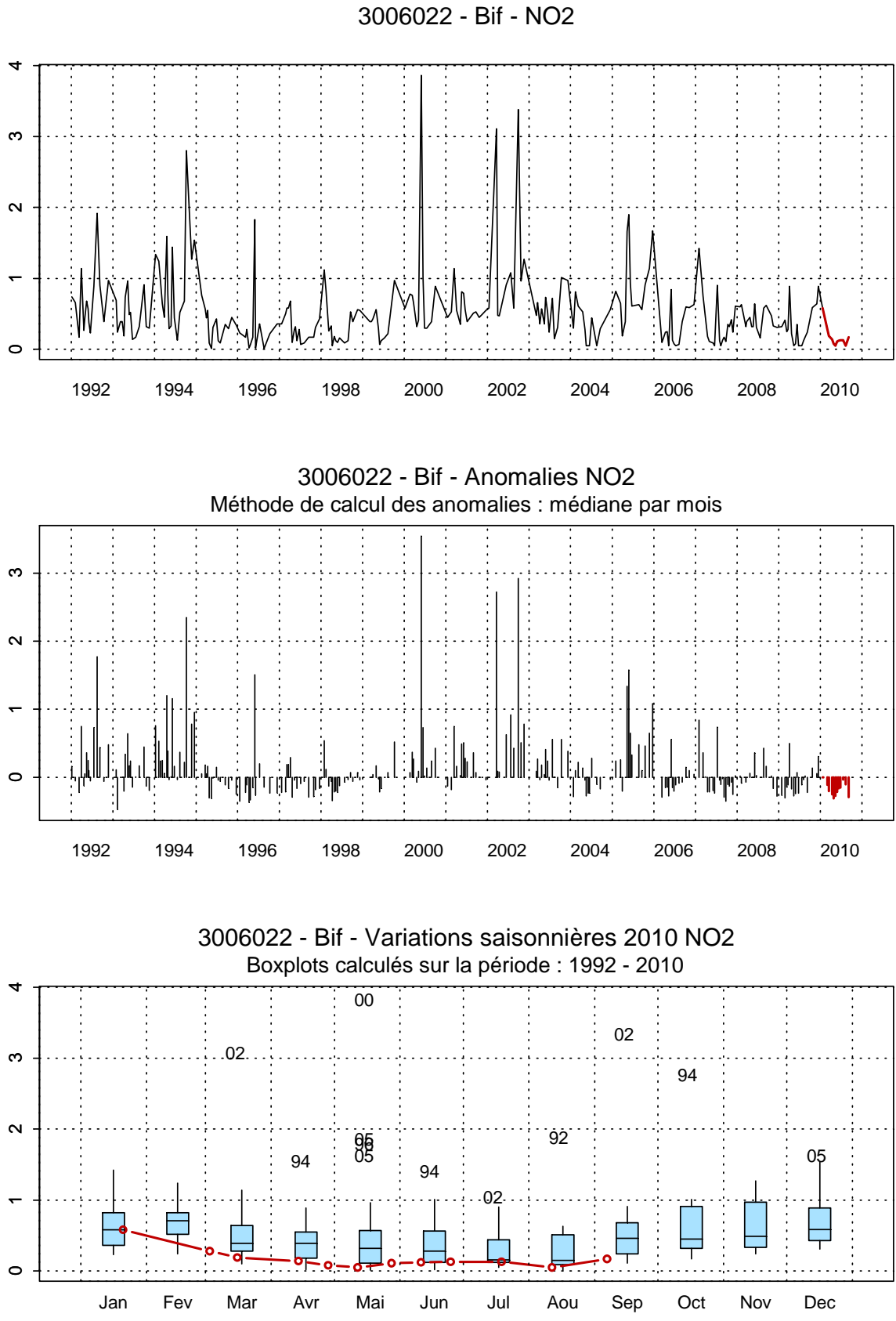


Figure 80. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

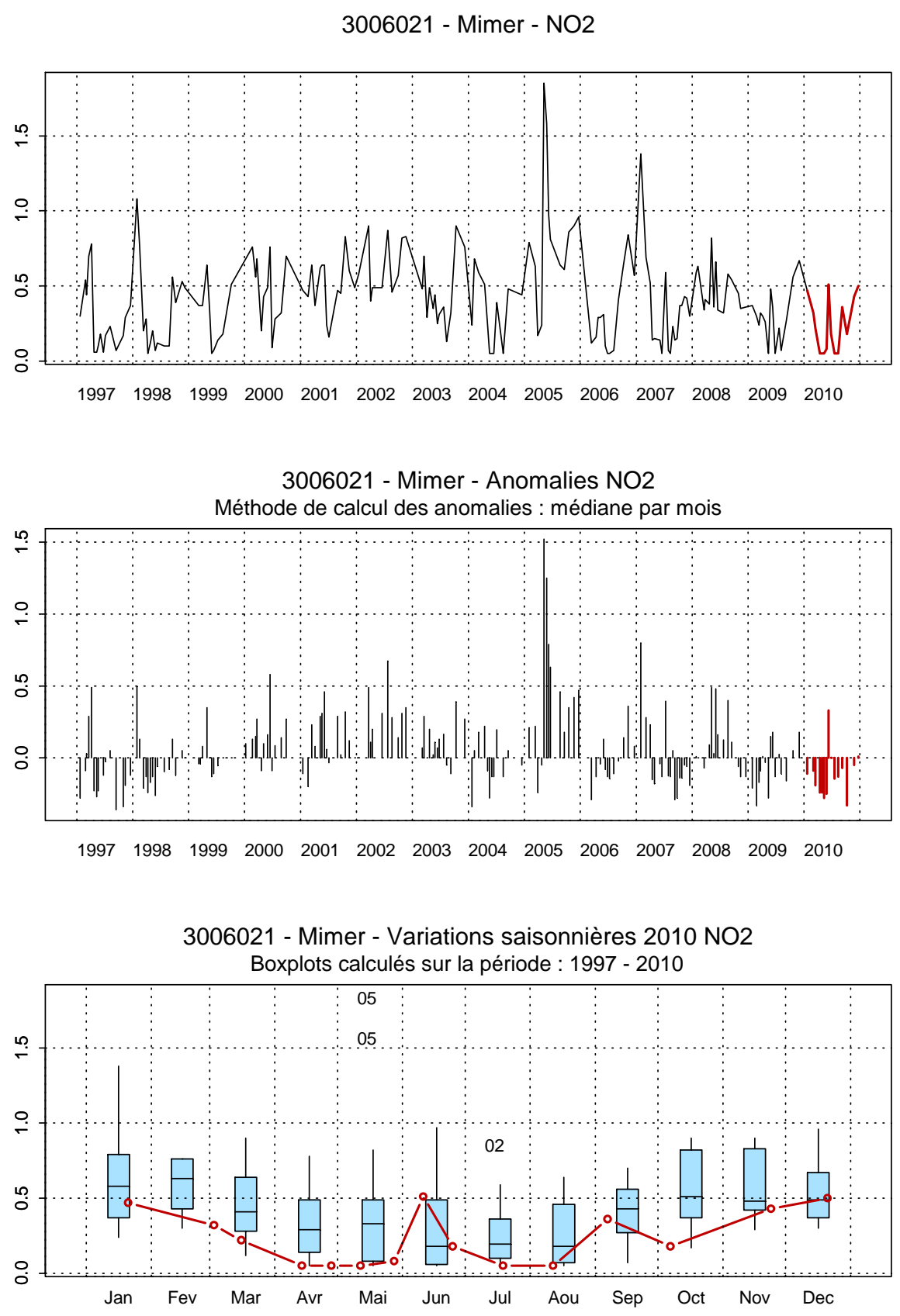


Figure 81. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite (µmol/L) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

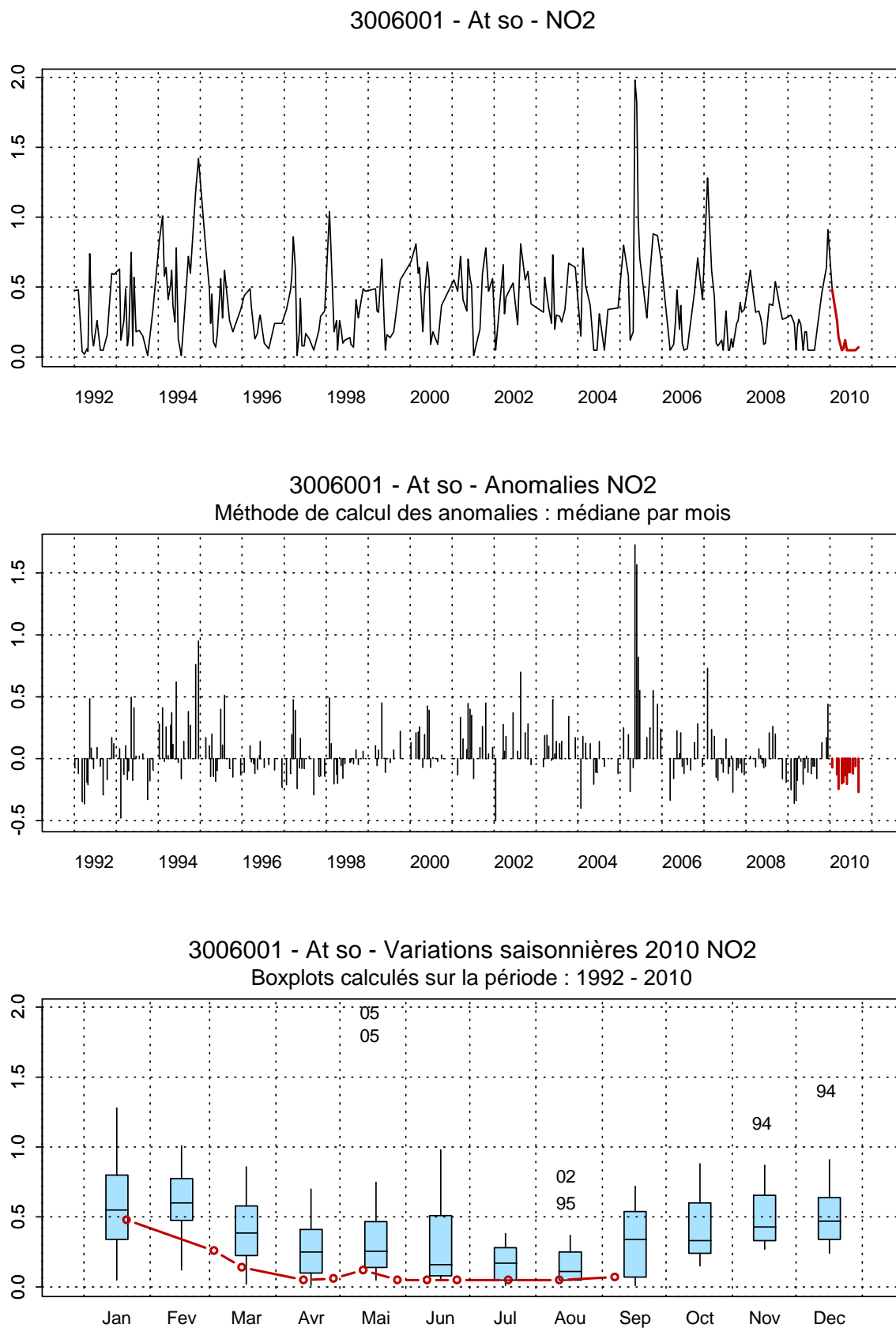
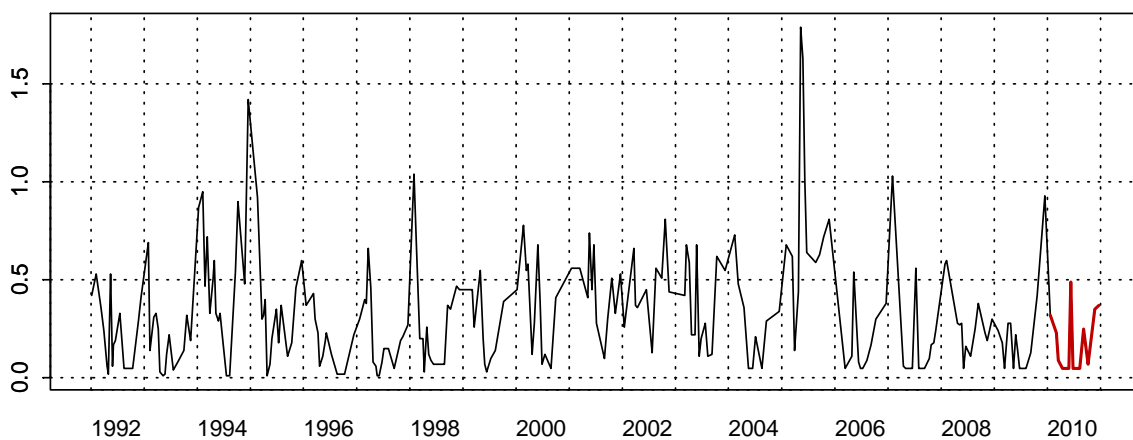
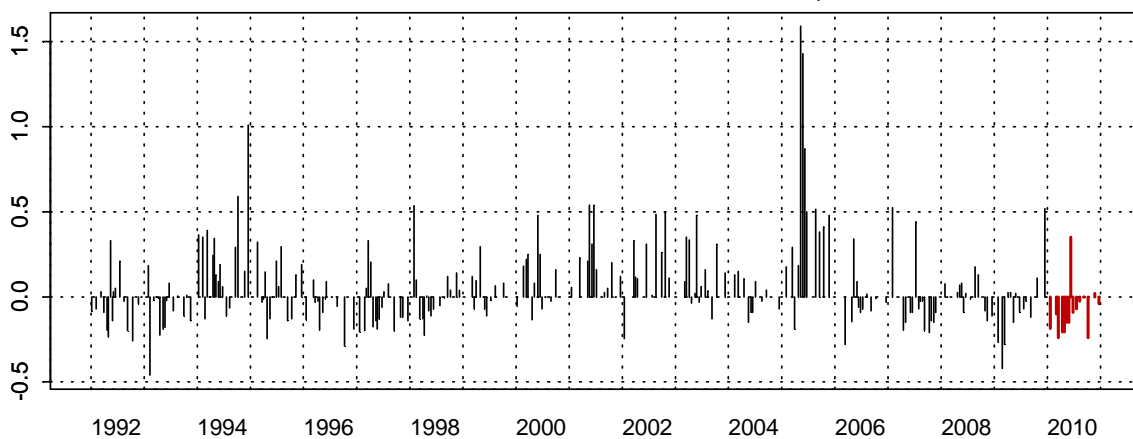


Figure 82. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite (µmol/L) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

3006019 - SRN Somme mer 1 - NO2



3006019 - SRN Somme mer 1 - Anomalies NO2
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



3006019 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2010 NO2
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2010

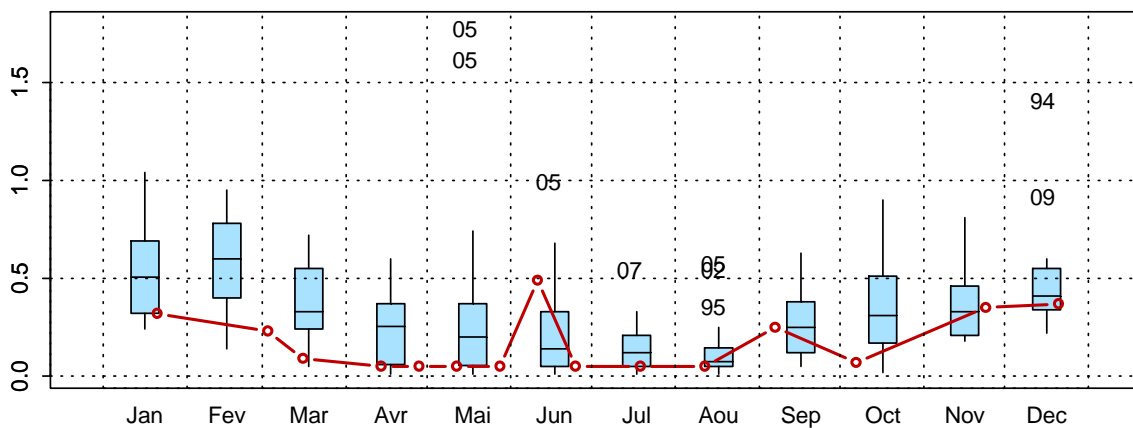
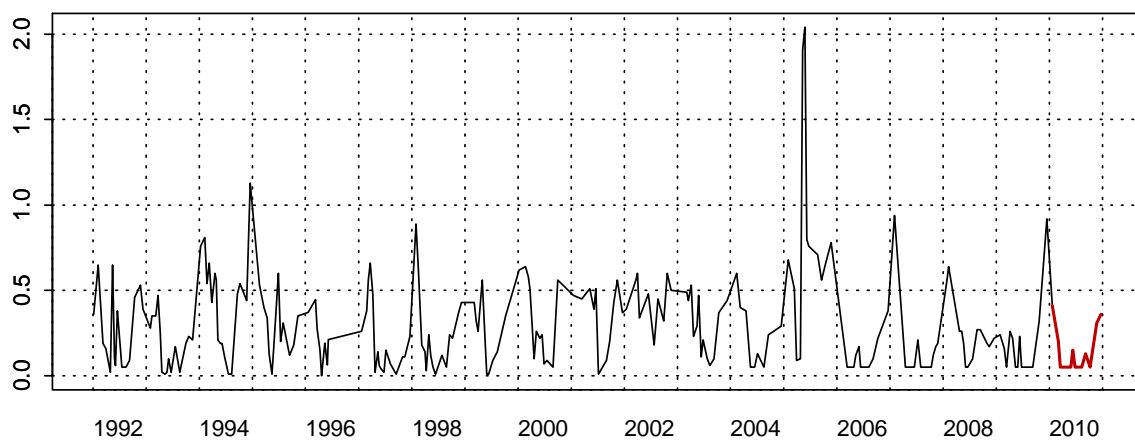
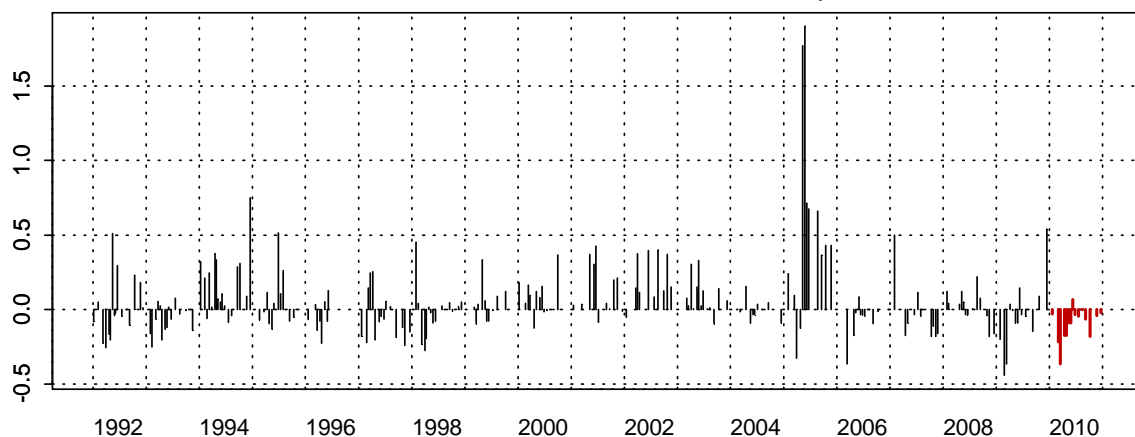


Figure 83. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite (µmol/L) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

3006020 - SRN Somme mer 2 - NO2



3006020 - SRN Somme mer 2 - Anomalies NO2
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



3006020 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2010 NO2
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2010

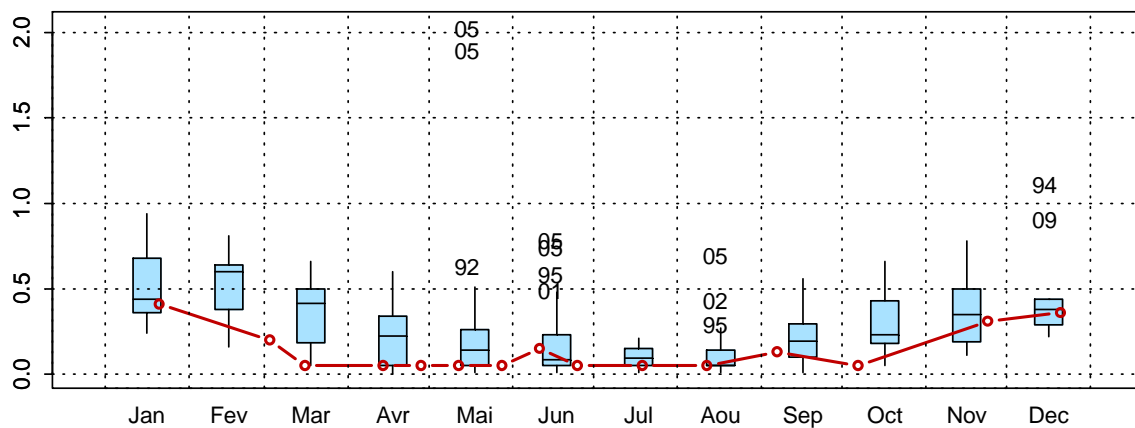


Figure 84. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

Le schéma d'évolution de la concentration en ammonium apparaît classique. On observe de faibles concentrations (valeurs proches ou égales au seuil de détection : $0,15 \mu\text{mol/L}$) de janvier à août pour les points Bif et Mimer et jusqu'au mois d'octobre pour les points Atso, Mer 1 et 2. Les concentrations vont augmenter ensuite pour atteindre les maxima à la fin du cycle. La valeur maximale est atteinte au point Mimer ($6,08 \mu\text{mol/L}$) le 06/11/2010 (Annexe 2).

En 2010, les concentrations en ammonium sont particulièrement faibles au début de l'année (valeurs en dessous de la médiane mensuelle) et fortes à la fin du cycle par rapport aux valeurs enregistrées lors des cycles précédents. La période estivale présente des valeurs proches ou égales à la médiane. Le point Mimer présente de fortes concentrations à partir du mois de juillet (valeurs au-dessus de troisième quartile) (Figure 85 à 89).

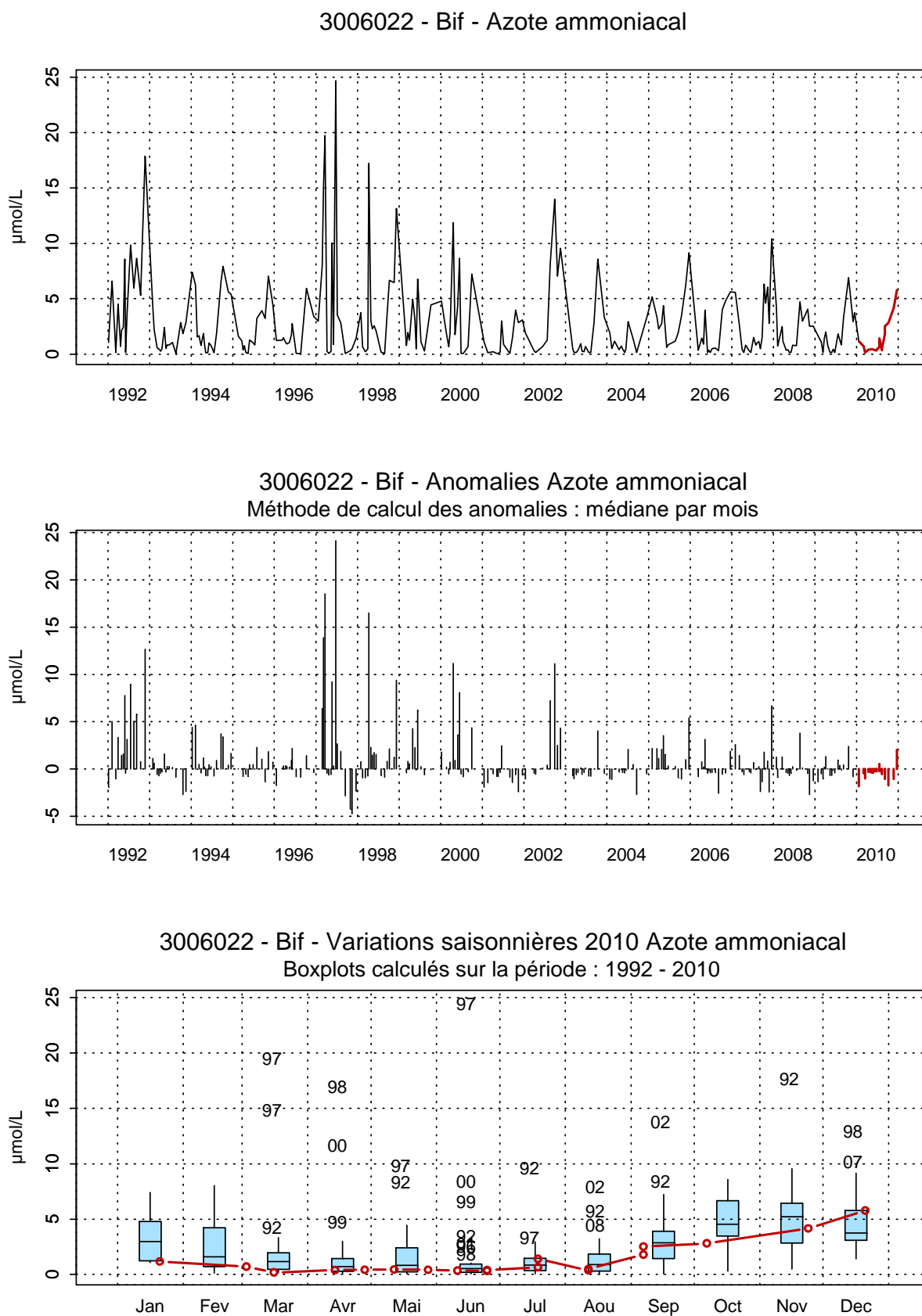


Figure 85. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

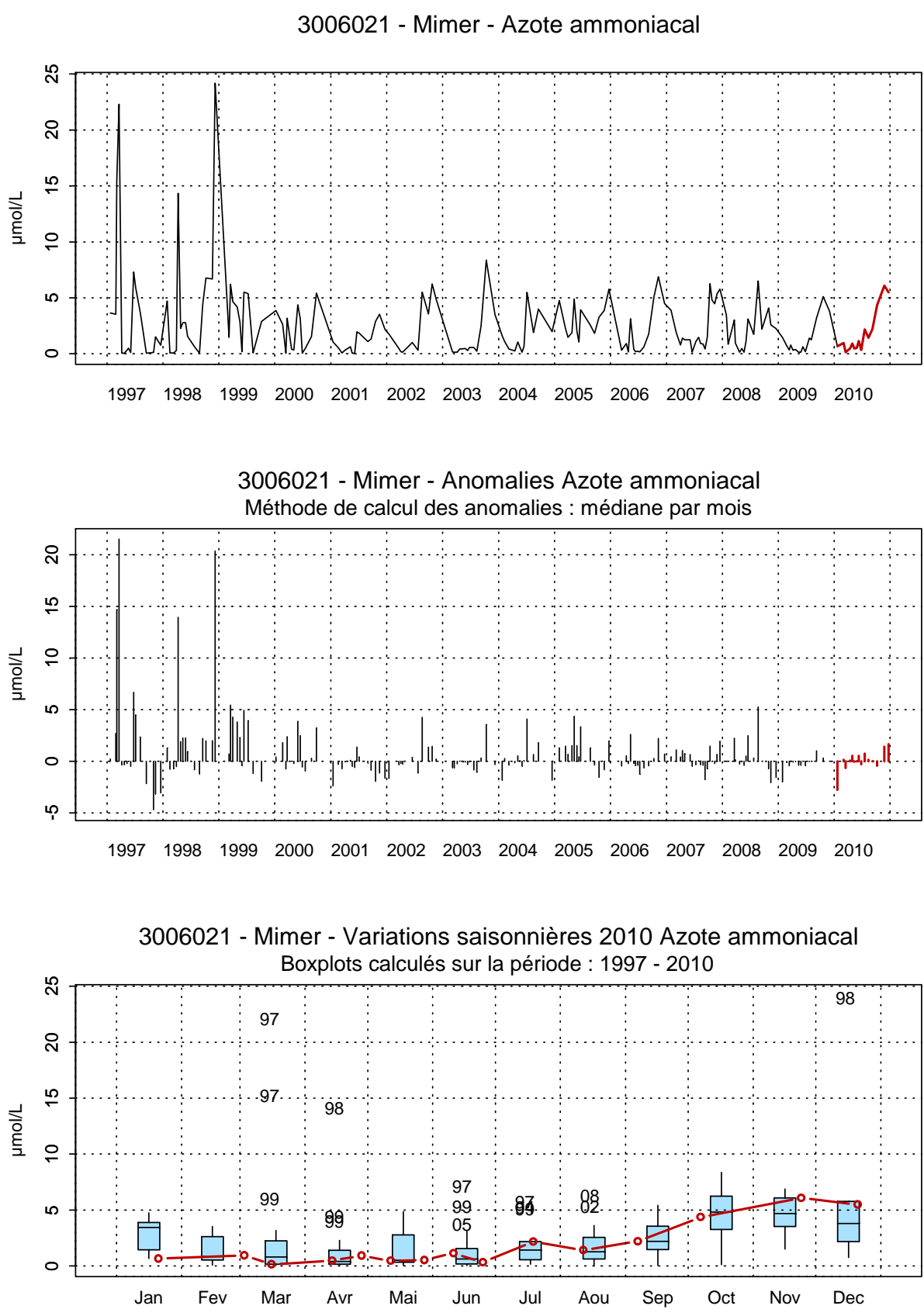


Figure 86. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

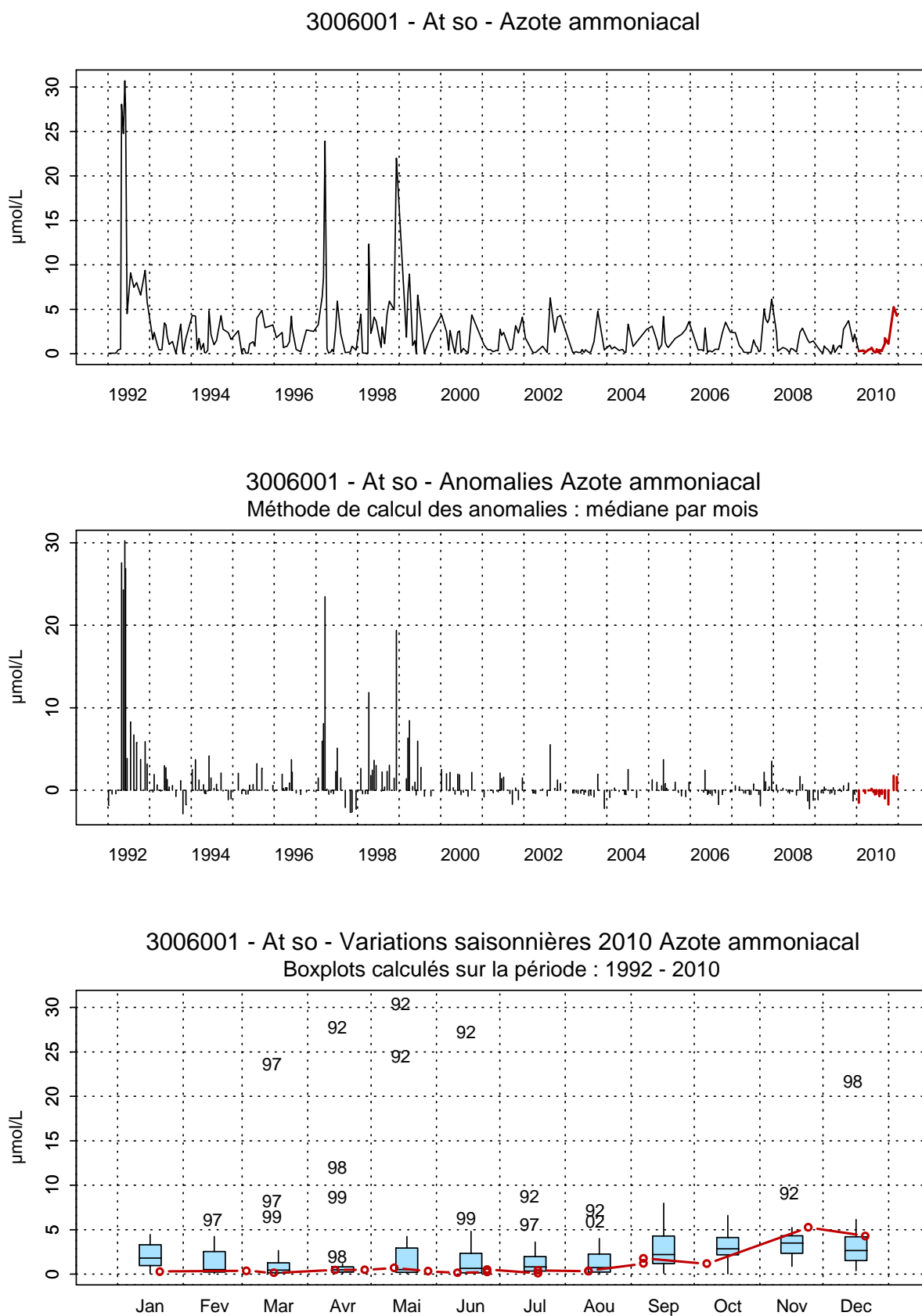
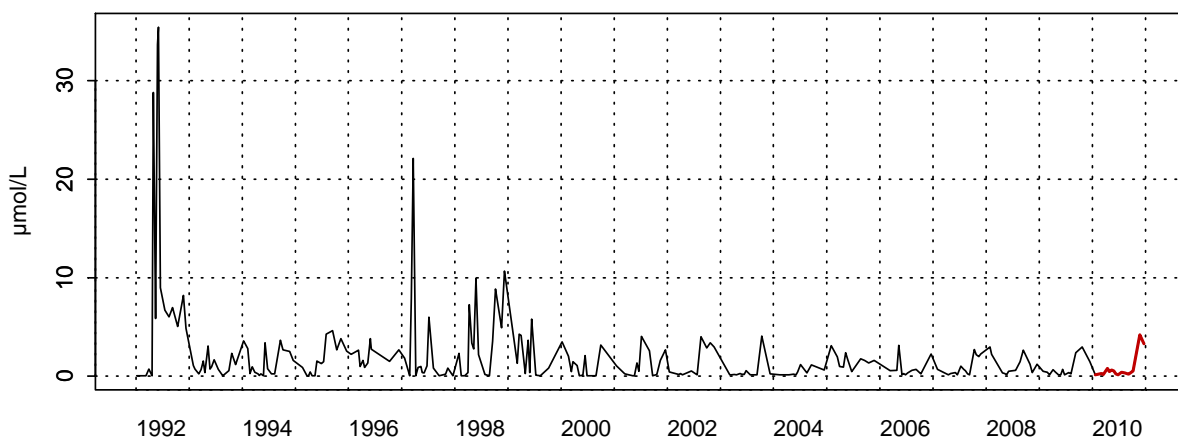
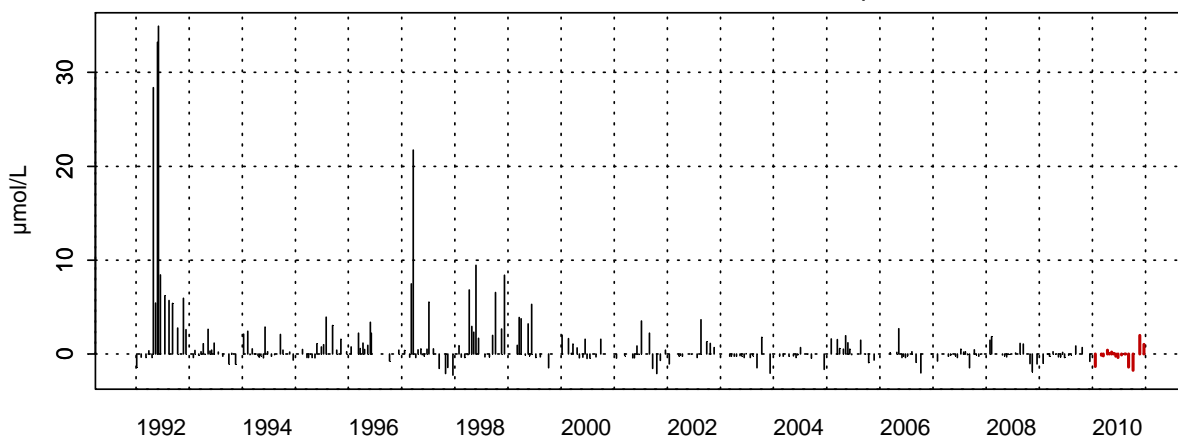


Figure 87. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

3006019 - SRN Somme mer 1 - Azote ammoniacal



3006019 - SRN Somme mer 1 - Anomalies Azote ammoniacal
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



3006019 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2010 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2010

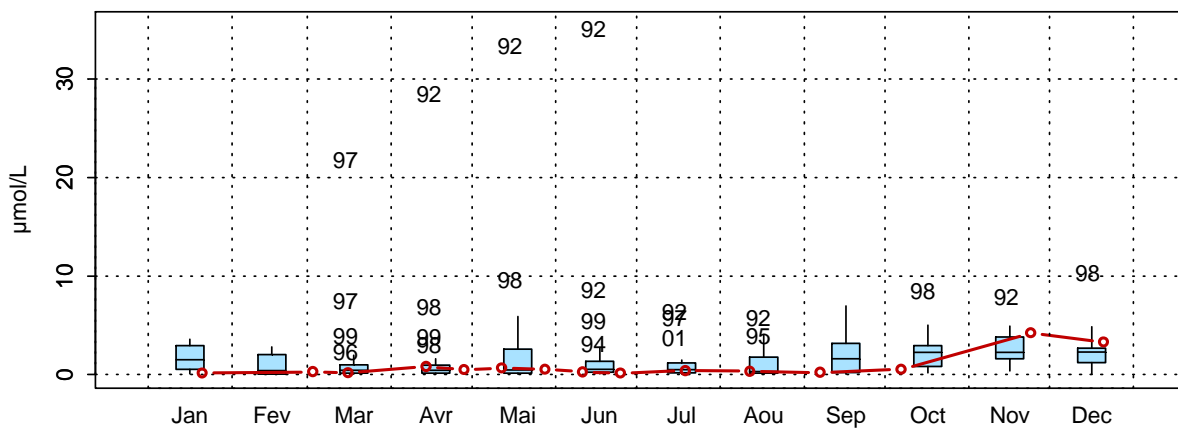
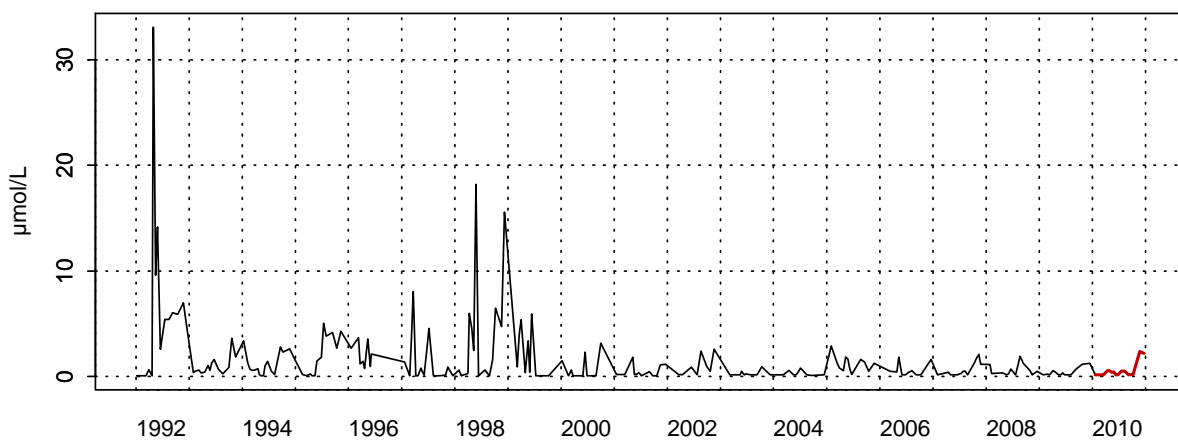
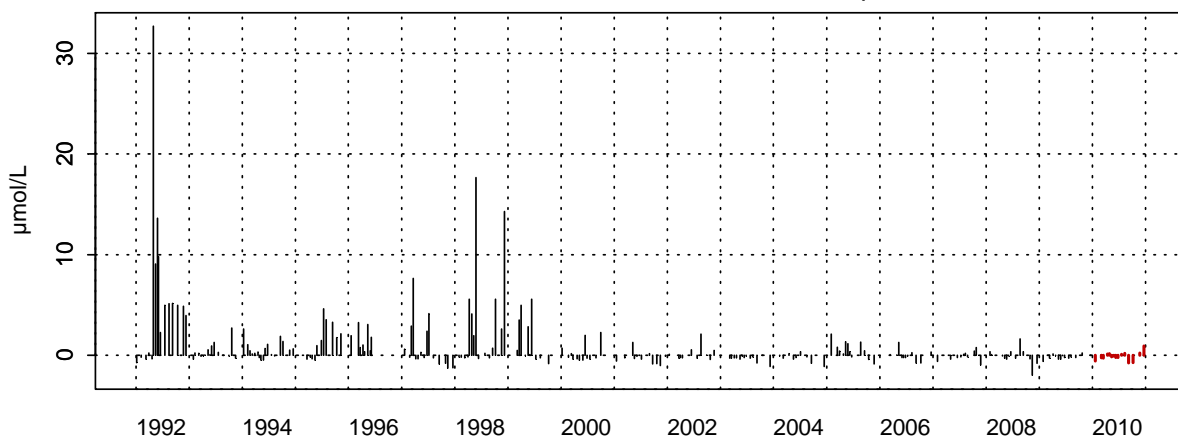


Figure 88. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium (µmol/L) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

3006020 - SRN Somme mer 2 - Azote ammoniacal



3006020 - SRN Somme mer 2 - Anomalies Azote ammoniacal Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



3006020 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2010 Azote ammoniacal Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2010

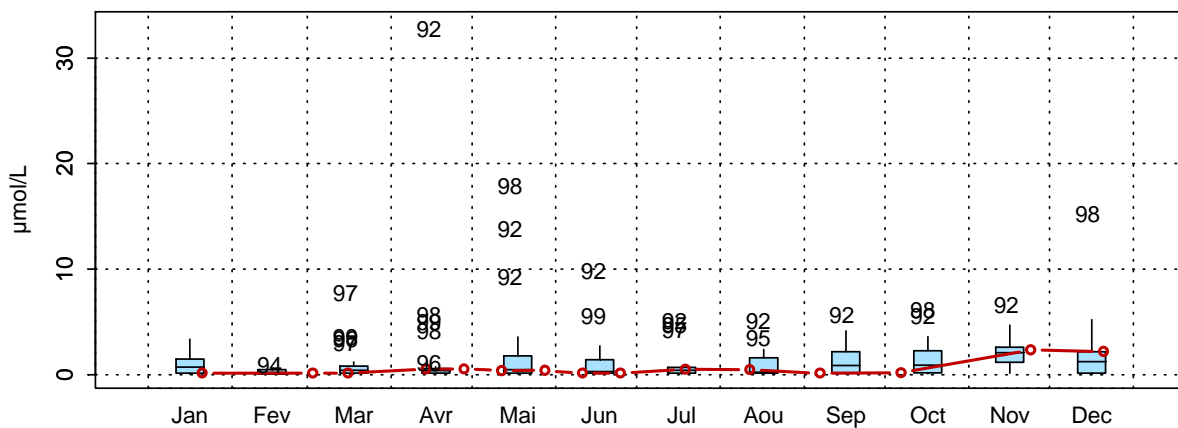


Figure 89. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

L'évolution de la concentration en phosphate est conforme à ce qui est habituellement observé sur le site (Annexe 2 et Tableau 15).

En 2010, les concentrations en phosphate sont globalement supérieures à ce qui est observé habituellement. Néanmoins, quelques anomalies sont enregistrées : de faibles valeurs durant les mois de mars et octobre (valeurs inférieures au premier quartile) et de très fortes concentrations pendant les mois de juin et septembre pour les points Mimer, Mer 1 et Mer 2 (concentrations supérieures au premier quartile) (Figure 90 à 94).

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 1992-2010

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
Bif	0,01	0,19	1,06	0,44	0,91	31,50	262
Mimer	0,01	0,16	0,56	0,41	0,76	4,73	191
Atso	0,01	0,15	0,47	0,32	0,66	3,03	266
Mer 1	0,01	0,12	0,45	0,26	0,69	3,46	251
Mer 2	0,01	0,08	0,43	0,28	0,66	3,32	245

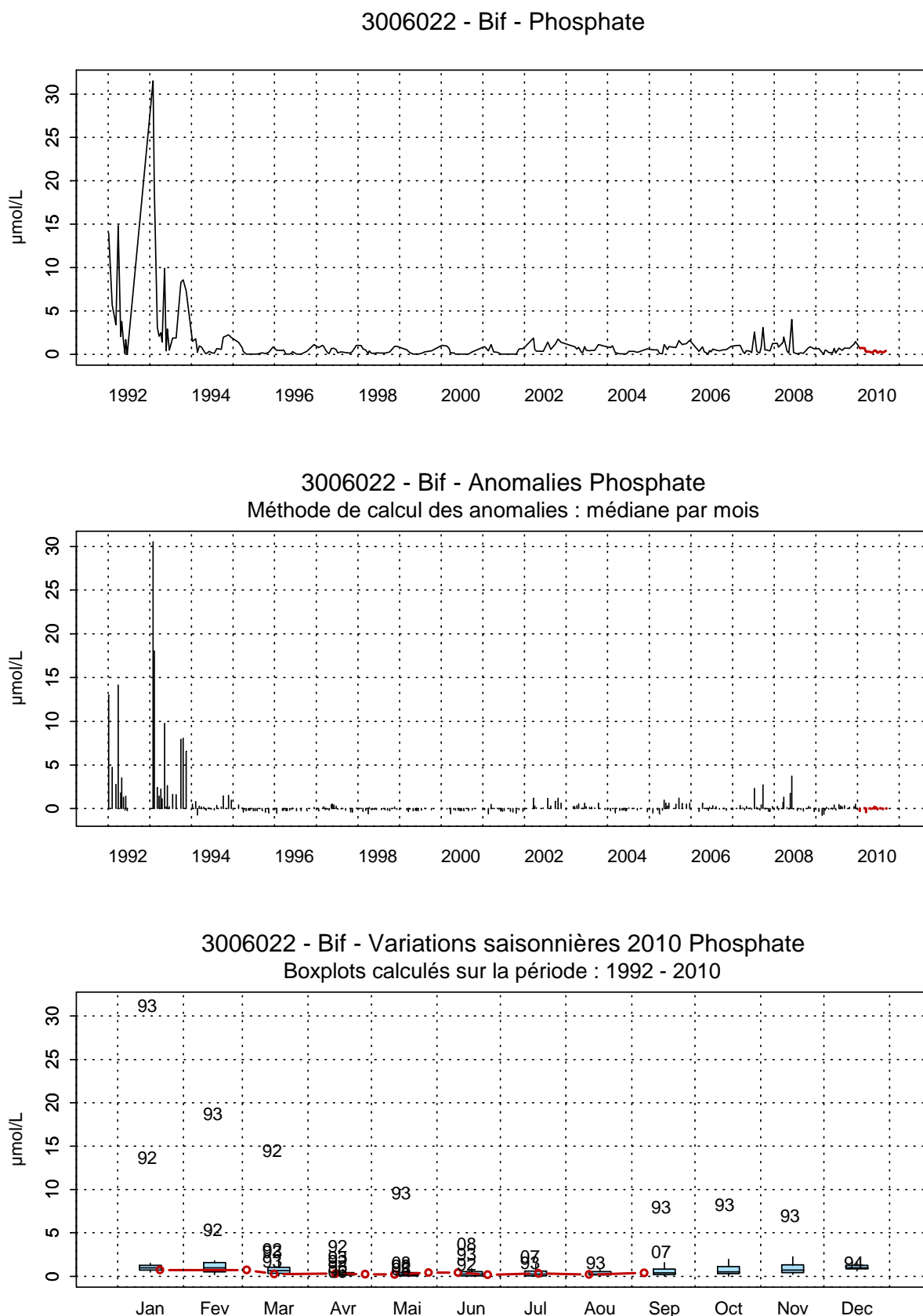


Figure 90. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

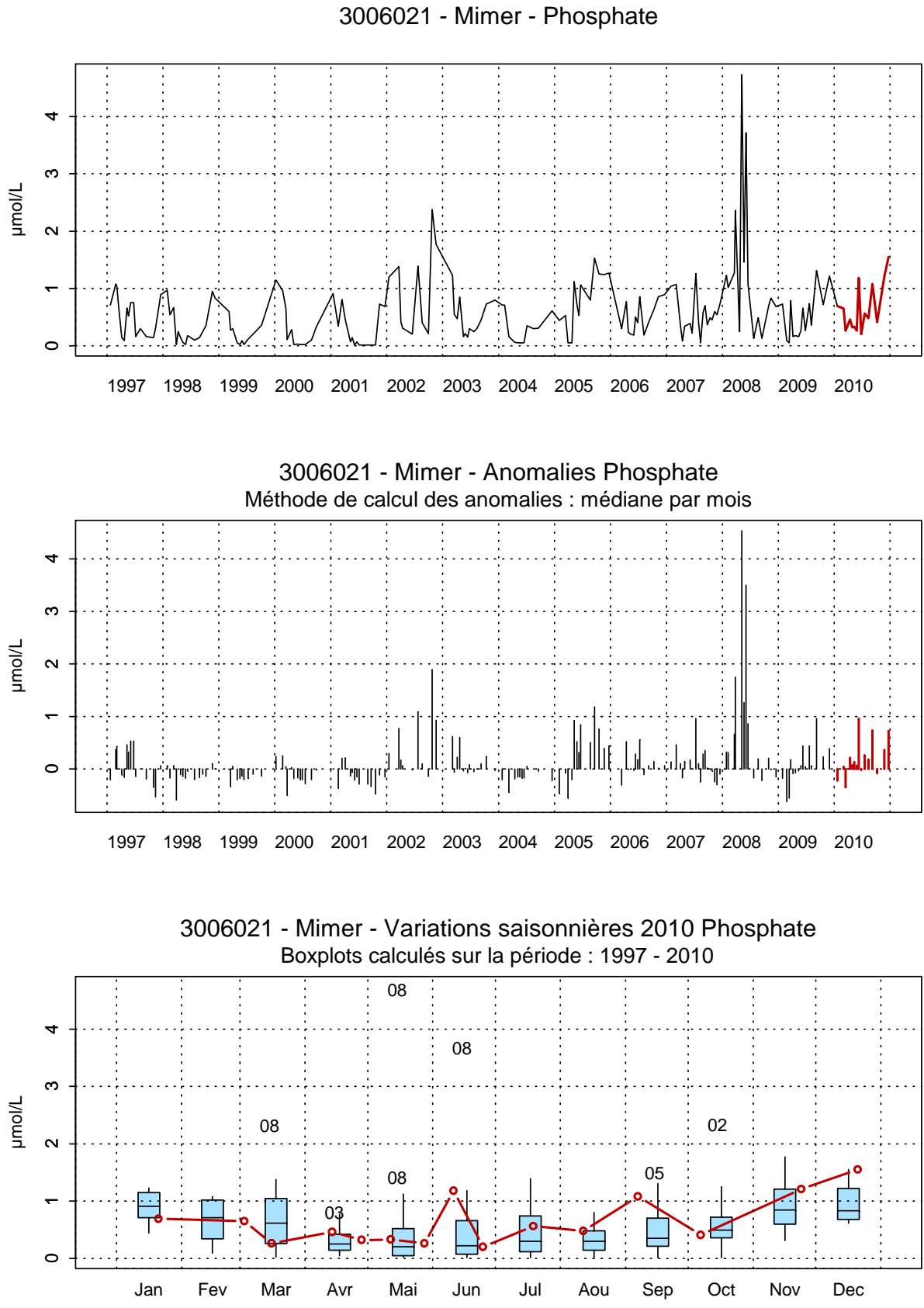


Figure 91. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

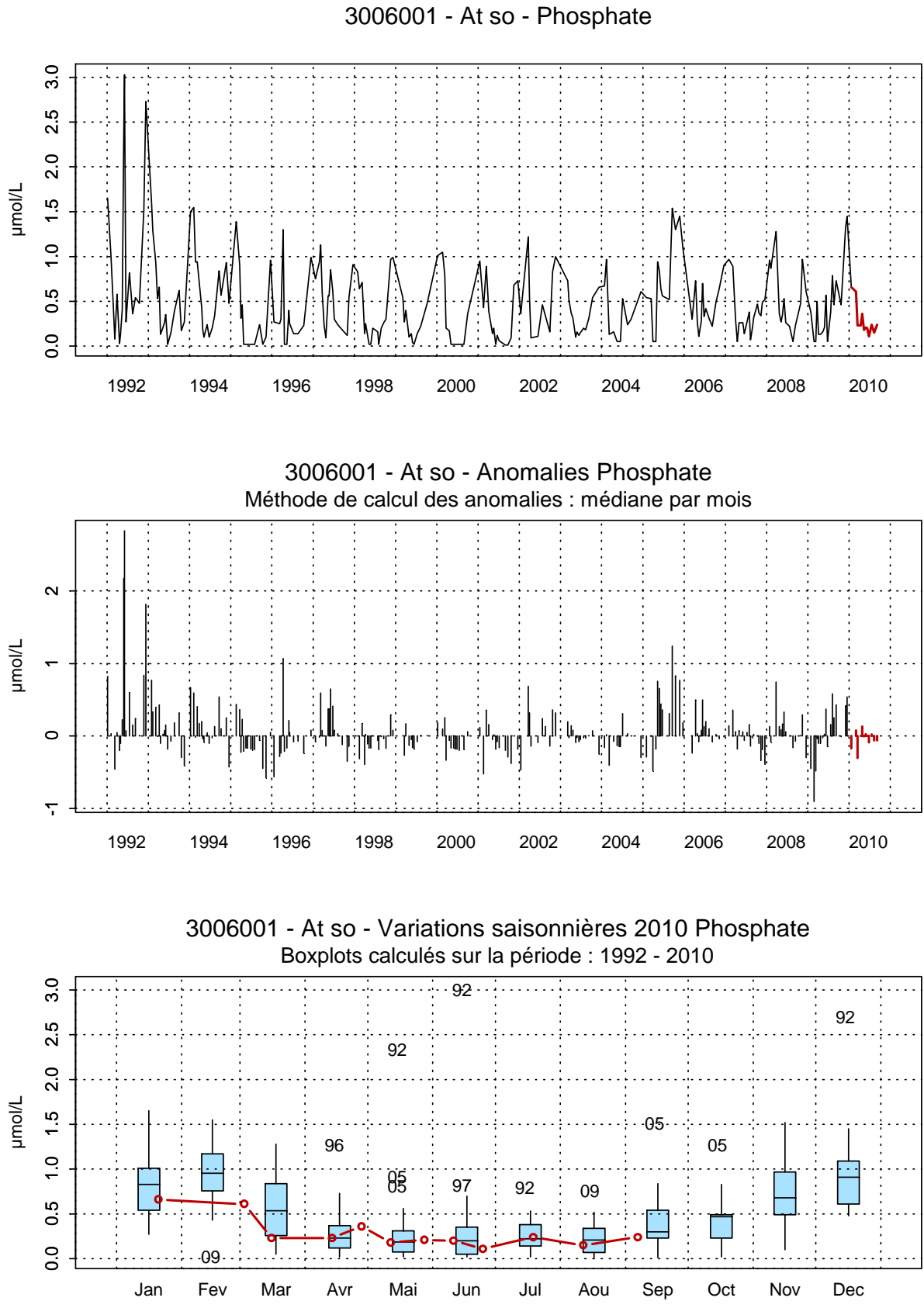


Figure 92. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate (µmol/L) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

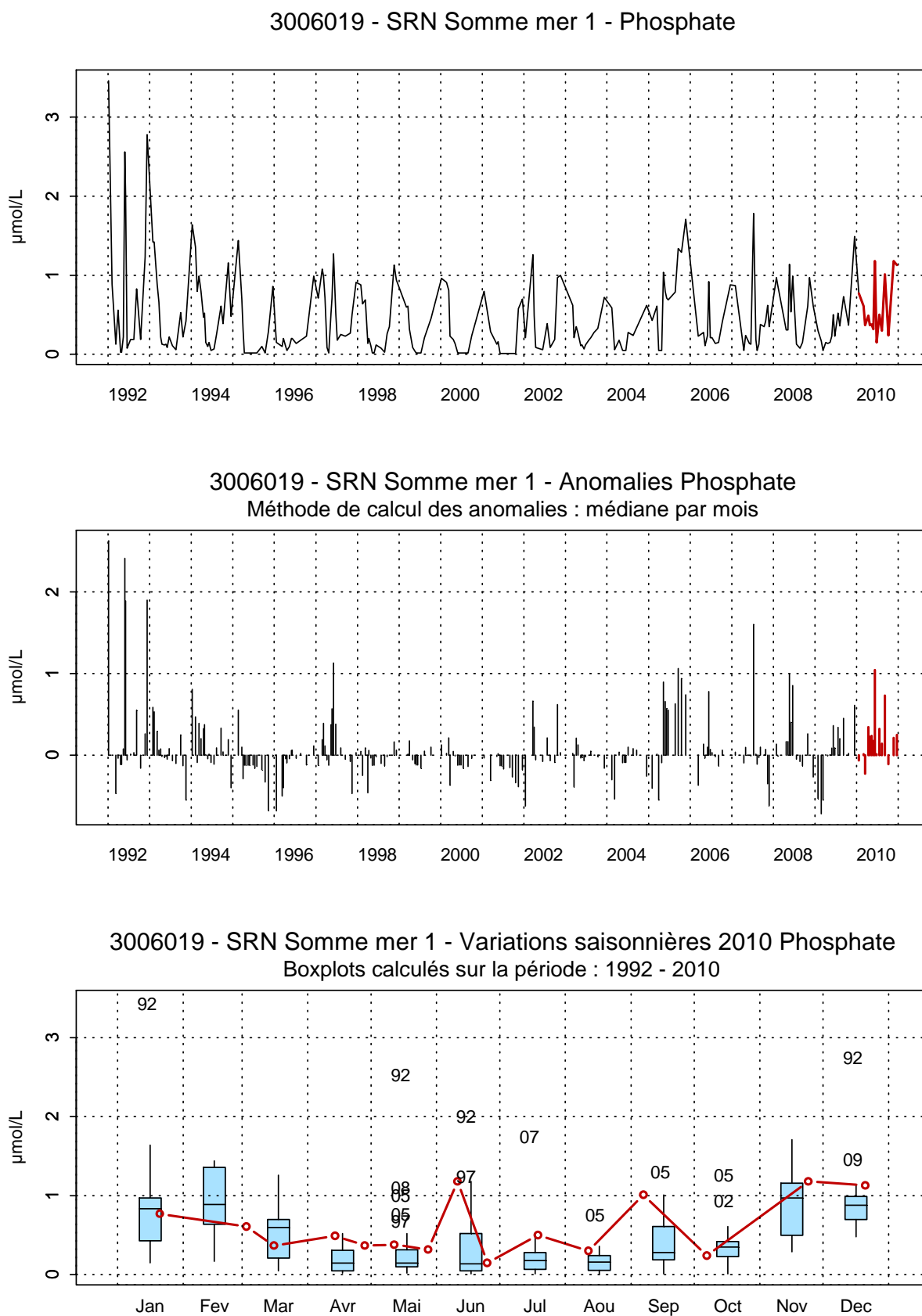


Figure 93. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

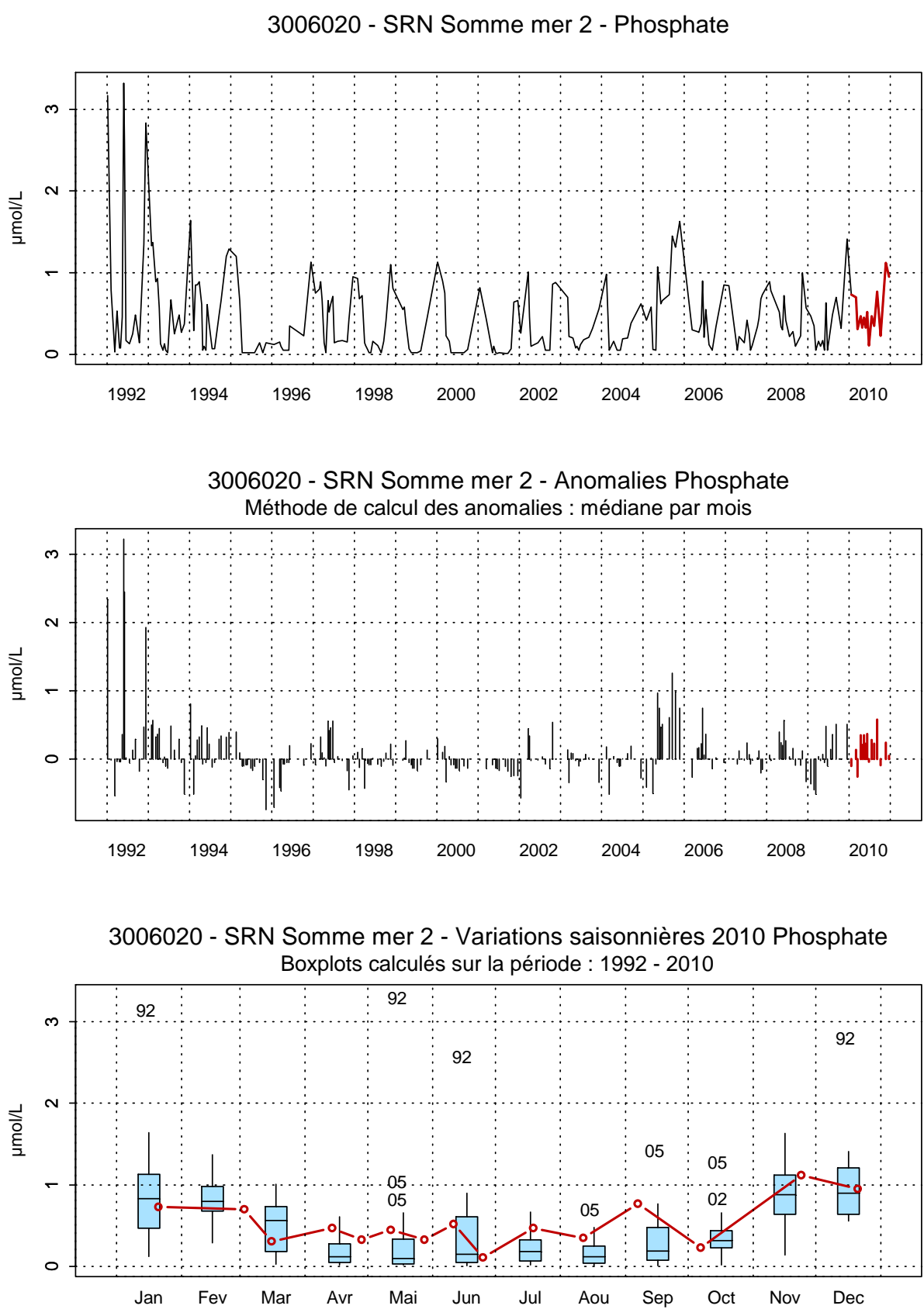


Figure 94. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

En 2010, l'évolution de la concentration en silicate est classique. Globalement, les concentrations sont fortes au début et la fin du cycle et faibles durant la période estivale. Dès le mois de janvier, les concentrations vont diminuer progressivement pour atteindre des minima en mars. Du mois de mars à octobre (à l'exception du point Mimer), les concentrations sont faibles, avec parfois des valeurs proches ou égales au seuil de détection (0,1 $\mu\text{mol/L}$). Les concentrations en silicate augmentent fortement au mois de novembre. Elles chutent légèrement en décembre (27,49 $\mu\text{mol/L}$ le 21/12/10, maximum atteint au point Bif) (Figures 95 à 99).

Par rapport aux cycles d'observations précédents, les concentrations en silicate sont faibles de janvier à mars pour les points Mimer, Atso, Mer 1 et Mer 2 et fortes pendant les mois de novembre et de décembre (valeurs supérieures au troisième quartile). Pour le reste de l'année, les concentrations varient entre le premier et le troisième quartile. Les concentrations au point Bif varient autour de la médiane (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 1992-2010

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
Bif	0,1	1,53	7,87	4,06	11,82	108,78	266
Mimer	0,1	1,11	6,57	4,16	10,72	31,82	191
Atso	0,1	1,15	6,26	3,70	9,80	34,04	266
Mer 1	0,1	0,81	5,10	2,97	7,81	32,27	251
Mer 2	0,1	0,60	4,50	2,43	6,79	45,78	245

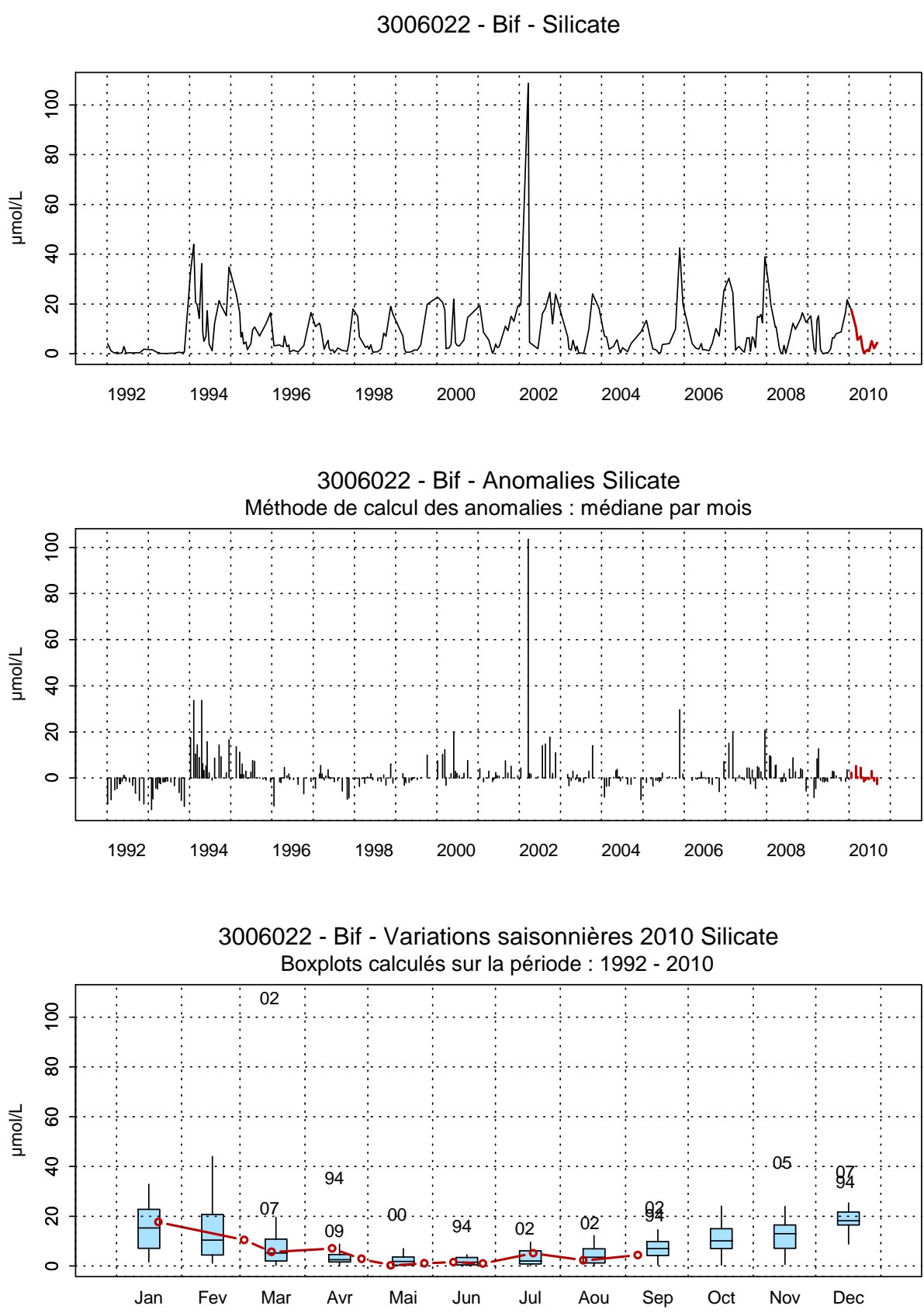


Figure 95. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate (µmol/L) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

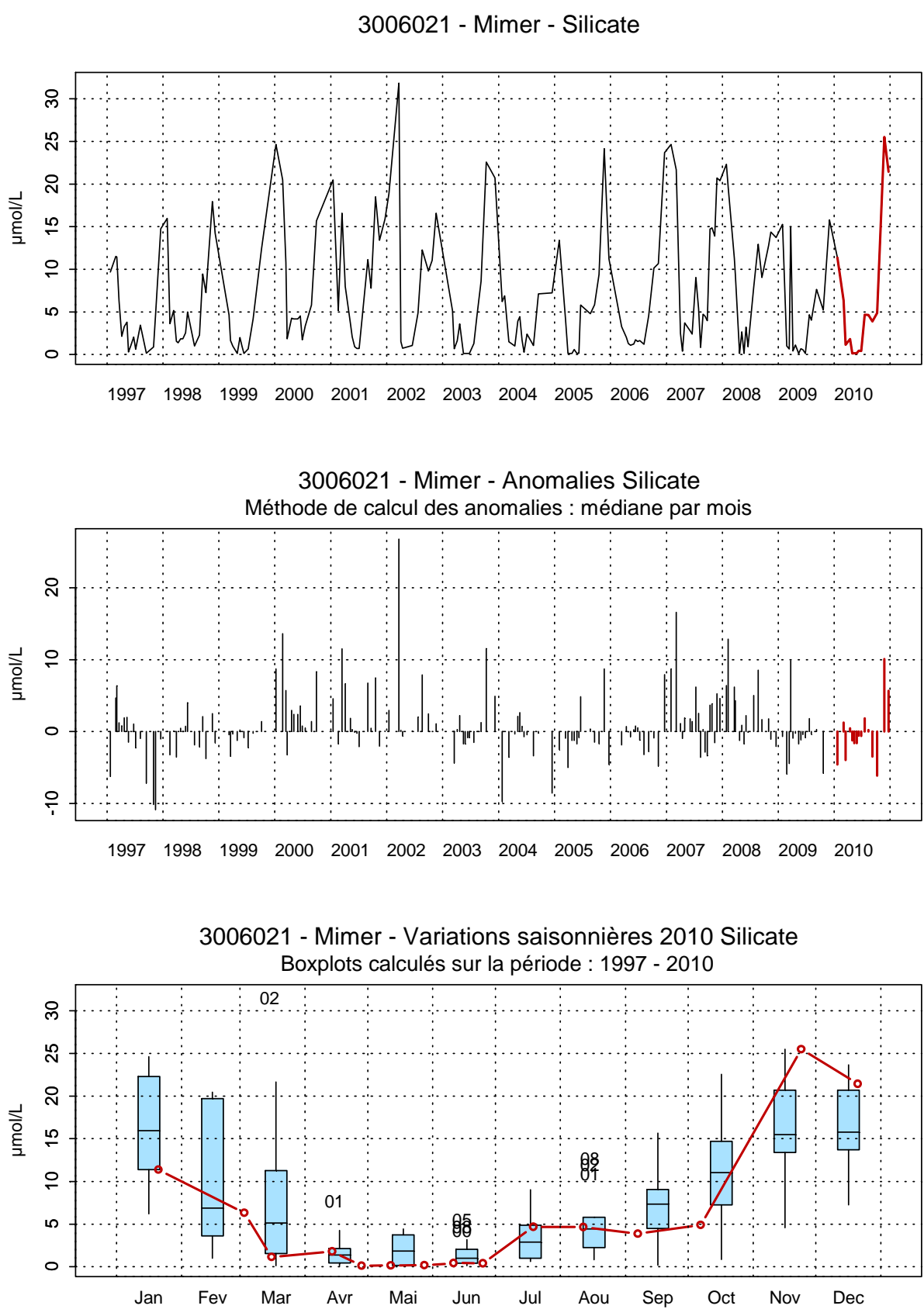


Figure 96. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate (µmol/L) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

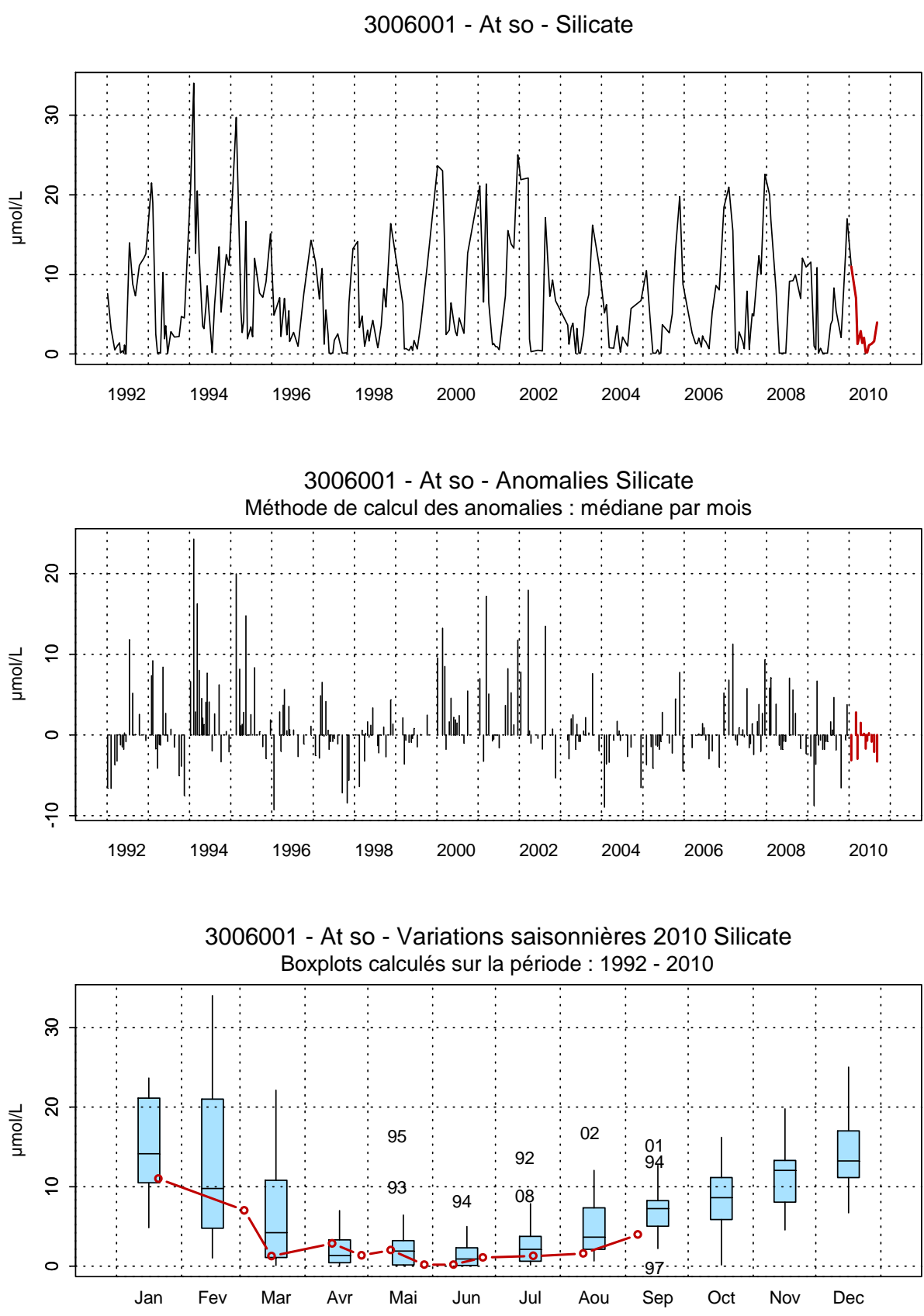


Figure 97. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate (µmol/L) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

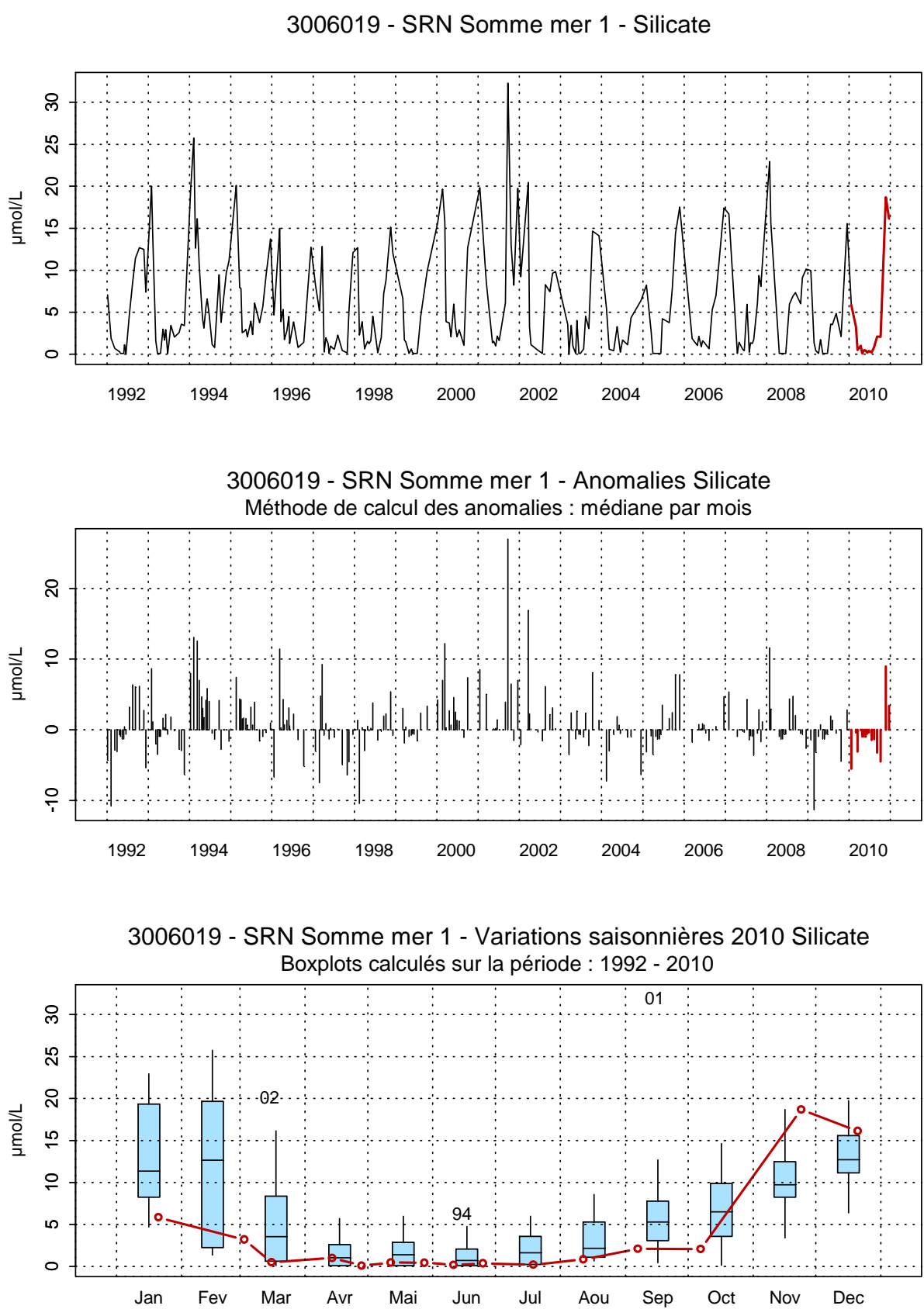


Figure 98. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate (µmol/L) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

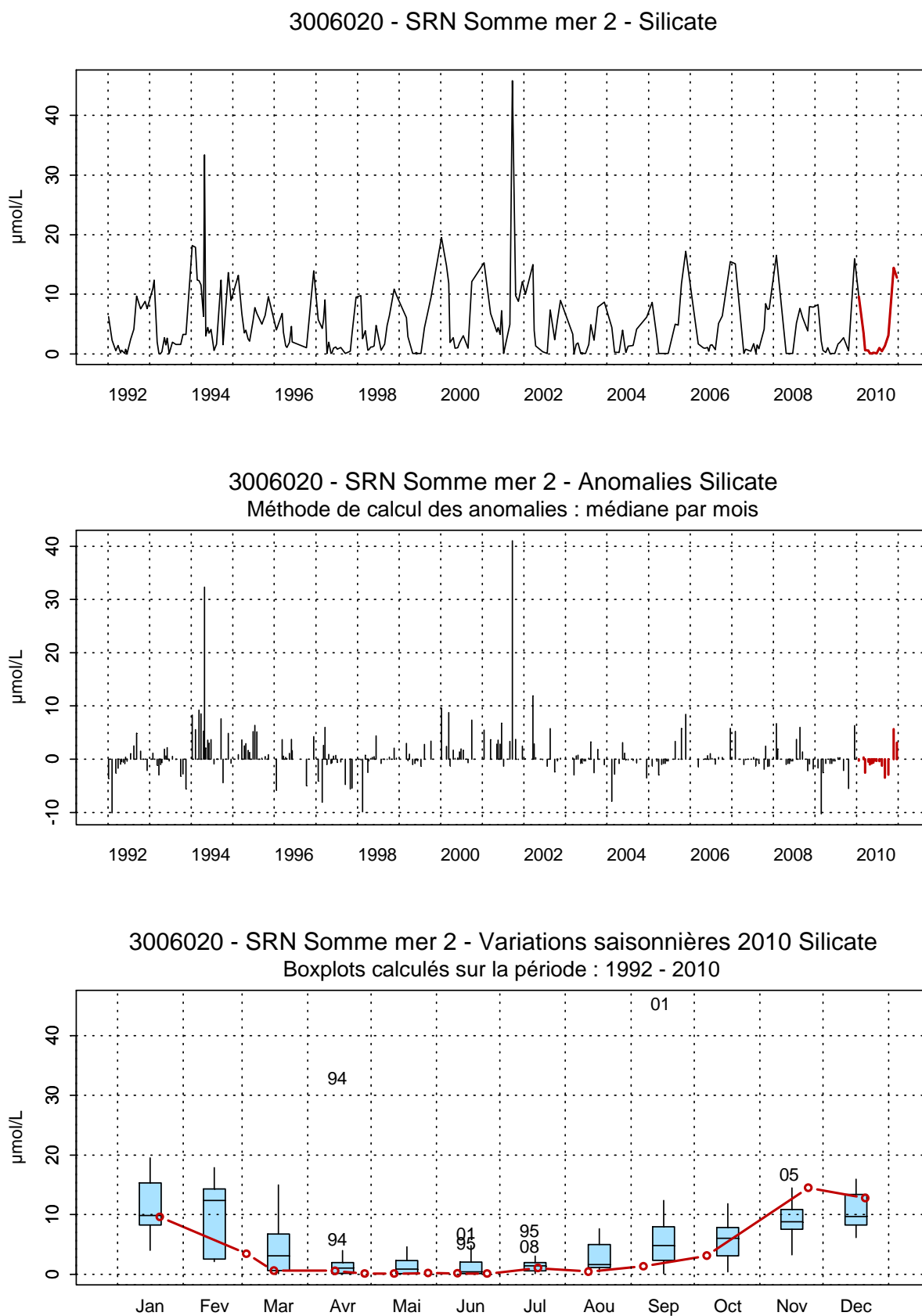


Figure 99. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2010

Selon le découpage de la DCE en période productive et non-productive, il apparaît que la période novembre-février correspond davantage à une limitation de P, Si, N ou Si, P, N. Ainsi, l'azote n'est jamais limitant pendant cette période non productive.

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 uniquement sur les points estuariens lors des mois de janvier, mi-mars, mi-avril et décembre (Bif) et novembre (Mimer et Atso). Au début et la fin du cycle, les points côtiers, Mimer et Atso sont caractérisés par une limitation du type Si : P : N. Diverses périodes de transitions entre des types de limitations sont enregistrées au cours de l'année : par exemple, de Si : N : P vers N : Si : P entre juin et juillet à Bif, en juin à Atso ou en avril à Mer 1 ; de N : Si : P vers Si : P : N entre octobre et novembre à Mer 1 et en mars à Mer 2.

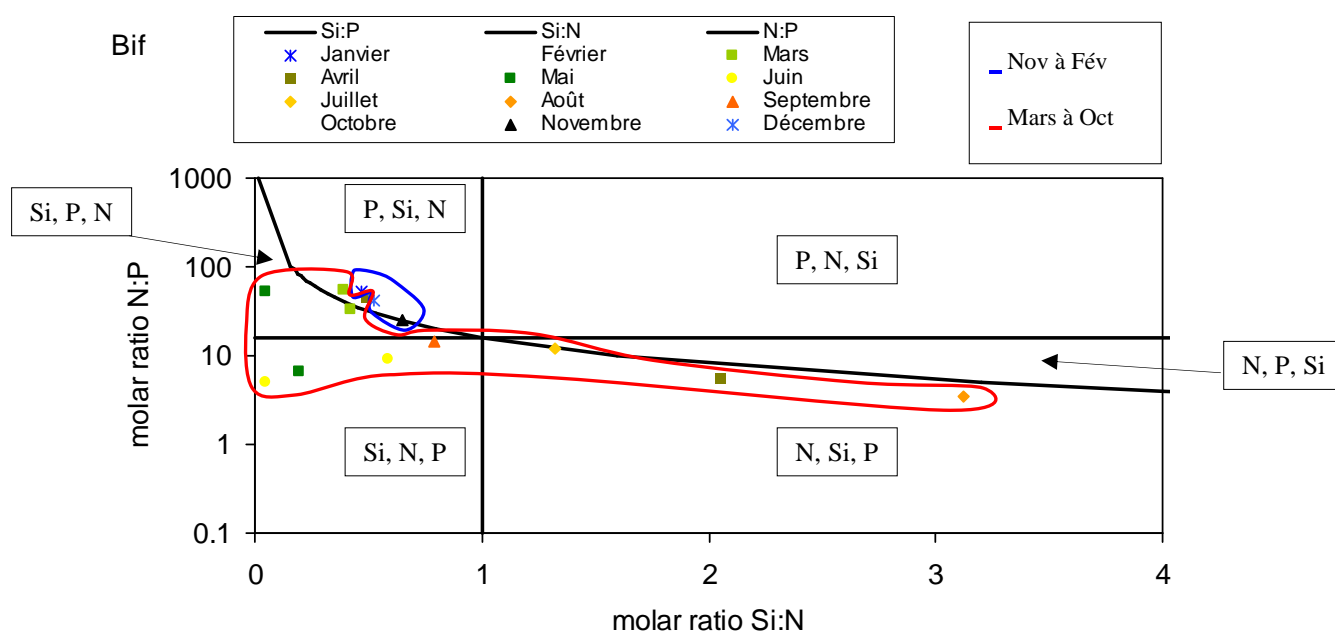


Figure 100. Évolution temporelle des éléments limitant au point Bif de la radiale de la Baie de Somme en 2010

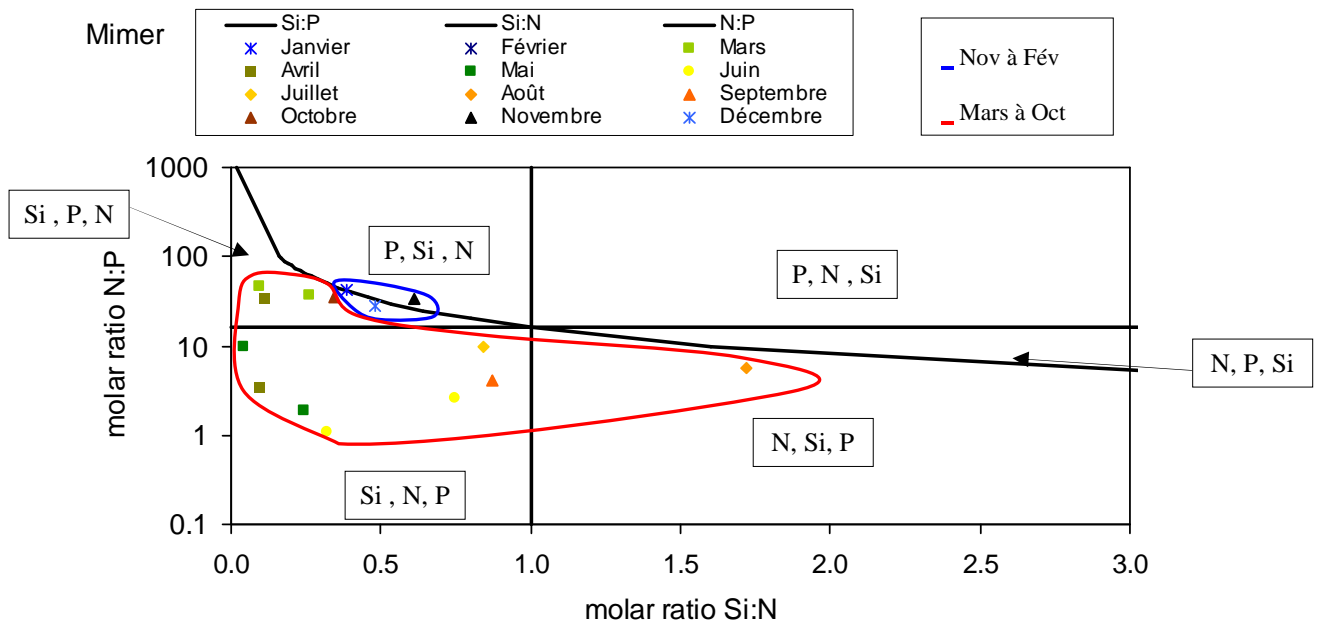


Figure 101. Évolution temporelle des éléments limitant au point Mimer de la radiale de la Baie de Somme en 2010

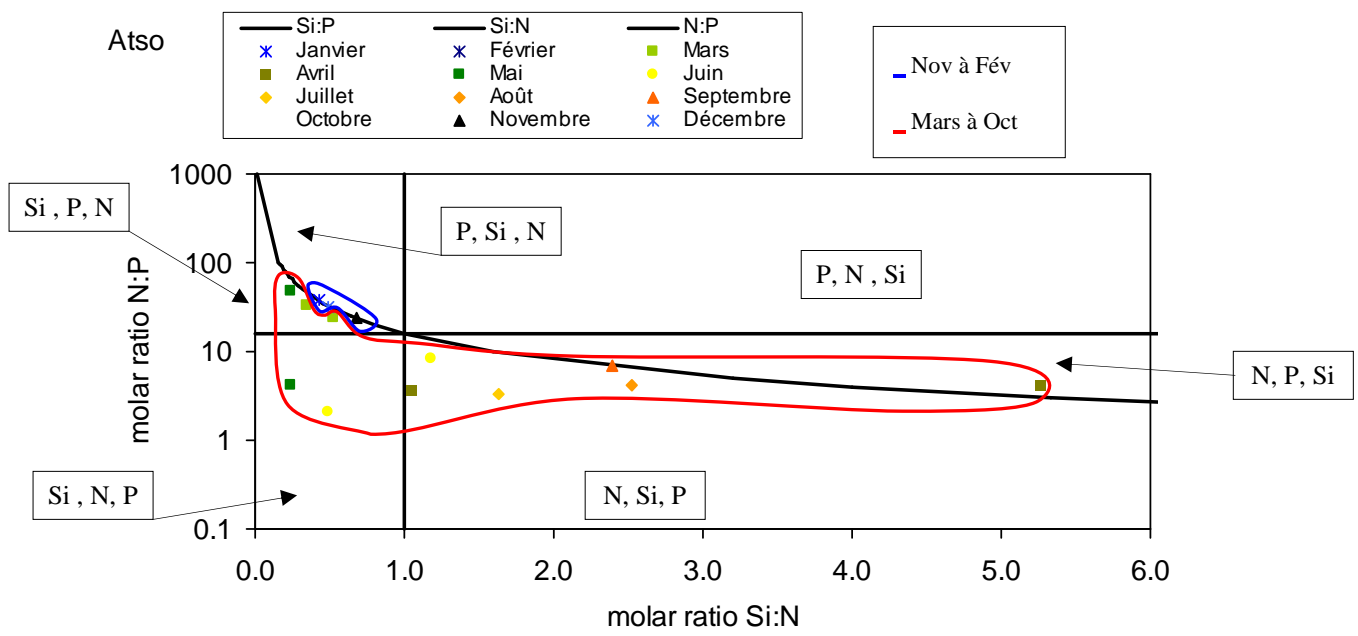


Figure 102. Évolution temporelle des éléments limitant au point Atso de la radiale de la Baie de Somme en 2010

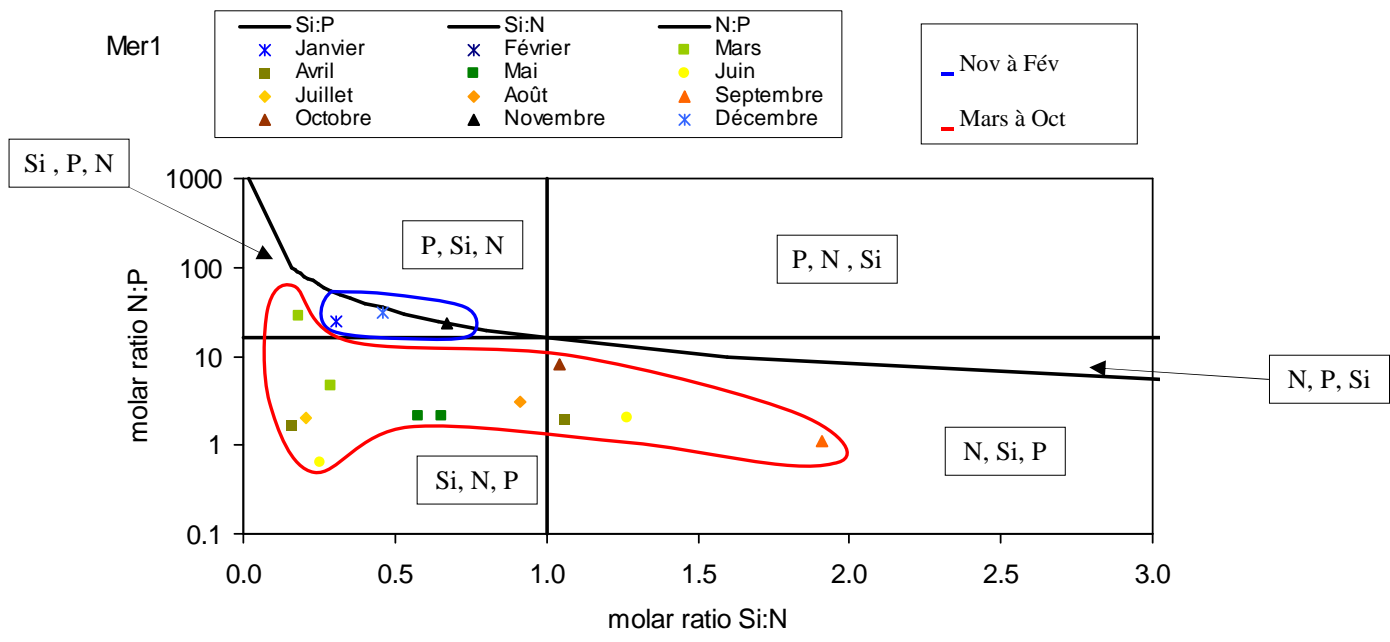


Figure 103. Évolution temporelle des éléments limitant au point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme en 2010

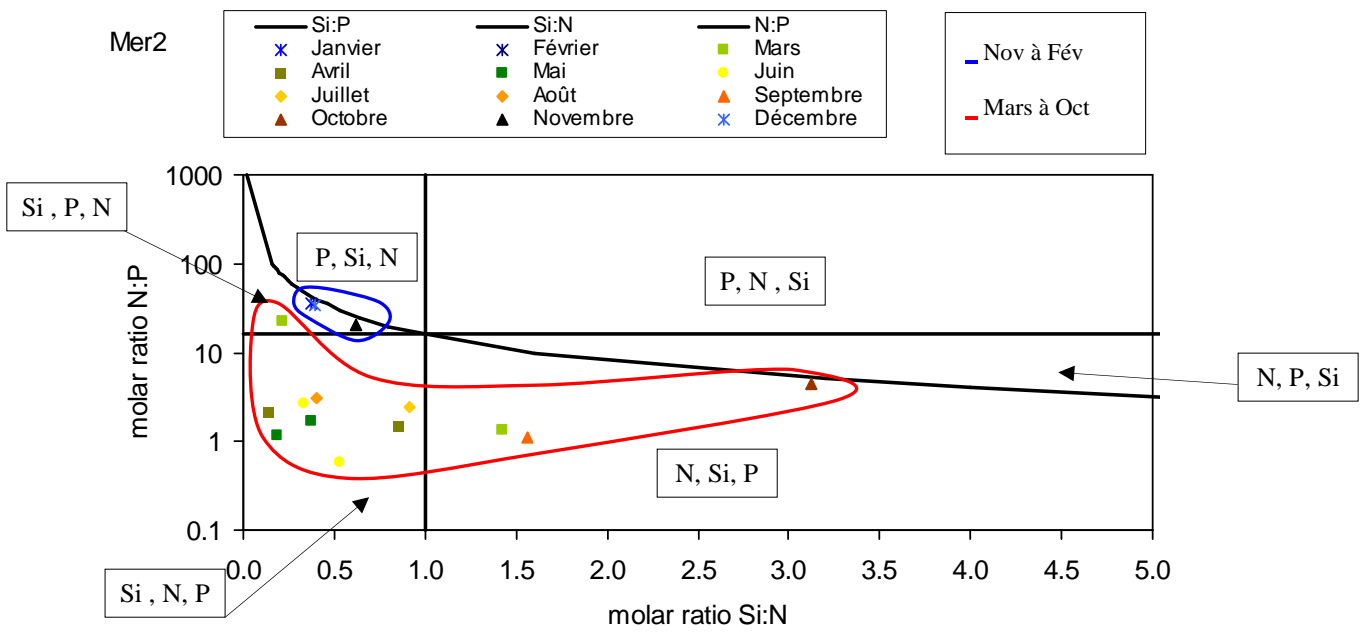


Figure 104. Évolution temporelle des éléments limitant au point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme en 2010

L'activité chlorophyllienne en Baie de Somme est légèrement différente entre les points estuariens et ceux du large en particulier durant le premier cycle (de janvier à mars) et au mois de juillet et septembre. Pour les points Bif et Mimer, les concentrations sont globalement comprises entre 60 et 80 % à l'exception de deux diminutions, celles de février et de novembre (43,20 % pour le point Mimer le 24/11/10). Pour les points Atso, Mer 1 et Mer 2, l'activité chlorophyllienne est beaucoup plus élevée (entre 70 à 90 %). Le maximum est atteint au point Mer 2 avec 92,75 % le 25/06/10. De fortes chutes de pourcentage ont pu être enregistrées lors du mois d'avril au point Mer 2 (60,78 %) et au mois de novembre pour le point Atso (47 %) (Figure 105).

Le gradient côte-large entre les points Atso et Mer 2 est compris entre -18,4 % et 24,4 %.

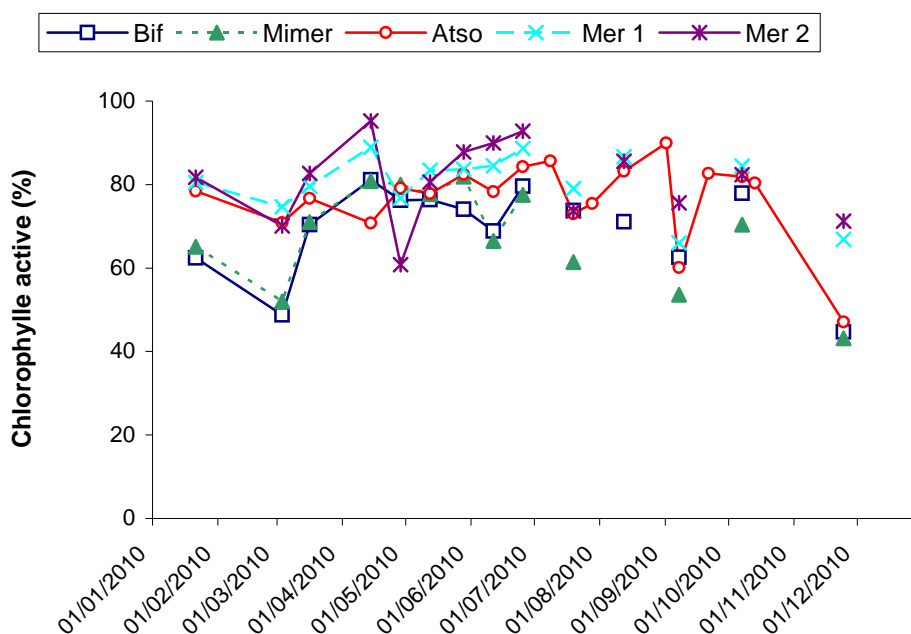


Figure 105. Évolution temporelle du pourcentage de chlorophylle active sur la radiale de la Baie de Somme en 2010

3. PHYTOPLANCTON

3.1. Introduction

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

Dans les zones de climat tempéré, la croissance du phytoplancton peut être limitée par deux types de facteurs : les facteurs physiques (température, éclairage, turbulence, turbidité des masses d'eau...) et les facteurs nutritionnels dont nous avons pu noter les variations dans le chapitre précédent. Au cours des périodes 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

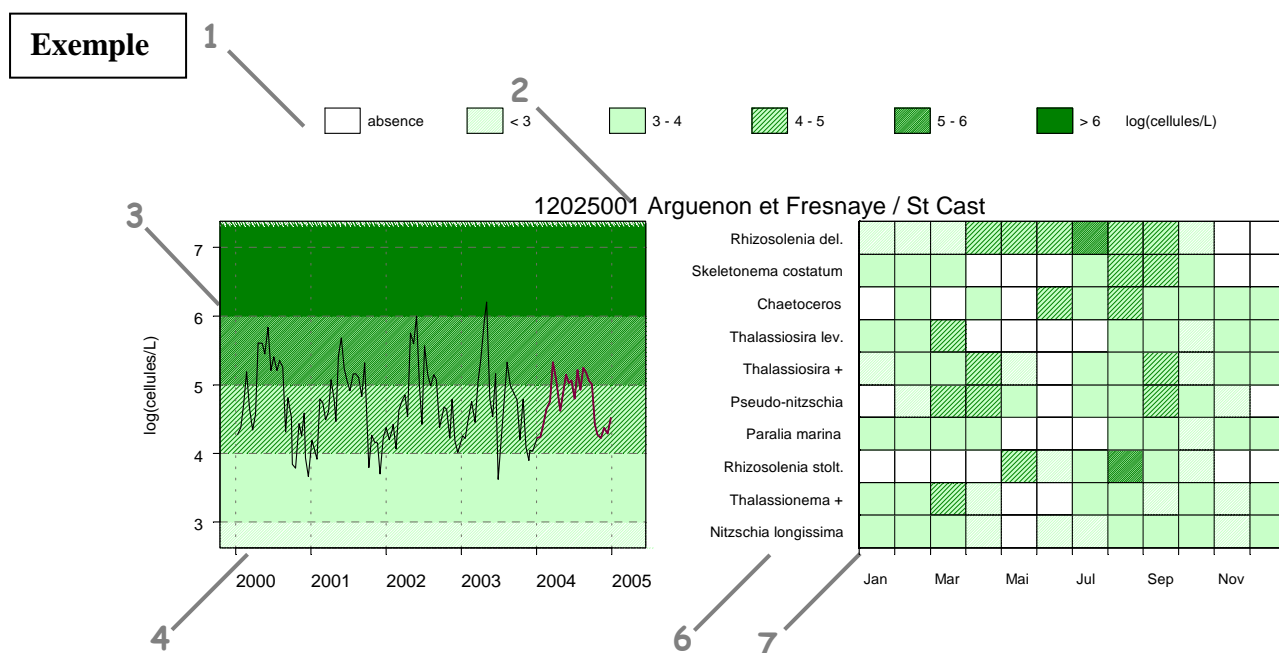
L'indice biologique d'une espèce est l'addition des rangs occupés par cette espèce pour toutes les dates (dates auxquelles l'espèce a été dénombrée). Le rang de l'espèce pour une date donnée est fonction de sa dominance par rapport à celle des autres espèces présentes.

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 prymnésioptycées 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 périodes printanière et estivale (maximum au point 3 avec plus de $27,49.10^6$ cellules par litre le 30 mars 2010). L'abondance est faible en période hivernale, le minimum est observé le 07 décembre 2010 au point 1 (25200 cell./L). Sur cette radiale, l'abondance phytoplanctonique totale varie entre 8000 et $28,70.10^6$ cell./L au cours de la période 2006-2010 (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 (bacillariophycées). Les autres classes identifiées sont (par ordre alphabétique) les chlorophycées, les cryptophycées, les dictyochophycées, les dinoflagellés, les prasinophycées et les prymnésiofycées.

Globalement, les bacillariophycées dominent la population phytoplanctonique (37 à 56 % de l'abondance totale), suivent ensuite les cryptophycées (16 à 21 % de l'abondance totale) avec notamment une forte abondance en période estivale (96 % de l'abondance totale le 30/06/2009 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 80 % de la population échantillonnée. En 2010, le genre *Phaeocystis* est observé de mars à mai et en juillet (point 3 avec $13,4.10^6$ cell./L) (Figure 106). Son abondance est maximale le 29 avril au point 3 avec $27,49.10^6$ cell./L.

Les 10 taxons dominants (au sens de l'indice de Sanders) pour la radiale de Dunkerque sont identifiés sur la figure 106 et dans 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 *Gymnodium* et *Pseudonitzschia*, groupe des larges. Pour le reste, bien que la composition de la communauté phytoplanctonique soit globalement la même de la côte vers le large, certaines différences de classement sont visibles entre les points de la radiale, ce qui traduit une hétérogénéité spatiale (gradient de distribution côte – large ou distribution par patch) : *Paralia sulcata* se place ainsi en dixième position au point 1, quatrième au point 3 et cinquième 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) : *Guinardia delicatula* et *Gymnodinium* sont présentes au niveau des trois points de la radiale au 2nd et 3^{ième} trimestre mais elles ne font plus partie des taxons dominants lors du 1^{er} et 4^{ième} trimestre pour ces mêmes points. On observe également l'apparition de *Ditylum brightwellii* comme taxon dominant pour le trimestre 1 sur les points 1 et 4 de Dunkerque ; par contre, il ne fait pas partie des taxons dominants pour toute l'année (tableau 17).



Figure 106. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2006 et 2010 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 2010

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 socialis +	<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Guinardia delicatula	<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Leptocylindrus danicus	<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Nitzschia longissima	<i>Nitzschia longissima</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Paralia sulcata	<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudonitzschia, fin.	<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudonitzschia, larg.	<i>Pseudonitzschia</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>
Thalassionema nitzsch.	<i>Thalassionema nitzschioides</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 107). Pour le point côtier, l'indice est élevé en janvier et février et du mois d'août au mois de décembre, reflet d'une communauté phytoplanctonique diversifiée (entre 23 et 42 taxons identifiés) et relativement équilibrée. Certains taxons peuvent néanmoins présenter une forte abondance : *Asterionella glacialis*, *Bacillariaceae*, *Chaetoceros curvisetus*, *C. danicus*, *C. socialis*, *Guinardia delicatula*, *G. Striata*, *Gymnodinium*, *Paralia Sulcata*, *Pseudonitzschia seriata*, *Rhizosolenia imbricata*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira levanderi*, et la classe des cryptophycées. L'indice est très fluctuant de la fin mars jusqu'au début du mois de juillet. Le 30 mars, la communauté phytoplanctonique bien que diversifiée (24 taxons identifiés), est largement dominée par *Phaeocystis globosa* (97 %). A la fin du mois juin et au début du mois de juillet, on observe également une chute de l'indice ; le nombre d'espèces identifiées (11 taxons) à cette période explique cette baisse.

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 à la fin du mois de mars. Les taxons les plus abondants sont les mêmes que ceux rencontrés au point côtier.

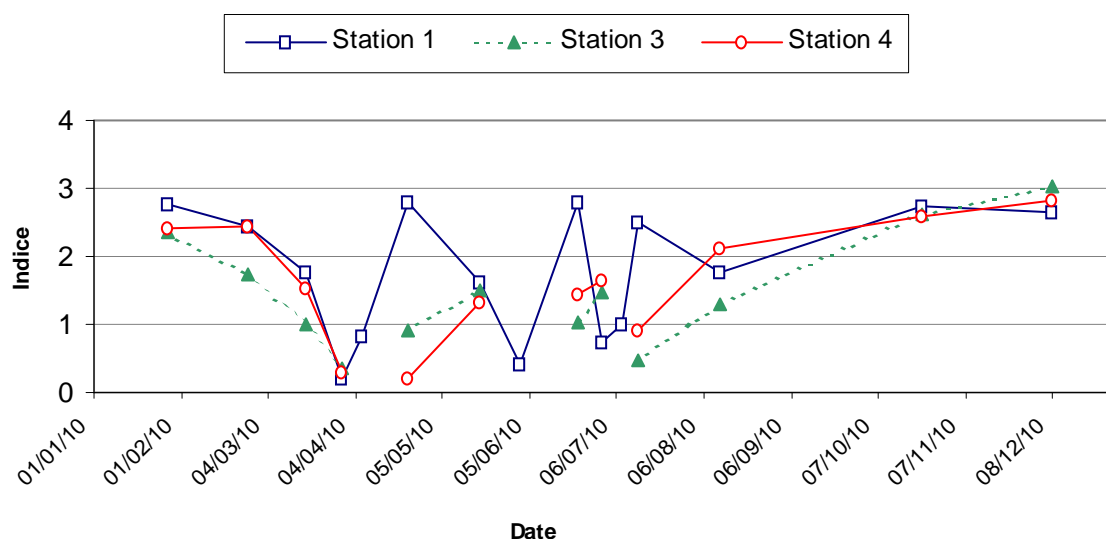


Figure 107. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Dunkerque pour l'année 2010

Le dispositif d'alerte REPHY aux espèces toxiques ne concerne que le point 1 de la radiale de Dunkerque (Figure 108). Plusieurs taxons potentiellement responsables de la production de phycotoxines¹ ont été observés.

Le genre *Dinophysis*, potentiellement responsable de la toxicité DSP, n'a pas été observé à Dunkerque en 2010. Aucune procédure d'alerte n'a ainsi été déclenchée.

Le genre *Alexandrium*, potentiellement responsable de la toxicité PSP, a été observé sur le point 1 de cette année. Les concentrations, 100 cellules par litre en mars et juin, 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 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 point 1 en 2010, les concentrations varient de 900 à 479500 cell./L. Les fortes abondances de *Pseudonitzschia delicatissima* (479500 cell./L le 18/05) et de *Pseudonitzschia seriata* (196914 cell./L le 30/03) 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 (point de surveillance « Oye plage ») ont mis en évidence la présence de toxines en faible quantité mais inférieure au seuil sanitaire.

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

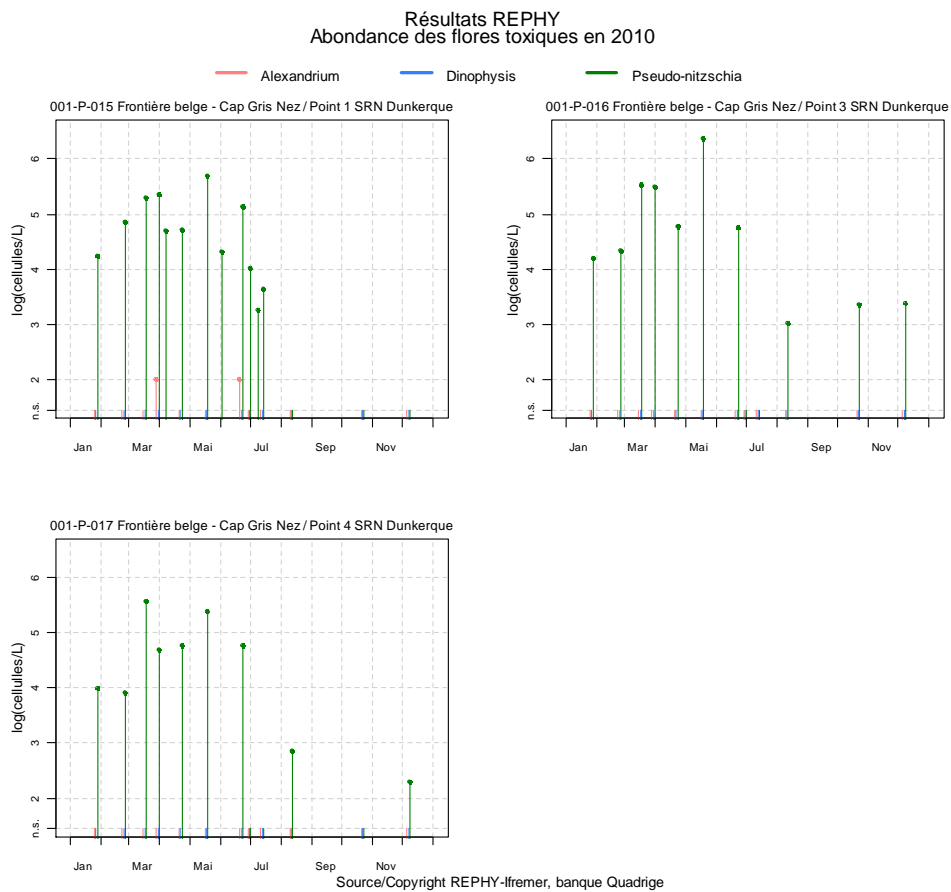


Figure 108. Évolution de l'abondance des flores toxiques pour la radiale de Dunkerque en 2010

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 périodes estivale et printanière (maximum au point 1 avec $15,22 \cdot 10^6$ cell./L le 21 avril 2010). L'abondance est faible en période hivernale, le minimum est observé le 19 novembre au point 1 (64544 cell./L). Sur cette radiale, l'abondance phytoplanctonique totale varie entre 100 et $21,46 \cdot 10^6$ cell./L au cours de la période 2006-2010 et le maximum cellulaire est observé durant l'année 2009 (05/05/2009 au point 1) (Figure 109).

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 bacillariophycées (diatomées). Les autres classes identifiées sont les chlorophycées, les cryptophycées, les dictyochophycées, les dinoflagellés et les prymnésiofycées.

Globalement, les bacillariophycées dominent la population phytoplanctonique (32 à 41 % de l'abondance totale) ; suivent ensuite les cryptophycées (16 à 39 % de l'abondance totale, avec une valeur de 94 % le 24/06/2010 au point 2). En période printanière, la dominance des bacillariophycées s'estompe au profit de celle de la classe des prymnésiofycées. *Phaeocystis globosa* représente alors 81,2 % de la population échantillonnée. En 2010, le genre *Phaeocystis* est observé de janvier à mai pour les points 1 et 2 et en mars-avril pour le point 3 (Figure 109). Son abondance est maximale le 21 avril 2010 au point 1 avec $15,08 \cdot 10^6$ cell./L. Les autres classes phytoplanctoniques représentent en général rarement plus de 5 % de l'abondance totale, mais pour les dinoflagellés, on a pu observer un schéma différent cette année (6 à 11 % de l'abondance totale). Au point 3, la classe des dinoflagellés représente 35 % de l'abondance totale le 10 mai 2010.

Les 10 taxons dominants (au sens de l'indice de Sanders) pour la radiale de Boulogne sont identifiés sur la figure 109 et dans 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 *Guinardia delicatula* est une espèce qui se place en quatrième position pour le point 1, alors qu'elle est en cinquième position pour le point 2 et en neuvième 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, par exemple : *Pseudonitzschia*, groupe des effilées, complexe *seriata* (*multiseries* + *pungens*) n'est pas présente dans le tableau 18 des espèces dominantes pour l'année 2010, mais elle est apparue dans les taxons dominants au point 1 lors 1^{er} et 3^{ième} trimestre. On observe également que *Guinardia delicatula* fait partie des taxons dominants pour le trimestre 2 au point 1 et les trimestres 2 et 3 sur les points 2 et 3. Par contre, elle ne fait plus partie des taxons dominants durant les trimestres 1, 3 et 4 (point 1) et les trimestres 1 et 4 (points 2 et 3) (Annexe 3).

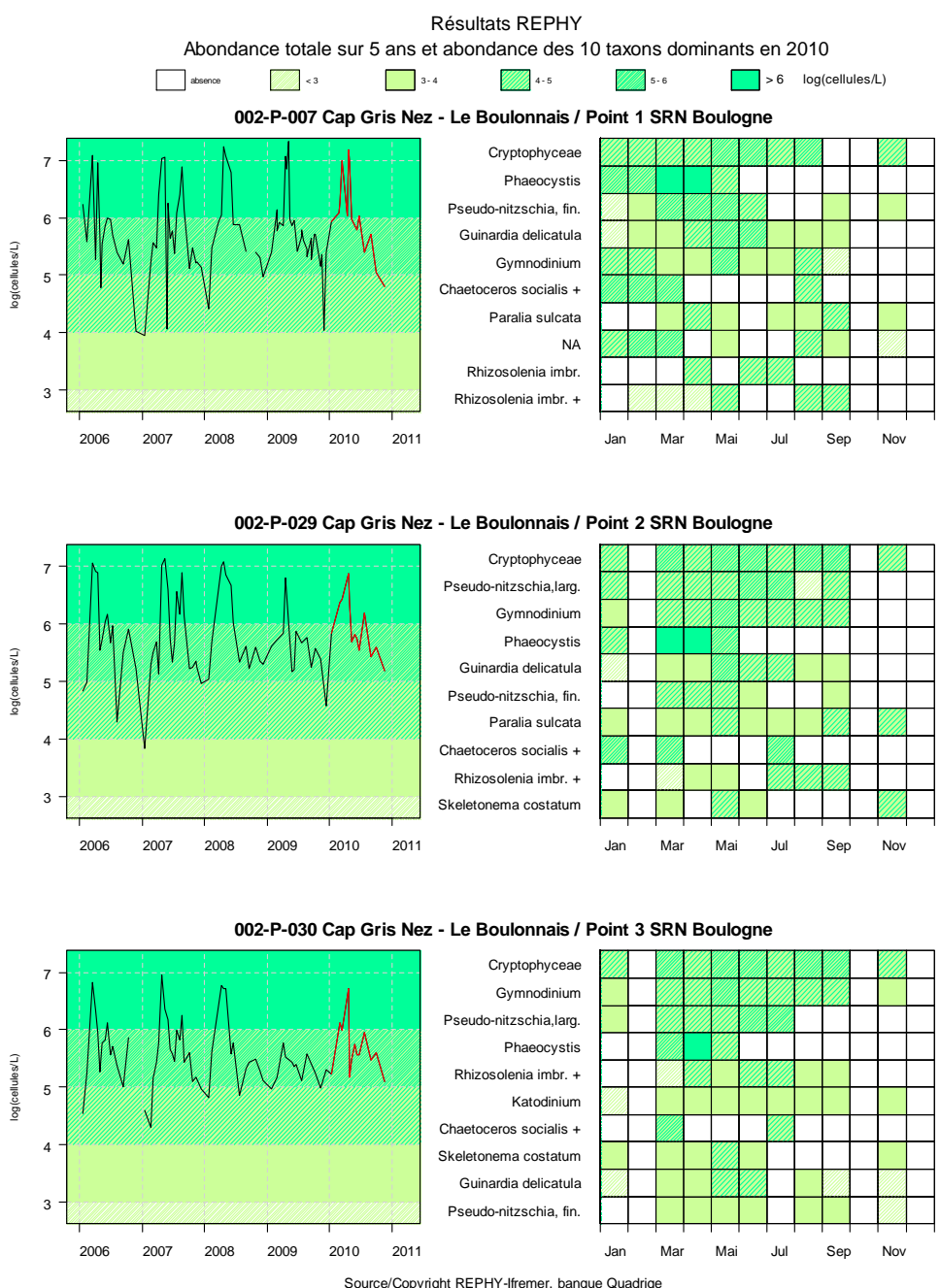


Tableau 18. Correspondance entre les intitulés et la classe taxonomique pour la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2010

REPHY - Taxons dominants - signification des libellés

Intitulé graphe	Libellé taxon	Classe
Cryptophyceae	<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
Chaetoceros socialis +	<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Guinardia delicatula	<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Paralia sulcata	<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudonitzschia, fin.	<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudonitzschia, larg.	<i>Pseudonitzschia</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>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>
Katodinium	<i>Katodinium</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 110). Pour le point côtier, l'indice est élevé de janvier jusqu'au début du mois de mars, de mai à juillet et du mois d'août au mois du novembre, reflet d'une communauté phytoplanctonique diversifiée (entre 16 et 41 taxons identifiés) et relativement équilibrée. Certains taxons peuvent néanmoins présenter une forte abondance : *Asterionellopsis glacialis*, *Chaetoceros curvisetus*, *C. socialis*, *Gymnodinium*, *Guinardia delicatula*, *G. striata*, *Leptocylindrus danicus*, *Pseudonitzschia sp.*, *Skeletonema costatum* et la classe des cryptophycées. De la mi-mars et jusqu'au mois d'avril, l'indice est particulièrement faible. Durant cette période, la communauté phytoplanctonique est diversifiée (19 à 31 taxons identifiés), mais elle est largement dominée par *Phaeocystis globosa* (99 % au point où l'indice est le plus bas). Ce schéma est valable pour les points intermédiaires et du large. Les taxons les plus abondants sont les mêmes.

Les chutes de l'indice au mois de juillet (le 6 et le 27) sont liées à une alerte aux phytoplanctons toxiques (réseau REPHY), lors de laquelle seuls les taxons *Alexandrium*, *Dinophysis* et *Pseudonitzschia* sont recherchés.

La classe des chryptophycées est aussi responsable de la chute de l'indice le 31/08/10 pour les points 2 et 3 et le 29/09/10 pour le point 2.

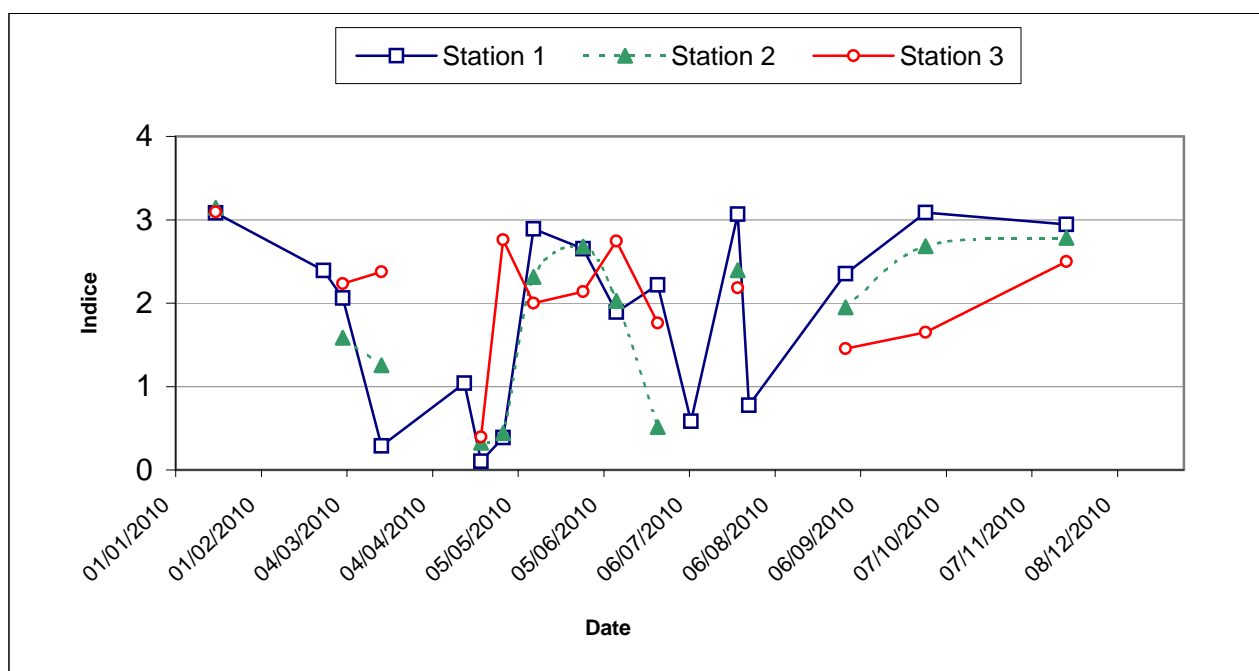


Figure 110. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour l'année 2010

Le dispositif d'alerte REPHY aux espèces toxiques ne concerne que le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-mer. Plusieurs taxons potentiellement responsables de la production de phycotoxines¹ ont été observés.

Le genre *Dinophysis*, potentiellement responsable de la toxicité DSP, n'a pas été observé à Boulogne-sur-Mer en 2010 (figure 111). 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 (mai, juin et juillet) de la radiale de Boulogne-sur-Mer. Les concentrations rencontrées (100 cellules par litre) n'ont jamais dépassé le seuil d'alerte (10000 cellules par litre) (figure 111). 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* *P. seriata*), les larges (*Pseudonitzschia seriata*) et les effilées. Cette classification est à l'origine de seuils différents pour le déclenchement des alertes.

Pour les point 1 de Boulogne-sur-Mer en 2010, les concentrations varient de 200 à 247000 cell./L.(figure 111) La forte abondance de *Pseudonitzschia seriata* (201600 cell./L) relevée le 28 mai 2010 a conduit au déclenchement de la procédure d'alerte (seuil d'alerte : supérieur à 100000 cell./L pour le groupe des larges). Durant cette période, les analyses de recherche de toxine ASP sur des moules (point de surveillance « Parc 10 N ») ont révélé la présence de toxines en faible quantité mais inférieure au seuil sanitaire.

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

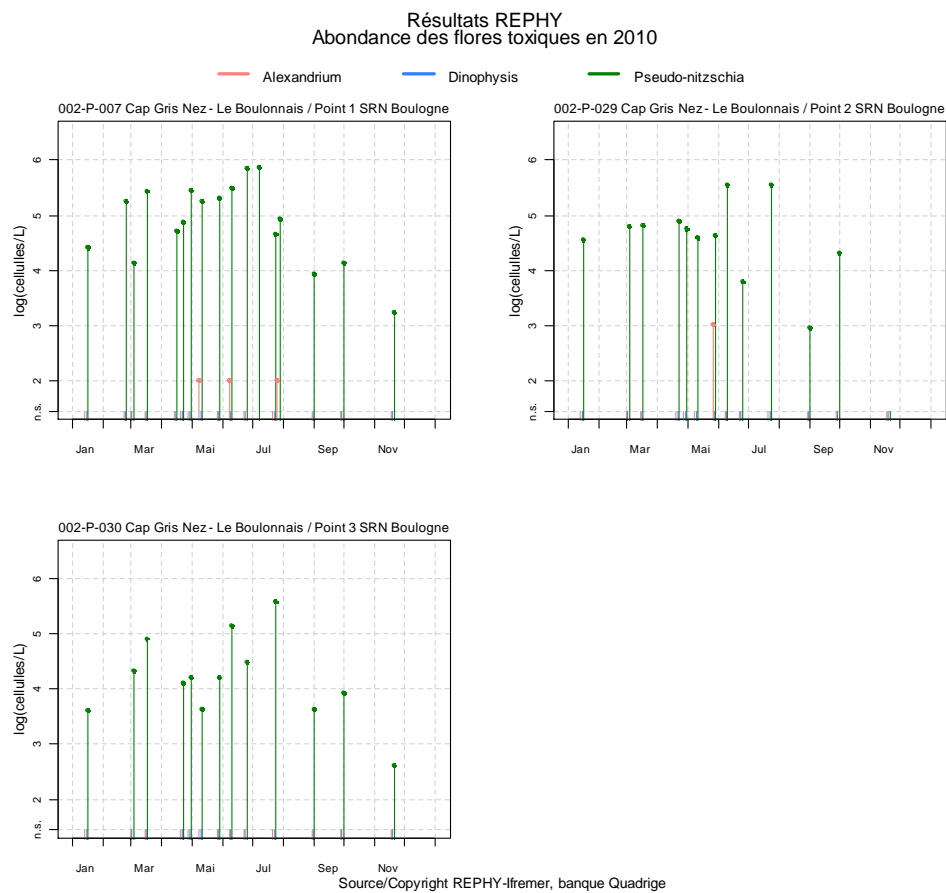


Figure 111. Évolution de l'abondance des flores toxiques pour la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2010

3.4.3. Baie de Somme

L'évolution générale de l'abondance phytoplanctonique est comparable entre les 5 points de la radiale de la Baie de Somme. Les valeurs sont élevées en périodes printanière et estivale avec un maximum de $42,68 \cdot 10^6$ cell./L enregistré au point Atso et de $44,36 \cdot 10^6$ cell./L au point Mimer le 28 avril 2010 (valeurs les plus fortes jamais atteintes depuis la mise en place du réseau SRN en 1992). L'abondance est faible en période hivernale, le minimum est observé le 21 décembre au point Mimer (13300 cell./L). Le maximum cellulaire est observé durant l'année 2010 et le minimum durant 2007 (Figure 112).

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

Globalement, les diatomées dominent la population phytoplanctonique (53 à 60%) de l'abondance totale, suivies ensuite par les cryptophycées (21 à 33% de l'abondance totale) et enfin les cryptophycées avec 10.5 à 17% de l'abondance totale. 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 2010, le genre *Phaeocystis* est observé de mars à mai sur l'ensemble de la radiale, en juillet (point Mer 1 et 2) et janvier (tous les points sauf Mer 1) (Figure 111). Il représente 94% de la population échantillonnée (point Mer 2) au mois de janvier. Son abondance est maximale le 28 avril au point Atso avec $42,36 \cdot 10^6$ cell./L et minimale le 70 septembre au point Mer 1 et Mer 2 avec 6268 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 112. On note que la classe des cryptophycées domine les 5 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 le genre *Pseudonitzschia* groupe des larges est classé en deuxième position pour tous les points sauf pour Atso (troisième position). On observe aussi que *ondotella mobiliensis* est huitième pour le point Bif, sixième au point Mimer et n'apparaît pas dans les 10 premiers pour les points Atso, Mer 1 et 2.

Le recours au calcul d'indice de Sanders par trimestre sur la base de l'ensemble des taxons recensés permet d'approfondir l'étude des successions phytoplanctoniques : *Skeletonema costatum* est présente au 1^{er} et 4^{ième} trimestres au niveau des points Bif, Atso, Mer1 et Mer 2 de la radiale et au 2nd, 3^{ième} et 4^{ième} trimestres du point Mimer mais elle ne fait plus partie des taxons dominants lors du 2nd, 3^{ième} trimestre pour Bif, Atso, Mer1 et Mer 2 ainsi que du 1^{er} pour Mimer. On observe également que la classe des cryptophycées qui est en tête des taxons les plus dominants pour tous les points (figure 112), n'est classée que 4 fois sur les 20 trimestres au premier rang (Annexe 3).

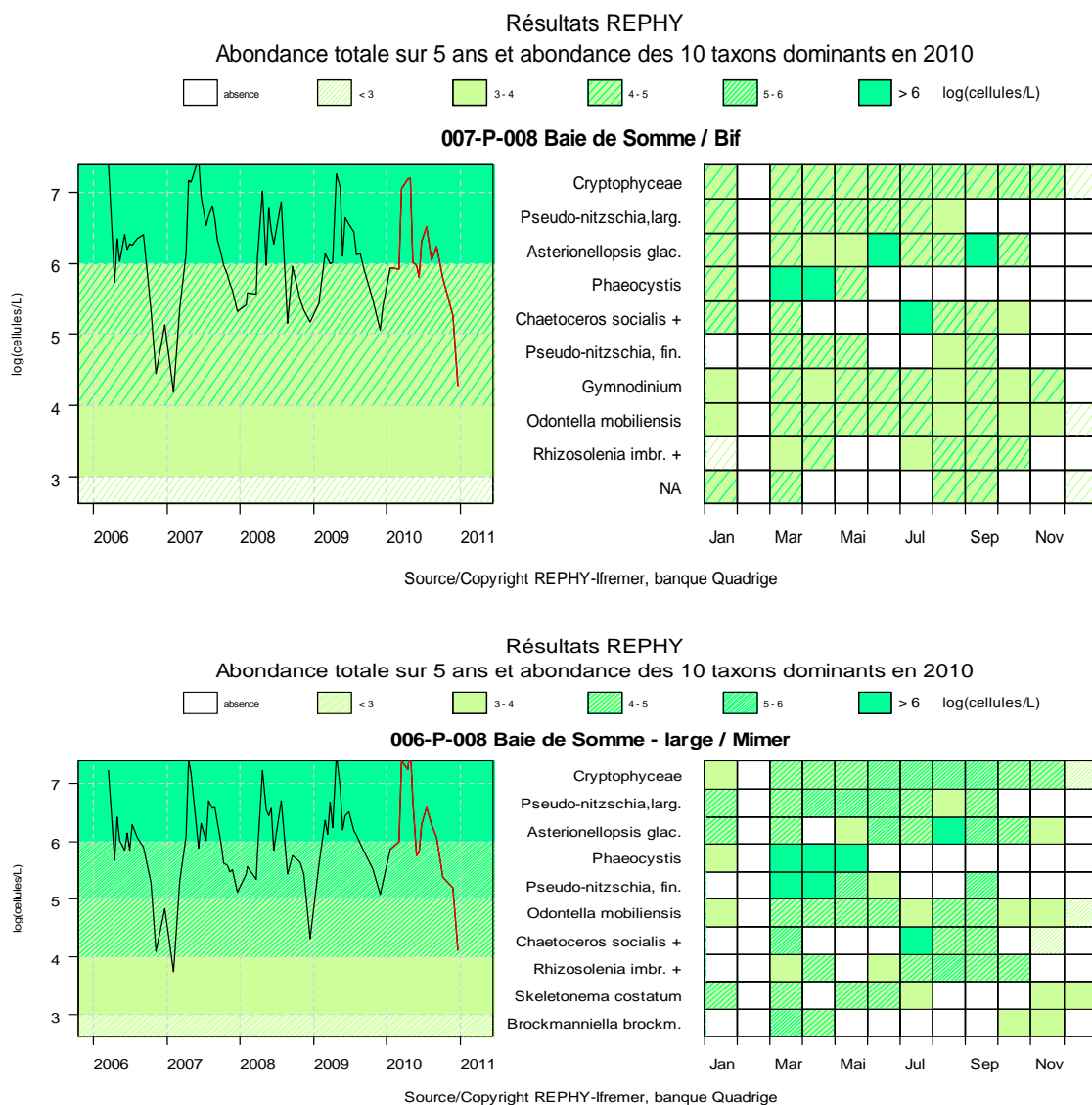


Figure 112. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2006 et 2010 et classement des 10 taxons dominants (Indice de Sanders) par points et par mois pour la radiale de la Baie de Somme

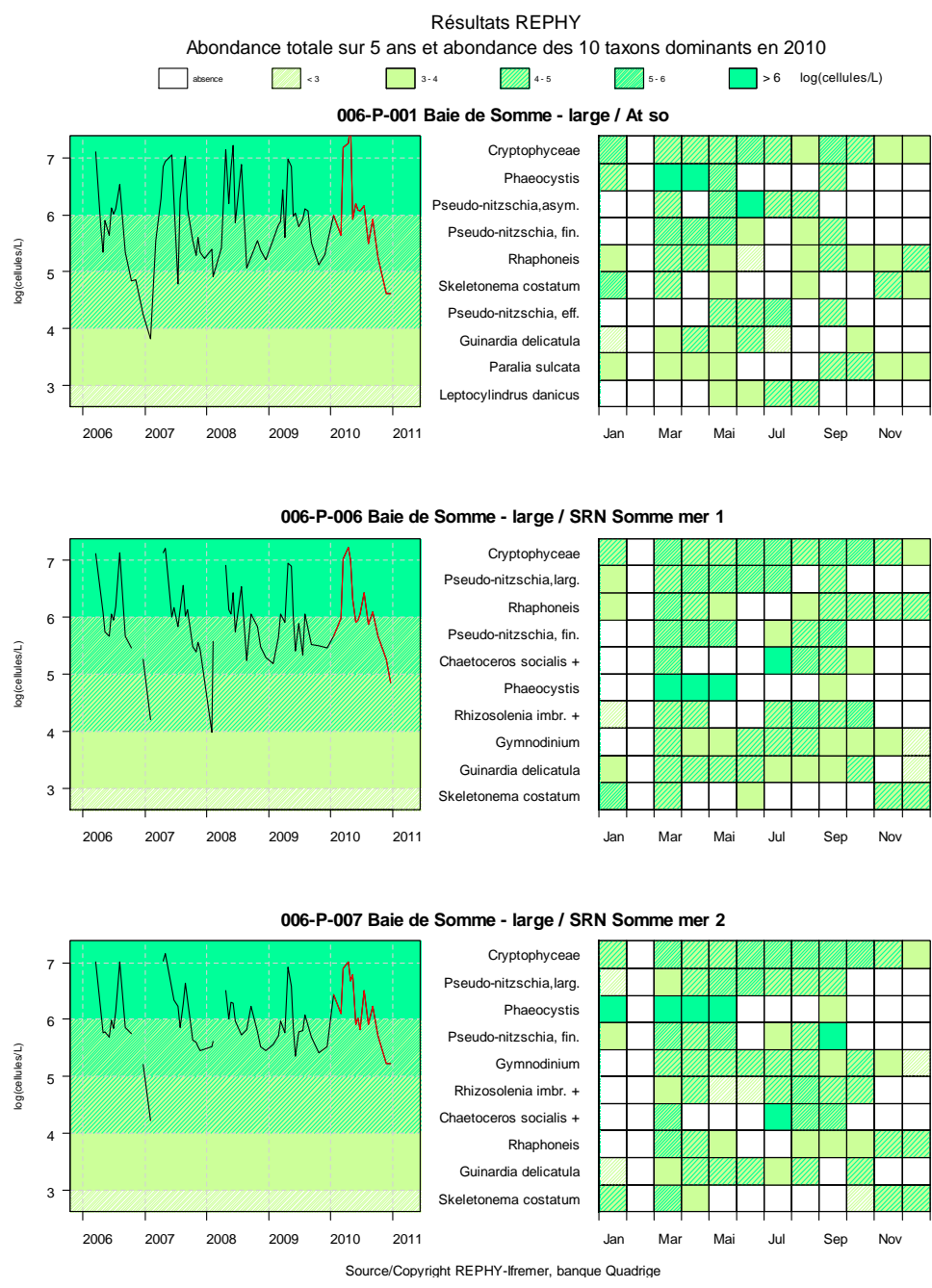


Tableau 19. Correspondance entre les intitulés et la classe taxonomique pour la radiale de la Baie de Somme en 2010

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>
Brockmanniella brockm.	<i>Brockmanniella brockmannii</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Chaetoceros socialis +	<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Guinardia delicatula	<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Leptocylindrus danicus	<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Odontella mobiliensis	<i>Odontella mobiliensis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Paralia sulcata	<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudonitzschia, eff.	<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des effilées, complexe <i>seriata</i> (<i>multiseries</i> + <i>pungens</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudonitzschia, fin.	<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudonitzschia,asym.	<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges asymétriques (<i>australis</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificica</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudonitzschia,larg.	<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> (<i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificica</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
Rhaphoneis	<i>Rhaphoneis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Rhizosolenia imbr. +	<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliiformis</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 reflète le passage d'une communauté diversifiée de diatomées (de 17 à 40 taxons) à une communauté dominée par *Phaeocystis globosa* (Figure 113). L'indice est alors particulièrement faible de mi-mars jusqu'à la fin du mois d'avril : *Phaeocystis globosa* représente 99 % de la communauté phytoplanctonique au point le plus bas de l'indice. Des chutes ponctuelles de l'indice sont aussi observées en janvier pour le point Mer 2 liées à la présence de *Phaeocystis globosa* (89% de la population échantillonnée), le 11 juin pour le point Atso et le 19 juillet pour le point Bif. Pour ces dates, *Pseudonitzschia*, groupe des larges asymétriques (*australis* + *seriata* + *subpacifica*) et *Chaetoceros socialis* + *socialis f. radians* dominent la communauté du phytoplancton (85 % pour le point Atso et 87 % pour le point Bif). Le 9 septembre, pour le point Atso, la chute de l'indice s'explique par un échantillonnage partiel de la population (uniquement le genre *Pseudonitzschia*) dans le cadre d'une alerte REPHY.

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 cryptophycées 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-mars jusqu'à la fin du mois d'avril. Les taxons les plus abondants sont les mêmes.

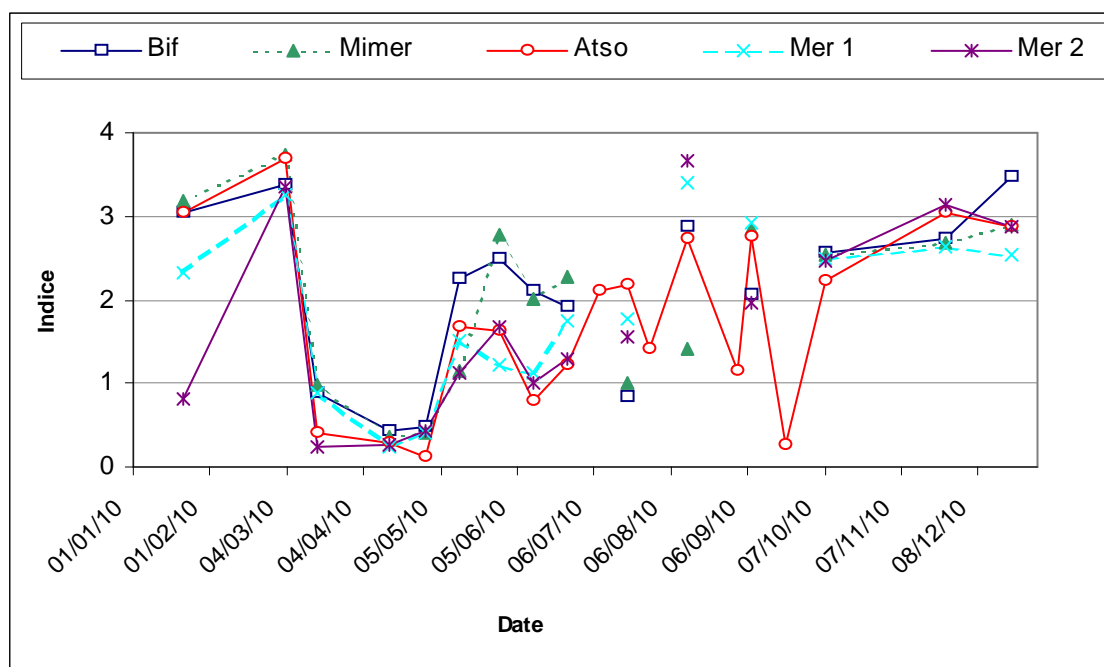


Figure 113. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Baie de Somme pour l'année 2010

Le dispositif d'alerte REPHY aux espèces toxiques ne concerne que le point Atso. Plusieurs taxons potentiellement responsables de la production de phycotoxines¹ ont été observés.

Le genre *Dinophysis*, potentiellement responsable de la toxicité DSP, n'a pas été observé en Baie de Somme en 2010. Par conséquent, aucune procédure d'alerte n'a été déclenchée.

Le genre *Alexandrium*, potentiellement responsable de la toxicité PSP, a été observé au mois de juillet au point Atso avec 1067 cellules par litre. Les concentrations rencontrées 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 le point Atso en 2010, les concentrations varient de 1750 et 682600 cell./L. Ces fortes concentrations de *Pseudonitzschia delicatissima* (685600 cell./L) relevées le 1 septembre et de *Pseudonitzschia seriata* (236600 cell./L) le 14 avril 2010, ont conduit au déclenchement de la procédure d'alerte et son maintien pour une période conséquente (seuil d'alerte : supérieur à 300000 cell./L pour le groupe des fines et 100000 cell./L pour le groupe des larges). Durant cette période, les analyses de recherche de toxine ASP sur des moules (point de surveillance « Pointe de Saint Quentin ») ont révélé la présence de toxines en faible quantité mais inférieure au seuil sanitaire.

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

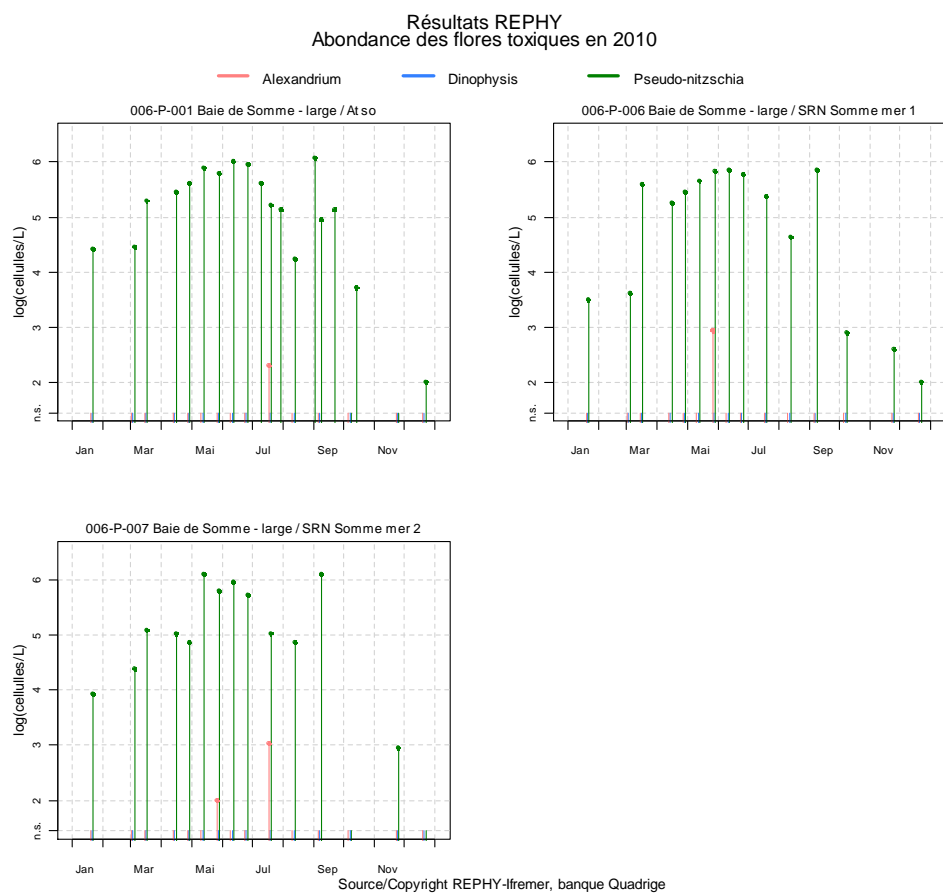


Figure 114. Évolution de l'abondance des flores toxiques pour la radiale de Baie de Somme en 2010

4. Discussion

Sur le **plan climatique**, l'année 2010 a connu un début du cycle peu pluvieux et des températures très froides (au-dessous de celles enregistrées habituellement). Sur le reste de l'année, les résultats suivent un schéma saisonnier classique.

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

Pour **la turbidité**, la période hivernale est caractérisée par d'importants apports continentaux et par un brassage de la colonne d'eau sous l'effet du vent, des courants, ce qui se traduit par une forte concentration au début et à la fin du cycle, une production primaire ralentie et une faible biomasse. La turbidité est minimale en été.

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 radiale de Dunkerque et en avril pour les radiales de Boulogne-sur-Mer et de la Baie de Somme (le maximum est enregistré au point Atso). En 2010, l'efflorescence a été très précoce. Dès le mois de janvier, d'importantes concentrations de bacillariophycées (diatomées) sont observées sur l'ensemble des radiales.

Le site de Dunkerque présente des valeurs de concentrations en matière organique importantes de mars à mai et décembre selon les points. Durant le mois de mars (période qui coïncide aux fortes concentrations en matière organique), l'efflorescence phytoplanctonique est caractérisée par la dominance de *Phaeocystis globosa* ($2,9 \cdot 10^6$ cell/L à $27,49 \cdot 10^6$ cell/L).

La radiale de Boulogne-sur-Mer présente des maxima de matière organique de janvier à juin et lors du mois d'octobre (en fonction du point considéré). Le bloom phytoplanctonique est observé à partir du mois de janvier, il s'est intensifié avec l'apparition de *Phaeocystis globosa* (entre mars et avril), l'abondance phytoplanctonique varie entre 62950 cell/L et $15,09 \cdot 10^6$ cell/L.

En Baie de Somme, les maxima de matière organique sont observés de mars à mai pour toute la radiale et décembre pour les points Bif et Mimer. Ces maxima se produisent en même temps qu'un maximum d'abondance du phytoplancton (entre 60723 et $42,18 \cdot 10^6$ cell/L, toutes stations confondues), représentatif de la dominance de *Phaeocystis globosa*.

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

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

La succession des groupes phytoplanctoniques, les apports terrigène, le temps de régénération et de minéralisation, l'excrétion de certains éléments nutritifs par d'autres espèces (microflagellés hétérotrophes, les ciliés et les zooplanctons), la remise en suspension et les processus de dissolution agissent de façon significative sur les fluctuations de sels nutritifs (Aminot, 2004). Pour **les formes azotées**, c'est l'azote ammoniacal qui réapparaît le premier, suivi des nitrates, puis des nitrites. Au printemps, en général, l'azote ammoniacal disparaît le premier, puis ce sont les nitrites et enfin les nitrates. En effet, le phytoplancton absorbe préférentiellement l'ammonium, puis les nitrites et enfin les nitrates. Ceci peut être expliqué parce que l'ammonium est l'élément qui nécessite le moins d'énergie de synthèse ou par le cycle d'incorporation de l'azote organique particulaire (ou azote intracellulaire) à partir d'azote dissous (ions nitriques). Ce cycle est représenté sur le schéma conceptuel du modèle écologique marin ECO-MARS3D de l'Ifremer (figure 115). Il permet de mettre en évidence la complexité des échanges et des processus qui existent dans ce milieu.

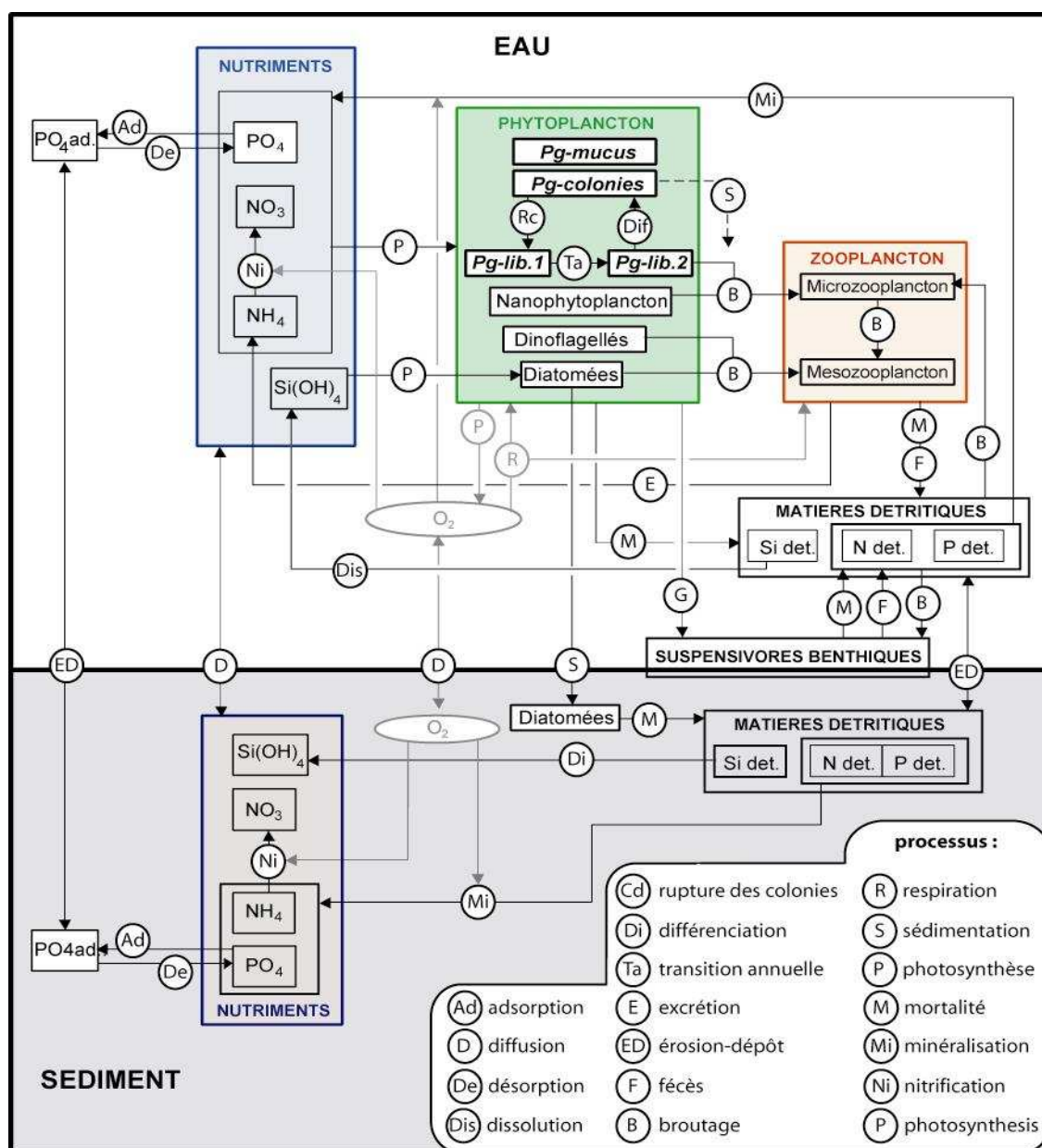


Figure 115. Schéma conceptuel du modèle écologique marin

Les concentrations les plus élevées en **nitrate** sont observées au point Bif de la Baie de Somme en décembre (46,20 $\mu\text{mol/L}$), au point côtier de Dunkerque (20,77 $\mu\text{mol/L}$) en février et au point 1 de Boulogne-sur-Mer (16,25 $\mu\text{mol/L}$) en novembre.

Les concentrations de **nitrite** sont maximales au large de Dunkerque (1,1 $\mu\text{mol/L}$) en octobre, au point côtier de Boulogne-sur-Mer (0,73 $\mu\text{mol/L}$) en novembre et au point Bif de Baie de Somme (0,58 $\mu\text{mol/L}$) au mois de janvier.

Pour l'**azote ammoniacal**, les valeurs maximales sont observées en mois de novembre au point Mimer de la Baie de Somme (6,08 $\mu\text{mol/L}$), en décembre au point côtier de Dunkerque (4,95 $\mu\text{mol/L}$) et en septembre au point 1 de Boulogne-sur-Mer (2,97 $\mu\text{mol/L}$).

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 concentrations maximales de phosphate sont de 1,56 $\mu\text{mol/L}$, 1,28 $\mu\text{mol/L}$ et 0,94 $\mu\text{mol/L}$, respectivement, pour les radiales de la Baie de Somme, de Boulogne-sur-Mer et de Dunkerque.

Le cycle du **silicate** est aussi étroitement lié au développement du phytoplancton, en particulier des bacillariophycées (diatomées) qui utilisent le silicate pour former leur test (enveloppe siliceuse). Ainsi, généralement après le bloom de diatomées, les concentrations en silicate chutent puis un maximum apparaît en mai-juin avec la dissolution du silicate biogénique contenu dans les frustules quand les diatomées meurent. C'est le processus de production régénérée (par opposition à la production nouvelle).

La Baie de Somme présente les concentrations en silicate les plus importantes avec 27,49 $\mu\text{mol/L}$ au point Bif en décembre. Le maximum est de 12,02 $\mu\text{mol/L}$ en décembre au point intermédiaire de Dunkerque et de 5,43 $\mu\text{mol/L}$ au point côtier de Boulogne-sur-Mer en novembre.

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 pour l'ensemble des radiales. Des épisodes de limitations par l'azote et du phosphore sont aussi observés mais avec une intensité et une durée beaucoup moins importantes. Des modifications ponctuelles du type de limitation peuvent avoir lieu sur l'ensemble des radiales : exemple d'une transition de Si : N : P à Si : P : N pour les radiales de Dunkerque et de la Baie de Somme en mars ou du type N : Si : P vers Si : P : N pour la radiale de Boulogne. Ce schéma fait l'objet d'une variabilité à l'échelle interannuelle avec des conséquences sur l'amplitude des efflorescences qui peuvent s'avérer répondre à un schéma complexe non linéaire comme le montre l'analyse des résultats du SRN sur la période 1992-2007 (Lefebvre *et al.*, 2011).

Des travaux récents de modélisation de la variation saisonnière des sels nutritifs ont montré que seule la réduction des apports d'azote pouvait induire une diminution significative des blooms de *Phaeocystis globosa*. Ceci est mis en évidence en zone côtière belge par Lancelot *et al.* (2010). Des limitations en phosphore au moment du bloom ont été enregistrées mais cela ne semble jamais gêner le développement *Phaeocystis globosa*, ce qui peut être expliqué par leur capacité à se développer sur des substrats riches en phosphore organique grâce à la production d'enzymes phosphatases alcalines (Guiselin, 2010). Les données du réseau SRN mettent en évidence des concentrations en azote qui ne sont jamais limitantes lors de la phase de prolifération de *P. globosa*. Il faut cependant considérer que l'importance des blooms de *P. globosa* n'est pas exclusivement liée aux apports de nutriments par les principaux fleuves et rivières, mais correspond à un effet combiné de ces apports avec un contrôle par d'autres paramètres tels que l'intensité lumineuse, la turbidité, ainsi que par d'autres phénomènes à plus grandes échelles, telle que l'Oscillation Nord Atlantique (NAO – *e.g.*, Breton *et al.*, 2006 ; Lefebvre *et al.*, 2011). Par ailleurs, en terme de gestion, il faut également être particulièrement vigilant sur la notion de retour à un état environnemental de référence. Duarte *et al.* (2009) insistent sur l'importance de considérer le

phénomène d'hystérésis lors de l'étude de la réponse d'un écosystème à des protocoles de gestion (Ex. réduction des apports de nutriments). La réponse à une réduction des nutriments par exemple, ne sera pas immédiate et ne sera pas une simple inversion du processus ayant conduit à un état où l'intégrité de l'écosystème est menacée. C'est pourquoi Duarte *et al.* (2009) 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. Ce type d'approche est mise en œuvre dans la nouvelle Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM).

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

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

La période de l'efflorescence est généralement observée de mars à juin, mais cette année elle est survenue très précocement : dès le mois janvier, un bloom de diatomée est observé sur l'ensemble des radiales. Il a débuté plus significativement au large et progresse vers les côtes au cours du temps. Ce schéma d'évolution spatiale est également marqué lors de l'efflorescence de *Phaeocystis globosa* (le bloom est observé en janvier au point Mer 2 de la baie de Somme et en février au point intermédiaire de Dunkerque). C'est une évolution spatio-temporelle qui a été déjà observée en baie de Seine, d'Hudson et de Chesapeake. Cela est lié très vraisemblablement au niveau moyen d'éclairement dans la colonne d'eau qui est un facteur déterminant pour déclencher le développement du phytoplancton.

Durant la période qui s'étale de juin à octobre, les concentrations en **chlorophylle a** indicateur de l'évolution de la biomasse phytoplanctonique, sont peu élevées. Les teneurs en substances nutritives sont en effet très basses, ce qui entraîne l'absence de développement et le 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 reste faible à la fin du cycle.

Les mesures *in situ* réalisées dans le cadre du S.R.N sur la période 1992-2007 mettent en évidence que le bloom touche d'abord Boulogne-sur-Mer puis Dunkerque au mois de mars et enfin la Baie de Somme en avril. En 2010, les concentrations en chlorophylle *a* sont beaucoup moins importantes sur l'ensemble des radiales, la plus grande concentration est enregistrée au point côtier de Dunkerque avec 33,07 µg/L le 30/03/2010. Les valeurs sont beaucoup plus faibles pour Boulogne-sur-Mer avec un maximum de 12,69 µg/L le 02/03/10.

A **Dunkerque**, la valeur maximale de chlorophylle *a* est atteinte fin mars et ce pic est lié à la prolifération de la prymnésiofycée *Phaeocystis globosa* (environ de 98 % de la flore totale). Cette dominance persistera jusqu'au mois de juin avec une intensité beaucoup moins importante. Une faible concentration de chlorophylle *a* est enregistrée au début de l'année (janvier et février). A la fin du mois de juin, en juillet et en octobre, la dominance des diatomées s'estompe pour laisser place aux cryptophycées (50 à 95 % de la flore totale). Les espèces préférées du site (au sens de l'indice

de Sanders) sont les bacillariophycées et les flagellés (cryptophycées et dinoflagellés en période estivale) et *Phaeocystis globosa* au printemps.

En **Baie de Somme**, la succession des groupes phytoplanctoniques est caractérisée par la dominance des bacillariophycées au début de l'année (faible concentration en chlorophylle *a*). De la mi-mars jusqu'au mois de mai, les valeurs de chlorophylle sont très importantes. Elles coïncident avec l'efflorescence de la prymnesiophycée *Phaeocystis globosa* (environ 90 % de la flore totale sauf pour le point Mer 2 où la dominance des prymnesiophycées est observée depuis le mois de janvier). La dominance des cryptophycées a été observée partiellement sur cette radiale (juin pour le point Bif et novembre au point Mer 1). Les espèces préférantes du site (au sens de l'indice de Sanders) sont les bacillariophycées et les flagellés (cryptophycées et dinoflagellés en période estivale) et *Phaeocystis globosa* au printemps.

Le site de **Boulogne-sur-Mer** est caractérisé par deux maxima de chlorophylle *a* au mois de mars. Le premier est lié au développement des bacillariophycées (plus de 50 % de la flore totale) et au début d'apparition du bloom de la prymnesiophycée *Phaeocystis globosa* (40%). Le second est le résultat de l'efflorescence majeure de *Phaeocystis globosa*, qui représente alors plus de 97 % de la flore totale à la fin du mois. Les espèces préférantes du site (au sens de l'indice de Sanders) sont les bacillariophycées et les flagellés (cryptophycées et dinoflagellés en période estivale) et *Phaeocystis globosa* 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 à la possibilité d'utilisation des deux formes d'azote (ammonium et nitrate) et la capacité de synthétiser des protéines à l'obscurité grâce à l'énergie provenant du carbone intra- et extracellulaire accumulée pendant le jour dans la matrice coloniale (Schapira, 2005).

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

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

Les résultats obtenus dans le cadre du SRN montrent qu'à l'échelle saisonnière une succession de trois assemblages est mise en évidence. Le premier assemblage (bloom hivernal) est composé d'un mélange d'espèces avec des diatomées de grande taille (*Lauderia annulata*, *Ditylum brightwellii*...) qui représentent des espèces de stratégie-S et des diatomées de petite taille (*Chaetoceros*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira nordenskioeldii*, *Thalassionema nitzschioides*...) représentées par des espèces de stratégie R (rudérales). Elles sont accompagnées de cryptophycées.

Le second assemblage correspond au bloom printanier de *Phaeocystis globosa* de stratégie C (cellules coloniales et flagellés haploïdes) et S (colonies), accompagné de diatomées stratèges R, pennées et de petite taille (*Thalassiosira levanderi*, *Skeletonema costatum* et *Pseudonitzschia delicatissima*). L'assemblage d'été présente des espèces de grande taille des genres *Rhizosolenia*, *Guinardia* et des espèces de *Chaetoceros* sp., de *Pseudonitzschia* spp. Stratèges-S (espèces tolérantes au stress nutritif et à faible taux de croissance).

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

Afin de répondre à ce besoin d'observation à haute fréquence (HF), plusieurs techniques ont été mises en œuvre. L'utilisation de système à haute fréquence en point fixe, comme la station de mesure MAREL Carnot (depuis 2004), a pour objectif la mesure automatisée à HF de certains paramètres comme la température de l'eau et de l'air, la salinité, la turbidité, le pH, l'oxygène dissous, la saturation en oxygène, l'humidité relative, la direction et la vitesse du vent et la radiation disponible pour la photosynthèse (P.A.R) qui sont enregistrées toutes les 20 minutes. Les concentrations en nutriments (nitrate, silicate et phosphate) sont mesurées toutes les 12 heures. A une autre échelle (variabilité spatiale et temporelle), le projet Interreg IVA des 2 mers (DYMAPHY) propose la mise en place d'un dispositif efficace pour la détermination et le suivi à haute résolution de l'état écologique des eaux marines à travers le suivi de la dynamique phytoplanctonique et cela par l'utilisation en routine de la cytométrie en flux en association à des méthodes traditionnelles (microscopie) et synoptiques (télé-détection). Ces techniques permettront de mieux expliquer certains phénomènes (qualifiés d'anomalies ou de valeurs extrêmes à l'échelle du réseau SRN) et des variabilités à petites échelles temporelles (MAREL) et spatio-temporelle (DYMAPHY), d'avoir une plus grande résolution sur le gradient côte / zone frontale / large et de constituer des bases de données très importantes en soutien à l'amélioration des connaissances face aux évolutions de la qualité du milieu et de son évolution à long terme dans le contexte des changements globaux.

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

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

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

Pour la température, ce gradient est de l'ordre de $+1,6\text{ °C}$ à $-1,5\text{ °C}$ au maximum. Sur la verticale, la différence entre le fond et la surface atteint au maximum $1,0\text{ °C}$. Le gradient vertical est soit faible (Figure 116), soit bien marqué pour une profondeur donnée (Figure 117).

En ce qui concerne l'oxygène, le schéma est identique avec des gradients côte-large plus importants que les gradients verticaux (Figure 118).

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.

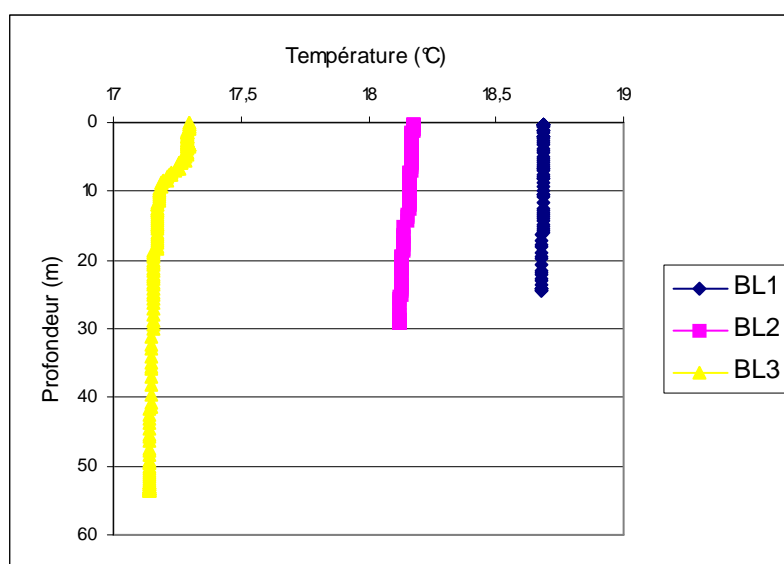


Figure 116. Évolution verticale de la température (°C) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer le 02 juin 2009

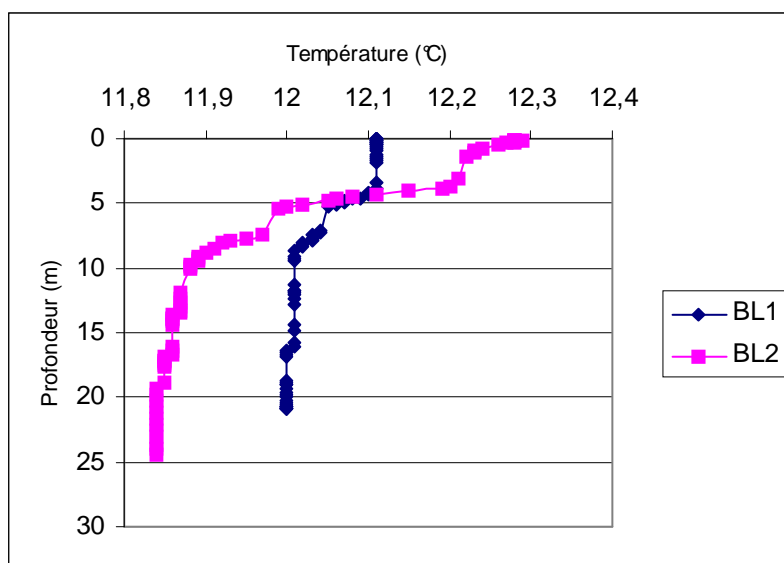


Figure 117. Évolution verticale de la température (°C) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer le 14 mai 2009

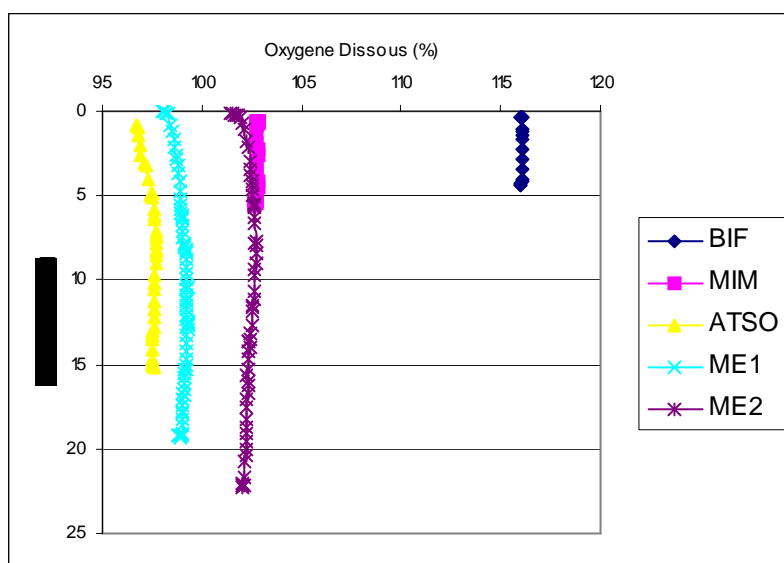


Figure 118. Évolution de la concentration en oxygène dissous en pourcentage sur la radiale de la Baie de Somme le 22 juillet 2008

CONCLUSIONS & RECOMMANDATIONS

L'année 2010 est caractérisée par un début de saison (hiver) très froid et sec, alors que les températures printanière et estivale ont été globalement comprises entre le premier et troisième quartile établies sur la période 1992-2010.

L'évolution saisonnière de la concentration en nitrate est classique et comparable pour les trois sites bien que les niveaux atteints soient différents. Cependant, il faut noter que les concentrations ont été particulièrement importantes en décembre pour la Baie de Somme et en mars pour Dunkerque, avec respectivement, 46,20 $\mu\text{mol/L}$ au point Bif et 34,41 $\mu\text{mol/L}$ au point côtier (DK 1). Les valeurs sont faibles en été pour l'ensemble des radiales (valeurs proches du seuil de détection en mai et juin pour les points du large).

L'évolution saisonnière de concentrations des éléments nutritifs (nitrite, silicate, phosphore) suit le même schéma de variabilité du nitrate, de fortes valeurs au début et en fin du cycle et des plus faibles sont observées en période estivale.

On note que les valeurs enregistrées au cours de l'hiver 2010 ont été parmi les plus faibles depuis la mise en place de ce programme de surveillance (1992).

Les concentrations en chlorophylle *a* sont fortes au printemps. Elles correspondent à la période de l'efflorescence phytoplanctonique. Pour le reste de l'année, les valeurs sont faibles. Les valeurs les plus importantes sont relevées en avril pour la Baie de Somme (30,08 $\mu\text{g/L}$) et en mars pour Dunkerque et Boulogne-sur-Mer (respectivement, 30,07 $\mu\text{g/L}$ et 12,69 $\mu\text{g/L}$).

Concernant la composition et la succession des groupements phytoplanctoniques, les résultats obtenus confirment ceux rapportés dans différents travaux réalisés sur la Manche. La communauté du phytoplancton est caractérisée par la dominance des bacillariophycées (diatomées) tout au long de l'année à l'exception du printemps où la prymnésiofycée *Phaeocystis globosa* est l'espèce dominante pour l'ensemble des radiales (dominance supérieure à 90 % de l'abondance totale). Le maximum de concentration cellulaire de *P. globosa* est enregistré le 28 avril aux points Atso et Mimer avec plus de $40 \cdot 10^6$ cell./L.

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

Le suivi réalisé depuis la mise en place du réseau SRN en 1992 a permis de constituer une base de données très importante, ce qu'a fait de lui une référence indispensable à la compréhension des évolutions saisonnières et à long terme de la qualité physico-chimique et biologique des eaux littorales du littoral Nord - Pas-de-Calais - Picardie.

Quelques recommandations peuvent être faites au regard des résultats du traitement des données du réseau SRN et face à des contraintes ou des enjeux nouveaux. Il apparaît ainsi judicieux d'associer au traitement des données du réseau SRN d'autres types d'informations issues de réseaux pérennes ou d'études et de recherches plus ponctuelles, et notamment celles dédiées aux mesures automatisées à hautes fréquence, comme les données de la bouée MAREL Carnot ou celles permettant une approche à mésoéchelle comme les images satellites. La mise en œuvre de projet de recherche comme l'Interreg IV A des 2 Mers intitulé DYMAPHY devrait permettre le développement de techniques alternatives à l'observation au microscope du phytoplancton ainsi que le développement de systèmes de mesures automatisées adaptés à des déploiements le long de

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

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

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

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

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, 119⁻¹²⁴.
- 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.
- 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.
- Breton E., Rousseau V. & J.-Y. Parent, 2006. Hydroclimatic modulation of diatom / Phaeocystis blooms in nutrient-enriched Belgian coastal waters (North Sea). *Limnol. Oceanogr.*, 51(3): 1401-1409.
- Breton E, Brunet C, Sautour B, Brylinski J-M (2000). Annual variations of phytoplanktonic biomass in the Eastern English Channel: comparison by pigment signatures and microscopic counts. *Journal of Plankton Research.* 22 : 1423-1440.
- Brzezinski M.A., 1985. The Si:C:N ratio of marine diatoms: interspecific variability and the effect of some environmental variables. *J. Phycol.*, 21: 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.
- 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/05.08.1¹aboratoire 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 ASI 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., 2011. 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. Manuscrit accepté pour publication dans ICES Journal of Marine Science.
- 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, 135-142.
- 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

Dunkerque

Date	Point de Prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation Marée	Coefficient
27/01/10	DK1	10h55	PM à 10h36	PM - 00h06	58/51
	DK3	10h25		PM + 00h11	
	DK4	10h05		PM + 00h31	
24/02/10	DK1	12h50	PM à 08h04	PM + 04h46	38/42
	DK3	12h23		PM + 04h19	
	DK4	11h55		PM + 03h51	
17/03/10	DK1	13h32	PM à 13h49	PM - 00h17	90/90
	DK3	13h05		PM - 00h44	
	DK4	12h30		PM - 01h19	
30/03/10	DK1	13h55	PM à 13h48	PM + 00h07	110/112
	DK3	13h26		PM - 00h22	
	DK4	13h00		PM - 00h48	
22/04/10	DK1	11h55	PM à 07h19	PM + 04h36	45/40
	DK3	11h30		PM + 04h11	
	DK4	11h00		PM + 03h41	
18/05/10	DK1	16h30	PM à 16h41	PM - 01h11	77/74
	DK3	16h05		PM - 00h36	
	DK4	15h45		PM - 00h56	
01/06/10	DK1	15h30	PM à 16h35	PM + 00h39	74/74
	DK3	NA		NA	
	DK4	NA		NA	
22/06/10	DK1	11h10	PM à 10h12	PM + 00h58	58/59
	DK3	10h45		PM + 00h33	
	DK4	10h25		PM + 00h13	
30/06/10	DK1	15h30	PM à 16h13	PM - 00h43	74/72
	DK3	15h12		PM - 01h01	
	DK4	14h50		PM - 01h23	
07/07/10	DK1	09h30	PM à 09h25	PM - 00h52	41/43
	DK3	NA		NA	
	DK4	NA		NA	
13/07/10	DK1	13h45	PM à 14h46	PM - 00h59	98/101
	DK3	13h20		PM - 01h26	
	DK4	13h00		PM - 01h46	
11/08/10	DK1	15h00	PM à 14h25	PM + 00h35	108/111
	DK3	14h40		PM + 00h15	
	DK4	14h20		PM - 00h05	
22/10/10	DK1	12h10	PM à 13h17	PM - 01h07	79/82
	DK3	11h45		PM - 01h32	
	DK4	11h25		PM - 01h52	
07/12/10	DK1	13h15	PM à 13h33	PM - 00h17	88/87
	DK3	12h50		PM - 00h43	
	DK4	12h28		PM - 01h05	

Boulogne-sur-Mer

Date	Point de Prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation Marée	
15/01/10	BL1	10h45	PM à 12h09	PM - 01h24	75/77
	BL2	10h30		PM - 01h39	
	BL3	10h05		PM - 02h04	
23/02/10	BL1	11h45	BM à 12h48 Marée basse	PM - 01h03	38
	BL2	NA		NA	
	BL3	NA		NA	
02/03/10	BL1	15h10	PM à 12h56	PM - 02h14	116/115
	BL2	14h45		PM - 01h49	
	BL3	14h15		PM - 01h19	
16/03/10	BL1	11h53	PM à 12h27	PM - 00h34	88/89
	BL2	11h38		PM - 00h49	
	BL3	1h12		PM - 01h15	
15/04/10	BL1	10h30	PM à 13h28	PM - 02h58	89/90
	BL2	NA		NA	
	BL3	NA		NA	
21/04/10	BL1	15h25	PM à 17h42	PM - 02h17	52/49
	BL2	15h05		PM - 02h37	
	BL3	14h45		PM - 02h57	
29/04/10	BL1	15h15	PM à 13h21	PM + 01h54	100/99
	BL2	14h50		PM + 01h29	
	BL3	14h10		PM + 00h49	
10/05/10	BL1	10h20	PM à 10h26	PM - 00h06	43/39
	BL2	10h05		PM - 00h21	
	BL3	09h40		PM - 00h46	
28/05/10	BL1	11h52	PM à 13h05	PM - 01h13	86/86
	BL2	11h37		PM - 01h28	
	BL3	11h20		PM - 01h45	
09/06/10	BL1	10h10	PM à 10h19	PM - 00h09	55/59
	BL2	09h55		PM - 00h24	
	BL3	09h23		PM - 00h56	
24/06/10	BL1	10h30	PM à 11h18	PM - 00h48	66/69
	BL2	10h00		PM - 01h18	
	BL3	09h25		PM - 01h53	
06/07/10	BL1	16h20	PM à 19h45	PM - 03h25	40
	BL2	NA		NA	
	BL3	NA		NA	
23/07/10	BL1	11h26	PM à 11h09	PM + 00h17	56/60
	BL2	11h11		PM + 00h02	
	BL3	10h36		PM - 00h33	
27/07/10	BL1	14h45	PM à 13h56	PM + 49	81/81
	BL2	NA		NA	
	BL3	NA		NA	

Date	Point de Prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation Marée	Coefficient
31/08/10	BL1	15h55	PM à 16h17	PM - 00h22	59/54
	BL2	15h38		PM - 00h39	
	BL3	14h58		PM - 01h19	
29/09/10	BL1	15h30	PM à 15h49	PM - 00h19	62/56
	BL2	15h20		PM - 00h20	
	BL3	15h00		PM - 00h49	
19/11/10	BL1	09h42	PM à 10h09	PM - 00h27	64/68
	BL2	09h37		PM - 00h32	
	BL3	09h12		PM - 00h57	

Baie de Somme

Date	Point de Prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation Marée	Coefficient
21/01/10	BIF	15h32	PM à 15h04	PM + 00h28	66/62
	MiMer	15h17		PM + 00h13	
	ATSO	14h48		PM - 00h16	
	ME1	14h42		PM - 00h22	
	ME2	14h30		PM - 00h34	
03/03/10	BIF	14h00	PM à 13h36	PM + 00h24	103/108
	MiMer	13h40		PM + 00h04	
	ATSO	13h15		PM - 00h16	
	ME1	13h05		PM - 00h31	
	ME2	12h47		PM - 00h49	
16/03/10	BIF	12h44	PM à 12h11	PM + 00h33	88/89
	MiMer	12h27		PM + 00h16	
	ATSO	12h12		PM + 00h01	
	ME1	12h02		PM - 00h09	
	ME2	11h50		PM - 00h21	
14/04/10	BIF	14h10	PM à 12h41	PM + 01h29	85/88
	MiMer	13h55		PM + 01h14	
	ATSO	13h33		PM + 00h52	
	ME1	13h22		PM + 00h41	
	ME2	13h00		PM + 00h19	
28/04/10	BIF	13h00	PM à 12h26	PM + 00h34	99/100
	MiMer	12h48		PM + 00h22	
	ATSO	12h30		PM + 00h04	
	ME1	12h22		PM - 00h04	
	ME2	12h00		PM - 00h26	
12/05/10	BIF	12h20	PM à 11h30	PM + 00h50	72/76
	MiMer	12h05		PM + 00h35	
	ATSO	11h45		PM + 00h15	
	ME1	11h35		PM + 00h05	
	ME2	11h10		PM - 00h20	
28/05/10	BIF	14h00	PM à 12h49	PM + 01h11	86/86
	MiMer	13h45		PM + 00h56	
	ATSO	13h30		PM + 00h41	
	ME1	13h15		PM + 00h26	
	ME2	13h00		PM + 00h11	
11/06/10	BIF	12h20	PM à 11h41	PM + 00h39	73/77
	MiMer	12h05		PM + 00h24	
	ATSO	11h50		PM + 00h09	
	ME1	11h40		PM - 00h01	
	ME2	11h30		PM - 00h11	

Date	Point de prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation Marée	Coefficient
25/06/10	BIF	12h30	PM à 11h52	PM + 00h38	72/74
	MiMer	12h20		PM + 00h28	
	ATSO	12h05		PM + 00h13	
	ME1	11h50		PM - 00h02	
	ME2	11h40		PM - 00h12	
08/07/10	BIF	NA	PM à 09h18	NA	47/51
	MiMer	NA		NA	
	ATSO	10h00		PM + 00h42	
	ME1	NA		NA	
	ME2	NA		NA	
19/07/10	BIF	18h52	PM à 18h34	PM + 00h18	58/53
	MiMer	18h42		PM + 00h08	
	ATSO	18h25		PM - 00h11	
	ME1	18h15		PM - 00h19	
	ME2	18h00		PM - 00h34	
28/07/10	BIF	NA	PM à 14h09	NA	81/81
	MiMer	NA		NA	
	ATSO	13h50		PM - 00h19	
	ME1	NA		NA	
	ME2	NA		NA	
12/08/10	BIF	14h40	PM à 14h17	PM + 00h23	112/111
	MiMer	14h35		PM + 00h18	
	ATSO	14h20		PM + 00h03	
	ME1	14h10		PM - 00h07	
	ME2	14h00		PM - 00h17	
01/09/10	BIF	NA	PM à 16h49	NA	48/43
	MiMer	NA		NA	
	ATSO	16h12		PM + 00h09	
	ME1	NA		NA	
	ME2	NA		NA	
07/09/10	BIF	13h00	PM à 11h37	PM + 01h23	88/97
	MiMer	12h45		PM + 01h08	
	ATSO	12h10		PM + 00h33	
	ME1	11h55		PM + 00h18	
	ME2	11h40		PM + 00h03	
21/09/10	BIF	NA	PM à 11h38	NA	70/74
	MiMer	NA		NA	
	ATSO	11h50		PM + 00h12	
	ME1	NA		NA	
	ME2	NA		NA	
07/10/10	BIF	12h53	PM à 12h01	PM + 00h52	103/108
	MiMer	12h45		PM + 00h44	
	ATSO	12h25		PM + 00h24	
	ME1	12h15		PM - 00h14	
	ME2	12h00		PM - 00h01	

Date	Point de prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation Marée	Coeficient
13/10/10	BIF	NA	PM à 16h07	NA	62/54
	MiMer	NA		NA	
	ATSO	15h50		PM - 00h17	
	ME1	NA		NA	
	ME2	NA		NA	
24/11/10	BIF	13h54	PM à 13h01	PM + 0h53	83/82
	MiMer	13h43		PM + 00h42	
	ATSO	13h24		PM + 00h23	
	ME1	13h13		PM + 00h12	
	ME2	13h00		PM - 00h01	
21/12/10	BIF	12h50	PM à 11h27	PM + 01h23	81/84
	MiMer	12h36		PM + 01h09	
	ATSO	12h07		PM + 00h40	
	ME1	11h55		PM + 00h28	
	ME2	11h36		PM + 00h09	

Annexe 2

Données brutes des analyses physico-chimiques

(NA : Donnée manquante)

2010, Radiale de Dunkerque, Station 1

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
27/01/2010	5,30	33,60	2,21	NA	NA	3,38	1,14	0,40	0,69	16,71	0,69	6,11
24/02/2010	4,80	33,20	3,07	5,70	1,10	5,35	1,89	3,67	0,53	20,77	0,80	7,23
17/03/2010	4,60	32,80	8,82	24,40	3,60	16,87	7,79	0,98	0,39	34,41	0,84	10,40
30/03/2010	7,10	34,50	5,41	25,60	5,20	33,07	10,44	0,64	0,17	4,74	0,47	2,58
22/04/2010	9,60	34,20	2,31	5,20	1,40	4,90	2,43	0,72	0,13	3,15	0,33	4,43
18/05/2010	11,70	32,50	4,60	46,60	11,40	18,78	4,37	1,06	0,19	2,86	0,38	2,22
01/06/2010	13,00	33,20	2,24	4,00	2,10	17,73	3,25	NA	NA	NA	NA	NA
22/06/2010	15,20	31,30	2,71	7,10	2,90	5,24	4,52	4,56	0,36	1,70	0,35	1,59
30/06/2010	17,40	32,40	2,81	5,20	1,90	4,19	1,70	3,69	0,26	0,83	0,47	3,94
07/07/2010	17,90	33,00	2,02	3,20	1,40	3,12	1,68	NA	NA	NA	NA	NA
13/07/2010	18,90	33,40	3,70	4,90	1,50	7,79	2,01	3,02	0,17	0,50	0,35	4,08
11/08/2010	19,40	35,00	3,83	6,70	1,50	5,16	1,76	0,54	< 0,05	0,27	0,43	0,94
22/10/2010	12,30	33,20	3,31	11,60	1,20	1,55	1,47	5,47	NA	NA	NA	NA
07/12/2010	7,10	34,00	19,70	32,00	3,00	1,66	1,48	8,51	0,52	13,78	1,28	11,41

2010, Radiale de Dunkerque, Station 3

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
27/01/2010	5,60	34,10	1,96	NA	NA	9,15	2,17	< 0,15	0,51	10,63	0,42	0,40
24/02/2010	4,70	33,90	1,93	4,20	0,90	4,33	1,64	1,50	0,25	11,41	0,62	0,28
17/03/2010	4,60	33,90	2,24	5,20	1,50	10,80	3,27	< 0,15	0,15	19,98	0,47	3,43
30/03/2010	6,60	35,00	2,37	8,00	2,80	19,11	4,85	0,42	0,57	0,57	0,19	0,22
22/04/2010	8,70	34,90	1,68	2,60	1,60	2,99	2,36	0,86	< 0,05	0,32	0,38	< 0,1
18/05/2010	11,10	33,10	4,79	46,00	12,60	10,97	2,76	0,59	< 0,05	< 0,15	0,23	0,86
01/06/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
22/06/2010	14,50	32,50	0,77	3,20	1,80	4,82	2,23	1,24	< 0,05	< 0,15	0,21	0,15
30/06/2010	16,70	32,80	1,27	3,80	1,70	2,63	0,52	0,62	< 0,05	< 0,15	0,17	0,45
07/07/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
13/07/2010	17,80	33,80	3,05	2,90	1,10	7,22	1,48	0,68	0,17	0,62	1,08	< 0,1
11/08/2010	18,70	35,20	2,26	6,90	1,10	3,50	0,76	0,51	< 0,05	0,46	0,48	< 0,1
22/10/2010	13,20	33,80	6,36	8,90	1,30	2,40	1,22	2,98	1,10	16,02	1,18	12,02
07/12/2010	7,70	34,40	11,70	19,20	1,60	1,66	1,21	4,37	0,40	7,74	1,08	5,88

2010, Radiale de Dunkerque, Station 4

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
27/01/2010	5,80	34,20	0,87			8,88	1,87	< 0,15	0,51	9,92	0,74	< 0,1
24/02/2010	4,80	34,30	1,24	2,50	0,80	4,37	1,47	1,01	0,25	9,89	0,69	0,38
17/03/2010	4,70	34,20	1,03	2,10	1,20	8,40	1,74	0,17	0,55	20,35	0,55	2,45
30/03/2010	6,60	35,20	1,57	4,00	2,40	11,47	2,73	0,45	< 0,05	0,37	0,32	0,32
22/04/2010	8,60	35,00	0,92	3,60	2,00	3,16	1,73	0,43	< 0,05	< 0,15	0,42	0,50
18/05/2010	11,00	33,30	0,51	23,50	5,30	3,49	0,76	0,73	< 0,05	< 0,15	0,20	0,39
01/06/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
22/06/2010	14,50	32,80	0,75	1,90	1,30	3,32	1,61	0,35	< 0,05	< 0,15	0,09	0,10
30/06/2010	16,10	33,10	1,08	1,70	1,50	2,92	1,02	0,18	< 0,05	< 0,15	0,13	0,21
07/07/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
13/07/2010	17,50	34,00	1,81	1,30	1,00	6,78	1,01	0,43	< 0,05	0,77	0,29	< 0,1
11/08/2010	18,40	35,20	0,88	1,80	0,70	2,72	0,38	0,22	< 0,05	0,43	0,41	< 0,1
22/10/2010	13,80	34,30	4,25	5,80	0,80	2,35	1,19	2,24	0,75	6,94	1,19	9,32
07/12/2010	8,70	34,60	5,40	7,60	0,90	1,15	0,61	2,44	0,64	9,14	0,89	4,63

2009, Radiale de Boulogne, Station 1												
	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
15/01/2010	5,60	33,70	1,54	3,10	0,90	11,93	2,45	< 0,15	0,54	13,96	0,47	2,88
23/02/2010	4,90	33,70	1,17	3,30	1,60	10,91	3,12	1,21	0,20	4,21	0,36	0,56
02/03/2010	5,30	34,50	2,32	19,90	2,60	12,69	4,42	0,33	0,17	5,16	0,27	0,48
16/03/2010	5,40	34,60	2,16	9,20	3,00	12,38	4,14	< 0,15	0,06	0,63	0,27	2,07
15/04/2010	8,10	34,40	3,05	10,30	3,30	5,48	1,26	0,40	0,05	0,41	0,25	1,37
21/04/2010	9,10	35,20	2,60	11,20	4,40	5,15	1,13	0,64	0,08	0,75	0,19	1,18
29/04/2010	10,30	35,00	4,52	28,80	6,80	5,22	1,59	< 0,15	0,10	0,82	0,26	1,24
10/05/2010	10,00	34,60	1,29	3,10	1,10	2,35	0,67	1,25	0,07	0,94	0,26	2,17
28/05/2010	13,00	34,40	1,11	5,70	2,00	9,78	1,29	0,54	0,05	1,13	0,33	0,20
09/06/2010	14,60	34,50	1,87	7,50	2,70	5,47	1,58	0,54	< 0,05	0,46	0,21	0,45
24/06/2010	15,10	34,70	1,36	6,40	1,50	7,65	1,98	1,34	0,21	0,81	0,22	0,70
06/07/2010	17,60	34,90	1,02	2,00	0,80	2,27	0,40	NA	NA	NA	NA	NA
23/07/2010	18,70	34,90	1,43	2,60	1,10	2,64	0,67	0,53	0,07	0,34	0,12	0,82
27/07/2010	19,10	34,90	3,24	7,90	1,30	2,9	1,44	NA	NA	NA	NA	NA
31/08/2010	18,10	34,90	1,06	1,80	1,10	2,77	0,60	0,39	0,10	0,81	0,25	1,15
29/09/2010	16,20	34,70	3,69	7,40	1,20	3,19	1,28	2,97	NA	NA	NA	NA
19/11/2010	11,40	34,60	6,15	10,80	1,10	1,55	1,14	1,35	0,22	16,25	0,94	3,52

2009, Radiale de Boulogne, Station 2												
	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
15/01/2010	6,40	34,20	0,88	1,70	1,10	6,33	1,33	< 0,15	0,61	11,39	0,81	1,32
23/02/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
02/03/2010	5,30	34,90	0,88	6,00	1,60	6,14	2,01	< 0,15	< 0,05	0,50	0,48	0,43
16/03/2010	5,50	34,50	0,82	3,30	1,30	2,75	1,04	0,99	0,22	8,53	0,63	2,07
15/04/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
21/04/2010	8,70	35,40	2,02	4,80	1,80	2,33	0,64	0,41	< 0,05	< 0,15	0,41	0,54
29/04/2010	10,10	35,30	0,86	4,80	1,30	0,98	0,25	< 0,15	< 0,05	< 0,15	0,45	0,55
10/05/2010	9,80	34,70	0,84	1,70	0,80	1,2	0,38	1,1	< 0,05	< 0,15	0,48	0,67
28/05/2010	12,00	34,80	1,03	5,10	1,90	5,71	0,61	0,52	< 0,05	< 0,15	0,36	< 0,1
09/06/2010	14,10	34,60	0,40	2,30	1,10	2,28	0,35	1,06	< 0,05	< 0,15	0,22	0,23
24/06/2010	14,50	34,50	1,01	2,70	1,10	0,83	0,10	2,53	0,10	< 0,15	0,25	0,19
06/07/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
23/07/2010	18,30	35,00	1,30	1,40	0,90	1,75	0,24	0,47	< 0,05	0,93	0,42	0,16
27/07/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
31/08/2010	18,10	34,90	1,30	1,80	0,80	1,85	0,36	1,00	< 0,05	1,58	0,49	0,74
29/09/2010	16,50	35,00	2,43	3,00	1,00	3,24	0,59	0,73	< 0,05	1,06	0,27	1,64
19/11/2010	11,70	34,80	3,20	4,10	0,60	1,12	0,66	0,71	0,20	8,83	0,90	5,43

2009, Radiale de Boulogne, Station 3

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
15/01/2010	7,30	34,20	0,66	0,80	0,20	2,11	0,53	< 0,15	0,73	9,40	0,93	1,52
23/02/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
02/03/2010	6,20	35,40	0,49	2,50	1,10	1,14	0,67	0,27	0,07	2,05	0,56	0,4
16/03/2010	5,50	34,70	0,52	1,90	0,90	1,71	0,71	0,56	0,15	8,48	0,61	2,21
15/04/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
21/04/2010	8,30	35,60	1,36	3,10	1,20	3,10	1,11	0,43	< 0,05	< 0,15	0,51	0,25
29/04/2010	9,60	35,60	0,72	1,20	0,70	1,03	0,10	< 0,15	< 0,05	< 0,15	0,46	0,21
10/05/2010	9,60	34,30	0,82	1,50	1,50	0,83	0,42	0,77	< 0,05	0,15	0,48	< 0,1
28/05/2010	11,30	34,90	0,90	2,30	1,20	5,65	1,16	0,59	< 0,05	< 0,15	0,4	< 0,1
09/06/2010	13,70	34,80	0,33	2,30	1,30	1,17	0,20	0,39	< 0,05	< 0,15	0,24	0,16
24/06/2010	14,40	34,50	0,87	1,60	0,70	1,30	0,24	2,03	0,07	< 0,15	0,26	0,58
06/07/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
23/07/2010	17,50	35,10	0,70	0,90	0,80	1,34	< 0,04	0,38	< 0,05	0,54	0,43	< 0,1
27/07/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
31/08/2010	17,90	35,00	1,07	1,20	0,70	1,02	0,23	0,87	< 0,05	1,4	0,45	0,93
29/09/2010	16,60	35,00	1,30	1,70	0,80	1,13	0,57	1,32	< 0,05	1,91	0,33	3,19
19/11/2010	12,60	35,10	2,68	3,10	0,80	0,79	0,34	0,52	0,27	7,12	0,86	3,25

2010, Radiale de la Baie de Somme, Station BIF

	Temp.	Sali.	Turb.	M,E,S,	M,E,S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P,S,U,	N,T,U,	mg,l-1	mg,l-1	µg,l-1	µg,l-1	µmol,l-1	µmol,l-1	µmol,l-1	µmol,l-1	µmol,l-1
21/01/2010	4,4	31,4	7,9	16,1	1,5	6,2	3,73	1,17	0,58	35,82	0,72	17,70
03/03/2010	5,70	33,30	32,90	68,40	4,40	9,64	10,14	0,72	0,28	23,72	0,74	10,50
16/03/2010	5,00	32,50	3,97	11,00	2,60	11,63	4,89	0,17	0,19	14,11	0,26	5,66
14/04/2010	9,00	32,50	6,81	24,00	5,00	19,45	4,52	0,40	0,14	13,86	0,31	7,06
28/04/2010	11,40	33,50	4,85	14,00	6,50	14,96	4,67	0,43	0,08	0,88	0,25	2,85
12/05/2010	10,30	34,30	0,93	28,50	6,90	2,55	0,79	0,45	< 0,05	0,91	0,21	0,28
28/05/2010	13,80	33,50	2,04	28,10	6,90	5,24	1,83	0,43	0,11	22,18	0,43	1,04
11/06/2010	15,80	33,40	3,03	5,90	1,80	7,70	3,48	0,35	0,12	1,72	0,43	1,53
25/06/2010	17,40	33,40	2,11	3,50	1,30	6,52	1,67	0,32	0,13	1,17	0,18	0,95
08/07/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
19/07/2010	20,10	33,90	5,60	9,50	1,70	6,05	2,15	1,41	0,13	2,32	0,32	5,11
28/07/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
12/08/2010	19,70	34,10	8,02	20,50	2,30	10,91	4,44	0,49	< 0,05	0,18	0,21	2,25
01/09/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
07/09/2010	17,30	33,50	12,40	26,30	2,80	10,19	6,09	1,80	0,17	3,59	0,39	4,40
21/09/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
07/10/2010	16,10	33,80	5,62	11,70	1,60	12,27	3,48	2,80	NA	NA	NA	NA
13/10/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
24/11/2010	9,90	33,80	17,40	24,20	2,20	1,53	1,89	4,16	0,31	23,62	1,10	18,15
21/12/2010	4,50	30,50	34,80	42,00	3,20	NA	NA	5,78	0,60	46,20	1,28	27,49

010, Radiale de la Baie de Somme, Station MIMER

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
21/01/2010	4,50	32,20	11,80	25,60	2,10	7,94	4,25	0,66	0,37	28,59	0,69	11,37
03/03/2010	5,80	33,20	40,00	75,50	4,30	12,55	11,59	0,95	0,32	22,71	0,65	6,32
16/03/2010	5,00	32,50	16,10	49,60	7,60	28,59	11,67	< 0,15	0,22	11,78	0,26	1,13
14/04/2010	8,90	33,80	12,90	52,00	5,00	30,08	7,15	0,48	< 0,05	15,10	0,46	1,80
28/04/2010	11,50	33,50	11,30	25,30	12,00	31,16	7,81	0,92	< 0,05	< 0,15	0,32	< 0,1
12/05/2010	10,30	33,90	1,34	28,70	6,40	5,15	1,48	0,47	< 0,05	< 0,15	0,33	0,15
28/05/2010	14,10	33,10	3,23	32,40	6,50	10,33	2,28	0,53	0,68	1,37	0,26	0,16
11/06/2010	15,80	33,50	3,89	7,20	1,70	5,29	2,67	1,15	0,51	0,36	1,18	0,42
25/06/2010	17,40	33,50	3,68	6,30	1,30	6,00	1,74	0,33	0,18	< 0,15	0,20	0,38
08/07/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
19/07/2010	20,10	33,80	10,10	14,30	1,70	5,60	3,52	2,18	0,05	3,32	0,56	4,66
28/07/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
12/08/2010	19,70	33,50	11,20	19,50	2,10	12,96	6,00	1,42	< 0,05	1,22	0,48	4,63
01/09/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
07/09/2010	17,40	33,80	11,70	19,70	1,60	4,43	3,83	2,21	0,36	1,88	1,08	3,88
21/09/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
07/10/2010	16,00	33,50	8,14	14,90	1,30	8,85	3,72	4,37	0,18	9,74	0,41	4,88
13/10/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
24/11/2010	9,10	32,70	22,30	30,00	2,40	2,16	2,84	6,08	0,43	35,08	1,21	25,52
21/12/2010	4,50	31,50	78,00	101,60	6,40	NA	NA	5,49	0,50	38,41	1,55	21,44

2010, Radiale de la Baie de Somme, Station ATSO

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
21/01/2010	4,80	32,80	3,12	5,00	1,30	5,24	1,44	0,28	0,48	24,82	0,66	11,00
03/03/2010	5,90	33,80	10,20	23,50	2,00	10,30	4,24	0,37	0,26	19,94	0,61	7,02
16/03/2010	5,00	33,50	4,19	14,60	3,00	15,62	4,74	< 0,15	< 0,05	5,21	0,23	2,86
14/04/2010	9,10	34,00	3,90	10,50	4,00	10,97	4,52	0,46	0,21	1,40	0,50	10,90
28/04/2010	10,70	34,20	4,35	17,50	7,50	8,48	2,23	0,49	0,06	0,76	0,36	1,37
12/05/2010	10,40	34,10	1,27	28,00	6,40	3,58	1,02	0,69	0,12	7,66	0,18	2,05
28/05/2010	13,70	34,00	1,35	27,40	6,50	3,19	0,68	0,32	< 0,05	0,49	0,21	0,20
11/06/2010	15,20	34,40	0,88	3,70	1,30	2,56	0,71	< 0,15	< 0,05	0,21	0,20	0,20
25/06/2010	16,80	34,30	1,01	1,30	1,10	3,06	0,57	0,52	< 0,05	0,36	0,11	1,10
08/07/2010	19,50	33,60	1,05	0,90	0,70	1,97	0,33	NA	NA	NA	NA	NA
19/07/2010	19,90	34,70	2,76	2,80	1,30	4,00	1,48	0,42	< 0,05	0,33	0,24	1,30
28/07/2010	19,90	34,50	3,92	10,10	1,40	7,79	2,53	NA	NA	NA	NA	NA
12/08/2010	19,60	34,40	3,46	7,60	1,40	4,96	1,00	0,37	< 0,05	0,21	0,15	1,59
01/09/2010	18,20	34,70	2,70	4,10	1,50	4,74	0,53	NA	NA	NA	NA	NA
07/09/2010	17,60	34,70	8,17	18,30	2,30	4,96	3,29	1,19	0,07	0,40	0,24	3,98
21/09/2010	17,00	34,50	3,06	2,90	1,00	4,38	0,92	NA	NA	NA	NA	NA
07/10/2010	16,40	34,60	3,79	15,70	1,60	11,93	2,63	1,16	NA	NA	NA	NA
13/10/2010	15,40	34,00	2,52	4,40	1,40	10,24	2,50	NA	NA	NA	NA	NA
24/11/2010	9,80	33,40	21,20	28,00	1,80	2,08	2,34	5,25	0,41	26,18	1,30	21,77
21/12/2010	5,10	32,30	21,50	36,60	1,80	NA	NA	4,28	0,41	33,96	1,20	18,76

2010, Radiale de la Baie de Somme, Station MER 1

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
21/01/2010	5,00	33,30	2,32	6,60	0,20	8,14	1,97	< 0,15	0,32	18,59	0,77	5,85
03/03/2010	5,80	34,00	5,77	17,50	1,50	10,32	3,49	0,28	0,23	17,13	0,61	3,20
16/03/2010	5,00	33,80	2,43	9,30	1,70	11,30	2,89	0,19	0,09	1,41	0,37	0,49
14/04/2010	8,90	34,20	2,50	13,00	4,50	15,62	1,94	0,81	< 0,05	< 0,15	0,49	1,02
28/04/2010	10,50	34,50	1,90	3,80	1,60	3,66	1,11	0,48	< 0,05	< 0,15	0,37	< 0,1
12/05/2010	10,30	34,40	0,48	25,90	6,70	1,86	0,37	0,65	< 0,05	< 0,15	0,38	0,46
28/05/2010	13,60	34,20	1,04	25,20	6,00	2,36	0,46	0,52	< 0,05	< 0,15	0,32	0,44
11/06/2010	15,60	34,00	0,58	0,70	0,00	2,34	0,43	0,26	0,49	< 0,15	1,18	0,19
25/06/2010	17,10	34,20	0,87	1,10	0,80	3,20	0,41	< 0,15	< 0,05	< 0,15	0,15	0,38
08/07/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
19/07/2010	19,90	34,70	2,08	2,70	1,20	3,58	0,95	0,38	< 0,05	0,58	0,50	0,21
28/07/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
12/08/2010	19,60	34,70	1,84	5,30	1,00	3,32	0,51	0,33	< 0,05	0,55	0,30	0,85
01/09/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
07/09/2010	17,60	34,80	4,16	11,60	1,40	5,67	2,92	0,21	0,25	0,64	1,01	2,10
21/09/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
07/10/2010	12,07	34,70	2,29	11,90	1,20	12,07	2,23	0,52	0,07	1,39	0,24	2,07
13/10/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
24/11/2010	10,00	33,70	10,10	13,10	1,20	2,20	1,09	4,22	0,35	23,31	1,18	18,68
21/12/2010	5,50	32,40	9,32	19,70	1,50	NA	NA	3,30	0,37	31,41	1,13	16,12

2010, Radiale de la Baie de Somme, Station MER 2

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
21/01/2010	4,700	33,600	2,210	3,200	0,900	4,220	0,940	0,170	0,410	24,910	0,730	9,610
03/03/2010	5,600	34,600	3,280	19,400	1,700	7,700	3,280	0,170	0,200	15,290	0,700	3,450
16/03/2010	5,000	34,100	1,790	3,300	1,200	6,540	1,370	< 0,15	< 0,05	0,220	0,310	0,600
14/04/2010	8,600	34,700	2,490	12,000	4,500	9,970	0,500	0,540	< 0,05	< 0,15	0,470	0,590
28/04/2010	10,700	34,200	1,040	1,400	1,400	1,410	0,910	0,560	< 0,05	< 0,15	0,330	< 0,1
12/05/2010	10,300	34,800	0,728	24,800	5,900	1,080	0,260	0,380	< 0,05	< 0,15	0,450	< 0,1
28/05/2010	13,000	34,600	0,690	25,400	6,200	1,440	0,200	0,410	< 0,05	< 0,15	0,330	0,210
11/06/2010	15,400	34,300	0,530	0,600	0,600	1,970	0,220	< 0,15	0,150	< 0,15	0,520	0,160
25/06/2010	16,400	34,700	0,370	0,400	0,400	0,640	0,050	< 0,15	< 0,05	< 0,15	0,110	< 0,1
08/07/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
19/07/2010	20,300	34,400	2,750	3,200	1,500	5,120	1,830	0,510	< 0,05	0,580	0,470	1,040
28/07/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
12/08/2010	19,400	35,000	1,490	2,700	1,000	2,320	0,390	0,470	< 0,05	0,570	0,350	0,440
01/09/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
07/09/2010	17,800	35,000	2,180	5,700	1,100	3,510	1,130	< 0,15	0,130	0,580	0,770	1,340
21/09/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
07/10/2010	16,500	35,000	1,250	5,300	1,300	6,360	1,360	0,200	< 0,05	0,750	0,230	3,120
13/10/2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
24/11/2010	10,500	34,100	5,210	11,200	0,900	2,500	1,010	2,350	0,310	20,730	1,120	14,470
21/12/2010	5,800	33,000	6,130	17,200	1,300	NA	NA	2,190	0,360	29,610	0,950	12,780

Annexe 3

Indice de Sanders par trimestre

1001022 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 1 SRN Dunkerque - Année 2010 Trimestre n°1

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> (<i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacifica</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Nitzschia longissima</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros curvisetus</i> + <i>debilis</i> + <i>pseudocurvisetus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Ditylum brightwellii</i>	<i>Diatomophyceae</i>

1001022 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 1 SRN Dunkerque - Année 2010 Trimestre n°2

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges asymétriques (<i>australis</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacifica</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges symétriques (<i>fraudulenta</i>)	<i>Diatomophyceae</i>

1001022 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 1 SRN Dunkerque - Année 2010 Trimestre
n°3

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Rhizosolenia imbricata + styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</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>Guinardia striata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Eutreptiella</i>	<i>Eutreptiaceae</i>

1001022 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 1 SRN Dunkerque - Année 2010 Trimestre
n°4

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Brockmanniella brockmannii</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Plagiogramma</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Delphineis</i>	<i>Fragilariophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Nitzschia longissima</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Plagiogrammopsis</i>	<i>Diatomophyceae</i>

1001023 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 3 SRN Dunkerque - Année 2010 Trimestre
n°1

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> (<i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificica</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i>)	<i>Diatomophyceae</i>

1001023 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 3 SRN Dunkerque - Année 2010 Trimestre
n°2

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Protoperidinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges asymétriques (<i>australis</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificica</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Katodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>

1001023 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 3 SRN Dunkerque - Année 2010 Trimestre
n°3

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata + styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Navicula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Katodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>

1001023 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 3 SRN Dunkerque - Année 2010 Trimestre
n°4

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Delphineis</i>	<i>Fragilariophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Nitzschia longissima</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</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>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>

1001024 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 4 SRN Dunkerque - Année 2010 Trimestre
n°1

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> (<i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificae</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Ditylum brightwellii</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i>)	<i>Diatomophyceae</i>

1001024 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 4 SRN Dunkerque - Année 2010 Trimestre
n°2

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Protoctista</i>	
<i>Protoperidinium</i>	<i>Dinophyceae</i>

1001024 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 4 SRN Dunkerque - Année 2010 Trimestre
n°3

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Rhizosolenia imbricata + styliformis</i>	Diatomophyceae
Cryptophyceae	Cryptophyceae
Gymnodinium	Dinophyceae
<i>Guinardia delicatula</i>	Diatomophyceae
<i>Katodinium</i>	Dinophyceae
<i>Phaeocystis</i>	Prymnesiophyceae
<i>Paralia sulcata</i>	Diatomophyceae
<i>Guinardia striata</i>	Diatomophyceae
<i>Protoperidinium</i>	Dinophyceae
<i>Navicula</i>	Diatomophyceae

1001024 Frontière belge - Cap Gris Nez / Point 4 SRN Dunkerque - Année 2010 Trimestre
n°4

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Paralia sulcata</i>	Diatomophyceae
<i>Delphineis</i>	Fragilariophyceae
Cryptophyceae	Cryptophyceae
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	Diatomophyceae
<i>Nitzschia longissima</i>	Diatomophyceae
<i>Skeletonema costatum</i>	Diatomophyceae
Gymnodinium	Dinophyceae
<i>Plagiogrammopsis</i>	Diatomophyceae
<i>Thalassiosira levanderi</i>	Diatomophyceae
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	Diatomophyceae

2003002 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 1 SRN Boulogne - Année 2010 Trimestre
n°1

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Ditylum brightwellii</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> (<i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacifica</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des effilées, complexe <i>seriata</i> (<i>multiseries</i> + <i>pungens</i>)	<i>Diatomophyceae</i>

2003002 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 1 SRN Boulogne - Année 2010 Trimestre
n°2

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges symétriques (<i>fraudulenta</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges asymétriques (<i>australis</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacifica</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Guinardia striata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Protoperdinium</i>	<i>Dinophyceae</i>

2003002 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 1 SRN Boulogne - Année 2010 Trimestre
n°3

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Rhizosolenia imbricata + styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus minimus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des effilées, complexe <i>seriata</i> (<i>multiseries + pungens</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Scrippsiella</i>	<i>Dinophyceae</i>

2003002 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 1 SRN Boulogne - Année 2010 Trimestre
n°4

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Nitzschia longissima</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Odontella rhombus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Dictyocha speculum</i>	<i>Dictyochophyceae</i> </
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha + delicatissima + pseudodelicatissima</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira antarctica</i>	<i>Diatomophyceae</i>

2003032 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 2 SRN Boulogne - Année 2010 Trimestre
n°1

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> (<i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificica</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Lauderia</i> + <i>Schroederella</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Diatomophyceae</i>

2003032 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 2 SRN Boulogne - Année 2010 Trimestre
n°2

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> (<i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificica</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Katodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Protoperidinium</i>	<i>Dinophyceae</i>

2003032 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 2 SRN Boulogne - Année 2010 Trimestre
n°3

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> (<i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificae</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Katodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Delphineis</i>	<i>Fragilariophyceae</i>

2003032 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 2 SRN Boulogne - Année 2010 Trimestre
n°4

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Dictyocha speculum</i>	<i>Dictyochophyceae</i> </
<i>Nitzschia longissima</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira antarctica</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Navicula</i>	<i>Diatomophyceae</i>

2003033 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 3 SRN Boulogne - Année 2010 Trimestre
n°1

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</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 curvisetus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Heterocapsa</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>

2003033 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 3 SRN Boulogne - Année 2010 Trimestre
n°2

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> (<i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificica</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chlorophyceae</i>	<i>Chlorophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Katodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>

2003033 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 3 SRN Boulogne - Année 2010 Trimestre
n°3

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Katodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata + styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> (<i>australis + fraudulenta + seriata + subpacificica</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Delphineis</i>	<i>Fragilariophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha + delicatissima + pseudodelicatissima</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis + socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>

2003033 Cap Gris Nez - Le Boulonnais / Point 3 SRN Boulogne - Année 2010 Trimestre
n°4

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Brockmanniella brockmannii</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Delphineis</i>	<i>Fragilariophyceae</i>
<i>Navicula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Katodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Nitzschia longissima</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Guinardia striata</i>	<i>Diatomophyceae</i>

3006022 Baie de Somme / Bif - Année 2010 Trimestre n°1

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira rotula</i> + <i>gravida</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros curvisetus</i> + <i>debilis</i> + <i>pseudocurvisetus</i>	<i>Diatomophyceae</i>

3006022 Baie de Somme / Bif - Année 2010 Trimestre n°2

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> (<i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificica</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Odontella mobiliensis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Thalassiosira</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chlorophyceae</i>	<i>Chlorophyceae</i>

3006022 Baie de Somme / Bif - Année 2010 Trimestre n°3

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des effilées, complexe <i>seriata</i> (<i>multiseries</i> + <i>pungens</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</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>

3006022 Baie de Somme / Bif - Année 2010 Trimestre n°4

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Rhaphoneis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionella formosa</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira</i>	<i>Diatomophyceae</i>

3006021 Baie de Somme - large / Mimer - Année 2010 Trimestre n°1

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Brockmanniella brockmannii</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Ditylum brightwellii</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>

3006021 Baie de Somme - large / Mimer - Année 2010 Trimestre n°2

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> (<i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacifica</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Odontella mobiliensis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>

3006021 Baie de Somme - large / Mimer - Année 2010 Trimestre n°3

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> (<i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificica</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Eutreptiella</i>	<i>Eutreptiaceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>

3006021 Baie de Somme - large / Mimer - Année 2010 Trimestre n°4

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Odontella mobiliensis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Scenedesmus</i>	<i>Chlorophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Brockmanniella brockmannii</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>

3006001 Baie de Somme - large / At so - Année 2010 Trimestre n°1

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Odontella regia</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>

3006001 Baie de Somme - large / At so - Année 2010 Trimestre n°2

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges asymétriques (<i>australis</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacifica</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</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>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des effilées, complexe <i>seriata</i> (<i>multiseries</i> + <i>pungens</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges symétriques (<i>fraudulenta</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhaphoneis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>

3006001 Baie de Somme - large / At so - Année 2010 Trimestre n°3

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des effilées, complexe <i>seriata</i> (<i>multiseries</i> + <i>pungens</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges asymétriques (<i>australis</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacifica</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	<i>Diatomophyceae</i>

3006001 Baie de Somme - large / At so - Année 2010 Trimestre n°4

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Rhaphoneis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Brockmanniella brockmannii</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira levanderi</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Nitzschia longissima</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>

3006019 Baie de Somme - large / SRN Somme mer 1 - Année 2010 Trimestre n°1

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhaphoneis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>

3006019 Baie de Somme - large / SRN Somme mer 1 - Année 2010 Trimestre n°2

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> (<i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificica</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</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>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhaphoneis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des effilées, complexe <i>seriata</i> (<i>multiseries</i> + <i>pungens</i>)	<i>Diatomophyceae</i>

3006019 Baie de Somme - large / SRN Somme mer 1 - Année 2010 Trimestre n°3

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> (<i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificae</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Leptocylindrus minimus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des effilées, complexe <i>seriata</i> (<i>multiseries</i> + <i>pungens</i>)	<i>Diatomophyceae</i>

3006019 Baie de Somme - large / SRN Somme mer 1 - Année 2010 Trimestre n°4

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Rhaphoneis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Paralia sulcata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Guinardia striata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Thalassiosira levanderi</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Nitzschia longissima</i>	<i>Diatomophyceae</i>

3006020 Baie de Somme - large / SRN Somme mer 2 - Année 2010 Trimestre n°1

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</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>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>

3006020 Baie de Somme - large / SRN Somme mer 2 - Année 2010 Trimestre n°2

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> (<i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificica</i>)	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>
<i>Pseudonitzschia</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>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
<i>Protoperidinium</i>	<i>Dinophyceae</i>

3006020 Baie de Somme - large / SRN Somme mer 2 - Année 2010 Trimestre n°3

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>socialis f. radians</i>	Diatomophyceae
Cryptophyceae	Cryptophyceae
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des larges, complexe <i>seriata</i> (<i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacifica</i>)	Diatomophyceae
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	Diatomophyceae
<i>Pseudonitzschia</i> , groupe des fines, complexe <i>delicatissima</i> (<i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i>)	Diatomophyceae
<i>Leptocylindrus danicus</i>	Diatomophyceae
<i>Leptocylindrus minimus</i>	Diatomophyceae
Gymnodinium	Dinophyceae

3006020 Baie de Somme - large / SRN Somme mer 2 - Année 2010 Trimestre n°4

REPHY - Taxons dominants

Intitulé Quadrige	Classe
<i>Rhaphoneis</i>	Diatomophyceae
Cryptophyceae	Cryptophyceae
<i>Skeletonema costatum</i>	Diatomophyceae
<i>Paralia sulcata</i>	Diatomophyceae
<i>Thalassiosira levanderi</i>	Diatomophyceae
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	Diatomophyceae
<i>Guinardia striata</i>	Diatomophyceae
Gymnodinium	Dinophyceae
<i>Nitzschia longissima</i>	Diatomophyceae
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	Diatomophyceae