

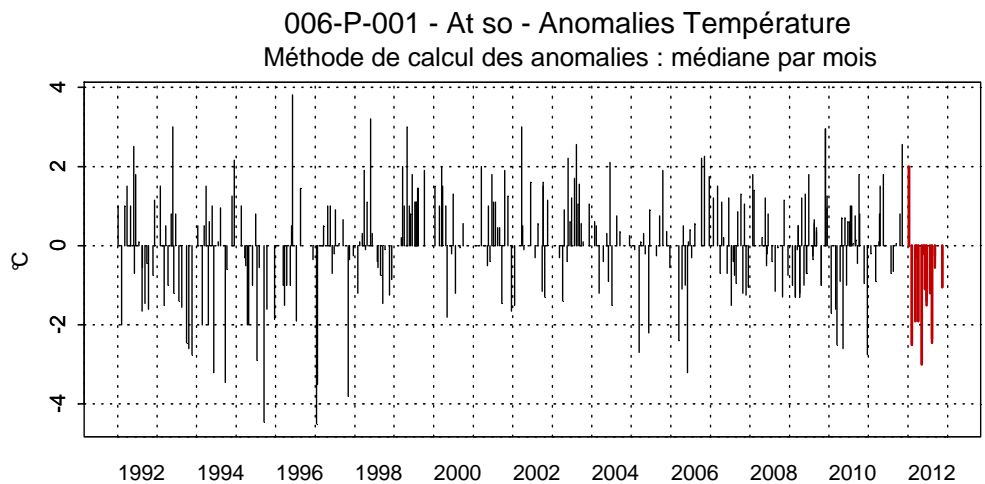
Aimé Roger NZIGOU
Alain LEFEBVRE

Août 2013

Ifremer/RST/LER.BL/13.12

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

Bilan de l'année 2012



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 2012 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 2012 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 GÉNÉRALE	3
1. PRESENTATION DES SITES D'ECHANTILLONNAGE	4
2. PRELEVEMENT ET ANALYSES	8
2.1. FREQUENCE DES PRELEVEMENTS	8
2.2. PRELEVEMENTS EN MER	8
2.3. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	8
2.3.1. <i>Salinité et Température</i>	8
2.3.2. <i>Turbidité</i>	9
2.3.3. <i>L'oxygène dissous</i>	9
2.4. PARAMETRES BIOGEOCHIMIQUES	9
2.4.1. <i>Ammonium</i>	9
2.4.2. <i>Nitrate</i>	9
2.4.3. <i>Nitrite</i>	9
2.4.4. <i>Phosphates</i>	10
2.4.5. <i>Silicate</i>	10
2.4.6. <i>Matières En Suspension (M.E.S.)</i>	10
2.4.7. <i>Matière Organique Particulaire (M.O.P.)</i>	10
2.5. PARAMETRES BIOLOGIQUES	10
2.5.1. <i>Chlorophylle a et phéopigments</i>	10
2.5.2. <i>Phytoplancton</i>	11
2.5.2.1. <i>Observation en microscopie inversée</i>	11
2.5.2.2. <i>Lecture des graphes</i>	11
2.5.2.3. <i>Assurance qualité</i>	12
2.5.2.4. <i>Sonde Ysi</i>	12
2.5.2.5. <i>Interprétation des figures</i>	12
3. RESULTATS.....	15
3.1. PARAMETRES HYDROLOGIQUES	15
3.1.1. <i>Dunkerque</i>	15
3.1.2. <i>Boulogne-sur-mer</i>	45
3.1.3. <i>La Baie de Somme</i>	77
3.2. PARAMETRES BIOLOGIQUES	126
3.2.1. <i>Le phytoplancton</i>	126
3.2.2. <i>Mesure de la diversité : indice de Shannon</i>	127
3.2.3. <i>Genres toxiques et Toxicités</i>	127
3.2.4. <i>Dynamique écologique</i>	128
4. DISCUSSION	142
4.1. EVOLUTION DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES : INFLUENCE DE L'HYDRODYNAMISME 142	
4.2. DYNAMIQUE LARGE ECHELLE DES EFFLORESCENCES PHYTOPLANCTONIQUES.....	146
4.3. SURVEILLANCE SRN ET QUALITE DES MASSES D'EAU COTIERE.....	147
5. BILAN ET CONCLUSIONS	151
ANNEXES.....	152
P. 172-177 : ANNEXE 1.....	152
CALENDRIER DES SORTIES ET CONDITIONS DE PRELEVEMENTS.....	152

P. 178-183 : ANNEXE 2	152
DONNEES BRUTES DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES	152
P. 185 : ANNEXE 3	152
TABLEAU DE SYNTHESE DES LIMITATIONS POTENTIELLES EN NUTRIMENTS POUR L'ENSEMBLE DES RADIALES EN 2012	152
P.187 : ANNEXE 4	152
RESULTATS REPHY 2012, PHYCOTOXINES	152
<i>ANNEXE 1</i>	153
<i>ANNEXE 2</i>	158
<i>ANNEXE 3</i>	163
<i>ANNEXE 4</i>	165
BIBLIOGRAPHIE	167

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les zones côtières consistent en une mosaïque d'écosystèmes interconnectés par des flux de composés dissous, de matières détritiques et d'organismes. Leur position comme zones d'interface entre océan et continent en fait des zones de transition stratégiques dans lesquelles les facteurs terrestres et océaniques se rencontrent, dont la dynamique détermine une grande variété des ressources naturelles (Romero et al. 2013). Ainsi, malgré une surface relativement faible, 10 % de surface des océans, les zones côtières sont les plus précieuses mais aussi les plus vulnérables des habitats sur Terre (Jickells 1998). La production primaire y est très importante, puisqu'elle représenterait, à elle seule, entre 14 et 30 % de la production primaire océanique totale (Gattuso et al. 1998, Duarte et al. 2004) et est le siège d'une activité de minéralisation très intense qui, dans les sédiments, peut représenter plus de la moitié de la minéralisation totale s'effectuant dans l'ensemble des sédiments marins (Middelburg et al. 2005). Toute cette activité biologique et biogéochimique est sous le contrôle des apports d'éléments nutritifs majeurs qui se font via les rivières, les eaux souterraines et l'atmosphère.

Au cours des dernières décennies cependant, ces apports naturels d'éléments nutritifs par les rivières ont considérablement augmenté comme une conséquence de divers facteurs, notamment l'utilisation massive d'engrais minéraux dans l'agriculture et l'accroissement des pressions urbaines le long des côtes (EEA, 2010). De ce fait, 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) (Redfield et al. 1963, Brzezinski 1985), va aboutir à des changements de dominance et des modifications d'abondance des espèces phytoplanctoniques (Officer 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 & Lancelot 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» (Billen & Lancelot 1991), 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 t.an⁻¹, 41.10^3 t.an⁻¹ et 270.10^3 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 des sites d'échantillonnage

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 (Brylinsky and 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).

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

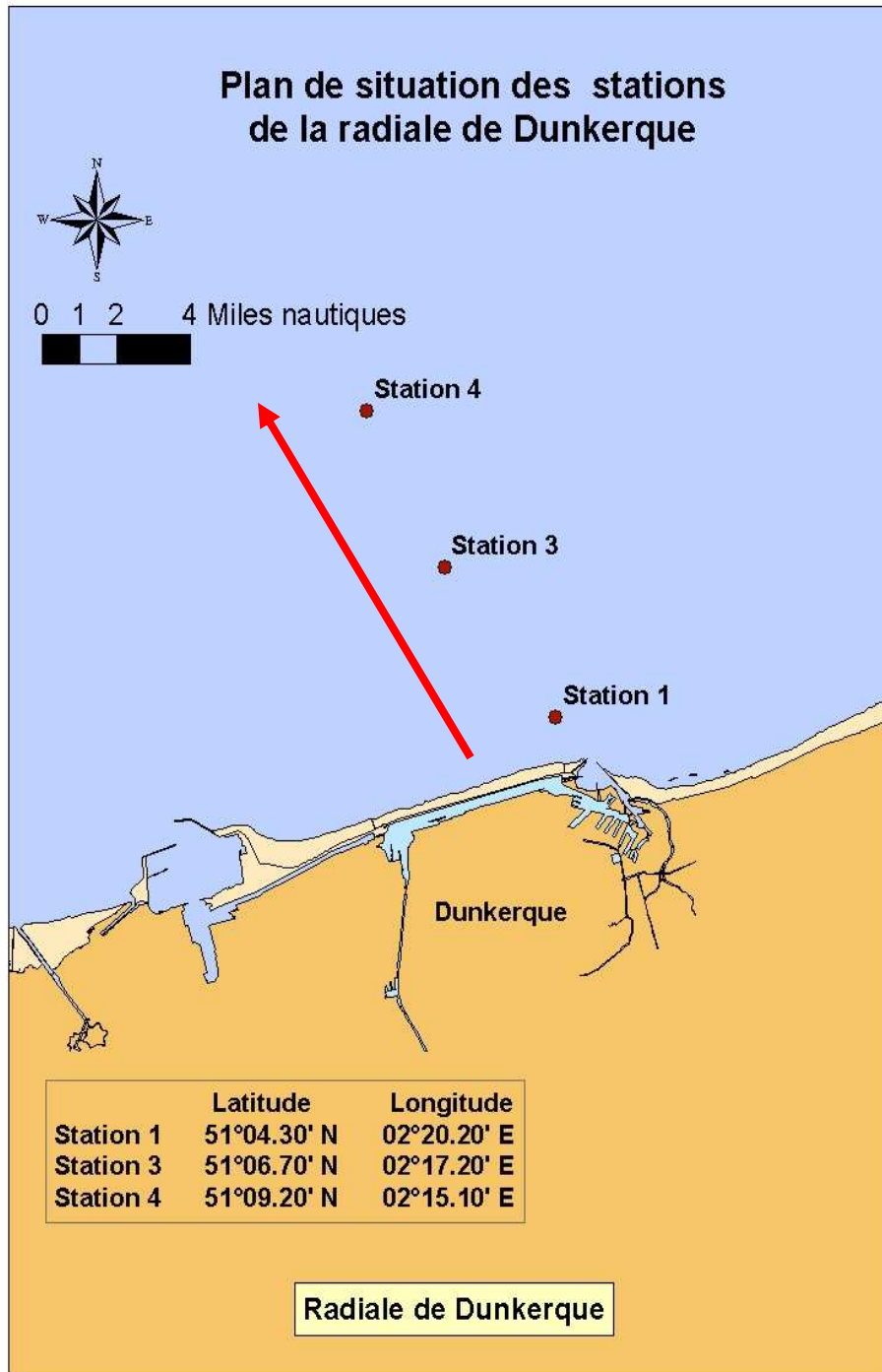


Figure 1. Localisation des points de prélèvements de la radiale de Dunkerque

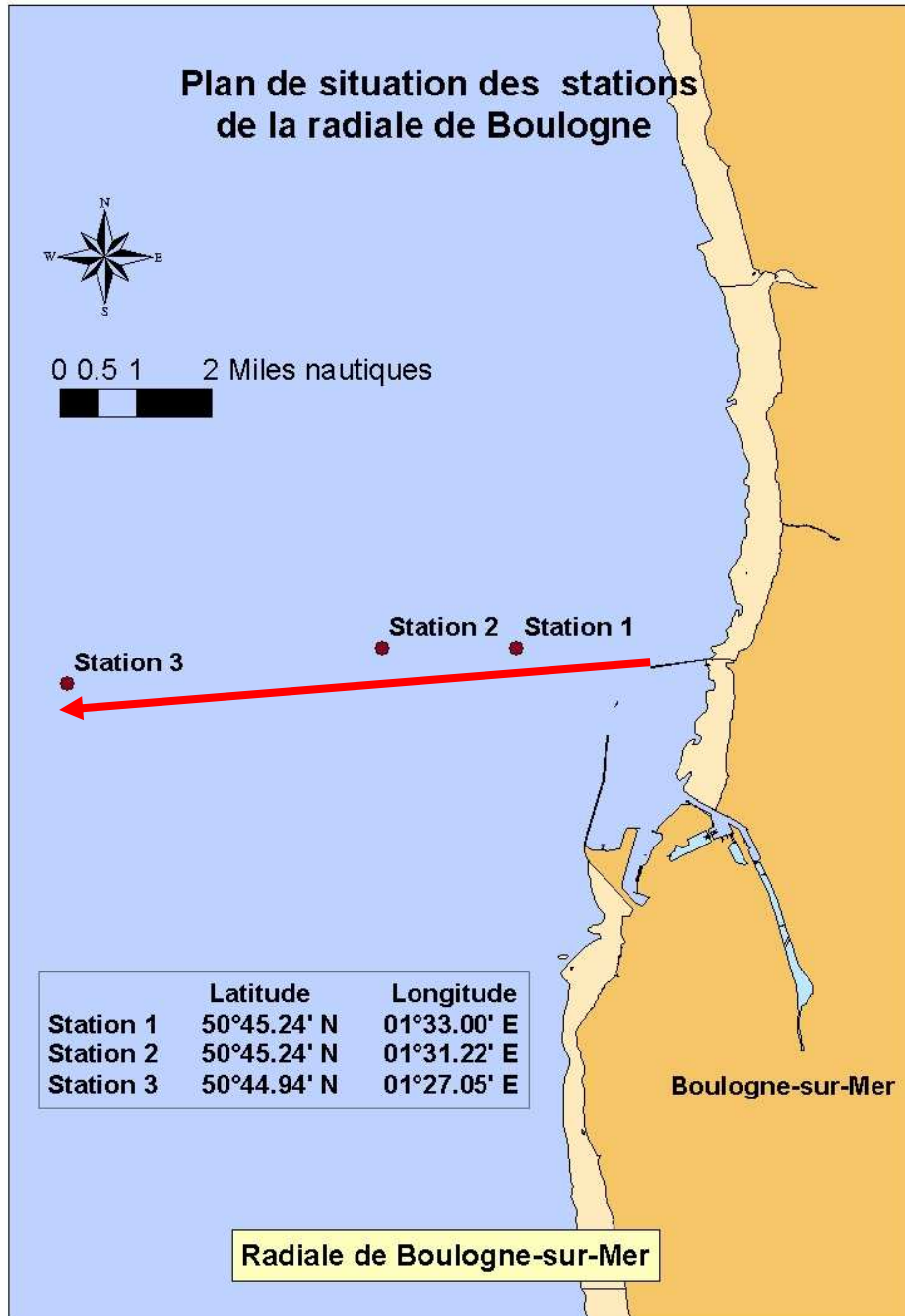


Figure 2. Localisation des points de prélèvements de la radiale de Boulogne-sur-Mer

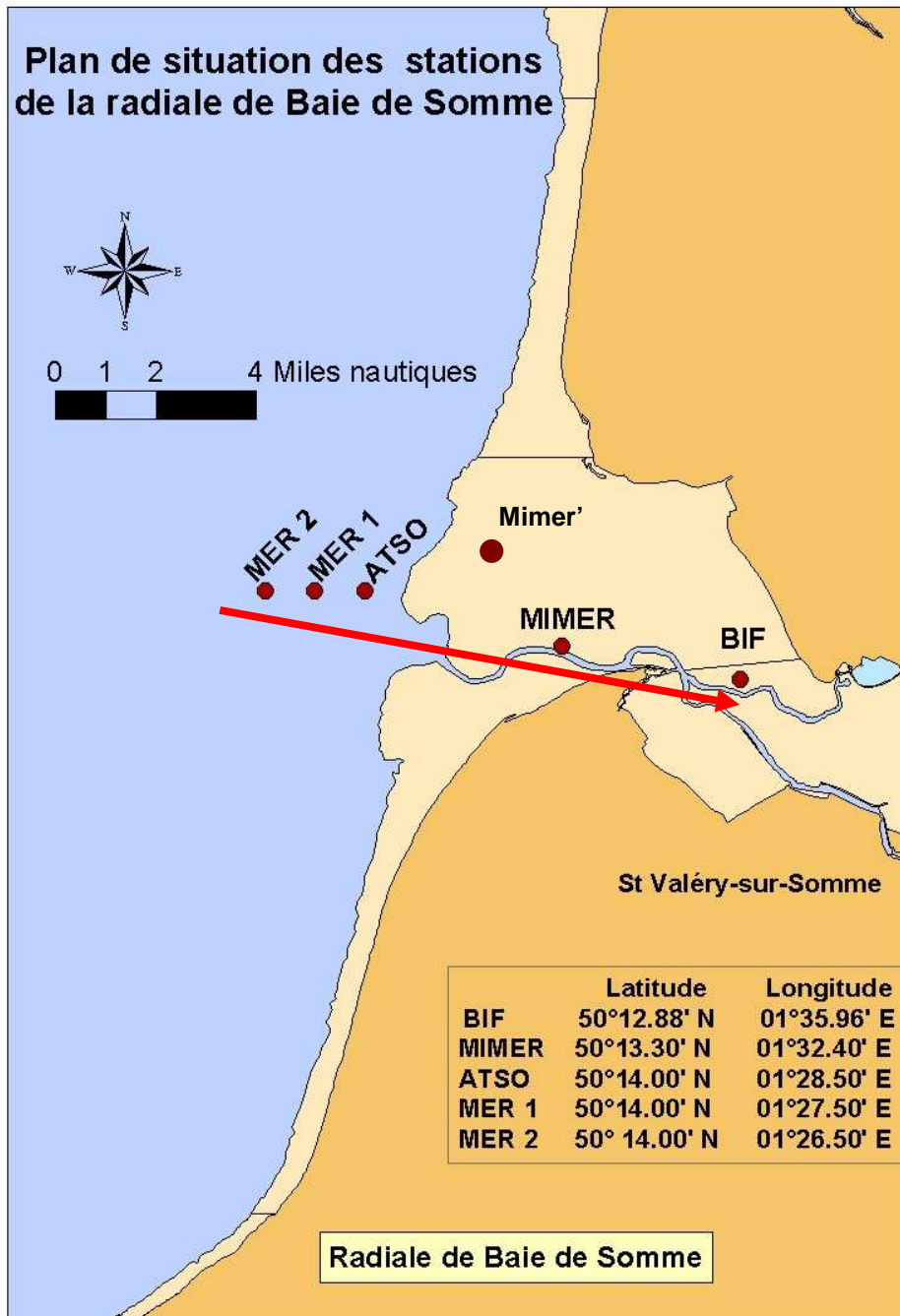


Figure 3. Localisation des points de prélèvements de la radiale de la Baie de Somme

2. Prélèvement et analyses

2.1. 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 2012, comme en 2011, certaines sorties ont pu être tronquées en raison de conditions météorologiques défavorables et/ou de problèmes techniques ou de disponibilité des moyens nautiques ; seule la station côtière (point de référence pour la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) et le réseau REPHY) est alors échantillonnée. Sur les 16 missions prévues initialement, le bilan pour cette année est le suivant (Annexe 1) :

- Pour la radiale de Dunkerque : 12 sorties ont pu être réalisées pour les trois points de prélèvement. Au cours de ces sorties, 12 prélèvements ont été effectués sur les points 1 et 4 et seulement 11 prélèvements au point 3
- Pour la radiale de Boulogne-sur-Mer : 17 sorties ont été réalisées pour les trois points de prélèvement,
- Pour la radiale de la Baie de Somme : 15 sorties ont pu être réalisées pour le point Atso et 13 aux points Bif, Mimer, Mer 1 et Mer 2.

Les méthodes d'analyse 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.

2.2. 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 comptages 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.

2.3. Paramètres physico-chimiques

2.3.1. Salinité et Température

La température est, avec la salinité, un des descripteurs de base pour la connaissance du milieu. La température influe sur l'activité biologique dont dépend la production totale et sur la répartition des espèces. En milieu océanique, la température, associée à la salinité, est mesurée pour calculer la masse volumique de l'eau nécessaire à la détermination de la stratification de verticale. La salinité représente le contenu en sels dissous d'une eau. La mesure de la salinité se fait par sonde conductimétrique couplée à une sonde de température. Le résultat est exprimé en Practical Salinity Unit (P.S.U.). L'UNESCO recommande l'utilisation de l'échelle de salinité comme un rapport sans préciser de dimension ou d'unité. Les notations p.p.t., ‰, g. kg⁻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, la plage de mesure se situe entre -5,0 et 99,9°C (précision ± 0,1°C).

2.3.2. Turbidité

La turbidité est un paramètre qui permet d'apprécier l'aspect visuel, c'est-à-dire le degré d'opacité ou de transparence d'une masse. La turbidité est le plus souvent le résultat des apports continentaux de matériels solides, de la remise en suspension des dépôts sédimentaires et aussi parfois de poussées phytoplanctoniques. De ce fait, elle est étroitement liée à la concentration en MES et influe sur la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau et donc sur la production primaire photosynthétique. La mesure de la turbidité se fait par néphélométrie et exprimée en Nephelometric Turbidity Unit (N.T.U.). Elle consiste à mesurer la quantité de lumière diffusée à 90° par rapport à la lumière incidente.

2.3.3. L'oxygène dissous

Le niveau d'oxygène est un bon indicateur de la capacité d'un milieu à supporter la vie. L'oxygène en milieu aqueux provient à la fois des processus physiques (échanges atmosphériques entre l'air et l'eau), chimiques, ainsi que de l'activité photosynthétique des plantes. Des chutes des niveaux d'oxygène peuvent cependant résulter du métabolisme des organismes aquatiques lié au processus de respiration, de la décomposition de la matière organique par les bactéries, ou encore de l'oxydation chimique de composés organiques et inorganiques. Sa mesure dans l'eau a été réalisée grâce à l'utilisation de la sonde YSI (voir § 1.4.3.2.4.)

2.4. Paramètres biogéochimiques

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

2.4.1. Ammonium

Dans l'eau, l'ammoniac existe sous deux principales formes : NH_3 et NH_4^+ . Au pH usuel l'ammonium (NH_4^+) reste cependant la forme la plus dominante. Le dosage de l'ammonium 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 concentration d'ammonium est exprimée en $\mu\text{mol/L}$. Le seuil de détection de l'appareil est de 0,15 $\mu\text{mol/L}$.

2.4.2. 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.

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

2.4.4. Phosphates

Les phosphates désignent l'ensemble des formes dissoutes de l'ion orthophosphate (PO_4^{3-}). Leur dosage s'effectue 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 concentration en phosphate est exprimée en $\mu\text{mol/L}$. Le seuil de détection est de $0,05 \mu\text{mol/L}$.

2.4.5. Silicate

Le terme silicate désigne les formes dissoutes de l'ion orthosilicates SiO_4 . Dans l'eau de mer, la forme majoritaire est l'acide orthosilicique, Si(OH)_4 , forme sous laquelle est exprimé le silicate dissous. Le dosage de cet élément 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 concentration en silicate est exprimée en $\mu\text{mol/L}$. Le seuil de détection est de $0,1 \mu\text{mol/L}$.

2.4.6. Matières En Suspension (M.E.S.)

Dans l'eau, il existe des quantités plus ou moins importantes de particules insolubles présentes en suspension. L'importance de ces matières en suspension (MES) dans un milieu affecte la transparence de l'eau ainsi que la biologie. La filtration d'un 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 .

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

C'est la fraction organique de la matière particulaire en suspension. Elle est exprimée en mg/L . Pour obtenir sa mesure, 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.

2.5. Paramètres biologiques

2.5.1. Chlorophylle *a* et phéopigments

La mesure de la concentration en chlorophylle-*a* constitue une estimation simple et spécifique de la biomasse du phytoplancton. Les produits de dégradation de la chlorophylle *a* dans l'eau sont les phéopigments, également utilisés comme indicateurs de la quantité phytoplanctonique présente. Les concentrations en chlorophylle *a* et en phéopigment sont mesurées grâce à la méthode de Lorenzen (1966).

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 pendant 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 de la chlorophylle *a* et des phéopigments 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.

2.5.2. Phytoplancton

2.5.2.1. Observation en microscopie inversée

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

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

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

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

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

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

Pour la lecture, lorsqu'aucune espèce n'est à priori véritablement dominante, la cuve est parcourue entièrement. Dans le cas où une ou plusieurs espèces apparaîtraient très dominantes, un 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).

2.5.2.2. Lecture des graphes

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

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

La **composition** est représentée par des graphes par taxon sur l'année (n-1). La dominance des taxons est estimée en fonction de l'importance qu'occupe le taxon dans l'échantillon. On calcule la

proportion du taxon dans l'échantillon par rapport à l'abondance totale, puis la somme des proportions d'un taxon a été calculée sur l'ensemble des échantillons de l'année. Le taxon a un score d'autant plus élevé qu'il est souvent présent et qu'il atteint des concentrations élevées.

2.5.2.3. 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.

2.5.2.4. 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 dans le tableau ci-dessous. La concentration en 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
Température	Degrés Celsius (°C)	-5°C à +45°C	0,01 °C	± 0,15 °C
Conductivité	mS / cm	0 à 100 mS/cm	0,001 à 0,1 mS/cm	± 0,5 % de la lecture +0,001 mS/cm
Salinité		0 à 70	0,01	± 1 % de la lecture ou 0,1
Oxygène dissous	% saturation	0 à 500 %	0,1 %	0 à 200% : ± 2 % de la lecture 200 à 500% : ± 6 % de la lecture
Oxygène dissous	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
pH	Unités de pH	0 à 14 unités	0,01 unités	± 0,2 unités
Turbidité	N.T.U.	0 à 1000 N.T.U.	0,1 N.T.U.	± 5 % de la lecture ou 2 N.T.U.
Chlorophylle	µg / L	0 à 400 µg/L	0,1 µg/L	
Profondeurs	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

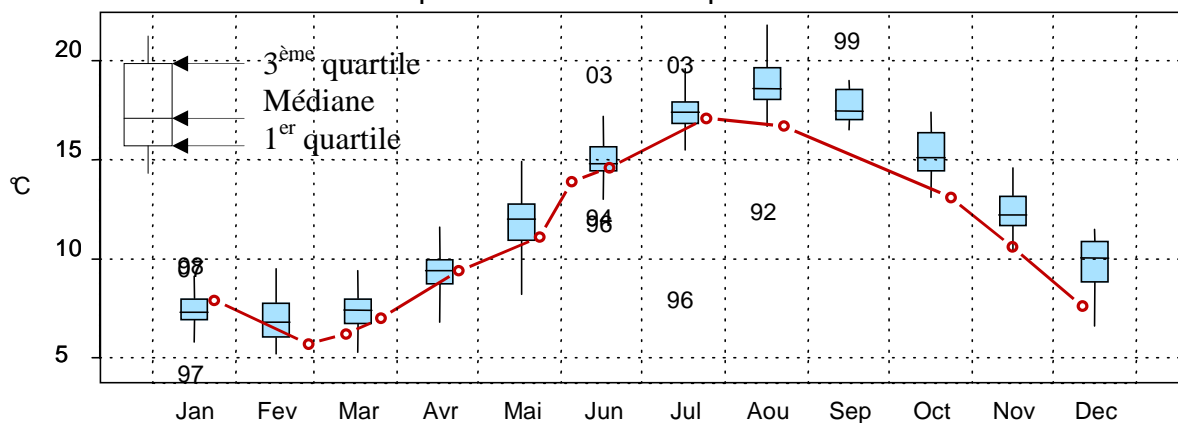
2.5.2.5. Interprétation des figures

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 (1992-2012 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 un outliers du chiffre de l'année au cours de laquelle le phénomène s'est produit (exemple : au mois d'août 1992, la valeur de la température fut exceptionnellement basse au point 3 (Boulogne-sur-Mer). L'évolution du paramètre lors de l'année N (2012, dans cet exemple) est superposée à la série moyenne et est représentée par la courbe rouge.

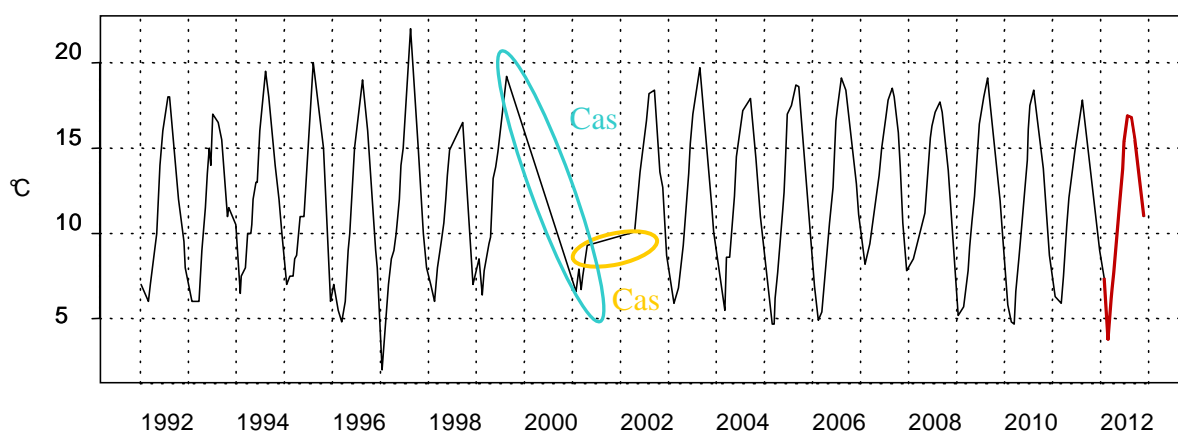
002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2012

Boxplots calculés sur la période :

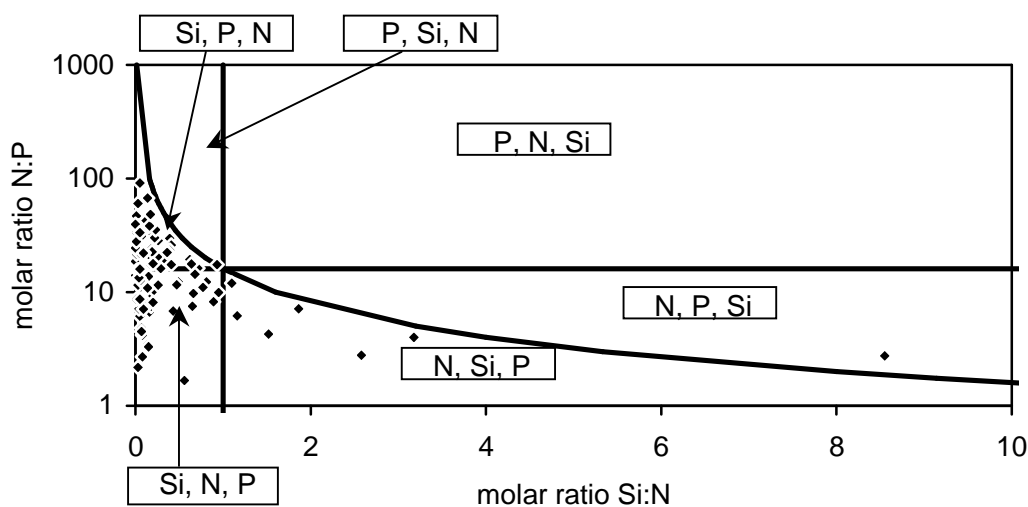


Le deuxième type de graphique illustre l'évolution à long terme du paramètre considéré, ce de 1992 à 2012. Les valeurs de l'année étudiée sont figurées en rouge à la fin de la série temporelle. Attention : En cas d'absence de données sur une période, les points sont reliés par interpolation linéaire, ce qui peut conduire à une interprétation erronée de l'évolution du cycle à long terme (exemples : cas 1 → forte chute due à l'absence de données entre le début de l'hiver 1999 et le milieu de l'hiver 2001, et cas 2 → période apparemment stable en raison de l'absence de données du printemps 2001 au printemps 2002).

001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque -



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). Le graphique 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.



Il est à noter que 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.

D'après cette composition élémentaire, le rapport N/P (16/1) dans le phytoplancton vaut 16 et le rapport Si/N (16/16) quant à lui, serait égal à 1. Dans l'eau de mer, le rapport molaire entre l'azote et le phosphore reste approximativement le même que dans le phytoplancton, ce qui optimise la croissance des algues. Il en découle donc les observations suivantes : 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.

Pour certains paramètres, les caractéristiques de tendance centrale et de dispersion sur la période 1992-2012 sont synthétisées dans un tableau. Les abréviations utilisées sont les suivantes :

Min : minimum

Q1 : premier quartile

Med : médiane

Moy : moyenne

Q3 : troisième quartile

Max : maximum

n : nombre de données

sd : écart-type

3. Résultats

3.1. Paramètres hydrologiques

3.1.1. Dunkerque

Températures

Tableau 2. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) :
Les valeurs sont obtenues pour les différents points de la radiale de Dunkerque sur la période 1992-2012

	Min	Q1	Med	Moy	Q3	Max	n	sd
DK1	1,00	8,00	11,50	11,96	16,00	21,70	268	4,57
DK3	1,50	7,80	11,00	11,61	15,33	20,00	220	4,40
DK4	2,00	7,975	11,050	11,66	15,29	22,00	212	4,36

Les courbes des températures moyennes mensuelles indiquent une dynamique classique pour l'ensemble des points d'échantillonnage (Figures 4, 5 et 6). De faibles valeurs de températures sont observées en début (de janvier à mars) et fin de cycle (novembre à décembre) tandis que les plus fortes valeurs sont observées en été (juillet-août). Sur l'ensemble de la série, la température du mois de janvier pour l'année 1997 reste particulièrement basse sur les trois points.

Au cours de l'année 2012, les minima de températures sont enregistrés pendant le mois de février (avec 3,7 °C à 3,8 °C du point côtier au point du large, 1 à 4). A partir du mois de mars, la température va augmenter pour atteindre son maximum au mois d'août (18,1 °C à 16,9 °C des points 1 à 4) (Annexe 2). Lorsqu'on compare la série obtenue en 2012 avec celle depuis 1992, on peut remarquer que les températures de l'année 2012 sont particulièrement faibles. La courbe des anomalies montre des valeurs majoritairement négatives indiquant que les températures en 2012 étaient plus basses que la médiane de la série.

Sur l'ensemble de la radiale, il existe un faible gradient de température entre la côte et le large. Le gradient est négatif ou proche de zéro négativement au printemps et en été (eaux côtières sont plus chaudes) et devient positif en hiver. Ce gradient varie globalement de -1 °C à 0,7 °C.

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

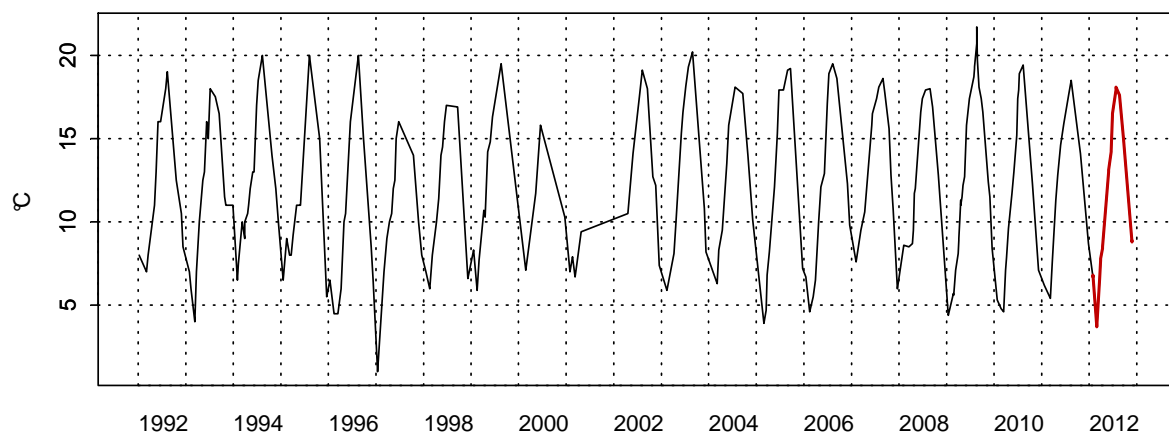
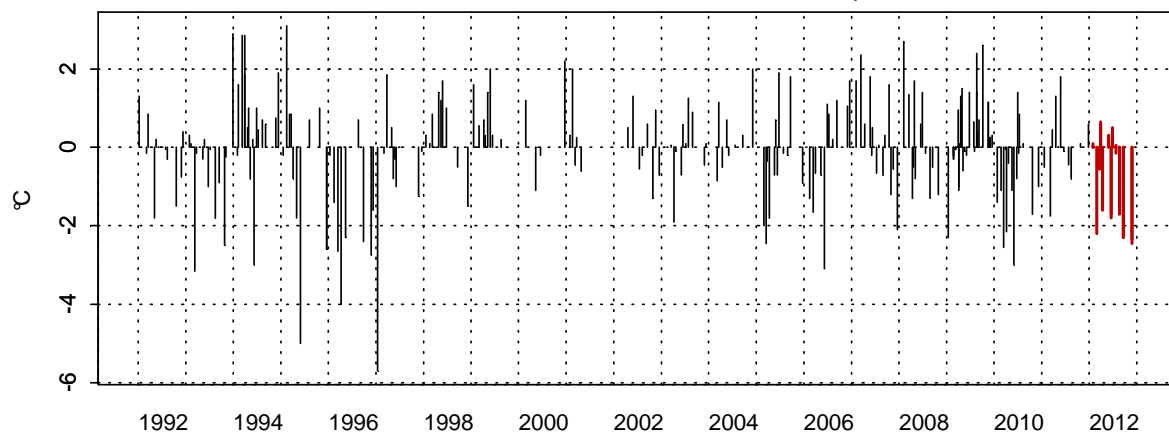
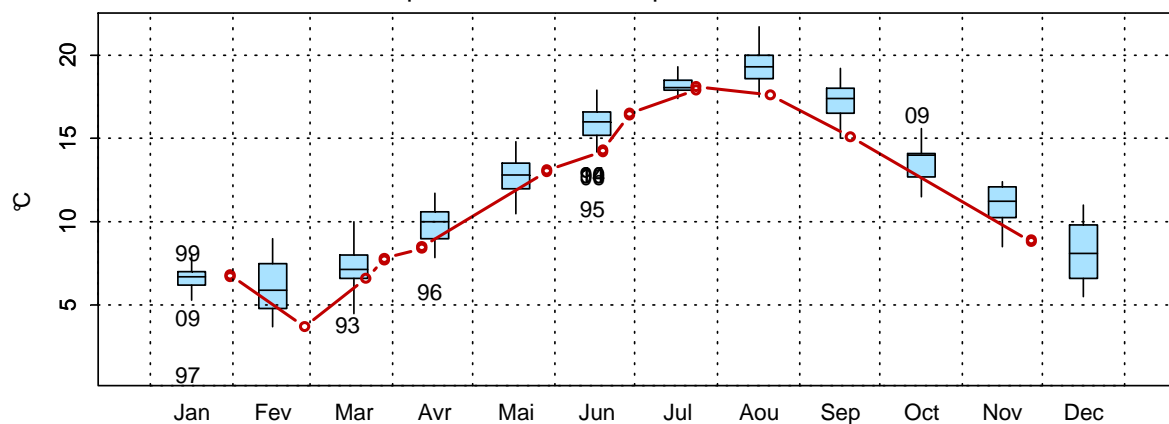
001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Anomalies Température
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2012 Température
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

Figure 4. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque (1992-2012)

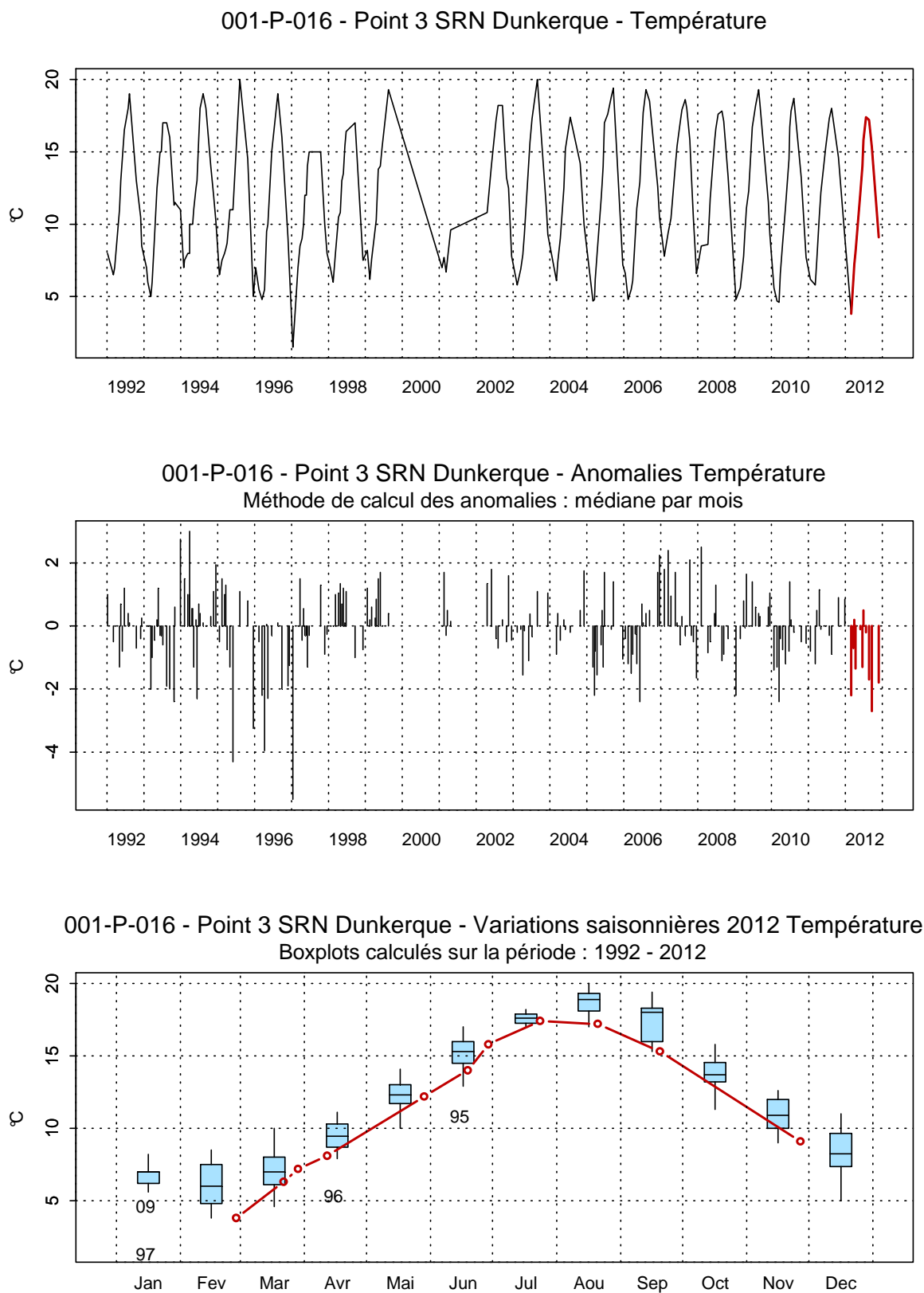


Figure 5. Évolution de la dynamique pluriannuelle, des anomalies et des paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque (1992-2012)

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

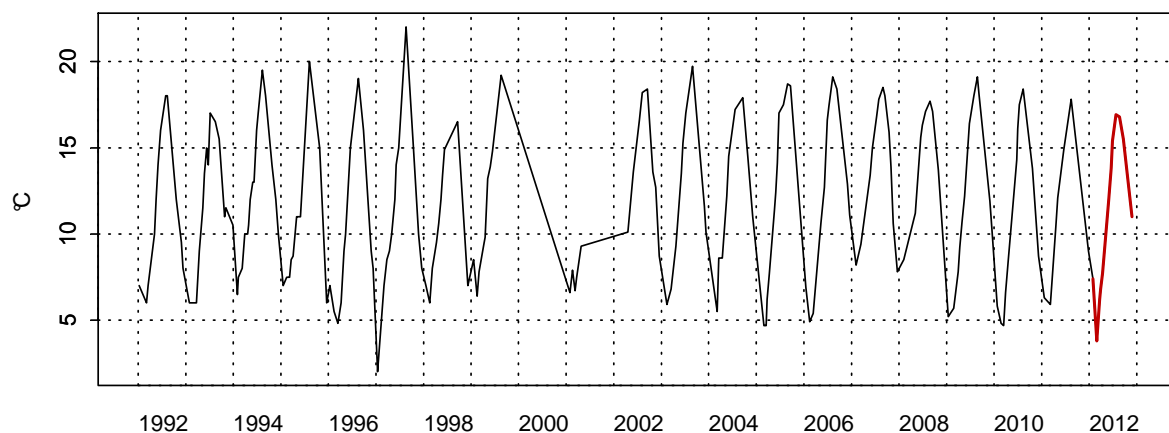
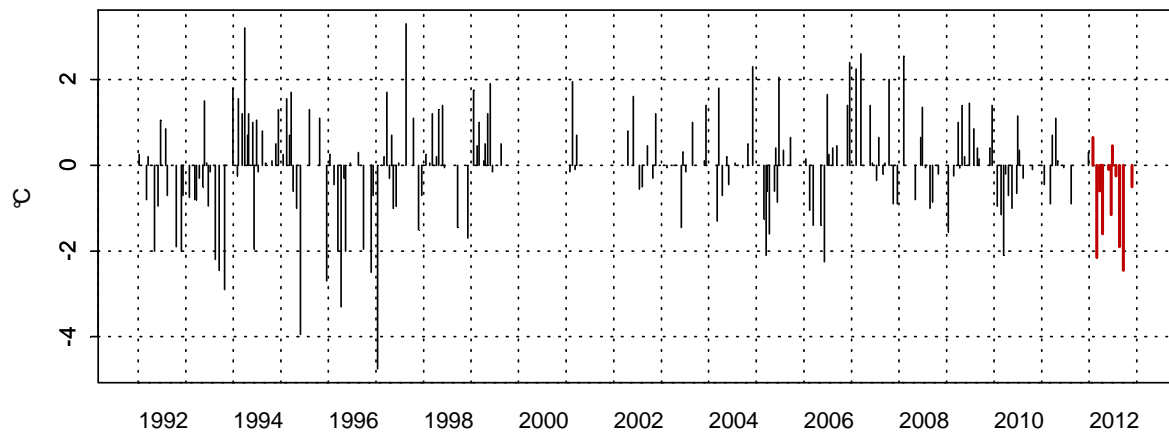
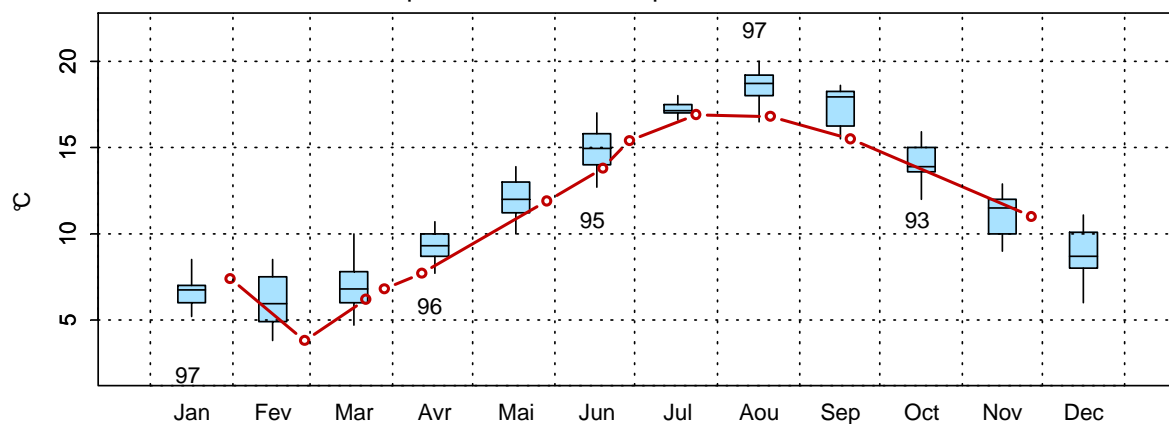
001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Anomalies Température
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2012 Température
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

Figure 6. Évolution de la dynamique pluriannuelle des anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque (1992-2012)

Salinité

La salinité est conforme aux valeurs fréquemment observées et est caractéristique d'un système marin côtier (Figure 7). Elle est comprise entre 33,7 et 35,3 au point 1 ; entre 34,2 et 35,4 au point 3 puis entre 34,4 et 35,5 au point 4. La dynamique saisonnière est marquée par des fluctuations importantes tout au long de l'année. En moyenne, la salinité est plus basse au point le plus proche de la côte pendant l'hiver et le printemps et particulièrement basse au mois de février. Le gradient côte-large qui semble s'établir reste positif et compris entre 0 et 1 indiquant des eaux plus salées au large, excepté au mois de juillet ou celui-ci est négatif (-0,3 ; eaux côtières plus salées). On observe à cette période des salinités exceptionnellement basses au large. Le système est très peu influencé par les apports d'eaux douces, ce qui explique la faible variation saisonnière de ce paramètre.

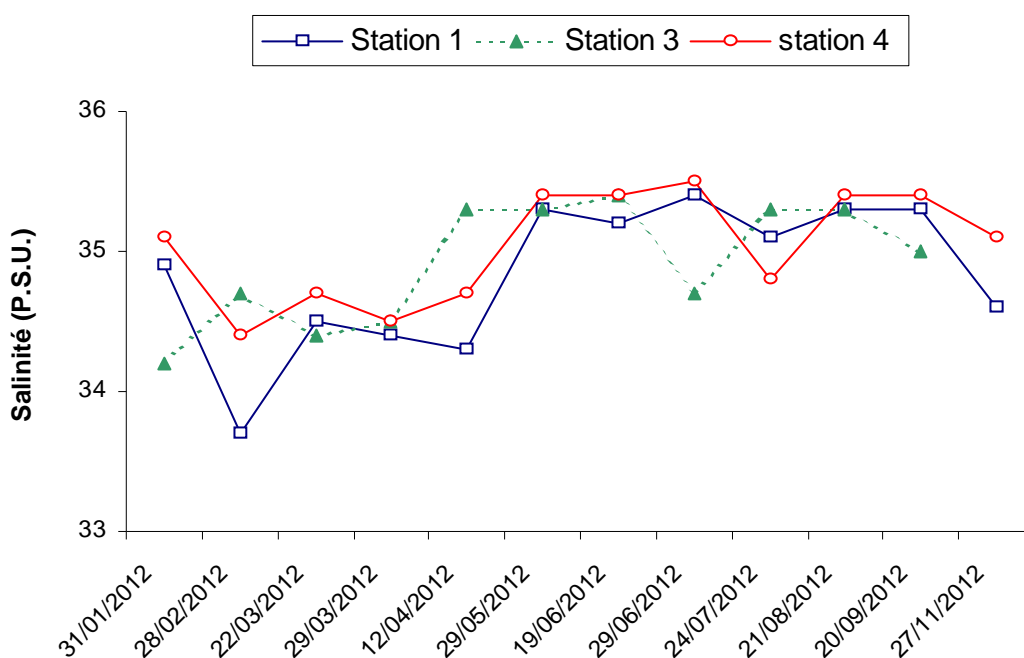


Figure 7. Évolution temporelle de la salinité (P.S.U.) sur la radiale de Dunkerque en 2012

Cependant, 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.

Turbidités et Matières en suspension

La dynamique saisonnière de la turbidité est comparable à celle des matières en suspension (M.E.S., Figures 8 et 9). De façon générale, sur l'ensemble des stations, les valeurs de turbidité et des matières en suspension présentent des maxima pendant les périodes hivernale et automnale tandis que le minimum est atteint en été. La turbidité maximale au point 1 est de 11,8 NTU en janvier. Elle est de 8,59 NTU au point 3 et de 5,83 NTU au point 4 en janvier et mars respectivement. Les valeurs de turbidité sont minimales en mai pour les stations 1 et 3 et en juin la station 4 la plus au large des côtes.

Pour les MES, les valeurs maximales sont de 38,1 mg/L en août au point 1; 37,2 mg/L en janvier au point 3 et 28,9 mg/L en février au point 4. Les minima de 1,9 mg/L sont observés en mai au point 1 alors qu'ils sont de 1,1 mg/L, 0,9 mg/L en juin aux points 3 et 4 respectivement. Il arrive souvent que certaines valeurs soit observées en dehors du schéma classique de la dynamique annuelle telle qu'observée ici. Ces épisodes isolés apparaissent comme des valeurs extrêmes sur les différents graphiques. Cela s'explique par la réponse du milieu aux conditions courantologiques et/ou

météorologiques à des échelles de temps qui restent inférieures à celles de la fréquence d'échantillonnage du SRN.

Les différences de turbidité et de M.E.S. entre la côte et le large sont comprises respectivement entre -9,52 et -0,38 N.T.U. et entre -16,2 mg/L et -0,9 mg/L indiquant que les eaux de côte sont plus turbides que celles du large sur la radiale.

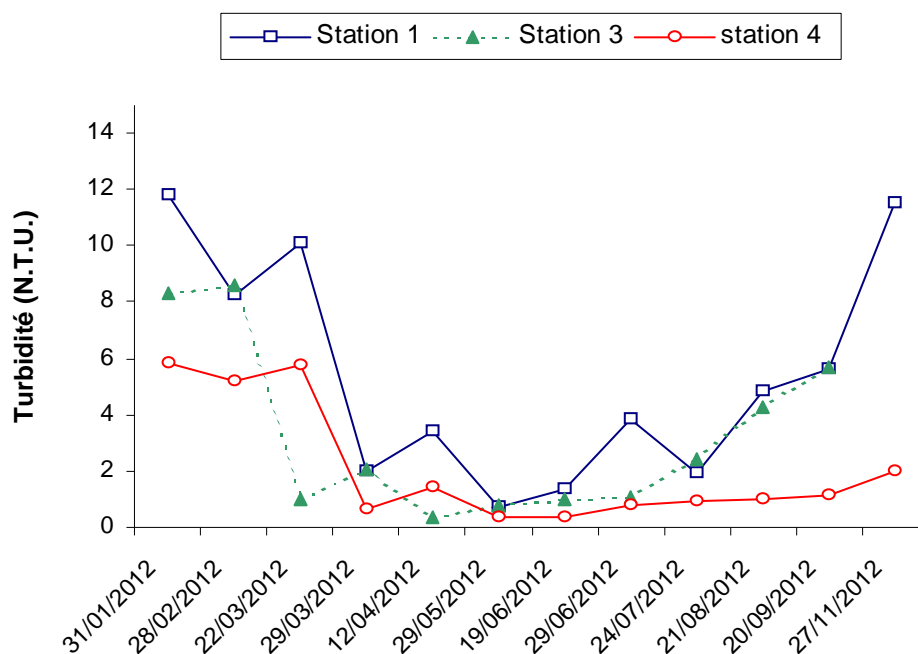


Figure 8. Évolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de Dunkerque en 2011

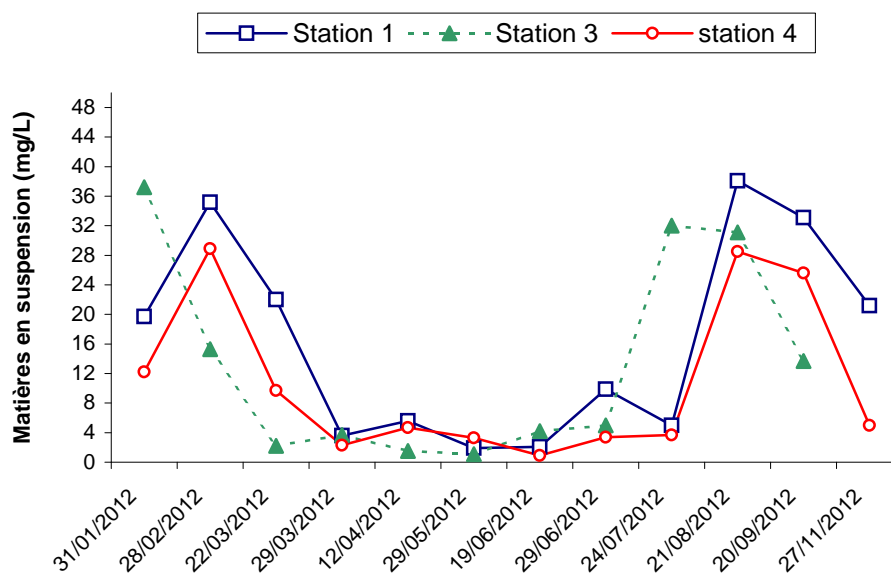


Figure 9. Évolution temporelle des matières en suspension (mg/L) sur la radiale de Dunkerque en 2012

Matières organiques

L'évolution au cours de l'année des concentrations en matière organique (M.O.) est marquée par une nette augmentation au printemps et en été (plus particulièrement pour les points 3 et 4 qui affichent les pourcentages les plus élevés). Les maxima de 100 % et de 81,82 % sont observés en juin aux points 3 et 4 et seulement 63,16 % au point 1. Les minima quant à eux varient entre 8,96 ; 10,22 et 24 % en novembre aux points 1, 3 et 4 respectivement : les concentrations sont faibles sur tout le reste de l'année et présentent de faibles fluctuations avoisinant les 20 %. La station côtière présente des taux plus faibles alors que le gradient côte-large varie de - 0,7 à 0,6.

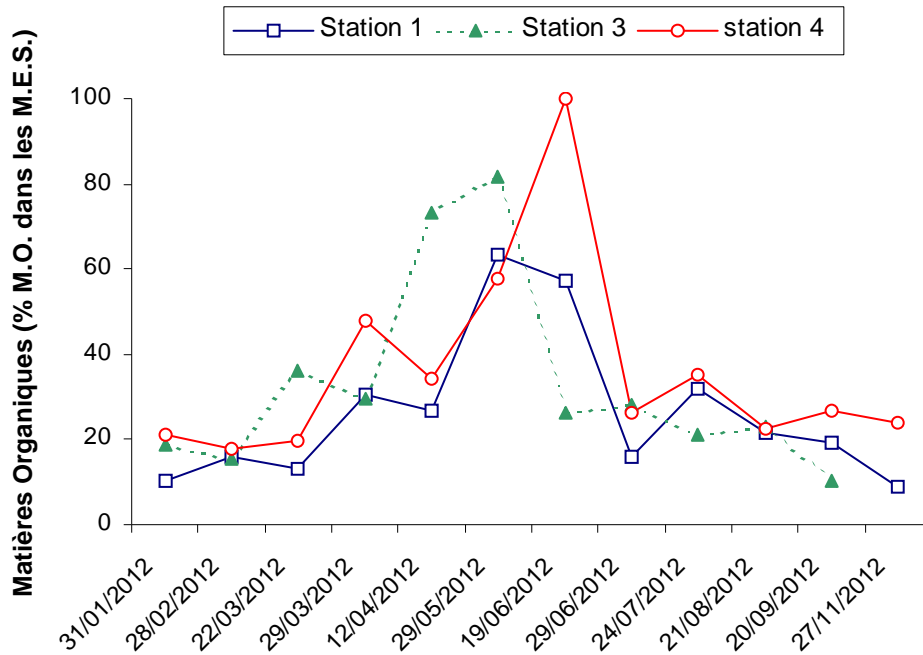


Figure 10. Évolution temporelle de la teneur en matière organique (%) dans les matières en suspension sur la radiale de Dunkerque en 2011

Chlorophylle a

Tableau 3. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle a (mg/m^3) pour les différents points de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2012

	Min	Q1	Med	Moy	Q3	max	sd	n
DK1	0,24	2,5	4,87	7,323	8,92	51,7	7,7	265
DK3	0,26	2,1	3,6	5,717	7,3	31	5,61	237
DK4	0,05	1,54	2,7	4,073	4,76	29,2	4,11	229

L'évolution de la concentration en chlorophylle a suit la tendance observée depuis 1992. La chlorophylle a est un indicateur de biomasse du phytoplancton. Son dosage permet de mettre en évidence les efflorescences sous la forme de blooms printaniers. On peut noter que sur l'ensemble de la radiale, les blooms sont initiés en mars pour atteindre leurs pics les plus élevés en avril. Cet épisode de floraison algale correspond généralement au développement de l'espèce *Phaeocystis globosa* (Figures 11, 12 et 13). Un bloom faiblement marqué se produit également au mois de septembre sur l'ensemble des points (Annexe 2).

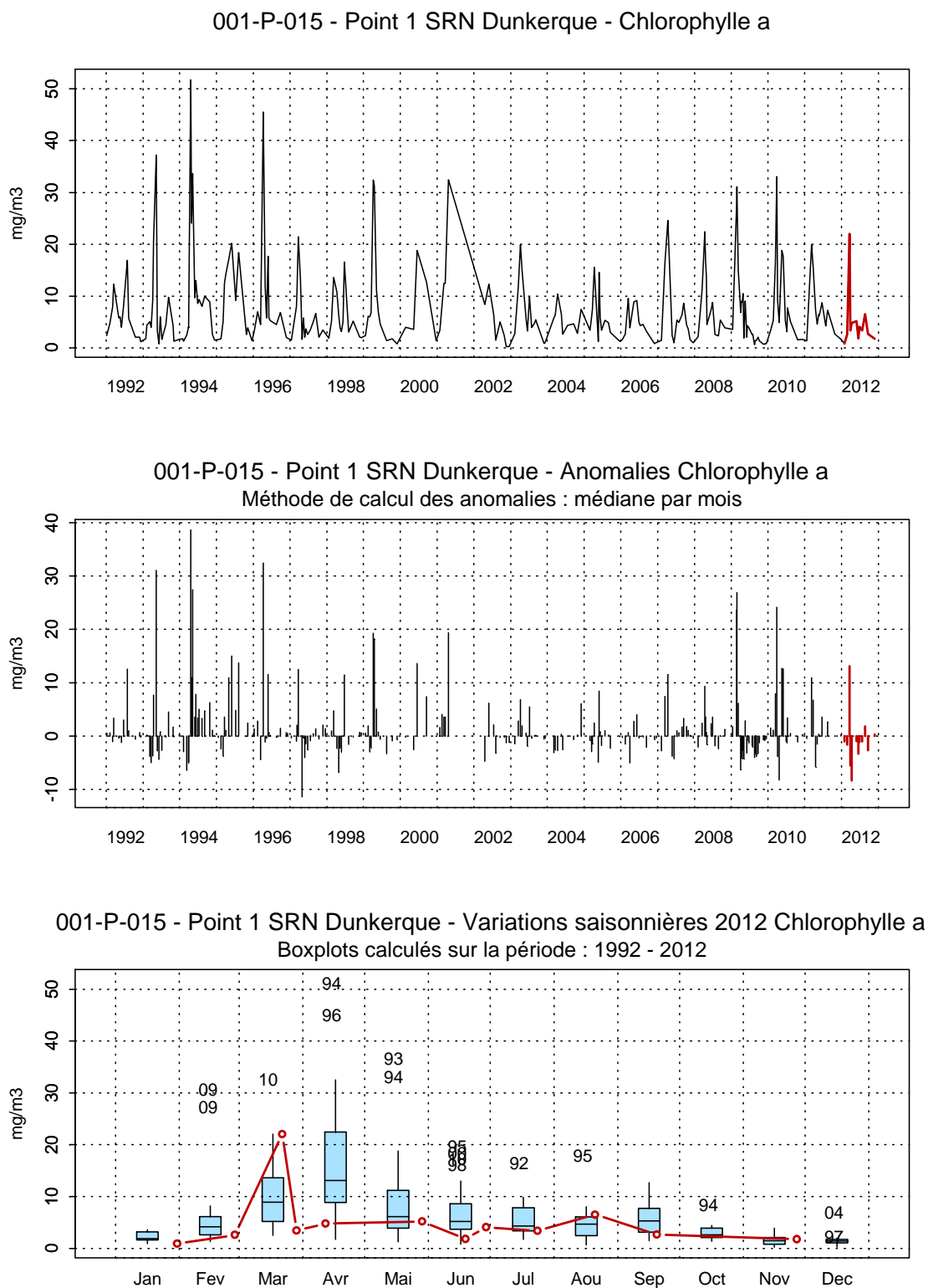


Figure 11. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m^3) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2012

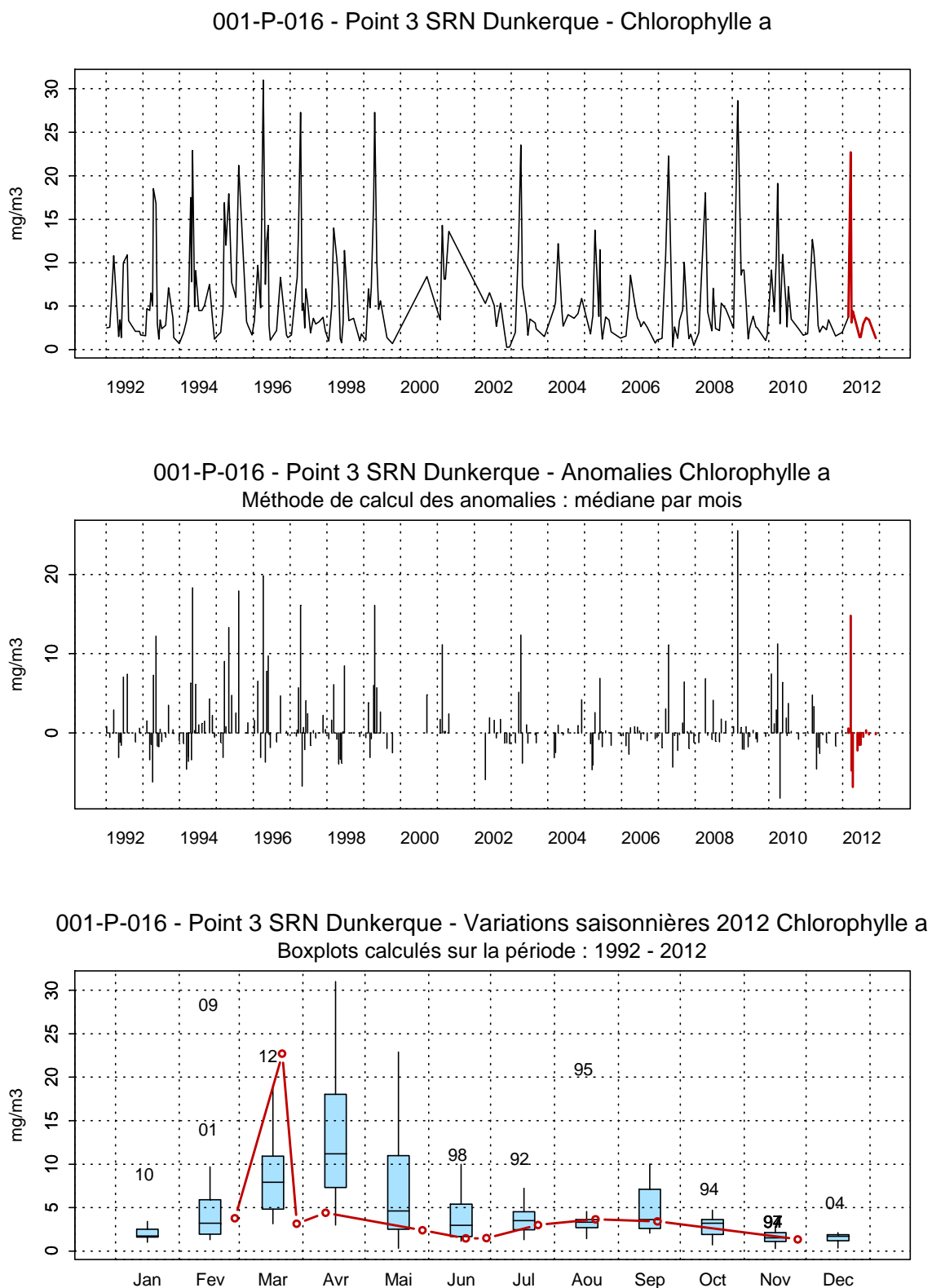
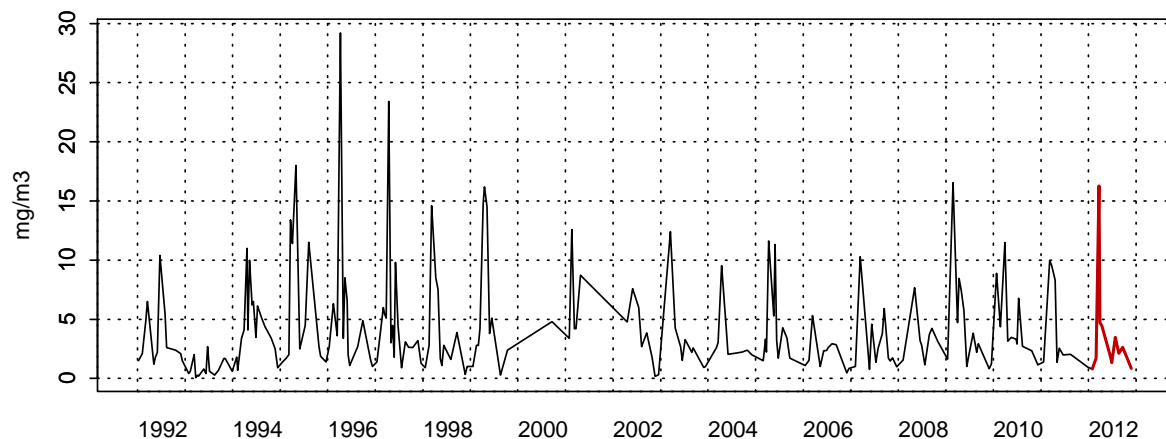
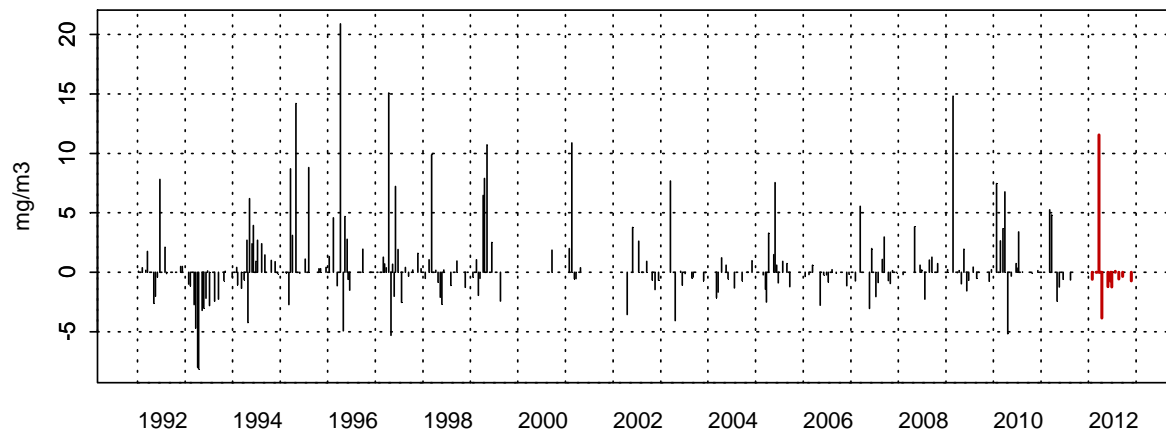


Figure 12. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m^3) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2012

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



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



001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2012 Chlorophylle a
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

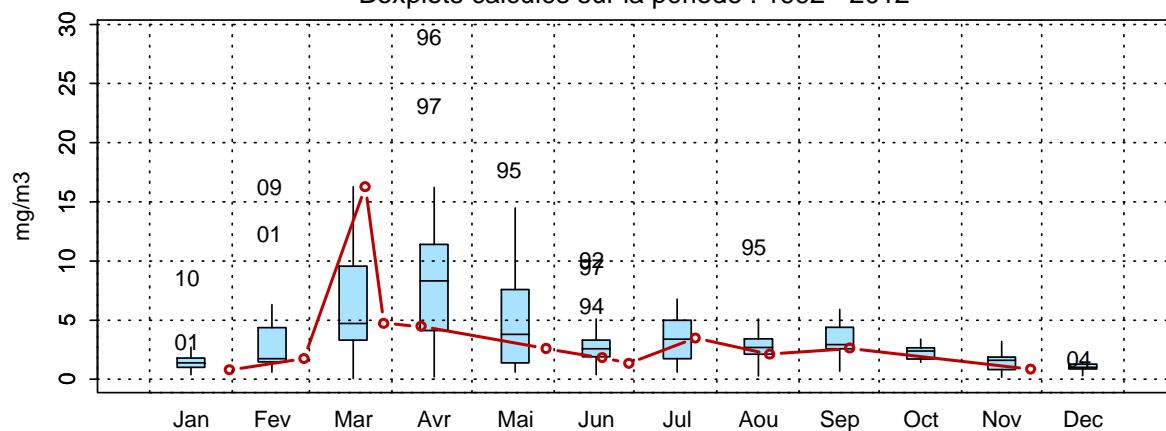


Figure 13. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m³) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2012

Ammonium

Le cycle moyen saisonnier de l'azote ammoniacal présente de faibles variations sur l'ensemble des points. Il existe cependant des valeurs relativement basses en été et des valeurs relativement fortes en hiver. La dynamique pluriannuelle de 1992 à 2012 laisse apparaître des fluctuations plus ou moins importantes. En effet, il semble que les valeurs de l'ammonium entre 1992 et 2002 sont plus fortes en moyenne que celles de 2003 à 2012 comme en témoignent les anomalies positives et négatives entre les deux périodes. Des valeurs exceptionnellement fortes apparaissent en juin 1992 et 1997 pour le point 1 et en mai 1999 pour les points 3 et 4 (Figures 14, 15, 16). Les valeurs pour l'année 2012 restent globalement inférieures à la moyenne générale depuis 1992. Le gradient côte-large est compris entre -3,27 et -0,25 $\mu\text{mol/L}$ indiquant que les concentrations à la côte sont plus importantes.

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

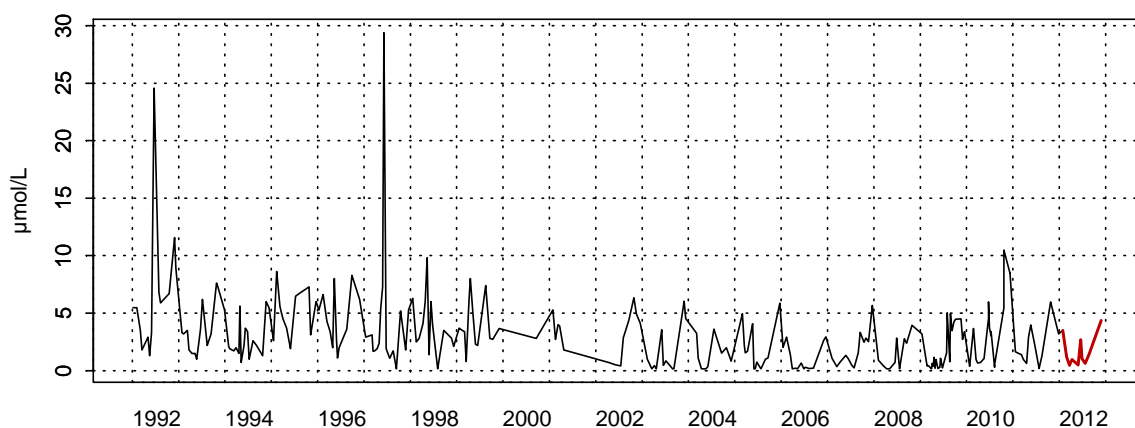
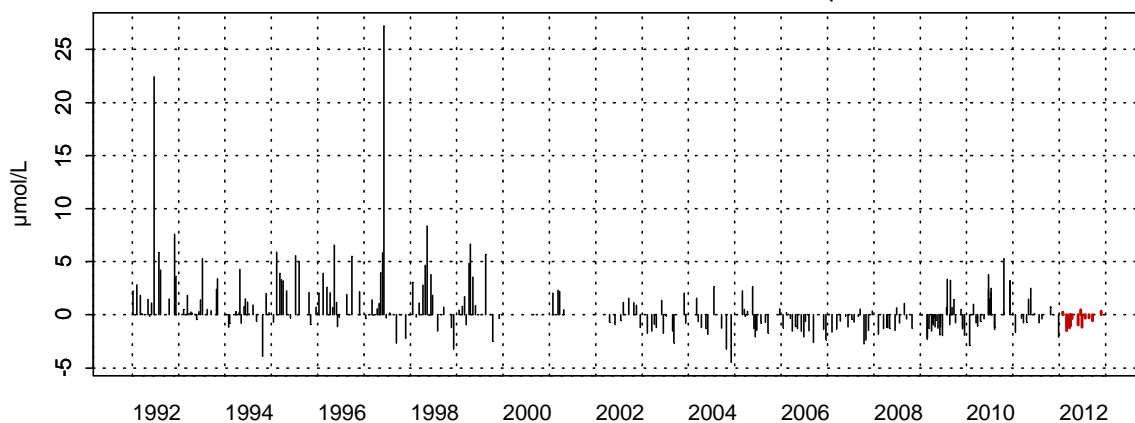
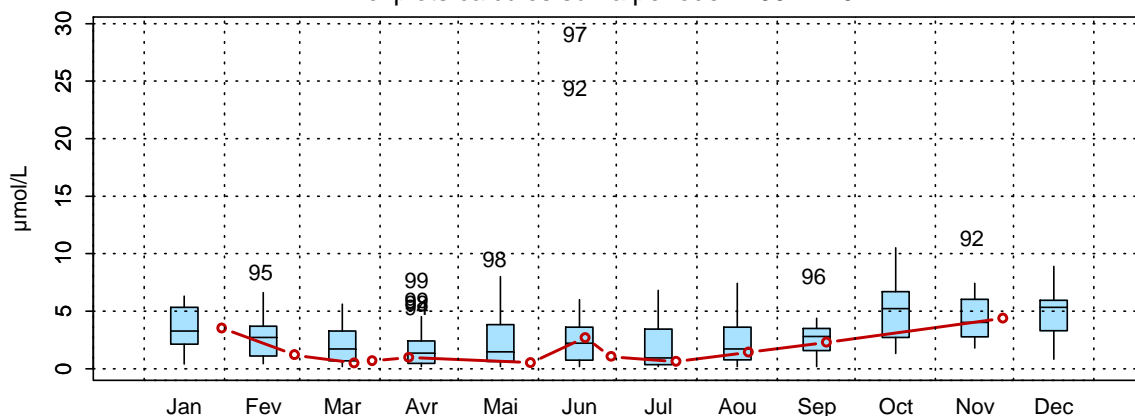
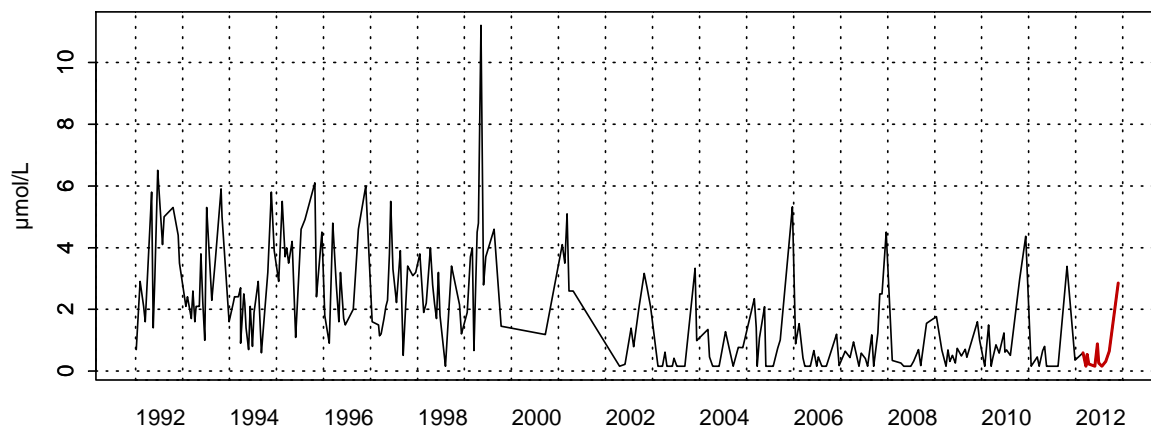
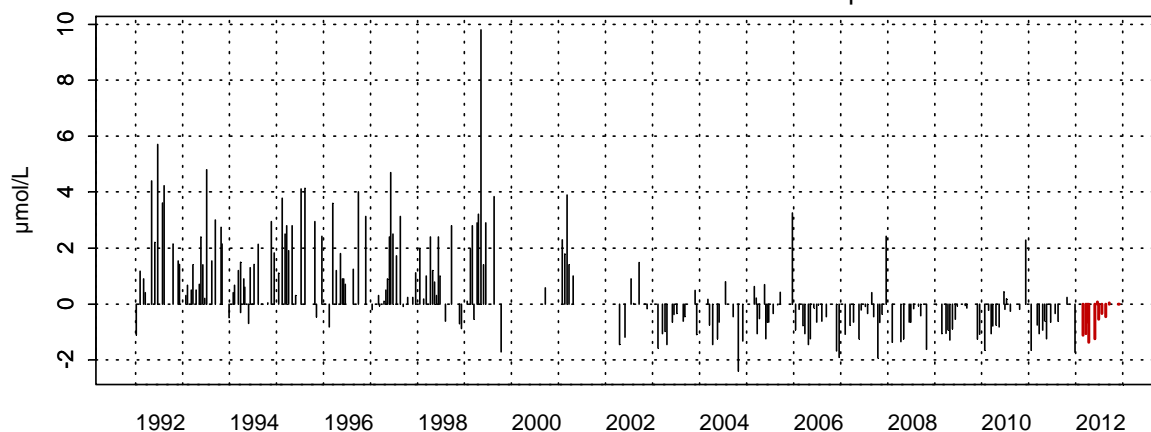
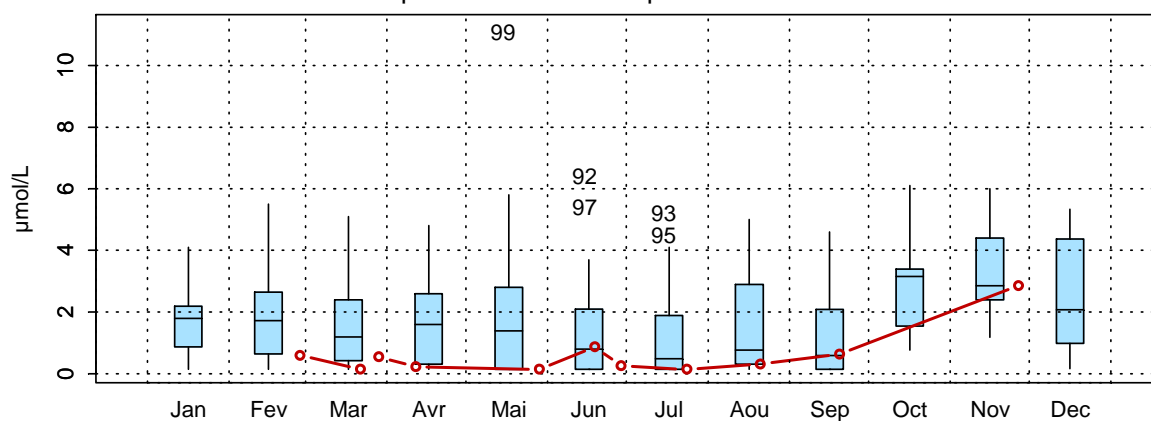
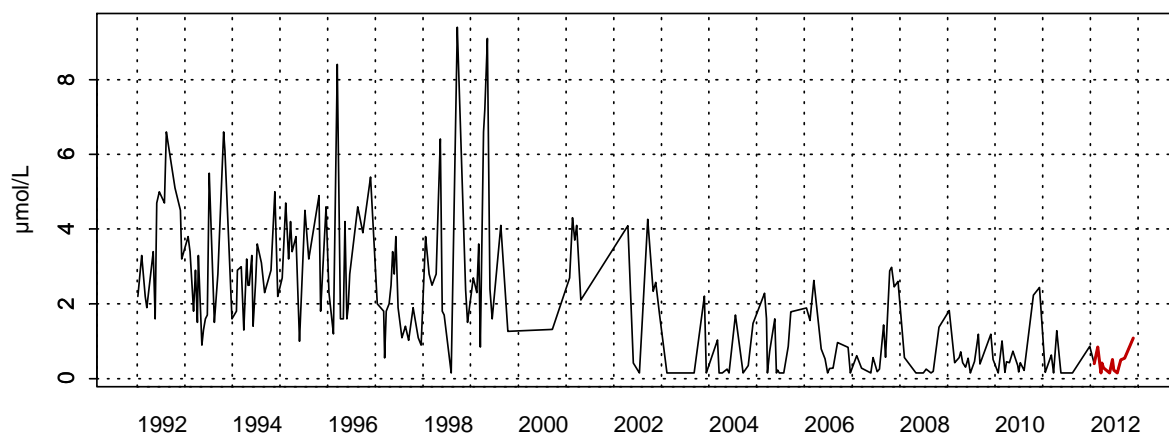
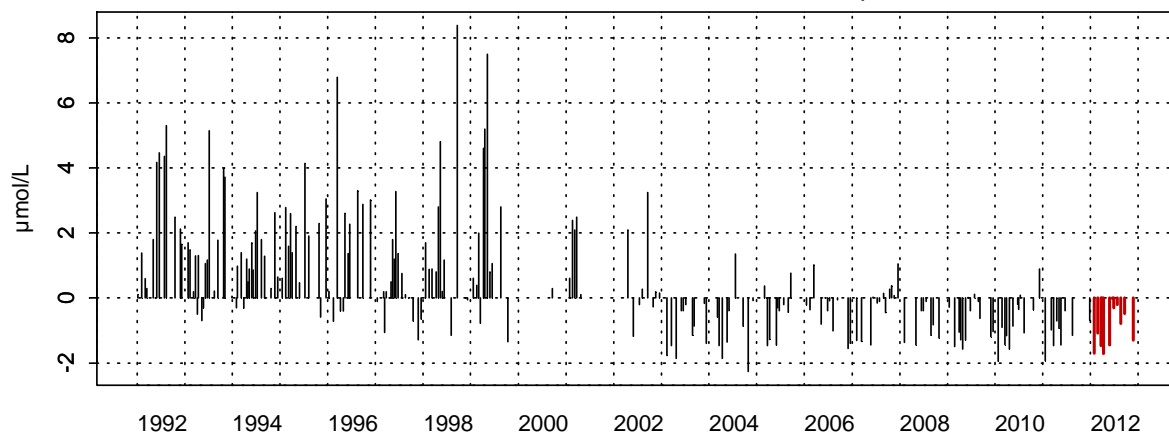
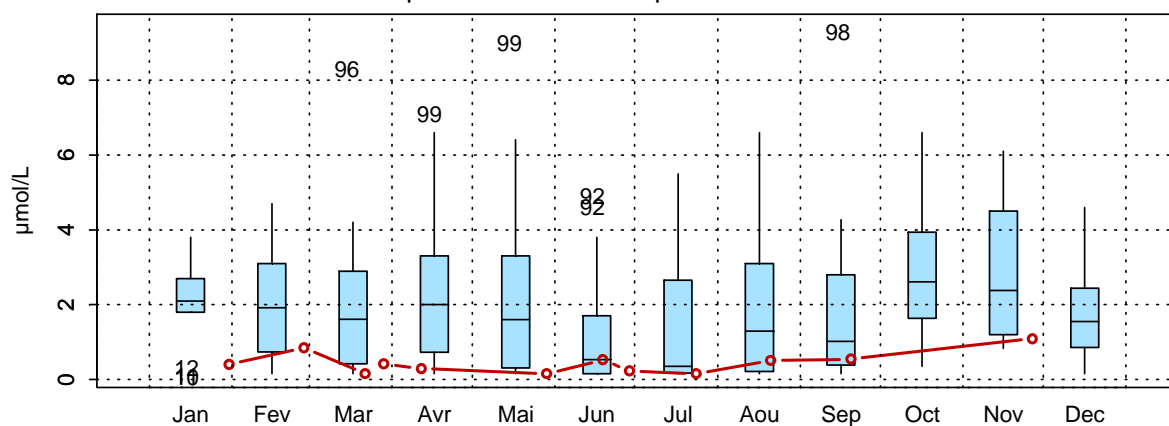
001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Anomalies Azote ammoniacal
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2012 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

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 1992-2012

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

001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Anomalies Azote ammoniacal
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2012 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012Figure 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 1992-2012

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

001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Anomalies Azote ammoniacal
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2012 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012Figure 16. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2012

Nitrites

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

Toutefois, la courbe de l'évolution saisonnière moyenne des nitrites présentent de plus fortes concentrations en période automnale et hivernale contrairement au printemps et en été où les teneurs sont en moyenne très faibles.

En 2012, les variations saisonnières sont similaires à celles observées depuis 1992 et présente une forte variabilité. Cependant on remarque des concentrations exceptionnellement élevées en mars et en juin pour les points de la radiale (respectivement : 0,74 $\mu\text{mol/L}$ et 0,52 $\mu\text{mol/L}$ pour le point 3 et 0,7 pour le point 4 ; Figures 17, 18, 19).

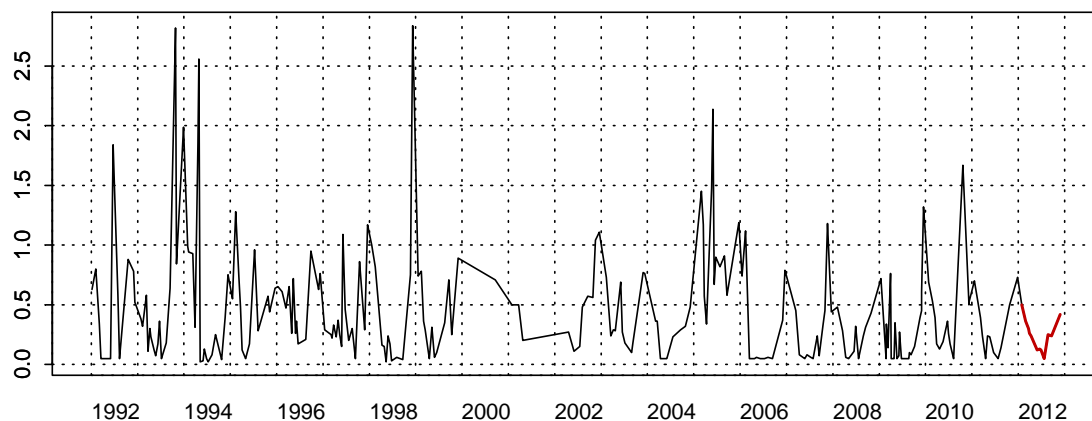
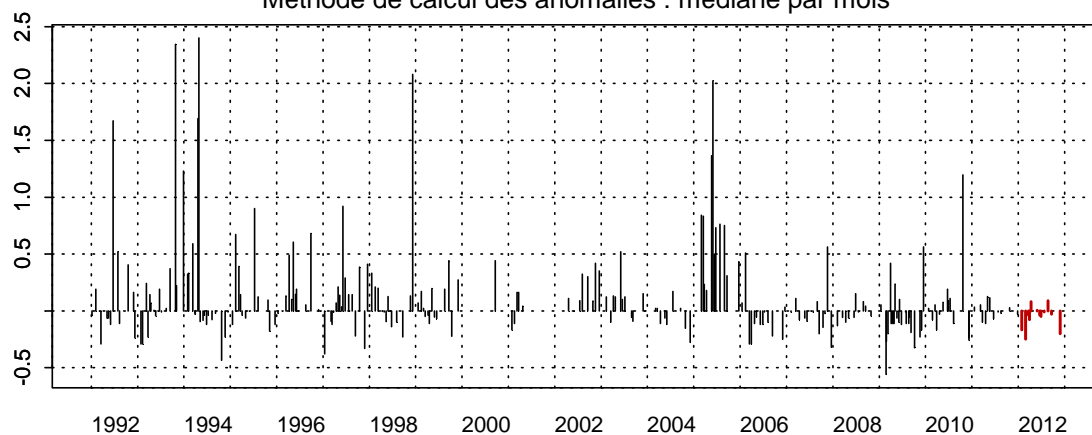
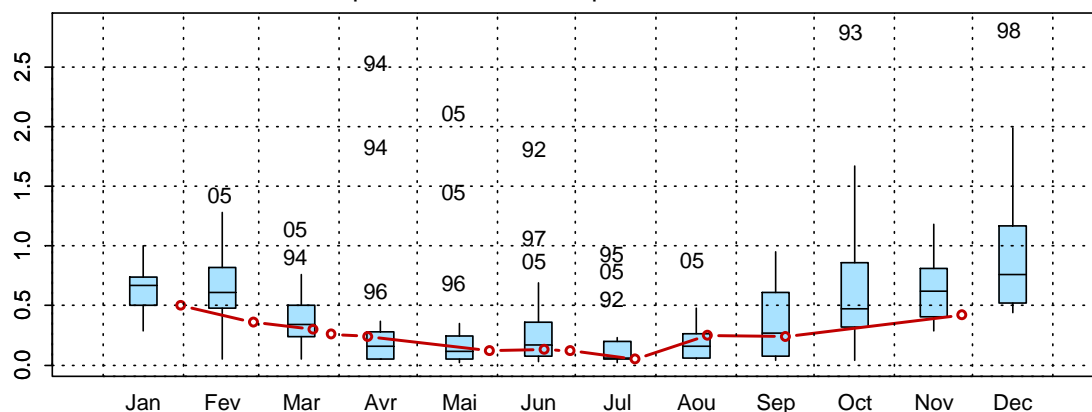
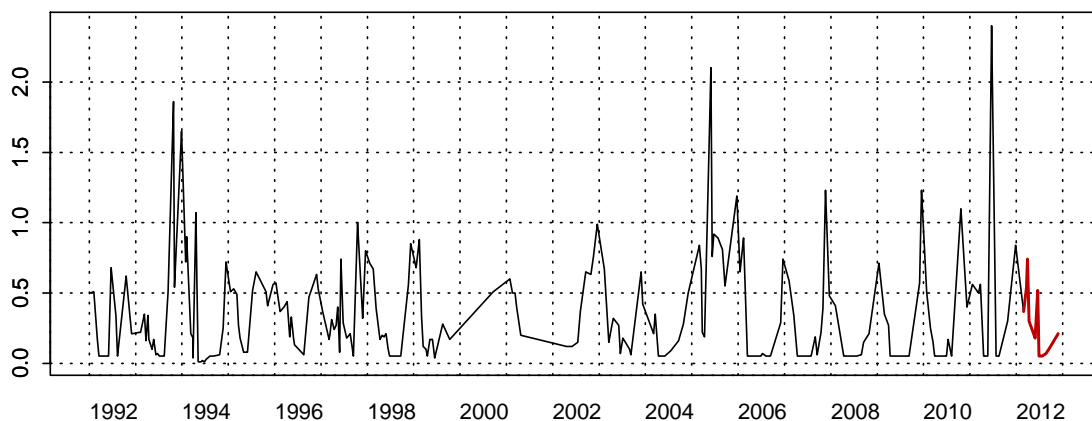
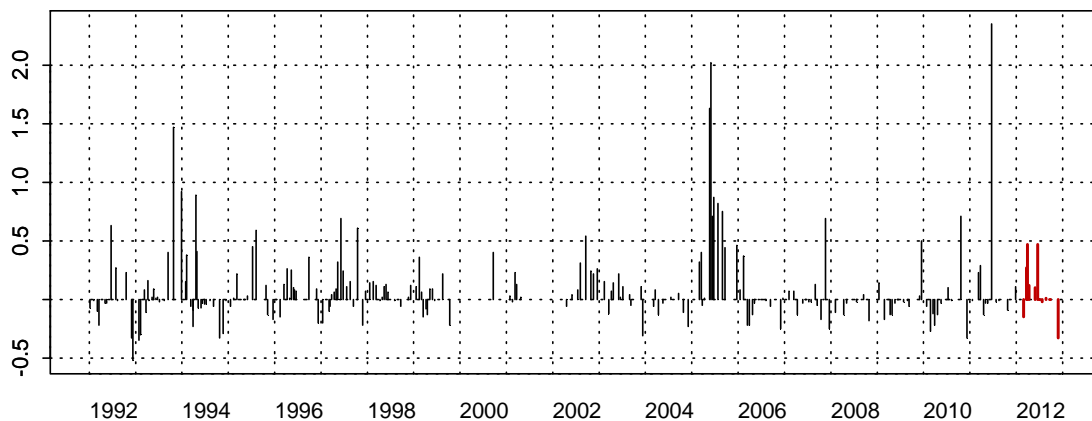
001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - NO₂001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Anomalies NO₂
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2012 NO₂
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

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 1992-2012

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



001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Anomalies NO2
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



001-P-016 - Point 3 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2012 NO2
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

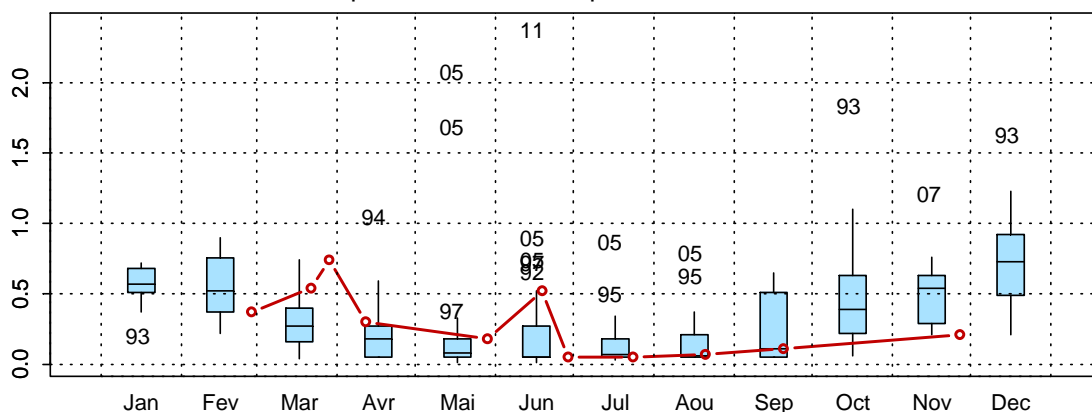
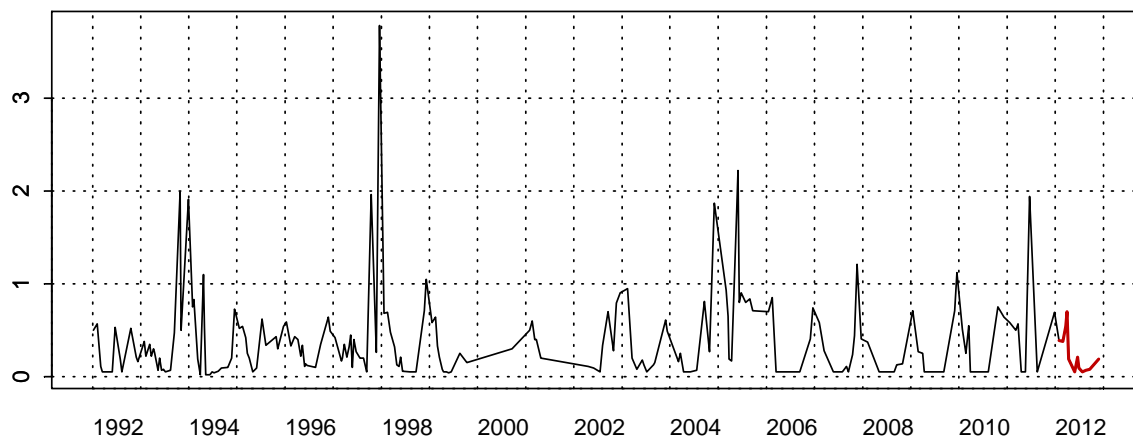


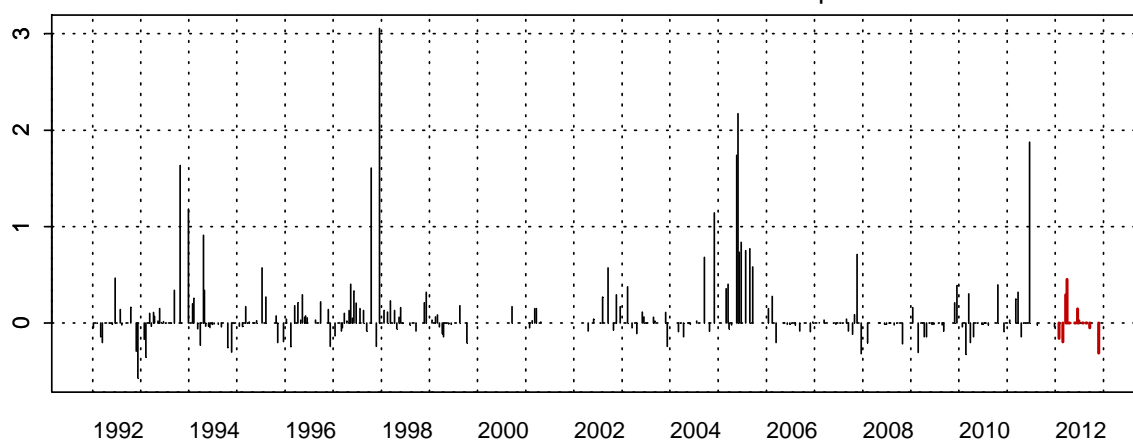
Figure 18. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2012

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



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

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2012 NO2

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

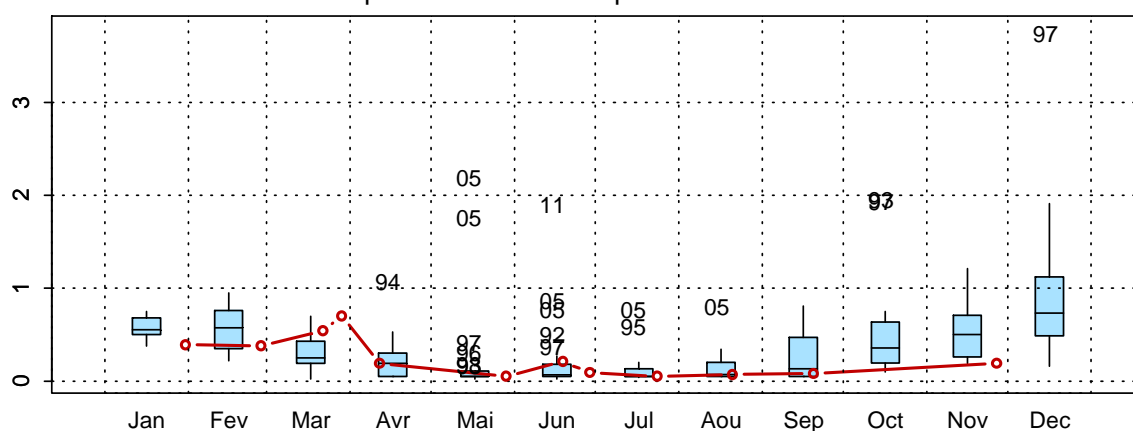


Figure 19. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2012

Nitrates

Tableau 4. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrate ($\mu\text{mol/L}$) pour les différents points de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2012

	Min	Q1	Med	Moy	Q3	Max	Sd	n
DK1	0,05	0,42	2,45	9,08	15,31	54,01	11,81	254
DK3	0,00	0,20	2,20	7,28	12,79	39,80	9,22	239
DK4	0,00	0,40	2,35	6,92	11,90	40,64	8,65	229

La courbe d'évolution du nitrate suit celle des nitrites (Figures 20, 21 et 22). La dynamique saisonnière de l'année 2012 suit la tendance observée depuis 1992. Les concentrations maximales sont observées de janvier à mars (avec $24,84 \mu\text{mol/L}$ au point 1, $25,33 \mu\text{mol/L}$ pour le point 3 et $23,45 \mu\text{mol/L}$ pour le point 4). Les concentrations minimales quant à elles sont enregistrées d'avril à août avec notamment des valeurs inférieures au seuil de détection ($< 0,15 \mu\text{mol/L}$) pour les points 3 et 4. A partir du mois d'octobre les concentrations augmentent à nouveau jusqu'en décembre.

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

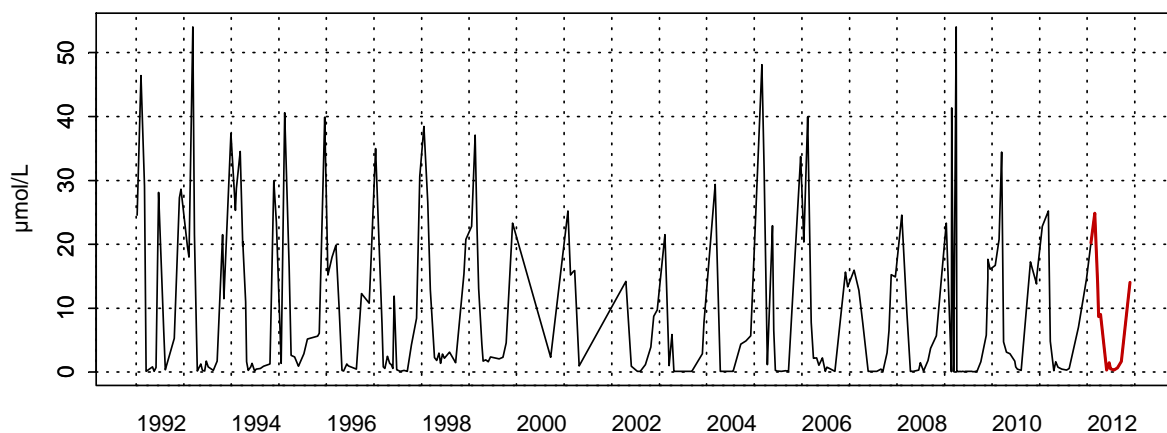
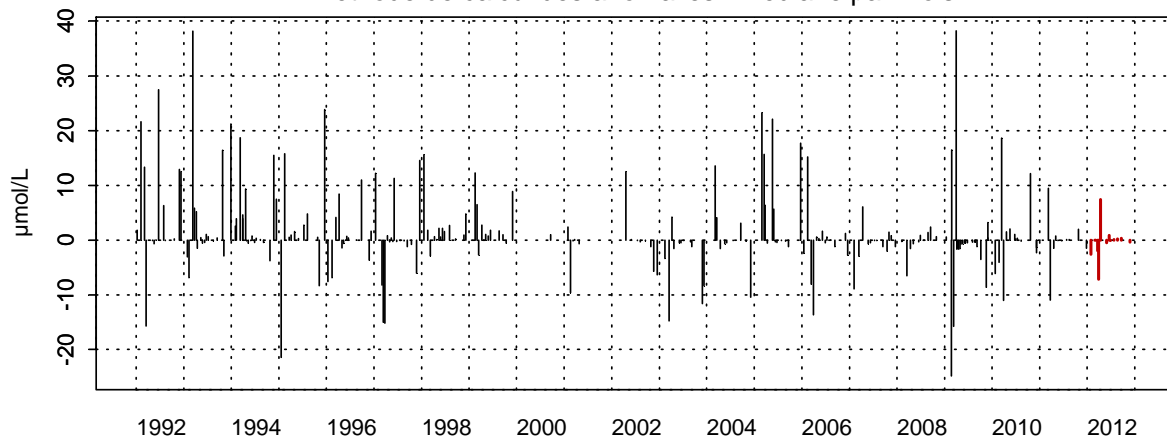
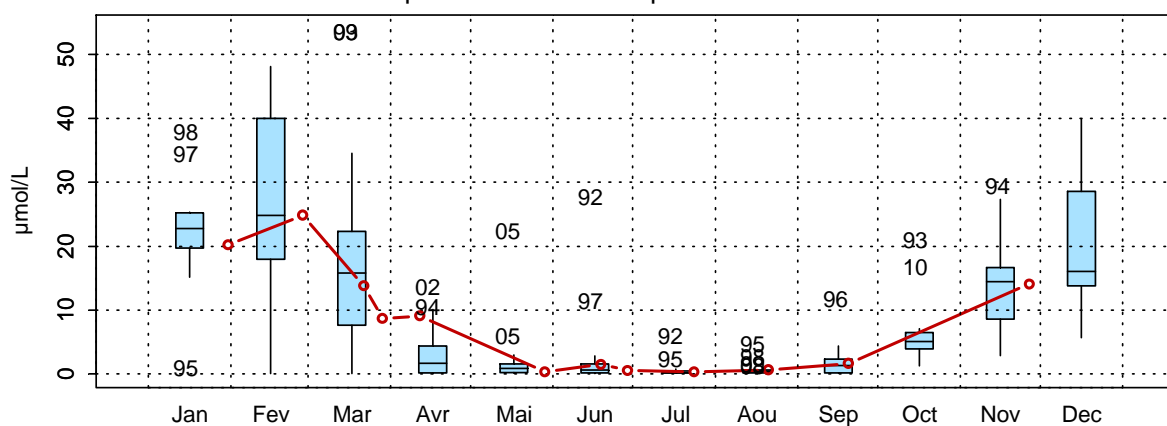
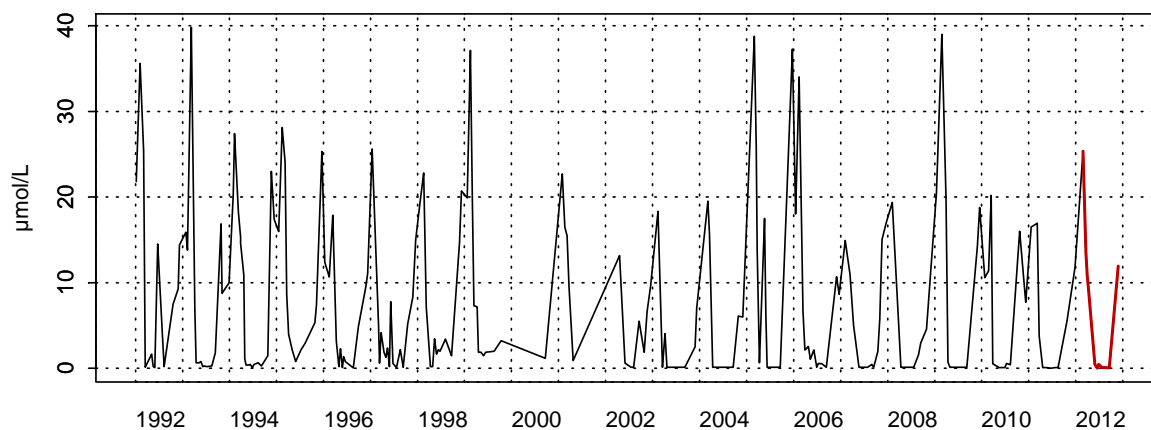
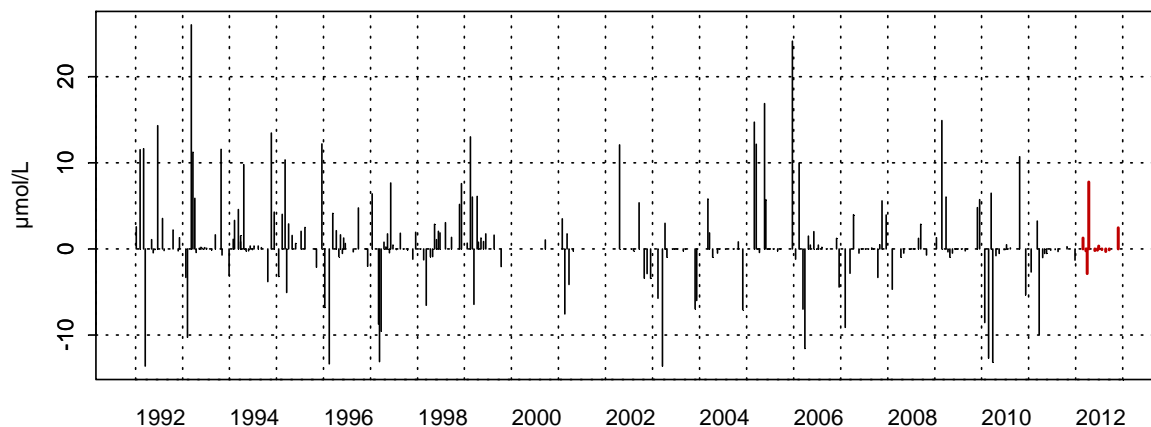
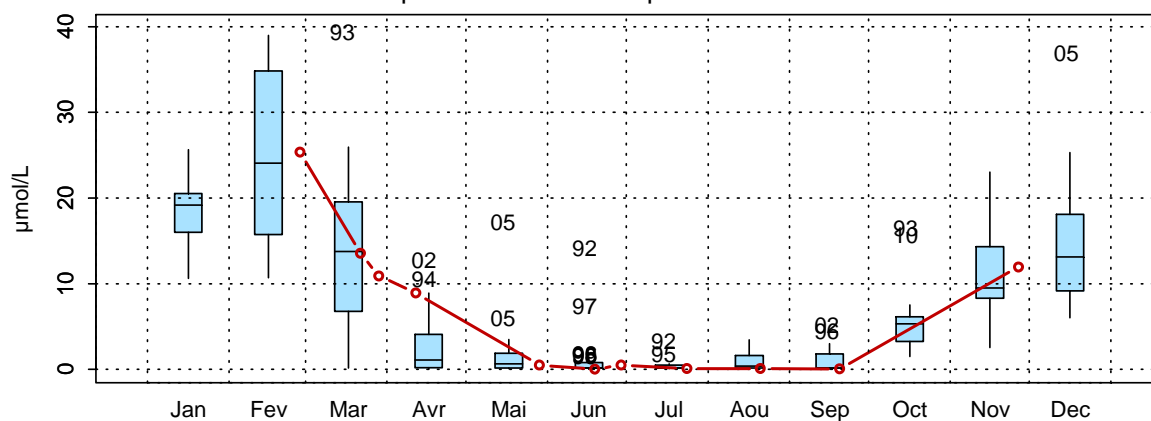
001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Anomalies Azote nitrique (nitrate)
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-015 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2012 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

Figure 20. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate (µmol/L) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2012

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 2012 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012Figure 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 1992-20112

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

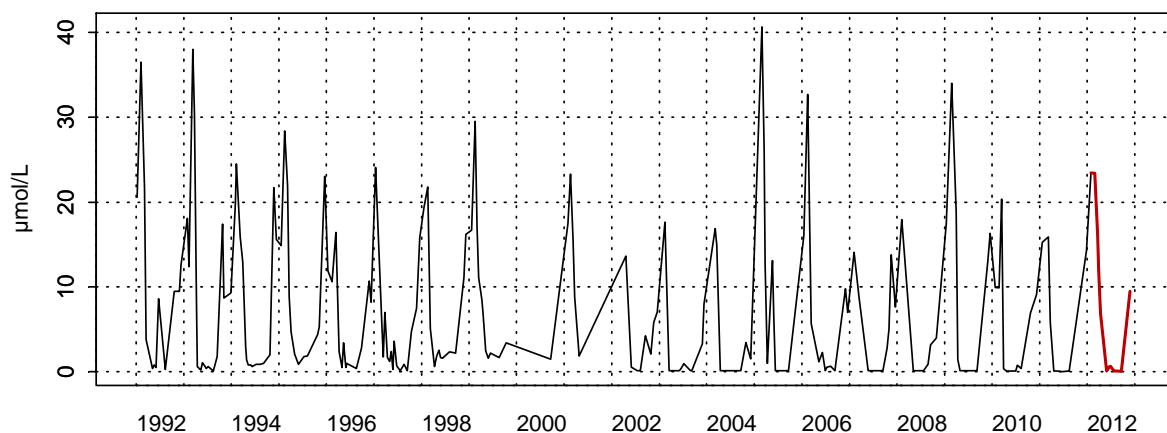
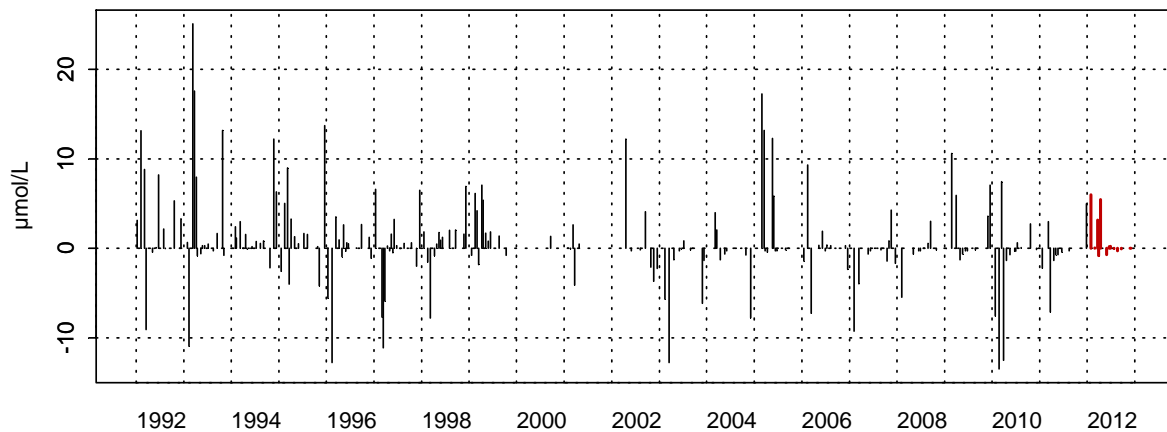
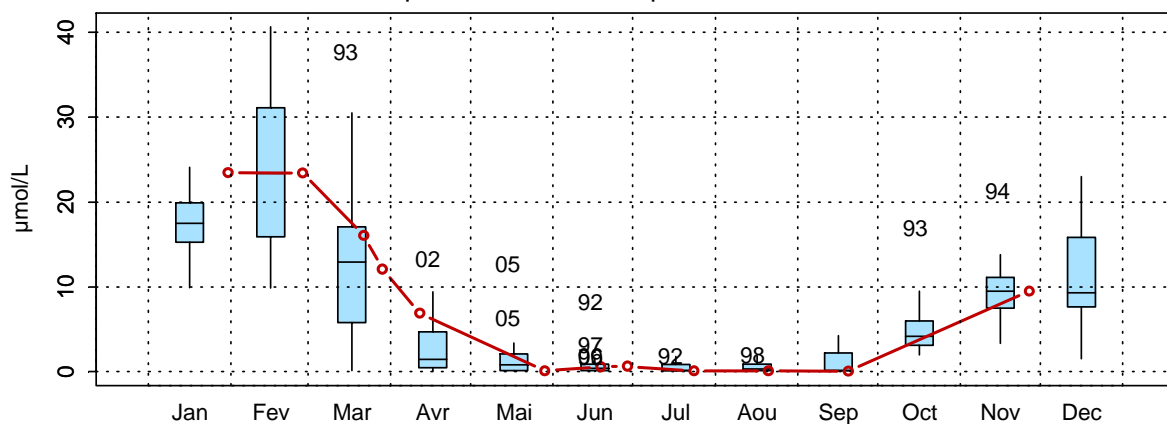
001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Anomalies Azote nitrique (nitrate)
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois001-P-017 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2012 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

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 1992-2012

Phosphates

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 pour la période 1992-2012

	Min	Q1	Med	Moy	Q3	Max	sd	N
DK1	0,00	0,22	0,50	0,63	0,80	9,80	0,78	255
DK3	0,00	0,20	0,44	0,53	0,79	2,00	0,39	238
DK4	0,00	0,20	0,43	0,52	0,75	2,69	0,43	229

Les concentrations en phosphates restent très basses en moyenne et inférieures à $2 \mu\text{mol/L}$ sur l'ensemble de la radiale (Figures 23, 24 et 25). Elles restent toutefois conformes à celles habituellement observées sur le site. La dynamique saisonnière est marquée par de fortes valeurs en hiver et en automne et faibles durant le printemps (données manquantes pour le point 1 à partir du mois d'août).

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

En 2012, les concentrations en phosphate sont particulièrement fortes en juin et septembre au point 3 (valeurs supérieures au troisième quartile, Figures 24 et 25).

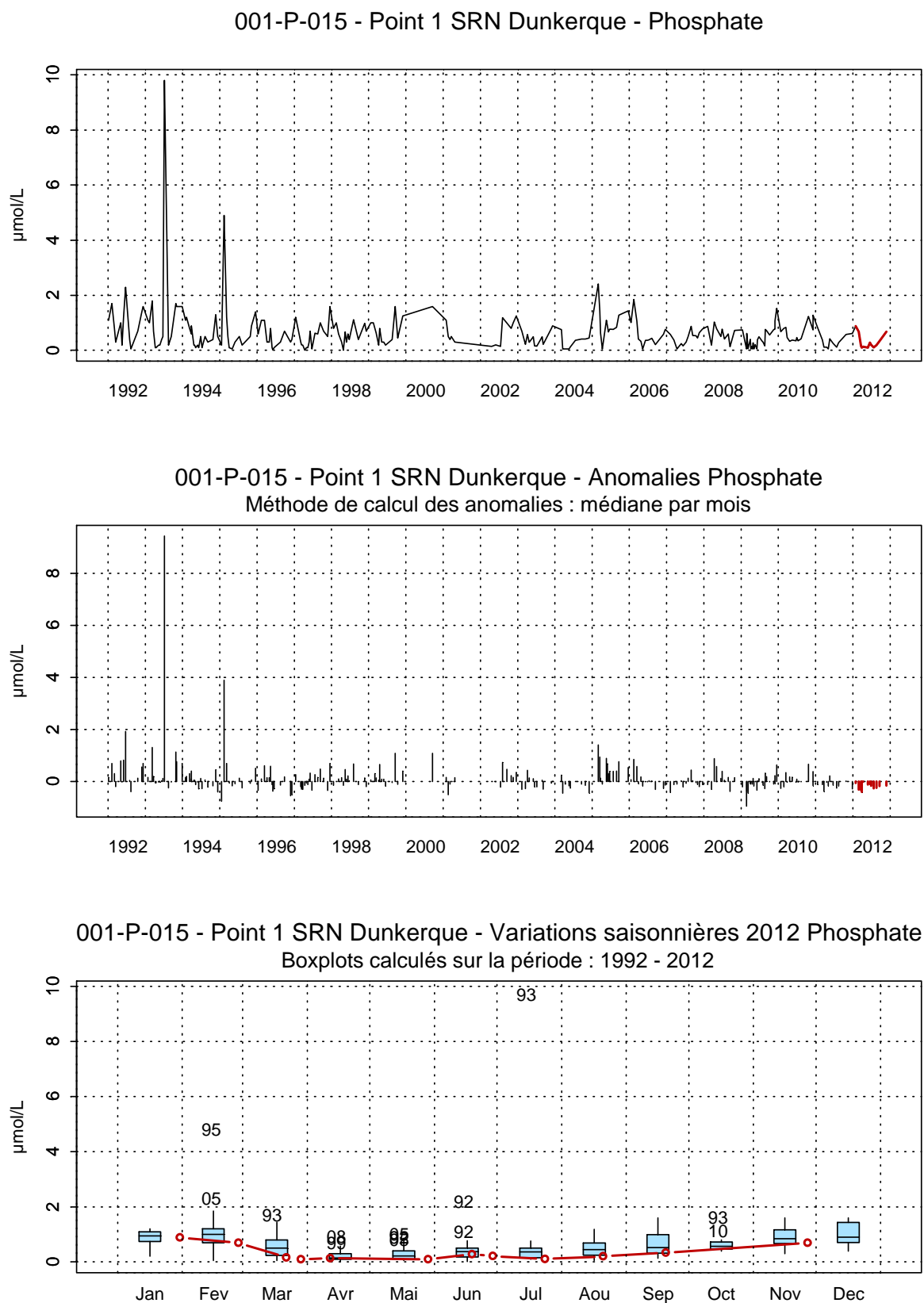


Figure 23. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2012

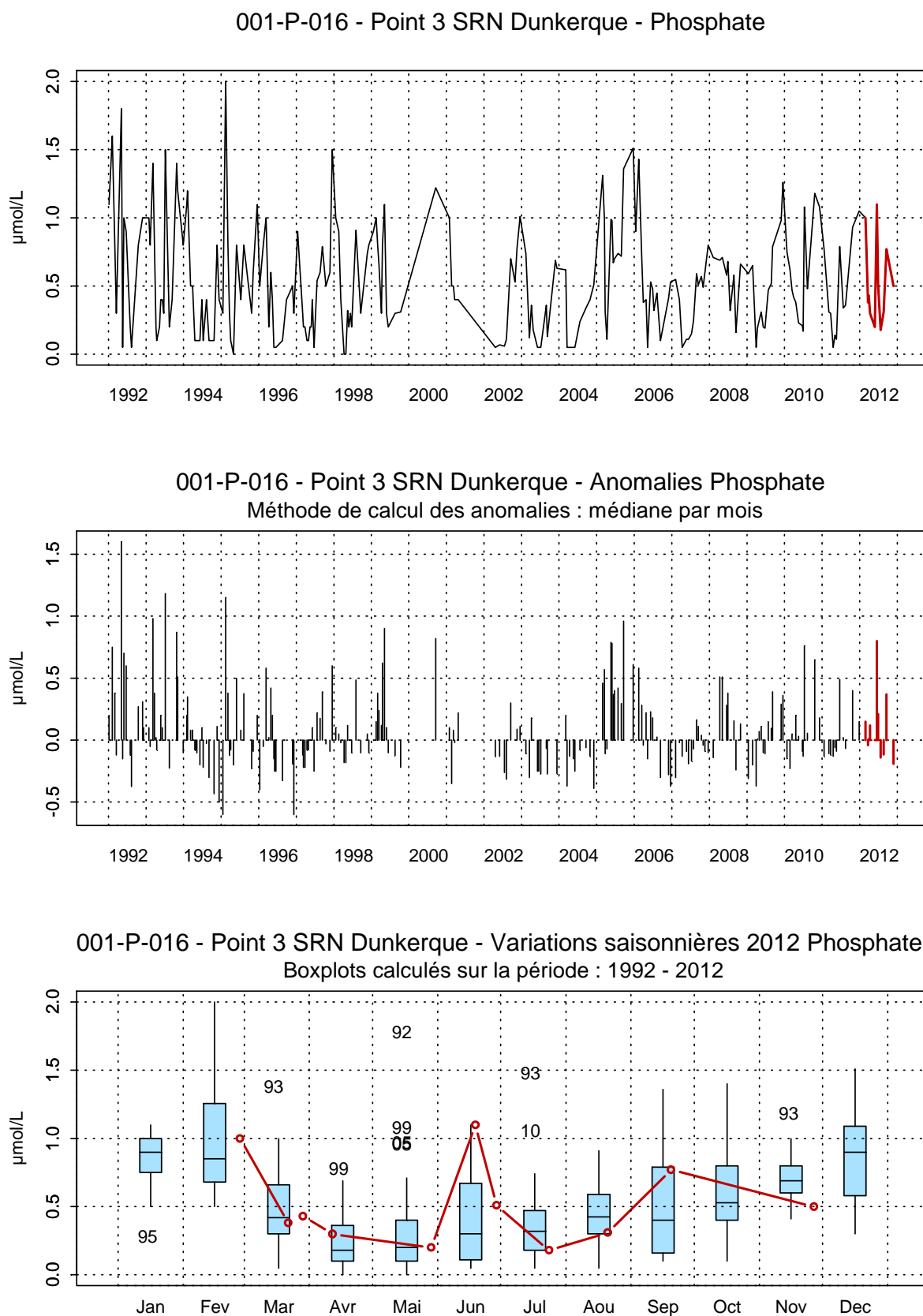


Figure 24. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2012

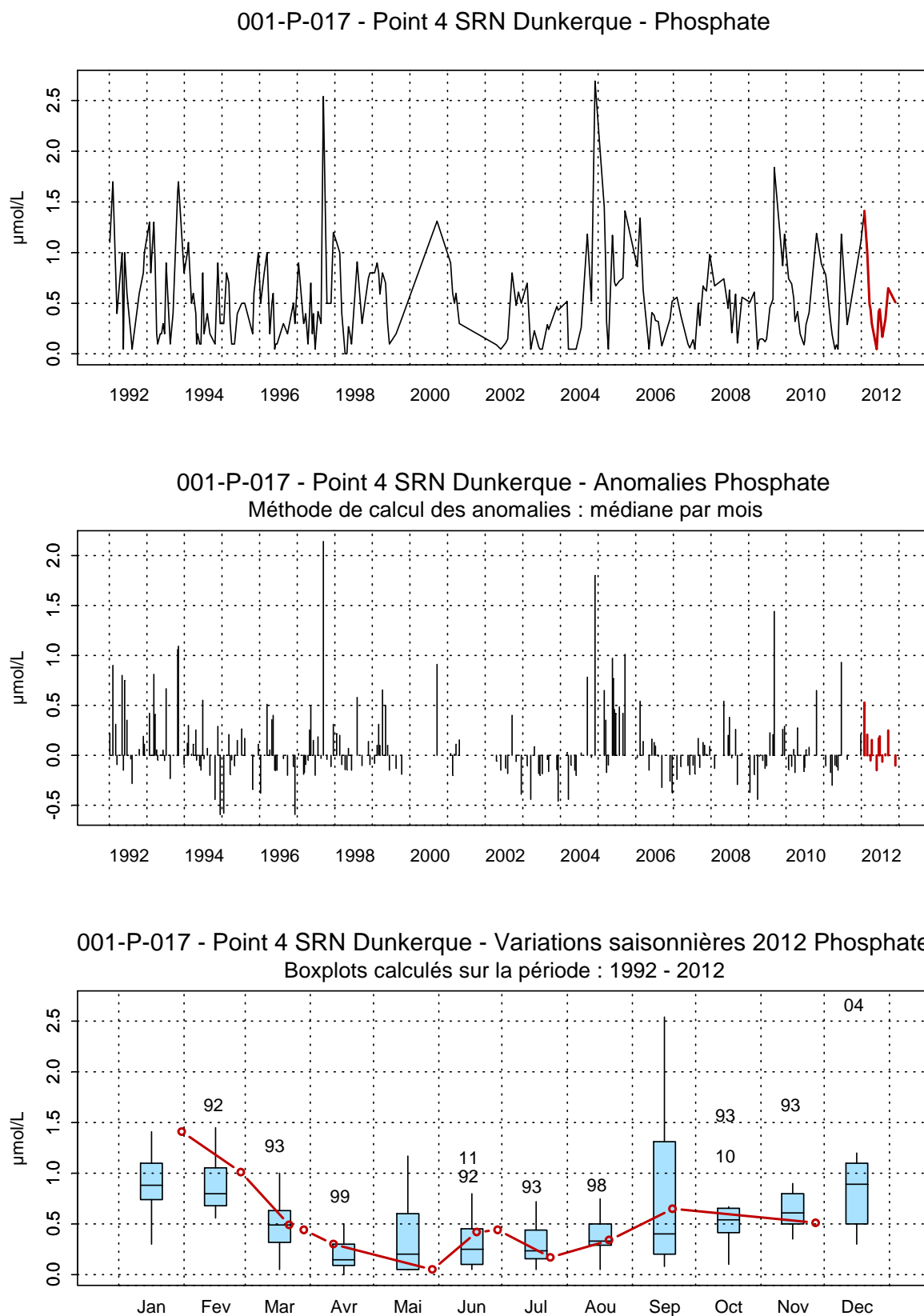


Figure 25. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2012

*Silicates***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 pour la période 1992-2012**

	Min	Q1	Med	Moy	Q3	Max	sd	n
DK1	0,1	1,197	3,555	5,523	7,648	35,2	6,016365	256
DK3	0,1	0,4	1,605	3,55	4,447	26	4,5965897	238
DK4	0,1	0,41	1,87	3,488	5,172	25,9	4,3613587	230

Les concentrations en silicate suivent un cycle saisonnier très marqué caractérisé par des concentrations importantes en hiver et en automne et faibles ou très faibles au printemps et en été. La dynamique de l'année 2012 reste similaire à celle de la moyenne saisonnière depuis 1992. On note cependant des valeurs exceptionnellement fortes en février sur l'ensemble des points de la radiale, avec des valeurs de l'ordre de 12,6, de 14,09 et 10,86 $\mu\text{mol/L}$ (Figures 26, 27 et 28).

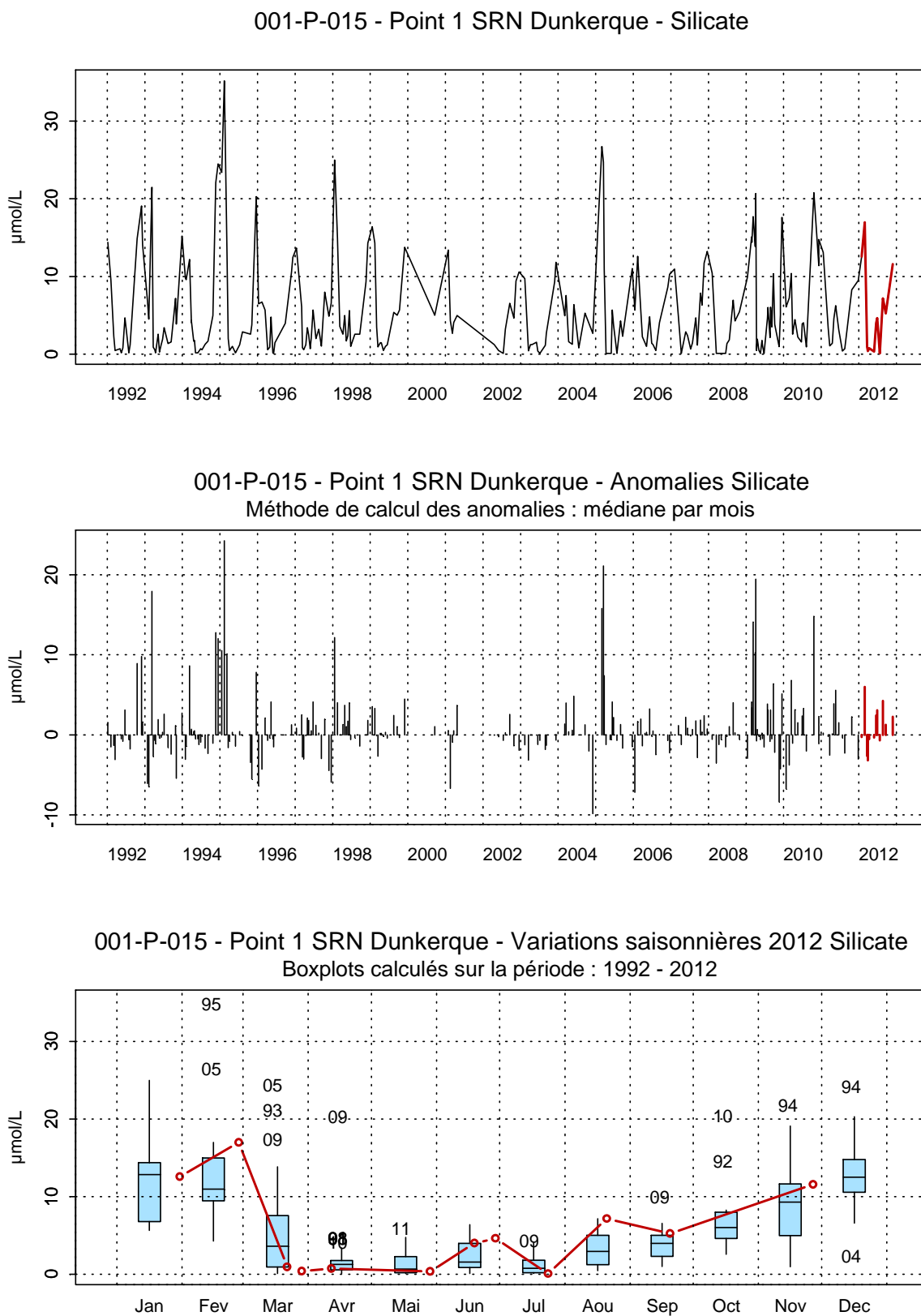


Figure 26. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate (µmol/L) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2012

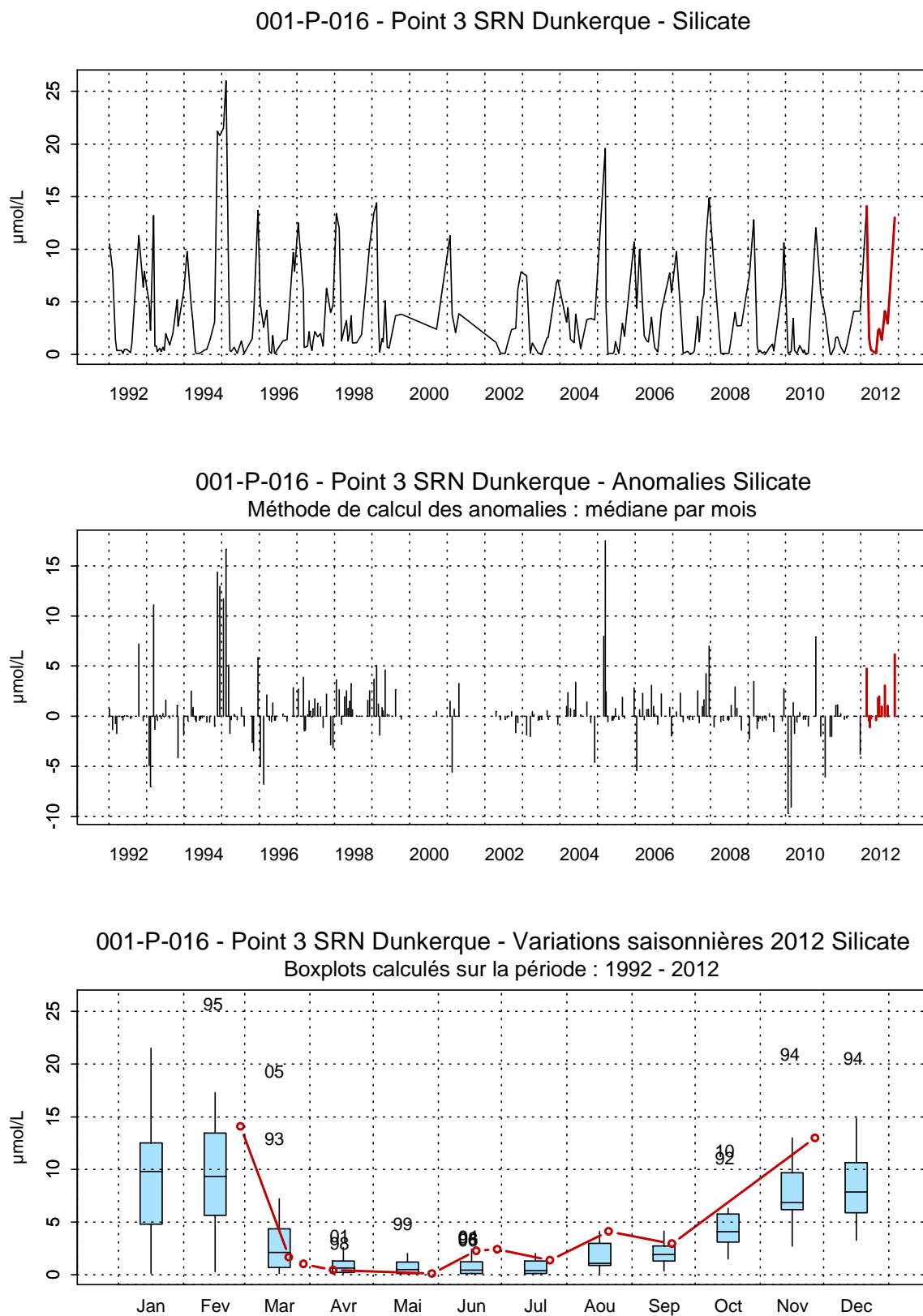


Figure 27. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2012

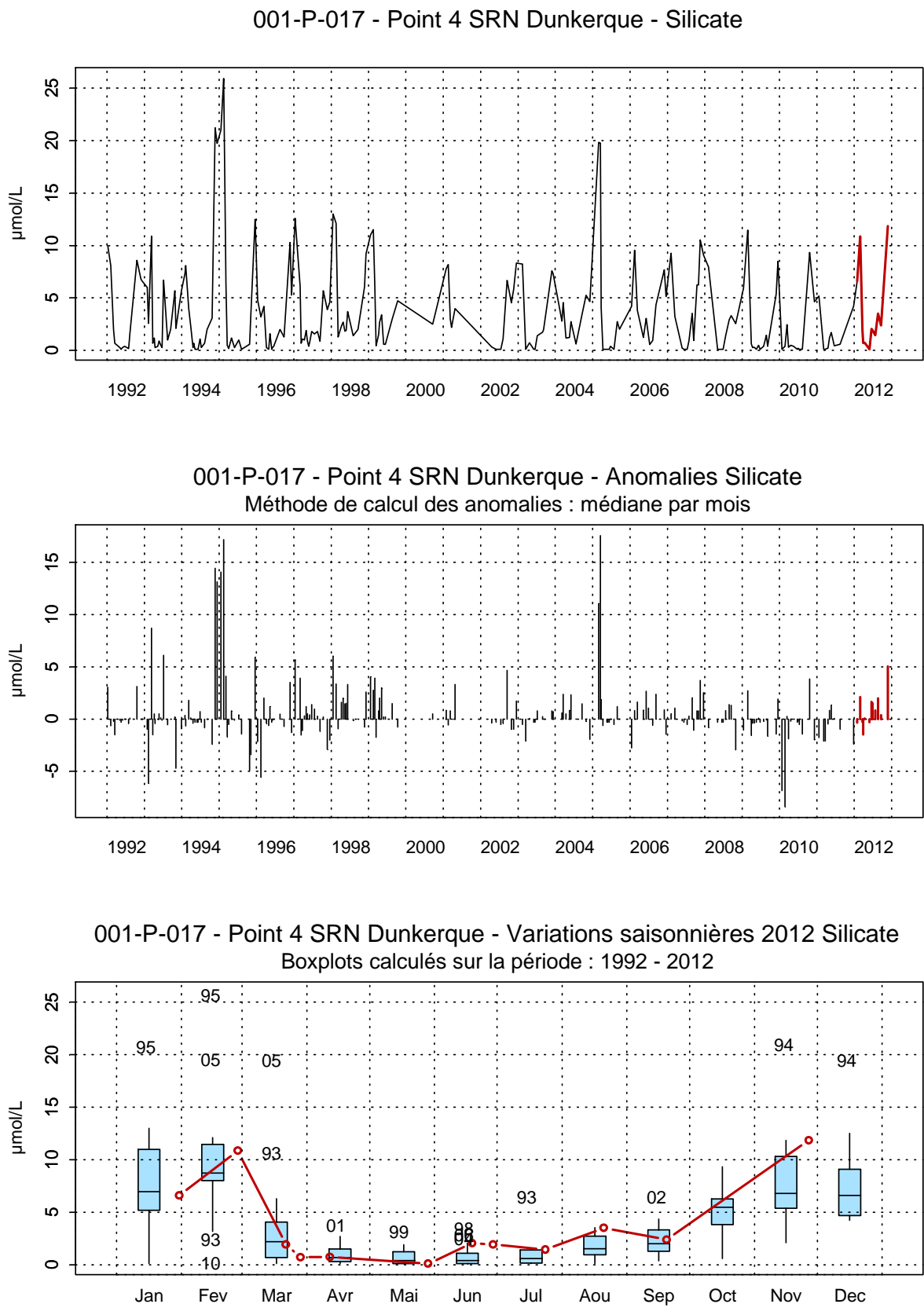


Figure 28. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2012

3.1.2. Boulogne-sur-mer

Températures

Tableau 8. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour les différents points de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-201

	Min	Q1	Med	Moy	Q3	Max	sd	n
BLG1	2,10	8,60	12,10	12,43	16,20	22,10	4,41	349,00
BLG2	4,40	8,60	12,00	12,26	15,75	21,80	4,17	291,00
BLG3	5,10	8,98	11,95	12,25	15,75	21,80	4,02	284,00

Les températures moyennes mensuelles depuis 1992 décrivent une dynamique saisonnière caractérisée par de faibles valeurs en hiver et de fortes valeurs en été. Cette évolution reste typique d'un système tempéré. La dynamique pluriannuelle est marquée par une alternance entre les minima et les maxima autour de 5 et 20, respectivement. (Figures 33, 34 et 35). On note cependant des valeurs exceptionnellement basses en juillet 1996 au point 1 et août 1992 aux points 3 et 4 comme on peut le vérifier sur les anomalies calculées. Sur l'ensemble de l'année 2012, les valeurs suivent la tendance générale mais les valeurs semblent plus faibles que celles enregistrées depuis 1992.

Les minima sont obtenus en début d'année pour les trois points : 5,4 °C en février (point 1), 5,7 °C et 5,8°C en février (point 2 et 3).

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

Il existe un faible gradient de température entre la côte et le large, compris entre -3,6 °C et 0,77 °C. Le gradient est négatif ou nul au printemps et en été (eaux côtières plus chaudes) et est positif en hiver.

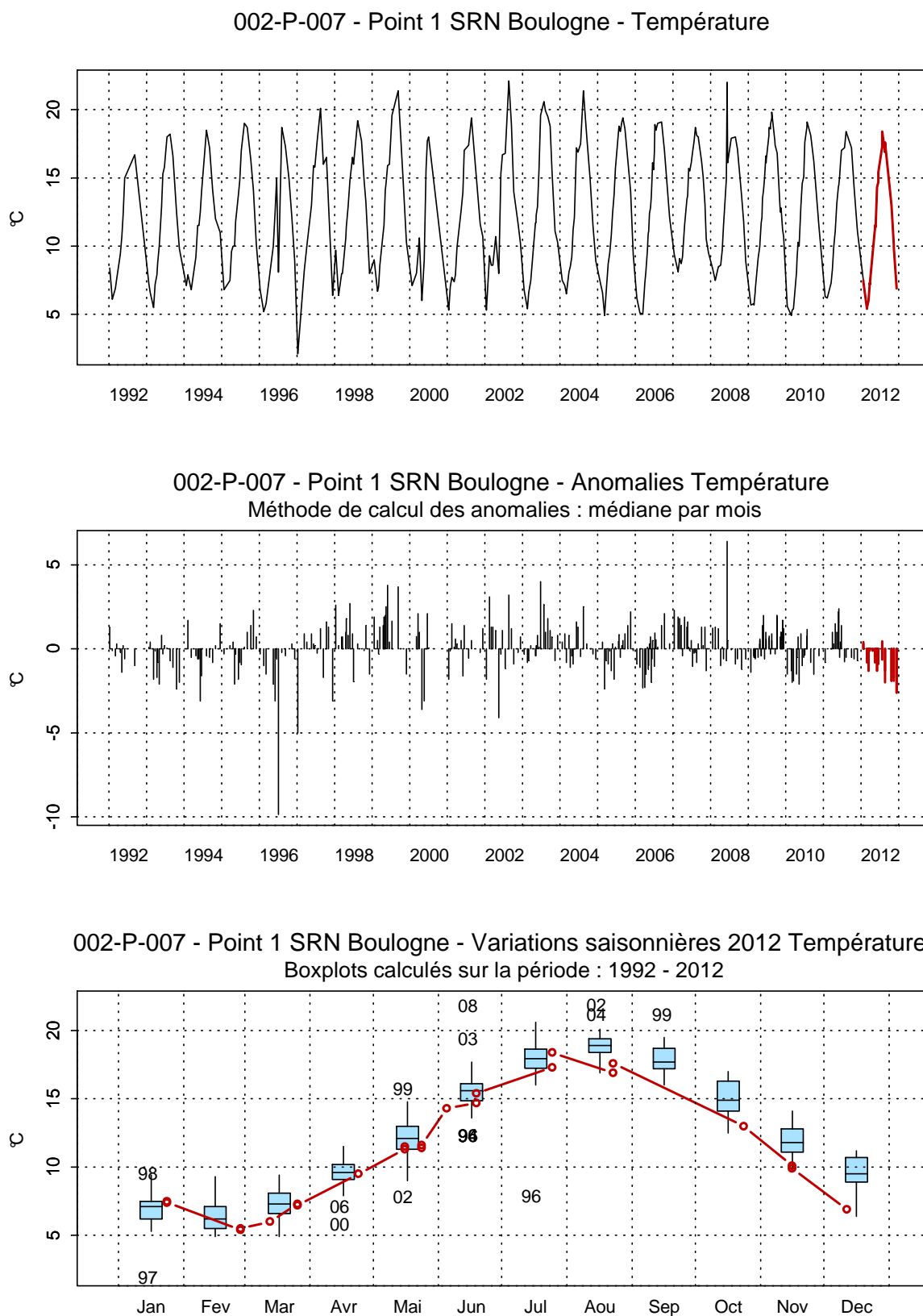


Figure 33. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer (1992-2012)

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

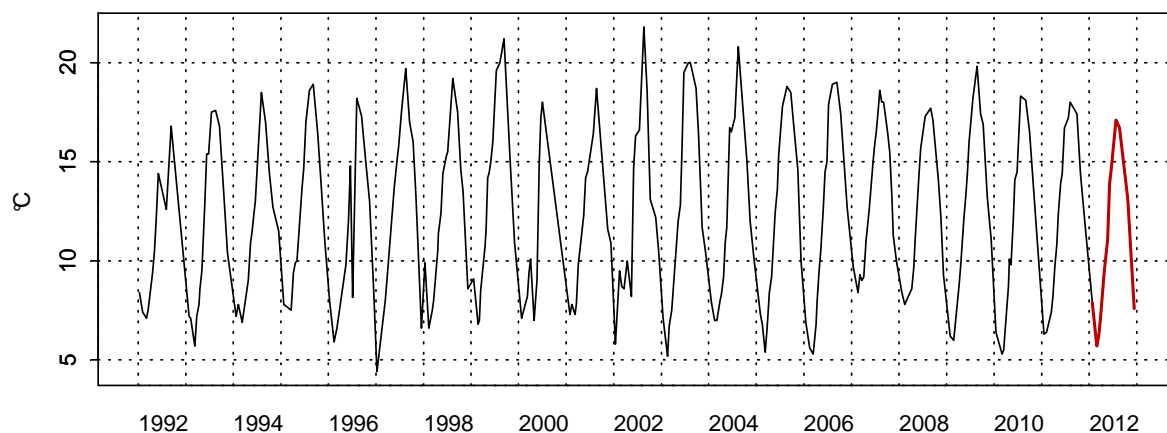
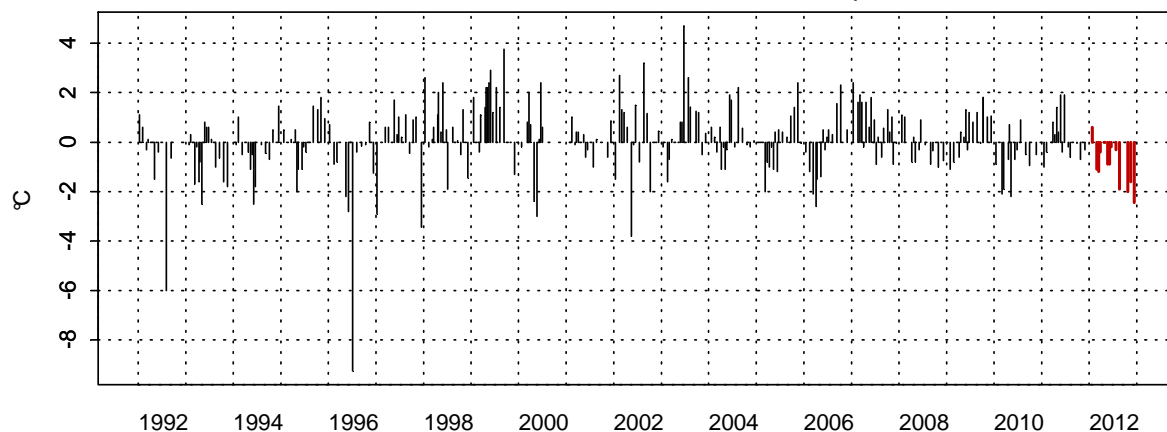
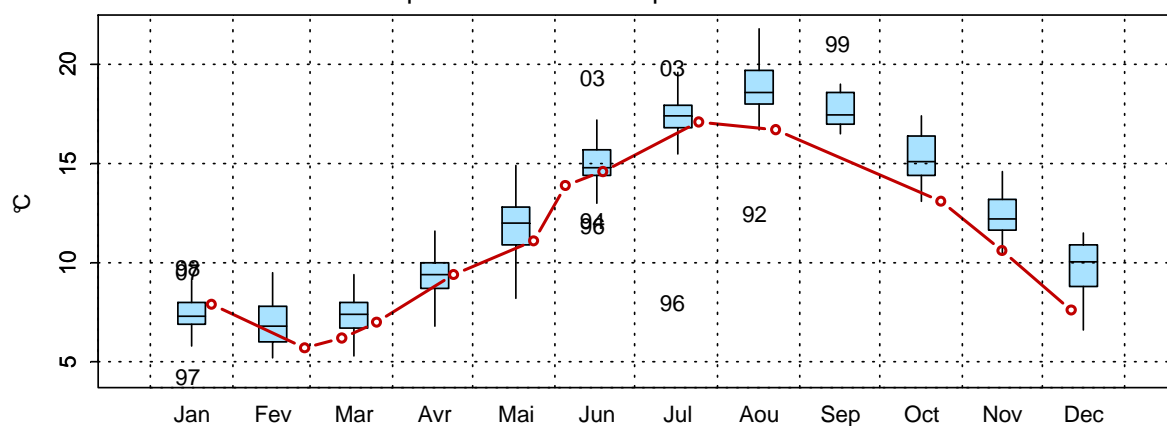
002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Anomalies Température
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2012 Température
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

Figure 34. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer (1992-2012)

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

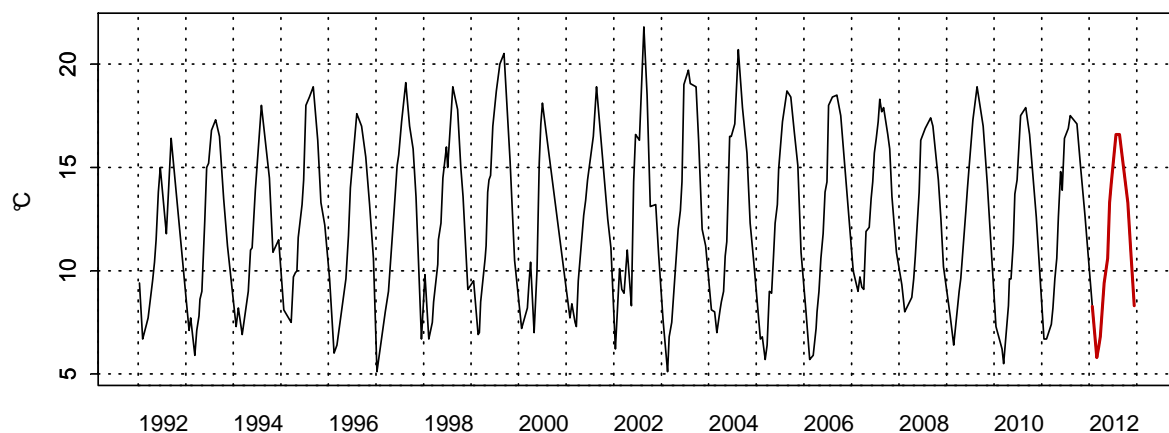
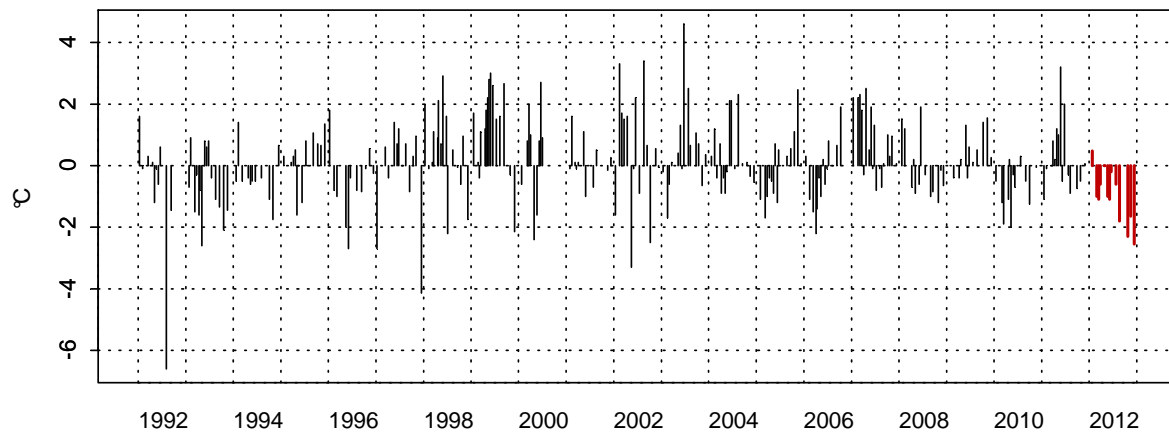
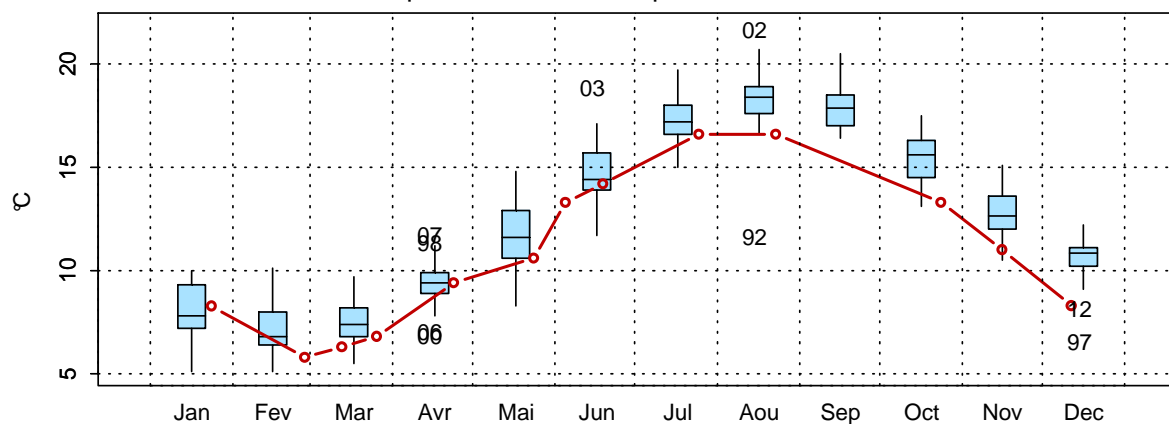
002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Anomalies Température
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2012 Température
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

Figure 35. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer (1992-2012)

Salinités

La salinité est comprise entre 34 et 35,8 le long de la radiale et est caractéristique d'un système marin côtier. La dynamique est très peu marquée et 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 de salinité entre la côte et le large varie de -0,3 à 1,3.

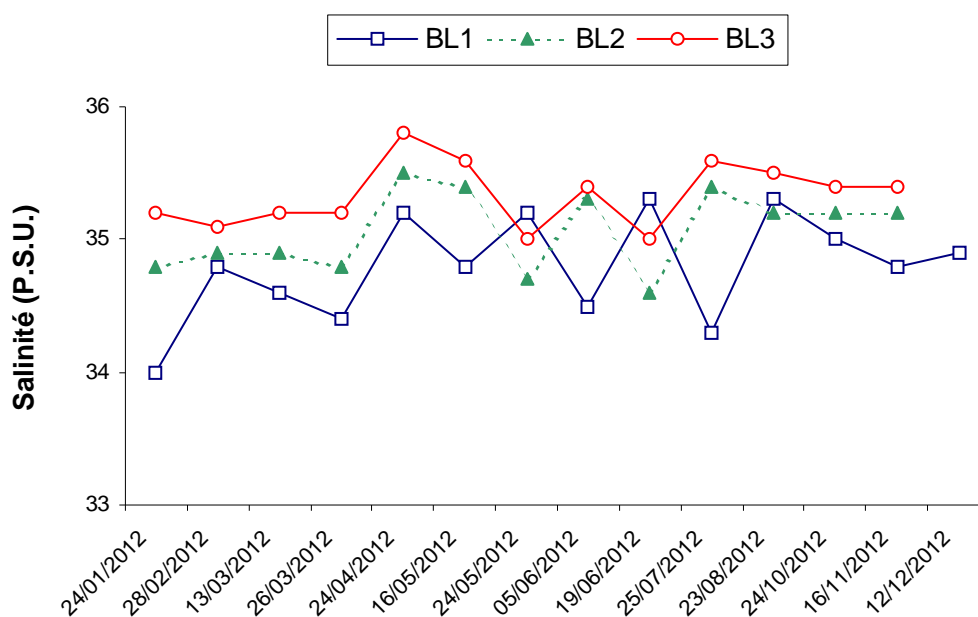


Figure 36. Évolution temporelle de la salinité (P.S.U.) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2012

Turbidités et matières en suspensions

Les valeurs de turbidité obtenues au cours de l'année 2012 fluctuent globalement en dessous de 4 N.T.U. Les plus faibles valeurs sont relevées au large (0,29 et 0,32 N.T.U. le 24/05 aux stations 2 et 3, respectivement).

Les variations les plus fortes sont observées sur la station côtières qui enregistre également une valeur exceptionnellement forte de 13,2 NTU au 24/01. Le gradient côte-large est compris entre -10,91 et 0,04 N.T.U.

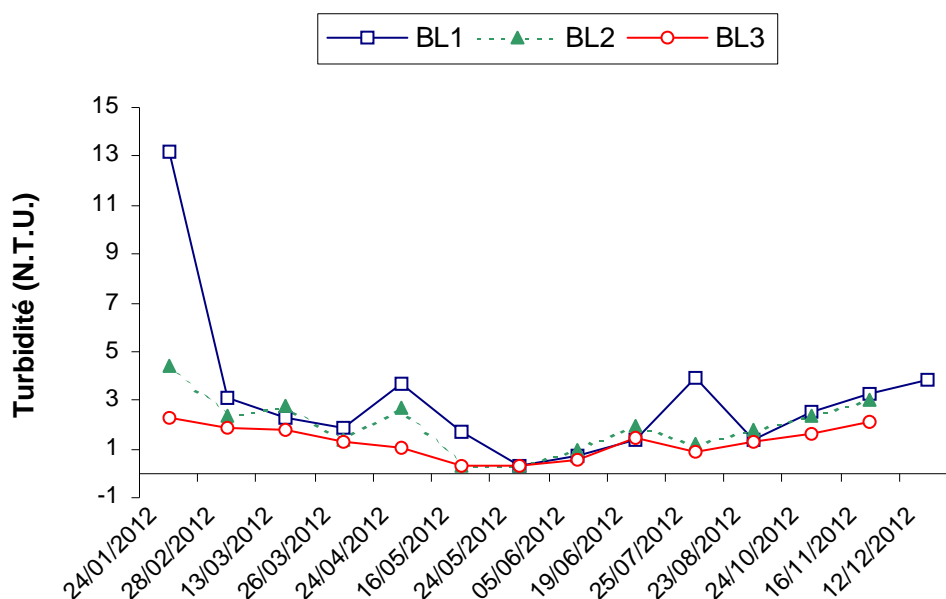


Figure 37. Évolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2012

La dynamique de la turbidité est cohérente avec celle des MES. L'évolution des MES montre globalement que les périodes hivernales et automnales ont des valeurs plus fortes, comparativement à l'été où les concentrations sont les plus basses. Il existe un gradient bien marqué entre la côte et le large où les valeurs varient de -17,4 à 0,6. Le point côtier présente en moyenne les concentrations les plus fortes contrairement aux stations du large.

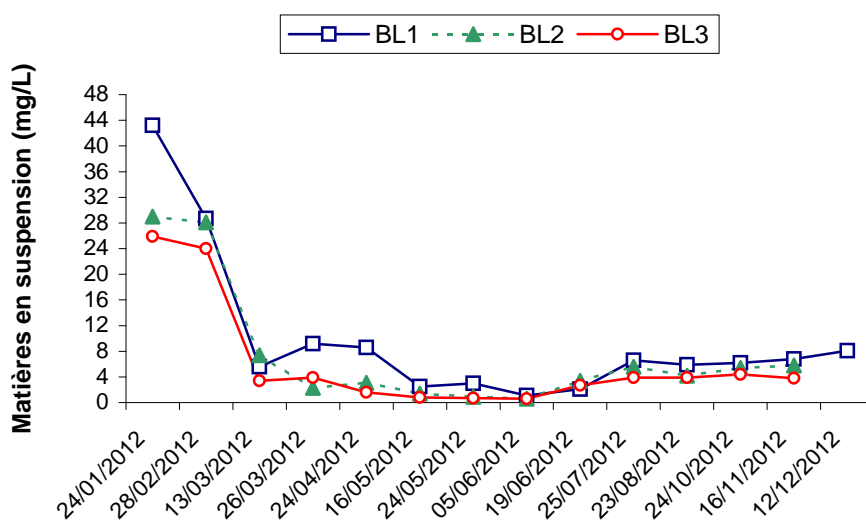


Figure 38. Évolution temporelle des matières en suspension (mg/L) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2012

Matières organiques

L'évolution de la concentration de matière organique (M.O.) dans les matières en suspension (M.E.S.) est marquée par une forte variabilité. Globalement les valeurs sont comprises entre 13,16 % et 100 % (Figure 39). Les périodes printanière et estivale sont caractérisées par de plus fortes

valeurs pour les trois points. On a obtenu 100 % de MO pour le point 3 (le 24/04, 24/05, le 05/06 et le 19/06) et pour le point 2 (le 05/06 et le 19/06). Le maximum obtenu au point 1 est de 89,71 % (25/05).

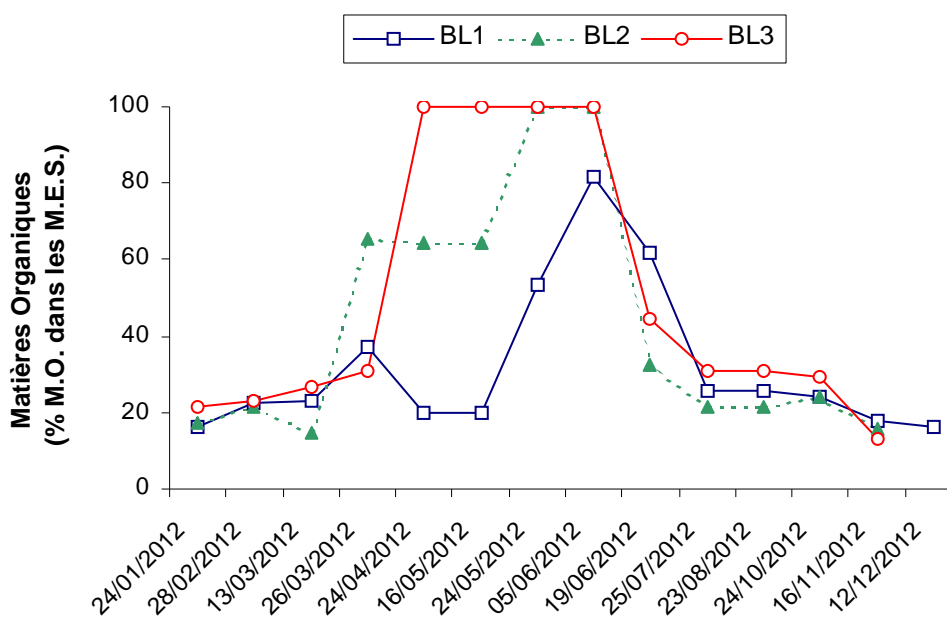


Figure 39. Évolution temporelle de la teneur en matière organique (%) dans les matières en suspension sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2012

Chlorophylle *a*

Tableau 9. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle *a* (mg/m^3) pour les différents points de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2012

	Min	Q1	Med	Moy	Q3	Max	sd	n
BLG1	0,01	1,76	3,52	5,53	7,85	29,60	5,23	326
BLG2	0,05	1,16	2,41	3,66	4,82	19,22	3,66	289
BLG3	0,02	0,80	1,37	2,29	2,72	16,32	2,49	280

La variation saisonnière moyenne des concentrations en chlorophylle *a* depuis 1992 montre une dynamique classique caractérisée par de faibles valeurs en hiver et en automne suivies de fortes valeurs au printemps et en été (Figures 40, 41 et 42). La dynamique pluriannuelle quant à elle, est très irrégulière avec des pics d'abondance qui varient d'une année à l'autre. En 1994, les concentrations atteignent $29,6 \mu\text{g}/\text{L}$ tandis que les valeurs de 2012 n'excèdent pas $13,79 \text{ mg}/\text{m}^3$. L'année 2012 est marquée par une succession de pics de valeurs exceptionnellement élevées en mars et juillet au points 1 et 2 ou juillet (point 3) et basses en avril et juin (points 1 et 2). De façon générale, les valeurs de concentrations en automne sont plus faibles en 2012 sur l'ensemble de la radiale.

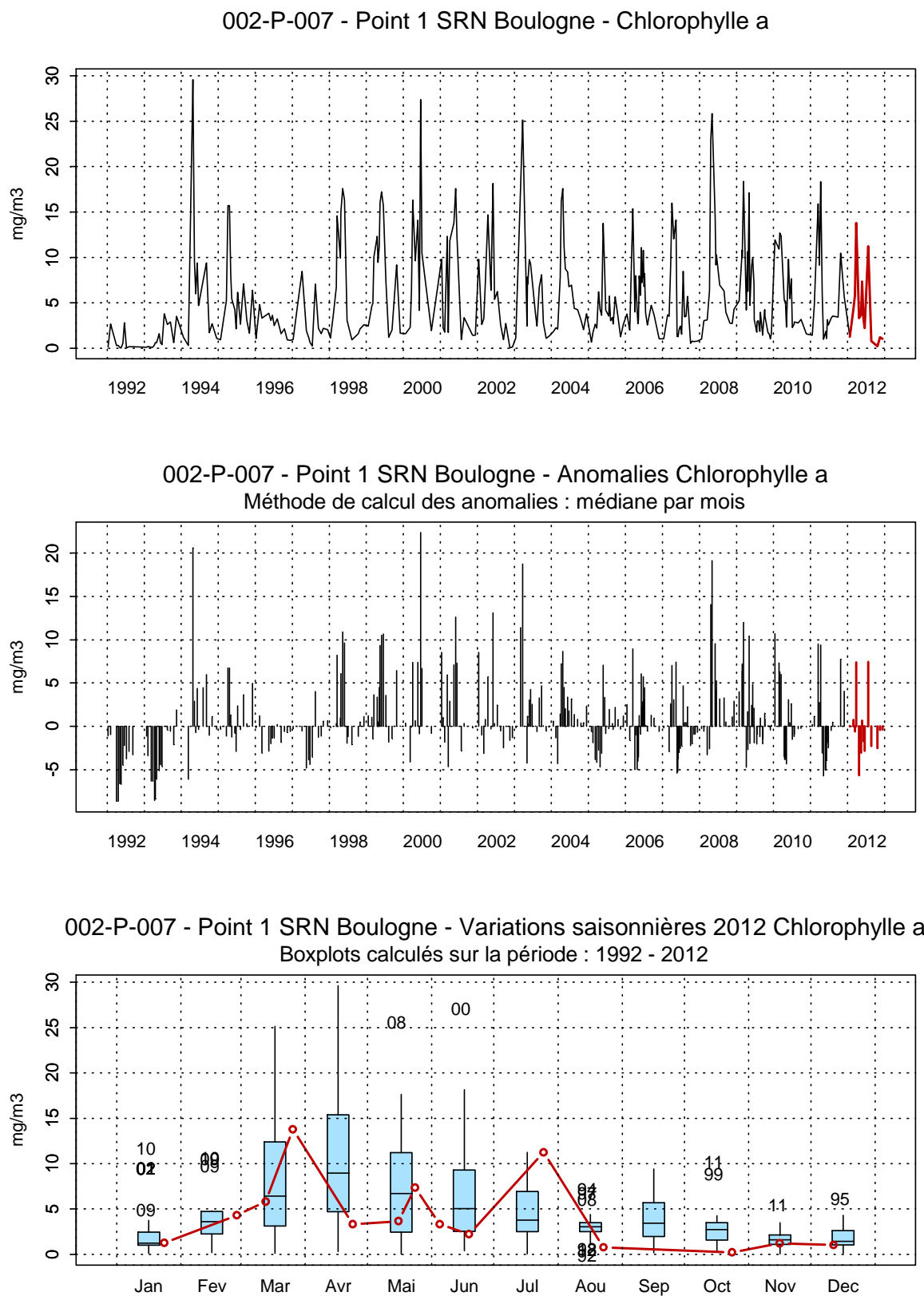
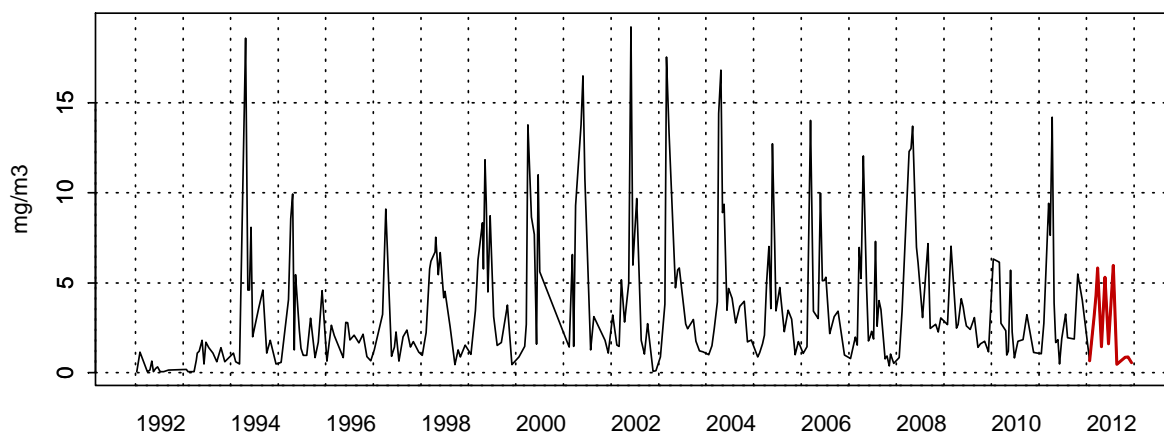
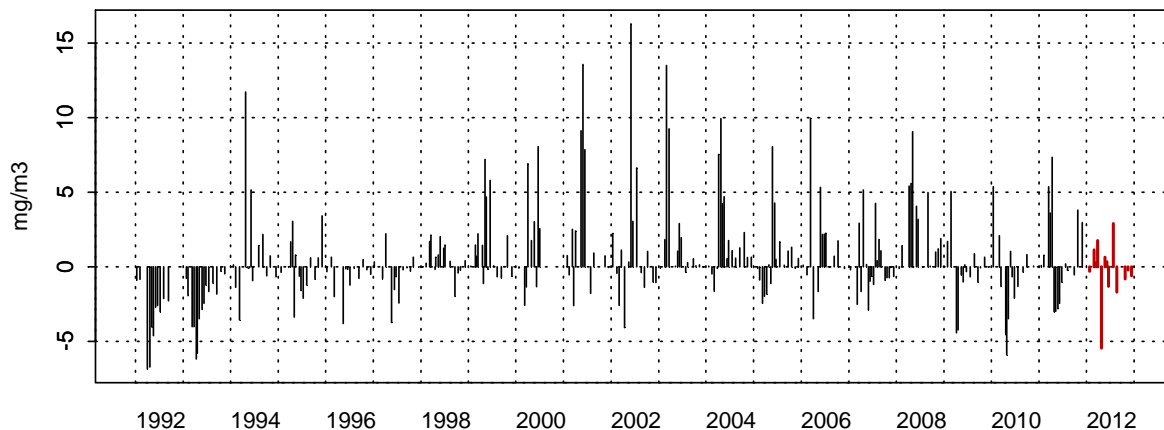


Figure 40. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m³) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2012

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



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



002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2012 Chlorophylle a
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

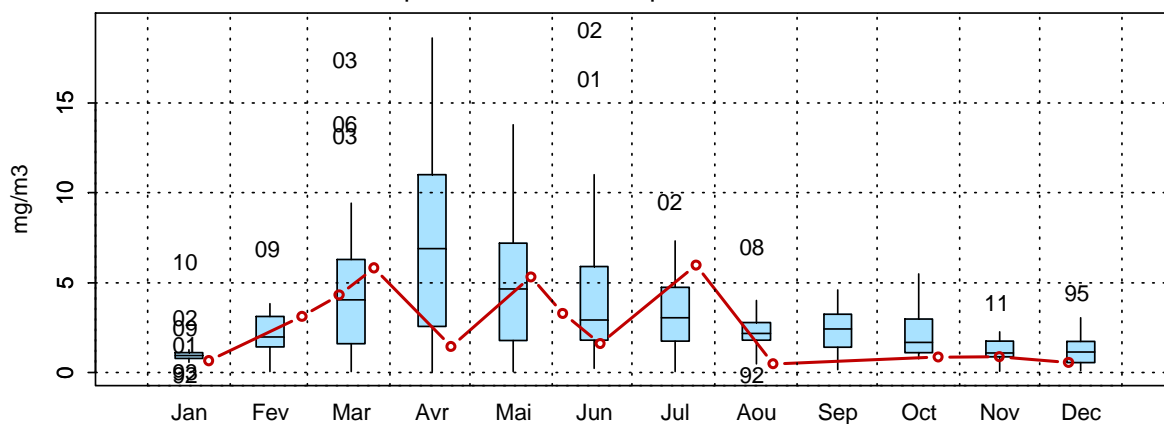


Figure 41. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m3) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2012

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

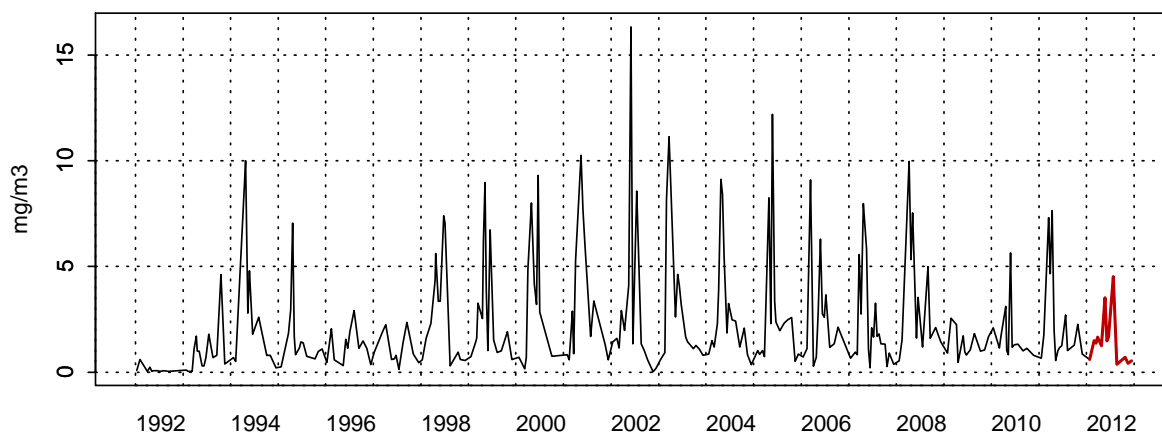
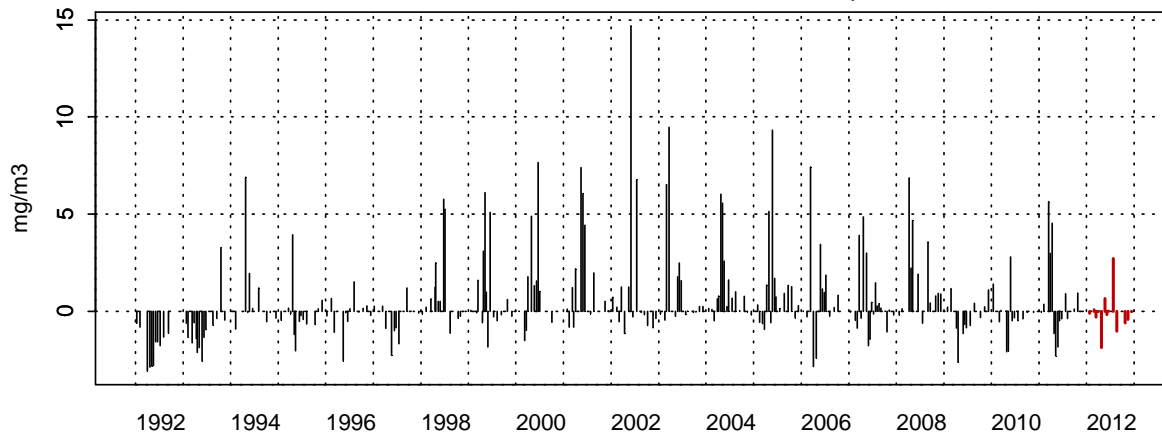
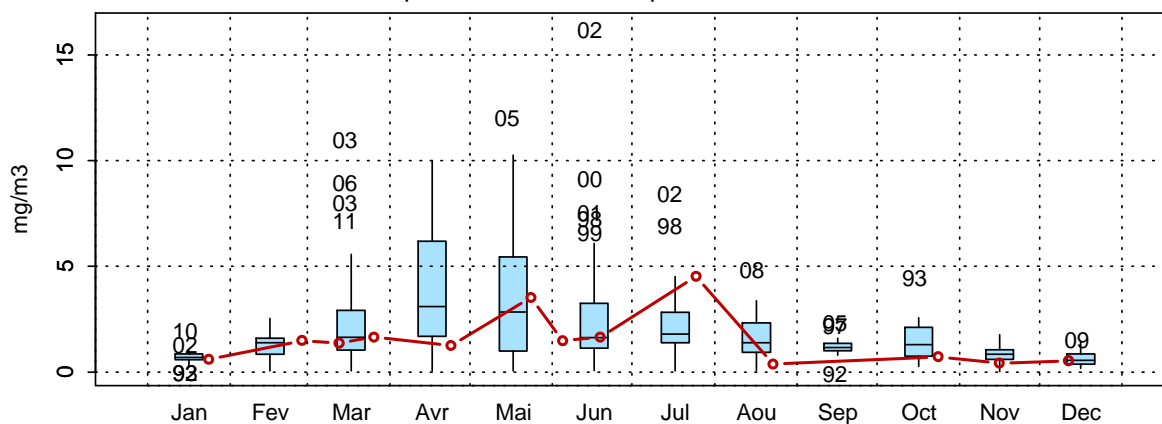
002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Anomalies Chlorophylle a
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2012 Chlorophylle a
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

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 1992-2012

Nitrates

Tableau 10. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrate ($\mu\text{mol/L}$) pour les différents points de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2012

	Min	Q1	Med	Moy	Q3	Max	sd	n
BLG	0,02	0,21	1,72	6,96	12,07	43,31	9,17	309
BLG	0,00	0,15	1,55	5,89	10,92	43,78	7,54	291
BLG	0,00	0,15	1,67	5,24	0,40	63,64	7,25	283

Les courbes d'évolution du nitrate sont classiques et présentent une dynamique régulière sauf en 1994 et 2002 (point 1), 1994 (point 2) et 1994 et 2008 (point 3) où les concentrations en nitrates sont exceptionnellement plus fortes (Figures 43, 44 et 45).

En 2012, l'évolution de la concentration en nitrate est semblable à celle observée depuis 1992. De fortes valeurs sont obtenues en début et fin de cycle tandis que pour le reste de l'année les valeurs sont très faibles.

Les concentrations maximales sont observées aux mois de janvier et février pour toute la radiale de Boulogne-sur-Mer (avec $30,32 \mu\text{mol/L}$ pour le point 1 ; $25,64 \mu\text{mol/L}$ pour le point 2 et $21,3 \mu\text{mol/L}$ pour le point 3). Les concentrations minimales sont enregistrées d'avril à septembre avec notamment des valeurs inférieures au seuil de détection ($< 0,15 \mu\text{mol/L}$) pour les points 2 et 3. On remarque une forte augmentation des concentrations à la fin du cycle avec des valeurs supérieures à la médiane.

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

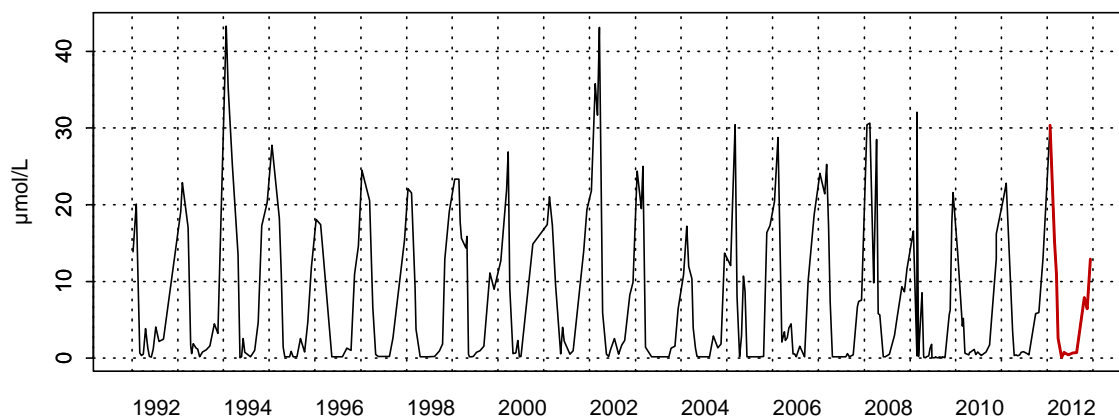
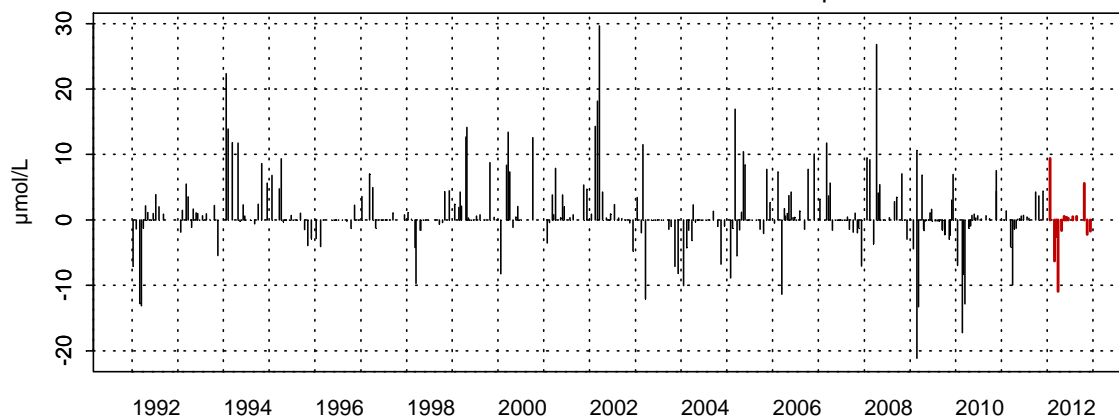
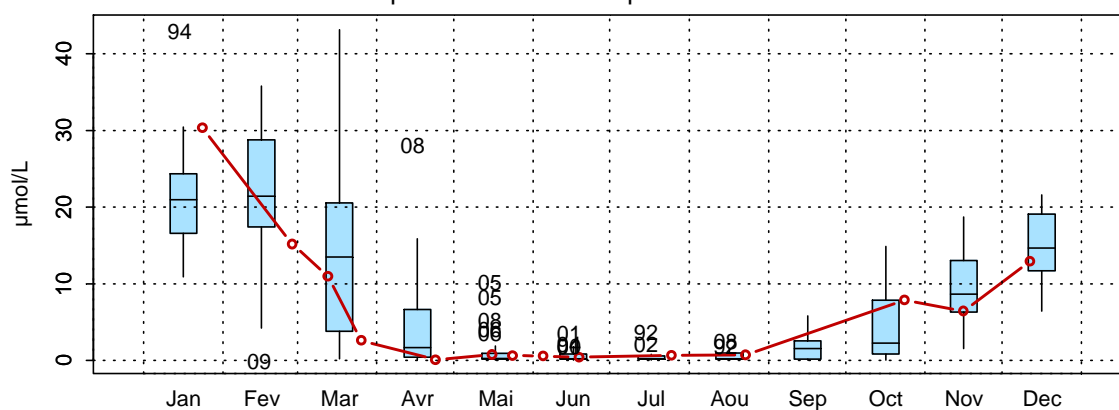
002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Anomalies Azote nitrique (nitrate)
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2012 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

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 1992-2012

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

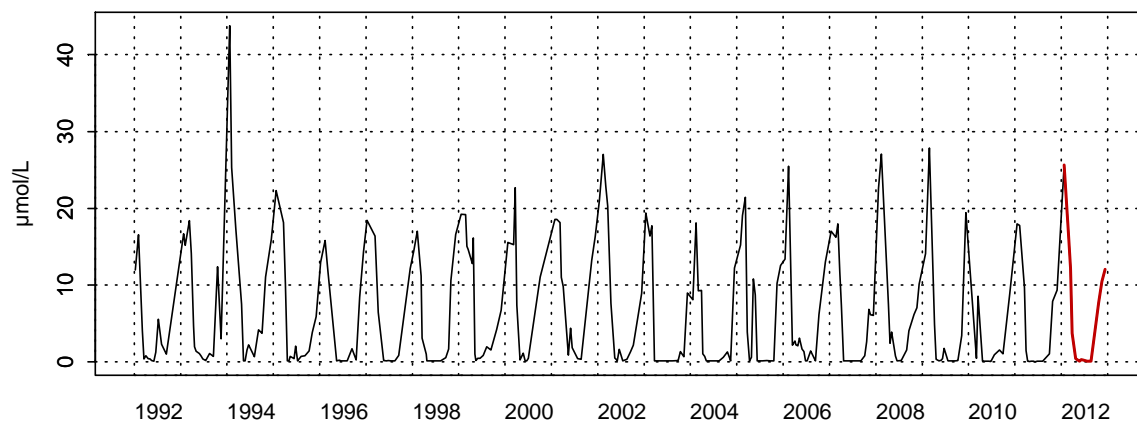
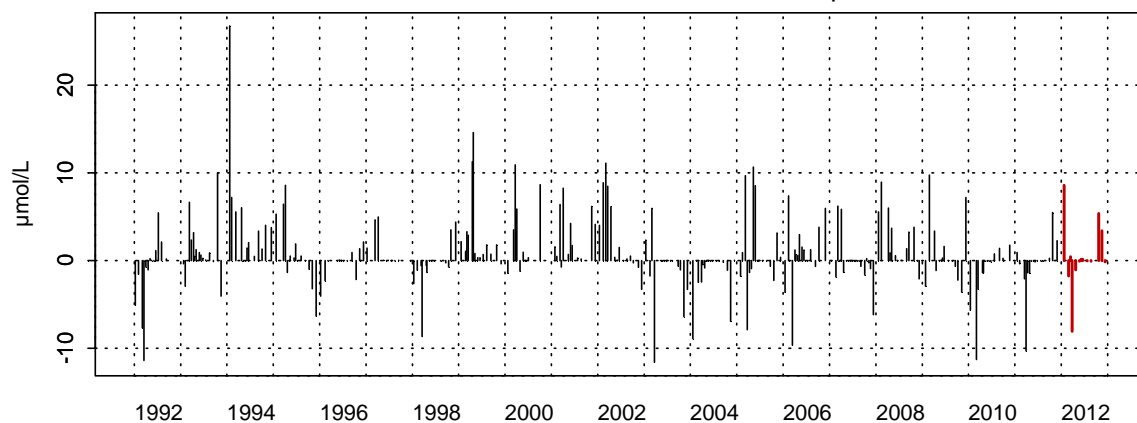
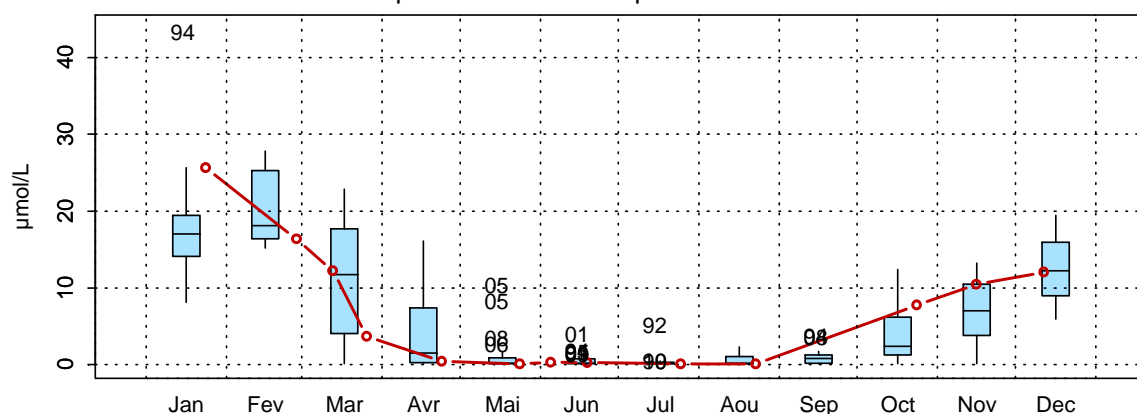
002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Anomalies Azote nitrique (nitrate)
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2012 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

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 1992-2012

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

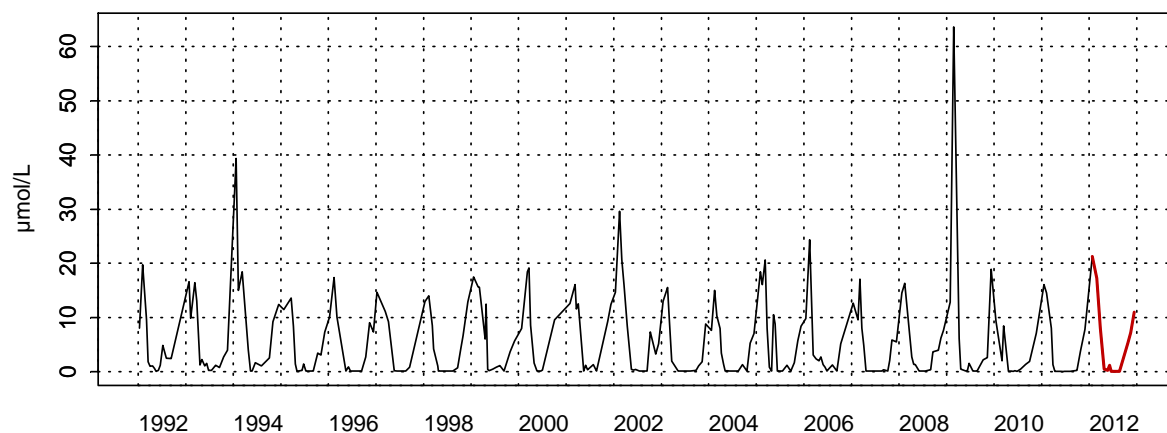
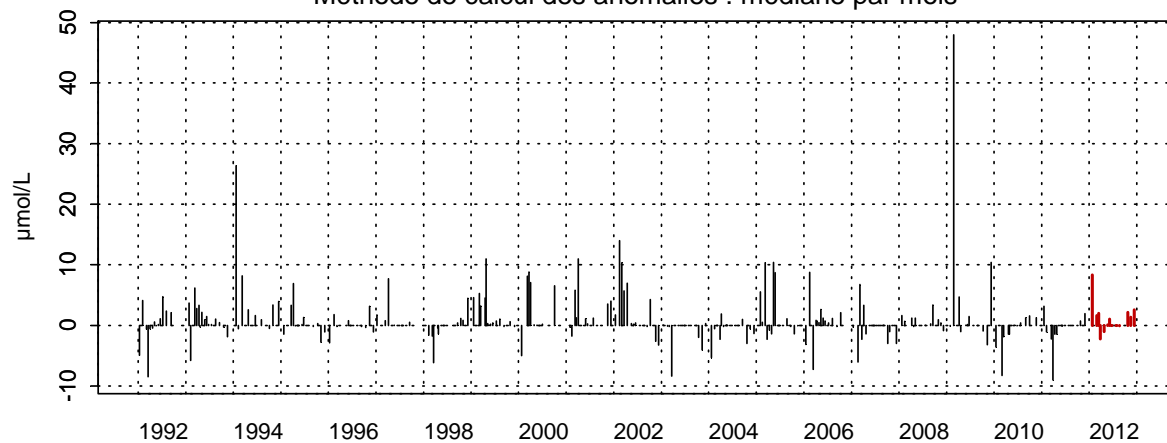
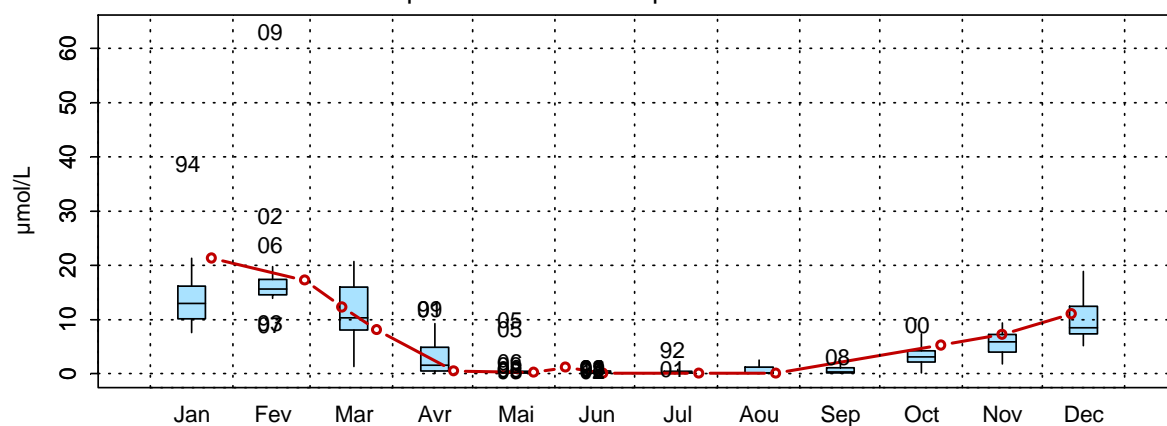
002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Anomalies Azote nitrique (nitrate)
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2012 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

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 1992-2012

Nitrites

Les concentrations en nitrite présentent une variabilité plus importante que celles des nitrates 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 ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$).

Tout comme les nitrates, la courbe saisonnière moyenne des nitrites suit un schéma classique caractérisé par des valeurs plus fortes en hiver et en automne, périodes pendant lesquelles la reconstitution du stock de ces éléments a lieu en général (Figures 46, 47, 48).

Sur la seule année 2012, les concentrations en nitrites évoluent comme la médiane de l'ensemble de la série de 1992-2012 avec toutefois des pics de valeurs exceptionnellement plus élevées en juillet ($0,29 \mu\text{mol/L}$) et plus basses en novembre ($0,16 \mu\text{mol/L}$) point 1; plus fortes en mars et juin ($0,39$ et $0,49 \mu\text{mol/L}$) au point 2.

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

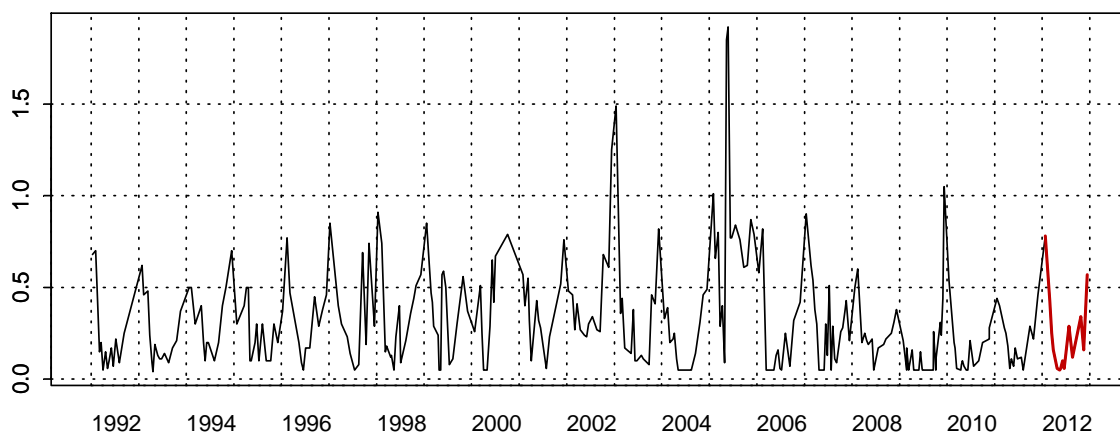
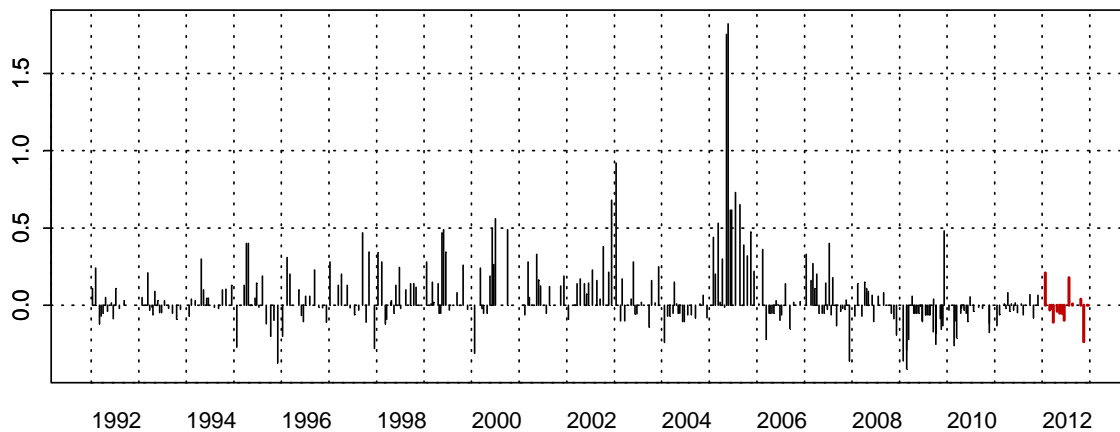
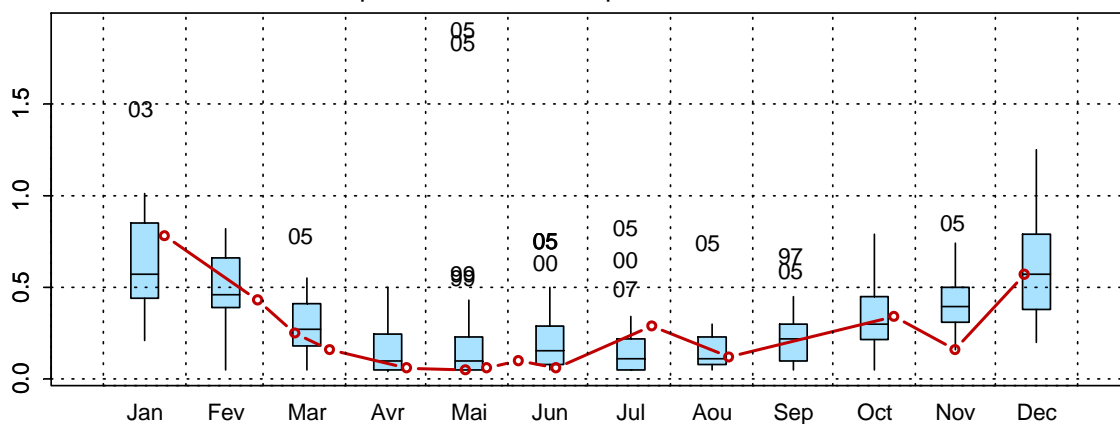
002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Anomalies NO2
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2012 NO2
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

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 1992-2012

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

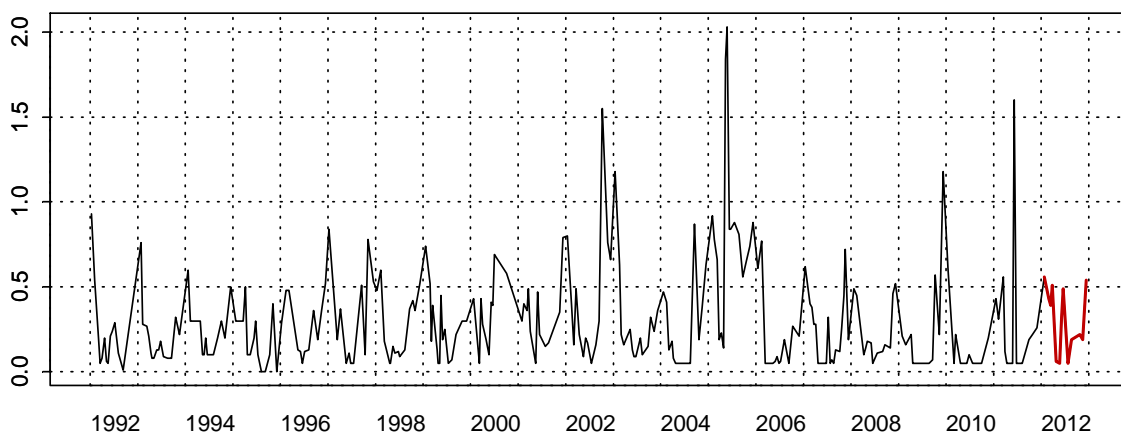
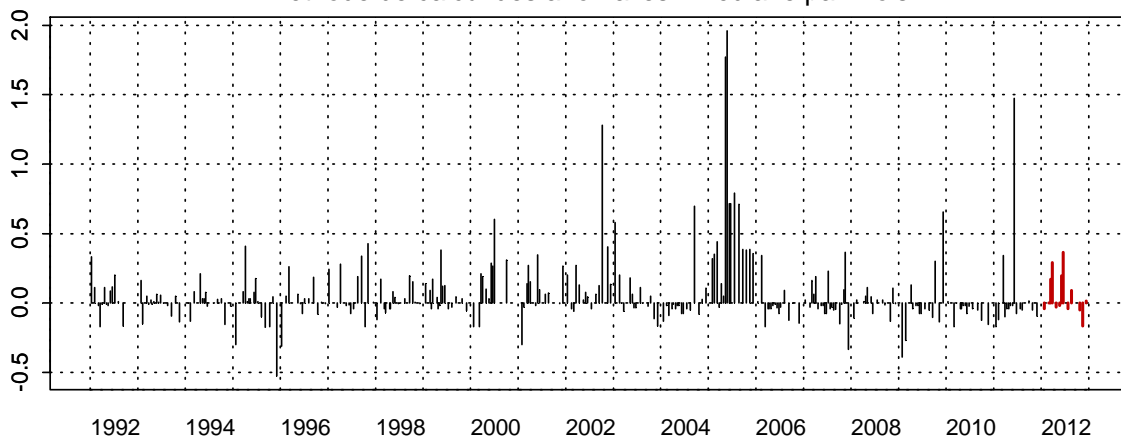
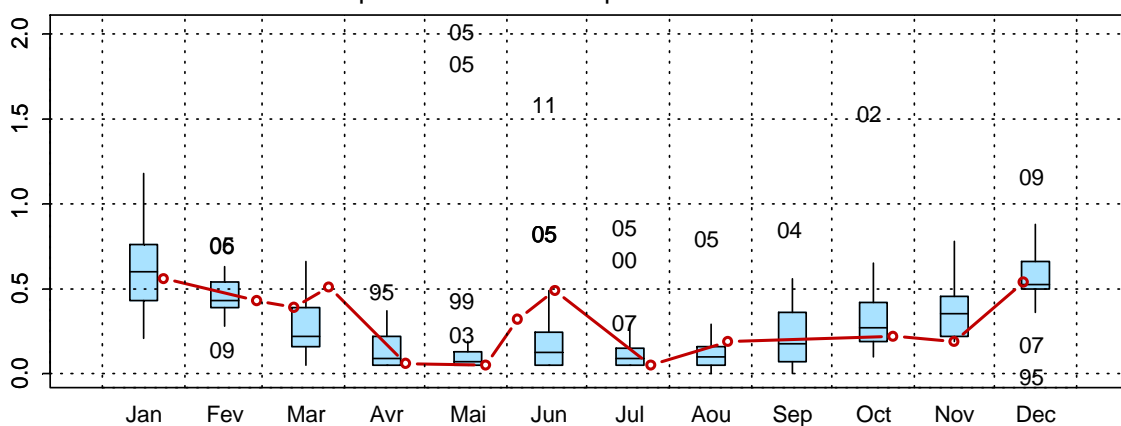
002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Anomalies NO2
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2012 NO2
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

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 1992-2012

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

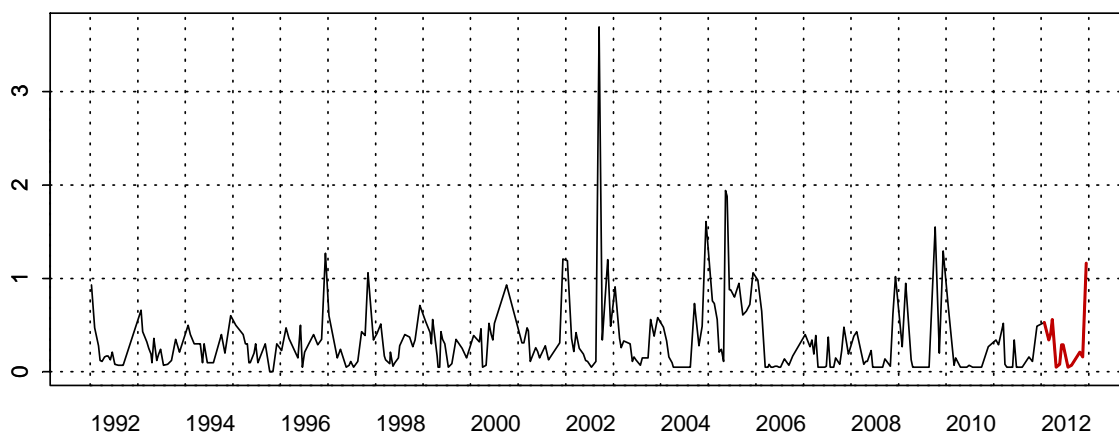
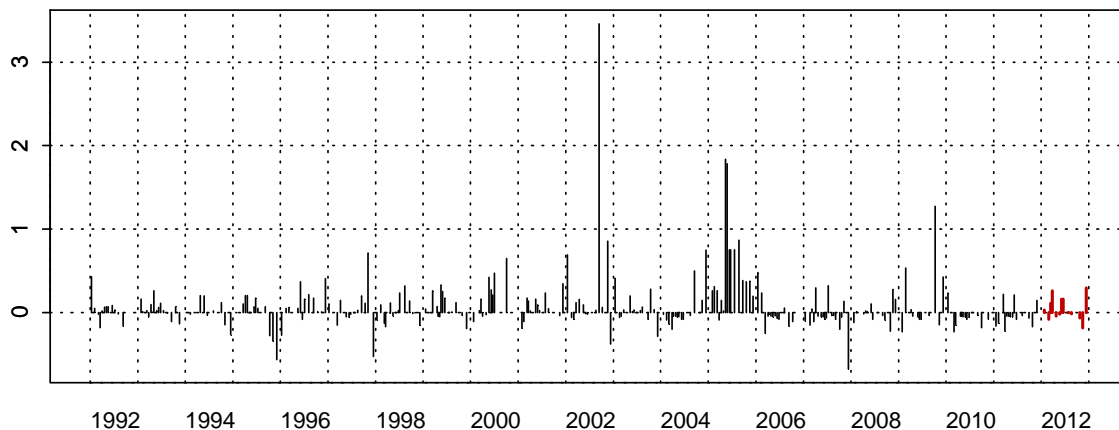
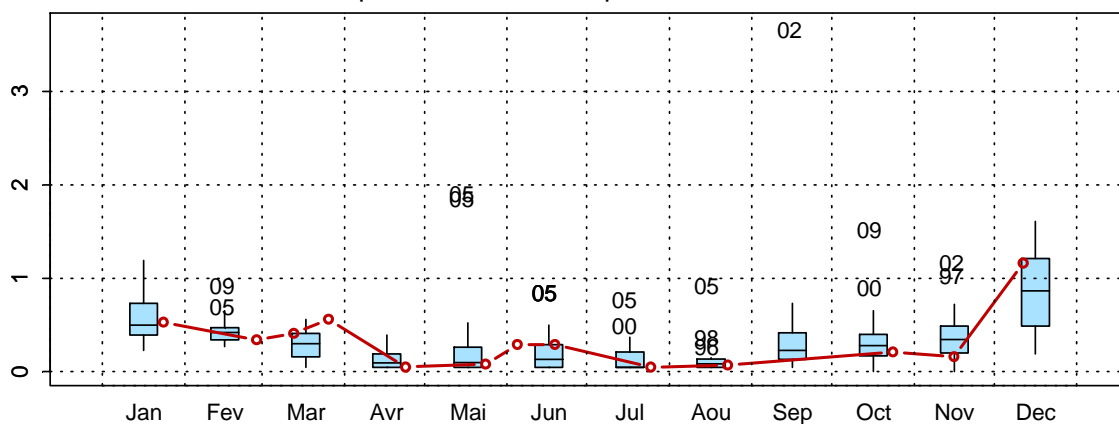
002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Anomalies NO2
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2012 NO2
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

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 1992-2012

Ammonium

Les concentrations en ammonium semblent montrer une dynamique saisonnière classique. De façon générale, les valeurs sont plus fortes en automne et en hiver et plus faibles au printemps et en été. Au point 1, on observe que les concentrations fluctuent entre 0,29 $\mu\text{mol/L}$ en juin et 3,3 $\mu\text{mol/L}$ en janvier. Au point 2, les concentrations maximales sont mesurées en octobre (1,77 $\mu\text{mol/L}$) tandis que les minimales sont observées au début du mois de juin (0,46 $\mu\text{mol/L}$). Le point 3 montre une dynamique particulière qui semble moins marquée que celle des points 1 et 2 avec des maxima en juillet (1,59 $\mu\text{mol/L}$) et des minima en novembre décembre (0,49 $\mu\text{mol/L}$). Il apparaît toutefois que les fortes fluctuations observées témoignent de l'apparition d'un certain nombre d'événements particuliers difficilement explicables à notre échelle de travail dans le cadre du SRN. (Figures 49, 50 et 51).

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

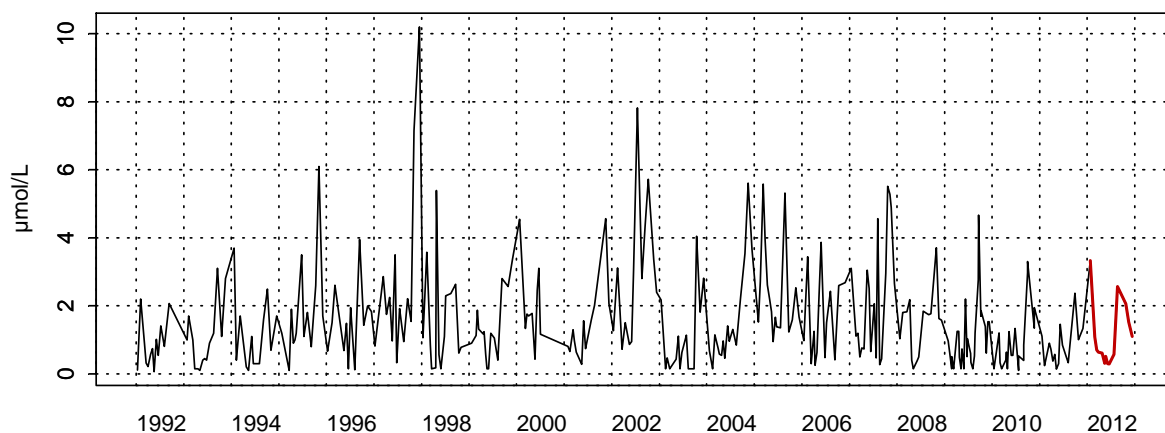
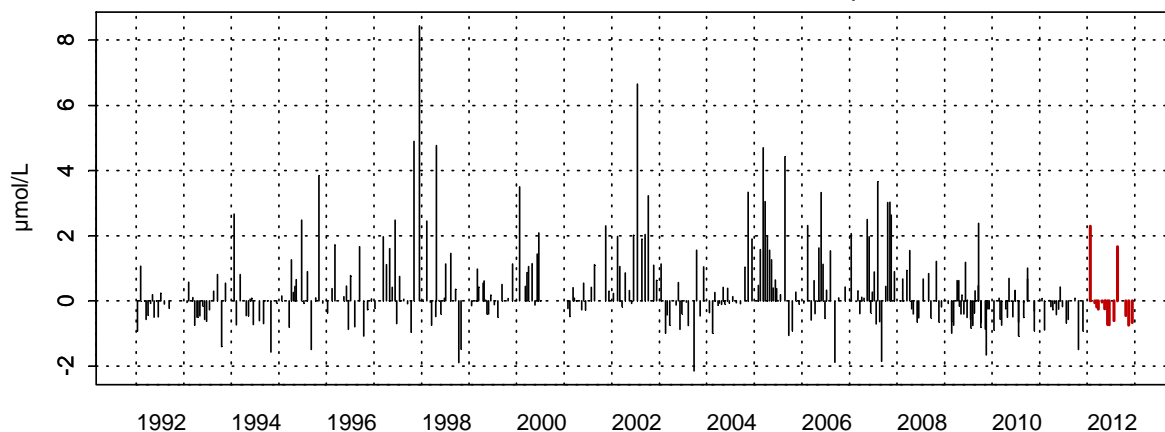
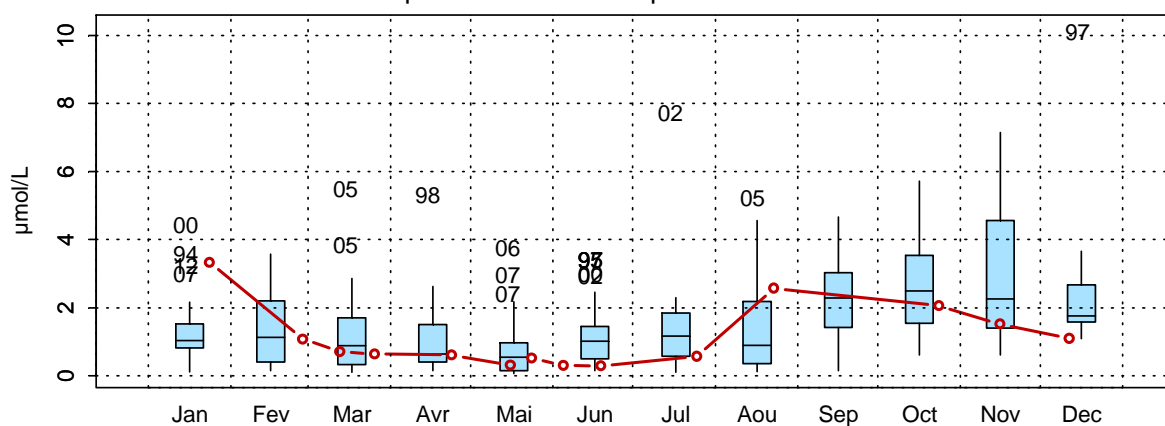
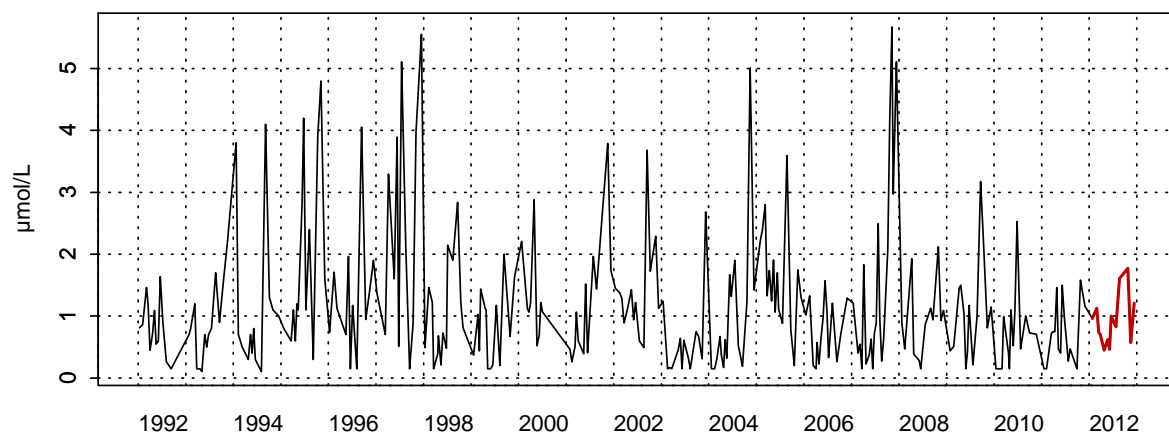
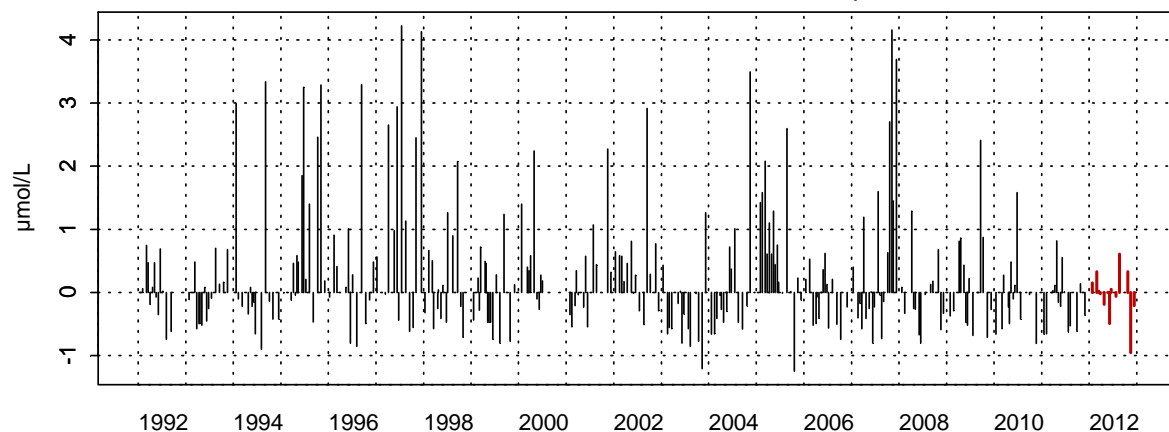
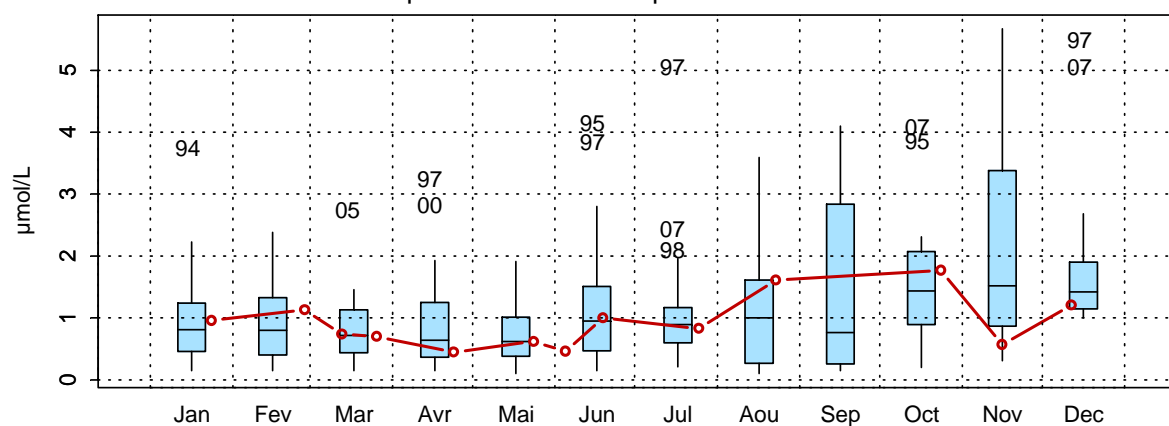
002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Anomalies Azote ammoniacal
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-007 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2012 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

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 1992-2012

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

002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Anomalies Azote ammoniacal
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-029 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2012 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012Figure 50. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2012

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

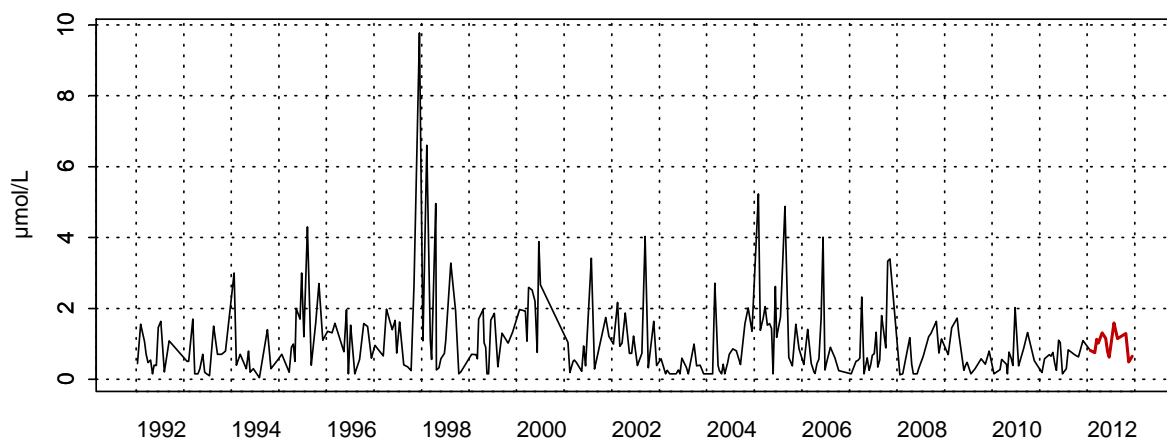
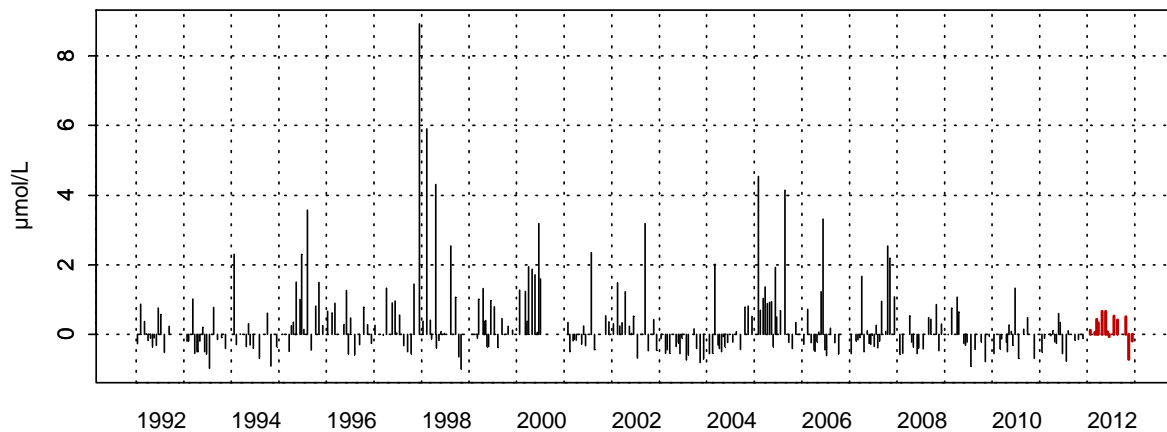
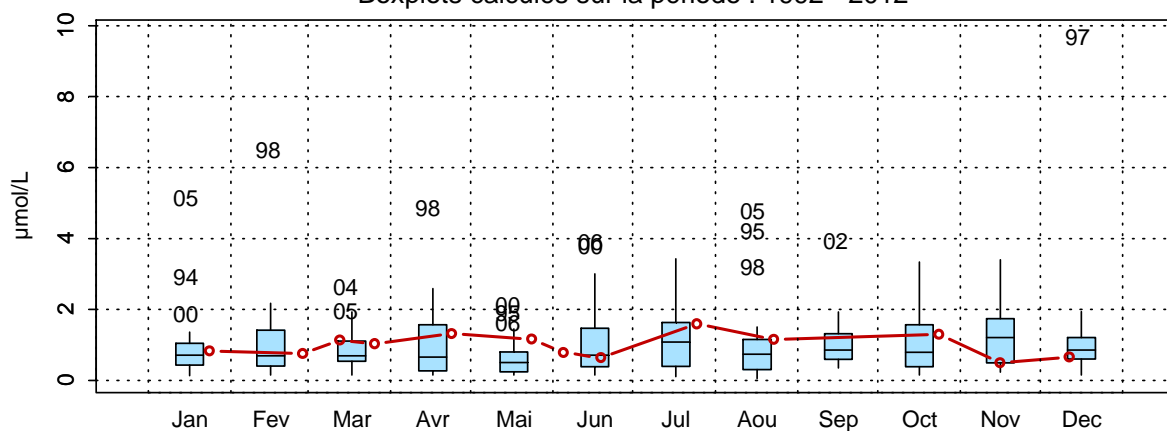
002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Anomalies Azote ammoniacal
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois002-P-030 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2012 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

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 1992-2012

Phosphates

Tableau 12. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour les différents points de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2012

	Min	Q1	Med	Moy	Q3	Max	sd	n
BLG1	0,00	0,16	0,33	0,47	0,69	3,10	0,44	311
BLG2	0,05	0,14	0,34	0,46	0,69	2,40	0,40	294
BLG3	0,00	0,16	0,35	0,44	0,61	2,30	0,38	287

L'évolution de la concentration en phosphate sur le site de Boulogne est conforme à la tendance habituelle et marquée (Figures 52, 53 et 54) par de fortes valeurs en hiver et en automne et faibles durant le printemps. La dynamique pluriannuelle fluctue de façon importante entre les années montrant des pics exceptionnels qui apparaissent au point 1 en 1993 ($3,1 \mu\text{mol/L}$), au point 2 en 1993, 1996 et 2008 ($2,4$ - $2,1 \mu\text{mol/L}$, $1,9 \mu\text{mol/L}$, $2,11 \mu\text{mol/L}$, respectivement) et en 1993 et 2008 ($2,3$ et $2,13$, respectivement). En 2012, la dynamique saisonnière des phosphates montre des valeurs extrêmes supérieures au 3^e quartiles de la série ($1,78 \mu\text{mol/L}$; $1,12 \mu\text{mol/L}$, respectivement). Les valeurs du point 1 semblent au contraire plus faibles que les médianes de la série depuis 1992. La courbe des anomalies mensuelles confirme cette tendance avec de anomalies négatives au point 1 alors que les anomalies sont fortement positives aux points 2 et 3.

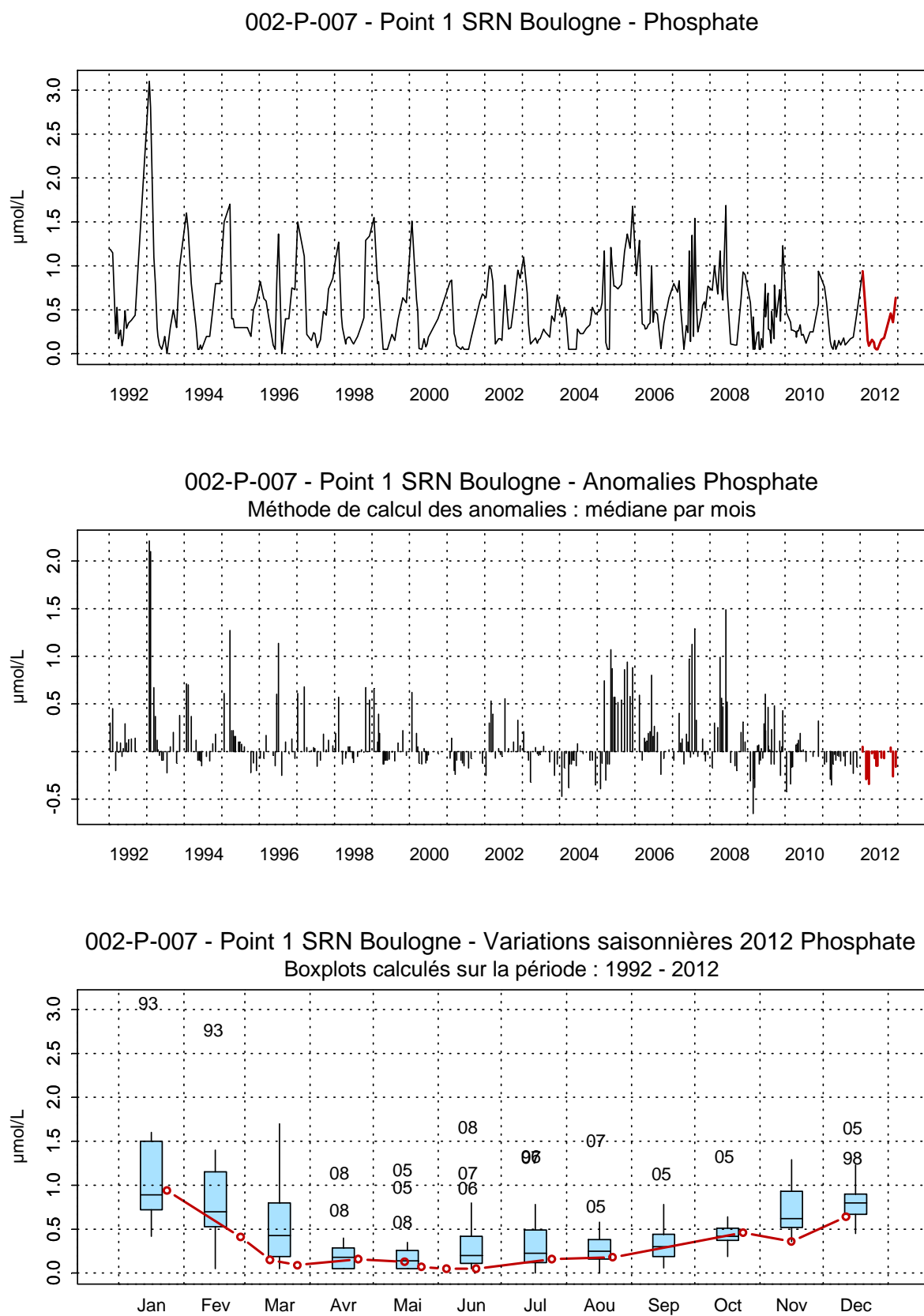


Figure 52. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2012

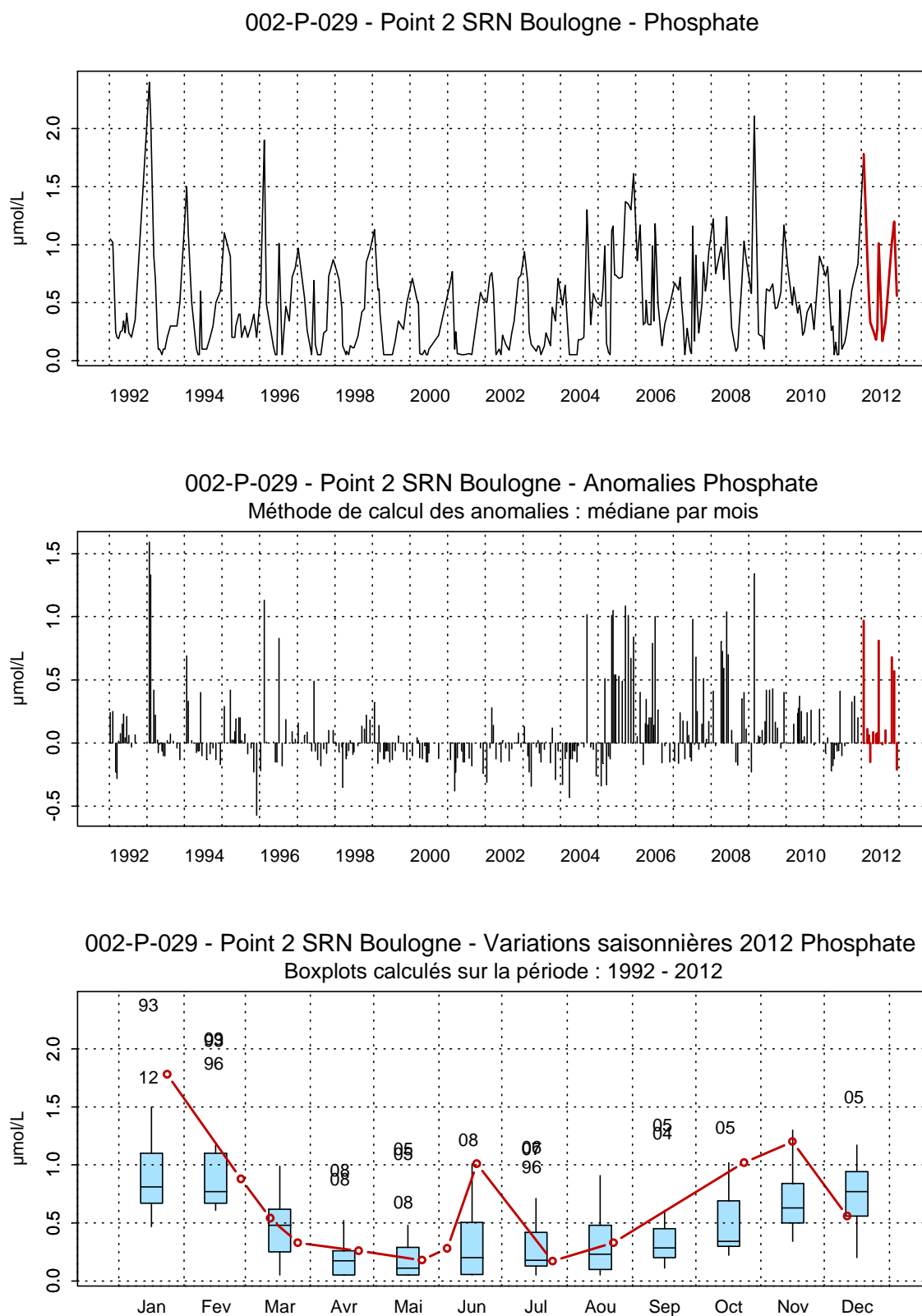


Figure 53. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2012

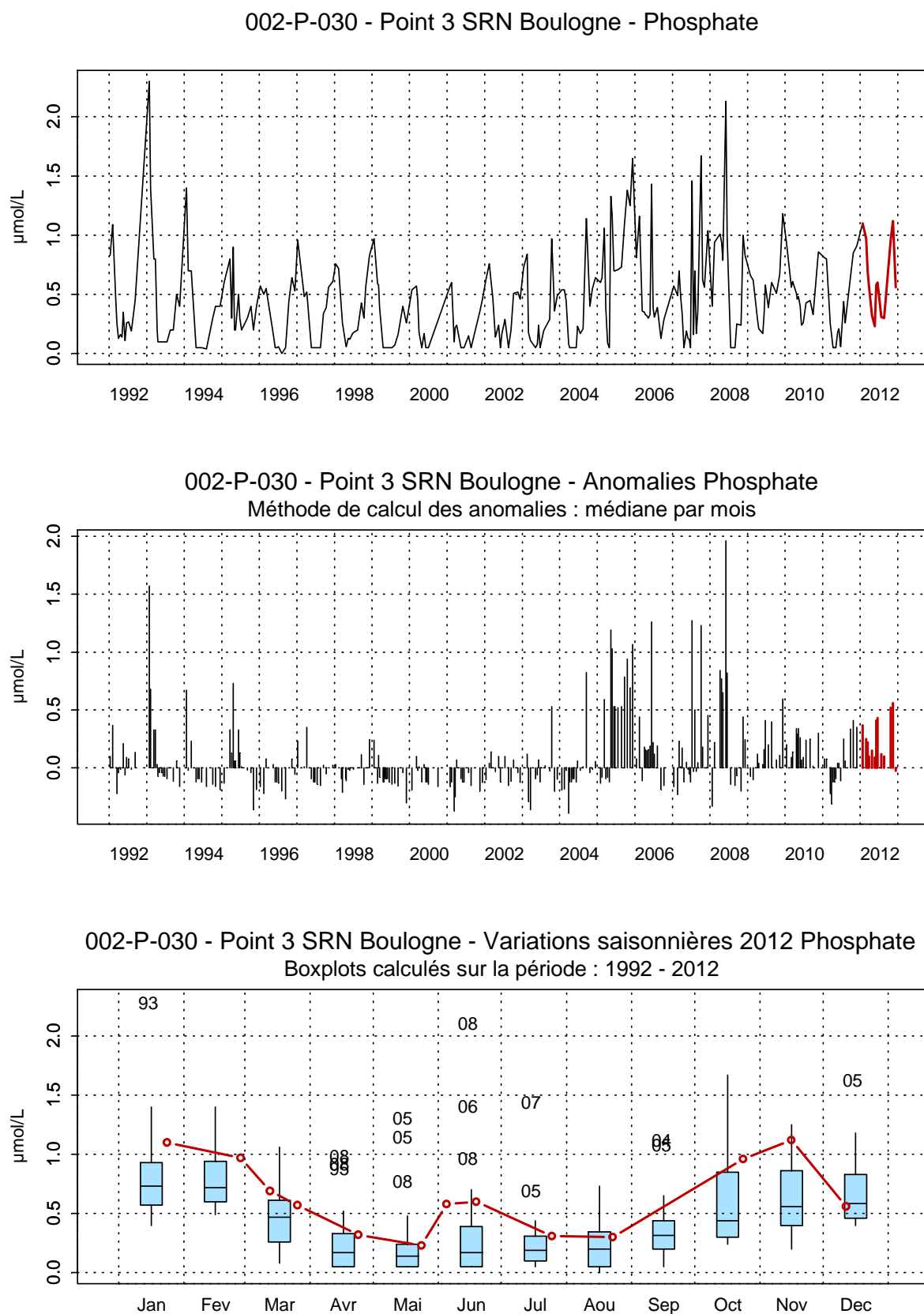


Figure 54. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2012

Silicates

Tableau 13. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour les différents points de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2012

	Min	Q1	Med	Moy	Q3	Max	sd	n
BLG1	0,10	0,28	1,59	3,27	4,61	19,01	3,95	309
BLG2	0,10	0,10	1,43	2,64	3,93	18,90	3,19	292
BLG3	0,10	0,10	1,60	2,38	3,54	16,50	2,79	285

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

Globalement, l'année 2012 est conforme aux autres années. On remarque cependant de fortes concentrations avec des valeurs supérieures à la médiane et au 3^{ème} quartile sur toute la radiale. Cette tendance est confirmée par la courbe des anomalies

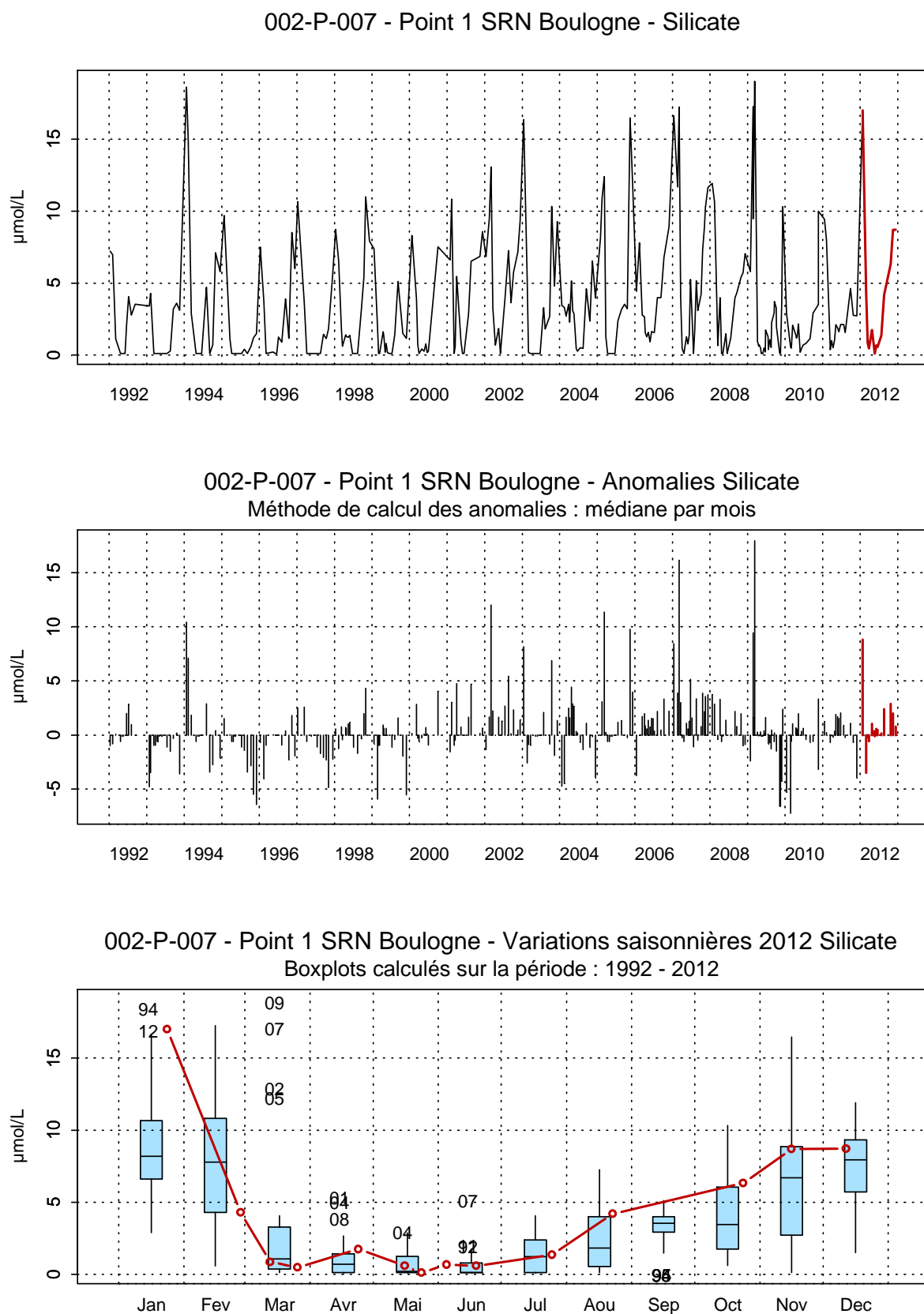


Figure 55. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2012

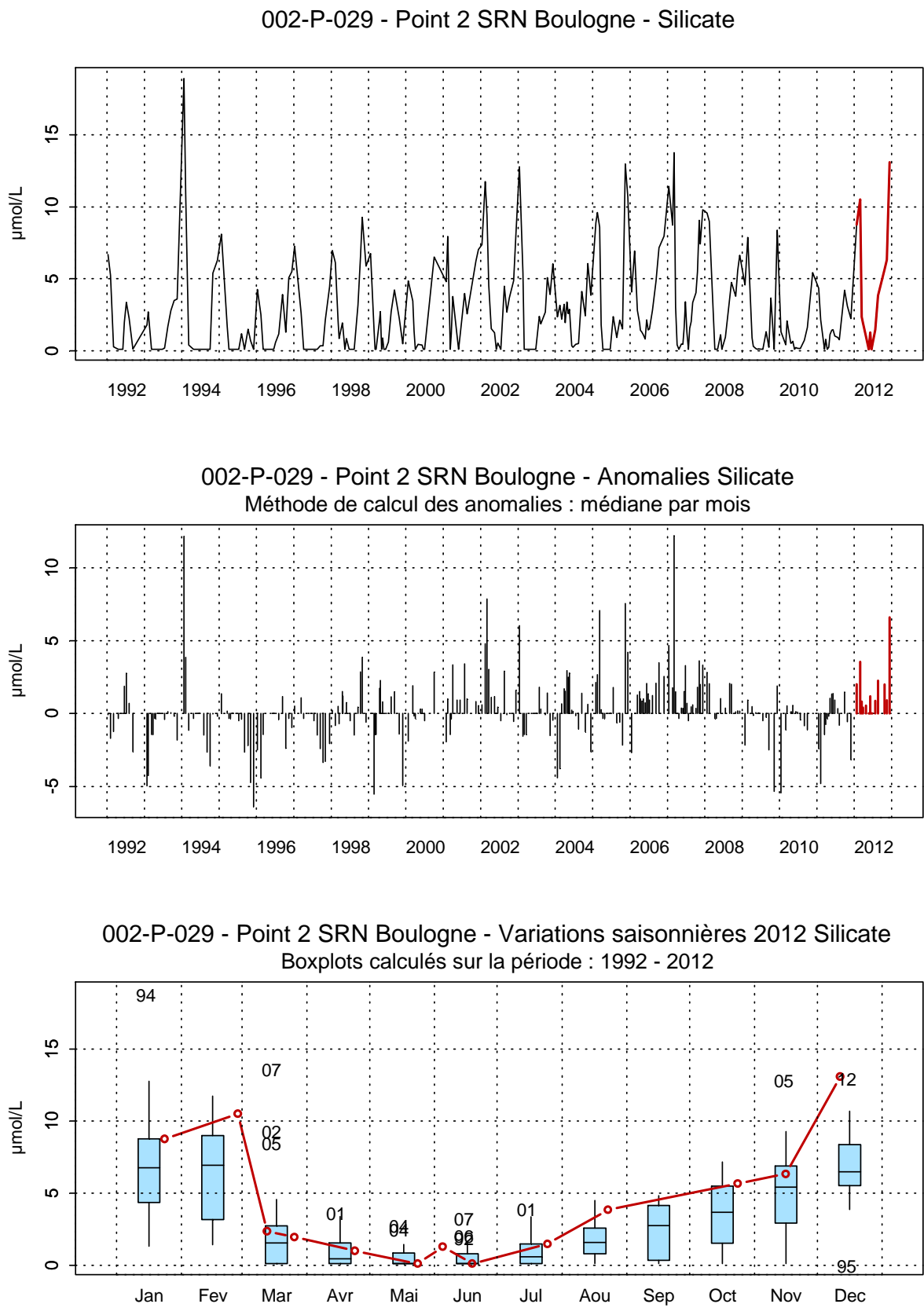


Figure 56. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2012

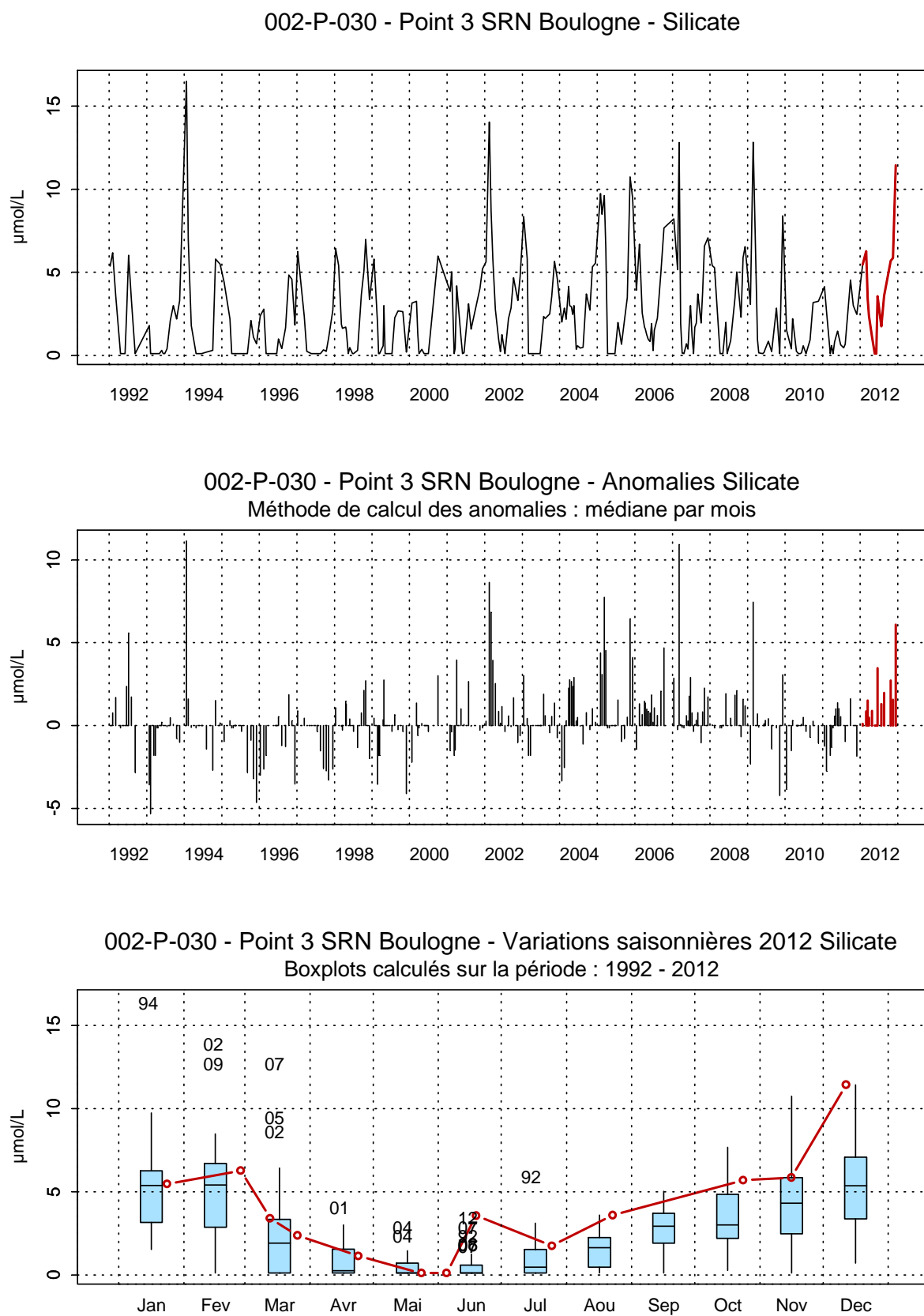


Figure 57. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2012

Nutriments

Les changements de concentrations en nutriments induisent des changements des rapports stœchiométriques. Les figures 58 à 60 délimitent six aires, chacune d'elles caractérise des nutriments potentiellement limitant. Pour cela, les rapports de concentrations en nutriment entre les silicates dissous (Si), l'azote dissous (N) et le phosphore dissous (P) ont été comparées avec les rapports de Redfield ($\text{Si} : \text{P} : \text{N} = 16 : 16 : 1$). Les éléments potentiellement limitant apparaissent par ordre de priorité dans chacune des six (6) zones du graphique. Ainsi, on peut étudier la dynamique saisonnière sur chaque site échantillonné. Lors de la période dite non productive (novembre-février), on observe majoritairement une limitation par la silice et le phosphore. Au niveau du point 1, on observe une limitation soit de type $\text{Si} : \text{P} : \text{N}$ (janvier) ou de type $\text{P} : \text{N} : \text{Si}$ (novembre et février). Les points 3 et 4 quant à eux présentent une limitation de type $\text{Si} : \text{P} : \text{N}$ (Janvier-février), de type $\text{Si} : \text{N} : \text{P}$ (Novembre) et de type $\text{P} : \text{Si} : \text{N}$ (décembre).

Lors de la période productive, plusieurs types de limitation sont observés mais il semble que le phytoplancton présente majoritairement une limitation par la silice puis une limitation par l'azote. Le phosphore semble peu limitant pour la radiale de Boulogne pendant cette période.

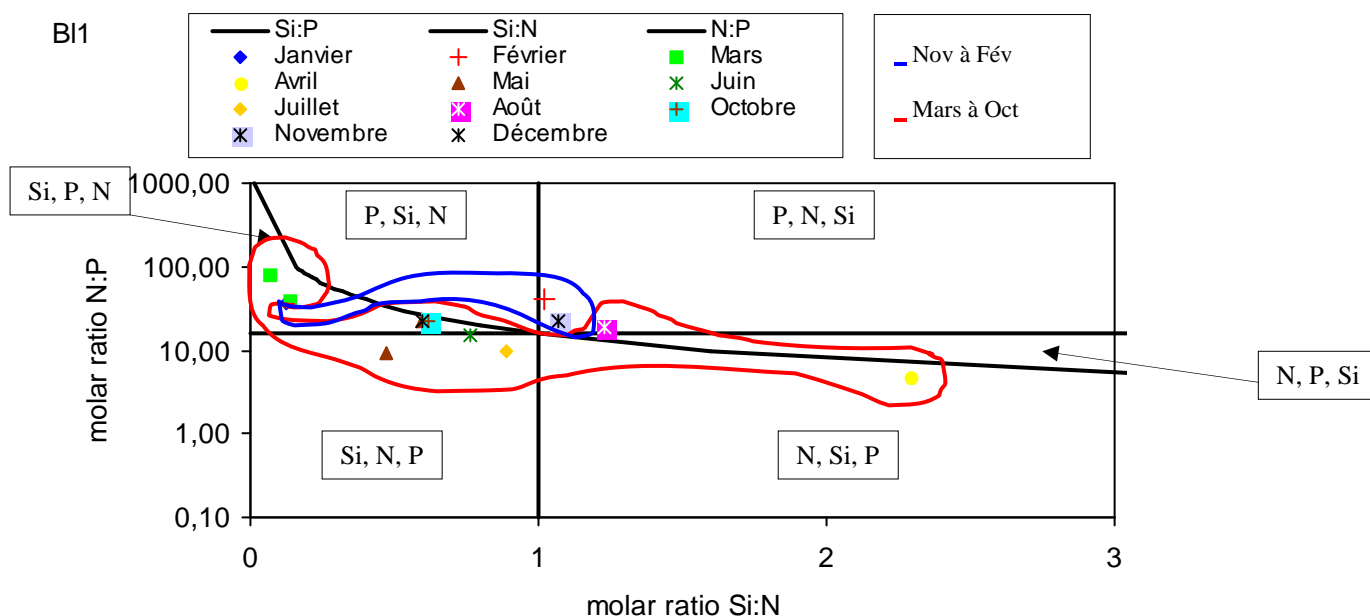


Figure 58. Évolution temporelle des éléments limitant au point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2012

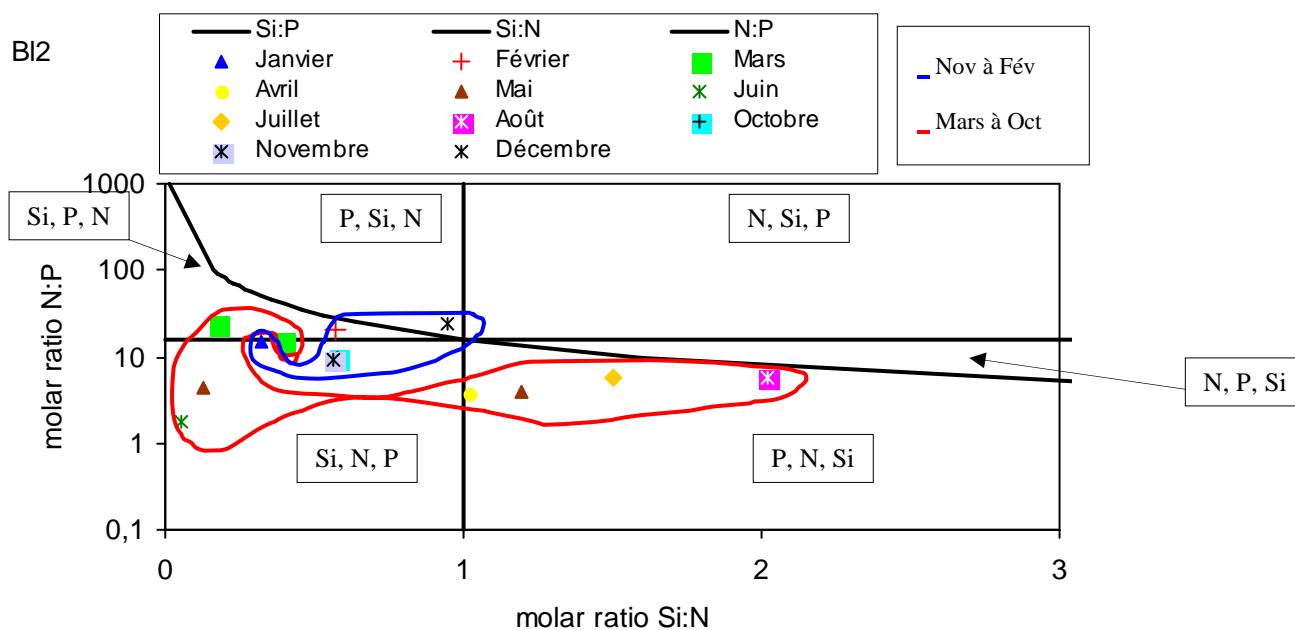


Figure 59. Évolution temporelle des éléments limitant au point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2012

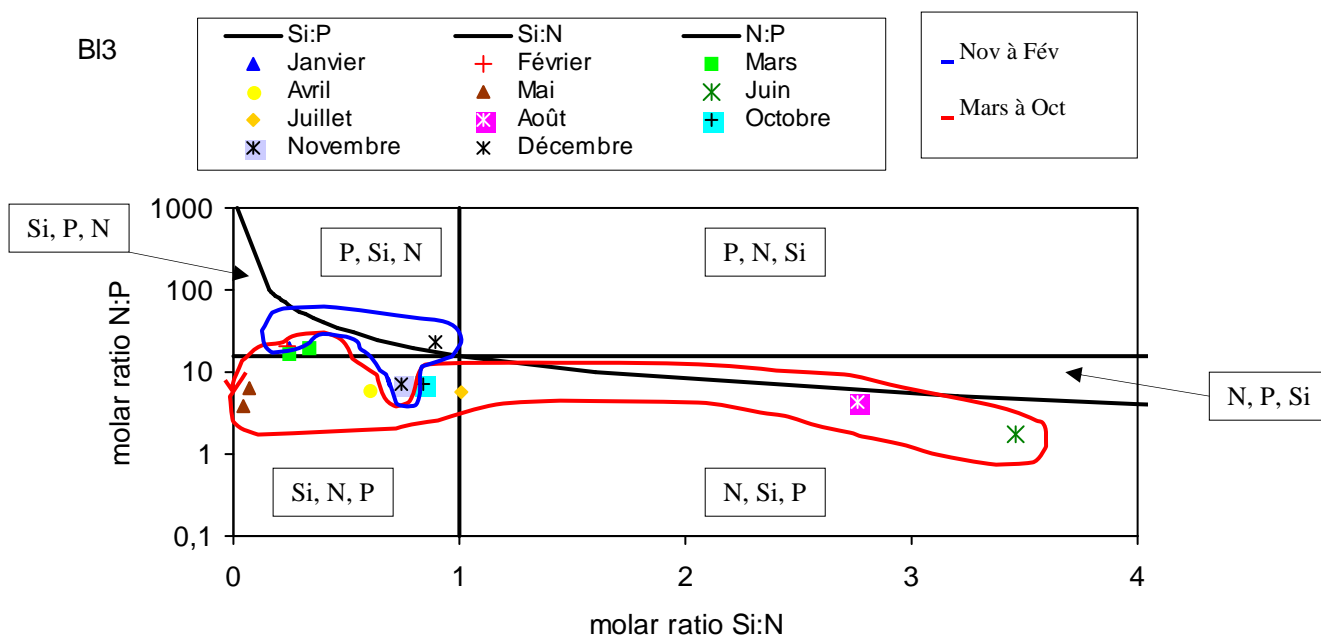


Figure 60. Évolution temporelle des éléments limitant au point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2012

Chlorophylle active

Pour l'année 2012, le pourcentage de chlorophylle active est toujours supérieur à 50 % (sauf pour le point 1 où l'on observe 48,29 % en janvier et une valeur exceptionnellement basse en octobre (8,76), (Figure 61). La valeur maximale est atteinte au points 2 et, en moyenne, le pourcentage de chlorophylle *a* active est supérieur aux points du large (74,69 %) par rapport aux points côtiers (70,19 %).

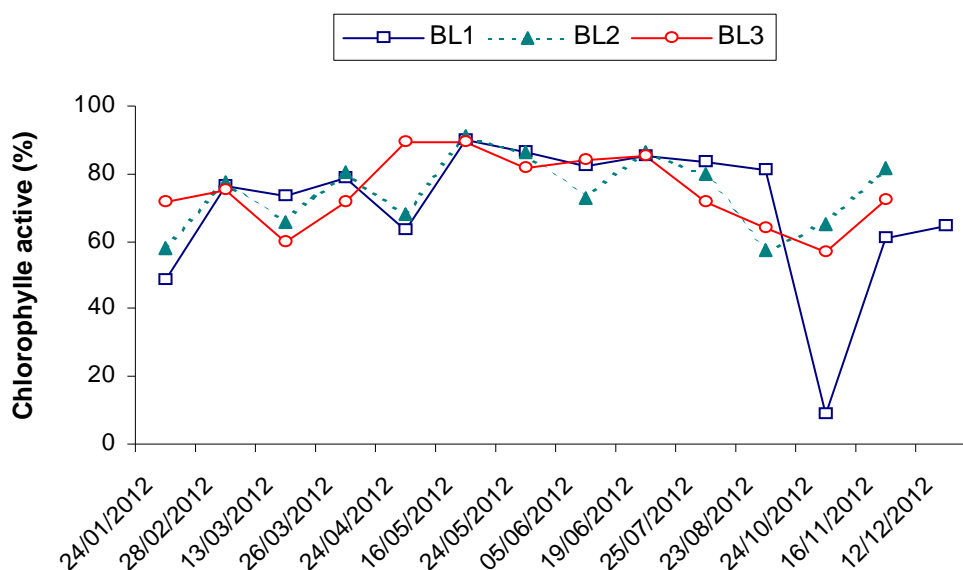


Figure 61. Évolution temporelle du pourcentage de chlorophylle active sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2012

3.1.3. La Baie de Somme

Températures

Tableau 14. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour les différents points de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

	MIN	Q1	MED	MOY	Q3	MAX	SD	N
Bif	2,50	8,48	12,50	12,52	16,77	22,90	4,69	316
Mimer	3,00	8,70	12,90	12,81	17,15	22,80	4,68	215
Atso	2,00	8,80	13,00	12,90	17,10	22,10	4,74	329
Mer 1	3,00	8,90	13,00	12,68	16,80	22,30	4,52	269
Mer2	3,00	9,00	12,65	12,70	16,60	21,60	4,40	266

La courbe de température indique une dynamique régulière de 1992 à 2012 (Figures 62 à 66). Globalement, les températures oscillent entre 5 et 20 °C excepté l'année 2003 qui montre un pic avoisinant les 23°C sur l'ensemble des points. Les températures les plus faibles de la série sont obtenues en 1997 et avoisinent les 2°C au point Atso. Sur une année moyenne, la dynamique des températures pour l'ensemble de la série est classique : des valeurs plus faibles en hiver et en automne et plus fortes au printemps et en été. L'année 2012 suit la même dynamique mais semble présenter des valeurs beaucoup plus faibles que la médiane à chaque période de l'année. Cette tendance est confirmée par la courbe des anomalies de températures qui montre un bilan négatif excepté au mois de janvier.

Il existe un faible gradient de température entre la côte et le large (d'Atso à Mer 2). Ce gradient varie de -0,4 °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.

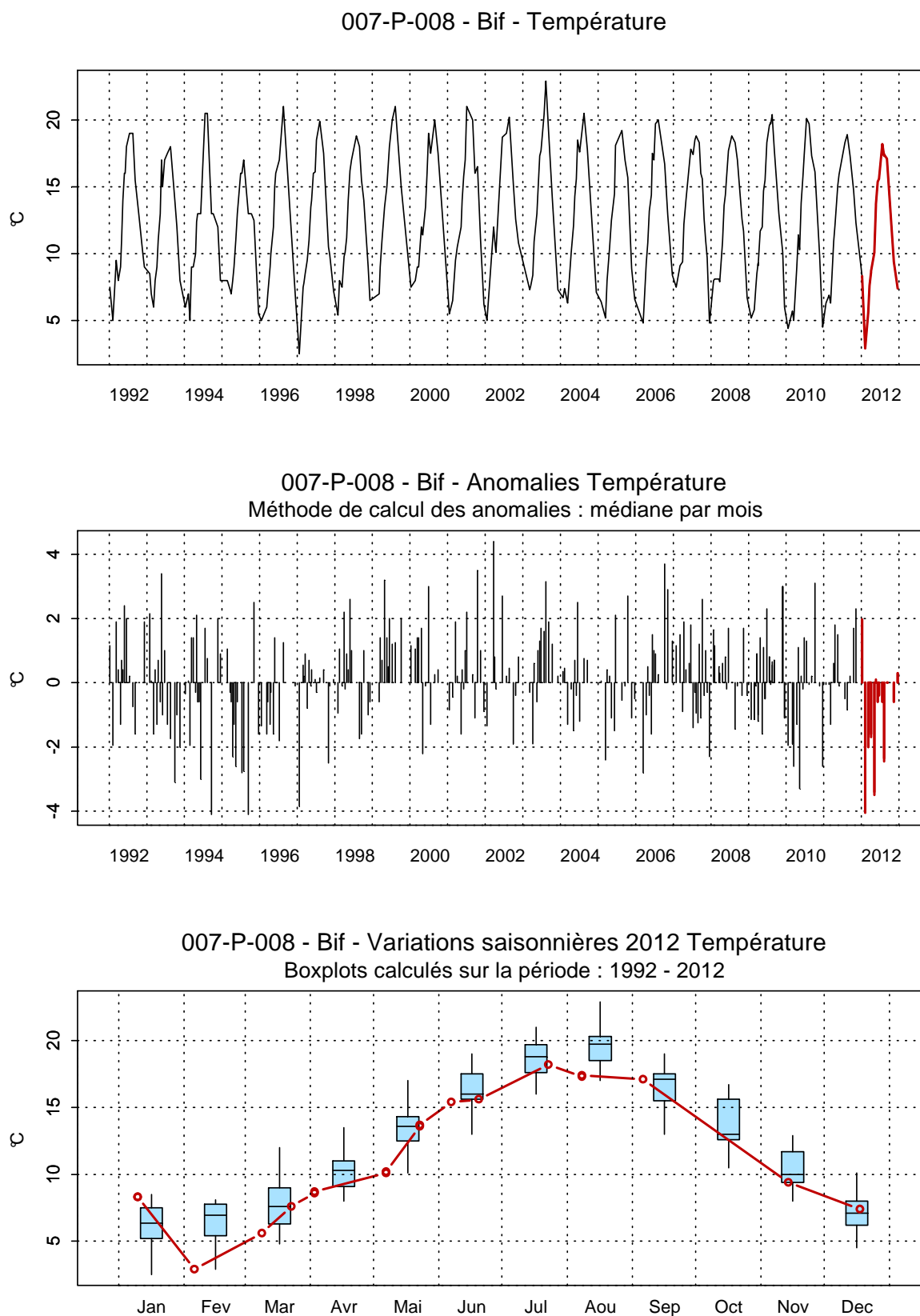


Figure 62. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

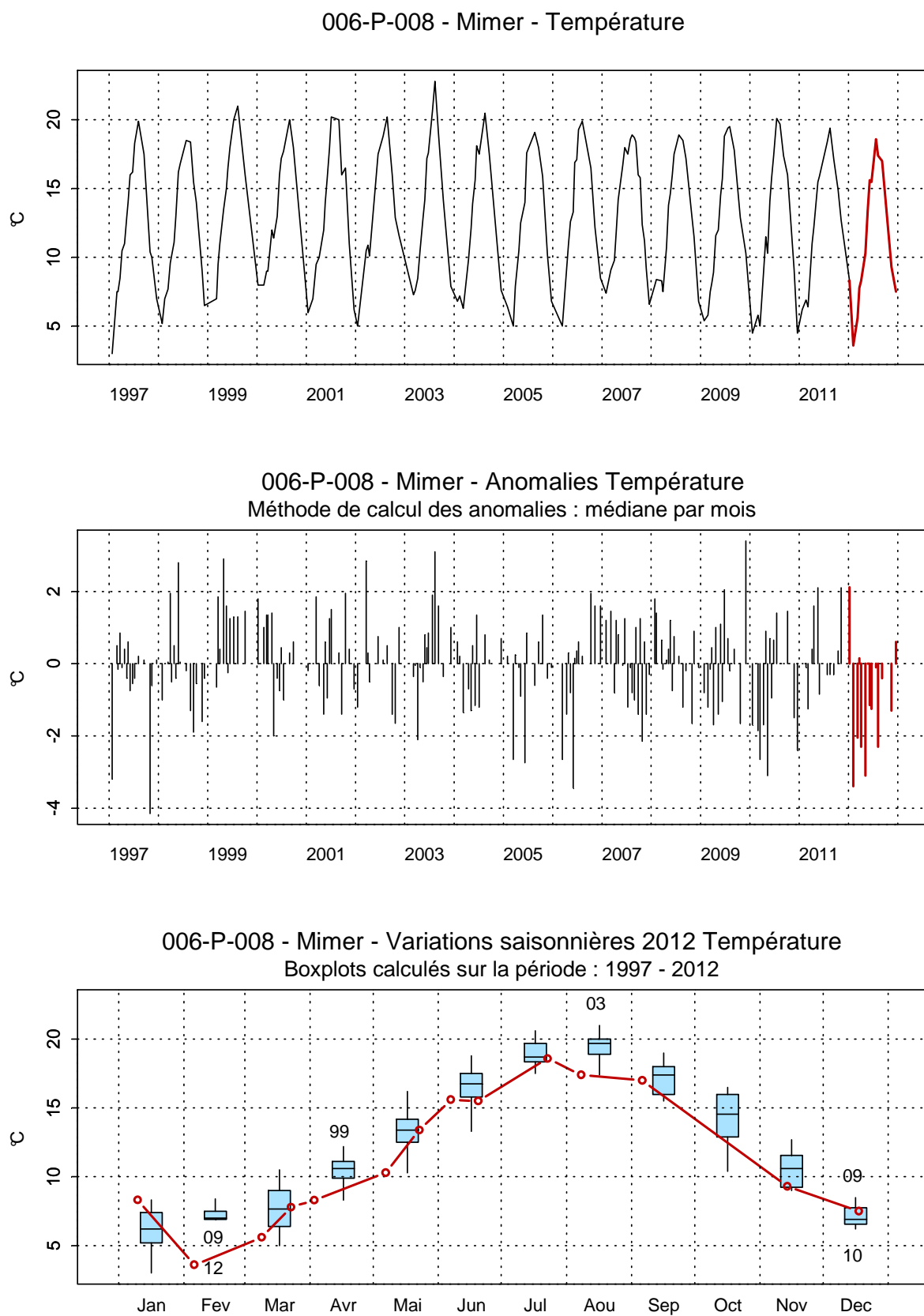


Figure 63. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

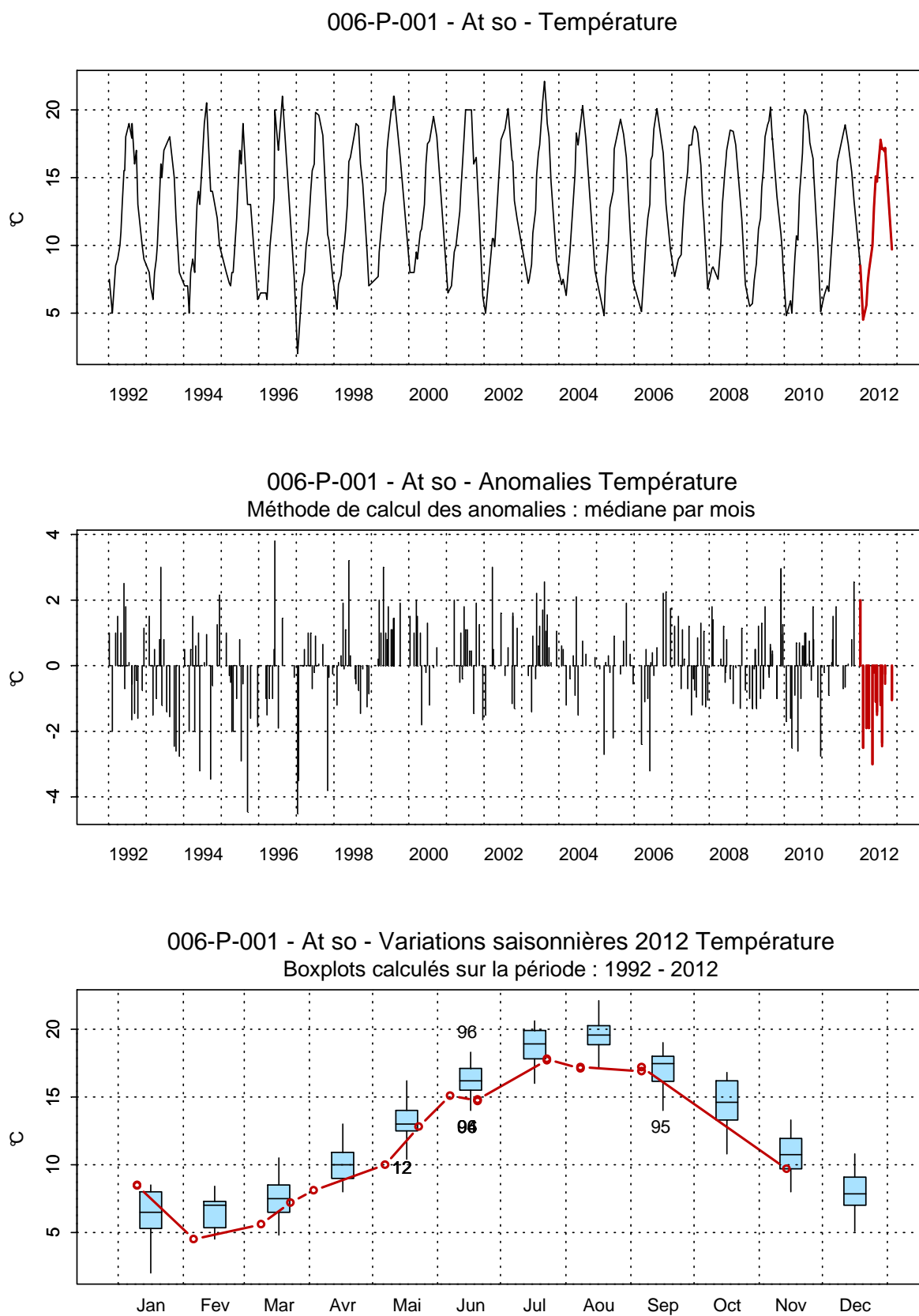


Figure 64. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

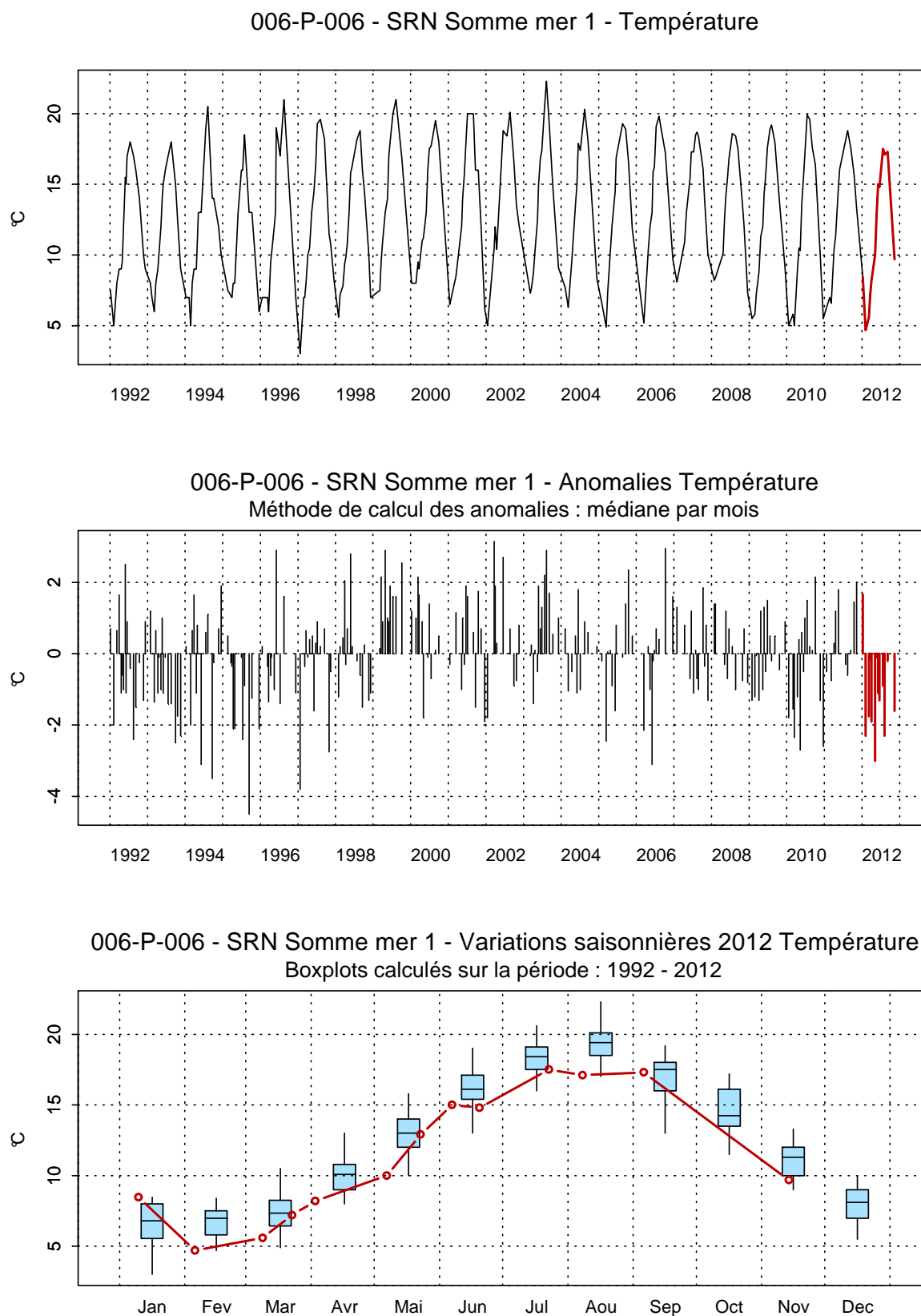


Figure 65. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

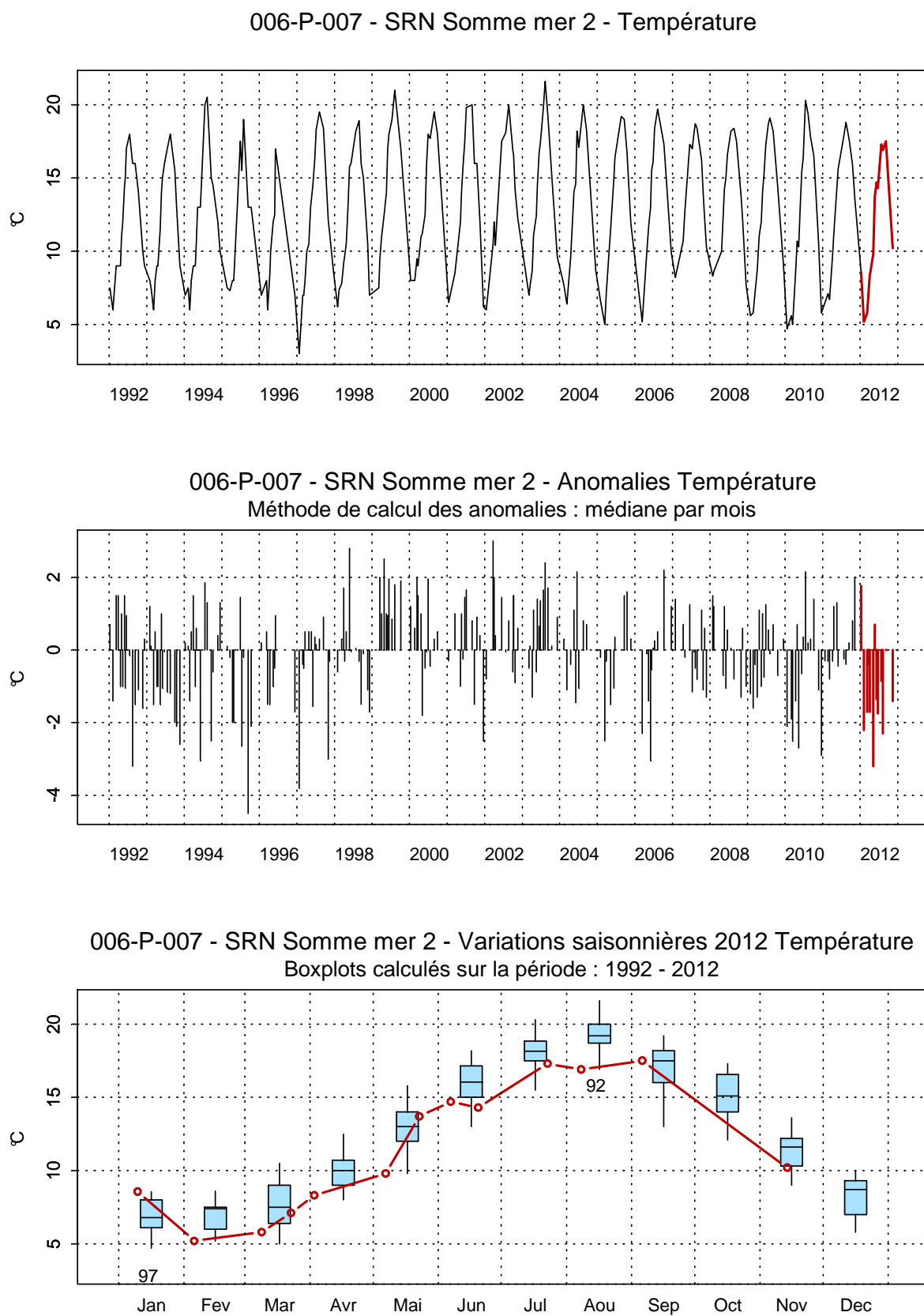


Figure 66. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

Salinités

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 30,3 et 34,5 pour les points estuariens et côtiers (Bif, Mimer et Atso) et entre 32,2 et 34,9 pour le large (Mer 1 et Mer 2). Les variations de salinité au point le plus amont de l'estuaire (Bif) sont plus importantes avec un pic de dessalure autour de 30°C (Figure 67). Les apports d'eau douce influencent de façon significative la salinité des points estuariens contrairement aux points marins.

Toutefois, 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. Un gradient de salinité s'établit de la côte vers le large entre les points Atso et Mer 2 et est compris entre -0,7 et 0,7

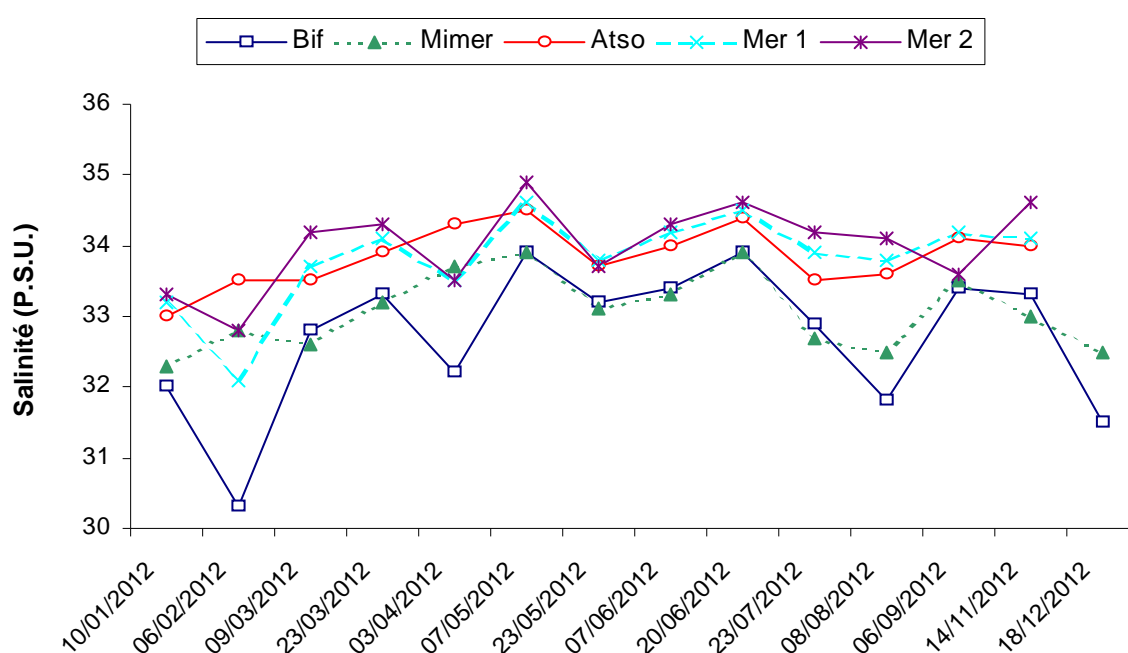


Figure 67. Évolution temporelle de la salinité (P.S.U.) sur la radiale de la Baie de Somme en 2012

Turbidités et matières en suspension

L'évolution au cours de l'année 2012 de la turbidité est très variable pour les points estuariens (Bif, Mimer, Atso). On note que de très fortes valeurs sont mesurées en début et en fin d'année. Les valeurs exceptionnellement fortes sont obtenues le 18/12 à Bif et Mimer (139 et 121 N.T.U, respectivement). Les fluctuations des autres points sont assez proches et globalement inférieures à 10 N.T.U. Le gradient côte-large qui s'établit entre la station côtière Bif et la station du large Mer 2 est compris entre -23,53 et 1,99 N.T.U.

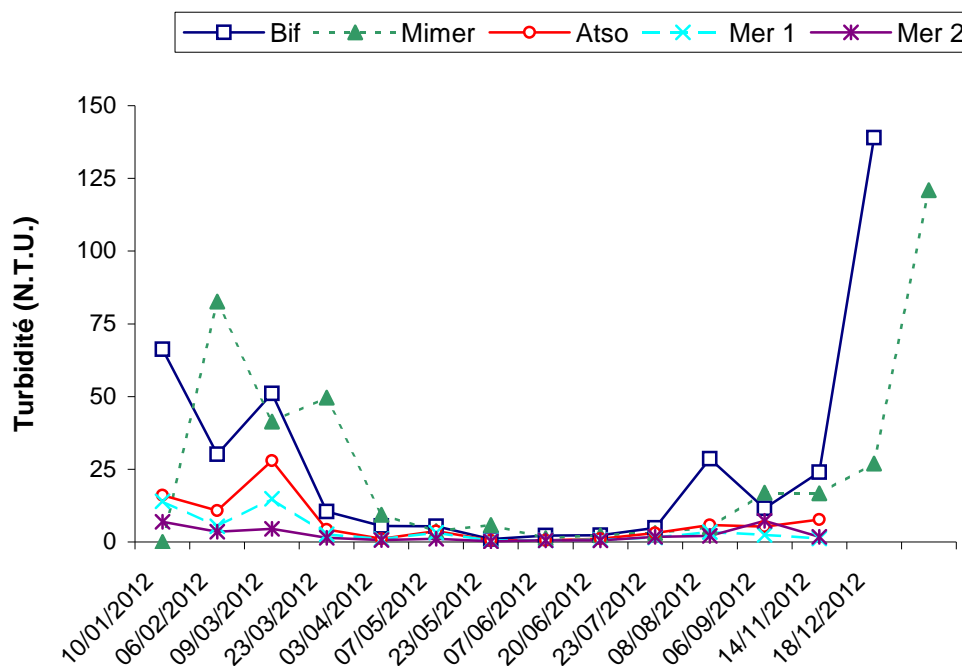


Figure 68. Évolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de la Baie de Somme en 2012

La dynamique saisonnière de l'année 2012 pour les MES est similaire à celle observée pour la turbidité. Tout comme pour la turbidité, le mois de décembre présente des valeurs exceptionnellement fortes aux points Bif et Mimer. Sur ces points, les valeurs varient entre des minima à 8,4 mg/L, point Bif le 25/05 et 4,6 mg/L, point Mimer le 20/06 à des maxima de 239,2 mg/L le 18/12. Les trois autres points ne présentent pas de variations aussi importantes. On note tout de même des fluctuations entre 0,4 mg/L (point Mer 1 et 2, le 23//05) et 47,6 mg/L (point Atso, le 23/03).

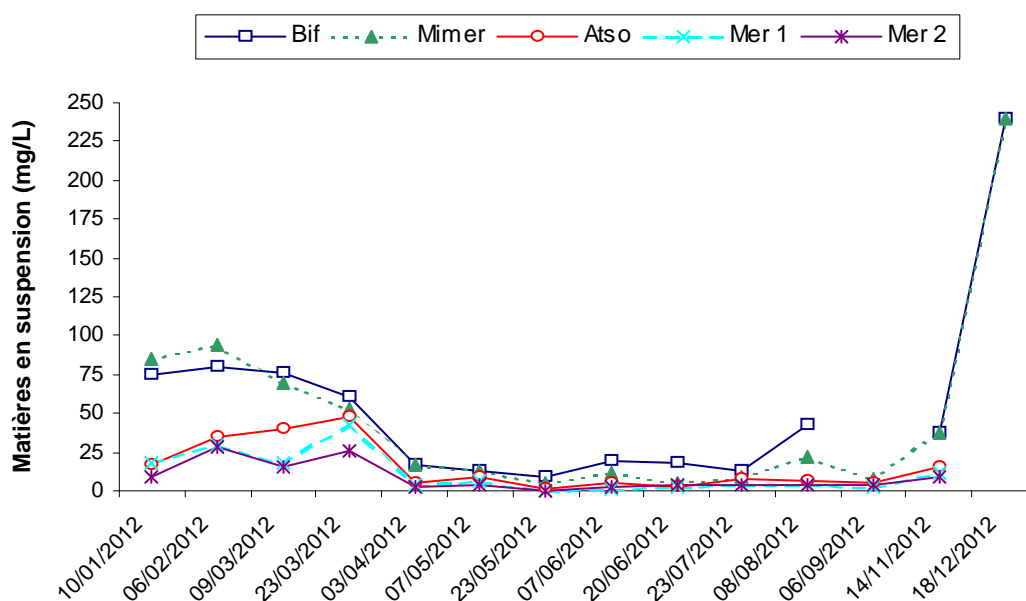


Figure 69. Évolution temporelle des matières en suspension (mg/L) sur la radiale de la Baie de Somme en 2012

Matière organique

Le pourcentage de la fraction organique contenue dans les matières en suspension montre une variabilité importante sur l'ensemble des points. On note que la matière organique est beaucoup plus importante aux points les plus au large que sur les points estuariens dont le point Bif a les pourcentages les plus faibles. Les turbidités étant plus importantes au niveau de la côte, il apparaît normal que les points côtiers produisent point de matière fraîche que les points du large qui présentent un potentiel productif plus important. Les valeurs les plus fortes apparaissent au printemps et en été (d'avril à juillet) au moment où les conditions lumineuses sont les plus favorables à la production de la matière organique liée au développement du phytoplancton. Les pics les plus importants sont enregistrés le 20/06 à Mer 1 (92,31%) à Mer 2 (90,40%) et à Atso (88,17 %)

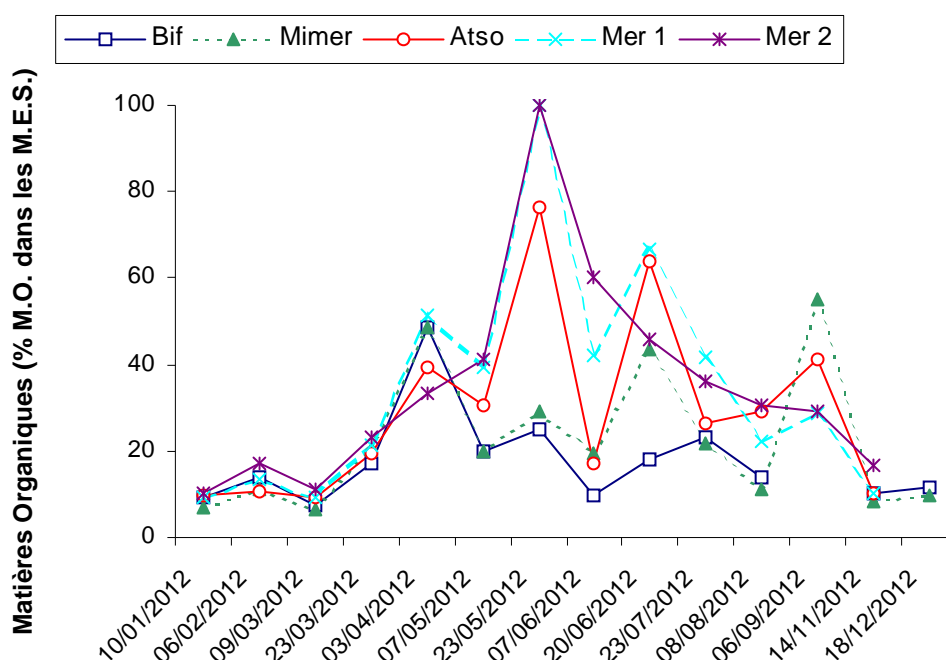


Figure 70. Évolution temporelle de la teneur en matière organique dans les matières en suspension (% de Matière organique dans les M.E.S.) sur la radiale de la Baie de Somme en 2012

Chlorophylle a

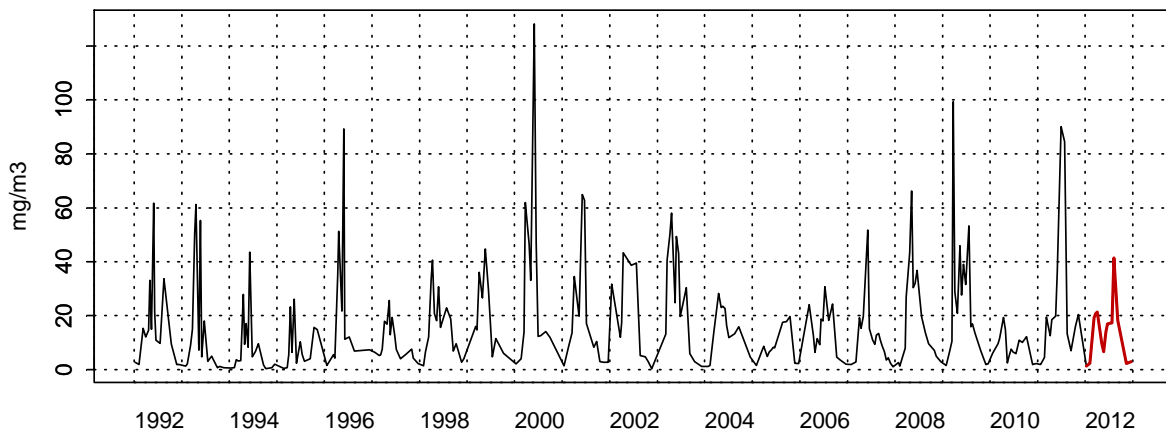
Tableau 15. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle a (mg/m^3) pour les différents points de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

	Min	Q1	Med	Moy	Q3	Max	sd	N
Bif	0,32	4,77	11,63	16,88	20,75	128,20	18,15	291
Mimer	0,19	4,05	8,70	13,71	18,91	79,28	14,21	216
Atso	0,21	2,78	5,79	8,64	11,25	58,53	8,38	301
Mer 1	0,08	2,19	4,77	6,93	9,37	39,15	6,63	276
Mer2	0,05	2,32	4,64	6,40	8,54	34,60	5,96	269

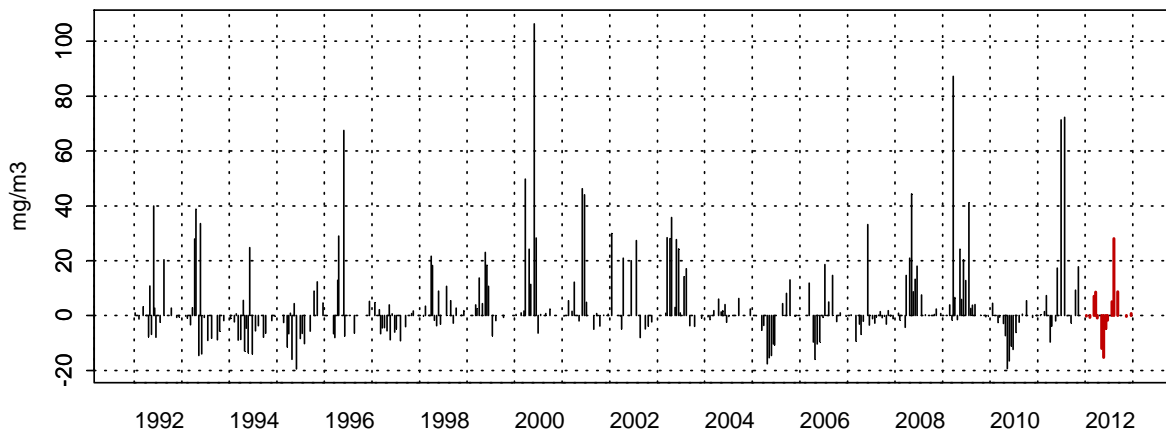
La dynamique pluriannuelle de la chlorophylle a est très irrégulière. Des valeurs exceptionnelles apparaissent le long du gradient. De façon générale, la dynamique saisonnière suit le schéma classique pour un écosystème tempéré avec de fortes valeurs au printemps et en été tandis que les plus faibles valeurs apparaissent en hiver et en automne. L'année 2012 suit la même dynamique avec cependant quelques anomalies observées notamment au point Bif où les concentrations du mois d'août sont largement supérieures aux valeurs médianes de la série depuis 1992 ($41,47 \mu\text{g/L}$). On peut remarquer que les autres points côtiers montrent des blooms en mars à Mimer ($27,42$

mg/m³) et Atso (22,3 mg/m³) tandis que les points plus au large (Mer 1 :15,79 et mer 2 :10,36) ont des blooms moins importants mais plus fréquents entre mars et juillet.

007-P-008 - Bif - Chlorophylle a



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



007-P-008 - Bif - Variations saisonnières 2012 Chlorophylle a
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

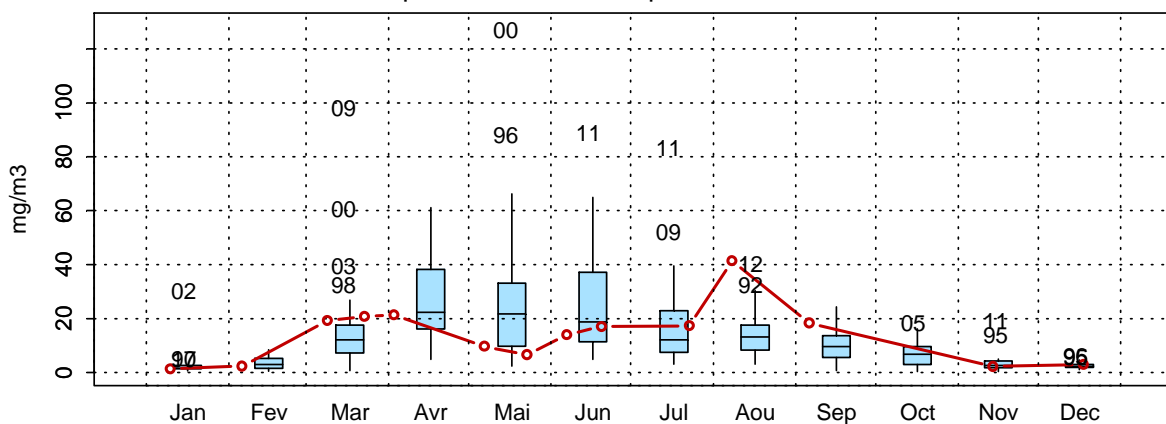


Figure 71. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m3) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

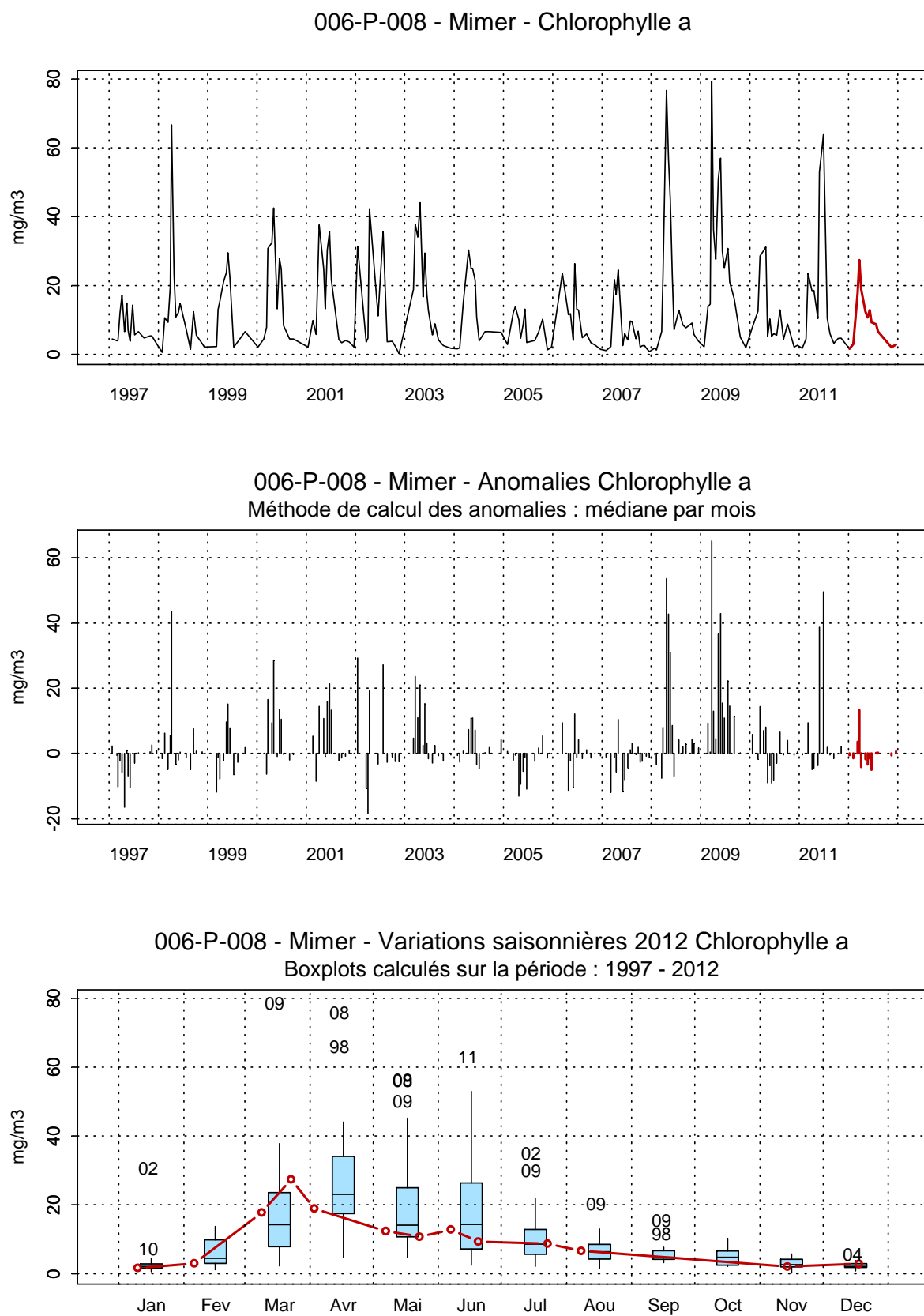


Figure 72. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m³) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

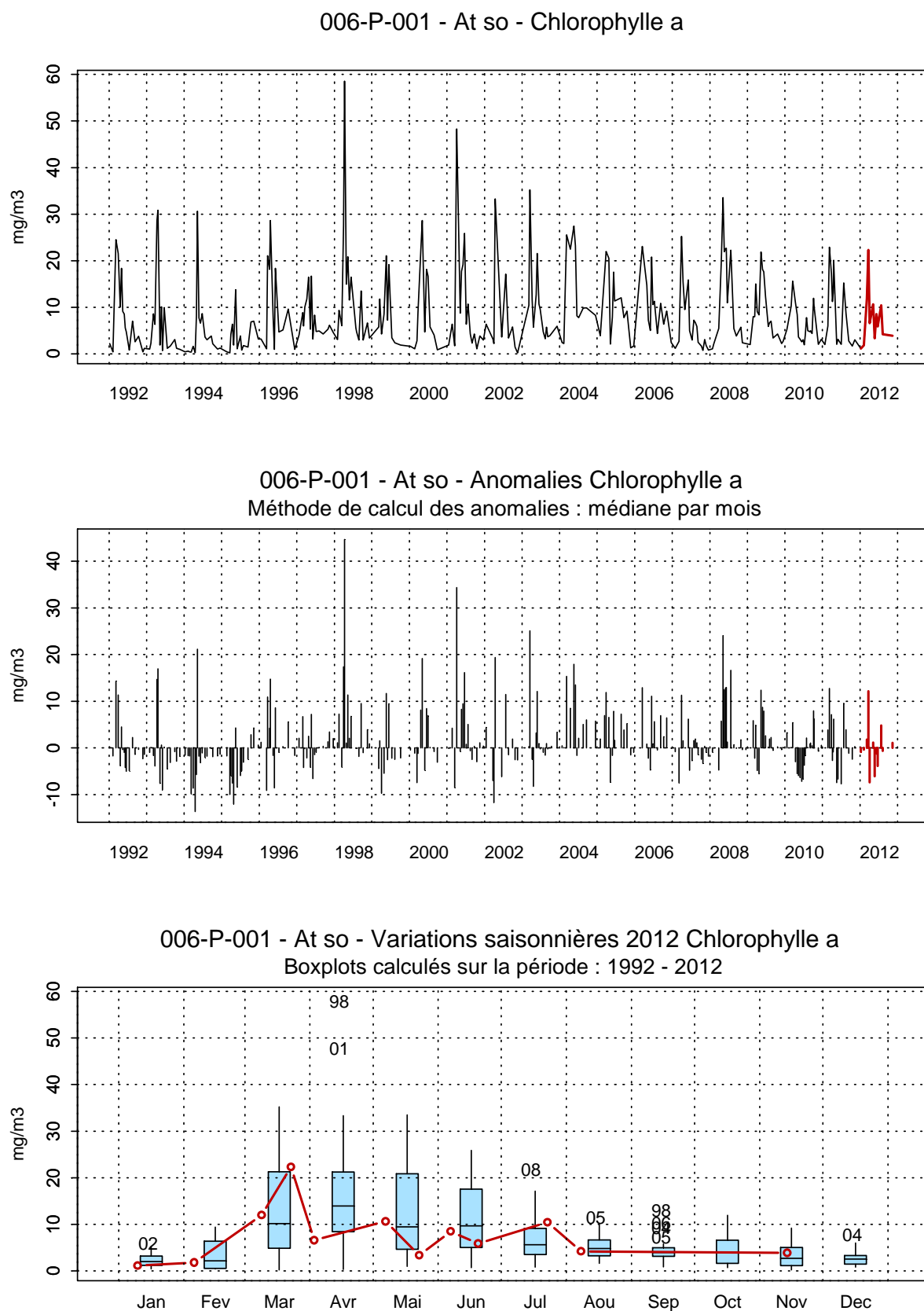


Figure 73. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m³) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

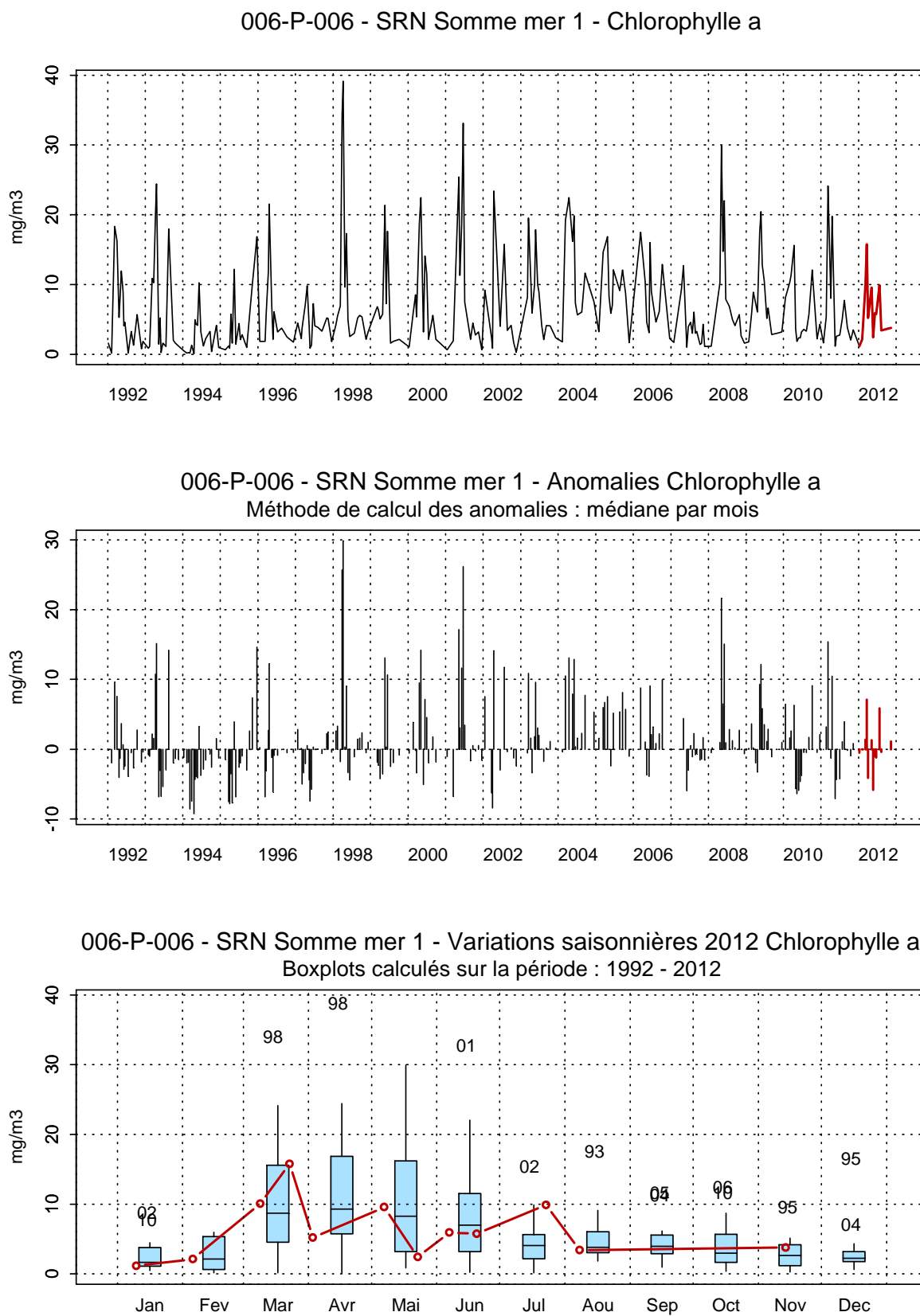


Figure 74. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m³) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

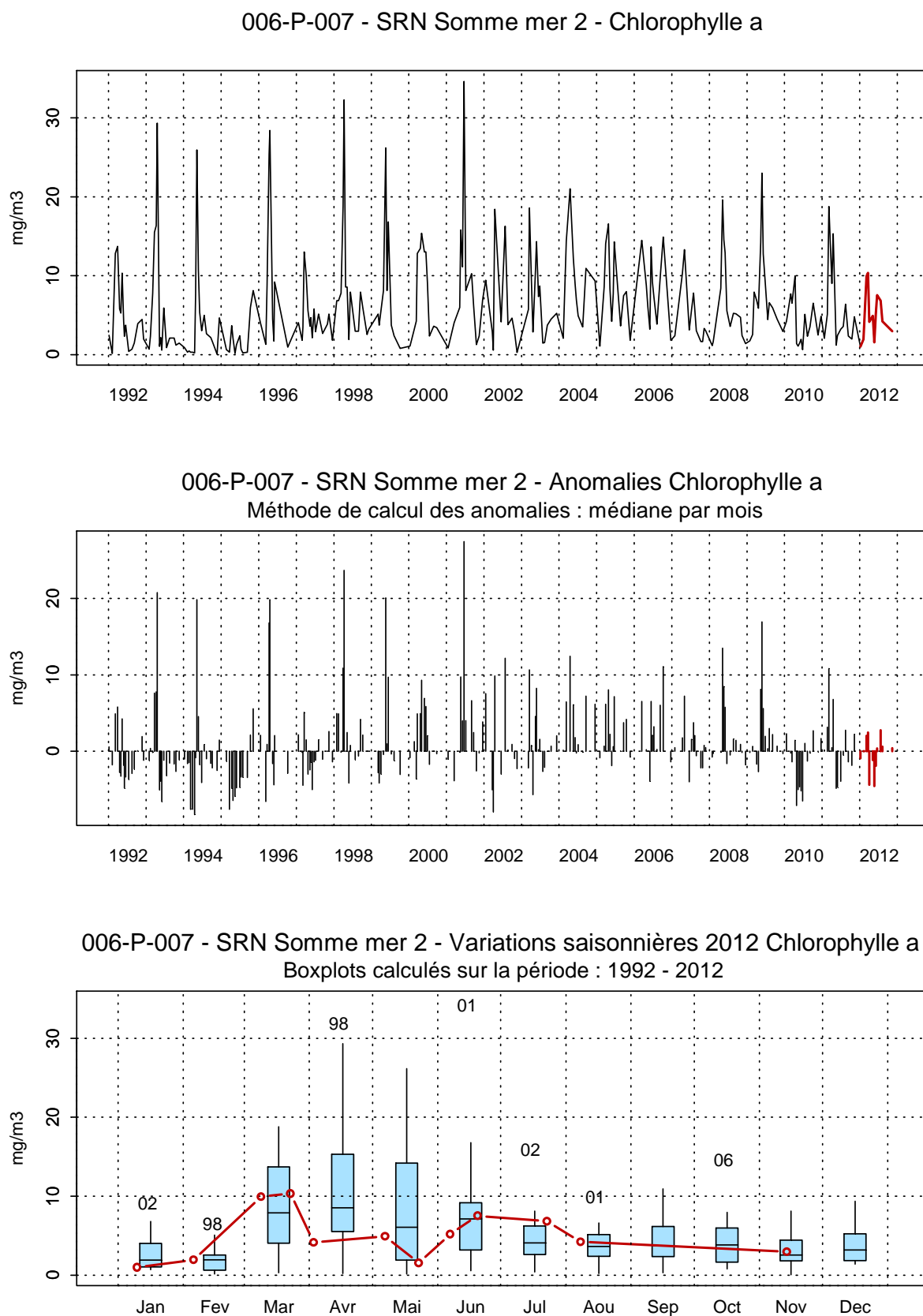


Figure 75. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m³) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012.

Nitrates

Tableau 16. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrate ($\mu\text{mol/L}$) pour les différents points de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

	Min	Q1	Med	Moy	Q3	Max	sd	N
Bif	0,02	2,46	12,57	17,35	26,90	132,30	18,53	293
Mimer	0,00	1,93	8,37	13,92	22,65	63,33	14,14	218
Atso	0,05	1,66	6,76	12,20	20,02	56,09	13,09	292
Mer 1	0,00	0,84	4,62	10,69	18,27	55,91	12,52	277
Mer2	0,00	0,57	3,36	9,35	16,48	50,90	11,34	269

L'évolution des nitrates est classique avec des concentrations plus fortes en hiver et en automne (anomalies positives) qui représentent en général les périodes de reconstitution des stocks de nutriments (Figures 76 à 80). En hiver et en été (anomalie négatives), les sels nutritifs diminuent du fait de l'activité de production par les algues phytoplanctoniques qui utilisent les nitrates en présence de lumière. L'année 2012 suit la même tendance avec cependant un pic exceptionnel de 54,12 $\mu\text{mol/L}$ en avril au point Bif. La dynamique pluriannuelle est très irrégulière et les nitrates varient globalement entre 0 et 40 $\mu\text{mol/L}$. Quelques anomalies sont cependant observées au cours du temps avec des valeurs extrêmes pouvant aller au-delà de 100 $\mu\text{mol/L}$ au point Bif le plus côtier. A partir du mois de septembre les concentrations augmentent à nouveau avec en général des valeurs supérieures au 3^{ème} quartile.

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

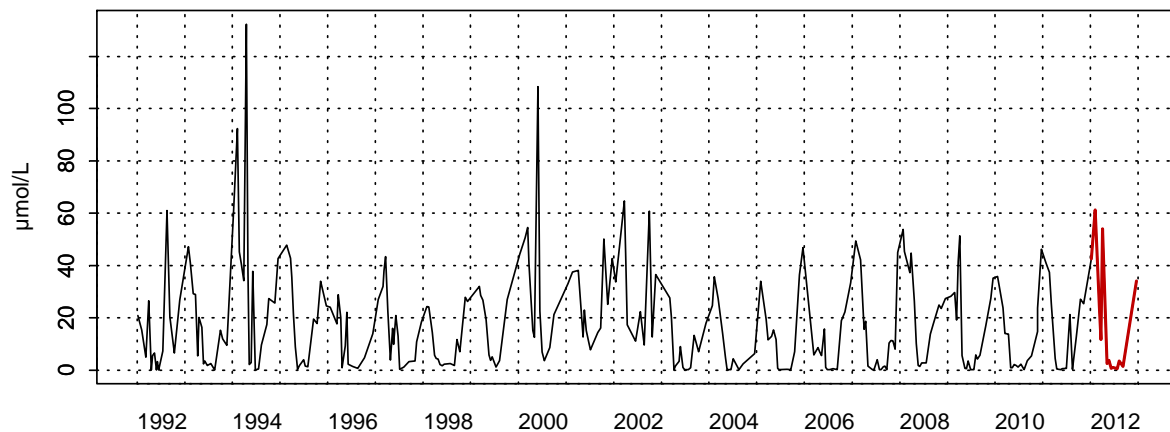
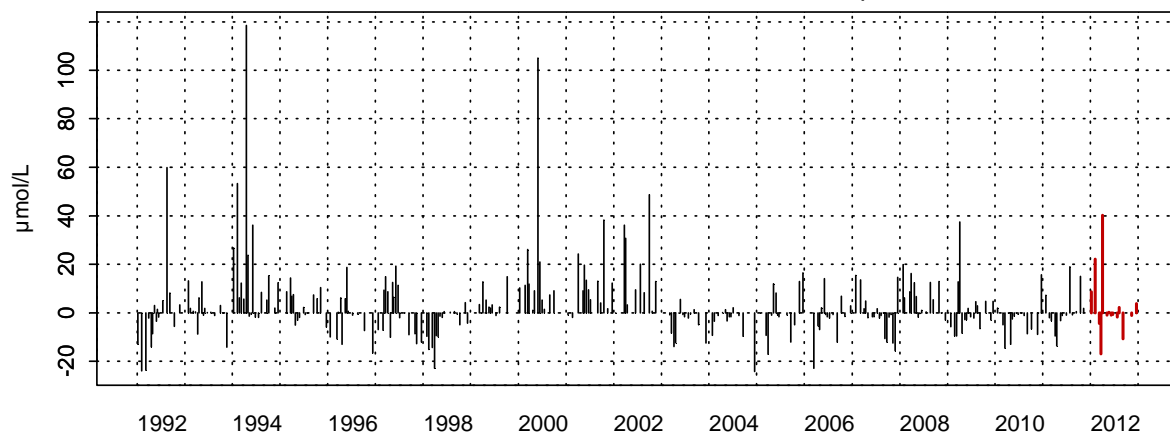
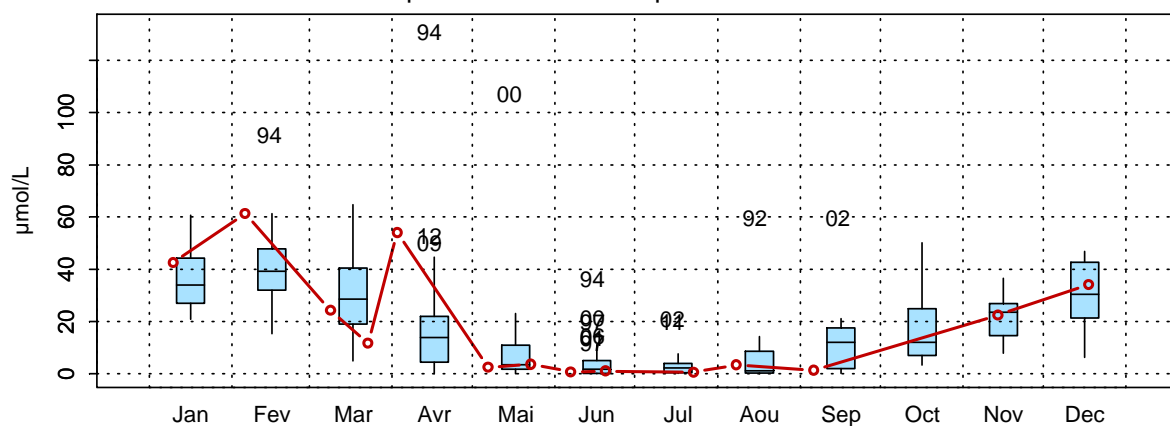
007-P-008 - Bif - Anomalies Azote nitrique (nitrate)
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois007-P-008 - Bif - Variations saisonnières 2012 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

Figure 76. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

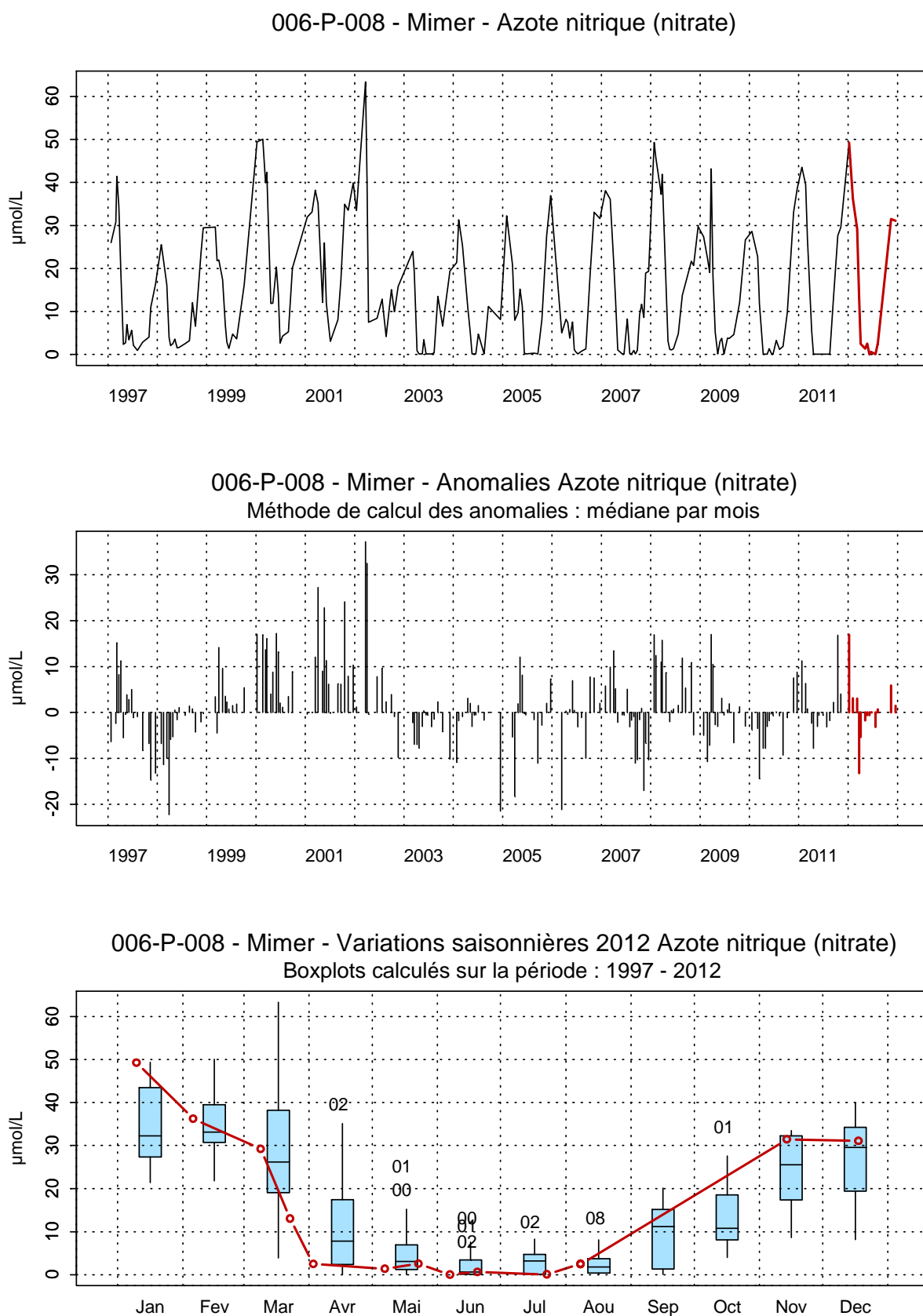


Figure 77. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012.

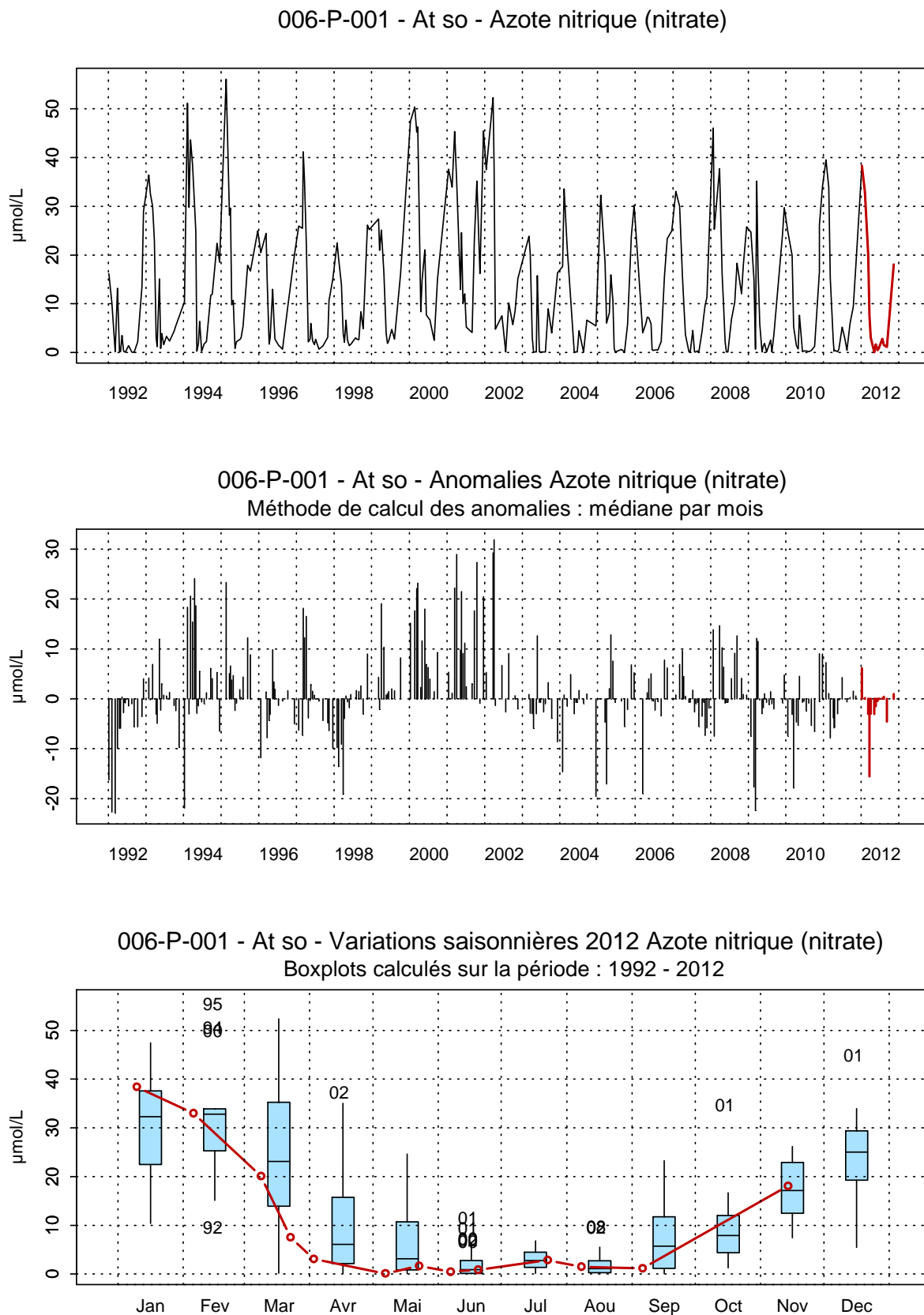


Figure 78. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate (µmol/L) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

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

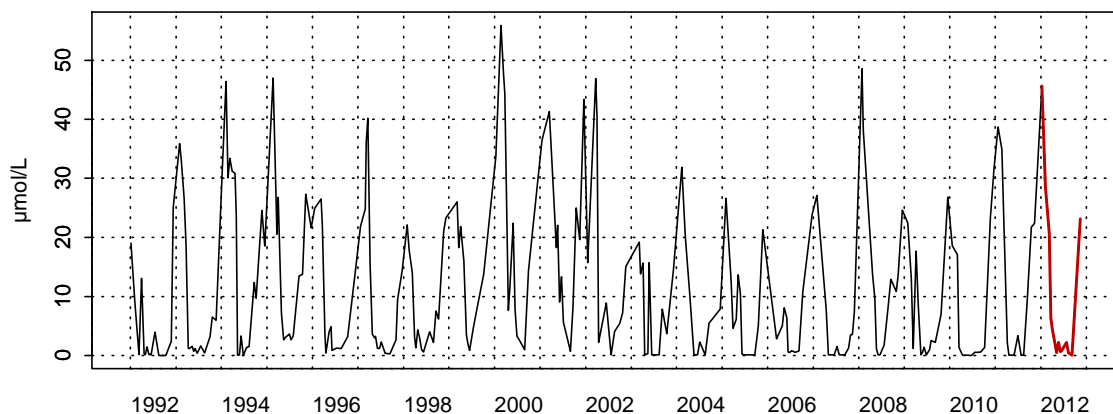
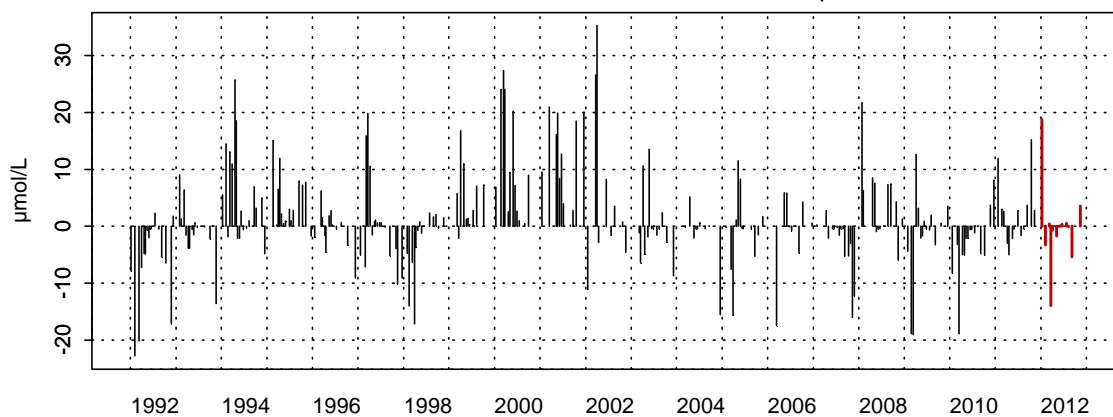
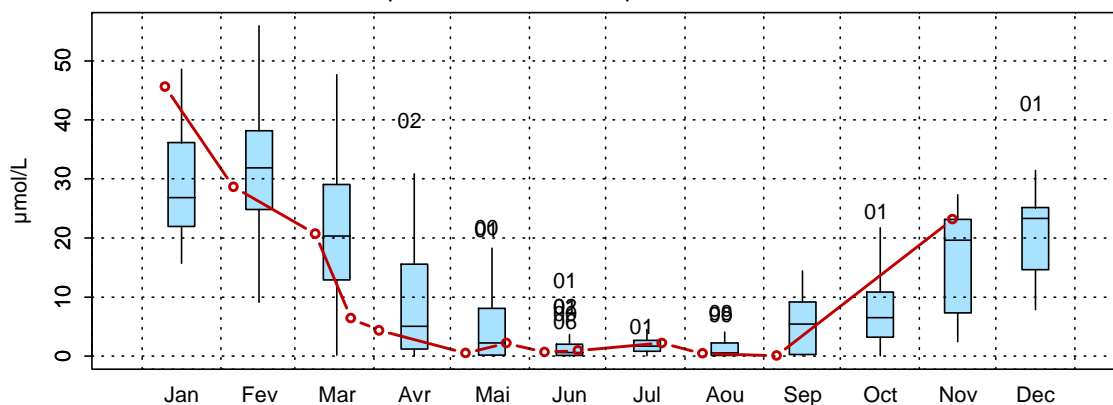
006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Anomalies Azote nitrique (nitrate)
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2012 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

Figure 79. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

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

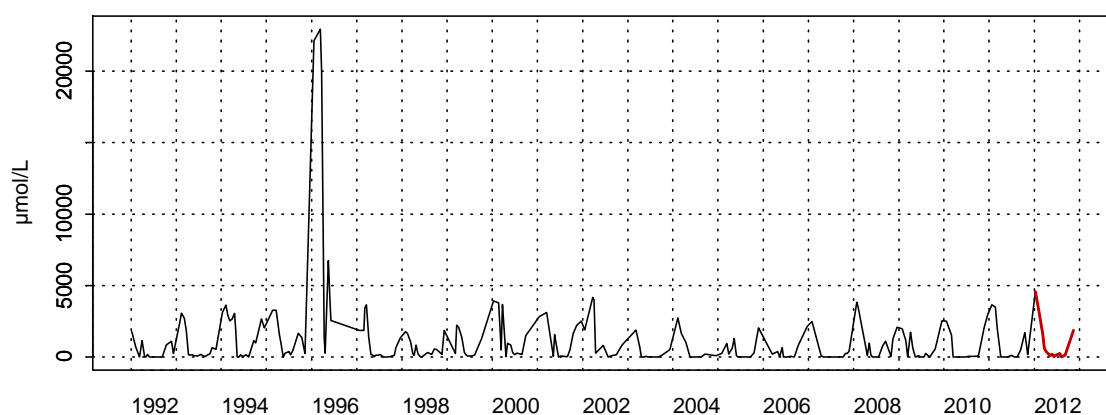
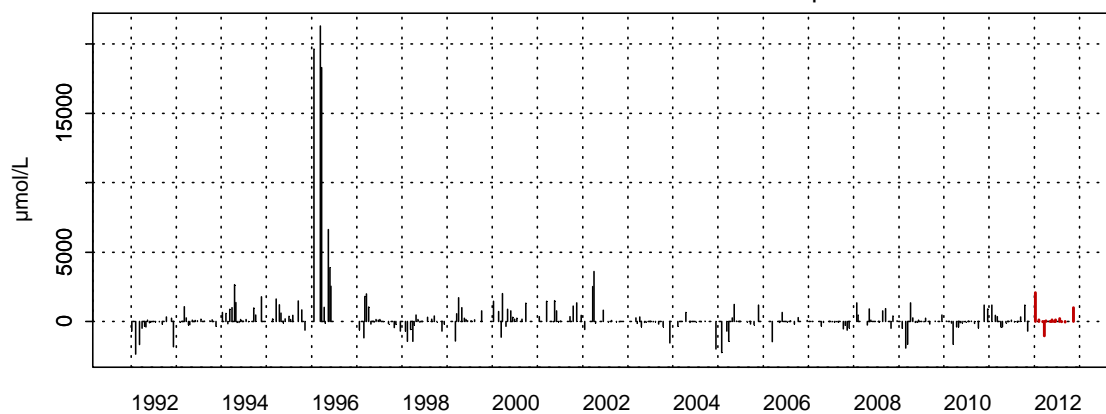
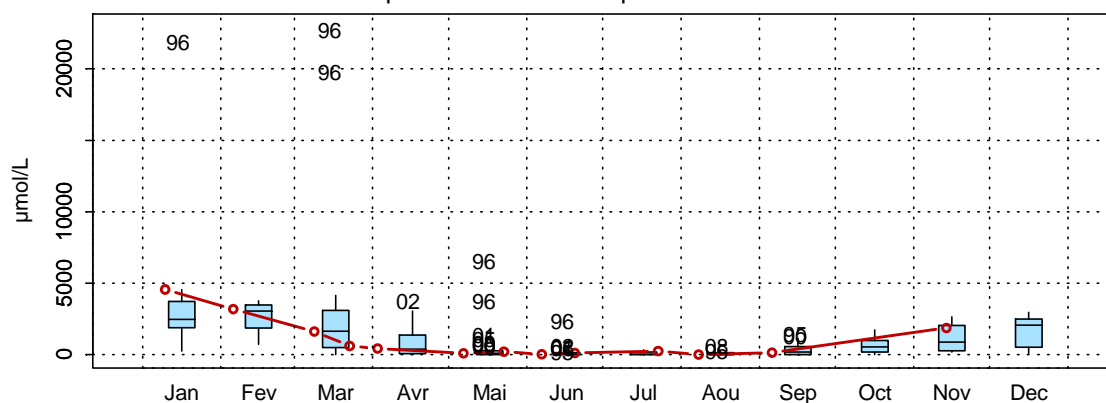
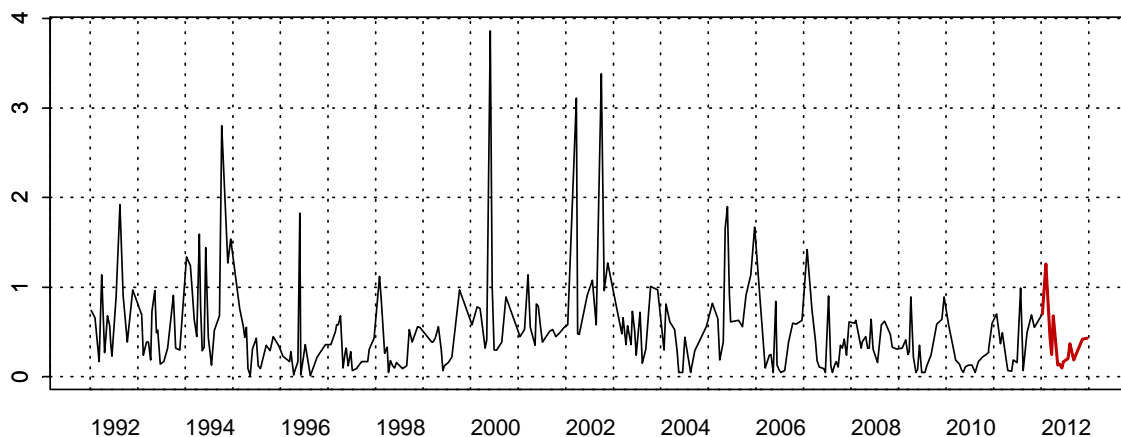
006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Anomalies Azote nitrique (nitrate)
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2012 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

Figure 80. 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 1992-2012

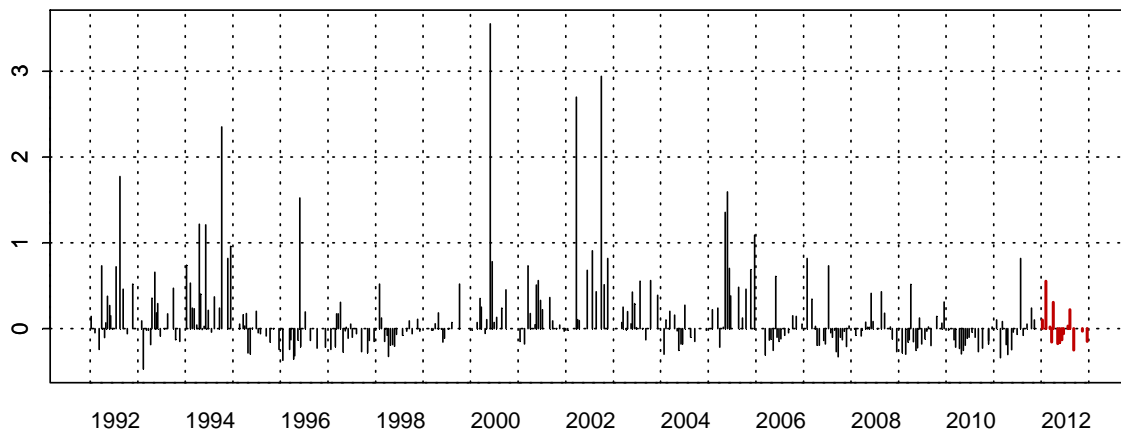
Nitrites

Les concentrations en nitrite présentent des fluctuations importantes d'une année à l'autre (Figures 81 à 85). La dynamique saisonnière moyenne montre une consommation de cet élément pendant les périodes printanière et estivale. Les valeurs sont cependant très faibles et en moyenne en dessous de l'unité. L'année 2012 suit la même tendance à l'exception de quelques pics (valeurs supérieures au 3^e quartile) qui apparaissent en février et en juin sur la radiale. Toutefois, les valeurs mesurées sont globalement inférieures à la médiane correspondante du mois de la série. Le fait que cet élément est rapidement consommé au cours des réactions de nitrification-dénitrification, l'interprétation semble souvent difficile. Il devient par conséquent très courant de traiter les résultats sous la forme ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$).

007-P-008 - Bif - NO2



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



007-P-008 - Bif - Variations saisonnières 2012 NO2
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

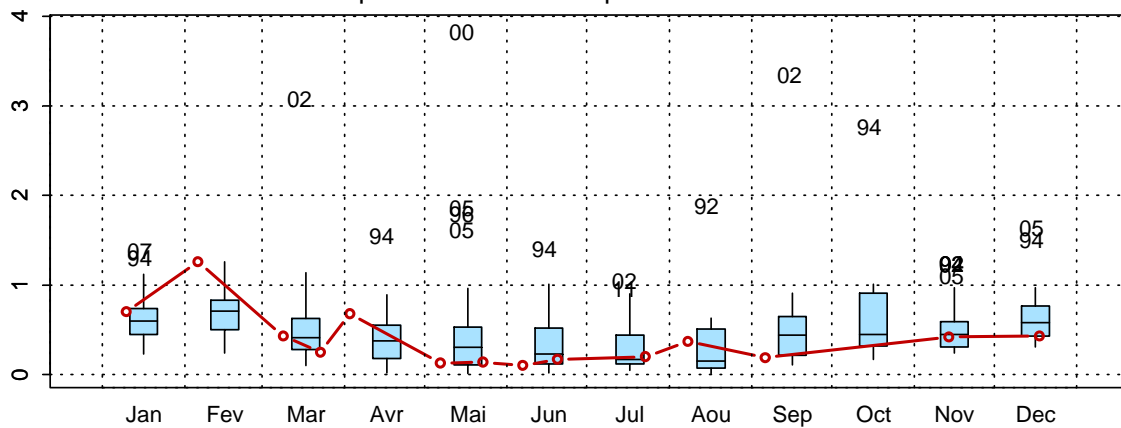


Figure 81. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

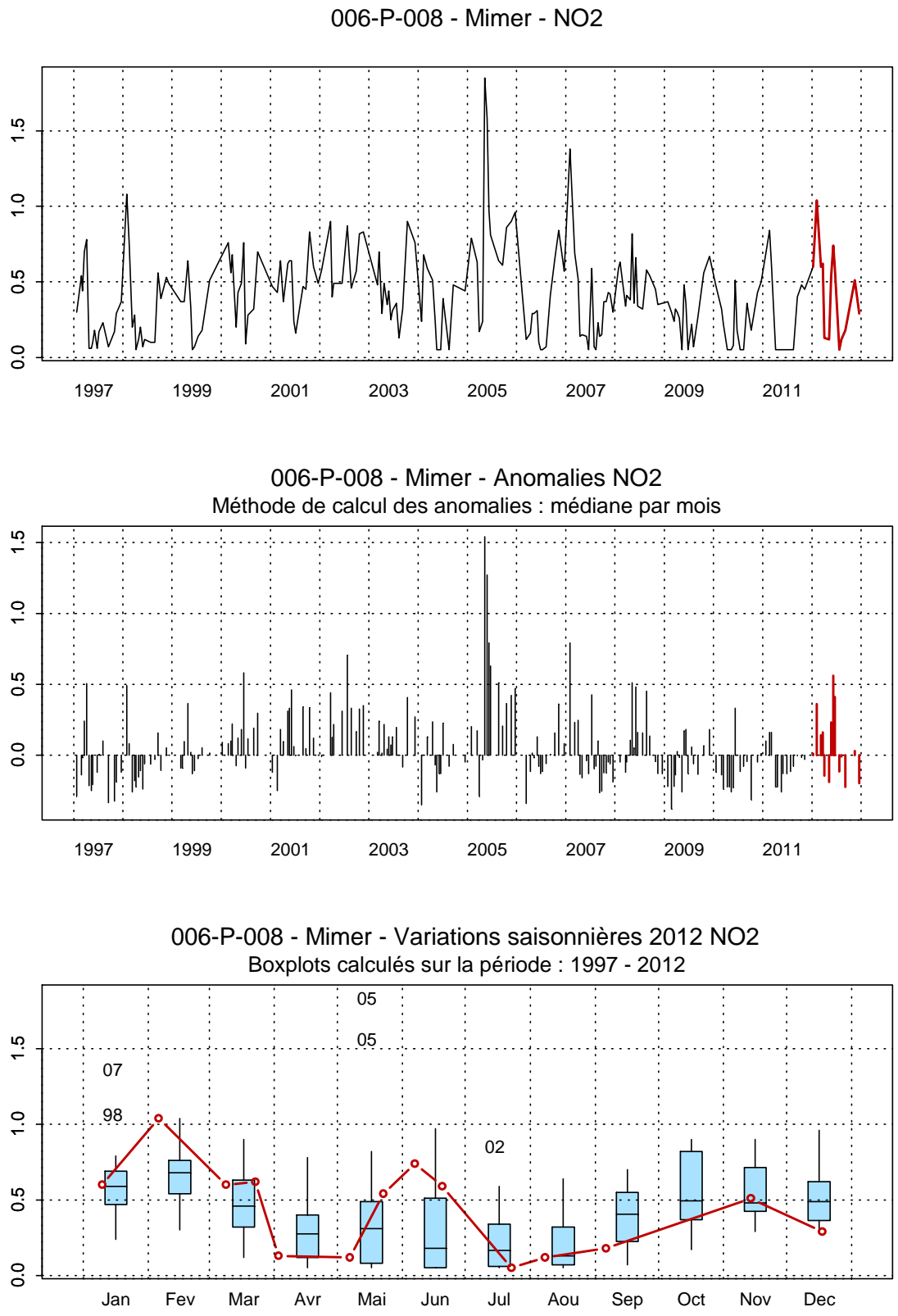
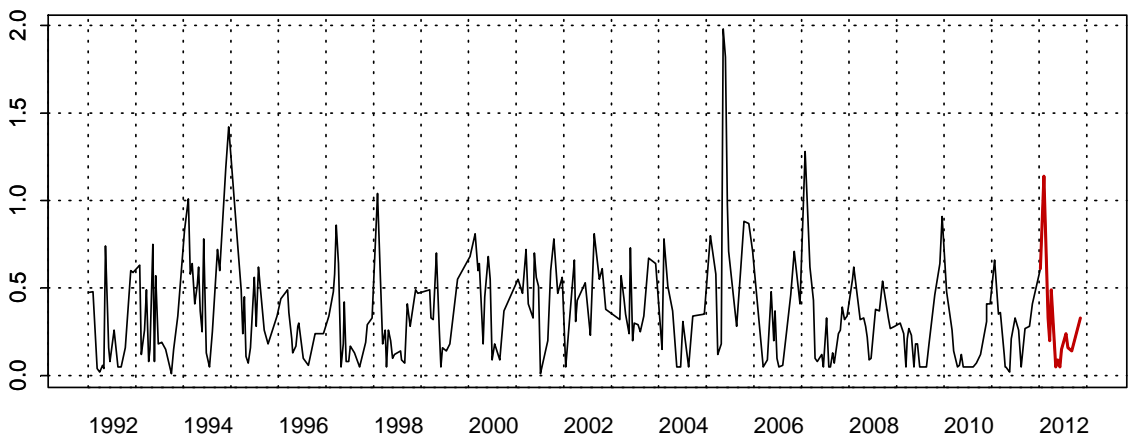
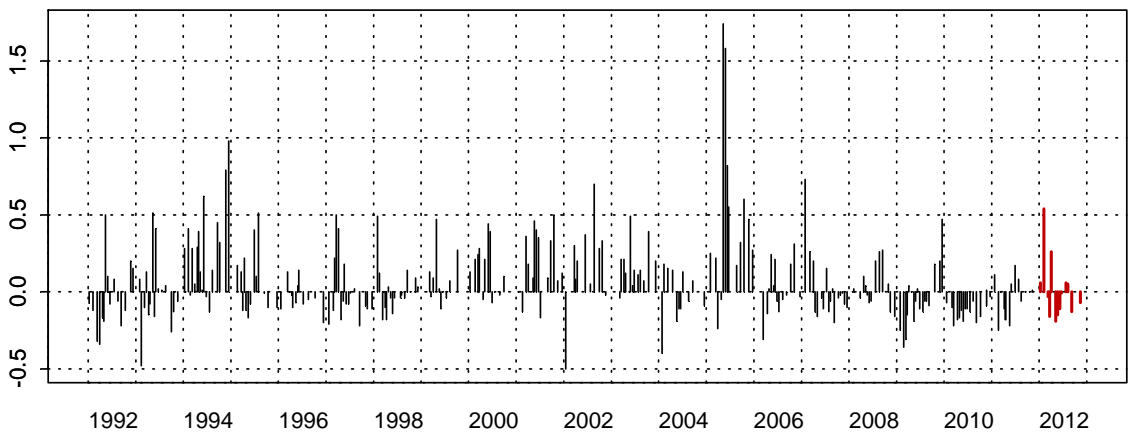


Figure 82. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

006-P-001 - At so - NO2



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



006-P-001 - At so - Variations saisonnières 2012 NO2
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

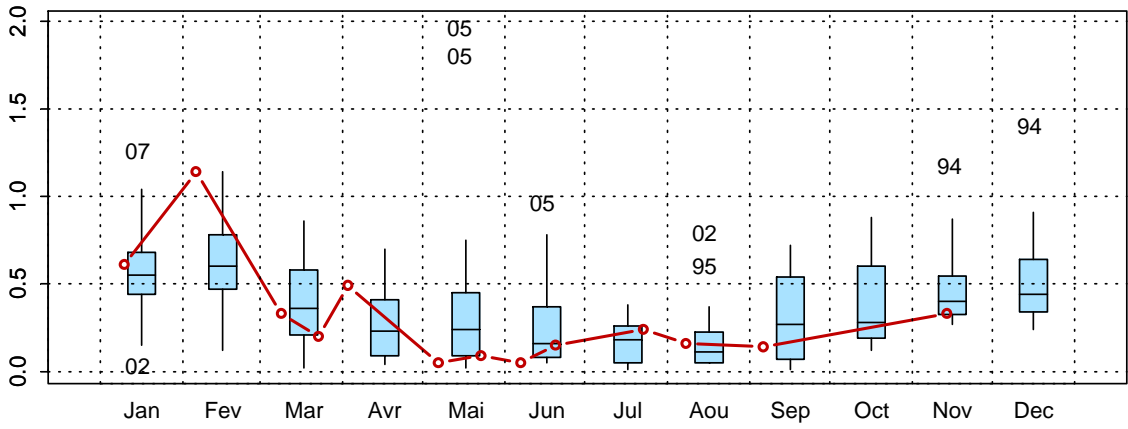


Figure 83. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

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

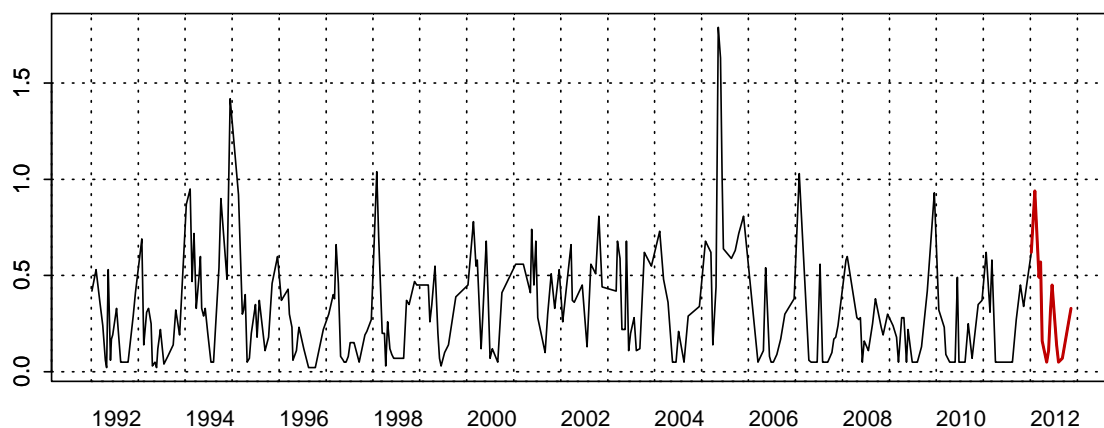
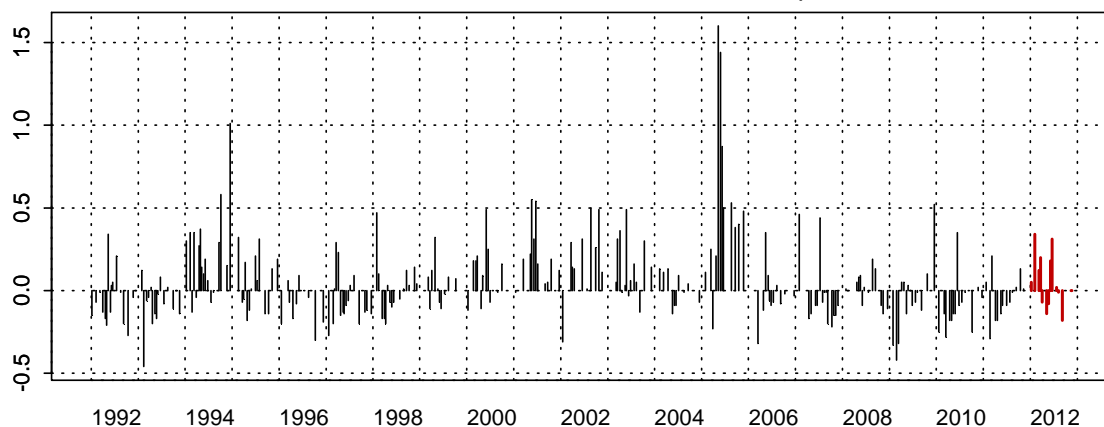
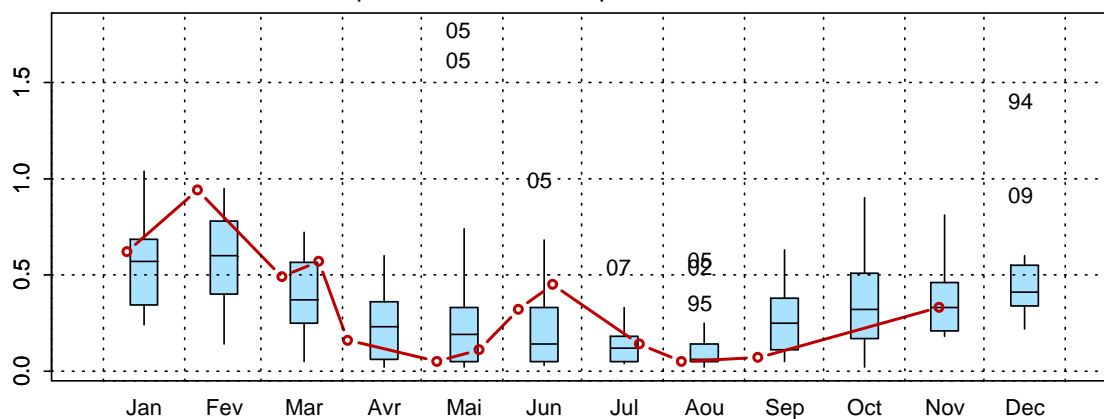
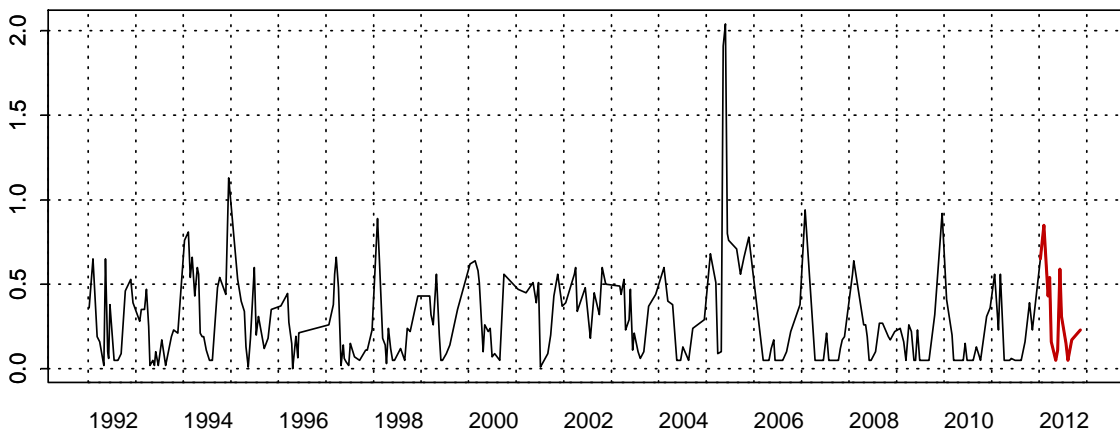
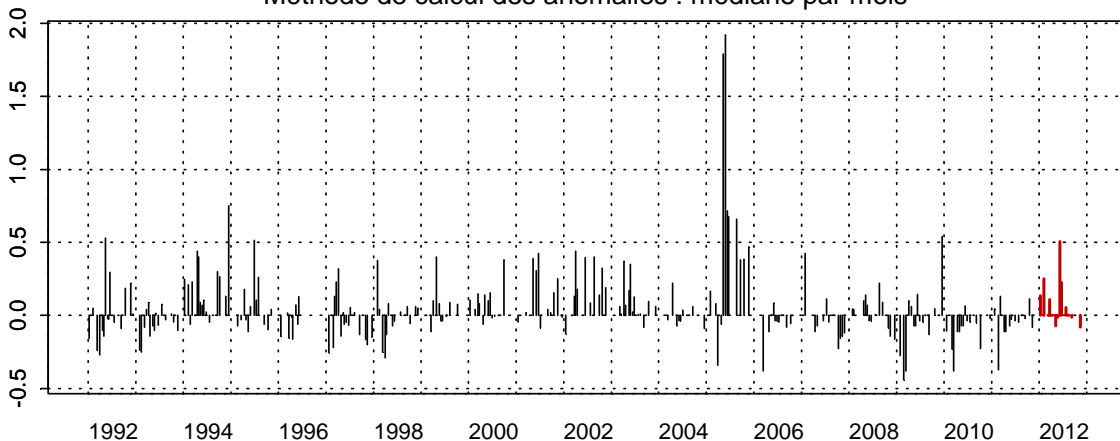
006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Anomalies NO2
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2012 NO2
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

Figure 84. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

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



006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Anomalies NO2
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2012 NO2
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

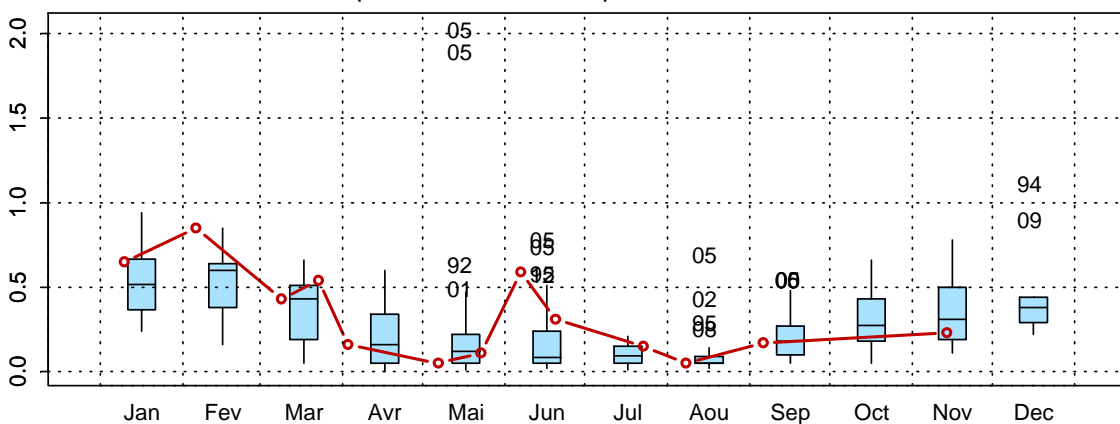
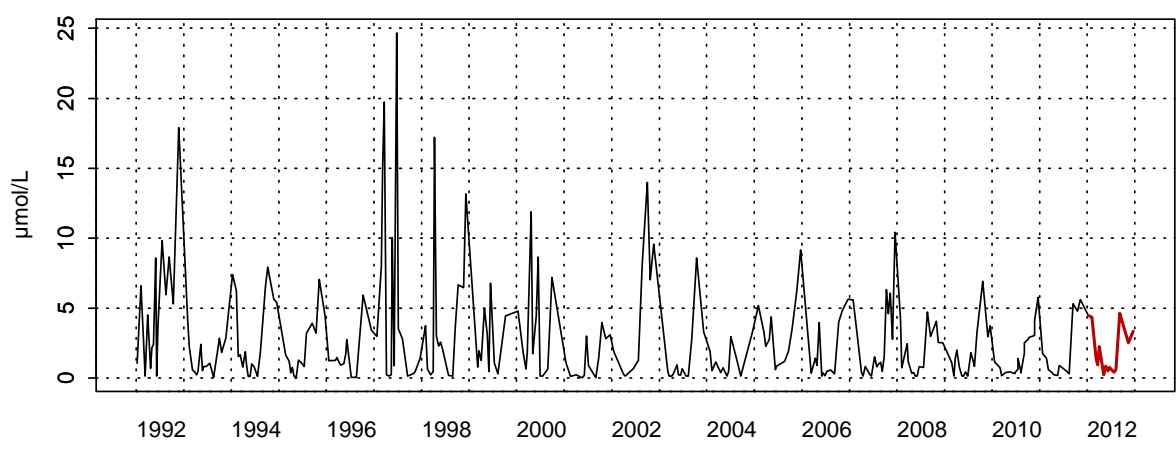


Figure 85. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

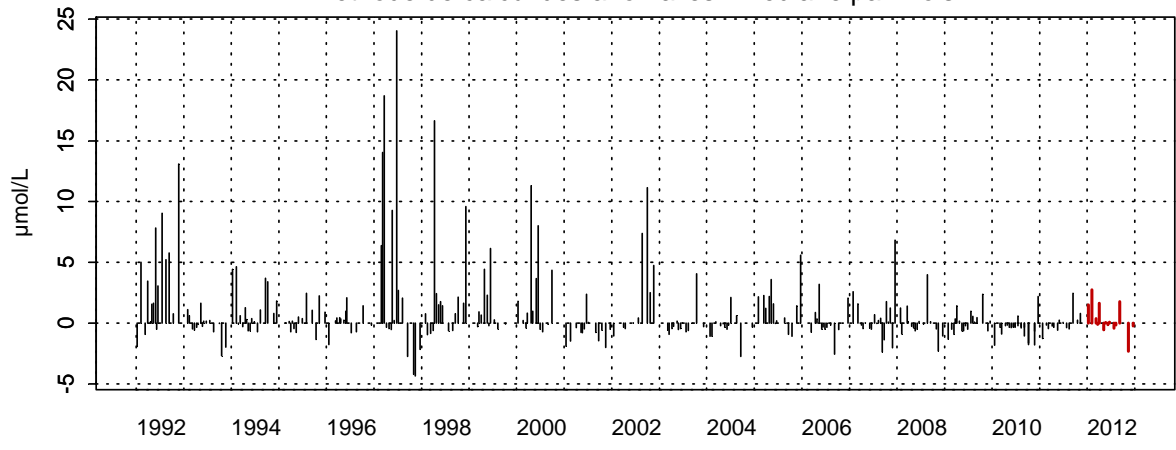
Ammonium

Le schéma d'évolution de la concentration en ammonium apparaît classique (Figures 86 à 90). Sur une année moyenne, les concentrations d'ammonium sont plus faibles au printemps et en été et plus fortes en hiver et en automne. Comme pour les nitrates, cette dynamique est conforme avec une utilisation des nutriments pendant la période productive. L'année 2012 suit la même dynamique avec cependant des valeurs plus faibles en fin de cycle (valeurs en dessous de la médiane mensuelle). La dynamique pluriannuelle depuis 1992 montre une variabilité très importante. Les fluctuations sont très irrégulières mais présentent en moyenne des valeurs comprises entre 0 et 5 $\mu\text{mol/L}$. Des pics de valeurs pouvant atteindre plus de 30 $\mu\text{mol/L}$ sont également observés au début de la série entre 1992 et 1997

007-P-008 - Bif - Azote ammoniacal



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



007-P-008 - Bif - Variations saisonnières 2012 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

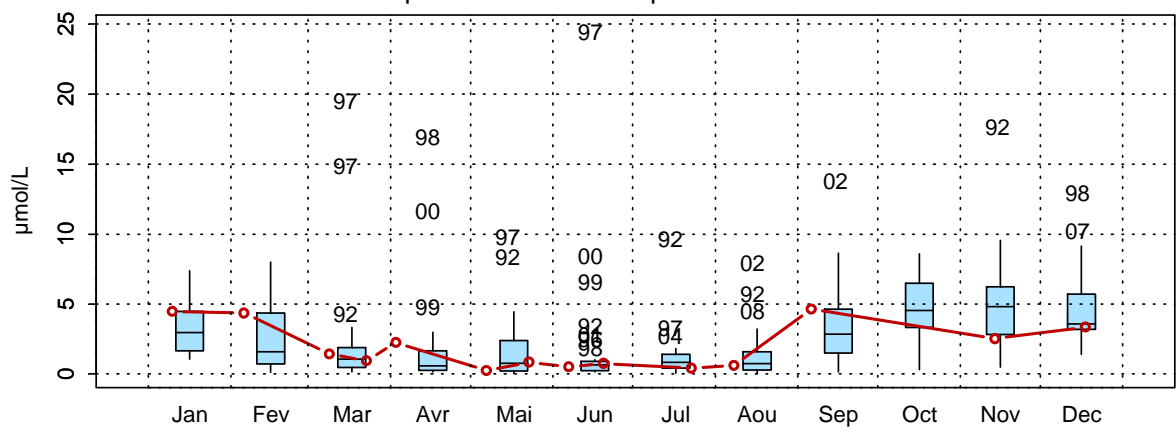


Figure 86. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium (µmol/L) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

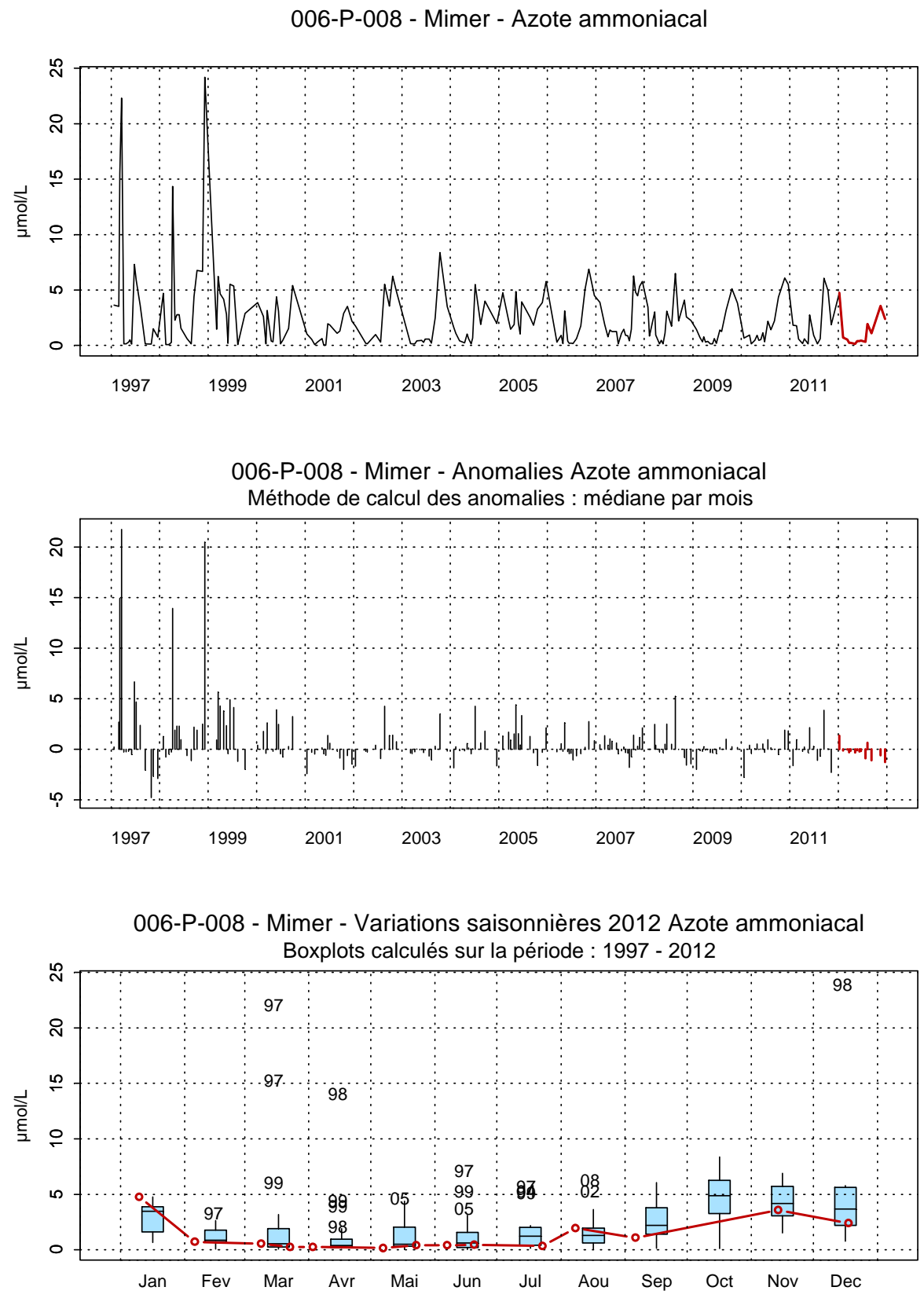
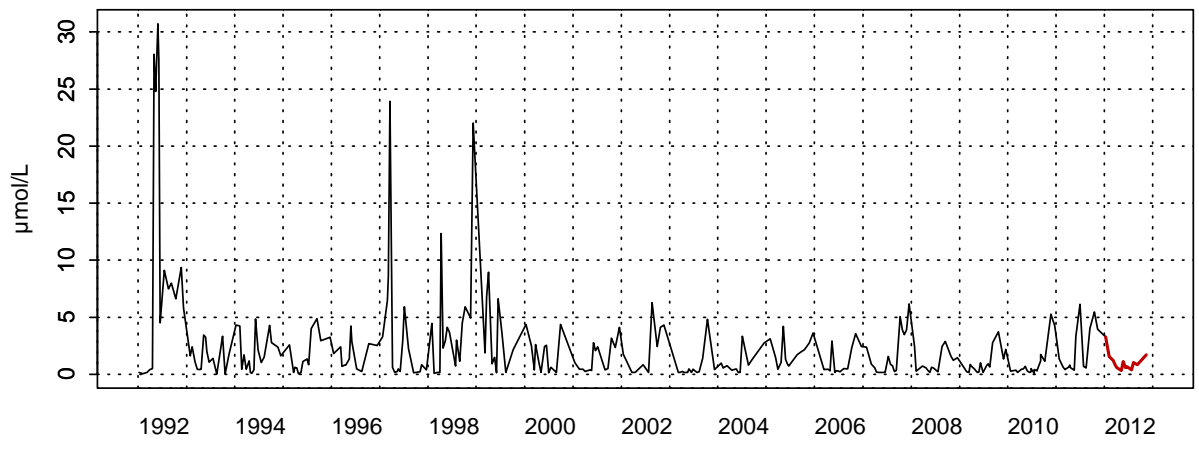
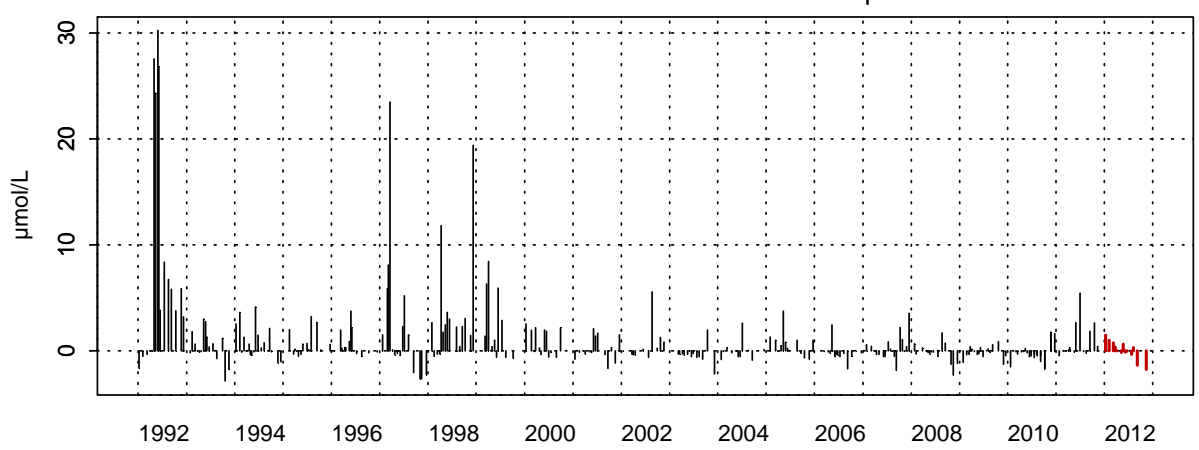


Figure 87. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

006-P-001 - At so - Azote ammoniacal



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



006-P-001 - At so - Variations saisonnières 2012 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

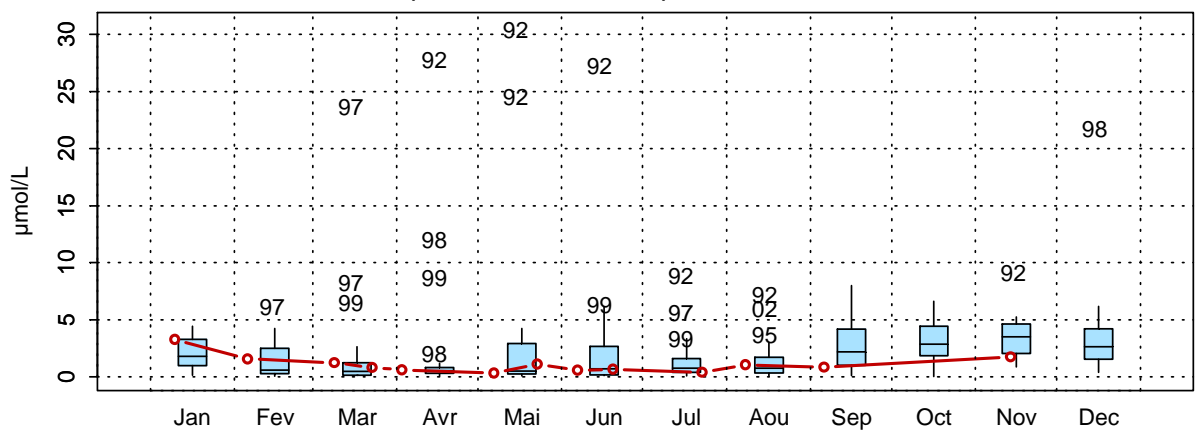
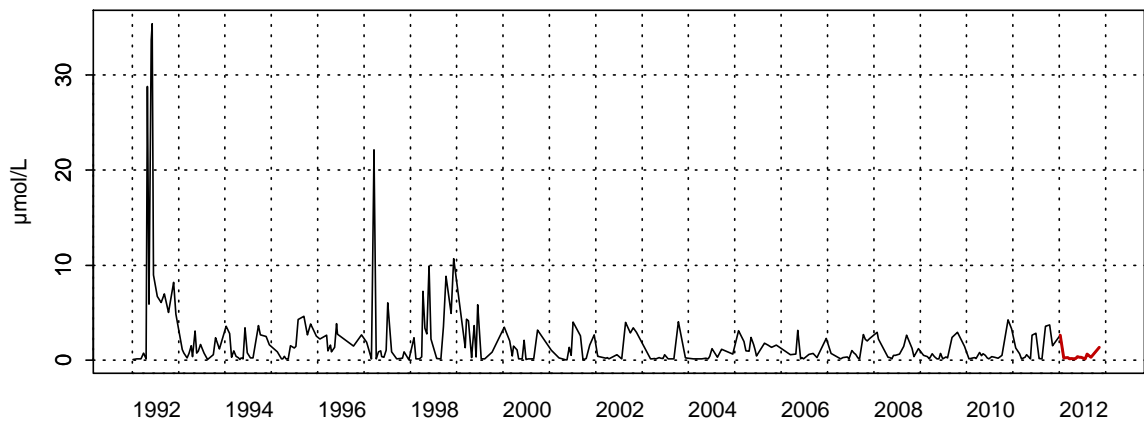
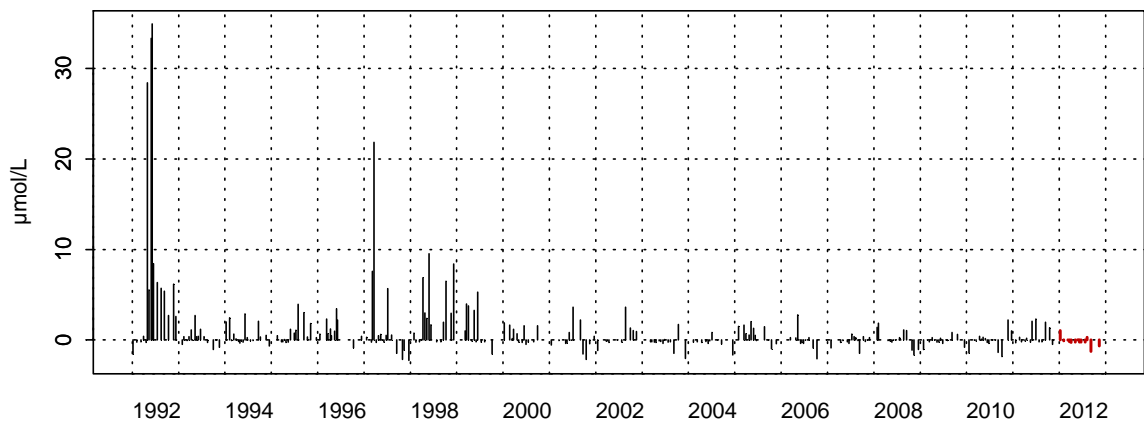


Figure 88. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium (µmol/L) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

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



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



006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2012 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

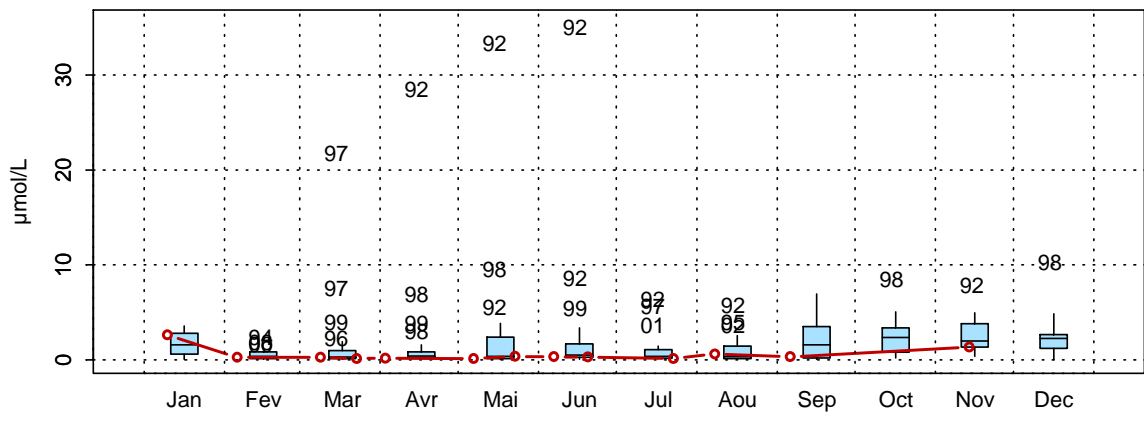
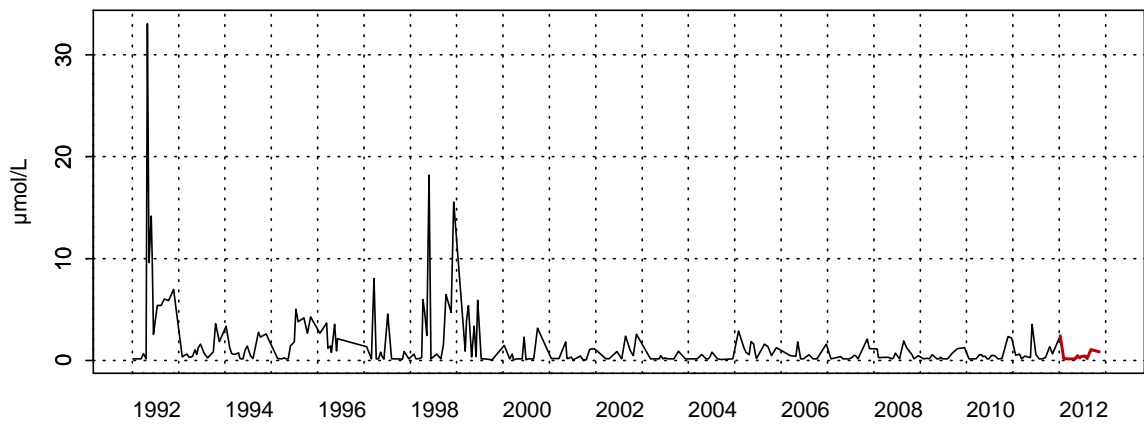
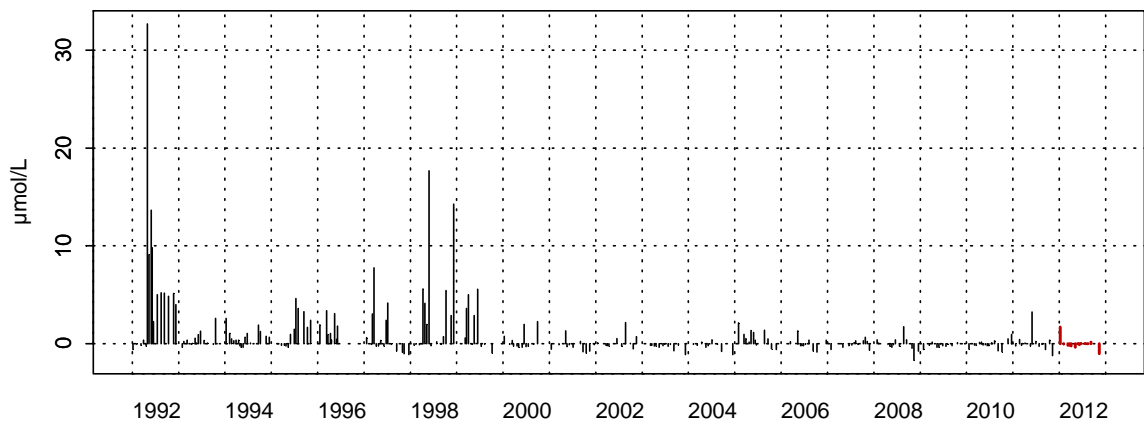


Figure 89. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium (µmol/L) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

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



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



006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2012 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

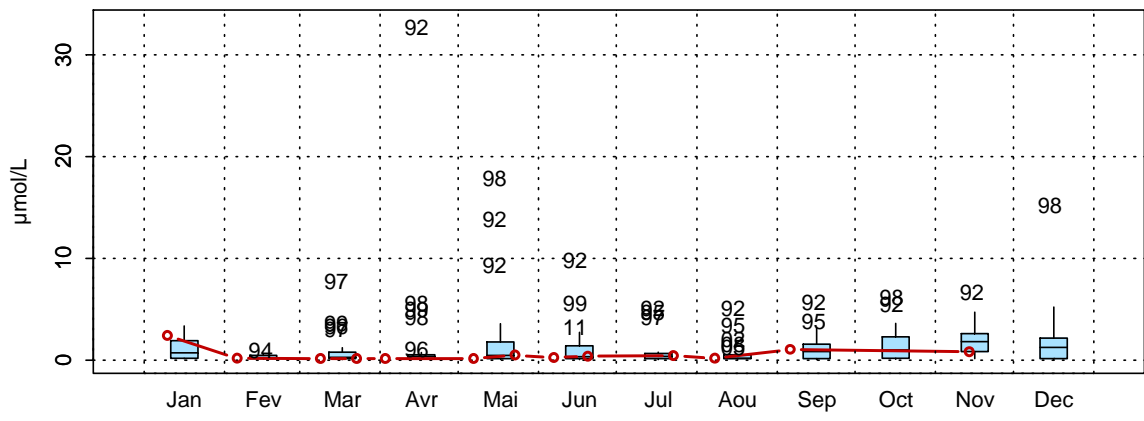


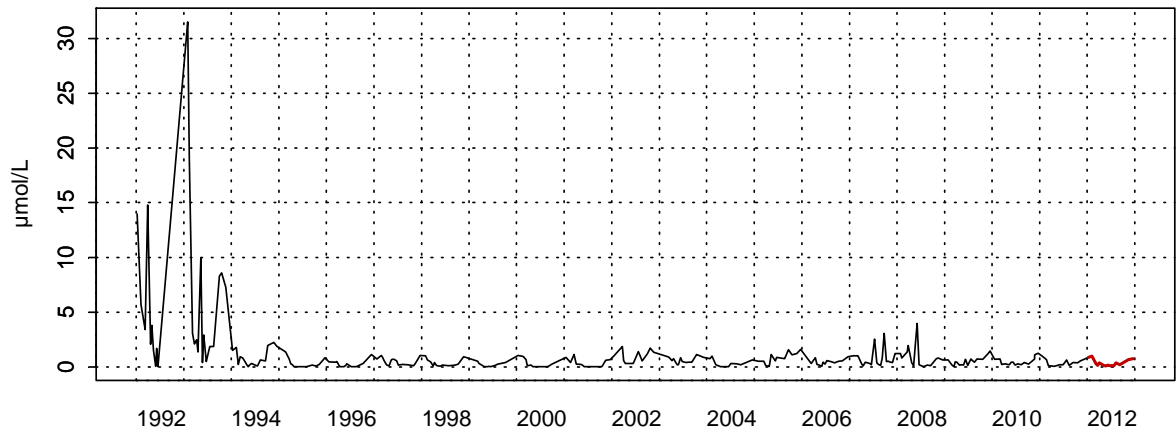
Figure 90. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium (µmol/L) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

*Phosphates***Tableau 18. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour les différents points de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012.**

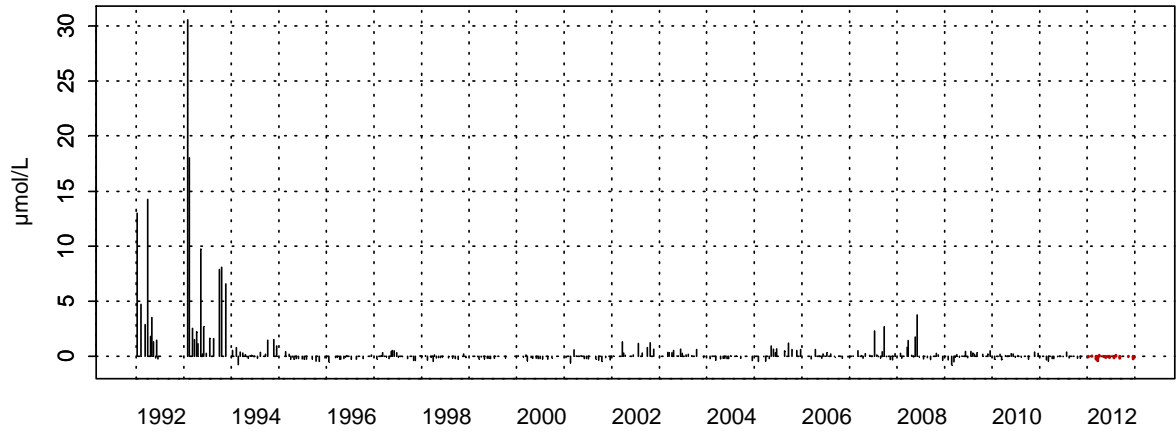
	Min	Q1	Med	Moy	Q3	Max	sd	n
Bif	0,02	0,19	0,43	1,00	0,89	31,50	2,65	289
Mimer	0,03	0,20	0,43	0,60	0,82	4,73	0,59	218
Atso	0,03	0,14	0,30	0,46	0,66	3,03	0,44	293
Mer 1	0,03	0,13	0,28	0,47	0,70	3,46	0,50	277
Mer2	0,03	0,10	0,29	0,45	0,67	3,32	0,50	271

L'évolution saisonnière moyenne de la concentration en phosphate est conforme à ce qui est habituellement observé sur le site (Figures 91 à 95, Annexe 2 et Tableau 18). Globalement, les concentrations sont très faibles et excèdent rarement $1\mu\text{mol/L}$. Il apparaît cependant que des valeurs exceptionnellement fortes ont été mesurées entre 1992 et 1993. L'année 2012 quant à elle suit la même dynamique avec cependant une variabilité plus importante. Un pic exceptionnel apparaît en juin aux stations Mimer, ($1,61\mu\text{mol/L}$), Mer 1 ($0,51\mu\text{mol/L}$) et Mer 2 ($0,93\mu\text{mol/L}$). Les valeurs de l'année 2012 sont globalement plus fortes que les médianes mensuelles de la série depuis 1992 (souvent supérieures au 3^e quartile) et montrent des anomalies positives. Un apport important pourrait expliquer ce fait.

007-P-008 - Bif - Phosphate



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



007-P-008 - Bif - Variations saisonnières 2012 Phosphate
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

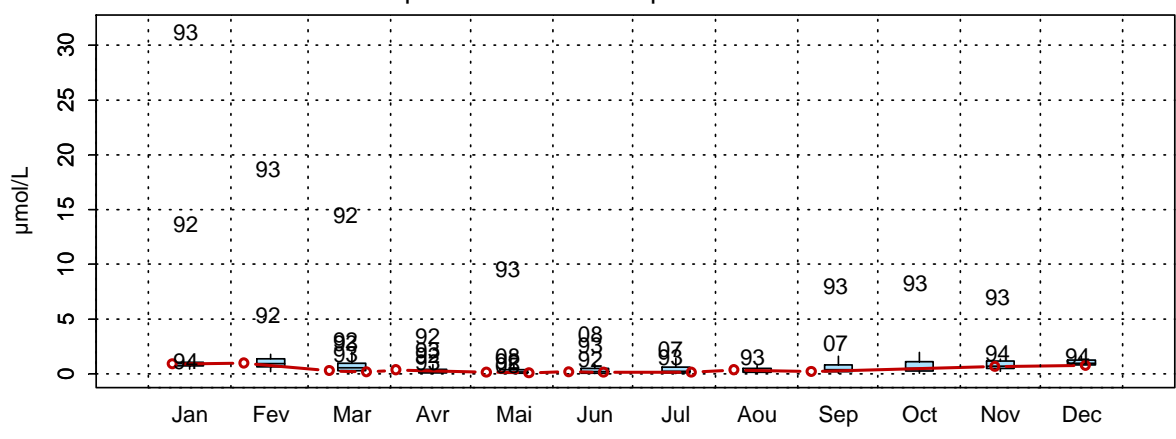


Figure 91. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate (µmol/L) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

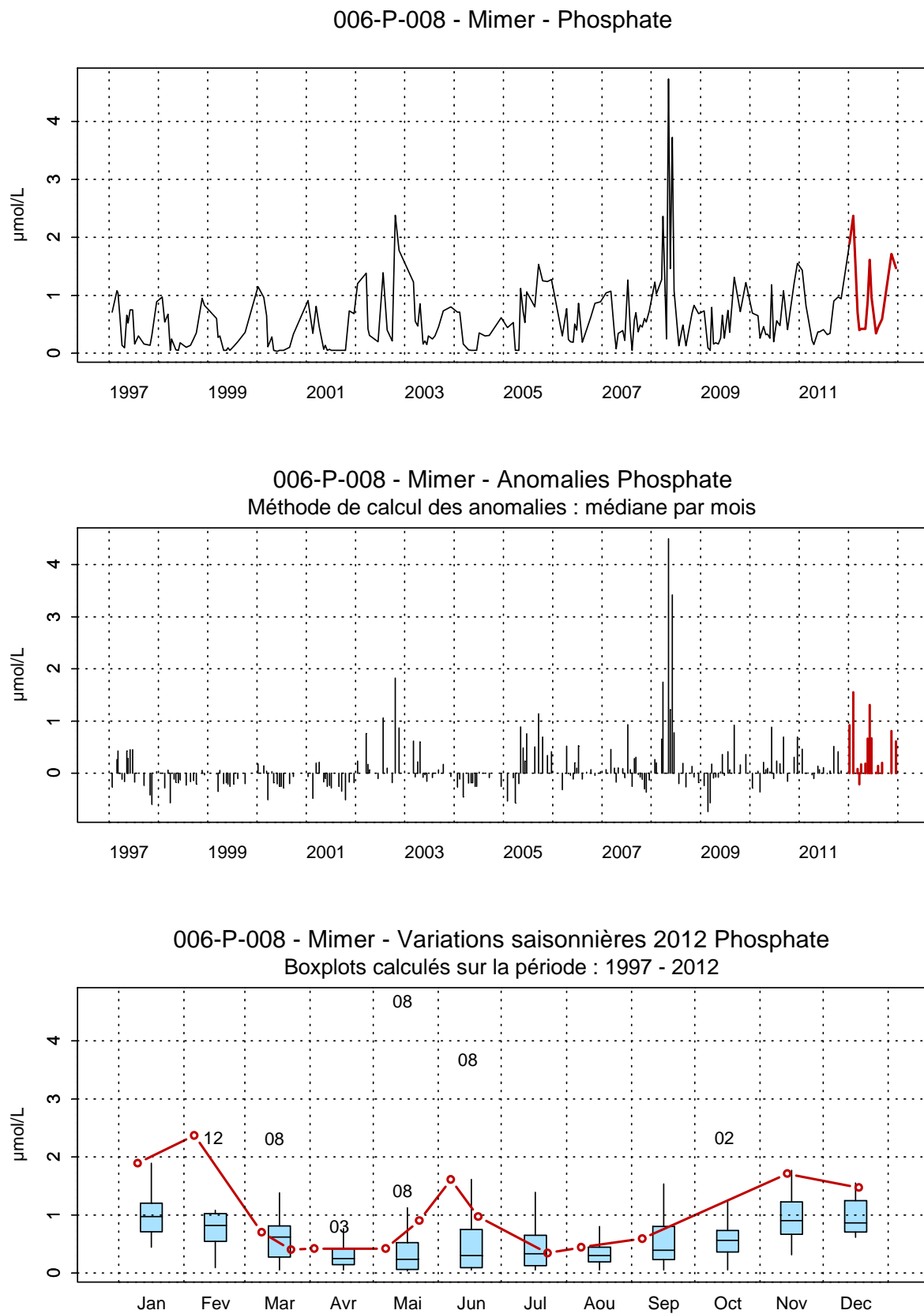
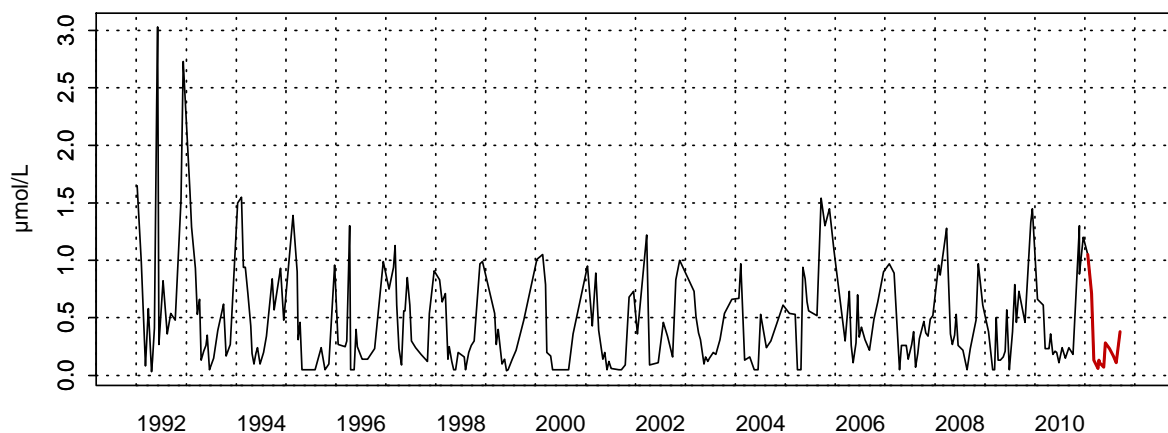
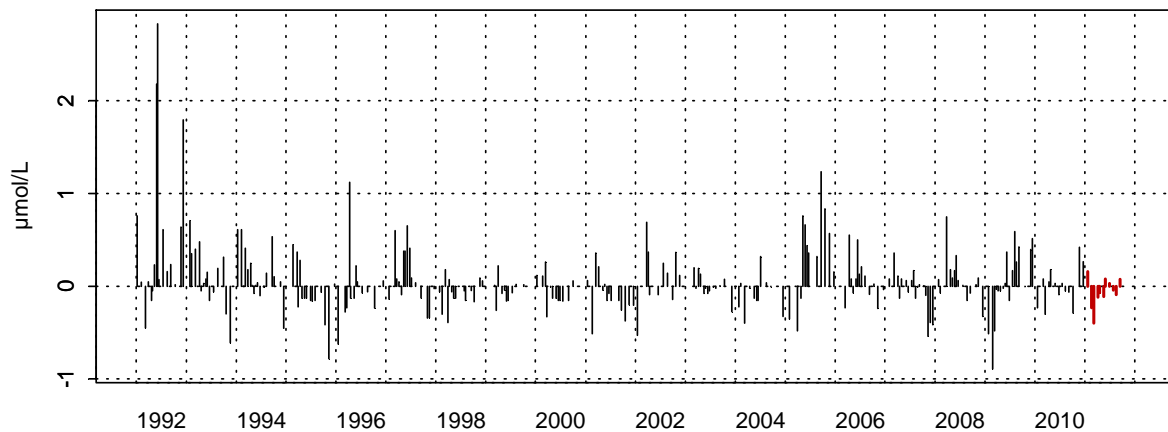


Figure 92. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

006-P-001 - At so - Phosphate



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



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

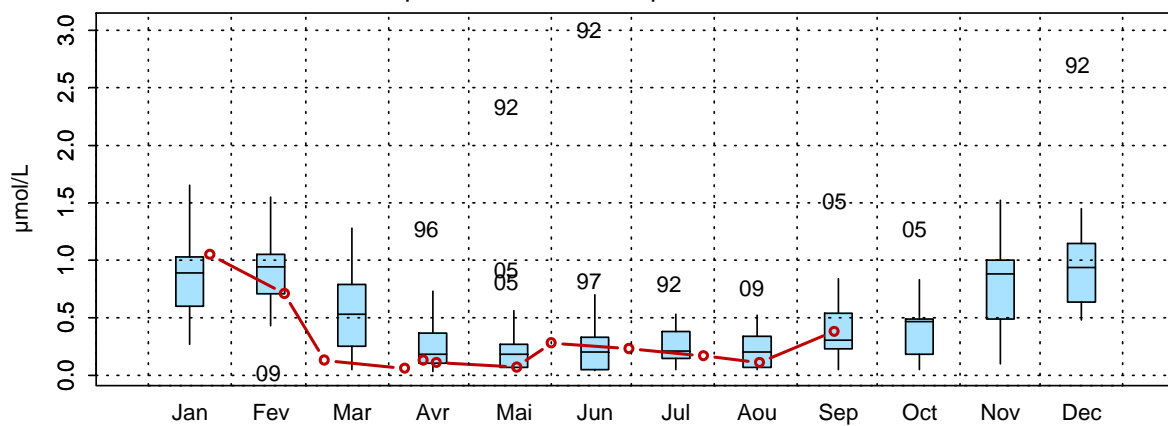
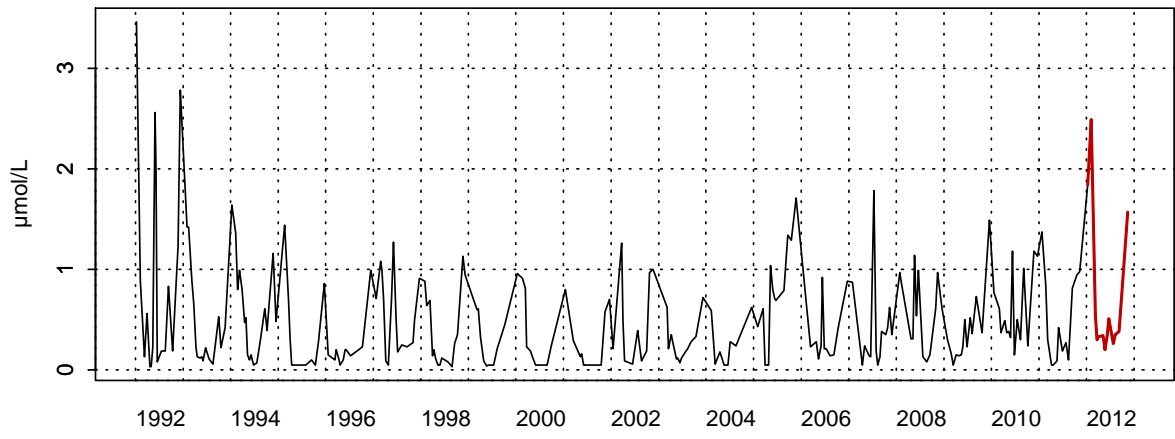
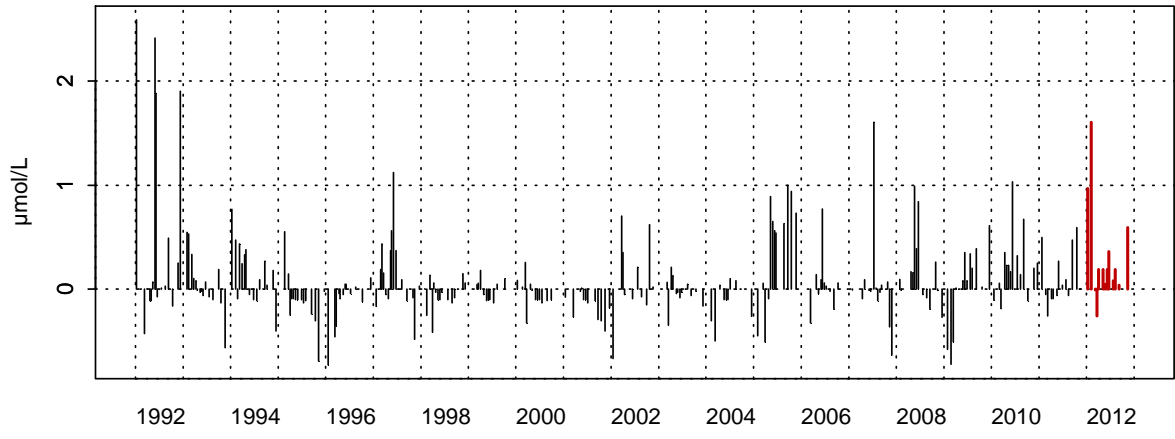


Figure 93. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate (µmol/L) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

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



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



006-P-006 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2012 Phosphate
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

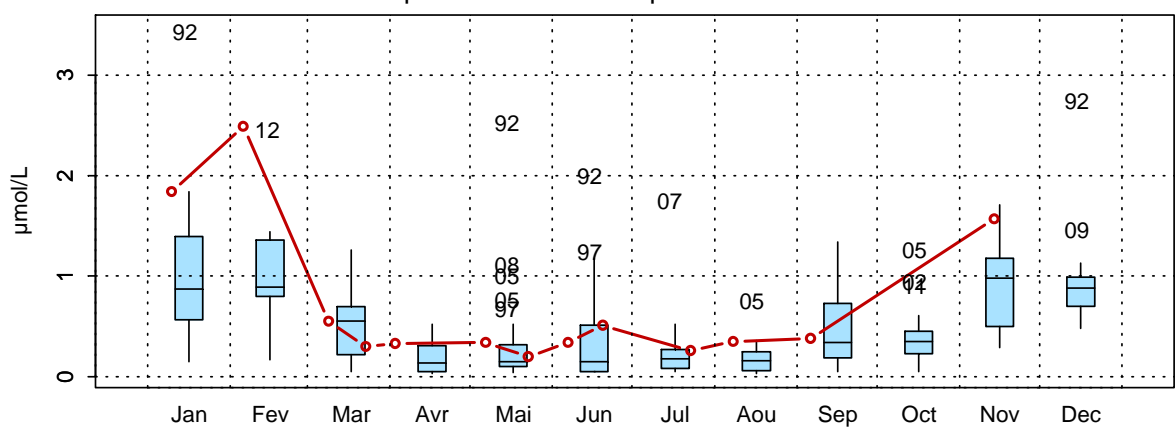
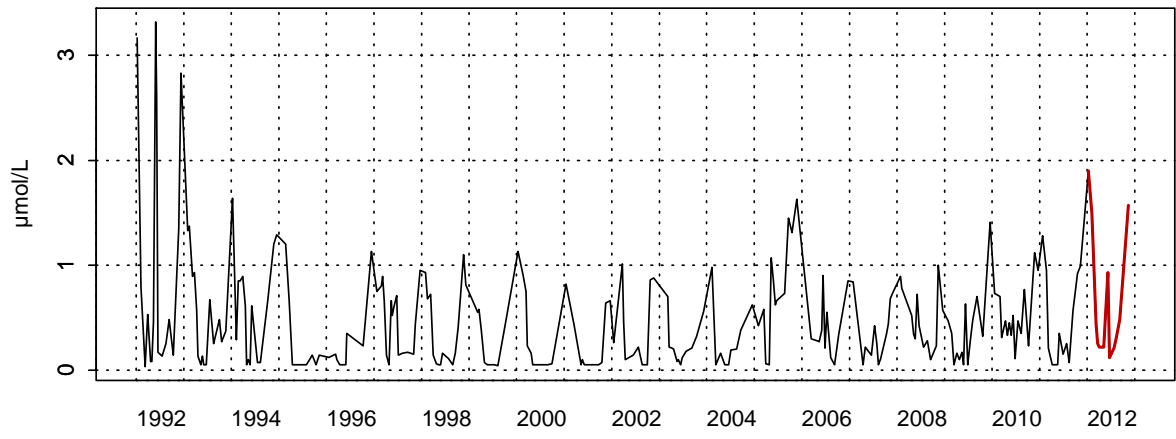
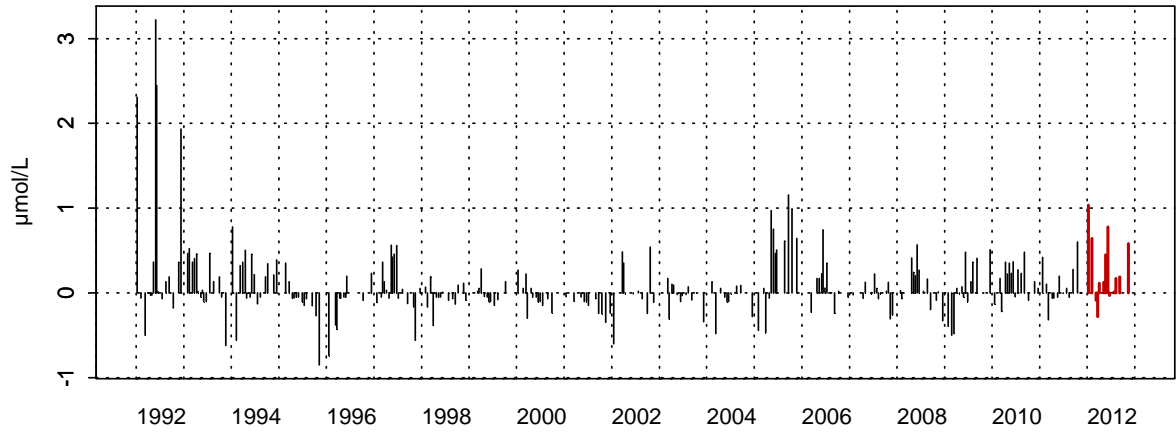


Figure 94. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

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



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



006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2012 Phosphate
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

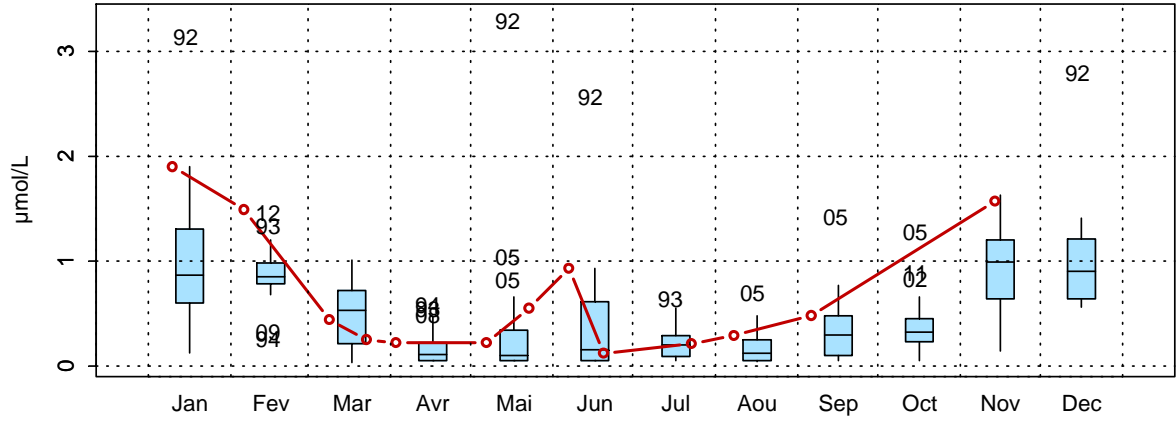


Figure 95. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate (µmol/L) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

*Silicates***Tableau 19. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour les différents points de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012.**

	MIN	Q1	MED	MOY	Q3	MAX	SD	N
Bif	0,09	1,60	4,14	8,16	12,30	108,80	10,47	293
Mimer	0,10	1,30	4,16	6,96	11,25	31,82	7,21	218
Atso	0,06	1,12	3,70	6,31	10,03	34,04	6,64	293
Mer 1	0,10	0,82	3,00	5,20	7,94	32,27	5,84	277
Mer2	0,06	0,62	2,35	4,47	6,77	45,78	5,51	271

L'évolution de la concentration en silicate est conforme à celle décrite pour la plupart des nutriments (Figures 96 à 100). De manière générale, les concentrations sont fortes au début et la fin du cycle et faibles durant la période estivale. L'année 2012 présente la même dynamique avec parfois des concentrations extrêmes en avril au point Bif (23,8 $\mu\text{mol/L}$) ou en août pour les autres points de la radiale. Dans tous les cas, les maxima sont obtenus en janvier et en décembre et les minima en mai-juin.

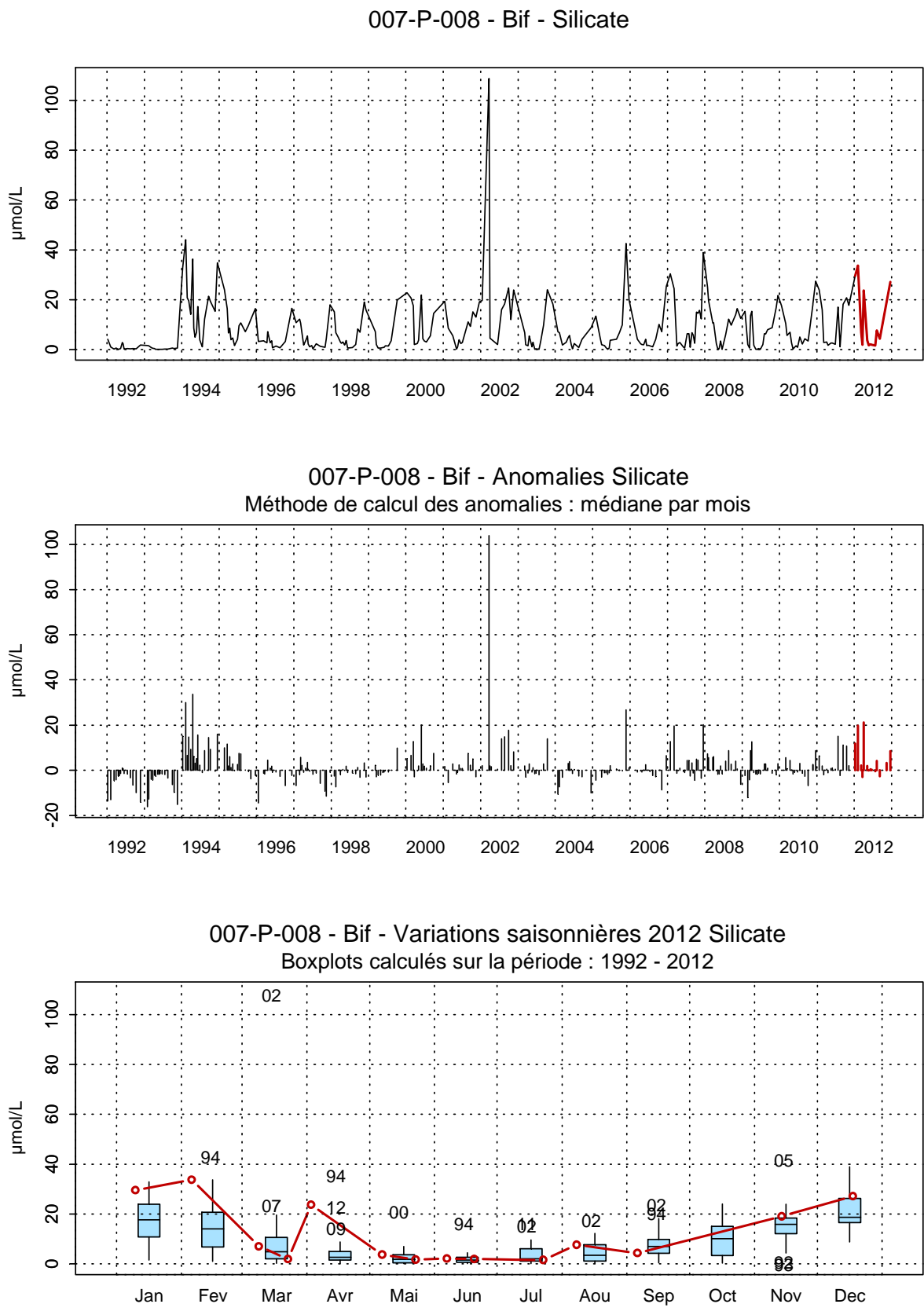


Figure 96. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate (µmol/L) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

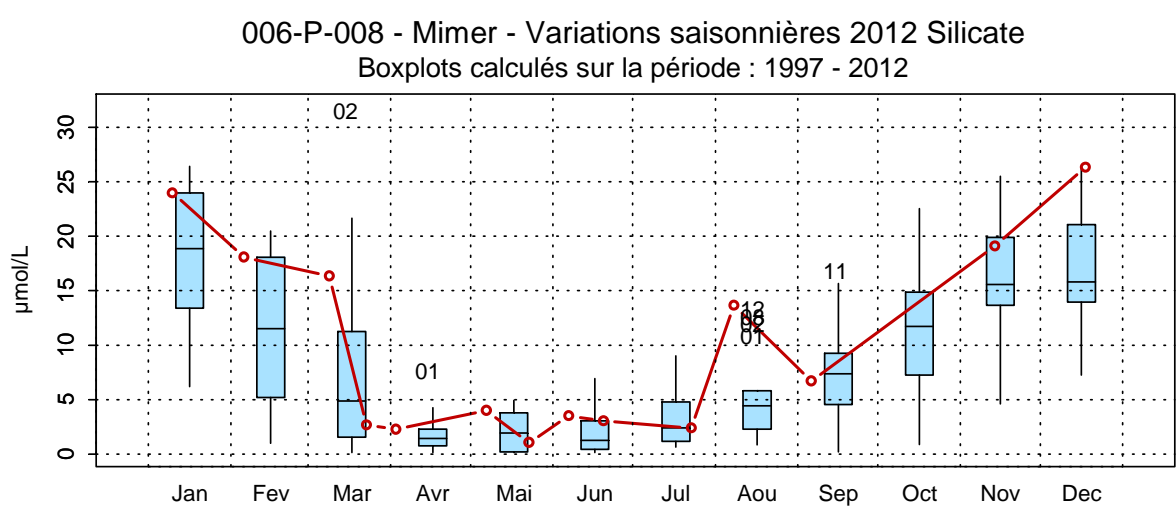
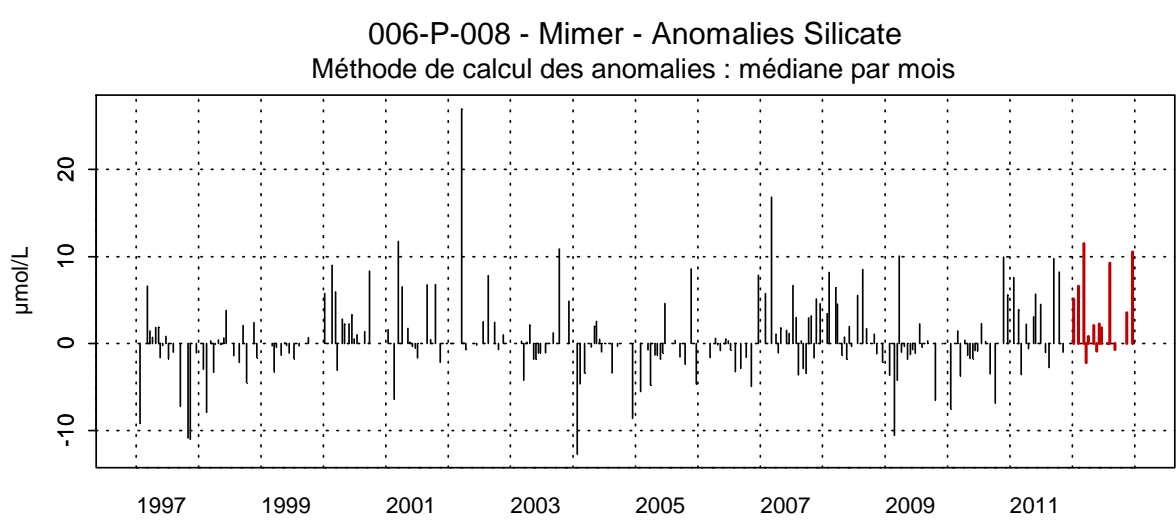
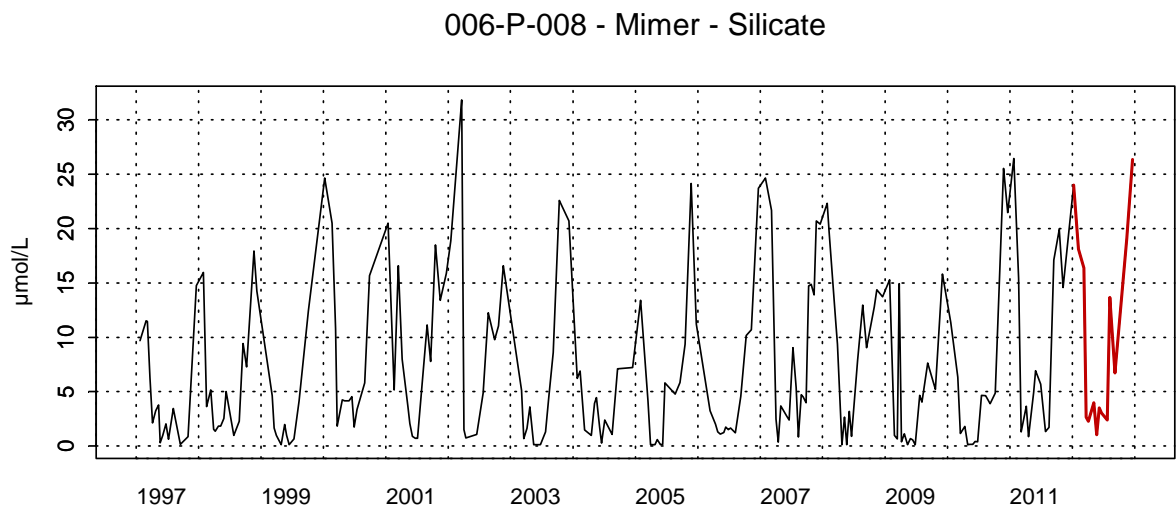


Figure 97. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate (µmol/L) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

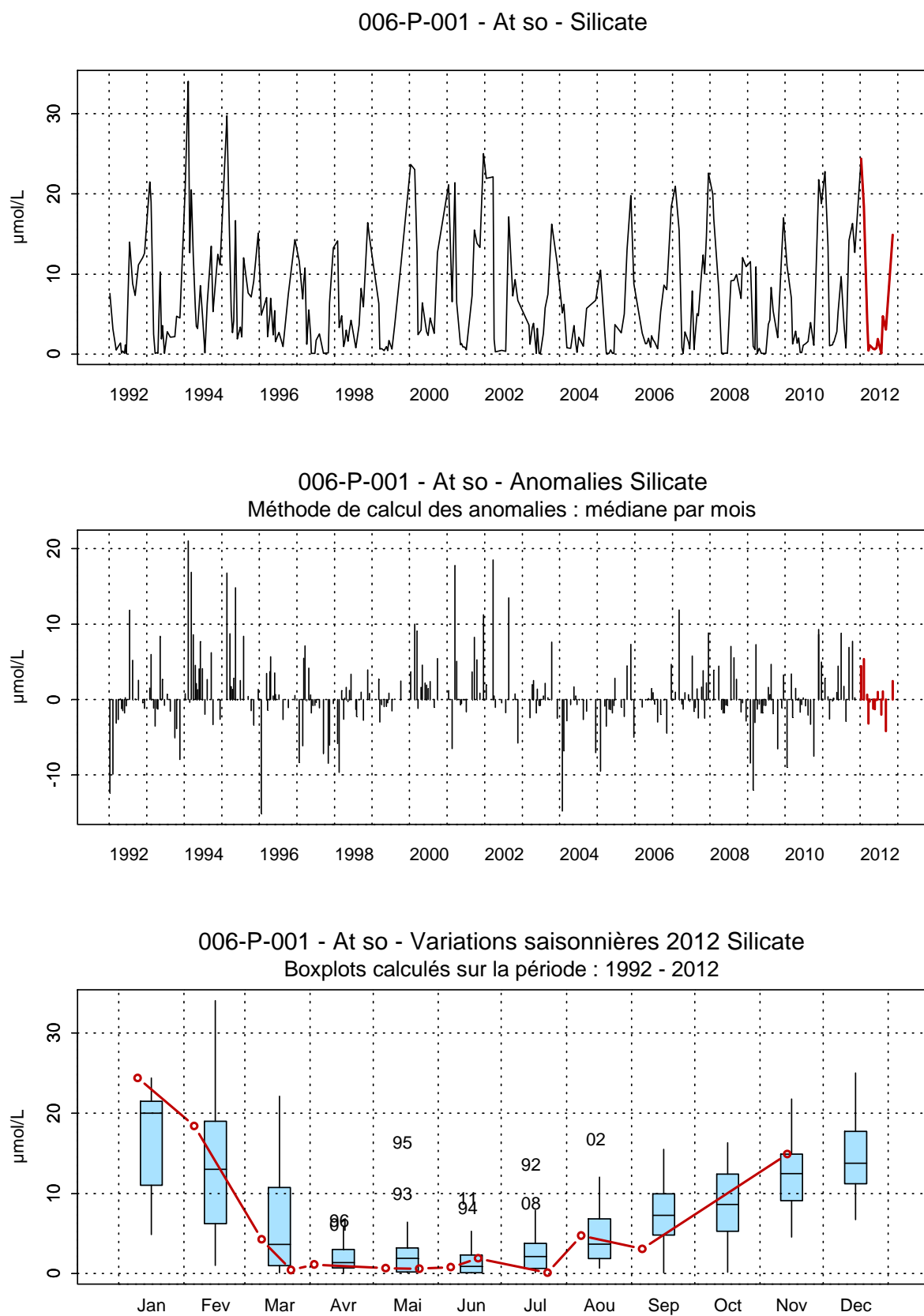


Figure 98. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

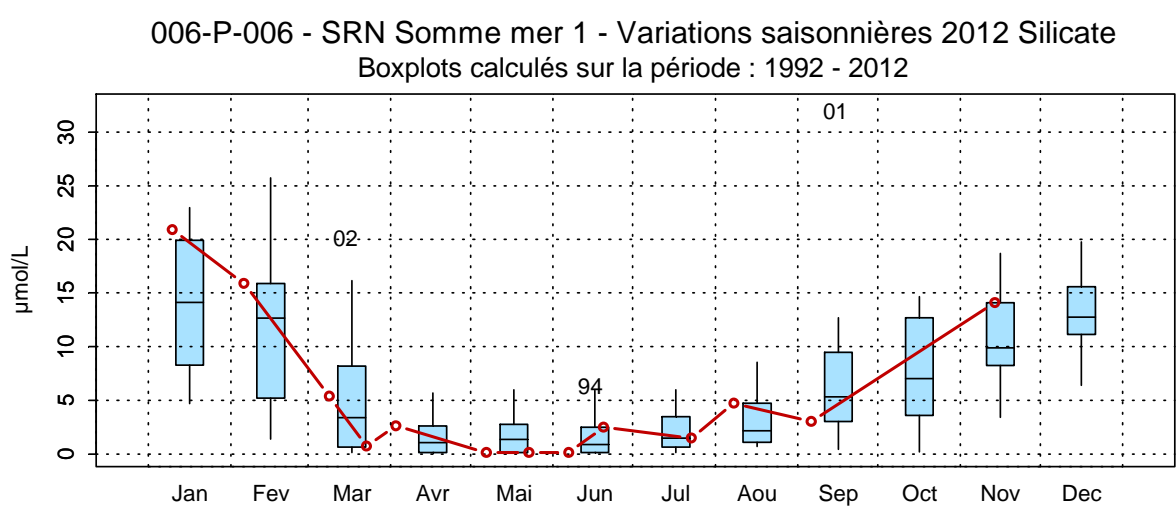
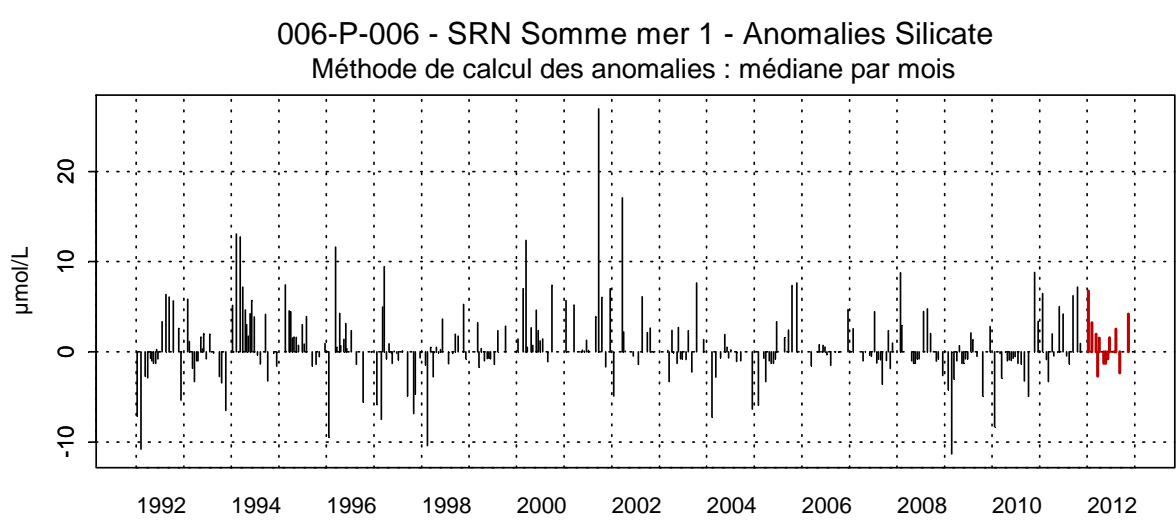
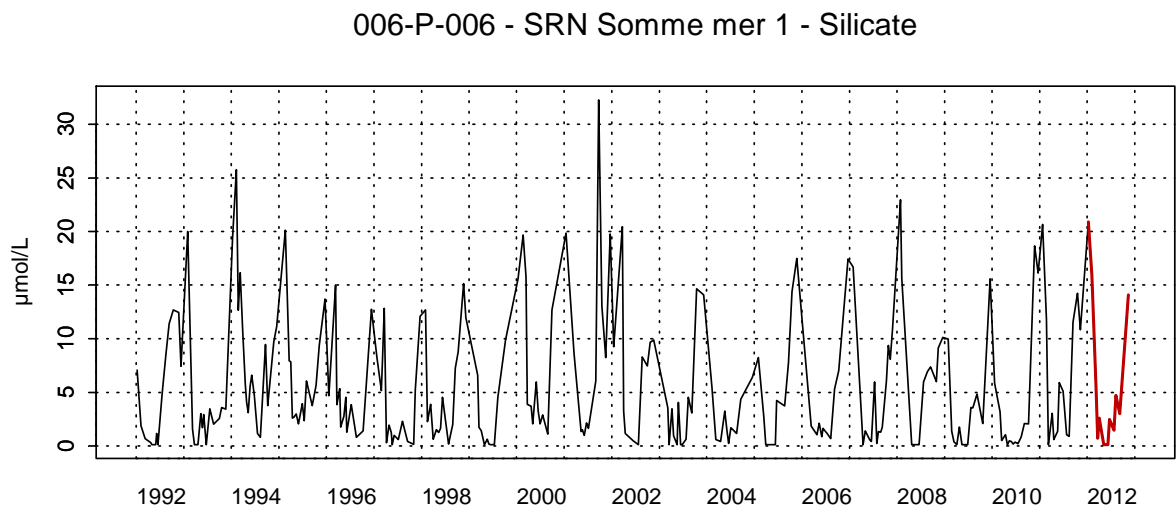
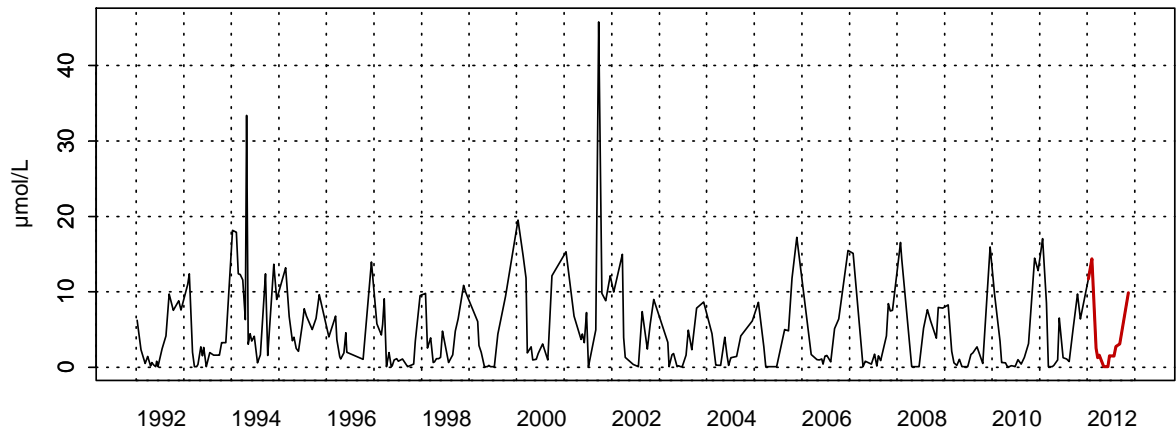
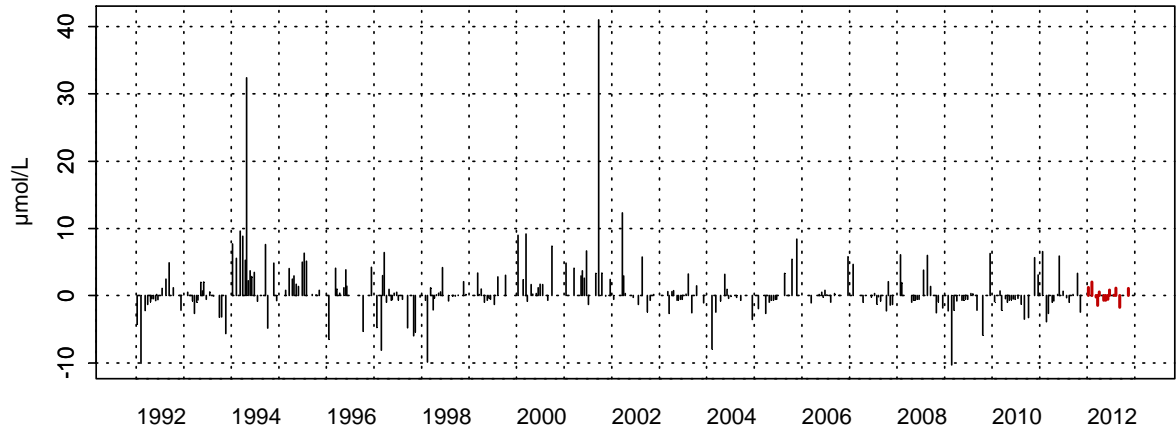


Figure 99. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

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



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



006-P-007 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2012 Silicate
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2012

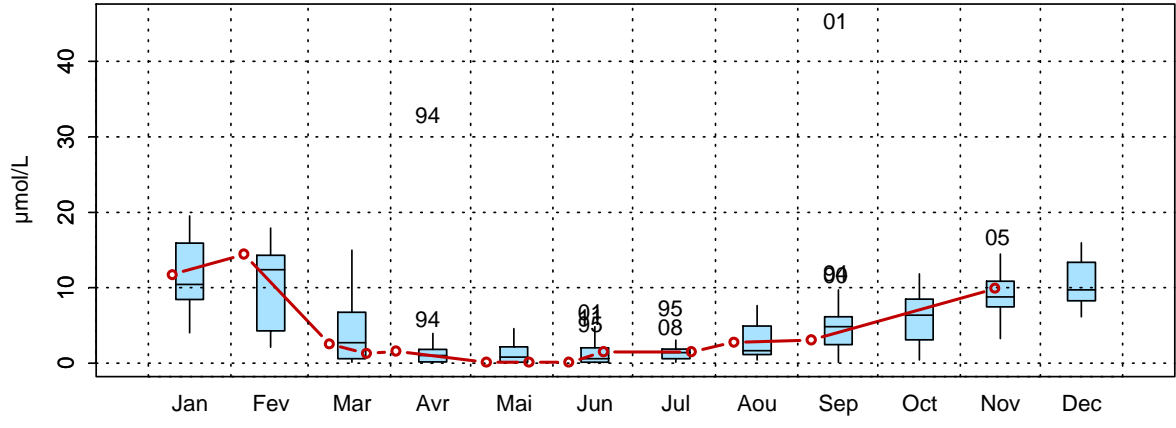


Figure 100. Évolution, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate (µmol/L) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2012

Nutriments

Les figures suivantes (figures 100 à 104) représentent l'évolution temporelle des éléments nutritifs potentiellement limitant le long de la radiale Baie de Somme. Les figures délimitent six zones dans lesquelles chacune d'elles définit, par ordre de priorité, l'élément qui limite majoritairement la croissance des algues au point considéré. En effet, les changements de concentrations en nutriments induisent des changements des rapports stœchiométriques.

Bif :

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

La période productive présente une alternance de limitation par le phosphate ou l'azote (Figure 101, Annexe 3). En effet, une limitation de type P : Si : N apparaît globalement de mars à mai excepté fin mai où on note une limitation de type N : P : Si tandis qu'une limitation de type N : P : Si est observée de juin à septembre, excepté le mois de septembre qui a une limitation de type P : N : Si.

Mimer :

Lors de la période non productive (nov. à fév.), le développement du phytoplancton est potentiellement limité par la silice (limitation de type Si : P : N) et dans une moindre mesure, le phosphore (limitation de type P : Si : N en décembre).

Lors de la période productive, on remarque une forte variabilité des limitations potentielles en nutriments (Figure 102). On observe majoritairement une limitation par la silice de mars à mai (limitation de type Si : P : N en mars et Si : N : P en avril-mai) et une limitation par l'azote entre juin et octobre, excepté le mois d'août qui présente une limitation de type N : P : Si.

Atso :

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

Lors de la période productive, on remarque une forte variabilité des limitations potentielles en nutriments (Figure 103, Annexe 3). Le développement du phytoplancton est potentiellement limité par la silice et l'azote avec majoritairement une limitation de type Si : P : N ou de type N : Si : P excepté le mois de juin qui présente également une limitation par le phosphore.

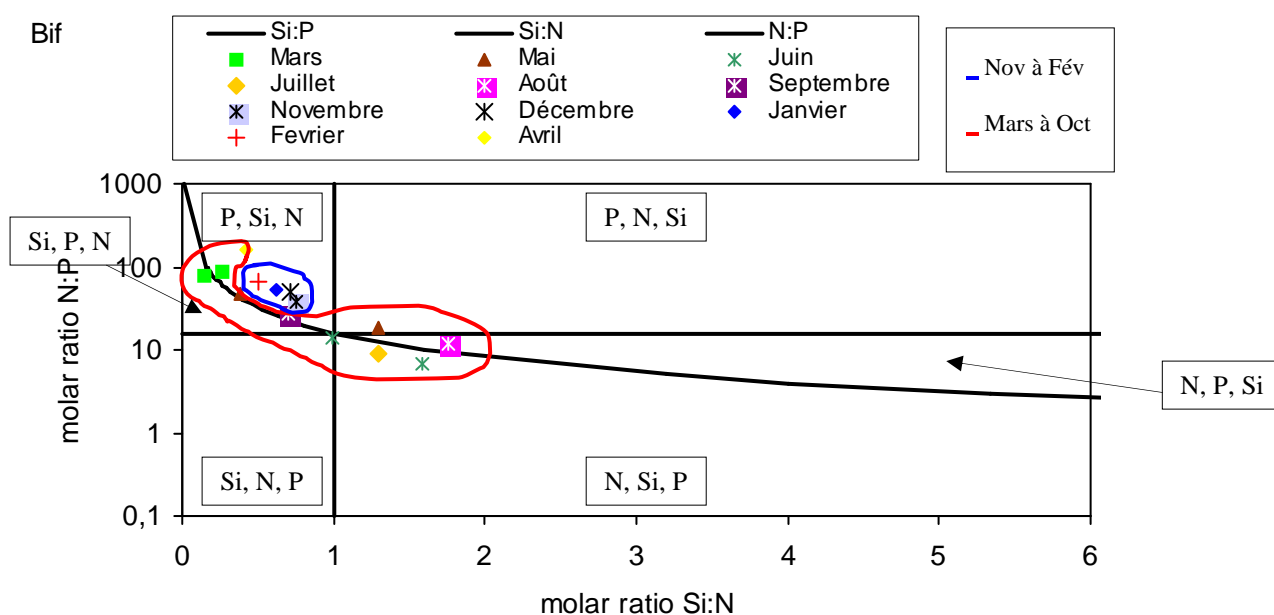


Figure 101. Évolution temporelle des éléments limitant au point Bif de la radiale de la Baie de Somme en 2012

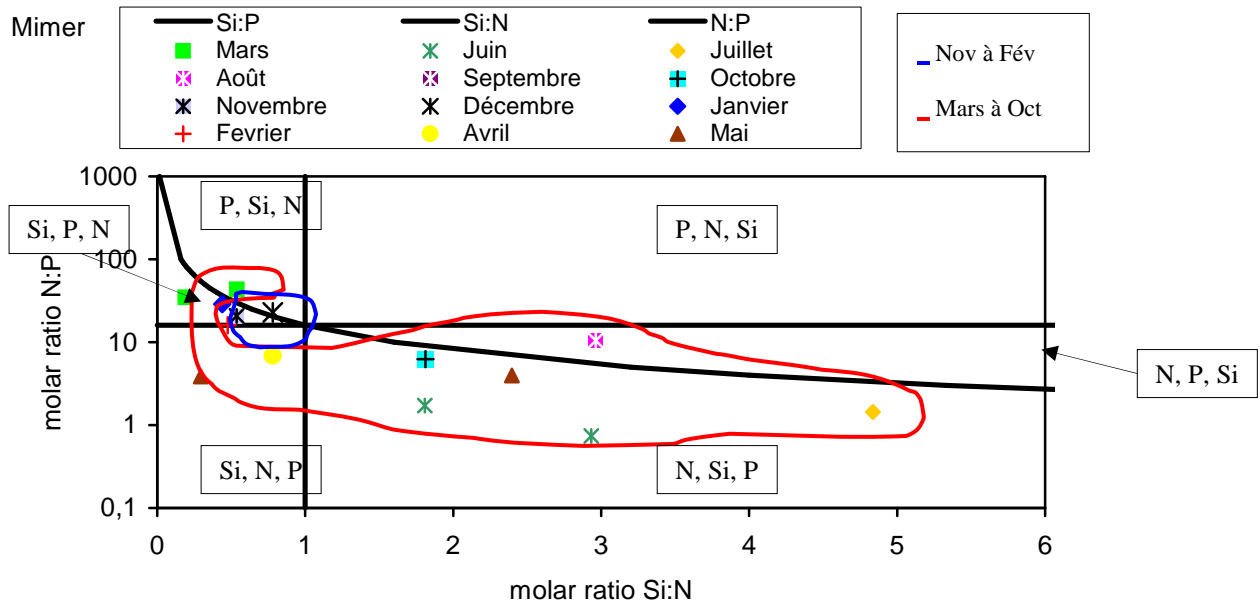


Figure 102. Évolution temporelle des éléments limitants au point Mimer de la radiale de la Baie de Somme en 2012

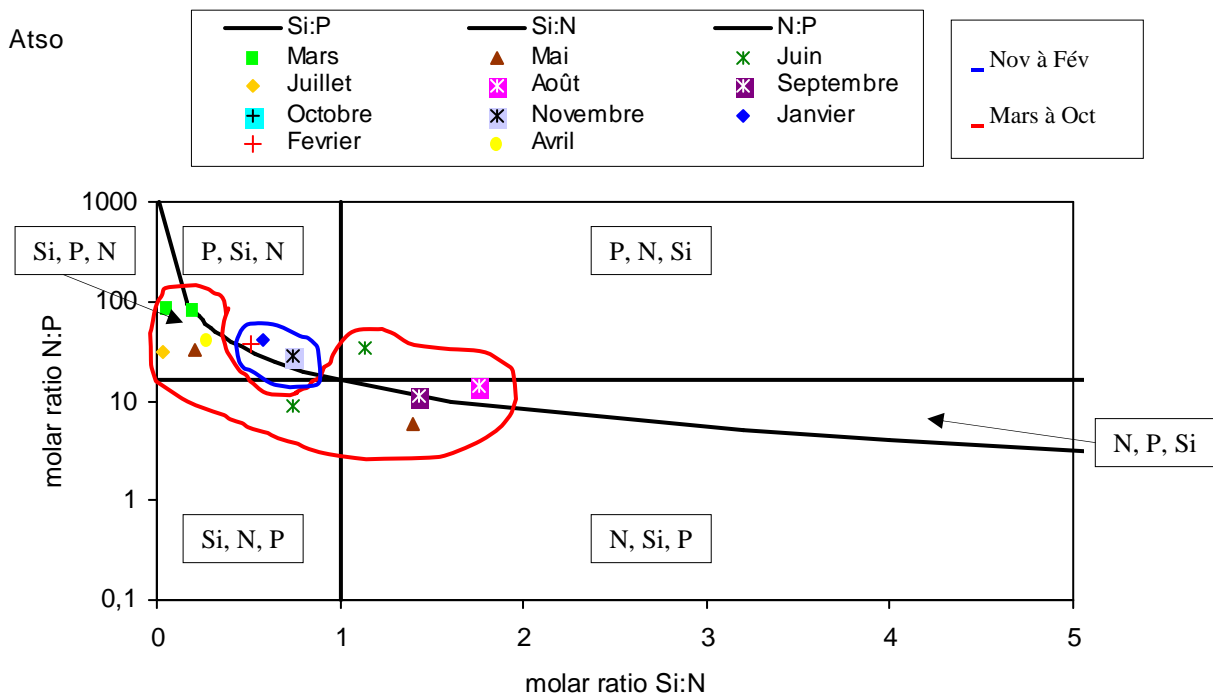


Figure 103. Évolution temporelle des éléments limitants au point Atso de la radiale de la Baie de Somme en 2012

Mer 1:

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

Lors de la période productive, on remarque une forte variabilité des limitations potentielles en nutriments (Figure 104, Annexe 3). En mars, le phytoplancton est potentiellement limité par le phosphore (limitation de type P : Si : N). entre avril et septembre, le phytoplancton est limité par la silice (limitation de type Si : P ; N ou Si : N : P) et l'azote (limitation de type N : Si : P ou N : P : S).

Mer 2:

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

Lors de la période productive, on remarque une forte variabilité des limitations potentielles en nutriments (Figure 105, Annexe 3). Entre mars et juin, le phytoplancton est potentiellement limité par la silice (limitation de type Si : P : N ou Si : N : P) tandis que les mois de août et de septembre présentent une limitation par l'azote (limitation de type N : Si : P).

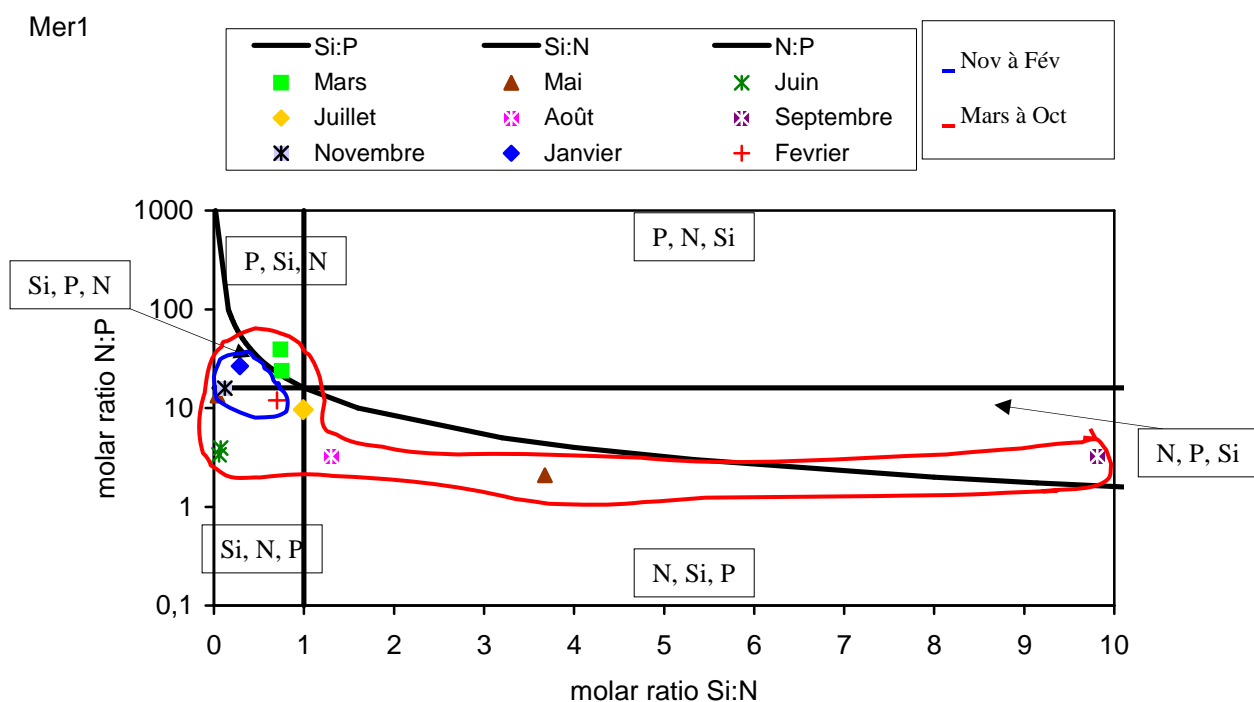


Figure 104. Évolution temporelle des éléments limitant au point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme en 2012

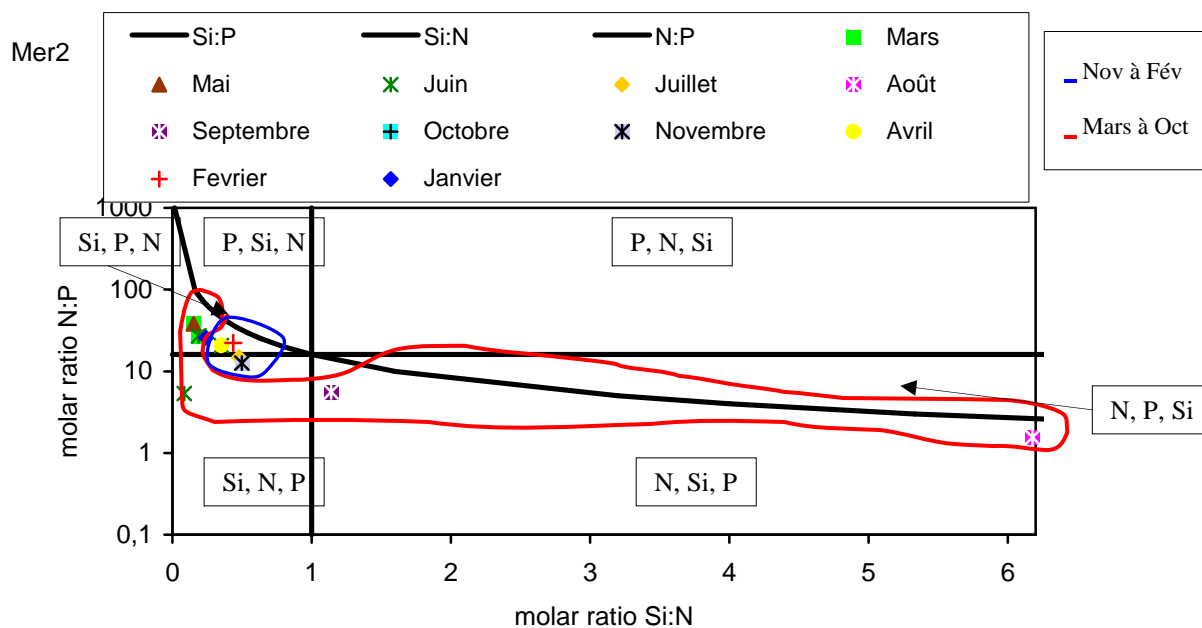


Figure 105. Évolution temporelle des éléments limitants au point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme en 2012

Chlorophylle active

Le pourcentage de biomasse active mesurée comme étant la chlorophylle active est présenté Figure 106. Il ressort que 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). Un décrochement se produit au mois de juin pour tous les points et le pourcentage de chlorophylle active descend jusqu'à 61,39 % à la station Mer 1. Globalement l'activité chlorophyllienne reste au-dessus de 50 % excepté aux points côtiers où on enregistre des pourcentages plus faibles (24,48 % et 23,16 % pour le point Bif ; 26,43 % et 27,32 % pour Mimer en janvier et décembre respectivement). On peut ainsi remarquer qu'un gradient s'établit entre les points Bif et Mimer (minimum des valeurs) avec les points Mer 1 et Mer 2 (maximum de valeurs).

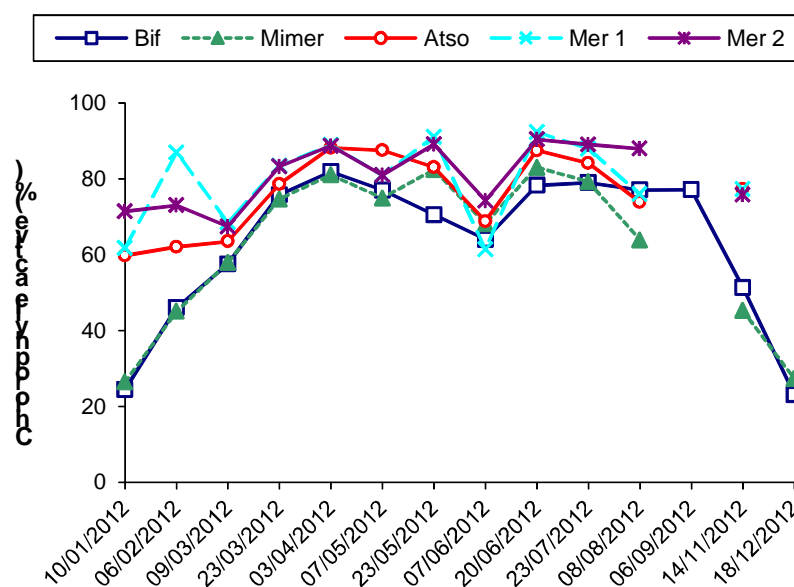


Figure 106. Évolution temporelle du pourcentage de chlorophylle active sur la radiale de la Baie de Somme en 2012

3.2. Paramètres biologiques

3.2.1. Le phytoplancton

Le risque environnemental provoqué par la prolifération de certaines espèces d'algues microscopiques est à l'origine de la mise en veille de certaines masses d'eau marines côtières. On observe au cours de l'année des apparitions des blooms sans qu'on en soit capable d'en prédire la date ni la durée. Il existe environ 4000 espèces phytoplanctoniques dans le monde : certaines d'entre elles (environ 250) peuvent proliférer de façon importante en formant des eaux rouges, brunes ou vertes, d'autres espèces (environ 70) sont toxiques, mais la plupart d'entre elles sont totalement inoffensives. Parmi les espèces toxiques, certaines contiennent des toxines dangereuses pour l'homme, les coquillages ou les poissons. Face à ces menaces, il est important de procéder à des observations régulières pour mieux suivre la dynamique des efflorescences phytoplanctoniques dans les eaux marines. C'est donc 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 (suivi régional des nutriments) complète ce réseau vers le large.

Le phytoplancton est le premier maillon de la chaîne alimentaire puisqu'il se situe à la base d'un ensemble d'interactions qui structurent un réseau trophique. Sa présence dans un milieu est fonction de la disponibilité en nutriment et aussi la présence de facteurs physiques favorables à son développement (température, éclaircissement, turbulence, turbidité des masses d'eau, etc.). La production primaire est le processus par lequel les algues microplanctoniques transforment la matière minérale en matière organique nécessaire pour leur croissance. En effet, dans les conditions normales d'abondance en éléments nutritifs : allongement des jours d'éclaircissement et de réchauffement progressif des masses d'eau, la croissance du phytoplancton se fait de façon optimale. Au cours des périodes post-automnales, la température et surtout l'ensoleillement diminuent, limitant ainsi la croissance du phytoplancton. Ceci permet la reconstitution des stocks des éléments nutritifs par la minéralisation de la matière organique. L'apparition des blooms printaniers et estivaux entraîne généralement, dans les écosystèmes peu soumis aux apports terrigènes, une diminution progressive des concentrations en éléments nutritifs. Il arrive donc que certains éléments soient absents ou en dessous des seuils pouvant permettre le développement des blooms. Cette limitation a pu être mise en évidence dans le chapitre précédent où de nombreux éléments ont été identifiés comme potentiellement limitant pour le phytoplancton au cours de l'année.

La Manche orientale est considérée comme ultime réceptacle de certains fleuves chargés en sels nutritifs comme la Seine et la Somme. Elle représente donc un lieu propice au développement des blooms printaniers par exemple, susceptibles d'être envahissants, gênants ou même toxiques.

Le bassin de la Manche orientale montre une grande diversité d'espèces benthiques et pélagiques. Les communautés phytoplanctoniques présentent une forte variation et se succèdent au fur et à mesure des saisons (Lefebvre et al. 2011). On observe généralement une succession printanière de *Phaeocystis* et de Diatomées (Rousseau et al. 2002). Pendant la période estivale, on observe les dinoflagellés dont la croissance et les besoins nutritionnels sont moindres. Une efflorescence accessoire de diatomées intervient en automne.

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

3.2.2. Mesure de la diversité : indice de Shannon

La diversité indique la façon dont les éléments d'une communauté sont repartis entre les différentes catégories représentées dans un milieu. Souvent, cette notion de diversité recouvre deux aspects : la richesse et la régularité. Plus il y aura de catégories représentées par au moins un élément, plus l'indice de diversité sera élevé. Il s'agit des notions de :

- (1) Richesse : c'est-à-dire le 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) 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.

De ces deux notions, la notion de régularité 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 ». Plusieurs indices de diversité ont été proposés mais le plus utilisé est celui de Shannon, noté H.

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

Avec :

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

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

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

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

3.2.3. Genres toxiques et Toxicités

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

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

C'est la présence de ces espèces toxiques dans l'eau, lorsqu'elles dépassent 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

3.2.4. Dynamique écologique

3.2.4.1. Dunkerque

La dynamique saisonnière de la biomasse phytoplanctonique telle que l'indiquent les concentrations en chlorophylle *a* ainsi que l'abondance des cellules sur les cinq dernières années 2008-2011, reste comparable entre les différents points de mesure. La biomasse atteint rarement 30 µg/L mais reste maximale aux points 1 avec 33,07µg/L (mars 2010). La valeur minimale est mesurée au point 4 (0,17 µg/L en novembre 2002). L'abondance du phytoplancton atteint des seuils pouvant aller au-delà de 10 millions de cellules par Litre avec un pic de *Phaeocystis* d'environ 27,46.10⁶ cellules/L en mars 2010. De façon générale, on observe de plus fortes valeurs d'abondance et de biomasse au printemps puis en été alors que les valeurs les plus faibles sont mesurées en hiver et en automne. L'année 2012 a la même évolution avec une biomasse plus forte en mars (22,04 µg/L au point 1 ; 22,68 µg/L au point 3 et 16,28 µg/L au point 4) et des valeurs plus faibles en hiver ou en automne. Au cours de cette année, les abondances sont également maximales en mars-avril avec des pics autour de 3 millions de cellules/L.

Les efflorescences de phytoplancton sont causées par une diversité de taxons dont certains sont mentionnés comme dominants dans le tableau 21. La proportion de ces derniers évolue au cours du cycle biologique. La figure 107 montre la proportion des différents taxons dominants rencontrés pour la radiale de Dunkerque. Chaque taxon apparaît par ordre d'importance (en nombre) dans le groupe considéré et en fonction du site. Ainsi, parmi les *Bacillariophycées*, les *Thalassiosiracées* apparaissent majoritaires aux points 1 et 4 alors qu'ils semblent moins bien représentés au point 3 qui reste dominé par le genre *Guinardia*. De plus, on peut remarquer que la période hivernale (Janv-Mar) est majoritairement dominée par le bactériophyta tandis que la période d'avril-juin est majoritairement dominée par les blooms de groupe des *Phaeocystis*. Cette hétérogénéité traduirait l'existence d'un gradient côte-large ou d'une distribution en patch. Même si la composition reste identique, il apparaît que certains taxons sont présents toute l'année (Ex : *Cryptophyceae*) alors que certains apparaissent de façon épisodique (*Gymnodium* et *Phaeocystis*). Sur l'ensemble de la radiale, la classe des prymnésiofycées (*phaeocystis globosa*) domine, avec plus de 3,81.10⁶ cellules/L en 2012.

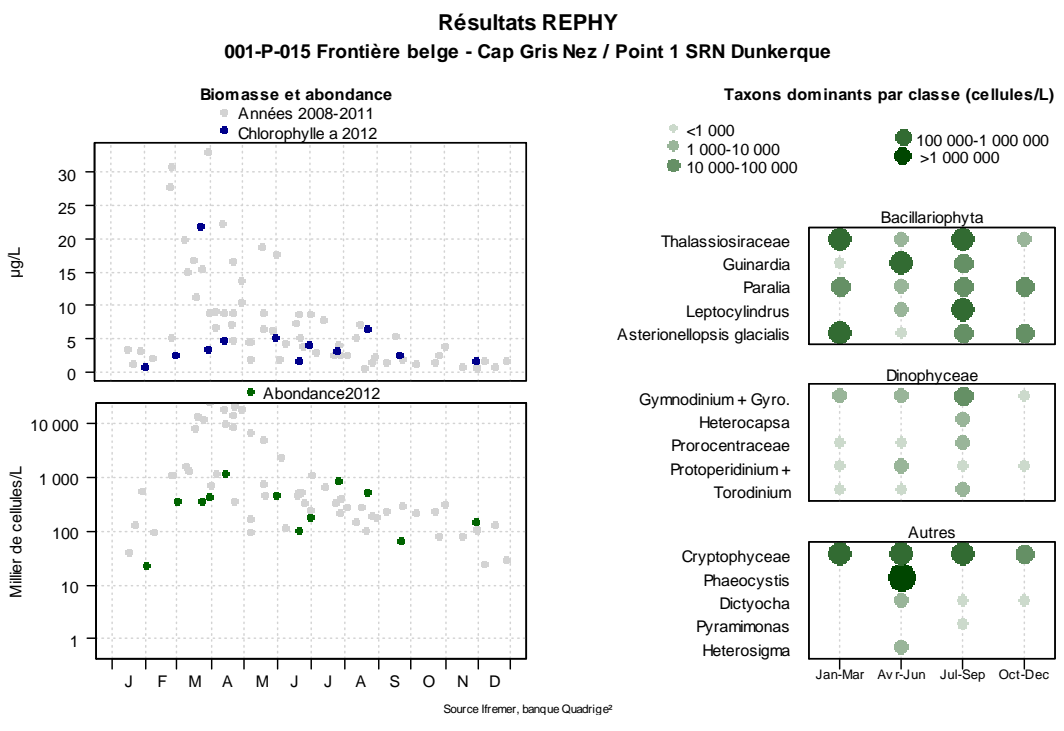


Figure 107. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2012 et classement des taxons dominants par classe pour la radiale de Dunkerque
Résultats REPHY

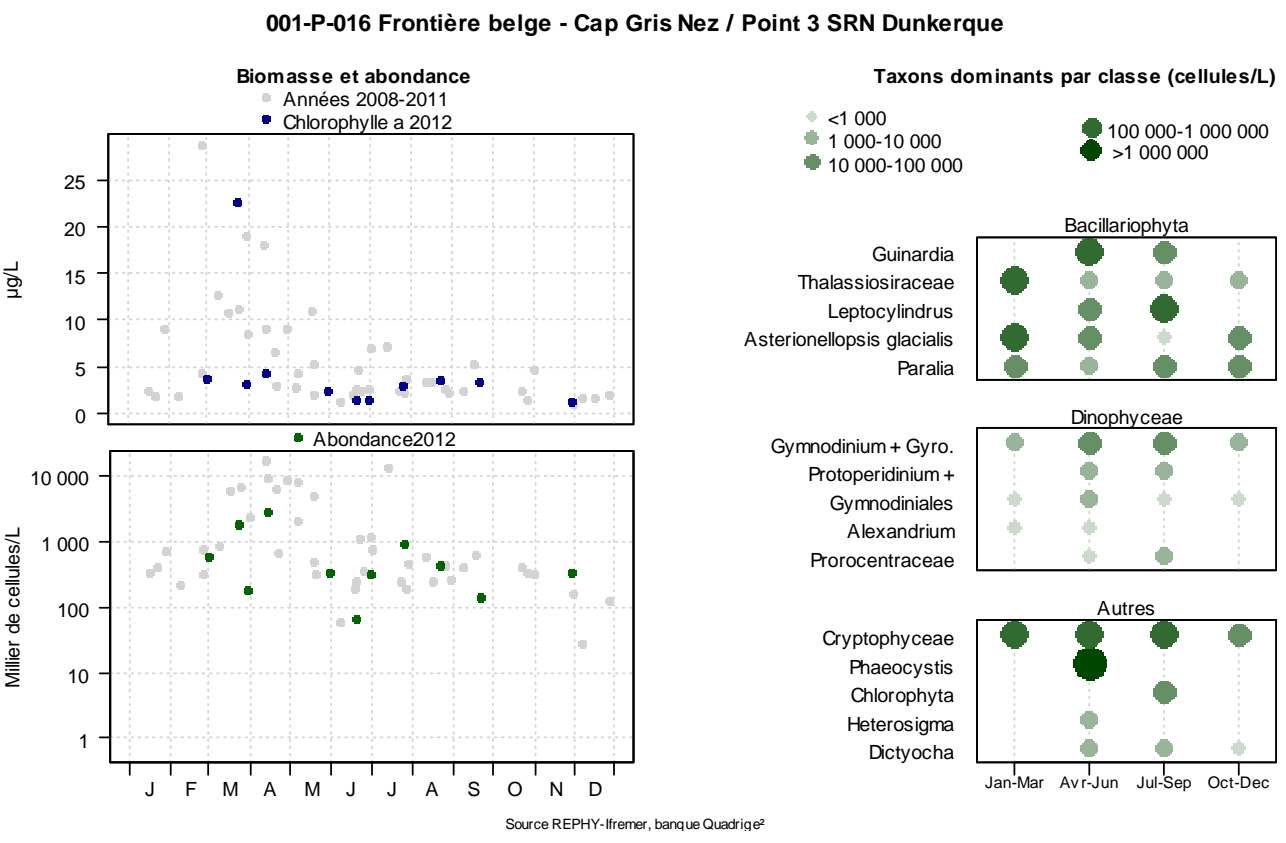


Figure 107 (suite). Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2012 et classement des taxons dominants par classe pour la radiale de Dunkerque

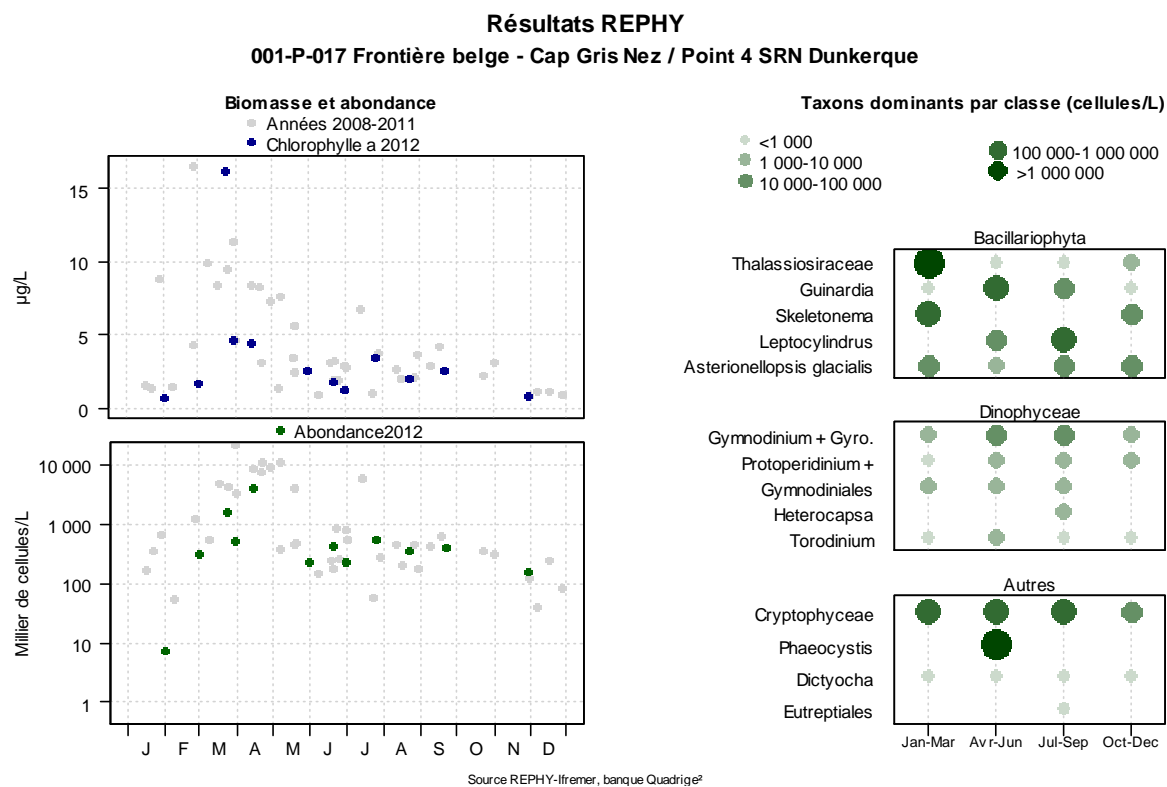


Figure 107 (suite). Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2012 et classement des taxons dominants par classe pour la radiale de Dunkerque

Tableau 21. Correspondance entre les intitulés Quadrige et la classe taxonomique pour la radiale de Dunkerque en 2012

REPHY - Taxons dominants - signification des libellés

Intitulé graphe	Libellé taxon	Classe
Thalassiosiraceae	<i>Porosira</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Skeletonema	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira antarctica</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Gymnodinium + Gyro.	<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
Gymnodinium + Gyro.	<i>Gyrodinium spirale</i>	<i>Dinophyceae</i>
Gymnodinium + Gyro.	<i>Gyrodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
Gymnodiniales	<i>Katodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
Prorocentraceae	<i>Prorocentrum micans</i>	<i>Dinophyceae</i>
Protoperidinium +	<i>Protoperidinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
Torodinium	<i>Torodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>

La courbe qui traduit l'évolution de l'indice de Shannon en 2012 est comparable et suit la même dynamique entre les trois points de la radiale de Dunkerque. De façon générale, on observe un décrochement de l'indice entre mars et août. Cependant, sur cette période le point 4 semble plus diversifié que les deux autres points (1 et 3, Figure 108). L'indice est élevé de janvier à février puis de septembre à décembre. Le nombre de taxons échantillonnés sur la radiale est compris entre 21 et 48 avec une forte dominance de l'espèce *Phaeocystis globosa* qui représente près de 90 % à la mi-avril. Les fortes abondances de cette espèce expliquent entre autre la chute de la diversité (0,69 ;

0,73 ; 0,69 aux points 1, 3 et 4, respectivement). Par contre, la diversité augmente lorsque l'espèce dominante disparaît. La communauté phytoplanctonique est alors dominée par les espèces telles que *Thalassiosira levander*, *Thalassionema nitzschioides* ainsi que par la classe des *Cryptophycées*.

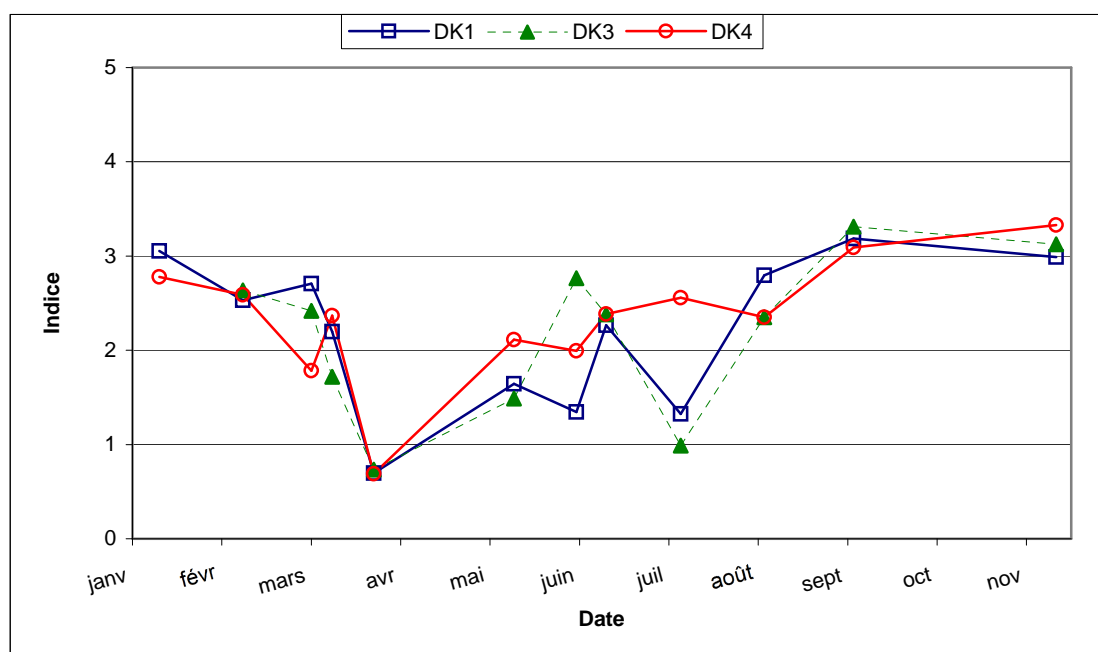


Figure 108. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Dunkerque pour l'année 2012

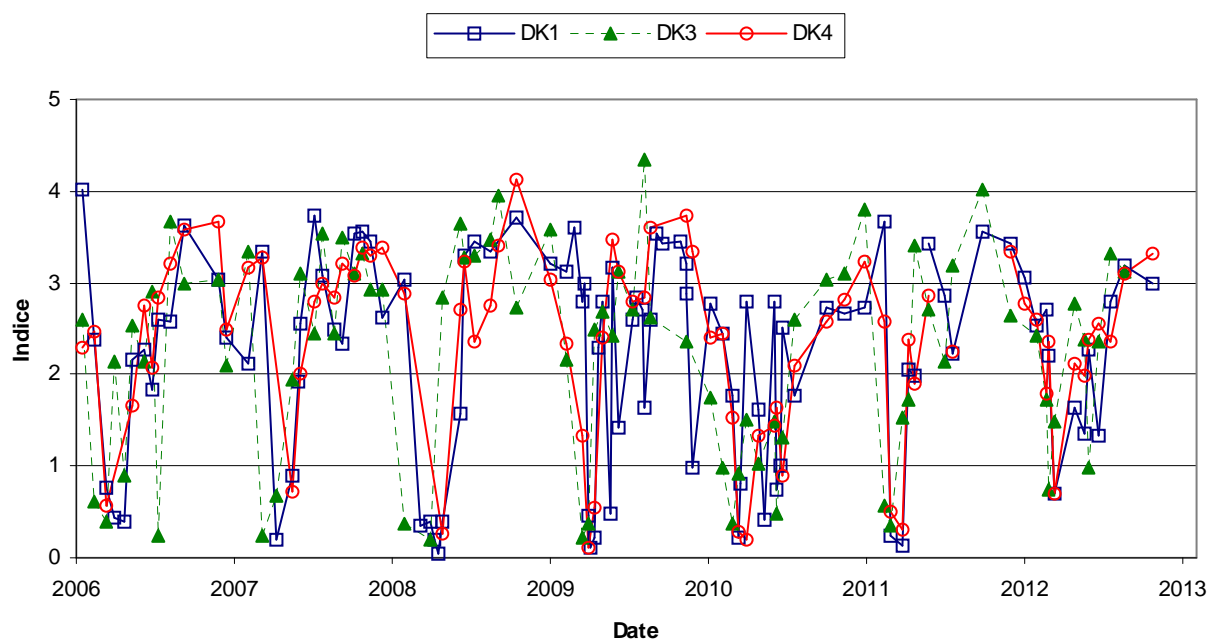


Figure 109. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Dunkerque de 2006 à 2012

La dynamique pluriannuelle de l'indice entre 2006 et 2012 évolue par cycle. On observe au début de chaque cycle une baisse de l'indice de diversité qui peut être imputable aux fortes efflorescences de *Phaeocystis globosa* observées entre mars et avril de chaque année. En dehors de cette période, l'indice de diversité montre des valeurs élevées pouvant atteindre jusqu'à 4 (figure 109).

Le dispositif d'alerte REPHY ne concerne que le point 1 de la radiale de Dunkerque (Figure 110). A cet endroit, on peut remarquer que le genre *Dynophysis*, potentiellement responsable de la toxicité DSP, n'a pas été observé en 2012. Il a été détecté au point 4 au contraire (non représenté) et entre

2006 et 2011 en septembre et novembre. Les seuils restent cependant très faibles pour déclencher une procédure d'alerte.

Pour l'année 2012, la toxicité PSP potentielle du genre *Alexandrium* est négligeable au vu des faibles concentrations observées. Celles-ci demeurent inférieures au seuil d'alerte de 10 000 cell./L

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

En 2011 et pour le point 3, les concentrations variaient de 400 à 896400 cell./L. Début mai, les fortes abondances de *Pseudonitzschia delicatissima* (306073 cell./L au point 1 et 896400 cell./L au point 3) ont conduit au déclenchement de la procédure d'alerte. Durant cette période, les analyses de recherche de toxine ASP sur des moules prélevées au point de suivi du REPHY (point de surveillance « Oye plage ») n'ont pas révélé la présence de toxine (Annexe 4). Au contraire, en 2012, aucune alerte n'a été déclenchée.

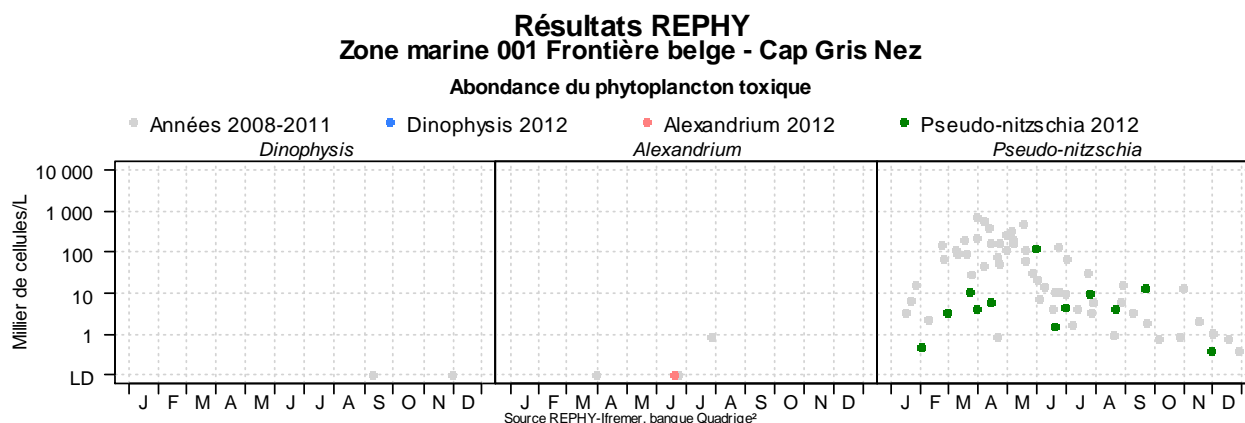


Figure 110. Évolution de l'abondance du phytoplancton toxique pour la radiale de Dunkerque pour les 5 dernières années (symboles grisés) et pour l'année 2012 (symboles en couleur)

3.2.4.2. Boulogne-sur-Mer

La dynamique saisonnière entre les trois points de la radiale de Boulogne montre une évolution similaire. Les valeurs de biomasse ainsi que celles de l'abondance phytoplanctonique sont plus élevées en période printanière (25,84 $\mu\text{g/L}$ en mai 05/2008 pour la biomasse et $17,8 \cdot 10^6$ cell./L en mai 2009 au point 1). Elles sont faibles en période hivernale et automnale. L'année 2012 suit la même dynamique. La biomasse est maximale en mars (13,79 $\mu\text{g/L}$ au point 1). Elle est minimale en janvier et en novembre. Les abondances phytoplanctoniques présentent des pics entre 100 et $14,73 \cdot 10^6$ cell./L au point 2 en mars 2012 (Figure 111 gauche).

La proportion des taxons évolue au cours du cycle biologique (Figure 111, droite et tableau 22). Globalement, les *Bacillariophycées* dominent la population phytoplanctonique sur toute la radiale. Certains groupes sont présents de façon épisodique comme les genres *Leptocylindrus*, *Chrysophyceae*. D'autres, au contraire sont échantillonnés toute l'année : c'est le cas des genres *Guinardia*, *Chaetoceros* ou *Gymnodinium+Gyrodinium*. En terme d'abondance, la classe des

prymnésiophycées (*Phaeocystis globosa*) domine janvier à juin avec plus de 1.10^6 cell./L sur l'ensemble de la radiale.

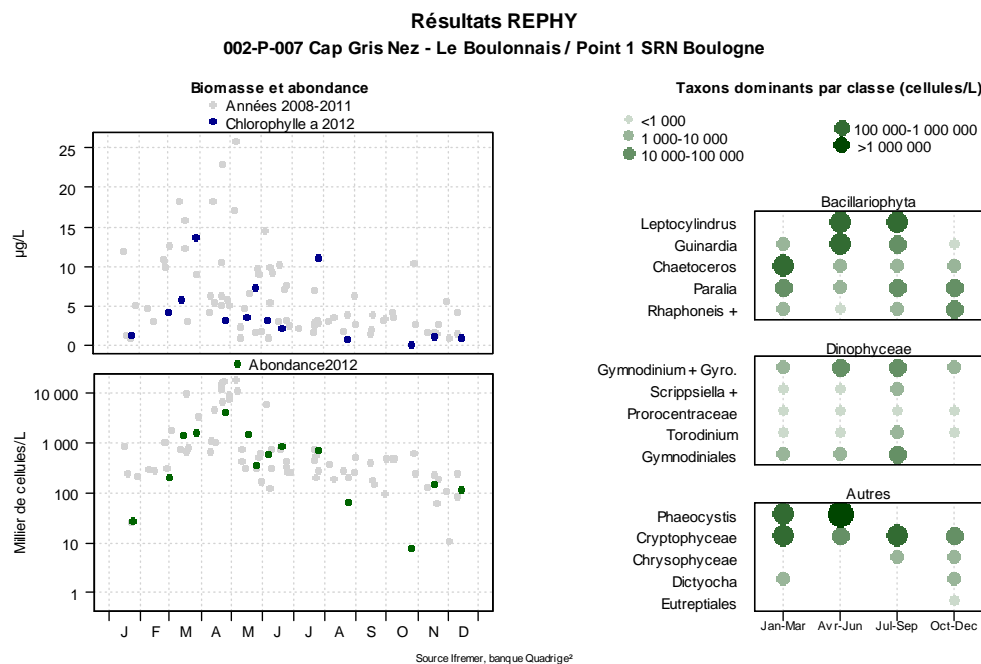


Figure 111. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2012 et classement des taxons dominants par points pour la radiale de Boulogne-sur-Mer

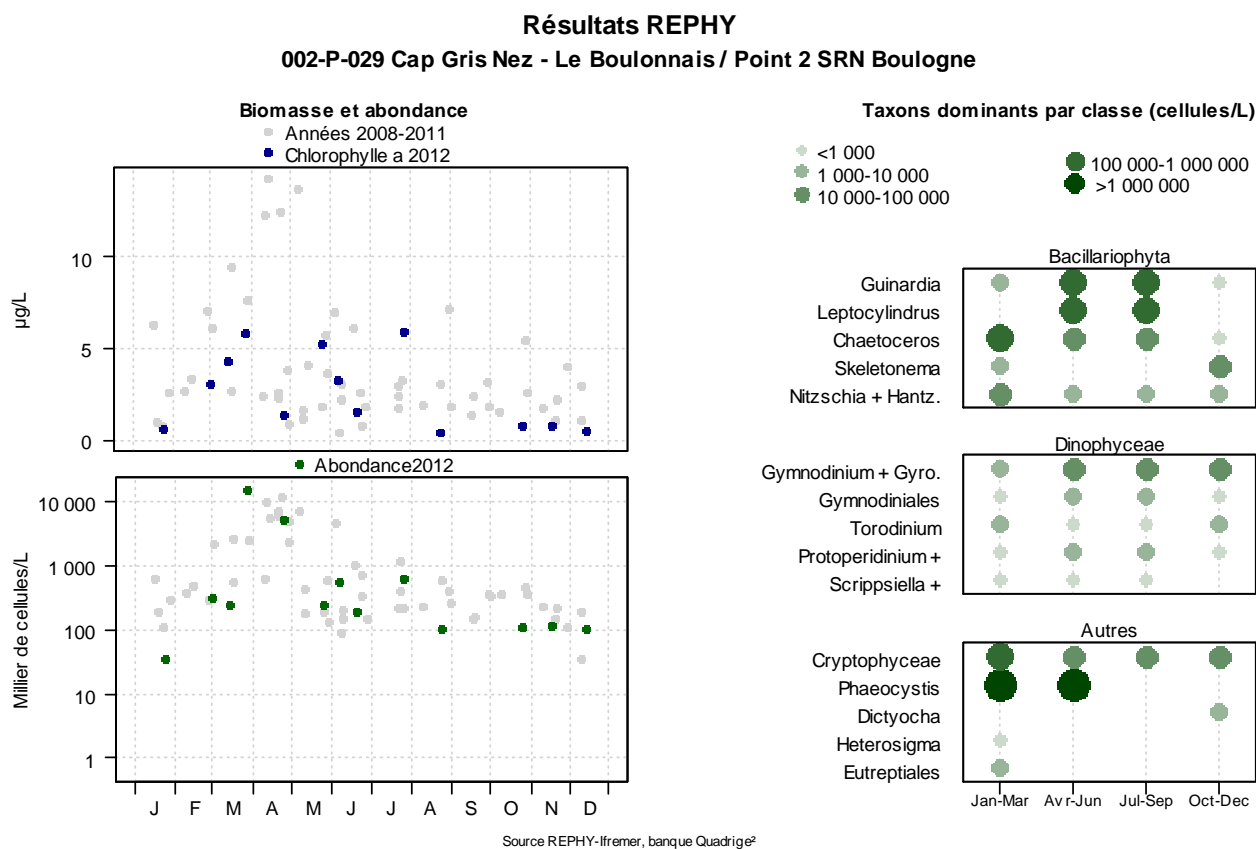


Figure 111 (suite). Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2012 et classement des taxons dominants par points pour la radiale de Boulogne-sur-Mer

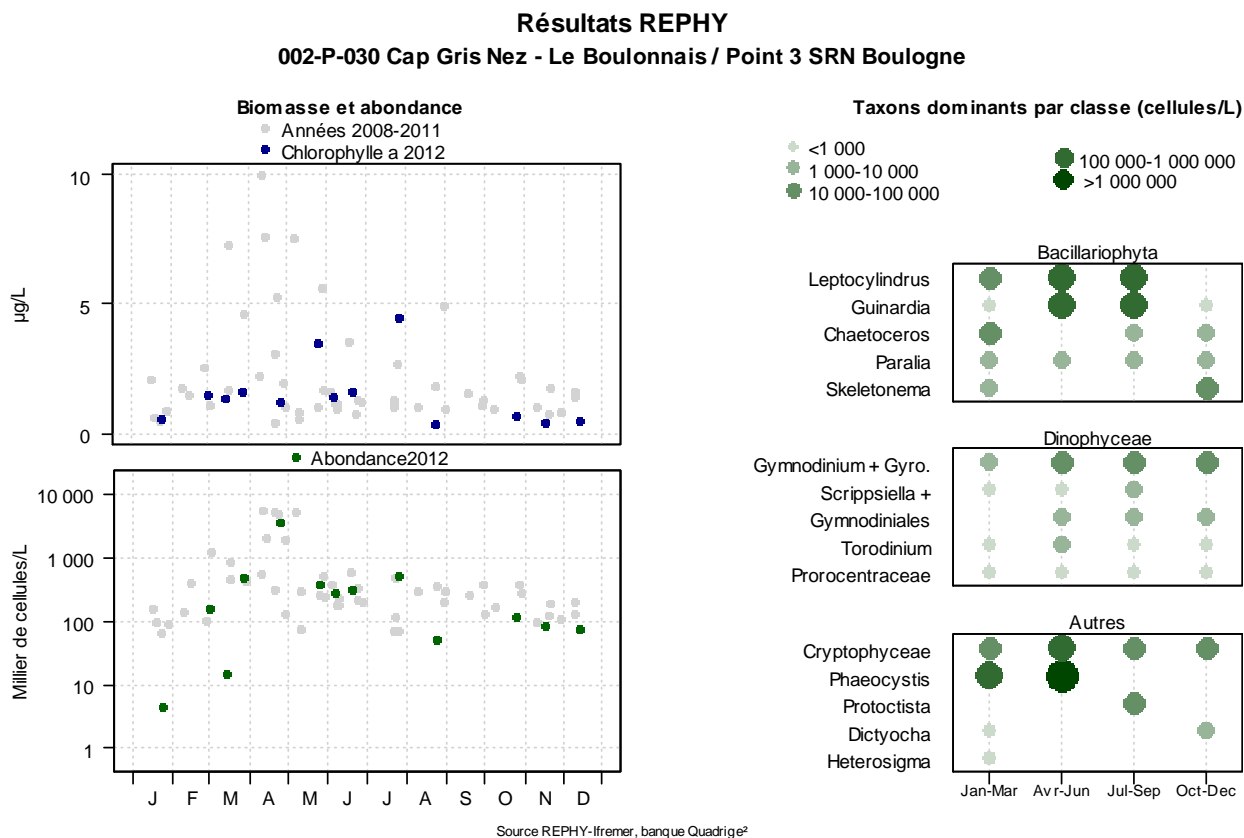


Figure 111 (suite). Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2012 et classement des taxons dominants par points pour la radiale de Boulogne-sur-Mer

Tableau 22. Correspondance entre les intitulés Quadrige et la classe taxonomique pour la radiale de Dunkerque en 2012

REPHY – Taxons dominants – signification des libellés

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

La figure 112 montre l'évolution au cours de l'année 2012 de l'indice de Shannon. On remarque que sur toute la radiale de boulogne, l'indice évolue de façon similaire avec une relative plus forte diversité au point 1. Les valeurs sont plus élevées en hiver et en automne, périodes au cours

desquelles la communauté phytoplanctonique reste très diversifiée (entre 16 et 38 taxons identifiés) et relativement équilibrée. De mi-mars jusqu'à la fin du mois d'avril, l'indice est particulièrement faible. Les blooms de *Phaeocystis globosa* qui apparaissent pendant cette période réduisent fortement la diversité et l'indice de shannon descend jusqu'à 0,22 au point 3; 0,23 au point 2 et 0,26 au point 1, le 24/04.

Outre cette espèce, certains taxons peuvent néanmoins présenter une forte abondance : *Thalassionema nitzschioides*, *Rhizosolenia imbricata*, *Chaetoceros socialis*, *Pseudonitzschia delicatissima*, *Leptocylindrus danicus*, *Delphineis* et la classe des *Cryptophycées*.

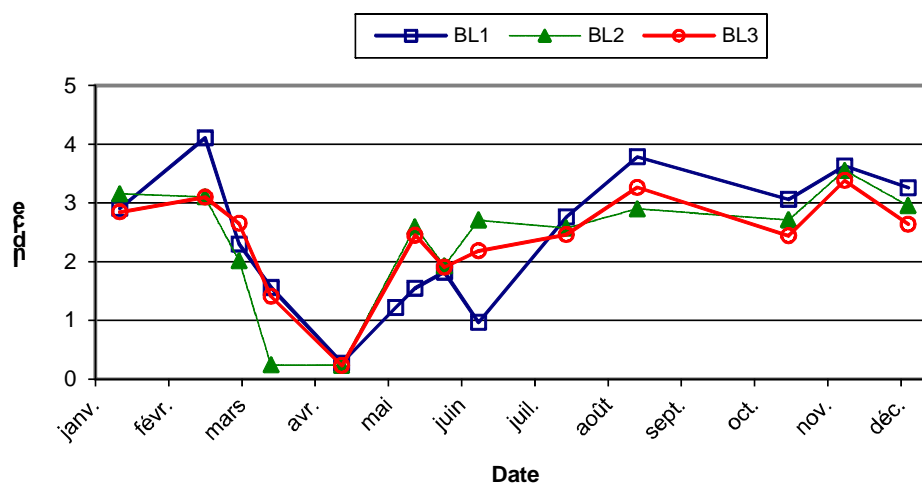


Figure 112. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour l'année 2012

La dynamique pluriannuelle de l'indice de Shannon est comparable entre les différents points de la radiale (Figure 113). Elle est marquée par une baisse de l'indice au début de chaque cycle (causée par la dominance de *Phaeocystis globosa*). De façon générale, en dehors des périodes de fortes apparitions de *Phaeocystis*, l'indice moyen oscille autour de 3 (entre 2 et 4), traduisant ainsi la présence d'une communauté bien diversifiée. Il semble se produire une baisse de l'indice de diversité entre 2010 et 2012. Ce qui signifierait une perte de diversité dans le milieu.

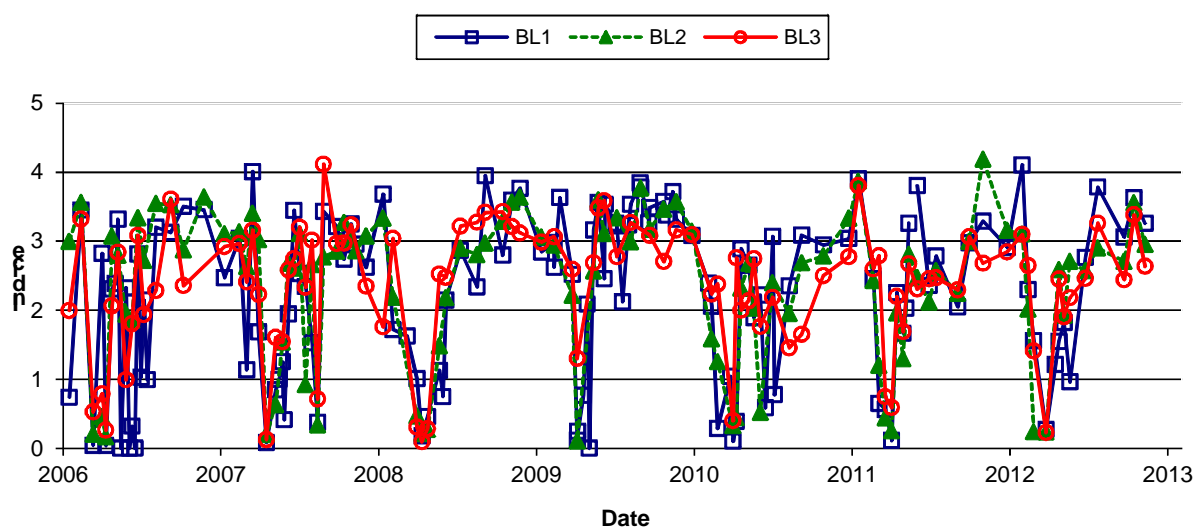


Figure 113. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Boulogne-sur-Mer de 2006 à 2012

Comme pour la radiale de Dunkerque, le dispositif d'alerte REPHY ne concerne que le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer. Plusieurs taxons potentiellement responsables de la production de

phycotoxines¹ ont été observés (Figure 114). De même, le genre *Dinophysis*, potentiellement responsable de la toxicité DSP, a été observé en mars et en juin à Boulogne-sur-Mer en 2011. Cependant, les concentrations ne dépassant pas le seuil d'alerte (500 cell./L), aucune procédure d'alerte n'a été déclenchée. En 2012, aucune valeur n'a été mesurée.

Le genre *Alexandrium*, potentiellement responsable de la toxicité PSP, a été observé au cours de la période 2008-2011. Il est également présent en 2012 sur le point 1 (mai) de la radiale de Boulogne-sur-Mer. Toutefois, les concentrations (maximum de 877 cell./L) n'ont jamais dépassé le seuil d'alerte (10000 cell./L) Aucune procédure d'alerte n'a donc été déclenchée.

Le genre *Pseudonitzschia* est présent toute l'année au point 1 entre 2008 et 2011. Les valeurs fluctuent de 100 à 457 754 cell./L pour *Pseudonitzschia delicatissima* (juin 2008). En 2012, les valeurs sont inférieures au seuil d'alerte de 300 000 cell./L et aucune alerte n'a donc été déclenchée.

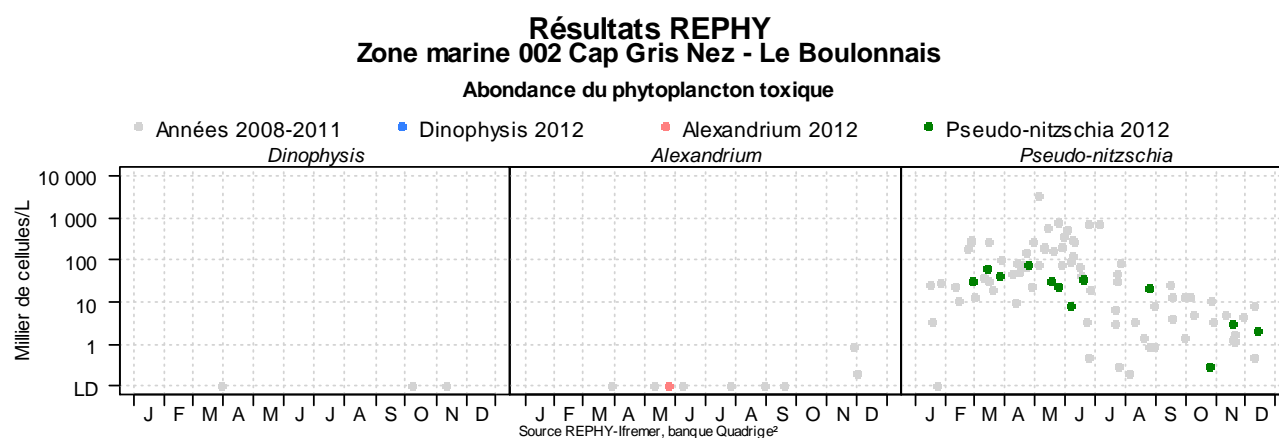


Figure 114. Évolution de l'abondance du phytoplancton toxique pour la radiale de Boulogne-sur-Mer pour les 5 dernières années (symboles grisés) et pour l'année 2011 (symboles en couleur)

3.2.4.3. Baie de Somme

L'ensemble des points de la radiale de la Baie de Somme présentent une dynamique comparable en terme d'abondance et de biomasse sur la période 2008-2011. On observe une augmentation des valeurs entre Mars et juin avec des pics autour d'avril. Les faibles valeurs sont quant à elles observées en hiver et en automne. L'année 2012 suit la même dynamique avec les abondances maximales enregistrées en avril 2010 pour le point Atso ($42,18 \cdot 10^6$ cell./L), $16,61 \cdot 10^6$ cell./L pour le point Mer1, $9,96 \cdot 10^6$ cell./L, $4,54 \cdot 10^6$ et $29,08 \cdot 10^6$ pour le point Bif. Ces fortes valeurs sont imputables aux apparitions de l'espèce *Phaeocystis globosa* observée au cours de cette période. Exceptionnellement au point Bif, c'est l'espèce *Asterionellopsis glacialis* qui a paru dominante en avril.

La proportion des taxons évolue au cours du cycle biologique (Figure. 115). On observe que certaines espèces ou taxons sont présents de façon épisodique comme *Leptocylindrus* ou *Hétérosigma*. D'autres, au contraire, apparaissent toute l'année (*Chaetoceros*, *Thalassiosira* et *Gymnodium*). Malgré une brève apparition pendant la période printanière, la classe des prymnésiophytes domine en termes d'abondances (présente sur tous les points). Les *Bacillariophycées* dominent la population phytoplanctonique sur toute la radiale avec notamment l'espèce *Asterionellopsis glacialis* ou la classe des *Leptocylindrus*.

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

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

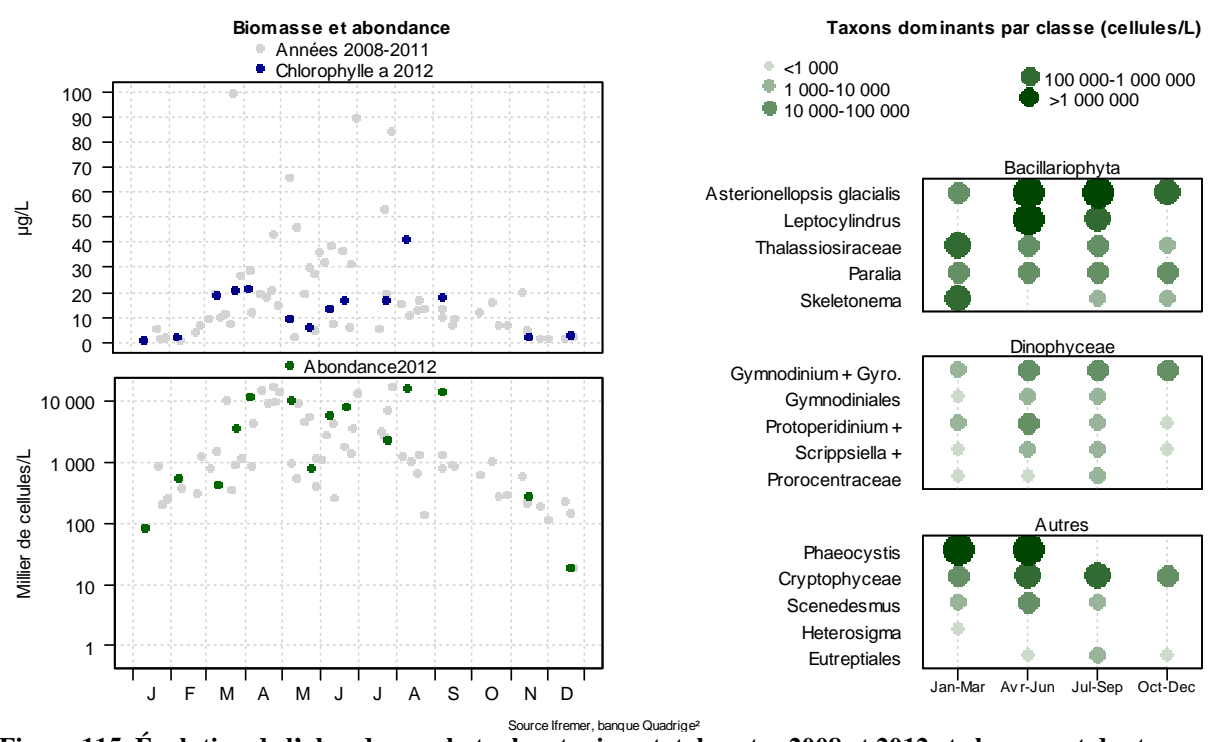


Figure 115. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2012 et classement des taxons dominants par points pour la radiale de la Baie de Somme

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

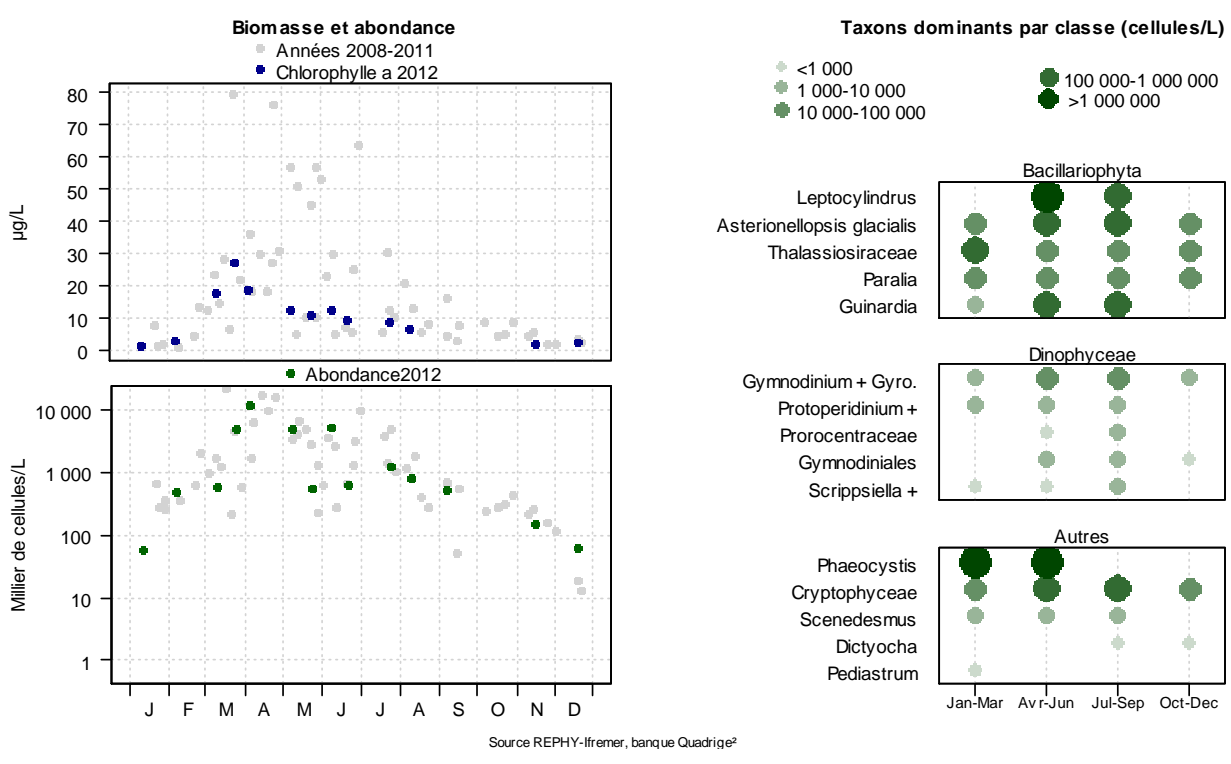


Figure 115 (suite). Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2012 et classement des taxons dominants par points pour la radiale de la Baie de Somme

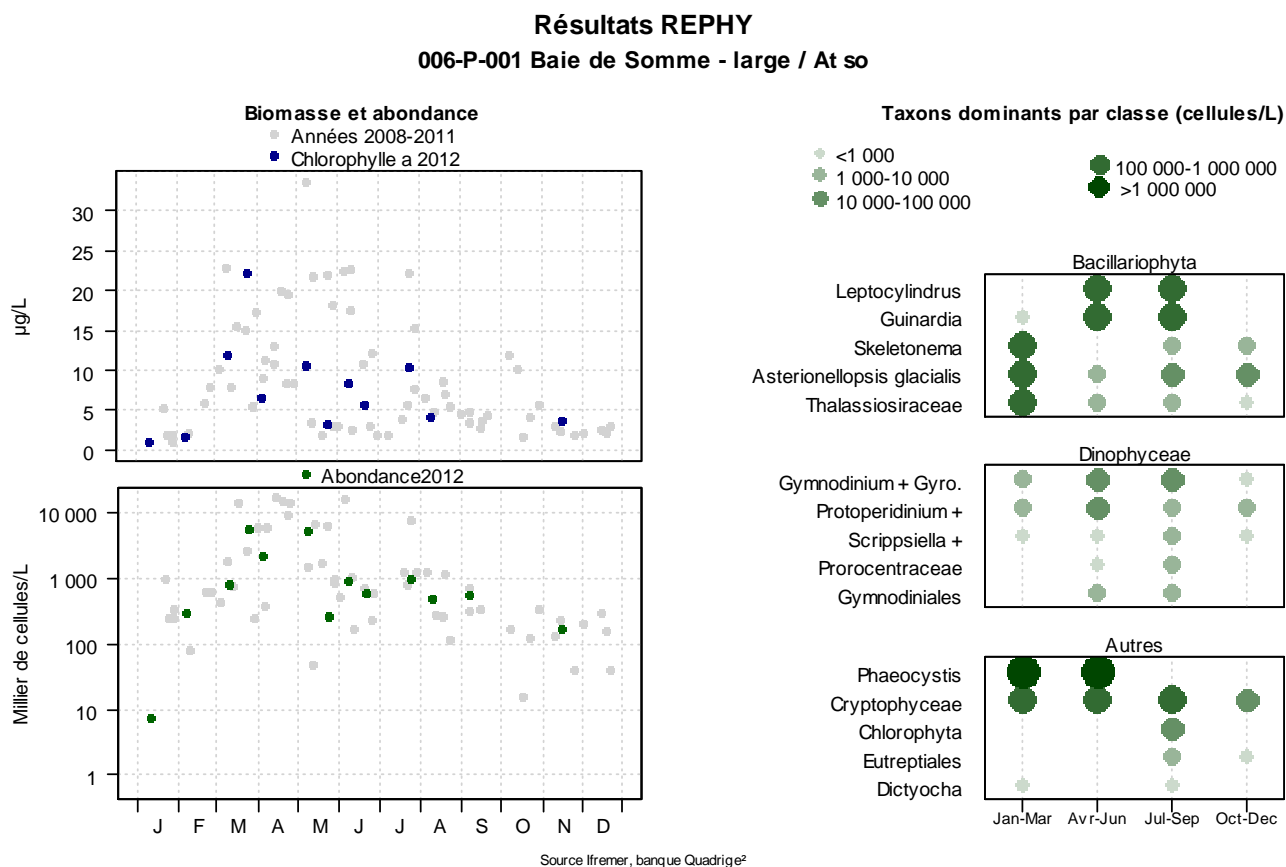


Figure 115 (suite). Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2012 et classement des taxons dominants par points pour la radiale de la Baie de Somme

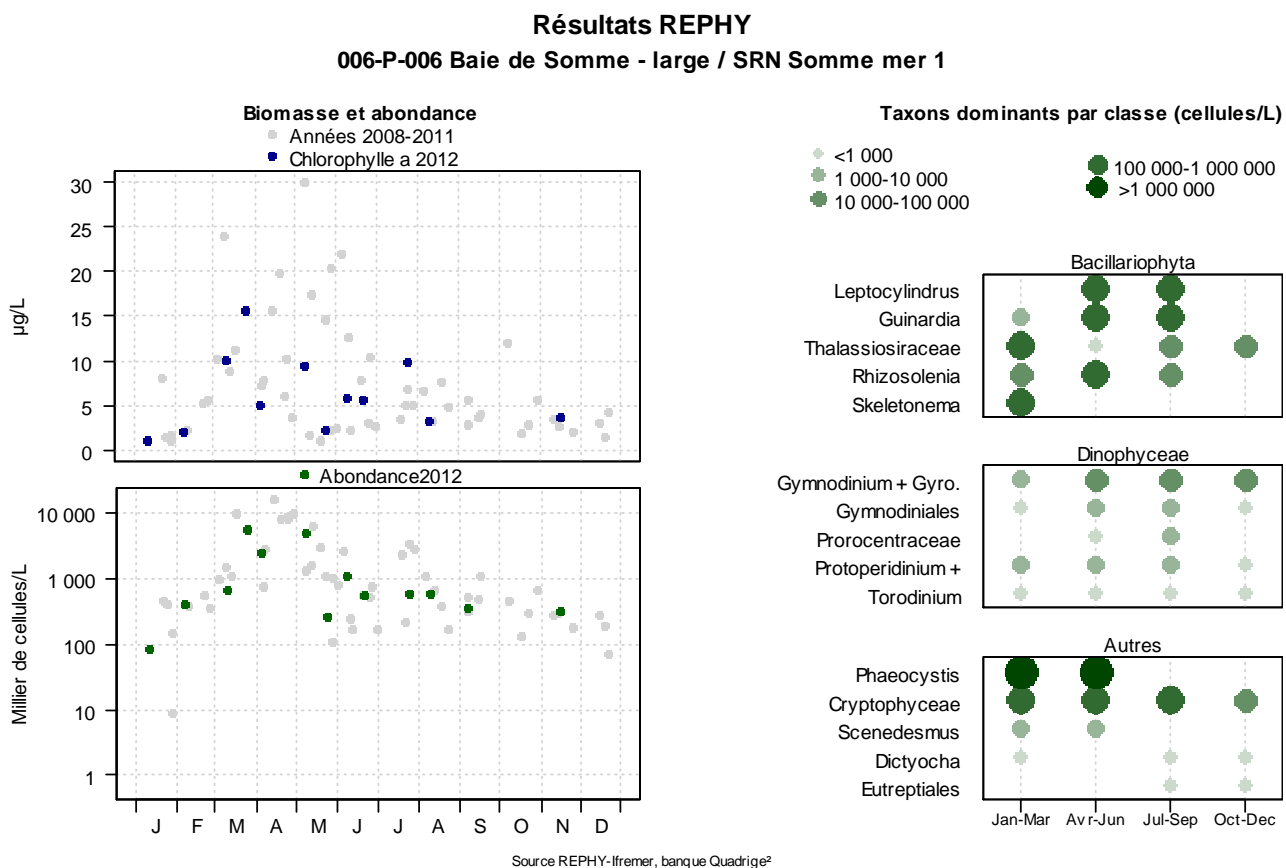


Figure 115. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2012 et classement des taxons dominants par points pour la radiale de la Baie de Somme

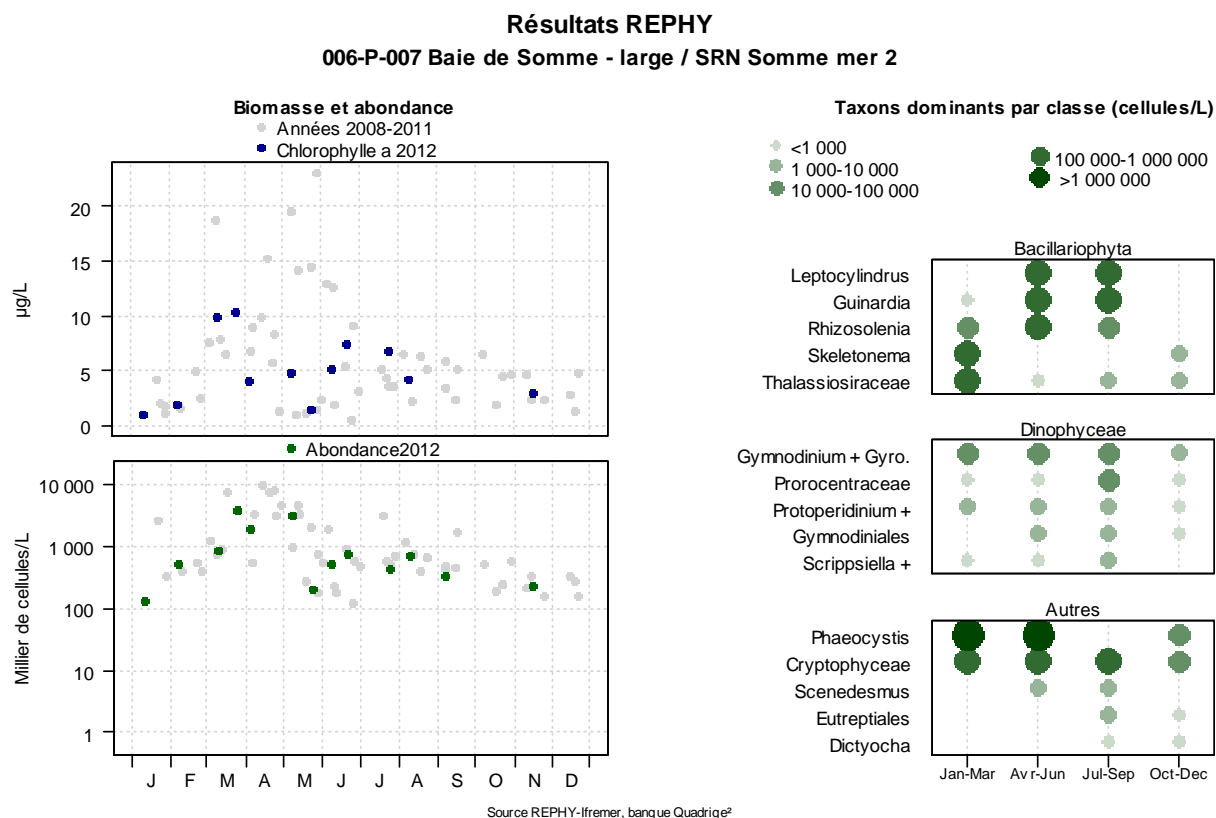


Figure 115 (suite). Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2012 et classement des taxons dominants par points pour la radiale de la Baie de Somme

Tableau 23. Correspondance entre les intitulés Quadrige et la classe taxonomique pour la radiale de la Baie de Somme en 2012

REPHY – Taxons dominants – signification des libellés

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

Le calcul de l'indice de Shannon reflète le passage d'une communauté diversifiée composée essentiellement de diatomées (de 14 à 39 taxons) à une communauté dominée par *Phaeocystis globosa* (Figure 116). La variation dans le temps au cours de l'année 2012 de l'indice de diversité montre une baisse des valeurs entre les mois de mars et de mai, durant la période printanière. Les valeurs les plus faibles sont observées au point Bif en juin (0,24) et les plus fortes au point Atso (3,52). De façon générale, le point Bif semble présenter un indice plus faible, ce qui traduit une communauté phytoplanctonique peu diversifiée probablement liée à la présence d'une communauté de *Phaeocystis* plus abondante.

On remarque que la baisse de la diversité sur l'ensemble de la radiale est associée à des fortes abondances de l'espèce *Phaeocystis globosa* qui domine pendant la période printanière avec 91 % à Atso, 87 % à Mer1, 74% à Mer2 96 % à Mimer et 96 % à Bif. La communauté des diatomées est principalement représentée par : *Asterionellopsis glacialis*, *Chaetoceros curvisetus*, *C. debilis*, *C. socialis*, *C. pseudocurvisetus*, *Pseudonitzschia delicatissima*, *P. seriata*, *Rhizosolenia imbricata*, *Thalassiosira levanderi*, *T. rotula*, *Thalassionema nitzschioides*. La classe des cryptophycées est également fortement représentée.

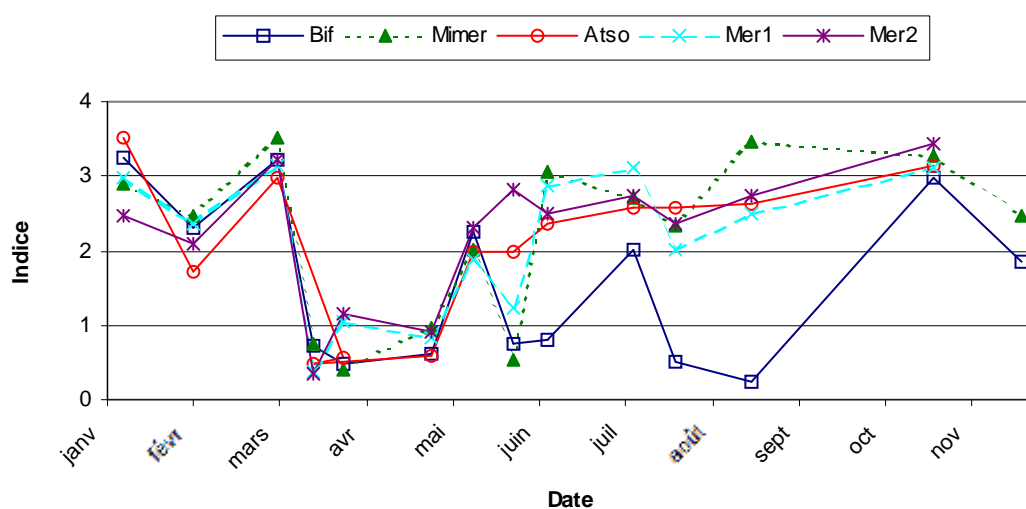


Figure 116. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Baie de Somme pour l'année 2012

De 2006 à 2012, l'évolution est comparable d'une année à l'autre (Figure 117). Elle est marquée par une baisse de l'indice au début de chaque cycle (causée par la dominance de *Phaeocystis globosa*). Entre 2006 et 2009, l'indice moyen fluctue en général autour de 3, reflet d'une communauté phytoplanctonique bien diversifiée. Pour 2010 à 2012, l'indice moyen est moins élevé, ce qui traduit une diversité moins importante.

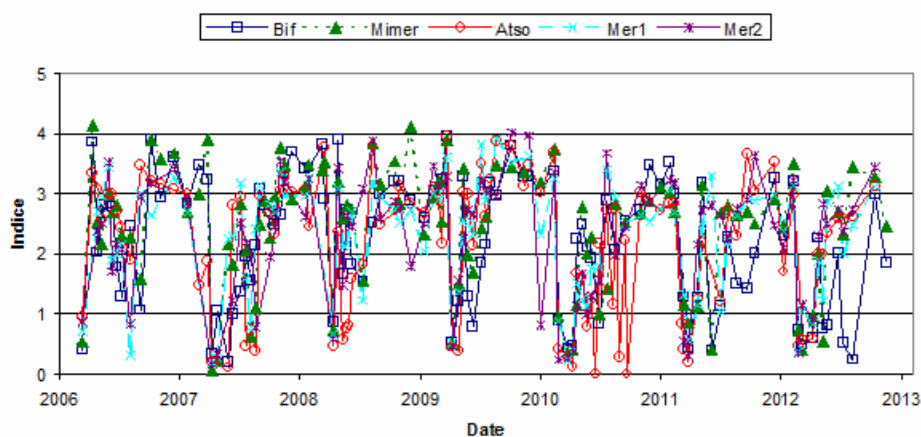
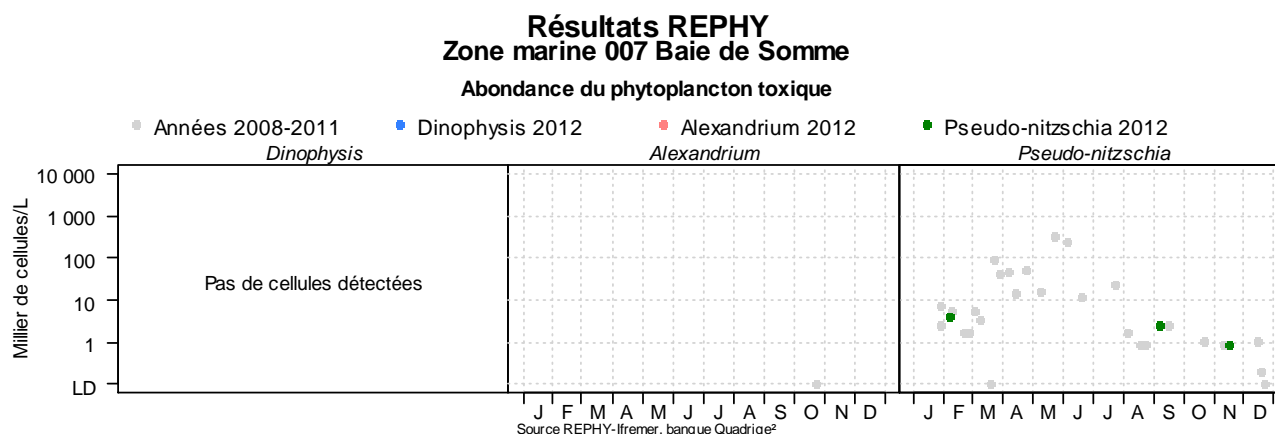


Figure 117. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Baie de Somme de 2006 à 2012

La surveillance REPHY concerne ici le point Atso. Sur ce point, le dispositif de veille toxique permet de surveiller l'occurrence de certains taxons potentiellement responsables de la production de phycotoxines². Entre 2008 et 2012, certaines algues potentiellement toxiques ont été observées (Figure 118). Cependant, il apparaît que le genre *Dinophysis*, potentiellement responsable de la toxicité DSP, n'a pas été observé en Baie de Somme entre 2008 et 2011. En 2012, aucune cellule n'a été échantillonnée ; par conséquent, aucune procédure d'alerte n'a été déclenchée.

Dans le cas de *Alexandrium*, potentiellement responsable de la toxicité PSP, il a été observé au large, en juillet et novembre avec 100 et 877 cell./L, respectivement. Les concentrations ne dépassant pas le seuil d'alerte (10000 cell./L), aucune procédure d'alerte n'a logiquement été déclenchée. Quant au genre *Pseudonitzschia*, potentiellement responsable de la toxicité ASP, il est retrouvé sur tous les points de la radiale. Pour ce groupe, les seuils pour le déclenchement des alertes dépendent de la taille de l'espèce considérée. Les différents groupes de *Pseudonitzschia* sont en effet définis par rapport à leur largeur valvaire. Il en existe trois groupes : les fines (*Pseudonitzschia delicatissima*), les larges (*Pseudonitzschia seriata*) et les effilées. C'est cette classification qui est à l'origine de seuils différents pour le déclenchement des alertes.

En 2011, les concentrations ont atteint 795296 cell./L. Ces fortes concentrations de *Pseudonitzschia delicatissima* (366586 cell./L relevées le 31 mars et 795296 cell./L le 19 mai) ont conduit au déclenchement de la procédure d'alerte et son maintien pour une période conséquente (seuil d'alerte : supérieur à 300000 cell./L pour le groupe des fines). Durant cette période, les analyses de recherche de toxine ASP sur des moules (point de surveillance « Pointe de Saint Quentin ») n'ont pas révélé la présence de toxine (Annexe 4). L'année 2012 ne semble pas indiquer une anomalie particulière et les seuils restent en dessous de 1000 cell./L.



² Informations complémentaires à l'adresse : <http://www.ifremer.fr/envlit/surveillance/rephy.htm>

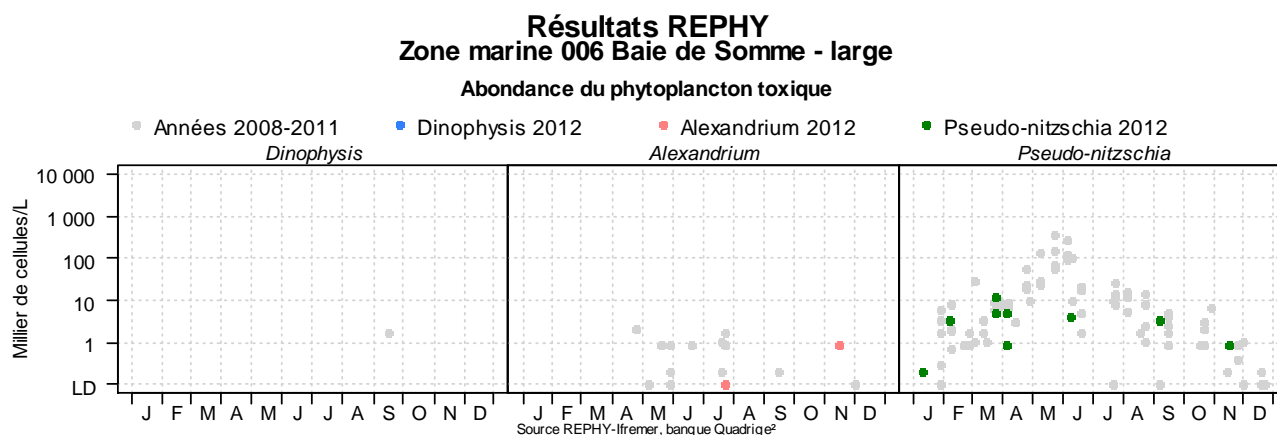


Figure 118. Évolution de l'abondance du phytoplancton toxique pour la radiale de Baie de Somme pour les 5 dernières années (symboles grisés) et pour l'année 2012 (symboles en couleur)

4. Discussion

L'observation et la surveillance des écosystèmes se font généralement par la mise en place de réseaux de suivi des paramètres hydrologiques qui constituent la base indispensable à la caractérisation globale du système aquatique. De ce fait, les descripteurs environnementaux sont très nombreux et certains sont reliés par des relations de cause à effet ; d'autres au contraire sont influencés par les apports continentaux et anthropiques. Dans le cadre du SRN (Suivi régional des nutriments), un ensemble de paramètres physico-chimiques et biologiques sont utilisés comme indicateurs de la qualité en vue de dégager l'évolution spatiale et temporelle de quelques paramètres significatifs dans la compréhension de la dynamique du phytoplancton, de la qualité de l'eau voire plus particulièrement du processus d'eutrophisation des eaux. Le présent rapport résume ainsi les principaux résultats obtenus pour les campagnes de l'année 2012. Il constitue un outil de synthèse permettant de caractériser les masses d'eau échantillonnées au niveau des points de surveillance de trois radiales situées à Dunkerque, à Boulogne-sur-mer et en Baie de Somme.

4.1. Evolution des paramètres physico-chimiques : Influence de l'hydrodynamisme

La dynamique temporelle commune de l'ensemble des paramètres physico-chimiques observés au cours de l'année suit le schéma classique d'un système tempéré côtier. Les températures sont plus chaudes en été et plus froides en hiver. Malgré cette dynamique, les variations thermiques peuvent être très contrastées, avec des amplitudes pouvant dépasser les 10°C. De même, le gradient thermique semble bien établi sur l'ensemble de la région même si des études ont montré que l'écart thermique entre les eaux du large et côtières dépasse rarement 1 °C (Brylinsky & Lagadeuc 1990). Nous avons pu noter dans le cadre des campagnes de 2012 que le gradient thermique pouvait s'inverser suivant que l'on se trouve en saison hivernale ou estivale probablement en raison de la faible inertie thermique des eaux côtières peu profondes. Ceci est lié au contexte hydrologique local qui fait que le gradient des températures est positif en direction du nord-est alors qu'en été, les eaux plus froides en provenance de l'Atlantique vont être à l'origine d'un gradient positif en direction de la côte française.

Le bassin oriental de la Manche est une mer épicontinentale à régime macrotidal qui génère des courants de marée rapides sensiblement parallèles à la côte et un courant résiduel en direction du nord-est. Cette dynamique est très certainement sous le contrôle des fortes contraintes hydrodynamiques qui caractérisent l'écosystème de la Manche et qui sont à l'origine d'une homogénéisation des masses d'eau sur la verticale, empêchant ainsi l'établissement d'une thermocline estivale (Schapira 2005). L'étude de l'hétérogénéité verticale et horizontale des masses

d'eau côtière a été abordée en examinant les résultats des mesures obtenue au cours de cette année 2012. Ainsi, le déploiement de la sonde Ysi a permis par exemple de caractériser la structure verticale des masses. La plupart du temps, la masse d'eau est homogène et les profils verticaux, mettent en évidence une faible hétérogénéité, tout au moins dans les zones côtières. Cette hétérogénéité reste négligeable, même à la côte où le mélange entre les eaux douces et salées crée parfois une stratification des masses d'eaux (Cancino & Neves 1999). Lorsque celle-ci est présente, elle reste dans tous les cas négligeable, par rapport à l'hétérogénéité horizontale (Brylinsky & Lagadeuc 1990) La température au cours du mois de février, représentant la période hivernale pendant laquelle les conditions hydrodynamiques sont les plus fortes, varie faiblement entre la surface et le fond (Figure 119 et 120) et ce jusqu'à des profondeurs pouvant aller au-delà de 40 m à Boulogne (Figure. 119).

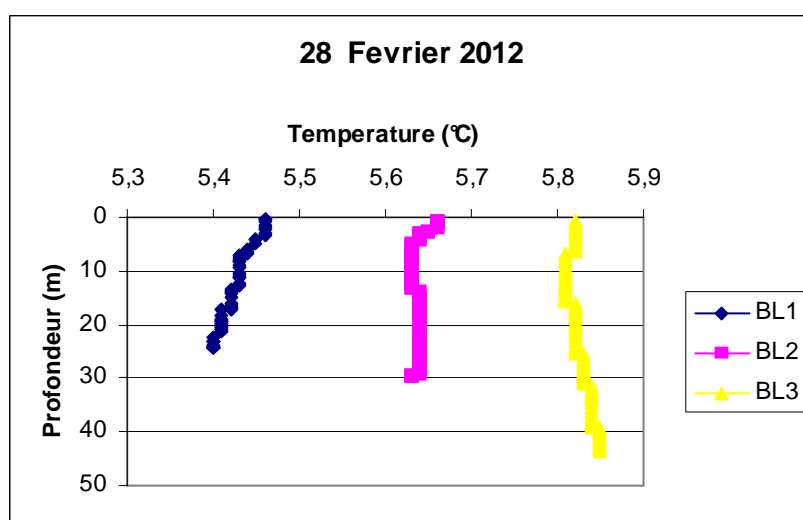


Figure 119. Évolution verticale de la température (°C) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer le 28 janvier 2012

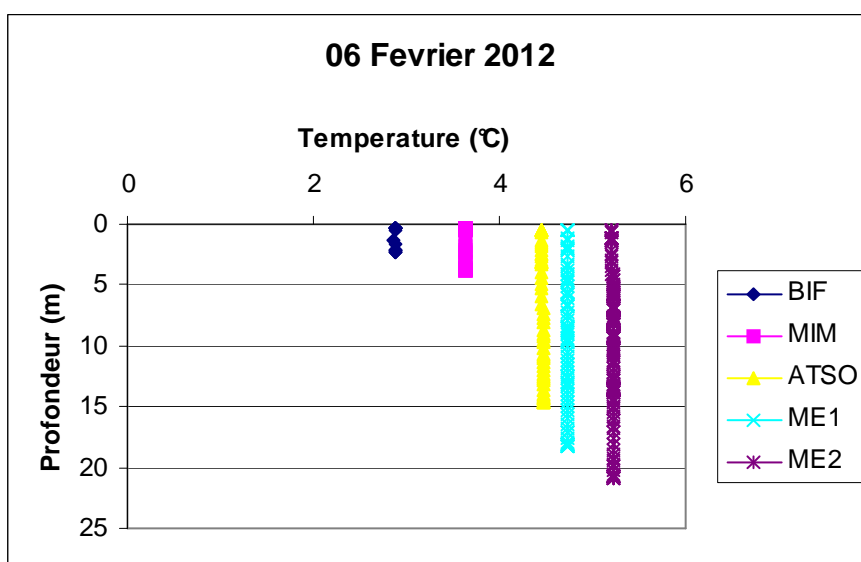


Figure 120. Évolution verticale de la température (°C) sur la radiale de la Baie de Somme le 06 février et le 09 mars 2012

La salinité varie très peu de 33 à 35 (psu) au sein de la zone étudiée à l'exception des sites directement influencés par les apports d'eaux douces en provenance des côtes où les valeurs ont été mesurées autour de 30 (psu). Ces valeurs de salinité sont très proches de celles (32-34) définies par (Connor and Committee 2006) comme étant caractéristiques des zones côtières sous l'influence des

eaux douces. Les apports fluviaux le long de la côte française, de la baie de Seine au Cap Gris-Nez, génèrent une masse d'eau côtière qui dérive le long du littoral, séparée de l'océan par une zone frontale (Brylinsky & Lagadeuc 1990). La frange d'eau côtière est nettement influencée par les apports terrestres : la salinité y est plus faible qu'au large et les valeurs de turbidité plus élevées. En fait, presque tous les paramètres hydrologiques et biologiques montrent l'existence d'un gradient côte-large bien marqué. Les valeurs de turbidité étaient en moyenne fortes en hiver et faibles en été et diminuent de la côte vers le large. Leur évolution suit celle des MES dans l'eau (matières en suspension). La turbidité résulte de la présence de particules minérales ou organiques en suspension mais aussi de la forte concentration des organismes vivants. Une augmentation de la turbidité est la conséquence directe de mouvements sous l'action du vent et des courants, corrélés au coefficient de marée. Sur l'ensemble des trois radiales, la Baie de Somme présente les valeurs de turbidité les plus fortes (maximum de 139 et 121 NTU aux points Bif et Mimer) contrairement aux deux autres radiales ; Boulogne (13,2 NTU au point 1) et Dunkerque (11,8 au point 1) dont les valeurs n'excèdent pas 15 NTU. Ceci est lié au fait que la Baie de Somme est un écosystème de type estuarien qui reçoit d'importants apports de MES depuis les côtes. Les particules en provenance des fleuves sédimentent en permanence au cours d'un cycle de marée. Il s'ensuit alors aux abords des côtes, des phases de remise en suspension de particules déposées par sédimentations successives. Le vent joue également un rôle particulièrement important dans la resuspension, la dispersion et la régulation de la turbidité entre les côtes et le large. La direction du vent a une forte influence sur la dispersion en zone côtière. Sur les côtes anglaises de la Manche ouest par exemple, les vents de direction NE (Nord-est) sont plus efficaces que ceux de direction ONE (Ouest nord-ouest), et ce même si la vitesse est faible (Lafite et al. 2000). Au cours de l'année 2012, les vents étaient rarement de direction NE. En août par exemple, le vent est venu assez souvent du sud-ouest. Pendant les périodes de faibles turbidités (avril-août), les vitesses de vent ont été en moyenne plus faibles que pendant les périodes de fortes valeurs (septembre-mars). Un maximum de 124,6 km/h a été mesuré en janvier tandis qu'en mai, il n'y a pas eu de jour à plus de 58 km/h. Ces données sont disponibles dans le bulletin météo de l'année 2012 disponible à l'adresse : http://www.previmer.org/newsletter/bulletin_d_informations_de_previmer

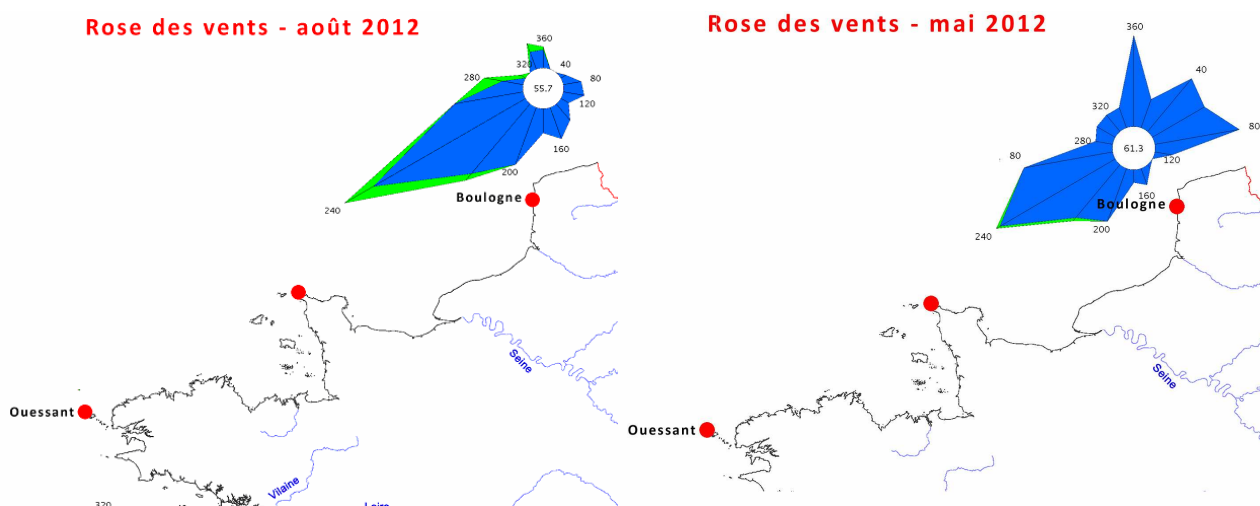


Figure 121 : Représentation schématique des vents en mai et août 2012 le long des côtes de la manche.

La dynamique des matières en suspension et par conséquent celle de la turbidité en zone côtière jouent un rôle majeur dans la productivité de ces systèmes. L'évolution de la matière organique des sédiments témoigne de l'activité biologique sur les différentes stations. Elle est liée en effet au développement phytoplanctonique qui prédomine pendant les périodes de forte productivité biologique. Les valeurs sont plus importantes au printemps et en été indiquant une activité de production plus importante au niveau des zones où elles sont les plus importantes. On peut

remarquer que les stations du large présentent des concentrations plus importantes. La station de Boulogne présente des valeurs des plus importantes atteignant 100%. En Baie de Somme, la fluctuation qui est observée est liée à la dynamique sédimentaire du milieu avec cependant des valeurs supérieures à celles observées dans certains autres milieux estuariens. Des études dans d'autres estuaires ont montré que la matière organique dans le sédiment reste en général très faible (voir Etcheber et al. 2007). Les fortes concentrations en matière organique déterminent également les taux de minéralisation par les bactéries hétérotrophes.

Le fait que les trois radiales présentent de fortes concentrations en matière organique au cours de la période productive s'explique par l'apparition à cette même période de certaines espèces responsables de blooms phytoplanctoniques. C'est le cas de l'espèce *Phaeocystis globosa*, responsable des blooms importants sur l'ensemble des points de mesure des stations. La dynamique de cette espèce et celle des autres espèces sont sous le contrôle direct d'un apport en sel nutritif. Pendant cette période, le phytoplancton bénéficie d'un apport conséquent de sels nutritifs qui se produit juste après la régénération des stocks hivernaux et la non-utilisation de ces éléments par le phytoplancton en raison de la faiblesse de l'ensoleillement, de faibles températures, etc. Il est bien connu que la variabilité environnementale influence directement l'état physiologique des espèces phytoplanctoniques (Lizon et al. 1995) ou agit indirectement à travers les changements de la composition des espèces, qui en retour changent les capacités photosynthétiques des assemblages (Jouenne et al. 2005).

La dynamique des sels nutritifs au cours de l'année 2012 est classique et confirme la présence de cycles de nutriments caractéristiques des milieux tempérés (Gentilhomme & Lizon 1998, Lefebvre et al. 2011). Sur l'ensemble des sites, on observe une utilisation notable des éléments nutritifs en période productive contrairement aux périodes non productives. Pendant la période non productive, en automne notamment, la reconstitution du stock a lieu en absence de consommateurs et aussi de l'augmentation des débits des rivières ce qui contribue à maintenir les stocks élevés observés au niveau des différentes stations.

Pendant la période productive, l'apparition des blooms coïncide avec une utilisation des nutriments. Ainsi, en baie de somme, des anomalies négatives ont été trouvées en hiver pour les nitrates traduisant une utilisation de cet élément par les algues microplanctoniques. Les silicates sont faibles en été du fait de l'apparition en juin des communautés de bacillariophycées (diatomées), utilisant la silice pour fabriquer leur structure alors que l'ammonium semble chuter dès le mois de mars en lien avec les fortes abondances de *P.globosa*. Cette chute prématurée de l'ammonium est caractéristique de l'évolution des formes azotées dans le milieu naturel. En effet, sur un cycle, l'azote ammoniacal apparaît le premier au moment du renouvellement suivent ensuite les nitrites et enfin les nitrates. Les propriétés chimiques de l'ammonium font que le phytoplancton utilise préférentiellement cet élément qui nécessite le moins d'énergie de synthèse.

Bien que présents à de faibles concentrations, les phosphates semblent très peu affectés par la dynamique phytoplanctonique. Ils semblent qu'ils seraient même constamment renouvelés dans le milieu du fait probablement des apports importants depuis les rivières. En effet, des phénomènes d'adsorption/désorption du phosphore dans les sédiments ont été identifiés dans les écosystèmes côtiers (Deborde et al. 2007). Les autres stations (Boulogne et Dunkerque) présentent quasiment les mêmes caractéristiques.

Du fait de leur importance, certains de ces éléments ont été identifiés comme potentiellement limitant pour la croissance du phytoplancton. Sur les différents points de mesures visités en 2012, des épisodes de limitation de la croissance principalement par la silice et, dans une moindre mesure, par l'azote et les phosphates ont été mis en évidence. Ces résultats ont été obtenus grâce aux rapports stœchiométriques de (Redfield et al. 1963). Les résultats obtenus par cette année 2012 sont conformes à ceux déjà obtenus pour l'année dernière et qui ne semblent pas différents de ceux déjà obtenus par (Brzezinski 1985). On observe à l'échelle annuelle, une variabilité de la limitation potentielle. La période non productive est majoritairement de type P : Si : N ou Si : P : N limitant.

La période productive est quant à elle de type Si : N : P ou de type N : Si : P limitant. Cette distinction de type de limitation montre l'importance de chaque élément.

La dynamique saisonnière des différents éléments joue certainement un rôle important dans l'apparition des efflorescences phytoplanctoniques dans le milieu. L'absence ou la présence de l'un ou l'autre des éléments majeurs se répercute sur l'apparition et l'amplitude des blooms. Même si la limitation par le phosphore a été identifiée, cela n'empêche pas une apparition de bloom de certaines espèces aux périodes où la limitation est constatée. Dans le cas de l'azote au contraire, de récents travaux en modélisation de la variation saisonnière des sels nutritifs, réalisés sur la côte belge, ont montré que seule la réduction des apports d'azote pouvait induire une diminution significative des blooms de *Phaeocystis globosa* (Lancelot et al. 2009).

Lorsqu'on se réfère à la succession des espèces phytoplanctoniques au cours de l'année et qu'on l'associe à celle des sels nutritifs, on peut résumer la distribution saisonnière du phytoplancton en deux étapes. D'abord une apparition du groupe des primnésiofycées représenté par l'espèce *P.globosa* entre mars et avril ensuite par une dominance de certains bacillariophycées (*Asterionellopsis glacialis*, *Leptocylindrus*) en été. Un troisième assemblage peut être identifié avec notamment l'apparition d'un bloom hivernal qui caractérise la persistance d'un groupe composite formé de certains bacillariophycées (*Thalassiosiracées*, *Skeletonema*, *Guinardia*, *Leptocylindrus*) et de quelques *Cryptophycées*. Les résultats de l'année 2012 dans le cadre du suivi SRN sont un bon élément de comparaison avec les précédentes études réalisées sur le même site d'étude (Lefebvre et al., 2004 ; Brunet, 1996) et avec une série de données à long terme issue du même programme entre 1992 et 2007 (Lefebvre et al. 2011).

4.2. Dynamique large échelle des efflorescences phytoplanctoniques.

Afin de mieux appréhender la dynamique à plus grande échelle efflorescences phytoplanctoniques, des mesures par imageries satellites, via le capteur MODIS, sont couramment utilisées pour obtenir une représentation à une échelle moins régionale méso-échelle de la concentration en chlorophylle *a* et ainsi pouvoir situer les phénomènes observés lors de ce cycle de surveillance à l'échelle de fonctionnement de l'écosystème Manche - baie sud de la Mer du Nord, un certain nombre d'images satellites ont été sélectionnées. Ces images (figure. 122) correspondent à une représentation de l'estimation de la concentration en chlorophylle *a* à partir de paramètres optiques acquis par le capteur MODIS (Gohin et al. 2002, Gohin et al. 2008) à une échelle moins régionale.

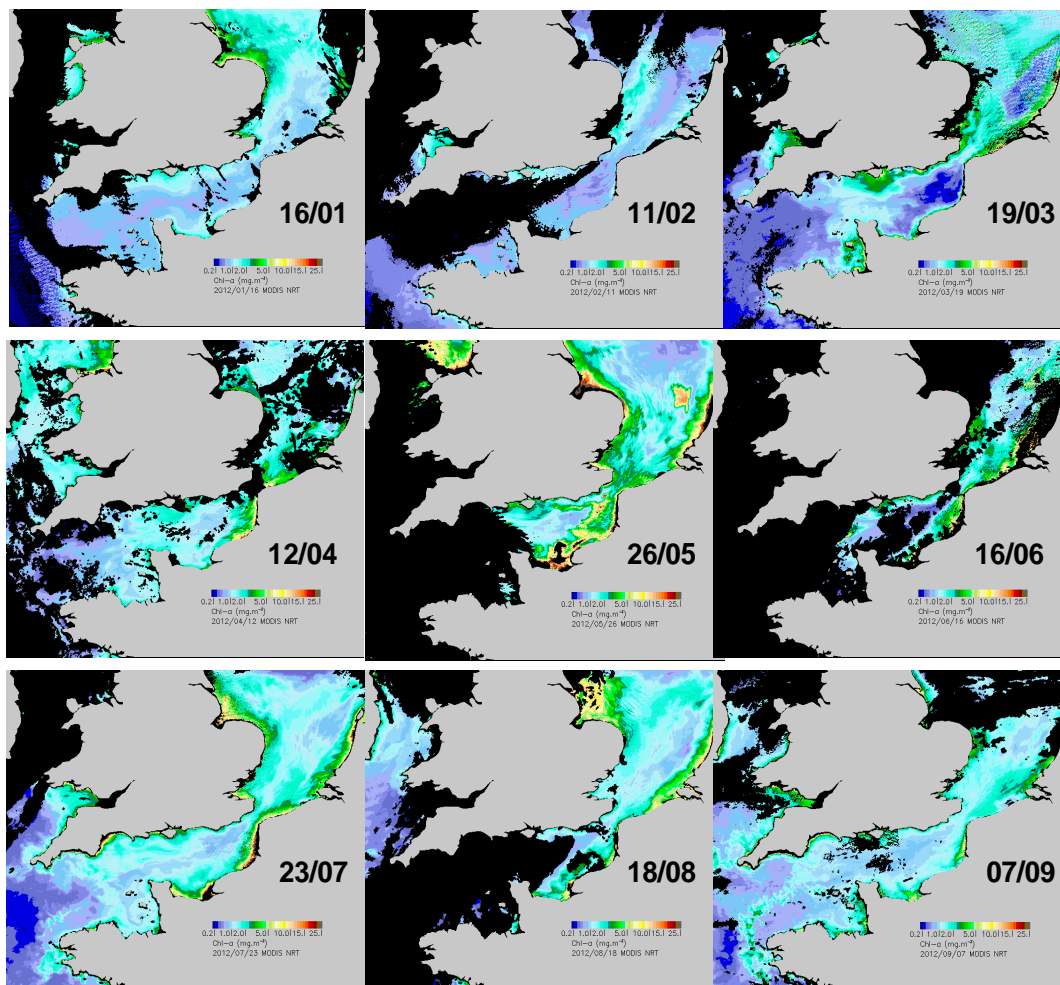


Figure 122. Illustration à méso-échelle de la dynamique de développement phytoplanctonique en 2012 via l'estimation de la concentration en chlorophylle *a* par le capteur MODIS (algorithme OC5 IFR) (Masque noir : terre ou couverture nuageuse).

Par rapport à une climatologie établie sur la période 1998-2007, le bloom de 2012 apparaissait plus tardif avec une initiation du développement d'une forte biomasse phytoplanctonique en baie sud de la Mer du Nord, à l'ouest du Cotentin et dans la partie orientale des côtes anglaises en mars (Figure 122). L'extension de ce développement à l'échelle de la Manche orientale et sur la côte est du Royaume-Uni a été observée en mai. Les concentrations restent importantes dans la bande côtière en juin et juillet, puis diminuent pour ne plus être localisées que dans les zones des panaches des fleuves (Seine, Somme) en septembre.

4.3. Surveillance SRN et qualité des masses d'eau côtière.

La surveillance et la protection de l'environnement nécessitent la mise en place d'un certain nombre de programmes pour évaluer l'état écologique et l'état chimique des eaux. Les objectifs du SRN sont complémentaires de ceux de la DCE. Le SRN vise à évaluer l'influence des apports continentaux sur le milieu marin (sels azotés, phosphates, silicates) et leurs conséquences sur d'éventuels processus d'eutrophisation. Dans le cadre de la DCE, il s'agit de donner la priorité à la protection de l'environnement en demandant de veiller non seulement à la non dégradation de la qualité des eaux et d'atteindre d'ici 2015 un bon état général pour les eaux côtières mais aussi pour les eaux de transition (ce qui correspondrait à un «léger» écart aux conditions de référence).

Les paramètres de suivis concernant la DCE dans le bassin Artois Picardie varient en fonction des masses d'eaux. Ainsi les éléments de qualité écologique pour les eaux côtières et de transition sont de 3 types :

- Des paramètres biologiques
- Des paramètres chimiques et physico-chimiques
- Des paramètres hydro-morphologiques

Chacun de ces paramètres permet de classifier les masses d'eau mais une combinaison des trois paramètres permettra d'apprécier la qualité écologique.

Les masses d'eau qui font l'objet du contrôle de surveillance DCE sont au nombre de 6 soit:

- 4 masses d'eau côtières sur 5 ;
- 2 masses d'eau de transition sur 4.



Figure 123. Masses d'eau côtières et estuarienne du bassin Artois-Picardie (en bleu foncé, masses d'eau suivies au titre du contrôle de surveillance DCE).

Le choix des points de surveillance a été fait en tenant compte des réseaux de surveillance déjà existants et mis en œuvre par l'Ifremer (REPHY, ROCCH anciennement RNO) et le réseau de Suivi Régional des Nutriments (SRN), mis en œuvre par l'Ifremer et l'Agence de l'Eau.

Dans le cadre de la DCE, la définition de l'état global de l'écosystème prend en compte plusieurs éléments dont le phytoplancton et les nutriments qui sont tous deux suivis dans le cadre du SRN. Ces deux paramètres sont étroitement liés puisqu'ils sont responsables du phénomène d'eutrophisation des eaux. Il s'agit en effet de l'enrichissement de façon accrue d'un milieu en éléments nutritifs (ou nutriments) dans le milieu. Les « nutriments » désignent en effet l'ensemble des composés inorganiques et des ions nécessaires à la nutrition des producteurs primaires (phytoplancton, macroalgues, angiospermes). Ils sont présents naturellement dans le milieu et ne sont pas directement toxiques pour ce dernier.

Toutefois, lors d'une augmentation de flux de nutriments en zone côtière (en raison d'apports anthropiques tels que les rejets dus au lessivage des terres agricoles, les rejets urbains et industriels), les nutriments peuvent être parfois considérés comme une pression à l'origine de nuisances indirectes. En effet, une augmentation de la teneur en nutriments peut engendrer :

- des développements massifs de certaines espèces phytoplanctoniques, phénomène qui se traduit par une augmentation des teneurs en chlorophylle *a* dans l'eau.
- des développements massifs de macroalgues opportunistes (ulves, monostromes, entéromorphes),

Ces conséquences directes ont des répercussions sur le bon fonctionnement du milieu en provoquant notamment :

- Une diminution de l'intensité lumineuse nécessaire à la photosynthèse néfaste pour le couvert végétal.
- Une augmentation des teneurs en matière organique dont la dégradation consomme de l'oxygène dissous ; ce phénomène peut générer des anoxies et provoquer la mort des espèces démersales et benthiques.
- La prolifération de certaines espèces phytoplanctoniques peut engendrer des mortalités de poissons ou de coquillages, soit en raison de leur toxicité intrinsèque pour ces animaux, soit parce que leur forte concentration dans l'eau induit un colmatage des branchies.

On définit donc à partir de ces paramètres « Nutriments » et « Phytoplancton », deux principaux éléments de la qualité d'un milieu.

L'élément de qualité nutriments est évalué à l'aide des résultats d'analyse sur les prélèvements effectués en surface (0-1 m) à pleine mer +/- 2 heures pendant les 6 ans d'un plan de gestion :

- de novembre à février pour les masses d'eau côtières et de transition du secteur Atlantique, Manche et Mer du Nord,
- L'indicateur DCE nutriment est défini comme étant la combinaison des indices ammonium, nitrate, nitrite, phosphate et silicate.

Trois indicateurs (chlorophylle *a*, le nombre de bloom et la composition des espèces) ont été retenus pour l'élément de qualité phytoplancton. L'indicateur retenu pour la biomasse est la concentration en chlorophylle *a* (utilisé comme un symptôme primaire d'eutrophisation).

L'indicateur de l'élément de qualité phytoplancton résulte de la combinaison des indices biomasse, abondance et composition pour toutes les masses d'eau côtières (MEC) et de transition (MET).

L'indice de biomasse correspond au percentile 90 des données de concentration en chlorophylle a sur les 6 années du plan de gestion. L'utilisation du percentile 90 permet de relativiser les plus forts pics de chlorophylle.

L'indice d'abondance est calculé à partir du nombre de blooms observés dans chaque masse d'eau pendant les 6 ans du plan de gestion. Dans la DCE, un bloom correspond à :




























- une prolifération supérieure à 250 000 cellules par litre pour les petites cellules dont la taille est comprise entre 5 µm et 20 µm,
- une prolifération supérieure à 100 000 cellules par litre pour les grandes cellules dont la taille est supérieure ou égale à 20 µm.













L'indice de composition est en cours de développement.

Chaque métrique ou indice est alors transformé en EQR (Ecological Quality Ratio), rapport impliquant la valeur de référence et la valeur de la métrique (valeur entre 0 et 1)

La définition de l'état écologique consiste ainsi à comparer les différents résultats obtenus pour une période donnée à des niveaux de référence. Le tableau 124 donne une indication de l'état provisoire des masses d'eau sur la base des résultats obtenus en 2010 en attendant le rapport de 2013. Il varie de très bon à bon suivant les points d'échantillonnage. On peut y voir que sur un point de vue chimique, l'état des ports de Dunkerque et de Boulogne est plutôt mauvais contrairement à la Baie de Somme qui est dans un très bon état. L'état écologique quant à lui devient moyen en baie de Somme et bon pour les deux autres points. D'une façon générale, l'état global reste mauvais pour les ports et moyen pour l'estuaire. Cela s'explique par une forte activité économique qui a lieu dans ces deux ports et qui est susceptible d'affecter l'état général des masses d'eau avoisinantes.

Tableau. 124 : évaluation synthétique de la qualité des masses d'eau dans le cadre du programme de surveillance de la DCE 2000/60/CE

Identification de la masse d'eau	Type	Etat provisoire		
		chimique	écologique	Global
FRAC01 Frontière belge - Malo	MEC			
FRAT04 Port de Dunkerque	MET			
FRAC02 Malo - Gris Nez	MEC			
FRAT03 Port de Calais	MET			
FRAC03 Gris Nez - Slack	MEC			
FRAC04 Slack - La Warenne	MEC			
FRAT02 Port de Boulogne/mer	MET			
FRAC05 La Warenne - Ault	MEC			
FRAT01 Baie de Somme	MET			

Etat écologique ou global		Etat chimique	
Non pertinent		Non pertinent	
Inconnu		Inconnu	
Très bon		Bon	
Bon		Mauvais	
Moyen			
Médiocre			
Mauvais			
Inférieur au très bon état			

5. Bilan et conclusions

Les résultats obtenus au cours des campagnes SRN permettent de caractériser l'année 2012 en Manche. A l'échelle de l'écosystème, l'année 2012 a connu un hiver plutôt doux et sec avec cependant des températures particulièrement élevées en mars. Les eaux de surface ont été plus chaudes que dans le golfe de Gascogne, par exemple causant des salinités plus fortes que la normale en surface. Les turbidités sont restées fortes du fait des pluies et du vent.

L'ensemble des sites échantillonnés est caractérisé par une dynamique classique des paramètres physico-chimiques et biologiques. Les températures et les salinités sont plus basses en hiver qu'en été. Les nutriments ont des valeurs plus basses au printemps et en été tandis qu'elles sont plus fortes en hiver et automne décrivant une alternance de production et de consommation.

Les assemblages phytoplanctoniques sont caractérisés par une dominance de l'espèce *Phaeocystis globosa* en hiver tandis qu'en été le groupe des diatomées prédomine. Cela a été décrit comme étant en accord avec les résultats déjà présentés par ailleurs. Les alertes quant à la présence des espèces toxiques n'ont pas été signalées malgré l'apparition de certaines d'entre elles.

Les résultats du réseau SRN fournissent des éléments essentiels pour appréhender la dynamique des apports côtiers mais ne peuvent pas, à eux seuls, permettre une évaluation de la dynamique globale à l'échelle de l'écosystème. L'importance des blooms de *P.globosa* doit être associée à la dynamique large échelle et non pas aux seuls apports par les principaux fleuves. La variabilité observée semble liée à des processus qui échappent du cadre circonscrit par les campagnes SRN. Des phénomènes à plus grande échelle telle que la NAO ont déjà été mis en évidence (Breton et al.2006 ; Lefebvre et al. 2011) pour expliquer l'importance des blooms dans la région. Ceci est aussi vrai dans tout projet de gestion et de restauration de l'écosystème puisque la simple réduction des sources d'eutrophisation par les sels nutritifs ne permettrait probablement pas de rétablir l'état initial tel que souhaité par la Directive Cadre sur l'eau.

Actuellement, de nouveaux outils sont en train d'être développés pour mieux surveiller les eaux côtières. L'utilisation de système haute fréquence en point fixe comme la Station Marel carnot pour étudier la variabilité à petite échelle temporelle ou un échantillonnage dynamique automatisé (projet Interreg IV A des 2 mers intitulé DYMAPHY pour la variabilité spatio-temporelle), apparaissent comme des méthodes complémentaires aux méthodes traditionnelles (microscopie par exemple) qui permettront de mieux expliquer certaines anomalies ou valeurs extrêmes et d'avoir une plus grande échelle de gradient côte-large. Cela permettrait également de constituer des bases de données plus importantes contenant des informations utiles à une meilleure appréciation du contexte écologique local en lien avec le changement climatique. Par ailleurs, cette extension vers le large associée à une meilleure résolution temporelle s'avère être une approche en accord avec les nouveaux besoins de la Direction Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM-2008/56/CE)

ANNEXES

P. 172-177 : Annexe 1	Calendrier des sorties et conditions de prélèvements
P. 178-183 : Annexe 2	Données brutes des analyses physico-chimiques
P. 185 : Annexe 3	Tableau de synthèse des limitations potentielles en nutriments pour l'ensemble des radiales en 2012
P.187 : Annexe 4	Résultats REPHY 2012, Phycotoxines

Annexe 1

Calendrier des sorties et conditions de prélèvements

Dunkerque

Date	Point de Prélèvement	Heure de Prélèvement	Horaire de PM ou de BM	Profondeur	Situation de Marée	Coefficient
31/01/2012	DK1	15H54	12H24	18	PM+3H30	47/41
	DK3	NA		11	NA	
	DK4	15H06		2,3	PM+3H22	
28/02/2012	DK1	15H30	16H30	6	PM-1H00	65/59
	DK3	15H15		8	PM-1H15	
	DK4	14H50		13	PM-2H20	
22/03/2012	DK1	12H25	12H50	21	PM-0H25	87/89
	DK3	12H00		22	PM-0H5	
	DK4	11H38		14	PM-1H12	
29/03/2012	DK1	16H25	17H33	20	PM-1H08	57/51
	DK3	16H00		12	PM-1H33	
	DK4	15H35		13	PM-2H38	
12/04/2012	DK1	16H45	17H54	7	PM-1H09	78/70
	DK3	16H20		12	PM-1H34	
	DK4	16H00		12	PM-1H54	
29/05/2012	DK1	9H13	7H21	18	PM+1H32	52/51
	DK3	8H47		21	PM+1H26	
	DK4	8H21		15	PM+1H00	
19/06/2012	DK1	11H45	11H44	17	PM+0H01	54
	DK3	12H20		9	PM+1H16	
	DK4	12H55		26,5	PM+1H11	
29/06/2012	DK1	9H47	8H53	18	PM+0H34	57/59
	DK3	9H20		12	PM+0H07	
	DK4	8H530		14	PM+0H00	
24/07/2012	DK1	15H35	16H56	19	PM-1H21	84/81
	DK3	15H15		19	PM-1H41	
	DK4	14H55		12	PM-2H01	
21/08/2012	DK1	16H10	15H51	20	PM+0H59	98/97
	DK3	15H45		13	PM-0H06	
	DK4	15H20		15	PM-0H31	
20/09/2012	DK1	15H35	16H11	19	PM-1H16	99/94
	DK3	15H00		12	PM-1H11	
	DK4	14H40		13	PM-2H11	
27/11/2012	DK1	12H25	11H55	14	PM+0H07	73
	DK3	11H50		22	PM+0H05	
	DK4	11H20		15	PM-0H35	

Boulogne-sur-mer

Date	Point de Prélèvement	Heure de Prélèvement	Horaire de PM ou de BM	Profondeur	Situation de Marée	Coefficient
24/01/2012	BLG1	11H20	12H35	22	PM-1H15	93/95
	BLG2	11H50		22	PM-1H25	
	BLG3	10H44		54	PM-2H31	
28/02/2012	BLG1	14H3	15H28	20	PM-1H38	65/59
	BLG2	14H15		24	PM-1H13	
	BLG3	13H56		50	PM-2H12	
13/03/2012	BLG1	14H40	15H2	24	PM-1H20	94/87
	BLG2	14H25		27	PM-1H35	
	BLG3	14H10		52	PM-1H10	
26/03/2012	BLG1	15H20	14H59	20	PM+1H01	84/80
	BLG2	15H00		21	PM+0H41	
	BLG3	14H40		53	PM-0H19	
24/04/2012	BLG1	14H20	14H38	20	PM-0H18	80/78
	BLG2	14H05		22	PM-0H33	
	BLG3	13H45		52	PM-1H33	
16/05/2012	BLG1	8H30	9H45	21	PM-1H15	52/55
	BLG2	NA		NA	NA	
	BLG3	NA		NA	NA	
24/05/2012	BLG1	15H15	14H56	26	PM+0H59	75/74
	BLG2	15H00		24	PM+0H44	
	BLG3	14H35		52	PM-0H21	
05/06/2012	BLG1	14H15	13H21	25	PM+1H34	100/102
	BLG2	14H04		24	PM+1H23	
	BLG3	13H40		54	PM+0H19	
19/06/2012	BLG1	11H55	12H58	24	PM-1H03	69/72
	BLG2	11H45		23	PM-1H13	
	BLG3	10H45		50	PM-2H13	
25/07/2012	BLG1	16H00	16H58	21	PM-0H58	78/74
	BLG2	15H40		22	PM-1H18	
	BLG3	15H10		53	PM-1H48	
23/08/2012	BLG1	15H30	16H35	23	PM-1H05	85/79
	BLG2	15H20		23	PM-1H15	
	BLG3	14H55		52	PM-1H8	
24/10/2012	BLG1	11H15	8H14	22	PM+3H01	48/51
	BLG2	9H35		28	PM+1H21	
	BLG3	10H45		50	PM+2H31	
16/11/2012	BLG1	12H18	13H12	22	PM-1H34	107/104
	BLG2	12H40		32	PM-1H12	
	BLG3	11H50		50	PM-2H02	
12/12/2012	BLG1	9H45	10H29	26	PM-1H24	89/94
	BLG2	9H30		23	PM-1H39	
	BLG3	9H05		54	PM-1H24	

Baie de Somme

Date	Point de Prélèvement	Heure de Prélèvement	Horaire de PM ou de BM	Profondeur	Situation de Marée	Coefficient
10/01/2012	BIF	13H15	12H16	2,7	PM+1H39	83/86
	MIMER	13H04		4,5	PM+0H28	
	ATSO	12H38		15	PM+0H22	
	MER1	12H27		19	PM+0H11	
	MER2	12H08		22	PM-0H08	
06/02/2012	BIF	12H05	10H37	2,3	PM+2H08	70/77
	MIMER	11H51		3,7	PM+1H14	
	ATSO	11H29		14	PM+1H32	
	MER1	11H16		18	PM+1H19	
	MER2	10H58		20	PM+0H21	
09/03/2012	BIF	13H12	12H17	3	PM+1H35	108
	MIMER	12H56		4	PM+0H39	
	ATSO	12H30		16	PM+0H13	
	MER1	12H20		20	PM+0H03	
	MER2	12H05		23	PM-0H12	
23/03/2012	BIF	13H05	12H12	2,8	PM+1H33	92
	MIMER	12H50		3,4	PM+0H38	
	ATSO	12H30		15	PM+0H18	
	MER1	12H2		19	PM+0H08	
	MER2	12H08		22	PM-0H04	
03/04/2012	BIF	10H45	9H40	3,1	PM+1H05	54/62
	MIMER	10H16		1,9	PM+1H16	
	ATSO	10H00		13	PM+0H6	
	MER1	9H40		17	PM+0H00	
	MER2	9H30		20	PM-0H10	
07/05/2012	BIF	14H12	13H17	3	PM+1H35	108/109
	MIMER	13H55		4	PM+0H38	
	ATSO	13H35		15	PM+0H18	
	MER1	13H25		20	PM+0H08	
	MER2	13H10		23	PM-0H07	
23/05/2012	BIF	14H53	13H59	3	PM+1H34	77/76
	MIMER	14H40		2,9	PM+1H21	
	ATSO	14H20		15	PM+1H01	
	MER1	14H02		19	PM+0H43	
	MER2	13H45		22	PM-0H14	
07/06/2012	BIF	15H40	14H39	3	PM+1H01	100/97
	MIMER	15H20		4,2	PM+1H21	
	ATSO	14H55		16	PM+0H16	
	MER1	14H40		19	PM+0H01	
	MER2	14H30		20	PM-0H09	
20/06/2012	BIF	14H10	13H07	2,5	PM+1H03	74/76
	MIMER	13H55		3,2	PM+0H48	
	ATSO	13H35		14,5	PM+0H28	
	MER1	13H20		18,5	PM+0H13	
	MER2	13H05		21,5	PM-0H02	
23/07/2012	BIF	16H10	15H19	2,5	PM+1H31	88/86
	MIMER	16H00		3,5	PM+1H21	
	ATSO	15H40		15	PM+0H21	
	MER1	15H35		19	PM+0H16	
	MER2	15H20		22	PM+0H01	

08/08/2012	BIF	17H15	16H24	2	PM+1H31	69/63
	MIMER	17H05		3,5	PM+1H21	
	ATSO	16H40		14	PM+0H16	
	MER1	16H30		18	PM+0H06	
	MER2	16H20		22	PM-0H04	
06/09/2012	BIF	16H30	15H44	1,6	PM+1H26	71/65
	MIMER	16H20		3	PM+1H16	
	ATSO	16H00		14	PM+0H56	
	MER1	15H50		18	PM+0H06	
	MER2	15H45		21	PM+0H01	
14/11/2012	BIF	12H17	11H27	2,5	PM+1H30	104/106
	MIMER	12H05		4,5	PM+1H18	
	ATSO	11H45		16	PM+0H18	
	MER1	11H35		20	PM+0H08	
	MER2	11H19		23	PM-0H08	
18/12/2012	BIF	15H50	15H1	2	PM+0H4	86/80
	MIMER	15H40		3	PM+0H3	
	ATSO	NA		NA	NA	
	MER1	NA		NA	NA	
	MER2	NA		NA	NA	

Annexe 2

Données brutes des analyses physico-chimiques

(NA : données manquantes)

2012, 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
31/01/2012	6,7	34,9	11,8	19,7	2	0,89	1,05	3,51	0,5	20,2	0,89	12,6
28/02/2012	3,7	33,7	8,25	35,2	5,6	2,6	1,08	1,19	0,36	24,84	0,69	17
22/03/2012	6,6	34,5	10,1	22	2,9	22,04	5,11	0,48	0,3	13,8	0,17	0,98
29/03/2012	7,7	34,4	1,99	3,6	1,1	3,41	0,73	0,67	0,26	8,67	0,1	0,41
12/04/2012	8,4	34,3	3,43	5,6	1,5	4,79	2,39	0,97	0,24	9,08	0,14	0,77
29/05/2012	13	35,3	0,741	1,9	1,2	5,19	1,9	0,51	0,12	0,34	0,1	0,37
19/06/2012	14,2	35,2	1,38	2,1	1,2	1,83	0,46	2,67	0,13	1,5	0,28	4,02
29/06/2012	16,4	35,4	3,85	9,9	1,6	4,07	1,13	1,04	0,12	0,57	0,21	4,64
24/07/2012	17,9	35,1	1,92	5	1,6	3,37	0,33	0,61	0,05	0,33	0,11	0,1
21/08/2012	17,6	35,3	4,85	38,1	8,3	6,51	1,79	1,41	0,25	0,66	0,2	7,2
20/09/2012	15,1	35,3	5,61	33,1	6,4	2,67	1,86	2,27	0,24	1,64	0,34	5,26
27/11/2012	8,8	34,6	11,5	21,2	1,9	1,77	2,53	4,36	0,42	14,08	0,69	11,6
2012, 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
28/02/2012	3,8	34,2	8,34	37,2	6,9	3,75	1,83	0,6	0,37	25,33	1	14,09
22/03/2012	6,3	34,7	8,59	15,3	2,4	22,68	4,7	0,15	0,54	13,53	0,38	1,66
29/03/2012	7,2	34,4	0,968	2,2	0,8	3,14	0,77	0,55	0,74	10,88	0,43	1,01
12/04/2012	8,1	34,5	2,05	3,7	1,1	4,4	1,45	0,23	0,3	8,9	0,3	0,44
29/05/2012	12,2	35,3	0,371	1,5	1,1	2,39	2,26	0,15	0,18	0,47	0,2	0,1
19/06/2012	14	35,3	0,751	1,1	0,9	1,44	1	0,88	0,52	0,02	1,1	2,27
29/06/2012	15,8	35,4	1,02	4,2	1,1	1,46	1,11	0,26	0,05	0,48	0,51	2,42
24/07/2012	17,4	34,7	1,05	5	1,4	2,99	0,36	0,15	0,05	0,1	0,18	1,38
21/08/2012	17,2	35,3	2,43	32	6,8	3,64	1,05	0,32	0,07	0,08	0,31	4,11
20/09/2012	15,3	35,3	4,3	31,1	7,2	3,41	2,1	0,64	0,11	0,04	0,77	2,94
27/11/2012	9,1	35	5,71	13,7	1,4	1,33	1,53	2,86	0,21	11,95	0,5	13
2012, 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
31/01/2012	7,4	35,1	5,83	12,2	2,6	0,81	0,53	0,4	0,39	23,45	1,41	6,61
28/02/2012	3,8	34,4	5,19	28,9	5,2	1,73	0,78	0,84	0,38	23,42	1,01	10,86
22/03/2012	6,2	34,7	5,75	9,7	1,9	16,28	3,21	0,15	0,54	16,06	0,49	1,92
29/03/2012	6,8	34,5	0,673	2,3	1,1	4,72	0,66	0,42	0,7	12,08	0,44	0,72
12/04/2012	7,7	34,7	1,43	4,7	1,6	4,47	1,43	0,29	0,19	6,88	0,3	0,75
29/05/2012	11,9	35,4	0,362	3,3	1,9	2,59	0,29	0,15	0,05	0,1	0,05	0,1
19/06/2012	13,8	35,4	0,349	0,9	0,9	1,83	0,69	0,52	0,21	0,58	0,42	2,05
29/06/2012	15,4	35,5	0,769	3,4	0,9	1,34	0,53	0,23	0,09	0,64	0,44	1,93
24/07/2012	16,9	34,8	0,931	3,7	1,3	3,49	0,53	0,15	0,05	0,1	0,17	1,45
21/08/2012	16,8	35,4	0,983	28,5	6,4	2,12	0,3	0,51	0,07	0,08	0,34	3,51
20/09/2012	15,5	35,4	1,13	25,6	6,9	2,62	1,11	0,54	0,08	0,07	0,65	2,39
27/11/2012	11	35,1	1,98	5	1,2	0,87	0,72	1,09	0,19	9,49	0,51	11,85

2012, 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
24/01/2012	7,5	34	13,2	43,2	6,9	1,27	1,36	3,33	0,78	30,32	0,94	17
28/02/2012	5,4	34,8	3,07	28,7	6,5	4,32	1,35	1,08	0,43	15,17	0,41	4,29
13/03/2012	6	34,6	2,3	5,6	1,3	5,82	2,12	0,71	0,25	10,95	0,15	0,85
26/03/2012	7,3	34,4	1,85	9,2	3,4	13,79	3,71	0,64	0,16	2,6	0,09	0,47
24/04/2012	9,5	35,2	3,64	8,6	1,7	3,32	1,91	0,61	0,06	0,09	0,16	1,74
16/05/2012	11,3	34,8	1,7	2,5	0,5	3,66	0,42	0,31	0,05	0,76	0,13	0,58
24/05/2012	11,4	35,2	0,341	3	1,6	7,34	1,16	0,52	0,06	0,64	0,07	0,1
05/06/2012	14,3	34,5	0,69	1,1	0,9	3,32	0,71	0,3	0,1	0,57	0,05	0,67
19/06/2012	14,7	35,3	1,39	2,1	1,3	2,22	0,38	0,29	0,06	0,41	0,05	0,58
25/07/2012	17,3	34,3	3,89	6,6	1,7	11,23	2,2	0,57	0,29	0,66	0,16	1,35
23/08/2012	16,9	35,3	1,36	5,9	1,5	0,77	0,18	2,57	0,12	0,72	0,18	4,19
24/10/2012	13	35,01	2,51	6,2	1,5	0,22	2,29	2,06	0,34	7,88	0,46	6,32
16/11/2012	10,1	34,8	3,28	6,8	1,2	1,2	0,77	1,52	0,16	6,43	0,36	8,69
12/12/2012	6,9	34,9	3,88	8,1	1,3	1,03	0,57	1,1	0,57	12,93	0,64	8,72
2012, 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
24/01/2012	7,9	34,8	4,4	29	5	0,66	0,48	0,96	0,56	25,64	1,78	8,76
28/02/2012	5,7	34,9	2,34	28,1	6,1	3,12	0,91	1,13	0,43	16,37	0,88	10,5
13/03/2012	6,2	34,9	2,8	7,4	1,1	4,32	2,28	0,74	0,39	12,21	0,54	2,36
26/03/2012	7	34,8	1,35	2,3	1,5	5,82	1,4	0,7	0,51	3,69	0,33	1,95
24/04/2012	9,4	35,5	2,68	3,1	2	1,44	0,67	0,45	0,06	0,46	0,26	0,99
24/05/2012	11,1	35,4	0,291	1,4	0,9	5,31	0,51	0,62	0,05	0,1	0,18	0,1
05/06/2012	13,9	34,7	0,344	0,9	0,9	3,28	0,51	0,46	0,32	0,3	0,28	1,29
19/06/2012	14,6	35,3	0,991	0,6	0,6	1,62	0,61	1	0,49	0,29	1,01	0,1
25/07/2012	17,1	34,6	1,96	3,4	1,1	5,97	0,92	0,83	0,05	0,1	0,17	1,47
23/08/2012	16,7	35,4	1,22	5,6	1,2	0,48	0,12	1,61	0,19	0,1	0,33	3,84
24/10/2012	13,1	35,2	1,77	4,2	0,9	0,87	0,64	1,77	0,22	7,77	1,02	5,66
16/11/2012	10,6	35,2	2,33	5,4	1,3	0,88	0,47	0,57	0,19	10,47	1,2	6,33
12/12/2012	7,6	35,2	2,98	5,8	0,9	0,57	0,13	1,21	0,54	12,07	0,56	13,09
2012, 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
24/01/2012	8,27	35,2	2,29	25,9	5,5	0,6	0,24	0,82	0,53	21,3	1,1	5,47
28/02/2012	5,8	35,1	1,86	24	5,5	1,49	0,5	0,75	0,34	17,26	0,97	6,27
13/03/2012	6,3	35,2	1,78	3,4	0,9	1,37	0,93	1,13	0,41	12,32	0,69	3,4
26/03/2012	6,8	35,2	1,28	3,9	1,2	1,66	0,66	1,02	0,56	8,1	0,57	2,37
24/04/2012	9,4	35,8	1,09	1,6	1,6	1,25	0,15	1,31	0,05	0,52	0,32	1,13
24/05/2012	10,6	35,6	0,319	0,8	0,8	3,52	0,41	1,16	0,08	0,25	0,23	0,1
05/06/2012	13,3	35	0,328	0,7	0,7	1,48	0,33	0,78	0,29	1,19	0,58	0,1
19/06/2012	14,2	35,4	0,587	0,6	0,6	1,66	0,32	0,63	0,29	0,11	0,6	3,56
25/07/2012	16,6	35	1,43	2,7	1,2	4,52	0,79	1,59	0,05	0,1	0,31	1,75
23/08/2012	16,6	35,6	0,911	3,9	1,2	0,38	0,15	1,15	0,07	0,08	0,3	3,59
24/10/2012	13,3	35,5	1,28	3,9	1,2	0,72	0,41	1,29	0,21	5,28	0,96	5,69
16/11/2012	11	35,4	1,6	4,4	1,3	0,43	0,33	0,49	0,16	7,24	1,12	5,86
12/12/2012	8,3	35,4	2,15	3,8	0,5	0,54	0,21	0,65	1,16	11,02	0,56	11,44

2012, 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
10/01/2012	8,32	32	66,3	75,2	6,8	1,41	4,35	4,47	0,7	42,6	0,91	29,6
06/02/2012	2,88	30,3	30,1	79,4	11,2	2,33	2,73	4,35	1,26	61,34	1	33,8
09/03/2012	5,6	32,8	51,1	76,2	5,6	19,28	14,23	1,43	0,43	24,27	0,3	7,04
23/03/2012	7,6	33,3	10,5	61,2	10,6	20,78	6,64	0,94	0,25	11,75	0,17	1,96
03/04/2012	8,6	32,2	5,47	16,5	8	21,44	4,74	2,24	0,68	54,12	0,36	23,8
07/05/2012	10,1	33,9	5,39	13,2	2,6	9,72	2,9	0,24	0,13	2,52	0,16	3,74
23/05/2012	13,6	33,2	1,02	8,4	2,1	6,59	2,75	0,85	0,14	3,68	0,1	1,76
07/06/2012	15,4	33,4	2,18	19,3	1,9	14,02	7,86	0,51	0,1	0,73	0,2	2,12
20/06/2012	15,6	33,9	2,3	18,5	3,3	17,06	4,73	0,75	0,17	1,05	0,14	1,95
23/07/2012	18,2	32,9	4,84	13,5	3,1	17,34	4,61	0,41	0,2	0,62	0,14	1,6
08/08/2012	17,3	31,8	28,6	42	5,8	41,47	12,34	0,6	0,37	3,42	0,37	7,72
06/09/2012	17,1	33,4	11,6	NA	NA	18,34	5,43	4,64	0,19	1,34	0,23	4,35
14/11/2012	9,4	33,3	24	37,8	3,8	2,27	2,15	2,52	0,42	22,48	0,68	19,1
18/12/2012	7,4	31,5	139	239,2	28	2,99	9,92	3,35	0,43	34,17	0,78	27,2
2011, 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
10/01/2012	8,32	32,3	82,6	84,8	6	1,66	4,62	4,77	0,6	49,22	1,89	24
06/02/2012	3,6	32,8	41,4	93,6	10,4	2,99	3,64	0,72	1,04	36,22	2,37	18,08
09/03/2012	5,6	32,6	49,6	69,2	4,6	17,78	12,93	0,54	0,6	29,23	0,7	16,34
23/03/2012	7,8	33,2	9,34	53,4	10,8	27,42	9,3	0,25	0,62	13,01	0,4	2,65
03/04/2012	8,3	33,7	3,74	16,5	8	18,95	4,44	0,25	0,13	2,5	0,42	2,25
07/05/2012	10,3	33,9	5,82	13,2	2,6	12,38	4,14	0,15	0,12	1,39	0,42	3,98
23/05/2012	13,4	33,1	1,32	5,5	1,6	10,75	2,3	0,4	0,54	2,55	0,9	1,03
07/06/2012	15,6	33,3	2,29	11,9	2,3	12,82	5,98	0,4	0,74	0,05	1,61	3,49
20/06/2012	15,5	33,9	3,05	4,6	2	9,36	1,92	0,45	0,59	0,63	0,97	3,02
23/07/2012	18,6	32,7	5,06	9,6	2,1	8,77	2,3	0,34	0,05	0,1	0,34	2,37
08/08/2012	17,4	32,5	17	21,4	2,4	6,65	3,76	1,94	0,12	2,55	0,44	13,66
06/09/2012	17	33,5	16,7	7,09	3,92	NA	NA	1,09	0,18	2,42	0,59	6,69
14/11/2012	9,3	33	27	37,6	3,2	2,11	2,55	3,58	0,51	31,45	1,71	19,1
18/12/2012	7,5	32,5	121	239,2	23,6	2,83	7,53	2,39	0,29	31,07	1,47	26,34
2012, 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
10/01/2012	8,5	33	16,1	17,2	1,7	1,16	0,78	3,28	0,61	38,39	1,03	24,4
06/02/2012	4,5	33,5	10,8	34,3	3,6	1,83	1,12	1,57	1,14	32,96	0,96	18,4
09/03/2012	5,6	33,5	28	39,8	3,6	11,97	6,88	1,22	0,33	20,07	0,26	4,25
23/03/2012	7,2	33,9	4,32	47,6	9,2	22,35	6,09	0,82	0,2	7,55	0,1	0,43
03/04/2012	8,1	34,3	1,15	4,6	1,8	6,56	0,88	0,59	0,49	3,09	0,1	1,12
07/05/2012	10	34,5	3,69	9,2	2,8	10,64	1,52	0,33	0,05	0,1	0,08	0,67
23/05/2012	12,8	33,7	0,51	1,7	1,3	3,38	0,69	1,11	0,09	1,67	0,09	0,6
07/06/2012	15,1	34	0,597	4,7	0,8	8,49	3,85	0,57	0,05	0,45	0,12	0,8
20/06/2012	14,7	34,4	1,09	2,5	1,6	5,87	0,84	0,66	0,15	0,88	0,05	1,91
23/07/2012	17,7	33,5	3,07	8	2,1	10,45	1,97	0,39	0,24	2,84	0,11	0,1
08/08/2012	17,1	33,6	5,8	6,5	1,9	4,21	1,49	1,04	0,16	1,5	0,19	4,74
06/09/2012	16,9	34,1	5,26	4,63	1,91	NA	NA	0,85	0,14	1,16	0,19	3,08
14/11/2012	9,7	34	7,69	16	1,6	3,87	1,14	1,73	0,33	18,07	0,7	14,9

2012, 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
10/01/2012	8,46	33,2	14	17,6	1,6	1,18	0,73	2,64	0,62	45,62	1,84	14,09
06/02/2012	4,7	32,1	5,41	29,8	4	2,13	0,32	0,26	0,94	28,62	2,49	20,91
09/03/2012	5,6	33,7	14,9	18,6	1,7	10,08	4,64	0,27	0,49	20,72	0,55	15,88
23/03/2012	7,2	34,1	2,59	42,6	9	15,79	3,14	0,15	0,57	6,4	0,3	5,36
03/04/2012	8,2	33,5	1,03	3,3	1,7	5,21	0,65	0,16	0,16	4,37	0,33	0,7
07/05/2012	10	34,6	3,16	6,6	2,6	9,56	2,25	0,15	0,05	0,51	0,34	2,61
23/05/2012	12,9	33,8	0,404	0,4	0,4	2,44	0,24	0,37	0,11	2,19	0,2	0,1
07/06/2012	15	34,2	0,541	1,9	0,8	5,93	3,73	0,33	0,32	0,69	0,34	0,1
20/06/2012	14,8	34,5	0,781	2,1	1,4	5,76	0,48	0,31	0,45	0,95	0,51	0,1
23/07/2012	17,5	33,9	1,56	3,6	1,5	9,88	1,36	0,15	0,14	2,21	0,26	2,48
08/08/2012	17,1	33,8	3,45	4,5	1	3,41	1,08	0,63	0,05	0,45	0,35	1,47
06/09/2012	17,3	34,2	2,37	3,16	0,91	NA	NA	0,33	0,07	0,08	0,38	4,71
14/11/2012	9,7	34,1	1,2	12	1,2	3,77	1,11	1,36	0,33	23,16	1,57	3,01
2012, 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
10/01/2012	8,56	33,3	6,9	9	0,9	1	0,4	2,42	0,65	45,71	1,9	11,7
06/02/2012	5,2	32,8	3,51	28,9	5	1,95	0,72	0,19	0,85	31,93	1,49	3
09/03/2012	5,8	34,2	4,47	16,1	1,8	9,93	4,8	0,15	0,43	16,27	0,44	14,4
23/03/2012	7,1	34,3	1,42	25,7	6	10,36	2,09	0,15	0,54	6,06	0,25	2,55
03/04/2012	8,3	33,5	0,697	2,1	0,7	4,16	0,53	0,15	0,16	4,24	0,22	1,6
07/05/2012	9,8	34,9	1,07	3,9	1,6	4,93	1,16	0,15	0,05	0,97	0,22	0,1
23/05/2012	13,7	33,7	0,226	0,4	0,4	1,55	0,19	0,5	0,11	2,17	0,55	0,1
07/06/2012	14,7	34,3	0,529	2	1,2	5,21	1,81	0,26	0,59	0,24	0,93	0,1
20/06/2012	14,3	34,6	0,544	3,5	1,6	7,53	0,8	0,4	0,31	1,29	0,12	1,5
23/07/2012	17,3	34,2	1,74	3,6	1,3	6,83	0,84	0,46	0,15	2,51	0,21	1,49
08/08/2012	16,9	34,1	2,14	3,6	1,1	4,23	0,58	0,2	0,05	0,2	0,29	2,78
06/09/2012	17,5	33,6	7,25	4,47	1,31	NA	NA	1,07	0,17	1,45	0,48	3,07
14/11/2012	10,2	34,6	1,76	9,1	1,5	2,98	0,95	0,84	0,23	18,76	1,57	9,9

Annexe 3

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

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

Légende : Type de limitation

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

Annexe 4
Résultats REPHY, Phycotoxines

Résultats REPHY 2011 - Phycotoxines

Résultats REPHY 2012 - Phycotoxines



pas d'information



toxine non détectée

toxine présente en faible
quantité

toxicité

Toxines lipophiles incluant les toxines diarrhéiques

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

Toxines amnésiantes (ASP)

Point	Nom du point	Support	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
006-P-009	Pointe de St Quentin													

Source REPHY-Ifremer, banque Quadrigé²

BIBLIOGRAPHIE

- Aminot, A. and M. Chaussepied. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans : 395.
- Aminot, A. and R. Kérouel. 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Page 336. Ifremer.
- Anonyme. 1985. The international system of units (SI) in oceanography. UNESCO technical paper **45**.
- Barbier, G., O. Arnal, J.-M. Delattre, H. Grosseil, and 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 technologique de l'Ifremer **3** : 152.
- Bendschneider, K. and R. J. Robinson. 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. *Journal of Marine Research*. **11**:86-96.
- Bentley, D., R. Lafite, N. H. Morley, R. James, P. Statham, and J. C. Guary. 1993. Flux de nutriments entre la manche et la mer du Nord, situation actuelle et évolution depuis 10 ans. *Oceanologica Acta* **16**:599-606.
- Billen, G. and C. Lancelot. 1991. N,P,Si retention along the aquatic continuum from land to ocean. Pages 203-209 in R. F. C. Mantoura, J. M. Martin, and R. Wollast, editors. Toxic phytoplankton in the sea. Elsevier Science Publishers BV, Amsterdam.
- Breton, E., Rousseau, V., Parent, J.-Y., Ozer, J., & Lancelot, C. (2006). Hydroclimatic modulation of diatom/Phaeocystis blooms in nutrient-enriched Belgian coastal waters (North Sea). *Limnology and oceanography*, *51*(3), 1401-1409.
- Brunet, C., J. M. Brylinski, L. Bodineau, G. Thoumelin, D. Bentley, and D. Hilde. 1996. Phytoplankton Dynamics During the Spring Bloom in the South-eastern English Channel. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **43**:469-483.
- Brylinsky, J. M. and Y. Lagadeuc. 1990. L'interface eaux côtières / eaux du large dans le Pas de Calais (côtes françaises) : une zone frontale. *Compte rendu de l'académie des sciences de Paris* **311**:535-540.
- Brzezinski, M. A. 1985. THE Si:C:N Ratio of Marine Diatoms: Interspecific variability and the effect of some environmental variables. *Journal of Phycology* **21**:347-357.
- Cancino, L. and R. Neves. 1999. Hydrodynamic and sediment suspension modelling in estuarine systems: Part II: Application to the Western Scheldt and Gironde estuaries. *Journal of Marine Systems* **22**:117-131.
- Connor, D. W. and J. N. C. Committee. 2006. UKSeaMap: the mapping of seabed and water column features of UK seas. Joint Nature Conservation Committee.
- Deborde, J., P. Anschutz, C. Gwenaelle, H. Etcheber, M.-V. Commarieu, P. Lecroart, and A. Gwenaël. 2007. The dynamics of phosphorus in turbid estuarine systems: Example of the Gironde estuary (France). *Limnol. Oceanogr* **52**:862-872.
- Duarte, C. M., S. Agustí, and D. Vaqué. 2004. Controls on planktonic metabolism in the Bay of Blanes, north-western Mediterranean littoral. *Limnology and Oceanography* **49**:2162-2170.
- Gattuso, J. P., M. Frankignoulle, and R. Wollast. 1998. Carbon and Carbonate Metabolism in Coastal Aquatic Ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics* **29**:405-434.
- Gentilhomme, V. and 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., J. N. Druon, and L. Lamperet. 2002. A five channel chlorophyll algorithm applied to SeaWiFS data processed by SeaDAS in coastal waters. *International Journal of remote Sensing* **23**:1639-1661.
- Gohin, F., B. Saulquin, H. Oger-Jeanneret, L. Lozac'h, L. Lampert, A. Lefebvre, P. Riou, and F. Bouchon. 2008. Using satellite chlorophyll concentrations for monitoring the eutrophication risks of coastal waters. *Remote Sensing of environment* **112**:3329-3340.
- Jickells, T. D. 1998. Nutrient biogeochemistry of the coastal zone. *Science* **281**:217-222.
- Jouenne, F., S. Lefebvre, B. Véron, and Y. Lagadeuc. 2005. Biological and physicochemical factors controlling short-term variability in phytoplankton primary production and photosynthetic parameters in a macrotidal ecosystem (eastern English Channel). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **65**:421-439.
- Koroleff, F. 1969. Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. *International Conference on Evolvable Systems.C.M.C* : 9.19.1969.
- Lancelot, C., V. Rousseau, and 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**:44-49.
- Lafite, R., S. Shimwell, N. Grochowski, J.-P. Dupont, L. Nash, J.-C. Salomon, L. Cabioch, M. Collins, and S. Gao. 2000. Suspended particulate matter fluxes through the Straits of Dover, English Channel: observations and modelling. *Oceanologica Acta* **23**:687-700.
- Lefebvre, A., N. Guiselin, F. Barbet, and F. L. Artigas. 2011. Long-term hydrological and phytoplankton monitoring (1992–2007) of three potentially eutrophic systems in the eastern English Channel and the Southern Bight of the North Sea. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* **68**:2029-2043.
- Lizon, F., Y. Lagadeuc, C. Brunet, D. Aelbrecht, and D. Bentley. 1995. Primary production and photoadaptation of phytoplankton in relation with tidal mixing in coastal waters. *Journal of Plankton Research* **17**:1039-1055.
- Lorenzen, C. J. 1966. A method for the continuous measurement of in vivo chlorophyll concentration. *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts* **13**:223-227.
- Meybeck, M. and R. Helmer. 1989. The quality of rivers : from pristine stage to global pollution, Pal. Pal. Pal. . *Global and Planetary Change* **1**:283-309.
- Middelburg, J. J., C. M. Duarte, and J. P. Gattuso. 2005. Respiration in coastal benthic communities. Pages 206-224 *in* P. A. del Giorgio and P. J. le B Williams, editors. *Respiration in aquatic ecosystems*. Oxford University Press Inc, Oxford.
- Mullin, J. B. and J. P. Riley. 1955. The spectrophotometric determination of silicates-silicon in natural waters with special references to sea water. *Analytica Chimica Acta* **12**:162-170.
- Murphy, J. and J. P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta* **27**:31-36.
- Officer, C. B. 1980. BOX MODELS REVISITED. *Marine Science (Plenum)* **11**:65-114.
- Redfield, A. C., B. H. Ketchum, and F. A. Richards. 1963. The influence of organisms on the composition of seawater. Pages 27-77 *in* M. N. Hill, editor. *The Sea*, New-York.
- Romero, E., J. Garnier, L. Lassaletta, G. Billen, R. Gendre, P. Riou, and P. Cugier. 2013. Large-scale patterns of river inputs in southwestern Europe: seasonal and interannual variations and potential eutrophication effects at the coastal zone. *Biogeochemistry* **113**:481-505.
- Rousseau, V., A. Leynarert, N. Daoud, and C. Lancelot. 2002. Diatom succession, silicification and silicic acid availability in Belgian coastal waters (Southern North Sea). *Marine Ecology Progress Series* **236**:61-73.

- Schapira, M. 2005. Dynamique spatio-temporelle de *Phaeocystis globosa* en manche orientale: effets de la turbulence et des apports sporadiques en sels nutritifs. Université de Lille I, Lille
- Smayda, T. D. 1990. Novel and nuisance phytoplankton blooms in the sea : evidence for a global epidemic. Pages 29-40 Toxic marine phytoplankton Elsevier Publishing Co, New-york.
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bull.Fish.Res.Bd.Can. **167**:311.

