

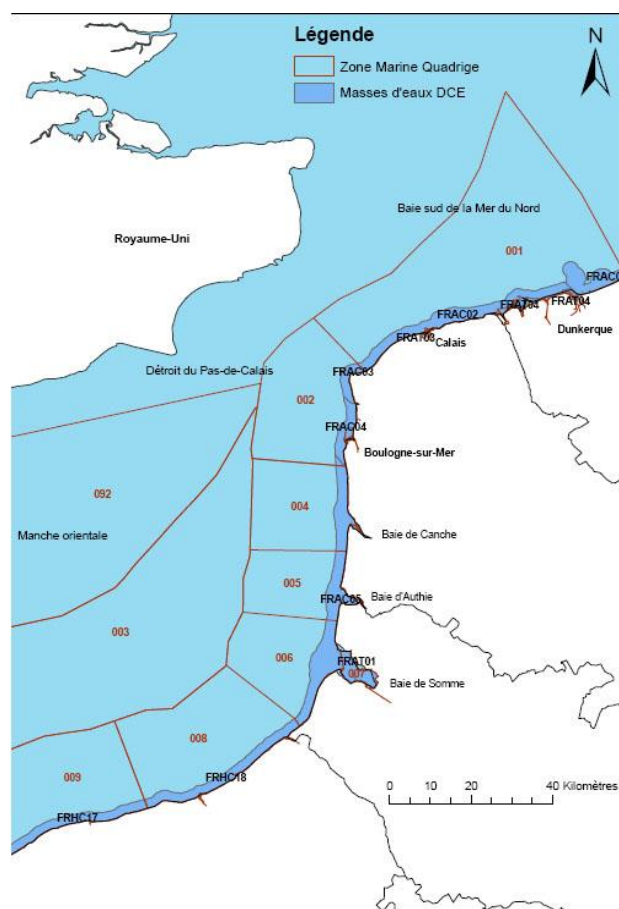
Alain LEFEBVRE  
Claudie MÉGRET

Juillet 2014

Ifremer/RST/LER.BL/14.05

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

Bilan de l'année 2013



<b>Numéro d'identification du rapport</b> : RST.LER.BL/14.05 <b>Diffusion</b> : libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> interdite <input type="checkbox"/> <b>Validé par</b> : LEFEBVRE Alain <b>Version du document</b> : définitive		<b>Date de publication</b> Juillet 2014 <b>Nombre de pages</b> 195 <b>Bibliographie</b> (Oui / Non) <b>Illustration(s)</b> (Oui / Non) <b>Langue du rapport</b> Français
<b>Titre et sous-titre du rapport</b> : Le Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord Pas-de-Calais Picardie. Bilan de l'année 2013 <b>Titre traduit</b> : The regional nutrients monitoring network of the coastal zone off the Nord Pas-de-Calais Picardie Region. Annual report for 2013.		
<b>Auteur(s) principal (aux)</b> : Lefebvre Alain Mégret Claudie		<b>Organisme / Direction / Service, laboratoire</b> Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer
<b>Collaborateur(s)</b> : Blondel Camille Duquesne Vincent Hébert Pascale		<b>Organisme / Direction / Service, laboratoire</b> Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer
Titre du contrat de recherche : S.R.N.		
Organisme commanditaire : Agence de l'Eau Artois Picardie Organisme(s) réalisateur(s) : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (Ifremer), Centre Manche Mer du Nord, Laboratoire Environnement & Ressources (LER), Boulogne-sur-Mer. Responsable scientifique : LEFEBVRE Alain Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer.		n° de convention AEAP : 19574
Cadre de la recherche : Suivi Régional des Nutriments Action : A050104 Convention : 19574 Suivi Régional des Nutriments Projet : DESECO Autres (préciser) : / Campagnes en mer : Moyens Nautiques des Services Maritimes des Ports de Boulogne et Calais, du Sport Nautique Valéricain et d'Aquamarine.		

### **Résumé :**

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

Dans le cadre de l'évaluation de l'influence des apports continentaux en éléments nutritifs sur d'éventuels processus d'eutrophisation du milieu marin, de l'estimation de l'efficacité des stations d'épuration à éliminer de telles substances et afin d'établir un suivi à long terme permettant de suivre l'évolution de la qualité des eaux littorales, le réseau de Suivi Régional des Nutriments (SRN) a été mis en place par l'Ifremer en collaboration avec l'Agence de l'Eau Artois Picardie en 1992.

Ce rapport présente les principaux résultats de l'année 2013 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 2013 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.....	4
1 PRÉSENTATION DES SITES D'ÉCHANTILLONNAGE.....	6
2. PRÉLÈVEMENTS ET ANALYSES.....	10
2.1. FREQUENCE DES PRELEVEMENTS .....	10
2.2. PRELEVEMENTS EN MER .....	10
2.3. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES .....	11
2.3.1. Salinité et Température .....	11
2.3.2. Turbidité.....	11
2.3.3. L'oxygène dissous .....	12
2.4. PARAMETRES BIOGEOCHIMIQUES .....	12
2.4.1. Ammonium.....	12
2.4.2. Nitrate.....	12
2.4.3. Nitrite.....	13
2.4.4. Phosphate .....	13
2.4.5. Silicate.....	13
2.4.6. Matières En Suspension (M.E.S.).....	13
2.4.7. Matière Organique Particulaire (M.O.P.) .....	14
2.5. PARAMETRES BIOLOGIQUES .....	14
2.5.1. Chlorophylle a et phéopigments .....	14
2.5.2. Phytoplancton .....	15
2.5.2.1. Observation en microscopie inversée .....	15
2.5.2.2. Lecture des graphes .....	15
2.5.2.3. Assurance qualité .....	16
2.5.2.4. Sonde Ysi .....	16
2.5.2.5. Interprétation des figures .....	17
3. RÉSULTATS .....	21
3.1. PARAMETRES HYDROLOGIQUES .....	21
3.1.1. Dunkerque.....	21
3.1.2. Boulogne-sur-mer .....	56
3.1.3. La Baie de Somme .....	91
3.2. PARAMETRES BIOLOGIQUES .....	142
3.2.1. Le phytoplancton.....	142
3.2.2. Mesure de la diversité : indice de Shannon .....	143
3.2.3. Genres toxiques et Toxicités .....	144
3.2.4. Dynamique écologique .....	145
4. DISCUSSION.....	163
4.1. EVOLUTION DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES.....	163
4.2. DYNAMIQUE LARGE ECHELLE DES EFFLORESCENCES PHYTOPLANCTONIQUES. ....	168
4.3. SURVEILLANCE SRN ET QUALITE DES MASSES D'EAU COTIERE. ....	169
5. BILAN ET CONCLUSIONS .....	174
ANNEXES .....	177
ANNEXE 1 : CALENDRIER DES SORTIES ET CONDITIONS DE PRELEVEMENTS .....	178
ANNEXE 2 : DONNEES BRUTES DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES .....	182
(NA : DONNEES MANQUANTES).....	182
ANNEXE 3 - TABLEAU DE SYNTHESE DES LIMITATIONS POTENTIELLES EN NUTRIMENTS POUR L'ENSEMBLE DES RADIALES EN 2013.....	187
ANNEXE 4 - RESULTATS REPHY, PHYCOTOXINES.....	188
ANNEXE 5 - EXTRAIT DU RAPPORT DU GROUPE DE TRAVAIL WGPME CONCERNANT LES POINTS DE SURVEILLANCE BOULOGNE 1 ET ATSO.....	189
BIBLIOGRAPHIE.....	193

## 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.**

A la fin du XX<sup>ème</sup> siècle, **les 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). L'augmentation à long terme des apports azotés (N) et phosphatés (P) d'origine anthropique, et une certaine stabilité des apports en silicates (Si), en zone côtière ont trois conséquences potentielles :

- ✓ 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).

- ✓ Le déclin des rapports Si/N, 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).

- ✓ 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) et d'une **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 ,  $41.10^3$  t/an et  $270.10^3$  t/an 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** et des politiques d'aménagement et de gestion de la zone côtière et plus généralement 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** permettant de prétendre à pouvoir déconvoluer les effets des changements à grande échelle, des changements liés aux activités anthropiques, plus régionaux.

## 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		
		DUNKERQUE	BOULOGNE	BAIE DE SOMME
STATIONS	<b>Station 0</b>			<b>Bif</b> Latitude : 50°12'88 N Longitude : 1°35'96 E
	<b>Station 1</b>	Latitude : 51°04'30 N Longitude : 2°20'20 E	Latitude : 50°43'90 N au flot Longitude : 1°33'00 E au flot	<b>Mimer' (1992-2004)</b> Latitude : 50°14,121 N Longitude : 1°31,084 E  <b>Mimer (à partir de 2004)</b> Latitude : 50°13'30 N Longitude : 1°32'40 E
	<b>Station 2</b>		Latitude : 50°43'90 N Longitude : 1°30'90 E	<b>Atso</b> Latitude : 50°14'0 N Longitude : 1°28'50 E
	<b>Station 3</b>	Latitude : 51°06'70 N Longitude : 2°17'20 E	Latitude : 50°45'02 N Longitude : 1°27'15 E	<b>Mer 1</b> Latitude : 50°13'60 N Longitude : 1°27'20 E
	<b>Station 4</b>	Latitude : 51°09'20 N Longitude : 2°15'10 E		<b>Mer 2</b> Latitude : 50°13'15 N Longitude : 1°26'75 E

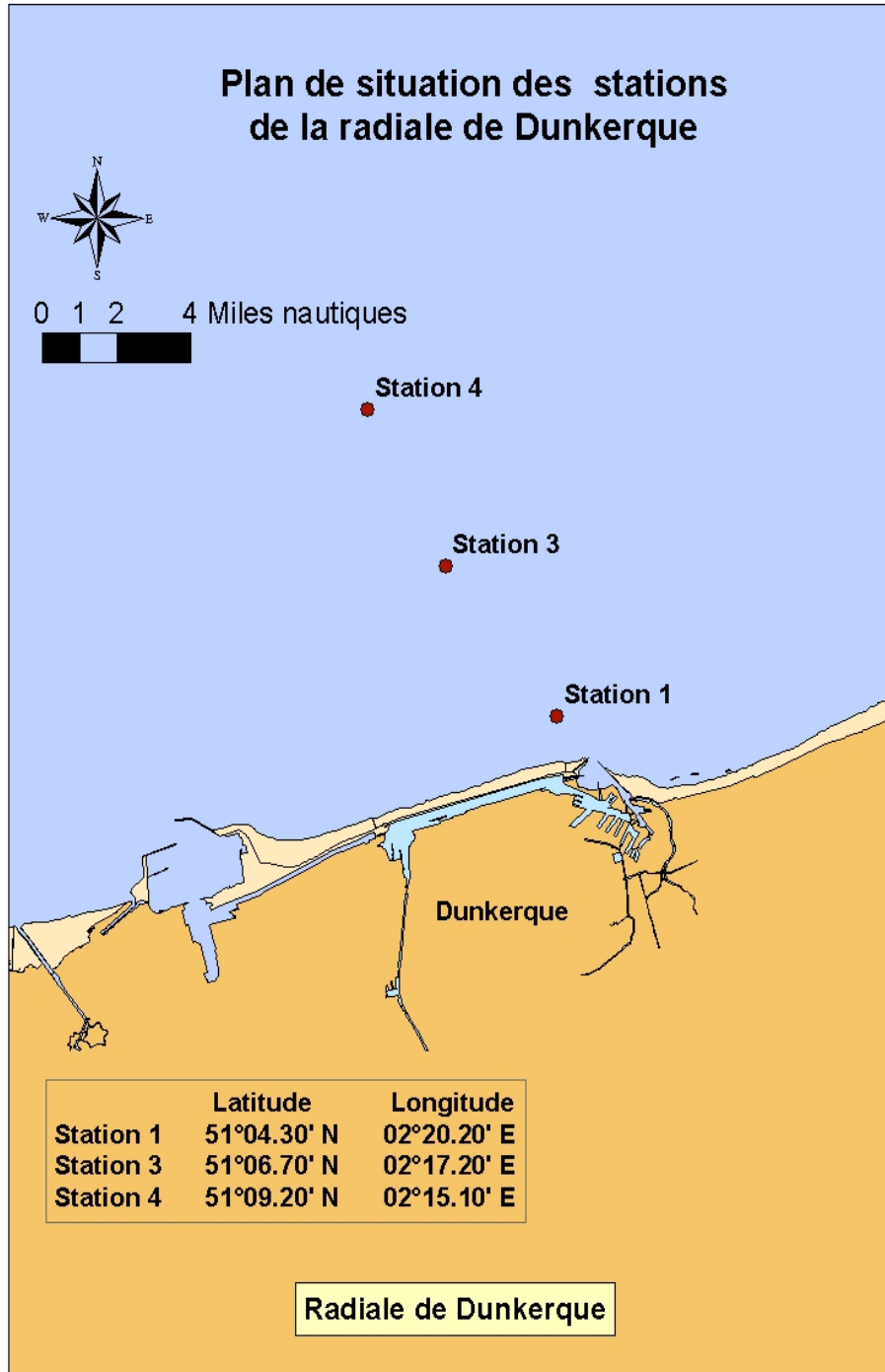


Figure 1. Localisation des points de prélèvements de la radiale de Dunkerque



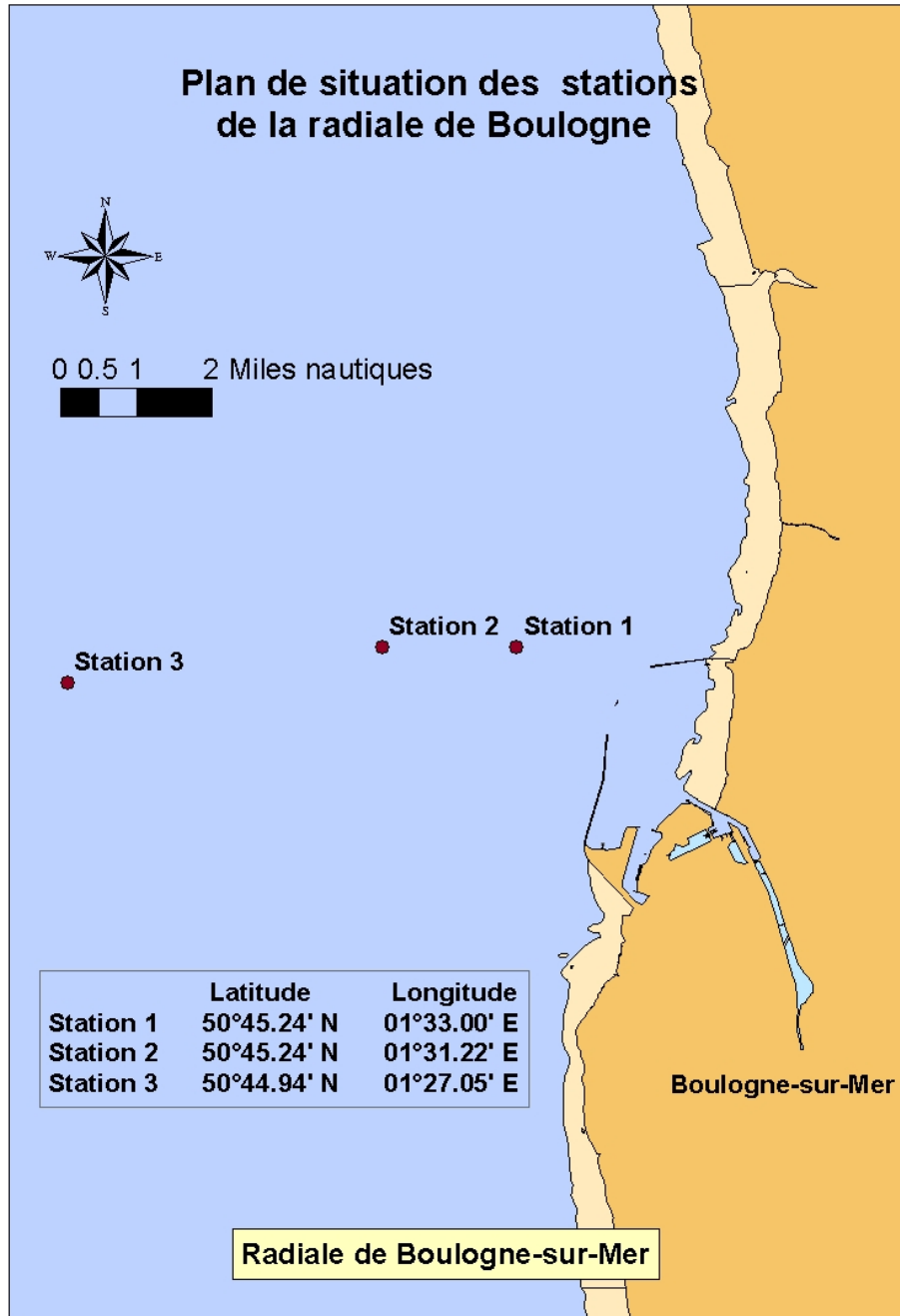


Figure 2. Localisation des points de prélèvements de la radiale de Boulogne-sur-Mer

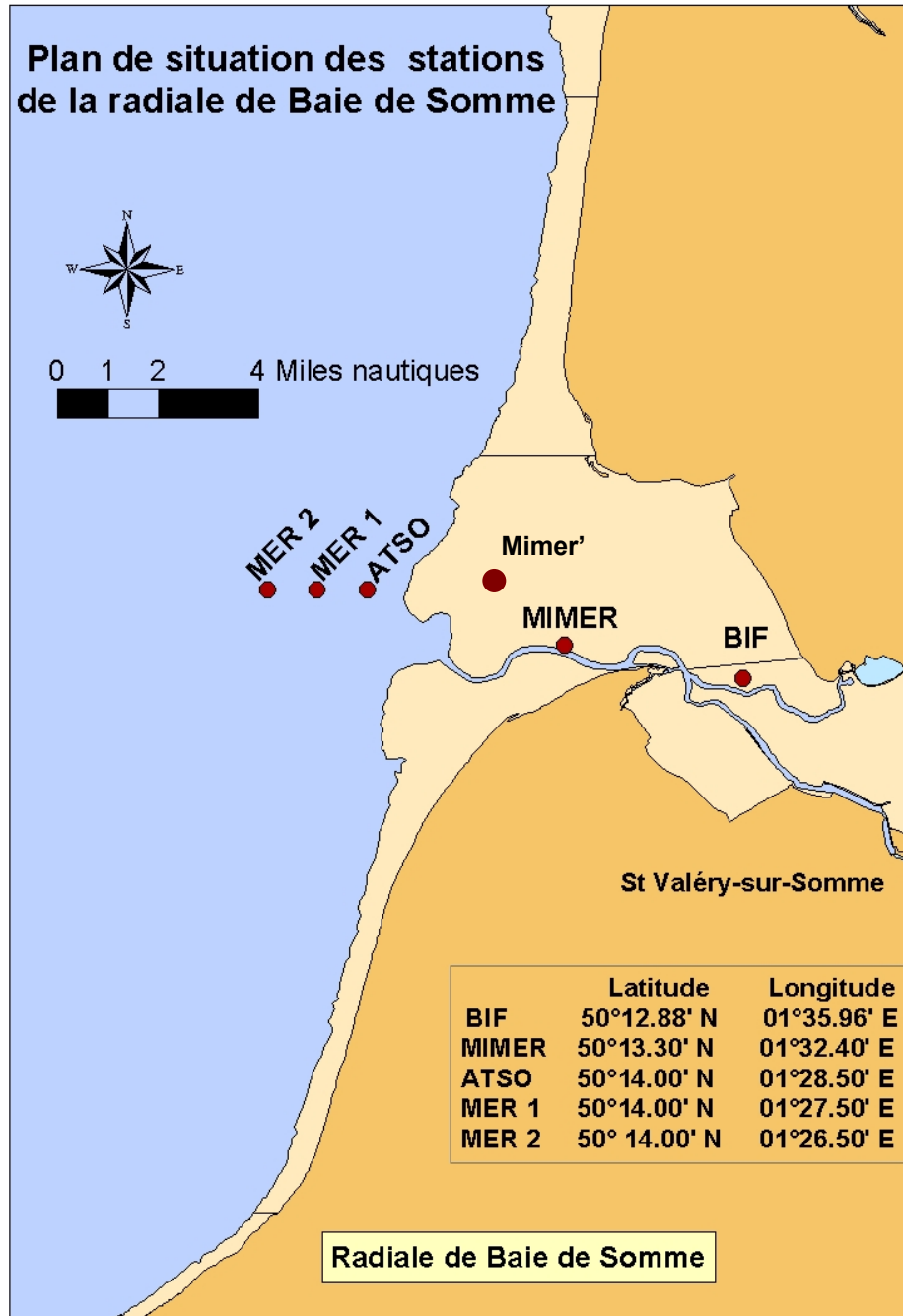


Figure 3. Localisation des points de prélèvements de la radiale de la Baie de Somme

## 2. Prélèvements et analyses

### 2.1. Fréquence des prélèvements

Les prélèvements sont mensuels mais 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 2013, comme en 2012, certaines sorties ont dû 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 I*) :

- Pour la radiale de Dunkerque : **10 sorties** ont pu être réalisées pour les trois points de prélèvement.
- Pour la radiale de Boulogne-sur-Mer : **12 sorties** ont été réalisées pour les trois points de prélèvement et **3 sorties supplémentaires** ont concerné uniquement la station 1.
- Pour la radiale de la Baie de Somme : **13 sorties** ont pu être réalisées pour les 5 stations et **2 autres** n'ont concerné que les stations Bif, Mimer et Atso.

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 **bouteille Niskin** (Figure 4). C'est une bouteille qui, une fois immergée, se referme de part et d'autre grâce à un percuteur.

L'eau est alors 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.



Figure 4.  
Bouteille à prélèvement  
d'eau de type Niskin (5L)

Pour les sels nutritifs, l'eau est pré-filtrée (maille de 50  $\mu\text{m}$ ) 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.  $\text{kg}^{-1}$  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  $\pm 0,1$  entre 5 et 25°C. En ce qui concerne la température, la plage de mesure se situe entre -5,0 et 99,9°C (précision  $\pm 0,1^\circ\text{C}$ ).

#### 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 est 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 paragraphe 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 :  $\text{NH}_3$  et  $\text{NH}_4^+$ . Au pH usuel l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) 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 **µmol/L**. Le seuil de détection est de 0,05 µmol/L.

#### 2.4.4. Phosphate

Le phosphate désigne l'ensemble des formes dissoutes de l'**ion orthophosphate** ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). 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 **µmol/L**. Le seuil de détection est de 0,05 µmol/L.

#### 2.4.5. Silicate

Le terme silicate désigne les formes dissoutes de l'**ion orthosilicates**  $\text{SiO}_4$ . Dans l'eau de mer, la forme majoritaire est l'acide orthosilicique,  $\text{Si}(\text{OH})_4$ , 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 **µmol/L**. Le seuil de détection est de 0,1 µmol/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 µg 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 °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 °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<sup>-1</sup>, 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 **µg/L** ou mg/m<sup>3</sup> (précision ± 0,01). Les seuils de détection sont respectivement de 0,04 µg/L et de 0,02 µg/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 Ütermohl 322/89-CSRU/BCM) dans le cadre des réseaux de surveillance phytoplanctonique de l'Ifremer. Les observations sont faites le plus vite possible, au moins pour les espèces cibles, et sur les deux types d'échantillons : vivants et fixés. 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.

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** (Figure 5) 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.



Figure 5.  
Sonde multiparamètres  
Ysi 6600 V2



Figure 6.  
Boîtier de contrôle de la sonde Ysi

En effet, dotée d'une autonomie assez importante (jusqu'à 75 jours), elle permet la mesure des divers paramètres présentés dans le tableau 2. La concentration en chlorophylle et la turbidité sont mesurées par des capteurs autonettoyants non affectés par les variations de la lumière ambiante.

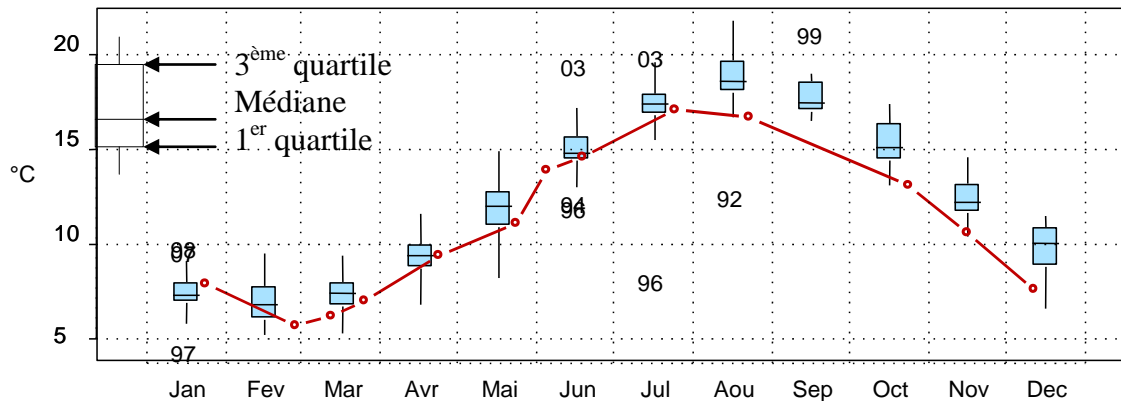
Tableau 2. Tableau récapitulatif des paramètres acquis par la sonde Ysi 6600 V2

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

#### 2.5.2.5. Interprétation des figures

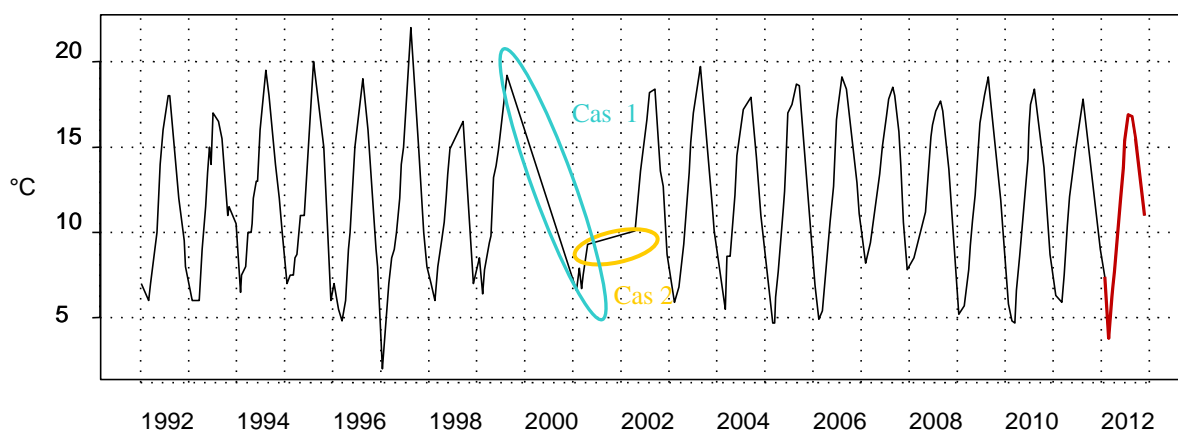
Les paramètres hydrologiques sont représentés par deux types de graphiques. D'abord, les boîtes de dispersion permettent de visualiser les variations saisonnières intégrées sur toute la période 1992 par rapport à l'année d'édition du rapport (1992-2013 pour l'exemple ci-dessous). Elles représentent les 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 suivi 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 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer.). L'évolution du paramètre lors de l'année N-1 (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 :



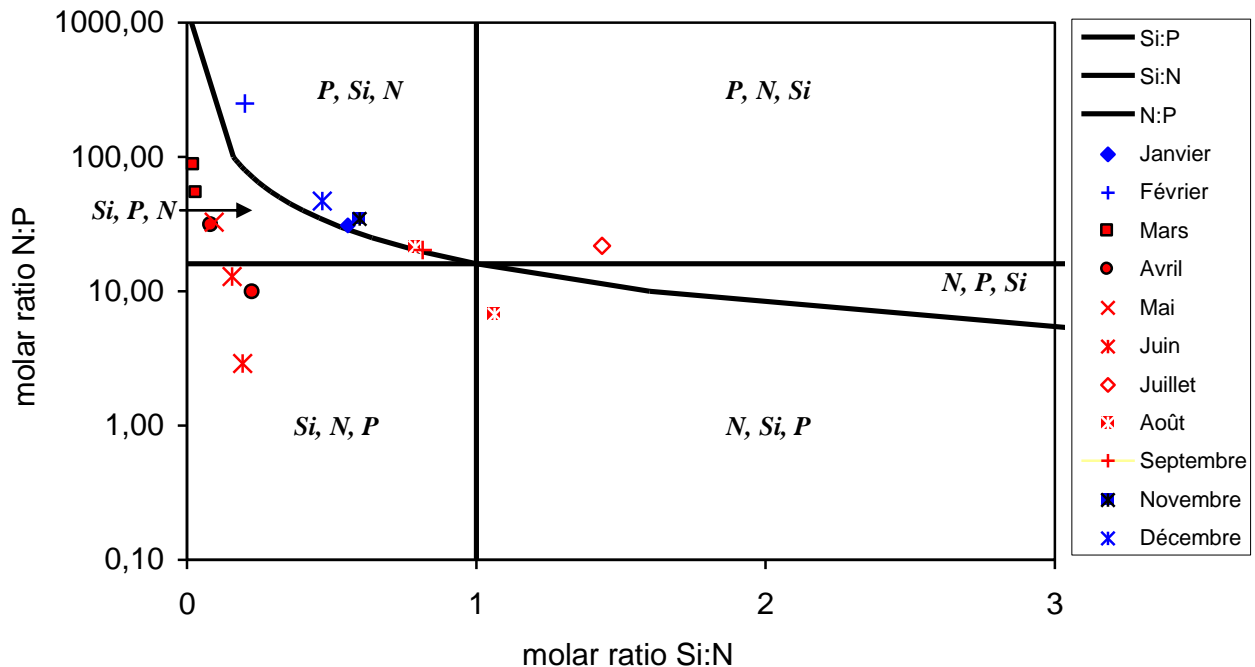
Le deuxième type de graphique illustre l'évolution à long terme du paramètre considéré, de 1992 à l'année N-1. Les valeurs de l'année étudiée sont figurées en rouge à la fin de la série temporelle. Attention : en cas d'absence de données sur une période, les points sont reliés par interpolation linéaire, 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 (en illustration ci-dessous : le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2013) 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 illustrée en rouge) de la période non productrice (novembre à février illustrée en

bleu). 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 mettre en évidence la limitation par tel ou tel nutriment, par ordre de priorité.



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 1992-2013 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

### 3. Résultats

#### 3.1. Paramètres hydrologiques

##### 3.1.1. Dunkerque

###### □ Température

Les courbes des températures moyennes mensuelles indiquent une dynamique classique pour l'ensemble des points d'échantillonnage (*Figures 7, 8 et 9*). De faibles valeurs de températures sont observées en début (de janvier à avril) 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 (1°C pour le point 1 ; 1,5°C pour le point 3 et 2°C pour le point 4).

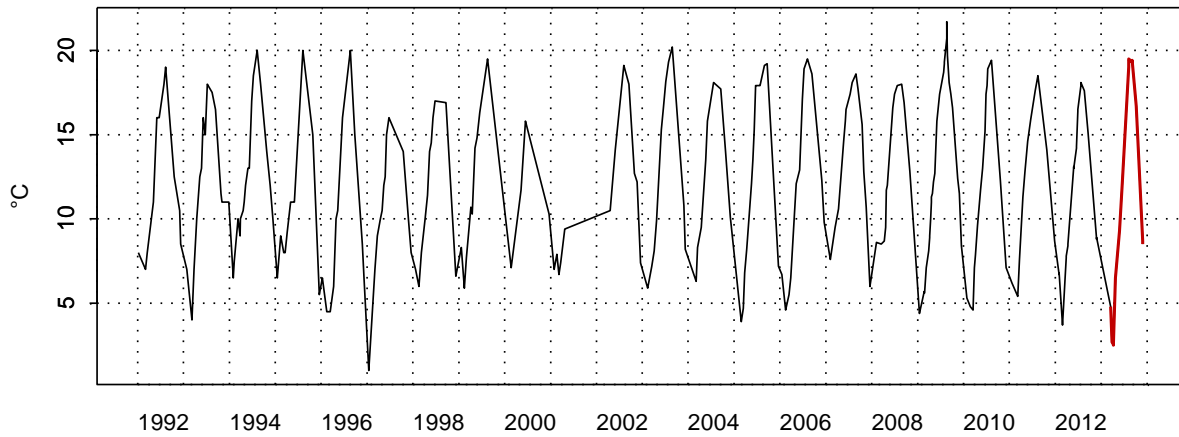
Les températures enregistrées dans les premiers mois (de janvier à avril) sont basses et rendent l'année 2013 particulière. En effet, le minima de température est enregistré pendant le mois d'avril (avec 2,5 °C pour le point côtier). La température va ensuite augmenter pour atteindre son maximum au mois d'août (19,5 °C pour le point côtier) (*Annexe 2*). Lorsqu'on compare la série obtenue en 2013 avec celle depuis 1992, on peut remarquer que les températures de l'année 2013 sont particulièrement basses. La courbe des anomalies montre des valeurs majoritairement négatives indiquant que les températures du premier semestre de 2013 étaient plus basses que la médiane de la série. En revanche, le second semestre 2013 montre des températures conformes aux années précédentes.

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 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.

Tableau 3. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour la radiale de Dunkerque sur la période 1992-2013

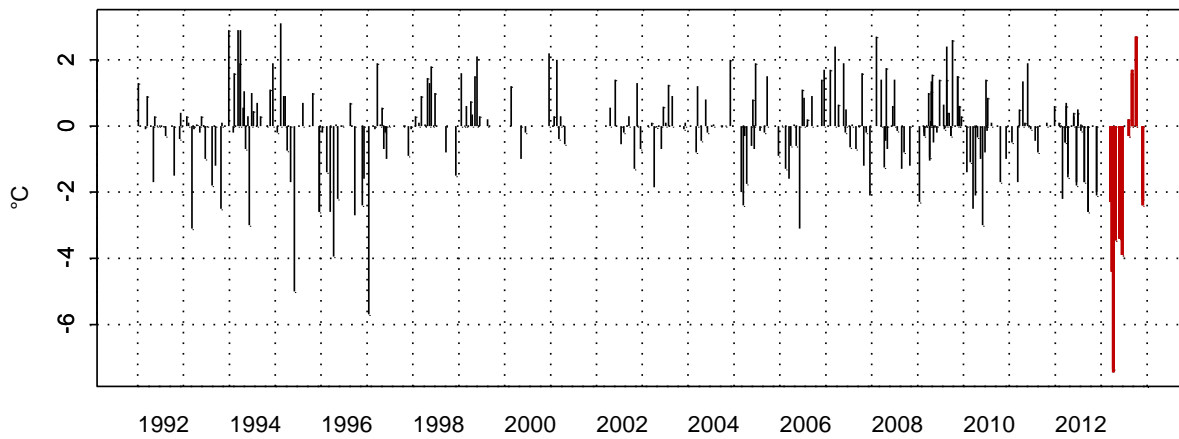
	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
DK1	1,00	8,00	11,50	11,83	4,72	16,00	21,70	288
DK3	1,50	7,80	11,00	11,54	4,49	15,38	20,00	230
DK4	2,00	7,80	11,00	11,59	4,46	15,40	22,00	221

1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - Température



1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - Anomalies Température

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2013 Température

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

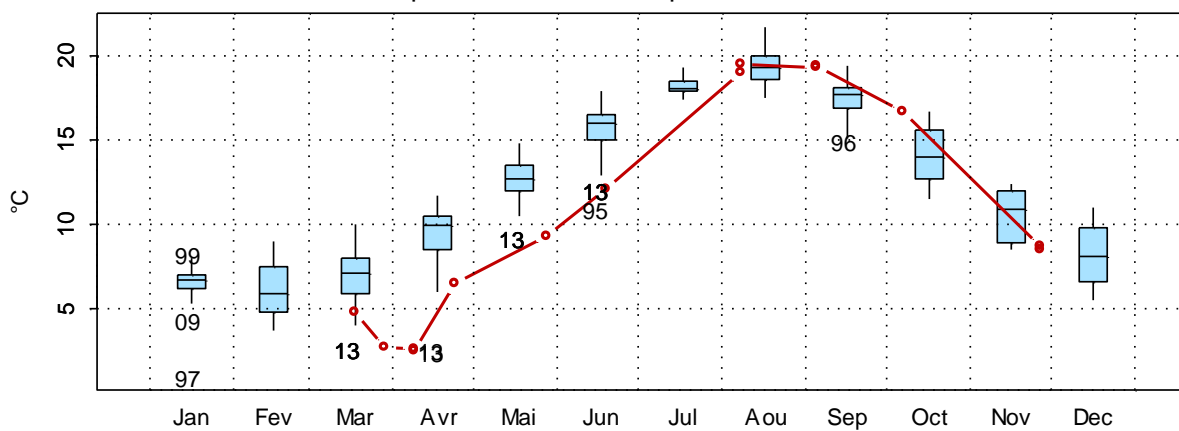


Figure 7. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque (1992-2013)

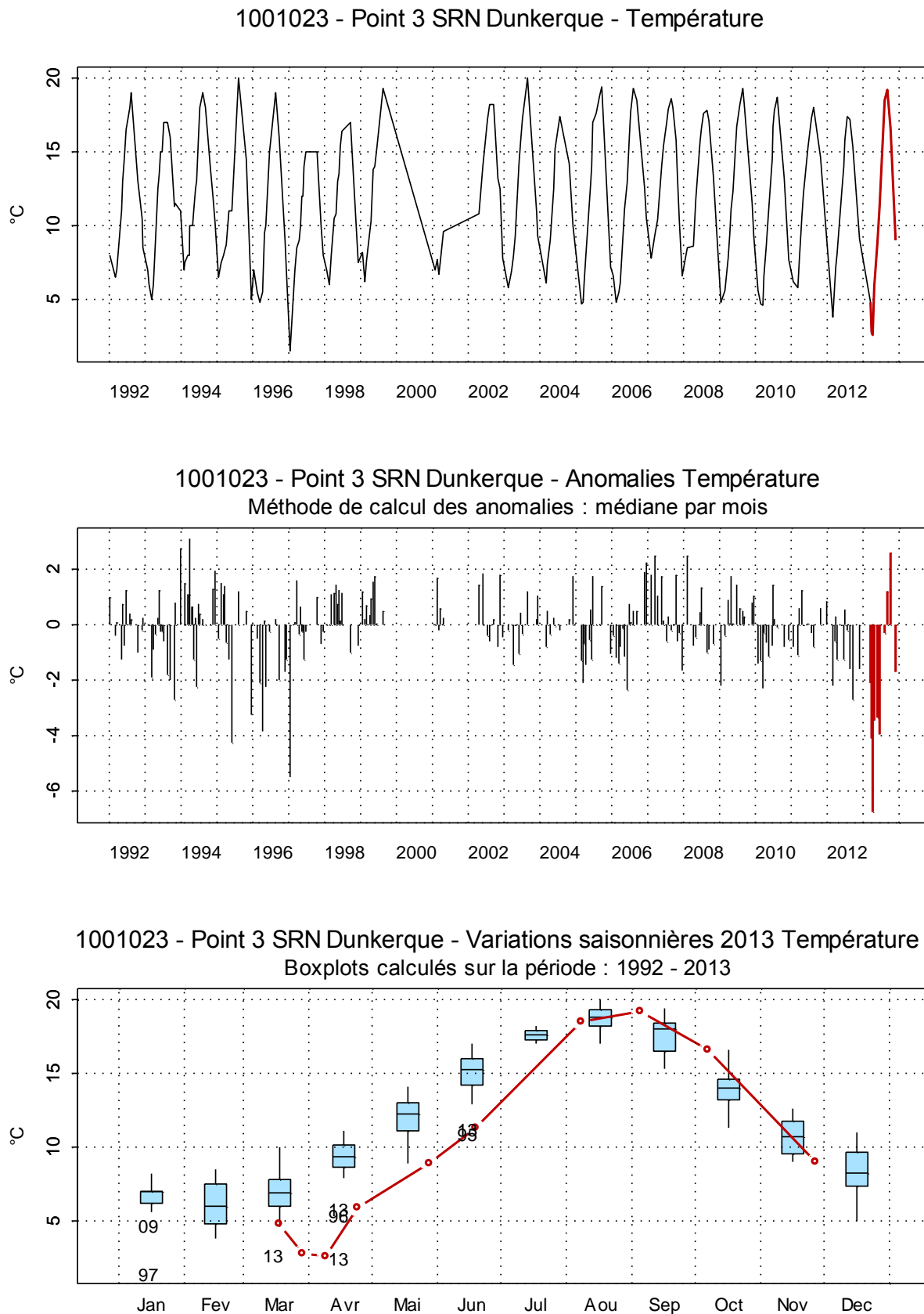
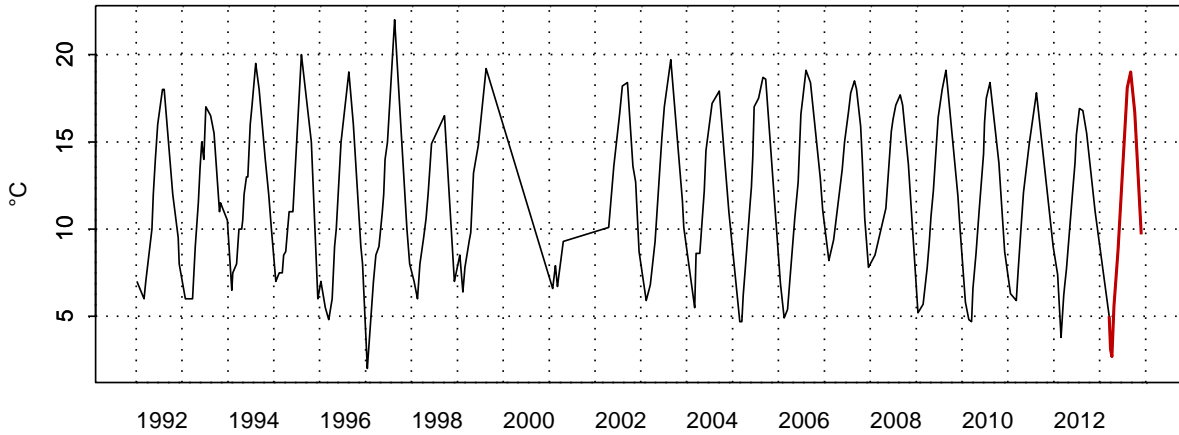


Figure 8. Dynamique pluriannuelle, des anomalies et des paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque (1992-2013)

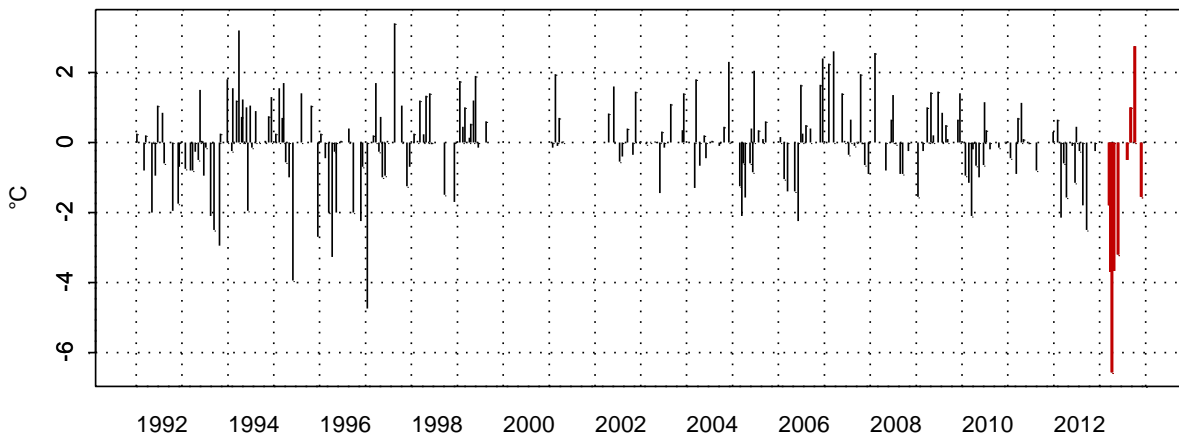


1001024 - Point 4 SRN Dunkerque - Température



1001024 - Point 4 SRN Dunkerque - Anomalies Température

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



1001024 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2013 Température

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

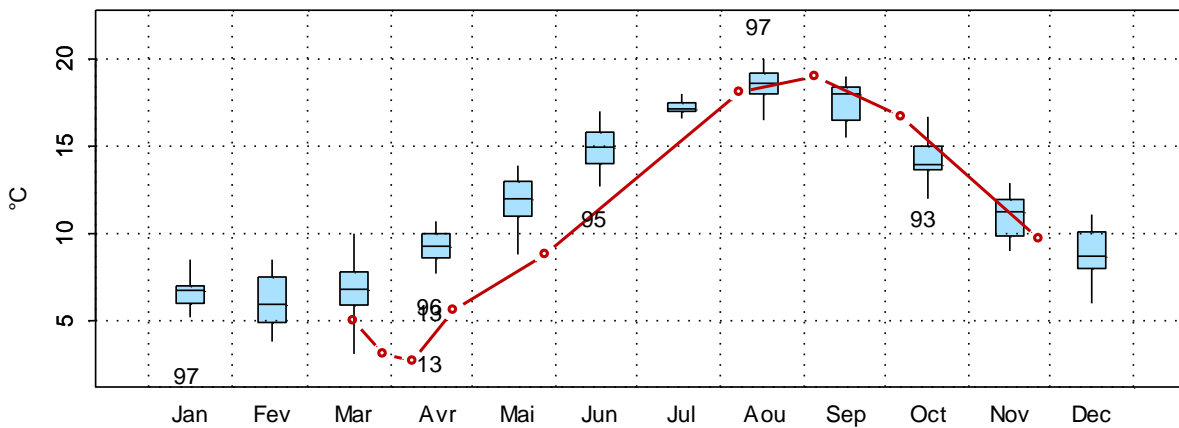


Figure 9. Dynamique pluriannuelle des anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque (1992-2013)

□ Salinité

La salinité est conforme aux valeurs fréquemment observées et est caractéristique d'un système marin côtier (*Figure 10*). Elle est comprise entre 32,2 et 35,4 au point 1 ; entre 32,7 et 35,6 au point 3 puis entre 33,2 et 35,6 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 ; elle est particulièrement basse au mois d'avril 2013.

Le gradient côte-large qui semble s'établir reste positif et compris entre 0 et 1, excepté au mois d'août où celui-ci est nul (les trois stations montrent une salinité de 33,6). On observe à cette période des salinités exceptionnellement basses au large.

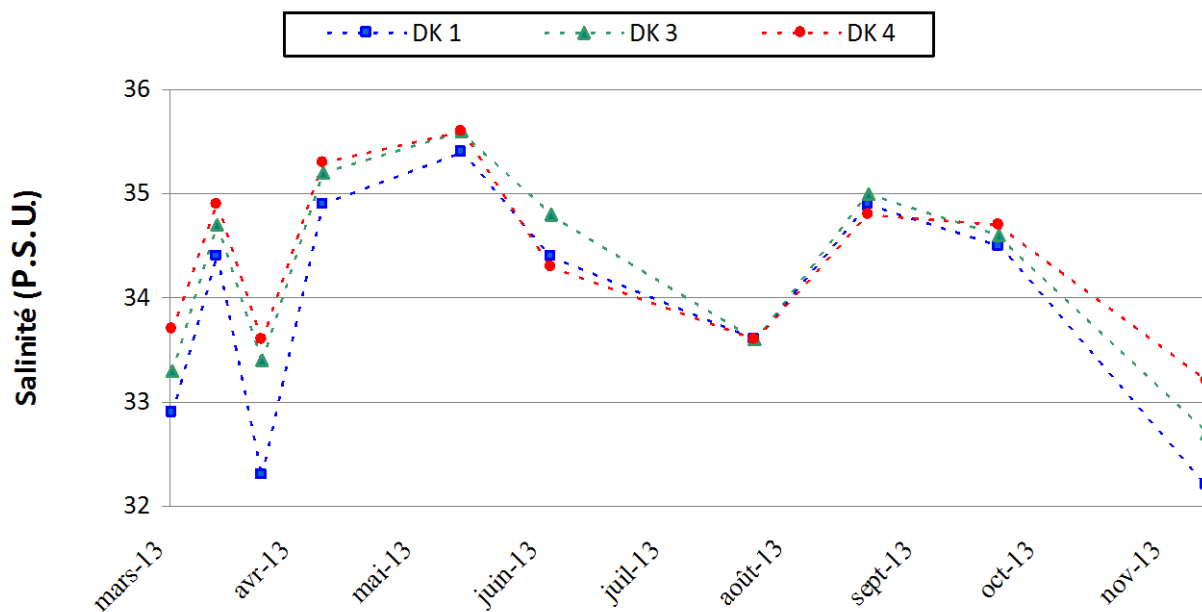


Figure 10. Évolution temporelle de la salinité (P.S.U.) sur la radiale de Dunkerque en 2013

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.

Tableau 4. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la Salinité (PSU) pour la radiale de Dunkerque sur la période 1992-2013

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
DK1	31,16	33,50	34,20	34,00	0,85	34,60	35,50	307
DK3	31,93	33,99	34,40	34,31	0,67	34,77	35,60	248
DK4	32,25	34,10	34,50	34,41	0,60	34,82	35,70	240

□ **Turbidité et Matières en suspension**

La dynamique saisonnière de la turbidité (Figure 11) est comparable à celle des matières en suspension (M.E.S., Figures 12).

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. Les eaux sont particulièrement turbides en avril avec un maximum à 63,10 NTU en station 1 de la radiale de Dunkerque. Elle est de 21,10 NTU au point 3, et de 4,36 NTU au point 4 pour le mois de mars.

Les valeurs de turbidité sont minimales en août pour les 3 stations.

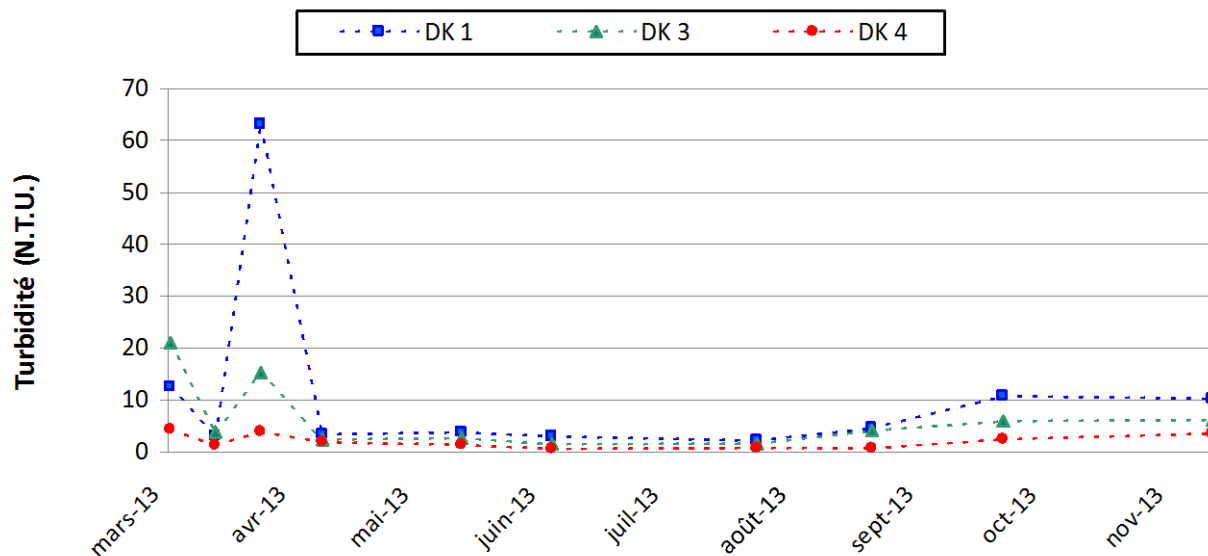


Figure 11. Évolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de Dunkerque en 2013

Tableau 5. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la Turbidité (N.T.U.) pour la radiale de Dunkerque sur la période 1992-2013

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
DK1	0,60	2,46	4,25	6,42	7,25	7,33	63,10	268
DK3	0,10	1,32	2,40	3,57	3,36	4,40	21,10	241
DK4	0,10	0,95	1,55	2,46	2,63	3,00	18,00	236

Pour les MES, les valeurs maximales sont de 95,20 mg/L en avril au point 1 ; 35,6 mg/L en mars au point 3 et 28 mg/L en juin au point 4.

Les valeurs minimales sont atteintes en août avec une concentration de 3,3 mg/L, 5,5 mg/L et 1,8 mg /L qui est observée de la côte vers le large.

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. Certaines activités anthropiques peuvent également être responsables d'une augmentation de la turbidité ou de la charge en MES, comme les activités de dragage du port de Dunkerque.

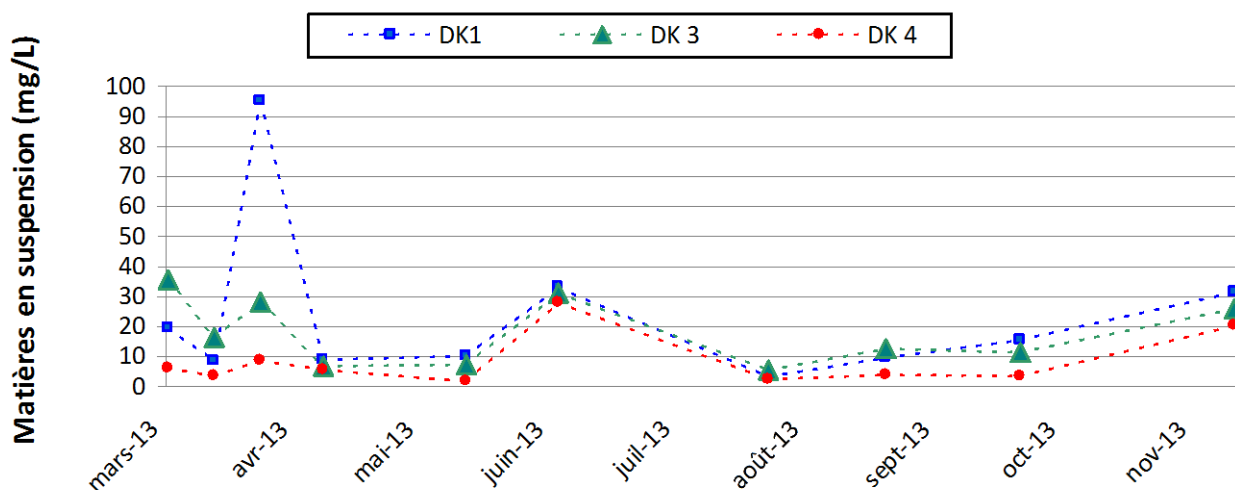


Figure 12. Évolution temporelle des matières en suspension (mg/L) sur la radiale de Dunkerque en 2013

Les différences de turbidité et de M.E.S. entre la côte et le large sont comprises respectivement entre -59,15 et -1,37 N.T.U. et entre -86,5 mg/L et -0,9 mg/L indiquant que les eaux côtières sont bien plus turbides que celles du large sur la radiale.

Tableau 6. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour les MES (mg/L) pour la radiale de Dunkerque sur la période 1992-2013

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
DK1	1,60	5,63	9,00	13,19	11,47	16,65	95,20	250
DK3	0,60	3,60	6,35	8,68	7,60	11,40	46,00	240
DK4	0,30	2,20	4,00	5,87	6,02	6,80	39,00	231

□ Matières organiques

De manière générale, la proportion en matière organique dans les matières en suspension augmente en s'éloignant du littoral, les valeurs les plus hautes sont le plus souvent celles du point 4. C'est pendant la période productive que la proportion en matière organique est la plus haute ; à l'inverse, pendant la période hivernale, les matières en suspension contiennent très peu de matière organique.

Les maxima sont relevés en août pour le point côtier (42 %), en avril pour le point intermédiaire (52 %) et en mai (66 %) pour le point au large.

Les minima sont compris entre 16 % et 19 % pour les 3 points et pendant la période hivernale.

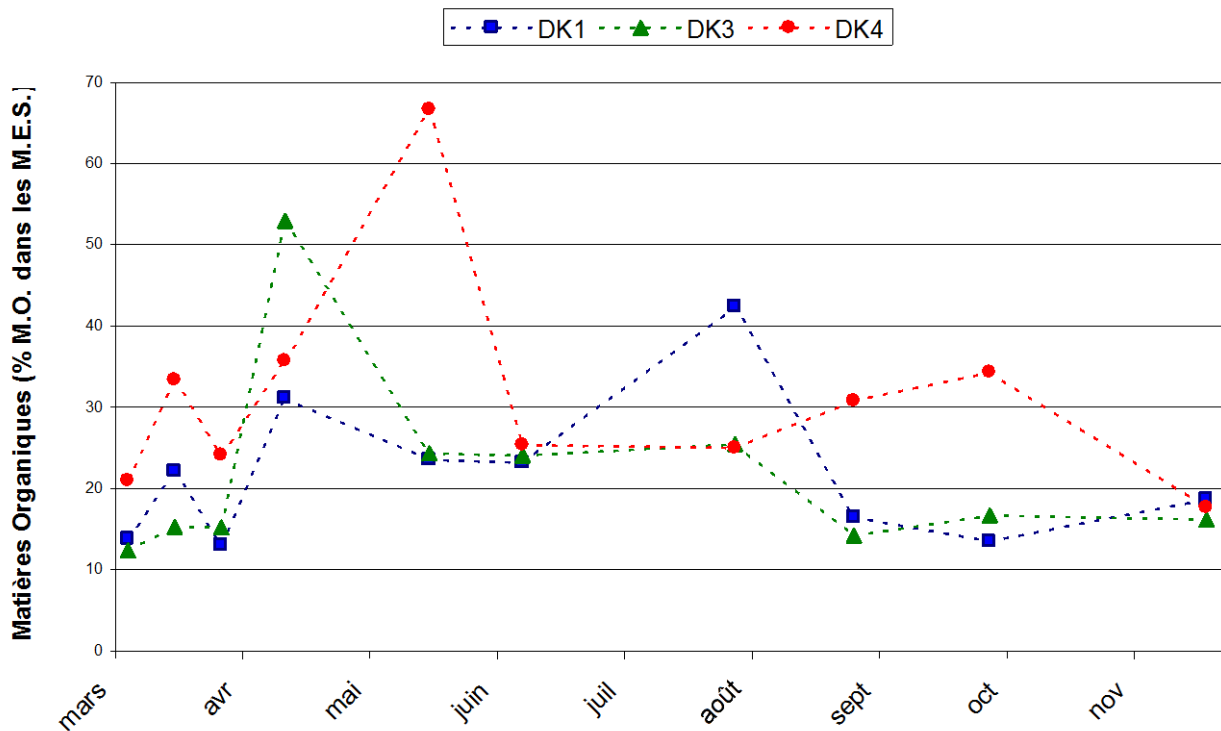


Figure 13. Évolution temporelle de la teneur en matière organique (%) dans les matières en suspension sur la radiale de Dunkerque en 2013

□ **Ammonium**

La dynamique pluriannuelle de 1992 à 2013 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 2013 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*).

Malgré une concentration de 6,29  $\mu\text{mol/L}$  en avril sur le point 1 de la radiale de dunkerque, les valeurs pour l'année 2013 restent globalement inférieures à la moyenne générale depuis 1992. Le gradient côte-large est compris entre -6,10 et -0,11  $\mu\text{mol/L}$  indiquant que les concentrations à la côte sont les plus importantes.

Tableau 8. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en Ammonium ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour la radiale de Dunkerque sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>DK1</b>	0,15	0,93	2,36	2,99	3,12	4,11	29,40	270
<b>DK3</b>	0,15	0,42	1,40	1,83	1,72	2,82	11,20	248
<b>DK4</b>	0,15	0,40	1,50	1,88	1,79	2,80	9,40	239

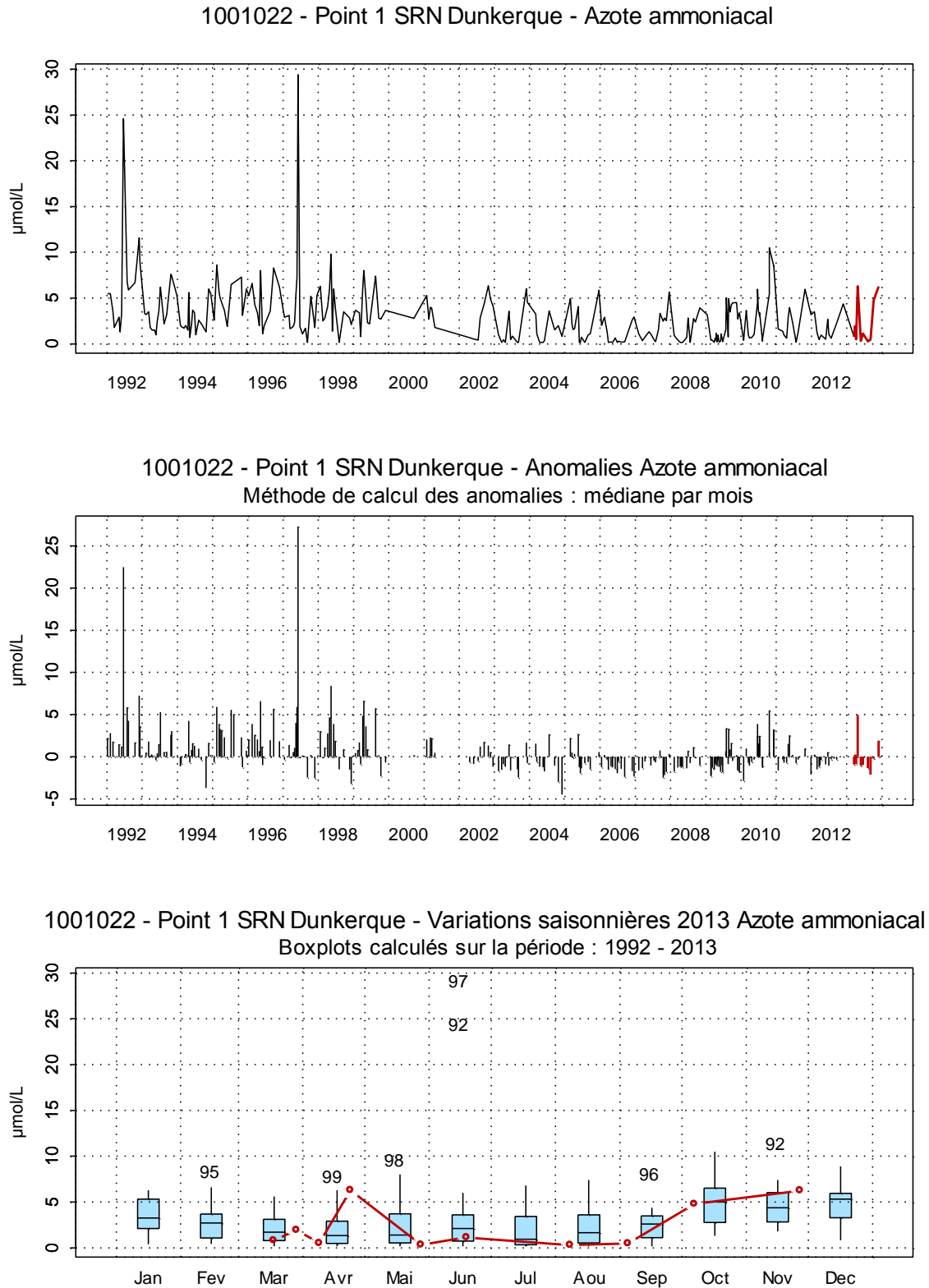
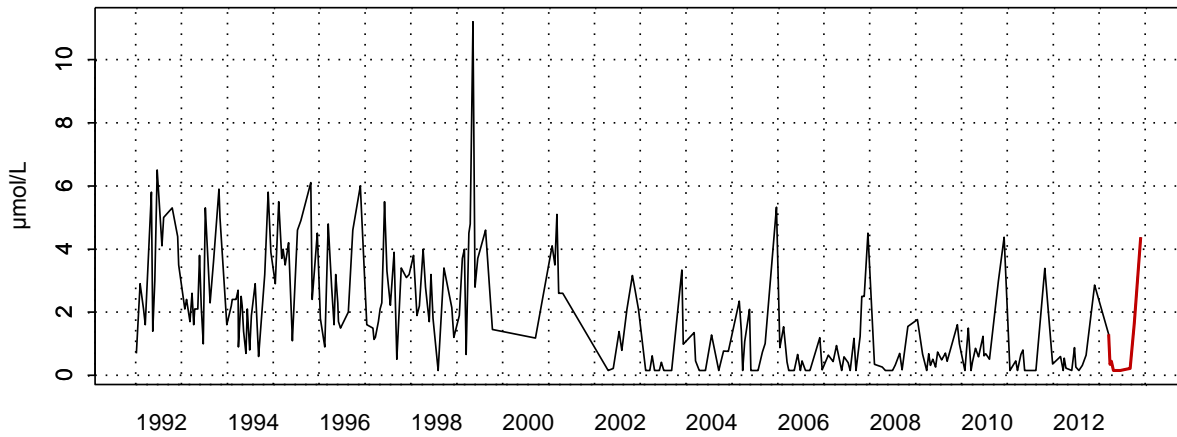


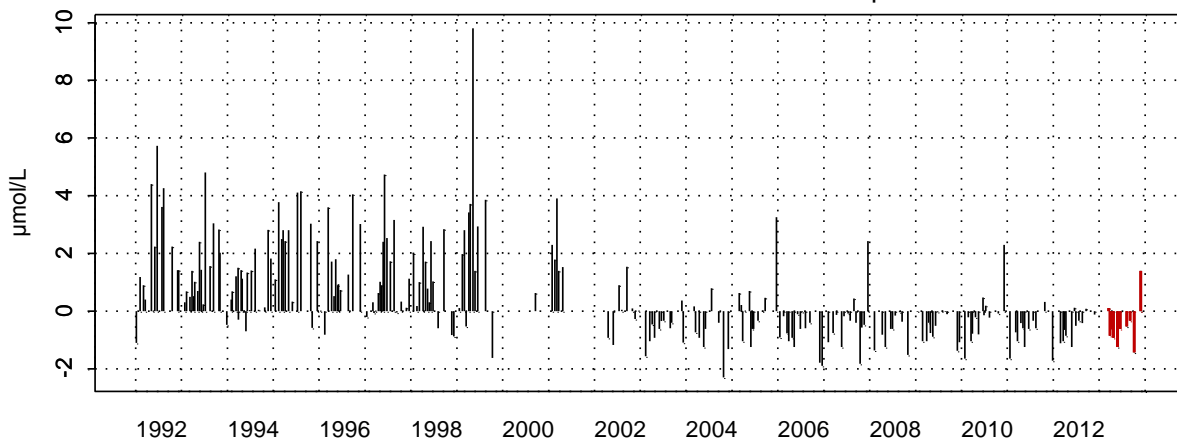
Figure 14. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2013

1001023 - Point 3 SRN Dunkerque - Azote ammoniacal



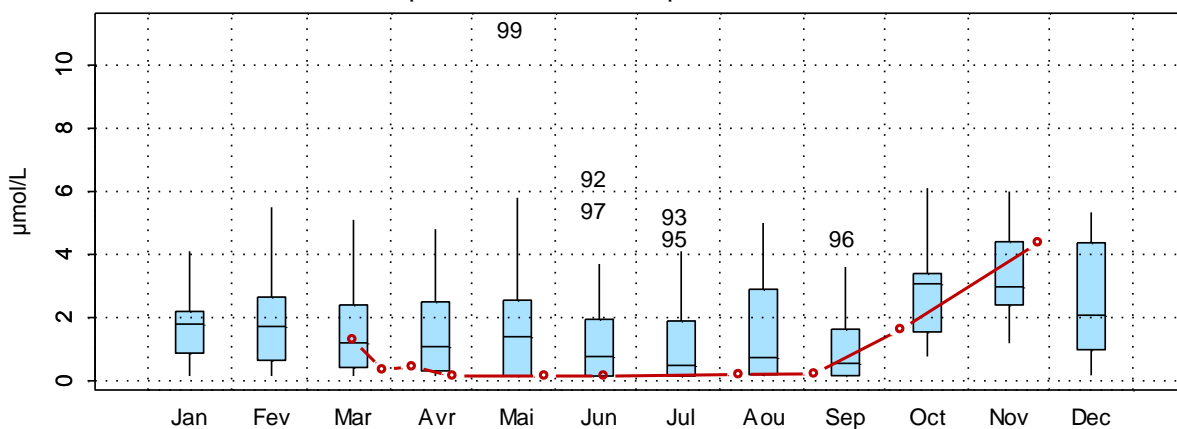
1001023 - Point 3 SRN Dunkerque - Anomalies Azote ammoniacal

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



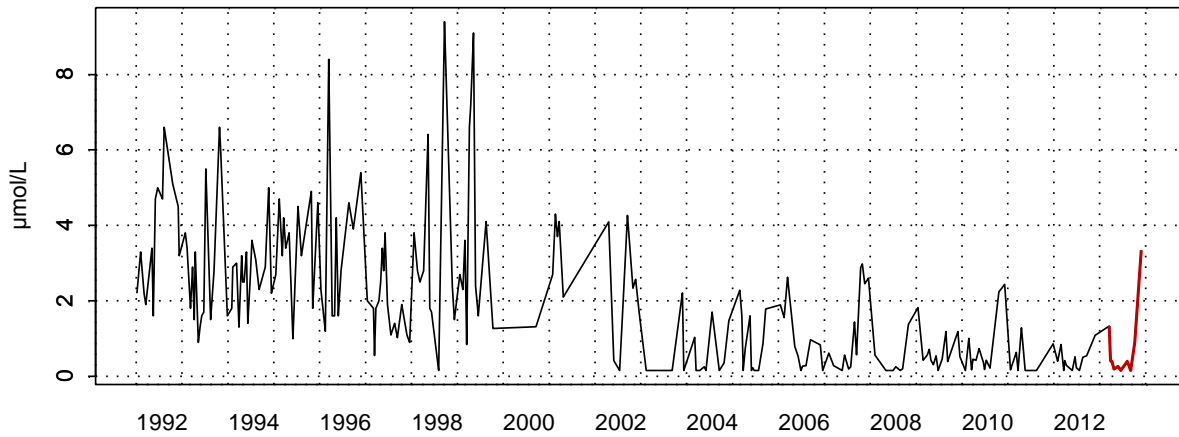
1001023 - Point 3 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2013 Azote ammoniacal

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

Figure 15. Dynamique pluriannuelle, 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 1992-2013

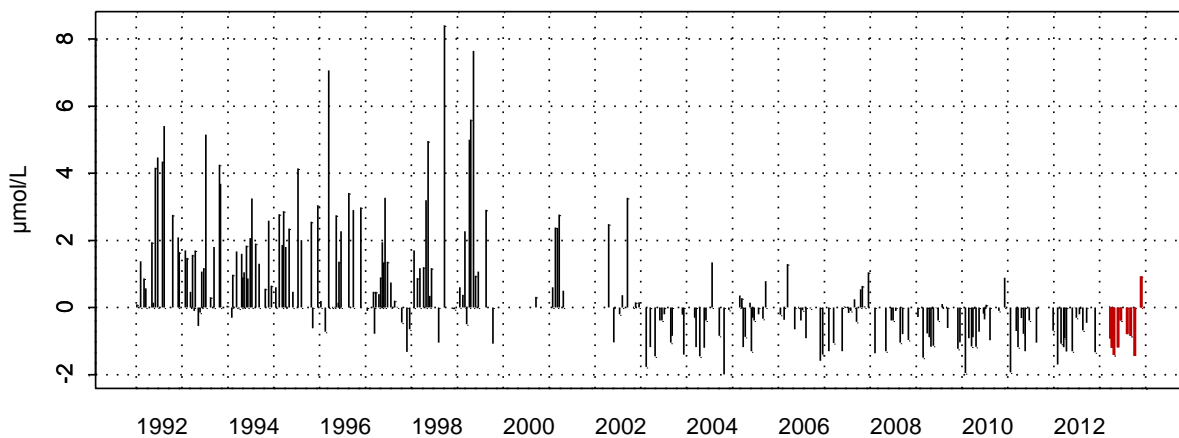


1001024 - Point 4 SRN Dunkerque - Azote ammoniacal



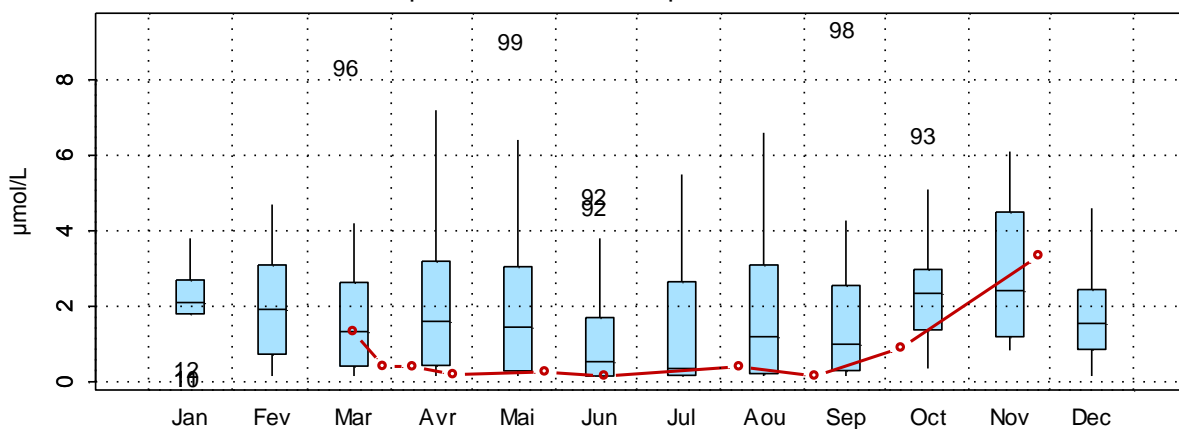
1001024 - Point 4 SRN Dunkerque - Anomalies Azote ammoniacal

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



1001024 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2013 Azote ammoniacal

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

Figure 16. Dynamique pluriannuelle, 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 1992-2013

□ **Nitrite**

Les concentrations en nitrite présentent des fluctuations importantes d'une année à l'autre ; néanmoins on constate globalement une diminution des concentrations depuis 1992. 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 ( $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ ).

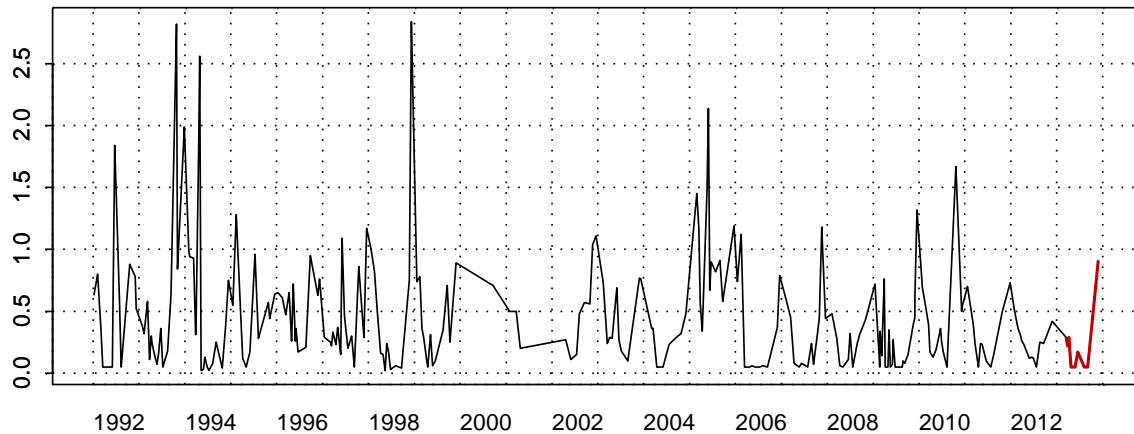
L'évolution saisonnière moyenne des nitrites présente de plus fortes concentrations en période automnale et hivernale (une moyenne de 0,45  $\mu\text{mol/L}$  pour les mois de septembre, octobre et novembre, pour le point 1 de la radiale de Dunkerque) contrairement au printemps et en été (où les teneurs sont en moyenne de 0,11  $\mu\text{mol/L}$  sur la période juin-août 2013 pour Dunkerque 1).

En 2013, les variations saisonnières sont similaires à celles observées depuis 1992. Les anomalies présentent des valeurs plutôt faibles. Cependant, on remarque des concentrations exceptionnellement élevées en avril et en juin pour les points de la radiale (respectivement : 0,29  $\mu\text{mol/L}$  et 0,17  $\mu\text{mol/L}$  pour le point 1 ; 0,38  $\mu\text{mol/L}$  et 0,43  $\mu\text{mol/L}$  pour le point 4 ; *Figures 17, 18, 19*). Les maxima sont atteints en novembre avec des valeurs de 0,91  $\mu\text{mol/L}$  pour le point côtier, 0,64  $\mu\text{mol/L}$  pour le point intermédiaire et 0,64  $\mu\text{mol/L}$  pour le point au large.

Tableau 8. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en Nitrites ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour la radiale de Dunkerque sur la période 1992-2013

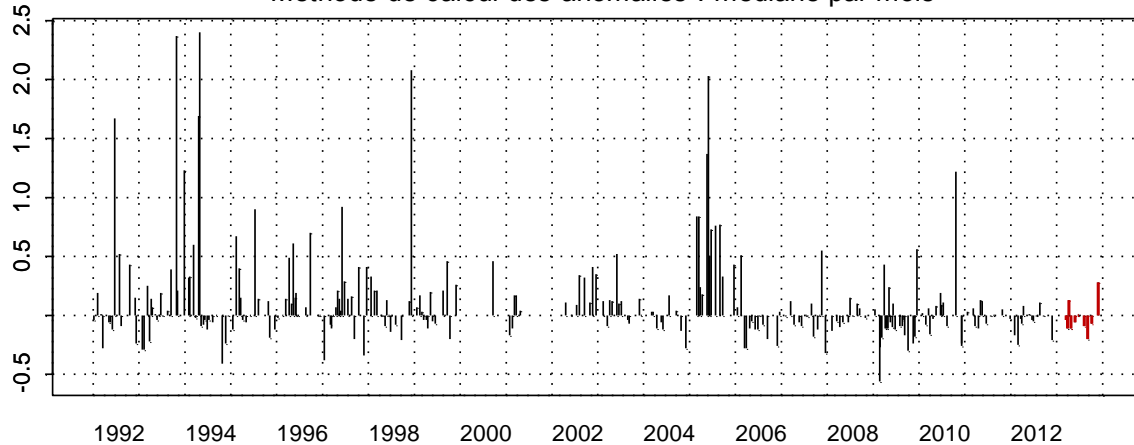
	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>DK1</b>	0,20	0,11	0,29	0,43	0,45	0,60	2,84	265
<b>DK3</b>	0,01	0,05	0,21	0,34	0,36	0,51	2,40	249
<b>DK4</b>	0,02	0,05	0,21	0,36	0,45	0,50	3,78	240

1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - NO2



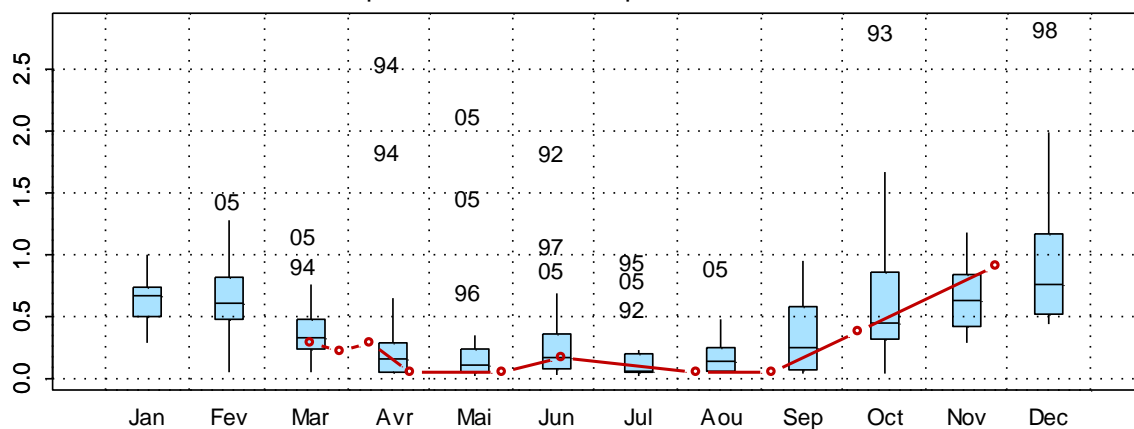
1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - Anomalies NO2

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois

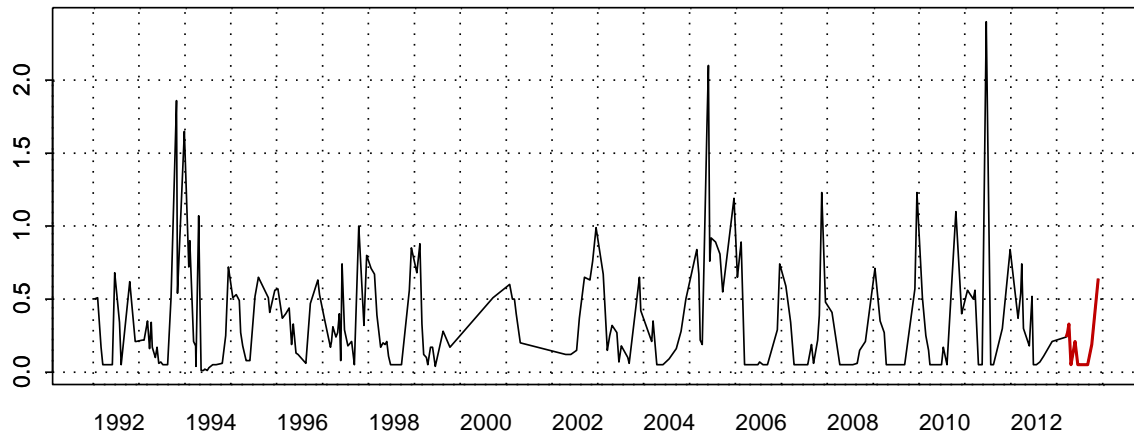
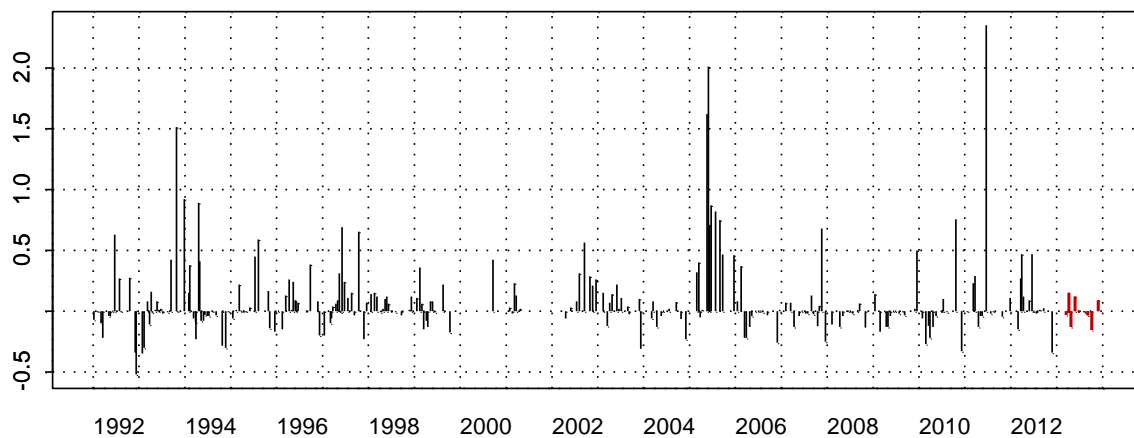
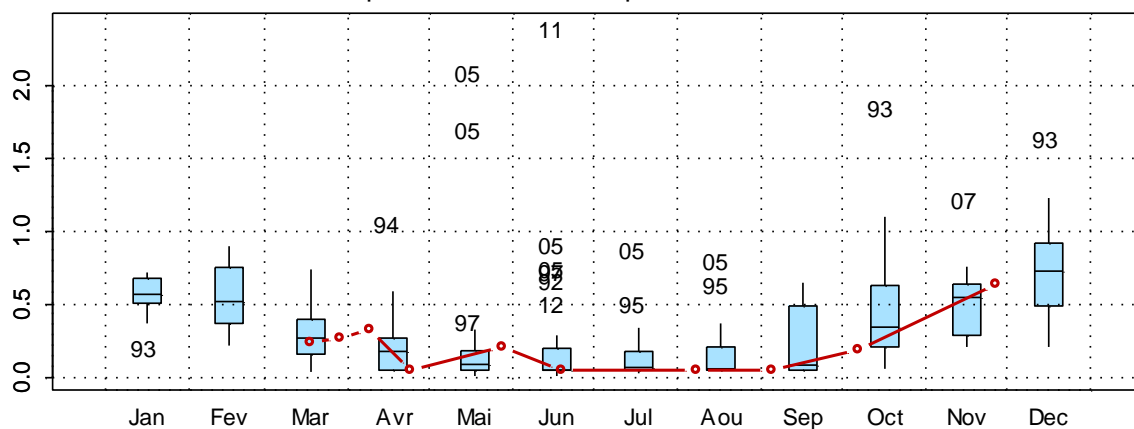


1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2013 NO2

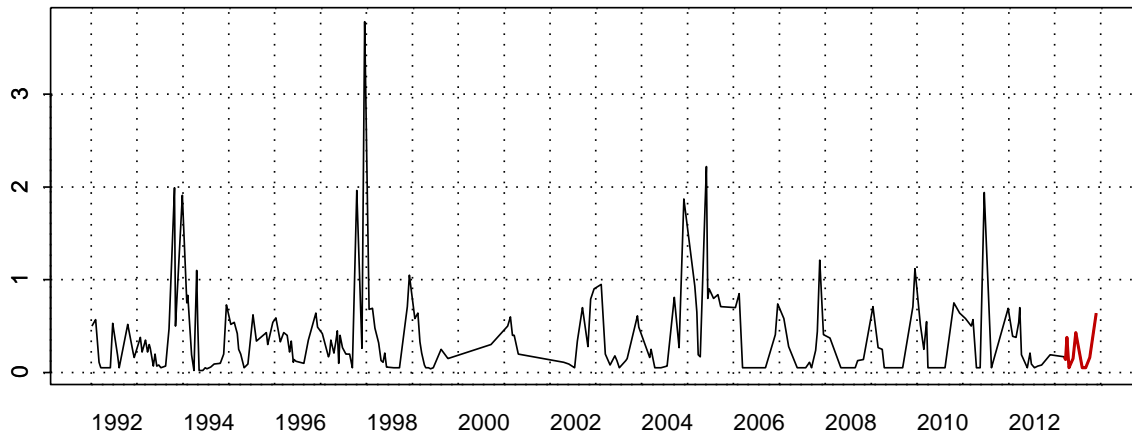
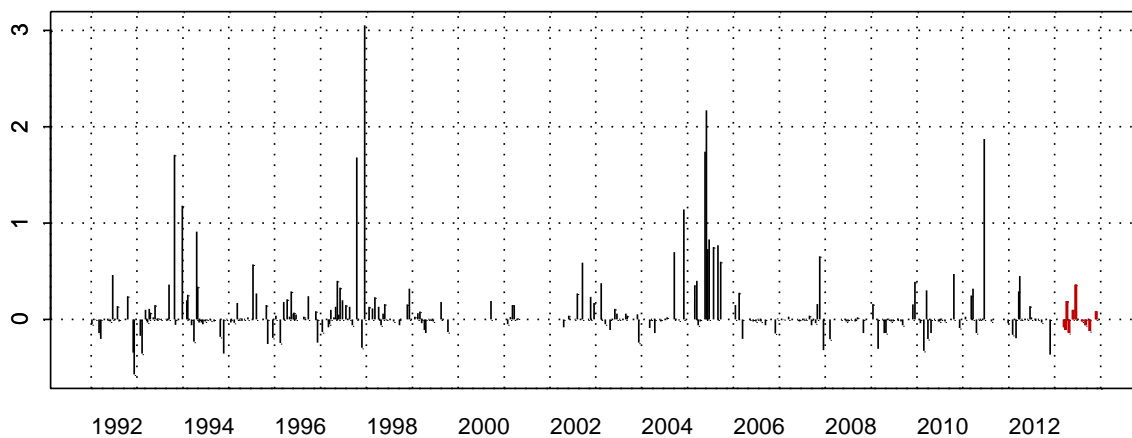
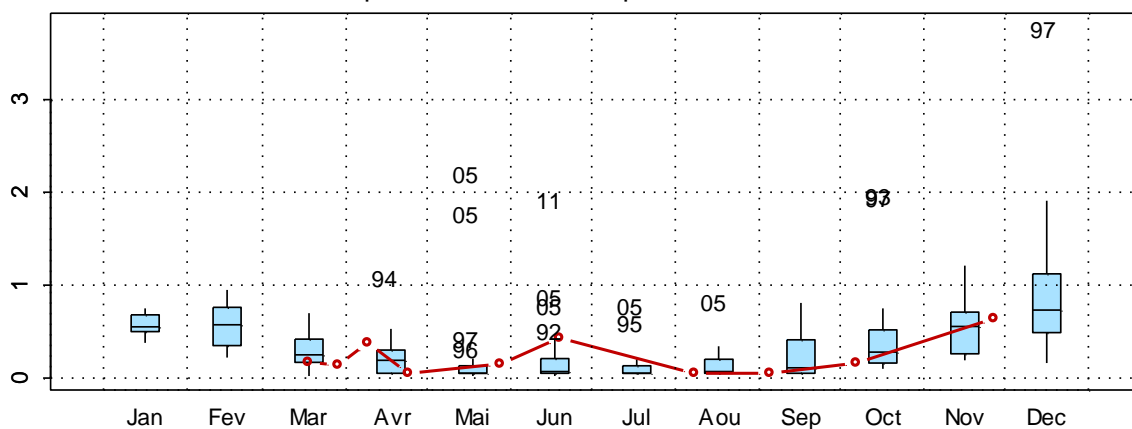
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

Figure 17. Dynamique pluriannuelle, 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 1992-2013

1001023 - Point 3 SRN Dunkerque - NO2

1001023 - Point 3 SRN Dunkerque - Anomalies NO2  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois1001023 - Point 3 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2013 NO2  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013Figure 18. Dynamique pluriannuelle, 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 1992-2013

1001024 - Point 4 SRN Dunkerque - NO2

1001024 - Point 4 SRN Dunkerque - Anomalies NO2  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois1001024 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2013 NO2  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013Figure 19. Dynamique pluriannuelle, 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 1992-2013

□ **Nitrate**

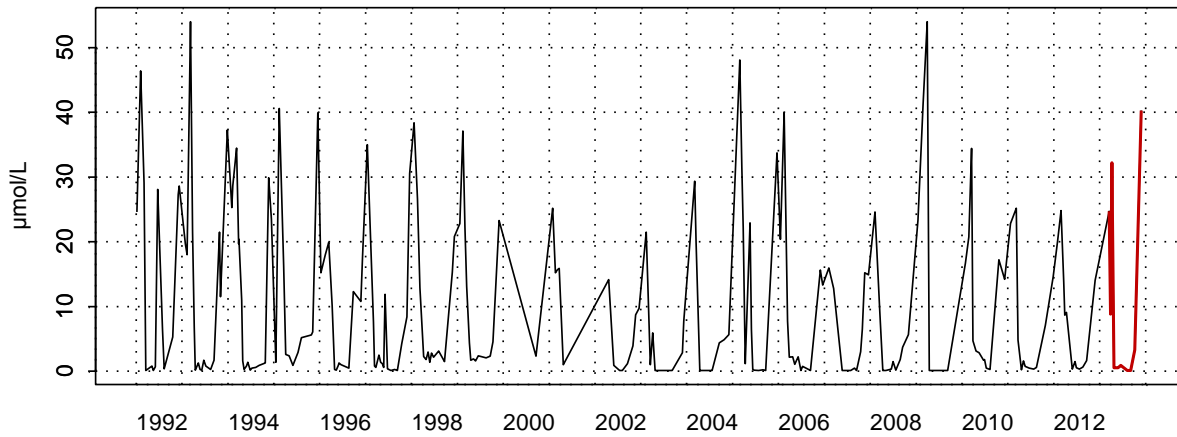
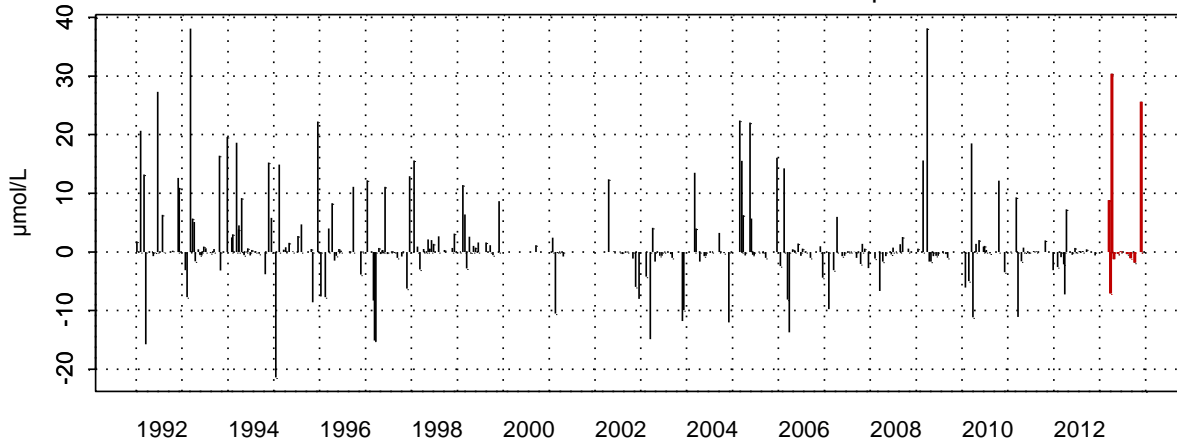
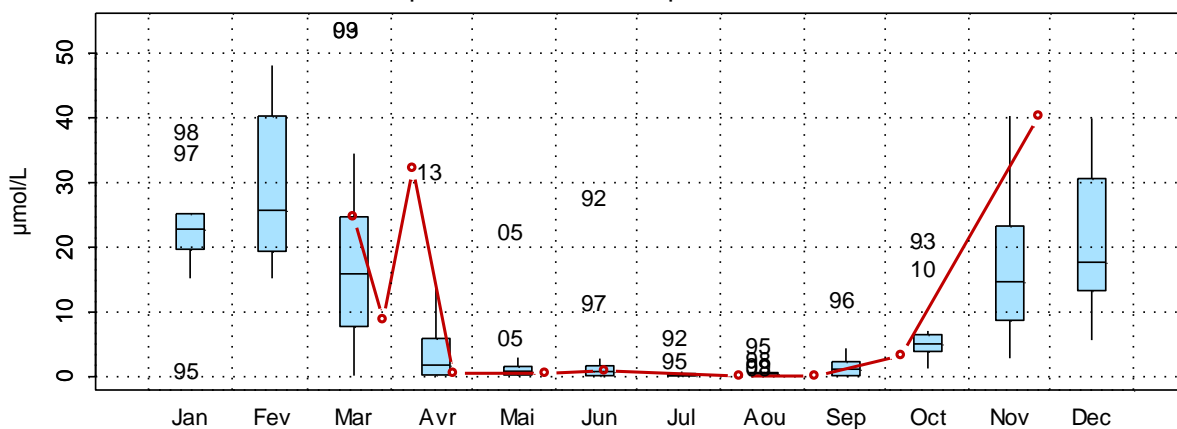
La courbe d'évolution du nitrate suit celle des nitrites (*Figures 20, 21 et 22*).

La dynamique saisonnière de l'année 2013 suit la tendance observée depuis 1992. Les concentrations maximales sont observées en novembre (avec 40,29  $\mu\text{mol/L}$  au point 1 ; 28,57  $\mu\text{mol/L}$  pour le point 3 et 24,93  $\mu\text{mol/L}$  pour le point 4). Les concentrations minimales quant à elles sont enregistrées de mai à août avec notamment des valeurs inférieures au seuil de détection ( $< 0,15 \mu\text{mol/L}$ ) pour l'ensemble des points de la radiale. A partir du mois d'octobre, les concentrations augmentent à nouveau jusqu'en décembre.

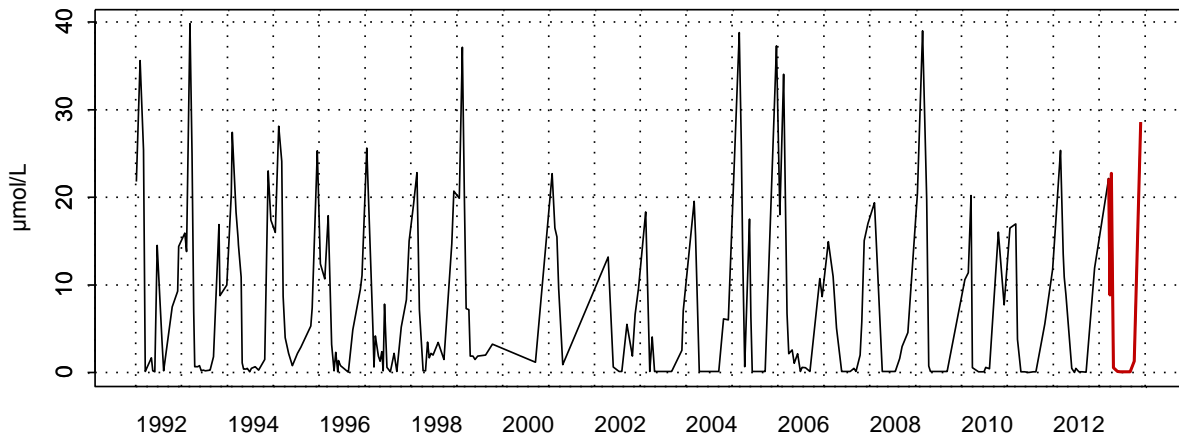
Tableau 10: Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) la radiale de Dunkerque sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>DK1</b>	0,10	0,51	2,70	9,39	12,12	15,69	54,01	250
<b>DK3</b>	0,00	0,18	2,20	7,25	9,29	12,18	39,80	248
<b>DK4</b>	0,00	0,39	2,29	6,90	8,70	11,30	40,64	236

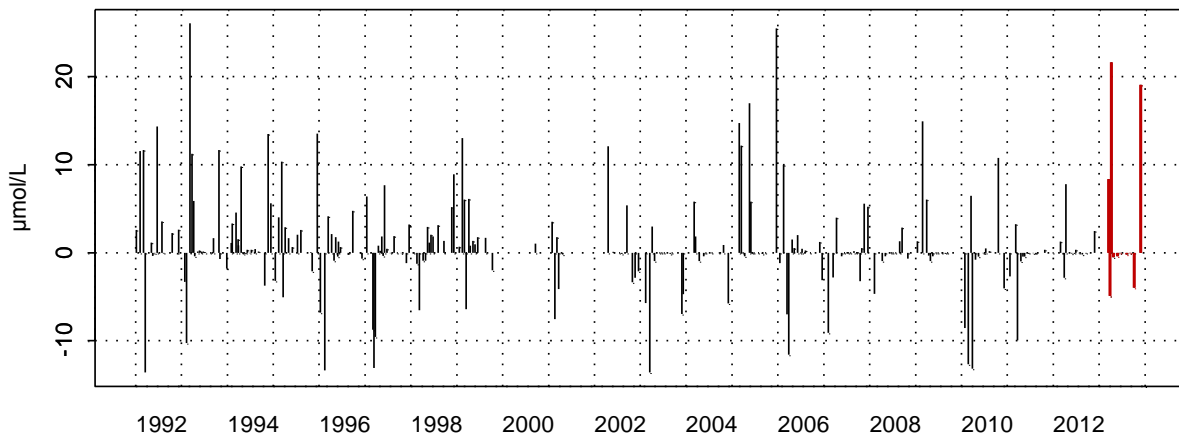
1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - Azote nitrique (nitrate)

1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - Anomalies Azote nitrique (nitrate)  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2013 Azote nitrique (nitrate)  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013Figure 20. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2013

1001023 - Point 3 SRN Dunkerque - Azote nitrique (nitrate)



1001023 - Point 3 SRN Dunkerque - Anomalies Azote nitrique (nitrate)  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



1001023 - Point 3 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2013 Azote nitrique (nitrate)  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

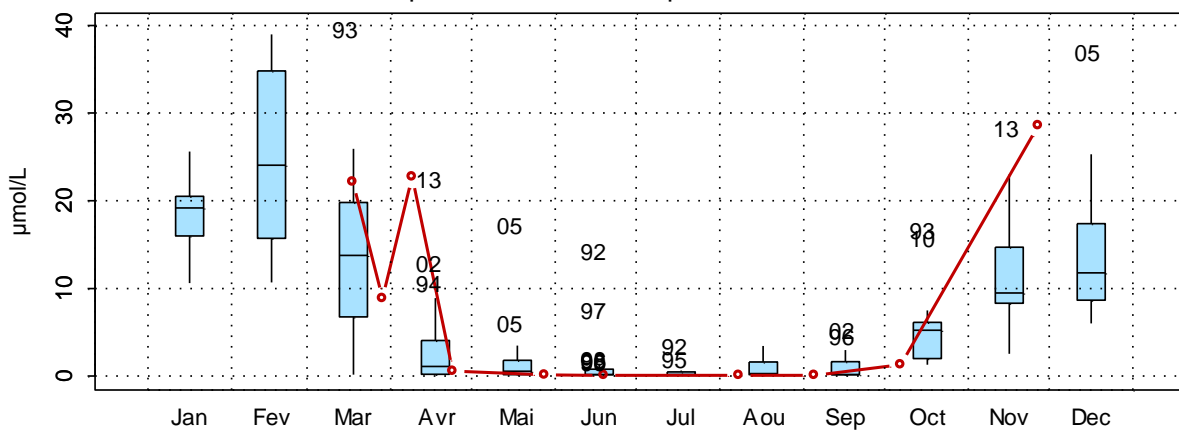


Figure 21. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2013



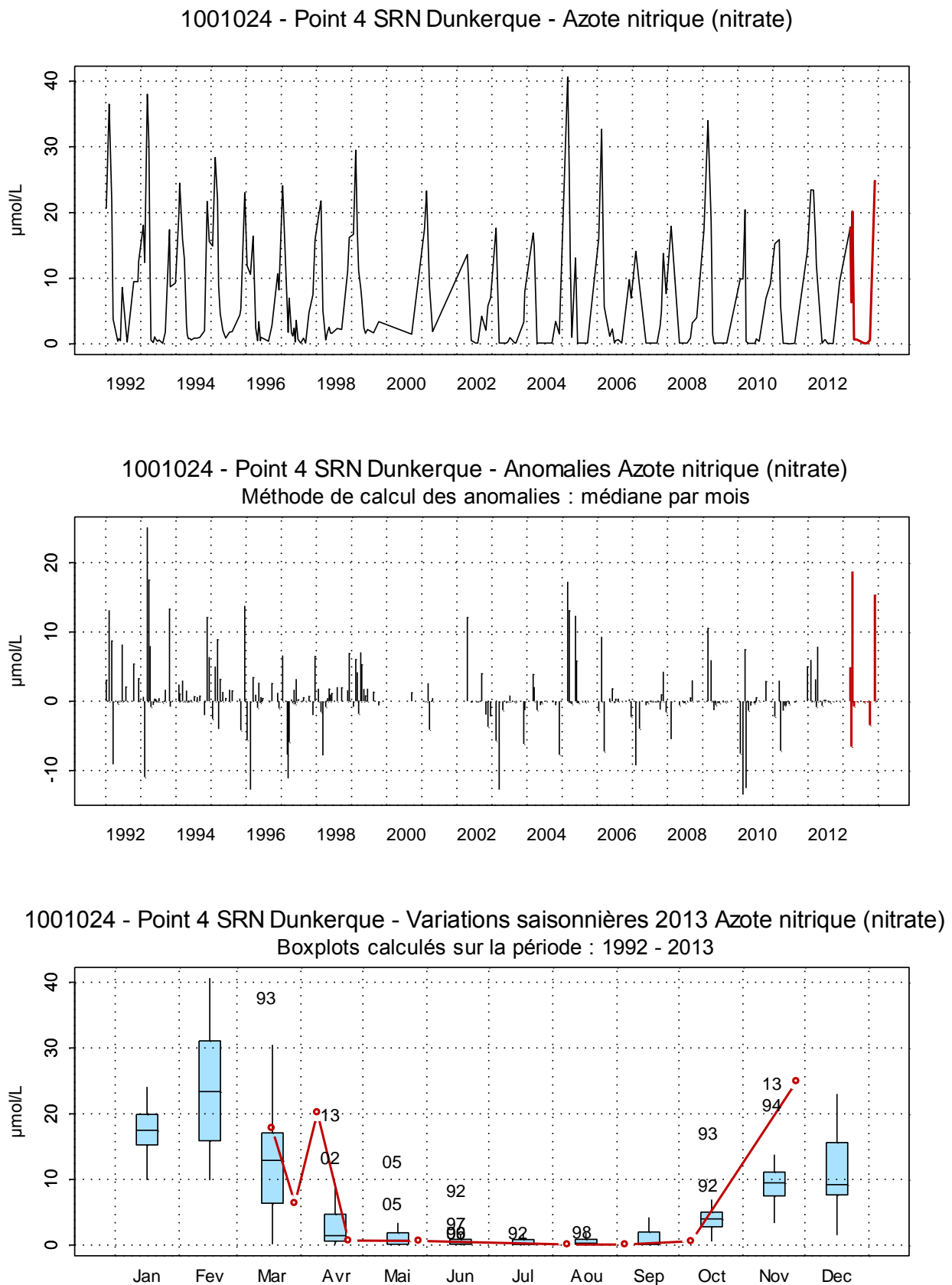


Figure 22. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2013

□ **Phosphate**

La dynamique saisonnière est marquée par de fortes valeurs en hiver et en automne, et de faibles valeurs durant le printemps et l'été.

Pour l'année 2013, 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.

A partir de mars, les concentrations ont tendance à diminuer pour atteindre un minimum en août aux points 1 et 4 (respectivement 0,11  $\mu\text{mol/L}$  et 0,30  $\mu\text{mol/L}$ ) et en juin pour le point 2 (avec une valeur de 0,20  $\mu\text{mol/L}$ ).

A partir du mois de septembre, les concentrations augmentent jusqu'à un maximum à 1,11  $\mu\text{mol/L}$  en novembre pour le point 1, en mars pour le point 3 avec 1,41  $\mu\text{mol/L}$ . Quant au point 4, la concentration maximale est relevée en juin avec 1,24  $\mu\text{mol/L}$  (valeurs supérieures au troisième quartile ; *Figures 28*).

Tableau 11. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour la radiale de Dunkerque sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>DK1</b>	0,00	0,21	0,47	0,62	0,77	0,80	9,80	265
<b>DK3</b>	0,00	0,20	0,43	0,53	0,39	0,79	2,00	248
<b>DK4</b>	0,00	0,20	0,44	0,53	0,43	0,77	2,69	238

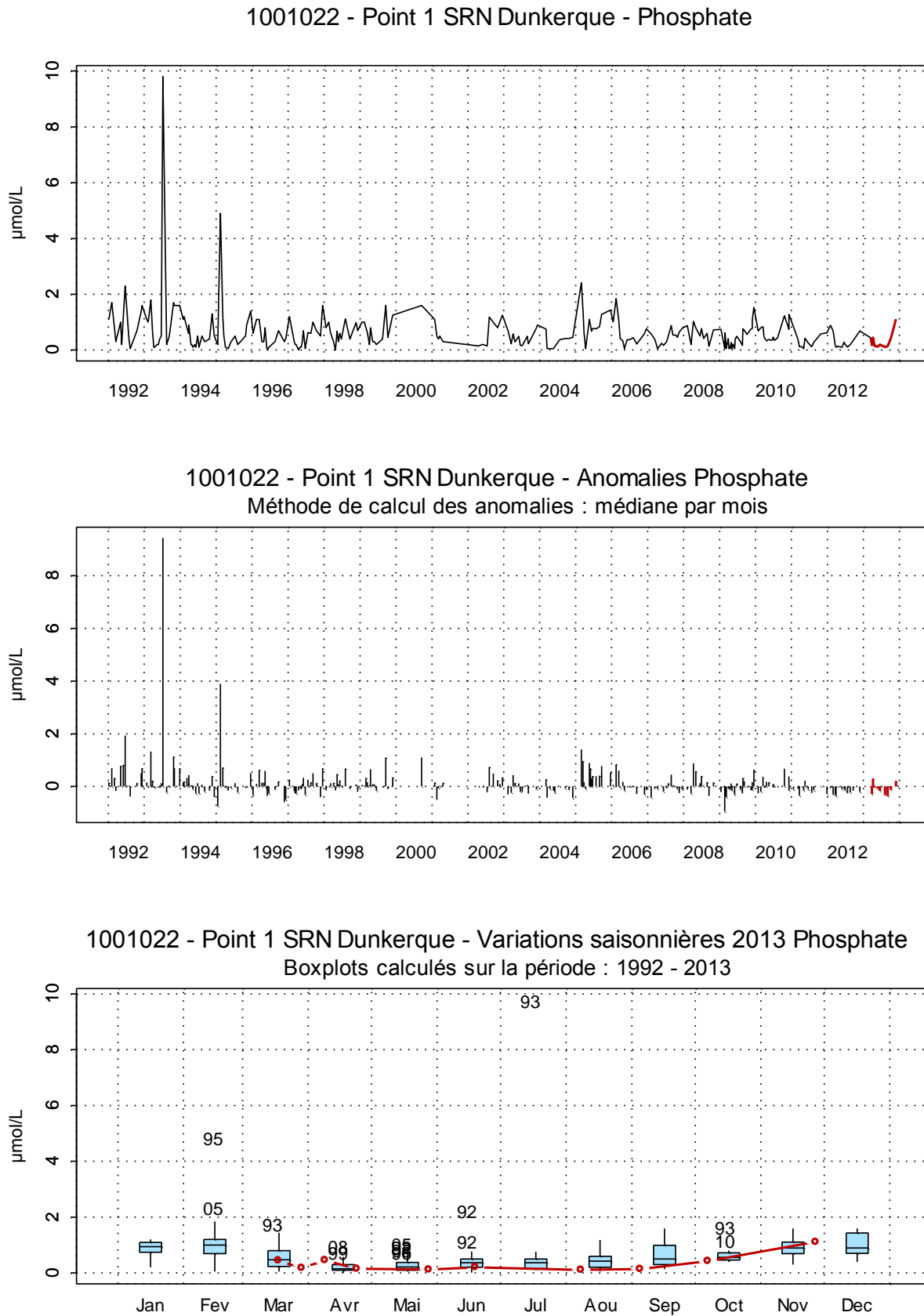


Figure 23. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2013

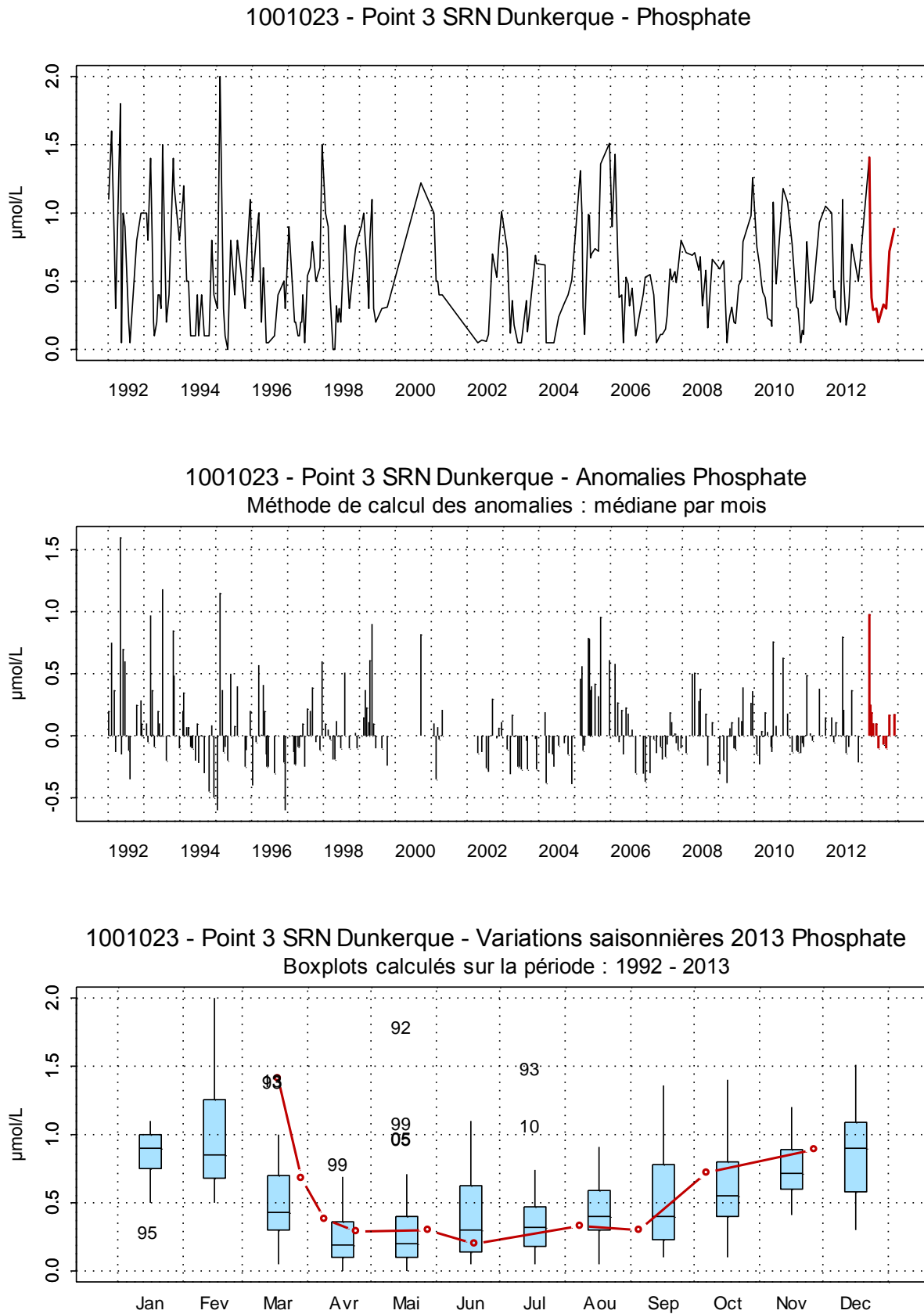


Figure 24. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2013

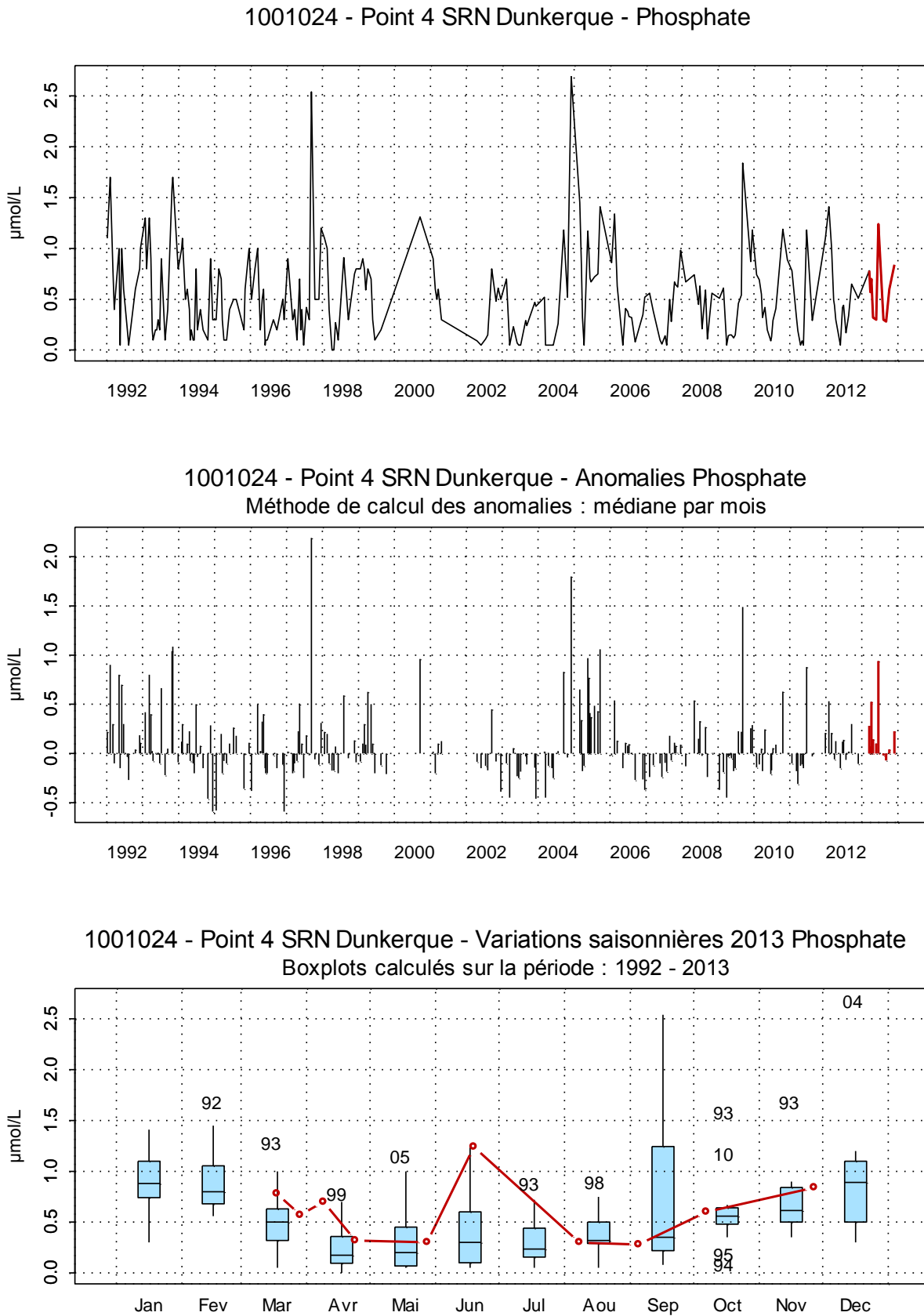


Figure 25. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2013

□ **Silicate**

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 2013 reste similaire à celle de la moyenne saisonnière mise en évidence depuis 1992. On note cependant des valeurs exceptionnellement fortes en novembre sur l'ensemble des points de la radiale avec des valeurs de l'ordre de 25,80  $\mu\text{mol/L}$  de 20,61  $\mu\text{mol/L}$  et 17,09  $\mu\text{mol/L}$  de la côte vers le large (*Figures 26, 27 et 28*).

Tableau 12. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour la radiale de Dunkerque sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>DK1</b>	0,10	1,15	3,47	5,50	6,07	7,49	35,20	266
<b>DK3</b>	0,10	0,40	1,61	3,55	4,66	4,42	26,00	248
<b>DK4</b>	0,10	0,40	1,78	3,44	4,40	4,89	25,90	240

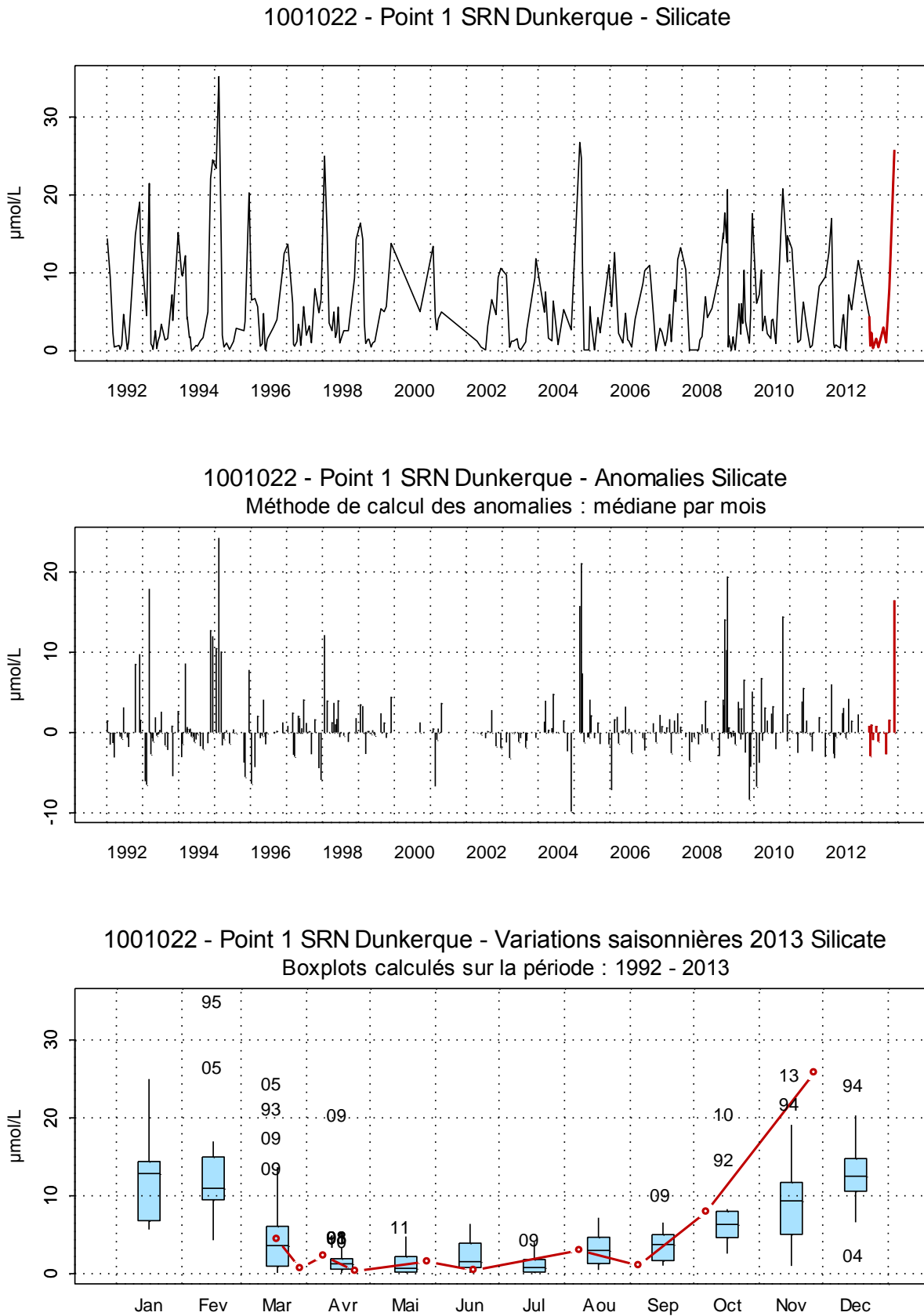


Figure 26. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2013

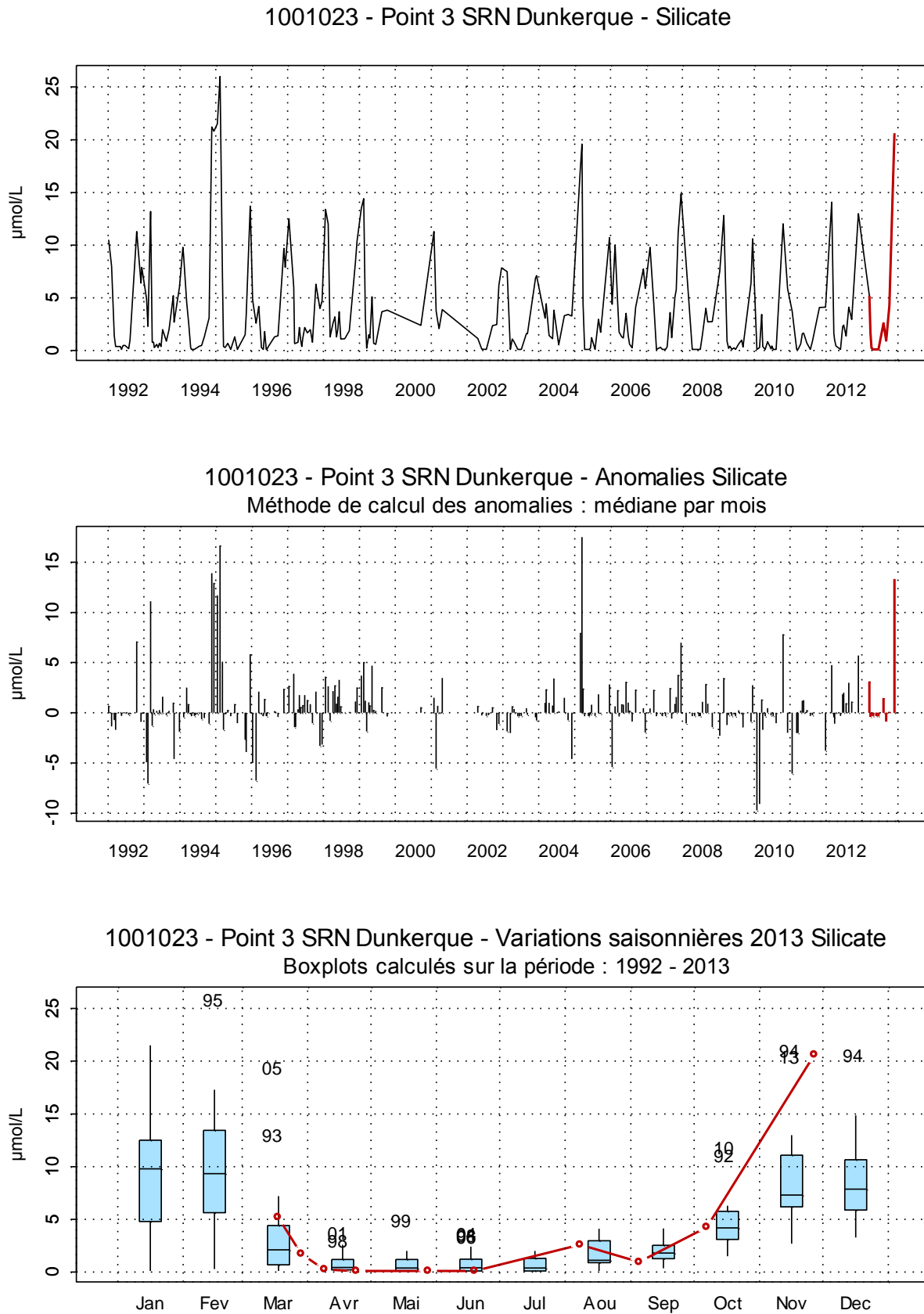


Figure 27. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2013



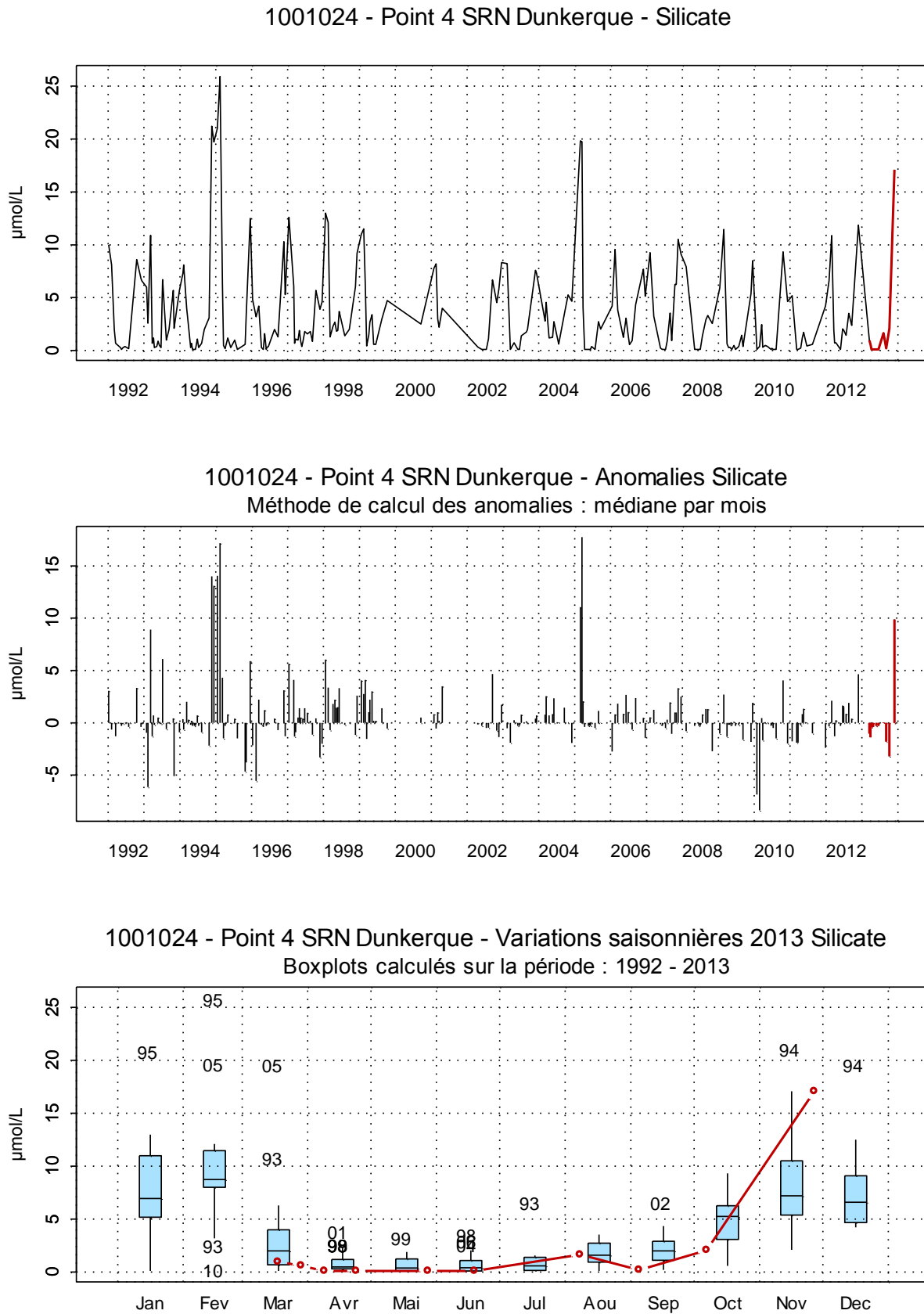


Figure 28. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2013

□ Nutriments

Les figures 29 à 31 représentent l'évolution temporelle des éléments nutritifs potentiellement limitant le long de la radiale de Dunkerque. Les figures délimitent six zones qui définissent, 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.

Sur la radiale de Dunkerque, les éléments limitants suivent une évolution temporelle. En effet, au printemps (de mars à juin), au début de la période productive, ce sont les silicates qui limitent la production algale. Pour le point 1, la limitation est de type Si : P : N, au large (point 4) elle est de type Si : N : P.

En fin de période estivale (août et septembre), l'azote est limitant. La limitation est de type N : P : Si pour le point côtier et N : Si : P plus au large (point 4).

Enfin, en période non productive (novembre et décembre), la limitation est de type P : Si : N. Ce sont les phosphates qui limitent le développement du phytoplancton.

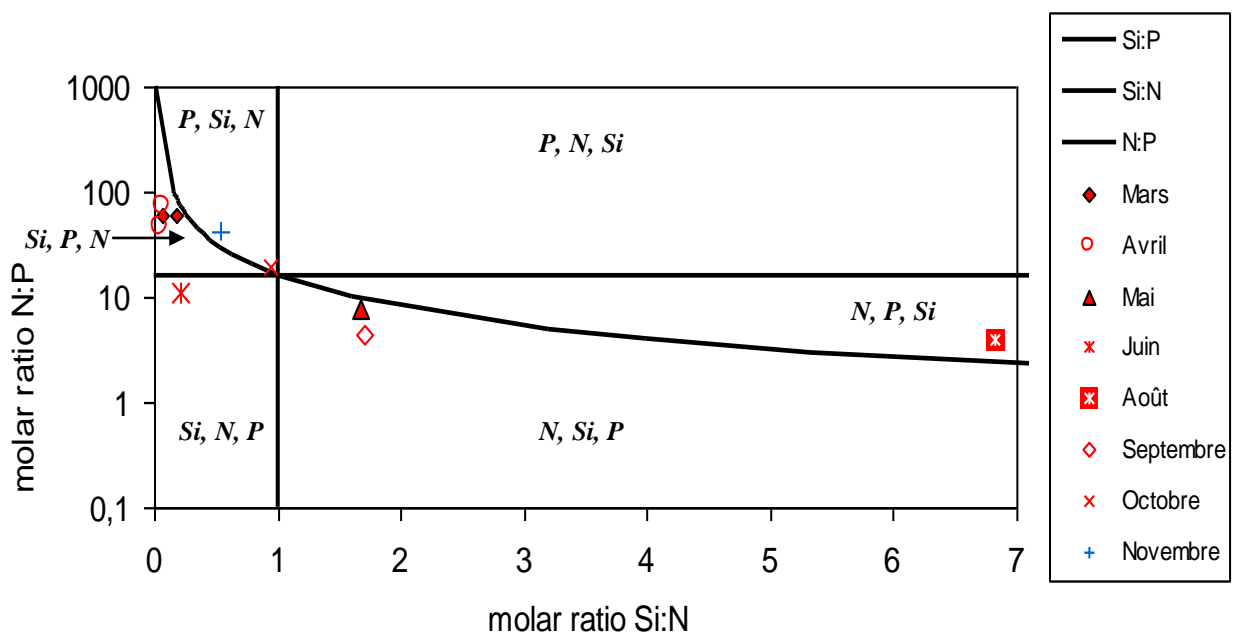


Figure 29 . Évolution temporelle des éléments limitants au point 1 de la radiale de Dunkerque en 2013

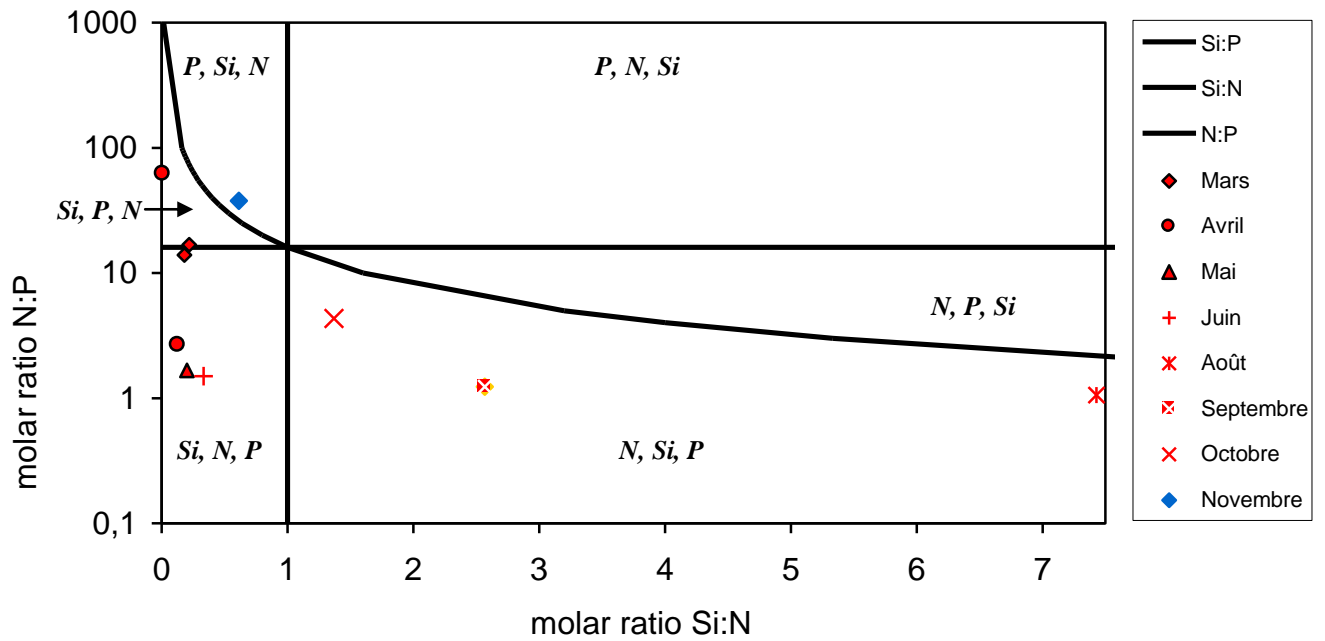


Figure 30. Évolution temporelle des éléments limitants au point 3 de la radiale de Dunkerque en 2013

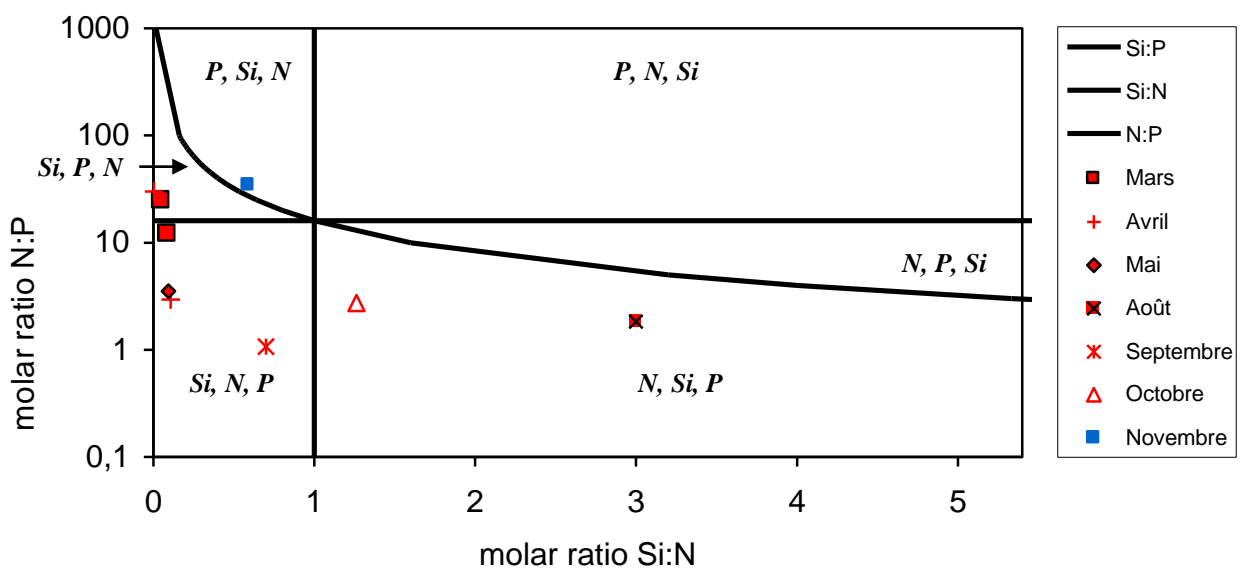


Figure 31 : Évolution temporelle des éléments limitants au point 4 de la radiale de Dunkerque en 2013

□ **Chlorophylle-a**

La chlorophylle-*a* est un indicateur de biomasse du phytoplancton.

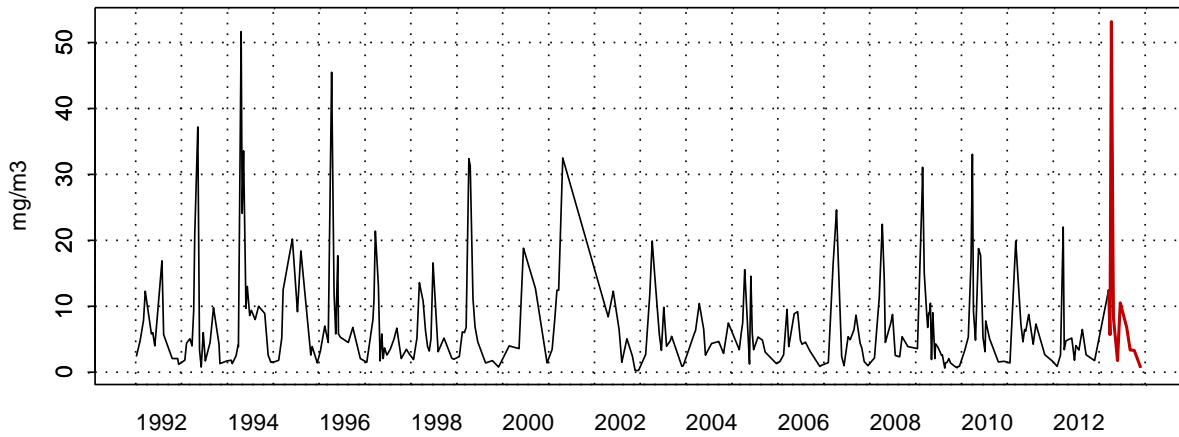
L'évolution de la concentration en chlorophylle-*a* suit la tendance observée depuis 1992, à savoir une augmentation de la concentration en chlorophylle-*a* au printemps, mais le phénomène est amplifié cette année. En effet, les maxima sont atteints en avril avec des valeurs exceptionnelles de 53,18 µg/L, 28,53 µg/L, 10,58 µg/L du point côtier vers le large. Les blooms sont donc initiés en mars pour atteindre leurs pics les plus élevés en avril (*Figures 32, 33 et 34*). Cet épisode de floraison algale correspond généralement au développement de l'espèce *Phaeocystis globosa* (voir section 3.2)

Un bloom se produit également au mois de juin sur l'ensemble des points (*Annexe 2*).

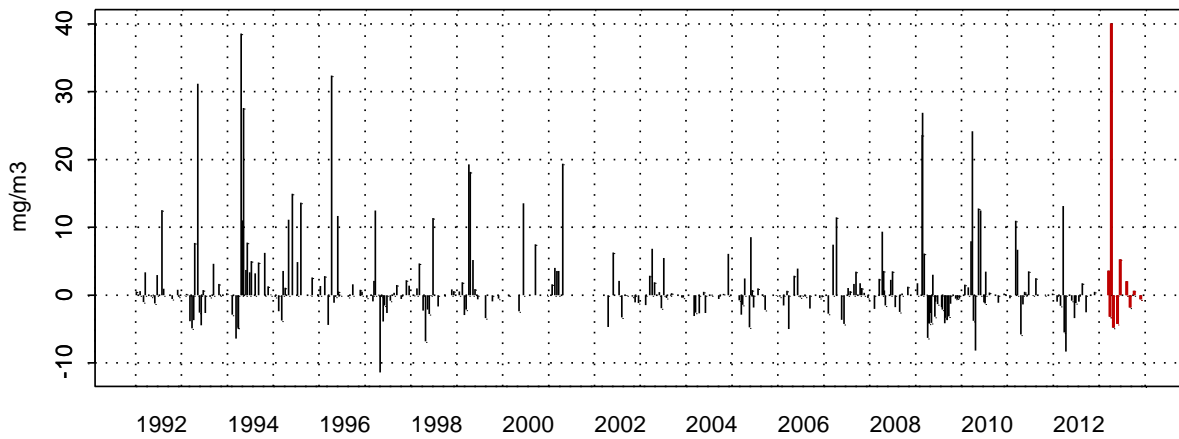
Tableau 7. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle a (µg/L) pour la radiale de Dunkerque sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>DK1</b>	0,24	2,53	4,90	7,44	8,09	8,95	53,18	275
<b>DK3</b>	0,26	2,10	3,60	5,83	5,79	7,44	31,00	247
<b>DK4</b>	0,05	1,57	2,70	4,07	4,07	4,79	29,20	239

1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - Chlorophylle a



1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - Anomalies Chlorophylle a  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2013 Chlorophylle a  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

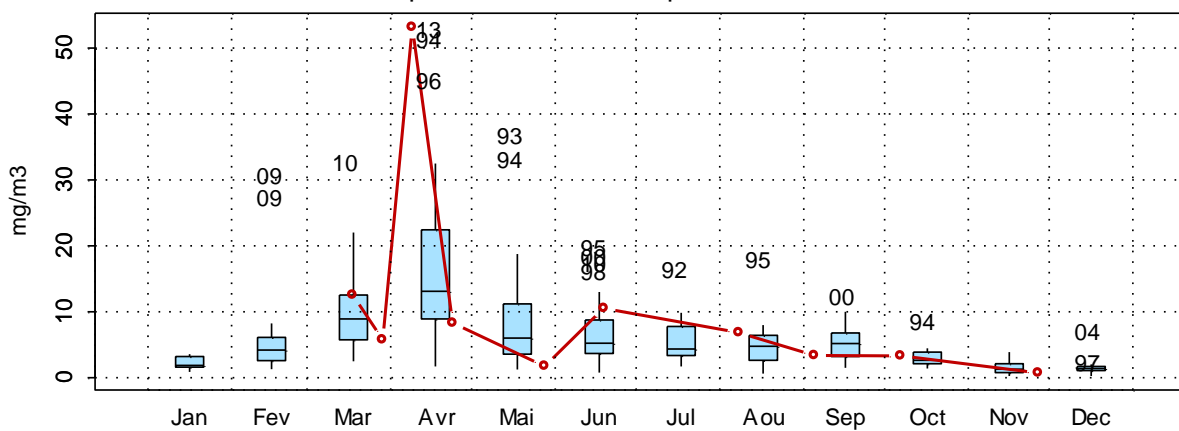


Figure 32. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2013

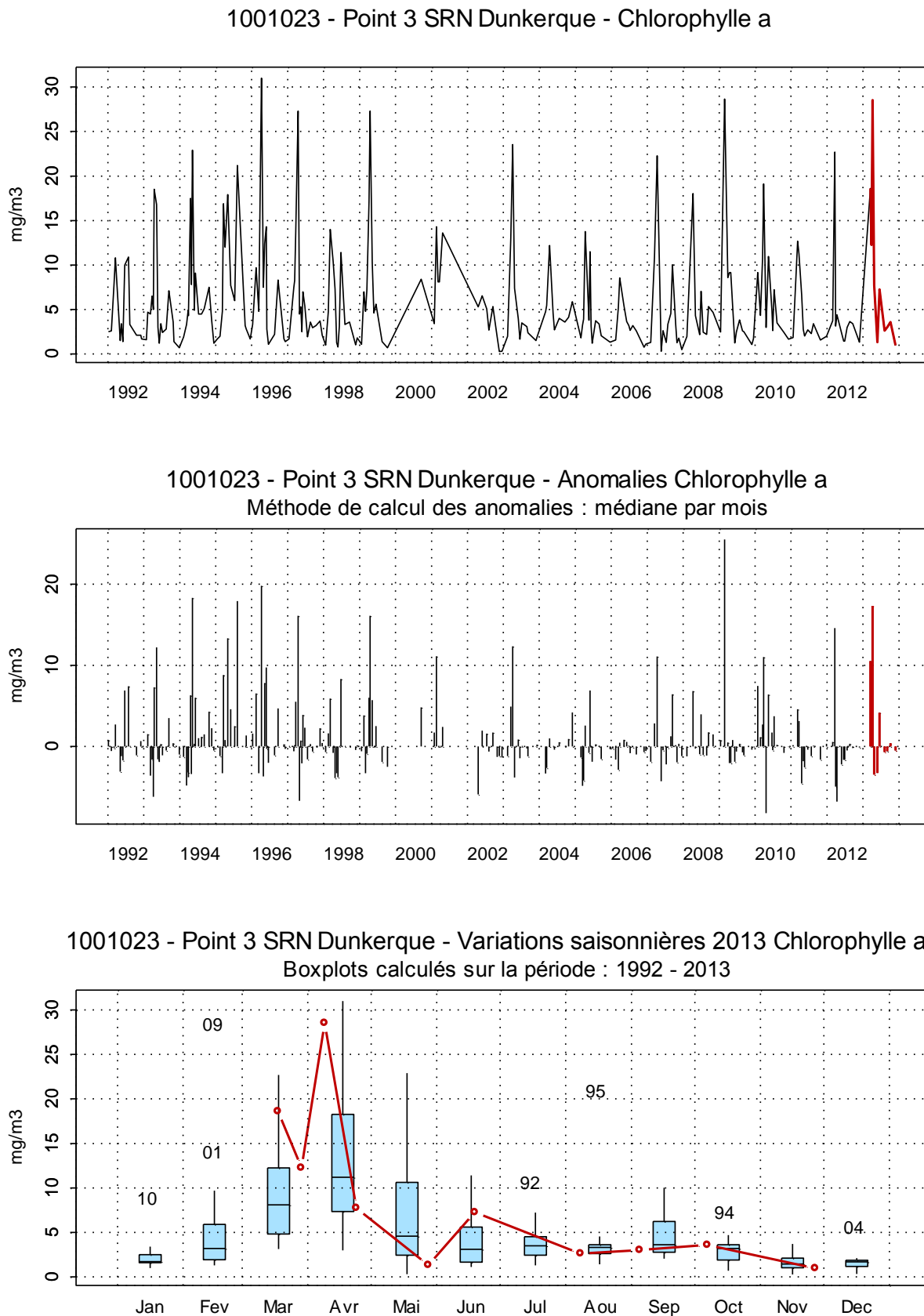


Figure 33. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) pour le point 3 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2013

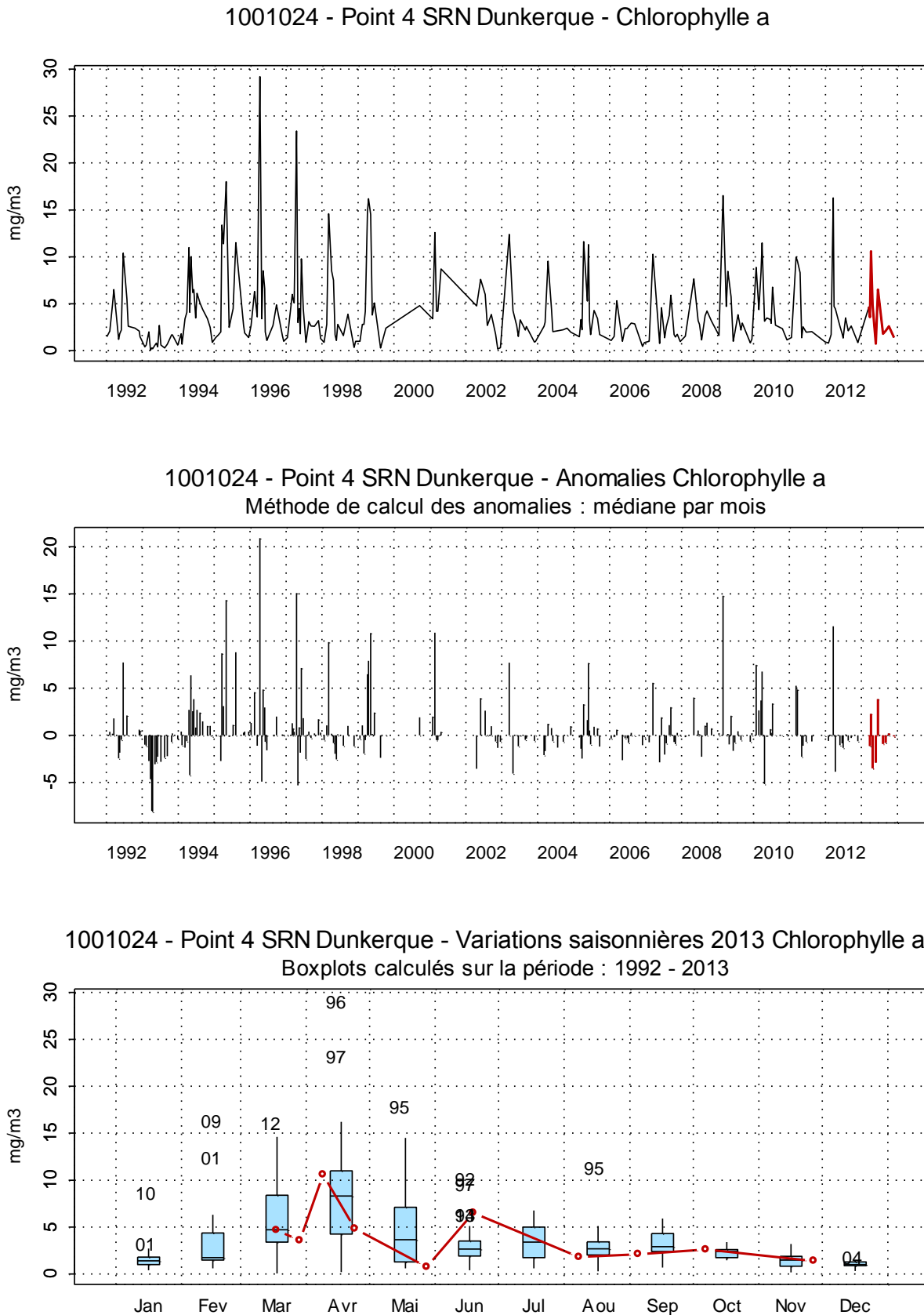


Figure 34. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a (mg/m<sup>3</sup>) pour le point 4 de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2013

□ **Chlorophylle active**

Sur l'ensemble de la radiale, la chlorophylle active tient une part très importante au large ; en effet, c'est au point 3 et 4 que l'on note les valeurs les plus fortes. L'année 2013 est marquée par une chute considérable de la part de chlorophylle active en septembre

Le pourcentage maximum est observé en avril pour le point 1 avec 84 % de chlorophylle active, et en juin pour les points 3 et 4 (avec des valeurs respectives de 93 % et 96 %).

Les proportions diminuent fortement à partir de septembre pour atteindre les valeurs minimales de 40 %, 11 % et 59 % en période non productive.

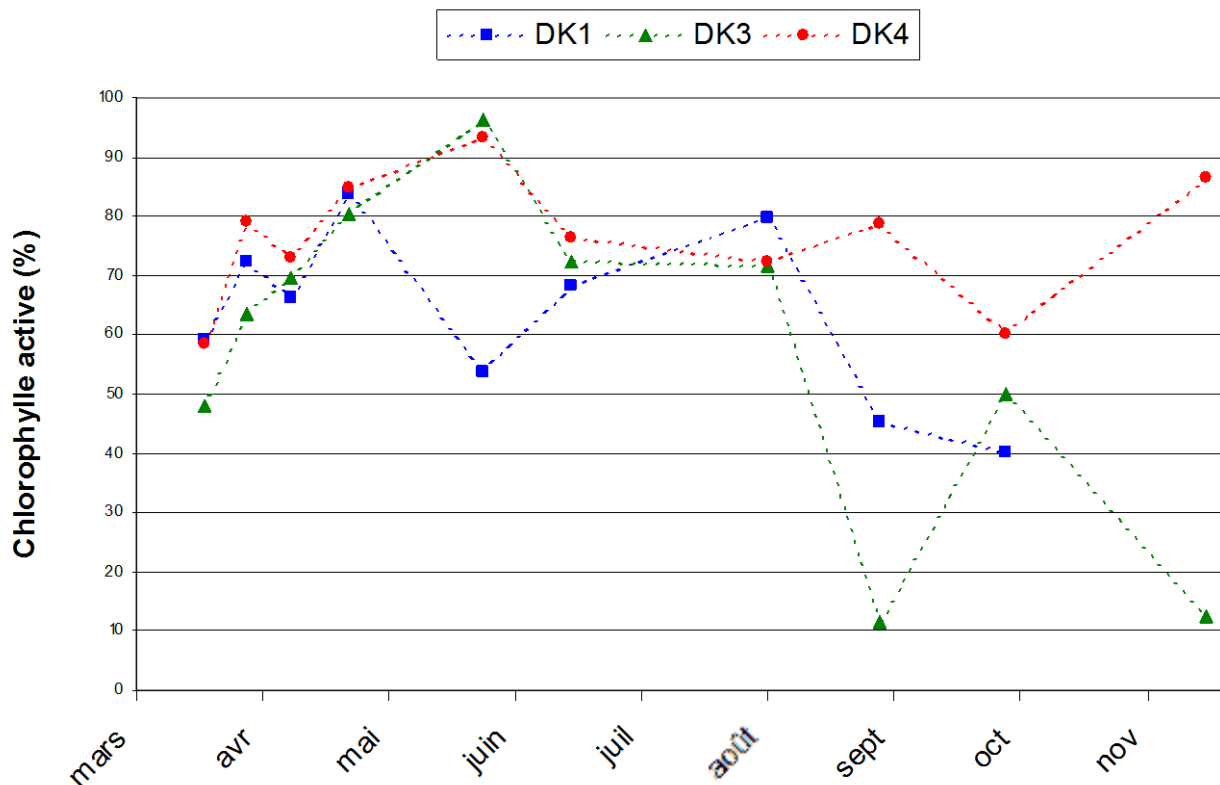


Figure 35 : Évolution temporelle du pourcentage de chlorophylle active sur la radiale de Dunkerque en 2013



### 3.1.2. Boulogne-sur-mer

#### □ Température

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 est typique d'un système tempéré. La dynamique pluriannuelle est marquée par une alternance entre les minima et les maxima autour de 5 °C et 20 °C respectivement (Figures 36, 37 et 38). On note cependant des valeurs exceptionnellement basses en juillet 1996 au point 1 et août 1992 aux points 3 et 4, comme cela se vérifie sur les anomalies calculées.

Sur l'ensemble de l'année 2013, les valeurs suivent la tendance générale mais les valeurs sont plus faibles que celles enregistrées depuis 1992, principalement au premier semestre pour le point côtier et durant toute l'année pour les 2 points plus au large. Les températures en mars et avril présentent des valeurs extrêmes nettement au-dessous du premier quartile. C'est d'ailleurs en mars que les minima sont obtenus aux trois points : 3,40 °C pour le point 1 ; 3,50 °C au point 2 et 3,7 °C au point 3.

Les températures estivales sont au-dessous des températures moyennes habituelles et les maxima sont atteints en août avec des valeurs de 18,40 °C ; 17,70 °C et 17,20 °C de la zone côtière vers le large. Ces valeurs sont nettement inférieures aux maxima des années précédentes (tableau 13).

Il existe un faible gradient de température entre la côte et le large compris entre -1,30 °C et 0,80 °C. Le gradient est négatif au printemps et en été (eaux côtières plus chaudes) et est positif en hiver (eaux côtières plus froides).

Tableau 13. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>BL1</b>	2,10	8,53	11,80	12,27	4,51	16,20	22,10	374
<b>BL2</b>	3,50	8,40	11,70	12,11	4,24	15,68	21,80	302
<b>BL3</b>	3,70	8,58	11,65	12,11	4,09	15,70	21,80	296

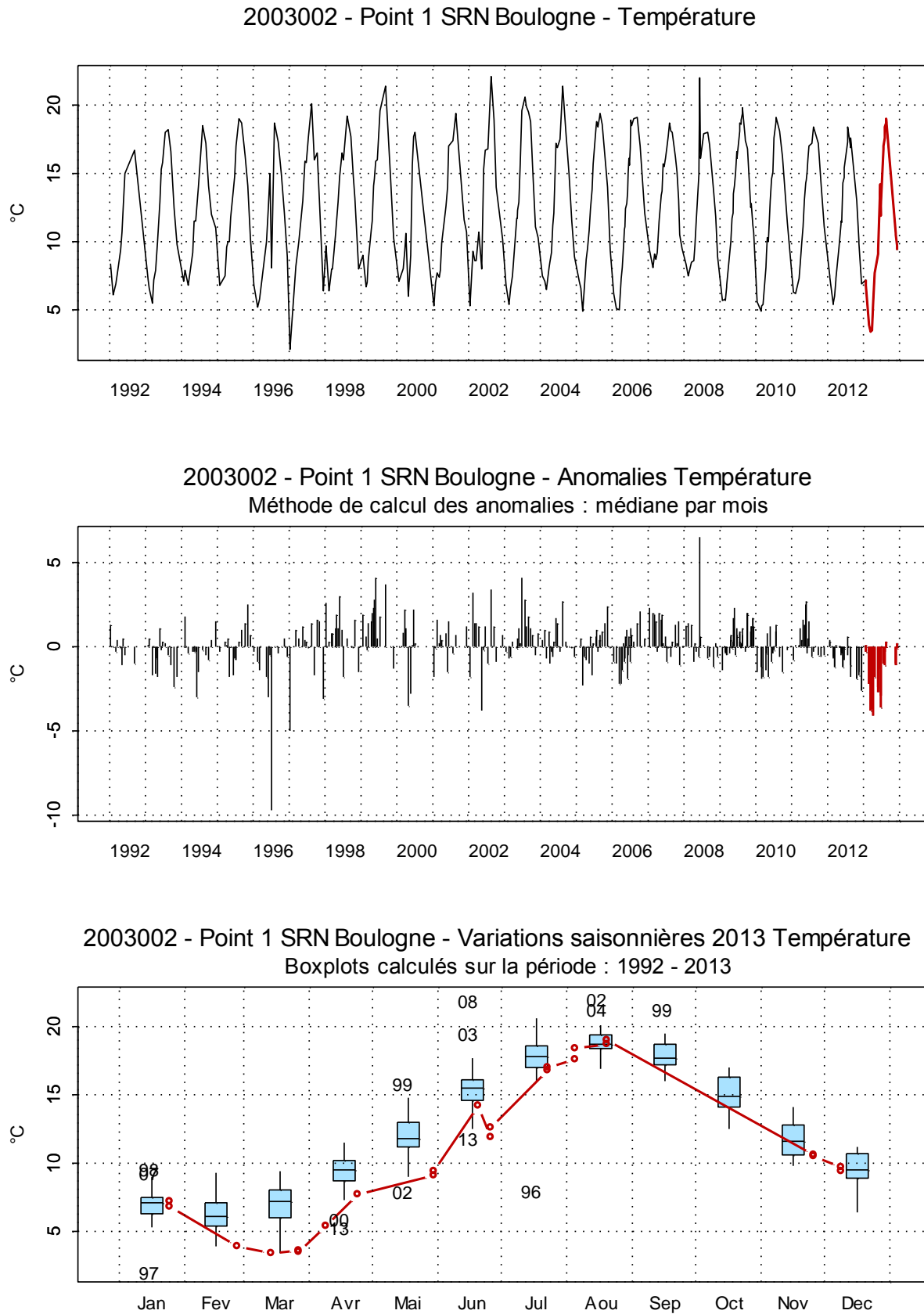


Figure 36. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer (1992-2013)

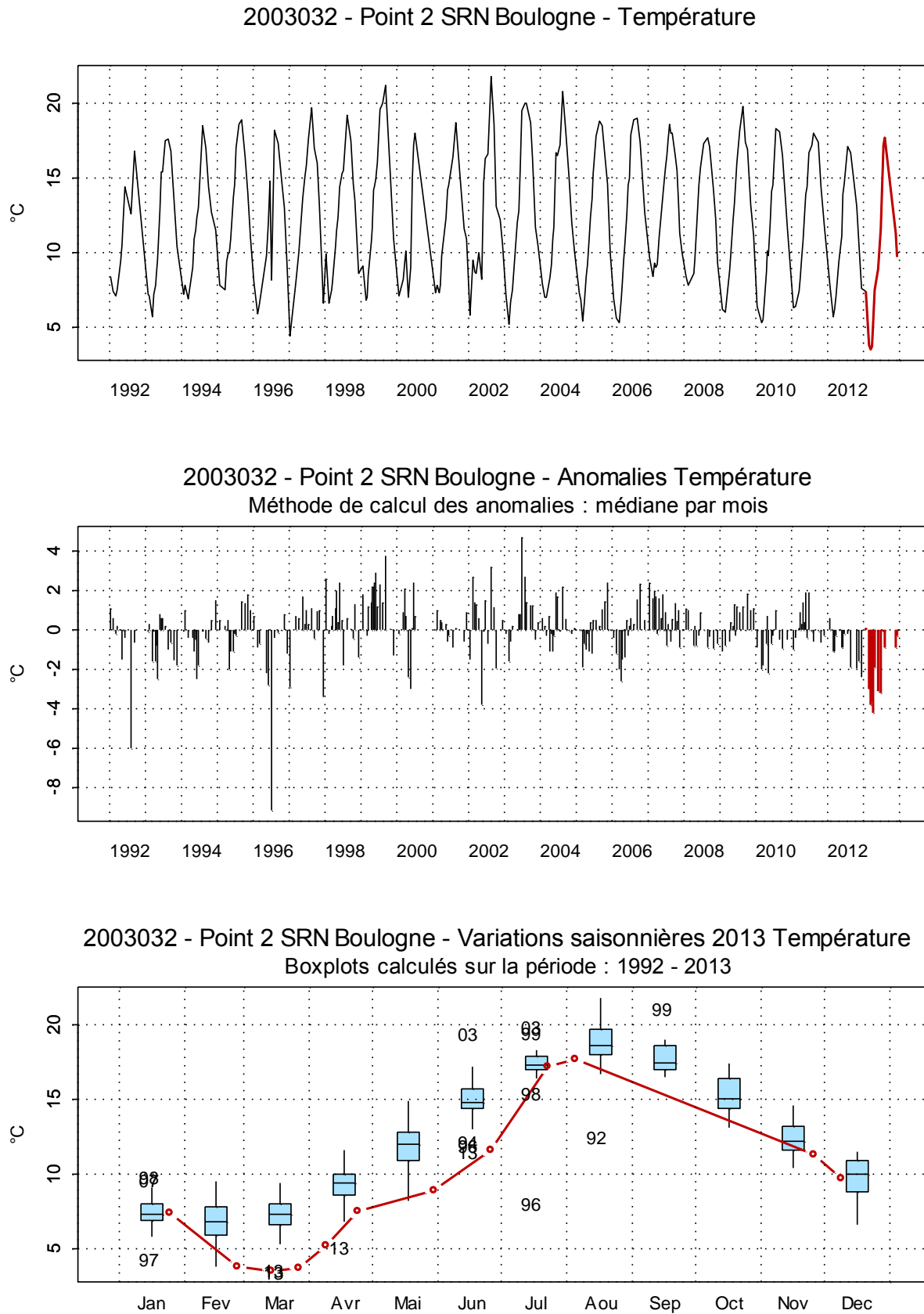


Figure 37. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer (1992-2013)

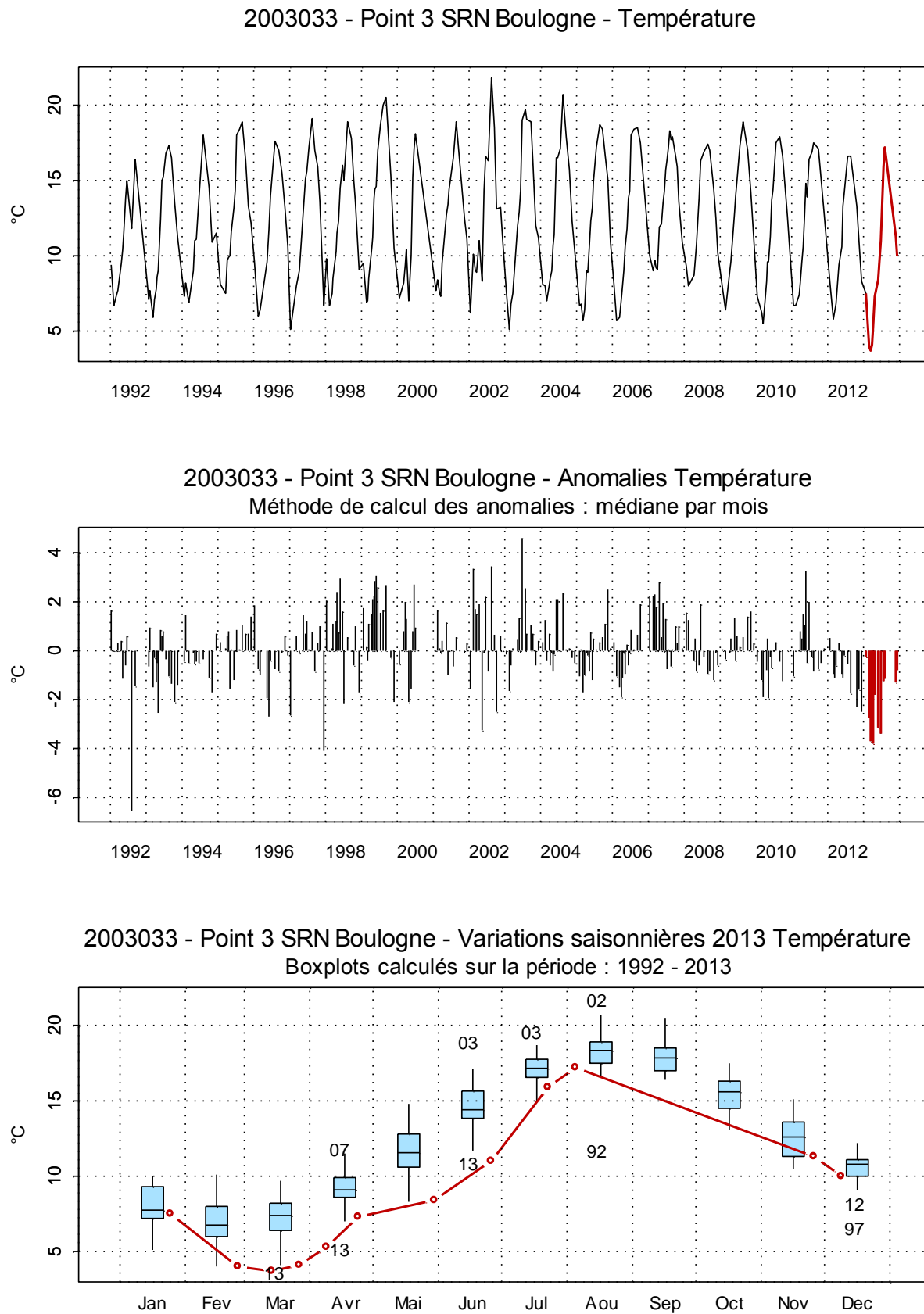


Figure 38. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer (1992-2013)

□ Salinité

La salinité est comprise entre 32,80 et 35,70 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 prélèvement 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 39*).

Le gradient de salinité entre la côte et le large varie de 0,1 à 1,10.

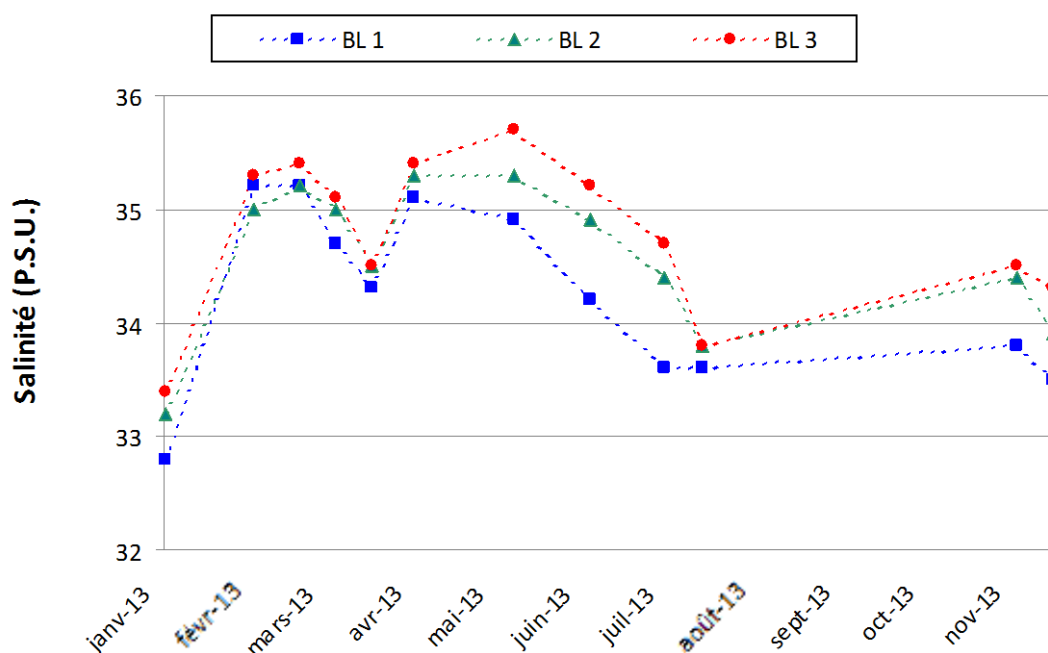


Figure 39. Évolution temporelle de la salinité (P.S.U.) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2013

Tableau 14. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la salinité (P.S.U.) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer sur la période 1992-2013

	Min	Q1	Mediane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
<b>BL1</b>	29,14	33,40	34,00	33,83	1,04	34,50	35,30	375
<b>BL2</b>	29,29	33,90	34,30	34,14	1,00	34,77	35,60	297
<b>BL3</b>	29,28	34,10	34,56	34,68	0,97	35,00	35,90	293

□ **Turbidité et Matières en suspensions**

Les valeurs de turbidité obtenues au cours de l'année 2013 sont comprises entre 0,75 N.T.U. et 14,60 N.T.U. Les valeurs sont faibles en été et les valeurs les plus fortes sont observées sur la station côtière qui enregistre des valeurs hautes en hiver (valeur maximale en décembre au point 1).

On remarque un pic de turbidité (10,20 N.T.U.) au point 2. Ce phénomène est également observé au point 1 mais dans une moindre mesure (5,85 N.T.U.)

Le gradient côte-large est compris entre -11,12 et 1,30 N.T.U..

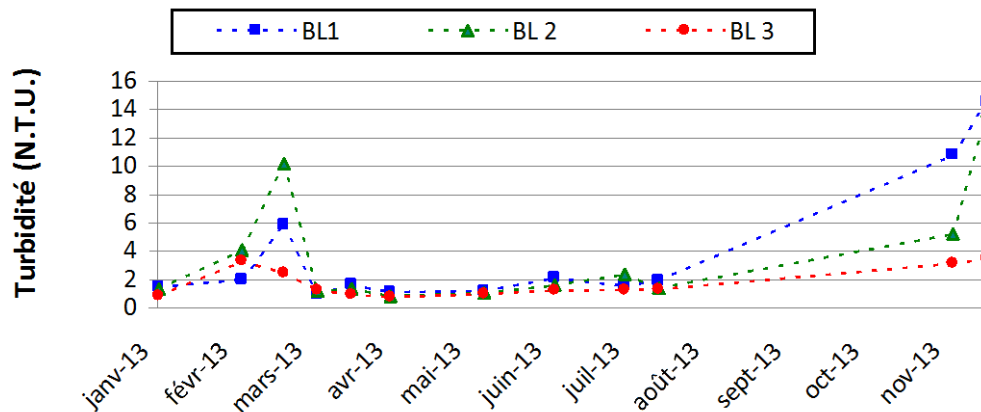


Figure 40. Évolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2013

Tableau 15. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la Turbidité (N.T.U.) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>BL1</b>	0,10	1,39	2,51	3,70	3,80	4,20	30,00	340
<b>BL2</b>	0,11	1,00	1,67	2,26	2,02	2,80	13,80	305
<b>BL3</b>	0,10	0,68	1,02	1,32	1,11	1,60	9,75	299

La dynamique de la turbidité est cohérente avec celle des MES. L'évolution des MES montre globalement que les périodes hivernales et automnales présentent les plus fortes valeurs, comparativement à l'été. Néanmoins, l'année 2013 est particulière par deux épisodes de fortes concentrations en M.E.S sur les trois points, le premier en mars avec une valeur maximale (46,30 mg/L) au point 2, un second fin mai avec des valeurs comprises entre 32,00 mg/L et 29,30 mg/L du point côtier vers le large.

Il existe un gradient bien marqué entre la côte et le large où les valeurs varient de -14,50 à 1,20. Le point côtier présente en moyenne les concentrations les plus fortes.

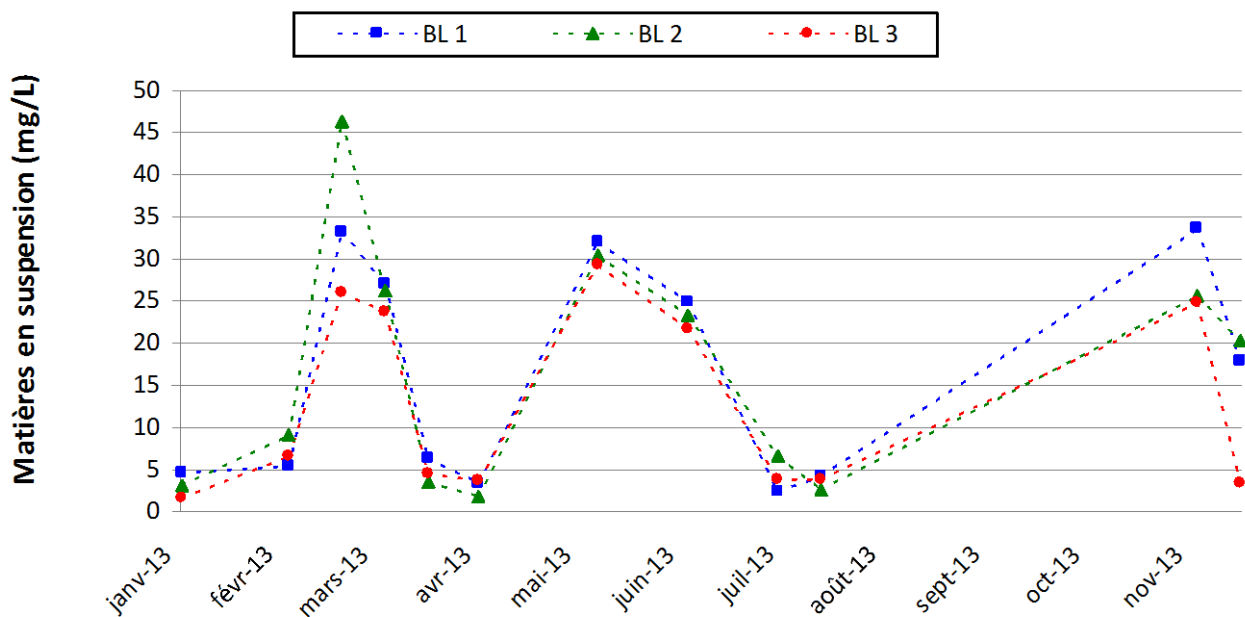


Figure 41. Évolution temporelle des matières en suspension (mg/L) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2013

Tableau 16. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour les M.E.S. (mg/L) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Mediane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>BL1</b>	0,05	3,30	5,90	8,49	8,22	10,10	46,40	316
<b>BL2</b>	0,05	1,90	3,60	5,30	6,22	6,00	46,30	305
<b>BL3</b>	0,05	1,00	2,00	3,71	7,25	3,58	95,20	298

□ **Matières organiques**

En 2013, la proportion en matière organique dans les matières en suspension est comprise entre 3,38 % (au point 3) et 100 % (au point 2) ( *Figure 42*).

L'évolution de la concentration de matière organique (M.O.) dans les matières en suspension (M.E.S.) est marquée par deux épisodes particuliers. Le premier se produit en avril avec des proportions en matière organique dans les matières en suspension comprises entre 48,65 % (au point 3) et 100 % (au point 2). Le second épisode est moins prononcé mais les valeurs enregistrées sont tout de même supérieures à 30 %.

Les périodes automnales et hivernales sont caractérisées par de plus faibles valeurs pour les trois points (minima en décembre aux points 1 et 2).

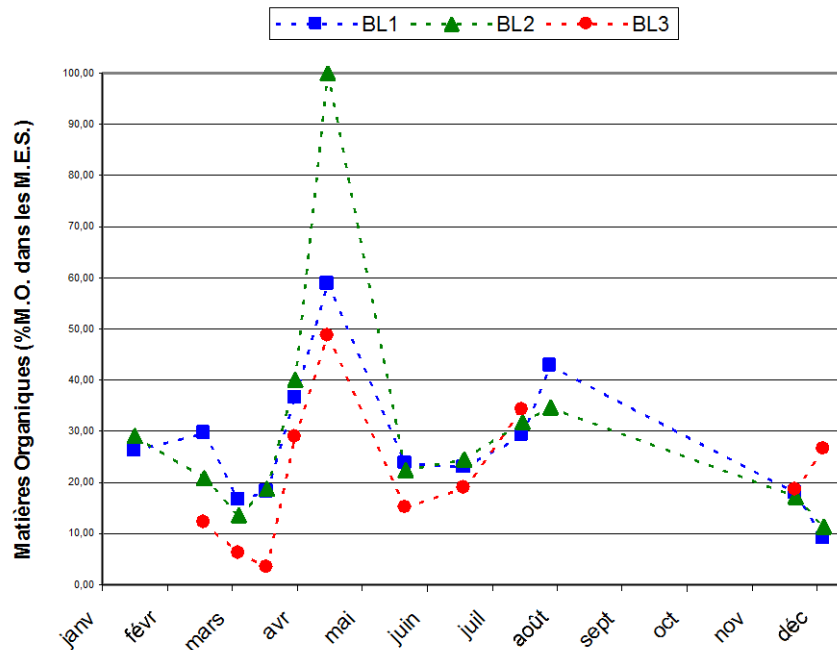


Figure 42. Évolution temporelle de la teneur en matière organique (%) dans les matières en suspension sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2013



□ **Ammonium**

Les concentrations en ammonium montrent 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 en ammonium augmentent fortement en mars (avec un pic à 6,35  $\mu\text{mol/L}$ ), puis en septembre (4,40  $\mu\text{mol/L}$ ). La concentration augmente dès septembre. Elle est alors de 4  $\mu\text{mol/L}$ , comme en décembre.

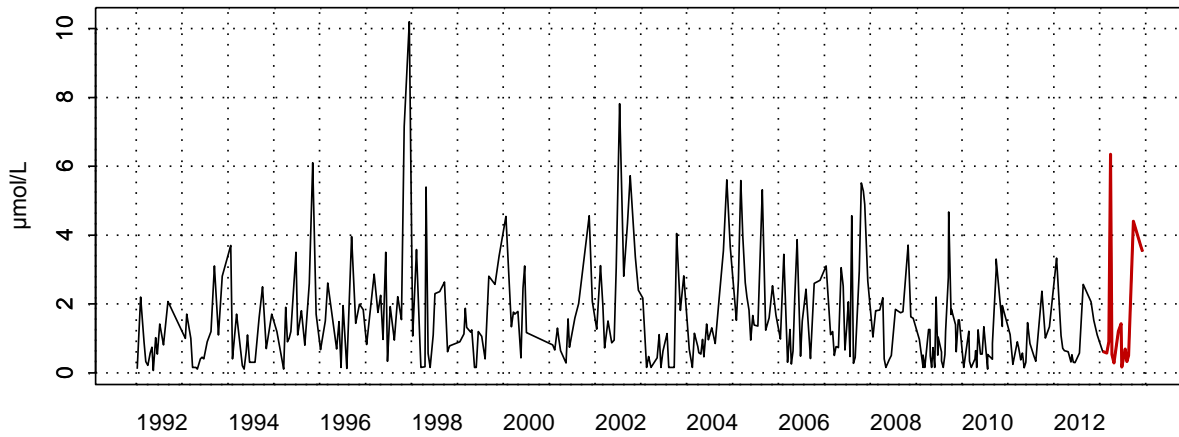
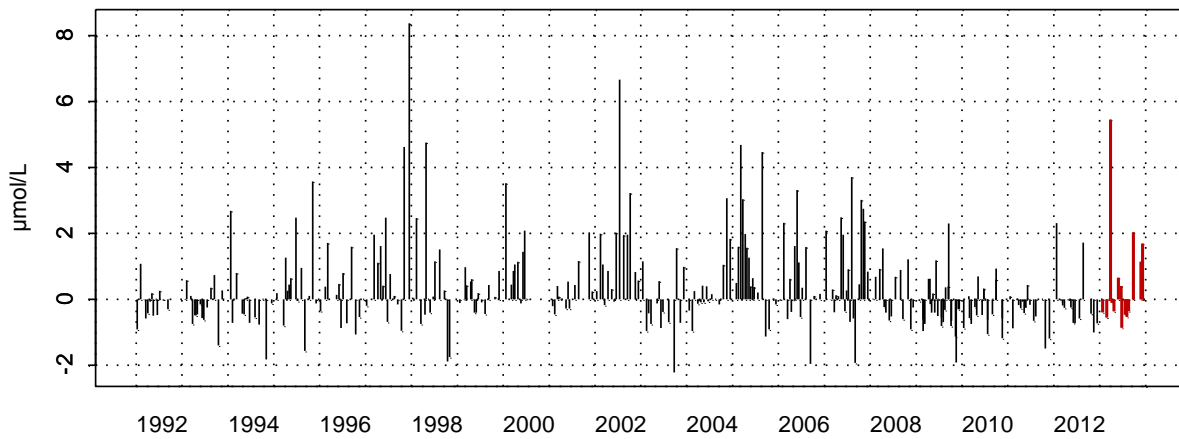
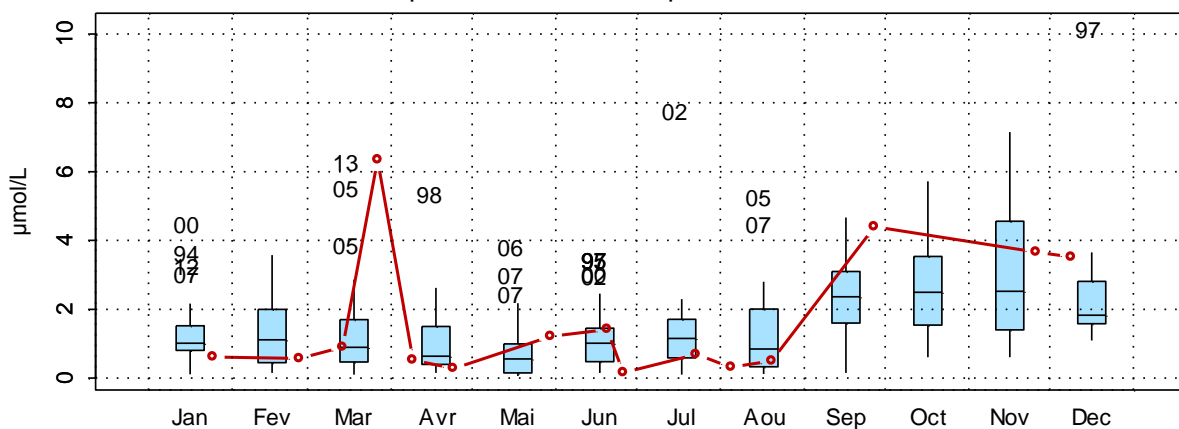
Plus au large, aux points 2 et 3, les fluctuations sont moindres. Il apparaît toutefois que les fluctuations observées témoignent de l'apparition d'un certain nombre d'événements particuliers difficilement explicables à notre échelle de travail dans le cadre du SRN (*Figures 43, 44 et 45*). Les maxima sont de 3,35  $\mu\text{mol/L}$  pour le point 2 et de 2,13  $\mu\text{mol/L}$  pour le point 3 et sont atteints en décembre. Les minima pour ces deux points apparaissent en juin avec des concentrations respectives de 0,16  $\mu\text{mol/L}$  et 0,34  $\mu\text{mol/L}$ .

Le gradient de concentration varie entre -5,96 et 1,70. Les eaux côtières sont donc, en général, plus chargées en nitrates qu'au large. Le gradient devient positif lors de période productive.

Tableau 20. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en Ammonium ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>BL1</b>	0,06	0,54	1,14	1,54	1,44	2,06	10,20	328
<b>BL2</b>	0,10	0,46	0,89	1,15	1,04	1,43	5,67	304
<b>BL3</b>	0,04	0,39	0,71	1,04	1,07	1,38	9,77	297

2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Azote ammoniacal

2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Anomalies Azote ammoniacal  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2013 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013Figure 43. Dynamique pluriannuelle, 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 1992-2013.

2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Azote ammoniacal

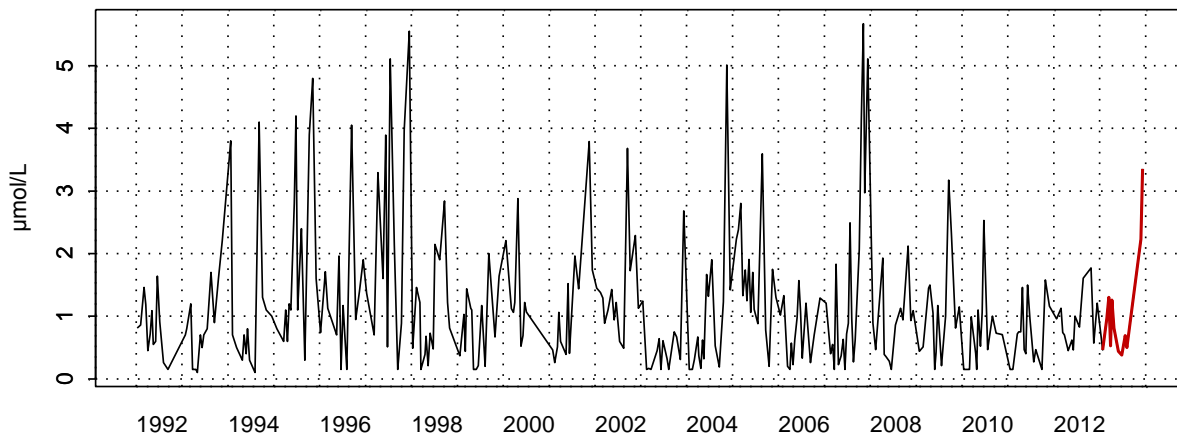
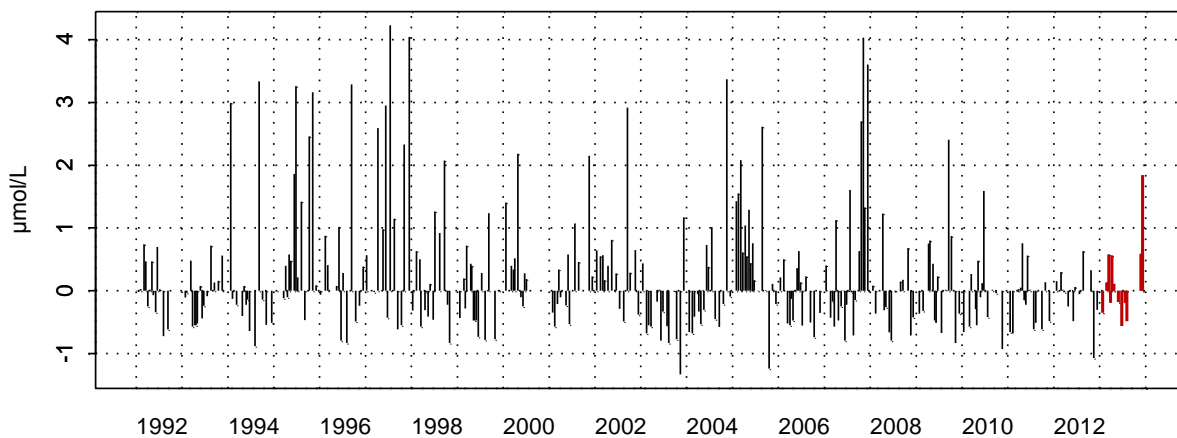
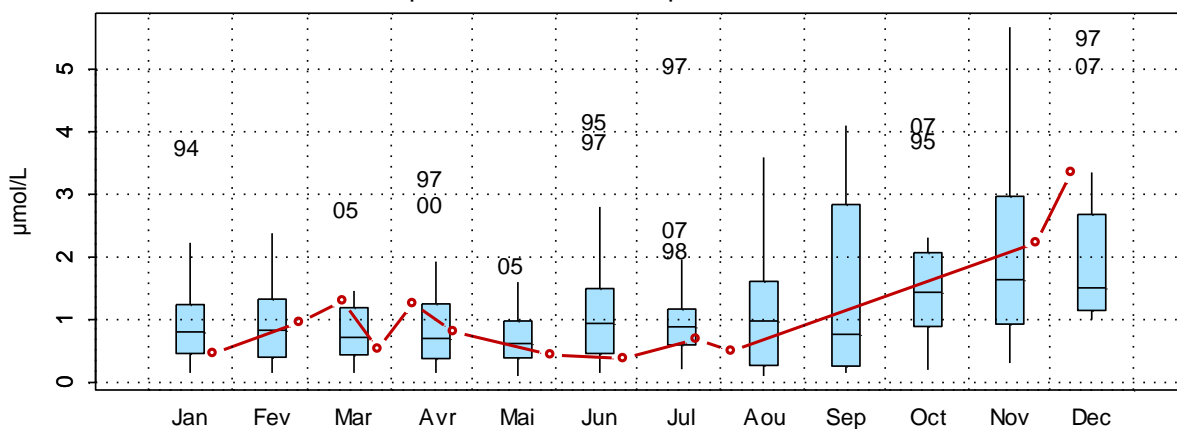
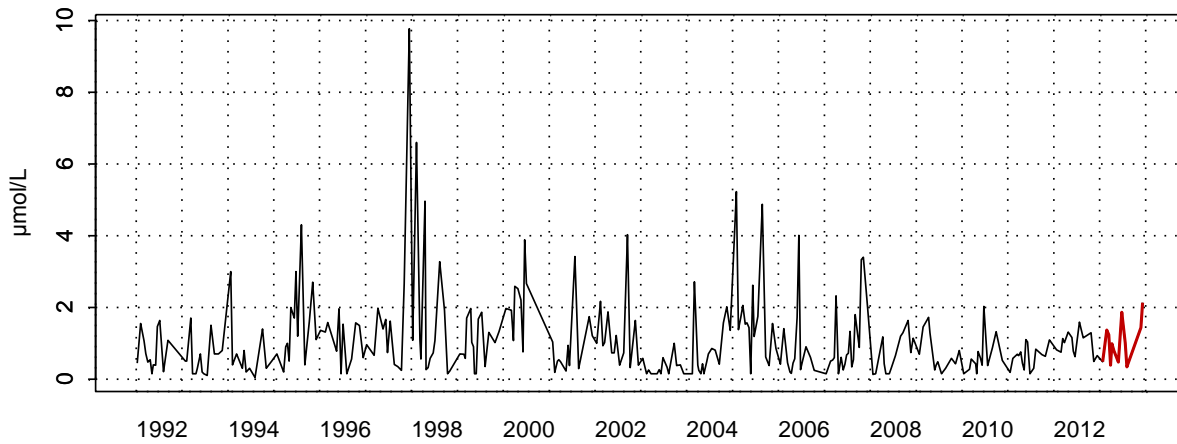
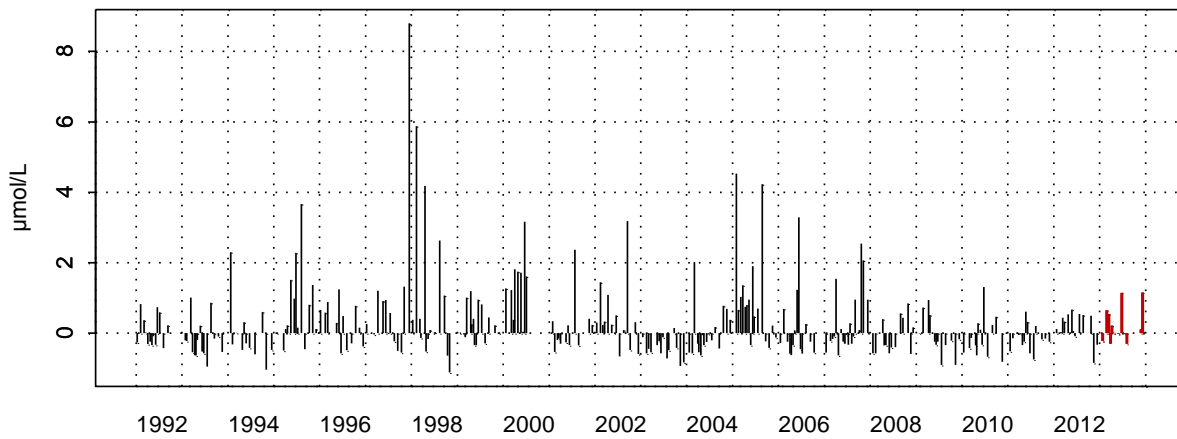
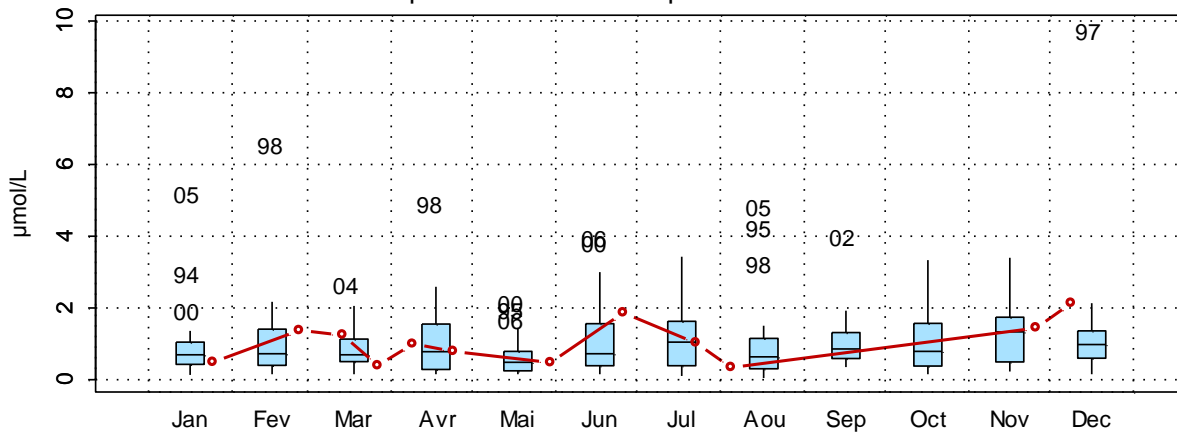
2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Anomalies Azote ammoniacal  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2013 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

Figure 44. Dynamique pluriannuelle, 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 1992-2013.

2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Azote ammoniacal

2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Anomalies Azote ammoniacal  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2013 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013Figure 45. Dynamique pluriannuelle, 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 1992-2013

□ **Nitrite**

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 (*Figures 46, 47, 48*).

Sur la période 1992-2013, on constate des valeurs extrêmes en 2005 pour le point 1 et le point 2 (où la concentration en nitrite atteignait respectivement 1,92  $\mu\text{mol/L}$  et 2,03  $\mu\text{mol/L}$ ), et en 2002 pour le point 3 avec une valeur de 3,69  $\mu\text{mol/L}$ .

Sur la seule année 2013, les concentrations en nitrites évoluent comme la médiane de l'ensemble de la série de 1992-2013 pour le premier semestre. Le deuxième semestre présente des valeurs supérieures à la médiane pour les trois points, et de manière plus prononcée pour le point 2 où la concentration en nitrite augmente brusquement à 0,42  $\mu\text{mol/L}$  en août.

Les concentrations maximales sont observées en décembre avec des valeurs proches de 1  $\mu\text{mol/L}$  pour les trois points, les minima sont détectés en avril pour les points 1 et 2 (respectivement 0,05  $\mu\text{mol/L}$  et 0,10  $\mu\text{mol/L}$ ), et en juin pour le point 3 (avec 0,05  $\mu\text{mol/L}$ ).

Tableau 19. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrite ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>BL1</b>	0,04	0,10	0,22	0,30	0,27	0,43	1,92	325
<b>BL2</b>	0,00	0,08	0,19	0,29	0,29	0,40	2,03	306
<b>BL3</b>	0,00	0,08	0,21	0,31	0,37	0,40	3,69	299

2003002 - Point 1 SRN Boulogne - NO2

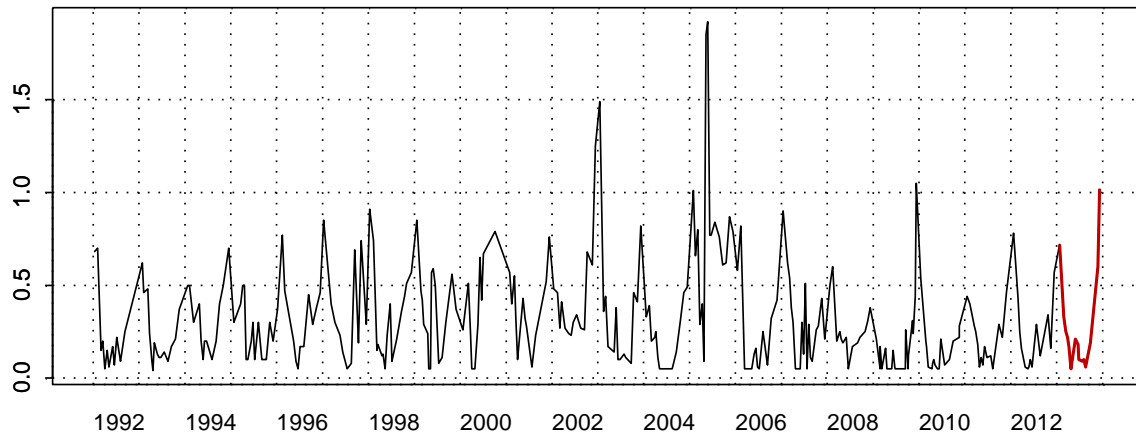
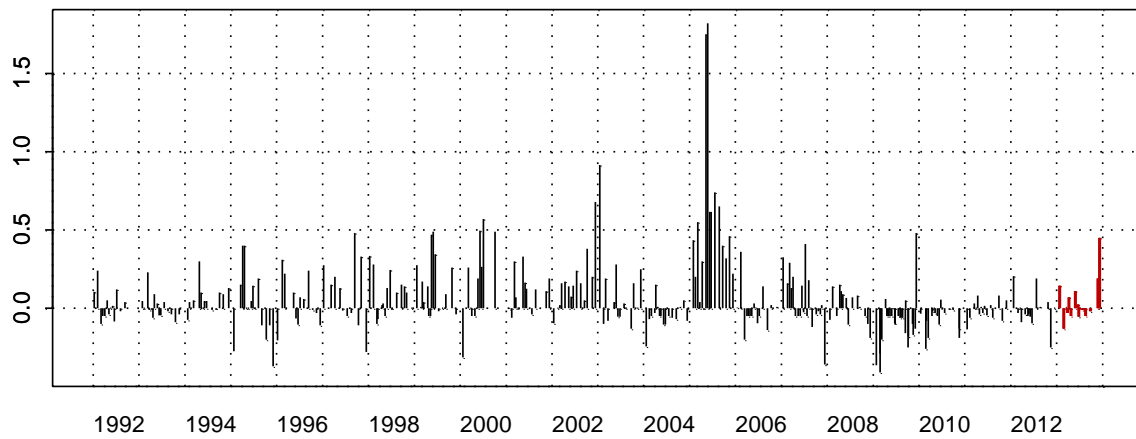
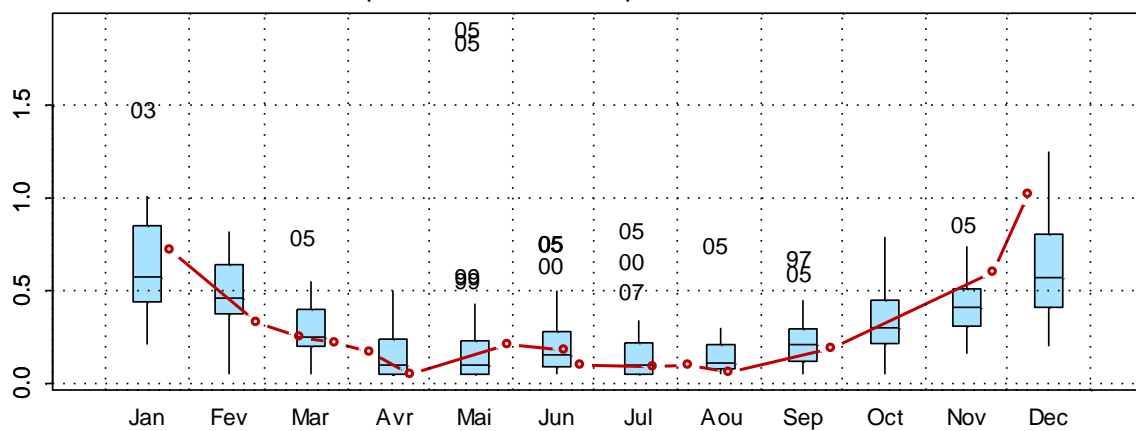
2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Anomalies NO2  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2013 NO2  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

Figure 46. Dynamique pluriannuelle, 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 1992-2013

2003032 - Point 2 SRN Boulogne - NO2

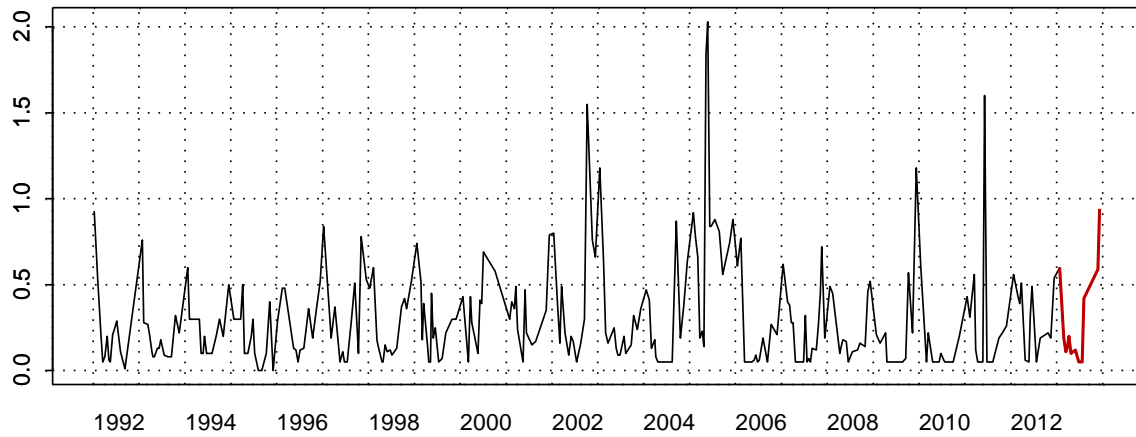
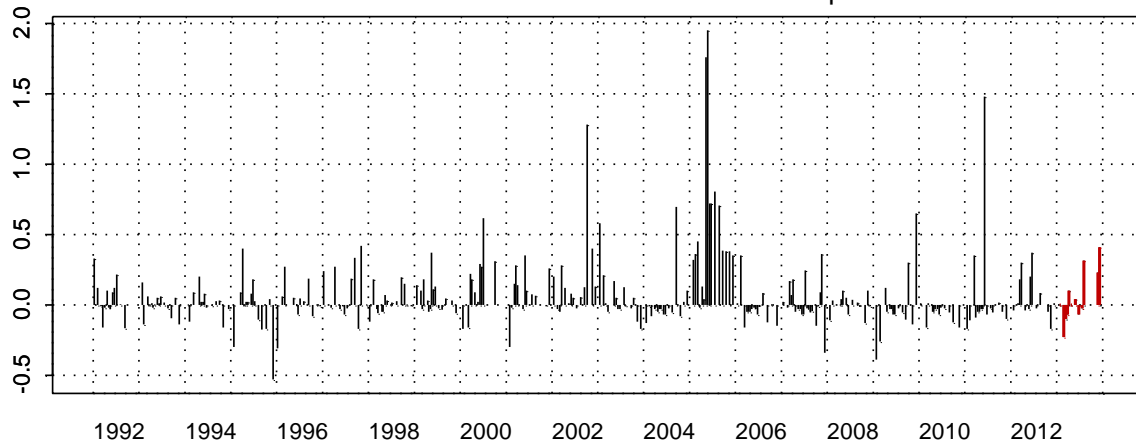
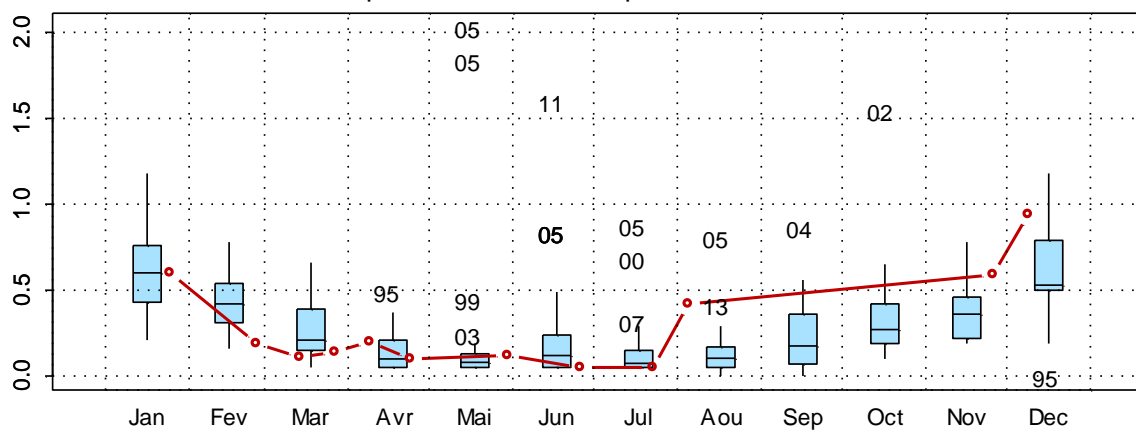
2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Anomalies NO2  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2013 NO2  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

Figure 47. Dynamique pluriannuelle, 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 1992-2013

2003033 - Point 3 SRN Boulogne - NO2

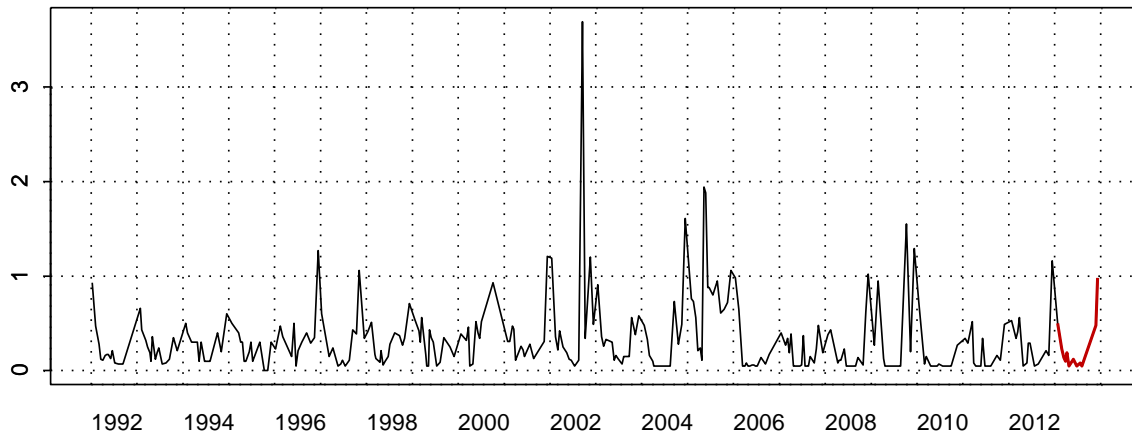
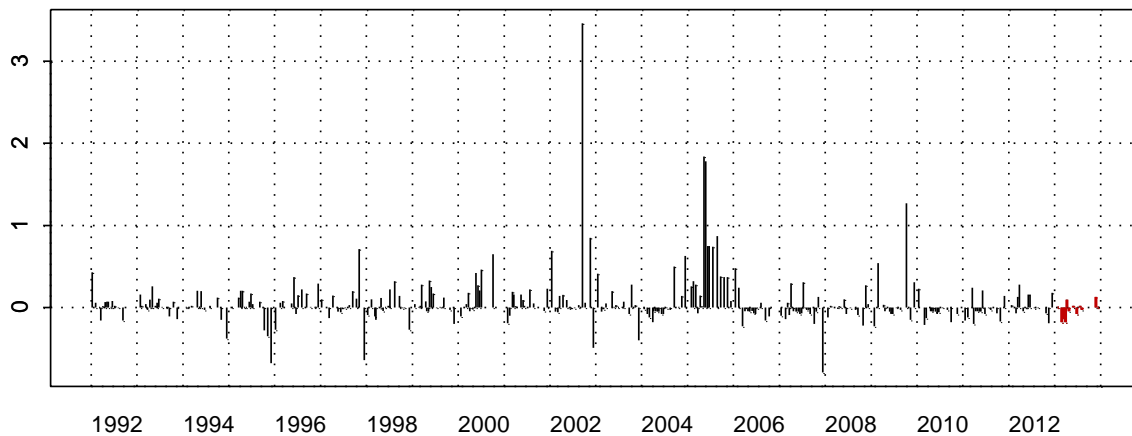
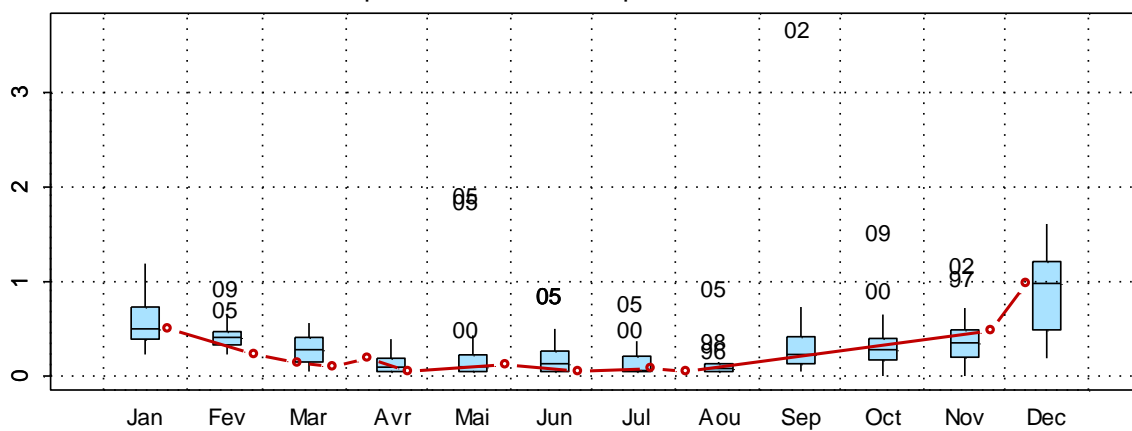
2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Anomalies NO2  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2013 NO2  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

Figure 48. Dynamique pluriannuelle, 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 1992-2013



□ **Nitrate**

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 49, 50 et 51*).

En 2013, 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 en périodes hivernales, en décembre pour les trois points (avec des valeurs de 23,08 µg/L ; 20,88 µg/L et 17,70 µg/L du point côtier vers le large).

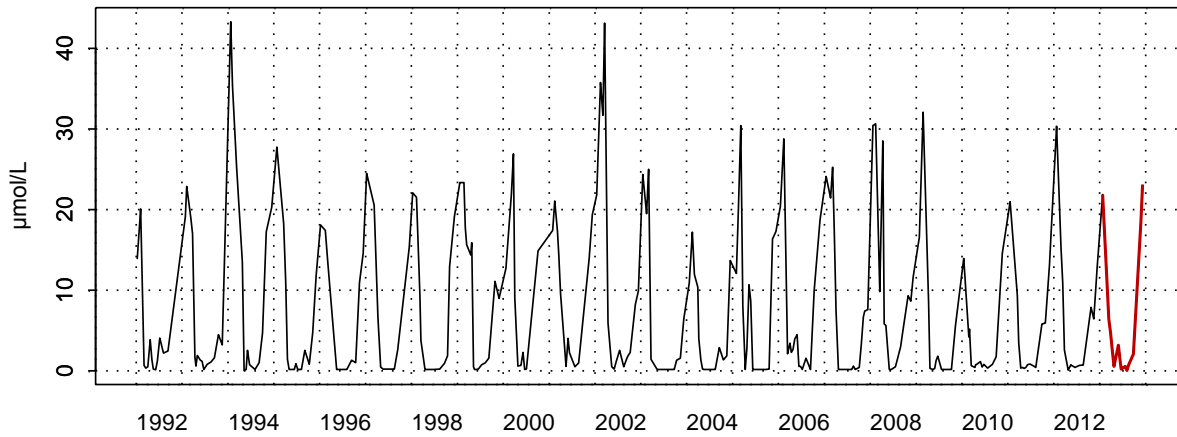
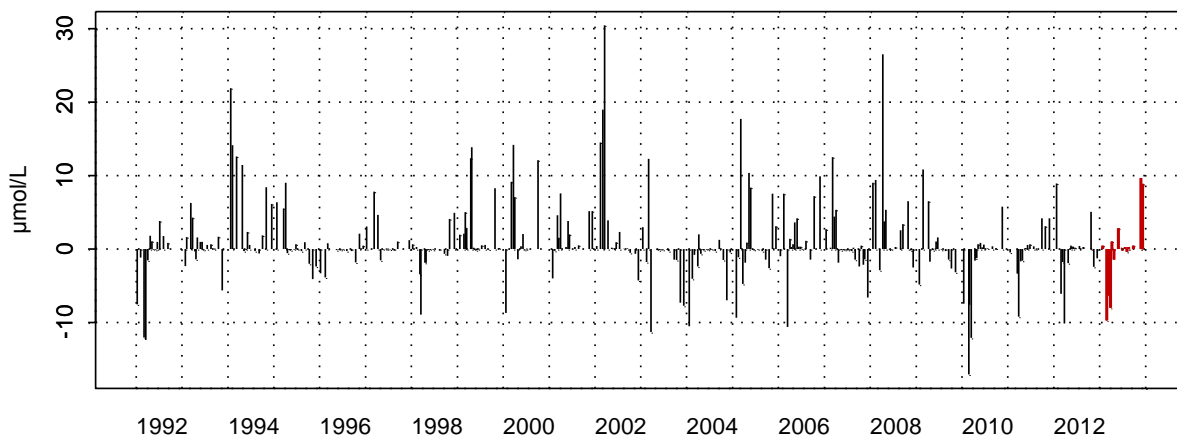
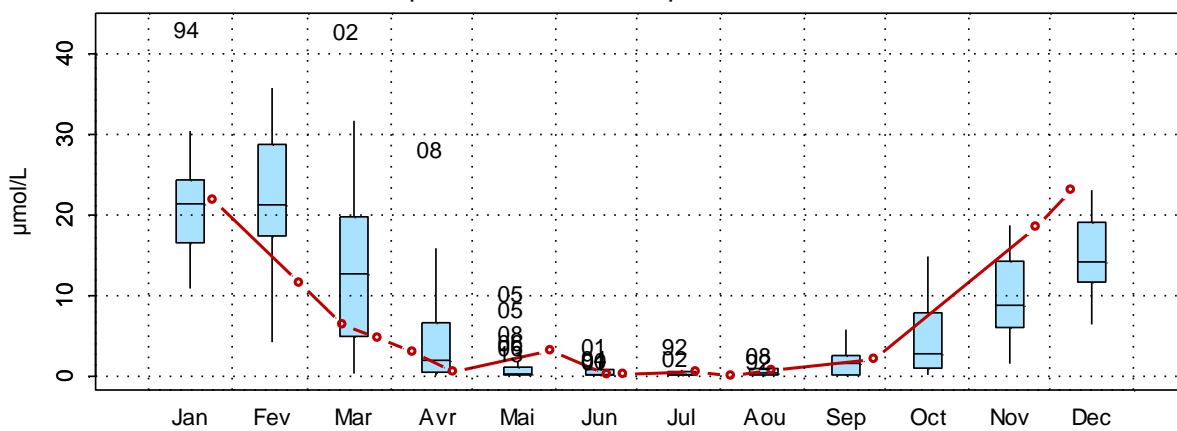
Les minima sont détectés en juillet pour les points 2 et 3 (respectivement 0,10 µg/L et 0,07 µg/L) ou en août pour le point 1 (avec 0,05 µg/L).

Le gradient de concentration varie entre -5,38 et 6,75.

Tableau 18. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrate (µmol/L) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Mediane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>BL1</b>	0,02	0,30	1,90	7,00	9,14	11,93	43,31	309
<b>BL2</b>	0,00	0,15	1,56	5,93	7,54	11,05	43,78	302
<b>BL3</b>	0,00	0,15	1,69	5,27	7,22	8,76	63,64	294

2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Azote nitrique (nitrate)

2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Anomalies Azote nitrique (nitrate)  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2013 Azote nitrique (nitrate)  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013Figure 49. Dynamique pluriannuelle, 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 1992-2013

2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Azote nitrique (nitrate)

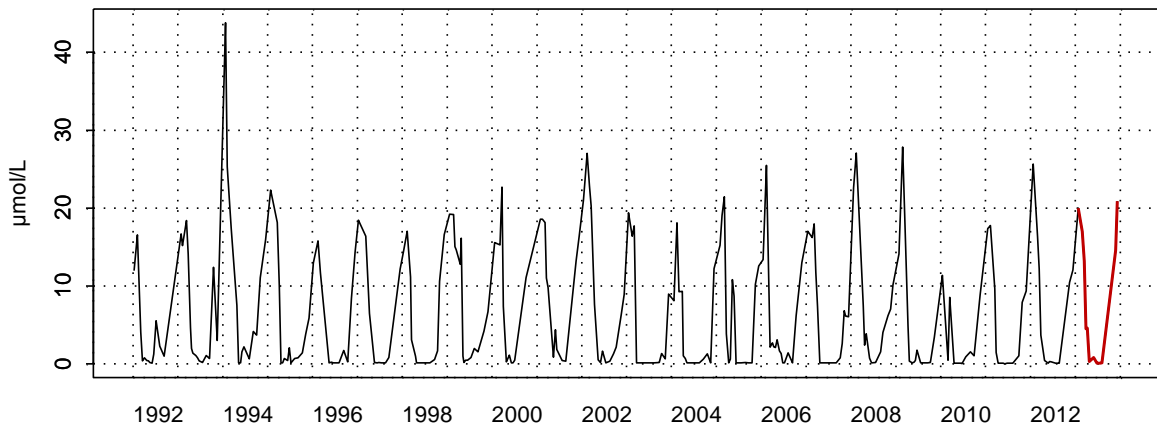
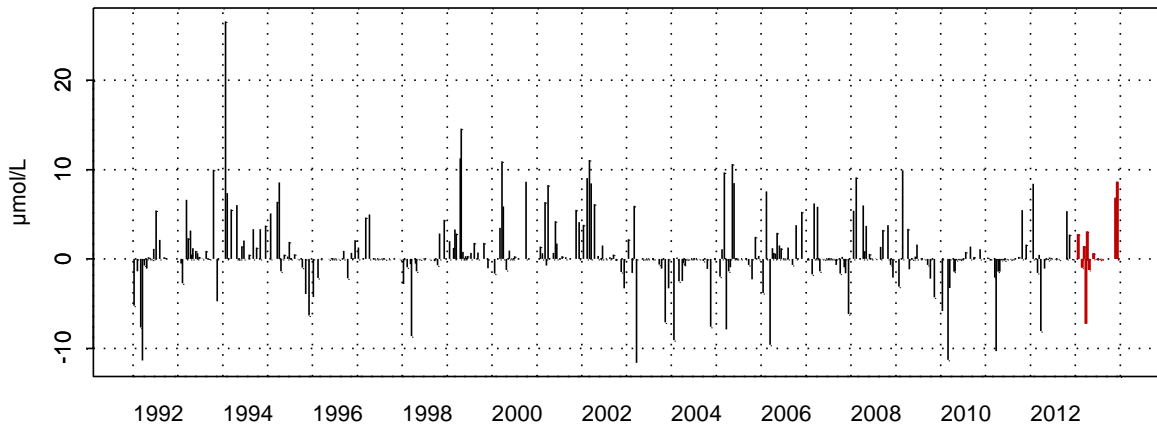
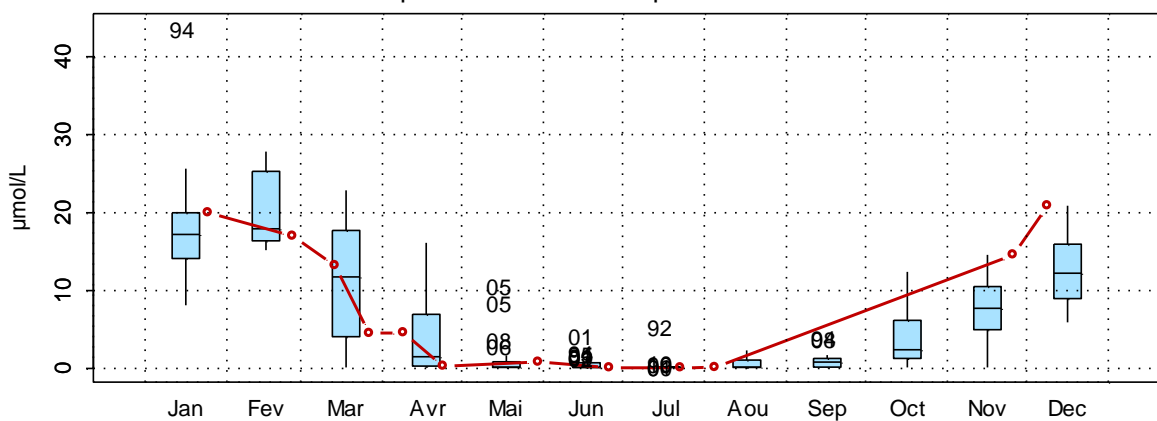
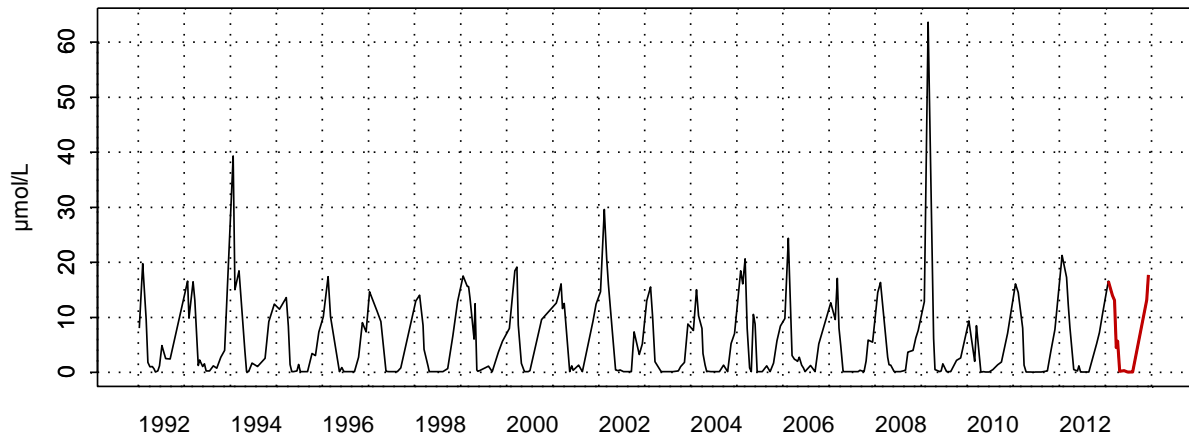
2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Anomalies Azote nitrique (nitrate)  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2013 Azote nitrique (nitrate)  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

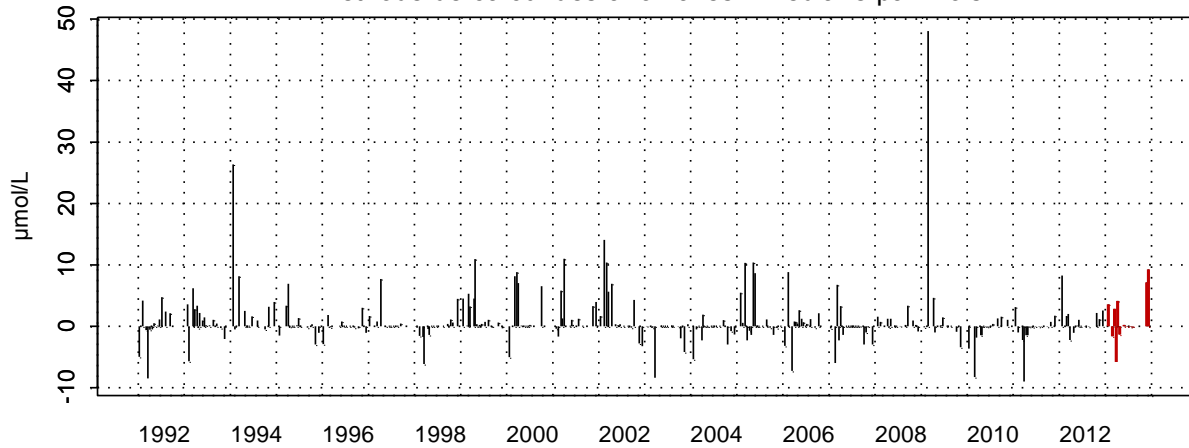
Figure 50. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2013

2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Azote nitrique (nitrate)



2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Anomalies Azote nitrique (nitrate)

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2013 Azote nitrique (nitrate)

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

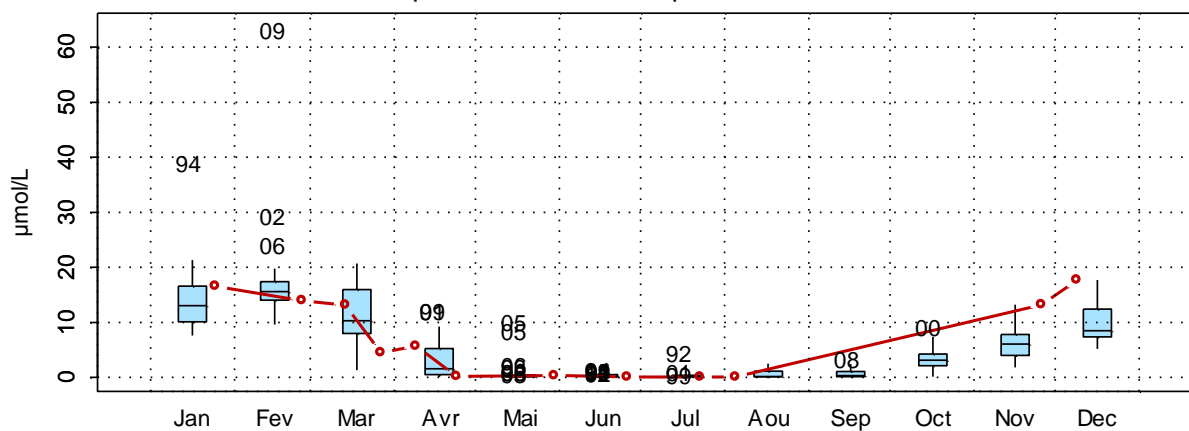


Figure 51. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2013

□ **Phosphate**

L'évolution de la concentration en phosphate sur le site de Boulogne est conforme au schéma habituel (*Figures 52, 53 et 54*). Elle est marquée par de fortes valeurs en hiver et en automne et de faibles valeurs durant le printemps.

La variabilité inter-annuelle peut être importante avec 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  $\mu\text{mol/L}$ , 1,9  $\mu\text{mol/L}$ , 2,11  $\mu\text{mol/L}$ , respectivement) et en 1993 et 2008 (2,3  $\mu\text{mol/L}$  et 2,13  $\mu\text{mol/L}$  respectivement).

En 2013, la dynamique saisonnière des phosphates montre des valeurs relativement basses au point 1. En effet, les concentrations en phosphates sont généralement inférieures aux médianes de la série 1992-2013. Le minimum est de 0,05  $\mu\text{mol/L}$  en février, le maximum est atteint en janvier avec 0,075  $\mu\text{mol/L}$ .

Les points 2 et 3 montrent des valeurs plutôt au-dessus des médianes de la série 1992-2013. C'est le cas pour le premier semestre au point 2, et cela se vérifie durant toute l'année au point 3 (la courbe des anomalies mensuelles confirme cette tendance avec des anomalies positives). Les maxima sont de 1,04  $\mu\text{mol/L}$  en janvier au point 1 et de 0,80  $\mu\text{mol/L}$  au point 2. Les minima sont respectivement de 0,13  $\mu\text{mol/L}$  en août et 0,20  $\mu\text{mol/L}$  en mai.

Le gradient est positif (variant de 0,01 à 0,29) et indique une concentration en phosphate plus faible en zone côtière qu'au large.

Tableau 21. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>BL1</b>	0,00	0,15	0,32	0,46	0,43	0,68	3,10	325
<b>BL2</b>	0,05	0,14	0,34	0,46	0,40	0,69	2,40	306
<b>BL3</b>	0,00	0,16	0,36	0,44	0,37	0,61	2,30	298

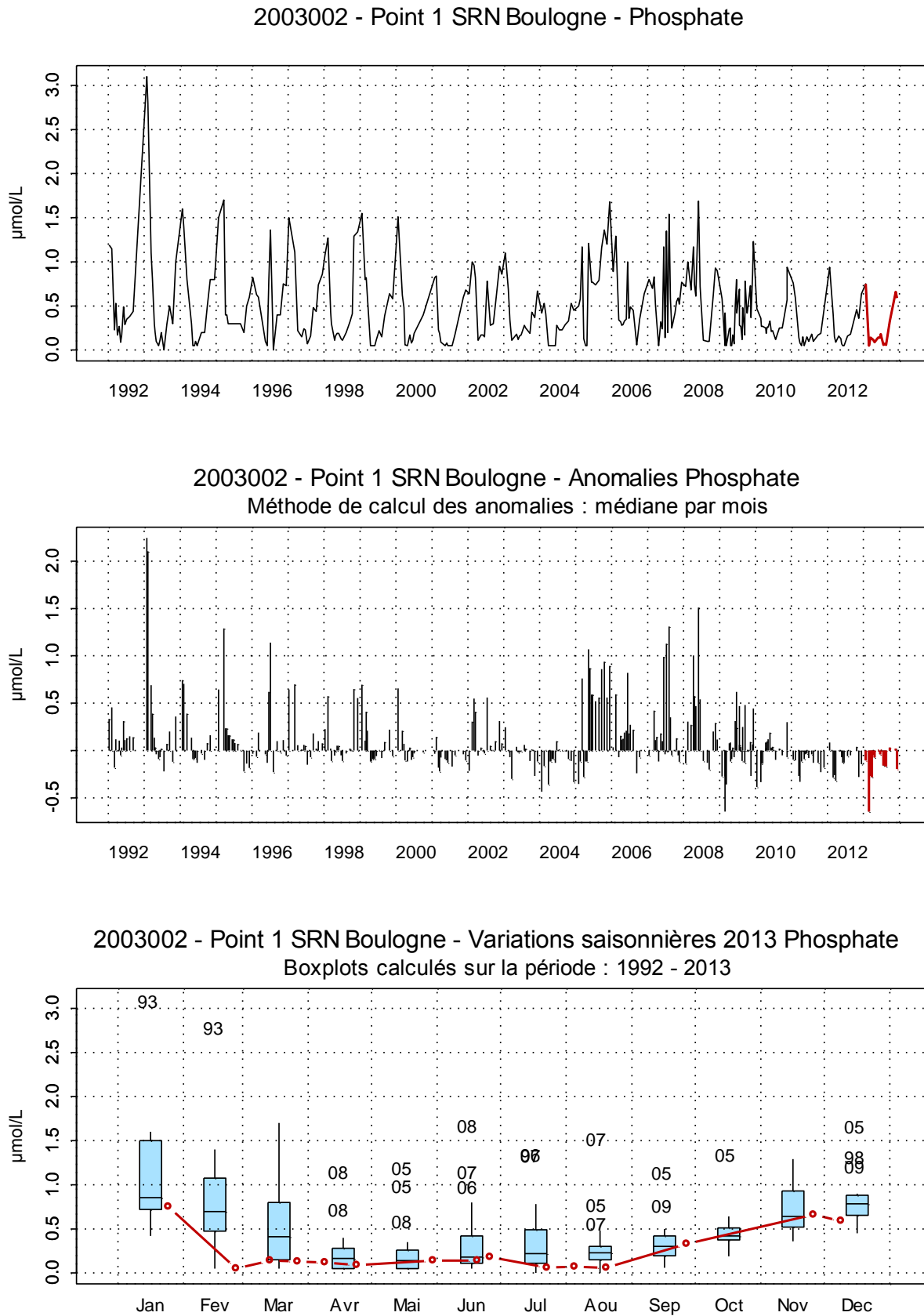


Figure 52. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2013

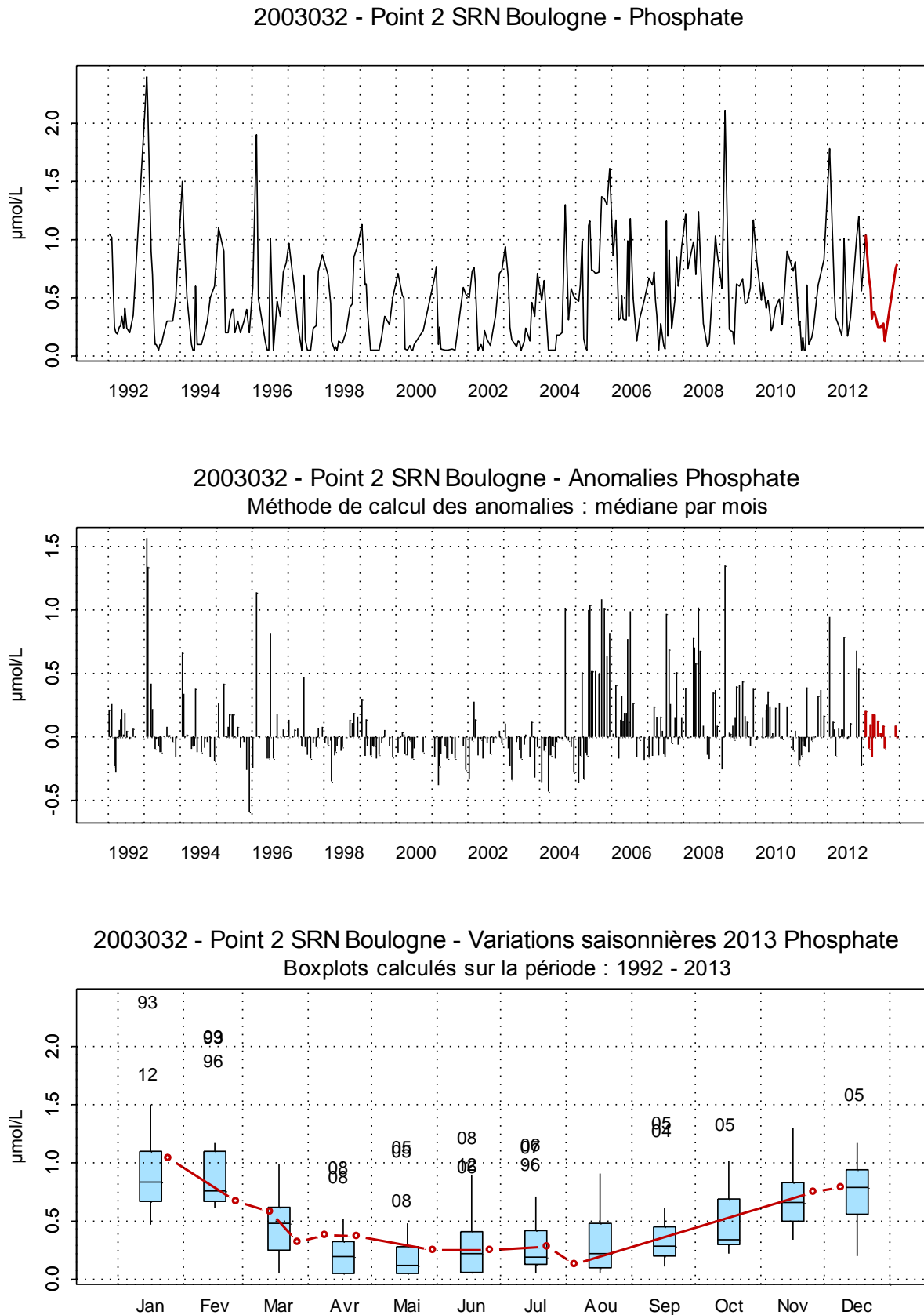


Figure 53. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2013

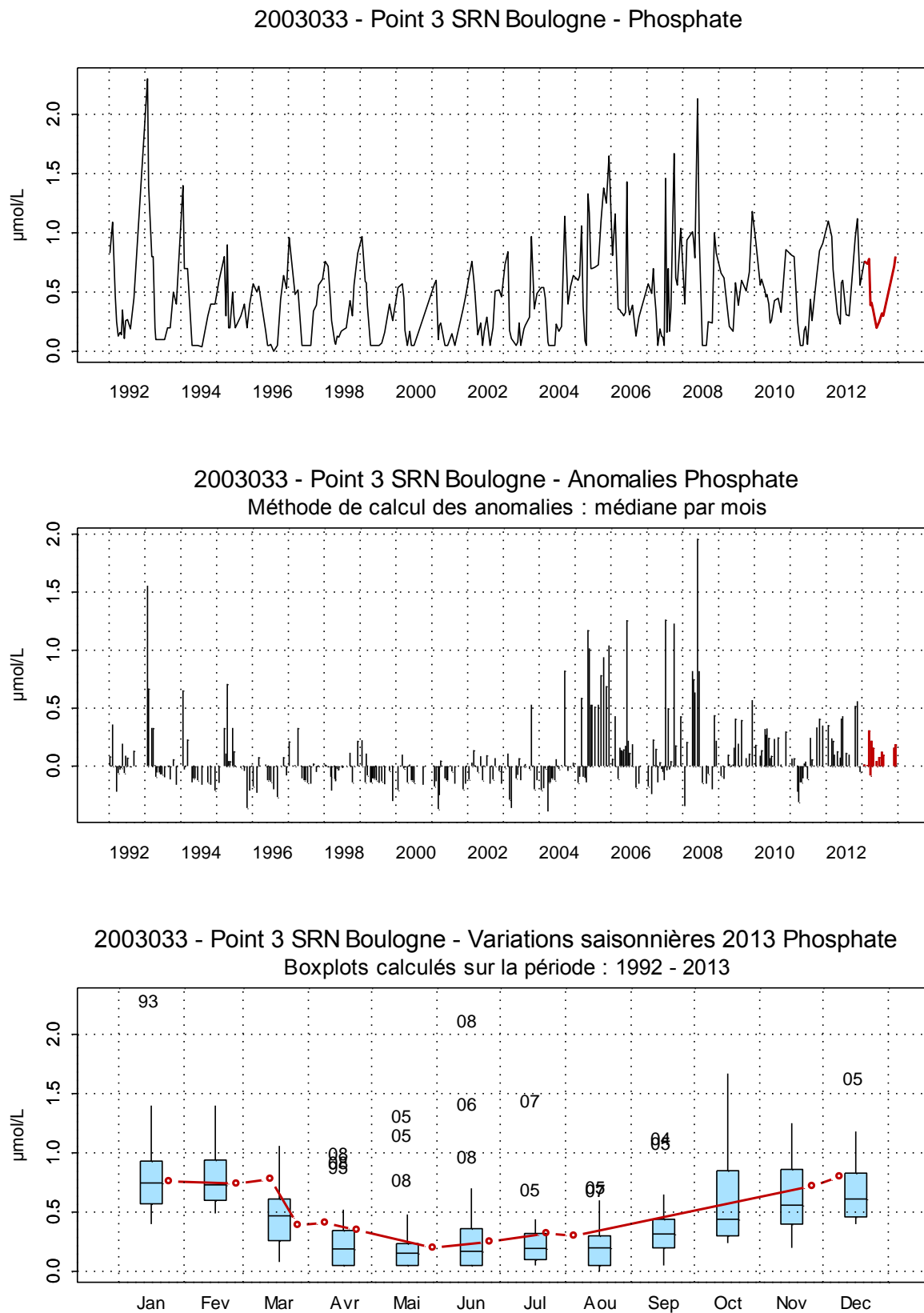


Figure 54. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2013



□ Silicate

L'évolution des silicates au cours du temps est telle que l'on observe de faibles teneurs au printemps et en été, et de plus fortes teneurs en automne et hiver (*Figures 55, 56 et 57*).

Globalement, l'année 2013 est conforme aux autres années. Néanmoins, des fortes anomalies sont remarquables. D'une part, en janvier pour les trois points avec des teneurs supérieures à 12  $\mu\text{mol/L}$ , d'autre part, en novembre et décembre, avec des valeurs nettement supérieures au troisième quartile de la série 1992-2013 pour la station côtière. La courbe des anomalies présente nettement ces valeurs exceptionnelles.

Les concentrations minimales sont atteintes en juin pour le point 1 (avec 0,10  $\mu\text{mol/L}$ ). Pour les points 2 et 3, les valeurs restent basses au printemps, au-dessous de la limite de quantification.

Les maxima sont mesurés en novembre pour le point 1 (13,60  $\mu\text{mol/L}$ ) et en janvier pour les points 2 et 3 (respectivement 12,99  $\mu\text{mol/L}$  et 12,44  $\mu\text{mol/L}$ ).

Le gradient de concentration varie de -8,31 à 1,18. Les gradients positifs estivaux indiquent un appauvrissement en silicates des eaux côtières.

Tableau 22. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>BL1</b>	0,10	0,28	1,58	3,28	4,01	4,61	19,01	324
<b>BL2</b>	0,10	0,10	1,43	2,65	3,22	3,93	18,90	304
<b>BL3</b>	0,10	0,10	1,58	2,40	2,85	3,54	16,50	297

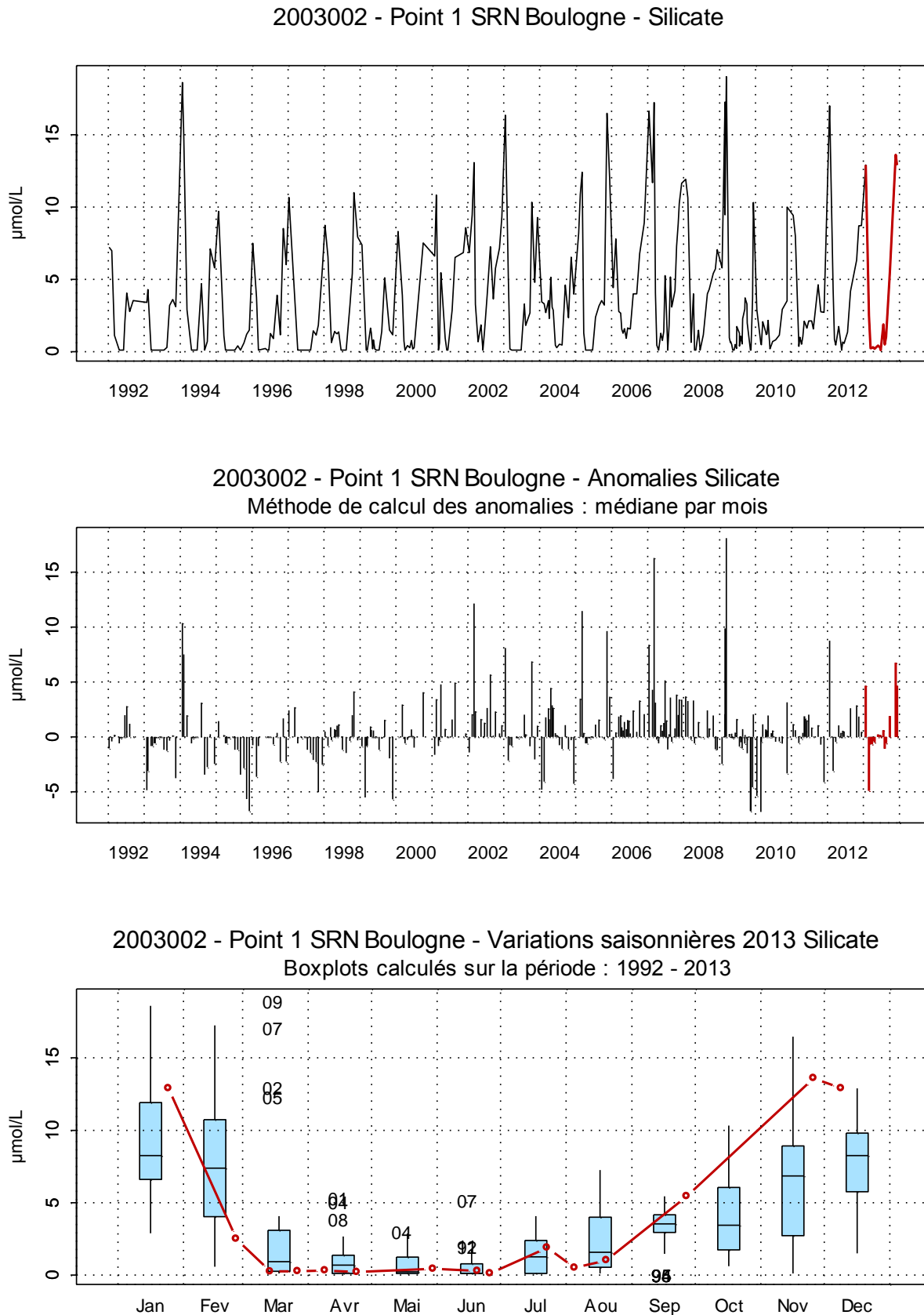


Figure 55. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2013

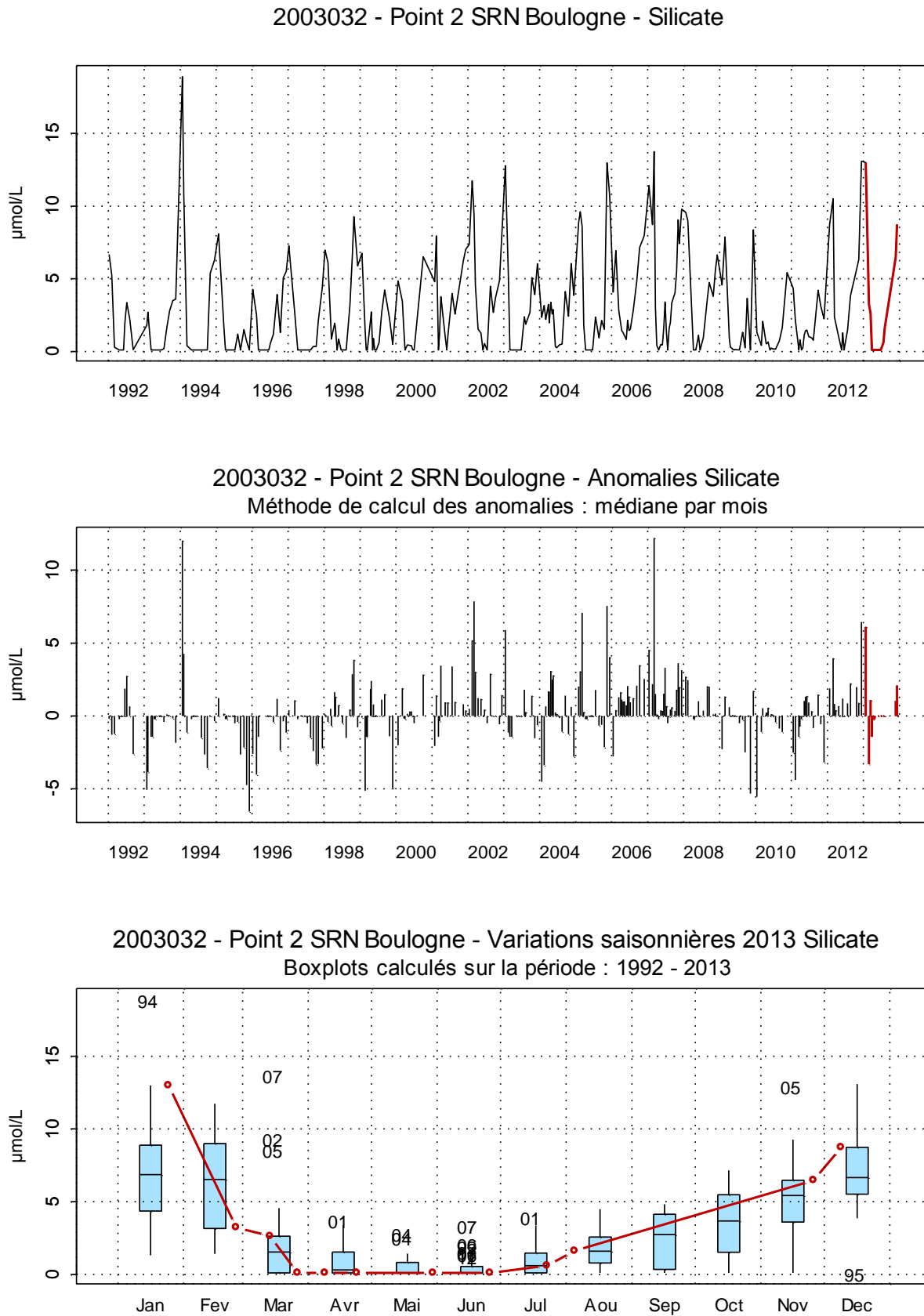


Figure 56. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2013

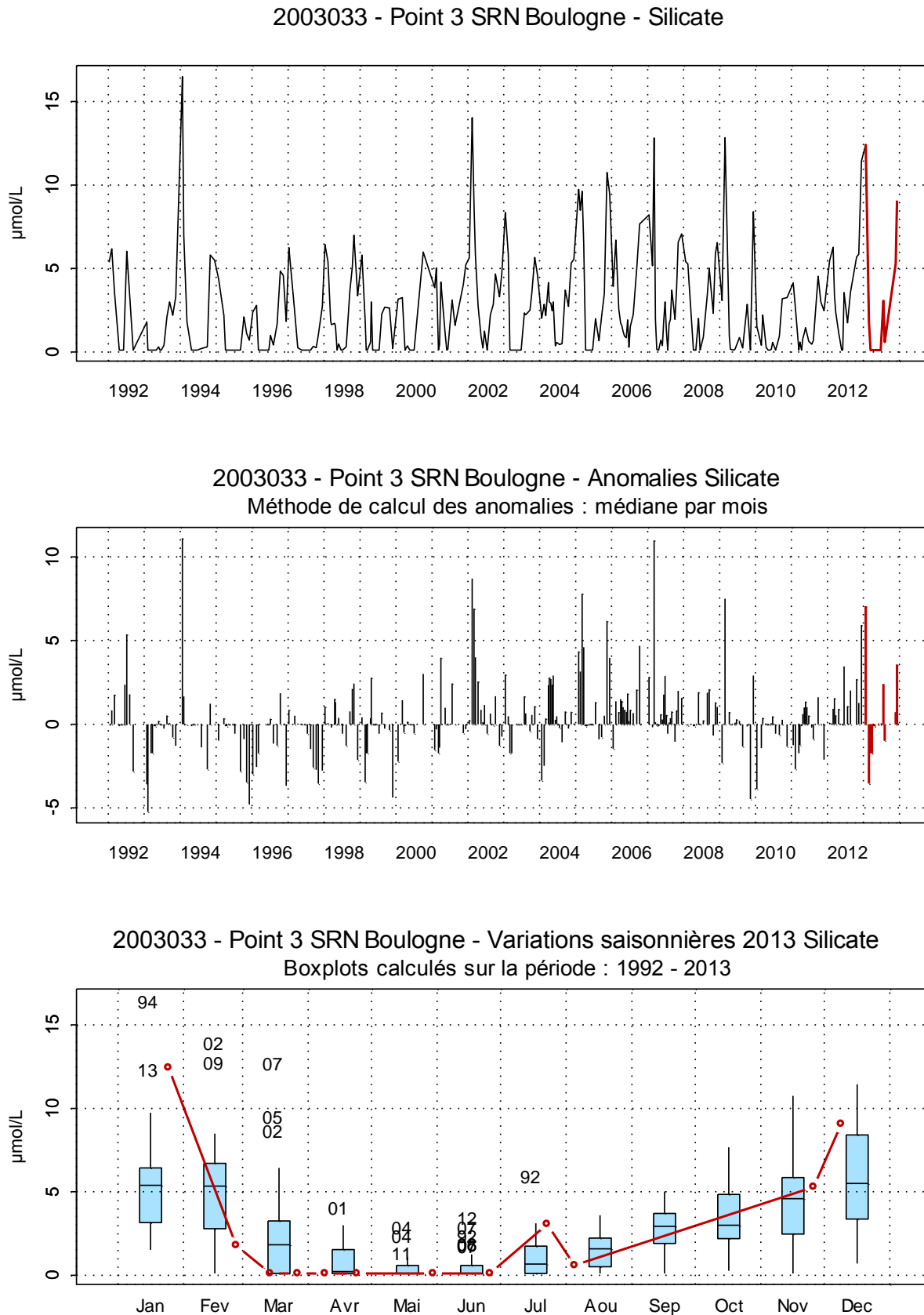


Figure 57. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2013

□ Nutriments

Sur la radiale de Boulogne, les limitations sont différentes selon les points :

- Pour le point côtier, c'est le phosphate qui limite la production algale (limitation de type P : Si : N) du mois de novembre au mois de février. A partir du mois de mars et jusqu'à juin, les silicates sont limitants (limitation Si : P : N puis Si : N : P). A la fin de la période productive, c'est l'azote (N : Si : P) qui limite le développement phytoplanctonique.

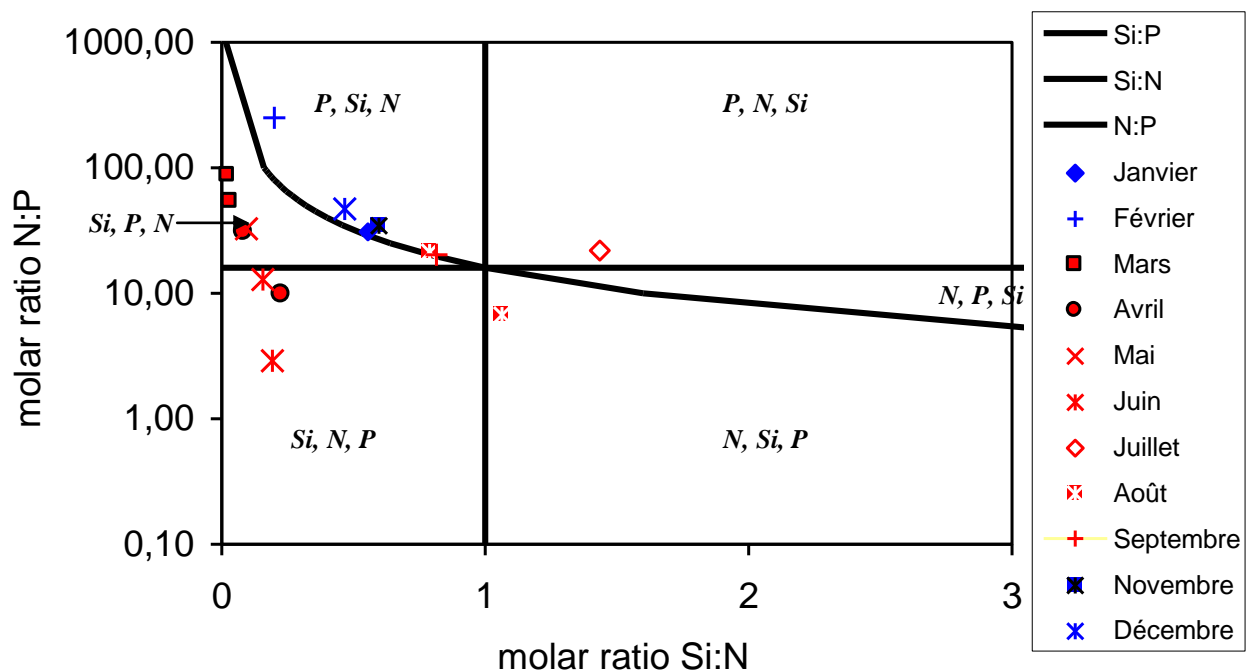


Figure 58. Évolution temporelle des éléments limitants au point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2013

- Le point intermédiaire présente une limitation par les silicates à partir du mois d'octobre et jusqu'au printemps (de type Si : P : N et Si : N : P). En revanche, pendant la période productive (de mai à octobre), l'azote limite la prolifération algale.

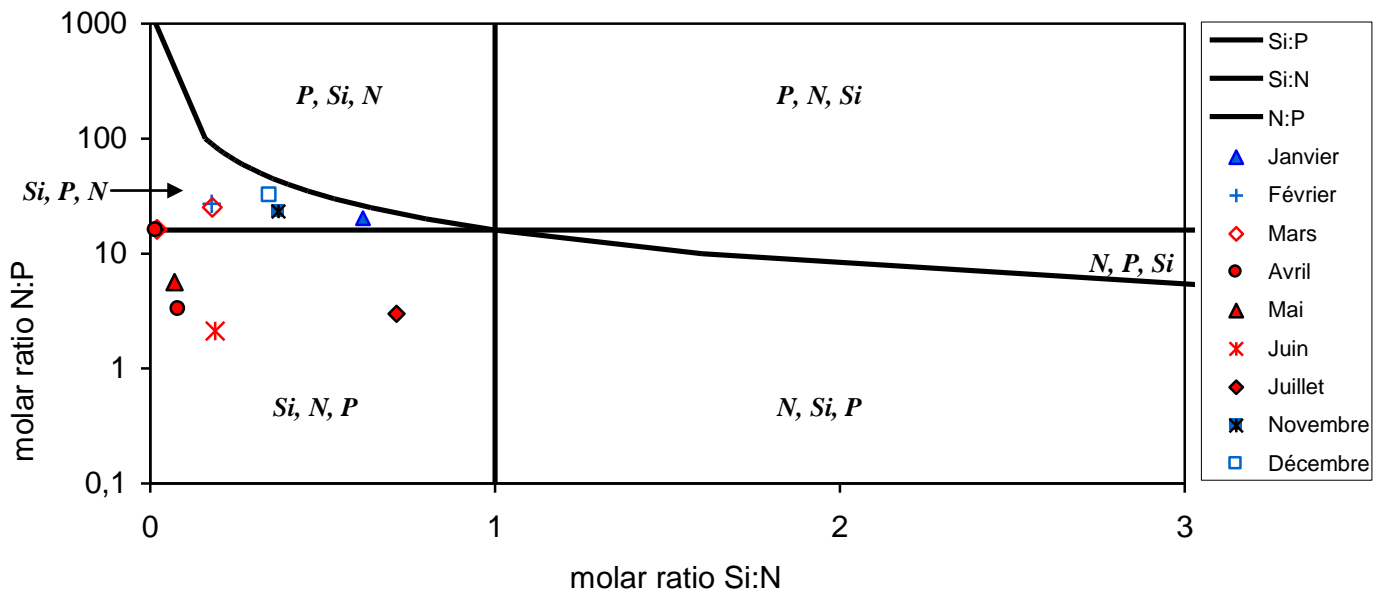


Figure 59. Évolution temporelle des éléments limitants au point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2013

- Au large de Boulogne sur Mer, les fluctuations s'estompent et les nutriments principalement limitants sont les silicates (de type Si : P : N en période non productive et de type Si : N : P le reste de l'année). Néanmoins, des valeurs manquantes sur la période août, septembre et octobre ne nous permettent pas de conclure quant aux types de limitation sur cette période.

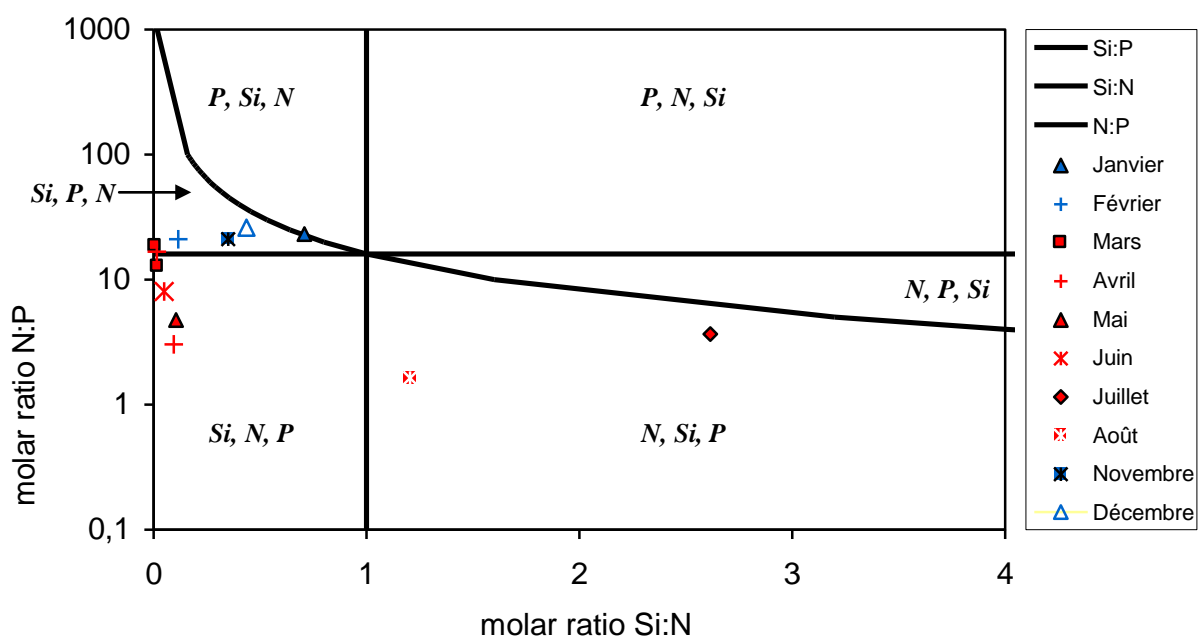


Figure 60. Évolution temporelle des éléments limitants au point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2013

□ **Chlorophylle-a**

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 61, 62 et 63*).

La variabilité pluriannuelle, est importante avec des pics de biomasse qui varient d'une année à l'autre. En 1994, les concentrations atteignent 29,6 µg/L tandis que les valeurs de 2012 n'excèdent pas 13,79 µg/L.

En 2013, la concentration en chlorophylle-*a* augmente à partir de février et diminue en août. Cette année est caractérisée par une succession de pics de concentrations exceptionnellement élevées début mars, avril et juin (certaines valeurs sont même supérieures au troisième quartile des années 1992-2013). En période hivernale, les concentrations en chlorophylle-*a* sont particulièrement basses ; les valeurs sont au-dessous des médianes pour les trois points.

Les maxima sont atteints en mars pour les points 1 et 2 (respectivement 17,18 µg/L et 10,94 µg/L) ou en février pour le point 3 (avec 7,37 µg/L). Les minima sont observés en janvier avec des valeurs comprises entre 0,83 µg/L et 0,61 µg/L du point côtier vers le large.

Tableau 17. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle-*a* (µg/L) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>BL1</b>	0,01	1,76	3,60	5,54	5,21	7,95	29,60	341
<b>BL2</b>	0,05	1,20	2,45	3,68	3,63	4,89	19,22	301
<b>BL3</b>	0,02	0,80	1,39	2,29	2,47	2,76	16,32	292

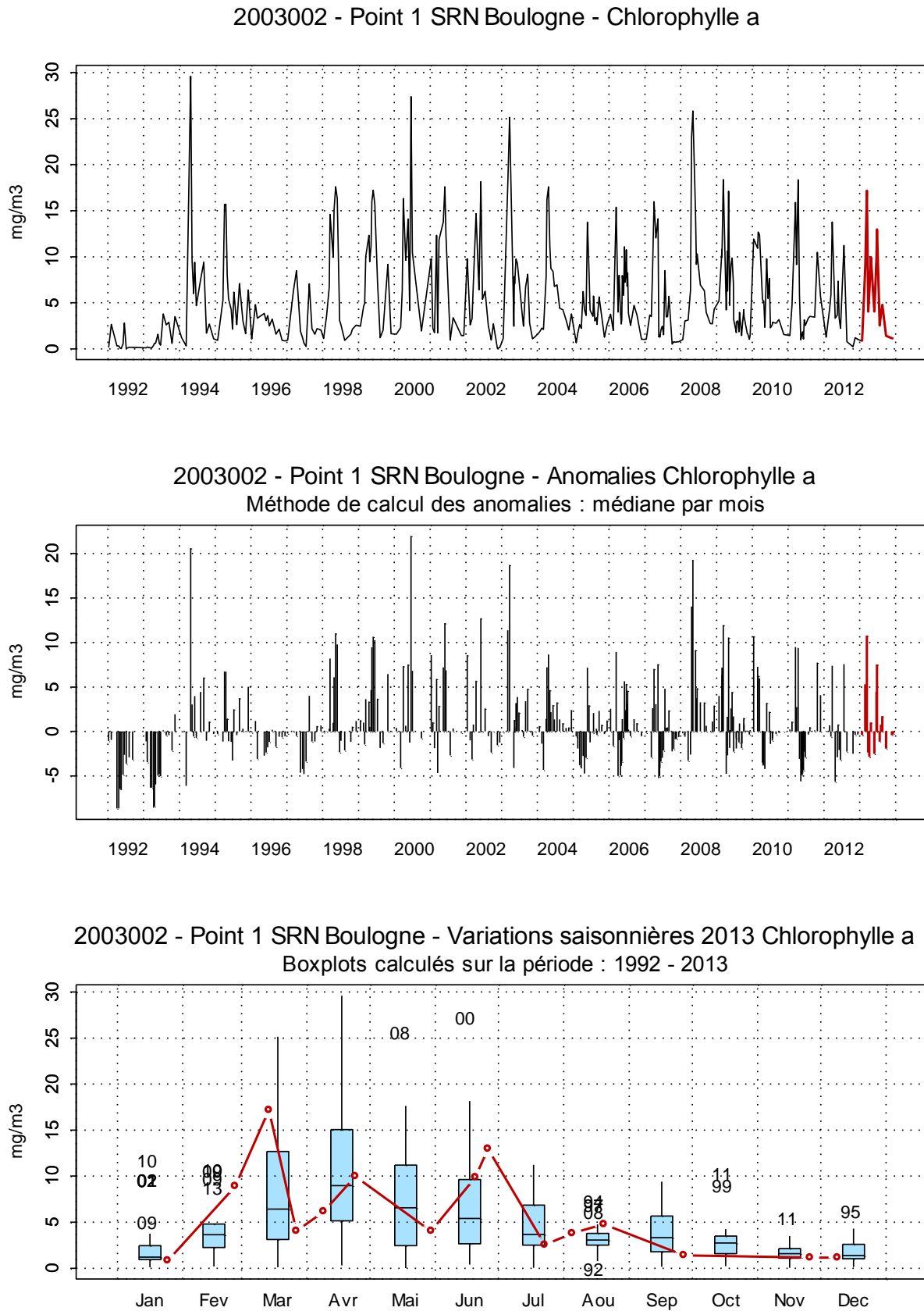


Figure 61. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle-*a* ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2013



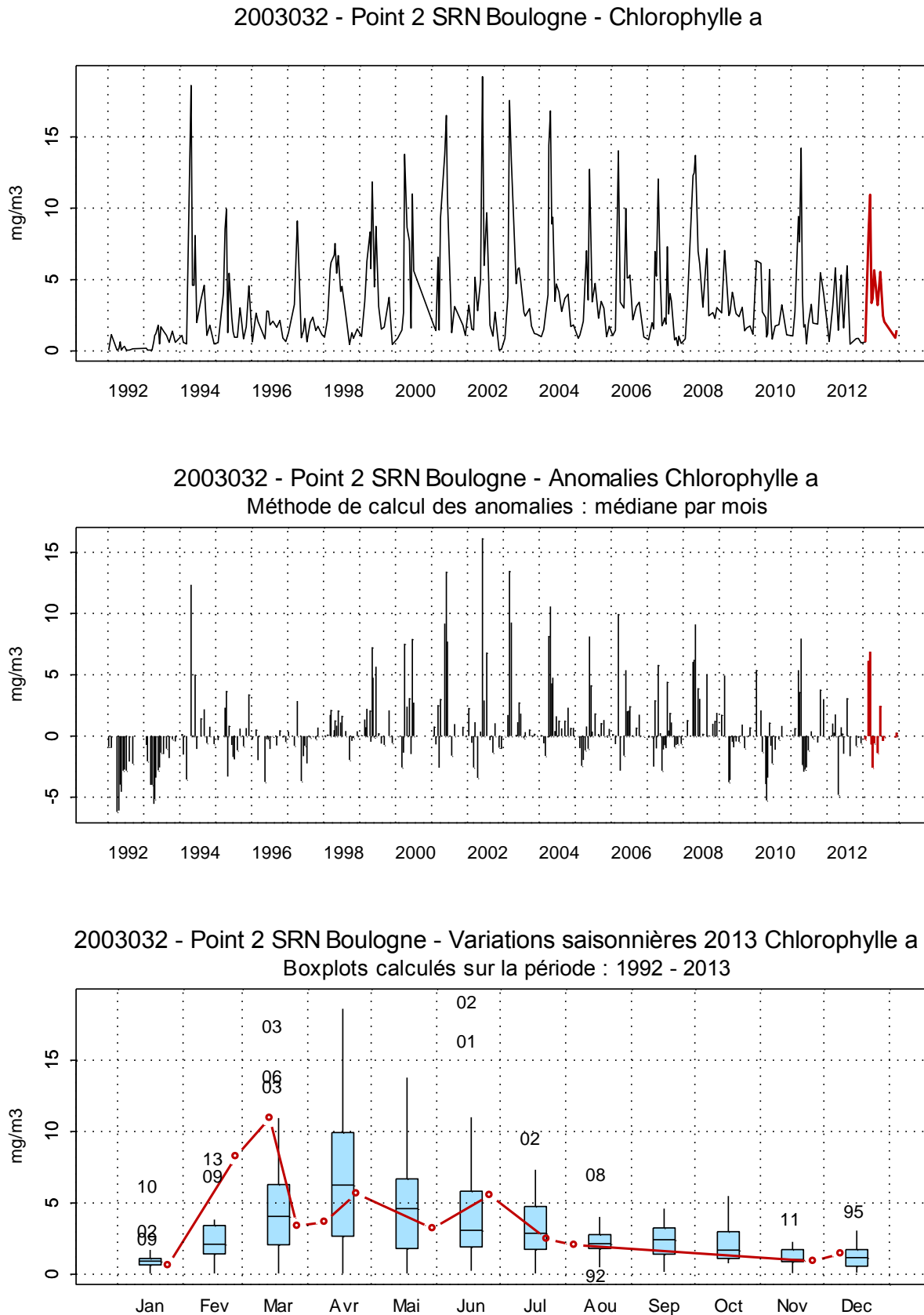
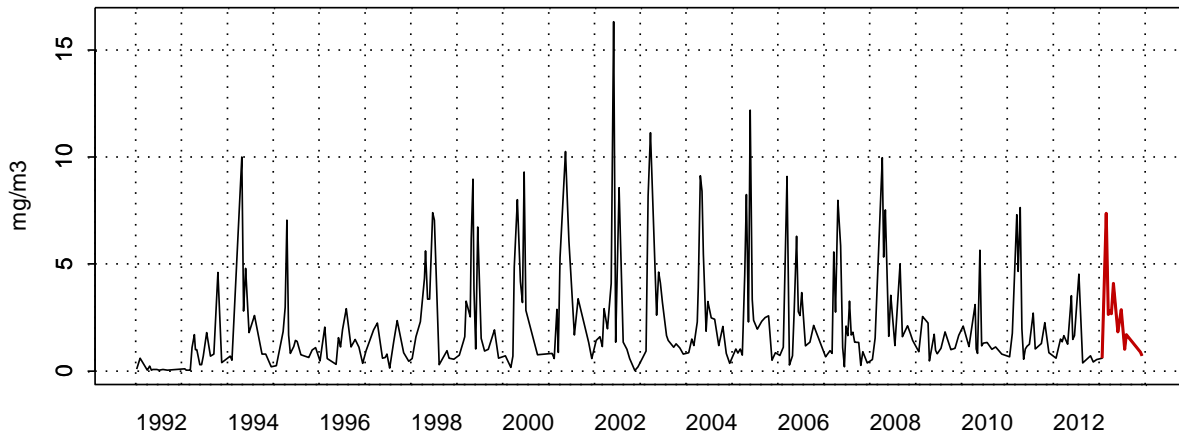


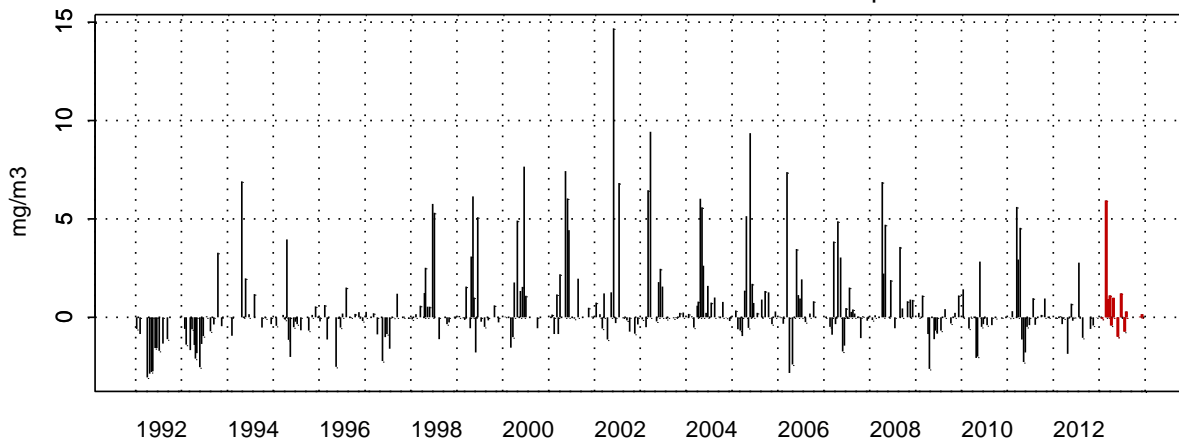
Figure 62. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a ( $\text{mg/m}^3$ ) pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2013

2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Chlorophylle a



2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Anomalies Chlorophylle a

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2013 Chlorophylle a

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

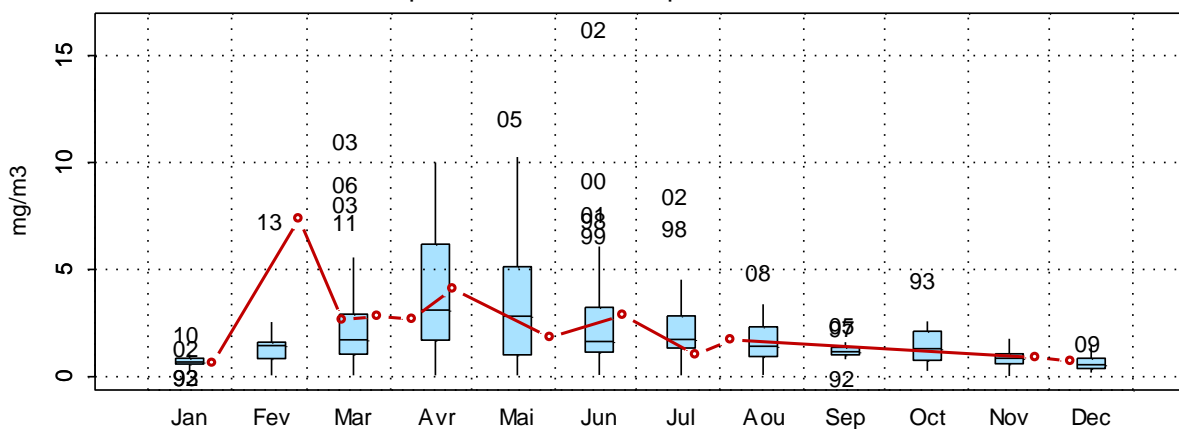


Figure 63. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle a ( $\text{mg/m}^3$ ) pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1992-2013

□ **Chlorophylle active**

En 2013, la teneur en chlorophylle active fluctue beaucoup; néanmoins, on peut remarquer une tendance à la baisse en mars et en juillet et, au contraire, une tendance à la hausse en avril et mai.

D'autre part, les proportions en chlorophylle active diminuent du point 1 vers le point 3. Les valeurs minimales sont enregistrées pendant la période hivernale (6 % pour le point 1 ; 1,40 % pour le point 2 et 9 % pour le point 3). Les teneurs les plus fortes en chlorophylle active apparaissent en janvier (93 % pour le point 1 et 92 % pour le point 3) ou en mars (74 % pour le point 2).

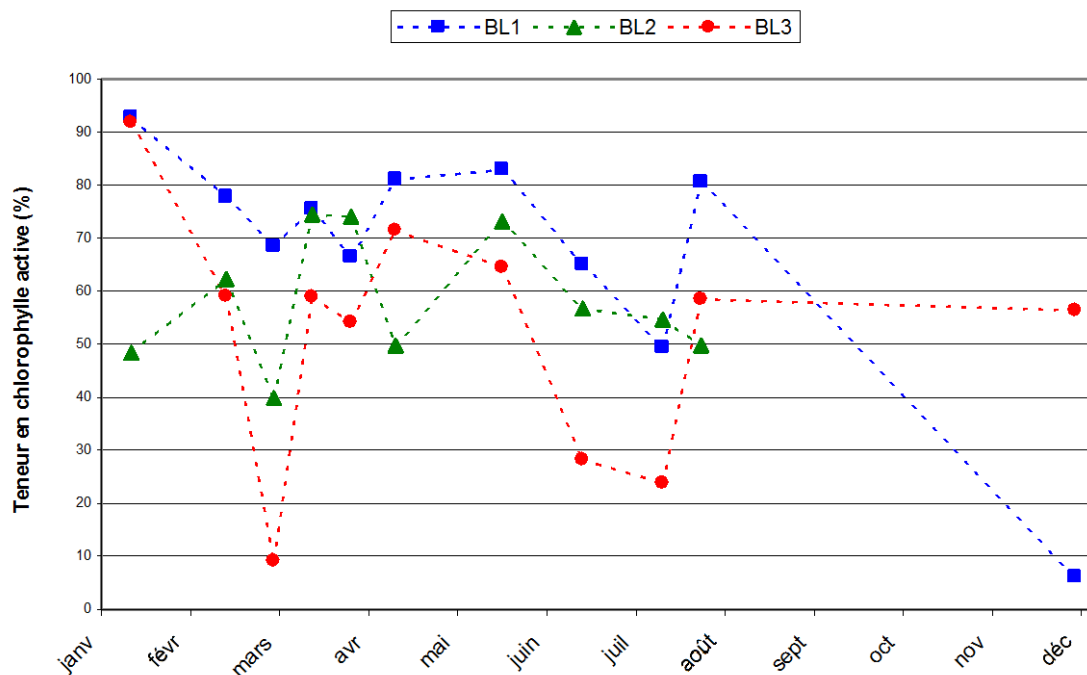


Figure 64. Évolution temporelle du pourcentage de chlorophylle active sur la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2013

### 3.1.3. La Baie de Somme

#### □ Température

La courbe de température indique une dynamique caractéristique des systèmes tempérés entre 1992 et 2013 (Figures 65 à 69). 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. Globalement, les températures oscillent entre 5 °C et 20 °C, excepté en 2003 qui montre un pic avoisinant les 23 °C en août sur l'ensemble des points. Les températures les plus faibles de la série sont obtenues en 1997 et avoisinent 2 °C au point Atso.

L'année 2013 connaît une dynamique du même type. Néanmoins deux épisodes se distinguent : le premier semestre où les anomalies négatives sont importantes, l'écart le plus important est visible en avril où on compte environ 6 °C de moins que les normales saisonnières (4 °C pour des normales à 10 °C). L'ensemble des valeurs de cette période se situe au-dessous du troisième quartile des valeurs saisonnières 1992-2013. En revanche, le second semestre présente des températures légèrement au-dessus de la médiane de la série de référence 1992-2013 (anomalies positives jusqu'à + 2 °C).

Les minima sont atteints en avril avec des températures comprises entre 3,80 °C et 4,40 °C pour les cinq points. Les maxima apparaissent en août, ils sont compris entre 19,50 °C et 20,60 °C.

Il existe un faible gradient de température entre la côte et le large (d'Atso à Mer 2). Ce gradient varie de -1,2 °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.

Tableau 23. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour la radiale de la Baie de Somme sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>BIF</b>	2,50	8,30	12,25	12,41	4,77	16,92	22,90	346
<b>MIMER</b>	3,00	8,50	12,55	12,71	4,76	17,10	22,80	230
<b>ATSO</b>	2,00	8,55	12,90	12,75	4,82	17,15	22,10	359
<b>MER 1</b>	3,00	8,90	12,75	12,65	4,56	16,80	22,30	282
<b>MER 2</b>	3,00	9,00	12,50	12,66	4,44	16,65	21,60	279

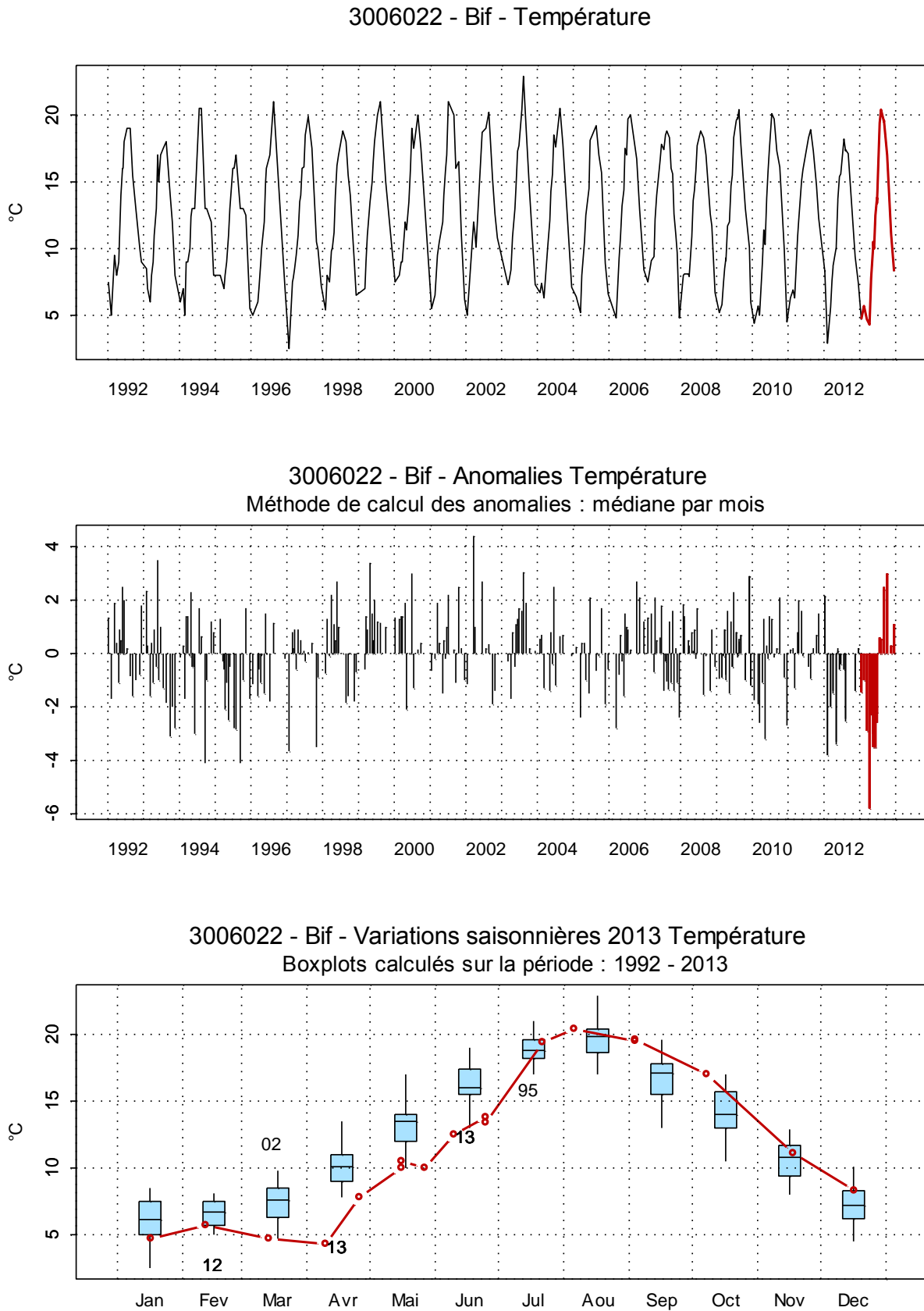


Figure 65. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

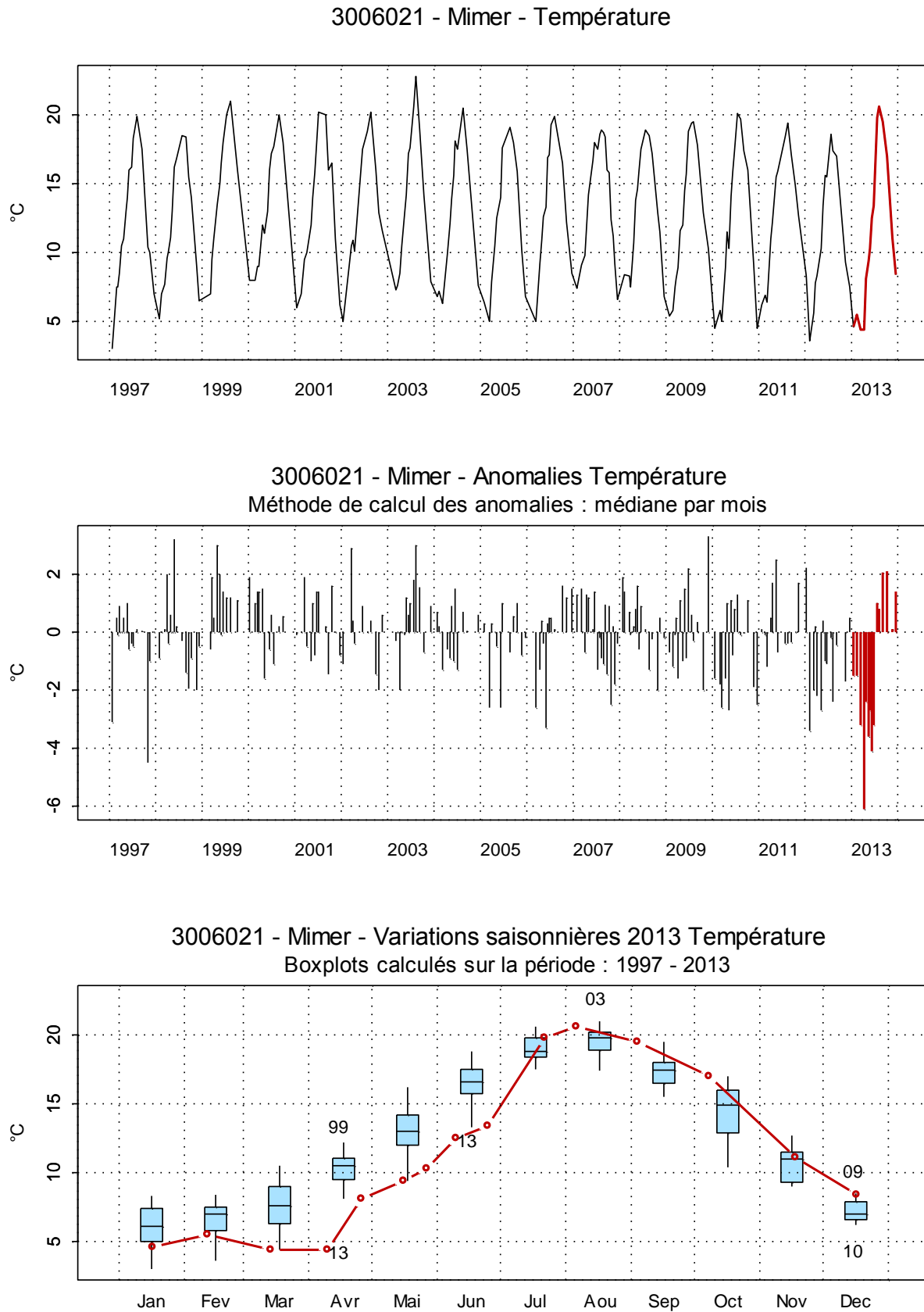


Figure 66. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2013

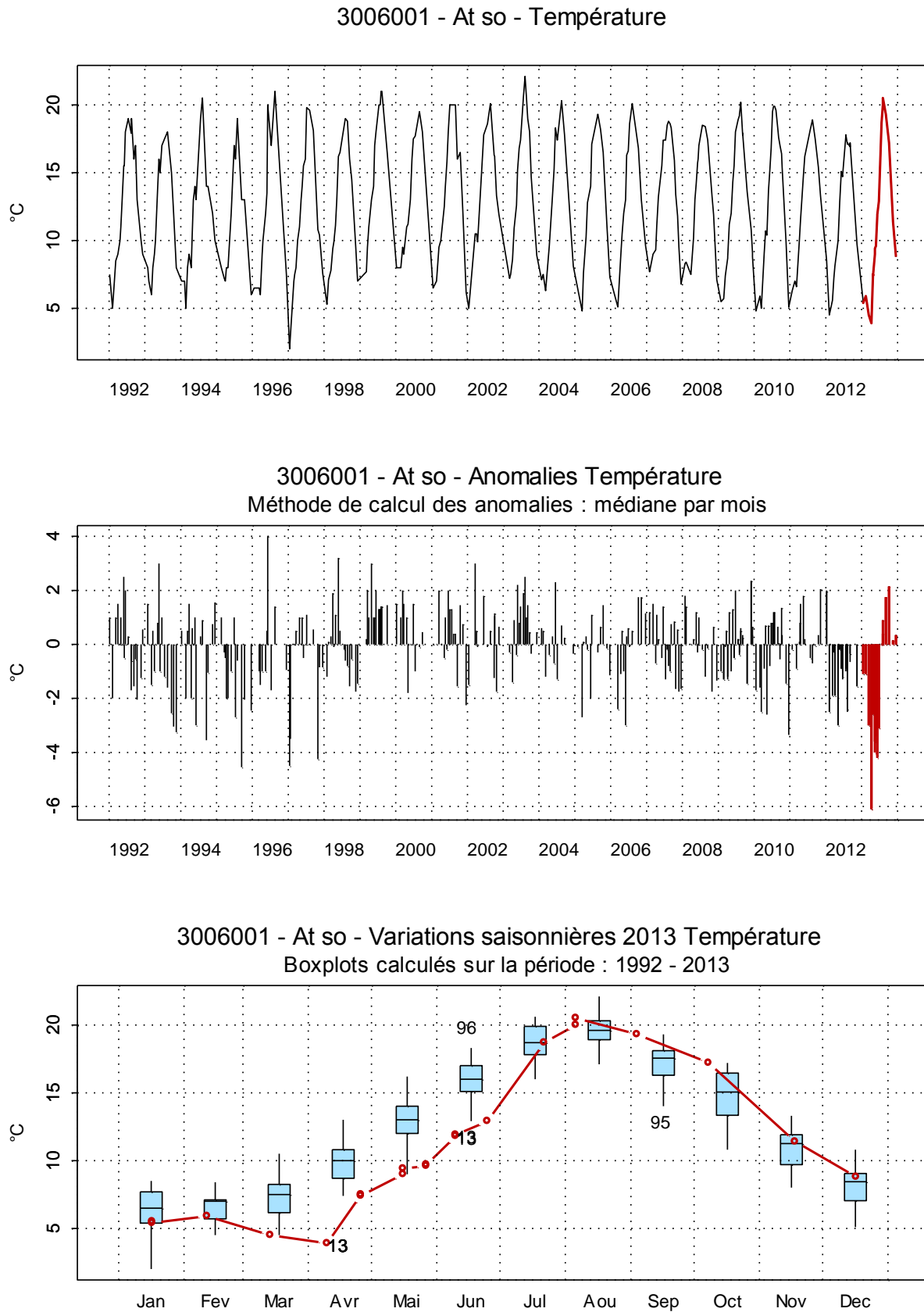


Figure 67. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

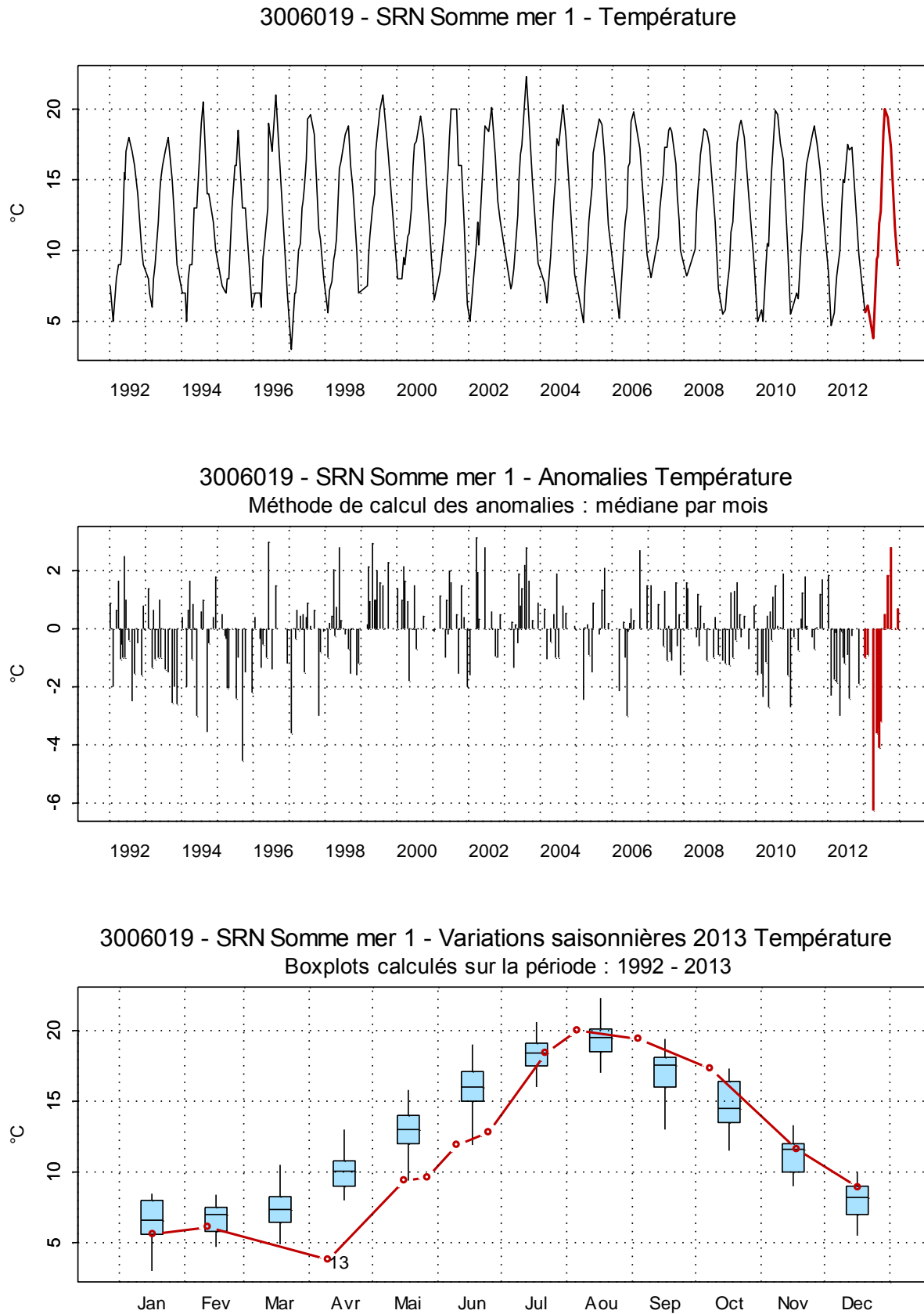


Figure 68. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013



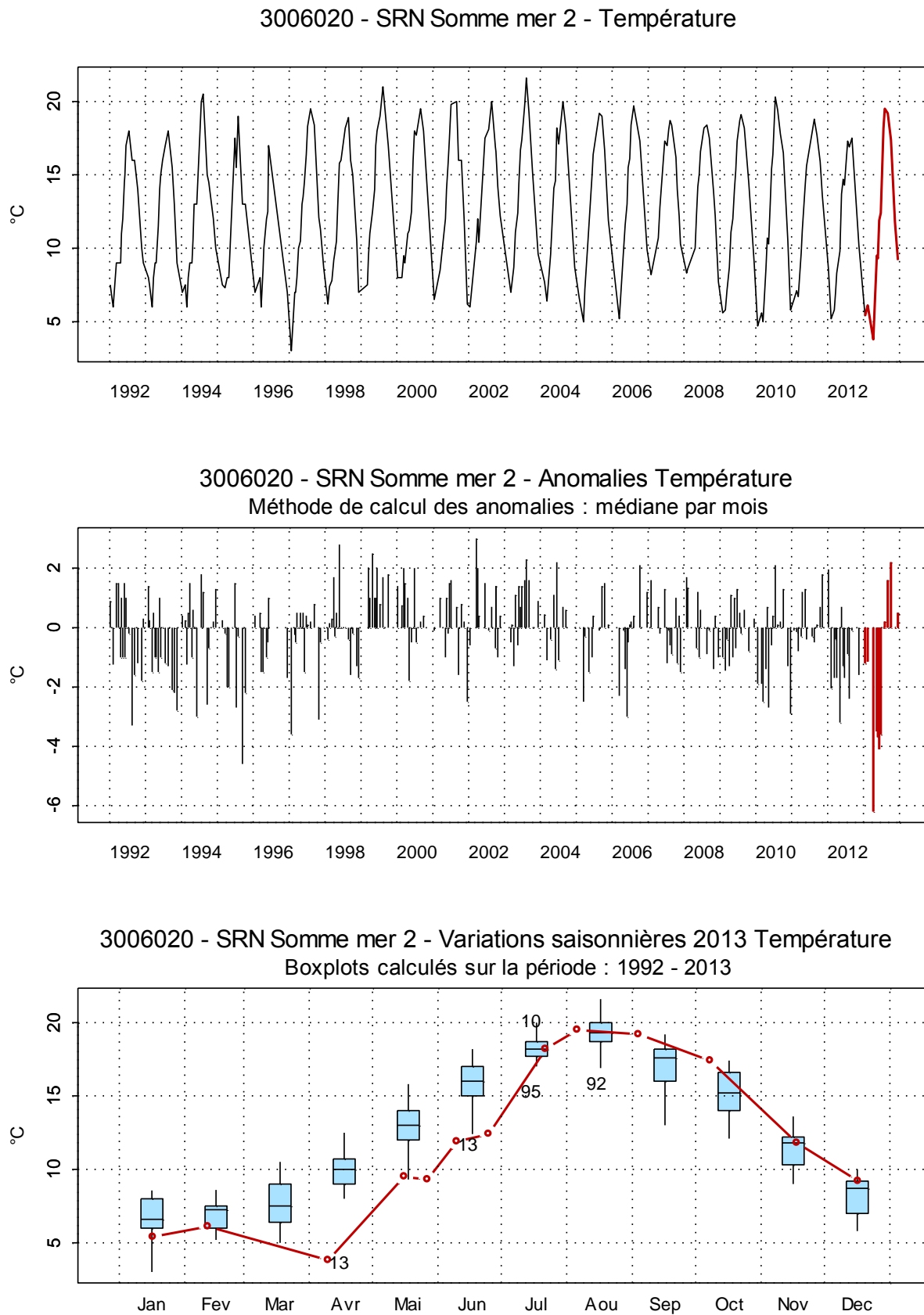


Figure 69. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

### □ Salinité

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 30,2 et 33,8 pour les points estuariens et côtiers (Bif, Mimer et Atso) et entre 31,6 et 34,40 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 (Figure 70). 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 parfois différentes (marée) et de situations environnementales contrastées (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 -0,50 et 3,70.

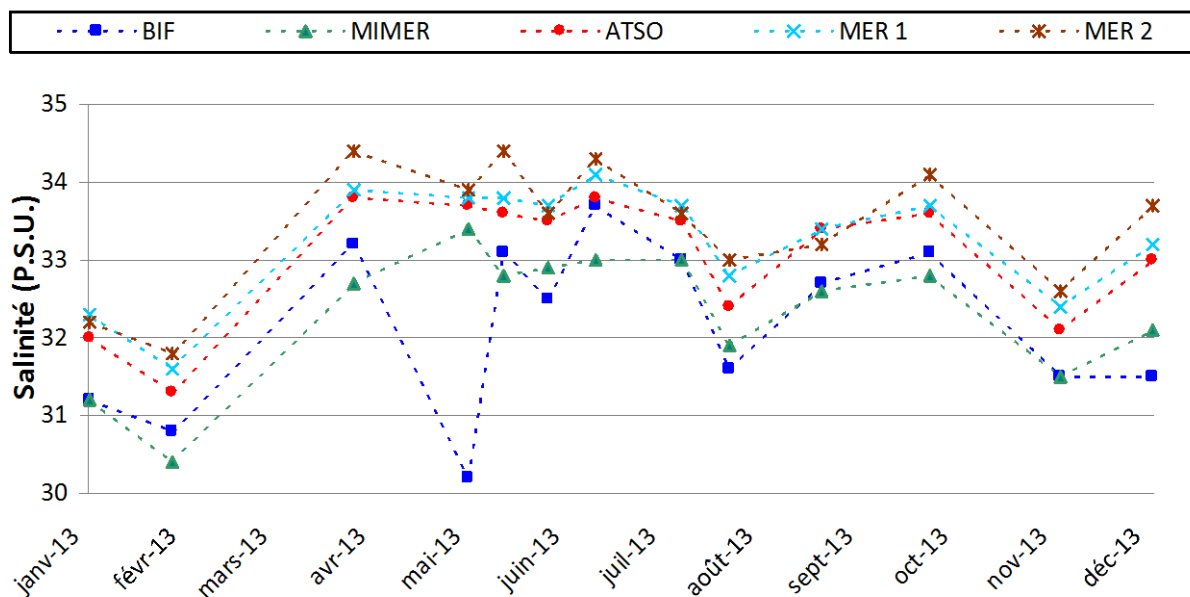


Figure 70. Évolution temporelle de la salinité (P.S.U.) sur la radiale de la Baie de Somme en 2013

Tableau 24. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la salinité (P.S.U.) pour la radiale de la Baie de Somme sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>BIF</b>	29,10	30,80	32,00	31,45	2,63	33,00	34,60	348
<b>MIMER</b>	29,20	32,00	32,70	32,56	0,89	33,20	34,60	233
<b>ATSO</b>	26,00	32,00	33,00	32,57	1,52	33,60	35,00	362
<b>MER 1</b>	26,50	32,00	33,20	32,78	1,50	33,80	35,60	287
<b>MER 2</b>	28,00	32,40	33,40	33,07	1,44	34,10	35,80	282

□ **Turbidité et matières en suspension**

L'évolution de la turbidité au cours de l'année 2013 est marquée par une forte variabilité saisonnière pour les points estuariens (Bif, Mimer). On note que de fortes valeurs sont mesurées en début d'année (respectivement 36,70 N.T.U. et 77,70 N.T.U.) et en fin d'année (respectivement 102,00 N.T.U. et 108,00 N.T.U.). En période estivale, les valeurs sont nettement plus faibles (de l'ordre de 10 N.T.U.).

La variabilité saisonnière est moindre pour les points les plus au large : la turbidité est comprise entre 0,81 N.T.U. pour le point Mer 2 et 16,50 N.T.U. pour Atso)

Le gradient côte-large qui s'établit entre la station côtière Bif et la station du large Mer 2 est compris entre -106,85 et -3,13.

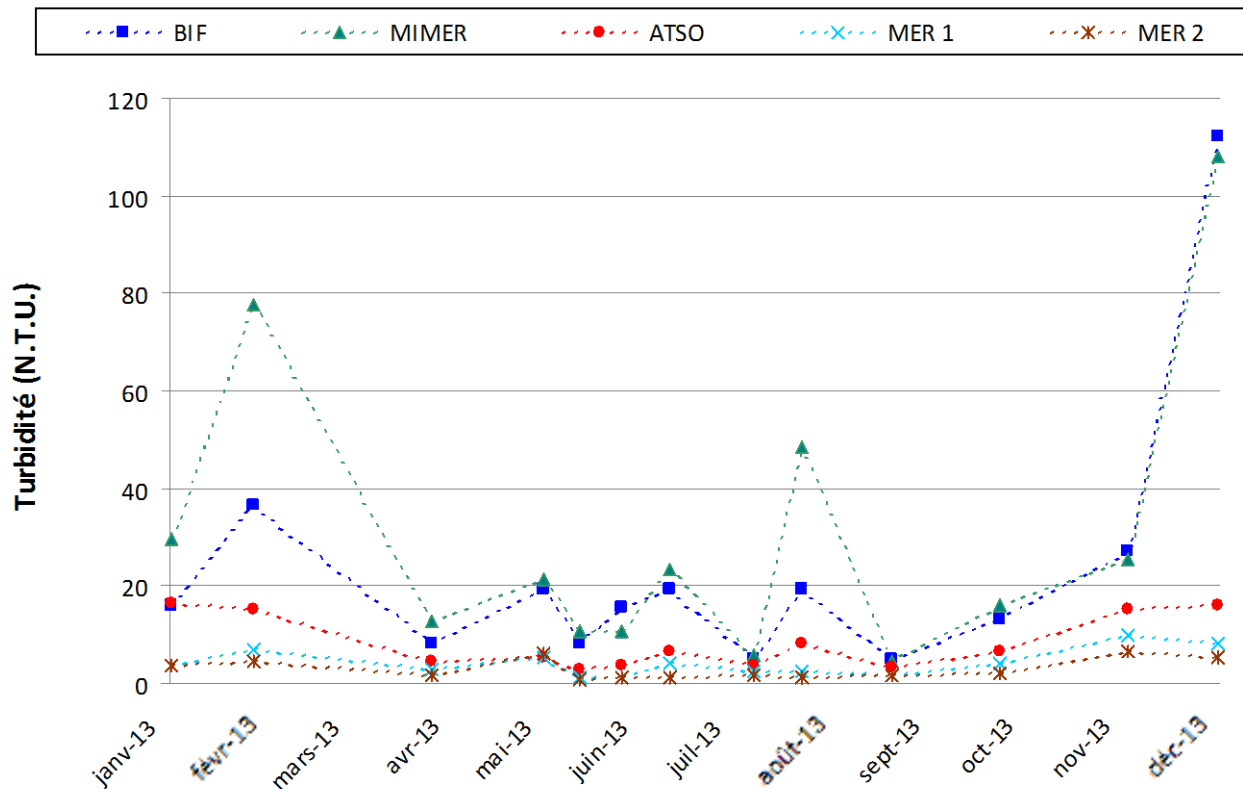


Figure 71. Évolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de la Baie de Somme en 2013

Tableau 25. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la turbidité (N.T.U.) pour la radiale de la Baie de Somme sur la période 1992-2013

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
<b>BIF</b>	0,93	7,50	15,90	21,18	19,23	27,00	139,00	257
<b>MIMER</b>	1,32	7,10	13,00	19,95	19,80	25,08	121,00	232
<b>ATSO</b>	0,51	3,34	5,30	8,41	7,95	10,65	55,00	271
<b>MER 1</b>	0,40	1,85	3,04	4,84	4,83	5,42	29,00	226
<b>MER 2</b>	0,23	1,38	2,07	3,43	4,00	3,50	23,00	224

La dynamique saisonnière de l'année 2013 pour les MES est similaire à celle observée pour la turbidité. Les valeurs sont particulièrement élevées en début d'année et en décembre pour les points côtiers (Bif et Mimer). Les maxima y sont mesurés avec respectivement 178,40 mg/L (en avril) et 118,40 mg/L (en février). Le mois de décembre présente également de fortes valeurs, d'environ 110 mg/L, pour ces deux points.

Pour les trois autres points, les valeurs sont nettement inférieures et plus stables. La concentration en M.E.S. y est comprise entre 1,60 mg/L et 33,50 mg/L.

Le gradient côte-large est compris entre -3,13 et -106,85, la concentration en M.E.S. est donc nettement supérieure en zone côtière qu'au large.

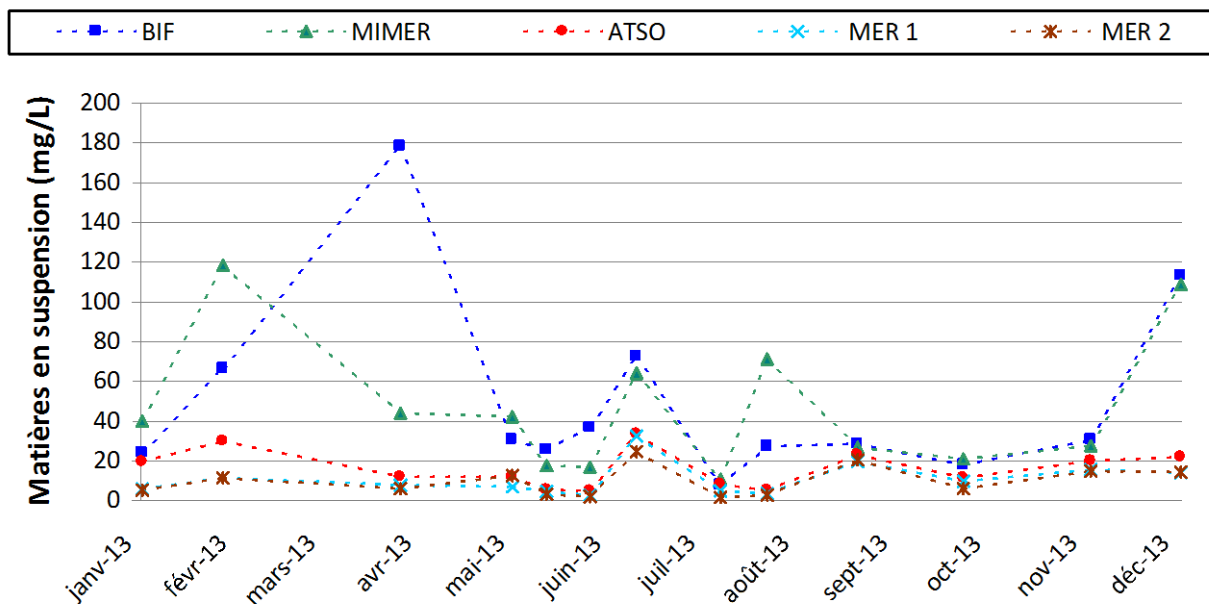


Figure 72. Évolution temporelle des matières en suspension (mg/L) sur la radiale de la Baie de Somme en 2013

Tableau 26. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour les MES (mg/L) pour la radiale de la Baie de Somme sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>BIF</b>	3,50	20,00	32,17	42,13	32,32	58,73	239,20	302
<b>MIMER</b>	2,50	13,52	22,00	31,41	28,97	38,20	239,20	233
<b>ATSO</b>	0,90	7,60	15,60	20,98	17,81	30,10	89,73	311
<b>MER 1</b>	0,40	5,10	9,20	16,87	17,14	24,80	89,60	289
<b>MER 2</b>	0,40	3,98	6,70	14,72	16,81	19,80	96,11	284

□ Matière organique

Le pourcentage de la fraction organique contenue dans les matières en suspension montre une variabilité importante sur l'ensemble des points. La fluctuation sur les points au large (Mer 1 et Mer 2) est importante. La proportion en matière organique y varie entre 9 % et 69 %. Le point Atso présente une variabilité moyenne, les proportions varient entre 6 % et 33 %.

Quant aux points côtiers (Bif et Mimer), la part de matière organique varie peu, de 6 % à 21 %.

Les turbidités étant plus importantes au niveau de la côte, il apparaît normal que les points côtiers produisent moins de matière organique que les points du large qui présentent un potentiel productif plus important. Les valeurs les plus fortes apparaissent au printemps et en été (de mai à août) au moment où les conditions lumineuses sont favorables à la production de la matière organique liée au développement du phytoplancton. Les pics les plus importants sont enregistrés le 10 juin (63 %) et le 22 juillet (69 %) au point Mer 2.

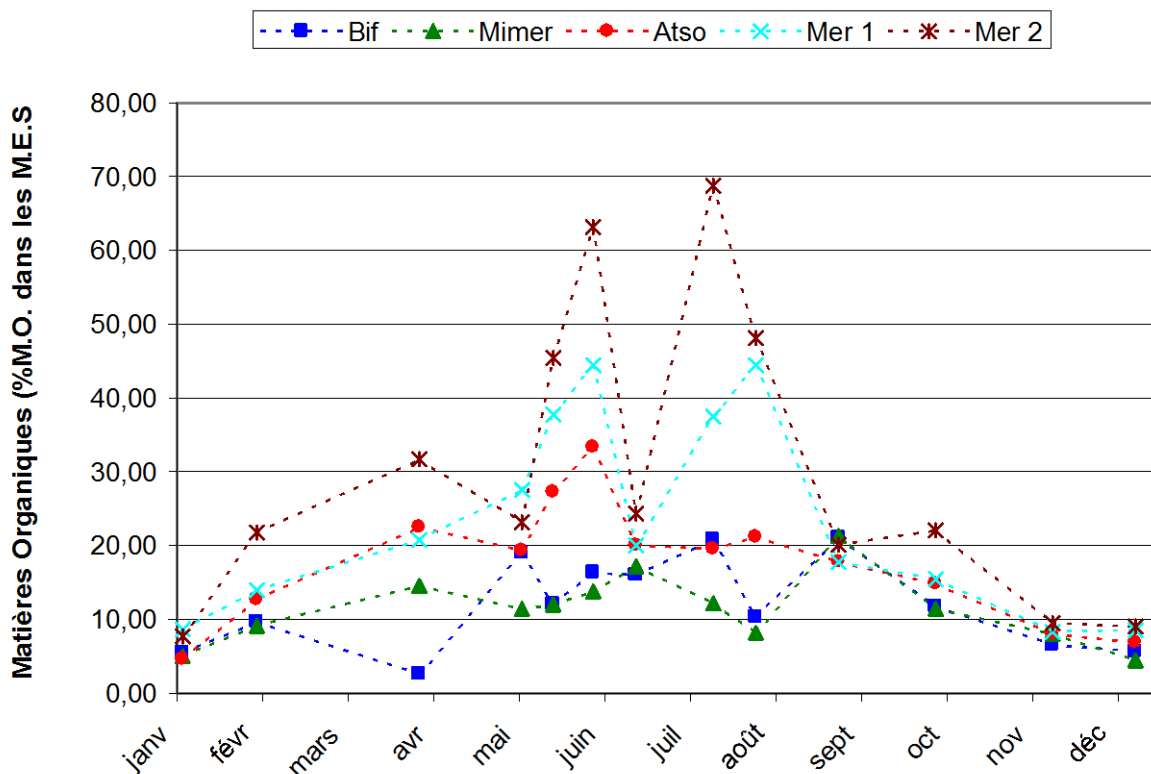


Figure 73. Évolution temporelle de la teneur en matière organique dans les matières en suspension (% de Matière Organique dans les M.E.S.) sur la radiale de la Baie de Somme en 2013

□ **Ammonium**

Le schéma d'évolution de la concentration en ammonium apparaît classique (*Figures 74 à 78*). 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 2013 suit la même dynamique, avec cependant des valeurs plus importantes en août qui se distinguent sur les points Bif, Mimer et Atso avec des valeurs respectives de 2,67  $\mu\text{mol/L}$  ; 3,45  $\mu\text{mol/L}$  ; 1,05  $\mu\text{mol/L}$ .

Les maxima sont observés en juillet au point Mer 2 (3,46  $\mu\text{mol/L}$ ), en octobre aux points Bif, Mimer et Atso (respectivement 6,15  $\mu\text{mol/L}$  ; 6,15  $\mu\text{mol/L}$  et 4,3  $\mu\text{mol/L}$ ), et en novembre au point Mer 1 (2,80  $\mu\text{mol/L}$ ).

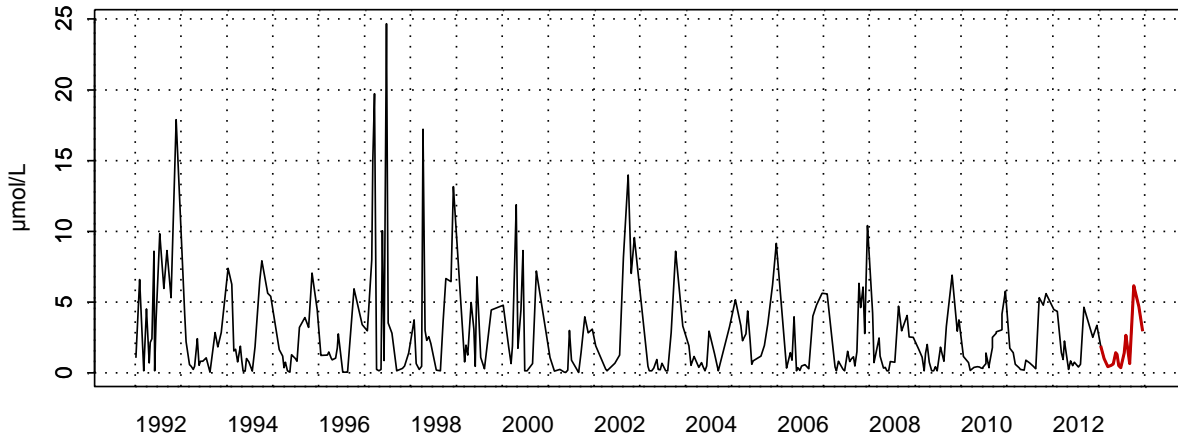
Les minima sont observés pendant la période productive et varie de 0,15  $\mu\text{mol/L}$  à 0,45  $\mu\text{mol/L}$ .

Le gradient côte-large est toujours négatif (sauf en juin et juillet) et varie entre -5,25  $\mu\text{mol/L}$  et 2,0  $\mu\text{mol/L}$ , la concentration en ammonium est donc généralement plus élevée en zone côtière.

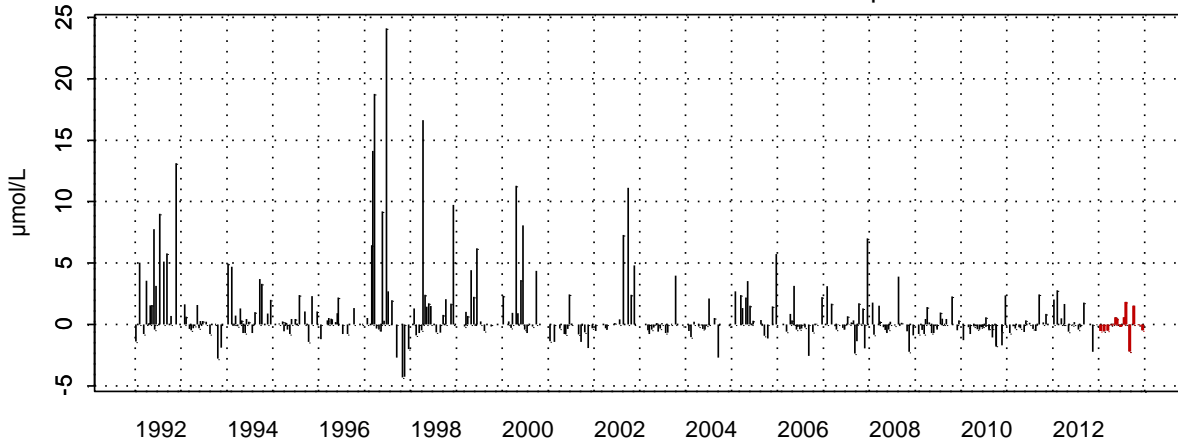
Tableau 30. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en ammonium ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour la radiale de la Baie de Somme sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>BIF</b>	0,02	0,46	1,28	2,54	3,29	3,32	24,67	312
<b>MIMER</b>	0,02	0,43	1,27	2,28	3,00	3,45	24,18	233
<b>ATSO</b>	0,02	0,41	0,97	2,24	3,90	2,77	30,70	312
<b>MER 1</b>	0,02	0,21	0,64	1,83	3,86	2,27	35,42	288
<b>MER 2</b>	0,05	0,15	0,47	1,40	2,92	1,36	33,06	282

3006022 - Bif - Azote ammoniacal



3006022 - Bif - Anomalies Azote ammoniacal  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



3006022 - Bif - Variations saisonnières 2013 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

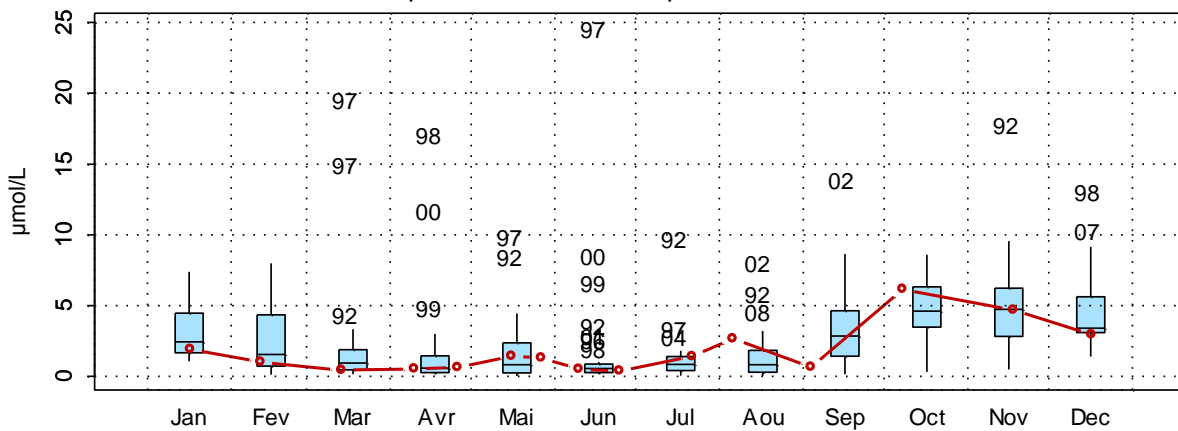


Figure 74. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

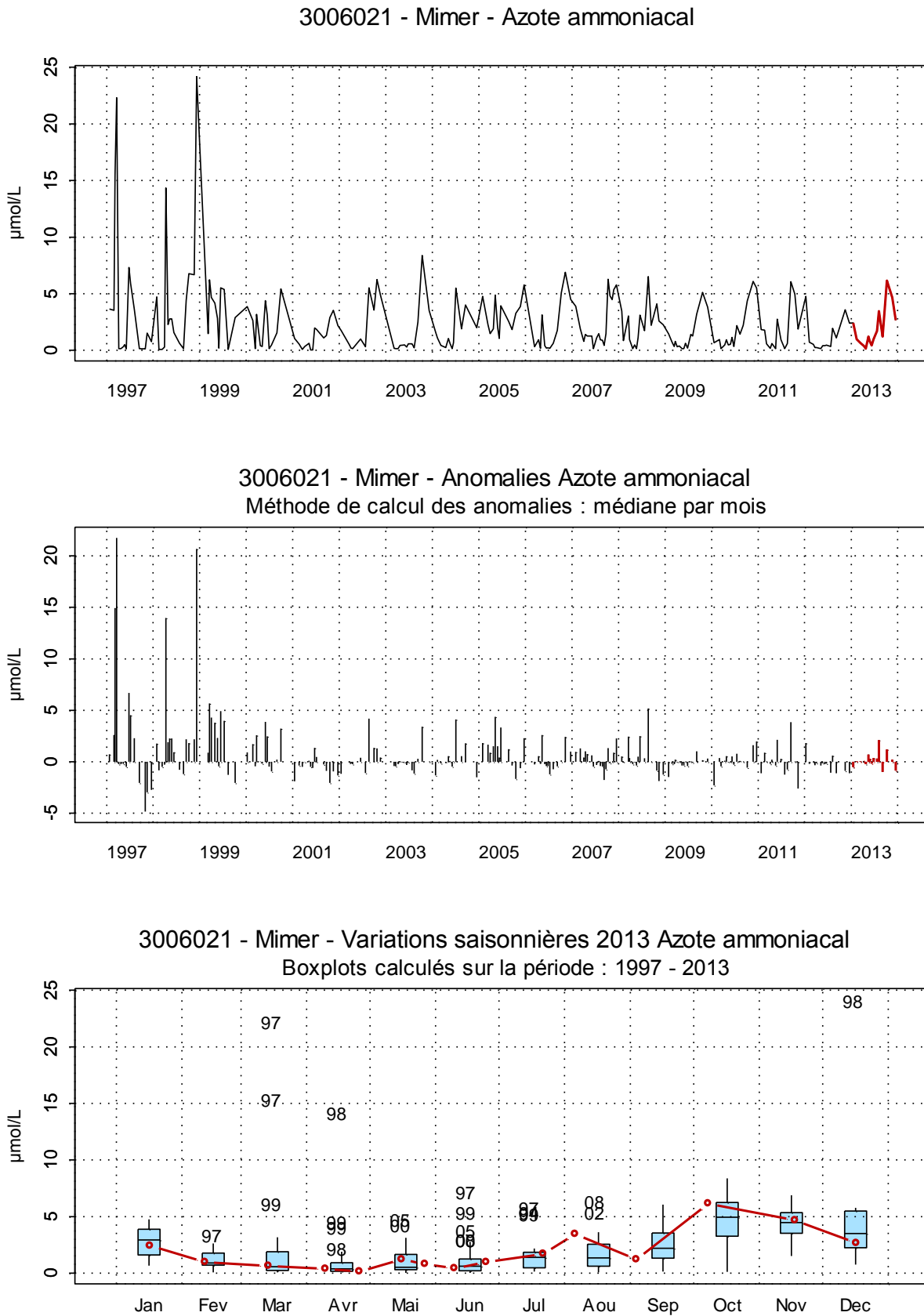
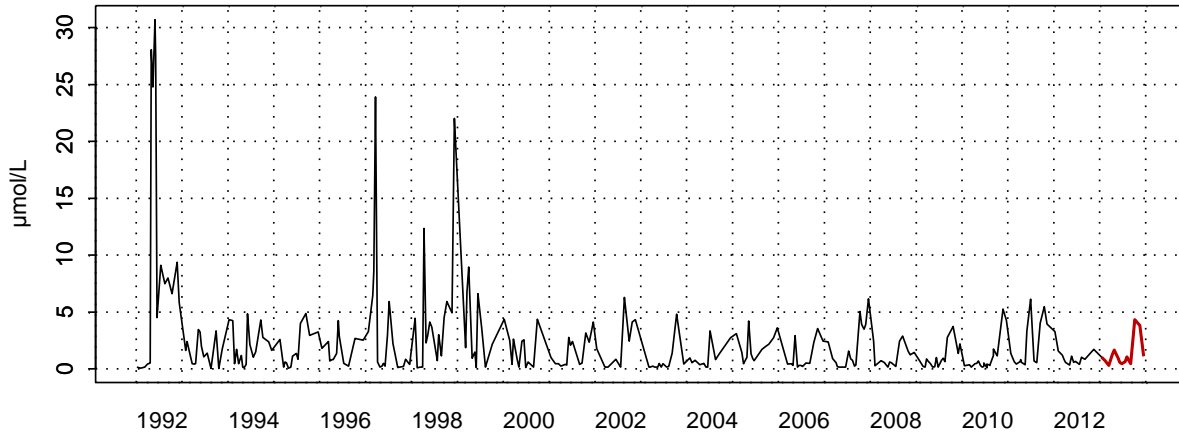


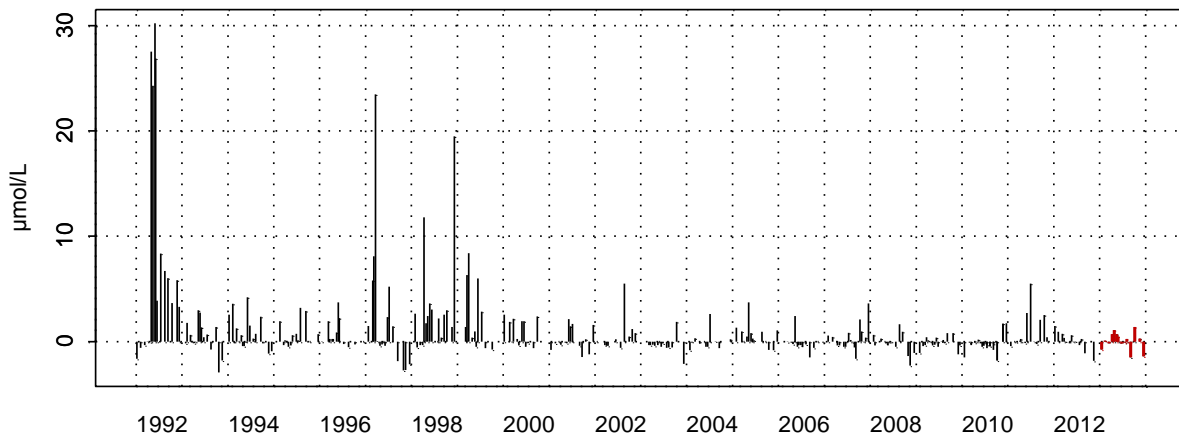
Figure 75. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013



3006001 - At so - Azote ammoniacal



3006001 - At so - Anomalies Azote ammoniacal  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



3006001 - At so - Variations saisonnières 2013 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

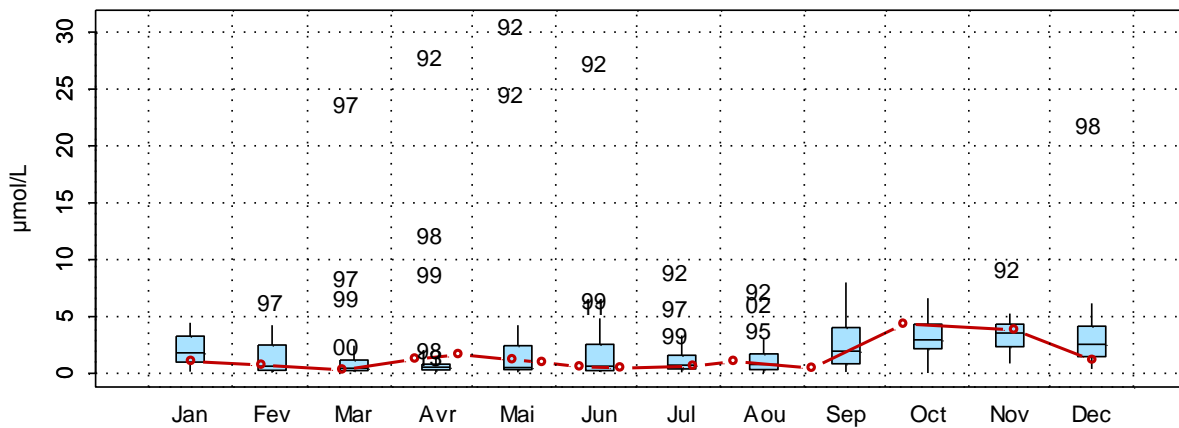
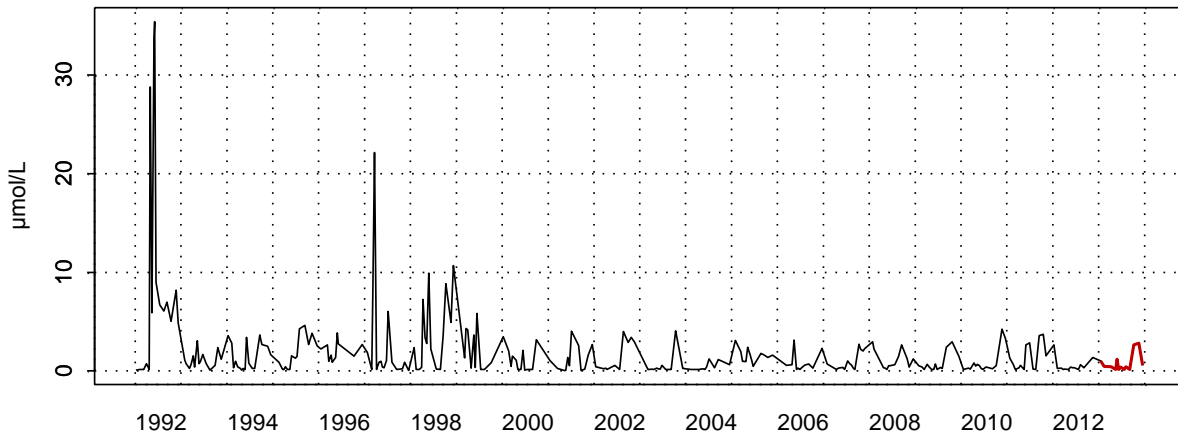
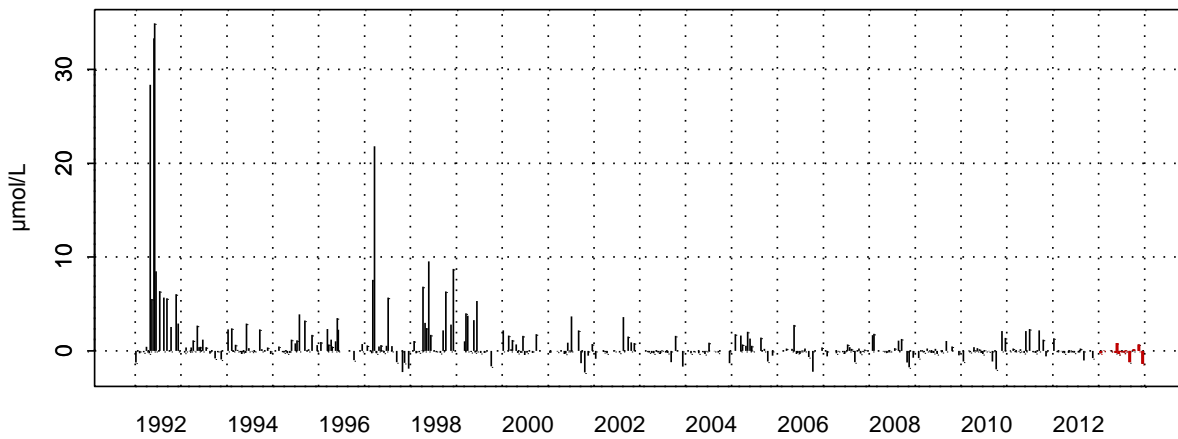


Figure 76. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

3006019 - SRN Somme mer 1 - Azote ammoniacal



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



3006019 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2013 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

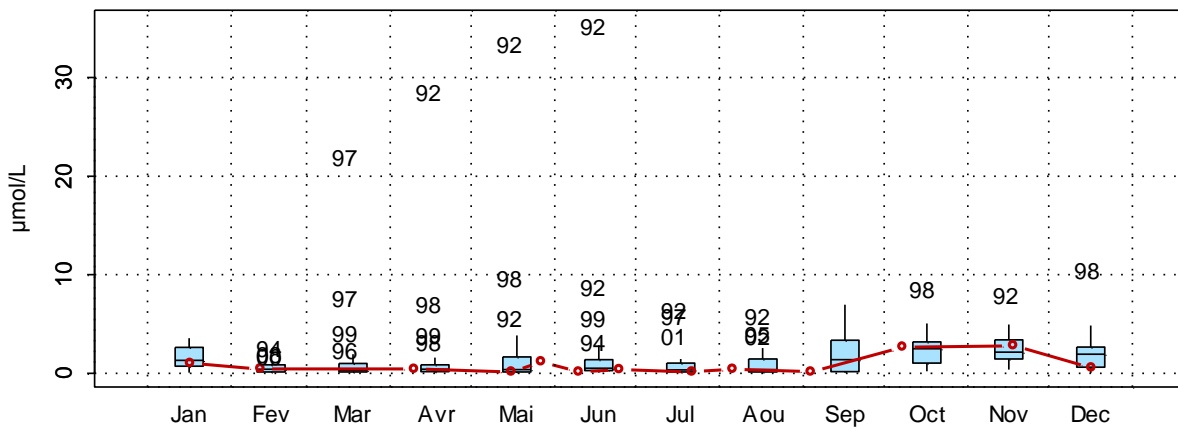
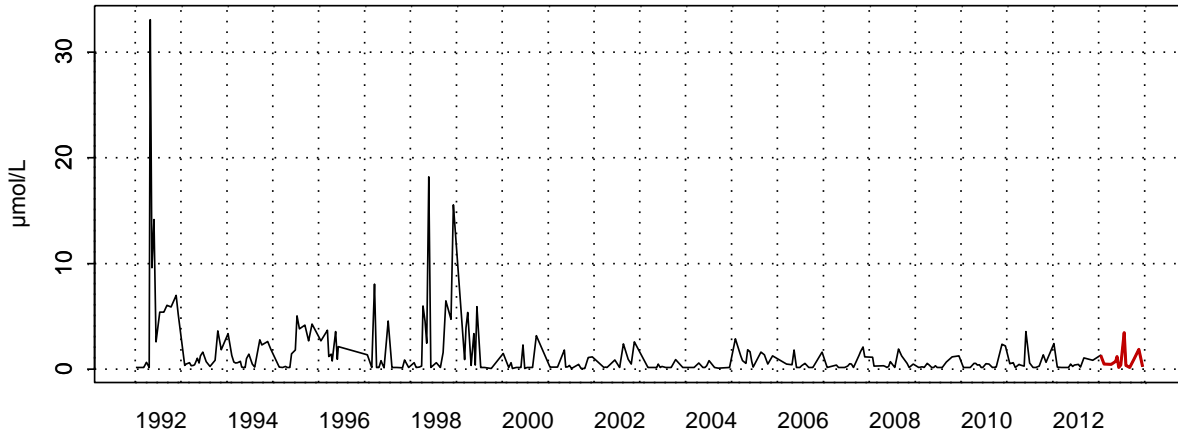
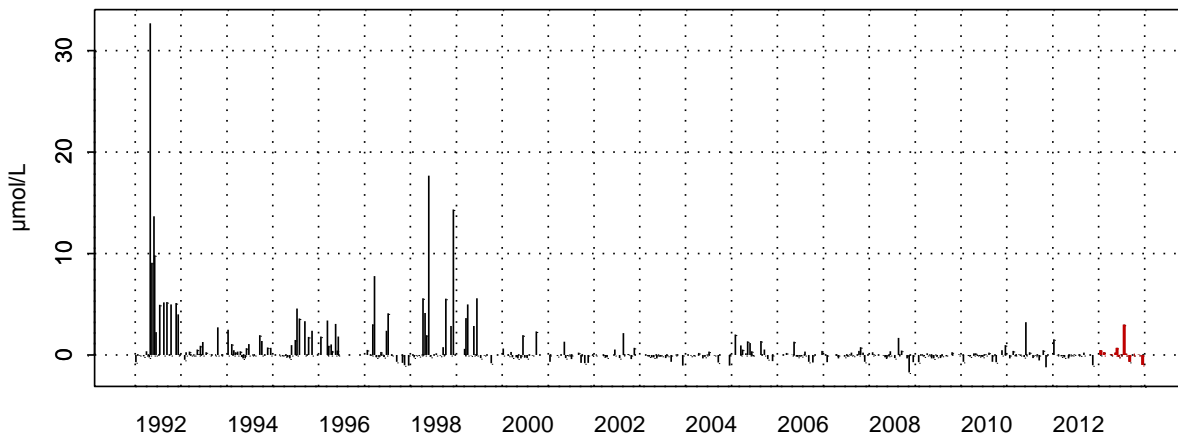


Figure 77. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

3006020 - SRN Somme mer 2 - Azote ammoniacal



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



3006020 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2013 Azote ammoniacal  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

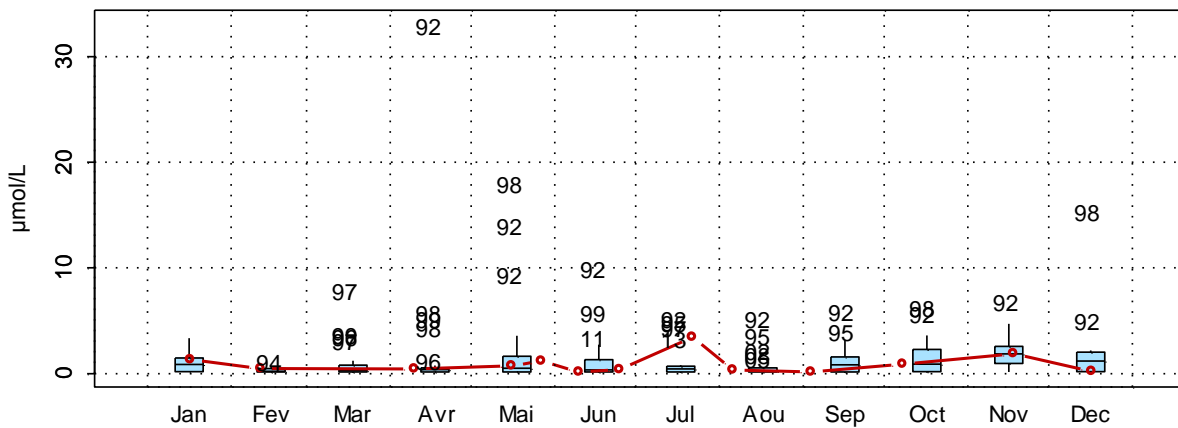


Figure 78. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en ammonium ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

□ **Nitrite**

Les concentrations en nitrite présentent des fluctuations importantes d'une année à l'autre (*Figures 79 à 83*). 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 au-dessous de l'unité.

L'année 2013 suit la même tendance à l'exception d'un pic (valeurs supérieures au 3<sup>e</sup> quartile) qui apparaît en avril - juin sur la radiale, de la côte vers le large, les concentrations en nitrites sont : 0,59  $\mu\text{mol/L}$  ; 0,54  $\mu\text{mol/L}$  ; 0,32  $\mu\text{mol/L}$  ; 0,62  $\mu\text{mol/L}$  ; 0,61  $\mu\text{mol/L}$ .

Les minima sont observés en septembre avec des valeurs proches de la limite de détection ( comprises entre 0,05  $\mu\text{mol/L}$  et 0,18  $\mu\text{mol/L}$ ).

Les maxima sont observés en janvier avec des valeurs de 1,44  $\mu\text{mol/L}$  ; 1,38  $\mu\text{mol/L}$  ; 1,42  $\mu\text{mol/L}$  ; 1,42  $\mu\text{mol/L}$  ; 1,53  $\mu\text{mol/L}$  de la côte vers le large

Le gradient côte-large évolue de -0,34 à +0,22. Il est majoritairement négatif, ce qui signifie que globalement la concentration en nitrates est moins importante au large qu'en zone côtière.

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 ( $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ ).

Tableau 29. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrites ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour la radiale de la Baie de Somme sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>BIF</b>	0,01	0,19	0,39	0,50	0,48	0,61	3,86	309
<b>MIMER</b>	0,05	0,17	0,37	0,41	0,29	0,58	1,85	233
<b>ATSO</b>	0,01	0,13	0,28	0,35	0,29	0,49	1,98	307
<b>MER 1</b>	0,02	0,08	0,26	0,31	0,28	0,45	1,79	290
<b>MER 2</b>	0,00	0,06	0,21	0,28	0,28	0,43	2,04	281

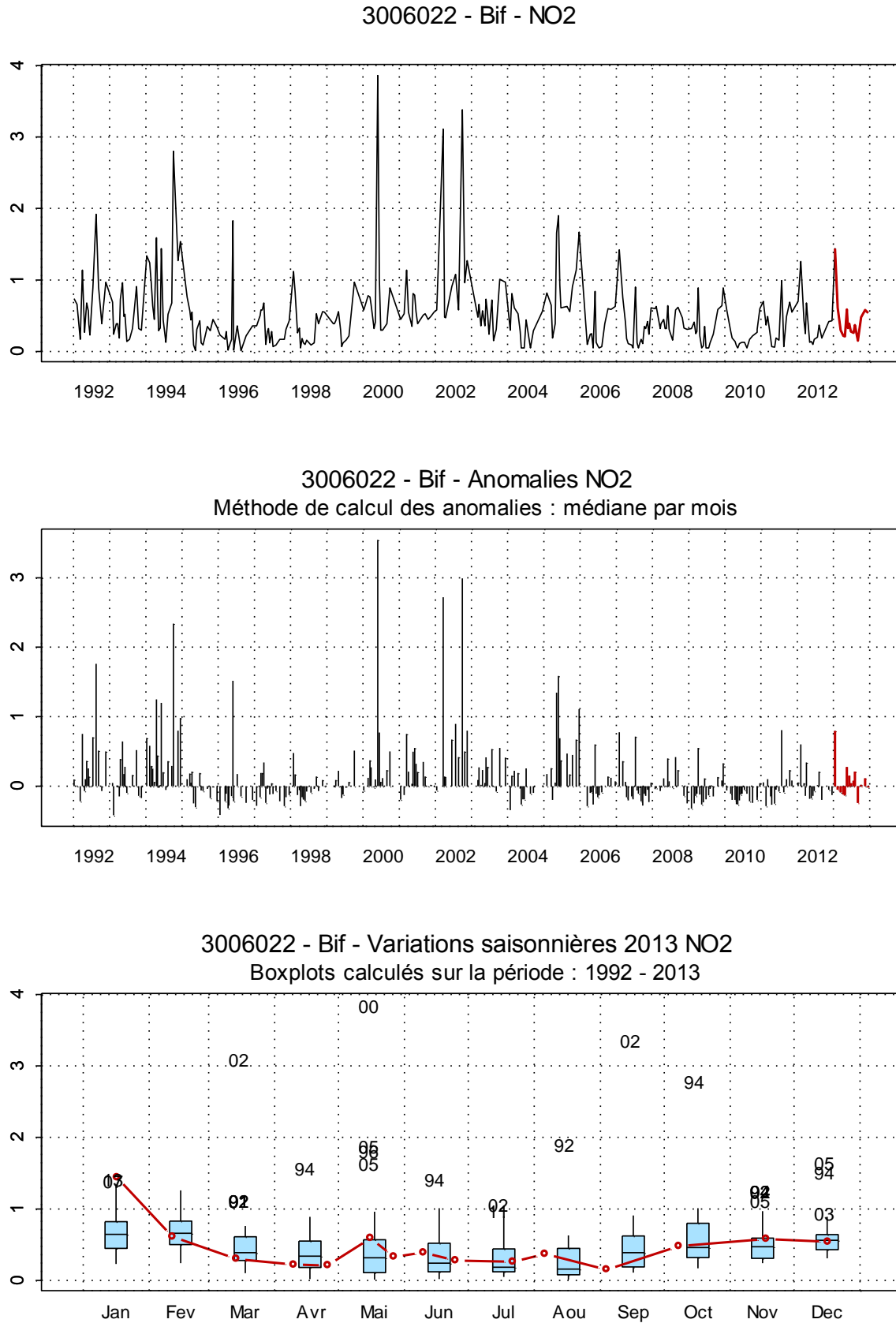


Figure 79. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

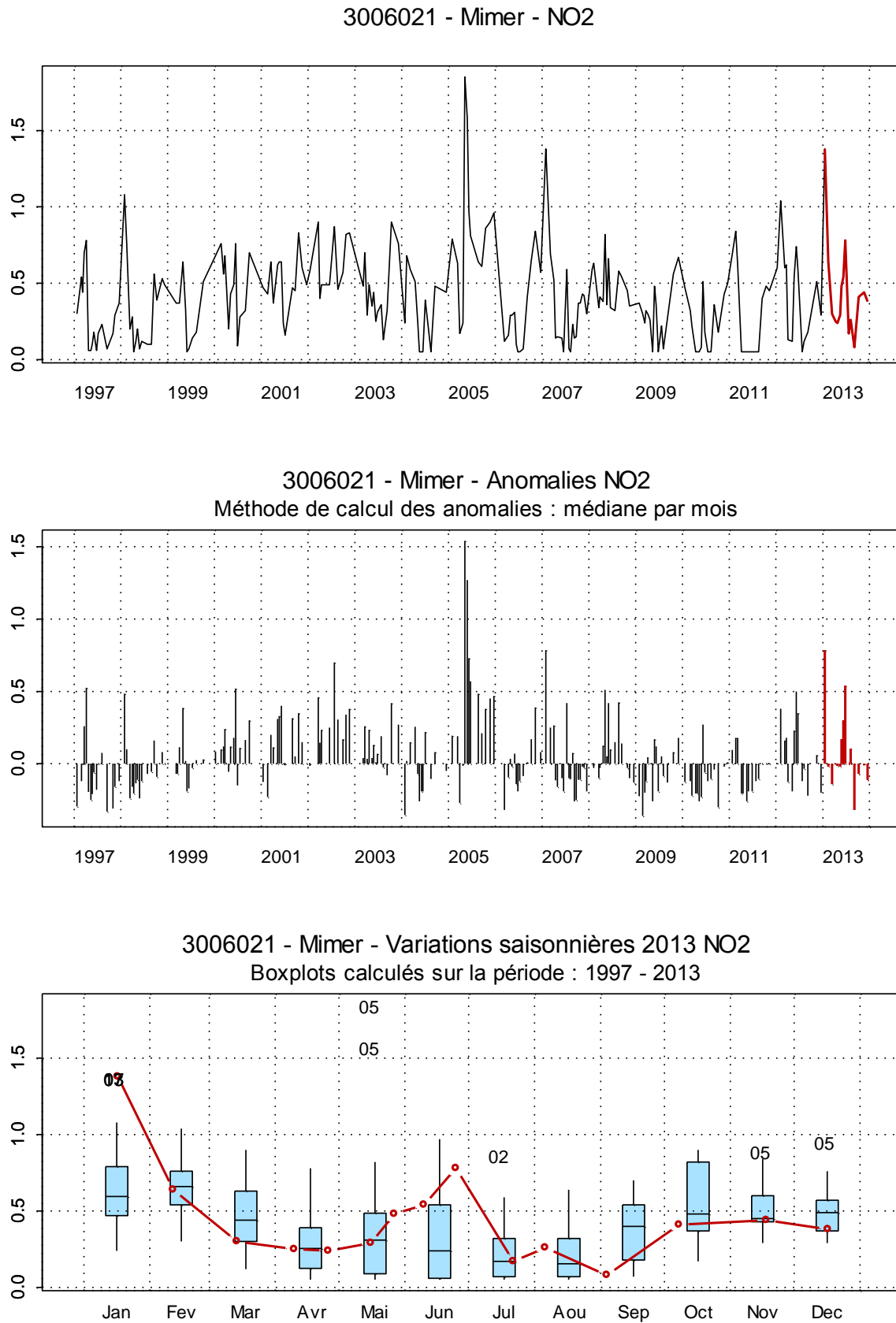


Figure 80. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

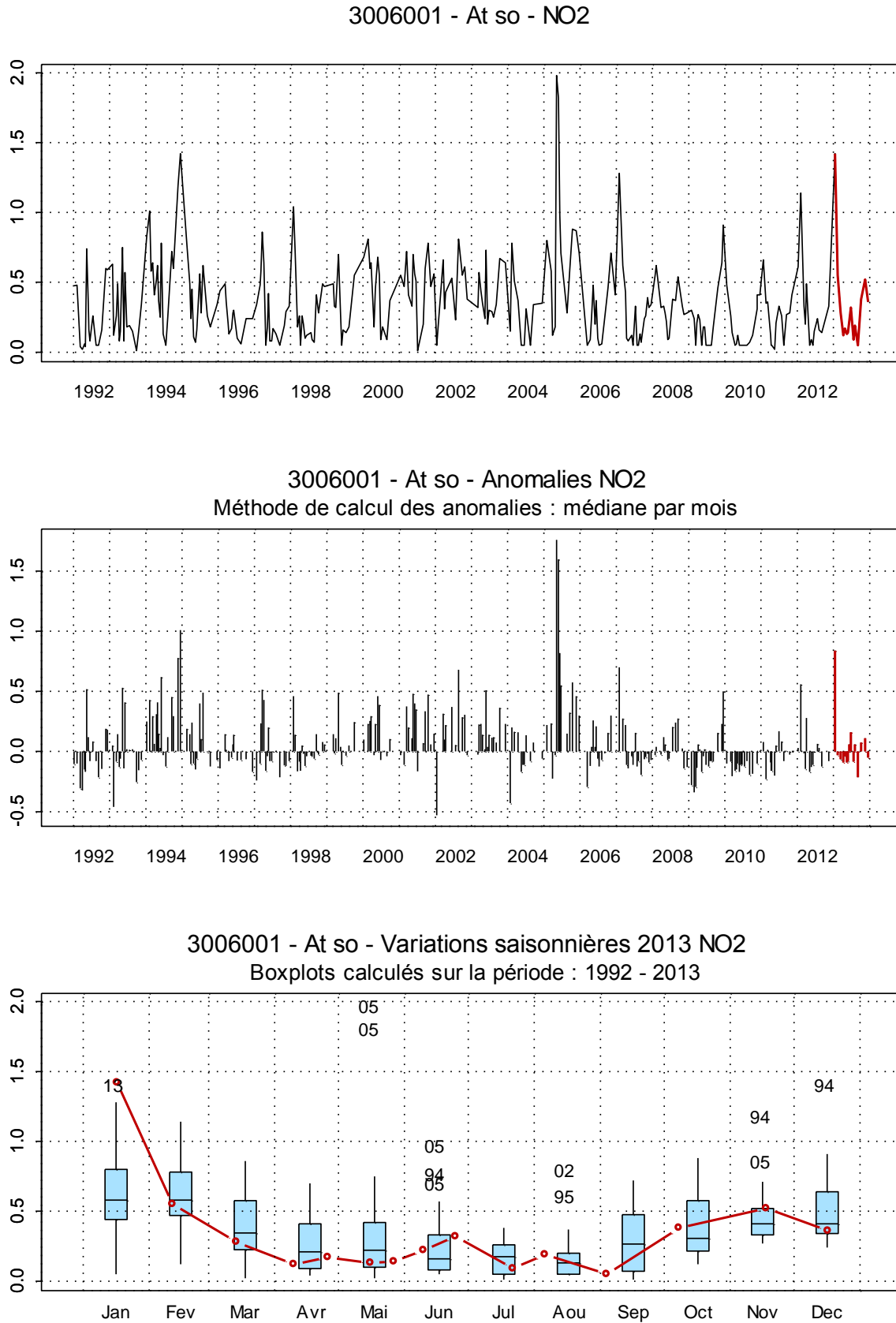
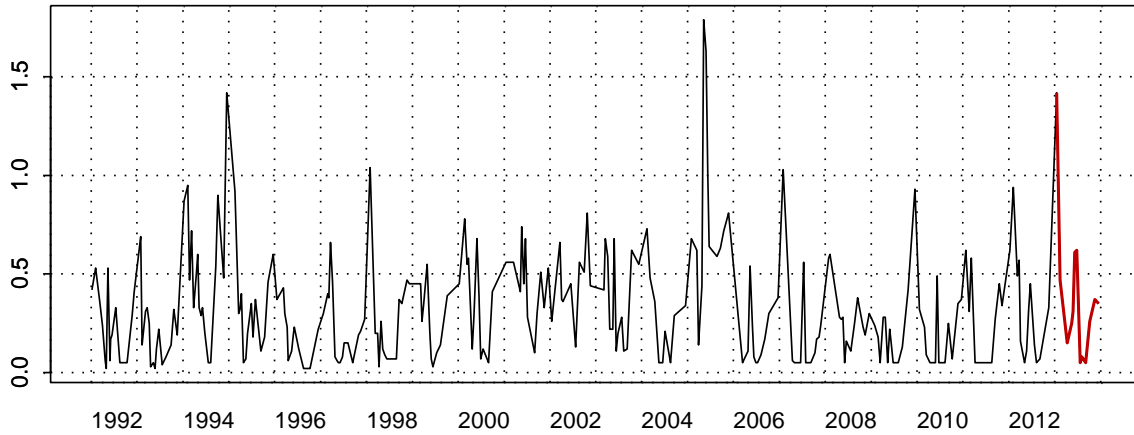
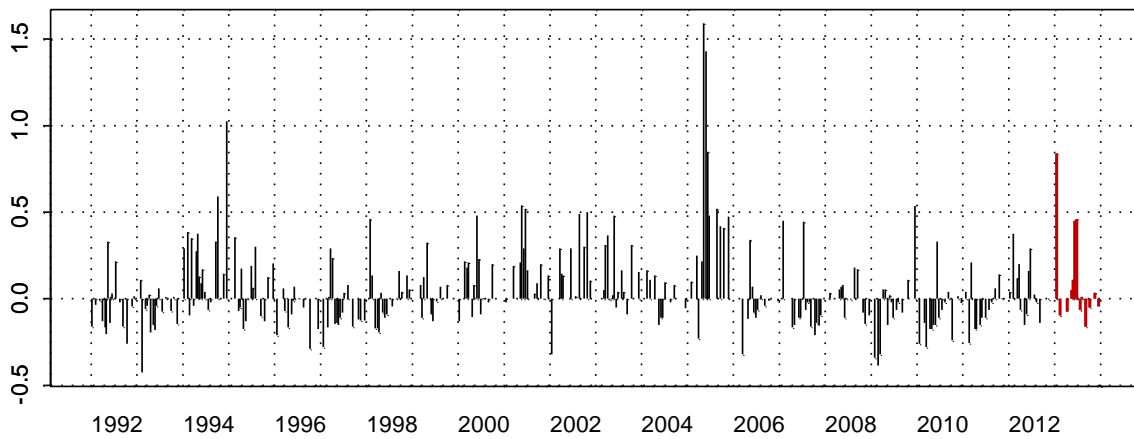


Figure 81. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

3006019 - SRN Somme mer 1 - NO2



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



3006019 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2013 NO2  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

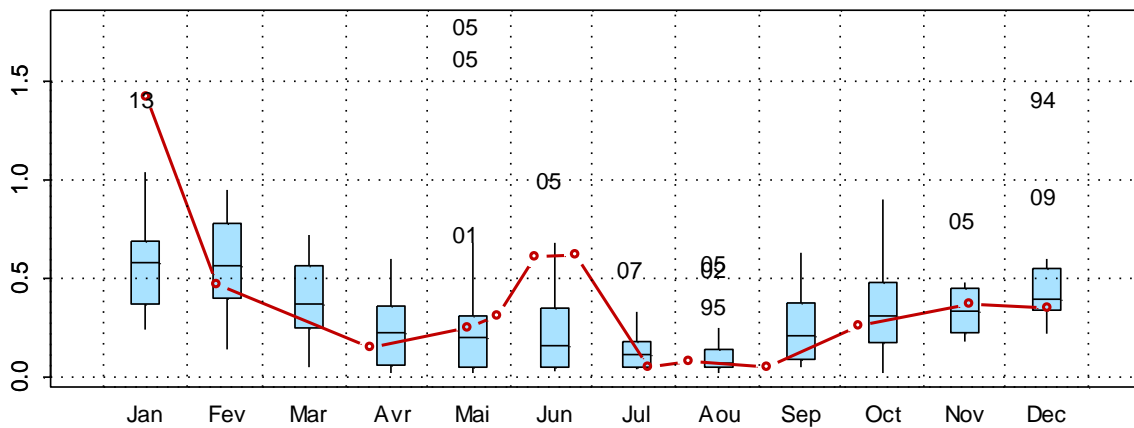
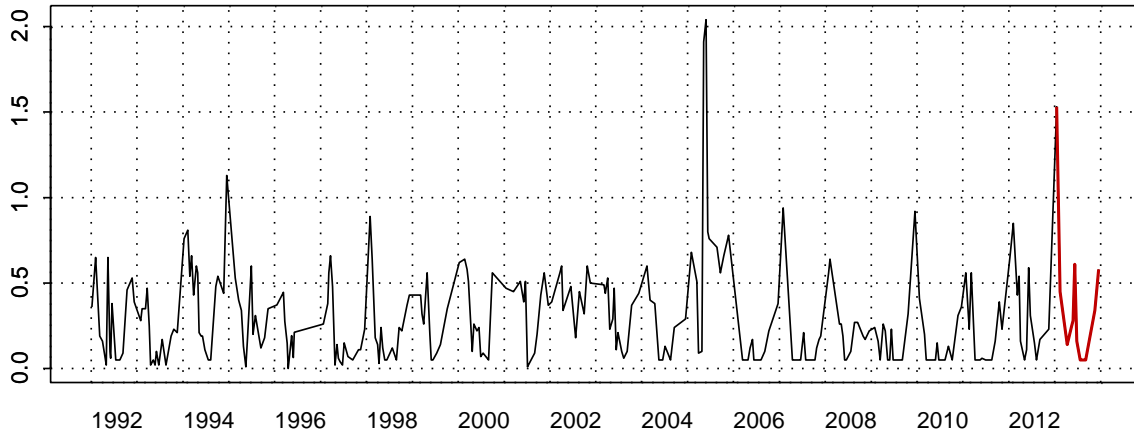


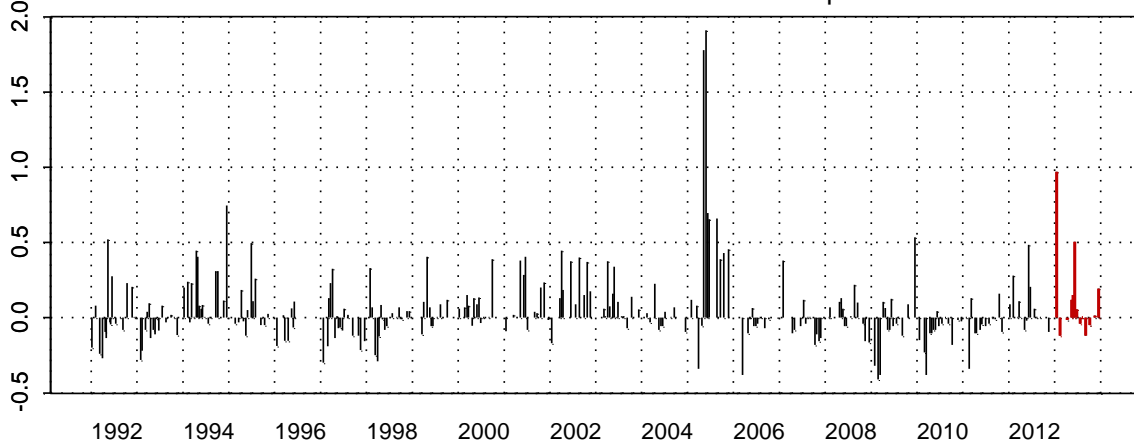
Figure 82. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013



3006020 - SRN Somme mer 2 - NO2



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



3006020 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2013 NO2  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

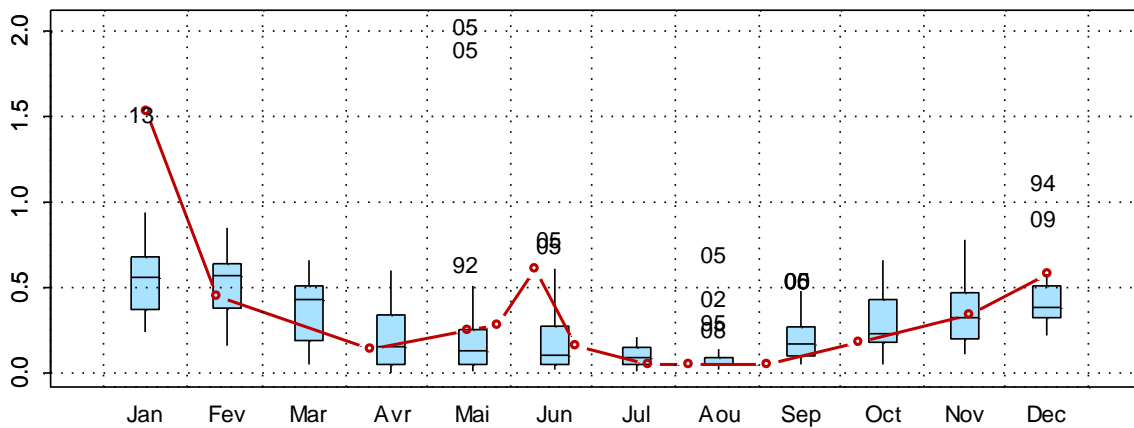


Figure 83. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrite ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

□ **Nitrate**

L'évolution des nitrates est classique avec des concentrations plus fortes que les années précédentes (1992-2013) en hiver et en automne (anomalies positives) qui représentent en général les périodes de reconstitution des stocks de nutriments (*Figures 84 à 88*). En hiver et en été, les sels nutritifs diminuent du fait de l'activité de production photosynthétique par les algues phytoplanctoniques.

L'année 2013 suit la même tendance avec cependant un pic exceptionnel en mai (37,01  $\mu\text{mol/L}$  pour Bif ; 13,77  $\mu\text{mol/L}$  pour Mimer ; 6,11  $\mu\text{mol/L}$  pour Atso ; 12,24  $\mu\text{mol/L}$  pour Mer 1 et 15,52  $\mu\text{mol/L}$  pour Mer 2).

Des concentrations importantes sont relevées en janvier sur l'ensemble des points (44,26  $\mu\text{mol/L}$  pour Bif ; 49,15  $\mu\text{mol/L}$  pour Mimer ; 38,59  $\mu\text{mol/L}$  pour Mer 1 et 40,58  $\mu\text{mol/L}$  pour Mer 2), ou en février pour le point Atso (avec 37,25  $\mu\text{mol/L}$ ).

Les concentrations minimales sont comprises entre 0,10  $\mu\text{mol/L}$  et 1,52  $\mu\text{mol/L}$  selon les points et sont relevées en juillet ou en septembre.

Le gradient côte large est continuellement négatif et est compris entre -1,22 et -21,49. L'eau du large est donc moins chargée en nitrate que l'eau côtière.

Tableau 28. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrates ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour la radiale de la Baie de Somme sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>BIF</b>	0,02	2,55	12,58	17,47	18,46	27,01	132,30	306
<b>MIMER</b>	0,00	2,02	8,63	14,14	14,35	23,12	63,33	231
<b>ATSO</b>	0,05	1,68	6,60	12,15	13,10	19,99	56,09	302
<b>MER 1</b>	0,00	0,82	4,62	10,73	12,59	18,26	55,91	287
<b>MER 2</b>	0,00	0,57	3,36	9,42	11,46	16,46	50,90	279

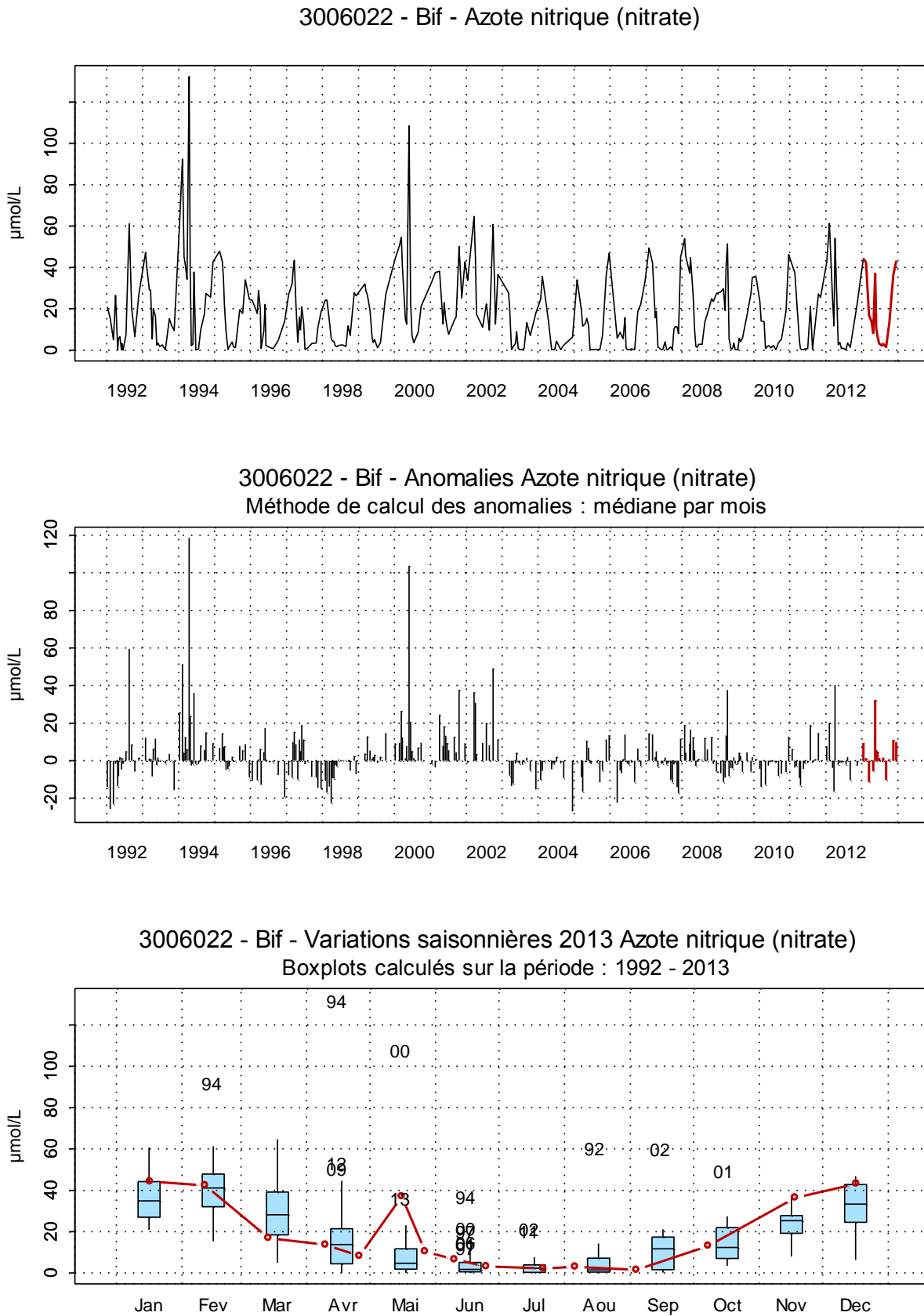


Figure 84. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

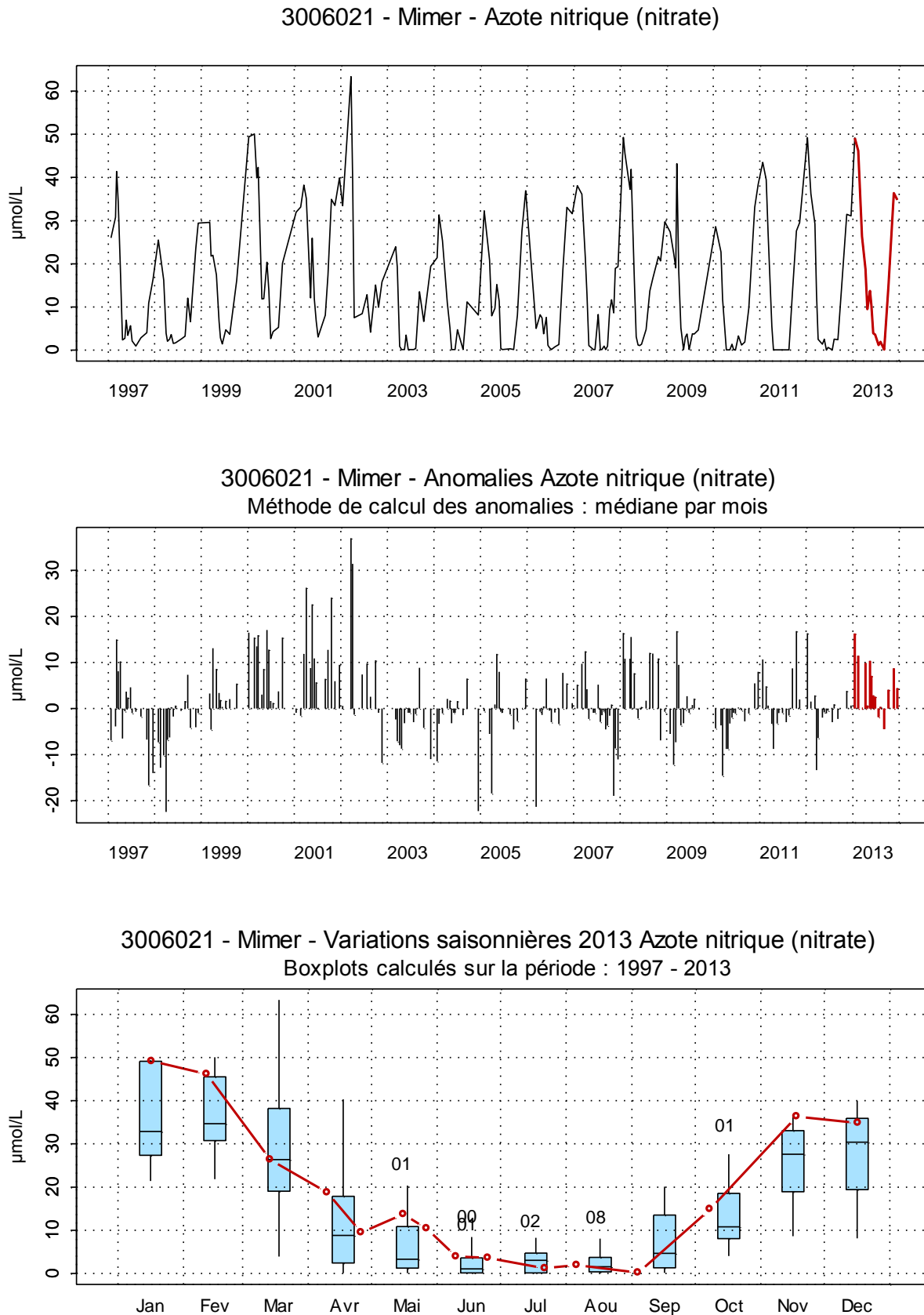


Figure 85. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

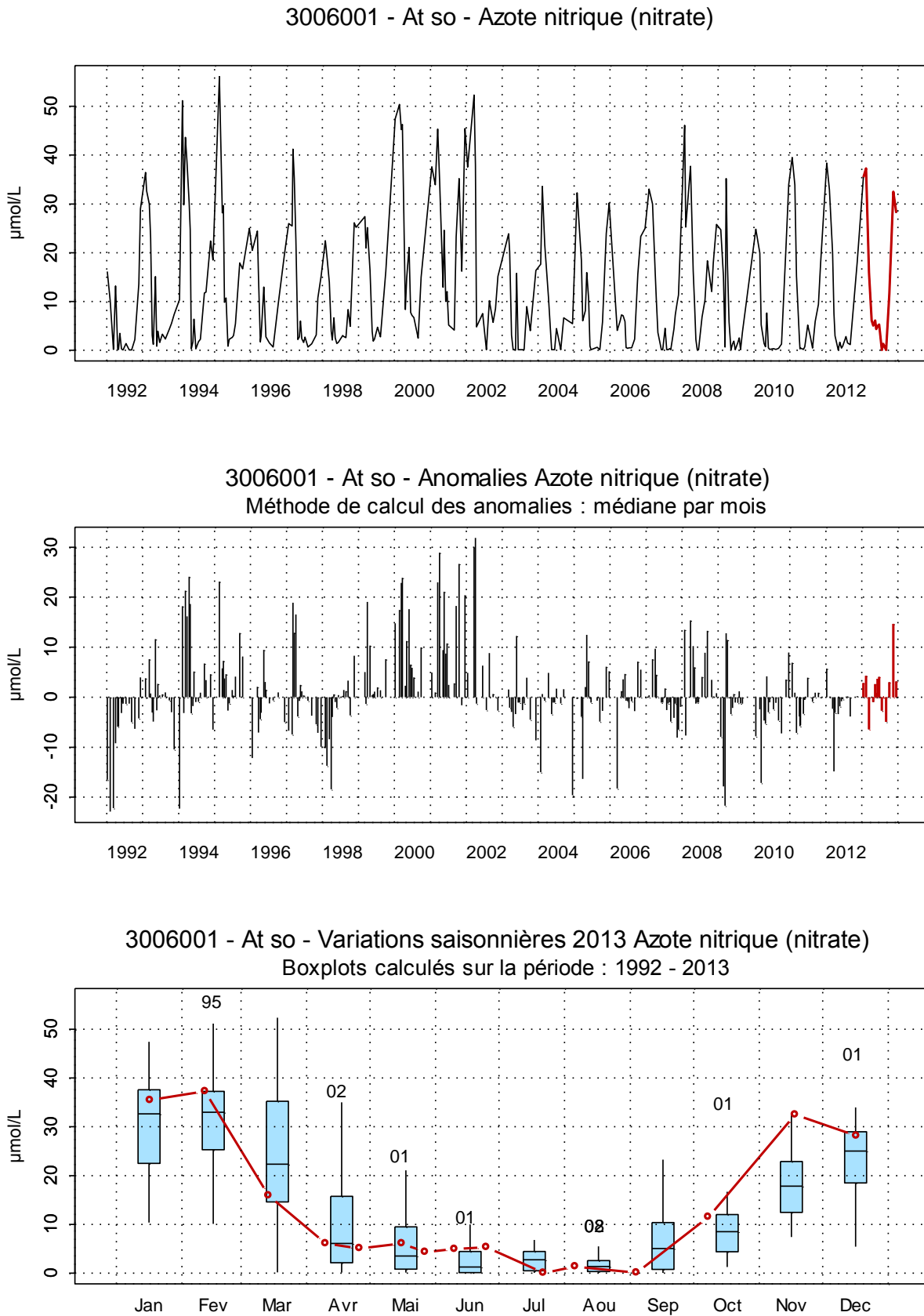
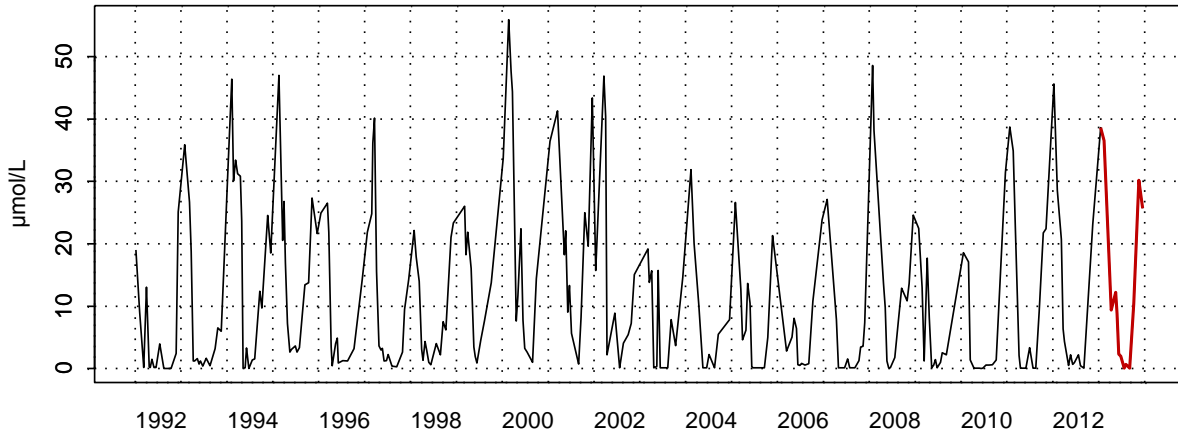


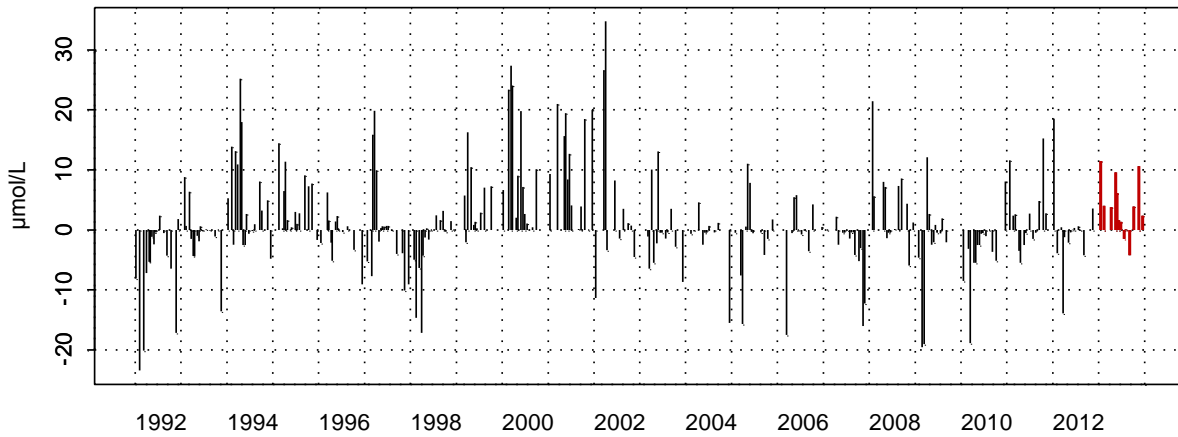
Figure 86. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

3006019 - SRN Somme mer 1 - Azote nitrique (nitrate)



3006019 - SRN Somme mer 1 - Anomalies Azote nitrique (nitrate)

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



3006019 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2013 Azote nitrique (nitrate)

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

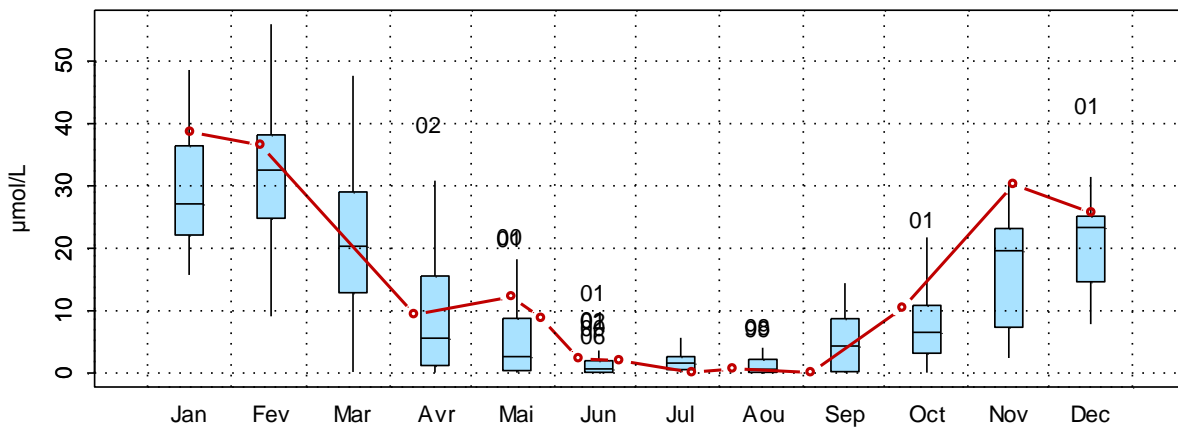
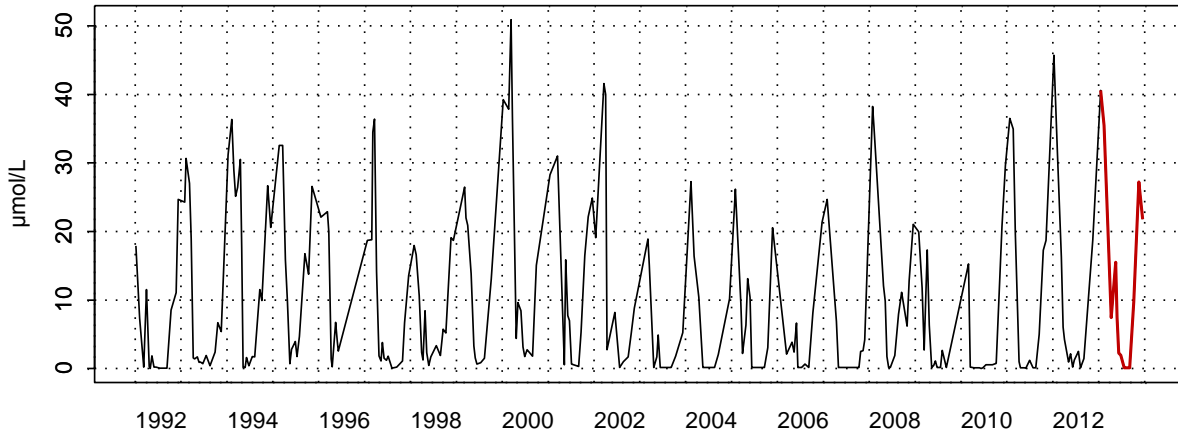


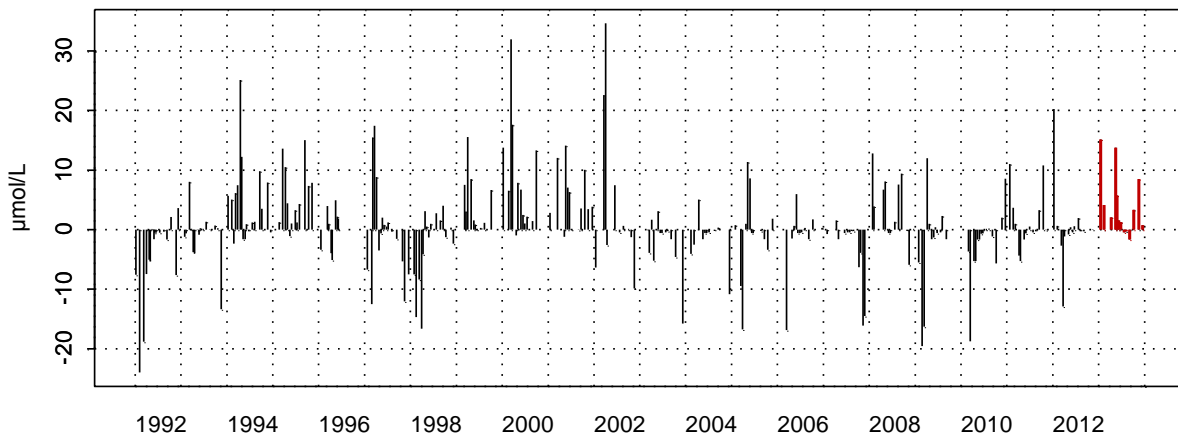
Figure 87. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

3006020 - SRN Somme mer 2 - Azote nitrique (nitrate)



3006020 - SRN Somme mer 2 - Anomalies Azote nitrique (nitrate)

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



3006020 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2013 Azote nitrique (nitrate)

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

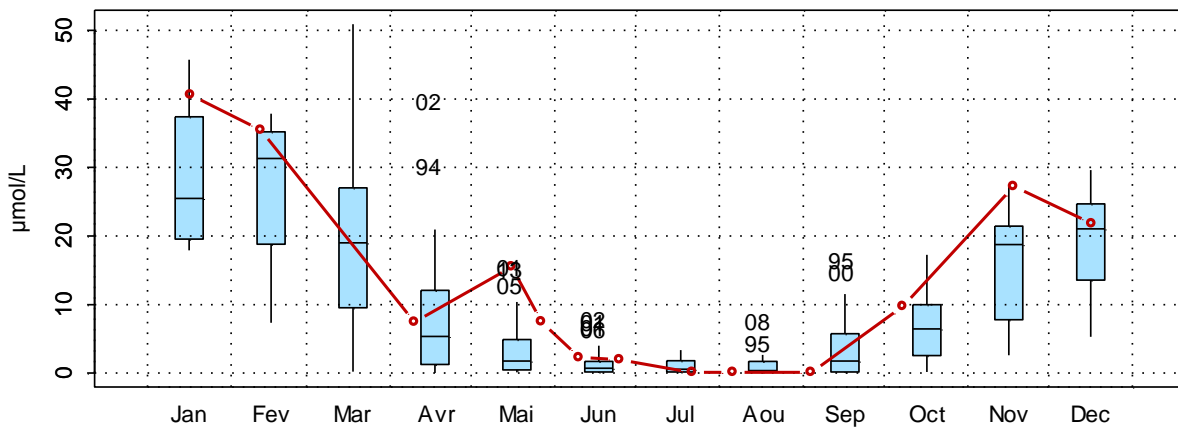


Figure 88. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en nitrate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

□ **Phosphate**

L'évolution saisonnière de la concentration en phosphate est conforme à ce qui est habituellement observé sur le site (*Figures 89 à 93*). Globalement, les concentrations sont très faibles et excèdent rarement 2  $\mu\text{mol/L}$ . Il apparaît cependant que des valeurs exceptionnellement fortes ont été mesurées entre 1992 et 1993.

L'année 2013 quant à elle suit la même dynamique avec cependant deux périodes à souligner :

- En janvier, les valeurs de l'ensemble de la radiale sont particulièrement hautes (toutes supérieures au troisième quartile de la série 1992-2013). Les maxima des points Bif, Atso et Mer 1 sont atteints le 17 de ce mois (respectivement 0,94  $\mu\text{mol/L}$  ; 0,93  $\mu\text{mol/L}$  et 1,75  $\mu\text{mol/L}$ )
- En juin, les stations Mimer, Mer 1 et Mer 2 présentent une augmentation de leur concentration en phosphate (celle-ci atteint respectivement 1,52  $\mu\text{mol/L}$  ; 1,43  $\mu\text{mol/L}$  et 1,72  $\mu\text{mol/L}$ ).

Les valeurs les plus faibles sont relevées en période estivale et les concentrations en phosphate sont comprises entre 0,05  $\mu\text{mol/L}$  et 1,19  $\mu\text{mol/L}$ .

Le gradient côte-large est toujours positif (sauf en décembre), il varie de -0,20 à 1,36, ce qui signifie que la concentration en phosphate est plus importante en zone côtière qu'au large.

Tableau 31. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en phosphates ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour la radiale de la Baie de Somme sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>BIF</b>	0,02	0,18	0,40	0,97	2,59	0,88	31,50	304
<b>MIMER</b>	0,03	0,20	0,44	0,60	0,58	0,84	4,73	232
<b>ATSO</b>	0,03	0,13	0,30	0,45	0,44	0,66	3,03	307
<b>MER 1</b>	0,03	0,13	0,29	0,48	0,50	0,71	3,46	289
<b>MER 2</b>	0,03	0,10	0,30	0,46	0,50	0,68	3,32	283



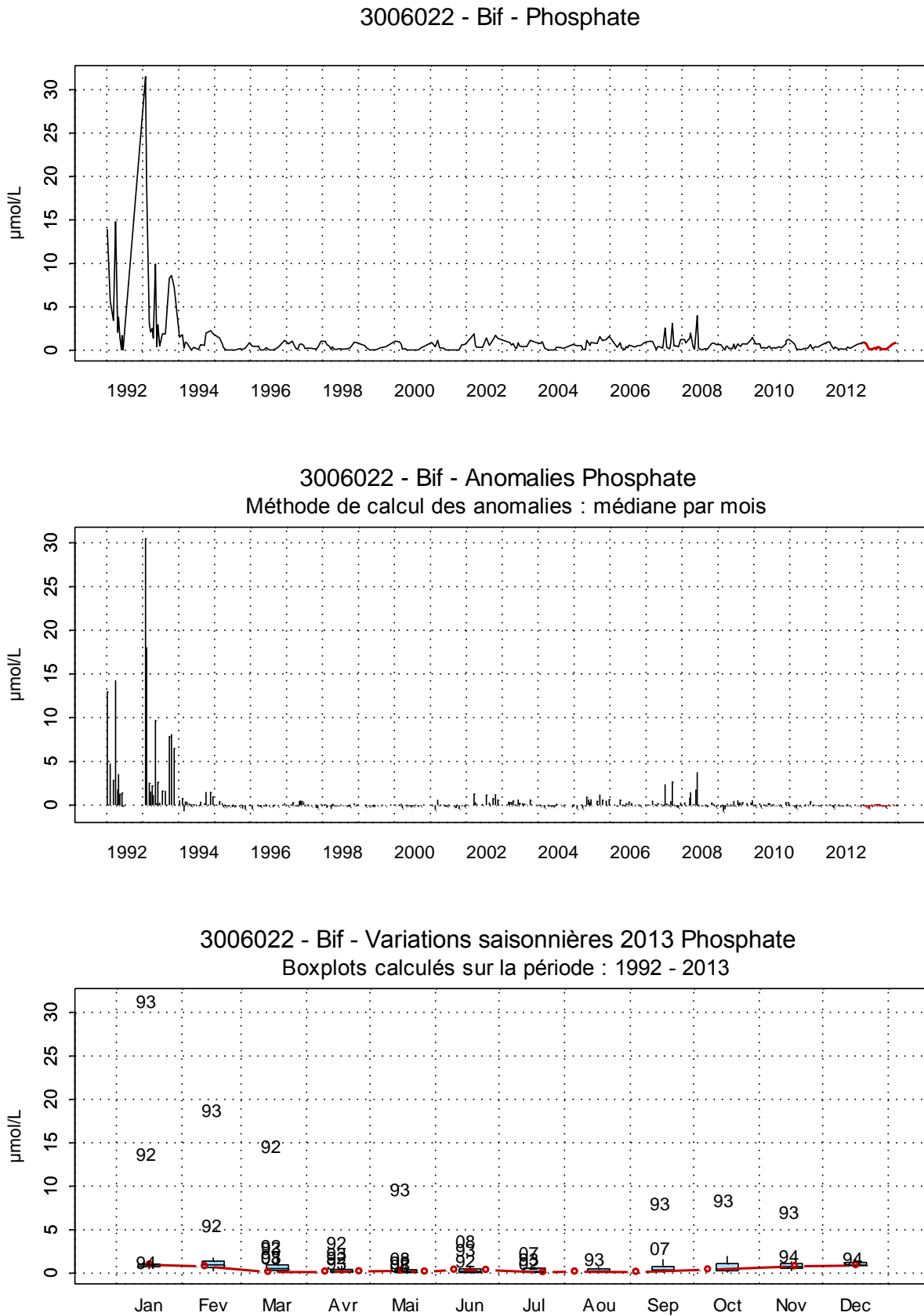
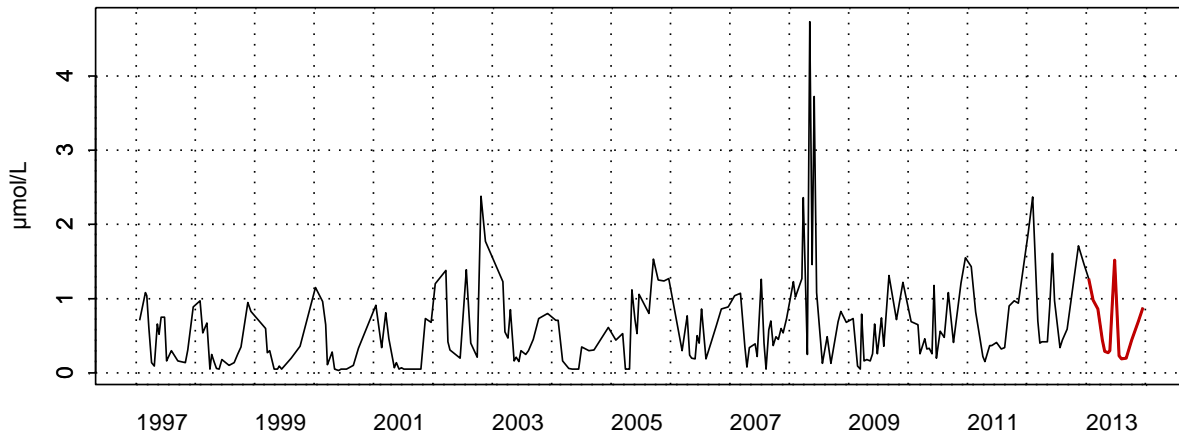
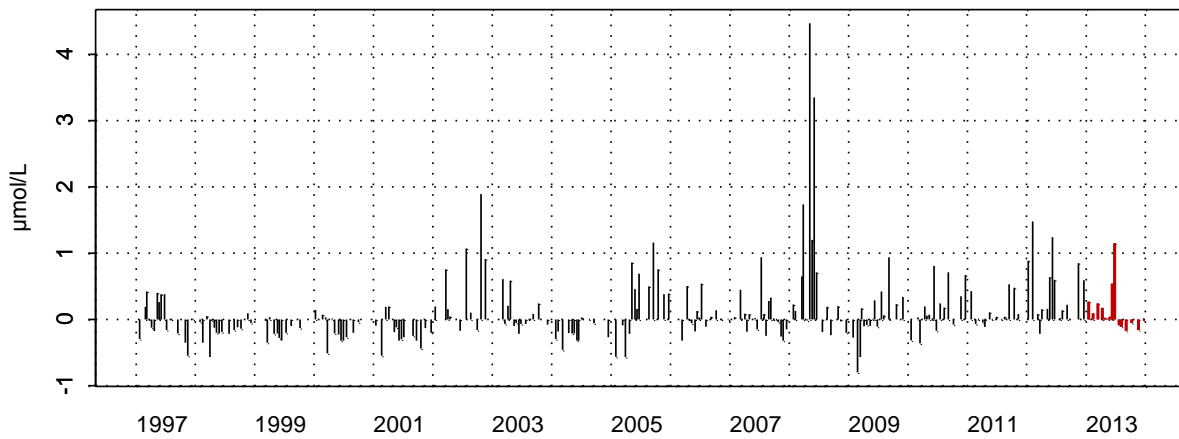


Figure 89. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

3006021 - Mimer - Phosphate



3006021 - Mimer - Anomalies Phosphate  
Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



3006021 - Mimer - Variations saisonnières 2013 Phosphate  
Boxplots calculés sur la période : 1997 - 2013

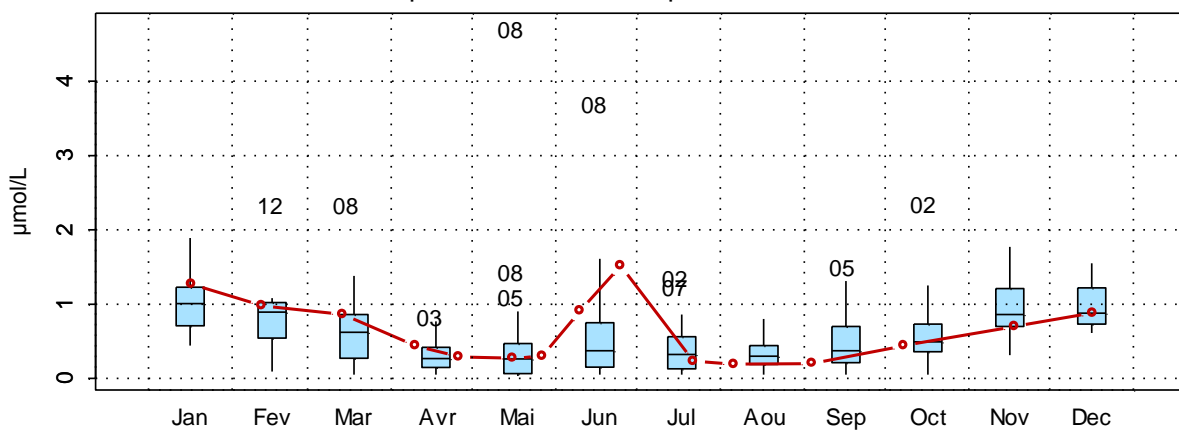


Figure 90. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

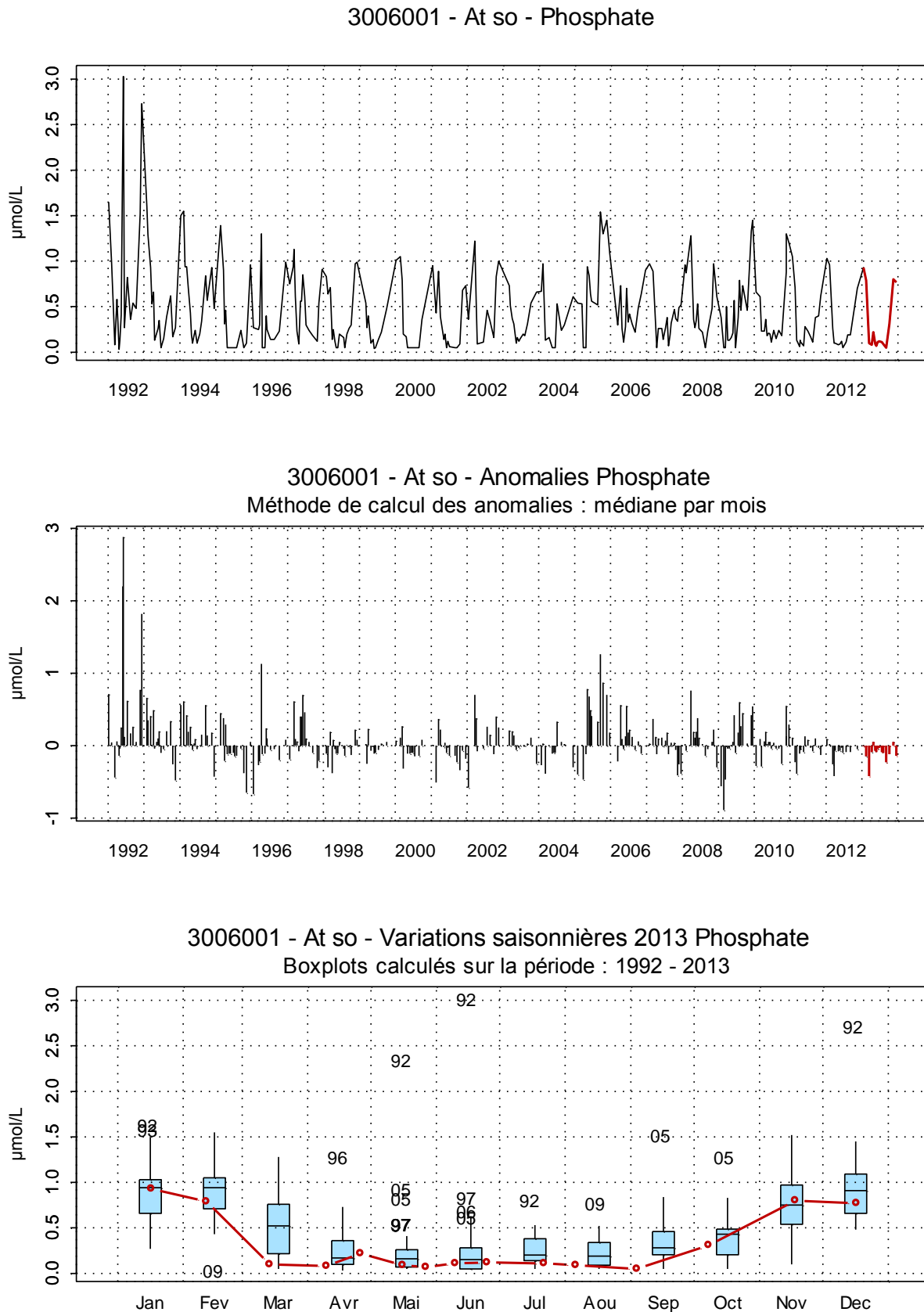
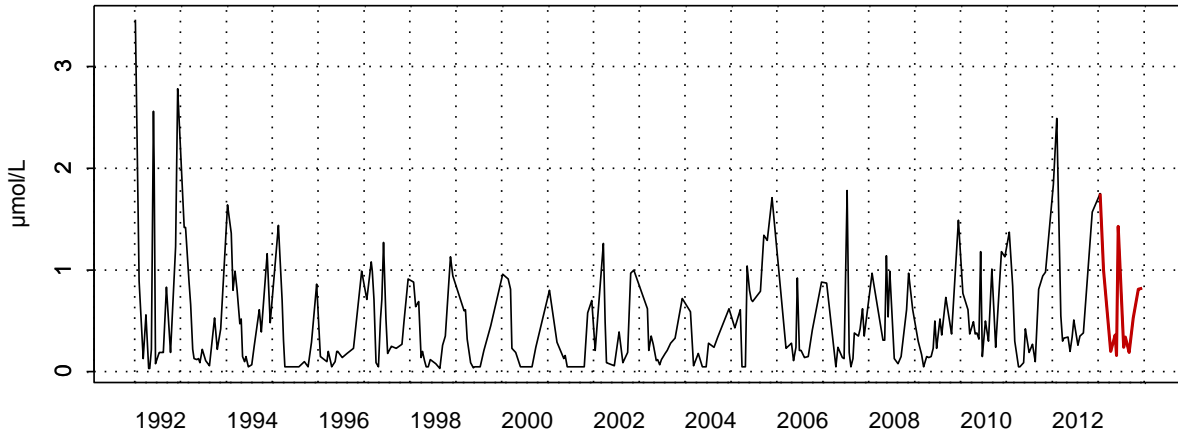


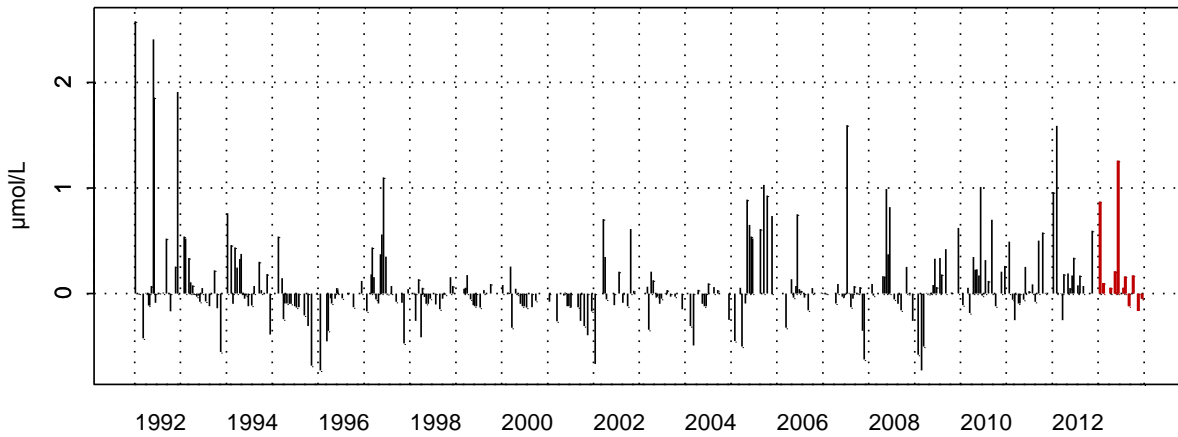
Figure 91. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

3006019 - SRN Somme mer 1 - Phosphate



3006019 - SRN Somme mer 1 - Anomalies Phosphate

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



3006019 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2013 Phosphate

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

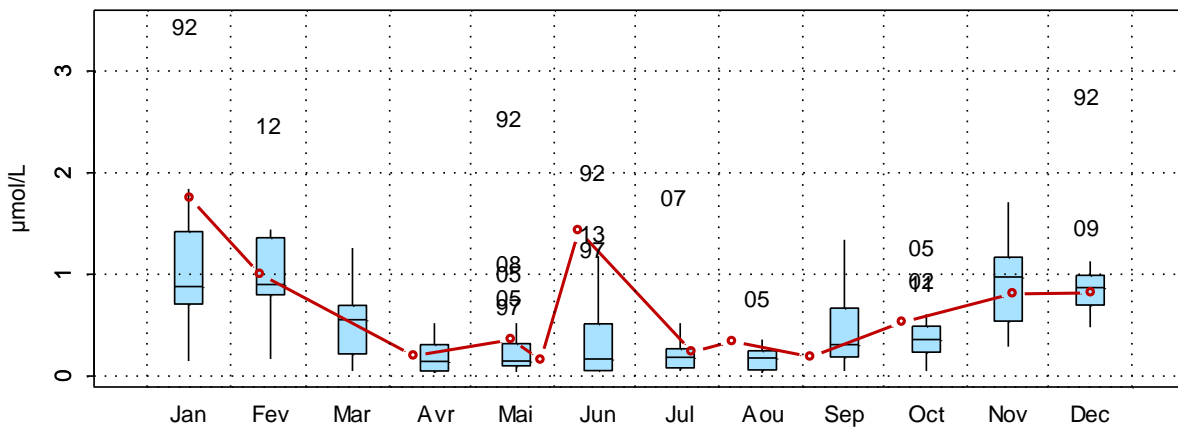
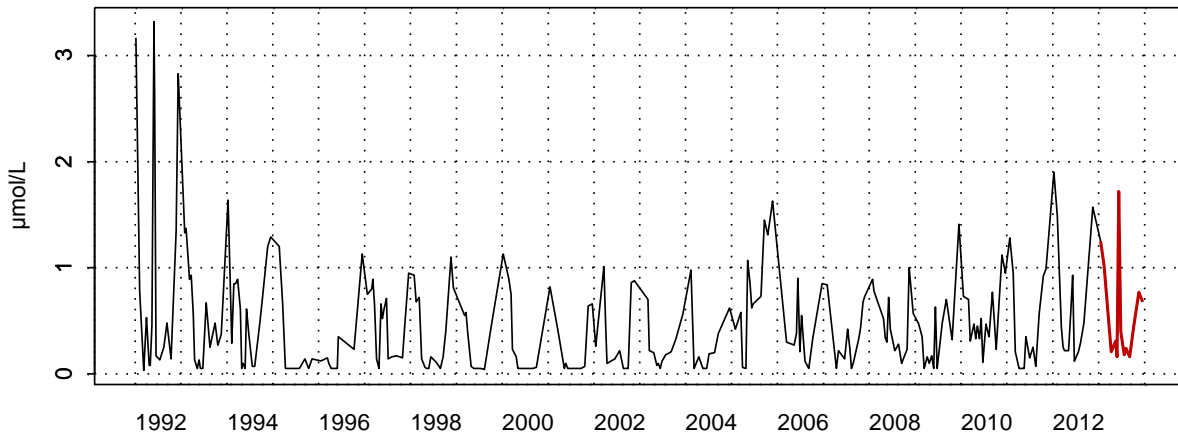


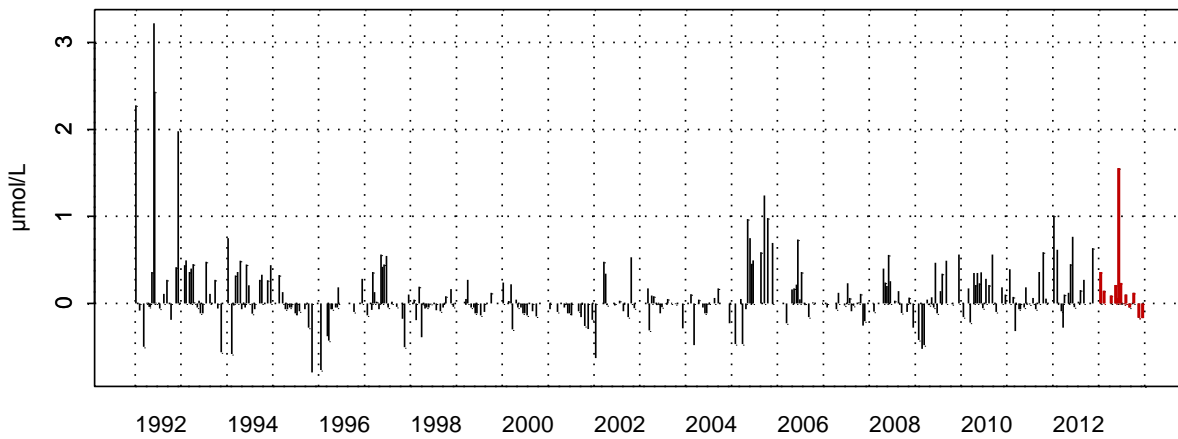
Figure 92. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

3006020 - SRN Somme mer 2 - Phosphate



3006020 - SRN Somme mer 2 - Anomalies Phosphate

Méthode de calcul des anomalies : médiane par mois



3006020 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2013 Phosphate

Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

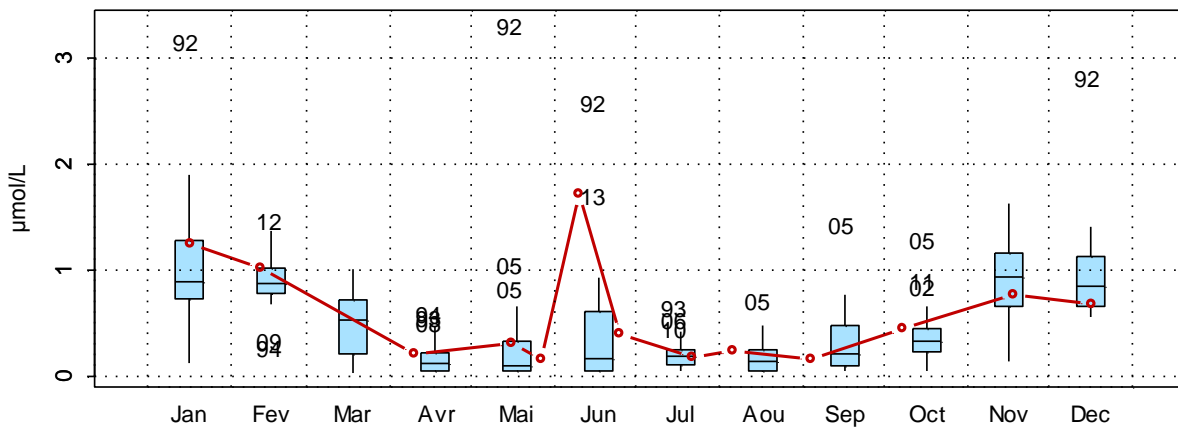


Figure 93. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en phosphate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

□ Silicate

L'évolution de la concentration en silicate est conforme à celle décrite pour la plupart des nutriments (*Figures 94 à 98*). De manière générale, les concentrations sont fortes au début et à la fin du cycle et faibles durant la période estivale.

L'année 2013 présente la même dynamique avec parfois des concentrations extrêmes, notamment en mai pour le point Bif avec un pic à 24,90  $\mu\text{mol/L}$ , et en juillet pour Mimer (5,39  $\mu\text{mol/L}$ ) et Mer 1 (avec 7,73  $\mu\text{mol/L}$ ).

Globalement, les valeurs hivernales sont au-dessus des valeurs médianes de la série 1992-2013, parfois même au-dessus du troisième quartile, notamment en janvier et novembre au point Mimer ; et en novembre au point Atso (valeur extrême à 41,00  $\mu\text{mol/L}$ ).

Les maxima sont mesurés en janvier pour les points Bif, Mimer, Mer 1 et Mer 2 (respectivement valeurs de 28,90  $\mu\text{mol/L}$  ; 32,10  $\mu\text{mol/L}$  ; 25,53  $\mu\text{mol/L}$  et 22,15  $\mu\text{mol/L}$ ) ou en novembre au point Atso (41,00  $\mu\text{mol/L}$ )

Les minima sont compris entre 0,10  $\mu\text{mol/L}$  et 1,31  $\mu\text{mol/L}$  et sont relevés en avril, mai ou juin.

Le gradient côte-large est compris entre -1,21 et -24,80  $\mu\text{mol/L}$  ; il est donc toujours négatif et exprime une teneur en silicate plus importante en zone côtière qu'au large.

Tableau 32. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en Silicates ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour la radiale de la Baie de Somme sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>BIF</b>	0,09	1,60	4,06	8,29	10,49	12,68	108,80	308
<b>MIMER</b>	0,10	1,22	4,16	7,12	77,50	11,37	32,10	233
<b>ATSO</b>	0,06	1,04	3,60	6,38	3,67	10,26	41,00	308
<b>MER 1</b>	0,10	0,75	2,99	5,28	5,98	8,20	32,27	290
<b>MER 2</b>	0,06	0,60	2,32	4,51	5,58	6,79	45,78	284

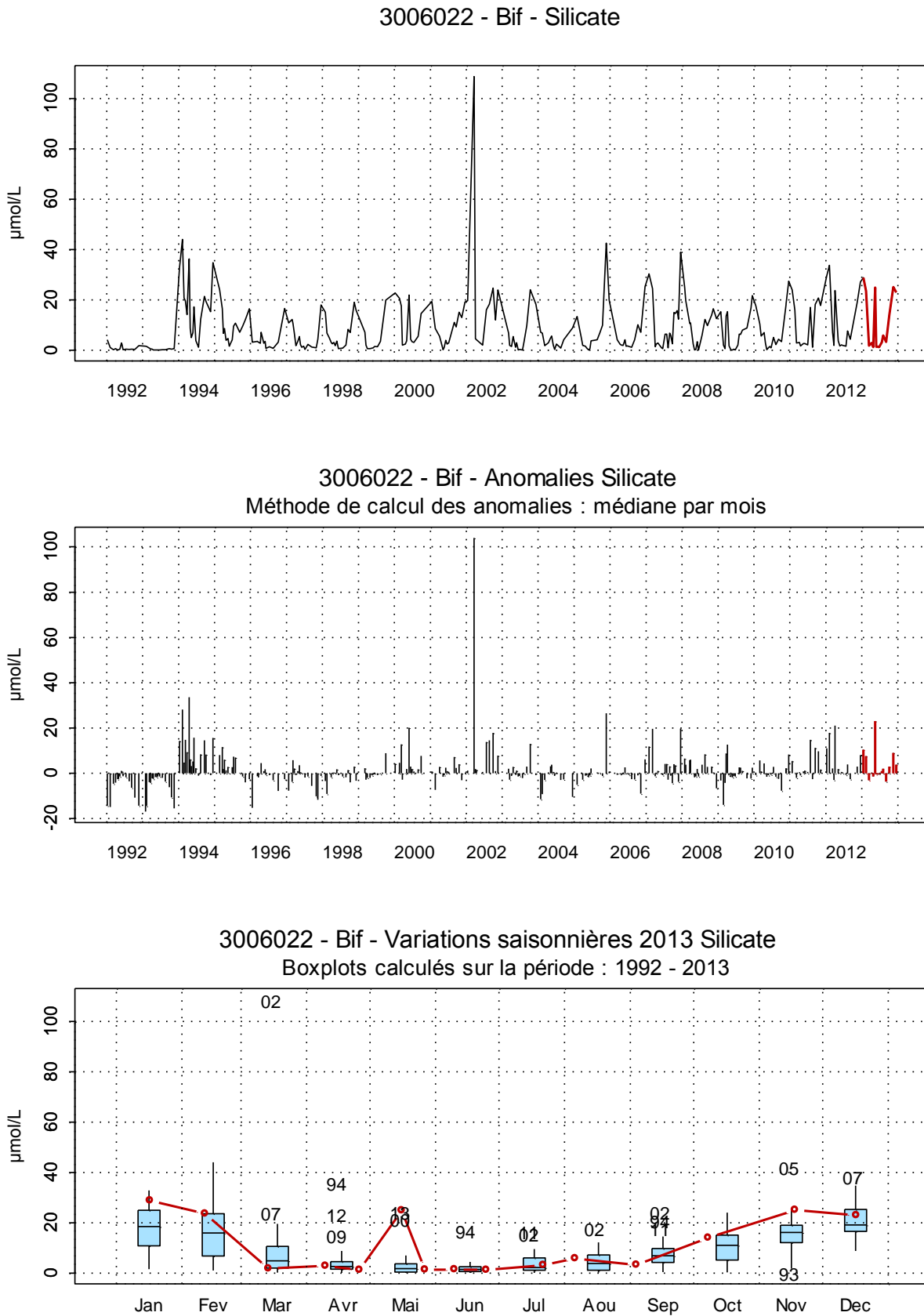


Figure 94. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

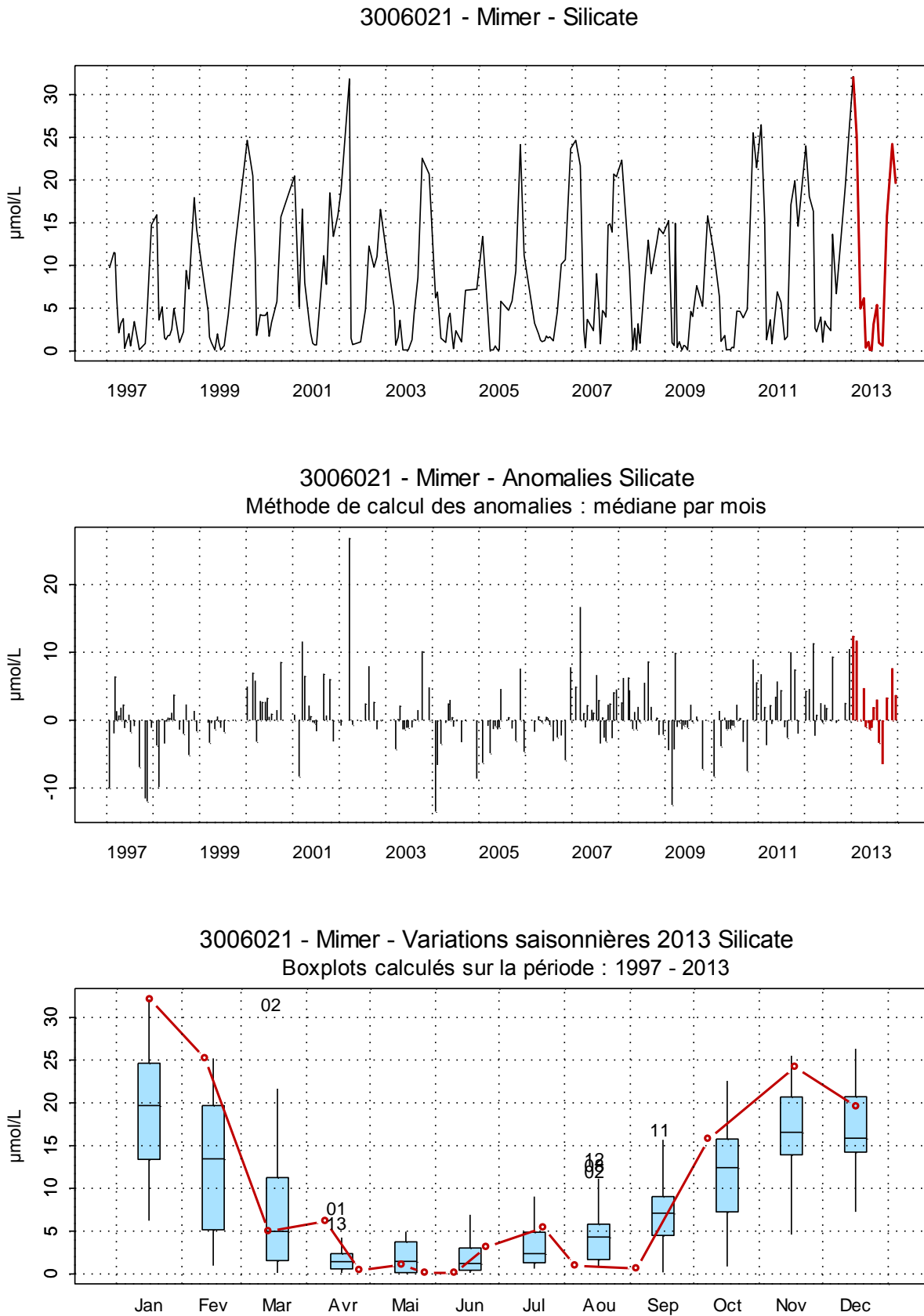


Figure 95. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013



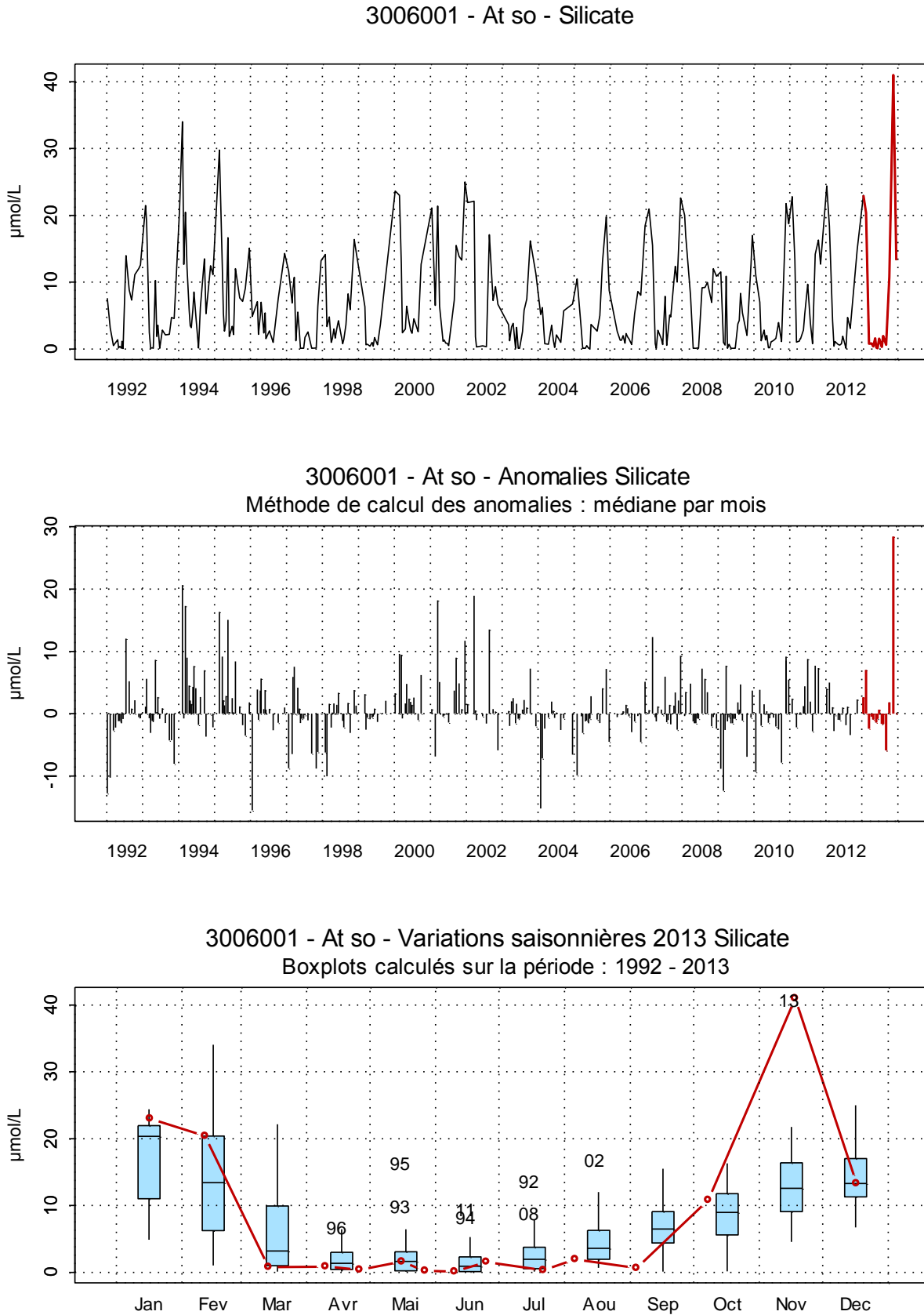


Figure 96. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

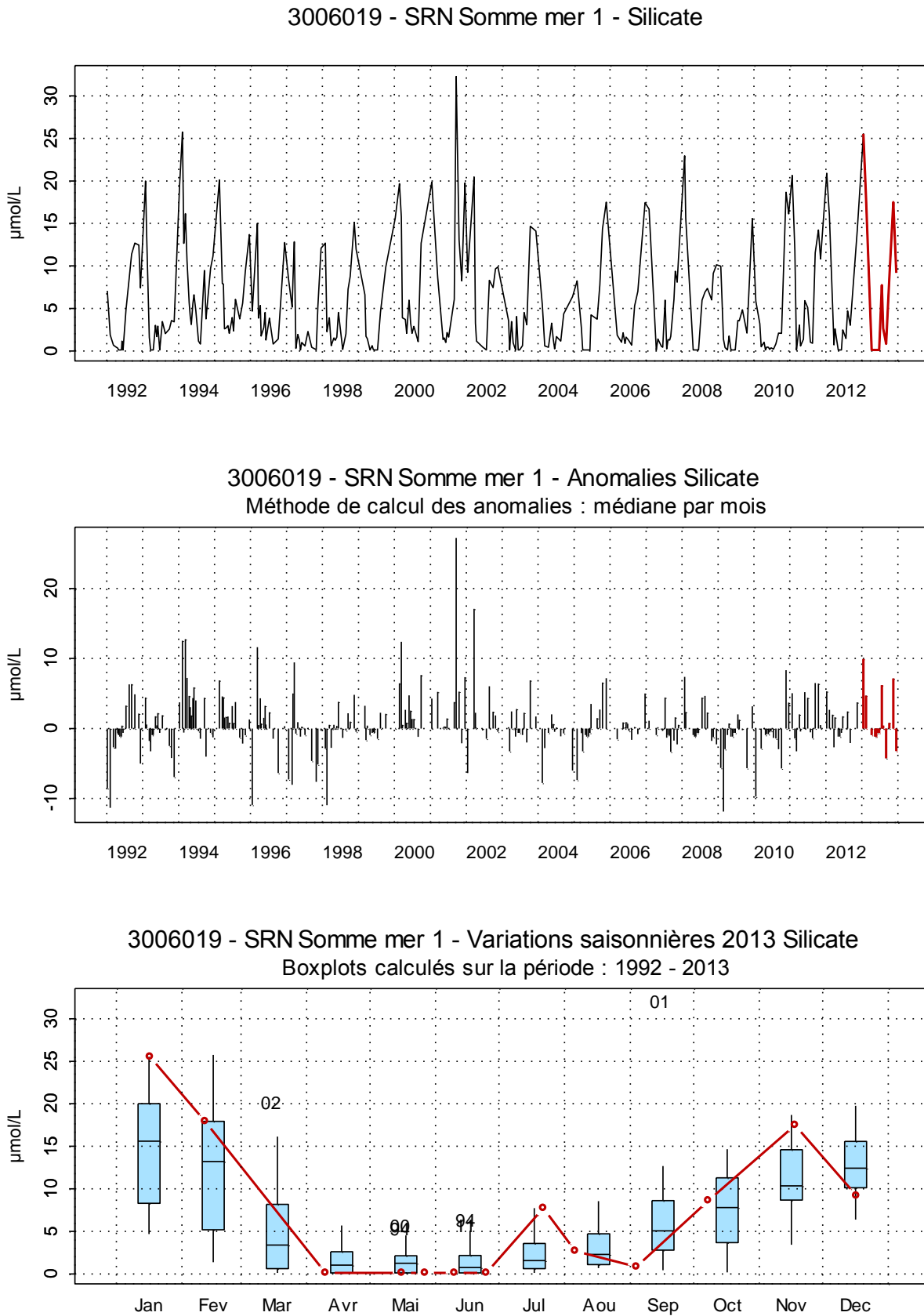
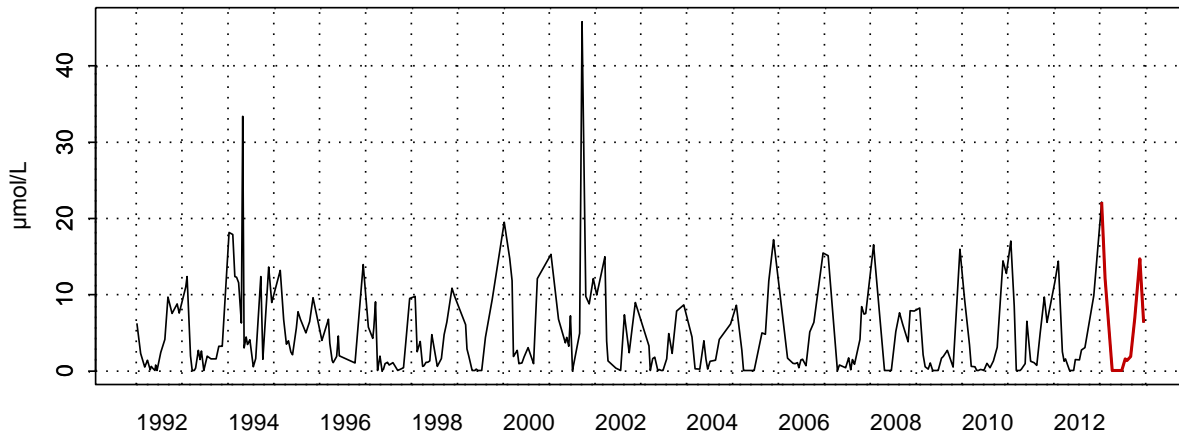
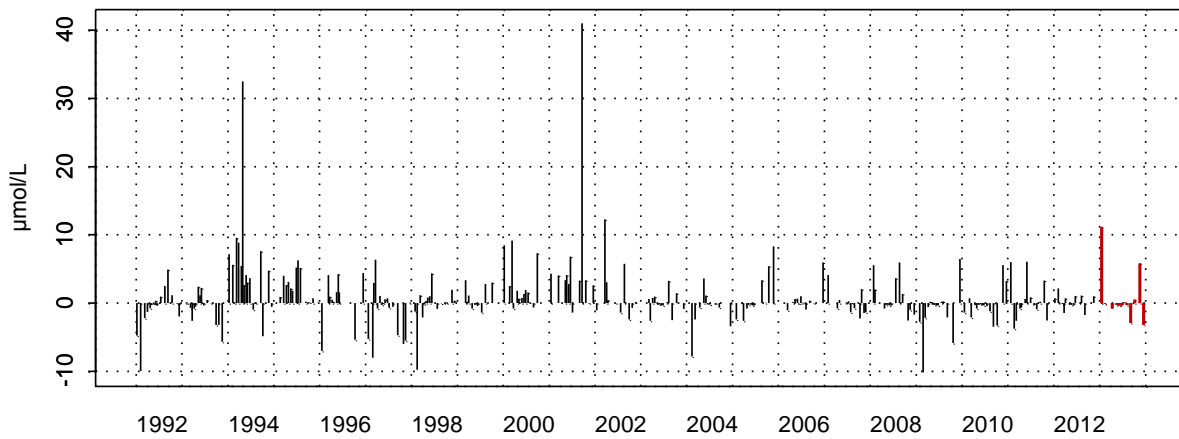


Figure 97. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

3006020 - SRN Somme mer 2 - Silicate



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



3006020 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2013 Silicate  
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2013

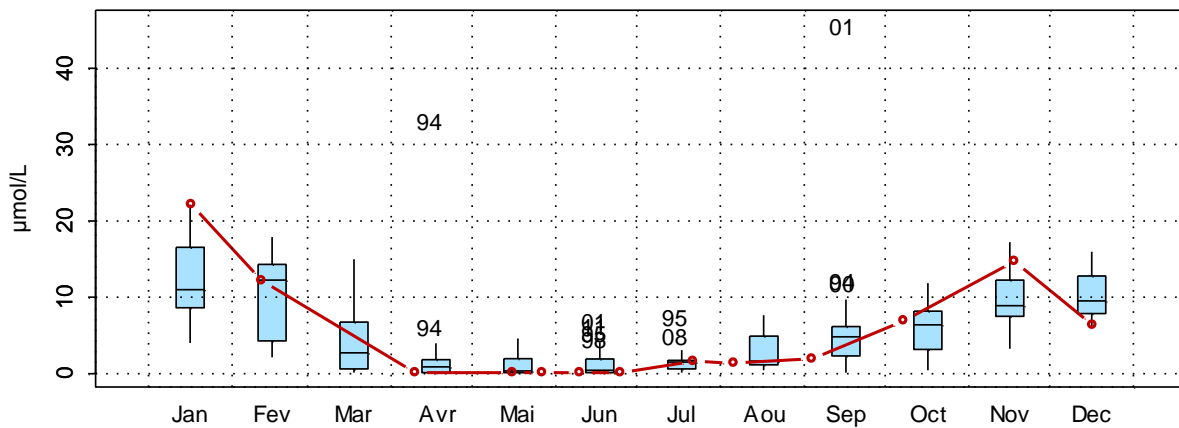


Figure 98. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en silicate ( $\mu\text{mol/L}$ ) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

□ Nutriments

Les figures 104 à 108 représentent l'évolution temporelle des éléments nutritifs potentiellement limitants le long de la radiale Baie de Somme. Les figures délimitent six zones qui définissent, 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. Cette limitation est constatée de juillet à février et en avril. Une exception est faite au mois de septembre où on passe à une limitation de type P : N : Si.

En début de période productive, de mars à juin, ce sont les silicates qui limitent la prolifération algale. La limitation est de type Si : P : N dans un premier temps (de mars à mai), puis de type Si : N : P dans un second temps (de mai à juin).

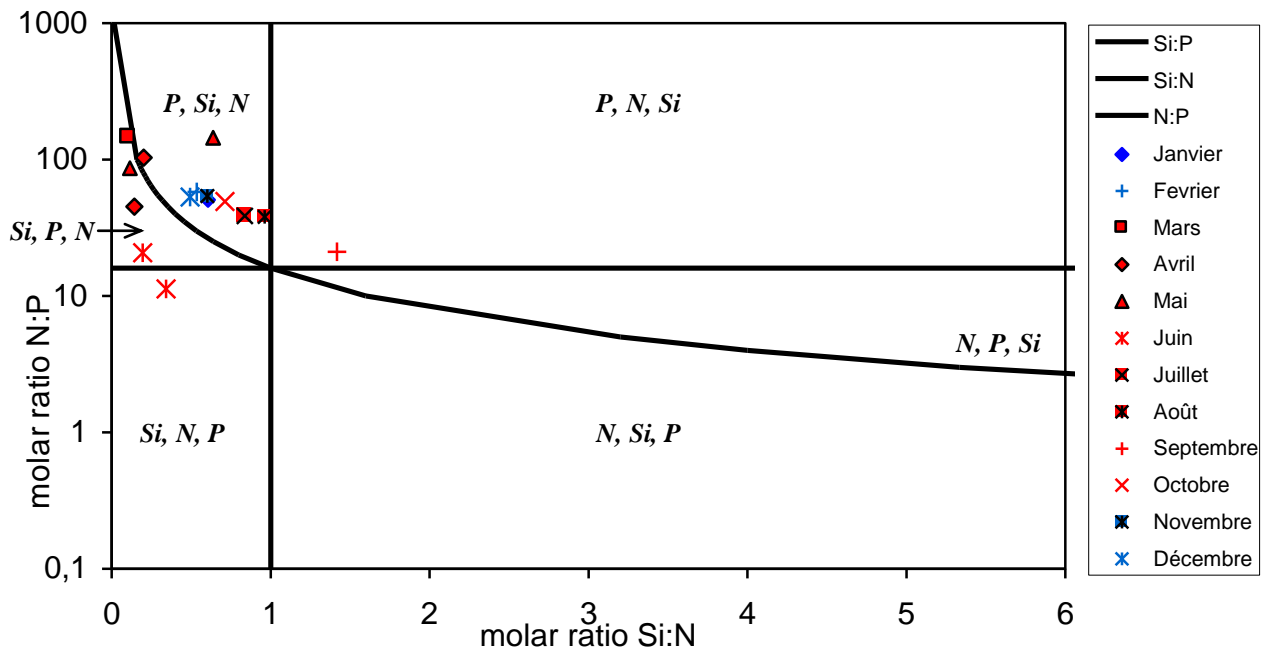


Figure 99. Évolution temporelle des éléments limitants au point Bif de la radiale de la Baie de Somme en 2013

**Mimer :**

Au point Mimer de la radiale de la Baie de Somme, différents types de limitation sont constatés.

Durant la période non productive (novembre à février) et le mois d'octobre, la production algale est limitée par les phosphates ( limitation de type P : Si : N).

La période productive est principalement limitée par les silicates (de mars à septembre, juillet mis à part). Tout d'abord, la limitation est de type Si : P : N, puis Si : N : P.

Le seul mois d'août connaît une limitation par l'azote (de type N : P : Si)

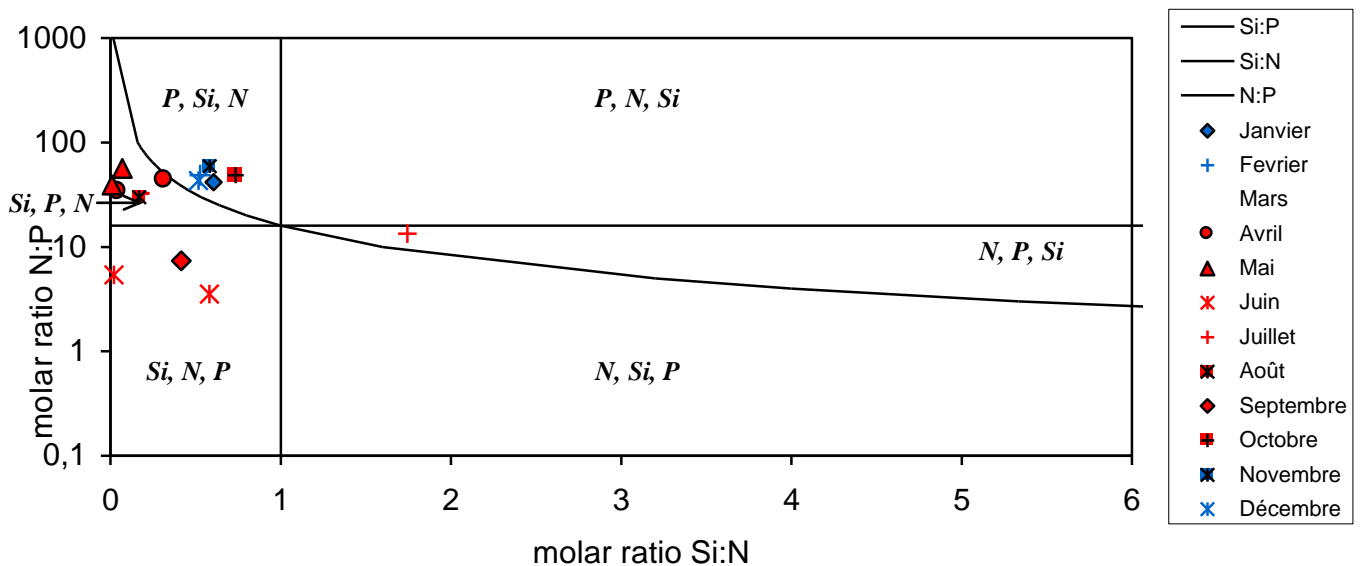


Figure 100. Évolution temporelle des éléments limitants au point Mimer de la radiale de la Baie de Somme en 2013

**Atso :**

Tout comme le point Mimer, le point Atso présente, d'une part, des limitations par les phosphates (généralement P : Si : N et parfois P : N : Si) en période hivernale non productive (octobre à février) ; d'autre part, des limitations par les silicates de types Si : P : N d'avril à juin.

Enfin, on observe une alternance des limitations potentielles en fin de période productive : juillet, août et septembre où les limitations sont respectivement de type Si : N : P ; P : Si : N puis N : Si : P.

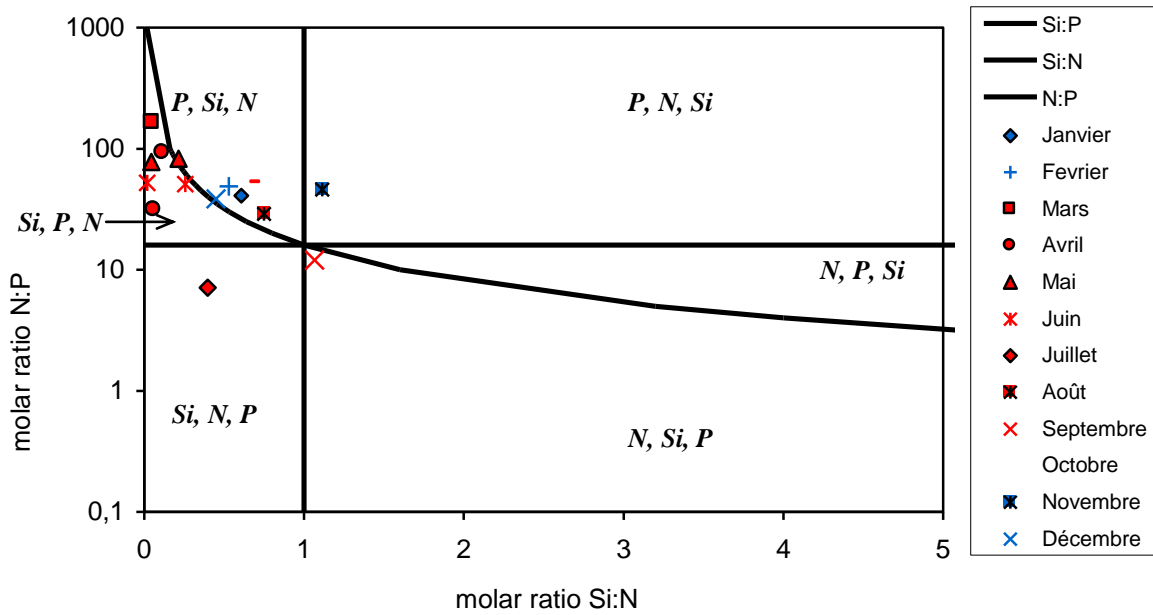


Figure 101. Évolution temporelle des éléments limitants au point Atso de la radiale de la Baie de Somme en 2013

**Mer 1 :**

Lors de la période non productive (nov. à fév.), le développement du phytoplancton est potentiellement limité par la silice ou les phosphates (limitation de type P : Si : N en janvier ou Si : P : N en décembre). Dans la mesure où les sorties de février et de novembre n'ont pu être faites, nous ne pouvons conclure sur le type de limitation de l'ensemble de la période non productive.

Lors de la période productive, on distingue trois épisodes : une limitation par le silicate Si : P : N dans un premier temps (de mars à juin), puis une limitation par l'azote N : P : Si ou N : Si : P (de juillet à septembre) ; enfin, une limitation par le phosphate P : Si : N (en octobre).

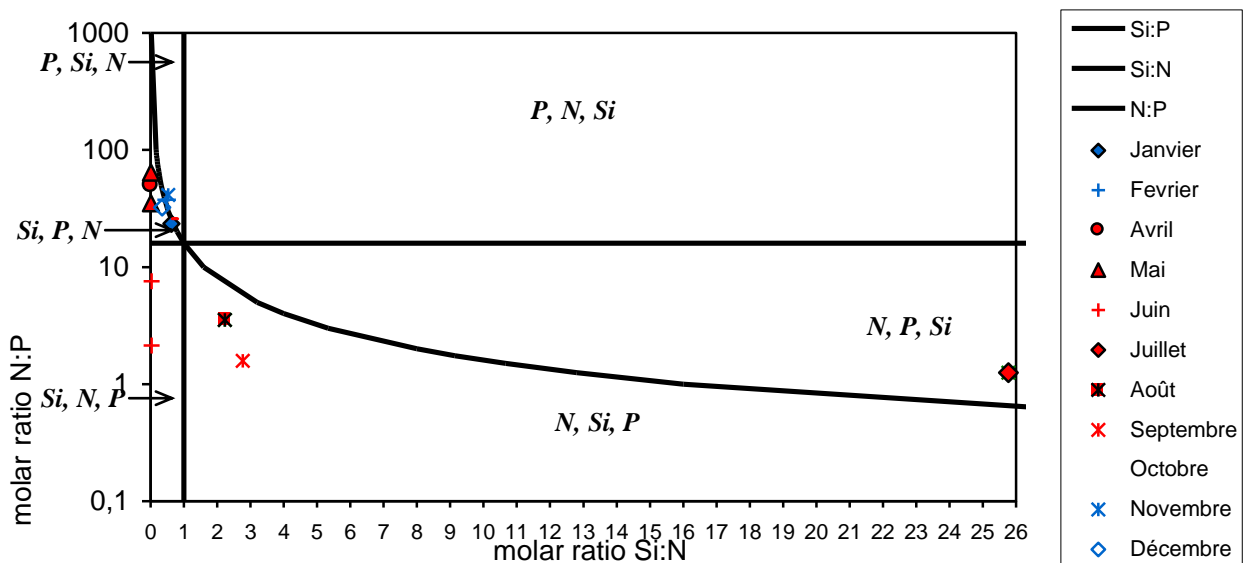


Figure 102. Évolution temporelle des éléments limitants au point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme en 2013

**Mer 2 :**

Au point Somme Mer 2, sept des douze mois sont en limitation par les silicates (majoritairement de type Si : P : N), du début de la période productive au mois de juillet puis ponctuellement aux mois d'octobre et décembre.

Une partie de la période non productive (en janvier et novembre) est concernée par une limitation potentielle par les phosphates (de type P : Si : N).

Enfin, la fin de période estivale connaît une limitation par l'azote de type N : Si : P.

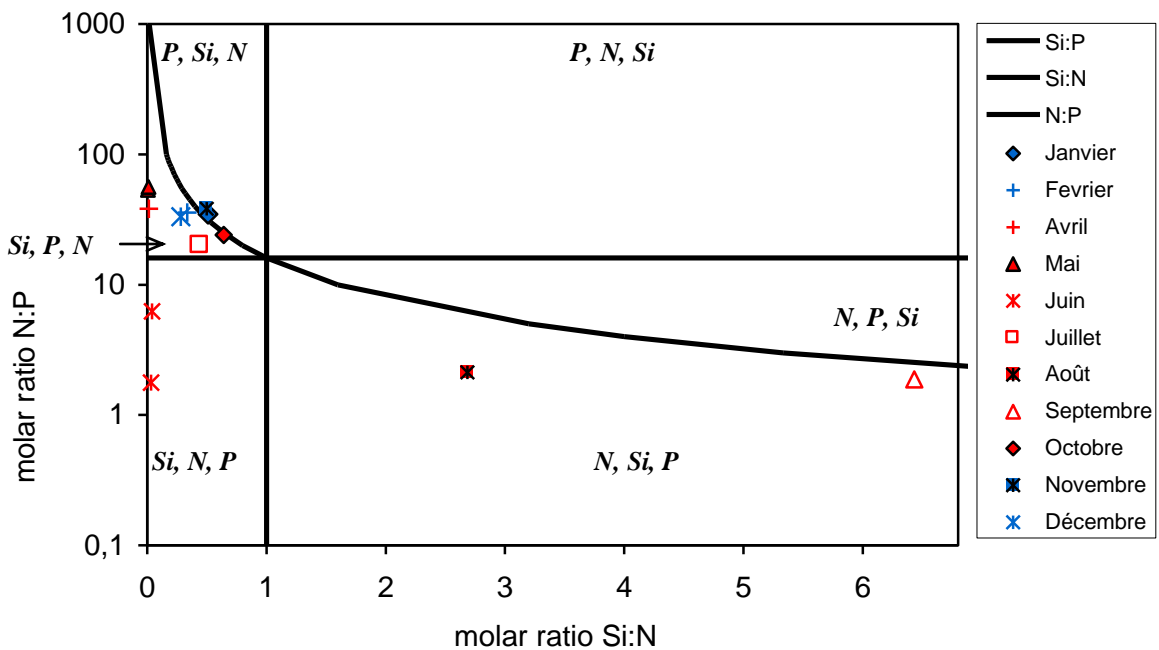


Figure 103. Évolution temporelle des éléments limitants au point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme en 2013

□ **Chlorophylle-a**

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. La chlorophylle-a est représentative de blooms phytoplanctoniques.

L'année 2013 suit la même dynamique avec cependant quelques anomalies :

✓ Au point côtier (Bif), en mai et juin, la concentration en chlorophylle-a est de 43,38 µg/L et 44,35 µg/L respectivement (l'anomalie à ces dates est de + 20 µg/L). La production algale est donc importante à cette période à ce point.

✓ Le point intermédiaire Atso présente une valeur particulièrement élevée en mars (42,21 µg/L, ce qui représente une anomalie de + 30 µg/L).

Les points plus au large présentent des valeurs habituelles et nous n'observons pas d'anomalie particulière.

Les maxima sont observés en avril pour le point mimer (26,59 µg/L) ou en juin pour les points Bif, Atso, Mer 1 et Mer 2 (avec des valeurs respectives de 44,35 µg/L ; 12,96 µg/L ; 15,40 µg/L et 9,20 µg/L).

Les minima sont observés en janvier ; les valeurs se situent entre 0,56 µg/L et 1,25 µg/L pour les cinq points.

Le gradient côte-large varie entre 2,73 et -39,56. Il est toujours négatif (sauf en novembre et décembre), ce qui montre que l'eau de la zone côtière est riche en chlorophylle-a.

Tableau 27. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle-a (µg/L) pour la radiale de la Baie de Somme sur la période 1992-2013

	<i>Min</i>	<i>Q1</i>	<i>Médiane</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Q3</i>	<i>Max</i>	<i>n</i>
<b>BIF</b>	0,32	4,67	11,56	16,77	17,94	20,64	128,20	306
<b>MIMER</b>	0,19	4,01	8,77	13,51	13,90	18,76	79,28	231
<b>ATSO</b>	0,21	2,98	5,78	8,67	8,46	11,35	58,53	316
<b>MER 1</b>	0,08	2,24	4,91	6,89	6,53	9,15	39,15	289
<b>MER 2</b>	0,05	2,33	4,57	6,34	5,85	8,40	34,60	282



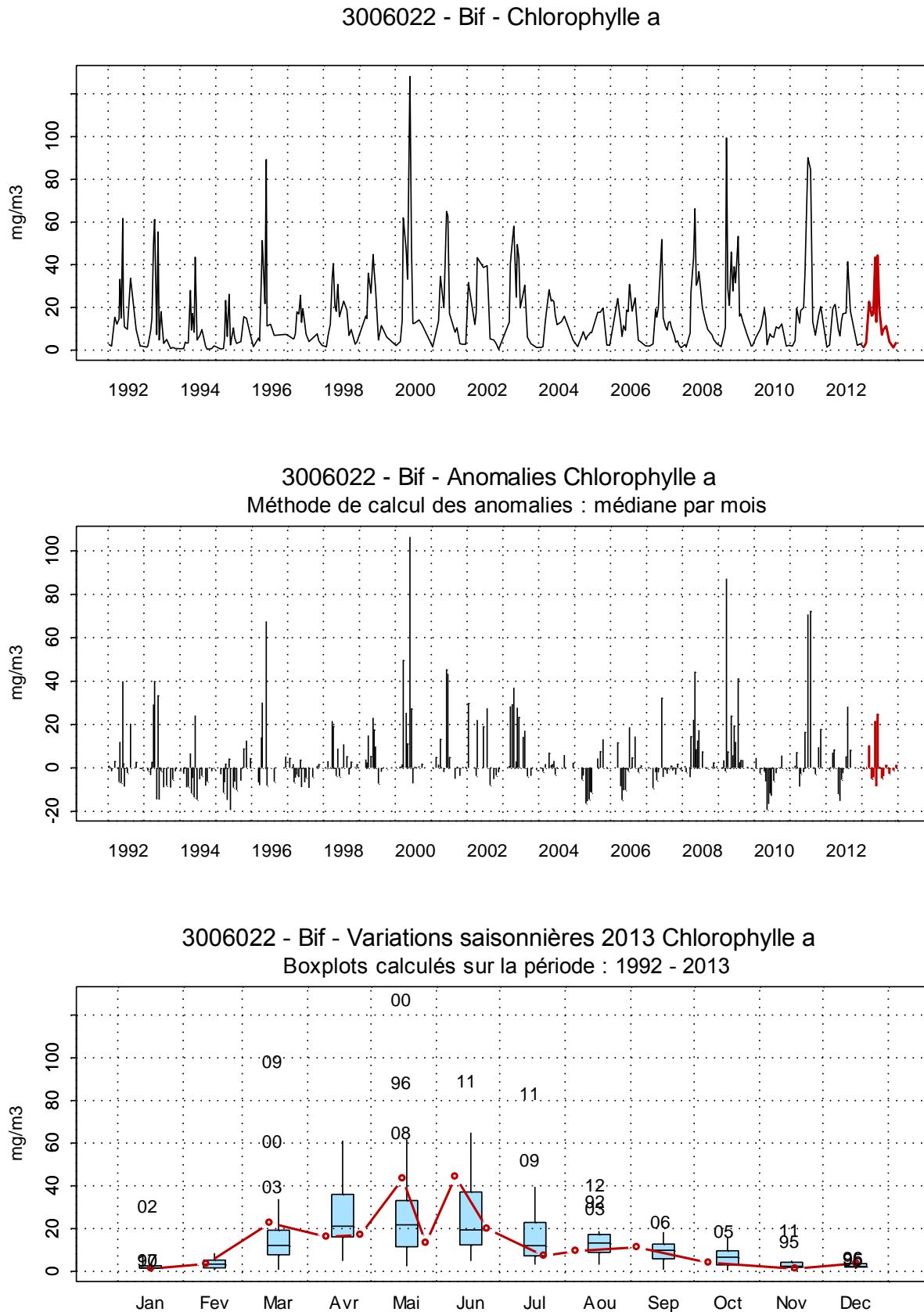


Figure 104. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

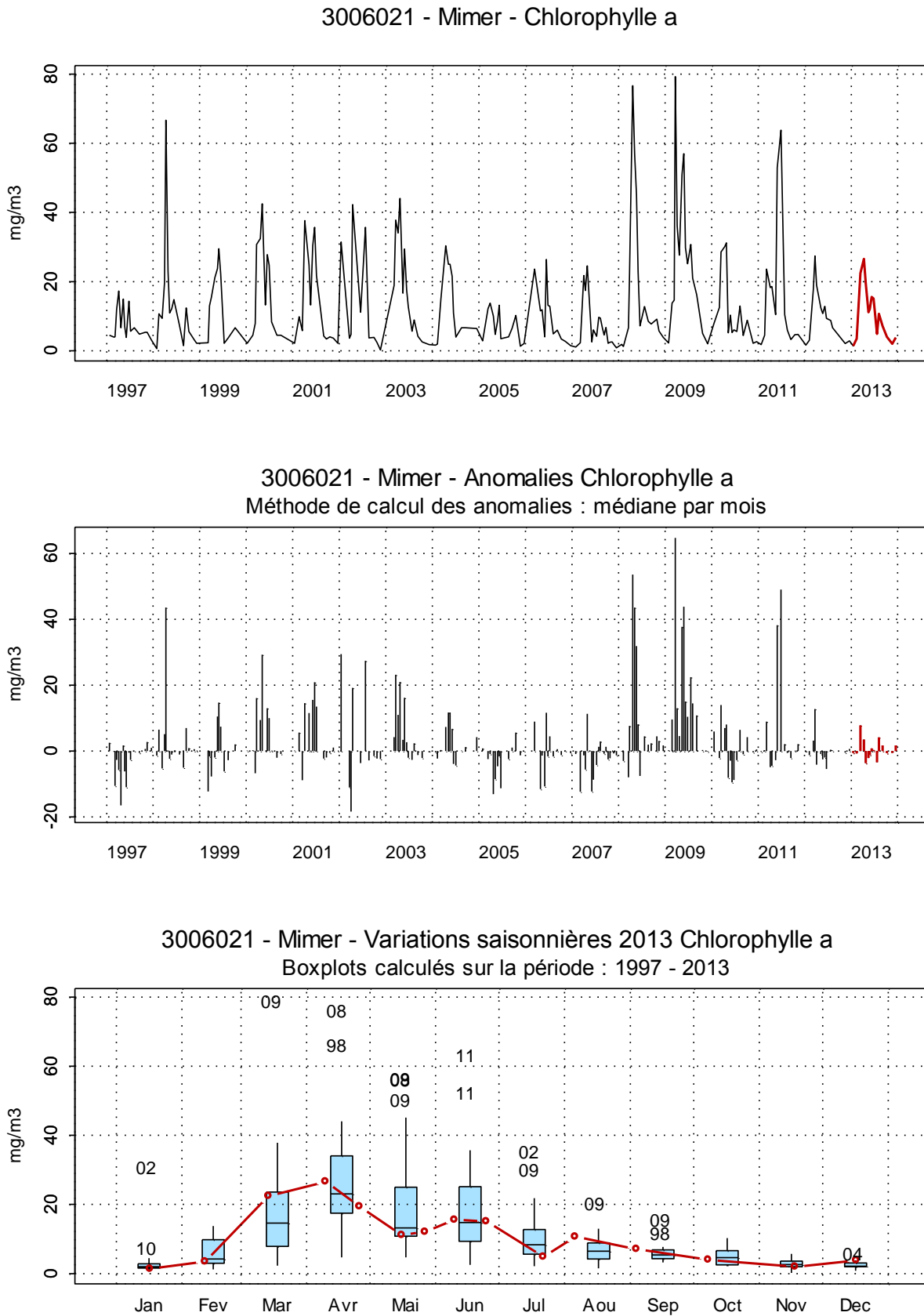


Figure 105. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle-a (mg/m<sup>3</sup>) pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

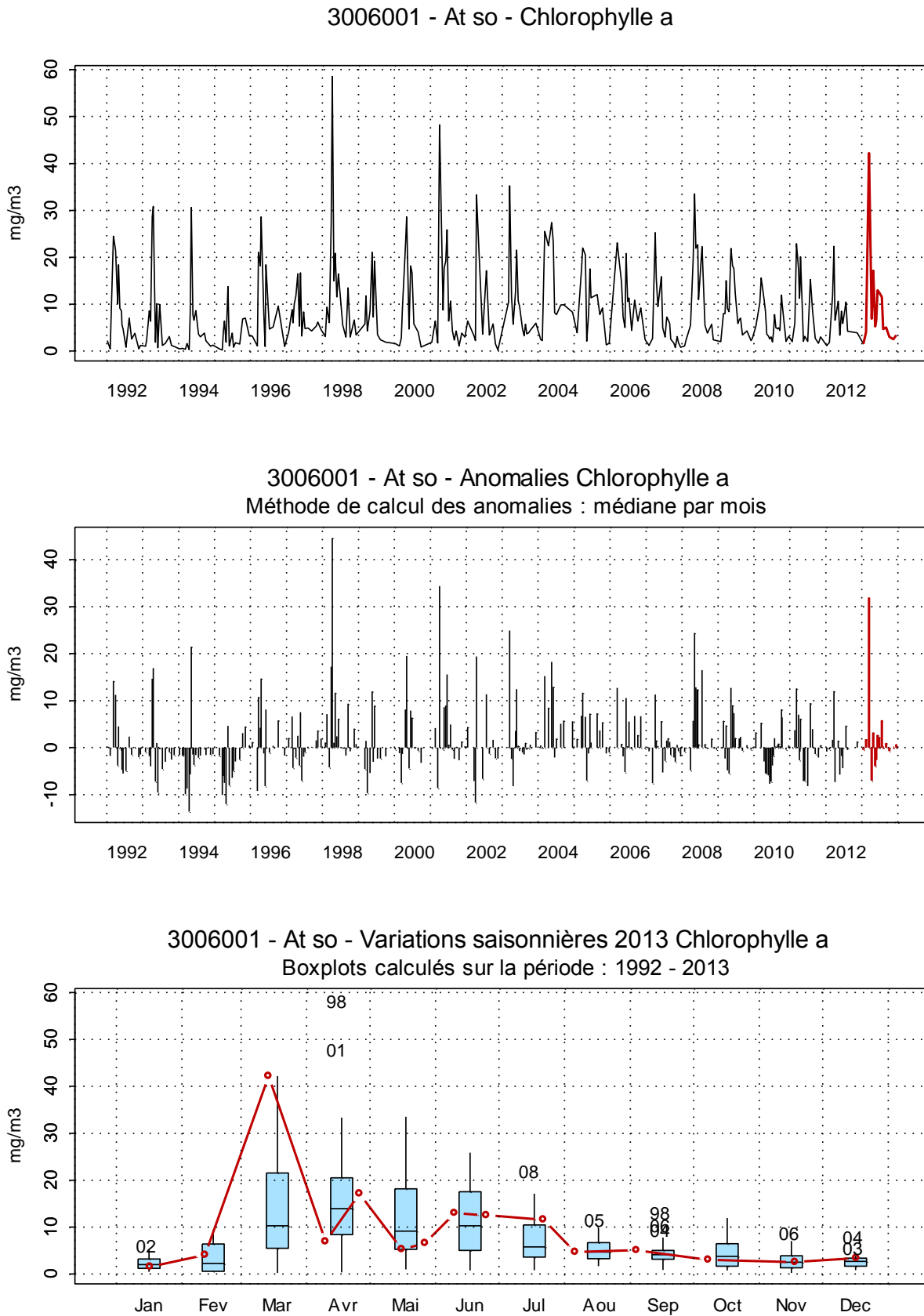


Figure 106. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

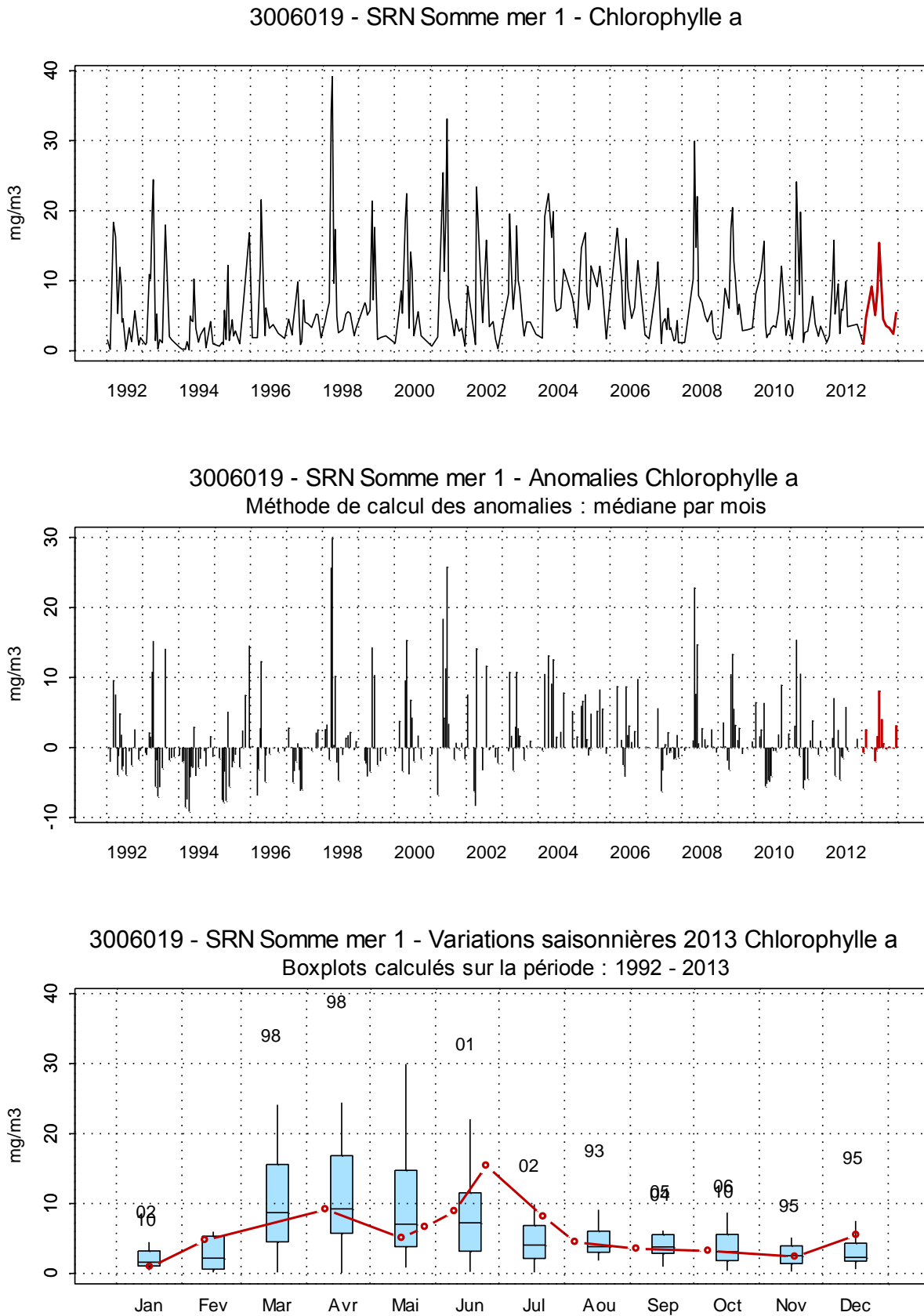


Figure 107. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle-*a* (mg/m<sup>3</sup>) pour le point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

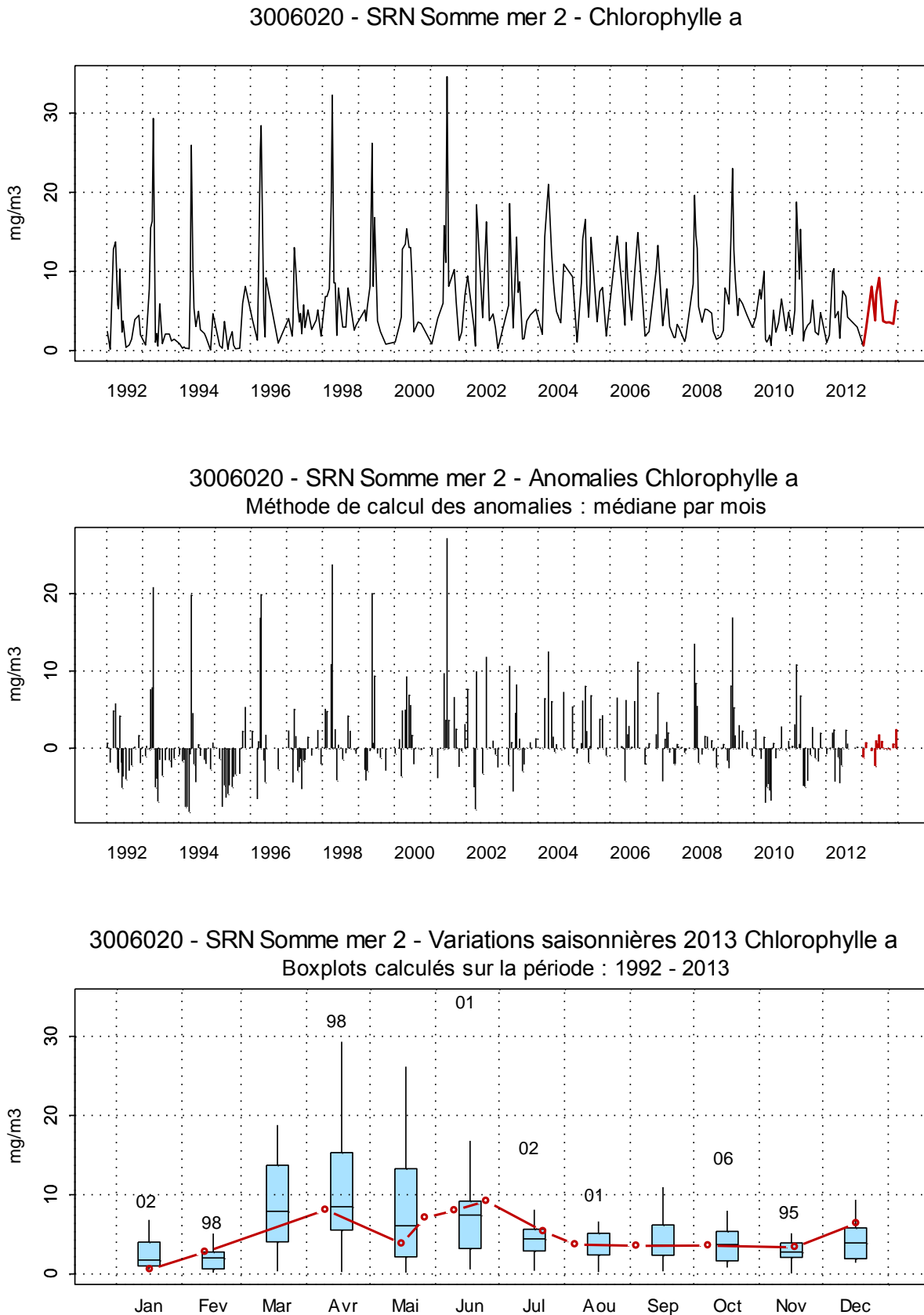


Figure 108. Dynamique pluriannuelle, anomalies, paramètres de tendance centrale et de dispersion de la concentration en chlorophylle-*a* ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) pour le point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme pour la période 1992-2013

□ **Chlorophylle active**

L'activité chlorophyllienne en Baie de Somme est légèrement différente entre les points estuariens (Bif et Mimer) et ceux plus au large (Atso, Mer 1 et Mer 2) (Figure 109).

En effet, les points côtiers montrent des fluctuations importantes. Globalement, la période productive présente un taux de chlorophylle active élevée (avec un maximum à 80 % pour le point Bif), au contraire la période non productive connaît des proportions plutôt basses (avec des minima à 18 % en février, 23 % en octobre, pour le point Bif ; et 13 % en octobre pour le point Mimer). Néanmoins, pendant la période productive, on constate une chute de chlorophylle active, en août sur le point Bif (5 %). Celles-ci remontent ensuite en septembre et octobre. Globalement, les proportions pour ces deux points fluctuent entre 5 % et 80 %.

Les trois points situés plus au large (Atso, Mer 1 et Mer 2) présentent une évolution similaire : les proportions sont faibles en hiver avec des minima à 33 % pour Atso et 50 % pour Mer 1 en octobre. Les proportions sont élevées en période productive avec des maxima à 83 % pour Mer 2 en juin, 83 % pour Mer 1 en juin, et 79 % en juin pour Atso. Globalement, les valeurs de ces trois points fluctuent entre 33 % et 83 %.

Il existe donc un gradient entre les points côtiers (minimum des valeurs) et les points au large (maximum des valeurs).

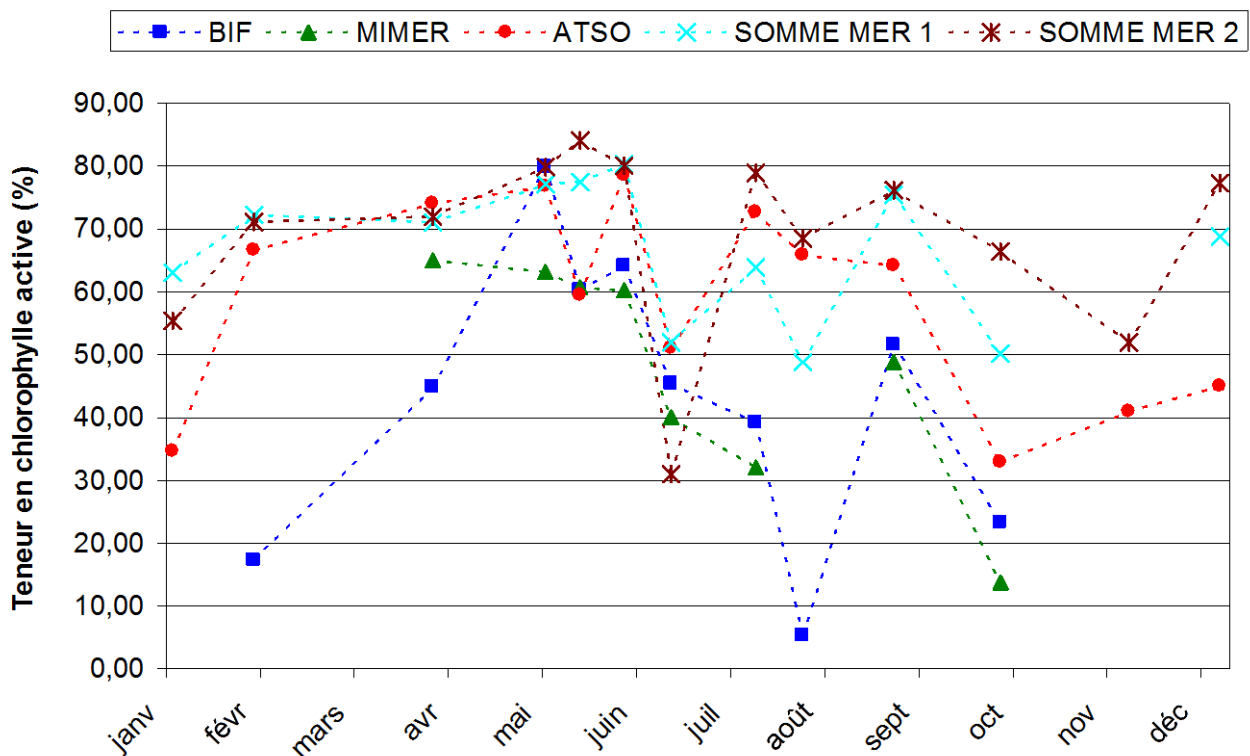


Figure 109. Évolution temporelle du pourcentage de chlorophylle active sur la radiale de la Baie de Somme en 2013

## 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 4 000 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, éclairage, 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'éclairage 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 au-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 limitants 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 à l'étude des 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 :

- **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.
- **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 : d'une part, quand le nombre d'espèces est faible, d'autre part, 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 > 300 000 cell./L**

***Pseudonitzschia seriata* (groupe des larges) avec un seuil d'alerte > 100 000 cell./L**

***Pseudonitzschia sp.* (autres groupes) avec un seuil d'alerte > 100 000 cell./L**

***Dinophysis* alerte dès présence ou 500 cell./L si une toxicité n'a jamais été observée**

***Alexandrium minutum* avec un seuil d'alerte > 10 000 cell./L**

***Alexandrium catenella* ou *tamarense* avec un seuil d'alerte > 5 000 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 2009-2013, reste comparable entre les différents points de mesure. La biomasse atteint rarement 30 µg/L mais le mois d'avril 2013 est exceptionnel : on relève 52,00 µg/L pour le point 1 de la radiale de dunkerque.

Sur l'ensemble de la période 2008-2013, on observe :

- ✓ D'une part, de plus fortes valeurs d'abondance et de biomasse en période productive : l'abondance du phytoplancton atteint des seuils pouvant aller au-delà de 10 millions de cellules par litre avec un pic de *Phaeocystis globosa* d'environ  $27,46 \cdot 10^6$  cell./L en mars 2010.
- ✓ D'autres part, les valeurs les plus faibles sont mesurées en hiver et en automne. Les minima sont mesurés en tous points et avoisines le seuil de détection de 0,02 µg/L.

L'année 2013 présente le même schéma d'évolution mais avec une biomasse exceptionnellement plus forte en avril sur l'ensemble de la radiale et des valeurs plus faibles en hiver ou en automne.

Les efflorescences de phytoplancton sont causées par une diversité de taxons dont certains sont mentionnés comme dominants dans le tableau 33. La proportion de ces derniers évolue au cours du cycle biologique. Les figures 110, 111 et 112 montrent 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 *Asterionellopsis glacialis*. De plus, 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 (*Gymnodiniales* et *Phaeocystis*).

Sur l'ensemble de la radiale, la classe des prymnésiofycées (*Phaeocystis globosa*) domine avec plus de  $10 \cdot 10^6$  cellules/L en 2013.

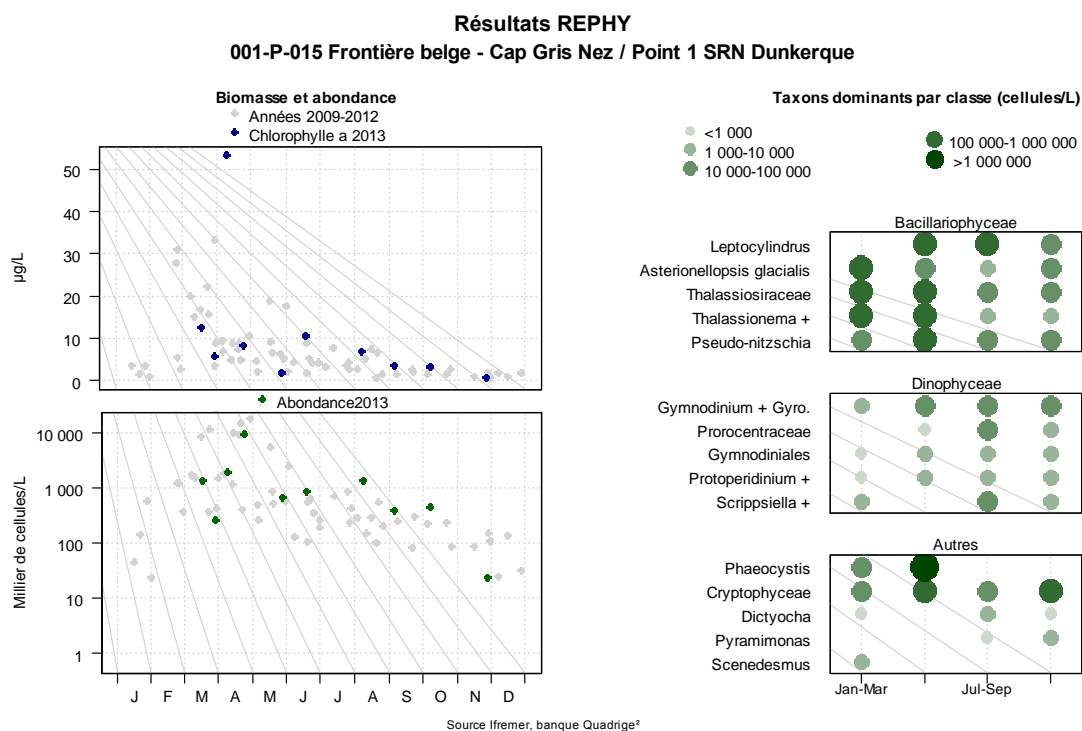


Figure 110. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2013 et classement des taxons dominants pour le point 1 de la radiale de Dunkerque

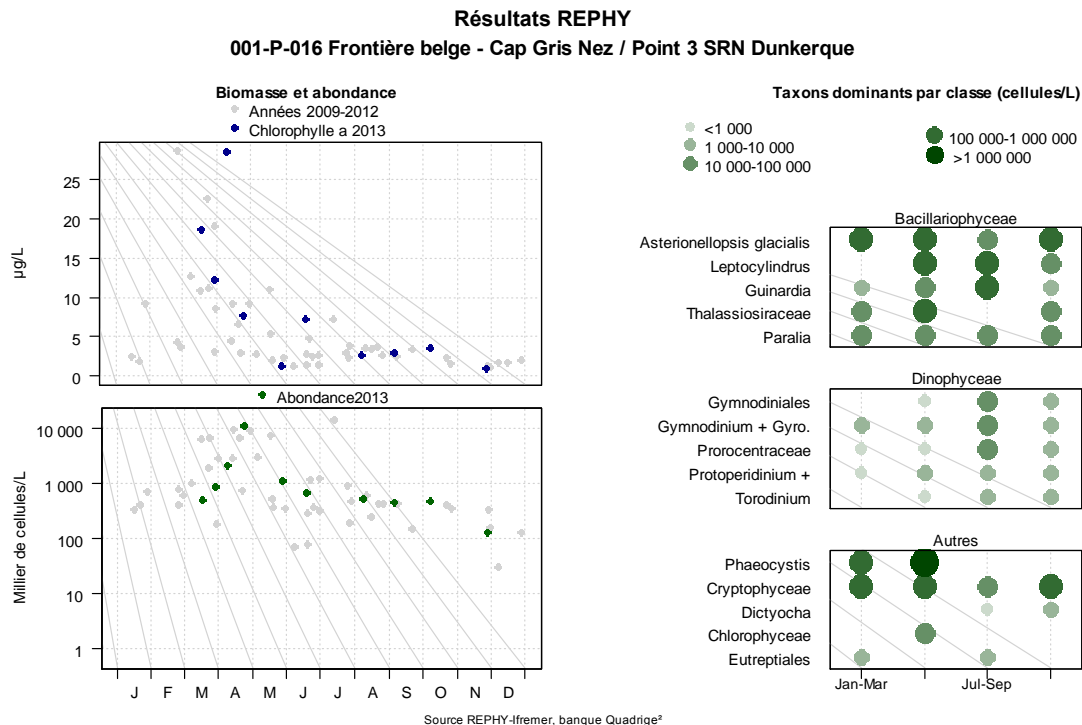


Figure 111. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2013 et classement des taxons dominants pour le point 3 de la radiale de Dunkerque

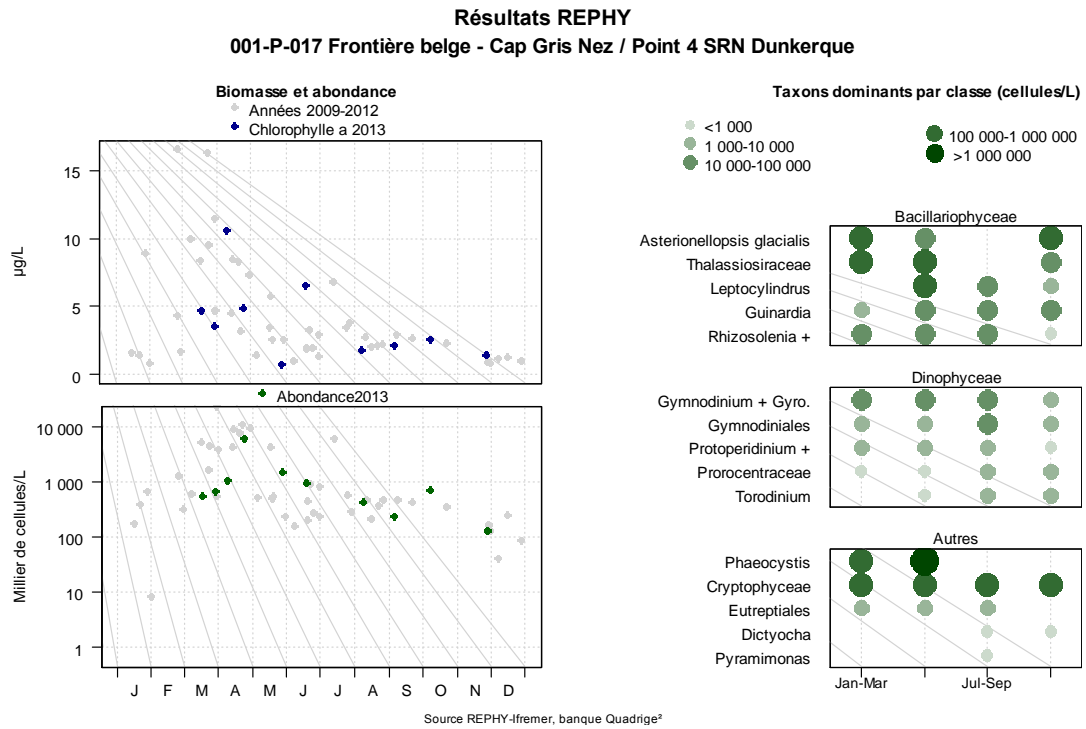


Figure 112. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2013 et classement des taxons dominants pour le point 4 de la radiale de Dunkerque

Tableau 33. Correspondance entre les intitulés Quadriges 2 et la classe taxonomique pour la radiale de Dunkerque en 2013

## REPHY - Taxons dominants - signification des libellés

Intitulé graphe	Libellé taxon	Classe
Asterionellopsis glacialis	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	Bacillariophyceae
Guinardia	<i>Guinardia delicatula</i>	Bacillariophyceae
Guinardia	<i>Guinardia striata</i>	Bacillariophyceae
Gymnodiniales	<i>Karlodinium</i>	Dinophyceae
Gymnodiniales	<i>Katodinium</i>	Dinophyceae
Gymnodinium + Gyro.	<i>Gymnodinium</i>	Dinophyceae
Gymnodinium + Gyro.	<i>Gyrodinium spirale</i>	Dinophyceae
Leptocylindrus	<i>Leptocylindrus danicus</i>	Bacillariophyceae
Paralia	<i>Paralia sulcata</i>	Bacillariophyceae
Prorocentraceae	<i>Prorocentrum micans</i>	Dinophyceae
Prorocentraceae	<i>Prorocentrum triestinum</i>	Dinophyceae
Protoperidinium +	<i>Protoperidinium</i>	Dinophyceae
Pseudo-nitzschia	<i>Pseudo-nitzschia</i> , complexe <i>delicatissima</i> , groupe des fines ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> + <i>subcurvata</i> )	Bacillariophyceae
Pseudo-nitzschia	<i>Pseudo-nitzschia</i> , complexe <i>seriata</i> , groupe des larges ( <i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificica</i> )	Bacillariophyceae
Rhizosolenia +	<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	Bacillariophyceae
Scrippsiella +	<i>Scrippsiella</i>	Dinophyceae
Thalassionema +	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	Bacillariophyceae
Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira levanderi</i> + <i>minima</i>	Bacillariophyceae
Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira</i>	Bacillariophyceae
Torodinium	<i>Torodinium</i>	Dinophyceae

➤ Indice de Shannon

La dynamique pluriannuelle de l'indice entre 2006 et 2013 est comparable d'une année sur l'autre. L'indice de Shannon diminue en début de période productive ; cette baisse de biodiversité est provoquée par les fortes efflorescences de *Phaeocystis globosa*. En dehors de cette période, l'indice de diversité montre des valeurs élevées pouvant atteindre 4 (figure 113).

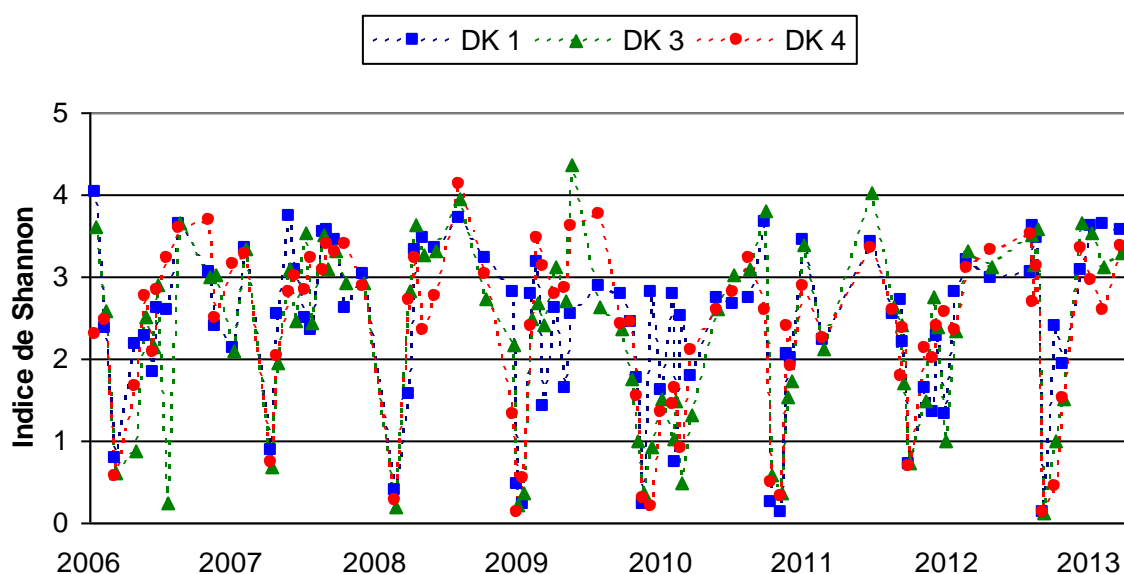


Figure 113. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Dunkerque de 2006 à 2013

La courbe qui traduit l'évolution de l'indice de Shannon en 2013 est comparable et suit la même dynamique entre les trois points de la radiale de Dunkerque, néanmoins, on remarque un léger surcroît en station côtière en mai où l'indice de Shannon vaut 2,4.

Globalement, on observe un décrochement de l'indice entre avril et août. Cependant, sur cette période, le point 1 semble plus diversifié que les deux autres points (*Figure 114*).

L'indice est élevé de janvier à février puis de septembre à décembre (compris entre 2,5 et 3,5). On observe une forte dominance de l'espèce *Phaeocystis globosa* qui représente près de 99 % de l'abondance totale en avril. Les fortes abondances de cette espèce expliquent, entre autre, la chute de la diversité. 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*.

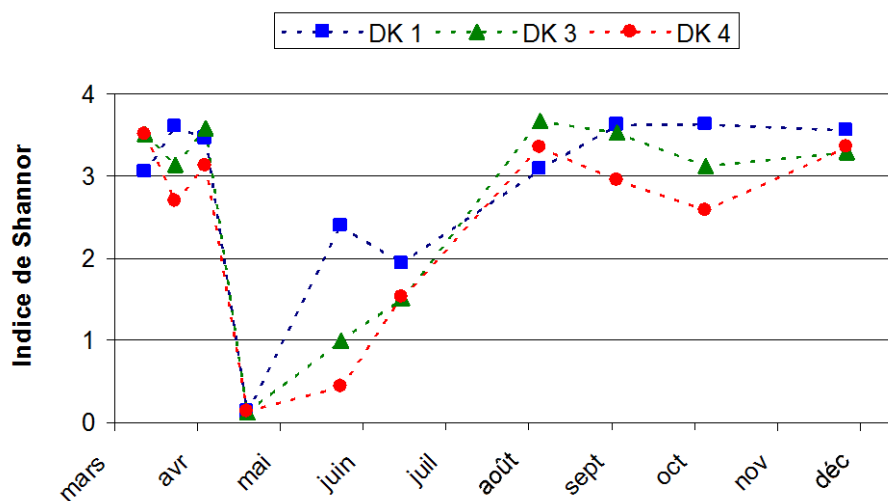


Figure 114. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Dunkerque pour l'année 2013

➤ **Abondance du phytoplancton toxique**

Le dispositif d’alerte REPHY ne concerne que le point 1 de la radiale de Dunkerque (Figure 115). A cet endroit, on peut remarquer que le genre *Dinophysis*, potentiellement responsable de la toxicité DSP, n’a pas été observé en 2013.

Pour l’année 2013, 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 en mars, avril et septembre.

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 300 000 cell./L pour le groupe des fines et 100 000 cell./L pour le groupe des larges). En 2013, aucune alerte n’a été déclenchée.

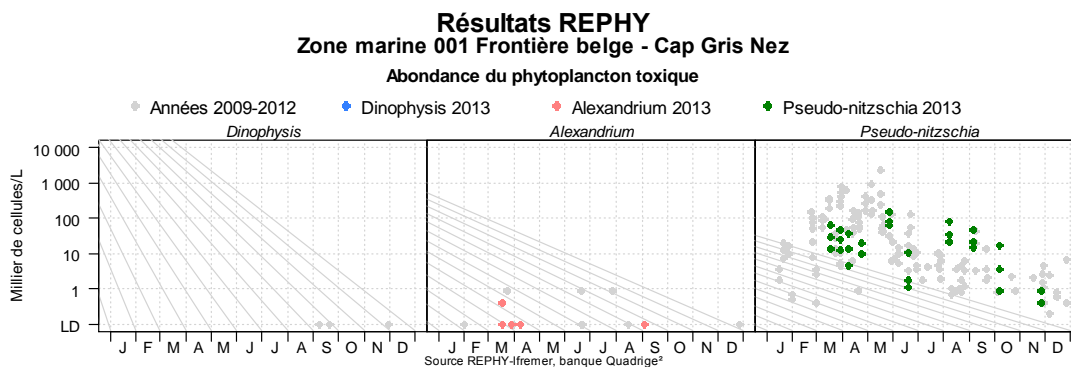


Figure 115. Évolution de l’abondance du phytoplancton toxique pour la radiale de Dunkerque pour les 5 dernières années (symboles grisés) et pour l’année 2013 (symboles en couleur)

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 µg/L en mai 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 2013 suit la même dynamique. La biomasse est maximale en mars (16 µg/L au point 1 ; 11,5 µg/L au point 2 ; et 7,5 µg/L au point 3). Elle est minimale en janvier et en novembre.

Les abondances phytoplanctoniques présentent un pic en avril avec près de  $10 \cdot 10^6$  cell./L au point 1 ; un pic à  $7 \cdot 10^6$  cell./L en mars au point 2 ; et un autre à  $7 \cdot 10^6$  cell./L également le même mois au point 3.

La proportion des taxons évolue au cours du cycle biologique (Tableau 34). Globalement, les *Bacillariophycées* dominent la population phytoplanctonique sur toute la radiale. Certains groupes sont présents de façon épisodique comme le genre *Skeletonema*. D'autres, au contraire, sont échantillonnés toute l'année : c'est le cas des genres *Chaetoceros* ou *Gymnodinium*+*Gyro*. En terme d'abondance, la classe des prymnésiofycées (*Phaeocystis globosa*) domine largement d'avril à juin avec plus de  $1 \cdot 10^6$  cell./L.

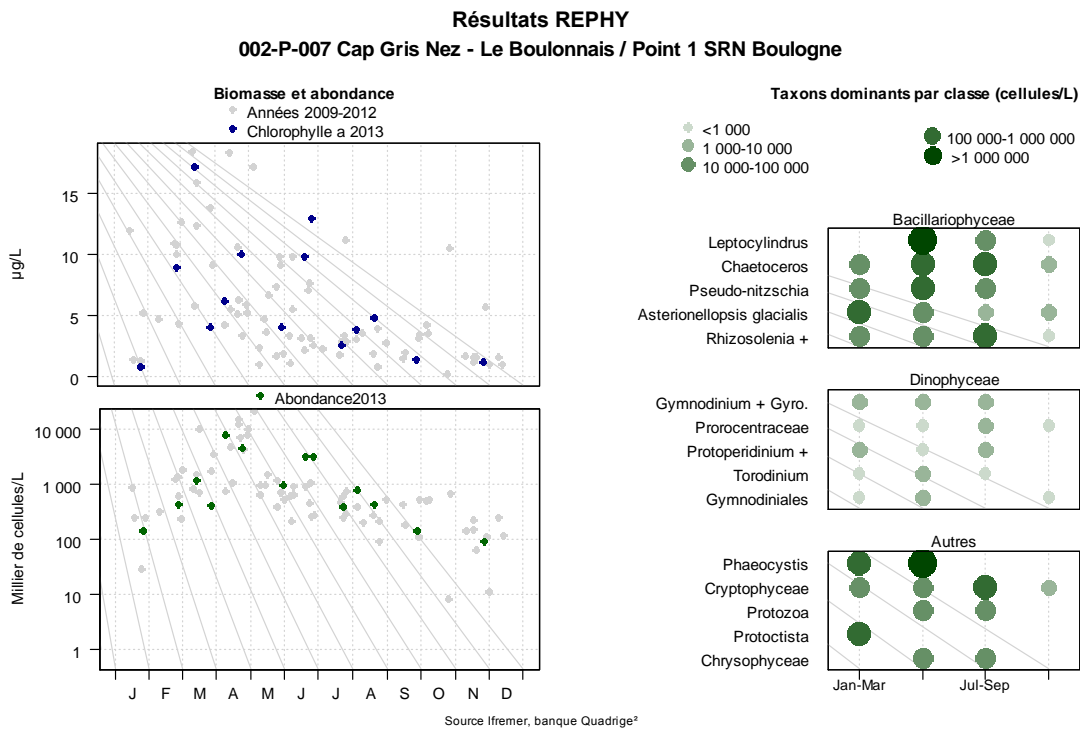


Figure 116. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2013 et classement des taxons dominants pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer



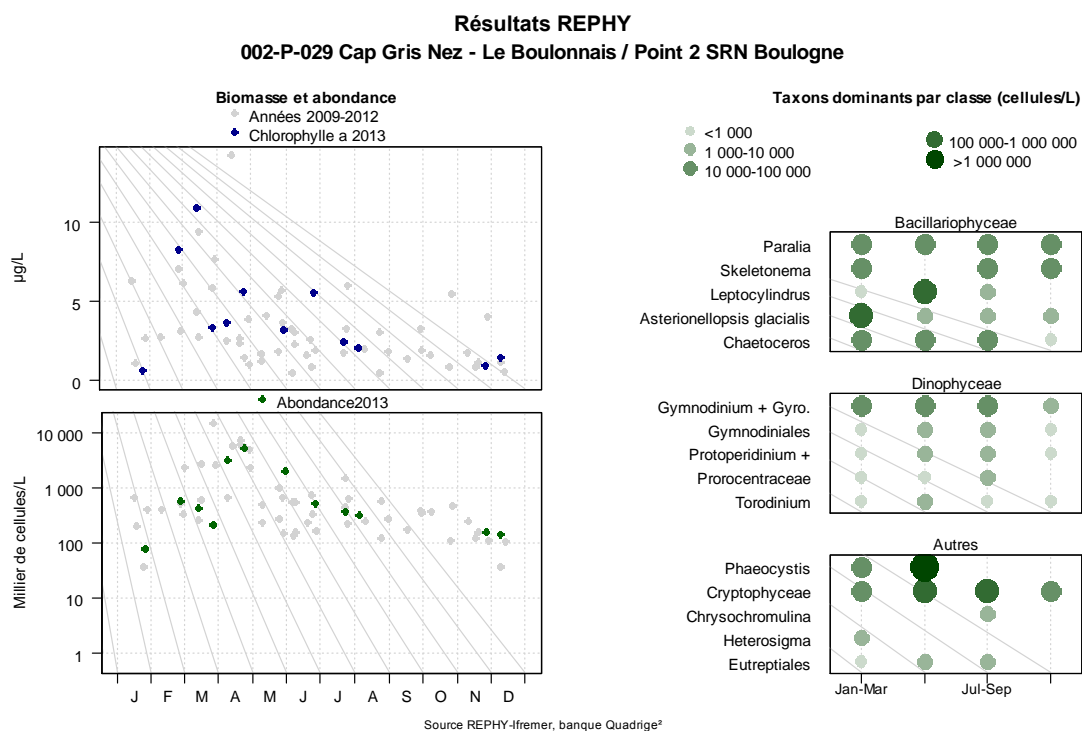


Figure 117. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2013 et classement des taxons dominants pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer

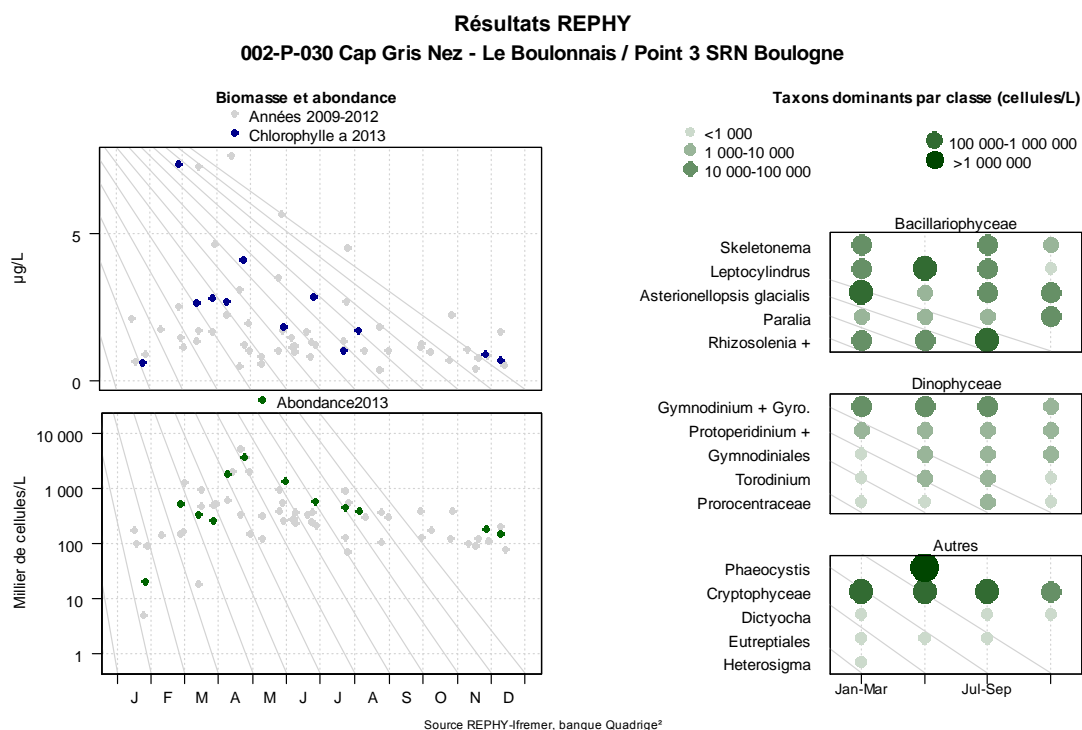


Figure 118. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2013 et classement des taxons dominants pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer

Tableau 34. Correspondance entre les intitulés Quadriges 2 et la classe taxonomique pour la radiale de Boulogne en 2013

## REPHY – Taxons dominants – signification des libellés

Intitulé graphe	Libellé taxon	Classe
ASTERIONELLOPSIS GLACIALIS	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	Bacillariophyceae
Chaetoceros	<i>Chaetoceros danicus</i>	Bacillariophyceae
Chaetoceros	<i>Chaetoceros rostratus</i>	Bacillariophyceae
Gymnodiniales	<i>Karlodinium</i>	Dinophyceae
Gymnodiniales	<i>Katodinium</i>	Dinophyceae
Gymnodinium + Gyro.	<i>Gymnodinium</i>	Dinophyceae
Gymnodinium + Gyro.	<i>Gyrodinium spirale</i>	Dinophyceae
Leptocylindrus	<i>Leptocylindrus danicus</i>	Bacillariophyceae
Paralia	<i>Paralia sulcata</i>	Bacillariophyceae
Prorocentraceae	<i>Prorocentrum micans</i>	Dinophyceae
Prorocentraceae	<i>Prorocentrum triestinum</i>	Dinophyceae
Protoperidinium +	<i>Protoperidinium</i>	Dinophyceae
Pseudo-nitzschia	<i>Pseudo-nitzschia</i> , complexe <i>delicatissima</i> , groupe des fines ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> + <i>subcurvata</i> )	Bacillariophyceae
Pseudo-nitzschia	<i>Pseudo-nitzschia</i> , complexe <i>seriata</i> , groupe des larges ( <i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacifica</i> )	Bacillariophyceae
Rhizosolenia +	<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	Bacillariophyceae
Skeletonema	<i>Skeletonema costatum</i>	Bacillariophyceae
Torodinium	<i>Torodinium</i>	Dinophyceae

➤ Indice de Shannon

La dynamique pluriannuelle de l'indice de Shannon est comparable entre les différents points de la radiale (Figure 119). 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, traduisant ainsi la présence d'une communauté diversifiée.

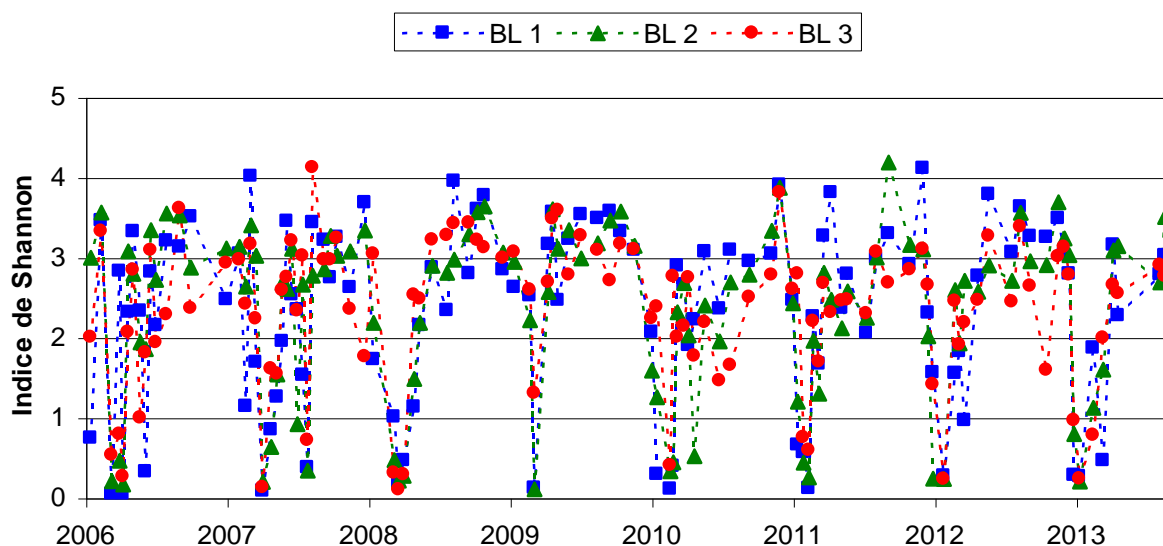


Figure 119. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Boulogne-sur-Mer de 2006 à 2013

La figure 120 montre l'évolution de l'indice de Shannon au cours de l'année 2013. On remarque que sur toute la radiale de Boulogne sur Mer, l'indice évolue de façon similaire ; néanmoins, on remarque un pic de l'indice en juin avec une valeur de 1,9. Les valeurs sont plus élevées en hiver et en automne, périodes au cours desquelles la communauté phytoplanctonique reste diversifiée et relativement équilibrée. De mi-mars jusqu'à la fin du mois d'avril, l'indice est particulièrement faible. Le bloom de *Phaeocystis globosa* qui apparaît pendant cette période réduit fortement la diversité et l'indice de Shannon descend jusqu'à 0,26 au point 1 ; 0,20 au point 2 et 0,23 au point 3.

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*.

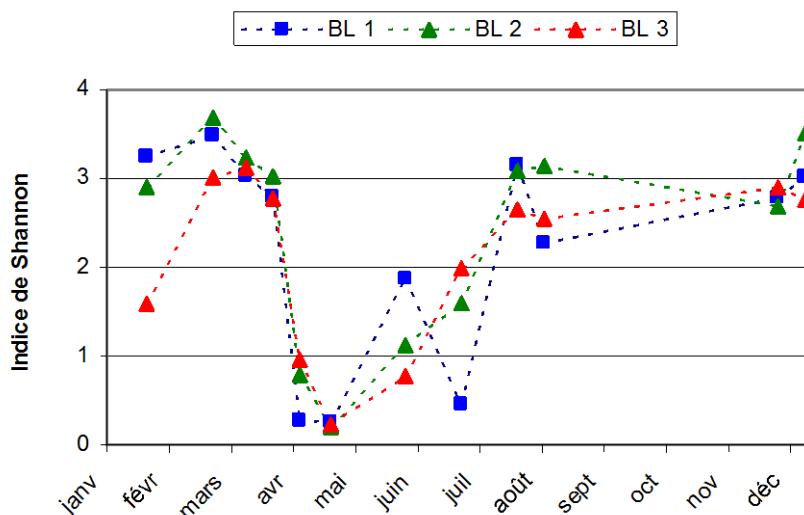


Figure 120. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour l'année 2013

➤ **Abondance du phytoplancton toxique**

Le dispositif d'alerte REPHY ne concerne que le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer.

Plusieurs taxons potentiellement responsables de la production de phycotoxines<sup>1</sup> ont été observés en 2013 (*Figure 121*). En effet, le genre *Dinophysis*, potentiellement responsable de la toxicité DSP, a été observé début août. Cependant, les concentrations ne dépassant pas le seuil d'alerte (500 cell./L), aucune procédure d'alerte n'a été déclenchée.

Le genre *Alexandrium*, potentiellement responsable de la toxicité PSP, a été observé au cours de la période 2009-2011. Il est également présent en 2013. Toutefois, les concentrations (maximum de 1 000 cell./L) n'ont jamais dépassé le seuil d'alerte (10 000 cell./L). Aucune procédure d'alerte n'a donc été déclenchée.

Le genre *Pseudonitzschia* est omniprésent entre 2009 et 2013. Les valeurs fluctuent de 100 à 457 754 cell./L pour *Pseudonitzschia delicatissima* (juin 2008). En 2013, malgré un fort développement à 220 127 cell./L, les valeurs restent inférieures au seuil d'alerte de 300 000 cell./L et aucune alerte n'a donc été déclenchée.

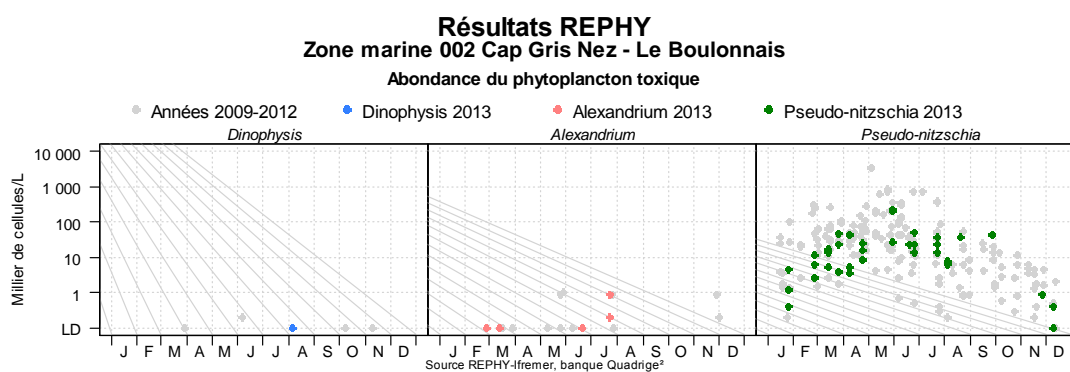


Figure 114. Évolution de l'abondance du phytoplancton toxique pour la radiale de Boulogne-sur-Mer pour les 5 dernières années (symboles grisés) et pour l'année 2013 (symboles en couleur)

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

## 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 2009-2013. On observe une augmentation des valeurs entre mars et juin avec des valeurs maximales lors du mois d'avril. Les faibles valeurs sont observées en hiver et en automne.

L'année 2013 suit la même dynamique, avec des abondances maximales enregistrées en avril avec  $10,5 \cdot 10^6$  cell./L pour le point Bif,  $12 \cdot 10^6$  cell./L pour le point Mimer,  $10 \cdot 10^6$  cell./L, pour le point Atso et  $8 \cdot 10^6$  cell./L pour les points Mer 1 et Mer 2. Ces fortes valeurs sont imputables à l'apparition de l'espèce *Phaeocystis globosa* observée au cours de cette période, mais d'autres espèces sont également dominantes sur cette période. C'est le cas de *Asterionellopsis glacialis*, *Leptocylindrus*, *Pseudo-nitzschia* sur l'ensemble de la radiale avec des concentrations de plus d'un million de cellules par litre.

La proportion des taxons évolue au cours du cycle biologique (Figures 122 à 126). On observe que certaines espèces ou taxons sont présents de façon épisodique comme les *Gymnodiniales*. 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 terme d'abondance (présente sur tous les points). Les *Bacillariophycées* dominent la population phytoplanctonique sur toute la radiale avec notamment *Asterionellopsis glacialis*, *Leptocylindrus*, *Pseudo-nitzschia*.

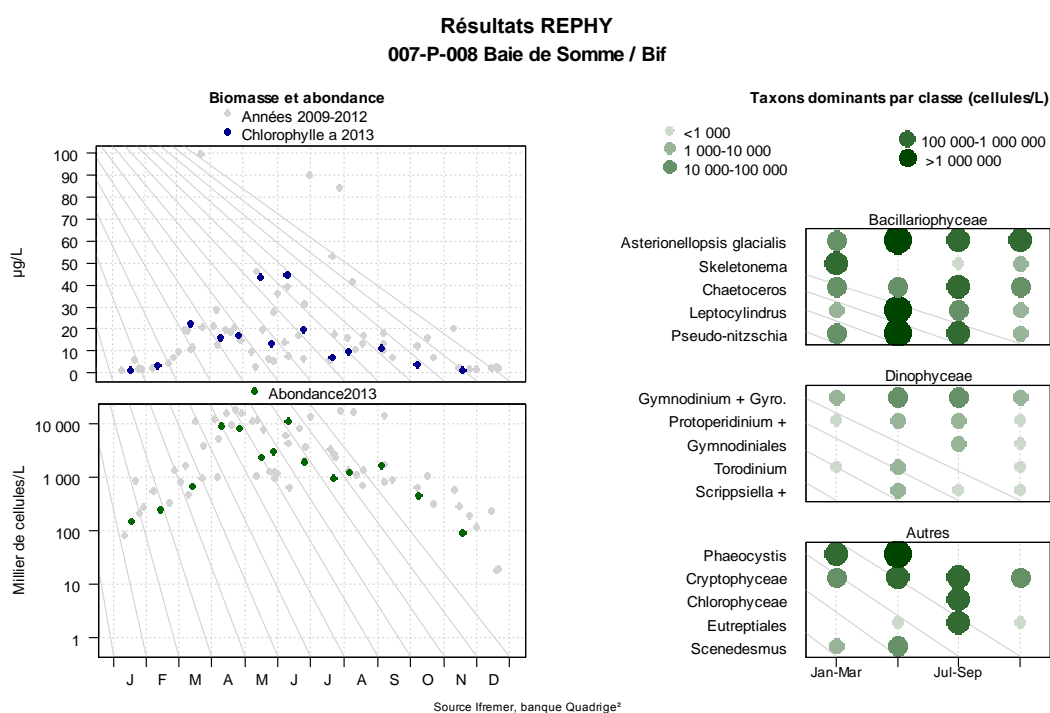


Figure 122. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2013 et classement des taxons dominants pour le point Bif de la radiale de la Baie de Somme

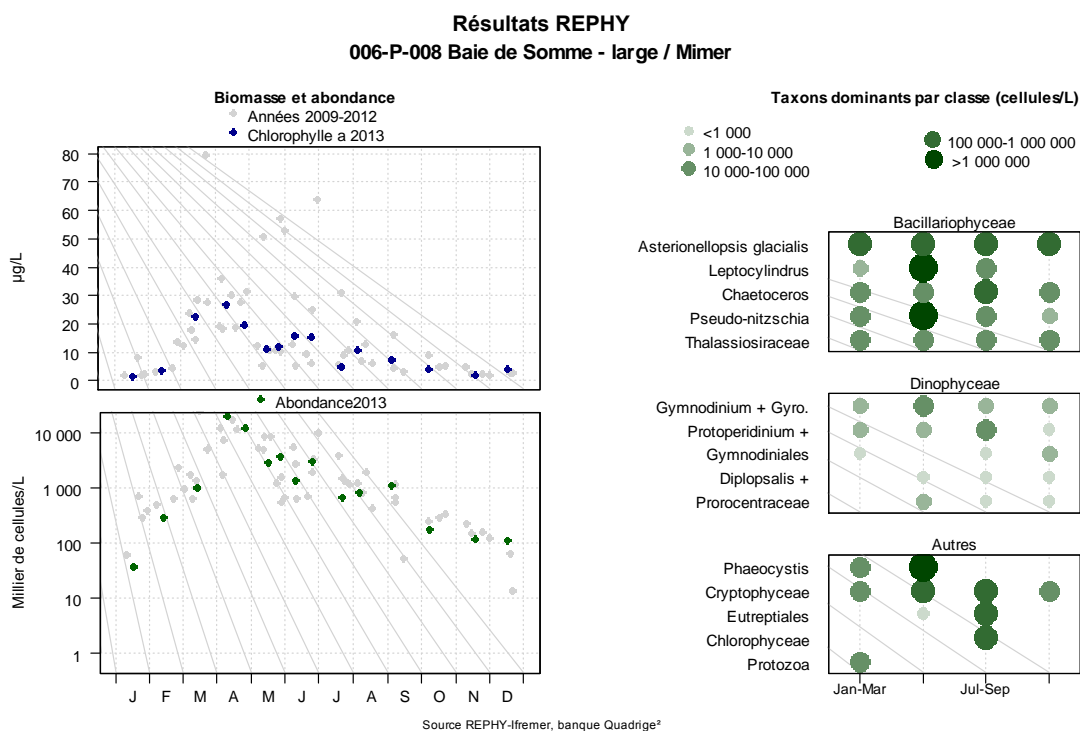


Figure 123. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2013 et classement des taxons dominants pour le point Mimer de la radiale de la Baie de Somme

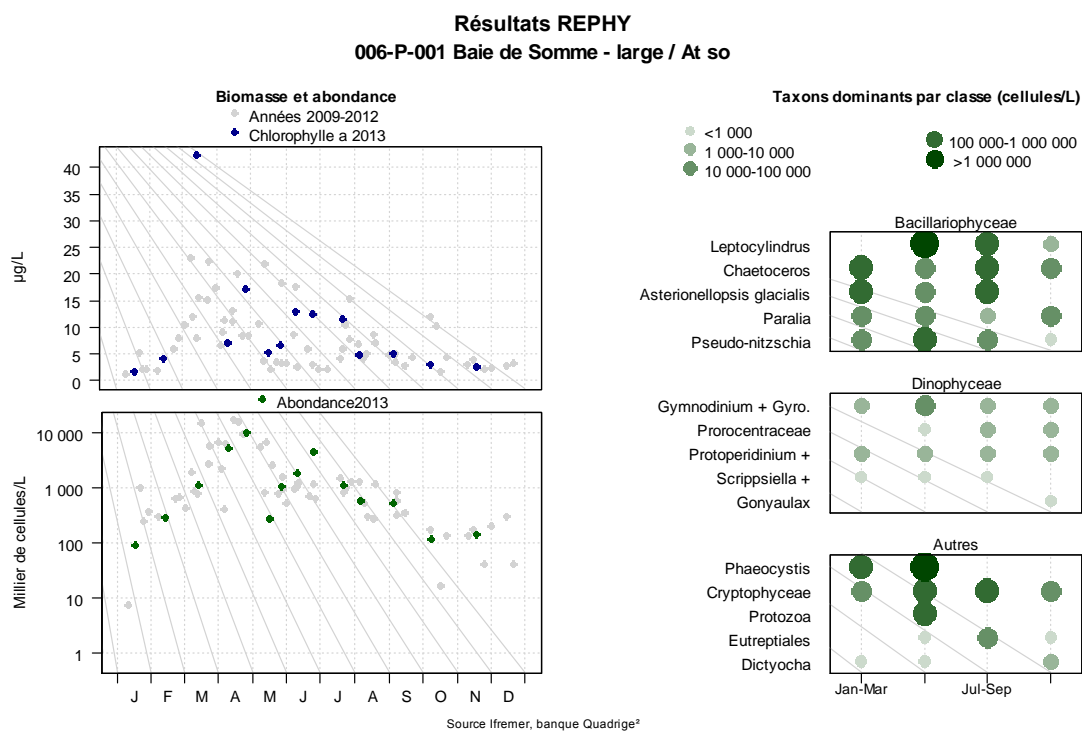


Figure 124. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2013 et classement des taxons dominants pour le point Atso de la radiale de la Baie de Somme

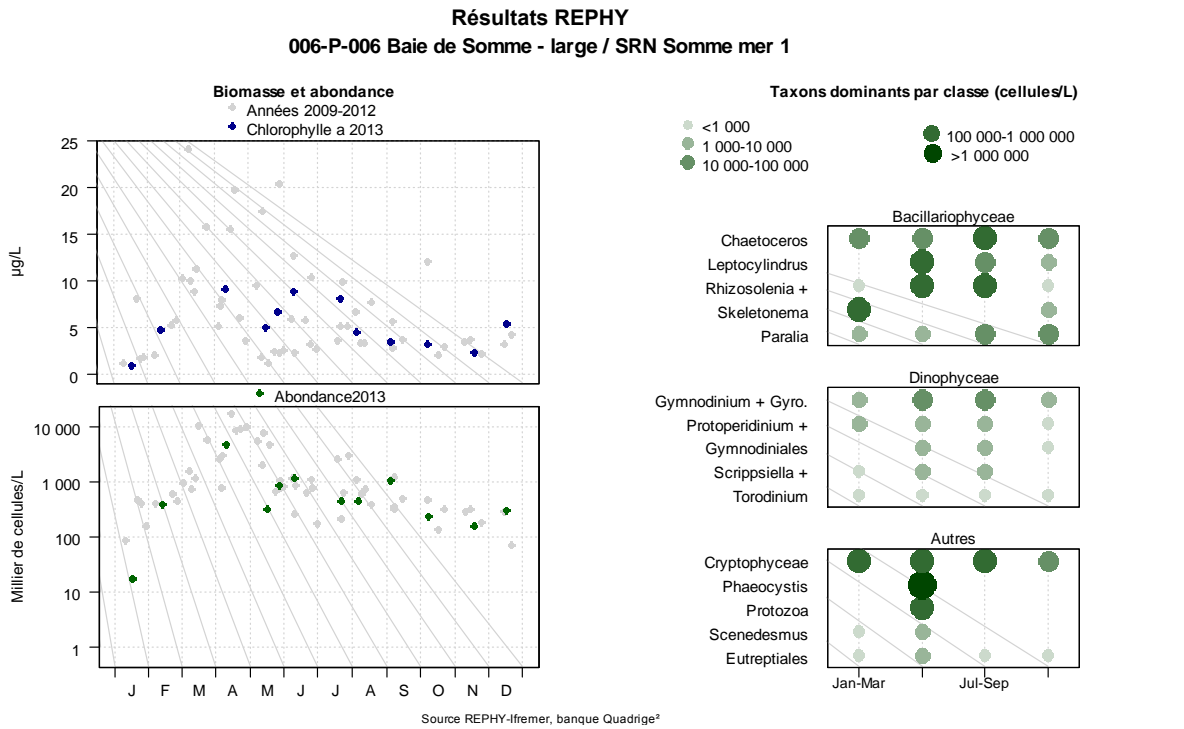


Figure 125. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2013 et classement des taxons dominants pour le point Somme Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme

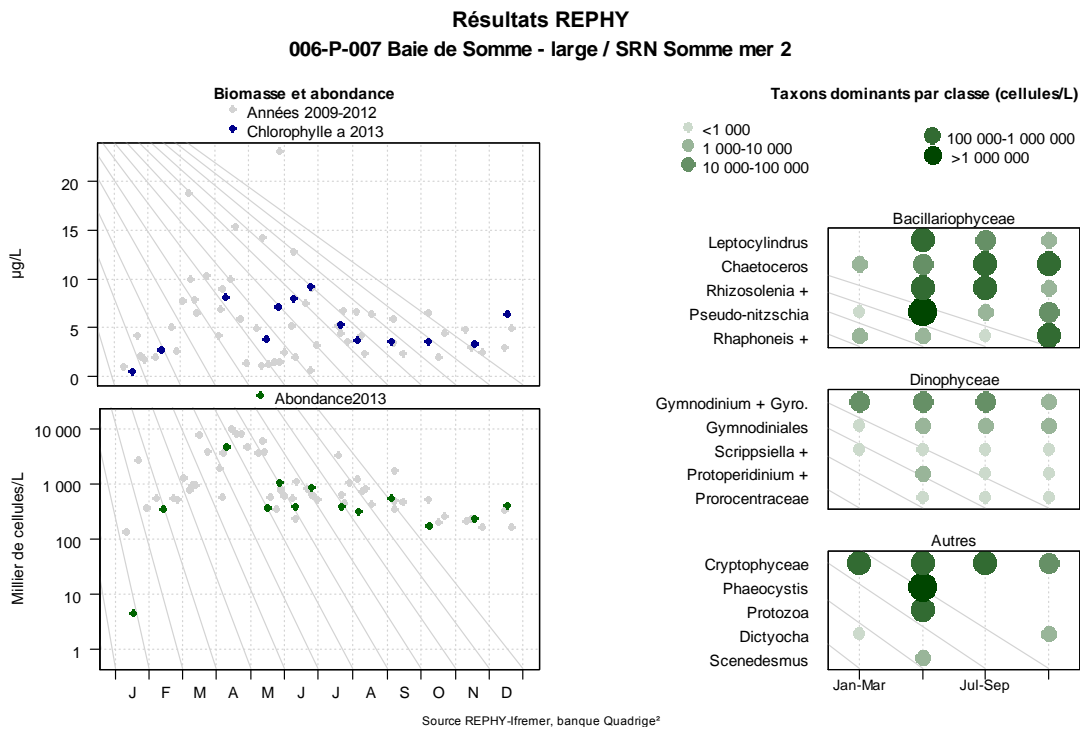


Figure 126. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2008 et 2013 et classement des taxons dominants pour le point Somme Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme

Tableau 35. Correspondance entre les intitulés Quadriges 2 et la classe taxonomique pour la radiale de la Baie de Somme en 2013

## REPHY – Taxons dominants – signification des libellés

Intitulé graphe	Libellé taxon	Classe
Asterionellopsis glacialis	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	Bacillariophyceae
Chaetoceros	<i>Chaetoceros danicus</i>	Bacillariophyceae
Chaetoceros	<i>Chaetoceros rostratus</i>	Bacillariophyceae
Leptocylindrus	<i>Leptocylindrus danicus</i>	Bacillariophyceae
Paralia	<i>Paralia sulcata</i>	Bacillariophyceae
Pseudo-nitzschia	<i>Pseudo-nitzschia</i> , complexe <i>delicatissima</i> , groupe des fines ( <i>calliantha</i> + <i>delicatissima</i> + <i>pseudodelicatissima</i> + <i>subcurvata</i> )	Bacillariophyceae
Pseudo-nitzschia	<i>Pseudo-nitzschia</i> , complexe <i>seriata</i> , groupe des larges ( <i>australis</i> + <i>fraudulenta</i> + <i>seriata</i> + <i>subpacificica</i> )	Bacillariophyceae
Rhaphoneis +	<i>Rhaphoneis</i>	Bacillariophyceae
Rhizosolenia +	<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	Bacillariophyceae
Skeletonema	<i>Skeletonema costatum</i>	Bacillariophyceae
Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira levanderi</i> + <i>minima</i>	Bacillariophyceae
Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira</i>	Bacillariophyceae
Diplopsalis +	<i>Diplopsalis</i>	Dinophyceae
Gonyaulax	<i>Gonyaulax</i>	Dinophyceae
Gymnodiniales	<i>Karlodinium</i>	Dinophyceae
Gymnodiniales	<i>Katodinium</i>	Dinophyceae
Gymnodinium + Gyro.	<i>Gymnodinium</i>	Dinophyceae
Gymnodinium + Gyro.	<i>Gyrodinium spirale</i>	Dinophyceae
Prorocentraceae	<i>Prorocentrum micans</i>	Dinophyceae
Prorocentraceae	<i>Prorocentrum triestinum</i>	Dinophyceae
Protoperidinium +	<i>Protoperidinium</i>	Dinophyceae
Scrippsiella +	<i>Scrippsiella</i>	Dinophyceae
Torodinium	<i>Torodinium</i>	Dinophyceae

➤ Indice de Shannon

De 2006 à 2013, l'évolution est comparable d'une année à l'autre (Figure 127). 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 diversifiée. Entre 2010 et 2013, l'indice moyen est proche de 2,5, ce qui traduit une diversité moins importante.



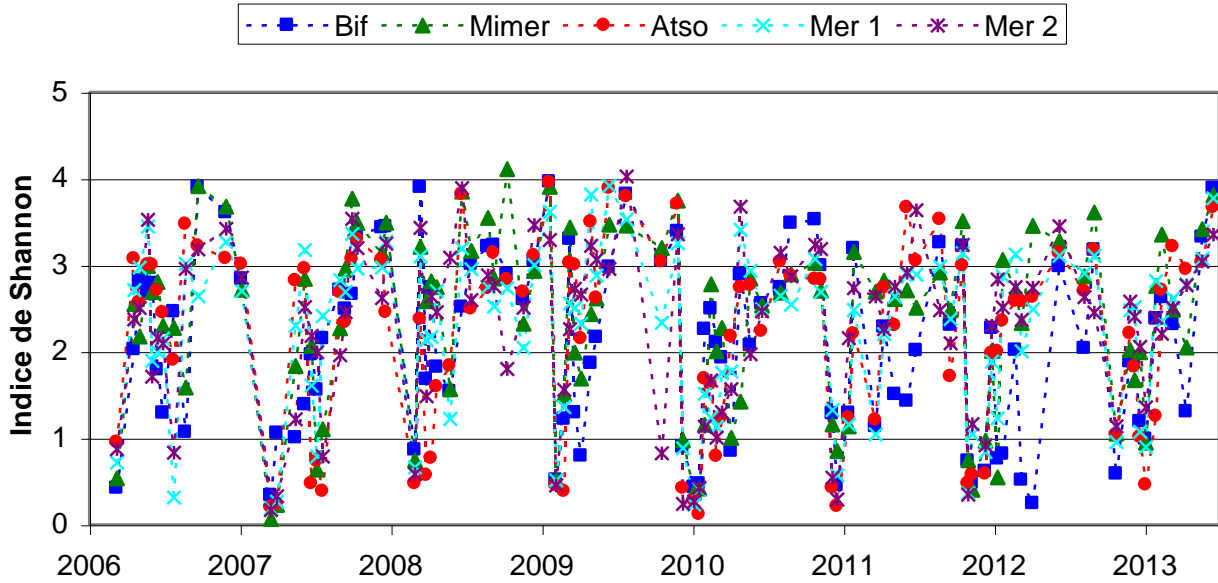


Figure 127. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Baie de Somme de 2006 à 2013

Le calcul de l'indice de Shannon reflète le passage d'une communauté diversifiée composée essentiellement de diatomées à une communauté dominée par *Phaeocystis globosa* (Figure 128).

La variation dans le temps au cours de l'année 2013 de l'indice de diversité montre une baisse des valeurs entre les mois d'avril et mai, durant la période printanière. La valeur la plus faible est observée au point Atso en juin (0,46) et la plus forte au point Mer 1 en décembre (3,77). De façon générale, le point Bif semble présenter un indice plus faible, ce qui traduit une communauté phytoplanctonique peu diversifiée liée à la présence d'une communauté de *Phaeocystis* plus abondante.

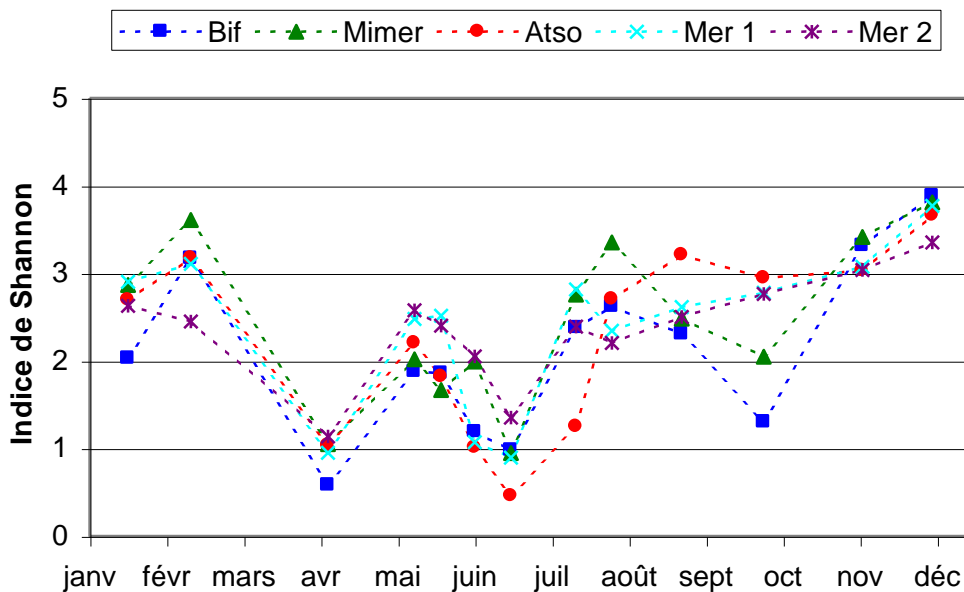


Figure 128. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Baie de Somme pour l'année 2013

➤ Abondance du phytoplancton toxique

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 phycotoxines<sup>2</sup>. Entre 2008 et 2013, 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 2013 ; par conséquent, aucune procédure d'alerte n'a été déclenchée.

*Alexandrium*, potentiellement responsable de la toxicité PSP, a été observé en mars, avril, mai puis en septembre 2013, mais les concentrations ne dépassant pas le seuil d'alerte (10 000 cell./L), aucune procédure d'alerte n'a 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 2013, la Manche-Mer du Nord a connu un fort épisode de développement de *Pseudonitzschia delicatissima*, le seuil d'alerte a été dépassé à plusieurs reprises :

- **Le 10 avril**, on dénombre les *Pseudonitzschia delicatissima* en concentration importante sur les points Mimer, Atso, Mer 1, Mer 2 avec respectivement 5 200 000 cell./L, 954 698 cell./L, 517 600 cell./L et 1 150 000 cell./L.
- **Le 27 mai**, les concentrations sont encore de 455 900 cell./L au point Bif et de 1 473 000 cell./L au point Mimer.
- **Le 10 juin**, on compte 2 180 000 *Pseudonitzschia delicatissima* par litre pour le point Bif.

Le seuil d'alerte de 300 000 cell./L étant dépassé pour cette espèce, une quantification de toxine s'imposait. Les analyses sur les moules de la "pointe de Saint Quentin" ont effectivement révélé la présence de toxine de type ASP dans les bivalves en avril (à une concentration de 0,8 µg/kg). La concentration était inférieure au seuil sanitaire de 20 mg/Kg.

---

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

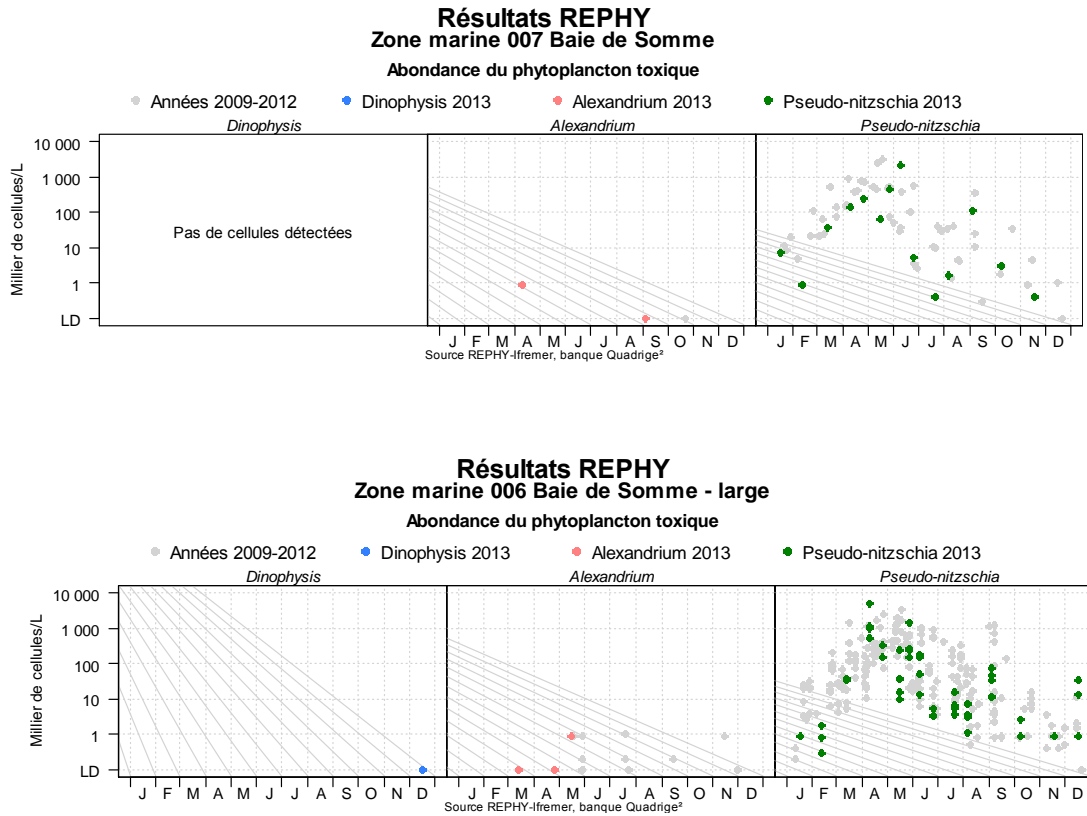


Figure 129. Évolution de l'abondance du phytoplancton toxique pour la radiale de Baie de Somme pour les 5 dernières années (symboles grisés) et pour l'année 2013 (symboles en couleur)

## 4. Discussion

L'observation et la surveillance des écosystèmes se font généralement par la mise en place de réseaux de suivi des paramètres hydrologiques et biologiques 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 du milieu marin 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 côtières.

Le présent rapport résume ainsi les principaux résultats obtenus pour les campagnes de l'année 2013. 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, c'est-à-dire au niveau de trois écosystèmes contrastés, caractéristiques de notre littoral.

### 4.1. Évolution des paramètres physico-chimiques

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 2013, 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 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 obtenues au cours de cette année 2013. Ainsi, le déploiement de la sonde Ysi a permis de caractériser la structure verticale des masses d'eau. 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 ( $\Delta = 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ , Figures 130 et 131) et ce jusqu'à des profondeurs pouvant aller au-delà de 50 m à Boulogne (Figure 130).

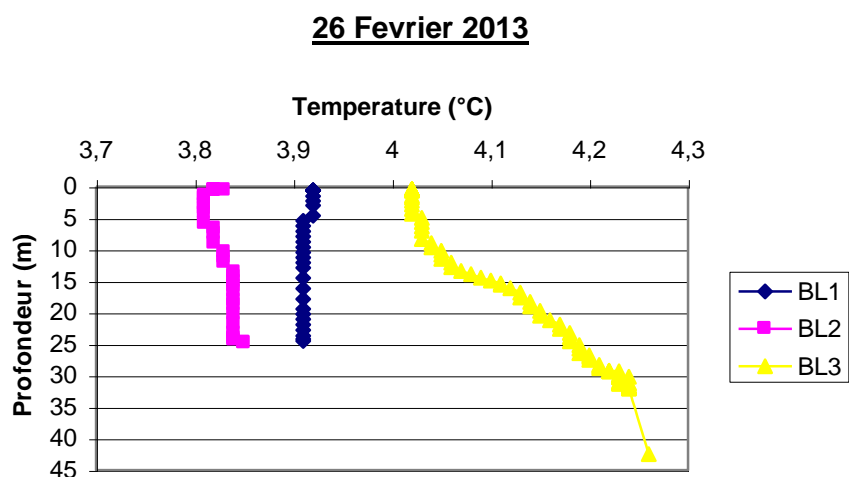


Figure 130. Évolution verticale de la température ( $^\circ\text{C}$ ) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer le 26 février 2013

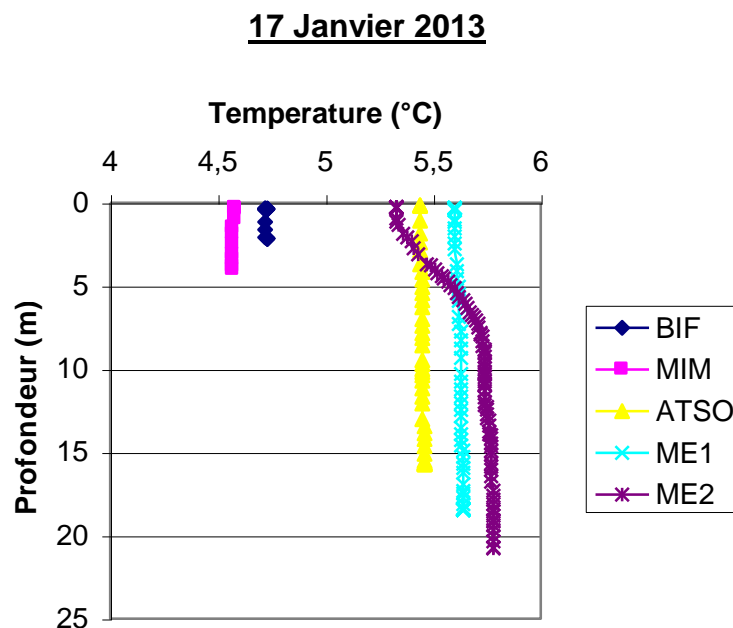


Figure 131. Évolution verticale de la température (°C) sur la radiale de la Baie de Somme le 17 Janvier 2013

La salinité varie très peu de 32 à 35 (P.S.U.) 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 (P.S.U.). Ces valeurs de salinité sont très proches de celles définies par Connot and Committee (2006) comme étant caractéristiques des zones côtières sous l'influence des eaux douces (32-34).

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 102 et 108 NTU aux points Bif et Mimer) contrairement aux deux autres radiales : Boulogne (maximum de 46,3 NTU au point 2) et Dunkerque (maximum de 63,1 NTU au point 1).

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 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 fortes au printemps et en été, indiquant une activité de production importante.

La station de Boulogne-sur-Mer présente des valeurs 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 (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 nutriments. 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 2013 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, quelques 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 d'avril 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 limitants pour la croissance du phytoplancton. Sur les différents points de mesures visités en 2013, 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 à l'étude des rapports stœchiométriques de Redfield et al. (1963) et 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 présente quant à elle une limitation de type Si : P : N ; Si : N : P ou de type N : Si : P. 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 prymnésiophycées représenté par l'espèce *P. globosa* entre mars et avril, ensuite par une dominance de certaines 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 certaines bacillariophycées (*Thalassiosiracées*, *Skeletonema*, *Guinardia*, *Leptocylindrus*) et de quelques *Cryptophycées*. Les résultats de l'année 2013 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 à large échelle des efflorescences phytoplanctoniques.

Afin de mieux appréhender la dynamique à plus grande échelle, les 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 132*) 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.

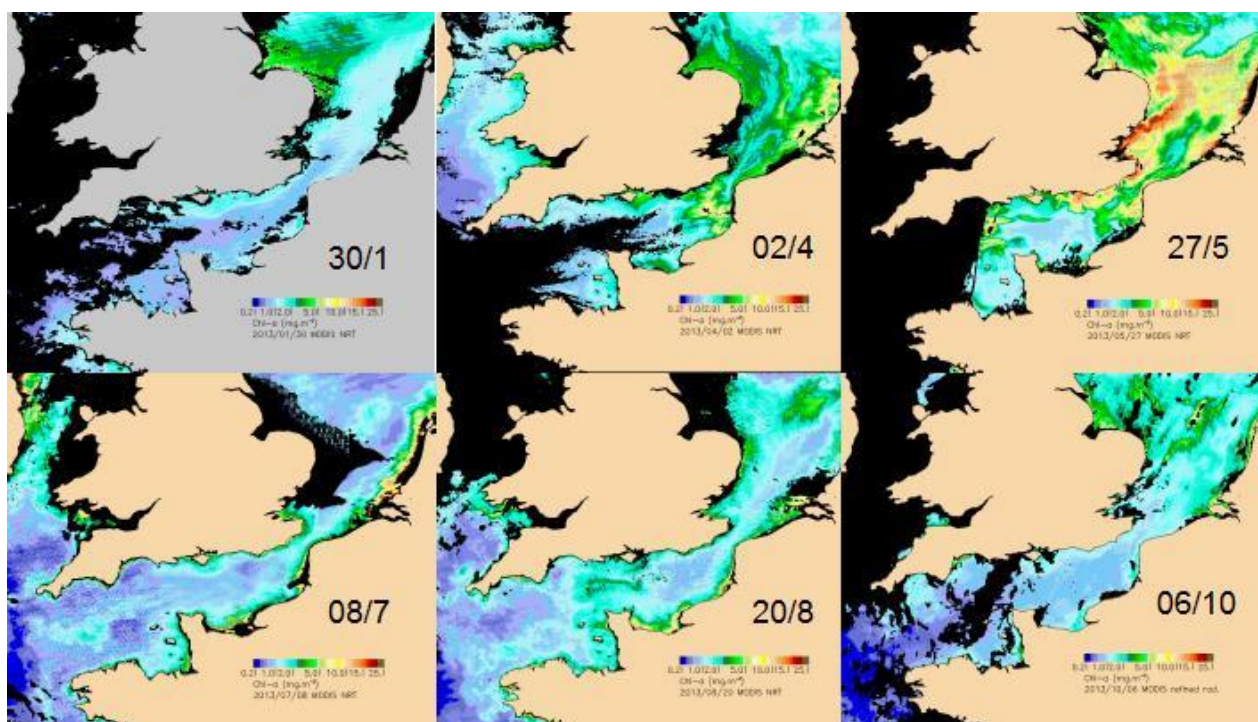


Figure 132. Illustration à méso-échelle de la dynamique de développement phytoplanctonique en 2013 via l'estimation de la concentration en chlorophylle A par le capteur MODIS (algorithme OC5 IFR) (Masque noir : terre ou couverture nuageuse)

En 2013, le bloom phytoplanctonique apparaît en février en Manche - Mer du Nord et connaît son paroxysme en Mer du Nord au mois de mai, sur la côte Est de l'Angleterre, les côtes belges et néerlandaises. Le littoral français connaît un fort développement algale en fin d'été, au niveau du fleuve côtier.

#### 4.3. Le SRN et la 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 (Directive Cadre sur l'Eau). 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 classer 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 133. 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, de novembre à février pour les masses d'eau côtières et de transition du secteur Atlantique, Manche et Mer du Nord pendant les 6 ans d'un plan de gestion.

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 36 donne une indication de l'état provisoire des masses d'eau sur la base des résultats obtenus en 2010 en attendant le rapport de 2014. Il varie de très bon à bon suivant les points d'échantillonnage. 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 36. Evaluation 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 acquis depuis 1992 via le SRN permettent de définir les principales caractéristiques physico-chimiques et biologiques de l'année 2013 au niveau de trois écosystèmes contrastés en Manche orientale et baie sud de la Mer du Nord. La série ainsi constituée permet également de comparer les derniers résultats en référence à une climatologie établie sur plus de 20 ans à fréquence mensuelle ou bimensuelle.

A l'échelle de l'écosystème, **l'année 2013** a connu un **hiver rigoureux avec des températures exceptionnellement basses** (en particulier en mars et avril). Les eaux de surface sont donc bien plus fraîches. La seconde partie de l'année 2013 est conforme aux normales saisonnières,

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 mars-avril tandis qu'en été le groupe des diatomées prédomine. Un **fort épisode de développement de *Speudonitzschia delicatissima* en Baie de Somme** a conduit au **déclenchement de l'alerte** et l'analyse biologique à Saint Quentin a montré une toxicité avérée.

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 associé 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 échelles tels que ceux contrôlés par la **NAO** (North Atlantic Oscillation) 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.

Le recours aux technologies dites nouvelles ou innovantes permet d'envisager une observation et une surveillance de l'environnement marin à des échelles de temps et/ou d'espace adaptées aux processus et phénomènes qui le structurent. 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).

Au regard des résultats du traitement des données du réseau SRN et face à des contraintes ou des enjeux nouveaux, quelques recommandations peuvent être faites. Il apparaît ainsi judicieux d'associer au traitement des données du réseau SRN d'autres types d'informations issues de réseaux pérennes ou d'études et de recherches plus ponctuelles. Il peut s'agir des données issues des systèmes de mesures automatisées à haute fréquence, comme les données de la station instrumentée MAREL Carnot (<http://marelcarnot.ifremer.fr/dif/index.htm> et informations relatives au colloque "Instrumentation haute fréquence pour l'observation et la surveillance de l'environnement marin", colloque organisé à l'occasion des 10 ans de la station instrumentée MAREL Carnot (12 et 13 juin 2014 à Boulogne-sur-mer) <http://conference-marelcarnot2014.fr>) ou celles permettant une approche à mésoéchelle comme les produits dérivés des images satellites. La mise en œuvre de projet de recherche comme l'Interreg IV A des 2 Mers intitulé DYMAPHY contribue également à ce type de programme d'observation via le développement de techniques alternatives à l'observation au microscope du phytoplancton ainsi que le développement de systèmes de mesures automatisées adaptés à des déploiements le long de transects (<http://www.dymaphy.eu>).

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

Les données sont bancarisées dans la base QUADRIGE 2 de l'Ifremer et sont mises à disposition à l'adresse suivante : <http://envlit.ifremer.fr/resultats/quadrig>  
Les données sont également utilisées pour la validation des modèles biogéochimiques type ECO-MARS 3D de l'Ifremer. Elles sont intégrées au serveur d'images satellites pour les besoins de



réajustement régulier des tables de correspondance réflectance marine / Chlorophylle et MES des capteurs satellites. Ce travail est valorisé sous forme de publications scientifiques (exemple : Gohin F., 2011).

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

Les documents de référence, les rapports d'évaluation de l'état écologique pour les différents éléments de qualité basés en partie sur les résultats du SRN, sont téléchargeables via le site Ifremer : [http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive\\_cadre\\_sur\\_l\\_eau\\_dce/elements\\_de\\_qualite](http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce/elements_de_qualite)

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

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

Dernièrement, les données REPHY/SRN ont été transmises au groupe de travail CIEM « Phytoplankton and Microbiol Ecology » (WG PME) afin de contribuer à la rédaction du rapport annuel sur le sujet (<http://www.ices.dk/community/groups/Pages/WGPME.aspx> ). Les principaux résultats sont présentés en annexe 5.

Les données acquises maintenant depuis 1992 constituent ainsi une série à long terme permettant de caractériser la dynamique phytoplanktonique ainsi que les éventuels changements de composition spécifique en réponse aux pressions anthropiques et/ou en réponse aux changements climatiques (Hernández Fariñas et al., 2014).

---

## **ANNEXES**

<b>P. 178-181 : Annexe 1</b>	Calendrier des sorties et conditions de prélèvements
<b>P. 182-186 : Annexe 2</b>	Données brutes des analyses physico-chimiques
<b>P. 187 : Annexe 3</b>	Tableau de synthèse des limitations potentielles en nutriments pour l'ensemble des radiales en 2012
<b>P.188 : Annexe 4</b>	Résultats REPHY 2012, Phycotoxines
<b>P.189-192 : Annexe 5</b>	Extrait du rapport du groupe de travail WGPME concernant les points de surveillance Boulogne 1 et Atso

**Annexe I : 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
18/03/2013	DK1	15H30	16H46	17	PM-1H16	60/54
	DK3	15H05		7,5	PM-1H41	
	DK4	14H45		19	PM-2H01	
29/03/2013	DK1	13H15	13H52	20	PM-0H37	104/105
	DK3	12H40		10	PM-1H12	
	DK4	12H25		15	PM-1H27	
09/04/2013	DK1	13H08	13H40	18	PM-0H32	86/90
	DK3	12H38		9	PM-1H02	
	DK4	12H20		15	PM-1H20	
24/04/2013	DK1	12H10	12H37	11	PM-0H27	77/84
	DK3	11H45		19	PM-0H52	
	DK4	11H20		15	PM-1H17	
28/05/2013	DK1	15H55	15H58	19	PM-0H03	102/99
	DK3	15H30		19	PM-0H28	
	DK4	15H05		18	PM-0H53	
19/06/2013	DK1	10H06	9H27	18	PM+0H37	53/57
	DK3	9H45		21	PM+0H18	
	DK4	9H20		18	PM-0H07	
08/08/2013	DK1	14H00	13H07	20	PM+0H53	62/66
	DK3	13H35		21	PM+0H28	
	DK4	13H10		14	PM+0H03	
05/09/2013	DK1	13H30	13H45	21	PM-0H15	80/84
	DK3	13H10		22	PM-0H35	
	DK4	12H45		18	PM-1H00	
07/10/2013	DK1	14H10	14H45	21	PM-0H35	99/98
	DK3	13H50		22	PM-0H55	
	DK4	13H25		17	PM-1H20	
27/11/2013	DK1	18H00	19H51	18	PM-1H51	38/39
	DK3	17H30		19	PM-2H21	
	DK4	17H05		19	PM-2H46	

## Boulogne-sur-mer

Date	Point de Prélèvement	Heure de Prélèvement	Horaire de PM ou de BM	Profondeur	Situation de Marée	Coefficient
25/01/2013	BLG1	10H05	10H58	25	PM-0H53	64/69
	BLG2	9H55		23	PM-1H03	
	BLG3	9H35		52	PM-1H23	
26/02/2013	BLG1	11H45	12H21	24	PM-0H36	89/93
	BLG2	11H36		24	PM-0H45	
	BLG3	11H15		53	PM-1H06	
14/03/2013	BLG1	14H15	13H32	26	PM+0H43	101/99
	BLG2	14H00		22	PM+0H28	
	BLG3	13H37		55	PM+0H05	
27/03/2013	BLG1	10H40	11H54	24	PM-1H14	96/96
	BLG2	10H30		22	PM-1H24	
	BLG3	10H10		51	PM-1H44	
09/04/2013	BLG1	10H52	12H19	24	PM-1H27	90/90
	BLG2	10H42		23	PM-1H37	
	BLG3	10H20		52	PM-1H59	
24/04/2013	BLG1	10H45	11H43	25	PM-0H58	84/84
	BLG2	10H35		23	PM-1H08	
	BLG3	10H15		52	PM-1H28	
30/05/2013	BLG1	16H05	16H54	24	PM-0H49	84/78
	BLG2	15H55		20	PM-0H59	
	BLG3	15H40		54	PM-1H14	
20/06/2013	BLG1	12H01	9H33	19	PM+2H28	62/67
26/06/2013	BLG1	14H40	15H04	25	PM-0H24	104/103
	BLG2	14H22		24	PM-0H42	
	BLG3	13H45		56	PM-1H19	
23/07/2013	BLG1	11H35	13H11	23	PM-1H36	98/102
	BLG2	11H15		22	PM-1H56	
	BLG3	10H45		49	PM-2H26	
05/08/2013	BLG1	10H47	12H16	23	PM-1H29	66/66
	BLG2	10H30		19	PM-1H46	
	BLG3	10H00		51	PM-2H16	
20/08/2013	BLG1	10H26	12H08	19	PM-1H42	92/92
27/09/2013	BLG1	10H45	12H26	17	PM-1H41	41/35
26/11/2013	BLG1	15H37	17H39	22	PM-2H02	39/38
	BLG2	15H25		18	PM-2H14	
	BLG3	15H00		52	PM-2H39	
09/12/2013	BLG1	17H00	16H44	25	PM+0H16	72/67
	BLG2	16H45		23	PM+0H01	
	BLG3	16H20		54	PM-0H24	

### Baie de Somme (1)

Date	Point de Prélèvement	Heure de Prélèvement	Horaire de PM ou de BM	Profondeur	Situation de Marée	Coefficient
17/01/2013	BIF	15H45	15H31	2	PM+0H14	81/74
	MIMER	15H35		4	PM+0H04	
	ATSO	15H15		15	PM-0H16	
	MER1	15H05		19	PM-0H26	
	MER2	14H55		21	PM-0H36	
12/02/2013	BIF	14H08	13H09	3	PM+0H59	107/106
	MIMER	13H54		4	PM+0H45	
	ATSO	13H28		16	PM+0H19	
	MER1	13H18		20	PM+1H09	
	MER2	13H00		22	PM-0H09	
14/03/2013	BIF	13H50	13H21	3,8	PM+0H29	101/99
	MIMER	13H30		4	PM+0H09	
	ATSO	13H00		15	PM-0H21	
10/04/2013	BIF	14H00	12H45	3	PM+1H15	93/94
	MIMER	13H40		3,5	PM+1H05	
	ATSO	13H08		15	PM+0H23	
	MER1	12H53		20	PM+0H08	
	MER2	12H30		22	PM-0H04	
26/04/2013	BIF	13H36	12H57	4	PM+0H39	99/103
	MIMER	13H15		5	PM+0H18	
	ATSO	12H30		16	PM-0H27	
16/05/2013	BIF	17H30	16H23	2	PM+1H07	57/54
	MIMER	17H20		2,8	PM+0H57	
	ATSO	16H50		14	PM+0H27	
	MER1	16H40		17	PM+0H17	
	MER2	16H20		20	PM-0H07	
27/05/2013	BIF	15H00	14H11	2,5	PM+0H49	104/104
	MIMER	14H45		5	PM+0H34	
	ATSO	14H15		15	PM+0H04	
	MER1	14H05		19	PM-0H06	
	MER2	13H48		23	PM-0H23	
10/06/2013	BIF	15H00	13H44	2,2	PM+1H16	77/77
	MIMER	14H40		3,4	PM+0H56	
	ATSO	14H16		14	PM+0H32	
	MER1	14H00		18	PM+0H16	
	MER2	13H45		21	PM+0H01	
25/06/2013	BIF	14H55	14H01	2,4	PM+0H54	104/105
	MIMER	14H40		4	PM+0H39	
	ATSO	14H20		15	PM+0H19	
	MER1	14H05		19	PM+0H04	
	MER2	13H50		22	PM-0H11	
22/07/2013	BIF	12H35	12H06	2	PM+0H29	93/93
	MIMER	12H20		4	PM+0H14	
	ATSO	12H00		15	PM-0H06	
	MER1	11H50		19	PM-0H16	
	MER2	11H30		22	PM-0H36	

## Baie de Somme (2)

Date	Point de Prélèvement	Heure de Prélèvement	Horaire de PM ou de BM	Profondeur	Situation de Marée	Coefficient
06/08/2013	BIF	13H37	13H40	3	PM-0H03	70/74
	MIMER	13H20		4	PM-0H20	
	ATSO	13H00		14	PM-0H40	
	MER1	12H45		19	PM-0H55	
	MER2	12H25		22	PM-1H15	
04/09/2013	BIF	12H45	12H04	3	PM+0H41	75/75
	MIMER	12H35		3	PM+0H31	
	ATSO	12H15		15	PM+0H11	
	MER1	12H05		19	PM+0H01	
	MER2	11H45		21	PM-0H19	
08/10/2013	BIF	15H35	14H35	4	PM+1H00	97/95
	MIMER	15H15		5	PM+0H40	
	ATSO	14H50		17	PM+0H15	
	MER1	14H35		20	PM+0H00	
	MER2	14H20		23	PM-0H15	
18/11/2013	BIF	12H50	11H55	3	PM+0H55	87/87
	MIMER	12H35		6	PM+0H40	
	ATSO	12H15		15	PM+0H20	
	MER1	12H03		19	PM+0H08	
	MER2	11H48		22	PM-0H07	
17/12/2013	BIF	12H58	11H36	3	PM+1H22	78/79
	MIMER	12H40		5	PM+1H04	
	ATSO	12H12		17	PM+0H36	
	MER1	12H00		19	PM+0H24	
	MER2	11H37		22	PM+0H01	

**Annexe 2 : Données brutes des analyses physico-chimiques  
(NA : données manquantes)**

<b>2013, Radiale de Dunkerque, Station 1</b>												
	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
18/03/13	4,80	32,90	12,60	19,60	2,70	12,52	5,12	0,79	0,29	24,71	0,44	4,45
29/03/13	2,70	34,40	3,06	8,60	1,90	5,73	1,58	1,94	0,22	8,83	0,18	0,68
09/04/13	2,50	32,30	63,10	95,20	12,40	53,18	18,02	0,50	0,29	32,21	0,45	2,30
24/04/13	6,50	34,90	3,41	9,00	2,80	8,31	1,35	6,29	0,05	0,55	0,15	0,35
28/05/13	9,30	35,40	3,83	10,20	2,40	1,75	0,81	0,33	0,05	0,55	0,12	1,55
19/06/13	12,10	34,40	3,01	33,20	7,70	10,54	3,36	1,13	0,17	0,90	0,20	0,45
08/08/13	19,50	33,60	2,19	3,30	1,40	6,82	1,38	0,29	0,05	0,10	0,11	3,00
05/09/13	19,40	34,90	4,65	9,70	1,60	3,37	1,85	0,48	0,05	0,10	0,14	1,07
07/10/13	16,70	34,50	10,80	15,60	2,10	3,32	1,99	4,78	0,38	3,28	0,43	7,96
27/11/13	8,50	32,20	10,30	31,60	5,90	0,70	1,69	6,25	0,91	40,29	1,11	25,80

<b>2013, Radiale de Dunkerque, Station 3</b>												
	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
18/03/13	4,80	33,30	21,10	35,60	4,40	18,61	9,66	1,30	0,24	22,13	1,41	5,21
29/03/13	2,80	34,70	3,86	16,40	2,50	12,24	4,46	0,35	0,27	8,85	0,68	1,72
09/04/13	2,60	33,40	15,30	28,30	4,30	28,53	8,66	0,45	0,33	22,74	0,38	0,25
24/04/13	5,90	35,20	2,43	6,80	3,60	7,73	1,52	0,15	0,05	0,57	0,29	0,10
28/05/13	8,90	35,60	2,70	7,40	1,80	1,33	0,05	0,15	0,21	0,14	0,30	0,10
19/06/13	11,30	34,80	1,52	31,20	7,50	7,26	2,02	0,15	0,05	0,10	0,20	0,10
08/08/13	18,50	33,60	1,61	5,50	1,40	2,61	0,74	0,20	0,05	0,10	0,33	2,60
05/09/13	19,20	35,00	4,14	12,70	1,80	3,01	2,66	0,22	0,05	0,10	0,30	0,95
07/10/13	16,60	34,60	5,95	11,40	1,90	3,59	1,80	1,63	0,19	1,29	0,72	4,26
27/11/13	9,00	32,70	6,18	26,00	4,20	0,96	0,84	4,37	0,64	28,57	0,89	20,61

<b>2013, Radiale de Dunkerque, Station 4</b>												
	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
18/03/13	5,00	33,70	4,36	6,20	1,30	4,65	1,94	1,33	0,17	17,81	0,78	0,97
29/03/13	3,10	34,90	1,32	3,60	1,20	3,58	0,75	0,41	0,14	6,36	0,57	0,61
09/04/13	2,70	33,60	3,95	8,70	2,10	10,58	2,86	0,40	0,38	20,17	0,70	0,10
24/04/13	5,60	35,30	1,88	5,60	2,00	4,82	0,73	0,19	0,05	0,70	0,32	0,10
28/05/13	8,80	35,60	1,41	1,80	1,20	0,75	0,05	0,26	0,15	0,65	0,30	0,10
19/06/13	NA	34,30	0,60	28,00	7,10	6,52	1,54	0,15	0,43	NA	1,24	0,10
08/08/13	18,10	33,60	0,82	2,40	0,60	1,80	0,50	0,40	0,05	0,10	0,30	1,65
05/09/13	19,00	34,80	0,72	3,90	1,20	2,11	0,45	0,15	0,05	0,10	0,28	0,21
07/10/13	16,70	34,70	2,49	3,50	1,20	2,60	1,04	0,90	0,16	0,58	0,60	2,07
27/11/13	9,70	33,20	3,55	20,40	3,60	1,40	0,19	3,34	0,64	24,93	0,84	17,09

2013, Radiale de Boulogne , Station 1												
	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
25/01/13	6,80	32,80	1,48	4,60	1,20	0,83	0,06	0,62	0,72	21,88	0,75	12,90
26/02/13	3,90	35,20	1,99	5,40	1,60	8,92	1,98	0,57	0,33	11,57	0,05	2,49
14/03/13	3,40	35,20	5,85	33,20	5,50	17,18	5,42	0,90	0,25	6,39	0,14	0,24
27/03/13	3,50	34,70	0,93	27,00	4,90	4,04	0,99	6,35	0,22	4,75	0,13	0,26
09/04/13	5,40	34,30	1,64	6,30	2,30	6,15	2,07	0,53	0,17	3,01	0,12	0,31
24/04/13	7,70	35,10	1,08	3,40	2,00	9,97	1,89	0,28	0,05	0,55	0,09	0,20
30/05/13	9,40	34,90	1,17	32,00	7,60	4,04	0,69	1,21	0,21	3,16	0,14	0,43
26/06/13	12,30	34,20	2,11	24,9	5,70	12,96	4,53	0,16	0,10	0,26	0,18	0,10
23/07/13	17,00	33,60	1,54	2,40	0,70	2,53	1,28	0,69	0,09	0,53	0,06	1,88
05/08/13	18,40	33,60	1,91	4,20	1,80	3,80	0,74	0,32	0,10	0,05	0,07	0,50
26/11/13	10,50	33,80	10,80	33,60	6,00	1,16	1,20	3,67	0,60	18,50	0,66	13,60
09/12/13	9,40	33,50	14,60	17,90	1,60	1,16	1,09	3,52	1,02	23,08	0,59	12,90

2013, Radiale de Boulogne , Station 2												
	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
25/01/13	7,40	33,20	1,32	3,10	0,90	0,62	0,32	0,46	0,60	20,00	1,04	12,99
26/02/13	3,80	35,00	4,09	9,10	1,90	8,25	3,11	0,96	0,19	16,99	0,67	3,23
14/03/13	3,50	35,20	10,20	46,30	6,30	10,94	6,58	1,30	0,11	13,20	0,58	2,63
27/03/13	3,70	35,00	1,17	26,20	4,90	3,37	0,86	0,53	0,14	4,51	0,32	0,10
09/04/13	5,20	34,50	1,35	3,50	1,40	3,66	0,95	1,26	0,20	4,60	0,38	0,10
24/04/13	7,50	35,30	0,82	1,80	1,80	5,65	2,84	0,81	0,10	0,30	0,37	0,10
30/05/13	8,90	35,30	1,04	30,40	6,80	3,21	0,86	0,44	0,12	0,85	0,25	0,10
26/06/13	11,60	34,90	1,58	23,30	5,70	5,54	2,40	0,38	0,05	0,10	0,25	0,10
23/07/13	17,20	34,40	2,36	6,60	2,10	2,47	1,12	0,69	0,05	0,10	0,28	0,60
05/08/13	17,70	33,80	1,38	2,60	0,90	2,05	1,03	0,50	0,42	NA	0,13	1,62
26/11/13	11,30	34,40	5,23	25,60	4,40	0,92	0,78	2,23	0,59	14,58	0,75	6,47
09/12/13	9,70	33,90	13,80	20,30	2,30	1,44	1,51	3,35	0,94	20,88	0,79	8,74

2013, Radiale de Boulogne , Station 3												
	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
25/01/13	7,50	33,40	0,84	1,60	0,80	0,61	0,05	0,48	0,50	16,58	0,76	12,44
26/02/13	4,00	35,30	3,29	6,60	1,80	7,37	3,02	1,37	0,23	13,96	0,74	1,79
14/03/13	3,70	35,40	2,44	26,00	4,40	2,64	2,40	1,24	0,14	13,14	0,78	0,11
27/03/13	4,10	35,10	1,24	23,70	41,00	2,82	1,16	0,39	0,10	4,49	0,39	0,10
09/04/13	5,30	34,50	0,92	4,50	13,00	2,68	1,23	0,99	0,19	5,67	0,41	0,10
24/04/13	7,30	35,40	0,75	3,70	13,00	4,10	1,17	0,79	0,05	0,22	0,35	0,10
30/05/13	8,40	35,70	0,97	29,30	69,00	1,83	0,65	0,47	0,12	0,36	0,20	0,10
26/06/13	11,00	35,20	1,23	21,70	46,00	2,87	2,06	1,86	0,05	0,10	0,25	0,10
23/07/13	15,90	34,70	1,25	3,80	9,00	1,01	0,77	1,02	0,08	0,07	0,32	3,06
05/08/13	17,20	33,80	1,29	3,80	16,00	1,71	0,71	0,34	0,05	0,10	0,30	0,59
26/11/13	11,30	34,50	3,14	24,80	55,00	0,89	0,30	1,44	0,48	13,20	0,72	5,29
09/12/13	10,00	34,30	3,48	3,40	8,00	0,71	0,31	2,13	0,98	17,70	0,80	9,06



2013, Radiale de la Baie de Somme, Station Bif												
	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
17/01/13	4,70	31,20	16,20	24,00	1,30	1,27	1,67	1,92	1,44	44,26	0,94	28,90
12/02/13	5,70	30,80	36,70	66,40	6,40	3,41	2,82	1,01	0,61	42,39	0,76	23,60
10/04/13	4,30	33,20	8,25	178,40	4,60	16,12	8,89	0,53	0,22	13,68	0,14	2,92
16/05/13	10,50	30,20	19,50	30,60	5,80	43,38	8,74	1,43	0,59	37,01	0,27	24,90
27/05/13	10,00	33,10	8,28	25,70	3,10	13,30	5,28	1,31	0,33	10,47	0,14	1,39
10/06/13	12,50	32,50	15,80	36,80	6,00	44,35	15,92	0,51	0,39	6,57	0,36	1,46
25/06/13	13,40	33,70	19,30	72,60	11,60	19,94	10,89	0,38	0,28	3,17	0,34	1,31
22/07/13	19,40	33,00	4,94	7,70	1,60	7,23	4,40	1,41	0,26	2,20	0,10	3,24
06/08/13	20,40	31,60	19,20	27,20	2,80	9,47	8,97	2,67	0,37	3,04	0,16	5,85
04/09/13	19,60	32,70	4,85	28,50	6,00	11,25	5,45	0,65	0,15	1,52	0,11	3,29
08/10/13	17,00	33,10	13,20	17,90	2,10	4,00	3,07	6,15	0,48	13,12	0,40	14,10
18/11/13	11,10	31,50	27,00	30,60	2,00	1,25	3,93	4,68	0,58	36,42	0,77	25,10
17/12/13	8,30	31,50	112,00	113,20	6,40	3,66	8,33	2,95	0,54	43,16	0,88	23,00

2013, Radiale de la Baie de Somme, Station Mimer												
	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
17/01/13	4,60	31,20	29,50	40,20	2,00	1,41	2,78	2,42	1,38	49,15	1,27	32,10
12/02/13	5,50	30,40	77,70	118,40	10,80	3,49	4,13	0,98	0,64	46,15	0,98	25,19
10/04/13	4,40	32,70	12,60	44,00	6,40	26,59	9,30	0,38	0,25	18,77	0,44	6,15
16/05/13	9,40	33,40	21,30	42,20	4,80	11,14	4,11	1,22	0,29	13,71	0,27	1,05
27/05/13	10,30	32,80	10,80	17,50	2,10	12,08	4,75	0,80	0,48	10,43	0,30	0,10
10/06/13	12,50	32,90	10,80	16,70	2,30	15,57	6,19	0,43	0,54	3,93	0,91	0,10
25/06/13	13,40	33,00	23,40	64,00	11,00	15,12	9,07	0,98	0,78	3,63	1,52	3,13
22/07/13	19,80	33,00	5,64	10,70	1,30	4,90	3,33	1,71	0,17	1,21	0,23	5,39
06/08/13	20,60	31,90	48,60	71,20	5,80	10,70	15,55	3,45	0,26	1,96	0,19	0,96
04/09/13	19,50	32,60	4,56	26,80	5,70	7,09	3,63	1,21	0,08	0,18	0,20	0,61
08/10/13	17,00	32,80	16,20	21,00	2,40	4,00	3,45	6,15	0,41	14,88	0,44	15,77
18/11/13	11,10	31,50	25,30	27,60	2,20	1,99	3,24	4,67	0,44	36,33	0,70	24,19
17/12/13	8,40	32,10	108,00	108,80	4,80	3,82	8,74	2,65	0,38	34,84	0,88	19,57

2013, Radiale de la Baie de Somme, Station Atso												
	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
17/01/13	5,40	32,00	16,50	19,50	0,90	1,56	1,02	1,04	1,42	35,48	0,93	23,00
12/02/13	5,90	31,30	15,40	30,00	3,80	4,04	1,35	0,73	0,55	37,25	0,79	20,40
10/04/13	3,90	33,80	4,44	12,00	2,70	6,93	1,80	1,25	0,12	6,11	0,08	0,86
16/05/13	9,40	33,70	5,14	11,90	2,30	5,24	1,22	1,20	0,13	6,11	0,09	1,59
27/05/13	9,70	33,60	2,86	5,50	1,50	6,54	2,65	0,97	0,14	4,34	0,07	0,24
10/06/13	11,90	33,50	3,76	4,80	1,60	12,96	2,78	0,58	0,22	4,96	0,11	0,10
25/06/13	12,90	33,80	6,47	33,50	6,70	12,52	6,13	0,47	0,32	5,31	0,12	1,56
22/07/13	18,70	33,50	3,88	8,20	1,60	11,57	3,16	0,63	0,09	0,06	0,11	0,31
06/08/13	20,50	32,40	8,38	5,20	1,10	4,71	1,61	1,05	0,19	1,36	0,09	1,95
04/09/13	19,30	33,40	3,09	23,10	4,10	5,05	1,81	0,45	0,05	0,10	0,05	0,64
08/10/13	17,20	33,60	6,43	11,50	1,70	3,01	2,02	4,34	0,38	11,52	0,31	10,80
18/11/13	11,40	32,10	15,10	20,00	1,60	2,54	1,50	3,82	0,52	32,48	0,80	41,00
17/12/13	8,80	33,00	16,20	21,90	1,50	3,38	1,86	1,13	0,36	28,14	0,77	13,30

<b>2013, Radiale de la Baie de Somme, Station Somme Mer 1</b>												
	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
17/01/13	5,60	32,30	3,51	5,80	0,50	0,92	0,34	1,01	1,42	38,59	1,75	25,53
12/02/13	6,10	31,60	6,80	11,50	1,60	4,76	1,32	0,44	0,47	36,54	1,00	17,93
10/04/13	3,80	33,90	3,04	7,70	1,60	9,15	2,65	0,43	0,15	9,40	0,20	0,10
16/05/13	9,40	33,80	5,34	6,90	1,90	5,07	1,16	0,15	0,25	12,24	0,36	0,10
27/05/13	9,60	33,80	1,32	4,50	1,70	6,65	1,50	1,18	0,31	8,77	0,16	0,10
10/06/13	11,90	33,70	1,28	2,70	1,20	8,89	1,75	0,15	0,61	2,30	1,43	0,10
25/06/13	12,80	34,10	4,24	32,50	6,50	15,40	7,40	0,39	0,62	2,01	0,40	0,10
22/07/13	18,40	33,70	2,28	4,80	1,80	8,12	2,93	0,15	0,05	0,10	0,24	7,73
06/08/13	20,00	32,80	2,42	3,60	1,60	4,49	2,30	0,43	0,08	0,69	0,34	2,68
04/09/13	19,40	33,40	1,57	19,70	3,50	3,54	0,87	0,15	0,05	0,10	0,19	0,83
08/10/13	17,30	33,70	3,97	9,70	1,50	3,23	1,61	2,65	0,26	10,41	0,53	8,60
18/11/13	11,60	32,40	9,89	15,60	1,30	2,40	3,25	2,80	0,37	30,21	0,81	17,49
17/12/13	8,90	33,20	8,03	14,10	1,20	5,48	1,71	0,54	0,35	25,68	0,82	9,19

<b>2013, Radiale de la Baie de Somme, Station Somme Mer 2</b>												
	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
17/01/13	5,40	32,20	3,59	5,20	0,40	0,56	0,25	1,33	1,53	40,58	1,25	22,15
12/02/13	6,10	31,80	4,54	11,50	2,50	2,77	0,80	0,47	0,45	35,45	1,02	12,16
10/04/13	3,80	34,40	1,56	6,00	1,90	8,09	2,27	0,44	0,14	7,45	0,21	0,10
16/05/13	9,50	33,90	6,25	12,50	2,90	3,82	0,77	0,73	0,25	15,52	0,31	0,10
27/05/13	9,30	34,40	0,81	3,30	1,50	7,09	1,13	1,20	0,28	7,51	0,16	0,10
10/06/13	11,90	33,60	1,13	1,90	1,20	8,02	1,60	0,16	0,61	2,28	1,72	0,10
25/06/13	12,40	34,30	1,27	24,70	6,00	9,20	6,35	0,38	0,16	1,95	0,40	0,10
22/07/13	18,20	33,60	1,81	1,60	1,10	5,36	1,13	3,46	0,05	0,10	0,18	1,60
06/08/13	19,50	33,00	1,34	2,70	1,30	3,71	1,17	0,36	0,05	0,10	0,24	1,37
04/09/13	19,20	33,20	1,52	20,40	4,10	3,56	0,85	0,15	0,05	0,10	0,16	1,93
08/10/13	17,40	34,10	2,00	5,90	1,30	3,57	1,20	0,90	0,18	9,75	0,45	6,94
18/11/13	11,80	32,60	6,76	14,80	1,40	3,37	1,62	1,89	0,34	27,23	0,77	14,70
17/12/13	9,20	33,70	5,15	14,40	1,30	6,39	1,45	0,22	0,58	21,81	0,68	6,34

**GRADIENT COTE-LARGE**

<b>2013, Radiale de Dunkerque</b>												
	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
18/03/13	0,20	0,80	-8,24	-13,40	-1,40	-7,87	-3,18	0,54	-0,12	-6,90	0,34	-3,48
29/03/13	0,40	0,50	-1,74	-5,00	-0,70	-2,15	-0,83	-1,53	-0,08	-2,47	0,39	-0,07
09/04/13	0,20	1,30	-59,15	-86,50	-10,30	-42,60	-15,16	-0,10	0,09	-12,04	0,25	-2,20
24/04/13	-0,90	0,40	-1,53	-3,40	-0,80	-3,49	-0,62	-6,10	0,00	0,15	0,17	-0,25
28/05/13	-0,50	0,20	-2,42	-8,40	-1,20	-1,00	-0,76	-0,07	0,10	0,10	0,18	-1,45
19/06/13	NA	-0,10	-2,41	-5,20	-0,60	-4,02	-1,82	-0,98	0,26	NA	1,04	-0,35
08/08/13	-1,40	0,00	-1,37	-0,90	-0,80	-5,02	-0,88	0,11	0,00	0,00	0,19	-1,35
05/09/13	-0,40	-0,10	-3,93	-5,80	-0,40	-1,26	-1,40	-0,33	0,00	0,00	0,14	-0,86
07/10/13	0,00	0,20	-8,31	-12,10	-0,90	-0,72	-0,95	-3,88	-0,22	-2,70	0,17	-5,89
27/11/13	1,20	1,00	-6,75	-11,20	-2,30	0,70	-1,50	-2,91	-0,27	-15,36	-0,27	-8,71

<b>2013, Radiale de Boulogne sur Mer</b>												
	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
25/01/13	0,70	0,60	-0,65	-3,00	-0,40	-0,22	-0,01	-0,14	-0,22	-5,30	0,01	-0,46
26/02/13	0,10	0,10	1,30	1,20	0,20	-1,55	1,04	0,80	-0,10	2,39	0,69	-0,70
14/03/13	0,30	0,20	-3,41	-7,20	-1,10	-14,54	-3,02	0,34	-0,11	6,75	0,64	-0,13
27/03/13	0,60	0,40	0,31	-3,30	36,10	-1,22	0,17	-5,96	-0,12	-0,26	0,26	-0,16
09/04/13	-0,10	0,20	-0,73	-1,80	10,70	-3,47	-0,84	0,46	0,02	2,66	0,29	-0,21
24/04/13	-0,40	0,30	-0,33	0,30	11,00	-5,87	-0,72	0,51	0,00	-0,33	0,26	-0,10
30/05/13	-1,00	0,80	-0,20	-2,70	61,40	-2,21	-0,04	-0,74	-0,09	-2,80	0,06	-0,33
26/06/13	-1,30	1,00	-0,88	NA	40,30	-10,09	-2,47	1,70	-0,05	-0,16	0,07	0,00
23/07/13	-1,10	1,10	-0,29	1,40	8,30	-1,52	-0,51	0,33	-0,01	-0,46	0,26	1,18
05/08/13	-1,20	0,20	-0,62	-0,40	14,20	-2,09	-0,03	0,02	-0,05	0,05	0,23	0,09
26/11/13	0,80	0,70	-7,66	-8,80	49,00	-0,27	-0,90	-2,23	-0,12	-5,30	0,06	-8,31
09/12/13	0,60	0,80	-11,12	-14,50	6,40	-0,45	-0,78	-1,39	-0,04	-5,38	0,21	-3,84

<b>2013, Radiale de Baie de Somme</b>												
	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µg.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>	µmol.l <sup>-1</sup>
17/01/13	0,70	1,00	-12,61	-18,80	-0,90	-0,71	-1,42	-0,59	0,09	-3,68	0,31	-6,75
12/02/13	0,40	1,00	-32,16	-54,90	-3,90	-0,64	-2,02	-0,54	-0,16	-6,94	0,26	-11,44
10/04/13	-0,50	1,20	-6,69	-172,40	-2,70	-8,03	-6,62	-0,09	-0,08	-6,23	0,07	-2,82
16/05/13	-1,00	3,70	-13,25	-18,10	-2,90	-39,56	-7,97	-0,70	-0,34	-21,49	0,04	-24,80
27/05/13	-0,70	1,30	-7,47	-22,40	-1,60	-6,21	-4,15	-0,11	-0,05	-2,96	0,02	-1,29
10/06/13	-0,60	1,10	-14,67	-34,90	-4,80	-36,33	-14,32	-0,35	0,22	-4,29	1,36	-1,36
25/06/13	-1,00	0,60	-18,03	-47,90	-5,60	-10,74	-4,54	0,00	-0,12	-1,22	0,06	-1,21
22/07/13	-1,20	0,60	-3,13	-6,10	-0,50	-1,87	-3,27	2,05	-0,21	-2,10	0,08	-1,64
06/08/13	-0,90	1,40	-17,86	-24,50	-1,50	-5,76	-7,80	-2,31	-0,32	-2,94	0,08	-4,48
04/09/13	-0,40	0,50	-3,33	-8,10	-1,90	-7,69	-4,60	-0,50	-0,10	-1,42	0,05	-1,36
08/10/13	0,40	1,00	-11,20	-12,00	-0,80	-0,43	-1,87	-5,25	-0,30	-3,37	0,05	-7,16
18/11/13	0,70	1,10	-20,24	-15,80	-0,60	2,12	-2,31	-2,79	-0,24	-9,19	0,00	-10,40
17/12/13	0,90	2,20	-106,85	-98,80	-5,10	2,73	-6,88	-2,73	0,04	-21,35	-0,20	-16,66

**Annexe 3 - Tableau de synthèse des limitations potentielles en nutriments pour l'ensemble des radiales en 2013**




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


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 2013 - 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													
006-P-009	Pointe de St Quentin	AZAs													
006-P-009	Pointe de St Quentin	YTXs													

Toxines amnésiantes (ASP)															
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	ASP													

Source REPHY-Ifremer, banque Quadrige<sup>2</sup>

**Annexe 5 - Extrait du rapport du groupe de travail WGPME (Working Group on Phytoplankton and Microbial Ecology) concernant les points de surveillance Boulogne 1 et Atso**

(source : <http://wgpme.net/plankton-status-report/status-report-now>)

**6.5 English Channel REPHY sites (Sites 34–35)**

*Dominique Soudant (primary contact) and Alain Lefebvre*

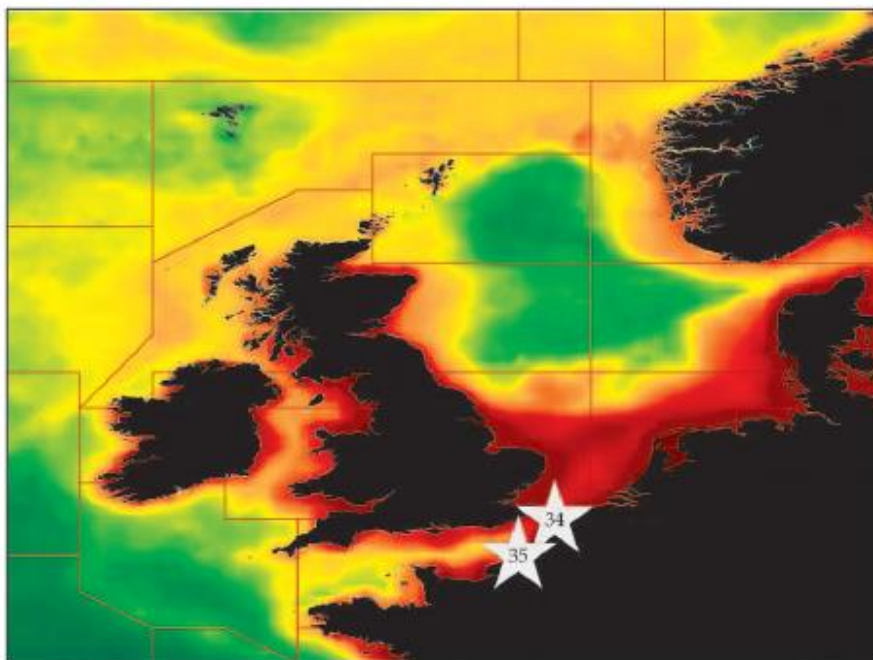
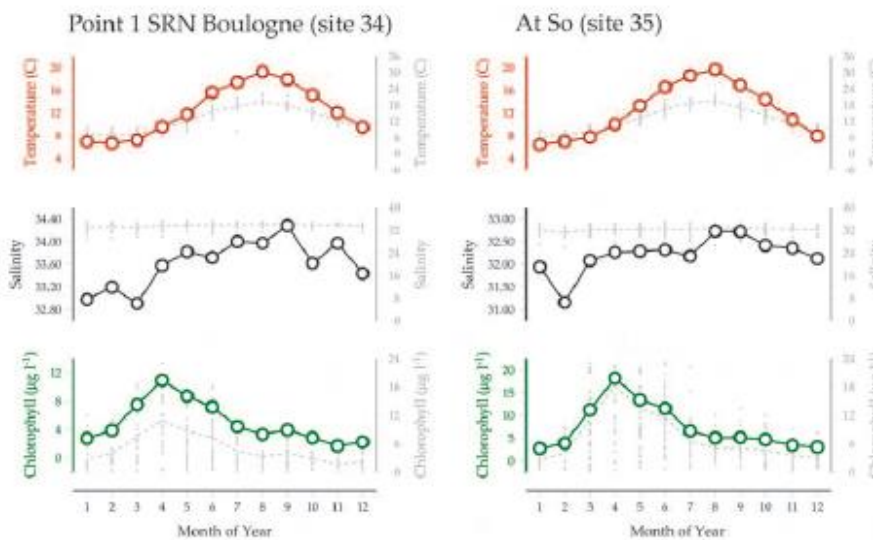


Figure 6.5.1 Locations of the REPHY English Channel plankton monitoring area (Sites 34–35), plotted on a map of average chlorophyll concentration, and their corresponding environmental summary plots (see Section 2.2.1).



The French Phytoplankton and Phycotoxin Monitoring Network (REPHY) was set up in 1984 with three objectives: to enhance knowledge of phytoplankton communities, to safeguard public

health, and to protect the marine environment (Belin, 1998). Phytoplankton along the French coast has been sampled up to twice a month since 1987 at 12 coastal laboratories. For that purpose, the French

coast is divided into a hierarchy of sites and subsites common to three regional networks: the English Channel, the Bay of Biscay, and the Mediterranean Sea.

Within the English Channel, the REPHY Point 1 SRN Boulogne and At So sites are both shallow and characterized by a macrotidal regime, especially the latter, which is also more sheltered. Sampling started in 1987 at At So and five years later at Point 1 SRN Boulogne. Ancillary measurements of temperature, salinity, chlorophyll *a* and phaeopigments, inorganic nutrients concentrations, and turbidity are also routinely measured (usually 15 samples per year). Oxygen was incorporated in 2007 at both sites.

#### Seasonal and interannual trends (Figures 6.5.2, 6.5.3)

Seasonal cycles of chlorophyll as a measure of total phytoplankton biomass are clearly unimodal at both sites, with maxima in April. Chlorophyll values are ca. 50% greater at At So, but peak values at both sites generally exceed  $10 \mu\text{g l}^{-1}$ . Diatom seasonal cycles at both sites featured a summer high and a winter low. Maximum values at Point 1 SRN Boulogne are

usually observed in August after exhibiting relatively high values from March onwards, and then decline sharply until reaching minimum values in late autumn. In contrast, the seasonal maximum at At So was earlier in the year (June), with a smoother decline. The seasonal cycle of dinoflagellates at both sites was characterized by maxima in July–August and minima in December–February. A secondary peak in May was also observed at Point 1 SRN Boulogne. The diatoms:diatoms+dinoflagellates ratio covaries at both sites, with marked minima in August. Dominant taxa include *Chaetoceros socialis*, *Guinardia delicatula*, and various species of *Pseudo-nitzschia* among the diatoms and *Prorocentrum*, *Protoperidinium*, and *Gymnodinium* among dinoflagellates. *Phaeocystis globosa* is also abundant, especially during the first half of the year.

Increasing salinity has been observed for both time-series, along with significant chlorophyll increases. Total dinoflagellates abundance featured strong increases at both sites ( $p < 0.01$ ), corresponding to strong decreases in the diatoms:diatoms+dinoflagellates ratio at both sites. Diatoms were increasing (non-significant) at the Point 1 SRN site, whereas no apparent trend was found in At So.



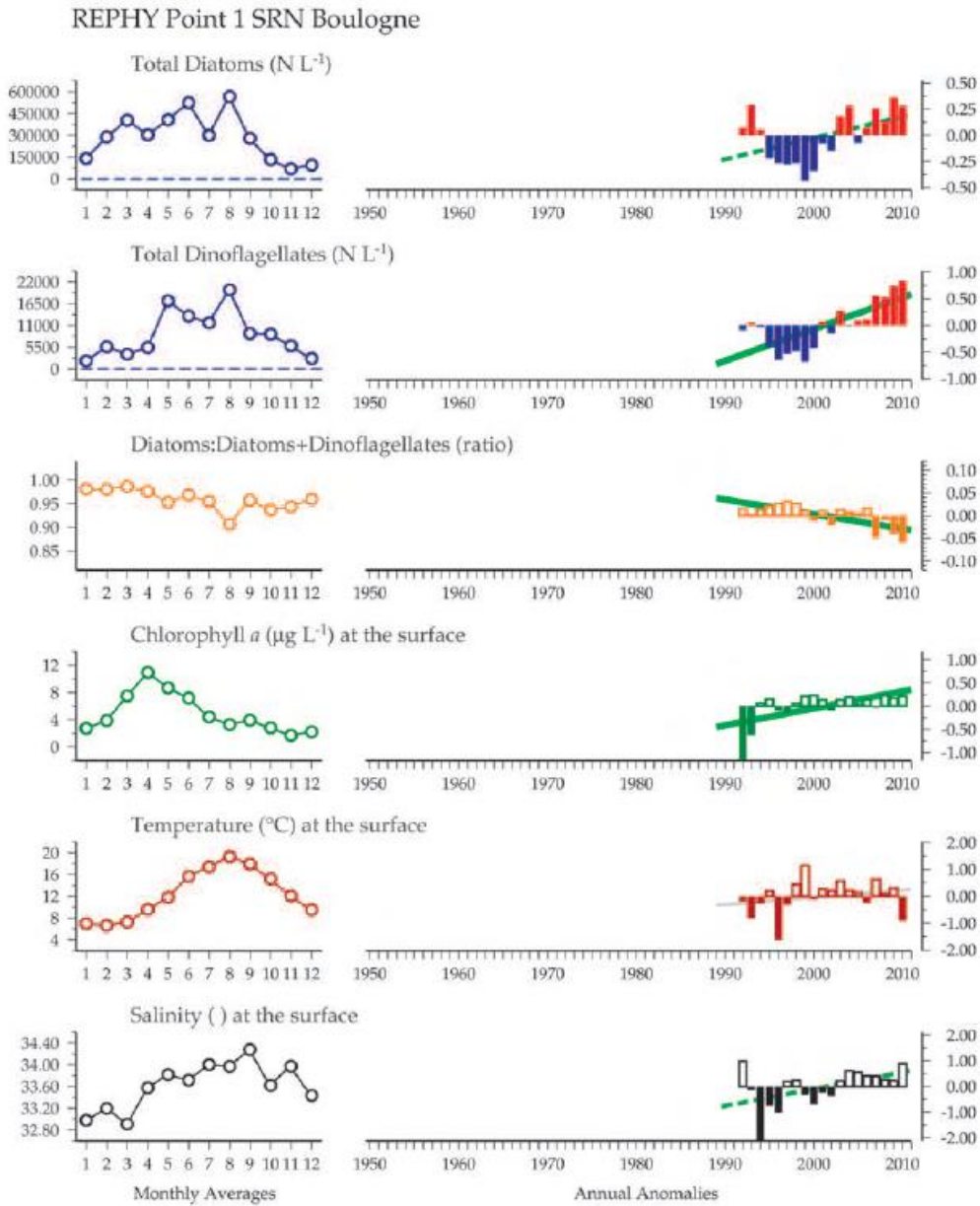
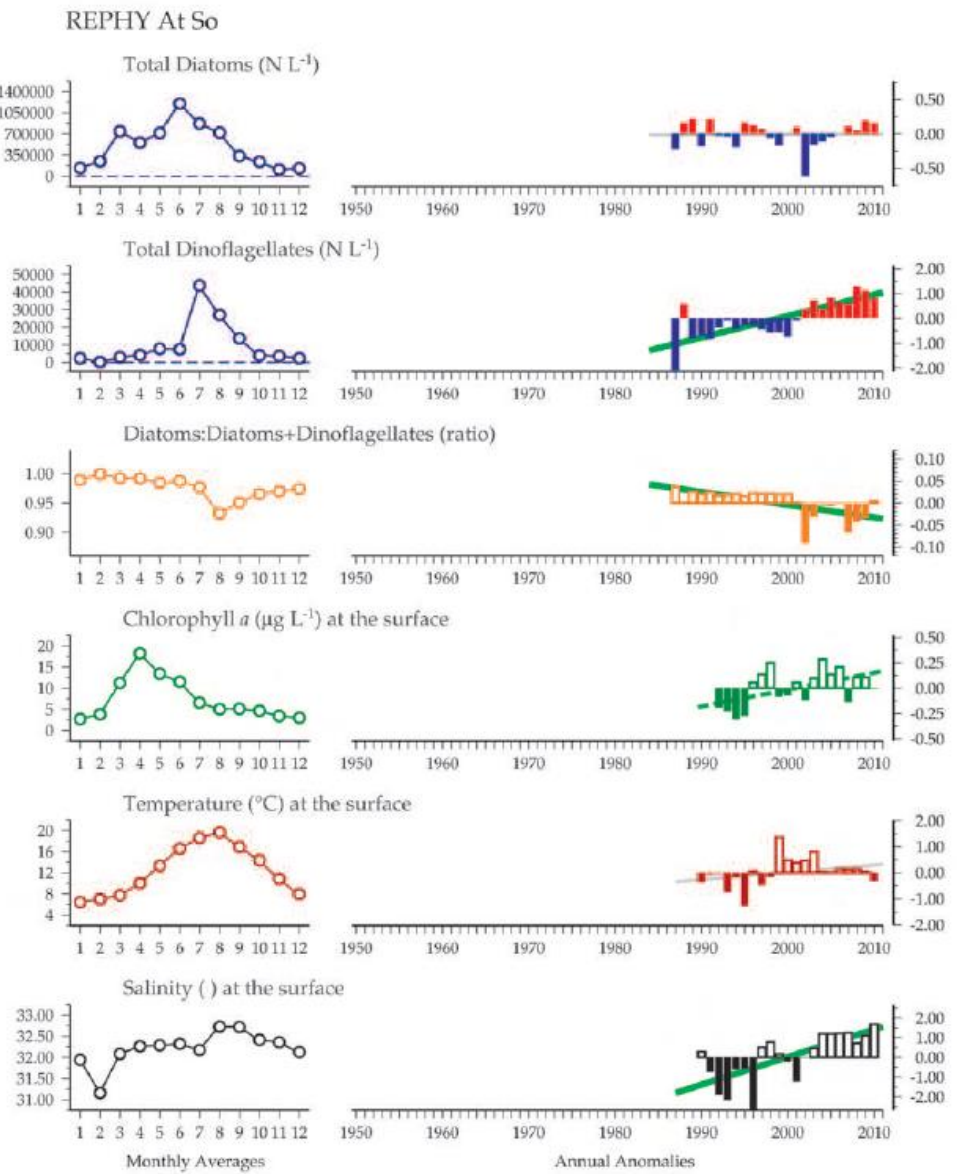


Figure 6.5.2  
Multiple-variable comparison plot (see Section 2.2.2) showing the seasonal and interannual properties of select cosampled variables at the REPHY Point 1 SRN Boulogne plankton monitoring site. Additional variables from this site are available online at <http://wqgme.net/time-series>.



**Figure 6.5.3**  
 Multiple-variable comparison plot (see Section 2.2.2) showing the seasonal and interannual properties of select cosampled variables at the REPHY At So plankton monitoring site. Additional variables from this site are available online at <http://wgpme.net/time-series>.



---

## 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. Wollas, editors. *Toxic phytoplankton in the sea*. Elsevier Science Publishers BV, Amsterdam.
- Boissery P., Tomasino C. 2013. Synthèse des réseaux de surveillance soutenus par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse.
- 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.
- Gohin F., 2011. Annual cycles of chlorophyll-a, non algal suspended particulate matter, and turbidity observed from space and in-situ in coastal waters. *Ocean Sci.*, 7:705-732.
- Guiselin Natacha. 2010. Etude de la dynamique des communautés phytoplanctoniques par microscopie et cytométrie en flux, en eaux côtières de la Manche orientale.
- Hernández Fariñas Tania, Soudant Dominique, Barillé Laurent, Belin Catherine, Lefebvre Alain, Bacher Cédric, 2014. Temporal changes in the phytoplankton community along the French coast of the eastern English Channel and the southern Bight of the North Sea. *ICES J Mar Sci.*, 71 (4): 821-833, doi:10.1093/icesjms/fst192.
- 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.
- Kraberg A., Baumann M., Dürselen C-D. 2010. Coastal phytoplankton, photo guide for northern European Seas.
- 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.
- 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. Leynareert, 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.